



REPUBLIKA E SHQIPËRISË
UNIVERSITETI POLITEKNIK I TIRANËS
FAKULTETI I TEKNOLOGJISË SË INFORMACIONIT
DEPARTAMENTI I INXHINIERISË INFORMATIKE

ESMERALDA HYSENBELLIU

PËR MARJEN E GRADËS

“DOKTOR”

NË “TEKNOLOGJINË E INFORMACIONIT DHE KOMUNIKIMIT”

DREJTIMI “INXHINIERI INFORMATIKE”

DISERTACION

OPTIMIZIMI I SHËRBIMIT IPTV ME ANË TË

ZGJIDHJES SDN

Udhëheqës shkencor

PROF ARJAN DURRESI

Tiranë, 2021

OPTIMIZIMI I SHËRBIMIT IPTV ME ANË TË ZGJIDHJES SDN

Disertacioni

i paraqitur në Universitetin Politeknik të Tiranës

për marjen e gradës “Doktor”

në

“Teknologjitë e Informacionit dhe Komunikimit”

Drejtimi Inxhinieri Informatike

Nga

Znj. Esmeralda Hysenbelliu

TIRANË, 2021

JURIA PËR VLERËSIMIN E DISERTACIONIT PËR FITIMIN E GRADËS
SHKENCORE “DOKTOR”

Miratuar

Me vendimin e Këshillit të Profesorëve të FTI-së Nr: 19, datë: 15.07.2021.

Kryetari i Jurisë:	Prof. Dr. Elinda MECE
Anëtar i Jurisë:	Prof. Asoc. Genti DACI
Anëtar i Jurisë (Oponent) :	Prof. Asoc. Marenglen BIBA
Anëtar i Jurisë:	Prof. Asoc. Dr. Alda KIKA
Anëtar i Jurisë (Oponent) :	Prof. Asoc. Indrit ENESI

Dekan i Fakultetit të Teknologjisë së Informacionit

Prof. Dr. Elinda MEÇE

TABELA E PËRMBAJTJES

LISTA E FIGURAVE.....	X
LISTA E TABELAVE.....	XIII
MIRËNJOHJE.....	XIV
Abstrakt.....	XV
Abstract.....	XVII
KAPITULLI 1.....	1
1.1 Probleme në sistemet egzistuese për ofrimin e shërbimit të IPTV.....	5
1.2 Teknologjia SDN	7
1.2.1 Njësia qendrore e kontrollit (Kontrolluesi SDN).....	9
1.3 Virtualizimi dhe Abstraktimi i rrjetit	9
1.4 Virtualizimi i Funksioneve të Rjetit (NFV).....	10
1.5 Rritja eksponenciale e trafikut video në biznes dhe në tregun e konsumatorit.....	11
1.6 Aplikacionet SDN.....	12
KAPITULLI 2 KËRKESAT DHE SFIDAT E ISP-VE PËR OPTIMIZIMIT E	
 PËRFORIMIT TË SHËRBIMIT IPTV	16
2.1 Kërkesat kryesore të IPTV ISP-ve për optimizimin e përdorimit të shërbimit IPTV..	16
2.2 Sfidat që ndeshin IPTV ISP-të	18
2.2.1 Kostot e larta CAPEX/OPEX.....	20
2.2.2 Kufizime për shpërndarjen e shërbimeve video streaming	25

2.2.3	Vonesat në rrjet	25
2.2.4	Burimet IT të dedikuara	25
2.3	Dy tendenca për zgjidhjen e sfidave të IPTV ISP-ve	26

KAPITULLI 3 PËR FITIMET OPERACIONALE NGA APLIKIMI I ZGJIDHJEVE

NË RRJET QË BAZOHEN NË TEKNOLOGJINË SDN DHE NFV

3.1	Ulja totale e kostos së pronësisë (TCO) dhe i kompleksitetit operacional	28
3.1.1	Shkallëzueshmëria e bandwidth-it në kohë reale.....	29
3.1.2	Zvogëlimi i kohës së instalimit në rrjet.....	29
3.1.3	Ndërtimi i aspekteve të sigurisë brenda zgjidhjeve të rrjetit.....	30
3.2	Konsideratat thelbësore për bizneset gjatë kalimit drejt zgjidhjeve të teknologjive bazuar në SDN dhe NFV.....	31
3.2.1	Planifikimi dhe teknologjia strategjike Roadmap (Udhërefyese).....	32
3.2.2	Manaxhimi i programit pikë më pikë dhe mjetet e manaxhimit.....	32
3.2.3	Qeverisja e programit dhe inovacioni i vazhdueshëm.....	34
3.3	Vlerësimi i kohës që i nevojitet biznesit për kalimin në rrjetin e bazuar në SDN.....	35

KAPITULLI 4 IMPLEMENTIMI I TEKNOLOGJISË SDN NË SMC (SMART MEDIA COMMUNICATION) IPTV ISP.....

4.1	Implementimi i arkitekturës SDN në qendrën e të dhënave SMC.....	37
4.1.1	Sfidat e sigurisë së ofrimit të shërbimit IPTV në SMC ISP.....	42
4.2	Protokollet e aplikacioneve.....	43

4.3 Përfitimet themelore që sjell aplikimi i teknologjisë SDN në SMC IPTV ISP.....	46
KAPITULLI 5 PËRMIRËSIMI I ARKITEKTURËS SË IPTV MEDIA STREAMING SERVER BAZUAR NË TEKNOLOGJINË SDN.....	47
5.1 Topologjia virtuale e rrjetit IPTV bazuar në SDN.....	48
5.2 Arkitektura e server-it Media Streaming IPTV bazuar në teknologjinë SDN dhe QoE.51	
5.2.1 Socket IO.....	53
5.2.2 Nyja JS.....	53
5.2.3 Aplikacionet Web.....	53
5.2.4 Server Ngnix.....	53
5.2.5 Moduli Ngnix RTMP.....	54
5.2.6 Protokollet Streaming.....	55
5.3 Arkitektura dhe funksionalitetet thelbësore të kontrollerit OpenFlow SDN bazuar në QoE.....	57
KAPITULLI 6 KUANTIFIKIMI I ULJES SË KOSTOS (CAPEX/OPEX) TË OFRIMIT TË SHËRBIMIT IPTV DUKE PËRDORUR ZGJIDHJEN SDN.....	59
6.1 Shërbimi IPTV dhe SDN.....	61
6.2 Analiza Teknologjike-Ekonomike nëpërmjet Modelimit të Kostos për shërbimet video streaming të bazuara në zgjidhjen SDN.....	62
6.3 Modeli i kostos.....	64
6.3.1 Llogaritja e kostos CapEx.....	65
6.3.2 Llogaritja e kostos OpEx.....	66

6.3.3	Analizat e kostos të rrjetit, dy madhësi të rreja.....	69
6.3.3.1	Kostoja e shkallëzueshmërisë të njësisë së shërbimit.....	69
6.3.3.2	Kostoja e përfitimit të një shërbimi.....	70
6.4	Kuantifikimi i kostos të ofrimit të shërbimit IPTV nga rrjetat tradicionale.....	72
6.5	Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit IPTV nga zgjidhja SDN.....	76
KAPITULLI 7 PËRMIRËSIMI I PERFORMANCËS SË SHËRBIMIT IPTV TË PËRFTUAR NGA ZGJIDHJA SDN ME ANË TË IMPLEMENTIMIT TË KARTËS GRAFIKE GPU.....81		
7.1	Hyrje.....	82
7.2	Arkitektura e kartës grafike GPU.....	82
7.3	Diagrama e Pipeline logjik të GPU.....	83
7.4	Arkitektura e Pipeline të GPU.....	85
7.5	Implementimi i kartës grafike GPU në qendrën e të dhënave SMC IPTV ISP.....	88
KAPITULLI 8 PËRMIRËSIMI I SHËRBIMIT VIDEO STREAMING IPTV PËRFITUAR NGA ZGJIDHJA SDN NË ARKITEKTURËN MEC (MULTIPLE-ACCESS EDGE COMPUTING).....95		
8.1	Vecoritë e shërbimeve Multimediale sipas gjeneratës 5G.....	96
8.1.1	Shërbimet Tipike 5G.....	96
8.1.2	Trendi i shërbimeve streaming dhe IoT bazuar në 5G.....	98
8.1.3	Shërbimet nga Teknologjia IoT (Internet of Things).....	100

8.2 Teknologjija MEC (Multiple – Access Edge Computing).....	101
8.2.1 Motivimi.....	102
8.2.2 Arkitektura e rrjetit MEC (Multiple – Access Edge Computing).....	103
8.2.3 Vecoritë e përdorimit të teknologjisë MEC.....	105
8.2.4 Teknologjija SDN dhe Rrjeti MEC.....	106
8.3 Optimizimi i shërbimit IPTV nga ndërveprimi i platformës MEC dhe teknologjisë SDN.....	107
8.3.1 Ndërtimi i arkitekturës së optimizuar të ofrimit të shërbimit IPTV me anë të teknologjisë MEC dhe SDN.....	108
8.3.2 Shtresa e Abstraktimit.....	110
8.3.3 Platforma MEC.....	110
8.3.4 Aplikacioni MEC.....	111
KAPITULLI 9 TRE SKENARE SIMULIMESH ME SIMULATORIN OMNET++.....	112
9.1 Përfitimi i shërbimit IPTV me anë të Internetit duke përdorur protokollet në kohë reale të transmetimve streaming si RTP dhe RTCP.....	114
9.1.1 Protokolli RTP në platformën OMNeT ++.....	114
9.1.2 Ndërtimi i strukturës logjike dhe konfigurimi i mjedisit të simulimit.....	118
9.2 Skenari i dytë: Përfitimi i shërbimit IPTV duke përdorur zgjidhjen SDN.....	126
9.2.1 Ndërtimi i topologjisë së rrjetit SDN në platformën OMNet++.....	127
9.2.2 Modeli i simulimit të protokollit OpenFlow.....	128

9.2.3 Nyjet OpenFlow (Switchi dhe Kontrolleri OpenFlow).....	129
9.3 Skenari i tretë: Përfitimi i shërbimit IPTV duke përdorur teknologjinë MEC.....	140
9.3.1 Ndërtimi i arkitekturës MEC në OMNet ++.....	141
9.3.2 Arkitektura e Rrjetit LTE-A dhe MEC.....	144
KAPITULLI 10 PËRFUNDIMET DHE PUNA NË TË ARDHMEN.....	158
REFERENCA.....	162

LISTA E FIGURAVE

Figura 1: Arkitektura tradicionale e shërbimit të IPTV.....	2
Figura 1.1: Sistemi OTT.....	6
Figura 1.2: Arkitektura SDN.....	7
Figura 1.6: Aplikacionet SDN.....	13
Figura 1.7: Shëmbuj të aplikacioneve SDN.....	15
Figura 2.1: Kërkesat e ISP-ve dhe grupimi i tyre në 4 kategoritë përkatëse.....	17
Figura 2.2: Sifdat e rëndësishme të IPTV ISP-ve për ofrimin e shërbimit IPTV.....	19
Figura 2.2.1: Arkitektura CDN.....	22
Figura 2.3: Evolucioni i shërbimeve IPTV në vTV sipas qasjeve SDN/NFV.....	27
Figura 3.3: Koha që nevojitet për kalimin në zgjidhjen SDN.....	36
Figura 4.1: Arkitektura e SMC IPTV ISP bazuar në SDN.....	41
Figura 4.2: Arkitektura e shtresëzuar e SMC IPTV ISP bazuar në SDN.....	42
Figura 4.3: File i konfigurimit të protokollit NGNIX në makinën virtuale VM4.....	45
Figura 5.1: Toplogjija virtuale e rrjetit IPTV bazuar në SDN.....	49
Figura 5.2: Arkitektura e Server-it Media streaming IPTV bazuar në SDN dhe QoE.....	51
Figura 5.3: Arkitektura e Kontrollerit OpenFlow SDN bazuar në QoE.....	58
Figura 7.1: Diagrama e Pipeline logjik të GPU-së.....	84
Figura 7.2: Arkitektura e Pipeline të GPU.....	86
Figura 7.6: Një skenar ri-dimensionimi 1:n.....	94
Figura 8.1: Shërbimet kryesore të gjeneratës celulare 5G.....	97
Figura 8.2: Shërbimet 5G bazuar tek Interneti Celular dhe Teknologjija IoT	98

Figura 8.3: Tendenca në të ardhmen e transmetimeve video.....	99
Figura 8.4: Ilustrimi i arkitekturës MEC.....	104
Figura 8.5: Arkitektura e Optimizimit të shërbimit IPTV sipas MEC bazuar në SDN...109	
Figura 9.1: Modulet RTP që bazohen në transmetimet video streaming dhe IPTV në kohë reale.....	117
Figura 9.2: Struktura e një hosti RTP.....	119
Figura 9.3: Transmetimi i të dhënave video H.264 midis një Dërguesi dhe një marësi (.ned file).....	120
Figura 9.4: Rezultati përfundimtar në ndërfaqjen Tkenv.....	122
Figura 9.5: Vlerësimi i vonësës pikë më pikë në gjatë përfitimit të shërbimit IPTV.....	123
Figura 9.6: Vlerësimi i kohës së qëndrimit të paketave në radhe.....	124
Figura 9.7: Vlerësimi i paketave të dërguara nga moduli Dërgues dhe ai i përftuar nga Moduli Marës.....	125
Figura 9.8: Vlerësimi i numrit të paketave të refuzura si rezultat i gabimeve të bit-eve..	126
Figura 9.9: Ndërtimi i topologjisë së rrjetit SDN sipas gjuhës NED (SDN1.ned).....	127
Figura 9.10: Implementimi i mesazheve OpenFlow.....	129
Figura 9.11: Modeli i implementuar të Switch-it OpenFlow.....	130
Figura 9.12: Modeli i implementuar të Kontrollerit OpenFlow.....	132
Figura 9.13: Rezultati përfundimtar sipas ndërfaqjes Tkenv.....	134
Figura 9.14: Vlerësimi i kohës mesatare RTT për Kontroller-in dhe Switch-at OpenFlow.....	135
Figura 9.15: Vlerësimi i kohës RTO për Kontroller-in dhe Switch-et OpenFlow.....	136
Figura 9.16: Numri i byteve të paketave të dërguara nga Serveri Video streaming.....	137

Figura 9.17: Numri i byteve të paketave të përfituara me sukses nga Klient1 dhe Klient2.....	137
Figura 9.18: Madhësia e dritares së marjes të të dhënave nga Kontrolleri, Switch-at OpenFlow dhe Klientët.....	138
Figura 9.19: Numri i byteve të panjohura në Kontroller dhe Switch-et OpenFlow.....	139
Figura 9.20: Arkitektura MEC sipas ETSI.....	142
Figura 9.21: Ndërtimi i një rrjeti të thjeshtë LTE në OMNet++.....	146
Figura 9.22: Komunikimi për video streaming nga UE-të drejt Serverit ‘Video Streaming’.....	147
Figura 9.23: Dërgimi i të dhënave streaming nga Serveri ‘Video Streaming’ drejt UE-ve	148
Figura 9.24: Vlerësimi i Latentsë së shërbimit Video Streaming me 20 UE.....	150
Figura 9.25: Vlerësimi i parametrin CQI për 20 UE.....	151
Figura 9.26: Krahësimi i Latentsë së shërbimit Video Streaming kur numri i UE rritet nga 20 UE në 100 UE.....	152
Figura 9.27: Vlerësimi i parametrin CQI për 100 EU.....	152
Figura 9.28: Modelimi i host-it MEC në SimuLTE.....	153
Figura 9.29: Ndërtimi i topologjisë së rrjetit LTE në OMNeT bazuar në lidhjen e Host-it MEC direkt në stacionit bazë eNB.....	154
Figura 9.30: Latenta e përfitimit të shërbimit Video Streaming bazuar në teknologjinë MEC për 20 UE.....	155
Figura 9.31: Krahësimi i Latentsë së përfitimit të shërbimit Video Streaming bazuar në teknologjinë MEC për 20 UE dhe 100 UE.....	156

LISTA E TABELAVE

Tabela 6.1. Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit për cdo përdorues sipas rrjetit tradicional.....	73
Tabela 6.2. Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit për cdo përdorues duke përdorur teknologjinë SDN.....	77

LISTA E GRAFIKËVE

Grafiku 1.5: Rritja e vazhdueshme e numrit të abonentëve që përdorin shërbimet video, IPTV dhe OTT [9].....	12
Grafiku 6.5: Kuantifikimi i kostos mujore CapEx të ofrimit të shërbimit IPTV për cdo përdorues fundor bazuar në rrjetat tradicionale dhe në ato SDN.....	80
Grafiku 7.3: Përdorimi i CPU para implementimit të kartës grafike GPU.....	90
Grafiku 7.4: Performanca e përmirësuar e CPU për shkak të venjes në punë të GPU.....	91
Grafiku 7.5: Përdorimi maksimal i GPU për përfitimin e video streaming me cilësi dhe performancë të lartë.....	92

MIRËNJOHJE

Si fillim, mirënjohja e parë dhe më e rëndësishme për përfundimin e këtij disertacioni shkon për udhëheqësin tim të doktoraturës , prof Arjan Durresin, i cili me ka mbështetur dhe ka qënë forcë inkurajuese gjatë gjithë përfundimit të doktoraturës. Gjithashtu, doja të theksoja faktin që prof Arjani ka qënë gjithmonë i gatshëm për shkëmbime idesh, diskutime respektive si dhe optimist me kritikën dhe vlerësimet e tij për të realizuar me sukses objektivat e këtij punimi.

Një falenderim shumë i veçantë i shkon Dekanes aktuale të Fakultetit të teknologjisë së Informacionit dhe njëkohësisht ish-shefes së Departamentit të Inxhinierisë Informatike për vitet 2013-2020, Prof. Dr. Elinda Kajo, e cila më ka ndihmuar dhe mbështetur gjatë gjithë këtyre viteve të Doktoraturës.

Pa diskutim, falenderimi tjetër shkon për shefen aktuale të Departamentit të informatikes, Dr. Enida Sheme, të cilën e falenderoj nga zemra për cdo informacion dhe ndihmë të vyer që më ka ofruar për mbarimin e Disertacionit.

Nuk mund të lë pa përmendur, në këtë pjesë falenderimesh, kritikuesin tim më të madh, gjysmën time më të mirë dhe të talentuar, bashkëshortin tim Ersi Hysenbelliu, i cili ka qënë mbështetës dhe më ka mundësuar të gjitha kushtet për punimin e doktoratures.

Së fundmi, falenderoj dy femijet e mi të mrekullueshëm, Raina dhe Etan që kanë qënë te duruar me mua për mungesat në kohë gjatë kësaj periudhe të mbarimit të doktoratures dhe që me dashurinë e tyre ma kanë bërë ditën më pak të lodhshme.

Esmeralda Hysenbelliu

Tiranë, 2021

Abstrakt

Qëllimi i punimit të kësaj doktrature është përmirësimi dhe optimizimi i përfitimit të shërbimit IPTV me anë të aplikimit të zgjidhjes SDN dhe virtualizimit të rrjetit. Ne kemi arritur të aplikojmë realisht këtë zgjidhje SDN tek qendra e ofrimit të shërbimit IPTV SMC dhe kemi vlerësuar që kostoja e ofrimit të shërbimit IPTV anë të zgjidhjes SDN zvogëlohet me 83.72% sipas rastit të parë të studimit dhe me 88.8% sipas rastit të dytë të studimit. Pas implementimit të kësaj karte grafike GPU, performanca e shërbimit IPTV u rrit me >60%, si dhe u katërfishua Throughput (numri i kanaleve të transkoduar në mënyrë të vazhdueshme) duke zvogëluar katër herë kohën e marjes së shërbimit. Gjithashtu kemi ndërtuar një arkitekturë të optimizuar të ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në teknologjinë MEC dhe SDN, në të cilën të dhënat streaming u zhvendosën në cloud të vegjël sa më afër përdoruesit fundorë. Rrjedhimisht përfitimi i shërbimeve video streaming u arrit me vonesë, Bandwidth të ulët dhe performancë të lartë. Të gjitha këto skenare simulime i kemi realizuar në simulatorin OMNet ++ ku vonesa fundore RTT e përfitimit të shërbimit IPTV me anë të SDN, krahasuar kjo me përfitimin e shërbimit nëpërmjet protokolleve streaming RTP dhe RTCP është zvogëluar me 61.62% dhe humbja e paketave në rrjet, e vlerësuar sipas zgjidhjes SDN është zvogëluar me 61%. Nga aplikimi i teknikës MEC në rrjetin LTE-A për ofrimin e shërbimit video streaming, u arrit përfitimi i shërbimit me latentë të zvogëluar me 0.00199s, me humbje paketash pothuajse 0 dhe me performancë të lartë QoE. Gjithashtu, me rritjen e numrit të përdoruesve fundorë nuk ndryshonte Vonesa e përfitimit

të shërbimit. Kjo është risia më e madhe teknologjike për shërbimet video streaming ku përfitimet ekonomike të ofruesvë do të rriten vullshëm duke rritur njëkohësisht edhe performancën e përfitimit të tyre nga ana e përdoruesve fundorë. Në këtë mënyrë përfitimi i optimizuar i shërbimit IPTV do të realizohet me kosto të ulët dhe cilësi QoS/QoE të lartë

Abstract

The aim of this doctoral thesis is to improve and optimize the obtaining of IPTV service through the application of SDN solution and network virtualization. We have also really tested this SDN solution at the IPTV SMC service delivery center and we have estimated the cost of providing this SDN based service. Based on this estimation, we have concluded that by utilizing the SDN solution the cost of providing IPTV service is reduced by 83.72% according to the first case study and by 88.8% according to the second case study.

After the implementation of this GPU graphics card, the performance of IPTV service increased by > 60%, Throughput (number of channels transcoded continuously) quadrupled reducing the service reception time by four times. We have also built an optimized IPTV service delivery architecture based on MEC and SDN technology, in which streaming data was moved to small clouds as close as possible to the end users. Consequently, video streaming services were delivered with low Latency and Bandwidth, and High Performance. All these simulations scenarios are built in OMNet ++, through which we have obtained that the final RTT delay of delivering IPTV service via SDN, compared to delivering the service through RTP and RTCP streaming protocols has been reduced by 61.62%. Network PacketLoss, estimated according to the SDN solution, reduced by 61%. By applying the MEC technique in the LTE-A network for the provision of the video streaming service, the service was delivered with latency reduced by 0.00199s, with PacketLoss of almost 0 and with high performance QoE. Also, with the increase of the number end users, the latency did not change. This is the greatest technological innovation for video streaming services where the economic benefits of the providers will grow

rattling increasing also the performance of the delivered service by the end user. In this way, the optimized delivering of IPTV service will be realized with low cost and high QoS / QoE quality.

KAPITULLI 1

Hyrje

Në ditët e sotme, kërkesat nga përdoruesit fundore për shërbimet Multimediale si TV, Video, Audio, Text, Grafike dhe të Dhëna janë rritur tej mase. Shumica e studiusve besojnë se shërbimi i TV bazuar në rrjetat IP, pra e quajtur shërbimi i IPTV paraqet një mundësi kyce për operatorët kudo nëpër botë që të mund të rrisin fitimet e tyre nga ofrimi i videove përgjatë rrjetave IP. Sipas ITU-T (Unioni Ndërkombëtar i Telekomunikacionit – Sektori i standartizimeve) shërbimi IPTV është një shërbim prej shumë shërbimeve të tjera multimediale që sigurohen nga rrjeta të bazuar në IP. Në vitin 2017 është parashikuar që, 73% i të gjithë trafikut botëror bazuar në IP, do të jetë video, prej të cilës 14 % e këtij trafiku do të jetë nga Video Interneti drejt TV. Shërbimi i IPTV në vetvete suporton QoS (Cilësinë e Shërbimit), QoE (Cilësinë e Experiencës ose perceptimi i berë nga përdoruesit fundorë), Sigurinë, ndërveprimin dhe nivelin e besueshmërisë që kërkohet nga rrjetat IP. Duke qënë se shërbimi TV deri më sot kërkon frekuenca të licensuara transmetimi të cilat janë të kufizuara dhe shumë të shtrenjta për operatorët e TV, tendenca për të ardhmen është kalimi i shërbimit TV në IPTV. Meqënëse shërbimi i IPTV është një shërbim me pagesë për të marrë *drejtpërdrejt* të gjitha kanalet TV të transmetura, ofruesit e shërbimit të IPTV janë fokusuar në ofrimin e këtij shërbimi në kohë reale me QoE shumë të lartë. Shërbimi i IPTV zakonisht ofrohet së bashku me shërbimin VoIP dhe aksesin në internet. Kjo paketë

me tre shërbime brënda njohet ndryshe si shërbimi i trefishtë i lojës (Triple Play Service). Kjo paketë është e plotë dhe i lejon përdoruesit fundorë të shikojnë TV, të bëjnë browse në internet dhe të bëjnë thirrje duke përdorur shërbimin VoIP. Shërbimi IPTV sigurohet zakonisht nga një ofrues shërbimi duke përdorur një infrastrukturë rrjeti të mbyllur. Shërbimi i IPTV nuk është një video në internet që thjesht lejon përdoruesit me anë të internetit në një formë shumë komode të shikojnë video, si filma, Web-cams etj. Teknologjia IPTV ofrom për telekom dhe ofruesit e shërbimeve kabllore mundësi gjenerimi të përfitimeve të mëdha. Nga pikëpamja e ofruesve të shërbimit, IPTV përfshin blerjen, përpunimin dhe sigurimin e marjes së content-it video me anë të internetit bazuar në infrastrukturë rrjeti..

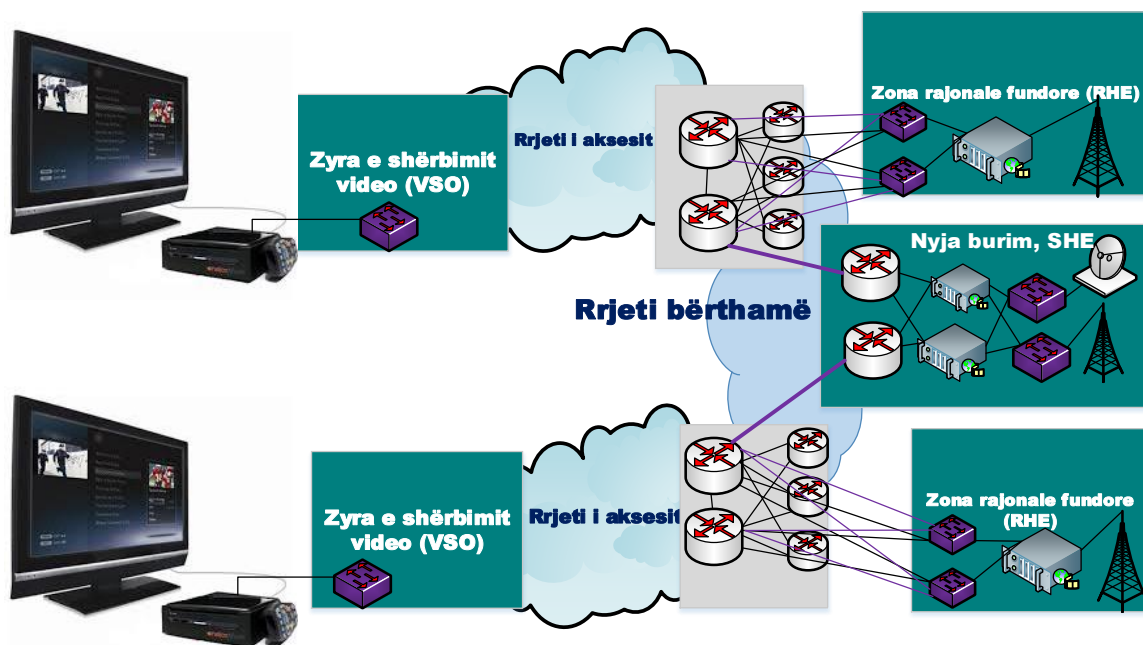


Figura 1: Arkitektura tradicionale e shërbimit të IPTV

Një arkitekturë tipike rrjeti e IPTV (Figura 1) është e përbërë nga nyja rrënje ose rrjeti bërthamë, e quajtur ndryshe SHE, nyja lokale ose rrjeti i aksesit e quajtur RHE, VSO dhe rrjeti i shtëpisë SHE siguron kanalet e zakonshme ose kombëtare. Në sistemet tipike të IPTV, ndodhen dy SHE për arsye elasticiteti. FunkSIONET e SHE përfshijnë:

- Enkoderat që enkodojnë sinjalin video të marë në MPEG (Moving Picture Expert Group)
- Multiplekserat Video, të cilat janë përgjegjëse për multipleksimin dhe demultipleksimin e streameve video të enkoduara në formatin e kërkuar për futjen e kanaleve në radhë.

RHE siguron kanalet lokale dhe më pas i shton në rreshtin e kanaleve për të krijuar radhën e kanaleve e cila do i përkasë një zone të dhënë. Nëse rreshti i kanaleve kombëtare për secilën zonë ka nevojë për ndryshime, atëherë përdoret paisja e multipleksimit video në RHE. VSO është zona ku nyjet grumbulluese janë vendosur (ngadonjëherë edhe nyjet e aksesit). VSO është ofruesi më i afërt që i ofron shërbim parapaguesit. Rrjeti bërthamë është një rrjet IP/MPLS i cili transporton trafikun drejt rrjetave të aksesit. Rrjeti i aksesit përdoret për të shpërndarë streamet IPTV drejt rrjetave të shtëpisë. Së fundmi, një rrjet shtëpie përfshin komunikimin midis paisjeve dixhitale si TV dhe IP Set-Top Box për të parë dhe për të ndërprerë streamin IPTV. IPTV mbështet të dyja, TV e drejtpërdrejtë dhe videot e ruajtura që quhen shërbime VoD. Për të marë sinjalet IPTV, një televizor ose një kompjuter duhet të pajiset me një set-top box, e cila është një paisje informacioni hardwarike që lejon marjen e sinjaleve televizive si video streame, dekodimin e tyre dhe realizon shfaqjen në televizor. Për më tepër, content-et video duhet të kompresohen para se të përftoheshin me anë të rrjetit nga përdoruesit fundorë. Zakonisht teknikat e kompresimit video të përdorura përfshijnë koduesit MPEG2, MPG4 dhe H264/H265. Operatorët IPTV kanë nevojë për një system që t'ju shpërndajë content-in parapaguesvë me cilësi video të

lartë dhe latentë të ulët të cilët ndodhen në vende të ndryshme gjeografike. Nga ana tjetër, përdoruesit fundorë IPTV janë duke pritur të përftojnë shërbimin me cilësi të lartë, kosto të ulët dhe latentë të ulët. Për të garantuar ofrimin e shërbimit të IPTV në përputhje me kërkesat e përdoruesve fundorë, nga ana e ofruesve kërkohet bandwidth i lartë dhe një mënyrë eficiente për dërgimin e content-it video nga burimi drejt përdoruesve fundorë. Gjithashtu, rrjetat tipike IPTV duhet të realizojnë dhënien e video content në mënyrë të vazhdueshme dhe të njëkohshme drejt mijëra përdoruesve fundorë, në këtë mënyrë monitorimi dhe ri-konfigurimi i këtyre sistemeve përbën një problem shumë të vështirë. Teknologjia SDN është një zgjidhje ideale për manaxhimin e rrjetave IPTV sepse ka potencialin që me madhësitë dhe mekanizmat e rrinj, të dedektojë problemet e cilësisë së videos brënda bërthamës së rrjetit. Kjo ‘Zgjedhje e zgjuar’ SDN, mbështet Treguesit e Rrinj të Performancës (KPI) si dhe përmban karakteristika të fuqishme për monitorimin dhe ri-konfigurimin e rrjetit.

1.1 Problemet në sistemet egzistuese për ofrimin e shërbimit të IPTV

Ofruesit e shërbimit të IPTV përdorin rrjetat CDN (Content Delivery Networks) për të rritur shpejtësinë e marjes së kontentit nga përdoruesit fundorë. Sot rrjetat CDNs të bazuara në streaming, ju përcaktojnë gjeografikisht përdoruesve fundorë Serverin e Content-it të shërbimit IPTV më të afert. Megjithatë, edhe pse Serveri i Content-it është i pozicionuar afër përdoruesit, përsëri ajo nuk mund të garantojë kushte të qëndrueshme të rrjetit. Për të përmirësuar QoE e Videos, ata përdorin teknologjitë ABR (Adaptive Bit Rate)[1] ku një Video player ABR cakton në mënyrë automatike shpejtësinë e bit-it (bitrates) të bazuar në kushtet e rrjetit. Ky mekanizëm i orientuar nga ana e klientit nuk mund të ndihmojë në zbulimin e problemeve që degradojnë cilësinë e shërbimit IPTV gjatë Playback. Për të zgjidhur këtë problem, përdoret platforma Video Streaming që bazohet në SDN.

Shërbimet multimediale, të cilat më parë siguroheshin nga operatorët e rrjetit dhe në një rrjet të dedikuar, tashmë kanë miguar në një internet të hapur. Në shumicën e rasteve, operatorët e rrjeti janë lënë për të siguruar shërbimin e aksesit broadband. Kjo mënyrë e përfitimit të shërbimit quhet OTT (Over-The-Top). Koncepti për ti bërë shërbimet që të jenë në gjendje të përshtatin kërkesat e rrjetit dhe të transportit gjatë kohës të përfitimit të shërbimit nga ana e përdoruesve, është një kontribut i fortë drejt suksesit për shërbimet OTT (Figura 1.1). Ofruesi i shërbimit OTT është supozuar një nyje CDN (Content Delivery Network) që është shumë e zakonshme për shërbimet video. Në një sistem OTT është e rëndësishme që operatorët t'ju sigurojnë përdoruesve fundorë video të pandërprera dhe pa vonesë. Përdorimi i zgjidhjes CDN do të reduktojë trafikun në rrjetin bërthamë, do të reduktojë koston CAPEX dhe do ti dhurojë ofruesit të shërbimit një zgjidhje me kosto eficiente për ofrimin e content-it video me cilësi më të mirë. Sistemet OTT (On-the-Top) si Netflix, Youtube dhe Hulu, etj për shpërndarjen e shërbimeve Video mund të jenë sfiduese sepse përdoruesit fundore, ofruesat e shërbimit IPTV si dhe operatorët e rrjetit (ISPs) nuk kanë një pamje të përgjithshme të kushteve pikë-më-pikë të rrjetit. Në këtë rast, ofruesat e shërbimit IPTV nuk kanë mundësi që të realizojnë njëkohësisht ndryshimin e ISPs dhe llogjikën e asaj pjesës së vogël të rrjetit që aktualisht mbulon përdoruesin. Gjithashtu, serveri i content-it, pasi fillon transmetimin e një kanali, shumë rrallë kalon në një nyje tjetër. Si rrjedhojë, për shkak të kushteve të paqëndrueshme të rrjetit, përdoruesit fundore hasin shpesh re-bufferime deri në fund të një video. Edhe pse klienti paguan për një kanal HD, ata mund të shikojnë realisht kanale me cilësi të ulët për shkak të problemeve të Internetit ose të vetë Rrjetit. Nëpërmjet SDN, ju mundësohet ofruesve të shërbimit IPTV që të zgjedhin serverin e content-it më të mirë kur një përdorues fundor kërkon të marrë shërbimin video. Nëpërmjet SDN është bërë i mundur monitorimi i kushteve të rrjetit.

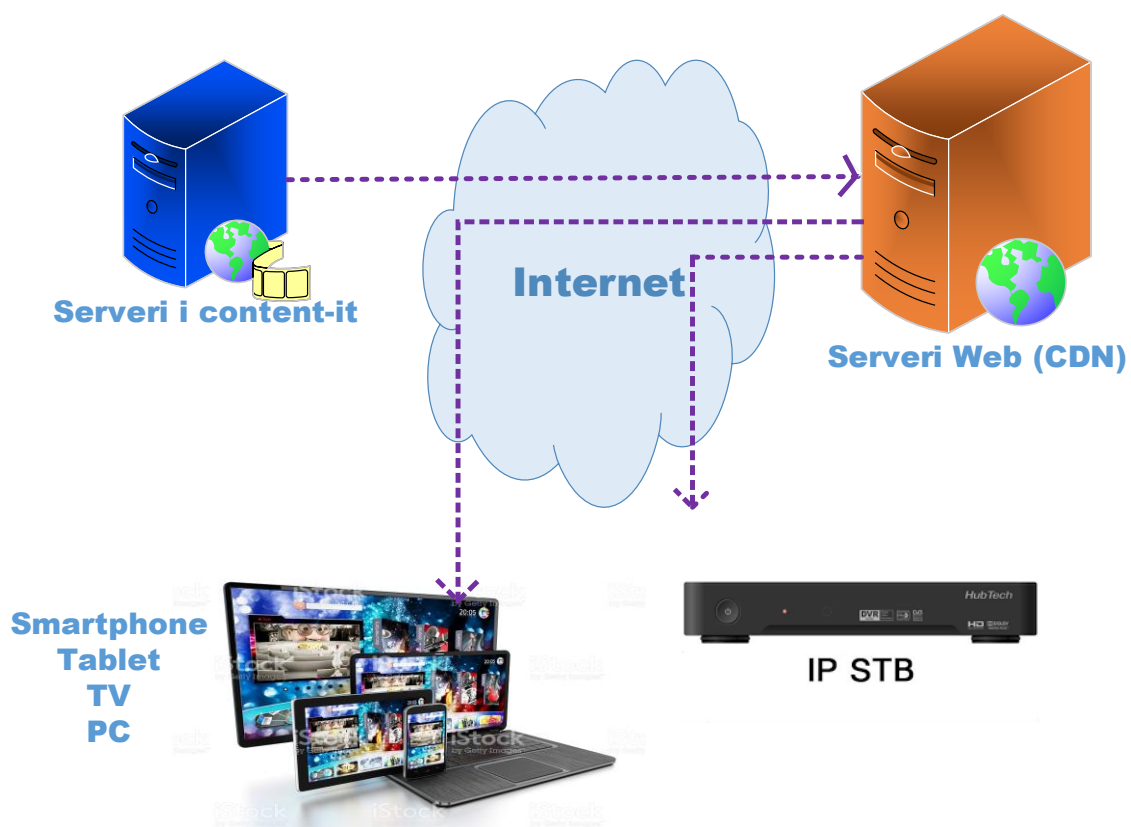


Figura 1.1: Sistemi OTT

1.2 Teknologjia SDN

SDN (Software Defined Networking) [2] është një arkitekturë e teknologjisë që ndan kontrollin e rrjetit nga funksionet forwarding të shtresës fizike. Në arkitekturën SDN, një kontrollues përcakton sesi paketat do të bëhen forward nga elementët e rrjetit duke ndarë brenda switche-ve dhe Routers-ve planin e kontrollit nga plani i të dhënave. Teknologjia SDN kryhen për shërbimet e rrjetit, të njëjtën gjë që makinat virtuale (VM) kryejnë për Serverat. Ajo mundëson grumbullimin së bashku të burimeve fizike të rrjetit dhe konsumimin e tyre sipas kërkesës (on-demand).

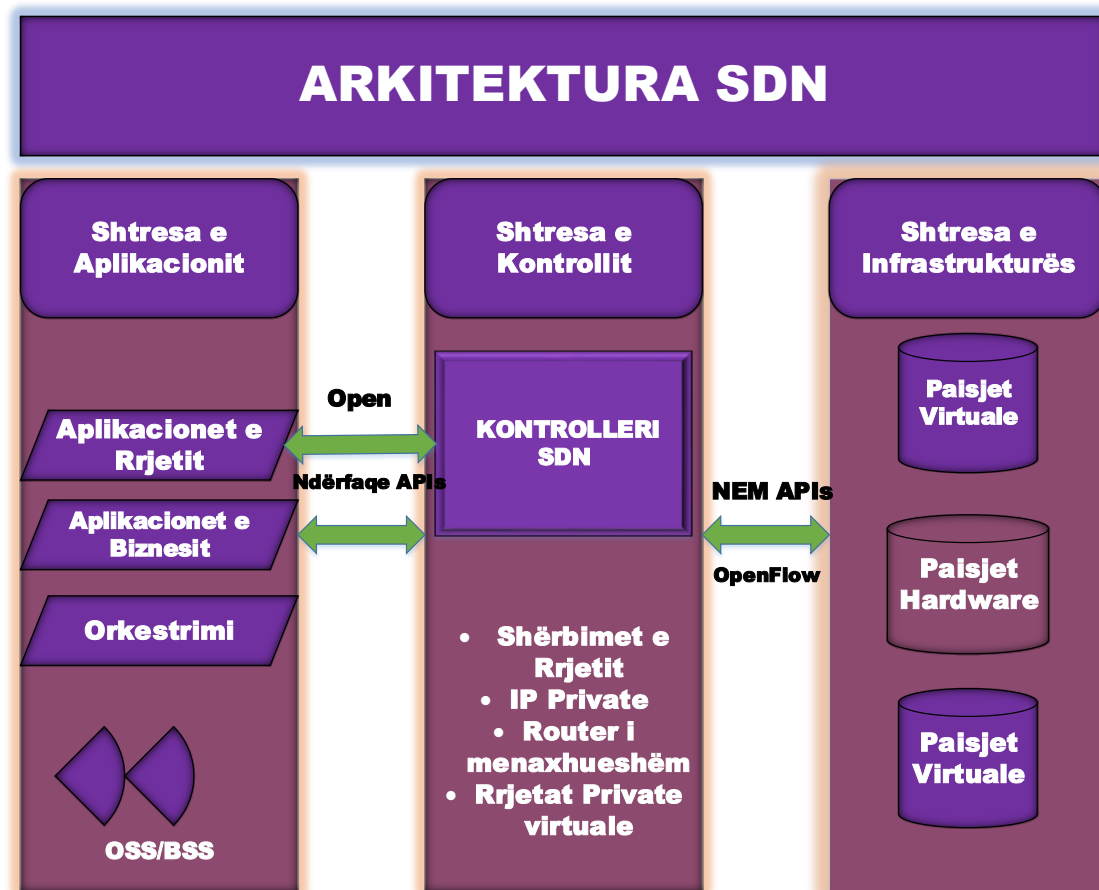


Figura 1.2: Arkitektura SDN

Sikurse paraqitet edhe në Fig.1, shtresa e infrastrukturës (plani i të dhënave) përfshin elementët e rrjetit të cilët nëpërmjet ndërfaqes drejt jugut me kontrolluesin, ekspozojnë mundësitë e tyre kundrejt shtresës së kontrollit (plani i kontrollit). Aplikacionet ndodhen në shtresën e aplikacionit dhe i komunikojnë kontrolluesit kërkesat e tyre të rrjetit me anë të ndërfaqeve drejt veriut. Në mes ndodhet Kontrolluesi SDN, i cili përkthen të gjitha kërkesat e aplikacioneve, ushtron kontrollin në nivel të ulët mbi elementët e rrjetit duke ju siguruar informacionin e përshtatshëm aplikacioneve përkatëse. Kontrolleri SDN, bazuar

në rregulla të caktuara, mund të orkestrojë kërkesat konkurruese të aplikacioneve për burime të kufizuara të rrjetit.

OpenFlow është një protokoll që në vitin 2011 u bë një standart industrie dhe është ndërfaqja kryesore midis shtresës së kontrollit dhe shtresës së infrastrukturës. OpenFlow është dizenuar për të lehtësuar komunikimet e hapura nëpërmjet paisjeve të ndryshëm, pjesës tjetër të rrjetit dhe aplikacioneve të pjesmarësve të tretë (Third-party). Shtresa e aplikacionit mbështet Sistemet mbështetëse të Supportit (OSS), Sistemet Mbështetëse të Biznesit (BSS), aplikacione të tjera rrjeti dhe biznesi, si dhe funksionet e orkestrimit. Ndryshimet që egzistojnë midis rrjetave tradicionale dhe atyre të bazuara në SDN nga këndvështrimi i rrjetave janë:

- a) SDN ndan planin e të dhënave që kalon trafikun me shpejtësi të plotë nga plani i kontrollit i cili mer vendime se si do të kalohet trafiku i shkallëzuar për një kohë të gjatë.
- b) SDN siguron tashmë një ndërfaqje të mirë – përcaktuar midis planit të kontrollit të ndarë dhe atij të të dhënave duke përfshirë një grup abstraksionesh për paisjet e rrjetit që fshehin shumë detaje brenda tyre.
- c) SDN migron logjikën e planit të kontrollit drejt një kontrolluesi logjik të qëndërzuar që shfrytëzon pamjen globale të burimeve të rrjetit dhe njohuritë e kërkesave të aplikacioneve për të krijuar dhe optimizuar rregullat e përgjithshme.

1.2.1 Njësia qëndrore e kontrollit (Kontrolluesi SDN)

Ndërkohë që planet e të dhënave dhe të kontrollit janë të ndara, nuk është më e nevojshme që të kemi një plan kontrolli të shpërndarë. Si rrjedhim, SDN realizon kalimin e një pjesë të konsiderueshme të funksionit të kontrollit të rrjetit drejt një kontrolluesi SDN, logjik dhe qëndror.

Kontrolluesi lidhet me cdo switch në rrjet nëpërmjet një rrjeti kontrolli të ndarë, e cila e lejon Kontrolluesin që të monitorojë dhe të kontrollojë cdo paisje. Po kështu, edhe plani i shpërndarë i manaxhimit mund të zëvendësohet me një pikë logjike manaxhuese qendrore, mundësisht me të njëjtin kontrollues për të mundësuar monitorimin e gjerë të rrjetit, Manaxhimin dhe zbatimin e politikave. Edhe pse egzistojnë shumë marëveshje të mirë-përcaktuara midis kontrollit të shpërndarë dhe kontrollit të centralizuar, avantazhet e centralizimit janë më të shumta, te cilat e bëjnë teknologjinë SDN një zgjidhje të pasur për të gjitha problemet e mësipërme. Kontrolluesi SDN mban të gjithë pamjen e përgjithshme të rrjetit si, shfrytëzimi i Linkut dhe i buffer-it, gabimeve të paisjeve etj. Kur paisjet fundore janë të pozicionuar, ai ka mundësi të krijojë Cilësi të shërbimit (QoS) fund – më –fund (end - to end) dhe të përgjigjet shpejt për dështimet në rrjet([7],[8]).

1.3 Virtualizimi dhe Abstraktimi i rrjetit

SDN përcakton abstraksione standarte për rrjetat të cilat fshehin të gjitha detajet e infrastrukturës së përcaktuar, në mënyrë të ngjashme se si një sistem operativ abstrakton kompleksitetin hardware duke ju eksportuar ndërfaqjet e zakonshme të programimit të aplikacioneve (APIs) shërbimeve të ndryshme si Sistemet e file, memorie virtuale, socket etj [3]. SDN ofron potencialin për të ndryshuar këtë llogjikë duke ja përçuar këto probleme software-it të kontrollerit, i cili programon hardware të rrjetit nëpërmjet protokolleve të hapura. Përdorimi më i gjerë i SDN që mundëson zgjidhje për këto probleme është Virtualizimi i Rrjetit.

Virtualizimi i Rrjetit përfshin abstraktimin e rrjetit fizik në dy mënyra:

- (i) Izolimin e shumë zonave të ndryshme duke ju dhënë atyre pamjen sikur janë të vetmit që e përdorin rrjetin.

- (ii) Prezantimin e një topologjie abstrakte që mund të ndryshojë nga topologjia fizike, si psh një topologji abstrakte me të gjitha hostet të lidhura në një switch të vetëm.

Një koncept i ngjashëm është edhe Virtualizimi i Funksioneve të rrjetit (NFV) [3].

1.4 Virtualizimi i Funksioneve të rrjetit (NFV)

Virtualizimi i funksioneve të rrjetit është një arkitekturë që i propozon virtualizimin rrjetit. NFV zëvendëson paisje të specializuara si Firewall, Balancuesin e ngarkesës, sistemet e zbulimit të ndërhyrjeve me makina virtuale (VMs) që funksionojnë në servera ([4], [5], [6]) tradicionale të lidhur me rrjetin.

Në botën e Serverave, virtualizimi ka mundësuar aplikacione të rreja dhe të ardhura të cilat nuk kanë qënë të mundura teknikisht ose të dukshme ekonomikisht. Gjithashtu, është paramenduar që e njëjta situatë do të jetë e vërtetë edhe për Rrjetat.

Ndërkohë që SDN dhe NFV janë komplementare dhe reciprokisht përfituese, ato nuk janë të ndërvarura. SDN mund të përmirësojë performancën e NFV (thjeshtimi i pajtueshmërisë, operacione të fshirjes).

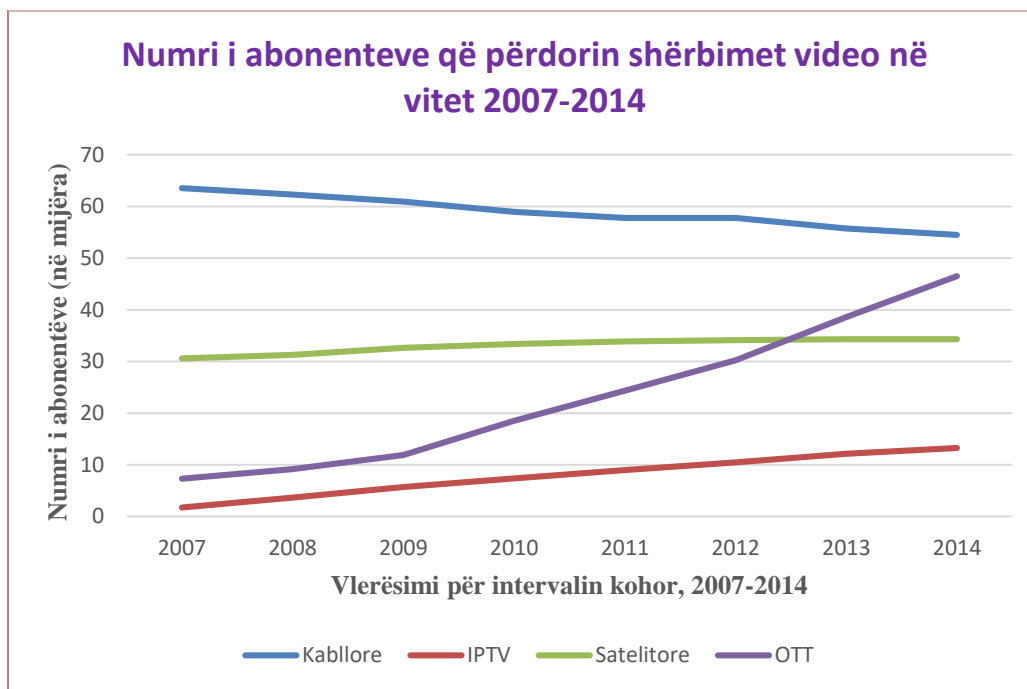
NFV përmirëson SDN nëpërmjet virtualizimit, orkestrimit IT dhe teknikave të manaxhimit.

1.5 Rritja eksponenciale e trafikut video në biznes dhe në tregun e konsumatorit

Në kohët sotme, përdorimi i shërbimeve video streaming dhe atyre multimediale është rritur ndjeshëm. Tashmë kur flitet për shërbim IPTV, brënda saj përfshihet një paketë ‘Smart IPTV’ e cila përvec shërbimit të IPTV, përfshin edhe shërbimet e tjera shtesë si Youtube, Netflix, Hulu, VoD, video konferencë etj. Rritja e depërimit të videos nëpër

biznese për të rritur bashkëveprimin dhe për të ulur koston, është një pikë kyçe në tregun e konsumatorëve për shërbimet WAN me shpejtësi të lartë. Meqënëse në tregun e sotëm ka një bazë të rëndësishme infrastrukture për video, është rritur tendenca për adoptimin e shërbimit audio të hostuar, Web dhe asaj të Video Conferencës. Për të bërë të mundur marjen e këtyre shërbimeve, nevojiten rrjeta me shpejtësi të lartë për të siguruar cilësinë e performancës. Duke ju referuar vlerësimeve të Frost and Sullivan [9], përfitimet vjetore nga shërbimet multimediale në Amerikën veriore i kalonin 4.5 Billion Dollar (deri në fund të vitit 2014). Në tregun e konsumatorit, është rritur ofrimi i shërbimeve IPTV, OTT dhe VoIP nëpërmjet IP nga rrjetat ofruese të këtyre shërbimeve. Në sajë të kërkimeve të fundit nga Frost & Sullivan për vitin kalendarik 2014, numri i abonenteve të IPTV dhe OTT në U.S për shërbimet video shumë kanalshe, i kalon përkatësisht 13,2 milion dhe 46.5 milion; duke gjeneruar përfitime në 11.2 billion dollar dhe 5.9 billion dollar.(për 12 muaj të vitit 2014). Grafiku i mëposhtëm tregon rritjen e vazhdueshme të numrit të abonenteve për shërbimet video IPTV dhe OTT.

Për aq kohë sa siguresit e shërbimeve vazhdojnë të ndërtojnë rrjetin e tyre për të mbështetur rritjen e numrit të përdoruesve fundorë, elementët virtuale të rrjetit si virtual CPE dhe kontrolli automatik i tij mund të rriten pafundësisht. Teknologjite SDN dhe NFV, të kombinuara së bashku mund të mundësojnë që rrjeti të mbajë trafikun e contenti-it video, HD broadcast, aplikacioneve ndërvepruese si Gaming, Web Browsing dhe VoD në mënyrë efikente dhe me kosto operimi të ulët.



Grafiku 1.5: Rritja e vazhdueshme e numrit të abonentëve që përdorin shërbimet video, IPTV dhe OTT

1.6 Aplikacionet SDN

Sikurse edhe dihet, arsyeja e zhvillimit të një teknologjije të re është për të marrë sa më shumë përfitime funksionale. Për SDN, kjo vlerë llogaritet në atë çfarë aplikacionet e kësaj teknologjije bëjnë për përdoruesit fundorë [10]. Në Fig 1.6 tregohen të gjitha aplikacionet SDN të renditura sipas llojit të tyre.

Së bashku me Aplikacionet, janë paraqitur edhe disa shembuj që nuk mund të përfshihen tek shtesa e transportit. Megjithatë, edhe pse disa funksione nuk mund të përfshihen në pjesën e transportit, duke pasur shtresën e orkestrimit mundësohet edhe kontrolli i pjesëve të ndryshme të rrjetit që nuk janë të lidhura me transportin. Meqënëse numri i shembujve

të treguar në Fig 1.7 për cdo aplikacion është shumë i madh, po kaq i madh është edhe numri i funksioneve që mund të përdoren në rrjetat SDN.

