

ANNOTATSIYA

“Keng polosali tarmoqlar” o‘quv qo‘llanmasi 5350100 - Telekommunikatsiya texnologiyalari ta‘lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, undan “Keng polosali tarmoqlar” fanini o‘rganuvchi bakalavr va magistrlar foydalanishlari mumkin.

O‘quv qo‘llanma 9 ta bobdan iborat bo‘lib, unda keng polosali tarmoq tushunchasi, keng polosali tarmoqlarda qo‘llaniluvchi uzatish muxitlari, keng polosali axborotlarni uzatishda foydalaniladigan modulyatsiya usullari, keng polosali abonent kirish tarmoqlari va ularni qurish usullari, keng polosali transport tarmoqlari va ularni qurish usullari, Ethernet texnologiyasi va uning qo‘llanilish xususiyatlari, Keng polosali tarmoqlarda tashkil etiluvchi xizmatlar, keng polosali tarmoqlarida qo‘llaniluvchi protokollar, keng polosali abonent kirish tarmoqlarining qurilish usullari kabi malumotlar keltirilgan.

Har bir bobning ohirida tekshirish uchun nazorat savollari keltirilgan hamda kirish qismi va foydalanilgan adabiyotlar ro‘yhatidan iborat.

Taqrizchilar: FarDU Fizika kafedrasida professori, f-m.f.d, S. Otajonov

TATUFF “TI” kafedrasida dotsenti, t.f.n, O. Qo‘ldoshov

KIRISH

XXI asr – haqiqatdan ham axborotlashgan jamiyat asri deb tan olindi, chunki axborotning tez, sifatli aylanishini ta'minlash jahon taraqqiyoti va ravnaqining bosh mezoniga aylandi. Shuning uchun axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasini jadal sur'atlar bilan rivojlantirish O'zbekiston iqtisodiyotida amalga oshirilayotgan tarkibiy o'zgarishlar hamda iqtisodiy islohotlarning ustivor yo'nalishlaridan biriga aylandi. Ushbu yo'nalish nafaqat Respublikani axborotlashgan jamiyatga aylantirish uchun xizmat qiladi, balki mamlakatni iqtisodiy rivojlangan davlatlar darajasiga ko'tarish uchun o'ziga xos yetakchi tarmoq rolini ham bajaradi.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasini rivojlanishida tolali optik aloqa tizimlari muhim o'rin tutadi, ayniqsa shahar bilan qishloq o'rtasidagi tafovutni kamaytirish, ya'ni, qishloq aholisiga ham shaharlardagidan qolishmaydigan darajada zamon talabiga mos telekommunikatsiya va internet xizmatlarini ko'rsatishda optik kabellar hamda keng polosali tarmoqlardan foydalanish zaruriyati sezilmoqda. Shuning uchun Respublikamizda ushbu soha rivojiga jiddiy e'tibor qaratilib, qator xukumat qarorlari qabul qilindi.

Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «O'zbekiston Respublikasining Milliy axborot-kommunikatsiya tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida» 2013 yil 27 iyundagi PQ-1989-sonli qarori bilan «Respublika milliy axborot-kommunikatsiya tizimlarini 2013-2020 yillar mobaynida rivojlantirish kompleks dasturi» tasdiqlandi. Ushbu qaror bilan O'zbekiston Respublikasida 2013-2020 yillar mobaynida telekommunikatsiya texnologiyalari, tarmoqlari va infrastrukturasi rivojlantirish dasturi hamda «Elektron hukumat» axborot tizimi komplekslari va ma'lumotlar bazasini yaratish bo'yicha tadbirlar va loyihalar ro'yxati tasdiqlangan. Bundan tashqari, ushbu qaror bilan O'zbekiston Respublikasi Milliy axborot-kommunikatsiya tizimlarini 2013-2020 yillar mobaynida rivojlantirish kompleks dasturini amalga oshirishni muvofiqlashtiruvchi Respublika komissiyasi tashkil etildi.

O'zbekiston Respublikasida 2013-2020 yillar mobaynida telekommunikatsiya texnologiyalari, tarmoqlari va infrastrukturasi rivojlantirish dasturida keng polosali optik tarmoqlarni kengaytirish, optik tolali aloqa liniyalarini qurish, BRAS qurilmalarini o'rnatib, keng polosali

tarmoq imkoniyatlarini kengaytirish, «UZMOBILE» mobil tarmog'ini hududlarda rivojlantirish – 1-bosqich yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini ko'rsatish (EVDO texnologiyasi), «UZMOBILE» mobil tarmog'ini hududlarda rivojlantirish – 2-bosqich yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini ko'rsatish (LTE texnologiyasi), 3G, 4G, LTE va boshqa mobil aloqa operatorlarini hisobga olgan holda mobil aloqa tarmoqlarini rivojlantirish, NGN texnologiyasi bo'yicha kommunikatsiya qurilmalarini kengaytirish, kommutatsiya markazlarini modernizatsiyalash, paketli kommutatsiya xalqaro markazlarini kengaytirish, O'zbekiston Respublikasi magistral tarmoqlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini kengaytirish, ma'lumotlarni uzatish multiservis tarmoqlarini qurish, magistral optik tolali aloqa liniyalarini qurish, korporativ sektorga multimediali xizmatlarni ko'rsatuvchi studiyalarni yaratish, axborot-ma'lumot xizmatlari markazlarini yaratish (call-center), ma'lumotlarni saqlash va qayta ishlash markazlarini yaratish «Data-sentr» (quyidagi shaharlarda: Toshkent, Qo'qon, Buxoro), tez-tez foydalaniladigan ma'lumotlarni saqlash markazlarini yaratish (keshlash markazlari), davlat va xo'jalik boshqaruvi, mahalliy xokimiyat organlari korporativ va lokal-hisoblash tarmoqlarini yaratish va modernizatsiya qilish kabi vazifalar rejalashtirilgan.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti SH.Mirziyoevning 2107 yil 7 fevral kuni "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida" farmonida Respublika hududlarida 2300 km optik tolali aloqa liniyalarini qurish, kommutatsiya markazlarini IMS texnologiyasi asosida modernizatsiya qilish, mobil aloqa operatorlarining 1843 ta baza stansiyalarini o'rnatish, 66 ta yuqori quvvatli va 328 ta kam quvvatli raqamli televidenie uzatkichlarini o'rnatish va ishga tushirish kabi vazifalar belgilangan.

Yuqorida ko'rsatib o'tilgan vazifalarni bajarish uchun soha mutaxassislari hamda "Telekommunikatsiya texnologiyalari" yo'nalishi bo'yicha tahsil olayotgan talabalar optik aloqa asoslarini mukammal bilishlari talab etiladi. Nazariy, amaliy bilim va ko'nikmalarga ega bo'lish uchun o'quv-uslubiy ta'minotning o'rni muxim ahamiyatga ega. Keng polosali tarmoqlar fanidan hozirgi kunda davlat tilidagi o'quv adabiyotlar, ayniqsa, lotin alifbosidagi adabiyotlar yetishmayotganligi kuzatilmoqda. Ushbu kamchiliklarni to'ldirish maqsadida "Keng polosali tarmoqlar" o'quv qo'llanmasi tayyorlandi.

O'quv qo'llanma kirish qismi va 9 bobdan iborat bo'lib, unda asosan, quyidagi mavzular bo'yicha muxim nazariy va amaliy

ma'lumotlar berilgan. Jumladan, Keng polosali tarmoq tushunchasining paydo bo'lishi; Keng polosali tarmoqlarda xizmatlar; Radio aloqa kanallari va ularning xususiyatlari; Elektr o'tkazgichli uzatish muxitlari va ularning xususiyatlari; Analog modulyasiya usullari va ularning o'ziga xos xususiyatlari; Amplitudasi modulyasiyalangan signallar; Raqamli abonent kirish tarmoqlari; Simsiz keng polosali kirish tarmoqlari va ularni kirish usullari; zamonaviy optik abonent ulanish tarmoqlari; Sinxron raqamli iyorarxiyali SDH texnologisiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari; Kanallar to'liq uzunligi bo'yicha zichlovchi WDM texnologisiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari; Ethernet texnologiyasi asoslari; Kanallari to'liq uzunligi bo'yicha zichlovchi WDM texnologiyasiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari; keng polosali tarmoqlarda qo'llaniluvchi protokollar; va keng polosali transport va abonent kirish tarmoqlarining qurilish usullari bayon qilingan.

Ushbu o'quv qo'llanma "Telekommunikatsiya texnologiyalari" bakalavriatura yo'nalishi "Keng polosali tarmoqlar" fanini o'zlashtirish uchun mo'ljallangan. Bundan tashqari "Optik aloqa tizimlari", "Telekommunikatsiya tarmoqlari", "Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish asoslari", "Keyingi avlod kanvergent tarmoqlar" va "Aloqa tizimlarini modellashtirish va simulyatsiyalash" kabi fanlarini o'zlashtirish uchun ham qo'llanilishi mumkin.

"Keng polosali tarmoqlar" o'quv qo'llanmasi axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida ilmiy faoliyat olib borayotgan mutaxassislar va "Telekommunikatsiya texnologiyalari" yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

1-BOB. KENG POLOSALI TARMOQ TUSHUNCHASI

1.1. Keng polosali tarmoq tushunchasining paydo bo'lishi

Yaxshi bilamizki, hozirgi zamon axborotlashgan jamiyatining rivojlanishi, ma'lumotlarni ortib borishi, borgan sayin, ulardan foydalanish, ularni tartiblash, mukammalligini ta'minlash maqsadida, axborot texnologiyasi yangi bir tarmog'ini yaratilishiga zarurat tug'dirdi. Insoniyatning axborotlashtirishga bo'lgan extiyoji nuqtai nazaridan tobora qimmatlari ortib borayotgan tarmoq tushunchasining yaratilishiga ham aynan shu omillar asosiy sababchi bo'ldi desak aslo mubolag'a bo'lmaydi. Bugungi kunda jamiyatning qay bir qatlamini olmaylik uning vakillarini axborotlashtirishga bo'lgan talabini ortib borishini ko'rish mumkin. Axborot iste'molchilarining talabi nafaqat axborotning hajmiga, balki, uning sifatiga ham bevosita ta'sir etmoqda. O'z-o'zidan ma'lumki, katta xajmdagi axborotni iste'molchilarga qisqa vaqt ichida sifatli yetkazib berish xizmatlarni ta'minlovchi tizimlarga yuqori talablarni qo'yadi. Aytish joizki, telekommunikatsiya xizmatlarini tashkil etuvchi telekommunikatsiya tarmog'i operatorlari o'z tarmoqlarini mijozlarning talablariga mos ravishda rivojlantirib borishlari zarur. Shuni unutmaslik kerakki, bunday usulda aloqa tarmoqlarini modernizatsiya qilish aloqa operatoridan qo'shimcha sarf xarajatni talab etadi. Shuning uchun ham bunday aloqa tarmoqlarini tashkil qilishda eski texnologiyalardan yangisiga o'tishni ta'minlovchi, yangi xizmat turlariga ega bo'lgan, iqtisodiy tomondan tejamkorlikka sabab bo'ladigan texnologiyalarni qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Telekommunikatsiya tarmog'ida keyingi avlod tarmoqlari (NGN) yagona keng polosali aloqa kanali orqali tarmoq abonentlariga bir vaqtda matn, audio va video signali ko'plab kommunikatsiya xizmatlarini taqdim etishi mumkin. Demak, NGN texnologiyasining respublikamiz aloqa tarmoqlarida qo'llanilishi, aloqa sifati ko'rsatkichlarini jahon standarti talabiga javob beradigan pog'onaga olib chiqishga imkon beradi. NGN texnologiyasi asosida qurilgan tarmoq (ya'ni NGN tarmoq) universal tarmoq xisoblanib, paketli kommunikatsiya asosida ixtiyoriy turdagi ma'lumotlarni (tovush, video, rasm, televizion kadr va boshqalar) sifatli, yo'qotishlarsiz va yuqori tezlikda uzatish imkoniyatiga egadir. NGN tarmog'i turli xil ma'lumotlar trakti uchun kerak bo'ladigan barcha xizmatlarni ta'minlash imkoniyatiga egadir, ya'ni (QoS - Quality of Service) xizmat ko'rsatish sifati yuqori ko'rsatkichga egadir. Nazariy

jixatdan o‘ylab qaralsa, NGN tarmog‘i ayni paytda foydalanib kelinayotgan umumfoydalanuvchi telefon tarmog‘i (UFTT-PSTN), ma'lumotlar uzatish tarmog‘i (MUT), elektr aloqa tarmoq (EAT)larining mukammal yagona tizim sifatida birlashtirgan multiservis tarmog‘idir deb aytishimiz mumkin bo‘ladi.

NGN tarmog‘ini qurishdan asosiy maqsad, keng spektrdagi xizmatlar turini joriy qilish va jahon standartlariga mos keng ko‘lamli, sifatli, tezkor xizmatlar ko‘rsatishdan iborat. Bunda ularga quyidagilarni misol qilish mumkin:

- telefon aloqasi xizmati (mahalliy, shaharlararo, xalqaro telefon aloqasi);
- ma'lumotlar uzatish xizmati (ajratilgan ma'lumot uzatish kanali, ma'lumotlarni uzatuvchi virtual hususiy tarmoqlar);
- telematika xizmati («elektron pochta», «ovozli pochta», «IP-telefoniya», «audiokonferensiya», «videokonferensiya»);
- harakatdagi elektr aloqa xizmati;
- provayder xizmati («elektron supermarket», «masofadan o‘qitish»);
- videokonferensiya xizmati.
- internet xizmati va hokozo.

Bu xolda NGN tarmog‘i har hil turdagi aloqa vositalari, ya'ni analog telefon apparati, faksimil apparati, IR-telefoniya terminali, mobil aloqa vositalari, raqamli tarmoq qurilmalari va boshqa tur aloqa komponentlarini qo‘llab-quvvatlaydi.

NGN tarmog‘ining arxitekturasini yaratishda bitta yagona infrastrukturada UFTT, Mobil aloqa tarmog‘i, Internet tarmog‘i resurslari, IP-telefoniya tizimini jamlash ko‘zda tutiladi. Hozirgi kunda bizga ma'lum NGN tarmog‘ining to‘rt satxli arxitekturasi mavjud.

Ma'lumki, bugungi kunda mavjud telekommunikatsiya tarmoqlaning eng muammoli qismi bu abonent kirish tarmoqlaridir. Chunki, o‘rama juft o‘tkazgichli kabellar (TPP 600x2, 100x2, 50x2) asosida qurilgan analogli abonent liniyalari o‘tkazish qobiliyatining pastligi va sifatining yomonligi bugungi kunda ishlab chiqilayotgan yangi telekommunikatsiya xizmatlarini abonentlarga taqdim qilishga to‘sqinlik qiluvchi asosiy faktorlardan hisoblanadi.

«Oxirgi milya» va tarmoqni qayta qurish muammolari asosan quydagilar bilan bog‘liq:

- uncha katta bo‘lmagan analog ATS larning sonini ko‘pligi, liniyalarning yetmasligi, yangi liniya yotqazish uchun kanalizatsiyaning

yetishmasligi, eski liniyalar bo'yicha xizmat sifatining pastligi, qurilishga va tarmoqdan foydalanishga ketadigan sarf xarajatning ko'pligi;

- tarmoqdan tushadigan mablag'ning kamligi. Bu asosan ATS xizmatlarining kamligi, narxi yuqoriligi va yangi xizmatlarni kiritishni texnik murakkabligi, qarzdorlik muammolari bilan bog'liq;
- texnikadan foydalanishning murakkabligi va ekpluatatsiya xarajatlarining yuqoriligi. Bu asosan qurilmalarning tez-tez buzilishi va liniyalardagi avariya, qurilmalarning va liniya vositalarini ta'mirlash kabi muammolar bilan bog'liq;
- tarmoqda qo'llaniladigan operatorlarning infratsrukturasini optimal emasligi;

Yuqoridagi kamchilik va muammolarning asosiy sababi tarmoqning o'tkazish qobiliyatining pastligi, ya'ni, o'tkazish polosasining pastligidir. Tarmoqning ma'lumot uzatish tezligi birinchi o'rinda unda tashkil qilinayotgan aloqa kanallarining chastota polosasiga bog'liq. Ya'ni, tarmoqda tashkil qilingan aloqa kanallarining chastota palasasi kengligi qanchalik yaxshi ta'minlangan bo'lsa uning ma'lumot uzatish tezligi shunchalik katta bo'ladi. Shunday ekan respublikamiz axolisiga sifatli telekommunikatsiya xizmatlarini taqdim etish uchun nafaqat telekommunikatsiya tarmoqlarimizni transport qismlarini, balki shu qatorda abonent kirish tarmoqlarini xam modernizatsiya qilish, ularni zamonaviy texnologiyalar asosida qurish orqali o'tkazish qobiliyatlarini oshirishni ta'minlash lozim. Tarmoqning aloqa kanallarining keng polosaga ega bo'lishi nafaqat bu tarmoq tarkibidagi kanal hosil qiluvchi qurilmalarga, balki, o'tkazish muxitining (simsiz, elektr aloqa kabellari, optik aloqa kabellarining) texnik imkoniyatlariga ham bog'liq hisoblanadi. Demak, mavjud abonent liniyalaridagi aloqa kabellarining aksariyati past chastotali (0.3-3.4 kGs) PCh telefon so'zlashuv signallarini uzatishga mo'ljallangan. Bunday aloqa kabellarida yuqori sifatli telekommunikatsiya xizmatlarini tashkil qilishda foydalanish muammolarni keltirib chiqaradi. Biroq, hozirda shunday texnologiyalar mavjudki, ularning yordamida past chastotali signallarni uzatishga mo'ljallangan mis o'tkazgichli kabellardan foydalanib yuqori chastotali kanallarni uzatish tarmoqlarini qurish mumkin. Lekin, shuni unutmaslik kerakki, bunday texnologiyalardan foydalanish orqali muammoni yechish ma'lum bir vaqtgagina amalga oshadi xolos. Telekommunikatsiya xizmatlarining sifatiga bevosita telekommunikatsiya xizmatlaridan foydalanuvchilarning soni, shuningdek, ushbu sonning ortib borishi bilan ahamiyatli hisoblanadi. Ya'ni, mis o'tkazgichli kabellardan foydalanish

uzoq muddatli yechimni bermaydi. Shuning uchun ham aloqa tarmoqlarini o'tkazish qobiliyatini oshirish, ya'ni ularni keng polosali tarmoqqa o'zgartirish uchun quyida texnologiyalarni qo'llash lozim:

- optik tolali tarmoqlarni qurish va undan foydalanish;
- abonent kirish tarmoqlarini qurishda simsiz texnologiyalardan foydalanish;
- mavjud bo'lgan mis sim juftliklaridan foydalanish.

Abonent kirish tarmoqlarida optik texnologiyalarning keng tadbiiq etilishi, abonentlarga yuqori sifatli ko'plab telekommunikatsiya xizmatlarini taqdim qilishga imkon beradi. Ammo, iqtisodiy nuqtayi nazardan optik tolali tarmoqlarni qurish qimmatga tushishini ham anglashimiz kerak. Bunda ayniqsa abonent liniyalarini tashkillash masalasi muhim ahamiyat kasb etadi.

Mavjud mis kabellardan foydalangan xolda yangi texnologiyalardan foydalanish sarf xarajatlarni qisqarishiga olib keladi. Bunday liniyalardan foydalanganda xDSL texnologiyalarini qo'llash maqsadga muvofiqdir va bunday liniyalardan yana ko'p yillar foydalanish mumkin. Shu sababli mavjud liniyalar qoldirilib, ularda yuqori tezlikli xDSL texnologiyasiga asoslangan raqamli uzatish tizimlarini qurish ham keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurishda qo'llanidi. Lekin yuqorida ta'kidlaganimizdek, xDSL texnologiyasi vaqtinchalik o'tish texnologiyasidir va tarmoqning ma'lumot uzatish tezligiga bo'lgan talablarni vaqtinchalik davrga qondirishi mumkin. Chunki, abonentlar sonining ortishi tarmoqdagi bir kabel tarkibidagi yonma-yon mis o'tkazgichlar juftliklaridan yuqori chastotali signallarni uzatish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Bu esa bir kabel tarkibidagi mis o'tkazgichlar juftliklari o'rtasida o'zaro o'tishlar, ya'ni o'zaro xalaqitlarni hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Demak, xDSL texnologisidan foydalanish cheklangan sondagi abonentlarga yuqori tezlikli bog'lanishlarga imkon berar ekan.

Tarmoqning keng polosaliligi xususida tushunchalari vaqt o'tgan sayin o'zgarib boradi. Misol tariqasida aytishimiz mumkinki, bundan sanoqli yillar oldin keng polosali tarmoq sifatida ma'lumot uzatish tezligi 512 kBit/s bo'lgan tarmoqlar e'tirof etilar edi. Bugungi kunga kelib tezlikka bo'lgan talab keskin ortganligi sababli keng polosali tarmoq sifatida ma'lumot uzatish tezligi 2 Mbit/s dan yuqori tezlikli tarmoqlar tushuniladi.

Keng polosali tarmoq deyilganda 2 Mbit/s dan yuqori tezlikli va har xil turdagi ma'lumotlarni yuboradigan tarmoq tushuniladi. Keng

polosali tarmoqning tor polosali tarmoqdan farqi, unda tor polosali tarmoqlardan farqli ravishda kanallar soni ko'p va ma'lumot uzatish tezligi yuqoridir. Keng polosali tarmoqlarga misol sifatida raqamli integral xizmat ko'rsatuvchi tarmoqlar (ISDN-Integrated Services Digital Network)ni keltirish mumkin. ISDN ning bir qator ketma-ket rivojlanish bosqichlari mavjud bo'lib, ular:

0 – bosqich. Turli ko'rinishdagi xabarlar, shuningdek xar xil xizmatlar uchun aloxida tarmoqlar mavjudligi.

1 – bosqich. Uzatish va kommutatsiyalashning raqamli usullariga o'tish, xizmatlarni va nutq va ma'lumotlarni yagona raqamli shaklda uzatish imkonini beradigan integral raqamli tarmoqqa IDN (*Integrated Digital Network*) o'zgartirilishi.

2 – bosqich. IDN tarmoqni ma'lumotlar uzatish va axborot-xisoblash tarmoqlari bilan birlashtirish yo'li bilan integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoq ISDN yaratish.

3 – bosqich. Keng polosali integral xizmat ko'rsatuvchi tarmoq BSN yaratilishi. Ushbu tarmoq keng polosali raqamli kanallar xosil qilish kabilar bilan tavsiflanadi.

Raqamli integral xizmat ko'rsatuvchi tarmoqlari ikki turga bo'linadi:

- tor polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (T-ISDN);
- keng polosali integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqlar (K-ISDN, Broadband ISDN).

T-ISDNga uzatish tezligi 2048 Kbit/s (taxminan 2 Mbit/s) oshmaydigan, K-ISDN ga esa uzatish tezligi 2048 Kbit/sdan yuqori bo'lgan tarmoqlar kiradi.

T-ISDN tarmoqlari nutq va boshqa turdagi ma'lumotlarni yuqori sifat bilan uzatish uchun mo'ljallangan (nutq, ma'lumotlarni uzatish past tezligi bo'yicha va oq qora tasvirlarni). K-ISDN yuqori tezligi bo'yicha ma'lumotlarni uzatish uchun mo'ljallangan (rangli TV signallarni(4-6 Mbit/s), yuqori sifatli TV (16-24 Mbit/s), yarimtonli faksimil signallarni (9-16 Mbit/s), rangli faksimil signallarni (30-60 Mbit/s), mashinali grafika (20-100 Mbit/s), fayllarni uzatish (100 Mbit/s gacha).

Millionlab mayda biznes egalari va xususiy abonentlar uchun ko'p yillar mobaynida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish iqtisodiy tomondan qimmatga tushganligi tufayli keng tarqalmadi va optik tolali liniyalari bilan ta'minlash imkoniga ega bo'lmadi. Shunga qaramasdan bunday abonent guruxlarining raqamli uzatish texnikasiga bo'lgan talab oshib

bordi. Oxirgi vaqtgacha ma'lumotlarni uzatish uchun umumiy qo'llaniladigan telefon tarmoqlarining liniyalaridan foydalanishga to'g'ri keldi. Mavjud bunday muammolarni xal qilishda xDSL (Digital Subscriber Line -raqamli abonent liniyasi) eng asosiy vositalardan biri xisoblanadi.

Hozirgi telefon aloqasini ta'minlashga mo'ljallangan mis abonent liniyalari, ovozi, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish, shuningdek boshqa kommutatsion xizmatlarni ta'minlash qobiliyatiga ega. Ishni qo'llab quvvatlovchi bunday tarmoqlar nafaqat zamonaviy mos keluvchi qurilmani, balki, kabelli abonent telefon tarmoqlarining ishini boshqarishga mutlaqo yangi yondashishni talab qiladi.

Turli abonentlar orasida faqatgina telefon aloqasini ta'minlashga mo'ljallangan, bir juftlikdan tashkil topgan tarmoq atsa-sekinlik bilan yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishga va boshqa keng oraliqli telekommunikatsiya xizmatlarini bajarishga mo'ljallangan keng oraliqli kanallar tarmog'iga aylanmoqda. Analog telefon liniyalari uchun qayta ishlangan texnologiya (telefon liniyalari orqali ishlashga mo'ljallangan modemlar) ma'lumotlarni uzatishda 56 kbit/s gacha chegaralangan tezlikka ega. Maxsus qayta ishlangan simlar juftligiga mo'ljallangan kabelli abonent tarmoqlarida yangi texnologiyalarni qo'llash yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishda iqtisodiy samaradorlikni beradi. Bunda bir vaqtning o'zida abonent liniyasini va odatdagi telefon aloqasini qo'llash imkoniyati saqlanadi. Rivojlanishning bunday yangi pog'onasi xDSL texnologiyalarini qo'llash xisobiga amalga oshadi deb aytish mumkin. Chunki, oxirgi mijozlar uchun xDSL texnologiyasi, yuqori tezlikli tarmoqlar orasida Internet tarmoqlari bilan mutsaxkam ulanishni ta'minlaydi. Bu mis simli abonent telefon liniyalari bo'yicha yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishda abonent liniyalarining yakunida va yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatuvchi magistsral tarmoqning yakunida xDSL qurilmalarini joylashtirish imkonini beradi.

Agar abonent liniyalarida xDSL texnologiyalarini qo'llash yordamida yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish tashkillashtirilgan bo'lsa, unda uzatiladigan ma'lumotlar, odatdagi analog telefon aloqasi uchun qo'llaniladigan chasotalariga nisbatan anchagina yuqori bo'lgan oraliqda, raqamli signallar ko'rinishida uzatiladi.

Abonent telefon liniyalarida bunday texnologiyalarni qo'llash, abonentlarning kabelli tarmoqlarini, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishga mo'ljallangan tarmoqning bir bo'lagini yaratadi. xDSL texnologiyasi yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishni ta'minlashdan

tashqari, telefon aloqasining ko'p kanalli xizmatini tashkil qiluvchi samarali vosita hisoblanadi. Bundan tashqari xDSL texnologiya bazasi asosida qurilgan keng oraliqli tarmoqlar, faqatgina ko'p kanalli ovozli aloqani yoki yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishni tashkil qilish bilan chegaralangan. Ular zudlik bilan o'zining ishi uchun keng oraliqni talab qiluvchi, boshqa xizmatlarni yaratish uchun bazaviy tarmoq sifatida xam qo'llaniladi.

Internet tarmoqlariga ulanishni ta'minlash, zamonaviy raqamli tarmoqlarning asosiy funktsiyalaridan biri hisoblanadi. Qo'llaniladigan oraliq chatsotalarning kengligi, yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatuvchi texnologiyalarga bog'liq.

Videokonferensiyalarni tashkil qilish simmetrik ma'lumotlarni uzatishni talab qiladi. Videokonferensiya'ni tashkil qilishda ovozli va videosignallarni uzatish lozim, bunday xizmat, boshqa xizmatlarga nisbatan anchagina keng chatsota oralig'ini talab qiladi.

Yuqoridagilarni nazarda tutsak, xDSL texnologiyasi oldin mavjud bo'lmagan yangi xizmatlarni qo'llash imkoniga egaligi bilan ajralib turishini xulosa sifatida kiritish mumkin. Bunday yangi texnologiyalarni qo'llash tufayli atsa – sekinlik bilan analog abonent tarmoqlari, raqamli abonent tarmoqlariga o'tadi. Rivojlanishni bunday yangi bosqichiga o'tish nafaqat yangi avlod qurilmalarini yaratishni talab qiladi, balki mos keluvchi uskunalarni qo'llash, xizmat xodimlarini yangi ish usulini o'rganish va abonent tarmoqlari liniyasini boshqarishda umuman yangicha yondoshishni talab qiladi. xDSL texnologiyasi keng polosali tarmoqlarni qurishdagi qurishdagi bir yechim bo'ldi. xDSL texnologiyasi yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatishni ta'minlashdan tashqari, telefon aloqasining ko'p kanalli xizmatini tashkil qiluvchi samarali vosita hamdir. Ya'ni, tarmoqning tezligiga va xizmat ko'rsatish masofsi uzunligiga talablarning yanada ortib ketishi bu texnologiya'ning qo'llanilish imkoniyatlarini cheklaydi. Buning bir necha sabablari mavjud:

➤ xDSL texnologiyasi mavjud mis o'tkazgichli kabellardan foq dalanishga asoslangan va aynan shuning uchun ham signallarni uzoq masofaga uzatishda so'nishlarning qiymati ortib ketadi.

➤ Mavjud mis o'tkazgichli aslida past chastotali telefoniya signalini uzatishga mo'ljallangan. Bunday o'tkazgichlardan yuqori chastotali signallarni uzatishda ular atrofidagi elektromagnit maydonning kuchayib ketishiga olib keladi. Bu esa bir kabel tarkibidagi o'tkazgichlar juftliklari o'rtasidagi o'zaro halaqitlarni orti ketishiga olib keladi. Bu

effect bir kabel tarkigidagi ATS ga ulangan abonentlarning xDSL texnologiyasi orqali yuqori tezlikli xizmatlarga ulanish sonini cheklaydi.

➤ Masofa va tezlik ortgan sari dispersiya'ning qiymati orib ketadi. Ya'ni, xDSL texnologiyasi bo'yicha ma'lumotlar uzatish tezligini ortirilsa, albatta, xizmat ko'rsatish masofasini qisqartirilishi lozim. Bu dispersiya'ni qiymati nominal holatda qolishi uchun amalga oshiriladi.

Yuqorida sanab o'tilgan muammolarni hisobga olgan holda keng polosali kirish tarmoqlarini qurishni yangi simsiz yoki optik texnologiyalari taklif qilinmoqda. Bunday texnologiyalar yordamida xizmat ko'rsatish masofasini bir necha o'nlab km larga tashkil qilish va ma'lumot uzatish tezligini bir necha o'nlab Mbit/s gacha oshirish imkoniyati mavjud.

1.2. Keng polosali tarmoqlarda xizmatlar

Keng polosali tarmoqlar yaratilishidan asosiy maqsad telekommunikatsiya tarmoqlari mijozlariga yuqori sifatli ko'p sondagi xizmatlarni taqdim etishdir. Chunki, aloqa tarmog'ining chastota polosasi kengligi qanchalik katta bo'lsa unda amalga o'shiriladigan xizmatlar sifati va soni shunchalik yuqori bo'ladi. Keng polosali tarmoqlar orqali abonentlarga taqdim etiluvchi xizmatlarni quyidagi tartibda klassifikatsiya qilish mumkin:

1. Kontent bo'yicha (uzatiluvchi axborot turi bo'yicha) xizmatlarning klassifikatsiyasi.
2. Xizmatga mijozni kirish imkoniyati ta'minlab berish usuli bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi.
3. Mijoz turi bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi.
4. Ma'lumotlar turlari almashish bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi.

Bu turdagi xizmatlar quyidagilarga bo'linadi:

- telefoniya (videotelefoniya) xizmatlari;
- ma'lumotlar uzatish xizmatlari;
- keng eshittirish xizmatlari;
- ajratilgan kanallarning xizmatlari (axborot turiga qaramaydi);
- infrastrukturali xizmatlari.

Telefoniya xizmatlarga ovoz signalini yuborish xizmatlari kiradi, bularga statsionar va mobil tarmoqlarning xizmatlari hisoblanadi. Bu Yerda videokonferensiya aloqani ta'minlab berish ham kiritilgan bo'lib, ma'lumotlar uzatish xizmatlari ularni amalga oshirishda qo'llaniluvchi protokolning turiga (IP, ATM, FR, X.25) bog'liq ravishda ajratiladi.

Keng eshittirish xizmatlari bu – bir nechta mijozlarga bir tomonlama signallarni yuborish orqali amalga oshiriladi. Bunday xizmatlarga tele va radioeshittirish xizmatlarini misol keltirish mumkin.

Ajratilgan kanallarning xizmatlari trafik turi va soniga, kanallarni ishlatishga qaramay, ta'rif siyosati bo'yicha xizmatlarni ta'minlab beradi. Bunda, tariflarning turi faqat kanal turiga va o'tkazish qobiliyatiga bog'liq bo'ladi.

Infrastrukturali xizmatlari mijoz ma'lumotlarni yuborish bilan bog'liq bo'lmagan xizmatlar hisoblanadi. Bularga xar xil konsultatsiya xizmatlari, xonalarni yoki qurilmalarni ijaraga berish xizmatlari kiradi.

Xizmatga mijozni kirish imkoniyati ta'minlab berish usuli bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi foydalangan texnologiyaga qarab bo'linadi: ISDN, SDH, Frame Relay, ATM, Ethernet, xDSL (ADSL, SDSL, SHDSL), Passive Optikal Network, PON; koaksial va optik kabel asosida gibrid tarmoqlari HFC.

Mijoz turi bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi quyidagi guruxlarga bo'linadi:

- boshqa aloqa operatorlarga ta'minlab beradigan xizmatlar;
- korporativ mijozlarga ta'minlab beradigan xizmatlar;
- shaxsiy foydalanuvchilarga ta'minlab beradigan xizmatlar.

Ma'lumotlar turlari almashish bo'yicha xizmatlarning klassifikatsiyasi quyidagi turlariga bo'linadi:

- O'zining tarmoq resurslarga kirish imkoniyatini ta'minlab berish;
- Ikki tomonli almashuv;
- Tranzit;
- ma'lumotlar almashish markaz bilan aloqada bo'lish;
- O'zini tarmog'ida Internetga kirishni ta'minlab beradigan serverlarni o'rnatish.
- Intellektual xizmatlarni ta'minlab berish.
- Xosting xizmatlari.

Nazorat savollari

1. Tor polasali tarmoqlarga qanday tarmoqlar kiradi?
2. Keng polosali tarmoqlarning tor polosali tarmoqlardan farqi nimadi?
3. Keng polosali tarmoqlarning eng asosiy hususiyati nimada?
4. Xizmatlari integrallashgan tarmoqning rivojlanish bosqichlari?
5. Raqamli integral tarmoqning necha turi mavjud?

6. Keng polosali tarmoqlarda xizmatlarni taqdim etish protokollari?

2 - BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARDA QO‘LLANILUVCHI UZATISH MUXITLARI

2.1. Radio aloqa kanallari va ularning xususiyatlari

Ko‘pchilik insonlar (odatda yoshlar) energiya‘ning turlari, ularning xususiyatlari haqidagi elementar tushunchalariga ega bo‘lgan holda, energiya‘ni ma‘lum bir masofaga simsiz uzatish xususida mulohaza yuritadilar. Boshqalar esa radio to‘lqinlarning qanday tarqalishi xususidagi faktik fikrlariga ega bo‘lmay turib o‘zlarining radio qabul qilish yoki radio uzatish qurilmalari uchun antenna yasashni va bunda antennalarning maksimal darajadagi uzatish va qabul qilish xarakteristikasiga ega bo‘lishiga harakat qilishadi. Buyuk ixtirochi, amaliyotchi Nikola Tesla o‘zining tajribalarida elektromagnit tebranishlardan aktiv foydalangan. Ammo, u davrda elektromagnit to‘lqinlarning mavjudligi haqida hech kishi habardor bo‘lmagan. Ammo, Tesla kuzatish yo‘li bilan shunga amin bo‘lganki, uning tajribalari paytida atrofda qandaydir energiya mavjud. Ammo, yuqorida takidlanganidek, u davrda ushbu xosil bo‘lgan maydon, ya‘ni, elektromagnit maydonini tahlil qiladigan ilm ham jihozlar ham mavjud bo‘lmagan. Shuning uchun ham bu hodisaga huddi filosofik jarayon sifatida qaralgan va unga “Efir” deb nom qo‘yilgan. Endilikda efir va elektromagnit to‘lqin tushunchasi o‘rtasida farq bor deya iddao qilishadi. Aslida esa farq mavjud emas. Buning sababi shuki, Nikola Tesla o‘zining tajribalarida o‘zgaruvchan tok bilan ishlagan va albatta, bunda atrofda o‘zgaruvchan tok elektromagnit maydon hosil qilgan. Bu o‘z navbatida elektromagnit to‘lqinni hosil qiladi.

Elektromagnit to‘lqinlar - bu fazodagi sinusoidal elektromagnit tebranishlardir. Elektromagnit to‘lqinlar bu yorug‘lik, ko‘rinmas infraqizil diapazondagi issiqlik nurlari, rentgen nurlari, va radioto‘lqinlardir. Ularning farqi faqat to‘lqin uzunligida anglashiladi.

Radioaloqa tizimlari elektromagnit to‘lqinlarning radioto‘lqinlar diapazonidan foydalangan holda amalga oshiriladi. Har bir radio aloqa liniyasiga ma‘lum radio chastota polasasi ajratiladi. Bu polosani o‘rtacha chastotasi nominal chastota hisoblanadi.

Radio aloqani xalqaro tartiblanishiga binoan radio chastotalar 9ta diapazonlarga bo‘linadi va 4 dan 12 gacha nomerlanadi. N nomerli diapazon pastdan $0,3 \cdot 10^N$ Gs va yuqoridan $3 \cdot 12^N$ Gs chastota bilan

chegaralangan. Diapazon nomeri oshishi bilan uni kengligi (polosasi) kengayishiga e'tibor qaratish lozim, u quydagicha bo'ladi: № 4 uchun $30 - 3 = 27$ kGs; № 12 uchun $3000 - 300 = 2700$ GGs.

Yangi radio aloqa liniyasini ochish uchun, har bir alohida holat uchun ma'lum talablarni hisobga olgan holda ishchi chastota tanlanadi.

Xabarni uzatish joyidan qabul qilish joyiga ko'chirish uchun tanlangan chastota ishlatiladi va u tashuvchi chastota deyiladi.

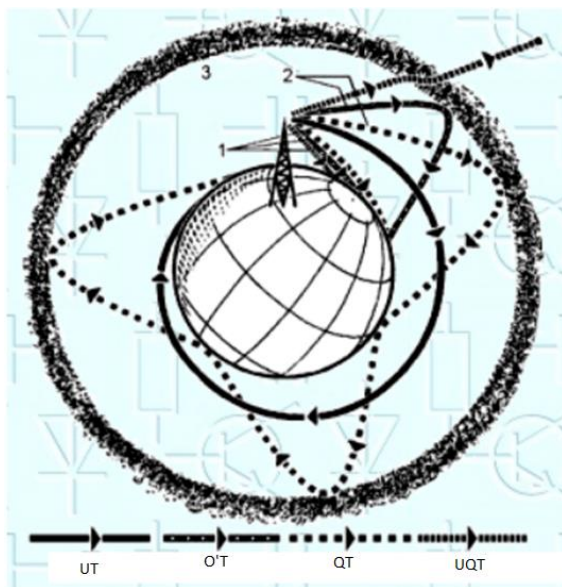
2.1-jadval

Diapazon n nomeri	Chastota chegaralari	To‘lqin uzunligi chegaralar i	Diapazonlar nomi	Diapazonl ar qisqartm a nomlari
№ 4	3 – 30 kGs	100 - 10 km	o‘ta uzun to‘lqinlar	O‘UT
№ 5	30 – 300 kGs	10 - 1 km	uzun to‘lqinlar	UT
№ 6	300 – 3000 kGs	1000 - 100 metr	o‘rta to‘lqinlar	O‘T
№ 7	3 – 30 MGs	100 - 10 metr	qisqa to‘lqinlar	qT
№ 8	30 – 300 MGs	10 - 1 metr	metrli to‘lqinlar	MT
№ 9	300– 3000MGs	10 - 1 dm	detsimetrli to‘lqinlar	DT
№10	3 – 30 GGs	10 - 1 sm	santimetrli to‘lqinlar	ST
№ 11	30 – 300 GGs	10 - 1 mm	millimetrli to‘lqinlar	MMT
№ 12	300 – 3000 GGs	1 – 0,05 mm	detsimillimetrli to‘lqinlar	DMMT

Radio aloqa deb xabarni simsiz elektron uzatishga aytiladi. Radioni A.S. Popov kashf qilgan, u 7 may 1895 yil birinchi radiouzatishni amalga oshirgan. Hozir radio orqali kuniga juda katta axborot oqimlari uzatiladi. Kemalar, samolyotlar, ekspeditsiyalar, qutb stansiyalari bilan bog‘lanish uchun radio aloqani roli juda katta, chunki bu obyektlar bilan aloqa, faqat radio aloqa orqali amalga oshirish mumkin.

Radio to‘lqinlarni diapazonlarga ajratish bilan bir qatorda, tarqalish yo‘nalishi va yo‘liga bog‘liq ravishda ularni sirt to‘lqinlari (Yer sirti) (1) va maydoniy to‘lqinlarga (2) ajratish mumkin (2.1-rasm). Sirt to‘lqinlarier yuzi bo‘ylab tarqalib radio uzatuvchi qurilmadan qadio qabul qiluvchi qurilmagacha etib boradi. Bunda sirt to‘lqinlarini atmosferaning yuqori qatlamlaridan akslanishi effektidan foydalanilmaydi. Maydoniy to‘lqinlar esa er sirti va ionosfera, atmosferaning yuqori qatlamidan akslanishi asosida taqraladi. Rasmda tasvirlanganidek maydoniy to‘lqinlar Yer

yuzasi va atmosferaning yuqori qatlamlaridan akslanib tarqalishi (2) yoki ionosferadan akslanib tarqalishi (3) mumkin.



2.1-rasm. Turli to‘lqinlarning tarqalish hususiyatlari

Shunday tushunchalar borki, radio to‘lqinning to‘lqin uzunligi qanchalik katta bo‘lsa, (chastotasi past bo‘lsa) uning tarqalish masofasi shunchalik katta bo‘ladi. Bunday to‘lqinlarni Yer sirtidagi tabiiy va sun‘iy to‘siqlarni aylanib o‘tish imkoniyati shunchalik katta bo‘ladi. Aksincha, to‘lqin uzunligi qanchalik (chastotasi katta) kichiq bo‘lsa, tarqalish masofasi shunchalik kichiq bo‘ladi. Shuningdek, radio to‘lqinning chastotasi ortgan sari u to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqala boshlaydi.

Sirt to‘lqinlariga misol qilib, uzun to‘lqinlarni keltirish mumkin. Ular Yer va suv yuzasi bo‘ylab tarqaladi, ionosferaga deyarli yetib bormaydi. Bunday to‘lqinlardan asosan dengiz aloqa tizimlarida foydalaniladi. Chunki, bunday sirt to‘lqinlaridan foydalangan holda radio aloqa tizim tashkil qilinganda, amaliy jihatidan dengizning ixtiyoriy nuqtasida aloqa imkoniy bo‘ladi.

O‘rta to‘lqinlar esa Yer va suv sirti bo‘ylab, shuningdek ionosferadan akslanib tarqaladi.

Qisqa to‘lqinlar esa “sakrab” tarqaladi, ya'ni ular Yer sirti va ionosferadan davriy ravishda akslanib tarqaladi. Ultraqisqa to‘lqindar va boshqa yuqori chastotali to‘lqinlar to‘g‘ri chiziqli liniya bo‘ylab tarqaladi. Ular Yer sirti bo‘ylab og‘ib tarqalish xususiyatiga ega amas va ular uchun ionosfera qatlami shaffofdir.

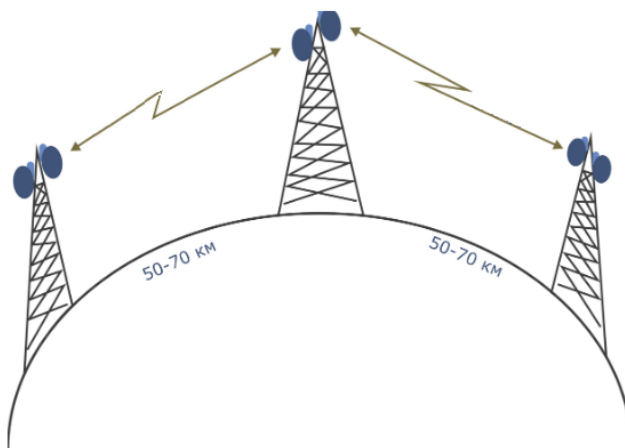
Ultra qisqa to‘lqinlardan bugungi kunda impulsli radiolokatsiya tizimlari, sun‘iy yo‘ldoshli aloqa tizimlarida qo‘llanilib kelinmoqda.

Shuningdek radio relyeli aloqa tizimlarida, Yer usti radio va uyali aloqa tizimlarida, troposferali aloqa tizimlarida foydalanilib kelinmoqda.

Radio lokatsiya tizimlaridan ultra qisqa to‘lqinlardan foydalanishning asosiy afzalligi, bunday to‘lqinlar to‘g‘ri chiziqli liniya bo‘ylab tarqalganligi uchun havodagi obyektning aniq koordinatasini aniqlashga imkon beradi. Sun'iy yo‘ldoshli aloqa tizimlarida qo‘llanilishining asosiy sabablaridan biri atmosferaning yuqori qatlami UKV diapazonidagi radio to‘lqinlar uchun shaffof xisoblanadi va bunday diapazondagi radio to‘lqinlar bu qatlamlarni ortiqcha yo‘qotishlarsiz kesib o‘tishi mumkin. Bugungi kunda Yer usti radio aloqa tizimlarida, uyali aloqa tizimlari va televideniya tizimlarida qo‘llanilishining asosiy sababi radio to‘lqinning chastotasi qanchalik yuqori bo‘lsa ular yordamida keng polosali aloqa kanallarini xosil qilish imkoniyati ortadi va radio aloqa tizimi orqali uzatiluvchi xizmatlarning sifati ortadi.

2.1.1. Radio to‘lqinlar diapazonidagi aloqa tizimlari

Radiorele liniyalar (RRL) asosan detsimetrli va millimetrli ya'ni to‘lqinlar to‘g‘ri ko‘rinish jarayonida ishlatiladi. Ular har 50 kilometrli masofada balandligi 50-70 metrli minoralarda joylashgan retranslyator zanjirlaridan tashkil topadi (2.2 – rasm). Agar antennalar minoralari balandroq ko‘tarilsa, u holda retranslyator uchastkalari orasidagi masofani 70...100 kilometrgacha uzaytirish mumkin. Radiorele liniyalari yordamida katta masofalarga (12500 kmgacha) juda ko‘plab telefon kanallari (300... 1920 tf kanali) hosil qilinadi



2.2 - rasm. Radioreleli liniyalarning tuzilishi

Radioliniyalarining yuqorida qayd etib o‘tilgan afzalliklaridan tashqari ular bo‘yicha uzoq masofalarda joylashgan harakatdagi manzilgohlar bilan ham bog‘lanish mumkin. Bundan tashqari yuqori

tezlikdagi aloqa yordamida ommaviy axborotlarni (televideniya va radioeshittirish) uzatishni tashkil etish mumkin.

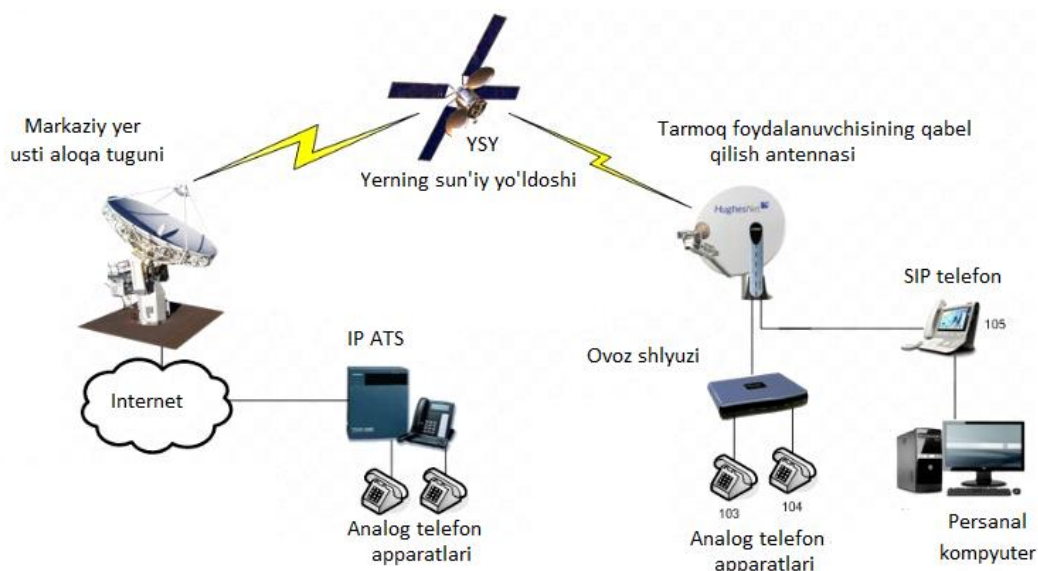
Radiolinilyalar bir qancha afzalliklarga ega bo'lishi bilan birga bir muncha kamchilliklardan ham xolis emas, bular quyidagilar:

- aloqa sifatini yomonligi, radiolinilyalar bo'yicha uzatilayotgan ma'lumotlar uzatilayotgan muhitga va tashqi elektromagnit ta'sirlar ostida bo'ladi;
- kichiq tezlik; qisqa to'lqinlar va undan yuqori to'lqinlarda elektromagnit muvofiqlashuvining uncha yuqori bo'lmaganligi;
- uzatuvchi va qabul qiluvchi uskunalarning murakkabligi;
- uzatish tizimlarining polosa diapazonining qisqaligi va h.z.

Hozirgi paytda radiolinilyalar asosida harakatdagi mobil aloqa tizimlari keng rivojlanib bormoqda.

Bunday liniyalarni aloqa, televideniya, radio eshittirish kabi tarmoqlarda qo'llash mumkin. Bu liniyalar radiolinilyalarga qaraganda tashqi ta'sirlarga kamroq ta'sirchandir shuning uchun ular orqali sifatli aloqa tashkil etish mumkin.

Yo'ldoshli aloqa liniyalari (YAL) radiorele liniyalari singari santimetrli to'lqin uzunliklarida foydalaniladi. Yo'ldoshli aloqa liniyalarining ishlash prinsipi Yerning sun'iy yo'ldoshida joylashgan aloqa uzatish vositalaridan signallarni retranslyatsiya qilib olib boriladi. Yerning sun'iy yo'ldoshi radiorele liniyasiga o'xshagan retranslyator, faqat u juda ham yuqori masofada joylashgan. (2.3 – rasm.)



2.3-rasm. Sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimining tashkil etilishi

Yo'ldoshli aloqa liniyalari yordamida olis masofalarga ko'p kanalli aloqani tashkil etish mumkin. Buning uchun geostatsinar orbitaga ya'ni

36000km balandlikda Yerning aylanish tezligida Yerning sun'iy yo'ldoshi harakatlanadi u 24 soat ichida Yerni bir marotaba aylanib chiqadi. Bu holatda 3 ta Yerning sun'iy yo'ldoshi 120° burchak ostida aylanganda butun Yer yuzasi bo'yicha aloqa tashkil etish mumkin.

Yo'ldoshli aloqa liniyasi orqali birinchi navbatda televideniya, gazeta polosalarini uzoq masofalarga uzatish imkoniyatini beradi. Bunday liniyalarning afzalliklaridan biri uzatilayotgan informatsiyalarni uzoq masofaga va keng zonalarga uzatish. Kamchiliklardan biri fazoga chiqariladigan Yerning sun'iy yo'ldoshining qimmatligi va bu aloqa tizimi yordamida dupleks telefon aloqasini tashkillashtirishda bir muncha qiyinchilar mavjudligidir.

Yo'naltiruvchi aloqa liniyalarining afzalliklardan biri signallarni uzatishda talab etiladigan sifatli va yuqori uzatish tezligi hamda oxirlash uskunalarining oddiy bo'lganligi bilan farqlanadi. Kamchiligi esa bunday liniyalarni qurish hamda bu liniyalarning texnik foydalanishiga ketadigan kapital xarajatlarning kattaligi va aloqani tashkil etish uchun uzoq muddat kerakligidir. Aloqa liniyalari va radioliniyalarni bir biri bilan taqqoslaydigan bo'lsak ular bir - birini to'ldirib turuvchi va shu asosda global masalalarni yechish uchun ishlatish lozim bo'lganligidir.

Hozirgi paytda aloqa liniyalari bo'yicha o'zgaras tok signallardan tortib optik diapazon chastotalarigacha uzatish mumkin, bunda to'lqin uzunliklari 0.85 mkm dan bir necha yuz kilometr gacha boradi. Bugungi kunda qo'llanilayotgan aloqa liniyalari 3 turga bo'linadi - kabelli liniyalar (KL), havo orqali o'tgan aloqa liniyalar (HOO'AL) va optik tolali aloqa liniyalari (OTAL). Kabelli va havo orqali o'tuvchi aloqa liniyalar – simli liniyalar bo'lib, ularda yo'naltiruvchi sistemani o'tkazgich - dielektrik tashkil qilsa, optik tolali aloqa liniyalarda yo'naltiruvchi sistemani dielektrik to'lqin o'tkazgichlar, ya'ni turli xil sindirish ko'rsatkichlarga ega bo'lgan dielektriklar tashkil etadi.

Simli aloqa liniyalari asosan kGs, mGs chastotalar diapazonida ishlatiladi. Kabelli liniyalar bo'yicha sifatli va halaqitlarga bardoshli bo'lgan sifatli ko'p kanalli aloqani uzoq masofalarga tashkil etish mumkin. Hozirgi paytda simmetrik va koaksial kabellar shaharlararo, shahar, qishloq, mintaqaviy va lokal tarmoqlarda keng qo'llanilmoqda.

