OʼZBEKISTON RESPUBLIKАSI АXBOROT TEXNOLOGIYALАRI VА KOMMUNIKАTSIYALАRINI RIVOJLАNTIRISH VАZIRLIGI MUHАMMАD АL-XORАZMIY NOMIDАGI АXBOROT TEXNOLOGIYALАRI UNIVERSITETI

**“ Optik kirish tarmoqlari ”**

**fanidan**

**Mustaqil ish**

Mavzu: Optik tolali abonent kirish tarmoqlarida APON/BPON texnologiyasi.

Bajardi: 407-21 guruh talabasi

Boboqulov А

Qabul qildi: dots. Muradova А

**Mundarija:**

**Asosiy qism**

1. Passiv optik tarmoq qanday ishlashi.…………………………………….4
2. Passiv optik tarmoqlarning turlari, APON standarti.…………………….7
3. BPON standartining tarixiy rivojlanishi…………………………………18

**Xulosa**

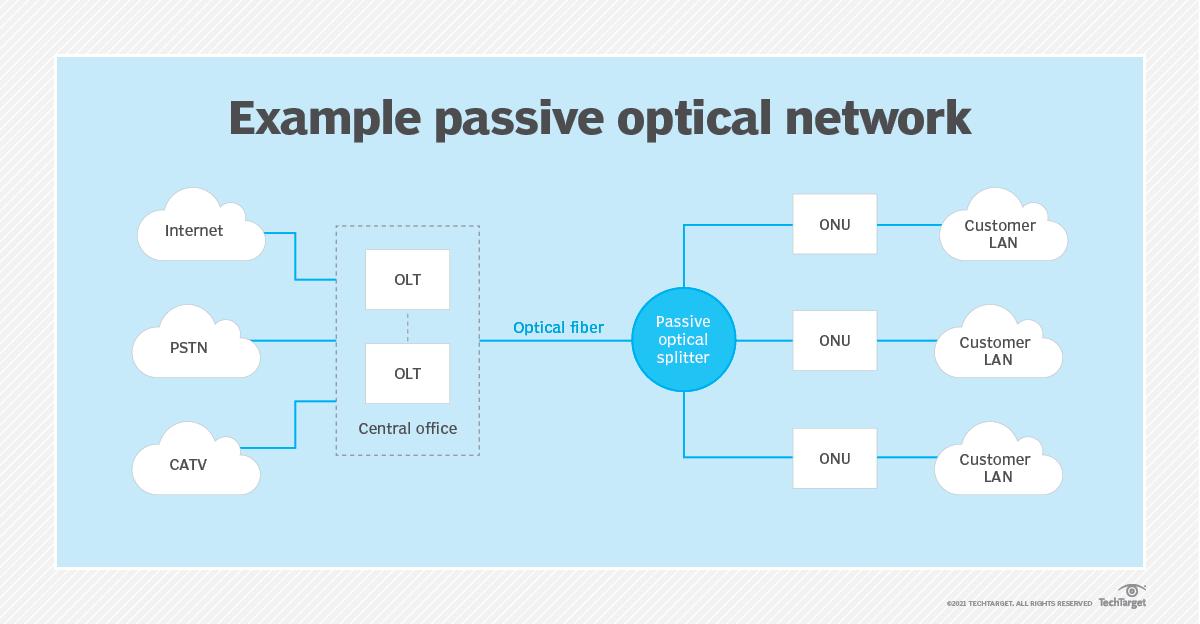
**Foydalanilgan adabiyotlar**

**Kirish**

Keng polosali tarmoqlarning rivojlanish bosqichlari 1990 yillardan boshlandi va jadal suratlar bilan foydalanuvchi kirish tarmoqlarida paydo bo‘layotgan muammolar, ya’ni multiservis xizmatlarini taqdim etishga bo‘lgan tezlikni ta’minlash uchun turli simli va simsiz texnologiyalar kashf etildi: ADSL, kabel modem va WiFi texnologiyalari birinchi bosqichida va ikkinchi bosqichida ADSL2+, HDSL, VDSL2, WiMax, Fibre-to-the-x(FTTx) va HSPDA, va LTE texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institutlarida rivojlantirildi. Ikkinchi bosqichdagi texnologiyalar foydalanuvchilarga multiservis xizmatlar ya’ni yuqori tezlikdagi internet, ovozli va video aloqa shuningdek televideniya xizmatlaridan foydalanishga yo‘l ochdi. Foydalanuvchilarning paketli tarmoqga ulanish imkoniyati VoIP xizmatini tashkil etilishi aloqa tashkil etish narxini arzonlashishiga sabab bo‘ldi va turli xil ilovalar yordamida xalqaro qo‘ng‘iroqlarni amalga oshirishga qulaylik yaratdi. Bir modali optik tolaning juda yuqori uzatish imkoniyati va signalning so‘nish darajasi pastligi tufayli, transport tarmoqlarda va abonent kirish tarmoqlarida optik toladan foydalanish texnik va iqtisodiy tamondan samarali ekanligi aniqlangan. Ko‘p modali optik tolada signalni uzoq masofaga uzatish imkoniyati mavjud emasligi tufayli, lokal tarmoqlarda foydalaniladi. Bitta kanal orqali multiservis xizmatlarni taqdim etishda abonent kirish tarmoqlarida yuqori tezlikli uzatishni ta’minlash muhim sanaladi va multipleksorlash usulidan foydalanish talab etiladi. Hozirgi kunda ko‘plab telekom operatorlari tomonidan PON texnologiyasini abonent kirish tarmoqlarida qo‘llanilmoqda va ITU-T va IEEE tashkilotlari tomonidan ko‘plab PON standartlari taklif etilmoqda. Abonent kirish tarmoqlarida FTTx texnologiyasi mavjud mis simli texnologiyaga nisbatan takomillashgan texnologiya sifatida qaralmoqda. O‘tgan yillar mobaynida rivojlangan davlatlarda ushbu texnologiyani keng tadbiq qilindi. PON asosan FTTB/FTTH ni amalga oshirish uchun asosiy texnologiya bo'lgan nuqtadan ko'p nuqtaga tarmoq strukturasidan foydalanadi. PON texnologiyasining mohiyati shundaki, magistral (SDH/ATM) va abonent tugunlari bilan ulanishni ta'minlaydigan markaziy tugun o'rtasida daraxt topologiyasining butunlay passiv optik tarmog'i yaratiladi.

1. **Passiv optik tarmoq qanday ishlashi.**

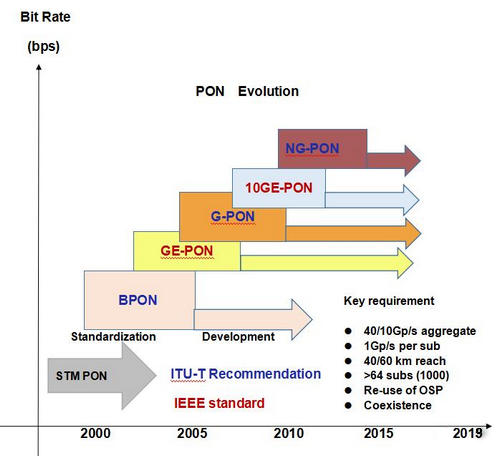
PON tizimi aloqa kompaniyasining markaziy ofisidagi optik liniya terminali (OLT) va oxirgi foydalanuvchilarga yaqin joylashgan bir nechta optik tarmoq bloklaridan (ONU) iborat. Odatda bitta OLT ga 32 tagacha ONU ulanishi mumkin. Passiv so'zi shunchaki optik uzatishning tarmoq bo'ylab uzatilgandan so'ng hech qanday quvvat talablari yoki faol elektron qismlarga ega emasligini tasvirlaydi. Bu tolali kabel orqali yacheykalar yoki ramkalarni o'tkazish uchun elektr quvvati bilan ishlaydigan kommutatsiya uskunasini talab qiladigan faol optik tarmoqlardan farqli o'laroq.



