

GPON TARMOG'I QURISH, TEXNIK SOZLASH VA INTEGRATSIYA ASOSLARI

Sultanov Tulkinjon Ibragimovich

*Muxammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchi doktoranti,
“O'zbektelekom” AK Samarqand filiali direktori,*

Jo'raqulov Abduxafiz Hasanovich

*Muxammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchi doktoranti,
“O'zbektelekom” AK Samarqand filiali 1-toifali muhandisi*

Anotatsiya: Ushbu maqolada Gigabit Passive Optical Network (GPON) tarmog'ini qurish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar va amaliy tajribalar muhokama qilinadi. GPON texnologiyasi yuqori tezlikda internet xizmatlarini taqdim etishda keng qo'llaniladigan optik tolali tarmoq yechimi hisoblanadi. Maqola GPON tarmog'ining arxitekturasini, asosiy komponentlarini (OLT, ONT/ONU, PON), va qurilish jarayonini batafsil ko'rib chiqadi. Tarmoqni loyihalash, komponentlarni tanlash, ulash va sozlash jarayonlari muhokama qilinadi. Shuningdek, maqolada GPON tarmoqlarining amaliy qo'llanilishi, yuzaga keladigan muammolar va ularning yechimlari tahlil qilinadi. GPON tarmog'ining afzalliklari va kamchiliklari ko'rsatilgan bo'lib, kelajakdagi texnologik trendlar va integratsiya imkoniyatlari haqida xulosalar beriladi. Maqola GPON tarmoqlarini qurish va rivojlantirishga qiziquvchilar uchun muhim ma'lumotlar taqdim etadi va sohada yanada chuqurroq tahlil va tadqiqotlarga yo'naltiruvchi tavsiyalarni o'z ichiga oladi.

Kalit so'zlar: Gigabit Passive Optical Network, tarmoq, internet, optik tola, kabel, tarmoq topologiyasi, reflektometr, mufti, drop-kabel.

GPON (Gigabit Passive Optical Network) – bu yuqori tezlikda internet xizmatlarini taqdim etuvchi optik tolali tarmoq texnologiyasidir. U, asosan, turli xil xizmatlarni (internet, telefon, televideniye) bitta optik tolada integratsiya qilish imkoniyatini beradi. GPON texnologiyasi, yuqori o'tkazish qobiliyati va past ishlash xarajatlari bilan ajralib turadi, bu esa uni keng ko'lamda qo'llashga imkon yaratadi. Foydalanish sharoitlariga qarab, bir nechta FTTx konfiguratsiyalari mavjud:

- FTTB — Fiber To The Building (binoga optik tolali kabelni olib kelish);
- FTTH — Fiber To The Home (optik tolali kabelni kvartiraga olib kelish).

FTTH texnologiyasini ko'rib chiqamiz. Ushbu texnologiya optik tolali kabelni to'g'ridan-to'g'ri mijozning kvartirasi yoki xususiy uyiga olib kelishni nazarda tutadi. Bunday tarmoqlarni tashkil etish uchun ikki variant mavjud: PON asosida va Ethernet asosida. Ikkinchi variant o'zining kamchiliklari tufayli keng tarqalmadi: tarmoqning