Havo orqali o'tgan liniyalar aloqa tarmoqlarida 30-40 yillarda keng ko'lamda qo'llanilgan, ammo ularning kichiq o'tkazuvchanlik qobiliyati (12ta TCh kanallar) va xalaqitlarga bardoshligi kichiq bo'lganligi, zanjirlar orasida o'zaro ta'sirlar katta bo'lganligi, atmosfera muxitlariga

ta'sirchan bo'lganligi uchun ular mintaqaviy va qishloq tarmoqlarida qo'llanmoqda.

Optik tolali aloqa liniyalari (OTAL) asosan mikro to'lqin diapazonida ($\lambda=0.8\dots1.55\text{mkm}$) optik kabellarda yorug'lik signalini uzatish uchun qo'llaniladi, bunday liniyalarning kelajagi porloq.

2.2. Elektr o'tkazgichli uzatish muxitlari va ularning xususiyatlari

Elektr aloqa kabellari keng polosali tarmoqlarda keng polosali xizmatlarning elekt signallarini uzatish uchun xizmat qiladi. Elektr aloqa kabellari o'tkazgichlarining elektr o'tkazish tavsiflari va kabelning konstruktiv tuzilishiga bog'liq ravishda ko'plab turlarga bo'linadi. Xususan, elektr aloqa kabellari quyidagi ikki turga bo'linadi:

- Simmetrik o'rama juftli elektr aloqa kabellari;
- Koaksial elektr aloqa kabellari.

2.2.1. Simmetrik o'rama juftli simmetrik aloqa kabellari

Simmetrik o'rama juftli simmetrik aloqa kabellar bugungi kunda keng polosali tarmoqlarni qurishda juda keng qo'llanilishga ega. Xususan, bunday turdagi elektr aloqa kabellari keng polosali abonent kirish tarmoqlarida, lokal hisoblash tarmoqlarida o'zining keng qo'llanilishiga ega.

O'rama juft (twisted pair) – bu o'zaro bir biriga o'ralgan bir yoki bir necha izolyatsiyalangan o'tkazgichlardan tashkil topgan aloqa kabelidir (birlik uzunlikdagi o'rashlar soni katta emas). Shuningdek bunday turdagi kabellar tashqi plastik qobiqqa ega bo'ladilar. Bundan tashqari, o'rama juftli aloqa kabellari turli xil qo'shimcha komponentlarga ham ega bo'lishi mumkin. Bu uning qo'llanilish joy va boshqa bir qator xususiyatlariga bog'liq.

Mazkur kabel tarkibidagi o'tkazgichlarni juft-juft qilib o'zaro o'ralishlarning sababi quyidagicha:

- bitta juftlik tarkibidagi ikki o'tkazgichga bir xil elektromagnit halaqitlar ta'sir qiladi. Bitta o'ramdagi o'tkazgichlarni o'zaro o'rashlari sabab ularga tashqi elektromagnit maydon halaqitlari ta'sir qiladi.
- Shuningdek differensial signallarni uzatishda o'tkazgichlarni o'zaro bir-biriga ta'sirini ham kamaytiradi.

O'rama juftli simmetrik aloqa kabellari o'zining sodda konstruktiv yechimga ega ekanligi, ekspluatatsiya uchun quyidagicha va nisbatan yuqori o'tkazish qobiliyatiga ega ekanligi sababli telekommunikatsiya operatori tomonidan keng foydalanib kelinmoqda. Yuqoridagi hususiyatlari sabab bunday turdagi kabellar kompyuter tarmoqlarining

ham signallarni o'tkazishning asosiy fizik uzatish muhiti sifatida eng ko'p qo'llanishga ega kabel turi hisoblanadi. Ko'plab kompyuter tarmog'ini qurish texnologiyalari (Ethernet, Arcnet, Token Ring) aynan simmetrik o'rama juftli kabellardan foydalanishga asoslanadi.

Simmetrik o'rama juftli kabellarni keng polosali kompyuter tarmoqlarida qo'llanilishi takidlanganidek, simmetrik o'rama juftli kabellar lokal hisoblash tarmoqlarida samarali qo'llanilib kelinmoqda. Bunday kabellar lokal hisoblash tarmoqlarida tarmoq qurilmalari (oxirgi qurilmalar yoki kommunikatsiya qurilmalari) ga ulanishlari uchun 8P8C raz'em bilan jihozlangan bo'lishi lozim. Ba'zi manbalarda bu RJ45 nomini olgan, garchi bu to'g'ri bo'lmasada.

Lokal hisoblash tarmoqlarida qo'llanilishi lozim bo'lgan simmetrik o'rama juftlik kabellar tarkibidagi elementlar (asosan o'tkazgichlar) va kabel orqali o'tuvchi signallar himoyalangan bo'lishi lozim. Simmetrik o'rama juftli kabellar qanday turdagi himoyaga ega ekanligiga bog'liq ravishda (elektromagnit, ximik, mexanik ta'sirlardan ximoyalovchi) bir biridan farqlanadilar. Odatda bunday kabellar tarkibidagi alohida juftliklarini ustidan o'ralgan yoki to'qilgan element (metal to'r yoki falga) ekran deb ataladi va u bugungi kunda qo'llanilayotgan kabellarning markirovkasida "shielding" – ekranlash kabi belgilanadi. Agar kabel tarkibidagi barcha o'tkazgichlar ustidan o'ralgan yoki to'kilgan elementi mavjud bo'lsa "Screening" – zirxlanish qismiga ega bo'ladi.

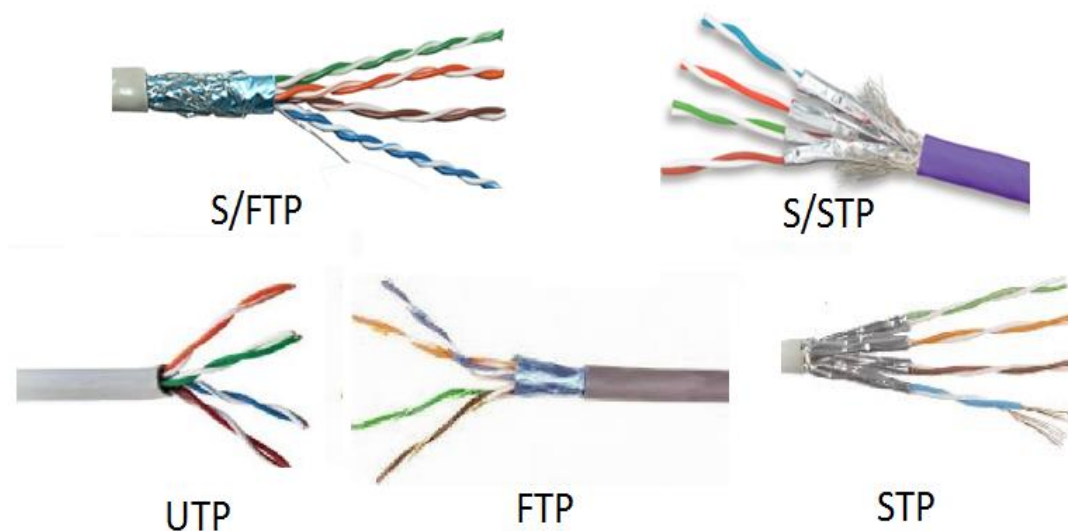
Shuningdek, kabelning ishlash muddatini oshirish va mis o'tkazgichlarni havodagi kislorod ta'siridan himoyalash maqsadida alyuminiy falga yoki alyuminiy qatlami hosil qilingan plyonkadan foydalaniladi. Bunday elementga ega kabellar nomlanishida "Failed" – falgalangan atamasi qo'llaniladi.

Falga kabelning elektrik va mexanik hususiyatlariga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bunday kabellarda shuningdek quyosh nuridan himoyalash maqsadida maxsus ximoya qatlami qo'llanilishi mumkin. Bunday himoya qobig'i qora rangli polietilendan iborat bo'lib, bunday qobig'ni ifodalash uchun kabellar nomlanishida "Double Jacket" atamasi qo'llaniladi.

Kabellarda ekranlashni amalga oshirish uchun va tashqi elektromagnit maydon ta'sirlaridan himoyalashning eng samarali yechimidir. Ma'lumot uzatish tezligi 100 Mbit/s li lokal hisoblash tarmoqlarida odatda ekranlanmagan simmetrik aloqa kabellari qo'llaniladi. Ammo uzatish tezligi 10 Gbit/s va undan yuqori bo'lgan tarmoqlarda albatta ekranlangan kabellardan foydalanish lozim.

Simmetrik o`rama juftli kabellar yuqorida sanab o`tilgan elementlarning qay biriga ega ekanligiga bog`liq ravishda quyidagi turlarga bo`linadi:

- UTP (Unshielded twisted pair) – ekranlanmagan o`rama juftli kabel
- FTP yoki F/UTP (Failed twisted pair) – umumiy falgalangan o`rama juftli kabel (ekranlanmagan).
- STP (Shielded twisted pair) – ekranlangan o`rama juftli kabel. Bunda har bir o`rama juft alohida ekranlangan.
- S/FTP (Screened Failed twisted pair) – Kabel umumiy falga va zirxlanishga ega.
- S/STP (Screened Shielded Twisted Pair) – Kabel har biri juftligi ekranlangan va umumiy zirxlanishga ega.
- SF/UTP (Screened Failed Unshielded Twisted Pair) – zirxli, falgali ammo ekranlanmagan o`rama juftli kabel.



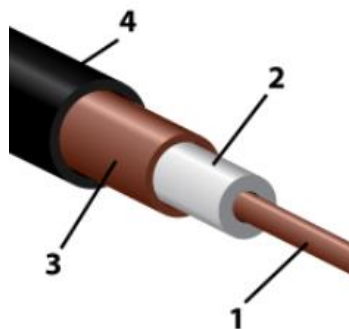
2.4-rasm. Simmetrik o`rama juftli kabellarning turlari

Bu kabellar qo`llanilish sharoiti va maqsadiga bog`liq ravishda turlich qo`llanishlarga ega. Tashqi xalaqitlardan va ichki o`zaro o`tishlardan eng muhofazalangan kabel S/FTP va S/STP markali o`rama juftlik kabekllardir.

2.2.2. Koaksial elektr aloqa kabellari

Koaksial zanjir (lotin so`zidan coaxis —bitta o`qda) ham konstruktiv, ham elektr farqlari bilan ajralgan ikkita o`tkazgichlardan tashkil topgan bo`lib, bitta umumiy o`qqa egadir (2.5—rasm). Ichki va

tashqi oʻtkazgichlar bir xil yoki turli xil metallardan tayyorlanishi mumkin.



2.5-расм. Коаксиал кабел занжир.

1 — Ichki oʻtkazgich, 2 – oʻtkazgichlar oʻrtasidagi izolyatsiya, 3 – tashqi oʻtkazgich, tashqi polietilen himoya qoplamasi.

Koaksial juftlarining turi ichki oʻtkazgich diametrini d - mm, tashqi oʻtkazgichning ichki diametri D mm ga boʻlgan nisbati bilan aniqlanadi:

➤ Hozirgi zamon kabel aloqasida 2,6 / 9,5 va 2,1 / 9,7 koaksial juftlar turi qoʻllaniladi va ular oʻrta hajmdagi koaksial juftlar deb nomlanadi.

➤ 1,2 / 4,6 koaksial juftlar esa kichiq xajimdagi koaksial juftlar deb nomlanadi.

➤ Katta oʻlchovdagi koaksial juftlar 5 / 18 va boshqalar suv osti kabellari boʻlib, ular dengiz va daryolar tublariga yotqaziladi.

➤ Oʻrta hajmli ikkita konstruktiv variantdagi oʻtkazgich diametr nisbatlari 2,6/9,5 va 2,6 /9,4 boʻlgan koaksial juftlar 60 MGs va 25 MGs diapazon chastotalarida ishlatilishga moʻljallanadi.

Koaksial aloqa kabellari bugungi kunda asosan televideniya signallarni uzatishda qoʻllanilishga ega. Kabelli televideniya tizimlarida gibridd texnologiyalar qoʻllanilmoqda. Markaziy tugundan tarqatish qurilmasigacha optik aloqa kabellari yotqiziladi. Tarqatish qurilmasida abonent televideniya qabul qilish qurilmasigacha esa koaksial aloqa kabellari qoʻllaniladi.

2.3. Optik uzatish muxitlari va ularning oʻziga xos xususiyatlari

Insoniyat taraqqiyotida aloqaning, xususan, optik aloqaning roli katta boʻlgan, bunga sabab uning tarqalish tezligining juda kattaligidir, ($3 \cdot 10^8$ m/s) ham toʻgʻri chiziqli tarqalish va boshqa xususiyatlariga bogʻliq. Masalan, XVIII asrdayoq quyosh nurini qaytaruvchi koʻzgulardan foydalanish asosida ishlaydigan optik telegraf va murakkab signallarni uzatish qobiliyatiga ega boʻlgan semoforlar yaratildi.

Axborotni masofaga uzatishda yorug'lik nurining qulayligini sezgan amerikalik telefon ixtirochisi A. Bell bundan 125 yil avval optik telefon (fotofon)ni yaratdi.

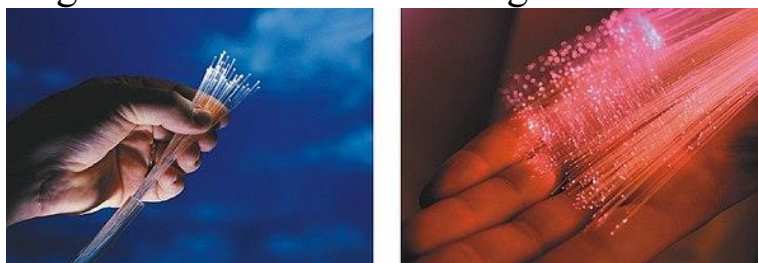
U o'zining qurilmasi yordamida odam ovozi nur orqali 200 metr masofaga uzatdi. Bunda mikrofonning tebranishidan qaytuvchi quyosh nuri ovozi tashuvchi bo'lib xizmat qildi. Hozirgi kunda deyarli har bir uyda radio, televizor va telefon bor, shaharlar va maydonlar o'rtasida yotqizilgan kabellar yordamida koinotdan Yerning sun'iy yo'ldoshlari orqali keng miqyosda axborotlar uzatilib turiladi. Ammo aloqa texnikasining rivojlanishi, elektronikaning zamonaviy yutuqlari, elektromagnit to'lqinlarining sm va mm diapazonining o'zlashtirilishi ham hozirgi paytda mislsiz ko'payib ketayotgan axborot talablariga javob bera olmay qoldi.

Ushbu fikrlarimizni isbotini amaliyotda axborotning zichligi, uzatish chastotasining oshirilishi aloqa kanallarini zichlashtirish kabi qator talablarni qo'yilishi va tadbiriqida bevosita kuzatishimiz mumkin bo'ladi. Shuning uchun ham dunyo mutaxassislari birinchi navbatda optik diapazonga qayta-qayta e'tibor bera boshladilar.

Shuningdek, dunyodagi mis konlari borgan sari kamayib borayotganligi buning natijasida texnikada juda kerak bo'lgan bu metallning deyarli yarmi kabellar uchun sarf bo'layotganligi bilan dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Olimlarning taxmini bo'yicha mis ishlab chiqarish XXI asrda keskin ravishda kamayadi. Demak, biror chora topilmasa, kabel ishlab chiqarishda moddiy tanqislikga uchrashi turgan gap. Shuning uchun ham mis simlardan voz kechib, axborotni shaffof shisha tolalar orqali nur yordamida uzatishga o'tish lozimligini tushunib yetildi. Kuzatishlar natijasida shisha tolalarni ishlatish ikki ijobiy yutuqqa — axborot uzatish tezligini keskin oshirib, qimmat hisoblangan misni katta miqdorda iqtisod qilishga yechimlar taklif qilindi. Bunda O'YuCh- diapazoni ($\lambda=1-20\text{sm}$) bo'lgan elektromagnit to'lqinlar mukammal o'zlashtirilgandan so'ng navbat optik diapazonga yetib keldi. 60-yillarda kashf etilgan lazerlar ham katta samara bermadi. Natijada, axborotni lazer nuri bilan ochiq atmosferada uzatish yaxshi natija bermadi kabi xulosaga kelindi. Bunga sabab atmosferadagi temperatura, havo oqimi, changlar, tuman va h.k. lar tinimsiz o'zgarib turganligi uchun ochiq havo nur o'tkazuvchi muhit sifatida ishlatishga yaroqsizligi aniqlandi.

Lazer nurini trubalar ichida uzatib ko'rildi, lekin bu yo'l ham foyda bermadi. Shuni aytish kerakki, nur o'tkazuvchi shisha tolalar 60 —

yillarda ma'lum edi. Ularning diametri 100 mkm bo'lib, o'zak va uni o'rab olgan qobiqdan iborat edi. O'zakning sindirish ko'rsatkichi qobiqning sindirish ko'rsatkichidan biroz katta bo'lishi kerak. Lazer nurini shunday tolalar orqali uzatishga urinib ko'rildi, ammo bunday tolalar juda katta yutish koeffitsiyentiga ega bo'lib, taxminan 1000 db/km ga teng. Bunday tolaga kiritilgan nur bir necha metr masofadan so'ng deyarli butunlay yutilib ketadi. Ammo 1966 yilda ingliz olimlari Kao va Xokxem o'zlarining ilmiy izlanishlarida optik shishalardagi nurning yutilish sabablarini taxlil qilib, nurning yutilishiga asosiy sabab He, Ni, Si, Sg va shunga o'xshash metallar shisha sintez qilnayotganda tashqaridan (havodan, tigeldan) kirib qolgan metall ionlari ekan. Maqola mualliflari agar shishalar ana shu ionlardan tozalansa, yutish koeffitsiyenti $a < 20\text{db/km}$ bo'lgan tolalar olish mumkinligini isbotlab berdilar.

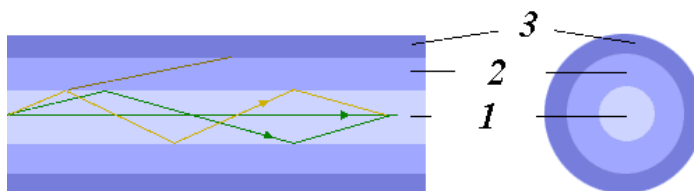


2.6-rasm. Optik aloqa kebellarida qo'llaniluvchi optik tolalar

Bu maqoladan so'ng dunyo miqyosida yutish koeffitsiyenti kichiq bo'lgan nur o'tkazuvchi tolalarni olish bo'yicha ishlar juda kuchayib ketdi. Nihoyat, 1970 yil "Korning Glass" firmasi mutaxassislari to'liq uzunligi 0.63 mkm bo'lgan nur uchun yutish koeffitsiyenti 20 db/km dan kichiq bo'lgan nur uchun nur o'tkazuvchi tolalarni yaratdilar. Bunday tolalar uzun to'liqlik optik aloqa liniyalarida ishlatilgan bo'ladigan sifatlarga ega edi. Shuning uchun 1970 yil tolali optikaning tug'ilgan yili deb sanala boshlandi. Ana shundan so'ng tolali optika aloqasi misli ko'rilmagan tezlik bilan rivojlanib ketdi, ular ishlatiladigan sohalar ko'paya boshladi: telefon tarmoqlari orqali ishlaydigan televideniye, aviatsiya va dengiz flotida, bort aloqasi, hisoblash texnikasi, texnologik jarayonlarni boshqarish va nazorat qilish tizimi va h.k.larda ham ishlatila boshlandi. Bundan tashqari, nurli tolalarning tashqaridan tushuvchi elektromagnit to'liqlarning ta'sirini sezmasligi, vaznlari kam va ixchamligi ham aniqlandi. Shunday qilib, optik aloqa tizimlarining negizi shaffof va toza shishadan tayorlanib optik nurlarni yaxshi uzatilishi uchun xizmat qiladi.

Optik tolaning asosiy elementlari tola o'zagi, qobig'i va bufer qatlamlaridir(2.8-rasm). Yuqorida ta'kidlanganidek, tola o'zagi (1) bu nur tarqaluvchi muxitdir. Qobiq (2) esa optik nurning faqat optik tola o'zagi

bo‘ylab tarqalishini ta’minlash vazifasini bajaradi. Optik tolani bufer(3) qatlami esa tola qobig‘idan ajrab chiqqan nurlanishlarni toladan butunlay tashqariga sizib chiqishini oldini oladi. Ya’ni, optik tola o‘zagining sindirish ko‘rsatkichi qiymati tolaning qobig‘i sindirish ko‘rsatkichiga nisbatan, qobiq sindirish ko‘rsatkichi qiymati esa bufer qatlami materialining sindirish ko‘rsatkichiga nisbatan katta bo‘ladi.



2.8-rasm. Optik tola va uning asosiy elementlari

Optik tolalarning bufer qatlami geometrik o‘lchamlari ularning qo‘llanilish sharoitiga bog‘liq ravishda turlicha bo‘lishi mumkin. Masalan, inshoot va binolar ichida yotqizishga mo‘ljallangan optik kabellar tarkibidagi optik tolalarning bufer qatlami magistral aloqa liniyalarida yotqiziluvchi optik kabellar tarkibidagi optik tolalarning bufer qatlamiga nisbatan yuqori qalinlikka ega bo‘ladi.

$$n_1 > n_2 > n_3 > n_0,$$

bu erda:

n_1 – tola o‘zagining sindirish ko‘rsatkichi;

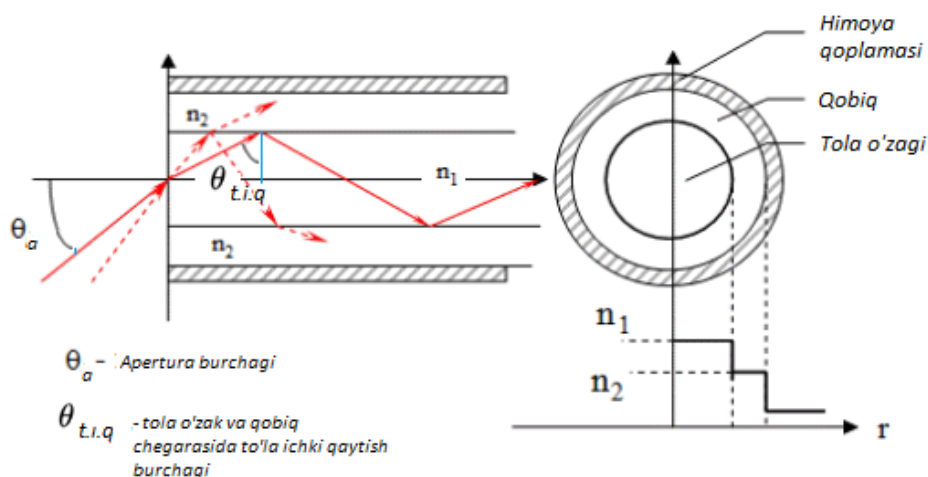
n_2 – tola qobig‘ining sindirish ko‘rsatkichi;

n_3 – tola buferining sindirish ko‘rsatkichi.

2.3.1. Optik tolalarning ishlash prinsipi

Uzoq masofalarga yorug‘likni uzatishda ularning quvvatini asrash muhimdir. Uzatish jarayonida nurlanish quvvatini susayishini kamaytirish uchun birinchidan, nurning sochilish jarayonida optik shaffoflikni oshirish zarur. Bunda yutilish minimum qiymatga ega bo‘lishi kerak. Ikkinchidan, nur yo‘nalishi troyektoriyasini to‘g‘ri tanlash lozim. Bularga bog‘liq holda, birinchi vazifa yuqori tozalikdagi texnologiya’ni qo‘llagan holda sof kvarts oynadan foydalanish maqsadga muvoffiq. Ikkinchi vazifa optik qonunlarni to‘g‘ri qo‘llash orqali amalga oshiriladi. Optik signalni nurlanish manbaidan qabul qilish qurilmasiga tola bo‘ylab tarqalib etib borishini ta’minlash uchun optik nurlanishni optik tola o‘zagi bo‘ylab imkon qadar yo‘qotishlarsiz tarqalishini ta’minlash lozim. Optik nurlanishni faqat optik tola o‘zagi bo‘ylab tarqalishi tola o‘zagi va qobig‘i chegarasida to‘la ichki qaytish xodiassi

yuz bergandagina amalga oshadi. Biroq, buning uchun turli zichliklarga ega bo'lgan ikkita yopiq sistema kerak bo'ladi. Ko'p hollarda bunday yopiq ikki sistema sifatida turli zichliklarga ega bo'lgan kvarts oynalar qo'llaniladi. To'liq nisbatan zichroq bo'lgan sistemada uzatiladi. Bu holatni batafsil tushunish uchun optik tola tizilishini ko'rib chiqaylik (2.9-rasm).



2.9-rasm. Optik toladan optik nurni tarqalish jarayoni

Uning o'zagi zichligi nisbatan yuqoriroq bo'lgan oyna (1) bo'lib, u yorug'lik uzatuvchidir. U nisbatan zichligi kichiqroq bo'lgan oyna bilan (2) qoplangan. Unda signallar to'la qaytadi. Mexanik ta'sirlardan saqlash uchun ularning sirti maxsus qoplama (3) bilan qoplanadi.

Optik nurlanish tola o'zagiga kiritilganda optik nurlanish tola o'zagi va qobiq'i chegarasiga tushadi. Nurlanish tola o'zak qobiq chegarasida akslanishi lozim aks holda tola o'zagida qobiqqa sizib chiqishi va quvvatini yo'qotishi mumkin. Tola o'zagi va qobiq'i chegarasida to'la ichki qaytish xodisasi yuz berishi uchun avvalo yuqoridagi takidlangan shart bajarilishi lozim:

$$n_1 > n_2$$

Ya'ni, tola o'zagi nur sindirish ko'rsatkichi qobiq sindirish ko'rsatkichidan katta bo'lishi lozim.

Nurning tola o'zagi bo'ylab tarqalishining ikkinchi asosiy sharti optik nurlanish tola o'zak qobiq chegarasiga shunday burchakda tushishi kerakki, bunda to'la ichki qaytish hodisasi yuz berishi lozim. Bu burcha to'la ichki qaytish burchagi deyiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$\theta_{t.i.q} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (2.4)$$

Formuladan ma'lum bo'ladiki, tola o'zak qobiq chegarasida to'la ichki qaytish hodisasining amalga oshishi tola o'zak va qobiq'ining nur sindirish ko'rsatkichlarining nisbatiga bog'liq.

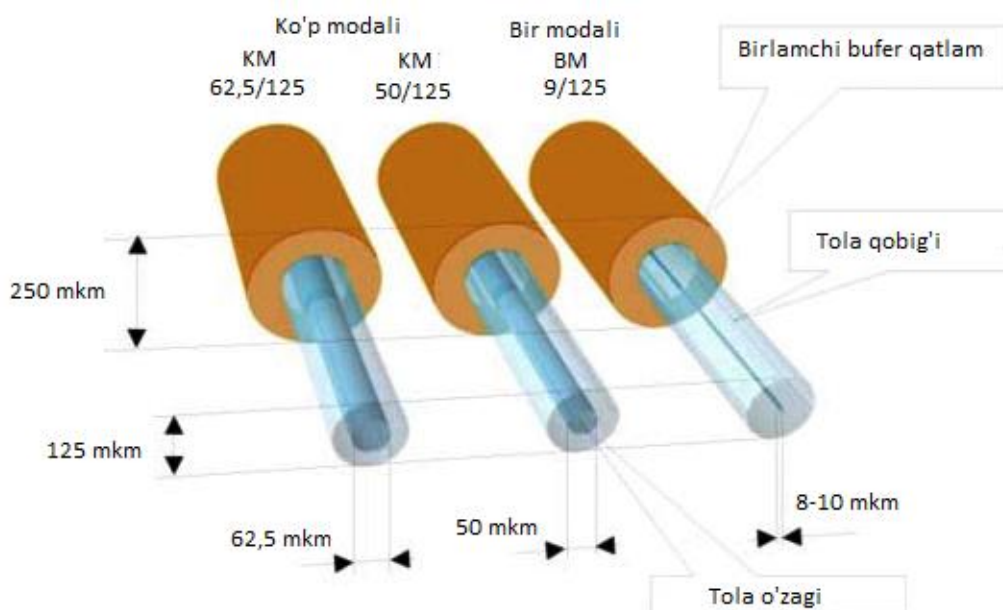
Tola o'zak va qobiq chegarasidagi to'la ichki qaytish hodisasining bajarilishi uchun tola o'zagiga optik nurlanishni tashqi muhitdan kiritishdagi burchagi qiymatini ham ma'lum chegaraviy qiymatdan ortishiga yo'l qo'ymaslik lozim. Tashqi muhitdan tola o'zagiga nurlanishni kiritish burchagining me'yoriy qiymati apertura burchagi deyiladi va quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$\Theta_a = \arcsin \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.5)$$

Demak, apertura burchagi ham to'la o'zagi va qobiq'ining nur sindirish ko'rsatkichiga bog'liq ekan.

Optik tolali aloqa tizimlarida bugungi kunda asosan ikki turdagi, bir modali va ko'p modali optik tolalardan foydalaniladi. Ular bir biridan geometrik parametrlari bilan ham farq qiladi.

Bir modali tolalar geometrik o'lchamlariga bog'liq ravishda faqat bitta modani (ma'lum to'lqin uzunligidagi optik nurlanishni) uzatishga mo'ljallangan. Ko'p modali tolalar esa aksincha bir vaqtda bir necha to'lqin uzunlikdagi modalarni uzatishda qo'llanishi mumkin. Bir modalar o'zining disperstsiya parametrlarining ijobiylik sababli uzoq masofali (80-120 km) magistral optik tarmoqlarda qo'llaniladi. Ko'p modali tolali kabellar esa hizmat ko'rsatish masofasi bir necha o'nlab km dan oshmaydigan kirish tarmoqlarida, lokal tarmoqlarda qo'llaniladi. Buning asosiy sababi ko'p modali tolalarda modalararo dispersiya'ning yuzaga kelishi va u uzatilayotgan signal sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishidir. Quyidagi 2.10-rasmda bir va ko'p modali optik tolalarning geometrik parametrlari tasvirlangan.



2.10-rasm. Bir va ko'p modali optik tolalar va ularning geometrik parametrlari

Yuqorida keltirilgan fikrlar va mulohazasida quyidagi ta'rif asosli bo'ladi: Fizikaviy muhit sifatida optik kabeldan foydalanib uzatish tomonidagi birorta punktdan qabul qilish tomonidagi boshqa bir punktga axborotlarni uzatishni ta'minlovchi texnik vositalar to'plami tolali aloqa tizimi, deb ataladi.

2.3.2. Optik tolali kabellarning konstruksiyasi

Bugungi kunda aloqa tizimlarida juda ko'plab turdagi optik kabellardan foydalaniladi. Dunyo bo'ylab ko'plab optik tolali aloqa kabellari ishlab chiqaruvchi kompaniyalari mavjud (roskabel, fujicura, nec, simens). Optik kabellar taqibidagi tolalar odatda bir birida farq qilmasada, optik kabellar qo'llanilish sharoiti va maqsadiga bog'liq ravishda bir-birida konstruktiv jihatidan farq qiladi.

Umuman olganda optik kabellar quyidagicha tasniflanadi:

- Ichidagi tolani tayyorlanish materialiga ko'ra:
 - GOF-kabel (*glass optic fiber cable*), ya'ni shisha tolali kabel;
 - POF-kabel (*plastic optic fiber cable*), ya'ni plastik tolali kabel.
- Montaj joyiga ko'ra:
 - Tashqarida montaj qilish uchun (tuproqqa, havo aloqa liniyasiga, suv ostiga);
 - Ichki montajlar uchun (inshoot bino ichida qo'llash uchun).

Yotqizilish sharoitiga bo'g'liq ravishda:

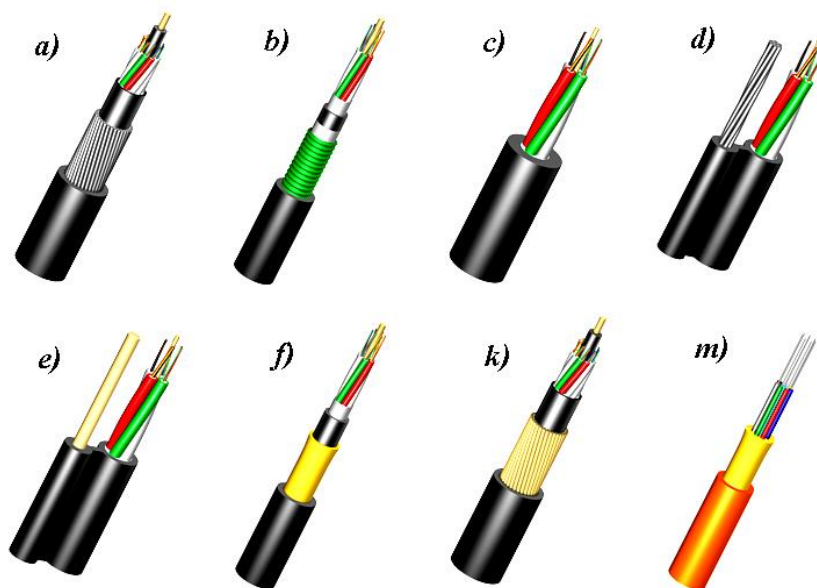
- Osmo kabellar (Bunda osiluvchi element kevlardan yoki metal trosdan, steklovoloknadan iborat bo‘lishi mumkin);
- Elektr uzatish liniyasi tayanchlariga osish uchun (chaqmoqdan ximoyaga ega kabellar);
- Tuproqqa yotqizish uchun kabellar (po‘lat simli zirxga ega optik kabellar);
- Kabel kanalizatsiyasiga yotqizish kabellari (qat-qatlangan po‘lat zirxli kabellar);
 - Suv osti kabellari (ko‘p qatlamli optik kabellar).

Optik tolali kabellar umumiy holda quyidagi elementlardan tashkil topgan bo‘lishi mumkin. Turli optik kabellar yuqorida tasniflanishga ko‘qa turli sharoitda va montaj qilinishida, turli maqsadda qo‘llanilishi mumkin. Shuning uchun ham optik kabellar qo‘llanilish sharoiti va montaj uslubiga bog‘liq ravishda quyida sanab o‘tiladigan elementlarning ma‘lum birlariga ega yoki ega bo‘lmasligi mumkin:

- Tashuvchi tros, odatda stecloplastdan yoki metaldan tayorlanib, kabel tarkibidagi optik tolalarga kabelni yotqizish yoki ekspluatatsiya jarayonida ko‘ndalang yuklama tushishini oldini oladi. Odatda kabel markazida joylashadi. Krosga yoki kabel muftasiga bolt bilan mahkamlanadi.
- Optik tolalar, kabelning eng asosiy signal tashish vazifasini bajaruvchi elementidir. Kabel tarkibidagi tolalar bir yoki ko‘p modali bo‘lishi mumkin. Qanday turdagi tola qo‘llanilganligi kabel ustki polietilen qoplamasida maxsus belgi bilan belgilab qo‘yiladi. Agar bir modali tolali kabel bo‘lsa SM (single mode), agar ko‘p modali optik tolali kabel bo‘lsa MM(multy mode) belgisi qo‘yiladi.
- Modullar optik kabel o‘zagida optik tolalarni joylashtirish uchun qo‘llaniladi. Modul ichiga optik tolalar, tolalarni o‘rash ipi hamda gidrofob to‘ldirgich to‘ldiriladi. Moduldagi tolalar soni 4-12 orasida bo‘ladi. Optik kabel tarkibidagi tolalarning umumiy soni esa 8-144 gacha bo‘lishi mumkin(odatda 32,48,64). Kabel o‘zagining geometrik butunligini saqlash maqsadida agar kabel tarkibidagi tolalar soni kam bo‘lsa modul o‘rniga rezina to‘ldirgichlar to‘ldiriladi.
- Polietilen plyinkali belbog‘li izolyatsiya, uning ichki qismiga ham gidrofob moyi to‘ldiriladi. Bendan maqsad kabel o‘zagidagi ishqalanish koeffitsiyentini kamaytirish va qo‘shimcha namlikdan himoyalashga erishishdir.

➤ Kevlar ipli qobiq yoki zirx. Zirx – optik kabellarni tashqi mehanik ta'sirlardan himoyalash maqsadida qo'llaniladi. Zirxlar optik kabelning qo'llanilish sharoitiga bog'liq ravishda qat-qatlangan metal, po'lat lentali yoki po'lat simli o'rama turlarga bo'linadi. Kevlarli kabellar inshoot ichida qo'llaniluvchi kabellar hisoblanib, keklar 6 – 9 kN li yuklamaga bardosh bera oladi. Kevlarning vazifasi osilishdagi yuklamaga qarshi turishdir.

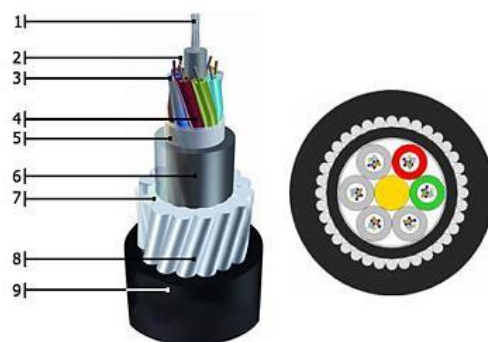
Kabel tashqi ta'sirlardan himoyalash qoplamasi. Bu element polietilendan tayorlanig kabel zirxini namgarchilikdan himoyalashni ta'minlaydi. Quyidagi 2.11-rasmda optik kabellarning turlari tasvirlangan.



2.11-rasm. Optik tolali aloqa kabellari konstruksiyalari.

a, k – tuproqqa va suv ostiga yotqiziluvchi optic kabellar, *b* – telefon kabel kanalizatsiyasiga yotqiziluvchi kabel, *c, m* - inshoot ichida qo'llaniluvchi kabellar, *d, e, f* – osma kabellar.

Bugungi kunda respublikamiz telekommunikatsiya tarmoqlarida optik kabellarning havo aloqa liniyalarida qo'llaniladigan turlaridan asosan *d* va *e* turdagisi keng tarqalgan. Osmo kabellarning bunday sakkiz shaklida bo'lishi ualrning havo aloqa liniyasida yotqizishda qulayliklar yaratadi.



2.12-rasm. Tuproq va suv ostiga yotqiziluvchi o‘rama zirxli optik tolali kabelning ichki tuzilishi

1-Markaziy kuch elementi, 2-optik tola, 3-ichki gidrofob to‘ldirgich, 4-optik modul, 5-o‘zak gidroizolyasiyasi, 6-oraliq qoplama, 7-o‘zakning gidroizolyasiyasi, 8-metall zirx, 9-ximoya qoplama.

Optik kabella turli qurilish uzunliklariga ega boladilar. Ya’ni, kabel g‘altagidagi o‘ralgan kabel uzunligi har xil bo‘ladi. Kabellar bir–biri bilan optik kabel muftasi orqali bog‘lanadi. Bunda optik kabellarning optik tolalari muftaning kossetasiga montaj qilingan va polovinohlorid izolyatsiya kiydirilgan holatda joylashtiriladi. Optik kabel muftaga kabel ftulkasi orqali kiritiladi. Kiritishda termo izolenta orqali kabel kirish va chiqish joyi tashqi muhitdan izolyatsiyalanadi. Kabel markaziy kuch elementi mufta ichidagi maxsus joyga bolt bilan qotiriladi. Bu kabelning ulanish nuqdasida ham elektik butunligigni ta’minlaydi.

Nazorat savollari

1. Radio to‘lqinlarning diapazonlarga ajrating.
2. Radio aloqa tizimi deganda nimani tushunasiz?
3. Simpleks radio aloqa tizimi qanday tizim?
4. Dupleks ardio aloqa tizim qanday?
5. Simmetrik aloqa kabellari qanday?
6. Simmetrik aloqa kabellarining klassifikatsiyasi qanday?
7. Optik tolalar va ularning qanday turlari vavjud?
8. Bir modali optik tolalar qanday xususiyatlarga ega?
9. Ko‘r modali optik tolalar qanday xususiyatlarga ega?
10. Optik kabellarning klassifikatsiyasi.
11. Optik kabellar yotqizilish sharoitiga ko‘ra qanday turlarga bo‘linadi.
12. Optik kabellarning o‘rama po‘lat simli zirxli turi qanday sharoitlarda qo‘llaniladi?

3-BOB. KENG POLOSALI AXBOROTLARNI UZATISHDA FOYDALANILADIGAN MODULYATSIYA USULLARI

3.1. Analog modulyasiya usullari va ularning o‘ziga xos xususiyatlari

Radiotexnika rivojining dastlabki yillarida modulyasiya past chastotali tovush yoki telegraf signallarini uzoq masofaga yuqori chastotali radiosignallar orqali yetkazishda foydalanilgan bo‘lsa, hozirda quyidagi qo‘shimcha talablar qo‘yilgan:

1. Uzatiladigan nisbatan past chastotali xabarlarni ajratilgan ma'lum radiochastotalar diapazoniga joylashtirish;
2. Ajratilgan radiochastotalar diapazonidan eng maqbul darajada foydalanish, elektromagnit muhitni ta'minlash;
3. Modulyasiya'ning ma'lum turlaridan foydalanib, xabarni iste'molchiga yuqori halaqitbardoshlik bilan yetkazish.

Modulyasiya deb - yuqori chastotali radiosignal (tashuvchi)ni asosiy parametrlaridan birini nisbatan past chastotali foydali signalning biror parametriga mos ravishda o‘zgarishiga aytiladi. Past chastotali axborot signali modulyatsiyalovchi signal, parametri past chastotali signalga mos o‘zgaruvchi tashuvchi signal esa modulyatsiyalanuvchi signal deyiladi. Tashuvchining modulyatsiyalovchi signalga mos ravishda o‘zgaruvchi parametri uning informatsion parametri deb ataladi. Ko‘p hollarda tashuvchi signal sifatida: yuqori chastotali garmonik shakldagi signallar; to‘g‘ri burchakli impulslar ketma-ketligi va shovqinsimon signallardan foydalaniladi. Demak, modulyatsiya yuqori chastotali tashuvchi signalning bir yoki bir necha parametrlarini past chastotali modulyatsiyalovchi signalning biror parametriga mos o‘zgarishiga aytiladi. Ya’ni, modulyatsiya natijasida signallar nisbatan yuqoriroq chastotaga o‘tadi.

Analog aloqa tizimlarida tashuvchi signalning qay bir parametrining o‘zgarishiga bog‘liq ravishda modulyatsiya'ning quyidagi turlari mavjud:

- Amplitudali modulyatsiya – AM;
- Chastotali modulyatsiya – CHM;
- Faza bo‘yicha modulyatsiya – FM.

Umumiy holatda modulyatsiya quyidagi sabablarga ko‘ra xabarlarni uzatish imkoniyatini oshiradi:

- kanallarni chastota bo‘yicha ajratish orqali bitta aloqa liniyasi bo‘ylab uzatiladigan xabarlar sonini oshiradi;

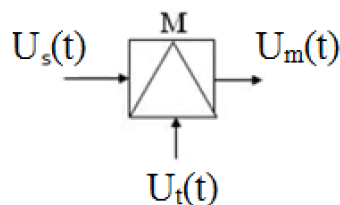
➤ shovqinbardosh modulyatsiya usullaridan foydalangan holda uzatilayotgan axborotlarni ishonchliligini ortirish;

➤ radiokanallar bo‘ylab nurlantirish samaradorligini oshirish. Ya’ni, radio aloqa tizimlarida tarqatuvchi antenning geometrik o‘lchami nurlantiriluvchi signal to‘lqin uzunligining kamida 1/10 ga teng bo‘lishi lozim. Masalan modulyatsiya qo‘llanilganda signaldagi axborot nisbatan yuqori chastotadagi tasguvchiga o‘tkaziladi. Demak antenna yordamida uzatiladigan signalning to‘lqin uzunligi kamayadi. Bu esa antenna o‘lchamini kichraytirish imkonini beradi.

➤ Signal parametrlari va liniya’ning uzatish parametrlari orasidagi moslikni ta'minlash imkonini beradi;

➤ Signallarni uzoqroq masofaga uzatish.

Modulyatsiya jarayoni modulyator qurilmasida amalga oshiriladi. Modul-yatorning shartli belgilanishi quyidagicha:



3.1-rasm. Modulyatorning shartli belgilanishi

Bunda:

$U_s(t)$ — past chastotali modulyasiyalovchi axborot signali (uni chastotasini aksariyat xollarda ω yoki f kabi belgilanadi);

$U_t(t)$ — modulyasiyalanuvchi signal (*tashuvchi*), bu signal axborot signaliga nisbatan yuqori chastotaga ega bo‘ladi (uning chastotasini aksariyat xollarda ω_0 yoki f_0 kabi belgilanadi);

$U_m(t)$ — modulyasiyalangan signal. Bu signal axborotga ega va yuqori chastotali.

3.1.1. Amplitudasi modulyasiyalangan signallar

Amplitudali modulyatsiya – yuqori chastotali tashuvchi signallarni amplitudasini past chastotali axborot signallariga mos o‘zgarishidir. Demak amplitudali modulyatsiya jarayonini amalga oshiruvchi modulyator chiqishida amplitudasi modulyatorning kirishidagi past chatotali modulyasiyalovchi signalning parametriga mos o‘zgaruvchi signal xosil bo‘lar ekan.

Tasavvur qilamizki, uzatiluvchi foydali signal oddiy garmonik tebranish shaklida bo‘lsin:

$$u_s = U_{\Omega} \cos \Omega t \quad , \quad (3.1)$$

Bu erda: U_{Ω} - foydali signalning amplitudasi;
 Ω - foydali signalning burchak chastotasi.

Tashuvchi signal sifatida esa yuqori chastotali garmonik tebranishni olamiz:

$$u_t = U_{\omega_0} \cos \omega_0 t \quad , \quad (3.2)$$

Bu erda: U_{ω_0} - foydali signalning amplitudasi;
 ω_0 – tashuvchining burchak chastotasi.

U holda foydali signalning tashuvchi signal amplitudasiga ta'siri natijasida yangi, faqat amplitudasi o'zgaruvchi tebranish hosil bo'ladi:

$$u_{AM} = U_{AM} \cos \omega_0 t \quad , \quad (3.3)$$

Ya'ni tashuvchining amplitudasi chiziqli qonuniyat bo'yicha o'zgaradi:

$$U_{AM} = U_{\omega_0} + k U_{\Omega} \cos \Omega t = U_{\omega_0} (1 + m \cos \Omega t) \quad , \quad (3.4)$$

bu erda k - proporsionallik koeffitsiyenti;

$m = k U_{\Omega} / U_{\omega_0}$ - modulyatsiya koeffitsiyenti (yoki modulyatsiya chuqurligi).

Agar modulyatsiyalangan signalning amplitudasi tashuvchi amplitudasiga nisbatan ikkimarta katta qiymatgacha ortsa, u holda modulyatsiya chuqurligi 100% ga ($m=1$) teng hisoblanadi. Modulyatsiya jarayoni $m \leq 1$ shart bajarilsagina chiziqli amalga oshadi.

Yuqoridagi (3.3) formulaga (3.4) ni quyish orqali quyidagini keltirib chiqaramiz:

$$u_{AM} = U_{\omega_0} (1 + m \cos \omega_0 t) \cos \omega_0 t \quad (3.5)$$

qavsni ochamiz va quyidagi qonuniyatni xisobga olgan holda

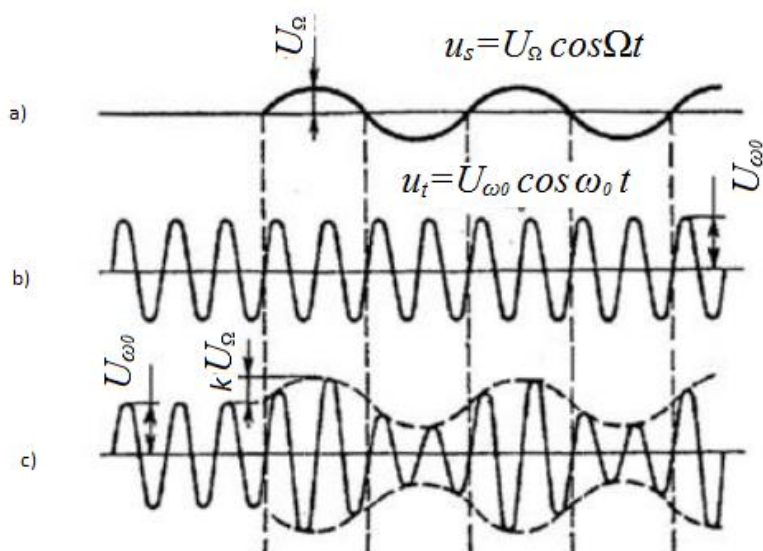
$$\cos \omega_0 t \cdot \cos \Omega t = \frac{1}{2} [\cos (\omega_0 + \Omega) t + \cos (\omega_0 - \Omega) t] \quad , \quad (3.6)$$

mazkur tenglikni xosil qilishimiz mumkin:

$$u_{AM} = U_{\omega_0} + m (U_{\omega_0}/2) \cos (\omega_0 + \Omega) t + m (U_{\omega_0}/2) \cos (\omega_0 - \Omega) t, \quad (3.7)$$

Bu tenglikdan ko‘rinadiki, natijaviy tebranish yoki signal tashuvchining asosiy tebranishidan va tashuvchidan \square chastotaga farq qiluvchi ikki tebranishdan iborat.

Amplituda bo‘yicha modulyatsiya jarayonini 3.2-rasmda tasvirlangan.



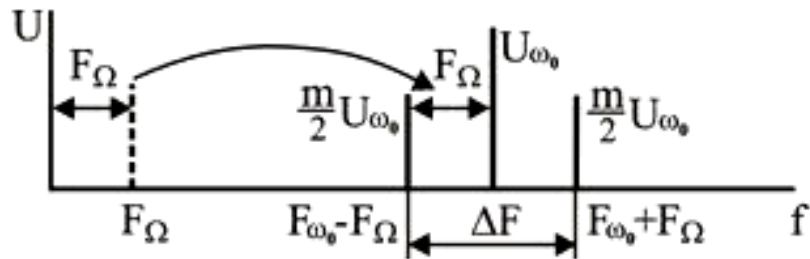
3.2. Amplitude bo‘yicha modulyatsiya jarayoni.

a – past chastotali foydali signal; b – yuqori chastotali tashuvchi signal;

c – amplituda bo‘yicha modulyatsiyalangan signal

Modulyatsiya jarayonida asosiy tebranish tashuvchining chastotasi va amplitudasini saqlab qoladi. Oxirgi (3,4) ifodadagi ikkinchi qismi $(m/2)U_0$ amplitudaning kamayishiga va $(\omega_0 + \Omega)$ chastotaning oshishiga ega sinusoidadan iborat bo‘lib u yuqori yon tashkil etuvchi deyiladi. Uchinchi qismi ham huddi shunday amplituda kamayishiga ega sinusoidadan iborat. Ammo chastota $(\omega_0 - \Omega)$ ga kamayadi. Bu qism quyi yon tashkil etuvchi deyiladi.

3.3-rasmda amplituda bo‘yicha modulyatsiyalangan signalning spektri tasvirlangan. Undan ko‘rinadiki, modulyatsiya jarayonida foydali signalning F_{Ω} spektri ω_0 ga teng chastota intervaliga surilmoqda. Yon tashkil etuvchilari tashuvchining ikki tomonida simmetrik ravishda joylashmoqda va ularning amplitudasi tashuvchi amplitudasi yarmidan oshmaydi.



3.3-rasm. Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan signalning spektri

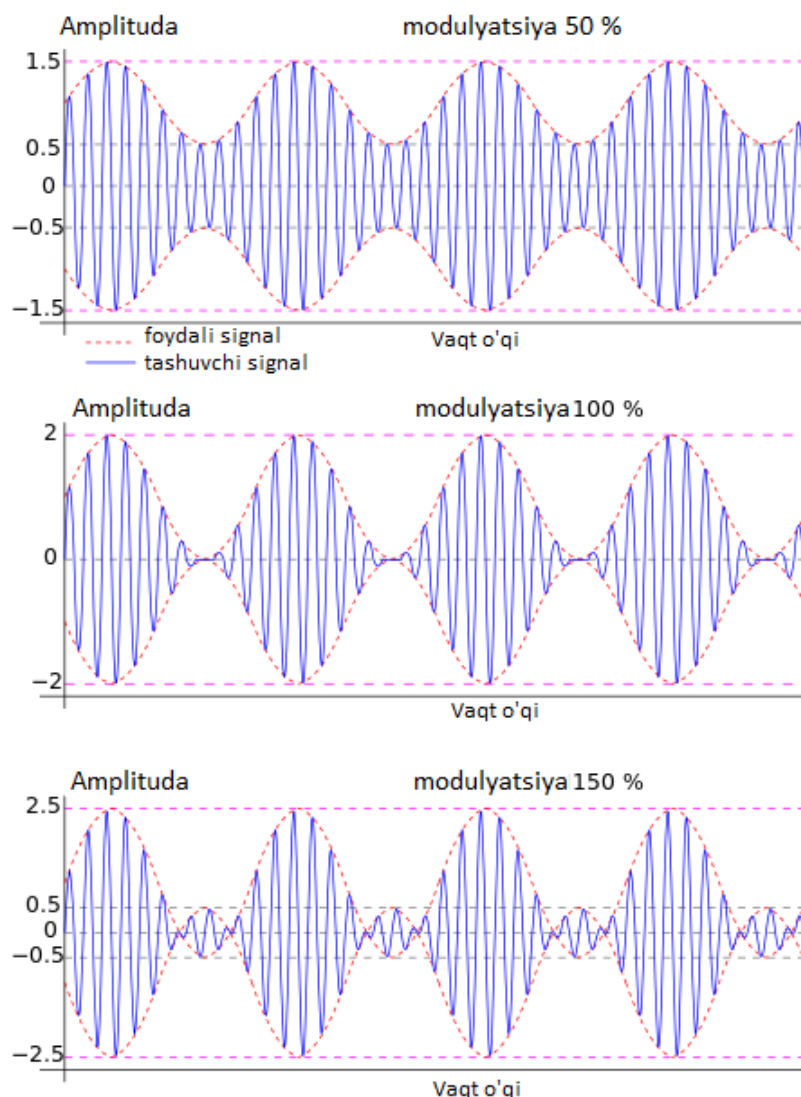
Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan signal tebranishining to'liq spektri yoki qisman uzatilishiga bog'liq ravishda amplituda bo'yicha modulyatsiya ikki turga bo'linadi:

- Ikki yon polosali amplituda modulyatsiya;
- Bir yon polosali amplitudali modulyatsiya.