1-rasm. PON

Ushbu rasmda telekommunikatsiya provayderining markaziy ofisida ortiqcha OLT uskunasi qanday joylashishi ko'rsatilgan. U yerdan tolali kabellar markaziy ofisdan 20 kilometrgacha taqsimlanadi va passiv optik ajratgich yordamida bir nechta ONUlarga bo'linadi, bu esa mijozning demarkatsiya nuqtasi yaqinida tolali ulanishni tugatadi. Keyin ONU mis yoki tolali Ethernet kabellari yordamida tarmoqni uzatadi, bu esa mijozlarga mavjud mahalliy tarmoqlarga (LAN) ulanishni osonlashtiradi.

Passiv optik tarmoqlarning qanday turlari mavjud?



2-rasm PON Evolyutsiyasi.

Barcha PON tizimlari optik darajada bir xil nazariy imkoniyatlarga ega. Yuqori va quyi oqim tarmoqli kengligi bo'yicha chegaralar quvvatni taqsimlash va ulanishni boshqarish uchun ishlatiladigan protokol bo'lgan elektr qoplamasi bilan o'rnatiladi. Muhim joriy foydalanishga erishgan birinchi PON tizimlari asinxron uzatish rejimi (ATM) yoki yacheyka kommutatsiya protokollari asosida qurilgan elektr qatlamiga ega bo'lib, APON deb nomlangan. Hozirgi kunda keng polosali PON yoki BPON atamasi qo'llanilsa-da, ular hali ham qo'llanilmoqda. APON yoki BPON tizimlari odatda sekundiga 155 Mbit/s yoki 622 Mbit /s gacha bo'lgan quyi oqim quvvatiga ega, ikkinchisi esa eng keng tarqalgan. Yuqori oqimdagi uzatish 155 Mbit /s tezlikda yacheykalari shaklida bo'ladi.

PON-ning bir nechta foydalanuvchilari optik ajratgichlar va to'lqin uzunligi bo'linishini multiplekslash usullarini qo'llash orqali ushbu tarmoqli kengligi qismlarini ajratishlari mumkin. PON, shuningdek, koaksiyal kabel orqali jamoat antennali televizion tizim va mahalla, bino yoki uy ichidagi tarmog'i kabi kattaroq tizim o'rtasida tarmoq magistral ulanishi bo'lib xizmat qilishi mumkin.

ATM ga asoslangan PONlarning vorisi Ethernet texnologiyalaridan foydalangan holda ishlaydigan PONlardir. Masalan, Gigabit PON (GPON) simmetrik 622 Mbit/s – bir xil yuqori va quyi oqim sig‘imidan tortib soniyasiga 2,5 Gbit/s yuklab olish va 1,25 Gbit/s yuklash sig‘imlarigacha bo‘lgan turli tezlik imkoniyatlarini taklif etadi. GPON gibrid tizim bo'lib, ovozli uzatish uchun ATM va ma'lumotlarni uzatish uchun Ethernet dan foydalanadi. GPON uyga tolali tarmoqlarda keng qo'llaniladi.

PON tarmog’i progmatik tarmoq modelini taklif qilgan holda o‘zining kuch nisbatini o‘zgartiradi. Bitta optik tolani, telefon tugunidan potensial mijozlar guruhiga ega bo‘lgan rayon, korxona yoki shaxsiy foydalanuvchigacha yetkazadi. Bunday operatorlar kabelni yotqizish uchun ketgan xarajatni qoplashiga juda ishonadi. Chunki operator shaharda xizmat qilishga muljallangan, lekin qaysi korxona uning xizmati bilan qiziqishi noma'lum. Telefon tugunlarida lozim bo‘lgan optik chiqishlarning mavjud emasligi va har bir mijoz territoriyasida ajratgich (birlashtirgich)larni joylashtirish nazarda tutilsa, bunday operatorning boshlangich xarajatlari zudlik bilan kamayadi. Agar shu territoriyada tusatdan yangi buyurtmachi paydo bo‘lsa, qo‘shimcha optik ulovchi liniyalarni yotqizish talab qilinmaydi, operator, PON ni ulovchi liniyaga qisqa liniya yotqizadi va tarmoqlagich joylashtiradi (agar kengaytirish imkoni bo‘lsa).

PON texnologiyasi Full Services Access Network (FSAN) standartiga asoslangan bo‘lib, bu texnologiya quyidagi standartlar bo‘yicha qurilishi mumkin:

A-PON - ATM protokolini qo‘llashga asoslangan;

E-PON - Ethernet formatida kadrlarni optik trakt orqali uzatishga asoslangan;

B-PON - Broadband PON - keng polosali xizmatlar bilan birga Ethernet ulanishni, analog va raqamli videoni translyasiya qilishni amalga oshiradi;

1. **Passiv optik tarmoqlarning turlari, APON standarti.**

Passiv optik tarmoqlarni turlicha bo'lish mumkin turli avlodlarga ko'ra turlari. PON turlari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

APON va BPON passiv optik tarmoq turlaridir 90-yillarda rivojlangan. APONlar (Asinxron uzatish rejimi Optik tarmoqlar) ulkan yutuqlarga erishgan birinchi tizim edi tijorat sohalarida. Bunda elektron qatlam bankomatda (Asinxron uzatish rejimi) qurilgan. Ustida boshqa tomondan, BPON APON ning kengaytirilgan ketma-ketligidir. BPON APON bilan solishtirganda yuqori ma'lumotlar tezligini taklif qiladi. U 622 Mbit/s gacha tezlikni ta'minlaydi. Shu bilan birga, himoya, dinamik tarmoqli kengligi va boshqa turli funktsiyalarni oshirdi.

ATM texnologiyasi asosida qurilgan passiv optik tarmoq 1998-yilda ITU tomonidan tasdiqlangan passiv optik tarmoqning birinchi standartidir. Butun standart ATM texnologiyasida qurilgan va G.983.1 tavsiyada belgilangan. ATM texnologiyasi yirik tarmoqlarda qabul qilingan tarmoq texnologiyasidir. ATM texnologiyasidan foydalanishning sababi bir vaqtning o'zida ovoz va ma'lumotlar xizmatlarini uzatish uchun tarmoq standartini ta'minlash edi. ATM uzatish birligi sifatida yacheykalardan foydalanadi. Yacheykalar sxemasi va paketli kommutatsiya texnologiyalari asosida tarmoqlar bilan bog'liq muammolarni/nizolarni hal qilish uchun kiritilgan. Ma'lumotlar uzatish uchun, bitlar va paketlar bitta yacheykaga asoslangan ma'lumotlar oqimiga o'raladi. Yacheykalar doimiy o'lchamdagi (nisbatan kichik o'lchamdagi) ma'lumotlar birliklari. ATM yacheykasining uzunligi 53 baytdan iborat: sarlavha - 5 bayt, ma'lumotlar - 48 bayt. ATM kalitlari faqat apparatga asoslanganligi sababli yacheykalarni tezda qayta ishlashga qodir. Ushbu kalitlarning narxi juda yuqori bo'lishi mumkin. Shu sababli, ushbu maxsus texnologiyadan foydalanish kamaydi.

|  |  |
| --- | --- |
| Sarlavxa | Foydali yuklama |

5 bayt 48 bayt

3-rasm ATM yacheykasining tuzilishi

ATM tarmoqlari foydalanuvchilarga yuqori uzatish tezligini (1,5 Mb/s dan 2,4 Gb/s gacha) taqdim etishi mumkin. Aloqa qattiq yoki virtual sxemalar yordamida o'rnatilishi mumkin. ATM tarmoqlari, shuningdek, har xil turdagi ma'lumotlar oqimi uchun xizmatlar sifatini kafolatlaydi. Biroq, xato yoki qurilma nosozliklarini aniqlash qo'llab-quvvatlanmasligiga ishonch hosil qiling.

