

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Бекмурза Амирхан Жанатұлы

«Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі
мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 - Телекоммуникациялар

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі
мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу»

6B06201 – Телекоммуникациялар

Орындаған:

А. Бекмурза

А.Ж.Бекмурза

Рецензент:

Ғ. Дәукеев атындағы Алматы ЭЖБУ
«Энергиямен қамтамасыз ету, электр
жетегі және электротехника»
кафедрасының меңгерушісі, PhD докторы
Шыныбай Ж.Шыныбай

« 19 » 05 2025 ж.

Ғылыми жетекші
экон. ғыл. кандидаты,
ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған
профессоры
А.Е.Куттыбаева А.Е.Куттыбаева

« 19 » 05 2025 ж.

Алматы 2025

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ**

**«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы**

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникациялар



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Бекмурза Амирхан Жанатұлы

Тақырыбы: «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу».

Университет ректорының «29» қаңтар 2025ж. №26-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «15» мамыр 2025 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

1) Қуат тұтынуы OLT: 100 Вт, ONU: 5 Вт; 2) Бір GPON портындағы максималды ONU саны – 64; 3) Жүктеме: Бір уақытта 32 ONU-ға дейін трафик беру, әрқайсысына 50 Мбит/с; 4) ONU: Қолданушыларға арналған Ethernet порттары (100 Мбит/с немесе 1 Гбит/с); 5) ITU-T G.984 стандартын негізге ала отырып, деректер беру жылдамдығы: 2.5 Гбит/с (төменгі ағын) және 1.25 Гбит/с (жоғарғы ағын).

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) OpenOMCI (Open Optical Management and Control Interface) протоколының мүмкіндіктері мен ерекшеліктері; б) GPON желілерінде деректер беру жылдамдығын, кідірістерді және өнімділікті бағалау; в) OpenOMCI қолдану арқылы GPON-құрылғыларын зерттеу нәтижелерін ұсыну.

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

а) OpenOMCI (Open Optical Management and Control Interface) протоколы;
б) GPON желілерінде деректер беру жылдамдығы; в) OpenOMCI қолдану;
г) GPON-құрылғыларын зерттеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. ITU-T G.984.1–G.984.4: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) Recommendations. 2019 . – 10 с.
2. OpenOMCI Documentation and Implementation Guidelines. 2020 – 10 с.

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Деректер беру жылдамдығының уақытқа байланысты өзгерісі.	1.02.2025 ж. - 21.02.2025 ж.	<i>орнұрау</i>
Әртүрлі вендорлардың кідіріс және қателік деңгейлері бойынша салыстыруы	21.02.2025 ж.- 01.03.2025 ж.	<i>орнұрау</i>
Жүргізілген зерттеулер негізінде алынған қорытындыларды және оларды телекоммуникациялық желілерде қолдану перспективаларын баяндау.	01.03.2025 ж. - 14.05.2025 ж.	<i>орнұрау</i>

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Техн.ғыл.канд., ЭТжҒТ каф.қауымдастырылған профессоры Куттыбаева А.Е.	21.05.25	<i>А.Е.Куттыбаева</i>
Теориялық ақпарат	Техн.ғыл.канд., ЭТжҒТ каф.қауымдастырылған профессоры Куттыбаева А.Е.	21.05.25	<i>А.Е.Куттыбаева</i>
Норма бақылау	ЭТжҒТ каф.аға оқытушысы Досбаев Ж.М.	21.05.25	<i>Досбаев Ж.М.</i>

Ғылыми жетекшісі

А.Е.Куттыбаева А.Е.Куттыбаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

А.Ж.Бекмурза А.Ж.Бекмурза

Күні « 20 » 02 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жоба тақырыбы «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу».

Дипломдық жобаның мақсаты-OpenOMCI протоколын қолдана отырып, GPON технологиясын қолдану кезінде жабдықтың белгілі бір өндірушіге тәуелділігі мәселесін зерттеу, сондай-ақ осы хаттама арқылы мультимедиялық құрылғылардың үйлесімділігін қамтамасыз етуге бағытталған шешім әзірлеу.

Бұл дипломдық жобада осы зерттеуді енгізуге байланысты ұсыныстар мен нәтижелер келтірілген. Атап айтқанда, OpenOMCI-ді көп деңгейлі телекоммуникациялық желілерде GPON құрылғыларын басқарудың стандарты ретінде қолдану ұсынылады. Бұл шешім желілік инфрақұрылымды пайдаланудың икемділігі мен тиімділігін арттыра отырып, әртүрлі өндірушілердің жабдықтарының үйлесімділігін қамтамасыз етеді.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта – «Исследование мультимедийных GPON-устройств на базе OpenOMCI для телекоммуникационных сетей».

Целью дипломного проекта является изучение вопроса вендорной зависимости устройств с технологией GPON по протоколу OpenOMCI, а также разработка решения, направленного на обеспечение совместимости мультимедийных устройств с использованием протокола OpenOMCI.

Рекомендации или результаты по внедрению результатов исследования представлены в данном дипломном проекте - Предлагается использовать OpenOMCI в качестве стандарта для управления многоступенчатыми устройствами GPON в телекоммуникационных сетях для успешной реализации результатов исследования, что позволит различным производителям обеспечить совместимость оборудования и повысить гибкость использования сетей.

ANNOTATION

Diploma project on "Study of multimedia GPON-devices based on OpenOMCI for telecommunication networks".

The purpose of the diploma project is to study the issue of vendor dependence of devices with GPON technology using the OpenOMCI protocol, as well as to develop a solution aimed at ensuring the compatibility of multimedia devices using the OpenOMCI protocol.

Recommendations or results for the implementation of the research results are presented in this diploma project - It is proposed to use OpenOMCI as a standard for the management of multi-stage GPON devices in telecommunications networks for the successful implementation of the research results, which will allow different manufacturers to ensure equipment compatibility and increase the flexibility of network use.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	11
1 G-PON технологиясы	12
1.1 G-PON желінің архитектурасы	12
1.2 OLT-оптикалық линия терминалы	14
1.3 ONT/ONU оптикалық терминалы	17
1.4 OLT-мен ONT-ның бір-бірімен қатынасы	20
2 Телекоммуникация желілерінде вендорлық мәселесі және OpenOMCI арқылы шешімі	22
2.1 Вендордың желілік шешімдердегі рөлімен анықтамасы	22
2.2 GPON желісіндегі vendor lock-in жұмыс принципі	23
2.3 OMCI/OpenOMCI протоколдарының түсінігі	24
2.4 OLT-ның басқа желілерімен OpenOMCI арқылы қарым-қатынасы	28
2.5 Optisystem бағдарламасында жобалау	29
3 Вендорлық тәуелділікті OpenOMCI арқылы шешімі	33
3.1 GPON желісіндегі параметрлерін есептеу	33
3.2 GPON желісіндегі оптикалық қуат деңгейін практикалық өлшеу	35
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

КІРІСПЕ

Дипломдық жоба тақырыбы «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу».

Соңғы жылдары телекоммуникациялар саласында, әсіресе кең жолақты интернет, цифрлық теледидар және телефониямен қамтамасыз ету жағдайында жоғары жылдамдықты деректер беру желілеріне сұраныс өсуде. Осы қажеттіліктерді қанағаттандырудың негізгі шешімдерінің бірі Gigabit Passive Optical Network (GPON) технологиясы болып табылады, ол талшықты-оптикалық желілердің үстінен гигабиттік деректердің көрсеткіштерін жасауға мүмкіндік береді. Бұл GPON-ды өз клиенттеріне сапалы қызмет көрсетуге міндеттенетін бүгінгі байланыс операторлары үшін негізгі технологияға айналдырады.

Алайда, GPON-ды дамытумен қатар көптеген операторлар жеткізушілерді бұғаттау проблемасымен бетпе-бет келіп отыр. Бұл қолданылатын хаттамалар мен желіні басқару технологияларының айырмашылығына байланысты әртүрлі өндірушілер құрылғыларының үйлесімсіздігіне байланысты. Бұл байланыс операторларының жабдықтарды жеткізушілерді таңдаудағы икемділігін шектейді және бір жеткізушіге тәуелділікті туғызады, бұл ақыр соңында монополиялануға және бәсекеге қабілеттіліктің төмендеуіне әкеледі.

Берілген жобаны зерттеу барысында GPON технологиясымен оптикалық құрылғылармен жұмыс қарастырылып олардың деректер беру жылдамдығымен әртүрлі вендорларымен қателік кідірісі салыстырмасы, зерттеу жұмыстары келтірілген.

1 G-PON технологиясы

GPON – оператор мен пайдаланушы арасындағы байланыс үшін қосымша құрылғыларды қажет етпейтін пассивті технология. Бұл жүйеде тек оператордағы OLT (оптикалық желі терминалы) және пайдаланушыдағы ONT/ONU (оптикалық желіні блогы/оптикалық желі құрылғысы) ғана белсенді. GPON желісі бір талшықты-оптикалық кабель арқылы бірнеше қосылымдарды жасауға мүмкіндік береді. GPON желісінің негізгі элементі OLT интернет провайдерінде орналасқан және пайдаланушылардан сигналдарды жіберу және қабылдау арқылы деректер ағындарын басқарады. Сонымен қоса, OLT оператордың сайтында орналасады және талшықты оптика арқылы бірнеше абоненттерге қосылады. Бұл технология көп пәтерлі үйлердегі кабельдік теледидарға ұқсас жұмыс істейді және жоғары жылдамдықты интернетті ғана емес, телефония мен теледидарды да қамтамасыз етеді.

1.1 G-PON желісінің архитектурасы

G-PON технологиясы Халықаралық электр байланысы одағының (ITU-T) G.984 сериясының ұсынымдарына сәйкес әзірленеді және қазіргі заманғы кең жолақты оптикалық қолжетімділік желілерінің стандарты болып табылады.

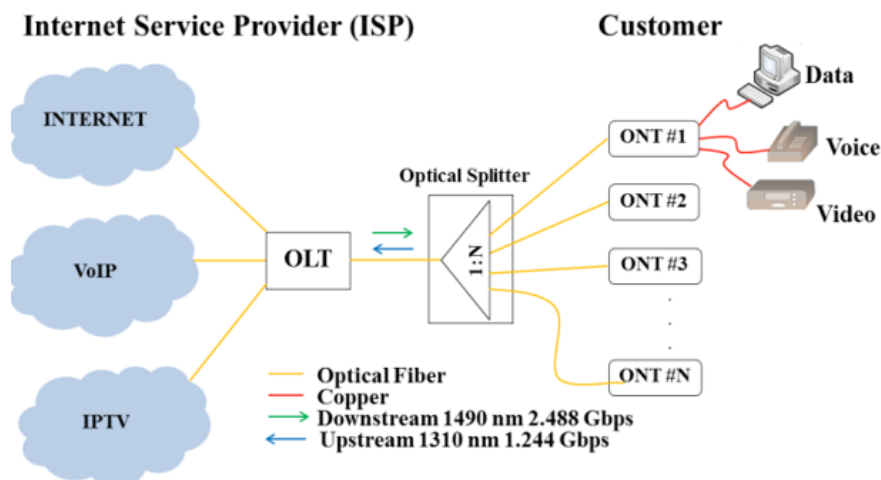
G-PON-ның негізгі ерекшелігі — ол гигабиттік деректер коэффициенттерін қолдайды — төмен ағыны бойынша қарай 2,488 Гбит/с дейін (тасымалдаушыдан пайдаланушыға дейін) және 1,244 Гбит/с жоғары ағыс бойынша (пайдаланушыдан тасымалдаушыға дейін). Бұл G-PON-ға бір инфрақұрылымда «Triple play» (Интернет, теледидар, телефония) қызметтерін көрсетуге жарамды кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. [1]

G-PON пассивті оптикалық желіні (аралық тораптарда белсенді жабдықтарды қолданбай) пайдаланады, бұл оны дәстүрлі белсенді желілермен салыстырғанда үнемдірек етеді. Бұл архитектурада деректер бір құрылғыдан (OLT) бірнеше абонентке (ONT және ONU) бір оптикалық сигналды бірнешеге бөлетін пассивті оптикалық бөлгіш арқылы беріледі. [2]

G-PON жүйесінің құру концепциясы OLT, бірнеше ONU, пассивті оптикалық сплиттер, оптикалық талшықтан тұрады. OLT-мен оптикалық талшық сплиттерде көптеген талшықтарға тармақталады, олардың саны 64-ке дейін жетуі мүмкін, алайда қазіргі кезде жақын уақыт аралығында осы санды екі еселеу немесе 128-ге дейін құрылғыға дейін жеткізу мүмкіндігін қарастырып жатыр. [3], [4]

G-PON бірнеше жазылушылар арасында өткізу қабілеттілігін тиімді бөлісу үшін Time Division Multiple Access (TDMA) және Wavelength Division Multiplexing (WDM) пайдаланады. Бір оптикалық арна пассивті оптикалық сплиттер арқылы берілетін бірнеше деректер ағындарына бөлінуі мүмкін, бұл бір

OLT сигнал сапасын жоғалтпай 64 ONT-ге дейін қызмет етуге мүмкіндік береді.
[5]



1.1-сурет – GPON жүйесінің құру сұлбасы

GPON жүйесінде OLT-ға атап кеткендей «Triple play» қызметтеріне сәйкес интернет, дауыс және бейне ақпараттарды ONU құрылғыларына 20 км қашықтыққа дейін тасымалдауға негізделеді. Осы негізгі процессі OMCI арқылы басқарылады. Алайда алдымен OLT түйіндерді қосатын желілік интерфейсімен оптикалық сплиттердің өзінің белгілі мәнге бөлу дәрежесімен соңғы құрылғыға келіп абоненттерге жетеді.