Modulyatsiyalash jarayonida buzilishlarni kamaytirish maqsadida quyidagi shart bajarilishi lozim, ya'ni:

$$m \leq 1.$$

Modulyatsiya koeffitsiyenti yoki modulyatsiya chuqurligini ifodalovchi m – parametr manfiy qiymat qabul qilmasligi lozim. Agar vaqtning biror onida m manfiy qiymat qabul qilsa u holda ortiqcha modulyatsiyalanish kabi zararli effect yuz beradi.



3.3-rasm. Turli modulyatsiyalash koeffitsiyentlarida modulyatsiyalash jarayoni. Eng quyi ossilogrammada ortiqcha modulyatsiyalanish yuzaga kelgan.

Yuqoridagi 3.3-rasmda turli modulyatsiyalash koeffitsiyentlarida modulyatsiyalash jarayoni aks ettirilgan. Eng quyi ossilogrammada ortiqcha modulyatsiyalanish yuzaga kelganligini ko'rish mumkin.

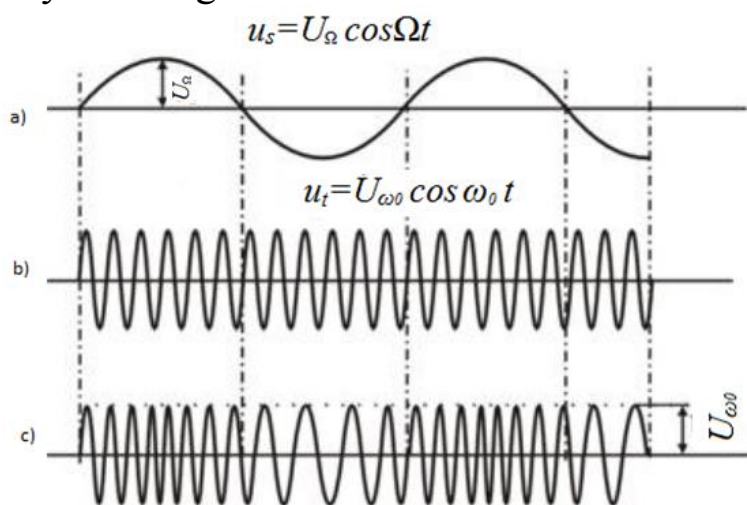
AM signallar odatda yarim o'tkazgich diod, tranzistor yoki elektron lampalardan NE sifatida foydalanish orqali olinadi.

3.1.2. Chastota bo'yicha modulyatsiya

Chastota bo'yicha modulyatsiya CHM (Frequency modulation) – bu tashuvchi signalning chastotasini foydali signalning amplitudasiga mos ravishda o'zgarishidir.

Chastota bo'yicha modulyatsiyalash usulidan radio eshittirish tizimlarida yuqori sifarli tovushli signallarni uzatishda (UQT diapazonida), televideniya tizimida ovozni uzatishda, SECAM television

standartida rangdorlikni uzatish uchun, musiqiy sintizatorlarda, lentalarda video yozuvlarda qoʻllaniladi. Audio signallarni kodlashdagi yuqori sifatga erishishning sababi shundaki, CHM asosidagi radio eshittirish tizimlarida tashuvchi signallarning katta devitsiyasi (AM signalining spektral kengligiga nisbatan) qoʻllaniladi, qabul qilish qurilmasida esa impulsli shovqinlarni bartaraf etish maqsadida radio signalning amplitudasini cheklagichlardan foydalaniladi. Bunday modulyatsiya kengpolosali CHM modulyatsiya deyiladi. Radio aloqa tizimlarida tashuvchi signal chastotasining kichik devitsiyasiga ega tor polosali CHM signallar qoʻllaniladi. Chastota boʻyicha modulyatsiyalangan signalning vaqt boʻyicha diagrammasini 3.4-rasmda koʻrish mumkin.



3.4-rasm. Chastota boʻyicha modulyatsiya jarayoni

- a – past chastotali foydali signal; b – yuqori chastotali tashuvchi signal;
- c – chastota boʻyicha modulyatsiyalangan signal.

3.4-rasm c) bandidan koʻrinadiki past chastotali axborot signali amplitudasining oniy qiymatlarining ortishida chastota boʻyicha modulyatsiyalangan signalning chastotasi ortib bormoqda, aksincha past chastotali axborot signalining amplitudasining oniy qiymatlarini kamayishida modulyatsiyalangan signalning chastotasi kamayishi yuz beradi. CHM gan signalning chastotasini quyidagicha yozish mumkin:

$$\omega = \omega_0 + \Delta \omega \cos \Omega t, \quad (3.9)$$

bu yerda:

- ω_0 – tashuvchining burchak chastotasi;
- $\Delta \omega$ – chastotaning dastlabki holatidan bir tomonga maksimal ogʻishi va u burchak chastotasining devitsiyasi deyiladi;
- Ω – past chastotali axborot signalining burchak chastotasi.

Chastotaning o'rtacha qiymatdan eng ko'p og'ishiga deviyatsiya deyiladi. Ideal holatda deviyatsiya modulyatsiyalangan signalning amplitudasiga to'g'ri proporsional bo'lishi lozim.

Chastota deviyatsiyasi modulyatsiyalovchi signalning amplitudasiga bog'liq.

$$\Delta\omega = k_{chm} U_{\Omega} \quad (3.10)$$

Bu erda k_{chm} – o'zgartirishning tiklik koeffitsiyenti.

Shunday qilib yuqoridagi (3.10) ifodani (3.9) ga qo'yish orqali quyidagini yozish mumkin:

$$\omega = \omega_0 + k_{chm} U_{\Omega} \cos \Omega t, \quad (3.11)$$

Chastota deviyatsiyasini past chastotali axborot signalining burchak chastotasiga nisbati chastota modulyatsiyasi indeksi deb nomlanadi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$m_{ch} = \frac{\Delta\omega}{\Omega} = \frac{F_{dev}}{F_{\Omega}} = \frac{k_{chm} U_{\Omega}}{\Omega}, \quad (3.12)$$

Turli manbaalarda modulyatsiya indeksi deyilganda chastota bo'yicha modulyatsiya chuqurligi yoki chastotali og'ish koeffitsenti tushuniladi. Ular mazmunan bir hil tushunchlardir.

Boshlang'ich fazasi nolga teng deb tasavvur qilib olinganda chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signal tenglamasi quyidagicha bo'ladi:

$$u_{chm} = U_{\omega 0} \cos[(\omega_0 + \Delta\omega \cos \Omega t)t]. \quad (3.13)$$

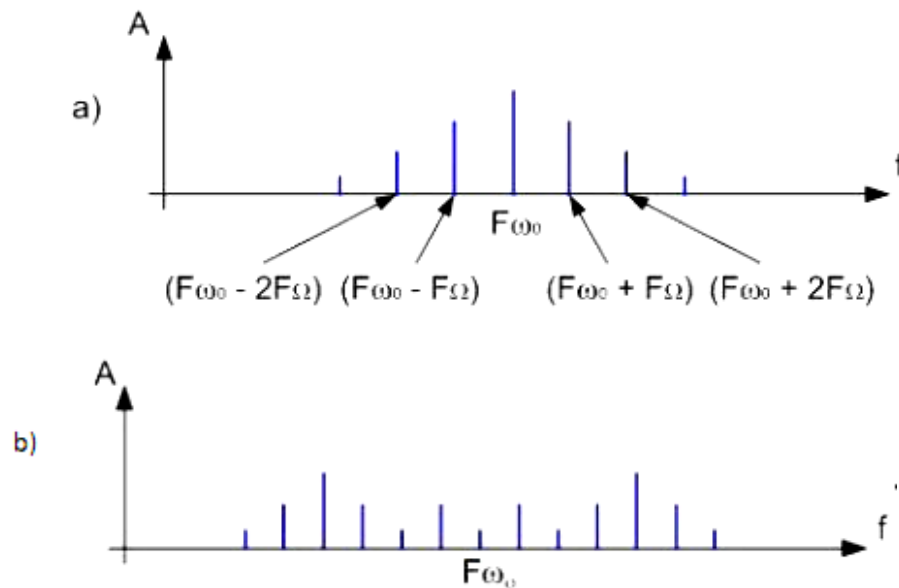
Chastota bo'yicha modulyatsiya'ni tor polosali (agar $m_{ch} \leq 1$ bo'lsa) yoki keng polosali (agar $m_{ch} > 1$ bo'lsa) usullarga bo'lish qabul qilingan.

Tor polosali CHM o'zining xususiyatlari bo'yicha amplitudali modulyatsiyaga yaqin nuqtasi ammo yuqori sifatli axborotlarni uzatishda qo'lanilmaydi.

Shuning uchun ham bu modulyatsiya turi asosan xizmat aloqasida yoki ishlab chiqarishda (ko'tarib yuriluvchi radioaloqa tizimlarini yoki signalizatsiya tizimlarini tashkil qilishda) keng qo'llaniladi. Bunday holatlarda signallarning katta bo'lmagan buzilishlari katta ahamiyatga ega emas.

Quyidagi 3.5,a - rasmda $m_{ch}=1$ holatdagi tor polosali CHM gan signal spektri tascirlangan. Keng polosali CHM nisbatan yuqori sifatli

axborotlarni uzatishga imkon beradi. Ammo bunday katta chatota polosasini band qiladi. Shuning uchun ham keng polosali CHM usulini juda yuqori chastotalarda qo'llanilishi talab qilinadi. 3.5, b - rasmda $m_{ch}=5$ holatdagi keng polosali CHM gan signal spektri tascirlangan.



3.5-rasm. CHM signallaning spektrlari

a) $m_{ch}=1$ holatdagi tor polosali CHM signal spektri;

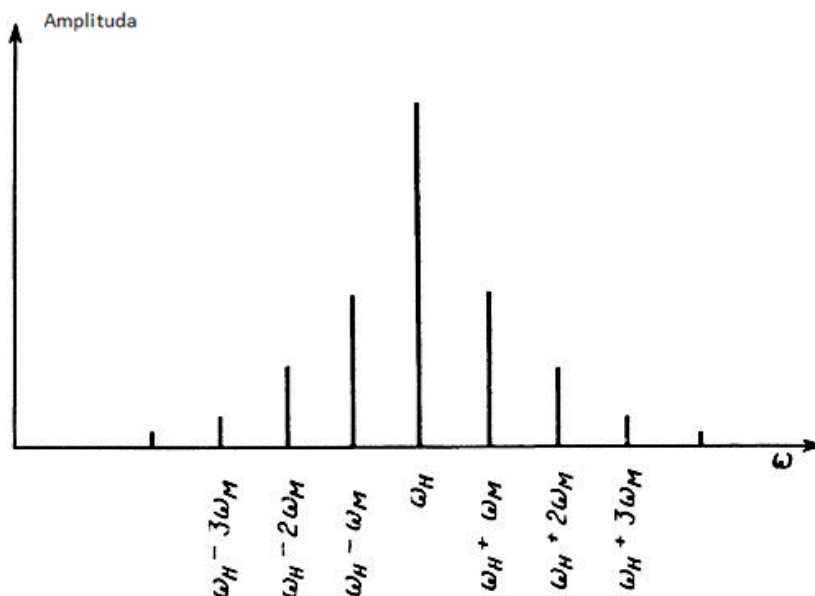
b) $m_{ch}=5$ holatdagi keng polosali CHM signal spektri.

Qat'iy ta'kidlash mumkunki, CHM da chastota spektri juda keng va uzatiluvchi axborotni aniq qayta tiklash uchun juda keng polosa talab qilinadi. Ammo, yuqori tartibli yon tashkil etuvchularining jadalligi (quvvati) juda kichiq va ularni hisobga olmaslik mumkin. CHM da chastota polosasini quyidagi yaqinlashish orqali aniqlash mumkin:

$$\Delta F_{chm} = 2 F_{\Omega \max} (m_{ch} + 1) = 2(F_{\Omega \max} + F_{dev}), \quad (3.14)$$

CHM signallarni demodulyatsiyalash radiotexnika rivojining boshlang'ich etaplarida CHM signallarni AM signallarga tartibsiz tebranish konturlari yordamida o'zgartirish orqali amalga oshirilgan. Bu CHM detektorlarining gabaritini ortib ketishiga va nobarqaror ishlashiga olib kelgan. Xozirgi kunda CHM demodulyatsiya mikroelektronikaning zamonaviy yutuqlaridan foydalangan holda signalning vaqt parametrlarini raqamli usullarda o'lchash orqali amalga oshiriladi. Bunday usullarda demodulyatsiya'ni amalga oshirish murakkab bo'lishiga qaramay apparatning o'lchamini kichraytirishga va demodulyatsiya'ning aniqliligiga erishishga imkon beradi. Quyidagi 3.6-

rasmda CHM modulyatsiyalangan signalning soddalashtirilgan spektri tasvirlangan.



3.6-rasm. Chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signal spektri
 ω_H -tashuvchi chastota ; ω_M - modulyatsiyalash chastotasi.

Yuqoridagi rasmdan ko'rinadiki spektrning tashlil etuvchilari quyidagilar:

- asosiy tashuvchi;
- unga nisbatan simmetrik ravishda joylashgan garmonik yon polosalardan iborat.

Ushbu spektr garmonik tebranishlarni nomoyon etadi. Real modulyatsiyalash jarayonida spektr nisbatan murakkab ko'rinishda bo'ladi.

Chastota bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini ikki turga, keng polosali va tor polosali modulyatsiyaga ajratiladi. Radiostansiyalarda asosan tor polosali CHM qo'llaniladi. Bunda qabul qiluvchi qurilmadan nisbatan aniq sozlanishni va shovqindan yuqori ximoyalanganlikni talab qilinadi.

Keng polosali chastotali modulyatsiyada chastota spektri modulyatsiyalovchi signalning chastotasidan yuqori bo'ladi. Keng polosali CHM radioeshittirish tizimlarida qo'llaniladi.

Keng polosali CHM gan signalda tashuvchi signalning amplitudasi juda kichiq bo'lishi mumkin va CHM ning yuqori samaradorligini ta'minlaydi. Chunki, uzatilayotgan energiya'ning katta qismi axborotni tshuvchi yon chastotalarga to'g'ri keladi. Chastota bo'yicha modulyatsiyalashning amplituda bo'yicha modulyatsiyalash usuliga

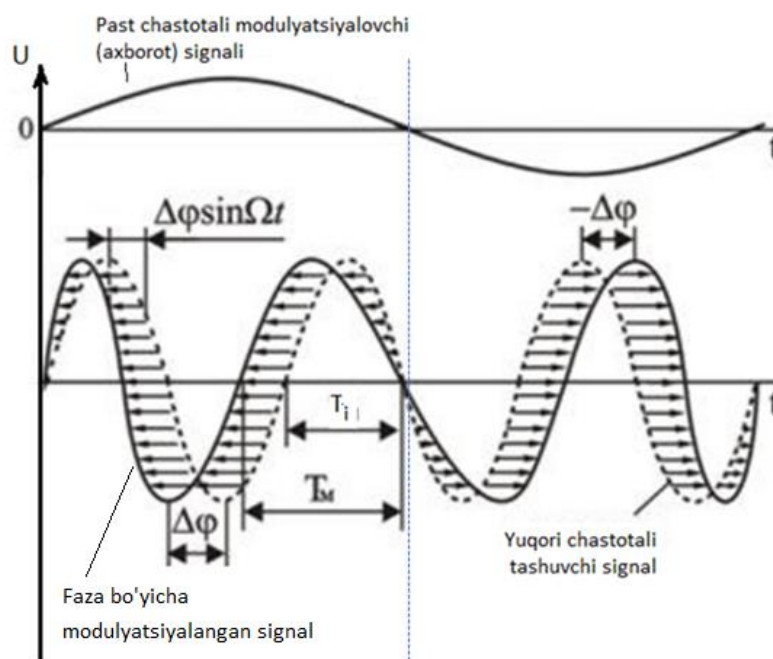
nisbatan asosiy afzalligi uning energiya samaradorligi va shovqinbardoshliligidir.

3.1.3. Faza bo'yicha modulyatsiya

Faza bo'yicha modulyatsiyalash (FM) CHM usuli kabi murakkabdir. Ammo bu jarayonning natijalari va umumiy ta'riflari ko'p hollarda o'zgarish bo'lishi mumkin.

Faza bo'yicha modulyatsiyalash usuli texnik jihatdan amalga oshirish murakkabligi sababli oddiy aloqa tizimlarida keng qo'llanishga ega bo'lmadi. Bu usulni qo'llagan holda shovqindan himoyalanganligi bo'yicha nazariy chegaraga yaqin ko'rsatgichga ega aloqa tizimini amalga oshirsa bo'ladi.

Faza bo'yicha modulyatsiya usulida tashuvchi signalning φ fazasi modulyatsiyalovchi (axborot) signalning ta'sirida o'zgaradi. Shunday qilib, tashuvchi signalning φ fazasi modulyatsiyalovchi signal parametri (tok yoki kuchlanishi) ning oniy o'zgarishlariga proporsional ravishda o'zgarib boradi. Quyidagi 3.7-rasmda faza bo'yicha modulyatsiyalangan signalning hosil bo'lish jarayoni aks ettirilgan.



3.6 – rasm. Tashuvchini faza bo'yicha modulyatsiyalash jarayoni

Rasmdan ko'rinib turibdiki, \square chastotali modulyatsiyalovchi signalning tok yoki kuchlanish qiymati ortgan sari faza bo'yicha $\sin t$ ga mos ilgirilash yuz bermoqda. Aksincha modulyatsiyalovchi signalning tok yoki kuchlanish qiymati kamaygan sari faza bo'yicha kechiqish yuz

bermoqda. Bu erda fazaning maksimal og'ishi kuzatiladi yoki bu faza deviatziyasi deyiladi.

Faza bo'yicha modulyatsiyalangan signal ifodasi quyidagicha:

$$u_{fm} = U_{\omega 0} \cos(\omega_0 t + m_f \sin \Omega t), \quad (3.15)$$

Bu erda m_f – faza modulyatsiyasi indeksi.

Faza modulyatsiyasida modulyatsiya indeksi faza deviatziyasiga teng deb olinadi, ya'ni $m_\phi = \Delta\phi$.

Rasmda ko'rinadiki faza modulyatsiyasi jarayonida nafaqat faza o'zgarimoqda balki tashuvchining oniy chastotasi ham o'zgarimoqda. Aynan shuningdek chastota modulyatsiyasida ham tashuvchining fazasi o'zgaradi. Faza va chastota bo'yicha modulyatsiyalash qandaydir darajada o'xshash, ammo amalga oshirilish metodi bo'yicha bir biridan farq qiladi. Tashuvchining burchak deviatziyasi faza bo'yicha deviatziyaga quyidagi munosabatda bog'langan:

$$\Delta\omega = \Omega \Delta\phi \quad (3.16)$$

Faza bo'yicha modulyatsiyalangan tashuvchining chastota polosasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta F_{fm} = 2 F_\Omega (m_f + 1), \quad (3.17)$$

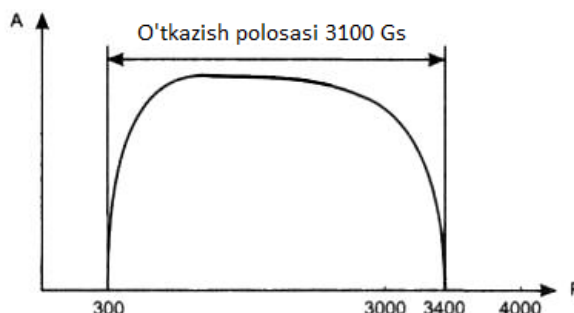
Faza bo'yicha modulyatsiyalash odatda diskret uzatish tizimlarida, faza bo'yicha monipulyatsiyalash sifatida qo'llaniladi.

3.2. Diskret signallarni modulyatsiyalash usullari

Diskret axborotlarni modulyatsiyalash yordamida uzatishda bir va nollarni ifodalash tashuvchi sinusoidal signalning amplitudasi, chastotasi va fazasini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Agar modulyatsiyalangan signal diskret axborot tashiyotgan bo'lsa, u holda modulyatsiya termini o'rniga monipulyatsiya termini qo'llaniladi, ya'ni:

- Amplituda bo'yicha monipulyatsiya (Amplitude Shift Keying - ASK),
- Chastota bo'yicha monipulyatsiya (Frequency Shift Keying, FSK),
- Faza bo'yicha monipulyatsiya (Phase Shift Keying, PSK).

Diskret signallarni uzatishda modulyatsiya'ning qo'llanilishiga yorqin misol sifatida kompyuter ma'lumotlarini telefon tarmog'i orqali uzatish jarayonini keltirish mumkin. Tonal chastotali kanal deb nomlanuvchi standart telefon kanalining amplituda - chastotaviy harakteristikasi 3.7-rasmda aks ettirilgan.



3.7-rasm. Standart telefon kanalining amplituda-chastotaviy harakteristikasi

Mazkur kanal kommutatorlar orqali ulanadi va abonent telefon qurilmalarini o'zaro bog'laydi. Tonal chastota kanali 300 dan 3400 kGs diapazondagi chastotalarni uzatadi va uning o'tkazish polosasi 3100 kGs ni tashkil qiladi. Bunday tor polosa yuqori sifatli ovozli signallarni uzatishga to'liq imkonli, ammo u kompyuterlar o'rtasida almashinilishi lozim bo'lgan raqamli signallarni uzatishda muammolarga ega.

Bu muammoni hal etish uchun esa analog signallarni diskret monipulyatsiyalash usuli qo'llanildi. Uzatuvchi tomonda tashuvchuni modulyatsiyasini, qabul qilish tomonida demodulyatsiya'ni amalga oshiruvchi qurilmani modulyator va demodulyator qurilmalari deyiladi.

Diskret ma'lumotlarni uzatishda qo'llaniluvchi turli hil monipulyatsiya usullari 3.8-rasmda aks ettirilgan. 3.8, a- rasmda uzatilishi lozim bo'lgan diskret signalning bitlari ketma-ketligi keltirilgan.

Amplitudali monipulyatsiya jarayonida yuqori chastotali tashuvchi signalning amplitudasi axborot signalining impulslari shakliga mos o'zgaradi. Ya'ni mantiqiy bir impulsini uzatish uchun tashuvchi signal sinusoidasining ma'lum bir A_1 amplitudasi tanlab olinadi, mantiqiy nol impulsini uzatish uchun esa boshqa bir nisbatan kichiqroq A_2 amplituda tanlab olinadi. Bu usul shovqinbardoshlilik pastligi sababli alohida holda kam hollarda qo'llaniladi. Asosan boshqa turdagi monipulyatsiya usullari bilan birgalikda qo'llaniladi. Masalan faza bo'yicha monipulyatsiya usuli bilan.

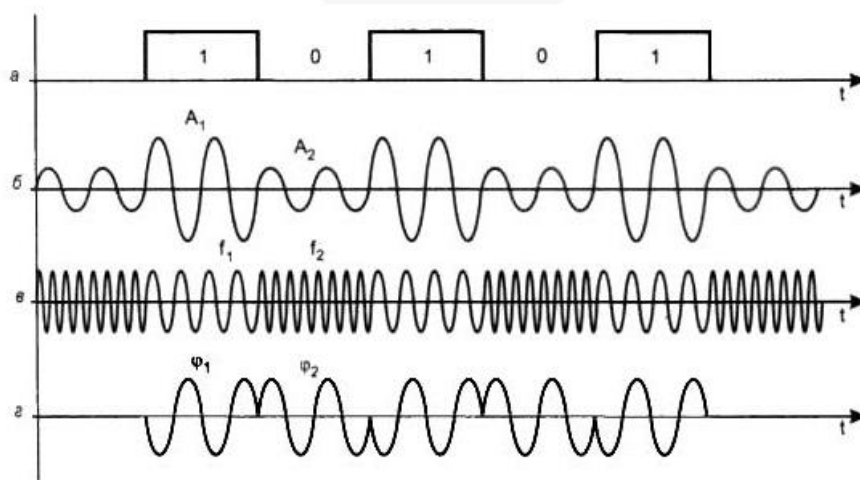
Chastota bo'yicha monipulyatsiya usulida esa diskret signal tashkil etuvchilari bo'lgan nol yoki bir impulslarini uzatishda turli chastotadagi tebranishlardan foydalaniladi. Rasmda ko'rsatilganidek mantiqiy bir

impulsini uzatish uchun f_1 chastotadagi tebranish, mantiqiy nol impulsini uzatish uchun esa f_2 chastotadagi tebranishdan foydalaniladi.

Monipulyatsiya'ning bunday usuli amalga oshirish uchun murakkab sxemani talab qilinmaydi va odatda 300 – 1200 bit/s tezlikda ishlovchi past tezlikli modemlarda qo'llaniladi.

Faqat ikki chastotadan foydalanilganda bitta taktda bir bit axborot uzatiladi va shuning uchun bu usul ikkilik chastotali monipulyatsiya (BFSK) deb nomlanadi. Shuningdek bitta taktda ikki bit ahbarotni kodlash maqsadida to'rtta chastotadagi tebranishlardan foydalanilishi mumkin. Bu monipulyatsiya usuli turtinchi darajadagi monipulyatsiya usuli deyiladi (four-level FSK). Shuningdek ko'p darajali monipulyatsiya usullari qo'llaniladi va ular MFSK kabi nomlanadi.

Faza bo'yicha monipulyatsiyalash usulida nol va bir impulslarini uzatish uchun bir hil chastotadagi tebranishlardan foydalaniladi. Ammo har bir va nol impulslariga mos turli fazadagi tebranishlar qo'llaniladi. Masalan 0 yoki 180° yoki 0, 90, 180 va 270° kabi fazadagi tebranishlardan (3.8-rasm,g). Dastlabki holatda bunday monipulyatsiya usuli ikkilik fazali monipulyatsiya deb nomlangan (BFSK), keyingi variantlari esa kvadratik fazali monipulyatsiya usuli deb nomlangan (Quadrature PSK, QPSK).



3.8-rasm. Diskret ma'lumotlarni uzatishda qo'llaniluvchi turli hil monipulyatsiya usullari

3.3. Optik signallarni modulyasiyalash usullari va ularning xususiyatlari

3.3.1. Yorug'lik nurlanishini modulyasiyalashning fizik asoslari

Optik tolali aloqa tizimlarida ma'lumotni nurlanish manбайдan nurlanayotgan optik nurlanish tashiydi. Demak, optik nurlanish albatta biror usul bilan dastlabki axborot signaliga mos xolda modulyatsiyalanishi lozim.

Bir va ko'p kanalli optik aloqa tizimlarida qo'llaniladigan modulyasiya turlariga quyidagi talablar qo'yiladi:

- Modulyasiya jarayonida signalning ixcham spektri xosil bo'lishi lozim, spektral samaradorlik 0.4-0.5 bit/s/Gs qiymatga yaqinlashishi lozim;
- Modulyatsiyalangan signal maksimal darajada nochiziqli effektlarga chidamli bo'lishi lozim;
- Modulyatsiyalangan signal optik tolalarda, dispersiya'ni kompensatsiyalash va optik kuchaytirish qurilmalaridagi dispersion va nochiziqli buzilishlarga chidamli bo'lishi lozim;
- Optik uzatish va qabul qilish qurilmasining konfiguratsiyasi sodda bo'lishi lozim.

Optik tashuvchini tashqi usul bilan, ya'ni, modulyatsiyalovchi qurilmalar yordamida modulyatsiyalash uchun quyidagi xodisalarga asoslangan modulyatsiyalash usullari keng qo'llaniladi:

- elektrooptik,
- akustooptik,
- magnitooptik hodisalar shuningdek, turli xil fotoeffektlardan keng foydalaniladi.

Elektrooptik hodisalar moddada tashqi elektr maydoni ta'sirida optik anizotropiya (modda xususiyatlarining turli yo'nalishlarda farqlanish xususiyati) vujudga kelishi bilan tavsiflanadi. Natijada moddaning dielektrik singdiruvchanligi, demak, sindirish ko'rsatgichi o'zgaradi.

Elektrooptik hodisalar odatda modda bo'ylab tarqalayotgan yorug'lik nurining ikkita nurga ajralishi hodisasi bilan birgalikda yuz beradi. Odatiy va noodatiy nurlar deb yuritiladigan bu nurlar turli tezlik bilan tarqaladi va turlicha qutblangan bo'ladi. Agar bunday kristallarda o'zaro perpendikulyar bo'lgan x va y yo'nalishlarni ajratilsa, yorug'likning sindirish ko'rsatgichi bu yo'nalishlarning har birida, umuman olganda, turlicha bo'ladi. Kristallning bu yo'nalishlari bo'yicha sindirish ko'rsatgichlarini n_x , n_y orqali belgilaymiz. Sindirish ko'rsatgichi har ikkala yo'nalish bo'yicha o'zaro farqlanadigan bunday kristallarni ikki o'qli kristallar deb ataladi.

Takidlash kerakki x va u yo'nalishlar bo'yicha optik jihatdan birjinsli, ya'ni $n_x \approx n_y \approx n$ bo'lgan kristallarni esa, bir o'qli kristallar deb

ataladi. Bir o'qli kristallarda odatiy yorug'lik to'liqini uchun sindirish ko'rsatkichi $n_o = n_x = n_y$,

noodatiy to'liqin uchun esa, $n_n = n_z$ ga teng bo'ladi.

Bu turdagi kristallarda yorug'lik nurining z o'qi bo'yicha tarqalish chog'ida uning tezligi qutblanish holatiga bog'liq bo'lmaydi. Agar kristalga yorug'lik nurining tarqalish yo'nalishiga ko'ndalang yo'nalishda elektr maydoni qo'yilsa, sindirish ko'rsatkichlari n_x va n_y orasidagi tenglik buziladi va kristall ikki o'qli bo'lib qoladi. Natijada x va y o'qlari bo'yicha qutblangan yorug'lik to'liqlarining muhit bo'yicha tarqalish tezligi ham bir - biridan farq qila boshlaydi.

y o'qi bo'ylab tarqalayotgan odatiy yorug'lik to'liqini uchun sindirish ko'rsatkichi elektr maydon kuchlanganligining ortishi bilan chiziqli tarzda o'zgaradi:

$$n_o(E) = n_o + r_p E, \quad (3.18)$$

bu Yerda r_p - Pokkels elektrooptik doimiysi; E – elektr maydon kuchlanganligi; n_o – sindirish ko'rsatkichining maydon bo'lmagan holda, ya'ni $E=0$ bo'lgan holdagi qiymati.

Sindirish ko'rsatkichining elektr maydon kuchlanganligiga proporsional tarzda o'zgarishidan iborat hodisani chiziqli elektrooptik effekt yoki Pokkels effekti deb yuritiladi.

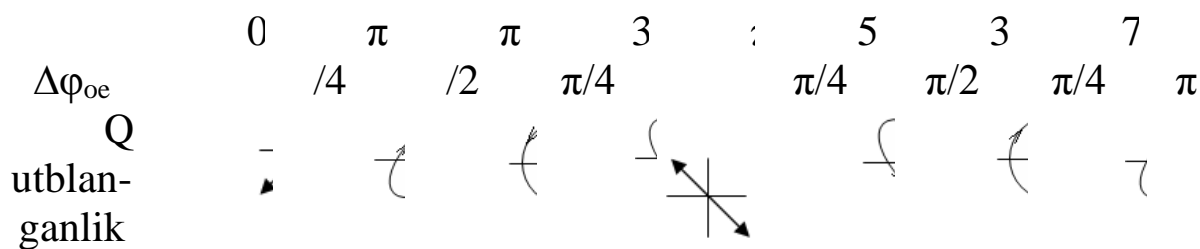
Shunday qilib, tashqi elektr maydoni ta'sirida boshlang'ich bir o'qli kristall ikki o'qli kristall xususiyatlarini namoyon etadi va sindirish ko'rsatkichining o'zgarishi natijasida u optik jihatdan anizotrop bo'lib qoladi. Yorug'lik to'liqini bunday kristall bo'ylab muayyan masofani o'tganida yorug'lik to'liqinining u va x yo'nalishlar bo'yichatashkil etuvchilari orasida

$$\Delta\varphi = 2\pi n_o^2 r_p E L/\lambda \quad (3.19)$$

ga teng faza farqi vujudga keladi.

Nurlanaishning kristall bo'ylab tarqalishi jarayonida turlicha qutblangan signallar orasidagi faza farqi o'zgaradi. Natijada kirish va chiqish signallarining qutblanishi turlicha bo'lib qoladi.

Yorug'lik nurining tarqalish masofasi va bunga mos ravishda hosil bo'lgan faza farqiga qarab, chiqish chiqish signalining qutblanishi quyidagi jadvalda ko'rsatilgan tarzda o'zgaradi.



3.9-rasm. Chiqish yorug‘lik nurlanishi qutblanganlik holatining uning u va x yo‘nalishlari bo‘yicha tashkil etuvchilari orasidagi faza farqiga bog‘liqligi.

Yorug‘lik nurining tarqalish yo‘nalishi z va elektr maydoni kuchlanganligi yo‘nalishining o‘zaro joylashuviga qarab, bo‘ylama ($z \parallel E$) va ko‘ndalang ($z \perp E$) Pokkels hodisalarini farqlaydilar.

Optik tashuvchini signalga mos ravishda modulyasiyalashda, umuman olganda, Kerr elektrooptik hodisasidan ham foydalanish mumkin. Bu holda sindirish ko‘rsatgichi va elektr maydon kuchlanganligi orasidagi bog‘lanish quyidagi munosabat orqali ifodalanadi:

$$n_0(E) = n_0 + r_k E^2, \quad (3.20)$$

bu Yerda r_k – Kerr elektrooptik doimiysi, uning qiymati moddaning tabiati, harorat va signalning to‘lqin uzunligiga bog‘liq.

Elektr maydoni qo‘yilishidan keyingi va oldingi optik signallar orasida vujudga keladigan faza farqi bu holda quyidagi munosabat bilan ifodalanadi:

$$\Delta\varphi = 2\pi r_k L E^2, \quad (3.21)$$

bu Yerda L –yorug‘lik signali tomonidan kristall bo‘ylab bosib o‘tilgan masofaning uzunligi.

Bu ifodadan ko‘rinadiki, Kerr hodisasi (effekti) chog‘ida faza siljishi elektr maydoni kuchlanganligining o‘zgarishi bilan kvadratik qonun bo‘yicha o‘zgaradi. Shu sababdan uni kvadratik elektrooptik hodisa deb ataladi.

Tovush to‘lqinlari va optik nurlanishning o‘zaro ta’sirlashuviga asoslangan akustooptik hodisalarning mohiyati shundaki, tovush to‘lqini optik muhit sirtida sindirish ko‘rsatgichini davriy qonuniyat bilan o‘zgartiruvchi va difraksiya panjarasi vazifasini o‘tovchi tuzilma hosil qiladi.

Bu hodisaga asoslangan modulyasiyalash jarayonida Breg yoki Raman – Natt difraksiyalarining hosil bo‘lish shartlaridan foydalaniladi: Chunonchi, birinchi holda bu shart quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$2\lambda_{av} \sin\theta = m\lambda, \quad (3.22)$$

bu Yerdagi λ_{av} - tovush to‘lqining uzunligi - panjara doimiysi vazifasini o‘tovchi kattalik, m – difraksiya tartibi, λ - yorug‘lik nulanishining to‘lqin uzunligi, θ – yorug‘lik nurining akustooptik modda sirtiga tushish burchagi.

Axborot tashuvchisini modulyasiyalash jarayoni bu holda amplituda bo‘yicha modulyasiyalangan tovush to‘lqini vositasida amalga oshiriladi. Bu to‘lqinning akustooptik modda bilan ta'sirlashuvi chiqish to‘lqini – difransiyalangan to‘lqin intensivligi (jadalligi)ni modulyasiyalaydi.

Magnitooptik (hodisa)effekt –magnit maydoni ta'sirida optik modda parametrlarining o‘zgarishi bilan bog‘liq hodisadir. Bu hodisani turli qutblanishga ega bo‘lgan yorug‘lik to‘lqinlari tarqalish tezligining farqi bilan tushuntiriladi. Faraz qilaylik, chiziqli tarzda qutblangan monoxromatik yorug‘lik to‘lqini induksiyasi V ga teng bo‘lgan magnit maydoniga joylashtirilgan optik moddaga tarqalish yo‘nalishi magnit maydoni yo‘nalishiga mos holda tushayotgan bo‘lsin. Ma'lumki, chiziqli qutblangan yorug‘lik to‘lqinini turlicha qutblanishli ikkita to‘lqinning yig‘indisi deb qarash mumkin. Magnit maydoni ta'sirida bu to‘lqinlar uchun sindirish ko‘rsatgichi o‘zaro farq qilib n_1, n_2 bo‘lib qoladi. Natijada modda bo‘ylab L masofaga tarqalgan bu to‘lqinlar orasida quyidagi faza farqi vujudga keladi:

$$\Delta\varphi = \omega L(n_1 - n_2)/c, \quad (3.23)$$

bu Yerdagi $n_1 - n_2$ magnit induksiyasiga proporsional kattalik.

Moddaga tegishli optik xususiyatlarning o‘zgarishiga sabab bo‘ladigan ftohodisalar qatoriga fotoo‘tkazuvchanlik, fotoxrom va fotokristalik effektlarni ham ko‘rsatish mumkin. Fotoo‘tkazuvchanlik hodisasining mohiyati shundaki, yorug‘lik oqimi ta'sirida yarim o‘tkazgich xossasiga ega bo‘lgan moddaning elektr o‘tkazuvchanligi o‘zgaradi (ortadi yoki kamayadi). Bu o‘zgarish moddaning optik parametrlariga, jumladan, uning sindirish ko‘rsatgichiga ta'sir ko‘rsatadi.

Bu hol ushbu hodisadan yorug'lik nurlanishini modulyasiyalash maqsadida foydalanish imkonini beradi.

Fotoxrom effekti maxsus aralashmali noorganik shisha, organik polimerlar kabi moddalar rangining qisqa to'liqlar diapazonidagi ultrabinafsha yoki ko'zga ko'rinuvchi qisqa to'liqli nurlanish oqimi ta'sirida o'zgarishi bilan sodir bo'ladi. Bu holda moddani dastlabki holatiga qaytarish uchun unga infraqizil diapazonli yorug'lik bilan ta'sir etish yoki uni isitish talab etiladi.

Amorf tuzilishli yarim o'tkazgichlarda kuzatiladigan fotokristalik effekt shunday hodisaki, unda yuqori intensivlikka ega bo'lgan yorug'lik oqimi ta'sirida moddaning kristallanish tarzida va shu tariqa sindirish ko'rsatkichining o'zgarishi yuz beradi.

Yorug'lik nurlanishini tashqi va ichki modulyasiyalash jarayonini amalga oshiruvchi qurilmalarni – optik modulyatorlar deb ataladi. Ularning ish mexanizmi optik tashuvchiga ta'sirning 6.1 badda ko'rib o'tilgan turlaridan biridan foydalanishga asoslangan bo'lishi mumkin. Shunga ko'ra modulyatorlarning quyidagi turlari mavjud:

- optik muhitda sodir bo'ladigan elektrooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan elektrooptik modulyatorlar;
- optik muhitda sodir bo'ladigan akustooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan akustooptik modulyatorlar;
- optik muhitda sodir bo'ladigan magnitooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan magnitooptik modulyatorlar;
- yarim o'tkazgichli tuzilmalarda sodir bo'ladigan elektrooptik jarayonlardan foydalanishga asoslangan yarim o'tkazgichli modulyatorlar.

Optik modulyator raqamli yoki analog signallarni modulyasiyalashga mo'ljallangan bo'lishi mumkin.

Yuqoridagi ta'rifda qayd etilganidek optik modulyatorlarning ikki xili – ichki va tashqi modulyatorlar mavjud. Ikkala xil modulyatorlar, aksari ko'p hollarda, optik tashuvchini faza bo'yicha modulyasiyalab beradi.

Tashqi modulyator taglikda optik to'liqin uzatgich sifatida tayyorlanadi va u bir modali yoki qutblangan optik tolaning kirish va chiqishidagi yorug'lik oqimini axborot signaliga mos tarzda muvofiqlashtirish uchun xizmat qiladi.

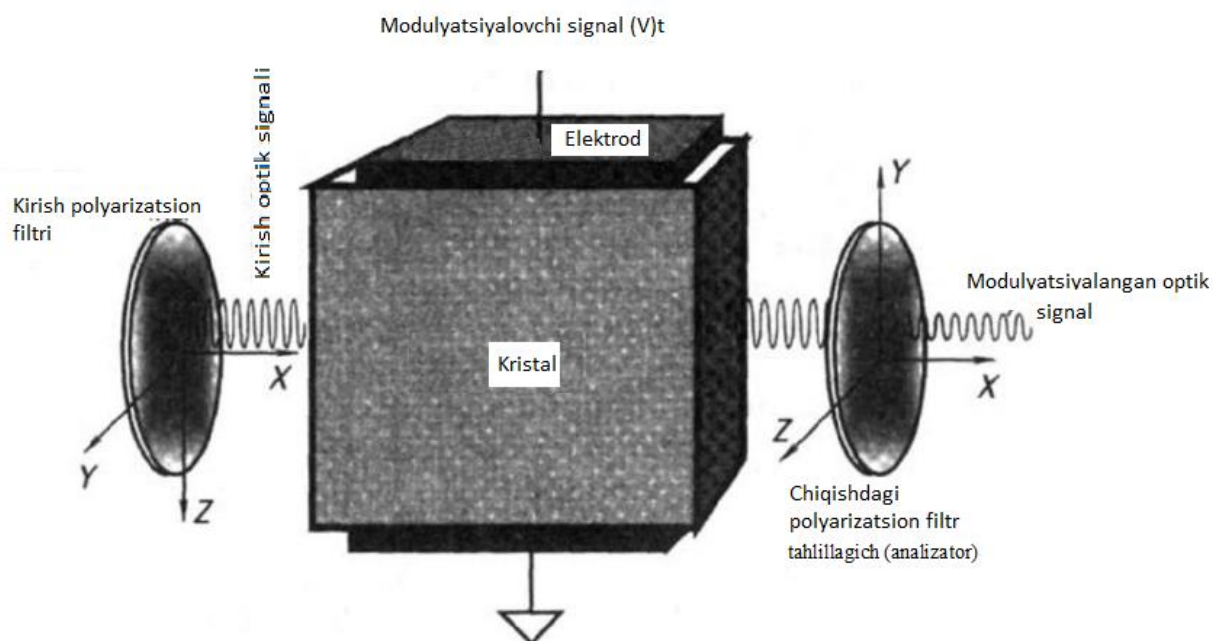
Optik modulyator yordamida yorug'lik manbai - lazer diodining tashqi modulyasiyasi, ya'ni manbadan tashqaridagi modulyasiyasi ta'minlanadi. Lazer diodi rezonatori parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan

amalga oshiriladigan ichki modulsiyalash imkoniyati ham mavjud. Yarim o'tkazgichli lazerlarda ichki modulyasiya jarayoni asbob ishchi elektr rejimini o'zgartirish, gaz lazerlarda esa, optik rezonator aslligini o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi. Biroq shuni ta'kidlash joizki, bitta qurilmada generatsiya va modulyasiya jarayonlarini ro'yobga chiqarish, odatda yorug'lik manbai parametrlarini yomonlashtiradi. Chunonchi, nurlanish intensivligini sodda usul bilan samarali boshqarish imkoniyatini beradigan yarim o'tkazgichli lazerlarda ichki modulyasiya odatda generatsiya bo'sag'asining oshishiga, nurlanish moda tarkibining buzilishiga olib keladi.

3.3.2 Elektroptik modulyatorlar

Elektroptik modulyatorning tuzilish sxemasi 3.10 – rasmda keltirilgan ko'rinishga ega. Bu sxemani Pokkels yacheykasi deb nomlangan kristalni qutblanish tekisligi 90^0 ga farq qiladigan chiziqli qutblagich va tahlillagich (analizator)lar orasiga joylashtirish orqali shakllan- tiriladi. Modulyatorning ish prinsipi quyidagicha: Pokkels yacheykasiga kuchlanish qo'yilmagan holda u orqali o'tgan nurning qutblanish tekisligi qo'shimcha tarzda burilmaydi va kirishdagi chiziqli qutblagich yordamida tekislik bo'yicha qutblangan yorug'lik nuri tahlillagich, demak, modulyator chiqishiga o'tmaydi.

Agar Pokkels yacheykasiga qo'yilgan kuchlanish uning eng katta qiymatigacha oshirilsa, yacheyka qutblanish tekisligini o'ngga buradi. Natijada yacheyka chiqishida qutblagich va tahlillagichdagi yorug'lik nurining qutblanish tekisliklari orasidagi burchak amalda nolgacha kamayib, kirish nurining modulyator chiqishidan to'liq o'tishi ta'minlanadi.



3.10-rasm. Chiziqli elektrooptik hodisa asosida ishlaydigan elektrooptik modulyatorning tuzilishi.

3.10-rasmdan ko‘rinadiki, modulyator ko‘ndalang turdagi ($z \perp$ ye) elektrooptik effekti – Pokkels effekti asosida ishlaydi. Boshqarish kuchlanishi $U_{\text{boshq.}}$, ya'ni elektr maydon kuchlanganligi ye ni o‘zgartirib, chiqish optik signali fazasini kirish signali fazasiga nisbatan siljitishga erishish mumkin. Modulyatorning chiqishiga joylashtirilgan tahlillagich (analizator) faza o‘zgarishlarini nurlanish intensivligining o‘zgarishlariga aylantirib beradi.

Modulyator chiqishidagi nurlanish intensivligi, kristaldagi yutilish jarayonini hisobga olmaganda, quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$I_{\text{chiq.}} = I_{\text{kir.}} \sin^2(\pi/2)(U_{\text{boshq.}}/U_{\lambda/2}), \quad (3.24)$$

bu Yerdagi $I_{\text{chiq.}}$ va $I_{\text{kir.}}$ – mos ravishda modulyatorning chiqish va kirishidagi nurlanish intensivligi, $U_{\text{boshq.}}$ – boshqarish kuchlanishi, $U_{\lambda/2}$ – yarim to‘lqinli boshqarish kuchlanishi.

Yarim to‘lqinli boshqarish kuchlanishi modulyatorning eng muhim parametrlaridan biri hisoblanadi. U boshqarish kuchlanishining shunday qiymatiki, unda modulyator o‘tkazish koeffitsientining o‘zgarishi uning eng kichik qiymatidan eng katta qiymatigacha (yoki aksincha) oraliqda o‘zgaradi. Bunda chiqish va kirish nurlanishi bir-biriga nisbatan yarim to‘lqin uzunligi qadar siljiydi, ya'ni ular orasida $\Delta\varphi = \pi$ ga teng faza siljishi

hosil bo‘ladi. Ko‘rib chiqilayotgan turdagi modulyator uchun yarim to‘lqinli kuchlanish

$$U_{\lambda/2} = (\lambda/2 n_0^3 r_p) (d/L) \quad (3.25)$$

)

munosabat bilan aniqlanadi. Bu Yerde n_0 – elektrooptik materialning $E = 0$ dagi sindirish ko‘rsatgichi, d va L – mos ravishda elektrooptik plastinaning kengligi va uzunligi, r_p – Pokkels elektrooptik doimiysi.

$U_{\lambda/2}$ parametrining qiymati turli elektrooptik modulyatorlar uchun bir necha yuz voltdan bir necha kilovoltgacha oraliqda yotadi. Boshqarish kuchlanishining bunday katta qiymatlari elektrooptik modulyatorlarning muhim kamchiligi hisoblanadi.

Modulyatorning sifati ba'zi hollarda asllik deb nomlangan kattalik bilan ham tavsiflanadi. Bu parametr modulyator chegaraviy chastotasining boshqarish quvvatiga nisbati bilan aniqlanadi:

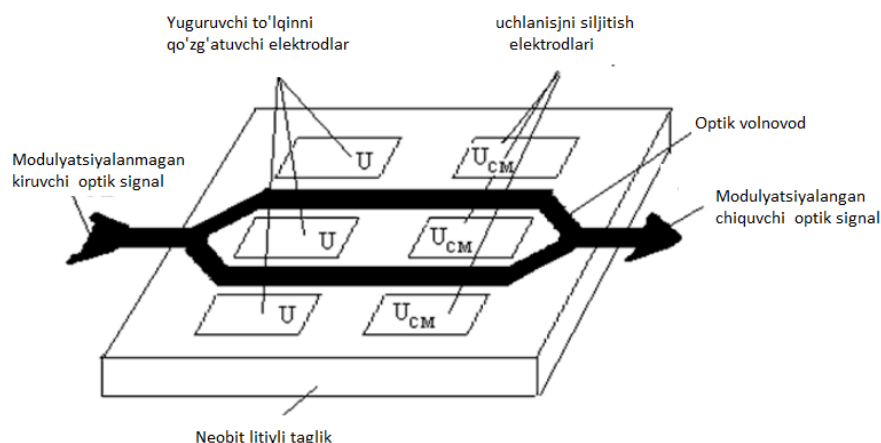
$$D_m = f_{\text{cheg}} / P_{\text{boshq.}} \quad ($$

3.26)

Elektrooptik modulyatorlar uchun asllikning qiymati 10 MGs/mVt ga yaqin. Tezkorlik darajasi optik modulyatorlarning eng muhim parametr-laridan biri hisoblanadi.

Elektrooptik modulyatorlar yordamida modulyasiyalovchi signal chastotasining 10 GGs va undan yuqori, modulyasiya chuqurligining esa, 99,9 % gacha qiymatlariga erishish mumkin. Bu turdagi modulyatorlardan asosan diskret optika elementlari sifatida foydalaniladi. Integral optikada ko‘pincha boshqariluvchi yo‘nalgan tarmoqlagichlar va Max-Sender interferometri sxemasidan foydalanishga asoslangan elektrooptik modulyatorlar qo‘llaniladi.

Bunday modulyator Max-Sender interferometri sxemasiga muvofiq ikkita bir xil yelkalardan tarkib topadi (3.11-rasm).



3.11-rasm. Max-Well interferometri turidagi elektrooptik modulyatorning tuzilish sxemasi.

Ular bo'yicha tarqalayotgan modalar ta'sirlashuvchi modalar fazosidagi elektrodga qo'yilgan kuchlanish U ning kattaligi va to'liq uzatgichning uzunligi L ga qarab, quyidagi faza farqiga ega bo'ladilar:

$$\Delta \varphi = K_m \Delta n_m L, \quad (3.27)$$

)

bu Yerdagi $\Delta n_m = n_m^3 r E / 2$ - modda effektiv sindirish ko'rsatgichi o'zgarishining amplitudasi n_m ga proporsional kattalik, r - ishchi optik muhitning elektrooptik koeffitsienti, K_m - moddaning to'liq vektori.

Max-Well interferometri chiqishida ungacha yetib kelgan modalarning interferensiyasi tufayli kirish yorug'lik oqimining modulyasiyasi ro'y beradi. Quyidagi 3.12-rasmda MX-LN-10 seriyadagi Max-Well elektrooptik amplituda bo'yicha modulyator tasvirlangan.



3.12-rasm. MX-LN-10 seriyadagi Max-Well elektrooptik amplituda bo'yicha modulyator

MX-LN-10 seriyadagi neobit litiy asosidagi Max-Well elektrooptik amplituda bo'yicha modulyatori uzatish tezligi 12,5 Gbit/s

gacha bo'lgan optik aloqa tizimlarida qo'llaniladi. Mazkur modulyatorning texnik parametrlari quyidagi 3.2-jadvalda keltirilgan.

3.2-jadval

Parametrlari	Qiymati
Ishchi to'lqin uzunligi diapazoni	1530 - 1625 nm
Modulyatsiya tezligi	12,5 Gbit/s gacha
Kirituvchi so'nishi	2,7 dB
Yarim to'lqin kuchlanishi	4 V

MX-LN-10 seriyasidagi elektrooptik modulyatorlar NRZ, RZ, DPSK formatdagi raqamli 12,5 Gbit/s tezlikdagi signallarni uzatishga ideal mos keladi.

Xususiyatlari:

- Modulyatsiya'ning keng polosasi;
- Past boshqarish kuchlanishi qo'llanilishi;
- Kiritadigan so'nish miqdorining pastligi.

3.3.3. Akustooptik modulyatorlar

Tovush to'lqini optik muhitda sindirish ko'rsatgichini davriy qonuniyat bilan o'zgartiruvchi va difraksiya panjarasi vazifasini o'tovchi tuzilma hosil qiladi.

Bu hodisaga asoslangan optik modulyatorlarda Breg yoki Raman – Nat difraksiyalarining hosil bo'lish shartlaridan foydalaniladi: Chunonchi, birinchi holda bu shart quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

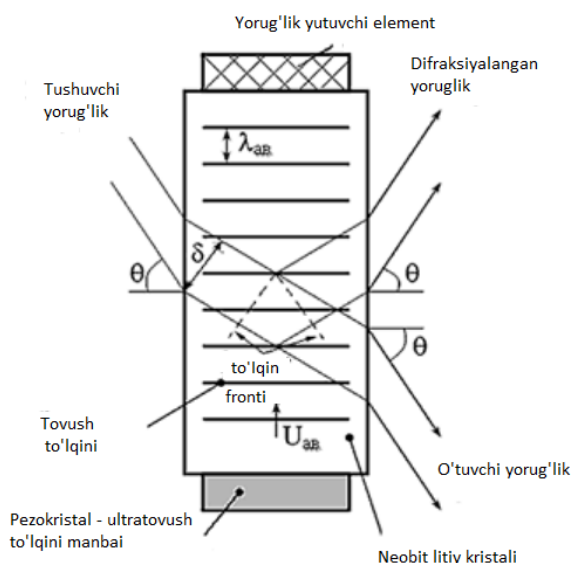
$$2\lambda_{av} \sin\theta = m\lambda, \quad (3.28)$$

bu Yerdagi λ_{av} -panjara doimiysi vazifasini o'tovchi kattalik, m -qaytarish tartibi, λ - yorug'likning akustooptik yacheyka materialidagi to'lqin uzunligi.

Axborot tashuvchisini modulyasiyalash jarayoni bu holda amplituda bo'yicha modulyasiyalangan tovush to'lqini vositasida amalga oshiriladi. Bu to'lqinning akustooptik material bilan ta'sirlashuvi, modulyatorning chiqish to'lqini - difraksiyalangan to'lqin intensivligi (jadalligi)ni modulyasiyalaydi.

Modulyatorning tezkorligi tovush signalining yorug'lik tutami (puchok) ko'ndalang kesimidan o'tish vaqti bilan aniqlanadi va 10^{-7} s tartibga ega.