ATM texnologiyasi asta-sekin 1980-yillarning oxirida ishga tushirildi. ATMning ommaviy tarqalishiga olib kelgan dastlabki impuls ITU tomonidan tasdiqlangan keng polosali integratsiyalangan raqamli xizmatlarning raqamli tarmog'i (B-ISDN) uchun uzatish texnologiyasi sifatida ATMni qabul qilish edi. ATM tarmog'ining asl falsafasi keng doiradagi integratsiyalashgan xizmatlarni taqdim etish edi. 1990-yillarning boshida ushbu texnologiya kompyuter sanoati tomonidan ham qabul qilindi; bunga sabab bo'lsa kerak. Yuqori o'tkazish qobiliyatiga bo'lgan talabning ortishi va turli multimedia ilovalarini qo'llab-quvvatlash yuqori o'tkazish qobiliyatiga bo'lgan talabning ortishi va turli multimedia ilovalarini qo'llab-quvvatlash.

ATMni amalga oshirish quyidagi afzalliklarga ega edi:

• Infratuzilma va interfeyslar ilovalardan mustaqil;

• To'liq multiplekslash/demultiplekslashni qo'llab-quvvatlash;

• O'zgaruvchan va doimiy bit tezligini samarali boshqarish;

• Kechiktiruvchi multimedia xizmatlarini yaxshi qo'llab-quvvatlash;

• Tarmoqni boshqarish va ishlatish soddalashtirilgan;

• Kelajakdagi xavfsizlik va'dasi

***APON standartining tarixiy rivojlanishi***

Oddiy ishlashda ushbu standartning birinchi sinovi 1990-yillarda amalga oshirilgan. 1995 yildan boshlab telekommunikatsiya xizmatlari provayderlari va telekommunikatsiya uskunalari ishlab chiqaruvchilarining to'liq xizmat ko'rsatish tarmog'i (FSAN) xalqaro tashabbusi paydo bo'ldi, bu ushbu texnologiyaning rivojlanishiga sezilarli hissa qo'shdi. ITU-T tashkilotlarini standartlashtirish, avval aytib o'tilganidek, 1998 yilda paydo bo'lgan. Ushbu standartning amalga oshirilishi elektrotexnika komponentlari sohasida rivojlanishni tezlashtirdi, ularning narxi sezilarli darajada pasaydi va shu bilan ularning mavjudligini yaxshiladi. 2001 yilda APON standarti joriy etish uchun ko'rib chiqilgan texnologiyaga aylandi FTTH kirish tarmoqlari.

APON standartini ishlab chiqish jarayonida FSAN ikkita asosiy texnologiyani birlashtirdi: ATM va PON. An'anaviy ATM texnologiyasiga asoslangan kirish tarmoqlari holatida statik multipleks qo'llaniladi. Tarmoqdagi multiplekslash oxirgi foydalanuvchilardan ko'p sonli kiruvchi ma'lumotlar oqimini bitta chiquvchi ma'lumotlar oqimiga birlashtirgan kirish kalitlari bilan ta'minlanadi. Biroq, bu elementlar elektr ta'minotini talab qiladigan faol elementlardir. Ushbu qurilmalar xizmat ko'rsatuvchi provayder va oxirgi foydalanuvchi o'rtasidagi marshrutga joylashtirilishi kerak. Ushbu kirish kalitlariga xizmat ko'rsatish xarajatlari, ularning elektr ta'minoti narxi, ahamiyatsiz narsa emas, shuning uchun kirish tarmog'ini ishga tushirishning umumiy narxini oshiradi. PON amalga oshirilganda, ushbu faol kirish kalitlari passiv optik markazlar bilan almashtiriladi.

Birinchi APON spetsifikatsiyalaridan biri 155 Mb/s edi; maksimal ierarxiya nisbati 32 ga o'rnatildi. Ushbu spetsifikatsiya passiv optik markazning to'liq bandligi bilan maksimal 32 ta oxirgi foydalanuvchini qamrab oldi va bir foydalanuvchi uchun maksimal bit tezligi taxminan 4,8 Mb/s ni tashkil qiladi. Birinchi avlod sezilarli yaxshilanish bo'lmasdi; ammo, bu simmetrik variant bo'lib, o'sha paytda kengaytirilgan assimetrik raqamli abonent liniyasi (ADSL) texnologiyasiga o'xshash uzatish tezligiga erisha oldi. Uchta xizmatni o'rnatish (video, ovoz va ma'lumotlar) uchun birinchi avlod ham mos kelmaydi. APON ning ikkinchi avlodida assimetrik variant aniqlandi. Pastki oqim yo'nalishi foydalanuvchilarga 622 Mb/s uzatish tezligini taqdim etdi. Yuqori oqimdagi uzatish tezligi saqlanib qoldi birinchi avlod tezligiga ekvivalent: 155 Mb/s. Maksimal bo'linish nisbati 32 ga o'rnatildi. Bu alohida holatda (markaz to'liq band bo'lganida), bitta foydalanuvchi uchun maksimal bit tezligi taxminan 19,4 Mb/s (pastki oqim yo'nalishida). Iqtisodiy sabablarga ko'ra, optik liniyalar oxirgi foydalanuvchi xususiyatlarida tugamagan. Bir nechta oxirgi foydalanuvchilar allaqachon ishlaydigan metall tarmoqni qayta ishlatib, bitta ONUga ulangan. Buning natijasida quyi oqim ma'lumotlari tarmoqdagi barcha ONUlarga yuboriladi, optik daraxt topologiyasiga ulangan ONUlar soni 64 tagacha cheklangan edi. Ushbu yondashuvdan foydalanib, tizimning quvvat xarajatlari (provayder tomonida) cheklanishi mumkin. APON tizimining odatiy masofasi taxminan 10 km edi.

