

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Ербол Бекбол

«Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін
зерттеу және әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

«Оптикалық желілерде деректерді берудің оптимизацияланған әдістерін зерттеу
және әзірлеу»

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы

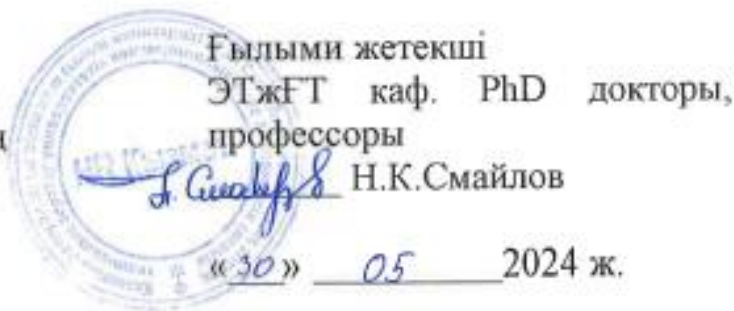
Орындаған:

Б.Ербол

Пікір беруші
Халықаралық ақпараттық
технологиялар университетінің
факультет деканы

Т.ғ.к., қауым. профессор
Н.А.Сейлова

« 30 » 05 2024 ж.



Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникация мамандығы



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Ербол Бекбол

Тақырыбы: «Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу»

Университет ректорының «04» желтоқсан 2023ж. №548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» 04.2024ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1. ГОСТ Р ISO 11551-2015 Оптика және оптикалық құрылғылар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Оптикалық элементтермен лазерлік сәулеленудің жұтылу коэффициентін өлшеу әдістемесі. 2. Оптикалық аспаптарға арналған телескопиялық жүйелер. Ажыратымдылық шегін анықтаудың көрнекі әдісі ГОСТ 15114-78. 3. ГОСТ Р ISO 13694-2010 мәтіні Оптика және оптикалық құрылғылар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Лазер сәулесінің қуаттылық (энергия) тығыздығының таралуын өлшеу әдістері

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Ақпараттарды жіберу эффективтілігін арттыру үшін сигналдың оптикалық модуляциялау әдістерін зерттеу. Оптикалық сигналдарды жылдам есептеу және сенімділігін арттыру үшін демодуляция техникасын әзірлеу.

б) Сигналдың сапасын басқару.Шу мен кедергілер жағдаятында оптикалық сигналдардың сапасын оңтайландыру үшін арнайы алгоритмдерді қолдану. Оптикалық желілерде деректерді беруді оңтайландыру үшін қателерді түзету әдістерін әзірлеу.

в) Ақпараттарды жіберу модульдерін оңтайландыру:Оптикалық ақпараттарды жіберу модульдерін оңтайландыру үшін жаңа технологиялар мен материалдарды пайдалану.

Энергия эффективтілігін күшейту және оптикалық тасымалдау құрылғыларында жылу өндіруді азайту.

г) Машиналық оқытуды және жасанды интеллектті пайдалану.Оптикалық желілердің жұмысын оңтайландыру үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану. Оңтайландырылған деректерді беру әдістерін адаптивті басқару үшін жасанды интеллектті пайдалану.

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Li X, Zhang L, Wei J, Deep neural network based OSNR and availability predictions for multicast light-trees in optical WDM networks[J]. Optics express, 2020, 28 , pp. 10648- 10669.
2. Alyatama A, Alotaibi E, Alenezi S, A continuous service model for elastic optical network[J]. Optical & Quantum Electronics, 2020, 52, pp. 1-19.
3. Sayed A, Mustafa F, Khalaf A, et al. Apodized chirped fiber Bragg grating for postdispersion compensation in wavelength division multiplexing optical networks[J]. Journal of Communication Systems, 2020, 33, pp. 1-13.
4. Turza K, Krehlik P, Sliwczynski L, Stability Limitations of Optical Frequency Transfer in Telecommunication DWDM Networks[J]. IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, 2020, 67 , pp. 1066-1073.
5. Kotlyar O, Pankratova M, Kamalian-kopae M, et al. Combining nonlinear Fourier transform and neural network-based processing in optical communications[J]. Optics letters, 2020, 45, pp. 3462-3465.
6. Xu H, Yang L, Yu X, et al. Blind and low-complexity modulation format identification scheme using principal component analysis of Stokes parameters for elastic optical networks[J]. Optics express, 2020, 28, pp. 20249-20263




Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
<p><u>Оптикалық желілерге шолу және олардың мәліметтерді тасымалдаудағы рөлі. Жоғары жылдамдықты және тиімді желілерге қойылатын заманауи талаптар контекстінде деректерді берудің онтайландырылған әдістерінің қажеттілігін негіздеу.</u></p>	07.02.2024	Орындалған
<p><u>Оптикалық желілерде деректерді берудің қолданыстағы технологиялары мен әдістеріне шолу. Қолданыстағы әдістердің артықшылықтары мен шектеулерін талдау.</u></p>	24.03.2024	Орындалған
<p><u>Оптикалық желілерде онтайландырылған деректерді беру әдістеріне қойылатын негізгі талаптар мен өнімділік критерийлерін анықтау. Оңтайландыруды қажет ететін пайдалану жағдайлары мен деректерді тасымалдау мүмкіндіктерін қарастыру.</u></p>	20.04.2024	Орындалған
<p>Оптикалық желілерде спектр өткізу қабілеттілігін тиімді пайдалану. WDM қалай пайдаланылатынын қарастыру. Деректерді қысу: тасымалданатын ақпарат көлемін азайту және өткізу қабілетін онтайландыру үшін деректерді қысу әдістерін қарастыру.</p>	26.04.2024	Орындалған

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ каф. PhD докторы, профессоры Н.К.Смайлов	30.05.2024	
Теориялық ақпарат	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ каф. Профессоры PhD докторы, Н.К.Смайлов	30.05.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ кафедрасының аға оқытушысы, PhD докторы, Ж.М. Досбаев	30.05.2024	

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Н.К. Смайлов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Е.Бекбол

(қолы)

Күні « 9 » 12 2024 ж.

АНДАТПА

Қазіргі уақыттағы адамзаттың өмірін уақытсыз, ақпарат жіберудің жылдамдығынсыз және ақпараттың көлемінсіз елестету мүмкін емес. Оптикалық байланыс жүйесінің пайда болуы технологияның даму кезеңінде алға деген үлкен қадам болды. Оптикалық-талшықтық байланысты қолдану басқа ескірген ақпарат тарату байланыстарына қарағанда көптеген артықшылықтарға ие. Қазіргі сәтте оптикалық байланыс жүйесі ауқымды қолданысқа ие. Күнделікті қолданылып жүрген стационарлы компьютерлерден бастап алыс қашықтықтағы телекоммуникациялық аса үлкен жүйелерге дейін тараған. Ал суасты бойынша талшықты-оптикалық кабельдердің жүргізілуі бір-бірінен алыс континенттердің арасындағы байланысты қамтамасыз етеді. Бұл зерттеуде біз қазіргі таңдағы талшықты-оптикалық желінің ақпарат тарату барысындағы мүмкіндіктерін ашуға тырысамыз.

АННОТАЦИЯ

Современную человеческую жизнь невозможно представить без времени, скорости передачи информации и количества информации. Появление системы оптической связи стало большим шагом вперед в развитии технологий. Использование волоконно-оптической связи имеет множество преимуществ перед другими устаревшими технологиями системы связи передачи информации. В настоящее время широко используется оптическая система связи. Она распространилась от повседневных стационарных компьютеров до крупных систем дальней связи. Целью данного исследования является анализ этапов развития сети оптической связи.

ANNOTATION

Modern human life cannot be imagined without time, the speed of information transfer and the amount of information. The emergence of an optical communication system was a big step forward in the development of technology. The use of fiber-optic communication has many advantages over other outdated technologies of information transmission communication systems. Currently, optical communication is widely used communication system. It has spread from everyday desktop computers to large long-distance communication systems. And the laying of fiber-optic cables under the waters of the oceans provides communication between distant continents from each other . The purpose of this study is to analyze the stages of development of an optical communication network.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Оптикалық желілерді және жүйелерді оңтайландыру	10
1.1 Когерентті WDM 64-QAM оптикалық жүйелеріне арналған терең нейрондық желісі бар оптикалық OPC	10
1.2 Тағайындалатын жоғары сенімді және эффективті толқын ұзындықты оптикалық желілер үшін физикалық топологияны оңтайландыру	11
1.3 Ақпараттар орталықтары арасындағы икемді оптикалық желілердегі толық оптикалық гибридті оңтайландыру	12
1.4 2×2 наноқұрылымды оптикалық процессорларға негізделген оптикалық нейрондық желіні түпкілікті оңтайландыру	14
1.5 Кристалдағы оптикалық желі үшін порттарды N-ден 2N-ге дейін масштабтау арқылы оптикалық коммутаторды құрудың алгоритмдік негізі	15
1.6 Оптикалық желілердегі оптикалық сипаттамаларды мультиплекстеу режимдері арқылы бақылау	16
1.7 Икемді оптикалық желіде кідірісті оңтайландыру арқылы болжамды қызмет көрсету	17
1.8 Оптикалық байланыс желісі үшін талшықты қосылымды таңдау арқылы бірлестіріп оңтайландыру	20
1.9 Эвристикалық сәйкестендіру арқылы оптикалық NoC Жүйесіндегі қиылысуды оңтайландыру	22
2 Оптикалық желінің жүйесін икемдеу	25
2.1 WDM жүйесін оптимизациялау	25
2.2 Икемді оптикалық желінің өнімділігін арттыру	27
2.3 Гибридті трафикті пайдалану	27
3 Компьютерлік модельдеу OptiSystem программасымен алынған	29
3.1 PON технологиясы	29
3.2 Бір режимді талшықты дизайндау	29
Қорытынды	33
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Қазіргі уақытта ақпараттық технологиялар ерекше жылдамдықпен дамып келеді. Бұл ақпараттар алмасымының көлемінің ұлғаюына әкеледі және телекоммуникациялық желілерді үнемі жетілдіруді талап етеді. Оптикалық желілер жоғары өткізу қабілетіне және сигналдың өшулігінің аз болуына байланысты қазіргі заманғы деректерді беру инфрақұрылымының негізі болып табылады. Дегенмен, интернет пайдаланушылар мен қызметтердің санының артуы, сондай-ақ қызмет көрсету сапасы мен жылдамдығына қойылатын талаптардың артуына байланысты деректерді берудің қазіргі әдістері жаңа шешімдерді қажет ететін бірқатар мәселелерге тап болады.

Бұл тақырыптың өзектілігі оптикалық желілерге трафиктің өсіп келе жатқан көлеміне төтеп беруге және жоғары сапалы байланысты қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін деректерді берудің жаңа, тиімдірек әдістерін әзірлеу қажеттілігіне байланысты.

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты - оптикалық желілерде деректерді беруді оңтайландыру. Қазіргі кезге дейінгі бар оңтайландыруларды зерттеу және оларды қайта анализдеу. Сонымен қатар бұл зерттеуде математикалық және эксперименталдық зерттеулер қарастырылатын болады.

1 Оптикалық желілерді және жүйелерді оңтайландыру

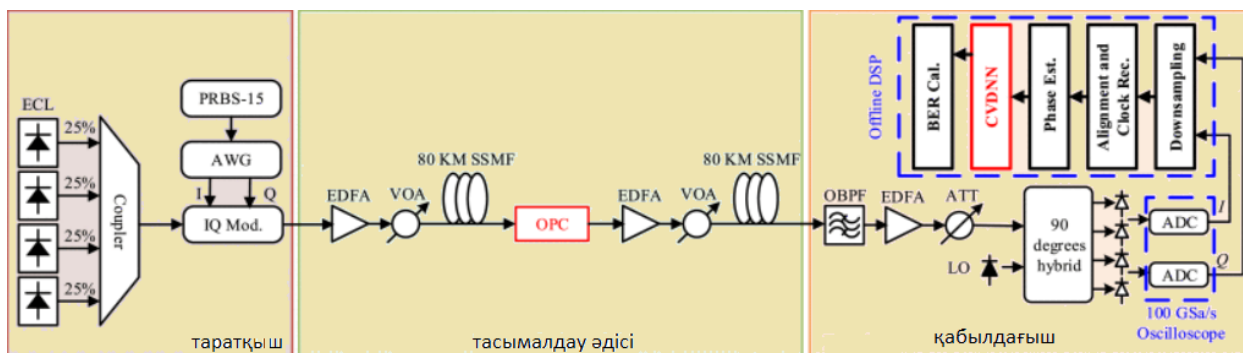
1.1 Когерентті WDM 64-QAM оптикалық жүйелеріне арналған терең нейрондық желісі бар оптикалық OPC

Бұл зерттеуде күрделі мәнді терең нейрондық желіні (CVDNN) пайдаланатын фотоэлектрлік сызықты емес оптикалық толқындық фронт компенсациясының (OPC) схемалары 64-QAM толқын ұзындығын бөлу мультиплексірілеуін (WDM) когерентті оптикалық тарату жүйесін жақсарту үшін жобаланған және эксперименталды түрде тексерілген. OPC-тің негізгі мақсаты талшықты-оптикалық жүйені орналастыруда қиындық тудыратын арналар арасындағы қуат симметриясына және хроматикалық дисперсияға қойылатын талаптарды жеңілдету болды. Осы жеңілдетулермен шектелген OPC өнімділігі талшықты сызықты емес бұрмалауларды өтеу үшін CVDNN пайдалану арқылы одан әрі жақсартылды.