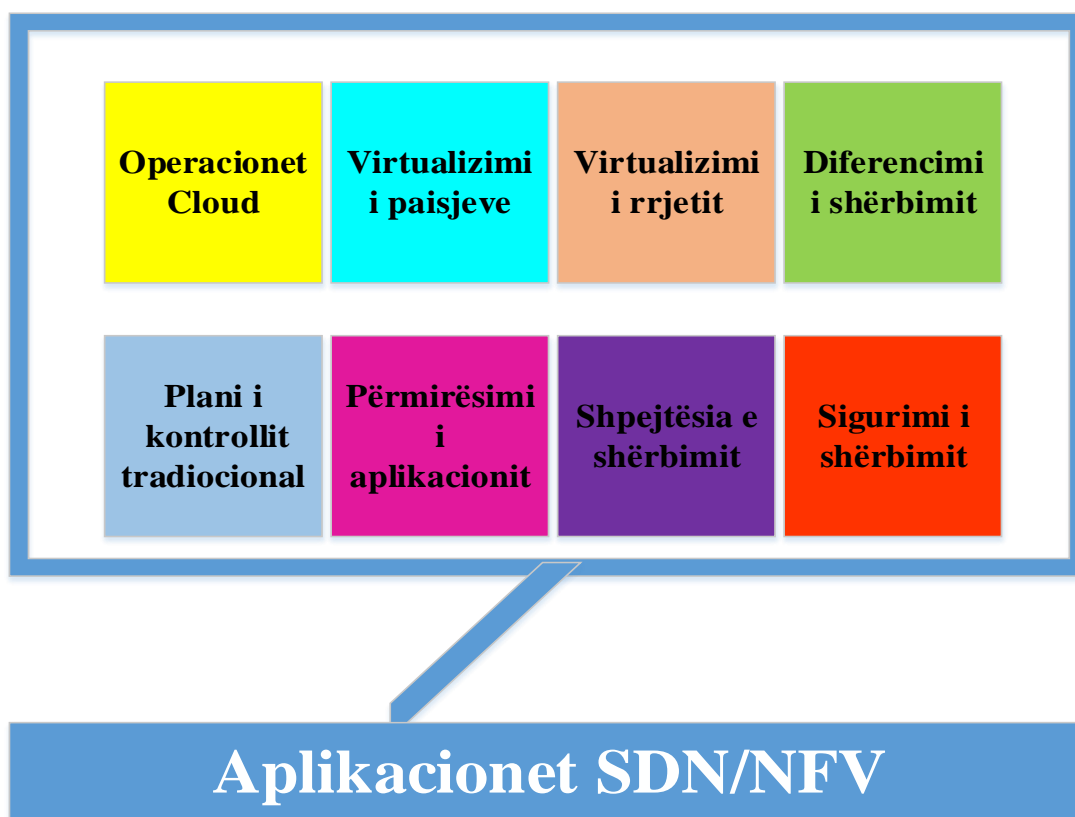
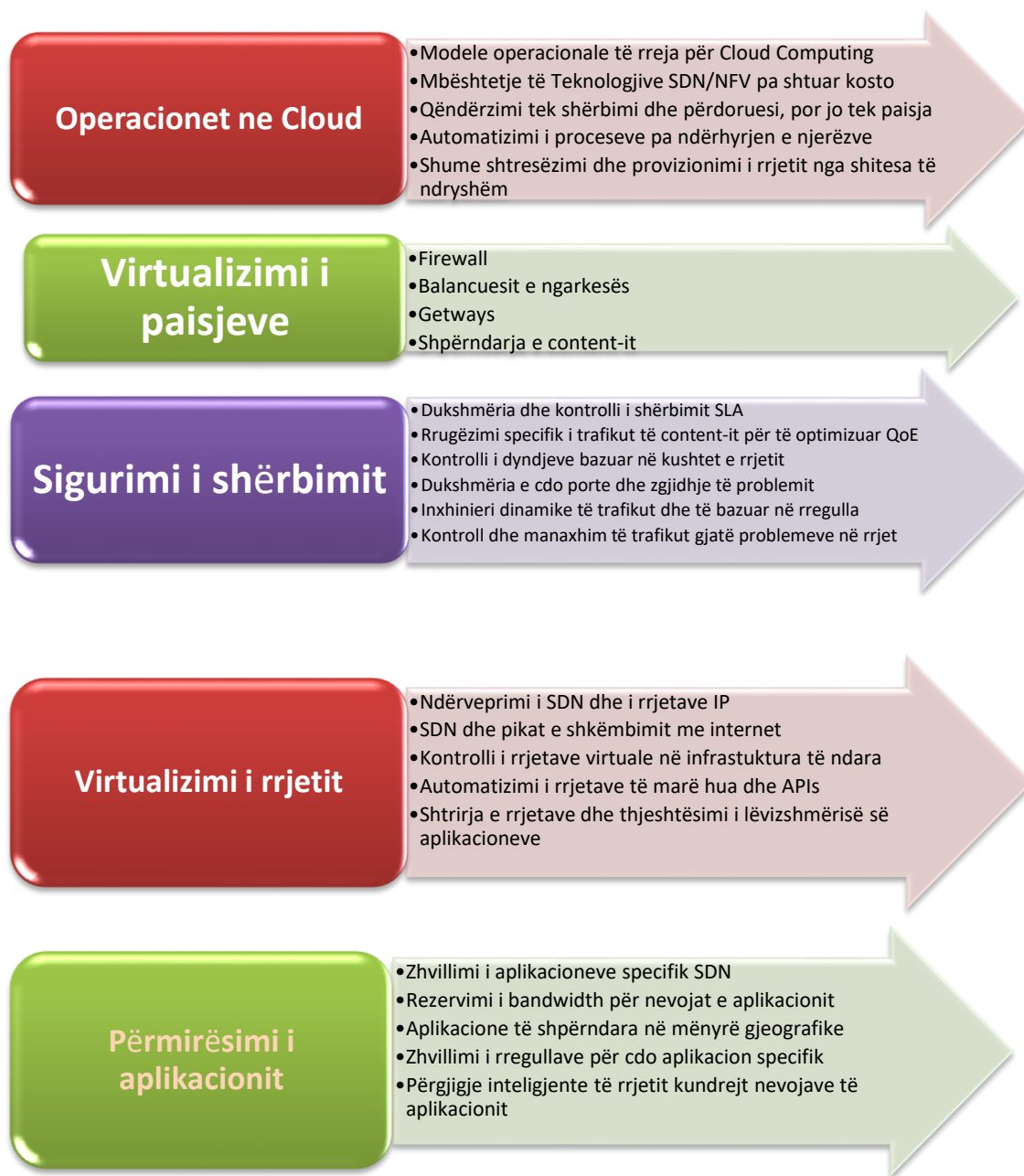


Figura 1.6: Aplikacionet SDN



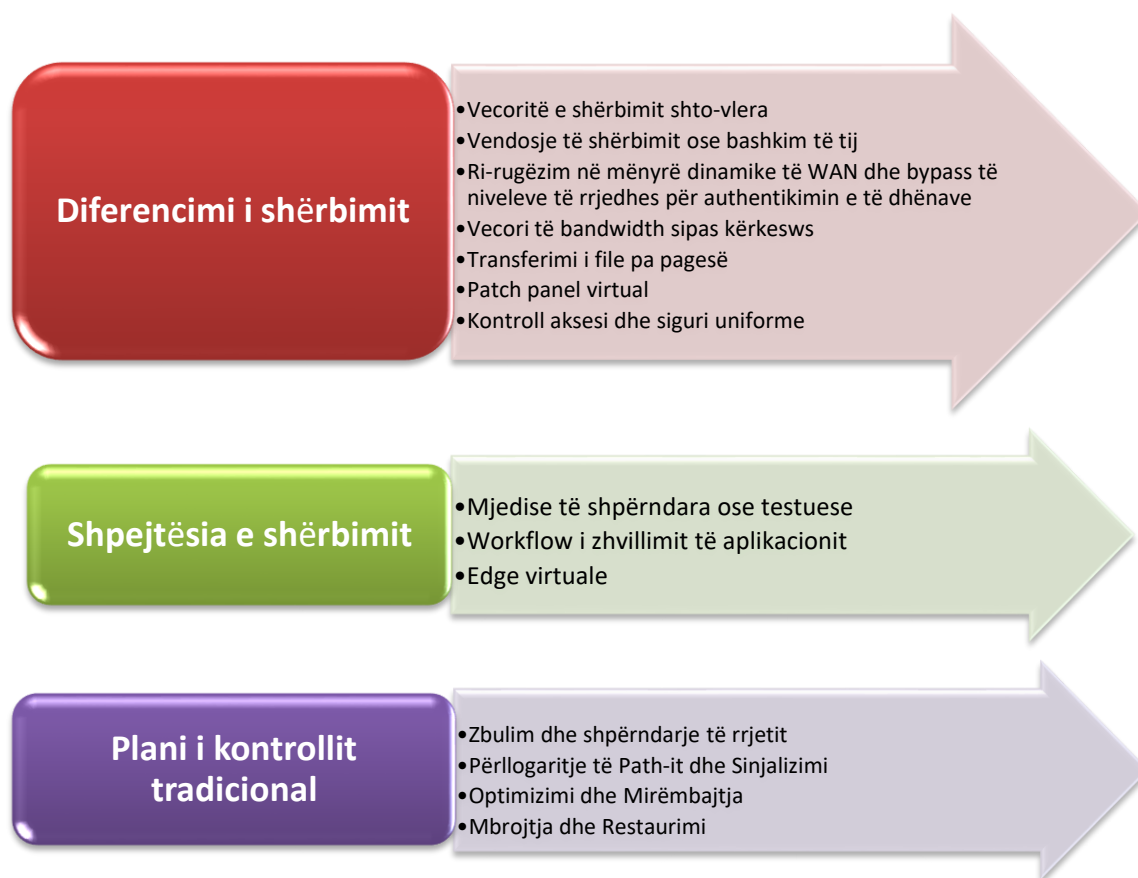


Figura 1.7: Shëmbuj të aplikacioneve SDN

KAPITULLI 2

Kërkesat dhe sfidat e ISP-ve për optimizimin e përdorimit të shërbimit IPTV

Në kohët e sotme, kërkesat për shërbime me bandwidth të lartë si IPTV dhe video streaming sipas kërkesës janë rritur ndjeshëm. Rrjedhimisht është rritur tej mase edhe rëndësia e marjes në konsideratë të kërkesave dhe të sfidave themelore që ndeshin ISP's për të suportuar këto kërkesa në rritje të përdoruesve për përfitimin e shërbimeve video nëpërmjet virtualizimit të teknologjisë SDN. Ajo çfarë kërkohet domosdoshmërisht, është shpërndarja e optimizuar e shërbimeve të *drejtpërdrejta* sipas kërkesës me kosto të ulët dhe cilesi të lartë, duke plotësuar me rigorozitet në të njëjtën kohë kërkesat themelore të klientit dhe ISP's.

2.1 Kërkesat kryesore të IPTV ISP-ve për optimizimin e përdorimit të shërbimit IPTV [11]

Sipas një studimi të bërë, kërkesat e ofruesve të shërbimit IPTV janë 16, të cilat ndahen në 4 kategori kryesore ku secila prej tyre përmban kërkesat specifike përkatëse. Në Fig 2.1 tregohet me detaje cdo kategori me bashkësinë e kërkesave specifike. Kategoritë janë:

- a) ***Kërkesat për konsumimin e burimeve të shërbimit*** – në të cilën një nga kërkesat më të rëndësishme për shërbimet që bazohen në OpenFlow është sigurimi i shkallëzueshmërisë së duhur për përfitimin e performancës së parashikuar. Gjithashtu tek kërkesa e konsumimit të burimeve OpenFlow është shumë e

rëndësishme mbajtja e numrit të rregullave sa më i ulët. Numri i rregullave për shërbim nuk duhet të jetë në varësi lineare me numrin e përdoruesve, por të orientohen tek ofrimi i shërbimit me kosto sa më të ulët.

b) *Kërkesat për integrimin dhe manaxhimin me shërbimet e tjera*- në të cilën kërkohet kompatibiliteti me shërbimet e tjera që veprojnë në të njëjtin domain.

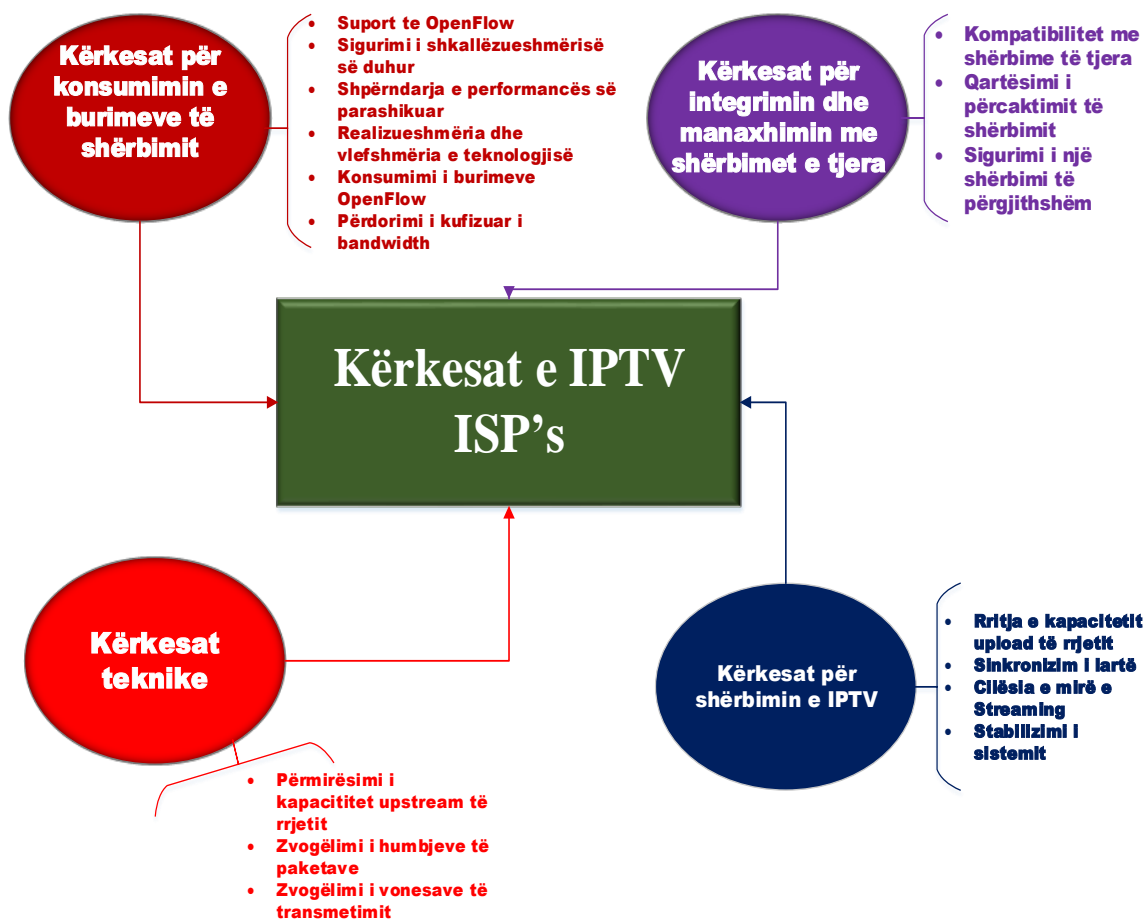


Figura 2.1: Kërkesat e ISP-ve dhe grupimi i tyre në 4 kategoritë përkatëse

OpenFlow dhe shërbimi nuk duhet të jenë të kufizuar për rastet me një përdorues por duhet të jenë sa më të përgjithshme. I gjithë shërbimi duhet të jetë tërësisht i përcaktuar dhe i

qartë. Kjo kategori përfshin përdorimin e parashikuar të burimeve dhe mundësinë për të aplikuar inxhinieri të trafikut, e cila për të sjellë sa më shumë përfitime mund të reduktojë trafikun brënda dhe jashtë rrjetit

- c) ***Kërkesat teknike***- ku sistemit i kërkohet të përmirësojë me efikasitet kapacitetin upstream të rrjetit në momentin që përdoruesi po e përdor atë. Parametrat e tjerë të sistemeve P2P LVS (Live Video Streaming) nuk duhet të dëmtohen nga shërbimi. Specifikisht ajo nuk duhet të rrisë kërkesat për bandwidth nga përdoruesit, humbjen e paketave ose të rrisë vonesat e transmetimit.
- d) ***Kërkesat e shërbimit IPTV***- në të cilën qëllimi kryesor është që të përmirësojë performancën dhe cilësinë e sistemeve P2P LVS. Kërkesat e përgjithshme të këtyre sistemeve janë përmbushja e afatit kohor për sinkronizimin duke siguruar një cilësi të mirë të streaming dhe stabilitet të sistemit.

2.2 Sfidat që ndeshin IPTV ISP-të

Duke u bazuar në analizimin e punimeve të autorëve të ndryshëm gjatë intervalit të viteve 2011 – 2015, sfidat më të rëndësishme që ndeshin ofruesit e shërbimit IPTV janë:

1. Kufizimet për shpërndarjen e shërbimeve video streaming
2. Kostot CAPEX/OPEX të larta [12]
3. Shpejtësi të ulët të shërbimit
4. Hardware IT të dedikuar
5. Vazhdimësia e shërbimeve multimediale
6. Vonesat në rrjet
7. Vonesat fundore të përfitimit të shërbimeve

Në ditët e sotme, të gjithë operatorët që ofrojnë shërbimin IPTV janë të interesuar që të ofrojnë shërbimin me kosto të ulët dhe cilësi të lartë. Shumica e autoreve nëpër punime të ndryshme kanë theksuar që sfida me e madhe që ndeshin sot IPTV ISP's është ajo e kostos së lartë CAPEX/OPEX. Sikurse tregohet edhe në grafikun e mëposhtëm, nga 30 punime të ndryshme, kostoja e lartë e ofrimit të shërbimeve live streaming me QoE dhe QoS të lartë përbën një nga problemet më të mëdha (19 punime, 42%).

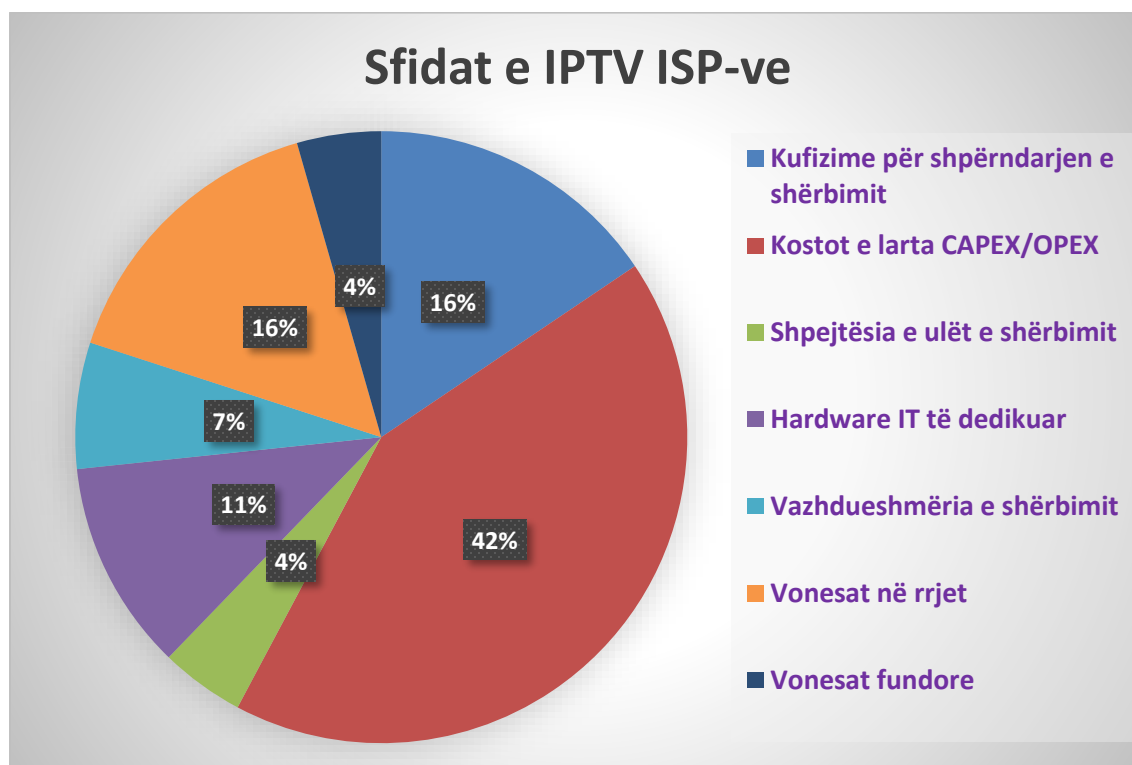


Figura 2.2: Sfidat e rëndësishme të IPTV ISP-ve për ofrimin e shërbimit IPTV

2.2.1 Kostot e larta CAPEX/OPEX

Të gjithë studiuesit e fokusuar në këtë sfidë [12], kanë si synim që të ulin sa më shumë koston e IPTV ISP's për shërbimet në kohë reale të IPTV me anë të virtualizimit të arkitekturave IPTV dhe nëpërmjet time shifting inteligent të marjes së shërbimit. Për të llogaritur numrin e burimeve që nevojiten për të suportuar shërbime të shumëfishta pa humbur afatin kohor të cdo shërbimi, është siguruar një framework i përgjithshëm në të cilën është zhvilluar një mekanizëm i thjeshtë për skedulimin e shumë punëve në kohë. Rezultatet e mara nga një operator real IPTV tregonin që zvogëlimi i ngarkesës së serverit ishte deri në 24%.

Gjithashtu ishte realizuar një progres në migrimin nga shërbimet IPTV drejt shërbimeve Open IPTV [13] e cila përfshinte shumë përmirësime si; marja e të njëjtave shërbime home Live-TV, VoD dhe WEB-TV kudo, në cdo kohë dhe në cdo paisje personale. Për më tepër, kjo qasje na lejon që të shikojmë shërbimin nga cdo operator në mënyrë transparente. Shumica e operatoreve IPTV i sigurojnë shërbimet IPTV bazuar në një paisje IP STB (Set-Top-Box) duke kufizuar prezencën e përdoruesve fundorë në sferën e brëndshme. Shërbimet Open IPTV kanë si qëllim rritjen e aksesimit të shërbimeve jashtë sferës së brëndshme dhe jashtë rrjetit të brëndshëm. Gjithashtu, çështjet e analizës së koston janë diskutuar në bashkëpunim me IPTV ISP's të ndryshëm duke marrë në konsideratë faktorët përcaktues si:

- a) Shpenzimet kapitale (CAPEX): Kjo kosto përfshin koston e infrastrukturës, koston e themelimit të rrjetit si dhe të gjitha kostot e paisjeve të sistemeve jo konsumues.
- b) Shpenzimet operacionale (OPEX): Kjo kosto përfshin kostot operacionale dhe të mirëmbajtjes.

Ajo çfare synohet nga operatorët e ndryshëm të shërbimve IPTV, është reduktimi i këtyre kostove duke aplikuar teknologjitë SDN dhe NVF, brënda të cilave shtimi i shërbimeve të rreja që lidhen me cilesinë e shërbimit dhe ndërveprimin, do të jenë pa kosto.

Një tjetër qasje që ka si qëllim uljen e kostos së shërbimeve IPTV në kohë reale nëpërmjet virtualizimit, është përdorimi i Cloud Computing [14]. Nëpërmjet kësaj teknologjie është arritur që të optimizohet rrjeti, të rritet shpejtësia e shërbimeve, të reduktohen hardware IT të dedikuara me anë të virtualizimit si dhe të ulen kostoja e marjes së shërbimit IPTV.

Burimi EVE (ElasticVideo Endpoint) [15] është një burim multimedial i virtualizuar dhe i shpërndarë që mund të përdori burimet Cloud për të provizionuar në mënyrë dinamike kapacitetin në kohë reale dhe për të ulur koston e shërbimit IPTV. Në këtë mënyrë sistemi mund të rrisë ngarkesën dhe të sigurojë kapacitet bandwidthi shtesë duke sjellë zvogëlimin e vonës në rrjet dhe të bandwidth-it qëndror.

Kërkesat për bandwidth të lartë dhe QoS të lartë, që konstatojnë në zvogëlimin e vonësave të start up, në reduktimin e vonës fundore dhe në ofrimin e vazhdueshmërisë të shërbimeve multimediale, krijojnë shumë sfida për manaxhimin e content-it dhe për perceptimin e content-it nga ana e përdoruesve fundorë (QoE). Çelësi kryesor është që të mos degradojmë ndonjë nga faktorët më sipër që ndikojnë direkt në QoE e përdoruesve, sepse rrisim ankesat e klientëve të cilët për shkak të problemeve mund edhe të ndryshojnë IPTV ISP që janë abonuar. Zgjidhja është ndërtimi i CDN (Content Delivery Network). Arkitektura e CDN (Figura 2.2.1) përbëhet nga grupe makinash zëvendësuese të lidhura në internet, të cilat përmbajnë të dhëna të kopjuara nëpër zona të ndryshme gjeografike. Në këtë mënyrë, rrjetat CDN rrisin performancën, zvogëlojnë në mënyrë të ndjeshme bandwidth-in qëndror të rrjetit, reduktojnë vonesat në rrjet si dhe ulin kostot për përfitimin e shërbimeve [16],[17]. Një rrjet CDN do të kryej shume funksione të nevojshme dhe të rëndësishme si:

- a) Ri-drejtimi i kërkesave për lidhje tek serveri më i afërt zëvendësues ndërkohë që përdoruesi fundor tenton të shkarkojë content-in.
- b) Sigurimi i përfitimit të contente-ve të ndryshme nga një grup serverash zëvendësues që janë vendosur në pozicione gjeografike të ndryshme.
- c) Të marrë në përgjegjësi kontrollin e content-it të ruajtur si dhe njohurinë për mënyrën se si janë kopjuar të dhënat brënda saj
- d) Të sigurojë shërbimet manaxhuese që do të monitorojnë dhe të ruajnë të dhenat që bazohen në kërkesat, në llogaritjen e content-it të përdorur si dhe funksionalitetet e Cache-së.

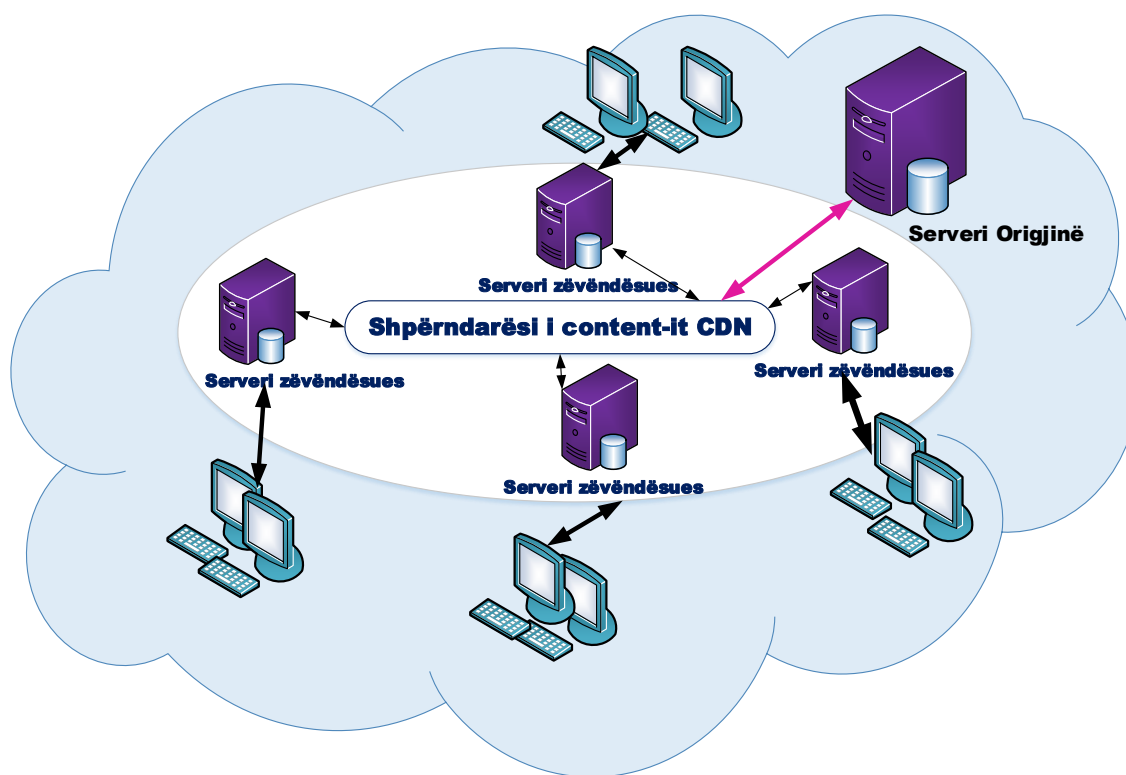


Figura 2.2.1: Arkitektura CDN

Megjithatë, është vënë re që rrjetat CDN janë shumë herë të mbi provizionuara dhe të pa përdorshme [18], në të cilën 10% e lidhjeve janë të kufizuara së paku në 40% të kohës. Si rrjedhojë lind nevoja për një qasje tjetër si Cloud CDN [19] –[23], e cila ndërton shërbimet për përfitimin e content-it duke përdorur depot Cloud, duke bërë të mundur reduktimin e kostos. Megjithëse këto burime cloud janë krijuar në pozicione të ndryshme përmes shumë rrjetave cloud, ato shkaktojnë ngarkesë të provizionimit dhe vuajnë nga mungesa e mbrojtës gjatë mbingarkesës në rrjet.

Për të suportuar shërbimet e shumta multimediale si VoD, Live TV, është shfrytëzuar me potencial të lartë Virtualizimi [24]. Në të vërtetë është zbuluar se si mund të konfigurojmë me kujdes infrastrukturën Cloud në kohë reale për të mbështetur aplikacionet me bandwidth të gjerë dhe me llogaritje intensive (psh. kërkesat për shërbime VoD dhe ndryshimi i vazhdueshëm i kanaleve Live TV). Gjithashtu është propozuar një algoritëm optimal që të sigurojë numrin minimal të serverave që nevojiten të plotësojnë të gjitha kërkesat për keto shërbime. Nëpërmjet virtualizimit të përdorur nga IPTV ISP's, është arritur minimizimi i përdorimit të burimeve dhe ulja e kostos për ofrimin e shërbimit IPTV.

SDM (Software Defined Multicasting) [25] është një aplikacion SDN që përdor një qasje të bazuar në OpenFlow dhe bën të mundur mbivendosjen e Live streaming në një shtresë specifike. SDM ka për qëllim:

- a) Të reduktojë trafikun brenda ISP
- b) Të shpërndajë content-in me performancë dhe kosto në nivel IP Multicast
- c) Të sigurojë transparencë të plotë tek marësat e shërbimeve
- d) Të mbaj në kontroll të plotë ISP's

Ky koncept i lartë i SDM, e cila përbën një shërbim ISP për ofruesit e OTT live streaming, kërkon switche që mundësojnë OpenFlow dhe mundësi vendosje të lartë të tyre. Prandaj IPTV ISP [26] kanë një nxitje të madhe për të siguruar shërbime të rreja në domosdoshmëri

të lartë për shpërndarjen në mënyrë eficiente të të dhënave Live streaming që origjinohen nga jashtë rrjetit të tyre. Për të adresuar këtë problem, koncepti i rri SDN premton të jetë çelësi i zgjidhjes. SDN është një paradigmë e rrjetit që në formën e OpenFlow (e cila është një realizim specifik i SDN) po fiton popullaritet të lartë.

OpenFlow ju mundëson switche-ve dhe routere-ve të rrjetit kontrollin në distancë nga një qender logjike softwarike. Përvec një manaxhimi të thjeshtë dhe të përgjithshme të rrjetit, ajo lejon që koncepte të rreja të rrjetit që nuk kanë qënë të dukshme më përpara, të aplikohen me qëllim përmirësimin e cilësisë së shërbimit dhe performancës.

Qasja e rre RASP (Rent-a-Super Peer) synon që të lejojë ISP'të të sigurojnë funksionalitetin e shtresës së rrjetit multicast si një shërbim P2P live video streaming dhe të përmirësojnë në të njëjtën kohë marjen e shërbimit P2P Video nga përdoruesit fundorë, të ofrojnë content-it e kërkuar dhe ti japin zgjidhje sfidës së kufizimeve për shpërndarjen e shërbimeve duke siguruar live streaming unicast me kosto shumë të ulët.

Gjithashtu, është propozuar një qasje e rre për SDN si aplikacioni i kontrolluar NMS (Network Management System) [27]. Ky aplikacion mer në konsideratë karakteristikat e burimeve dhe të performancës për shtresën e rrjetit. Qëllimi i saj është që të modelojë përdorimin e rrjetit dhe të parashikojë profilet e përdorura të aplikacioneve për të parandaluar mungesën e burimeve para se ato të shfaqen në rrjet. Kjo qasje e rre, për shkak të natyrës së saj të përgjithshme, të kërkesave për burime të mirë përcaktuara dhe të hapjes për kërkime shkencore bazohet në OpenFlow. Ky aplikacion i kontrolluar NMS, premton uljen në mënyrë drastike të kostos OPEX duke përkthyer kërkesat e aplikacioneve brënda sjelljes së rrjetit pa qënë nevoja e ndërhyrjeve njerëzore.

Duke u fokusuar në shërbimin IPTV të lëvizshëm për përdoruesit, dhe duke marrë në konsideratë modelet e konsumimit nga përdoruesit, reduktimin e kostos për burime rrjeti si dhe përmirësimin e QoE, është propozuar një skenar aksesit ku cdo përdorues të jetë në gjëndje të aksesojë content-in në cdo kohë, kudo dhe nga cdo paisje (ATAWAD) [28] duke

u bazuar në shpërndarjen e shërbimit eMBMS (Evolved Multimedia Broadcast Multicast service). Kjo zgjidhje përshtatet me përfitimet multicast të shërbimeve TV të lëvizshme nëpërmjet optimizimit dinamik të nyjeve të pemës multicast. Kjo zgjidhje optimizon koston CAPEX të burimeve multicast dhe hap rrugën për përmirësimin e QoE të përdoruesve fundorë.

2.2.2 Kufizime për shpërndarjen e shërbimeve video streaming

Janë propozuar variante të shpërndara komerciale të CDN [29] që konsistojnë në marjen me qera apo në vendosjen e serverave në qendrat e të dhënave nëpër shumë ISP kudo nëpër botë, për të siguruar shpejtësinë e shërbimit dhe shpërndarjen pa kufizim.

Bittorrent [30] dha një variant P2P të CDN duke ju ndarë content-in në bashkëpunim me burime të ndryshme, përdoruesve, web cache dhe proxy, dhe duke bërë të mundur shpërndarjen e shërbimeve kudo nëpër botë pa ndonjë kufizim dhe me reduktim të lartë të vonesave fundore.

2.2.3 Vonesat në rrjet

Është propozuar një arkitekturë e rre SDN për manaxhimin e trafikut të të dhënave, e cila zgjeron rrjetin Ethernet të bazuar në broadband dhe mundëson një manaxhim eficient të trafikut brënda ISP [31]. Nga përdorimi i gateway-ve të mundësuar nga SDN, ISP'të mund të konfigurujnë rrjedhën e trafikut në mënyrë dinamike, të optimizojnë throughput në rrjet (veçanërisht për shërbimet që kërkojnë bandwidth të lartë). Për më tepër, kjo qasje përshtatet mirë me rritjen e numrit të sesioneve të hapura nga përdoruesit fundorë.

2.2.4 Burimet IT të dedikuara

Varianti Big Data i CDN [32] që operon në qendrat e dhënave nëpër botë, siguron vazhdueshmërinë e shërbimeve multimediale në një mënyrë të thjeshtësuar dhe pa Hardware IT të dedikuara.

Amazon [33] jep një variant Cloud të CDN duke ju mundësuar IPTV ISP-ve që të provizionojnë kapacitetin e tyre nga burimet cloud të Amazon sipas mënyrës ‘paguaj dhe ik’ (pay as you go), duke siguruar vazhdueshmërinë e shërbimeve multimediale pa hardware IT shtesë të dedikuar.

Gjithashtu, janë propozuar algoritma optimale për optimizimin e kostos së implementimit të arkitekturave të virtualizuara IPTV që sigurojnë numrin minimal të serverave që nevojiten, dhe që të plotesojnë kërkesat thelbësore të këtyre shërbimeve. [34], [35], [36].

2.3 Dy tendenca për zgjidhjen e sfidave të IPTV ISP-ve

Dy tendenca rrjeti që do të ndikojnë ndjeshëm në të ardhme për përfitimin e shërbimit IPTV janë:

- Teknologjia SDN; e cila konsiston në ndarjen e planit të kontrollit nga hardware fizik, dhe që përmban rrjetin software të virtualizuar dhe të bazuar në programim [2]
- Teknologjia NFV; e cila është një koncept i rri i realizimit të funksioneve të rrjetit në server IT. NFV realizon edhe software duke përdorur virtualizimin dhe teknologjinë cloud me anë të të cilave siguron funksione që mund të provizionohen, konfigurohen dhe të manaxhohen si një njësi virtuale [37].

Fig 2.3 tregon që e ardhmja për shërbimet IPTV është përfitimi i një shërbimi TV të virtualizuar që varet nga teknologjitë SDN dhe NFV.

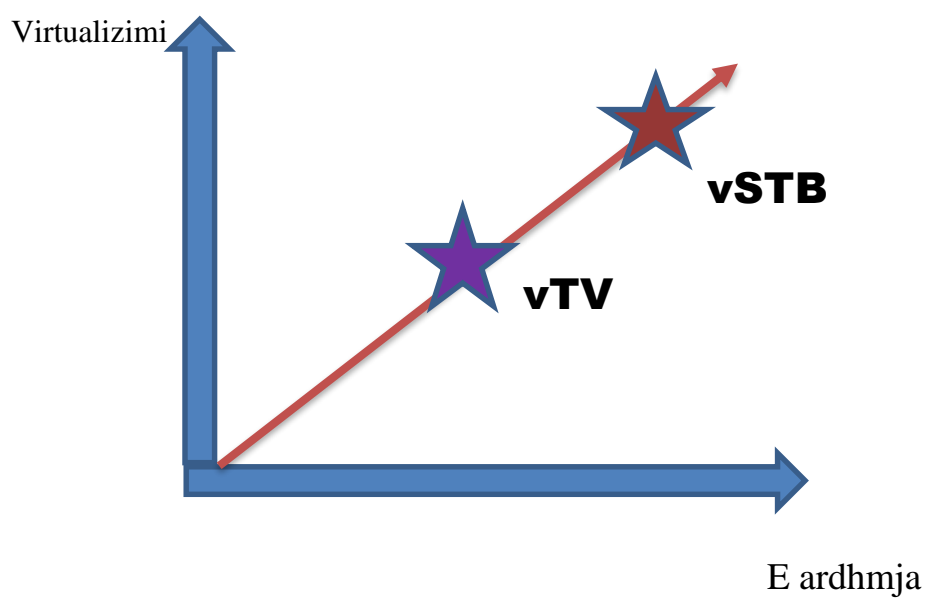


Figura 2.3: Evolucioni i shërbimeve IPTV në vTV sipas qasjeve SDN/NFV

KAPITULLI 3

Përfitimet operacionale nga aplikimi i zgjidhjeve në rrjet që bazohen në teknologjinë SDN dhe NFV

Kjo pjesë do të paraqesë me detaje përfitimet bazë të bizneseve nga aplikimi i zgjidhjeve bazuar në teknologjitë SDN dhe NFV.

3.1 Ulja totale e kostos së pronësisë (TCO) dhe i kompleksitetit operacional

Virtualizimi i funksioneve të rrjetit (NFV) eliminon mundësinë për hardware dhe ju mundëson pothuajse çdo funksion të rrjetit si Router, Switche, firewall, balancuesve të ngarkesës, sistemeve të shpërndarjes së contentit, pajisjeve të përdoruesve fundore, nyjeve të sistemeve IP multimediale (IMS), që të punojnë si software në makina virtuale. Mundësia që kanë këto funksione rrjeti për të punuar në serverat e produkteve sjellin si rrjedhojë kursime të mëdha të kostove, të cilat sigurojnë e shërbimit të IPTV mund t'ja kalojnë bizneseve.

Sot, shërbimet CPE (Customer premises equipment) [9], të ofruara me MPLS, VPN, Ethernet dhe shërbimet e manaxhuara të sigurisë paraqesin një pjesë të rëndësishme të investimeve që bizneset kryejnë për shërbimet e rrjetit. Shërbimet që bazohen në NFV thjeshtësojnë ndryshimin nga hardware të dedikuar, në CPE Virtuale, e cila mund të provizionohet në kohë të shkurtra (në minuta) dhe me kosto shumë më të ulët se hardware fizik. CPE Virtuale, të kombinuara me SDN reduktojnë instalimet në rrjet dhe kohën e

provizionimit, thjeshtësojnë aktivitetet e manaxhimit të rrjetit për grupin e IT-së, dhe si rezultat sjellin ulje totale të koston së pronësisë (TCO) për biznesin.

3.1.1 Shkallëzueshmëria e bandwidth-it në kohë reale

Në arkitekturën SDN, plani i kontrollit është i ndarë nga plani i të dhënave, duke mundësuar në këtë mënyrë që burimet fizike të bashkohen së bashku dhe të manaxhohen nga kontrolluesi qëndror SDN. Rrjeti kryesor është automatizuar për t'ju mundësuar përdoruesve të biznesit që të shkallëzojnë bandwidth-in e rrjetit në kohë reale, në mënyrë të ngjashme si ajo e provizionimit të makinave virtuale (VMs). Për shembull, nëse një biznes i caktuar kërkon që të rrisë bandwidth-in në rrjetin e tij për të lidhur një qëndër të dhënash me një qëndër të dhënash në cloud për backup-et javore, ai mund të provizionojë bandwidth-in sipas kërkeses (on-demand) për kohëzgjatjen e kërkuar.

Mundësia për të provizionuar bandwidth-in sipas kërkeses dhe të mund të paguash vetëm për atë sasi të bandwidth të konsumuar, jo vetëm që redukton koston e rrjetit, por gjithashtu ofron edhe fleksibilitet të madh të prokurimit të rrjetit për përdoruesit e biznesit.

3.1.2 Zvogëlimi i kohës së instalimit në rrjet

Intervalet kohore të instalimit ose kohët e premtura të dërgimit në arkitekturat tradicionale të rrjetave, variojnë nga 30 – 90 ditë, ose edhe më tepër në disa skenare specifike. Gjatësia kohore e një cikli, është atribut i një numri faktorëve që përfshijnë; vlerësimin se kur është gati një faqe e klientit, sigurimin që të gjitha elementet e kërkuar të rrjetit të jenë në vendin e duhur (nëse jo, dërgimi i një grupi pune të jashtëm për të instaluar hardwaret e nevojshme tek klienti) dhe konfigurimi i qarkut.

Teknologjia SDN, si një mundësi e arte, automatizim të gjitha proceset dhe hapat për provizionimin e rrjetit. Një shembull konkret mund të jetë një CPE Virtuale që me anë të

kombinimit të teknologjive NFV dhe SDN, të arrijë që të provizionojë burimet e rrjetit afër kohës reale, në ndryshim nga arkitekturat e rrjetave tradicionale që duan muaj të tëra për ta realizuar atë. Në këtë mënyrë, duke zgjedhur një zgjidhje rrjeti softwarike qëndror, bizneset mund të provizionojnë burimet e rrjetit më shpejt, në përputhshmëri me nevojat e tyre dhe sipas kërkesës në kohë reale.

3.1.3 Ndërtimi i aspekteve të sigurisë brenda zgjidhjeve të rrjetit

Në arkitekturën e rrjetit me qëndër softwarike, kontrolluesi SDN (Software-centric network architecture) abstrakton logjikën nga shtresa fizike dhe e vendos atë në shtresën e qëndëruar të përgjithshme duke thjeshtësuar aplikimin e rregullave të sigurisë uniforme në shërbime dhe futjen e matësave shtesë të sigurisë në kohë reale, njëlloj si në makinat virtuale. Aspektet kyçe të sigurisë për zgjidhjet e rrjetit të bazuara në teknologjitë SDN dhe NFV përfshijnë:

1. Departamenti IT i biznesit mund të zgjedhë të shpërndajë zgjidhje modulare sigurie tek makinat virtuale (VMs) duke kombinuar zgjidhje sigurie nga shitësa të ndryshëm. Për shembull, përdoruesit mund të vendosin një firewall virtual Jupiter me një grup veçorish shtesë nga prodhues të tjerë.
2. Automatizimi i korrigjuesave të sigurisë nga administratorë rrjeti si dhe krijimi i rregullave për update të Korrigjuesave në kohë të skeduluara.
3. Zvogëlimi i detyrimeve Manaxhuese dhe Administrative për grupin e punës IT sepse është shumë më e thjeshtë të punosh me makina virtuale sesa me paisjet fizike ose hardware.

4. Në rrjetat tradicionale, masat e sigurisë janë akoma të thyeshme nga kërcënuesit e sofistikuar të sigurisë. Me anë të përdorimit të kontrolluesit SDN, administratorët e rrjetit mund të prezantojnë sigurinë në nivel makinë virtuale, për të siguruar një nivel të lartë të masave të sigurisë në aplikacionet e biznesit.
5. Në sulmet DDoS (Distributed denial of service) brënda kontrolluesit të rrjetit SDN, makina virtuale ose një funksion rrjeti virtual (psh, një router ose një firewall) i prekur nga sulmet mund të gjendet shpejt, të izolohet, të fiket, të futet në karantinë dhe të zëvendësohet nga një tjetër makinë virtuale e ngjashme. Në këtë mënyrë, kërcënuesi mund të shkatërrohet duket aplikuar korrigjuesat e sigurisë për të rregulluar kodin e çënuar. Grupi i punës IT shumë shpejt mund të vendosë makina virtuale të njejta në një zonë tjetër për të ri-vendosur dhe siguruar elasticitetin dhe besueshmërinë e infrastrukturës.

3.2 Konsideratat thelbësore për bizneset gjatë kalimit drejt zgjidhjeve të teknologjive bazuar në SDN dhe NFV

Teknologjitë SDN dhe NFV janë të rreja për bizneset dhe me nivele të ndryshme mirëkuptimi midis vendimmarrësve të IT. Ndërkohë një pjesë e bizneseve kanë njohuri të plota dhe të thella rreth këtyre teknologjive dhe janë gati ti implementojnë ato, të tjera biznese janë shumë pak familjare me përfitimet që sjellin këto dy zgjidhje të rreja teknologjike. Për shkak të zhvillimit të ngadaltë të standarteve industriale, dhe të implementimit të limituar të teknologjive SDN dhe NFV në rrjetat e ofruesve të shërbimit, interesat e bizneseve në këto teknologji janë frenuar ndjeshëm. Përveç kësaj, egzistojnë

biznese që i kuptojnë dy rrymat e rreza teknologjike si SDN dhe NFV, por ato nuk janë të sigurta se çfarë hapash duhet të ndjekin për të kaluar në zgjidhjet e bazuara në SDN dhe NFV.

Pjesa e mëposhtme tregon me detaje konsideratat kyçe që vendimmarrësit IT të bizneseve po kërkojnë që në një të ardhme të afërt, të implementojnë zgjidhjet SDN dhe NFV bazuara në rrjet

3.2.1 Planifikimi dhe teknologjia strategjike Roadmap (Udhërëfyese)

Hapi i parë në implementimin e zgjidhjeve SDN dhe NFV në shumicën e bizneseve IT është që të kenë një ‘roadmap’ të qartë teknologjike. Këto biznese duhet të krijojnë një roadmap që në mënyrë të qartë të përcaktojnë fazat kyçe të strategjisë për vendosjen e teknologjive SDN dhe NFV. Ky udhërëfyese mund të përfshijë aspektet si:

- Kalimi nga rrjetat TDM në ato IP
- Konsolidimin e shumë qendrave të të dhënave në mënyrë mjaft eficiente.
- Vendosja e një rrjeti privat bazuar në Ethernet me shumë VPN për të lidhur klientë të shpërndarë, partnerë, punonjës dhe furnizues të ndryshëm.

Shumica e kompanive të mëdhaja kanë rrjeta të ndryshme nga prodhues të ndryshëm, të cilat e bëjnë shumë të vështirë kalimin në një model qendror softwarike pa manaxhimin e saktë të inventarëve. Ndërkohë, duke pasur në vend të inventarëve një teknologji migrimi roadmap, hapi tjetër është që të marrë inventarin e marëveshjeve ekzistuese të shitësit. Është e rëndësishme që ndërmarjet të jenë faktorë në rrjetat e tyre të ndara, të vendosura para prezantimit të teknologjive SDN dhe NFV në infrastrukturën e rrjetit të tyre sepse kjo qasje e rre për vendosjen e zgjidhjeve në rrjet bazuar në SDN dhe NFV, nuk do të mund të japë të gjitha përfitimet operationale nga këto teknologji. Kalimi në një infrastrukturë rrjeti të qëndrueshëm softwarike përbën një proces me shumë faza. Duke pasur një teknologji të qartë

Roadmap, do të mund të ndihmojë ndërmarjet që të realizojnë kalimin në momentin kur biznesi ka rritje të vogla ekonomike dhe duke rezultuar në dëme minimale për biznesin. Ndërmarjet që kanë grupe pune IT të sofistikuar mund edhe të ndjekin qasjen ‘ Bëj qasjen tënde duke zhvilluar një strategji të qartë për zhvillimin e teknologjive SDN dhe NFV’, ose të punojnë më një partner të besuar për ofrimin e shërbimit, me qëllim që të mund ti ndihmojnë ata në planifikimin, zhvillimin dhe manaxhimin e zgjidhjeve.

3.2.2 Manaxhimi i programit pikë më pikë dhe mjetet e manaxhimit

Hapi i dytë pas zhvillimit të udhërfyesit strategjik të teknologjisë për vendosjen e zgjidhjeve bazuar në SDN dhe NFV, është manaxhimi pikë më pikë i planit të kalimit, e cila ndërpret shumë shtresa nëpër organizata dhe kompani. Sikurse është vënë re, rrjetat e ndërmarjeve mund të përbëhen nga prodhues të ndryshme duke përfshirë shërbimet me tela dhe pa tela, ato TDM dhe IP.

Gjithashtu, nevojitet një plan i fortë për manaxhimin e programit, i cili do të vlerësojë konfigurimet egzistuese të shërbimeve, do të prioritetizojë sekuencën në të cilën do të shfaqet kalimi dhe do të trajtojë burimet për të lehtësuar zgjidhjet e rrjetit bazuar në SDN dhe NFV. Ky programi i mirë manaxhimi do të jetë çelësi i sigurimit të progresit të udhërfyesit teknologjik që është zhvilluar tashmë në hapin e parë.

Mjetet e manaxhimit janë vendimtare për manaxhimin e performancës së zgjidhjeve në rrjet. Historikisht bizneset ose kanë zhvilluar vetë mjetet e manaxhimit të rrjetit dhe kanë vendosur performancën e aplikimit, ose kanë përdorur ato që ofrohen nga ofruesat e shërbimit të tyre WAN. Me zhvillimin e vrullshëm dhe emergjent të teknologjisë SDN, disa nga kompanitë e mëdha kanë krijuar SDN e tyre si platforma, të cilat kanë mundësi funksionale dhe orkestrimi që jo vetëm të punojnë nëpër rrjetat e tyre, por edhe që përshtaten mirë me aplikacionet dhe mjedisin Cloud. Për ndërmarjet të cilat kanë njohuri bazë të teknologjisë SDN dhe NFV, është e domosdoshme që të marrin në konsideratë

ofertat nga ofruesit e shërbimit duke përdorur ndërfaqjet e programueshme të aplikacionit (APIs), të cilat mund të integrohet mirë me platformat e tyre egzistuese të manaxhimit dhe orkestrimit.

3.2.3 Qeverisja e programit dhe inoacioni i vazhdueshëm.

Hapi i tretë dhe i fundit gjat kalimin në zgjidhjet SDN dhe NFV është implementimi i programit qeverisës pas implementimit të zgjidhjeve të rreja, si dhe manaxhimi i zgjidhjeve inovative. Ky hap është shumë i rëndësishëm sepse këto dy teknologji janë të rreja dhe ndryshimet e vazhdueshme që ato pësojnë me kalimin e kohës duhet domosdoshmërisht të integrohen në rrjet.

Një nga veçoritë kyçe të zgjidhjeve të rrjetit bazuar në SDN dhe NFV është shkallëzueshmëria e bandwidth-it në kohë reale. Për këtë arsye, një element i rëndësishëm i qeverisjes së programit është lejimi i proceseve egzistuese dhe i politikave të kufizimit të kontrollit të aksesit të një personeli të caktuar për të bërë ndryshimet e bandwidth-it. Kontrolli i politikave ju siguron vendimmarrësve të IT që të marin avantazhet e fleksibilitetit të këtyre zgjidhjeve të rrjetit pa ndonjë ndikim financiar të pafavorshëm, e cila mund të shkaktohet nga personel i paautorizuar që mund të bëjë ndryshime në rrjet.

Nga këndvështrimi i bizneseve, ndryshimet e vazhdueshme të këtyre zgjidhjeve SDN dhe NFV mund ta bejnë të vështirë manaxhimin dhe kontrollin e rrjetit. Bashkëpunimi me ofruesat e shërbimeve, të cilët kanë ekspertizë të thellë në ofrimin e shërbimeve të manaxhuara mund të jetë e dobishme për klientët e bizneseve.

Nga ana tjetër, bizneset me ekspertizë brënda rrjetit të tyre për manaxhimin e zgjidhjeve SDN dhe NFV mund të përdorin platformat e ofruesve të shërbimeve. Nga përdorimi i tyre, bizneset mund të sigurojnë mjetet e nevojshme për të kryer ndryshime në bandwidth, për të rritur dukshmërinë në infrastrukturën dhe rrjetin e kontrolluesit SDN, si dhe mund të

integrojnë aplikacionet e tyre të brëndshme të biznesit dhe mjetet e manaxhimit të performancës brënda platformës së ofruesve të shërbimeve.

3.3 Vlerësimi i kohës që i nevojitet biznesit për kalimin në rrjetin e bazuar në SDN

Teknologjia SDN është një risi teknologjike rrjeti e cila do të sjellë për bizneset përfitime të mëdha ekomonike. Këto përfitime përkthehen tek përdoruesit fundorë që do të përfitojnë shërbimet streaming si IPTV në marjen e shërbimit me kosto të ulët, me cilësi shërbimi (QoE dhe QoS) dhe performancë të lartë. Një nga karakteristikat bazë që sjell përdorimi i zgjidhjes SDN në ofrimin e shërbimeve është përfitimi në bandwidth, e cila do të thotë përdorimi i bandwidth sipas kërkesës dhe me shkallëzueshmëri të lartë në kohë reale. Edhe pse një pjesë e mirë e bizneseve nuk kanë njohuri të plota për këto zgjidhje bazuar në rrjetin SDN, ata kanë vendosur të përdorin platformat e rrjetit të ofruesve të shërbimit me qëllim sigurimin e të gjitha funksionaliteteve bazë të kontrolluesve të rrjetit SDN, ndryshimeve në bandwidth si dhe integrimin e aplikacioneve të tyre në rrjet.

Teknologjia SDN është një teknologji inovative që pëson ndryshime dhe përmirësime të vazhdueshme. Si e tillë, bizneset e kanë të vështirë të realizojnë kalimin nga rrjeti tradicional në atë SDN. Një pjesë e studiuesve kanë konkluduar që më shumë se 50% e kompanive të rrjetit [53] [54] nuk dëshirojnë të investojnë vetëm në një zgjidhje SDN, por dëshirojnë të implementojnë një arkitekturë hibride e cila të mund të përmbajë të dyja; elementë e rrjetit SDN dhe atij tradicional.

Gjithashtu, intervali kohor, i vlerësuar për kalimin e një biznesi në zgjidhjen SDN është 1-8 vjet [55]. Nga studimi i bërë, sikurse tregohet edhe në grafikun e mëposhtëm, koha e vlerësuar për kalimin plotësisht në zgjidhjen SDN nga një numer i madh i bizneseve (konkretisht 5) është 6-8 vjet.