Akustooptik modulyatorning ish prinsipi ba'zi optik jihatdan shaffof materiallarda (masalan, litiy niobatida) sindirish ko'rsatkichining bosimga bog'liqligidan foydalanishga asoslangan. Bu bosim modulyatorning asosiy elementi vazifasini o'tovchi, akustooptik yacheyka yaratish uchun ishlatiladigan akustooptik material sirtiga yopishtirilgan pezokritall tomonidan generatsiyalangan akustik to'lqinlar tufayli vujudga keladi.



3.13-rasm. Akustooptik modulyatorning ishlash tamoili

Akustooptik modulyatorlar yetarli darajada oddiy va ishonchli qurilmalardan hisoblanadi. Shunga qaramasdan ular muayyan kamchiliklarga ham egalar. Bu kamchiliklar quyidagilardan iborat:

- uzatish funksiyasining nohiziqiligi;
- modulyasiya chuqurligining modulyasiya chastotasining ortishi bilan kamayishi. Bu hol ulardan yuqori tezlikli modulyasiyalash sxemalarida foydalanishni chegaralaydi;
- modulyasiyalangan lazer nurlanishi chastotasining modulyasiyalovchi akustik chastota kattaligi qadar siljishi;
- difraksiyalangan va tushuvchi yorug'lik tutamlari intensivliklarining nisbati bilan aniqlanadigan difraksiya samaradorligining unchalik katta emasligi (bu samaradorlikni akustik signal quvvatini oshirish hisobiga ta'minlash mumkin).

Quyidagi 3.14-rasmda T-M110-0.2C2J-3-F2S seriyali akustooptik modulyator tasvirlangan.



3.14-rasm. T-M110-0.2C2J-3-F2S seriyali akustooptik modulyator

T-M110-0.2C2J-3-F2S seriyali akustooptik modulyatorlar intensivlik bo'yicha modulyatsiyalashda yoki impulsti seleksiyalashda qo'llaniluvchi chastota siljitgich sifatida yaratilgan. Uning qisqa texnik harakteristikalari quyidagi 3.3-jadvalda keltirilgan.

3.3-jadval

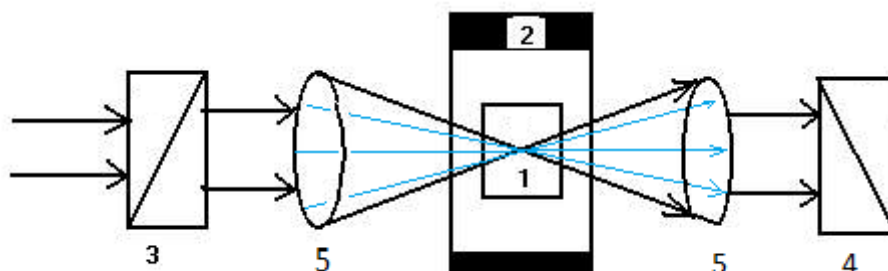
Spektral diapazoni	1530 - 1565 nm
O'rtacha quvvati	до 1 Вт
Pik quvvati	до 1 кВт
Modulyatsiya chastotasi	110 mGs

3.3.4. Magnitooptik modulyatorlar

Modulyatorlarni tayyorlash uchun magnitooptik moddalardan, masalan, ferritgranat yoki uch bromli xromlardan ham foydalapnish mumkin.

Magnitooptik modulyatorlarning ish prinsipi Faradey effektidan foydalanishga asoslangan.

Ma'lumki, yorug'lik nurlanishi magnit maydoniga joylashtirilgan aktiv muhit bo'yicha tarqalishi jarayonida uning qutblanish tekisligi buriladi. Tahlillagich qutblanish yo'nalishi o'zgarishlarining amplituda o'zgarishlariga aylanishini ta'minlaydi (3.15-rasm).



3.15- rasm. Magnitooptik modulyatorning tuzilish sxemasi.

1 –aktiv muhit (magnitooptik modda); 2 – induksiyalovchi g'altak;
3 – qutblagich; 4 – tahlillagich (analizator); 5- yig'uvchi linza

Biroq magnitooptik modulyatorlarning tezkorligi elektrooptik modulyatorlarga nisbatan ancha past. Ularning chegaraviy chastotasi 10^4 Gs dan oshmaydi. Bundan tashqari, magnitooptik modulyatorlarni boshqarish uchun katta kuchlanganlikka ega bo'lgan magnit maydoni talab etiladi. Modulyasiya chuqurligining kamligi va optik nurlanishning magnitooptik moddalardagi kuchli yutilishi ham magnitooptik modulyatorlarning qo'llanishini cheklovchi omillardan hisoblanadi.

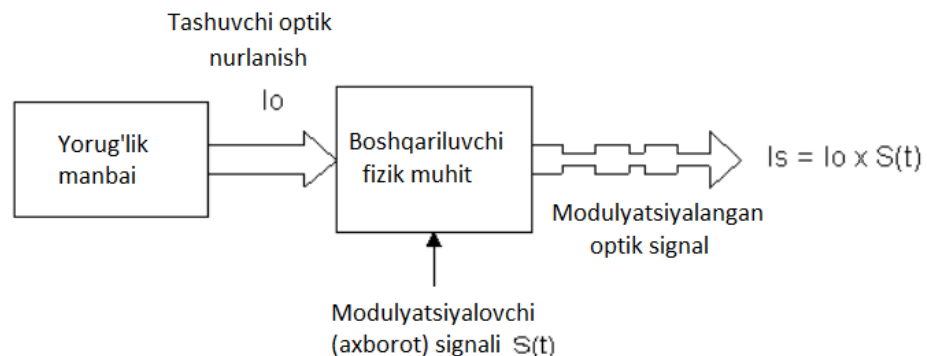
Yuqorida biz optik aloqa tizimlarida optik tashuvchini modulyatsiyalashda qo'llaniladigan fizik jarayonlar bilan tanishib chiqdik. Optik modulyatorlar o'zining konstruktiv tuzilishi va modulyatsiyalash jarayonini amalga oshirish jarayoniga bog'liq holda quyidagi ikki turga bo'linadi:

- Tashqi modulyatsiya
- To'g'ridan-to'g'ri modulyatsiya.

Tashqi modulyatsiya. Tashqi modulyatsiya tashuvchi optik signalning biror parametrini (intensivligi, qutblanishi yoki boshqa) uni qandaydir muhitdan o'tkazish orqali o'zgartirishga asoslanadi. Tashqi modulyatsili modulyatorlar quyidagi fizik xodisalarga asoslanadi:

- Elektrooptik effekt;
- Magnitooptik effekt;
- Elektroabsorbsion effect.
- Akustoopticheskiy effekt.

Quyidagi 3.16-rasmda tashqi modulyatsiya jarayonining ishlash tamoili tasvirlangan.

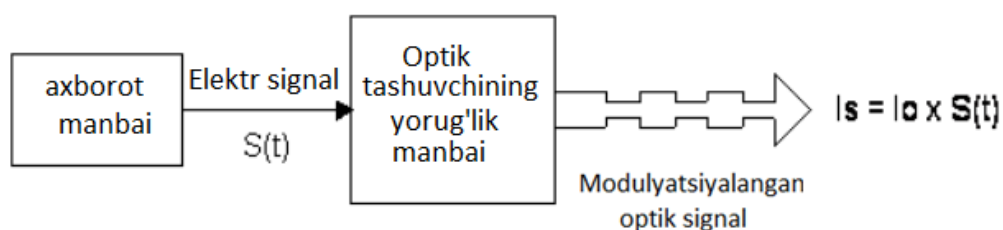


3.16-rasm. Tashqi modulyatsiya jarayonining ishlash tamoili

Yuqoridagi 3.16-rasmdan tushunish mumkinki yorug'lik manбайдan chiqayotgan optik tashuvchi signal boshqariluvchi muhitga kirgizilmoqda. Boshqaruvchi muhit o'zining yorug'likni o'tkazish hususiyatini yuqorida sanab o'tilgan fizik effektlarga asosan modulyatsiyalovchi signal ta'sirida o'zgartiradi. Natijada mu muhit orqali o'tivchi optik tashuvchining ma'lum bir parametri o'zgaradi. Bu o'zgarish modulyatsiyalovchi signalning hususiyatiga mos yuz beradi. Natijada tashuvchi optik signa modulyatsiyalovchi signalga mos modulyatsiyalanadi.

To'g'ridan to'g'ri modulyatsiya. Optik tashuvchini modulyatsiyalashning bu usuli ba'zida bevosita modulyatsiya usuli deb ham yuritiladi. Bunday modulyatsiya usuli modulyatsiyalovchi signal tomonidan optik tashuvchini nurlantiruvchi manbaning elekt ta'minotiga ta'sir ko'rsatish orqali amalga oshadi.

To'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash usuli sodda amalga oshirilishi umkoniyligi va integral mikroshemalar asosida qurish imkoniyligi bilan tashqi modulyatsiya usullarida farq qiladi. Ammo to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash usuli qo'llanilishida chastotaviy chegara mavjud. Ya'ni bu modulyatsiya usuli 5GGs (2,5 yoki 5 Gbit/s) gacha bo'lgan tarmoqlarda qo'llanilishi mumkin. Bu lazer diodlarining aktiv sohasida zaryad tashuvchilar va fotonlarning yashash vaqtining chegaralanganligi bilan tushuntiriladi. To'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash usulining ishlash tamoili 3.17-rasmda tasvirlangan.



3.17-rasm. To'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash usulining ishlash tamoili

Demak yorug'lik manbaining, ya'ni nurlantiruvchi diodlar yoki lazer diodlarining chiqishidagi nurlanishi parametrlarini uning aktiv sohasini o'zgartirish orqali o'zgartirsa bo'ladi. Bunda manbaning chiqishida nurlanish quvvati bo'yicha, nurlanish chastotasi bo'yicha yoki impulsli modulyatsiyalangan signallar hosil bo'ladi. Buning uchun yorug'lik manbaining elektr kirishiga axborotmanбайдan kelayotgan elektr signalini kiritish lozim.

Nazorat savollari

1. Aloqa tizimlarida modulyatsiya jarayoni nima uchun qo'llaniladi?
2. Analog signallarni modulyatsiyalash usullarini qanday?
3. Amplituda bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini tushuntiring.
4. Amplituda bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini afzalliklari va kamchiliklari qanday?
5. Chastota bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini tushuntiring.
6. Chastota bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini afzallik va kamchiliklari qanday?
7. Faza bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini tushuntiring.
8. Faza bo'yicha modulyatsiyalash jarayonini afzalliklari va kamchiliklari qanday?
9. Monipulyatsiya jarayoni qanday jarayon?
10. Optik aloqa tizimlarida qanday tudagi modulyatsiyalash usullari qo'llaniladi
11. Optik signallarni modulyatsiyalashda qanday fizik jarayonlarga asoslaniladi?
12. Optik aloqa tizimlarida to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash qanday amalga oshadi?
13. Optik aloqa tizimlarida to'g'ridan-to'g'ri modulyatsiyalash qanday amalga oshadi?

4-BOB. KENG POLOSALI ABONENET KIRISH TARMOQLARI VA ULARNI QURISH USULLARI

4.1. Raqamli abonent kirish tarmoqlari

Optik tolali aloqa liniyalarining kirib kelishi, sinxron raqamli iyerarxiya (SDH) uzatish tizimlarini keng tadbiiq etilishi, yaqin kelajakda abonent liniyalarini shu qurilmalar asosida tuzilishiga olib keladi. Hozirgi bozor iqtisodiyoti sharoitida optik tolali tarmoqlarni qurish iqtisodiy qimmatga tushadi, ayniqsa abonent liniyalarini. Oxirgi variant yuqori iqtisodiy samaradorlikni beradi. Bunday liniyalardan foydalanganda xDSL texnologiyalarini qo'llash maqsadga muvofiqdir va bunday liniyalardan yana ko'p yillar foydalanish mumkin. Shu sababli mavjud liniyalar qoldirilib, ularda yuqori tezlikli xDSL, texnologiyasining siflariga asoslangan raqamli uzatish tizimlarini qo'llash imkoniyatlari yaratildi.

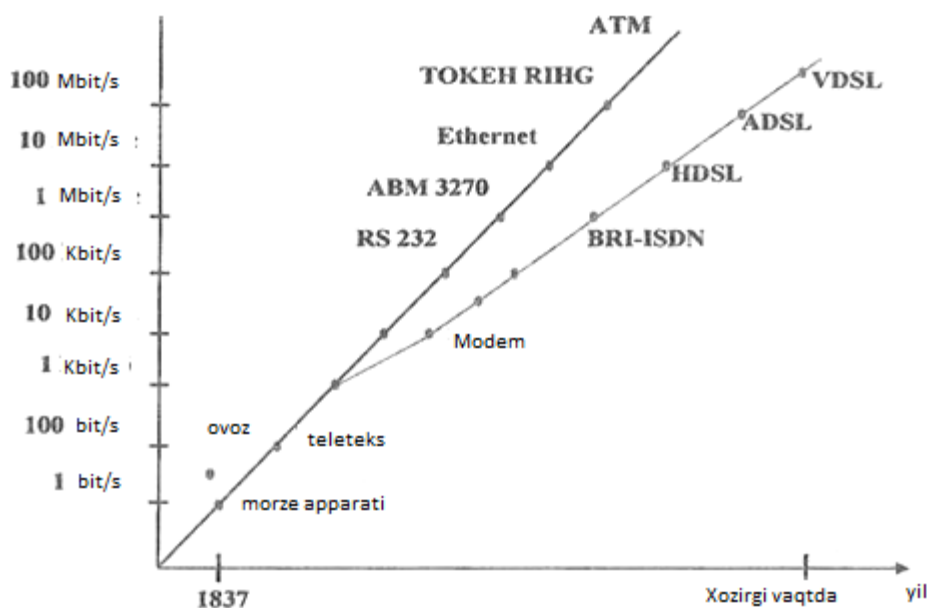
Hozirgi vaqtda nafaqat ovozli axborotlarga, balki Internet xizmatlariga bo'lgan talablar dolzarb xisoblanadi. Bunday tarmoqlarni ikkita yo'l: tolali-optik-tolali tarmoqlar va mavjud bo'lgan kabellardan foydalanish orqali kurish mumkin. Ko'pgina xollarda oxirgi variant yuqori iqtisodiy samaradorlikni beradi. Lekin bunday tarmoqlarni yaratish uchun bir necha savollarga javob topish lozim:

- mavjud bo'lgan kabelli tarmoq uchun kandy raqamli abonent texnologiya ko'proq mos keladi;
- qandy qurilma ko'proq samaradorlikka ega;
- mavjud bo'lgan kabelli tarmoqlarni, abonentlar ulanuvchi raqamli abonent tarmoqlarining kandy yangi xizmatlari uchun qo'llash mumkin.

Oxirgi vaqtlarda abonent liniyalari qurilmalarining bozori jadallik bilan rivojlanayotgani tufayli operatorlarning xolati murakkablashib ketmoqda. Yuqoridagi aytib o'tilgan kamchiliklarga, muammolarga va savollarga javob sifatida xDSL (Digital Subscriber Line) - raqamli abonent liniyalari texnologiyalari qo'l keladi [1].

xDSL ning variantlari sifatida yaratilgan keyingi texnologiya bu yuqori tezlikli raqamli abonent liniyasi HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) xisoblanadi. Bu texnologiya 2048 kbit/s tezlikda dupleks axborot almashtirishni to'liq ta'minlaydi. Axborotni uzatish uchun kabelning ikki yoki uch juftligidan foydalanishadi. HDSL texnologiyalarining keyingi rivojlanishi simmetrik yuqori chastotali raqamli abonent liniyalarining qurilmalarini yaratilishiga sababchi bo'ldi.

Bunday SDSL qurilmalari (SDSL -Singil Pair Symmetrical Digital Subscriber Line) kabelning bir juftligi orqali ishlashga mo'ljallangan. Shuningdek oxirgi yillarda xDSL ning assimetrik raqamli abonent liniyasini qurish texnologiyalari ishlab chiqildi, Masalan ADSL (assimetrik raqamli abonent liniyasi) texnologiyasi tarmoqdan abonentgacha bo'lgan yo'nalishda axborotni uzatganda 8 mbit/s gacha, abonentdan tarmoqgacha bo'lgan yo'nalishda esa 1 mbit/s tezlikni ta'minlaydi, shuningdek Internet tarmog'iga ulanish imkoniyatiga ega bo'lishi ham mumkin.



4.1-rasm. Mis aloqa liniyalaridan tortib, xozirgi paytgacha raqamli uzatish tizimlarining tezligini o'sishi

VDSL texnologiyasi (Very High - bit rate Digital Subscriber Line) yangi qurilmalar tarkibiga kiradi va kelgusidagi abonent tarmoqlarida qo'llashga mo'ljallangan.

xDSL texnologiyasi 70-yillardan boshlab rivojlana bordi, ya'ni bu yillarda VK (Basic Rate), 160 Kbit/s li ISDN qurilmalari ishlab chiqarila boshlagan edi. xDSL texnologiyasining ishlab chiqaruvchilari o'zlarining texnologiyalarini tolali optik aloqa tizimida ilk bor sinab ko'rildi va natijalarga erishildi. Faqat tolali optik aloqa liniyasi orqali «xar bir uyga raqamli telefon» olib kirish mumkin, degan fikr xam bor edi.

xDSL texnologiyasi mavjud mis simli liniyalardan yuqori tezlikli aloqani xosil qilish imkonini beradi. 1.1-rasmda mis kabel liniyasidan axborot uzatish tezligining, ya'ni morze alifbosi (10 bit/s) dan VDSL (52

Mbit/s)gacha o'ta yuqori tezlikli raqamli abonent liniyasi texnologiyasigacha rivojlanish tarixi ko'rsatilgan[1].

xDSL texnologiyasi quyidagi turlarga bo'linadi:

- HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) tezligi 2048 kbit/s bo'lgan dupleks aloqani ta'minlaydi.
- SDSL (Single Pair Symmetrical Digital Subscriber Line) yuqori chatsotali raqamli abonent liniyalari qurilmasi bo'lib, signallarni simmetrik xolda uzatishga mo'ljallangan.
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) bu texnologiya tarmoqdan abonentga signalni uzatishda 8 Mbit/s gacha bo'lgan tezlikni, abonentdan tarmoqqa signalni uzatishda esa 1 Mbit/s tezlikni ta'minlaydi, ya'ni signallarni uzatish assimetrik xolda amalga oshadi.
- VDSL (Very High bit rate Digital Subscriber Line) bu yangi qurilma xisoblanib, kelgusida yuqori tezlikli aloqa tarmoqlarida qo'llashga mo'ljallangan.

4.1.1. ADSL texnologiyasi

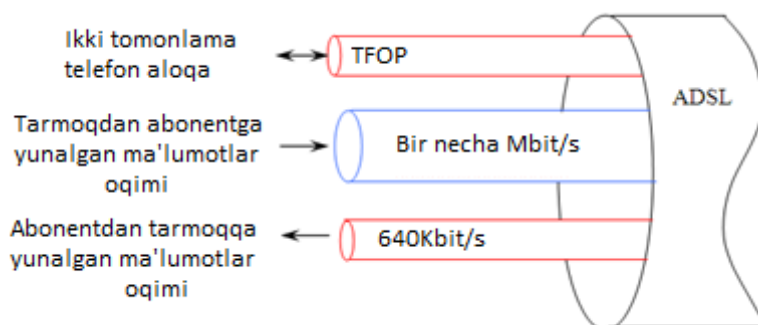
Hozirgi paytda abonent tarmoqlarida ADSL texnologiyalari eng ko'p tarqalgan. Ular quyidagicha afzalliklarga ega:

➤ Kabel juftliklaridan minimal foydalanish imkoniyati. Odatdagi telefon tarmoqlari uchun bunday juftliklar faqatgina telefon signallarini uzatish uchun qo'llanilar edi. ADSL texnologiyasi yaratilgandan keyin, telefon liniyalari bo'ylab nafaqat telefon signallari, balkim yuqori tezlikda ma'lumotlarni uzatish mumkin. Ularning ikkalasi xam bir – biriga xalaqit bermaydi;

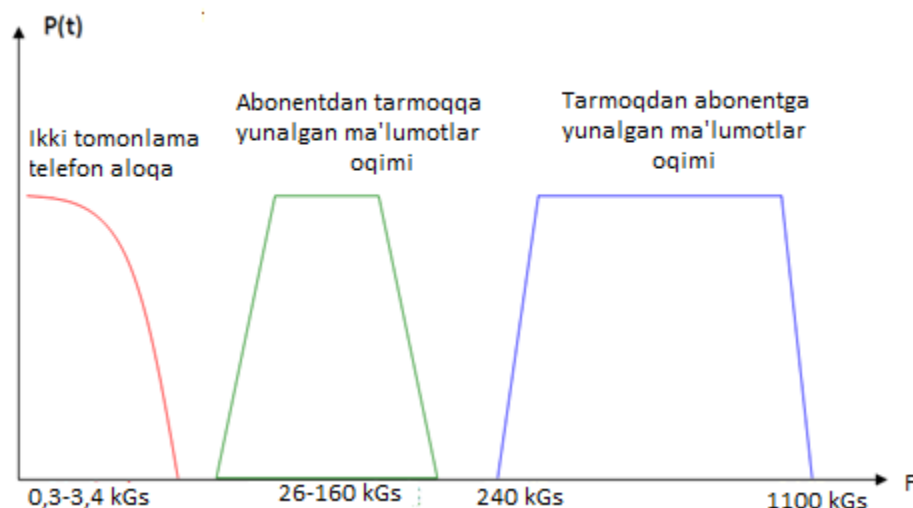
➤ ADSL da ulanish vaqtining kamligi, tarmoqdan foydalanishning qulayligi va narxining pastligi. Hozirgi paytda telefon tarmoqlari juda katta va juda ko'p abonentlar soniga ega bo'lgan, keng tarqalgan telekommunikatsiya tarmoqlaridan iborat. ADSL texnologiyalari yordamida markaziy ofisda bitta markaziy qurilmani va foydalanuvchi xonadonida, bitta qurilmani joylashtirish lozim. Yuqori tezlikli va keng oraliqli imkoniyatdan foydalanadigan, keng oraliqli tarmoqqa ulangan foydalanuvchilar yangi liniyadan xarajatsiz foydalanishi mumkin;

➤ Axborotni tortib olishda yuqori tezlikga erishish. ADSLning assimetrik xususiyati uchun tortib olinadigan tezlik, 8 Mbit/s gacha yetishi mumkin.

Quyidagi 4.2 va 4.3-rasmlarda ADSL ning abonent liniyasini ulanishi va ADSL kanallarining chatsota bo'yicha tarqalishi ko'rsatilgan.



4.2 - rasm. ADSL texnologiyasi qo'llanilgan abonent liniyasida kanallarning xosil qilinishi.



4.3- rasm. ADSL kanallariga chastotaning taqsimlanishi.

ADSL (Assymetric Digital Subscriber Line - assimetrik raqamli abonent liniya), xDSL texnologiyalari kabi yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish uchun mo'ljallangan texnologiyalar tarkibiga kiradi. ADSL texnologiyasi interfaol videoxizmatlarni (talab bo'yicha video, video o'yinlar va boshqalar) va ma'lumotlarni tez uzatish (Internetga ulanish, lokal xisoblash va boshqa tarmoqlarga uzokdan ulanish) uchun yuqori tezlikni ta'minlashga mo'ljallangan. ADSL liniyasi, xar bir telefon kabellarining juftliklarini oxiriga ulangan ikkita modemni bir-biri bilan bog'laydi. Bizga ma'lumki, analog modemlar, standart telefon kanallari buyicha 28 Kbit/s gacha tezlikni oshirish imkoniyatiga ega edi. Xuddi shunga o'xshab, modulyasiyalash usullari qo'llanilgan ADSL texnologiyalari esa tarmoqdan abonentga keladigan ma'lumotlar oqimining tezligini bir necha Mbit/s gacha yetkazishi mumkin. Bu texnologiya foydalanuvchidan stansiyagacha past tezlikli kanal orqali

tarmoqdan abonentga tushuvchi oqimlarni boʻshqarish imkonini beradi. Bunda asosan uchta axborotli kanal xosil boʻladi. Tarmoqdan abonentgacha uzatiladigan ma'lumotlar oqimi, abonentdan tarmoqqa uzatiladigan ma'lumotlar oqimi va telefon aloqa kanali. Telefon aloqasining kanallari filtr yordamida ajratiladi, bu ADSL ulanishida avariya yuz bergan takdirida xam telefon ishini kafolatlaydi.

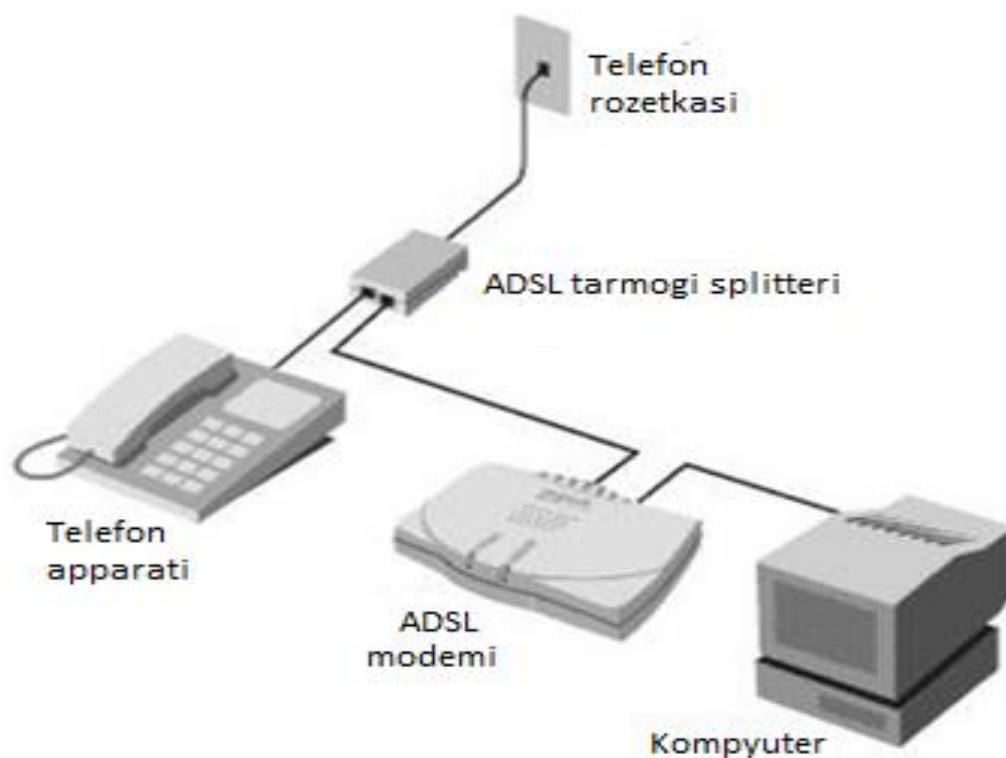
ADSL, mavjud boʻlgan telefon kabellarining juftliklarini, ma'lumotlar uzatish uchun moʻljallangan yuqori chastotali traktga aylantiradi.

Raqamli abonent ulanish tarmoqlarini ADSL texnologiyasi asosida qurishda liniyaviy uskunalarga xech qanday oʻzgarishlar kiritilmaydi. Mis oʻtkazgichli analog telefaniya tarmogʻini raqamli keng polosali koʻp xizmatli abonent kirish tarmogʻiga aylantirish uchun qayta jixozlanish jarayoni asosan stansiya va abonent tomonida amalga oshiriladi. Stansiya tomonida abonentlar guruxidan kelayotgan signallarga ishlov beruvchi va global tarmoqdan kelayotgan ma'lumotlar oqimini abonentlarga taqsimlab uzatuvchi qurilma maxsus qurilma guruxli modem xisoblanuvchi DSLAM qurilmasi qoʻllaniladi. Bu qurilmaning asosiy vazifasi mis oʻtkazgichli aloqa liniyalari orqali ulangan abonentlarni xDSL texnologiyasi asosida yuqori tezlikli internet tarmogʻiga ulanishini ta'minlashdir. Odatda DSL texnologiyasidan internet provayderlari foydalanuvchilarga simli internet tarmogʻiga ulanishni ta'minlash maqsadi foʻllanilib kelinmoqda. Shuning uchun ham stansiya tomonida oʻrnatiluvchi bu qurilma bir tomondan internet provayderining regional tarmogʻiga (koʻp kanallai uzatish tizimi orqali), ikkinchi tomondan esa abonent liniyasiga ulanadi (kross orqali). Mos ravishda abonent tomonida individual modem qurilmasi, ya'ni ADSL modem oʻrnatilishi lozim. Quyidagi 4.4 rasmda ADSL asosida raqamli abonent kirish tarmoqlarini qurishda qoʻllaniluvchi qurilmalarning ulanish ketma-ketligi ifodalangan.



4.4-rasm. ADSL asosida raqamli abonent kirish tarmoqlarini qurishda qo'llaniluvchi qurilmalarning ulanish ketma-ketligi ifodalangan

Abonent tomonida ATS tomonida kelgan bir juftli mis abonent o'tkazgichi abonent inshooti devor qismidagi telefon rozetkasiga ulanadi. Telefon rozetkasiga bir tomonidagi RJ11 konnektori bilan ulangan telefon kabeli ikkinchi tomonidagi RJ11 konnektori bilan chastota bo'yicha ajratish qurilmasi, ya'ni splitter qurilmasining "line" portiga ulanadi. Splitterning asosiy vazifasi stantsiya tomonda kelayotgan umumiy oqim tarkibidan past chastotali telefon signallari (0,3-3,4 kGs) va yuqori chastotali (26kGs-1100kGs) ma'lumotlar uzatish tarmog'i signallarini ajratishdan iborat. Splitterning ikkinchi tomonida "phone" va "modem" portlari mavjud bo'lib "phone" portiga telefon apparati, "modem" portiga esa ADSL modemi ulanadi. Quyidagi 4.5-rasmda abonent inshootida ADSL modem va uning komponentalarini ulanish ketma-ketligi tasvirlangan.



4.5-rasm. Abonent inshootida ADSL modem va uning komponentalarini ulanish ketma-ketligi

ADSL modemi va abonentning ma'lumotlar uzatish tarmog'i (masalan Internet tarmog'i) ohirgi qurilmasi (kompyuter) o'rtasida bog'lanish ADSL modemning imkoniyatiga bo'liq ravishda turlicha bo'lishi mumkin. Odatda ADSL modem va kompyuter o'rtasidagi ulanish Ethernet texnologiyasi asosida amalga oshiriladi. Bunda modemning "LAN" Ethernet portlarida biriga Ethernet kabelining RJ45 konnektoriga ega bir uchi ulanadi. Kabelning ikkinchi tomoni esa kompyuterning Ethernet portiga ulanadi. Ammo shuni takidlash kerakki bugungi kunda ADSL modamlari va abonent ohirgi qurilmalari o'rtasidagi bog'lanish jarayonini qulaylashtirish va bir vaqtda ulanuvchi qurilmalar soni va mobilligini ortirish maqsadida simsiz texnologiyalar keng qo'llanilib kelinmoqda. Masalan Wi-Fi texnologiyasi bunga yaqqol misol. Shuning uchun ham ADSL modamlar Wi-Fi texnologiyasi bilan jihozlangan holatda ishlab chiqarilmoqda. Bunda ohirgi qurilmalar (kompyuter, smart telefonlar va boshqa tarmoqda ishlashga mo'ljallangan qurilmalar) ADSL modemga simsiz ulanishlari mumkin.



4.6-rasm. Wi-Fi texnologiyasini qo'llab-quvvatlovchi ADSL modem

ADSL assimetrik texnologiyalar tarkibiga kiradi, chunki tarmoqdan abonentga keladigan ma'lumotlar oqimining tezligi, abonentdan tarmoqqa beriladigan ma'lumotlarning uzatish tezligidan past. Foydalanuvchidan uzatiladigan tezlik, analog modemlarning qurilmalaridagiga nisbatan yuqori. Telefon kabellarining juftliklari orqali uzatiladigan axborotlarning katta xajmini siqish uchun, ADSL texnologiyasida signallarni raqamli kayta ishlash, maxsus yaratilgan algoritmlar, takomillashtirilgan analog filtrlar va analog raqamli o'zgartirgichlar qo'llaniladi. Juda katta masofaga ega bo'lgan telefon liniyalari, uzatiladigan yuqori chastotali signallarni satxini pasaytirishi mumkin. Bu esa ADSL modemlarining analog tizimlarini yetarli darajadagi yuqori yuklamada ishlashga majburlaydi. Bunday yuklamada yuqori dinamik diapozon va shovqin satxi past bo'lishi lozim. Dastlabki ADSL tizimlarini oddiy deb xisoblash mumkin, chunki u oddiy telefon kabellari orqali yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatish kanallarini xosil qiladi.

Texnologiya odatdagi telefon aloqasi uchun ma'lum bir chastota oralig'ini zaxirasini ta'minlaydi.

Shunday kilib, eski telefon liniyalaridan yangi telefon liniyalari xosil bo'ladi. Yuqori tezlikli ma'lumotlarni uzatuvchi boshqa texnologiyalarga nisbatan ADSL yana bir asosiy afzalligi telefon kabellarining mis simlarini odatdagi juftliklaridan foydalanishdir. ADSL, ustiga qo'yilgan tarmoqni xosil qiladi. Bunda qimmatga tushadigan qurilmalar va telekommunikatsiya qurilmalarini takomillashtirish uchun ko'p vaqt talab qilinmaydi.

Umuman olganda ADSL funksional chegarasi 0,5 mm uzunlikdagi simda abonent liniyasining uzunligi 3,5-5,5 km ni tashkil etadi.

Xozirgi vaqtda ADSL, tarmoqdan abonentga keluvchi ma'lumotlar oqimining tezligini 1,5 Mbit/s dan 8 Mbit /s gacha tezlikda va abonentdan tarmoqda keluvchi ma'lumotlar oqimining tezligini 640 Kbit/s dan 1

Mbit/s gacha ta'minlaydi. Bunday texnologiyalarning kelgusidagi rivojlanish tendensiyasi tarmoqdan abonentga keluvchi ma'lumotlar oqimini tezligini oshirish kutiladi.

ADSL texnologiyasi ta'minlaydigan ma'lumotlar oqimining tezligini baxolash uchun, boshqa texnologiyalar qo'llanilganda foydalanish uchun lozim bo'lgan tezlik bilan solishtirish lozim. Analog modemlar ma'lumotlar oqimini 14,4 - 56 Kbit/s gacha tezlikda uzatishni ta'minlaydi.

xDSL ning turli texnologiyalari foydalanuvchilarga ADSL uchun 128 Kbit/s, HDSL uchun 768 Kbit/s, ADSL uchun tarmoqdan talabgorgacha 1,5-8 Kbit/s va abonentdan tarmoqqacha 640-1000 Kbit/s, VDSL uchun tarmoqdan talabgorgacha 13-15 Mbit/s va abonentdan tarmoqqacha 1,5- 2,3 Mbit/s gacha ma'lumotlar oqimini uzatish tezligini ta'minlaydi.

Kabel modemlari 500 Kbit/s dan 10 Mbit/s gacha tezlikda ma'lumotlar oqimini uzatish imkoniga ega (bunda kabel modemlarining o'tkazuvchanlik oralig'i shu liniyadan foydalanish imkoniyati bo'lgan barcha foydalanuvchilar orasida bo'lishini xam nazarda tutish lozim. Shuning uchun xam bir vaqtda ishlovchi foydalanuvchilar soni, ularning xar biri uchun xaqiqiy ma'lumotlarni uzatish tezligiga sezilarli darajada ta'sir qiladi). Ye-1 va Ye-Z raqamli liniyalar mos xolda 2048 Mbit/s va 34 Mbit/s gacha uzatish tezligiga ega.

ADSL texnologiyasini qo'llaganda magistral tarmoq bilan foydalanuvchi bog'langan liniya'ning o'tkazuvchanlik oralig'i har doim va faqat foydalanuvchiga tegishli.

4.1.2. HDSL texnologiyasi va uning ishlash prinsipi

Raqamli abonent liniyasini qurish texnologiyasi xDSL ning keyingi rivojlanishi, abonent liniyalarining yuqori tezlikli texnologiyasi HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Loop) ni paydo bo'lishiga olib keldi. Bunday qurilma kabelning bir juftligi orqali 768/1024 Kbit/s tezlikda axborotni tuliq dupleks xolatda almashish imkonini beradi va oddiy kabelning ikki yoki uch juftligi orqali, parametrlarni tanlamasdan simmetrik bo'lmagan xolda xam 2048 Kbit/s tezlikda axborotlarni uzatishi mumkin. Tizim bir kabeli xisoblanadi ya'ni bitta kabel orqali axborotlarni uzatish va qabul qilish mumkin. Shuningdek SAR modulyasiyasi yordamida HDSL tizimi uchun bir kabelning 50-80% juftligini qo'llash mumkin.

HDSL texnologiyasining keyingi rivojlanishi, kabelning bir juftligi orqali ishlovchi, simmetrik raqamli abonent liniyalariga mo'ljallangan SDSL texnologiyasidir. HDSL qurilmalarining ish sifatiga ta'sir qiluvchi asosiy omillardan biri bu liniyalarining parametrlaridir. Shulardan eng asosiylarini karab chiqamiz:

- signalning zaiflashishi. Kabelli liniyalardagi signalning so'nishi kabelning turiga, uning uzunligiga va signal chastotasiga bog'lik;
- liniya qanchalik uzun bo'lsa va uning chastotasi qanchalik yuqori bo'lsa uning so'nishi shunchalik yuqori bo'ladi;
- amplituda chastotaviy tavsifning notekisliligi. Umuman olganda aloqa liniyalarining kabellarini past chastotali filtr deb faraz qilish mumkin;
- radiochastotali interferensiya;
- guruxli o'tish vaqtining kechiqishi, signalning kabelda tarqalish tezligi uning chastotasiga bog'lik, shu tarzda agar AChT bir xil bo'lsa xam impuls shakli uzatishda buziladi.

HDSL qurilmalarining asosini liniya trakti tashkil etadi, ya'ni mis liniyalari buyicha raqamli oqimlarni uzatish uchun kodlash usuli qo'llaniladi. HDSL texnologiyasi liniyaviy kodlashning ikki texnologiyasini: 2B1Q(2 binary1 quartenaiy) va CAP (Carrierless Amplitudeand Phase Modulation) ishlatishni qarab chiqadi. Ikkala texnologiya xam uzatiladigan va qabul qilinadigan signallarni, signal jarayonlari deb ataladigan raqamli kayta ishlashga va bir kator umumiy prinsiplarga asoslangan.

HDSL qurilmasini ishlab chiqarish bilan bir necha chetel kompaniyalari shug'ullanadi. HDSL qurilmasiniig asosiy parametri uning ishlash masofasidir. Bu parametr 100% amalda qo'llaniladngan liniya kodining turi orqali aniqlanadi. Bunday parametr (2B1Q kodi) qo'llaniladigan barcha qurilmalar uchun bir xildir, ya'ni bir xil masofa va shovqinbardoshlik bilan ta'minlaydi. Parametrlari bo'yicha SAR modulyasiyasi qo'llaniladigan qurilmalar, 2B1Q kodi qo'llaniladigan qurilmalarga mos tushadi. HDSL qurilmalari turli qo'shimcha funksiyalarning mavjudligi/yuqligi, energiyaga bo'lgan turli talablar, zaxira rejimlarining mavjudligi bilan boshqa qurilmalardan farq qiladi. Bu turli mikrosxemalar majmuasini qo'llash, dasturiy ta'minotdagi farq va konstruktorlik qayta ishlashlar bilan bog'liq.

HDSL tizimlarining turli liniyaviy kodlash texnologiyalari, ishlash masofasining asosiy qiymatlari quyidagi 1.1-jadvalda ko'rsatilgan.

Bu jadvalda HDSL WATSON (Schmid Telecom AG, Shveytsariya) qurilmalarining turli seriyalari ko'rsatilgan.

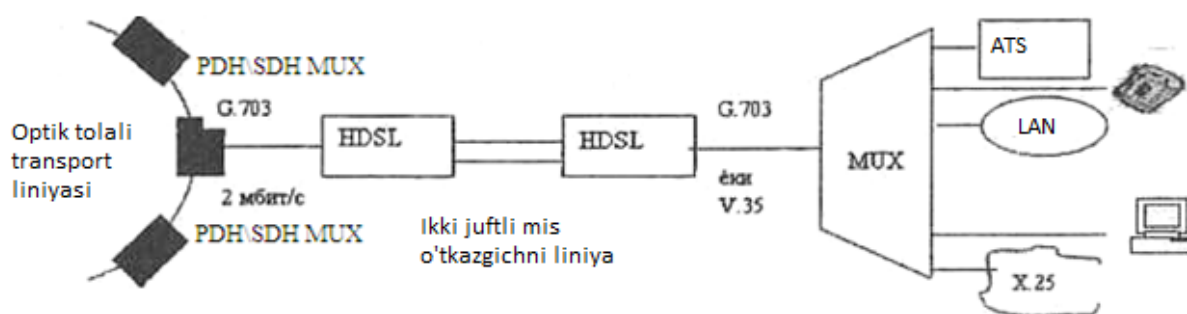
WATSON 2 kurilmasida 2B1Q kodi qo'llaniladi va kabelning ikki juftligi orqali ishlaydi, WATSON 3 da SAR-64 modulyasiyasi qo'llaniladi va kabelning ikki juftligi orqali ishlaydi, WATSON 4 da SAR-128 modulyasiyasi qo'llaniladi va kabelning bir juftligi orqali ishlaydi.

4.1-jeval. HDSL tizimlarining parametrlari

O'tkazgich diametri	Regeneratsion torlarsiz liniya uzunligi	Regeneratsion torlarsiz liniya uzunligi	Regeneratsion torlarsiz liniya uzunligi
0,4	4 km gacha	4-5 km	3-4 km
0,6	6 km gacha	6-7 km	4-5 km
0,8	9 km gacha	10-12 km	6-7 km
1,2	18 km gacha	14-18 km	10-13 km

HDSL apparaturasining liniya traktini tashkil qilish uchun yuqorida aytib o'tganimizdek kodlashning ikki texnologiyasi 2B1Q va SAR qo'llaniladi. Qo'llaniladigan liniya kodlari texnologiyalariga bogliq xolda, signallarni regeneratsion torlarsiz uzatish masofasi tanlanadi.

HDSL tizimlarini amalda qo'llash tajribasi shuni ko'rsatdiki, 2B1Q texnologiyalariga asoslangan apparaturalarning sifat parametrlari (masofasi, shovqindan ximoyalanganligi va boshqalar) va narx ko'rsatkichi buyicha nisbatan qimmat, chunki **2B1Q** texnologiyasi keng tarqalgan va ishlab chiqarishga arzon tushadi. HDSL texnologiyalarining tuzilishiga misol 4.7-rasmda ko'rsatilgan.



4.7-rasm. HDSL texnologiyasi asosidagi abonent ulanish liniyasi

Yuqorida takidlanganidek xDSL oilasining HDSL vakili nisbatan yuqori tezlikli, simmetrik raqamli abonent ulanish liniyalarini qurishda ham qo'llanilishi mumkin.

4.2. Simsiz keng polosali kirish tarmoqlari va ularni qurish usullari

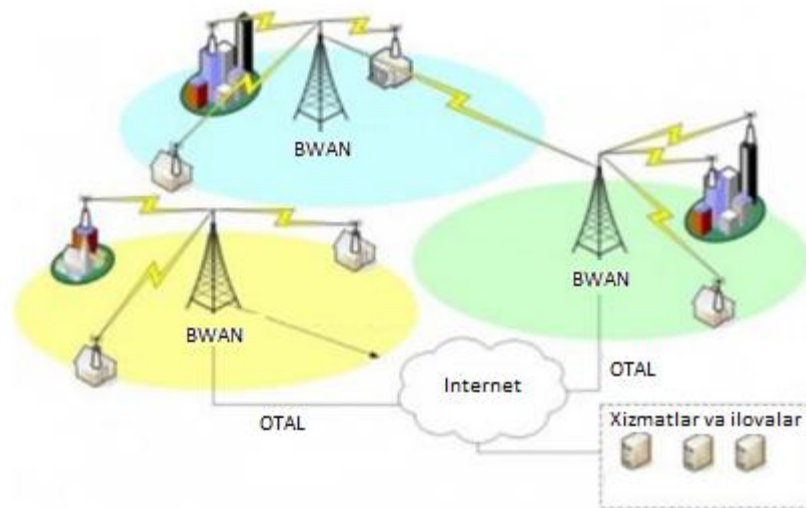
Keng polosali simsiz tarmoqlar (Broadband Wireless Network-BWN) turli radioaloqa tarmoqlarini o'zida mujassam qiladi va abonentlarni o'zaro axborot almashinishlari yoki abonentlarni boshqa telekommunikatsiya tarmog'ining axborot resurslariga yuqori tezlikda (odamda $B \geq 1$ M bit/s) ulanish imkonini beradi. Bunday tarmoqlarning formal ta'rifi quyidagicha:

Keng polosali simsiz tarmoqlar bu – texnik tavsiflari quyidagi talablarga javob beruvchi radiokanallar bilan o'zaro bog'langan uzellar majmuidir:

- Radio kanal resursi umum foydalanishdagi bo'lishi lozim;
- Bandwidth- chastota polosasi kengligi bir necha MHz va shuncha ma'lumot uzatish tezligi sekundiga bir necha Mbitni tashkil qilishi lozim;
- Tarmoq uzellari tarkibidagi jihozlar arxitekturasi va joylashuviga bog'liq ravishda bir- biriga nisbatan to'g'ridan- to'g'ri ko'rishga ega holatda (line of sight) yoki bir- biriga nisbatan ixtiyoriy holda, ya'ni, to'g'ridan- to'g'ri ko'rish nazarda tutilmagan holda joylashishlari mumkin.

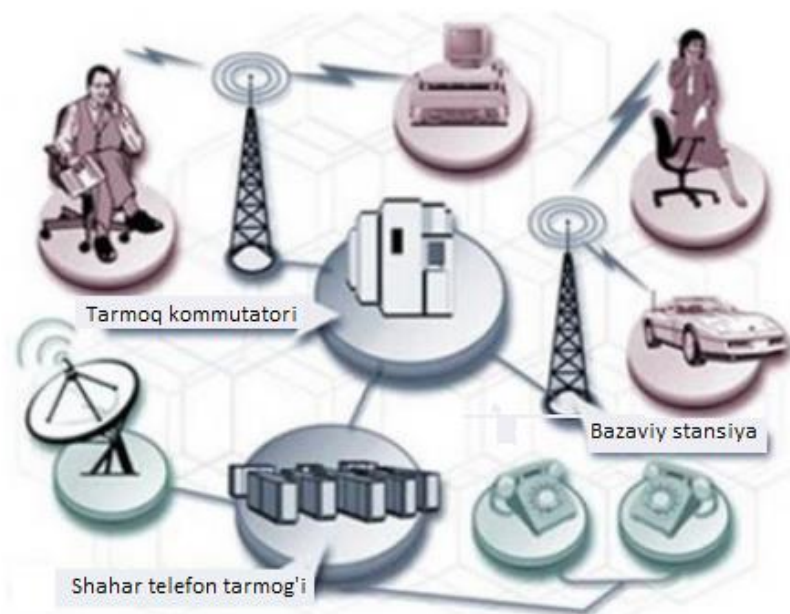
Yuqorida keltirilgan ta'riflar va belgilanishlar asosida ta'kidlash mumkinki, BWN ning asosiy vazifasi kichik o'lchamli hududlarda simsiz ulanishlarni ta'minlash bilan bir qatorda, ushbu simsiz keng polosali tarmoq abonentlarini transport tarmog'i orqali boshqa telekommunikatsiya tarmog'i resurslariga ulanishlarini ta'minlashdir (4.8-rasm). Turli BWN da yuqoridagi vazifalarning biri prioritetga ega bo'lishi mumkin va bunga bog'liq ravishda simsiz keng polosali tarmoqlarni ikki kotigoriyaga ajratish mumkun:

- Ikki va undan ortiq local kirish tarmoqlarini o'zaro bog'lash vazifasini bajaruvchi simsiz keng polosali kirish tarmoqlari (Broadband Wireless Access Network).



4.8-rasm. Local kirish tarmoqlarini o'zaro simsiz bog'lanishini ta'minlovchi keng polosali simsiz tarmoq

- Keng polosali mobil aloqa tarmoqlari. Bunday tarmoqlarda foydalanuvchilar o'rtasida ma'lumot almashinishni ta'minlash asosiy vazifadir.



4.9-rasm. Keng polosali mobil aloqa tarmoqlari

Simsiz keng polosali tarmoqlarining paydo bo'lishi va dunyo bo'ylab juda keng miqyosda qo'llanilishi telekommunikatsiya tarmog'i abonentlarining axborot uzatish tezligiga va uzatiladigan axborotning xajmiga bo'lgan talablarini keskin ortib ketishiga olib keldi. Bu asosan XX asrning to'rtinchi choragida yaqqol namoyon bo'ldi. Aynan o'sha davrlardan boshlab axborot va axborot almashishning jamiyatning ishlab chiqarish faoliyatining muhim jihatiga aylandi. Shu tariqa bugungi kunga

kelib jamiyat azolarining individual bevosita muloqoti shakli sezilarli darajada telekommunikatsiya vositalari orqali muloqot shakliga o'ta boshladi. Masalan sotsial tarmoqlar (network society).

Yangi davrning talablarini qondirishga simsiz aloqadan foydalanish eng samarali yechim bo'la oladi. Bunga sabab simsiz aloqa tizimlari uzatish qurilmalarining joylashishi o'rniga bog'liq bo'lmagan holda, xar qanday vaqtda aloqa jarayonini tashkil qilish imkoniga ega. Radioto'lqinlarning tarqalish xususiyati va radio vositalar orasidagi o'zaro halaqitlarning mavjud bo'lmasligiga qo'yiladigan talablarni hisobga olgan holda, radioaloqaning hamma joyda va ommaviy ravishda qo'llanilishiga to'sqinlik qiluchi omil sifatida radiochastota resurs (DUP)ni cheklanganligini keltirish mumkin. Simsiz tarmoqlarning o'tkazgichli tarmoqlar bilan hamkorlikda, vazifalarni quyidagi tartibda bo'lib olinishi asosida faoliyat ko'rsatishi natijasida bu radio chastota resursi cheklanganligi muammosini hal qilish mumkin:

- o'tkazgichli (elektir yoki optik) yoki sun'iy yo'ldoshli (radio relelyli aloqa tarmog'i orqali kichiq o'lchamli simsiz kirish tarmoqlarini o'zaro ulanishlarini ta'minlaydi;
- simsiz kirish tarmoqlari esa yuqorida sanab chiqilgan barcha afzalliklarga ega bo'lgan holda abonentlarni simsiz o'zaro ulanishlarni va ularni transport.

Kichiq o'lchamdagi simsiz tarmoqlarni tashkil etishda kam quvvatli, o'rta yuqori (UHF) va o'ta yuqori (SHF – Super High Frequency) chastotalar diapazonidagi radio signallardan foydalaniladi va bunda signal manbadan uzoqlashgan sari jadal ravishda so'nib boradi. Bu ikki omil o'zaro yaqin joylashgan ikki simsiz kirish tarmog'ida bir xil chastotadan foydalanishga imkon beradi va xar ikki hududda keng polosali simsiz kirish tarmog'i tashkil etiladi.

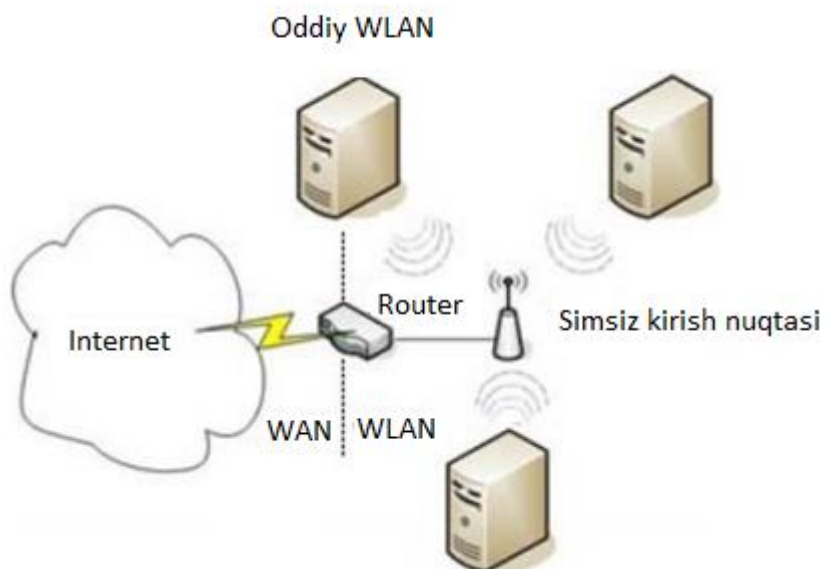
BWN lar ulardagi tarmoq uzellarini hududiy joylashuvi va ularning qamrov hududining o'lchashga bog'liq ravishda quyidagi to'rtta asosiy turga bo'linadi:

- 1) Shaxsiy simsiz tarmoq (WPAN-Wireless Personal Area Network). Bunday tarmoq abonentning xonasi yoki ishchi stoli hududida o'tkazgichli ulanishlardan voz kechish maqsadida qo'llanilib aloqa masofasi shartli ravishda 10m gacha belgilangan. WPAN tarmog'iga misol qilib shaxsiy kompyuter va uning periferiya qurilmalarini simsiz ulanish tarmog'ini yoki xo'jalik multimedia qurilmalarini bog'lanish tarmog'ini keltirish mumkin.