Суретте интернет-провайдерден пайдаланушыларға деректерді, дауыстық қоңыраулар мен бейнелерді жіберуді қамтамасыз ететін пассивті оптикалық желінің жұмыс істеу схемасы көрсетілген.

Интернет-провайдер Интернетке қол жетімділік, телефония және теледидар сияқты әртүрлі қызметтерді ұсынады, оның жағында арнайы жабдық — желінің оптикалық терминалы бар. Бұл құрылғы сандық ақпаратты одан әрі беру үшін оптикалық сигналға түрлендіреді.

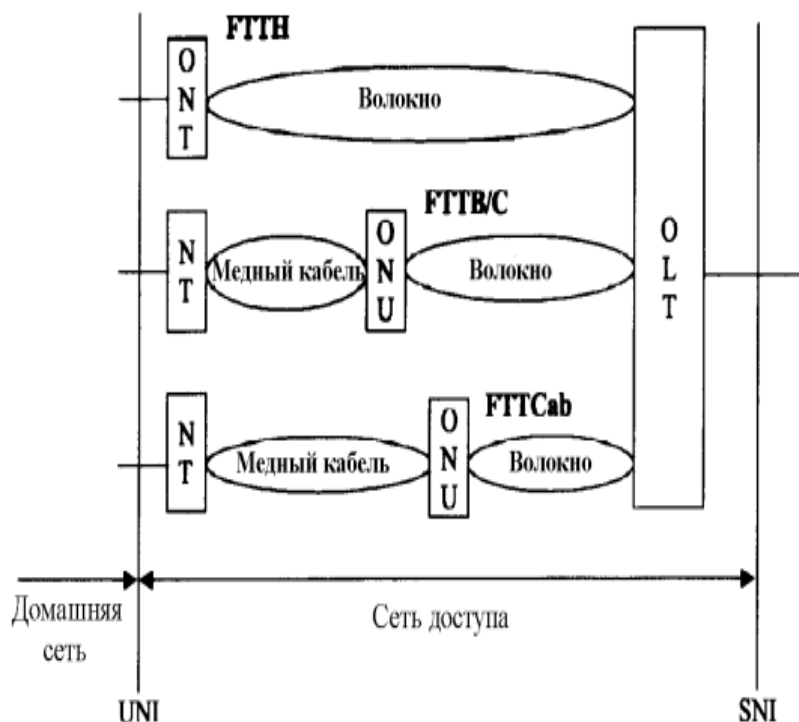
Оптикалық сигнал талшықты-оптикалық кабель арқылы оптикалық сплиттерге беріледі. Сплиттер-бұл көптеген клиенттерді бір уақытта қосуға мүмкіндік беретін бір сигналды бірнеше сигналға бөлетін құрылғы. Берілген N саны 2-ден басталып, осы санға еселене 64-ке дейін жетеді.

Клиенттің жағында оптикалық желілік терминал деп аталатын жабдық қолданылады. Ол оптикалық сигналды қабылдайды, оны электр сигналына айналдырады және осы қызметтерді пайдаланатын құрылғылар арасында таратады. Мысалы, интернет байланысы компьютерге, телефония телефонға, ал бейне сигнал теледидарға бағытталуы мүмкін.

Түрлендірілген деректерді клиенттік жабдық пен соңғы құрылғылар арасында қажетті форматта беру үшін мыс кабельдер жиі қолданылады.

Осылайша, осы технологияның арқасында провайдер бірнеше қызметтерді бір талшыққа жібере алады, бұл инфрақұрылымды жеңілдетеді және оның тиімділігін арттырады.

Жергілікті қол жеткізу желісінің оптикалық бөлімі белсенді (яғни нүкте-нүкте) немесе пассивті (яғни нүкте-көпнүкте) болуы мүмкін. Архитектураның бұл екі түріне "үйге талшық" (FTTH), "ғимаратқа талшық/тротуар жиегі" (FTTB/C) және "шкафқа талшық" (fttcab) сияқты әртүрлі жүйелер кіреді.



1.2-сурет – GPON желі архитектурасы

G-PON архитектурасы «нүкте-көпнүкте» сұлбасына негізделген, мұнда бір OLT құрылғысы пассивті оптикалық желі арқылы бірнеше OLT-мен байланысады. G-PON-ға деректерді беру төменгі және жоғарғы ағындар бағытына бөлінеді.

Төмен ағын(downstream): OLT деректерді тарату әдісін қолдана отырып, сплиттер арқылы қосылған барлық ONT-ге деректерді жібереді. Әрбір ONT барлық деректер пакеттерін алады, бірақ бірегей идентификаторларды қолдана отырып, оған арналған пакеттерді ғана алады.

Жоғары ағын (upstream): деректер ONT-ден OLT-ге уақытша бөлу (TDMA) бірнеше қол жеткізу әдісі арқылы беріледі. Бір уақытта бірнеше абоненттен деректерді беру кезінде соқтығысуды болдырмау үшін әрбір ONT деректерді беру үшін уақыт аралығын бөледі. [6]

G-PON динамикалық өткізу қабілеттілігін бөлуді (DBA) қолдайды, бұл қол жетімді өткізу қабілеттілігін қазіргі қажеттіліктеріне қарай абоненттер арасында тиімді бөлуге мүмкіндік береді. DBA OLT барлық пайдаланушылар үшін жоғары

сапалы қызмет (QoS) қамтамасыз ету үшін әрбір OLT жүктемесін талдай алатын және сәйкесінше өткізу қабілеттілігін қайта бөлетін етіп жұмыс істейді. [7]

G-PON архитектурасының басты артықшылықтарының бірі-жоғары масштабтау. Пассивті сплиттерлерді қолдану арқылы желіні қосымша белсенді компоненттерді орнатпай-ақ қосылған абоненттердің санын көбейту арқылы оңай кеңейтуге болады. Әдеттегі конфигурацияда бір OLT порты 32-ден 64-ге дейін қызмет ете алады, ал жақсартылған GPON нұсқалары бір портқа 128 абонентке дейін қолдау көрсете алады. Бұл GPON-да көбірек пайдаланушыларды қосуды қажет ететін қалалық және қала маңындағы аудандар үшін өте тиімді шешімге ие.[8]

1.2 OLT-оптикалық линия терминалы



1.3-сурет – OLT-ның физикалық интерфейсі

Оптикалық сызықтық терминал (OLT) – бұл интернет-провайдер жағында пассивті оптикалық желіні (PON) басқару үшін қолданылатын жабдық. Ол оператордың магистральдық желісін талшықты-оптикалық кабель арқылы соңғы пайдаланушылармен байланыстырады.

Терминалдың негізгі қызметтеріне қолданушылардың трафиктік ағының басқару, әр ONT құрылғыларын қосылуын бақылап, IP адрестеріне сәйкес алмастыру, 1490 нм толқын ұзындығындағы төмен түсуші ағынмен 1310 нм жоғары шығушы ағындағы ақпарат сенімді тасымалдауы және ақпараттың барлық түрін таратуы кіреді.

OLT-ның физикалық интерфейсі келесі порттарды құрайды:

-PON-порт (GPON).

Алдыңғы сол жақта GPON қолдайтын SC/APC немесе SC/UPC қосқыштары бар 8 PON порты (PON0-PON7) орналасқан (төмен қарай 2, 5 Гбит/с дейін және жоғары арнада 1,25 Гбит/с дейін), абоненттік ONT/ONU құрылғыларын пассивті оптикалық желі арқылы қосуға арналған, бұл қызмет көрсетуге мүмкіндік береді. Сплиттердің бөліну коэффициентіне байланысты бір портқа 128 абонент.

-Uplink-порттары (Ethernet)

Төрт SFP порты (SFP0 – SFP3) оптикалық немесе электрлік модульдерді қолдайды және модельге байланысты 1 Гбит/с немесе 10 Гбит/с деректер жылдамдығымен жоғарғы деңгейлі қосқыштарға немесе маршрутизаторларға

қосылуды қамтамасыз ететін магистральдық желіге жоғары қосылымға арналған.

-Гигабитные Ethernet-порты (RJ-45).

Төрт 1G Ethernet порты (GE1 – GE4) желілік құрылғыларды сымды қосуға немесе 1 Гбит/с деректерді беру жылдамдығын қамтамасыз ететін жоғары байланыс арнасының сақтық көшірмесін жасауға арналған.

-CONSOLE-порт (управление устройством)

RJ-45 порты (әдетте RS-232) командалық интерфейсі (CLI) арқылы құрылғыны жергілікті басқару үшін пайдаланылады және жабдықты бастапқы конфигурациялау үшін қолданылады.

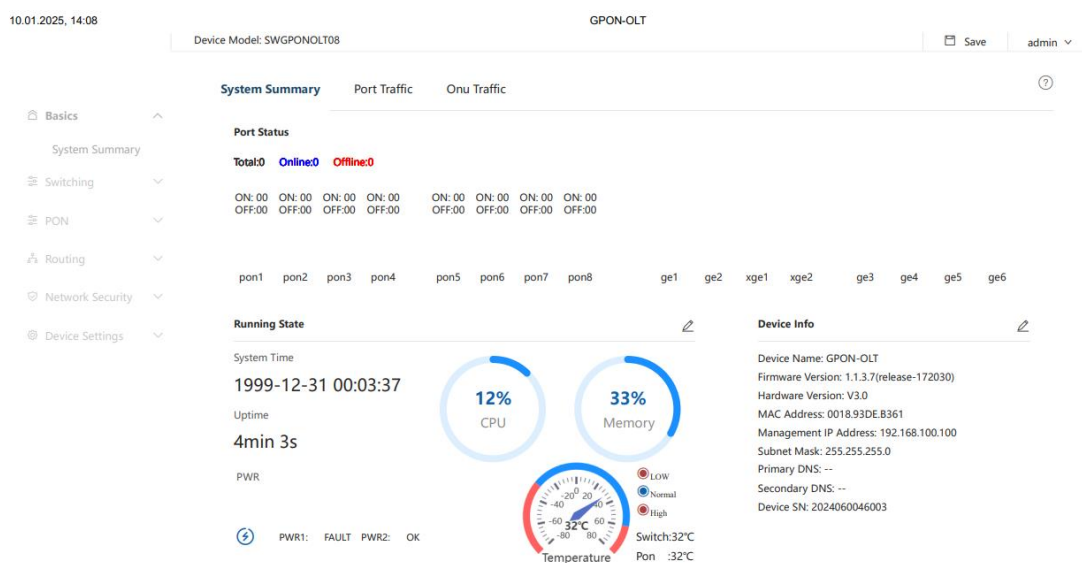
-USB-порт

USB 2.0 немесе 3.0 қосқышы прошивка жаңартулары, конфигурацияны жүктеу/сақтау үшін жасалған.

-Индикатор тақтасы

Оң жақта PON порттарының күйін, жоғары байланыс интерфейстерін, қуат пен жүйе жұмысын көрсететін жарық диодты индикаторлар.

Берілген GPON OLT - да 8 POE порты, 4 Uplink SFP порты, 4 гигабиттік Ethernet порты, 1 консольдық RJ-45 порты және 1 USB порты бар. Мұндай жабдық пассивті оптикалық желілерді (PON) құруға және көптеген абоненттерді Интернетке, IPTV және басқа қызметтерге қосуға жарамды.



1.4-сурет – OLT-ның ішкі интерфейсі

Оптикалық терминалдың құрылымдық ішкі интерфейсіндегі негізгі техникалық сипаттамалары көрсетіліп бақылауға арналған жүйе. Басты бет негізгі терминалдың екі басты бөлігіне бөлінеді: жұмыс істейтін күйі және құрылғы жайлы ақпараты. Негізгі техникалық сипаттамасы графикалық бейне ретінде көрсетіліп нақты уақыттағы жағдайын шығарады.

Қалыпты жағдай кезінде 10-30% арасында, ал қалған өлшемдері жағдайға байланысты өзгеріске ие болады.