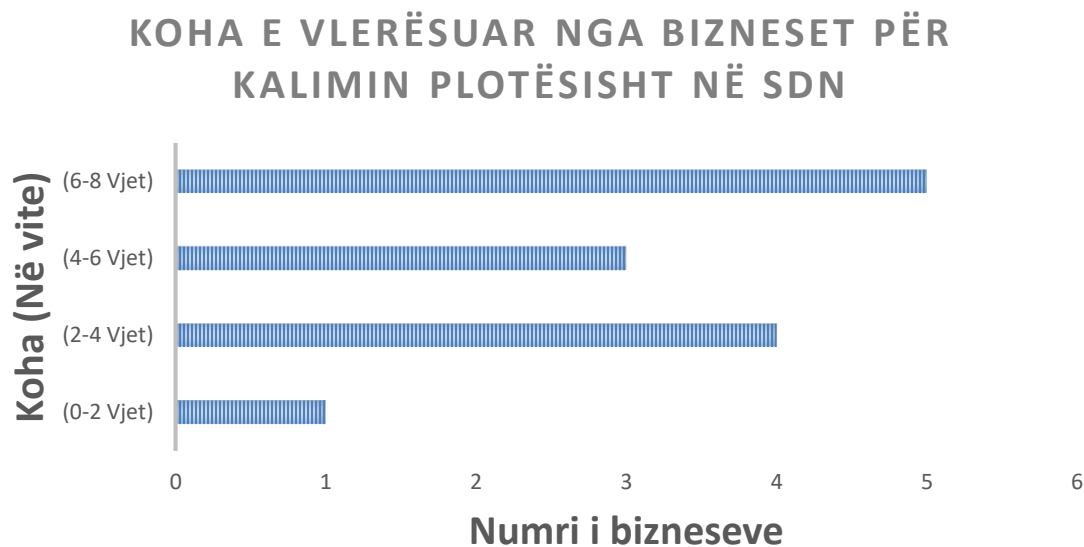


Figura 3.3: Koha që nevojitet për kalimin në zgjidhjen SDN

Bizneset të cilat kanë si synim ofrimin e shërbimeve streaming kudo nëpër botë, pa kufizimë gjeografike dhe tek një numër i madh përdoruesish fundorë, kërkojnë maksimalisht 8 vjet për implementimin e kësaj teknologjije duke synuar përfitime të mëdha ekonomike. Ofrimi i Shërbimit IPTV duke përdorur teknologjinë SDN kërkon domosdoshmërisht kohën e vetë për zhvillimin e plotë të strategjisë udhërfyese, për implementimin e politikave të kontrollit të rrjetit, për zhvillimin e rregullave dhe krijimin e platformave manaxhuese të përfitimit të bandwidth-it në kohë reale si dhe kalimin plotësisht të shërbimeve në aplikacione SDN. Sa më i madh të jetë numri i abonentëve që përdorin shërbimet e rrjetit bazuar në SDN, aq më i madh është përfitimi ekonomik i biznesit.

KAPITULLI 4

Implementimi i teknologjisë SDN në SMC (Smart Media Communication) IPTV ISP

SMC IPTV ISP përbën një qendër të dhënash që ofron shërbim Interneti dhe IPTV që prej vitit 2012. Aktualisht egzistojnë 1000 përdorues aktivë fundorë që marin shërbim IPTV, por kërkesat për shërbimin e IPTV janë gjithnjë e më shumë në rritje. Përdoruesit dëshirojnë që cilësia e marjes së kanaleve IPTV të jetë e lartë, si dhe tarifa mujore për përfitimin e shërbimit të jetë sa më e ulët. Megjithatë pjesa e kontrollit të rrjetit për këtë qendër të dhënash është një detyrë sfiduese. Tashmë teknologjia SDN është kthyer në një zgjidhje optimale dhe e thjeshtë për të përmirësuar efikasitetin e menaxhimit të rrjetit, për të siguruar stabilitet më të lartë si dhe për të reduktuar kohën dhe koston e menaxhimit operacional dhe ndryshimeve në konfigurim.

4.1 Implementimi i arkitekturës SDN në qendrën e të dhënave SMC

Duke marrë parasysh të gjitha avantazhet e teknologjisë SDN, në këtë kapitull është propozuar arkitektura e bazuar në SDN për qendrën e të dhënave që siguron shërbimin IPTV. Ideja është që të ndërtojmë një rrjet real për t'ju siguruar përdoruesve fundorë, shërbimet IPTV, Video CLUB, AUDIO CLUB dhe VoD bazuar në SDN. Gjithashtu, ky rrjet do të ofrojë dhe aplikacionet Cloud si Youtube, Games, Browsers, etj. Për të realizuar këtë, është krijuar një lidhje fizike me fiber midis klientit dhe rrjetit Cloud. Për të mundësuar realizimin me kosto efikente të infrastrukturës virtuale për përdoruesin në cloud,

kemi propozuar një arkitekturë për mjediset Cloud bazuar në SDN dhe që quhen ndryshe SDC (Software Defined Cloud Networking). Ky mjedis është i përbërë nga katër shtresa:

Shtresa e parë është shtresa e përdoruesit. Kjo shtresë vepron në paisjet e përdoruesit si paisje mobile dhe browserat nga stacionet e punës. Kjo shtresë siguron një ndërfaqje midis përdoruesit fundor dhe burimeve në Cloud. Kjo ndërfaqje dërgon kërkesat drejt nyjes së fundit në Cloud prej së cilës do të mund të përfundojnë më mirë detyrat e caktuara sesa nëpërmjet përfundimit të tyre në paisjen e vet.

Shtresa e dytë është shtresa e aplikacionit. Kjo shtresë është shtresa që vendos nëse kërkesat do të mund të ekzekutohen apo jo, si dhe bën skedulimin e tyre.

Shtresa e tretë është ajo e kontrollit, në të cilën është implementuar logjika që kontrollon rrjetin SDC.

Shtresa e poshtme është ajo e *infrastrukturës*, e cila përmban veprimet e manaxhimit që janë aplikuar nga shtresat më lart. Në këtë mënyrë gjenerohen dy pamje:

- a) Plani fizik – i cili përmban të gjitha burimet fizike me anë të së cilave përbëhet qendra e të dhënave
- b) Plani virtual - e cila përmban të gjithë infrastrukturën virtuale të përcaktuar nga përdoruesit.

Në arkitekturën e SMC ISP të paraqitur në Fig 4.1, komponentët e shtresës së infrastrukturës janë [38]:

- a) Plani fizik përmban elementët e mëposhtëm:
 - Një Router Mikrotik RB 1100 AH-i cili kryhen drejtimin e kërkesave të klientëve në internet me anë të protokollit PPOE.

- 1 Switch Cisco Catalyst- i cili përpunon 40 Gbps dhe mundëson një QoS dhe QoS të mirë në shërbimet Multicast
- 1 Server HP DL 360 G5 me dy procesorë Xeon Dual core 2.66 Ghz, 12 Giga RAM, ndërfaqe 2x160 Giga HDD SAS, Ride 1
- Paisja OLT ZTE C300-e cila ofron teknologjinë GPON me fibër optike. Vecoria më e rëndësishme e kësaj paisje është që bën të mundur rritjen e numrit të përdoruesve fundore që janë të lidhur me një fije fibre të vetme nëpërmjet ndarësit pasivë. Në SMC IPTV ISP është bërë e mundur lidhja e 126 përdoruesve fundore nëpërmjet ndërfaqjes 1Gbit/s.
- Një Router klienti ONU ZTE F660-i cili është një Router wireless Gigabit dhe vepron si një Switch GPON i shtresës së tretë.
- Set box MAG 250-kjo paisje është dizenuar për ISP-të, operatorët OTT dhe për CA (Content Aggregators), të cilët sigurojnë shërbimet e bazuara në IPTV dhe VoD. MAG 250 përmban një grup funksionesh që janë shumë të kërkuara nga operatorët si Playback me cilësi të lartë i kanaleve televizive dixhitale si dhe suporton Video Streaming dhe VoD. Stalker Middleware bën të mundur një hedhje të shpejtë dhe eficiente të shërbimeve video me anë të rrjetit IP.
- Për të marrë shërbimet Multicast, janë përdorur tre metoda:
 1. Duke marrë shërbimet Multicast direkt nga një content i caktuar
 2. Duke marrë shërbimet Multicast nga një content i multipleksuar
 3. Duke marrë shërbimet Multicast nga një marrës dixhital RF.

Në arkitekturën e SMC IPTV ISP, kemi ndërtuar një server Ubuntu me marësin dixhital RF e cila kryen përkthimin në IP Multicast duke përdorur të gjitha paketat e nevojshme të instaluar brenda tij

b) Plani virtual – si VMWare, kemi përdorur server VM Vsphere 5.5 i cili siguron infrastrukturën e makinave virtuale që janë ndërtuar brenda saj. Ky server krijon mundësinë që të mbledhësh dhe të manaxhosh burimet e shumë elementëve dhe të manaxhosh në mënyrë efikente infrastrukturën fizike dhe virtuale. Ne mund të manaxhojmë burimet për makinat virtuale, ti provizionojmë ato, të skedulojmë detyra, të mbledhim loget statistikore, të krijojmë template etj. Konkretisht, janë krijuar brenda Server-it katër makina virtuale si më poshtë:

- VM1 është një sistem Fedora në të cilën është instaluar Radius Manager. Funkzioni kryesor i Radius Manager është mundësia e autentikimit, kontrollit të bandwidth, krijimit të sistemit të faturimit për të gjithë përdoruesit PPOE.
- VM2 është një sistem Centos 5.5 në të cilin kemi instaluar serverin Bind DNS
- VM3 është një server Ubuntu 64 Bit i cili realizon de-multipleksimin e IP Multicast
- VM4 është një server Ubuntu 64 Bit në të cilin kemi instaluar Middleware Stalker Portal si dhe disa paketa të nevojshme. Funkcionalitet më të rëndësishme të këtij serveri janë:
 1. Konvertimi i kanaleve Multicast në Unicast të cilat do të përdoren nga Set-Top-Box
 2. Realizimi i të gjitha shërbimeve dhe aplikacioneve në Cloud si Video Club, Audio Club, shërbimet VoD, Youtube, Browsers etj.

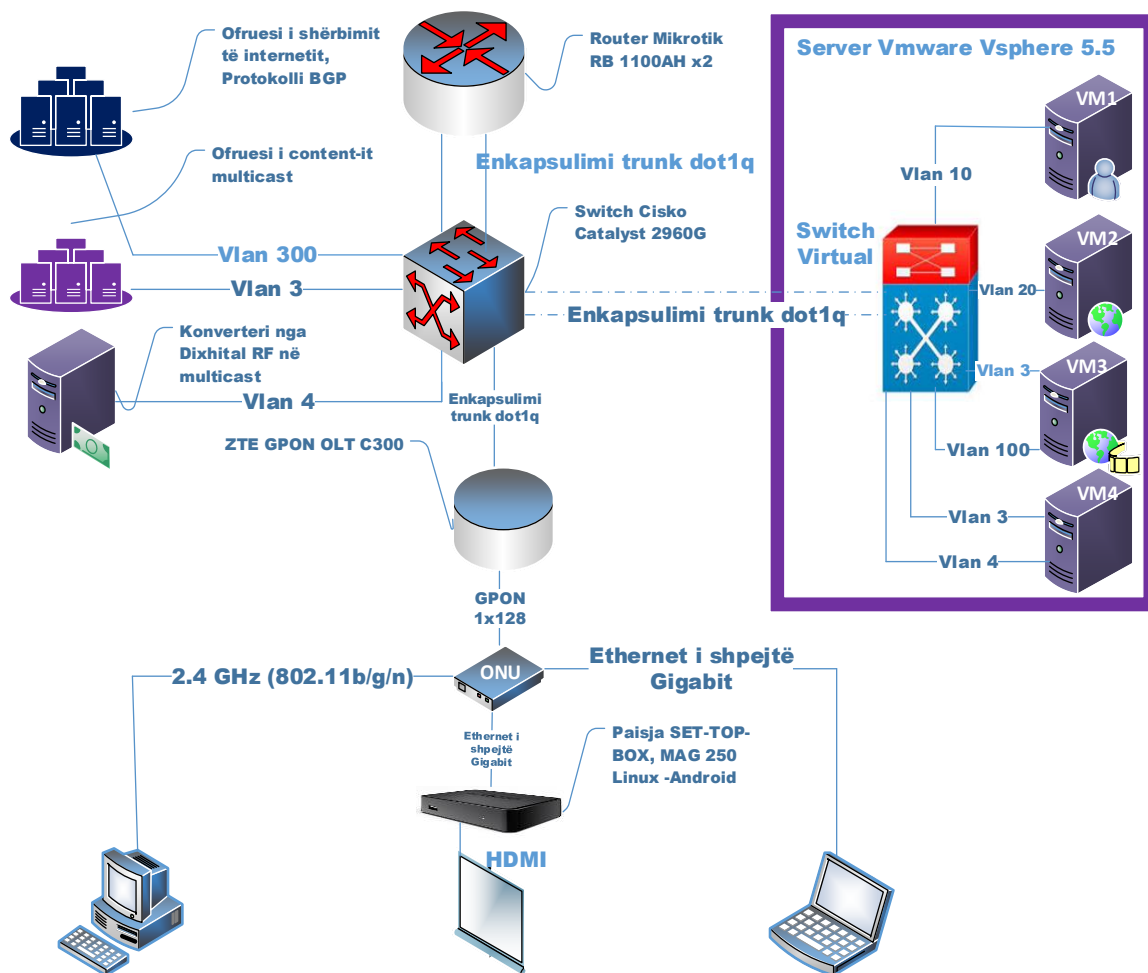


Figura 4.1: Arkitektura e SMC IPTV ISP bazuar në SDN

Arkitektura e shtresëzuar e SMC IPTV ISP është paraqitur në Fig 4.2. Kjo Arkitekturë është reale dhe e ndërtuar mbi veçoritë dhe karakteristikat e teknologjisë SDN.

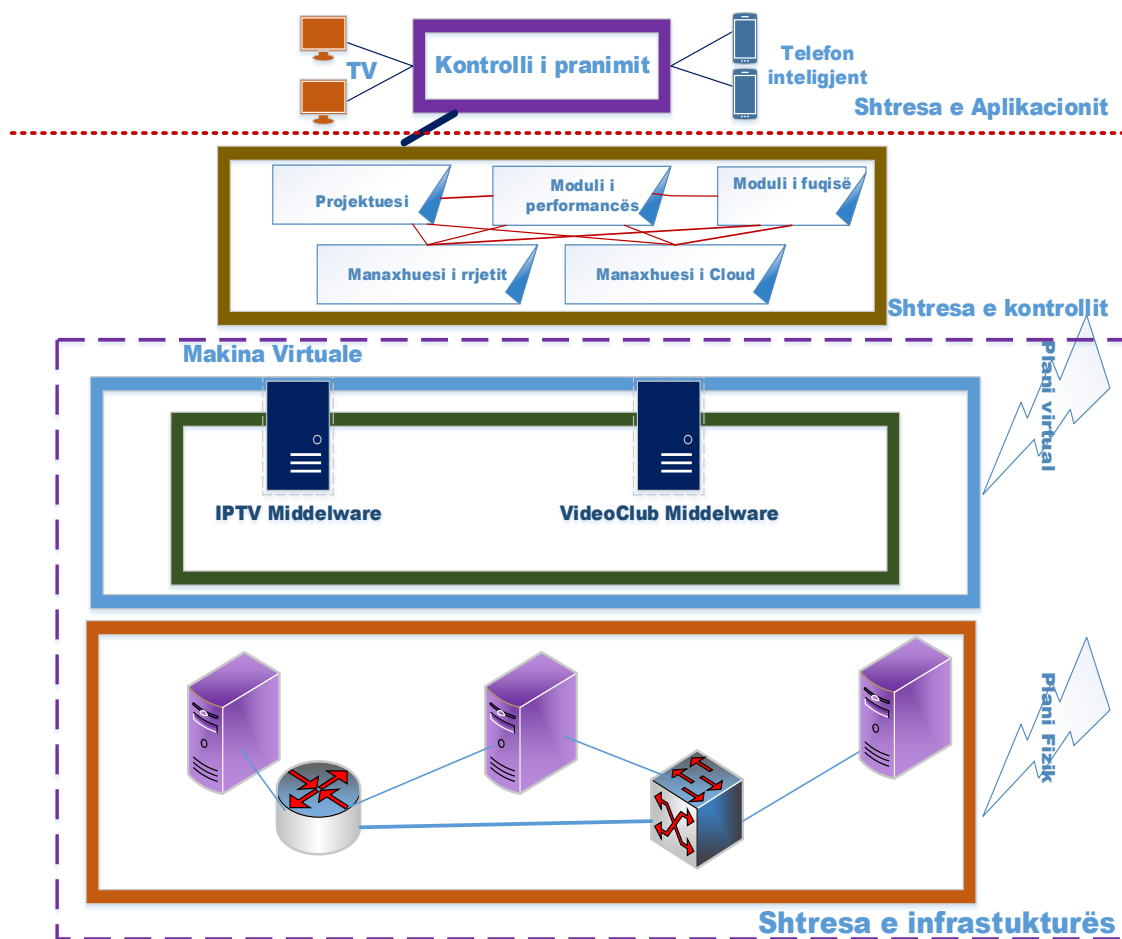


Figura 4.2: Arkitektura e shtresëzuar e SMC IPTV ISP bazuar në SDN

4.1.1 Sfidat e sigurisë së ofrimit të shërbimit IPTV në SMC ISP

Në SMC IPTV ISP sfidat më të rëndësishme që ndeshen për ofrimin e shërbimit të IPTV janë:

1. Mbrojtja e qendrës së të dhënave nga kërcënues që nuk mund të ndalohen nga paisje të tjera të sigurisë
2. Sigurimi i vlefshmërisë së asetëve më të rëndësishme si shërbimet dhe aplikacionet e qendrës së të dhënave
3. Mbrojtja e infrastrukturës së qendrës me të dhëna dhe i lidhjes të shërbimit me përdoruesit fundorë.
4. Sigurimi i dukshmërisë së kërkuar në kufi të qendrës së të dhënave dhe brënda saj.

4.2 Protokollet e aplikacioneve

Protokolli Napster -3- ky protokoll aplikimi është një protokoll kompleks Klient - Server e kontrolluar nga njësia qendrore. Përdoruesit mund të regjistrohen, të logohen dhe të dërgojnë mesazhe regjistrimi që përfshijnë moshën, të ardhurat dhe edukimin. Njësia qendrore e cila është ofruesja e shërbimit, pra Administratori mund të lejojë ose të ndalojë për të bërë browsering /kërkim, upload /download të të dhënave. Procesi i transferimit të fileve është direkt dhe nuk kalon nëpërmjet faqes napster.com [39]

Veprimi logjik i këtij protokoll është:

- Klientët dërgojnë kërkesa ‘kërko’ ose ‘browser’ tek njësia qendrore dhe mund të bëjnë browser edhe file të përdoruesve të tjerë. Përgjigjja për aksesimin e tyre ose jo vjen nga njësia qendrore (Administratori)
- Vetëm file-t e ndarë në mënyrë eksplicite duhet të jenë të ri-kuperueshme.
- Protokolli Napster -3 mbështet të gjitha llojet e file-ve si MP3, Audio, Video etj.

Ky protokoll është shumë i sigurt sepse është shumë e vështirë që përdoruesit fundorë të mashtrorjnë duke dhënë adresa të rema të IP-së, numër porte etj. Administratorët mund të

ushtrajnë shumë kontroll mbi përdouresat dhe rrjetin njëkohësisht. Me anë të përdorimit të këtij protokollit, është e mundur ulja e problemeve me sigurinë sepse ofruesit e shërbimeve dinë cdo gjë që ndodh dhe ofrohet nga rrjeti. Në rrjetat egzistuese të ofirmit të shërbimeve video streaming mund të ketë raste të shfaqjes së sulmuesve të shpejtë apo të content-it të gabuar, por këto situata janë shumë të gjurmueshme nga protokollit Napster -3. Kjo përbën një nga veçoritë më të mira të këtij protokollit, e cila ka si prioritet mbrojtjen e të dhënave në rrjet.

Protokollit SOAP (Simple Object protocol) [40] jep mundësinë për të ndërtuar softwarë të ndërveprueshëm dhe lejon të tjerët që të marrin përfitimet nga ky software nëpërmjet rrjetit. Ai përcakton rregullat për dërgimin dhe marrjen e RPC (Remote Procedure Calls) si psh përcakton strukturën e kërkesës dhe të përgjigjes. Në këtë mënyrë, SOAP nuk është i lidhur me ndonjë sistem operimi të caktuar apo gjuhë programimi. Cdo njeri mund të formulojë dhe të analizojë një mesazh SOAP në gjuhën e zgjedhur prej tij.

Protokollit NGNIX- ky protokoll vepron si një protokoll i kundërt proxy [41], i cili kryen balancimin e trafikut HTTP/HTTPS si dhe mund të realizojë balancimin e trafikut TCP pa marrë parasysh protokollin. Duke ju referuar arkitekturës së shtresëzuar të IPTV SMC ISP bazuar në SDN (Fig 4.2), ky protokoll është konfiguruar në makinën virtuale VM4. Në file e konfigurimit të paraqitur në Fig 4.3, janë konfiguruar dy servera virtual ku serveri i parë virtual dëgjon në portën 80 dhe serveri i dytë virtual dëgjon në portën 8888. Kur një kërkesë vjen nga një klient, NGNIX së pari teston fushën 'Host' në kokën e kërkesës për të përcaktuar se cilit server do ti drejtojë kërkesën.

```

server {
    listen 0.0.0.0:80;
    location / {
        proxy_set_header Host 10.50.50.50:80;
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
        proxy_pass http://10.50.50.50:88/;
    }

    location ~* \.(htm|html|jpeg|jpg|gif|png|css|js|xml)$ {
        root /var/www;
        index index.htm index.html
        expires 30d;
    }

    location ~* \.(ts|mpg|mpeg|avi|mkv|mp4)$ {
        send_timeout 6h;
        root /var/www/;
    }
}

server {
    listen 0.0.0.0:8888;
    location / {
        # auth_basic "Restricted";
        # auth_basic_user_file /var/www/passw/.htpasswd;
        proxy_set_header Host 10.50.50.50:8888;
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
        proxy_pass http://10.50.50.50:9999/;
    }
}

```

Figura 4.3: File i konfigurimit të protokollit NGINX në makinën virtuale VM4

Nëse vlera nuk përputhet me emrin e ndonjërit prej server-ave ose kërkesa nuk përmban këtë fushë në kokën e saj, atëherë NGINX do të drejtojë kërkesën tek serveri i paracaktuar

për këtë portë. Sipas file të konfigurimit, NGNIX pranon kërkesat në dy porta për cdo server:

- a) Serveri i parë: porta 80 dhe 88
- b) Serveri i dytë: porta 8888 dhe 9999

Me anë të përdorimit të protokollit NGNIX, realizohet nga aplikacionet e serverave ri-përdorimi i burimeve sipas dëshirës së klientit në kohë reale.

4.3 Përfitimet themelore që sjell aplikimi i teknologjisë SDN në SMC

IPTV ISP

Nëpërmjet përdorimit të teknologjisë SDN për ofrimin e shërbimit të IPTV në SMC IPTV ISP, janë arritur këto përfitime:

- ✓ Përmirësimin i efikasitetit të menaxhimit të rrjetit – sepse me anë të SDN nuk kërkohet upgrade i vazhdueshëm i rrjetit.
- ✓ Integrimi i LAN-eve me politika të ndryshme dhe me kosto instalimi të reduktuar
- ✓ Sigurimi i stabilitetit të rrjetit
- ✓ Reduktimi i kohës dhe koston për menaxhimin operacional dhe modifikimet në konfigurim
- ✓ Reduktim në tërësi të koston së instalimit në rrjet.

KAPITULLI 5

Përmirësimi i arkitekturës së IPTV Media Streaming Server bazuar në teknologjinë SDN

Në rrejetin egzistues SMC IPTV ISP i cili bazohet në teknologjinë SDN për ofrimin e shërbimit të përmirësuar IPTV, u konstatuan veshtrësi në konfigurimin, kontrollin dhe manaxhimin e kanaleve TV. Gjithashtu një nga sfidat më të mëdha të ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në SDN është provizionimi i shërbimit bazuar në QoE. Ajo cfarë kërkohet vazhdimisht nga përdoruesit fundorë është përfitimi i shërbimeve Audio dhe Video në kohë reale me cilësi të lartë, kosto të ulët, bandwidth të ulët dhe siguri të lartë. Ofruesit i këtyre shërbimeve janë të interesuar që të risin QoE në kohe reale për këto shërbime fundore duke bërë të mundur njëkohësisht edhe rritjen e përfitimeve të tyre. Nëpërmjet përmirësimeve të vazhdueshme të kontrollerit SDN, tashmë është bërë e mundur thjeshtësimi i kontrollit, konfigurimit dhe manaxhimit të kanalve me anë të ndërfaqjeve manaxhuese Web. Shumë kontrollera SDN të virtualizuar mund të bashkëveprojnë me njëra tjetrën për të rritur shkallëzimin e zgjidhjes manaxhuese nëpërmjet domaine-ve të shumtë kudo nëpër botë. Duke bërë këtë, është realizuar marja e video content-it nga mijëra përdorues fundore në mënyrë të vazhdueshme dhe me QoE të lartë. Arkitektura e media streaming server bazuar në SDN që do të prezantohet në këtë kapitull, konsiston në manaxhimin e QoE mundësuar nga kontrolleri OpenFlow SDN për të plotësuar kërkesat e performancës së shërbimit multimedial IPTV. Me anë të sistemeve të balancimit të ngarkesës, kjo qasje fleksibel ofron mundësi të larta për rritjen e sigurisë së shërbimit IPTV dhe përmirësimin e QoE me burime optimale. Kontrolleri SDN, me funksionalitet thelbësore që ka ofron mundësi për të

zgjidhur një nga madhësitë më kritike të QoE për shërbimin IPTV, si ulja e kohës së ndryshimit të kanaleve (Fast Zapping time) në < 0.1 sekonda. Me anë të virtualizimit të funksioneve të rrjetit (NFV), është arritur rritja e sigurisë së burimeve streaming, të ndërveprimit dhe të nivelit të sigurisë, të cilat përbëjnë kërkesat thelbësore nga rrjetat IPTV të manaxhuar me anë të SDN. Kohë më parë nuk ka qënë e mundur transmetimi i kanaleve HD ose HD të plotë për shkak të bandwidth-it të lartë që kërkohej. Tashmë, duke përdorur lehtësisht teknikat e transkodimit, duke mbajtur të njëjtën QoS, marja e shërbimeve video streaming arrihet me bandwidth 2-3 here më të ulët. Kjo arkitekturë e përmirësuar e server-it media streaming IPTV, e bazuar në SDN ndryshe nga të gjitha arkitekturat e tjera, siguron mundësinë e shkëmbimit të kanaleve nëpërmjet ofruesve të ndryshëm të shërbimit IPTV kudo nëpër botë. Ky funksionalitet i rri sjell shumë përfitime si rritjen e numrit të kanaleve të mara nga përdoruesit fundorë me kosto të ulët, zvogëlim të kohës së humbjes të kanaleve deri në < 0.1 sekonda si dhe përmirësim të shërbimeve streaming.

5.1 Topologjia virtuale e rrjetit IPTV bazuar në SDN.

Tashmë ofruesat e shërbimit IPTV (IPTV ISP) ofrojnë kanale TV virtuale duke përdorur teknologjinë SDN dhe duke ndërtuar protokolle të rreja për aplikacionet multimediale si ajo e aplikacionit të shërbimit IPTV. Në këtë mënyrë, ata përmirësojnë performancën dhe QoE e përdoruesve fundore.

Figura 5.1 paraqet topologjinë virtuale të rrjetit IPTV që bazohet në SDN. Gjithashtu, brënda kësaj topologjie janë shtuar subjektet e QoE me qëllim sigurimin e përmirësuar të shërbimit IPTV. Kontrolli dhe manaxhimi i shërbimit multimedial janë kryer nëpërmjet një SLA (Service Level Agreement) të mirë përcaktuar ose nëpërmjet një orientimi inovativ që bazohet në ELA (Experience Level Agreement) [42]. Shërbimi i IPTV ofrohet nga dy servera multimediale të hostuar në vende gjeografike të ndryshme. (TV1.IPTV.Net dhe TV2.IPTV.Net).

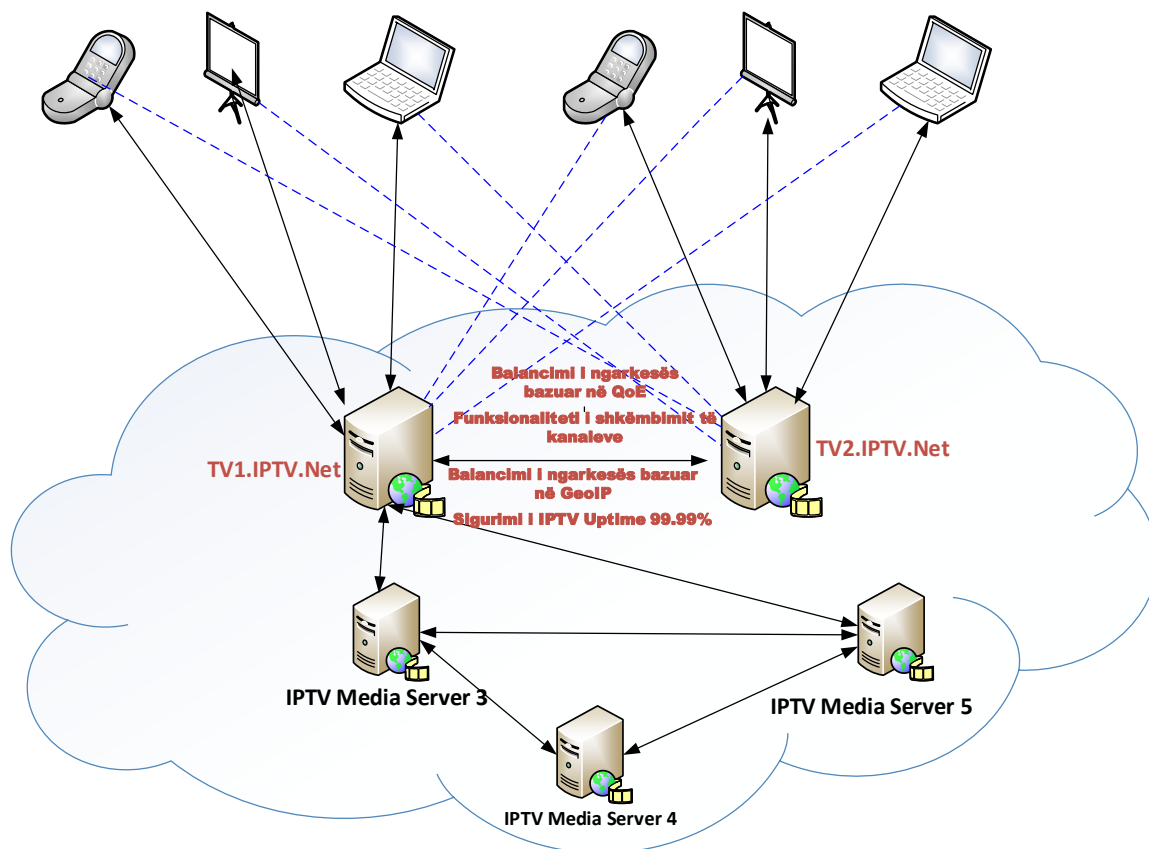


Figura 5.1: Toplogjia virtuale e rrjetit IPTV bazuar në SDN

Këto dy servera Media Streaming të IPTV ndërveprojnë me njëri-tjetrin dhe veprojnë si të jenë një server i vetëm duke bërë të mundur lidhjen e përdoruesve fundorë në sajë të rregullave të para-caktuar. Gjithashtu këta Media streaming server realizojnë me efikasitet të lartë balancim të ngarkesës bazuar në koordinatat e GeoIP, si dhe balancim të ngarkesës bazuar në modulën QoE. Psh, përdoruesi fundor i shërbimit IPTV lidhet me një server

burim media streaming të paracaktuar nga ofruesi i shërbimit IPTV. Ky server burim mer kërkesa nga përdoruesit fundorë të IPTV e cila përmban një adresë IP. Kjo IP rruhet në Server-in Web të Nginx. Nëpërmjet databazës GeoIP, bëhet e mundur përkthimi i kësaj adrese IP në koordinata gjeografike të caktuara. Pasi mer këto rezultate, serveri burim i media streaming analizon distancën e përdoruesit fundor nga server-t e tjerë streaming në rrjet. Pas këtij hapi, ai vendos definitivisht që të lidhë përdoruesin fundorë me serverin më të afërt dhe normalisht me distancë të shkurtër midis tyre duke siguruar përfitimin e shërbimit IPTV me performancë dhe QoE të lartë.

Gjithashtu këto dy servera shërbejnë edhe si servera backup të njëra-tjetrës duke bërë të mundur rritjen e sigurisë.

Nëpërmjet kësaj topologjie virtuale bazuar në SDN për ofrimin e shërbimit të përmirësuar të IPTV, është arritur:

- ✓ Përfitimi i shërbimit IPTV nga përdoruesit fundorë me performancë dhe QoE të përmirësuar
- ✓ Reduktim i vonesave të sinjalit për shkak të lokalizimit të trafikut dhe sinkronizimit të mirë
- ✓ Kohë transmetimi të ulët, Jitter të ulët, Throughput të lartë, vonesa transmetimi të ulta, efekte të reduktuara të dyndjeve etj.

Për më tepër, këto servera mund të veprojnë edhe si klientë të serverave të tjerë IPTV (Server Media IPTV 3, Server Media IPTV 4, Server Media IPTV 5) duke kryer shkëmbimin e kanaleve TV midis ofruesve të shërbimit IPTV. Ky funksionalitet i rri ofron përfitime të mëdha si; marja e kanaleve me kosto të ulët duke rritur edhe numrin e kanaleve në të njëjtën kohë, sigurimi i dy ose më shumë burime IPTV për cdo kanal duke rritur në këtë mënyrë uptime për cdo burim kanalesh në 99.99%.

5.2 Arkitektura e server-it Media Streaming IPTV bazuar në teknologjinë SDN dhe QoE.

Në figurën 5.2 prezantohet arkitektura e server-it Media Streaming bazuar në SDN dhe QoE, e cila mer në konsideratë avantazhet e softwarizimit duke përdorur principet e teknologjisë SDN dhe NFV. Kjo arkitekturë është e fokusuar më tepër në funksionalitetin e manaxhimit të QoE që ofrohet nga kontrolleri OpenFlow SDN për të përmbushur kërkesat thelbësore të performancës.

Në këtë qasje, kontrolleri OpenFlow është përdorur për të alokuar rruge dhe për të siguruar lidhje dinamike duke vepruar si një mundësues i virtualizimit të rrjetit.

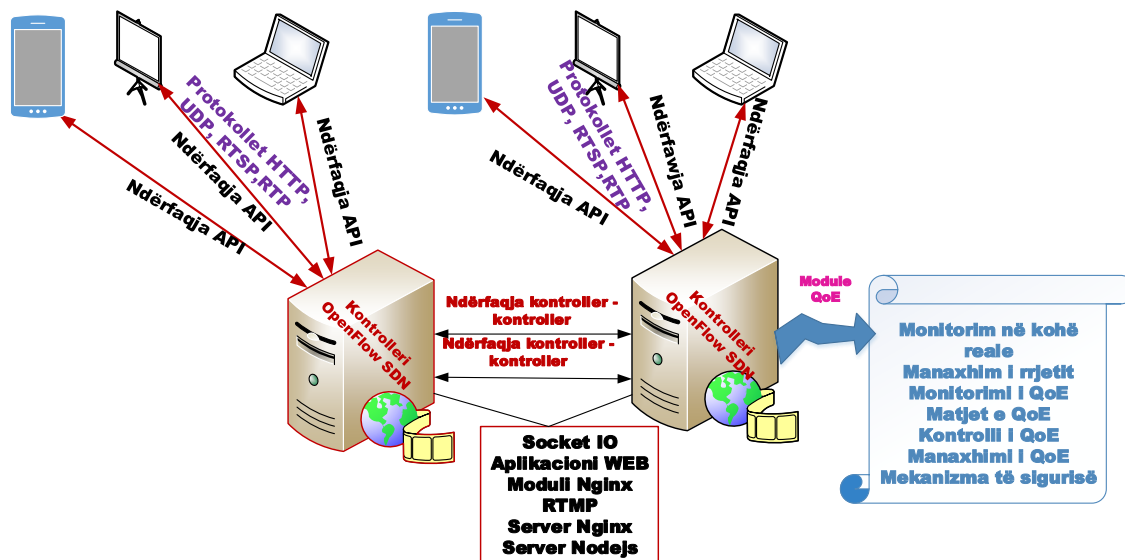


Figura 5.2: Arkitektura e Server-it Media streaming IPTV bazuar në SDN dhe QoE

Ky server konsiston në 5 blloqe të rëndësishme të cilat duhet të përmbushin kërkesat e mëposhtme:

- Të mbajë formate Audio dhe Video të shumtë

- Të lejojë mijëra përdorues që të bëjnë streaming paralel
- Të përshtati mijëra kërkesa të shikuesve
- Të jetë fleksibël, i përshtatshëm dhe i shkallëzueshëm
- Të lejojë përdoruesit që të ruajnë video
- Të konvertojë video në alternativat e rezolucionit të lartë dhe të ulët
- Të përcaktojë një listë të stream-ve aktive në kohë reale
- Të gjurmojë paisjen, rezolucionin dhe cilësinë e lidhjes.
- Të realizojë monitorimin në kohë realë dhe manaxhimin e rrjetit
- Të sigurojë monitorimin, kontrollin dhe manaxhimin e QoE të shërbimit të IPTV sipas perceptimit të përdoruesit fundor.
- Të kontrolloë detajet e aksesimit të përdoruesit para se ti mundësojë streaming
- Të sigurojë vlefshmërinë e portës për stream-in ardhës.

Për të plotësuar këto kërkesa, ky server duhet të jetë në gjendje që të pranojë komunikime nga përdoruesit fundorë si dhe të komunikojë me aplikacionit Web. Kjo arihet me anë të përdorimit të librarive dhe aplikacioneve që mbështesin integrimin e këtyre komponenteve. Kryesisht server-at media streaming operojnë në mjedise Linux që sigurojnë një ndërfaqe grafike përdoruesi (MNG GUI) për përdoruesat që në mënyrë manuale të lidhin streame me sistemin. Ato ofrojnë IP Video/Audio streaming duke përdorur protokollet streaming si dhe platformë të server-it streaming me latentë të ulët.

5.2.1 Socket IO

Socket IO është një library socket për Web-browser e cila suporton aplikacioniet në kohë reale. Libraria është zhvilluar në JavaScript dhe lejon komunikimet në kohë reale në të gjitha llojet e browsera-ve dhe paisjeve të lëvizshme (mobile).

5.2.2 Nyja .JS

Nyja .js është një platformë në Javascript-in e Chrome dhe është një model I/O jo bllokuese që mundëson marjen e aplikacioneve në kohë reale dhe të të dhënave intensive nëpër paisje të ndryshme. Nëpërmjet kësaj nyje, është bërë e mundur parandalimi i ‘deadlocking’ duke lejuar konkurrencën dhe përpunimin me shumë ndërprerje. Gjithashtu, në ndryshim nga ‘Apache’ dhe ‘Nginx’, ajo mund të përdoret edhe në rolin e një server aplikacioni të vetëm i cili ju shërben browsera-ve HTML të ndryshëm content-et përkatëse.

5.2.3 Aplikacionet Web

Të gjithë përdoruesit kanë nevojë të provojnë update live të videos në përshtatshmëri me llojin e stream-it që është bërë broadcast. Në këtë mënyrë, është plotësuar një nga funksionalitet bazë të përcaktuar më lart (paragrafi 5.2) që me anë të përdorimit të teknologjive të duhura, të lejohet komunikimi midis server streaming dhe aplikacionit Web. Nëpërmjet aplikacionit Web, përdoruesat e shërbimit IPTV janë në gjendje të shikojnë një stream ndërkohë që po e ri-marin nga paisjet mobile, TV apo PC duke përdorur Media Player. Aplikacioni web do të jetë në gjendje të shfaqë kërkesat ‘live’ për streaming ndërmjet shumë paisjeve. Ai lejon shpërndarjen e llojeve të ndryshme të formateve Media si WebM, MP4, OGG dhe Flach.

5.2.4 Server Nginx

Nginx është një server Web i ngjashëm me Apache i cili lejon sistemin dhe administratorët e Web-it të ndërtojnë faqe Web. Në arkitekturën e server media streaming IPTV, është përdorur Nginx sepse ai është në gjendje të shkallëzohet lehtë në hardware minimal dhe të shfrytëzojë burime me peshë të lehtë. Ky server është përgjegjës për sigurimin e contenteve statikë me efikasitet burimesh të lartë dhe nën ngarkesë. Gjithashtu ai kalon shumë shpejt kërkesat dinamike drejt softwareve të tjerë. Një nga veçoritë më të rëndësishme të këtij serveri, është realizimi i balancimit të ngarkesës përmes rasteve të shumta të aplikimit.

5.2.5 Moduli Nginx RTMP

Moduli Nginx RTMP është një plugin i integruar në makinën Nginx. Ky Modul mundëson ‘live’ streaming me anë të protokollit RTMP (Real Time Messaging Protocol) në formate Adobe Flash, i cili është një nga formatet mbizotërues të përfitimin të shërbimeve multimediale. Ky modul realizon live streaming si dhe shpërndarjen e VoD. Ajo garanton përfitimin e shërbimeve streaming si IPTV, VoD, VoIP, Video konferencë, video telefoni etj në cilësi të lartë, ndryshe nga formatet e burimeve të tjera të hapura që nuk janë në gjendje ta realizojnë atë.

Ky modul Nginx RTMP varet nga struktura që është në gjendje për të kapur video sipas kërkesës ose live streame dhe ti kalojë këto streame në server. Këto streame të kapura nga cdo pasije apo formati input, duhet të kalohen në serverin Nginx. Për këtë detyrë, është shumë e rëndësishme që të zgjedhë enkoderin FFMPEG [43]. Ky enkoder vepron si një aplikacion, që me fleksibilitetin për të zgjedhur se si stream-et mbahen, lidh stream-et ardhëse me serverin streaming. Enkoderi FFMPEG është një zgjidhje e fuqishme që lejon përdoruesit të regjistrojnë, të konvertojnë dhe të bëjnë streaming audio dhe video. Ajo siguron funksionalitetet e enkodimit, dekodimit dhe transkodimit për formatet video /audio të vjetra dhe të rreja. Ky enkoder është i përbërë nga librari të tëra që përfshijnë dekodera dhe enkodera për kodekset audio dhe video, kapjen e paisjes hyrëse, filtrat e mediave, shkallëzim të imazhit dhe riprodhim të audios. Ajo është në gjendje të rregullojë faktoret si përmasat e streaming, bitratet, manaxhimin e latentit dhe maksimumin e shpejtësisë të transferimit. Nga realizimi i këtyre funksioneve, sigurohet fleksibiliteti dhe performance e kërkuar për përfitimin e shërbimeve streaming me bandwidth të ulët. Nga analiza e shërbimeve streaming, është vënë re që moduli Nginx RTMP dhe FFMPEG plotësojnë kërkesat funksionale. Të dyja bashkë sigurojnë kontroll të plotë mbi procesin streaming. Tashmë edhe aplikacionet e lëvizshme (mobile) mund të dërgojnë live streame drejt FFMPEG, i cili kap këto streame ardhëse dhe i kalon ato drejt modulit Nginx RTMP.

Gjithashtu, përdoruesat fundorë kanë nevojë të shikojnë video të përditësuara në kohë reale ndërkohë që janë duke shikuar një stream tjetër. Streaming përfshin transferimin e content-it video dhe audio në rrjet me anë të përdorimit të protokolleve streaming. Si rjedhojë, kjo e dhënë e kapur në formatin video ose audio duhet të enkodohet në formatin e dëshiruar si H265/H264, H263 dhe MP4 për video dhe AAC, FLAC apo MP3 për audio.

5.2.6 Protokollat streaming

Në fillimet e përdorimit të shërbimit video streaming ishin përdorur protokollat jo të hapura për të bërë streaming të dhënave Audio dhe Video, si MMS (Microsoft Media Server) [44] dhe rrjetat PNM/PNA (Real Player's Progressive Networks) [45]. Këto protokolle jo të hapura janë zëvendësuar tashmë nga standarta protokolle të hapura si RTP (Real Time Protocol) [46] si dhe RTSP (Real Time Streaming Protocol) [47]. RTP është një protokoll transporti në kohë reale fundor që transferon të dhënave audio dhe video në rrjetat që ofrojnë shërbimet multicast ose unicast. Ai operon në krye të IP dhe UDP. RTSP është një protokoll rrjeti në nivel aplikacioni për të menaxhuar sesionet mediale fundorë, dhe lejon një shikues që të kontrollojë marjen e streaming nga serveri i medias si të luaj, të ndalojë dhe të kryej kalim të shpejtë gjatë playback. Problemi kryesor i përdorimit të RTP është se formati i saj i ngarkesës nuk është agnostik i kodekëve. Kjo do të thotë që një kodek i rri nuk mund të suportohet nga RTP, aq më pak një format i rri ngarkese. [48]. Në këtë mënyrë, router-at firewall dhe NAT do të bllokohen përfitimin e videos bazuar në UDP. Duke u nisur nga këto probleme, shumica e shërbimeve streaming OTT kanë përdorur teknologjinë streaming bazuar në HTTP si 'Download progresiv të Streaming' dhe ABR.

Në 'Download progresiv të Streaming', një video përftohet më tepër nga një server web i rregullt HTTP sesa nga një server streaming. Ky mekanizëm është i thjeshtë për tu implementuar dhe me kosto efektive sepse nuk nevojitet ndonjë server media streaming. Kur vjen një kërkesë për video, server Web HTTP e shtyn content-in video aq shpejt sa është e mundur. 'Playback' mund të fillojë direkt pasi contenti është shkarkuar dhe

transmetimi i shpejtë (duke lënë mënjanë kokën) është i mundur vetëm për këtë content të shkarkuar. Por në këtë mënyrë egziston një shqetësim për sigurinë e content-it sepse paisja (Player) e ruan content-in video në aparatin e shikuesit dhe mundësia për ta kopjuar është shumë e madhe. Për të parandaluar këtë, vjen në ndihmë DRM (Digital Rights Management), e cila mund të përdoret për të mbrojtur content-in video dhe audio [49]. Për më tepër, shkarkimi progresiv nuk bazohet në rregullimin e cilësisë; nuk ka rëndësi se cfarë shpejtësie shkarkimi dhe paisje nga përdoruesit është përdorur, paisja (Player) shkarkon filet e videove me të njëjtën cilësi. Mekanizmi i përfitimit të content-it përdor protokollet RTMP (Real Time Messaging Protocol) [50] dhe RTSP [47] për streaming të të dhënave Audio dhe Video midis serverave Flash dhe Flash Player. Media server gjigande si Flash Media [51] dhe Wouza [52] realizojnë streaming të copëzave video në seri dhe Flash player konsumon content-in në mënyrë të vazhdueshme pa ndonjë ruajtje lokale. Një server streaming që përdor RTMP përmban shumë bitrate për një content video dhe lejon paisjen (player) që të ndryshojë automatikisht bitrate duke përdorur playback të bazuar në kushtet e rrjetit. Megjithatë, streaming i bazuar në RTMP/RTSP kërkon një media server të bazuar në Flash të veçantë dhe kostoja e liçensimit të tij është e shtrenjtë.

5.3 Arkitektura dhe funksionalitetet thelbësore të kontrollërit

OpenFlow SDN bazuar në QoE

Komunikimi midis përdoruesit fundorë dhe kontrollërit OpenFlow SDN realizohet nëpërmjet një aplikacioni të programueshëm si ndërfaqja API. Kjo ndërfaqe është përdorur për streaming e të dhënave audio dhe video në rrjet, duke përdorur protokollet e nevojshëm. Në arkitekturën e serverit media streaming të shërbimit IPTV bazuar në SDN, kontrollëri OpenFlow SDN mundëson marrjen e shërbimeve multimediale me QoE të optimizuar. Në arkitekturë e dhënë në Figurën 5.2, egzistojnë dy kontrollëra OpenFlow SDN sepse një kontrollëri i vetëm nuk përmbush të gjitha funksionalitetet e duhura për ofrimin e shërbimeve streaming kur rrjeti është i madh. Në të gjithë botën, përfitimi i streaming audio dhe video në kohë reale me anë të internetit është rritur ndjeshëm. Në këtë mënyrë nevojitet që të rritet edhe numri i kontrolluesve OpenFlow SDN të vendosur në rrjet. Komunikimi midis tyre realizohet me anë të ndërfaqjes kontrollëri – kontrollëri, e cila i lejon kontrollërat të ndajnë informacionin e kërkuar për të menaxhuar në bashkëpunim të gjithë rrjetin. Kontrollëri SDN luan një rol kyç në përfshirjen e mekanizmave për përmirësimin e QoE të shërbimeve të ndryshme multimediale si IPTV, VoD, VoIP, Video Conferenca dhe Video Telefoni. Ashtu sikurse paraqitet edhe në figurën 5.3, menaxhimi dhe kontrolli i QoE të shërbimeve streaming në domene të ndryshme të rrjet-it do të bëhet nëpërmjet SLA ose QoE ELA. Moduli i monitorimit dhe menaxhimit të QoE kryhen vlerësimin QoE dhe matjet për trafikun multimedial. Ato kërkojnë informacione rreth topologjisë së

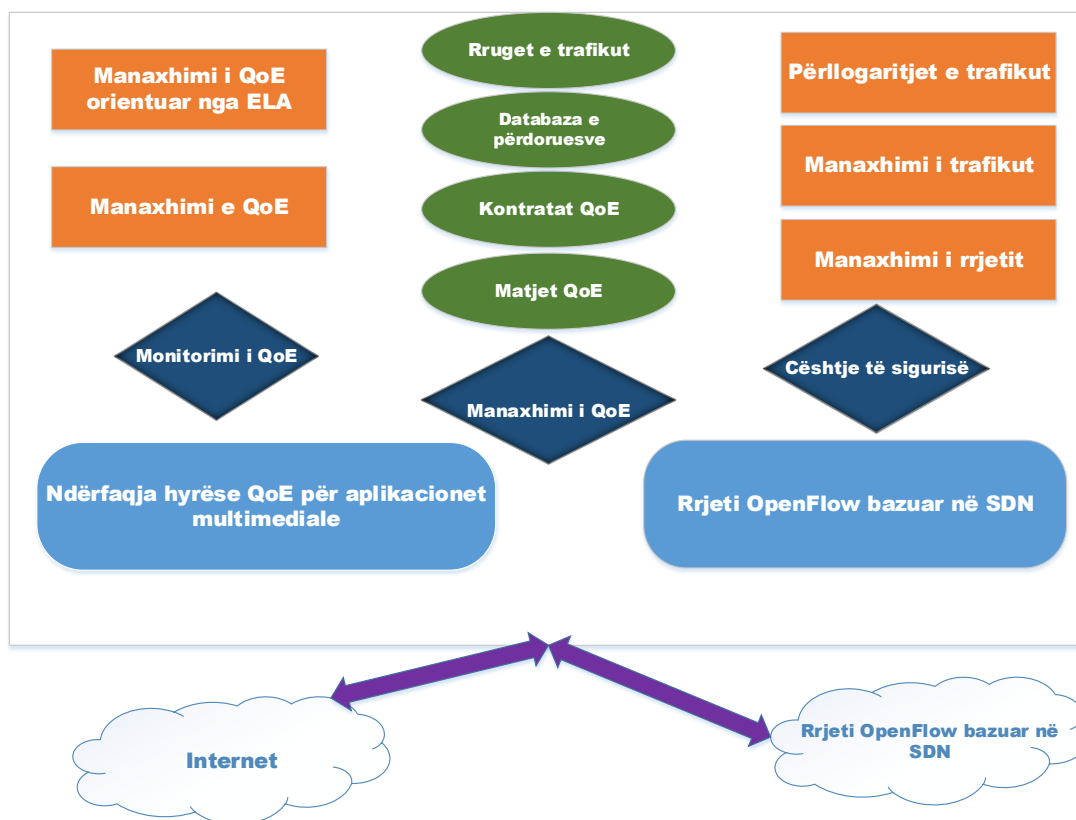


Figura 5.3: Arkitektura e Kontrollerit OpenFlow SDN bazuar në QoE

rrjetit dhe implementojnë politikat e rrjetit bazuar në QoE si; parashikimi i trafikut, kontrollin e pranimit, balancimin e ngarkesës dhe parashikimin e densitetit të përdoruesit. Funkcionalitetet e rreja që janë shtuar tek kontrolleri OpenFlow SDN janë:

- ❖ Ofrimi i streameve pa limit duke lejuar përduesit e pa limituar që nëpërmjet autentikimit të përftojnë shërbimet streaming të aplikimit.
- ❖ Mbështetje të të gjitha platformave video si ‘live streaming’, VoD, Radio, ‘Live tramer’ dhe ‘Twitch’.
- ❖ Kryerja e balancimit të ngarkesës në rrjet (bazaur në ngarkesën e server-it, në GeoIP dhe ISP).
- ❖ Ndërtimi i lidhjes ‘Anti-Drop’ në dështimet e stream-it.

- ❖ Ofrimi i sistemeve të thjeshtë dhe të fuqishëm të transkodimit.
- ❖ Mbështetje të të gjitha protokolleve streaming (HTTP, RTMP, RTSP, RTP, UDP, MMS).
- ❖ Ofron mundësi për rritje të sigurisë dhe mbështet metodat si dërguesi 'Fingerprint'.
- ❖ Ofron limitime të lidhjes konkurente, ISP.
- ❖ Ofron mundësi për të krijuar kanale personale live duke kombinuar video të shumta.
- ❖ Realizon një zvogëlim të madh të kohës së ndryshimit të kanalve deri në < 0.1 sekonda.
- ❖ Shfaq statistika, loge të lidhjeve dhe shpejtësi të fuqishme tek klienti fundor.
- ❖ Mbështet pajisjet MAG, Stalker Portal, plugin Enigma2, Android dhe iOS të ndryshme.

KAPITULLI 6

Rast Studimi: Kuantifikimi i uljes së kostos (CapEx/OpEx) të ofrimit të shërbimit IPTV duke përdorur zgjidhjen SDN

Para pak vitesh transmetimet televizive ishin ekskluzivitet i vetëm i Operatoreve Televiziv dhe i Kabllorëve. Përdoruesit fundorë nuk kishin asnjë mënyrë tjetër për të marrë kanalet televiziv. Me rritjen e cilësisë së shërbimit të internetit, zgjerimit të bandwidth-it nga ana e përdoruesve fundorë, ofruesit e ndryshëm të internetit (ISP) filluan të testonin dhe implementonin mundësinë e ofrimit të shërbimit IPTV, e cila u vlerësua si një arritje e

madhe për përfitimin e shërbimeve streaming si ajo e kanaleve televizive me anë të rrjetit IP. Gjithashtu ISP filluan të avanconin akoma më shumë duke ofruar shërbimit IPTV si një paketë inteligjente duke integruar edhe shërbime të tjera si VoD dhe VoIP. Një rol të rëndësishëm për përhapjen masive të këtyre shërbimeve streaming kishte edhe krijimi i platformave strategjike të Marketingut, të cilat zhvilluan planin e shërbimeve ‘të gjitha në një’. Ky plan përkthehej në një përfitim të madh ekonomik nga ana e ISP të cilët ju ofronin shërbimit IPTV vetëm përdoruesve fundorë që mernin edhe shërbimin e Internetit po nga e njëjta ISP.

Në të vërtetë, kjo mënyrë e ofrimit të shërbimit të IPTV shoqërohet nga shumë disavantazhe:

- Ofrimi i shërbimit të IPTV, Internetit, VoD dhe VoIP nga e njëjta ISP shkakton një monopolizim të shërbimit, e cila nuk i jep mundësi përdoruesit fundorë të zgjedh në mënyre individuale një ofrues për shërbimit e IPTV duke u bazuar në kërkesat e veta që ka për këtë shërbim; si kërkesat për një cilësi më të mirë të shërbimit (QoE dhe QoS të lartë), për përfitimin e këtij shërbimi me kosto sa më të ulët dhe me performancë të lartë.
- Gjithashtu ofrimi i shërbimit të IPTV nga ISP-të është e kufizuar gjeografikisht, që do të thotë, ISP-të e ndryshme nuk e ofrojnë këtë shërbim jashtë spektrit të tyre të mbulimit
- Monopolizimi i ofrimit të shërbimit -Vetëm ISP-të e caktuar mund të ofronin shërbimin e IPTV dhe nuk i jepej mundësia një individi të caktuar për ofrimin e saj.