*Umumiy mediaga kirish usullari*

APON standarti uchun tegishli kirish usulini loyihalash dastlabki muammo edi, chunki umumiy mavjud uzatish quvvati barcha faol ONU birliklari o'rtasida teng taqsimlanishi kerak edi. Bundan tashqari, kirish usuli mavjud ATM texnologiyasining transport profillarini hech qanday tarzda buzmasligi kerak. Umuman olganda, PON tuzilishi markazlashtirilgan. Ushbu tuzilmaning asosiy elementi OLT bloki bo'lib, u mavjud o'tkazish qobiliyatini taqsimlashni nazorat qiladi. 1987 yilda TDMA yondashuvini qo'llaydigan tizim ustida tadqiqotlar allaqachon boshlangan edi. Tadqiqot British Telecom kompaniyasi tomonidan boshlangan va BT Laboratoriyasida o'tkazilgan. Ushbu tadqiqot PON orqali telefoniya deb nomlanuvchi tizim — PON orqali telefoniya (T-PON) — PON telefoniya xizmatlarini taklif qilgan tizimda o'tkazildi. TDMA usuliga asoslangan birinchi tizim 1989 yilda real vaqt rejimida qurilgan va sinovdan o'tkazilgan. Ushbu maxsus kirish usuli istiqbolli ATM texnologiyasi bilan birgalikda muvaffaqiyatli ekanligini isbotladi. Pastki oqim yo'nalishida (OLT/ONU) TDM, teskari (yuqori oqim) yo'nalishida (ONU/OLT) TDMA ishlatiladi. Yuqori oqimda uzatish holatida, bankomat quvvat diapazoni va soatni sinxronlashtirish uchun ishlatiladigan yacheykalarga qo'shiladi. Yakuniy tarmoq birliklarining ATM yacheykalari passiv optik markazning chiqishida yuqori oqim yo'nalishi bo'yicha olingan ma'lumotlar oqimiga birlashtiriladi. Ikki yacheyka o'rtasida to'qnashuv sodir bo'lishi mumkin. Yuqori oqim yo'nalishida turli manbalar orqali uzatiladi. Shuning uchun TDMA multipleksi qo'llaniladi. Pastki oqim yo'nalishida hech qanday to'qnashuvlar sodir bo'lmaydi. APON da aloqa pastki oqim yo'nalishida yuborilgan kadrlar uchun (a) 155 Mb/s asosiy uzatish tezligi jami 56 ta ATM yacheykalarini o'z ichiga oladi (har bir yacheykaning o'lchami 53 bayt); va (b) 622 Mb/s uchun ramka jami o'z ichiga oladi 224 ta ATM yacheykalarini. Ikki yacheyka doimo zahirada saqlanadi: jismoniy qatlamning ishlashi va boshqaruv va texnik xizmat ko'rsatish (PLOAM) xabarlari. Birinchi xabar ramkaning boshida joylashgan va ikkinchi xabar ramkaning o'rtasida joylashgan. Ramkadagi qolgan xabarlar foydalanuvchi ma'lumotlarini uzatuvchi ATM yacheykalaridir. Pastki oqim yo'nalishida PLOAM xabarlari grantlarni yetkazib berish uchun ishlatiladi. Ushbu grantlar OLT birligi tomonidan barcha ulangan ONU larga doimiy ravishda uzatiladi. Grantlar individual ONUlar uchun foydalanuvchi ma'lumotlarini ATM yacheykalariga o'tkazish uchun ruxsatnoma bo'lib xizmat qiladi, bu esa ONU birliklariga tarmoqli kengligi tayinlanishiga ta'sir qilishi mumkin.

Yuqori oqim yo'nalishida freymlarning uzatilishi ATM yacheykalari klasteridir va har bir yacheyka qabul qiluvchida (PLOAM xabarlari va ATM yacheykalari) yacheykalarni ajratish va sinxronlashni osonlashtiradigan 3B sarlavhasini o'z ichiga oladi. OLT qurilmasida ushbu qabul qiluvchilar bo'lishi kerak. Bundan tashqari, OLT bloki OLT dan turli masofalarda joylashgan ONUlar bilan sinxronlasha olishi muhim. Yuqori oqim yo'nalishida PLOAM xabarlari ONUlar tomonidan OLT uchun navbat o'lchami ma'lumotlarini uzatish uchun ishlatiladi. OLT ushbu ma'lumotni kerakli tarmoqli kengligini ajratish uchun qo'llashi mumkin.

Markaziy va abonent tugunlari bilan o‘zaro bog’lanuvchi APON MAC protokoli. Abonent tuguni bilan markaziy tugunning o‘zaro boglanishi, ulanish o‘rnatish bilan boshlanadi. Shundan so‘ng ma'lumotlar almashinishi sodir bo‘ladi. Bularning barchasi APON MAC protokoliga muvofiq bajariladi. Ulashni o‘rnatish jarayonida quyidagilarni o’z ichiga oluvchi zanjirlash prosedurasi ishga tushadi: masofa bo‘yicha zanjirlash, quvvat bo‘yicha zanjirlash va sinxronizatsiya.

MAC protokoli APON ulanish tizimi uchun uchta masalani yechadi:

- teskari oqimdagi uzatishlarda kolliziyaning yo‘qotilishi;

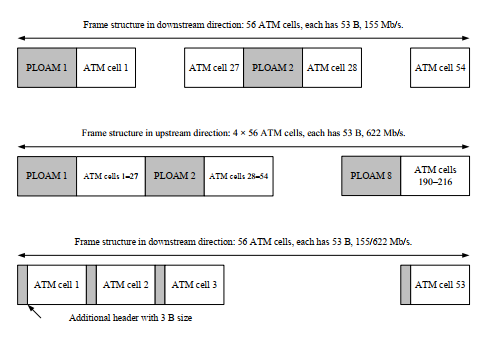
- teskari oqimda polosani aniq, samarali dinamik bo‘lishi;

- ilova transporta uchun eng yaxshi moslashtirishni saqlashi.

APON MAC protokoli so‘rov/ruxsat mexanizmiga asoslanadi.

Asosiy g’oyani ONT tomonidan talab qilingan polosa so‘rovlarini jo‘natish tashkil etadi. Yuklangan teskari oqim va qaysi xizmatlar ONT ga yoki boshqasiga o‘rnatilganligi haqida bilimlarga asoslanib, OLT bu so‘rovlarni qayta ishlash uchun qaror qabul qiladi.

APON ramkasining tuzilishi 4-rasmda ko'rsatilgan. Pastga yo'nalishda yuborilgan kadrlar uzatish tezligiga qarab o'zgaradi, yuqori oqim yo'nalishida yuborilgan kadrlar esa simmetrik va assimetrik variantlar uchun bir xil bo'lib qoladi.



4-rasm. Asinxron uzatish rejimi passiv optik tarmoq (APON) ramkalarining tuzilishi.

Dinamik tarmoqli kengligi taqsimoti Passiv optik tarmoqlarda markaziy nuqta (OLT) bilan nuqtadan ko'p nuqtaga ulanish, boshqa barcha so'nggi nuqtalardan ustun bo'lgan, mavjud. Bu struktura daraxt topologiyalariga xos bo'lgan ierarxik tuzilishdir. Klassik nuqtadan nuqtaga ulanishlar bilan ba'zi farqlar, masalan, ma'lum bir ulanish uchun statik tarmoqli kengligi ajratish kuzatiladi. Agar 155 Mb/s (birinchi avlod, simmetrik) uzatish tezligiga ega APON tizimi uchun statik tarmoqli kengligi taqsimoti ishlatilsa, 32 ta oxirgi foydalanuvchining har biri ikkala uzatishda ham 4,8 Mb/s uzatish tezligi bilan ta’minlangan bular edi. Dinamik tarmoqli kengligi taqsimoti (DBA) barcha ulangan oxirgi foydalanuvchilar buni qilmaydigan g'oyaga asoslanadi. Ma'lum bir vaqtda to'liq tarmoqli kengligi kerak. Ushbu mexanizmni amalga oshirish muammo emas. APON tarmog'i, chunki uzatish tezligi nisbatan yuqori va kechikishga asoslangan muammolar minimallashtiriladi. 2001- yilda ITU DBA mexanizmini amalga oshiradigan G.983.4 Tavsiyani chiqardi (qarang).va tavsiyada mavjud bo'lmagan asl G.983.1 asosidagi tizimlar. DBA mexanizm uch xil strategiyaga ega:

1. Statussiz hisobot;

2. Holat hisobotining o'zi;

3. Gibrid hisobot SuperPON

Hisobot raqami 1 bo'lsa, OLT bloki orqali harakat nazorat qilinadi. Agar bog'langan navbatlarning bandligi oshsa, birlik ushbu hodisani tarmoqli kengligini oshirish talabi sifatida baholaydi. Ikkinchi holda, ONU o'z holati haqida OLTga xabar beradi. Agar ONU yuqori tarmoqli kengligi talab qilsa, u so'rovni OLT ga yuboradi. Gibrid hisobot oldingi ikkita turning kombinatsiyasini o'z ichiga oladi.

