**3.3.1 MPLS-TE ва QoS таъминоти**

QoS таъминланганда MPLS трафик муҳандислиги 3.2.1-расмда кўрсатилган. Ушбу тадқиқот учун бундан аввал қўлланган тармоқ топологияси биргина LSP созламаси ўзгартирилган ҳолда қабул қилинди. Турли QoS талабларига эга трафиклар учун мўлжалланган LSP кўк рангли пунктир чизиқ билан кўрсатилган.

3.13-расм. QoS таъминланган MPLS тажрибавий тармоғининг тармоқ модели

Ушбу тажрибавий тармоқда QoS таъминланиши учун тармоқ кўрсаткичлари ўзгартирилди. Кириш маршрутизатори томонидан бошқариладиган иккала трафик оқимини LSP қайта ишлайди. 3.13-жадвалда ушбу икки алоҳида TS ва RS тарифик оқими қийматлари келтирилган.

EF\_ flow spec for traffic entering the blue LSP and its traffic characteristics (T spec) was configured with maximum bit rate of 1,544,000 bits/sec, average bit rate of 1,000,000 bits/sec, maximum burst size of 64,000 bits/sec, and its RS pec was EF service class. The other flow spec that were to be governed by the ingress router was the AF11\_flowspec. This flow spec’s traffic characteristic (TS pec) was configured with maximum bit rate of 1,544,000 bits/sec, average bit rate of 500,000 bits/sec, maximum burst size of 64,000 bits/sec, and its RS pec was AF11 service class. The EF\_flow spec was configured to take care of EF CoS traffic and discard traffic other than this particular traffic type entering the LSP. The other flow spec, AF11\_flowspec was configured to take care of AF11 CoS traffic and discard traffic other than this particular traffic type entering the LSP. Table 3.3 summarizes the flow spec configuration table.

3.3-жадвал. Трафик оқими талаблари

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трафик оқими | Максимал бит тезлиги  (бит/сек) | Ўртача бит тезлиги  (бит/сек | Пакетнинг максимал қиймати (бит) | Профилдан ташқари ҳаракат | Траффик туркуми |
| EF\_flow spec | 1,544,000 | 1,000,000 | 64,000 | Discard | EF |
| AF11\_flow spec | 1,544,000 | 500,000 | 64,000 | Discard | AF11 |

One FEC class was given to one type of flow, in our case the TCP traffic with EF CoS, and the other FEC class was given to our second traffic type UDP traffic with AF11 CoS. Since we had configured traffic flows entering the network from left to right, meaning that LAN\_1 and LAN\_2 generating traffic towards SERVER\_1 and SERVER\_2, LER1 interfaces had to be configured right. LER1 had to be configured to assign FECs based on which interface that was handling the incoming traffic, plus other information gathered from the incoming packed header information. In our case FECs was assigned from governing rules outlined in table 3.4.

3.4-жадвал. FEC талаблари

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| FEC номи | DSCP | Қўлланилган протокол | Манзил адреси |
| LAN\_1 | EF | TCP | 192.0.4.1(SERVER\_1) |
| LAN\_2 | AF11 | UDP | 192.0.3.1(SERVER\_2) |

LER1 кириш маршрутизаторида пакетлар туркумларга ажратилган ва тугишли FECга белгиланган. Сўнг FEC мувофиқ LSPдан ўтувчи трафик оқимига қўлланилган. Бунда кирувчи трафик маъмурий қоидага кўра муҳандисланган. Турли QoS талабларини таъминловчи ушбу икки трафикни ўлчаш мақсад қилинганлиги боис, MPLS-TE турли хизмат учун QoS архитектурасини қўллаш учун созланган. Бунда турли хизматлар учун WFQ (Weighted Fair Queuing - енгил сўровлаш) DSCP кодни туркумлаш технологиялари қўлланилди. WFQ катта қиймати EF CoS трафиги AF11 CoS трафигидан ўтганда аниқланди. EF CoS трафигида 55 трафик оғирлиги аниқланди. Демак, вақт бўйича қисқа сўровлар қўлланилиши керак. AF11 CoS трафигида 5 трафик оғирлиги аниқланди. Бунда сўровлашни ўзгартириш керакмас. Ушбу созламаларда ишлаб чиқарувчанлик қийматини ўлчаш учун WFQ кечиш қиймати ва WFQ буфер фойдаланилиши, оқим ўтказиш қобилияти ва оқим кечикиш қийматлари қабул қилинди.

**3.3.2 Тадқиқот натижалар таҳлили ва муҳокамаси. Навбат кечикиши**

Ушбу бўлимда навбат кечикиши каби QoS талабларидан бири кўриб чиқилган.

3.14-расм. QoS таъминланганда MPLS-TE ва MPLS-TE технологияларида Ethernet тармоғида навбат кечикиши.

3.14-расмда Ethernet тармоғида навбат кечикиши кўрсатилган. QoS таъминланганда навбат кечикиши барқарор ҳолатга келиши кузатилди. QoS таъминланмаган ҳолда навбат кечикиши нобарқарор бўлиб, графикда аррасимон шаклда акс этилди. Бундан ташқари навбат кечикиши қиймати олдинги қийматга нисбатан олти мартага кам бўлгани кузатилди.