Duke u bazuar në këto probleme thelbësore, programues dhe inovatorë të ndryshëm të arkitekturave të rrjetit avancuan edhe më shumë drejt përmirësimit të marjes së këtij shërbimi duke përdorur zgjidhjen e rrjetit SDN.

6.1 Shërbimi IPTV dhe SDN

Nëpërmjet teknologjisë SDN, ofrimi i shërbimit të IPTV drejt mijëra përdoruesve fundorë në të njëjtën kohë realizohet në shkallë globale, në mënyrë të pakushtëzuar, me kosto të ulët dhe QoE të lartë. Teknologjia SDN premtion përmirësime të vazhdueshme të shërbimit dhe reduktim të koston së ofrimit të këtij shërbimi.

Nëpërmjet kontrolluesit SDN të qëndërzuar është bërë e mundur shkëmbimi i kanaleve (Channel Exchange) midis shumë ofruesve SDN kudo nëpër botë duke sjellë përfitime të mëdha nga ana e përdoruesve fundorë si; rritja e numrit të kanaleve televizive, ulja e koston së shërbimit si dhe rritja e cilësisë dhe performancës së shërbimit. Funkcionaliteti bazë i kontrolluesit SDN është lejimi i cdo ofruesve SDN që të blejnë contenti-in në mënyrë të thjeshtësuar, si dhe të lejojë zhvillimin e aplikacionve fundorë SDN që lidhen tek klienti në Android, iOS etj.

Tashmë, me risitë e vazhdueshme që sjell teknologjia SDN, janë prodhuar shumë marësa dhe TV me sisteme Android. Në këtë mënyrë është bërë e mundur marja e shërbimit IPTV duke eliminuar nevojën për pajisjen e informacionit STBox tek përdoruesit fundore. Për rjedhojë është ulur ndjeshëm edhe kostoja CapEx e ofrimin të shërbimit të IPTV (Një paisje STBox kushtonte mesatarisht 70 Euro).

Ofruesit SDN kanë siguruar numrin më të madh të përdoruesve fundorë që përfitojnë shërbimin IPTV, krahasuar me Ofruesat e shërbimit të internetit (ISP), ndërkohë tek ISP problematikat e sipër përmendura janë dominante dhe përbejnë disavantazhe të mëdha në ofrimin e këtij shërbimi. Gjithashtu, me rritjen e numrin të përdoruesve fundorë që e përfitojnë shërbimin e IPTV nga rrjeta gjigante aktuale SDN si Netflix, Hulu, Youtube dhe Amazon Prime, ISP-të konstatuan një rritje të kërkesave për bandwidth nga klientët e tyre. Në këtë mënyre, nga ISP kërkohet në të njëjtën kohë më shumë bandwidth, e cila konvertohet në kosto shtesë për ISP. Për të mënjanuar rritjen e koston së ofrimit të shërbimit të IPTV nga ana e ISP (duke rritur domosdoshmërisht bandwidth-in), vetë ISP po ju ofron

pa pagese ofruesva SDN të shërbimeve video streaming ‘Server Hosting’, ‘Server Cache Hosting’ si dhe hapësira të tjera në rrjetin e tyre me qëllim optimizimin e bandwidth-it në rrjet (po në të njëjtën mënyrë si Youtube Cache). Nga ana tjetër, për ofruesat SDN të shërbimit IPTV kjo situatë sjell ulje të kostos së ofrimit të shërbimit dhe rritje të cilësë së shërbimit IPTV sepse tashmë ofruesat SDN nuk paguajnë për ‘Server Hosting’ (reduktim të kostos CapEx). Rrjedhimisht përfitimi i shërbimit IPTV realizohet me kosto (CapEx /OpEx) të ulët, performancë të larte duke përbushur me sukses objektivat themelore të teknologjisë SDN.

6.2 Analiza Teknologjike-Ekonomike nëpërmjet Modelimit të Kostos për shërbimet video streaming të bazuara në zgjidhjen SDN

Analiza Teknologjike-Ekonomike është përdorur për të vlerësuar fizibilitetin e një zgjidhje teknike duke shfrytëzuar metodat e investimit, parashikimit dhe dizenjimit të rrjetit. Ajo mund të fokusohet tek modelimi i kostos duke përfshirë edhe rezultate financiare. Modeli i zhvilluar është përdorur për të analizuar impaktin e parametrave të sistemit në fizibilitetin e zgjidhjes SDN të aplikuar në sistem [56]. Në [57]. Ne kemi përdorur një qasje teknologjike ekonomike për të identifikuar alternativat e biznesit dhe mundësitë e ofruesve të shërbimit IPTV bazuar në teknologjinë SDN. Modelimi teknologjik-ekonomik është përdorur shpesh gjithashtu edhe nga Autoritetet Regullatorë Kombëtarë për vlerësimin e kostove ose opsioneve të politikave në tregjet e rregulluara [58].

Qëllimi i këtij kapitulli është kuantifikimi i ndryshimeve të kosteve CapEx dhe OpEx bazuar në principet dhe aplikimin e zgjidhjes SDN për ofrimin e shërbimit IPTV, si një mundësi e artë dhe strategjike për uljen e kostos së ofrimit të shërbimeve nga ofruesit SDN. Ky tip modelimi është përdorur gjerësisht për të përcaktuar kursimet e mundshme të kostos. Për shembull, në [59] modelimi i kosto është përdorur për të analizuar kursimet në CapEx që mund të arrihen duke marrë në konsideratë avantazhet e rrjetit SDN për kontrollin e

paketave dhe qarqeve të rrjetit nga një pikë e vetme e favorshme. Në [60], janë përcaktuar formulat dhe madhësitë që përdoren për modelimin e kostos për Cloud Computing. Në [61], modeli i kostos është përdorur për të vlerësuar koston CapEx në rrjetat optike me shume shtresa. Në shumicën e rasteve, kostoja e një paisje është përdorur për të vlerësuar koston CapEx, ndërkohë që koston OpEx janë neglizhuar ose është rënë dakord që kjo kosto të llogaritet si një proporcion i vogël në koston CapEx.

Megjithatë, egzistojne probleme në lidhje me përcaktimin e saktë të kostove CapEx dhe OpEx. Një model kostoje duhet të ketë paraprakisht një klasifikim të detajuar se çfare kosto janë konsideruar si CapEx dhe OpEx, si dhe të ketë një shpjegim për mënyrën e kuantifikimit të secilës prej tyre.

Kostoja OpEx janë shumë rrallë të llogaritura sepse kjo kosto nuk përbën një proporcion të lartë të koston totale të bizneseve. Megjithatë, do të realizohet një llogarritje e koston OpEx, e ndarë, e cila nuk do të modelohet si një përqindje e koston CapEx, por do të regjistohet si një kosto relative e proceseve operacionale që kërkohen për ofrimin e shërbimit IPTV tek përdoruesit fundorë me anë të rrjetit SDN.

Modelimi i kostos është përdorur për të kuantifikuar ndryshimet në koston CapEx dhe OpEx që rezultojnë nga kontrolli i qëndërzuar dhe paradigmeve operacionale të zhvillimit dhe operimit nëpër software manaxhuese të rrjetave virtuale ‘brenda’ (in-house). Zhvillimet ‘brenda’ (in-house) kanë propabilitet të lartë në rritjen e risqeve të korrupsionit të shërbimit. Një prej mënyrave të mundshme për të zbutur këto risqe, është trajnimi dhe kombinimi i stafit zhvillues me atë operacionale në një grup DevOps me aftësi të larta.

DevOps konsiston në një grup praktikash për zhvillimin e produkteve softwarike dhe shërbimeve bazuar në lidhje të ngushta midis departamentit të zhvillimit (e cila shkruan dhe teston kode) dhe Operacionale (e cila operon në infrastrukturën virtuale, kontrollon funksionet e rrjetit dhe aplikimet përkatëse). Praktikën e DevOps fokusohen në automatizimin, parashikimin dhe përsëritshmërinë e veprimeve operacionale, në mënyrë të

ngjashme si integrimi i kulturave të ndryshme midis anëtarëve të grupeve të ndryshme të punës.

Në mënyrë të ngjashme si në [62]-[64], në këtë kapitull modelimi i kostos do të realizohet bazuar në impaktin e teknologjise SDN. Gjithashtu, kostoja e migrimit (psh, duke operuar dy rrjeta paralele në një kohë të caktuar) dhe kostot që lidhen me ndryshime në kulturën organizative (psh, kostoja e trajnimit të grupeve DevOps) nuk janë të përfshira në modelin e kostos.

6.3 Modeli i kostos

Për të përcaktuar koston e ofrimit të shërbimit IPTV nga një rrjet softwarike, inteligjent bazuar në SDN, janë përdorur kostot CapEx dhe OpEx.

Kostoja CapEx kontribon për infrastrukturën fikse të rrjetit dhe është zhvlerësuar me kalimin e kohës.

Kostoja OpEx nuk kontribon në infrastrukturën e rrjetit; ajo përfaqëson koston Operacionale të mbajtjes së kompanisë dhe përfshin operacionet teknike, komerciale dhe administrative.

Sikurse është vlerësuar edhe më parë, kategorizimi i kostove CapEx dhe OpEx është bazuar në studimin e përshkruar në [65], e cila është përdorur më parë për një analizë sasiore të kostos totale të një ofruesi rrjeti të transportit në Gjermani. Respektivisht, janë llogaritur ekuacioni 1 dhe 2 për kostot përkatëse.

Për ofrimin e shërbimit të IPTV me anë të zgjidhjes SDN, kostoja CapEx përfshin koston e blerjes dhe instalimit të switcheve dhe kontrollereve SDN për të realizuar transportin e shërbimit, koston e Content-it (e cila është dinamike) si dhe kostoja për klient që i shtohet rrjetit të ISP.

6.3.1 Llogaritja e kostos CapEx

Realisht kostoja CapEx është reduktuar në skenaret që përdorin zgjidhjen SDN për ofrimin e shërbimeve video streaming sepse plani i kontrollit është ngritur në nivel më të lartë, nga Routeri në një kontrollues SDN të qëndërzuar, i cili bazohet në virtualizimin dhe softwarizimin e rrjetit. Me anë të përdorimit të teknologjisë SDN, ofruesit e shërbimeve SDN mund të parandalojnë monopolizimin dhe ‘kyçjen’ e shërbimeve nga ISP-të e ndryshme duke zhvilluar Switche rrjeti të programueshëm softwarike.

$$\text{CapEx} = \sum \left(N_p \times \frac{\text{kostoja}}{1 \text{ Paisje}} + N_{KSDN} \times \frac{\text{kostoja}}{1 \text{ Kontrollues SDN}} + \right. \\ \left. \text{Kostoja e zhvillimit të softwareve} + \text{Kostoja e instalimit herën e parë} \right)$$

Ekuacioni 1: Modeli i kostos CapEx bazuar në zgjidhjen SDN

Ku:

N_p është numri i paisjeve në rrjet si Servera, Switch dhe Router. Të gjithë këto elementë përfaqësojnë *Komponentet e rrjetit*.

N_{KSDN} është numri i kontrolluesve SDN në rrjet, të cilat përfaqësojnë *Komponentet SDN* Kostoja e zhvillimit të softwareve dhe Kostoja e instalimit herën e parë, përfaqësojnë *Koston e Instalimit*.

Kostoja CapEx është llogaritur duke u bazuar në faturën e burimeve dhe llojet e kosteve të bazuara në Ekuacioni 1.

Në rastin e rrjetave të bazuara në zgjidhjen SDN për ofrimin e shërbimit IPTV janë shtuar edhe kosto të tjera brenda kostos CapEx për Kontrolluesin SDN, si kostoja për zhvillimin e software-it të planit të kontrollit si dhe kostoja e Aplikacioneve SDN që veprojnë në

shtresen e sipërme të Kontrolluesve SDN. Tek kostoja e komponentëve të rrjetit SDN, kostoja e Kontrolluesve SDN dhe kostoja e instalimit është bazuar në çmimim më të mirë për Kontrollues SDN. Ne do të supozojmë që me SDN, plani i kontrollit është ndërtuar në software dhe mund të zëvendësohet me softwarë të optimizuara. Ne do ta modelojmë këtë duke hequr koston e licencës VPN nga fatura e materialve dhe do të shtojmë koston për një grup zhvilluesash. Gjithashtu, në një rrjet SDN, sistemet operative mund të thjeshtohen sepse ato kërkojnë më pak update dhe modifikime. Në këtë mënyrë kostoja e sistemit Operativ është reduktuar me 25%.

6.3.2 Llogaritja e kostos OpEx

Llogaritja e kostos OpEx ndahet në katër kategori: kostoja e vazhdueshme e infrastrukturës, kostoja e mirëmbajtjes dhe riparimit, kostoja e provisionimit të shërbimit si dhe kostoja e manaxhimit të shërbimit.

Kostoja e vazhdueshme e infrastrukturës – kjo kosto është llogaritur duke përfshirë që nga hapësira e dyshemesë dhe konsumimi i energjisë së paisjeve të vendosura në rrjet. Kostoja e fuqisë, kostoja e fuqisë së backup-it dhe ajo ftohëse janë të llogaritura në një kosto të vetme. Fuqia për paisje është bazuar në fuqinë që kërkohet nga shasia e router-it, nga kartat e linjës dhe nga procesorët e switch-ve apo të router-ave.

Në rastin e rrjetit SDN, kostoja e vazhdueshme e infrastrukturës është shumë e ulët sepse konsumohet shumë pak energji nga plani i kontrollit në switch-et e rrjetit. Kontrolluesit SDN konsumojnë me pak energji si rezultat i qëndrimit të planit të kontrollit. Konsumimi i fuqisë nga plani i kontrollit është vlerësuar si 11 % e konsumimit të plotë të fuqisë [66]. Kostoja e hapësirës së dyshemesë është rritur pak për shkak të Kontrolluesve SDN.

Kostoja e mirëmbajtjes dhe riparimit – kjo kosto përfshin koston e masave parandaluese të problemeve në rrjet, si monitorimi, mbajtja e rrjetit kundrejt dështimeve të mundshme

si dhe riparimi i tyre. Kujdesi ndaj rrjetit është një proces që kryhet nga qendra e operacioneve të rrjetit (NOC) e cila është aktive 24/7.

Në rastin e rrjetave SDN, ky proces është konsideruar mjaft i thjeshtë për shkak të qëndrimit të komponentëve softwarike dhe atyre të shpërndarë. Edhe pse mirëmbajtja në rrjetat SDN është i nivelit të lartë, përsëri mundësitë e dështimeve në rrjet nuk mund ti shmangim. Dështimet në rrjet janë ndarë në dy kategori: dështime softwarike dhe dështime hardwarike. Në rastin e dështimeve hardwarike, paisjet e dëmtuara mund të zëvendësohen me të reja. Në rastin e dështimeve softwarike, janë gjetur zgjidhje që bazohen në update softwarike, patch ose reboot përkatëse. Kostoja e riparimit dhe i mirëmbajtjes janë më të ulta në rastin kur përdoren rrjetat SDN sepse sistemi është i bashkuar dhe i qëndrues. Manaxhimi i software-ve është i lehtë sepse numri i versioneve softwarike që operojnë është reduktuar në një version të vetëm softwarik. Po në të njëjtën mënyrë realizohet manaxhimi i sigurisë dhe manaxhimi i stokut.

Provisionimi i shërbimit - fillon me kërkesën për shërbim nga një përdorues potencial dhe përfshin procesin hyrës që nga futja e porosisë (Order) nga administrata dhe deri në kryerjen e testeve, provizionimit të shërbimit, lëvizjes ose ndryshimit të shërbimit si dhe ndërprerje të shërbimit.

Manaxhimi i shërbimit - është i lidhur me procesin e mbajtjes së shërbimeve aktive, të të bërit aktiv të shërbimeve të reja kur ato sapo janë vendosur. Ajo përfshin konfigurimin e shërbimeve të reja dhe ri-konfigurim të atyre egzistuese.

Në rastin e rrjetave SDN, kostoja e provizionimit të shërbimit dhe e manaxhimit të shërbimit janë shumë të ulta sepse vetë zgjidhja SDN mundëson konfigurimin automatik të rrjetit. Shërbimi është paraprakisht i përcaktuar si një konfigurim i një linje transporti midis dy pozicioneve. Manaxhimi i shërbimit përfshin konfigurimin e lidhjeve dhe dokumentimin e tyre. Ky proces në rrjetat SDN është shumë i lehtë sepse është mundësuar nga një konfigurim automatik i nivelit të lartë.

Ekuacioni 2 paraqet vlerësimin e kostos OpEx në të cilën:

N_{rp} paraqet numrin e paisjve

S_r paraqet sipërfaqen e Rakut

$$\begin{aligned} \text{OpEx} = & \sum \left(N_{rp} \times S_r \times \frac{\text{Qiraja vjetore}}{m^2} + N_{rp} \times \frac{\text{Konsumimi vjetor}}{1 \text{ Paisje (kW)}} \times \frac{\text{Kostoja}_{kW}}{\text{vjetore}} + \right. \\ & N_{turneve} \times \frac{\text{Numri i } \frac{\text{orëve}}{\text{për}} \text{turn}}{\text{në vit}} \times \frac{\text{pagesa}}{1 \text{ orë}} + \\ & \text{Numri i dështimeve hardwarike} \times \left[D_D (\text{Km}) \times \frac{\text{Kostoja}}{\text{Km}} + K_{APD} \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} + \right. \\ & \left. K_{ZD} \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} + \text{kostoja e zëvendësimit të hardware} \right] + \\ & \text{Numri i dështimeve Softwarike} \times \left[K_{ZDS} (\text{Në Orë}) \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} \right] + \\ & \text{Numri i lidhjeve vjetore të konfiguruar} \times \left[K_{KL} (\text{Në Orë}) \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} + \right. \\ & \left. K_{DL} (\text{Në Orë}) \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} \right] + \text{Numri i lidhjeve vjetore të ri -} \\ & \left. \text{konfiguruar} \times \left[K_{KL} (\text{Në Orë}) \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} + K_{DL} (\text{Në Orë}) \times \frac{\text{Pagesa}}{1 \text{ orë}} \right] \right) \end{aligned}$$

Ekuacioni 2: Modeli i kostos OpEx bazuar në zgjidhjen SDN

D_D paraqet distancën e dështimit

K_{APD} paraqet kohën e arritjes në vendin e dështimit

K_{ZD} paraqet kohën që nevojitet për zgjidhjen e dështimit

K_{ZDS} paraqet kohën që nevojitet për zgjidhjen e dështimit softwarik

K_{KL} paraqet kohën e konfigurimit të lidhjes

K_{DL} paraqet kohën e dokumentimit të lidhjes

6.3.3 Analizat e kostos të rrjetit, dy madhësi të rreja

Aspektet ekonomike dhe operacionale të rrjetave të çojnë domosdoshmerisht drejt ndryshimeve thelbësore arkitekturore të rrjetit. Në kohët e sotme, rrjetet momentale të programueshme ilustrojnë dukshëm aspektet ekonomike të teknologjive të rrjetit.

SDN si teknologji rrjeti ka tërhequr vëmendjen jo vetëm nga ana akademike dhe atyre të kërkuesve shkencor, por edhe nga industria sepse me anë të veçorive të rrjetit mundëson uljen e kostos së rrjetit dhe rritjen e përfitimeve të ofrueseve të shërbimeve (si Video Streaming, IPTV, VoD etj). Për të analizuar koston e rrjetit, do të prezantohen dy madhësi [72]:

- a) Kostoja e shkallëzueshmërisë të njësisë së shërbimit - vlerëson koston e performancës të një njësije shërbimi brenda një rrjeti teknologjik që mer kërkesa të vazhdueshme nga përdoruesit fundorë për përfitimit e shërbimit. Kjo kosto do të llogaritet edhe në rastet kur kemi ngarkesë të lartë kërkesash në rrjet.
- b) Kostoja e përfitimit të një shërbimi - e cila vlerëson në mënyrë ekonomike koston e prezantimit të një shërbimit të rri brenda një teknologji rrjeti të caktuar.

Kostoja CapEx dhe OpEx do të përdoren për të përcaktuar koston e njësisë për një shërbim me parametra QoS në një rrjet. Ne do të marim në konsideratë si parametër QoS vetëm Bandwidth-in për kërkesat e shërbimit.

6.3.3.1 Kostoja e shkallëzueshmërisë të njësisë së shërbimit

‘Shkallëzueshmëria’ është një atribut shumë i kërkuar nga sisteme të ndryshme dhe një pikë shumë dimensionale. Nocioni bazë për shkallëzueshmërinë është intuitive, dhe sjell në këtë mënyrë koncepte të ndryshme nga cdo njeri për përcaktimin e saj. Disa i referohen shkallëzueshmërisë si optimizim të fuqisë së procesorit të CPU-së, ndërkohë të tjerë e përcaktojnë si një masë të paralelizmit të aplikacioneve përmes makinave të ndryshme.

Konkretisht, edhe pse nuk ka asnjë përcaktim të saktë për shkallëzueshmërinë, ajo është përcaktuar si një cilësi pozitive e dëshiruar për një sistem, algoritëm apo rrjet të caktuar.

Shkallëzueshmëri nuk do të thote vetëm mundësi për të operuar, por të operosh me efikasitet dhe me nivelin e cilësisë së shërbimit të kërkuar brënda shkallës së konfigurimeve të dhëna. Në koston e sigurimit të shërbimit (ndërkohë që do të ruhet edhe cilësia e shërbimit QoS gjatë cdo kërkesë për shërbim) do të merret në konsideratë edhe vlerësimi i shkallëzueshmërisë së sistemit. Në këtë kontekst, ne kemi përcaktuar madhësinë ‘Kostoja e shkallëzueshmërisë të njësisë së shërbimit’. Kjo madhësi do të përfshijë ngarkesën e rrjetit dhe shpenzime të ndryshme që do kryhen për rruajtjen e QoS së shërbimit në të njëjtën nivel për cdo kërkesë ndaj shërbimit që vjen në rrjet. Në rrjeta të shkallëzuara mirë, kjo kosto është e ulët sepse këto rrjeta kanë kapacitet për të mbajtur ngarkesë të lartë të kërkesave për shërbim në rrjet.

6.3.3.2 Kostoja e përfitimit të një shërbimi

Ne do të përcaktojmë koston e një kërkesë për një shërbim nga një shtresë shërbimi si funksion i koston CapEx, koston OpEx dhe ngarkesës (Workload) gjatë një periudhe kohe të përcaktuar. Ne do të referohemi si Workload të gjitha kërkesave për shërbim që vijnë nga përdoruesit fundorë përmes shtresave të shërbimit, dhe që janë të suksesshme në rrjet.

Një framework i përgjithshëm i koston për një shërbim me një parametër QoS (psh. Bandwidth) nga një shtresë shërbimi është paraqitur në ekuacionin 3 të mëposhtëm. Ky ekuacion tregon se kostoja e njësisë së shërbimit për një kërkesë që vjen nga një shtresë e caktuar shërbimi është raporti i koston TCO (OpEx + CapEx) me ngarkesën (Workload) për një periudhë të dhënë, ku bW , $|bW_j|$, C , O paraqesin llojin e shërbimit nga shtresa j (psh. Bandwidth), vlera numerike e shtresës së shërbimit bW_j , kostoja e njësisë së shërbimit bW_j , CapEx dhe OpEx në një periudhë kohe të caktuar (psh, vit ose muaj). W_j dhe W_{δ_j} paraqesin ngarkesën (Workload) dhe mundësitë e shtimit të Workload bW_j , ndërsa W_{δ} ,

$\sum_{j=1} (W_{\delta_j})$, $C \delta$, $O \delta$ paraqesin kostot shtesë CapEx dhe OpEx, si dhe Workload-in që shtohet gjatë një upgrade apo ndryshimi në rrjet (e paraqitur si δ).

$$C_{bwj} = f(C, O, W) = \begin{cases} \frac{C+O}{\sum_{j=1} W_j |bW_j|} \cdot |bW_j| & \text{para } \delta \\ \frac{C+C\delta+O+O\delta}{\sum_{j=1} (W_j + W_{\delta_j})} \cdot |bW_j| & \text{pas } \delta \end{cases}$$

Ekuacioni 3: Llogaritja e kostos së shërbimit për një kërkesë të caktuar

Rrjeti SDN i programueshëm operon me ndërfaqje të programueshme dhe të standartizuara të cilat automatizojnë shume operacione në rrjet, si konfigurimi i shumë paisjeve heterogjone, manaxhimi i rrjedhjes (flow) të të dhënave për shfrytëzimin sa më eficient të burimeve në rrjet. Gjithashtu minimizohet edhe ndërhyrja njerëzore në rrjet duke sjelle respektivisht uljen e kostos OpEx dhe kohën e kërkuar për prezantimin e një shërbimi të rri. Operatorët e rrjetit vendosin për t’ju prezantuar përdoruesve një shërbimit të rri me qëllim shtimin e mundësive të rreja për të rritur të ardhurat e tyre. Përpara se një shërbim i rri të bëhet plotësisht operacional, duhet të realizohen hapat e nevojshme si: Implementimi i shërbimit/dizenjimi i shërbimit (I), Testimi i shërbimit (T) dhe Rregullimi i shërbimit (T).

Implementimi i shërbimit përfshin specifikat e konfigurimeve dhe planifikimeve të cdo njësisje rrjeti dhe Site. Ky planifikim përfshin detaje të dizenjimit të elementëve të rrjetit dhe Site-ve duke përfshirë përshtatjen me një portë të caktuar, emërimin e ndërfaqjeve, emërimin e Hostit, adresimi IP, Adresimi i VLAN-eve dhe shumë detaje të tjera. Në rastin e rrjetave SDN, këto veprime minimizohen duke reduktuar numrin e punonjësve dhe kohën e kërkuar për prezantimin e këtij shërbimi të rri.

Testimi i shërbimit ka për qëllim dedektimin e problemeve të konfigurimit të rrjetit, të cilat mund të sjellin ulje të përfitimeve. Në rrjetat SDN të programueshme, testimi i cdo elementi të rrjetit është e programueshme dhe automatike duke sjellë në këtë mënyrë uljen

e numrit të presonelit shtesë të kërkuar për këtë detyrë, si dhe kohën e realizimit të kësaj detyre.

Rregullimi i shërbimit përfshin ndërhyrjet e fundit në rrjet për të zgjidhur problemet e dedektuara nga faza e testimit të shërbimit si dhe maksimizim të cilësisë së shërbimit (me synim rritjen e përfitimeve që do të mund të sjellë ky shërbim i rri). Në këtë kontekst, do të përshkruajmë madhësinë e cila quhet ‘Kostoja e përfitimit të një shërbimi’.

Kjo madhësi vlerëson ekonomikisht koston e prezantimit të një shërbimi të rri në një teknologji rrjeti. Konkretisht kjo kosto e përfitimit të një shërbimi të rri është kostoja totale e cdo hapi të përshkruar më sipër ku kostoja e cdo hapi është funksion i numrit të punonjësve (e), pagesa në ore e punonjësit (p) dhe koha (t) që harxhon cdo punonjës për secilën hap.

Në këtë mënyrë, madhësia e koston së përfitimit të një shërbimi në rrjet llogarritet sipas ekuacionit 4 të mëposhtëm :

$$C_s = f(e, p, t) = C^I + C^T + C^E$$

Ekuacioni 4: Kostoja e përfitimit të një shërbimit të rri në rrjet

Ku C^I, C^T, C^E janë kostot respektive të cdo faze për prezantimin e shërbimit të rri.

6.4 Kuantifikimi i koston të ofrimit të shërbimit IPTV nga rrjetat

tradicionale

Deri para pak vitesh, ofrimi i shërbimit të IPTV jepej vetem nga ofruesit e shërbimit të internetit, ISP të cilat e ofronin këtë shërbimit në mënyrë të kufizuar dhe të monopolizuar së bashku me shërbimet e tjera streaming si VoD dhe VoIP. Skema e koston së ofrimit të shërbimit për cdo përdorues fundor sipas rrjetit të tyre hardware është

Tabela 6.1. Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit për cdo përdorues sipas rrjetit tradicional

Llojet e Kostos	Elementët e rrjetit	Kostoja
Kostoja e Rjetit	Severi IPTV 1 Gb Upload /për 500 Klientë	2000 Euro/ 4 Euro për cdo përdorues fundorë
	STBox Mag 250	75 Euro (gjatë instalimit të parë)
	Kostoja për klient që i shtohet rrjetit të ISP	2 Euro /në muaj (Porte DSLAM, Switch etj)
Kostoja e Contentit	Psh, si burim Contenti është marë Digitalb	5 Euro /muaj për cdo përdorues fundor

‘*Kosto-Server*’ (content-it) dhe ‘*Kosto-Rjet*’. Për të kuantifikuar koston e ofrimit të shërbimit të IPTV për cdo përdorues sipas rrjetit tradicional, kemi përdorur si ISP qendrën e të dhenave IPTV SMC ISP, e cila aktualisht ofron shërbimin e IPTV drejt 1000 përdoruesve aktivë fundorë. Në tabelën 6.1 është paraqitur llogaritja e kostos e ndarë në dy pjesë: Kostoja e rrjetit dhe Kostoja e blerjes së Content-it (E cila është dinamike).

Duke u bazuar tek ekuacioni i llogaritjeve të kostos CapEx (Ekuacioni 1, paragrafi 6.3.2) dhe në të dhënat reale të nxjera nga ofruesi SMC IPTV ISP në tabelën 6.1, kostoja mujore CapEx e ofrimit të shërbimit IPTV për cdo përdorues fundorë (PF) është:

$CapEx_{Mujore} /_{1 Përdorues Fundorë} = 11 \text{ Euro (+Kostoja e Paisjes STBox gjatë instalimit për herë të parë, 75 Euro)}$

Në Koston e sigurimit të shërbimit IPTV do të meren në konsideratë edhe vlerësimi i shkallëzueshmërisë së sistemit, si dhe kostoja e përfitimit të një shërbimi të rri.

Kostoja e shkallëzueshmërisë së njësisë së shërbimit - Sikurse e kemi përmendur edhe më sipër tek ek (3), kostoja e shkallëzueshmërisë së sistemit do të përfshijë ngarkesën e rrjetit dhe shpenzime të ndryshme që do kryhen për rruajtjen e QoS së shërbimit në të njëjtën nivel për cdo kërkesë ndaj shërbimit që vjen në rrjet. Në rastin e rrjetit tradicional që përdoret për ofrimin e shërbimit IPTV, kjo kosto e shkallëzueshmërisë do të quhet C_{sc} (Kostoja e shkallëzueshmërisë). Në rastin konkret të klientëve të abonuar që ka ofruesi SMC IPTC ISP, vlerat relative të kësaj kosto llogariten në dy situata:

- a) për klientët që përvec shërbimit të IPTV, marin edhe shërbimin e Internetit, kjo kosto C_{sc} është relativisht e ulët sepse shkallëzueshmëria e Bandwidth-it dhe cilësia e shërbimit sigurohet me efikasitet të lartë nga vetë ofruesi i shërbimit
- b) për klientët që shërbimin e Internetit e marin nga një ISP tjetër, nuk garantohet dhe provizionohet sigurimi i shërbimit të IPTV në nivelin e QoS të kërkuar. Në këtë mënyrë nuk përfitohet cilësi dhe shkallëzueshmëri të shërbimit IPTV në nivelin e kërkuar, e cila përkthehet në kosto shkallëzueshmërie (C_{sc}).

Kostoja e përfitimit të një shërbimit të rri në rrjet – sikurse është shpjeguar edhe më sipër, kjo kosto C_s është shuma totale e kostonë së implementimit/dizenjimit të shërbimit, kostoja e testimit të shërbimit si dhe kostoja e procesit të rregullimit/korrigjimit të problemeve që janë hasur gjatë fazës së testimit. Në rastin e rrjetit tradicional të ofrimit të shërbimit IPTV, kjo kosto vlerësohet me prioritet të lartë sepse vlerat e saj meren në konsideratë të lartë gjatë llogaritjes finale të kostonë së ofrimit të shërbimit IPTV drejt përdoruesit fundor. Psh, në rast se nevojitet shtimi i një kanali në rrjet (psh, një kanal Sporti sepse është shumë i kërkuar), atëherë shtohen kostot shtesë si më poshtë:

1. kostoja e kontratës që nënshkruan ofruesi SMC IPTV ISP me ofruesin e këtij kanali, pra me burimin e content-it.
2. Kostoja e lidhjes fizike nga burimi i content-it drejt ofruesit të shërbimit IPTV
3. Kostoja e konverterit për konvertimin e contentit në IP.
4. Kostoja e shtimit të kanalit të rri në serverin e IPTV, bashkë me konfigurimet e nevojshme.

E nëjta procedurë përdoret edhe për shtime të shërbimeve në VideoClub.

Pra, duket e qartë që cdo ofruesat e shërbimit IPTV duke përdorur rrjetat tradicionale të rrjetit për ofrimin e shërbimeve streaming, përballen me një sfidë shumë të madhe si kostoja relativisht e lartë e ofrimit të shërbimit. Kjo është edhe arsyeja themelore që ISP e ndryshme ju ofrojnë shërbimin e IPTV vetëm përdoruesve fundorë që marin edhe shërbimet e tjera si shërbimin e Internetit, VoIP apo VoD. Për të zgjidhur këtë disavantazh të madh, nevojitet një risi e rre rrjetash teknologjike, nevojitet absolutisht një zgjidhje e rre SDN, e cila nëpërmjet virtualizimit dhe softwarizimit të rrjetit mundëson ofrimin e shërbimit IPTV jo në mënyrë monopolizuese, të pa kushtëzuar gjeografikisht, me kosto të ulët dhe cilësi të lartë. Një prej përfitimeve më të mëdha ekonomike që ju sjell Bizneseve teknologjia SDN në ofrimin e shërbimeve streaming është ulja e kostonë së ofrimit të

shërbimit. Nëpërmjet SDN mundësohet automatizimi i të gjitha proceseve që nevojiten për ofrimin e shërbimit IPTV dhe shtimit të shërbimeve të rreja në rrjet (C_S), uljet kompleksiteti hardware sepse tashmë punohet me makina virtuale, zvogëlohet koha e instalimit të paisjve në rrjet si dhe realizohet me efikasitet të lartë shkallëzueshmëria e Bandwidth-it në kohë reale (C_{sc}) dhe sipas kërkesës së përdoruesit fundor.

6.5 Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit IPTV nga zgjidhja

SDN

Zhvillimi i teknologjisë SDN është një risi e madhe teknologjike rrjeti. Kjo zgjidhje e arte kryen kontrollin e rrjetit nëpërmjet një kontrolluesi softwarike SDN i cili përmbush me sukses të gjitha kërkesat në rritje të përdoruesve fundorë për shërbime. Dy karakteristikat e kësaj teknologjije janë Softwarizimi dhe Virtualizimi i elementëve të rrjetit, me anë të të cilave thjeshtohet dhe globalizohet ofrimi i shërbimeve SDN. Ofrimi i shërbimeve Streaming nëpërmjet zgjidhjes SDN, është një revolucion i përdorimit të rrjetit të pa kushtëzuar gjeografikisht sepse tashmë shërbimi IPTV mund të përfitohet nga cdo përdorues fundorë kudo nëpër botë dhe mund të ofrohet nga cdo ofrues SDN. Gjithashtu, ofrimi i shërbimit të IPTV me anë të teknologjisë SDN sjell përfitime të mëdha ekonomike për bizneset. Me anë të SDN, shërbimi i IPTV i ofrohet cdo përdoruesi fundor me kosto CapEx të ulët, krahasuar kjo me koston CapEx të ofrimit të shërbimit nga rrjetat tradicionale. Gjithashtu, kostoja e provizionimit të shërbimit dhe e manaxhimit të shërbimit janë shumë të ulta sepse vetë zgjidhja SDN mundëson konfigurimin automatik të rrjetit. Në këtë mënyrë, me anë të teknologjisë SDN, shërbimi IPTV ofrohet me kosto të ulët dhe QoE/QoS të lartë.

Në rastin e qëndrës së të dhënave SMC IPTV ISP, skema për llogaritjen e koston CapEx të ofrimit të shërbimit IPTV me anë të zgjidhjes SDN është: ‘*Kosto SDN*’ dhe ‘*Kosto e*

Content-it' (E cila edhe në rastin e teknologjisë SDN është dinamike). Kuntifikimi i kostos CapEx, mujore për cdo përdorues fundore do të kryhet bazuar në Ekucionin 1 të kostos, shpjeguar tek paragrafi 6.3.1.

Tabela 6.2. Kuantifikimi i kostos së ofrimit të shërbimit për cdo përdorues duke përdorur teknologjinë SDN

Llojet e Kostos	Elementët e rrjetit	Kostoja përkatëse
Kostoja SDN	Rasti i parë: 3 Servera Virtual Hosting 1 Gb Upload/Download (një host e ka kapacitetin për lidhjen e 418 Përdoruesve fundorë)	Rasti i parë: 500 Euro në muaj /Host 1.19 Euro/muaj për cdo klient
	Rasti i dytë: Nëse një ISP i ofron ofruesit SDN për qëllimet e veta një Server 'Hosting' Virtual pa pagesë	Rasti i dytë: Kostoja e ofrimit të shërbimit për cdo klient zvogëlohet nga 1.19 në 0.7 Euro/muaj
Kostoja e Content-it	Rasti i parë: Blerja e kontentit me 1000 Euro /muaj	Rasti i parë: Kostoja e kontentit për cdo klient mujore është 0.6 Euro/muaj
	Rasti i dytë: Nëse realizohet procesi i shkëmbimit të kanaleve midis ofruesve të ndryshëm SDN	Rasti i dytë: Kostoja e Content-it mujor për cdo klient nuk ndryshon

Tabela 6.2 tregon me detaje llojet e kosteve të mara në konsideratë, cmimi më i mirë i blerjes së serverit virtual 'Hosting' si dhe alternativat më të mira të mundshme për blerjen

e kontent-it me përlllogaritjet e përfitimeve përkatëse në kosto si dhe përfitimi në kosto nga bashkëpunimi 'ISP-Ofrues SDN'

Kuantifikimi i kostos mujore CapEx për cdo përdorues fundor sipas zgjidhjes SDN do të bëhet bazuar në rastet përkatëse të dhëna në tabelën 6.2.

Rasti i parë: Nëse përdorim 3 Servera Virtual Hosting 1 GB upload/Download (një host e ka kapacitetin për lidhjen e 418 Përdoruesve fundorë) dhe blerjen e kontent-it me kosto mujore 1000 Euro në muaj, atëherë kostoja CapEx mujore e ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në zgjidhjen SDN është:

$$CapEx_{Mujore} /_{1 Përdorues Fundorë} = 1.19 \text{ Euro/mujore (bazuar në koston e rrjetit SDN)} + 0.6 \text{ Euro /mujore (bazuar në koston e Content-it për cdo klient)} = 1.79 \text{ Euro}$$

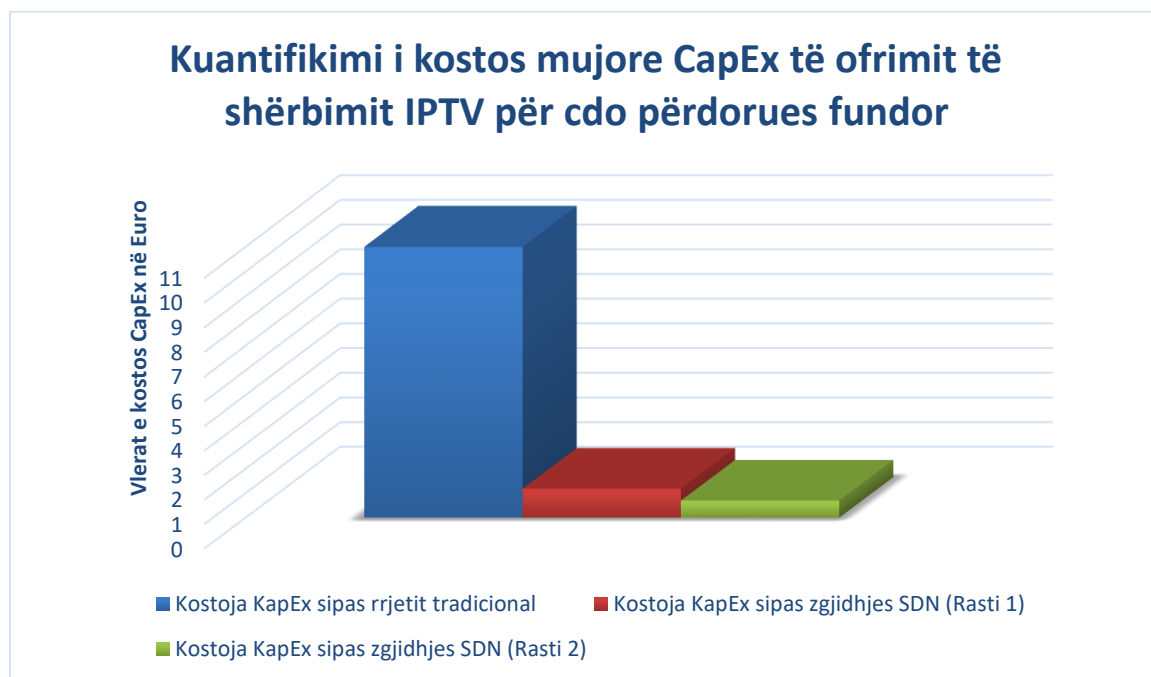
Rasti i dytë: Nëse një ISP i ofron ofruesit SDN për qëllimet e veta një Server 'Hosting' Virtual pa pagesë dhe kostoja mujore e blerjes së Content-it është përsëri 1000 Euro në muaj, atëherë kostoja CapEx mujore e ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në zgjidhjen SDN është:

$$CapEx_{Mujore} /_{1 Përdorues Fundorë} = 0.7 \text{ Euro/mujore (bazuar në koston e rrjetit SDN)} + 0.6 \text{ Euro /mujore (bazuar në koston e Content-it për cdo klient)} = 1.3 \text{ Euro}$$

Bazuar tek rasti i dytë i kostos së content-it, kostoja CapEx mujore e ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në SDN nuk ndryshon. Por nëpërmjet funksionalitetit të Shkembimit të kanaleve që ofron kontrolluesi SDN, përfitojmë rritjen e numrin të kanaleve që mer cdo përdorues fundorë me kosto të ulët, rrjedhimisht rritet uptime për cdo burim kanalesh në 99.99% si dhe zvogëlohet koha e humbjes së kanaleve deri në < 0.1 sekonda.

Teknologjia SDN ju ofron bizneseve të ofrimit të shërbimeve streaming mundësi të mëdha për të rritur përfitimet e tyre duke ulur madje edhe koston e ofrimit të tyre. Kjo teknologji rrjeti është mjaft mirë e shkallëzuar, e aftë të përballoj ngarkesë të lartë në rrjet duke sjellë drejtpërsëdrejti uljen e koston të shkallueshmërisë së shërbimit IPTV ($C_s \cong 0$). Nëpërmjet SDN mundësohet automatizimi i të gjitha proceseve që nevojiten për ofrimin e shërbimit IPTV, uljet kompleksiteti hardware sepse tashmë punohet më makina virtuale, zvogëlohet koha e instalimit të paisjve në rrjet si dhe realizohet me efikasitet të lartë shkallëzueshmëria e Bandwidth-it në kohë reale ($C_{sc} \cong 0$) dhe sipas kërkesës së përdoruesit fundor.

Sikur tregohet edhe në grafikun e mëposhtëm, kostoja CapEx e ofrimit të shërbimit IPTV duke përdorur zgjidhjet SDN, krahasuar me rrjetat tradicionale të ofrimit të këtij shërbimi, është zvogëluar ndjeshëm.



Grafiku 6.5: Kuantifikimi i koston mujore CapEx të ofrimit të shërbimit IPTV për cdo përdorues fundor bazuar në rrjetat tradicionale dhe në ato SDN.

Konkretisht, **Rasti i parë**:kostoja CapEx e ofrimit të shërbimit IPTV sipas zgjidhjes SDN, është zvogëluar me 83.72%, dhe **Rasti i dytë**: kostoja CapEx e ofrimit të shërbimit IPTV sipas zgjidhjes SDN është zvogëluar me 88.18%.

Duke u bazuar në rezultatet e mësipërme arrijmë në përfundimin që, me anë të zgjidhjes SDN, i japim me sukses zgjidhje një prej sfidave më të mëdhaja që ndeshin ofruesit e shërbimit IPTV, e cila është kostoja e lartë e ofrimit të shërbimit.

Qëllimi i këtij rasti studimi real (Kostot e mara në përlllogaritje janë relative) bazuar në analizën e kostos CapEx të shërbimit IPTV, është që të vërë në dukje përfitimet e mëdha ekonomike dhe operacionale që kanë Bizneset e sotme në përdorimin e rrjetit SDN, si dhe njëkohësisht përfitimet e mëdha që kanë përdoruesit fundorë në marjen e shërbimit IPTV me kosto sa më të ulët.

KAPITULLI 7

Përmirësimi i performancës së shërbimit IPTV të përftuar nga zgjidhja SDN me anë të implementimit të kartës grafike GPU

Një nga çështjet më të rëndësishme të shërbimit IPTV ofruar nga rrjeti SDN, është çështja e Bandwidth-it dhe cilësia e shërbimit nga këndvështrimi i përdoruesit fundor. Vendorsmërisht, kërkohet që të përftohet nivel i lartë cilësie të imazhit duke pasur Bandwidth të ulët. Për këtë arsye nevojiten standarte të ndryshme transkodimi (realizimi i kompresimit të imazhit sa më shumë të jetë e mundur pa dëmtuar cilësinë e tij) si H.264, H265, VP8 dhe VP9.

Gjatë një testi të kryer në qendrën e të dhënave SMC IPTV ISP, u vu rre që me një server HP ProLiant DL380 g6 me dy procesorë fizik nuk ishte e mundur që të transkodoje më shumë se 30 kanale njëkohësisht në formatin H.264 sepse CPU-të shkonin në 100%. Kjo është arsyeja përse në mënyrë të menjëhershme ishte e nevojshme përdorimi i njesive të përpunimit grafik, të quajtura GPU (Graphic Processing Units). Këto karta grafike GPU ofrojnë cilësi të lartë të procesimit të imazhit. Pas integritit dhe bërjes së GPU'-së Superskalare funksionale nëpërmjet modulit NVENC të programit FFEMPEG, numri i kanaleve të transkoduar njëkohësisht u rrit ndjeshëm (më shumë se 100 kanale). Në të njëjtën kohë u përmirësua edhe performanca e marjes së kanaleve (pra shërbimit IPTV) në më shumë se 60%.

7.1 Hyrje

Në qëndrën e të dhënave SMC IPTV ISP, e cila ofron shërbimin IPTV nuk ishte e mundur që të transkodoreshin kanalet sepse kërkoheshin shume burime fizike në të njëjtën kohë (Servera). Rrjedhimisht, kjo situatë të çonte në rritje të kostos CapEx, e cila përkthehet në rritje të çmimit të ofrimit të shërbimit IPTV. Në këtë mënyrë, u mendua që të testoheshin teknika të rreza duke integruar CPU me GPU [67], të cilat rezultuan mjaft të suksesshme. Nga kombinimi i CPU me kartën grafike Superskalare GPU përfitimi i kanaleve nga përdoruesit fundor realizohej me performancë të lartë dhe me nivel të lartë cilësie të përpunimit të imazhit.

Kartat grafike GPU, nga pikëpamja arkitekturore përmbajnë mijëra bërthama që veprojnë ngadalë dhe që janë shumë të përshtatshme për të kryer operacione përlllogaritëse intensive si; përpunimi Video, analiza e imazhit dhe përpunim të sinjalit duke arritur vlerën më të mirë të performancës së sistemit, çmimit dhe fuqisë. Ndërkohë, përveç rritjes së performancës së shërbimit IPTV nga implementimi i kartës grafike GPU Superskalare, u vu re që përfitohej edhe throughput i lartë [68]. Zhvillimet e vrullshme në dizanje të GPU-ve kanë rritur kompleksitetin e procesorëve duke rritur në të njëjtën kohë edhe performancën e tyre. Kjo vjen si rrjedhojë i rritjes së numrit të instruksionve të një pipeline në një kohë të vetme.

7.2 Arkitektura e kartës grafike GPU

Në qëndrën e të dhënave SMC IPTV ISP, nevojitet përpunimi i shpejtë dhe i lartë i imazhit video. Nga përmirësimi i vazhdueshëm i arkitektures së kartave grafike GPU prodhuar nga vendori NVIDIA përftohet jo vetëm performancë e lartë CPU dhe GPU por edhe efikasë e lartë fuqie. Këto procesorë kanë mundur vecori të plota si Web Browsing, Ndërfaqje përdoruesi të shpejtë (Fast UI), Console ‘Gaming’, Përgjigje Multitasking si dhe Cilësi ‘Video Playback Blu-ray’ [69]. Kjo karte grafike GPU është procesori më i lartë në klasën

e tij që integron një modem NVIDIA i500 LTE, bërthamat Quad Cortex-A9 r4 dhe një GPU me 60 bërthama. (60-core GPU).

7.3 Diagrama e Pipeline logjik të GPU

Figura 7.1 tregon ndërtimin e rrjedhës logjike pipeline të GPU për të dizenuar një pipeline të menjëhershëm me performancë dhe efikasitet fuqie të lartë. Procesori GPU është një procesor Superskalar që përfshin *vertex on-chip*, *texture* dhe *cache të pikëllsave*. Ky procesor mundëson dhe bën realitet reduktimin e aksesave të memories off-chip, e cila është një pike kritike për efikasitetin e fuqisë dhe performancën e lartë të imazhit për shërbimin IPTV të ofruar nga zgjidhja SDN. Gjithashtu kjo GPU siguron bitrate të lartë kur i shërben kërkesave për të dhëna.

Bloku i thirrjeve ‘OpenGL API’ në Fig. 7.1 ushqen bllokun ‘Përpunimi i primitivëve’. Në nivelin e Aplikimit, thirrjet API janë interpretuar nga driveri grafik i cili dërgon komanda të ndryshme dhe i pointon drejt vertex dhe të dhënave texture në GPU. Buffer-at Vertex janë marë dhe ruajtur në një Cache VBO për ri-përdorim të mëvonshëm. Programet ‘Vertex shader,’ të quajtura gjithashtu si ‘Vertex Shader Pipeline’ ose VPE (Vertex Processing Engine) të ekzekutuar në ‘Vertex Shader’ kryejnë operacione si transformime dhe deformime të karakterit dhe gjeometrise së objektit.

Faza e Asemblimit të primitivëve kombinon kulmet për të mbledhur primitivët si vija apo trekëndësha, dhe cdo primitive tjetër që qëndron jashtë zonës së pamjes të kamerave (Frustum) apo me pamje mbrapa, hiqet nga pipeline. Ato që ndodhen brënda dhe jashtë pamjes së frustum kanë pjesët e tyre të jashtme të prera sepse nuk duhet të jepen. Ndërkohë që ekuacionet e planeve dhe skajet janë përlllogaritur në primitivet përkatëse gjatë fazës përgatitore për Konvertim (Rasterizim).

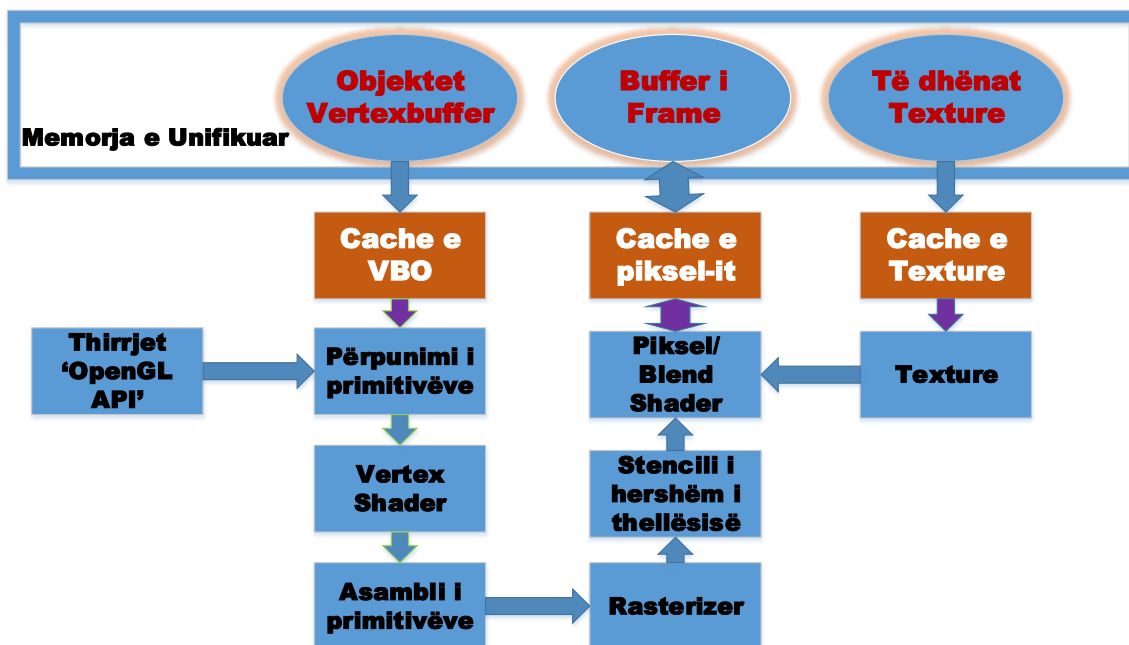


Figura 7.1: Diagrama e Pipeline Ilogjik të GPU-së

Bloku ‘Resterizer’ konverton primitivët në fragmente pikëllsash për të ushqyer pipeline ‘Piksel Shader’. Njësia ‘Early-Z’ mund të refuzojë pikëllsat që kanë vlerat me thellësi Z dhe ti vendosi ato mbrapa pikëllsave në bufferin e Frame-ve. Më pas operon ‘Piksel Shader’ në fragmentet e pikselit, i cili kalon testin Z duke aktivizuar programet ‘Piksel Shader’ në secilin fragment të pikëllsit. Në ‘Piksel Shader’ është përfshirë një faze programuese për të lejuar cdo lloj mënyre përzjerje që të implementohet, dhe jo vetëm ato që gjenden në hapësirën e OpenGL.

Bloku ‘Cache e Piksel’ (gjithashtu e quajtur fragmentimi i të dhënave) ruan, shkruan në buffer-in e frame. Si funksionalitet shtesë në krahasim me testimin Early-Z, ai përdoret edhe për të reduktuar trafikun e buffer-it të frame-ve off-chip për pikëllsat e ndërfaqjes së përdoruesit apo të zonave të tjera që kanë ri-përdorim shumë të lartë.

Njësia ‘Texture’ tërheq dhe filtron të dhënat e struktures për ti aplikuar në një pikëlls. Të dhënat e aksesuara të struktures në mënyrë të vazhdueshme ruhen në të dyja:

- a) Në cache-në e strukturës L1 që prezantohet në secilen njësi të strukturës.
- b) Në cache-në e strukturës L2 që ndahet nga të gjitha njësitë e katër strukturave.

Së fundmi, pikëllsat e përpunuara mund të përzihen me informacionin e pikësllave egzistuese në buffer-in e frame, ose ato mund të mbi shkruajnë të dhënat aktuale të pikëllsave në buffer-in e frame.

