



UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS  
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT

Studimi i infrastrukturës së rrjetit dhe i parametrave që  
ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV

Arianit MARAJ

Tiranë, 2013

Udhëheqës shkencor: Prof. As. Dr. Adrian Shehu

## JURIA

Prof. Dr. Rozeta Miho, Kryetari, Juria e doktoratës

Prof. As. Bexhet Kamo, Anëtar, Juria e doktoratës

Prof. Dr. Dritan Spahiu, Anëtar, Juria e doktoratës

Prof. Dr. Luan Karçanaj, Anëtar, Juria e doktoratës

Prof. Dr. Piro Cipo, Anëtar, Juria e doktoratës

Miratur nga

Acad. Jorgaq KAÇANI, Rektori i UPT

\_\_\_\_\_, Këshilli i Profesorëve, FTI

## **Përmbajtja**

<b>Lista e figurave .....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista e tabelave.....</b>	<b>xii</b>
<b>Mirënjohje.....</b>	<b>xiv</b>

## **KAPITULLI 1**

<b>1 Hyrje, objektivat, metodologjia e punës, pasqyra e punimit.....</b>	<b>1</b>
1.1 Abstrakti.....	1
1.2 Hyrja.....	1
1.3 Një historik i shkurtër i ecurisë së teknologjive koduese. Rëndësia e teknologjive moderne koduese për ofrimin e shërbimeve video.....	3
1.4 Pengesat e infrastrukturës së rrjetave për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë .....	4
1.4.1 Pengesat e rrjetit qendror .....	4
1.4.2 Pengesat e rrjetit të aksesit.....	4
1.4.3 Pengesat e rrjetit shtëpiak .....	5
1.5 Qëllimi i punimit .....	6
1.6 Objektivat.....	6
1.7 Motivimi.....	10
1.8 Metodologjia e punës .....	11
1.9 Burimet e domosdoshme për punimin .....	11
1.9.1 Materiali për studim.....	11
1.9.2 Hardueri dhe softueri i përdorur .....	11
1.10 Rëndësia dhe përfitimet e parashikuara .....	12
1.11 Pasqyra e punimit.....	12

## **KAPITULLI 2**

<b>2 Karakteristikat kryesore të sinjaleve video.....</b>	<b>16</b>
2.1 Hyrje -Sinjali video .....	16
2.2 Formatet e videos .....	16
2.3 Standardi SD (Standard Definition).....	17
2.4 Standardi HD (High definition) .....	18
2.5 Kompresimi i video sinjaleve.....	19
2.6 Grupi i figurave-GOP dhe rëndësia e tyre (Group of pictures).....	21
2.7 Ndikimi i gjatësisë së GOP-it.....	22

2.7.1	Shpejtësia e rrjedhës së bitëve-Bit Rate .....	22
2.7.2	Koha e ndërrimit të kanalit –CCT (Channel Change Time) .....	23
2.7.3	Toleranca në gabime (error tolerance) .....	24
2.8	Teknologjia MPEG (Moving Pictures Expert Group) .....	24
2.8.1	Standardi MPEG-1 .....	24
2.8.2	Standardi MPEG-2 .....	25
2.8.3	Standardet MPEG-4 dhe H.264 .....	25
2.9	Kompresimi i imazhit (spatial compression) .....	26
2.10	Kompresimi në kohë (time compression) .....	27
2.11	Kompresimi i sinjaleve audio .....	27
2.12	Cilësia dhe siguria e videos .....	27
2.13	Parimet kryesore të kodimit H.264 SVC .....	28
2.14	Karakteristikat e përgjithshme të kodimit SVC .....	28
2.15	Transmetimi “simulcast” .....	29
2.16	Transmetimi me shkallëzueshmëri .....	29
2.17	Kodimi SVC në H.264 .....	31
2.18	Përfundimet e kapitullit .....	32
2.19	Literatura .....	32

## KAPITULLI 3

<b>3</b>	<b>Parametrat që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV .....</b>	<b>33</b>
3.1	Hyrje .....	33
3.2	QoE për shërbimet video dhe audio .....	35
3.3	Kërkesat për kompresim të mediave dhe për sinkronizim .....	36
3.4	Ndikimi i humbjes së paketave në kontentin IPTV .....	37
3.5	QoS/QoE parametrat për shërbimet IPTV .....	38
3.6	Direktivat për QoE në shtresën e transportit .....	38
3.7	Shtresa e transportit-rrafshi i kontrollit .....	39
3.8	Shtresa e transportit-rrafshi i të dhënave (data plane) .....	42
3.9	Ndikimi i parametrave të rrjetit në kualitet .....	43
3.10	Parametrat që ndikojnë në cilësinë e videos .....	45
3.11	Teknikat matëse të kualitetit të videos .....	45
3.11.1	Matjet objektive .....	45
3.11.2	Raporti sinjal zhurmë (PSNR) .....	46

3.11.3	Matjet subjektive.....	47
3.11.4	Mean Opinion Score .....	47
3.12	Matjet indirekte .....	47
3.13	Planifikimi i bazuar në QoE.....	48
3.14	Dimensionimi QoE për sinjalet video .....	49
3.15	Rëndësia e gjerësisë së brezit (BW) në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	52
3.16	Përfundimet e kapitullit.....	53
3.17	Literatura .....	53

## KAPITULLI 4

<b>4</b>	<b>Arkitekturat dhe teknologjitë e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV .....</b>	<b>55</b>
4.1	Hytje.....	55
4.2	Teknologjia IPTV.....	55
4.3	Shërbimet kryesore IPTV.....	57
4.4	Nyjet ofruese të shërbimeve IPTV .....	58
4.5	Serverat e videos sipas kërkesës (Video on Demand servers) .....	59
4.6	Arkitekturat e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	61
4.7	Teknologjitë e mundshme të aksesit për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	63
4.8	Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të qasjes pa tela-teknologjia WiMAX.....	63
4.9	Karakteristikat e rrjetit të aksesit të bazuar në WiMAX .....	64
4.10	Arkitektura e rrjetit WiMAX për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	65
4.11	Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të aksesit të bazuar në ADSL.....	66
4.12	Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të qasjes së bazuar në kablo optike...68	
4.13	Rrjetat FTTH.....	69
4.14	Arkitektura e rrjetit FTTH.....	70
4.14.1	Rrjeta optike aktive FTTH .....	70
4.14.2	Rrjeta optike pasive, PON.....	70
4.15	Standardet e rrjetit optik FTTH.....	71
4.15.1	Standardi APON .....	71
4.15.2	Standardi BPON.....	71
4.15.3	Standardi GPON .....	72
4.15.4	Standardi EPON.....	73

4.16	Përfundimet e kapitullit.....	73
4.17	Literatura .....	73

## **KAPITULLI 5**

<b>5</b>	<b>Teknologjia IPTV e zbatuar në Telekomin e Kosovës .....</b>	<b>75</b>
5.1	Hyrje.....	75
5.2	Konceptimi i arkitekturës së centralizuar IPTV në TiK.....	76
5.3	Nënsistemi i lokacioneve Regjionale në TiK.....	79
5.4	Sistemi “Middleware” i zbatuar në TiK.....	79
5.5	Mekanizmi për mbrojtjen e shërbimeve në platformën IPTV të zbatuar në TiK .....	81
5.6	Menaxhimi dhe monitorimi i sistemit IPTV në TiK .....	82
5.7	Analiza e ngarkesës së trafikut për arkitekturën IPTV të centralizuar të zbatuar në TiK, dhe atë të shpërndarë.....	84
5.8	Analiza e ofrimit të shërbimeve IPTV, përmes integritit në rrjetin ekzistues IP/MPLS të TiK .....	85
5.9	Përparësitë dhe të metat e arkitekturës së centralizuar dhe të shpërndarë, IPTV në TiK.....	89
5.10	Sfidat dhe problemet aktuale të rrjetit të aksesit në TiK, për ofrimin e shërbimeve IPTV.....	90
5.11	Sfidat dhe problemet aktuale të rrjetit backbone në TiK, për ofrimin e shërbimeve IPTV.....	91
5.12	Përfundimet e kapitullit.....	95
5.13	Literatura .....	95

## **KAPITULLI 6**

<b>6</b>	<b>Studimi i parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV në platformën e zbatuar në TiK .....</b>	<b>96</b>
6.1	Hyrje.....	96
6.2	Planet e mundshme testuese në platformën IPTV në TiK .....	96
6.3	Testimi i shtresës së shërbimeve; Analiza e PES-it (Packetized Elementary Stream.....	97
6.4	Analizat e MPEG-TS .....	98

6.5	Të kuptuarit e MDI (Media delivery Index).....	99
6.6	Komponentët e MDI (Indeksi i shpërndarjes së mediave).....	100
6.6.1	Faktori i vonesës - DF.....	100
6.6.2	Raporti i humbjeve - MLR (Media Loss Rate).....	101
6.7	Aplikimi i MDI-së në analizat e bëra në TiK.....	103
6.8	Matja e cilësisë së shërbimeve IPTV në TiK.....	103
6.9	Platforma testuese IPTV e implementuar në TiK; matjet dhe analizat .....	104
6.9.1	Matjet në Headend-Prishtinë.....	105
6.10	Matja dhe analiza e IP SBR (Stream Bitrate)-Headend Prishtina; 2 Mbps.....	107
6.11	Matja dhe analiza e PCR (Programm clock reference); Headend Prishtina .....	108
6.12	Matjet dhe analizat në njëjën e qasjes; DSLAM.....	111
6.12.1	Grupi i figurave në njëjën e qasjes DSLAM, shpejtësia e kodimit 2 Mbps .....	112
6.13	Matja në DSLAM: Shpejtësia e kodimit 1 Mbps.....	115
6.14	Matja në DSLAM: Shpejtësia e kodimit 0.5 Mbps.....	116
6.15	Matjet dhe analizat në linjën e qasjes; ADSL .....	118
6.15.1	Analiza e parametrut PCR në linjën ADSL dhe krahasimi për shpejtësi të ndryshme të kodimit: 0.5, 1 dhe 2 Mbps (3 stream).....	118
6.16	Analiza e DF në linjën ADSL; rasti kur kemi vetëm një rrjedhë video (1 Stream).....	122
6.17	Matjet e PCR-së në linjën ADSL.....	125
6.18	Matja në linjën e qasjes, ADSL: Rasti kur kodimi është 1 Mbps .....	126
6.19	Matja në linjën e qasjes, ADSL: Rasti kur kodimi është 0.5 Mbps .....	127
6.20	Literatura .....	129

## **KAPITULLI 7**

<b>7</b>	<b>Rritja e shfrytëzueshmërisë së brezit dhe cilësisë së pritshme në arkitekturat e centralizuara IPTV .....</b>	<b>130</b>
7.1	Hytje.....	130
7.2	Problemet për ofrimin e IPTV shërbimeve me cilësi të lartë në TiK.....	131
7.3	Problemet në sistemin e kodimit dhe mundësia e implementimit të kodimit SVC .....	132
7.4	Shqyrtimi i vlerave kontinuale STAR për ofrimin e video sinjaleve IPTV me një cilësi të lartë .....	133

7.5	Modeli R-Q i përshtatur për rastin konkret të këtij punimi.....	135
7.6	Përcaktimi analitik i kornizës për rritjen e cilësisë .....	135
7.7	Rasti 1: Përshkrim i problemit .....	136
7.8	Gjetja e vlerave optimale për STAR .....	142
7.9	Gjetja e vlerave optimale STAR për klasën 1 të videove .....	143
7.10	Kombinimet e mundshme diskrete STAR për rritjen e cilësisë .....	147
7.11	Skenari 2: Kombinimet diskrete STAR që na japin kualitetin më të madh (Random).....	150
7.11.1	Skenari 2.1: Përshkrimi i problemit .....	154
7.11.2	Skenari 3: Kombinimet diskrete STAR që na japin cilësinë më të madhe .....	158
7.11.3	Skenari 4: Kombinimet diskrete STAR që na japin kualitetin më të madh (Random) me rastin e transmetimit të dy video sinjaleve IPTV njëkohësisht .....	164
7.11.4	Përmirësimi i mëtejshëm i algoritmit 4 (skenari 4) .....	171
7.11.5	Skenari 5: Dy kufizime në gjerësi të brezit.....	176
7.11.6	Përmirësimi i mëtejshëm i algoritmit 5 (4 nivele).....	189
7.11.7	Alokimi i gjerësisë së brezit për secilin përdorues- Algoritmi i përmirësuar .....	192
7.11.8	Skenari 5.2- Kufizimi 80 Mbps në linkun ESS-DSLAM .....	195
7.11.9	Alokimi i BW për secilin përdorues- Algoritmi i përmirësuar .....	197
7.12	Zbatimi praktik i këtyre algoritmeve-sugjerime.....	202
7.13	Përfundimet e kapitullit.....	203
7.14	Literatura .....	204

## **KAPITULLI 8**

<b>8</b>	<b>Përfundime dhe rekomandimet.....</b>	<b>206</b>
8.1	Probleme të përgjithshme.....	206
8.2	Realizimi i objektivave të tezës.....	206
8.3	Zgjidhja e problemeve praktike për ofrimin e shumë videove IPTV njëkohësisht.....	208
8.4	Zbatimi praktik: propozim .....	211
<b>9</b>	<b>Shkurtesat.....</b>	<b>212</b>
<b>10</b>	<b>APENDIX A .....</b>	<b>216</b>
10.1	Algoritmat në MATLAB.....	216



## LISTA E FIGURAVE

Figura 2.1. Standardet që përdoren në TV .....	19
Figura 2.2. GOP i bazuar në MPEG .....	22
Figura 2.3. Procesi i kompresimit JPEG .....	27
Figura 2.4. Transmetimi “simulcast” .....	29
Figura 2.5. Transmetimi me shkallëzueshmëri .....	30
Figura 2.6. Llojet e shkallëzueshmërisë SVC .....	31
Figura 3.1. Klasifikimi QoE .....	33
Figura 3.2. Relacioni ndërmjet QoS dhe QoE .....	35
Figura 3.3. Faktorët që ndikojnë në CCT .....	40
Figura 3.4. Madhësia GOP .....	41
Figura 3.5. Procesi i planifikimit QoE [1] .....	48
Figura 3.6. Sistemi skaj-skaj për ofrimin e shërbimeve IPTV-parametrat për QoS .....	51
Figura 4.1. Arkitektura e përgjithshme për ofrimin e shërbimeve Triple Play .....	57
Figura 4.2. Arkitektura e centralizuar për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	61
Figura 4.3. Arkitektura e shpërndarë për ofrimin e shërbimeve IPTV .....	62
Figura 4.4. Arkitektura e rrjetit WiMAX .....	66
Figura 4.5. Spektri i teknologjisë ADSL .....	67
Figura 4.6. Shpërndarja e rrjetit optik nga centrali deri të shfrytëzuesi fundor .....	70
Figura 5.1. Arkitektura IPTV e zbatuar në TiK .....	78
Figura 5.2. Rrjeti i headend-it në TiK .....	79
Figura 5.3. Skema logjike e sistemit për ruajtjen e të dhënave .....	80
Figura 5.4. Skema logjike e aplikacionit IPTV të zbatuar në TiK .....	81
Figura 5.5. Trafiku i kontrollit në platformën IPTV .....	82
Figura 5.6. Sistemi IPTV OSS në TiK .....	83
Figura 5.7. IPTV Arkitektura OSS .....	84
Figura 5.8. Ngarkesa e trafikut për ofrimin e shërbimeve të zërit dhe të dhënave për arkitekturën e centralizuar IPTV e cila është e zbatuar në TiK .....	86
Figura 5.9. Ngarkesa e trafikut për ofrimin e shërbimeve, rasti kur figurës 3 i shtohet trafiku VoD; për arkitekturën e centralizuar IPTV e cila është e zbatuar në TiK .....	87
Figura 5.10. Ngarkesa e trafikut për arkitekturën e shpërndarë IPTV .....	88
Figura 5.11. Analiza e kostos së zbatimit, të platformës IPTV në TiK, për dy arkitekturat .....	88
Figura 5.12. Unaza optike për shërbimet IPTV e implementuar në TiK .....	92
Figura 5.13. Matjet e dobësimet: Ferizaj-Gjilan .....	93

Figura 5.14. Matjet e dobësimit: Prizren- Ferizaj .....	94
Figura 6.1. Struktura e paketës PES.....	97
Figura 6.2. Platforma testuese e zbatuar në TiK.....	105
Figura 6.3. Faktori i vonesës i matur në headend-Prishtinë.....	106
Figura 6.4. Baferi virtual i matur në headend-Prishtinë.....	107
Figura 6.5. IP SBR i matur në headend Prishtina .....	107
Figura 6.6. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 0.5 Mbps .....	108
Figura 6.7. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 1 Mbps .....	109
Figura 6.8. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 2 Mbps .....	109
Figura 6.9. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi: 0.5, 1 dhe 2 Mbps .....	110
Figura 6.10. Kornizat e strukturës GOP, paraqitja e detajuar: HE- Prishtinë.....	111
Figura 6.11. GOP struktura në HE Prishtina.....	111
Figura 6.12. Matjet dhe krahasimi i PCR në nyjën e qasjes (DSLAM Prishtinë); 0.5, 1 dhe 2 Mbps.....	112
Figura 6.13. Grupi i figurave në DSLAM, 2 Mbps; a) Tabela GOP, b) Struktura GOP ..	113
Figura 6.14. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-të gjitha kanalet IPTV; DSLAM ..	113
Figura 6.15. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV; DSLAM .....	114
Figura 6.16. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV .....	115
Figura 6.17. Histogrami i arritjes së paketave; DSLAM 1 Mbps .....	116
Figura 6.18. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV; DSLAM .....	117
Figura 6.19. Histogrami i arritjes së paketave; DSLAM 0.5 Mbps .....	117
Figura 6.20. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 1 rrjedhë video.....	118
Figura 6.21. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 2 rrjedha video.....	119
Figura 6.22. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 1 rrjedhë video.....	119
Figura 6.23. Krahasimi PCR për linjën ADSL 1 rrjedhë kundrejt 2 rrjedha; 0.5 Mbps ..	120
Figura 6.24. Krahasimi PCR ADSL 1 rrjedhë kundrejt 2 rrjedha; 1 Mbps .....	121
Figura 6.25. Krahasimi PCR i ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedha kundrejt tre rrjedha; 2 Mbps.....	121
Figura 6.26. DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedhave kundrejt tre rrjedhave; 2 Mbps.....	122
Figura 6.27. Krahasimi DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedhave; 2 Mbps.....	123
Figura 6.28. Krahasimi i DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedhave kundrejt tre rrjedhave; 2 Mbps .....	124
Figura 6.29. Krahasimi DF: ADSL një rrjedhë kundrejt DF në headend; kodimi 2 Mbps.....	124

Figura 6.30. Matjet e PCR-së në linjën ADSL a) Një rrjedhë video, b) Dy rrjedha video dhe c) Tre rrjedha video .....	126
Figura 6.31. Matjet e PCR-së në linjën ADSL, për shpejtësinë e kodimit 1 Mbps; a) 1 rrjedhë video, b) 2 rrjedha video .....	126
Figura 6.32. Matjet e PCR-së në linjën ADSL, për shpejtësinë e kodimit 0.5 Mbps; a) 1 rrjedhë video, b) 2 rrjedha video .....	127
Figura 6.33. Histogrami i arritjes së paketave matur në linjën ADSL a) shpejtësia e kodimit 2 Mbps, b) shpejtësia e kodimit 1 Mbps dhe c) shpejtësia e kodimit 0.5 Mbps.....	127
Figura 6.34. Krahasimi linjën ADSL, ndërmjet BR_2 rrjedha video vs. BR_3_rrjedha.	129
Figura 7.1. Karakteristikat e teknologjive ADSL2 dhe ADSL2+.....	137
Figura 7.2. Skenari i problemit 1, rasti kur 5 video IPTV transmetohen në një shtëpi ...	137
Figura 7.3. Vlera optimale $q$ , $t$ dhe $s$ për videot e KL1.....	144
Figura 7.4. Pikat optimale STAR për 4 Klasë të videos të cilat do të shqyrtohen.....	145
Figura 7.5. Kualiteti kundrejt BR për 5 klasat e video shërbimeve .....	150
Figura 7.6. Skema e skenarit 2.....	151
Figura 7.7. Cilësia dhe shfrytëzimi i gjerësisë së brezit: a) kualiteti-algoritmi i propozuar, b) gjerësia e brezit-algoritmi i propozuar, c) Cilësia – algoritmi benchmark, d) gjerësia e brezit-algoritmi benchmark .....	153
Figura 7.8. a) Cilësia: Algoritmi i propozuar vs. algoritmi benchmark, b) gjerësia e brezit për algoritmin e propozuar vs. algoritmin benchmark .....	154
Figura 7.9. Rezultatet pas 15 simulimeve: Algoritmi i propozuar vs. Benchmark: a) Cilësia dhe b) Shfrytëzueshmëria e brezit.....	157
Figura 7.10. Skema për skenarin 2, rasti kur transmetohen 5 video TV njëkohësisht.....	158
Figura 7.11. Nivelet e mundshme BR vs. Q për skenarin 3.....	162
Figura 7.12. Nivelet e mundshme BR kundrejt Q për skenarin 4.....	166
Figura 7.13. Rezultatet për kualitet dhe shfrytëzueshmëri të brezit pas 15 ekzekutimeve të algoritmit të propozuar: a) Kualiteti b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit.....	169
Figura 7.14. Rezultatet për cilësinë dhe shfrytëzueshmëri të brezit pas 15 ekzekutimeve të algoritmit Benchmark: a) Cilësia i b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit .....	170
Figura 7.15. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar dhe benchmark: a) kualiteti dhe b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit.....	171
Figura 7.16. Shpërndarja e RBW .....	174
Figura 7.17. Vlera mesatare .....	174

Figura 7.18. Cilësia e përgjithshme; krahasimi ndërmjet Algoritmit të ri, algoritmit 4 dhe atij benchmark.....	175
Figura 7.19. Shfrytëzimi i brezit; algoritmi i përmirësuar kundrejt algoritmit të propozuar paraprak.....	176
Figura 7.20. Algoritmi i propozuar dhe ai benchmark; a) Kualiteti-algoritmi i propozuar b) Gjerësia e brezit-algoritmi i propozuar, c) Cilësia -algoritmi benchmark, d) Gjerësia e brezit-algoritmi benchmark.....	180
Figura 7.21. Algoritmi i propozuar kundrejt benchmark; a) kualiteti, b) gjerësia e brezit.....	181
Figura 7.22. Nivelet e mundshme Q vs. R për 5 nivele BR.....	182
Figura 7.23. Algoritmi i propozuar 5 nivele kundrejt algoritmi benchmark; a) kualiteti b) shfrytëzimi i brezit.....	183
Figura 7.24. Cilësia e fituar me algoritmin e propozuar 4 nivele vs. 5 nivele; a) Cilësia, algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Vlera mesatare e kualitetit; algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele.....	184
Figura 7.25. Kualiteti i fituar me algoritmin benchmark 4 nivele vs. 5 nivele; a) Kualiteti, algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Vlera mesatare e kualitetit; algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele.....	185
Figura 7.26. Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit, i fituar me algoritmin e propozuar 4 nivele vs. 5 nivele; a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Shfrytëzimi mesatar i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5.....	186
Figura 7.27. Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit, i fituar me algoritmin benchmark, 4 nivele vs. 5 nivele; a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Shfrytëzimi mesatar i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 n.....	187
Figura 7.28. Kualiteti dhe shfrytëzimi i brezit për algoritmin e propozuar dhe atë benchmark, për rastin kur janë marrë 4 dhe 5 nivele.....	188
Figura 7.29. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar të ri5, algoritmit Benchmark dhe Algoritmit të propozuar: a) Kualiteti, b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit.....	191
Figura 7.30. Alokimi i gjerësisë së brezit për secilin përdorues-algoritmi i përmirësuar (40 Mbps kufizimi në backbone), për rastet: a) pesë video KL1, b) katër video KL1 dhe një video KL2, c) tre video KL1 dhe dy video KL2, d) dy video KL1 dhe tre video KL2, e) një video KL1 dhe katër KL2, f) pesë video KL2.....	193
Figura 7.31. Mbetja e gjerësisë së brezit për kufizimin në linkun backbone 40 Mbps ...	194
Figura 7.32. Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të së njëjtës shtëpi; kufizimi është 40 Mbps në linkun ESS-DSLAM (linku backbone) .....	195

Figura 7.33. Kualiteti dhe shfrytëzimi i brezit; krahasimi ndërmjet algoritmit të përmirësuar me algoritmin e propozuar dhe atë benchmark: a) kualiteti dhe b) shfrytëzimi i gjerësisë së brezit .....	197
Figura 7.34. Alokimi i gjerësisë së brezit për secilin përdorues-algoritmi i përmirësuar (80 Mbps kufizimi në backbone), për rastet: pesë video KL1, b) katër video KL1 dhe një video KL2, c) tre video KL1 dhe dy video KL2, d) dy video KL1 dhe tre video KL2, një video .....	198
Figura 7.35. Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të së njëjtës shtëpi; kufizimi është 80 Mbps në linkun ESS-DSLAM (linku backbone).....	199
Figura 7.36. Mbetja e gjerësisë së brezit për kufizimin në linkun backbone 80 Mbps ...	200
Figura 7.37. Krahasimi i kapacitetit për rastin kur kufizimi në linkun backbone është 40 Mbps dhe 80 Mbps .....	201
Figura 7.38. Zbatimi praktik i algoritmeve të propozuara-Arkitektura .....	202

## LISTA E TABELAVE

Tabela 1.1.Rekomandimet e ITU-së për shërbimet në kohë reale .....	5
Tabela 2.1. Formati CIF.....	16
Tabela 2.2. SD sipas ITU-R BT.601-5 .....	17
Tabela 2.3. Standardi HD.....	18
Tabela 3.1. Komponentët që ndikojnë në vonesa .....	40
Tabela 3.2. Madhësia GOP .....	41
Tabela 3.3. Ndikimi i parametrave të rrjetit në kualitetin e shërbimeve.....	43
Tabela 3.4. Standardet ITU për Cilësië [1].....	44
Tabela 3.5. Rekomandimet ITU për transmetimin e bazuar në shtresa [1] .....	44
Tabela 3.6. Vlerat MOS [1] .....	47
Tabela 5.1. Kërkesat për gjerësi të brezit për shërbim “triple play” .....	85
Tabela 5.2. Unaza optike për ofrimin e shërbimet IPTV .....	92
Tabela 6.1. ID e rrjedhës (ID stream) .....	98
Tabela 6.2. Vlerat standarde për DF .....	101
Tabela 6.3. Maksimumi i rekomanduar i lejueshëm për CCT MLR për të gjitha shërbimet dhe koderët .....	102
Tabela 6.4. Maksimumi i lejueshëm i vlerës mesatare MLR .....	102
Tabela 6.5. PID lista: DSLAM 2 Mbps.....	114
Tabela 6.6. PID lista: DSLAM 0.5 Mbps .....	116
Tabela 6.7. PID lista: ADSL 2 stream; 2 Mbps .....	128
Tabela 6.8. PID lista: ADSL 3 stream; 2 Mbps .....	128
Tabela 7.1. Vlerat optimale për BR (bit rate) .....	141
Tabela 7.2. Parametrat e modelit Q(R) dhe saktësia RMSE.....	142
Tabela 7.3. Parametrat R për 5 klasë të videove të marra për testim.....	142
Tabela 7.4. Parametrat e kualitetit për 5 klasët e video sinjaleve .....	142
Tabela 7.5. Vlerat optimale RQSTAR për videon KL1.....	143
Tabela 7.6. Vlerat optimale RQSTAR per klasat 2, 3, 4 dhe 5 te video sinjaleve testuese .....	146
Tabela 7.7. STAR optimal për 5 KL të videove, algoritmi i propozuar .....	148
Tabela 7.8. STAR optimal për 5 KL të videove, për algoritmin Benchmark .....	148
Tabela 7.9. MBR dhe BR për 5 klasë të videove.....	149
Tabela 7.10. STAR për algoritmin Benchmark për 5 KL të videove .....	149
Tabela 7.11. Vlerat benchmark.....	152
Tabela 7.12. Video kombinimet e mundshme .....	155

Tabela 7.13. Alokimi i R për algoritmin benchmark .....	156
Tabela 7.14. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar dhe benchmark .....	156
Tabela 7.15. Vlerat e BR për 100 shtëpi për algoritmin e propozuar .....	163
Tabela 7.16. Vlerat BR për benchmark-skenari 3.....	163
Tabela 7.17. Vlerat BR për secilën shtëpi për algoritmin benchmark .....	164
Tabela 7.18. Vlerat e mundshme BR për klasat e videove testuese .....	167
Tabela 7.19. Vlerat BR për algorimin Benchmark .....	169
Tabela 7.20. Vlerat mesatare për BR .....	173
Tabela 7.21. Kombinimet e mundshme të videove.....	177
Tabela 7.22. Vlerat BR për benchmark .....	179
Tabela 7.23. Shpërndarja e shërbimeve nëpër secilën shtëpi.....	200

## MIRËNJOHJE

Një falënderim të veçantë shpreh për udhëheqësin shkencor të tezës, prof. Adrian Shehu, për ndihmën e madhe që më ka dhënë përmes sugjerimeve dhe vërejtjeve, për vëmendjen që më ka kushtuar dhe për korrektësinë që ka treguar gjatë studimeve të Doktoratës, e posaçërisht gjatë punimit të kësaj teze. Si udhëheqës shkencor, prof Adrian më ka ndihmuar vazhdimisht për të kaluar vështirësitë që kam hasur, duke më inkurajuar që të mos tërhiqem para vështirësive të aspektit teorik apo praktik. Pas takimeve të shpeshta me të, jam ndier gjithmonë i frymëzuar për të punuar me dëshirë për punimin tim.

Gjithashtu, do doja t'i shprehja mirënjohjen time Dekanes së FTI, prof. Rozeta Miho Mitrushi, e cila nuk u lodh kurrë duke më udhëzuar për probleme të ndryshme të studimeve të doktoratës. Prof. Rozeta, ka qenë gjithmonë e gatshme për të më ndihmuar dhe për të më udhëzuar në çdo hap prej fillimit të studimeve të doktoratës, gjatë leksioneve të mbajtura në UPT, si dhe për përgatitjen e tezës së doktoratës.

Dëshiroj të falënderoj edhe Profesorët e Këshillit të Fakultetit të Teknologjisë së Informacionit, për kohën që më kushtuan dhe për ndihmën e dhënë. Referimet shkencore të mbajtura para tyre më kanë ndihmuar në thellimin dhe zgjerimin e të menduarit tim shkencor në disiplinën e teknologjisë së informacionit dhe telekomunikimit. Pa vërejtjet dhe sugjerimet e tyre, teza nuk do të ishte e nivelit të duhur.

Një falënderim i veçantë u takon edhe z. Muharrem Shefkiu dhe z.Hysen Gashi, për ndihmën profesionale që më kanë dhënë për përfundimin e matjeve dhe analizave të bëra në rrjetin IPTV në Telekomin e Kosovës.

Një falënderim i veçantë gjithashtu i takon edhe Prof. Yao Wang, udhëheqëse e laboratorit Video Lab, në Institutin Politeknik të Universitetit të New York-ut-USA, e cila mi hapi dyert e laboratorit për hulumtime të avancuara shkencore. Për përgatitjen e këtij punimi, ndihma e Prof. Yao Wang ishte jashtëzakonisht e madhe. Kjo eksperiencë e përjetuar në këtë Universitet ka qenë fundamentale për arritjen e objektivave të tezës. Sugjerimet dhe ndihma e prof. Wang, më kanë bërë që të mendoj ndryshe për zgjidhjen e problemeve të ndryshme shkencore dhe akademike.

Dhe së fundi por jo më pak e rëndësishme, një falënderim tepër të ngrohtë shpreh për Familjen time, për kurajën dhe mbështetjen që më kanë ofruar në rrugën e gjatë të arsimimit tim. Kjo tezë ishte një sfidë dhe nuk mund të ndodhte pa sakrifica. Nuk do të mund ta përfundoja këtë punë pa mbështetjen e Familjes sime. Do t'u jem gjithë jetën



mirënjohës Prindërve të mi, për kultivimin e dëshirës për të arritur qëllimet e mia dhe të angazhohem për të përfunduar atë që kam filluar. Faleminderit për motrën time dhe dy vëllezërit e mi për përkrahjen morale. Veçanërisht falënderoj vëllaun tim Ilirin që ndodhet në USA, për përkrahjen në çdo aspekt, e posaçërisht gjatë kohës sa isha në USA për hulumtime shkencore në Universitetin e New York-ut-NYU. Faleminderit Gruas time Alida, për durimin dhe mbështetjen përderisa punoja pa ndërprerë, gjatë gjithë kësaj periudhe. Mbi të gjitha, do doja ta falënderoja djalin tim Andin. Faleminderit Andi, që më bekovë me prezencën tënde, urtësinë, durimin dhe humorin e mirë.

Falënderoj Zotin që me ka bekuar me një familje kaq të mirë dhe që më ka dhënë të gjitha mundësitë në këtë jetë.

Arianit Maraj

*Universiteti Politeknik i Tiranës*

*Fakulteti i teknologjisë Informative dhe Telekomunikacionit*

## KAPITULLI 1

### 1 Hyrje, objektivat, metodologjia e punës, pasqyra e punimit

#### 1.1 Abstrakti

Në ditët e sotme, transmetimi i videos nëpër rrjeta me dhe pa tela ka fituar shumë vëmendje. Kjo mënyrë transmetimi ofrohet në pajisje të ndryshme si: laptop, telefon mobil, TV etj. Vlen të theksohet se kjo teknologji ka kaluar në disa sfida teknike, një prej të cilave është dhe zvogëlimi i humbjes së cilësisë që ndodh për shumë arsye; vonesa, humbjet, heterogjeniteti i rrjetave dhe mundësitë procesuese të pajisjeve të përdoruesve fundorë.

Teknologjia IPTV është përdorimi i rrjetit brezgjërë për transmetimin e TV, VoD dhe kontentit media nëpër rrjetin IP. IPTV është një pjesë përbërëse e Triple Play (VoIP, IPTV dhe shërbimeve të të dhënave) dhe “Quadplay” shërbimeve (përfshinë edhe shërbimet mobile). Në këtë punim, fillimisht do të analizohen dhe studiohen konceptet më të rëndësishme të videos dhe mundësitë e transmetimit të saj në rrjetin IP. Një vend me rëndësi në këtë punim do t’i kushtohet analizës së parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV. Konkretisht, do të shtjellohen pengesat që paraqiten në infrastrukturën e rrjetit (në rrjetin qendror dhe në rrjetin e aksesit) për ofrimin e këtij shërbimi. Dihet se kërkesat e klientëve për shërbime të avancuara (IPTV, video lojëra etj.) janë vazhdimisht në rritje. Kjo ka bërë që ofruesit e shërbimeve (operatorët e ndryshëm) shpesh herë të gjenden në pozita jo shumë të lakmueshme përse i përket plotësimit të kërkesave të shumta.

#### 1.2 Hyrja

Gjatë transmetimit të shërbimeve multimediale mund të paraqiten probleme të ndryshme, prandaj është mirë të modelohen disa mekanizma kontrollues për zgjidhjen e tyre. Për shkak të natyrës komplekse të mekanizmave kontrollues, gjithnjë e më tepër po punohet në modelimin e teknikave kontrolluese inteligjente dhe në algoritma inteligjent për ofrimin e shërbimeve të tilla me një QoS/QoE të lartë. Në këtë punim do të fokusohemi në rrjetin IP/MPLS të zbatuar në Telekomin e Kosovës dhe do të shqyrtojmë mundësitë e këtij rrjeti për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë si dhe mundësitë e zbatimit të algoritmeve të ndryshme inteligjente në mënyrë që QoS të jetë sa

më i lartë. Mirëpo, siç dihet, një nga pengesat më të mëdha për ofrimin e shërbimeve IPTV paraqitet në rrjetin e aksesit. Mediumet nga bakri kanë shpejtësi dhe kapacitet të kufizuar. Teknologjia xDSL, ka brez dhe shpejtësi që mund të shkojë deri në disa Mbps, ndërsa teknologjitë e reja të xDSL, kanë bërë një përmirësim të konsiderueshëm të shpejtësisë, por megjithatë jo aq sa t'i përmbushin kërkesat dhe ambiciet e përdoruesve për një periudhë afatgjatë kohe. Pikërisht, këto kufizime të rrjetave të bakrit kanë bërë që ofruesit e shërbimeve të përqendrohen dhe orientohen drejt teknologjive të tjera. Ofrimi i këtyre shërbimeve që kërkojnë kapacitet të lartë mund të bëhet edhe përmes teknologjive pa tela, konkretisht përmes teknologjisë WiMAX.

Në mënyrë që të transmetohen shërbimet video me një cilësi të lartë deri tek përdoruesi i fundit, milja e fundit ("last mile") duhet të jetë në gjendje të përkrahë gjerësinë e kërkuar të brezit për të transmetuar videon nëpër rrjetin IP. IPTV kërkon 2 Mbps për kontentin SD (Standard Definition)/kanal dhe 6-12 Mbps për kontentin HD (High Definition)/kanal me kompresim të formatit MPEG-4. Duke e përdorur fibrin optik në miljen e fundit (last mile), gjerësia e brezit nuk është më problem, përderisa fibri mund të bartë (transmetojë) me lehtësi kanalet SDTV dhe HDTV në formatin MPEG-4. Pra, një ndër teknologjitë më të përshtatshme është teknologjia optike. Duke u bazuar në të mirat që ofron fija optike si medium transmetues, si dhe në përparësitë e saj në krahasim me mediumet e tjera transmetuese, ofruesit e shërbimeve kanë vërejtur se është ndër teknologjitë më të mira që do të mund t'i kënaqte ambiciet dhe kërkesat e përdoruesve në ditët e sotme. Me qëllim ofrimin e shërbimit sa më të mirë për shfrytëzuesit, ofruesit e shërbimeve kanë bërë hapa edhe më të guximshëm, duke dërguar fibrin optik deri në pikën fundore të shfrytëzuesit, teknologji e njohur si "fibri deri në shtëpi" (FTTH-fiber to the home). Teknologjia ekzistuese brez gjerë (ADSL2+ dhe VDSL) është teknologjia më ekonomike për zbatimin e shërbimeve video në kohë reale.

Në infrastrukturën fikse të Telekomit të Kosovës, aktualisht dominon rrjeta e aksesit e bazuar në kablllo bakri me shtrirje të kufizuar e cila paraqet faktor limitues në arritjen e objektivave të penetrimit dhe ofrimin e shërbimeve brezgjërë. Telekomit i Kosovës ka bërë shtrirjen e fibrin optik në disa zona të Kosovës dhe është duke analizuar mundësinë e zbatimit të teknologjive të aksesit të bazuara në fije optike (FTTx) dhe atyre pa tela (WLL) në mënyrë që ritmi i zgjerimit të rrjetës së aksesit të jetë maksimalisht i përshpejtuar.

### **1.3 Një historik i shkurtër i ecurisë së teknologjive koduese. Rëndësia e teknologjive moderne koduese për ofrimin e shërbimeve video.**

Kohët e fundit, kërkesat e përdoruesve gjithnjë e më tepër po ndryshojnë. Në TiK ka kërkesa për transmetim të më tepër se një shërbim video njëkohësisht përmes një linje ADSL. Në këtë rast, problemi kryesor do të ishte shfrytëzimi i gjerësisë së linkut të aksesit dhe linkut “backbone”. Alokimi i saktë i burimeve të rrjetit për të minimizuar shtrembërimet e sinjalit video, kërkon një transmetim efikas të videos duke marrë parasysh shumë parametra njëkohësisht, si: madhësinë e kornizave (frame size), shpejtësinë e transmetimit të tyre dhe hapin e kuantizimit, parametra të rëndësishëm në ofrimin e kualitetit subjektiv për video sinjalet.

Sot, përdoruesit po kërkojnë shërbime video edhe në pajisjet mobile. Sipas kërkimeve të fundit, në vitin 2015 është parashikuar se 2/3 e përdoruesve mobile në tërë botën do të kenë mundësinë e pranimit të sinjaleve video. Kjo do të mundësohet falë teknologjive moderne koduese të cilat mundësojnë një kodim të shkallëzueshëm të sinjalit video (Scalable Video Coding). Me një kodim të tillë, mund të ofrohen shërbimet video edhe tek përdoruesit e fundit, pa marrë parasysh se çfarë pajisje pranuese përdorin ata (telefon mobil, laptop etj.).

Standardizimi i parë i kodimit SVC është bërë nga ekipi JVT (Joint Video Team) i ITU-T VCEG dhe nga ISO/IEC MPEG. Finalizimi i këtij projekti është bërë në vitin 2007. Kodimi SVC nuk është asgjë tjetër veçse një “zgjerim” i kodimit H.264/AVC. Qëllimi i standardit SVC ka qenë që të bëhet rikonstruktimi i sinjalit video me një rezolucion më të vogël në domenin hapësirë-kohë (spatio-temporal) ose me një kualitet më të vogël. Prej kohës kur është bërë standardizimi i kodimit SVC, janë bërë kërkime të shumta në lidhje me kodimin SVC nëpër institute të ndryshme botërore. Një nga institutet që ka punuar shumë për kodimin SVC është edhe Instituti Politeknik i Universitetit të NY-USA. Me një kodim të tillë, ofrohen shërbime video me një cilësi të lartë për të gjithë përdoruesit (fiks dhe mobil) duke shfrytëzuar sa më mirë gjerësinë e brezit.

Në këtë punim do të ndalemi në teknikat aktuale të cilat janë zbatuar në TiK, siç është kodimi H.264 AVC. Ky lloj i kodimit, për momentin i plotëson kërkesat për QoS/QoE. Analizat e bëra në këtë punim do të marrin parasysh këtë teknologji (AVC) dhe parametrat  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  për ofrimin e shërbimeve me një QoS/QoE të lartë. Kodimi SVC është i nevojshëm për zbatimin e teknologjisë OTT (Over The Top), projekt i cili pritet të zbatohet në të ardhmen në TiK.

Fillimisht do të analizohen dhe do të studiohen konceptet më të rëndësishme të videos dhe mundësitë e transmetimit në rrjetin IP. Një vend me rëndësi në këtë projekt do të zerë analiza e parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve video.

Konkretisht, do të shtjellohen pengesat që paraqiten në infrastrukturën e rrjetit (në rrjetin qendror dhe në rrjetin e aksesit) për ofrimin e këtyre shërbimeve.

## **1.4 Pengesat e infrastrukturës së rrjetave për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë**

### **1.4.1 Pengesat e rrjetit qendror**

Rrjeti qendror duhet të rimodelohet në mënyrë që të përkrahë ofrimin e shërbimeve IPTV, konkretisht të jetë gati për bartjen e volumeve të mëdha të kontentit video. Rrjeti qendror është rrjet i bazuar në IP që duhet të modelohet shumë mirë në mënyrë që të transmetojë klasë të ndryshme të trafikut. Rrjetet e modeluara mirë, duhet gjithashtu të jenë në gjendje të menaxhojnë trafikun që i përket aplikacioneve të ndryshme, pra duhet të bëhet një diferencim i shërbimeve të ndryshme. P.sh. paketat që u takojnë aplikacioneve të kohës reale (si për shembull IPTV) duhet të kenë prioritet në transmetim në krahasim me paketat që nuk janë të kohës reale (emaili, transferi i fajllave etj.). Teknologjia që përdoret për bartjen e kontentit video në rrjetin qendror në TiK është teknologjia MPLS. Me rritjen e kërkesave të përdoruesve, disa segmente të këtij rrjeti mund të paraqesin probleme. Veçanërisht, në rastet kur kërkohet të transmetohet më shumë se një sinjal video në një shtëpi. Këto probleme mund të paraqiten në segmentet prej ruterit të skajev, deri në nyjet e aksesit.

### **1.4.2 Pengesat e rrjetit të aksesit**

Me qëllim bartjen e shërbimeve video deri tek përdoruesi i fundit, “milja e fundit” (last mile) duhet të jetë në gjendje që të bëjë bartjen e këtyre shërbimeve pa i degraduar, pra duhet t’i kushtohet rëndësi e veçantë kapacitetit të rrjetit të aksesit. Rrjeti i aksesit mund të bazohet në teknologji të ndryshme, duke përfshirë, Ethernetin, WiMAX, WiFi, Fibrat optik. Kapaciteti i rrjetit të aksesit është një faktor limitues për të vendosur se sa sinjale video mund të transmetohen njëkohësisht tek përdoruesit, prandaj dhe pengesa kryesore për ofrimin e shërbimeve IPTV është rrjeti i aksesit.

Në këtë punim, analiza do të bëhet për të gjitha llojet e rrjetave të aksesit dhe përmes analizave të ndryshme do të krahasohen të mirat dhe të metat e secilit medium transmetues që përdoret në rrjetin e aksesit, por fokusimi kryesor do të jetë në rrjetin e

aksesit i cili është instaluar në TiK, i cili është i bazuar në teknologjinë ADSL, përmes kabllorëve të bakrit.

### 1.4.3 Pengesat e rrjetit shtëpiak

Rrjeti shtëpiak luan një rol të rëndësishëm për ofrimin e shërbimeve IPTV tek përdoruesit. Gjerësia e brezit në rrjetin shtëpiak është një faktor kritik për të ofruar këto shërbime me një kualitet të lartë. Në të gjitha pikat e monitorimit të cilësisë së rrjetit (qendror, të aksesit dhe shtëpiak), duhet t'i kushtohet shumë rëndësi parametrave. Kryesisht, do të bazohemi në vlerat e pragut (threshold) të parametrave më të rëndësishëm. Do të bazohemi në vlerat e këtyre parametrave sipas rekomandimeve të ITU-së, konkretisht TR-126 dhe ITU-T-1540 për këta parametra, kufijtë e të cilëve nuk duhet të tejkalohen në mënyrë që të mos kemi degradim të shërbimeve (tabela 1.1).

Tabela 1.1.Rekomandimet e ITU-së për shërbimet në kohë reale

<b>Parametri</b>	<b>Vlera e pragut</b>
Latenca	Më e vogël se 200 <i>ms</i>
Jitter-i	Më i vogël se 50 <i>ms</i>
IP rrjedha e videos, raporti i humbjes së paketave	Më e vogël se 1.22E-06
Vonesat e kornizave <b>I</b> ( <b>I frames</b> )	500 <i>ms</i>

Me qëllim transmetimin e shërbimeve multimediale duhet të modelohen disa mekanizma kontrollues për zgjidhjen e problemeve të ndryshme që mund të paraqiten në rrjet. Për shkak të natyrës komplekse të mekanizmave kontrollues, gjithnjë e më tepër po punohet në modelimin e teknikave kontrolluese inteligjente. Një rol të rëndësishëm së veçantë për ofrimin e shërbimeve video me një cilësi të lartë, luan edhe lloji i pajisjeve që përdorin përdoruesit për pranimin e sinjaleve video.

## 1.5 Qëllimi i punimit

Për të siguruar shërbimet IPTV me QoS të lartë, duhet të zbatohen modele dhe mekanizma të rinj. Në raste të tilla është e rëndësishme që të bëhet edhe një planifikim i mirëfilltë i trafikut (traffic engineering). Gjithashtu, për të ofruar shërbime video me një cilësi të lartë, duhet të bëhet edhe modelimi i disa mekanizmave inteligjent të cilët, përmes algoritmeve përkatëse mundësojnë shërbime me një cilësi të lartë.

## 1.6 Objektivat

Ideja fillestare e punimit ishte të bëhej një analizë e detajuar e ofrimit të shërbimeve IPTV. Analiza është orientuar në pengesat e infrastrukturës së rrjetit për ofrimin e këtyre shërbimeve, në aspektin e ngritjes së QoS/QoE. Në këtë aspekt, janë përdorur metoda të ndryshme inteligjente në mënyrë që të kemi përfundime të sakta për ngritjen e QoS dhe QoE.

Një objektiv shumë i rëndësishëm në këtë punim është edhe evidentimi i problemeve të ndryshme të cilat janë në rrjetin real IPTV TiK, për ofrimin e shërbimeve video. Për të mundësuar këtë, janë bërë matje të shumta në pika të ndryshme të rrjetit nga të cilat kanë dalë përfundime të rëndësishme për cilësinë e shërbimit. Metodologjia e matjeve ka qenë përmes matjeve aktive. Fillimisht është marrë në konsideratë metodologjia e MDI (Media Delivery Index), ku janë analizuar faktorët si DF dhe MLR. Përmes pajisjeve të sofistikuara janë bërë analiza të tjera si të PCR jitter-ti, GOP dhe rëndësisë së tij në kualitet dhe matje të të gjithë parametrave. Këto matje janë bërë përmes IQMedia Monitor dhe përmes aplikacioneve përkatëse të cilat mundësojnë analiza të detajuar. Këto matje janë bërë në pika të ndryshme të rrjetit ekzistues NGN në TiK. Ne kemi identifikuar si pika kryesore, këto pika: në HE (headend), rrjetin e aksesit dhe në rrjetin qendror. Përmes këtyre matjeve shihet qartë se kur humbet cilësia e shërbimit (në cilat pika dhe për cilat raste) duke nxjerrë rekomandime konkrete për ngritjen e QoS/QoE. Gjithashtu, janë analizuar problemet aktuale me të cilat mund të ballafaqohet rrjeti TiK në rastin e ofrimit të dy apo më shumë shërbimeve video tek përdoruesit. Matjet kanë qenë shumë të dobishme dhe duke u bazuar në këto matje është analizuar secili parametër dhe është nxjerrë rëndësia e tyre. Kjo është mundësuar falë kerkimeve të mirëfillta shkencore në NYU Poly.

Në përgjithësi, “shtrembërimet” e videos gjatë transmetimit përbëhen nga shtrembërimet e burimit të videos, që rezulton nga kuantizimi, dhe shtrembërimet që mund të ndodhin në kanal transmetues, që shkaktohen nga gabimet gjatë transmetimit

(që përfshijnë gabimin e zakonshëm dhe humbjen e paketave). Alokimi i saktë i burimeve të rrjetit për të minimizuar shtrembërimet, kërkon një transmetim efikas të sinjalit video duke marrë parasysh shumë parametra, si: madhësinë e kornizave (FS), shpejtësinë e transmetimit të tyre (FR) dhe hapin e kuantizimit (QS).

Deri tani, asnjë punim i mëparshëm shkencore nuk ka marrë parasysh ndikimin simultant të tre parametrave: FS, FR dhe QS. Edhe më herët janë bërë analiza të shumta shkencore që kanë marrë parasysh 2 nga këta 3 parametra, por jo të 3 parametrat njëkohësisht. Me marrjen parasysh të vetëm 2 parametrave, cilësia e ofrimit të shërbimeve video, nuk kishte rezultuar shumë e kënaqshme. Për herë të parë një studim i tillë ka filluar në Institutin Politeknik, të Universitetit të New York-ut (NYU Poly-Polytechnic Institute of New York University).

Ky është projekti i parë që merr parasysh këta parametra, njëkohësisht dhe analizon rastin kur tentohet të bëhet maksimizimi i shfrytëzimit të përgjithshëm të kanalit transmetues, në rastin kur transmetohen shumë sinjale video nëpër të njëjtin medium transmetues. Më herët, në NYU Poly janë bërë analiza të tilla, mirëpo si subjekt i këtyre studimeve ka qenë vetëm një sinjal video që transmetohet nëpër kanal transmetues i cili ka qenë pa tela (wireless).

Objektivi kryesor i këtij punimi është ofrimi i shërbimeve video IPTV duke mundësuar që cilësia e perceptuar të jetë e pranueshme për përdoruesit. Për të arritur këtë objektiv, janë bërë analiza të shumta në NYU Poly dhe janë gjetur rezultate konkrete dhe rekomandime për ngritjen e QoE dhe për shfrytëzimin më të mirë të gjerësisë së brezit. Për këto analiza të mirëfillta shkencore, janë marrë në konsideratë 3 parametrat kryesor që ndikojnë në QoE: FR, FS dhe QS.

Në këtë punim, janë bërë analiza konkrete për një rrjet konkret, siç është ai i TiK, që e ka të zbatuar platformën IPTV. Fillimisht, kemi gjetur problemet aktuale me të cilat ballafaqohet kjo platformë dhe kemi shqyrtuar problemet me të cilat do të ballafaqohet TiK për ofrimin e shumë sinjaleve video në një shtëpi të vetme. Pra, i kemi gjetur “fytet e ngushta” të cilat ndikojnë në QoE dhe kemi tentuar që të përmirësojmë shfrytëzueshmërinë e gjerësisë së brezit duke e ngritur njëkohësisht edhe kualitetin perceptual. Me sugjerimet e Profesorit udhëheqës të Tezës së Doktoratës dhe me sugjerimet e profesorëve të UNY, kemi përcaktuar hapat e projektit, ndarjen e problemeve dhe më pastaj analizimin e tyre një nga një.



Duke e ditur se në TiK rrjeti i aksesit është problematik në kuptimin e ofrimit të kapaciteteve të larta, fillimisht kemi filluar analizën e problemit kur kemi vetëm një fyt të ngushtë (bottleneck) në linjën e aksesit (nyje e aksesit-shtëpi e përdoruesit). Për një analizë të tillë kemi marrë vlerat kontinueale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ . Fillimisht ideja ka qenë që të nxirren disa rezultate teorike, për të vazhduar më tej me probleme të cilat mund të kenë zbatim praktik. Në këtë rast kemi supozuar se 5 video, transmetohen njëkohësisht nëpër një link të aksesit, do të thotë që një shtëpi të ketë 5 TV, aparate për marrjen e njëkohshme të këtyre sinjaleve video. Një supozimi i tillë është ekstrem, mirëpo praktika e universiteteve ndërkombëtare, sugjeron që të analizohen raste të tilla, dhe nëse gjenden zgjidhje për raste të tilla atëherë, rastet praktike do të zgjidhen shumë më lehtë. Për një analizë të tillë, fillimisht është krijuar një algoritëm që merr në konsideratë gjerësinë e brezit dhe shumë video që transmetohen njëkohësisht. Për një analizë të tillë janë përdorur shumëzuesit e Lagrange-it dhe konditat e Karush Kuhn Tucker-it (KKT conditions). Në bazë të kësaj, është gjetur edhe algoritmi përkatës i punuar me Matlab. Rezultatet ishin shumë të mira dhe na inkurajuan që të vazhdojmë me probleme të tjera, të cilat janë të mundshme që të aplikohen edhe në praktikë, gjithnjë duke marrë në konsideratë kushtet aktuale të rrjetit të TiK-ut. Supozimet e bëra janë bazuar në këtë rrjet, në përmbushjen e kërkesave të ardhshme të përdoruesve për një cilësi të lartë.

Problemet praktike, duhet të marrin parasysh vetëm vlerat diskrete për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ . Përveç rrjetit të aksesit (prej DSLAM tek përdoruesi), mund të kemi edhe fyte të tjera të ngushta, probleme të cilat ndikojnë në kualitetin e shërbimit, kështu filluam me analiza të tjera më të ndërlikuara, duke marrë parasysh rastet kur kemi 2 fyte të ngushta; një në rrjetin e aksesit e tjetrin në rrjetin “backbone” (DSLAM-Edge router). Nga ky rast kemi nxjerrë edhe disa nën probleme të tjera dhe i kemi ndarë në këtë mënyrë:

- Kur kemi 2 fyte të ngushta, por kemi vetëm 2 video që transmetohen njëkohësisht,
- Kur kemi 2 fyte të ngushta, por transmetohen 5 video njëkohësisht të ndara në pesë klasa të ndryshme
- Kur kemi 2 fyte të ngushta, por transmetohen 5 video njëkohësisht që janë të ndara në dy klasa.

Rezultatet që do të prezantohen për këto raste, janë shumë të mira dhe në secilin prej këtyre problemeve kemi arritur shfrytëzueshmëri më të mirë të gjerësisë së brezit dhe cilësi më të madhe. Për secilin nga këto probleme kemi krijuar algoritmet përkatëse, të cilat janë punuar me Matlab duke përdorur teknologjinë e ashtuquajtur “exhaustive

search” për të gjetur se cili kombinim i parametrave  $q$ ,  $t$  dhe  $s$ , na jep kualitet të përgjithshëm më të mirë dhe i shfrytëzon më mirë burimet e rrjetit, krahasuar me rezultatet standarde për këto probleme (të quajtura benchmark algoritme).

Mbështetur në analizat e mësipërme kemi krijuar edhe dy algoritme të reja, duke marrë parasysh disa faktorë të tjerë dhe disa kufizime të tjera (si p.sh., pragu për QoS të jetë mbi 0.5 –vlera e normalizuar) dhe përmes këtyre algoritmeve kemi tentuar që t’i përmirësojmë rezultatet paraprake të algoritmeve të propozuara. Me këto algoritme kemi arritur që vërtetë të bëjmë një përmirësim të rezultateve paraprake dhe kjo shihet shumë qartë nga grafikët ku kemi krahasuar rezultatet paraprake me rezultatet e arritura përmes këtyre algoritmeve.

Në fund, objektivi kryesor është zbatimi praktik. Në këtë punim dilet me rekomandime konkrete se ku mund të bëhet zbatimi i këtyre algoritmeve të propozuara. Qëllimet kryesore të këtyre algoritmeve janë si më poshtë:

1. Pranimi i informacionit nga nyjet e aksesit për kërkesat e përdoruesve
2. Dërgimi i këtij informacioni tek sistemi kodues H.264 AVC. Në këtë rast algoritmi i propozuar duhet t’i tregojë sistemit kodues për cilat vlera  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  do të fitohet cilësia maksimale për plotësimin e kërkesave të përdoruesve dhe shfrytëzimin më të mirë të gjerësisë së brezit.
3. Sistemi kodues duhet të bëjë transmetimin e tillë deri tek nyjet e aksesit, për t’i transmetuar më tej tek përdoruesit.

Nga rezultatet që nxiren përmes këtyre algoritmeve duhet të tregohet se pse këto algoritme kanë një rëndësi të veçantë për ofrimin e shërbimeve video në të ardhmen, sidomos në rastet kur pajisjet fundore janë heterogjene. Këto analiza mund të zgjerohen më tej duke marrë parasysh kërkesat në rritje të përdoruesve për shërbime video në aparatet telefonike mobile dhe në aparate tjera që kanë rezolucione shumë më të vogla sesa TV.

Në përgjithësi, janë 5 segmente që duhen marrë parasysh për ofrimin e shërbimeve IPTV: kontent-i në HE, enkodimi i kontentit, rrjeti qendror, rrjeti i aksesit dhe rrjeti shtëpiak. Ne do të përqëndrohemi në mundësitë e rrjetit qendror dhe rrjetit të aksesit për ofrimin e shërbimeve IPTV. Pjesa e kodimit të sinjaleve video në headend, mbetet një nga objektivat kryesore e këtij punimi për faktin se ndryshimi i parametrave kodues në headend, ndikon drejtpërsëdrejti në cilësinë e shërbimit dhe në shfrytëzueshmërinë e gjerësisë së brezit.

Objektivat kryesore të kësaj teze të doktoratës do t'i listojmë si në vijim:

1. Analiza e ngarkesës së trafikut për arkitekturën IPTV të centralizuar, të zbatuar në TiK, dhe atë të shpërndarë
2. Matje dhe analiza konkrete të rrjetit ekzistues të aksesit në TiK (kryesisht i bazuar në ADSL) për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë
3. Matja e parametrave të rrjetit të aksesit dhe atij qendror të bazuar në fibrin optik dhe rekomandimet në lidhje me përdorimin e mediumit adekuat për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë
4. Analiza të zbatimit të “fibrin deri në shtëpi” (Fiber to The Home - FTTH) dhe WiMAX në TiK për ofrimin e shërbimeve IPTV. Përparësitë dhe të metat e zbatimit të njërës dhe tjetrës teknologji si dhe krahasimi me teknologjinë ekzistuese ADSL.
5. Analiza e gjatësisë së GOP-it dhe ndikimi i GOP në cilësinë e videos
6. Studimi i metodave të ndryshme dhe algoritmeve për përmirësimin e cilësisë së video sinjalit: raste konkrete dhe rezultate konkrete.
7. Analiza dhe studimi i ndikimit të parametrave: FS, FR dhe QS në kualitetin e video shërbimit: rezultate konkrete të përmirësimit të kualitetit të përgjithshëm perceptual.
8. Sugjerimet për zbatimin konkret të këtyre algoritmeve në arkitekturat të centralizuara IPTV, për ngritjen e kualitetit të përgjithshëm.
9. Analiza e metodave të kuantizimit për përcaktimin e një faktori optimal për kuantizim për transmetimet video dhe për konsumimin e gjerësisë së brezit për atë video.

## **1.7 Motivimi**

Në dekadën e fundit, janë zhvilluar teknologji të ndryshme për të përmbushur kërkesat për shërbimet brez gjera, siç janë shërbimet IPTV. Deri tani janë bërë përpjeke të shumta për të rritur QoS-in në rrjetat e ndryshme.

Në këtë treg shumë konkures për shërbimet IPTV, ofruesit e shërbimeve duhet të përmbushin pritjet e përdoruesve për një cilësi sa më të lartë shërbimi. Transmetimi i shërbimeve të tilla kërkon analiza të detajuara në pika të ndryshme të rrjetit dhe programim të tillë të rrjetit që humbjet, vonesat dhe të gjithë parametrat e tjerë që

ndikojnë në QoS, të jenë nën pragun e lejuar të caktuar me standardet për shërbime në kohë reale – IPTV.

Kohët e fundit janë propozuar algoritme të shumta të cilat kanë ndikuar në rritjen e QoS-it. Gjithashtu, janë propozuar edhe algoritme inteligjente, të cilat janë të bazuara në logjikën fazi që të vetmin qëllim kanë ngritjen e QoS-it në rrjetat multimediale. Në bazë të rezultateve të arritura këto algoritme inteligjente kanë rezultuar më të suksesshmet. Mirëpo, në këtë tezë të doktoratës, do të fokusohemi në matje konkrete, analiza dhe propozimin e disa algoritmeve për ngritjen e QoS/QoE. Motivi kryesor është që të bëhet analiza dhe zbatimi i algoritmeve inteligjente në rrjetin qendror dhe atë të aksesit me qëllim rritjen e performancave të rrjetit për ofrimin e shërbimeve IPTV. Analizat e tilla do të përfshijnë edhe matje reale të rrjetit qendror të zbatuar në Telekomini e Kosovës (rrjet i bazuar në IP/MPLS), matje reale në rrjetin e aksesit (të bazuar në ADSL) si dhe propozimin për zbatimin praktik të këtyre algoritmeve.

## **1.8 Metodologjia e punës**

Për përgatitjen e tezës së doktoratës është shfrytëzuar literatura më e re dhe më bashkëkohore, e teorive më të reja të telekomunikimeve. Për analiza të ndryshme janë përdorur pajisje matëse të rrjetit në Telekomini e Kosovës: rrjetit të aksesit dhe rrjetit qendror. Shfrytëzimi i softuerëve të ndryshëm siç është: Matlab, OPNET modeler, kanë mundësuar gjithashtu në ngritjen e cilësisë së punimit shkencor. Analizat dhe rekomandimet në NYU, janë shumë të rëndësishme për arritjen e objektivave.

## **1.9 Burimet e domosdoshme për punimin**

Së bashku me udhëheqësin e kësaj teze të doktoratës, kemi identifikuar burimet e mëposhtme si të domosdoshme për përfundimin e projektit:

### **1.9.1 Materiali për studim**

Artikujt, libra, materiale nga Interneti nga burime të besueshme që kanë të bëjnë me teorinë më të reja të teknologjisë IPTV, material i domosdoshëm për fazën fillestare të këtij projekti. Më pas, janë bërë analiza të mirëfillta me rezultate konkrete në laboratorin Video Lab, të Universitetit të NY-USA.

### **1.9.2 Hardueri dhe softueri i përdorur**

Për përfundimin e kësaj teze të doktoratës janë përdorur:

- Pajisje të ndryshme harduerike me softuerët përkatës për matjen e parametrave të ndryshëm të rrjetit qendror, të aksesit dhe rrjetit shtëpiak. Këto pajisje janë në pronësi të Telekomit të Kosovës.
- Pako të ndryshme softuerike për analiza të infrastrukturës së rrjetit: MATLAB, C++, IQDVx, IQMedia analyzer etj.

### 1.10 Rëndësia dhe përfitimet e parashikuara

Rëndësia e këtij punimi, e posaçërisht e pjesës së punuar në NYU, është e madhe për ofrimin e shërbimeve video me cilësi të lartë në të ardhmen. Në një kohë të afërt, shumica e përdoruesve do të kërkojnë shërbime video edhe në pajisjet e tyre mobile prandaj, një studim i tillë, aq më tepër kur ka rezultate shumë të favorshme dhe bindëse, do të ishte shumë i mirëpritur për ofrimin e shërbimeve video me një cilësi të lartë, përmes rrjetit fiks apo mobil të ofruesve të shërbimeve telekomunikuese. Sugjerimi për zbatimin praktik të këtij projekti, i tejkalon pritjet dhe është një vlerë e shtuar në ngritjen e cilësisë së përgjithshme të shërbimeve për një shfrytëzimit sa më të mirë të burimeve të rrjetit. Kjo arritje merr më shumë vlera kur i shtohet fakti se TiK e ka rrjetin e aksesit të bazuar në fije të bakrit dhe ky rrjet është shumë i kufizuar për përmbushjen e kërkesave të shumta të përdoruesve në të ardhmen.

### 1.11 Pasqyra e punimit

I tërë punimi është i ndarë në 8 kapituj. Më poshtë do të jepen detajet që përshkruan secili kapitull:

**KAPITULLI 1:** Në këtë kapitull përshkruhen konceptet kryesore të punimit, objektivat, qëllimi, një historik i shkurtër i arritjeve nëpër botë në këtë fushë, me pas pengesat e rrjetit qendror dhe mundësisë së TiK për ofrimin e shërbimeve IPTV me një cilësi të lartë, metodologjia e punës e përdorur për këtë tezë, burimet e domosdoshme për punimin si dhe rëndësia dhe përfitimet e parashikuara.

**KAPITULLI 2** - Karakteristikat kryesore të sinjaleve video. Temat kryesore që do të shtjellohen në këtë kapitull janë: Konceptet kryesore të sinjalit video, formatet e videos (standardi HD dhe SD), kompresimi i video sinjaleve, GOP dhe rëndësia e tyre (Group of pictures), Ndikimi i gjatësisë së GOP-it në cilësinë e shërbimit dhe në CCT, Bit Rate, Channel Change Time, teknikat MPEG (Moving Pictures Expert Group), MPEG-4 dhe H.264, kompresimi i imazhit (spatial compression), kompresimi në kohë (time

compression), kompresimi i audio sinjaleve, cilësia dhe siguria e videos, kodimi H.264 SVC dhe karakteristikat e përgjithshme të kodimit SVC si dhe kodimi SVC në H.264

**KAPITULLI 3** – Parametrat që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV: në këtë kapitull, janë bërë disa përshkrime të përgjithshme të disa parametrave që ndikojnë në QoS/QoE, duke u bazuar në rekomandime konkrete të ITU-së dhe ADSL forumit. Temat e këtij kapitulli janë: Hyrje–QoE, QoE për shërbimet video dhe audio, kërkesat për kompresim dhe për sinkronizim të mediave, ndikimi i humbjes së paketave në kontentin IPTV, QoS/QoE parametrat për shërbimet IPTV, direktivat për QoE në shtresën e transportit, shtresa e transportit-rrafshi i kontrollit- studimi i faktorëve që ndikojnë në kohën e ndërrimit të kanaleve, shtresa e transportit-rrafshi i të dhënave (data plane), ndikimi i parametrave të rrjetit në cilësi, parametrat që ndikojnë në cilesinë e videos, teknikat matëse të cilësisë së videos, matjet objektive, raporti sinjal zhurmë (PSNR), matjet subjektive, matjet indirekte, planifikimi i bazuar në QoE, dimensionimi i video QoE si dhe rëndësia e gjerësisë së brezit (BË) në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV.

**KAPITULLI 4** - Teknologjitë e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV (Karakteristikat e rrjetit të aksesit dhe atij qendror në TiK): Rrjeti i aksesit-llojet e rrjetit brezgjërë për ofrimin e shërbimeve IPTV, ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të aksesit të bazuar në kabllo optike, rrjetet FTTH, arkitektura e rrjetit FTTH, arkitektura e rrjetit optik pasiv, PON, standardet e rrjetit optik FTTH, ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të aksesit pa tela-teknologjia WiMAX, karakteristikat e rrjetit të aksesit të bazuar në WiMAX, mundësia e ofrimit të shërbimeve IPTV përmes rrjetit të aksesit të bazuar në ADSL

**KAPITULLI 5** – Teknologjia IPTV – zbatimi në Telekomun e Kosovës. Në këtë kapitull do të shqyrtohen tema të përgjithshme për platformën dhe shërbimet IPTV, për të kaluar më tej në platformën dhe shërbimet IPTV të ofruara nga TiK. Temat e këtij kapitulli do të jenë: teknologjia IPTV, shërbimet kryesore IPTV, nyjet ofruese të shërbimeve IPTV, serverët e videos sipas kërkesës (video on demand servers), arkitekturat e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV, konceptimi i arkitekturës së centralizuar IPTV në TiK, nën-sistemi i lokacioneve regjionale në TiK, konfigurimi i HE në TiK, MW i zbatuar në TiK, mekanizmi për mbrojtjen e shërbimeve në platformën IPTV të zbatuar në TiK, menaxhimi dhe monitorimi, analiza e ngarkesës së trafikut për arkitekturën IPTV të centralizuar, të zbatuar në TiK, dhe atë të shpërndarë, dhe në fund, bëhet një analizë e ofrimit të shërbimeve IPTV, konkretisht për ofrimin e VOD shërbimeve, përmes

integritet në rrjetin ekzistues IP/MPLS të TiK. Gjithashtu shtjellohen edhe karakteristikat e rrjetit të aksesit dhe atij qendror në TiK-Rekomandime për përmirësimin e rrjetit të aksesit, rrjeti ekzistues optik në Telekomini e Kosovës dhe mundësia e zbatimit të FTTH në të ardhmen, unaza optike e caktuar për ofrimin e shërbimeve IPTV e zbatuar nga TiK; matje konkrete të dobësimit në disa segmente.

**KAPITULLI 6** - Studimi i parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV në platformën e implementuar në TiK: Në këtë kapitull, përvec disa koncepteve të përgjithshme për matjet, pjesa tjetër paraqet matje konkrete të parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV në TiK. Temat kryesore që janë subjekt i këtij kapitulli janë: planet e mundshme testuese, testimi i shtresës së shërbimeve, analiza e PES-it (Packetized Elementary Stream), analizat e MPEG-TS, të kuptuarit e MDI (Media delivery Index), komponentët e MDI, faktori i vonesës - DF (Delay Factor), raporti i humbjeve - MLR (Media Loss Rate), aplikimi i MDI-së, matja e kualitetit të shërbimeve IPTV në platformën e TiK. Këto matje janë realizuar në disa skenarë dhe në pika të ndryshme të rrjetit.

**KAPITULLI 7** - Rritja e shfrytëzueshmërisë së gjerësisë së brezit dhe cilësia në rrjetat IPTV NGN (IP/MPLS): Në këtë kapitull përfshihen rezultatet e arritura në NYU dhe rekomandime konkrete për ngritjen e QoS/QoE për ofrimin e shumë videove IPTV njëkohësisht, në arkitekturën konkrete të TiK-ut. Temat e këtij kapitulli janë: problemet aktuale në rrjetin e TiK-ut si: rritja eksponenciale e kërkesave për shërbime IPTV, kërkesat dinamike të përdoruesve, konvergjenca e shërbimeve video. Rasti 1: 1 fyt i ngushtë në rrjetin e aksesit, ky rast merr parasysh parametrat në mënyrë kontinue  $q$ ,  $t$  dhe  $s$ . Rastet tjera përfshijnë raste praktike duke marrë vlera diskrete për  $q$ ,  $t$  dhe  $s$ , si dhe shtjellon rastet kur kemi 1 dhe 2 fyte të ngushta të gjerësisë së brezit. Në fund, bëhet propozimi për zbatimin praktik të të gjitha algoritmeve të punuara në këtë kapitull. Algoritmet janë programuar me Matlab.

**KAPITULLI 8** – Rezultatet dhe rekomandimet konkrete: Në këtë kapitull jepen të gjitha rezultatet dhe rekomandimet e kësaj teze. Duke përfshirë këtu: rezultatet dhe rekomandimet për ofrimin e shërbimeve VOD (rekomandime për arkitekturën e mundshme për ofrimin e këtyre shërbimeve me Qos të lartë), rekomandime dhe përfundime për matjet dhe analizat e bëra në rrjetin real në TiK si dhe në fund përfshihen rezultatet, rekomandimet e bëra në NYU për ofrimin e shumë video sinjaleve njëkohësisht tek përdoruesit, duke marrë parasysh 3 parametra njëkohësisht ( $q$ ,  $s$  dhe  $t$ ) si dhe duke marrë parasysh skenarë të ndryshëm të fyteve të ngushta të gjerësisë së brezit.

Rezultatet përfundimtare përmes grafikëve dëshmojnë ngritjen e QoS për ofrimin e shërbimeve video IPTV në krahasim me algoritmet standarde.



## KAPITULLI 2

### 2 Karakteristikat kryesore të sinjaleve video

#### 2.1 Hyrje -Sinjali video

Videoja dixhitale është një sekuençë e sinjaleve të figurave (kornizave) që paraqiten me anë të të dhënave binare (bitëve) që përshkruajnë një bashkësi të fundme të niveleve të ngjyrave dhe luminancës. Dërgimi i një videoje dixhitale përfshin shndërrimin e një imazhi në informacion dixhital që transferohet deri tek pranuesi dixhital i videos. Informacioni dixhital përmban karakteristika të video sinjalit dhe pozicionim të imazhit që do të paraqitet. Video IP është një transferues i informacionit video në formatin e paketave IP. Transmetimi i IP videos përfshin: dixhitalizimin e videos, kodimin, adresimin, transferin, pranimin, dekodimin dhe shndërrimin e të dhënave video të formatit IP në formatin e videos origjinale.

#### 2.2 Formatet e videos

Algoritmet për kompresim të sinjaleve video mund ta bëjnë kompresimin e formateve të ndryshme të videos. Në praktikë, është e zakonshme që të bëhet shndërrimi i videos në një bashkësi të “formateve të ndërmjetme” (intermediate formats) para kompresimit dhe transmetimit [1]. Formatit CIF (common intermediate format) është formati bazë për shumicën e formateve. Formatet e mundshme CIF, paraqiten në tabelën 2.1.

Tabela 2.1. Formatit CIF

Formati	Rezolucioni (horizontal x vertikal)	Bit për kornizë (4:2:0, 8 bit për mostër)
Nën-QCIF (sub-QCIF)	128x96	147456
Quarter CIF (QCIF)	176x144	304128
CIF	352x288	1216512
4CIF	704x576	4866048

Zgjedhja e rezolucionit të kornizës varet nga aplikacioni dhe nga kapaciteti i transmetimit. Për shembull, 4CIF është i përshtatshëm për SD TV dhe video DVD; CIF dhe QCIF janë shumë të përdorur për aplikacionet e video konferencave; QCIF ose

SQCIF janë të përshtatshëm për aplikacione mobile ku rezolucioni dhe shpejtësia janë të kufizuara.

### 2.3 Standardi SD (Standard Definition)

Formati shumë i përdorur për kodimin dixhital të video sinjaleve për produksionet televizive është SD i cili përcaktohet sipas rekomandimeve të ITU-R BT.601-5 [2]. Komponentja e luminancës e sinjalit video mostruhet në  $13.5\text{ Mhz}$ , ndërsa krominanca në  $6.75\text{ Mhz}$  për të prodhuar një komponente  $4:2:2\text{ Y:Cr:Cb}$  të sinjalit . Parametrat e sinjalit dixhital të mostruar varen nga shpejtësia e kornizave video,  $30\text{ Hz}$  për një sinjal NTSC dhe  $25\text{ Hz}$  për një sinjal PAL/SECAM, dhe paraqiten në tabelën 2.2. Shpejtësia e kornizës prej  $30\text{ Hz}$  për NTSC kompenzohet me një rezolucion më të vogël kështu që BR total është i njëjtë për secilin rast,  $216\text{ Mbps}$ .

Tabela 2.2. SD sipas ITU-R BT.601-5

	Shpejtësia e kornizës 30 Hz	Shpejtësia e kornizës 25 Hz
Fusha për sekondë	60	50
Linja për tërë kornizën	525	625
Mostra të luminancës për vijë	858	864
Mostra të krominancës për vijë	429	432
Bit për mostër	8	8
BR i përgjithshëm	216 Mbps	216 Mbps
Vija aktive për kornizë	480	575
Mostra aktive për vijë (Y)	720	720
Mostra aktive për vijë (Cr, Cb)	360	360

Secila mostër ka një rang të mundshëm prej 0 deri në 255 nivele. Nivelet prej 0 deri në 255 janë të rezervuara për sinkronizim, ndërsa sinjali me luminancë aktive është i kufizuar në rangun prej 16 (i zi-black) deri në 235 (i bardhë).

## 2.4 Standardi HD (High definition)

Ekzistojnë shumë formate të standardit HD. Standardet që përdoren më së shumti nga televizionet janë të paraqitura në tabelën 2.3 dhe shihen më së miri në figurën 2.1.

Tabela 2.3. Standardi HD

<b>Formati</b>	<b>Progresiv ose i gërshtuar (interlaced)</b>	<b>Pikselët horizontal</b>	<b>Pikselët vertikal</b>	<b>Korniza për sekondë</b>
720p	Progresiv	1280	720	25 korniza
1080p	I gërshtuar	1920	1080	50 korniza
1080p	Progresiv	1920	1080	25 korniza

Është e qartë se formatet HD kërkojnë shpejtësi më të mëdha sesa formatet SD. Video SD ka  $(720 \times 576 \times 25) = 10368000$  piksel për sekondë. Video 720p HD ka  $(1280 \times 720 \times 25) = 23040000$  piksel për sekondë dhe në fund, 1080p HD ka  $(1920 \times 1080 \times 25) = 51849999$  piksel për sekondë.

Sasia e madhe e bafërit e kërkuar për transmetimin këtyre formateve të pakompresuara në këto rezolucione nënkupton se është esenciale të bëhet kompresimi i videos për aplikacione praktike, sepse është shumë e vështirë të bëhet transmetimi i kapaciteteve të tilla.

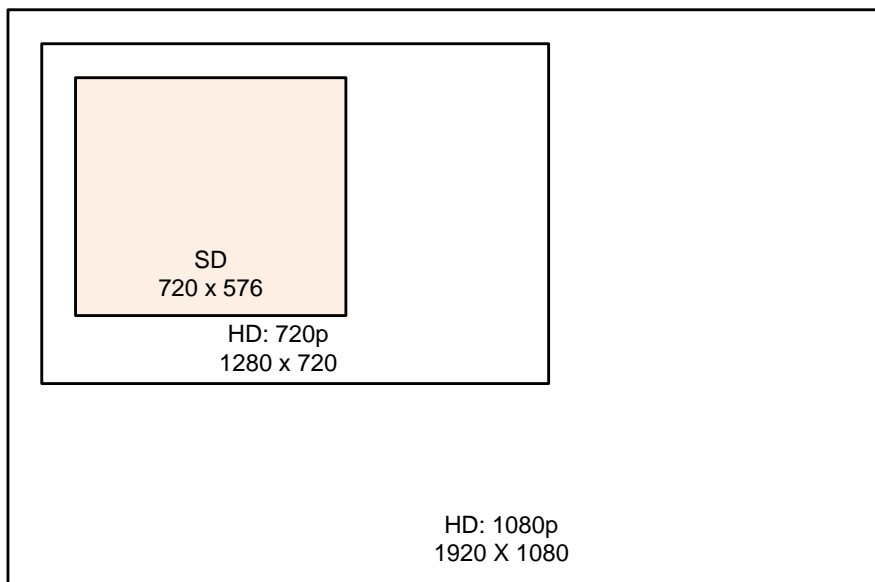


Figura 2.1. Standardet që përdoren në TV

## 2.5 Kompresimi i video sinjaleve

Sinjalet video që përdoren në teknologjinë IPTV gjithmonë duhet të jenë të kompresuara. Kompresimi nënkupton reduktim të numrit të bitëve të kërkuar për të paraqitur një imazh të videos. Kjo është një temë shumë e rëndësishme sepse zgjedhja e metodës së duhur të kompresimit nganjëherë nënkupton sukses apo dështim në transmetimin e video sinjalit. Ky kapitull shtjellon arsyet për kompresim dhe vështron disa nga faktorët që përcaktojnë se çfarë forme kompresimi duhet të përdoret për një aplikacion të caktuar. Gjithashtu, shtjellon kompresimin MPEG të videos, që është një nga formatet më të përdorura për kompresimin e audios dhe videos.

Kompresimi i videos si koncept, mund të duket shumë i “mërzitshëm”, por përfitimet e botës reale që përdorin teknologjitë më të reja janë të mundshme pikërisht duke përdorur teknikat e ndryshme të kompresimit. Një kompresim i mirë nënkupton fleksibilitet më të madh, mundësi që më shumë të dhëna të trajtohen njëkohësisht dhe operatorët të kenë më tepër zgjidhje për shfrytëzimin e burimeve që kanë në dispozicion. Një rrjet ekzistues mund të përkrahë më tepër kamera, cilësi më të mirë audio-video etj. Shumë sisteme telekomunikuese përgjatë dekadës së fundit varen nga teknologjitë kompresuese. Për shembull; MP3 përdorin kompresimin për të marrë fajllat nga audio

CD-të dhe i shndërrojnë në madhësi më të vogla për t'i përshtatur me memorien e "playerit" portabël. Televizionet kabllore, transmetuesit lokal televiziv dhe sistemet TV satelitor mund t'a përdorin kompresimin për t'a shpërndarë në mënyrë efikase tek të gjithë përdoruesit.