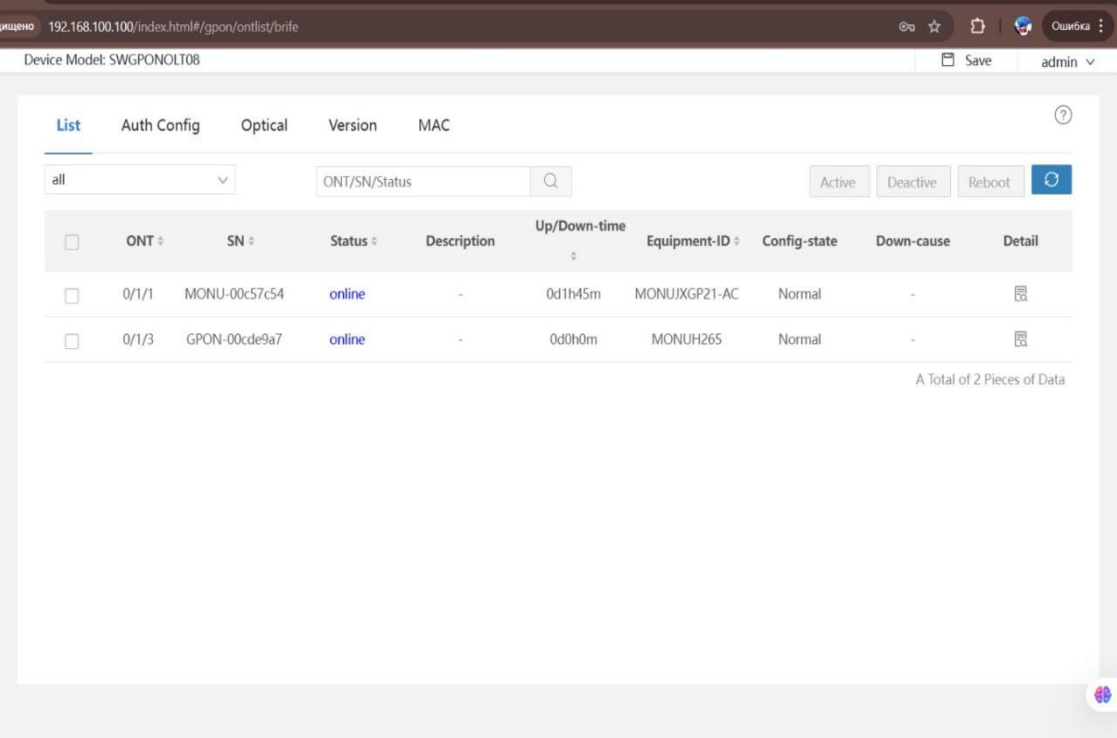
GPON OLT құрылғысының веб-интерфейсіндегі жүйенің негізгі параметрлері мен ағымдағы жұмыс күйі бейнеленген. Веб-интерфейс операторларға желіні басқаруға, порттардың жұмыс күйін бақылауға, жүктемені талдауға және ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. Интерфейсте OLT құрылғысының PON және Ethernet порттарының ағымдағы күйі, процессор мен жедел жадтың жүктемесі, жүйенің жұмыс істеу уақыты, қуат көздерінің күйі және температура мониторингі көрсетілген. Температура көрсеткіштері бойынша коммутатор 32°C деңгейінде, ал PON порттарының температурасы - 32°C болып көрсетілген, бұл деректердің дұрыс көрсетілмеуіне немесе сенсордың ақауына байланысты болуы мүмкін. Микробағдарламаның нұсқасы 1.1.3.7, аппараттық нұсқасы V3.0, MAC-адресі 0019.83BC.B361, басқару IP мекенжайы 192.168.100.100, ал желі маскасы 255.255.255.0 екендігі көрсетілген. DNS параметрлері орнатылмаған, ал құрылғының сериялық нөмірі 2024060046003. Бұл интерфейс GPON OLT басқару жүйесін талдауға, оның жұмысының тиімділігін бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық басқару механизмдерінің артықшылықтарын көрсету үшін пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу барысында OLT-ның жұмысын бақылау, тестілеу және конфигурациялау әдістерін сипаттау үшін көрсетілген.

Port	Transmitted Packets	Transmitted Byte	Received Packets	Received Byte	Operation
pon1	1640218	900504564	1212964	385124761	
pon2	28583	2266398	0	0	
pon3	28582	2266284	0	0	
pon4	28582	2266284	0	0	
pon5	28582	2266284	0	0	
pon6	28582	2266284	0	0	
pon7	28582	2266284	0	0	
pon8	28582	2266284	0	0	
ge1	0	0	0	0	
ge2	0	0	0	0	

1.5-сурет – OLT-ның порттар конфигурациясы

OLT құрылғысының порттарын конфигурациялау беті көрсетілген. Бұл интерфейс операторларға әрбір порттың күйін, жылдамдығын, оқшаулау параметрлерін және трафик ағынын бақылауға мүмкіндік береді. Кестеде PON және Ethernet порттарының ағымдағы күйі көрсетілген, PON порттары жіберілген пакеттер санын көрсетіп, ал Ethernet порттары өшірілген (Down) режимінде көрсетіліп тұр, яғни ешқай порт қосылмаған. Порттар үшін оқшаулау

(Isolation) параметрі PON интерфейстерінде қосылған, ал Ethernet порттарында өшірілген. P2P (нүктеден-нүктеге қосылым) параметрі барлық порттарда өшірілі. InFlow және EgFlow бағандары кіріс және шығыс трафик көлемін көрсетеді, бірақ бұл мәндер нөлге тең, себебі барлық порттар белсенді емес. Jumbo параметрі барлық интерфейстер үшін 1522 байтқа орнатылған, бұл Ethernet кадрларының стандартты максималды өлшемін көрсетеді. Оң жақтағы баған интерфейсті өңдеу (Edit) мүмкіндігін ұсынады, бұл операторларға әрбір порттың параметрлерін өзгертуге мүмкіндік береді.



Device Model: SWGPONOLT08

Save admin

all ONT/SN/Status

Active Deactive Reboot

☐	ONT	SN	Status	Description	Up/Down-time	Equipment-ID	Config-state	Down-cause	Detail
☐	0/1/1	MONU-00c57c54	online	-	0d1h45m	MONUJXGP21-AC	Normal	-	
☐	0/1/3	GPON-00cde9a7	online	-	0d0h0m	MONUH265	Normal	-	

A Total of 2 Pieces of Data

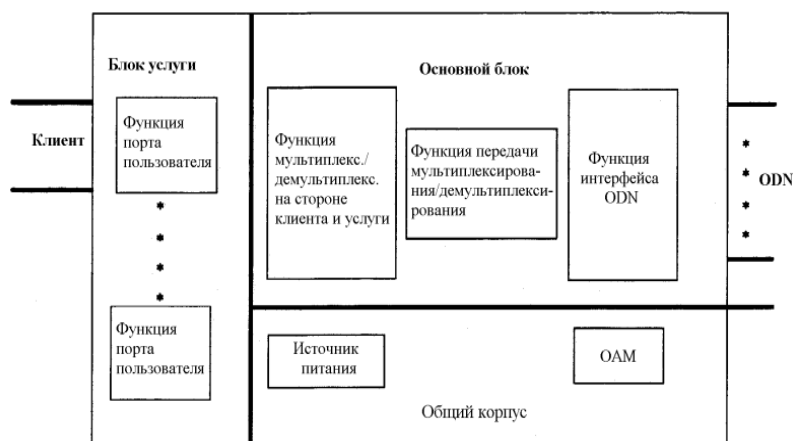
1.6-сурет – OLT-мен қосылған оптикалық құрылғылар тізімі

ONU/ONT абоненттік терминалдарының тізімін көрсететін GPON OLT веб-басқару интерфейсі көрсететін операторға қосылған құрылғылардың күйін басқаруға, олардың конфигурациясын басқаруға және белсендіру, өшіру және қайта жүктеу сияқты негізгі әрекеттерді орындауға мүмкіндік береді. Кестеде ONU қосылым порттары, олардың сериялық нөмірлері, жұмыс күйі, қосылу уақыты, аппараттық құрал идентификаторы, ағымдағы конфигурация күйі және ажыратудың ықтимал себептері туралы ақпарат көрсетіледі. Бұл жағдайда екі терминал да "online" күйінде болады, бұл олардың желіге белсенді қосылуын білдіреді. Олардың біреуі 1 сағат 45 минутқа қосылды, ал екіншісі жақында тіркелді. Бұл интерфейс ONU құрылғыларының күйін бақылау, мүмкін ақауларды анықтау және GPON желісін басқару үшін қолданылады.

1.3 ONT/ONU оптикалық терминалы

ONU (Optical Network Unit) және ONT (Optical Network Terminal) – бұл абоненттік құрылғылар, олар GPON желісінде OLT арқылы басқарылып, соңғы пайдаланушыларға кең жолақты интернет, IPTV және VoIP қызметтерін ұсынуға арналған. ONU және ONT терминдері кейде синоним ретінде қолданылады, бірақ оның айырмашылығы бұл ONU бірнеше пайдаланушыға қызмет көрсете алады және қосымша коммутациялық немесе маршрутизациялау функцияларын орындай алады, ал ONT тікелей абонентке арналған. Бұл құрылғылар GPON желісінде OLT-дан оптикалық сигналды қабылдайды, оны электрлік сигналға түрлендіреді және пайдаланушы құрылғыларына таратады, с онымен қатар абоненттен OLT-ға кері деректерді жібереді.

ONU/ONT жұмысының негізгі параметрлеріне деректер беру жылдамдығы, кідіріс деңгейі, қателік коэффициенті жатады. Осы құрылғылардың үйлесімділігі GPON желілерінде ONU/ONT жабдықтарының өнімділігін, кідірісін және деректерді беру тиімділігін талдау телекоммуникациялық инфрақұрылымды оңтайландыру үшін маңызды рөл атқарады.



1.7-сурет – ONT функционалды блок сұлбасы

ODN интерфейсі оптоэлектрондық түрлендіру процесінде негізгі функцияны орындайды, бұл PON төмен ағынынан атм ұяшықтарын шығаруды және оларды циклдік синхрондауды ескере отырып, жоғары ағынға енгізуді қамтамасыз етеді. Ол сондай-ақ әртүрлі толқын ұзындығына негізделген оптикалық сигналдардың таралуы мен бірігуін басқаруды жүзеге асырады және қажет болған жағдайда желінің тиімді жұмыс істеуі үшін оптикалық бөлгіштер мен қосқыштарды пайдаланады.

Мультиплексор (MUX) қызмет интерфейстерін ODN интерфейсімен біріктіруде маңызды рөл атқарады, бұл тек интегралды АТМ ұяшықтарының өтуін қамтамасыз етеді. Бұл виртуалды жолдар (VP) арасында өткізу қабілеттілігін оңтайлы бөлуге мүмкіндік береді, бұл деректердің жоғары бағытта тұрақты берілуін қамтамасыз етеді.

UNI пайдаланушы интерфейсі терминалдық жабдықты желіге қосуға және АТМ ұяшықтарын өңдеу операцияларын орындауға, соның ішінде оларды жоғары трафикке енгізуге және төменнен шығаруға арналған. Сонымен қатар, бұл интерфейс OLT-тің соңғы пайдаланушылармен байланысын қамтамасыз етеді, бұл қазіргі заманғы телекоммуникациялық желілерді басқаруға қажетті бейне тарату қызметтерін және басқа қызметтерді ұсынуға мүмкіндік береді.

Оптикалық түйін (OLT) талшықты желі арқылы оптикалық сигнал ретінде келетін оптикалық сызықтық-терминалдық жабдыктан (OLT) ақпарат ағынын қабылдауды жүзеге асырады. Бұл сигнал оператордың орталықтандырылған инфрақұрылымынан деректерді тасымалдайтын G-PON кадрларының тізбегі болып табылады.

ONT негізгі компоненті-Жарық импульстарын электр сигналдарына түрлендіретін фотоэлектрлік түрлендіргіш (фотодетектор). Бұл Пайдаланушының әртүрлі құрылғылары, соның ішінде компьютерлер, теледидарлар және телефон аппараттары арасында ақпаратты одан әрі өңдеуге және таратуға мүмкіндік береді.

Оптикалық сигналдарды түрлендіргеннен кейін ONT трафикті демультиплекстеуді жүзеге асырады: деректер әр түрлі қызмет қосымшалары үшін мақсатына қарай бөлек ағындарға бөлінеді. Интернет-трафик жергілікті желілер мен Wi-Fi байланысын қамтамасыз ететін Ethernet портына жіберіледі; телефон сигналдары POTS порттары арқылы беріледі.

Электрлік сигналдар әртүрлі интерфейстер арқылы (Ethernet, Wi-Fi) пайдаланушының соңғы құрылғыларына таралады ол жоғары жылдамдықты Интернет, IPTV және басқа қызметтерге кең ауқымына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Кері байланыс режимінде ONT клиенттік құрылғылардан электр сигналдарын оптикалық құрылғыларға түрлендіреді.[9]

The screenshot displays the JXGP30 ONT web interface. At the top, there is a navigation bar with tabs: Wizard, Status, Network, Security, Application, Management, Diagnosis, and Help. The 'Wizard' tab is selected, showing a 'Quick setup' section. Below this, there are three main configuration areas: 'Internet connection setup', 'SSID (2.4G)', and 'SSID (5G)'. The 'Internet connection setup' area includes dropdowns for 'Encapsulation' (IPoE), 'IP Protocol' (IPv4/IPv6), 'VLAN ID' (40), and 'IPv4 Obtaining Mode' (DHCP). The 'SSID (2.4G)' area includes fields for 'SSID' (ONT_WIFI6_1), 'Security Mode' (WPA-PSK/WPA2), 'WPA Encryption' (TKIP+AES), and 'WPA Shared Secret'. The 'SSID (5G)' area includes fields for 'SSID' (ONT_WIFI6_1-5G), 'Security Mode' (WPA-PSK/WPA2), 'WPA Encryption' (TKIP+AES), and 'WPA Shared Secret'. At the bottom, there are 'Apply' and 'Cancel' buttons. The 'LOID' field is set to 123456 and the 'LOID Password' field is masked with dots. A 'Welcome! Logout' message is visible in the top right corner.

1.8-сурет – ONT-ның ішкі интерфейсі

Оптикалық желі терминалдың интерфейсі негізінде қарапайым құрылғының интернет желісіндегі атауынан басталып, қауіпсіздік протокол(WPA2-PSK) түрімен оның құпия сөзіне дейінгі конфигурация кіреді. Сонымен қоса ONT-ның орнатылымы виртуалды жергілікті есептеу желісі (VLAN) идентификаторы белгілі мәнге қойып, интернет протоколды статикалық немесе динамикалық түрде тандау қажет. Тағы бір ерекшелік бұл LOID идентификаторы тек GPON желілерінде аутентификация үшін жиі қолданылатын абоненттік идентификатор болып табылады. Төменде LOID параметрлерін енгізуге арналған өрістер бар. LOID өрісіне 123456 мәні енгізіледі, ол провайдер желісіндегі Абоненттік құрылғыны анықтау үшін қолданылады. LOID құпия сөзі таңбалардың артында да жасырылған. Осы опциялар құрылғыны сәтті аутентификациялау және GPON желісіне қосу үшін қажет.

