

КЕНГ ПОЛОСАЛИ ОПТИК КИРИШ ТАРМОҚЛАРИНИ ЗИЧ БЎЛМАГАН ТЎЛҚИН
УЗУНЛИГИ БЎЙИЧА ЗИЧЛАШТИРИШ УСУЛИДА ЎТКАЗИШ ҚОБИЛИЯТИНИ
ОШИРИШ

Н.М. Жураев, Б.А. Тургунов

*Тошкент ахборот технологиялари университети Фарғана филиали
(Қабул қилинди 20.09.2016 й.)*

Ушбу мақолада оптик абонент кириш тармоқларининг ўтказиш қобилиятини оширишда зич бўлмаган спектрал зичлаштириш усулини қўлланганига салмақдорлиги тадқиқи амалга оширилади.

Таним сўзлар: *Оптик тармоқлар, пассив оптик тармоқлар, ўтказиш қобилияти, оптик зичлаштириш.*

В этой статье исследуется возможность увеличения эффективности применения грубого спектрального уплотнения при повышении пропускной способности сети оптического доступа.

Ключевые слова: *Оптические сети, пассивные оптические сети, пропускная способность, оптическое мультиплексирование.*

In this article, it is investigated of the efficiency of using of coarse wavelength division multiplexing due to increasing the bandwidth of optical access network.

Key words: *Optical networks, passive optical networks, bandwidth, optical multiplexing.*

Маълумки дунё бўйича телекоммуникация операторлари олдда турган асосий муаммони казифалардан бири бу абонент кириш тармоқларининг ўтказиш қобилиятини оширишдир. Абонент кириш тармоқлари куришда қўлланиладиган асосий тенденциялардан бири бу оптик абонент кириш тармоқларини куришдир. Ушбу тенденциянинг амалга ошиши асосида дунёнинг деярли барча давлатларидаги телекоммуникация операторлари абонент кириш тармоқларини оптик технологиялар, хусусан PON технологияси асосида курдилар. Бундай пассив оптик абонент кириш тармоқлари етарли даражада ўтказиш қобилиятини таъминлаб, турли хил юқори сифатли хизматларни абонентларга тақдим этишга имкон берди.

Аммо, тажрибалар шуни кўрсатадики, бугунги кунда дунё аҳолисининг телекоммуникация хизматларининг янги турларига ва уларнинг сифатларига талаблари кун сайини ортиб бормоқда. Бу эса ўз навбатида оптик абонент кириш тармоқларини ўтказиш қобилиятини янада ошириш заруриятини келтириб чиқаради. Бундай муаммони ечим сифатида оптик абонент кириш тармоқларида оптик каналларни сийрак спектрал зичлаш — CWDM технологиясидан фойдаланиш иқтисодий жиҳатдан самарали ечимга эришишга имкон беради[2].

Оптик кириш тармоқларида спектрал зичлаш технологияларидан фойдаланиш нафақат ўтказиш қобилиятини оширишга имкон беради, балки бошқариш унуздорлиги ва мослашувчанлигини ҳам оширади.

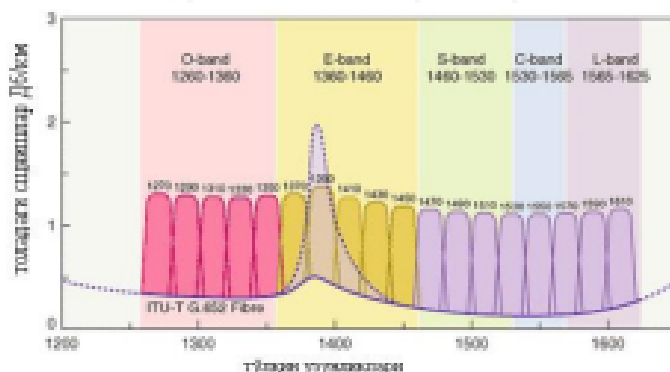
Оптик кириш тармоқларининг, жумладан пассив оптик тармоқларининг ўтказиш қобилиятини оширишнинг мақсадга мувофиқ усули каналларни спектрал зичлаш, яъни WDM технологияларини қўллаш ҳисобланади. WDM усули билан оптик кириш тармоқларининг ўтказиш қобилиятини ошириш куйидаги афзалликларга эга:

- амалдаги алоқа тугунларининг реконструкцияси алоқа ва хизмат кўрсатиш узилмаган ҳолда, шунингдек фойдаланилган ускунани демонтаж қилмай қўшимча блокларни ўрнатиш йўли билан амалга оширилади;
- оптик абонент кириш тармони нинг янги уланиш участкаларини, жумладан POT ни керакли ўтказиш қобилиятини ошириш прогнолаштирилган йўналишларда лойиҳалаштириш осонлаштирилади;
- узатиш муҳитининг параметрларига, яъни оптик тола параметрлари ва хусусиятларига қўйиладиган талаблар кескин камаяди, бу энг аввало абонентлик участкалар учун жуда муҳим;

- ПОТ да ишлатиладиган дискрет пассив оптик элементларнинг параметрларига қўйиладиган талаблар жискин қамаяди, бу ҳам бутун тизимнинг қийматини қамайтиради.

Аслида, магистрал оптик толали узатиш тизимлари учун DWDM ускунаси оптик кириш тармоқларида бевосита ишлатилиши мумкин. Лекин DWDM технологияси, бу ўта юқори зичлаштиришга асосланган технологияси ускунасида бундай абонент кириш тармоқларида фойдаланиш унинг ўтказиш қобилиятидан ўта самарасиз фойдаланиш бўлар эди, чунки, биринчидан, бундай ускунанинг қиймати анча қimmat (1 млн. АҚШ долл.), иккинчидан, магистрал толали оптик узатиш тизимида эришилган замонавий оптик абонент кириш тармоғида ўтказиш қобилияти бутун ва яқин беш йили ичда зарур бўлмайди. Магистрал толали оптик узатиш тизими учун ишлаб чиқилган зич спектрал мультимплекслаш G.692 тавсияномаси меъёрларида белгиланган параметрлари бўлган DWDM ва ўта зич – UDWDM замонавий оптик абонент кириш тармоғи ларда талаб этилмайди. Бу тармоқлар учун Халқаро Электр Алоқа қўмитаси томонидан ўтказиш қобилиятини оширишнинг муқобил усули – CWDM ишлаб чиқилган. Частоталар тўри ва CWDM технологиясининг бошқа параметрлари G.694.2 тавсияномаси билан белгиланган берилган. Рухсат этилган зичлаштириш тизимлар 1270-1610 нм диапазонида ишлаш учун мўлжалланган [2]. Бу диапазонда 20 нм частота диапазони бўлган 16 та спектрал канал жойлашади. Каналларaro оралиқларнинг катталиги оптик частотанинг барқарорлигига талабларни юқори бўлмаслигига ва нурланиш спектари кенглиги юқори бўлган ёруғлик манбааларидан фойдаланиш имкон беради. Шунингдек оптик мультимплексорлар/ демультимплексорларнинг спектрал параметрларига ва оптик толаларнинг параметрларига талаблар қамаяди. Пироваддида, DWDM га нисбатан CWDM технологиясининг санаб ўтилган афзалликлари оптик абонент кириш тармоғи ва пассив оптик тармоқнинг элемент базасининг қийматини ҳам, тармоқларнинг барпо этилиши ва хизмат кўрсатилишининг харажатларини ҳам анча қамайтиришга имкон беради.

Юқорида кўриб ўтилганидек сийрак, яъни ўта зич бўлмаган спектрал зичлаштириш технологияси (Coarse Wavelength Division Multiplexing, CWDM) дан фойдаланиш ушбу хусусияти билан характерлики, кўшми каналлар орасидаги фарқ 20 нм ни ташкил этади (бази ҳолларда 25 нм ни ҳам ташкил қилиши мумкин). Бу фарқ DWDM яъни зич спектрал



1.1-расм. CWDM каналларининг G-694.2 тавсияномаси бўйича таллаш суръатини.