Кері таралу және сызықты емес эквалайзерлер сияқты сандық сызықты емес компенсация әдістері Шеннонның сызықтық шегін жеңе алды, бірақ күрделілік және нақты уақыттағы шектеулер мәселелеріне тап болды. CVDNN, керісінше, күрделі мәнді сигналдарды тікелей өңдейді, фазалық ортогоналдылықты жақсартады және есептеу талаптарын азайтады. Бұл оны әсіресе жоғары ретті квадратуралық амплитудалық модуляциясы бар WDM жүйелері үшін қолайлы етті.

Эксперименттік нәтижелер сигнал сапасы мен сапа коэффициентін 1,5 дБ-ге жақсартып қана қоймай, сонымен қатар деректерге сұраныс артып отырған заманауи жоғары өнімді оптикалық желілер үшін маңызды болып табылатын жалпы берілетін қуатты ұлғайтқанын көрсетті. Бұл CVDNN-ті оптикалық талшықты байланыс жүйелерінің тиімділігін арттыруға арналған технологиялық арсеналдағы маңызды құралға айналдырады.

1.1-суретте 64-QAM WDM когерентті оптикалық тарату жүйесінің эксперименталдық орнатуы көрсетілген. Бұл эксперименталдық орнату жүйе таратқыш, қабылдағыш және тарату желісін қамтиды. Электр беру желісінің келесідей болатын ұзындығы 160 км, шығыны 0,18 дБ/км және дисперсиясы 16,09 пс/нм² болатын екі стандартты бір режимді талшықтардан тұрады. Оптикалық таратудағы сигналдың жоғалуын өтеу үшін EDFA күшейткіштерін қолдану қажеттілігі туындайды. Сигнал қуаты оптикалық әлсіреткіштермен (VOA) реттеледі. Қабылдағышта сигналды өңдеуді жақсарту үшін биттік қателік жылдамдығын (BER) есептеуде ұсынылған күрделі мәнді терең нейрондық желі (CVDNN) енгізіледі [1].



1.1-сурет – Орта арналы OPC көмегімен 64-QAM 12,5 ГБ/с WDM тарату жүйесін эксперименттік орнату

64-QAM WDM когерентті оптикалық тарату жүйелеріндегі талшықтан туындайтын сигналдың мәселелерін жеңу үшін CVDNN көмегімен қарапайым OPC техникасы әзірленіп, сәтті сынақтан өткізілді. OPC талшықтың сызықты еместігін өтеу үшін қолданылады. Бұл сигналдың оңтайлы күшін арттырады. Одан кейін сигнал сапасын жақсарту және OPC-де қуатты бөлу мен дисперсияда қатаң симметрия қажеттілігін азайту үшін екі қабатты CVDNN құрылымы енгізіледі. CVDNN жүйесі кіріс және шығыс деректер арасындағы сызықтық емес қатынастарды талдауды қамтамасыз етеді. CVDNN жүйесі сигнал қуаты мен толқын ұзындығының өзгеруіне жоғары төзімділікті айқындайды. Ол өз кезегінде оқу процесін айтарлықтай жеңілдетеді. Бұл тәсілді қолдану болашақтағы динамикалық кең жолақты оптикалық желілер үшін пайдалы болуы ықтимал [1].

1.2 Тағайындалатын жоғары сенімді және эффективті толқын ұзындықты оптикалық желілер үшін физикалық топологияны оңтайландыру

Толқын ұзындығын бөлу арқылы жасалатын мультиплексирлеу және икемді оптикалық желілер сияқты оптикалық желілер жоғары сенімділікті және толқын ұзындығын тиімді ажыратуды талап етеді. Екі сатылы дәрежелі шектелген сенімділікті оңтайландыру моделі сенімділікті сәйкес түйін дәрежесі шектеулерімен оңтайландырады. Одан бөлек сенімділікті жоғалтпайтындай толқын ұзындығы жоғары өткізу қабілеті бар физикалық топологияға әкеледі.

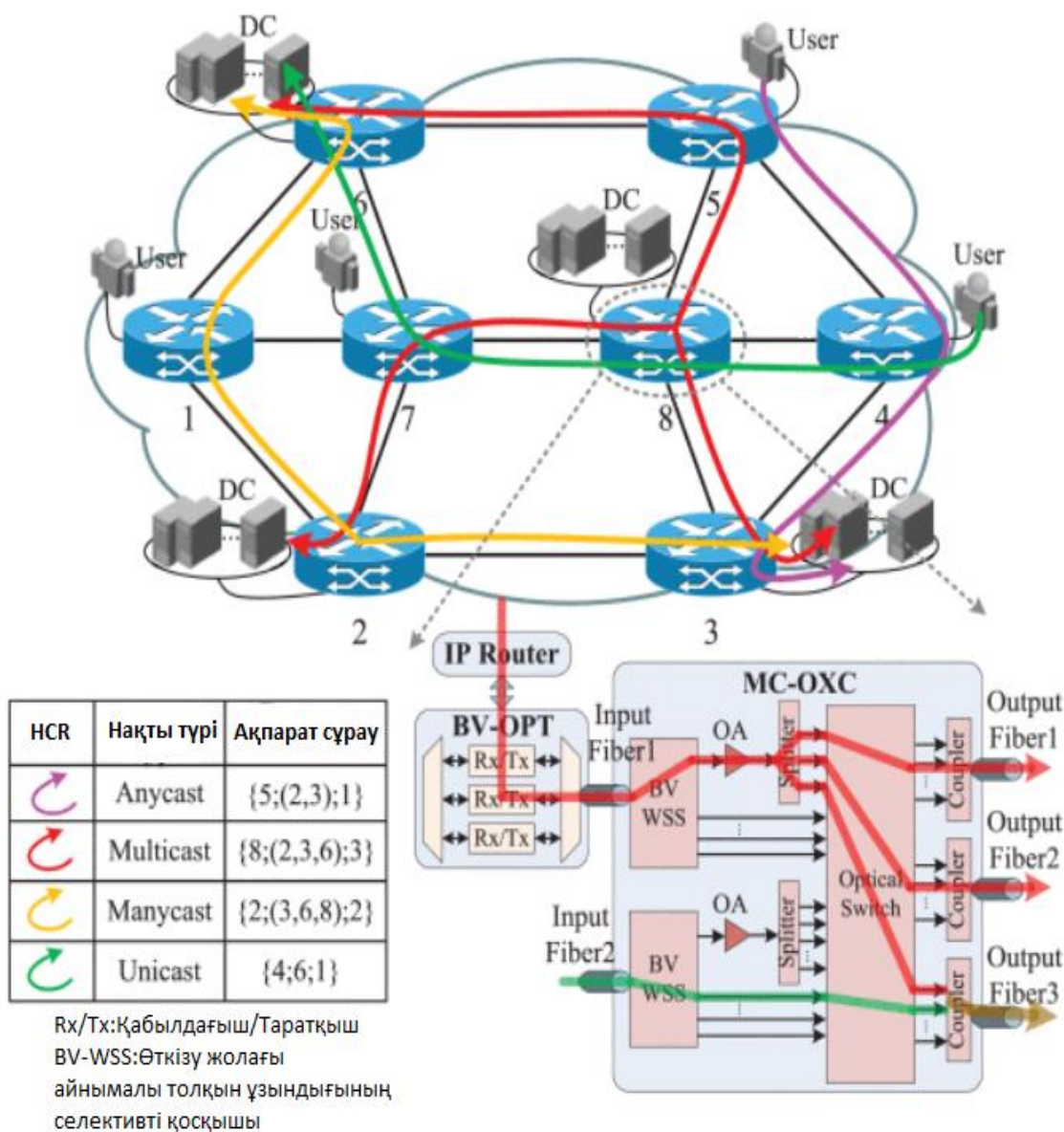
Интернет пайдаланушылардың өсуі виртуалды (AR және VR) технологиялардың дамуымен жоғары өткізу қабілеттілігінің, төмен кідіріспен жұмыс жасаудың және жоғары сенімділіктің оптикалық желілерге қажеттілігін арттыруда. Қазіргі заманғы VR құрылғылары бір пайдаланушыға 9,6 Гбит/с-қа дейінгі жылдамдықты қажет етеді, бұл мегаполис пен магистральдық желілерге жоғары талаптарды қояды. Толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеуі (WDM) және икемді оптикалық желі (EON) технологияларын пайдалануы жоғары өткізу қабілеттілігінде төмен кідірісті уәде етеді. Трафик матрицасы, физикалық

топология , маршрутизация және толқын ұзындығын тағайындау (RWA) алгоритмі арасындағы байланыстар арқылы желінің өнімділігін айқындауға болады. Трафик пайдаланушы талаптарымен анықталады [2].

1.3 Ақпараттар орталықтары арасындағы икемді оптикалық желілердегі толық оптикалық гибридті оңтайландыру

Ақпараттар орталығының икемді оптикалық желілерін (IDC-EONs) өзара байланыстыруда маршрутизациялау, модуляция деңгейі және спектрді бөлу (RMLSA) қуат пен ресурстарды басқару икемділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Дәстүрлі RMLSA тәсілдері көбінесе трафиктің түрлері ортақ болатын гибридті орталарда олардың қолданылуын шектейтін жалғыз трафик түрлеріне назар аударады. IDC-EON желісінің жалпы өнімділігін жақсарту үшін біз желі тиімділігін де, құнын да қарастыратын HC-RMLSA үлгісін жасадық. Бұл модель аясында әртүрлі басымдықтарға бейімделетін және гибридті сценарийлерде сұраныстарды тиімді өңдейтін статикалық желілерге арналған ILP моделі және тәуелсіз генетикалық IOGA-PRA алгоритмі ұсынылды. Статикалық желілерде IOGA-PRA ILP ұсынған оңтайлы үнемділікке жақын нәтижелер көрсетті. Динамикалық жағдайларда IOGA-PRA негізгі алгоритмдерден айтарлықтай асып түсу арқылы желінің жалпы өнімділігін жақсартады.

1.2-суретте көрсетілгендей IDC-EON физикалық топологиясы бағытталған графикалық диаграмманы бейнелейді, мұнда түйіндер мен талшықты байланыстар сәйкесінше В және Е ретінде белгіленген. Архитектура сплиттер мен коммутатор технологиясына негізделген мультикастты оптикалық кросс-коннекторларды (MC-OXC) пайдаланады. Бұл желі элементтері оптикалық қуаттың жоғалуын болдырмас үшін трафикті РТР (нүктеден нүктеге) және РТМ (нүктеден көп нүктеге) бөлу арқылы бөлек-бөлек өңдейді. РТМ сұраулары кіріс сигналын бірнеше шығыстарға бөлетін оптикалық сплиттер арқылы бағытталады. Ал РТР сұраулары тікелей оптикалық қосқышқа өтеді. Одан бөлек сәулет сигнал қуатының жоғалуын өтеу үшін сплиттерден кейін оптикалық күшейткіштерді (ОА) пайдалануды қарастырады, бұл желі арқылы деректерді берудің жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді. Бұл желідегі әрбір түйін өткізу қабілеттілігінің әртүрлі талаптарына бейімделу үшін өткізу қабілеттілігі өзгермелі оптикалық транспондерлермен (BV-ОПТ) жабдықталған [3].