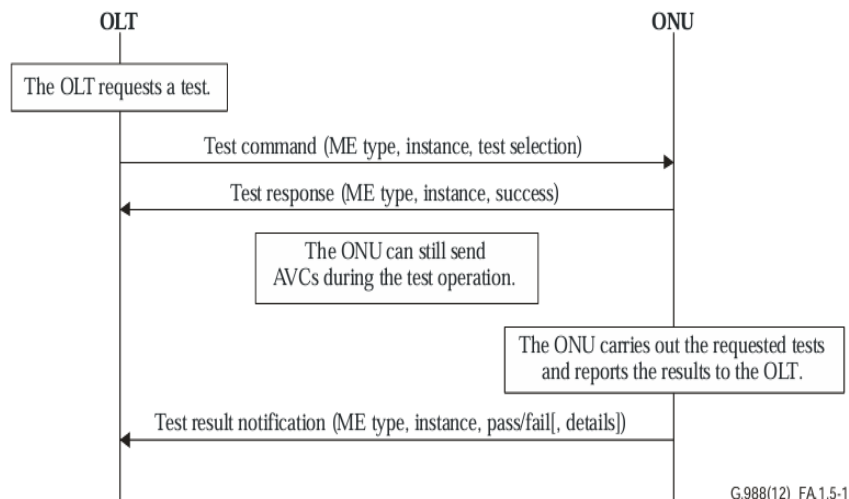
Параметрлерді қолдану үшін Apply, өзгерістерді болдырмау үшін Cancel және интерфейстің жоғарғы оң жағындағы жүйеден шығу үшін Logout арнайы басқару түймесі қойылған.

1.4 OLT-мен ONT-ның бір-бірімен қатынасы

GPON желілерінде OLT және ONT арасындағы өзара әрекеттесу принциптері кері байланыс кезінде OLT-ден ONT-ге және уақытша көп қол жетімділікке TDMA (time Division Multiple Access) деректерді беру үшін уақытты бөлу технологиясына (Time Division Multiplexing, TDM) негізделген.

OLT оператордың негізгі магистраліне қосылатын және желілік ресурстарға қол жетімділікті бөлу және абоненттік терминалдарды бақылау арқылы барлық OLT басқару функцияларын орындайтын орталық хаб ретінде әрекет етеді. Соңғы пайдаланушыларда орналастырылған ONT оптикалық сигналды электр деректеріне түрлендіреді, содан кейін олар қосылған құрылғылар (компьютерлер, IPTV қораптары, телефондар және т.б.) арасында бөлінеді.

"OLT-ден ONT-ге" режимінде ақпарат хабар тарату принципі бойынша таратылады, мұнда әрбір ONT өзіне бағытталған пакеттерді ғана дербес таңдайды және өңдейді. Қарама-қарсы бағытта, "OLT-ден OLT-ге", TDMA қолданылады, бұл әр құрылғыға қайшылықтарды қоспағанда, қатаң белгіленген уақыт слоттарына деректерді жіберуге мүмкіндік береді.



1.9-сурет – Оптикалық терминалмен оптикалық абоненттік құрылғымен бір-бірімен қатынасы

OLT тарапынан ONT басқару және баптау үшін абоненттік құрылғыларды орталықтандырылған басқаруды, өткізу қабілетін реттеуді, бағдарламалық қамтамасыз етуді жаңартуды және байланыс сапасын бақылауды қамтамасыз ететін OMCI (Management and Control Interface for ONUs) хаттамасы қолданылады.

Осылайша, өзара әрекеттесудің бұл моделі желілік ресурстарды оңтайлы бөлуді, әртүрлі қызметтерді қолдауды және GPON желісінің бүкіл құрылымын тиімді орталықтандырылған басқаруды қамтамасыз етеді.

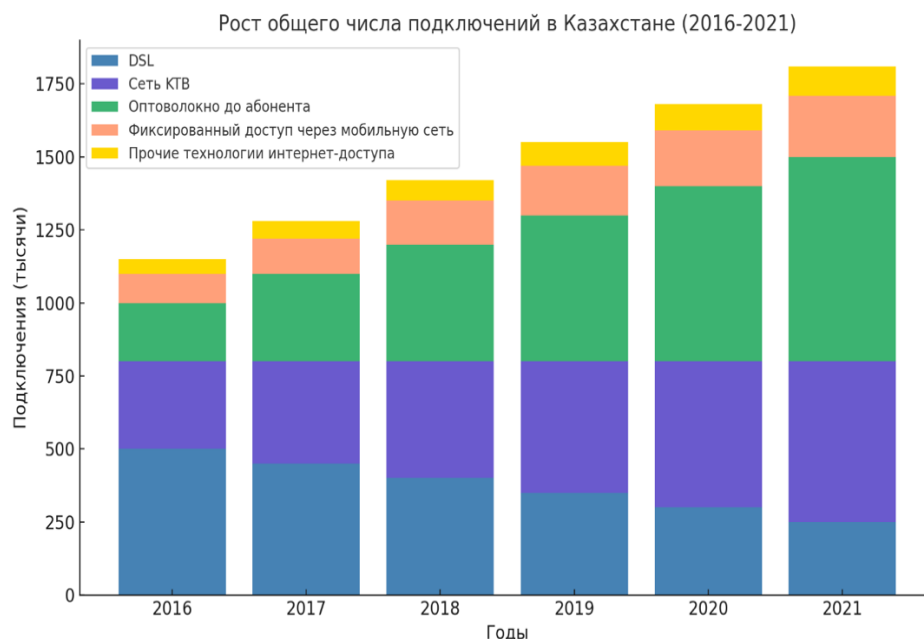
Қауіпсіздікті қамтамасыз ету және рұқсатсыз кіруден қорғау үшін OLT ONU аутентификация процесін орындайды және оптикалық арна арқылы берілетін деректерді шифрлайды. Бұл абоненттің деректерін ұстап қалудан және рұқсатсыз пайдаланудан қорғау үшін қажет.

Жоғарыда аталған барлық кезеңдерді аяқтағаннан кейін, ONT жұмыс істеуге дайын және оператордың орталық желісі мен абоненттің құрылғылары арасында деректерді беру басталады. [10]

2 Телекоммуникация желілерінде вендорлық мәселесі және OpenOMCI арқылы шешімі

2.1 Вендордың желілік шешімдердегі рөлімен анықтамасы

Жаһандық телекоммуникация саласында өзекті мәселе жабдық жеткізушілерінің "лок-ауты" және операторлар мен тұтынушылар вендорлардың жабық, меншікті шешімдерді пайдалануына байланысты технологияларды еркін таңдау мүмкіндігін жоғалтқан кезде (Vendor lock-in) бағдарламалық қамтамасыз ету болып табылады. Сатушылар бір-біріне сәйкес келмейтін жүйелерді әдейі дамытады, бұл бір жүйеден екінші жүйеге өтуге кедергі жасайды. Бұл жеткізушіні ауыстырудың экономикалық тиімсіздігін анықтайды, өйткені ауысу шығындары айтарлықтай болуы мүмкін, бұл бәсекелестікке теріс әсер етеді және операторлардың оңтайлы шешімдерді таңдау мүмкіндіктерін шектейді. Бұл мәселе әсіресе GPON желілерінде өткір болып табылады, мұнда оптикалық сызықтық терминалдар мен соңғы пайдаланушы құрылғылары (ONT/ONU) арасындағы өзара әрекеттесу көбінесе белгілі бір өндірушілер әзірлеген жабық протоколдар арқылы жүзеге асырылады. Бұл әртүрлі сатушылардың жабдықтарының үйлесімсіздігіне әкеледі және операторлық компаниялар үшін жеткізушілердің таңдауын айтарлықтай тарылтады, бұл қазіргі заманғы қол жеткізу желілерінің дамуына кедергі келтіреді.



2.1-сурет – Қолданушылардың интернетке қосылу түрлердің саны

Зерттеу бойынша Қазақстанда интернетке қосылу санының 2016-2021 жылдар аралығындағы динамикасы Оптикалық талшықты кабелдің қолдану

саны күрт өсіп жатқаны белгілі. Интернетке қосылудың әртүрлі технологияларын білдіреді, олардың ішінде DSL, кабельдік теледидар желісі (КТВ), абонентке дейінгі оптикалық талшық (FTTH), мобильді желі арқылы бекітілген қолжетімділік және басқа технологиялар қолданылады. Оптикалық талшықты байланыс және мобильді желі арқылы бекітілген интернеттің үлесі айтарлықтай артқан, бұл Қазақстанда заманауи интернет инфрақұрылымының қарқынды дамып жатқанын көрсетеді. DSL және кабельдік теледидар желілері арқылы қосылу салыстырмалы түрде тұрақты немесе аздап төмендеген, бұл тұтынушылардың жылдамдық пен тұрақтылық жағынан тиімдірек технологияларға көшу үрдісімен түсіндіріледі. Жалпы, көрсеткіштер Қазақстандағы интернет технологияларының эволюциясын және халықтың жаңа байланыс мүмкіндіктеріне көбірек бет бұрғанын айқындайды.

GPON желілерінде OLT және ONT/ONU арасындағы өзара әрекеттестік меншікті идентификаторлармен және әрбір өндірушіге тән параметрлермен анықталады. QoS, VLAN және қосылым параметрлерін (PPPoE, DHCP) конфигурациялау үшін пайдаланылатын бұл параметрлер стандартталмаған және әртүрлі жеткізушілер арасында үйлесімді емес. Бұл өзара әрекеттесу мәселелеріне әкеледі және әртүрлі өндірушілердің GPON жабдығын бір желіде пайдалануды қиындатады немесе мүмкін емес етеді. [8]

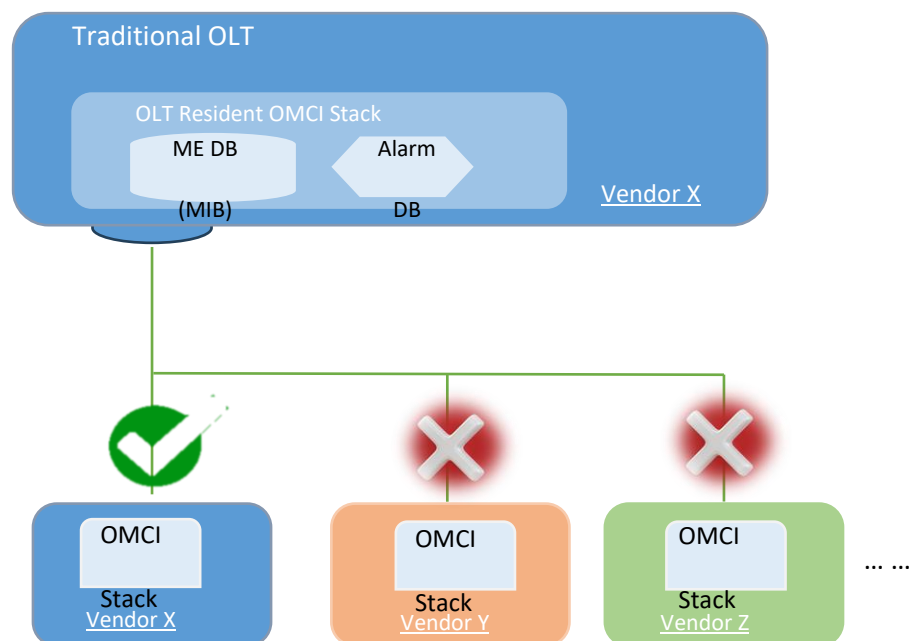
Ең маңызды шешімдердің бірі ашық стандарттарды енгізу болды. АҚШ-тағы Verizon OpenOMCI көмегімен кез келген нақты жабдық жеткізушісінен тәуелсіз желі құра алды. OpenOMCI әртүрлі жеткізушілердің OLT және ONT арасындағы өзара әрекеттесу мүмкіндігін берді, бұл Verizon бір жеткізушіге құлыптауға байланысты шығындар мен тәуекелдерді азайтуға мүмкіндік береді. OpenOMCI арқылы NG-PON2 қолдауы икемді және масштабталатын желіге мүмкіндік берді, бұл өндірушілердің бірінен жеткізілім үзілген жағдайда да үздіксіз дамуды қамтамасыз етеді. [11]

2.2 GPON желісіндегі vendor lock-in жұмыс принципі

GPON желілеріндегі "жеткізушіге құлыптау" (vendor lock-in) мәселесі өндірушілердің жабдықты басқару және конфигурациялау үшін көбінесе Optical Network Terminal Management and Control Interface (OMCI) сияқты өздерінің арнайы хаттамаларын енгізуіне байланысты өндірушілердің басқа құрылғыларымен қарым-қатынасқа түсе алмайтыны айқындалады. Бұл меншікті шешімдер әртүрлі сатушылар құрылғылары арасындағы үйлесімділікті айтарлықтай шектейді, өйткені стандартталған тәсілдер толық пайдаланылмайды. Бұл жағдай гетерогенді жабдықты бір желіге біріктіруге айтарлықтай кедергі келтіреді, өйткені бір өндірушінің оптикалық қол жеткізу желілері (OLT) және соңғы пайдаланушы құрылғылары (ONT/ONU) бәсекелестердің өнімдерімен тиімді әрекеттесе алмайды. Нәтижесінде

операторлар белгілі бір жеткізушіге технологиялық тәуелділік жағдайында болады, бұл желілерді масштабтауды және жаңартуды қиындатады.