APON tizimini joriy qilish

ATM-ga asoslangan turli xil passiv optik tarmoqlar sinovdan o'tkazildi:

• 1990 yil: Britaniya Telecom (APON);

• 1993 yil: Fransiya Telecom (SAMPAN);

• 1993 yil: Nippon telegraf va telefon;

• 1993 yil: Siemens;

• 1994 yil: Yevropa Komissiyasi (Keng polosali ulanish vositalari loyihasi).

Savdoda mavjud bo'lgan birinchi APON tizimi Alcatel tomonidan ishlab chiqilgan. Tizim quyidagi joylarda sinovdan o'tkazildi:

• 1994 yil: Bermud orollari, 100 ta bog'langan tashkilot;

• 1995 yil: Buyuk Britaniya, 2500 xonadon qo'shildi;

• 1996 yil: Belgiya, 50 ta bog'langan tashkilot;

• 1996 yil: Frantsiya, 100 ta bog'langan tashkilot.

Birinchi sinov paytida, 1994 yilda tizim oxirgi foydalanuvchilarga oddiy eski telefon xizmati (POTS) va talab bo'yicha video (VoD) bilan ta'minladi. Ushbu xizmatlar 100 ta sub'ektga (87 ta uy xo'jaligiga) ko'rsatildi va 13 ta kompaniya). Individual ishtirokchilar ATM abonent birligi (ASM) tomonidan tugatilgan passiv optik tarmoq orqali ulandi. Ushbu so'nggi birliklarning ulanishi amalga oshirildi.

FTTB yoki FTTH arxitekturasi tomonidan. Barcha foydalanuvchilar binoda bitta ASUni ulashdilar. APON tizimining eng katta sinovi Buyuk Britaniyada o'tkazildi. Jami 2500 ta oxirgi foydalanuvchi multimedia xizmatlaridan foydalangan holda ulandi. Ishtirokchilar mavjud metall liniyalardan foydalangan holda ADSL tarmog'i orqali ulandi. Optik kabellar va APON texnologiyalari yordamida jami 500 ta ONU ulangan. Ikki shahar - Kolchester va Ipsvich - bir-biriga bog'langan; ulanish uchun bir nechta keng polosali kalitlar ishlatilgan. Ushbu kalitlar SDH texnologiyasidan foydalangan holda 2,4 Gb/s uzatish tezligi bilan aylanaga ulangan. APON standartini ishlab chiqish vaqtida yangi PON texnologiyasi bo'yicha tadqiqotlar allaqachon boshlangan edi. Tadqiqot kirish tarmoqlarining o'lchami degan taxminga asoslandi oshirishda davom etardi. AC50 fotonik mahalliy kirish tarmog'i (PLANET) deb nomlangan ilg'or aloqa texnologiyalari va xizmatlari (ACTS) tadqiqot loyihasi yuqori markaz nisbati bo'lgan yirik tarmoqlar uchun yangi PON texnologiyasini ishlab chiqishga qaratilgan. 1997 yil mart oyida optik uzatish laboratoriya sinovi o'tkazildi: yuqori tarqatish nisbati bo'lgan katta tarmoq. 1998 yilda Bryusselda SuperPON tarmog'ida multimedia uzatish sinovi o'tkazildi.

SuperPON juda ambitsiyali parametrlarga (gipotezalarga) ega edi: maksimal 100 km masofa hisobga olindi va umumiy ierarxik (markaz) nisbati 2048 ga o'rnatildi. Ikkita uzatish tezligi qo'llab-quvvatlandi: 2,4 Gb/s (pastga yo‘nalish) va 311 Mb/s (yuqori oqim yo‘nalishi). O'tkazish qobiliyati taxmin qilingan 15 000 oxirgi foydalanuvchi uchun etarli bo'lishi. Shkafga/chegaraga (FTTC) yoki FTTB arxitekturasiga tola uchun ko'proq foydalanuvchilarni ulash mumkin bo'ladi.

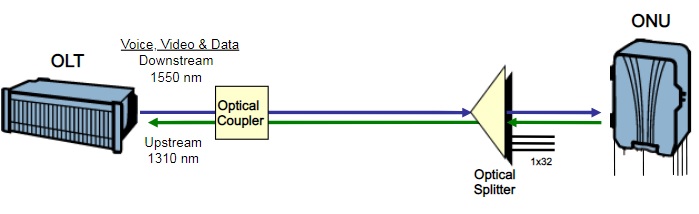
SuperPON texnologiyasi ATM yacheyka o'tkazishga asoslangan bo'lishi kerak. Biroq, optik kuchaytirgichlar kerak. Erbiy qo'shilgan tolali kuchaytirgich (EDFA) quyi oqim yo'nalishi uchun ishlatilishi kerakligi taklif qilindi. Yuqori oqim yo'nalishida yarimo'tkazgichli optik kuchaytirgich (SOA)Electronics 2020, 9, 1081 9/31 dan foydalanish kerak. SOA kuchaytirgichidan foydalanishning sababi shovqin darajasini pasaytirish uchun tezkor almashtirish zarurati edi.

APON yoki ATM-PON asinxron uzatish rejimiga asoslangan passiv optik tarmoqning qisqartmasi. Bu birinchi PON standarti edi. Ushbu texnologiya multimediali ko'p tezlikli multiplekslash texnologiyalari va ATM texnologiyasidan foydalanadi. APON ITU-T G.983.1 standartiga asoslangan.

ITU-T G.983 standarti quyidagilarni belgilaydi:

* quyi va yuqori oqimdagi tezlik,
* ma'lumotlar, ovoz va video boshqaruv funktsiyalari,
* xavfsizlik xususiyatlari.
* DBA (Dinamik tarmoqli kengligi ajratish) va boshqalar.

Keyingi rasmda biz ATM PON arxitekturasini ko'rishimiz mumkin.



5-rasm. ATM PON arxitekturasini

APON OLT (Optik liniya terminali), ODN (Optik tarqatish tarmog'i) va ONU (Optik tarmoq birligi) dan iborat. OLT va ONU o'rtasidagi maksimal masofa 20 km va maksimal PON bo'linishi 32 ni tashkil qiladi.

APON uch tomonlama xizmatlarni (ma'lumotlar, ovoz va video) qo'llab-quvvatlaydi. Barcha xizmatlar uchun ATM yacheykalari ishlatilgan. Pastki oqim uchun bitta tolali tizim barcha xizmatlar uchun 1550 nm, ma'lumot va ovoz uchun yuqori oqim uchun 1310 nm ishlatgan. Agar tizim ikkita toladan foydalansa, bitta tola quyi oqim uchun, ikkinchisi esa yuqori oqim uchun edi. Bunday vaziyatda to'lqin uzunligi barcha xizmatlar uchun 1310 nm edi. Maksimal quyi oqim tezligi 155 Mbit/s yoki 622 Mbit/s, yuqori oqim uchun esa 155 Mbit/s edi. Ma'lumotlar paketining yacheyka hajmi 53 bayt.