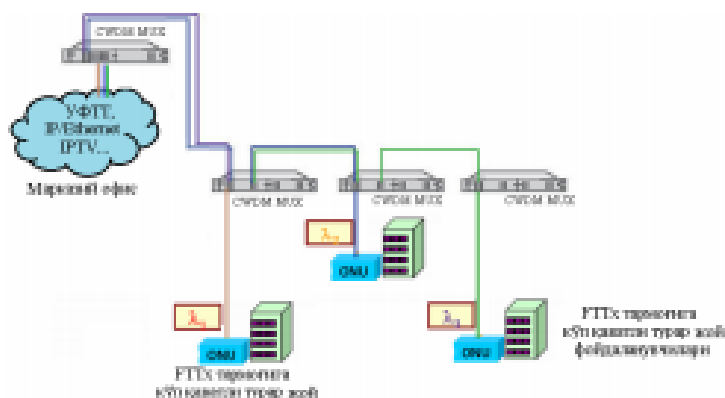
зичлаш технологияси асосида ҳосил қилинган каналлар орасидаги фарққа нисбатан ўнлаб баробар ортук. WDM нинг бошқа турларидан фарқли равишда CWDM технологияси сезиларли даражадаги кенг частота полусаларидан фойдаланади ва бу полусалар оптик алоқа тизимларининг бир неча стандарт частота диапазонларини ўз ичига олиши мумкин (тинчлик ойналарини) [2]. CWDM тизимларида бир вақтда минимал ҳолатда саккизга каналлар ташкил қилиниши мумкин ва бунда ҳам бир модалли, ҳам кўп модалли толалардан фойдаланиш мумкин.

Чизмадан кўринадиги 1270 нм ва 1290 нм тўлқин узунликларида сўнишларнинг қийматлари анча юқори, шу сабабли мажур диапазон CWDM тизимларида қамдан- қам қўланилади.

CWDM тизимларини DWDM тизимаси билан солиштириш натижасида айтиши мумкинки, CWDM тизимларида толали линиялар узунлиги ҳам, тармоқ қуришга

сарфланувчи харажатларнинг миқдори ҳам nisбатан камроқдир. Шунинг учун ҳам бугунги кунда nisбатан юқори спектрал зичлашга эга бўлмаган CWDM технологияси оптик абонент кириш тармоқларининг ўтказиш қобилиятини орттиришнинг оптимал ечими сифатида кенг қўлланилишга уринилмоқда. Шу жумладан айтиш мумкинки мультиплексорлар ва демультиплексорлар passив элементлар ва электр таъминотидан озқиланмайди. Бу эса тармоқнинг эксплуатацион харажатларининг камайишига хизмат қилади. CWDM технологияси қўлланилган passив оптик тармоқда ҳар бир хосил қилинган каналдан абонентга маълумотлар оқими узатилиши мумкин, ёки абонентдан келадиган оқимни марказий тугунга қабул қилиб олиш мумкин.

Санаб ўтилган барча афзалликлар ичида оптик passив тармоқларнинг энг муҳим параметрларидан бири бўлган тармоқнинг ўтказиш қобилияти параметрининг орттириш имкониятини бериши, CWDM технологиясининг оптик абонент кириш тармоқларида муvаффақият билан қўлланилишини таъминлайди. Аюқча операторлари бир ёки бир жуфт толага бар неча



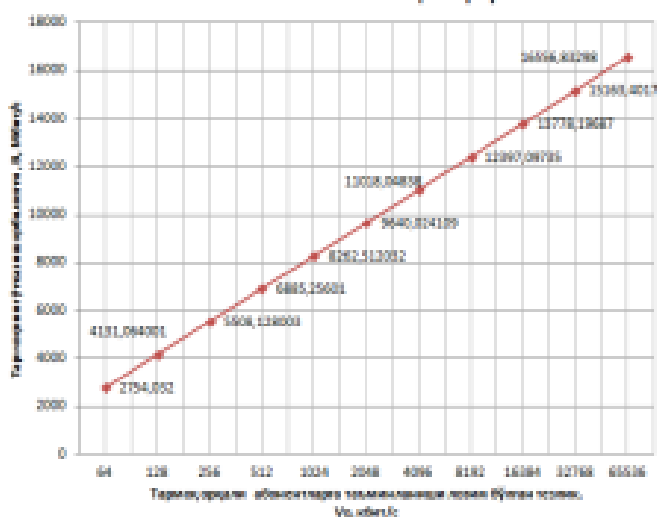
1.2-расм. CWDM PON тармоқининг “нуқта-кўп нуқта” топологияси асосидаги архитектураси.