Деректерді тасымалдау жылдамдығы белгілі бір уақыт аралығында тасымалданатын деректер көлемін сипаттайды.



2.2-сурет – OMCI-дің вендорлық тәуелділігі

Айтарлықтай белгілі бір өндірушінің оптикалық желі терминалы X вендорымен үш әртүрлі өндірушілердің құрылғыларына (vendor X, vendor Y, vendor Z) қосыла отырып, хабарлама деректерін жіберген кезінде тек сол өндірушінің X вендорымен ғана өзара әрекеттесе алады, себебі олардың OMCI протокол стектері бір-бірімен үйлесімді болып келеді, ал қалған құрылғылар үшін үйлесімсіз болып басқа операторлардың бір жеткізушіге тәуелділігін тудырады.

2.3 OMCI/OpenOMCI протоколдарының түсінігі

OMCI-абоненттік терминалдарды басқару және бақылау үшін OLT және ONT/ONU арасындағы өзара әрекеттесуіне арналған протокол. OMCI хабарлама форматы GPON желілерінде OLT және ONT арасында басқару командаларын жіберу үшін қолданылады. Хабарлама бірнеше құрылымдық элементтерден тұрады, олардың әрқайсысы белгілі бір функцияны орындайды.

GEM header (5 bytes)	Transaction correlation identifier (2 bytes)	Message type (1 byte)	Device identifier (1 byte)	Message identifier (4 bytes)	Message contents (32 bytes)	OMCI trailer (8 bytes)
-------------------------	---	--------------------------	----------------------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------

2.3-сурет – OMCI хабарлама стандарты

OMCI хабарламасы GEM тақырыбынан, транзакция корреляция идентификаторынан, хабар түрінен, құрылғы идентификаторынан, хабар мазмұнынан және OMCI трейлерінен тұрады. Бұл пішім OLT және ONT арасында командалар мен деректерді беру үшін пайдаланылады.

GEM – G-PON арқылы Ethernet трафигі мен басқа деректерді тасымалдау үшін 5 байттан тұрып қолданылатын инкапсуляция протоколы. GEM протоколы АТМ стандарттармен салыстырғанда икемді және тиімді шешім болып табылады. Ол пакеттің тиесілігін анықтайды және оның желіде берілуін басқарады. Одан кейін жүйенің дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ететін сұраулар мен жауаптарды сәйкестендіруге көмектесетін транзакция идентификаторы (2 байт) келеді.

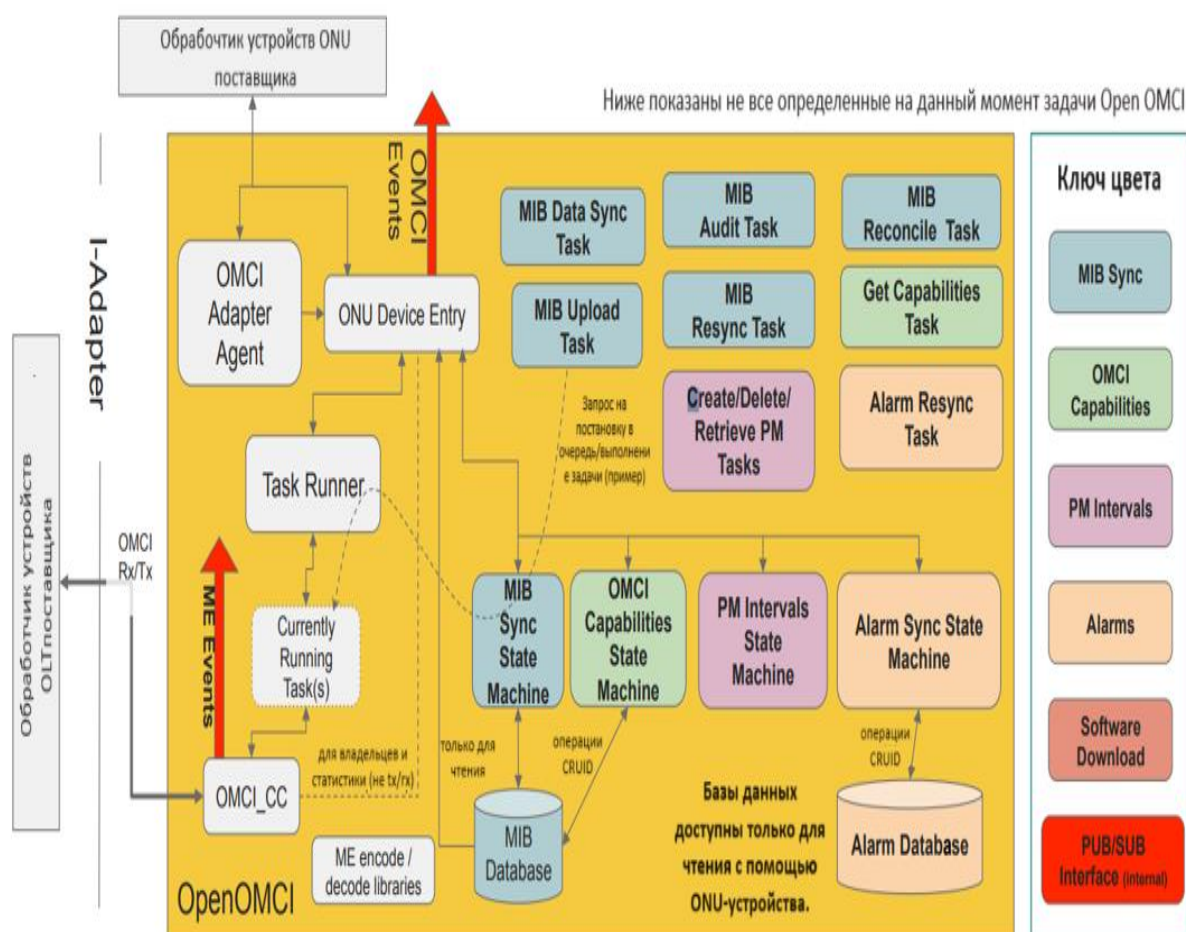
Құрылымда құрылғының конфигурациясы немесе диагностикалық деректерді беру сияқты операцияны анықтайтын хабарлама түрін көрсететін байт бар. Келесіде 1 байт құрайтын құрылғы идентификаторы берілген хабарламаның қандай нақты ONT-ге жататынын көрсетеді.

Хабарламада команданы анықтауға көмектесетін 4 байтты бірегей идентификатор бар. Хабарламаның негізгі мазмұны 32 байтты құрайды және конфигурация параметрлерін, басқару пәрмендерін немесе диагностикалық ақпаратты қамтиды.

Хабарламаның соңында OMCI 8 байты бар тіркемесі жіберілген деректердің тұтастығын тексеру үшін бақылау сомаларын немесе қызмет деректерін қамтуы мүмкін.

Формат ONT құрылғыларын стандартталған түрде басқаруға мүмкіндік береді, бұл әртүрлі өндірушілердің аппараттық үйлесімділігін қамтамасыз етеді.

Негізгі OMCI жүйесінде OLT ішіне біріктірілген стек бекітілген және тек бір өндірушінің жабдығымен жұмыс істеуге арналған. Бұл провайдерлердің опцияларын шектейтін «жеткізуші құлыптауын» жасайды. OpenOMCI, керісінше, әртүрлі жеткізушілердің әртүрлі OMCI стектерін қолдайтын ашық құрылымды пайдаланады. Бұл желіні басқаруда үйлесімділік пен икемділікке мүмкіндік береді.



2.4-сурет – OpenOMCI протоколының ішкі архитектурасы

OpenOMCI принципі - OLT OMCI пәрмендерін I-адаптері (Interface Adapter) арқылы OpenOMCI-ге жібереді, мұнда OMCI_CC оларды әрі қарай өңдеу үшін кодтайды және декодтайды. OMCI адаптер агенті MIB синхрондау және дабылды басқару сияқты тапсырмаларды орындау үшін арнайы ONU, Task Runner пәрмендерін бейімдейді. Құрылғыны басқару тапсырмалар жиынтығы және Task Runner басқаратын өңдеу машиналары арқылы орындалады. Құрылғы күйі және сигнал деңгейлері сияқты маңызды деректер дерекқорларда сақталады және қажет болған жағдайда синхрондауға немесе қалпына келтіруге болады.

OpenOMCI жүйесі OLT пен ONU құрылғылары арасындағы өзара әрекеттестікті қамтамасыз ететін күрделі басқару механизмі болып табылады, онда I-Adapter интерфейс адаптері OLT құрылғысынан OMCI хабарламаларын қабылдап, оларды OpenOMCI жүйесіне бағыттайды, ал OMCI_CC басқару арнасы осы хабарламаларды кодтау және декодтау кітапханалары арқылы өңдеп, қажетті командаларды құрылғыларға таратады, бұл ретте Task Runner басқарушы модулі барлық тапсырмаларды үйлестіріп, олардың орындалу барысын бақылап, MIB деректерін синхрондау және жүктеу секілді маңызды процестерді қадағалайды, ал OMCI Adapter Agent OpenOMCI мен ONU құрылғылары арасында көпір қызметін атқарып, OLT-дан келіп түскен командаларды ONU үшін түсінікті форматқа айналдырып, ONU Device Entry

арқылы нақты құрылғыларға жеткізеді, осылайша әрбір ONU құрылғысының күйі мен конфигурациясы бақыланып, MIB деректерін басқару жүйелері құрылғы ақпаратын жаңартып, оның тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді, ал OMCI Capabilities State Machine, Alarm Sync State Machine және басқа басқару механизмдері желідегі әртүрлі процестерді, соның ішінде құрылғы мүмкіндіктерін синхрондау, жүйелік дабылдарды өңдеу және өнімділік интервалдарын басқару сияқты функцияларды орындай отырып, OpenOMCI архитектурасының мультивендорлық GPON желілерін басқаруға арналған әмбебап шешім ретінде жұмыс істеуін қамтамасыз етеді.

2.5-сурет – OpenOMCI протоколының микробағдарламасы

OpenOMCI MIB DB негізіндегі басқару архитектурасы-бұл VOLTHA платформасы аясында GPON желілерінде мультивендорлық ONU құрылғыларын басқаруға арналған ашық бағдарламалық орта. OpenOMCI архитектурасы OLT құрылғысынан келіп түсетін OMCI пәрмендерін өңдеп, оларды сәйкес ONU құрылғыларына бағыттап, желінің күйін синхрондау мен деректерді өзара салыстыруды қамтамасыз етеді. Бұл архитектураның маңызды бөлігі – MIB DB (Management Information Base Database), яғни басқару объектілері мен конфигурация мәліметтерінің дерекқоры.

OpenOMCI принципі бойынша, OLT құрылғысынан келген OMCI пәрмендері I-Adapter интерфейсі адаптері арқылы қабылданып, OmcAdapter Agent модуліне жіберіледі. Бұл агент OpenOMCI ішіндегі негізгі көпір ретінде жұмыс істейді және OMCI хабарламаларын өңдеу үшін OMCI_CC (OMCI Communication Controller) басқару арнасына бағыттайды. OMCI_CC осы хабарламаларды кодтап және декодтап, әрі қарай өңдеуге жібереді. Бұл

процестер арқылы құрылғылармен өзара әрекеттесуді қамтамасыз ету мүмкін болады.

Конфигурациялық деректер мен басқару объектілері ME Database деп аталатын арнайы ішкі дерекқорда сақталады. Бұл дерекқорда әрбір ONU құрылғысының күйі, қызметтік параметрлері мен конфигурациялық объектілері (Management Entities – ME) тіркеліп, OpenOMCI жүйесі арқылы тұрақты түрде жаңартылып отырады. Осы дерекқормен жұмыс істеу үшін MIB Sync StateMachine деп аталатын синхронизациялау күй машинасы қолданылады. Ол ME деректерінің өзектілігін бақылап, дерекқор мен нақты құрылғы арасындағы айырмашылықтарды анықтап, синхрондау процестерін іске қосады.

Дерекқормен тікелей байланысты тапсырмаларды орындау үшін OpenOMCI жүйесінде Task Runner деп аталатын басқару модулдері қолданылады, мұндағы: MIB Upload Task – ONU құрылғысынан басқару объектілерін бастапқы жүктеу, MIB Resync Task – деректерді қайта синхрондау, MIB Reconcile Task – дерекқордағы және нақты құрылғыдағы конфигурациялар арасындағы сәйкессіздікті жою, MIB Audit Task – құрылғы күйін және дерекқордағы жазбаларды тексеру секілді міндеттерді іске асырады.

Жоғарыда аталған компоненттер бірлесе отырып, OnuDeviceEntry модулі арқылы әрбір ONU құрылғысына байланысты деректерді орталықтандырып, құрылғыны басқару үшін нақты пәрмендерді іске қосады. Бұл құрылғыға қатысты "Start" және "Stop" секілді операциялар осы модуль арқылы орындалады.

OpenOMCI архитектурасы арқасында операторлар әртүрлі өндірушілердің ONU құрылғыларын бірыңғай ортадан басқара алады. Бұл жүйе GPON желілеріндегі құрылғылардың күйін, конфигурациясын және қызметтік параметрлерін қашықтан синхрондау мен тексеруді автоматтандырып, мультивендорлық үйлесімділікті тиімді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, OpenOMCI архитектурасындағы MIB DB мен оған байланысты басқару механизмдері GPON желілерінде сенімді және тұрақты қызмет көрсету үшін маңызды рөл атқарады, ал Task Runner мен MIB Sync жүйелері арқылы деректердің дәлдігі мен құрылғы күйінің өзектілігі қамтамасыз етіледі.