Këto janë disa nga arsyt kryesore pse përdoret kompresimi për teknologjinë IPTV:

- Rrjedhat e kompresuara mund të transmetohen nëpër rrjeta me BR më të vogël sesa rrjedhat e pa kompresuara. Për video aplikacionet e Internetit, kjo nënkupton që një përdorues mund t'a pranojë ose jo një video të caktuar. Për shembull, një përdorues që ka koneksion interneti të bazuar në teknologjitë e vjetra, mund të mos të pranojë të dhëna më të mëdha se 1.5 *Mbps*.
- Më shumë rrjedha të kompresuara mund të transmetohen në një gjerësi të caktuar të brezit. Kjo është shumë e rëndësishme, posaçërisht për sistemet IPTV që e kanë të limituar gjerësinë e brezit për distanca të caktuara. Për shembull, teknologjia ADSL2 ka limit prej 10 *Mbps* në distancën prej 2.750 *km*. Me teknika normale të kompresimit, 10 *Mbps* është kapaciteti i mjaftueshëm për transmetimin e 2 deri në 4 video SD ose një video HD dhe disa video SD. Me zhvillimin e teknologjive kompresuese, më shumë sinjale mund të transmetohen njëkohësisht nëpër një kanal me kapacitet të limituar.
- Sinjalet HD të pakompresuara mund të zënë deri në 1.5 *Gbps* të kapacitetit të kanalit, që është rreth 1000 herë më shumë sesa kapaciteti standard i një linku ADSL. Pa kompresim, nuk do të kishte mundësi që të bëhej transmetimi i sinjaleve HD nëpërmjet teknologjive IPTV, satelitore apo rrjetave kabllore IPTV.
- Sinjali audio apo video i kompresuar do të zërë shumë më pak hapësirë në një medium për ruajtje e të dhënave sesa sinjali i pakompresuar. Kjo u mundëson përdoruesve që të vendosin më tepër kontent (kontent) në memorien e caktuar.

Natyrisht, ka marreveshje që bëhen me qëllim përfitimin e këtyre arritjeve, siç janë:

- Kompresimi paraqet vonesa në sinjalin video dhe audio, në të dy fazat; kompresimit dhe dekompresimit. Kjo ndodh sepse shumicës së sistemeve

kompresuese ju nevojitet që të ruajnë disa korniza të videos me qëllim që të bëjnë dallimin ndërmjet kornizave fqinje të sinjalit në hyrje.

- Kompresimi mund të jetë i vështirë për disa sinjale që përmbajnë shumë zhurmë, siç janë zhurmat që shkaktohen nga interferencat statike. Kur ka shumë zhurmë në sinjalin video, sistemi kompresues ka vështirësi në identifikimin e informatave redundante ndërmjet kornizave fqinje të videos.

Në përgjithësi, rezultatet pozitive të përdorimit të kompresimit peshojnë shumë më shumë sesa të metat, veçanërisht në rastin e ofrimit të shërbimeve IPTV, ku operatorët nuk kanë zgjidhje tjetër, përveç përdorimit të teknikave më të përparuara të kompresimit.

## 2.6 Grupi i figurave-GOP dhe rëndësia e tyre (Group of pictures)

Përdoruesit e ndonjë sistemi MPEG shumë shpejt do të jenë në gjendje të dallojnë disa lloje të kornizave, duke përfshirë këtu kornizat **I**, **P** dhe **B**, si dhe termin GOP. Këto terma përshkruajnë mënyrën se si të dhënat janë të strukturuar në një rrjedhë MPEG.

Një kornizë është një imazh i vetëm nga një sekuençë video. Në sistemin NTSC, një kornizë përsëritet çdo 33 milisekonda; në sistemin PAL, një kornizë përsëritet çdo 40 milisekonda. Teknologjia MPEG përdor kornizat **I**, **P** dhe **B**.

- Një kornizë **I** është ajo kornizë që kompresohet si e vetme duke u bazuar në informacionin që ndodhet në atë kornizë.
- Një kornizë **P** është ajo kornizë që është kompresuar duke përdorur të dhënat që ndodhen në atë kornizë dhe të dhënat që ndodhen në kornizat paraprake më të afërta, **I** ose **P**.
- Një kornizë **B** është ajo kornizë që është kompresuar duke përdorur të dhënat që ndodhen që ndodhen në kornizat paraprake më të afërta, **I** ose **P** dhe kornizat e ardhshme më të afërta, **I** ose **P**.
- GOP është një seri e kornizave që përbëhet nga një kornizë e vetme **I** dhe nga zero apo më shumë korniza **P** dhe **B**. Një GOP gjithmonë fillon me një kornizë **I** dhe përfundon me kornizën e fundit para kornizës **I**. GOP zakonisht është fiks, një model përsëritës që konfigurohet në pajisjen kompresuese.

Për ta kuptuar se pse MPEG përdor këto korniza të ndryshme, le të shikojmë në shumën e të dhënave të kërkuara për të paraqitur secilën lloj të kornizave. Me një imazh video të një kompleksiteti normal, një kornizë **P** do të merr 2 deri në 3 herë më pak të

dhëna sesa një kornizë **I** e të njëjtit imazh. Korniza **B** do të merr edhe më pak të dhëna sesa korniza **P** (2-5 herë më pak).

Figura 2.2 tregon shumën relative të të dhënave për secilën kornizë, në një GOP tipik të bazuar në MPEG.

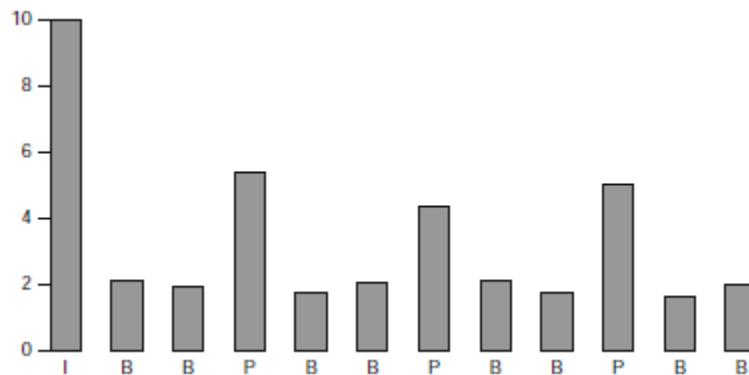


Figura 2.2. GOP i bazuar në MPEG

## 2.7 Ndikimi i gjatësisë së GOP-it

Një parametër që mund të kontrollohet nga ofruesit e shërbimeve është gjatësia e GOP-it. Zgjedhja e gjatësisë së duhur mund të jetë shumë e diskutueshme. Një GOP gjithmonë fillon me një kornizë **I**. Për të përcaktuar gjatësinë e GOP-it, thjeshtë duhet numëruar kornizat **B** dhe **P** ndërmjet secilës kornizë të njëpasnjëshme **I**. Për shembull, në sekuencën e kornizave të paraqitura në figurën 2.2, gjatësia e GOP-it është 12; një kornizë është **I**, 3 korniza **P** dhe 8 korniza **B**. Një GOP konsiderohet të jetë i shkurtër kur gjatësia e GOP-it është e vogël, të themi 3 ose 5 korniza gjithsej. Disa sisteme përdorin GOP që janë shumë të gjatë; 15, 30 ose edhe 60 korniza përdoren në disa aplikacione. Zgjedhja e gjatësisë së përshtatshme të GOP-it mund të ketë ndikim të madh në rrjet. Shumë faktorë që ndikojnë në performancën e sistemeve ndikohen nga madhësia e GOP-it, duke përfshirë këtu edhe BR (Bit Rate) të rrjedhave të koduara, CCT (Channel Change Time) si dhe aftësinë e rrjedhave që të tolerojnë gabimet e ndryshme.

### 2.7.1 Shpejtësia e rrjedhës së bitëve-Bit Rate

Siç edhe shihet në figurën 2.2, kornizat **I** përmbajnë më shumë të dhëna sesa kornizat **P** dhe **B**. Nëse GOP është i shkurtër, numri total i kornizave **I** në një rrjedhë rritet, duke rritur kështu vlerën mesatare të të dhënave që duhet të transmetohen për

secilën kornizë. Kjo përket në kapacitet më të madh të kanalit, që mund të ndikojë drejtpërdrejtë në performancën e shërbimeve IPTV.

### 2.7.2 Koha e ndërrimit të kanalit –CCT (Channel Change Time)

Sa herë që ndodhë ndryshimi i kanalit, dekoderi duhet të trajtojë një numër të madh të të dhënave në mënyrë që të prodhojë një sekuençë të një imazhi të ri. Aftësia e dekoderit për ta bërë këtë varet nga lloji i kornizës, dekoderi e pranon të parën pas çdo ndryshimi të kanalit. Nëse dekoderi pranon kornizën e parë **I**, atëherë gjithçka shkon në rregull sepse çdo kornizë **I** përmban të gjitha të dhënat e nevojshme për të riprodhuar një kornizë të videos. Nëse dekoderi pranon të parën kornizën **P** ose **B**, atëherë do të shfaqen probleme sepse këto korniza përmbajnë të dhëna të mjaftueshme vetëm për t'i treguar dekoderit rreth ndërrimit të kanalit. Pra, ajo çfarë ndodh pas çdo ndryshimi të kanalit është se dekoderi pret derisa të arrijë korniza **I** para se të fillojë të shfaqë një imazh të ri.

Nëse gjatësia e GOP-it është e shkurtër, të themi, 5 korniza, ndërrimi i kanalit nuk është ndonjë problem. Në një sistem 30 *fps* (siç janë ato në USA), kjo nënkupton se dekoderi duhet të presë, përafërsisht, 166 *ms* për kornizën **I**, kjo kohë është e parëndësishme për shikuesin. Nëse, gjatësia e GOP-it është 30 ose 60 korniza, kjo nënkupton se dekoderi duhet të presë 1 ose 2 sekonda derisa të arrijë korniza **I**. Kjo mund të jetë shumë e mërzitshme për shikuesin.

Dy qasje të ndryshme janë prezantuar për t'a adresuar këtë çështje. Një metodë përdor një server që ruan kopjet që janë kompresuar duke përdorur kornizat **I** të të gjitha videove që janë prezent në një rrjet IPTV. Kur përdoruesi ndërrohet kanal, STB konektohet përkohësisht në atë server për ta marrë sekuençën e kornizave **I** për kanal e ri dhe pastaj i ribashkohet (rejoins) rrjedhës së rregullt GOP për çdo kornizë **I** që transmetohet. Kjo qasje mund të jetë shumë e shpejtë, por kjo teknikë mund të jetë e vështirë për t'i shërbyer mijëra përdoruesve që ndërrojnë kanalet në të njëjtën kohë, siç mund të ndodhë përgjatë një event të rëndësishëm sportiv.

Një sistem tjetër që aktualisht i bën të mundshme dy versione të secilës rrjedhë që duhet të përdoret nga STB; një më rezolucion të vogël dhe me GOP të shkurtër dhe një me rezolucion normal dhe me GOP më të gjatë. Shikimi normal është me GOP më të gjatë, me rezolucion normal. Kur të ndodhë ndryshimi i kanalit, STB konektohet në rrjedhën me rezolucion më të vogël dhe e konverton atë në një figurë me madhësi normale. Përderisa rrjedha normale të jetë e gatshme (kur arrijn korniza **I**), STB kalon në rrjedhën normale. Kjo metodë ka përparësi sepse nuk kërkon ndonjë server të veçantë dhe



nuk kërkon rrjedha të “planifikuara” që të transmetohen tek secili STB, por kërkon që të jenë në dispozicion dy versione të secilës rrjedhë. Rrjedhat me rezolucion të vogël mund të përdoren gjithashtu për aplikacionet PIP (Picture In Picture).

### **2.7.3 Toleranca në gabime (error tolerance)**

Një përfitim i madh i një kornize **I** është sepse lejon një STB të “zhdukë” çdo shenjë të kornizave paraprake. Kjo dallon nga kornizat **P** dhe **B**, të cilat kërkojnë që STB t’i ruaj kopjet e kornizave pasuese. Çfarë do të ndodhte nëse një nga kornizat pasuese në mes të një GOP-i ka një gabim? Ky gabim mund të qëndrojë në STB për një kohë të caktuar, derisa korniza e ardhshme **I** të arrijë. Sapo arrihet korniza e ardhshme **I**, gabimi mund të largohet.

## **2.8 Teknologjia MPEG (Moving Pictures Expert Group)**

Grupi MPEG është një komitet punues që paracakton dhe zhvillon standarde industriale për sistemet video dixhitale. Këto standarde specifikojnë kompresimin dhe dekompresimin e të dhënave dhe procesin e shpërndarjes së tyre në sistemet transmetuese dixhitale. MPEG është pjesë e Organizatës ISO. Grupi MPEG ka zhvilluar disa nga sistemet më të njohura kompresuese të videos në tërë botën dhe në bazë të kësaj ka marrë emrin MPEG. Ky grup jo vetëm që ka zhvilluar standardet kompresuese MPEG-1, MPEG-2 dhe MPEG-4 [3], por gjithashtu ka zhvilluar edhe disa standarde për kompresimin e sinjaleve audio. Standardet MPEG kanë mundur një numër të madh të shërbimeve video. Për shembull, DVD-të e bazuara në MPEG kanë zëvendësuar kasetat video, si një medium i preferuar për shikimin e filmave në shtëpi. Televizioni dixhital, televizioni dixhital satelitor, televizioni kabllor, IPTV, janë të bazuara në standardet e kompresimit MPEG.

### **2.8.1 Standardi MPEG-1**

MPEG-1 ishte standardi i parë i zhvilluar për kompresimin e videos. Ishte i parashikuar për përdorim në video CD-të, që ka pasur një popullaritet të madh në multimedia. Është me interes të theksohet se MPEG-1 është përdorur si një metodë për kompresim të videos për DVD-të e ndryshme. Standardet PAL dhe NCTS nuk mund të përdorin kompresimin MPEG-1.

### 2.8.2 Standardi MPEG-2

MPEG-2 është një nga standardet më të rëndësishme për MPEG video. Përdoret në shumë aplikacione, duke përfshirë televizionin satelitor dhe atë kabllor, si dhe transmetuesit DTV. Çdo ditë, mijëra orë të videos MPEG-2 regjistrohen, procesohen dhe transmetohen nga transmetues të ndryshëm në tërë botën. Plus, miliona orë të videos MPEG-2 shiten tek operatorët e ndryshëm. MPEG-2 përkrahë standardet NTSC dhe PAL me rezolucion të plotë, si dhe sinjalet 720 p dhe 1080i HD. MPEG-2, gjithashtu mundëson multipleksimin e një numri të caktuar të rrjedhave video dhe audio. MPEG-2 gjithashtu përkrahë standardin AAC (Advanced Audio Coding).

Shumë pajisje MPEG-2, duke përfshirë këtu koduesit e sofistikuar MPEG-2 dhe pajisjet e ndryshme dekoduese, i takojnë brezit së tretë ose të katërt. Janë me miliona televizione, STB, pranues dixhital satelitor dhe DVD player-s, të instaluar në shtëpitë e përdoruesve që mund t'i dekodojnë sinjalet MPEG-2. Një varietet i gjerë i pajisjeve MPEG-2 është i disponueshëm për funksione të ndryshme si multipleksimi statistik, konvertimi BR (bit rate converters) etj.

Në përgjithësi, MPEG-2 është i përcaktuar mirë dhe është një sistem shumë i qendrueshëm i kompresimit. MPEG-2 është një standard i rëndësishëm në tërë botën për transmetimet DTV. Televizionet e reja duhet të jenë të pajisura me dekoderët MPEG-2. Kualiteti i audios dhe videos i kompresuar me MPEG-2 nuk është kompetitiv për shpejtësi më të mëdha se 2.5 *Mbps*, ndaj shumica e sistemeve IPTV dhe sistemeve tjera video gjithnjë e më tepër po përdorin teknika tjera kompresuese siç është H.264 [4].

### 2.8.3 Standardet MPEG-4 dhe H.264

MPEG-4 është një nga standardet më të reja të kompresimit të sinjaleve video. MPEG-4 përfshinë një rang të gjerë të teknologjive të reja për kompresim të videos. Versioni më i avancuar i MPEG-4, i quajtur AVC ose H.264 [1] [4], mundëson kodimin e sinjaleve HD me shpejtësinë deri në 10 *Mbps*.

Para paraqitjes së standardeve H.264, AVC-së, standardi MPEG-4 nuk ka ofruar ndonjë performancë shumë të madhe në krahasim me MPEG-2 për kompresimin e video sekuencave “live”, duke përfshirë këtu lajmet, argëtimin dhe transmetimin e sportit.

H.264 është standardi më i ri i MPEG-4 dhe e ka zëvendësuar MPEG-2 në shumicën e aplikacioneve të reja. Kjo për faktin se H.264 mund të arrijë nivelet e kualitetit sikurse standardi MPEG-2 me vetëm gjysmën e “bit rate”. Natyrisht, ekziston

një kosto për këtë në terma të fuqisë më të madhe procesuese që nevojitet për kodim dhe dekodim të sinjaleve.

Në përgjithësi, MPEG-4 është një koleksion i fuqishëm i teknologjive që ka rritur shumën e informacionit që mund të transmetohet nëpër një kanal të caktuar. Përmes H.264, është i mundshëm një kodim më efikas i sinjaleve video. Për shkak të këtyre përparësive dhe për shkak të fuqisë më të madhe procesuese që është në dispozicion në STB në kompjuterat personal, H.264 tani është një nga standardet që përdoret më së shumti për ofrimin e shërbimeve IPTV.

## **2.9 Kompresimi i imazhit (spatial compression)**

Kompresimi i imazhit ka të bëjë me analizën dhe ngjeshjen e informacionit ose të dhënave brenda një kornize të vetme ose të një seksioni të informatës. Një nga formatet më të zakonshme të kompresimit të imazhit është specifikuar nga JPEG (Joint Picture Experts Group). JPEG është një komitet punues, që punon me standardet e ISO-së me të vetmin qëllim: përcaktimin e standardit për kompresimin dhe dekompresimin e imazheve për përdorim në sistemet kompjuterike. Komiteti JPEG ka prodhuar një standard të kompresimit të imazhit që është në gjendje të reduktojë raportin bit/pixel në përafërsisht 0.25 bit për pixel për kualitet të dobët e deri në 2.5 bit/pixel për kualitet të lartë. Procesi i kompresimit JPEG fillon me ndarjen e imazhit dixhital në grupe të blloqeve. Këto blloqe, konvertohen nga domeni i pikselëve në domenin frekuencor.

Figura 2.3 tregon procesin bazik që mund të përdoret për kompresimin JPEG të imazheve. Ky diagram tregon se kompresimi JPEG merr një pjesë (bllok) të imazhit dixhital dhe e analizon bllokun e informatave dixhitale në një sekuencë të komponentëve frekuencore (DCT). Shuma e këtyre komponentëve DCT mund të procesohen dhe mund të mbledhen së bashku për të riprodhuar bllokun origjinal. Blloku i ri i këtyre komponentëve shndërrohet në sekuencë të të dhënave me anë të procesimit “zigzag”. Më pas bëhet kompresimi i të dhënave, së pari duke përdorur RLC (run length coding) për të reduktuar modelin e bitëve që përsëriten dhe pastaj duke e përdorur VLC (variable length coding) për të shndërruar dhe reduktuar sekuencat e të dhënave që përsëriten.

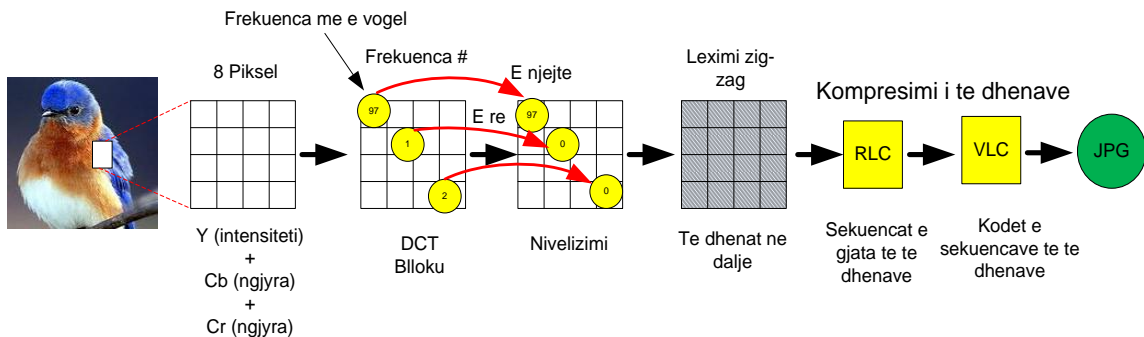


Figura 2.3. Procesi i kompresimit JPEG

## 2.10 Kompresimi në kohë (time compression)

Kompresimi në kohë paraqet kompresimin e informacionit apo të dhënave nëpër sekuenca të kornizave. Një nga format më të zakonshme të kompresimit në kohë i përdorur për teknologjinë dixhitale është MPEG. Kompresimi në kohë përfshinë analizën e ndryshimeve që ngjajnë ndërmjet imazheve suksesive (të njëpasnjëshme) në sekuençën video, kështu transmetohet vetëm diferenca ndërmjet imazheve, në vend që të transmetohet i tërë informacioni për secilin imazh.

## 2.11 Kompresimi i sinjaleve audio

Sikurse tek kompresimi i videos, MPEG ka një numër të madh të opsioneve për kompresimin e audios. Janë 3 shtresa të MPEG audios, të cilat quhen shtresa I, II dhe III. Një standard më i avancuar për kodimin e audios quhet AAC (Advanced Audio Coding), që ka dy kategori shumë efikase: HE-AAC dhe HE-AACp.

Secili nga këto versione mund të punojë me njërën nga llojet e MPEG video kompresimit, përveç MPEG-1 që nuk i përkrahë metodat e kompresimit të audio sinjaleve. Shtresa I e sistemit MPEG audio është sistemi më i thjeshtë i kompresimit. Përdor 384 mostra për çdo ekzekutim të kompresimit, që korrespondon me 8 ms të materialit audio duke përdorur frekuencën e mostrimit 48 kHz. Secili brez procesohet ndaras dhe pastaj rezultatet kombinohen për të formuar një rezultat të vetëm në dalje-një BR konstant.

## 2.12 Cilësia dhe siguria e videos

Cilësia dhe siguria janë të rëndësishme për sistemet transmetuese të videos. Cilësia është një parakusht për ti “mbajtur” përdoruesit të kënaqur. Siguria është e

nevojshme për të mos lejuar që përdoruesit e pa autorizuar të shikojnë kontentin e caktuar dhe për të parandaluar kopjet e paautorizuara të kontentit.

Shumë faktorë ndikojnë në cilësinë e transmetimit të video sinjaleve dhe kanë ndikim të rëndësishëm në eksperiencën e pranuesve të videos. Menaxhimi i sistemeve transmetuese të videos për t'i optimizuar këta faktorë do të rezultojë në përdorues shumë më të kënaqur nga këto shërbime.

### **2.13 Parimet kryesore të kodimit H.264 SVC**

Transmetimi i videos nëpër rrjetat me paketa konsiderohet si një problem i kodimit i llojit burim/kanal, ku nevoja e transmetimit në kohë reale, “detyrimet” (kufizimet) në gjerësi të brezit dhe gabimet përcaktojnë parametrat modelues për sistemet transmetuese të videos.

H.264 AVC kodon video sinjalet në “shtresa”, duke startuar me shtresën “bazë”, që përmban nivelin më të ulët të rezolucionit (spatially), numrit të kornizave për sekondë (temporally) dhe perspektivën e kualitetit. Shtresat më të larta mund ta ngrisin kualitetin e një rrjedhe duke përdorur ndonjërin ose të gjithë parametrat e përmendur. Për shembull, shtresa bazë e një rrjedhe mund të kodohet në 15 korniza për sekondë, me rezolucion 320X240, dhe me shpejtësi të të dhënave 300 *kbps*. Shtresat më të larta mund t'a zgjerojnë këtë rrjedhë në një video 720p në 3 *Mbps* të përshtatshme për STB.

Krahasuar me qasjet tjera, H.264 SVC [5]–[6] është shumë efikase, pasi videoja e koduar me SVC duhet të jetë vetëm 20% më e madhe sesa madhësia e videos e nevojshme për të ofruar kualitetin maksimal.

### **2.14 Karakteristikat e përgjithshme të kodimit SVC**

Qysh prej versionit të parë të H.264/AVC, që u publikua në 2003, industria e video kodimit ka vazhduar të eci me ritme të mëdha. Rangu i platformave dhe mekanizmave për transmetim të sinjaleve video vazhdon të rritet, me një pritje në rritje që kontenti video do të jetë i disponueshëm në cilëndo platformë duke filluar nga platforma mobile e deri tek platforma HD. Në këtë seksion do të shqyrtojmë standardet më të reja të cilat janë si një zgjerim i AVC H.264, konkretisht do të shpjegohet kodimi SVC (i shkallëzuar).

Kodimi SVC përkrahë një kodim efikas të videos në atë mënyrë që shumë versione të video sinjalit mund të dekodohen në një rang të caktuar RB, rezolucionit hapësinor dhe/ose rezolucionit kohor ose shpejtësisë së kornizave [5]–[6]. Duke pasur

mundësinë e kodimit të përbashkët/njëkohshëm (jointly) të shumë versioneve të videos, do të jetë e mundur që të bëhet transmetimi i tyre në mënyrë më efikase sesa në rastin kur bëhet kodimi dhe transmetimi i secilit version të videos ndarazi.

## 2.15 Transmetimi “simulcast”

Sfida më e madhe e shumë aplikacioneve për kompresimin e videos është që të bëhet transmetimi i shumë versioneve të sekuencave video në pika të ndryshme operationale, p.sh. me kualitete të ndryshme, rezolucione të ndryshme hapësinore dhe me shpejtësi të ndryshme të kornizave. Kjo mund të bëhet duke përdorur video koderët siç është H.264 AVC, duke koduar secilën rrjedhë video ndarazi. Ky proces njihet si “simulcast”. Në një skenar tipik (figura 2.4), videoja e vetme burimore kërkohet që të transmetohet tek shumë dekoder ose klient, secili me mundësi të ndryshme.

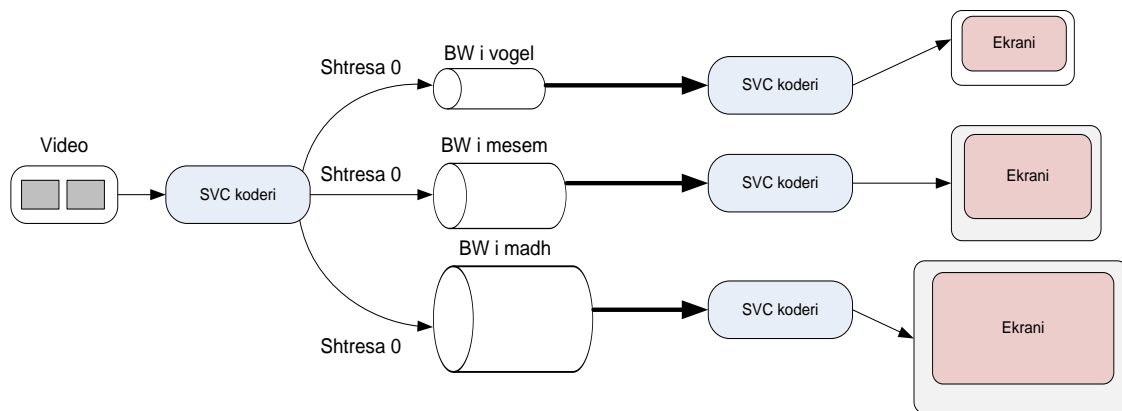


Figura 2.4. Transmetimi “simulcast”

Në këtë shembull, videoja origjinale kodohet 3 herë për të prodhuar 3 rrjedha të pavarura AVC, secila prej tyre transmetohet dhe dekodohet. Problemi me skenarin “simulcast” është që 3 bitstreams përmbajnë “tepricë”, përderisa e njëjta sekuencë videos kodohet në secilin bitstream në rezolucione të ndryshme dhe/ose kualitete të ndryshme. Në teori, gjerësia e vogël e brezit mund të shfrytëzohet më mirë përmes kësaj teprice ndërmjet 3 rrjedhave video.

## 2.16 Transmetimi me shkallëzueshmëri

Kodimi SVC tenton të bëjë transmetimin e shumë versioneve të videos së koduar duke përdorur një BR më të vogël sesa skenari simulcast. Këtë mund ta bëjë duke i shfrytëzuar “tepricat” ndërmjet versioneve të ndryshme, p.sh korrelacioni ndërmjet versioneve të ndryshme të së njëjtës sekuencë të koduar në pika të ndryshme operuese.

Të tre sekuencat e njëjta që transmetohen duke përdorur SVC tregohen në figurën 2.5. Koderi i vetëm SVC prodhon 3 BS (bitstreams) të koduar, të përshkruar si shtresa (layers). Shtresa më e ulët (apo shtresa bazë), konkretisht shtresa 0 në figurën 2.5, paraqet dekodimin e rrjedhës duke përdorur dekoder një shtresor, p.sh dekoder H.264, për të prodhuar një video sekuencë në pikat më të ulëta të kualitetit/rezolucionit. Një apo më shumë shtresa shtesë, shtresa 1 dhe 2 në këtë shembull, janë të koduara si SVC bitstreams. Për të dekoduar një sekuencë me cilësi ose rezolucion të lartë, një dekoder SVC dekodon shtresën bazë dhe një ose më tepër shtresa shtesë.

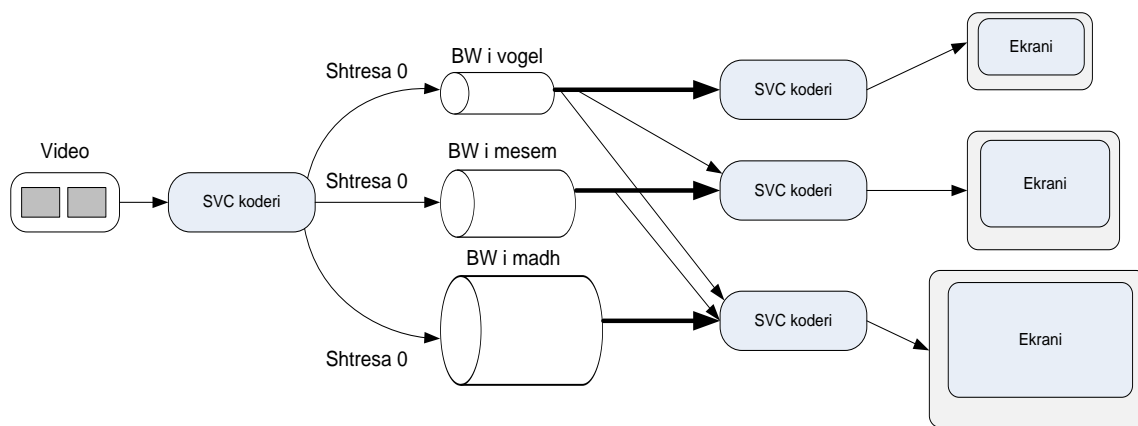


Figura 2.5. Transmetimi me shkallëzueshmëri

Në këtë shembull, duke e dekoduar shtresën 0 me standardin AVC, dekoderi prodhon cilësi më të ulët në dalje; dekodimi i shtresës 0 dhe 1 duke përdorur një dekoder SVC prodhon një kualitet më të lartë në dalje; dekodimi i shtresave 0, 1 dhe 2 duke përdorur dekoder SVC prodhon cilësinë më të lartë në dalje. Procesi i kodimit SVC përdor redundancën ndërmjet sekuencave të koduara me rezolucione ose kualitete të ndryshme, duke parashikuar shtresat e njëpasnjëshme shtesë nga shtresa bazë dhe nga shtresat më të ulëta shtesë.

Koncepti i përgjithshëm i kodimit SVC është që një “pjesë” e rrjedhës video mund të largohet (remove) në atë mënyrë që nën-rrjedha rezultuese formon një tjetër BS valid për disa dekoder të caktuar. Duke konsideruar figurën 2.5, SVC BS përbëhet nga rrjedhat e koduara Layer0, 1 dhe 2. Dekodimi i të tre rrjedhave prodhon një kualitet të madh në dalje; duke e larguar shtresën 2 dhe duke dekoduar shtresat 0 dhe 1 prodhohet një kualitet mesatar në dalje; duke larguar shtresat 1 dhe 2 dhe duke dekoduar vetëm shtresën bazike, atëherë në dalje do të prodhohet një kualitet i ulët.

## 2.17 Kodimi SVC në H.264

Kodimi SVC është i inkorporuar në Aneksin G të versionit të fundit H.264/AVC dhe zgjeron mundësitë e standardit original. Softueri që përdoret për kodimin SVC është JSVM. Teknologjia H.264 SVC përkrahë 3 lloje kryesore të shkallëzueshmërisë (këto lloje të shkallëzueshmërisë shihen në figurën 2.6)

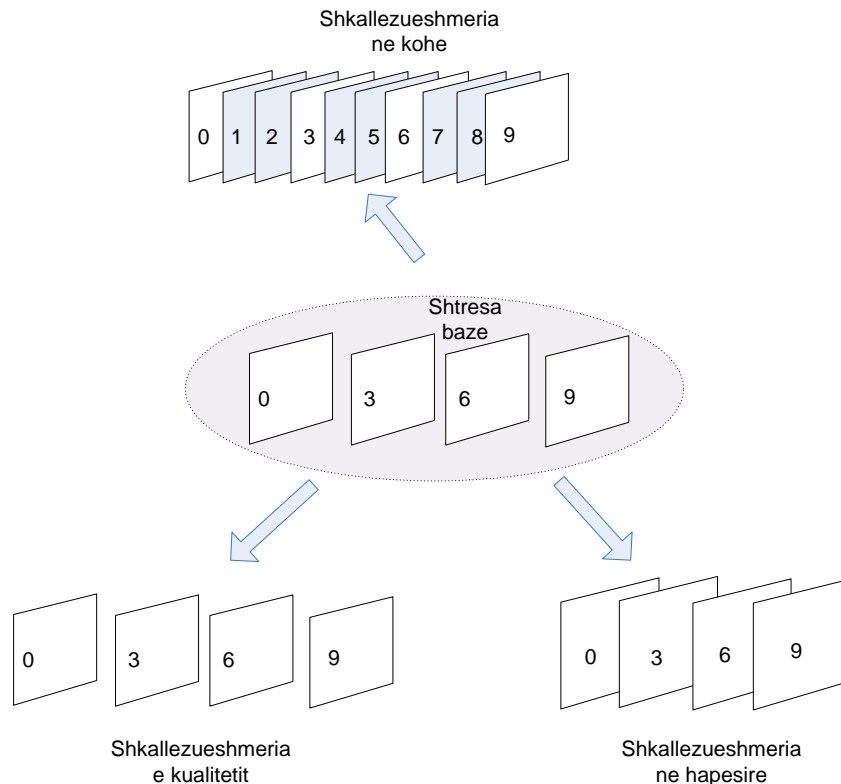


Figura 2.6. Llojet e shkallëzueshmërisë SVC

- **Shkallëzueshmëria në kohë (temporal):** Shtresa bazë është e koduar me rezolucion të vogël në kohë ose me shpejtësi të vogël të kornizave (frame rate); shtimi i shtresave shtesë e rritë shpejtësinë e kornizave të sekuencës së dekoduar.
- **Shkallëzueshmëria në hapësirë (spatial):** Shtresa bazë kodohet me rezolucion të vogël hapësinor; shtimi i shtresave shtesë e rritë rezolucionin hapësinor të sekuencës së dekoduar.
- **Shkallëzueshmëria e kualitetit:** shtresa bazë kodohet në kualitet të ulët duke përdorur QP (Quantizier Parameter) të lartë; shtimi i shtresave shtesë rritë kualitetin e sekuencës së dekoduar.



## 2.18 Përfundimet e kapitullit

Në këtë kapitull jepen karakteristikat kryesore të sinjaleve video. Pa një përshkrim të detajuar të sinjaleve video nuk mund të bëhet analiza e ofrimit të shërbimeve video IPTV. Fillimisht janë diskutuar konceptet dhe formatet e sinjaleve video, duke përfshirë këtu standardet SD dhe HD, gjithashtu një rëndësi e veçantë i është kushtuar edhe strukturës GOP si dhe ndikimit të madhësisë së GOP-it në kualitetin e shërbimeve video. Janë shpjeguar në detaje karakteristikat dhe rëndësia e teknikave MPEG në shfrytëzimin e gjerësisë së brezit. Gjithashtu, janë deshifruar edhe disa nga llojet kryesore të kodimit të sinjaleve video siç është MPEG-4, H.264 dhe SVC.

## 2.19 Literatura

- [1] Iain E. Richardson the H.264 advanced video compression standard, second edition, *uk*, 2010, john wiley & sons, book
- [2] Recommendation ITU-R BT.601-5, Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3, and wide-screen 16:9 aspect ratios, Section 11b: digital television, (1982-1986-1990-1992-1994-1995)
- [3] Introduction to MPEG; MPEG-1, MPEG-2 and MPEG-4 by Lawrence Harte (Paperback - Aug 21, 2006)
- [4] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, *Member, IEEE*, and Thomas Wiegand, *Member, IEEE*, “Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard” IEEE transactions on circuits and systems for video technology, vol. 17, no. 9, September 2007 1103
- [5] Marta Mrak, Mislav Grgic, Sonja Grgic, “Scalable video coding in network applications, VIPromCom-2002, 4th EURASIP – IEEE Region 8 International symposium on Video/Image Processing and Multimedia Communications, 16-19 June 2002, Zadar, Croatia
- [6] Susie Wee, Michale O Polley, William F. Schreiber “A generalized framework for scalable video coding, Cambridge, Massachusetts 02139 USA, Published in Multimedia Communication and video coding, 1996.

## KAPITULLI 3

### 3 Parametrat që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV

#### 3.1 Hyrje

Kualiteti i eksperiencës (QoE-Quality of Experience) është definuar nga ITU-T P.10/G100 si një perceptueshmëri e përgjithshme e një aplikacioni apo e një shërbimi. QoE përfshin të gjitha efektet skaj-skaj (klientin, terminalin, rrjetin, infrastrukturën e shërbimeve, etj) dhe mund të jetë i ndikuar nga pritjet e përdoruesit. Prandaj, QoE është i matur në mënyrë subjektive nga përdoruesi fundor dhe mund të ndryshojë prej një përdoruesi në përdoruesin tjetër. Megjithatë, QoE shpesh vlerësohet duke përdorur matje objektive [1]. Matjet objektive ndikojnë shumë në QoE; siç janë humbjet e informacionit dhe vonesat. Këto matje objektive së bashku me komponentët njerëzore që mund të jenë emocionet, gjuha, qëndrimi (pozicioni), motivimi, etj., përcaktojnë kualitetin total të shërbimit që perceptohet nga përdoruesit fundor. Figura e mëposhtme 3.1 tregon më së miri faktorët të cilët kontribuojnë në QoE. Këta faktorë janë të organizuar në faktorë që kanë të bëjnë me kualitetin e shërbimit dhe komponentë njerëzore.

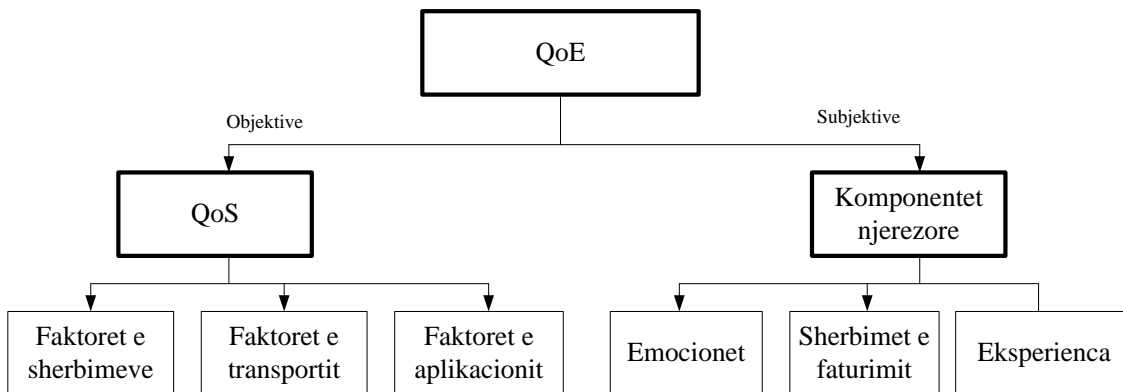


Figura 3.1. Klasifikimi QoE

QoE për video sinjalet shpesh i matur me kujdes përmes testeve kontrolluese subjektive [2], ku mostrat video paraqiten tek përdoruesit, të cilëve u kërkohet të bëhet vlerësimi i tyre.

QoS përcaktohet nga ITU-T E.800 [3] si një efekt përmblendës i performancës që determinon shkallën e kënaqshmërisë së përdoruesve të shërbimeve. Në telekomunikacion, QoS zakonisht paraqet një matje të performancës së rrjetit. Mekanizmat QoS përfshijnë mekanizmat që kontribuojnë në përmirësimin e

performancës së përgjithshme të sistemit, duke përmirësuar kështu perceptimin e përdoruesit fundor. Mekanizmat QoS mund të zbatohen në nivele të ndryshme. Për shembull në nivelin e rrjetit përfshihen mekanizmat për menaxhim të trafikut siç është baferimi dhe planifikimi i trafikut të nevojshëm për të diferencuar trafikun e aplikacioneve të ndryshme. Mekanizma të tjerë të QoS-it, përveç shtresës së transportit përfshijnë humbjet, korrektimin e gabimeve (FEC-Forward error correction) etj.

Parametrat që janë të lidhur me QoS janë parametrat e performancës QoS. Ngjashëm me mekanizmat QoS, parametrat QoS mund të përcaktohen për shtresa të ndryshme. Në shtresën e rrjetit këta parametra zakonisht përfshijnë humbjet, vonesat dhe ndryshimin e vonesave (jitterin).

Në përgjithësi, ekziston një korrelacion ndërmjet kualitetit objektiv, që matet përmes MOS dhe kualitetit objektiv, të matur përmes disa parametrave objektiv të performancës së shërbimeve (p.sh. shpejtësia e kodimit, humbja e paketave, vonesa, disponueshmëria etj.)

QoS është matje e performancës në nivel të paketave për nga perspektiva e rrjetit. QoS-i gjithashtu ju referohet një bashkësie të teknologjive (QoS mekanizmave) që i mundësojnë administratorit të rrjetit që të menaxhojë efektet e mbingarkesave në performancën e aplikacioneve si dhe ofrojë shërbime të diferencuara për disa përdorues të zgjedhur. Parametrat QoS mund të përfshijnë matjet në shtresën e rrjetit siç janë humbjet e paketave, vonesat ose jitterin.

Zakonisht ka shumë nivele të parametrave që ndikojnë në performancën e shërbimeve (QoS) dhe që ndikojnë në kualitetin e përgjithshëm të perceptuar (QoE). Relacioni ndërmjet QoS dhe QoE zakonisht mund të rrjedhë në mënyrë empirike.

Në përgjithësi, ekziston një relacion jo linear ndërmjet QoE subjektiv që matet përmes MOS dhe parametrave të ndryshëm objektiv të performancës së shërbimeve (p.sh. shpejtësia e kodimit, humbja, vonesa, disponueshmëria etj), siç shihet në figurën 3.2.

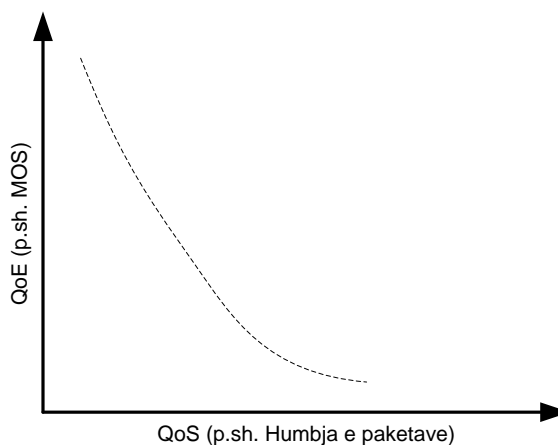


Figura 3.2. Relacioni ndërmjet QoS dhe QoE

Për të identifikuar relacionin ndërmjet QoE/QoS, mund të përdoren dy mënyra:

- Duke bërë matje të QoS, mund të parashikohet QoE për një përdorues
- Duke e ditur QoE për përdorues, mund të nxirret përfundimi për kërkesat e rrjetit për performancën e shërbimeve

Për të siguruar se ekziston niveli i kënaqshëm i shërbimit, objektivi për QoE duhet të krijohet për çdo shërbim dhe të përfshihet në modelimin e sistemeve inxhinierike dhe atje të konvertohet në nivelin e performancës objektive. QoE është një faktor i rëndësishëm për transmetimin e suksesshëm të shërbimeve “triple play”, dhe lirisht mund të thuhet se është një faktor kyç për ofrimin e shërbimeve IPTV. Përdoruesit e shërbimeve të rrjetit nuk shqetësohen se si arrihet cilësia. Atyre ju intereson një shërbim cilësor.

### 3.2 QoE për shërbimet video dhe audio

Kërkesat QoE për video dhe audio mund të përcaktohen me anë të shkallëve subjektive QoE siç është MOS dhe DSCQS (double stimulus continuous quality scale). Megjithatë, kryerja e testeve subjektive është e vështirë të bëhet për shumicën e ofruesve të shërbimeve IPTV sepse marrin kohë dhe janë të shtrenjta. Për më tepër, ende nuk janë krijuar metoda të besueshme për vlerësimin e kualitetit objektiv për transmetimin e videos dhe audios. Prandaj, kjo kërkon që të parashikohen kërkesat për QoE në bazë të parametrave objektivë që janë në relacion me parametrat subjektiv QoE.

### 3.3 Kërkesat për kompresim të mediave dhe për sinkronizim

Disa nga komponentët kryesore të QoE për video dhe audio janë dixhitalizimi dhe kompresimi i video dhe audio sinjaleve. Përderisa skemat e kompresimit të videos, siç është MPEG, janë me humbje dhe një kopje identike prej origjinalit nuk mund të rigjenerohet, mund të krijohen efekte negative në cilësinë e videos. Faktorët kryesor që ndikojnë në QoE në shtresën e aplikacionit gjatë kompresimit janë:

- Kualiteti i materialit burimor
- Kualiteti bazë (pa dëmtime në rrjet) i standardeve të përdorura nga koderi
  - o Janë një rang i video koderëve, por zakonisht aplikacionet televizive përdorin njërin nga këto standarde: MPEG-2, MPEG-4 AVC, SVC etj
- Rezolucioni
  - o Disa sisteme reduktojnë rezolucionin horizontal për të arritur shpejtësinë e rrjedhës së bitëve (target bit rate), për shembull në SD TV, rezolucioni mund të reduktohet për gjysmë
- Bit rate
  - o Përgjatë periodës së entropisë, kompresimi mund të mos i marr parasysht disa artifakte nëse “bit rate” nuk është i mjaftueshëm.
- Kodimi CBR (constant bit rate) kundrejt atij VBR në dalje të koderit
  - o Kodimi i videos është VBR, por për të thjeshtësuar planifikimin e sistemeve transmetuese, koderët e videove përshtaten që të ofrojnë CBR
  - o Rrjedhat VBR, siç janë ato të përdorura në DVD kanë cilësi konstante përderisa bit rate lejohet që të ndryshojë
  - o Rrjedhat CBR kanë cilësi të ndryshueshme përderisa mund të ketë raste kur bit rate është i pamjaftueshëm për të akomoduar kompleksitetin e videos. Por, rrjedhat CBR mundësojnë një planifikim të mirëfilltë të trafikut dhe të modelimit të sistemeve.
- Struktura e Grupit të figurave (GOP)
  - o GOP i shkurtër përmirëson cilësinë , por redukton shpejtësinë maksimale të kompresimit
  - o GOP i gjatë përmirëson shpejtësinë maksimale të kompresimit, por rrit kohën e ndryshimit të kanaleve (channel change time) në sistemet IPTV dhe mund të shkaktojë dëmtime apo edhe humbje të paketave
  - o GOP dinamik mund të përdoret për të trajtuar më mirë efektet e ndryshimeve të kanaleve në IPTV, por jo gjithmonë janë zbatuar në STB

- Kontrollimi i shpejtësisë (rate controll)

Ngjashëm, janë shumë zgjedhje për koderët e audios. Shumica e ofruesve të shërbimeve video (MPEG TS ose të ngjashëm) mund të përkrahin më shumë se një video koder, pavarësisht nga pajisjet e HE dhe STB.

Ndërsa, sinkronizimi është i nevojshëm për të arritur një QoE të kënaqshëm, është i nevojshëm të bëhet një sinkronizim ndërmjet komponentëve të audios dhe videos.

### **3.4 Ndikimi i humbjes së paketave në kontentin IPTV**

Në këtë seksion do të diskutohet se si ndikon humbja e paketave në teknologjinë IPTV. Në përgjithësi, do të diskutohet se kush e shkakton humbjen e paketave, origjinën dhe efektet e humbjes së paketave gjatë transmetimit të shërbimeve IPTV. Më tej, analizohet se si ndryshon cilësia e shërbimeve IPTV në rastin e humbjes së paketave.

Humbjet e paketave mund të rezultojnë për disa arsye:

- Për shkak të mbingarkesave në rrjet
- Për shkak të dobësimit të sinjaleve në rrjet
- Për shkak të rutimit “të gabueshëm” etj.

Dobësimi i sinjaleve dhe mbingarkesat në rrjet janë dy arsyet më të shpeshta që ndikojnë në aplikacionet IPTV. Dobësimi i sinjaleve elektrike shkaktohet nga cilësia e dobët i linjave transmetuese, që mund të jenë xDSL ose kablllo koaksiale në një rrjet të aksesit. Sinjali i dobët do të çojë në një keqinterpretim të sinjalit ose nuk do të ketë fare pranim të sinjalit në dalje.

Mbingarkesat në rrjet ndodhin kur kapaciteti i paketave që transmetohen është më i madh sesa limiti maksimal i linkut transmetues, ose kur ruteri nuk ka mundësi që të bëjë procesimin e shpejtë të të gjitha të dhënave. Kur ruteri nuk është në gjendje të procesojë më tutje paketat që vijnë nuk do të baferohen, por do të rezultojnë të humbura. E gjithë kjo mund të shmanget duke shtuar kapacitete transmetuese dhe duke rritur shpejtësinë procesuese të ruterëve, ose duke ju dhënë përparësi paketave që janë më të rëndësishme, duke dizajnuar mekanizma adekuat për QoS për të harmonizuar shpejtësinë e rrjetit në akordancë me paketat që vijnë. Në platformën IPTV, STB dekodon rrjedhat e koduara por kjo nuk do të jetë e mundur nëse kanë humbur shumë paketa gjatë transmetimit. Kjo do të shkaktojë një gabim në kontentin që shikohet. Si një shembull, nëse krahasohen dy imazhe video, do të shihet shumë qartë se imazhi që ka pasur humbje është i degraduar për nga kualiteti. Ky gabim gjatë transmetimit mund të vazhdojë të rrjedhë për

disa sekonda dhe mund të ketë ndikim të madh në rrjedhën e video sinjaleve dhe në QoE nga përdoruesit IPTV.

### **3.5 QoS/QoE parametrat për shërbimet IPTV**

Në këtë pjesë do të shqyrtohen disa parametra që ndikojnë në cilësinë e shërbimeve IPTV. Në mënyrë që përdoruesi të ketë cilësinë e dëshiruar, duhet që shërbimi që është duke përdorur të jenë në akordancë me standardet për QoS/QoE. Kërkesat minimale që kërkohen për secilin shërbim referohen si QoS. QoS-i mund të përcaktohet si shërbim i niveleve të rrjetit të përkrahura nga parametrat e rrjetit si: humbja e paketave, jitter-i dhe latencat. Përdoruesit e shërbimeve IPTV janë mësuar t'i përdorin shërbimet që ofrohen nga ofruesit kabllor televiziv të shërbimeve. Kështu, nëse “ndjejnë” ndonjë vonesë të vogël në shërbimet e teknologjisë IPTV, nuk do të jenë shumë të kënaqur. Parametrat e përmendur më lart nuk mund të perceptojnë se çfarë është duke ndodhur në anën e përdoruesit. Eksperiencia e përdoruesit (user experience) po bëhet gjithnjë e më tepër shumë kërkuese, kur bëhet fjalë për aplikacionet multimediale. Grupi i mëposhtëm mund të merret në konsideratë kur kërkohen parametrat IPTV në lidhje me QoE dhe me QoS.

- Parametrat që asocojnë në fokusin e cilësisë së rrjetit në lidhje me transmetimin e kontentit IPTV
- Parametrat që asocojnë me veçoritë audio/video të kontentit IPTV

### **3.6 Direktivat për QoE në shtresën e transportit**

Kërkesat e shtresës së transportit shprehen duke përdorur metrikat që ndikojnë në performancën e rrjetit me objektiva të qarta dhe me kufizime të caktuara për të arritur QoE të dëshiruar. Parametrat përfshijnë gjerësinë e brezit, paketizimin, humbjet e paketave, latencën dhe jittering. Si kornizë e referimit është komplet sistemi transmetues prej Headend e deri te STB, duke përfshirë këtu edhe mekanizmat për mbrojtje nga humbjet që ndodhen në shtresën e aplikacionit (FEC, ARQ), rrjetin e qasjes dhe rrjetin shtëpiak si dhe elementet përbërëse të tyre. Direktivat për performancë të shtresës së transportit janë në pajtim me eksperiencën e përdoruesve dhe maten pasi mekanizmat mbrojtës së shtresës së aplikacionit aplikohen për të tejkaluar dështimet e rrjetit.

Kërkesat për kualitet në shtresën e transportit mund të qasen nga dy perspektiva të ndryshme:

- Performanca e arritur nga rrjetat e menaxhuar IP/DSL dhe

- Ndikimi i defekteve të rrjetit, si humbjet dhe vonesat në kualitetin e shërbimit

### **3.7 Shtresa e transportit-rrafshi i kontrollit**

- *Studimi i faktorëve që ndikojnë në kohën e ndërrimit të kanaleve*

Një nga aspektet më të rëndësishme të QoE për shërbimet broadcast TV përfshinë ndryshimin e shpejtë të kanaleve-FCC (i njohur gjithashtu edhe si “zapping”). Janë shumë faktorë që përcaktojnë vonesën FCC, p.sh. koha ndërmjet shtypjes së tastit në kontrollor (remote controller) dhe paraqitjes së parë të videos në ekran.

Skemat e kompresimit të bazuara në MPEG dhe implementimi i shërbimit multicast në arkitekturën IPTV rezulton në vonesa gjatë ndërrimit të kanalit (channel change). Deri tani janë propozuar shumë zgjidhje për t’u reduktuar këtë vonesë. Vonesa gjatë ndryshimit të kanalit (channel change) është metrika kryesore e kualitetit të eksperiencës (QoE) në teknologjinë IPTV. Vonesa e ndërrimit të kanalit përcaktohet si diferencë kohore prej momentit kur përdoruesi kërkon ndërrim të kanalit duke shtypur butonin në kontrollorin e TV-së e deri te shfaqja e kornizës së parë në ekranin e TV-së. Në TV tradicional analog, ndërrimi i kanalit është pothuajse i menjëhershëm përderisa përfshin vetëm pranuesin (receiver) e TV-së, duke e akorduar bartësin e ri frekuencor, duke demoduluar sinjalin analog dhe duke paraqitur figurën në ekranin e TV-së. Me paraqitjen e teknologjive dixhitale transmetuese dhe teknikave kompresuese të videos siç është MPEG2, ndërrimi i kanalit nuk është më i menjëhershëm (instantaneous). IPTV shton komponente të tjera në vonesat CCT (Channel Change Time) siç është multicast “leave and join”, duke e bërë kështu CCT më të ngadalshëm në krahasim me CATV.

Shkaktarët që ndikojnë në rritjen e CCT-së janë:

- Vonesa për SDTV duke përdorur MPEG2 është përafërsisht 1-2 sekonda
- Duke përdorur MPEG4 AVC, vonesa rritet në 2-5 sekonda duke ndikuar direkt në QoE.

Gjithashtu, koha CCT është sot diku prej 1-1.5 sekonda. Me paraqitjen e MPEG 4, kjo vonesë rritet në 3 s. Shkaktarët kryesor në rritjen e CCT janë paraqitur qartë në figurën 3.3:



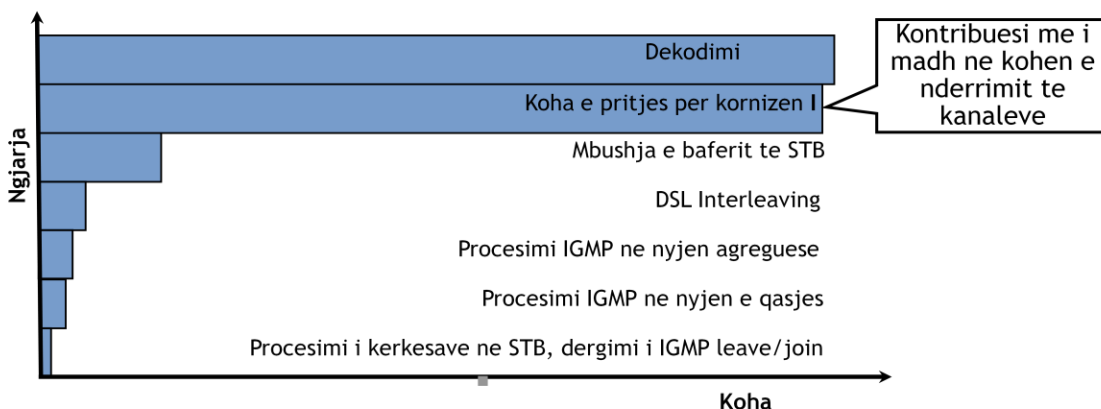


Figura 3.3. Faktorët që ndikojnë në CCT

Siç shihet edhe nga figura 3.3, komponenti që më së shumti ndikon në rritjen e CCT-së është korniza I. Në rritjen e këtij komponenti ndikon drejt për së drejti teknika kompresuese MPEG4. MPEG-4 e rritë komponentin që ndikon në vonesa: vonesën e kornizës I.

Tabela 3.1. Komponentët që ndikojnë në vonesa

Komponentët që ndikojnë në vonesë		Vonesa mesatare (ms)	Vonesa maksimale (ms)
1	Vonesa prej kontrollorit deri tek STB	5	10
2	Vonesa gjatë procesimit të STB (IGMP leave/join)	5	10
3	Vonesa gjatë procesimit në DSLAM (IGMP leave/join)	5	10
4	Vonesa gjatë procesimit në komutues të rrjetit	5	10
5	Procedimi ne komutuesin agregues	5	10
6	Vonesa në linjën DSL DS interleaving	20	20
7	Koha deri në startimin e kornizës IDR	<b>0.5*GOP</b>	<b>GOP</b>
8	Vonesa e pranimit të kornizave I	50	150
9	Jitteri në bafer	60	100
10	Vonesa për dekodimin e kornizave I	10	10
<b>Vonesa e përgjithshme (GOP = 250 ms)</b>		<b>290</b>	<b>580</b>
<b>Vonesa e përgjithshme (GOP = 500 ms)</b>		<b>415</b>	<b>830</b>
<b>Vonesa e përgjithshme (GOP = 1000 ms)</b>		<b>665</b>	<b>1330</b>

Gjithashtu, duhet theksuar se një ndikim jo të vogël në CCT ka edhe dekodimi dhe interpretimi (decoding and rendering). Ndërsa ndikimi më i vogël është në STB, ku kryhet procesimi i kërkesave të përdoruesit, konkretisht kërkesat për IGMP “leave” dhe IGMP “join”.

Tabela 3.1 përcakton detajet e vonesave mesatare dhe maksimale për të gjitha nyjet PTP për ofrimin e shërbimit IPTV. Këtu është paraqitur rasti i komponentëve për ndërrimin e kanalit multikast. Siç edhe shihet nga të dhënat në tabelën 3.1, në rritjen e kohës për ndërrimin e kanaleve ndikon në startimin e kornizës IDR. Kjo kohë varet nga madhësia e GOP-it. Sa më e madhe të jetë GOP, kjo kohë do të jetë më e madhe.

Një lidhje ndërmjet madhësisë së GOP-it dhe kohës deri në startimin e kornizës IDR, shihet në tabelën dhe në figurën 3.4.

Tabela 3.2. Madhësia GOP

<b>Madhësia e GOP</b>	<b>Koha deri në startimin e kornizës IDR (ms)</b>
<b>290</b>	145
<b>415</b>	207.5
<b>665</b>	332.5

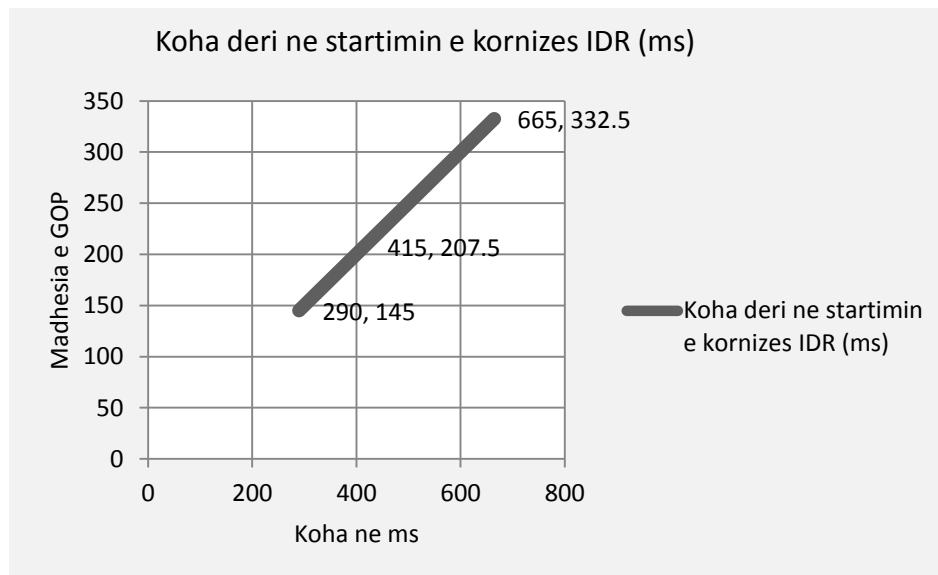


Figura 3.4. Madhësia GOP

Teknologjia IPTV përdor protokollin IP për të ofruar shërbime video tek përdoruesit në mënyrë efektive dhe kosto të ulët. Një nga shërbimet kryesore që ofron IPTV është BTV që përdor protokollin MC (multicast) për të shpërndarë në mënyrë efektive kanalet TV deri tek përdoruesi. Edhe pse MC është efikas dhe shpërndan vetëm kanalet e kërkuara nga përdoruesit, MC mund të jetë i ngadalshëm për të ofruar ndërrim të shpejtë të kanaleve. Kohëzgjatja e ndërrimit të kanaleve mund të konsiderohet edhe si ndërprerje e shërbimit. Kjo pengesë paraqet nevojën për FCC (fast channel change).

Zhurmat në linjat ADSL dhe brenda shtëpisë së përdoruesit mund të shkaktojnë humbje të videos. Përderisa video BTV është e bazuar në protokollin UDP, nuk ka mekanizma për ritransmetimin e këtyre kornizave të humbura videoje. Kjo humbje e videos mund të shkaktojë pikselizim, “ngrijje” të përkohshme të fotografisë etj. Kjo rritë nevojën për funksionimin e të ashtuquajturës “shpërndarje e besueshme” (Reliable delivery – RD).

### **3.8 Shtresa e transportit-rrafshi i të dhënave (data plane)**

Kriteret kyçe për rrafshin e të dhënave në shtresën e transportit përfshijnë humbjet, latencën dhe jitter-in. Në përgjithësi, vlerat e arsyeshme për vonesa skaj-në-skaj (end-to-end) dhe për jitter nuk janë shumë problematike për baferët për de-jitter të STB-ve, në rastet kur madhësia e baferëve për de-jitter në STB është e projektuar në harmoni me elementet e rrjetit dhe me direktivat përkatëse për performancë. Megjithatë, rrjedhat video janë shumë të ndjeshme në humbjen e informacionit, por kjo varet nga lloji i informacionit që humbin, e që mund të jetë:

- Shumë i varur nga lloji i të dhënave të humbura
  - o Informacione të humbura të sistemit dhe informacione të humbura në HE prodhojnë dëmtime të ndryshme të sinjalit
  - o Humbja e kornizave **I** dhe **P** prodhon dëmtime të ndryshme në krahasim me humbjen e kornizave **B**
- I varur nga lloji i koderit që përdoret
- I varur nga paketizimi që bëhet në shtresën e transportit

Një gabim në një rrjedhë e bitëve mund të shkaktojë efekte të ndryshme duke filluar nga mos dëgjueshmëria e audios ose mund të ndodhë që të mos kemi fare shikueshmëri të videos, kjo varet nga ajo se çfarë informate kemi humbur.

Latenca dhe jitter-i duhet të jenë të projektuara që të përshtaten me baferin e STB (kohën e pritjes dhe madhësinë e baferit) dhe me dizajnimin e rrjetit. Vlen të theksohet se

jitter-i dhe latenca dallojnë prej mënyrës së implementimit të një rrjeti. Baferët për de-jitter të STB mund të ruajnë prej 100-500 ms (për SDTV) video, kështu që jitter-i i rrjetit duhet të jetë brenda këtyre limiteve dhe vonesat që i tejkalojnë këto limite do të manifestohen si humbje. Rritja e baferit gjithashtu ndikon negativisht në kohën e ndryshimit të kanaleve, kështu që baferët për de-jitter duhet të mbahen sa më të vegjël.

Humbjet mund të përcaktohen si terma të periodës së humbjeve (loss period) dhe distancës së humbjeve (loss distance), siç janë përcaktuar në RFC3357. Në fakt, distanca e humbjeve paraqet matjen e distancës ndërmjet paketave të njëpasnjëshme të humbura, ndërsa perioda e humbjeve paraqet kohëzgjatjen e një ngjarje të transmetuar gabim apo të një humbje (për shembull, sa paketa kanë humbur në një interval të caktuar kohor).

### 3.9 Ndikimi i parametrave të rrjetit në kualitet

Ndikimi i parametrave kyç që ndikojnë në kualitet, si humbja e paketave, gjerësia e brezit, latenca, jitteri, vonesat etj, janë përshkruar në tabelën 3.3. Parametrat e përmendur në përgjithësi përdoren për të bërë një sintezë të aplikacioneve të përshtatshme për transmetimin e të dhënave [4]-[6]. Për shembull, në aplikacionet e kohës reale siç është VoIP, vonesa dhe jitter-i janë shumë të rëndësishme, sepse përderisa këta parametra rriten, aplikacioni nuk mund të vazhdojë transmetimin. Për shërbimet si IPTV, parametri “gjerësia e brezit” është shumë i rëndësishëm, sepse përderisa gjerësia e kërkuar e brezit për bartjen e aplikacioneve IPTV është e vogël, atëherë procesi i transmetimit të video sinjaleve nuk do të mund të vazhdojë transmetimin.

Tabela 3.3. Ndikimi i parametrave të rrjetit në kualitetin e shërbimeve

Parametrat	Përshkrimi
Latenca	Koha që i duhet paketës të udhëtojë nga dërguesi tek pranuesi
Gjerësia e brezit	Sasia e të dhënave që mund të transmetohen nëpër rrjet në një periudë të caktuar kohore, e matur në bit/sekond
Humbja	Sasia e paketave të humbura në rrjet gjatë transmetimit: burim-destinacion
Jitter-i	Inkonsistenca përgjatë kohës së transmetimit të paketave nëpër rrjet

Shërbimet video me cilësi të lartë në përgjithësi kanë kërkesa strikte sa i përket humbjes së paketave, jitterit dhe vonesave. Për shërbimet IPTV humbja e paketave mund

të jetë prej  $10^{-4}$  deri  $2 \cdot 10^{-4}$  ose më pak, latenca duhet të jetë e rangut të qindra milisekondave dhe jitter-i i rangut të disa dhjetëra milisekondave.

Për sasi të mëdha të aplikacioneve IPTV, kërkohet respektim strikt i jitter-it, humbjeve dhe vonesave. Kërkesat e sakta për transmetimin e video shërbimeve mund të shihen në dokumentet e ITU-T dhe forumit për DSL [4]. Në tabelën 3.4 mund të shihen disa standarde të vendosura nga ITU-T të cilat mund të përdoren për të arritur kualitetin e dëshiruar, në rast të humbjes së paketave.

Tabela 3.4. Standardet ITU për kualitet [1]

Humbja e paketave	QoS
$PLR \leq 10^{-5}$	Kualitet i shkëlqyer i shërbimit
$10^{-5} < plr \leq 2 \cdot 10^{-4}$	Kualitet mesatar i shërbimit
$2 \cdot 10^{-4} < PLR < PLR_{out} = 0.01$	kualitet i dobët i shërbimit
$PLR_{out} = 0.01 < PLR$	Shërbimi skaj-skaj nuk është i mundur

Në raportin teknik TR-126 të forumit ADSL [1], ofrohen kërkesat standarde për QoE për TP (triple play) shërbimet, që përfshijnë edhe rekomandimet për shërbimet IPTV. Tabela 3.5 tregon rekomandimet për parametrat për transmetimin e bazuar në shtresa (layers) për formate të ndryshme MPEG-2 për SD TV. Dokumenti jep rekomandime për formate të tjera video, siç është formati HD.

Tabela 3.5. Rekomandimet ITU për transmetimin e bazuar në shtresa [1]

Transport stream bit rate (Mbps)	Latenca	Jitter-i	Kohëzgjatja maksimale e një gabimi	Perioda korresponduese e humbjeve ne paketat IP	Kohëzgjatja e humbjes	PLR për rrjedhat IPTV
3.0	<200 ms	<50 ms	$\leq 16$ ms	6 paketa IP	Një gabim për orë	$5.85 \cdot 10^{-6}$
3.75	<200 ms	<50 ms	$\leq 16$ ms	7 paketa IP	Një gabim për orë	$5.46 \cdot 10^{-6}$
5.0	<500 ms	<50 ms	$\leq 16$ ms	9 paketa IP	Një gabim për orë	$5.26 \cdot 10^{-6}$

### 3.10 Parametrat që ndikojnë në cilësinë e videos

Humbja e paketave në IPTV mund të çojë në disa gabime gjatë transmetimit të videos. Nuk ekziston asnjë metodë për të parashikuar ndikimin e saktë në kualitet në rastin e humbjes së paketave. Në shumicën e rasteve mund të vërehen disa dëmtime vizuale siç është ndryshimi i ngjyrës etj. Humbjet e paketave në teknologjinë IPTV mund të jenë si rezultat i disa faktorëve:

- Koderët: vendosja e koderit në pajtueshmëri me madhësinë e GOP-it
- Cilës kategori i takon humbja e kornizave; për MPEG-2, lloji i humbjes së kornizave mund të jetë nga korniza **I**, **B** ose **P**
- Shpejtësia e kompresimit

Ngjashëm me parametrat e rrjetit, standardizimi i parametrave të videos gjithnjë e më tepër po merr vëmendje. Dy shembuj të këtij standardizimi janë metrikat (parametrat) për IPTV QoS/QoE të krijuara nga grupi punues IETF.

### 3.11 Teknikat matëse të kualitetit të videos

Ekzistojnë 3 metoda të ndryshme për matjen e kualitetit të videos për shërbimet IPTV:

- Matjet objektive-duke e bërë krahasimin e video sinjalit që transmetohet nëpër rrjet me video sinjalin burimor
- Matjet subjektive-duke përdorur eksperimente kontrolluese në të cilat pjesëmarrësit e vlerësojnë kualitetin e videos
- Matjet indirekte-duke përdorur matjet e rrjetit. Kualiteti i videos matet duke u bazuar në vlerësimin e ndikimit të parametrave të rrjetit në video.

#### 3.11.1 Matjet objektive

Matjet objektive krahasojnë sinjalin video në dalje me sinjalin burimor në hyrje dhe bëjnë diferencën për të përcaktuar se sa ka devijuar rrjedha e dekoduar nga rrjedha origjinale. Sa më e madhe që të jetë kjo diferencë, aq më i vogël do të jetë kualiteti i rrjedhës së pranuar. Ekzistojnë 3 lloje matjesh të bazuara në pika referente:

- Referenca e plotë: për referencën e plotë video sinjali burimor krahasohet tërësisht (kornizë për kornizë) me video sinjalin e pranuar dhe të dekoduar. Të dy rrjedhat duhet të jenë të disponueshme për krahasim, ndaj ky lloj i

matjeve nuk është shumë i përdorshëm në platformat IPTV, përderisa një klient IPTV pranon vetëm një rrjedhë IPTV

- Referenca e reduktuar- matjet ekstrahohen pjesërisht nga sinjali i transmetuar dhe i tërë video sinjali i pranuar është në dispozicion për krahasim.
- Referenca zero-matja kur informata nga sinjali i transmetuar nuk është në dispozicion; vetëm sinjali i pranuar është në dispozicion dhe mund të përdoret për matje. Kjo zgjidhje shpesh përdoret në mjediset ku nuk është i mundur të matet sinjali i burimit, që është gjithashtu një rast tipik i transmetimit të shërbimeve IPTV.

Matjet e bazuara në referencën zero dhe në referencën e reduktuar shpesh varen edhe nga kodimi, sepse mund të përdorin karakteristika të ndryshme të koderit për të përcaktuar gabimet.

### **3.11.2 Raporti sinjal zhurmë (PSNR)**

Një teknikë matëse e bazuar në referencë të plotë që përdoret për të vlerësuar kualitetin e videos është duke bërë llogaritjen e raportit sinjal-zhurmë ose PSNR. PSNR llogaritet duke marrë vlerën e rrënjës katrore (RMS) të diferencave (gabimeve) të sinjalit origjinal dhe kornizave video të pranuar, zakonisht vlera të normalizuara dhe të shprehura me dB.

Matjet PSNR shpesh përdoren për të krahasuar humbjen e kualitetit të koderit, por gjithashtu përdoret edhe për të llogaritur humbjen e kualitetit përgjatë humbjes së paketave. Raporti i PSNR-së prej 34 dB e më shumë kërkohet për transmetimet TV; raporti më i vogël se 30 dB është i papranueshëm dhe çdo gjë nën vlerën 20 dB mund të konsiderohet se videoja është e “pa shikueshme”. Megjithëse matjet PSNR mund të tregojnë se në çfarë mase një video sinjal është i dëmtuar, për shembull nga humbjet, matja PSNR nuk na tregon asgjë rreth hedhjes së kornizave, “ngrirjes” së fotografisë gjatë transmetimit, efekte këto që gjithsesi ndikojnë në kualitetin e perceptuar (të eksperiencës). E meta e matjeve të kualitetit bazuar në PSNR është se kërkon një operacion intensiv për llogaritje, sepse kërkon krahasimin e secilës kornizë të dekoduar me kornizat burimore të video sinjalit. Një tjetër kufizim është se PSNR kërkon qasje në videon origjinale dhe atë të dekoduar, në rrjedhat e mundshme të cilat janë të dëmtuara, e që në transmetimet IPTV “live”, një skenar i tillë është i pamundshëm.

### 3.11.3 Matjet subjektive

Matjet subjektive përdorin përdoruesit për të vlerësuar kualitetin e një sekuence video. Matjet subjektive mund të ofrojnë një vlerësim të saktë të kualitetit të videos, sepse reflektojnë perceptimin e përdoruesit fundor. Megjithatë, për nga ana praktike janë vështirë për t'u përdorur sepse kërkojnë një ndërveprim me përdoruesin. Teknika që përdoret më shumë për matjet subjektive është MOS (mean opinion score).

### 3.11.4 Mean Opinion Score

MOS është një matje subjektive, që e rargon kualitetin e videos duke u bazuar në vlerësimin e përdoruesit. Në matjet MOS përdoruesit e përcaktojnë kualitetin duke e vlerësuar kualitetin e sekuencave video në një shkallë të themi prej 1 (shumë i keq) e deri te 5 (shumë i mirë). Mesatarja e përdoruesve të ndryshëm merret në konsideratë dhe në këtë mënyrë llogaritet MOS. Në tabelën 3.6 janë paraqitur MOS vlerat me një shkallë të kualitetit dhe të degradimit për transmetimet televizive që janë të përcaktuara nga ITU-R. Gjithashtu, në këtë tabelë paraqitet një shkallë e shndërrimit të vlerave PSNR në ato MOS.

Tabela 3.6. Vlerat MOS [1]

MOS	Kualiteti i perceptuar	Degradimi	PSNR (dB)
5	Shkëlqyeshëm	I papercptueshëm	>37
4	Mirë	I perceptueshëm, por jo i bezdisshëm	31-37
3	Mesatar	Lehtësisht i bezdisshëm	25-30
2	I dobët	I bezdisshëm	20-24
1	I keq	Shumë i bezdisshëm	<20

### 3.12 Matjet indirekte

Kategoria e fundit e matjeve të kualitetit të shërbimeve IPTV është e bazuar në matjet indirekte. Në këtë rast degradimet në parametrat e rrjetit përdoren për të parashikuar kualitetin rezultues të video sinjaleve për ofrimin e shërbimeve IPTV. Një nga teknikat e propozuara për matjet indirekte është EPSNR (Estimated PSNR) për të përcaktuar parametrat e kualitetit. Ky vlerësim përdor relacionin ndërmjet humbjes së paketave në proporcion me pikselët që janë dëmtuar përgjatë humbjes së paketave. Ky



model gjithashtu merr në konsideratë llojin e kornizës që dëmtohet gjatë transmetimit. Kjo teknikë duket shumë premtuese dhe e zbatueshme në praktikë edhe për transmetimet direkte (live).

### 3.13 Planifikimi i bazuar në QoE

Procesi i planifikimit të modelimit të rrjetit për ofrimin e shërbimeve të ndryshme përfshin:

- Analizat e kërkesave të ndryshme të përdoruesve fundor
- Përcaktimin e kërkesave QoE të shtresës së aplikacionit
- Përkthimin nga kërkesat subjektive QoE në kërkesat objektive, skaj-skaj dhe në shtresën e aplikacionit

Një shembull i planifikimit të bazuar në QoE është ilustruar në figurën 3.5:

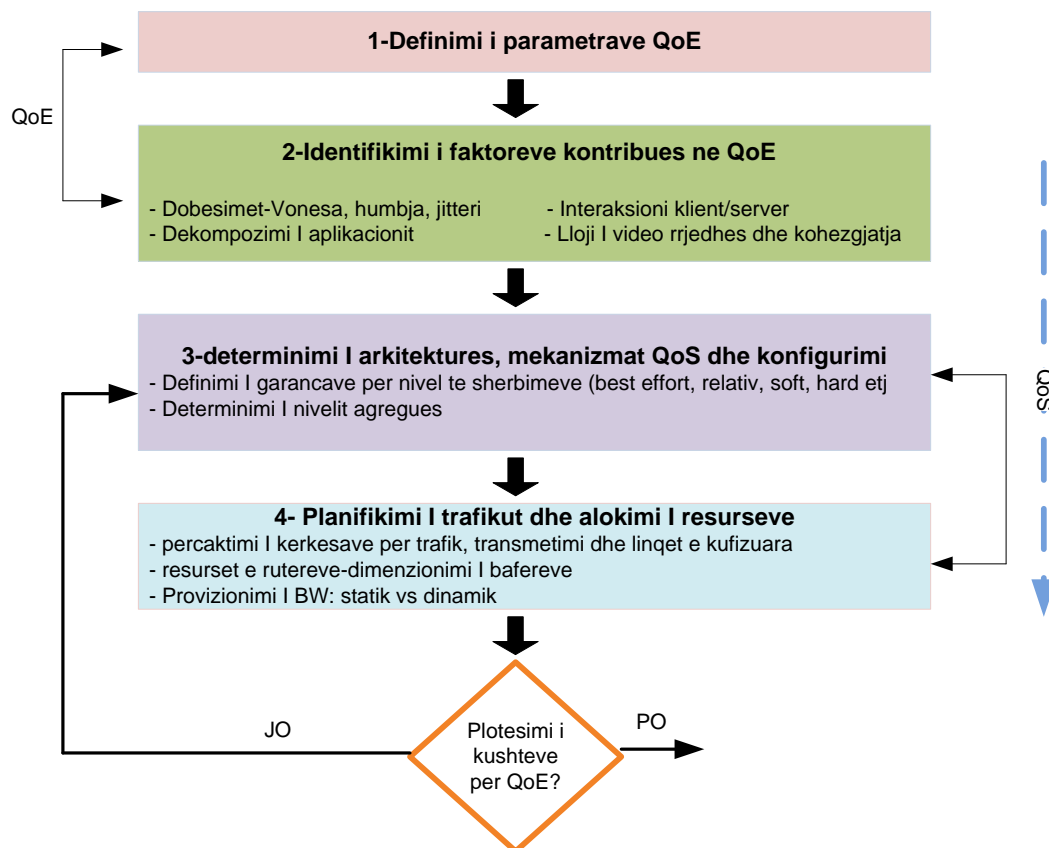


Figura 3.5. Procesi i planifikimit QoE [1]

Në metodologjinë e planifikimit QoE, ndër-relacionet QoE/QoS dhe planifikimi i trafikut përcaktohen duke u bazuar në qasjen lartë/poshtë (top/down) (fig. 3.5), duke filluar në nivelin e përdoruesit fundor. Kjo teknikë është efektive për transmetimin e shërbimeve IPTV.