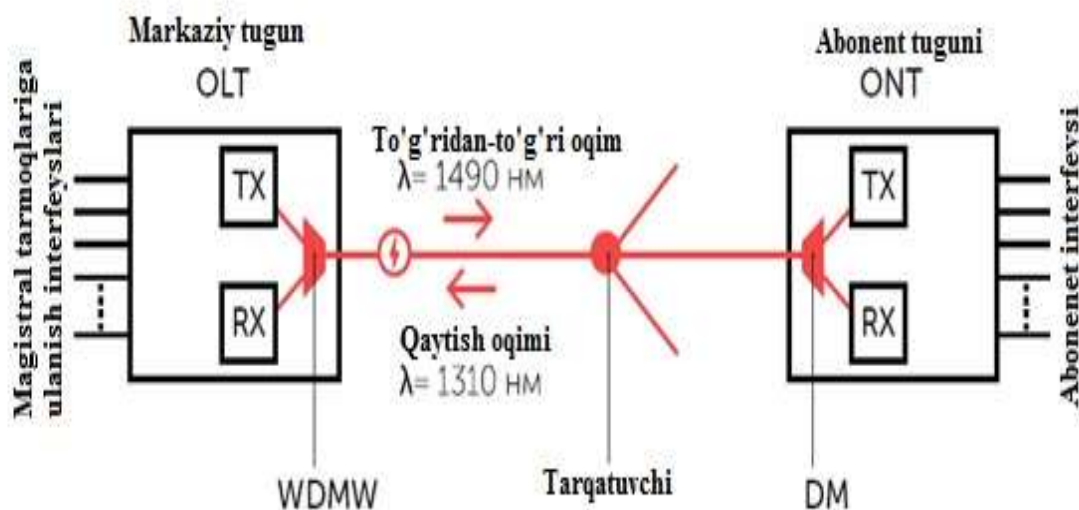
kengaytirish imkoniyati cheklangan va optik kabel sig'imining me'yoriy chegaralardan oshishi. FTTH/PON tarmoqlari keng tarqaldi va hozirgi kunda faol rivojlanmoqda.

xPON tarmoqlari

PON (inglizcha Passive Optical Network) — passiv optik tarmoq. Bu, qo'shimcha texnik xizmat yoki elektr ta'minoti talab qilmaydigan passiv optik bo'linuvchilar (splitterlar) bilan tarqatish tarmog'idir. Bunday tarmoq daraxt shaklidagi tuzilishga ega bo'lib, kelajakdagi yoki allaqachon ulashgan abonentlarga qarab ulanish nuqtalarini qo'shish imkoniyatiga ega.

Ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish uchun bitta optik kabel ishlatiladi (1-rasm). Markaziy tugun (Optical Line Terminal — OLT) dan abonent tugunlariga (Optical Network Terminal — ONT) to'g'ridan-to'g'ri oqim $\lambda=1490$ nm uzunlikdagi to'lqin uzunligi bo'yicha tarqaladi. ONT dan qaytgan oqim $\lambda=1310$ nm uzunlikdagi to'lqin uzunligi bo'yicha tarqaladi.

Bir OLT porti, ya'ni 1 magistral optik kabellarga, 128 tagacha abonent (ONT) ulanishi mumkin. Agar bitta yoki bir nechta ONT uzilsa, bu qolgan abonent tugunlarning ishlashiga ta'sir qilmaydi, chunki barcha ONT terminal bo'lib, bir-biridan mustaqil ishlaydi.



1-rasm. PON tarmog'ining arxitekturasi

APON, BPON va GPON

PON oilasining dastlabki standartlari (APON, BPON) uzatish tezligi 155–622 Mbit/s ni tashkil etdi. Ushbu texnologiyaning eng keng tarqalgan standarti ITU-T G.984.x yoki GPON — Gigabit PON bo'ldi. Tarmoq uzatish tezligi oshdi va quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'ldi: downstream — 2488,32 Mbit/s, upstream — 1244,16 Mbit/s. xPON standarti rivojlanishda davom etmoqda va hozirgi kunda — qarang, 2-rasm:

Standart	Nomi	DL	UL		Abonentlar	Yil
G.984	GPON	2.5 Gb/s	1.25 Gb/s		64-128	2003
IEEE 802.3ah	EPON	1-2.5 Gb/s	1-2.5 Gb/s		32-128	2004
IEEE 802.3av	10G-EPON	10 Gb/s	10 Gb/s		128	2009
G.987.x	XG-PON	10 Gb/s	2.5 Gb/s		128	2010
G.989.x	NG-PON2	40 (80) Gb/s	40 (80) Gb/s	WDM 4(8) λ	Nx128	2014
G.9807.1	XGS-PON	10 Gb/s	10 Gb/s		128	2016
IEEE 802.3ca	100G-EPON	>50 Gb/s	>50 Gb/s	WDM		2019
G.hsp	HS-PON	>50 Gb/s	>50 Gb/s	WDM		2020