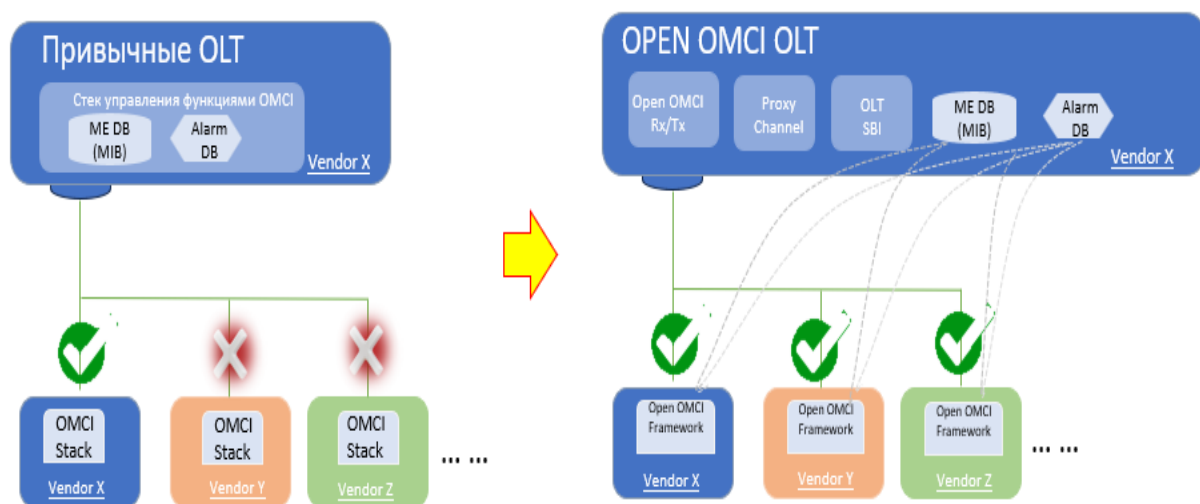
2.4 OLT-ның басқа желілерімен OpenOMCI арқылы қарым-қатынасы

OLT G-PON желісіндегі орталық элемент болып табылады, ол оператордың магистральдық желісі мен соңғы пайдаланушылар арасында деректерді беруді қамтамасыз ету үшін коммутаторлар мен маршрутизаторлар сияқты әртүрлі желі құрамдастарымен әрекеттеседі.

Бұл өзара әрекеттесудің маңызды бөлігі OMCI протоколын пайдалану болып табылады, ол OLT-ге абоненттік жағында ONT-ті тиімді басқаруға және басқаруға мүмкіндік береді. OMCI қызметтерді басқару, конфигурациялау,

диагностикалау және бақылау үшін OLT және ONT арасындағы екі бағытты байланысты қамтамасыз етеді. [12]

OLT магистральдық желіге GE немесе 10GE сияқты стандартты интерфейстер арқылы қосылған. Бұл интерфейстер G-PON желісі арқылы сыртқы желілер мен абоненттер арасында трафикті жіберетін коммутаторлар мен маршрутизаторлармен байланысты қамтамасыз етеді. [13]



2.5-сурет – OpenOMCI протоколының ішкі архитектурасы

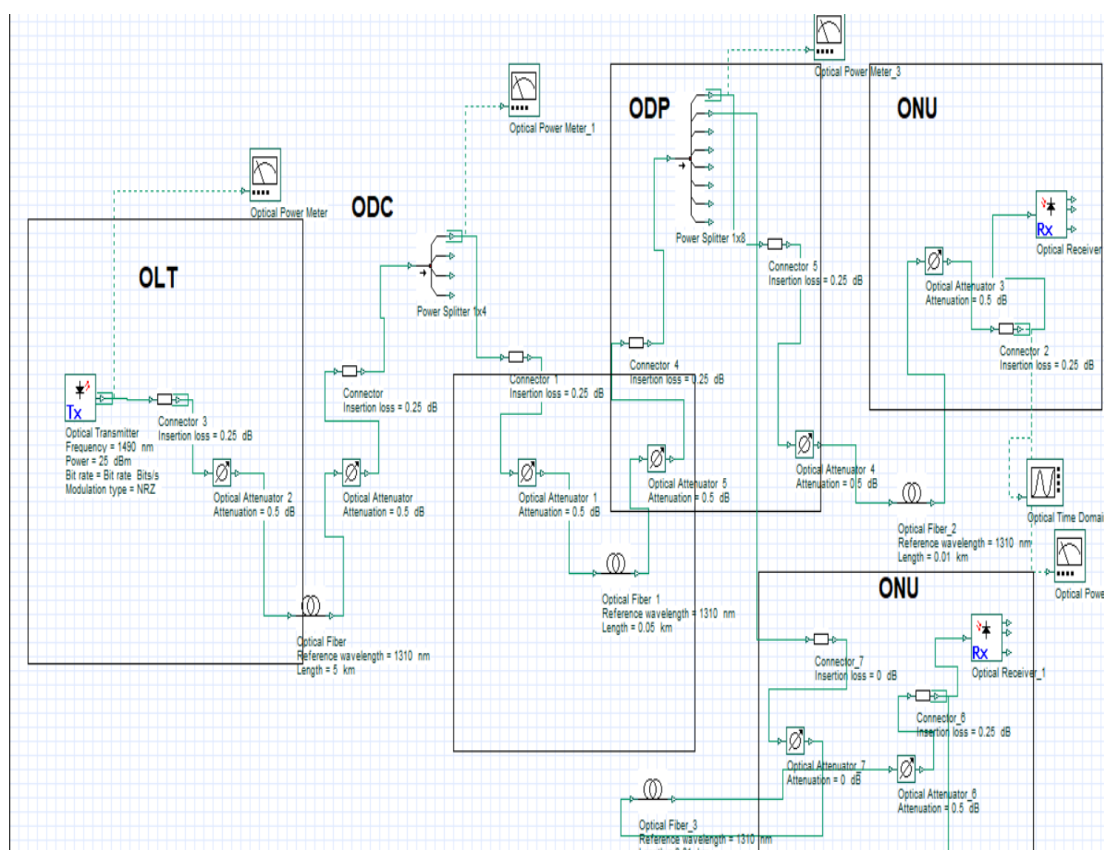
Дәстүрлі OMCI жүйесінде OLT ішіне біріктірілген стек бекітілген және тек бір өндірушінің жабдығымен жұмыс істеуге арналған. Бұл провайдерлердің опцияларын шектейтін жеткізуші құлыптауын жасайды. OpenOMCI, керісінше, әртүрлі жеткізушілердің әртүрлі OMCI стектерін қолдайтын ашық құрылымды пайдаланады. Бұл желіні басқаруда үйлесімділік пен икемділікке мүмкіндік береді.

OLT магистральдық желіге GE немесе 10GE сияқты стандартты интерфейстер арқылы қосылып, G-PON желісі арқылы сыртқы желілер мен абоненттер арасында трафикті тарататын коммутаторлар мен маршрутизаторларға қосылуды қамтамасыз етеді [9], ал коммутаторлар магистральдық және G-PON желілері арасындағы трафикті бағыттауды басқарады, бұл OLT-ге трафикті одан әрі тарату үшін LAN арқылы бағыттауға мүмкіндік береді, сонымен қатар LAN арқылы конфигурациялауға мүмкіндік береді ONT үшін VLAN және желілік ресурстарды тиімді басқаруды қамтамасыз ететін Интернет, IPTV және VoIP сияқты қызметтер бойынша трафикті бөледі [9], ал маршрутизаторлар ONT-ден магистральдық желі арқылы ақпаратты жіберуге мүмкіндік беретін деректерді беру функцияларын орындайды, ал маршрутизаторлар Интернетке немесе басқа желілерге деректерді берудің оңтайлы жолдарын анықтайды [14], Интернет, IPTV сияқты абоненттік қызметтерді конфигурациялаңыз және телефония, өткізу қабілеттілігін басқару, оптикалық сигнал күйін бақылау, қателерді талдау және ONT бағдарламалық

құралын жаңарту [15], сонымен қатар OLT дауыстық трафикті, бейнені және Интернет сеанстарын қоса алғанда, деректердің әртүрлі түрлері үшін қызмет көрсету сапасын (QoS) қамтамасыз ете алады, маршруттау кезінде оларды есепке алатын маршрутизаторларға сәйкес басымдықтарды бере алады, сондай-ақ, OMCI, ONT-ның барлық өткізу қабілетін реттеуге және реттеуге мүмкіндік береді желінің кептелуі [16].

2.5 Optisystem бағдарламасында жобалау

OptiSystem ортасында пассивті оптикалық желіні (PON) модельдеудің құрылымдық сұлбасы, пассивті оптикалық инфрақұрылым арқылы OLT және ONU арасындағы деректерді беру процесін көрсетеді, мұнда GPON архитектурасының негізгі элементтері OLT, оптикалық сплитерлер, оптикалық талшықтар және ONU болып табылады, ал OLT оптикалық сигналдың көзі бола отырып, деректерді 10-ші разрядта жұмыс істейтін оптикалық құрылғыларға жібереді.

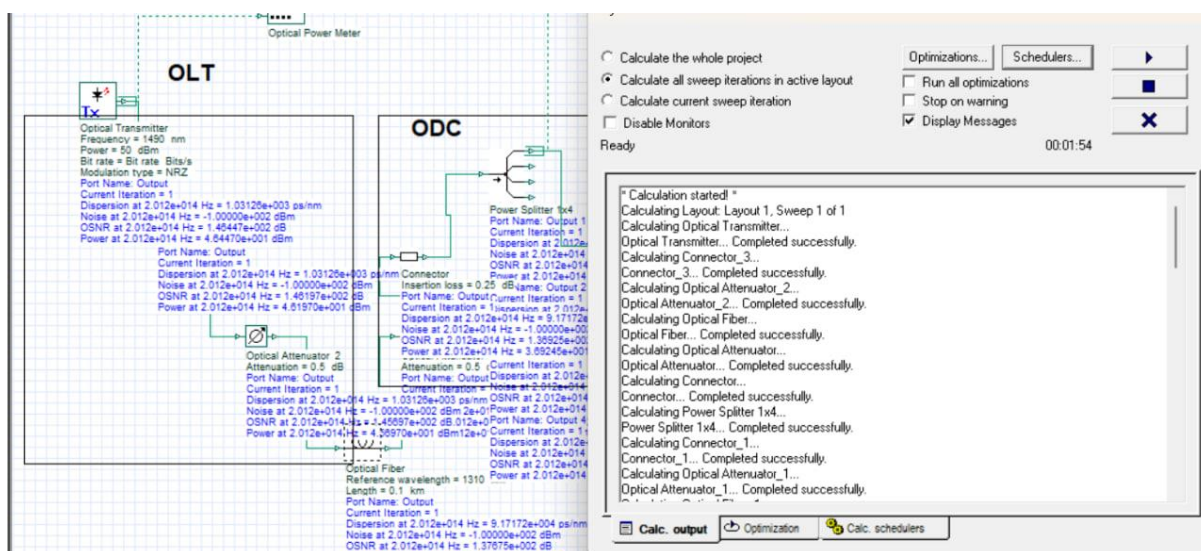


2.6-сурет – OpenOMCI протоколының құрылымдық сұлбасы

Жылдамдығының параметрлері 2,5 Гбит/с және NRZ модуляциясы, содан кейін сигнал ODC-ге түседі, оның бірінші сатысы 1×4 оптикалық сплиттер арқылы жүреді. Кіріс ағыны бірнеше бағыттарға бөлінеді, содан кейін сигнал

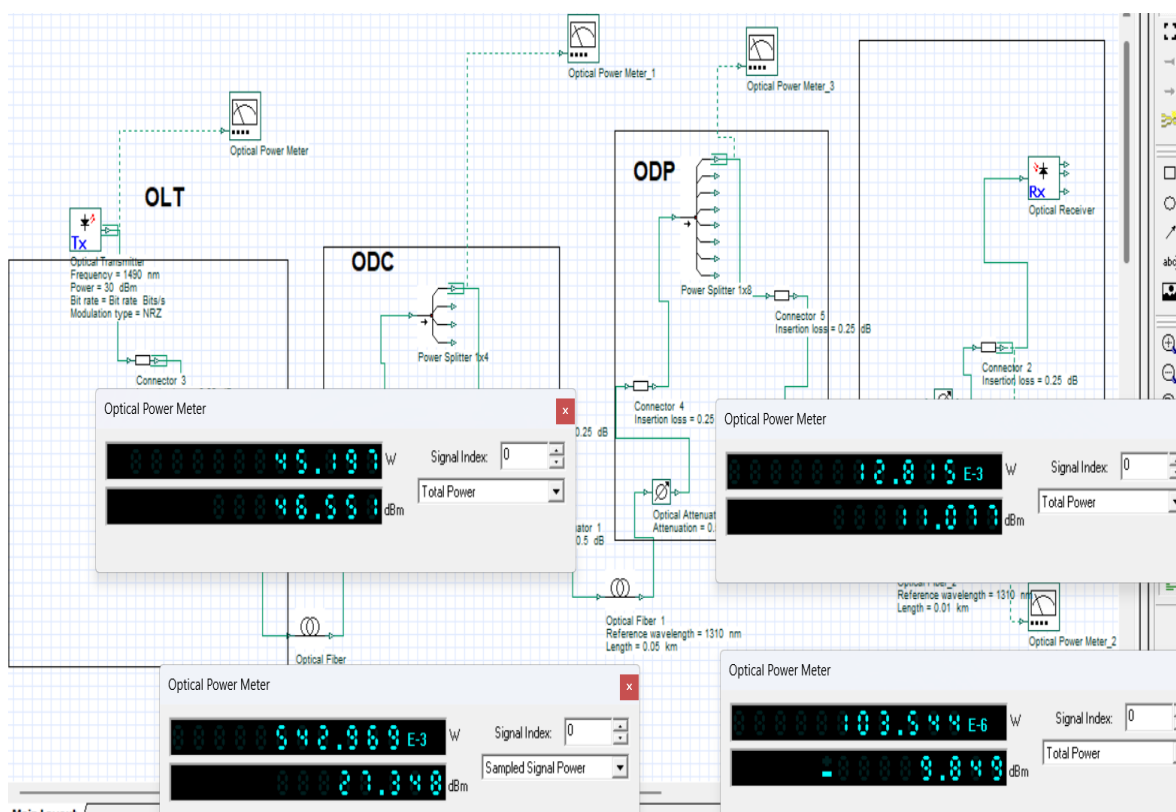
ODP-ге жіберіледі, мұнда бөлудің екінші кезеңі оптикалық сплиттердің көмегімен жүзеге асырылады, олар 1×8 оптикалық ажыратқыштар арқылы жүзеге асырылады.