### 3.14 Dimensionimi QoE për sinjalet video

Në nivelin e shërbimit video, dimensionimi QoE përfshin:

- Rrafshin e kontrollit
  - o Vonesat në ndërrimin e kanalit, VoD dhe PVR/nPVR
- Rrafshin e të dhënave
  - o Përfshinë shumë pika që janë potenciale për të ndikuar në kualitetin e videos në një sistem skaj-skaj
- Përdorueshmërinë
- Besueshmërinë/disponueshmërinë
- Sigurinë/privatësinë

Siç edhe mund të shihet në figurën 3.6, ekzistojnë shumë faktorë që kontribuojnë në QoE për ofrimin e shërbimeve video. Faktorët e shtresës së video aplikacionit, përfshijnë përvetësimin e videos (acquisition) dhe kodimin. Elementet e shtresës së transportit përfshijnë paketizimin dhe transportin duke përfshirë këtu atë regjional, të qasjes dhe rrjetin shtëpiak.

Komponentët për përvetësim dhe kodim të videos përfshijnë burimin e videos, kodimin dhe formësimin e shpejtësisë (rate shaping). Burimi i videos mund të jetë një film, një kasetë analoge, një memorie dixhitale (siç është VoD serveri) ose një ngjarje direkte (live). Kualiteti i materialeve origjinale ndikon dukshëm në kodimin efikas dhe në kualitetin në përgjithësi. Zhurma në materialin burimor mund të humb bitët kodues (encoding bits) dhe mund të ndikojë në kualitet. Kodimi i videos kryhet duke përdorur koder të videos të përshtatshëm për një transmetim. Pavarësisht nga lloji i aplikacionit, disa lloje të parametrave për kodim të videos janë të përcaktuara, duke përfshirë: bit rate, GOP struktura, CBR/VBR dhe shpejtësinë e kornizave (frame rate). “Rate shaping” i videos kërkohet për skenarin kur data rate në rrjetin e qasjes është më i vogël sesa bit rate i videos burimore të koduar ose, kur rrjeti i qasjes ka linqe me bit rate të ndryshëm. Formësimi i shpejtësisë (rate shaping) nganjëherë përfshinë hapin e transkodimit ku MPEG-2 ri-kodohet në MPEG-4 AVC ose VC-1 dhe gjithashtu mund të konvertojë VBR në CBR.

Komponentët e video paketizimit dhe të transportit shihen gjithashtu në këtë figurë. Paketizimi ngjason si në nivelin MPEG dhe në nivelin e rrjetit të transportit. Në rrjetat me paketa, çështjet e vonesave, jitter-it dhe humbjeve, duhet të merren parasysh. Për transmetimin e aplikacioneve TV, jitter-i nuk është shumë problematik sa është baferi në STB e përdoruesit. Por, kualiteti i videos degradohet shumë me rastin e humbjes së paketave si dhe në rastin e humbjes së informatave MPEG. Prandaj, preferohet që të përdoren algoritme të ndryshme për shënimin e prioritetit të paketave video (p.sh diffserv) për të parandaluar degradimin e videos nga humbjet që mund të ndodhin si pasojë e mbingarkesave në rrjet.

Rrjeti i qasjes mund të përbëhet nga kablllo koaksiale, bakri, fibri ose elemente të rrjetave pa tela. Kërkohet minimumi prej 12 *Mbps* deri në 24 *Mbps* për të ofruar shërbime video deri në shtëpinë e përdoruesit, për 2 kanale SD, 1 HD plus internet dhe shërbime telefonike. Për momentin, teknologjitë brezgjera (ADSL2+ dhe VDSL) duket të jenë teknologjitë më ekonomike për ofrimin e këtyre shërbimeve. Për teknologjinë e qasjes DSL, shpejtësia e të dhënave (data rate) është në funksion të gjatësisë së kablllos së bakrit, me kufizime të ndryshme që rezultojnë si pasojë e ndërhyrjeve të ndryshme (crosstalk) nga kabllot e bakrit që janë fqinjë si dhe nga burimet e ndryshme të zhurmave (RF interferencat etj).

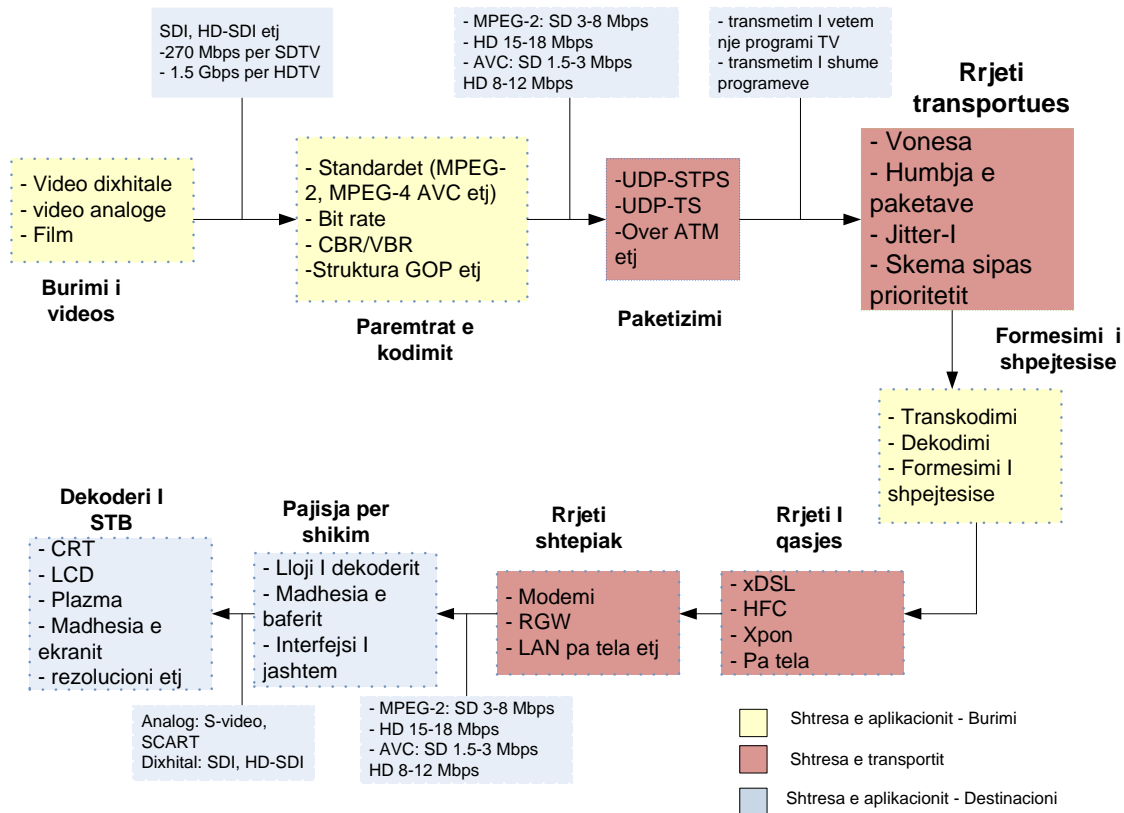


Figura 3.6. Sistemi skaj-skaj për ofrimin e shërbimeve IPTV-parametrat për QoS

Rrjeti shtëpiak është një burim tjetër potencial i dobësimit të video sinjalit dhe është më pak i kontrolluar (për nga perspektiva e ofruesit të shërbimeve) sesa pjesa tjetër e rrjetit.

Dekodimi i videos zakonisht bëhet nga STB, që kryen edhe procesin e demultipleksimit dhe të sinkronizimit. Baferimi në STB luan një rol të rëndësishëm në kualitetin e videos së perceptuar. Megjithatë, rritja e madhësisë së baferit mund të degradojë funksionet interaktive siç është CCT ose kontrollorët për VoD, pavarësisht se si janë të zbatuara këto.

Gjithashtu vlen të përmendet se janë edhe disa faktorë të ndryshëm në CPE që ndikojnë në kualitetin e videos. Interfejsi ndërmjet STB dhe TV gjithashtu mund të ndikojë në kualitet. Dhe në fund, pajisjet që e shfaqin videon (CRT, LCD, plazma etj) mund të jenë faktorë shumë të rëndësishëm për perceptimin e kualitetit të videos nga përdoruesi fundor.

### 3.15 Rëndësia e gjerësisë së brezit (BW) në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV

Kualiteti i ofrimit të shërbimeve IPTV dhe shërbimeve video përmes internetit është shumë i varur nga gjerësia e brezit. Pa gjerësi të mjaftueshme të brezit, transmetimi i videos nuk do të funksiononte si duhet. Shërbimet IPTV nuk do të mund të operonin pa gjerësi të mjaftueshme të brezit. Si rezultat, sigurimi i kapaciteteve adekuatë të rrjetit është jashtëzakonisht i rëndësishëm për ofrimin e këtyre shërbimeve me një kualitet të lartë (QoS).

Vetëm disa vite më parë, skeptikët mbështesnin idenë se teknologjia brezgjere (broadband) nuk është e mjaftueshme për transmetimin e kanaleve TV.

Kërkesat për BW nuk varen vetëm nga lloji i kontentit që duhet të transmetohet, por edhe nga kualiteti i pritshëm i shërbimit. Në vitin 1980, u fut në përdorim modeli i shpejtësisë prej 2400 *bps* i përshtatshëm për transmetimin e tekstit. Rrjetat shumë shpejt arritën shpejtësinë prej 128 *kbps* përmes teknologjisë ISDN, por ende ishin të limituara për transmetimin e shërbimeve video. Sot, shpejtësia mesatare e teknologjisë DSL është rreth 1.5 *Mbps*, me disa raste kur shpejtësia arrin në 50 *Mbps*, për distanca të shkurtra.

Përparësitë në kompresim, kanë bërë një përparim të madh për transmetimin e shërbimeve video nëpër rrjetat brezgjera. Standardi MPEG-2 për transmetim të videos, kërkon 4-6 *Mbps* për sinjalet SD. Megjithatë, teknologjitë e reja dhe më të avancuara, siç është MPEG-4 H.264 dhe VC-1, ju nevojitet vetëm 1.5 deri në 2.5 *Mbps*. Ndërsa, kualiteti HD është i arritshëm në 5 deri në 8 *Mbps*. Po ashtu, vlen të përmendet se disa standarde siç është ai SVC, mund të arrijnë këtë kualitet në shpejtësi edhe me të vogla sepse bazohen në kodimin e ashtuquajtur “shtresor”. Përveç kësaj, disa nga llojet më të reja të teknologjisë DSL mund të transmetojnë gjerësi më të mëdha të brezit, siç janë ADSL2+ dhe VDSL2, në rreth 24 dhe 50 *Mbps*, respektivisht.

Megjithatë, gjerësia e brezit gjithnjë e më tepër po rritet meqëse gjithnjë e më shumë shërbime po kërkohen që të transmetohen deri tek përdoruesit. Në rastet kur gjerësia e brezit nuk është e mjaftueshme për transmetimin e shërbimeve multimediale, atëherë është e nevojshme që të bëhet alokimi i drejtë (fer) i gjerësisë së brezit për përdorues të ndryshëm. Kjo duhet të bëhet me qëllim ngritjen e cilësisë së shërbimeve.

Sot, disa qasje për llogaritjen e BW duhet të mbulojnë edhe implikimet për ofrimin e shërbimeve IPTV. Janë dy kufizime që duhet t'i marrin parasysh ofruesit e

shërbimeve për përcaktimin e BW për ofrimin e shërbimeve IPTV nëpër rrjetat e qasjes të bazuara në ADSL.

- Ofrimi sa më shumë që të jetë e mundur e shërbime në mënyrë që përdoruesit të zgjedhin shërbimet e dëshiruara. Me këtë rast duhet të merret parasysh se rritja e numrit të shërbimeve kërkon gjerësi më të madhe të brezit.
- Rritja e numrit të përdoruesve që mund të shërbehen prej secilit DSLAM (nyje e qasjes). Përderisa ekziston një krahasim ndërmjet distancës dhe shpejtësisë, shpejtësia e madhe nënkupton se mund të mbulohen distanca më të vogla, dhe kështu më pak shtëpi mund të arrihen. Ky kufizim tenton të reduktojë gjerësinë e përdorur të brezit.

Shërbimet video janë shpenzuesit më të mëdhenj të brezit në një sistem IPTV, prandaj duhet të bëhet një llogaritje e përpiktë e gjerësisë së brezit për ofrimin e këtyre shërbimeve.

### **3.16 Përfundimet e kapitullit**

Në këtë kapitull janë përshkruar disa nga parametrat më të rëndësishëm që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV. Përshkrimi i këtyre parametrave është bërë duke u bazuar në rekomandimet e ITU-së dhe forumit ADSL. Konkretisht, janë dhënë rekomandimet për parametrat e transmetimit bazuar në shtresa (layers) për formate të ndryshme MPEG-2 për SD TV. Gjithashtu, jepen rekomandime për formate tjera video, siç është formati HD. Të kuptuarit e këtyre parametrave është i rëndësishëm së veçantë pasi duhet të dihet saktë se cilët janë parametrat që ndikojnë më shumë në kualitetin e shërbimeve IPTV. Gjithashtu është përcaktuar edhe rëndësia e gjerësisë së brezit për ofrimin e shërbimeve video me një kualitet të lartë.

### **3.17 Literatura**

- [1] Technical Report, TR-126, Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements 13 December 2006, Produced by: Architecture & Transport Working Group, Tim Rahrer, Nortel Riccardo Fiandra, FastWeb, Steven Wright, BellSouth, Working Group Co-chairs: David Allan, Nortel David Thorne, BT

- [2] Methodology fo subjektive measurements, ITU-R BT.500, Approved in 2012-01 in accordance with Resolution ITU-R 45, <http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.500/en>, marrë me dt. 05.10.2012
- [3] ITU-T, E.800 : Quality of service, Recommendation E.800 (11/88), Approved in 1988-11, <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.800-198811-S/en>, dt.05.10.2012
- [4] IPTV Focus Group Proceedings, 2008, ITU-T
- [5] ITU-T FG, IPTV working document (FG IPTV-DOC-0181), IPTV architecture
- [6] ITU-T F.703, ITU-T Recommendation F.703 (2000), Multimedia Conversation Service Description

## KAPITULLI 4

### 4 Arkitekturat dhe teknologjitë e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV

#### 4.1 Hyrje

Kërkesat gjithnjë e në rritje për ofrimin e shërbimeve IPTV domosdoshmërisht na orientojnë në zbatimin e teknologjive të reja dhe inteligjente për ofrimin e këtyre shërbimeve. Në këtë kapitull do të analizojmë arkitekturat e ndryshme për ofrimin e shërbimeve IPTV. Prej këtyre shërbimeve, shërbimet VoD kërkojnë brez gjerësi më të madhe. Arsyeja është sepse janë shërbime “unicast”. Këto shërbime janë duke u bërë gjithnjë e më atraktive për përdoruesit. Rritja e numrit të përdoruesve dhe kërkesave të tyre për VoD shumë shpejt do t’u tejkalojë kapacitetin prej Gbps në rrjetin qendror, veçanërisht në arkitekturat e centralizuara.

Deri tani IPTV është një nga teknologjitë më efikase për transmetimin e shërbimeve TV dixhitale tek përdoruesit. Për ofrimin e shërbimeve IPTV kërkohet platformë shpërndarëse e shpejtësisë së lartë, pra një rrjet mjaft i avancuar. Detyrë e këtij rrjeti është që të bëjë transmetimin e shërbimeve video ndërmjet ofruesit të shërbimeve dhe përdoruesit. Ky transmetim duhet të bëhet në mënyrë që të mos prishet kualiteti i videos së shpërndarë deri tek përdoruesi. Një arkitekturë e mirëfilltë e rrjetit IPTV përbëhet nga dy pjesë: nga milja e fundit apo rrjeti i aksesit dhe nga rrjeti qendror (backbone). Rrjete të llojeve të ndryshme, duke përfshirë sistemet kabllore, sistemet pa tela, rrjetet satelitore, sistemet optike, mund të përdoren për transmetimin e shërbimeve IPTV në miljen e fundit të rrjetit. Në këtë kapitull do të sqarohen dy filozofi të arkitekturave IPTV në aspektin e shpërndarjes së video serverave në rrjetin qendror. Gjithashtu do të shpjegohen edhe karakteristikat e disa prej medimeve më të rëndësishme të rrjetit të aksesit (miljes së fundit) dhe një përmbledhje e teknologjive të qasjes dhe të rrjetit qendror që përdoren në PTK për ofrimin e shërbimeve IPTV.

#### 4.2 Teknologjia IPTV

Për ofrimin e shërbimeve IPTV rrjeti duhet të jetë i përgatitur për përkrahjen e disa protokolleve specifike për procesimin e rrjedhës së sinjalit. Arsyeja kryesore për përdorimin e këtyre protokolleve është se kërkesat për gjerësi të brezit janë duke u rritur nga dita në ditë. Në linjat e bakrit ka kufizim në gjerësinë e brezit. Prandaj, është e nevojshme që të përdoren disa teknika kompresuese inteligjente që janë të specifikuara



nga disa standarde ndërkombëtare për telekomunikacionin. Teknikat kryesore për kompresim të videos janë MPEG teknikat [1] (moving picture expert groups). Zakonisht, për kompresimin e videos përdoret MPEG-2 TS (Transport Stream) dhe MPEG-4 (për rrjedhat e agreguara). Gjithashtu, është e nevojshme që të përdoren edhe protokollet për kompresim të audios siç janë MPEG-1 audio, DOUBLY dixhital etj. Pajisja në rrjetin e qasjes duhet të përkrahë IGMP “snooping” [2]. Teknologjia IPTV është e bazuar në 4 shtresa kryesore (Figura 1): shtresa e shërbimeve (video headend-i, interneti, VoIP etj), shtresa e agregimit edge/core, shtresa e rrjetit të qasjes dhe shtresa e rrjetit shtëpiak.

**Video Head end-i:** Pranon përmbajtjen nga burime të ndryshme dhe e shndërron atë në një formë të përshtatshme për transmetim në rrjetin IP. Ky kontent mund të jetë një kombinim i programeve lokale TV, reklamave, kontent satelitor si dhe shërbim interaktiv video. Video Head End-i përfshin një rang të gjerë të teknologjive heterogjene. Interneti dhe VoIP nuk janë temë diskutimi në këtë punim. Video head end-i përbëhet nga këto elemente kryesore:

- Farma e antenave satelitore që pranon kontentin “broadcast” analog dhe dixhital TV
- Antenat tokësore (teresterialle) për pranimin e kontentit nacional broadcast analog nga ofrues të ndryshëm TV
- Pranuesit TV kabllor që pranojnë kontent nga ofruesit CATV dhe kontent TV live në formate të ndryshme

Head end-i IPTV kolekton formate të ndryshme të kontentit nga burime të ndryshme dhe i përgatitë ato për transmetim nëpër rrjet në formatin IP. Pajisjet që shndërrojnë formate të ndryshme të kontentit në format IP janë:

- Koderët e videos – kodojnë kontentin në MPEG-2 dhe MPEG-4/H.264 dhe i transmetojnë në rrjetin IP
- Koderët e audios–kodojnë audion në formate: MPEG-1, DOLBY dixhital audio etj.

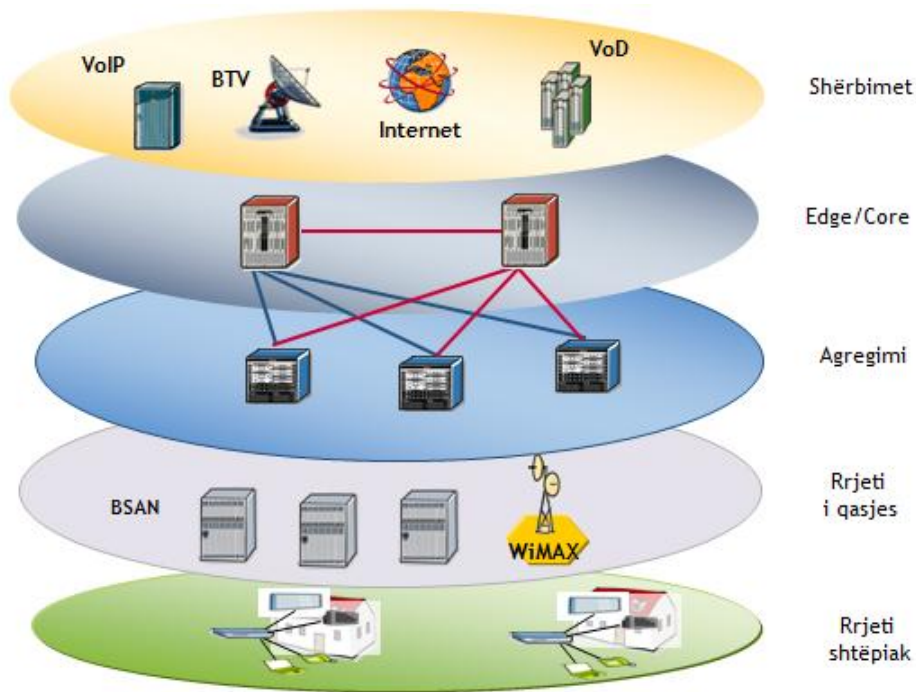


Figura 4.1. Arkitektura e përgjithshme për ofrimin e shërbimeve Triple Play

**Shtresa e agregimit edge/core:** Nyjet e kësaj shtrese janë të bazuara në BSR (broadband service routers) dhe BSA (Broadband Service Aggregator) që përkrahin të gjitha protokollet e standardizuara për IP/MPLS Ethernet, duke garantuar kështu QoS dhe duke respektuar sigurinë e trafikut për ofrimin e shërbimeve triple-play.

**Shtresa e rrjetit të qasjes:** Përmban nyjet që janë nyje BSAN (Broadband Multiservice Access Node). Këto nyje mundësojnë shpërndarjen e shërbimeve brezgjera (IPTV, HSI, VoIP) me QoS të garantuar nëpër koneksione wireline (ADSL, FTTH) ose wireless (WiMAX).

**Rrjeti shtëpiak:** Përmban pajisje shtëpiake (STB, porta apo GW rezidencial, modemë, TV etj.) Këto pajisje mundësojnë shndërrimin e formatit IP në sinjal televiziv analog ose dixhital.

### 4.3 Shërbimet kryesore IPTV

Teknologjia IPTV ofron një gamë të gjerë shërbimesh. Në këtë tezë do të ndalemi shkurt vetëm në disa nga shërbimet kryesore që ofron kjo teknologji.

**VoD kontenti/filmat:** Video sipas kërkesës lejon përdoruesit që të zgjedhin dhe të shikojnë një video sipas kërkesës së tyre. Kontenti VoD që mund të transmetohet nëpër

platformën IPTV përfshirë librarinë me tituj të filmave, muzikë sipas kërkesës etj.[3].

**Paguaj për të shikuar (Pay Per View):** Është shërbim që u ofron përdoruesve qasje në një apo më tepër filma VoD pavarësisht nga abonimi.

**PVR- personal video recorded:** PVR duhet të lejojë përdoruesin fundor që të regjistrojë kontentin brezgjërë.

**NPVR (network PVR):** NPVR është një shërbim PVR ku kontenti regjistrohet në pajisjet e ofruesit të shërbimit (VoD serverët). Shërbimi duhet të aktivizohet për përdoruesit dhe duhet të përkrahë kuota për të limituar sasinë e kontentit të regjistruar në mënyrë që të mos mbingarkohen serverët VoD.

#### 4.4 Nyjet ofruese të shërbimeve IPTV

Në nyjet e shërbimeve janë serverët që janë komponentet kryesore në teknologjinë për ofrimin e shërbimeve IPTV. Video serverët kryejnë shumë funksione duke përfshirë këtu ruajtjen, procesimin dhe shpërndarjen e shërbimeve IPTV. Janë shumë lloje të video serverëve, por ata që përdoren më shumë janë: live streaming serverët, serverët e videos sipas kërkesës dhe serverët e reklamave (advertising servers).

**Serverat e rrjedhave të drejtpërdrejta (live streaming servers):** Këta serverë karakterizohen nga nevoja të vogla memoruese dhe aftësi të mëdha procesuese në aspektin harduerik. Janë serverë që mbështesin emetimin (broadcast) e sinjalit IPTV nëpër rrjetin IP. Kjo arrihet përmes mekanizmit që rrjedhën unicast t'a replikojë në shumë rrjedha si kopje duke e shpërndarë tek përdoruesit e shumtë. Serverët e tillë duhet të kenë fuqinë procesuese edhe për informatat për zgjedhjen e kanaleve nga ana e përdoruesve. Njëkohësisht, duhet të gjenerojnë të dhënat e nevojshme për faturim për përmbajtjen që paguhet.

**Serverët e reklamave (advertising servers):** Këta serverë marrin spotet e reklamave dhe i lëshojnë ato drejtpërdrejtë brenda video përmbajtjeve. Këta serverë nuk kanë nevojë për sasi masive të memorimit, ata nevojiten që të ndërmjetësojnë në video kanale të shumëfishta simultane dhe në mënyrë të kujdesshme të sinkronizojnë emetimin e përmbajtjes. Këta serverë duhet të jenë të aftë të lejojnë video përmbajtjen në formate të ndryshme dhe nga burime të shumta. Për më tepër, këta serverë duhet të ofrojnë vegla të tabelimit fleksibël që të mund të rikonfigurohen lehtë në përshtatje me ndërrimet e shpeshta të kampanjave (fushatave) të reklamimit.

**DRM (digital rights management):** Është një set i softuerit dhe harduerit i modeluar për

të mbrojtur të drejtat e pronësisë së ofruesit të përmbajtjes. Sistemi DRM duhet të përkrahë mbrojtjen e kontetit. Kjo nënkupton mbrojtjen e kontetit të ruajtur në pajisjet lokale të përdoruesit. Mbrojtja e kontetit duhet të zbatohet politika të shikimit të kontetit duke përcaktuar kritere të caktuara siç është numri i shikimeve të një filmi apo edhe data e skadencës.

**STB (set up Box):** STB është pajisje e parapaguesit e cila ofron qasje në shërbimet IPTV. Nga ana e rrjetit ka ndërfaqe Ethernet (100 Base-T), ndërsa nga ana e përdoruesit një varietet të ndërfaqeve TV. Detyrë kryesore ka pranimin e sinjalit IPTV në ardhje dhe shndërrimin e tij në video sinjal i cili ekranizohet në TV-në e përdoruesit. Po ashtu, STB ofron ndërfaqen e përdoruesit që i mundëson përdoruesit të zgjedhë video programet që do t'i shikojë.

Serverët VoD janë temë diskutimi e këtij kapitulli, konkretisht shpërndarja e tyre në rrjetin qendror, ndaj do të shpjegohen në mënyrë më të detajuar më poshtë.

#### **4.5 Serverat e videos sipas kërkesës (Video on Demand servers)**

Video sipas kërkesës është një formë e përgjithshme për shpërndarjen e shërbimeve IPTV dhe videos nëpër rrjet. Duke mundësuar përdoruesit të zgjedhin përmbajtjen nga biblioteka në çdo kohë, kjo teknologji do të jetë pikë orientuese e fuqishme për tërheqjen e përdoruesve tek ofruesit e shërbimeve. Po ashtu, do të jetë nxitje konkurruese ndaj shërbimeve që mbështeten nga shpërndarja emetuese, siç janë rrjetat satelitore dhe rrjetat tokësore dixhitale. Shumica e ofruesve të shërbimeve IPTV dhe video Internet, sisteme të TV kabllorik, ofrojnë VoD. Serverët VoD duhet të kryejnë tri funksione kryesore:

- Ruajtja e përmbajtjes video, që në esencë është funksion i njëjtë si i video serverëve të tjerë. Megjithatë serveri duhet të ketë aftësi të transmetimit të kopjeve të shumëfishta asinkrone të pjesës së vetme të përmbajtjes.
- Ndërmjetës i rrjetit, i cili po ashtu është i ngjashëm me video serverët e tjerë, veçse duhet të mbështesë numër shumë të madh të rrjedhave simultante.
- Mbështetje për interaktivitet të përdoruesit, që i mundëson përdoruesit të pushojë, rishikojë dhe të lëvizë para/mbrapa përmbajtjen video. Kjo kërkon softuer më të avancuar për menaxhimin e të gjithë përdoruesve dhe ndërmjetësimin me sistemet që procesojnë komandat e përdoruesve.

Përmbajtja në VoD server është gjithnjë e memoruar në format të kompresuar i

cili është i gatshëm për shpërndarje tek përdoruesi. Kjo thjeshtëson procesin e shpërndarjes duke eliminuar nevojën për procesim të videos para se të shpërndahet. Meqë shumë sisteme IPTV kanë brez të ngushtë të kapacitetit të lejuar të video sinjaleve dhe normalisht mbështesin vetëm një (ose më së shumti dy) format të kompresuar, e tërë përmbajtja e mbledhur në VoD server duhet të kalojë në formatin e njëjtë. Në akordim të plotë, e tërë përmbajtja në ardhje duhet të kalojë nëpër pajisjen video kompresuese para se të vendoset në server. Në disa raste tjera, përmbajtja mund të arrijë në format të pakompresuar dhe duhet të kompresohet para se të futet në server. Mirëpo, përmbajtja mund të arrijë edhe si e kompresuar duke përdorur shpejtësi të ndryshme të rrjedhës së bitëve ose tipe të ndryshme të kompresimit. Nëse është shpërndarë ndonjë format jo i mbledhur, transkodimi përdoret për shndërrim në format kompakt. Nëse shpejtësia e rrjedhës së bitëve e përmbajtjes nevojitet të ndryshojë, “transrating” përdoret për shndërrimin e përmbajtjes. Mund të vërehet që “transrating” normalisht bëhet vetëm për reduktimin e shpejtësisë së rrjedhës së bitëve të përmbajtjes video.

Kur të blihet një server VoD, është me rëndësi të harmonizohen mundësitë e tij me kërkesat që duhet të plotësohen. Sasia e akumuluar duhet të jetë e madhe ose e vogël, dhe numri i rrjedhave që mbështeten mund të jetë i madh ose i vogël. Këto nuk janë në korrelacion; është shumë sensibile të kemi server me akumulim relativisht të vogël (të themi 50 deri në 100 orë video përmbajtje) por me kapacitet të lartë të rrjedhës, nëse ai përdoret për servimin e shfaqjes së parë të filmave të Hollywood-it tek shumë përdorues njëkohësisht. Ofruesit e shërbimeve IPTV kanë dy filozofi të shpërndarjes së rrjetit të serverëve. E para është e centralizuar, ku serverë me kapacitete të mëdha janë instaluar në lokacione qendrore dhe rrjedhat për secilin përdorues transmetohen nëpër linke të trafikut me shpejtësi të lartë te secili ofrues lokal i shërbimeve dhe po me lehtësi ofrohen rrjedhat vetëm tek përdoruesit lokal. Serveri qendror i bibliotekës ofron përmbajtje tek serverët e shpërndarë nëse ka nevojë. Nga njëra anë, koncepti i përqendrimit ka kuptim sepse ndihmon në reduktimin e sasisë së brezgjërësisë së nevojshme në mes të lokacioneve. Nga ana tjetër, koncepti i centralizimit është më tërheqës sepse redukton numrin e serverëve që duhet të instalohen. Po ashtu redukton koston e transportit, akumulimit dhe menaxhimit të bashkësive redundante të rrjedhave në lokacione të shumta. Në realitet, edhe sistemi i centralizuar edhe ai i shpërndarë janë zhvilluar pavarësisht nga arkitektura e sistemit, mundësitë dhe kërkesat e përdoruesve që ndikojnë direkt në strukturën e trafikut të VoD. Ofruesit e shërbimeve kanë nevojë për video serverë të aftë (me mundësi) për shpërndarjen e rrjedhave video tek qindra ose mijëra përdorues simultan. Për këtë klasë të aplikacioneve nevojiten server me modelim special. Këto njësi duhet të

kenë numër të madh disqesh dhe duhet të përdorin procesorë të shumtë në punë paralele për formatet e rrjedhave dhe shpërndarjen e përmbajtjes. Kapaciteti i këtyre sistemeve gjen shprehje në raste të ndryshme, siç është p.sh. rasti i furnizimit të 1000 përdoruesve simultan secilin me rrjedhë prej 2.5 Mbps. Në këtë rast, serveri ka nevojë të jetë i aftë të japë në dalje 2.5 Gbps të dhëna. Për këto kapacitete të të dhënave disqet dhe procesorët e thjeshtë në një server tipik nuk e kanë mundësinë prandaj përdorin shpërndarjen e ngarkesës në mes të pajisjeve.

#### 4.6 Arkitekturat e mundshme për ofrimin e shërbimeve IPTV

Zakonisht ofruesit e shërbimeve kanë dy filozofi të ndryshme për shpërndarjen e serverëve në rrjetin qendror për ofrimin e shërbimeve IPTV. Dy arkitekturat më të rëndësishme janë arkitektura e centralizuar dhe ajo e shpërndarë. Secila nga këto arkitektura ka përparësitë dhe të metat e saj.

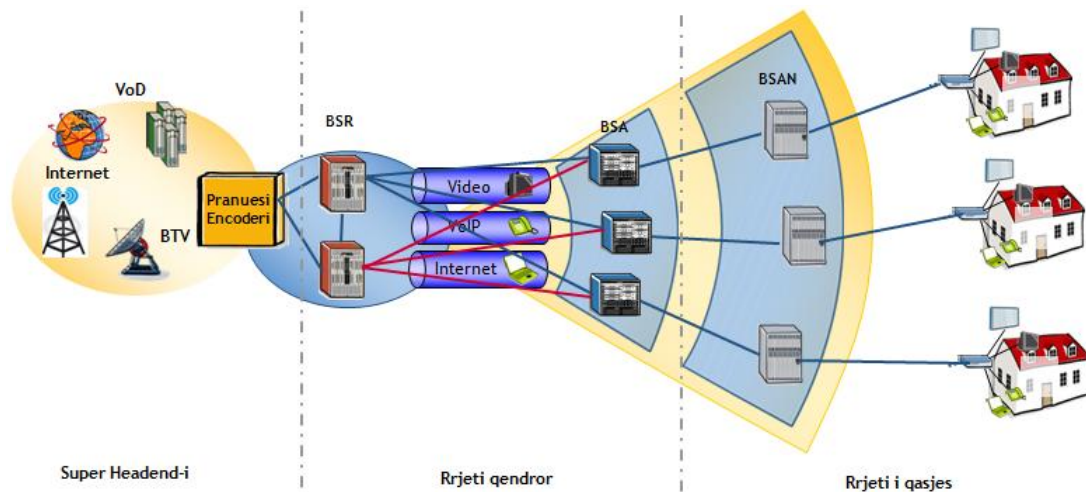


Figura 4.2. Arkitektura e centralizuar për ofrimin e shërbimeve IPTV

Në secilën arkitekturë që zbatohet, ofruesit e shërbimeve varen shumë nga infrastruktura ekzistuese e rrjetit që zotërojnë. Arkitektura e centralizuar (Figura 4.2) përfshin farmën e serverave të instaluar në një lokacion qendror të quajtur SHE (super headend). Këta serverë janë të një kapaciteti të lartë dhe i shërbejnë direkt përdoruesit. Kjo arkitekturë është atraktive për ofruesit e vegjël dhe të mesëm të shërbimeve që mbulojnë zona të vogla gjeografike. Arkitektura e centralizuar e rrjetit ka përparësi të shumta në aspektin e reduktimit të numrit të serverëve që duhet të instalohen, reduktimit të kostos për transport, agregimit dhe menaxhimit të rrjedhave redundante në drejtim të

lokacioneve të shumta. E meta kryesore e arkitekturës së centralizuar është se kërkohen linqe me kapacitet shumë të lartë në rrjetin qendror e veçanërisht në rastin e shpërndarjes së shërbimeve VoD, të cilat janë unikast. Serverë të tillë të cilët duhet të instalohen në rrjetin qendror duhet të jenë të kapacitetit të lartë dhe shumë të kushtueshëm.

Arkitektura e shpërndarë e rrjetit (Figura 4.3) është shumë e përshtatshme për reduktimin e nevojës për kapacitet të lartë, e posaçërisht në rastin e shpërndarjes së shërbimeve VoD, që është një shërbim shumë i kushtueshëm. Serverat janë me kapacitete të vogla krahasuar me serverët që përdoren tek arkitektura e centralizuar, kështu kostoja është më e ulët. Të metat e kësaj arkitekture janë këto: si pasojë e një numri të madh të serverëve të shpërndarë nëpër arkitekturën e rrjetit, menaxhimi është i vështirë, gjithashtu operimi dhe mirëmbajtja është shumë më e vështirë.

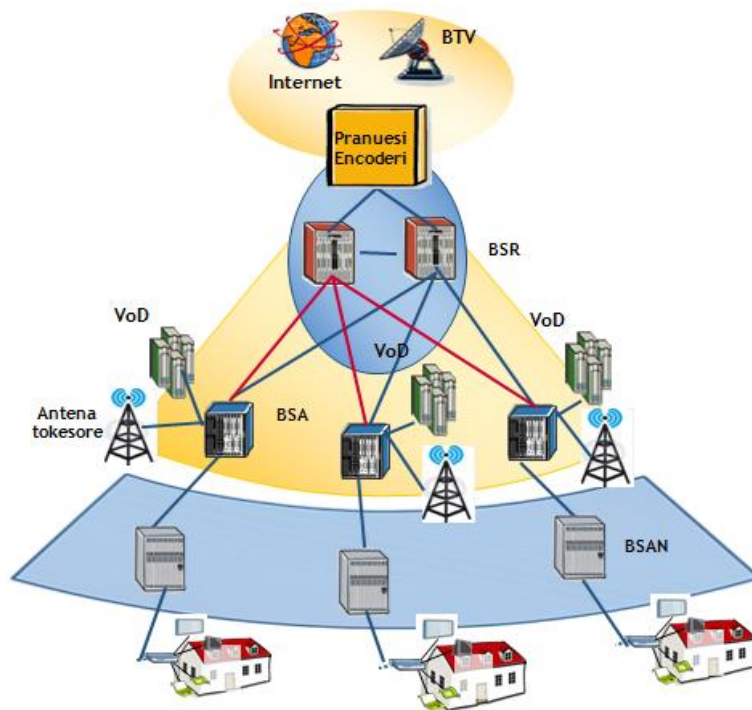


Figura 4.3. Arkitektura e shpërndarë për ofrimin e shërbimeve IPTV

Një e metë tjetër që nuk është e fundit për nga rëndësia është se kostoja e zbatimit të arkitekturës së shpërndarë është shumë më e lartë sesa në rastin e arkitekturës së centralizuar. Të dy këto arkitektura janë të aplikueshme, por zbatimi i secilës varet nga faktorë të ndryshëm siç është shpërndarja e përdoruesve përgjatë një zone gjeografike, konfigurimi i terrenit etj.

#### **4.7 Teknologjitë e mundshme të aksesit për ofrimin e shërbimeve IPTV**

Një nga pengesat kryesore me të cilat ballafaqohen ofruesit e shërbimeve IPTV është ofrimi i kapacitetit të mjaftueshëm në rrjetin që shtrihet ndërmjet rrjetit qendror dhe përdoruesit të fundit. Ky rrjet njihet si rrjeti i qasjes apo, në disa literatura njihet edhe si milja e fundit. Nganjëherë, për shkak të rëndësisë së madhe që ka ky rrjet për ofrimin e shërbimeve multimediale, ka filluar që të quhet edhe si milja e parë.

Ekzistojnë shumë teknologji të qasjes që janë të përshtatshme për përmbushjen e kërkesave për ofrimin e shërbimeve IPTV [4]:

- Teknologjia DSL (Digital Subscriber Line)
- Rrjeta e bazuar në optikë
- Rrjeta e aksesit e bazuar në TV kabllor
- Rrjeta satelitore
- Rrjeta pa tela (WiMAX)
- Rrjeta e Internetit etj

Shumë ofrues të shërbimeve operojnë në secilin prej këtyre sistemeve/teknologjive, dhe kanë rrjete të ndryshme të qasjes në lokacione të ndryshme. Disa nga teknologjitë më të rëndësishme të rrjetit të qasjes që janë aktuale për ofrimin e shërbimeve IPTV, do t'i shpjegojmë më poshtë.

#### **4.8 Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të qasjes pa tela-teknologjia WiMAX**

Fillimi i shekullit të ri ka dëshmuar që bota e telekomunikimeve ka ndryshuar shumë nga e kaluara. Teknologjitë pa tela dhe ato me brez të gjerë, vitet e fundit kanë pushtuar imagjinatën e teknologjive në tërë botën. Ka qenë një përpjekje konstante e njerëzimit për të pasur një komunikim sa më efikas dhe në të njëjtën kohë për t'iu shmangur çdo varësie, qoftë fizike apo psikologjike. Një tendencë e ngjashme mund të shihet edhe në evoluimin e telekomunikimeve. Nevoja për lëvizshmëri dhe shpejtësi të madhe në një hapësirë gjithmonë të ndryshueshme ka qenë e një rëndësie të madhe. Me tendencat çdo herë e më të mëdha dhe me teknologjitë dinamike, ndryshimet sa vijnë e rriten, të udhëhequra gjithmonë nga dëshira e njerëzve për të pasur një komunikim sa më të mirë dhe mundësi të lëvizshmërisë. Me mundësitë e reja për lëvizshmëri dhe shërbimet me brez të gjerë, avancimet në teknologjitë telekomunikuese rriten në mënyrë eksponenciale.



Natyra e lidhjeve pa tela i siguron përdoruesve kyçje në rrjet prej kudo me lehtësi dhe lëvizshmëri gati të pakufizuar. Derisa te rrjetat me tela një adresë paraqet një lokacion fizik; në rrjetat pa tela njësi e adresueshme është stacion i cili është destinacion për një mesazh dhe nuk duhet të jetë patjetër lokacion fiks. Meqë ka kohë që rrjetat pa tela janë të shpërndara në botë, ato po fitojnë popullaritet të shpejtë me standardizim dhe reduktim në çmim të komponentëve harduerike.

Disa nga karakteristikat themelore të sistemeve komunikuese pa tela që i bëjnë këto sisteme atraktive për përdoruesit, janë: lëvizshmëria, thjeshtësia, fleksibiliteti, çmimet e ulëta, mundësia e qasjes globale etj. Me mundësitë që ofrojnë për lëvizshmëri, këto sisteme u sigurojnë klientëve mundësi edhe jashtë zyrave dhe shtëpive, si dhe drejtim të biznesit nga kushdoqoftë. Sistemet pa tela pozicionohen më lehtë dhe më shpejt se rrjetat me tela. Këto sisteme sigurojnë fleksibilitet, kështu që përdoruesi mund të ketë kontroll të plotë në komunikimin e vet.

Çmimi fillestar i zbatimit të sistemeve komunikuese pa tela është shumë i favorshëm krahasuar me sistemet tradicionale me tela. Komunikimi arrin sipërfaqet ku instalimi i rrjetit me tela është i përealizueshëm ose i shtrenjtë, p.sh. zonat rurale, ndërtesat e vjetra, arenat e luftërave, automjetet, etj.

Tendenca e komunikimeve pa tela është shtrirja e shërbimeve në hapësira sa më të gjera, prandaj zhvillimet e teknologjive pa tela bëjnë të mundur realizimin e një qëllimi të tillë. Teknologjitë pa tela, siç është WiMAX, mund të shërbejnë edhe për ofrimin e shërbimeve IPTV.

#### **4.9 Karakteristikat e rrjetit të aksesit të bazuar në WiMAX**

Rritja e kërkesave për shërbime të rrjetave me brez të gjerë në botë është e pakontestueshme. Bizneset, institucionet publike dhe përdoruesit privat i shohin këto shërbime si të nevojshme për zhvillimin e teknologjisë dhe çdo ditë e më tepër po rriten kërkesat për shpërndarje kudo të këtyre shërbimeve. Dëshira për shërbime të Internetit, zërit dhe të dhënave të tjera nuk ka qenë asnjëherë më e madhe, si në shtrirje gjeografike ashtu edhe në atë të tregut.

Rrjetat DSL, me infrastrukturë me tela, kanë pasur sukses në arritjen e miliona përdoruesve privat dhe të biznesit, sukses ky që vazhdon të rritet. Mirëpo, në zonat periferike dhe në ato të larguara shtrirja e infrastrukturës tradicionale me kablo është shumë e vështirë dhe e shtrenjtë. Teknologjia e aksesit pa tela në rrjetat me brez të gjerë (Broadband Wireless Access) do t'i mbushë këto zbrazëti, duke siguruar qasje efektive

dhe me çmime të ulëta për miliona përdorues. BWA [5] është teknologji që premtan lidhje me shpejtësi të madhe përmes ajrit. Përdorë radiovalët për të transmetuar dhe pranuar të dhëna drejt, respektivisht nga përdoruesit kudo që janë ata. BWA është sistem prej pike-në-shumë pika (point-to-multipoint), i ndërtuar nga stacioni bazë dhe pajisja e abonentit. Në vend që të përdoret lidhje fizike në mes të stacionit bazë dhe përdoruesit, në stacionin bazë përdoret një antenë transmetuese për të dërguar, respektivisht pranuar me një shpejtësi të lartë sinjale të zërit dhe të të dhënave nga pajisja e përdoruesit. Kjo teknologji e zvogëlon nevojën për infrastrukturë me tela dhe siguron zgjedhje fleksibile dhe me çmime të ulëta.

WiMAX siguron lidhje pa tela me përdoruesit fiks, portabil dhe ata nomad. Këto teknologji të fuqishme të bazuara në OFDM dhe NLOS mund të përdoren për të siguruar “backhaul” të rrjetat celulare, hotspotet që punojnë me standardin 802.11 dhe lidhje të WLAN në Internet, për lidhje në kompleks ndërtesash ose për të rritur performancat e Wi-Fi. WiMAX po ashtu zhvillon standardin “mobil”. Ai siguron transmetim deri në 50 km, iu mundëson përdoruesve të kenë qasje pa pasur pamje direkte optike me stacionin bazë, dhe siguron transferim prej qindra Mbps për një stacion bazë, që është gjerësi e mjaftueshme e brezit frekuencor për të përballuar qindra lidhje të tipit T1/E1 dhe mijra lidhje të tipit DSL vetëm me një stacion bazë. Për më tepër, me WiMAX mund të arrihen edhe nga klientët që janë jashtë zonës ku shtrihet rrjeti DSL. WiMAX është dëshmuar si mjaft i suksesshëm për ofrimin e shërbimeve IPTV [6]-[7]. Kualiteti i ofrimit të shërbimeve IPTV përmes WiMAX-it nuk mund të konkurrojë me kualitetin që do të ofrohej me fibër optik, megjithatë WiMAX mbetet si një zgjidhje mjaft e përshtatshme.

#### **4.10 Arkitektura e rrjetit WiMAX për ofrimin e shërbimeve IPTV**

Një celulë e WiMAX është në gjendje që të ofrojë lidhje të njëkohshme qindra bizneseve me kapacitet të linjës E1. Po ashtu mund të përdoret në tregun shtëpiak duke iu ofruar mijëra shtëpive me lidhje të krahasueshme me teknologjinë DSL. Diagrami i mëposhtëm tregon disa skenarë të cilat mund të mbështeten nga WiMAX. Pra, siç shihet edhe nga figura 4.5, WiMAX ofron mundësi të ndryshme siç janë:

- Qasje mobile përdoruesve përmes standardit 802.16e
- Si link mikrovalor në rrjetat celulare
- Si link mikrovalor (backhaul) në rrjetin Wi-Fi

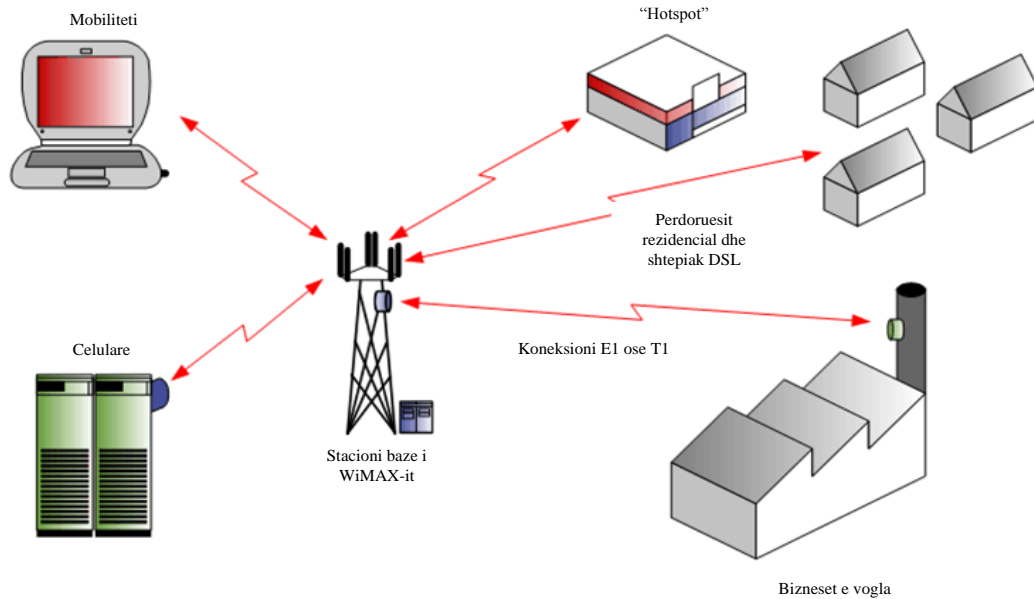


Figura 4.4. Arkitektura e rrjetit WiMAX

Për dallim nga Wi-Fi, WiMAX e definon tërë infrastrukturën e rrjetit. Rrjeti WiMAX ndahet në tri domene kryesore:

- Stacioni mobil ose stacioni i përdoruesit
- Rrjeti i qasjes së shërbimit ASN (Access Service network)
- Rrjetin CSN (Connectivity Service Network).

Kjo arkitekturë është analoge me ato të rrjetave celulare siç janë GSM dhe UMTS [3]. Megjithatë, në dallim nga rrjetat celulare në të cilat rrjeti i qasjes dhe ai i bërthamës mbështeten nga i njëjti ofrues i shërbimeve, në arkitekturën WiMAX, ASN mund të mbështetet nga një ofrues i caktuar, ndërsa CSN nga ndonjë ofrues tjetër.

#### 4.11 Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të aksesit të bazuar në ADSL

Mundësia e çiftoreve të bakrit për transmetimin e sinjaleve të frekuencave të larta është shumë mirë e njohur. Modemët “voice-band” janë në gjendje të bëjnë kompresimin e 28 *k*bps nëpër një kanal të zërit (voice channel) 4 *k*Hz. Përdorimi i teknikave të tilla për modulim dhe procesim i ka mundësuar teknologjisë ADSL të bëjë transmetimin e rrjedhave “downstream” (DS) deri në disa Mbps. Kanali kthyes (return channel) i shpejtësisë së vogël u mundëson përdoruesve që të bëjnë zgjedhjen dhe kontrollin e informatave që transmetohen në drejtim të tyre (DS) (shiko figurën 4.5).

Në fakt, teknikat moderne të kodimit dhe të modulimit ofrojnë performanca të tilla për teknologjinë ADSL saqë këto i ofrohen limitit teorik rreth asaj se sa informata mund të dërgohen për një gjerësi të caktuar të brezit.

Kanali i shpejtësisë së lartë DS përdor faktin se shumica e shërbimeve rezidenciale që kërkojnë kapacitet të konsiderueshëm të kanalit do të jenë asimetrike. Përdoruesit biznesor kërkojnë shërbime simetrike me shpejtësi të madhe. Prandaj, koncepti i ADSL kryesisht është zhvilluar vetëm për përdorues rezidencial. Kjo është arritur pa e penguar transmetimin e shërbimit POTS. Praktikisht, kjo nënkupton se përdoruesi mund të bëjë thirrje klasike telefonike përgjatë transferit të të dhënave me pajisjen ADSL.

Transmetimi i të dhënave me kapacitet të madh bëhet në drejtim të përdoruesit (DS) dhe transmetimi i të dhënave me një kapacitet shumë më të vogël bëhet prej përdoruesit në drejtim të rrjetit (US-upstream). Ky transmetim bëhet në mënyrë simultante pa pasur interferenca në shërbimin telefonik në kabllon e bakrit.

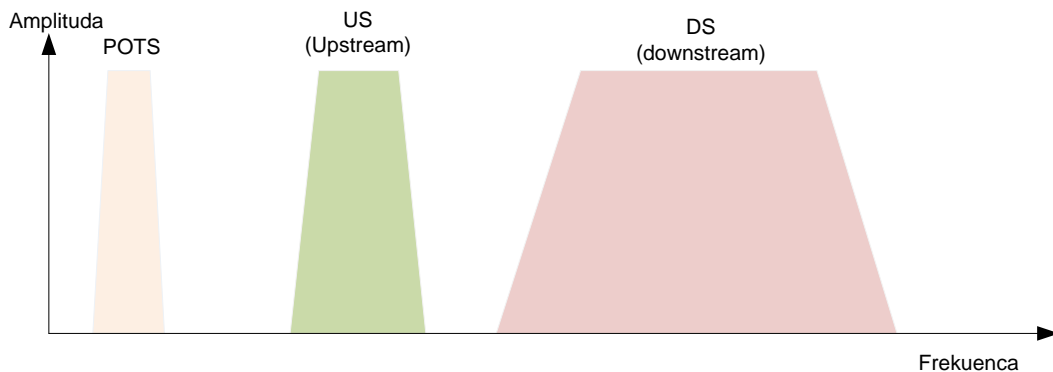


Figura 4.5. Spektri i teknologjisë ADSL

Teknologjia ADSL ofron një përparësi të rëndësishme në aspektin e multipleksimit të informatave dixhitale në kanalën analog të zërit. Me fjalë të tjera, përdoruesit që janë duke e përdorur shërbimin POTS mund ta mbajnë shërbimin derisa në të njëjtën kohë mund të kenë qasje në shërbimin dixhital ADSL. Kjo “mbulesë” (overlay) e ADSL në “maje” të POTS bëhet përmes të së ashtuquajturit shpërndarësit POTS (POTS splitter).

Me rritjen e distancës, kapaciteti maksimal i arritshëm do të zvogëlohet. Për shembull, një sistem ADSL që operon në 2 Mbps në drejtim të përdoruesit (DS) pritet të ketë shumë përdorues brenda rangut të caktuar. Sistemi që operon në 6 Mbps do të ketë rang të reduktuar dhe kështu do të ketë edhe penetrim më të vogël. Përderisa transmetuesi

kthyes (return transmitter), ose kanali prej përdoruesit tek rrjeti, operon në frekuenca më të vogla në krahasim me drejtimin e kundërt të transmetimit, nivelet e ndërhyrjeve (crosstalk) tek përdoruesi janë më të vogla krahasuar me sistemin e transmetimit simetrik të të dhënave.

Procesimi inteligjent i sinjalit në marrësin ADSL mund të adoptohet automatikisht për të optimizuar performancën e secilës linjë individuale të bakrit dhe gjurmimin e ndryshimeve të përkohshme, siç janë ndryshimet që mund të ndodhin nga temperatura apo burimet kontinuale të interferencave të ndryshme. ADSL, përdorë modemë të shpejtësisë së lartë për transmetimin e shërbimeve brez gjera (broadband). Përmes modemëve të tillë dhe përmes çiftoreve të bakrit mund të bëhet transmetimi i shërbimeve të shumta në distanca të caktuara, duke përfshirë këtu edhe shërbimet IPTV.

#### **4.12 Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes rrjetit të qasjes së bazuar në kablo optike**

Rrjetet optike të aksesit janë rrjete telekomunikuese me kapacitet mjaft të lartë, të cilat bazohen në teknologji dhe komponente optike. Duke pasur parasysh faktin se rrjetet ekzistuese të telekomunikacionit vazhdimisht ballafaqohen me kërkesa në rritje për gjerësi të brezit frekuencor sa më të gjerë për ofrimin e shërbimeve IPTV, vazhdimisht janë kërkuar opsione që të arrihet një zgjidhje sa më e mirë e këtyre problemeve. Janë pikërisht rrjetet optike të qasjes ato që mundësojnë plotësimin e këtyre kërkesave, duke ofruar një zgjidhje mjaft të mirë të këtyre problemeve të shumta që një operator mund të ballafaqohet për ofrimin e shërbimeve multimediale [8].

Rrjetat optike, si mediume transmetues përdorin fijen optike. Falë të mirave (avantazheve) që ofron fija optike si medium transmetues, rrjetat optike janë treguar mjaft të suksesshme në ofrimin e shërbimeve IPTV për shfrytëzuesit. Rrjetat optike kanë ofruar një kapacitet mjaft të madh për transmetim e këtyre shërbimeve. Në fillim të viteve '80 të shekullit XX filloi një revolucion në rrjetet telekomunikuese. Që nga ajo kohë, reduktimet e çmimeve dhe rritja e kualitetit të rrjetave kanë mundësuar shumë përparësi për teknologjitë e kërkuara në rrjetat optike. Rrjetat telekomunikuese kanë evoluar gjatë historisë, por në këtë seksion do të përqendrohemi kryesisht në standardet kryesore të rrjetit të qasjes për ofrimin e shërbimeve IPTV. Për ta sjellë më afër përdoruesit teknologjinë e fibrës optike, mund të zbatohen disa nga këto arkitektura (do të përmendim 3 nga më të rëndësishmet):

**FTTH (fibri në shtëpi):** Përmes kësaj teknologjie, e tërë rruga transmetuese prej qendrës së platformës IPTV e deri tek përdoruesi është e bazuar në fibër optik.

**FTTB (fibri deri tek një ndërtesë):** Përmes kësaj teknologjie, mundësohet transmetimi i shërbimeve të ndryshme multimediale prej platformës IPTV deri tek një ndërtesë e caktuar e më tej përdoret rrjeti i brendshëm i asaj ndërtesë për shpërndarjen e shërbimeve IPTV deri tek përdoruesit.

**FTTRO (fibre to the regional office):** Kjo i referohet instalimit të fibrit prej qendrës së platformës IPTV e deri tek zyra më e afërt e ofruesit të shërbimit. Më tej mund të përdoren kabllot ekzistuese (p.sh. të bakrit) për transmetimin e shërbimeve IPTV deri tek përdoruesit. Arkitektura më e rëndësishme e cila edhe do të jetë subjekt i këtij seksioni është FTTH.

#### **4.13 Rrjetat FTTH**

Shtrirja e fijeve optike si teknologji e qasjes mund të bëhet në mënyra të ndryshme. Në fakt, shumë teknologji të qasjes me fije optike në përgjithësi njihen si FTTx, ku “x” mund të paraqesë: ndërtesë FTTB (Fiber to the Building), zyrë FTTO (Fiber to the Office), trotuar FTTC (Fiber to the Curb) etj [9], kur ato janë kombinim i thjeshtë i fijeve optike dhe kabllave me fije të përdredhura UTP (STP) ose kabllave koaksiale. Përsa i përket rrjetit të aksesit FTTH i tërë rrjeti i është rrjet i pastër optik i përbërë vetëm prej fijeve optike. Pra rrjeti i aksesit FTTH është thjesht një shtrirje e rrjetit të qasjes i përbërë 100% nga fijet optike si medium transmetues. Rrjeti FTTH mund të ndahet në tri pjesë të përgjithshme: dhoma e pajisjes qendrore, shpërndarja e rrjetit optik dhe pajisjet fundore të shfrytëzuesit. Dhoma e pajisjes qendrore kryesisht mund të përshkruhet si “fillimi-fundi”, central ose pikërisht dhoma e pajisjes, që varet nga përdorimi [10]. Funkzioni i saj është që të gjitha shtëpitë të pajisen me aparatura të nevojshme, që të mundësohet ofrimi i shërbimit për praninë të zërit, të të dhënave, shërbimeve video si dhe rishpërndarjen e këtyre shërbimeve përmes parapagimit deri te komuniteti. Një rast i tillë i shpërndarjes së rrjetit nga centrali deri të shfrytëzuesi i fundit është paraqitur në figurën 4.6.

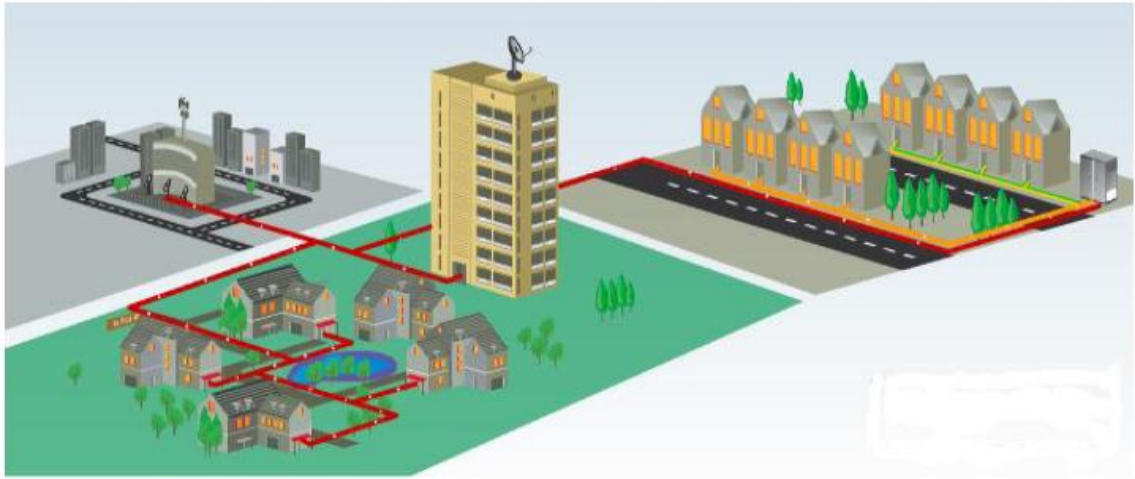


Figura 4.6. Shpërndarja e rrjetit optik nga centrali deri të shfrytëzuesi fundor

#### 4.14 Arkitektura e rrjetit FTTH

Arkitektura e rrjetit FTTH ndahet në rrjet aktiv dhe në rrjet pasiv. Arkitektura aktive është e njohur si arkitekturë “prej pike në pikë”, ndërsa arkitektura pasive është e njohur si arkitekturë “prej pike në shumë pika” [11]. Topologjitë e rrjetit aktiv FTTH gjithashtu, mund të ndahen në topologji “një me një” dhe në topologji “një me shumë”. Secila nga topologjitë ka veçoritë dhe përparësitë e saj, pavarësisht nga rrjeti ekzistues, kostoja e shpërndarjes dhe numri i shfrytëzuesve potencial.

##### 4.14.1 Rrjeta optike aktive FTTH

Quhet rrjetë aktive FTTH sepse në përbërjen e saj përmban pajisje aktive të cilat kërkojnë furnizim me energji, si dhe mirëmbajtje të vazhdueshme që rrjeti të jetë funksional. Arkitektura e rrjetit aktiv mund të jetë një me një P2P (Point 2 Point) dhe një me shumë-P2MP (Point to Multi Point).

##### 4.14.2 Rrjeta optike pasive, PON

Aspekti më i rëndësishëm i arkitekturës së rrjetit optik pasiv PON (Passive Optical Network), është thjeshtësia e këtij rrjeti [12]. Terminali i linjës optike (OLT) është elementi kryesor i rrjetit dhe ai zakonisht është i vendosur në centralen lokale. Njësitë e rrjetit optik (ONU) shërbejnë si një ndërfaqe në rrjet dhe janë të vendosura në anën e përdoruesit [13]. ONU-të janë të lidhura me OLT me anë të fijeve optike dhe në këtë link (lidhje) nuk ka pjesëmarrje të elementeve aktive. Një ONU e vetme mund të shërbejë si pikë e qasjes për një shfrytëzues (fijet deri në shtëpi) ose për më shumë

shfrytëzues (fijet deri te blloku i ndërtesave ose buzë trotuarit) dhe është vendosur në godinën e shfrytëzuesit (fijet deri në shtëpi ose godinë) ose në rrugë në dollap (fijet deri në dollap). Rrjeti PON kryesisht njihet si rrjet “një me shumë”.

#### **4.15 Standardet e rrjetit optik FTTH**

Grupi operues për shërbimet e plota të qasjes në rrjet FSAN (Full Services Access Network) është përkufizuar si koleksion i standardeve ITU (International Telecommunications Union) që përfshin APON (ATM Passive Optical Networking), BPON (Broadband PON), dhe në fund GPON (Gigabit PON), që siguron 2.5 Gbps/1.25 Gbps nga maksimumi 64 përdorues [14]. Ndërkohë, në vitin 2004, IEEE paraqiti një standard konkurrues me një shpejtësi të mundshme të bitëve simetrik 1 Gbps. EPON (Ethernet PON) kryesisht është paraqitur në Azi dhe sot me një paraqitje të re të EPON është arritur një shpejtësi e bitëve deri në 2 Gbps për rrugën kthyesë.

Një dallim i rëndësishëm midis standardeve është shpejtësia operuese. BPON është me një shpejtësi relativisht të vogël operuese 155 Mbps për “trafikun dërgues” (upstream) dhe 622 Mbps për “trafikun pranues” (doënstream). GE-PON/EPON përkrah 1.0 Gbps për operim simetrik. GPON premtan 2.5/1.25 Gbps për operim asinkron [15].

Një dallim tjetër kyç është përkrahja e protokollit për bartjen e paketave të të dhënave ndërmjet pajisjeve për qasje në rrjet. BPON është e bazuar në ATM; GE-PON përdor Ethernetin lokal dhe GPON përkrah ATM; Etherneti dhe WDM përdorin një strukturë të shtresës me shumë protokolle.

##### **4.15.1 Standardi APON**

Në vitin 1995 operatorët e Amerikës bashkuan orvatjet e tyre në komitetin FSAN (Full Service Access Network) me qëllim që të nxjerrin standardet për PON. Rezultatet e këtyre orvatjeve më vonë u standardizuan nga ITU në rekomandimet G.983 dhe G.984. APON është standardi i parë i rrjetit PON dhe ai paraqet kombinimin e protokollit me sistemin PON. Ai u zhvillua në mes të viteve të 90-të dhe u përdor kryesisht për aplikime biznesore. APON përkrah 16 gjatësi valore me ndarje 200 GHz dhe 100 GHz ndërmjet kanaleve [16].

##### **4.15.2 Standardi BPON**

BPON është një standard i cili është bazuar në APON. BPON rrit përkrahjen për WWDM (Wide Wavelength Division Multiplexing). WWDM specifikon rregullat e



transmetimit në një brez nga 1480-1500 *nm*, dhe një brez shtesë për video dhe për aplikime në të ardhmen ndërmjet 1539-1565 *nm* [16].

Emri më vonë është ndryshuar në PON brezgjërë (BPON) me theks që ata të ishin jo të kufizuar në trafikun ATM. Standardet BPON specifikuan nga shtresa fizike të gjitha rrugët deri te OAM (Operations, Administration, and Maintenance). Shpejtësitë maksimale janë për “rrugën pranuese” 622 *Mbps* dhe për “rrugën dërguese” 155 *Mbps*. Shumë prodhues, duke përfshirë AFC, Alcatel, Calix, Motorola dhe Terawave, tani prodhojnë produkte BPON.

#### 4.15.3 Standardi GPON

GPON është ndërtuar nga përmirësimi i një forme më të hershme të rrjeteve optike pasive. Ashtu si paraardhësit, GPON është një teknologji e tipit “një me shumë”, në të cilën një portë optike (OLT) e vetme komunikon nëpërmjet një ndarësi optik me shumë pajisje të shfrytëzuesve me anë të një fije optike të zakonshme. Në teknologjinë “një me një”, përkundrazi, çdo OLT është e lidhur me një fije optike të dedikuar me një ONT të vetme.

Një ndarës optik pasiv vendoset ndërmjet OLT-së dhe ONT-së së shfrytëzuesit, që nxit dritën (në 1490 *nm*) nga OLT-ja tek të gjitha ONT-ët e lidhura dhe lejon dritën (në 1310 *nm*) nga ONT-ja të dërgohet në OLT. Në rrugën kthyesë, OLT-ja bën shpërndarjen tek ONT-të. Këto në kthim, zgjedhin të dhënat që vijnë duke u bazuar në ID-në e fushës së portës në çdo kornizë të GEM (GPON Encapsulation Method). Në rrugën dërguese, qasja e shumëfishtë me ndarje kohore TDMA (Time-Division Multiple Access) mban protokollin e ONT-së në transmetim nga përplasja (colliding) me një tjetër [16].

GPON është një avancim i BPON-it. GPON është përafërsisht katër herë më i shpejtë dhe përkrah dy herë më shumë ONT. Veç kësaj, GPON përdor një format të kornizës me shumë shërbime (GEM) që përkrah kornizat e Ethernetit (BPON trashëgon përdoruesit e celulës ATM në nivel të kornizës), që e bën atë si zgjedhje atraktive për një IP Ethernet modern të bazuar në qasjen në rrjet. Bartja e shumëfishtë ka bërë që GPON të konsiderohet më shumë i dëshirueshëm për teknologjinë e qasjes me fije optike. Shumë bartës që përdorin pajisjen BPON kanë ndërmend të migrojnë në GPON që të sigurojnë kapacitetin që është i nevojshëm për shërbimet IPTV.

Krahasuar me GPON, Ethernet PON (EPON, gjithashtu është quajtur si Gigabit EPON ose G-EPON) përkrah më pak ONT, ka porta OLT më shpejtësi më të vogël, dhe është më pak efikas në transmetimin e të dhënave. Meqë te G-EPON mungon

standardizimi i plotë operues, edhe menaxhimi në të ardhmen do të jetë më shumë i komplikuar dhe i kushtueshëm për operatorët e rrjetit që të sigurojnë shërbime të bazuara në EPON [16].

#### **4.15.4 Standardi EPON**

Në ndarje e standardizimit të PON kishte filluar duke u bazuar në protokollin IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Ethernet. Ideja ishte që të mundësohet një përdorim më i madh, duke u bazuar në një kosto më të ulët përse i përket dizajnit të Ethernetit. Duke mundësuar që në këtë rast të përdoren pajisje dhe teknologji më të lira sesa ato të përdorura në PON. Ndërsa, ana pranuese e Ethernetit më shumë është ndërtuar për shërbime dinamike të të dhënave dhe jo për shërbimet CBR (constant bit rate) ose TDM. EPON është zhvilluar dhe formalizuar në standardet IEEE 802.3ah. Mundësia e këtyre standardeve është e kufizuar në shtresën transmetuese fizike, kështu që përdorimi në shtresat më të larta nuk është i garantuar. Shpejtësia maksimale për EPON është 1.25 *Gbps*, por për shkak të përdorimit të kodimit 8B/10B, ajo është me efekt 1 *Gbps* [16].

#### **4.16 Përfundimet e kapitullit**

Në këtë kapitull janë sqaruar dy filozofi të arkitekturave IPTV në aspektin e shpërndarjes së video serverave në rrjetin qendror. Gjithashtu, janë diskutuar në detaje teknologjitë e mundshme të qasjes për ofrimin e shërbimeve IPTV. Shkurtimisht është diskutuar për teknologjitë WiMAX dhe FTTH për ofrimin e shërbimeve IPTV, ndërsa më në detaje është shpjeguar teknologjia ADSL. Duke pasur parasysh se TiK ofron shërbimet IPTV duke u bazuar në teknologjinë ADSL, atëherë, janë dhënë edhe rekomandime të rëndësishme për ngritjen e kualitetit të shërbimeve IPTV përmes teknologjisë ADSL.

#### **4.17 Literatura**

- [1] Introduction to MPEG; MPEG-1, MPEG-2 and MPEG-4 by Lawrence Harte (Paperback - Aug 21, 2006)
- [2] Introduction to IGMP for IPTV Networks- Understanding IGMP Processing in the Broadband Access Network - White Paper - Juniper Networks, Inc. 1194 North Mathilda Avenue, Part Number: 200188-003 Oct 2007

- [3] Whitepaper IPTV/VoD: "The IPTV/VoD Challenge - Upcoming Business Models" By *Jochen Altgeld1 and John D. (J.D.) Zeeman2*- IBM Paper for the International Engineering Consortium (IEC)
- [4] O'Driscoll, Gerard, "Next generation IPTV services and technologies" Includes index. ISBN 978-0-470-16372-6 (cloth) Copyright # 2008 by John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- [5] Arianit Maraj, I. Imeri, "WiMAX integration in NGN network, architecture, protocols and Services" WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS, ISSN: 1109-2742, Issue 7, Volume 8, July 2009, pg 708-717
- [6] Architecture of Mobile IPTV over the IEEE 802.16e Mobile WiMAX Network: A Survey Gary K. W. Wong,- technical reports, hkust, january 2008
- [7] Foxcom Complete RF-2-Fiber Solutions, From headend to the home, Division of OnePath Networks, 2009,  
<http://www.foxcom.com/index.aspx?id=2437&gclid=CP22mK-EgaACFVst3wodIyH>
- [8] Baker, Joe; Cagenius, Torbjörn; GoodWin, Colin;, Hansson, Mats and Hatas, Martin, —Deep-fiber broadband access networks, Ericsson Review No. 1, 2007.
- [9] Koonen, Ton, Fiber to the Home/Fiber to the Premises:What, Where, andWhen?, Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 5, May 2006.
- [10] Kehayas, Efstratios, Fiber-To-The-Home (FTTH) in Greece, Research & Development EXELITE Innovations, November 2006.
- [11] Nowak, DaWid and Murphy, John, —FTTH: The Overview of Existing Technologies, School Of Electronic Engineering, Dublin City University, Dublin 9, Ireland.
- [12] Kothari, Apurva, Passive Optical Networking, August 14, 2006.
- [13] Deployment & Operations Committee, FTTH Handbook, Revision 1 Feb 2009.
- [14] IDATE for FTTH Council Europe, Inventory of FTTH in Europe & Middle East, 24 February 2010.
- [15] Heavy Reading, USA, FTTH Market Forecast & Technology Trends, May 2007.
- [16] FTTH Council and Steps Up to The Challenge Again, The FTTH Prism, Vol. 4, No. 1, January 2007

## KAPITULLI 5

### 5 Teknologjia IPTV e zbatuar në Telekomin e Kosovës

#### 5.1 Hyrje

Kërkesat në rritje për shërbime IPTV, imponojnë zbatimin e teknologjive të reja dhe inteligjente nga operatorët globalë të ofrimit të këtyre shërbimeve. Një platformë për ofrimin e shërbimeve IPTV është zbatuar edhe në Telekomin e Kosovës. Trendi në drejtim të rritjes së numrit të përdoruesve dhe kërkesat e tyre për shërbime IPTV, e posaçërisht për shërbimet VoD (Video on Demand), shumë shpejt do të tejkalojnë kapacitetet e rangut Gbps, në rrjetin qendror. Përderisa shërbimet VoD janë “unicast”, ngarkesa e trafikut ndikohet shumë nga këto shërbime. Në këtë kapitull, është analizuar arkitektura e centralizuar IPTV, e cila është e zbatuar në TiK. Analiza është bërë për rastin real praktik, ku serverat VoD janë të shpërndarë në 7 rajone të Kosovës. Nga analiza e ngarkesës së trafikut, për 2 arkitekturat përkatëse për rrjetin qendror ekzistues të TiK, është bërë identifikimi i përparësive dhe i të metave të secilës arkitekturë.

Transmetimi i shërbimeve të ndryshme, në rrjetin IP lidhet me disa problematika specifike që duhet të merren në konsideratë në mënyrë të kujdesshme. Rrjeti, që do të mbështesë shërbimet, duhet të ketë vonesa të vogla, nivel të ulët të “jitter” dhe përqindje të vogël të humbjes së paketave. Një gjerësi brezi e caktuar, e ndikuar më së shumti nga IPTV, duhet të suportohet nga rrjeti. IPTV, si një teknologji që i shërben transmetimit të televizionit numerik duke përdorur protokollin IP [1] [2], kërkon një gjerësi brezi relativisht të madhe dhe është pjesë e grupit të teknologjive broadband (me brez të gjerë). IPTV është projektuar që të transmetojë kuadrot video, drejt të gjithë përdoruesve që kërkojnë shërbimin. IPTV mund të përdorë linjat telefonike egzistuese duke përbërë kështu avantazh për kompanitë që zotërojnë një rrjet të tillë, pa pasur nevojën e ngritjes së një infrastrukture të re. Në këtë kapitull analizohet llogaritja e ngarkesës së trafikut, në rrjetin qendror të TiK, gjatë ofrimit të shërbimeve IPTV. Rrjeti qendror i TiK, fillimisht ka qenë i konfiguruar vetëm për ofrimin e shërbimeve zanore dhe shërbimeve të internetit, që përdorin teknologjinë ADSL. Kërkesat e përdoruesve për shërbime video janë në rritje të vazhdueshme. Një sfidë shumë e rëndësishme është mbështetja e aplikimeve të kërkuesve të rinj, pa patur nevojë për ndërrime radikale në topologjinë ekzistuese të rrjetit. Sot, gjithë operatorët, po ashtu edhe TiK, nuk e kanë të lehtë të parashikojnë kërkesat që lindin nga këto aplikime por përgjithësisht tentojnë të sigurojnë brez të mjaftueshëm për mbështetjen e

këtyre aplikimeve për 5, 10 apo edhe për 20 vjetët e ardhshëm. Aktualisht interesi është fokusuar mbi konvergencën e shërbimeve televizive me cilësi të lartë, HDTV, duke përdorur IP, në shërbimet e komunikimeve zanore të mbështetura në IP, VoIP, si dhe në aplikimet multimediale. Këto fakte janë një paralajmërim, se aplikimet e së nesërme do të aktualizojnë nevojën për brez të nivelit Gbps. Kjo filozofi, imponon që rrjetat e ndërtuara duhet të jenë me arkitekturë të hapur që të mundësojnë riprogramimin e funksionaliteteve në mbështetje të aplikimeve dhe shërbimeve të reja. Nga grupi i shërbimeve IPTV, shërbimet VoD janë ato që kërkojnë më shumë gjerësi brezi [3]. Janë pikërisht këto shërbime dhe problematikat e lidhura me to që analizohen në këtë kapitull. Konkretisht analizohet, ngarkesa e trafikut në rastin kur serverat VoD janë të centralizuar, që është rasti i platformës IPTV në TiK, dhe rasti kur serverat VoD janë të shpërndarë. Në këtë kapitull fillimisht është shpjeguar arkitektura IPTV, e zbatuar në Telekomin e Kosovës, elementet kryesorë përbërës të kësaj arkitekture, ngarkesa e trafikut si dhe kostoja e zbatimit krahasuar me rastin e një arkitekturë të shpërndarë.

## **5.2 Konceptimi i arkitekturës së centralizuar IPTV në TiK**

Për ofrimin e shërbimeve IPTV, rrjeti duhet të jetë i përgatitur të përkrahë disa protokolle specifike për procesimin e ecurisë së sinjalit. Arsyeja kryesore për përdorimin e këtyre protokolleve është kërkesa në rritje për gjerësi brezi. Nevoja për brez gjithnjë e më të gjerë, si parakusht esencial për përmbushjen e kërkesave në rritje për internet me shpejtësi të lartë, VoD, IPTV, VoIP dhe shërbime multimediale, i ka orientuar ofruesit e shërbimeve, pra edhe TiK, që të bëjnë zbatimin e platformës IPTV. Infrastruktura ekzistuese e rrjetit qendror të TiK, është e bazuar në IP/MPLS. Pjesa fundore e rrjetit të TiK, dominohet nga kabllot e bakrit duke qene faktor kufizues në arritjen e objektivave të ofrimit të shërbimeve me brez të gjerë. Prandaj, është e nevojshme që të përdoren teknikat kompresuese inteligjente për kompresim të sinjaleve video. Platforma IPTV në TiK përdor teknikat MPEG (moving picture expert groups), dhe konkretisht, për kompresimin e videos përdoret MPEG-2 TS (Transport Stream) dhe MPEG-4.

Platforma IPTV e zbatuar në TiK është e integruar në infrastrukturën ekzistuese të TiK-së dhe është e shpërndarë në dy zona: Prishtinë dhe Gjilan. Të dyja këto zona janë të ndërlidhura me lidhje redundante, duke ofruar kështu redundancë të plotë për të gjitha aplikimet e platformës. Lidhja ndërmjet këtyre zonave është bërë përmes lidhjeve redundante optike.

Arkitektura IPTV e zbatuar në TiK jepet në figurën 5.1. Të dy zonat janë identike dhe përbëhen nga këto elemente:

- Sistemi i antenave
- “Headend” me marrësin dhe koduesin
- Platforma e shërbimeve, “Middleware”
- Serverat e ruajtjes të të dhënave
- Koduesi i të dhënave hyrëse dhe dalëse, nga dhe drejt përdoruesit, “CAS” (Conditional Access System)
- Të dhënat VoD dhe regjistrimet e ndryshme
- Sistemi ICC (Instant Channel Change)
- Pajisjet e rrjetit
- STB (Set Top Box)
- Sistemi për menaxhimin dhe monitorimin

Në strategjinë e zhvillimit, TiK është duke analizuar mundësinë e zbatimit edhe të teknologjive të bazuara në fibrat optike, FTTx, dhe atyre pa tela, WLL.