фойдаланувчилар гуруҳини, турар жойларни “нуқта –кўп нуқта” топологияси бўйича боғлашлари мумкин. Бундай тармоқларни CWDM PON тармоғи деб аташ мумкин. CWDM PON нинг бундай топологияли тармоқларини куриш айниқса узок масофада жойлашган туманларни, пасёлка ва абонентлар турар жойларини улашда самаралидир(1.2-расм).

Демак сиёрақ, яъни зич бўлмаган зичлаштириш технологиясини passив оптик абонент кириш тармоқлари PON да қўлланилиш орқали хосил бўлувчи CWDM PON тармоқининг ўтказиш қобилияти фақат каналларни вақт бўйича ажратишга асосланган зичлаштириш усули қўлланилган passив оптик тармоғи TDM PON нинг ўтказиш қобилиятига nisбатан минимал ҳолатда 18 мартага орттири маълум бўлади[3]. Чунки CWDM технологияси асосида минимал ҳолатда 18 тагача тўлқин узунлигини 1270 дан 1610 нм гача 20nm кадамли фарк билан зичлаштириш кўзда тутилган.

Энди CWDM PON тармоқининг ўтказиш қобилиятини TDM PON тармоқининг ўтказиш қобилиятига nisбатан солиштириш мақсадида ушбу тармоқнинг ўтказиш қобилиятини яна ҳар бир таъминланадиган тезликларга боғлиқлигини

Тармоқ ўтказиш қобилиятининг тармоқдаги абонентларга таъминланган тезликка боғлиқлик графиги



1.3-расм. CWDM PON оптик абонент кириш тармоқдаги ўтказиш қобилиятини маълумот узатиш тезликларига боғлиқлик графиги.

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

ифодаловчи графикни чизамиз. Бунинг учун CWDM PON тармоғи учун ўтказиш қобилиятини ҳисоблаймиз.

TDM асосида каналлари энча шайрилган пассив оптик қарши тармоғи CWDM технологияси қўлланилишидан олдин тўққиз узунлиги бўйича каналларни энча шайрилган WDM технологиясидан фойдаланиш амалга оширилган, ammo бунда мақсад тармоқнинг ўтказиш қобилиятини ошириш эмас, балки қиривчи ва чиқувчи оқимлар учун турли хил тўққиз узунликлардан фойдаланилгани учун уларни ажратиш ва маълум бир миқдорда телевизион хизмат ва маълумотлар узатиш хизматларини ажратиш мақсадида 1550nm ва 1490 nm ли тўққиз узунликдаги оптик сигналлардан фойдаланилади.

1.1-жадвал

Тармоқ орақами таъминланган лозим бўлган умумий теллик, $V_0, \text{Мбит/с}$	Трафикнинг солиштирма жақаллиги, $a_0, \text{Мбит/с}$	Абонент қарши тармоғига улуғланган абонентларнинг умумий сони, n	Битта сегментга мақсудланган уланушлар сонининг CWDM технологияси қўлланилган ҳисобига қаррали ортинчи, k	Бирлашган оқим жақаллиги, $a, \text{Мбит/с}$	Тармоқнинг ўтказиш қобилияти, $B, \text{Мбит/с}$
64	0,153	1000	18	2754	2754,032
128	0,153	1500	18	4131	4131,064
256	0,153	2000	18	5508	5508,128
512	0,153	2500	18	6885	6885,256
1024	0,153	3000	18	8262	8262,512
2048	0,153	3500	18	9639	9640,024
4096	0,153	4000	18	11016	11018,05
8192	0,153	4500	18	12393	12397,1
16384	0,153	5000	18	13770	13778,2
32768	0,153	5500	18	15147	15163,4
65536	0,153	6000	18	16524	16556,83

CWDM PON тармоғида ҳам бирлашган оқимнинг интенсивлиги бирлашувчи оқимларнинг интенсивликлари йинтиқисига тенг бўлади. Агар ҳар бир бирлашувчи оқим абонент трафиғи оқимидан иборат бўлса, у ҳолда бирлашган оқимнинг интенсивлиги абонент трафиғининг солиштирма интенсивлиги, умумий уланувчи абонентлар сони ва битта сегментга уланушларнинг CWDM технологиясининг қўлланилиши ҳисобига қаррали ортинчи хусусидаги маълумотлар асосида аниқланиши мумкин:

$$a = n \cdot k \cdot a_0 \tag{1.1}$$

бу ерда a_0 - энг юқори юқлама соатидаги абонент трафиғининг солиштирма интенсивлиги (бит/с);

n - TDM PON тармоғидаги умумий абонентлар сони;

k - Битта сегментга максимал уланншлар сонининг CWDM ҳисобига қарали ортиши.