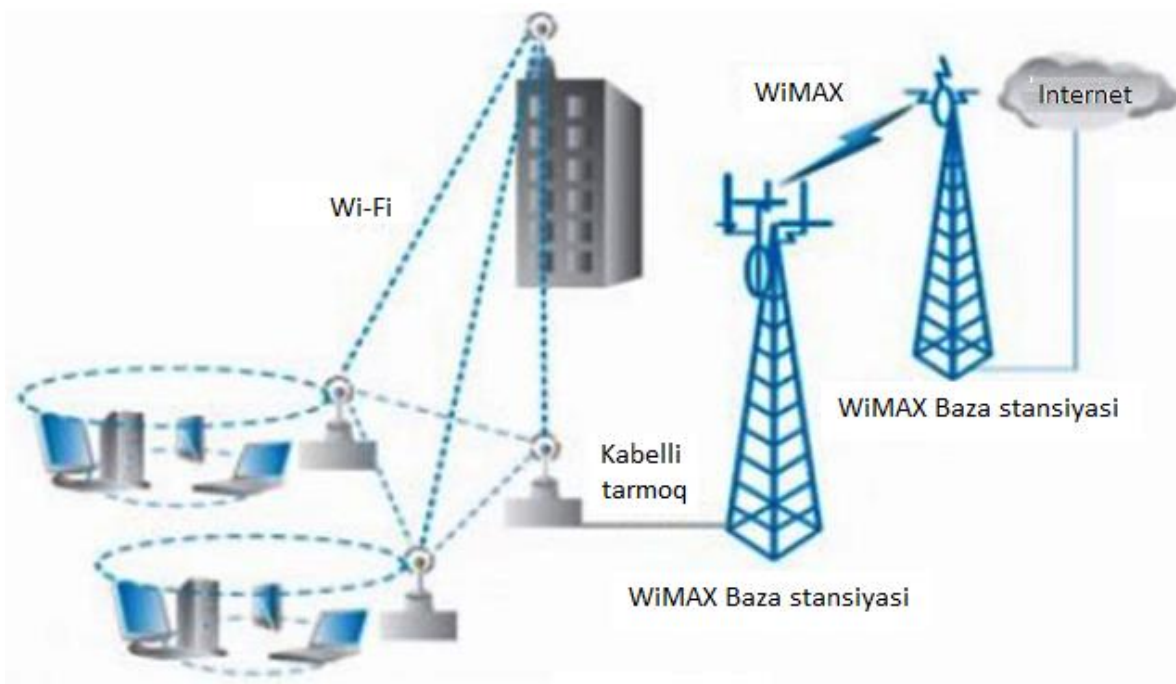
4.10-rasm. WPAN - simsiz shahsiy tarmoq

2) Lokal simsiz tarmoqlar (WLAN- Wireless Local Area Network). Bunday turdagi simsiz tarmoqlar $R=100m$ ga teng radiusli hududlarda simsiz keng polosali kirish tarmog`ini tashkil qilish uchun qo`llaniladi. Bunday WLAN tarmoqlariga ofislardagi, mexmonxonalar, aeroportlardagi, shuningdek xususiy xonadonlardagi simsiz kirish tarmoqlarini (masalan Wi-Fi yasashda) misol keltirish mumkin.



4.11-rasm. WLAN- simsiz lokal tarmoq

3) Shahar simsiz tarmog`i (WMAN-wireless Metropolitan Area Network) katta bo`lmagan aholi yashash punktlari hududida yoki katta shaharlarning administrativ hududlarida (kvartal yoki boshqa.) simsiz tarmoqlarni tashkil etishga mo`ljallangan. WMAN tarmog`i uzellari orasidagi masofa 100 m dan bir necha o`nlab kilometrlargacha bo`lishi mumkin. WMAN ga misol sifatida kichiq shaharlardagi Wi-MAX texnologiyasi asosidagi simsiz kirish tarmoqlarini obektlari tarqoq joylashgan katta hududga ega tashkilot yoki zavodlar hududidagi simsiz tarmoqlarni keltirish mumkin.



4.12-rasm. WMAN- Shahar simsiz tarmog'i

Shuningdek chet el davlatlarida ko'lami katta hududga yoyilgan universitet simsiz tarmoqlarini kompus tarmoqlari (CAN-Campus Area Network) deyiladi.

Uyali mobil aloqa tarmoqlari regional yoki milliy masshtabdagi hududlarda 120 km/soat gacha tezlikda harakatlanayotgan foydalanuvchilarni mobil (harakatdagi) aloqa bilan ta'minlashni ko'zda tutadi. Uyali mobil aloqa tarmoqlarining strukturasi uzatish va qabul qilishni amalga oshiruvchi uzellar (bazaviy stansiya - BTS) dan va bir uzal xizmat ko'rsatish hududidan boshqa bir uzal hududiga ko'chib o'tganda abonentlarning ayni paytdagi joylashgan uzal hududini (joylashgan o'rnini shuningdek) aniqlash va bu abonentni uzliksiz aloqa bilan ta'minlash vazifasini bajaruvchi kommutatsiya jihozlaridan tashkil topadi. Tarmoqning qamrov hududi yacheykalarga (uyalarga) bo'linadi.

Transport tarmog'i sifatida elektr o'tkazgichli, radioreleyli va optik kabelli tizimlardan foydalanilishi mumkin.

Ta'kidlanganidek simsiz keng polosali tarmoqlar simsiz ulanishi mobil stansiyalar (MS-abonentlar) ni o'zaro ulanishiga yoki bu MS larni boshqa telekommunikatsiya tarmog'iga ulanishlarini ta'minlash mumkin. Aynan qay bir vazifasi birlamchi hisoblanishiga bog'liq ravishda BWN larni ikki xil kategoriyaga mumkin. BWAN (Broad wireless access network) keng polosali simsiz kirish tarmoqlari. Bunday BWAN tarmog'ining asosiy vazifasi MS larni boshqa

telekommunikatsiya tarmog'I resurslariga simsiz ulanishlarini ta'minlashdir. Masalan Wi-Fi va Wi-MAX texnologiyasi asosidagi simsiz kirish tarmoqlari.

Uyali aloqani keng polosali tarmoqlari. Bunday simsiz keng polosaning asosiy birlamchi vazifasi MS larni o'zaro bog'lanishlarini ta'minlashdir.

4.3. Zamonaviy optik abonent ulanish tarmoqlari

Barchamizga ma'lumki bugungi kunda telekommunikatsiya tarmoqlarining muammoli qismi abonent kirish tarmoqlari xisoblanadi. Bu asosan mavjud o'rama juft mis simli aloqa kabellari asosida qurilgan abonent kirish tarmoqlarining o'tkazish qobiliyatining pastligi, signallarni uzoq masofaga sifatli yetkazishda muammolar mavjudligi bilan xarakterlanadi.

Xozirda rivojlangan axborotlashgan jamiyatda abonentlarning axborotga bo'lgan ehtiyojlari tobora ortib bormoqda. Yangi telekommunikatsiya xizmatlarini taqdim etish jarayonida bu muammolar ayniqsa cheklanishlarni yuzaga keltiradi. Xususan bugungi kunda telekommunikatsiya xizmatlaridan biri sifatida keng rivojlanib borayotgan HDTV(high definition TV) - yuqori aniqlikdagi televizion xizmatini misol keltirish mumkin. Chunki axolining(abonentlarning) aksariyat qismi bunday xizmatlarni taqdim etishga tayyor bo'lmoqda ya'ni, ular ENT(elektron-nur trubkali) televizion qabul qilgichlarini (televizorlarini) suyuq kristalli yoki plazmali televizion qabul qilgichlarga almashtirmoqdalir. Bu esa ularga HDTV televizion xizmatidan foydalanish imkoniyatini beradi.

Ushbu xizmatni amalga oshirish uchun tashkil qilingan tarmoqqa o'tkazish qobiliyati va paketlarning o'z vaqtida yetkazib berilishi bo'yicha yuqori talablar qo'yiladi. Chunki bu xizmatni taqdim qilish internet va telefoniya xizmatlariga nisbatan ancha murakkab va nisbatan katta o'tkazish qobiliyatini talab qiladi.

Masalan rivojlangan mamlakatlarda (AQSh, Osiyo-Tinch okeani regionlari, Yevropa) keng polosali abonent tarmoqlarini qurishda operatorlardan abonentga 25/50 Mbit/s, abonentdan operatorga esa 10 Mbit/s dan kam bo'lmagan tezliklarni ta'minlash ko'zda tutilgan. Ommaviy ravishda axolini bunday tezlik bilan ta'minlashda optik tolali texnologiyalardan foydalanish eng samarali usul xisoblanadi. Ya'ni, keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurishni FTTX (Fiber to the X) konsepsiyasi asosida amalga oshirish. FTTX konsepsiyasini amalga

o'shishda asosan PON texnologiyasidan foydalaniladi. FTTX konsepsiyasining bir qancha variantlari bor:

- FTTHome –xonadongacha (kvartiragacha) optik tolali abonent tarmog'ini qurish;
- FTTPremises –xususiy binogacha optik tolali tarmoq qurish;
- FTTCBuilding – ko'p qavatli axoli turar joyigacha optik tolali tarmoq qurish (taunxaus);
- FTTCurb – taqsimlash shkafigacha optik tolali tarmoq qurish (pod'ezdlarda).

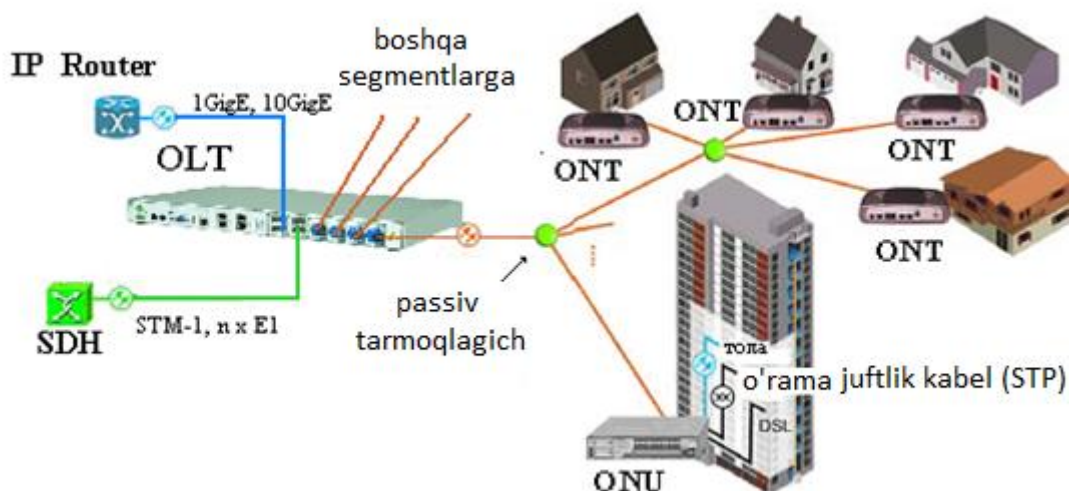
4.3.1. PON texnologiyasi

PON texnologiyasi asosida qurilgan optik tarmoq passiv tarmoq bo'lib, unda optik tarmoqlagichlar (splitterlar) va optik to'lqin multipleksorlari (ko'p sondagi ulangan abonentardan tushayotgan abonent trafiklarini bir tolaga konsentratsiyalash uchun). Optik tolali abonent kirish tarmoqlarini qurishda PON texnologiyasidan foydalanish operatorga kirish uzeliidagi portlar sonini kamaytirish va nisbatan kam tolali optik kabellardan foydalanish imkoniyatini beradi[7].

PON texnologiyasi asosida qurilgan optik abonent kirish tarmog'ining prinsipial sxemasi 4.15- rasmda keltirilgan.

Xozirda PON texnologiyasining bir qancha standartlari ishlab chiqilgan bo'lib ularning keng tarqalgan turlari quyidagilar:

- EPON – Ethernet PON (shuningdek GEAPON);
- BPON – ATM protokoli asosidagi keng polosali (Broadband) PON;
- GPON – GFP protokoli asosidagi multigigabit PON.



4.15-rasm. PON texnologiyasi asosida qurilgan passiv optik tarmoqning prinsipial sxemasi

PON standartining asosiy xarakteristikalari 1-jadvalda keltirilgan. PON ning hozirda eng keng qoʻllaniladigan standartlari bu EPON va GPON lardir. Osiyo – Tinch okeani regionini mamlakatlarida (Yaponiya, Xitoy Koreya va b.r) optik abonent kirish tarmoqlarini EPON standarti asosida qurish keng rivojlangan. GPON standarti esa AQShda keng qoʻllanilmoqda.

4.2-jadval

PON standarti	PON ning bir segmentiga ulanishi mumkin boʻlgan abonent qurilmalari	OLT dan abonentgacha boʻlgan maksimal masofa, km	PON segmentidagi mos tezliklar, abonentga/abonentdan	PON liniyasidagi soʻnish	Paketlarni yetkazib berishdagi kechikishning mavjud emasligi
APON			155/155 Mbit/s		
VPON	32	20	622/155 Mbit/s, 622/622 Mbit/s		+
EPON GePON	32/64	10/20	1/1 Gbit/s	26 db	-
GPON	32/64/128	10/20/60	2.5/1.25 Gbit/s	22db	+

GPON standarti asosida qurilgan abonent kirish tarmogʻi video va ovozni yePON tarmogʻiga nisbatan sifatli yetkazadi va shuningdek unda abonentga yoʻnalgan trafikning polosasi uch barobar keng. Bu esa bir tola boʻylab abonentlar konsentratsiyasini 64 tagacha oshirish imkonini beradi. Lekin nisbatan kam ishlab chiqarilishi boisdan GPON jixozlari EPON.

Xozarda asosiy tendensiya bir markaziy uzeldagi (OLT) abonentlar sonini oshirishdan iborat. Ba'zi ishlab chiqaruvchilar uch ming va undan koʻproq ONT/ONU qurilmalarini ulash imkonini beruvchi markaziy uzal qurilmasi OLT larni taqdim etmoqda.

Transport tarmogʻiga ulanish uchun odatdagidek 1GigE va 10 GigE interfeyslaridan foydalaniladi. Abonentlarga telefaniya xizmatini

ta'minlash uchun OLT lar an'anaviy telefon tarmog'iga yel kanali orqali ulanish imkonini beruvchi interfeysga ega. Aksariyat OLT larga 1550 nm to'liq uzunligiga kabelli televideniya'ning analog signalini kiritish uchun to'liq filtrlarini o'rnatish imkniyati mavjud.

ONT(Optikal network terminal) – Optik liniya terminali. ONT abonent qurilmasi turli xil portlarga ega. Bu odatda 2%4 gacha Ethernet portlari, 2 ta telefon porti (FXS), kabelli televideniya'ning analog koaksial porti (bunday ONTlar ichiga o'rnatilgan tripleksor¹ va KTV optik signalini elektr siglaliga o'zgartiruvchi optoelektron o'zgartirgichga ega). ONT larning inshootlar ichida yoki tashqirisida, devorga o'rnatiladigan turlari mavjud (4.16 rasm).



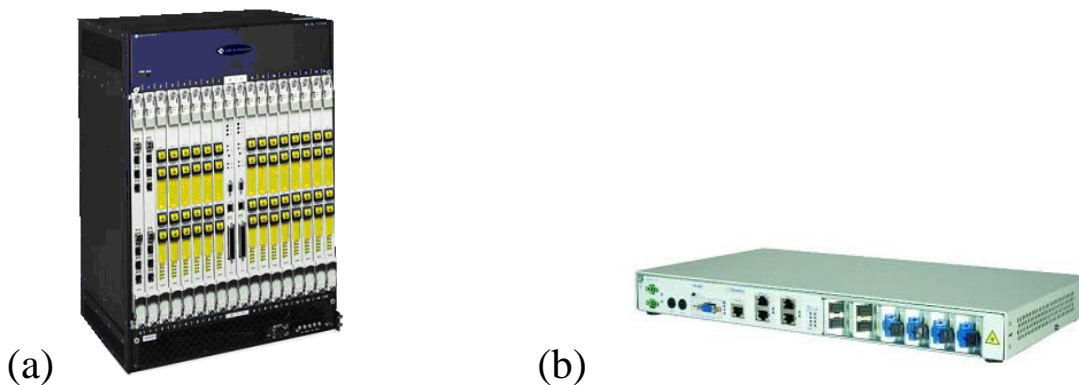
4.16-Rasm. ONT ning inshoot tashqirisida (a) yoki ichida (b) o'rnatiladigan turlari

Tashqi o'rnatiladigan ONT larning konstruksiyasi shundayki, operator ularga abonentning ishtirokisiz xam xizmat ko'rsatishi mumkin. Zaxira ta'minot batareyasi xar doim inshoot ichida joylashadi va unga abonentlar tomonidan xizmat ko'rsatiladi(3%5 yilda almashtiriladi).

ONU (Optikal network unit) – Optik tarmoq moduli. ONU terminal qurilmasi modulli konstruksiyaga ega bo'lib, 12% 24 tagacha abonentlarga o'rama juftli kabellar (Ethernet 100 Base TX- ya'ni burama juft ("o'rama juft") asosidagi ekranlangan kabel asosida uzatish tezligi 100 Megabit/soniya bo'lgan Ethernet tarmoqlari uchun IEEE 802.3us spetsifikatsiyasi), telefon o'tkazgichi (DSL) va optik tolalar orqali ulanish imkonini beradi. Uy ichki tarqatilish turi shunday belgilanadiki, bunda asosan ONU dan abonentgacha bo'lgan masofa xarakterlidir, ya'ni agar bu masofa 100 mdan oshmasa, unda mis simli o'tkazgichdan foydalanish

mumkin, agar masofa undan oshsa u xolda optikadan foydalaniladi. ONUning bir qator modifikatsiyalari inshoot tashqarisida o'rnatishga mo'ljallangan.

OLT(Optikal line terminal) – Optik liniya terminali. Markaziy ofisda o'rnatiladigan markaziy uzul qurilmasi. Bu qurilma SNI (service node interfaces) interfeyslari orqali magistral tarmoqdan ma'lumotlarni qabul qiladi va abonent tugunlariga kiruvchi oqimlarni shakllantiradi. 64, 128, 256 tagacha abonent qurilmalari ONT/ONU larni ulash mumkin bo'lgan OLT lar kam tarqalgan. Bunday OLT nisbatan axolisi kam bo'lgan shoxona turar joylarda yoki katejli posyolkalarda PON tarmog'ini qurishda xizmat qiladi. GPON/ EPON ga xos bo'lgan katta xajmdagi OLT qurilmasi (a) va GPON ning kam xajmdagi ixcham markaziy uzeli OLT qurilmasi (b) 4.17- rasmda keltirilgan.



4.17- rasm. GPON/ EPON ga xos bo'lgan katta xajmdagi OLT qurilmasi (a) va GPON ning kam xajmdagi ixcham markaziy uzeli OLT qurilmasi (b).

Optik tarmoqlagichlar(splitterlar) — bu optik nurlanish oqimini bir yo'nalish bo'yicha taqsimlaydigan va teskari yo'nalish bo'yicha bir necha oqimlarni birlashtiradigan passiv optik qurilmadir. Umuman olganda tarmoqlagichda m ta kirish va N chiqish portlari bo'lishi mumkin. PON tarmog'ida asosan bitta kirish portiga ega 1xN tarmoqlagichlar ishlatiladi (4.18-rasm).

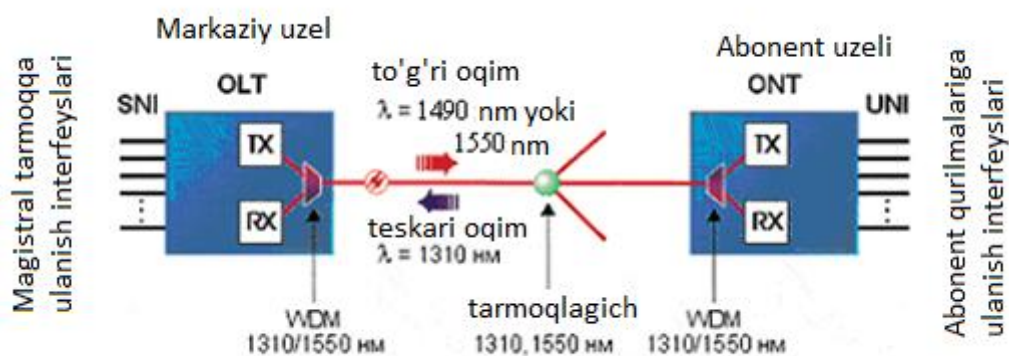


4.18-rasm. 1xN turdagi optik tarmoqlagich.

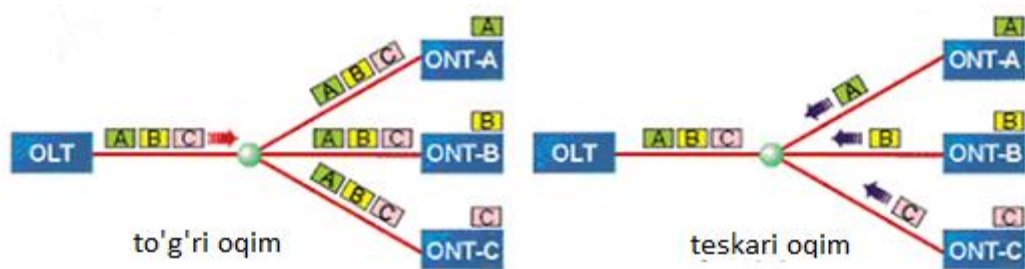
Optik to'liq multipleksorlari. Optik multipleksorlar bir necha yorug'lik oqimlarini to'liq uzunligi bo'yicha zichlashtirish va qarama qarshi tomonda qaytatdan ajratish (demultipleksorlash) ni amalga oshiradilar.

PON tarmog'ida axborot almashinishining tashkil qilinishi

Passiv optik tarmoq qurish texnologiyasi PON ning mazmuni markaziy uzal OLT va undan ma'lum bir masofadagi abonent uzeli ONT lar orasida daraxtsimon topologiyadagi to'liq passiv optik tarmoqni yaratishdan iborat. Oraliq uzellarda elektr ta'minoti va xizmat ko'rsatishni talab qilmaydigan ixcham qurilma bo'lgan passiv optik tarmoqlagichlar (splitterlar) joylashadi. Bir OLT uzatib qabul qiluvchi modul ko'pgina abonent qurilmalari ONT larga axborotlarni uzatishga imkon beradi. OLT ga ulanadigan ONT lar soni uzatib qabul qiluvchi apparaturaning maksimal tezligi va nurlanish quvvatining byudjeti (qiymati)ga bog'liq ravishda ko'plab bo'lishi mumkin. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda axborot uzatishni tashkil qilish uchun o'tkazish polosasi abonentlarga dinamik taqsimlangan bitta optik toladan yoki zaxiralash maqsadida ikkita optik toladan foydalaniladi. Markaziy uzal OLT dan abonentga yo'nalgan to'g'ri (изходящий - downstream) oqim 1490nm to'liq uzunligida yoki video axborotlar uzatishda 1550 nm to'liq uzunligida amalga oshiriladi. Abonentdan markaziy uzalga yo'ngalغان teskari (восходящие - upstream) oqim esa 1310 nm to'liq uzunligida amalga oshiriladi.



4.19-rasm. PON tarmog'idagi asosiy elementlar va ishlash prinsipi



4.20-rasm. PON tarmog'ida to'g'ri va teskari oqimning yuzaga kelishi.

PON tarmog'ini qurish uchun “nuqta – ko'p nuqta” topologiyasidan foydalanilib, tamoqning o'zi daraxtsimon strukturaga ega. Xar bir optik tolali segment OLTdagi uzatib-qabul qiluvchilardan biriga (OLT ning segmentlar ulanadigan portlaridan biriga) ulanadi. PON tarmog'ining bir optik-tolali segmenti EPON va BPON standartlari qo'llanilganda 20 km radiusda 32 tagacha abonent uzellarini ulanishini ta'minlaydi, GPON standartlari qo'llanilganda esa 60 km radiusdagi 128 tagacha abonentlarni ulanishini ta'minlaydi. Xar bir abonent uzeli terminal xisoblanadi va ularning bittasi yoki birnechtasining o'chirilishi yoki ishdag chiqishi qolganlarining ishlashiga ta'sir etmaydi. Quyidagi rasmlarda PON tarmog'idagi asosiy elementlar va uning ishlash prinsipi va bunday tarmoqda to'g'ri va teskari oqimning yuzaga kelishi tasvirlangan.

Nazorat savollari

1. Mis o'tkazgichli analog abonent kirish tarmoqlarining asosiy muammolari qanday?
2. Oxirgi miliya muammosini hal etish usullarini sanab o'ting.
3. Raqamli abonent kirish tarmoqlarini qurishdan maqsad nima?
4. Raqamli abonent kirish tarmoqlarini qurish texnologiyasi?
5. Simmetrik va assimetri abonent kirish tarmoqlarini farqini tushuntiring.
6. VDSL ning asosiy texnik parametrlari qanday?
7. xDSL tarmogida DSLAM qurilmasini vazifasi qanday?
8. xDSL tarmog'ida chastota splitterining vazifasi qanday?
9. Optik abonent kirish tarmoqlarining asosiy afzalliklari qanday?
10. Passiv optik abonent kirish tarmog'i deyilganda qanday tarmoqni tushunasiz?
11. OLT qurilmasining vazifasi?
12. ONU qurilmasining vazifasi qanday?
13. ONT ning qo'llanilishini tushuntiring.

14. Optik abonent kirish tarmoqlarining qurilish jarayonini tushuntiring.

5 - BOB. KENG POLOSALI TRANSPORT TARMOQLARI VA ULARNI QURISH USULLARI

5.1. Sinxron raqamli iyerarxiyali SDH texnologiyasiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari

Birlamchi tarmoqlarda kanallarni hosil qilishning eng ko'p tarqalgan quyidagi usullari bular kanallarni chastota bo'yicha ajratish, vaqt bo'yicha ajratish va aralash usullar. Chastota bo'yicha ajratish orqali kanallarni hosil qilish usuli asosan analog tarmoqlarda qo'llaniladi va hozirgi davrda ba'zi bir aloqa usullari (televidenie, radioeshittirish)ni hisobga olmaganda sof holda uchramaydi. Vaqt bo'yicha ajratish orqali kanallarni hosil qilinish usuli hozirgi paytda keng tarqalgan va zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida qo'llanilmoqda. Aralash (ham vaqt, ham chastota bo'yicha ajratish) usul orqali kanallarni hosil qilinishi ham hozirgi vaqtda o'z qo'llanilish nuqtalari (masalan, mobil aloqa tizimlari)ga ega.

Birlamchi tarmoqlarda ma'lumotlar uzatish va almashish, kanallarni hosil qilishning Respublikamizda eng ko'p tarqalgan texnologiyalari PDH, SDH, WDM (WDM, DWDM) texnologiyalaridir.

Signallarni qayta ishlashning raqamli usulida $n:1$ turdagi multipleksor n ta raqamli ketma ketliklardan bitta chiqish hosil qiladi. Agar kirishdagi bitta oqim tezligi V bo'lsa $n:1$ turdagi multipleksor chiqishidagi umumiy oqim tezligi $n \cdot V$ bo'lishi kerak. Agar bu multipleksor $m:1$, $k:1$ turidagi ikkinchi, uchinchi va hokazo darajali (sathli) multipleksorlardan tashkil topgan kaskadli ulanishning birinchisi bo'lsa, turli xil tezlikdagi raqamli iyerarxiyalar hosil qilish mumkin. Ular yordamida va mos holda n , m , k karralilik koeffitsentlarini qo'llab oxirgi multipleksor chiqishida kerakli sondagi asosiy raqamli kanallar (ARK)(tezligi 64 kbit/s) hosil qilish mumkin. Asosiy raqamli kanal raqamli iyerarxiya'ning nolinch sathi sifatida qabul qilingan. 5.1-jadvalda turli iyerarxiya sathlari, uzatish tezliklari va turli iyerarxiyalarga mos holda hosil qilinadigan ARK lar soni keltirilgan. Bu iyerarxiyalar PDH iyerarxiyalar deb ataladigan umumiy nomga ega.

5.1-jadval

Iyerarxiya sathlari	Uzatish tezliklari (kbit/s)/turli iyerarxiyalarga mos holda hosil qilinadigan ARK lar soni		
	Amerika standarti	Yevropa standarti	Yaponiya standarti
0	64/1	64/1	64/1
1	1544/24	2048/30	1544/24

2	6312/96	8448/120	6312/96
3	44736/672	34368/480	32064/480
4	274176/4032	139264/1920	97728/1440
5	-	564992/7680	397200/5760

Yuqorilarga asoslanib dunyoda uchta raqamli uzatish tizimlari (RUT) iyerarxiyalari mavjud deb xisoblash mumkin:

1. *Amerikancha iyerarxiya*: nolinci sathli 64 kbit/s tezlikli 24 ta ARK dan tezligi 1,554 Mbit/s bo'lgan birinchi sath hosil qilinadi. Ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi sathlar tezligi 6,312; 44,736 va 274,176 Mbit/s ga teng. Bu Yerdan karralilik koeffitsientlari mos holda : $p = 24$, $t = 4$, $i = 7$, $k = 6$ ga teng. Birinchi sathdan boshlab har bir sathda mos holda 24, 96, 672 va 4032 ta ARK hosil qilinadi.

2. *Yaponcha iyerarxiya*: nolinci sath ARK, birinchi, ikkinchi va hokazo sathlar tezligi mos holda 1,544; 6,312; 32,064; 97,728 va 397,200 Mbit/s ga teng. Bu Yerdan karralilik koeffitsientlari mos holda $p = 24$, $t = 4$, $i = 5$, $k = 3$, $r = 4$. Birinchi sathdan boshlab har bir sathda mos holda 24, 96, 480, 1440 va 5760 ta ARK hosil qilinadi.

3. *Yevropacha iyerarxiya*: nolinci sath ARK, birinchi, ikkinchi va hokazo sathlar tezligi mos holda 2,048; 8,448; 34,368; 139,264 va 564,992 Mbit/s ga teng. Karralilik koeffitsientlari $p = 32$, $t = 4$, $k = 4$, $r = 4$. Birinchi sathdan boshlab har bir sathda mos holda 30,120,480,1920 va 7680 ta ARK hosil qilinadi.

Taktli chastota termini bilan raqamli ma'lumot uzatish tezligi termini o'zaro bog'liq. Ma'lumot uzatish tezligi sekund davomida uzatilgan bitlar soniga teng.

PDH iyerarxiyalar birinchi sath multipleksorlarida baytlar yoki oktetlarni ketma-ketligiga asoslangan multipleksorlash usuli qo'llaniladi. Qabul qilish tomonida birlamchi E1 oqimdagi har bir ARK baytlari identifikatsiya qilinishi (o'rnini aniqlanishi) kerak. Buning uchun oson aniqlanadigan sinxron guruh xosil qilish va uzatish orqali uzatish tomonining MUX va qabul qilish tomonining DMUX uskunalari o'rtasida aniq, qat'iy siklli sinxronizatsiya o'rnatilishi kerak. Bu sinxroguruh birlamchi raqamli oqimda alohida kanalni egallaydi. Bundan bizga ikkinchi, uchinchi va hokazo sath multipleksorlarida ham kirish oqimlarini sinxron multipleksorlashni amalga oshirish osonga o'xshaydi. Lekin MUX ga turli xil manbalardan kelib tushayotgan raqamli oqimlar umumiy sinxronizatsiyasi mavjud emasligi tufayli ikkinchi va undan yuqori sath iyerarxiyalarida baytlar emas, bitlar ketma-ketligiga asoslangan multipleksorlash usuli qo'llaniladi.

Multipleksorlashning bu usulida, masalan E1 ikkinchi sathida bir xil 2,048 Mbit/s tezlikli to'rtta turli xil kirish oqimlardan bitlarni ketma-ketlash yo'li bilan 8,448 Mbit/s tezlikli chiqish oqim hosil qilinadi. Bitlarni ketma-ketligiga asoslangan multipleksorlashda har bir kirish oqim biti pozitsiyasini aniqlash uchun kerak buladigan maxsus signallar mavjud emasligi tufayli, kirish oqimlari tezligi esa har xil ($E1 = 2,048 (1 \pm 3 \times 10^{-5})$ Mbit/s) bo'lganligi uchun MUX tezliklarni o'zi tenglashtiradigan ichki bitli (taktli) sinxronizatsiya qo'llaniladi. Agar tezlikni moslash maqsadida kirish signalardan bitlar olib tashlansa, tezlikni bunday moslash musbat, bitlar qo'shilsa manfiy, agar har ikki operatsiya bir vaqtda bajarilsa musbat-manfiy deyiladi. 5.2-jadvalda PDH ning E1 oqimi parametrlari keltirilgan.

5.2-jadval. PDH ning E1 oqimi parametrlari.

No	Parametrlari
1	Hosil qilinadigan kanallar soni – 32
2	Diskretizatsiya chastotasi – 8 kGs
3	Siklning qaytarilish davri – 125 mks
4	Kanal intervali davomiyligi – $125/32=3,92$ mks
5	Guruhdagi kod elementlari soni - 8
6	Kvantlash sathlari soni – $2^n=256$
7	Bir bit uzatish vaqti – $3,92/8=0,49$ mks
8	Birlamchi E1 oqim taktli chastota (takt intervaliga teskari kettalik) – 2048 kGs
9	ARK taktli chastotasi - 64 kGs;
10	Birlamchi E1 oqim tezligi – 2048 kbit/s;
11	ARK tezligi – 64 kbit/s.

Kirish oqimlari signallari tezliklarini moslash usuli tufayli bitlar ketma-ketligiga asoslangan MUX chiqishida sinxron raqamli ketma-ketlik xosil bo'ladi. Qo'shilgan/olib tashlangan moslashtiruvchi bitlar joylashish o'rni haqidagi ma'lumotlar qabul qilish tomoniga uzatiladi. Qabul qilish tomonida demultipleksatsiya jarayonida ushbu bitlar olib tashlanadi/qo'shiladi.

Keyingi sathlar (uchinchi va to'rtinchi) da bitlar ketma-ketligiga asoslangan multipleksatsiyalash jarayoni qaytariladi. Bunda har bir sathda moslashtiruvchi bitlar qo'shiladi yoki olib tashlanadi. Qabul qilish tomonida mos holda har bir sathda bitlar olib tashlanadi yoki qo'shiladi.

Raqamli signallar uzatishning bu usuli pleziokson yoki sinxronga yaqin nomi bilan ataladi. Bunday iyerarxiyalr asosida hosil qilingan RUT pleziokson RUT yoki PDH deyiladi.

PDH uzatish tizimlari qurilmalari ancha murakkab (bir necha multipleksorlash va demultipleksorlash qurilmalari) tuzilishga ega. Lekin mikroelektronika sohasidagi yangi tadqiqotlar qurilmalarni arzonlashuviga olib keldi. Uzatish muhitida optik kabellar qo'llanilishi tufayli 100 km va undan ortiq bo'lgan regeneratsiya qismlari hosil qilindi. Bularning barchasi PDH tizimlarining magistral, hududiy, mahalliy va ayniqsa shahar aloqa tarmooqlarida keng tarqalishiga omil bo'ldi. Ular 64 kbit/s tezlikli ko'plab kanallar orqali yuqori sifatli telefon aloqasi, ma'lumotlar uzatish va hokazo uchun qo'llanildi. Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda PDH tizimlari yanada rivojlanadi, degan fikrga kelingan edi. Lekin bu tizimlar moslashuvchan emasligi va boshqa bir qator kamchiliklarga ega bo'lgani tufayli rivojlanmay qoldi.

PDH tizimining asosiy kamchiligi shundaki, ularda bitlarni moslashtirishning qo'llanilishi 64 kbit/s tezlikli ARK yoki 2,048 Mbit/s tezlikli birlamchi raqamli oqimni, masalan, 139, 264 Mbit/s tezlikli oqimdan ajratib olish uchun bu oqim butunlay demultipleksatsiya qilish va moslashtiruvchi bitlarni qo'shish/olib tashlash kerak. Oraliq punktlarning har birida bu operatsiyalar amalga oshirilishi kerak.

Bizga ma'lumki, oxirgi yillarda aloqa tarmoqlarida pleziokson raqamli iyerarxiya (PDH) tizimlaridan tashqari sinxron raqamli iyerarxiya (SDH) tizimlari ham keng qo'llanila boshladi. Bu asosan ularning PDHga nisbatan juda ko'p afzalliklari va xususiyatlari bilan bog'liq.

Sinxron raqamli iyerarxiya (SDH), tarmoqning barcha uchastkalarini o'z ichiga oladigan, axborot uzatish kabi nazorat va boshqarish funksiyalarini bajaradigan ko'p kanalli umumiy tizimni hosil qiladi. SDH ni qo'llash orqali apparatura narxini, foydalanish harajatlarini, sozlash va payvand qilish muddatini, qo'llanadigan apparaturalar sonini, hajmini kichraytirish mumkin. Bir vaqtning o'zida aloqa sifati sezilarli darajada oshadi.

U quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Xususiyati, SDH tizimlarining uzatish tezligi, Yevropa va Amerika PDH iyerarxiyasining birlashtirilgan standart qatoriga mos keluvchi 1.5; 2; 6; 8; 34; 45; 140 Mbit/sli tarmoqda kirish kanallarini qo'llashga mo'ljallangan terminal multipleksor (TM)lar va kirish-chiqishli multipleksor (KChM)lar orqali tashkil qilinadi. Uzatish tezligi belgilangan qatorga mos keluvchi, imkoniyatli kanallarning raqamli

signaliga – PDH triblari (trib - aloqachilar terminalogiyasida komponent signallar), uzatish tezligi SDH tezligiga mos keluvchi standart qator signallariga - SDH triblari deyiladi.

2. Xususiyati, SDH triblari o‘lchami PDH iyerarxiyasining triblari satxi bilan aniqlanadigan, belgilangan standart konteynerlarda joylashgan bo‘lishi zarur. Bunday konteynerlar – virtual konteynerlar deyiladi. Virtual konteynerlar guruhda ikkita har hil usulda birlashishi mumkin. Past satxdagi konteynerlarni yuqori satxli konteynerlarning zarur yuklamasi sifatida qo‘llash va multipleksorlash mumkin. Bu o‘z navbatida eng yuqori sathdagi (eng katta o‘lchamdagi) STM-1 freym konteynerining zarur yuklamasi bo‘lib xizmat qiladi.

3. Xususiyati, bunda virtual konteyner holatini qayta ishlashni sinxronlashtirish dalillari orasidagi qarama-qarshilik va maydon ichidagi kerakli yuklamaga ega bo‘lgan konteyner holatining mumkin bo‘lgan o‘zgarishini, ko‘rsatkichlar yordamida aniqlash mumkin, xattoki, o‘lchamlari har xil bo‘lgan konteynerlar va yuqori sathli konteynerlarning hajmi ancha yuqori bo‘lganda ham, u baribir yetarli darajada bo‘lmasligi mumkin yoki yuklama ostida o‘lchami kichiq bo‘lgan bir nechtasini ajratishi mumkin. Buning uchun SDH texnologiyasida konteynerlarni tortishish imkoniyati qarab chiqilgan. Hosil bo‘lgan konteynerlar asosiysidan, mos keluvchi indeksi bilan farqlanadi (yuklamaning aralashishi nuqtai nazaridan), xuddi bitta katta konteyner singari ko‘rsatilgan imkoniyat bir tomondan nomlanishga ega bo‘lgan konteynerlarni qo‘llashni optimallashtiradi, boshqa tomondan uni aniq bo‘lmagan qayta ishlash laxzasida yangi turdagi yuklamani texnologiya bilan oson moslashtirish imkonini beradi.

4. Xususiyati, bitta satxdagi bir necha konteynerlar, shu joyning o‘zida ulanishi mumkin va nosandart zarur yuklamani joylashtirish uchun qo‘llanadigan bitta uzluksiz konteyner sifatida qaraladi.

5. Xususiyati, bunda $9 \cdot 9 = 81$ bayt o‘lchamli alohida sarlavxa maydonining shakllanishi (lokal tarmoqlarda paketlarni qayta ishlash me'yori). U zarur bo‘lgan boshqarishni va nazorat axborotini joylashtirish va zarur bo‘lgan ichki ma'lumotlarni uzatish kanallarini tashkil qilish uchun baytning bir qismini olib borish uchun etarli darajada katta. Freym tuzilishida uzatiladigan har bir bayt, tezligi 64 kbit/s ga teng bo‘lgan oqimga ekvivalent ekanligini hisobga olgan holda berilgan sarlovxani uzatish 5184 Mbit/s ekvivalent xizmat axborotlari oqimini hosil qilishga mos keladi.

PDH tarmoqlarining kamchiliklari hozirgi damda iste'molchilarning yangidan – yangi talablarini qondirishga qodir emas. Bu kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida butun dunyo izlanuvchi – olimlari yangi yo'llarni qidira boshlashdi. Bu yangi yo'nalish orqali quyidagi muammolarni yechish kerak edi:

1. Turli xil iyerarxiyalar uzatish tezliklarini standartlashtirish va PDH tarmoqlari iyerarxiyalaridan tashqaridagi holatlar uchun yangi uzatish tezliklari iyerarxiyalarini davom ettirish;
2. Oqimlarni marshrutizatsiyalash va ixtiyoriy murakkab tarmoqlarda raqamli oqimlarni boshqarish imkoniyatiga ega bo'lish uchun yetarli miqdorda xizmat signallari (signalizatsiya)ga ega bo'lgan raqamli guruhli signallar sikllarining yangi strukturasi ishlab chiqish;
3. Aloqa punktlarida oqimlarni ajratish/qo'shish jarayonini bu oqimlarni murakkab multipleksatsiya/demultipleksatsiya qilish jarayonisiz amalga oshirish;
4. Xar xil firmalar tomonidan ishlab chiqariladigan turli xil qurilmalarni o'zaro oson ulanishini ta'minlovchi standart interfeyslar ishlab chiqarish.

Bu muammolarni yechish jarayonida quyidagi takliflar keltirildi:

1. Bitlarni ketma-ket qo'llash bilan uzatiladigan oqimlarni pleziokron uzatish usulini emas, balki baytlarni ketma-ket qo'llash orqali oqimlarni multipleksatsiya qilish;
2. Iyerarxiya'ning birinchi sathi sifatida 50, 688 Mbit/s uzatish tezligini qabul qilish – chunki bu tezlik 1, 554 – 6,321 – 44,736 Mbit/s li AI iyerarxiyalar ketma-ketligini davom ettirish imkoniyatini beradi, chunki bu ketma-ketlik oxirgi sathi 44,736 Mbit/s ga kerakli xizmat signallari baytlarini qo'shish bilan 50,688 Mbit/s (AI standartining SONET sinxron raqamli iyerarxiya tizimi)ga yetkazish mumkin, ya'ni ketma-ketlikning oxirgi sathi yangi iyerarxiya'ning birinchi sathi sifatida qo'llanilishi mumkin.
3. Yangi iyerarxiyalar ketma-ketligi yetarli darajada sathlarga ega bo'lishini va keyingi sathlar uzatish tezliklari sath nomeriga karrali bo'lishini ta'minlash. Masalan, uchinchi sath tezligi $3 \cdot 50,688 = 152,064$ bo'ladi.
4. Virtual konteynerlar texnologiyasini qo'llagan holda, bu paketlarga raqamli signallarni ketma – ket joylashtirish va ularni jo'natish; bu texnologiya aloqa punktlarida turli xil tezlikdagi pleziokron raqamli uzatish tizimlari signallarini joylashtirish va jo'natish imkoniyatini beradi;

5. Yangi iyerarxiyadagi raqamli uzatish tizimlari liniya traktlarida uzatish muhiti sifatida faqat optik kabellarni qo'llash.

Sinxron tizimlarda uzatish va qabul qilish tomoni sinxronizatsiyasi bir xil takt chastotasiga ega bo'lgan tayanch generatorlari orqali amalga oshiriladi. Shunday qilib, yangi raqamli iyerarxiya – sinxron raqamli iyerarxiya – SDH tizimi paydo bo'ldi.

5.1.1. SDH tizimlarida standartlash

SDH tizimlarida birlamchi raqamli guruhli signal (ya'ni, iyerarxiya'ning birinchi sathi) sifatida uzatish tezligi 155,52 Mbit/s bo'lgan sinxron transport modullari STM – 1 qo'llaniladi (SONET tizimida birinchi iyerarxiya tezligi 50,668 Mbit/s ga teng). STM – 1 moduli E1 iyerarxiyasining barcha uzatish tezliklari (2,048; 8,448; 34,368; 139,264 Mbit/s) ni multipleksatsiya qilish imkoniyatini beradi.

Sinxron raqamli iyerarxiya tarmoqlari va uzatish tizimlari uchun ikkita regional standartlar (E1 va AI) paydo bo'ldi. Turli xil izlanuvchilar yangi SDH tizimlarining afzalliklarini (ya'ni, iste'molchilarning barcha talablarini qondira olishini) tezda payqashdi. Lekin ikkita xar xil regional standartlarning mavjudligi telekommunikatsiyalar sohasida o'zaro munosabatlarni yo'lga qo'yilishini ta'minlamas edi. Chunki SONET tizimi 2, 048 Mbit/s tezliklar bilan ishlashga mo'jallanmagan, shuningdek, signallarni 139, 264 Mbit/s tezlik bilan ham uzata olmaydi.

Bu muammoni hal etish maqsadida T1 qo'mitasi 50, 668 Mbit/s tezlikdan voz kechdi va SONET tizimi birinchi iyerarxiyasi tezligi sifatida 51,84 Mbit/s tezlikni qabul qildi. Endi yeTSI qo'mitasi tomonidan SDH tizimining yevropacha versiyasi uchun taklif qilingan STM – 1 moduli, birinchidan, SONET tizimining yangi tezligini qayta ishlashi mumkin edi ($51,84 \times 3 = 155,52$). Ikkinchidan, STM – 1 moduli Yevropa peziokron tizimi so'nggi iyerarxiyasi tezligi (139,264 Mbit/s)ni o'z ichiga oladi.

Shunday qilib, ITU-T qo'mitasining harakatlari natijasida raqamli signallarni eltish, jo'natish uchun mo'ljallangan butun dunyo uchun yagona SDH tizimi standarti uchun tavsiyanomalar ishlab chiqarishga kelishildi.

SONET va SDH tizimlarigacha bo'lgan tizimlar asinxron tizimlar deyilardi, ya'ni, markaziy tayanch generator (sinxronizatsiya manbai) orqali tashqi sinxronizatsiya qo'llanilmas edi. Asinxron (pleziokron) uzatish tizimlarida bitning yo'qotilishi yoki uni aniq lokalizatsiya qilib bo'lmaslik nafaqat signalning biror qismini yo'qolishiga, shuningdek, sinxronizatsiya'ning buzilishiga olib kelar edi. Pleziokron uzatish

tizimlarida uzatish va qabul qilish tomonlarida sikllar yoki sverxsikllarning vaqt davomida bir-biridan farq qilishi (siljishi) natijasida signallar sinxronizatsiyasi buziladi. Sinxron raqamli tizimlarda aniqlik darajasi 10^{-9} dan kam bo'lmagan markaziy sinxronizatsiya manblarini qo'llash natijasida joylardagi taymerlar o'rtacha chastotasi yoki bir xil (sinxron), yoki sinxronga yaqin. Bunday holatda PDH tizimlariga tegishli bo'lgan sikllar va sverxsikllarni tenglashtirish, moslash kabi muammolar sinxron tizimlarda katta ahamiyatga ega emas.

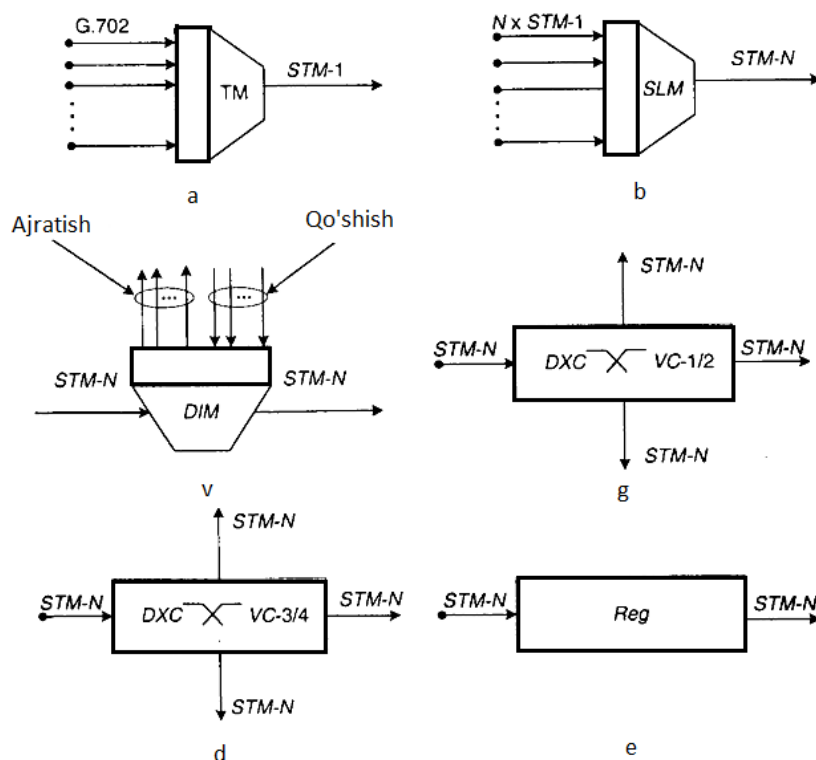
SDH tizimlarini asosida qurilgan tarmoqlar transport tarmoqlari deyiladi. Hozirda telekommunikatsiya tarmoqlarida PDH tizimi qurilmalari mavjud bo'lgani uchun va PDH tizimlaridan SDH tizimlariga o'tish silliq ravishda ro'y berishi maqsadida SDH tizimlari oxirgi multipleksorlari va ajratish/qo'shish multipleksorlari PDH tizimlarining standart raqamli oqimlari bilan ishlashni nazarda tutadi. PDH tizimlarining bu oqimlari (1,554; 2,048; 6,312; 8,448; 34,368; 44,736; 139,264 Mbit/s, jami 7 ta tezlik)dan SDH tizimlarining oxirgi multipleksorlarida birlamchi raqamli oqim (155,52 Mbit/s tezlik) hosil qilinadi. Bu birlamchi oqim xosil qiluvchi qurilma TM, raqamli oqimning o'zi esa STM deyiladi. SDH tizimlarining keyingi iyerarxiyalari tezliklari birlamchi raqamli oqim tezligidan to'rtga karrali marta ko'pdir. Bu oqimlar mos holda STM – 4 (tezligi $155,52 \times 4 = 622,08$ Mbit/s), STM – 16 (tezligi $155,52 \times 16 = 2488,32$ Mbit/s), STM – 64 (tezligi $155,52 \times 64 = 9953,28$) va hokazo nom bilan aytiladi.

Shunday qilib, SDH tizimlari uzatish sikllarini hosil qilishning birinchi xususiyati shundaki, SDH tizimlarida kirish signallari sifatida PDH tizimlarining oqimlari qo'llaniladi.

SDH tizimlarining asosiy qurilmalari quyidagilardan iborat:

1. Terminal yoki oxirgi multipleksorlar – TM. Bu multipleksorlar iste'molchilarning bir necha raqamli oqimlaridan liniyaga uzatish uchun kerak bo'lgan STM - 1 raqamli oqimni hosil uchun kerak bo'ladi.
2. Oqimlarni ajratish/qo'shish multipleksorlari – ADM. Bu multipleksorlar aloqa punktlarida kerakli kanallarni ajratish/qo'shish vazifalarini bajaradi.
3. Raqamli kross – konnektorlar – DXC. Bu qurilmalar belgilangan oqimlarni kerakli marshrutlarga yo'naltirish, ya'ni kommutatsiya qilish vazifasini bajaradi. Kommutatsiya elektron ravishda, avtomatik amalga oshiriladi.
4. Regeneratorlar - signallarning amplitudasi, shakli va sathlarini tiklash vazifasini bajaradi.

Quyidagi rasmda asosiy qurilmalarning shartli belgilanishi keltirilgan.



5.1 – rasm. TM (a,b), ADM (v), DXC(g,d) va regeneratlarning shartli (e) belgilanishlari

5.2. Kanallarni to'liq uzunligi bo'yicha zichlovchi WDM texnologiyasiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari

Aloqa tarmoqlariga bo'lgan talablarning kundan-kunga oshishi tufayli shu talablarni qondiruvchi yangi texnologiyalar yaratilmoqda va amalda qo'llanilmoqda.

SDH/SONET ierarxiyasining uzatish tezliklarini qo'llagan holda optik tolali aloqa tarmoqlari rivojlana boshladi. Natijada kam kanalli uzatish tezliklaridan STM-1ga (tezligi 155 Mbit/s) undan keyin STM-4 (tezligi 622 Mbit/s) undan keyin esa STM-16 (tezligi 2.5 Gbit/s) ga o'tish amalga oshdi. Bunday jadal rivojlanishning zaruriyati Internet trafiklariga, ya'ni, uning xizmat turlariga bo'lgan qiziqish bilan ham bog'liqdir. Internet tarmoqlariga ulanuvchi kanallar xajmining oshishi o'z navbatida foydalanuvchilarga multimediyalardan foydalanish imkonini beradi. Bu esa tarmoqqa ulanuvchi operatorlarni sonini oshirishga majbur qiladi va natijada kanallar soni singari ularning uzatish tezliklari ham oshadi. Bunday tezliklardan foydalanish uchun STM-64, STM-256 texnologiyalari yaratildi. Lekin ma'lumotlarni uzatish xajmining yanada

oshishi va o'tkazuvchanlik qobiliyatining mavjud bo'lgan optik tolalar orqali tez to'lishi yana muammolarni yuzaga keltirdi.

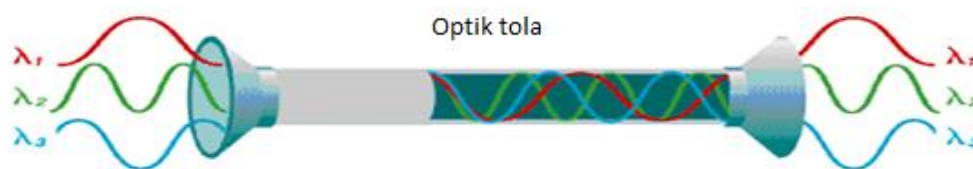
Bunday muammolarni hal qilish uchun esa 3 variantdan foydalanishga to'g'ri keladi:

- yangi optik kabellarni yotqizish;
- vaqtli multipleksorlashga ega bo'lgan apparaturalardan foydalanish;
- WDM texnologiyalaridan foydalanish.

Birinchi variantda tarmoqdagi mavjud bo'lgan optik kabellarni o'rniga yangisini yotqizish iqtisodiy qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi.

Ikkinchi variantda esa, yotqizilgan optik kabellar orqali STM-64, STM-256 kabi texnologiyalarning yuqori tezlikli oqimlarini uzatish mumkin. Umuman bunday tezliklarda eng asosiy vazifani signalning aks qaytishi va polyarizatsion modali dispersiya amalga oshiradi. Dispersiya'ni sozlash uchun, manfiy qiymatga ega bo'lgan tolali optik kabelning bir bo'lagidan foydalaniladi. Shuningdek, uzatish tezligining oshishi bilan yorug'lik oqimining so'nishi oshadi va foto qabul qilgichning sezuvchanligini pasaytiradi, ya'ni, xatolikning paydo bo'lish chastotasi belgilangan chegaraga mos keladi, bu esa kirish signalining minimal quvvatini oshiradi. Qabul qilinadigan signalni yetarli quvvat bilan ta'minlash uchun qo'shimcha ravishda kuchaytirgich va regeneratorialarni joylashtirishga to'g'ri keladi.