Siç u përmend më lart, rrjeti qendror ekzistues në TiK është i bazuar në IP/MPLS. Elementet kryesore të këtij rrjeti, janë “routerat” e shërbimeve (Service Routers) dhe komutuesit “ethernet” të shërbimeve (ESS- Ethernet Service Switches). Integrimi i platformës IPTV në rrjetin ekzistues të TiK shihet në figurën 5.1, ku janë paraqitur në detaje elementet përbërëse të rrjetit ekzistues. Këto elementë të rrjetit qendror janë me kapacitete komutuese të tilla që mund të përkrahin shërbimet me brez të gjerë. Kjo nënkupton se faktori kufizues dhe sfida kryesore e TiK është pjesa e rrjetit midis përdoruesit dhe rrjetit IP/MPLS i njohur si rrjeti i aksesit. Megjithatë, shfrytëzimi i shërbimeve VoD, të cilat janë shërbime “unicast”, i ngarkon në masë të madhe kapacitetet ekzistuese të rrjetit qendror [3], në rast se kërkesat për këtë shërbim janë të mëdha.

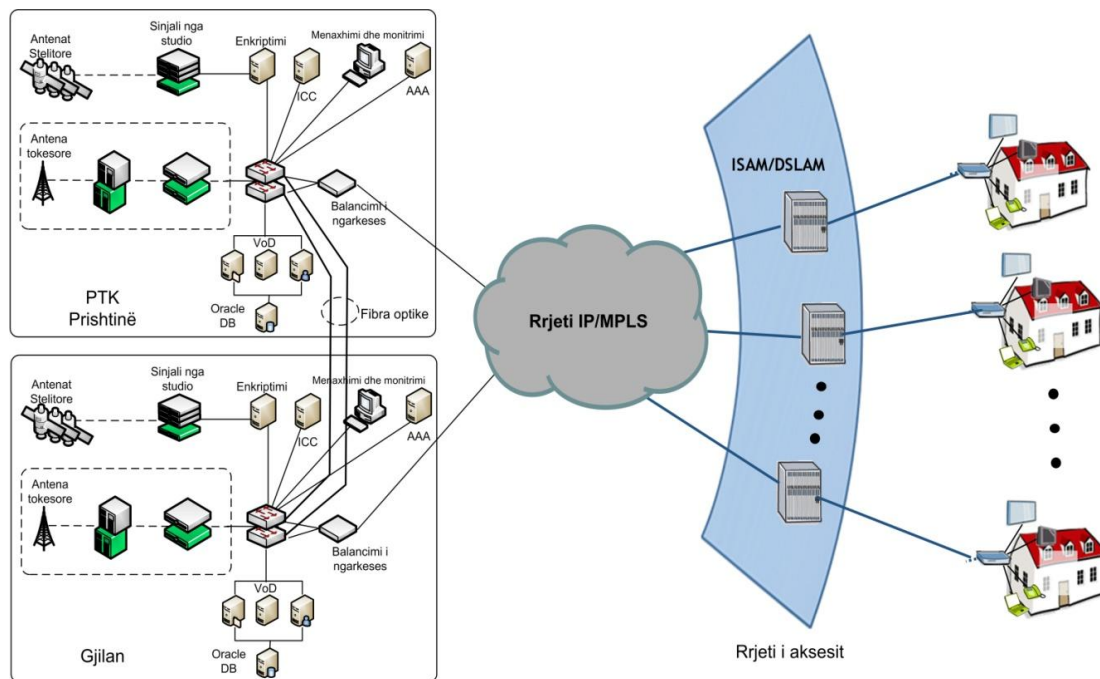


Figura 5.1. Arkitektura IPTV zbatuar në TiK

Shihet edhe nga figura 5.1, se serverat VoD janë të vendosur në arkitekturën IPTV në të dy zonat. Megjithatë, duhet të theksohet se këto dy zona përmbajnë të njëjtat elemente, pra kemi të bëjmë me një pasqyrim të njëjës zonë tek tjetra.

Janë të mundshme dy arkitektura kryesore për ofrimin e shërbimeve IPTV: arkitektura e centralizuar dhe ajo e shpërndarë. Arkitektura e zbatuar në TiK, është e centralizuar. Është menduar një arkitekturë e tillë sepse kostoja fillestare e zbatimit është e ulët. Megjithatë, me rritjen e kërkesave të përdoruesve dhe me ofrimin edhe të shërbimit VoD, kërkesat për gjerësi brezi do të rriten në mënyrë të konsiderueshme. Prandaj, ngarkesa e trafikut në rrjetin qendror do të jetë më e madhe. Në një rast të tillë, nëse kemi një numër të përdoruesve, p.sh 25000 (numër që është i përbalueshëm për platformën IPTV sepse është e projektuar për këtë ngarkesë), atëherë kërkesat për VoD rriten dhe mund të arrijmë deri në saturim të kapaciteteve të rrjetit qendror. Kjo vjen për shkak se, serverat VoD janë të vendosur në mënyrë të centralizuar.

Në platformën IPTV, të zbatuar në TiK, janë të konfiguruar 3 VLAN.

- I pari është VLAN i menaxhimit që shërben për komunikim të brendshëm dhe menaxhim të komponentëve të sistemit.
- VLAN tjetër, është VLAN i përdoruesit (User VLAN). Përmes këtij VLAN, të gjithë përdoruesit lidhen në komponentët përkatëse të “headend”.

- VLAN i tretë është ai i informacionit video (streaming VLAN) është i lidhur direkt me elementet e rrjetit të TiK.

Topologjia dhe rrjedha logjike e trafikut nëpër “headend” si dhe lidhja logjike ndërmjet elementeve të rrjetit, jepet në figurën 5.2.

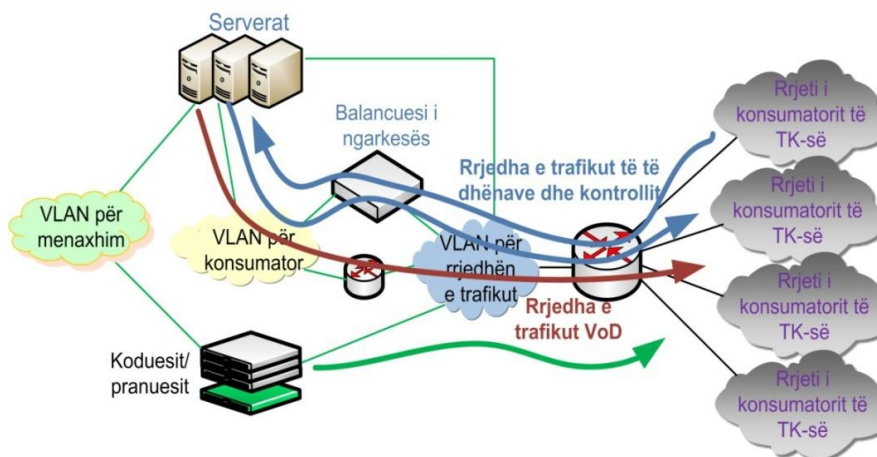


Figura 5.2. Rrjeti i headend-it në TiK

### 5.3 Nën sistemi i lokacioneve Regionale në TiK

Në dizajnin e tërësishtëm janë 7 lokacione, secila ofron 2 ose 4 kanale. Në total, janë 5 lokacione që ofrojnë 2 kanale dhe 2 lokacione tjera që ofrojnë 4 kanale. Secili lokacion (site) ka pranues (reciever) analog që ofrojnë video/audio analoge. Kjo shndërrohet më tutje në SDI duke përdorur Vistek A/D konvertor që bëjnë “embeds” audio sinjalin në SDI. Për secilin kanal, ION-AVC enkoderët do të prodhojnë rezolucion të plotë video me PiP. Në TiK janë 5 DVB-T sinjale në formatin MPEG – 4, të cilat pranojnë në HE regional. Dy interfejsa DVB-T janë në dispozicion për pranimin e sinjalit dhe janë të mjaftueshëm për së paku 5 SD kanale (varësisht nga CAMs). Enkoderët lidhen në konfigurim redundant (1+1). Dalja e këtyre enkoderëve lidhet në rrjetin IP/MPLS të TiK.

### 5.4 Sistemi “Middleware” i zbatuar në TiK

Sistemi është një zgjidhje e kompletuar “middleware” për sistemet IPTV. Ky produkt është i modeluar dhe zbatuar në mënyrë të suksesshme në TiK, qoftë si pjesë e një zgjidhje skaj-skaj (end-to-end) ose si një produkt i ndarë i integruar në një sistem ekzistues IPTV. Sistemi MW (Middleware) është zemra e një sistemi IPTV, që mundëson ofrimin e shërbimeve multimediale brenda platformës IPTV. Gjithashtu u mundëson



ofruesve të shërbimeve për të kryer funksionin e diferencimit të shërbimeve të platformës IPTV.

Sistemi MW i zbatuar në TiK është gjithpërfshirës e menaxhues, që mundëson gjurmimin e dështimeve të ndryshme, kontroll të plotë mbi parametrat e sistemit operativ dhe përdoruesve qendror, kontroll të pajisjeve dhe provizionim të shërbimeve. MW mundëson që operatori të bëjë menaxhimin e videos, audios dhe informatave tjera si dhe ofrimin e këtyre informatave në mënyrë të besueshme brenda platformës IPTV. Gjithashtu ofron edhe mbështetje të plotë për shërbimet direkte TV (live) me udhëzues programesh në forma të ndryshme. MW, mund të funksionojë si aplikacion interaktiv, që ka një mbështetje për industrinë hoteliere. Përdoruesi është në gjendje të bëjë porosinë e shërbimeve hotelerike duke përdorur TV nga dhoma. Sistemi MW i zbatuar në TiK përbëhet nga 2 nënsisteme: një aplikacion qendror dhe një pjesë operationale e ruajtjes së të dhënave (data warehouse).

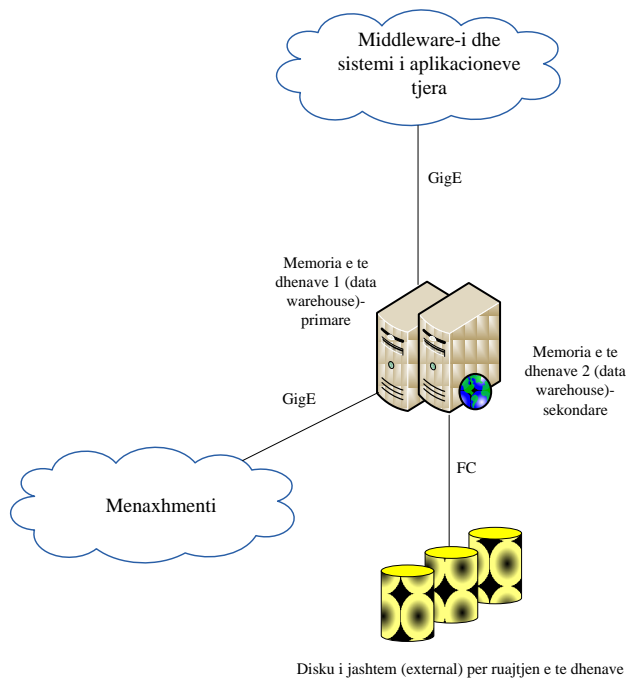


Figura 5.3. Skema logjike e sistemit për ruajtjen e të dhënave

Sistemi MW mund të lidhë një bazë ekzistuese të ruajtjes së të dhënave me head end-in, në të kundërtën duhet të bëhet implementimi i një baze të re për ruajtjen e të dhënave. Një skemë logjike e bazës për ruajtjen e të dhënave, shihet në figurën 5.3. Pjesa qendrore e aplikacionit IPTV është platforma që ofron shërbime. Është pjesë e headend-it

i lidhur direkt me së paku 3 rrjete: rrjetin për menaxhim, aplikacione dhe rrjetin për ofrimin e shërbimeve video.

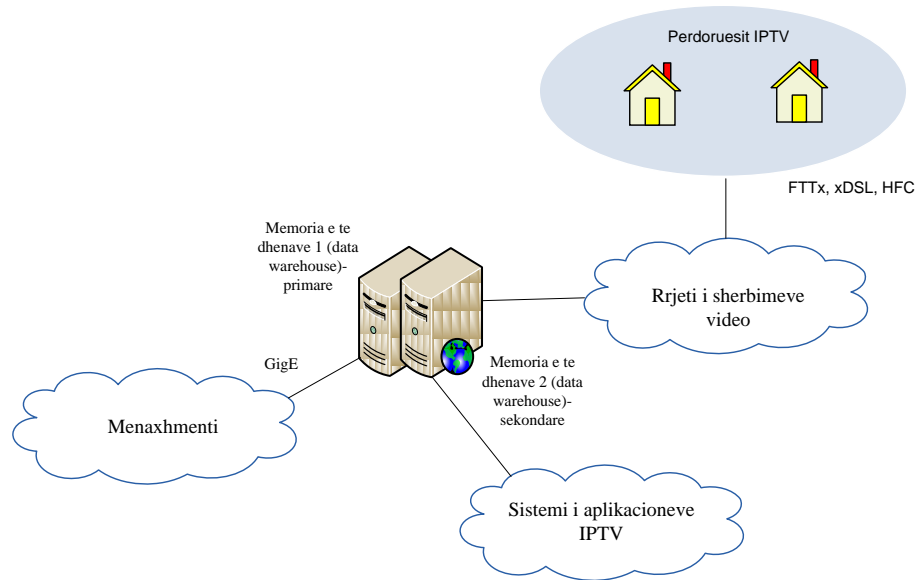


Figura 5.4. Skema logjike e aplikacionit IPTV të zbatuar në TiK

Skema logjike e platformës MW që është e zbatuar në TiK, jepet në figurën 5.4.

## 5.5 Mekanizmi për mbrojtjen e shërbimeve në platformën IPTV të zbatuar në TiK

Siguria e platformës së shërbimeve IPTV është e rëndësishë së veçantë. Siguria e rrjetit dhe shërbimeve që është e zbatuar në TiK arrihet përmes firewall-ave që përfshihen në SLB (Server Load balancers) dhe me dizajn asimetrik të rutimit. Sistemin IPTV ka 3 lloje trafiku:

- Trafiku për menaxhim
- Trafiku për kontroll të përdoruesve
- Trafiku për transmetim të rrjedhave video (video streams)

Përderisa trafiku për menaxhim dhe për kontroll të përdoruesve është më pak i kërkuar, trafiku për transmetim të rrjedhave video kërkon gjerësi më të madhe të brezit. Trafiku i kontrollit në platformën IPTV TiK, jepet në figurën 5.5.

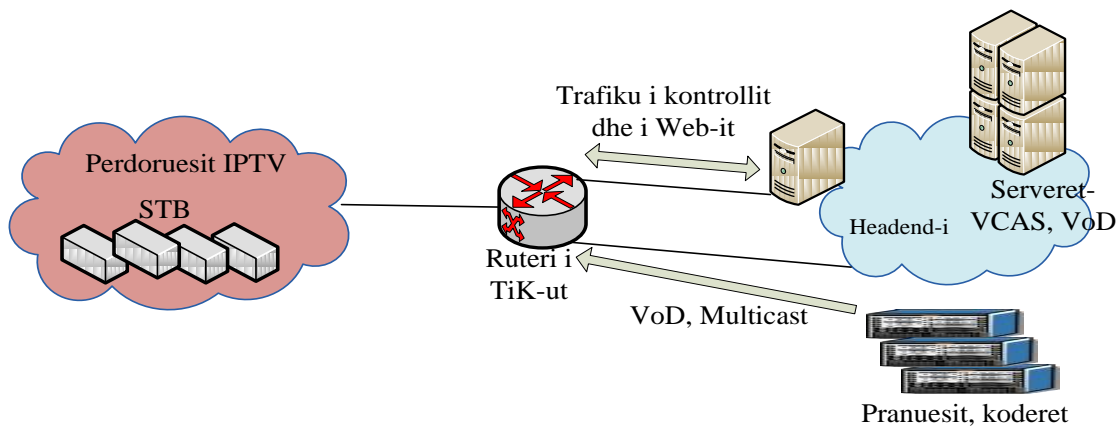


Figura 5.5. Trafiku i kontrollit në platformën IPTV

Për nga perspektiva e sigurisë, rrjeti për menaxhim ndahet në mënyrë logjike nga rrjeti i përdoruesve dhe nuk nevojitet ndonjë mbrojtje e veçantë. Në anën tjetër, serverat e aplikacioneve, siç janë VCAS, MSDP dhe VoD duhet të jenë të mbrojtur. Kjo mbrojtje arrihet me anë të SLB dhe Firewall-ave të integruar në SLB. I gjithë trafiku i kontrollit dhe WEB trafiku kalon nëpër SLB përderisa i gjithë trafiku i rrjedhave VoD dhe multikast e shmangin kalimin (bypass) direkt tek SLB dhe kalojnë nëpër rrugë të ndara.

## 5.6 Menaxhimi dhe monitorimi i sistemit IPTV në TiK

Ky seksion do të shtjellojë në detaje termin e përdorur më shumë në sistemet e ndryshme telekomunikuese; zgjedhjen e platformës së duhur për administrim, menaxhim dhe monitorim të infrastrukturës telekomunikuese/resurseve dhe shërbimeve–OSS (Operation Support Systems). Termi resurse IPTV përdoret dhe ju referohet pajisjeve të platformës IPTV, aplikacioneve (VoD, Enkriptimi), bazës së të dhënave, shërbimeve IT (DNS, NTP, DHCP ) etj. Në këtë seksion ne do të tentojmë të bëjmë një shpjegim të OSS të zbatuar në platformën IPTV të TiK-ut. Këtë shpjegim do ta bëjmë përmes:

- Specifikimeve funksionale
- Arkitekturës së sistemit
- Platformës harduerike
- Platformës softuerike
- Protokolleve të përdorura për komunikim me resurset IPTV

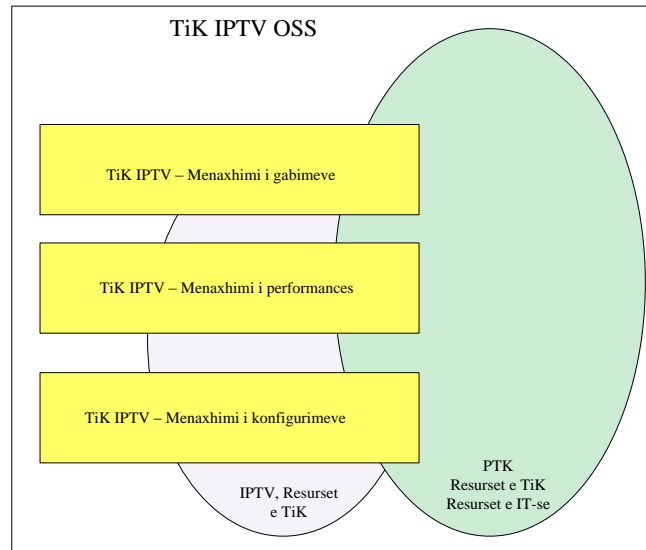


Figura 5.6. Sistemi IPTV OSS në TiK

Qëllimi i IPTV-OSS i zbatuar në TiK është që të sigurojë një besueshmëri dhe kosto të arsyeshme për shërbimet IPTV. Figura 5.6 ilustron më së miri një pikëvështrim funksional të sistemit OSS në IPTV PTK.

Besueshmëria dhe superioriteti i shërbimeve arrihet përmes:

- Detektimit të shpejtë të degradimit të shërbimeve, dështimit të pajisjeve ose aplikacioneve etj.
- Restaurimit të shpejtë të shërbimeve
- Mirëmbajtjes së shërbimeve (rikonfigurim etj.)

Kosto e arsyeshme arrihen përmes:

- Shfrytëzimit optimal të rrjetit dhe burimeve të IT-së
- Numrit më të vogël të burimeveve administruese dhe burimeve njerëzore

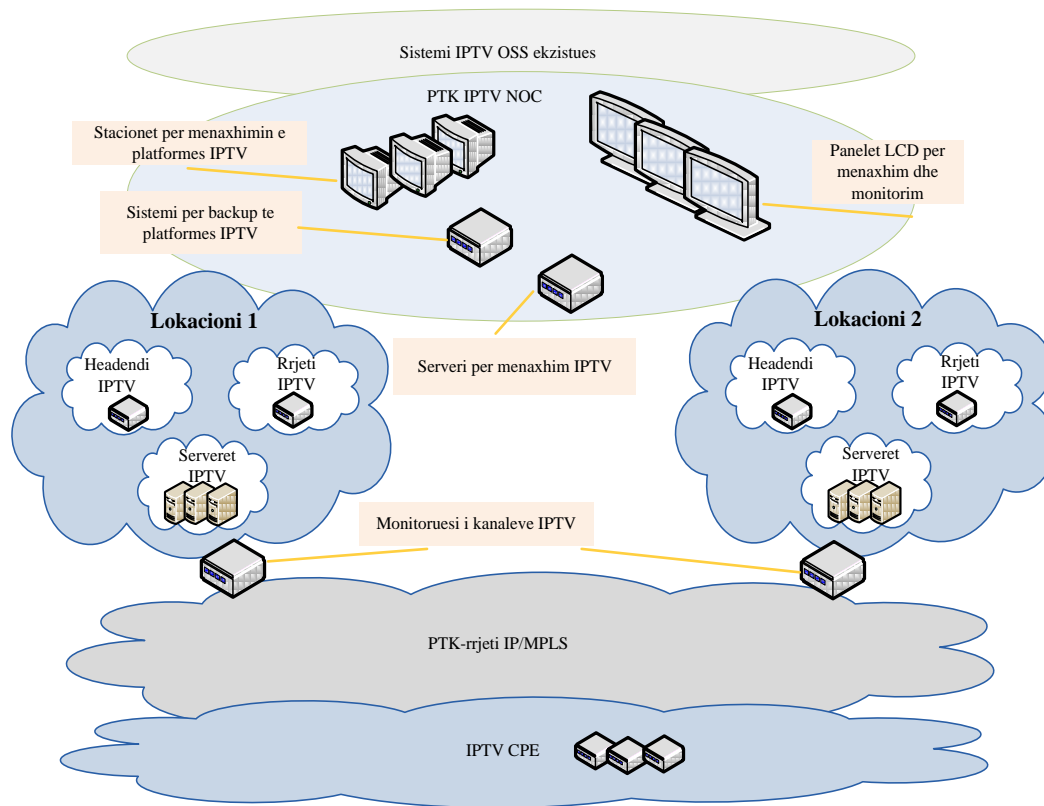


Figura 5.7. IPTV arkitektura OSS

Komponentët kryesore të sistemit OSS të zbatuar në platformën IPTV të PTK-së janë të paraqitura në figurën 5.7.

### 5.7 Analiza e ngarkesës së trafikut për arkitekturën IPTV të centralizuar të zbatuar në TiK, dhe atë të shpërndarë.

Secila arkitekturë ka përparësitë dhe të metat e saj [4]-[5]. Në këtë kapitull kemi analizuar një rast konkret, që tregon ndikimin e shpërndarjes së shërbimeve IPTV në rrjetin ekzistues të TiK, duke supozuar se kemi 25000 përdorues. Kjo analizë është bërë për dy lloje arkitekturash, pra për dy mënyrat e shpërndarjes së serverëve, në rrjetin qendror: të centralizuar dhe të shpërndarë. Analiza është bërë në aspektin e ngarkesës së trafikut për secilën nga arkitekturat. Kërkesat për gjerësi të brezit, për një përdorues që kërkon shërbim TP, janë si në tabelën 5.1.

Tabela 5.1. Kërkesat për gjerësi të brezit për shërbim “triple play”

<b>Kanalet</b>	<b>Kapaciteti</b>
Një kanal HDTV	8 Mbps
Një kanal SDTV	2 Mbps
HSI	2 Mbps
Zëri	64 Kbps
Një kanal VoD	4 Mbps
<b>Gjithësejt</b>	<b>16 Mbps</b>

Bazuar në këto kërkesa, për gjerësi brezi për një përdorues, është e lehtë të bëhet llogaritja e trafikut të rrjetit, për një numër të caktuar të përdoruesve për të dy llojet e arkitekturave që janë pjesë e këtij studimi.

### **5.8 Analiza e ofrimit të shërbimeve IPTV, përmes integritit në rrjetin ekzistues IP/MPLS të TiK**

Telekomi i Kosovës, për momentin ofron shërbimet të shumta si ADSL, VPN, VoIP, IPTV dhe ka një numër të caktuar të përdoruesve të të gjitha këtyre shërbimeve. Numri aktual i përdoruesve të rrjetit qendror të TiK është i përballueshëm nga arkitektura dhe kapacitetet aktuale. Megjithatë, për studim është marrë një numër më i madh përdoruesish, në mënyrë që të analizohet ngarkesa e trafikut edhe në rastin e përdorimeve të shërbimit, unicast, VoD. Kemi supozuar rastin e shpërndarjes së 100 kanaleve BTV, nga të cilat 10 kanale HD, 10 kanale nacionale/lokale dhe 80 kanale SD. Për këtë rast, duke u bazuar në kërkesat për gjerësi brezi, kërkohet një kapacitet 280 *Mbps*. Përderisa ky shërbim është “multicast”, rrjeti qendror do të jetë në mënyrë të vazhdueshme i ngarkuar me këtë shërbim, me trafikun e të dhënave dhe me trafikun zanor. “Router-at” e rrjetit qendror të TiK, janë në gjendje që të përballojnë, pa problem, këtë kapacitet (Figura 5.8).

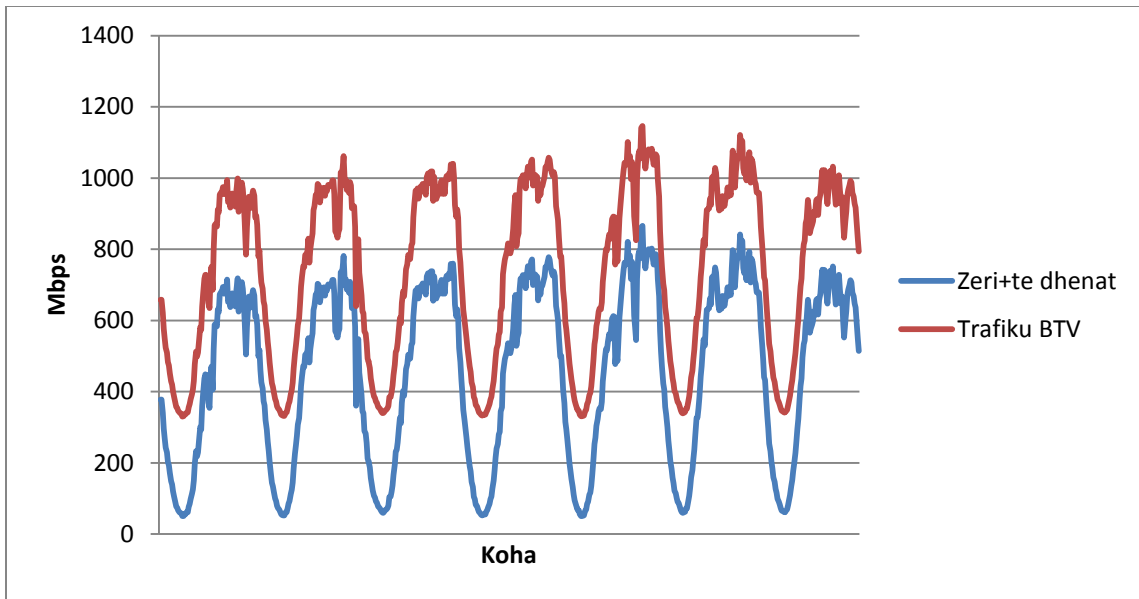


Figura 5.8. Ngarkesa e trafikut për ofrimin e shërbimeve të zërit dhe të dhënave për arkitekturën e centralizuar IPTV e cila është e zbatuar në TiK

Situata ndryshon kur kërkohet shpërndarja e shërbimeve VoD, që janë shërbime “unicast”. Dihet se nga numri total i përdoruesve, p.sh. 25000, zakonisht 5% e përdoruesve përdorin në mënyrë të njëkohshme, këtë shërbim, pra 1250 përdorues. Zakonisht, informacionet nga serveri VoD serveri transmetohen me 4Mbps. Duke u bazuar në këtë të dhënë, në rastin e ngarkesës maksimale, ku 80 % e përdoruesve VoD e përdorin këtë shërbim në të njëjtën kohë, kërkesat e rrjetit qendror për gjerësi brezi janë afërsisht 4 Gbps. Shërbimet VoD gjithnjë e më tepër po bëhen tërheqëse për përdoruesit. Shërbimet “unicast”, janë kritike për kërkesat e gjerësisë së brezit, veçanërisht në arkitekturat e centralizuara, siç është rasti i arkitekturës në TiK, sepse serverat VoD janë të centralizuar. Në këtë rast, secili përdorues që kërkon një shërbim të caktuar, duhet të komunikojë në mënyrë të drejtpërdrejtë me SHE (super headend). Duhet të merret parasysh, gjithashtu, edhe trafiku i përdorur për komunikimin ndërmjet STB dhe SHE, si në figurën 5.9.

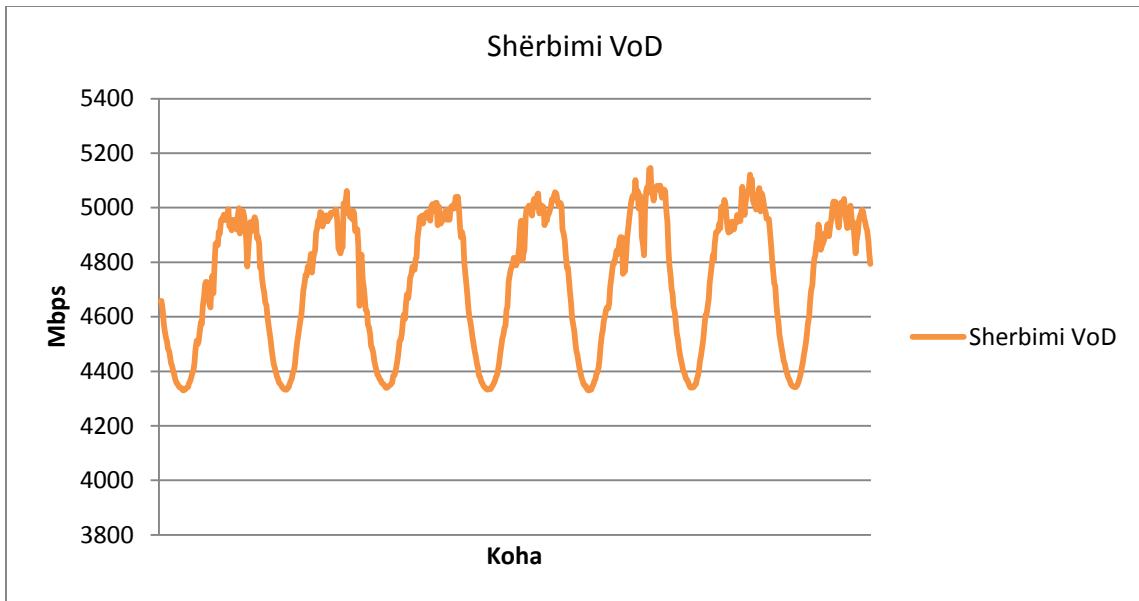


Figura 5.9. Ngarkesa e trafikut për ofrimin e shërbimeve, rasti kur figurës 3 i shtohet trafiku VoD; për arkitekturën e centralizuar IPTV e cila është zbatuar në TiK

Shihet qartë, në figurën 5.9, se ngarkesa e trafikut ndikohet shumë, nga shërbimet VoD. Kjo është arsyeja se preferohet të bëhet shpërndarja e serverave VoD, në zonat më të largëta dhe më të populluara. Në këtë kapitull, kemi sugjeruar që me rritjen e kërkesave për shërbime IPTV, e veçanërisht për shërbimet VoD, të bëhet shpërndarja e serverave nëpër të gjitha rajonet e Kosovës, në 7 rajone: Prishtinë 5000 përdorues, Prizren 4000 përdorues, dhe në 5 rajonet tjera si Peja, Mitrovica, Gjilani, Ferizaj, Gjakova, nga 3200 përdorues. Kjo shpërndarje e përdoruesve, është supozuar duke u bazuar në numrin e përdoruesve potencialë, ku Prishtina dhe Prizreni gjithmonë kanë një numër më të madh përdoruesish. Përderisa shërbimi në këtë rast është i shpërndarë në rajone të ndryshme, atëherë ngarkesa e trafikut në rrjetin qendror, është e shpërndarë në mënyrë uniforme përgjatë të gjithë rrjetit qendror. Vlerat numerike, tregojnë se kapaciteti i rrjetit qendror, shfrytëzohet shumë më mirë se në rastin e shpërndarjes së serverave VoD nëpër rajone, si në figurën 5.10. Vlen të përmendet se në këtë rast trafiku për Zë dhe të dhëna nuk ndryshon nga rasti i arkitekturës së centralizuar, nga që këtu kemi shtuar vetëm serverat për VoD.



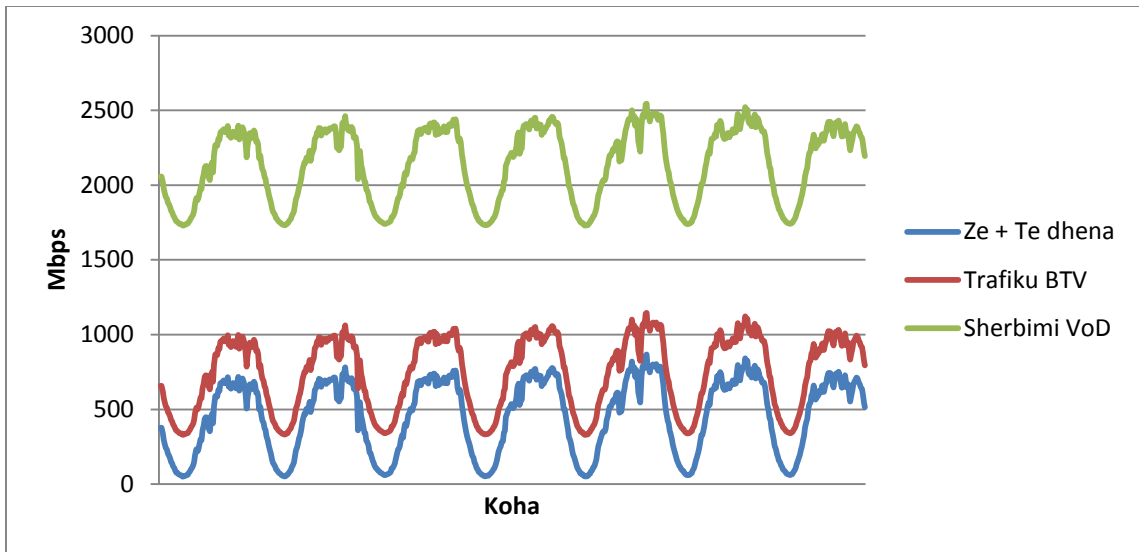


Figura 5.10. Ngarkesa e trafikut për arkitekturën e shpërndarë IPTV

Megjithatë edhe arkitektura e shpërndarë, ka mangësitë e veta. Këto mangësi kanë të bëjnë me koston e zbatimit. Kostoja e zbatimit të arkitekturës së TiK fillimisht është më e ulët sesa e arkitekturës së shpërndarë. Por, me kalimin e kohës, kërkohet që të bëhet rritja e kapaciteteve të rrjetit dhe në këtë rast koston rritet ndjeshëm.

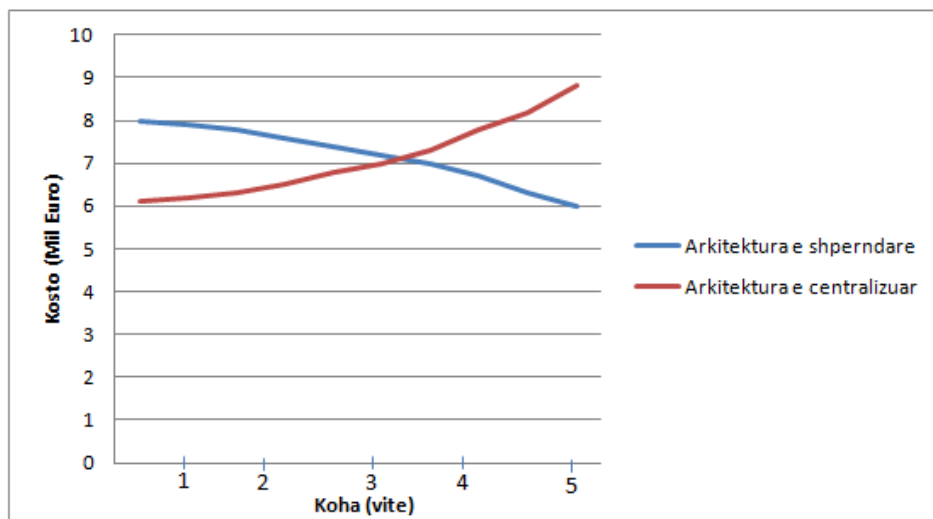


Figura 5.11. Analiza e koston së implementimit, të platformës IPTV në TiK, për dy arkitekturat

Në rastin e shpërndarjes së serverave VoD nëpër rajone, kostoja fillestare e zbatimit është më e lartë, por me kalimin e kohës nuk ka nevojë që të bëhet rritja e kapaciteteve ekzistuese, të rrjetit qendror, sepse ngarkesa e rrjetit është e balancuar. Edhe nëse bëhet dyfishimi i numrit të përdoruesve, në një arkitekturë të tillë, nuk ka nevojë për

burime të reja, të rrjetit qendror. Grafiku i përafërt i ndryshimit të koston me rritjen e kërkesave të përdoruesve, për shërbime të ndryshme, për zbatimin e të dy arkitekturave, jepet në figurën 5.11.

Kjo analizë është bërë për një periudhë 5 vjeçare. Shihet edhe nga figura, se kostoja fillestare e zbatimit të arkitekturës së shpërndarë është më e madhe në krahasim me arkitekturën e centralizuar. Me rritjen e numrit të përdoruesve, rriten edhe kërkesat për kapacitete të rrjetit qendror, pra rritet edhe kostoja. Në bazë të analizave të mësipërme, Telekom i Kosovës ka zgjedhur arkitekturën e centralizuar, në mënyrë që kostoja fillestare të jetë më e ulët.

## **5.9 Përparësitë dhe të metat e arkitekturës së centralizuar dhe të shpërndarë, IPTV në TiK**

Përparësitë dhe të metat e arkitekturës së centralizuar dhe të shpërndarë, IPTV në Telekomin e Kosovës, mund të renditen si më poshtë.

Përparësitë e arkitekturës së centralizuar:

- Numër më i vogël pajisjesh për operim dhe mirëmbajtje
- Menaxhim më i lehtë
- Kosto të ulët zbatimi

Të metat e arkitekturës së centralizuar:

- Ngarkesa e madhe e rrjetit qendror, konkretisht në rastin e ofrimit të shërbimeve VoD.

Përparësitë e arkitekturës së shpërndarë:

- Shfrytëzimi më efikas i burimeve të rrjetit qendror
- Nuk ka nevojë që të investohet për një kohë të gjatë, në kapacitetet e rrjetit qendror

Të metat e arkitekturës së centralizuar:

- Kostoja fillestare e zbatimit të kësaj arkitekture është e lartë në krahasim me arkitekturën e centralizuar

## 5.10 Sfidat dhe problemet aktuale të rrjetit të aksesit në TiK, për ofrimin e shërbimeve IPTV

Në TiK, aktualisht dominon rrjeta e aksesit e bazuar në kabllo bakri me shtrirje të kufizuar e cila paraqet faktor kufizues në arritjen e objektivave të penetrimit dhe ofrimit të shërbimeve me brez të gjerë. Rrjetat të tilla të bazuara në kabllo bakri, përveç se kanë limite në kuptim të brezit, kanë limite edhe në distancën e përdoruesit nga nyja e aksesit. Bazuar në gjendjen ekzistuese të kabllos së bakrit (gjatësinë e saj), mund të llogarisim në brez të rangut 10 *Mbps*. Hapi i parë që do të duhej të ndërmerrej për ngritjen e kapacitetit për linja të tilla do të ishte segmentimi i rrjetave ekzistuese, që do të sillte zvogëlimin e distancës nga përdoruesit në pikën e aksesit, për të vazhduar me hapin e dytë duke evoluuar me teknikat më të reja të teknologjisë DSL si ADSL2+ apo edhe VDSL2. Me këtë, do të arrihej brez 15-20 *Mbps* me ADSL2+ apo 40-50 *Mbps* me VDSL2. Aktualisht, TiK ka zbatuar edhe teknologjinë ADSL2+ dhe është në zbatim e sipër të teknologjisë VDSL. Bazuar në kërkesat e shumta të përdoruesve për brez, kjo zgjidhje do të konsolidohet brenda 2-3 vjetësh kurse ajo me VDSL2 brenda 4-5 vjetësh. Me këtë zgjidhje, numri i pikave të aksesit do të rritej shumë, e kështu do të rriten edhe shpenzimet operative në mirëmbajtjen e këtyre pikave (hapësira, energjia elektrike, bateritë, gjeneratorët etj.) Nga ana tjetër, brezi në rrjetat e reja me medium transmetues optik nuk do të varet nga distanca e përdoruesit dhe do të ndikohet vetëm nga topologjia e rrjetës dhe pajisjet “fundore” në rrjetë.

Nevoja e përhershme për brez gjithnjë e më të gjerë si parakusht esencial për përmbushjen e kërkesave në rritje për internet me shpejtësi të madhe, video sipas kërkesës (video on demand), IPTV, VoIP dhe shërbime multimediale, domosdoshmërisht na orienton tek përdorimit i fibrës optike (FTTx) në rrjetën e aksesit. Krahasuar me teknologjitë e tjera të aksesit si teknologjitë e familjes xDSL (ADSL, VDSL), teknologjitë kabllorë me modem etj., rrjeta optike ofron disa përparësi të pakontestueshme. Shfrytëzimi afatgjatë i infrastrukturës optike, shpenzimet relativisht të ulëta të operimit, reduktimi i komponentëve aktive, lidhja në distanca të mëdha e pajisjeve telekomunikuese, janë disa nga përparësitë shtesë të rrjetave optike. Derisa pajisjet standarde të teknologjisë DSL mundësojnë brez disa *Mbps*, pajisjet aktive të rrjetës optike mundësojnë brez deri në 2.5 *Gbps*. Edhe versionet e përmirësuara të teknologjisë konvencionale të aksesit si VDSL2 mund të ofrojnë brez deri në disa dhjeta *Mbps*.

Faktori motivues për investime në teknologjinë optike është nevoja për shpejtësi. Kombinimi i zërit, i të dhënave dhe video aplikacioneve e njohur si “triple play” (TP), nëpër një rrjetë të integruar, është qasje strategjike edhe e TiK. Me kohë TP do të evoluojë në QP (quadruple play) duke e integruar edhe mobilitetin. Sido që të jetë, për momentin nevoja për ofrimin e shërbimeve TP aktualizon nevojën për shpejtësi më të madhe në rrjetin e qasjes. Dy llojet më të rëndësishme të standardizuara të rrjetave optike, të cilat mund të adoptohen edhe për TiK, janë: EPON dhe GPON. Teknologjia GPON me të vërtetë ofron shpejtësi gigabitëshe, kurse teknologjia EPON nuk e arrin shpejtësinë gigabitëshe të trafikut të shfrytëzueshëm.

Megjithatë, zbatimi i një teknologjie të tillë optike është me një kosto të lartë dhe në TiK, fillimisht duhet të shikohen disa mundësi të tjera në infrastrukturën ekzistuese të rrjetit të aksesit, nga që zbatimi i teknologjive të tilla optike mbetet si një objektiv afatgjatë i TiK-ut. Ndaj dhe qëllimi i kësaj teze të doktoratës është që të gjenden zgjidhje të nevojshme për infrastrukturën ekzistuese. Problemi kryesor në kabllo të egzistuese të bakrit përmes teknologjisë ADSL, është kur kërkohet më tepër se një sinjal video nga përdoruesi. Duke e ditur se Algoritmet ekzistuese në TiK, e ndajnë gjerësinë e brezit në mënyrë të barabartë ndërmjet përdoruesve (brenda një shtëpie), atëherë problemet kryesore do të dilnin kur një përdorues kërkon një video IPTV me kapacitet më të madh. Nëse bëhet ndarja e gjerësisë së brezit në mënyrë të barabartë, atëherë do të paraqiten probleme në kualitetin e shërbimeve. Ndaj, është e nevojshme që të bëhet krijimi i disa algoritmeve të rinj dhe inteligjent, të cilët do të mund të bëjnë alokimin e gjerësisë së brezit, pavarësisht nga kërkesat e përdoruesve, d.m.th. nëse një përdorues kërkon një video IPTV me përmbajtje sport, ndërsa përdoruesi tjetër kërkon një video IPTV me përmbajtje lajmi, atëherë automatikisht alokimi i brezit bëhet në mënyrë që përdoruesit i cili kërkon përmbajtjen sport të videos, ti ndahet më tepër kapacitet në krahasim me përdoruesin tjetër.

### **5.11 Sfidat dhe problemet aktuale të rrjetit backbone në TiK, për ofrimin e shërbimeve IPTV**

Me qëllim ofrimin e shërbimeve me një kualitet të lartë, TiK ka bërë hapa pozitiv në drejtim të zbatimit të teknologjisë optike nëpër gjithë territorin e Kosovës. Rrjeti backbone i zbatuar në TiK është mjaft i fuqishëm për të përkrahur shërbimet multimediale. Ky rrjet është kryesisht i bazuar në fije optike. Unaza optike “backbone”, e zbatuar nga TiK, lidh qytetet kryesore të Kosovës dhe disa nga fshatrat më të mëdha të Kosovës. Pra, krahas zbatimit të platformës IPTV, TiK i ka kushtuar një rëndësi të

veçantë edhe unazës optike për ofrimin e shërbimeve IPTV. Gjithashtu, duhet të theksohet se shumica e nyjeve të aksesit janë të lidhura me fije optike me ruterët e rrjetit qendror.

Unaza optike aktuale e zbatuar në TiK shihet qartë në figurën 5.12. Kjo unazë shërben për transmetimin e shërbimeve IPTV nëpër zonat e Kosovës. Pra, unaza e rrjetit qendror dhe këto fije optike përdoren vetëm për shërbimet IPTV.

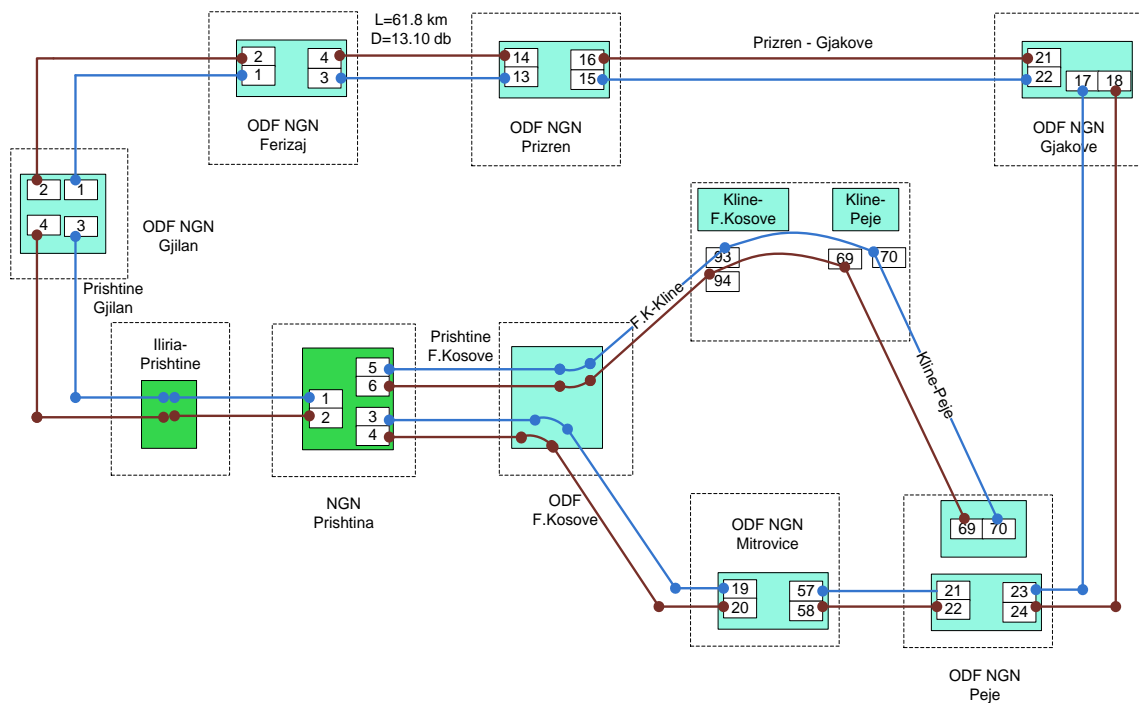


Figura 5.12. Unaza optike për shërbimet IPTV e zbatuar në TiK

Ky rrjet optik është mjaft i fuqishëm për transmetimin e shërbimeve IPTV dhe pavarësisht distancës, dobësimi i sinjalit është shumë i vogël.

Duke patur parasysh se dobësimi është një nga parametrat kyç që ndikon në kualitetin e shërbimeve, atëherë i kemi bërë disa matje të dobësimit në segmentet kryesore të unazës optike, e dedikuar për transmetimin e shërbimeve IPTV. Në tabelën 5.2 shihen dobësimet totale (duke përfshirë këtu shumën e të gjitha dobësimeve të ngjitjeve “spllajtimeve”) të fibrit optik prej një lokacioni në lokacionin tjetër. Këto dobësimet janë matur me pajisjen OTDR.

Tabela 5.2. Unaza optike për ofrimin e shërbimet IPTV

Unaza IPTV për Kosovë e implementuar nga TiK		
RELACONI	Gjatësia	Dobësimi total
Prishtinë-Mitrovicë	51.9110 km	13.70 dB
Mitrovicë-Pejë	71.2592 km	14.95 dB
Pejë – Gjakovë	37.3433 km	7.40 dB
Gjakovë-Klinë	50.4818 km	10.20 dB
Klinë- Prizren	64.2509 km	12.60 dB
Klinë- Prishtinë	75.8962 km	16.90 dB
Prizren- Ferizaj	61.8798 km	13.10 dB
Ferizaj- Gjilan	36.7818 km	8.20 dB
Gjilan- Prishtinë	55.2799 km	10.95 dB

Në figurën 5.13 dhe 5.14, do të shihen vetëm matjet e bëra ndërmjet dy Regjioneve: Ferizaj-Gjilan dhe Prizren-Ferizaj, respektivisht. Matjet janë bërë në gjatësinë valore 1550 nm. Në figurën 5.13 paraqitet dobësimi për segmentin Ferizaj-Gjilan.

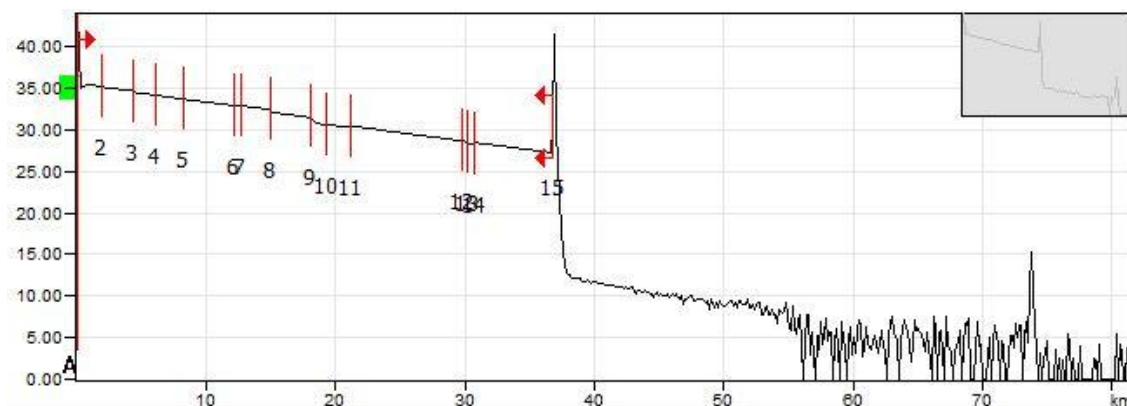


Figura 5.13. Matjet e dobësimit: Ferizaj-Gjilan

Gjatësia e kësaj linje është 36.7 km. Në këtë segment gjithsej kemi 15 ndërprerje të linjës optike (15 spllajsime). Këto ndërprerje shkaktojnë humbjet më të mëdha. Gjerësia e pulsit është marrë 1 ms. Humbjet totale në këtë link janë 8.291 dB. Nga kjo matje mund të nxirret përfundimi se të gjithë parametrat kryesorë që ndikojnë në QoS janë optimal dhe kjo linjë është shumë e përshtatshme për transmetimin e shërbimeve IPTV.

Në figurën 5.14, paraqitet dobësimi për segmentin tjetër të matur, Prizren-Ferizaj. Edhe në këtë rast matjet janë bërë në gjatësinë valore 1550 nm. Distanca e këtij segmenti është 61.27 km. Në këtë segment (shiko figurën 5.15) ekzistojnë 27 ndërprerje (spllajtime). Pas matjes, shihet se dobësimi i kësaj linje është 13.10 dB, pra edhe kjo linjë është në kuadër të parametrave normal për ofrimin e IPTV shërbimeve me QoS të lartë.

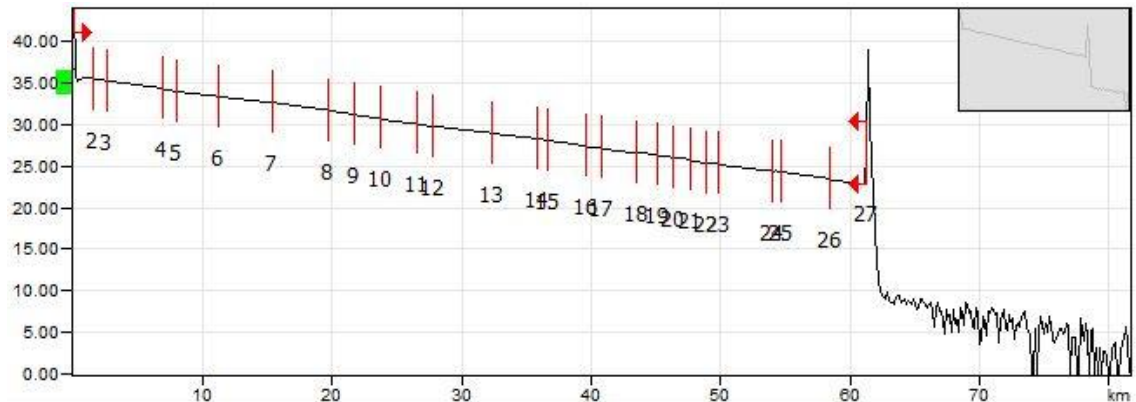


Figura 5.14. Matjet e dobësimit: Prizren- Ferizaj

Nga kjo mund të arrihet në përfundimin se rrjeti “backbone” në përgjithësi, nuk paraqet ndonjë problem për ofrimin e shërbimeve IPTV në TiK, pasi kryesisht është i bazuar në fijet optike. Megjithatë, disa segmente të rrjetit “backbone” në TiK, kanë kapacitete të kufizuara për ofrimin e shërbimeve IPTV. Këtu vlen të përmenden disa segmente të cilat e kanë kapacitetin 155 Mbps. Këto segmente lidhin disa nyje të aksesit me ruterët e regjionit përkatës. Segmentet e tilla paraqesin “fyte të ngushta”, sidomos në rastet kur numri i konsumatorëve rritet dhe kur rriten kërkesat për shërbimet video, ndaj këto segmente duhet të trajtohen me një kujdes të veçantë në mënyrë që edhe këta konsumator të kenë cilësinë e dëshiruar të shërbimeve. Këtij problemi i shtohet edhe problemi ekzistues në rrjetin e aksesit, dhe në këtë rast kemi të bëjmë me dy kufizime në gjerësi të brezit: në rrjetin e aksesit dhe në rrjetin backbone, ndaj për zgjidhjen e problemeve të tilla, fillimisht nevojiten matje dhe analiza të detajuara të të gjithë parametrave të platformës IPTV në TiK, që ndikojnë në cilësinë e shërbimeve video. Duke u bazuar në rezultatet e këtyre matjeve, nevojitet që të krijohen algoritma kompleks që shqyrtojnë parametrat kritik që ndikojnë në cilësi, në mënyrë që shërbimet video të mund të transmetohen pa problem tek përdoruesit.

## 5.12 Përfundimet e kapitullit

Në këtë kapitull treguam se TiK ka zbatuar arkitekturën e centralizuar IPTV. Kjo për faktin e kostos së ulët fillestare të zbatimit. Megjithatë, sugjerimi është që të bëhet shpërndarja e serverave VoD, nëpër rajone të Kosovës në mënyrë që me rritjen e numrit të përdoruesve, në të ardhmen, të mos ketë nevojë të investohet për rritjen e kapaciteteve të rrjetit.

Duke pasur parasysh se TiK ofron shërbimet IPTV duke u bazuar në teknologjinë ADSL, janë dhënë rekomandime të rëndësishme për ngritjen e cilësisë së shërbimeve IPTV përmes teknologjisë ADSL, duke krijuar disa algoritme të fuqishëm të cilët marrin në konsideratë disa parametra që ndikojnë direkt në cilësinë e shërbimeve video. Gjithashtu, janë dhënë detaje të unazës optike për ofrimin e shërbimeve IPTV në TiK dhe mundësisë së zbatimit të FTTH në të ardhmen, në këtë rast problemi i kufizimeve në linkun e aksesit nuk do të ekzistonte më.

## 5.13 Literatura

- [1] IPTV and internet Video-Copyright © 2007, Elsevier Inc.- ISBN 13: 978-0-240-80954-0
- [2] The state of IPTV 2006, new millennium research council, June 2006
- [3] Whitepaper IPTV/VoD: "The IPTV/VoD Challenge - Upcoming Business Models" By *Jochen Altgeld1 and John D. (J.D.) Zeeman2*- IBM Paper for the International Engineering Consortium (IEC)
- [4] Adrian SHEHU, Arianit MARAJ "Analiza e ngarkesës së trafikut për ofrimin e shërbimeve IPTV në Telekomin e Kosovës (TiK)", Buletini i shkencave teknike UPT, Tiranë, Prill 2011
- [5] Traffic load and cost analysis for different IPTV architectures, S. Rugova, A. Maraj, TELE-INFO'2009 Proceedings of the 8<sup>th</sup> WSEAS international conference on Telecommunication and Informatics, ISBN: 978-960-474-084-0
- [6] Një pjesë e rëndësishme e këtij kapitulli është punuar duke u bazuar në materialin jokonfidencial të TiK si dhe në njohuritë në lidhje me platformën IPTV në TiK



## KAPITULLI 6

### **6 Studimi i parametrave që ndikojnë në QoS/QoE për ofrimin e shërbimeve IPTV në platformën e zbatuar në TiK**

#### **6.1 Hyrje**

Testimi i rrjedhave (streams) IPTV/VoD nëpër një rrjet IP/MPLS, siç është rrjeti në TiK, është një koncept jo shumë i përdorshëm në mjaft kompani. IPTV ka shtuar një nivel tjetër të kompleksitetit dhe paraqet një sfidë të ofruesve të ndryshëm të shërbimeve për të mundësuar shërbime me cilësi të lartë. IPTV duhet të ofrojë cilësi të lartë të shërbimit dhe të eksperiencës në mënyrë që përdoruesit të mbeten të kënaqur.

Para zbatimit të planit të testimit dhe paracaktimit të kërkesave kyçe për testim, duhet të merret në konsideratë arkitektura e rrjetit. Ofruesit e shërbimeve duhet të jenë në dijeni për kufizimet në gjerësi të brezit ose limitimet në procesim të sinjaleve në rrjetat ekzistuese.

Në fazat fillestare të zbatimit të arkitekturës, arkitektët e rrjetit duhet të përfshijnë mundësinë e shkallëzueshmërisë së rrjetit me rritjen e kërkesave të përdoruesve. Si pjesë e planit testues të rrjetit, duhet të merret parasysh testimi i përdoruesve individual deri te testimi i tërë segmentit të rrjetit të qasjes apo edhe rrjetit qendror në përgjithësi. Si pjesë e infrastrukturës së rrjetit IPTV, TiK ka zgjedhur komponentët e rrjetit që përfshinë HE, koderët, korrektuesit e gabimeve përgjatë transmetimit, protokollin multikast siç është IGMP [1], STB dhe EPG.

#### **6.2 Planet e mundshme testuese në platformën IPTV në TiK**

Testet e mundshme për cilësinë e shërbimeve IPTV në TiK mund të ndahen në 3 seksione të ndryshme: testimi i shtresës së shërbimeve, testimi i shtresës së transmetimit dhe video monitorimi. Plani testues në TiK përshkruan konceptet kryesore të paraqitura në ISO/IEC 13818-4 [2].

Nga forumi DSL, do t'i referohemi zbatimit të planifikimit të testimit të cilësisë së shërbimeve video, nëpër disa shtresa:

- Shtresa e aplikacionit:

- Rrafshi i të dhënave (Video/Audio bit rate)
- Rrafshi i kontrollit (Koha e ndryshimit të kanaleve)
- Shtresa e shërbimit: MOS
- Shtresa e transportit
  - Raporti i humbjes së paketave për SDTV dhe HDTV
  - Procesimi IGMP

Në këtë kapitull do të shqyrtohet rëndësia e testimit të disa parametrave duke përfshirë këtu analizën PES të ballinës (header), analizat MPEG-TS, për të kaluar në matje dhe në analiza reale të teknologjisë IPTV zbatuar në TiK.

### 6.3 Testimi i shtresës së shërbimeve; Analiza e PES-it (Packetized Elementary Stream)

Shpesh herë e kemi dëgjuar shprehjen “kam figurë por nuk kam zë në TV”. Shumë pak ofrues të shërbimeve IPTV kanë pajisje të tilla që janë në gjendje të identifikojnë rrjedhën video IP dhe të sigurojnë se ekziston edhe sinjali i zërit që është duke u transmetuar së bashku me videon. TiK ka pajisje për identifikimin e gabimeve të tilla që mund të ndodhin gjatë transmetimit të kanaleve TV. Më e rëndësishmja është që të bëhet transmetimi korrekt i sinjalit audio për një rrjedhë të caktuar. Një metodë tipike për transmetimin e rrjedhave elementare nga audio apo video koderi është që fillimisht të bëhet krijimi i paketave PES nga kjo rrjedhë elementare dhe më tej të bëhet enkapsulimi i këtyre paketave brenda paketave TS ose PS. Në figurën 6.1, shihet struktura e paketës PES.

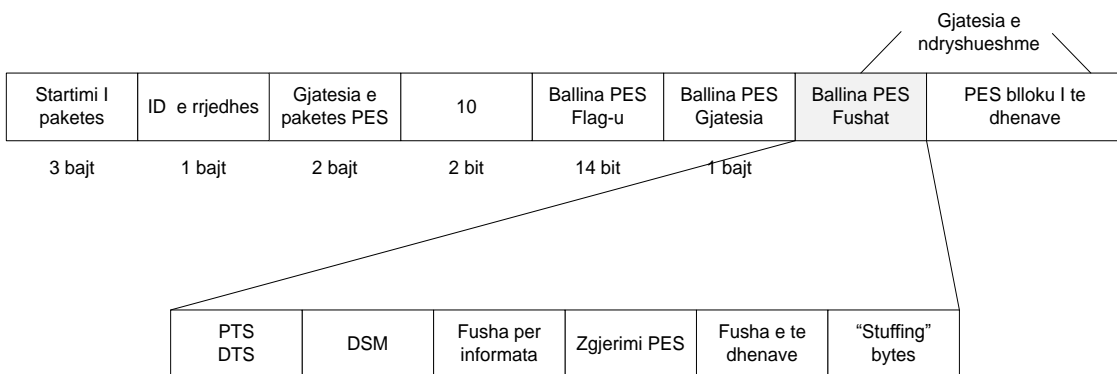


Figura 6.1. Struktura e paketës PES

Kërkesa për matje të saktë të QoE [3]-[4] është aftësia për të identifikuar kontentin e paketës. Me fjalë të tjera, duhet të bëhet përcaktimi i llojit të paketës në ID-në e rrjedhës së caktuar.

Tabela 6.1. ID e rrjedhës (ID stream)

<b>ID e rrjedhës</b>	<b>Funksioni</b>
1111 0000	ECM
1111 0001	EMM
1110 xxxx	MPEG rrjedha video, numri xxxx
111x xxxx	MPEG a rrjedha audio numri xxxxx
1011 1110	Rrjedha “Padding”

Fushat e ballinës PES përmbajnë indikatorë “timestamp” që ndikojnë në prezencën e PTS (presentation time stamp) ose PTS dhe DTS (Decoding Time Stamp). PTS i referohet startimit të kornizës së parë audio në një paketë. Në ballinën PES ndodhen DTS dhe PTS. DTS përdoret për të treguar se kur një kornizë duhet të dekodohet, ndërsa PTS tregon se kur një kornizë duhet të shfaqet në ekran. Siç dihet, radhitja e kornizave gjatë transmetimit dallon nga radhitja gjatë shfaqjes së këtyre kornizave në ekran. Si përfundim, DTS dhe PTS përdoren për të ri-konstruktuar videon nga kornizat **I**, **P** dhe **B**.

#### 6.4 Analizat e MPEG-TS

Analiza e mirëfilltë e MPEG-TS mundëson identifikimin e disa problemeve gjatë transmetimit të cilat ndikojnë direkt në QoE, probleme të cilat nuk mund të identifikohen përmes shtresave tjera. Një skenar tipik i monitorimit të shtresës së transmetimit mund të prodhojë statistika, nga të cilat mund të dalin rekomandime të rëndësishme për cilësië e shërbimit. Probleme mund të ndodhin edhe në shtresën e shërbimeve dhe na çojnë në një cilësi të dobët perceptimit. Ky seksion shqyrton disa probleme kyçe dhe sugjeron pikat se ku mund të ketë probleme përgjatë transmetimit të MPEG-TS. Matjet kyçe që kërkohen për të siguruar QoE përfshinë:

**PID (Packet identifier)** – PID është një adresë unike e identifikimit të kanalit. PID mundëson identifikimin dhe ri-konstruktimin e një programi. Vlen të theksohet se PID përdoret së bashku me paketat PSI (Programme Service Identifier). Dekoderi përdor PID

dhe PSI për të identifikuar tabelat PAT (Programmes Association tables). PAT përmban PMT (Program Map Tables) që orienton dekoderin tek paketat me kanal të asocuar ose program siç është video, audio dhe kontenti i të dhënave në rrjedhën që është duke u transmetuar.

**Numëruesi kontinual (Continuity counter)** – ky numërues përdoret për të përcaktuar nëse paketat kanë humbur apo janë përsëritur.

**PCR (Program Clock Reference)** – përdoret për të sinkronizuar kllokun e dekoderit me kllokun origjinal të koderit.

**PCR jitter-i i tepruar**- shkakton disa probleme vizive duke përfshirë pikselizimin, humbjen e ngjyrave ose edhe ngrirjen e figurës, probleme të cilat prodhojnë një QoE të dobët. Janë disa shkaktarë të PCR jitter-it; mund të fillojë të shfaqet në dekoder, mund të jetë i shkaktuar në rrjet etj.

## **6.5 Të kuptuarit e MDI (Media delivery Index)**

Ofruesit e shërbimeve në mënyrë aktive vazhdojnë të ofrojnë shërbime të shumta multimediale nëpër një infrastrukturë konvergjente. Prodhuesit e pajisjeve të rrjetit po modelojnë dhe po testojnë pajisje që mundësojnë ngritjen e QoS në këto rrjete. Mekanizmat QoS u lejojnë pajisjeve që të aplikojnë politika të ndryshme për klasë të ndryshme të trafikut për të siguruar që secila klasë të trajtohet në mënyrën e duhur. Për shembull, trafiku i zërit kërkon prioritet të lartë sepse është shumë i ndjeshëm në vonesa. Trafiku i të dhënave, siç është emaili, nuk ndikohet shumë nga vonesat, kështu që nuk kërkon trajtim të njëjtë me trafikun e zërit.

Përdoruesve nuk u intereson prioriteti i trafikut dhe hedhja e paketave; ata kërkojnë që telefonat e tyre të punojnë pa pengesa dhe programet e tyre IPTV të jenë me një cilësi të lartë. Prandaj, ofruesit e shërbimeve dhe prodhuesit e pajisjeve të rrjetit duhet të bëjnë matje dhe testime rigorozë të pajisjeve të tyre për të siguruar se ofrojnë shërbime me cilësi të lartë për përdoruesit (QoE). Shërbimet IPTV paraqesin kërkesa unike në rrjet për shkak të kërkesave për gjerësi të brezit dhe për shkak të tolerancave të vogla në jitter dhe në humbje të paketave. Matjet MDI [5]-[6] japin një indikacion për kualitetin e pritshëm të përdoruesve duke u bazuar në matjet në nivel të rrjetit. Ky seksion jep rekomandime të ndryshme për vlerat e lejuara të vonesave, humbjeve dhe vlerave tjera të matura.

## 6.6 Komponentët e MDI (Indeksi i shpërndarjes së mediave)

Matjet MDI mund të bëhen në cilëndo pikë ndërmjet HE dhe STB. MDI kanë dy komponente [5]-[6]: Faktorin e vonesës (DF-Delay Factor) dhe raportin e humbjeve (MLR-Media Loss Rate).

### 6.6.1 Faktori i vonesës - DF

Me qëllim që të kuptohet DF, është mirë që të rikujtohet raporti ndërmjet jitterit dhe baferimit. Jitteri paraqet ndryshimin në latencën skaj-skaj në respekt të kohës. Paketat që arrijnë në destinacion me shpejtësi konstante e kanë jitter-in zero (nuk kanë jitter). Ndërsa, paketat që arrijnë në destinacion me shpejtësi të ndryshme, kanë jitter. Zakonisht, paketat duke u transmetuar nëpër një numër të madh të elementeve të rrjetit, duke u rutuar, komutuar etj., mund të arrijnë në destinacion me shpejtësi të ndryshme.

Le të merret në konsideratë një rrjedhë video MPEG me  $3.75\text{ Mbps}$ . Dekoderi në destinacion do ta “konsumojë” (drain rate) këtë të dhënë, por të dhënat mund të arrijnë me shpejtësi më të madhe ose më të vogël sesa shpejtësia e “konsumimit” të dekoderit. Baferët në dekoder përdoren për të grumbulluar një numër të caktuar të paketave, që arrijnë me shpejtësi të ndryshme, dhe i dërgojnë këto të dhëna deri tek dekoderi me shpejtësi konstante. Sa më i madh që të jetë jitter-i, aq më të mëdhenj nevojiten të jenë baferët për t’u eliminuar atë. Kostoja që duhet paguar me rritjen e baferëve është se sa më të mëdhenj që të jenë baferët, aq më shumë do të kemi vonesa. Përveç kësaj, baferët janë të madhësisë së fundme, dhe jitteri i tepruar do t’i bëjë ata që të tejngarkohen (overflow). Një tejngarkim mund të ndodhë kur paketat arrijnë me një shpejtësi të madhe, kështu që e mbushin shumë shpejt baferin dhe në këtë rast mund të vijë deri tek hedhja e paketave në pranues (receiver).

Komponenta DF e MDI-së, është një vlerë kohore që përcakton se sa milisekonda baferët mund të mbajnë të dhënat në mënyrë që të bëjnë eliminimin e jitter-it. Llogaritja e DF mund të bëhet si më poshtë:

1. Pas çdo pakete që arrin, bëhet llogaritja e diferencës ndërmjet bajtëve të pranuar dhe bajtëve të konsumuar (përpunuar) nga baferi. Kjo diferencë paraqet thellësinë e baferit virtual  $\Delta$ :

$$\Delta = |\text{bajtët}_e\text{pranuar} - \text{bajtët}_e\text{përpunuar}| \quad (6.1)$$

2. Përgjatë një intervali të caktuar kohor, duhet të merret diferenca ndërmjet vlerës minimale dhe maksimale  $\Delta$  dhe të pjesëtohet me shpejtësinë e rrjedhës së të dhënave:

$$DF = \frac{(\max(\Delta) - \min(\Delta))}{\text{shpejtësia e të dhënave}} \quad (6.2)$$

Si shembull, merret rasti kur një rrjedhë video MPEG ka shpejtësinë  $3.75 \text{ Mbps}$ . Nëse përgjatë intervalit kohor prej  $1 \text{ s}$ , sasia maksimale e të dhënave në baferin virtual është  $3.755 \text{ Mbps}$  dhe sasia minimale është  $3.740 \text{ Mb}$ , DF do të llogaritet si më poshtë:

$$DF = \frac{3.755 \text{ Mb} - 3.740 \text{ Mb}}{3.75 \text{ Mbps}} = \frac{15 \text{ kb}}{3.75 \text{ Mbps}} = 4 \text{ ms}$$

Prandaj, me qëllim eliminimin e humbjes së paketave në prezencë të jitter-it, baferi i pranuesit duhet të jetë  $15 \text{ kb}$ , që do të injektonte  $4 \text{ ms}$  vonesë.

DF mund të aplikohet për të përcaktuar ndikimin e secilit element të rrjetit në QoE. DF që është i pranueshëm për një rrjet të caktuar ndryshon shumë për shkak të madhësive të ndryshme të baferëve që janë në dispozicion. Shumica e STB-ve përdorin një modul të vetëm RAM. Vetëm një pjesë e këtij RAM-i përdoret për baferim për t'i de-jitter-uarr rrjedhat IP. Madhësia e saktë e baferit të një STB mund të përcaktohet duke bërë teste të specializuara me harduer adekuat. Standardet QoE që janë përcaktuar nga Forumi DSL, rekomandojnë se jitteri i paraqitur brenda një rrjeti duhet të mbetet nën vlerën  $50 \text{ ms}$ . Testime të ndryshme kanë treguar se tek disa STB kjo vlerë është maksimumi  $9 \text{ ms}$ . Vlerat e rekomanduara për DF shihen në tabelën 6.2.

Tabela 6.2. Vlerat standarde për DF

<b>Maksimumi i pranueshëm i DF</b>
9-50 ms

### 6.6.2 Raporti i humbjeve - MLR (Media Loss Rate)

Raporti i humbjeve MLR përcaktohet si numri i paketave “out-of-order” (të parentitura) të humbura për sekondë. Paketat e parentitura janë të rëndësishme sepse shumë pajisje nuk bëjnë përpjekje për të ri-radhitur paketat para se t'i prezantojnë ato tek dekoderi. Ndonjë paketë e humbur do të ndikojë në cilësinë e videos dhe mund të paraqes shtrembërime vizuale ose jo të rregullta. MLR është një format i përshtatshëm për të

specifikuar SLA në terma të humbjes së paketave. Kështu, marrë në kontekst të komponentës DF, një pajisje me MDI 4:0.001 do të ndikojë që pajisja të ketë një DF prej 4 ms dhe MLR prej 0.001 paketa për sekondë. Vlerat e pranueshme për MLR janë të dhëna në tabelat 6.3 dhe 6.4.

Tabela 6.3. Maksimumi i rekomanduar i lejueshëm për CCT MLR për të gjitha shërbimet dhe koderët

Maksimumi i lejueshëm e CCT (Channel Changë Time) MLR
0

Tabela 6.4. Maksimumi i lejueshëm i vlerës mesatare MLR

Shërbimi (të gjithë koderët)	Maksimumi i lejueshëm për CCT MLR
SDTV	0.004
VOD	0.004
HDTV	0.0005

Meqëse MLR është një “shpejtësi” (rate), shumë informacione të rëndësishme mund të humbin, qofshin ato paketa të njëpasnjëshme IP ose të rastit. Një studim i bërë nga forumi DSL WT-126, ka treguar se pothuajse secila paketë IP që humbet, prodhon një gabim të dukshëm. Standardet për QoE për IPTV ende janë duke u diskutuar, por sipas këtij studimi, rekomandohet se maksimumi i paketave IP të njëpasnjëshme që mund të humbin është 5 paketa për 30 minuta video SDTV dhe VOD, ndërsa për shërbimin HDTV maksimumi është 5 IP paketa të njëpasnjëshme për 4 orë. Nëse këto vlera përkthehen në terma të MLR-së, kjo nënkupton se humbja është një paketë e vetme IP në një kornizë kohore të caktuar. Për ta kuptuar arsyen, le të supozohet se MLR është bazuar në humbjen e 5 paketave në një kornizë të caktuar kohore; kjo do të nënkuptojë një maksimum të lejueshëm MLR prej 0.019 (nën supozimin se kemi 7 media paketa për një IP paketë):

$$\frac{5 \text{ IP paketa}}{30 \text{ minuta}} \times \frac{1 \text{ minut}}{60 \text{ sekonda}} \times \frac{7 \text{ media paketa}}{1 \text{ IP pakete}} = \frac{0.019 \text{ media paketa}}{\text{sekonde}} \quad (6.3)$$

Kjo shpejtësi nënkupton se është e lejueshme që të kemi 5 ngjarje të rastit të humbura (secila ngjarje përbëhet nga një IP paketë e vetme) për 30 minuta. Maksimumi i lejuar MLR gjithashtu varet edhe nga zbatimi. Për CCT (channel change time), nëse një kanal shikohet për një periudhë të shkurtër, në këtë rast maksimumi i lejueshëm MLR është zero, siç shihet në tabelën 6.3.

Implementimi tjetër është monitorimi i rrjetit në të cilin, perioda mostër që merret parasysh, është zakonisht e madhe. Kjo nënkupton se numri i paketave të humbura mund të shprehet si një mesatare për sekondë, sesa si vlerë totale, siç edhe ilustron në tabelën 6.4 (SDTV, VOD dhe HDTV).

### **6.7 Aplikimi i MDI-së në analizat e bëra në TiK**

Komponenta MDI është e domosdoshme për gjetjen e gabimeve të ndryshme në rrjet të cilat ndikojnë në QoE. Nëse MDI aplikohet në pika të ndërmjetme të një rrjeti të caktuar, diferenca ndërmjet DF dhe MLR ndërmjet elementeve të njëpasnjëshme të rrjetit, mund të ndihmojë në izolimin e shpejtë të burimeve të gabimeve aktuale ose potenciale. Nëse regjistrohet një vlerë e madhe e MLR-së në një ruter të caktuar, përderisa regjistrohet një vlerë zero e MLR-së në hopin paraprak, ky është një sinjal i fuqishëm se diçka e pafavorshme po ndodh në këtë segment të rrjetit, siç mund të jetë tejngarkimi i baferit ose ndonjë “korrupsion” i paketave. Nëse vlera e DF-së “kërcon” ndërmjet dy hopeve të njëpasnjëshme, kjo tregon se mund të kemi vonesa të mëdha për shkak të mbingarkesave në rrjet. Gjithashtu, mund të jetë si një lajmërim se do të kemi edhe humbje të pashmangshme të paketave. Siç u diskutua më lart, nëse baferët janë të mëdhenj, është e mundshme të bëhet kompenzimi i vlerave të mëdha të jitter-it, në këtë rast do të kishim rritje të vonesave. Një tjetër interpretim i MDI-së është se (përmes faktorit DF) karakterizon se çfarë margjinave (hapësirë në bafer) kërkohen para se të ulet cilësia. Në matjet dhe analizat e bëra në platformën IPTV në TiK, kemi përdorur pikërisht metodologjinë e bazuar në komponentet MDI.

### **6.8 Matja e cilësisë së shërbimeve IPTV në TiK**

Matja e cilësisë së shërbimeve IPTV është një sfidë shumë e madhe sepse ekzistojnë një numër i madh i faktorëve që ndikojnë në cilësinë e shërbimit. Numri dhe sjellja e përdoruesve IPTV si dhe konvergjenca e klasave të ndryshme të trafikut duke konkurruar për gjerësi të brezit në rrjet, kanë një ndikim të madh në transmetimin e saktë dhe me kohë të shërbimeve IPTV. Dëmtimet në rrjet (humbjet e paketave, latencat, jitter-i etj) mund të kenë efekte shumë të mëdha në kualitetin e videos, siç është bllokimi i videos,



shtrembërime të ndryshme, zhurma vizuale etj., prandaj, është e nevojshme që të prezantohet një metodologji e saktë e matjeve dhe e testimeve të ndryshme të rrjetit me qëllim që të evoluohet saktë cilësia e shërbimit. Parametrat e cilësisë së medias duhet të jenë të përsëritshëm dhe duhet të ofrojnë arsye të forta të cilat qëndrojnë mbrapa performancës së shërbimeve IPTV.

PTK, konkretisht Telekom i Kosovës, duke e parë rëndësinë e matjeve/testimeve të parametrave të ndryshëm që ndikojnë drejtpërdrejtë në QoS/QoE, ka siguruar një platformë moderne të testimit/matjes së parametrave më të rëndësishëm që ndikojnë në QoS/QoE. Në këtë kapitull, do të sjellim matje/analiza të bëra në rrjetin NGN të bazuar në IP/MPLS, në të cilin është integruar edhe platforma IPTV. Do të shohim se cilët janë parametrat kryesor që ndikojnë në cilësinë e shërbimeve. Këto teste do t'i bëjmë në pika të ndryshme të rrjetit dhe për rastet kur kemi "konkurrencë" për gjerësi të brezit; kur kemi 2 apo më tepër shërbime video IPTV që transmetohen njëkohësisht nëpër një kanal transmetues të caktuar. Më pas do të dalim me rekomandime konkrete në lidhje me ngritjen e QoS/QoE, për skenarë të ndryshëm të marrë në studim.

## **6.9 Platforma testuese IPTV e implementuar në TiK; matjet dhe analizat**

Arkitektura e rrjetit ku do të bëjmë testimet për cilësinë e shërbimit në TiK, shihet në figurën 6.2. Pajisja për matje dhe analizë Media Analizatori është i vendosur në 3 pika kryesore të rrjetit: në HE që ndodhet në lokacionin Prishtinë, në ruterin e skajeve (ku lidhen nyjet e qasjes) dhe në pajisjen e përdoruesit (linjën ADSL). Duke bërë matje në këto pika, mund të gjendet shumë lehtë se sa janë humbjet, vonesat dhe si ndikojnë në cilësinë e shërbimit.