Оптикалық қабылдағыштарда оны декодтау және оны электрлік түрге айналдыру, сонымен қатар диаграммада желідегі нақты жоғалтуларды имитациялау үшін оптикалық аттенюаторлар мен қосқыштар қамтамасыз етілген және 5 км, 0,5 км және 0,01 км сияқты әртүрлі ұзындықтағы оптикалық талшықтарды пайдалану байланыс желісінің ұзындығына байланысты сигналдың әлсіреу әсерін бағалауға мүмкіндік береді, және желі параметрлерін талдау үшін оптикалық өлшеуіш құрылғылар, оптикалық уақытты анықтауға мүмкіндік береді желінің әртүрлі нүктелеріндегі оптикалық қуат, бұл OptiSystem-дегі осы модельді сипаттамаларды зерттеудің, әртүрлі факторлардың әсерін бағалаудың, соның ішінде әлсіреуді, қуаттың бөлінуін және қосқыштың жоғалуын бағалаудың, сондай-ақ ONU басқаруға арналған OpenOMCI жұмысын талдаудың тиімді құралына айналдырады, бұл өз кезегінде желі параметрлерін оңтайландыру, әртүрлі жеткізушілер жабдықтарының үйлесімділігін арттыру және абоненттік қызмет көрсету сапасын жақсарту үшін маңызды.



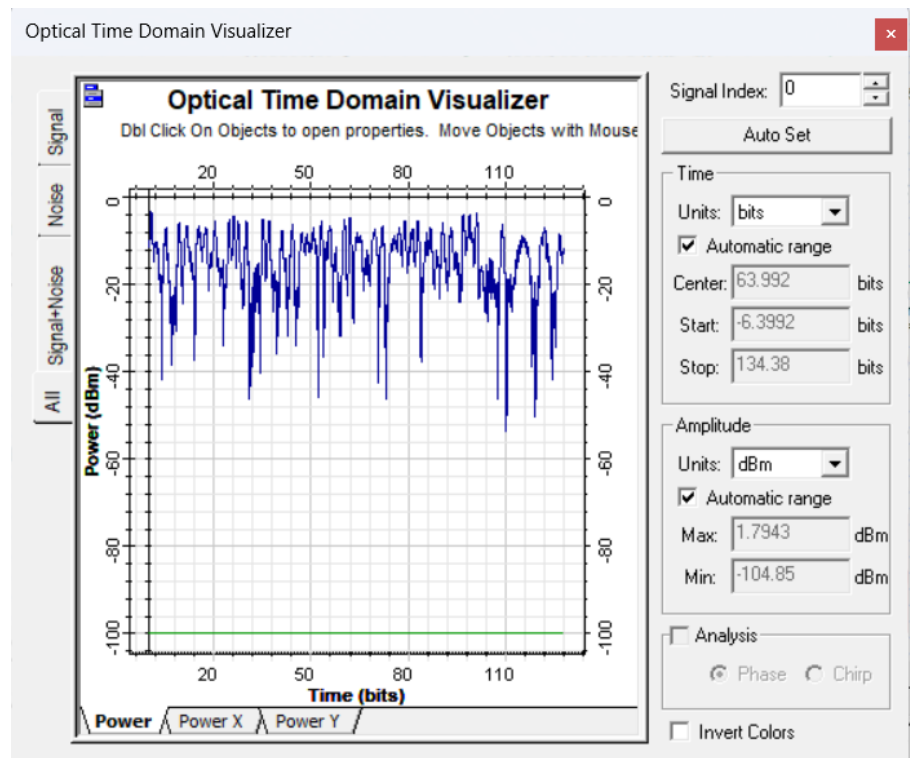
2.7-сурет – Зерттеу кезінде есептелетін өлшемдер тізімі

GPON оптикалық желісін имитациялау үшін талшықты-оптикалық байланыс жүйелерін жобалауға және талдауға арналған OptiSystem бағдарламалық ортасы пайдаланылды. OptiSystem OLT терминалы, 1:4 және 1:8 оптикалық бөлгіштер, әртүрлі ұзындықтағы оптикалық талшықтар және ONU құрылғылары сияқты элементтерді пайдаланып желі архитектурасын көрнекі түрде модельдеу жүргізіледі.



2.8-сурет – Зерттеуден кейін оптикалық өлшеуіште шыққан нәтиже

OptiSystem ортасында GPON пассивті оптикалық желісін модельдеу кезінде әртүрлі желі бөлімдерінде, соның ішінде OLT шығысында, бөлгіштерден кейінгі аралық нүктелерде (ODC және ODP) және ONU кірісінде оптикалық сигнал қуатының өлшемдері алынды. Өлшеу нәтижелері OLT шығысындағы сигналдың бастапқы қуаты 6,55 дБм болғанын көрсетті, бірақ бөлгіштер мен қосқыштар арқылы өткеннен кейін сигналдың айтарлықтай әлсіреуі байқалды. Бірінші бөлгіштен (1×4) кейін қуат 3,13 дБм дейін төмендеді, ал екінші бөлгіштен (1×8) кейін ол -29,07 дБм болды, бұл осындай топологияларға тән жоғары жоғалтуларға сәйкес келеді. ONU кірісінде қуат деңгейі -55,91 дБм жетті, бұл стандартты ONU қабылдағыштарының ең төменгі сезімталдық шегіне жақын, бұл сигналдың жоғалуына немесе жіберу қателерінің жоғарылауына әкелуі мүмкін.



2.9-сурет – Оптикалық рефлектометрде шыққан нәтижесі

Нәтижеде қуаттың негізгі азаюы сигналдың бөліну нүктелерінде орын алатынын растайды, мұнда қуаттың көп бөлігі қуат бөліну коэффициентіне және қосқыштар мен аттенюаторлардағы қосымша жоғалтуларға байланысты жоғалады. Бұл деректер желіні оңтайландырудың маңыздылығын көрсетеді, оның ішінде талшықты-оптикалық желілердің ұзындығын қысқарту, жоғары қуатты қабылдағыштарды және мүмкін маңызды аймақтарда күшейткіштерді пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

3 Вендорлық тәуелділікті OpenOMCI арқылы шешімі

3.1 GPON желісіндегі параметрлерін есептеу

PON желісінің жалпы қуат тұтынуы:

$$P_{\text{жалпы}} = \text{OLT} - \text{ның қуаты} + \text{ONU} - \text{дың саны} \cdot \text{ONU} - \text{дың қуаты} \quad (3.1)$$

Берілгендер:

OLT-ның тұтыну қуаты: 100Вт.

ONU-дың тұтыну қуаты: 5 Вт.

ONU-дың саны: 32.

$$P_{\text{жалпы}} = 100 + 32 * 5 = 100 + 160 = 260 \text{ Вт}$$

Бір GPON портындағы максималды ONU саны: $N_{\text{ONU}_{\text{max}}} = 64$

Барлық ONU-дың бір уақытта жұмыс істеген кездегі жалпы трафик мөлшері:

Әр ONU үшін трафикті келесі жолмен табамыз:

$$R_{\text{ONU}} = \text{Жұмыс істейтін ONU саны} * \text{Ақпаратты тасымалдау жылдамдығы} \quad (3.2)$$

$$R_{\text{ONU}} = 32 * 50 \text{ Мбит/с} = 1600 \text{ Мбит/с} = 1.6 \text{ Гбит/с}$$

Берілгендер:

Бір GPON портындағы максималды ONU саны: 64

Бір уақытта жұмыс істейтін ONU саны: 32

Ақпаратты тасымалдау жылдамдығы: 50 Мбит/с

GPON портының өткізу қабілетін тексеру жоғары және төменгі ағын өткізу қабілетін тұрақты мәнімен салыстыру арқылы табамыз:

мұндағы Төменгі ағын (Downstream): 2.5 Гбит/с;

Жоғарғы ағын (Upstream): 1.25 Гбит/с;

Демек, жүктеме көлемі төменгі ағындағы өткізу қабілетінен аспайды:

$$R_{\text{жүктеме}} = 1.6 \text{ Гбит/с} < R_{\text{төменгі}} = 2.5 \text{ Гбит/с}$$

Осыдан GPON желісі трафикті оңай өңдей алатынына көз жеткізуге болады.

Ethernet порттарының талаптарын есептеу үшін әр ONU-дың пайдаланушыға арналған стандартына сай салыстырып өткізу қабілетіне қарай таңдаймыз:

Берілгендер:

ONU трафигі $R_{ONU} = 50 \text{ Мбит/с}$;

Порт өткізу қабілеті $C_{ONU} = 100 \text{ Мбит/с}$ немесе 1 Гбит/с ;

GPON портының тиімділігін табу үшін максималды оптикалық желі құрылғының қосылатын және жүктеме санымен пайдалану тиімділігін анықтаймыз:

$$\eta = \frac{\text{жүктеме ONU саны}}{\text{максималды ONU саны}} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

$$\eta = \frac{32}{64} \cdot 100\% = 50\%$$

Сәйкесінше GPON портының тиімділігі 50% тең екенін анықтап аламыз.

OLT-тан ONU-ға дейінгі оптикалық сигналдың жеткілікті қуатпен жететінін дәлелдеу.

Берілгендер:

ONU-ға келіп түсетін қуат: -18.2 дБм

OLT-тың шығу қуаты: 4 дБм

Желі бойындағы барлық жоғалтулардың қосындысы

$$P_{\text{кіріс}} = P_{\text{шығыс}} - \sum L_{\text{толық}} \quad (3.4)$$

Жоғалтуларды қосып жалпы жоғалтуларды алдын-ала ескеру үшін анықтап аламыз:

Кесте 3.1 – Сұлбадағы құрылғылардың жоғалуы

Компонент	Жоғалуы (дБ)	Есептеу
Талшық (5 км)	0.2 дБ/км	$5 \times 0.2 = 1.0 \text{ дБ}$
Қосқыштар (2 дана)	0.25 дБ	$2 \times 0.25 = 0.5 \text{ дБ}$
Сплиттер 1:4	$\approx 7.2 \text{ дБ}$	1 дана
Сплиттер 1:8	$\approx 10.5 \text{ дБ}$	1 дана
Аттенюатор	3 дБ	1 дана

$$\sum L_{\text{толық}} = \sum L_{\text{талшық}} + \sum L_{\text{қосқыштар}} + \sum L_{\text{сплиттер}} + \sum L_{\text{сплиттер}} + \sum L_{\text{аттенюатор}} \quad (3.5)$$

Осыдан жалпы жоғалтуларды қосамыз:

$$\Sigma L_{\text{толық}} = 1.0 + 0.5 + 7.2 + 10.5 + 3 = 22.2 \text{ дБ}$$

$$P_{\text{кіріс}} = 4 - 22.2 = -18.2 \text{ дБм}$$

ONU-дың қабылдау шегі әдетте -28 дБм болғандықтан, бұл нәтиже қанағаттанарлық.

Оптикалық сигнал әлсіреуін есептеу

Берілгендер:

Оптикалық талшықтың әлсіреу коэффициенті: 0.2 дБ/км

Талшықтың ұзындығы: 5 км

Оптикалық талшықта сигналдың әлсіреуі келесідей есептеледі:

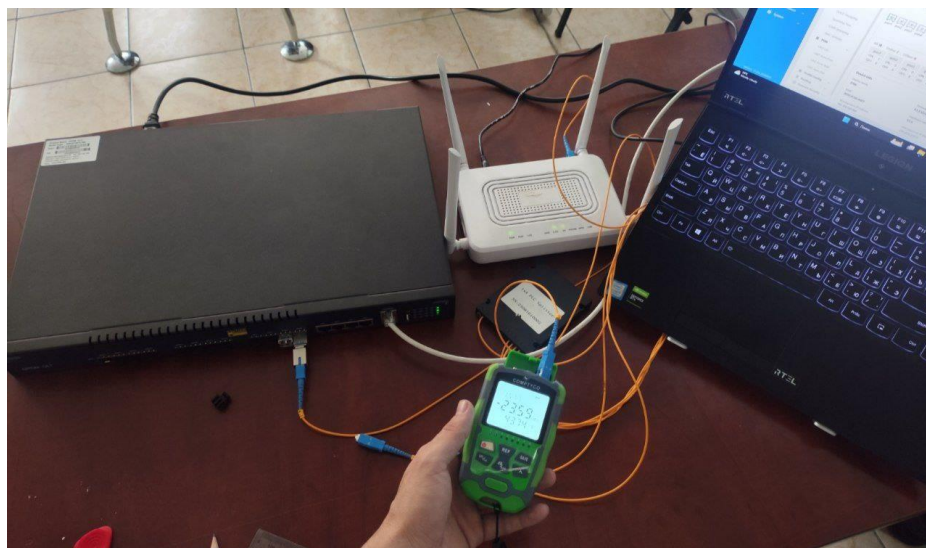
$$L_{\text{талшық}} = \text{әлсіреу коэффициенті} \times \text{талшықтың ұзындығы} \quad (3.5)$$

$$L_{\text{талшық}} = 0.2 * 5 = 1 \text{ дБ}$$

Егер талшықтың ұзындығы 5 км-ге тең болса, онда әр 5 км қашықтықта 1 дБ жоғалтулар келеді.