7.4 Arkitektura e Pipeline të GPU

Figura 7.2 tregon me detaje implementimin fizik aktual të nënsistemit të procesorit GPU. Duke filluar që nga maja, komandat janë tërhequr përmes njësive Host/Front End. Indekset dhe kulmet janë tërhequr direkt nga memorja dhe janë bërë cache nga njësia IDX. Më pas IDX i pason kulmet drejt VPE-ve të shumta. Njësia IDX gjithashtu mbështet edhe instancat në nivel DX9, ku një komandë e vetme vizatimi mund të bëjë shumë instanca të shumta të një modeli, dhe me cdo model duke përdorur si shembull një grup të ndryshëm të dhënash.

VPE (Vertex Processing Engine) – në procesorin tonë GPU, vertexet janë përpunuar nga 6 njësi VPE ku secila prej tyre përfshin një VEC4 ALU (Njësi Logjike Aritmetike). Cdo VEC4 ALU përfshin katër njësi MAD (Multiply-Add) të cilat janë njohur shpesh si bërthamat e Vertex.

Procesori GPU përfshin në total 24 bërthama vertex. Një cache për bufferimin e objekteve vertex me 96 hyrje ndan cdo VPE me 16KB, lejon ri-përdorim të vertex dhe redukton akseset e memories off-chip. Në këtë mënyrë, duke përdorur procesorët GPU për sigurimin e shërbimit IPTV, përftojme përmirësime arkitekturore të cilat rezultojnë në rritje të performancës në mbi 65% , ku tre procesorë për cdo pipe vertex veprojnë në të njëjtën orë (Clock).

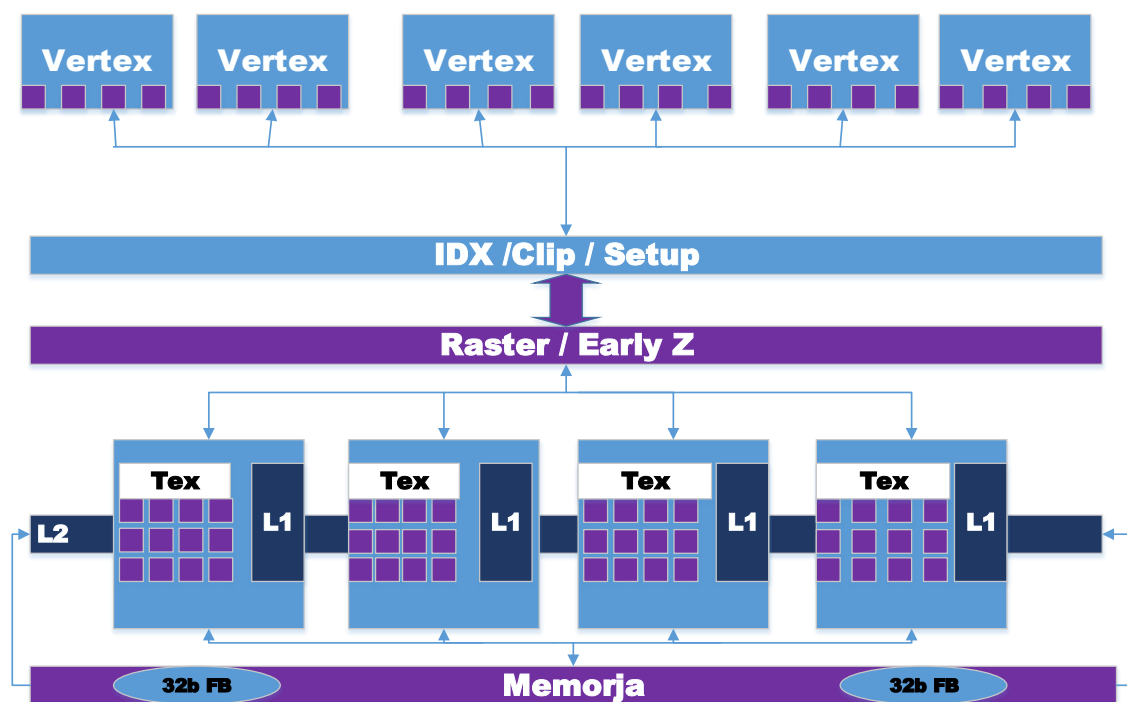


Figura 7.2: Arkitektura e Pipeline të GPU

Bërthamat vertex shader përdorin precizionin FP32 për llogaritjet e tyre që të sigurojnë saktësi geometrike. Sikurse u përshkrua në pjesën e Pipeline logjik të GPU-së, primitivët janë asambeluar nga kulmet. Cdo primitiv që nuk është i dukshëm apo me fytyrë nga mbrapa shkatërohet, ose nëse zgjerohen poshtë pamjes ‘frustum’, priten. Në primitivët, gjatë fazes së përgatitjes për rasterizim janë llogaritur skajet dhe ekuacionet e planit.

Makina Raster Early-Z- makina Raster gjeneron fragmente pikëllsash nga primitivët dhe mund ti sigurojë pipeve ‘Pixel Shader’ tetë fragmente pikëllsash për clock. Proçesori GPU mbështet tani 24 bit Z dhe 8 bit përpunim ‘Stencil’. Njësia Raster gjeneron fragmentet e pikëllsave të shoqëruar me vlerat 24 bit Z dhe ato Stencil.

Njësia ‘Early-Z’ mund të bashkëpunojë me njësinë ‘Raster’ (të ketë një argument). Operacioni ‘Early-Z’ teston thellësinë Z të të gjitha pikëllsat ose kampionet, dhe kalon

vetëm ato që janë të dukshme. ‘Early-Z’ është në gjendje të dedektojë edhe të skarcojë pikëllsat e fshehura me shpejtësi tetë pikëllsa/clock (8ppc). Njësia përpunuese ‘Early-Z’ bën të mundur përmirësimin e performancës dhe kursimin e fuqisë duke reduktuar trafikun e memorjes ndërmjet GPU dhe memorjes off-chip.

Pipeline VLIW Pixel Fragment Shader – secili nga të katërt ‘Pixel Fragment Shader pipe’ në procesorin GPU përfshin tre ALU, dhe secila ALU përmban katër njësi MAD, për një total prej 48 bërthamansh piksel shader (4x3x4). Secila prej ALU përmban një njësi të vetme MFU (Multi-Function Unit) e cila ka në total 12 njësi MFU. Njësitë MFU përpunojnë të gjithë matematikën transcendentale (log, eksponenciale, trigonometrike, funksionet), rrënjët katrore dhe operacionet MOV.

‘Pipeline Fragment Shader’ implementon një arkitekture VLIW, në të cilën instruksione të ndryshme të miksuara mund të shkaktojnë probleme tek katër njësitë MAD dhe mund të afektojnë gjithashtu edhe njësinë MFU në secilën prej ALU. Shembuj të ndryshëm të përzjerve të instruksioneve VLIW janë 4x MAD, 2x DP2A+MFU, 1xDP3A+1xMAD+MFU, 1x DP2A + 2xMAD + MFUP, 1x DP4 + MFU. Një 16KB të cache së Pikëllsave është ndarë në katër pjesë 4K cache përshtuar në diagramën e arkitekturës. Në disa raste kjo sjell përfitime si reduktimi i aksesit të buffer-it të frame off-chip në mbi 50%.

Ajo është përdorur për më shumë se një arkitekture e unifikuar për arsye të efikasitetit të fuqisë duke ndarë arkitekturë e ‘Vertex’ dhe të ‘Piksel Shader’. Rruajta e fuqisë rrjedh nga ndarja e vertex dhe piksel shader në arkitekturën e procesorit GPU. duke peshuar më shumë nga përparësitë e fleksibilitetit të ngarkesës të shader-ve të unifikuar.

Njësitë e filtrimit Texture – cdo njësi ‘Piksel Shader’ përfshin një njësi filtrimit ‘Texture’ të FP16, e cila mundëson HDR (High Dynamic Range) rendering. Secila nga të katërtat njësitë texture kanë cache-në e tyre L1. Njësia texture Cache L2 me 16K përmirëson performancën duke reduktuar lëshimin e texture nga memorjet e jashtme. Kombinimi i

cache-ve texture L1 dhe L2 redukton në të shumtën e rasteve aksesimet texture off-chip në mbi 80% për shkak të pozicionimit tipik të aksesimeve të memorjes texture në katër njësite texture.

Disa nga vecoritë shtesë të GPU përfshijnë edhe shumë përmirësime dhe vecori të tjera që ndihmojnë në përftimin e pamjeve të pastra, performancë e lartë dhe QoE të lartë të grafikut në pajisjet mobile.

7.5 Implementimi i kartës grafike GPU në qendrën e të dhënave SMC

IPTV ISP

Në qendrën e të dhënave SMC të ofrimit të shërbimit IPTV dhe të internetit, kërkesat për përftimin e shërbimit IPTV janë rritur ndjeshëm. Gjithashtu në të njëjtën kohë është rritur edhe kërkesa për një cilësi më të mirë të procesimit të imazhit. Rrjedhimisht, në mënyrë emergjente nevojitej të implementohej procesori GPU me qëllim përpunimin e instruksioneve të të dhënave të mëdha në mënyrën pipeline, si dhe për të zvogëluar CPU e procesorit.

Ideja inovative që është zhvilluar në këtë kapitull konsiston në dhënjën e mundësisë për të kontrolluar nivelin e cilësisë së shërbimeve që përfitohen nga përdoruesit fundorë (Cilësia e shërbimit, Performanca e shërbimit, Vonesat e ulëta, Cilësi e lartë e shërbimit, Performancë e lartë e shërbimit dhe Disku Bluray) nëpërmjet veçorive të rreja që janë shtuar dhe përdorur nga NVENC i programit FFEMPEG. NVENC është një ndërfaqje API, e zhvilluar nga NVIDIA e cila mundëson përdorimin e kartës grafike GPU për të realizuar enkodimin H.264 dhe HEVC. Më pas është instaluar programi FFEMPEG [70] së bashku me aplikacionet, libraritë dhe driver-at respektive.

Skenari i testit: Për të parë realisht përfitimet në performancë të shërbimit dhe cilësisë së imazhit nga përdorimi i kartës GPU, u mendua që të marim realisht për testim një file input streaming (psh: Video Dogs) në madhësinë 500M . Përfitimi i video streaming do të kryhet jo në kohe piku kur të gjithë përdoruesit fundorë bëjnë kërkesa për shërbimet video streaming. Jemi munduar që të realizojmë testin në intervalin kohor (21:00 – 22:00).

- a) Para se të implementohej karta grafike GPU, përdorimi i CPU ishte i lartë (kolona ‘us’)

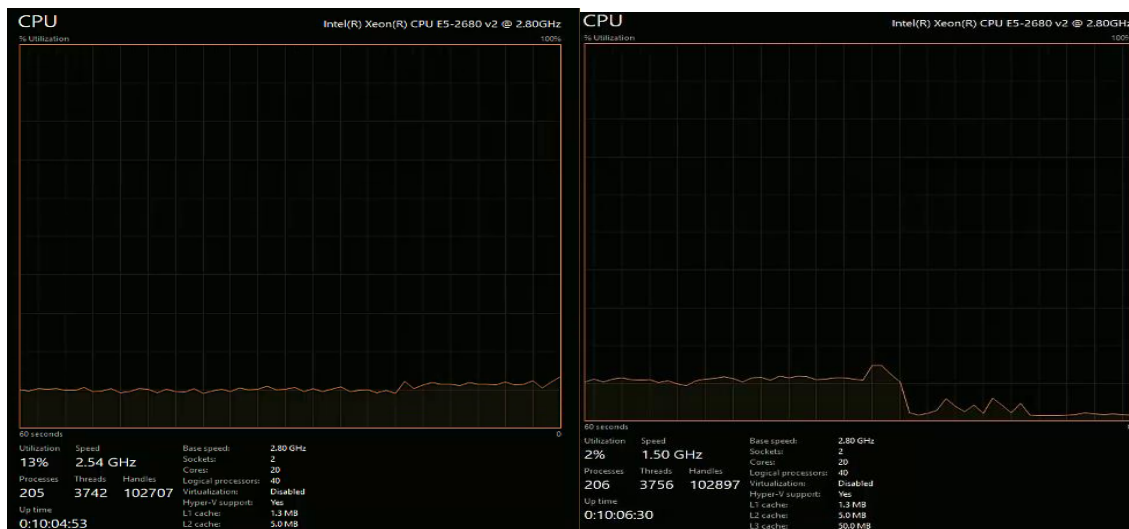
```
root@iptv1.smc.com.al:#vmstat -w -n -1
```

CPU					
cs	us	Sy	id	Wa	St
10101	23	0	19	0	0
11630	20	0	19	0	0
11792	19	0	25	0	0
10742	10	0	17	0	0
10767	13	0	15	0	0
10504	12	0	20	0	0

Koha e fillimit të videos: 00:50 sec

Koha e mbarimit të videos: 05:09 sec

Pra, koha që nevojitej për përfitimin e kësaj video është 4 minuta e 59 sekonda



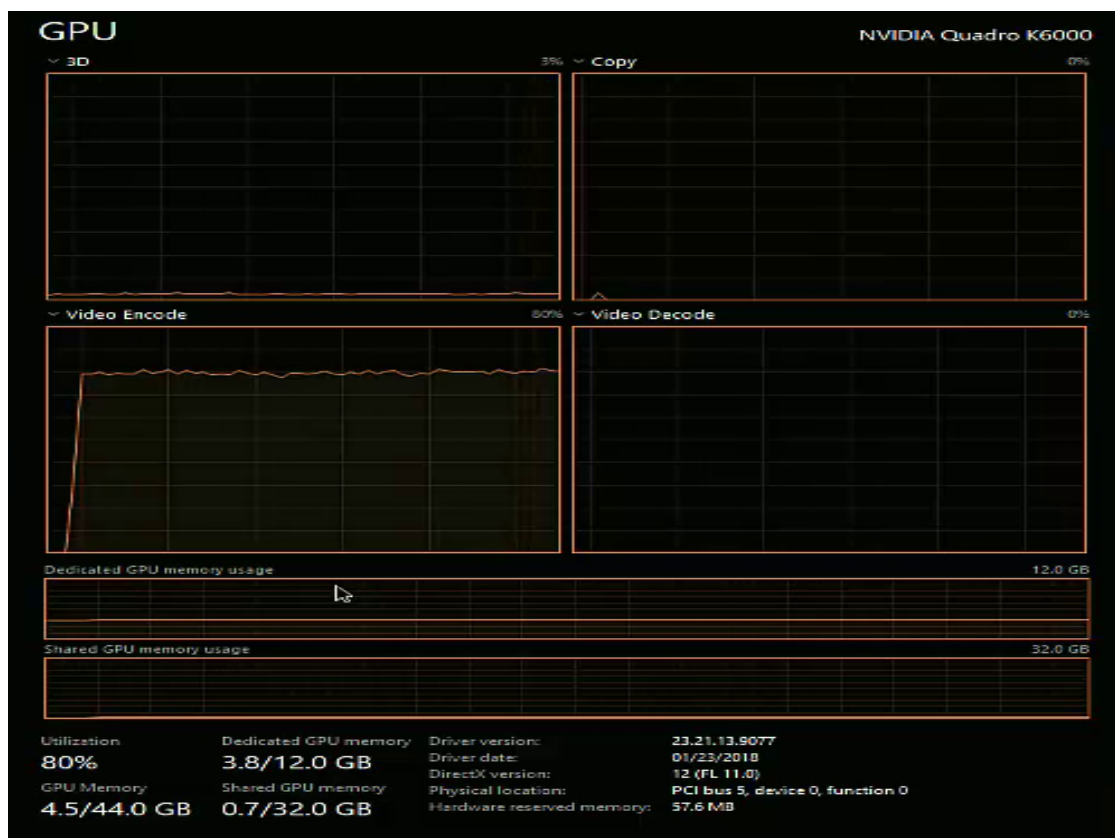
Grafiku 7.3: Përdorimi i CPU para implementimit të kartës grafike GPU

b) Implementimi i kartës GPU dhe përdorimi i saj

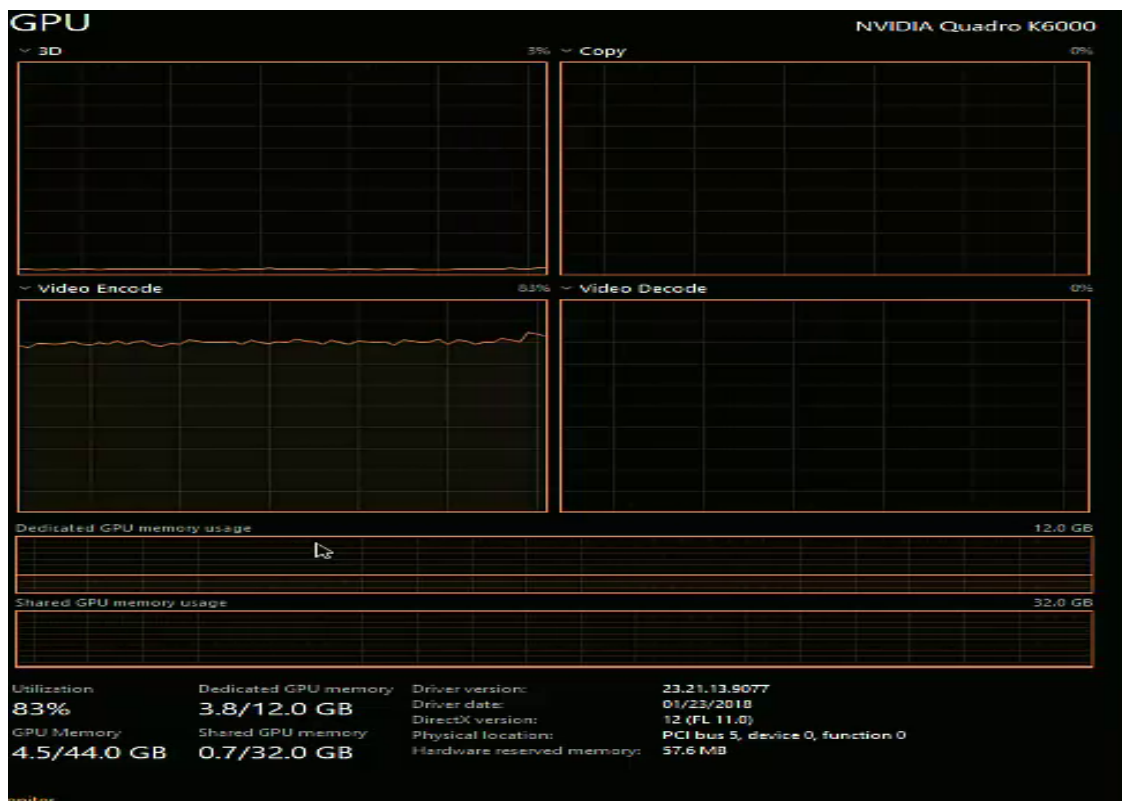
Në qëndrën e të dhënave SMC për ofrimin e shërbimeve streaming është përdorur për testim karta grafike GPU NVIDIA Quadro K6000 (Versioni i fundit i prodhuar nga NVIDIA), me memorie 12 GB, Bandwidth 288GB/s si dhe bërthamat CUDA 2880. Teksojmë që është përdorur për test i njëjti input video streaming file (Dogs Video, 500 M). Kjo kartë grafike është mjaft e fuqishme, e cila dyfishon saktësinë dhe shpejtësinë përlllogaritse, si dhe ka mundësi të veprojë deri në katër display me rezulucion ultra-high. Përdorimi NVENC mund të shikohet në kolonën 'enc'. Sikurse shikohet, e gjithë puna për transkodimin e kanaleve i kalon kartës grafike GPU, ndërkohë që CPU vepron në nivele të ulta përdorimi.

```
root@iptv1.smc.com.al:# nvidia-smi dmon -i 0
```

# gpu	për	temp	Sm	mem	enc	dec	Mclk	pclk
# ldx	W	C	%	%		%	MHz	MHz
0	82	35	12	4	80	0	3304	1151
0	82	35	11	4	83	0	3304	1151
0	83	35	11	4	79	0	3304	1151
0	83	35	12	5	81	0	3304	1151
0	83	36	11	4	80	0	3304	1151
0	83	36	9	4	82	0	3304	1151



Grafiku 7.4: Performanca e përmirësuar e CPU për shkak të venjes në punë të GPU-së



Grafiku 7.5: Përdorimi maksimal i GPU për përfitim të video streaming me cilësi dhe performancë të lartë

Në grafikët 7.4 dhe 7.5 tregohet qartë rritje e performancës së GPU deri në përdorim 84% ku ndërkohë përdorimi i CPU bie në vlerat 2%.

Koha e fillimit të videos: 05:38 sec

Koha e mbarimit të videos: 07:29 sec

Pra kohëzgjatja e marjes së video streaming është 1 minute e 51 sekonda, që do të thote krahasuar me marjen e videos nga përdorimi i CPU (4min59sec) është 4 herë më e vogël.

Në këtë mënyrë, për të njëjtën madhësi file input, përfitimet në kohë përkthehen në përmirësim të performancës deri në >60 % dhe rritje në 4 herë të numrit të kanaleve të transkoduar në mënyrë të vazhdueshme (më shumë se 100 kanale).

Kolona 'sm' është Workload i CUDA. CUDA [71] është një zgjidhje e shkëlqyer për përlllogaritjen e të dhënave dhe e dizenuar për të punuar në kartat grafike NVIDIA. CUDA mund të veprojë edhe në CPU por jo aq shpejt sa në kartën grafike GPU. CUDA operon në mënyrë të tillë që arrin të suportojë ndërfaqje të tjera kompjuterike si Khrono's Group OpenCL dhe Microsoft's DC (Direct Compute). Gjithashtu, duke përdorur palët e treta, është bërë e mundur që të suportojë edhe Python, Perl, Fortan, Java, Ruby, Lua, Haskell, MATLAB dhe IDL.

Nga pikëpamja e CPU, u vu re që përdorimi i ri-dimensionimit softwarik, shkakton rritje të përdorimit të CPU duke e kthyer në gryke shishe mundësinë për të encoduar. Në shumë skenare, shumë formatë output janë krijuar në të njëjtën kohë nga formati input. Për këtë qëllim NVIDIA ka implementuar një makinë GPU 'zero-copy' për të ndarë framet nëpërmjet plugine-ve si dhe një filter video që kryen ri-dimensionim të GPU ('nvresize').

Në figurën 7.6 është paraqitur një skenar ri-dimensionimi tipik 1:n ku video input është ndarë në 7 formate të cilat janë kombinuar si video streame të ndryshme në një container të vetëm output. Stream-i Audio është kopjuar nga container input në container-in e rri output.

Në shembullin e mëposhtëm është marë një filë input 1080p30, i cili është copëzuar në 7 formate dhe secili prej streame-ve është encoduar me anë të NVENC. Më pas, streami output është vendosur në file output të container-it të vetë së bashku me një kopje të audios (Nëse ka).

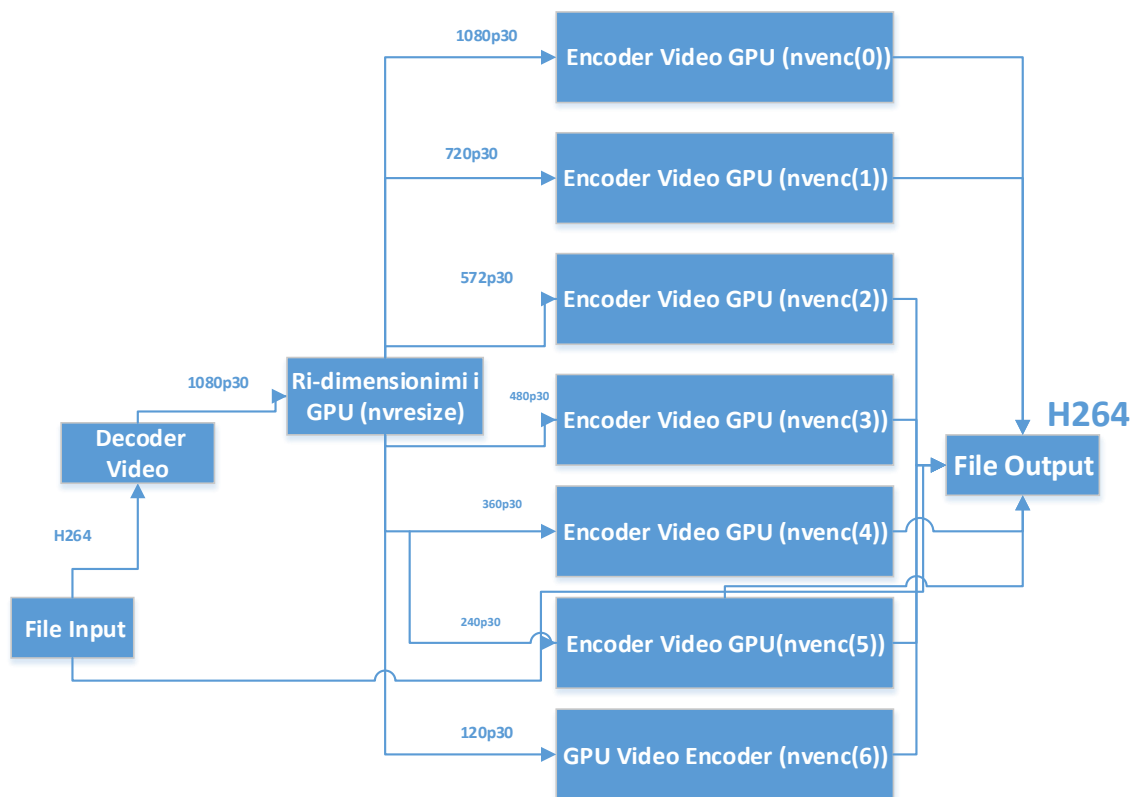


Figura 7.6: Një skenar ri-dimensionimi 1:n

KAPITULLI 8

Përmirësimi i shërbimit video streaming IPTV përfituar nga zgjidhja SDN në Arkitekturën MEC (Multiple-Access Edge Computing)

Minimizimi i vonësive është një aspekt shumë i rëndësishëm gjatë provizionimit në kohë reale të shërbimit video streaming IPTV, ndërkohë që duhet të ruhen edhe parametrat e shërbimit të përfutur (QoE) për të arritur efikasitetin spektral. Kohët e fundit kërkesat për shërbimet video janë rritur ndjeshëm jo vetëm nga përdoruesit fundor të palëvizshëm si dhe ata Wireless, por edhe nga përdoruesit celular. Njëkohësisht ofruesit e shërbimeve Video Streaming janë duke hasur probleme të mëdha si konsumimi i shpejt i Bandwidth-it, probleme të kapacitetit të rrjetit, efikasitetit të burimeve dhe cilësisë së shërbimit QoS. Me këto ritme kaq të shpejta të rritjes së trafikut video nga kërkesat e larta të vazhdueshme në rrjet, është arritur në përfundimin se rrjeti tradicional e ka të pamundur sigurimin e shërbimit video me cilësi të lartë, vonesa dhe Bandwidth të ulët. Nga ana tjetër nevojitet të kryhet manaxhimi, përpunimi dhe rruajtja e sasisë shumë të madhe të të dhënave që gjenerohet në kufij të rrjetit. Në këtë mënyrë, lind domosdoshmëria e përcaktimit të një infrastrukture të re që bazohet në gjeneratën e pestë të rrjetit (5G) e cila do të përgjigjet të gjitha kërkesave që vijnë nga fusha të ndryshme të botës. 5G do të sjellë dy zgjidhjet e ‘zgjuara’ të rrjetit SDN dhe NFV në mjediset e komunikimit Radio dhe do të përdori ato në një arkitekturë të re MEC (Multiple – Access Edge Computing), të vendosur sa më afër përdoruesit fundor me qëllimin e rritjes së cilësisë

së shërbimit Video, uljen e vonesave, zvogëlim të Bandwidth-it, rritje të performancës së shërbimit etj.

8.1 Vecoritë e shërbimeve Multimediale sipas gjeneratës 5G

Zhvillimi emergjent i teknologjisë IoT ka erdhur si rezultat i evolimit të komunikimeve 5G, nga rritja e Cloud-it, të medias Sociale, të MC (Mobile Computing), nga përdorimi i të dhënave shkencore për të gjeneruar vlera analitike të ‘zgjuara’. Ky evolimi nxjer në pah lloje të rreja të komunikimeve si Makinë – Makinë dhe Person – Makinë [73]. Referuar RCRWireless, në vitin 2020 do të jenë të ndërlidhura më shumë se 50 Billion paisje IoT [74]. Gjithashtu, është parashikuar që trafiku mujor i të dhënave që do të gjenerohet nga e gjitha bota do të jetë 49Ebyte ku 80% e këtij trafiku do të jetë Video. Me rritjen e kërkesave për shërbimet video ‘High Definition’, është rritur në mënyrë eksponenciale edhe konsumimi i Bandwidth-it. Teknologjia IoT dhe përdorimi i internetit për përfitimin e të dhënave video të mëdha nga përdoruesit celular, janë dy forca kryesore që kërkojnë me domosdoshmëri zhvillimin e rrisisë 5G.

8.1.1 Shërbimet Tipike 5G

Gjenerata e shërbimit celular 5G do të ofrojë shpejtësi të lartë transmetimi të të dhënave, konkretisht deri në 1 Gbps. Gjithashtu si teknologji do të ketë aftësi të mbajë sasi të madhe të dhënash, të ofrojë throughput të lartë dhe vonesa të vogla në rrjet (e2e ms). Densiteti i lidhjes në një rrjet 5G do të jetë $10^4/km^2$ ku densiteti i trafikut për km^2 do të jetë 10 + Tbps. Disa karakteristika kryesore të framwork-ut 5G do të jenë:

- Arkitektura shumë e sheshtë
- Shpërndarje sa më e përshtatshme e përmbajtjes së informacionit
- Orkestrim rrjeti shumë të thjeshtë
- Manaxhim i burimeve me efiçensë të lartë

- Thjeshtësim të manaxhimit të lëvizshmërisë
- Siguri të larta të të dhënave.
- Besueshmëri dhe vlefshmëri të lartë të të dhënave
- Optimizim të energjisë
- Kosto të ulët të shërbimit

Shpejtësia e lëvizshmërisë së abonentëve mobile 5G do të jetë 500 + km/orë. Kjo gjeneratë celulare është shumë e përshtatshme për të ofruar edhe shumë shërbime. Shërbimet tipike kryesore 5G janë si më poshtë:

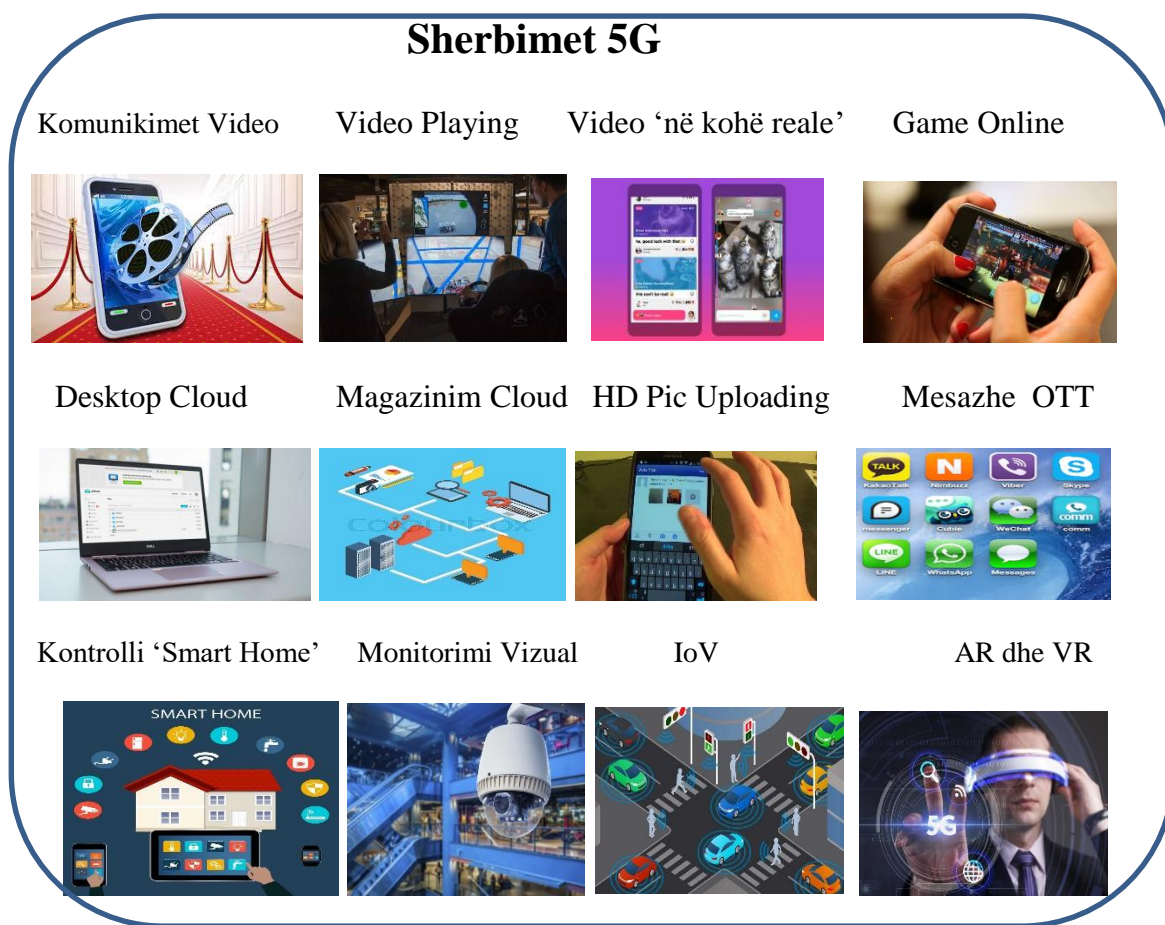


Figura 8.1: Shërbimet kryesore të gjeneratës celulare 5G

Shërbimet specifike që do të jenë thelbësore për komunikimet celulare në të ardhmen janë klasifikuar duke u nisur nga dy forcat kryesorë që çuan në zhvillimin e gjeneratës 5G; Interneti Celular dhe Teknologjia IoT. Figura 8.2 paraqet me detaje hierarkinë e shërbimeve që përftohen nga gjenerata celulare 5G bazuar tek interneti celular dhe IoT.

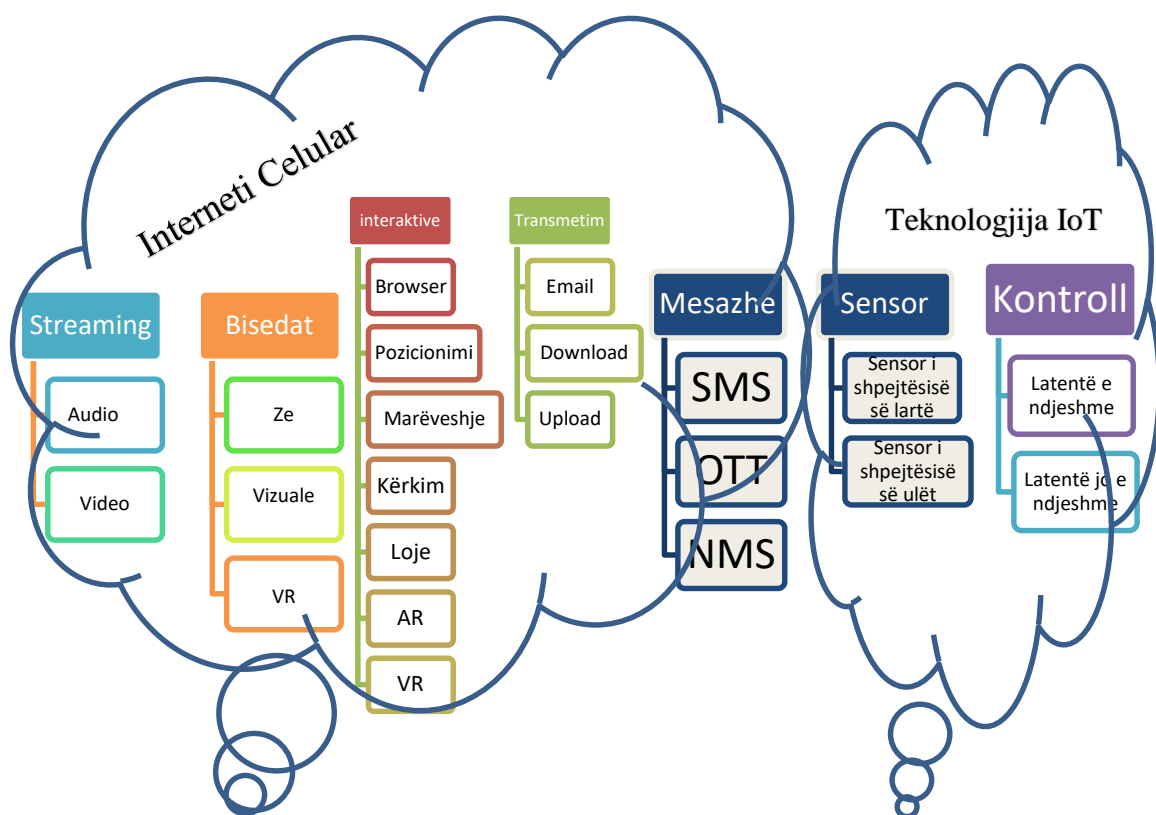


Figura 8.2: Shërbimet 5G bazuar tek Interneti Celular dhe Teknologjia IoT

8.1.2 Trendi i shërbimeve streaming dhe IoT bazuar në 5G

Një prej shërbimeve kryesorë të gjeneratës 5G dhe që i përket Internetit celular është 'Streaming'. Përfitimi i video Streaming (psh. Shërbimi IPTV) do të kryhet me cilësi dhe

Rezolucion të larte. Shërbimi Streaming do të karakterizohet nga 3 vecori shumë të rëndësishëm:

- Throughput – throughput është i lartë ku për video jo të kompresuara shkon në 8K (3D) $\approx 96\text{Gbps}$ dhe për video të kompresuara shkon në $\approx 960\text{Mbps}$.
- Vonesa – këto vonesa janë shumë të vogla, $\approx 50 - 100\text{ms}$.
- Densiteti i trafikut – densiteti i trafikut është shumë i lartë (Ultra High)

Sikurse tregohet edhe në figurën 8.3, trendi i shërbimit streaming dhe atij të bisedave është transmetimi video UHD, 3D, Immersive (video 360⁰) dhe me Rezolucion 4320 pikëls.

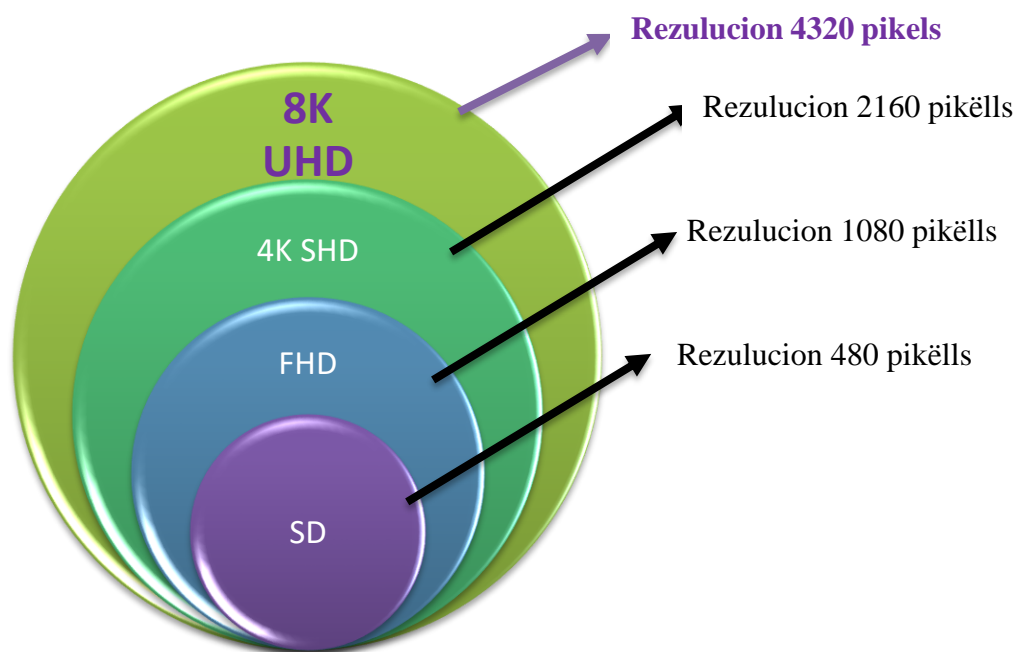


Figura 8.3: Tendanca në të ardhmen e transmetimeve video

Ndërsa për shërbimet *Interaktive* pritet që përgjigjja e tyre të jetë e shpejtë ku QoE e gjendjes latente jo të ndjeshme do të shkoj 5-10ms. Shërbimi interaktiv ka si cilësi

bashkëveprimin me shpejtësi të lartë transmetimi downstream/upstream të një mase të gjerë shërbimesh të shumëllojshme si AR, VR, online game dhe video HD në kohë reale.

Trendi i zhvillimit të shërbimit të *Transmetimit* do të ketë si shërbim kryesor shërbimin e rruajtjes së të dhënave në Cloud. Gjithashtu shpejtësia e transmetimit do të jetë e krahtësueshme me atë të shpejtësisë së transmetimit me fibër Optike, $\approx 1\text{Gbps}$. Shërbimi i transmetimit pritet që të zgjidhë një nga sfidat kryesorë të rrjetit si atë të kapacitetit, edhe pse densiteti i trafikur do të jetë shumë i lartë.

Trendi i zhvillimit të shërbimit të *Mesazheve* do të ketë si shërbim kryesor shërbimin e Mesazheve të menjëhershme OTT, me kosto shumë të ulët dhe shume paketa të dhënash do të shkëmbejnë burimin e sinjalizimit të koston.

8.1.3 Shërbimet nga Teknologjia IoT (Internet of Things)

IoT është një rrjet që lidh shumë paisje fizike, sensorë, makina dhe cdo objekt elektronik që përmban Software, Aktivizues dhe sensor për të mbledhur dhe shkëmbyer të dhëna, si dhe përfshin lidhjen dhe rrjetëzimin midis shërbimeve të transportit, shërbimeve të komunitetit dhe për më tepër infrastrukturën e shoqërisë [75]. IoT është teknologji e kohëve të fundit dhe ka po aq rëndësi sot sikurse ka edhe interneti. IoT është një rrjet që lidh cdo gjë me Internet, me qëllim shkëmbimin e informacionit dhe komunikimeve me anë të paisjeve[76]. Përfundimisht, interneti nuk është më i kufizuar nga desktop, por udhëton jashtë nëpër botën e gjërave të tjera. Në figurën 8.1, janë dhënë të gjitha shërbimet IoT që do të përftohen nga zhvillimi i teknologjisë celulare 5G. Pritshmëria e shvillimit të këtyre shërbimeve do të jetë e lartë. Shërbimet IoT do të sjellin një numër shumë të madh paisjesh të lidhura në rrjet me kosto të ulët dhe me vonesë të vogël (deri në ms). Gjithashtu do të arrihet mbulim shumë i mirë i rrjetit dhe shërbimet do të përftohen me cilësi të lartë. Këto shërbime do të jenë pothuajse 100% të besueshme dhe në rrjet do të ketë të implementuara mekanizma sigurie në shumë nivele. Me qëllimi rritjen e jetëgjatësisë së shërbimeve IoT

të ofruara nga sensoret (Sensorët punojnë me bateri), do të rritet me domosdoshmëri jetëgjatesia e çdo sensori në rrjet.

8.2 Teknologjia MEC (Multiple – Access Edge Computing)

Me zhvillimin e vrullshëm të IoT si rezultat i evolimit të komunikimeve 5G, rritjes së medias sociale, përlllogaritjeve celulare si dhe përdorimit të Cloud-it, u rrit jashtzakonisht numri i paisjeve të lidhur në këtë rrjet. Në këtë mjedis të rri të krijuar është e nevojshme manaxhimi, përpunimi dhe rruajta e sasisë shumë të madhe të të dhënave të gjeneruara në skajet e rrjetit. Cloud Computing çliron Bizneset dhe përdoruesat fundorë nga shumë detaje. Si efekt i këtij trafiku të madh, në cloud-in qëndror rritet ngarkesa e rrjetit dhe ai përlllogaritës. Kjo krijon probleme për aplikacionet në kohë reale ku vonesa është një faktor shumë i rëndësishëm.

MEC (Multiple - Access Edge Computing) është prezantuar për të reduktuar ‘Stresin’ e rrjetit (psh. Vonesa) duke i zhvendosur burimet në kufij të rrjetit dhe afër përdoruesve celularë dhe IoT, ndërkohë që siguron shërbime dhe pa u ndjerë përpunon përmbajtjen. Në këtë mënyrë, përfitimi i shërbimit realizohet me vonesa të ulta, Bandwidth dhe performancë shumë të lartë. Në këto pesë vite të fundit, kjo platformë e re mori vemendjen e shumë kërkuesve shkencorë të cilët do të kontribuojnë paraprakisht në; standartizimin e disa ndërfaqjeve kyçe të platformës MEC [77], duke ndërtuar aplikacione shumë të shkurtra të cilat kërkojnë kohë përgjigjë dhe latentë të ulët [78-80], si dhe modelimi i qëndrave të të dhënave të shkallëzuara me qëndra të dhënash të vogla në kufij të rrjetit [81]. Ekzekutimi i aplikacioneve intensiv konsumon shumë fuqi në paisjen celulare. Zhvillimet në teknologjinë MEC kanë bërë të mundur sigurimin e infrastrukturës, platformës dhe software-it si një shërbim drejt çdo përdoruesi fundor, i lidhur nga çdo PC me lidhje Interneti wireless ose Fikse. Teknologjia MEC mund të zgjerojë këto shërbime edhe drejt paisjeve celulare. Meqënëse egzistojnë billiona përdorues celularësh kudo nëpër botë, MEC ka potencial të ketë impakt të gjerë në industrinë wireless dhe në shoqërinë tonë.

Përfitimi i aplikacioneve të kërkuara si ajo e Video Streaming, nga/drejt Cloud-it për tek përdoruesit celular bazohet në rrjetat Wireless (psh. WiFi, 3G, 4G, 5G etj). E krahasuar me rrjetat fikse, rrjetat pa tela kanë Bandwidth të kufizuar dhe vonesa për shkak të dyndjeve në rrjet dhe asaj gjatë lidhjes. Për më tepër, kur shumë paisje celulare janë të lidhura në rrjet, Bandwidth i vlefshëm për secilën paisje reduktohet akoma më shumë dhe vonesat në rrjet rriten. Rjedhimisht, përfitimi i shërbimeve Video Streaming si shërbimi i IPTV, do jetë me QoS shumë të ulët.

8.2.1 Motivimi

Gjatë viteve të fundit jeta jonë e përditshme është e ekspozuar gjithnjë e më shumë drejt shumëllojshmërisë së aplikacioneve celularë për qëllime Edukimi, Biznesi, kujdesi ndaj shëndetit, rrjeti social, Argëtim etj. Po në të njëjtën kohë trafiku i të dhënave celulare është parashikuar të dyfishohet cdo vit. Për të vazhduar më këto kërkesa në rritje, operatorët e rrjetit duhet të bëjnë përpjekje të mëdha për përmirësimin e QoE të përdoruesve fundorë si dhe për të rritur të ardhurat e tyre. Për këtë arsye vjen në ndihmë teknologjia MEC, e cila adapton CC (Cloud Computing) kudo në mjedisin celular, në cdo lloj forme ku të dhënat janë rruajtur dhe përpunuar jashtë paisjes celulare [82], [83]. Disa nga çështjet kritike të rrjetave EdgeC (Edge Cloud) përfshijnë: vonesat në rrjet, Bandwidth rrjeti të kufizuar dhe lëvizshmëria e përdoruesit. Pavarësisht avancimit të vullshëm në telefonat Smart (Të zgjuara), ato përsëri kanë mundësi përpunimi të kufizuar, jetëgjatësi baterie të kufizuar si dhe shfaqin vonesa nga rritja e kërkesave për aplikacione që duan shumë energji, si video streaming dhe 3D. Kërkimet e bëra nga [84] e përshkruanin MEC si një model emergjent për sigurimin e përlllogaritjes, rruajtjes të burimeve të rrjetit brënda kufijve të RAN (Radio Access Network) celular. Përgatitjet për rrjetin 5G dhe Internetit me ‘prekje’ kanë shkaktuar diskutime të shumta për zgjidhjen e çështjeve të mësipërme me qëllim rritjen e QoE së aplikacioneve që bazohen në këtë platformë. Këto aplikacione kërkojnë vonesa të ulta dhe të dhëna në kohë realë për të shfrytëzuar me efikasitet funksionalitet e tyre.

Kërkimi i bërë nga [85] rezultoj që infrastruktura egzistuese e Cloud nuk mund të zgjidhte këtë problem. Kërkimi i bazuar nga [86] tregoj që teknologjia MEC ka për qëllim të zgjidhë problemet kryesore sikurse janë; reduktimi i Bandwidth-it dhe Latents në rrjet me qëllim përmirësimin e QoE-s të përdoruesve fundorë. Kjo zgjidhje realizohet duke sjellë infrastrukturën Cloud sa më afër përdoruesit. Në [87] demonstron që shpërndarja e Cloudlets sa më afër përdoruesit përmirëson ekzekutimin e aplikacioneve me latents kritike. Trendi për të vendosur CC (Cloud Computing) sa më afër kufijve të rrjetit celular pritet të zhvillohet akoma më shumë në vitet në vijim. Në sajë të [88], sfidat dhe çështjet e hapura që e shoqërojnë MEC përfshijnë ndërveprimin e të dhënave, manaxhimin e burimeve, orkestrimin, zbulimin e shërbimit dhe Sigurinë.

8.2.2 Arkitektura e rrjetit MEC (Multiple – Access Edge Computing)

Kohët e fundit, kërkesat nga përdoruesit celular për shërbime Video, Game 3D etj është rritur në mënyrë eksponenciale rritëse. Operatorët Celular dëshirojnë t'ju ofrojnë këto shërbime klientëve me cilësi sa më të mirë, kosto të ulët dhe performancë të lartë. Nga ana tjetër, ofruesit hasin probleme me Bandwidth-in, probleme me manaxhimin e të dhënave dhe me përdorimin e burimeve në mënyrë sa më efikase, probleme me vonesat në rrjet për shërbimet video në kohë reale si IPTV etj. Gjithashtu rrjetat aktuale të aksesit Radio (RAN) janë të limituar. Për të zgjidhur këto probleme është propozuar rrjeti MEC, i cili propozon fuqizimin e skajeve të rrjetit. Sikurse tregohet në

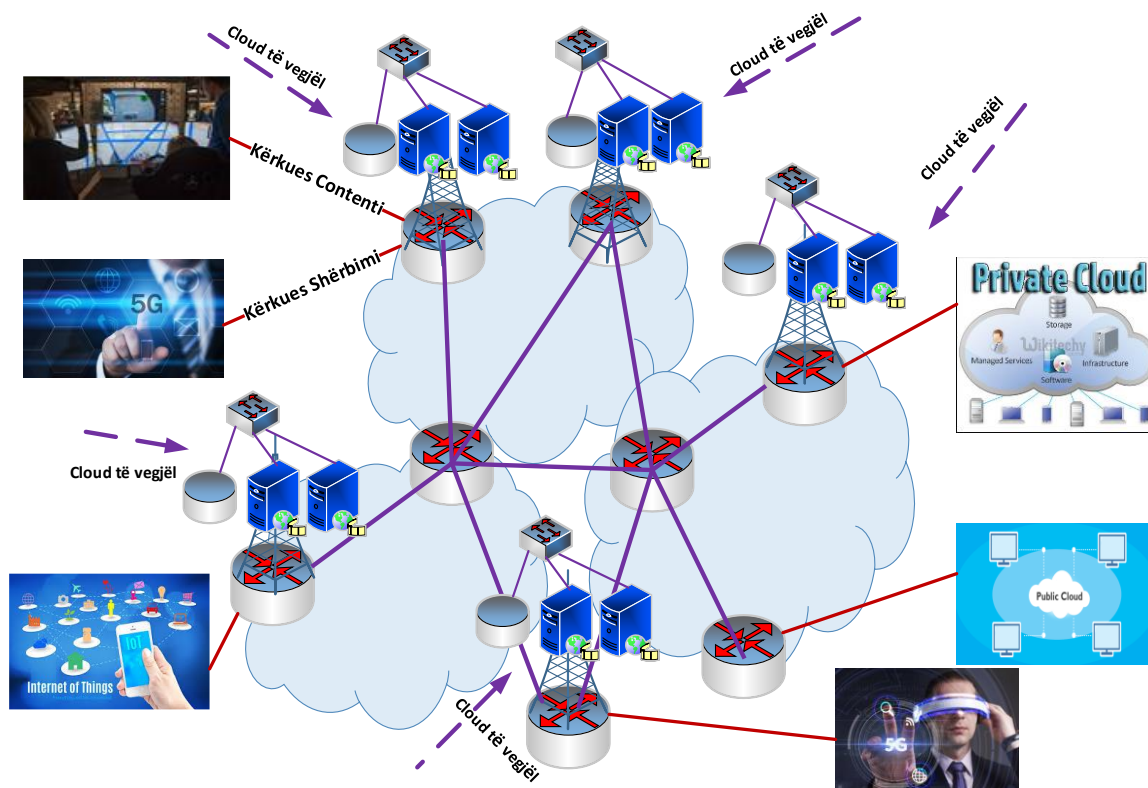


Figura 8.4: Ilustrimi i arkitekturës MEC

fig. 8.4, Serverat MEC janë implementuar direkt në stacionin bazë (BS) duke përdorur një platformë llogarritje të përgjithshme si dhe duke lejuar ekzekutimin e aplikacioneve shumë afër përdoruesve fundorë. Me këtë pozicionim, MEC mund të ndihmojë në plotësimin e një nga kërkesave më të rrepta të rrjetit 5G, sikurse është kërkesa për Latencë të ulët. Për më tepër, MEC ofron edhe përmirësime të ndryshme në rrjet duke përfshirë:

- Optimizimin e burimeve celulare prej hostimit të aplikacioneve me përrllogarritje intensive sa më në skaj të rrjetit
- Para - përpunimin e të dhënave të mëdha para se ato të dërgohen në Cloud

- Ofrimin e Shërbimeve me njohuri të kontekstit (Context-aware Service) duke marrë informacionet nga RAN si ngarkesa e qelizës, pozicioni i përdoruesit dhe alokimi i bandwidth-it.

Megjithëse MEC në thelb ngjason me konceptin e ‘Fog Computing’ [89] dhe të dyja janë përmendur shpesh si të shkëmbyeshme me njëra – tjetrën, ato përseri kanë ndryshime të lehta midis tyre. Ndërkohë që ‘Fog Computing’ është një term i përgjithshëm që kundërshton Cloud Computing në zhvendosjen e përpunimit dhe burimeve të rruajtjes drejt shtresave më të ulta, MEC ka specifikisht si qëllim zgjerimin e këtyre mundësive në kufij të RAN me funksione të rreja të ndara dhe me një ndërfaqe të rre midis BS-ve dhe shtresave më lart. Fog Computing është parë me tepër i përdorur nga paisjet Getway të bizneseve, ndërsa infrastruktura MEC është implementuar dhe zotëruar nga Operatorët Celular.

8.2.3 Vecoritë e përdorimit të teknologjisë MEC

MEC është një koncept i rri rrjeti që mundëson zgjerimin e zhvendosjes së Cloud-it në vende ku ka njerëz dhe objekte për tu lidhur. Ajo prezanton qendra të dhënash të vogla (Cloud të vegjël) në kufij të rrjetit duke synuar përmirësimin e shërbimit të përdoruesit fundor. Për shërbimet Video Streaming (psh. Shërbimi IPTV), përdorimi i MEC sjell përfitimin e shërbimeve me cilësi të lartë, vonesa dhe Bandwidth të ulët. Vecoritë kryesore të teknologjisë MEC janë:

Ofrimi i shërbimeve në kohë reale – siguron Latencë të ulët aplikacioni pikë më pikë për përfitimin e shërbimeve video në kohë reale ose për komunikimet kritike.