1.2-сурет – Алты түйінді IDC-EON архитектурасындағы гибриді хабар тарату сценарийі

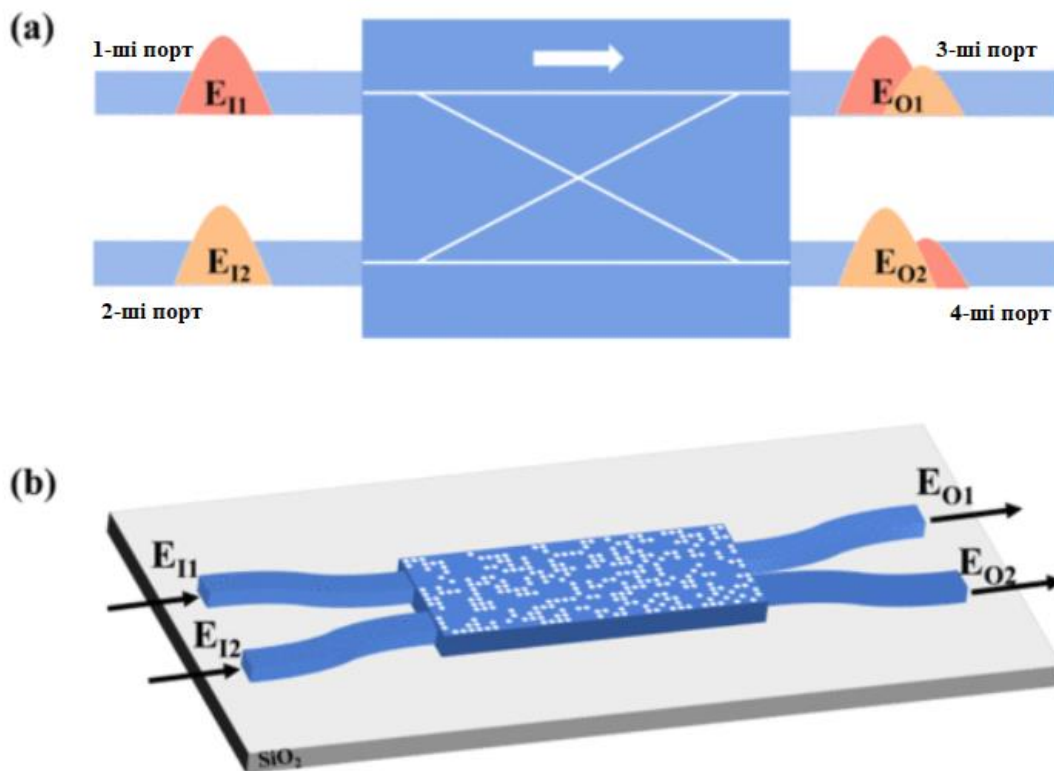
Модельдеу нәтижелері IOGA-PRA оңтайлы өнімділікке қол жеткізетінін және динамикалық сценарийлерде эталондық алгоритмдерден айтарлықтай асып түсетінін көрсетеді. Бұл зерттеуде гибридік трафикпен жұмыс істейтін IDC-EON желілерінің өнімділігін оңтайландыруды талдайды. Желінің өнімділігін бағалау үшін экономикалық метрика енгізіледі, содан кейін статикалық желі сценарийлерінде өнімділікті арттыру үшін ILP үлгісі пайдаланылады. IOGA-PRA алгоритмі динамикалық және статикалық спектрді бөлу үшін ұсынылған. Бұл өнімділікті айтарлықтай жақсартуды қамтамасыз етеді [3].

1.4 2×2 наноқұрылымды оптикалық процессорларға негізделген оптикалық нейрондық желіні түпкілікті оңтайландыру

Соңғы зерттеулер кремний фотоникалық чиптері бойынша олардың жоғары жылдамдығына, төмен қуат тұтынуына байланысты оптикалық есептеулерде айтарлықтай прогресті көрсетті. Зерттеуде ауданы $1,6 \times 4$ мкм² болатын цифрланған метақұрылымдарға негізделген 2×2 наноқұрылымды оптикалық процессорлар қолданылды. Ұсынылған оптикалық нейрондық желі әр қабатта он оптикалық процессоры бар бес сызықтық қабаттан, сондай-ақ сызықты емес активтендіру функцияларынан тұрады. Желіні оңтайландыру үшін, сақина үлгілерін пайдаланып деректерді жіктеу үшін Deep Q-Network негізіндегі жаңа түпкілікті дизайн стратегиясы әзірленді. Сандық нәтижелер ұсынылған оптикалық процессорлар мен оңтайландыру әдістері 90,5%-ге дейінгі максималды дәлдікке қол жеткізе отырып, сынақ деректері бойынша жоғары классификациялық дәлдікке қол жеткізгенін көрсетеді. 2×2 кремний фотонды құрамы коммуникациялық есептегіш қолданысында жақсы нәтижені көрсете отырып, әртүрлі есептеу функцияларын жүзеге асыру үшін толқындық тізбек архитектурасына ұйымдастырылған.

1.3-суретте(а) оптикалық процессордың дизайны көрсетілген, ол 2×2 наноқұрылымды оптикалық процессорларды қарастырады. Олар кіріс порттарынан шығыс порттарына дейінгі оптикалық сигналды өндейді.

1.3-суретте(б) көрсетілгендей, 220 нм қалыңдықты құрайтын кремний қабаты және қорғаныс үшін кварц қабаты көрсетіледі. Сонымен қатар кремний-изолятор (SOI) платформасында ықшам оптикалық процессор ұсынылған. Жоғары сыну көрсеткіші бар саңылаулар кіші толқын ұзындығы шкалаларында кіріс сәулесін таратады. Көршілес саңылаулар арасындағы қашықтық 100 нм етіп таңдалады. Ол екі кіріс портынан, екі шығыс портынан және нақты дистрибуциясы бар нанопорлар жиынтығынан құрылған орташа цифрлық метақұрылымнан тұрады. Әрбір порт ені 400 нм s-бүктеу толқын өткізгішінен тұрады. Кіріс портындағы екі толқын өткізгіштер арасындағы қашықтық жарықтың қосылуын болдырмау үшін 1,6 мкм құрайды. $1,6 \times 4$ мкм² ортаңғы аймақ диаметрі 60 нм болатын 16×40 пиксель дөңгелек тесіктерге бөлінген. Әр дөңгелек тесікке арналған материал силикон немесе кварц болуы мүмкін [4].



1.3-сурет – (а) Ұсынылған оптикалық процессордың схемалық диаграммасы, (б) 2×2 нанокұрылымды оптикалық процессордың архитектурасы

Бұл жерде 2×2 оптикалық процессорлар ретінде шағын өлшемді цифрланған метакұрылымдарды пайдаланатын SOI платформасына негізделген жаңа пассивті оптикалық нейрондық желі (ONN) архитектурасы ұсынылады [4].

1.5 Кристалдағы оптикалық желі үшін порттарды N -ден $2N$ -ге дейін масштабтау арқылы оптикалық коммутаторды құрудың алгоритмдік негізі

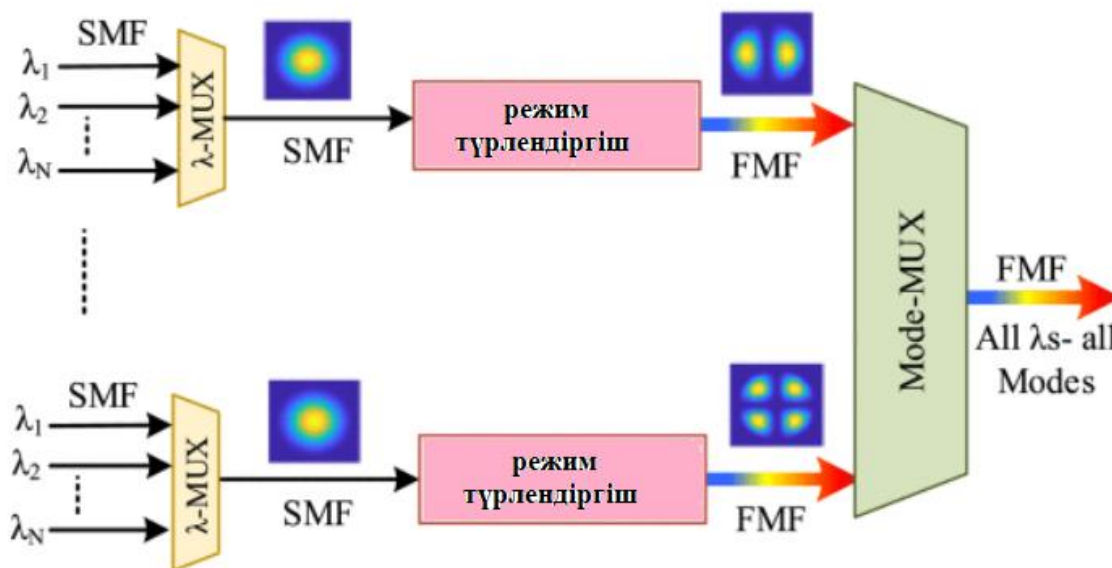
Жобалау әдістемесі оптикалық коммутаторды N - $2N$ порттарымен масштабтауға және екі аралық $2N \times 2N$ дисплей матрицаларын пайдалануға негізделген. Бұл матрицалар қатынас дизайнын таңдауда икемділікті қамтамасыз ететін сәйкестік матрицаларының жолдары мен бағандарының өзгерістерін көрсетеді. Бұл құрылым сонымен қатар коммутация үлгілерінің артықтығын сандық түрде анықтауға және блокталмаған өнімділікті сақтай отырып, оптикалық коммутация бірліктерінің санын азайтуға қабілетті. Көп қосылымды, блокталмаған оптикалық коммутаторды құруға арналған алгоритмдік құрылым кристалды (ONoC) оптикалық желі саласында айтарлықтай ілгерілеушілікті білдіреді. Жүргізілген зерттеулер 4×4 және 6×6 масштабталатын оптикалық қосқыштар мысалында әдістің жоғары тиімділігін көрсетеді, бұл оның көп ядролы процессорларда өткізу қабілеттілігін және энергия тиімділігін арттыру мәселелерін шешудегі мүмкіндіктерін растайды.

Кристалдағы оптикалық желі (ONoC) жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін электрлік NoC-ге балама ұсынады. Оптикалық коммутациялық блоктар (OSU) кірістерден шығыстарға дейін деректерді бағыттауды жүзеге асыратын ONoC жүйесінде оптикалық қосқыш (OS) дизайны негізгі рөл атқарады. Желі өлшемі ұлғайған сайын OSU саны артады, бұл кідірістің, қуат тұтынудың және жоғалтудың артуына әкелуі мүмкін.

$N \times N$ -ден $2N \times N$ масштабтауға негізделген оптикалық қосқыш топологияларын құрудың алгоритмдік тәсілдері жоғары дәрежелі желілерді құру үшін коммутатор матасын оңай масштабтауға мүмкіндік береді [5].

1.6 Оптикалық желілердегі оптикалық сипаттамаларды мультиплекстеу режимдері арқылы бақылау

1.4-суретте көрсетілгендей желі толқын ұзындығын бөлу мультиплексірлеу (WDM) желісімен біріктірілуі мүмкін, бұл әртүрлі WDM сигналдарын әртүрлі режимдерді пайдаланып бір диапазонда жіберуге мүмкіндік береді. Бұл WDM және FMF тіркесімі жүздеген Тера бит/с жететін жоғары жылдамдықты деректерді беруді қамтамасыз етеді. 159 Тбит/с және 280 Тбит/с дейінгі деректер жылдамдығына жету үшін үш градиент индексінің FMF беру режимін пайдалану көрсетілді. Көп ядролы талшықтар мен FMF негізіндегі кеңістіктік бөлу мультиплексірлеу (SDM) желілері бір талшықты кабельді пайдалану арқылы өткізу қабілетін айтарлықтай арттырады. Мысалы, 6 режимді және 19 ядролы талшықтарды пайдалану сәйкесінше 2,05 Пбит/с және 10,16 Пбит/с дейін жеткізу жылдамдығына қол жеткізуге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, FMF негізіндегі деректерді беру пассивті оптикалық желілермен (PONs) жақсы үйлеседі, мұнда әртүрлі кеңістіктік режимдер жоғары және төмен байланыс үшін пайдаланылуы мүмкін. Осыған байланысты екі жақты MDM-PON архитектурасы ұсынылды және эксперименталды түрде 10 км FMF-тен астам екі бағытты PON берілісін көрсетті [6].