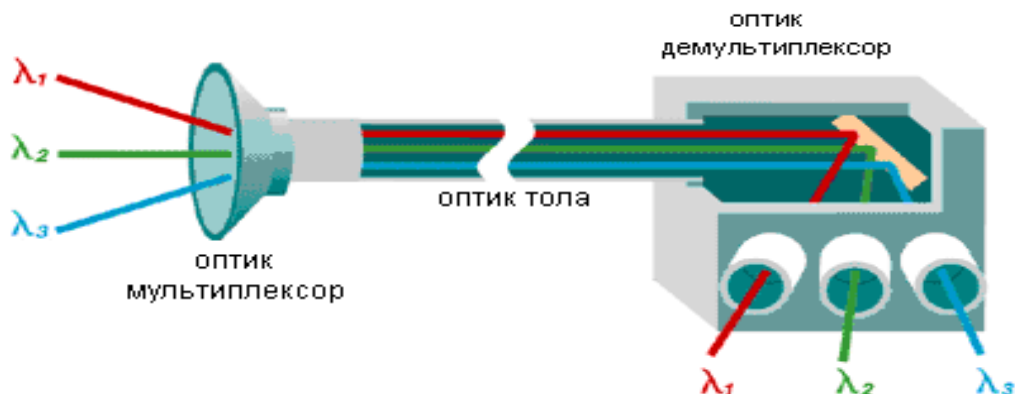
To'lqin uzunligi bo'yicha ajratilgan optik multipleksorlash (WDM Wavelength Division Multiplexing), optik zichlashtirish bo'yicha yangi texnologiyalardan hisoblanadi. Quyidagi 5.2-rasmda bir optik tola orqali bir necha alohida to'lqin uzunliklaridagi optik aloqa kanallari tashkil qilinishini ko'rish mumkin.



5.2-rasm. Bir optik tola orqali bir necha alohida to'lqin uzunliklaridagi aloqa kanallari tashkil qilinishi

WDM ning ishlaprintsipial sxemasi juda oddiy. Bunday texnologiyada bir tola orqali SDH ning bir nechta optik kanalini uzatish uchun, signallarning optik to'lqin uzunligi o'zgartiriladi, multipleksor yordamida ular aralashtiriladi va optik liniyaga beriladi. Qabul kiluvchi

punktda teskari jarayon amalga oshadi. Quyidagi 5.3-rasmda WDM texnologiyasini amalga oshirishning eng asosiy qurilmalari bo'lgan optik multipleksor va demultipleksorlarini ishlash prinsipi ko'rsatilgan.

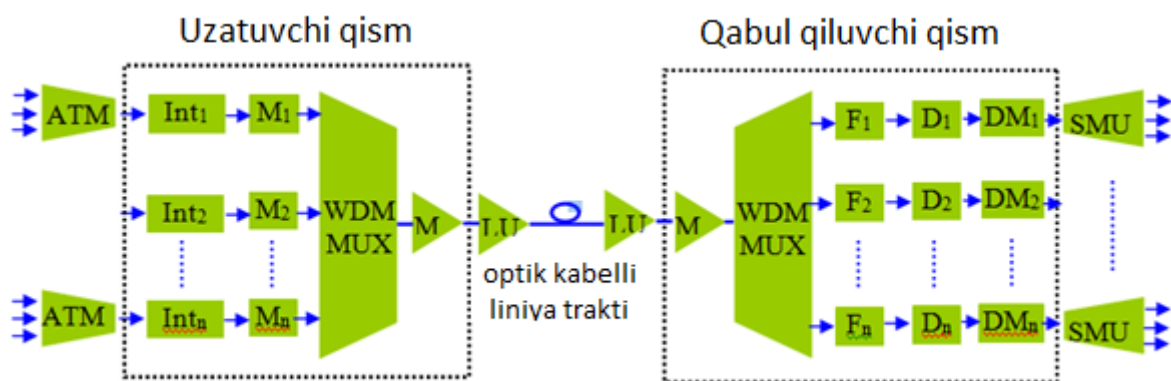


5.3-rasm. DWDMning optik multipleksor va demultipleksorlarini ishlash prinsipi

Hozirgi paytda WDM, ma'lumotlarni uzatuvchi analog tizimlar uchun chastota bo'yicha multipleksorlash (FDM), kabi optik sinxron tizimlarda ham xuddi shunday vazifani o'taydi. Shu sababli WDM li tizimlar, chastota bo'yicha optik multipleksorlovchi (OFDM) tizimlar nomini oldi. Lekin bunday texnologiyalar bir-biridan keskin farq qiladi. FDM da bir yon chastota oralig'iga ega bo'lgan amplitudaviy modulyatsiyalash mexanizmi qo'llaniladi. OFDM modulyatsiya mexanizmidan esa, tashuvchi chastotalar alohida manbalar (lazerlar)da ishlab chiqiladi. Bunday signallar bitta ko'p chastotali signalga multipleksorlar yordamida birlashtiriladi. Uning har bir tashkil topuvchisi (tashuvchisi) turli sinxron texnologiyalar qonuni bo'yicha shakllangan raqamli signallarning oqimlarini uzatishi mumkin. Masalan bitta tashuvchi ATM trafikni, boshqasi SDH ni, uchinchi esa PDH ni uzatishi mumkin. Buning uchun tashuvchi uzatuvchi trafikka mos keluvchi raqamli signal bilan modulyatsiyalanadi.

5.2.1.WDM li tizimlarning blok sxemasi

Kanallari to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan WDM tizimlarining asosiy qismlari bu uzatish qismi, liniya qismi va qabul qilish qismidir. Bu har bir qismlar o'ziga hos elementlardan tashkil topadi. Quyidagi 5.4- rasmda WDM li tizimlarning asosiy sxemasi ko'rsatilgan.



5.4-rasm. WDM asosidagi tizimlarning asosiy sxemasi

Tizimning uzatuvchi qismi turli manbalardan kirishda n ma'lumotlar oqimi (tashuvchining to'liq uzunligiga ega bo'lgan kodlangan raqamli impulslar raqamli ketma-ketligi)ni qabul qiladi. Bunday oqimlar mos keluvchi interfeyslarda (Int) qayta ishlanadi va optik modulyatorlar (M) yordamida tashuvchisi modulyatsiyalanadi. To'liq uzunligiga ega bo'lgan modulyatsiyalangan optik tashuvchilar WDM MUX multipleksorlari yordamida modulyatsiyalanadi va kuchaytiriladi. Undan keyin esa chiqishdagi agregat oqimlar tolaga uzatiladi.

Qabul qiluvchi qismda esa tola chiqishidan oqim qabul qilinadi va kuchaytiriladi, demultipleksorlanadi, ya'ni to'liq tashuvchiga ega bo'lgan oqimlarga ajratiladi, detektorlanadi, kirishdagi filtr esa o'zaro o'tuvchi shovqinlarni kamaytirish va detektorlashda shovqin bardoshlikni oshirish uchun qo'llaniladi va DM yordamida demodulyatsiyalanadi, ya'ni chiqishda kodlangan boshlang'ich impulslar ketma-ketligi hosil bo'ladi.

WDM ning birinchi multipleksorlarida ikkita tashuvchi (1310 nm va 1550 nm) dan foydalanilgan. Ularning orasidagi farq 240 nm ni tashkil qilganligi (katta oraliqni) sababli, ularni ajratishda maxsus filtrlar talab qilinmagan.

Hozirgi paytda kanallarni ajratish bo'yicha uchta konkurent texnologiya qo'llaniladi. Shulardan ikkitasi integral optika asosida AWG (Arrayed Waveguid Grating) to'liq o'tkazgich massividagi difraktsion panjara asosida tashuvchilarni ajratish, ikkinchisi esa CG (Concave Grating) buklangan difraktsion panjara yordamida tashuvchilarni ajratishdir. Uchinchi texnologiyada esa odatdagi yangi texnologiya satxidagi diskret optika qo'llaniladi. Bunda kanallarni ajratish uchun uch o'lchamli optik multipleksor texnologiyasidan foydalaniladi. (3-D Optiks

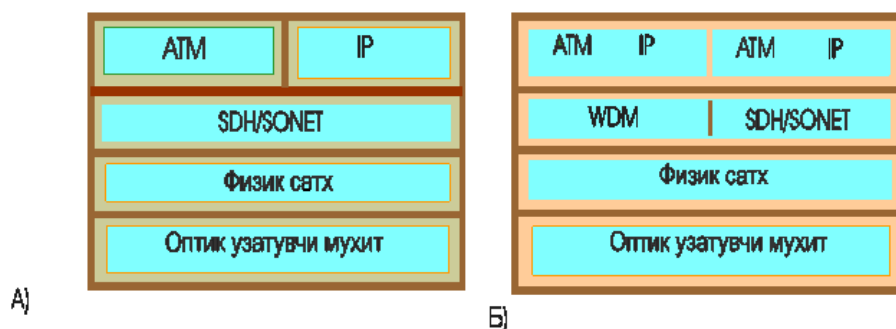
WDM). Optik multipleksorlashni xususiyatlarini quyidagi jadvalda o'zaro solishtirish:

Texnologiya	Kanallarning maksimal soni (nm)	Kanallarni ko'chirish	Olib keladigan yo'qotish (dB)	O'zaro o'tuvchiso'nish (dB)	Polyarizatsiyaga sezuvchanlik (%)
AWG	32	0.1-15	6-8	-5 ÷ -29	2
CG	78	1-4	10-16	-7 ÷ -30	2-50
3-D Optiks WDM	262	0.4- 250	2-6	-30 ÷ -55	0

Jadvaldan ko'rinib turibdiki 3-D Optiks WDM beshta parametrdan to'rttasi bo'yicha afzallikka ega va uni HDWDM satxigacha 0,4 nm dan kam bo'lmagan kanallarni ko'chirishda WDM tizimlarida qo'llash mumkin.

5.2.2. Transport texnologiyalari bilan WDM modelining o'zaro bog'lanishi

Kuyidagi 5.5-rasmda WDM texnologiyasi yaratilgunga qadar va WDM texnologiyasi yaratilgandan keyingi transport texnologiyalarining o'zaro bog'lovchi modellari ko'rsatilgan.



5.5-rasm. Asosiy transport texnologiyalarining modelini o'zaro bog'lanishi

- A) WDM texnologiyasi yaratilgunga qadar;
B) WDM texnologiyasi yaratilgandan keyin.

WDM texnologiyasigacha bo'lgan model uch satxdan va uzatish muhitidan iborat edi va yuqori satxning (ATM, IP) trafiklarini optik uzatuvchi muhit orqali transportlashtirish uchun SDH/SONET

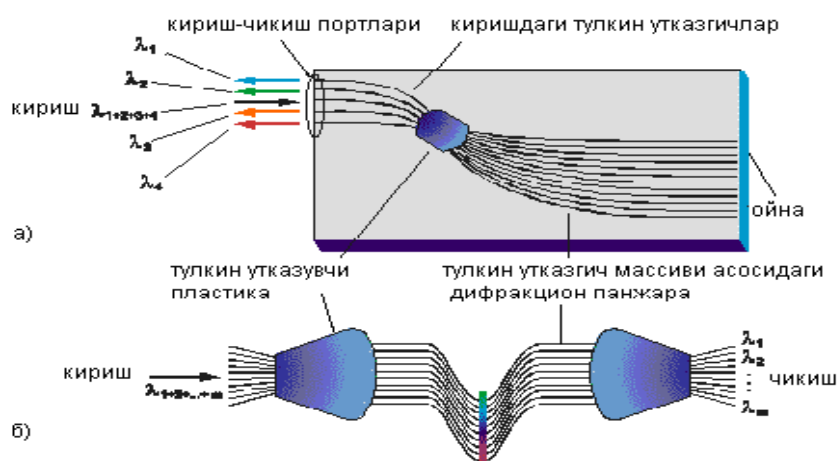
interfeyslarini qo'llagan holda transport modullariga ikkapsulyatsiya qilinishi lozim edi. WDM tizimlari yaratilgandan keyin esa uzatish muhitini hisobga olmaganda uch yoki to'rt satxdan iborat bo'ldi. Natijada xuddi SDH/SONET kabi WDM ning oraliq satxi paydo bo'ldi. Bunday satxni fizik interfeys ta'minlaydi va u fizik satx orqali nafaqat SDH/SONET texnologiyalariga balkim ATM va IP texnologiyalariga ham optik uzatuvchi muhit orqali o'tishni ta'minlaydi. Bunday WDM texnologiyasi ATM yacheykalarini va IP paketlarini ikkapsulyatsiyalashni talab qiladi. Bu esa o'z navbatida qayta ishlash protsedurasini va trafiklarni transportlashtirishni shuningdek sarlavxa uzunligini etarli darajada kamaytirishni va trafiklarni uzatish sifatini oshiradi.

5.2.3. WDM da multipleksorlash sxemasi

Multipleksorlar va demultipleksorlar umuman olganda passiv kurilmalar hisoblanadi. Uning ishi to'lqin uzunligini sezuvchanligiga bog'liq bo'lgan uchta omil bilan xarakterlanadi:

- burchakli dispersiya;
- interferensiya;
- selektiv yutilish.

Quyidagi 5.6-rasmda multipleksor/demultipleksorlarning tuzilishi ko'rsatilgan.



5.6-rasm. WDM da multipleksorlash jarayoni

Ular bir-biridan to'lqin o'tkazuvchi plastinalar soni bilan farq qiladi. 5.4.a-rasmda nur tushayotgan kanal (signal)larning yigindisi kirishdagi to'lqin o'tkazgich orqali to'lqin o'tkazuvchi plastinaga tushadi. Undan

keyin esa difraksion panjara ko‘rinishidagi juda ko‘p yorug‘lik o‘tkazgichlarga bo‘linadi. Bunda xar bir optik kanal yorug‘lik o‘tkazgich ko‘rinishida tasvirlanadi, keyin esa bu signallar oyna yuzasida aks qaytadi va ularni interferensiyasi to‘g‘rilanuvchi to‘lqin o‘tkazuvchi plastinkaga tushadi. Bu yerda turli to‘lqin uzunliklariga mos keluvchi muxitda maksimumlar xosil bo‘ladi.

Multipleksorlash jarayonida to‘lqin o‘tkazgichlar aloxida optik kanallarni kiritish uchun xizmat qiladi. 5.4.b-rasmda juft to‘lqin o‘tkazuvchi plastinalarni ko‘llanilishi, ular bajaradigan funksiya bilan farqlanadi. Bu yerda fokuslash, kanallarni ajratish aloxida plastinalarda amalga oshadi. Multipleksorlar va demultipleksorlar passiv kurilmalar bo‘lganligi sababli ma‘lum bir mikdorda signalni zaiflashtiradi. Bu kurilmalardagi yo‘qotish 10-12 dbga yetadi, shuning uchun bunday yo‘qotishlarni to‘g‘rilash maqsadida ularni optik kvant kuchaytirgichlar bilan ta‘minlash lozim.

5.2.4.CWDM texnologiyasi

CWDM tizimlari odatdagi WDM tizimlariga nisbatan ancha qo‘pol, ya‘ni 20 nm chastotalar to‘rida qo‘llaniladi. Agar 8 tadan ortiq WDM kanallari talab qilinsa, unda qimmatbaho DWDM tizimlarini o‘rini almashtiruvchi sifatida qaraladi.

Bunday tizimlar birinchi navbatda shahar tarmoqlarida yoki “Metro” (ya‘ni ingliz adabiyotlarida oldingi IEEE 802.6, ISO/IEC 8802-6 standartlari bo‘yicha MAN-Metropolitan Area Network) sinfli, uch satxli (LAN-Local Area Network, MAN-Metropolitan Area Network, WAN-Wide Area Network) tarmoqlarda qo‘llanila boshlagan.

ITU-T ning G.694. 2 taklifiga binoan 20 nm qadamli 18 tashuvchigacha qo‘llash tavsiya etilgan.

CWDM texnologiyasi Gigabit Ethernet ning bir nechta kanallarini, fizikaviy optik tolaning bir juftiga to‘lqinli (spektral) zichlashtirish uchun qo‘llaniladi, bu esa tola resursini tejaydi va optik multipleksorlardan foydalanib yangi topologik yechimlarga ega bo‘lish imkoniyatini beradi.

CWDM tizimlarida yonma-yon turgan axborot kanallarining spektrlari anchagina uzoq masofada joylashgan bo‘lib, uchinchi shaffof oyna uchun odatda 20 nm ga (2500 GGs) teng bo‘ladi.

CWDM texnologiyasining asosiy maqsadi., optik aloqa liniyasining axborot sig‘imini talab darajasida juda arzon narxda (DWDM ga nisbatan) kengaytirishdir. Ushbu maqsadga kanallar orasida keng spektral oraliqlardan foydalanish orqali erishiladi.

Zamonaviy CWDM qurilmalarining ko'pchiligi S va L diapazonni va qisman S diapazonni egallaydi. Jihozlarning muvofiqligini ta'minlash uchun xalqaro telekommunikatsiya ittifoqi (ITU), CWDM kanallari to'liq uzunligining spektron sohalarini aniqladi va kanallar orasidagi masofa 20 nm ga teng qilib olindi. Undan tashqari ancha ilgari tizimlar CWDM dan 800 nm to'liq uzunligi atrofida ishlovchi ko'p modali tolali aloqa liniyalaridan foydalana boshlashgan. Bunday tizimlar ikki yoki to'rtta kanalni quvvatlay oladi va masofa uzoqligi 2 km dan kam bo'lgan hollarda axborotni uzatish tezligini 500 Mbit/s dan kamroq bo'lishini ta'minlaydi.

Qo'llaniladigan to'liqlik zichlashtiruvchi tizimlar bir necha variantlarga ega. 5.4-jadvalda tasniflanishining eng ko'p tarqalgan varianti keltirilgan.

5.4-jadval

	CWDM (zich bo'lmagan SZ)	DWDM (zich SZ)	HDWDM (yuqori zichlikdagi SZ)
Kanallar orasidagi masofa	20, 25 nm	1,6 nm 200, 100, 50 GGs	0,4 nm 25, 12, 5 GGs
Diapazon	O, E, S, C, L	S, C, L	C, L
Kanallar soni	maksimum 18 ta	o'nlab/yuzlab	o'nlab
Narxi	past	Yuqori	yuqori

bu yerda:

O – birlamchi diapazon (Original, 1260-1360 nm),

E – kengaytirilgan diapazon (Extended, 1360-1460 nm),

S – qisqa to'liqlik diapazon (Short wavelength, 1460-1530 nm),

S – standart diapazon (Conventional, 1530-1570 nm),

L – uzun to'liqlik diapazon (Long wavelength, 1570-1625 nm).

CWDM texnologiyasi kanallar orasidagi intervalning yetarlicha kattaligi bilan tavsiflanadi. (20 nm yoki 25 nm), bu esa, unga boshqa WDM texnologiyalarga nisbatan keng chastotalar sohasiga ega bo'lishini ta'minlaydi. Bu optik aloqa tizimlari uchun bir nechta standart chastotalar diapazoni ("shaffoflik oynasi") ga ega bo'lish imkonini beradi. CWDM tizimlarida 18 tagacha kanal tashkil qilish va ko'p modali hamda bir modali tolalardan foydalanish mumkin.

Shunga qaramasdan CWDM tizimlarida ikkita muammo mavjud:

- Ancha kichiq bo‘lgan to‘lqin uzunliklarida deyarli ikki marotaba ko‘p yo‘qotish mavjud, bu esa uzatish masofasini sezilarli darajada kamaytiradi;
- Tolada gidroksil ON guruhining mavjudligi sababli 1383 nm to‘lqin uzunligida yutilish pikiga egaligi sababli kanallar soni bo‘yicha cheklanishlar mavjud.

CWDM tizimlarida bitta kanal bo‘yicha uzatish tezligi 2,5 Gbit/s bo‘lganda 16 kanal bo‘yicha 40 Gbit/s tezlik ta‘minlanadi. Agar tizim 1270-1610 nm bo‘lganda to‘lqin diapazonidan foydalansa, uni FS-CWDM tizim (Full-spectrum CWDM) deyiladi. Hozirgi vaqtda CWDM texnologiyasi uzoqlik parametri bo‘yicha DWDM texnologiyaga qo‘yiladigan talabalarni bajarilishini ta‘minlashi mumkin.

CWDM qurilmasi uzatiladigan axborotning ixtiyoriy turi va ixtiyoriy tezligi uchun shaffof hisoblanadi hamda magistral tarmoq va ulanish tarmog‘i orasida bo‘g‘in bo‘lishi mumkin. CWDM texnologiyasi axborotni uzatishning turli protokollariga invariantdir (bog‘liq emas). Bu esa yagona transport muhitida turli telekommunikatsiya xizmatlarining yaratilish imkoniyatini ta‘minlaydi.

CWDM tizimlarida kanallararo chastotaviy masofaning uzoqligi DWDM tizimlarga nisbatan aktiv va passiv komponentlar narxining sezilarli darajada arzon bo‘lishiga imkoniyat yaratadi. Uzatish tizimining mukammalligiga ko‘ra CWDM texnologiyasi turli tarmoq topologiyasini konstruksiyalash imkoniyatini beradi.

Ulardan ko‘proq qo‘llaniladiganlarini qarab chiqamiz:

- “nuqta-nuqta” topologiyasi. Axborot kanallar bo‘yicha ikkita nuqta orasida uzatiladi. Turli tolalardagi oqimlarning birlashish/ajrashishi ro‘y beradigan tugunlarida multipleksor/demultipleksorlar o‘rnatiladi. Bundan tizimlar yordamida ko‘p sonli video va audio ma‘lumotlarni vaqtning real masshtabida optik tarmoqda tolalarning cheklangan holda ham uzatish masalalarini yechish mumkin;
- tarmoqlanuvchi topologiya. Axborotni tugundan tugunga uzatish alohida kanallarning kiritish/chiqarishi yo‘lga qo‘yilgan oraliq tugunlar orqali amalga oshadi. Oraliq tugunlardagi yo‘qotishlar hisobiga aloqa uzoqligi biroz kamayadi. Bunday tizim transport magistrallarida, neftgaz uzatmalarida va boshqa davomli obyektlarda videokuzatuvlarda qo‘llaniladi;
- “xalqa” topologiyasi. Bunday topologiya parametrlarni qo‘riqlash masalasini hal qiladi. “Xalqa” uzilgan holda ham tarmoq ixtiyoriy tugunlar orasida axborotni uzatish qobiliyatini saqlab qoladi.

2002-yilda xalqaro elektr aloqa ittifoqi CWDM tizimi uchun eltuvchi chastotani aniqlovchi standartni qabul qildi – ITU-T G.694.2 tavsiyasi. Ushbu tavsiyaga ko‘ra C, S va L ma'lum diapazonlardan tashqari CWDM tizimlarida ikkita yangi to‘lqin uzunlikdagi diapazon paydo bo‘ladi – diapazon O (1260-1360 nm) va diapazon ye (1360-1460 nm).

CWDM tizimlari nisbatan kam sonli optik kanallarni (16-18) ta'minlaydi, lekin bu – kamchilik deb hisoblanmasligi kerak, chunki, kanallarning bunday sonda bo‘lishi, odatda, aloqa operatorlarining o‘tkazish sohasidagi zamonaviy talablaridan ustundir. CWDM tizimlaridagi qo‘shni kanallarining to‘lqinlari orasidagi masofaning nisbatan katta bo‘lishi kirish/chiqishli optik multipleksorlarni (OADM – Optikal ADD-Drop Multiplezor) va optik krosskommutatorlar (OXC-Optikal cross connector) uchun arzon kommutatsiyalash elementlarining yaratilishiga imkon beradi.

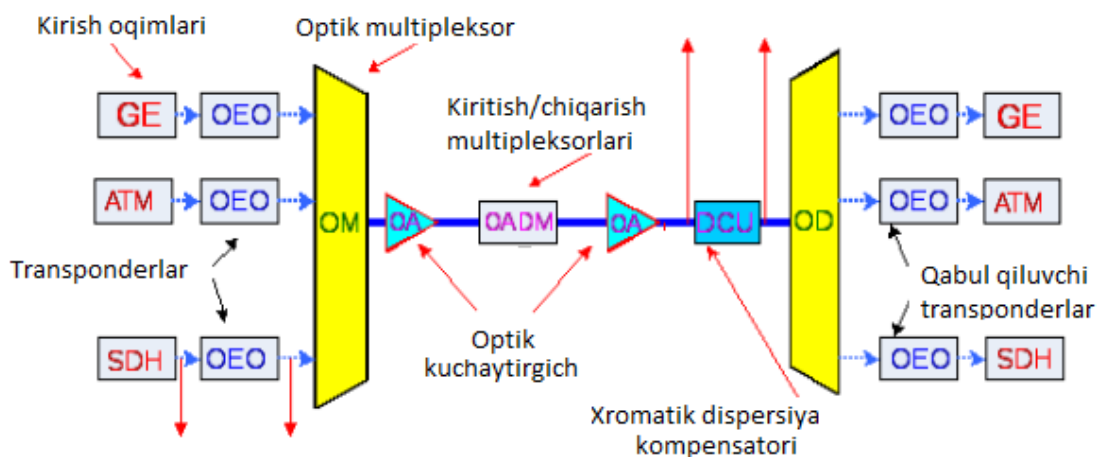
5.2.5.DWDM texnologiyasi

Telekommunikatsiya'ning odatdagi texnologiyasi, bitta optik tola bo'yicha bitta signal uzatish imkonini beradi. Spektral yoki optik zichlashtirish usullarining ma'nosi shundan iboratki, bunda bitta tola bo'ylab SDH ning juda ko'p alohida signallarini uzatishni amalga oshirish mumkin va shunga mos holda aloqa liniyasining o'tkazuvchanlik qobiliyati ham oshadi. Bunday texnologiya, spektrlarni yuqori zichlashtiruvchi texnologiyalar tarkibiga kiradi va bu AT&T kompaniyasi tomonidan yaratilgan.

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – transport texnologiyasi bitta optik tola orqali katta sondagi alohida optik kanallar tashkil qilishga yordam beradi. Shu sababli DWDM texnologiyasi bugungi kunda mamlakatimiz telekommunikatsiya tarmoqlarining transport uchastkalarida faol qo'llanilib kelinmoqda. Bunday yuqori tezlikga, to‘lqin uzunligi bo‘yicha multipleksorlash zich holatda amalga oshirish orqali erishiladi. Ya'ni har bir optik tola bo'ylab bir-biridan ma'lum filtrlash polosasiga farq qiluvchi bir necha oqim uzatiladi va ularning har biri o'zining alohida to‘lqin uzunligiga ega. Bunday qurilma 51 dan 102 tagacha kanallar hosil qilish mumkin (kanallar orasidagi) filtr polosaga bog‘liq ravishda. Bunda bir tola bo'ylab uzatilishi mumkin bo'lgan oqimning umumiy tezligi bir necha Tbit/s gacha oshirilishi imkoni yuzaga keladi.

DWDM asosan magistral optik transport tarmoqlarini qurishda qo'llanilib, turli faqat optik darajada qo'llaniluvchi qurilmalardan foydalanganligi sababli tarmoqda elektro-optik va opto-elektron o'zgartirish jarayonlari kamayadi. Natijada tarmoqning ma'lumot uzatish tezligi kamayishi oldi olinadi.

Quyidagi DWDM texnologiyasining ishlash tamoyilini tushuntiruvchi sxema 5.7-rasmida tasvirlangan.



5.7-rasm. DWDM texnologiyasining ishlash tamoyilini tushuntiruvchi sxemasi

Optik signal optik tolali aloqa liniyasi bo'ylab uzatilar ekan so'nadi. Signallarni kuchaytirish maqsadida optik kuchaytirgichlar qo'llaniladi. Nazariy jihatdan bu signallarni 4000 km ga hech qanday elektro-optik-elektro o'zgartirishlarsiz uzatish imkonini beradi. Bu SDH (200km) ga nisbatan yetarlicha yuqori imkoniyat.

Bitta tola bo'ylab umumiy ma'lumot uzatish tezligini oshirish maqsadida bir necha alohida to'lqin uzunliklarni zichlashtirish va ularni bitta tola bo'ylab uzatishga erishish uchun 18 yil oldin harakat boshlangan. Dastlab 850 nm va 1310 nm to'lqin uzunliklardan, keyinchalik 1310 nm va 1550 nm dagi to'lqin uzunliklardan foydalanila boshlandi. Ammo lazer diodlarni ishlab chiqish texnologiyasining rivojlanishi va lazer diodlarning spektral karakteristikalari mukammallashtirishgach 1550 nm diapazonida bitta tola bo'ylab bir necha o'nlab kanallarni zichlashtirish imkonini hosil bo'ldi. Bunday texnologiya asosida ishlovchi turli hil ishlab chiqaruvchilar tomonida ishlab chiqilgan qurilmalarni o'zaro hamkorlikda ishlay olishlarini ta'minlash maqsadida bu texnologiyada optik tashuvchilarni standartlashtirish, kanal va chastota rejasi standartlashtirish masalasi yuzaga keldi.

Bu masalani Xalqaro elektr aloqa birlashmasi (ITU) hal etdi. DWDM texnologiyasining kanallari va chastotalari rejasi ITU ning G.692 standartida tartibga solingan va belgilab qo'yilgan. Unga ko'ra DWDM texnologiyasida 1528,77 nm dan 1569,69 nm gacha spektrdan (umumiy 5,1 TGs li diapazon) foydalanish, kanallar orasidagi filtr polosasini 100 GGs erib tayinlash tavsiya etiladi. Bu diapazonda maksimal 51 ta optik kanal hosil qilish mumkin. Demak bu holatda kanallar orasidagi qadam 0,8 nm ni tashkil qiladi.

Ammo keyinchalik ma'lum bo'ldiki, juda ko'plab ishlab shiqaruvchilari tomonida kanallar orasidagi filtr polosa farqi 50 GGs (0,4 nm) bo'lgan qurilmalar ishlab chiqarilgan Bundan tashqari shunday holatlar bo'ladiki bu darajadagi zichlashtirishga zarurat bo'lmaydi va kanalla orasidagi filtr polosa farqini 200 GGs, hattoki 400 GGs gacha oshirish mumkin. Shunday qilib ITU G.692 standartining ohirgi versiyasi bunday texnologiyalarda kanalla orasidagi filtr polosasini 50,100, 200, 400 GGs (0,4; 0,8; 1,6; 3,2 nm) ga teng qilib olish tavsiya etiladi. Kanallar orasidagi filtr polosa farqi 0,4 nm bo'lganda 1529-1565 nm diapazonda jami 102 ta optik kanal hosil qilsa bo'ladi. Hozirgi kunda kelib ITU kanallar orasidagi filtr polosa kengligini 25, 12,5 GGs qilib belgilanishini tavsiya etmoqda.

DWDM tarmoqlari quyidagicha asosiy afzalliklarga ega:

- uzatish tezligining yuqoriligi;
- xalqa topologiyasi asosida 100 % li zaxirani ta'minlash imkoniyati;
- optik toladagi kanallarning shaffofligi tufayli kanal satxida har qanday texnologiya'ni ko'llash imkoni;
- optik magistraldagi kanallar sonini soddagina oshirish imkoni.

5.2.9. Shahar sharoitida DWDM texnologiyasini qo'llash

Shahar sharoitida DWDM ni qo'llash, asosan Metro DWDM deyiladi. Bunday usul trafiklarning himoyasi ishonchli mexanizmlardan qilingan xalqali konfiguratsiyada qo'llaniladi. Iloji boricha tugunlarning narxi uncha katta bo'lmagan 12 ta to'lqin uzunligini ajratishga mo'ljallangan OADM multipleksorlaridan foydalaniladi. Biror tugundan boshqa tugunga axborotlarni uzatish uchun, o'zaro bir-biri bilan bog'langan bir necha oraliq tugunlardan foydalaniladi. Bunday texnologiyalarni qo'llash orqali:

- nuqta-nuqta va xalqa topologiyasi asosida milliy masshtabdagi operatorlarning yuqori tezlikli transport tarmoqlarini yaratish;

- turli protokollardan foydalaniladigan va yuqori uzatish tezligini talab qiluvchi juda ko'p foydalanuvchilar qo'llashga mo'ljallangan quvvatli shahar transport magistralini yaratish mumkin.

DWDM kurilmalari 4 ta asosiy tugunga bo'linadi:

- optik terminal multipleksor (Optikal Terminal Multiplexer-OTM);
- regenerator (Regenerator-REG);
- optik kuchaytirgich (Optikal Line Amplifier);
- kirish/chiqishli optik multipleksor (Optikal Add Drop Multiplexer- OADM).

Optik terminal multipleksorlar oxirgi stantsiyalarda joylashtiriladi va turli tizimlarning signallarini to'liq zichlashtirishni amalga oshiradi:

- optik kuchaytirgich so'ngra signalni kuchaytiradi;
- optik regenerator guruxli signalning shaklini kayta tiklaydi;
- djitterni pasaytiradi va signalning shovqinga nisbatini yaxshilaydi;
- kirish/chiqishli multipleksorlarda asosan optik kanallarni
- kiritish va chiqarish amalga oshiriladi.

DWDM standarti

Tizim satxi	
Xajmi, Gbit/s	100 (2.5 Gbit/s dan 40 ta kanal)
Format	OS – 48 (STM-16)/ OS- 48/ x STM-16
Chastotaviy rejasi	50 GGs
Mumkin bo‘lgan konfiguratsiyasi	5 seksiya 25 db (500 km) 2 seksiya 33 db (240 km)
Xatolik paydo bo‘luvchi tizimli chastota	$<10^{-15}$
Kanal interfeysi	
Format	Qisqa/oraliq masofa STM-16/G.957 1-16& S.16.1 ofis ichidagi ilovalar
Kirish signal satxi db	-18 dan -3 gacha
Chiqish signal satxi db	-5 ± 0.5
Kiritiladigan nurlanishning to‘lqin uzunligi, nm	1250-1600
Tarmoqni boshqarish	
Boshqaruv tizimi	WaveWatch TM CIENA ning SNMP yoki TMN maxsuloti
Standart interfeysi	VT100(TM) asinxron RS-232, Telnet, ITU TMN, TL-1, SNMP orqali uzokga ulanish
Kanallarning ishga qobiliyatlik monitoringi	SDH sarlavxasidagi B1 orqali kanalning bitli xatoligi, xar bir kanaldagi optik quvvat nazorati
Uzoqdagi interfeyslar	RS-422/X.25 (TL-1 interfeys), IP/802.3 10 Base 10Base-T orqali
Optik xizmat kanali	2.048 Mbit/s 1625 nm li to‘lqin uzunlikda
Ta'minot bo‘yicha xarakteristika	
Ta'minot kuchlanishi, V, doimiy tok	-4 dan -58 gacha
40 kanalning talab qiladigan quvvati, Vt	Tipik 800, 1-ustun (maksimum) 925; Tipik 1000, 2- ustun, (maksimum) 1250

DWDM texnologiyasining eng asosiy parametri bu soʻzsiz qoʻshni kanallar orasidagi masofa hisoblanadi. Kanallarning fazoviy taqsimlanishini standartlashtirish juda zarur, chunki shu asosda xar hil ishlab chiqaruvchilar uskunalarning kelishuvchanlik qobiliyatini sinovdan oʻtqazishni amalga oshirish mumkin.

5.3. Keng polosali paketli transpirt tarmoqlarini qurish texnologiyalari

Maʼlumki mamlakatimiz telekommunikatsiya operatorlari NGN - yangi avlod tarmogʻini qurishga kirishdilar. Bunday tarmoqning asosiy afzalligi har qanday turdagi maʼlumotni uzata olishidadir. NGN tarmoqlarining bunday hususiyatga ega boʻlishi uning paketli kommutatsiya asosida faoliyat yuritishi bilan belgilanadi. NGN tarmoqlarini qurishda telekommunikatsiya operatorining butun tarmogʻini alohida uchastkalarini, yaʼni kirish tarmoqlari, kommutatsiya tugunlari va transport tarmoqlarini takomillashtirish lozim. Avvalo ular paketlar koʻrinishidagi signallarga ishlov bera olishlari shart. Chunki yuqorida takidlab oʻtkanimizdek NGN tarmogʻi har qanday turdagi axborotlar almashinishga imkon bera olishi uchun tarmoq paketli kommutatsiya usulida ishlashi lozim.

NGN tarmoqlarini qurishdagi asosiy hal etilishi lozim boʻlgan vazifalardan biri paketli transport tarmogʻini qurishdir.

NGN ning transport tarmogʻini qurishning ikki hil tamoyili mavjud:

- IP/MPLS texnologiyasi asosida;
- SDH texnologiyasi asosida.

Shu sababli MPLS texnologiyasi NGN tarmogʻini qurishda muhim ahamiyatga ega. MPLS texnologiyasi yaratilmasdan oldin X.25, ATM (Asynchronous Transfer Mode) texnologiyalari qoʻllanilar edi (hozir ham qoʻllaniladi). Bu texnologiyalarning kamchiligini bartaraf qilish uchun yuqori sifatga ega boʻlgan texnologiya ishlab chiqish zaruriyati tugʻildi. 1996 yilda Ipsilon, Cisco, IBM va boshqa kompaniyalar oʻzlarining loyihalarini birlashtirib, yangi koʻp bayonnomali metka kommutatsiyali MPLS (Multiprotocol Label Switching многопротокольной коммутации на основе меток) texnologiyasini ishlab chiqishdi. Bu texnologiyaʼni yaratishdan asosiy maqsad IP-tarmoqlaridagi eng kam yuklangan marshrutlar orqali maʼlumotlarni sifatli uzatishni amalga oshirish va VPN (Virtual Private Network- Virtual Xususiy Tarmoq) tarmoqlarida maʼlumotlarni osonlik bilan almasinishini taʼminlashdir. MPLS texnologiyasi integrallashgan IETF xizmatini yaratish uchun

ishchi guruh tomonidan ishlab chiqildi. Bu yangi arxitektura magistral (shaharlararo) tarmoqlar uchun mo'ljallangan bo'lib, bunda tarmoq masshtabini kerakli kengaytirish, trafikni qayta ishlash tezligini oshirish, organizatsiya'ning qo'shimcha xizmatlari uchun katta imkoniyatlarni yaratish mumkin. MPLS texnologiyasi trafikni boshqarishni o'ziga oladi, bunda OSI modelining kanal pog'onasiga mos keladigan masshtablashtirish va kerakli bo'lgan protokollari tarmoq pog'onasiga ham xarakterli bo'ladi. MPLS o'ziga ishonchli texnologiya hisoblangan ATM, IP tarmoqlarida vositalarni qulay va aniq manziliga yetkazish, sifatli xizmat ko'rsatish kafolatini ta'minlashni birlashtiradi. Tarmoqlarning bunday integratsiyasi IP va ATM protokollarini birgalikda ishlatilishidan qo'shimcha daromadlarni olish imkoniyatini beradi.

MPLS texnologiyasining asosiy hususiyati paketli kommutatsiya jarajonini IP adres sarlavhasidan ajratish, paketlarini kommutatsiyalashni tez amalga oshiradi. MPLS protocoli bilan mos ravishda marshrutizatorlar va kommutatorlar kirishning xar bir nuqtasida marshrutizatsiya jadvalidan alohida belgini o'zlashtiradi va qo'shni qurilmalarga bu belgi haqida habar qiladi.

Bunday belgining borligi MPLS texnologiyasini qo'llab — quvvatlovchi marshrutizator va kommutatorlarga paket marshrutining keyingi qadamini adres qidirish prosedurasini bajarmasdan aniqlashga imkon beradi. Hozirgi kunda MPLS qo'llashning uchta asosiy sohasi mavjud:

- trafik boshqaruvi;
- xizmat turlarini ta'minoti (CoS);
- virtual xususiy tarmoqlar (VPN).

Ko'p protokolli belgilar kommutatsiyasi MPLS (Multi protocol label switching) ikkinchi satx kommutatsiyasi (ulash o'rnatish orqali) IP protokolini (ulash o'rnatishsiz) birlashtiradi. Bu holda IP protokolinig trafigi o'zi harakatlanayotgan kommutatsiyalanadigan magistralning ichki strukturasi aks etadi, buning xisobiga quyidagilarga erishiladi:

- xizmat ko'rsatish sifati (QoS);
- trafik boshqaruvi (TE);
- o'tkazuvchanlik qobiliyatini boshqarish osonlashadi, ya'ni IP tarmog'ida odatda uchramaydigan va ikkinchi satx tarmoqlarining xarakteriga mos.

Bunday olib qaraganda MPLS da ham ATM va FR ga o'xshab virtual kanallardan foydalanadi (VC), odatda ularni belgilar kommutatsiyasining marshruti (LSP) deb nomlanadi va ular MPLSni

bazaviy ulanishini ta'minlaydi. Bu texnologiya'ning "ko'p protokoli" ma'nosi shuni bildiradiki u ko'pgina boshqa protokollar bilan ham ishlay oladi.

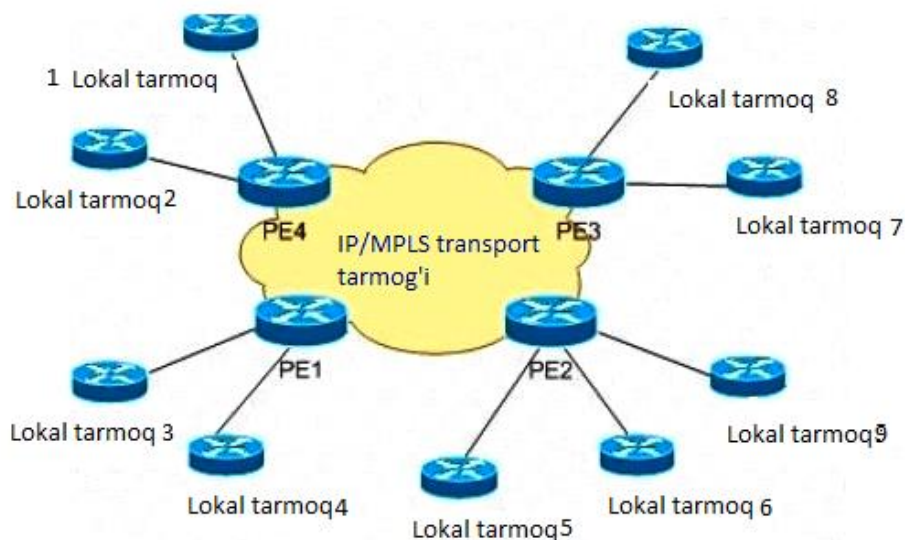
MPLS ancha universal texnologiya va uning yordamida bugungi kunda quyidagi vazifalarni yechish mumkin:

- ATM va FR ni IP bilan integratsiyalanashuvini;
- Paketlarni operator tarmog'i qiska marshrut orqali tezkor harakati;
- Shaxsiy virtual tarmoqlarni yaratish (VPN);
- Yo'nalishlarni tekis taqsimlangan holda tanlab o'rnatish.

MPLS texnologiyasining negizini 3 ta asosiy element tashkil etadi. Ular quyidagilardir:

- Metka (4 bayt); (Metka o'zbek tilida belgi ma'nosini bildiradi, lekin fanda ham metka tushunchasi mavjud);
- FEC(Forwarding Equivalence Class)- Metkalarni munosib uzatish sinfi;
- LSP(Label Switched Path)- Ma'lumotlar oqimini metkalar asosida kommutatsiyalash.

MPLS texnologiyasida bog'lanish LSR (Label Switch Router) metkalarni kommutatsiyalash marshrutizatori yordamida amalga oshiriladi. Bu qurilma xuddi IP-marshrutizatoriga o'xshab kanallarni virtual kommutatsiyalash vazifasini bajaradi. IP va MPLS bir-biri bilan bog'liq bo'lib, IP tarmog'idan paketlar MPLS tarmog'iga kelganda ularga 20 bit hajmga ega metka birlashtiriladi. Bu metka paketlarni MPLS tarmog'i bo'ylab harakatlanish imkoni beradi. Bu jarayonni LER (Label Switch Edge Router) chegaraviy LSR amalga oshiradi. U MPLS tarmog'ining chegarasida joylashadi. MPLS tarmog'ining ichida bir nechta LSP bo'lishi mumkin. Ular metkalarni kerakli yo'nalishda harakatlanishini ta'minlaydi. Bir yo'nalishdan kirib kelgan oqim tarmoqning chiqishidagi LER orqali yana standart IP paket ko'rinishida uzatiladi. Oxirgi LER dan bitta oldingi marshrutizator metkalarni ochirib tashlaydi. Haqiqatdan ham, oxirgi LER metkaning keyingi qadamdagi joyini aniqlaydi, MPLS kadridagi metkalar allaqachon IP ko'rinishiga keltirilgan bo'ladi. Bu marshrutizatorlar 256 Mbayt operativ xotira va protsessor asosida qurilgan bo'lib, ular kerakli vazifani bajarishga yetarli bo'ladi. U sifatli kommutatsiyalashni amalga oshira oladi.



5.8-rasm. MPLS tarmog'i. PE- chegaraviy marshrutizatorlar

Yuqoridagi rasmda MPLS tarmog'i bilan bir nechta IP tarmog'ining bog'liqligi ko'rsatilgan: Bunda biror IP-tarmoqdan kelayongan paket ko'rinishidagi ma'lumotlar oqimi biror bir misol uchun LER 3 chegaraviy marshrutizatoriga keladi. Bu marshrutizator pakenlarga 20 bit hajmli metkalarni qo'shadi. Keyin bu oqim LSP 1 orqali LSP 3 ga undan keyin LSP 4 ga yetib keladi. LSP 4 paketlardagi metkalarni o'chirib tashlab ularni LER 5 ga uzatadi. LER 5 orqali IP paket ko'rinishiga aylantirilgan oqim yana IP-tarmoqqa uzatiladi. Bunda ma'lumotlar oqimi harakatlanish jadvali orqali kerakli yo'nalishga kommutatsiya qilinadi. Shu tarzda ma'lumotlar oqimi MPLS-tarmoq bo'ylab harakatlanadi. Bunda jarayon juda sifatli va yo'qotishlarsiz amalga oshiriladi, ya'ni paketlarning yo'qolish ehtimoli juda kichiq bo'ladi. Bundan shu ko'rinadiki, MPLS texnologiyasi ma'lumotlar oqimini tez va samarali uzatilishini ta'minlaydi va aloqa sifati oshadi.

MPLS texnologiyasining quyidagi afzalliklarini ko'rsatib o'tish lozim:

- IP-adres analizidan alohida marshrutlash imkoni, ya'ni paketlar IP-adreslari bo'yicha emas, balki MPLS-adreslari bo'yicha harakatlanadi. Bu keng spektrdagi xizmatlar turini yaratish imkonini yaratadi;
- Tezkor kommutatsiyalash, bunda harakatlanish jadvallaridan adresni qidirish vaqti kamayadi;
- Tarmoqning yadro va chegaraviy qismlarida funkcionalligining bo'linish, bunda tarmoqda xavfsizlik va ishonchlilik masalalari yaxshilinadi;

- Marshrutlarni samarali qo‘llash;
- QoS(Quality of Service) xizmat ko‘rsatish sifatining ortishi;
- MPLS yordamida VPN tarmoqlarini qurish.

Bugungi kunda transport tarmoqlari optik texnologiyalar asosida qurilayotganligi ma’lum. Shuning uchun MPLS ning keyingi avlodi sifatida metkani optik darajada qo‘yuvchi texnologiya GMPLS ishlab chiqildi. Bu texnologiya IP tarmoqlarni transport qismida optik uzatishlarni ta’minlab, transport tarmog‘i hududida hech qanday elektro-optik o‘zgartirishlarni amalga oshirmaydi.

Nazorat savollari

1. Plezahron raqamli iYerarhiya’ning kamchiliklari nimalardan iborat?
2. SDH ning yaratilish tarihi qanday?
3. E1 oqim parametrlarini tushuntiring.
4. STM-1 oqimini hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring.
5. STM-4 oqimini hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring.
6. STM-16 oqimini hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring.
7. STM-64 oqimini hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring.
8. SDH iYerarhiyalarini tushuntiring.
9. WDM ning ishlash tamoili qanday?
10. WDM da kanallar orasidagi himoya polosasi deganda nimani tushinasiz?
11. DWDM ning afzalliklari nimalardan iborat?
12. HDWDM ning imkoniyatlarini sanab o‘ting ?

6 - BOB. ETHERNET TEXNOLOGIYASI VA UNING QO‘LLANILISH XUSUSIYATLARI

6.1. Ethernet texnologiyasi asoslari

Kompyuterlarning rivojlanib ketishi natijasida ularni o‘zaro hamkorlikda ishlashlarini ta‘minlash infratuzilmasi ham rivojlana bordi. Bunday vazifani bajaruvchi dastlabki lokal tarmoq qurish texnologiyasi paydo bo‘lgan vaqtdan buyon turli xil lokal tarmoq texnologiyalari yaratilgan. Ammo ularning barchasi ham keng ko‘lamda qo‘llanilishga ega bo‘la olmadilar. Dunyoning nufuzli tarmoq qurilishi sohasida faoliyat yurituvchi firma va kompaniyalari Ethernet texnologiyasini qo‘llab-quvvatlashlariga va yuqori darajada ularni ish faoliyatini tashkiliy tomonlarini standartlashganiga nima sabab bo‘ldi. Bu tarmoq qurilma va uskunalarni ko‘p ishlab chiqarilishi va ularning narxi pastligi, boshqa tarmoq qurish texnologiyalariga nisbatan uning ustunligini ta‘minladi. Dasturiy ta‘minot vositalarini ishlab chiqaruvchilar ham albatta keng tarqalgan qurilma va vositalarga mo‘ljallangan maxsulotlarini ishlab chiqaradilar. Shuning uchun standart tarmoqni tanlagan foydalanuvchi qurilma va dasturlarni bir-biri bilan mos tushishiga to‘liq kafolat va ishonchga ega bo‘ladi.

Hozirgi vaqtda foydalaniladigan tarmoq turlarini kamaytirish tendensiyasi kuchaymoqda. Sabablaridan bittasi shundan iboratki, mahalliy tarmoqlarda axborot uzatish tezligini 100 va hatto 1000 Mbit/s ga yetkazish uchun eng yangi texnologiyalarni ishlatish va jiddiy, ko‘p mablag‘ talab qiladigan ilmiy-tadqiqot ishlarini amalga oshirish kerak. Tabiiyki bunday ishlarni faqat katta firmalar amalga oshira oladilar va ular o‘zi ishlab chiqaradigan standart tarmoqlarni qo‘llab-quvvatlaydilar. Shuningdek ko‘pchilik foydalanuvchilarda qaysidir tarmoqlar o‘rnatilgan va bu qurilmalarni birdaniga, batamom boshqa tarmoq qurilmalariga almashtirishni xoxlamaydilar.

Shuning uchun yaqin kelajakda butkul yangi standartlar qabul qilinishi kutilmaydi albatda. Bozorda standart lokal tarmoqlarning turli topologiyali, turli ko‘rsatgichlilari juda ko‘p, foydalanuvchiga tanlash imkoniyati keng miqyosda mavjud. Lekin u yoki bu tarmoqni tanlash muammosi baribir qolgan. Dasturiy vositalarni o‘zgartirishga qaraganda (ularni almashtirish juda oson) tanlangan qurilmalar ko‘p yil xizmat qilishi kerak, chunki ularni almashtirish nafaqat ko‘p mablag‘ talab qilishdan tashqari, kabellar yotqizilish va kompyuterlarni o‘zgartirish,

natijada butun tarmoq tizimini o'zgartirishga to'g'ri kelishi mumkin. Shuning uchun tarmoq qurilmasini tanlashda yo'l quyilgan xatolik, dasturiy ta'minotni tanlashda yo'l qo'yilgan xatolikga nisbatan ancha qimmatga tushadi.

Bu bobda aynan Ethernet texnologiyasi va uning o'ziga hos hususiyatlari, texnik parametr va tavsiflari yoritiladi.

Yuqorida ta'kidlaganimizdek, standart tarmoqlar texnologiyalari orasida eng ko'p qo'llaniluvchi lokal tarmoq qurish texnologiyasi bu – Ethernet texnologiyasidir. Lokal tarmoqlarning eng ommalashgan bu texnologiyasi afsonaviy Xerox PARC laboratoriyasida ilk loyihalardan biri sifatida dunyoga kelgan. Rasman Ethernetning «tug'ilgan kuni» 1973 yilning 22 may kuni — Robert Metkalf PARC boshlig'iga yangi texnologiya'ning istiqbollari haqida xat yo'llagan kun hisoblanadi. Oradan yillar o'tdi. 1976 yili Metkalf va uning yordamchisi Devid Boggs «Ethernet: Distributed Packet-Switching For Local Computer Networks» broshyurasini chiqarib, uni dunyoga tanitishdi.

Metkalf 1979 yili Xerox kompaniyasidan iste'foga chiqdi va kompyuterlar hamda lokal hisoblash tizimlariga ixtisoslashgan 3Com kompaniyasiga asos soldi. Aynan u DEC, Intel va Xerox kompaniyalarini o'zaro hamkorlikda Ethernet (DIX) standartini ishlab chiqarishga ko'ndirgandi.

Shunday qilib, 1980 yilning sentyabr oyida Ethernet standarti taqdimoti o'tkazildi va keyinchalik amaldagi Arcnet hamda Token ring texnologiyalari bilan raqobatga kirishib ketdi. Eski texnologiyalar bunga uzoq dosh bermadi — o'tgan asrning 90-yillari o'rtalarida ular bozordan butunlay siqib chiqarildi.

Bugungi kunda ko'plab lokal tarmoqlar kanal satxidagi Ethernet texnologiyasi bo'yicha qurilgan.

Bu uchta firmaning harakati va qo'llashi natijasida 1985 yili Ethernet halqaro standarti bo'lib qoldi, uni katta xalqaro standartlar tashkilotlari standart sifatida qabul qiladilar:

- 802 IEEE qo'mitasi (Institute of Electrical and Electronic Engineers);
- ECMA (European Computer Manufactures Association). Bu standart IEEE 802.03 nomini oldi (inglizcha «eight oh two dot three»).