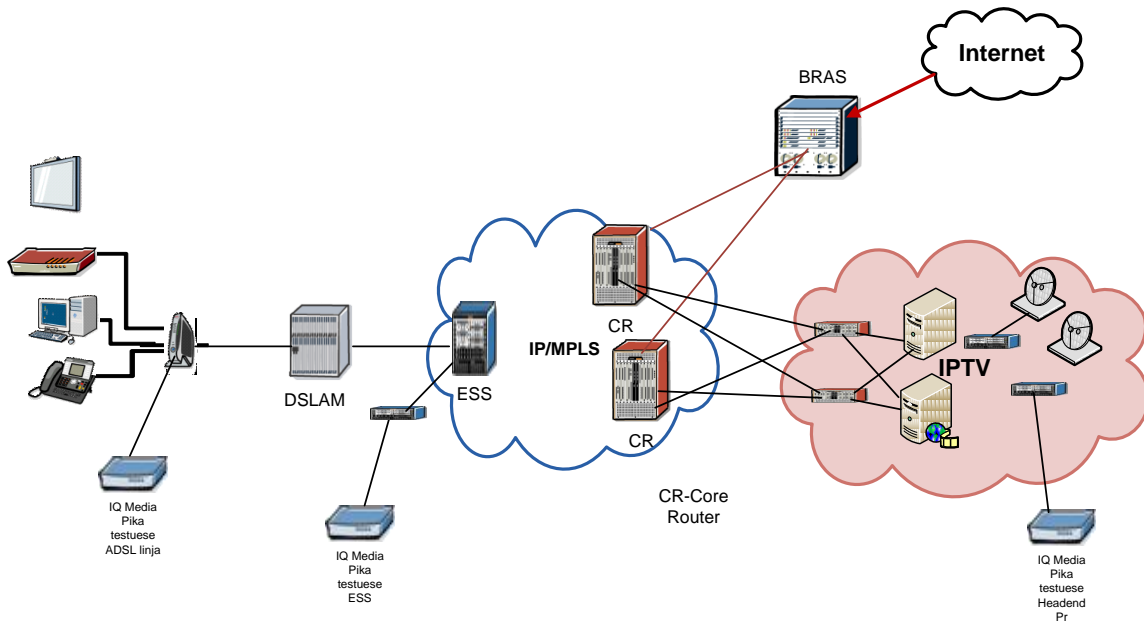


Figura 6.2. Platforma testuese zbatuar në TiK

Le të fillojmë me analizën e matjeve të bëra në pjesën kryesore të platformës IPTV; headend.

### 6.9.1 Matjet në Headend-Prishtinë

Në këtë pikë do të analizohen disa nga parametrat kryesor që ndikojnë në QoS/QoE:

- Faktori i vonesës DF
- Virtual Baferi (VB-baferi virtual)
- IP STBR (stream bit rate)

**Faktori i vonesës (Delay Factor):** Matja e DF në pikën testuese 1, është bërë konkretisht në HE Prishtinë. Vlerat aktuale, mesatare dhe maksimale për këtë parametër shihet në figurën 6.3. Vlerat e DF janë paraqitur pas 60 matjeve në intervale të caktuara kohore. Shpejtësia e kodimit për këtë matje është marrë 2 Mbps.

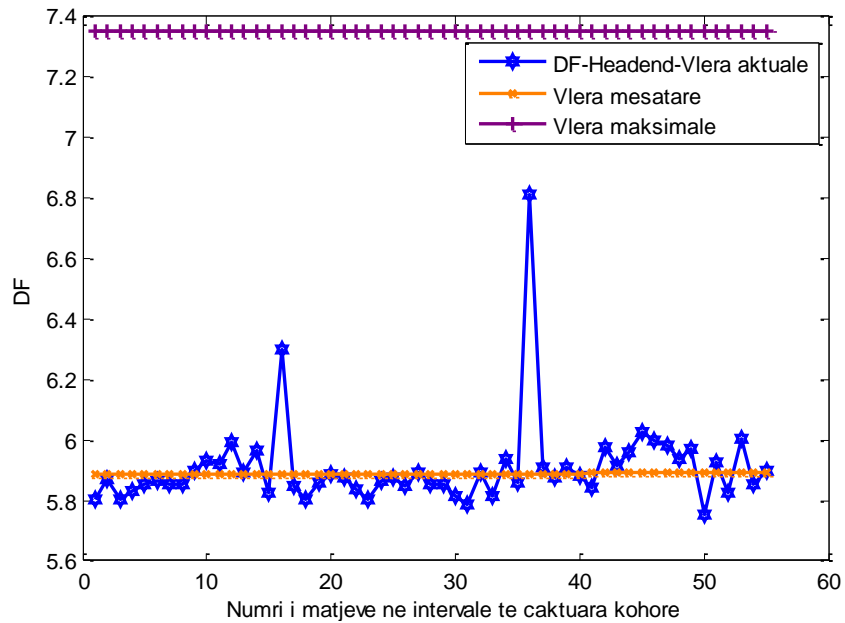


Figura 6.3. Faktori i vonesës i matur në headend-Prishtinë

Nga figura 6.3 shihet se vlera aktuale është brenda kornizave të vlerës maksimale dhe asaj minimale. Shihet qartë nga figura se DF në HE nuk është i lartë, vetëm në një rast e arrin vlerën afër  $6.8\text{ ms}$ , në rastet tjera të matjeve kjo vlerë është rreth  $5.8\text{ ms}$ . Gjithashtu, nga figura 6.3 shihet se varjimet e këtij faktori janë shumë të vogla. Nga kjo nënkuptohet se cilësia është shumë e mirë dhe mbi të gjitha arrihet një qëndrueshmëri në ofrimin e shërbimeve video.

**Baferi Virtual:** Vlerat e këtij parametri ndryshojnë në mënyrë proporcionale me ndryshimet e faktorit të vonesës, ndaj dhe varjimet e grafikut janë pothuajse të njëjta. Vlerat e këtij parametri jepen përmes figurës 6.4. Këto vlera janë matur në shpejtësinë e kodimit  $2\text{ Mbps}$ .

Nga figura 6.4 shihet se vlerat aktuale të VB janë brenda kornizave të vlerave maksimale dhe atyre minimale. Gjithashtu, shihet se forma e VB është pothuajse e njëjtë me DF, vetëm vlerat ku shtrihet kjo lakore ndryshojnë nga ajo e DF.

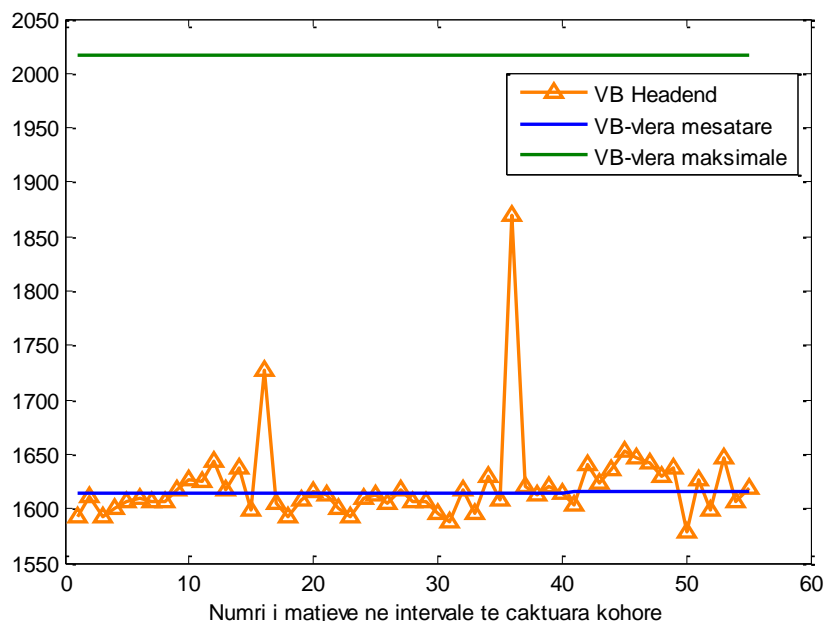


Figura 6.4. Baferi virtual i matur në headend-Prishtinë

### 6.10 Matja dhe analiza e IP SBR (Stream Bitrate)-Headend Prishtina; 2 Mbps

Faktori SBR është i një rëndësie të veçantë për cilësinë e shërbimeve IPTV. Ne kemi bërë 60 matje të këtij faktori në intervale të caktuara kohore në HE Prishtinë, në shpejtësinë e kodimit prej 2 Mbps.

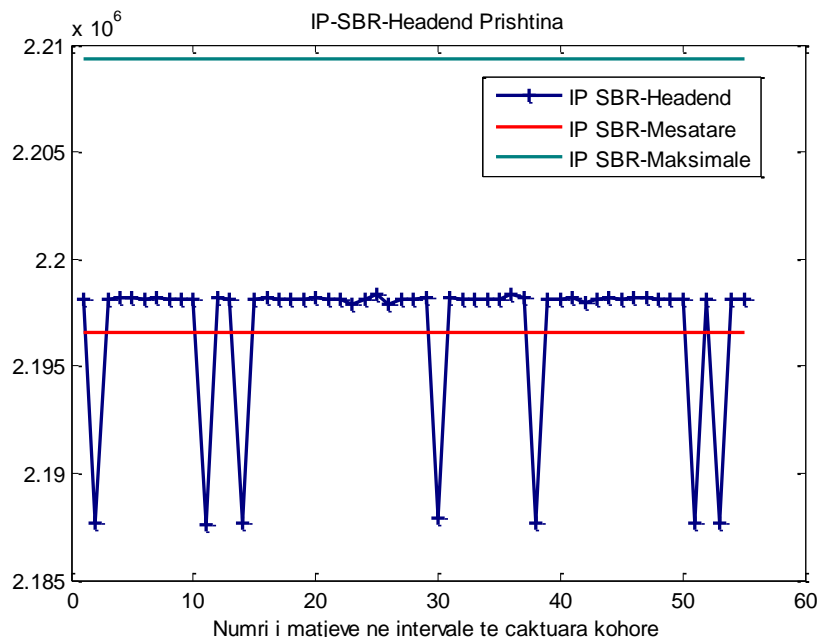


Figura 6.5. IP SBR i matur në headend Prishtina

Në figurën 6.5 shihet grafikisht matja e IP SRB. Siç edhe shihet, në HE IP SRB është në kuadër të kornizave të lejuara për cilësinë e shërbimeve IPTV.

### 6.11 Matja dhe analiza e PCR (Programm clock reference); Headend Prishtina

Sinkronizimi ndërmjet pranuesit dhe transmetuesit varet nga PCR. Sinkronizimi mund të ndikohet nga transmetimi nëpër linqe që kanë vonesa të ndryshueshme ose jitter. Në figurën 6.6, kemi paraqitur vlerat e matura për jitter në HE, për rastet kur shpejtësia e kodimit është 0.5 Mbps.

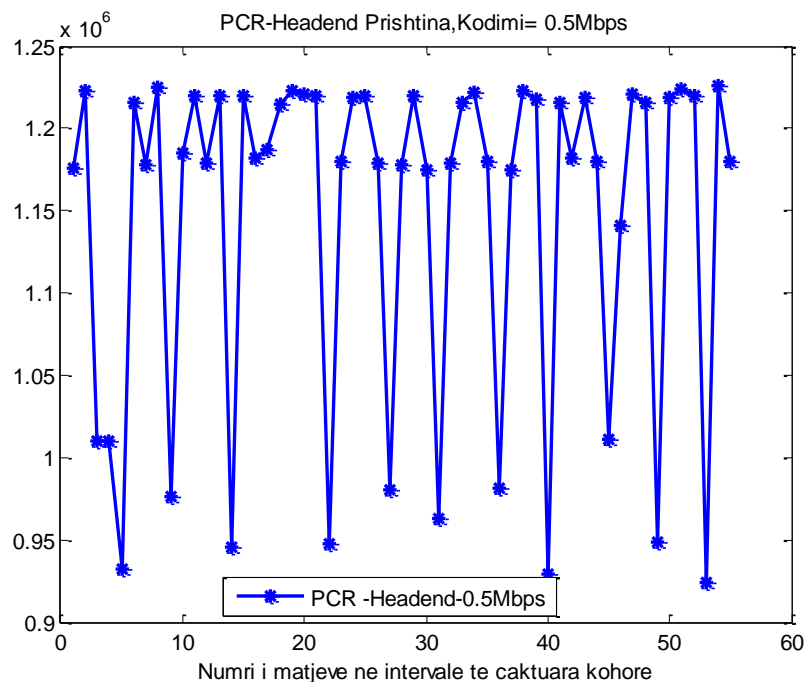


Figura 6.6. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 0.5 Mbps

Ndërsa, në figurat 6.7 dhe 6.8, paraqiten vlerat e PCR të matura gjithashtu në headend Prishtina, për shpejtësinë e kodimit 1 dhe 2 Mbps, respektivisht.

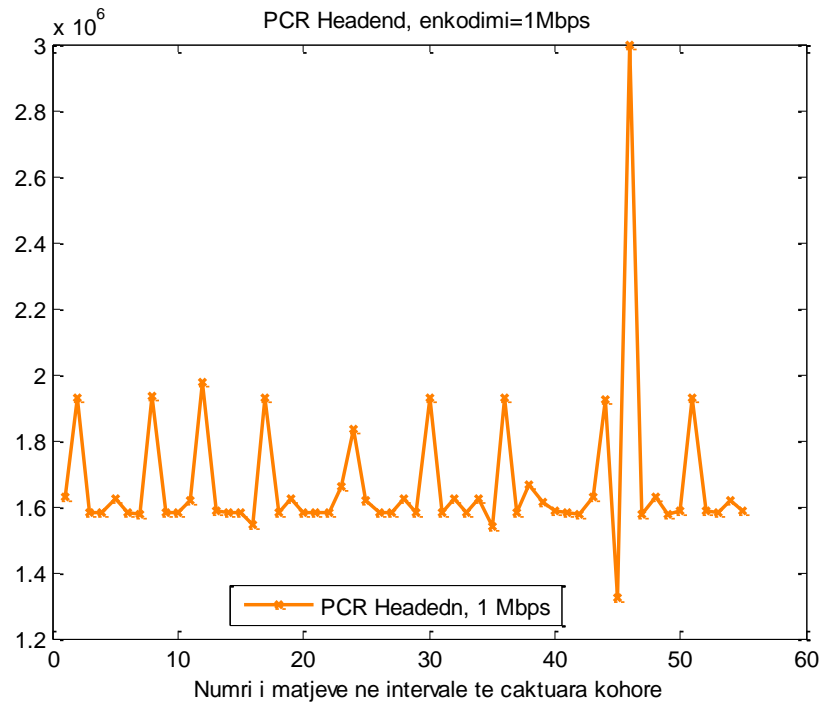


Figura 6.7. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 1 Mbps

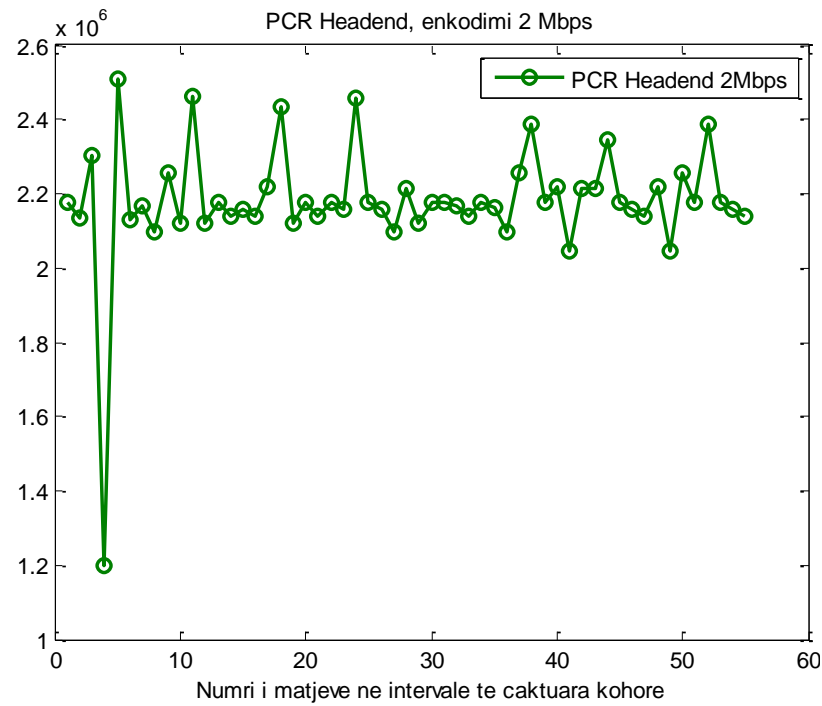


Figura 6.8. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi 2 Mbps

Ndërsa, në figurën 6.9 është bërë krahasimi ndërmjet vlerave PCR për shpejtësi të ndryshme të kodimit të sinjalit video: 0.5 Mbps, 1 Mbps dhe 2 Mbps, për 60 matje në intervale të caktuara kohore.

Siç dihet, PCR paraqet vlerën se sa një sinjal mund të tolerojë jitterin. Shihet qartë nga figura 6.9 se në rastin e kodimit 2 Mbps, kjo tolerancë në jitter është më e madhe krahasuar me 1 Mbps dhe 0.5 Mbps. Jitter-i ndikon direkt në cilësinë e shërbimit, ndaj mund të arrihet në përfundimin se në rastin e kodimit të video sinjalit me shpejtësi 2 Mbps, cilësia do të jetë më e mirë në krahasim me cilësinë e videos kur kodohet me 1 Mbps apo me 0.5 Mbps.

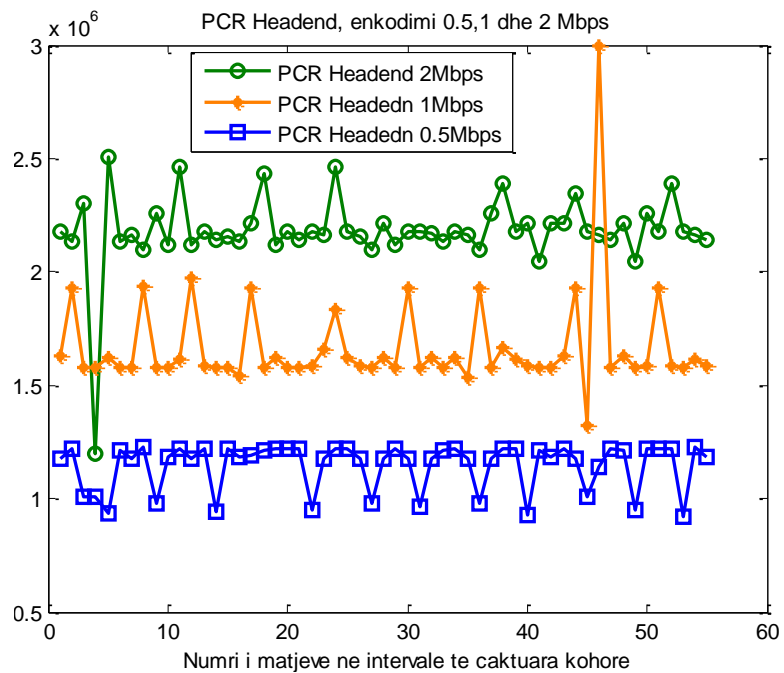


Figura 6.9. PCR i matur në headend-Prishtinë, kodimi: 0.5, 1 dhe 2 Mbps

Në kuadër të matjeve në HE, kemi paraqitur edhe strukturën GOP – figura 6.10. Kjo strukturë është paraqitur për shpejtësinë e kodimit 2 Mbps.

Current							
33 3 00	33 3 01	33 3 02	33 3 03	33 3 04	33 3 05	33 3 06	
H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video
B 55	B 55	B 55	B 55	B 55	B 55	B 55	B 55
33 3 07	33 3 08	33 3 09	33 3 10	32 3 08	33 3 11	33 3 12	
H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	AAC	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video
I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56
33 3 13	33 3 14	33 3 15	33 3 00	33 3 01	33 3 02	33 3 03	
H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video	H.264 Video
I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56	I 56

Figura 6.10. Kornizat e strukturës GOP, paraqitja e detajuar: HE- Prishtinë

Ndërsa, struktura e detajuar GOP, ku shihen edhe kornizat **I**, **P** dhe **B**, më së miri shihet në figurën 6.11.

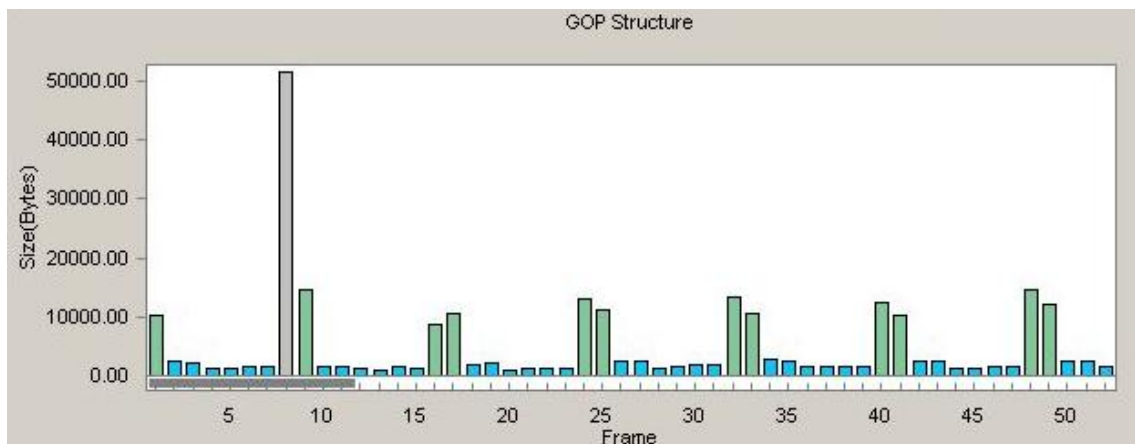


Figura 6.11. GOP struktura në HE Prishtina

Siç edhe dihet, kornizat **I** luajnë rol të madh në cilësinë e shërbimit. Nëse korniza **I** është e madhe, atëherë edhe vonesat do të jenë të mëdha dhe rrjedhimisht cilësia do të jetë e vogël.

## 6.12 Matjet dhe analizat në nyjën e qasjes; DSLAM

### Matja dhe krahasimi i PCR në DSLAM

Matjet në nyjën e qasjes janë shumë të rëndësishme për analizën e kualitetit të shërbimeve IPTV, sepse kjo nyje është nyja e fundit që lidhet direkt me përdoruesin. Në figurën 6.12 paraqiten matjet e PCR-së në nyjën e qasjes, për shpejtësi të ndryshme të kodimit. Edhe në këtë rast shihet qartë se PCR për shpejtësinë 2 Mbps ka vlerën më të madhe në të gjitha pikat e matura në intervale të caktuara kohore.



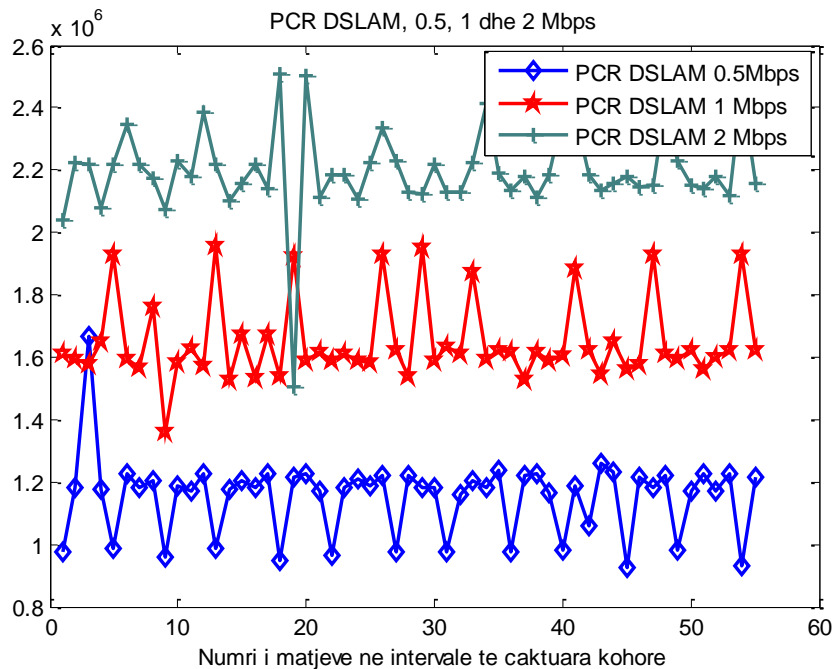


Figura 6.12. Matjet dhe krahasimi i PCR në njëjën e qasjes (DSLAM Prishtinë); 0.5, 1 dhe 2 Mbps

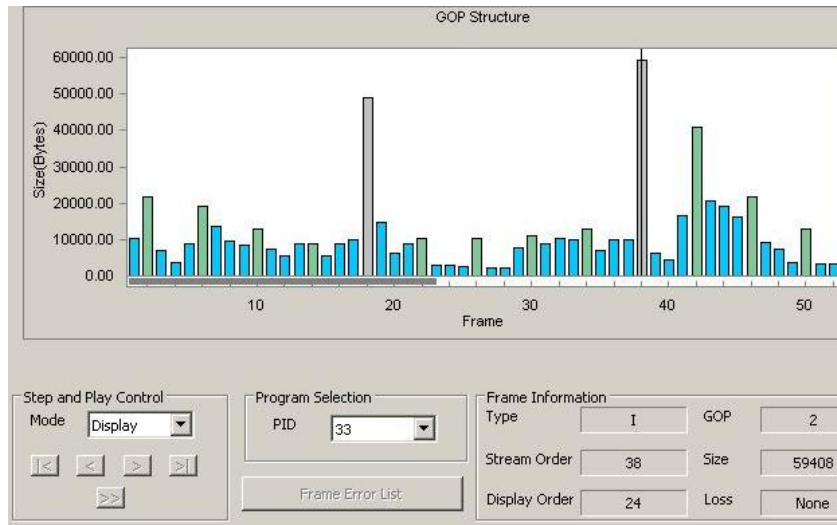
Edhe nga matjet e bëra në njëjën e qasjes DSLAM, shihet qartë nga figura 6.12 se në rastin e kodimit 2 Mbps toleranca në jitter është më e madhe krahasuar me 1 dhe 0.5 Mbps.

### 6.12.1 Grupi i figurave në njëjën e qasjes DSLAM, shpejtësia e kodimit 2 Mbps

Strukturën GOP e kemi paraqitur edhe për matjen e bërë në njëjën e qasjes. Kjo strukturë është paraqitur për shpejtësinë e kodimit 2 Mbps. Në figurën 6.13 shihet GOP i marrë në njëjën e qasjes DSLAM, për shpejtësinë e kodimit 2 Mbps.

Current						
32 3 15 AAC	33 3 03 H.264 Video I 38	33 3 04 H.264 Video B 37	33 3 05 H.264 Video B 37	33 3 06 H.264 Video I 38	33 3 07 H.264 Video I 38	33 3 08 H.264 Video I 38
33 3 09 H.264 Video I 38	33 3 10 H.264 Video I 38	33 3 11 H.264 Video I 38	33 3 12 H.264 Video I 38	33 3 13 H.264 Video I 38	33 3 14 H.264 Video I 38	33 3 15 H.264 Video I 38
33 3 00 H.264 Video I 38	33 3 01 H.264 Video I 38	33 3 02 H.264 Video I 38	32 3 00 AAC	33 3 03 H.264 Video I 38	33 3 04 H.264 Video I 38	33 3 05 H.264 Video I 38

a) Tabela GOP; DSLAM 2 Mbps



b) Struktura GOP

Figura 6.13. Grupi i figurave në DSLAM, 2 Mbps; a) Tabela GOP, b) Struktura GOP

Ndërsa, shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit për matjet në njëjën e qasjes (DSLAM), për të gjitha kanalet e platformës IPTV shihet në figurën 6.14. Figura tregon rastin kur shpejtësia e kodimit është 2 Mbps.

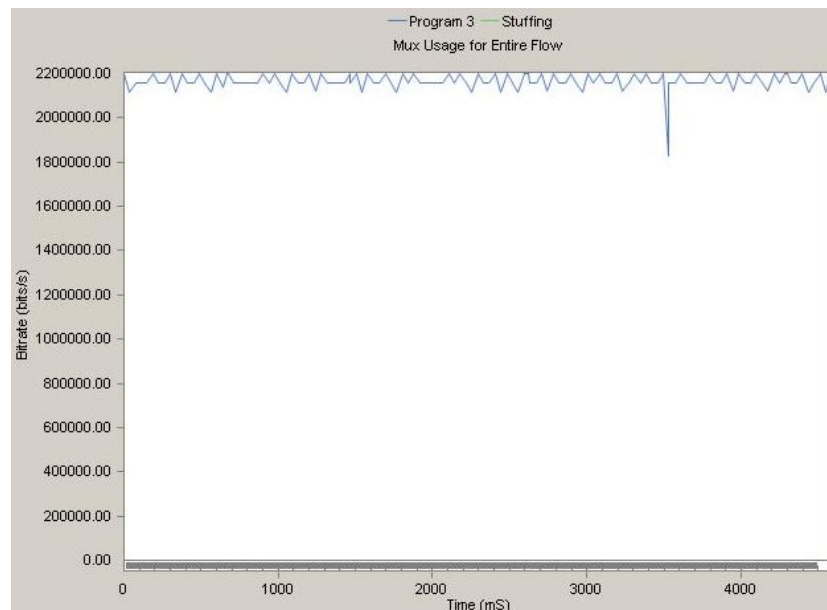


Figura 6.14. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-të gjitha kanalet IPTV; DSLAM

Në figurën 6.15 është paraqitur shfrytëzueshmëria e brezit për një kanal video IPTV. Është marrë një kanal konkret i platformës IPTV të zbatuar në TiK (kanali KTV).

Identifikuesi i programit PID 32 paraqet audio AAC, PID 33 paraqet video H.264, ndërsa PID 35 paraqet PMT (Program Map Table). Shihet qartë se pjesën më të madhe të brezit të dedikuar për një kanal IPTV e zë video sinjali.

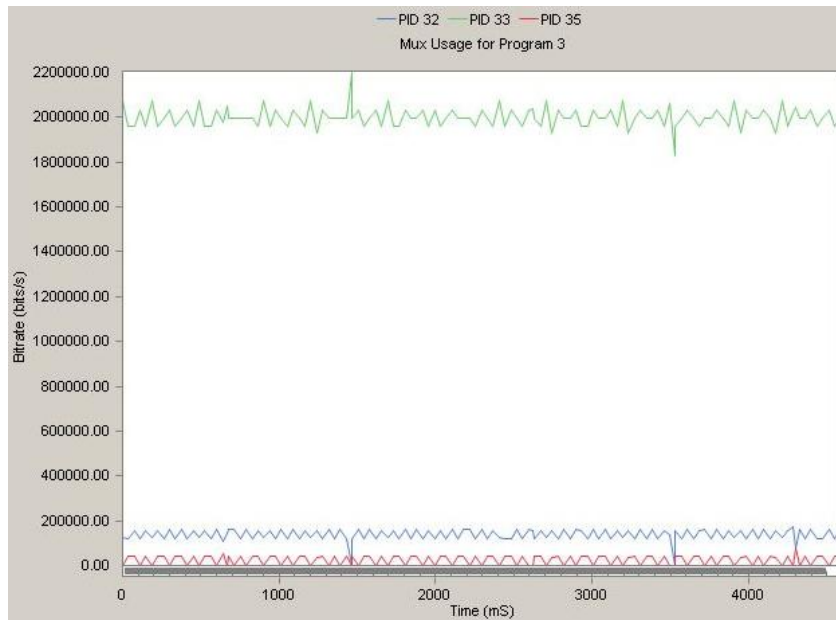


Figura 6.15. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV; DSLAM

Detaje të tjera në lidhje me përqindjen e rrjedhës së video sinjalit (kanalit TV) të tillë në njëjën e qasjes janë paraqitur në tabelën 6.5.

Tabela 6.5. PID lista: DSLAM 2 Mbps

PID lista- 4PID-s: CBR (Constant Bit Rate)					
PID	Kanali	Shfrytëzueshmëria	Numri	Përqindja	AVG Bitrate
0		PAT (4)	80	1.15	25,086
32	3	AAC (Advanced Audio Codec)	445	6.38	139,545
33	3	H.264 video	6,371	91.33	1,997,851
35	3	PMT (Program Map Table)	80	1.15	25,086
			<b>BR total:</b>	<b>2187568=2.086 Mbps</b>	

### 6.13 Matja në DSLAM: Shpejtësia e kodimit 1 Mbps

Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit për matjet në njën e qasjes (DSLAM), për një kanal të platformës IPTV shihet në figurën 6.16. Figura tregon rastin kur shpejtësia e kodimit është 1 Mbps.



Figura 6.16. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV

Përparësi e madhe e matjeve reale të parametrave të ndryshëm të rrjetit është se përmes tyre ofrohen analiza më komplekse të cilësisë së shërbimeve. Përmes matjeve, mund të paraqitet grafikisht edhe histogrami i arritjes së paketave i quajtur “jitter histogram”. Histogrami i kohës së arritjes së paketave tregon se sa paketa janë pranuar në një interval të caktuar kohor. Me këtë histogram nuk është e mundur të përcaktohet se kur, ku dhe pse ka ndodhur ndonjë pasaktësi në jitter. E gjithë ajo që mund të përcaktohet është jitter-i maksimal, minimal dhe ai mesatar, ndaj, për këtë rast kemi paraqitur edhe histogramin e arritjes së paketave në njën e aksesit (figura 6.17).

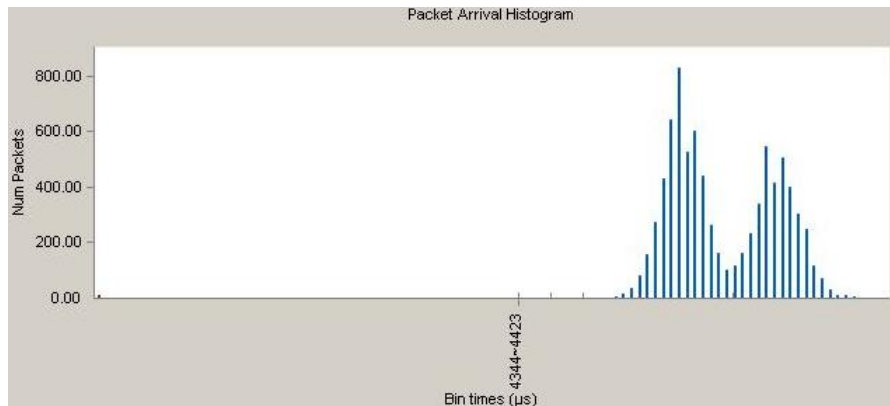


Figura 6.17. Histogrami i arritjes së paketave; DSLAM 1 Mbps

#### 6.14 Matja në DSLAM: Shpejtësia e kodimit 0.5 Mbps

Nëse shpejtësia e kodimit është 0.5 Mbps, përqindja e shfrytëzueshmërisë së brezit paraqitet përmes tabelës 6.6.

Tabela 6.6. PID lista: DSLAM 0.5 Mbps

PID lista- 7PID-s: CBR (Constant Bit Rate)						
PID	Kanali	Shfrytëzueshmëria	Numri	Përqindja	AVG Bitrate	BR Aktuale
0		PAT (4)	1,223	2,20	25,000	25,000
32	1	ECM (Entitlement Control Message)	44556	0,10	1,144	1,144
33	1	AAC	6,3716,821	12,25	139,436	139,454
34	1	H.264 video	8024,459	43,92	499,995	500,060
35	1	PMT	1,223	2,20	25,000	25,004
36	1	Teletext	0	0,00	0	0
8191			21,903	39,33	447,745	447,803

Apo, në formë grafike, shihet shfrytëzueshmëria për secilin PID, për një kanal të caktuar (figura 6.18):

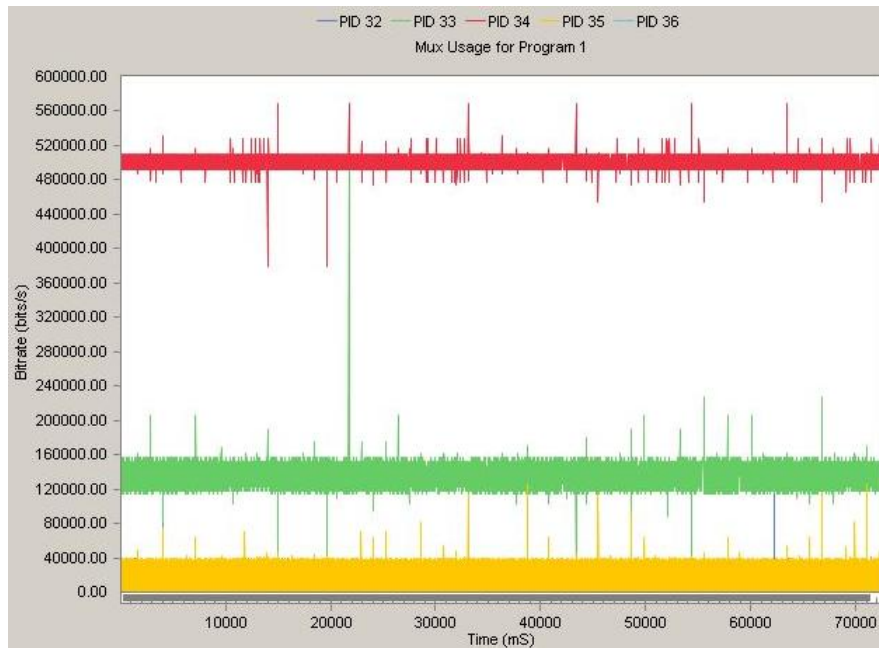


Figura 6.18. Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit-një kanal IPTV; DSLAM

Ndërsa, histogrami i arritjes së paketave për matjet e bërë në nyjen e qasjes DSLAM, për shpejtësinë e kodimit  $0.5\text{ Mbps}$ , shihet në figurën 6.19.



Figura 6.19. Histogrami i arritjes së paketave; DSLAM  $0.5\text{ Mbps}$

## 6.15 Matjet dhe analizat në linjën e qasjes; ADSL

### 6.15.1 Analiza e parametrut PCR në linjën ADSL dhe krahasimi për shpejtësi të ndryshme të kodimit: 0.5, 1 dhe 2 Mbps (3 stream)

Në këtë rast analiza e matjeve është bërë në linjën ADSL, e cila ndodhet në ndërtesën e PTK-së. Linja është e lidhur direkt në nyjën e aksesit dhe distanca e kësaj linje nuk merret parasysh nga që është shumë e vogël. Kapaciteti i konfiguruar i kësaj linje është 8 Mbps. Edhe në këtë pikë do të bëjmë matjen e disa parametrave të cilën ndikojnë direkt në kualitetin e shërbimeve IPTV.

Në figurën 6.20 paraqiten matjet e PCR-së në linjën ADSL, për shpejtësi të ndryshme të kodimit. Në këtë rast është bërë matja dhe krahasimi për shpejtësi të ndryshme të kodimit, kur kemi vetëm një rrjedhë video që transmetohet (1 stream). Edhe në këtë rast shihet qartë se PCR për shpejtësinë 2 Mbps ka vlerën më të madhe në të gjitha pikat e matura në intervale të caktuara kohore.

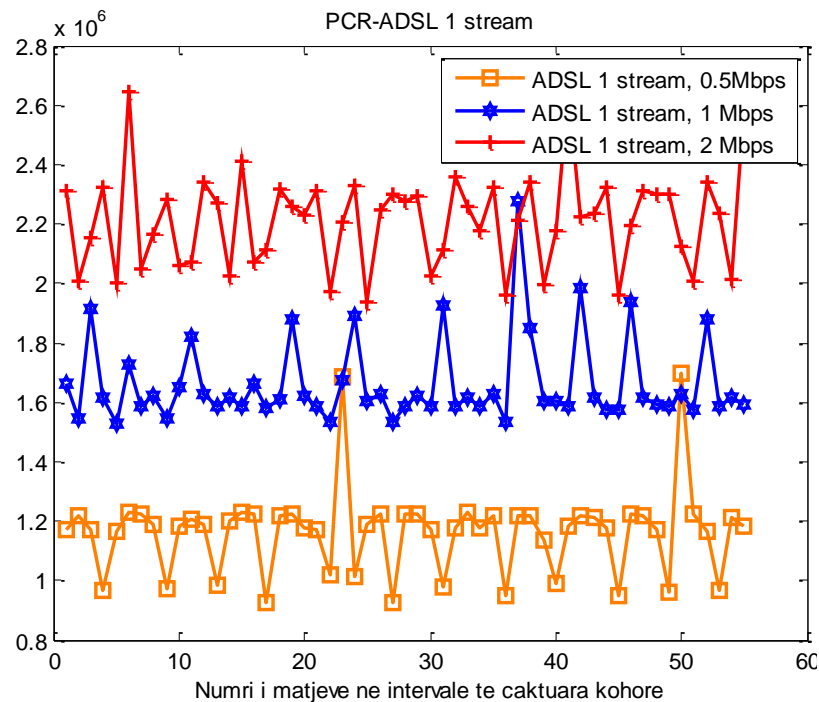


Figura 6.20. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 1 rrjedhë video

Në figurën 6.21 paraqiten matjet e PCR në linjën ADSL, për shpejtësi të ndryshme të kodimit. Në këtë rast është bërë matja dhe krahasimi për dy rrjedha video që transmetohen njëkohësisht (2 streams).

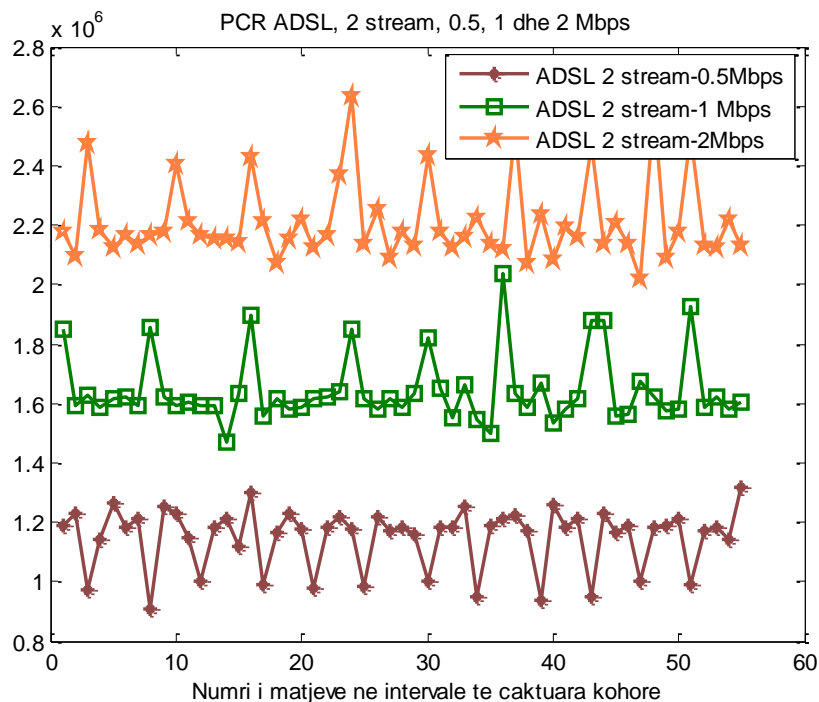


Figura 6.21. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 2 rrjedha video

Ndërsa, në figurën 6.22 paraqiten matjet e PCR në linjën ADSL, për shpejtësi të ndryshme të kodimit. Në këtë rast është bërë matja dhe krahasimi për tri rrjedha video që transmetohen njëkohësisht (3 streams).

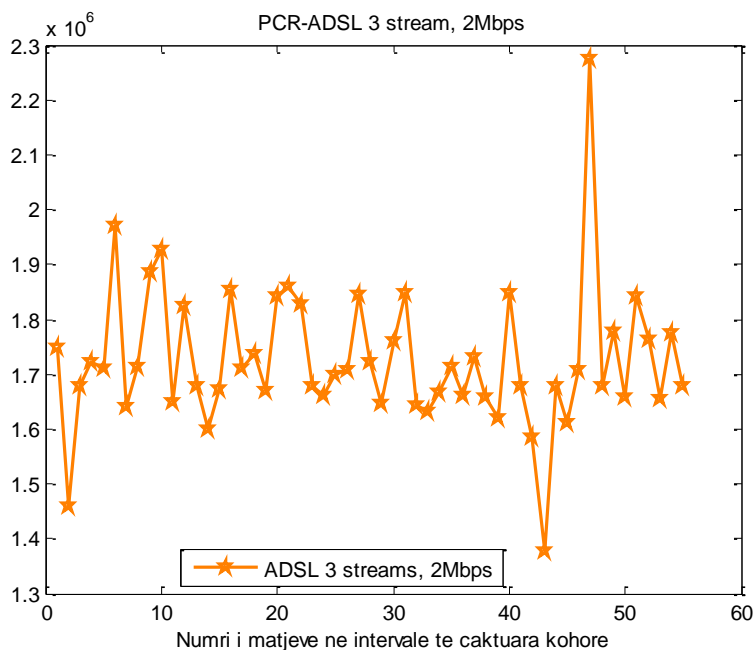


Figura 6.22. Matjet dhe krahasimi i PCR në linjën ADSL; 1 rrjedhë video



Në figurën 6.23 është paraqitur krahasimi ndërmjet ADSL 1 rrjedhë vs 2 rrjedha, për shpejtësinë e kodimit 0.5 Mbps.

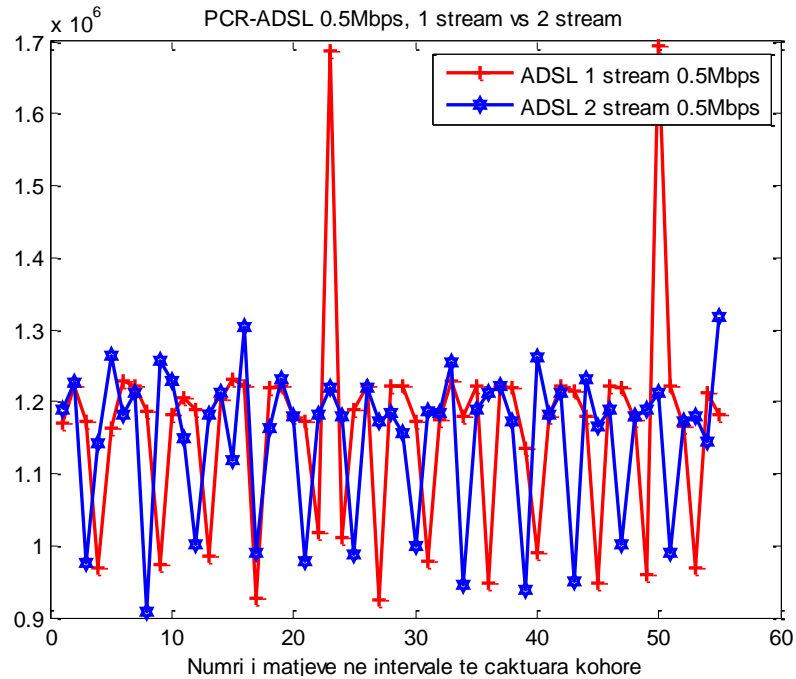


Figura 6.23. Krahasimi PCR për linjën ADSL 1 rrjedhë kundrejt 2 rrjedha; 0.5 Mbps

Ndërsa, në figurën 6.24 shihet PCR për linjën ADSL, me shpejtësi të kodimit 1 Mbps. Është bërë krahasimi kur kemi 1 rrjedhë dhe dy rrjedha video. Shihet se kur transmetohet një rrjedhë video PCR është më i madh në krahasim me rastin kur transmetohen 2 rrjedha njëkohësisht. Megjithatë, vërehet se ndryshimi është shumë i vogël. Nga kjo mund të arrihet në përfundimi se transmetimi i njëkohshëm i dy rrjedhave video është i mundshëm të bëhet në rrjetin aktual të TiK.

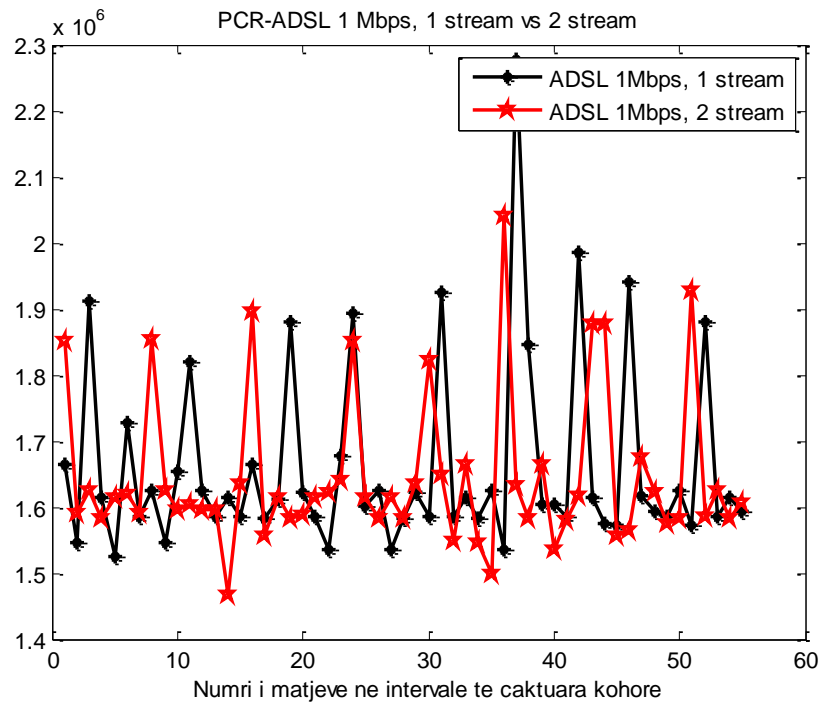


Figura 6.24. Krahasimi PCR ADSL 1 rrjedhë kundrejt 2 rrjedha; 1 Mbps

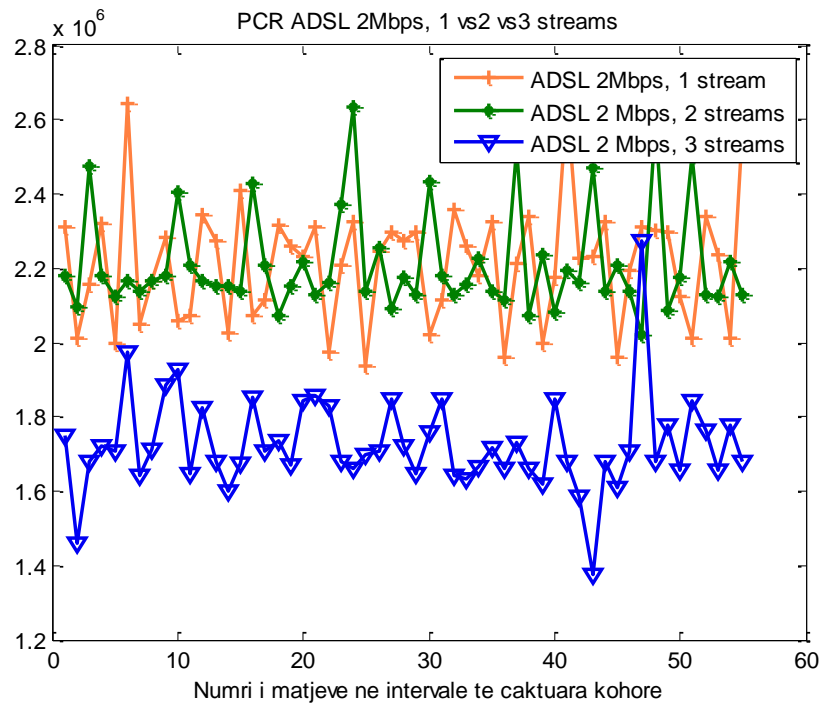


Figura 6.25. Krahasimi PCR i ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedha kundrejt tre rrjedha; 2 Mbps

Ndërsa, në figurën 6.25, është paraqitur parametri PCR për linjën ADSL për shpejtësinë e kodimit  $2Mbps$ . Është bërë krahasimi për rastet kur transmetohen njëkohësisht 1, 2 dhe 3 rrjedha video.

### 6.16 Analiza e DF në linjën ADSL; rasti kur kemi vetëm një rrjedhë video (1 Stream)

Faktori i vonesës për linjën ADSL shihet në figurën në vijim . Shihet se në rastin kur transmetohet vetëm një rrjedhë video në një linjë ADSL (kapaciteti  $8Mbps$ ), faktori i vonesës është brenda parametrave të lejuar për kualitet të qëndrueshëm të shërbimeve video. Siç edhe e kemi theksuar më lart, vlerat prej  $9-50ms$  janë vlera të cilat garantojnë cilësi të lartë. Në këtë figurë (figura 6.26) shihet se vlerat DF janë shumë të vogla. Nga kjo nxjerrim se transmetimi i një video sinjali IPTV nëpër një linjë të tillë ADSL, mund të bëhet me cilësi të lartë.

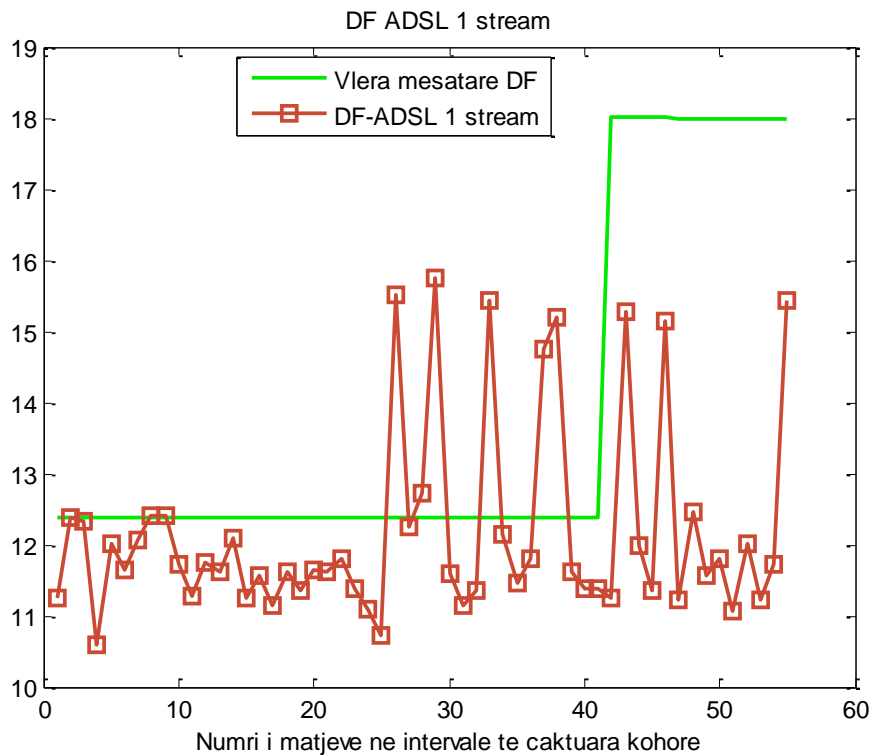


Figura 6.26. DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedha kundrejt tre rrjedha; 2 Mbps

Kërkesat e përdoruesve janë shumë dinamike, ndaj nëse kërkohet që të transmetohet më shumë se një sinjal video IPTV në një shtëpi (përmes një linje ADSL), duhet të bëhen matje edhe për këto raste dhe të shihet nëse linja e tillë është në gjendje të

përkrahë më shumë se një shërbim video njëkohësisht. Figura 6.27 bën krahasimin kur transmetohet një rrjedhë video dhe 2 rrjedha video njëkohësisht. Siç shihet, edhe për rastin kur transmetohen 2 rrjedha video IPTV njëkohësisht, DF është mjaft i favorshëm, do të thotë është në kuadër të kornizave të lejueshme për kualitet të lartë. Nga matjet e bëra mund të nxirret se nëpër linjën ADSL, mund të transmetohen edhe 2 sinjale video njëkohësisht, derisa kualiteti i shërbimit është mjaft i lartë .

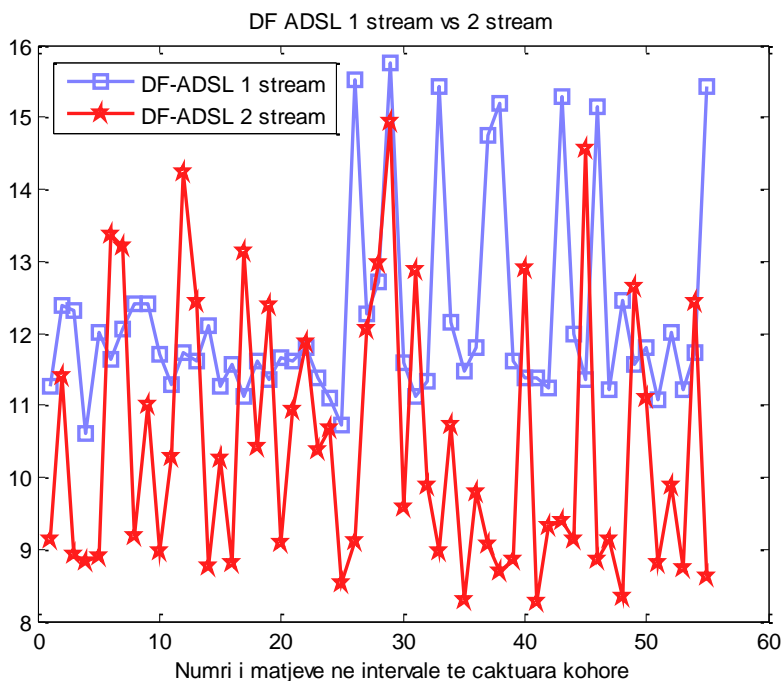


Figura 6.27. Krahasimi DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedha; 2 Mbps

Duke u bazuar në kërkesat e përdoruesve, ne kemi bërë matje të DF dhe analiza edhe për rastin kur transmetohen 3 rrjedha video njëkohësisht nëpër një linjë ADSL. Matjet dhe analizat i kemi bërë për rastin kur shpejtësia e kodimit është 2 Mbps. Rezultatet e matjeve të tilla dhe krahasimi me rastin kur transmetohen 1 dhe 2 rrjedha njëkohësisht paraqiten në figurën 6.28. Shihet qartë në figurën 6.28 nëse tentojmë të transmetojmë 3 rrjedha video njëkohësisht, DF në këtë rast është shumë i lartë, mbi 200 ms, ndaj, ky DF i lartë ndikon në cilësinë e videos. Nga kjo mund të arrijmë në përfundimin se transmetimi i 3 rrjedhave video njëkohësisht nuk mund të bëhet me një cilësi të lartë. Duhet të kërkohen alternativa të tjera dhe duhet të synohet në punimin e algoritmeve inteligjente përmes së cilëve mund të bëhet transmetimi i më shumë se 2 video sinjaleve njëkohësisht.

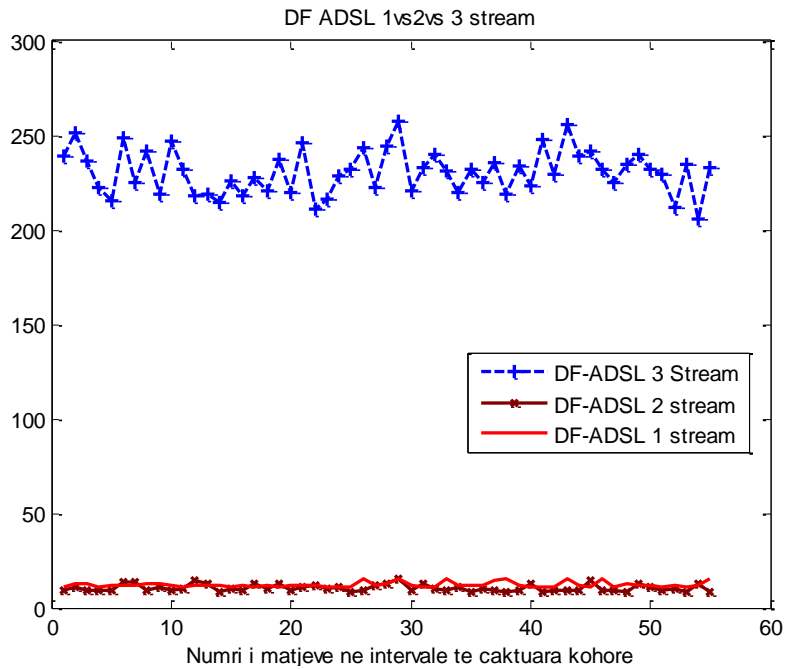


Figura 6.28. Krahasimi i DF: ADSL një rrjedhë kundrejt dy rrjedha kundrejt tre rrjedha; 2 Mbps

Në figurën 6.29, kemi paraqitur krahasimin ndërmjet DF të matur në HE dhe atij në linjën ADSL.

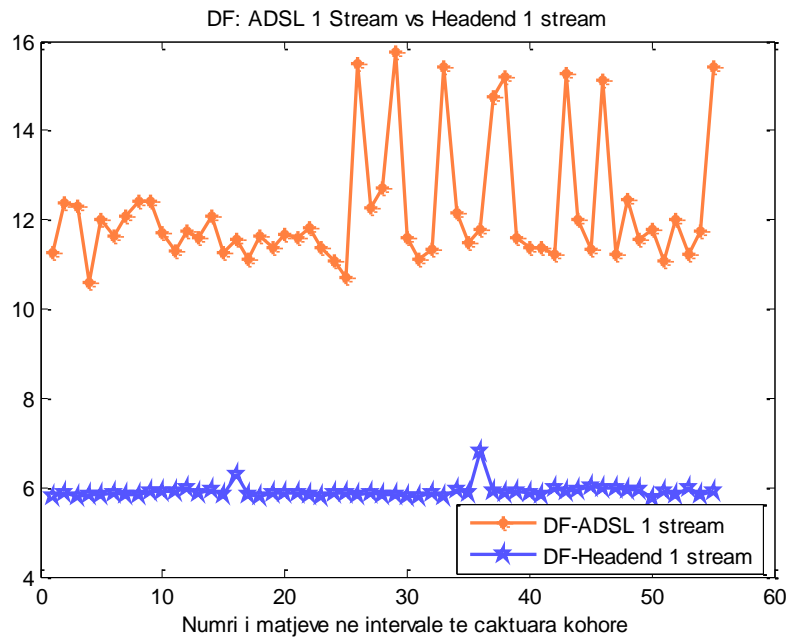
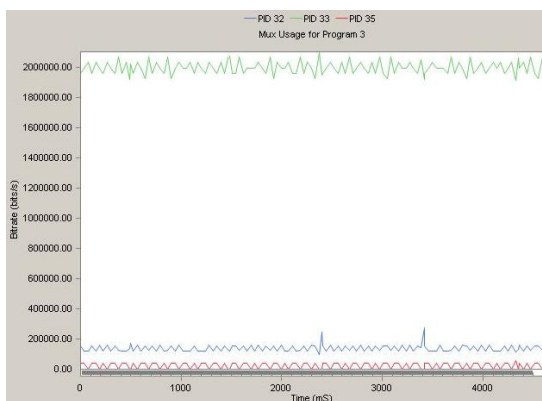


Figura 6.29. Krahasimi DF: ADSL një rrjedhë. kundrejt DF në headend; kodimi 2 Mbps

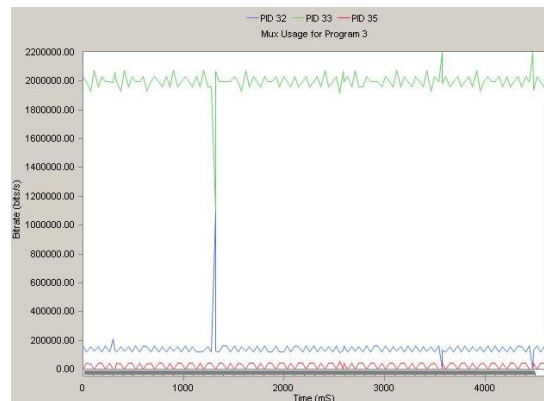
Shihet se DF i matur në linjën ADSL është më i madh, gjithashtu shihet se lakorja që paraqet DF e matur në linjën ADSL ka humbje shumë më të mëdha në krahasim me lakoren që paraqet DF e matur në HE. Këto humbje janë për faktin se teknologjia ADSL është e implementuar në kabllot a bakrit, të cilat janë të ndjeshme ndaj ndikimeve të jashtme, veçanërisht ndaj zhurmës impulsive që konsiderohet si faktori kryesor. Nga kjo, është lehtë të nxirret se DF në HE është shumë më i vogël, dhe është lakore që i përngjan shumë lakores konstante.

### 6.17 Matjet e PCR-së në linjën ADSL

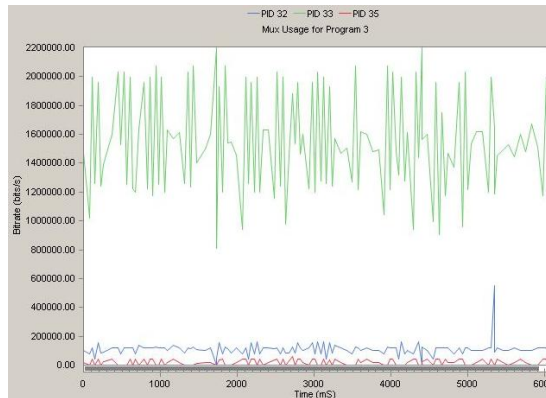
Matjet janë bërë në linjën ADSL (8 Mbps) e cila ndodhet në ndërtesën e PTK-së. Në figurën 6.30 kemi paraqitur krahasimin ndërmjet shfrytëzueshmërisë së brezit për rastet kur kemi 1, 2 dhe 3 rrjedha të njëkohshme nëpër të njëjtën linjë ADSL. Fillimisht është marrë rasti kur shpejtësia e kodimit është 2 Mbps. Vlen të theksohet se rëndësia e testimeve dhe matjeve të parametrave të ndryshëm, për shpejtësi të ndryshme koduese, është shumë e madhe sepse vetëm në këtë mënyrë mund të përcaktohet shpejtësia e vlefshme e transmetimit të një sinjali të caktuar video. Në seksionet e ardhshme do të prezantohen matje dhe analiza të parametrave të ndryshëm për shpejtësi të ndryshme koduese. Vetëm në këtë mënyrë mund të dalim me rekomandime konkrete për QoS/QoE.



a) PCR – Një rrjedhë, 2 Mbps



b) PCR- Dy rrjedha, 2 Mbps

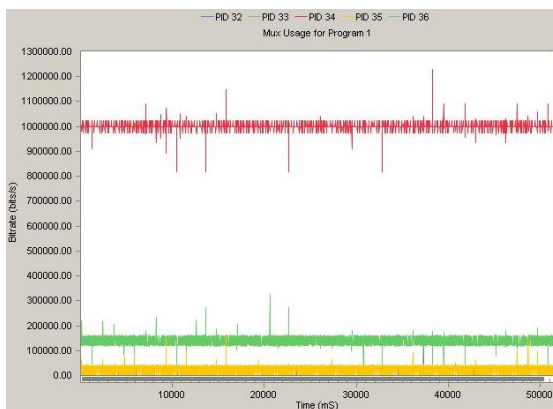


c) PCR – Tre stream, 2 Mbps

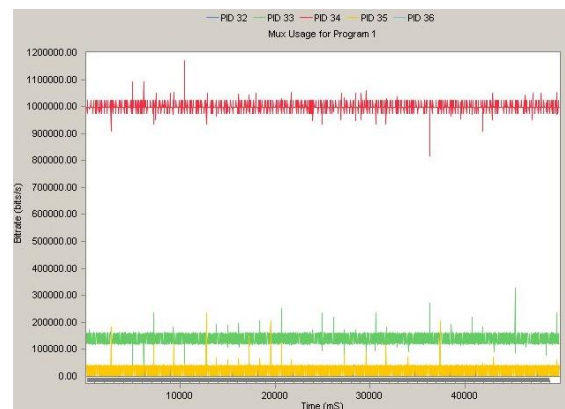
Figura 6.30. Matjet e PCR-së në linjën ADSL a) Një rrjedhë video, b) Dy rrjedha video dhe c) Tre rrjedha video

### 6.18 Matja në linjën e qasjes, ADSL: Rasti kur kodimi është 1 Mbps

Në këtë rast kemi paraqitur krahasimin për një dhe dy rrjedha video (shiko figurën 6.31).



a) Një rrjedhë video



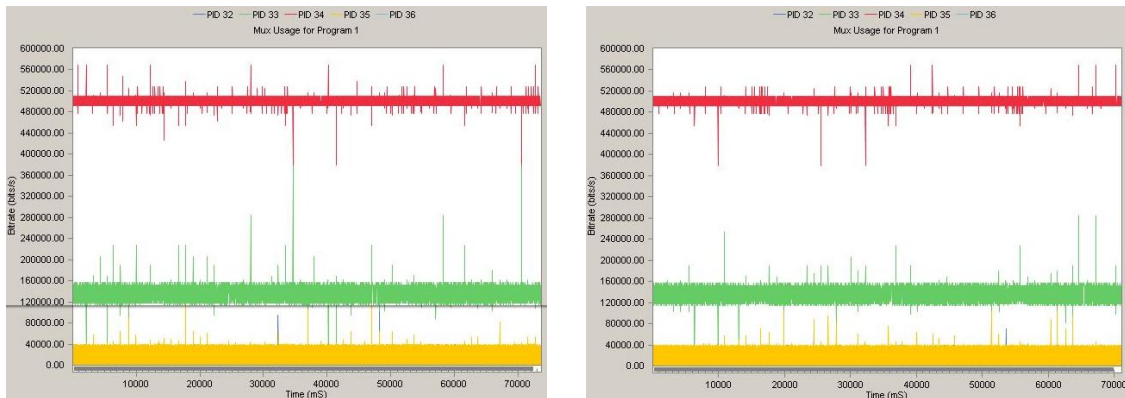
b) Dy rrjedha video

Figura 6.31. Matjet e PCR-së në linjën ADSL, për shpejtësinë e kodimit 1 Mbps; a) 1 rrjedhë video, b) 2 rrjedha video

Diferencat PCR në linjën ADSL në këtë rast (1 rrjedhë vs. 2 rrjedha video) janë shumë të vogla. Në linjën me kapacitet 8 Mbps, pa asnjë problem mund të bëhet transmetimi i dy sinjaleve video njëkohësisht.

## 6.19 Matja në linjën e qasjes, ADSL: Rasti kur kodimi është 0.5 Mbps

Në këtë rast kemi matur vlerat e PCR-së në linjën ADSL, kur shpejtësia e kodimit është 0.5 Mbps. Rezultatet e këtyre matjeve janë paraqitur në figurën 6.32. Në fakt, janë paraqitur vlerat për rastin kur kemi një dhe dy rrjedha video që transmetohen njëkohësisht nëpër këtë linjë ADSL.

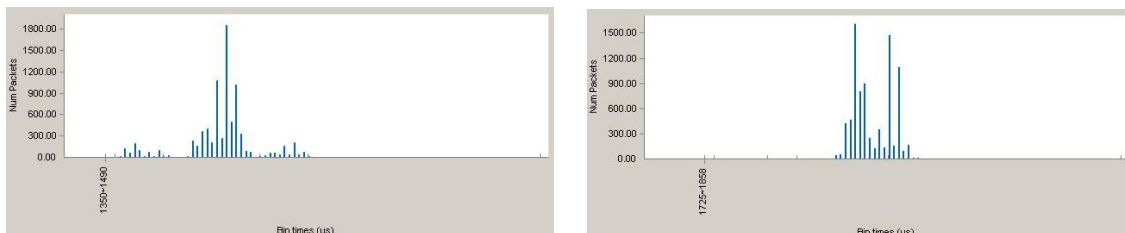


a) Një rrjedhë video

b) Dy rrjedha video

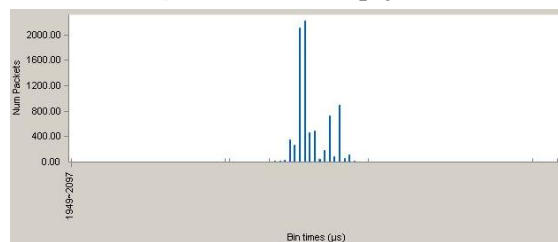
Figura 6.32. Matjet e PCR-së në linjën ADSL, për shpejtësinë e kodimit 0.5 Mbps; a) 1 rrjedhë video, b) 2 rrjedha video

Gjithashtu, kemi paraqitur edhe histogramin e arritjes së paketave për linjën ADSL (1 rrjedhë), për shpejtësi të ndryshme koduese, si në figurën 6.33.



a) Shpejtësia e kodimit 2 Mbps

b) Shpejtësia e kodimit 1 Mbps



c) Shpejtësia e kodimit 0.5 Mbps

Figura 6.33. Histogrami i arritjes së paketave matur në linjën ADSL a) shpejtësia e kodimit 2 Mbps, b) shpejtësia e kodimit 1 Mbps dhe c) shpejtësia e kodimit 0.5 Mbps



Shihet nga figura 6.33 në boshtin e ordinatës paraqitet numri i paketave, ndërsa në boshtin e abshisës paraqitet distanca ndërmjet mostrave të paketave në mikrosekonda. Shihet qartë se në rastin kur shpejtësia e kodimit është 0.5 *Mbps*, distanca ndërmjet mostrave është më e madhe në krahasim me rastin kur shpejtësia e kodimit është 1 dhe 2 *Mbps*. Nga kjo mund të arrihet në përfundimin se edhe “jitteri” është më i madh në rastet kur shpejtësia e kodimit është 0.5 *Mbps*. Gjithashtu, mund të vërehet se edhe humbja e paketave në këtë rast është më e madhe, rrjedhimisht edhe kualiteti është më i dobët.

Duke ditur që problemi me transmetimin e njëkohshëm të një rrjedhe video nuk ekziston, ne do të bëjmë një krahasim në rastin kur transmetohen 2 dhe 3 rrjedha njëkohësisht nëpër të njëjtën linjë ADSL. Do të merret rasti kur shpejtësia e kodimit është 2 *Mbps*. Në tabelat 6.7 dhe 6.8, jepen PID listat për linjën ADSL, për shpejtësi të kodimit 2 *Mbps*, për rastet kur kemi 2 dhe 3 rrjedha video, respektivisht.

Tabela 6.7. PID lista: ADSL 2 stream; 2 *Mbps*

PID	Kanali	Shfrytëzueshmëria	Përqindja	AVG BR
0		PAT (4)	1.15	25,113
32	3	AAC	6.39	140,006
33	3	H.264 video	91.31	1,999,960
35	3	PMT	1.15	25,113

Tabela 6.8. PID lista: ADSL 3 stream; 2 *Mbps*

PID	Kanali	Shfrytëzueshmëria	Përqindja	AVG Bitrate
0		PAT (4)	1.19	20,228
32	3	AAC	6.46	109,657
33	3	H.264 video	91.21	1,549,342
35	3	PMT	1.15	19,497

Apo, në formë grafike shihet qartë se shfrytëzueshmëria në rastin kur 2 rrjedha transmetohen njëkohësisht është më e madhe, ndaj edhe kualiteti është më i madh (shiko figurën 6.34):

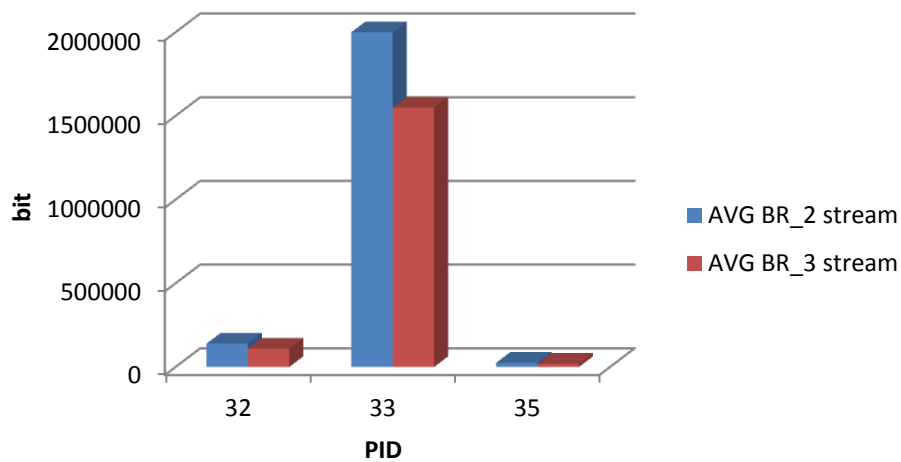


Figura 6.34. Krahasimi linjën ADSL, ndërmjet BR\_2 rrjedha video vs. BR\_3\_rrjedha

## 6.20 Literatura

- [1] Introduction to IGMP for IPTV Networks- Understanding IGMP Processing in the Broadband Access Network - White Paper - Juniper Networks, Inc. 1194 North Mathilda Avenue, Part Number: 200188-003 Oct 2007
- [2] ISO/IEC, 13818-4, Information technology — Generic, coding of moving pictures and, associated audio information, Second edition, 2004-12-5. [http://webstore.iec.ch/preview/info\\_isoiec13818-4%7Bed2.0%7Den.pdf](http://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec13818-4%7Bed2.0%7Den.pdf)
- [3] Lawrence Harte, “IPTV testing: Service Quality Monitoring, Analysis, and Diagnostics for IP Television Systems and Services”, Althos Publishing Fuquay-Varina, NC 27526 USA, Copyright c 2008 By Althos Publishing.
- [4] IPTV & IPTVv6 Quality of Experience (QoE) Test Solution, N5570A, N5572A, N5574A & E7877A, Technical Data Sheet
- [5] IPTV QoE: Understanding and interpreting MDI values, © Agilent Technologies, Inc. 2008 5 [www.agilent.com/find/n2x](http://www.agilent.com/find/n2x)
- [6] A Proposed Media Delivery Index (MDI), Network Working Group, J. Welch, Request for Comments: 4445, IneoQuest Technologies, Category: Informational, April 2006

## KAPITULLI 7

### **7 Rritja e shfrytëzueshmërisë së brezit dhe cilësisë së pritshme në arkitekturat e centralizuara IPTV**

#### **7.1 Hyrje**

Për ofrimin e shërbimeve IPTV rrjeti duhet të jetë i përgatitur të përkrahë disa protokolle specifike për procesimin e sinjaleve video. Arsyeja kryesore për përdorimin e protokolleve të tilla është që të bëhet rritja e shfrytëzueshmërisë së gjerësisë së brezit. Në infrastrukturën e TiK-ut, për momentin dominon rrjeti i aksesit që është i bazuar në kablllo të bakrit. Ky rrjet i qasjes paraqet një faktor limitues në arritjen e objektivave për penetrim dhe transmetim të shumë IPTV sinjaleve video njëkohësisht. Teknologjitë që përdoren për transmetimin e shërbimeve IPTV në TiK janë ADSL dhe ADSL2+. Së fundmi është duke u testuar edhe teknologjia VDSL. Ndërsa, rrjeti qendror është i bazuar në IP/MPLS.

Synimi në drejtim të rritjes së numrit të përdoruesve dhe kërkesave të tyre për shërbime IPTV shumë shpejtë do të tejkalojë kapacitetin e rangut Gbps edhe në rrjetin qendror, e veçanërisht në arkitekturat e centralizuara IPTV, siç është rasti me arkitekturën e implementuar në TiK. Kjo është arsyeja se pse preferohet të bëhen analiza të hollësishme për problemet të tilla në dobi të një zgjidhje më të mirë për shfrytëzimin sa më efikas të gjerësisë së brezit, dhe për ngritje të cilësisë gjatë transmetimit të shërbimeve IPTV. Përderisa TiK përballet me një rritje eksponenciale të përdoruesve, është e vështirë të sigurohet cilësi e lartë në të ardhmen e afërt. Një tjetër problem në TiK paraqet sjellja dinamike e përdoruesve, që nënkupton kërkesat e shumta për shumë video të ndryshme. Çdo ditë, TiK ballafaqohet me kërkesa për shpërndarjen e shumë sinjaleve video IPTV në një shtëpi të vetme. Të gjitha këto shërbime do të konkurrojnë për gjerësinë e kufizuar të brezit. Kjo do të jetë njëherazi edhe sfida më e madhe e TiK, sepse kjo sjellje dinamike e përdoruesve me të vërtetë mund të rrezikojë në masë të madhe QoE.