1.4-сурет – WDM-MDM-нің гибриді архитектурасы

WDM желісінің кемшіліктерімен қатар, FMF негізіндегі желі әртүрлі таралу режимдері арасындағы айқаспалы байланыстан туындаған режимді біріктіру (MC) сияқты қосымша қиындықтарға тап болады. Бұл нашар беру өнімділігіне әкеледі. Бұл кемшіліктер келесі буын талшықты желілерге қосымша қысым жасайды, мұнда оптикалық қуатты басқару (OPM) жүйені басқарудың маңызды құралына айналады.

Машиналық оқыту (ML) негізіндегі OPM орындау процедурасы екі негізгі қадамды қамтиды: біріншіден, сигналдан сигналдың нашарлауы туралы ақпаратты қамтитын арнайы мүмкіндіктер алынады. Содан кейін бұл мүмкіндіктер сигналдың деградациясын бағалау үшін пайдаланылатын ML алгоритміне (регрессор) қолданылады [6].

1.7 Икемді оптикалық желіде кідірісті оңтайландыру арқылы болжамды қызмет көрсету

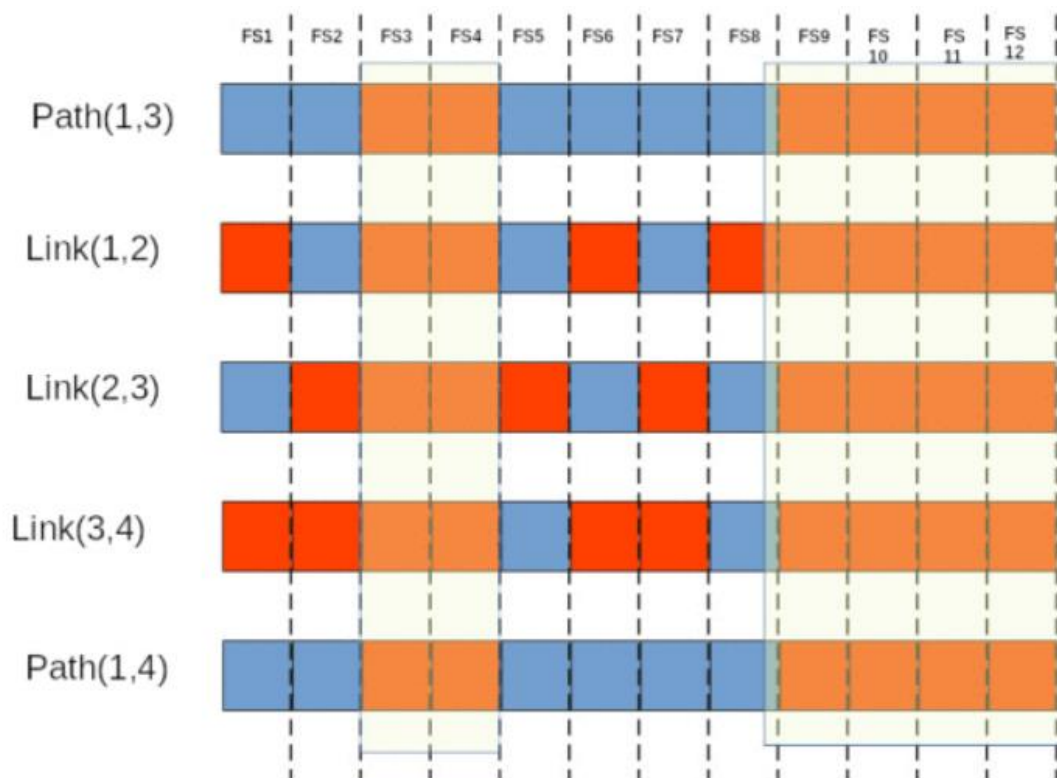
Оптикалық желілерде қолданылатын энергияны үнемдейтін динамикалық қызмет көрсетуде кідіріс пен энергия рөлі маңызды. Кідіріс пен энергияны азайтуға ILP үлгісі қолданылады. Сондай-ақ күтілетін IP сілтемелері тарату кезінде кешіктіруді есепке алатын балама үлгіні сипаттайды. Сонымен қатар, қызмет сұрауларының күтілетін таралуына сәйкес қолжетімді желі ресурсын бейімдейтін проактивті кідірістерді басқару алгоритмі айқындалған. Бұл әдістер мен алгоритмдер оптикалық желінің өнімділігін оңтайландыруға және оптикалық және электр энергиясын тұтынуды ескере отырып, жолдың кешігуін азайтуға арналған.

Икемді оптикалық желі (EON) және бөлінген икемді оптикалық желі (SEON) келесі буын оптикалық желілерінің спектрлік тиімділік талаптарын қанағаттандыруда маңызды рөл атқарады. Өткізу жолағы айнымалы оптикалық кросс-қосылу (BV-OXC) және өткізу қабілеттілігі айнымалы бөлінетін транспондерлер (SBVT) сияқты икемді инфрақұрылыммен жарық жолдарын аралық түйіндердегі электрлік процестерді қажет етпестен тиімді орнатуға болады, бұл энергия мен шығындарды үнемдеуге мүмкіндік береді.

Трафикті шектеу бірнеше ішкі арналарды бір оптикалық арнаға біріктіру арқылы ресурс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Дегенмен, айналма жолдарға байланысты кешігуді болдырмау үшін маршрутты мұқият басқару қажет. Төмен кідіріс талаптары, әсіресе 5G желілерінде, деректер орталықтарында және өнеркәсіптік заттар интернетінде, оптикалық желі инфрақұрылымының маңыздылығын көрсетеді [7].

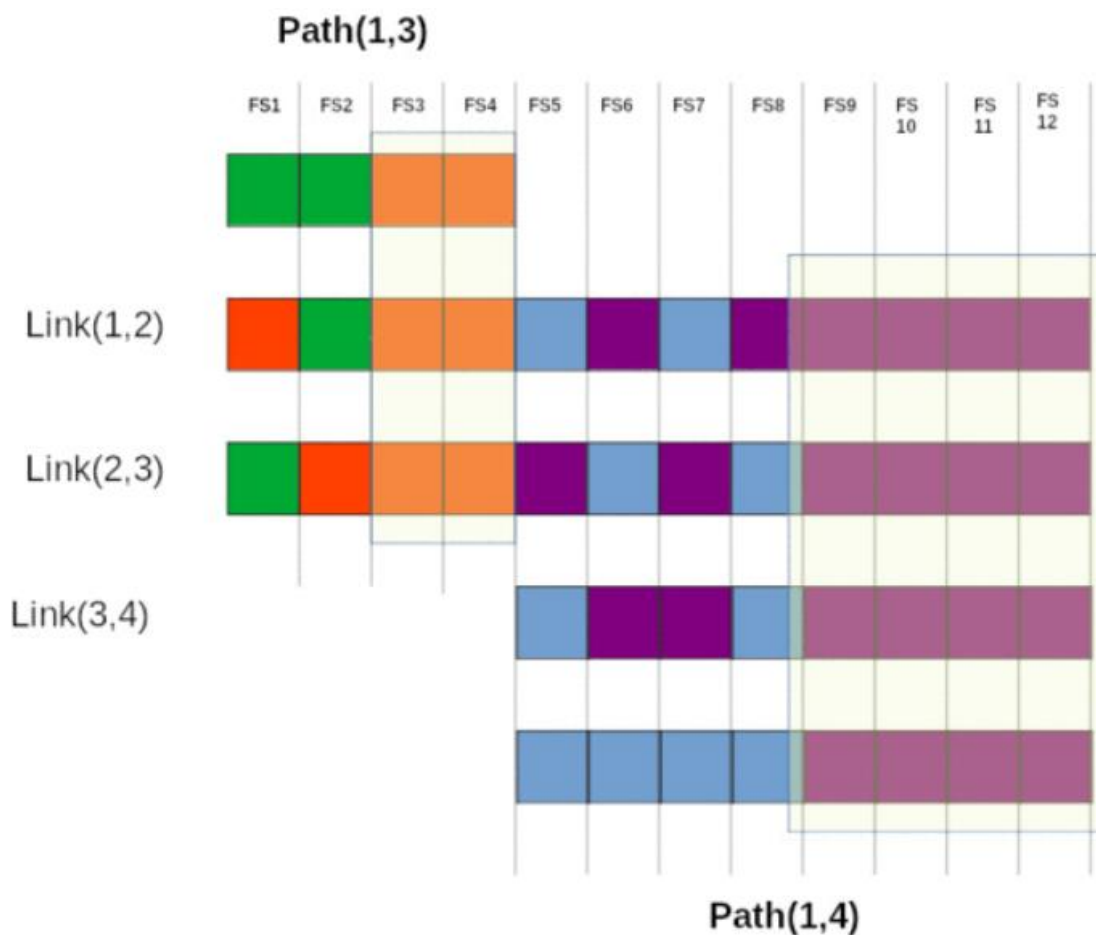
Біз өткізу қабілеттілігі бөлімдерін құра отырып, жиілік слоттарының (FS) үздіксіз және сабақтас блоктарын бөлетін алгоритмді ұсындық. Өткізу қабілеттілігін бөлудің негізгі мақсаты кеңістіктік фрагментацияны азайту болып табылады. Біріктірілген тәсіл оңтайландыру үлгісін пайдалана отырып бағыттау ақпаратын және ұсынылған алгоритмді пайдалана отырып категориялық спектрді бөлуді біріктіреді. Бұл біріктірілген тәсіл өткізу қабілеттілігін блоктау, арнаны пайдалану және фрагментация көрсеткіштері бойынша желі өнімділігін арттырудағы динамикалық трафик үшін қолданылды. Ұсынылған біріктірілген схемада жиілік слоттарын (FSU) пайдалану және арналарды пайдалану (LU) айтарлықтай артады, ең қысқа жолды бағыттау (SPF) бар 20% LU-мен салыстырғанда 80% LU болатыны көрсетілді. Осыған ұқсас, ұсынылған схемадағы өткізу қабілеттілігінің кеңістіктік бөлінуі (BSS) арасындағы стандартты ауытқу басқа схемалардағы 25% салыстырғанда шамамен 5% құрайды, бұл кешенді тәсілмен BSS-тің айтарлықтай өсуін көрсетеді.

1.5-суретте көрсетілгендей n_1 , n_2 , n_3 және n_4 түйіндері арасындағы $L_{1,2}$, $L_{2,3}$ және $L_{3,4}$ үш сілтеме бар. Әрбір сілтемедегі спектрлік фрагментация айқын көрсетілген. Сәйкесінше n_1 мен n_3 арасындағы және n_1 мен n_4 арасындағы s_1 және s_2 жарық жолының қосымша сұраныстарын қарастырайық. s_1 QPSK модуляциясын қолдансын және 2 FS талап етсін. Сол сияқты, s_2 BPSK модуляциясын қолдансын және соңғы түйіндер арасында жарық жолын орнату үшін 4 FS қажет. s_1 үшін жол үстіндегі кеңістіктік фрагментациясы 1,3 жолдар арқылы көрсетіледі. Сол сияқты, s_2 үшін жол үстіндегі кеңістіктік фрагментациясы 1,4-ші жолдар арқылы көрсетіледі [8].



1.5-сурет – L1,2,L2,3 және L3,4 буындарындағы спектрлік фрагментация

1.6-суретте көрсетілгендей 1,3-ші және 1,4-ші жолдардағы кеңістіктік фрагменттелген оптикалық ABPM мәні QPSK және BPSK модуляциясын пайдаланатын 2 FS және 4 FS сұрауы үшін сәйкесінше 50% және 66,7% құрайды. Екінші жағдайда біз спектрлік жолақты екі категорияға бөлдік, ол әртүрлі түстермен көрсетілген. FS1-FS4 L1,2 және L2,3-ке QPSK арқылы 1,3 жол бойынша ақпаратты жіберу үшін бөлінген. Сол сияқты, FS5 - FS12 L1,2, L2,3 және L3,4-ке BPSK схемасы арқылы 1,4 жол бойынша ақпаратты жіберу үшін бөлінген [8].