1990 yillarning oxirida XEI (Xalqaro elektr aloqa ittifoqi) birinchi marta asinxron uzatish rejimidan (ATM) foydalangan holda paketli aloqa uchun APONni taklif qildi. APON ATMning markazlashtirilgan va statistik multipleksatsiyasidan foydalanadi, bu passiv ajratgichlarning optik tolali va optik liniya terminallariga almashish ta'siri bilan birgalikda, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan an'anaviy PDH / SDH kirish tizimlariga qaraganda 20-40% arzonroq qiladi.

To'g'ridan-to'g'ri oqim:

Optik signal darajasida to'g'ridan-to'g'ri oqim efirga uzatiladi. Har bir ONT abonent tuguni manzil maydonlarini o'qib, ushbu umumiy oqimdan faqat o'zi uchun mo'ljallangan ma'lumotlarning bir qismini tanlaydi. Aslida, biz taqsimlangan demultipleksator bilan ishlaymiz.

Teskari oqim: Barcha ONT abonent tugunlari vaqtga bo'linish ko'p kirish (TDMA) kontseptsiyasidan foydalangan holda bir xil to'lqin uzunligida yuqori oqimni uzatadi. Turli ONT lardan signallarni kesib o'tish imkoniyatini istisno qilish uchun ularning har biri ushbu ONTni OLT dan olib tashlash bilan bog'liq kechikishlarni tuzatishni hisobga olgan holda ma'lumotlarni uzatish uchun o'z shaxsiy jadvaliga ega. Bu vazifa TDMA protokoli bilan hal qilinadi.

Keyingi jadval bizga ATM PON texnologiyasining asosiy xususiyatlarini ko'rsatadi

1-jadval

|  |  |
| --- | --- |
| Standart | ITU-T G.983.1 |
| Ma'lumotlar paketining yacheyka hajmi | 53 bayt |
| Maksimal tezligi | 155 Mbit/s yoki 622 Mbit/s quyi oqim  155 Mbit/s yuqori oqim |
| Ma’lumot, ovoz, video | ATM |
| Bo'linish nisbati | 16 yoki 32 |
| Maksimal masofasi | 20 km |
| Tola turi | G.652 |
| Quvvat | Class B: 10-25 dB  Class C: 15-30 dB |
| Uzatish | Bir tolali (US 1310 nm va DS 1550 nm) yoki ikki tolali (US 1310 nm va DS 1310 nm) |

ATM PON uch tomonlama xizmatlarni, qurilmalarning arzonligini va tarmoqni saqlashning arzonligini taklif qildi. Ammo APON keng tarqalmagan. Ushbu texnologiyaning asosiy kamchiligi foydalanuvchilar uchun past tarmoqli kengligi edi.

1. **BPON standartining tarixiy rivojlanishi**

BPON standarti avvalgisiga nisbatan bir qancha yaxshilanishlarga imkon berdi. Trafikni sinflarga bo'lish ovozli xizmatlar, xususan, klassik telefoniya xizmatlari va Internet protokoli (VoIP) orqali kengaytirildi. Pastki oqim yo'nalishi uchun to'lqin uzunliklari spektri ikkita diapazonga bo'lingan. Birinchi diapazon mavjud BPON protokollari uchun ishlatilgan, ikkinchi diapazon esa video xizmatlarini uzatish uchun ajratilgan. BPON standarti bilan uzatish uchun bir yoki ikkita optik tolalardan foydalanish mumkin. Bitta tola bo'lsa, to'lqin uzunligi 1310 nm va 1550 nm mos ravishda quyi oqim va yuqori oqim yo'nalishi uchun ishlatilgan. Ikkita optik tola (birinchi tola quyi oqim yo'nalishi uchun, ikkinchi tola yuqori oqim yo'nalishi uchun) ishlatilganda 1310 nm to'lqin uzunligi ishlatilgan. ITU WDM uchun 1500 dan 1550 nm gacha bo'lgan to'lqin uzunliklarining yangi diapazonini ajratdi. 1550 nm to'lqin uzunligi video signal uzatish uchun ishlatilgan. To'lqin uzunlikdagi multipleks uchun, bitta optik tolani uzatish uchun ishlatiladigan to'lqin uzunliklari o'zgartirildi. Pastki oqim yo'nalishi uchun 1310 nm to'lqin uzunligi tanlangan. Yuqori oqim yo'nalishi uchun to'lqin uzunligi 1490 nm ishlatilgan. DBA G.983.4 da standartlashtirildi va yuqori oqim yo'nalishida uzatish imkoniyatlarini oshirishga imkon berdi. BPON tarmog'ining bosqichma-bosqich o'rnatilishi o'zining eng yuqori cho'qqisiga chiqdi. Yangi ming yillik bilan raqamli video sohasi rivojlanmoqda. BPON standartining mumkin bo'lgan eng yuqori tezligi (622 Mb/s) yuqori aniqlikdagi raqamli signalni uzatish uchun, ayniqsa, bu tezlik 32 ta oxirgi foydalanuvchi o'rtasida bo'linganda yetarli bo'lmaydi. Passiv optik tarmoqlarni rivojlantirishga e'tibor qaratildi. Yuqori uzatish tezligini va bir nechta so'nggi nuqtalarni ulash imkoniyatini ta'minlaydigan yangi standartlar.

Effenberger, X. Ichibangase va X. Yamashita keng polosali passiv optik tarmoq texnologiyalaridagi yutuqlarni taqdim etdilar. Yangi texnologik yutuqlar ITU-T da tavsiflangan asosiy keng polosali passiv optik tarmoq (B-PON) imkoniyatlarini kengaytiradi. Ular, shuningdek, omon qoladigan tarmoq, dinamik tarmoqli kengligi bo'linishi va to'lqin uzunligi bo'linishi multipleksatsiyasi kabi yangi uchta texnologiyani tasvirlaydi. Ushbu yangi texnologiyalarning keng polosali passiv optik tarmoq yechimlari oilasiga qo'shilishi ularning ishonchliligi, samaradorligi va imkoniyatlarini oshirish orqali ularning foydaliligini oshirishga olib keladi.

Chen va boshqalar. TCG (Tunable comb generator) yordamida tekis optik taroqning qayta konfiguratsiya qilinadigan va kengaytiriladigan avlodi eksperimental tarzda tekshirildi va nazariy tahlil qilindi. Yassi optik taroqning kengaytiriladigan va qayta sozlanishi mumkin bo'lgan avlodi uchun sozlanishi taroqli generator ikkita bir xil intensivlik modulyatorlari yordamida bir fazali modulyator bilan kaskadlangan. Yassi optik taroq hosil qilish uchun optimallashtirilgan holatni aniqlash uchun TCG yordamida nazariy tahlil amalga oshiriladi va optimallashtirilgan sharoitlarda optik tarmoqning miqyosi ham tahlil qilinadi. Uning natijasida tajriba olingan optik taroqning masshtabliligi va tekisligining nazariy bashoratini isbotlaydi. Ular, shuningdek, tajribani tekshirishda olingan optik taroqning barqarorligi va qayta konfiguratsiyasini tasvirlab berdilar. Yassi taroqning WDM-RoF va gibrid WDM-OFDMA-PON tizimi uchun WDM optik manbai sifatida maqsadga muvofiqligi amalga oshirilgan tajribalar namoyishlarida muvaffaqiyatli isbotlangan. 17 ta WDM kanali uchun o'rtacha Rx sezgirligi 25 km SSMF dan keyin WDM-RoF tizimidagi 10-9 da 18,5 dBm. Natijada, gibrid WDM OFDMA-PON tizimida simsiz va simli ulanish uchun taxminan 1,3 MB quvvat jarimasi kuzatildi.