## 7.2 Problemet për ofrimin e IPTV shërbimeve me cilësi të lartë në TiK

Ofrimi i shërbimeve IPTV përmes teknologjisë ADSL [1] [2] është një nga mundësitë e ofrimit të këtyre shërbimeve me cilësi të lartë nëpër këto linja brezgjera (broadband). Përmirësimi i cilësisë në linjat e bazuara në ADSL është fokusi kryesor i të gjithë operatorëve që e përdorin këtë teknologji. Duke u bazuar në punimin [3], 75% e të gjitha shtëpive që shfrytëzojnë shërbimet IPTV i pranojnë këto shërbime përmes koneksioneve ADSL. Shumë operatorë janë duke shikuar që të bëjnë implementimin e disa serverëve për shpërndarjen e kontentit (Content delivery servers–CDS) për të “mbajtur” trafikun sa më afër përdoruesve, duke reduktuar kështu koston e transmetimit në distanca të gjata. Ofruesit e shërbimeve IPTV duhet të bëjnë një planifikim të mirëfilltë të rrjetit për të përmbushur kërkesat e shumta të përdoruesve. Kjo është arsyeja pse TiK gjithnjë kërkon zgjidhje të reja për ofrimin e shërbimeve IPTV me cilësi të lartë, e posaçërisht për rastet kur kemi të bëjmë me shumë kërkesa brenda të njëjtës shtëpi që duhet ta “ndajnë” kanalën transmetues së bashku. Në këtë rast, situata do të paraqitet e tillë, ku shumë pajisje STB do të konkurrojnë për gjerësi të brezit nëpër një link të përbashkët. Ky link konsiderohet si “fyt” i ngushtë. Kjo konkurrencë mund të shkaktojë një ndarje jo të drejtë të gjerësisë së brezit; një përdorues brenda të njëjtës shtëpi mund të ketë cilësi të mirë, ndërsa përdoruesi tjetër mund të ketë cilësi të dobët. Por, edhe nëse gjerësia e brezit ndahet në mënyrë të barabartë, disa kanale TV mund të kërkojnë më tepër gjerësi të brezit (Bit rate) sesa kanalet e tjera. P.sh. kanalet sportive kërkojnë më shumë BR (bit rate) sesa kanalet e lajmeve! Në këtë rast ne duhet të bëjmë alokimin e gjerësisë së brezit të kushtëzuar nga fakti se kemi kërkesa të ndryshme për BR për kanale të ndryshme TV. Përveç kësaj, përveç kufizimeve në gjerësi të brezit që ekziston në linjat e qasjes në TiK, ekzistojnë “fytë” të ngushta edhe në disa linja “backbone”, ndërmjet nyjeve të aksesit DSLAM dhe ruterëve të skajeve (ESS-Ethernet Service Switches). Në disa raste, ky kufizim është 150 *Mbps*, i pamjaftueshëm për plotësimin e kërkesave të përdoruesve. Kështu, për të zgjidhur problemet me fytë të ngushta, duhet të merren parasysh dy probleme kryesore: rasti kur kemi vetëm një fyt të ngushtë (Nyje e qasjes - shtëpi e përdoruesit) dhe rasti më i ndërlikuar, kur kemi fyt të ngushtë ndërmjet DSLAM (nyje e qasjes)-ESS ruterave dhe në linjën DSLAM-Shtëpi e përdoruesve. Problemi kryesor është në rastin e transmetimit të njëkohshëm të shumë sinjaleve video nëpër këto linja.

Alokimi “fer” (i drejtë) i gjerësisë së brezit, deri tani është diskutuar në shumë punime si [4]-[7], por deri tani nuk është marrë parasysh ndikimi i FR, QS dhe FS

njëkohësisht, për gjetjen e zgjidhjes më të mirë për shfrytëzim efikas të gjerësisë së brezit nëpër një rrjet fiks për transmetimin e shumë sinjaleve video IPTV njëkohësisht. Më herët, në NYU Poly janë bërë analiza të tilla, mirëpo si subjekt i këtyre studimeve ka qenë vetëm një sinjal video që transmetohet nëpër kanalin transmetues. Ky projekt, është shumë i rëndësishëm për ofrimin e shërbimeve video në të ardhmen, sidomos në rastet kur pajisjet fundore janë heterogjene. Si shembull konkret, mund të përmendet ofrimi i shërbimeve video (shërbimeve IPTV) përmes rrjetit celular. Ky është projekti i parë që merr parasysh këta parametra njëkohësisht dhe analizon rastin kur tentohet të bëhet maksimizimi i shfrytëzimit të përgjithshëm të kanalit transmetues, kur transmetohen shumë sinjaleve video nëpër të njëjtin format transmetues.

Në bazë të matjeve që kemi bërë në rrjetin real në TiK (kapitulli paraprak), kemi vërejtur se në rastin e transmetimit të 1 apo edhe 2 video kanaleve IPTV, faktori i vonesës (DF) dhe humbjet (MLR) janë shumë të vogla, por problemi paraqitet në rastin e transmetimit të më shumë se dy kanaleve video IPTV. Nëse kemi tentuar të bëjmë transmetimin e 3 kanaleve IPTV në një linjë, atëherë kemi fituar vlera shumë të mëdha të DF dhe të MLR-së dhe kemi vërtetuar se cilësia është shumë e dobët, për të mos thënë se video as që mund të shikohet.

Pra, kur shumë video transmetohen njëkohësisht në të njëjtën linjë, kufizimet në linjën e qasjes ndikojnë që cilësia të jetë e dobët. Këto probleme na kanë orientuar që të kërkojmë zgjidhje të ndryshme, përmes algoritmeve të ndryshme, për të pasur cilësi të lartë gjatë transmetimit dhe shfrytëzim më të mirë të gjerësisë së brezit.

### **7.3 Problemet në sistemin e kodimit dhe mundësia e implementimit të kodimit SVC**

Problemi kryesor për kodimin e video sinjaleve është, nëse dihet BR, si të bëhet përcaktimi se në çfarë FR (shpejtësia e kornizave-Frame rate), FS (madhësia e kornizave-FS) dhe QS (hapi i kuantizimit-Quantization step size) të bëhet kodimi i videos. Një video mund të kodohet në FR të madhe, FS të madhe dhe në QS të vogël, ose mund të bëhet kodimi me FR të vogël, FS të vogël dhe me QS të vogël, duke prodhuar kështu korniza me cilësi të lartë. Këto dhe kombinime tjera të këtyre parametrave mund të na çojnë në kualitete të ndryshme perceptuale. Mënyra ideale do të ishte që dekoderi të bëjë zgjedhjen më të mirë të  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  (STAR) që na jep kualitetin më të mirë perceptual, duke i plotësuar kërkesat për BR. Zgjidhja optimale kërkon BR të saktë dhe parashikim të cilësisë për secilin kombinim STAR [8]-[10].

Pra, parametrat kryesor të transmetimit të sinjaleve video, që kontrollojnë kërkesat për gjerësi të brezit janë: QS, FR dhe FS. Duke pasur kufizime në gjerësi të brezit dhe në rezolucion të ekranit në pranues, enkoderi ose transkoderi i rrjetit, duhet të vendosin se në cilën FR, FS dhe QS duhet ta kodojnë videon për të arritur kualitetin maksimal të perceptimit. Prandaj, është shumë e rëndësishme të kuptohet rëndësia e ndikimit të STAR në cilësinë e videos.

Në këtë punim , do të përdorim formulimet teorike për RSTAR dhe QSTAR për të përcaktuar kombinimet optimale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  që na japin rezultate maksimale në aspektin e cilësisë dhe në aspektin e shfrytëzueshmërisë së burimeve të rrjetit.

#### 7.4 Shqyrtimi i vlerave kontinuele STAR për ofrimin e video sinjaleve IPTV me një cilësi të lartë

Në këtë punim do të përdorim RSTAR dhe QSTAR [8-9] për të përcaktuar vlerat optimale STAR për një video sinjal për një kufizim të caktuar në gjerësi të brezit. Në këtë seksion, do të marrim në shqyrtim vetëm vlerat kontinuele për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ . Së pari duhet të supozojmë se  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  mund të kenë cilëndo vlerë në një rang respektiv:

$$s \in (0, s_{max}]$$

$$t \in [0, t_{max}]$$

$$q \in (q_{min}, \infty]$$

Modelet teorike në të cilat do të bazohemi [8-9], për cilësi dhe për BR, janë si më poshtë:

Modeli për BR:

$$R(q, s, t) = R_{max} \left( \frac{q}{q_{min}} \right)^{-a} \left( \frac{t}{t_{max}} \right)^b \left( \frac{s}{s_{max}} \right)^c \quad (1)$$

Modeli për cilësinë:

$$Q(q, s, t) = \frac{1 - e^{-\alpha_q \left( \frac{q_{min}}{q} \right)^{\beta_q}}}{1 - e^{-\alpha_q}} \frac{1 - e^{-\alpha_s \left( \frac{s}{s_{max}} \right)^{\beta_s}}}{1 - e^{-\alpha_s}} \frac{1 - e^{-\alpha_t \left( \frac{t}{t_{max}} \right)^{\beta_t}}}{1 - e^{-\alpha_t}} \quad (2)$$

Nëse marrim që kufizimi në gjerësi të brezit është 12 Mbps, atëherë mund të fitojmë formulimin e mëposhtëm:

$$R(q, s, t) = R_0 = 12Mbps \quad (3)$$

Nëse e zëvendësojmë shprehjen e fundit në ekuacionin (1), do të fitohet shprehja e mëposhtme:

$$q = q_{min} \sqrt[a_q]{R_{max}(s/s_{max})^{\alpha_s}(t/t_{max})^{\alpha_t}/R_0} \quad (4)$$

Shprehja e mësipërme (4) përcakton vlerën e  $q$  për rastin kur dihen vlerat për  $s$  dhe  $t$ , në mënyrë që të plotësohet kushti për  $R_0$ .

Duke e zëvendësuar (4) në (1), fitohet modeli i cilësisë në lidhje me FS dhe FR.

Duke zgjidhur ekuacionet e mëposhtme:

$$\frac{\partial Q(s;t)}{\partial s} = 0 \quad (5)$$

dhe

$$\frac{\partial Q(s;t)}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

Do të fitojmë vlera optimale për  $s_{opt}$ ,  $t_{opt}$  dhe  $q_{opt}$  përmes ekuacionit (4) që na jep kualitetin më të mirë  $Q_{opt}$

Mund të shihet qartë se lakorja analitike Q-R lidhë pikat optimale të kualitetit dhe BR. Gjithashtu, është e vështirë të gjendet një formë e saktë e funksionit  $Q_{opt}(R)$ , është vërtetuar se lakorja Q-R mund të përafrohet shumë mirë përmes funksionit të mëposhtëm.

$$Q(R) = \frac{1 - e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}}}{1 - e^{-k}} \quad (7)$$

ku,  $k$  paraqet parametrin e modelit.

Në rastin tonë, ne duhet të marrim parasysh rezolucionin kohor (temporal), hapësinor (spatial) dhe atë të amplitudës. Në këtë rast duhet të marrim parasysh 3 parametra njëkohësisht, në dallim nga rasti i propozuar [8] që merr parasysh vetëm dy parametra njëkohësisht. Gjithashtu, në dallim nga punimi [11], duhet të marrim parasysh se kemi gjerësi fikse të brezit. Më tej, rasti i studimit tonë zgjerohet duke studiuar shumë video që transmetohen njëkohësisht, në dallim nga punimi [11] ku studiohet vetëm një video që transmetohet në të njëjtën kohë. Por, gjithashtu do të marrim parasysh edhe rastin kur kemi 2 fyte të ngushta njëkohësisht, rast i cili nuk është marrë në konsideratë deri më tani.

## 7.5 Modeli R-Q i përshtatur për rastin konkret të këtij punimi

Mund të jenë shumë kombinime të mundshme të FR, FS dhe QS që i përmbushin kërkesat për BR. Por, cilësia për secilin kombinim është e ndryshme. Prandaj, është mirë të gjendet kombinimi i cili jep kualitetin më të madh të mundshëm. Për të gjetur vlerën optimale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  dhe kualitetin maksimal që i korrespondon këtyre vlerave, ne kemi modifikuar modelin R-Q, dhe e kemi shënuar si  $\tilde{Q}(R)$ .

Përderisa në këtë rast duhet të studiojmë 3 parametra, së pari do të definojmë disa standarde: BR i normalizuar  $\tilde{R} = R/R^{max}$ , FR i normalizuar  $\tilde{t} = t/t^{max}$  dhe FS i normalizuar  $\tilde{s} = s/s^{max}$  dhe QS e relativizuar  $\tilde{q} = q/q^{min}$ . Nëse kufizimi i BR është  $R \leq R^{max}$ , mund të gjendet nga ekuacioni (3) se  $\tilde{R} = \tilde{q}^{-a} \tilde{t}^b \tilde{s}^c$ , që është ekuivalente me  $\tilde{q} = \tilde{R}^{-\frac{1}{a}} \tilde{t}^{\frac{b}{a}} \tilde{s}^{\frac{c}{a}}$ . Më tej, mund të shkruajmë modelin për Q dhe për R të modifikuar në terma të  $(\tilde{t}, \tilde{s}, \tilde{R})$  si më poshtë:

$$Q(q, t, s) = Q^{max} \frac{e^{-c \frac{q}{q^{min}}}}{e^{-c}} \frac{1 - e^{-d \frac{t}{t^{max}}}}{1 - e^{-d}} \frac{1 - e^{-g \frac{s}{s^{max}}}}{1 - e^{-g}} \quad (8)$$

dhe

$$\tilde{Q}(\tilde{t}, \tilde{s}, \tilde{R}) = \frac{e^{-c \tilde{R}^{-\frac{1}{a}} \tilde{t}^{\frac{b}{a}} \tilde{s}^{\frac{c}{a}}}}{e^{-c} (1 - e^{-d})(1 - e^{-g})} (1 - e^{-d \tilde{t}}) (1 - e^{-g \tilde{s}}) \quad (9)$$

## 7.6 Përcaktimi analitik i kornizës për rritjen e cilësisë

Për ngritjen e cilësisë së shërbimit është me rëndësi që fillimisht të përcaktohet një kornizë në mënyrë analitike. Korniza për rritjen e cilësisë bazohet në modelin Q-R i cili jepet në ekuacionin e mëposhtëm:

$$\tilde{Q}(R) = e^{-\alpha \left( \frac{R}{R^{max}} \right)^{-\beta}} + \alpha \quad (10)$$

Marrim parasysh rastin kur kemi disa pranues (receiver) video që e ndajnë (share) të njëjtën gjerësi brezi. Për secilin pranues  $i \in \{1, 2, \dots, I\}$  që e ndajnë kapacitetin e linkut  $C_i$ , videoja mund të adoptohet për të pasur parametër kodues ekuivalent nga bashkësia  $(q_i, t_i, s_i)$ , që rezulton në kualitetin subjektiv  $Q_i(q_i, t_i, s_i)$  dhe në BR të videos  $R_i(q_i, t_i, s_i)$ .



$$\max_{\bar{q}, \bar{t}, \bar{s}} \sum_{i=1}^I w_i \tilde{Q}_i(q_i, t_i, s_i) \quad (11)$$

$$s. t. \sum_{i=1}^I R_i(q_i, t_i, s_i) \leq 1 \quad (12)$$

$$q_i \in \theta_i, t_i \in \varphi_i, s_i \in \tau_i \quad \forall i = 1, \dots, I \quad (13)$$

$\theta_i, \varphi_i, \tau_i$  tregojnë zgjedhjet e mundshme të QS, FR dhe FS për videon e kërkuar nga pranuesi  $i$ , respektivisht. Këto 3 ekuacione (11) (12) dhe (13) përshkruajnë formën perfundimtare të zgjidhjes së problemit.

Kompleksiteti në llogaritje, për zgjidhjen e problemeve të optimizimit rritet me rritjen e dimensioneve të parametrave kodues dhe me rritjen e numrit të videove që transmetohen njëkohësisht. Përveç kësaj, këta parametra kodues shpesh marrin vlera integjer. Kështu, problemi bëhet shumë i vështirë për t'u zgjidhur. Le të supozohet se kemi  $\mathbf{N}$  zgjedhje të mundshme  $q$ ,  $\mathbf{M}$  zgjedhje të mundshme të vlerave  $t$ ,  $\mathbf{P}$  zgjedhje të mundshme  $s$  dhe  $\mathbf{I}$  video që transmetohen njëkohësisht, numri i zgjidhjeve të mundshme do të jetë  $(MNP)^I$ .

Në shembullin e mëposhtëm, fillimisht do shqyrtojmë rastin kur kemi vetëm vlera kontinueale për  $q, s$  dhe  $t$ . Ky rast është një rast teorik, por do ta trajtojmë për të kaluar më tej në rastet praktike (vlera diskrete për  $q, s$  dhe  $t$ ). Në këtë rast teorik, do të shqyrtojmë vlerën optimale të modelit Q-R, si më poshtë (ekuacioni 14):

$$\tilde{Q}(\tilde{t}, \tilde{s}, \tilde{R}) = \frac{e^{-c\tilde{R}} \frac{1}{a} \frac{b}{\tilde{t}a} \frac{c}{\tilde{s}a} (1 - e^{-d\tilde{t}}) (1 - e^{-g\tilde{s}})}{e^{-c} (1 - e^{-d})(1 - e^{-g})} \quad (14)$$

## 7.7 Rasti 1: Përshkrim i problemit

Këtu do të supozojmë se kemi një fyt të ngushtë 12 *Mbps* për secilën shtëpi dhe kemi 5 kanale video që transmetohen njëkohësisht në një shtëpi. Secila video është e koduar me softuerin JSVM duke përdorur  $q, s$  dhe  $t$  të ndryshëm. Gjerësia maksimale e brezit është fikse 12 *Mbps*, duke supozuar se përdoret teknologjia ADSL2, shiko figurën 7.1 për të parë BR që kjo teknologji ofron dhe krahasimin me teknologjinë ADSL2+.

Kjo gjerësi e brezit është ndarë ndërmjet 5 përdoruesve për të cilët supozohet se i kërkojnë njëkohësisht këto video TV. Fillimisht, videot ndahen në 5 klasë të ndryshme, secila me BR të ndryshëm dhe secila e koduar përmes softuerit JSVM. Rasti që do të shqyrtojmë merr parasysh se të 5 përdoruesit e një shtëpie kërkojnë secili nga një klasë të

veçantë të shërbimeve video. Do të thotë, nga 5 klasat e mundshme, secili kërkon një klasë.

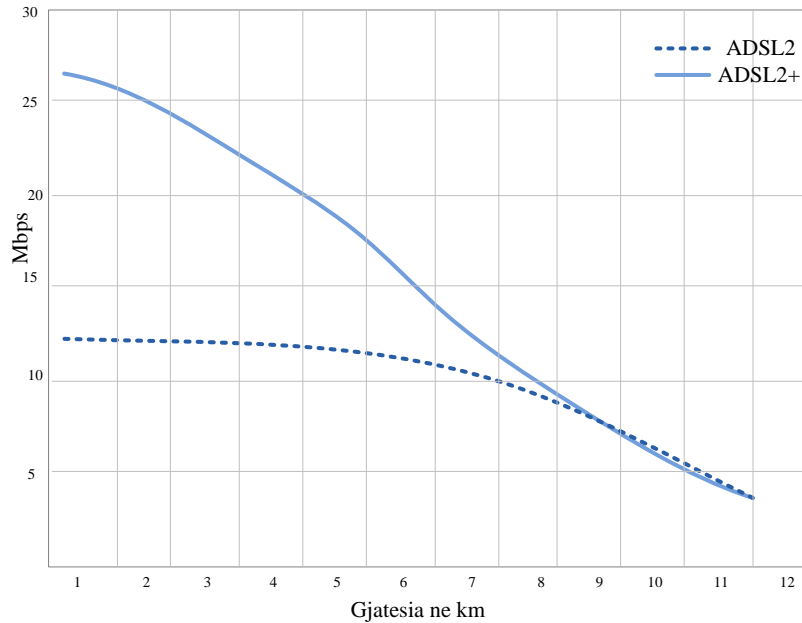


Figura 7.1. Karakteristikat e teknologjive ADSL2 dhe ADSL2+

Me ndarjen në klasë të shërbimeve video IPTV, nënkuptohet se në një klasë të shërbimeve IPTV mund të jenë disa kanale video IPTV që i takojnë kësaj klase. P.sh, në klasën 1, mund të jenë 10 kanale TV, në klasën 2; 10 kanale TV e kështu me radhë. Do të thotë, në kuadër të një klase bëjnë pjesë të gjitha kanalet TV që kanë karakteristika të njëjta dhe kërkojnë BR të njëjtë për transmetim efikas. Skenari i problemit shihet në figurën 7.2

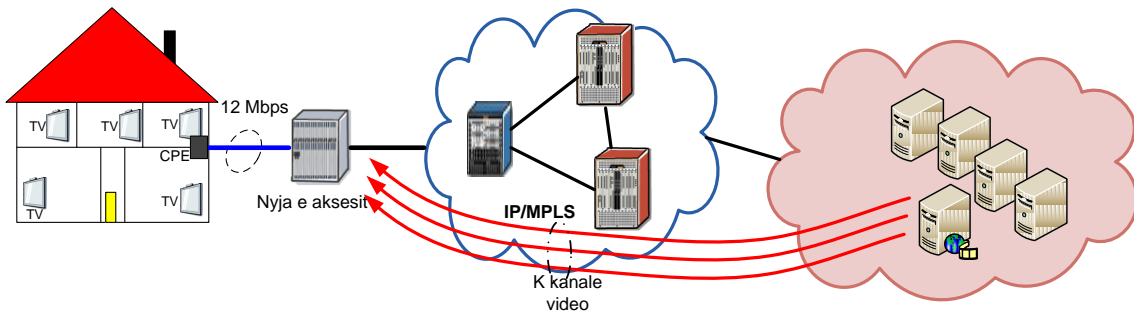


Figura 7.2. Skenari i problemit 1, rasti kur 5 video IPTV transmetohen në një shtëpi

Ky problem kërkon që të bëhet rritja e shfrytëzueshmërisë së brezit me qëllim rritjen e cilësisë. Për këtë përdorim mekanizmin e optimizimit dhe të kufizimit në gjerësi të brezit, përderisa kufizimi në këtë rast është 12 *Mbps*.

Algoritmi matematikor që ne kemi propozuar për këtë rast është si më poshtë:

$$\max_{R_i} \sum_{i=1}^I w_i Q_i(R_i) \quad (15)$$

Përderisa, alokimi i gjerësisë së brezit është i kufizuar në:

$$s. t. \sum_{i=1}^I R_i \leq C \quad (16)$$

ku,  $C$ - gjerësia totale e brezit = 12 *Mbps*

Për gjetjen e zgjidhjes për këtë problem, do të përdorim ekuacionet e Lagranzhit (Lagrangian), i cili propozon një zgjerim të kushteve optimale për problemet që trajtojnë kufizime të ndryshme. Pra, problemin do ta përshkruajmë përmes shumëzuesve të Lagranzhi, si më poshtë:

$$L(R_i, \mu) = \sum_{i=1}^I w_i Q_i(R_i) + \mu(\sum_{i=1}^I R_i - C) = 0 \quad (17)$$

ku,  $\mu$  është shumëzuesi i Lagranzhit.

Përderisa kushtet KKT për rastin konkret mund të shkruhen si më poshtë:

$$\nabla_{R_i} L(R_i, \mu) = 0 \quad (18)$$

$$\nabla_{\mu} L(R_i, \mu) = \sum_{i=1}^I R_i - C = 0 \quad (19)$$

Nga ekuacioni 18 kemi:

$$\frac{dL}{dR_i} = \sum_{i=1}^I w_i Q_i'(R_i) + \mu = 0 \quad (20)$$

Nga ekuacioni (19), kemi:

$$\frac{dL}{dR_i} = \sum_{i=1}^I R_i - C = 0 \quad (21)$$

Funksioni (22), tregon relacionin ndërmjet Q dhe R, që rrjedh nga ekuacionet për QSTAR dhe RSTAR që u shtjelluan në seksionet e mëhershme (ekuacioni 1 dhe 2). Ky funksion shihet më poshtë:

$$Q(R) = \frac{1 - e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}}}{1 - e^{-k}} \quad (22)$$

Derivati i funksionit  $Q_i'(R_i)$ , e bën derivimin e funksionit të mësipërm:

$$\frac{dQ(R)}{dR} = \left( \frac{1 - e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}}}{1 - e^{-k}} \right)' = \frac{-0.55k}{1 - e^{-k}} \frac{1}{(R_{max})^{0.55}} R^{0.55-1} e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}} \quad (23)$$

Duke zëvendësuar (23) në (20) do të kemi:

$$w Q'(R) + \mu = 0$$

$$\frac{w}{1 - e^{-k}} \left[ \frac{-0.55k}{1 - e^{-k}} \frac{1}{(R_{max})^{0.55}} R^{0.55-1} e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}} \right] + \mu = 0 \quad (24)$$

Nga ekuacioni (24), duhet gjetur vlera për  $R_i$  (Për 5 video kanalet që i kemi supozuar). Le të marrim vlerat maksimale për BR për secilën video që transmetohet:

$$R_{1max} = 2.1 \text{ Mbps}$$

$$R_{2max} = 2.1 \text{ Mbps}$$

$$R_{3max} = 2.1 \text{ Mbps}$$

$$R_{4maxHD} = 1.5 \text{ Mbps}$$

$$R_{5maxHD} = 4.1 \text{ Mbps}$$

Gjatë analizës, duhet të marrim vetëm vlerat që janë më të vogla sesa vlera  $R_{max}$ , vlerë e cila është e varur nga video. Pra, nëse marrim vlerat maksimale për secilën video, duhet të marrim edhe një kufizim tjetër për gjetjen e cilësisë maksimale duke u bazuar në QSTAR dhe në RSTAR.

Pra, ne duhet të zgjerojmë problemin si më poshtë:

$$\max_{R_i} \sum_{i=1}^I w_i Q_i(R_i) \quad (25)$$

Përderisa, alokimi i gjerësisë së brezit është i kufizuar me këto detyrime:

$$s. t. \sum_{i=1}^I R_i \leq C \quad (26)$$

$$s. t. R_i < R_{max} \quad (27)$$

Ekuacioni (26) është ekuacioni që e kufizon gjerësinë e brezit dhe tregon se BR për të gjitha kanalet video duhet të jetë më i vogël ose i barabartë me këtë vlerë ( $C=12$  Mbps). Ekuacioni (27) është ekuacioni që tregon kufizimin e dytë dhe tregon se secili kanal video duhet të ketë vlerë më të vogël të BR sesa BR që është i varur nga video kontenti (Rmax content dependent). Për të gjetur BR e duhur për transmetimin e sinjaleve video me cilësi maksimale, duhet fillimisht ti zgjidhim këto ekuacione. Për llogaritje më të thjeshtë, këtë problem do ta shndërrojmë në ekuacion matricor të formës

$$A X = b \quad (28)$$

Para zgjidhjes së këtij ekuacioni, duhet që të bëjmë dekompozimin e këtyre detyrimeve si më poshtë:

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \leq C \quad (29.1)$$

$$R_1 \leq R_{max} \quad (29.2)$$

$$R_2 \leq R_{max} \quad (29.3)$$

$$R_3 \leq R_{max} \quad (29.4)$$

$$R_4 \leq R_{maxHD} \quad (29.5)$$

$$R_5 \leq R_{maxHD} \quad (29.6)$$

Pra, ekuacioni matricor në këtë rast e merr formën e mëposhtme:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \circ [X] = \begin{bmatrix} c \\ R_{max} \\ R_{max} \\ R_{max} \\ R_{max1} \\ R_{max2} \end{bmatrix} \quad (30)$$

Për zgjidhjen e këtij ekuacioni (ek. 30), kemi përdorur softuerin Matlab, konkretisht një skriptë në Matlab, ku kemi bërë ndarjen e problemit në dy nën-probleme, më tej vetëm e kemi “thirrur” funksionin përkatës nga njëra skriptë dhe kemi gjetur vlerat për BR për secilën video, ku kanalet video transmetojnë me cilësinë maksimale.

## Bandwidth

```
clc;
clear all;
Rmax = 2.1;
Rmaxhd1 = 7.5;
Rmaxhd2=4.1;
c = 12;
x0 = zeros(1,5);
A = [1,1,1,1,1;
     1,0,0,0,0;
     0,1,0,0,0;
     0,0,1,0,0;
     0,0,0,1,0;
     0,0,0,0,1];
lb = 0.00001+zeros(1,5);
ub = 12*ones(1,5);
b = [ c; Rmax; Rmax; Rmax; Rmaxhd1; Rmaxhd2];
opt = optimset('LargeScale', 'off', 'TolFun', 10^-10, 'TolCon', 10^-10,
'DiffMinChange',10^-6, 'MaxIter',3000, 'MaxFunEvals', 3000);
[Ropt Jopt eFlag ouput L]= fmincon(@myfuntest, x0, A, b,[],[], lb,
ub,[],, opt);
```

## Function:

```
function f = myfuntest(R)
Rmax = [3.227; 4.381; 2.183; 7.659; 4.155];
w = [0.2; 0.2; 0.2; 0.5; 0.5];
k = [5.058; 3.121; 2.769; 5.882; 4.103];
for i = 1:5,
    Q(i) = (1-exp(-k(i)*((R(i)/Rmax(i)).^0.55)))/(1-exp(-k(i)));
end
f = -(w(1)*Q(1)+w(2)*Q(2)+w(3)*Q(3)+w(4)*Q(4)+w(5)*Q(5));
end
```

Pas ekzekutimit, do të gjejme vlerat përkatëse për BR për secilën video si në tabelën e mëposhtme (Tabela 7.1):

Tabela 7.1. Vlerat optimale për BR (bit rate)

Video	Video KL1	Video KL2	Video KL3	Video KL4	Video KL5
R optimale [Mbps]	1.4984	2.1000	2.1000	3.1018	3.1998

Ndërsa, parametrat e modelit Q(R) do të jenë si në tabelën 7.2:

Tabela 7.2. Parametrat e modelit Q(R) dhe saktësia RMSE

	Video KL1	Video KL2	Video KL3	Video KL4	Video KL5
<b>k</b>	5.058	3.121	2.769	5.882	4.103
<b>RMSE</b>	0.49%	1.13%	1.3%	0.43%	0.79%

$R_{\max}$ , siç e kemi theksuar edhe më herët është i varur nga kontenti i videos dhe ka vlera të ndryshme për klasa të ndryshme të shërbimeve video.

Tabela 7.3. Parametrat R për 5 klasë të videove të marra për testim

Parametrat R	Video KL1	Video KL2	Video KL3	Video KL4	Video KL5
a	1.07	0.85	0.68	0.97	0.90
b	1.08	0.82	0.755	0.99	0.89
c	0.53	0.69	0.63	0.61	0.64
$R_{\max}$	3227	4381	2183	7659	4155

Tabela 7.4. Parametrat e kualitetit për 5 klasët e video sinjaleve

Parametrat e kualitetit	Video KL1	Video KL2	Video KL3	Video KL4	Video KL5
$\alpha_q$	7.25	4.51	5.61	9.65	6.31
$\alpha_s$	3.52	4.07	3.68	4.58	4.55
$\alpha_t$	4.10	3.09	3.00	2.83	2.3

Përderisa, kemi gjetur vlerat optimale për BR, këto vlera janë kufizime për ne, që do të thotë se nuk mund të kemi vlera më të mëdha se këto. Gjithashtu, kemi gjetur vlerat e vektorit R nga ekuacioni (1), duke i zëvendësuar vlerat për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ .

## 7.8 Gjetja e vlerave optimale për STAR

E gjitha ajo që ne duhet të bëjmë, është që të gjejmë vlerat optimale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ , për të gjetur cilësinë optimale. Por, së pari duhet të gjejmë vlerat për  $Q(q, s, t)$  për çdo kombinim sikurse për gjetjen e vlerave për R. Kështu, do të fitojmë dy vektorë. Duhet të kërkojmë në vektorin  $R$  se cila është vlera e përafërt e  $R_{1opt}$  (më e vogël ose e barabartë se

$R_{1opt}$ ) e kur ta gjejmë këtë vlerë, duhet të kërkojmë duke filluar nga ajo pikë në drejtimin “mbrapa” (në vektorin rritës-ascending) deri sa të gjejmë vlerën optimale që ka cilësinë më të madhe. Për të bërë testimin e këtyre parametrave  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  dhe për të gjetur se cili kombinim na jep vlerën më të madhe për cilësinë, jemi bazuar në ekuacionin (2). Vlerat për  $\alpha_q$ , dhe parametrat tjerë i kemi marrë në tabelën 7.4. Ky kërkim duhet të përsëritet për secilën klasë të videove (për 5 klasat e video shërbimeve).

### 7.9 Gjetja e vlerave optimale STAR për klasën 1 të videove

Së pari duhet të gjejmë kombinimet e mundshme STAR, pastaj duhet të shqyrtojmë vetëm kombinimet optimale, kombinime të cilat janë më së afërmi nga lakorja Q-R. Pra, duhet të gjejmë vlerat optimale, e më tej të zbatohet algoritmi i cili tregon se cila nga këto pika optimale jep cilësinë më të madhe për këtë klasë të video kanaleve TV. Përmes një Algoritmi të dizajnuar në Matlab, kemi gjetur vlerat optimale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ . Këto vlera mund të shihen në tabelën 7.5:

Tabela 7.5. Vlerat optimale RQSTAR për videon KL1

Vlerat optimale për KL1				
<b>R</b>	<b>Q</b>	<b>t</b>	<b>q</b>	<b>s</b>
1	1	30	14	16
0.6165	0.9908	30	22	16
0.364	0.941	30	36	16
0.2521	0.88292	15	36	16
0.1571	0.7913	15	56	16
0.1088	0.6978	7.5	56	16
0.0243	0.4884	7.5	56	4
0.015	0.4076	7.5	88	4
0.0104	0.3329	3.75	88	4
0.0072	0.254	1.875	88	4
0.0016	0.1259	1.875	88	1

Përderisa, vlera optimale BR është  $R_{1opt}=1.4984$  Mbps për këtë klasë të shërbimeve video (pas pjesëtimit me vlerën  $R_{max}$ , fitohet vlera e normalizuar për



$R=0.4643$ ). Algoritmi tregon se cila nga pikat në vektorin  $R$  ka vlerë më të vogël ose të barabartë me këtë vlerë të normalizuar, dhe vlera e tillë është vlera e kërkuar optimale e kualitetit  $Q$ .

P.sh, në këtë rast konkret, vlera më e vogël ose e barabartë me  $0.4643$  është vlera  $0.364$ , së cilës i korrespondon vlera  $0.941$  e vektorit  $Q$  (do të thotë kualiteti është  $0.941$ ). Ky kualitet fitohet me rastin kur kodimi i kësaj klase të videos bëhet me këta parametra:  $t=30$ ,  $q=36$  dhe  $s=16$ . Pra, për të arritur cilësinë maksimale për transmetimin e videove të KL1, kodimi duhet të bëhet me këta parametra. Figura 7.3 i paraqet këto pika edhe grafikisht.

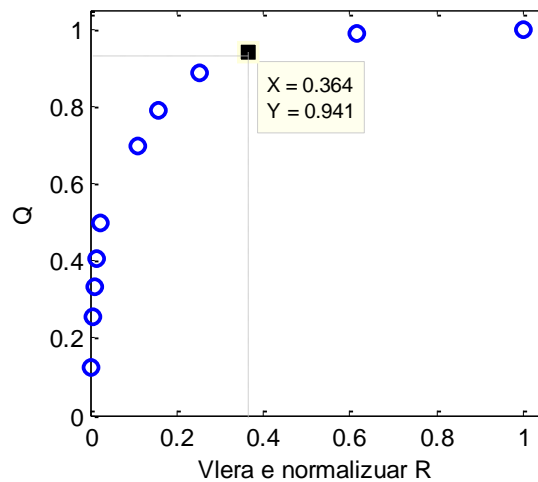
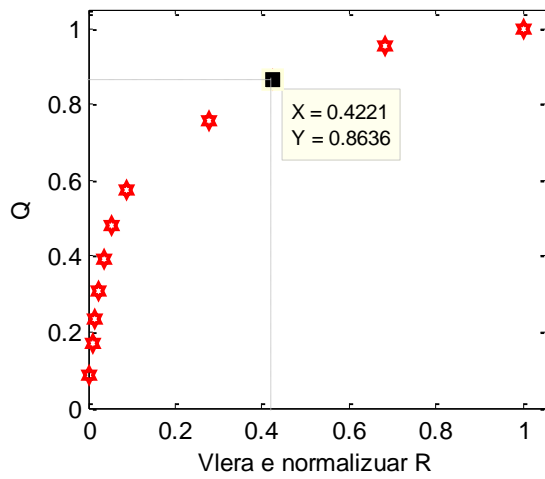
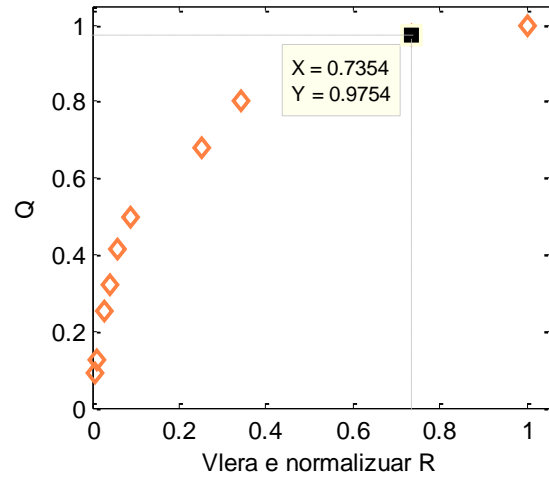


Figura 7.3. Vlera optimale  $q$ ,  $t$  dhe  $s$  për videot e KL1

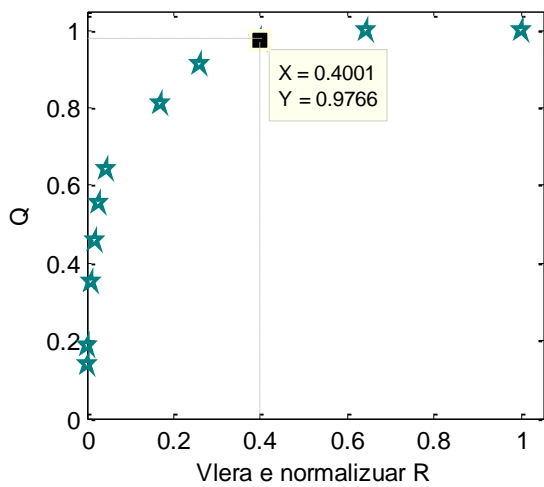
Në të njëjtën mënyrë, aplikohet algoritmi për gjetjen e vlerave  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ , të cilat vlera na japin cilësinë maksimale të transmetimit të sinjaleve video të KL2, KL3, KL4 dhe KL5.



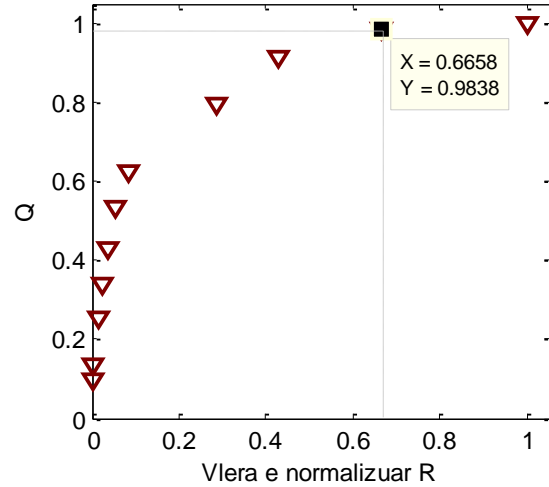
a) Video e KL2



b) Video e KL3



c) Video e KL4



d) Video e KL5

Figura 7.4. Pikat optimale STAR për 4 Klasë të videos të cilat do të shqyrtohen

Në figurën 7.4 paraqiten grafikët me vlera optimale  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ , ndërsa në tabelën 7.6 paraqiten vlerat RQSTAR me të gjitha kombinimet e mundshme, për KL2, KL3, KL4 dhe KL5 të video shërbimeve.

Tabela 7.6. Vlerat optimale RQSTAR per klasat 2, 3, 4 dhe 5 te video sinjaleve testuese

Tabela 7.6.1. Vlerat optimale RQSTAR për KL2

Vlerat optimale për KL2				
R	Q	t	q	s
1	1	30	14	16
0.681	0.9538	30	22	16
0.4221	0.8636	15	22	16
0.2777	0.757	15	36	16
0.0891	0.5723	15	36	4
0.0552	0.48	7.5	36	4
0.0379	0.3925	7.5	56	4
0.0235	0.3063	3.75	56	4
0.016	0.2319	3.75	88	4
0.0099	0.1708	1.875	88	4
0.0032	0.0882	1.875	88	1

Tabela 7.6.3. Vlerat optimale RQSTAR për KL4

Vlerat optimale për KL4				
R	Q	t	q	s
1	1	30	14	16
0.6451	0.9979	30	22	16
0.4001	0.9766	30	36	16
0.2606	0.9105	30	56	16
0.1708	0.8122	15	56	16
0.0433	0.6418	15	56	4
0.0279	0.5531	15	88	4
0.0183	0.4568	7.5	88	4
0.012	0.3519	3.75	88	4
0.003	0.1887	3.75	88	1
0.002	0.1376	1.875	88	1

Tabela 7.6.2. Vlerat optimale RQSTAR për KL3

Vlerat optimale për KL3				
R	Q	t	q	s
1	1	30	14	16
<b>0.7354</b>	<b>0.9754</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>16</b>
0.5261	0.8904	30	36	16
0.34	0.8022	15	36	16
0.2517	0.6818	15	56	4
0.0884	0.4956	15	56	4
0.0571	0.4135	7.5	6	4
0.042	0.3283	7.5	88	4
0.0271	0.2515	3.75	88	4
0.0095	0.1262	3.75	88	1
0.0062	0.0926	1.875	88	1

Tabela 7.6.4. Vlerat optimale RQSTAR për KL5

Vlerat optimale për KL5				
R	Q	t	q	s
1	1	30	14	16
<b>0.6658</b>	<b>0.9838</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>16</b>
0.4274	0.9157	30	36	16
0.2872	0.795	30	56	16
0.0836	0.6267	30	56	4
0.0537	0.536	15	56	4
0.0357	0.428	15	88	4
0.0229	0.3397	7.5	88	4
0.0147	0.2535	3.75	88	4
0.0043	0.1356	3.75	88	1
0.0027	0.0966	1.875	88	1

Në këtë mënyrë, kemi gjetur të gjitha pikat optimale prej të cilave fitojmë vlera maksimale për kualitet dhe BR.

## 7.10 Kombinimet e mundshme diskrete STAR për rritjen e cilësisë

Në këtë seksion, do të shqyrtojmë rastin kur marrim vlera diskrete për STAR. Edhe këtu do të shqyrtohet rasti kur kemi një fyt të ngushtë prej 12 *Mbps* dhe kemi 5 video të klasave të ndryshme që transmetohen në këtë link. Marrja në shqyrtim e vlerave diskrete është shembull praktik.

Për shqyrtimin e këtij problemi, kemi propozuar një Algoritëm të punuar në Matlab, përmes së cilit arrihet të gjendet kualiteti maksimal për të gjitha kombinimet e mundshme STAR, duke marrë parasysh kufizimin që kemi në gjerësi të brezit. Algoritmi është si më poshtë:

---

**#ALGORITMI 1:** Gjetja e kualitetit maksimal dhe BR për kombinime të ndryshme STAR

---

1. Find all the RSTAR combinations suitable for the bandwidth constraint,  $\sum_{i=1}^5 R_i < bandwidth$
  2. Find the QSTAR combination which gives out the best quality  $\max_{R_i} \sum_{i=1}^5 Q_i(R_i)$
- 

Pas përfundimit të këtij algoritmi, do të marrim këto rezultate analitike:  $b = [2 \ 3 \ 1 \ 3 \ 2]$ . Nga vektori  $b$  (tregohen 5 vlera, një për secilën klasë të videove), shihet qartë se çfarë vlerash për STAR duhet të merren, në mënyrë që cilësia dhe shfrytëzueshmëria e burimeve të rrjetit të jetë maksimale. Nga ky vektor, vlera e parë 2 tregon se parametrat optimal  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  të cilët na japin cilësinë maksimale për transmetimin e videos së KL1 duhet të merren në numrin rendor 2 të tabelës që tregon vlerat optimale për STAR (tabela 7.5). Nga tabela shihet se kësaj vlere i korrespondojnë vlerat për  $R=0.6165$ ,  $Q=0.9908$ ,  $t=30$ ,  $q=22$  dhe  $s=16$ .

Gjithashtu, me ekzekutimin e këtij algoritmi shihet se secila KL e shërbimeve video në këtë rast, kërkon këtë gjerësi të brezit (Mbps): KL1= 1.9894, KL2= 1.8492, KL3=2.1830, KL4=3.0644 dhe KL5=2.7664. Shfrytëzueshmëria totale është 11.852 *Mbps*, që do të thotë se kemi arritur një shfrytëzueshmëri shumë të mirë të gjerësisë së brezit. Me këtë algoritëm, duhet të gjejmë se sa është kualiteti dhe ta krahasojmë me disa vlera standarde që do t'i quajmë "Benchmark". Në këtë rast do të shohim se sa kemi arritur ta përmirësojmë Benchmark-un në aspektin e kualitetit perceptual të shërbimit. Por, BR për secilën video duhet të jenë më të vogël se secili kufizim i këtyre videove.

Gjithashtu, shuma e BR e të gjitha videove duhet të jetë më e vogël ose e barabartë me 12 Mbps.

Tabela 7.7. STAR optimal për 5 KL të videove, algoritmi i propozuar

<b>STAR optimal për 5 KL të videove</b>					
Parametrat	<b>R</b>	<b>Q</b>	<b>t</b>	<b>q</b>	<b>s</b>
KL1	0.6165	0.9908	30	22	16
KL2	0.4221	0.8636	15	22	16
KL3	1	1	30	14	16
KL4	0.4001	0.9766	30	36	16
KL5	0.6658	0.9838	30	22	16
<b>Kualiteti optimal total = 0.96296</b>					

Si benchmark për këtë rast, do të marrim vlerat si në tabelën 7.8:

Tabela 7.8. STAR optimal për 5 KL të videove, për algoritmin Benchmark

<b>Video</b>	<b>BR në Mbps</b>
KL1	1.666
KL2	1.666
KL3	1.666
KL4	4.000
KL5	3.000
<b>BW total</b>	<b>12 Mbps</b>

Për ta gjetur Benchmark për 5 videot, fillimisht duhet të gjejmë BR dhe kualitetin për secilën video dhe më tej të gjejmë se cili kombinim STAR i korrespondon secilës vlerë R/Q.

Tabela 7.9. BMR dhe BR për 5 klasë të videove

	<b>KL1 (Mbps)</b>	<b>KL2 (Mbps)</b>	<b>KL3 (Mbps)</b>	<b>KL4 (Mbps)</b>	<b>KL5 (Mbps)</b>
Benchmark Rate (BMR)	1.666	1.666	1.666	4	3
Max R (vlerë e varur nga video)	3.227	4.381	2.182	7.659	4.155
Rate (Pjesëtim i BR dhe Rmax)	0.51	0.3804	0.763	0.5222	0.7222

Nga rreshti i fundit i tabelës së mësipërme (7.9), përmes algoritmit duhet të shikohet për të gjetur vlerën optimale që na jep kualitetin maksimal (sikur që kemi vepruar në rastet e mëparshme). Kualiteti maksimal mund të shihet në tabelën 7.10.

Tabela 7.10. STAR për algoritmin Benchmark për 5 KL të videove

<b>Parametrat</b>	<b>R</b>	<b>Q</b>	<b>t</b>	<b>q</b>	<b>s</b>
<b>KL1</b>	0.364	0.941	30	36	16
<b>KL2</b>	0.2777	0.757	15	36	16
<b>KL3</b>	0.7354	0.9754	30	22	16
<b>KL4</b>	0.4001	0.9766	30	36	16
<b>KL5</b>	0.5261	0.9838	30	36	16
<b>Kualiteti Total i Benchmark-ut = 0.92676</b>					

Nga kjo shihet se kemi arritur që përmes algoritmit të propozuar ta përmirësojmë algoritmin standard (benchmark) për 0.0362.

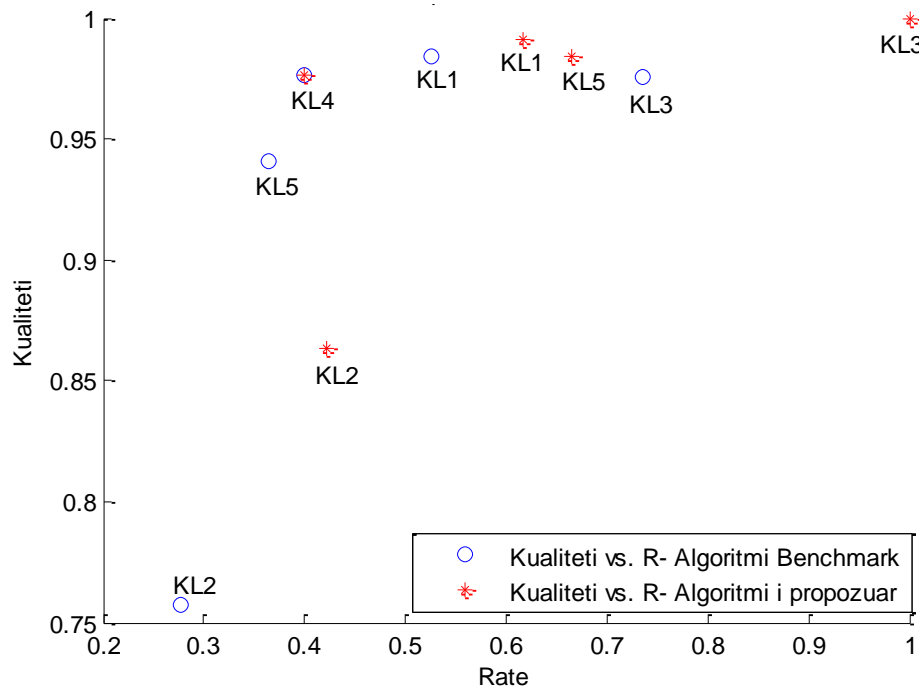


Figura 7.5. Kualiteti kundrejt BR për 5 klasat e video shërbimeve

Kualiteti kundrejt R (bitrate) i fituar me algoritmin e propozuar dhe me algoritmin benchmark, shihet në figurën 7.5. Nga figura shihet se pikat me ngjyrë të kaltër paraqesin QR (Q vs. R) të fituar me algoritmin benchmark, ndërsa pikat me ngjyrë të kuqe paraqesin QR të fituar me algoritmin e propozuar. Shihet se përveç vlerës për KL2, ku algoritmi i propozuar dhe algoritmi benchmark na japin vlerë të njëjtë, në të gjitha rastet e tjera (për të gjitha klasat tjera), fitojmë vlera më të mëdha përmes algoritmit të propozuar.

### 7.11 Skenari 2: Kombinimet diskrete STAR që na japin kualitetin më të madh (Random)

Le të supozojmë se kemi një fyt të ngushtë në linkun DSLAM-Shtëpi e përdoruesit. Në këtë rast do të marrim se gjerësia e brezit në këtë link është 4 Mbps, teknologjia ADSL. Do të supozojmë se kemi vetëm dy klasë të shërbimeve video me karakteristika të KL3 ( $R_{\max}=2.183\text{Mbps}$ ) dhe KL4 ( $R_{\max}=7.659\text{Mbps}$ ). Gjithashtu, do të supozojmë se 50 shtëpi kërkojnë njëkohësisht shërbimet video. Pasi kemi marrë në konsideratë vetëm dy klasë të shërbimeve video IPTV, është më e lehtë të gjenden kombinimet e mundshme se cilat video mund të kërkojë një shtëpi. Për shembull, një shtëpi mund të kërkojë dy nga këto video: [KL3, KL4], [KL3, KL3], ndërsa një shtëpi tjetër mund të kërkojë [KL4, KL4]. Skema grafike e këtij skenari praktik shihet në figurën 7.6. Për të parë se cili është kualiteti maksimal dhe shfrytëzueshmëria më e mirë e

gjerësisë së brezit, për çfarëdo kombinimi STAR dhe për çfarëdo lloj kombinimi video që kërkon njëra nga 50 shtëpitë, qartë mund ta gjejmë përmes një algoritmi.

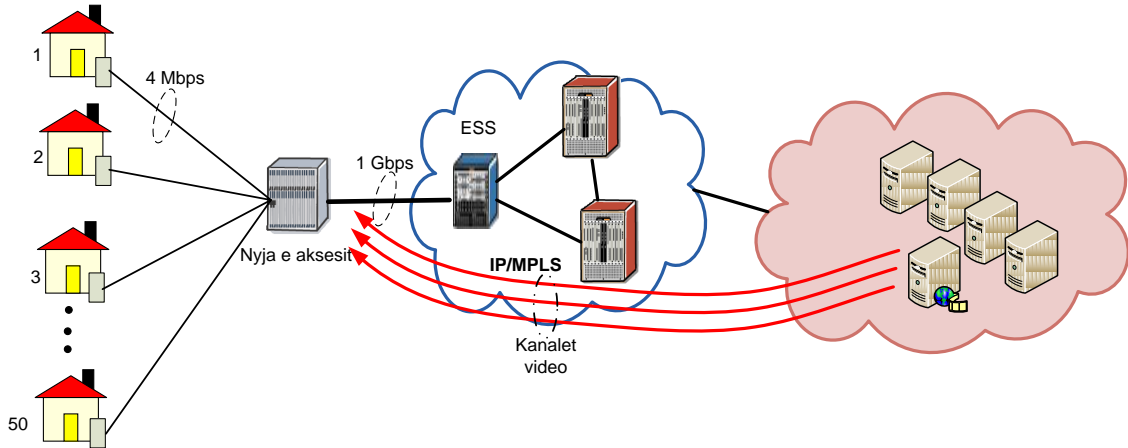


Figura 7.6. Skema e skenarit 2

Për secilin problem, kemi krijuar nga një algoritëm i cili i përshtatet kërkesave dhe kushteve të veçanta të secilit skenar të marrë në shqyrtim. Algoritmi i mëposhtëm (algoritmi 2) tregon qartë se cilët hapa janë marrë për të gjetur kualitetin maksimal për këtë problem.

---

## # ALGORITMI 2

---

1. For different video content combinations:  $([KL3, KL3], [KL3, KL4], [KL4, KL4])$ , do exhaustive search to find out RSTAR combinations which satisfy each access link bandwidth constraint and gives out the best subjective quality according to QSTAR model:

$$Q_{optimize_j} = \max_{R_i} \sum_{i=1}^2 w_i Q_i$$

( $j = 1 \sim 3$  represents combination of  $([KL3, KL3], [KL3, KL4], [KL4, KL4])$ )

$$\text{s. t. } R_{optimize_i} = \sum_{i=1}^2 R_i \leq C$$

2. Randomly assign video content combination selections etc,  $([KL3, KL3], [KL3, KL4], [KL4, KL4])$  to 50 households. Suppose the number of different video content combination is  $a_i$ .



3. Calculate the overall optimized rate and quality:

$$Overall\_Quality = \sum_{i=1}^3 a_i * Q_{optimize_i}$$

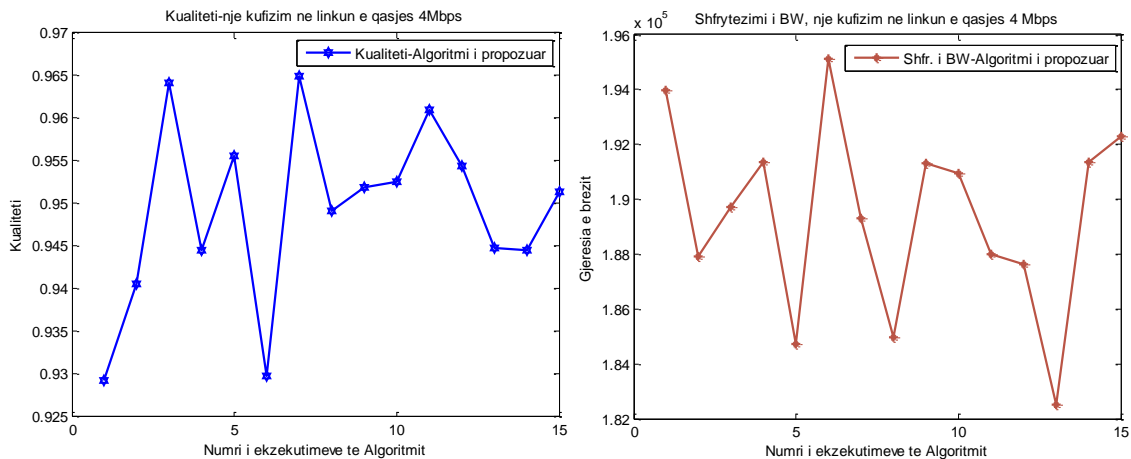
$$Overall\_Rate = \sum_{i=1}^3 a_i * R_{optimize_i}$$

Si benchmark për këtë problem, do të marrim vlerën 4 Mbps për shtëpi, do të thotë merren vlerat standarde 2 Mbps për një klasë të video shërbimeve. Përderisa në një shtëpi mund të transmetohen 2 video njëkohësisht, atëherë 2 x 2 Mbps = 4 Mbps.

Tabela 7.11. Vlerat benchmark

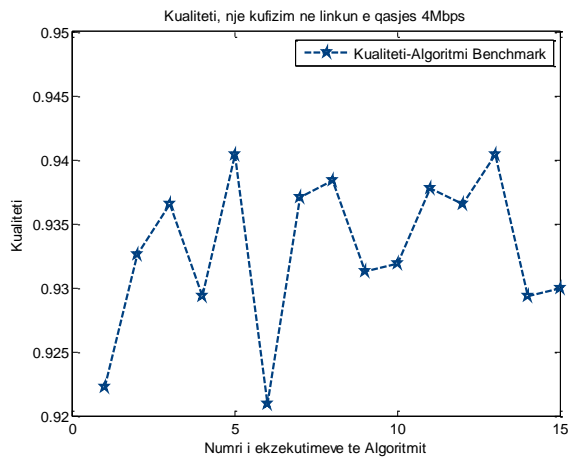
Klasat e video sinjaleve	BR në Mbps
KL3	2 Mbps
KL4	2 Mbps
Total BW	<b>4 Mbps</b>

Rezultatet të cilat i nxjerrim nga zbatimi i algoritmit benchmark, duhet t'i krahasojmë me rezultatet e algoritmit të propozuar. Në figurën 7.7, shihet kualiteti dhe shfrytëzimi i gjerësisë së brezit për algoritmin e propozuar dhe algoritmin standard.

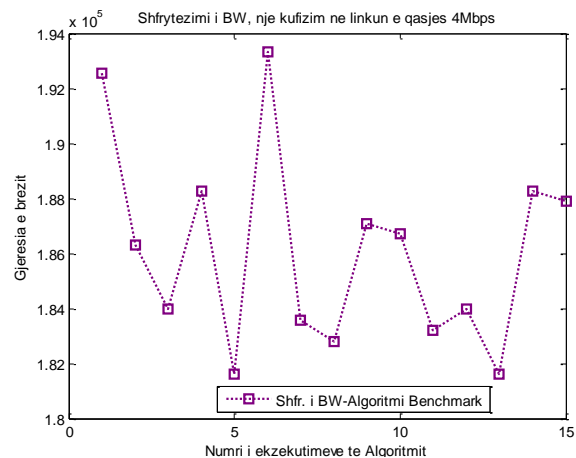


a) Kualiteti – algoritmi i propozuar

b) Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit-algoritmi i propozuar



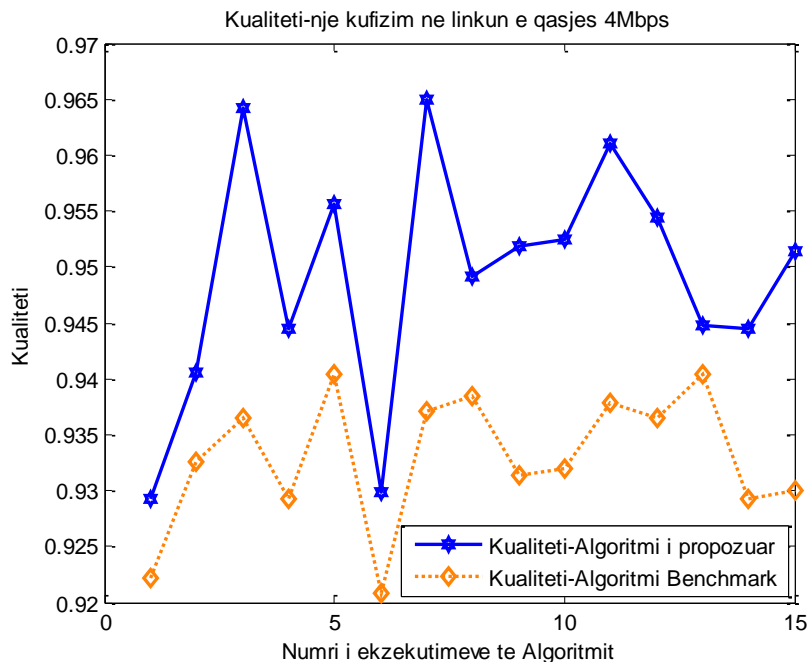
c) Kualiteti-algoritmi benchmark



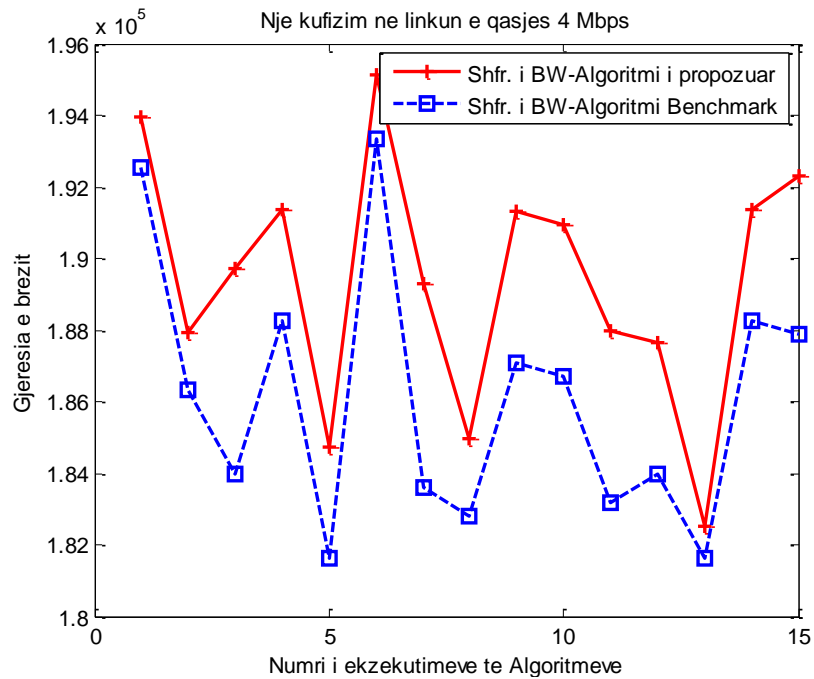
d) Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit-algoritmi benchmark

Figura 7.7. Kualiteti dhe shfrytëzimi i gjerësisë së brezit: a) kualiteti-algoritmi i propozuar, b) gjerësia e brezit-algoritmi i propozuar, c) kualiteti – algoritmi benchmark, d) gjerësia e brezit-algoritmi benchmark

Ndërsa, në figurën 7.8, do të bëjmë krahasimin e vlerave të kualitetit dhe shfrytëzimit të gjerësisë së brezit, të fituara me algoritmin e propozuar dhe algoritmin benchmark.



a) Kualiteti Algoritmi i propozuar vs. algoritmi benchmark,



b) gjërësia e brezit për algoritmin e propozuar vs. Për algoritmin benchmark

Figura 7.8. a) Kualiteti: Algoritmi i propozuar vs. algoritmi benchmark, b) gjërësia e brezit për algoritmin e propozuar vs. algoritmin benchmark

Nga figura 7.8, shihet qartë se algoritmi i propozuar tregon paraqitje më të mirë në krahasim me algoritmin benchmark. Kjo gjë tregohet si për nga cilësia e ofruar ashtu edhe nga shfrytëzueshmëria e brezit. Pra, algoritmi i propozuar është mjaft i përshtatshëm të përdoret për probleme të tilla.

### 7.11.1 Skenari 2.1: Përshkrimi i problemit

Në këtë skenar do të supozojmë se 5 video IPTV (të ndara në 2 klasë) do të transmetohen njëkohësisht tek një shtëpi. Edhe në këtë rast do të merren klasat KL3 dhe KL4. Kombinimet e mundshme që një shtëpi mund të ketë tregohen në tabelën e mëposhtme (7.12):

Tabela 7.12. Video kombinimet e mundshme

Video kombinimet; Ideksi (k)	Video kombinimet				
K=1	KL3	KL3	KL3	KL3	KL3
K=2	KL3	KL3	KL3	KL3	KL4
K=3	KL3	KL3	KL3	KL4	KL4
K=4	KL3	KL3	KL4	KL4	KL4
K=5	KL3	KL4	KL4	KL4	KL4
K=6	KL4	KL4	KL4	KL4	KL4

Për secilin kombinim video duhet të përcaktojmë fillimisht  $R$  për secilën video, që TR (total rate) të jetë më e vogël se  $C$ . Përderisa  $R$  mund të ndryshojë në mënyrë të vazhdueshme dhe funksioni  $R-Q$  është një funksion konkav i vazhdueshëm, problemi mund të zgjidhet edhe analitikisht. Megjithatë, në praktikë marrim vlera diskrete. Algoritmi për zgjidhjen e këtij problemi është si më poshtë:

---

**ALGORITMI 2.1**

---

1. For the  $k^{th}$  video combination given in Table 7.12, let  $R_{k,i}$  indicates the rate assigned to the  $i^{th}$  video. Do exhaustive search over the feasible rates of each video, given in Tables 3 and 4, to find out the rate allocation that satisfies the access link bandwidth constraint and gives the best weighted average of the subjective quality:

$$\begin{aligned} & \max_{R_{k,i}} \sum_{i=1}^5 w_i Q_{k,i}(R_{k,i}) \\ & \text{s.t. } \sum_{i=1}^5 R_{k,i} \leq C \end{aligned}$$

Denote the resulting optimal rate allocation as  $R_{k,i}^*$ , and its corresponding average quality and total rate by  $Q_{optimize_k}$  and  $R_{optimize_k}$ .

2. Randomly assign video combinations to 10 households. Let the number of  $k^{th}$  video content combination be denoted by  $a_k$ .
3. Calculate the overall optimized rate and quality:

$$Overall\_Quality = \sum_{k=1}^6 a_k * Q_{optimize_k}$$

$$Overall\_Rate = \sum_{k=1}^6 a_k * R_{optimize_k}$$

Për krahasim, do të zbatohet edhe algoritmin benchmark. Në këtë rast, do të caktojmë 0.8 Mbps për secilën video, përderisa kapaciteti i linkut është 4 Mbps. Tabela 7.13 tregon vlerat e caktuara për BR (Bit Rate) dhe vlerat aktuale.

Tabela 7.13. Alokimi i R për algoritmin benchmark

Klasat video	BR e caktuar	BR aktuale
KL3	0.8 Mbps	0.72692
KL4	0.8 Mbps	0.3316347
Total Bandwidth	4 Mbps (për 5 video kombinime)	

Ndërsa, tabela 7.14 krahason vlerat e përgjithshme për R dhe për Q (kualitet) të arritura me anë të Algoritmit 2.1 dhe algoritmit Benchmark, për kombinime të ndryshme të klasave të videove.

Tabela 7.14. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar dhe benchmark

Video kombinimet	TR (Total Rate) me Algoritmin e propozuar (kbps)	Kualiteti mesatar me Algoritmin e propozuar	TR (Total Rate) me Algoritmin benchmark(kbps)	Kualiteti mesatar me Algoritmin benchmark
K=1	3711	0.8022	3711	0.8022
K=2	3706	0.7878	3300	0.7701
K=3	3702	0.7733	2889	0.7380
K=4	3748	0.7582	2479	0.7060
K=5	3908	0.7426	2068	0.6739
K=6	3611	0.7100	1658	0.6418

Në figurën 7.9 krahasohet vlera mesatare e cilësisë dhe shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit për 50 shtëpi, ndërmjet algoritmit të propozuar dhe atij benchmark për 15 simulime.

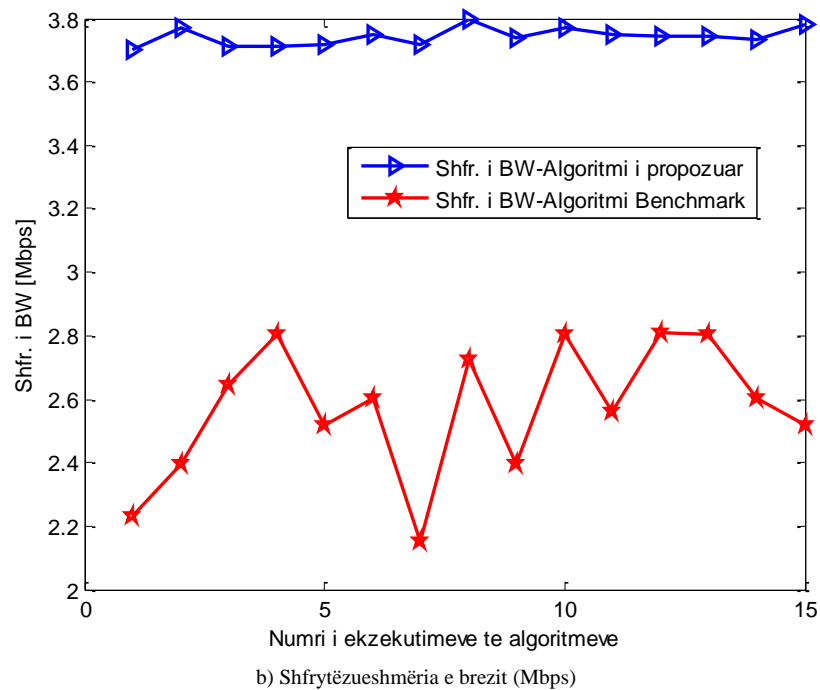
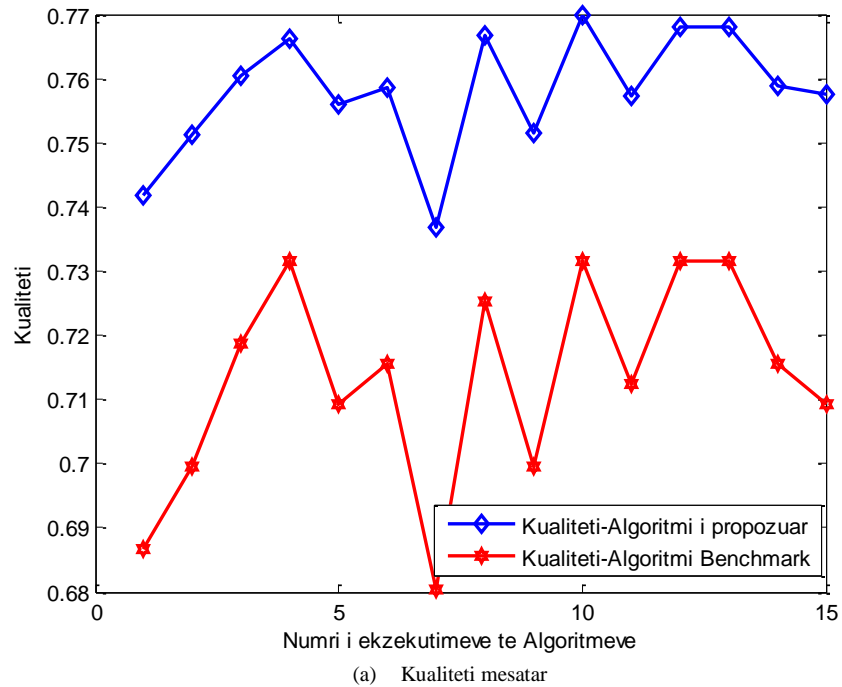


Figura 7.9. Rezultatet pas 15 simulimeve: Algoritmi i propozuar vs. Benchmark: a) Kualiteti dhe b) Shfrytëzueshmëria e brezit

Në secilin simulim, përmes algoritmit të propozuar, sipas rastit caktohet se cilin video kombinim kërkon një shtëpi. Shihet qartë se algoritmi i propozuar për këtë rast tregon vlera më të mira në aspektin e shfrytëzueshmërisë së gjerësisë së brezit dhe cilësisë së shërbimit.

### 7.11.2 Skenari 3: Kombinimet diskrete STAR që na japin cilësinë më të madhe

#### Përshkrimi i problemit:

Në këtë rast do të tentojmë të krijojmë një algoritëm që na jep rezultate më të mira krahasuar me vlerat standarde (benchmark), për rastin kur kemi 2 fyte të ngushta; njëri është 12 *Mbps* në linkun DSLAM-Shtëpi i përdoruesit, dhe tjetri është 1 *Gbps* në linkun DSLAM-ESS ruter në rrjetin NGN IPTV të TiK. Fytin e ngushtë prej DSLAM-ESS e kemi supozuar sepse me rritjen e kërkesave për shërbimet IPTV, e posaçërisht me rritjen e kërkesave për transmetimin e shumë sinjaleve video në të njëjtën shtëpi, ky link mund të bëhet vërtetë problematik në TiK. Do të supozojmë se kemi 100 shtëpi të lidhura në këtë DSLAM (figura 7.10), në secilën prej këtyre shtëpive shpërndahen (transmetohen) njëkohësisht 5 video (nga një video për secilën nga 5 klasat e lartpërmendura).

Ideja kryesore është se si të bëhet shpërndarja e këtyre videove njëkohësisht dhe të kemi një cilësi maksimale për vlera të ndryshme STAR.

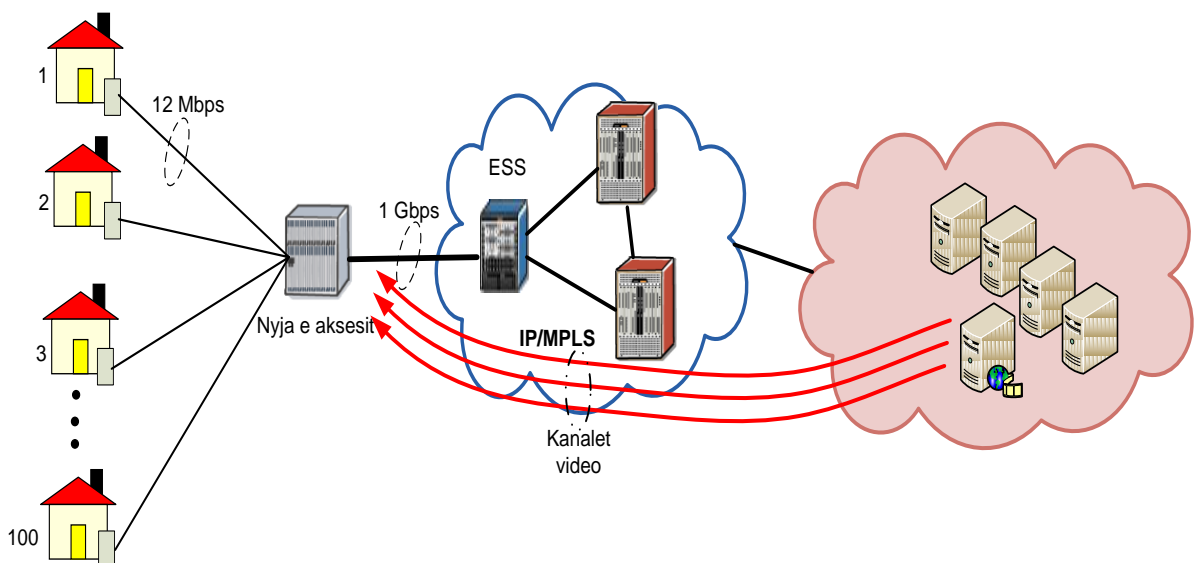


Figura 7.10. Skema për skenarin 2, rasti kur transmetohen 5 video TV njëkohësisht

Algoritmi matematikor për këtë problem konkret do të shihet si më poshtë:

$$\operatorname{argmax} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_{i,j} Q_{i,j} R_{i,j} \quad (31.1)$$

$$s. t. \sum_{j=1}^J R_{i,j} \leq C_i \quad (31.2)$$

$$s. t. \sum_{i=1}^I C_i \leq G \quad (31.3)$$

Pra, në këtë rast kemi dy fyte të ngushta të gjerësisë së brezit:

$$C_i \leq 12 \text{ Mbps} \quad (32.1)$$

$$G \leq 1 \text{ Gbps} \quad (32.2)$$

$$C_{\max} = 12 \text{ Mbps} \quad (32.3)$$

$$G_{\max} = 1 \text{ Gbps} \quad (33.4)$$

Ku,  $I = [1, 2, 3, 4, 5] = 5$  – numri videoeve që transmetohen njëkohësisht në një shtëpi, ndërsa  $J = [1, 2, 3, \dots, 100] = 100$  shtëpi që e përdorin linkun 1 Gbps.

Maksimumi i gjerësisë së brezit në një linjë të përdoruesit (DSLAM-Shtëpi e përdoruesit) është 12 Mbps.

**Vlerat kontinuele STAR:** Fillimisht do të tentojmë të gjejmë zgjidhje duke marrë vlera kontinuele për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$ . Këtë problem do të mund ta zgjidhim përmes ekuacioneve të Lagranzhit, i cili propozon zgjidhje optimale për të gjitha rastet e kufizimeve të ndryshme, në këtë rast kufizimit në gjerësi të brezit. Problemin konkret mund ta shkruajmë, sipas Lagranzhit si më poshtë:

$$L(R_i, \mu, \rho) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_{i,j} Q_{i,j} R_{i,j} + \mu (\sum_{i=1}^I R_{i,j} - C) + \rho (\sum_{i=1}^I C_i - G) = 0 \quad (34)$$

Ku,  $\mu$  dhe  $\rho$  janë shumëzuesit e Lagranzhit:

Konditat KTT për këtë rast mund të shkruhen si më poshtë:

$$\nabla_{R_i} L(R_i, \mu, \rho) = 0 \quad (35)$$

$$\nabla_{\mu} L(R_i, \mu, \rho) = \sum_{i=1}^I R_i - C = 0 \quad (36)$$



$$\nabla_{\rho} L(R_i, \mu, \rho) = \sum_{i=1}^I C_i - G = 0 \quad (37)$$

Nga ekuacioni (35), kemi:

$$\frac{dL}{dR_{ij}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_{i,j} Q'_{i,j}(R_{i,j}) + \mu = 0 \quad (38)$$

Nga ekuacioni (36), kemi:

$$\frac{dL}{d\mu} = \sum_{i=1}^I R_{i,j} - C = 0 \quad (39)$$

$$\frac{dL}{d\rho} = \sum_{i=1}^I C_i - G = 0 \quad (40)$$

Funksioni i mëposhtëm (41), paraqet relacionin ndërmjet R dhe Q, që është fituar nga funksionet analitike QSTAR dhe RSTAR që janë përcaktuar në seksionet më lartë. Në këtë rast duhet të bëjmë derivimin ( $R_i$ ) e funksionit të mëposhtëm (41):

$$Q(R) = \frac{1 - e^{-k\left(\frac{R_{ij}}{R_{max}}\right)^{0.55}}}{1 - e^{-k}} \quad (41)$$

Derivati i këtij funksioni është si më poshtë:

$$\frac{dQ(R)}{dR} = \left( \frac{1 - e^{-k\left(\frac{R_{ij}}{R_{max}}\right)^{0.55}}}{1 - e^{-k}} \right)' = \frac{-0.55k}{1 - e^{-k}} \frac{1}{(R_{max})^{0.55}} R^{0.55-1} e^{-k\left(\frac{R}{R_{max}}\right)^{0.55}} \quad (42)$$

Duke zëvendësuar (42) në (38) kemi:

$$w Q'(R) + \mu = 0$$

$$\frac{w}{1 - e^{-k}} \left[ \frac{-0.55k}{1 - e^{-k}} \frac{1}{(R_{max})^{0.55}} R^{0.55-1} e^{-k\left(\frac{R_{ij}}{R_{max}}\right)^{0.55}} \right] + \mu = 0 \quad (43)$$

Nga ekuacionet e mësipërme shihet se ky është një problem shumë i vështirë për t'u zgjidhur dhe është shumë vështirë që të gjenden vlera optimale për cilësi dhe për shfrytëzueshmëri të gjerësisë së brezit ndaj, zgjidhjen e këtij problemi do ta kërkojmë në rastin kur marrim vlera praktike diskrete për parametrat  $q, s, t$ .

Duke marrë vlera diskrete, këtë problem do të tentojmë ta zgjidhim përmes propozimit të një algoritmi të ri i cili do të ketë formën si më poshtë. Ky algoritëm është zgjidhur me Matlab. Problemi është shumë kompleks, por përmes këtij algoritmi rezultatet janë shumë të sakta.

---

### #ALGORITMI 3:

---

1. Allocate backbone bandwidth of 1 Gbps equally to each of the 1000 houses which gives 10 Mbps in each access link (DSLAM-household)
2. Find maximum quality and related bite rate  $R_{\min i}$  for each kind of video sequence, each household have KL1, KL2, KL3, KL4 and KL5 video sequencies under condition 1.
3. Select randomly (uniform distribution) how many houses  $a_i$  demand which kind of video sequence combination.
4. Under backbone constraint of 1 Gbps, find all available RSTAR combinations  $R_i(q,t,s)$  that have rate within the range of  $R_{\min i}$  and 12 Mbps constraint in access link.
5. Do exhaustive search within the bandwidth range of 1 Gbps with combination of condition 5 and find out the combination gives out the best total quality.
6. Find the bandwidth usage for proposed algorithm

---

Ky algoritëm, fillimisht bën shpërndarjen e kapacitetit total prej 1 Gbps nëpër secilën shtëpi d.m.th., kemi nga 10 Mbps për secilën shtëpi në dispozicion. Përmes këtij algoritmi, do të vendosim si kufi të poshtëm vlerën prej 9.8 Mbps dhe do të kërkojmë se cilat shtëpi do të marrin kapacitet, duke kërkuar në rangun prej 9.8 Mbps e deri në

maksimumin që është 12 *Mbps*. Më tej, algoritmi kërkon se cili kombinim STAR na jep cilësinë më të madhe dhe njëherazi i shfrytëzon më mirë burimet e rrjetit.