2-

rasm. xPON tarmoqlari

FTB va PLC bo'linuvchilar (splitterlar)

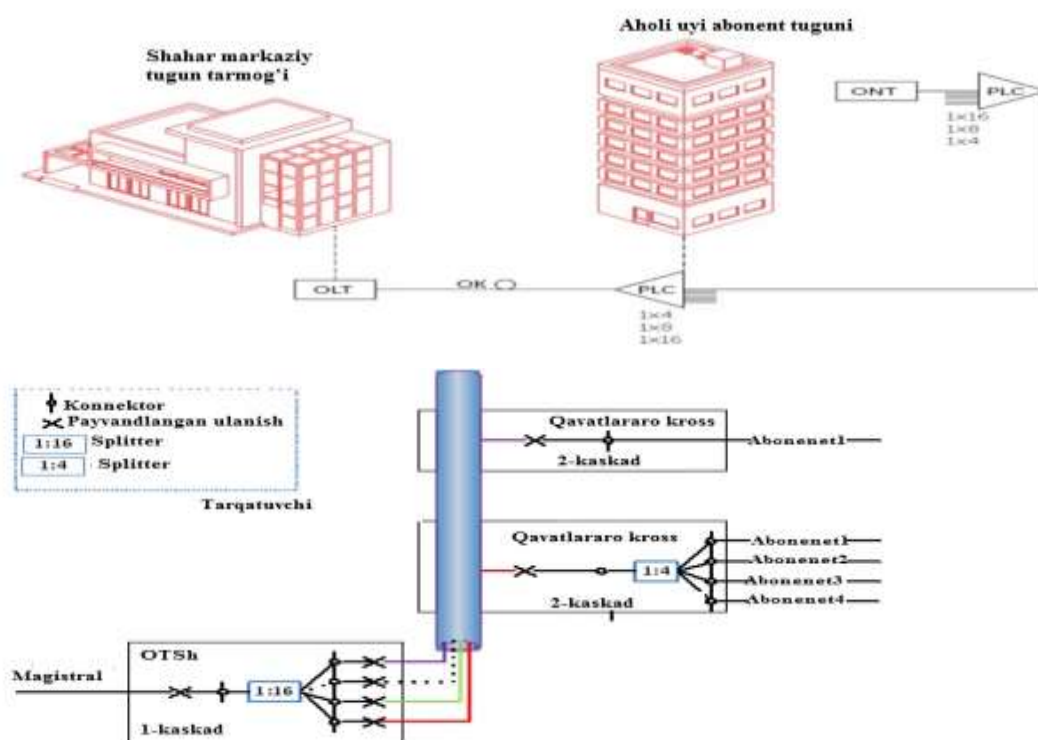
Bo'linuvchilar (inglizcha split — bo'lish) ikki asosiy turga bo'linadi: tekis (planar) va qo'shilgan.

PLC (Planar Lightwave Circuit) tipidagi bo'linuvchi — tekis (planar) to'lqin yo'li bo'linuvchisi. U yorug'lik nurlarini (modlarni) teng ravishda bo'lish/qo'shish uchun ishlatiladi. Maksimal bo'lish koeffitsiyenti 1:64.

FBT (Fused Biconical Taper) tipidagi bo'linuvchi — qo'shilgan bikonikal tarqatuvchi. U an'anaviy optik tolalarni payvandlash texnologiyasiga asoslangan. Bu bo'linuvchilarning tarqatish koeffitsiyentlari PLC bo'linuvchilardan farqli o'laroq sozlanishi mumkin. Bo'lish koeffitsiyenti — 1:2.