*BPON tizimini o'rnatish*

BPON sinovi 1999 yilda Amerikaning BellSouth kompaniyasi tomonidan o'tkazilgan. Hammasi bo'lib, Atlanta chekkasidagi 400 ta sub'ekt ulangan. Ushbu testda oxirgi foydalanuvchilarga uch o'yin xizmatlari taqdim etildi; VoD alohida optik kabel orqali tarqatildi; va qabul qilish optik tarmoqni tugatish (ONT) video bloki orqali amalga oshirildi. Yuqori tezlikdagi Internet va telefon xizmatlari uchun boshqa ONT bloki ishlatilgan. O'rnatilgan BPON tizimi 1490nm Electronics 2020, 9, 1081 10/31 (pastga yo'nalish), 1310 nm (yuqori oqim yo'nalishi) va 1550 nm (video signallari) to'lqin uzunliklarida ishladi. Pastki oqim yo'nalishida 622 Mb/s tezlikda va yuqori oqimda 155 Mb/s tezlikda assimetrik variant. Yunalishi ishga tushirildi. 2002 yilda Yaponiyada BPON standartiga asoslangan tarmoqlar qurildi. 2004 yilda Verizon ko'proq qo'shildi. BPON bilan milliondan ortiq uy xo'jaliklari. 2001 yil davomida Elektr va elektronika muhandislari instituti (IEEE) standart passiv optik tarmoqlarning yangi EPON-ni ishlab chiqdi, bu Ethernet kalitlarini sotib olish xarajatlari bilan solishtirganda nisbatan yuqori bo'lgan ATM kalitlarini sotib olish xarajatlari tufayli kuchli raqobatni yaratdi. Xuddi shu holat tarmoq kartalari va boshqa komponentlar uchun ham amal qiladi. EPON standarti Osiyoda, ayniqsa Xitoy, Koreya va Yaponiyada keng tarqalgan. 2005 yilda EPON standarti Yaponiyada dominant PON texnologiyasiga aylandi.

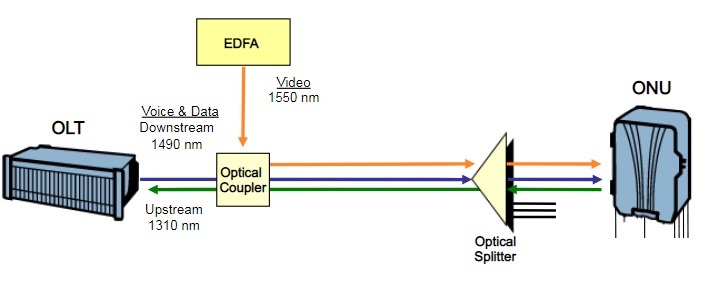
BPON, keng polosali passiv optik tarmoq va GPON yuqoridagi jihatlarga o'xshash. Ikkalasi ham optik tolalardan foydalanadi va 16 dan 32 gacha foydalanuvchilarga xizmat ko'rsatishi mumkin. BPON spetsifikatsiyalari ITU-T G983.1 ga, GPON esa ITU-T G984.1 ga mos keladi. PON ilovalari joriy etila boshlaganida, BPON eng ommabop edi.

BPON - keng polosali passiv optik tarmoqning qisqartmasi. Bu ikkinchi PON standarti edi. Ushbu texnologiya bankomatdan signalizatsiya va uzatish protokoli sifatida foydalanadi. BPON texnologiyasi ITU-T G.983 standartiga asoslangan.

ITU-T G.983 standarti quyidagilarni belgilaydi:

* quyi va yuqori oqimdagi tezlik,
* ma'lumotlar, ovoz va video boshqaruv funktsiyalari,
* video uchun to'lqin uzunligi qo'shish,
* xavfsizlik xususiyatlari va
* DBA (Dinamik tarmoqli kengligi ajratish).

Keyingi rasmda biz BPON arxitekturasini ko'rishimiz mumkin.



6-rasm. BPON arxitekturasi

BPON OLT (Optik liniya terminali), ODN (Optik tarqatish tarmog'i) va ONU (Optik tarmoq birligi) dan iborat. OLT va ONU o'rtasidagi maksimal masofa 20 km va maksimal PON bo'linishi 32 ni tashkil qiladi.

BPON ATM signallari 155, 622 va 1244 Mbit/s tezlikda ishlaydi. Ma'lumot va ovoz uchun signallar quyi oqim uchun 1490 nm va yuqori oqim uchun 1310 nm. Ma'lumotlar paketining hujayra hajmi 53 bayt. Pastki oqim uchun maksimal tezlik 1,2 Gbit/s va yuqori oqim uchun maksimal tezlik 622 Mbit / s

Video signal analog modulyatsiyalangan signal bo'lib, tizimning ushbu segmenti uchun alohida jihozlar mavjud. Qurilmalar optik uzatuvchi 1550nm va optik kuchaytirgich - EDFA (batafsil ma'lumot uchun siz mening EDFA maqolamni ko'rishingiz mumkin). Video uchun har qanday modulyatsiya texnologiyasidan foydalanishimiz mumkin: QPSK, 64QAM, 256QAM va boshqalar.

*Ma'lumotlar va ovozli trafik*

Markaziy ofisda joylashgan optik liniya terminali foydalanuvchilar va o'rtasidagi to'liq interfeys uchun javobgardir almashinuvni tashuvchi tarmog'i. Ma'lumot barcha ONT larga TDM (Time Division Multiplexing) strukturasidan foydalangan holda ATM hujayralari shaklida optik liniya terminali orqali uzatiladi. OLT tomonidan ONUlarga uzatiladigan ma'lumotlar tashuvchi tarmog'idan olingan ma'lumotlar yoki ovoz shaklida bo'ladi. 155.52, 622.08 va 1244.16 Mb/s ni oʻz ichiga olgan BPON tarmoqlarining quyi oqim yoʻnalishida jami uchta variant mavjud.

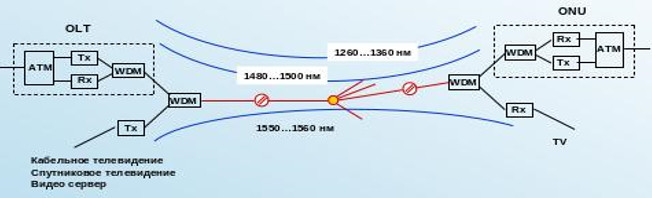
Keyingi jadval bizga BPON texnologiyasining asosiy xususiyatlarini ko'rsatadi.