Pas zgjidhjes së këtij algoritmi, do të kemi vlerat maksimale për kualitet të përgjithshëm dhe për BR, si në figurën 7.11. Në këtë figurë janë paraqitur të gjitha nivelet e mundshme të cilësisë dhe të gjerësisë së brezit apo BR për problemin e tillë. Pra, një shtëpi mund të zgjedhë vetëm njërin nga këto nivele për kualitet dhe BR. Nëpërmjet këtij algoritmi do të fitojmë vlerën maksimale për kualitet që është 0.9467. Ndërsa, shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit është 999949 *kbps* (shfrytëzueshmëria totale nga vlera 1000000 *kbps*).

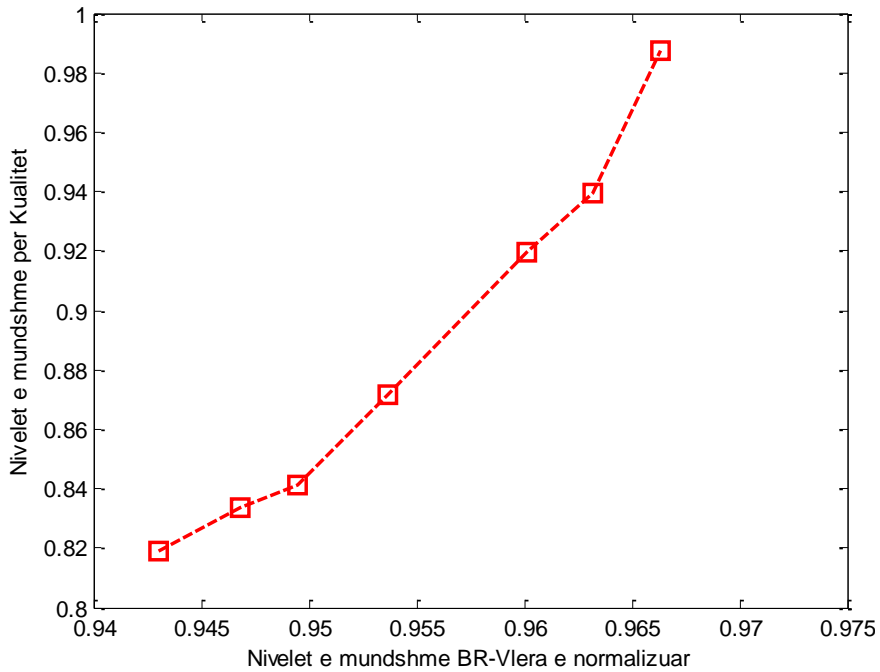


Figura 7.11. Nivelet e mundshme BR vs. Q për skenarin 3

Vlerat tjera të fituara pas përfundimit, do ti paraqesim në tabelën 7.15.

Tabela 7.15. Vlerat e BR për 100 shtëpi për algoritmin e propozuar

	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]
Nivelet e mundshme BR për 5 KL video	9827	10003	10098	10459	11037	11247	11852
Nr. i shtëpive që përdorë BR të caktuar	36	1	63	0	0	0	0
BR për 100 shtëpi	353772	10003	636174	0	0	0	0
Total Bit rate për 100 shtëpi = 999949 kbps							

Nga tabela shihet se 36 shtëpi përdorin kapacitetin 9.827 *Mbps*, 1 shtëpi përdor kapacitetin 10 *Mbps*, 63 shtëpi përdorin kapacitetin 10.098 *Mbps*, ndërsa kapacitetet e tjera, nuk i përdor asnjë shtëpi.

### Benchmark për skenarin 3

Si benchmark për këtë problem fillimisht caktohet vlera prej 10 *Mbps* për secilën shtëpi. Mund të marrim vlera të ndryshme të BR për secilën klasë të video sinjaleve, por duhet të respektojmë kufizimin që shuma e 5 e BR e sinjaleve video (secila video i takon njëres nga 5 klasat) duhet të jetë 10 *Mbps*. Vlerat BR për secilën klasë të videove për benchmark për skenarin 3, shihen në figurën 7.16.

Tabela 7.16. Vlerat BR për benchmark-skenari 3

Video	BR në Mbps
KL1	1.5
KL2	1.5
KL3	1.5
KL4	3.0
KL5	2.5
BW i përgjithshëm	<b>10 Mbps</b>

Pas zgjidhjes së algoritmit benchmark, vlera e përgjithshme e kualitetit është 0.9288. Ndërsa, se çfarë BR përdorë secila shtëpi (nga niveli i BR të mundshme), shihet në tabelën 7.17:

Tabela 7.17. Vlerat BR për secilën shtëpi për algoritmin benchmark

	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]
Nivelet e mundshme BR për 5 KL video	9009	9030	9370	9391	9466	9641	9827
Nr. i shtëpive që përdorë BR të caktuar	0	0	0	0	0	0	100
BR për 100 shtëpi	0	0	0	0	0	0	982700
Total Bit rate për 100 shtëpi- algoritmi benchmark = 982700 kbps							

Nga këto të dhëna shihet qartë se përmes algoritmit të propozuar, kemi arritur të përmirësojmë algoritmin benchmark në aspekt të cilësisë dhe shfrytëzueshmërisë së gjerësisë së brezit. Me algoritmin benchmark fitojmë vlerën 0.9288 për kualitet total, ndërsa me algoritmin e propozuar, kjo vlerë do të jetë 0.9467. Pra, në aspektin e kualitetit të përgjithshëm, nëse përdoret algoritmi i propozuar, kemi një përmirësim prej 0.0179. Gjithashtu, edhe përmirësimi në shfrytëzueshmëri të burimeve është i dukshëm. Për algoritmin e propozuar, totali BR që shfrytëzojnë 100 shtëpi është 999949 *kbps* (nga 100000 *kbps* sa ishte kufizimi i kapacitetit), ndërsa me algoritmin benchmark, totali BR për 100 shtëpi është 982700 *kbps*. Pra, shihet qartë se ky algoritëm është shumë i favorshëm në aspektin e cilësisë dhe shfrytëzueshmërisë së brezit.

### 7.11.3 Skenari 4: Kombinimet diskrete STAR që na japin kualitetin më të madh (Random) me rastin e transmetimit të dy video sinjaleve IPTV njëkohësisht

Edhe në këtë rast do të merren në shqyrtim 2 fyte të ngushta, por kemi vetëm dy shërbime video që transmetohen njëkohësisht në një shtëpi. Kufizimi i parë në gjerësi të brezit është 150 *Mbps*, në linkun DSLAM-ESS ruter, ndërsa kufizimi i dytë është 4 *Mbps*

në linkun DSLAM-shtëpi e përdoruesit. Në këtë rast do të marrim parasysh vetëm dy klasë të shërbimeve video (KL3 dhe KL4) dhe një shtëpi mund të pranojë kombinimet e mundshme nga këto dy klasë të shërbimeve video IPTV. Gjithashtu, do të supozojmë se 50 shtëpi kërkojnë njëkohësisht shërbimet video. Pra, një shtëpi mund të ketë cilindo nga kombinimet e mundshme të klasave të shërbimeve video: [KL3, KL4], [KL3, KL3] ose [KL4, KL4]. Për zgjidhjen e këtij problemi, do të krijojmë një algoritëm, ku kemi përfshirë edhe funksionin random (të rastit), i cili na mundëson që të kemi rezultate të ndryshme varësisht nga kërkesat aktuale të përdoruesve.

Me anë të këtij algoritmi, qëllimi kryesor është që të gjejmë se cilat kombinime STAR na japin kualitetin më të mirë (kualitetin e përgjithshëm). Algoritmi paraqitet më poshtë (gjithashtu është i punuar me Matlab):

---

**#ALGORITMI 4: Gjetja e kualitetit maksimal dhe BR për vlera të ndryshme STAR, për dy kufizime në gjërësi të brezit dhe 2 klasë të videove që transmetohen**

---

1. Allocate backbone bandwidth of 150 Mbps equally to each of the 50 houses which gives 3 Mbps in each access link (DSLAM-household)
  2. Find maximum quality and related bite rate  $R_{\min i}$  for each kind of video sequence combination [KL3, KL4], [KL3, KL3], [KL4, KL4] under condition 1.
  3. Select randomly (uniform distribution) how many houses  $a_i$  demand which kind of video sequence combination.
  4. Under backbone constraint of 150Mbps find out the  $residuebandwidth = 150 Mbps - \sum_{i=1}^3 a_i * R_{\min i}$
  5. Find all available RSTAR combinations  $R_{i(q,t,s)}$  have rate with in the range of  $R_{\min i}$  and 4Mbps constraint in access link.
  6. Do exhaustive search within the bandwidth range of 150 Mbps with combination of condition 5 and find out the combination gives out the best total quality.
  7. Find the bandwidth usage for proposed algorithm
- 

Fillimisht, janë caktuar kufijtë e gjerësisë së brezit për linkun DSLAM-ESS ruter dhe për linjën deri tek përdoruesi. Është bërë shpërndarja e njëjtë për të gjitha shtëpitë e totalit prej 150000 *kpbs*. Kemi 50 shtëpi, secilës i takojnë nga 3 *Mbps*. Dy video me

karakteristika të KL4 dhe të KL3 shpërmdahen njëkohësisht në secilën shtëpi, ose kombinimi i dy prej videove. Përmes këtij programi, kërkohet se cili është kualiteti maksimal në raport me shfrytëzueshmërinë sa më të madhe të gjerësisë së brezit, për kombinime të ndryshme të parametrave STAR.

Pas zgjidhjes së këtij algoritmi, për secilin kombinim të mundshëm të video shërbimeve do të kemi nivele BR të caktuara (figura 7.12), nga të cilat mund të shërbehet secila shtëpi, varësisht nga kërkesat që ka.

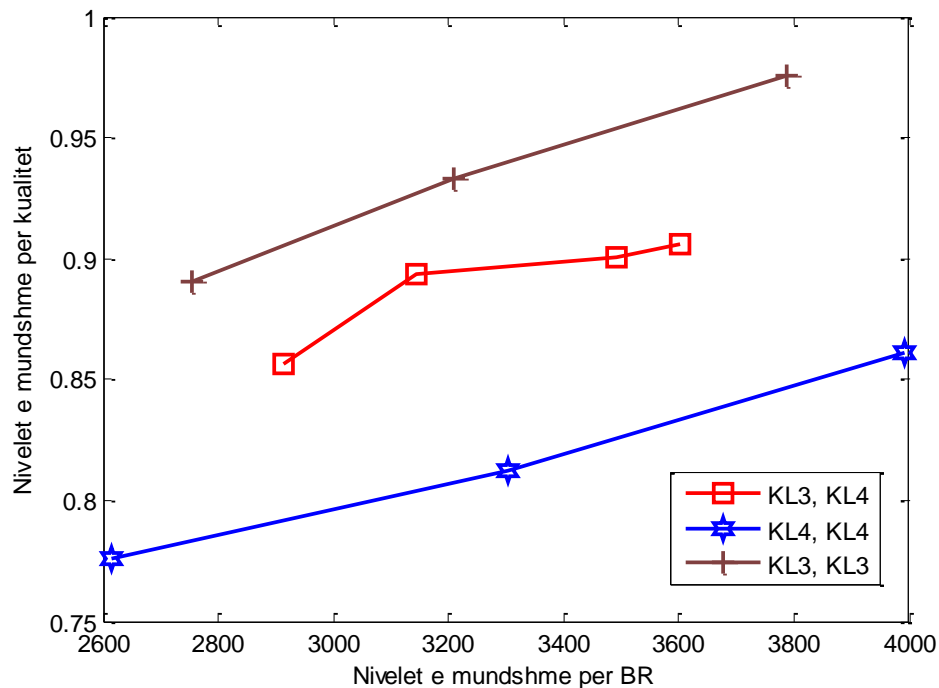


Figura 7.12. Nivelet e mundshme BR kundrejt Q për skenarin 4

Tabelat 7.18.a deri në 7.18.c tregojnë qartë se si është bërë shpërndarja e kapacitetit për një shtëpi të caktuar. Këto rezultate kanë dalë pas zgjidhjes së algoritmit, sepse siç kemi theksuar, në këtë algoritëm kemi përdorur funksionin e rastit (random) i cili na mundëson që të kemi rezultate të ndryshme sa herë që zbatojmë këtë algoritëm. Këtë e kemi bërë duke u nisur nga fakti se kërkesat e përdoruesve ndryshojnë vazhdimisht. Pas 1 zbatimit të këtij algoritmi, do të shohim se 7 shtëpi do të kërkojnë shërbimet [KL3, KL4], 41 shtëpi kërkojnë shërbimet [KL4, KL4] dhe 2 shtëpi kërkojnë shërbimet KL3, KL3]. Të gjitha këto shtëpi, marrin kapacitetin e duhur nga vektorët e mundshëm të cilët caktohen përmes këtij algoritmi. Vektorët që përmbajnë nivelet e mundshme BR për secilën klasë të shërbimeve janë:

$$[KL3, KL4] = [2913 \quad 3144 \quad 3491 \quad 3601]$$

$$[KL4, KL4] = [2616 \quad 3304 \quad 3991]$$

$$[KL3, KL3] = [2753 \quad 3210 \quad 3788]$$

Ky Algoritëm është i punuar në atë mënyrë që tregon kombinime BR për cdo shtëpi. Kjo është përcaktuar përmes parametrave  $a$ ,  $b$  dhe  $c$ , të cilë paraqesin  $[KL3, KL4]$ ,  $[KL4, KL4]$  dhe  $[KL3, KL3]$ , respektivisht. Vlerat e këtyre parametrave janë:

$$a = [0 \quad 7 \quad 0 \quad 0]$$

$$b = [31 \quad 1 \quad 9]$$

$$c = [0 \quad 0 \quad 2]$$

**Sqarim:** nga vektori  $\mathbf{a}$  shihet se 7 shtëpi e përdorin BR me numër 2 nga vektori  $[KL3, KL4]$ , pra vlerën prej 3144 *kbps*. Nga vektori  $\mathbf{b}$  shihet se 31 shtëpi e përdorin BR me numër 1 nga vektori  $[KL4, KL4]$ , 1 shtëpi përdor BR me numër 2 dhe 9 shtëpi përdorin BR me numër 3 nga klasa  $[KL4, KL4]$ . Gjithashtu, nga vektori  $\mathbf{c}$  shihet se 2 shtëpi përdorin BR me numër 3 nga vektori  $[KL3, KL3]$ . Të gjitha këto do të sqarohen edhe në tabelat 7.18.a-7.18.c. Kualiteti maksimal pas këtij ekzekutimi është 0.816, ndërsa shfrytëzueshmëria e burimeve është 149903 *kbps* nga 150000 *kbps*.

Tabela 7.18. Vlerat e mundshme BR për klasat e videove testuese

Tabela 7.18.a. Vlerat e mundshme BR për KL3-KL4

	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]
Vlerat e mundshme BR për KL3-KL4	2913	3144	3491	3601
Numri i shtëpive- parametri a	0	7	0	0
BR për 7 shtëpi	0	22008	0	0
Total Bit rate për 7 shtëpi = 22008 kbps				



Tabela 7.18.b. Vlerat e mundshme BR për KL-KL4

	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]
Vlerat e mundshme BR për KL4-KL4	2616	3304	3991
Numri i shtëpive-variabli b	31	1	9
BR për 41 shtëpi	81096	3304	035919
Total Bit rate për 41 shtëpi = 120319 kbps			

Tabela 7.18.c. Vlerat e mundshme BR për KL3-KL3:

	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]	Vlera për BR [kbps]
Vlerat e mundshme BR për KL3-KL3	2753	3210	3788
Numri i shtëpive-variabli b	0	0	2
BR për 41 shtëpi	0	0	7576
Total Bit rate për 2 shtëpi = 7576 kbps			

Nëse mblidhen totali i BR për secilën prej këtyre tabelave (7.18.a, 7.18.b dhe 7.18.c), fitohet vlera prej 149903 *kbps*, që paraqet shfrytëzueshmërinë e burimeve pas zbatimit të algoritmit. Këto janë vlerat e algoritmit të propozuar.

Në figurën 7.13 e kemi paraqitur shfrytëzueshmërinë e burimeve dhe cilësinë, pas 15 zbatimeve të ndryshme të këtij algoritmi, pra kemi vlera të ndryshme për kualitet dhe BR.

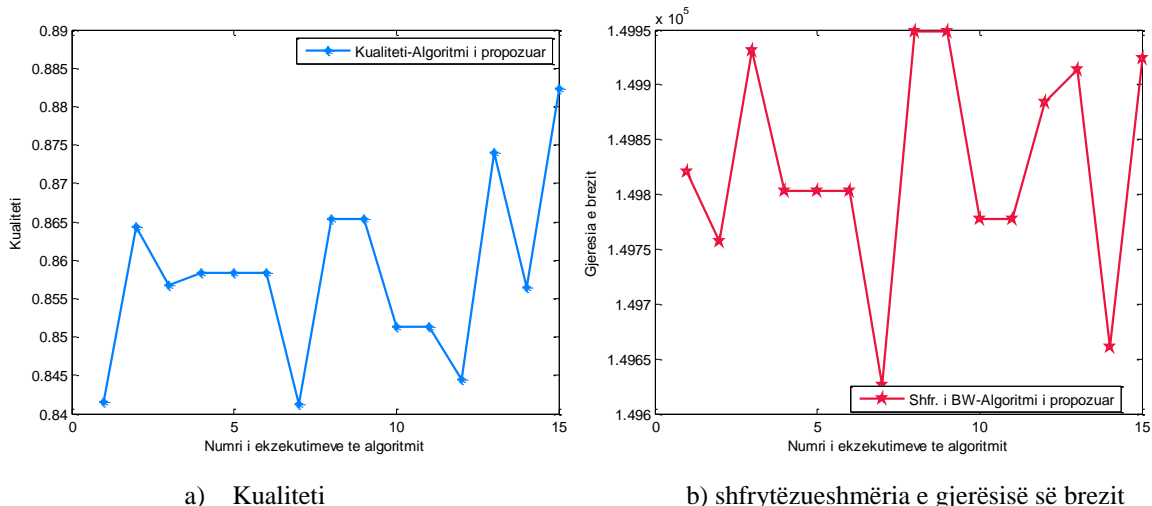


Figura 7.13. Rezultatet për kualitet dhe shfrytëzueshmëri të brezit pas 15 ekzekutimeve të algoritmit të propozuar: a) Kualiteti b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit

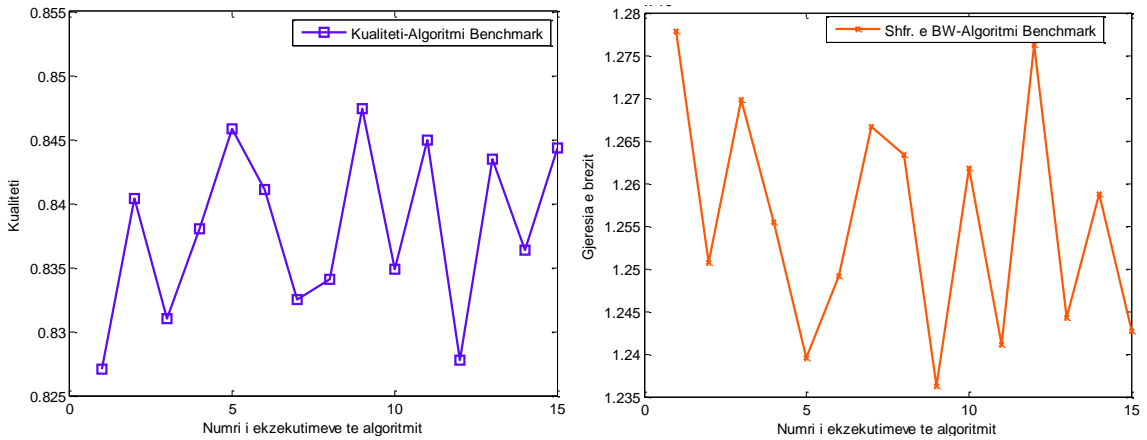
Rezultatet e tilla duhet të krahasohen me algoritmin benchmark. Për algoritmin benchmark për këtë problem, do të marrim maksimumin prej 3 *Mbps* për secilën shtëpi dhe mund të marrim vlera të ndryshme për secilën video që transmetohet brenda një shtëpie, por maksimumi i dy videove do të jetë 3 *Mbps*. Vlerat për algoritmin benchmark janë si në tabelën e mëposhtme:

Tabela 7.19. Vlerat BR për algoritmin Benchmark

Klasat e kanaleve video	BR në <i>Mbps</i>
KL3	1.5
KL4	1.5
Gjerësia e përgjithshme e brezit	3 <i>Mbps</i>

Vlerat e fituara nga 1 zbatim i algoritmit benchmark, për rastin e njëjtë si tek algoritmi i propozuar, do të merren se, 7 shtëpi përdorin kombinimin (KL3, KL4), 41 shtëpi kombinimin [KL4, KL4] dhe 2 shtëpi atë [KL3, KL3]. Pas zbatimit të algoritmit benchmark, kualiteti i përgjithshëm është 0.7919, ndërsa shfrytëzueshmëria e burimeve 136990 *kbps*. Në këtë rast shihet se përmes algoritmit të propozuar kemi fituar vlera më të mira për cilësinë dhe shfrytëzueshmërinë e burimeve të rrjetit.

Në figurën 7.14 e kemi paraqitur shfrytëzueshmërinë e burimeve dhe cilësinë, pas 15 zbatimeve të ndryshme të algoritmit benchmark.

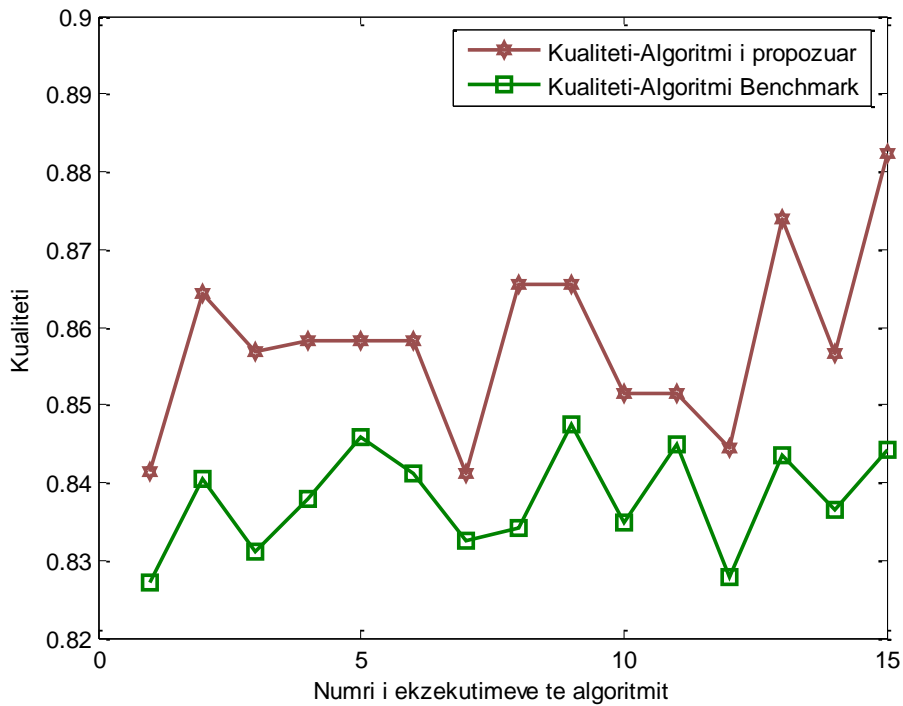


a) Kualiteti-Algorithmi benchmark

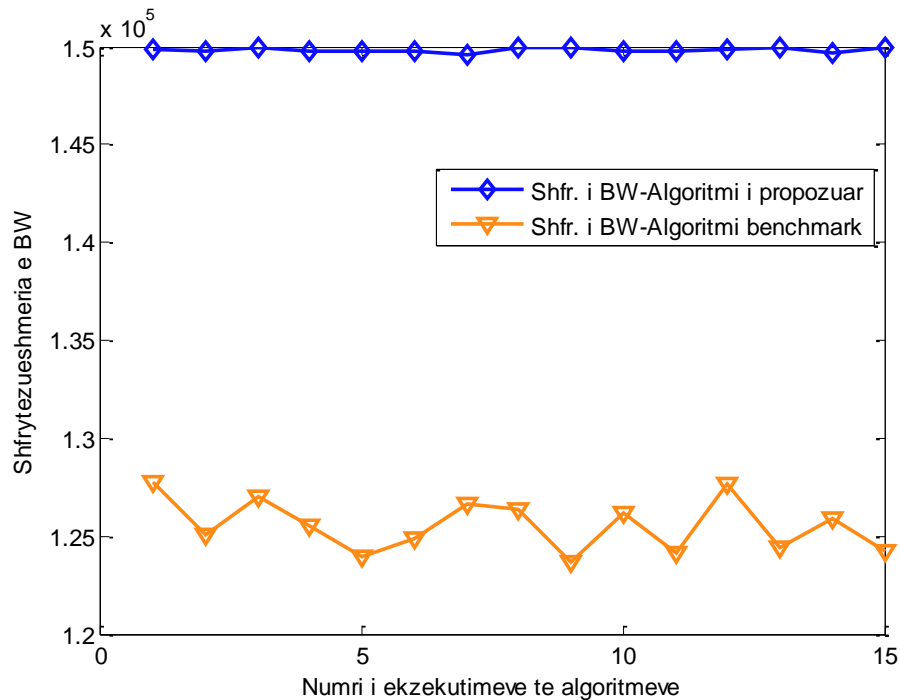
b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit

Figura 7.14. Rezultatet për kualitet dhe shfrytëzueshmëri të brezit pas 15 ekzekutimeve të algoritmit Benchmark: a) Kualiteti b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit

Ndërsa, krahasimi i algoritmit të propozuar dhe atij benchmark, shihet në figurën 7.15



a) Kualiteti i algoritmit të propozuar vs kualiteti i algoritmit benchmark



b) Shfrytëzueshmëria e BW; algoritmi i propozuar vs algoritmi benchmark

Figura 7.15. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar dhe benchmark: a) kualiteti dhe b) shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit

Nga figura 7.15 mund të shihet qartë se algoritmi i propozuar jep rezultate më të mira në krahasim me algoritmin benchmark, si për nga cilësia ashtu edhe për nga shfrytëzueshmëria e burimeve e të rrjetit.

#### 7.11.4 Përmirësimi i mëtejshëm i algoritmit 4 (skenari 4)

Me gjithë rezultatet e mira të algoritmit për skenarin 4, do të tentojmë që përmes një algoritmi të ri, të emërtuar “Algoritmi\_new”, të fitojmë rezultate edhe më të mira në krahasim me algoritmin 4. Me ekzekutimin e algoritmit 4, gjithmonë do të kemi një gjerësi të vogël brezit si mbetje (të pashfrytëzuar). Kjo mbetje është për faktin se kemi kombinime të ndryshme STAR të cilat na japin nivele të ndryshme BR dhe një përdorues mund të ketë vetëm njërin nga këto nivele (nuk mund të marrë vlera tjera BR). Ne do të tentojmë që përmes një algoritmi të ri të përmirësojmë këtë algoritëm. Për shembull, për kombinimet e mundshme të klasave të shërbimeve [KL3, KL4], [KL4, KL4] dhe [KL3, KL3], nganjëherë është e mundur që të fitojmë vlera më të vogla të kapacitetit për ato shtëpi të cilat e kërkojnë kombinimin [KL4, KL4], kombinim i cili kërkon më shumë gjerësi të brezit sepse  $R_{\max}=7.659 Mbps$  për këtë klasë të shërbimeve video, në krahasim

me kombinimin tjetër [KL3, KL3], kombinim i cili kërkon më pak gjerësi të brezit sepse  $R_{\max}$  për këtë klasë të shërbimeve është  $R_{\max}=2.138 \text{ Mbps}$ . Pra, ne duhet të kujdesemi që më shumë ti jepet gjerësi të brezit atyre shtëpive që kërkojnë kanale me BR më të lartë. Ideja e këtij algoritmit të ri është në mbetjet BW. Ne do të tentojmë që këtë mbetje ta shtojmë në gjerësinë më të vogël që është alokuar me algoritmin e mëparshëm. Puna e parë që kemi bërë në këtë algoritëm është vendosja e pragut për kualitet në vlerën 0.5 (vlerë e normalizuar), me qëllim që të mos merren parasysh fare vlerat që janë nën këtë vlerë. Hapi tjetër dhe më i rëndësishmi që do të bëjmë është shtimi i RBW (residual BW-gjerësia e mbetur pa shfrytëzuar e brezit) tek vlera e gjerësisë së brezit i cili na jep vlerën më të vogël të kualitetit që mund të ketë njëri nga kombinimet e klasave të shërbimeve video. Në këtë rast do të arrihet që të bëhet rritja mesatare e shfrytëzueshmërisë së brezit për ato shtëpi që e kërkojnë një kombinim të tillë të videove dhe gjithashtu, do të rritet edhe cilësia e përgjithshme. Le të supozojmë se kemi këto vlera për kualitet, p.sh. shtëpitë që e kërkojnë këtë kombinim të videove [KL4, KL4]=0.7, [KL3, KL4]=0.85 dhe [KL3, KL3]=0.9. Në këtë rast ne duhet të shtojmë mbetjen e gjerësisë së brezit në kombinimin që e ka kualitetin më të ulët, konkretisht në [KL4, KL4], me qëllim të rritjes së këtij kualiteti. Rritja e këtij kualiteti, ndikon edhe në rritjen e kualitetit të përgjithshëm. Megjithatë, kjo nuk nënkupton se i gjithë RBW do ti shtohet vlerës më të vogël, sepse e kemi theksuar edhe më lartë se kombinimet STAR na lejojnë që të shtojmë vetëm vlera të caktuara nga rangi i lejueshëm, duke respektuar nivelet e mundshme BR që ekzistojnë.

---

#### ALGORITMI 4. Algoritmi i përmirësuar

---

1. Find out all the star combination of each of the video sequence combination [KL3, KL4], [KL3, KL3], [KL4, KL4].
2. Arrange the star combinations in a rate ascending order and eliminate all the points with lower quality and higher rate.
3. Setting total quality threshold of  $q_{th}$  and eliminate all the combination with lower quality than  $q_{th}$  and get  $R_{sequence(k) i}$  (k: total available combination of  $R_i$ )  $R_{sequence(k) i}$  is arranged in a ascending order.
4. Select randomly (uniform distribution) how many houses  $a_i$  demand which kind of video sequence combination.
5. Under backbone constraint of 150 Mbps find out the  $residuebandwidth = 150 \text{ Mbps} - \sum_{i=1}^3 a_i * R_{sequence(k) i}$

6. Since we assume all the households use same kind of  $R_{\text{sequence}(m)_i}$  we could further upgrade by setting  $b_i$  ( $b_i < a_i$ ) houses use  $R_{\text{sequence}(m+1)_i}$  instead of  $R_{\text{sequence}(m)_i}$  by utilizing residue bandwidth.
7. Find the bandwidth usage for proposed and benchmark algorithm.

Rezultatet e ekzekutimit të këtij algoritmi do të shihen më poshtë. Nga ekzekutimi i këtij algoritmi (nëse e ekzekutojmë vetëm një herë) do të shohim se 15 shtëpi kërkojnë kombinimin [KL3, KL4], 25 shtëpi kërkojnë kombinimin [KL3, KL3] dhe 10 shtëpi kërkojnë kombinimin [KL4, KL4]. Në këtë rast, për shkak se vlera e RBW është e vogël, algoritmi ka përmirësuar BR të vetëm një shtëpie që ka kërkuar kombinimin [KL3, KL4]. Mund të shihet nga tabela 7.20 se vlera mesatare për BR për kombinimin [KL3, KL4] është më e vogla dhe është 0.965 Mbps për një video. Kështu, algoritmi i ri do të përmirësojë këtë vlerë (duke shtuar RBW). Nga tabela 7.20 shihet se shtëpitë që kërkojnë kombinimin KL34 (KL3, KL4), kanë një vlerë mesatare të gjerësisë së brezit shumë të vogël, ndaj edhe kualiteti është i dobët në ato shtëpi të cilat kanë kërkesa të tilla.

Tabela 7.20. Vlerat mesatare për BR

Shtëpitë që kanë klasat [33, 34, 44]	Rates	Vlera mesatare	Shtimi i RBW tek vlera më e vogël mesatare brenda 1 shtëpie
KL33	rate_33_1=1.6054 Mbps rate_33_2=1.6054 Mbps	KL33 = 1.6054	rate_33_1=1.6054e+003 rate_33_2=1.6054e+003
KL34	rate_43_1=331.634 kbps rate_43_22=1.6054 Mbps	KL34= 0.965	rate_upgrade_34_1= 1.3082 Mbps rate_upgrade_34_2= 1.1485 Mbps
KL44	rate_44_1=1.9959 Mbps rate_44_2=1.9959 Mbps	KL44 = 1.9959	rate_hh1=1.9959 Mbps rate_hh2=1.9959 Mbps

Para se të aplikohet algoritmi i ri, përdoruesi 1 (rate\_43\_1) e ka të alokuar këtë kapacitet  $\text{rate}_{43_1}=331.634 \text{ kbps}$ , ndërsa përdoruesi 2 (brenda të së njëjtës shtëpi,

rate\_43\_2) e ka të alokuar këtë kapacitet  $rate_{43\_2}=1.6054 \text{ Mbps}$ . Algoritmi i ri bën përmirësimin me këto vlera:  $1.3 \text{ Mbps}$  dhe  $1.1485 \text{ Mbps}$ , për përdoruesin 1 dhe 2, respektivisht. Kjo shpërndarje e RBW, shihet në grafikun e mëposhtëm, figura 7.16:

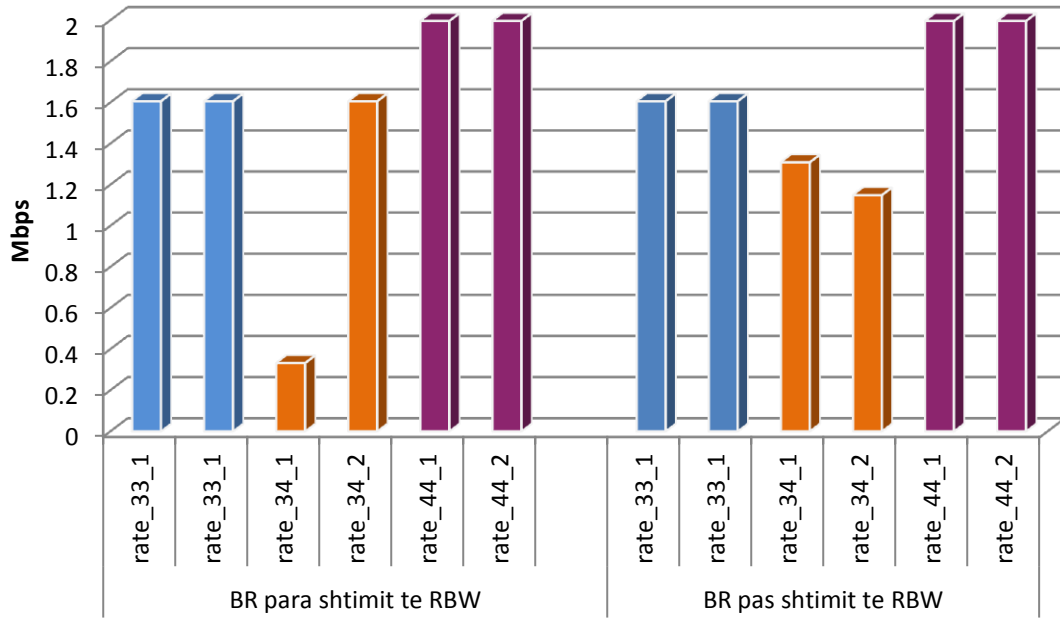


Figura 7.16. Shpërndarja e RBW

Ndërsa, vlera mesatare, para dhe pas shtimit të RBW, për secilin kombinim KL33, KL34 dhe KL44, është si në figurën 7.17.

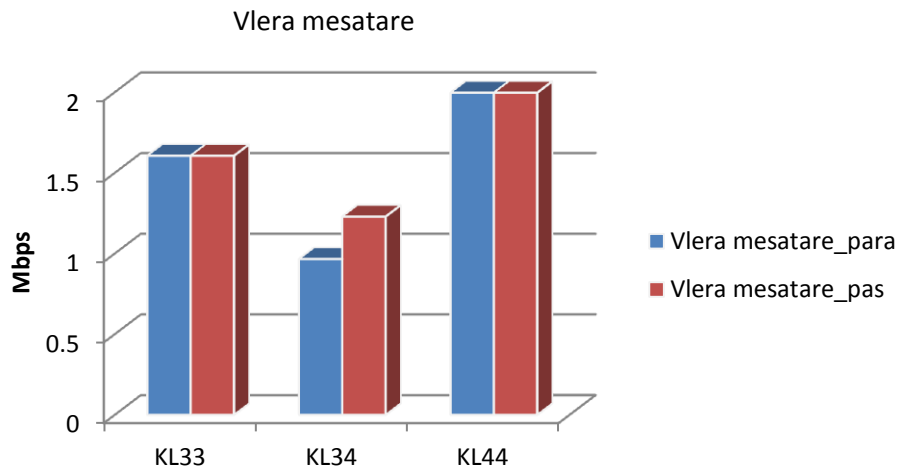


Figura 7.17. Vlera mesatare

Kështu, algoritmi i ri ka përmirësuar kualitetin e përgjithshëm. Kjo mund të shihet në figurën 7.18, ku është bërë një krahasim ndërmjet të algoritmit të përmirësuar me algoritmin e mëparshëm dhe algoritmin benchmark. Nga kjo figurë shihet se shpërndarja e RBW, në ato shtëpi që kanë cilësinë më të dobët, do të ndikojë në cilësinë e përgjithshme. Gjithashtu, përmes algoritmit të përmirësuar, kemi arritur rezultate më të mira edhe në aspektin e shfrytëzimit të gjerësisë së brezit (figura 7.19), ku kemi krahasuar algoritmin e propozuar 4 me algoritmin e ri (të përmirësuar).

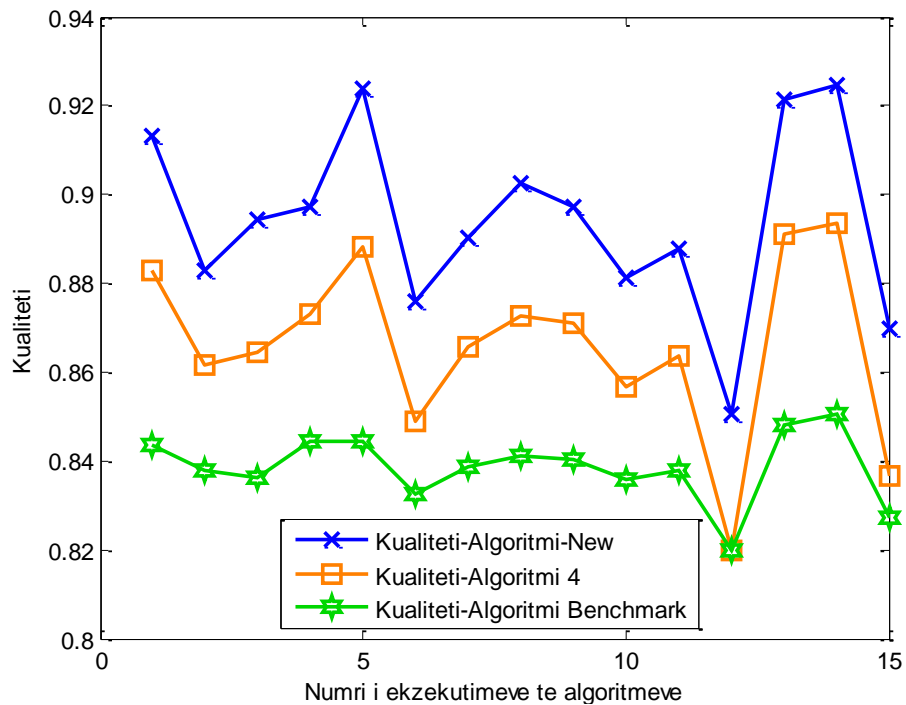


Figura 7.18. Kualiteti i përgjithshëm; krahasimi ndërmjet Algoritmit të ri, algoritmit 4 dhe atij benchmark



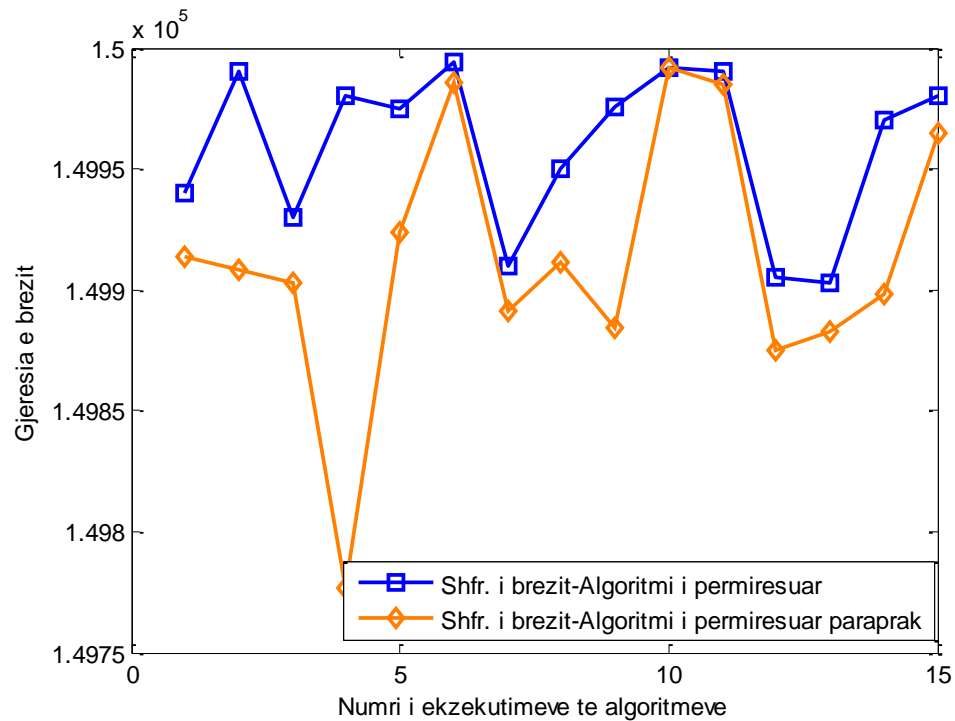


Figura 7.19. Shfrytëzimi i brezit; algoritmi i përmirësuar kundrejt algoritmit të propozuar paraprak

### 7.11.5 Skenari 5: Dy kufizime në gjerësi të brezit

#### Përshkrimi i problemit:

Në këtë rast problemin do ta shqyrtojmë kur kemi një kufizim prej 40 *Mbps* në linkun DSLAM-ESS ruter dhe një kufizim në linkun e aksesit prej 10 *Mbps*. Do të supozojmë se në këtë rast transmetohen njëkohësisht në një shtëpi 5 video, të ndara në dy klasë [KL3, KL4]. Një shtëpi mund të ketë çfarëdo kombinimi nga KL3 dhe KL4. Në këtë problem, vlerën prej 40 *Mbps* e kemi marrë me qëllim që të shihet se edhe në një rast të tillë ekstrem, ku konkurrenca për gjerësi të brezit është shumë e madhe, me algoritmin e propozuar mund të arrijmë të fitojmë rezultate më të mira sesa përmes algoritmit benchmark. Një shtëpi mund të ketë cilindo nga kombinimet e mëposhtme (tabela 7.21):

Tabela 7.21. Kombinimet e mundshme të videove

Numri i kombinimeve	Kombinimet e mundshme që një shtëpi mund ti ketë; nën supozimin se një shtëpi kërkon 5 video njëkohësisht				
1	KL3	KL3	KL3	KL3	KL3
2	KL3	KL3	KL3	KL3	KL4
3	KL3	KL3	KL3	KL4	KL4
4	KL3	KL3	KL4	KL4	KL4
5	KL3	KL4	KL4	KL4	KL4
6	KL4	KL4	KL4	KL4	KL4

Algoritmi për zgjidhjen e një problemi të tillë (i punuar në Matlab) ka për qëllim të gjejë kualitetin maksimal dhe shfrytëzueshmërinë më të mirë të gjerësisë së brezit. Ky algoritëm përdor edhe funksionin e rastit (random) sepse kemi të bëjmë me një numër të madh të kombinimeve që secila shtëpi mund ti kërkojë njëkohësisht. Për thjeshtim të problemi do të marrim vetëm 10 shtëpi që kërkojnë njëkohësisht shërbime nga kombinimet e mundshme. Algoritmi është shumë kompleks sepse kemi shumë kombinime të mundshme. Mirëpo, rezultatet që fitohen përmes këtij Algoritmi janë shumë premtuese dhe të sakta. Ky algoritëm është si më poshtë:

---

**ALGORITMI 5:**

---

1. For the  $k^{th}$  video combination given in Table 8, find all possible rate allocations by choosing each possible rate for each video in this selection based on Tables 3 and 4. Denote the total rate for the  $l^{th}$  possible rate allocation by  $R_{k,l}$  and the corresponding average quality by  $Q_{k,l}$ . Repeat for all video selections  $k=1, 2, \dots, K$ .
2. Arrange the rate allocations for each video combination so that the total rate is increasing, and eliminate all the points with lower quality than the previous point. That is, if  $R_{k,l} < R_{k,l+1}$  and  $Q_{k,l} \geq Q_{k,l+1}$ , then discard the  $(l+1)^{th}$  rate

allocation point. Furthermore, eliminate those points with total rate exceeding the access link capacity, i.e.,  $R_{k,l} > C$ .

3. Setting a quality threshold of  $q^{th}$  and eliminate all the rate combinations with average quality lower than  $q^{th}$ . Reorder all remaining rate combinations in sequence as  $R_{k,l}$ ,  $l=1, 2, \dots, L_k$ .
4. Randomly assign video combinations to 10 households. Let the number of households with the  $k^{th}$  video combination be denoted by  $a_k$ .
5. Determine a preliminary rate allocation (indicated by  $l^*$ ) and its corresponding total rate  $R_{k,l^*}$ , for each possible video combination,  $k=1, 2, \dots, K$ , by assigning the same rate allocation for households with the same video combination. This is done by exhaustively searching over all feasible rate allocations determined from Step 1-3, and choosing the rate allocations according to the following criterion:

$$\begin{aligned} & \text{maximize} \\ & R_{k,l}, l = 1, 2, \dots, L_k; k = 1, 2, \dots, K \quad \sum a_k Q_{k,l} (R_{k,l}) \\ & \text{s.t. } \sum_{k=1}^6 a_k R_{k,l} \leq G \end{aligned}$$

6. Determine the residual backbone bandwidth using the above preliminary rate assignments:

$$RBW = G - \sum_{k=1}^6 a_k R_{k,l^*}$$

7. If the residual bandwidth is not zero, try to assign the residual bandwidth to some households with relatively low quality. Find the video combination that is given lowest average quality with its preliminary rate allocation from Step 5. Let this video combination be indexed by  $k_{min}$ . We want to examine whether some households with this selection can be assigned a higher rate using the residual backbone bandwidth. First we check if the current rate allocation has a total rate that is below the maximum possible total rate determined from Steps 1-3. If this is the case, we find the maximum number of households with this video combination that can be given the next higher rate allocation. This number is determined by

$b_{kmin} = \text{floor}(\frac{REW}{(R_{k,l^{*}+1} - R_{k,l^{*}})}).$  If this is not the case, we examine the video combination with the next lowest quality.

8. Find the total bandwidth usage and the average quality, using

$$\text{Overall\_Quality} = \sum_{k,k \text{ not} = k_{min}} a_k * Q_{k,l^*} + (a_{kmin} - b_{kmin}) * Q_{\{k,l^*\}} + b_{kmin} * Q_{k,l^{*}+1}$$

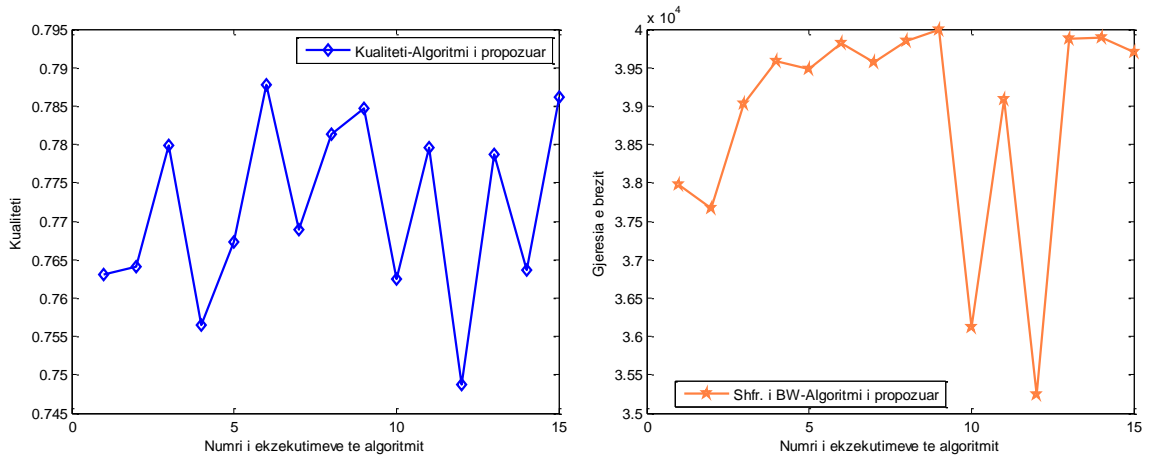
$$\text{Overall\_Rate} = \sum_{k,k \text{ not} = k_{min}} a_k * R_{k,l^*} + (a_{kmin} - b_{kmin}) * R_{k,l} + b_{kmin} * R_{k,l^{*}+1}$$

Vlerat që fitojmë me këtë algoritëm duhet t'i krahasojmë me vlerat standarde të një algoritmi-algoritmin benchmark. Si benchmark për këtë rast kemi supozuar vlerën 4 Mbps për secilën shtëpi, ngase kufizimin në backbone e kemi 40 Mbps dhe kemi 10 shtëpi që kërkojnë shërbime njëkohësisht, ndaj,  $40/10=4$  Mbps. Andaj, vlera prej 4 Mbps, brenda një shtëpie duhet të ndahet për 5 video që transmetohen njëkohësisht. Vlerat për BR për klasë të shërbimeve shihen në tabelën 7.22.

Tabela 7.22. Vlerat BR për benchmark

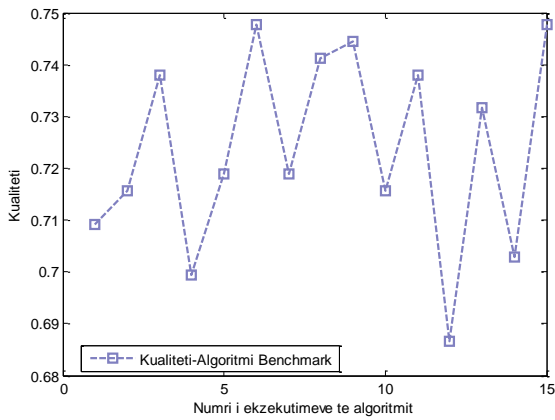
Klasat e video sinjaleve	BR në Mbps
KL3	0.8Mbps
KL4	0,8 Mbps
Gjerësia e përgjithshme e brezit	4 Mbps (Për 5 kombinime video)

Për këtë rast, fillimisht kemi marrë vetëm 4 nivele të mundshme BR. Rezultatet pas ekzekutimit të algoritmit të propozuar dhe atij benchmark, shihen në figurën 7.20.

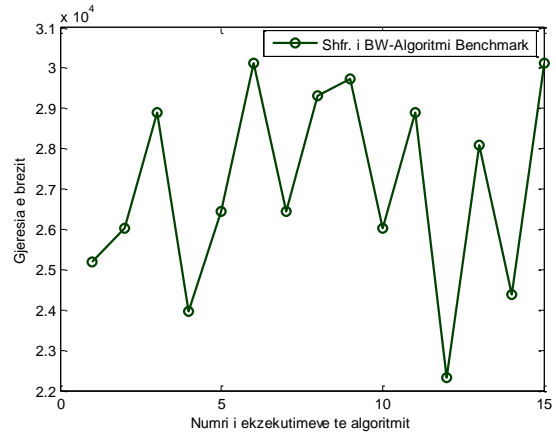


a) Kualiteti-algoritmi i propozuar

b) Gjerësia e brezit-algoritmi i propozuar



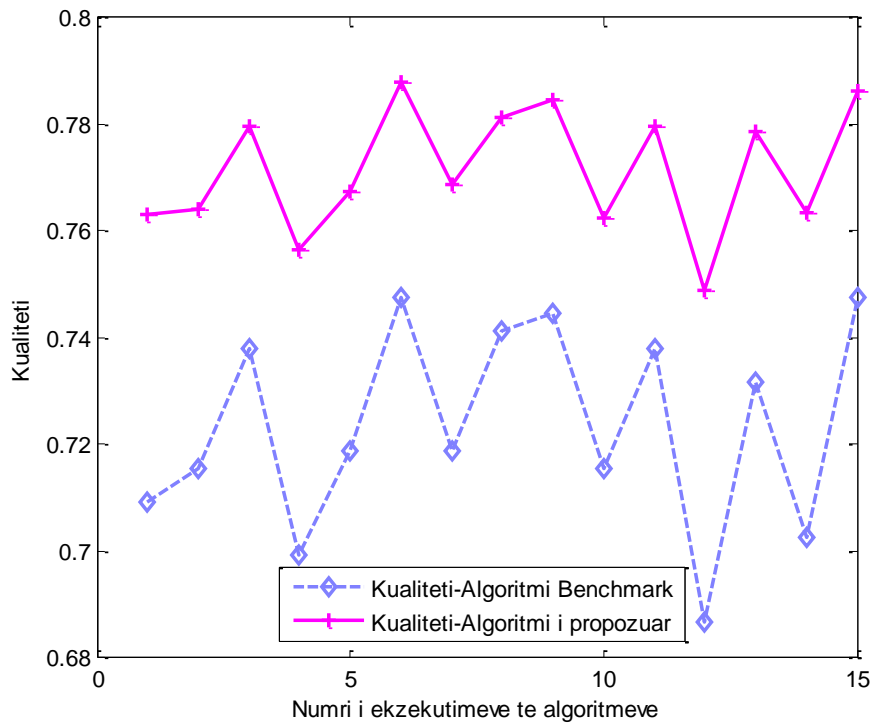
c) Kualiteti-algoritmi benchmark



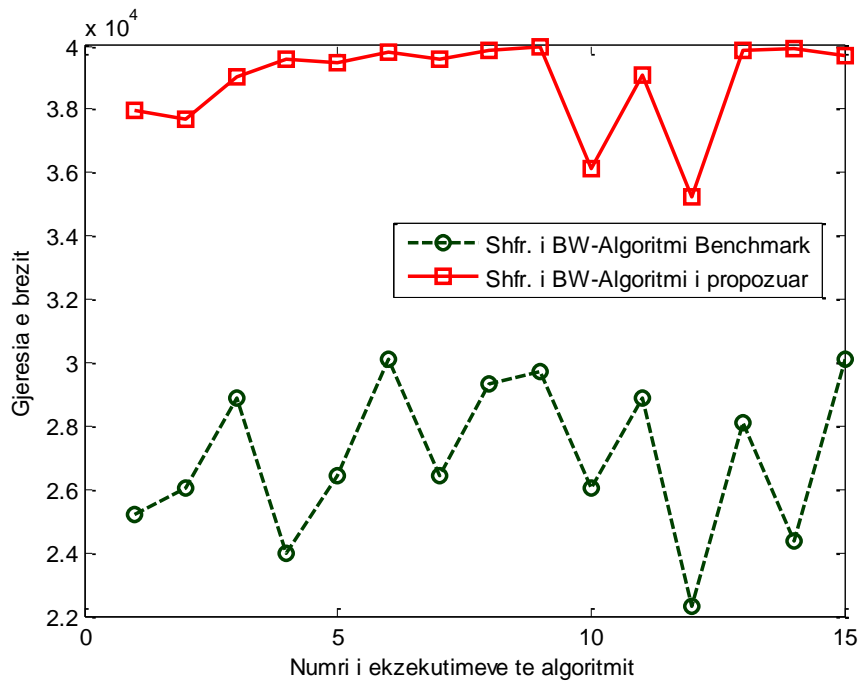
d) Gjerësia e brezit-algoritmi benchmark

Figura 7.20. Algoritmi i propozuar dhe ai benchmark; a) Kualiteti-algoritmi i propozuar b) Gjerësia e brezit-algoritmi i propozuar, c) Kualiteti-algoritmi benchmark, d) Gjerësia e brezit-algoritmi benchmark

Në figurën 7.21, është bërë krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar dhe atij benchmark, i vlerave të fituara për kualitet dhe shfrytëzim të brezit.



a) Kualiteti: algoritmi i propozuar vs. Benchmark



b) Shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit; algoritmi i propozuar vs. Benchmark

Figura 7.21. Algoritmi i propozuar kundrejt benchmark; a) kualiteti, b) gjerësia e brezit

Vlerat e fituara nga ekzekutimi i algoritmit të propozuar dhe benchmark, janë kur në algoritëm i kemi marrë parasysh 4 nivele BR. Tani do të rrisim numrin e niveleve BR dhe të shohim nëse mund të fitojmë rezultate edhe më të mira. E rrisim numrin e niveleve nga 4 në 5 nivele BR dhe të tentojmë të rrisim cilësinë dhe shfrytëzimin e burimeve të rrjetit. Në figurën 7.22 shihet numri i niveleve të mundshme Q dhe R për 5 nivele BR.

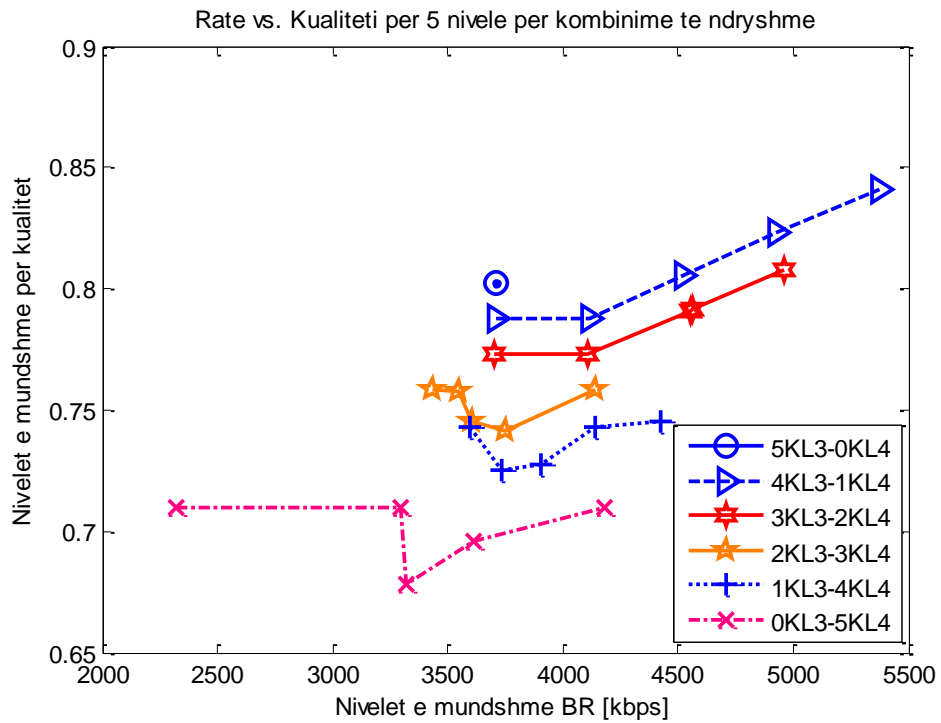
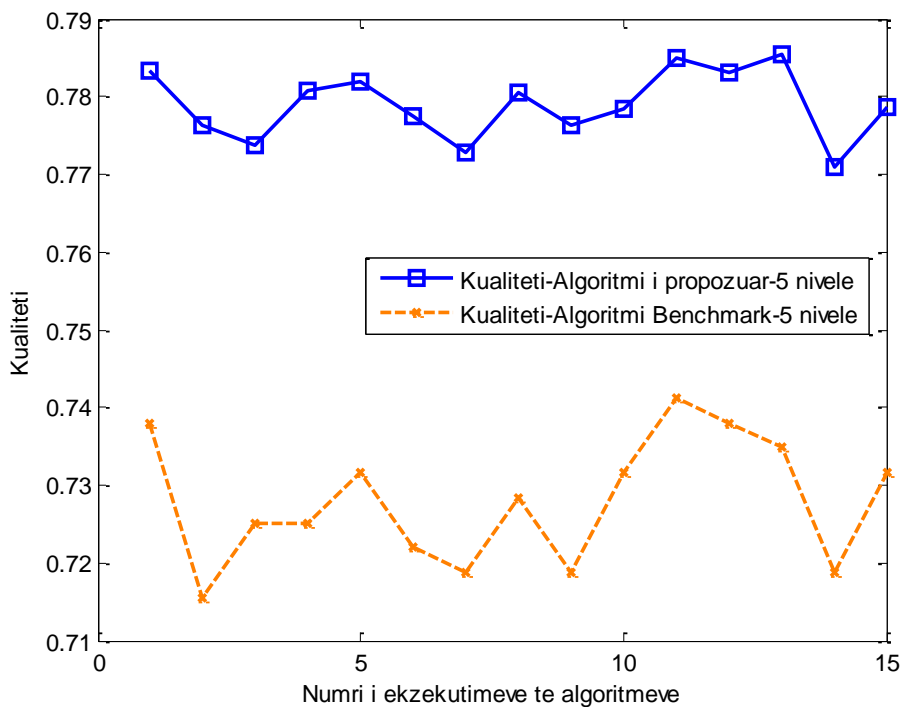
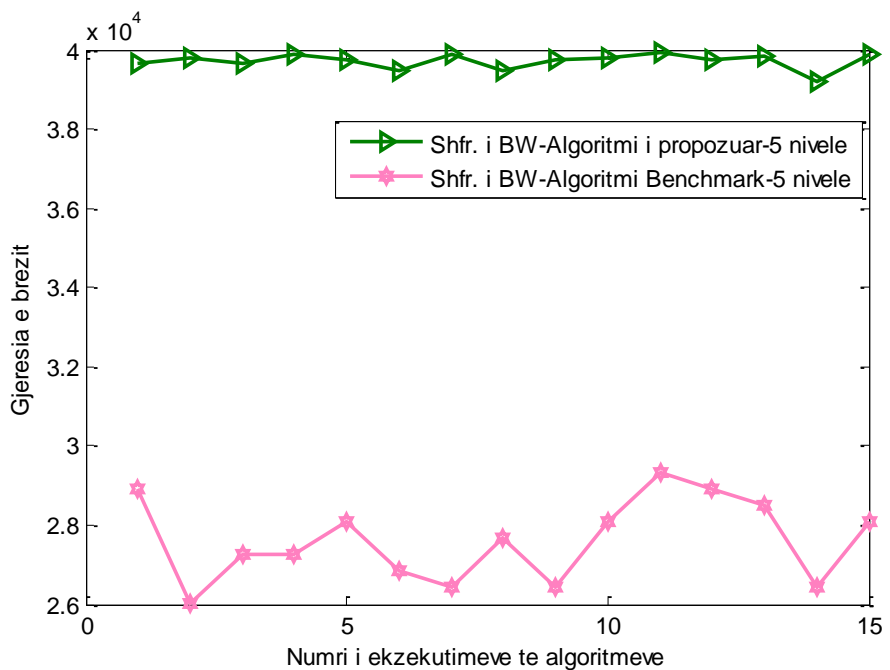


Figura 7.22. Nivelet e mundshme Q vs. R për 5 nivele BR

Rezultatete e zbatimit të algoritmeve të tilla (të propozuar dhe benchmark), mund të shihen në figurën 7.23.



a) Kualiteti; algoritmi i propozuar vs. Benchmark-5 nivele

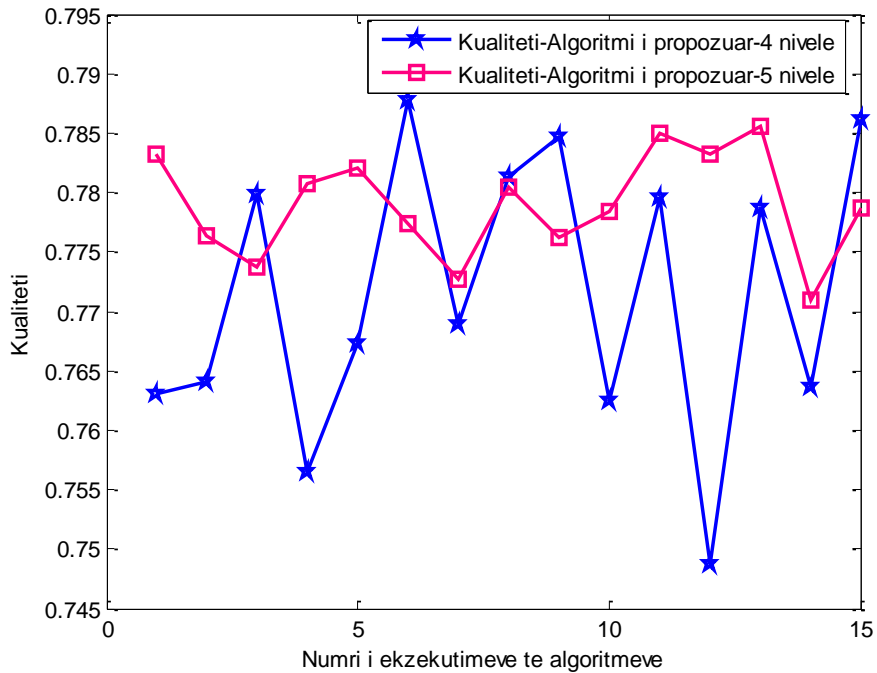


b) Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit; algoritmi i propozuar vs. Benchmark-5 nivele

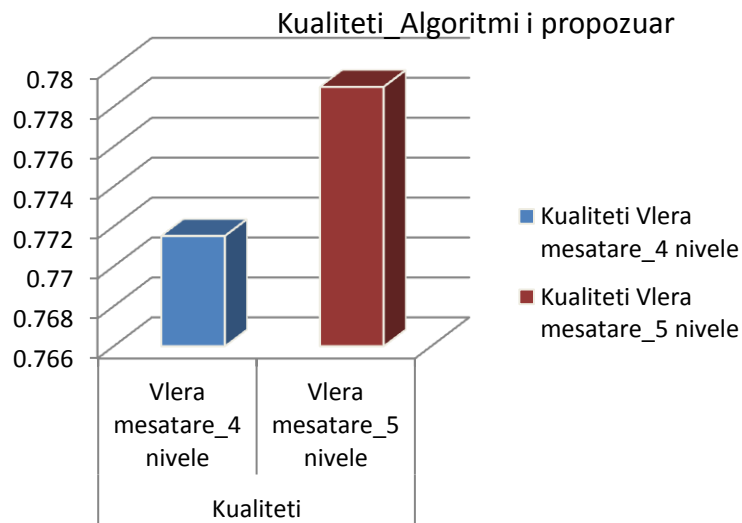
Figura 7.23. Algoritmi i propozuar 5 nivele kundrejt algoritmi benchmark; a) kualiteti b) shfrytëzimi i brezit



Në figurat e mëposhtme (7.24 a dhe 7.25 b), do të bëjmë krahasimin ndërmjet vlerave të fituara me algoritmin e propozuar dhe benchmark (4 nivele) me vlerat e fituara nga këto algoritme, kur marrim në shqyrtim 5 nivele BR.



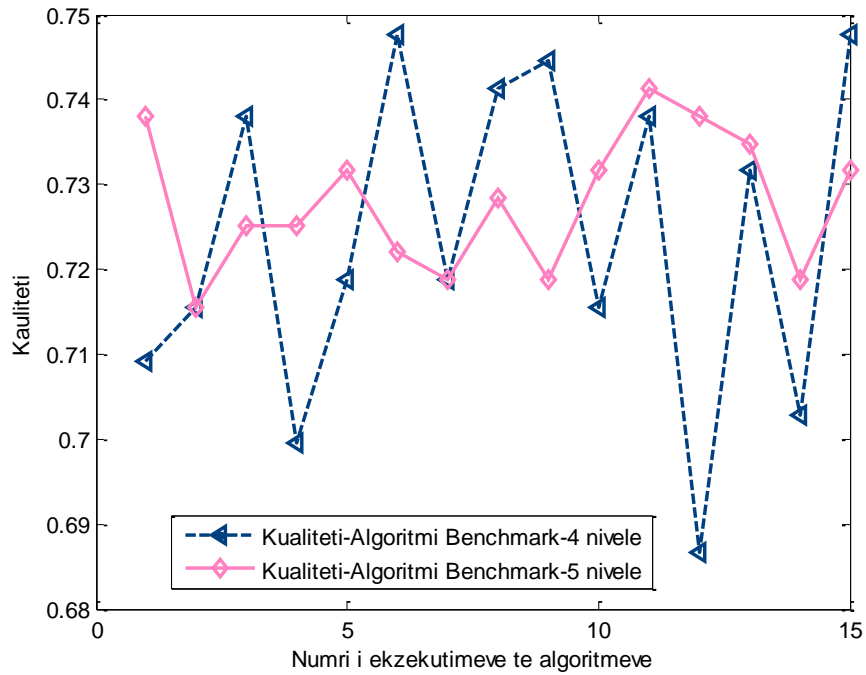
a) Kualiteti i përgjithshëm, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele



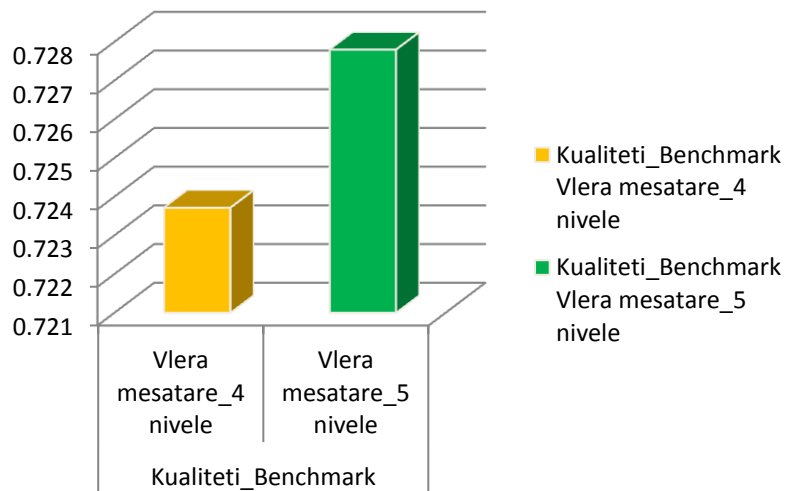
b) Vlera mesatare e kualitetit; algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele

Figura 7.24. Kualiteti i fituar me algoritmin e propozuar 4 nivele vs. 5 nivele; a) Kualiteti, algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Vlera mesatare e kualitetit; algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele

Ndërsa, në figurën 7.25 është paraqitur krahasimi i kualitetit të përgjithshëm dhe vlerës mesatare të kualitetit, ndërmjet algoritmit benchmark për rastin kur kemi marrë 4 nivele dhe 5 nivele.



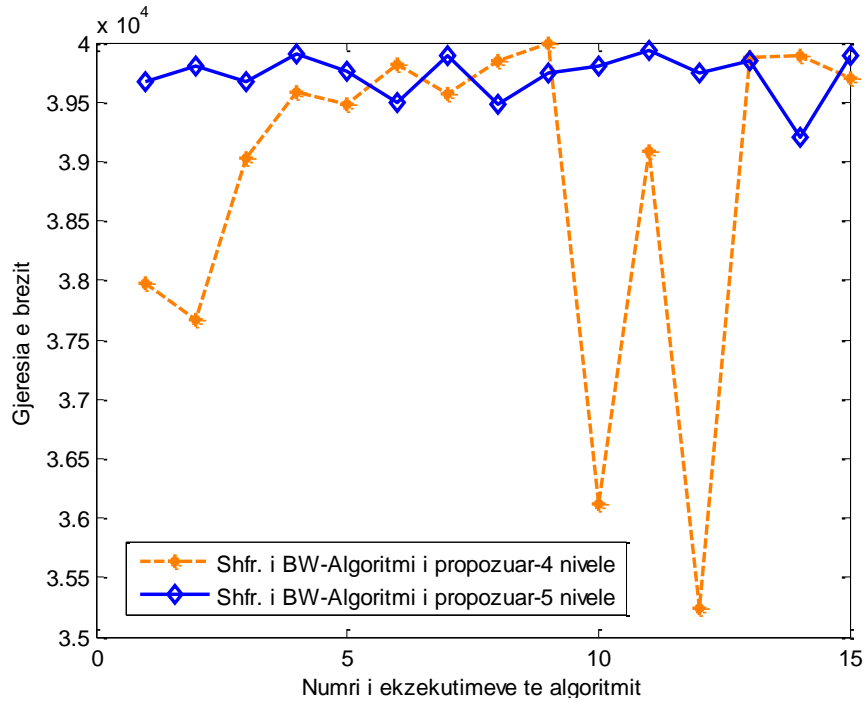
a) Kualiteti i përgjithshëm, algoritmi benchmark 4 nivele vs. 5 nivele



b) Kualiteti mesatar, algoritmi benchmark 4 nivele vs. 5 nivele

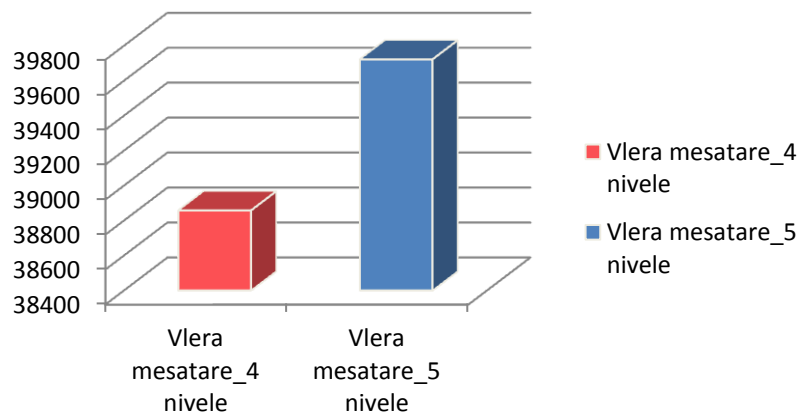
Figura 7.25. Kualiteti i fituar me algoritmin benchmark 4 nivele vs. 5 nivele; a) Kualiteti, algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Vlera mesatare e kualitetit; algoritmi 4 nivele vs. 5 nivele

Ndërsa, në figurën 7.26, është paraqitur krahasimi shfrytëzimit të brezit të përgjithshëm dhe vlerës mesatare të gjerësisë së shfrytëzuar, ndërmjet algoritmit të propozuar për rastin kur kemi marrë 4 nivele dhe 5 nivele.



a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele

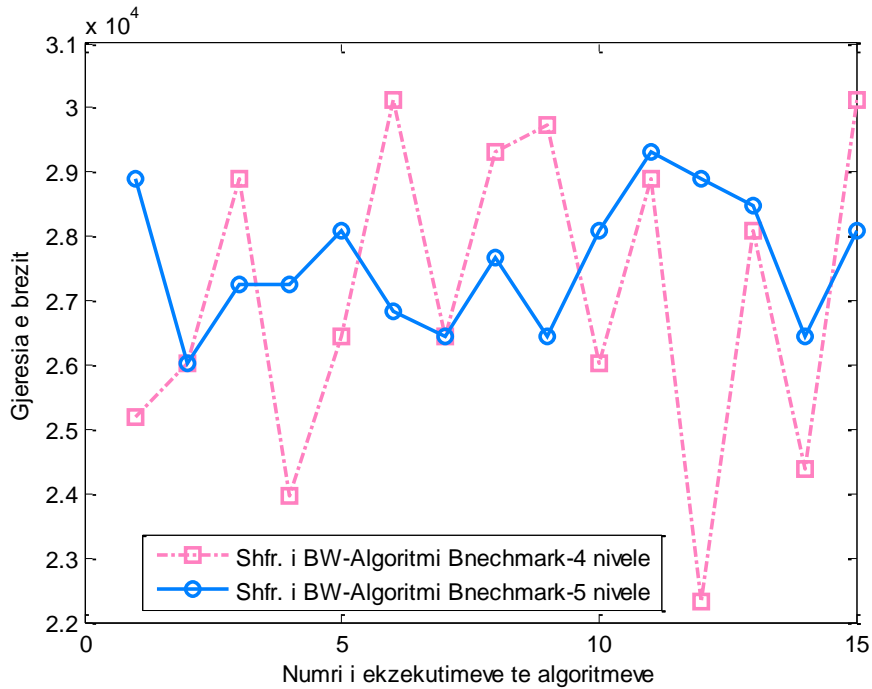
### Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit



b) Shfrytëzimi mesatar i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele

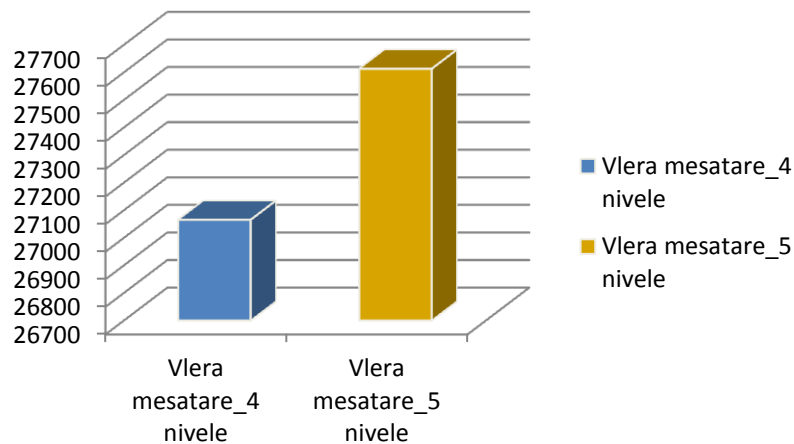
Figura 7.26. Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit, i fituar me algoritmin e propozuar 4 nivele vs. 5 nivele; a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Shfrytëzimi mesatar i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5

Po ashtu, në figurën 7.27, është paraqitur krahasimi i shfrytëzimit të brezit të përgjithshëm dhe vlerës mesatare të gjerësisë së shfrytëzuar, ndërmjet algoritmit benchmark për rastin kur kemi marrë 4 nivele dhe 5 nivele.



a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi benchmark 4 nivele vs. 5 nivele

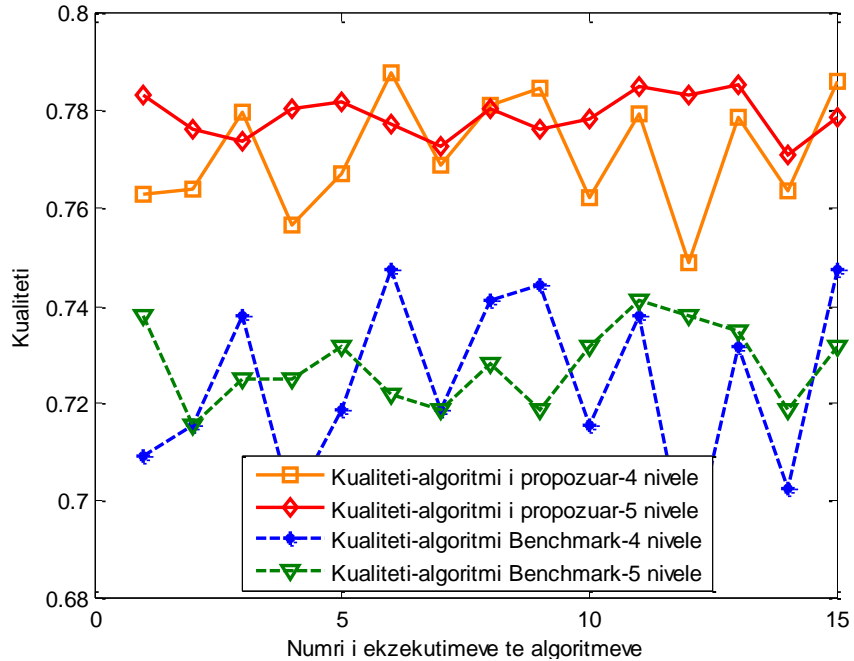
### Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit\_Benchmark



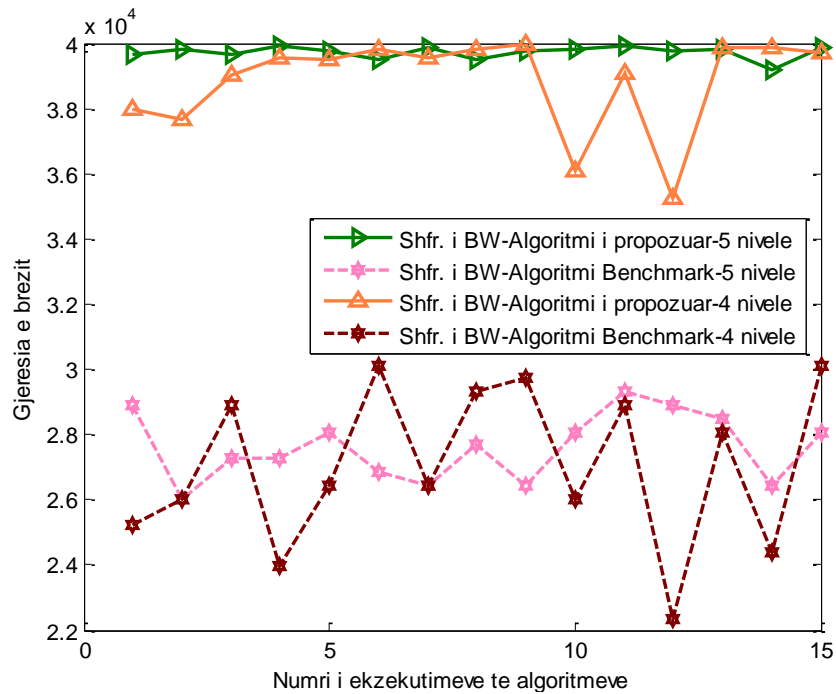
b) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi benchmark 4 nivele vs. 5 nivele

Figura 7.27. Shfrytëzimi i gjerësisë së brezit, i fituar me algoritmin benchmark, 4 nivele vs. 5 nivele; a) Shfrytëzimi i përgjithshëm i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 nivele dhe b) Shfrytëzimi mesatar i brezit, algoritmi i propozuar 4 nivele vs. 5 n

Ndërsa, krahasimi ndërmjet kualitetit të algoritmit me 4 dhe 5 nivele dhe shfrytëzimit të brezit për këto algoritme, mund të shihet në figurën 7.28.



a) Kualiteti i fituar me algoritmin e propozuar dhe benchmark, për 4 dhe 5 nivele



b) Shfrytëzimi i brezit i fituar me algoritmin e propozuar dhe benchmark, për 4 dhe 5 nivele  
 Figura 7.28. Kualiteti dhe shfrytëzimi i brezit për algoritmin e propozuar dhe atë benchmark, për rastin kur janë marrë 4 dhe 5 nivele

Nga figura 7.28, shihet qartë se numri i madh i niveleve BR, do të rrisë performancën e algoritmit. Një e metë e rritjes së tillë të niveleve të mundshme BR është sepse rritet edhe kompleksiteti i algoritmit dhe me këtë rritet edhe koha e zbatimit të tij. Duke pasur parasysh se rezultatet e fituara kur marrim 4 nivele të mundshme BR, janë të përafërta me ato të fituara me 5 nivele, lirisht mund të marrim si algoritëm përfundimtar algoritmin kur merren parasysh 4 nivele, sepse edhe algoritmi i propozuar me 4 nivele tregon performancë shumë më të mirë krahasuar me algoritmin benchmark.