GPON tarmoqlarining topologiyasi

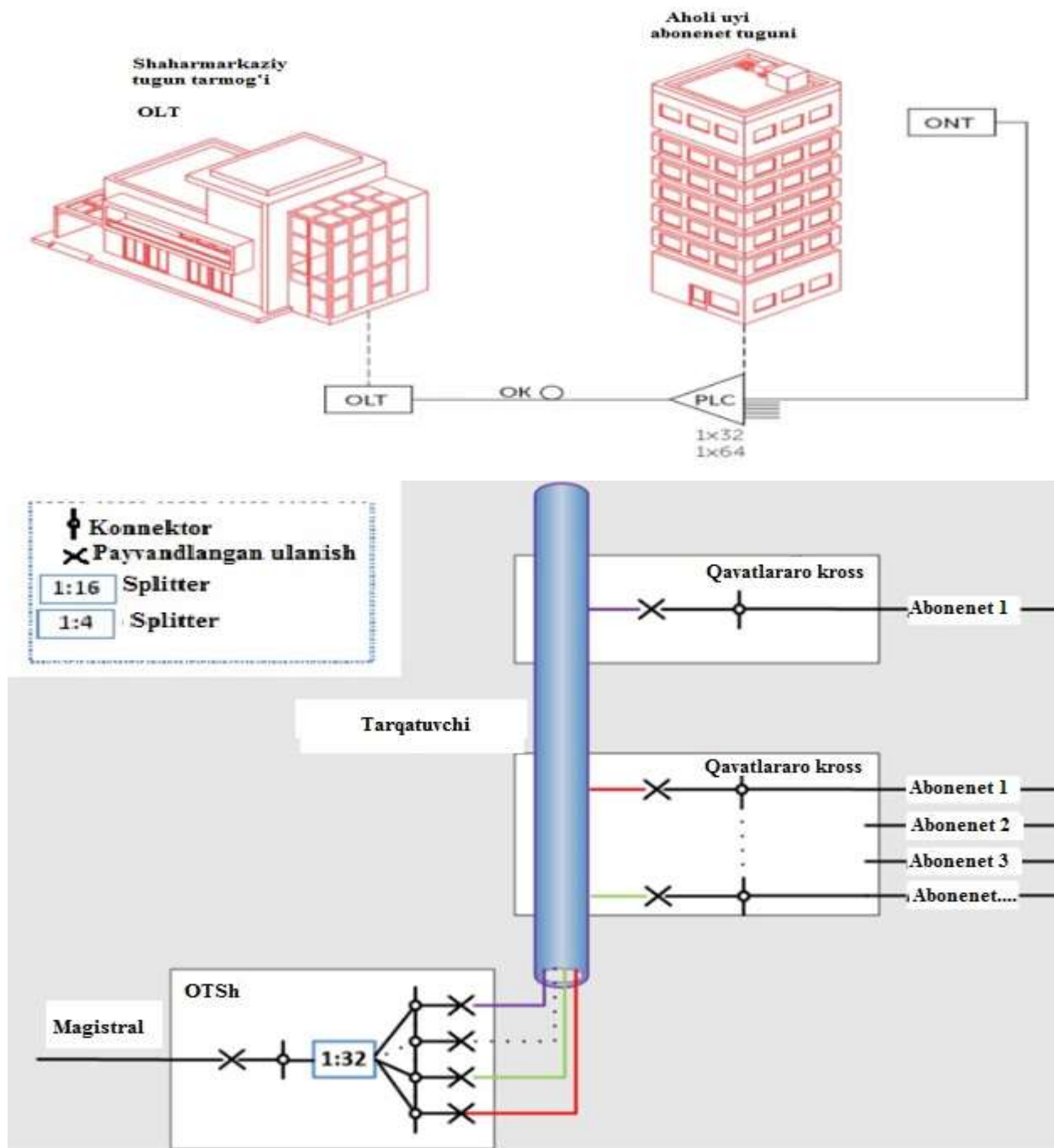
Tarmoq topologiyasi — bu uskunalarning bir-biriga nisbatan geometrik shakli va jismoniy joylashuvi. Bir nechta turli topologiyalar mavjud:



3-rasm. "Daraxt" topologiyasi

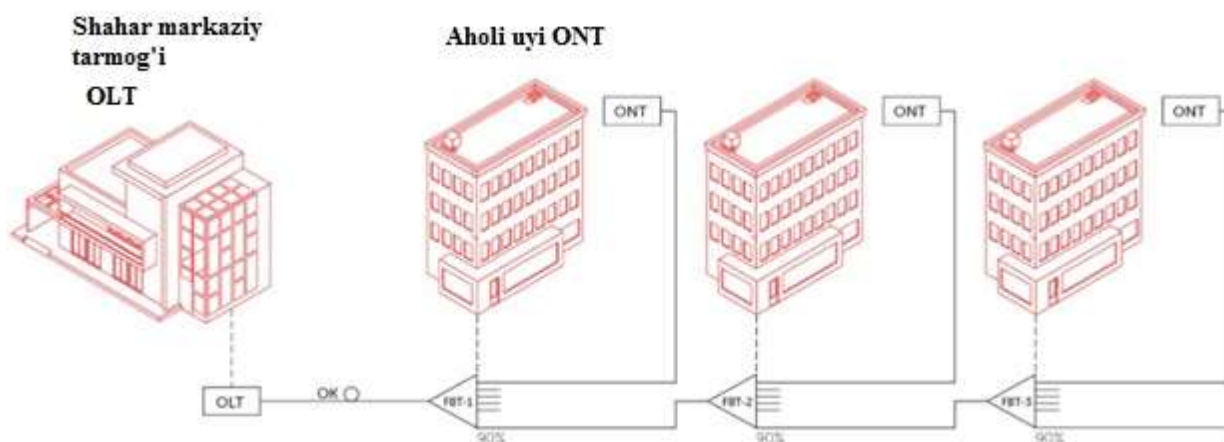
3-rasmda “Daraxt” topologiya turi ko'rsatilgan. OLTdan so'ng birinchi splitter o'rnatiladi, u kirishdan to'g'ridan-to'g'ri OLTga ulanadi, chiqishlari esa optik kabelga ulanadi, bu “daraxtning qattiq tanasi” hisoblanadi. Talabga qarab “qattiq tanasi” qisqartiriladi: undan bitta optik kabel bo'linadi va “shox” paydo bo'ladi. “Shox”ga ikkinchi splitter ulanishi va unga abonentlar ulanadi.

Keyingi topologiya “Yulduz” (4-rasm) – GPON tarmoqlarini qurishning klassikasi. “Daraxt”dan farqli o'laroq, birinchi splitterning chiqishlariga darhol abonentlar ulanadi.



4-rasm. “Yulduz” topologiyasi

“Yulduz” topologiyasining afzalliklari faqat bir vaqtning o'zida bir nechta provayderlarga infratuzilmaga kirishni ta'minlash zarur bo'lganda namoyon bo'ladi. Boshqa holatlarda “Daraxt” yoki “Shina” topologiyalarini qo'llash amaliyroqdir.



5-rasm. “Shina” topologiyasi

“Shina” topologiyasi bitta optik kabelda amalga oshiriladi, unda spikular bo'linuvchilar (FBT) qatoridan foydalaniladi, ular chiqish signallarining kuchlanish nisbatiga ega. Birinchi spliterning kirishi OLTga ulanadi, chiqishi esa kamroq yo'qolish bilan magistralga ulanishi mumkin, katta yo'qolishli chiqish esa abonentlarga ulanishi mumkin. Katta yo'qolishli spliterning chiqishiga PLC kirishini ulash imkoniyati mavjud, bu holda shina kombinatsiyalangan bo'ladi va turli PLC, FBT bo'linuvchilardan tashkil topadi. “Shina” topologiyasi asosan kichik qishloq provayderlari tarmoqlarida qo'llaniladi.