Ndërveprimi – ofron shpejtësi maksimale transaksionesh midis një përdoruesi dhe Cloud për një IUE (Interactive User Experience).

Privatësi – ofron komunikime Lokale me performancë, siguri dhe privatësi shumë të mirë.

IoT – mundëson njohuri në kohë reale për të shfrytëzuar të dhënat në momentin e kapjes, ku vonesat janë shumë të vogla dhe përdorimi i Bandwidth-it është minimal.

Rruajtja dhe përlllogaritja e të dhënave të mëdha – ofron mundësi përlllogaritjeje dhe rruajtje të të dhënave lokale (në afërsi të përdoruesin fundor) për shumicën e kërkesave që vijnë në rrjet nga përdoruesit celular.

Mundësimi i Aplikacioneve dhe shërbimeve specifike me anë të ndërfaqjes API (API Framework) – shërbimet ekspozojnë informacionin e rrjetit dhe të kontekstit nëpërmjet disa API të lidhur me shërbimet. Një grup shërbimesh të ndryshme mund të aplikohen në shumë vende të ndryshme.

Manaxhim dhe orkestrim të shërbimit me anë të API – Lehtëson zbatimin e aplikacioneve në vendin dhe kohën e duhur bazuar në parametrat teknike dhe atyre të biznesit.

8.2.4 Teknologjia SDN dhe Rrjeti MEC

Kohët e fundit Multi – Access Edge Computing (MEC), e prezantuar dhe specifikuar nga Instituti European i standarteve të telekomunikacionit (ETSI) [90] ka tërhequr vëmendjen e shumë grupeve kërkimore për shkak të përfitimeve premtuese që sjell në rrjet. Rrjeti MEC është një platformë që mundëson aplikacione si funksione të Cloud-it [91-92] në skaje të rrjetit dhe shumë afër përdoruesit fundor. Përveç kësaj, MEC nuk është karakterizuar vetëm nga afërsia me RAN, por gjithashtu edhe nga sigurimi në kohë reale të informacionit të aksesit në rrjetin radio. Ky informacion mund t'ju ekspozohet Aplikacioneve; në këtë mënyrë përfitohet Latente e ulët, e cila është një vecori thelbësore e MEC. Specifikimet ETSI kanë një sasi të madhe funksionesh për të siguruar që MEC mund të jetë zgjidhja e shumë problemeve në rrjetat aktuale celulare. Jo vetëm që MEC ofron përfitime teknike, por gjithashtu ai krijon një treg të rri dhe një tërësi vlerash që nuk është parë më parë në rrjetat celulare. MEC e hap rrjetin drejt aktorëve të tretë të autorizuar, të cilët mund të zhvillojnë dhe instalojnë aplikacione inovative, duke përfituar njëkohësisht aktorët e tretë dhe zotëruesat e rrjetit. Për të pasur aplikacione të shumëllojshme dhe të zgjuara drejt rrjetin 5G, operatorët celularë duhet të shtyjnë në infrastrukturë kufijtë e

rrjetave egzistues dhe shërbimet që do të ofrojnë. Shërbimet që kërkojnë Latencë të ulët janë rritur ndjeshëm dhe shtyrja e shërbimeve të rrjetit në kufij ka potencialin të përmirësojë latencën dhe eksperiencën e përdoruesit, si dhe të shkarkojë trafikun e Internetit. Suksesi i jashtëzakonshëm që ka krijuar teknologjia SDN në rrjetat jo celulare, jep impulset iniciuese për ta aplikuar atë edhe në rrjetin bërthamë (CN) të LTE [93]. Me ndarjen e planit të të dhënave dhe të kontrollit, SDN siguron mundësi për të programuar dhe virtualizuar si aplikacione potenciale MEC, komponentë të rrjetit Celular si paisjen e manaxhimit të lëvizshmërisë (MME), planin e kontrollit të SGW (Serving Gateway) dhe planin e kontrollit të PGWC (Packet Gateway). Me anë të SDN, sigurohet programueshmëria e CN, e cila përbën pikën e saktë ku MEC mund të lehtësojë programueshmërinë e tij në RAN dhe më tej të delegojë vendimet e kontrollit. Rrjetat MEC dhe SDN janë komplementare të njera tjetrës, por të dyja kanë të njëjtat objektiva në mënyrën e aplikimit të rregullave specifike në planin e të dhënave. Pavarësisht interesave kërkimore të konsiderueshme mbi rrjetat SDN dhe MEC, dhe më së shumti të fokusuar tek framework konceptual, përsëri nuk ka asnjë platformë të hapur si referencë për kërkuesit shkencor me qëllim vlerësimin e përfitimeve nga rrjeti MEC dhe shërbimet që mundëson teknologjia SDN. Në këtë mënyrë bëhet i rëndësishëm shfrytëzimi i teknologjisë SDN me anë të ekosistemit të shërbimeve dhe aplikacioneve, me qëllim sigurimin e programueshmërisë së rrjetit pikë më pikë (end-to-end).

8.3 Optimizimi i shërbimit IPTV nga ndërveprimi i platformës MEC dhe teknologjisë SDN

Ofruesi i shërbimit IPTV, e cila quhet SMC IPTV ISP është gjithmonë i interesuar për përmirësimin e vazhdueshëm të shërbimit IPTV. Pas implementimit të teknologjisë SDN dhe Virtualizimit (Kap 4), QoE e shërbimit nga këndvështrimi i përdoruesve fundorë u rrit ndjeshëm, u ul kostoja e përfitimit të shërbimit IPTV si dhe nëpërmjet implementimit të

proçesorit GPU u arrit rritje të performances së shërbimit. Kërkesat për këto shërbime janë rritur tmerësisht shumë duke rritur në të njëjtën kohë edhe Bandwidth-in e kërkuar në rrjet, duke rritur vonesat për përfitimin e shërbimit si dhe duke e bërë shumë të veshtirë manaxhimin dhe kontrollin e të dhënave shumë të mëdha. Gjithashtu rritja e përdoruesve të IoT, shërbimeve 5G, përdoruesve celularë si dhe atyre të medias sociale, ka sjelle rritjen e numrit të paisjeve në rrjet si dhe rritjen e trafikut në cloud-in qëndror (rritet ngarkesa dhe aftësitë përlllogaritëse). Kjo shkakton probleme për aplikacionet në kohë reale ku vonesa është një faktor shumë i rëndësishëm. Në këtë mënyrë është prezantuar teknologjia MEC, e cila zhvendos burimet në kufij të rrjetit dhe afër përdoruesve celularë dhe atyre IoT duke siguruar shërbimet video streaming në kohë reale me vonesa dhe Bandwidth të ulët, si dhe me performncë të lartë.

8.3.1 Ndërtimi i arkitekturës së optimizuar të ofrimit të shërbimit

IPTV me anë të teknologjisë MEC dhe SDN

Bazuar në parimet e teknologjisë SDN dhe nga përfitimet e mëdha që solli në ofrimin e shërbimeve streaming, konkretisht ofruesi i shërbimeve IPTV, Video dhe Internet (SMC IPTV ISP) ka ndërtuar arkitekturën e rrjetit të optimizuar për ofrimin e shërbimit IPTV me latentë të ulët dhe QoE të lartë. Kjo arkitekturë bazohet në teknologjitë MEC dhe SDN. Sikurse shihet edhe nga Fig. 8.5, si dhe duke u bazuar në punët e papërfunduara të autorëve të tjerë [94], pjesa e teknologjisë së MEC është ndërtuar nga tre shtresa si Aplikacioni MEC, vetë Platforma MEC si dhe nga shtresa e Abstraktimit.

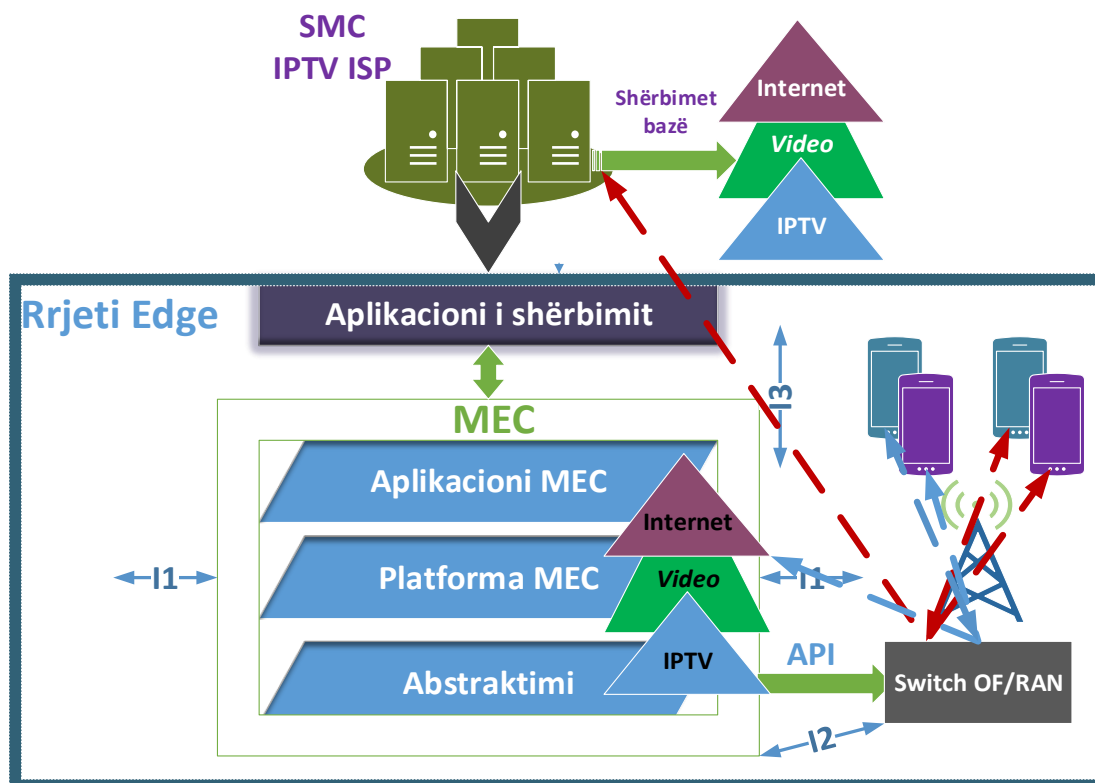


Figura 8.5: Arkitektura e Optimizimit të shërbimit IPTV sipas MEC bazuar në SDN

Gjithashtu Platforma MEC përfshin API-in e planit të të dhënave për të siguruar ndarjen pikë më pikë të planit të kontrollit nga plani i të dhënave, duke ndjekur me saktësi parimet thelbësorë të teknologjisë SDN. Ajo përfshin Manaxhuesin e detyrave të aplikacioneve në kohë reale dhe API të aplikacionit në nivel të ulët, me qëllim arritjen e ofrimin të shërbimit me Latentë të ulët. Një kopje e shërbimeve që ofron qendra e dhënave janë transferuar në kufij të Përdoruesit fundor, pra në Platformën MEC me qëllim përfitimin e shërbimit IPTV me vonesa dhe latentë të ulët, si dhe me QoE dhe performancë të lartë. Sipas llogjikës së implementimit të MEC, është ndërtuar një rrjet Edge (afër përdoruesit) i cili përfshin shërbimin në nivel Aplikacioni, Platformën MEC me ndërfaqjet përkatëse, Switch-in

OpenFlow ose RAN, Stacioni Bazë si dhe përdoruesit Fundorë Celular. Elementë përbërës të kësaj arkitekture dhe ndërfaqjet janë ndërtuar sipas specifikimeve ETSI të MEC [95] për të mbështetur plotësisht funksionalitetet e siguruara nga ndërfaqjet I2 dhe I3, si dhe duke rruajtur pajtueshmërinë 3GPP.

8.3.2 Shtresa e Abstraktimit

Shtresa e Abstraktimit modelon dhe ekspozon operacionet për shtresën themelore të rrjetit me anë të një ndërfaqjeje të unifikuar API. Në mënyrë natyrale këto ndërfaqje API përfshijnë shtresën e abstraktimit për planin e kontrollit dhe planin e të dhënave të rrjetit celular duke siguruar vetëm informacionin e nevojshëm për zhvillimin e Aplikacioneve MEC dhe Platformës MEC. Si funksion shtesë nga procesi i Monitorimit, ato lejojnë kontrollin fleksibël dhe të programueshëm të infrastrukturës RAN.

8.3.3 Platforma MEC

Platforma MEC luan rolin e një bërthame midis Aplikacioneve MEC dhe elementëve real të rrjetit. Ajo strukturon ‘Trurin’ e MEC, e cila meret me kontrollet thelbësore të shërbimeve si trigerimi dhe regjistrimi i ngjarjeve duke siguruar suportin e latentës së ulët dhe integrimin e librarive. Përveç këtyre, platforma MEC gjithashtu implementon bllogjet ndërtuese të nevojshme për të krijuar aplikacionet MEC, duke thjeshtësuar në këtë mënyrë ri-përdorimin e elementëve të bërthamës dhe shërbimeve. Kjo i jep mundësinë zhvilluesve të aplikacioneve që të fokusohen më shumë në specifikat e aplikacioneve MEC sesa tek funksionalitetet e detajuara të rrjetit thelbësor. Gjithashtu já vlen të përmendim që implementimi aktual i rrjetit MEC sipas arkitekturës LL-MEC të ndërtuar në [96] nuk mbështet pikën referuese I1 të përdorur për komunikimin me platformat e tjera MEC.

8.3.4 Aplikacioni MEC

Aplikacionet MEC kanë mundësi të limituara që të zhvillohen për një qëllim të caktuar pa pasur njohuri të detajuara të rrjetit themelor. Pika reference I3 ju mundëson Aplikacioneve MEC që të aksesojnë informacionet e rrjetit ose të delegojnë vendimet e kontrollit drejt rrjetit. Shume zgjidhje janë siguruar nga pika referencë I3 duke përfshirë REST API, linjën e mesazheve dhe API lokale. Një tjetër veçori thelbësore që ka teknologjia MEC është që aplikacioni mund të shpërndahet në ‘receta të ndryshme’ skedulimi si Raund Robin, first-in-first-out ose në skedulues të përcaktuar për të patur shkallë të ndryshme kohësh dhe prioritetesh gjatë ekzekutimit të një detyrë. Veçanërisht, aplikacionet që janë të lidhura me RAN mund të përfitojnë nga kjo veçori për të shmangur më vonë vonesën kur të ndërveproj me rrjetit radio.

Sikurse është treguar edhe tek Arkitektura e optimizimit të shërbimit IPTV me anë të MEC bazuar në zgjidhjen SDN (Fig.8.5) për dy përdorues celular ka dy rruge për përfitimin e shërbimit Video streaming IPTV:

- a) Rruga e parë është rruga tradicionalë (me ngjyrë të kuqe) ku përdoruesi fundor dëshiron të shikoj një kanal televiziv në kohë reale ose një video streaming duke e bërë kërkesën në internet drejt serverit të content-it real që zotëron ofruesi i shërbimit SMC IPTV ISP. Ndërsa, pjesën e Routimit të kërkesave që vijnë në rrjet, e realizon sipas parimeve të zgjidhjes SDN ofruar nga Switchi OpenFlow.
- b) Rruga e dytë është ajo me ngjyrë blu, ku dy përdoruesit celular realizojnë video streaming me anë të HTTP si një aplikacion i caktuar MEC. Në momentin kur fillon video streaming, arkitektura e mësipërme (Fig. 8.3) ka mundësinë që të programojë pathet e Routimit në mënyrë të tillë që aplikacioni Video të shkarkohet nga Serveri MEC dhe jo nga server real i ofruesit të shërbimit SMC IPTV ISP në internet. Gjithashtu rrjeti MEC përshtat edhe shpejtësinë e streaming sipas statusit të RAN.

Rrjedhimisht, shërbimet streaming si Video, IPTV përfitohen nga përdoruesit fundorë me Latentë të ulët dhe QoE të lartë.

KAPITULLI 9

Tre skenare simulimesh me simulatorin OMNeT++

Qëllimi kryesor i këtij kapitulli është demonstrimi i përfitimit të shërbimit IPTV tashmë të optimizuar dhe përmirësuar duke përdorur Zgjidhjen e rrjetit SDN dhe parimet e Teknologjisë MEC.

Si skenar të parë do të simulojmë përfitimin e shërbimit IPTV nga një përdorues fundor me anë të internetit duke përdorur protokollat streaming në kohë reale si RTP dhe RTCP.

Ndërsa si skenar të dytë do të simulojmë përfitimin e shërbimit IPTV streaming duke aplikuar zgjidhjen SDN dhe duke përdorur kontrollerin 'OpenFlow'.

Së fundi, si skenar të tretë simulimi do të realizojmë përfitimin e shërbimit IPTV me anë të implementimit të Teknologjisë MEC bazuar në një rrjet LTE-A.

Disa nga parametrat më të rëndësishme të linkut të transmetimeve për shërbimet multimediale si Video, Audio, IPTV etj në kohë reale janë vonesat fundore pikë më pikë, Bit Error Rate (BER), Latenta e përfitimit të shërbimit, Jitteri, SNIR dhe PacketLoss.

Të gjitha këto simulime do ti realizojmë me anë të platformës së simulatorit OMNeT++ [97]. Ky framework simulimi është një simulator rrjeti modular i orientuar sipas objekteve dhe ka një arkitekturë të përgjithshme e cila mund të përdoret në fusha të ndryshme problemesh. Idetë themelore të tij janë struktura të bazuara në module dhe mekanizmat e mesazheve. Simulimet OMNeT++ mund të kryhen me ndërfaqje të ndryshme përdoruesi. Nga pikëpamja e përdorimit, ky simulator është kompatibël me sistemet Operative si Windows, Linux, Fedore etj.

Simulatori OMNeT++, për shkak të arkitekturës fleksibel dhe universale është përdorur në shumë fusha të ndryshme si modelimi i protokollit, modelimi i radhës së rrjetit, vlerësimin e performancës të sistemeve kompleks softwarike, si dhe në sistemet hardware të shpërndara. Modulet mund të lidhen me njëra tjetrën nëpërmjet portave dhe të mund të kombinohen për të formuar Module të përbëra. Modulet mund të komunikojnë me njëra tjetrën me anë të mesazheve, ku mesazhet mund të përmbajnë struktura të dhënash arbitrare. Përdoruesi mund të konfigurujë cilësinë e lidhjeve duke përfshirë bandwidth-in, vonesat dhe BER. Mesazhet mund të dërgohen nga modulet burim drejt moduleve objektive duke u bazuar në parametrat e konfigurimit të lidhjes. Transmetimet direkte mund të dërgojnë mesazhet në modulën destinacion nëpërmjet bërthamës së simulatorit. OMNeT++ përdor gjuhën e përshkrimit të topologjisë së rrjetit NED (Network Element Discription) për të përcaktuar strukturën e rrjetit. Domethënë, lidhjet midis moduleve (Moduli i thjeshtë dhe Moduli i përbërë) si dhe topologjia e rrjetit ndërtohen në NED. Sjellja e moduleve përcaktohet nga gjuha C++ dhe të dhënat hyrëse ose dalëse vendosen në file '.ini' (zakonisht quhet omnetpp.ini). Omnet++ nuk është vetë simulator i ndonjë gjëje konkrete, por siguron infrastrukturë dhe mjete për të shkruar simulimet. Kohët e sotme janë krijuar shumë module apo frameworke me qëllimi zgjidhjeve e shume problemeve. Psh, framework INET është një paketë simulimi rrjeti i hapur që bazohet në platformën OMNeT++, e cila përmban shumë module dhe mbështet protokollet e rrjetit me kabull dhe Wireless si UDP, TCP, SCTP, IP, Ethernet, PPP, 802.11 etj. Sipas nevojës,

përdorimi i këtij simulatori redukton ngarkesën e simulimeve dhe përshpejton punën kërkimore [98].

9.1 Skenari i parë: Përfitimi i shërbimit IPTV me anë të Internetit duke përdorur protokollet në kohë reale të transmetimve streaming si RTP dhe RTCP.

Transmetimi i të dhënave video në rrjet ka veçori të tëra si kërkesa për Bandwidth të lartë, tolerancë ndaj humbjes së paketave, ndjeshmëria ndaj vonesave etj. H.264 si standart kodimi ka performancë të lartë në kompresimin e të dhënave. Në këtë mënyrë ky standart kodimi përdoret gjerësisht në komunikimet multimediale. Për të siguruar vazhdimësinë e të dhënave video në rrjet, ky standart duhet të zgjedhë protokollin e saktë të transmetimit video, me qëllimi garantimin e cilësisë së videos të transmetuar. Protokollin RTP përdoret për transmetimin e streameve të të dhënave multimediale me anë të Internetit. Protokollin RTP siguron marjen e shërbimit me karakteristika në kohë reale pikë më pikë (end – to – end) për të dhënat multimediale, si dhe realizon sinkronizimin e streame-ve. Në këtë mënyrë, realizimi i simulimeve me efikasitet dhe me saktësi të lartë përkthehet në vlerësim të saktë të cilësisë së shërbimit (QoE/QoS) të videos së transmetuar me anë të internetit si dhe në korrektësi të lartë të dizenjimit të arkitekturave të rrjetit.

9.1.1 Protokollin RTP në platformën OMNeT ++

Për të realizuar transmetimin e sesioneve video në kohë reale përdoret protokollin RTP. Paketat e të dhënave ‘RTP Payload’ janë të dhënat video origjinale që transportohen nga shtresa e aplikacionit drejt shtresës së transportit, dhe më pas përfundimisht në shtresën e rrjetit. Nëse paketat e të dhënave nuk janë ndarë para shtresës së aplikimit dhe nuk janë ngarkuar në paketa RTP, atëherë ajo do të prodhojë paketa më të mëdha se maksimumi i njësisë së transmetimit të rrjetit IP (MTU). Rrjedhimisht, kjo do të shkaktojë humbje të

paketave të të dhënave. Megjithatë, në standartin korespondues egzistojnë formate të ndryshme payloadi dhe shtresa e rrjetit do të ndaje blloqet e mëdhaja në paketa më të vogla se IP MTU. Këto paketa më pas do të transmetohen nga protokollin RTP duke shmangur humbje të medha të paketave në rrjet.

Simulimi i transmetimit të të dhënave video streaming (ose shërbimit IPTV) përdor stakun e protokollit RTP në frameworkun INET. Konkretisht simulimi yne do te kryhet në platformën OMNeT ++ , versioni 4.2.2 dhe me framework INET 2.2. Konkretisht, funksionin e transmetimit të të dhënave video streaming e kryejnë modulet specifike simuluese në OMNeT++.

Moduli 1: (Moduli RTPApp)- Moduli RTPApp është një modul i thjeshtë aplikimi që përdor protokollin RTP. Ky modul përdoret për procesimin e paketave të të dhënave RTP nga shtresa e transportit, ose për dërgimin e të dhënave mediale drejt shtresës të transportit. Ky modul përfshin parametra të rëndësishme si Emri i fileit (fileName), emri i profilit (profileName) dhe lloji i payload (PayloadType). Parametri ‘Emri i fileit’ përcakton nëse aplikacioni RTP është përdorur si Dërgues ose si ‘Marës’. Kur Emri i fileit është përcaktuar, atëherë RTPApp operon si një marës, ndërsa nëse është bosh, atëherë RTPApp është përdorur si një ‘Dërgues’. ‘Emri i profilit’ është një profil i krijuar nga moduli RTP dhe që zakonisht quhet ‘RTPAVProfile’. ‘Lloji i payload-it’ si modul krijohet nga profili RTP (RTPProfile), e cila do të përdoret për të shënuar llojet specifike të fileve të transmetimit.

Moduli 2: (Moduli RTP)- ky modul është një njësi funksionale e rëndësishme e dizenjimit. Ajo është pjesa kryesore e transmetimit të video streaming. RTPApp kërkon modulin RTP që të gjenerojë një modul profili të transmetimit, si dhe për ta iniciuar atë. Moduli RTP është përgjegjës edhe për komunikimin me aplikacionin dhe shtresën UDP.

Moduli 3: Moduli i profilit RTP (RTPProfile Module)- ky modul përdoret për të kontrolluar dhe gjeneruar modulet dërguese dhe marëse. Në sajë të llojit të payload dhe

emrit të profilit, moduli i profilit RTP gjeneron module marëse dhe dërguese në mënyrë dinamike. Ato quhen respektivisht:

RTP<emri i profil-it>Payload<lloji i Payload>Dërgues

RTP<emri i profil-it>Payload<lloji i Payload>Marës

Moduli 4: Moduli dërgues i Payload RTP (RTPPayloadSender module)- përdoret për të marë paketat e të dhënave RTP. Ajo përmban veçoritë e paketës si filelet e të dhënave të hapura dhe atyre të mbyllura, vlerën e kohës, leximin e parametrin MTU (vlera e brendshme e saj është marë nga moduli i profilit). Për një qëllim të caktuar, kryhet edhe procesi i paketimit të paketave.

Moduli 5: Moduli i marësit të Payload RTP (RTPPayloadReceiver module) – përdoret për të përpunuar paketat e dërguara nga moduli dërgues. Në kohën fillestare, ai hap një file output dhe gjeneron një rradhë (Queue) për të rruajtur paketat e mara. RTPInnerPackets kanë vetëm një paketë të të dhënave RTP të paketuar në kohën e përpunimit. Këto funksione të pesë moduleve janë treguar në Figurën 9.1.

Në pikën dërguese, Moduli i shtresës aplikacion kërkon modulin RTP për të krijuar modulin dërgues të koduesit specifik referuar Emrit të profilit dhe llojit të Payload. Këto dy parametra janë të përcaktuar në file të konfigurimit omnetpp.ini. Moduli RTP do tja çojë këtë detyrë Profilit RTP për ta kryer. Moduli Dërgues zotëron modulin ‘Dërguesin e Payload RTP’ (RTPPayloadSender) dhe mbishkruan metoden e organizimit të paketimit të të dhënave, e cila quhet DërguesPakete().

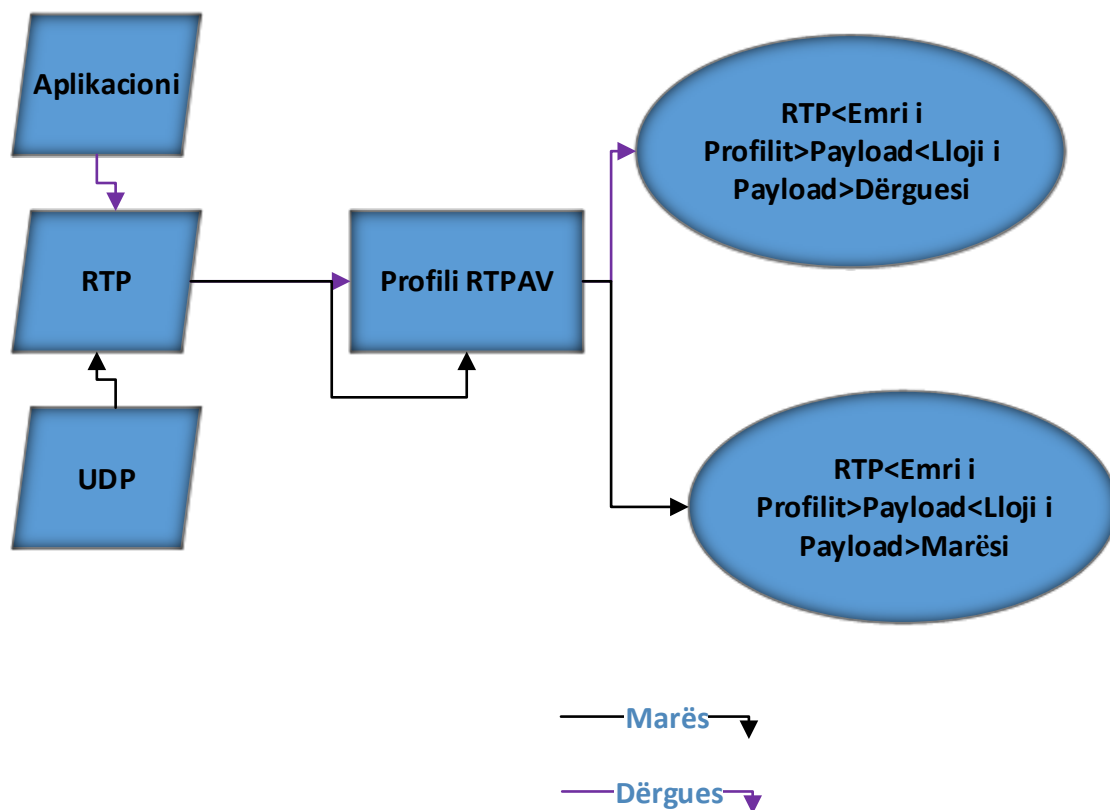


Figura 9.1: Modulet RTP që bazohen në transmetimet video streaming dhe IPTV në kohë reale

Në pikën marëse, moduli RTP do të dërgojë paketat e të dhënave RTP në modulën e Profilit të RTP (RTPProfile). Ky modul do të krijojë profilet e marjes së të dhënave duke u bazuar në llojin e Payload i cili ndodhet në Kokën e paketës RTP dhe Emrin e profilin (të përcaktuar në file omnetpp.ini). Moduli marës mbart modulën 'Marës të payload RTP' (RTPPayloadReceiver) dhe mbishkruan metodën e organizimit të zërthimit të të dhënave, e quajtur PërpunimiPakete().

9.1.2 Ndërtimi i strukturës logjike dhe konfigurimi i mjedisit të simulimit.

Simulimi i shërbimit të transmetimit H.264 përdor protokollin RTP në Frameworkun e INET. Për të suportuar shërbimin H.264, moduli RTP krijon modulet H.264 dërguese dhe marëse në mënyrë dinamike. Në këtë mënyrë përcaktohen modulet ‘RTPAVProfilePayload264Receiver’ dhe ‘RTPAVProfilePayload264Sender’. Moduli ‘RTPAVProfilePayload264Sender’ përfundon ekstraktimin dhe paketimin e të dhënave Video IPTV H.264, ndërsa moduli RTPAVProfilePayload264Receiver përfundon ekstraktimin dhe zbërthimin e të dhënave video H.264 bazuar në RFC3984 [99].

Në fillimi të simulimit, lexohen të gjitha parametrat e konfigurimit nga filet omnetpp.ini dhe *.ned. Hapi i parë është krijimi i strukturs logjike të rrjetit (*.ned) dhe konfigurimi i mjedisit të simulimit (omnetpp.ini). Modulet e përbëra konsistojnë në tre pjesë, të quajtura parametër, submodul dhe lidhje. ‘Parametër’ përcakton parametrat e modulit të cilat do të krijohen në NED file ose në file omnetpp.ini. ‘Submoduli’ përcakton submodulet që i takojnë moduleve të përbëra. ‘Lidhja’ përcakton lidhjen midis submoduleve të moduleve të përbëra.

Në simulimin që do të realizojmë për transmetimin e shërbimit Video sipas standartit të kodimit H.264, nevojitet të kryhen këto hapa:

Së pari krijohet rrjeti në frameworkun INET të OMNeT++, dhe konkretisht ai quhet ‘Sk1IPTV’.

Së dyti krijohen modulet dërguese dhe marëse, konkretisht hostet specifik RTP të quajtura ‘Dërguesi’ dhe ‘Marësi’ të cilat janë përgjegjëse për dërgimin dhe marjen e të dhënave video H.264. Këto dy module përfundojnë procesin e paketimit dhe zbërthimit.

Struktura e një 'Dërguesi' apo 'Marësi' është paraqitur në figurën e mëposhtme 9.2.

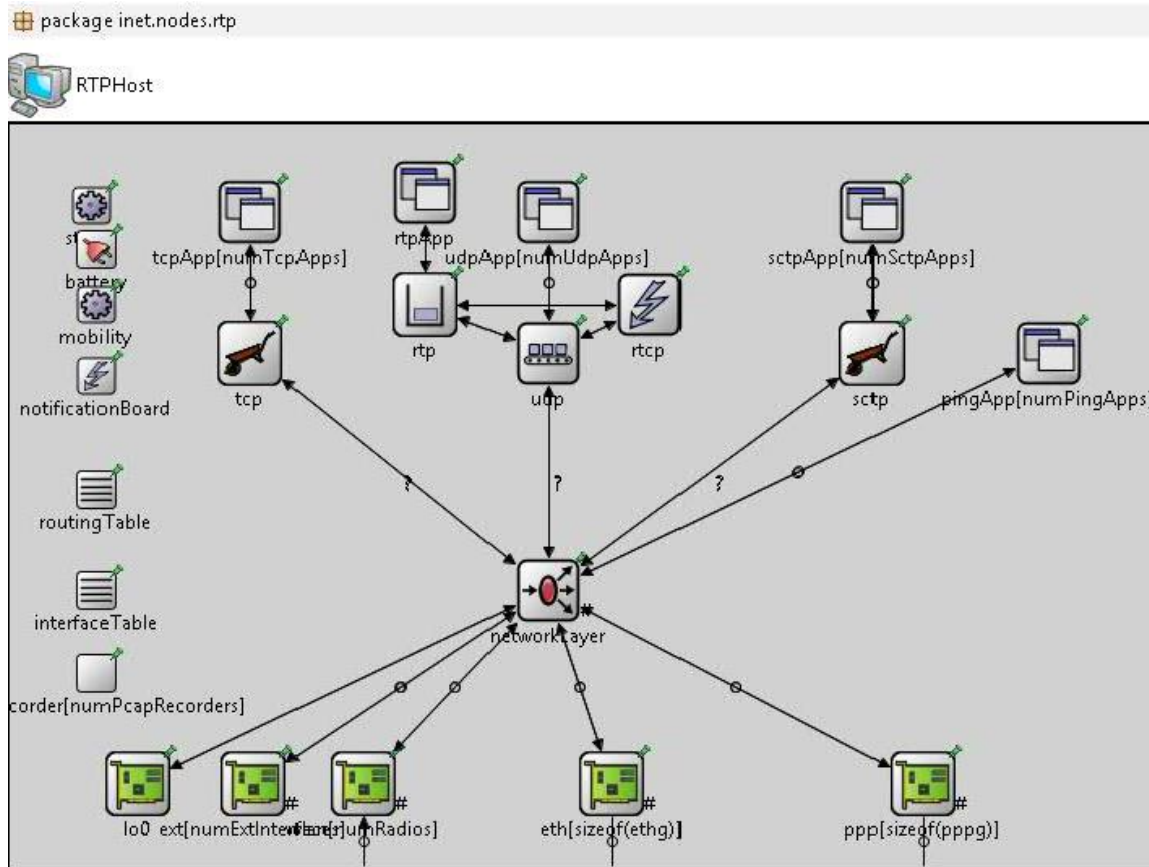


Figura 9.2: Struktura e një hosti RTP

Në file .ned të moduleve të dërguesit dhe marësit (modulit RTPHost), janë shtuar submodulet: aplikacioni rtp, rtp, rtcp. Me anë të përdorimit të gjuhës NED, përcaktohet lidhja e portave të submoduleve. Psh, metoda e përcaktimit të lidhjeve për submodulet rtpapp dhe rtp është:

```
rtpapp.rtpOut --> rtp.appIn;
```

```
rtpapp.rtpIn <-- rtp.appOut;
```

Së treti do të krijohen elementet e routimit të të dhënave video, konkretisht 3 IPv4 Routers që suportojnë ndërfaqjet pa tela, PPP, Ethernet dhe të jashtme.

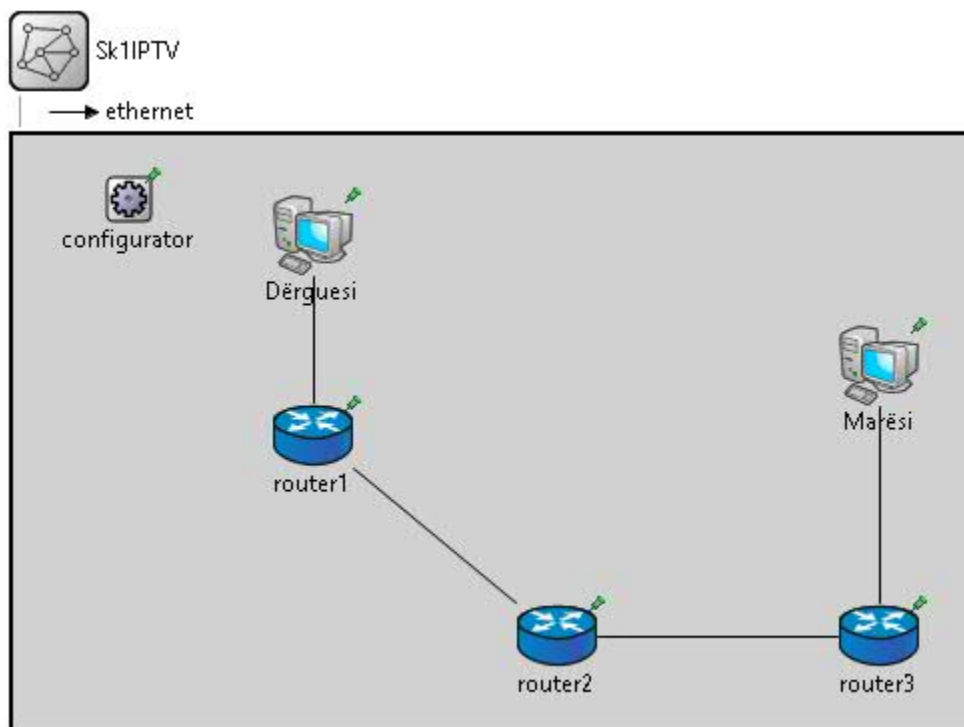


Figura 9.3: Transmetimi i të dhënave video H.264 midis një Dërguesi dhe një marësi (.ned file).

Së katërti krijohen lidhjet e submoduleve me njëra tjetrën që në rastin konkret janë lidhje Ethernet sikurse tregohet edhe në Fig 9.3.

Në këtë mënyrë është realizuar krijimi i file Sk1IPTV.ned. Me anë të gjuhës së NED, arihet të realizohet edhe lidhja midis submoduleve me portat përkatëse. Psh në simulimin përkatës, metoda e përcaktimit të portave nga Moduli 'Dërguesi' drejt router1, nga router1 drejt router2, nga router 2 drejt router3 si dhe nga router3 drejt modulit 'Marësi' është si më poshtë:

```
Dërguesi.pppg++ <--> ethernet <--> router1.pppg++
```

```

router1.pppg++ <--> ethernet <--> router2.pppg++;
router2.pppg++ <--> ethernet <--> router3.pppg++;
router3.pppg++ <--> ethernet <--> Marësi.pppg++;

```

Duke u bazuar në parametrat e portave të mësipërme në file Sk1IPTV.ned, paramterat e modulit marës dhe dërgues janë konfiguruar në file omnetpp.ini, konkretisht në file ‘Sk1IPTV.ini’ i cili përfshin emrin e file-it, adresen destinacion, numrin e portës, Bandwidth dhe emrin e profilit. ‘Emri i file’ është përdorur për të shënuar emrin e file të dërguar nga Dërguesi. Nëse është modul marës, atëherë emri i file është bosh. ‘Emri i profilit’ mund të lidh file omnetpp.ini me profilin RTPAV.

Për dërguesin, emri i file është send.h264; adresa destinacion është ‘maresi’; emri i profilit është inet.transport.rtp.RTPAVProfile; numri i portës është 5004 dhe Bandwidth është 8000. Për marësin, emri i file është bosh; adresa destinacion është ‘dërgues’; emri i profilit është inet.transport.rtp.RTPAVProfile; numri i portës është 5004; Bandwidth është 8000 dhe emri i file output është rcv.h264.

Në këtë mënyrë kemi krijuar topologjinë e rrjetit që është gati për simulim me anë të file Sk1IPTV.ned, si dhe parametrat e moduleve ‘Dërgues’, ‘Marës’ dhe të submoduleve të tjera duke krijuar me sukses file Sk1IPTV.ini. Gjithashtu është krijuar logjikisht komunikimi midis moduleve ‘Marëse dhe Dërguese’, të cilat do të shkëmbejnë IPTV video streaming me njëra tjetrën.

Proçesi i simulimit paraqitet me ane të një ndërfaqeje speciale, e quajtur Tkenv, e cila tregon me detaje ngjarjet specifike, kohën, numrin e veprimeve të moduleve dhe submoduleve etj. Kjo ndërfaqe, sikurse paraqitet edhe në Figurën 9.4 verifikon edhe vlefshmërinë e topologjisë së rrjetit, e cila dukshëm në kohë reale tregon cilat module marin ose dërgojnë paketat e të dhënave.

Moduli Marës mer paketat H.264 të transmetuara nga RTP dhe i ri-kombinon në paketa të dhenash. Më pas paketat e të dhënave transmetohen drejt modulit RTP më lart, ku nga

moduli Marës (RTPAVProfilePayload264Receiver) përfundimisht ri-gjenerohet në video streaming original të koduar H.264.

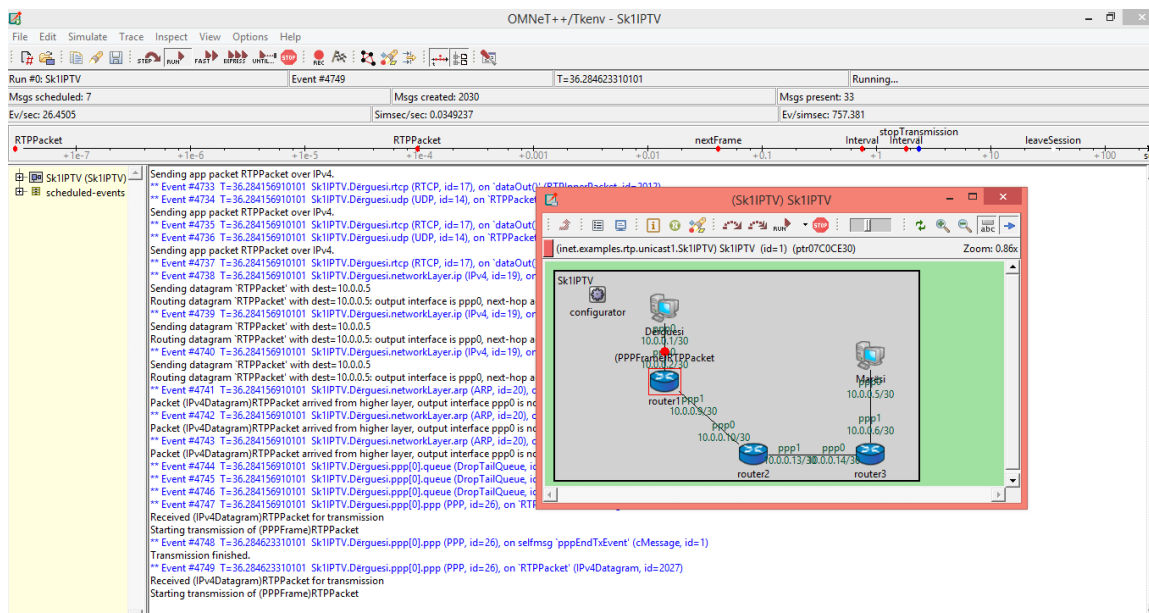


Figura 9.4: Rezultati përfundimtar në ndërfaqjen Tkenv

Në këtë skenar simulimi të parë, do të marim në shqyrtim vlerësimin e disa parametrave shumë të rëndësishëm që ndikojnë drejtpërsëdrejti në cilësinë e imazheve të përfitimit të shërbimit IPTV nga përdoruesit fundorë: *vlerësimin e Vonesës pikë më pikë të përfitimit të shërbimit video streaming, koha e mbajtjes së paketave në radhë, humbja e paketave (Packet Loss) si dhe paketat e refuzuara prej gabimeve të bitit (DroppedPkErrorBit)*. Qëllimi kryesor i këtyre simulimeve është nxjerja në dukje e përmirësimit të cilësisë së shërbimit IPTV nga zbatimiti i zgjidhjeve të rreja në rrjet sikurse është SDN dhe teknologjia MEC.

- a) Vlerësimi i vonesës pikë më pikë

Sipas skemës së rrjetit të treguar në fig. 9.3, është konfiguruar rrjeti me modulet dhe submodulet përkatëse në file .ned, si dhe janë përcaktuar parametrat e tyre me anë të krijimit të file .ini.

-Simulimi i parë është realizuar për 300s

-Video e dërguara nga Moduli Dërgues është lego_video.mpg.gdf, me madhësi 54.528 Bytes.

-Gjenerimi i të dhënave përfundimtare të simulimit në OMNeT++ IDE realizohet në tre forma; të dhëna vektoriale, të dhëna skalara dhe ato histogram. Në përgjithësi të dhënat vektoriale janë funksion i kohës, ndërsa ato skalara regjistrojnë vlera të ndryshme. File e rezultateve jane .vec dhe .sca.

-Bandwidth = 10Mbps (datarate)

Vonesa fundore midis ‘Dërguesit’ dhe Marësit gjatë përfitimit të video streaming është si në figurën e mëposhtme:

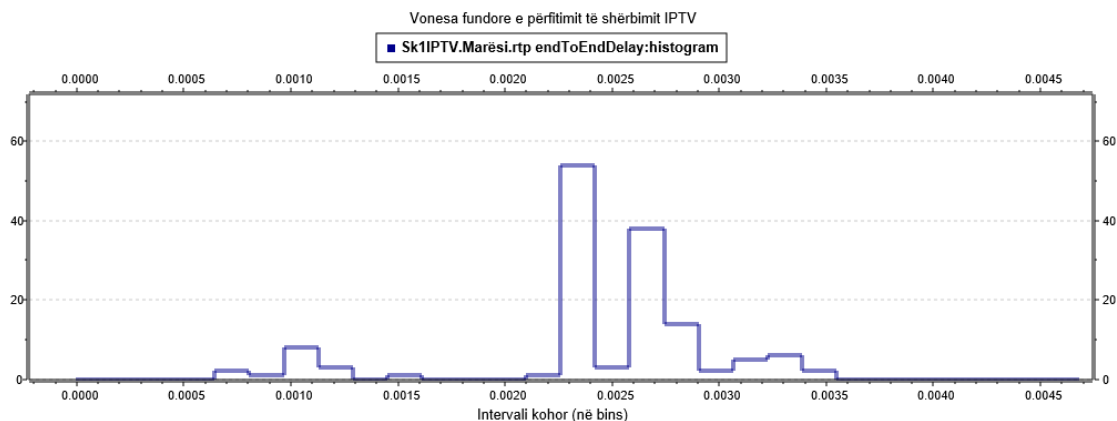


Figura 9.5: Vlerësimi i vonës pikë më pikë gjatë përfitimit të shërbimit IPTV

Vonesa fundore arrihet në Modulën Marës RTP, e cila arin vlerën maksimale 54 sekonda, në intervalin bins (0.00225804484 .. 0.0024194981733333). Ky grafik është nxjerë nga analiza e të dhënave Histogram ku karakteristikë e saj është rradhitja e të dhënave në klasa,

kategori sipas një linje numrash. Në këtë mënyrë, sipas boshtit x në grafikun e mësipërm shfaqet si rradhitje të dhënash intervali kohor në bins, e cila zakonisht quhet interval klase dhe që është karakteristikë e të dhënave Histogram.

Nga moduli Dërgues rtp nuk shfaqet asnjë vonesë.

b) Vlerësimi i kohës së pritjes së paketave për transmetim

Për të vlerësuar kohën e pritjes së paketave gjatë transmetimit të video streaming nga moduli Dërgues drejt Modullit Marës, janë marë në studim serisht të dhënat 'Histogram'. Sikurse tregohen edhe në Fig. 9.6, koha më e gjatë e pritjes së paketave ka ndodhur në Router 1, dhe konkretisht është 93 sekonda në intervalin bins (-1.346E-5 .. 1.346E-5.)

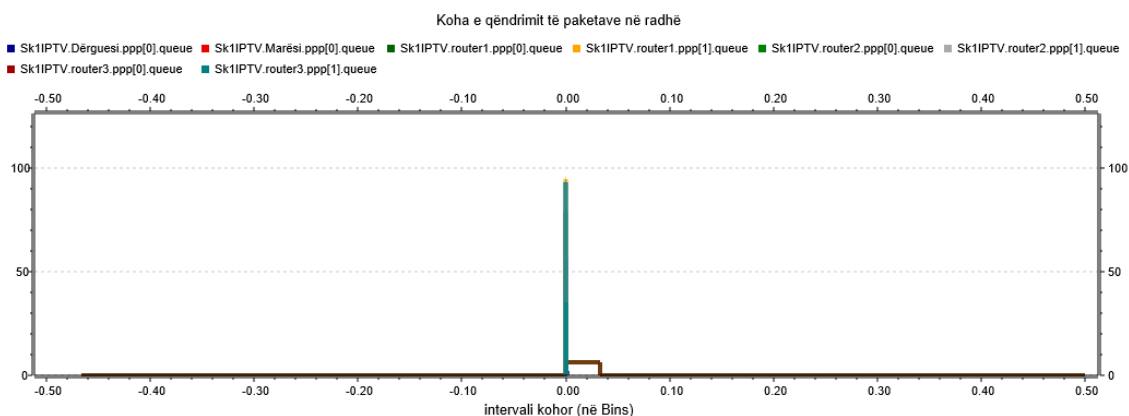


Figura 9.6: Vlerësimi i kohës së qëndrimit të paketave në radhe

c) Vlerësimi i paketave të humbura (PacketLoss)

Një nga parametrat shumë të rëndësishëm gjatë transmetimit të video streaming është edhe ajo e humbjes së paketave, e cila sa më e vogël të jetë aq më i mirë është cilësia e shërbimit dhe performanca e përfituar nga përdoruesit fundorë. Për të marë një përcaktim të saktë të këtij parametri, kemi vlerësuar numrin e paketave të dërguara nga Moduli Dërgues udp drejt Modullit Marës rtp (në byte), si dhe numrin e paketave të mara nga moduli Marës rtp

(në byte). Logjikisht diferenca e tyre përcakton vlerën e humbjes së paketave. Nga file i përfundimeve të gjeneruar, kemi marë në shqyrtim të dhënat skalare.

Sikurse tregohet edhe në figurën e mëposhtme, numri i paketave të dërguara nga Dërguesi udp është 55802 Byte.

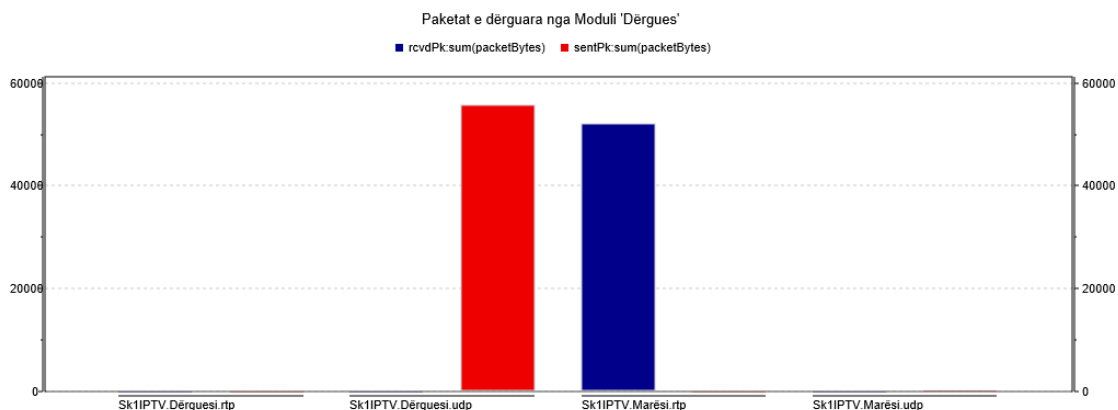


Figura 9.7: Vlerësimi i paketave të dërguara nga moduli Dërgues dhe ai i përftuar nga Moduli Marës

Ndërsa numri i paketave të mara nga Marësi rtp janë 53410 Byte. Rrjedhimisht, numri i paketave të humbura është $55802 - 53410 = 2392$ paketa. Duke ju referuar formulës së mëposhtme të llogaritjes së humbjeve të paketave në përqindje, atëherë për skenarin e parë të simulimeve, kjo humbje e paketave $P(H)$ është 4.28%.

$$P(H) = P(h)/N$$

Ku $P(h)$ është numri i paketave të humbura

N është numri i përgjithshëm i paketave të dërguara nga Dërguesi

d) Vlerësimi i numrit të paketave të refuzuara si rezultat i gabimeve të biteve

Për të nxjerë vlerën e saktë të gabimeve të biteve dhe numrin e paketave të refuzuara kemi marë në analizë të dhënat vektoriale. Prej këtyre të dhënave, sikur shihet në grafikun e mëposhtëm, numri i gabimeve të biteve është 2, ndërsa numri i paketave të refuzuara ose skarcuara në intervalin kohor (Start time:35.535379689137; End time 36.202512755793) është 583.

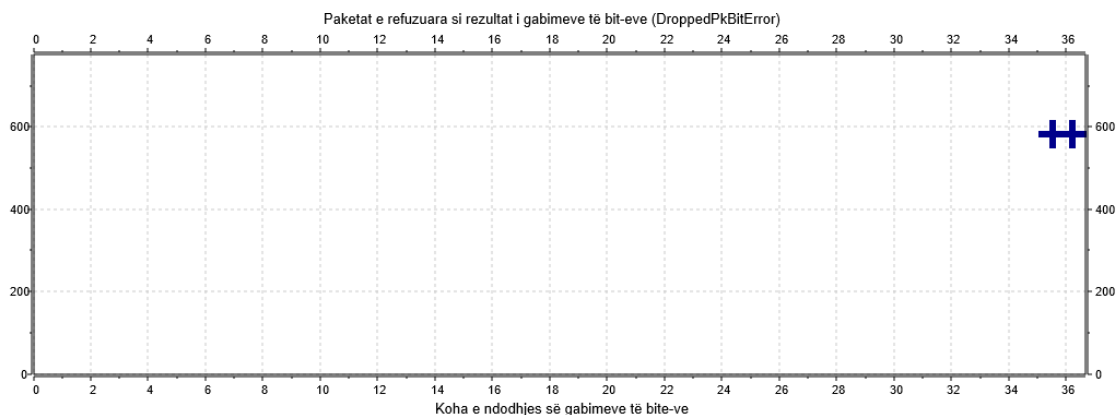


Figura 9.8: Vlerësimi i numrit të paketave të refuzuara si rezultat i gabimeve të bit-eve

9.2 Skenari i dytë: Përfitimi i shërbimit IPTV duke përdorur zgjidhjen

SDN

Në simulatorin OMNeT 4.2.2 që do të përdorim për të simuluar përfitim të shërbimit të video streaming duke përdorur zgjidhjen SDN, nevojitet që të integrojmë komponentët e OpenFlow [100]. Sikurse është shpjeguar me detaje në Kapituj 4 dhe 5, OpenFlow ndihmon zhvillimin dhe përdorimin e teknologjisë SDN duke ofruar fleksibilitet të lartë në routimin e rrjedhjeve në rrjet, si dhe lejon të ndryshosh sjelljen e një pjese të rrjetit pa ndikuar në trafikun e të dhënave në tërësi. Kjo arrihet duke ndarë planin e kontrollit në rrjetin e Switcheve OpenFlow nga plani i të dhënave. Në këtë mënyrë, duke përdorur frameworkun INET, Switchet OpenFlow dhe një Kontroller, kemi arritur të ndërtojmë topologjinë e rrjetit në OMNet. Kontrolleri është përgjegjës për të gjitha vendimet e

rrugezimit të të dhënave streaming, si dhe të ndryshojë rregullat e forwardimit të paketave në Switche.