#### **7.11.6 Përmirësimi i mëtejshëm i algoritmit 5 (4 nivele)**

Siç edhe e prezantuam në seksionin më lartë, algoritmi i propozuar 5 është më i mirë për nga cilësia dhe shfrytëzueshmëria e burimeve të rrjetit në krahasim me algoritmin benchmark. Megjithatë, edhe këtë algoritëm do të tentojmë ta përmirësojmë përmes një algoritmi të ri, të cilin do ta quajmë “Algoritmi\_i ri5. Përmes këtij algoritmi të ri do të tentojmë të fitojmë rezultate edhe më të mira sesa me algoritmin e propozuar 5. Edhe në këtë rast, ideja e krijimit të algoritmit të ri ka qenë për shkak se edhe këtu kemi RBW. Kjo mbetje është për faktin se kemi kombinime të ndryshme STAR të cilat na japin nivele të ndryshme BR dhe se një përdorues mund të ketë njërin nga këto nivele (nuk mund të marrë vlera tjera BR). Këtë mbetje, do të tentojmë ta shpërndajmë tek ato shtëpi që kanë kualitetin më të dobët gjatë pranimit të 5 kanaleve TV njëkohësisht. Ne duhet të kujdesemi që t’i jepet gjerësi të brezit atyre shtëpive që kërkojnë kanale që kanë BR më të lartë. Puna e parë që kemi bërë në këtë algoritëm të ri është vendosja e pragut për kualitet në vlerën 0.5 (vlerë e normalizuar), me qëllim që të mos përfillen fare vlerat që janë nën këtë vlerë. Hapi tjetër dhe më i rëndësishmi që do të bëjmë është shtimi i RBW (residual BW-gjerësia e mbetur pa shfrytëzuar e brezit) tek vlera e gjerësisë së brezit i cili na jep vlerën më të vogël të kualitetit që mund të ketë njëri nga kombinimet e klasave të shërbimeve video (shiko kombinimet e mundshme për video në tabelën 7.21). Qëllimi është që kjo mbetje të zvogëlohet sa më shumë. Sa më e vogël të jetë kjo mbetje, aq më e lartë do të jetë cilësia. Pas kësaj, duhet të vërtetojmë nëse kapaciteti total nuk e tejkalon vlerën 40 *Mbps*, duke përdorur të gjitha kombinimet e mundshme STAR. Algoritmi i ri5, është si më poshtë:

---

**#ALGORITMI 5 I PËRMIRËSUAR:**

---

1. Allocate backbone bandwidth of 40 Mbps equally to each of the 10 houses which gives 4 Mbps in each access link (AN-household)
2. Find maximum quality and related total bite rate  $R_{\min ki_j i_k}$  for each kind of video content combination in Table 6 under a total bandwidth constraint of 4mbps.
3. Select randomly (uniform distribution) how many houses  $a_k$  demand which kind of video sequence combination.
4. Under backbone constraint of 40Mbps find out the

$$residuebandwidth = 40 \text{ Mbps} - \sum_{k=1}^6 a_k * R_{\min ki_j i_k}$$

5. Find all available RSTAR combinations  $R_{ki_j i_k(q,t,s)}$  and related  $Q_{ki_j i_k(q,t,s)}$  have rate with in the range of  $R_{\min ki_j i_k}$  and 10 Mbps constraint in access link.

$$R_{\min ki_j i_k} \leq R_{ki_j i_k(q,t,s)} \leq \min (residuebandwidth + R_{\min ki_j i_k}, C)$$

(2)

6. Do exhaustive search within the bandwidth range of 40 Mbps with combination of condition 5 and find out the combination gives out the best total quality.

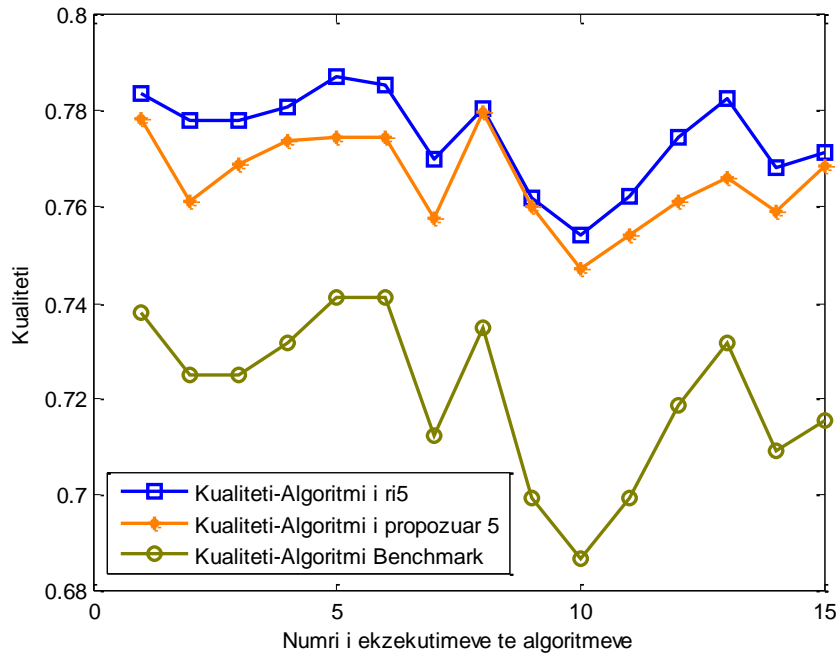
$$Q_{optimize} = \max \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^I m_{ki} * Q_{ki_j i_k(q,t,s)}$$

$$\sum_{i=1}^I m_{ki} = a_i$$

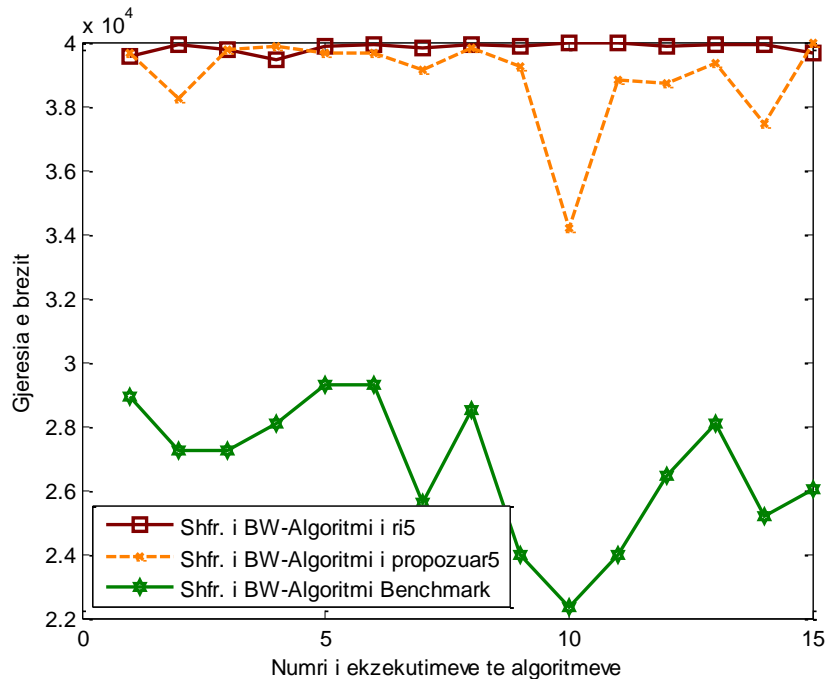
$$s.t. \sum_{k=1}^6 \sum_{i=1}^I m_{ki} * R_{ki_j i_k(q,t,s)} \leq G$$

---

Pas zgjidhjes të këtij algoritmi, do të fitojmë rezultatet si në figurën 7.29. Nga figura shihet se përmes këtij algoritmi të ri (të përmirësuar), kemi arritur rezultate më të mira për kualitet dhe për shfrytëzim të brezit, në krahasim me algoritmin e propozuar më herët dhe atë benchmark.



a) Kualiteti



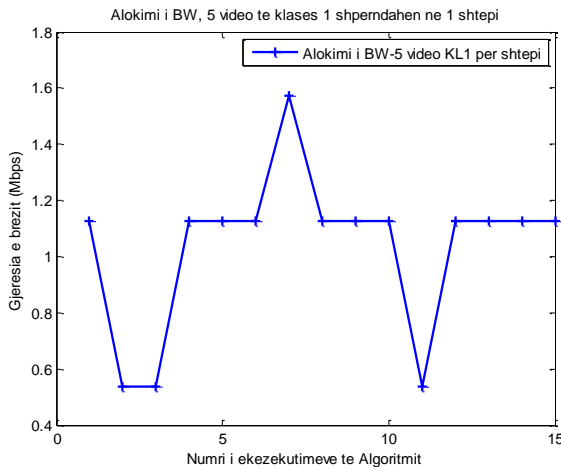
b) shfrytëzueshmëria e gjërësisë së brezit

Figura 7.29. Krahasimi ndërmjet algoritmit të propozuar të ri5, algoritmit Benchmark dhe Algoritmit të propozuar: a) Kualiteti, b) shfrytëzueshmëria e gjërësisë së brezit

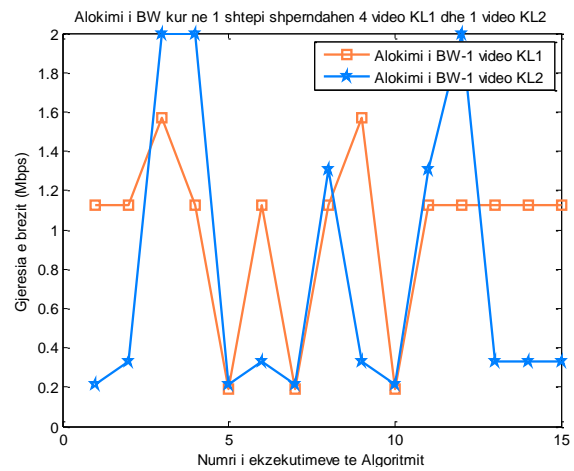


### 7.11.7 Alokimi i gjerësisë së brezit për secili përdorues-Algorithmi i përmirësuar

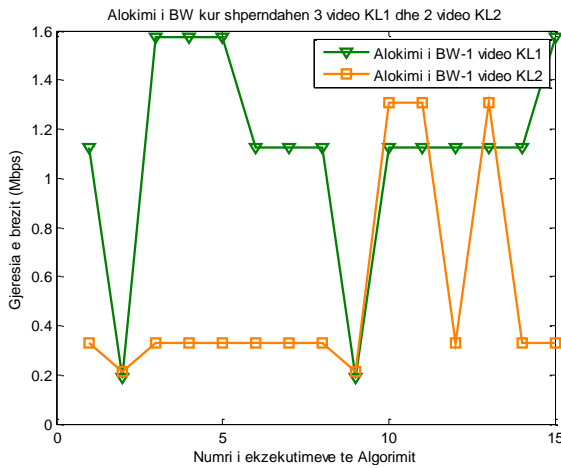
Rëndësi të madhe ka edhe alokimi i gjerësisë së brezit për secilin përdorues. Në vazhdim do të shohim se si bëhet shpërndarja e gjerësisë së brezit deri tek shtëpitë që pranojnë 5 kombinime të mundshme të shërbimeve video TV. Figura e mëposhtme tregon shpërndarjen e brezit, pas 15 ekzekutimeve të algoritmit të propozuar.



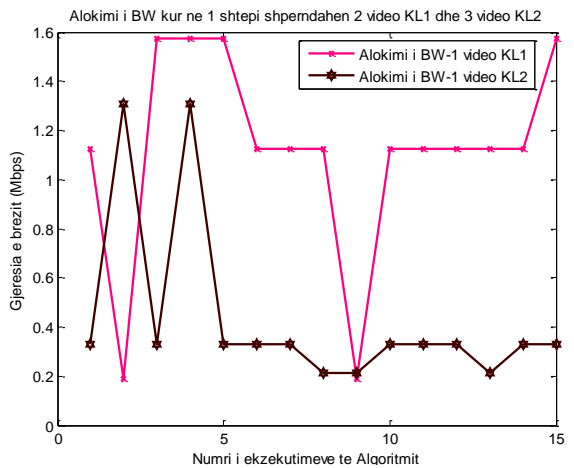
a) pesë video KL1



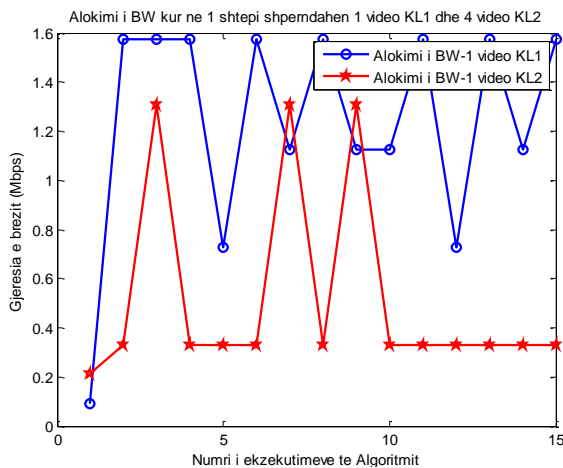
b) katër video KL1 dhe një video KL2



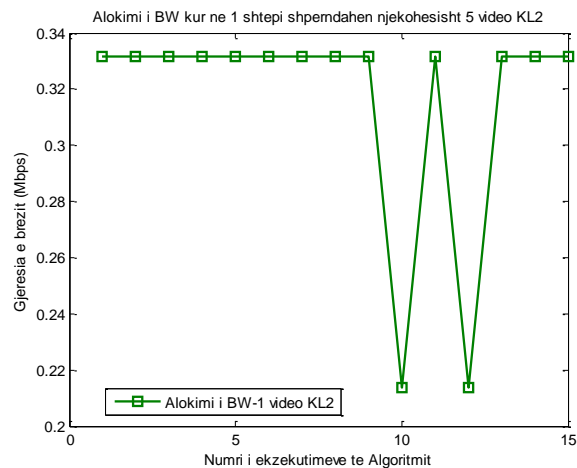
c) tre video KL1 dhe dy video KL2



d) dy video KL1 dhe tre video KL2



e) një video KL1 dhe katër video KL2



f) pesë video KL2

Figura 7.30. Alokimi i gjerësisë së brezit për secili përdorues-algoritmi i përmirësuar (40 Mbps kufizimi në backbone), për rastet: a) pesë video KL1, b) katër video KL1 dhe një video KL2, c) tre video KL1 dhe dy video KL2, d) dy video KL1 dhe tre video KL2, e) një video KL1 dhe katër KL2, f) pesë video KL2

Gjithmonë do të kemi RBW të vogël, në figurën 7.31 paraqitet edhe grafikisht kjo RBW, pas 15 ekzekutimeve të këtij algoritmi të ri. Kjo RBW paraqet vlerën pas përmirësimit të algoritmit të propozuar, do të thotë fillimisht ka qenë një vlerë më e madhe, mirëpo qëllimi i algoritmit të propozuar ka qenë që kjo gjerësi e brezit të pashfrytëzuar të zvogëlohet sa më shumë. Me zvogëlimin e kësaj gjerësie të pashfrytëzuar, rritet cilësia e përgjithshme dhe natyrisht shfrytëzohen më mirë burimet e rrjetit.

Figura 7.31 paraqet vlerën e mbetur të gjerësisë së brezit, pas zgjidhjes së këtij algoritmi.

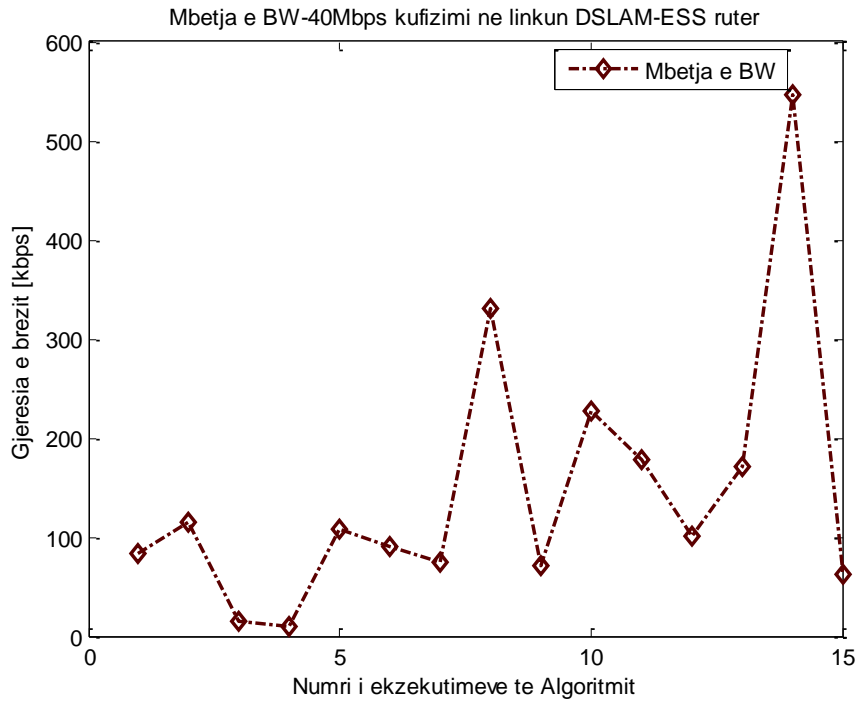
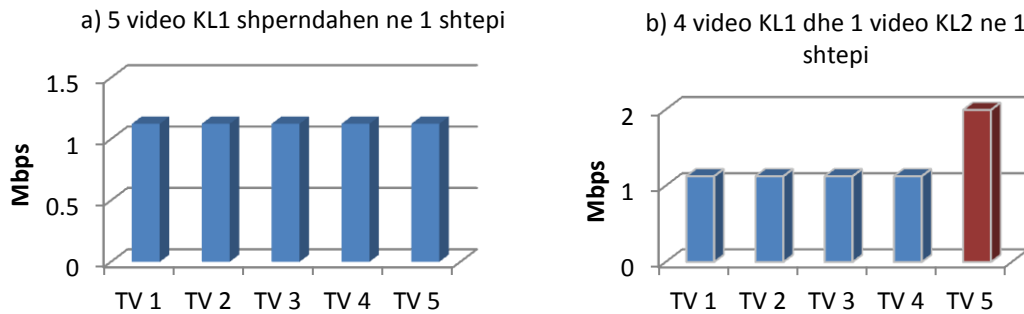


Figura 7.31. Mbetja e gjerësisë së brezit për kufizimin në linkun backbone 40 Mbps

Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të njëjtës shtëpi, mund të shihet në grafikët e mëposhtme (figura 7.32). Këto janë rezultatet pas zgjidhjes së algoritmit të përmirësuar. Në figurën 7.32 shihet qartë se nga sa kapacitet (Mbps) i takojnë secilit përdorues brenda një shtëpie.



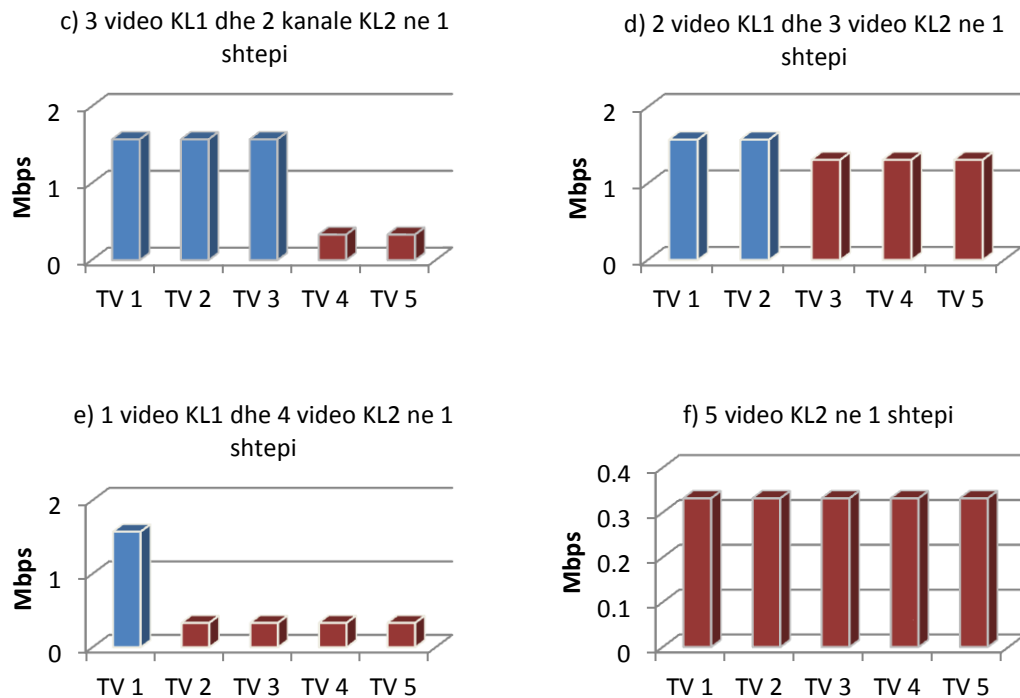


Figura 7.32. Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të së njëjtës shtëpi; kufizimi është 40 Mbps në linkun ESS-DSLAM (linku backbone)

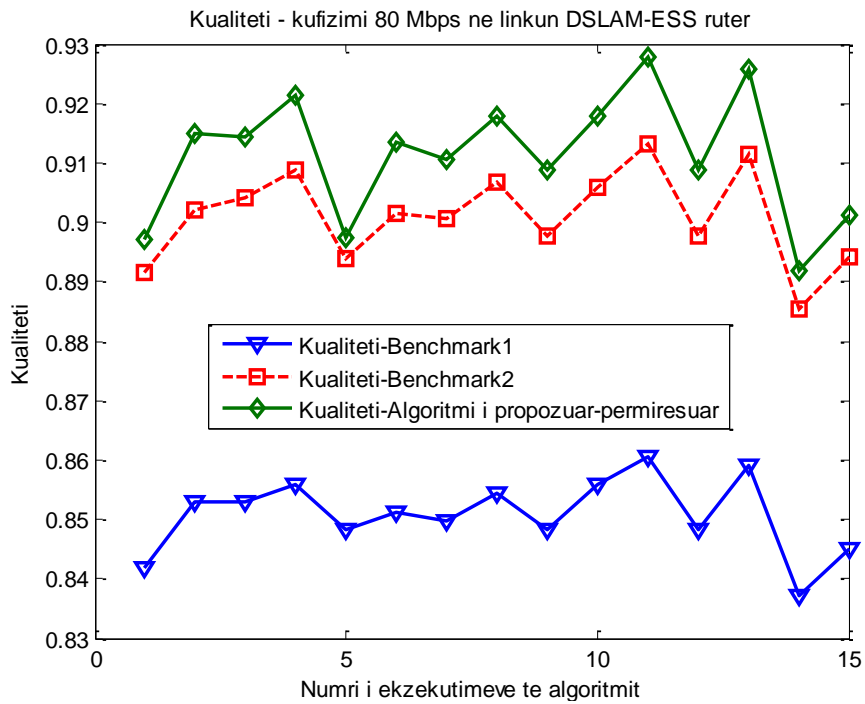
### 7.11.8 Skenari 5.2- Kufizimi 80 Mbps në linkun ESS-DSLAM

Në këtë rast do të trajtohet i njëjti problem (Random 2), por kufizimi në linkun DSLAM-ESS ruter të jetë 80 Mbps. E kemi marrë në konsideratë këtë vlerë, duke pasur parasysh se në rastin kur kufizimi ishte 40 Mbps, cilësia nuk ishte e kënaqshme. Meqenëse kemi kufizim në këtë link prej 80 Mbps, vlerat për benchmark do të merren 1.6 Mbps për secilën video. Kjo ndodh pasi,  $80/10=8$  Mbps është kapaciteti maksimal për secilën shtëpi. Kemi supozuar se kemi 5 video që transmetohen njëkohësisht në secilën shtëpi, atëherë  $8/5 = 1.6$  Mbps. Pra, algoritmi Benchmark është algoritmi i cili merr vlera standarde si në këtë rast. E tërë ajo që ne duhet të bëjmë është që të bëhet krahasimi i algoritmit të propozuar (benchmark 2), algoritmit benchmark (“benchmark-u i benchmark1”) dhe algoritmit të përmirësuar që do e prezantojmë tani. Edhe në këtë rast do të shohim nëse kemi arritur të bëjmë përmirësimin e cilësisë dhe shfrytëzueshmërisë së gjerësisë së brezit.

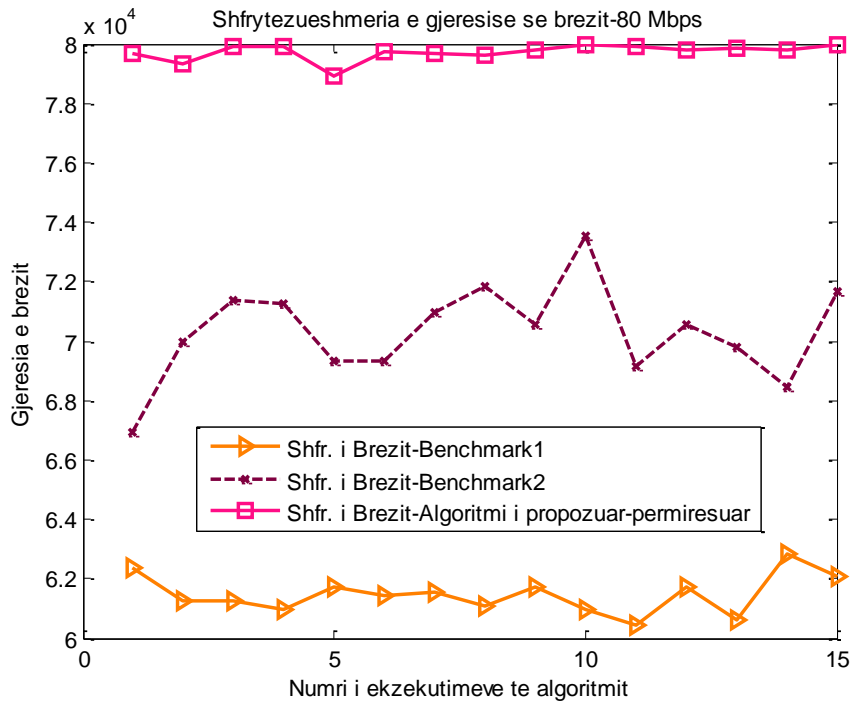
Pas zgjidhjes së algoritmit, do të fitohen këto rezultate, të cilat do të paraqiten në grafikët e mëposhtme (figura 7.33).

Për këtë rast, kemi supozuar se të gjitha videot u takojnë vetëm dy klasave: klasës 1 ( $R_{\max}=2.138 \text{ Mbps}$ ) dhe klasës 2 ( $R_{\max}=7.659 \text{ Mbps}$ ). Do të thotë, të gjitha programet TV të platformës IPTV mund t'i takojnë njëres nga këto dy klasë. P.sh. 50 programe TV që kërkojnë më pak kapacitet (bitrate) mund ti takojnë klasës 1, ndërsa 20 programe TV që kërkojnë kapacitet më të madh, mund ti takojnë klasës 2 të video shërbimeve.

Edhe në këtë rast, supozimi është që të transmetohen 5 video njëkohësisht në një shtëpi (duke supozuar se kjo shtëpi ka 5 TV), duke marrë parasysh dy kufizimet që kemi, kufizimin në linkun e qasjes që është  $10 \text{ Mbps}$  (që është linku prej DSLAM e deri tek një shtëpi e përdoruesit) dhe kufizimin  $80 \text{ Mbps}$  (linku DSLAM-ESS ruter)



a) kualiteti

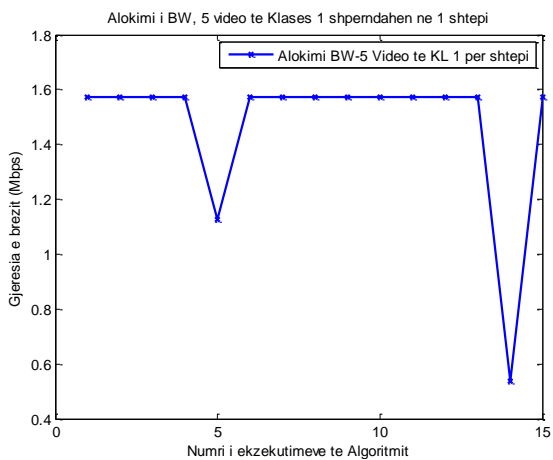


b) shfrytëzimi i gjerësisë së brezit

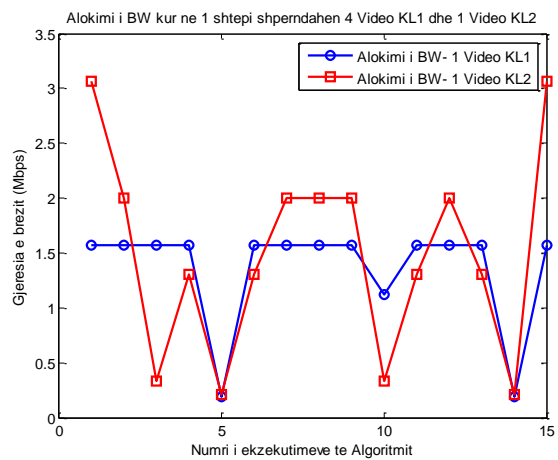
Figura 7.33. Kualiteti dhe shfrytëzimi i brezit; krahasimi ndërmjet algoritmit të përmirësuar me algoritmin e propozuar dhe atë benchmark: a) kualiteti dhe b) shfrytëzimi i gjerësisë së brezit

### 7.11.9 Alokimi i BW për secilin përdorues-Algorithmi i përmirësuar

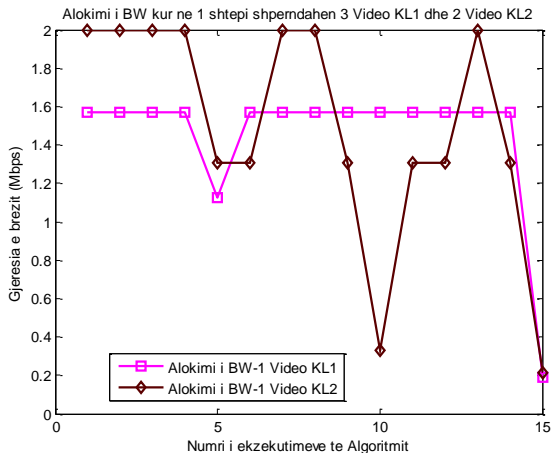
Në figurat e mëposhtme, do të shohim se si bëhet alokimi i BW tek shtëpitë e përdoruesve të cilët kërkojnë 5 video në të njëjtën kohë. Të gjitha videot ndahen në dy klasë.



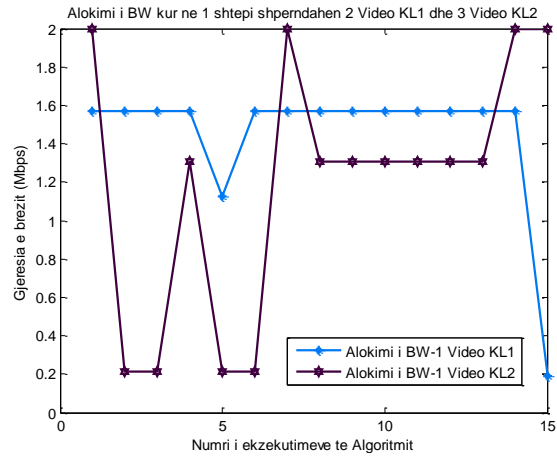
a) pesë video KL1



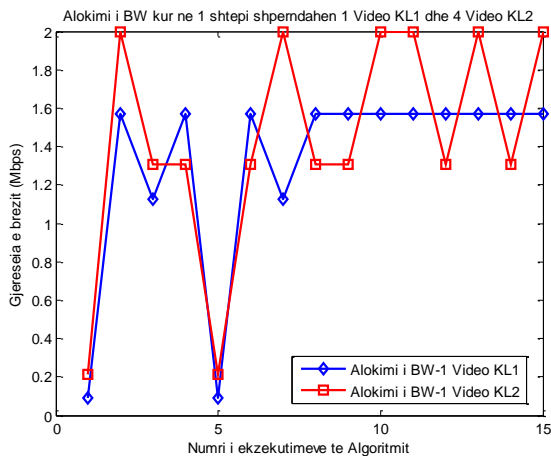
b) katër video KL1 dhe një video KL2



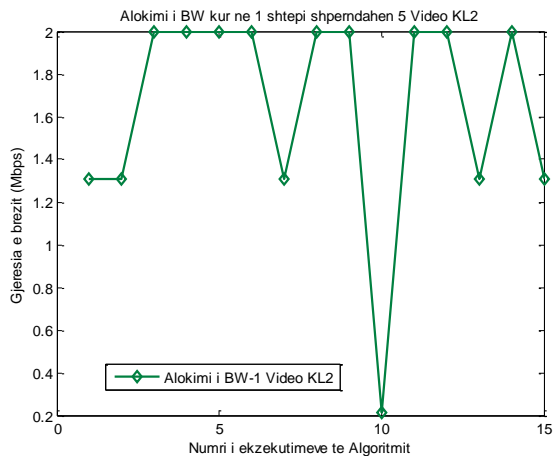
c) tre video KL1 dhe dy video KL2



d) dy video KL1 dhe tre video KL2



e) një video KL1 dhe katër video KL2



f) pesë video KL2

Figura 7.34. Alokimi i gjerësisë së brezit për secilin përdorues-algoritmi i përmirësuar (80 Mbps kufizimi në backbone), për rastet: pesë video KL1, b) katër video KL1 dhe një video KL2, c) tre video KL1 dhe dy video KL2, d) dy video KL1 dhe tre video KL2, një video

Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të njëjtës shtëpi, shihet në figurën 7.35. Këto janë rezultatet pas një zbatimit të algoritmit të përmirësuar:

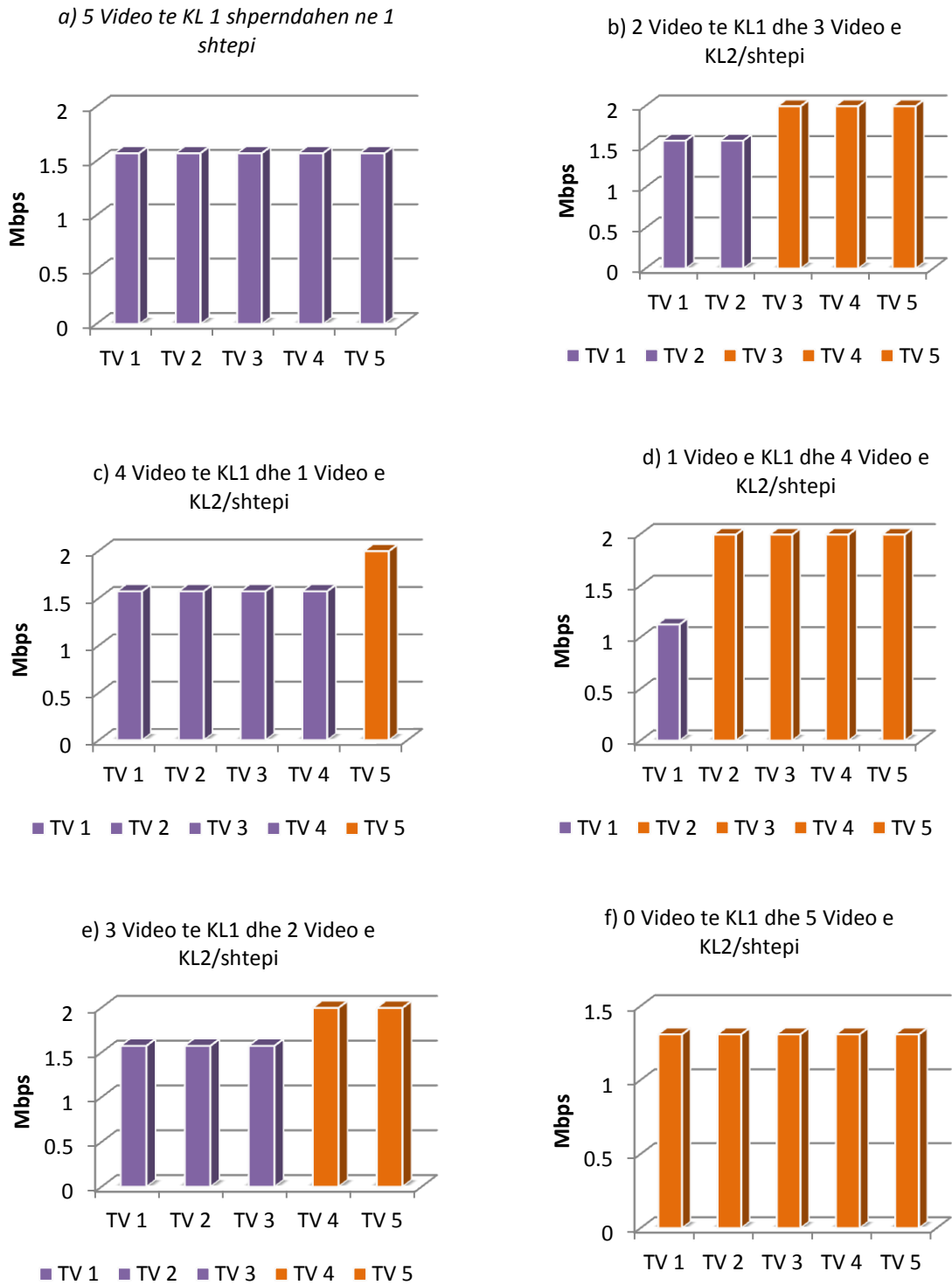


Figura 7.35. Shpërndarja e kanaleve TV për secilin përdorues brenda të së njëjtës shtëpi; kufizimi është 80 Mbps në linkun ESS-DSLAM (linku backbone)



Pas zgjidhjes së algoritmit, shpërndarja e shërbimeve nëpër 10 shtëpitë e supozuara do të jetë si në tabelën 7.23:

Tabela 7.23. Shpërndarja e shërbimeve nëpër secilën shtëpi

Nr i Shtëpive: 5Video KL1- 0 Video KL2	Nr i Shtëpive: 4Video KL1-1 Video KL2	Nr i Shtëpive: 3Video KL1-2 Video KL2	Nr i Shtëpive: 2Video KL1-3 Video KL2	Nr i Shtëpive: 1Video KL1-4 Video KL2	Nr i Shtëpive: 0Video KL1- 5 Video KL2
2	2	1	1	1	3

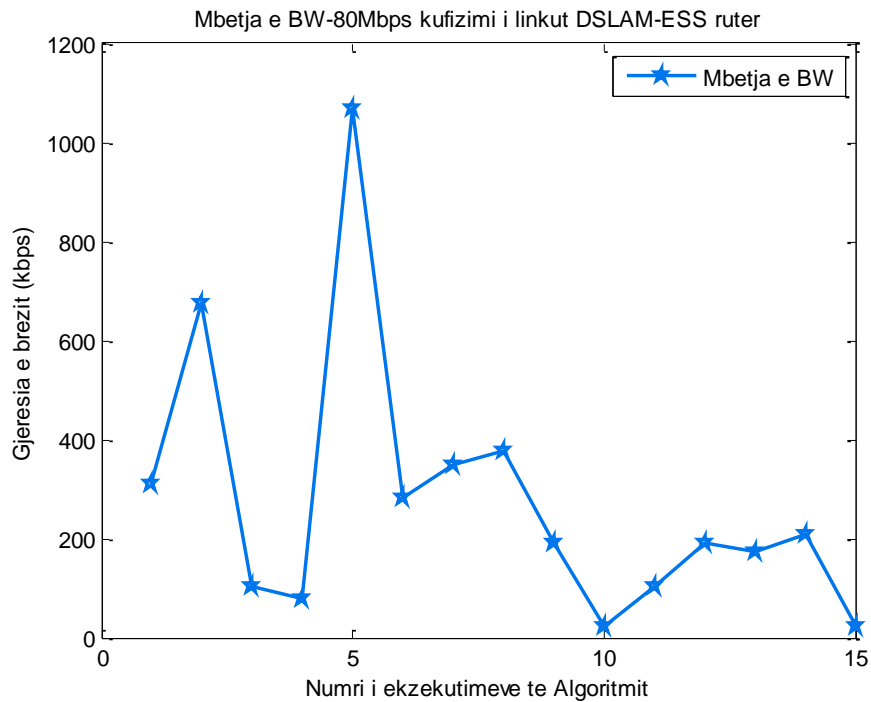


Figura 7.36. Mbetja e gjerësisë së brezit për kufizimin në linkun backbone 80 Mbps

Me rritjen e kapacitetit të linkut Ruter-AN, nga 40 në 80 Mbps, shihet qartë se rritet kualiteti dhe njëkohësisht rritet edhe kapaciteti në *Mbps* për secilën shtëpi. Krahasimi i kapacitetit për rastin kur kufizimi në linkun backbone është 40 *Mbps* dhe 80 *Mbps*, shihet në figurën 7.37:

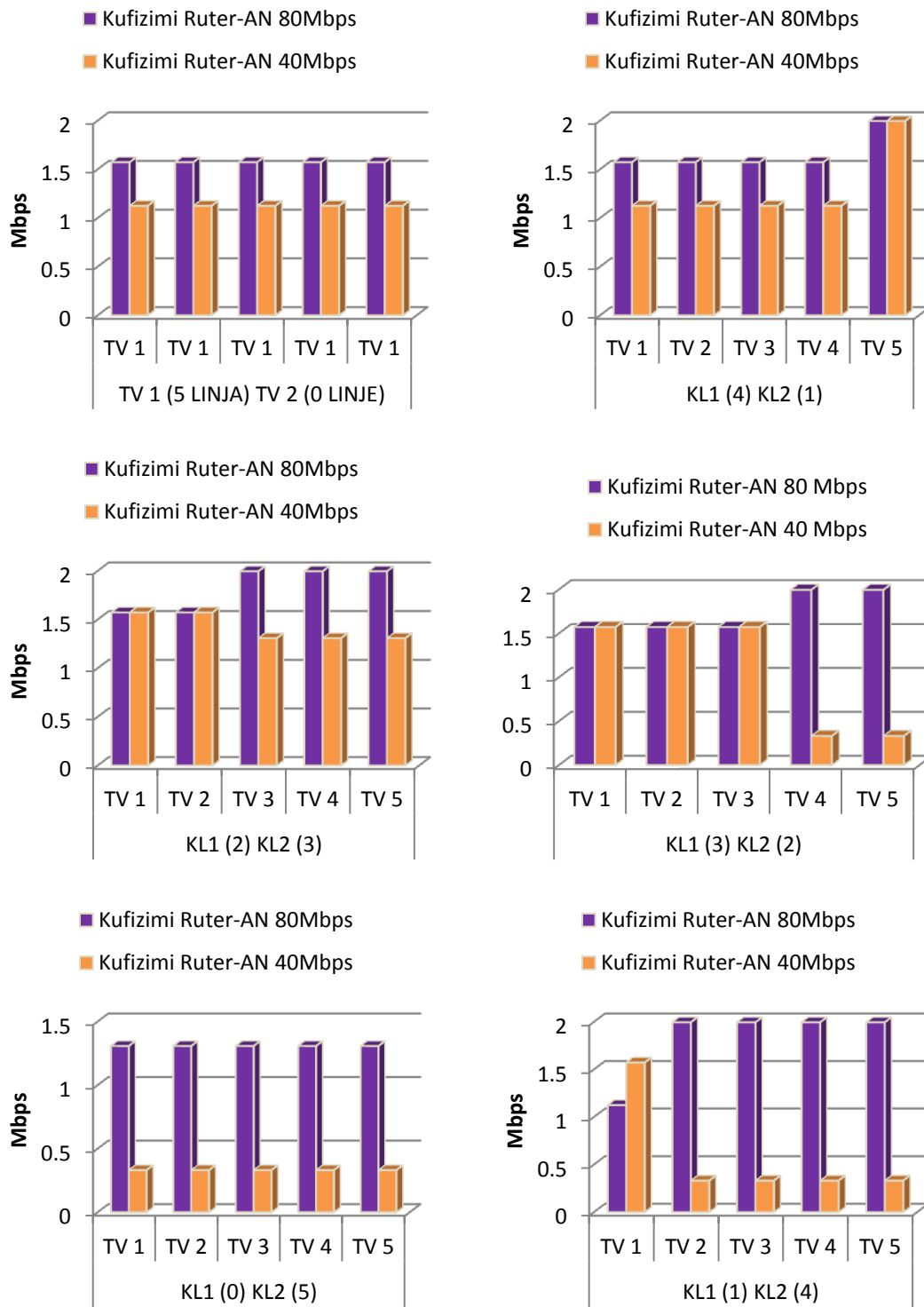


Figura 7.37. Krahasimi i kapacitetit për rastin kur kufizimi në linkun bacbone është 40 Mbps dhe 80 Mbps

## 7.12 Zbatimi praktik i këtyre algoritmeve-sugjerime

Algoritmet e propozuara për alokimin e BW mund të zbatohen në një server të centralizuar (CS-Centralized Server) në një rrjet IPTV. Në TiK janë rreth 200 nyje të qasjes (AN-Access Node) të instaluara dhe ato kontrollohen nga një server qendror, i cili vendoset në qendër. Arkitektura ku mund të bëhet zbatimi i algoritmeve të tilla shihet në figurën 7.38. Secila nyje e qasjes ka njohuri për grupin e përdoruesve që shfrytëzojnë shërbimet IPTV dhe kanë njohuri se cili përdorues, çfarë kanali video kërkon në një moment të caktuar. Bazuar në këtë njohuri, AN krijon një vektor që përmban të gjitha detajet rreth kërkesave të përdoruesve për kanalet video IPTV.

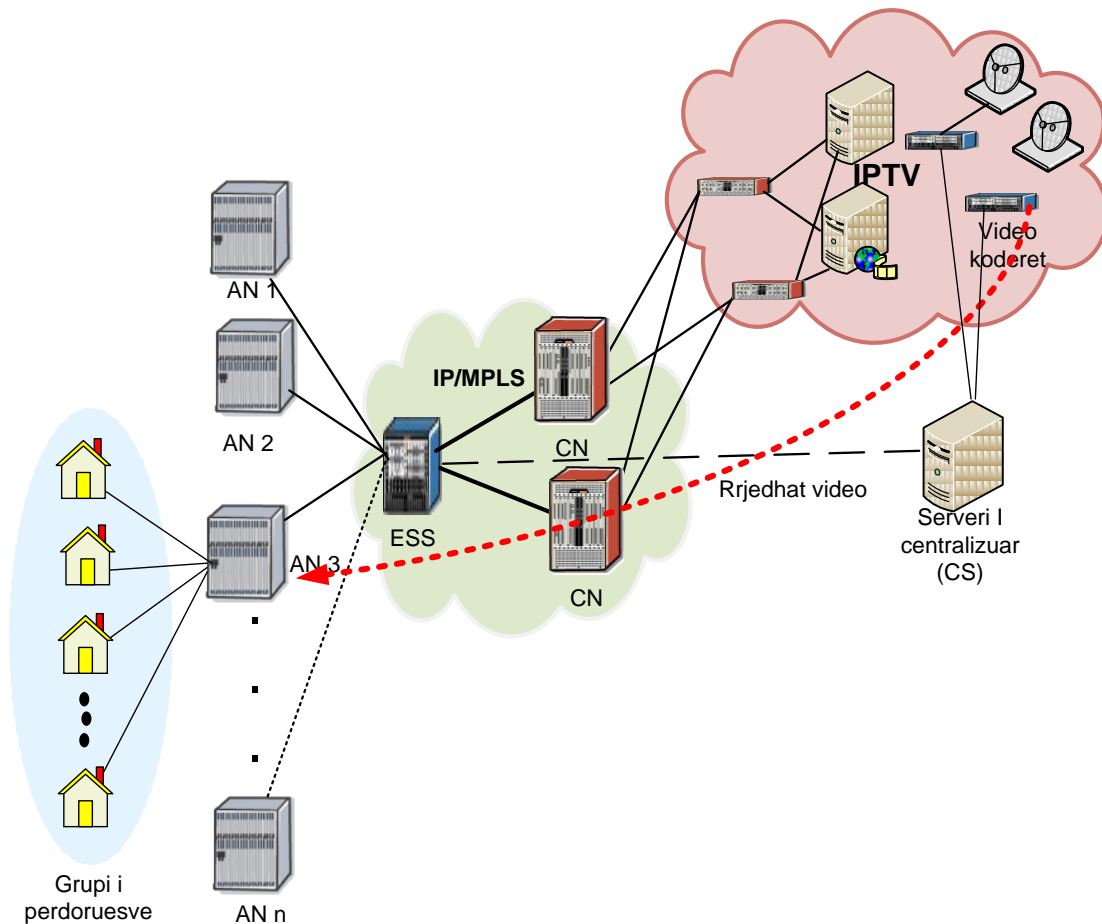


Figura 7.38. Implementimi praktik i algoritmeve të propozuara-Arkitektura

Nyja e qasjes e dërgon këtë vektor në serverin qendror. Më tej, CS duke u bazuar në kërkesat e përdoruesve të pranuar nga AN, aplikon njërin nga algoritmet e propozuara, varësisht nga detyrimet për gjerësi të brezit. Ky algoritëm determinon BW e

kërkuar (dhe STAR korrespondues që duhet të përdoret për kodim) për secilën kërkesë video. Serveri qendror e dërgon këtë informacion tek koderët video ose transkoderët, kështu që videot mund të kodohen në kohë reale, ose të transkodohen prej versioneve të parakoduara (pre-coded) në STAR të dëshiruar. Në sistemet e ardhshme, videot mund të para-kodohen në rrjedha të shkallëzueshme.

Deri në pranimin e STAR-it të dëshiruar për secilën video, sistemi video mund të ekstraktojë shtresat që korrespondojnë me STAR-in e dëshiruar. Më tej, shtresat e koduara, transkoduar ose të ekstraktuara mund të transmetohen deri tek nyja përkatëse e qasjes. Në vend që CS të bëjë llogaritjen e alokimit të BW për secilën AN, algoritmet mund të aplikohen edhe në nyje të qasjes (lokalisht) për të përcaktuar BW optimal për grupin e përdoruesve AN. Në këtë mënyrë mund të reduktohet ngarkesa në CS për llogaritjen e BW optimal.

Algoritmet e tilla të propozuara në këtë tezë të doktoratës mund të aplikohen në të gjitha arkitekturat IPTV të cilat janë të centralizuara (siç është rasti me arkitekturën IPTV zbatuar në TiK) dhe që përdorin teknologjinë ADSL në rrjetin e qasjes. .

### **7.13 Përfundimet e kapitullit**

Në këtë kapitull kemi analizuar problemin e ndarjes së BW për transmetimin e shumë kanaleve video IPTV njëkohësisht në një shtëpi. Kemi krijuar disa algoritme për shfrytëzimin më të mirë të BW për rritjen e cilësisë në dy raste konkrete: kur kemi vetëm një kufizim në gjerësi të brezit në linkun e qasjes (Shtëpi- AN) dhe rastin kur kemi dy kufizime në gjerësi të brezit; njëri kufizim në linkun e qasjes, ndërsa tjetri në linkun prej ESS ruterit në AN. Për zgjidhjen e problemeve të tilla ne kemi përdorur modelet e propozuara në [8] dhe [9], për të optimizuar shumën e kualitetit të të gjithë pranuesve të sinjalit video, e varur (subject) nga një apo dy detyrime të gjerësisë së brezit. Në këtë tezë, kemi krijuar një numër të madh të algoritmeve, pothuajse nga një algoritëm për secilin problem aktual që ekziston në TiK. Për krijimin e këtyre algoritmeve, fillimisht kemi vendosur korniza teorike këtyre algoritmeve duke përdorur ekuacionet e Langanzhit dhe konditat KKT, e më tej jemi bazuar në kërkimet e ashtuquajtura “exhaustive” përmes softuerit Matlab, për të gjetur kombinimin më të mirë të mundshëm STAR që na jep kualitetin më të mirë duke shfrytëzuar njëkohësisht brezin më mirë. Algoritmet e propozuara në të gjitha rastet kanë treguar se janë më efikase në krahasim me algoritmet standarde (Benchmark). Konkretisht, këto algoritme kanë treguar performanca më të mira për nga shfrytëzueshmëria e gjerësisë së brezit dhe cilësia. Ndaj, kemi bërë edhe

propozime konkrete për këto algoritme të cilët mund të zbaohen në të gjitha arkitekturat e centralizuara IPTV (siç është edhe arkitektura IPTV në TiK).

#### 7.14 Literatura

- [1] Curt Franklin, "How DSL works" <http://computer.howstuffworks.com/dsl1.htm>, 05.08.2012; 14:08
- [2] Broadband Forum, marketing report, R-180 Achieving Quality IPTV over DSL Issue: 1 Issue Date: March 2012
- [3] "Plan Accordingly for OTT Video Onslaught", 7/20/11 Andrew Burger <http://www.telecompetitor.com/plan-accordingly-for-ott-video-onslaught/>
- [4] Jinsul Kim, Byeong Ok Jang, QoE-aware dynamic bandwidth allocation optimization for mobile IPTV service over heterogeneous networks, ICT Convergence (ICTC)", 2011 International Conference on Multimedia, pages 377 - 382
- [5] Kun Zhu, Dusit Niyato, and Ping Wang, "Optimal Bandwidth Allocation with Dynamic Service Selection in Heterogeneous Wireless Networks", This full text paper was peer reviewed at the direction of IEEE Communications Society subject matter experts for publication in the IEEE Globecom 2010 proceedings.
- [6] Aditya Mavlankar, Jeonghun Noh, and Bernd Girod, "Optimal Server Bandwidth Allocation among Multiple P2P Multicast Live Video Streaming Sessions", *Proc. of 17th IEEE International Packet Video Workshop (PV)*, Seattle, Washington, USA, May. 2009
- [7] Changbin Liu, Lei Shi, Bin Liu, "Utility-Based Bandwidth Allocation for Triple-Play Services", *Universal Multiservice Networks, 2007, IEEE ECUMN '07. Fourth European Conference on Feb. 2007, 327-336*
- [8] Zhan Ma, Hao Hu, Meng Xu, Yao Wang, "Rate Model for Compressed Video Considering Impacts Of Spatial, Temporal and Amplitude Resolutions and Its Applications for Video Coding and Adaptation". Under review. Available at <http://arxiv.org/abs/1206.2625>
- [9] Yen-Fu Ou, Yuanyi Xue and Yao Wang, "*Q-STAR: A perceptual video quality model for mobile platforms considering impact of spatial, temporal and amplitude resolutions*," Under review. Available at <http://arxiv.org/abs/1206.2320>

- [10] Hao Hu, Zhan Ma, Yao Wang, "Optimization of spatial, temporal and amplitude resolution for rate-constrained video coding and scalable video adaptation". *IEEE ICIP*, Sept. 2012.
- [11] Hao Hu, Xiaoqing Zhu, Yao Wang, Rong Pan, Jiang Zhu, Flavio Bonomi,"Proxy-Based Multi-Stream Scalable Video Adaptation over Wireless Networks Using Subjective Quality and Rate Models

## KAPITULLI 8

### 8 Përfundime dhe rekomandimet

#### 8.1 Probleme të përgjithshme

Sipas disa studimeve të bëra në USA, kërkesat për shërbime IPTV, vetëm ndërmjet viteve 2004-2009, janë rritur për 12.985 %. Gjithashtu, një rritje e madhe e kërkesave është shënuar edhe në Evropë. Rrjetat multikast IP që përdoren për transmetimin e videos dixhitale, nuk sigurojnë një kualitet të qëndrueshëm të këtyre shërbimeve. Përderisa gjerësia e brezit dhe burimet procesuese në rrjetin IPTV janë të fundme, kjo nënkupton se me rritjen e numrit të kërkesave për shërbime IPTV, do të rritet edhe rreziku i degradimit të cilësisë së këtyre shërbimeve. Është e domosdoshme që të bëhet testimi i pajisjeve të rrjetit, duke përfshirë këtu edhe pajisjet e përdoruesit, për të bërë identifikimin e pikave “problematike” të rrjetit në të cilat arrihet një nivel i papranueshëm i kualitetit.

Në një mjedis real, përdoruesit sillen në mënyrë dinamike, në aspektin e kërkesave të tyre. Një shtëpi që pranon shumë shërbime nga i njëjti operator mund të tentojë që njëkohësisht të përdorë të gjitha shërbimet, si p.sh të ndërrojë shpesh kanalet TV, të hulumtojë në Internet, të flasë në telefon, por kohët e fundit ka kërkesa edhe për më shumë se një video sinjal në një shtëpi. Kjo sjellje dinamike e përdoruesve mund të jetë shumë “kërkuese” në elementet e rrjetit IPTV dhe mund të ndikojë në cilësinë e shërbimit IPTV.

Trafiku IPTV, përveç se ndan linqet e rrjetit me shërbimet tjera si internet dhe shërbimet e zërit, gjithnjë e më tepër po kërkohet për transmetimin e 2 apo më tepër video njëkohësisht në një shtëpi. Të gjitha këto shërbime konkurrojnë për gjerësi të brezit, secila duke kërkuar një nivel të caktuar të shërbimit nga rrjeti. Ndaj, është e domosdoshme që të analizohet rasti kur 2 apo më tepër video konkurrojnë në një kanal të caktuar dhe të vlerësohet se si ndikohet kualiteti i shërbimeve me këtë rast dhe si bëhet alokimi i drejtë i gjerësisë së brezit.

#### 8.2 Realizimi i objektivave të tezës

Në këtë tezë të doktoratës, qëllimi kryesor ka qenë që të rritet cilësia për raste të ndryshme të transmetimit të shumë sinjaleve IPTV nëpër një linjë të përdoruesit.

Gjithashtu, është tentuar që të bëhet shfrytëzimi sa më efikas i gjerësisë së brezit. Kemi analizuar dy raste:

1. Kur kemi një fyt të ngushtë në linkun prej njëse së qasjes e deri tek shtëpia e përdoruesit
2. Kur kemi paralelisht dy kufizime në gjerësi të brezit; një në linkun nyje e qasjes-shtëpi e përdoruesit dhe një në linkun “backbone”; nyje e qasjes- ruter i skajeve të rrjetit MPLS.

Duke u bazuar në rrjetin NGN në TiK, kemi raste të ndryshme të kufizimeve në kapacitet të linjave të qasjes dhe atyre “backbone”, ndaj, dhe objektiva kryesore e kësaj teze ka qenë që të bëhet analiza e detajuar e specifikave të këtyre linjave dhe të tentohet të bëhet ngritja e kualitetit dhe shfrytëzimi më i mirë i kapaciteteve ekzistuese të rrjetit NGN MPLS.

Në bazë të matjeve që kemi bërë në rrjetin e TiK (kapitulli 7), kemi arritur në përfundimin se kur transmetohen më tepër se dy video njëkohësisht, faktori i vonesës do të jetë shumë i madh. Një faktor i vonesës që kalon vlerën prej 50 *ms*, mund të dobësojë shumë cilësinë e sinjalit video. Analiza e bërë kur 3 video kanale IPTV transmetohen njëkohësisht, tregojnë se faktori i vonesës është rreth vlerës 200 *ms*, ndaj, ka qenë e nevojshme që të kërkohen zgjidhje konkrete për këto raste, përmes algoritmeve të cilat mundësojnë rritjen e cilësisë duke shfrytëzuar më mirë njëkohësisht edhe gjerësinë e brezit.

Për secilin problem real të TiK kemi krijuar disa algoritme me pakon softuerike Matlab. Qëllimi kryesor i këtyre algoritmeve ka qenë që të gjejnë se cili kombinim i parametrave për kodim na jep rezultate më të mira për kualitet dhe shfrytëzueshmëri të brezit. Parametrat kryesor që kemi marrë parasysh për këto analiza janë:

1. QS-hapi i kuantizimit (Quantization Stepsize),
2. FR- shpejtësia e kornizave (frame rate) dhe
3. FS-Madhësia e kornizave (Frame size).

Deri tani, në bazë të kërkimeve të bëra, asnjëherë nuk është shqyrtuar një rast i tillë ku janë marrë në konsideratë tre parametra njëkohësisht. Gjithashtu, asnjëherë nuk është shqyrtuar rasti kur transmetohen më shumë se një video njëkohësisht. Në punimin [11-kapitulli 7] është analizuar rasti kur vetëm një video transmetohet deri tek përdoruesi dhe kjo analizë është bërë në rrjetin e telefonisë mobile.



Duke pasur kufizime në gjerësi të brezit dhe në rezolucion të ekranit pranues, enkoderi apo transkoderi i rrjetit, duhet të vendosin se në cilën FR, FS dhe QS duhet të bëjnë kodimin e sinjaleve video për të arritur cilësinë e dëshiruar. Prandaj, është shumë e rëndësishme të kuptohet ndikimi i STAR (Spatial, Temporal and Amplitude resolution) në cilësinë e videos.

Për programimin e këtyre algoritmeve kemi përdorur edhe formulimet teorike për RSTAR dhe QSTAR për të përcaktuar kombinimet optimale për  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  që na japin rezultate maksimale në aspektin e cilësisë dhe shfrytëzueshmërisë së burimeve të rrjetit.

Fillimisht kemi analizuar rastin kur  $q$ ,  $s$  dhe  $t$  marrin vlera kontinuale. Ky është një rast teorik, sepse dihet se në praktikë, merren vetëm vlerat diskrete të këtyre parametrave. Për këtë rast (vlera kontinuale) kemi modeluar një algoritëm me një kufizim në gjerësi të brezit, në linkun nyje e qasjes–shtëpi e përdoruesit. Kemi supozuar rastin më “ekstrem”, se në një shtëpi transmetohen njëkohësisht 5 video. Videot fillimisht i kemi ndarë në 5 klasë të ndryshme, ku këto klasë dallojnë njëra nga tjetra për nga vlera e BR. Kjo për faktin sepse disa video kërkojnë BR më të madh në krahasim me disa video tjera; p.sh, kanali TV i sportit kërkon një BR më të madhe sesa kanali TV i lajmeve! Ideja ka qenë që fillimisht, para se të bëhen analiza për raste praktike, fillimisht të tentohet që të analizohen edhe rastet teorike. Për programimin e këtij algoritmi është përdorur optimizimi përmes shumëzuesve të Langranzhit dhe përmes konditave KKT dhe është lehtësuar programim përmes Matlabit. Në këtë rast, përmes algoritmit të propozuar kemi arritur që të fitojmë rezultate më të mira në krahasim me rezultatet e arritura përmes algoritmeve standarde të ashtuquajtura algoritme “benchmark”. Për krijimin e këtyre algoritmave kemi përdorur metodologjinë “exhaustive search”, përmes së cilës kemi kërkuar se cili nga kombinimet STAR na jep cilësinë më të mirë dhe e shfrytëzon gjerësinë e brezit më mirë.

### **8.3 Zgjidhja e problemeve praktike për ofrimin e shumë videove IPTV njëkohësisht**

Pas zgjidhjes së problemit të mësipërm, kemi tentuar që të gjejmë zgjidhje edhe për problemet praktike, duke marrë parasysh vlera të fundme diskrete për parametrat e HE-it ( $q$ ,  $s$  dhe  $t$ ). Kemi shqyrtuar shumë raste, pothuajse të gjitha rastet që mund të themi janë “probleme” në TiK. Konkretisht kemi analizuar rastet kur kemi vetëm një kufizim në gjerësi të brezit dhe rastet më të komplikuar kur kemi dy kufizime në gjerësinë e brezit,

për kapacitete të ndryshme. Më poshtë, janë dhënë përfundimet për secilin rast të analizuar.

**Rasti 1:** Në këtë rast kemi supozuar se kemi një kufizim në kapacitetin e linkut të qasjes prej 12 *Mbps* dhe kemi 5 video të klasave të ndryshme që transmetohen në këtë link. Për këtë rast kemi krijuar një algoritëm në Matlab përmes së cilit kemi kërkuar se cili nga kombinimet e mundshme STAR na jep kualitet më të mirë dhe e shfrytëzon më mirë gjerësinë e brezit. Mirëpo, fillimisht kemi caktuar për secilën klasë të videove, vetëm pikat optimale STAR të cilat janë më afër lakores R-Q. Kjo është bërë me qëllim që të thjeshtohet algoritmi dhe funksionaliteti i tij. Pra, në vend që algoritmi të kërkojë se cili kombinim i parametrave  $q, s, t$ , na jap kualitetin total më të madh, ai e kërkon kualitetin maksimal vetëm nga pikat optimale STAR. Kjo ka ndikuar që algoritmi të funksionojë më shpejtë. Pas zbatimit të këtij algoritmi, kemi fituar rezultate shumë të kënaqshme në aspektin e shfrytëzimit të brezit dhe të përmirësimit të cilësisë së përgjithshme. Nga rezultatet e arritura shihet se kemi arritur ta përmirësojmë algoritmin standard (benchmark) për vlerën prej 0.0362.

**Rasti 2:** Në këtë rast kemi supozuar se kemi një fyt të ngushtë në linkun DSLAM-Shtëpi e përdoruesit. Kemi supozuar se gjerësia e brezit në këtë link është 4 *Mbps*, teknologjia e përdorur është ADSL dhe për dallim nga rasti 1, në këtë rast kemi supozuar se vetëm dy video transmetohen njëkohësisht. Gjithashtu, kemi supozuar se kemi vetëm dy klasë të shërbimeve video me karakteristika të KL3 ( $R_{\max}=2.183$  *Mbps*) dhe KL4 ( $R_{\max}=7.659$  *Mbps*). Rasti është analizuar nën supozimin se 50 shtëpi kërkojnë shërbimet njëkohësisht nga kjo nyje e qasjes. Duke ditur se kërkesat e përdoruesve janë njaft dinamike, kemi përdorur edhe funksionin e rastit (random), për të parë se si ndryshon kualiteti për kërkesa të ndryshme të përdoruesve. Edhe në këtë rast, algoritmi i propozuar ka treguar performancë më të mirë në krahasim me algoritmin standard. Pra, kemi arritur që të përmirësojmë cilësinë dhe shfrytëzueshmërinë e brezit.

**Rasti 3:** Në këtë skenar kemi trajtuar problemin kur 5 video IPTV (të ndara në 2 klasë) do të transmetohen njëkohësisht tek një shtëpi. Edhe në këtë rast, përmes algoritmit të propozuar kemi marrë vetëm klasat KL3 dhe KL4 të shërbimeve IPTV. Në këtë algoritëm kemi marrë në shqyrtim vetëm pikat optimale për Q-R, duke thjeshtuar shumë algoritmin si dhe kohën e aplikimit të tij. Edhe në këtë rast kemi arritur përmirësim të ndjeshëm në kualitet dhe shfrytëzim më të mirë të burimeve të rrjetit, në krahasim me algoritmin standard.

**Rasti 4:** Në këtë rast kemi analizuar një problem shumë më të ndërlikuar, kur kemi 2 fyte të ngushta; njëri është 12 *Mbps* në linkun DSLAM-Shtëpi i përdoruesit, dhe tjetri është 1 *Gbps* në linkun DSLAM-ESS ruter në rrjetin NGN IPTV të TiK. Fytin e ngushtë prej DSLAM-ESS e kemi supozuar sepse me rritjen e kërkesave për shërbimet IPTV, e posaçërisht me rritjen e kërkesave për transmetimin e shumë sinjaleve video në të njëjtën shtëpi, ky link mund të bëhet vërtetë problematik edhe në TiK. Kemi supozuar se kemi 100 shtëpi të lidhura në këtë DSLAM, në secilën prej këtyre shtëpive shpërndahen (transmetohen) njëkohësisht 5 video (nga një video për secilën nga 5 klasat e lartpërmendura). Edhe për këtë rast kemi propozuar një algoritëm të ri, përmes së cilit kemi arritur rezultate më të mira për kualitet dhe shfrytëzueshmëri të brezit, në krahasim me algoritmin standard.

**Rasti 5:** Në këtë rast kemi analizuar problemin kur kemi 2 fyte të ngushta, por kemi vetëm dy shërbime video që transmetohen njëkohësisht në një shtëpi. Kufizimi i parë në gjerësi të brezit është 150 *Mbps*, në linkun DSLAM-ESS ruter, ndërsa kufizimi i dytë është 4 *Mbps* në linkun DSLAM-shtëpi e përdoruesit. Kemi supozuar se kemi vetëm dy klasë të shërbimeve video (KL3 dhe KL4) dhe një shtëpi mund të pranojë kombinimet e mundshme nga këto dy klasë të shërbimeve video IPTV. Gjithashtu, kemi supozuar se 50 shtëpi kërkojnë njëkohësisht shërbime. Pra, një shtëpi mund të ketë cilindo nga kombinimet e mundshme të klasave të shërbimeve video: [KL3, KL4], [KL3, KL3] ose [KL4, KL4]. Për zgjidhjen e këtij problemi, gjithashtu kemi krijuar një algoritëm, ku kemi përfshirë edhe funksionin random (të rastit), i cili na mundëson që të kemi rezultate të ndryshme të rastit pavarësisht nga kërkesat aktuale të përdoruesve. Rezultatet pas zgjidhjes së këtij algoritmi (siç edhe shihet në kapitullin 7) janë shumë të favorshme. Megjithatë, këtë algoritëm e kemi përmirësuar edhe më tej përmes një algoritmi tjetër të ri. Ideja e krijimit të këtij algoritmi të ri ishte sepse gjithmonë me zbatimin e algoritmit paraprak kishim një mbetje të gjerësisë së brezit (gjerësi e pashfrytëzuar e brezit). Kjo mbetje ishte për faktin se kemi kombinime të ndryshme STAR të cilat na japin nivele të ndryshme BR dhe një përdorues mund të ketë vetëm njërin nga këto nivele, ndaj, përmes këtij algoritmi të ri kemi tentuar që këtë mbetje të brezit të “shtojmë” në ato shtëpi të cilat kanë më tepëri nevojë për brez (duke u bazuar në kërkesat e tyre), ndërsa kanë marrë gjerësinë më të vogël të brezit. Edhe pse mbetja nuk ishte e madhe, kemi arritur që sadopak të përmirësojmë kualitetin e përgjithshëm dhe shfrytëzueshmërinë e brezit, në krahasim me algoritmin paraprak.

**Rasti 6:** Në këtë rast kemi shqyrtuar problemin kur kemi një kufizim prej 40 *Mbps* në linkun DSLAM-ESS ruter dhe një kufizim në linkun e qasjes 10 *Mbps*. Në këtë rast transmetohen njëkohësisht në një shtëpi 5 video, të ndara në dy klasë [KL3, KL4]. Një shtëpi mund të ketë çfarëdo kombinimi nga KL3 dhe KL4. Në këtë problem, vlerën prej 40 *Mbps* e kemi marrë me qëllim që të shihet se edhe në një rast të tillë ekstrem, ku konkurrenca për gjerësi të brezit është shumë e madhe, me algoritmin e propozuar mund të arrijmë të fitojmë rezultate më të mira sesa përmes algoritmit benchmark. Përmes algoritmit të propozuar, edhe për këtë rast kemi arritur një përmirësim të kualitetit të përgjithshëm dhe shfrytëzimit të brezit. Megjithatë edhe këtë algoritëm të propozuar kemi tentuar që ta përmirësojmë, duke e shfrytëzuar brezin e mbetur (RBW). Këtë mbetje, e kemi shpërndarë tek ato shtëpi që kanë kualitetin më të dobët gjatë pranimit të 5 kanaleve TV njëkohësisht. Një kusht tjetër që e kemi përdorur për këtë algoritëm të ri është vendosja e pragut për kualitet në vlerën 0.5 (vlerë e normalizuar), me qëllim që të mos përfillen fare vlerat që janë nën këtë vlerë. Me këtë algoritëm të ri kemi arritur që përsëri të rrisim performancën. Krahasimet e bëra tregojnë qartë se algoritmi i ri i rastit 6, e ka përmirësuar algoritmin e propozuar dhe algoritmin standard për nga cilësia dhe shfrytëzimi i gjerësisë së brezit.

**Rasti 7:** Ky rast është i ngjashëm me rastin 6, mirëpo këtu, kemi marrë gjerësinë e brezit në linkun backbone 80 *Mbps*, në vend të 40 *Mbps* që ishte në rastin 6. Edhe në këtë rast, rezultatet e algoritmit të propozuar janë shumë më të mira në krahasim me rezultatet e algoritmit standard.

#### **8.4 Zbatimi praktik: propozim**

Në bazë të rezultateve të arritura përmes algoritmeve të propozuara, kemi parë se kemi një përmirësim të ndjeshëm të cilësisë dhe shfrytëzimit të burimeve të rrjetit përmes këtyre algoritmeve. Ne kemi propozuar se këto algoritme mund të zbatohen në rrjetin IPTV në TiK, në një server qendror dhe në bazë të kërkesave të përdoruesve. Këto algoritme mund të zbatohen edhe në rrjetat tjera IPTV, kur këto janë të centralizuara dhe me karakteristika të përgjithshme të njëjta me rrjetin e TiK.

## 9 Shkurtesat

ADSL	Asymmetric Digital synchronous Line
AN	Access Node
APON	ATM Passive Optical Networking
ASN	Access Service Network
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AVC	Advance Video Coding
BR	Bit Rate
BS	Bit Stream
BW	Bandwidth
BWA	Broadband Wireless Access
CATV	Cable TV
CBR	Constant Bit Rate
CCT	Channel Change Time
CDS	Content Delivery Servers
CIF	Common Intermediate Format
CRT	Cathode Ray Tube
DF	Delay Factor
DNS	Domain Name Server
DRM	Digital Right Management
DS	Down Stream
DSCQS	Double Stimulus Continuous Quality Scale
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DTS	Decoding Time Stamp
DTV	Digital Television
DVB	Digital Video Broadcast
EPON	Ethernet PON
ESS	Ethernet Service Switch
FR	Frame Rate
FS	Frame Size
FSAN	Full Services Access Network

FTTB	Fiber to the Building
FTTH	Fibre To The Home
FTTO	Fiber To The Office
GEM	GPON Encapsulation Method
GEM	GPON Encapsulation Method
GOP	Group Of Picture
GPON	Gigabit PON
GW	Gateway
HDTV	High Definition TV
HE	Headend
HE AAC	High Efficiency AAC
HE-AACp	High Efficiency AAC profile
HSI	High Speed Internet
IDP	Intrusion Detection and Prevention
IGMP	Internet Group Management Protocol
IPTV	IP Television
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Picture Experts Group
JSVM	Joint Scalable Video Model
KKT	Karush Khum Tucker
KL	class of video
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
MDI	Media Delivery Index
MLR	Media Loss Rate
MSDP	Mud Server Data Protocol
MOS	Mean Opinion Score
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MPLS	Multi Protocol Label Switching
MW	Middleware

NGN	Next Generation Network
NLOS	Non Line of Sight
NPVR	Network PVR
OAM	Operations, Administration, and Maintenance
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network Termination
OSS	Operation Support System
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
OTT	Over The Top
PAL	Phase Alternating Line
PAT	Programmes Association tables
PCR	Program Clock Reference
PES	Packetized Elementary Stream
PID	Packet Identifier
PIP	Picture In Picture
PLR	Packet Loss Rate
PON	Passive Optical Network
PON	Passive Optical Network
POTS	Plain Old Telephone Service
PSI	Programme Service Identifier
PSNR	Peak to Signal Noise Ratio
PTS	Presentation Time Stamp
PVR	Personal Video Recorder
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
QP	Quadruple Play
QS	Quantization Stepzize
RBW	Residual Bandwidth
RD	Reliable Delivery
RLC	Run Length Coding
RMSE	Root Mean Square Error

SDTV	Standard Definition TV
SECAM	Sequential Couleur Avec Memoire or Sequential Color with Memory
SHE	Super Headend
SLA	Service Level Agreement
SLB	Sever Load Balancer
STAR	Spatial Temporal and Amplitude Resolution
STB	Set Top Box
STBR	Stream Bit Rate
SVC	Scalable Video Coding
TDMA	Time Division Multiple Access
TiK	Telekomi I Kosoves
TP	TriplePlay
TR	Total Rate
TS	Transport Stream
US	Up Stream
VB	Virtual Buffer
VBR	Variable Bit Rate
VCAS	Verimatrix Video Content Authority System
VLAN	Virtual LAN
VLC	Variabile Length Coding
VOD	Video On Demand
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
VSDL	Very High Digital Subscriber Line
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WWDM	Wide Wavelength Division Multiplexing



## APENDIX A

### 9.1 Algoritmat në MATLAB

Vlen të theksohet se të gjitha algoritmat janë punuar me Matlab 7.4.0 (R2007a). Për hapjen e algoritmeve të mëposhtëm, duhet të instalohet ky version i Matlab-it, i cili duhet të jetë i licencuar. Licencën të cilën unë e posedoj është nga Universiteti Politeknik i New York-ut.

#### Algoritmi për rastin 1

Algoritmi i punuar me Matlab për këtë rast ndodhet në fajllin *Rasti\_1.m*.

#### Algoritmi për rastin 2

Algoritmi i punuar me Matlab për këtë rast ndodhet në fajllin *discrete\_random1\_noexhausitive.m*. Ky është Algoritmi 2 në tezë.

#### Algoritmi për rastin 3

Algoritmi i punuar me Matlab për këtë rast ndodhet në fajllin *Rasti3\_Algoritmi\_2\_1.m*.

#### Algoritmi për rastin 4

Skripta e punuar me Matlab për këtë rast ndodhet në fajllin *Rasti4\_1Gbps\_5video.m*

#### Algoritmi për rastin 5

Skripta e punuar me Matlab për këtë rast ndodhet në fajllin *Rasti5\_150Mbps\_2video.m*.

#### Algoritmi për rastin 6

Për këtë rast, janë krijuar dy skripta përmes Matlab-it, do të thotë këto dy skripta të programuara e përbëjnë algoritmin përkatës:

1. **Rasti6\_40Mbps.m**, ky është algoritmi i cili duhet të ekzekutohet
2. **Rasti6\_Funksioni\_40Mbps.m**, është funksioni i cili “thirret” nga ekzekutimi i algoritmit të parë

**Vërejtje:** Të dy këto skripta të punuara me Matlab, duhet të ndodhen në të njëjtin folder në mënyrë që kur të thirret për ekzekutim fajlli *Rasti6\_40Mbps.m*, ky fajll duhet ta “thërret” fajllin tjetër “*Rasti6\_Funksioni\_40Mbps.m*”.

Në këtë rast është algoritmi i cili e përmirëson edhe algoritmin e propozuar më herët.

### **Algoritmi për rastin 7**

Për këtë rast, janë krijuar dy skripta përmes Matlab-it, do të thotë këto dy skripta të programuara e përbëjnë algoritmin përkatës:

1. *Rasti7\_80Mbps.m*, ky është algoritmi i cili duhet të ekzekutohet
2. *Rasti7\_Funksioni\_80Mbps.m*, është funksioni i cili “thirret” nga ekzekutimi i algoritmit të parë. Të dy këto skripta të punuara me Matlab, duhet të vendosen në të njëjtin folder në mënyrë që kur të thirret për ekzekutim fajlli *Rasti7\_80Mbps.m*, ky fajll duhet ta “thërret” fajllin tjetër “*Rasti7\_Funksioni\_80Mbps.m*”.

Të gjitha videot që janë përdorur për testim, janë koduar përmes softuerit JSVM. Të gjitha videot testuese i kemi ndarë në 5 klasa. Secila klasë posedon karakteristikat e një video të caktuar. Për testim e kemi bërë këtë kategorizim: KL1 i ka karakteristikat e videos testuese “City”, KL2 të videos “Crew”, KL3 të videos “Ice”, KL4 të videos “Harbour” dhe KL5 i ka karakteristikat e videos “Soccer”.