1.6-сурет – Спектрге сәйкес QPSK және BPSK модуляциясын қолданатын s-d жұптары (1, 3) және (1, 4). FS екі санатқа бөлінеді

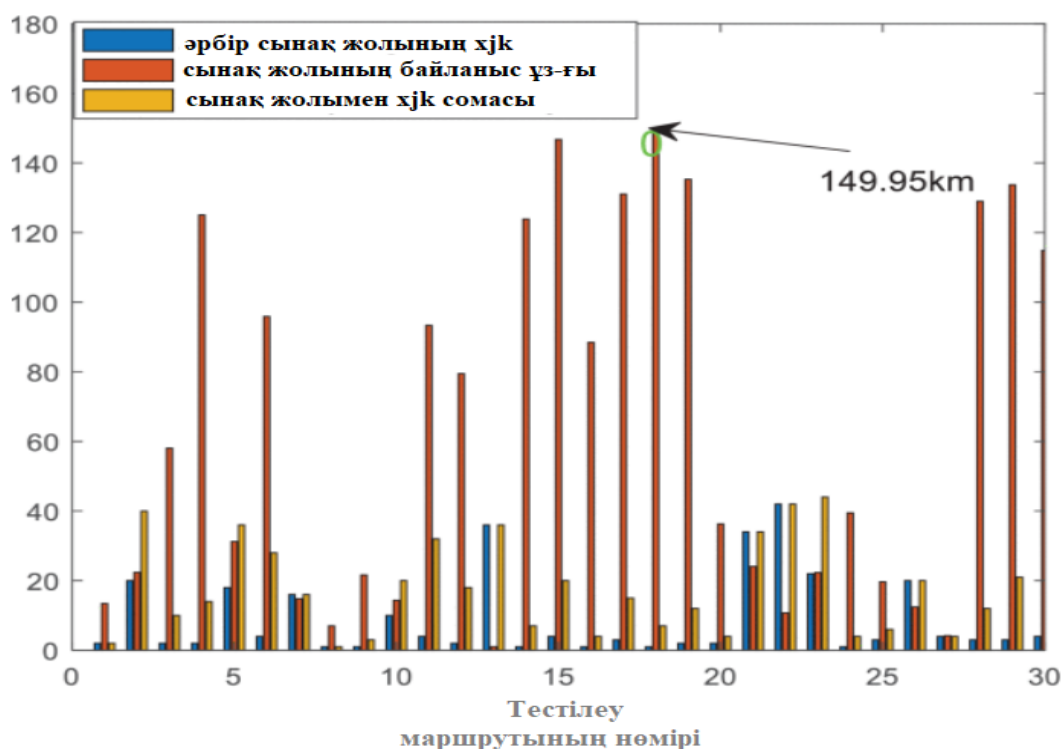
1.8 Оптикалық байланыс желісі үшін талшықты қосылымды таңдау арқылы бірлестіріп оңтайландыру

1.1-кестеде көрсетілгендей кесте таңдалған түйіндердің санын, сынақ жабдығын орналастыруға арналған түйіндер жиынын және екі әдіс арасындағы сынақ жолдарының санын салыстырады. Суретте көрсетілген нәтижелерден бірлескен оңтайландыру әдісі сынақ жабдығын орналастыру үшін аз түйіндерді қажет ететіні анық. Сонымен қатар, эвристикалық іздеу арқылы алынған сынақ жолдарының саны бірлестіріп оңтайландыру арқылы алынған сынақ маршруттарының санынан аз. Әрбір ағынды тек бір рет сынауға немесе пайдалануға болатындықтан, басқа ықтимал сынақ жолдарымен жиі қиылысатын кедергілердегі ағындарды шамадан тыс пайдалану сынақ жабдығын орналастыру үшін түйіндердің ең аз санын табу мақсатын бұзады [9].

Кесте 1.1 – Түйінді таңдауды және сынақ маршруттарының санын салыстыру

	Эвристикалық іздеу	Бірлескен оңтайландыру
Түйіндер саны	6	4
Таңдалған түйіндер	7,9,14,17,21,25	7,13,16,26
Тестілеу жолдарының саны	25	30

1.7-суретте көрсетілгендей, әрбір сынақ жолының ұзындығы 150 километрден аспайды, сонымен қатар параллель жіптердің саны X_{jk} мен әрбір сынақ жолының талшықты жіптерінің саны көрсетіледі. 30 сынақ маршруты үшін талшық жіптерінің жалпы саны 532 құрайды. Сондықтан бірлескен оңтайландыру алгоритмі олардың санын азайту мақсатына қол жеткізе алатыны расталды. Талшықтардың ақауларын анықтау жабдығын орналастыруға арналған түйіндер, бұл ретте барлық талшықтар толығымен басқарылуы керек және әрбір бағыттаушы арнаның жалпы ұзындығы 150 километрден аспауы керек [9].



1.7-сурет – Желі өлшемі 27 болғанда әрбір сынақ маршрутына қатысты деректер

Сынақ жолдарының тізімі және екі әдіс бойынша бөлінген әрбір сынақ жолы үшін параллель талшық ағындарының сәйкес саны көрсетілген. Сынақ жолдары - бұл бірлескен оңтайландыру мәселесіне жауаптың бір бөлігін қамтитын талшықты жіпті қосу үлгілері.

Бір ғана түйін эвристикалық іздеуде де, бірлескен оңтайландыруда да таңдалады. Жалпы түйін 7-ші түйін болып табылады, бірақ осы түйіннен басталатын сынақ жолдары мүлдем басқаша. Эвристикалық іздеу арқылы 7 түйіннен шыққан 15 сынақ маршруты белгіленеді және бірлескен оңтайландыру арқылы 12 сынақ маршруты таңдалады.

Мысал бойынша бірлескен оңтайландыру әдісімен сынақ жабдығын орналастыру үшін таңдалған түйіндердің саны эвристикалық іздеуге қарағанда аз екенін көрсетеді, бұл талшықты сынау жүйесін салуға және кейіннен техникалық қызмет көрсетуге инвестицияның төмендеуіне әкелуі мүмкін [9].

1.9 Эвристикалық сәйкестендіру арқылы оптикалық NoC жүйесіндегі қиылысуды оңтайландыру

Кристалдағы оптикалық желілер стандарты интернетпен жұмыс істейтін коммуникациялардың өткізу қабілеттілігі мен кідіріс шектеулерін еңсерудің перспективалы шешімі болып табылады. Оптикалық сигналды беру кезінде оптикалық құрылғылардан сигналдың жоғалуына байланысты қиындықтар туындайды. Шығындалуды азайту үшін бөлшектер тобын оңтайландыру мен имитацияланған әдістерді біріктіретін PSO_SA эвристикалық алгоритмі қолданылады. Бастапқыда оңтайлы бөлшектер тобының алгоритмі қолданылады, содан кейін имитацияланған алгоритмі арқылы нақтыланады. Эксперименттік дәлелдер ұсынылып отырған PSO_SA әдісі генетикалық алгоритммен және басқа әдістермен салыстырғанда айқасуды азайтып, тиімділікті 28,7%-ға дейін арттыруға қол жеткізетінін көрсетеді.

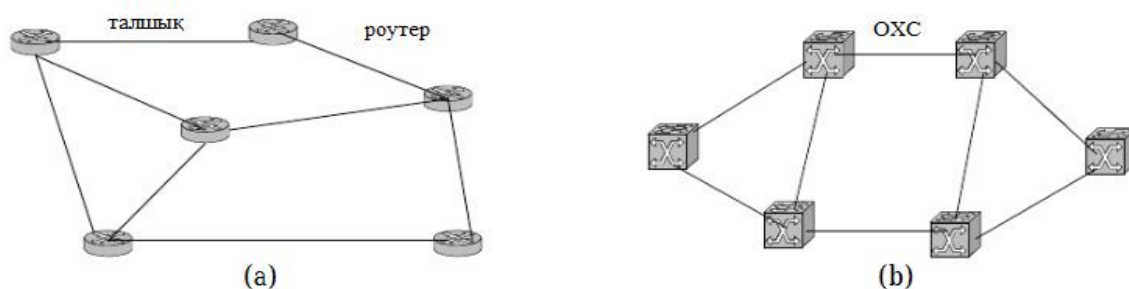
Микропроцессорлардағы ядролардың саны артқан сайын, кристалдағы желілік жүйелер өткізу қабілеттілігі мен қуатты тұтыну мәселелеріне тап бола бастайды. Бұл оларды бүгінгі күндегі өнімділігі жоғары жүйелер үшін жарамсыз етеді. Кристалдағы оптикалық желілер (ONoC) жоғары деректер жылдамдығын және төмен қуат тұтынуды қамтамасыз ету арқылы шешім ұсынады.

Оптикалық желілердің кемшіліктері де бар. Жүйенің жұмысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін күрделі көп ядролы конструкциялар. Қарсыласудың әсерін азайту үшін желідегі құрамдастардың орналасуын және оңтайландыруға көмектесу үшін бөлшектер тобын оңтайландыру (PSO), генетикалық алгоритм (GA) және құмырсқалар колониясының алгоритмі (ACO) сияқты әртүрлі стратегиялар мен алгоритмдер қолданылады [10].

Оптикалық талшық үлкен өткізу қабілеттілік пен электромагниттік кедергілерге төзімді. Бұл оны магистральдық деректер желілерін құру үшін өте қолайлы етеді. WDM (Wavelength Division Multiplexing) технологиясы ақпарат ғасырында талшықты-оптикалық технологияларды кеңінен қолдануға мүмкіндік

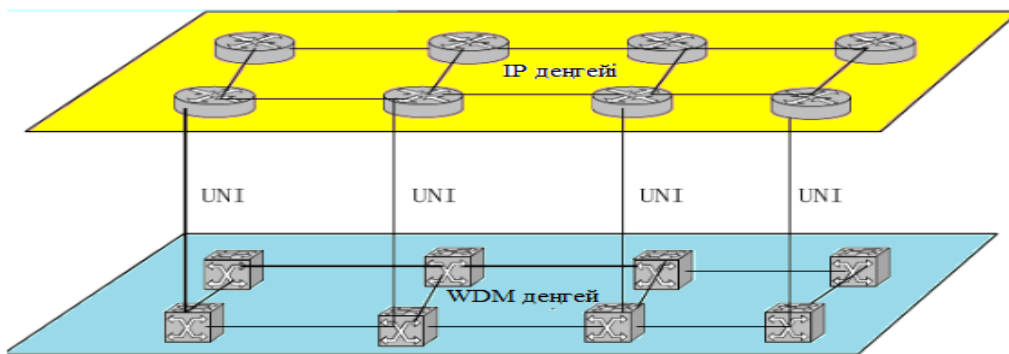
беретін өткізу қабілеттілігін толық пайдаланады. WDM оптикалық желілерінде оптикалық пакеттерді коммутациялау сияқты коммутация технологияларының дамуы деректерді бағыттауды динамикалық түрде басқаруға мүмкіндік береді. Бұл желі өнімділігін арттырады. Қызметтерді орналастырудың иерархиялық тәсілін пайдалану желі ресурстарын пайдалануды оңтайландыруға, жүктемені азайтуға және жалпы желі тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

1.8-суретте(а) көрсетілгендей “нүктеден-нүктеге” тәріздес WDM желі құрылымында WDM жүйесі көрші IP маршрутизаторлары арасындағы жоғары өткізу қабілеттілігі бар екінүктелі байланыс ретінде жұмыс істейді. Бұл желі топологиясы конфигурацияның икемділігін шектейтін бекітілген және статикалық болып табылады. Технологияның ілгерілеуімен WDM 1.8-суретте(б) көрсетілгендей екінші буын құрылымына көшуде. Бұл архитектура желілік сілтемелерді динамикалық түрде қайта конфигурациялауға мүмкіндік беретін, ресурстарды пайдалануды жақсартатын және аралық SONET қабатын қажет етпей-ақ оптикалық деңгейде қорғауды ауыстыру мен қалпына келтіруге мүмкіндік беретін оптикалық кросс-коннекттерді (ОХС) пайдаланады [11].



1.8-сурет – Оптикалық желі, (а) Екінүктелі WDM желісі, (б) Реконфигурацияланатын WDM желісі

Оптикалық желілер әр түрлі құрылымдық конфигурацияларға ие. Олардың әрқайсысы өзінің бірегей функцияларын орындайды. Құрылымдық модельге байланысты оптикалық желілер үш негізгі түрге бөлінеді: қабаттастырылған модель, кеңейтілген модель және тең дәрежелі модель. Қабаттау үлгісі 1.9-суретте көрсетілген [11].



1.9-сурет – Қабаттау моделі

2 Оптикалық желінің жүйесін икемдеу

2.1 WDM жүйесін оптимизациялау

Ең бірінші тақырыпта 12,5 Гбит/с жылдамдықта WDM (толқын ұзындығын бөлу мультиплекстеу) желісінде 64-QAM модуляциясын қолданатын оптикалық жүйені сынауға арналған эксперименттік орнатуды сипаттадық.