PON tarmoqlarining parametrlarini o'lchash

Tarmoq qurilish bosqichida o'lchovlar juda muhimdir. Agar markaziy tugundan (OLT) abonentga (ONT) juda past signal darajasi kelib tushsa, terminal xatoliklar bilan ishlaydi yoki umuman ishlamaydi. To'g'ri o'lchovlarni amalga oshirish uchun kerakli asboblari: optik reflektometr (OTDR) va optik nurlanish manbai va optik kuchlanish o'lchagichi. Barcha PON tarmog'i shartli ravishda ikki qismga bo'linadi.

Birinchi qism optik reflektometr bilan o'lchanadi, ikkinchi qism esa taqsimot shkafiga qaraganda abonent krossiga qadar optik nurlanish manbai va optik kuchlanish o'lchagichi bilan o'lchanadi. Bo'linish splitterlar va ikkinchi shartli qismdagi qisqa masofalar tufayli yuzaga keladi.

Ishlab turgan tarmoqda, uni ishlatish davomida nuqsonlarni aniqlashda optik reflektometr optik modul bilan, $\lambda=1625, 1650$ nm to'lqin uzunliklarida filtri bilan yaxshi yordam beradi. Bu optik kabeldagi uzilish joyini OLTdan oqimni to'xtatmasdan topish imkonini beradi. Bu holda o'lchovlar abonent tuguni (ONT) tomonidan amalga oshiriladi.

PON tarmoqlarini o'rnatish

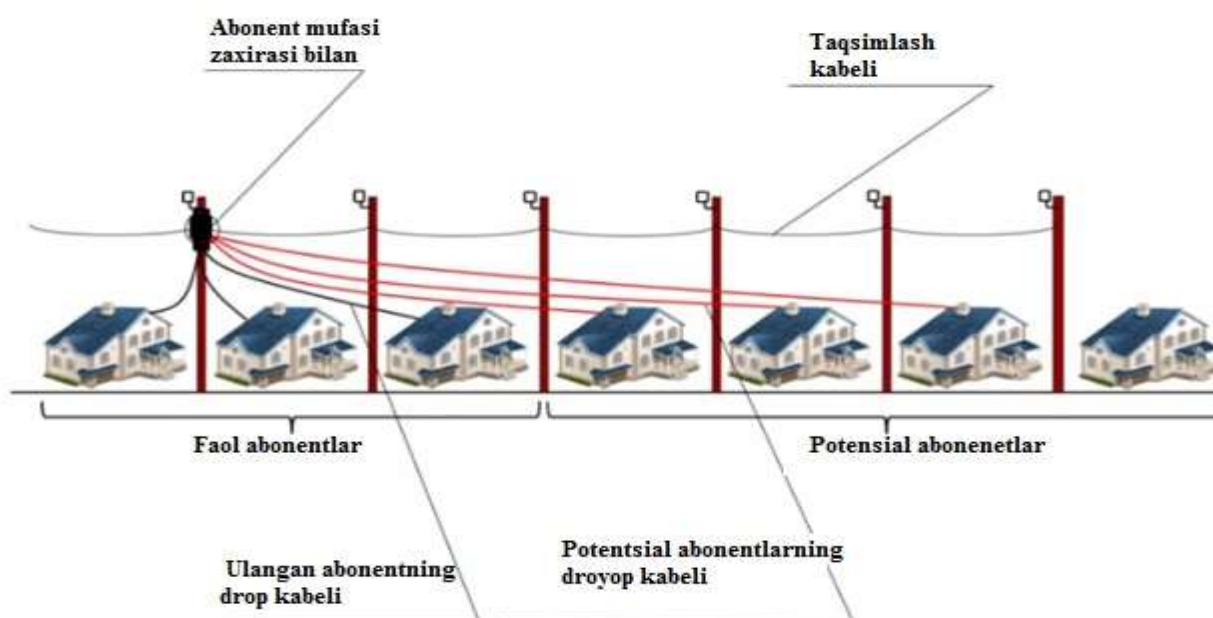
PON tarmog'ining keyingi ishlash qobiliyati ushbu bosqichga bog'liq. Optik muflar, optik krosslar va boshqa komponentlarni to'g'ri o'rnatish muhimdir. Optik kabel ishlab chiqaruvchilari tomonidan belgilangan talablarni rioya qilish zarur: bukilish radiuslari, tortish kuchlari (agar osib qo'yish bo'lsa), montaj harorati va hokazo.