9.2.1 Ndërtimi i topologjisë së rrjetit SDN në platformën OMNet++

Për të realizuar simulimin e thjeshtësuar të përfitimit të shërbimit IPTV në një rrjet SDN, kemi përdorur një kontrollor, një server që mbart të dhëtat video sipas konfigurimeve të protokollit RTP, dy Switche OpenFlow dhe përdoruesit fundor që do të marrin shërbimin IPTV streaming; Klient1 dhe Klient2. Hapi i parë është krijimi i rrjetit SDN në gjuhën NED e cila do të gjenerojë file .ned, dhe konkretisht është file SDN1.ned. Brënda këtij file janë krijuar Modulet dhe submodulet përkatëse së bashku me lidhjet Ethernet midis tyre. Topologjija e rrjetit tregohet në figurën e mëposhtme 9.9.

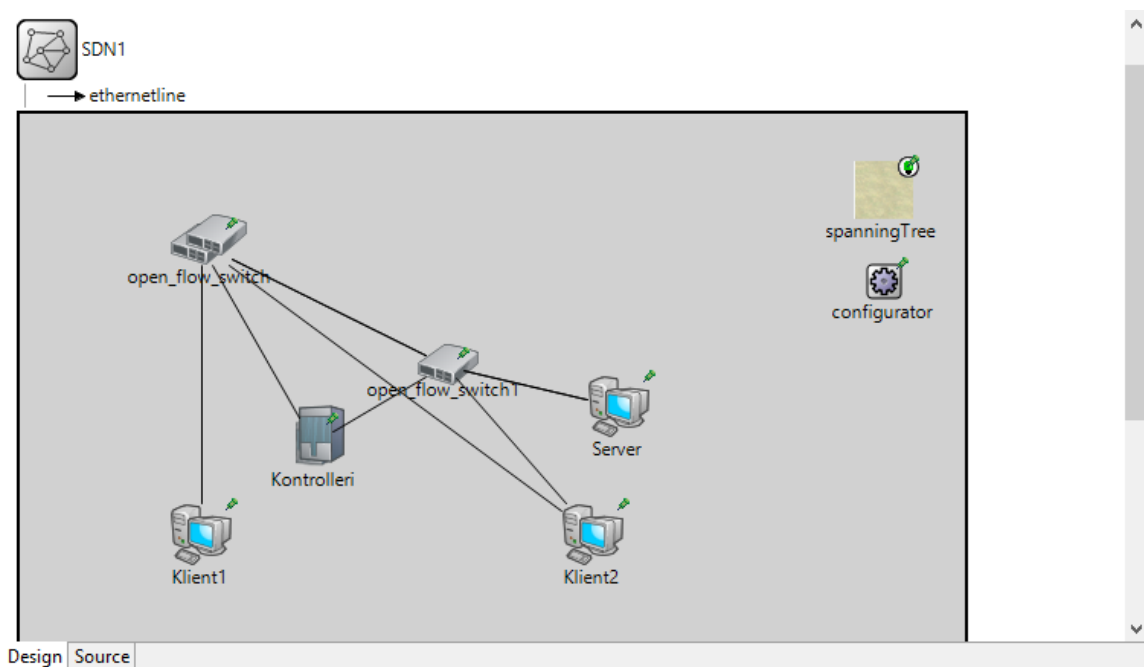


Figura 9.9: Ndërtimi i topologjisë së rrjetit SDN sipas gjuhës NED (SDN1.ned)

Parametrat fillestare të mara në konsideratë për rrjetin SDN1 janë:

-Bandwidth 100 Mbps

-vonesa është 0.000001s

-Klientët janë Hoste standart

-Throughput i cili llogarit sasinë e të dhënave të përfituara në maksimumin e kufirit të vonesës me 10 μ s

-Serveri është një Host RTP (funksionon me anë të protokollit RTP si në skenarin e parë) dhe video e ngarkuar është i njëjti si në skenarin e parë; lego_video.mpg.gdf dhe me madhësi 54528 Byte. Kjo video është enkoduar sipas formatit H.264

Gjithashtu është krijuar edhe file i konfigurimit SDN1.ini i cili përmban me detaje të gjitha rregullat dhe parametrat e lidhjes se moduleve dhe submoduleve përkatëse.

9.2.2 Modeli i simulimit të protokollit OpenFlow

Modeli i protokollit OpenFlow bazohet sipas specifikimeve të Switch-it OpenFlow (versioni 1.2) [101] dhe përdor frameworkun INET. Nyjet e implementuara në rrjet, përmbajnë komunikimet midis Kontrollerit OpenFlow dhe Switch-it OpenFlow, si dhe mesazhet më të rëndësishme që ju nevojiten për komunikim në kanal OpenFlow. Sikurse shihet edhe në figurën 9.2, kontrolleri lidhet me Switch-in nëpërmjet një kanali të sigurt Ethernet dhe e përdor atë për të manaxhuar hyrjet e rreza në tabelen e rrugëzimit të Switch-it. Gjithashtu, në këtë arkitekturë rrjeti janë implementuar edhe modulet ndihmëse si Moduli i vendosjes së Kontrollerit dhe Moduli ST (Spanning tree), me qëllimi sigurimin e funksionaliteteve të kërkuara nga nyjet OpenFlow. Mesazhet OpenFlow janë nënklasa të klasës së mesazhit OFP_Kokë të cilat përfshijnë përcaktimet e kokës së mesazhit OpenFlow dhe strukturat koresponduese c++. Këto mesazhe përmbajnë OFP_Veçori_Kërkesë dhe OFP_Veçori_Përgjigje, të cilat janë kërkuar për inicializimin e kanalit OpenFlow midis Switch-it dhe Kontrollerit. Sikurse tregohen edhe në figurën 9.11, mesazhi OFP_Paketë_Brënda mesazh-it është përdorur nga Switchi për të informuar

kontrollerin rreth një pakete hyrëse të pashoqëruar ose për të dërguar një paketë hyrëse drejt kontrollerit nëse duhet një veprim për shoqërimin e saj. Mesazhi përmban ose një paketë të enkapsuluar, ose ID e Bufferit ku është rruajtur paketa. Në drejtimin Kontroller-Switch, mesazhi OFP_Paketë_Jashtë përdoret nga kontrolleri për të dërguar një paketë drejt një Porte specifike të Switch-it. Së fundmi, kontrolleri mund të manaxhojë tabelën e rrjedhjeve të Switch-it me anë të mesazhit OFP_Rrjedhje_Mod e cila përfshin fushat e shoqërimit të paketave dhe veprimet koresponduese të ndërmara.

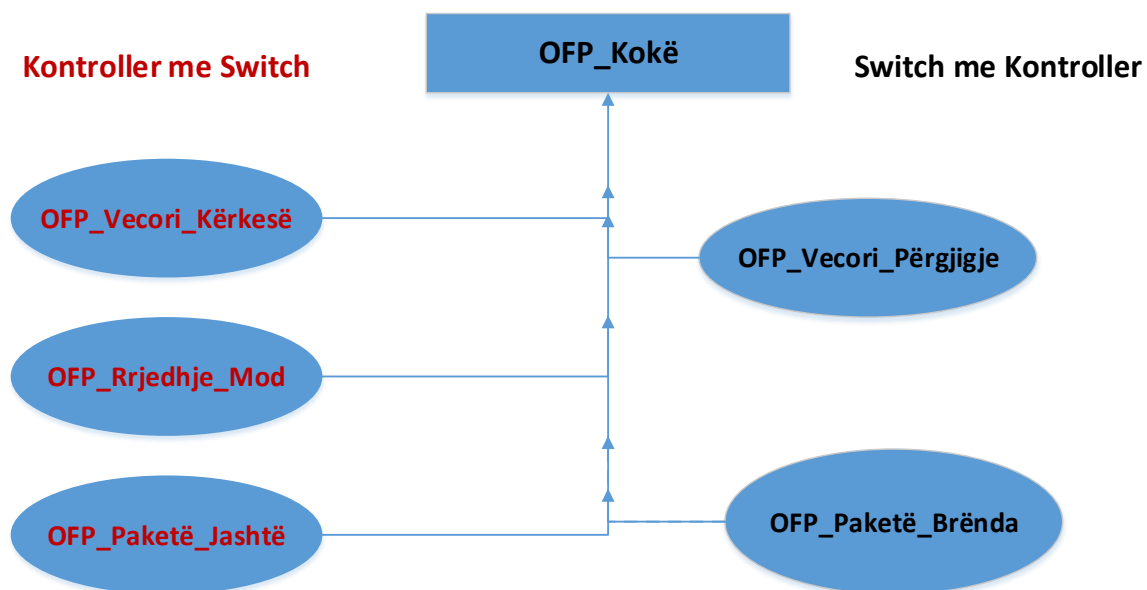


Figura 9.10: Implementimi i mesazheve OpenFlow

9.2.3 Nyjet OpenFlow (Switchi dhe Kontrolleri OpenFlow)

a) Switchi OpenFlow

Modeli i Switch-it OpenFlow tregohet në figurën e mëposhtme. Në këtë figurë kemi nënvizuar ndarjen e planit të të dhënave nga ai i kontrollit. Plani i të dhënave përmban Modulin EtherMac i cili lidhet me pjesën e jashtme dhe mer mesazhet hyrëse në planin e

kontrollit. Framet Ethernet të mara përcillen pa ndonje modifikim drejt modulit Open_Flow_Përpunuese, i cili implementon funksionalitetin e Switch-it OpenFlow në planin e të dhënave. Ky funksionalitet përfshin kërkimet në tabelën e rrjedhjeve për të gjitha paketat hyrëse me qëllim gjetjen e një rruge të mundshme ose informon modulën ofa_Switch në planin e kontrollit rreth ngjarjeve të paketave hyrëse të pa shoqëruara me rrugëzimet përkatëse. Për të realizuar këtë funksionalitet, ky modul shfaq vonesa në simulim, të cilat mund të arrijnë deri në 9.6 μ s. Moduli ofa_Switch implementon funksionalitetin e Switch-it OpenFlow në planin e të dhënave dhe është përgjegjës për komunikimin me Kontrollerin OpenFlow.

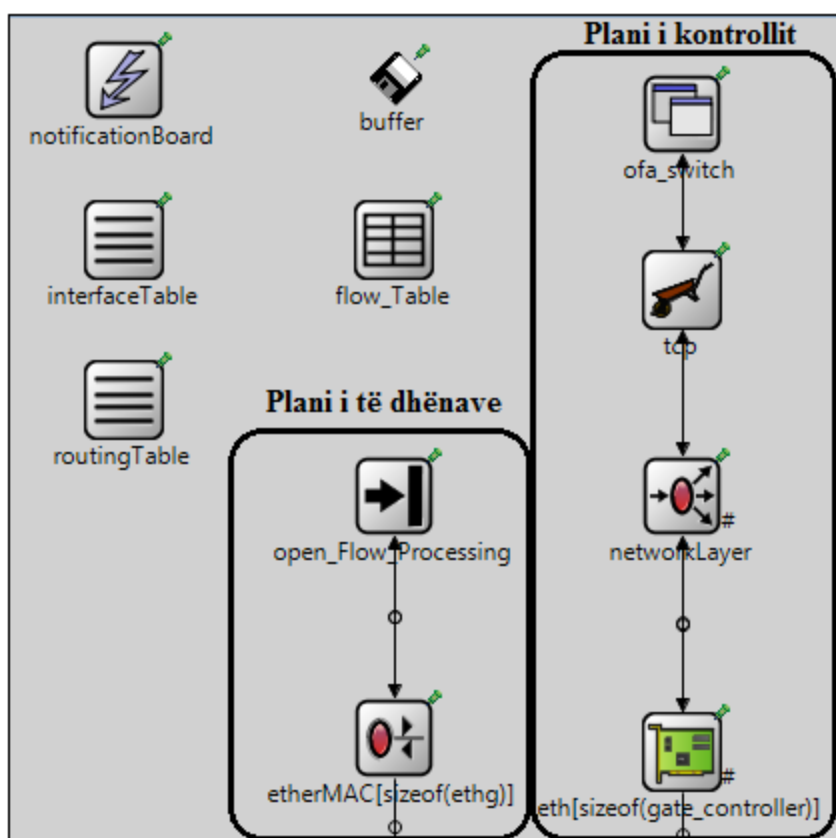


Figura 9.11: Modeli i implementuar të Switch-it OpenFlow

Sapo fillon të punojë moduli, vetë moduli ofa_Switch ndërton një lidhje TCP me kontrollerin dhe negocion për versionin dhe aftësitë e suportuara OpenFlow. Në rastin kur ka një ngjarje të pa shoqëruar me rrugëzim, ky modul mer paketën e pa rrugëzuar dhe përgatit një mesazh OFP_Paketë_Brënda për kontrolleri. Ky mesazh mund të përmbaje komplet paketën të enkapsuluar ose ID e bufferit ku është vendosur. Në këtë rast, moduli Buffer rruan paketën derisa të vijë mesazhi OFP_Paketë_Jashtë nga kontrolleri. Modulet e tjera në planin e kontrollit të Switch-it OpenFlow janë pjesë e TCP/IP sepse moduli ofa_Switch është modeluar si një aplikacion TCP, dhe kanali OpenFlow përdor lidhje TCP për të marrë mesazhet OFP_Paketë_Dalëse dhe OFP_Paketë_Mod nga kontrolleri. Për cdo mesazh OFP_Paketë_Mod të marrë nga kontrolleri i lidhur, moduli ofa_Switch mer përmbajtjen dhe një sërë veprimesh për të shtuar një hyrje të rre në tabelën e rrjedhjeve. Ndërsa, për mesazhin e marrë OFP_Paketë_Jashtë, ky modul trigeron modulin Open_Flow_Përpunuese për të aplikuar veprimet specifike përfundimtare.

b) Kontrolleri OpenFlow

Modeli i kontrollorit OpenFlow tregohet në figurën e mëposhtme.

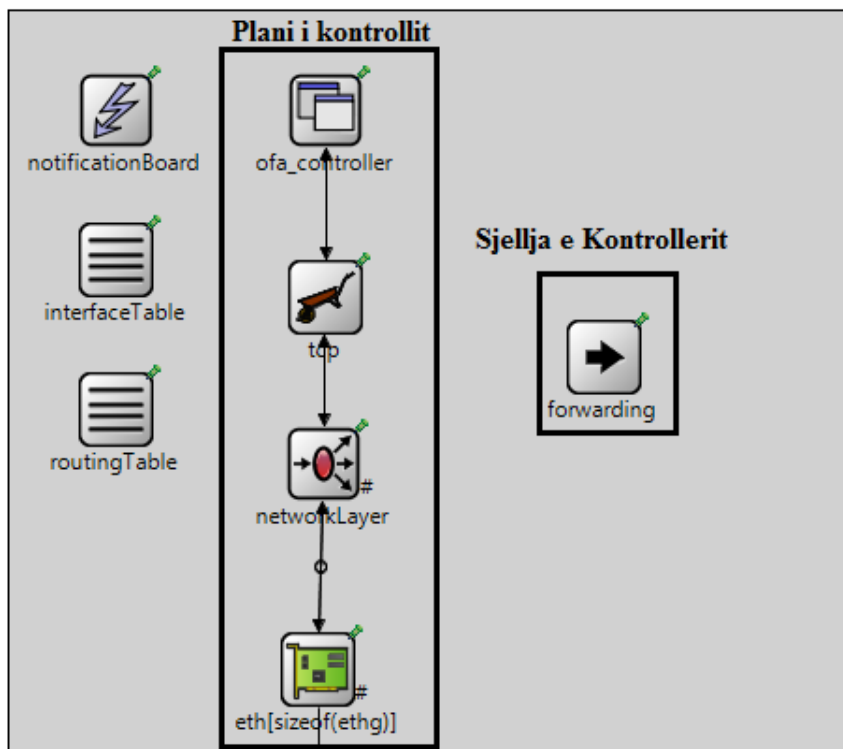


Figura 9.12: Modeli i implementuar të Kontroller-it OpenFlow

Plani i kontrollit përmban stakun e protokolleve TCP/IP si dhe modulën e aplikacionit ofa_Kontroller i cili kryen funksionin e Kontrollerit.

Në mënyrë të ngjashme si Moduli ofa_Switch, moduli ofa_Kontroller përfshin parametrin e kohës së shërbimit i cili mer në konsideratë kohën e përpunimit të një shërbimi nga kontrolleri OpenFlow. Koha mesatare për një kontroller është 240 μ s [102]. Megjithatë, ky modul siguron metoda publike për të dërguar mesazhet OFP_Paketë_Jashtë dhe OFP_Rrjedhje_Mod drejt Switch-it OpenFlow. Ky është një modul ndërfaqje i një kontrolleri, i cili është implementuar nga module me sjellje të ndryshme kontrolleri. Aktualisht janë implementuar tre sjellje kontrolleri, të cilat janë si Hub, Switch dhe Forwarding.

c) Modulet e shërbimeve

Për ndërtimin e rrjetave SDN bazuar në OMNet++, bazuar në framework OpenFlow do të përdoren edhe dy module shërbimesh me qëllim thjeshtësimin e ndërtimit të rrjetave të mëdha SDN. Moduli i parë siguron rrjeta Ethernet pa Laqe (loop-free) duke aplikuar algoritmin e Pemës Përfshirëse (Spanning tree) dhe moduli i dytë vendos kontrollor-at OpenFlow në pozicione të ndryshme të rrjetit.

Moduli ST (Moduli i pemës përfshirëse) - Për rrjetat Ethernet ku topologjia nuk është pa laqe, protokollin ST (i pemës përfshirëse) përllogarit pemën përfshirëse pa laqe për të shmangur transmetimin broadcast ku frame-et broadcast përsëriten në një lak të switch-eve Ethernet të lidhura. Moduli bazë ST ndërton një pemë përfshirëse por nuk ndërvepron me protokollin standart ST. Në rastin e simulimeve tona, ky modul aplikon të njëjtat përllogaritje por është krijuar në një modul të ndarë dhe nuk është pjesë modulit të Kontroller-it. Moduli ST ka njohuri të plotë rreth topologjisë së switch-eve OpenFlow dhe ndërton pemën përfshirëse në fillim të simulimit. Cdo ndërfaqje e switch-it Openflow në planin e kontrollit ka një bit JO_RRJEDHJE e cila përdoret për këtë qëllim. Nëse ky bit është vendosur, atëherë Linku korespondues nuk është pjesë e topologjisë së pemës përfshirëse. Proçesimi i paketave të mara në switch-in OpenFlow duhet të marrë në llogaritje këtë bit. Për paketat e mara në planin e kontrollit, switchi OpenFlow së pari identifikom nëse porta hyrëse e paketave të të dhënave është pjesë e ST (biti JO_RRJEDHJE = 'Jo e vërtetë'). Nëse linku është pjesë e pemës, paketa proçesohet si zakonisht. Nëse linku nuk është pjesë e pemës, atëherë paketa do të proçesohet në vazhdimësi nëse destinacioni MAC apo adresa IP është e njohur. Në këtë mënyrë, paketat të cilat janë transmetuar broadcast në një link jashte pemës përfshirëse nuk proçesohen në vazhdimësi tek switchi tjetër sepse biti JO_RRJEDHJE është vendosur në portën hyrëse të këtij Switchi [103].

Në këtë skenar simulimi do të përdoret vetëm moduli ST.

Në simulimin që do të realizojmë kemi marë si sjellje të Kontrollerit atë të ‘Forwarding’ sepse vetë moduli i Kontrollerit ka njohuri të plotë për gjithë rrjetin, duke realizuar në këtë mënyrë dërgimin e paketave drejt Switch-it OpenFlow, i cili është i pozicionuar në pathin e duhur për tejçim të dhënash drejt përdoruesit fundor.

Simulimi paraqitet me anë të ndërfaqjeje speciale Tkenv, e cila tregon me detaje ngjarjet specifike, koha, numrin e veprimeve të moduleve dhe submoduleve etj. Kjo ndërfaqje, sikurse paraqitet edhe në Figurën 9.13 tregon me detaje cilat module dhe submodule në topologjinë e rrjetit SDN1.ned shkëmbejnë informacione me njëri-tjetrin.

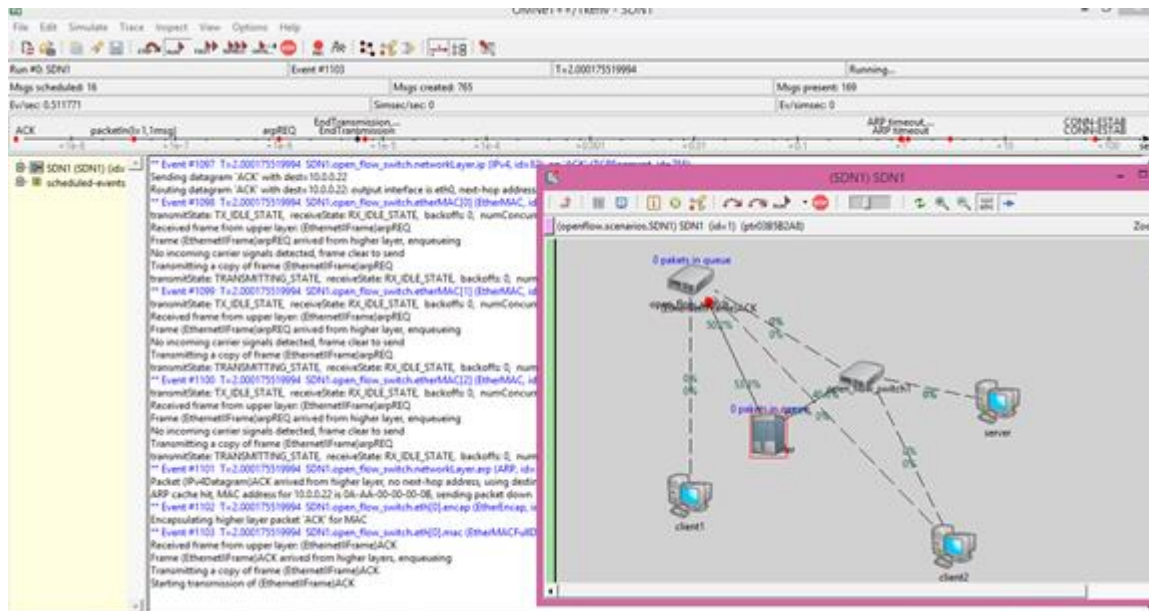


Figura 9.13: Rezultati përfundimtar sipas ndërfaqjeje Tkenv

Sikurse e kemi shpjeguar edhe tek skenari i parë, gjenerimi i të dhënave përfundimtare të simulimit në OMNeT++ IDE do të jenë; në të dhëna vektoriale, të dhëna skalara dhe ato histogram. Në përgjithësi të dhënat vektoriale janë funksion i kohës, ndërsa ato skalara regjistrojnë vlera të ndryshme. File e rezultateve janë .vec dhe .sca.

Koha e simulimit të kësaj topologjijë rrjeti do të jetë 600s dhe si parametra që do të vlerësojmë në këtë skenar të dytë do të jenë:

a) koha mesatare RTT (Round Trip Time)

Koha mesatare RTT (Round Trip Time) quhet ndryshe edhe vonesë fundore. Ky

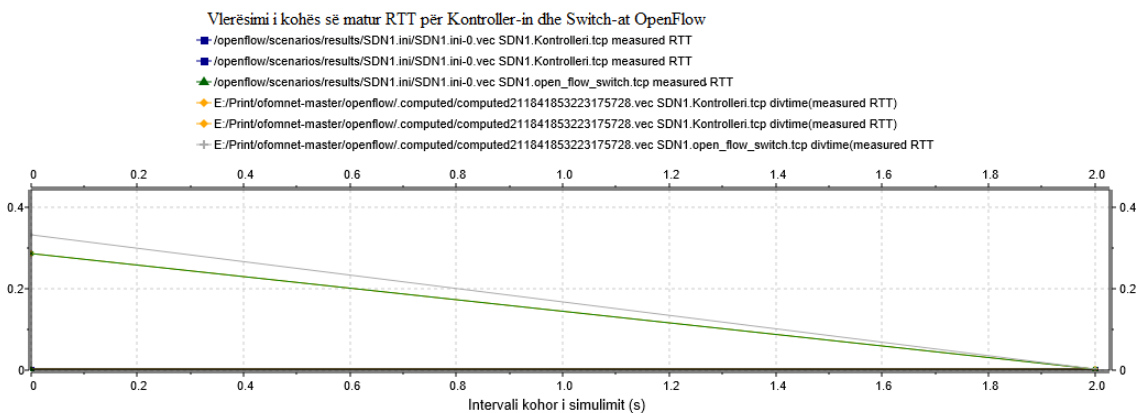


Figura 9.14: Vlerësimi i kohës mesatare RTT për Kontroller-in dhe Switch-at OpenFlow

parametër vlerëson kohën që i duhet paketave për tu transmetuar nga një ‘Dërgues’ i caktuar drejt një ‘Marësi’. Sa më e vogël të jetë kjo vonesë, aq më i mirë është cilësia e shërbimit që percepton Klienti (Pra rritet QoE). Zgjidhja SDN ka pritshmërinë e lartë për të mundur përfitim të shërbimit Video Streaming me RTT të vogël. Sikurse shikohet edhe në figurën 9.14, vonesën më të madhë e shfaq Switchi OpenFlow, e cila shkon konkretisht në 0.332894725869979 s. E krahasuar kjo me vonesën pikë më pikë të vlerësuar nga skenari i parë (54 s) pa aplikuar zgjidhjen SDN, kjo vonesë është relativisht e ulët. Kjo kohë RTT e zvogëluar me 61.62% përkthehet në rritje të cilësisë së shërbimit QoE nga pikëpamja e përdoruesit fundor.

b) koha RTO (Recovery time Objective)

Koha RTO është një madhësi që vlerëson kohën që të dhënat janë të pavlefshme apo të pa aksesueshme në rrjet. Kryesisht kjo kohë do të vlerësohet tek Kontrolleri SDN dhe Switchi OpenFlow në nivel TCP. Në mënyrë të ngjashme si PaketLoss në skenarin e parë të simulimit, kjo kohë duhet të jetë sa më e vogël me qëllimi përfitimin e shërbimeve streaming në kohë reale me performancë të lartë. Sikurse shihet rezultati në figurën e mëposhtme, kjo kohë si për Kontrollerin dhe Switche-et OpenFlow është pothuajse e njëjtë, konkretisht arin vlerën 0.65625s.

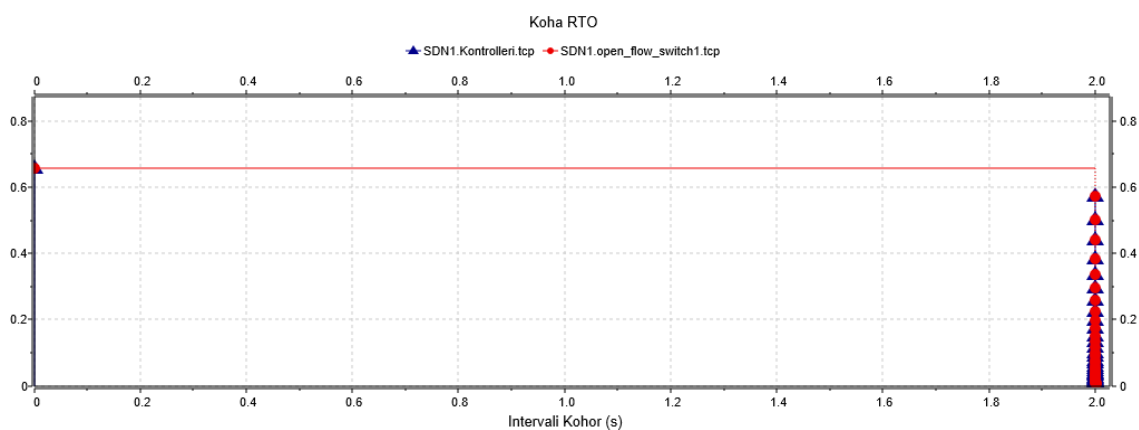


Figura 9.15: Vlerësimi i kohës RTO për Kontrollerin dhe Switch-et OpenFlow

Për të vlerësuar numrin e byteve të paketave të humbura ose të papërfitura me sukses në marës (Packetloss), konkretisht drejt Klient1 dhe Klient2 në këtë interval kohor, do të marin në përllogaritje numrin e byteve të paketave të dërguara nga Serveri RTP dhe ato që realisht janë marë me sukses nga përdoruesit fundorë. Sikurse tregohet në figurën 9.16, numri i byteve të paketave të dërguara nga Serveri Video Streaming është 2432.

Ndërsa numri i byteve të paketave të përfituara me suksese nga Klient1 dhe Klient2 janë:

Klient1 ka marë me sukses 2368 bytresh të paketave

Klient2 ka marë me sukses 2432 bytresh të paketave

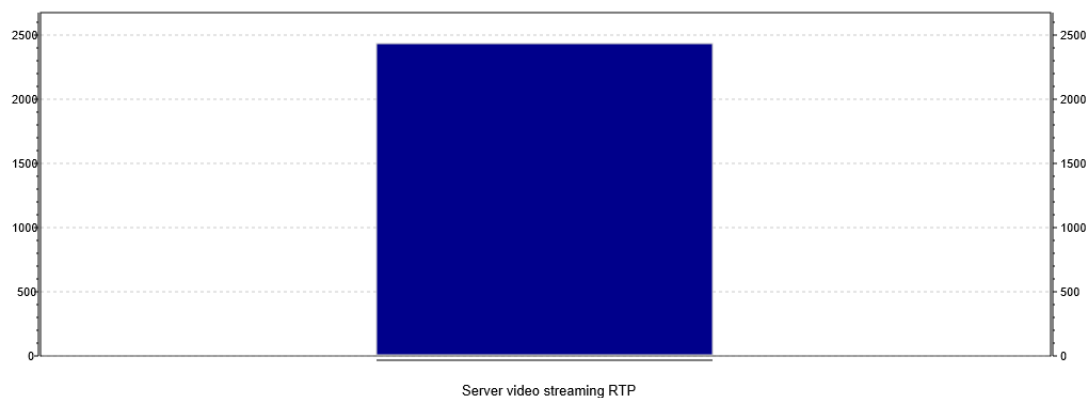


Figura 9.16: Numri i byteve të paketave të dërguara nga Serveri Video streaming

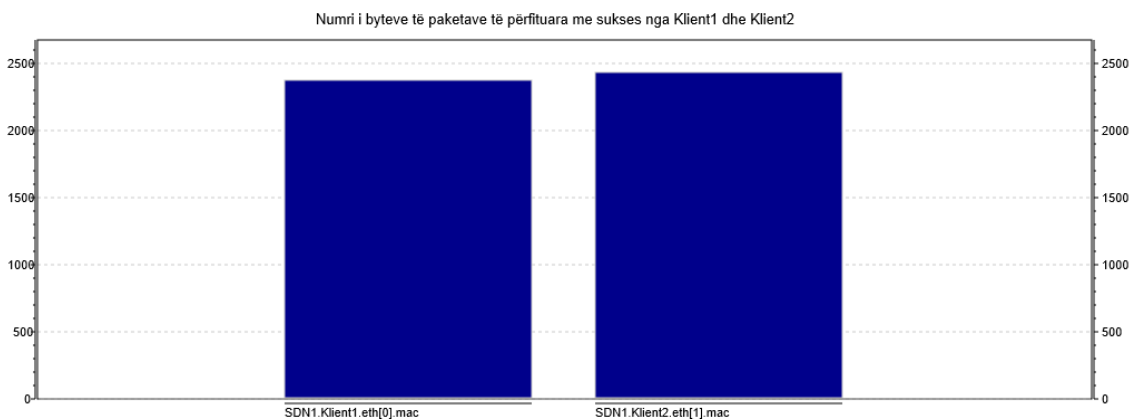


Figura 9.17: Numri i byteve të paketave të përfituara me sukses nga Klient1 dhe Klient2

Sikurse tregohet edhe nga figura 9.17, tek Klient2 nuk kemi humbje të paketave, ndërsa tek Klient1 kemi realisht $2432 - 2368 = 64$ byte paketash të humbura. Duke ju referuar formulës së llogaritjes së humbjes së paketave (Skenari i parë; Vlerësimi i humbjes së paketave) në përqindje, atëherë humbja e paketave në përqindje referuar Klient1 është: $P(H) = 2.631\%$.

Ky rezultat, i krahasuar me vlerën në përqindje të humbjes së paketave nga Skenari 1 ($P(H) = 4.28\%$) ku përfitimi i shërbimit streaming IPTV është realizuar pa aplikuar zgjidhjen

SDN, atëherë arrijme në përfundimin që shërbimit IPTV streaming me anë të zgjidhjes SDN përftohet me një humbje të paketave (PacKeLoss) relativisht të ulët, konkretisht humbja e paketave u zvogëlua me 61%.

c) Parametri i Dyndjeve (cwnd)

Dritarja e shfaqjes së dyndjeve (cwnd) tregon intervalin kohor në të cilën janë transmetuar më shumë të dhëna bytesh sesa dritarja e marjes së të dhënave në Marrësa, që konkretisht janë Klient1 dhe Klient2. Ky parametër varet plotësisht nga mënyra e konfigurimit të Kontroller-it dhe Switch-ave OpenFlow. Konfigurimi është i tillë që këto të dhëna bytesh të mos transmetohet në një interval kohe të caktuar por të rruhen në Buffer dhe të ri-transmetohen në një kohë të dytë (duke rritur RTT dhe duke ulur cilësinë e shërbimit) ose të nxiren të pavlefshme. Pra, në të dyja rastet, nëse koha në të cilën shfaqen këto dyndje është e madhe, atëhere pritët të ketë sa më shumë vonesa gjatë marjes së shërbimit IPTV dhe sigurisht humbje të të dhënave.

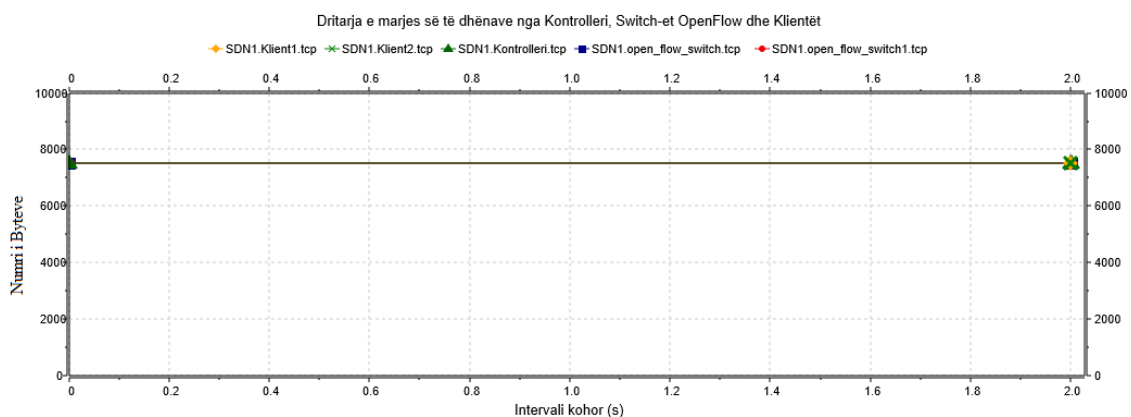


Figura 9.18: Madhësia e dritares së marjes të të dhënave nga Kontrolleri, Switch-at OpenFlow dhe Klientët

Në rastin konkret, sikurse tregohet edhe në figurën e mësipërme dritarja e marjes dhe e dërgimit të të dhënave nga Kontrolleri, Switch-et OpenFlow dhe Klientët është 7504 Byte

(60.032Kb). Nga ana tjetër, edhe Madhësia e dritares së dërgimit të të dhënave është e njëjtë, 7504 Byte (60.032Kb). Në këtë mënyrë, për të dhënat video streaming, sasia e të dhënave që mund të meren nga Klient1 dhe Klient2 është 7504 Byte. Nëse dërguesi, (Konkretisht Serveri RTP i video streaming) dërgon në një kohë të caktuar më shumë të dhëna se ajo që mund të marin marrësat, atëhere këto të dhëna:

1. Do të shkojnë në Buffer- Për Switch-et OpenFlow që ne kemi zgjedhur për simulim kapaciteti i Buffer-it është vendosur 10. Gjithashtu edhe kapaciteti i frameve në radhë është vendosur me të njëjtën vlerë 10.
2. Do të krijojnë dyndje (madhësia e dritares cwnd)
3. Do të ngelen të pa njohura nga ana e marrësve (unacked)

Për intervalin kohor, me kohë fillimi 0.0000338 s dhe kohë mbarimi 2.001391519963s numri i byteve të pa njohura në Kontroller dhe Switch-et OpenFlow arin vlerën max në 65 Byte.

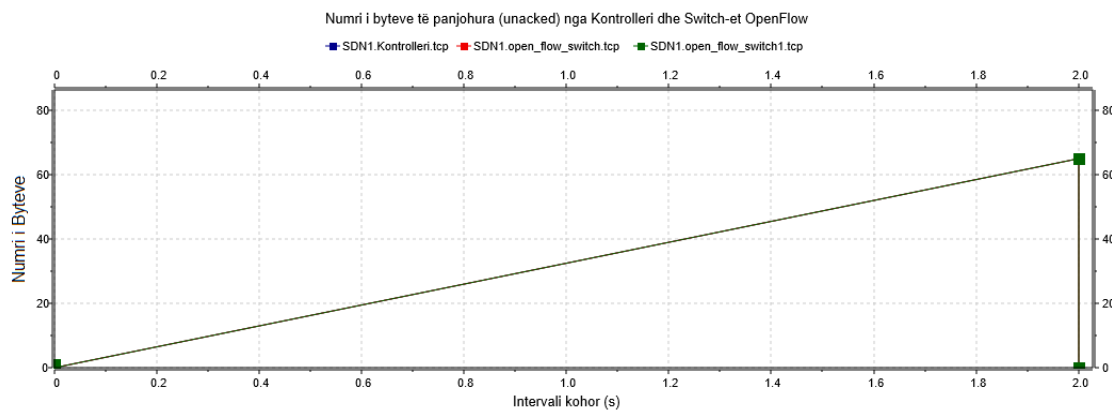


Figura 9.19: Numri i byteve të panjohura në Kontroller dhe Switch-et OpenFlow

Sapo të meret një njohje (ACK) nga Marrësat me dritare marrëse të liruar, atëherë mund të dërgohen më shumë të dhëna bytësh. Rrjedhimisht, përcaktimi i dritares së dyndjeve varet nga kushtet dhe kapaciteti i rrjetit.

Nga rezultatet e simulimeve të mësipërme duket qartë që me anë të zgjidhjes SDN, përfitimi i shërbimit IPTV realizohet me vonesë RTT të ulët, cilësi QoE të lartë dhe me humbje paketash të ulët. Nga rezultatet e simulimeve, interesante ishte fakti që nuk kishim humbje të paketave të transmetuara për shkak të gabimeve të biteve apo të atyre të dërguara në porta të gabuara destinacion.

9.3 Skenari i tretë: Përfitimi i shërbimit IPTV duke përdorur teknologjinë MEC

Sikurse dihet, kohët e fundit kërkesat për shërbimet Video streaming janë rritur ndjeshëm. Ofruesit e fuqishëm të këtyre shërbimeve si Netflix, Hulu, Amazon Prime Video etj janë duke hasur probleme të mëdha me kapacitetin e rrjetit, konsumimin e shpejtë të bandwidth-it, manaxhimin e sasisë të dhënave të mëdha, efikasitetit të përdorimit të burimeve si dhe rruajtjes së cilësisë së shërbimit QoS. Kërkesat për shërbimet Video Streaming janë bërë domosdoshmëri jo vetëm për përdoruesit fundorë Wireless, por edhe nga ata celularë. Rrjedhimisht, përfitimi i këtyre shërbimeve në kohë reale nevojitet të sigurohet me Latencë (me vonesë fundore) të ulët dhe QoE të lartë. Këto tre muajt e fundit flitet për probleme të shumta me vonesën e përfitimit të shërbimeve streaming nga përdoruesit e shërbimeve të Netflix. Në këtë mënyrë nevojitet që të realizohet vendosja e burimeve të këtyre shërbimeve (psh Content-it), realizimi i përpunimit dhe manaxhimit të të dhënave sa më afër përdoruesit fundor dhe në kufij me rrjetin, me qëllim uljen e Vonesave, Jitter-it dhe rritjen e cilësisë së shërbimit QoE. Teknologjia MEC mundëson vendosjen e një platforme përlllogaritëse në Cloud (e quajtur MEC Host) sa më afër përdoruesit të lëvizshëm në rrjetat 4G dhe 5G me qëllim përfitimin e shërbimit me Latencë të Ulët dhe performancë të lartë. Në këtë mënyrë, për këtë pjesë të trete simulimeve kemi zgjedhur që të realizojmë përfitimin e shërbimit Video streaming duke përdorur teknologjinë MEC në një rrjet celular

LTE-A. Qëllimi kryesor është vlerësimi i Latents së përfitimit të shërbimit video streaming IPTV duke përdorur teknologjinë MEC të kombinuar me zgjidhjet SDN dhe NVF të rrjetit. Me anë të teknologjisë MEC rrjeti i komunikimit në kufij pasurohet nga vendosja e nyjeve me mundësi llogaritje të madhe, sikurse është nyja ME Server (Mobile Edge Server) ose Hostet ME. Këto nyje mund të vendosen afer stacionit bazë celular dhe mund të bashkëpunojnë ngushtë me stacionet bazë për të marrë informacione mbi statusin e rrjetit Radio si dhe atë të përdoruesve të tyre. Në këtë mënyrë ky informacion mund të shfrytëzohet për të ofruar shërbime të rreja me latentë të reduktuar, krahasuar kjo me shërbimet në Cloud, si psh shkarkimi i aplikacioneve IoT dhe IPTV, transportimi i zgjuar dhe optimizimi në mënyrë dinamike i Contet-it. Një prej këtyre shërbimeve është edhe shërbimi video streaming IPTV. Me anë të MEC, realizohet ekzekutuimi i aplikacioneve ME në mjedis virtual, e cila bën të mundur alokimin e burimeve llogaritëse sipas kërkesës së përdoruesit për një shërbim apo detyrë të caktuar.

Për të realizuar këtë skenar simulimi do të përdorim simulatorin OMNeT++, versioni 5.1.1. Arkitektura MEC do të integrohet brënda rrjetit LTE-A me anë të framework SimuLTE [104] duke bërë të mundur vlerësimin e performancës së shërbimeve MEC sipas kushteve reale të një infrastrukture rrjeti.

9.3.1 Ndërtimi i arkitekturës MEC në OMNet ++

Në ndërtimin e arkitekturës sonë për simulim në platformën OMNet++, nevojitet bashkëveprimi i dy arkitekturave të thjeshtësuara të rrjetit, nga njëra anë ajo e MEC dhe nga ana tjetër arkitektura e rrjetit LTE-A në të cilën do të implementohet llogjika e MEC. Sipas specifikimeve të Insitutit European i standarteve të Telekomunikacionit ETSI, [105], arkitektura e MEC përbëhet nga dy nivele: a) niveli i sistemit ME dhe b) niveli i Hostit ME.

- a) Niveli i sistemit ME

Sikurse tregohet edhe në figurën e mëposhtme, kjo shtresë është përgjegjëse për mbajtjen e informacionit të përgjithshëm të të gjitha Hosteve ME në sistem. Meqënëse është në nivelin më të lartë Hierarkik të arkitekturës së MEC, kjo shtresë mer të gjitha kërkesat nga Aplikacionet ME, të cilat pranojnë kërkesa nga aplikacionet që ekzekutohen tek Përdoruesit ME, nga palët e treta ose operatorët. Si fillim kjo shtresë ka për detyrë të shqyrtojë kërkesat që nevojten nga Aplikacionet fundore si vonesa maksimale e komunikimit, burimet përlllogaritëse si dhe vlefshmërinë e shërbimeve ME.

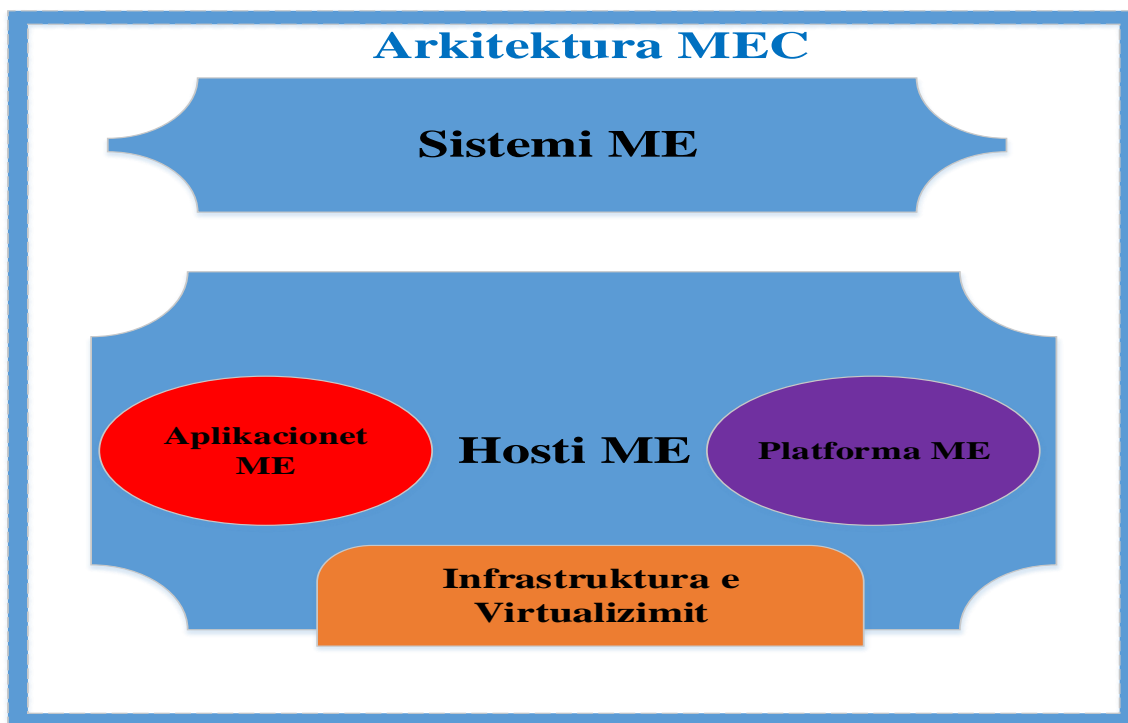


Figura 9.20: Arkitektura MEC sipas ETSI

Më pas ajo ka përgjegjësi të zgjedhë Host-in ME më të përshtatshëm që kënaq kërkesat e aplikacioneve të përdoruesve fundorë në të cilën do të instalojë aplikacionin e duhur ME.

b) Shtresa e Hostit ME

Kjo shtresë është e përbërë nga tre nënshtresa; platforma ME, aplikacionet ME dhe ajo e virtualizimit të infrastrukturës.

Platforma ME siguron të gjitha shërbimet e specifikuar nga autorët në referencën [106] të cilat do të shfrytëzohen nga aplikacionet ME. Disa prej këtyre shërbimeve janë:

-Shërbimi i informacionit të rrjetit Radio (RNIS) - sikurse është e specifikuar nga ETSI, ky shërbim do të sigurojë Aplikacionet e autorizuara së bashku me informacionet e rrjetit radio si psh:sa është numri i përdoruesve të lidhur në një stacion radio të caktuar etj.

-Shërbimi i ri-pozicionimit të ‘zgjuar’- e cila përmban informacionet e migrimit të Aplikacioneve ME nëpër Host-et e tjera MEC

-Shërbimi i paketave në kufij të rrjetit (EPC) - është shërbimi thelbësor për manaxhimin e të dhënave. Ajo është përgjegjëse për kontrollin e rregullave të trafikut të të dhënave. Ky shërbim vepron si një agjent lokal IP duke kryer funksionet e rrjetit si; IP Forwarding, enkapsulim dhe de-kapsulim të paketave, si dhe tranksodimin e të dhënave. EPS ju sjell Aplikacioneve MEC shërbimin IP fundor duke ju dhënë mundësinë aplikacioneve që të përshtatin vetë routimin e paketave për qëllimet e tyre specifike.

-Shërbimi i manaxherit të Bandwidth-it – i cili përcakton prioritetin e trafikut të të dhënave destinuar për aplikacionet ME brenda Host-it ME.

-Shërbimi i pozicioniomit – e cila përmban informacionin e pozicionit të përdoruesve fundorë

Shtresa e virtualizimit të infrastrukturës është bërthama e Host-it ME sepse ajo është përgjegjëse për funksionimin e Aplikacioneve ME si instanca të makinave virtuale. Rëndësia më e madhe e kësaj shtresë është krijimi dhe lejimi i komunikimeve të aplikacioneve ME të virtualizuar brënda platformës ME të host-it ME si dhe jashtë saj. (psh me aplikacionet lokale të përdoruesve). Tek kjo shtresë mund të implementohen edhe konceptet e teknologjisë SDN, e cila duke pasur si karakteristike ndarjen e planit të

kontrollit nga ai i të dhënave, siguron mundësinë për të programuar dhe virtualizuar si Aplikacione MEC, komponentë të rrjetit LTE si; MME, planin e kontrollit të SGW dhe planin e kontrollit të paketave PGW. Aftësia e SDN për të programuar bërthamën e rrjetit, e lehtëson MEC gjatë procesit të programimit në Rrjetat e aksesit Radio RAN duke i deleguar tashmë vendimet e kontrollit drejt SDN. SDN ka të njëjtat objektiva si MEC, prandaj janë komplementare me njëra-tjetrën si zgjidhje Teknologjije Rrjeti.

9.3.2 Arkitektura e Rrjetit LTE-A dhe MEC

Arësyeja kryesore që ne zgjodhëm rrjetin LTE për implementimin e teknologjisë MEC dhe për të finalizuar përfitimin e vidoe streaming me Latente shumë të ulët, krahasuar kjo me skenarin 1 dhe 2, është sepse MEC në bashkëveprim me standartat e zhvilluara të teknologjisë LTE do të jetë një nga komponentët shumë të rëndësishëm për ndërtimin e rrjetit celular 5G.

Në mënyrë të thjeshtësuar, një rrjet LTE-A përbëhet nga komponentet e rrjetit të aksesit radio RAN dhe të bërthamës së paketave EPC. Pjesa RAN përbëhet nga stacionet bazë eNBs (të cilat përmbajnë stacionet radio) dhe nga paisjet e përdoruesve UEs (të cilat përfshihen brenda rrezes të stacionit radio për komunikim). Ndërsa pjesa EPC është një rrjet i bazuar në IP e cila ka si pikë dalje nyjen PGW (Packet Data Network Gateway). Ky element mer paketat e destinuara drejt UEs dhe i transferon ato drejt stacionit baze të duhur eNB. Ky funksionalitet i nyjes PGW arrihet duke përdorur protokollin GTP (GPRS Tunneling Protocol) duke kryer në këtë mënyrë tunelimin e paketave. Nga ana tjetër në stacionin bazë eNB kryhet procesi i de-tunelimit të paketave dhe me pas dërgohet drejt UE me anë të ndërfaqjes radio. Në rastin kur një përdorues i lëvizshëm kërkon të ndryshojë stacionin baze eNB për shkak të sinjalit të fortë radio që ka përfituar, atëherë nyja PGW është përgjegjëse për ri-drejtimin e trafikut ardhës drejt stacionit bazë të rri, dhe paketat “pa destinacion” do të drejtohen drejt stacioneve bazë të rreja me anë të ndërfaqjes X2. E gjithë kjo procedurë përbën procesin e Handover-it, i cili nuk do të jetë pjesë e këtij skenari

simulimi. Në këtë mënyrë Host-et ME do të vendosen në pjesën EPC të rrjetit LTE, dhe konkretisht sa më afër stacionit baze eNB.

Për të ndërtuar arkitekturën MEC të bazuar në rrjetin LTE në simulatorin OMNet++, do të përdorim modulet përkatëse të framework-ut SimuLTE. Për këtë arsye kemi instaluar versionin e framework-ut SimuLTE i cili është i pajtueshëm me versionin e simulatorit OMNeT 5.1.1. Në këtë mënyrë do të realizojme dy raste simulimesh:

1. Simulimi përfitimit të shërbimit video streaming nga përdoruesit celularë në një rrjet të thjeshtë LTE
2. Simulimi i përfitimit të shërbimit video streaming nga përdoruesit celularë në rrjetin LTE bazuar në implementimin e teknologjisë MEC

➤ Rasti 1:

Sikurse tregohet edhe në figurën e mëposhtme, ne kemi arritur të ndërtojmë në mënyrë të thjeshtësuar rrjetin LTE duke përdorur modulet e plota të SimuLTE, i cili përbëhet nga 50 UE, një Router, dy stacione bazë eNB, një nyje PGW dhe serveri i Video Streaming. Duke marrë për bazë të gjitha elementët kryesor të një rrjeti LTE së bashku me funksionalitet kryesore të tyre, tashme në simulator është krijuar topologjia e rrjetit në gjuhën NED duke përdorur modelet e përdoruesve celular UE, të PGW dhe të stacioneve baze eNB të gjendura në frameworkun SimuLTE. Stacionet baze eNB implementojnë të gjitha mundësitë radio LTE duke përdorur kartën e ndërfaqjes së rrjetit LTE (NIC), e cila përmban cdo nën-modul të cdo shtrese të Stakut të protokollit LTE. Ky Stack përmban protokollin e konvergjencës së paketave të të dhënave (PDCP), protokollin e kontrollit të linkeve radio (RLC), shtresën MAC (Medium Access Control) dhe shtresën fizike PHY(Physical Layer) . Protokollin e shtresave më të larta, nga IP drejt aplikacioneve janë siguruar nga framworku bazë i simulatorit INET.

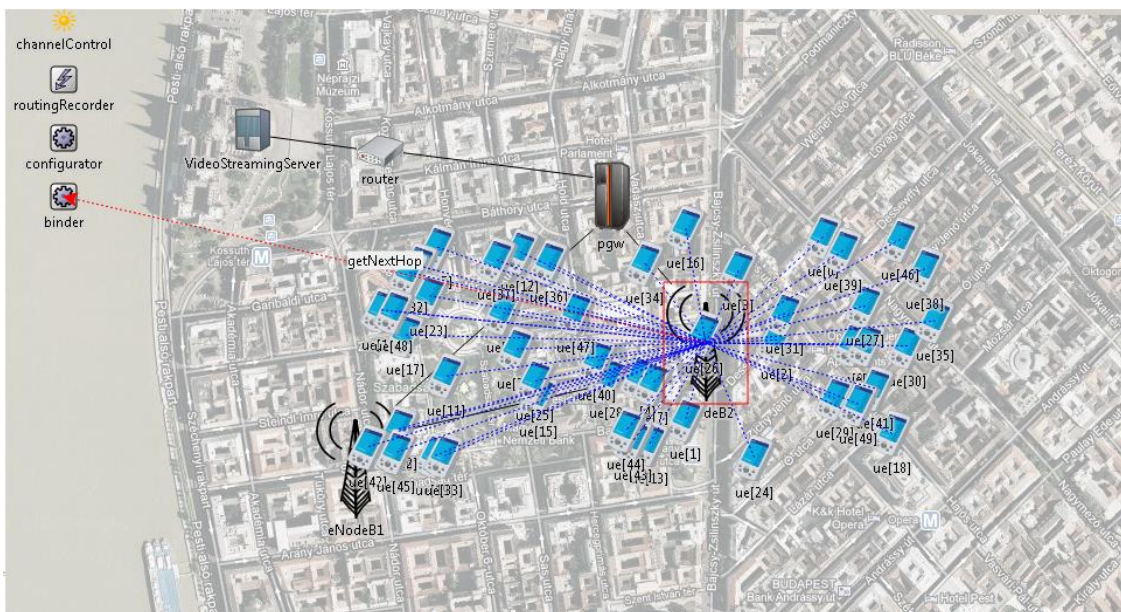


Figura 9.21: Ndërtimi i një rrjeti të thjeshtë LTE në OMNet++

Stacionet bazë eNB janë të pajisura me modulin GTP duke siguruar tunelimin e komunikimit drejt nyjes PGW dhe anasjelltas. Nyja PGW është pika hyrëse dhe dalje e rrjetit LTE dhe siguron routimin midis stacioneve bazë eNB dhe pjesës tjetër të rrjet-it. Moduli “Binder” është moduli “Kordon” dhe shume i rëndësishëm sepse mban të gjithë informacionin për njohurinë e rrjetit LTE dhe modulet e tjera si UE, PGW. Në këtë mënyrë stacioni bazë eNB mund të aksesojë direkt informacionet që kërkon. Modulet e lëvizshmërisë së përdoruesve celularë UE mund sigurohen nga frameworku INET.