I/Q Mach-Zehnder модуляторы (MZM) арқылы модуляцияланған 50 ГГц жиілік аралығы бар төрт WDM арнасынан тұратын таратқыш. Сигналдар ерікті толқын пішінінің генераторы (AWG) және 10-биттік цифрлық-аналогтық түрлендіргіш (DAC) көмегімен жалған кездейсоқ екілік реттіліктен (PRBS) жасалады.

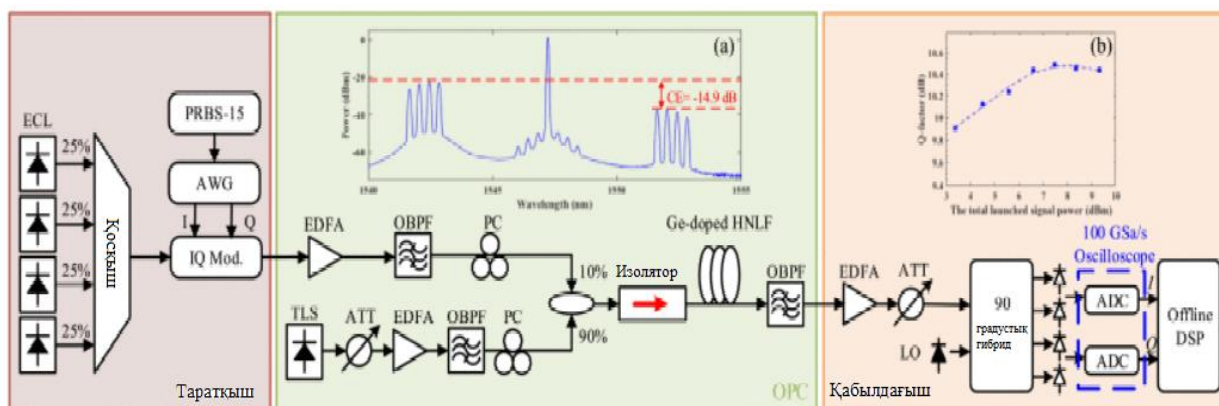
Оптикалық фазалық конденсация (OPC) оптикалық сигналдарды эрбиум талшықты күшейткіш (EDFA) және оптикалық өткізу жолағы сүзгісі (OBPF) арқылы күшейтеді және сүзеді. OPC сонымен қатар жоғары сызықты емес талшықта (HNLF) төрт толқынды араластыру (FWM) процесін индукциялау үшін сорғы ретінде әрекет ететін үздіксіз толқындық лазерді жасау үшін реттелетін лазер көзін (TLS) пайдаланады.

Қабылдағыш сигналды когерентті детекторды, соның ішінде жергілікті осцилляторды, оптикалық гибриді және симметриялық фотодетекторларды пайдалана отырып өңдейді. Сигналдарды цифрландыру және өңдеу цифрлық сигналдарды өңдеу (DSP) алгоритмдері арқылы жүзеге асырылады.

Эксперимент кіріс сигналдарының қуат деңгейінің қайта құрылған сигналдың сапасына әсерін көрсетеді, бұл ретте арналар арасындағы идеалды емес сызықтық әсерлердің өзара әрекеттесуіне ерекше назар аударылады, бұл көп арналы WDM жүйесін пайдалану кезінде ерекше маңызды.

2.1-суретте OPC WDM 64-QAM BTV 12,5 Gbd жүйесінің тәжірибелік қондырғысы көрсетілген. Таратқыш 50 ГГц жиілікте орналасқан төрт арнасы бар WDM сигнал көзі болып табылады. 10-биттік цифрлық-аналогтық түрлендіргіші (DAC) бар ерікті толқын пішінінің генераторы (AWG) 50 GS-те $2^{15} - 1$ жұмыс істейтін жалған кездейсоқ екілік тізбектен (PRBS) 8-деңгейлі, 12,5 ГБд екі электр сигналын жасайды. Сигналдар фазалық/квадраттық Mach-Zehnder модуляторын (I/Q MZM) басқару үшін әртүрлі кідірістерге ие. Төрт арналы WDM сигналдары 194,3 ТГц-тен 194,45 ТГц-ке дейінгі 50 ГГц жиілік желісінде жұмыс істейтін және I/Q MZM арқылы модуляцияланған төрт сыртқы қуысты лазерлерден (ECL) біріктірілген оптикалық тасымалдаушылар арқылы жасалады [1].

OPC әртүрлі құралдар арасындағы функционалдылықты, қауіпсіздікті және сенімді байланысты қамтамасыз етеді. Ал қауіпсіздікті іске асыру үшін толықтықты және жіберілетін ақпараттың конфиденциалдылығын сақтайтын механизмді қолданады. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету алдында OPC қауіпсіз конфигурацияланғанына назар аудару қажет. Бұл қауіпсіз инициализация деп аталады [12].



2.1-сурет – 12,5 ГБд WDM 64-QAM оптикалық толқындық инверсиялық жүйені эксперименттік орнату. (a) Ge-легитацияланған HNLF шығыс спектрлері (0,1 нм рұқсат). (b) WDM кіріс сигналдарының жалпы қуатының функциясы ретінде қызығушылық арнасында өлшенген ашық тізбек сапасының коэффициенті

Әртүрлі кеңістіктік режимдерді (LP) пайдаланатын мультимодалы талшықтарға (FMF) негізделген оптикалық желілер жүйенің өткізу қабілетін айтарлықтай арттыра алады.

FMF әлсіз байланыстарды қателікке әкелуі мүмкін. Азмодалы оптикалық талшықтардың әлсіз қосылымдары нашар байланыстардың жағдайын бұзуы мүмкін және де бұл мәселеге айналады. Бірақ та сәуленің кеңейтілуі идеалды емес бірмодалық қосылымдардағы байланыстың жоғалтылуына эффективті әсерін береді [13].

Бұл желілерді толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеу (WDM) технологиясымен біріктіруге болады, осылайша секундына жүздеген терабитке дейінгі жоғары жылдамдықтағы деректерді тасымалдауды қолдайды. Мысалдарға C және L диапазонында 159 және 280 Тбит/с жылдамдыққа жететін үш режимді FMF беру кіреді. FMF негізіндегі желілер, сонымен қатар, тиімді қос бағытты байланысқа мүмкіндік беретін пассивті оптикалық желілердің (PONs) өнімділігін арттыру үшін әртүрлі кеңістіктік режимдерді пайдалана алады.

WDM-PON жүйесін қателіктерден қорғау үшін массивті толқындық торы (AWG) құрылғысының жұмыс жасауы үшін күрделі архитектураны қажет етті. Құрылғыны қорғау механизмін жүзеге асыру үшін ол көбірек оптикалық компоненттерді қажет етеді. PON желісі қарапайым болғанымен жұмыс механизмін жүзеге асыру үшін пайдалы [14].

Жасанды интеллект, үлкен ақпараттар, бейне туралы сұраныстар, 4K/8K бейне, онлайн ойындар және 5G/6G сымсыз ұялы байланыстың көп қызметтерін қолдау үшін пассивті оптикалық желі (PON) жасалды. Толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеу әдістері мол дерек сыйымдылығын, икемділікті, қалааралық байланысты және кеңейтілген қамтуды қамтамасыз ете алады. WDM-PON – нүктеден нүктеге деген желіні білдіреді. WDM-нің көпшілік толқын ұзындығы деңгейі түсетін және көтерілетін сигналдар ретінде қарастырылуы керек [15].

FMF желілері режимдердің айқас байланысын тудыратын және сапаны нашарлататын режимді қосу сияқты мәселелері бар. Талшықты желілердің келесі буынында бұл кедергіні басқару тиімді шешімдерді қамтамасыз ететін машиналық оқыту (ML) әдістеріне негізделген мониторингпен маңызды. ML мониторингі процесі екі қадамды қамтиды: сигналдың деградациясын көрсететін сигнал сипаттамаларын шығарып алу, содан кейін сигнал жағдайын диагностикалау үшін ML алгоритмдері арқылы оларды бағалау.

2.2 Икемді оптикалық желінің өнімділігін арттыру

Икемді оптикалық желіде адаптивті модуляцияны қарастыру арқылы маршруттау мен спектрлік өткізу қабілеттілігін оңтайландыру үшін үш кезеңде жұмыс істейтін трафикті басқарудың интеграцияланған динамикасы ұсынылуы қажет.

Мақсаты жақсартылған орташа ABPM және EPM мәндері көрсеткендей, тиімді ресурстарды бөлу және FS кеңістіктік блоктарын пайдалану арқылы желі құнын төмендету және желі өнімділігін жақсарту болды. Біз сондай-ақ қолданыстағы динамикалық модельдердің күрделі мәселелерін қарастырдық және орнату уақытын қысқартуға және желілердегі бұрынғы сигнализациямен байланысты блоктау ықтималдығын азайтуға арналған жетілдірілген тәсілдерді ұсындық. Біздің әдіс блоктау ықтималдығын азайтады және ресурс тиімділігін арттырады. Жоғары желі жүктемесі кезінде, SPF маршрутизациясы мен басқа балама әдістерге қарағанда айтарлықтай артықшылықтарды көрсетеді [8].

Маршрутизация динамикалық қажеттіліктер үшін және толқынды тағайындау үшін қолданылады. Маршрутизацияда желінің икемділігін және ақпаратты ескеру маңызды. Оның жұмысы үшін алдын-ала алгоритм жұмысы анықталу қажет [16].

Маршрутизация орын алуы кезінде маршрутизатордың архитектурасы құрылады. Бұл архитектура маршрутизатор құрайтын бөлшектерді қамтып, орын алуы мүмкін көпшілік ақауларға төтеп бере алатындай болу қажет. Ал бұны іске асыру үшін базалық маршрутизатор конструкциясына өзгерістер енгізу қажеттілігі туындайды [17].

2.3 Гибридті трафикті пайдалану

Гибридті трафикті пайдалану мақаласында IDC-EON үшін жаһандық өнімділікті оңтайландыру стратегиясы талқыланады. Мақала желінің жалпы өнімділігін экономикалық тиімділік арқылы бағалау тәсілін сипаттаудан басталады. Статикалық желілер контекстіндегі HC-RMLSA мәселесін шешу үшін өнімділікті барынша арттыруға бағытталған ILP негізіндегі модель ұсынылады.

ILPGRC ILP негізінде біруақытта ұяшықтарды қозғалтып және глобальды маршрутизация үшін желіні оңтайландырады. Бірақ ұяшықтардың қозғалысы маршрутизациясы мәселелеріне алып келуі мүмкін. ILP дің кірістік өлшемін кішірейту арқылы масштабты жақсартуға болады. ILP сонымен қатар үлкен тізбектермен жылдамдықты қамтамасыз ете отырып жұмыс жасай алады [18].

Сонымен қатар, IOGA-PRA әдісі динамикалық және статикалық желі сценарийлері үшін ұсынылады, бұл спектрдің оңтайлы бөлінуіне және HC-RMLSA басымдылығының бейімделуіне ықпал етеді.

Модельдеу нәтижелері IOGA-PRA шағын статикалық желі орталарында HC-RMLSA үшін идеалға жақын ILP сапасы шешімдерін жеткізуге және әртүрлі PPM-де NSFNET желісіндегі жалпы желі өнімділігін 47,6%, 65,6% және 48,7% дейін жақсартуға қабілетті екенін көрсетеді. Динамикалық жағдайларда әдіс базалық алгоритмдермен салыстырғанда минималды RBP және NEC орташа жоғарылауымен өнімділіктің 86,2%, 77,2% және 80,3% жақсарғанын көрсетті.

3 Компьютерлік модельдеу OptiSystem программасымен алынған

3.1 PON технологиясы

PON(Passive Optical Network) технологиясы пассивті оптикалық желіні білдіреді. PON жүйесі талшықты-оптикалық кабельдерді жүргізеді және сигналдарды Интернет провайдерінен (ISP) түпкі пайдаланушыға дейін тасымалдайды.

Контент жіберілімі үшін ISP-дің орны маңызды. Оның ақпарат алмасу эффективтілігін арттыру үшін және желідегі кідірісті азайту үшін желішілік кәштәуді жүзеге асыру орындалады [19].