Kabel va muftarni to'g'ri o'rnatish texnologiyasini yaxshiroq bilish uchun bizning materiallarni o'qishingiz mumkin:

1. Optik kabelni tayyorlash.
2. Optik krossni o'rnatish.
3. Optik mufni o'rnatish.

Endi qishloq PON o'rnatilishining xususiyatlarini ko'rib chiqamiz, chunki aynan shu joylarda ba'zi qiyinchiliklar bo'lishi mumkin.

Qishloq joylarda PON



6-rasm. Taqsimot kabelini (drop-kabel) o'rnatishning keng tarqalgan varianti va abonentlarni ulash

Ushbu amaliy variantda biz nimani ko'ramiz? Qurilgan optik tolali aloqa tizimi (OTAT), optik mufta taqdirlangan qo'llab-quvvatlash ustunida joylashgan. Unga allaqachon faol abonentlar ulangan, yangi abonentlar esa avvalgi mufga ulanadi va drop-kabel uzunliklari 150–200 metrga etadi.

Drop-kabel uzunligi oshgani sari, o'rnatish ishlarining xarajati ko'payadi. Bu holatda (6-rasm) qurilish bosqichida ustunlarga yangi optik muflar uchun zaxira bilan krontaynerlar o'rnatiladi. Yangi abonentlar paydo bo'lishi bilan, zaxiralarga optik muflar o'rnatiladi. Yangi abonentlar avvalgi muflarga "bog'lanmagan", ya'ni uzun taqsimot kabel qismlarini osish zaruriyati bo'lmaydi. Bu variantda drop-kabel uzunliklari 50–75 metrdan oshmaydi. PON tarmoqlarini qurish va ishlatish bo'yicha

amaliy bilimlarni olish uchun, SHPD/PON tarmoqlarini o'rnatish va o'lchash kursiga yoziling.

PON va GPON tarmoqlarini loyihalash

Har qanday optik tolali aloqa tizimini qurish to'g'ri tayyorlangan loyihadan boshlanadi. Avval, boshlang'ich ma'lumotlarni yig'ish: hudud xaritasi, barcha turar joylar uchun manzil rejasi, mavjud kabel kanalizatsiyalari, aloqa ustunlari, elektr uzatish liniyalari sxemalari, chizmalar. Keyin barcha olingan ma'lumotlar tahlil qilinadi va kelajakdagi loyiha konsepsiyasi taqdim etiladi. Aniqlanadi: tarmoq topologiyasi, optik muflarni o'rnatish joylari, optik kabelning zarur sig'imi, optik byudjet hisoboti, bo'linuvchilar (splitterlar) va ularning bo'linish koeffitsiyenti.

So'nggi bosqichda loyiha hujjatlari ishlab chiqiladi: tarmoqning tuzilma sxemasi, hududdagi optik kabel yo'nalishi, optik krosslarda va muflarda optik kabellarni ulash sxemalari va hokazo. PON/GPON tarmoqlarini loyihalashdagi eng muhim nuqta — optik byudjetning yo'qotish hisoboti. Bu hisobotni qanday amalga oshirishni mos materialimizda o'qishingiz mumkin.