IEEE 802.03 standartining asosiy ko'rsatgichlari quyidagilar:

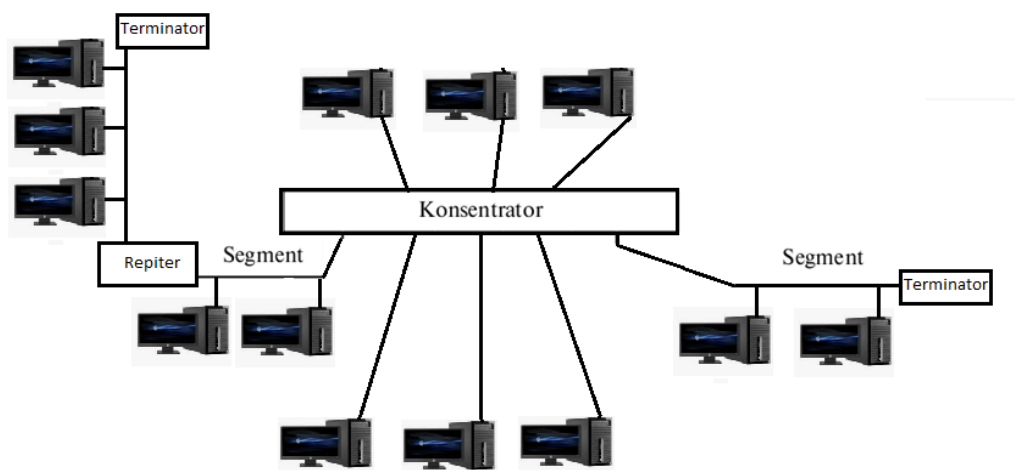
- Topologiyasi – shina;
- uzatish muxiti – koaksial kabel;
- uzatish tezligi – 10 Mbit/s;

- maksimal uzunligi – 5 km;
- abonentlarning maksimal soni – 1024 tagachan;
- tarmoq qismining uzunligi – 500 m;
- tarmoqning bir qismidagi maksimal abonentlar soni – 100 tagacha;
- tarmoqga ega bo‘lish usuli – CSMA/CD, uzatish modulyatsiyasiz (monokanal).

Ethernet hozir dunyoda eng tanilgan tarmoq va shubha yo‘q albatta u yaqin kelajakda ham shunday bo‘lib qoladi. Bunday bo‘lishiga asosiy sabab, uning yaratilishidan boshlab hamma ko‘rsatgichlari, tarmoq protokoli hamma uchun ochiq bo‘lganligi, shunday bo‘lganligi uchun dunyodagi juda ko‘p ishlab chiqaruvchilar Ethernet qurilma va uskunalari ishlab chiqara boshladilar. Ular o‘zaro bir-biriga to‘liq moslangan ravishda ishlab chiqiladi albatta.

Dastlabki Ethernet tarmoqlarida 50 Omli ikki turdagi (yug‘on va ingichka) koaksial kabellar ishlatilar edi. Lekin keyingi vaqtlarda (1990 yil boshlaridan) Ethernet tarmog‘ining aloqa kanali uchun o‘ralgan juftlik kabellaridan foydalanilgan versiyalari keng tarqaldi. Shuningdek optik tolali kabellar ishlatiladigan standart ham qabul qilindi va standartlarga tegishli o‘zgartirishlar kiritildi. 1995 yili Ethernet tarmog‘ining tez ishlovchi versiyasiga standart qabul qilindi, u 100 Mbit/s tezlikda ishlaydi (Fast Ethernet deb nom berildi, IEEE 802.3 u standarti), aloqa muxitida fgan juftlik yoki optik tola ishlatiladi. 1000 Mbit/s tezlikda ishlaydigan versiyasi ham ishlab chiqarila boshlandi (Gigabit Ethernet, IEEE 802.3 z standarti).

Standart bo‘yicha «shina» topologiyasidan tashqari shuningdek «passiv yulduz» va «passiv daraxt» topologiyali tarmoqlar ham qo‘llaniladi. Bu taqdirda tarmoqning turli qisimlarini o‘zaro ulash uchun repiter va passiv konsentratorlardan foydalanish ko‘zda tutiladi (1.1.1–rasm). Tarmoqning bir qismi (segment) bo‘lib shuningdek bitta abonent ham segment bo‘lishi mumkin. Koaksial kabellar shina segmentlariga ishlatiladi, to‘qilgan juftlik va optik tolali kabellar esa passiv yulduz nurlari uchun ishlatiladi (bittali abonentlarni konsentratorga ulash uchun). Asosiysi hosil qilingan topologiyada yopiq yo‘llar (petlya) bo‘lmasligi kerak. Natijada jismoniy shina hosil bo‘ladi, chunki signal ularning har biridan turli tomonlarga tarqalib yana shu joyga qaytib kelmaydi (halqadagi kabi). Butun tarmoq kabelining maksimal uzunligi nazariy jixatdan 6,5 km ga etishi mumkin, lekin amalda esa 2,5 km dan oshmaydi.



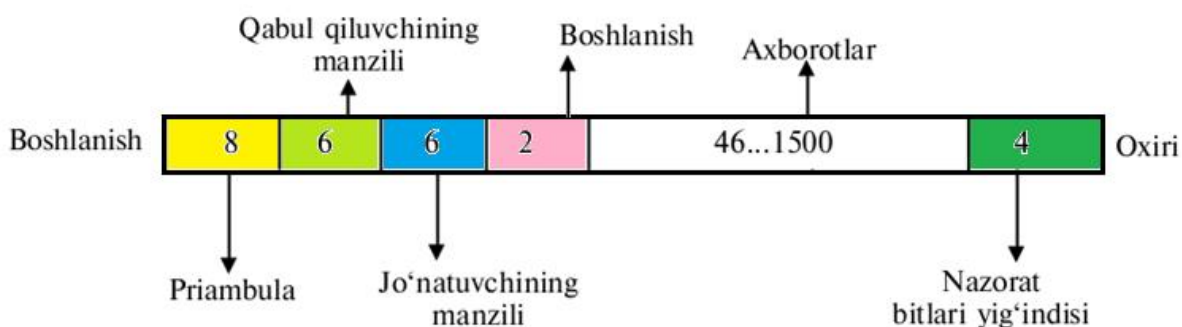
6.1 – rasm. Ethernet tarmogʻi va unda tarmoq elementlarining ulanish topologiyasi

Fast Ethernet tarmogʻida jismoniy «shina» topologiyasidan foydalanish koʻzda tutilmagan, faqat «passiv yulduz» yoki «passiv daraxt» topologiyasi ishlatiladi. Shuningdek Fast Ethernet tarmogʻida tarmoq uzunligiga qattiq talablar va chegara qoʻyilgan. Paket formatini saqlab qolib, tarmoq tezligini 10 baravar oshirilganligi tufayli tarmoqning minimal uzunligi 10 baravar kamayadi (Ethernet dagi 51,2 mks oʻrniga 5,12 mks). Signalni tarmoqdan oʻtishining ikki xissalik vaqt kattaligi esa 10 marotaba kamayadi. Ethernet tarmogʻidan axborot uzatish uchun standart kod Manchester – II ishlatiladi. Bu holda signalning bitta qiymati nolga, boshqasi manfiy qiymatga ega, yaʼni signalni doimiy tashkil qiluvchi qiymati nolga teng emas. Galvanik ajratish adapter, repiter va konsentrator qurilmalri yordamida amalga oshiriladi. Tarmoqning uzatish va qabul qilish qurilmalari boshqa qurilmalardan galvanik ajralishi transformator orqali va alohida elektr manbai yordamida amalga oshirilgan, tarmoq bilan kabel toʻgʻri ulangan.

Ethernet texnologiyasi oʻzining soddaligi, qoʻllanishi osonligi va ekspluatatsiyasining qulayligi bois keng qoʻllanilishga rga boʻdi. U oʻzi kabi lokal tarmoq qurishda qoʻllaniluvchi texnologiyalarni telekommunikatsiya bozorida surib chiqardi va endilikda bu texnologiya lokal tarmoqdan shahar (MAN) tarmoqlarda va xattoki shaharlar aro (WAN) tarmoqlarda qoʻllanilishga davogarlik qilmoqda.

6.2. Ethernet texnologiyasi asosida ma'lumot uzatishdagi kadr formati

Ethernet tarmog'iga axborot uzatish uchun ega bo'lish abonentlarga to'liq tenglik huquqini beruvchi CSMA/CD tasodifiy usul yordamida amalga oshiriladi. Tarmoqda 6.2 – rasmda ko'rsatilgandek o'zgaruvchan uzunlikka ega bo'luvchi strukturali paket ishlatiladi.



6.2 – rasm. Ethernet tarmog'ida uzatiluvchi paketining tuzulishi va uning xajmiy miqdori (bayt)

Ethernet kadr uzunligi (ya'ni priambulasiz paket) 512 bitli oraliqdan kam bo'lmasligi kerak, yoki 51,2 mks (xuddi shu kattalik signalni tarmoqdan borib kelish vaqtiga tengdir). Manzillashning shaxsiy, guruhli va keng tarqatish usullari ko'zda tutilgan. Ethernet paketi quyidagi maydonlarni o'z ichiga olgan:

- 8 bitni priambula tashkil qiladi, ulardan birinchi ettitasini 1010101 kodi tashkil qiladi, oxirgi sakkizinchisini 10101011 kodi tashkil qiladi. IEEE 802.03 standartida bu oxirgi bayt kadr boshlanish belgisi deb yurutiladi (SFD – Start of Frame Delimiter) va paketni alohida maydonini tashkil qiladi.

- Qabul qiluvchi manzili va jo'natuvchi manzili 6 baytdan tashkil topgan bo'lib 3.2 bobda yozilgan standart ko'rinishda bo'ladi. Bu manzil maydonlari abonent qurilmasi tomonidan ishlov beriladi.

- Boshqarish maydonida (L/T-Length/Type) axborot maydonining uzunligi haqidagi ma'lumot joylashtiriladi. U yana foydalanayotgan protokol turini belgilashi mumkin. Agarda bu maydon qiymati 1500 dan kam bo'lsa u holda axborotlar maydonining uzunligini ko'rsatadi. Agarda 1500 dan katta bo'lsa u holda kadr turini ko'rsatadi. Boshqarish maydoni dastur tomonidan ishlov beriladi.

- Axborotlar maydoniga 46 baytdan 1500 baytgacha axborot kirishi mumkin. Agarda paketda 46 baytdan kam axborot bo'lsa, axborotlar maydonining qolgan qismini to'ldiruvchi baytlar egallaydi. IEEE 802.3

standartiga ko'ra paket tarkibida maxsus to'ldiruvchi maydon ajratilgan (pad data), agarda axborot 46 baytdan uzun bo'lsa to'ldiruvchi maydon 0 uzunlikka ega bo'ladi.

- Nazorat bitlar yig'indisining maydoni (FCS – Frame Check Sequence) paketning 32 razryadli davriy nazorat yigindisidan iborat (CRC) va u paketning to'g'ri uzatilganligini aniqlash uchun ishlatiladi.

Shunday qilib, kadrning minimal uzunligi 64 baytni (512 bit) tashkil qiladi (priambulasiz paket). Aynan shu kattalik tarmoqdan signal tarqalishini ikki xissa ushlanish maksimal qiymatini 512 bit oralig'ida aniqlab beradi (Ethernet uchun 51,2mks, Fast Ethernet uchun 5,12mks).

Turli tarmoq qurilmalaridan paketning o'tishi natijasida priambula kamayishi mumkinligini standart nazarda tutadi va shuning uchun uni xisobga olinmaydi. Kadrning maksimal uzunligi 1518 bayt (12144 bit, ya'ni 1214,4 mks Ethernet uchun, Fast Ethernet uchun esa 121,44 mks). Bu kattalik muhim bo'lib, uni tarmoq qurilmalarining bufer xotira qurilmalarining sig'imini xisoblash uchun va tarmoqning umumiy yuklamasini baxolashda foydalaniladi.

10 Mbit/s tezlikda ishlovchi Ethernet tarmog'i uchun standart to'rtta axborot uzatish muxitini aniqlab bergan:

- 10 BASE 5 (qalin koaksial kabel);
- 10 BASE 2 (ingichka koaksial kabel);
- 10 BASE-T (o'ralgan juftlik);
- 10 BASE-FL (optik tolali kabel);

Uzatish muxitini rusumlash 3 elementdan tashkil topgan bo'lib: «10» raqami, 10 Mbit/s uzatish tezligini bildiradi, BASE so'zi yuqori chastotali signalni modulyatsiya qilmasdan uzatishni bildiradi, oxirgi element tarmoq qismini (segmentini) ruxsat etilgan uzunligini anglatadi: «5» -500 metrni, «2» - 200 metrni (aniqrogi, 185 metrni) yoki aloqa yo'lining turini: «T» – o'ralgan juftlik (twisted pair, vitaya para), «F» – optik tolali kabel (fiber optic, optovolokopnyy kabel).

Xuddi shuningdek 100 Mbit/s tezlik bilan ishlovchi Fast Ethernet uchun ham standart uch turdagi uzatish muxitini belgilab bergan:

- 100 BASE – T4 (to'rttali o'ralgan juftlik);
- 100 BASE – Tx (ikkitali o'ralgan juftlik);
- 100 BASE – Fx (optik tolali kabel).

Bu erda «100» soni uzatish tezligini bildiradi (100 Mbit/s), «T» - harfi o'ralgan juftlik ekanini ko'rsatadi, «F» - harfi optik tolali kabel ekanini anglatadi.

100BASE-Tx va 100BASE-Fx rusumidagi kabellarni birlashtirib 100BASE-X nom bilan yuritiladi, 100BASE-TX larni esa 100BASE-T deb belgilanadi. Bu erda biz aytib o'tishimiz kerakki Ethernet tarmog'i optimal algoritmi bilan ham, yuqori ko'rsatkichlari bilan ham boshqa standart tarmoq ko'rsatkichlaridan ajralib turmaydi. Lekin yuqori standartlashtirilganlik darajasi bilan, texnik vositalarini juda ko'p miqdorda ishlab chiqarilishi bilan, ishlab chiqaruvchilar tomonidan kuchli qullanishi sharofati tufayli boshqa standart tarmoqlardan Ethernet tarmog'i keskin ajralib turadi va shuning uchun ham har qanday boshqa tarmoq texnologiyasini aynan Ethernet tarmog'i bilan solishtiriladi.

6.3. MAC-adres tushunchasi va uning qo'llanilishi

MAC adreslar fizik dareslar lokal tarmoqda qurilmalarni noyob idintifikatori hisoblanadi. Bitta qurilma uchun noyob xisoblanib boshqa bir qurilmada takrorlanmaydi. Bu adres qurilmaga zavodda ishlab chiqarilish mobaynida uning doimiy xotirasiga (energiyaga bog'liq bo'lmagan xolda ishlovchi) yoziladi va u o'zgarmaydi. Masalan tarmoq kartalari yoki mashrutizatorlarning portlariga.

Abbreviatura MAS abbreviaturasi (qisqartmasi) ingliz tilidan olingan bo'lib Media Access Control – kirishni nazoratlash vositasi ma'nosini anglatadi.

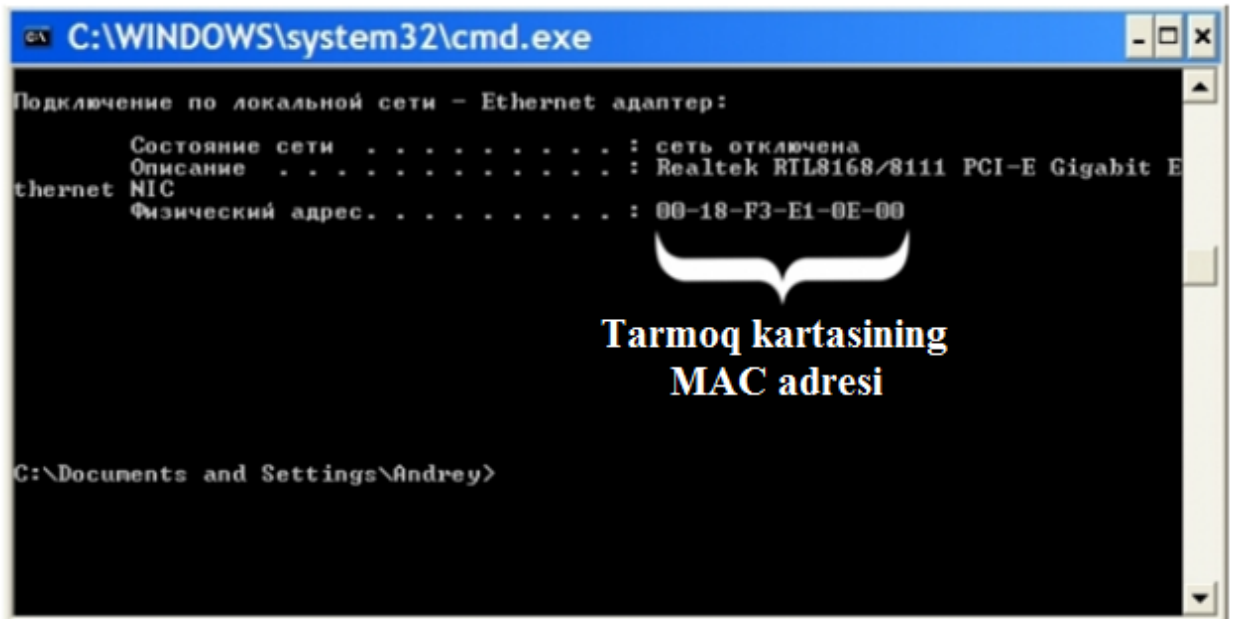
6.3.1.MAC adres strukturasi.

Bu fizik adres 6 baytdan iborat. Uni o'n oltilik sanoq tizimida ifodalash mumkin va quyidagi formatda yozish mumkin: 00-aa-00-64-c8-09 yoki 00:aa:00:64:c8:09. Har bir baytlar bir biridan devis yoki ikki nuqta bilan ajratiladi. Buning sababi adres ko'rinishidan yaqqol esda qolish va tushinishga oson bo'lishi uchun.

MAC adresning dastlabki uch bayti OUI (Organizational Unique Identifier) – ya'ni, tashkilotning noyob adresi deb nomlanadi. Ya'ni bu dastlabki 3 bayt ishlab chiqaruvchiga tegishli xisoblanadi va ma'lum bir ishlab chiqaruvchiga tegishli barcha tarmoq qurilmalarining MAC adreslarini dastlabki u bayti bir xil bo'ladi. Keyingi uch bayti esa aynin bitta qurilmaning idintifikatori bo'lib u qurilmani ishlab qicharish vaqtida zavodda yoziladi. Bu qismi shu bir ishlab chiqaruvchining qurilmalarida takroriy bo'lmaydi, ya'ni bitta ishlab chiqaruvchi tomonidan ishlab chiqarilgan qurilmaning MAC adresini oxirgi uch bayti noyob o'ladi. Shuni e'tiborga olish kerakki MAC adres bu kompyuterning emas balki undagi tarmoq kartalarining fizik adresidir. Demak bir kompyuter turli MAC adreslar orqali turli tarmoqlarga ulanishni amalga oshirishi mumkin.

Ulanishi lozim bo'lgan tarmoqning hususiyatlariga, masalan ulanishdagi muhit, ulanish protokollari, umumiy qili aytganda texnologiyasiga mos ravishda tarmoq kartalasi simsiz, o'rama juftli mis kabelli, optik kabelli bo'lishi mumkin. Bir kabel bir vaqtda bir necha tarmoq kartalariga ega bo'lishi mumkin. Bu holatda u bir nech MAC adreslar orqali tarmoqga ulana oladi.

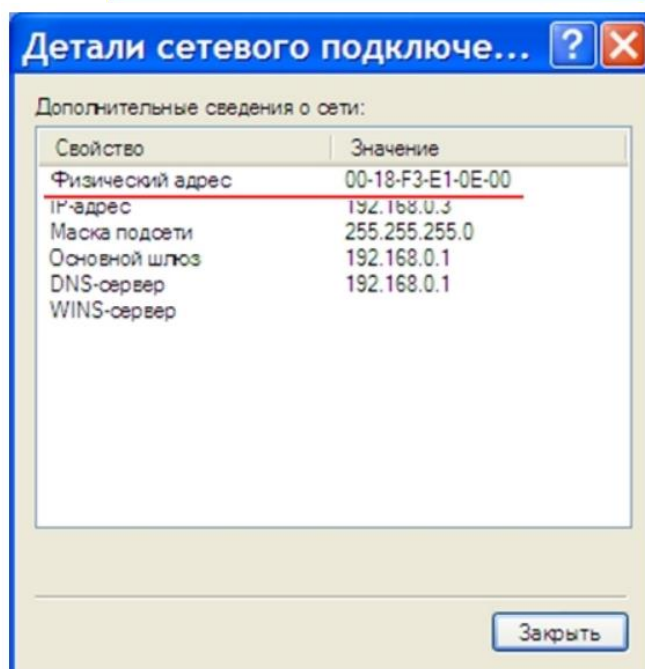
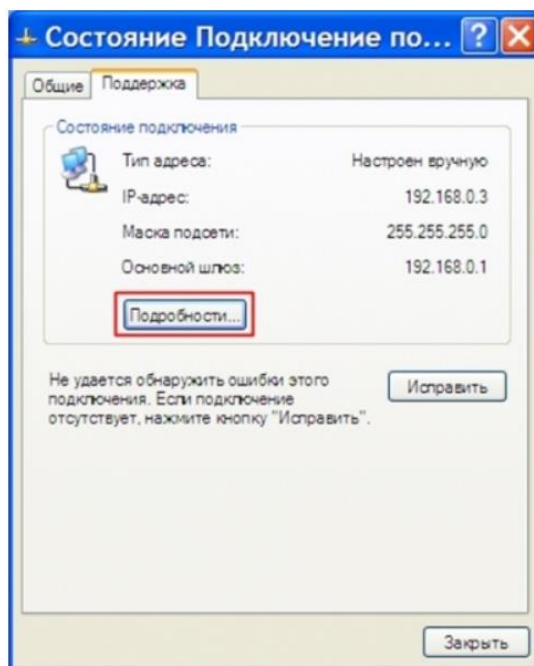
Ixtiyoriy kompyuterning tarmoq kartasining MAC adresini ko'rish uchun Windows operatsion tizimining komandalar qatoriga kirish va u Yerga "ipconfig -all" komandasini kiritish lozim. Faqat qo'shtirnoqsiz albatta.



6.3-rasm. Windows komandalar qatorida MAC adresini ko`rish

Yuqoridagi rasmda ulanishning nomlanishini va tarmoq kartasining MAC adresini ko`rish mumkin.

Agar tarmoqga ulanish aktiv xolatda turgan bo`lsa uning belgisiga ikki marta cherting va ochilgan oyning "Podderjka" bandiga o`ting. So`ngra MAC adresni bilish uchun ushbu oynadagi "Podrobnosti" tugmasini bosish lozim.



6.4 – rasm. Windows tarmoq ilovasida MAC adresini ko`rish

Paydo bo'lgan dialog oynasida birinchi qatorda ushbu ulanishni amalga oshiruvchi tarmoq kartasining MAC adresi aks ettiriladi.

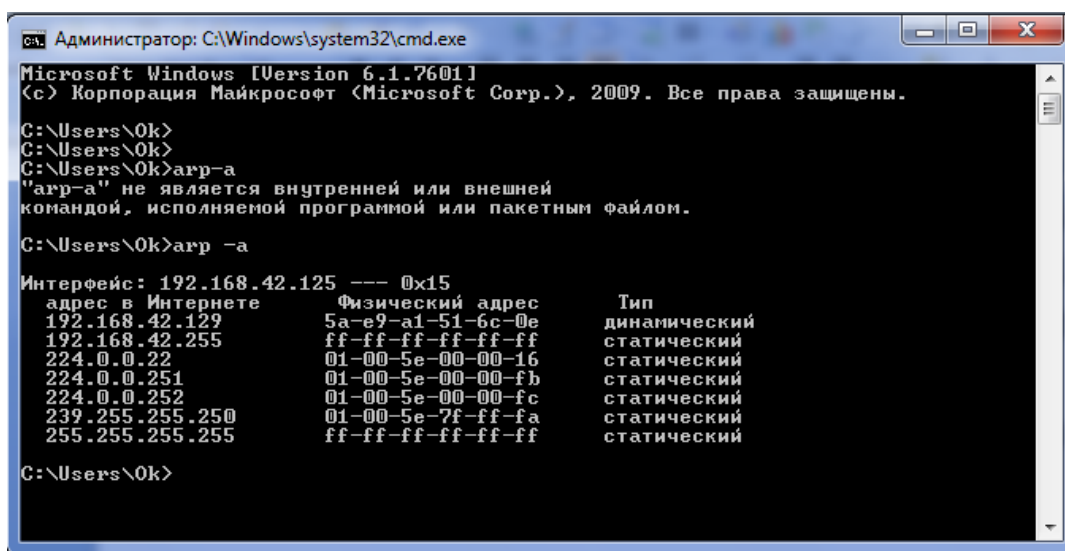
6.3.2. Tarmoq faoliyatni amalga oshishida MAC adresning ahamiyati

Tarmoq faoliyatini tashkil qilishda tarmoq qurilmalariga IP adreslar mantiqiy adreslar xisoblanadi va ularni betakror xolda ixtiyoriy berrilishi mumkin, ammo MAC adresi appara adresi va doimiydir. Aynan shu adres lokal tarmoqda qurilmalar o`rtasida ma'lumot almashinishini ta'minlaydi.

Agar OSI o‘zaro xamkorlik modeli nuqtai nazaridan tushuntiriladigan bo‘lsa MAC adresi kanal satxidagi tarmoq protokollaridan foydalanadi.

Uzatuvchi kompyuter paketni qabul qiluvchi biror kompyuterga uzatishidan oldin albatta qabul qiluvchi kompyuterning fizik (ya'ni MAC) adresini bilishi lozim. Lokal tarmoqda ishlovchi har bir kompyuter o‘zi ulangan lokal tarmoqqa ulangan tarmoq qurilmalarining fizik adreslarini ARP jadval ko‘rinishida saqlaydi zarur bo‘lganda MAC adreslani o‘sha jadvaldan oladi. Har bir tarmoq interfeysi uchun aloxida ARP jadqali bo‘ladi.

ARP jadvalda ikkita ustun mavjud bo‘lib ularning birinchisida IP adreslar, ikkinchisida esa ularga mos MAC adreslar yoziladi. Agar jadvalda biror IP ga mos MAC adres yozilmagan bo‘lsa u xolda tarmoqqa ARP (Address Resolution Protocol) xizmat protokoli yordamida keng tarqalishli maxsus so‘rov signali uzatiladi. Bunga javoban so‘rov signalidagi IP adresli tarmoq qurilmasi o‘rnatilgan kompyuter o‘zidagi ushbu tarmoq qurilmasining MAC adresi xaqidagi ma'lumotni jo‘natadi. Qachonki talab qilingan MAC adres xaqida ma'lumot olinib uni jadvalga yozilgandan keyingina paketlarni uzatilishi amalga oshadi. Agar bu mantiqiy IP adresga mos MAC adres topilmasa, u xolda tarmoqda bu IP adresli qurilmaga paketlar uzatilmaydi. Kompyuterdagi Windows kamandalar qatori orqali barcha ARP jadqallarni ko‘rish uchun komandalar qatoriga “arpa” komandasi kiritiladi va Enter tugmasi bosiladi. Shunda ARP jadvali xosil bo‘ladi.



```
Администратор: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
(c) Корпорация Майкрософт (Microsoft Corp.), 2009. Все права защищены.
C:\Users\Ok>
C:\Users\Ok>
C:\Users\Ok>arp-a
"arp-a" не является внутренней или внешней
командой, исполняемой программой или пакетным файлом.
C:\Users\Ok>arp -a
Интерфейс: 192.168.42.125 --- 0x15
  адрес в Интернете      Физический адрес      Тип
192.168.42.129          5a-e9-a1-51-6c-0e     динамический
192.168.42.255          ff-ff-ff-ff-ff-ff     статический
224.0.0.22              01-00-5e-00-00-16     статический
224.0.0.251             01-00-5e-00-00-fb     статический
224.0.0.252             01-00-5e-00-00-fc     статический
239.255.255.250         01-00-5e-7f-ff-fa     статический
255.255.255.255         ff-ff-ff-ff-ff-ff     статический
C:\Users\Ok>
```

6.5-rasm. Windows komandalar qatorida ARP jadvalini ko‘rish

ARP jadvalidagi qaydlar statik yoki dinamik bo'lishi mumkin. Dinamik qaydlar ARP protokoli yordamida amalga oshirilgan so'rovlardan keyin qo'shiladi. Jadvaldagi eski, anchadan buyon murojaat qilinmagan adresli qaydlar asta sekin jadvaldan o'chirilib boriladi. Statik qaydlar administratori tomonidan "arp -s IP-adres MAC-adres" formatdagi komanda bilan kiritiladi.

Masalan, "arp -s 158.56.85.210 00-aa-00-64-c8-09". Statik qaydlar jadvalda doimiy turadi va qachonki ular administrator tomonidan o'chirilmaguncha.

MAC adres nafaqat ma'lumotlar uzatishda muhim ahamiyatga ega, balki tarmoq foydalanuvchilarining tarmoq resurslaridan foydalanishlarini nazorat qilish uchun ham qo'llaniladi. Masalan, simsiz Wi-Fi tarmog'iga ulanishni nazoratlash maqsadida foydalanuvchilarni MAC adreslariga bog'liq ravishda guruhlarga ajratish va alohida guruglar uchun alohida ulanish siyosatlarini qo'llash mumkin.

6.4. Ethernet texnologiyasining turlari

Ethernet texnologiyasining ma'lumot uzatish tezligiga va uzatish muxitiga bog'liq ravishda bir necha turlari mavjud. Uzatishning usuliga bog'liq bo'lmagan xolda quyida sanab o'tiladigan Ethernetning barcha quyida sanab o'tiladigan variantlarida bir xil tarmoq protokoli steki va dastrulari ishlaydi. Ushbu bo'limda Ethernet texnologiyasining barcha rasmiy mavjud variantlari ko'rib o'tiladi. Bir qator sabablarga ko'ra bazi tarmoq qurilmalari ishlab chiquvchilar asosiy standartlarga qo'shimcha sifatida boshqa uzatish muxitlaridan ham foydalanish kerakligini tavsiya qiladilar. Bu albatta tarmoqdagi ulanuvchi qurilmalar ulanish masofasini ortirish maqsadida. Masalan optik toalalardan foydalangan xolda. Ko'p sonidagi Ethernet kartalar boshqa tarmoq qurilmalari tezlikni va duplekslikni avtomatik aniqlash asosida bir necha xil ma'lumot uzatish tezliklarini qo'llab-quvvatlaydilar. Bu ikki qurilma o'rtasida eng samarali ulanishni ta'minlash maqsadida qo'llaniladi. Agar avtomatik aniqlash amalga oshmasa, u xolda ma'lumot uzatish tezligi tarmoqdagi ikkinchi tomondagi qurilma tomonidan o'rnatiladi va bunda yarim dupleksli rejimga o'tiladi. Masalan, qurilmada Ethernet 10/100 porti bo'lsa, u xolda bu port orqali 10BASE-T va 100BASE-TX standartlari bo'yicha, agar Ethernet 10/100/1000 porti bo'lsa, u xolda bu port orqali 10BASE-T, 100BASE-TX va 1000BASE-T standartlari bo'yicha ulanishni amalga oshirish mumkin.

6.4.1. Ethernet texnologiyasining dastlabki standartlari

Xerox Ethernet — Original standart bo‘lib ma‘lumot uzatish tezligi 3Mbit/s. Bu standartning ikki Version 1 va Version 2 versiyasiyalari mavjud va oxirgi versiya‘ning kadr formati xaligacha qo‘llanilib kelinadi.

10BROAD36 — bu standarti keng qo‘llanilmagan. Uzoq masofaga aloqa o‘rnatishga imkon beruvchi birinchi standartlardan biri. Keng poloslai modulyatsiya qo‘llanilgan xolda ma‘lumotlarni koaksial kabellardan foydalangan xolda uzatishni ko‘zda tutgan.

10BASE5 — bu standart shuningdek StarLAN nomi bilan ham mashxur bo‘lib Ethernet texnologiyasining o‘rama juftli kabellardan foydalanuvchi birinchi standartidir. Ma‘lumot uzatish tezligi 1 Mbit/s bo‘lgan ammo keng tijoriy qo‘llanishga ega bo‘lmagan.

6.4.2. Ma‘lumot uzatish tezligi 10 Mbit/s tezlikli Ethernet standartlari

10BASE5, IEEE 802.3 (shuningdek «semiz Ethernet» deb nomlangan) —10 Mbit/s tezlikda ma‘lumot uzatishni amalga oshira oluvchi dastlabki standart. Bunda to‘lqin qarshiligi 50 Om (RG-8) bo‘lgan koaksial kabellardan foydalanish ko‘zda tutilgan va aloqa o‘rnatish masofasi 500 m gacha bo‘lgan.

10BASE2, IEEE 802.3a (shuningdek «ingichka Ethernet» deb nomlangan) —RG-58 kabelidan foydalanib aloqa masofasi 200 m ni tashkil qiluvchi standart. Kompyuterlar T-konnektorga ega bo‘lishlari, kabellar esa BNC-konnektoriga ega bo‘lishlari lozam bo‘lgan. Tarmoqning har oxiriga terminatorlar o‘rnatish zarur bo‘lgan. Ko‘p yillar davomida bu standart Ethernet texnologiyasining asosiy standartlaridan biri bo‘lgan.

StarLAN 10 — ma‘lumotlar uzatish tezligi 10 Mbit/s bo‘lgan mis o‘rama juftli kabellardan foydalanishni ko‘zda tutgan dastlabki standart. Keyinchalik 10BASE-T standarti ishlab chiqilgan.

10BASE-T, IEEE 802.3i — Aloqa uchun ikki juftlikdagi o‘rama juft qo‘llaniladi (3 yoki 5- kotigoriya). Maksimal aloqa masofasi 100 m.

FOIRL — (Fiber-optic inter-repeater link). Optik kabellar asosidagi Ethernet ning bazaviy standarti. Maksimal aloqa tashkil eitsh masofasi 1 km.

10BASE-F, IEEE 802.3j — 10 Mbit/s tezlikda ma‘lumotni 2 km ga uzatishni ta‘minlovchi asosiy termin: 10BASE-FL, 10BASE-FB va

10BASE-FP. Sanab o‘tilganlardan faqat 10BASE-FL variantigina keng qo‘llanilishga ega bo‘lgan.

10BASE-FL(Fiber Link)— FOIRL standartining takomil-lashgan versiyasi. Aloqa masofasi 2 km gacha oritirilgan.

10BASE-FB (Fiber Backbone) — Bu standart magistral tamroqlarda kuchaytirgichlar orasida qo‘llanilgan va hozirda qo‘llanilmaydi.

6.4.3. Tezkor Ethernet (100 Mbit/s) yoki (Fast Ethernet)

100BASE-T — 100 Mbit/s li ethernetning umumiy nomlanishi. Standartdagi T xarfi bu standartda mis o‘tkazgichli o‘rama juft kabellaridan foydalanish ko‘zda tutilganini anglatadi. Segmentning uzunligi 200-500 metrni tashkil qiladi. Bu standart quyidagi variantlarga bo‘linadi: 100BASE-TX, 100BASE-T4 i 100BASE-T2.

100BASE-TX, IEEE 802.3u — 10BASE-T standartining birinchi varianti bo‘lib 5-kotigoriyali o‘rama juftli kabelning 2 juftidan foydalangan xolda 100 mbit/s gacha ma'lumot uzatish tezligini ta'minlay oladi. Hozirda eng keng qo‘llanilishga ega.

100BASE-T4 — 100 MBit/s li Ethernet standarti bo‘lib, 3-kotigoriyadagi kabelning 4 ta juftidan foydalanadi. Ma'lumot uzatish yarim dupleks rejimda amalga oshiriladi va hozirgi kunda deyarli qo‘llanilmaydi.

100BASE-T2 — 100 Mbit/s li Ethernet standarti bo‘lib 3 – kotigoriyali kabelning 2 juftligidan foydalnadi. Bir yo‘nalishda ma'lumot uzatish tezligi 50 Mbit/s ni tashkil qiladi. Bugungi kunda deyarli qo‘llanilmaydi.

100BASE-FX — 100 Mbit/s li Ethernet texnologiyasi bo‘lib, optik aloqa kabellaridan foydalanishga asoslangan. Ko‘p moddali tolalardan foydalanilganda 2 km, bir modali toladan foydalanilganda 32 km gacha masofada aloqa tashkil qilish mumkin.

6.4.4. Gigabit Ethernet

1000BASE-T, IEEE 802.3ab — 1Gbit/s li Ethernet standarti. 5 chi yoki 6 chi kotigoriyadagi kabellardan foydalanish ko‘zda tutilgan. Ma'lumot uzatish jarayonida 4 ta juftliklarning hammasi qo‘llaniladi. Ma'lumot uzatish tezligi 250 Mbit/s ga yetadi.

1000BASE-TX — Faqat 6- kotigoryadagi o‘rama juftlikdagi kabellardan foydalanishga asoslangan 1 Gbitli Ethernet standarti. Deyarli qo‘llanilmaydi.

1000BASE-SX, IEEE 802.3z — 1 Gbit/s li Ethernet standarti bo‘lib ko‘p modali optik tola asosida 550 metrgacha masofaga kuchaytirgichsiz aloqa tashkil qila oladi.

1000BASE-LX, IEEE 802.3z — 1 Gbit/s li Ethernet standarti bo‘lib ko‘p modali tola asosida 550 metr, bir moddali tola asosida 10km gacha aloqa tashkil qila oladi.

1000BASE-CX — Gigabit Ethernet standarti bo‘lib maxsus to‘lqin qarshiligi 150 Om bo‘lgan ekranlangan (STP) o‘rama juftli kabeldan foydalanib aloqa masofasini 25 kmgacha yetkazadi. Xozirda qo‘llanilmaydi.

1000BASE-LH (Long Haul) — 1 Gbit/s li Ethernet standarti bo‘lib aloqa masofasi 100 km gacha.

6.4.5. Ma'lumot uzatish tezligi 10 Gigabit Ethernet

Ma'lumot uzatish tezligi 10 Gbit/s bo‘lgan Ethernet texnologiyasi LAN, MAN va WAN tarmoqlari uchun yettita standartni o‘z ichiga oladi.

10GBASE-CX4 — 10 Gigabit Ethernet standarti 15 kmnacha aloqa tashkil qilishda SX4 turidagi mis kabeldan va InfiniBand konnektoridan foydalandi.

10GBASE-SR — 10 Gigabit Ethernet standarti qisqa masoli aloqani tashkil qilish uchun (kabel turiga bog‘liq ravishda 26 yoki 82 metrgacha) ko‘p modali optik tolalardan foydalanishga asoslangan. U shuningdek yangi turdagi optik kabeldan foydalangan xolda 300 metrgacha masofada aloqani ta'minlashi mumkin.

10GBASE-LX4 — WDM texnologiyasidan foydalanib ko‘p modali tolalar asosida 300metrgacha, bir modali tolalardan foydalangan xolda 10 km gacha aloqa tashkil qila oladi.

10GBASE-LR va 10GBASE-ER — bu standartlar 10 va 40 kmgacha masofada aloqani tashkil qila oladi.

Nazorat savollari

1. Ethernet texnologiyasining rivojlanish bosqichlari.
2. Fast Ethernet texnologiyasining avvalgi standartlardan asosiy farqi.
3. Fast Ethernet texnologiyasi fizik sathi spetsifikatsiyalari.
4. Texnologiya'ning fizik sathi elementlari.

5. Fast Ethernet tarmog'ining I-sinf takrorlovchilari yordamida qurilgan varianti qanday tuzilishga ?
6. MAC adresning tarmoq faoliyatidagi ahamiyati qanday?
7. MAC adresning IP adresdan asosiy farqlari qanday?
8. Tarmoq kartalariga MAC adreslar qanday yoziladi?
9. Ethernet texnologiyasining mis o'rama juftli kabellar bilan ishlashga mo'ljallangan qanday standartlari mavjud?
10. Ethernet texnologiyasining koaksial kabellar bilan ishlashga mo'ljallangan qanday standartlari mavjud?
11. Ethernet texnologiyasining mis optik kabellar bilan ishlashga mo'ljallangan qanday standartlari mavjud?
12. Ethernet texnologiyasi asosida maksimal qancha masogada aloqa tashkil qilish mumkin?

7-BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARDA TAQDIM ETILUVCHI XIZMATLAR

7.1. Keng polosali tarmoqlar orqali taqdim etiluvchi zamonaviy xizmatlar

Keng polosali kirish tarmog'idan foydalangan holda, telekommunikatsiya operatori abonentga turli xil xizmatlar taqdim etishi mumkin, ular orasida asosiy xizmatlar quyidagilar:

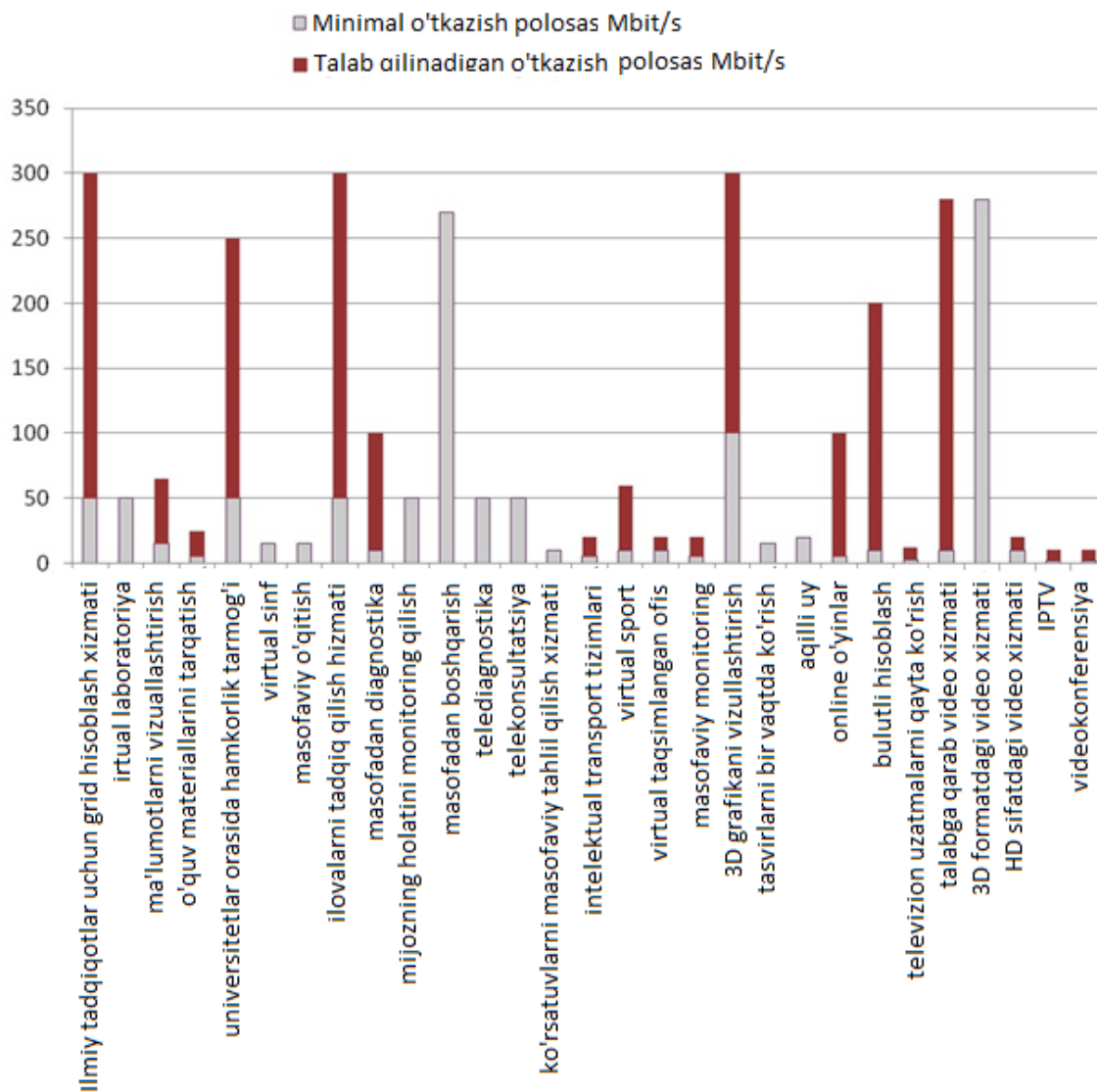
- Yuqori tezlikdagi Internetga ulanish;
- SIP telefoniya;
- Interaktiv televizor.

Ushbu xizmatlar “Triple Play” to'plamida taqdim etiladi. “Keng polosali xizmatlar” atamasidan foydalanganda abonentlarning ko'pchiligi odatda yuqorida ko'rsatilgan xizmatlar ro'yxatini tushunadi.

Bugungi kunda “Quad Play” xizmatini taqdim etishni tezkorlik bilan rivojlantirmoqda. Bu fiksatsiyalangan (qo'zg'almas) telefon aloqasi, keng polosali kirish, televideniya va mobil aloqa xizmatlarini o'z ichiga oladi. Strategy Analytics analitik kompaniyasi hisobotida e'lon qilingan ma'lumotlarga ko'ra, 2016-yilda AQShda uy xo'jaliklarining 13 foizi ushbu paketga ulangan. Ushbu prognozga ko'ra, “Quad Play” xizmatiga ulangan abonentlar ulushi bugungi kunga nisbatan 4 barobar ortadi. Strategy Analytics tahlilchilarining so'zlariga ko'ra, “Quad Play” xizmat

paketlari kelgusi besh yil mobaynida Triple Play xizmat paketlariga nisbatan ko'proq mashhur bo'ladi.

Iqtisodiy hamkorlik va taraqqiyot tashkiloti (OECD) o'zining “Milliy keng polosali rejalar” hisobotida keng polosali kirish xizmatlar va ushbu xizmatlarni eng yuqori sifatda taqdim etish uchun kerakli polosai kengligi nisbatlarini ko'rsatadigan diagramma taqdim etdi (7.1-rasm). Shuni yodda tutish lozimki, bu keng polosali kirishning barcha imkoniyatlari emas.



7.1-rasm. Xizmatlarni taqdim etish uchun zarur bo'lgan tarmoqning polosai kengligi

Endi, OECD tomonidan taqdim etilgan keng polosali kirish xizmatlarini bir nechta izoh bilan ko'rib chiqamiz:

- Ilmiy tadqiqot uchun grid hisoblash "virtual superkompyuter" xizmati - klaster sifatida ifodalanadigan tarqalgan hisoblash shakli bo'lib, kata miqdordagi ishlarni (operatsiyalarni, ishlarni) bajarish uchun getorogen kompyuterlarni tarmoq oqrali birlashtirish nazarda tutiladi. Ushbu texnologiya sezilarli kuchli hisoblash resurslarini talab qiladigan ilmiy, matematik muammolarni hal qilish uchun ishlatiladi. Grid hisoblash, shuningdek, iqtisodiy prognozlash, seysmik tahlil, yangi dorilar xususiyatlarini ishlab chiqish va o'rganish kabi vazifalarni hal qilish uchun tijorat infrastrukturasida ishlatiladi;
- virtual laboratoriya - matematik modellar va boshqa imitatsion reallikga asoslangan to'liq dasturiy mahsulotlar uchun qo'llaniladigan ta'limda qo'llaniladi;
- ma'lumotlar vizuallashtirish - eksperimental ma'lumotlarning taqdimoti yoki grafikalar, jadvallar, xaritalar va boshqa shakllardagi nazariy ish natijalarini taqdim etish;
- O'quv materiallarini raqamli shaklda tarqatish, o'quv jarayonida ishlatiladigan raqamli ma'lumotlar to'plami sifatida tushuniladigan raqamli ta'lim resursini (CRA) yaratish usullaridan biri bo'lib, ular o'quv jarayoni uchun zarur bo'ladigan raqamli fotosuratlar, videokliplar, statik va dinamik virtual reality va interaktiv modellash obyektlari, kartografik materiallar, audio yozuvlar, ramziy obyektlar va biznes grafikalar, matnli hujjatlar va boshqa o'quv materiallari bo'lishi mumkin;
- Universitetlar o'rtasidagi hamkorlik, virtual sinflar, masofaviy ta'lim nogironligi bo'lgan odamlarga va shunga o'xshash ahvolda yashovchi aholi uchun ta'lim va muloqot qilish uchun ulkan imkoniyatlar yaratadi;
- Uzoqdan tashxis qo'yish - har qanday vaqtda dunyoning istalgan joyidan masofadan turib amaliyot va monitoringni o'tkazish qobiliyati;
- Bemorning ahvolini nazorat qilish uchun profilaktik telemeditsina usuli sifatida monitoring qilish usuli. Ayniqsa, tegishli axborot tizimlari doimiy monitoringni talab qiluvchi yurak va pnevmonologik bemorlar uchun;
- Telekonsultatsiya - bu masofa muhim omil bo'lgan tibbiy yordam xizmatlarini ko'rsatish usulidir. Xizmatlarni taqdim etish kasallikning tashxisi, davolash va profilaktikasi uchun zarur bo'lgan axborotni olganidan keyin axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalangan holda barcha tibbiy mutaxassislar vakillari tomonidan amalga oshiriladi;
- intellektual transport tizimlari - transportning barcha turlarini (individual, jamoat, yuk) boshqarish, transport vositalarini boshqarish

muammolarini hal qiladigan, mintaqadagi transport xizmatlarini tashkil etish to'g'risida fuqarolar va korxonalarni xabardor qilishni ta'minlaydigan bir-biriga bog'liq avtomatlashtirilgan tizimlar majmui;

- Virtual tarqatiladigan ofis - bu Internet tarmog'ining aloqa imkoniyatlaridan foydalanib, xodimlarni biznesni samarali o'tkazish imkonini beradigan muhit;
- uzoqdan monitoring qilish - tanlov sifatida - korxonalarda xavfsizlikni ta'minlashning yuqori darajasini ta'minlash, keng ko'lamli obyektlarni, shu jumladan neft va gaz quvurlarini, temir yo'llarni, aeroportlarni monitoringini ta'minlaydigan keng ko'lamli video kuzatuv tizimlarini yaratish;
- Aqilli uy - uyda yoki kvartirada turli muhandislik tizimlarini birlashtiradigan, avtomatlashtirilgan tizim. Masalan, foydalanuvchilarning uylarida o'rnatilgan "tarmoqqa ulangan" eshik qulflari yoki xavfsizlik kameralari kabi xavfsizlik tizimlari, xonadagi odamlarning yo'qligida yorug'lik va issiqlikni avtomatik ravishda yoqish yoki o'chirish orqali bevosita energiya'ni tejash, quvvatni saqlash tizimlari aqilli uyning elementlaridir. Yoki mavsumiy va ob-havo sharoitlariga bog'liq ravishda haroratni nazorat qilishni va foydalanuvchi ishtirokisiz foydalanuvchilarning xonalaridagi haroratni tartibga solish imkonini beradigan bulutli texnologiyaga asoslangan qurilmalar;
- bulutli hisoblash - oxirgi foydalanuvchilarga xizmatlardan masofaviy dinamik foydalanish, hisoblash resurslari va ilovalar (shu jumladan operatsion tizimlar va infratuzilma) orqali Internet tarmog'iga ulanish;
- talab bo'yicha video - har xil formatdagi multimedia serveridan kabelli tarmoq orqali televizor dasturlari yoki videofilmlaridagi abonentga individual yetkazib berish tizimi;
- IPTV abonentlarga raqamli televideniye xizmatlari, shuningdek, video-on-demand (VoD), ko'rsatuvlarning elektron dasturi, televizion elektron pochta, televizion tijorat, televizor orqali internetdan foydalanish kabi ko'ngilochar xizmatlarni taqdim etadi.
- Video konferensiyalar video-selektor uchrashuvlari, muhim tadbirlar va seminarlarni on-layn tarzda namoyish qilish, masofali filiallar va hududiy bo'linmalar faoliyatini tashkil etishga yordam beradi.
- Bundan tashqari, bugungi kunda juda keng tarqalgan keng polosali xizmatlar biri onlayn-o'yinlar bo'lib, unda HD-sifatli va 3D-formatdagi videolarni, yuqori aniqlikdagi tasvirlarni bir vaqtning o'zida ko'rish, 3D-grafikalar, virtual sport va masofadan nazorat qilish imkoni mavjud.

Keng polosali foydalana olish xizmatlarini rivojlantirishda juda muhim yo'nalish elektron hukumatdir. 2011 yilda davlat elektron xizmatlarini taqdim etish tizimidan foydalanishning burilish nuqtasi keldi. Hukumatning samaradorligini oshirishga bo'lgan o'sib borayotgan ehtiyoj, amaldagi davlat elektron platformalari va xizmatlarini, xususan, soliq hisobotini topshirish va qurilishga ruxsat olish uchun onlayn tizimlarni yanada kengroq tarqatish uchun kuchli turtki bo'ldi. Yaqin kelajakda barcha rivojlangan mamlakatlarda kamida bitta biznes jarayoni uchun davlat elektron xizmatlaridan foydalanadigan korxonalar soni o'rta hisobda 90% dan yuqori bo'lishi kutilmoqda (2010 yilda 75%). Xuddi shunday, rivojlangan mamlakatlarda bunday xizmatlardan foydalanadigan fuqarolarning soni kamida 10 foizga oshishi kutilmoqda.

Keng polosali kirishning asosiy afzalligi - yuklab olinadigan trafik miqdori bo'yicha cheklovlar yo'qligi. Bundan tashqari, u yuqori tezlik va ulanish ishonchligini ta'minlaydi, shuning uchun foydalanuvchi mijozlar keng polosali xizmatlarni ko'rsatishdagi yuqori yuklab olish tezligiga erishish uchun katta summani to'lashga tayyor.

"Point Topic" kompaniyasining tahlilchilari Keng polosali kirish tarmoqlarida qo'shimcha xizmatlar (VoIP, IPTV va h.k.) taqdim etishdan tushgan daromadlarning o'sishini o'rganishdi. Internetda obuna narxi taxminan 37% ga oshganligi ma'lum bo'ldi. Internet tarmog'iga erkin ulanishning narxi tobora pasayib ketishiga qaramasdan, qo'shimcha xizmatlarning ulushi muntazam o'sib bormoqda. Dunyoda eng foydali xizmat VoIP xizmatlarini taqdim etishdir. Video xizmatlar ikkinchi o'rinda turadi. Bunga xavfsizlik bilan bog'liq xizmatlar (masalan, video nazorati) kiradi. Keyingi - onlayn o'yinlar, uy tarmog'i, musiqa va o'yinlar yuklab olish va nihoyat, uchinchi tomon kontent provayderlari tomonidan internet orqali ovozli xizmatlar - Skype va boshqalar.