Cdo përdorues fundorë, konkretisht cdo UE do të çojë kërkesa për video streaming drejt serverit ‘VideoStreaming’. Sikurse tregohet në grafikët e mëposhtëm, modeli i komunikimit midis UE dhe Serverit ‘Video streaming’ bazohet në dy paketa; ‘(PPFframe)VideoStrmReq’ e cila përmban kërkesën për video streaming nga cdo UE dhe ‘(PPFframe)VideoStrmPkt’ e cila përmban të dhënat video të transmetuara tashmë nga serveri përkatës drejt UE.

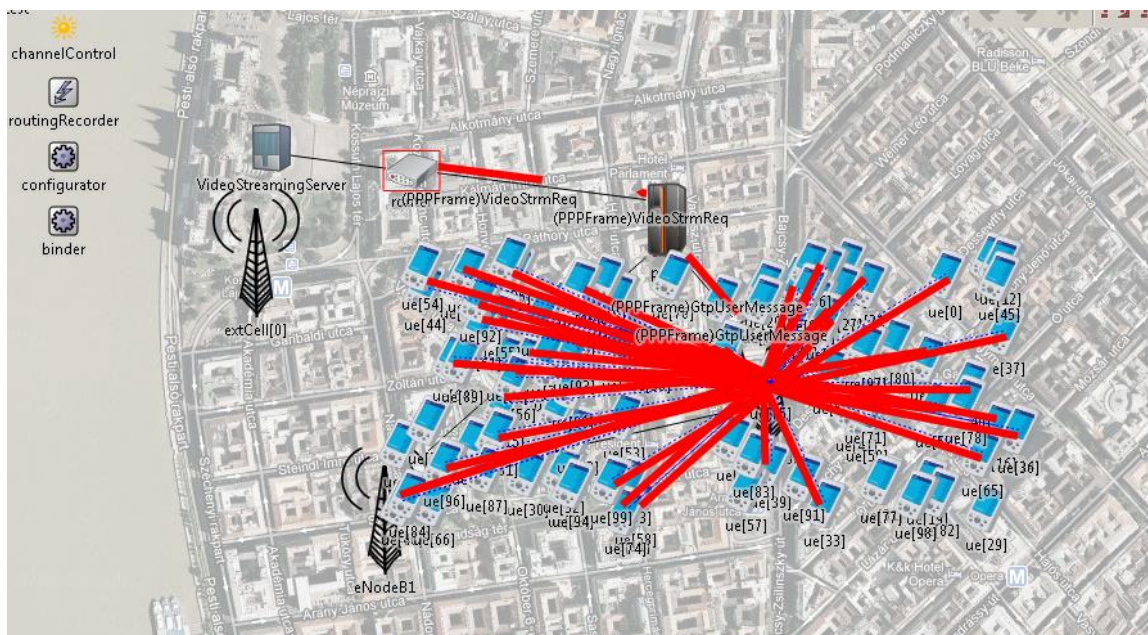


Figura 9.22: Komunikimi për video streaming nga UE-të drejt Serverit ‘Video Streaming’

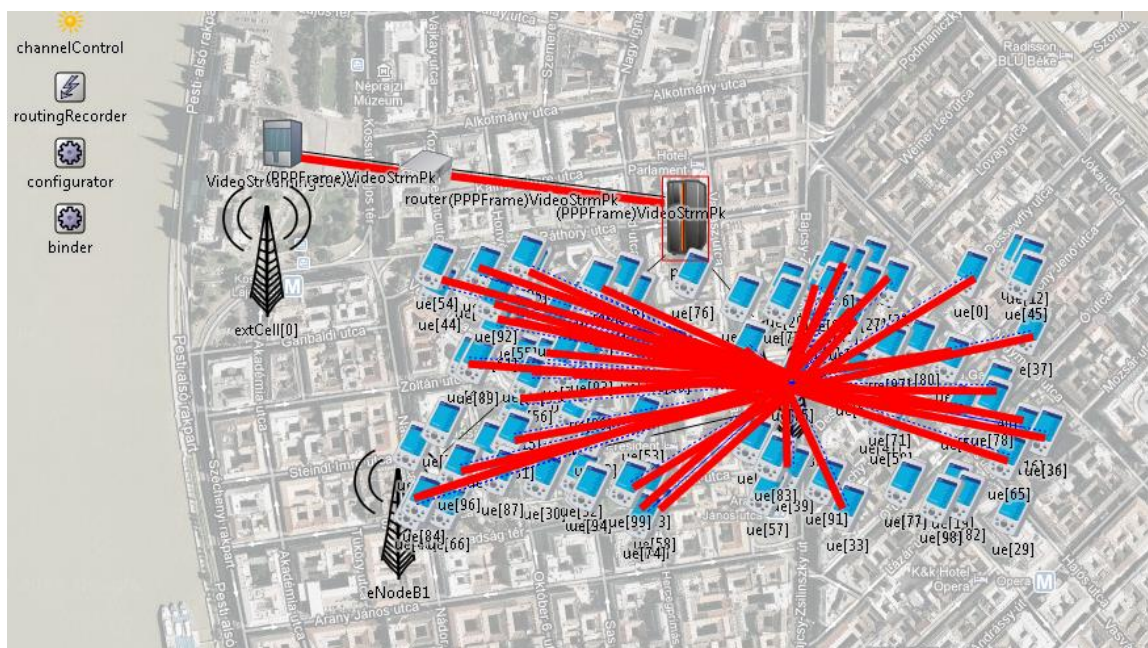


Figura 9.23: Dërgimi i të dhënave streaming nga Serveri ‘Video Streaming’ drejt UE-ve

Parametrat e elementëve të rrjetit të vendosur në file .INI për këtë rast simulim të parë janë:

- Serveri “VideoStreamingServer”- është një server video streaming i cili do të gjenerojë trafikun video me madhesi 5MiB (5.24288 MB), me interval të dërgimit të paketave cdo 10 ms dhe me gjatësi pakete 500B.
- Përdoruesit celular UE - janë të palëvizshëm. Në këtë rast kemi përdorur 20 dhe 100 UE.
- Dy stacionet bazë eNB kane MTU = 10000B
- Koha e simulimit është 3000s

Në mënyrë të ngjashme si në skenarin e parë dhe të dytë të simulimeve, edhe për këtë skenar simulimi të tretë gjenerimi i të dhënave përfundimtare në OMNeT++ IDE do të jenë; në të dhëna vektoriale, të dhëna skalara dhe ato histogram. Të dhënat vektoriale janë funksion i kohës, ndërsa ato skalara regjistrojnë vlera të ndryshme. File e rezultateve jane .vec dhe .sca.

Në rrjetin LTE që kemi ndërtuar në OMNet, do të simulojmë dy parametra:

- a) Latencën e përfitimit të shërbimit Video Streaming- e cila përbën vlerësimin e vonësës së përfitimit të shërbimit video streaming nga serveri video streaming drejt përdoruesit fundorë.
- b) Cilësinë e shërbimit Streaming- duke ju referuar parametrin CQI i cili është treguesi baze i përcaktimit të cilësisë së kanalit radio.

Në përgjithësi koncepti “Latencë” tregon vonësën midis një burimi dhe destinacioni të caktuar që shkaktohet nga një rrjet i caktuar (që mund të jetë rrjeti celular, një rrjet wireless cfarëdo etj). Meqënëse ky parametër përbën një aspekt shumë të rëndësishëm në zhvillimin e gjeneratës celulare 5G ku pritjet që kjo Latencë e përfitimit të shërbimeve të jetë shumë më e ulët krahasuar me gjeneratën paraardhëse 4G, realisht nevojitet përcaktimi i saktë se

cfarë është kjo vonesë dhe nga varet ajo. Në këtë mënyrë, klasifikimi i Latents në rrjet duke ju referuar 3GPP [107] është ndarë në;

- Latente sipas planit të kontrollit - e cila përfshin vonesën e kalimit të përdoruesve fundorë nga gjendja e ‘Qetësisë’ në atë ‘Aktive’ si në rrjetin Radio dhe atë bërthamë.
- Latente sipas planit të përdoruesit – është koha që i nevojitet një pakete të vlefshme në shtresën IP të nyjes RAN ose përdoruesit fundor UE për tu transferuar dhe për të qënë përsëri e vlefshme në RAN ose UE. Sikurse është shpjeguar më sipër, nyja RAN është nyja që siguron ndërfaqen e aksesit Radio drejt rrjetit Bërthamë.

Në rastin tonë të simulimit, ne do të vlerësojmë Latents sipas planit të përdoruesit e cila përbën kohën që i nevojitet një pakete që nga momenti për tu bërë e vlefshme në burim dhe deri sa të jetë e vlefshme në nyjen destinacion.

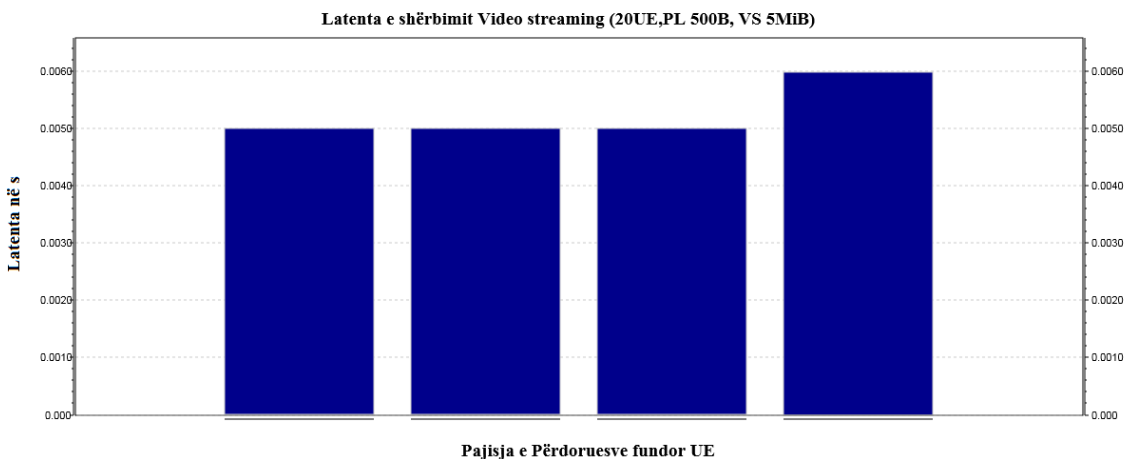


Figura 9.24: Vlerësimi i Latents së shërbimit Video Streaming me 20 UE

Sikurse shihet në figurën e mësipërme, latenta e përfitimit të shërbimit video streaming në një rrjet LTE me 20 UE, me gjatësi të paketës 500B, interval të dërgimit të paketave 10ms

si dhe me madhësi të videos në server-in e video streaming 5MiB (5.24288 MB) shkon mesatarashit 0.0059s.

Sikurse dihet, stacioni bazë eNB në një rrjet LTE shpërndan burime radio drejt një numri të regjistruar aktive përdoruesish fundorë UE duke përdorur teknikën e Multipleximit OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) në *Downlink* dhe teknikën e multipleksimit SC-FDMA (Single-Carrier Frequency Division Multiplexing në *Uplink*. Cdo interval kohe i transmetimit është 1ms (TTI), dhe për cdo UE në të dyja drejtimet e komunikimit Uplink/Downlink do ti alokohet një frame për kohë ose një frame për frekuencë të blloqeve të burimeve RB. Cdo RB mban një numër të ndryshueshëm bytesh bazuar tek skema e modulimit dhe e kodimit që është zgjedhur. Në drejtimin Downlink, kohëzgjatja e një frame është 10ms, pra 10 herë TTI. Në rastin e LTE kur kryhet Downlink, përdoret skema e kodimit dhe modulimit AMC (Adaptive Modulation and Coding) për të përshtatur parametrat e transmetimit sipas kushteve të ndryshueshme të kanaleve pa tela. Stacioni bazë eNB zgjedh skemën e modulimit dhe kodimit që do të përdoret duke u bazuar në cilësinë e kanalit radio që vlerësohet nga cdo UE në pjesën marëse (Downlink). Tashmë marësi, pra paisja e përdoruesit do të transferojë këtë informacion drejt stacionit bazë eNB, i cili duke u bazuar në cilësinë e kanalit alokon blloqet e burimeve drejt përdoruesve të ndryshëm. Për të shmangur dyndjet dhe mbingarkesën në rrjet, UE nuk i jep informacionin e cilësisë së kanalit direkt nyjes eNB, por i çon vlerat e CQI.

Sikurse shihet me poshtë, 75% e përdoruesve fundorë UE kane vlera të CQI në intervalin 11 -15, e cila përkthehet në cilësi shumë të mirë streaming ku dyndjet jane shumë të vogla. Sa më e madhe të jëtë vlera CQI aq më i mirë është cilësia e streaming.

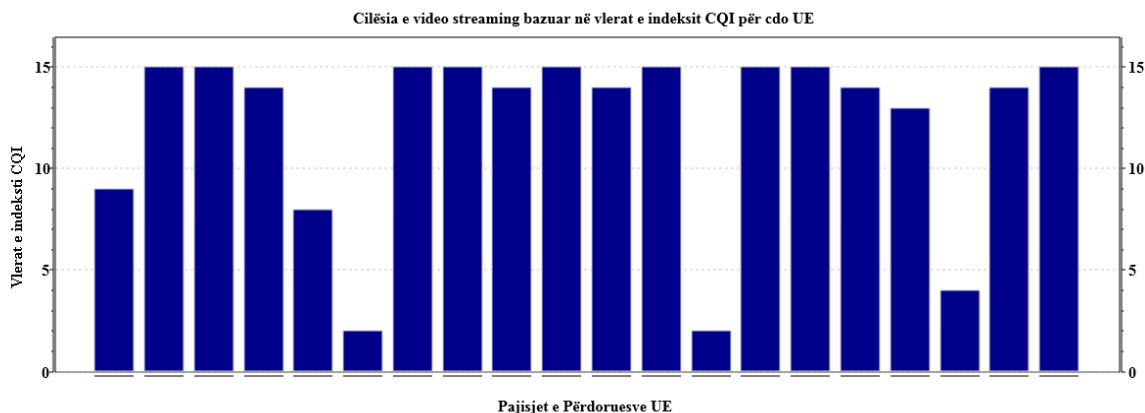


Figura 9.25: Vlerësimi i parametrut CQI për 20 UE

Me rritjen e numrit të Përdoruesve fundorë, konkretisht nga 20 në 100 UE, me gjatësi pakete të pa ndryshuar prej 500 B, interval të dërgimit të paketave 10ms, Latenta e përfitimit të video streaming rritet deri në vlerën maksimale 0.0087 s. E krahasuar kjo me rastin kur numri i UE është 20, Latenta fillon të rritet me 0.0028s.

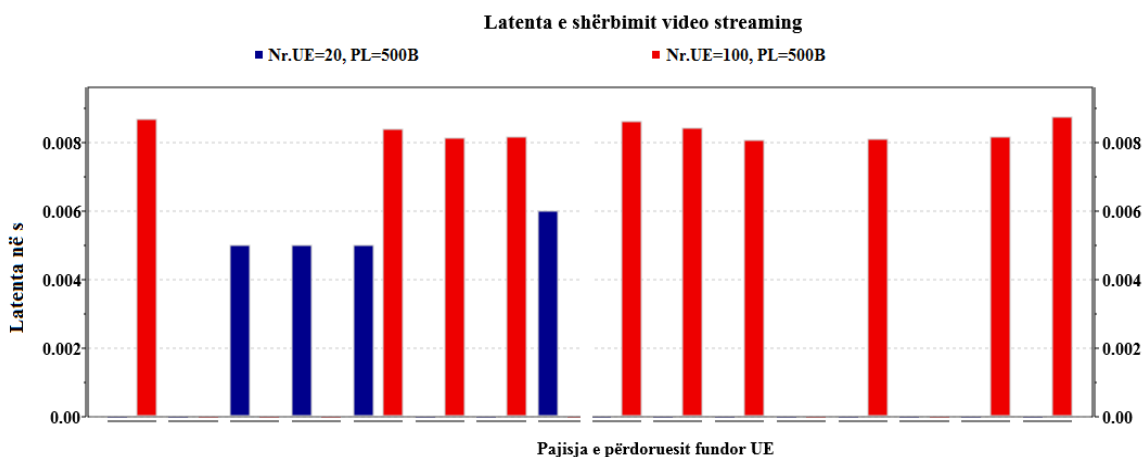


Figura 9.26: Krahasimi i Latentës së shërbimit Video Streaming kur numri i UE rritet nga 20 UE në 100 UE.

Vlerat e CQI në këtë rast janë paraqitur në figurën e mëposhtëm. Sikurse shikohet, rreth 48% të paisjeve fundorë UE kanë cilësi streaming shume të mirë, e cila përfshihet në intervalin 11-15. Krahasuar me rastin kur numri i UE është 20, atëherë dalim në përfundimin se kemi një ulje të cilësisë video streaming që përftojnë përdoruesat fundorë. Pra me rritjen e numrit të UE, kemi edhe një zvogëlim të performancës së shërbimit për shkak të dyndjeve të larta në rrjet.

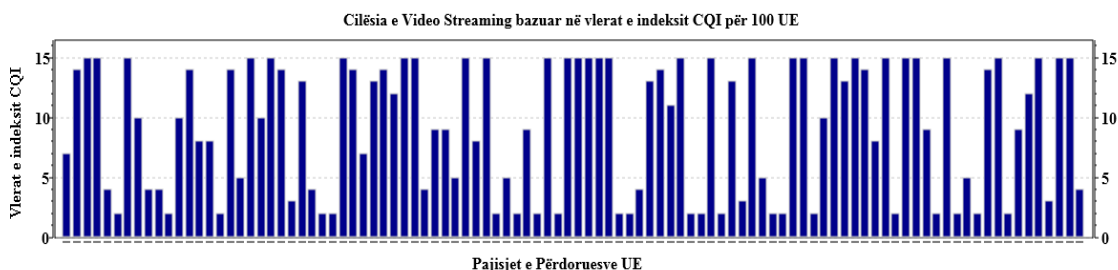


Figura 9.27: Vlerësimi i parametrit CQI për 100 UE

➤ Rasti 2:

Për të ndërtuar modelin e Hostit MEC në frameworkun SimuLTE të integruar në OMNet, i kemi referuar punës së bërë të autorëve në [108]. Sikurse tregohet në figurën e mëposhtme, Hosti MEC është ndërtuar si një modul i përbërë, i cili ka brënda saj katër nënmodulet; Moduli i thjeshtë i Platformës ME, Moduli i thjeshtë i Aplikacionit ME, moduli i server-it të video streaming si dhe moduli i pikës fundorë PFGTP.

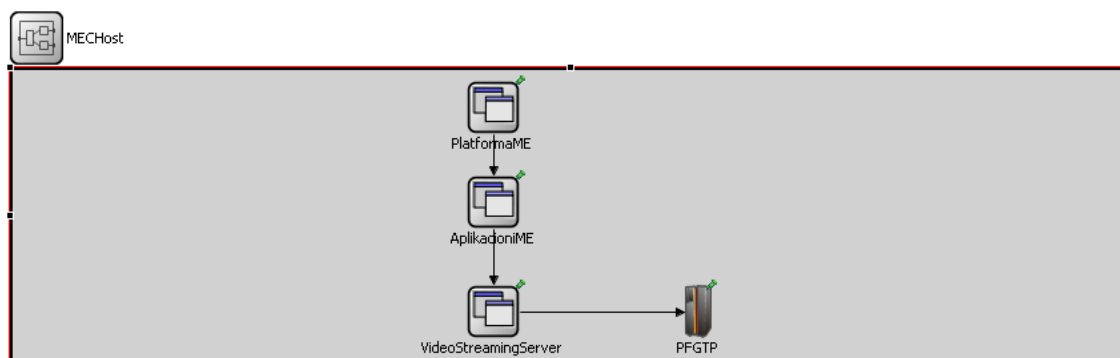


Figura 9.28: Modelimi i host-it MEC në SimuLTE

Platforma ME siguron të gjitha shërbimet që do të shfrytëzohen nga aplikacionet ME si shërbimi RNIS, shërbimi i paketave në kufij të rrjetit EPC, shërbimi i pozicionimit etj. (të dhëna me detaje në paragrafin 9.3.1)

Moduli i Aplikacionit ME është moduli i cili mer kërkesat për video streaming nga paisjet fundorë UE, të cilat shkojnë si fillim tek serveri udp i video streaming nëpërmjet pikës fundorë PFGTP. Ky i fundit do të komunikojë me stacionin bazë radio eNB, i cili mer kërkesat për video streaming nga UE përkatëse. Moduli GTP mund të vendoset brënda pjesës EPC të rrjetit LTE dhe komunikimi midis tyre tunelohet me anë të protokollit GTP. Ky modul realizon enkapsulimin dhe dekapsulimin e e paketava të të dhënave brënda paketës GTP.

Në këtë mënyrë, do të ndërtojmë rrjetit LTE në OMENeT duke e vendosur Hostin MEC të mësipërm direkt në stacionin bazë eNB sikurse treagohet edhe në figurën e mëposhtme.

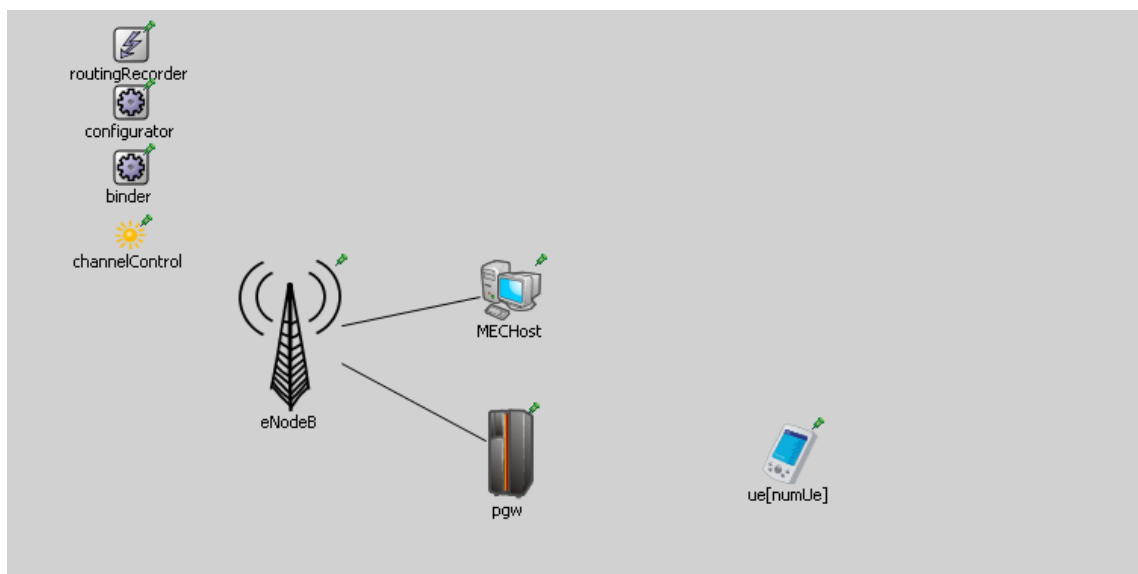


Figura 9.29: Ndërtimi i topologjisë së rrjetit LTE në OMNeT bazuar në lidhjen e Host-it MEC direkt në stacionit bazë eNB

Në këtë mënyrë përfitimi i shërbimit video streaming nga UE-të do të mund të realizohet me Latentë të ulët, humbje paketash shumë të ulët dhe performancë të lartë.

Kemi ndërtuar file .ned dhe file .ini të konfigurimit ku parametrat e konfigurimit do të jenë të njëjta si në rastin 1, me qëllim nxjerjen në pah të përfitimeve të medha që sjell aplikimi i teknologjisë MEC gjatë përfitimit të video streaming nga përdoruesit fundorë UE.

Në rastin e parë të simulimit, do të marim po të njëjtën madhësi video 5MiB (5.24288 MB), me gjatësi paketa 500B, interval të dërgimit të paketave 10ms dhe 20 UE.

Rezultatet e simulimit janë në filet .vec dhe .sca.

Sikurse shihen në grafikun e mëposhtëm, Latenta e përfitimit të shërbimit video nga 20 UE sipas teknologjisë MEC është 0.004 s.

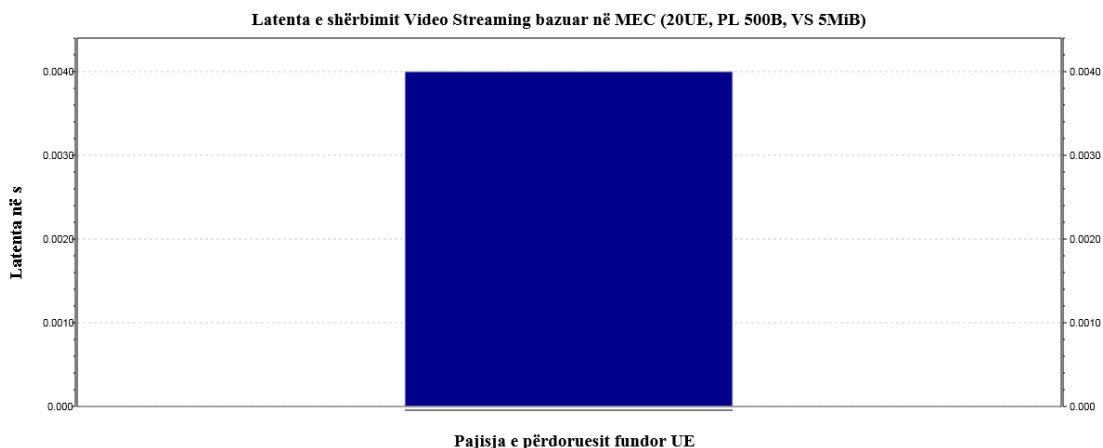


Figura 9.30: Latenta e përfitimit të shërbimit Video Streaming bazuar në teknologjinë MEC për 20 UE.

Duke e krahasuar me rezultatin e rastit a, ku nuk kemi të aplikuar teknologjinë MEC, Latenta është zvogëluar me 0.00199s.

Nga analiza e file-ve të rezultateve të simulimit, vumë re që në rastin e aplikimit të teknogjisë MEC për përfitimin e shërbimit Video Streaming, humbja e paketave është 0. Kjo do të thotë që cilësia QoE e shërbimit që përceptohet nga përdoruesit fundorë është e lartë.

Me rritjen e numrit të Përdoruesve fundorë, konkretisht nga 20 në 100 UE dhe nga 100 UE në 1000 UE me gjatësi pakete të pa ndryshuar prej 500 B, interval të dërgimit të paketave të pandryshuar 10ms, Latenta e përfitimit të shërbimit video streaming është po përsëri 0.004, pra nuk ndryshon (Grafiku i mëposhtëm). Gjithashtu edhe humbja e paketave është 0.

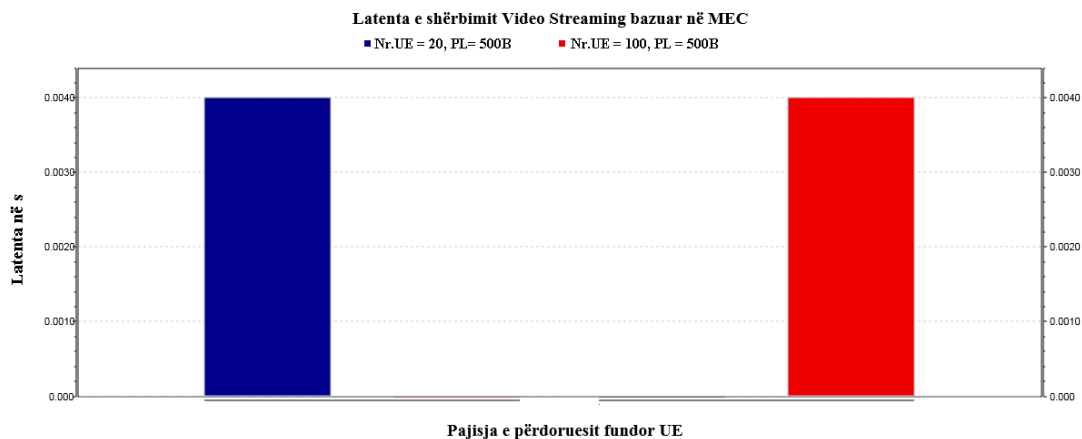


Figura 9.31: Krahësimi i Latentës së përfitimit të shërbimit Video Streaming bazuar në teknologjinë MEC për 20 UE dhe 100 UE.

Ky rezultat nxjer në dukje një nga veçoritë më të rëndësishme dhe të dobishme të teknologjisë MEC, e cila është ofrimi i zgjidhjes së problemeve me vonesën e përfitimit të shërbimeve Video Streaming në rrjetat Celulare dhe jo Celulare (Latentë 0.004s), i zgjidhjes së problemeve me cilësinë e shërbimit (Humbja e paketave 0). Teknologjia MEC dhe SDN do të jenë dy zgjedhjet e duhura dhe të “Zgjuara” të rrjetit që do ti japin shtysë zhvillimit të gjeneratës së 5 Celulare si dhe do të përmirësojnë ndjeshëm përfitimin e shërbimeve Video Streaming që ofrohen nga ofruesat aktual në të gjithë botën (Netflix, HULU apo Amazon Prime Video).

Sygjerim:

Ideja e zhvillimit të këtij skenari të tretë simulimesh u bazua në problemet konkrete që po hasin sot përdoruesit e shërbimeve Video streaming kudo nëpër botë si; problemi me vonesat e marjes në kohë reale të shërbimit, problemet me cilësinë QoE si dhe ato me Performancën. Kohët e fundit flitet se një nga ofruesit gjigant të shërbimit Video Streaming Netflix, pati probleme të mëdha në ofrimin e ketyre shërbimeve ku përdoruesit fundorë ankohen për vonesa të madhe gjatë përfitimit në kohë reale të tyre. Në këtë rast, zgjedhja ideale do të ishte aplikimi i teknologjisë MEC, ku Contenti të mund të vendosej sa më afër përdoruesit, pra në kufij më rrjetin, në Cloude të vegjël (Sikurse u testua hosti MEC) Në këtë mënyrë, shërbimi video streaming do të përfitohet me Latentë të ulët, cilësie QoE dhe performancë të lartë.

KAPITULLI 10

PËRFUNDIME DHE PUNA NË TË ARDHMEN

Në këtë punim të dokturaturës është trajtuar përmirësimi dhe optimizimi i përfitimit të shërbimit IPTV me anë të aplikimit të zgjidhjes SDN dhe virtualizimit të rrjetit. Gjithashtu, duke marrë shkas nga rritja shumë e madhe e kërkesave të përdoruesve fundorë për përfitimin e këtij shërbimi me kosto të ulët, QoE të lartë dhe vonesa të ulta, kemi aplikuar realisht këtë zgjidhje SDN tek qendra e ofrimit të shërbimit IPTV SMC dhe kemi vlerësuar në mënyrë sasiore të thjeshtësuar koston e ofrimit të këtij shërbimi bazuar në SDN. Nga ky vlerësim, kemi arritur në rezultatin që me anë të zgjidhjes SDN kostoja e ofrimit të shërbimit IPTV zvogëlohet me 83.72% sipas rastit të parë të studimit dhe me 88.8% sipas rastit të dytë të studimit. Në këtë mënyrë kemi arritur të zgjidhim me sukses një nga sfidat më të mëdha që hasin sot ofruesat e shërbimeve video streaming, sikurse ishte kostoja e lartë e ofrimit të tyre. Zgjidhja SDN përmirëson efikasitetin e menaxhimit të rrjetit duke ofruar stabilitetin e tij, reduktimin e kostos në tërësi të instalimeve në rrjet me qëllim optimizimin e përfitimit të shërbimit IPTV me kosto të ulët dhe QoE të lartë. Gjithashtu, kemi arritur të përmirësojmë performancën e shërbimit IPTV bazuar në SDN nga implementimi i kartës grafike GPU

duke zgjidhur problemet e CPU dhe asaj të mos transkodimit të më shumë se 30 kanale njëkohësisht. Pas implementimit të kësaj karte grafike, performanca e shërbimit IPTV u rrit me >60%, si dhe u katërfishua Throughput (numri i kanaleve të transkoduar në mënyrë të vazhdueshme) duke zvogëluar katër herë kohën e marjes së shërbimit. Kërkesat në rritje për shërbime videos streaming nga përdorues fundorë, sollën konsumim të lartë të bandwidth-it në rrjet dhe performanca e përfitimit të këtyre shërbimeve po zvogëlohej. Në këtë mënyrë, kemi ndërtuar një arkitekturë të optimizuar të ofrimit të shërbimit IPTV bazuar në teknologjinë MEC dhe SDN, në të cilën të dhënat streaming u zhvendosën në cloud të vegjël sa më afër përdoruesit fundorë. Rrjedhimisht përfitimi i shërbimeve video streaming u arrit me Latencë, Bandwidth të ulët dhe performancë të lartë. Për të vlerësuar optimizimet e shërbimit IPTV bazuar në zgjidhjen e rrjetit SDN dhe sipas teknikës MEC, kemi ndërtuar tre skenare simulimi në OMNet++, nëpërmjet të cilave kemi marrë rezultatet e mëposhte:

1. Vonesa fundore RTT e përfitimit të shërbimit IPTV me anë të SDN, krahasuar kjo me përfitimin e shërbimit nëpërmjet protokolleve streaming RTP dhe RTCP është zvogëluar me 61.62%.
2. Humbja e paketave në rrjet, e vlerësuar sipas zgjidhjes SDN është zvogëluar me 61%

3. Nga Aplikimi i teknikës MEC në rrjetin LTE-A për ofrimin e shërbimit video streaming, u arrit përfitimi i shërbimit me latentë të zvogëluar me 0.00199s, me humbje paketash pothuajse 0 dhe me performancë të lartë QoE
4. Gjithashtu, u arrit një rezultat shume interesant që me rritjen e numrit të përdoruesve fundorë, nuk ndryshonte Latenta e përfitimit të shërbimit (testi i bërë me 20 UE, 100 UE dhe 1000 UE). Kjo është risia më e madhe teknologjike për shërbimet video streaming ku përfitimet ekonomike të ofruesvë do të rriten vrullshëm duke rritur njëkohësisht edhe performancën e përfitimit të tyre nga ana e përdoruesve fundorë. Në këtë mënyrë përfitimi i optimizuar i shërbimit IPTV do të realizohet me kosto të ulët dhe cilësi QoS/QoE të lartë.

10.1 Puna në të ardhmen

Si rezultat i punimit të kësaj teme dokturate, janë arritur rezultate të cilat konsiderohen si risi ose burime për t'u zhvilluar në studime të tjera në të ardhmen. Ndër përmirësimet kryesore mund të përmendim:

- Aplikimi i teknikës MEC nga ofruesit gjigant të shërbimit Video Streaming si 'Netflix', 'Hulu', 'Amazon Prime', Youtube etj ku Contenti të mund të vendosej sa më afër përdoruesit në kufij me rrjetin, me qëllim përfitimin e shërbimit video streaming IPTV me Latentë të ulët, cilësie QoE dhe

performancë të lartë. Kjo ide inovative, e testuar në mjedisin e simulimit OMNeT ++, mund të jetë një zgjidhje efiçente, reale dhe optimale për cdo Ofrues të shërbimeve video streaming nga e gjithë Bota.

- Gjithashtu një punim në të ardhmen mund të jetë edhe ndërtimi i algoritmave optimizues që do të mundësojnë përfitimin e shërbimit IPTV me anë të SDN bazuar në principet e MEC
- Implementimi dhe prodhimi i Set box Virtual (V-Set Box) për sigurimin e shërbimeve të bazuara në IPTV dhe VoD, me qëllimi reduktimin e kostos së ofrimit të këtyre shërbimeve, si dhe rritjen e shpejtësisë së ofrimit të shërbimeve të rreja në përputhshmëri me rritjen e madhe të kërkesave të përdoruesve fundorë.

REFERENCAT

- [1] Hyunwoo Nam: "Measuring and Improving the Quality of Experience of Adaptive Rate Video", Kolumbia University, Ph.D. Dissertation Thesis, 2016
- [2] Esmeralda Hysenbelliu 'A cloud based Architecture for IPTV as a Service' Proceeding of 2015 Ballkan Conference on Informatics: Advanced in ICT, pp.59-64, 2015
- [3] R.Jain, S.Paul. Network virtualization and Software defined networking for cloud computing: A survey. IEEE Communications Magazine, vol.51, no.11, pp.24-31, Nov.2013
- [4] V. Sekar, N. Egi, S. Ratnasamy, M. Reiter, and G. Shi. 'Design and implementation of a consolidated middlebox architecture'. In Proc. NSDI, 2012, p. 24
- [5] V. Sekar, S. Ratnasamy, M. Reiter, N. Egi, and G. Shi. 'The middlebox manifesto: Enabling innovation in middlebox deployment'. In Proc. HotNets, 2011, p. 21.
- [6] J. Sherry, S. Hasan, and C. Scott, 'Making middleboxes someone else's problem': Network processing as a cloud service. In Proc. SIGCOMM, Helsinki, Finland, 2012.
- [7] M. A. Fares, S. Radhakrishnan, B. Raghavan, N. Huang, and A. Vahdat. 'Dynamic flow scheduling for data center networks'. In Proc. NSDI, 2010, p. 19.
- [8] T. Benson, A. Anand, A. Akkela, and M. Zhang, BMicroTE 'Fine grained traffic engineering for data centers'. In Proc. CoNEXT, 2011, p. 8.

- [9] Frost and Sullivan: 'Understanding and Embracing SDN and NFV –based network solution to drive Operational Efficiency' August 2015
- [10] Fujitsu: 'SDN and the Future of Service Provider Networks' whitepaper
- [11] Jeremias Blendin "Cross-layer Optimization of Peer-to-Peer Video Streaming in OpenFlow-based ISP Networks Jeremias Blendin" 30. April 2013
- [12] Balaji Naik¹, G. K. Srikanth² through Virtualization implementation of IPTV service delivery using Optimizing Cloud Resources Volume 2 Issue XII, December 2014 ISSN: 2321-9653
- [13] Emad Mohamed Abd Elrahman Abousabea. Optimization algorithms for video service delivery. Other (cs.OH). Institute National des Telecommunications, 2012.
- [14] Rezwana Begum, Dr. Mohd Abdul Waheed, Dr. Jayashree Agarkhed: Optimizing Cloud Resources for Delivering IPTV Services through Virtualization, (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 5 (3), 2014, 4272-4277
- [15] Alistair Blair, Gerard Parr, Philip Morroë, Bryan Scotney and Aaron McConnel, Steve Appleby and Mike Nilsson Cloud based Dynamically Provisioned Multimedia Delivery: An Elastic Video Endpoint, CLOUD COMPUTING 2012: The Third International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization
- [16] Edgecast. (Retrieved: April, 2012). (Online). Available: <http://www.edgecast.com>.
- [17] Cachefly. (Retrieved: April, 2012). (Online). Available: <http://www.cachefly.com/>

- [18] P. Sun, M. Yu, M. J. Freedman, and J. Rexford, "Identifying performance bottlenecks in CDNs through TCP-level monitoring," in W-MUST '11: Proceedings of the first ACM SIGCOMM Workshop on Measurements up the stack. ACM Request Permissions, Aug. 2011.
- [19] V. Aggarwal, X. Chen, V. Gopalakrishnan, R. Jana, K. Ramakrishnan, and V. Vaishampayan, "Exploiting virtualization for delivering cloud based IPTV services," in Computer Communications Workshops, IEEE INFOCOM 2011 Workshop on Cloud Computing.
- [20] C.-F. Lin, M.-C. Leu, C.-W. Chang, and S.-M. Yuan, "The Study and Methods for Cloud Based CDN," in Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2011 International Conference on, 2011, pp. 469–475.
- [21] Y. Wang, X. Wen, Y. Sun, Z. Zhao, and T. Yang, "The Content Delivery Network System Based on Cloud Storage," in Network Computing and Information Security (NCIS), 2011 International Conference on, 2011, pp. 98–102.
- [22] H. A. Tran, A. Mellouk, and S. Hoceini, "QoE Content Distribution Network for Cloud Architecture," Network Cloud Computing and Applications (NCCA), 2011 First International Symposium on, pp. 14–19, 2011.
- [23] Y. Wang, C. Huang, J. Li, and K. Ross, "Estimating the performance of hypothetical cloud service deployments: A measurement-based approach," in INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE, 2011, pp. 2372–2380.

- [24] Vaneet Aggarwal, Xu Chen, Vijay Gopalakrishnan, Rittwik Jana, K. K. Ramakrishnan, Vinay A. Vaishampayan "Exploiting Virtualization for Delivering Cloud-based IPTV Services "IEEE INFOCOM 2011 Workshop on Cloud Computing.
- [25] Blendin: Why ISPs need SDN: SDN-based NSC and SDM, Kaiserslautern, Germany, 24. Sept. 2014
- [26] Julius Ruckert, Jeremias Blendin, and David Hausheer "RASP: Using OpenFlow to Push Overlay Streams into the Underlay" 978-1-4799-0521-8/13/\$31.00 c 2013 IEEE
- [27] Jeremias Blendin, David Hausheer "POSTER: Performance Management in Application-controlled Software Defined Networks" <http://www.aims-conference.org/2014>
- [28] EmadAbd-Elrahman, HossamAfifi, Hassnaa Moustafa, Mamadou Tourd Diallo and Nicolas Marechal "Optimization of TV Multicast Delivery" 2013.
- [29] Akamai technologies. (Retrieved: April, 2012). (Online). Available: <http://www.akamai.com>
- [30] Bittorrent. (Retrieved: April, 2012). (Online). Available: <http://www.bittorrent.com>
- [31] Julius Ruckert, Roberto Bifulco, Muhammad Rizëan-Ul-Haq, Hans-Joerg Kolbe and David Hausheer "Flexible Traffic Management in Broadband Access Networks using Software Defined Networking " 978-1-4799-0913-1/14/\$31.00 c 2014 IEEE
- [32] Limelight networks. (Retrieved: April, 2012). (Online). Available: <http://www.limelightnetworks.com/>

- [33] Amazon cloudfront. (Retrieved: April, 2012). (Online) Available: <http://aws.amazon.com/cloudfront/>
- [34] Rezwana Begum, Dr. Mohd Abdul Waheed, Dr. Jayashree Agarkhed: Optimizing Cloud Resources for Delivering IPTV Services through Virtualization, (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 5 (3), 2014, 4272-4277
- [35] Vaneet Aggarwal, Xu Chen, Vijay Gopalakrishnan, Rittëik Jana, K. K. Ramakrishnan, Vinay A. Vaishampayan "Exploiting Virtualization for Delivering Cloud-based IPTV Services "IEEE INFOCOM 2011 Workshop on Cloud Computing.
- [36] B. VASAVI 1, Ms. SANTHOSHI2 "Enhancing Cloud Resources for Implementing IPTV Services using Virtualization "International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, Vol. 3, No.1, Pp.: 282 – 287 (2014)
- [37] Bo Han, Vijay Gopalakrishnan, Seungjoon Lee, Lusheng Ji 'Network Functions Virtualization: Challenges and Opportunities for Innovations' IEEE Communications Magazine, 2015.
- [38] R. Lavanya, and V. Ramachandran Cloud based on demand model with performance enhancement. Malaysian Journal of Computer Science, Vol. 24(2), 2011
- [39] Anura P.Jayasumana. File Sharing to Resource Sharing – Evolution of P2P Networking. IEEE CCNC, Las Vegas, NV, USA, January 2012

- [40] W3C Recommendation 27 April 2007. SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition). <http://www.w3.org/TR/soap12-part1/>
- [41] Kiran Kola, How-to-Guide for Reverse Proxy and Load Balancing in SAP Mobile Platform3.x.<http://www.sdn.sap.com/irj/scn/go/portal/prtroot/docs/library/uuid/200d7500-2605-3210-9d91-a24cfb6523ba?>
- [42] M. Varela, P. Zwickl, P. Reichl, M. Xie and H. Schulzrinne. "From Service Level Agreements (SLA) to Experience Level Agreements (ELA): The Challenges of Selling QoE to the User." In Proceedings of IEEE ICC QoE-FI, London, June 2015
- [43] Jonathan Hussey, 'Multi User live video streaming of events via mobile applications' April 2014
- [44] Microsoft Media Server Protocol. Retrieved June 21, 2016 from <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc239490.aspx>.
- [45] Recording media streamed through PNM protocol. Retrieved July 12,2016 from <http://all-streaming-media.com/streaming-media-faq/faq-pnm-protocol.htm>.
- [46] Henning Schulzrinne, Stephen L. Casner, Ron Frederick, and Van Jacobson. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. IETF Draft, July 2003.
- [47] Henning Schulzrinne, Anup Rao, Rob Lanphier, Magnus Westerlund, and Martin Stiemerling. Real Time Streaming Protocol 2.0 (RTSP). IETF Draft, February 2014
- [48] Haakon Riiser. Adaptive Bitrate Video Streaming over HTTP in Mobile Wireless Networks. PhD thesis, University of Oslo, Oslo, Norway, June 2013.

- [49] An Overview of Digital Rights Management. Retrieved July 12, 2016 from <http://www.encoding.com/digital-rights-management-drm/>.
- [50] Michael C. Thornburgh. Adobe's Secure Real-Time Media Flow Protocol. IETF Draft, July 2013
- [51] Adobe Media Server family. Retrieved July 1, 2016 from <http://www.adobe.com/Products/adobe-media-server-family.html>.
- [52] Wowza media systems. Retrieved July 1, 2016 from <https://www.wowza.com/>.
- [53] M. Chubirka, "Are you ready for an SDN deployment?", SearchNetworking, 2016. [Online]. Available: <http://searchnetworking.techtarget.com/tip/You-may-notbe-ready-for-SDN-deployments>. [Accessed: 11-Apr2016].
- [54] D. Geer, "Five reasons IT pros are not ready for SDN investment", SearchSDN, 2016. [Online]. Available: <http://searchsdn.techtarget.com/feature/Five-reasons-ITpros-are-not-ready-for-SDN-investment>. [Accessed: 10Apr-2016].
- [55] Derrick D'souza, Krishna Prabhu Sundharan, Savithru Lokanath, Vivek Mittal, Dr. Levi Perigo: 'Improving QoS in a Software-Defined Network', Capstone Research Paper April 30, 2016.
- [56] Smura T. et al., "Virtual operators in the mobile industry: a techno-economic analysis," NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking, vol. 8, no. 1-2, 2007, pp. 25-48

- [57] Harno J. et al., "Alternatives for mobile operators in the competitive 3G and beyond business", *Telecommunication Systems*, vol. 42, no. 2, 2009, pp. 77-95
- [58] Ofcom, "Application of spectrum liberalisation and trading to the mobile sector", A Consultation document, <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/spectrumlib/>, 2009
- [59] Das S. et al., "Rethinking IP Core Networks," *Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 5 no.12, 2013, pp. 1431-1442
- [60] Li X. et al., "The Method and tool of cost analysis for cloud computing," *Proceedings of the IEEE Conference on Cloud Computing*, 2009, pp. 93-100
- [61] Huelsermann R. et al., "Cost modeling and evaluation of capital expenditures in optical multilayer networks," *Journal on Optical Networking*, vol. 7, no. 9, pp. 814-833
- [62] ACG Research, "A TCO analysis of Ericsson's virtual network system concept applied to mobile backhaul," 2012
- [63] PA Consulting Group, "EPC and Intel's vision for the telco cloud," 2012
- [64] Zhang N. et al., "Cost efficiency of SDN in LTE-based mobile networks: Case Finland" *Proceeding of the IEEE International Conference and Workshop on Networked Systems*, 2015, pp.1-15
- [65] Verbrugge S. et al., "Methodology and input availability parameters for calculating OpEx and CapEx costs for realistic network scenarios," *Journal of Optical Networking*, vol. 5, no. 6, 2006, pp. 509-520

- [66] Tucker R. et al., “Evolution of WDM optical IP networks: A cost and energy perspective,” IEEE JLT., vol. 27, no. 3, 2009
- [67] Sukanya.R, Sëaathikka.K, Soorya.R 'Enhancing Computational Performance using CPU-GPU Integration', International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 111 – No 7, February 2015
- [68] Kwang-yeob Lee, Nak-woong Eum, Jae-chang Kwak 'Superscalar GP-GPU design of SIMT architecture for parallel processing in the embedded environment', Advanced Science and Technology Letters (Vol.43 Multimedia2013), pp.67-70
- [69] <https://www.nvidia.com/>
- [70] <https://www.ffmpeg.org/>
- [71] http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html
- [72] Murat Karakus, Arjan Durrezi ‘Economic Viability of Software Defined Networking (SDN), Computer Networks 135 (2018), pp. 81–95
- [73] Internet of Everything. http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy.pdf. Accessed: 2017-07-17.
- [74] RCRWireless. <http://www.rcrwireless.com/20160628/opinion/reality-check-50b-iot-devices-connected-2020-beyond-hype-reality-tag10>. Accessed: 2017-07-17.
- [75] Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, and Marimuthu Palaniswami. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7):1645–1660, 2013.

- [76] Shanzhi Chen, Hui Xu, Dake Liu, Bo Hu, and Hucheng Wang. A vision of iot: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. *IEEE Internet of Things journal*, 1(4):349– 359, 2014.
- [77] ETSI Mobile Edge Computing Portal. <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile-edge-computing>. Accessed: 2016-01-27
- [78] M Patel, B Naughton, C Chan, N Sprecher, S Abeta, A Neal, et al. Mobile-edge computing introductory technical white paper. White Paper, Mobile-edge Computing (MEC) industry initiative, 2014.
- [79] Second white paper on Mobile Edge Computing from ETSI. http://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp11_mec_a_key_technology_towards_5g.pdf. Accessed: 2016-01-27.
- [80] ITU-T report about Tactile Internet, Aug 2014. https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000230001PDFE.pdf. Accessed: 2016-01-27.
- [81] Victor Bahl, Microsoft, 13 May 2015. http://research.microsoft.com/en-us/um/people/bahl/Present/Bahl_mDC_Keynote_May.pdf. Accessed: 2016-01-27.
- [82] Luis M Vaquero and Luis Rodero-Merino. Finding your way in the fog: Towards a comprehensive definition of fog computing. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 44(5):27–32, 2014.
- [83] Kuan-Ching Li, Qing Li, and Timothy K Shih. *Cloud Computing and Digital Media: Fundamentals, Techniques, and Applications*. CRC Press, 2014.

- [84] Tuyen X Tran, Abolfazl Hajisami, Parul Pandey, and Dario Pompili. Collaborative mobile edge computing in 5g networks: New paradigms, scenarios, and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(4):54–61, 2017.
- [85] Xianbin Wang, Guangjie Han, Xiaojiang Du, and Joel JPC Rodrigues. Mobile cloud computing in 5g: Emerging trends, issues, and challenges [guest editorial]. *IEEE Network*, 29(2):4–5, 2015
- [86] Ejaz Ahmed and Mubashir Husain Rehmani. *Mobile edge computing: opportunities, solutions, and challenges*, 2017.
- [87] Sarah Clinch, Jan Harkes, Adrian Friday, Nigel Davies, and Mahadev Satyanarayanan. How close is close enough? Understanding the role of cloudlets in supporting display appropriation by mobile users. In *Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, 2012 IEEE International Conference on, pages 122–127. IEEE, 2012.
- [88] Tuyen X Tran, Abolfazl Hajisami, Parul Pandey, and Dario Pompili. Collaborative mobile edge computing in 5g networks: New paradigms, scenarios, and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 55(4):54–61, 2017.
- [89] F. Bonomi et al., “Fog Computing and Its Role in the Internet of Things,” *Proc. 1st ACM Wksp. Mobile Cloud Computing*, 2012, pp. 13–16.
- [90] European Telecommunications Standards Institute. 2016. ETSI GS MEC001006 Mobile Edge Computing (MEC) Terminology. (2016).

- [91] Michael Till Beck, Sebastian Feld, Andreas Fichtner, Claudia Linnhoff Popien and Thomas Schimper 2015. ME-VoLTE:Network functions for energy-efficient video transcoding at the mobile edge. In Proceedings of the 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks (ICIN 15’).
- [92] Mung Chiang and Tao Zhang. 2016. Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities. IEEE Internet of Things Journal (2016).
- [93] Xin Jin, Li Erran Li, Laurent Vanbever, and Jennifer Rexford. 2013. SoftCell: Scalable and Flexible Cellular Core Network Architecture. In Proceedings of the Ninth ACM Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT ’13).
- [94] AntaHuang, Navid Nikaein, Tore Stenbock,Adlen Ksentini, and Christian Bonnet. 2017. Low Latency MEC Framework for SDN-based LTE/LTE-A Networks. In Proceedinds of IEEE International Conference on Communications Conference (ICC ’17).
- [95] European Telecommunications Standards Institute. 2016. ETSI GS MEC001-006 Mobile Edge Computing(MEC) Terminology. (2016).
- [96] Anta Huang, Navid Nikaein ‘Demo: LL-MEC A SDN-based MEC Platform’, MobiCom 17, Snowbird, UT, USA 2017
- [97]<http://www.omnetpp.org>
- [98] INET framework for the OMNeT++ discrete event simulator. [Online]. Available: <http://github.com/inet-framework/inet>

- [99] S. Wenger, M. M. Hannuksela, T. Stockhammer, M. Westerlund, and D. Singer, "RFC 3984: RTP payload format for H.264 video," IETF, February 2005.
- [100] A. Varga and R. Hornig. An overview of the OMNeT++ simulation environment. In International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks and Systems, Mar 2008.
- [101] Open Networking Foundation. OpenFlow Switch Specification - Version 1.2 <https://www.open-networking.org/images/stories/downloads/specification/openflow-spec-v1.2.pdf>, Dec 2011
- [102] M. Jarschel, S. Oechsner, D. Schlosser, R. Pries, S. Goll, and P. Tran-Gia. Modeling and Performance Evaluation of an OpenFlow Architecture. In 23rd International Teletraffic Congress (ITC 2011), San Francisco, CA, USA, Sep 2011.
- [103] G. Gibb. Basic Spanning Tree for NOX Controller. http://www.openflow.org/wk/index.php/Basic_Spanning_Tree, Nov 2010
- [104] A. Viridis, G. Stea, G. Nardini, "Simulating LTE/LTE-Advanced Networks with SimuLTE", in Obaidat M.S., Kacprzyk J., Oren T., Filipe J. (eds) "Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications", Springer, 2016
- [105] ETSI GS MEC 003, "Mobile Edge Computing (MEC); Framework and reference architecture", 2016-03
- [106] ETSI GS MEC 002, "Mobile Edge Computing (MEC); Technical requirements", 2016-03

[107] "TR 25.913 Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN)," 3GPP, 2010.

[108] Giovanni Nardini, Antonio Virdis, Giovanni Stea and Angelo Buono, "SimuLTE-MEC: Extending SimuLTE for Multi-Access Edge Computing", EPiC Series in Computing Volume 56, 2018, Pages 35-42 Proceedings of the 5th International OMNeT++ Community Sum