Loyihadan keyin GPON tarmog'ini qurish

GPON tarmog'ini qurish boshqa optik tolali aloqa tarmoqlarini qurishdan deyarli farq qilmaydi. Birinchi bosqichda aynan tarmoqning asosiy qismi quriladi va keyinchalik abonentlar ulanishi mumkin. Birinchi bosqich to'liq quriladi va buyurtmachiga topshiriladi. Ikkinchi bosqichni buyurtmachining o'zi yoki uning pudratchisi amalga oshiradi. Keyin o'rnatish ishlari amalga oshiriladi.

Xulosa

GPON tarmog'ini qurishda asosiy maqsad — qurilishning barcha bosqichlarida umumiy yo'qotishlarni minimallashtirish. Optik kabelni standartlarga muvofiq o'rnatmaslik, optik kabelni noto'g'ri o'rnatish kabi kamchiliklar tarmoqning ishlashiga xalaqit berishi yoki umuman ishlamasligiga olib kelishi mumkin.

Ushbu maqola GPON (Gigabit Passive Optical Network) tarmog'ini qurish jarayonini mukammal tushuntirib beradi. GPON texnologiyasi yuqori tezlikda internet va boshqa xizmatlarni taqdim etish uchun keng tarqalgan yechimdir. Maqola tarmoq arxitekturasining asosiy komponentlarini, jumladan OLT (Optical Line Terminal), ONT/ONU (Optical Network Terminal/Unit) va PON (Passive Optical Network), batafsil yoritib, ularning funksiyalarini va o'zaro aloqalarini aniqlaydi.

GPON tarmog'ini qurish jarayoni quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: loyihalash, komponentlarni tanlash, ulash va sozlash. Loyiha bosqichida, tarmoqning yuklanish va qamrov talablariga mos keladigan echimlar ishlab chiqiladi. Komponentlar tanlashda yuqori sifatli OLT va ONT/ONU qurilmalari, shuningdek, to'g'ri pasiv komponentlarni tanlash muhim ahamiyatga ega. Ulash va sozlash jarayonlarida tarmoqning samarali ishlashini ta'minlash uchun batafsil test va sozlash ishlari amalga oshiriladi.

Maqolada GPON tarmoqlarining amaliy qo'llanilishi va yuzaga keladigan muammolar ham ko'rib chiqiladi. Misollar va ishchi holatlar GPON texnologiyasining samaradorligini va uning turli muhitlarda qanday ishlashini ko'rsatadi. Muammolar, masalan, yuqori dastlabki xarajatlar va texnik xizmat ko'rsatish zaruriyati, tahlil qilinib, ularni hal qilish uchun tavsiyalar beriladi.

GPON tarmog'ining afzalliklari, jumladan yuqori o'tkazish qobiliyati va past qo'shimcha xarajatlar, va kamchiliklari, masalan, yuqori dastlabki xarajatlar va texnik xizmat ko'rsatish zaruriyati, batafsil tahlil qilinadi. Kelajakdagi trendlar, xususan XG-PON va NG-PON texnologiyalarining rivojlanishi, GPON tarmoqlarining integratsiyasi va boshqa texnologiyalar bilan qo'shilishi istiqbollari ko'rib chiqiladi. Maqola GPON tarmoqlarini qurish va rivojlantirish bo'yicha ilmiy va amaliy nuqtai nazardan qimmatli ma'lumotlar taqdim etadi, shuningdek, sohada yanada chuqurroq tadqiqotlar va innovatsion yechimlar izlash uchun asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Telekommunikatsiya uzatish tizimlari. R.I. Isayev, R.K. Atametov, R.N. Radjapova © «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2011. 520 bet.
2. Gitlits M.B., Lev A.YU. Teoreticheskiye osnovi mnogokanalnoy svyazi: Ucheb. posobiye dlya vuzov. - M.: Radio i svyaz, 1985.-248 s.
3. N.Yu.Yunusov, R.I.Isayev, G.X.Mirazimova, Optik aloqa asoslari. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014, 368 bet
4. <https://vols.expert/useful-information/postroenie-seti-gpon/#%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8-xpon>