Энди CWDM PON тармоғи учун ўтказиш қобилиятини ҳисоблаймиз. Яъни бунда юқорида таъкир тармоқ учун ҳисоблашлар натижасида олинган бириктирилган оқим жадаллиғи α ва таъкир абонент кириш тармоғи орқали таъминланиши лозим бўлган тезлик v_0 нинг қийматлари асосида ҳисобланади.

Юқоридаги ҳисоблашлар натижасида аниқланган қийматлар асосида CWDM PON тармоғининг умумий ўтказиш қобилиятини абонентлар уланнш тезликларига боғлиқлик графигини чизиш мумкин ва у қуйидаги кўринишга эга:

Таъкир TDM PON тармоғининг ўтказиш қобилияти ва CWDM тармоғининг ўтказиш қобилиятларини ўзаро солиштириш натижасида пассив оптик тармоқларда зич бўлмаган тўлқин узунлиги бўйича каналларни зичлаштириш технологияси CWDM нинг қўлланилиши натижасида ўтказиш қобилияти параметри қийматининг қандай ўзгарганлиги хақида хулоса қилиш мумкин бўлади. Бунинг учун ҳар икки ҳисоблашлар натижалари киритилган 1.1 жадаллардан битта абонентга $32,768 \text{ Mbit/s}$ узатиш тезлиги таъминланиши кўзда тутилган ҳолат учун тармоқларнинг ўтказиш қобилияти қийматларини кўриб чиқамиз. Жадаллардан кўринадики ушбу ҳолатда TDM PON тармоғи учун ўтказиш қобилияти $858,2029 \text{ Mbit/s}$ ни CWDM PON тармоғи учун эса $15163,4 \text{ Mbit/s}$ ни ташкил қилар экан.

Демак пассив оптик тармоқда зич бўлмаган тўлқин узунлиги бўйича каналларни зичлаштириш технологияси CWDM нинг қўлланилиши натижасида ўтказиш қобилияти параметри қийматини тақрибан 17 баробарга ортириш мумкин экан.

Хулоса

Ушбу ишда пассив оптик абонент кириш тармоқларининг ўтказиш қобилиятини ортириш мақсадида қуйидаги жараёнлар амалга оширилди.

Яъни:

- Оптик абонент кириш тармоқларида ўтказиш қобилиятини ортириш методларини таҳлил қилиш;
- Пассив оптик абонент кириш тармоқларида CWDM технологиясини қўллаш орқали ўтказиш қобилиятини ортириш усулини тадқиқ қилиш;
- CWDM асосидаги PON оптик абонент кириш тармоғининг ўтказиш қобилияти параметри ҳисоби амалга ошириш.

Хулоса ўрнида таъкирлаш мумкинки пассив оптик абонент кириш тармоқларида CWDM технологиясининг қўлланилиши тармоқнинг умумий ўтказиш қобилиятини 17 баробарга ортирар экан. Бундан ташқари бундай усул тармоқнинг масштабланивчанлиги ва эгилувчанлик хусусиятини ортирган ҳолда, унинг пассивлик хусусиятини сақлаиб қолншта мумкин беради.

Фойдаланилган адабиётлар

- [1]. Г.Г. Яновский. IP Multimedia subsystem: принципы, стандарты и архитектура. Вестник связи №3, 2006.
- [2]. Я.К. Юн, М. Улема. Системы беспроводного абонентского радиодоступа на основе широкополосной технологии CDMA. – Мобильные системы, №6, 2002.
- [3]. Н.А. Соколов. Сети абонентского доступа. Принципы построения. – Пермь, «Интер-профит», 1999.
- [4]. Алексеев Е.Б. Оптические сети доступа. Учебное пособие. - М.: ИПК
- [5]. при МТУСИ, 2005 – 140с.
- [6]. J. Delaney. The Use of SIP in Communication Network. Journal of Communication Network, v.1, p.1, April-June 2002.
- [7]. Internet сайтлари
 1. <http://nicksokolov.narod.ru>
 2. <http://www.wimaxforum.ru>