**3.3.3 Солиштирма натижалар**

3.15-расмда FTP трафики кўрсатилган. Кўк рангда QoS талаблари таъминланмаган ҳол, қизил ранг билан QoS талаблари таъминланган ҳол кўрсатилган. Графиклардан кўриниб турибдики, иккала трафик айтарли бир ҳил қийматларга эга, албатта максимум қийматлар бундан мустасно. Иккала трафик қийматларининг ўртача қийматлари орасидаги фарқ катта эмаслиги аниқланган.

3.15-расм. Икки ҳил шароитда юборилган FTP трафиги

3.16-расм. Видео-конференция трафиги (байт/сек)

QoS талаблари таъминланганда видео-конференция трафиги 4 марта кўпроқ юборилди. Бунда 3,800,000 байт/сек ва 1,200,000 байт/сек қийматлар ўлчанди. Вақтни инобатга олсак, QoS таъминланганда видео-конференцияни амалга ошириш вақти 2 минутга ошди.

3.17-расм. Видео-конференцияда пакетлар навбати чеклаш

3.17-расмда QoS таъминланган ва таъминланмаган вазиятда видео-конференцияда пакетлар навбати чеклаш кўрсатилган. QoS таъминланмаганда уч маротаба навбат кечиши кузатилди. Графикда бу ҳодиса қизил нуқталар билан кўрсатилган. Бундан ташқари навбат кечикишининг максимал қиймати 8 сониядан 11 сонияга ошди.

3.18-расмда QoS таъминоти афзаллиги кўрсатилган. QoS орқали барқарор ўтказиш қобилиятига эришилди. Бу эса тармоқдан фойдаланиш самарадорлигини оширади.

Графикда кўк ранг билан кўрсатилган тушиб кетишлар тармоқдан фойдаланиш самарадорлигини камайтиради. 3.19-расмда тармоқдан фойдаланиш кўрсатилган. Тармоқдан фойдаланиш самарадорлиги ва ўтказиш қобилияти графиклари шакллари билан бир бирига ўхшаш бўлгани кузатилди.

3.18-расм. MPLS-TE ва MPLS-TE технологияларида ўтказиш қобилияти

3.19-расм. MPLS-TE ва MPLS-TE технологияларида QoS таъминланганда тармоқдан фойдаланиш самарадорлиги

**III боб учун хулоса**

Уч турли симуляциялар натижасида тўпланган натижалар таҳлилидан сўнг, қуйидагича хулоса чиқарса бўлади. қисқа маршрутли тармоқлар ўта юкланганда UDP трафиги TCP трафигидан катта бўлиши ва унга салбий таъсир кўрсатиши мумкинлиги кузатилди. Қисқа миллисонияларда UDP трафиги TCP трафигига салбий таъсир кўрсатади. TCP протоколида ўта юкланишни аниқлаш технологияси ва трафик оқимини бошқариш механизми ўрнатилганлиги сабабли TCP трафиги UDP трафигидан кичик бўлади. Ушбу вазият жуда юқори сифат кўрсаткичларига эга бўлган тармоқларда хам юзага келади. UDP трафиги TCP трафигидан катта бўлади. Амалга оширилган симуляцияда иккала трафик оқими юқори даражали сифат кўрсаткичига эга бўлган тармоқдан ўтди. Бироқ бунда ҳам UDP трафиги TCP трафигидан катта келиб, TCP трафик оқимини сиқишни бошлади. Иккинчи турдаги симуляцияда MPLS-TE қўлланилди. MPLS технологияси қўлланилганда навбатни чеклаш, ўтказиш қобилияти ва маршрутни бошқариш орқали юқори самарадорликка эриши учун трафикни муҳандислаш мумкин. MPLS-TE қўлланилганда TCP трафикининг муқобил ўтказиш қобилияти қийматлари кузатилди. TCP трафик оқими пасайиши керак бўлмайди, чунки UDP трафик оқими TCP трафиги билан тармоқ ресурслари учун “тортишмайди”. Маълумот манбаси, кириш роутери ва қолган роутерлар орасидаги TCP трафиги ўтказиш қобилияти ўлчанди. Юборувчи ва кириш роутерлари орасида TCP ўтказиш қобилияти қийматининг кескин пасайиб кетиши кузатилди. Дифференциалланган WFQ хизматларини қўллаган ҳолда MPLS трафикни муҳандислаш орқали турли QoS талабларида трафик оқимида ишлаб чиқарувчанликни ошириш амалга ошириш мумкин. Ушбу икки технологиялар трафикни бошқариш ва QoS талаблари бажарилишини таъминлаш учун муқобил танлов бўлади. MPLS трафикни муҳандислаш тармоқ ресурсларидан фойдаланувчи трафикни бошқаради, турли хил трафик учун маршрут ўрнатади. Дифференциалланган хизматларнинг DSCP технологияларини қўллаш билан хамда навбатни чеклашни мақбул белгилаш муҳандисланган трафик оқимига қўйиладиган QoS талабларини ўрнатиш мумкин.