2-jadval

|  |  |
| --- | --- |
| Standart | ITU-T G.983 |
| Ma'lumotlar paketining yacheyka hajmi | 53 bayt |
| Maksimal tezligi | 1.2 Gbit/s quyi oqim  622 Mbit/s yuqori oqim |
| Trafik rejimlari | ATM |
| Ovoz | ATM |
| Video | 1550 nm |
| Bo'linish nisbati | 16 yoki 32 |
| Maksimal masofasi | 10-20 km |
| Tola turi | G.652 |
| Quvvat | Class A: 5-20 dB  Class B: 10-25 dB  Class C: 15-30 dB |
| Uzatish | Bir tolali |

BPON yuqori tezlikdagi va uch tomonlama xizmatlarni (ma'lumotlar, ovoz va video) taklif qildi. Ammo BPON keng tarqalmagan. Eng katta afzalliklardan biri tarmoqni saqlashning arzonligi edi. Shundan so'ng, BPON moslashuvchan va kengaytiriladigan trafik boshqaruviga ega edi.

Keng polosali PON (BPON) ITU tomonidan belgilangan PONlarning ikkinchi standarti bo'lib, G.983.3 Tavsiyada belgilangan. 2001 yilda ushbu tavsiyaning ma'qullanishi sabab bo'ldi to'lqin uzunligi bo'linishi multipleksini (WDM) amalga oshirish va bir nechta mavjud optik uzatish yo'llaridan foydalanishga hissa qo'shdi. BPON standarti avvalgi APON standartiga asoslangan va uzatish uchun bir xil uzatish tezligini qo'llaydi. Yangi standartning asosiy afzalligi WDM ni passiv optik tarmoqlarga joriy etish edi. To'lqin uzunligi multipleksining printsipi optik tolada uzatish uchun turli to'lqin uzunliklaridan foydalanishdir. Turli xil optik signal manbalari turli to'lqin uzunliklarida tarqaladi. Ushbu yechimning afzalligi - bir nechta kanallarni bitta optik tolaga ulash imkoniyati; aks holda, bu kanallar alohida uzatilishi kerak edi. WDM gibrid multipleks bo'lib, u optik tolaning uzatish imkoniyatlaridan foydalanish nuqtai nazaridan juda istiqbolli. WDM texnologiyasi eng ko'p chastotali bo'linish multipleksatsiyasiga (FDM) o'xshaydi. FDM uchun uzatishlar turli chastotalarda sodir bo'ladi. WDM uchun uzatishlar turli to'lqin uzunliklarida sodir bo'ladi. Optik yo'lning boshida bir nechta transmitterlarning signallari bitta optik tolaga birlashtirilishi kerak. Buning uchun multipleksor/demultipleksator juftligi qo'llaniladi.



7-rasm. Televizion signallarni uzatish xizmatlarini ko'rsatadigan BPON.

BPON tarmog'idagi ma'lumotlar havolasi qatlami (OSI modelining 2-qatlami) uzatish konvergentsiyasi qatlami deb ataladi, keyinchalik u ikkita kichik darajaga bo'linadi. Transport konvergentsiyasi qatlami nafaqat ATM protokoli vazifalarini, balki harakatni boshqarish vazifalarini ham bajaradi. Masalan, paketlarni jo'natish uchun ONU uskunasiga ruxsatnomalar (grantlar deb ataladi) beradi. ONU faqat belgilangan vaqt oralig'ida paketlarni yuborishi mumkin. PON tarmog'i quyidagi muhim xususiyatga ega: quyi oqim yo'nalishida u nuqtadan ko'p nuqtaga, yuqori oqim yo'nalishida esa nuqtadan nuqtaga topologiyaga ega. Nuqtadan nuqtaga harakat qat'iy nazoratni talab qiladi.

**Xulosa.**

Passiv optik tarmoqlar (PON) muhim ahamiyatga egametro tarmoqlarida muvaffaqiyatli qo'llanilishini hisobga olgan holda, bugungi kunda ham sanoat, ham akademik doiralar uchun tadqiqotga qiziqish.Tadqiqot passiv optik tarmoqlarning kirish segmenti unumdorligini oshirishga qaratilgan. Har qanday aloqa tarmoqlarining asosiy maqsadlaridan biri uzoqda joylashgan oxirgi foydalanuvchilarga erishishdir. BPON (Broadband Passive Optical Networks) oxirgi foydalanuvchilarga yetib borish qobiliyati uchun ham yuqori, ham quyi oqimda baholangan. BPON tarmoqlarini baholashda tola uzunligi, foydalanuvchilar soni, ma'lumotlar tezligi, to'lqin uzunligi, kodlash texnikasi va Bit xato tezligi (BER) kabi turli parametrlar hisobga olinadi. Ushbu maqola BPON tarmoqlari haqida allaqachon olib borilgan tadqiqotlar haqida tushuncha beradi.

Hozirgi vaqtda passiv optik tarmoqlar to'liq qo'llab-quvvatlanadi tijoratda mavjud standartlar va texnologiyalar bo'yicha. Shunga qaramay, keng polosali xizmatlarda passiv optik tarmoqlarni mos ravishda moslashtirish uchun ba'zi nosozliklar mavjud. Ushbu maqola PON va BPON haqida ajoyib ma'lumot beradi. Adabiyotlarni ko'rib chiqish izlayotgan tadqiqotchilarga yordam berish imkoniyatiga ega passiv optik tarmoqlar yoki tegishli texnologiyalarni tekshirish. Tadqiqot sharhi haqida ma'lumot beradi PON evolyutsiyasi va paydo bo'lgan texnologiyalar qanchalik yaxshi ekanligi sana tezligi, bit xato tezligi va tarmoqli kengligidan foydalanish bo'yicha avvalgisidan ko'ra. Adabiyotlarni ko'rib chiqish bizga keng polosali passiv optik tarmoqlar haqida ko'proq ma'lumot olishga yordam beradi.

**Foydalanilgan adabiyotlar.**

1. S.F. Shavkat, U. Ibrohim va S. Nazir, “Monte-Karlo tahlili Keng polosali passiv optik tarmoqlar,” IDOSI, jild. 12: 1156-1164, 2011 yil.
2. S. Chi, C. H. Yeh va C. V. Chow, “Keng polosali ulanish texnologiyasi passiv optik tarmoq "Proc. SPIE, jild. 7234, 2009, doi: 10.1117/12.816599
3. F. Effenberger, X. Ichibangase va X. Yamashita, “Avanslar Keng polosali passiv optik tarmoq texnologiyalari "IEEE Communications jurnali, jild. 39, yo'q. 12, 118–124-betlar, 2001 yil.
4. C. Chen, C. Chjan, V. Chjan, V. Jin va K. Qiu, “Scalable va WDM asosidagi yangi avlod keng polosali optik kirish tarmoqlari uchun qayta konfiguratsiya qilinadigan tekis optik taroq avlodi, "Optika Aloqa, jild. 321, 16–22-betlar, 2014 yil
5. H. S. Abbos va M. A. Gregori, "Passiv optik tarmoqlarning keyingi avlodi: ko'rib chiqish", Tarmoq va kompyuter ilovalari jurnali, 2016 yil
6. N. Ghazisaidi, M. Scheutzow va M. Maier, “Omon qolish qobiliyati tahlili Keyingi avlod passiv optik tarmoqlari va tolali simsiz ulanish tarmoqlari, "IEEE Transactions on Reliability, jild. 60, yo'q. 2, 479-bet. 492, 2011 yil.
7. M. D. Andrade, M. Mayer, M. P. Makgarri va M. Reysleyn, "Passiv" optik tarmoq (PON) qo'llab-quvvatlanadigan tarmoq,” Optik kommutatsiya va Tarmoq, jild. 14, 1–10-betlar, 2014 yil.