3.2 GPON желісіндегі оптикалық қуат деңгейін практикалық өлшеу

OLT және ONU құрылғылары арасындағы оптикалық тарату желісін практикалық сынау процесінде COMPTUSO оптикалық сынағышының көмегімен кіріс сигналының қуатын өлшеу жүргізіліп нәтижесінде 1310 нм толқын ұзындығында сынаушы бірінші бөлімде -17.53 dBm оптикалық қуат деңгейін және екінші қосылым бөлігінде -23.59 dBm тіркеді. Өлшеу OLT оптикалық портын OLT абоненттік терминалымен байланыстыратын рефлектометрдің көмегімен жүргізілді, мұндағы схемаға оптикалық сплиттер мен байланыстырушы патч-сымдар енгізілді.



3.1-сурет – ONT-ны OLT-ге қосу кезінде оптикалық қуат деңгейін өлшеу

-17.53 dBm мәні ONT оптикалық қабылдағыштарының көпшілігінің рұқсат етілген сезімталдық диапазонына сәйкес келеді, бұл желінің айтарлықтай шығынсыз дұрыс жұмыс істеуін растайды. Дегенмен, -23.59 dBm мәні ONT қабылдағыштарының минималды сезімталдық шегіне (әдетте -28 dBm) жақындаған сигналдың айтарлықтай әлсіреуін көрсетеді, бұл сплиттерлердің, қосылыстардың сапасына немесе шамадан тыс талшық ұзындығына байланысты желіде қосымша шығындардың болуын көрсетеді.



3.2-сурет – ONT-ны OLT-ге қосу кезінде оптикалық қуат деңгейін өлшеу

Алынған мәліметтерге сүйене отырып, оптикалық желі қалыпты шектерде жұмыс істейді және GPON желісінің тұрақты жұмыс істеуі үшін сигналдың жеткілікті деңгейін қамтамасыз етеді деген қорытынды жасауға болады, алайда -23.59 dBm деңгейі бар аймақ қосымша мысалы, қосқыштарды қайта қосу, оптикалық порттарды тазарту немесе тізбектегі ауысулар санын азайту, тексеруді және мүмкін түзетуді қажет етеді.

ONT	SN	Voltage(V)	Tx-power(dBm)	Rx-power(dBm)	bias(mA)
0/1/1	MONU-00c57c54	3.32	1.620	-18.560	7.956
0/1/5	JXSW-0c819b2d	3.32	2.400	-18.240	10.150

A Total of 2 Pieces of Data

3.3-сурет – Веб интерфейстегі ONT-лардың тарату және қабылдау қуатын бақылау

OLT-ның веб-интерфейсіне кіре отырып, желіге қосылған ONT құрылғыларды тізімде негізгі техникалық сипаттамаларымен танысып тарату және қабылдау күшін байқауға болады. Жалпы, практикалық өлшеу желінің жұмыс қабілеттілігін растады, сонымен қатар жабдықты пайдалану және баптау процесінде оптикалық қуат деңгейін бақылаудың маңыздылығын көрсетті.

Оптикалық желілік терминалды басқаруға арналған веб-интерфейс терезесі, атап айтқанда, GPON желісіндегі анықталған ONU құрылғылары туралы нұсқа ақпаратын көрсететін «ONT тізімі» бөлімінің «Нұсқа» жазулары ұсынылған. Кесте әртүрлі PON порттарына қосылған екі тіркелген ONU негізгі параметрлерін көрсетеді. Бірінші баған PON портының нөмірін және ONU идентификаторын көрсетеді, мысалы, 0/1/1 және 0/1/5. Келесі бағанда жүйеде оларды анықтау үшін қолданылатын құрылғылардың сериялық нөмірлері (SN) бар. Одан кейін жабдық өндірушісін көрсететін Жеткізуші идентификаторы MONU және JXSW сияқты бағаны келеді. Содан кейін V1.0 деп аталатын микробағдарлама нұсқасы беріледі, байқап тұрғандай екі құрылғы үшін де бірдей.

Белсенді бағдарламалық құрал және белсенді емес бағдарламалық құрал бағандары ONU жүйесінде орнатылған ағымдағы белсенді және күту режиміндегі бағдарламалық құралдың нұсқаларын көрсетеді. Бірінші құрылғыда

белсенді OSSHV3.4.0 атты микробағдарлама, ал OSSHV2.0.0B04 белсенді емес, екінші құрылғыда V1.0.0.3 деген екі нұсқасы да бірдей.

ONT	SN	Vendor ID	Firmware version	Active Software	Inactive Software
0/1/1	MONU-00c57c54	MONU	V1.0	OSSHV3.4.0	OSSHV2.0.0B04
0/1/5	JXSW-0c819b2d	JXSW	V1.0	V1.0.0.3	V1.0.0.3

A Total of 2 Pieces of Data

3.4-сурет – ONT-лардың GPON OLT интерфейсындағы микробағдарлама нұсқалары

Бұл интерфейс желі әкімшісіне ONU клиенттік терминалдарында орнатылған бағдарламалық құрал нұсқаларын бақылауға және басқаруға және қажет болса микробағдарламаны жанартуға мүмкіндік береді. Бұл бүкіл GPON желісінің үйлесімділігін, қауіпсіздігін және тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін маңызды. Көрсетілген ақпарат сонымен қатар абоненттік жабдыққа физикалық қол жеткізуді қажет етпестен құрылғы өндірушісінің түрін және оның ағымдағы бағдарламалық конфигурациясын анықтауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазіргі кезде оптикалық құрылғылардың қарқынды дамуына орай мультивендорлық үйлесімділік мәселесін зерттеуі өзекті мәселеге ие.

GPON желілеріндегі әртүрлі өндірушілердің құрылғыларының үйлесімділігін анықтай отырып,оны OpenOMCI протоколы арқылы шешімі көрсетілген. Оптикалық терминалдың екі оптикалық абоненттік құрылғыларды сплиттер арқылы жалғай отырып, OLT арқылы жүйенің жағдайы бақыланды.Бақылаудың нәтижесі бойынша әртүрлі өндірушілердің бір-бірімен қарым қатынаста жұмыс істейтінің дәлелденді және OpenOMCI арқылы вендорлық тәуелділік мәселесі шешілген.Осы шешім әртүрлі өндірушілердің құрылғылары арасында үйлесімділікті қамтамасыз етіп, операторларға икемділік пен жабдықты таңдауға немесе басқа жабдықтарды бір-бірімен қолдануға еркіндік береді.

GPON технологиясының жалпы архитектурасы, оның негізгі құрылғылары(OLT, ONU/ONT),қолданылатын протоколдары және деректерді беру принциптері мен басқару механизмдері егжей-тегжейлі талданды.Тәжірибелік іс жүзінде оптикалық кабельдің ішінде ішкі және қосымша жоғалтулары есептелініп, нәтижесінде сигналдың қабылдау деңгейі ONT құрылғысының сезімталдық шегінен аспайтыны дәлелденіп, желінің тиімді және сенімді жұмыс істеуі көрсетілді.

Қорытындылай,өндірушілердің саны артуына байланысты берілген шешім көп мәселелерді шешуге,құрылғылардың еш кедергісіз және жоғары жылдамдықпен қамтамасыз етіп қолданушыларға интернетпен үзіліссіз жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Рекомендация МСЭ-Т G.984.3. Пассивные оптические сети с возможностью передачи на гигабитных скоростях (G-PON): Технические характеристики передачи на уровне сходимости. – Женева: МСЭ, 2004. – 116 с.
- 2 ITU-T G.984.1–G.984.4: Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) Recommendations. 2019 . – 10 с.
- 3 OpenOMCI Documentation and Implementation Guidelines. 2020 – 10 с.
- 4 Zhaoqing, W. Research on the Application of GPON Technologies // International Conference on Multimedia and Signal Processing. – IEEE, 2011. – Т. 2. – С. 61–63.
- 5 Keiser G. Optical Fiber Communications. McGraw-Hill, 2017. – 130 с.
- 6 Технология GPON [Электронный ресурс]. – URL: https://skomplekt.com/technology/gpon_tehnologiya.htm/?srsltid=AfmBOooMEBPsRCSsx9nqlWk0QZfr5OWLlyvJ2wd6YkoCuc8GvMP6xAFb (дата обращения: 18.09.2024).
- 7 Muller P. Passive Optical Networks: Principles and Practice. Elsevier, 2014. – 150 с.
- 8 Гибадуллин, Р. Ф., Никитин, А. П., Перухин, М. Ю. Построение сети на основе технологии GPON // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – С. 104–108.
- 9 Marmur, O., Shraga, E. GPON: the next big thing in optical access networks // Network Architectures, Management, and Applications. – 2004. – С. 199–209.
- 10 Xiong, H., Cao, M., Tian, Z. GPON-Broadband Optical Access Network of New Generation // Optical Communication Technology. – 2003. – Т. II. – С. 8–10.
- 11 Антонов А.В. Оптические сети связи: технологии и решения. М.: Горячая линия – Телеком, 2020.
- 12 ITU-T Recommendation G.988: ONU management and control interface (OMCI) specification. – Женева: International Telecommunication Union, 2012. – 594 p.
- 13 Hu W., Qiu W. GPON: Technology and Testing. John Wiley & Sons, 2019. – 120 с.
- 14 (OpenOMCI GitHub Repository: <https://github.com/openomci>
<https://github.com/vz-etech/verizon-openomci>
- 15 Дюсебаев М.А., Исатаев К.Т. Оптические сети нового поколения. Алматы: Қазақ университеті, 2019. – 180 с.
- 16 G.987.x Recommendations: 10-Gigabit-Capable Passive Optical Networks (XG-PON). – 10

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Бекмурза Амирхан Жанатұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар

Тақырыбына: «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 15 парақ;
б) түсініктеме 39 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу жолдары ұсынылды. Жұмыста нақты техникалық параметрлерге сүйене отырып, практикалық есептеулер мен теориялық талдаулар жүргізілді.

OpenOMCI (Open Optical Management and Control Interface) протоколының мүмкіндіктері мен ерекшеліктері көрсетіліп, GPON желілерінде деректер беру жылдамдығын, кідірістерді және өнімділікті бағаланды. OpenOMCI қолдану арқылы GPON-құрылғыларын зерттеу нәтижелері ұсынылды.

Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – қауіпсіздікті пайдаланудағы бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмыс «өте жақсы» (95%) деп бағаланды, ал студент Бекмурза Амирхан Жанатұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензент:

Ғ.Дәукеев ат. «Энергиямен қамтамасыз ету, электр жетегі және электротехника»
каф.меңгерушісі, PhD докторы
«20» 05 2025 ж.



Ж.Шыныбай

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Бекмурза Амирхан Жанатұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар оқу бағдарламасы

Тақырыбы: «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі
мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу»

Бұл дипломдық жұмыста телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу жасалған, негізгі сипаттамасы және болашақ ықтимал болатын түрлері келтірілген.

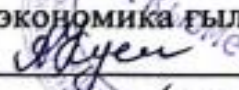
Бұл дипломдық жұмыста «Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу» тақырыбы қарастырылды.

OpenOMCI (Open Optical Management and Control Interface) протоколының мүмкіндіктері мен ерекшеліктері көрсетілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

GPON желілерінде деректер беру жылдамдығын, кідірістерді және өнімділікті бағалау жасалды. OpenOMCI қолдану арқылы GPON-құрылғыларын зерттеу нәтижелерін ұсынылды.

Жалпы, дипломдық жұмыс «өте жақсы» (95%) деп бағаланды, ал студент Бекмурза Амирхан Жанатұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші
ЭТ және FT каф.
қауымдастырылған профессоры,
экономика ғылымдарының кандидаты
 Куттыбаева А.Е.

(қолы)

«20» мамыр 2025 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Бекмурза Амирхан Жанатұлы

Тақырыбы: Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу

Жетекшісі: Айнура Куттыбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 5

Дәйексөз (35): 1.8

Әріптерді ауыстыру: 27

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 38

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2025-05-09

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекмурза Амирхан Жанатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу

Научный руководитель: Айнура Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 7.1

Коэффициент Подобия 2: 5

Микропробелы: 38

Знаки из других алфавитов: 27

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрывтия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-05-09

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Бекмурза Амирхан Жанатұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Телекоммуникациялық желілерге арналған OpenOMCI негізіндегі мультивендорлық GPON құрылғыларын зерттеу

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 7.1

Коэффициент Подобия 2: 5

Микропробелы: 38

Знаки из других алфавитов: 27

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-05-09

Дата



Сұғат Марксұлы

проверяющий эксперт