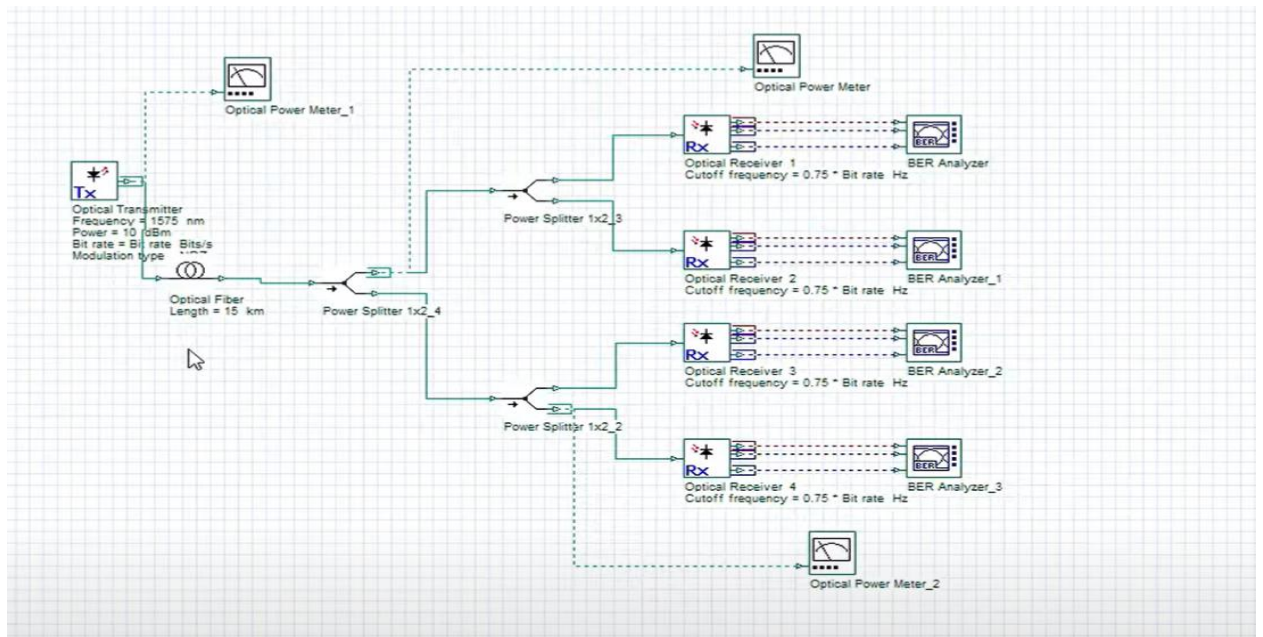
PON жүйесі Интернет провайдеріне жазылушы ретінде қосу арқылы тұрғын үйлерге немесе кеңселерге кең жолақты интернетке қолжетімділікті қамтамасыз етуге арналған.

PON желісін дамыту сонымен қатар 4K/8K бейне, Интернет , онлайн қызметтер, бейнеконференциялар және соңғы пайдаланушылар үшін көп ойын қызметтері арқасында Time Division Multiplexing (TDM)-нан Wavelength Division Multiplexing (WDM)-қа дейін ілгерілеуде. Сенімді және өміршең желі архитектурасы бар PON буыны деректердің жоғары жылдамдығымен, жоғары өткізу қабілетімен желі қауіпсіздігімен және кепілдік берілген қызмет көрсету сапасымен (QoS) бай мүмкіндіктерді ұсынатын және қолдайтын ең жақсы үміткер болады [20].

PON аяқталатын жеріне байланысты жүйе “талшықтан бордюрға дейін” (FTTC), “талшықтан ғимаратқа” (FTTB) немесе “талшықтан тұрғын үйге” (FTTH) деп қарастырылады.

3.2 Бір режимді талшықты дизайндау

Мен бір режимді талшықты дизайнды модельдеу туралы түсіндіргім келеді. Бізде ғимаратқа немесе FTTV-ге арналған пассивті оптикалық желі конфигурациясы бар. Сол бөлікте бізде оптикалық линия ретінде орталық офис орналасқан. Ал оң жақ бөлікте жоғарғы жақта басты корпус орналасқан. Ал одан төмендегі оптикалық желінің блоктары орналастырылған. Жалпы бізде орталық офистармен кампус арасы 15 километрді құрайды. Ал ақпарат берілісі симплексті түрде жіберіледі. Симплексті түрде ақпараттың жіберілу бағыттың тек бір бағытта болуын айқындайды.



3.1-сурет – Бір режимді талшықты дизайн моделі

Утем басты корпусындаа мысал ретінде төрт қолданушыға бөлсек болады. Олар FKAКК, FKE, FKP және FTMK ретінде бөлінеді. Жіберілетін сигнал қолданушыға ағаштық топология арқылы жеткізіледі. Біз оптикалық таратқышқа белгілі бір ақпарат жіберілісінің жылдамдығын бірлікпен орнатамыз.

Layout 1 Parameters

Label:

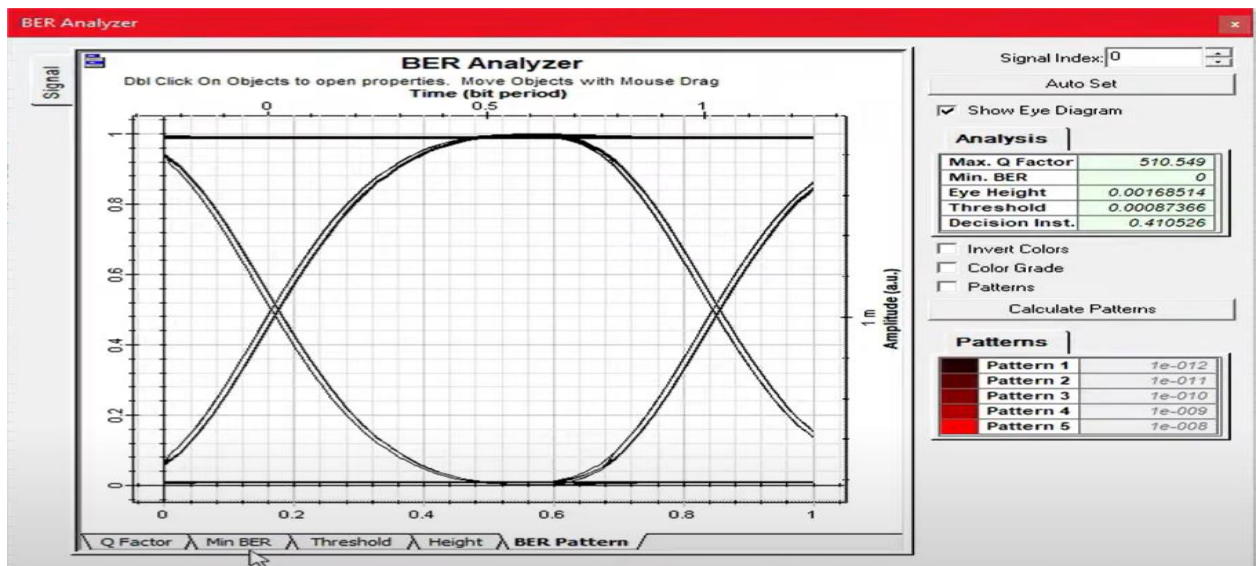
Simulation | Signals | Spatial effects | Noise | Signal tracing

Name	Value	Units	Mode
Simulation window	Set bit rate		Normal
Reference bit rate	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
Bit rate	1000000000	Bits/s	Normal
Time window	1.28e-007	s	Normal
Sample rate	64000000000	Hz	Normal
Sequence length	128	Bits	Normal
Samples per bit	64		Normal
Number of samples	8192		Normal

OK
Cancel
Add Param...
Remove Par...
Edit Param...

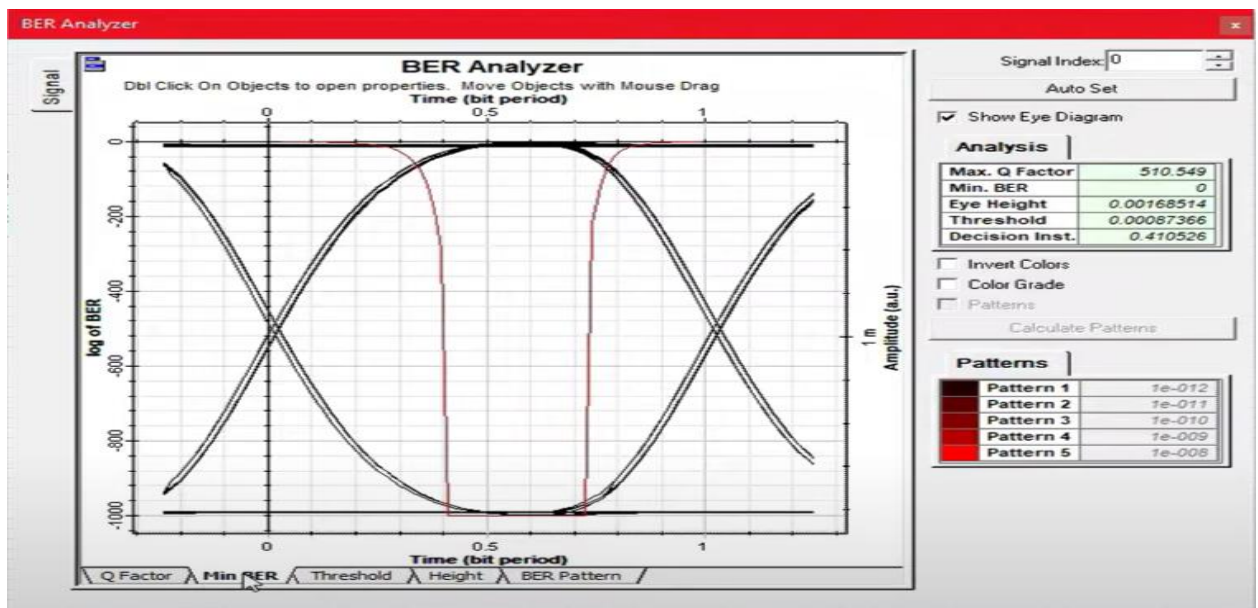
3.2-сурет – Оптикалық таратқыштың параметрі

Оптикалық таратқыштағы параметрді өзгерткеннен кейін симуляцияны жүзеге асыруға болады.



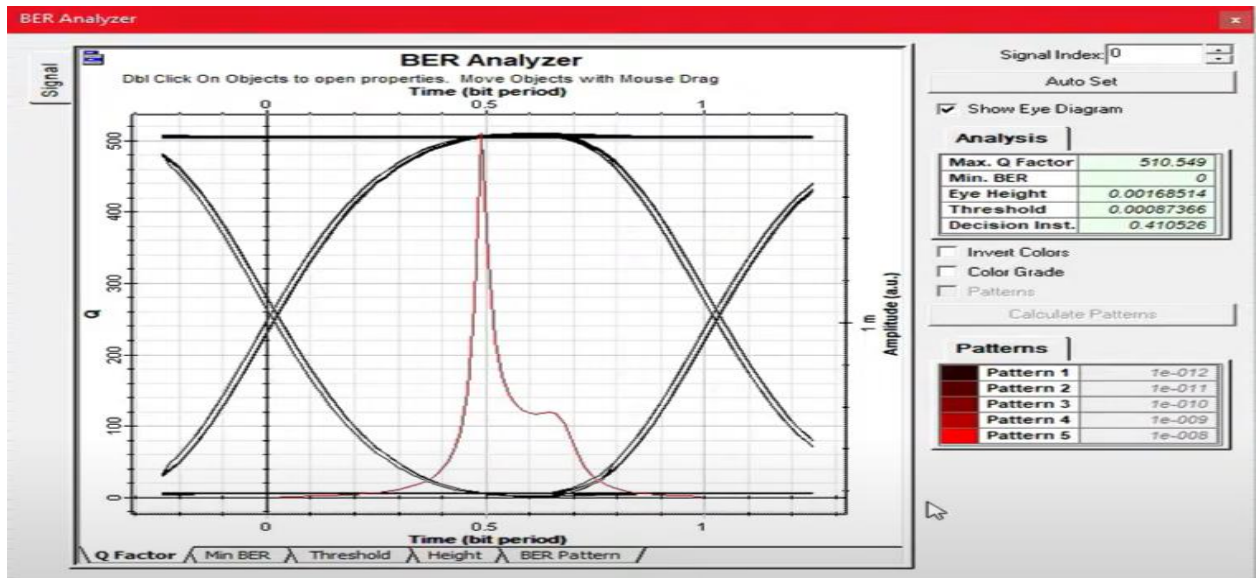
3.3-сурет – Қолданушыларға сигналдың жету BER Pattern көрсеткіші

Біз бұл опси диаграммадан барлық қолданушылардың бірдей нәтижеге қол жеткізгенін байқасақ болады. Өйткені топология ретінде айтсақ бұтақ немесе бөлінімдер теңдей болып бөлінген. Шектеу 50-лік биіктікте орын алады. Бұл диаграмма сигналдың сапасының жақсы екенін көрсетеді.



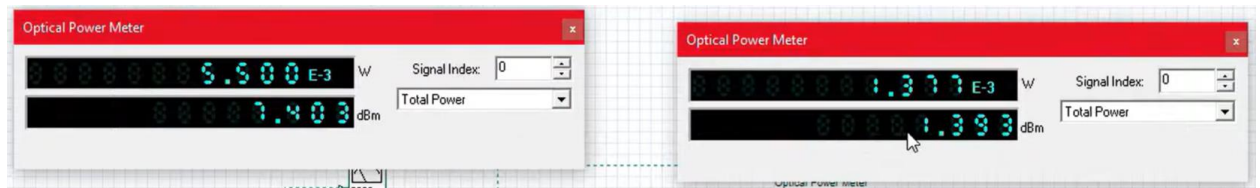
3.4-сурет – Қолданушыларға сигналдың жету MIN BER көрсеткіші

Бұдан бөлек бұл жерде бізде басқа да параметрлер бар. Мысалы Min BER параметрі мәні. Ол мәнде бізде логарифмикалық график теріс мәнге, яғни -1000-ға тең.



3.5-сурет – Қолданушыларға сигналдың жету Q-Factor көрсеткіші

Q-factor шаблоньнда бірмодальық талшық үшін мән 510.549ды құрайды. Және де бұл жақсы 15 километрлік қашықтық үшін жақсы көрсеткіш болып саналады.



3.6-сурет – Оптикалық қуаттың кірісі және шығысы

Біз оптикалық қуаттың кірістегі және шығыстағы мәнін көрсек болады. Кірісте 7,403 дБм және 5,5 Вт , ал шығысында 1,3 Вт және 1,393 дБм мәндерін байқасақ болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Оптикалық желінің маңыздылығы технологияның жыл сайынғы қарқынды дамумен тек қана артуда. Оптикалық желілерді оңтайландыру өнімділігі жоғары, сенімді және тиімді байланыстарды қамтамасыз етудің кілті болып табылады. Бұл процесс желілік инфрақұрылымның әртүрлі аспектілерін жақсартуды қамтиды. Одан бөлек спектр мен тасымалдау қуатын басқарудан бастап маршрутты оңтайландыруға және кідірістерді азайтуға дейін жетеді. Оптикалық желіні қарастыратын технологиялар желілік операцияларды өзгермелі жағдайлар мен талаптарға бейімделуге мүмкіндік береді. Оңтайландыруды қазіргі оптикалық желілерді басқарудың пайдалы ғана емес, қажетті құрамдас бөлігі етеді. Машиналық оқыту алгоритмдері және бөлшектер тобын оңтайландыру сияқты заманауи технологиялар мен алгоритмдерді пайдалана отырып, инженерлер желі өнімділігін айтарлықтай жақсарта алады, өткізу қабілеттілігін арттырады және техникалық қызмет көрсету мен пайдалану шығындарын азайтады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Wang, L., Gao, M., Zhang, Y., Cao, F., & Huang, H. (2021). Optical OFDM with a complex deep neural network for coherent optical WDM 64-QAM systems. *IEEE Photonics Journal*, 13(5), October. <https://doi.org/10.1109/JPHOT.2021.3111921>
2. Higashimori, K., Inuzuka, F., & Ohara, T. (2021). Optimization of physical topology for high-reliability and efficient optical networks with assignable wavelength. *Journal of Optical Communications and Networking*, 14 Dec. <https://doi.org/10.1364/JOCN.432296>
3. Luo, X., Shi, C., Chen, X., Wang, L., & Yang, T. (2018). Global optimization of all-optical hybrid-casting in inter-datacenter elastic optical networks. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2852067>
4. Zhao, C., Wang, J., Mao, S., Liu, X., Chan, W.K.V., & Fu, H.Y. (2023). End-to-End Optimization for a Compact Optical Neural Network Based on Nanostructured 2×2 Optical Processors. *Journal of Photonics*, DOI: 10.1109/JPHOT.2023.3309835
5. Yahya, M. R., Wu, N., Gaizhen, Y., Ahmed, T., Yasir, & Zhang, J. (2019). An Algorithmic Framework to Construct Optical Switch via Scaling From N-to-2N Ports for Optical Network on Chip. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2930754
6. Saif, W. S., Ragheb, A. M., Alshawi, T. A., & Alshebeili, S. A. (2020). Optical Performance Monitoring in Mode Division Multiplexed Optical Networks. *Journal of Lightwave Technology*, 38(21), 5780–5789. DOI: 10.1109/JLT.2020.3027725
7. Jin, W., Gu, R., Tan, Y., & Ji, Y. (2019, July 30). Proactive Grooming With Delay Optimization in Sliceable Elastic Optical Network. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2931931
8. Khan, A.N., Ahmed, H.Y., Chehri, A., Zeghid, M., Khan, Z.H., & Iqbal, A. (2022). An Iterative Optimization Approach for Routing, Modulation, and Categorical Spatial Bandwidth Block Allocation to Improve Network Performance for Dynamic Traffic in Elastic Optical Networks. *Journal of Photonics*, 09 September. DOI: 10.1109/JPHOT.2022.3205412
9. Huang, S., & He, N. (2021). Joint Optimization of Test Node Selection and Fiber Thread Connection for Optical Communication Network. *IEEE Access*. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3087701
10. Shi, Xinhao; Wu, Ning; Ge, Fen*; Zhou, Fang; Yahya, Muhammad Rehan. Optimizing Crosstalk in Optical NoC through Heuristic Fusion Mapping. *Electronics*. 16 June 2020; DOI: 10.3390/electronics9061006
11. Zhang, Ning; Chen, Bingjun; Yang, Yansong; Sun, Huijuan; Chen, Ming; Chen, Tingting; Chen, Xiaodan; Xiao, Mingming; Luo, Yang. Optimization Technology of Optical Fiber Communication Network Based on Service Classification. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021; DOI: 10.1088/1742-6596/1746/1/012085

12. Florian Kohnhäuser; David Meier; Florian Patzer; Sören Finster(09 July 2021). On the Security of IIoT Deployments: An Investigation of Secure Provisioning Solutions for OPC UA. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3096062
13. Ruiting Cheng; Yu Yang; Jiarui Zhang; Mingqing Zuo; Shuailuo Huang; Yuyang Gao; Zhangyuan Chen (07 June 2023). Investigation on Beam Expansion Method for Weakly-Coupled FMF Connections. IEEE Access. DOI: 10.1109/JPHOT.2023.3283865
14. Chien-Hung Yeh; Li-Hung Liu; Wen-Piao Lin; Han-Shin Ko; Yi-Ting Lai; Chi-Wai Chow(02 March 2022). A Survivable Optical Network for WDM Access Against Fiber Breakpoint. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3156110
15. Chien-Hung Yeh; Bo-Yin Wang; Wei-Hung Hsu; Li-Hung Liu; Han-Shin Ko(09 September 2021). A Simple WDM-PON Architecture Together With Private Interconnected ONUs. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3110729
16. Akhtar Nawaz Khan; Hassan Yousif Ahmed; Medien Zeghid; Samir Brahim Belhaouari; Waqas Ahmed Imtiaz(05 August 2021). Hybrid Optimized Approaches for Routing and Resource Reservation Protocols in Optical Networks. IEEE Access. DOI: 10.1109/JPHOT.2021.3102871
17. Naveed Khan Baloch; Muhammad Iram Baig; Masoud Daneshtalab(30 September 2019). Defender: A Low Overhead and Efficient Fault-Tolerant Mechanism for Reliable on-Chip Router. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2944490
18. Tiago Augusto Fontana; Erfan Aghaeekiasaraee; Renan Netto; Sheiny Fabre Almeida; Upma Gandhi (15 August 2023). ILPGRC: ILP-Based Global Routing Optimization With Cell Movements. IEEE Access. DOI: 10.1109/TCAD.2023.3305579
19. Chao Fang; Haipeng Yao; Zhuwei Wang; Pengbo Si; Yixin Chen; Xiaodong Wang; F. Richard Yu (25 December 2018). Edge Cache-Based ISP-CP Collaboration Scheme for Content Delivery Services. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2889787
20. Chien-Hung Yeh; Chien-Ming Luo; Yue-Ru Xie; Chi-Wai Chow; Yu-Wen Chen; Tzu-An Hsu (11 November 2019). Survivable and Reliable WDM-PON System With Self-Protected Mechanism Against Fiber Fault. IEEE Access. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2952944

СЫН - ПІКІР
дипломдық жұмысқа

Ербол Бекбол

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: **Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу**

Орындалды:

- а) графикалық бөлім *12* бет;
б) түсініктеме *24* бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Ербол Бекболдың дипломдық жұмысы оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу негізінде жасалған. Дипломдық жұмыс төмендегі бөлімдерден тұрады:

Зерттеу оптикалық желілерді және жүйелерді оңтайландыруға бағытталған. Бұл процестерге оптикалық желілерге шолу және оның тасымалдауының рөлі қарастырылған.

Жұмыстың екінші бөлімінде WDM жүйесін оңтайландыру жүйесі және икемді оптикалық желінің өнімділігін арттыру зерттелген.

Жұмыстың үшінші бөлімінде Optisystem бағдарламасымен жұмыс істеу жүзеге асырылған. пассивті оптикалық желінің моделі қарастырылған.

Жұмыстың қорытынды бөлімінде оптикалық желінің маңыздылығы және оны құрайтын жағдайлары туралы пікірталас жүргізілген.

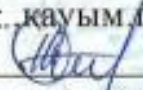
Бұл дипломдық жұмыс жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған.

Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмысқа “95/A/ өте жақсы” деген бағаға, ал студент Ербол Бекбол 6B06201-«Телекоммуникация» мамандығы бойынша техника және технологиялар” саласының бакалавры академиялық дәрежесіне сай деп санаймын.

Сын-пікір беруші:

Халықаралық ақпараттық
технологиялар университеті
т.ғ.к. қауым профессор

 Н.А.Сейлова
« *30* » / *05* 2024 ж.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмыс

Ербол Бекбол

6B06201 – Телекоммуникация

Тақырыбы: Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу

Дипломдық жұмыс оптикалық желідегі деректерді оңтайландырылған әдістерді қолдана отырып зерттеуге арналады.

Ақпараттарды жіберу эффективтілігін арттыру үшін сигналдың оптикалық өзгерістерінен зерттеуден басталады. Бұл процестерге сигналдың сапасын басқару да қарастырылған. Одан бөлек оптикалық желінің мәліметтерді тасымалдаудағы рөлі, жоғары жылдамдығы және желіге қойылатын заманауи талаптары қарастырылған.

Оптикалық желілердегі деректерді беру технологиялары мен әдістері егжей-тегжейлі қарастырылады және олардың артықшылықтары мен шектеулері зерттелген.

Оңтайландырылған оптикалық желілердегі деректерді беру әдістеріне талдау жүргізілді. Оның ішінде желіге қойылатын негізгі талаптарды таңдау, өнімділік критерийлерін анықтау және тексеру нәтижелері алынған.

Жүргізілген тәжірибелік жұмыс барысында бір режимді талшықты дизайнға жүзеге асырылды.

Optisystem бағдарламалық анықтамасы арқылы теориялық зерттеу және симуляция ұсынылған болды.

Студент дипломдық жұмыс жасауда өздігінен жұмыс істей алу қабілетін көрсете алды.

Студент Ербол Бекбол өздігінен жұмыс жасай алатынын көрсетті. Жалпы дипломдық жұмысты “95А/ өте жақсы”, деп бағалап, ал студент Ербол Бекбол 6B06201 – «Телекоммуникация» мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне сай деп санаймын.



Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. профессоры,

PhD докторы

Н.К.Смайлов Н.К.Смайлов

«29» 05 2024 ж.

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

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

Автор: Ербол Бекбол

Тақырыбы: Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.8

Дәйексөз (35): 0.6

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

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:

31.05.2024
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ербол Бекбол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 0

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:

31.05.2024
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ербол Бекбол

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Оптикалық желілерде деректерді берудің оңтайландырылған әдістерін зерттеу және әзірлеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.8

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 0

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:

31.05.2024

Дата

 Маржасул С
проверяющий эксперт