Innovatsion xizmatlar orasida biz LTE tarmog'idagi avtomobillar o'rtasidagi o'zaro aloqa xizmatini ta'kidlashimiz mumkin. Ford tomonidan olib borilgan "Cooperative Card Extended" (CoCarEX) tadqiqot loyihasi LTE tarmoqlari avtomagistrallarda avtomashinalar bilan birgalikda ishlashga mosligini ko'rsatdi. CoCarEX loyihasi Ford tomonidan 2009 yilda avtomatlashtirilgan tizimlar va infratuzilmani rivojlantirish maqsadida ishlab chiqilgan, bu esa real vaqtdagi transport vositalari bir-birlari bilan yo'llardagi xatarlar, avtoyo'llarni "yuklash" va boshqalar bilan bo'lishish imkonini beradi. CoCarEX loyihasining natijalari 2011 yil 25 may kuni Germaniya'ning Dyusseldorf shahrida Vodafone operatorining LTE tarmog'ida namoyish etilgan LTE tarmoqlarida

kechikish miqdori ancha past ekanligini ko'rsatdi, bu esa avtoulov egalarining yo'llarda haydashda tezlik bilan harakat qilishiga imkon beradi. 7.2-rasm).



7.2 –rasm. LTE tarmog'i asosida avtomashinalar o'rtasidagi o'zaro aloqa

Sinov jarayonida favqulodda tormoz manevrasini bajarayotganda, Ford S-Maks boshqa bir Ford S-Maksga ogohlantirish signalini darhol etkazdi. 100 ms dan kam bo'lgan vaqtda signalning uzatish va qabul qilishni amalga oshirilishi samarali yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash uchun etarli deb hisoblanadi. Ikkala avtotransport vositasiga ham standart transport-trafik xatlari yuborilganligi ham ko'rsatildi. Ford vakilining so'zlariga ko'ra, avtomobillar bir xil tilda gapirishga qodir va bu, eng muhimi, avtoulov egalarini yo'lda himoya qilishi mumkin.

Keng polosali kirish tarmog'idan foydalanib, telekom operatori abonentga turli xil xizmatlar taqdim etishi mumkin, ulardan asosiylari yuqori tezlikdagi internet, SIP telefoniya va interfaol televidenie. Ushbu xizmatlar "Triple Play" to'plamida taqdim etiladi. Bugungi kunda "Quad Play" xizmatini taqdim etishni tezkorlik bilan rivojlantirmoqda. Bu telefon aloqasi, Keng polosali kirish, televizor va mobil aloqa xizmatlarini o'z ichiga oladi.

7.2. Passiv optik keng polosali kirish tarmog'i orqali keng polosali hizmatlarni taqdim etish

Zamonaviy keng polosali kirish tarmoqlarida (BBA) xizmat ko'rsatish texnologiyasi tanlovi tarmoq operatorini rivojlantirish va ishlatish uchun operatorning kapital va operatsion xarajatlar miqdorini sezilarli darajada aniqlaydi. Bugungi kunda barcha operatorlar uchun yagona aloqa liniyasi orqali (Triple Play) - yuqori tezlikda Internetga ulanish, IP-televideniya (IRTV) va telefon aloqasi xizmatlari kabi uchta xizmatni foydalanuvchilarga taqdim etish asosiy modeldir.

Zamonaviy keng polosali kirish tarmoqlarida (BBA) xizmat ko'rsatish texnologiyasini tanlash muhim ahamiyatga ega, chunki u katta miqdorda operator kapitali va operatsion xarajatlarni aniqlaydi.

Bugungi kunda mamlakatimiz keng polosali kirish texnologiyalari orasida ADSL va FTTx (X nuqtasiga optik tolali) eng keng tarqalgan. FTTx ning ommabop variant bu operatorning optik tolali kabeli Ethernet kommutatorigacha olib boriladi va kommutatordan abonentlarga mis kabellar tortiladi. Ko'pgina hollarda, umumiy kanal - 1 Gbit / s, bu esa 24 ta abonent o'rtasida taqsimlanadi, ya'ni. Abonent kanalidagi ma'lumot uzatish tezligi ADSL texnologiyasiga qaraganda yuqori.

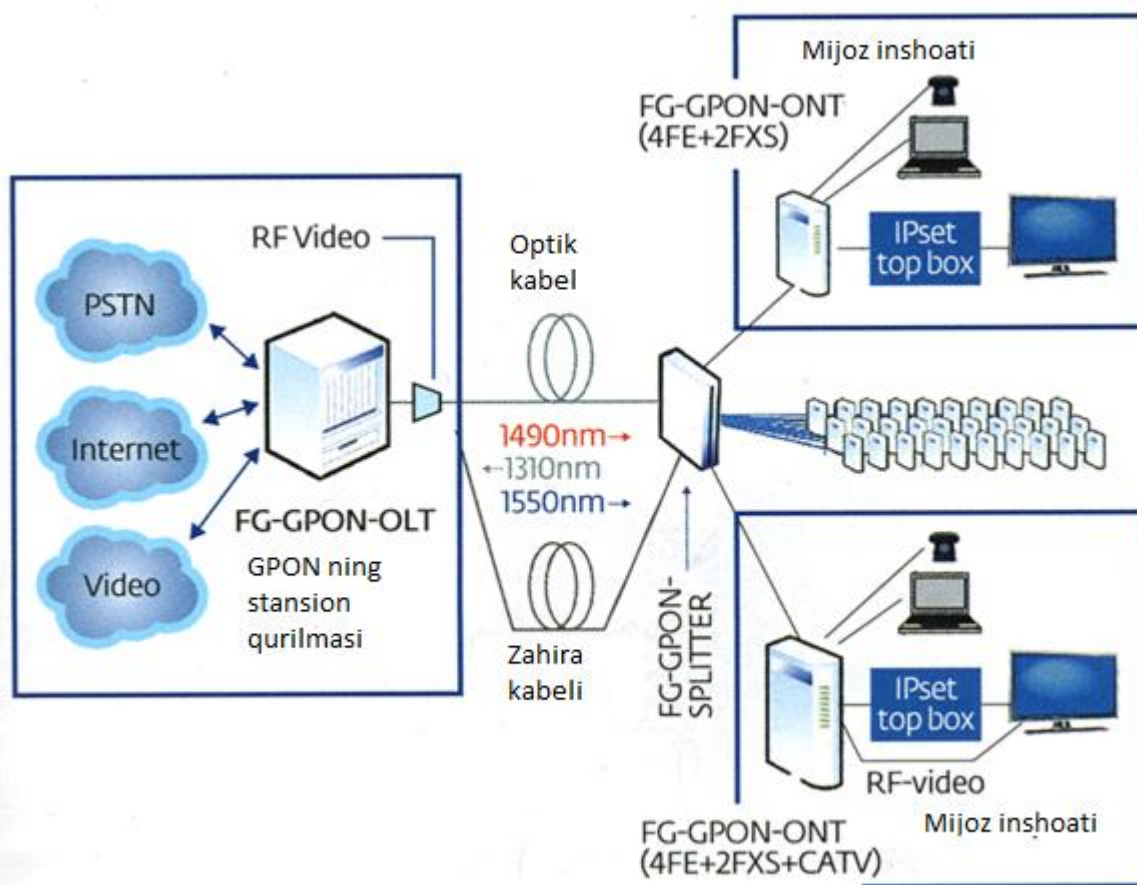
Keng polosali kirish tarmoqlarida yuqori aniqlikdagi signallarni uzatish uchun 6 dan 25 Mbit / s gacha, standart video uzatishlarni amalga shirish uchun esa 1-4 Mbit/s, 3D-videolarni uzatish uchun esa 30 Mbit / s dan ortiq bo'lgan tarmoq o'tkazish polosasi talab qilinadi.

FTTH texnologiyasini keng joriy etishning sabablaridan biri tarmoqni qurishning kam mablag' sarf-xarajati va buning natijasida sarf harajatlarning tezkor qoplash imkonidir. FTTX tarmoqlarini qurishda iqtisodiy samarali usullardan eng afzali bu PON texnologiyasidir.

PONga kirish taqsimlash tarmog'ida tarmoqli topologiya mavjud bo'lib, ular tugunlarda passiv optik ajratgichlar (bo'laklar) mavjud. Shu bilan birga, PON arxitekturasi, agar kerak bo'lsa, tarmoqdagi tugunlar sonini ko'paytirish va uning samaradorligini oshirishga imkon beradi.

PONning ikkita asosiy texnologiyasi mavjud: GEROM (Gigabit Etheret PON) va GRON. Ularning asosiy farqi asosiy protokollardir.

GPOM tarmog'i (7.3-rasm) abonent qurilmalari to'plamiga (ONT, Ortiq tarmoq terminali) bog'langan daraxtsimon optik tarmoqqa ulangan bitta stantsiya qurilmasini (OLT - Ortiq liniya terminal) ni o'z ichiga oladi. Faol optik tarmog'idan farqli o'laroq, tugunlar elektr ta'minot va xizmat ko'rsatishga muhtoj emas.



7.3-rasm. GPON tarmoqlarini qurish sxemasi

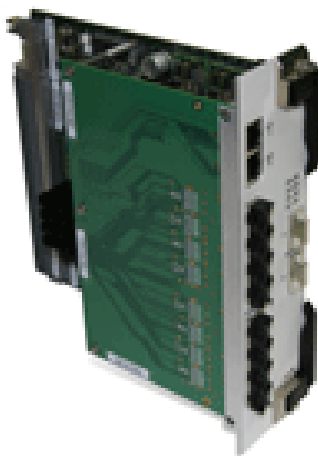
GPON tarmog'ini qurish uchun dunyoda ko'plab telekommunikatsiya qurilmalarini ishlab chiqaruvchilar takliflarini keltirish mumkin. Masalan Natex kompaniyasi. Natex kompaniyasi tomonidan taqdim etilayotgan uskunalarning asosiy afzalligi uning mustahkamligi hisoblanadi. Kompaniya passiv optik tarmoqlarni qurish uchun barcha jihozlarni taklif qiladi: OLT stantsiyasining qismi, alohida foydalanuvchilar uchun ONT ohirgi qurilmalari, ofislar uchun qurilmalar, ham ichki binolarda, ham tashqi qo'llash uchun qurilmalar seriyasi taqdim etiladi.

FG-GPON-OLT (7.4-rasm) stantsiya qismi qurilmasi o'zida ikkita boshqarish kartasini, ikkita uplink kommutatorli karta (abonent qurilmalaridan kelayotgan oqimlardagi time-slotslarni taqsimlash kartasi) va 10 tagacha GRON interfeyslari kartasini joylashtirish imkonini beradi. Barcha interfeyslar old panelda joylashgan, platalarni "issiq" almashtirish imkoni mavjud, boshqarish va kommutatsiya panellarini (1+1) sxemada zahiralash imkoni mavjud. Qurilma 12U,19 shassisida joylashgan, ikkita quvvat kirishiga ega. Shassing orqa tomonida ikkita 10 Gbps li (10GBE) ma'lumotlar uzatish shinalari va ikkita 1 Gbit / s gacha Ethernet (GBE) nazorat qilish shinalari (zahira uchun ikkita) mavjud.



7.4-rasm. FG-GPON-OLT stansiya OLT qurilmasi

FG-GPON-OLT-SWITCH-CARD kommutator kartasi (7.5-rasm) har xil platalardagi ikkilamchi zahiraa ega 28 Gbit / s ga bo'lgan kirish portlariga ega (2×10 Gbit / s va 8×1 Gbit / s), Shuningdek 10 Gbit/s li shina orqali har bir liniya interfeysi bilan bog'laydi. Ushbu karta 16 ming MAC manziliga, 4094 VLANga ishlov berish imkonini beruvchi yuqori quvvatli kommutatsion matrisa bilan jihozlangan.



7.5-rasm. FG-GPON-OLT-SWITCH-CARD platasi

7.3. XDSL-ga asoslangan keng polosali tarmoq xizmatlari

DSL texnologiyasi ham evolyutsion ravishda rivojlandi va bir nechta modifikatsiyaga ega. Bugungi kunda DSL texnologiyalarining eng istiqbolli va keng tarqalgan turlari haqida to'xtalamiz.

Zamonaviy dunyoda keng polosali xizmatlarning yaratilishiga nafaqat operatorlar, balki foydalanuvchilarning katta qismi sababchi bo'ldilar. Ushbu xizmatlardan ba'zilari juda yuqori ma'lumotlar uzatish tezligi talab qiladi. Biroq, DSL texnologiyalaridan biriga ega bo'lgan mis liniyalar asosidagi tarmoqlar hali hamon aholining katta guruhining ehtiyojlarini qondirish uchun etarli o'tkazish polosasini ta'minlay oladi.

DSL texnologiyasini eng asosiy ko'rsatuvchi xizmatlaridan biri bu Internet xizmatidir. Bugungi kunda ADSL yuqori tezlikdagi Internetga kirish xizmatlarida operatorning, ayniqsa mamlakatimiz shaharlarida, asosiy standart taklifiga aylandi. Haqiqatan ham, ma'lumotlar uzatish tezligi uchun nisbatan oddiy foydalanuvchilar talablari hisobga olinsa, telefon xizmatlari va Internetga kirishni bir fizik aloqa liniyasi orqali taqdim qilish uchun qulay va arzon narxlardagi echim hisoblanadi.

Internetning asosiy maqsadi an'anaviy ravishda axborotni qidirish hisoblanadi. Ammo hozirgi kunda internet yanada tijorat tuzilishiga aylanmoqda.

Global tarmoq resurslaridan foydalanish manbalaridan daromad manbalari ikkita an'anaviy qismga bo'linadi:

- Internet-serfing;
- elektron tijorat.

Birinchi holda, daromad reklama texnologiyasidan kelib tushadi. Ba'zi taniqli internet-portallariga internet serfing natijasida kuniga 4 milliondan ortiq tashrif buyurishadi. Bunday mashhurlik internet-portallarni potentsial mijozlarni jalb qilish uchun qulay vosita aylantiradi va reklama maqsadida foydalanishga imkon beradi.

Intellektual mulk qiymatining ortishi kuzatilmoqda. Bu Internetning bugungi kunda nafaqat o'yin-kulgi va yangiliklar manbasi bo'lishidan dalolat beradi balki u axborot bozorida bir supermarketka aylandi. ADSL/ADSL2 + texnologiyalari zamonaviy Internet biznes tuzilmalari uchun talablarga to'la javob beradi.

IPTV-ning asosiy afzalliklari - video xizmatlarining interaktivligi va qo'shimcha xizmatlarning mavjudligi. IP protokoli imkoniyatlarini nafaqat video xizmatlarini, balki interaktiv va integratsiyalangan

xizmatlarni taqdim etishga imkon beradi. DSL texnologiyasi IPTV xizmatlarini taqdim etish uchun imkoniyatga ega. Chunki ADSL 2+ varianti IPTV uchun etarli uzatish tezligini ta'minlash imkonini beradi.

Keng tarmoqli tarmoqlarni rivojlantirish yangi zamonaviy paketli telefoniya xizmatlariga yo'l ochib beradi. Tahlilchilarning fikriga ko'ra, klassik telefon tarmoqlarida mavjud bo'lmagan xizmatlarning paydo bo'lishi "All Over IP" kontseptsiyasiga o'tishning asosiy vositasi bo'ladi.

Qisqa matnli xabarlarini uzatish uzoq vaqt mobaynida mobil aloqa tarmoqlarida va Internet tarmog'ida aloqaning ajralmas qismiga aylandi. Ularning mashhurligi yaqin keluvchi NGN tarmog'ida davom etishini taxmin qilish mantiqan to'g'ridir. Bu ikkita xizmat:

- Yagona xabarlashuv - universal xabarlarini uzatish. SMS, EMS, MMS yoki videolar kabi xabarlarini yuborish qobiliyatini beradi;
- Tezkor xat yozish - lahzali xabar almashish. Ikki yoki undan ortiq abonentlar o'rtasida (elektronik analogi) matnli xabarlarini uzatish imkonini beradi.

Bunday xizmatlarni faqat IP-tarmog'iga ulanganda va ular yuqori polosa kengligi talab qo'yilmaganligi uchun SHDSL texnologiyasi asosida amalga oshirilishi mumkin.

Videokonferensaloqa va videotelefonlarni qo'llab-quvvatlaydigan mobil telefonlar ommaviy bozorida paydo bo'lishi bilan korporativ sektordan xususiy sektorga video-telefoniya va videokonferensaloqa xizmatlarini ko'rsatish imkoniyati paydo bo'ldi. DSL texnologiyasi ham statsionar holatda videokonferensiya'ning yuqori sifatini ta'minlash imkoniga ega. Bunday xizmat uchun simmetrik ma'lumot uzatish tezligini ta'minlay oluvchi DSL variant qo'llanilishi lozim.

Nazorat savollari

1. Triple play xizmatlaqi qanday xizmatlarni o'z ichiga oladi?
2. IPTV xizmati qanday xizmat?
3. ViOD xizmatining maqsadi nimada?
4. Keng polosali tarmoqlar tibbiyot sohasida qanday xizmatlarni taqdim etadi?
5. Telefoniya xizmatining IP tarmoqlarda joriy etilishi qanday xizmatni yuzaga keltiradi?
6. Messaging xizmati qanday xizmat?
7. Ta'lim sohasida keng polosali qanday xizmatlar mavjud?
8. Transport tizimlarida qanday keng polosali xizmatlar mavjud?

8-BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARIDA QO‘LLANILUVCHI PROTOKOLLAR

8.1. Keng polosali tarmoqlarning standart protokollari

Umumiy foydalanishdagi telefon tarmog‘iga qo‘yilgan 7 sonli UKS signalizatsiya tarmog‘ini tadbiq etish nutqli trafik va signalli axborotning yo‘nalish yo‘llarini bo‘lish hamda xizmatlarning ko‘rsatish darajalarini va xizmatlarni boshqarish, shakllantirish darajalarini (SSP, IP) bo‘lish bilan intellektual tarmoq arxitekturasini amalga oshirish imkoniyatiga olib keldi. Bunday yondoshuvni qo‘llash telefon operatorlariga mavjud uskunadan foydalangan holda, yangi xizmatlarni foydalanuvchilarga taqdim etish uchun ularni tez va aniq shakllantirish imkonini beradi. Paketli tarmoqlarga murojaat etilganda, bunday bo‘lishi (shlyuzni dekompozitsiya prinsipi) bu Yerda shlyuzlar, shlyuzlarini boshqarish qurilmalari va signalizatsiya shlyuzlari ham ishtirok etadi (oxirgi ikkita qurilma qo‘shimcha xizmatlarni shakllantiruvchi qurilmalar bilan birlashtirilishi va moslashishi mumkin).

Shunday qilib, quyidagi xususiyatlarga ega qandaydir tarmoq elementlariga zaruriyat yuzaga keldi:

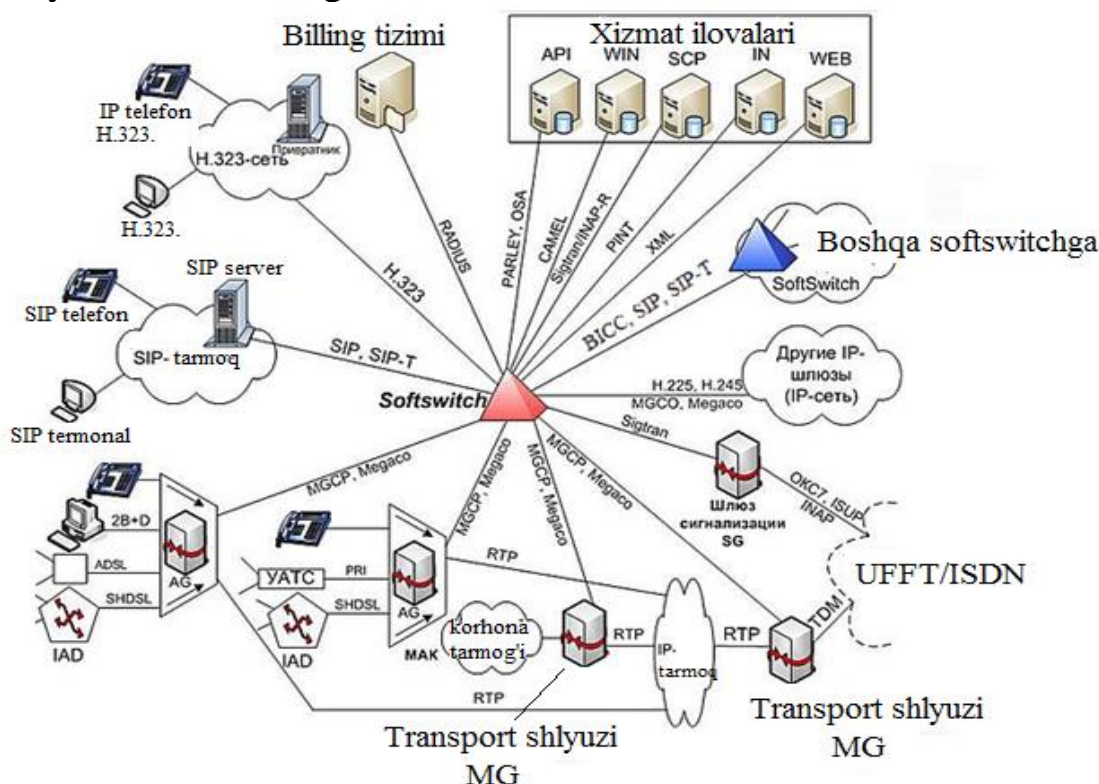
- ochiq standartlarga asoslangan va an'anaviy telefon signalizatsiya-ning barcha asosiy tiplarini hamda axborotni paketli uzatish protokollarini, jumladan IP-telefoniya'ni, turlicha tarmoqlarda chaqiruvlarni samarali marshrutlashni ta'minlaydigan tarmoqning "intellektual" markazi bo‘lishi kerak;
- u katta yuklamalarda tarmoqqa rad etishlarni oldini oladigan va 99,999 foizdan kam bo‘lmagan ishonchlilikni ta'manlaydigan taqsimlangan va masshtablangan arxitekturalaraga ega bo‘lishi kerak;
- u katta yuklamalarda tarmoqqa rad etishlarni oldini oladigan va 99,999 foizdan kam bo‘lmagan ishonchlilikni ta'minlaydigan taqsimlangan va masshtablangan arxitekturaga ega bo‘lishi kerak;
- u istalgan telekommuniaksiya sessiya (qo‘ng‘iroq)ni qayta ishlash ssenariyasini aniq nazorat qilish imkoniga ega modulni o‘z ichiga olishi kerak;
- u tarmoq infratuzilmasini boshqarishning va sessiyalarini nazorat qilishning yagona blokini o‘z ichiga oladi. Aloqa tarmoqlarining intellektual pereferiyasini birlashtirish texnologiyalarda ularni qo‘llashdan qat'i nazar, operatorlarning yuqorida ko‘rsatilgan takliflarga javob beradigan qarorni amalga oshirishga yordam beradi. Shlyuzlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri emas, lekin oraliq qurilma billing tizimi ulangan

dasturiy kommutator (ingliz tilida Softswitch - dasturiy qayta ulagich, kommutator) orqali ulanganda, ishlab turgan tarmoqlar qurilish sxemasini kardinal o'zgarishsiz minimal xarajatlar bilan IP-telefoniyaning an'anaviy sxemalaridagi tipik kamchiliklardan qutiladi.

NGN tarmog'ida signalizatsiya protokollari o'zlarining qo'llanilish xususiyatlari bo'yicha bir necha turlarga bo'linadi, ya'ni ular NGN tarmog'ining qanday tashkil etuvchilari o'rtasida signalizatsiyani ta'minlashiga bog'liq ravishda quyidagi turlarga bo'linadi:

- SIP va N.323;
- MGCP;
- N.248 MEGACO;
- BICC;
- SIGTRAN;
- SCTP va x.z.

Keng polosali multiservis tarmoqlarda turli tarmoq qurilmalari o'rtasida axborot almashinish tartibi ma'lum bir standart protokollar majmui yordamida amalga oshiriladi.



8.1-Rasm. Keng polosali xizmatlarni taqdim etuvchi multiservis tarmog'ida protokollar qo'llanilishi

Bu tarmoq protokollari vaqt o'tishi bilan tarmoqda yuzaga keluvchi muammolarga mos ravishda takomillashib boradi. Mazkur protokollar multiservis tarmoqlarning asosiy protokollaridan biri hisoblanadi.

Protokollarning o'zaro xamkorlik sxemasi quyidagi 8.1-rasmda tasvirlangan.

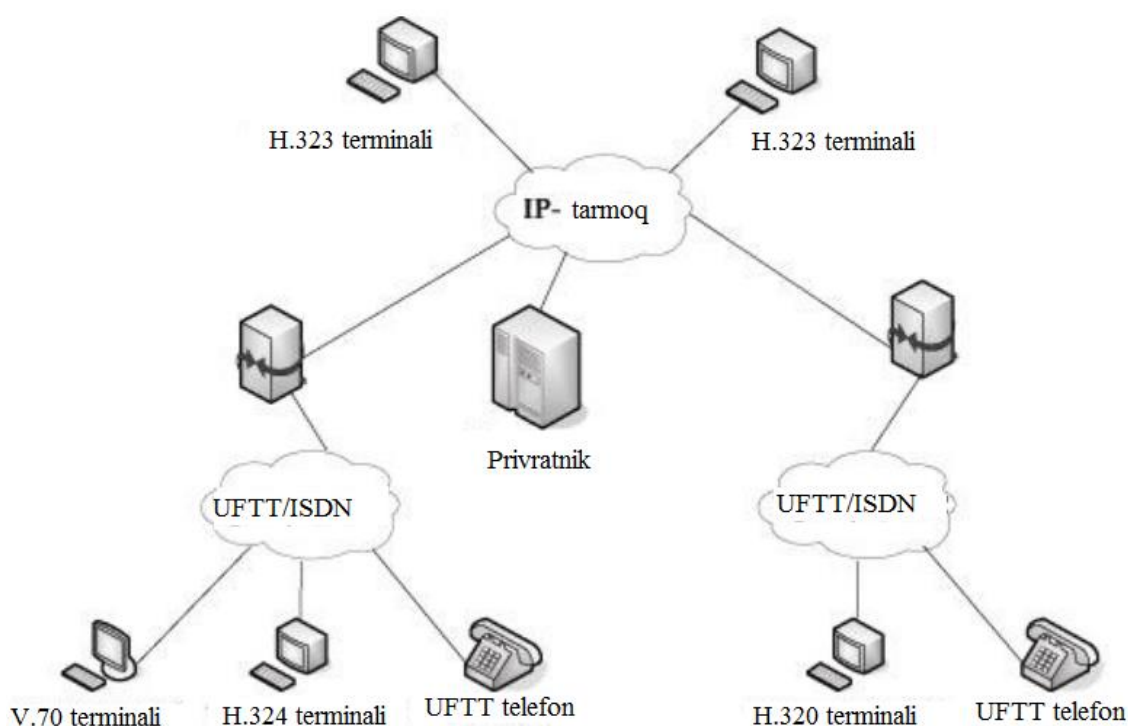
8.2. H.323 protokoli

ITU-T H.323 standarti chaqiruvlar o'rnatilishi va paketli tarmoqlar bo'ylab ovoz va video trafiklar uzatilishi, xususan xizmatlar sifatini (QoS) kafolatlamaydigan Internet va intranet ta'minlanishi uchun ishlab chiqilgan. U IETF guruhi tomonidan ishlab chiqilgan Real-Time Protocol va Real-Time Transport Control Protocol (RTP/RTCP) protokollaridan, shuningdek G.xxx seriyali ITU-T standart kodeklaridan foydalaniladi.

H.323 protokoli VoIP texnologiyalarini amalga oshirishda birinchi bo'lgan, industriya ta'sirida oddiy va yaxshi masshtablangan SIP protokol uchun ishlab chiqilgan IETF pozitsiyasi ustunlik qildi. Biroq ITU ulanishlarni o'rnatish tezligini va masshtablashtirishni oshirib, protokolni takomillashtirdi. H.323 protokollar bazasidagi tarmoqlar telefon tarmoqlar bilan integratsiyasiga mo'ljallangan va ma'lumotlarni uzatish tarmog'idagi ISDN tarmog'i kabi ko'rib chiqilishi mumkin, xususan, IP-telefoniya bunday tarmoqlarda ulanishlarni o'rnatish protsedurasi Q.323 tavsiyasiga va ISDN tarmoqlarda foydalaniladigan protsedura xuddi shunday bo'ladi. H.323 tavsiyasi paketlarni kommutatsiya qilish bilan IP-tarmoqlar bo'yicha nutqli axborotni uzatish uchun mo'ljallangan protokollarning murakkab to'plami ko'zda tutiladi. Uning maqsadi - xizmat ko'rsatishning kafolatlanmagan sifat bilan tarmoqlardagi multimedia ilovalar ishini ta'minlash hisoblanadi. Nutqli trafiklar axborot va ma'lumotlar bilan birga H.323 ilovalardan biridir. Shuning uchun H.323 bilan turli multimedia ilovalarining moslashuvini ta'minlash muhiti harakatlarni talab qiladi. Masalan, aloqani qayta ulash (calltransfer) funksiyasini amalga oshirish uchun alohida spetsifikatsiya N.450.2 talab qilinadi.

H.323 tavsiyasida Xalqaro elektraloqa ittifoqi tomonidan tavsiya qilingan IP-telefoniya tarmoqlarining tuzilish varianti mahalliy telefon tarmoqlar operatorlariga mos keladi, ular shaharlararo va xalqaro aloqa xizmatlarini ko'rsatish uchun paketlarni kommutatsiya qilish bilan (IP-tarmoq) tarmoqdan foydalanishda manfaatdordir. H.323 protokollar turkumiga kiradigan RAS protokoli tarmoq resurslaridan foydalanishni nazorat qilishi, foydalanuvchilarni autintifikatsiya qilinishini ta'minlaydi va xizmatlar uchun to'lovni to'lashni ta'minlashi mumkin.

H.323 protokoli asosida qurilgan tarmoqlar (8.2-rasm) telefon tarmoqlari bilan integratsiyalashishga yo'naltirilgan bo'lib, ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari ustiga qurilgan ISDN tarmoqlari (xizmatlarni integratsiyalashgan raqamli tarmoqlar) kabu qaralishi mumkin. Xususan, bunday tarmoqlarda IP-telefoniya'ni bog'lanish jarayoni ITU-T Q.931 tavsiyasiga asoslanadi va ISDN tarmoqlaridagi xuddi shunday protseduraga o'xshash. Shu bilan birga, H.323 tavsiyasi turli xil ovozli ma'lumotlarni siqish algoritmlarini qo'llashni nazarda tutadi, bu esa uzatish resurslaridan o'tkazish polosasidan kanallar kommutatsiyasi asosidagi tarmoqdagiga nisbatan samaraliroq foydalanaish imkonini beradi.

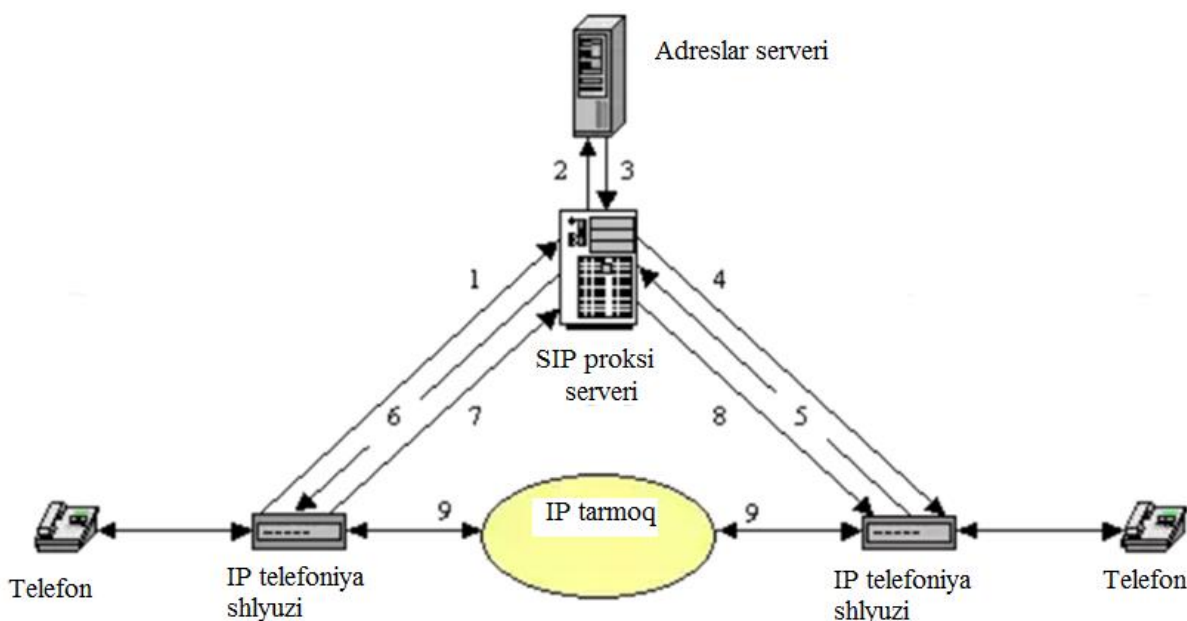


8.2-rasm. H.323 tarmog'i strukturasi

8.3. SIP protokol

Session Initiation Protocol. Bu amaliy daraja protokolidir, uning yordamida multimedia sessiyalarini o'rnatish, modifikatsiya qilish va tugatish yoki IP-tarmoq bo'yicha chaqiruvlar kabi operatsiya amalga oshiriladi. SIP multiservis tarmoqlarda H.323 protokolda amalga oshiriladigan funksiyalarga o'xshash funksiyalarni bajaradi. SIP sessiyasi multimedia konferensiyalari, masofadan o'qitish, IP-telefoniya va boshqa shunga o'xshash ilovalarni o'z ichiga olishi mumkin.

SIP protokoli paketli IP tarmoq orqali so‘zlashishni amalga oshirishda abonentlarni o‘zaro bog‘lash, aloqani qo‘llab quvvatlash va aloqa seansini uzishni ta‘minlab beruvchi signalizatsiya protokolidir. Demak internet tarmog‘i orqali telefoniya xizmatini tashkil etishda aloqa seansini tashkil etishdagi asosiy protokol bu SIP protokolidir. Quyidagi 8.3-rasmda SIP protokolining IP tarmoq orqali telefaniya’ni ta‘minlashda qo‘llanilishi.



8.3-rasm. SIP protokolining IP tarmoq orqali telefaniya’ni ta‘minlashda qo‘llanilishi

Chaqiriqlarga xizmat ko‘rsatish SIP serveri tomonidan amalga oshiriladi. SIP serveri bevosita aloqa o‘rnatish rejimida ishlaganda chaqiriqni kerakli abonentgacha o‘zi yetkazadi. SIP protokolda ikki xil signal axboroti qo‘llaniladi “so‘rov” va “javob”.

SIP matn-mo‘ljallangan protokolni o‘z ichiga oladi. Eng keng tarqalgan H.323 protokoli hisoblanada, ishlab chiqaruvchilarning ko‘pchiligi o‘zining yangi mahsulotlarida SIP protokollarni qo‘llab-quvvatlash ko‘zda tutiladi. SIP protokollari ommaviyligining o‘shish tempini hisobga olib yaqin kelajakda uning negizida qaror IP-telefoniya bozorining muhim ulushini band qiladi.

IP-telefoniya tarmoqlarining tuzilishiga SIP protokolining yondoshuvini amalga oshirishda H.323 protokoliga nisbatan ancha sodda, lekin telefonlar bilan o‘zaro ishlashini tashkil qilish uchun kamroq mos keladi.

Shuning uchun SIP protokoli IP-telefoniya xizmatlarini ko'rsatish uchun Internet xizmatlarining yetkazib beruvchilari ko'proq mos keladi, bunda ushbu xizmatlar paketining qismi hisoblanadi.

Modifikatsiyalangan SIP-T protokoli (SIP for Telephony) 7-son UKS signalizatsiya'ni SIP protokoli bilan integratsiya qilish maqsadida yaratilgan edi. SIP-tarmoqning 7-son UKS tarmog'i bilan o'zaro ishlash uzeli SIP-xabarda ISUP xabarini inkapsullaydi va ISUP xabarlaridan axborot qismini SIP xabarlar sarlavhasiga transportlashni ta'minlash uchun translyasiyalaydi.

MGCP. Media Gateway boshqaruv protokoli. MGCP Mediya shlyuzlarni boshqarish uchun ishlatiladi.

Bu protokol barcha chaqiriqlarni qayta ishlash mantig'i shlyuzdan tashqarida joylashgan arhitekturalar uchun mo'ljallangan va nazorat MGC yoki chaqiriqlar agenti kabi tashqi qurilmalar tomonidan amalga oshiriladi.

MGCP chaqiruv modeli MG tarmoq shlyuzlarini bir-biriga ulanishlari mumkin bo'lgan so'nggi nuqtalar majmuasi sifatida ko'rib chiqadi. Oxirgi nuqta fizik (analog telefon liniyasi yoki raqamli magistral) yoki virtual (UDP / IP-ulanish orqali ma'lumotlar oqimi) bo'lishi mumkin.

MEGACO / H.248. Media Gateway Control Protocol (MEGACO) protokoli MG tarmoq shlyuzlarini boshqarish uchun standart sifatida MGCP-ni almashtirishi kerak. MEGACO shlyuzlar, ko'p nuqtali boshqarish qurilmalari va interfaol ovozli aloqa qurilmalari uchun umumiy platforma bo'lib xizmat qiladi.

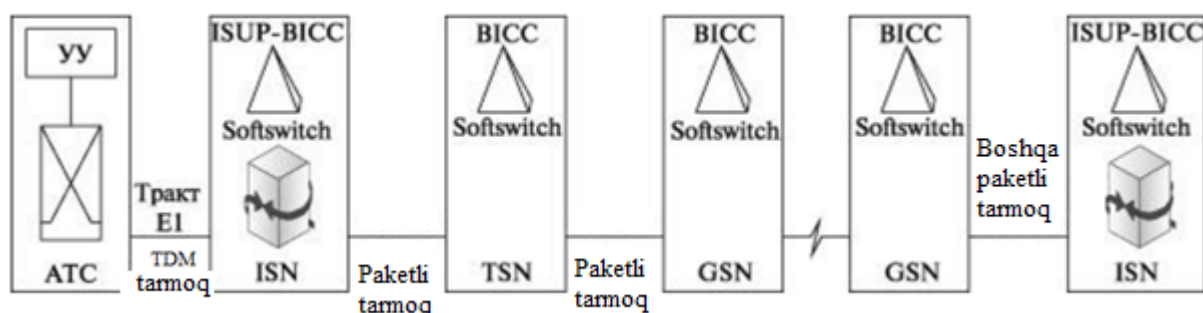
MEGACO tomonidan ishlatiladigan ulanish modeli MGCP protokoliga nisbatan kontseptual jihatdan oddiy. MEGACO MG tarmoq shlyuzlarini muayyan kontekstda bir-biriga bog'liq bo'lishi mumkin bo'lgan so'nggi nuqta qurilmalari to'plami sifatida ko'rib chiqadi.

Oxirgi qurilmalar media oqimlarining manbai yoki qabul qiluvchisidir. MGCPda bo'lgani kabi, ohirgi qurilma fizik yoki virtual bo'lishi mumkin.

Masalan, chaqiriqlarni boshqa raqamga yo'naltirish terminal qurilmani bir kontekstdan boshqasiga o'tkazish orqali amalga oshiriladi va videokonferentsiya bir nechta terminal qurilmalarini umumiy kontekstda joylashtirish orqali amalga oshiriladi.

BICC(Bearer Independent Call Control) protokoli ITU tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib NGN tarmog'ida Softswitch larni o'zaro bog'lanishlarida transport tarmoqlarida signalizatsiya axborotlarini uzatilishini ta'minlaydi. Ushbu protokol Q1901

tavsiyanomasi orqali tavsiflanadi. Ammo bugungi kunda amaliy jixatidan softswitch larni bog'lashda BICC protokoli bilan birgalikda SIP protokolinig variyanti bo'lgan SIP-T protokoli keng qo'llanilishga ega.



8.4-rasm. BICC protokolinig ishlash tamoili

BICC protoli faoliyat yurituvchi asosiy uzellar

- (ISN) — interfeygga xizmat ko'rsatish uzuli. U kanallar kommutatsiyasiga asoslangan tarmoqqa ulanish interfeysini ta'miglaydi;
- Tranzit uzeli (TSN) — Bitta softswitch tarmog'i xududida BICC protokoli asosida chaqiriq axborotlarnini tranzit va transportirovkalash fuksiyasini bajaradi.
- Shlyuz uzeli (GSN) — ikki softswitch tarmog'i orasida BICC protokoli asosida chaqiriq axborotlarnini va transportirovka uchun tarmoqlar aro shlyuz vazifasini bajaradi.

SIGTRAN. SIGTRAN - bu NGN tarmog'i orqali UFTT ning an'anaviy telefaniya xizmatniti ta'minlanish uchun qo'llaniladigan protokollar tizimidir. Ya'ni bu UFTT da qo'llaniluvchi OKS 7 va ISDN tarmog'ida qo'llaniluvchi ISUP signalizatsiya axborotlariga NGN tarmog'ida ishlov berilishini ta'minlaydigan protokollar majmuidir

SIGTRAN atamasi signaling va transport so'zlarini kombinatsiyasi xisobiga xosil qilingan bo'lib bu signalizatsiya tizimi IETF ishchi guruxi tomonidan yaratilgan. Bu signalizatsi tizimi ITU ning Q2719 tavsifnomasi bilan tavsiflanadi.

SIGTRAN protokollar guruxi tarkibi bir necha qismlardan iborat. Mazkur protokollar tizimi quyidagi protokollardan tashkil topgan bo'lib ularning har biri OKS7 signalizatsiya tizimining ma'lum bir protokolini NGN tarmog'iga adaptatsiyasini ta'minlaydi:

- M2PA;
- M2UA;

- M3UA;
- SCTP;
- TALI;
- IUA;
- SUA.

OKS-7 tizimi protkollari	V5.2	MTP3	MTP3	ISUP	SCCP	DSS1	TCAP
SIGTRAN tizimi protkollari	V5UA	M2UA	M2PA	M3UA		IUA	SUA

8.5-rasm. OKS 7 signalizatsiya tizimi protokollarini SUGTRAN protokollariga adaptatsiyasi

Nazorat savollari

1. Protokol tushunchasi qanday tushuncha?
2. Keng polosali multiservis xizmatlarni taqdim etishda qanday turdagi protokollardan foydalanadi.
3. NGN tarmog‘i arxitekturasi qanday tashkil etilgan?
4. NGN tarmog‘ida signalizatsiya protokollari qanday?
5. Signalizatsiya protokollari qanday tasniflanadi?
6. BICC protokoli NGN tarmog‘ida qanday maqsadda qo‘llaniladi?
7. BICC protokoli NGN tarmoqlarida qo‘llanilishi qanday transport tarmoqlarida qo‘llanilishi amalga oshadi?
8. NGN tarmog‘ida BICC protokoliga alternativ sifatida qanday signalizatsiya protokoli qo‘llaniladi?
9. SIGTRAN protokoli NGN tarmog‘ida qaynday maqsadda qo‘llaniladi?
10. SIGTRAN va BICC protokollarining umumiy va farqli tomonlari qanday?

9-BOB. KENG POLOSALI ABONENT KIRISH TARMOQLARINING QURILISH USULLARI

9.1. Simsiz keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurish usullari

So'nggi yillarda tarmoq texnologiyalarining rivojlanishi personal kompyuterlarning yagona tarmoqqa ulash hamda umumjahon Internet tarmog'iga chiqish imkoniyati usullarini oshirib yubordi. Hozirgi kunda deyarli barcha turdagi kompyuterlarda tarmoqqa ulanish yohud internetga chiqish imkoniyati mavjud. Keling ana shu hozirgi kunda deyarli barcha foydalanuvchilar foydalana olishi mumkin bo'lgan tarmoqqa ulanish usullarini biroz ko'rib chiqamiz.

1. **Dial-Up.** Telefon liniyasi orqali kommutatsiyalangan ulanish. Ushbu texnologiya ulanishdagi oddiylik sababli yaratilganidan buyon ishlatilib kelinmoqda. Ikki modem bir-biri bilan telefon liniyasini ishlatgan holda aloqa o'rnatadi. Oddiy holda ulanish birga-bir amalga oshiriladi hamda ma'lumot uzatish uchun barcha mavjud ovoz diapazoni chastotasidan foydalanadi. Lekin ushbu texnologiya'ning ko'pgina kamchiliklari mavjud. Masalan: ma'lumot uzatishdagi past tezlik, tashqi ta'sir tufayli yuborilayotgan paketlarning qismi yo'qolish extimoli, ulanishning uzilib qolish extimoli hamda ulanish davrida telefon liniyasining butunlay band bo'lishi.

2. **xDSL.** Ushbu texnologiya statsionar obyektlar uchun juda ham maqbuldir. Mavjud telefon tarmog'idan foydalangan holda bemalol ushbu texnologiya orqali yuqori tezlikka ega bo'lish mumkin, lekin liniyalar mavjud bo'lmasachi? Yangi liniyasini foydalanuvchi manzilgacha olib borish, juda ham qimmatga tushishi aniq. Uning ustiga ushbu texnologiya'ni har bir yangi foydalanuvchiga o'rnatish uchun ham foydalanuvchi ham uzatuvchi liniyasi tomonda ma'lum o'rnatish va tuzatishlar amalga oshirilishi lozim.

3. **Ethernet texnologiyasi.** Lokal tarmoq texnologiyasining eng keng tarqalgan turi bo'lib, 10 Mbit/s, 100 Mbit/s (Fast Ethernet), 1 Gbit/s hattoki 10 Gbit/s tezlik bilan ulanib turish imkoniyatiga egadir. Ethernet ning yutug'i tarmoq strukturasi tanlanishidagi qulayligidir. Ammo ushbu texnologiya kamchiligi, bu uning ma'lum masofadagina ishlay olishidir. Agarda vitaya para kabelini oladigan bo'lsak, u holda tarmoq masofasi 100 metrdan oshmasligi aniq. Uzaytirish uchun esa har 100 metrda qurilma qo'yishga to'g'ri keladi yoki optik toladan foydalanish zarur.

Lekin qo'shni binolarni bir tarmoqda jamlash uchun bu juda qiyin hamda qimmatga tushishi mumkin.

4. **Wi-Fi** texnologiyasi orqali ma'lumot uzatish. Ushbu texnologiya Wi-Fi (802.11a/b/g/n standartida) ishlab, bino ichida 45 metr uzoqlikda, 100 metr ochiq joyda bimalol katta tezlikda stabil tarmoqqa ulanish imkonini beradi. Lekin katta hududda sifatli tezlikni ta'minlash uchun esa juda ham ko'p Wi-Fi nuqtalari o'rnatilishi lozim bo'ladi. Bu esa texnologiyaga bo'lgan harajatni oshishiga olib keladi. Muammolardan yana biri shuki, abonent, ya'ni foydalanuvchini bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga ko'chganida, ma'lumot almashinish hamda ulanishda to'xtovlar vujudga kelishidir. Yuqorida ko'rib chiqilgan tarmoq texnologiyalari bugungi kunda qo'yilayotgan yuqori o'tkazuvchanlik, ishonchlilik hamda mobillik darajalarini o'zida qizman yohud to'liq aks ettira olgani bilan, narx bo'yicha bugungi operatorlarga to'g'ri kelmaydi. Aynan ushbu muammoni simsiz texnologiya'ning yangi avlodi bo'lmish IEEE 802.16 standartli Wi-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) texnologiyasi hal qilishi mumkin. Wi-MAX texnologiyasini kengaytirish va rivojlantirish maqsadida 1999-yilda WiMAX-forumi ochildi va Wi-MAX texnologiyasiga quyidagi talablar qo'yildi:

1. Katta bo'lmagan hududlarga shu qatori ajratilgan rayonlar, chetki (chetlashtirilgan) obyektlar Wi-MAX texnologiyasi asosida kommunikatsiya va axborot xizmatlaridan foydalanishga ega bo'lishi, rivojlanayotgan davlatlardagi 1,5 million aholini shu hisob ichidan 100 ta odam ATs larga ulanmagan va yirik shaharlar bilan simli aloqa orqali axborot, ma'lumot almashish sharoitiga ega bo'lmagan aholini kommunikatsiya va axborot xizmatlaridan foydalanish imkoniyatini yaratish.

2. Wi-MAX texnologiyasi orqali Yer kurrasidagi aholining teng yarmini kommunikatsiya va axborot xizmatlaridan foydalanishga erishish.

Wi-MAX texnologiyasining asosiy maqsadlaridan biri universal simsiz aloqa orqali katta hududlarga ishonchli, sifatli kommunikatsiya va axborot xizmatlaridan foydalanish sharoitini yaratish bo'ldi. Bu orqali Wi-MAX texnologiyasi quyidagi farqlarga ega bo'ldi:

- Simli aloqa va yo'ldoshli aloqa tizimlaridagi servis-provayderlarga iqtisodiy tomondan effektivligini hal etish va bu orqali faqat potentsial abonentlarga erishibgina qolmay, balki bir joydan foydalanuvchi, (statsionar) abonentlar sonini oshirish bilan birga ularga kommunikatsiya va axborot xizmatlaridan foydalanishni sifatli yo'lga qo'yish;

- Simsiz aloqa tizimlari boshqa simli texnologiyalar bilan moslashuvchanligi. Bu orqali simsiz aloqa maydonini kengaytirish (masshtablashtirish) imkoniyati paydo bo'ladi;

- O'rnatish, ulanish sodda arxitekturasi bu orqali unga ketadigan xarajatlarni kamaytirilishiga olib keladi;

- Radioaloqa tizimlarida aloqa qamrab olish hududi uzoqligi muhim hisoblanadi. Hozirgi davrda yuqori maydonlarga mo'ljallangan ko'p simsiz aloqa tarmoqlarida obyekt va tarmoq oralig'ida to'g'ridan-to'g'ri ko'rinishga ega bo'lishi kerak;

- Wi-MAX texnologiyasi tarkibida IP protokollari bo'lganligi sababli lokal va korporativ tarmoqlarda qo'llanilishi mumkin.

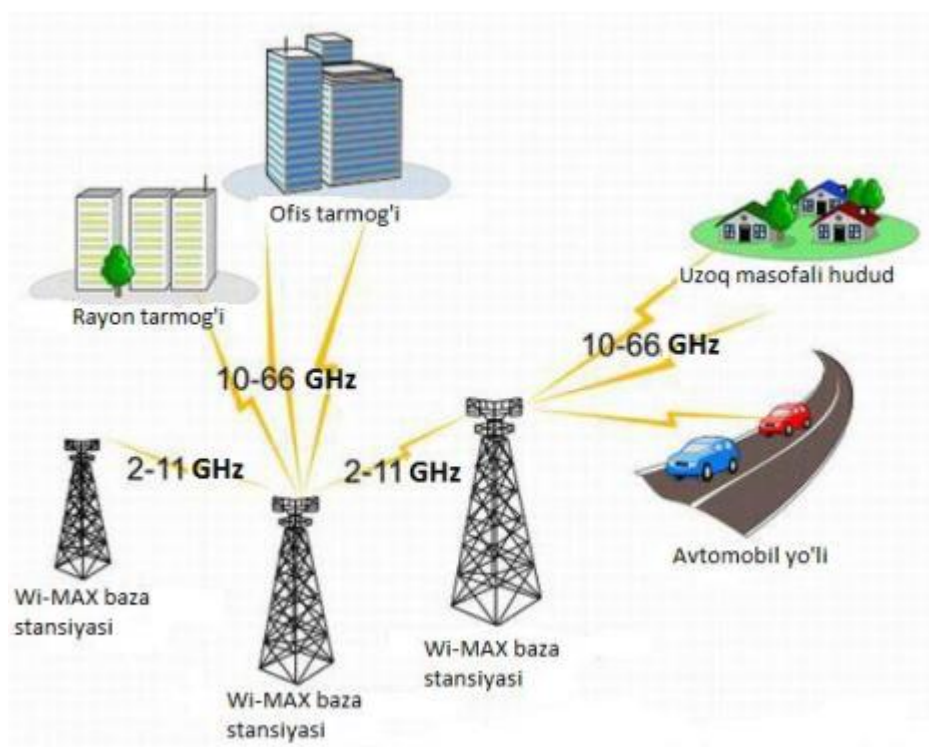
Wi-MAX texnologiyasi imkoniyatlari: Wi-MAX texnologiyasi har qanday, shu jumladan zich shahar imoratlari sharoitlarida ishlashga, aloqa yuqori sifati va malumotlar uzatish katta tezligini ta'minlashga imkon beradi. Wi-MAX texnologiyasidan simsiz ulanish nuqtalarini tashkil qilib, kompaniyalar bo'limlari o'rtasida tarmoqni tashkil qilib va ilgari an'anaviy texnologiyalar sababli imkoni bo'lmagan boshqa masalalarni hal etib "oxirgi nuqta" keng polosali ulanishlarni yaratish uchun foydalanish mumkin. Wi-MAX texnologiyasi yuqori tezliklarda Internetga ulanishni, Wi-Fi tarmoqlariga qaraganda keng zonalarni qoplash va ishonchlilikni ta'minlashga imkon beradi. Wi-MAX texnologiyasi - bu butun shahar hududida tashkil qilinadigan keng polosali simsiz ulanish tarmog'i, resiverdan baza stantsiyasigacha masofa esa kilometrlar bilan o'lchanadi. Wi-MAX qayd etilgan, mobil va harakatdagi ulanish senariylarini ta'minlaydi. Aloqa bilan ta'minlash masofasi-60 km, ulanish tezligi — 60 Mbit/s gacha. Wi-MAX texnologiyasi ishlash prinsiplari: Wi-MAX sistemasi ikki asosiy qismdan iborat:

1. Wi-MAX baza stansiyasi (yuqori qavatli binolar yohud maxsus ustinga o'rnatilishi mumkin).

2. Wi-MAX qabul qilgich (qabul qilgichli antenna, PC card yoki tashqi kartalar form faktori asosida).

Baza stansiyasi va qabul qiluvchi abonent antenasi bog'lanishi uchun o'ta yuqori chastota diapazonidan (O'YuCh) foydalaniladi. 2-11 GHz. Bu bog'lanish agar ideal darajada bo'lsa, unda ma'lumot uzatish tezligi 20 Mbit/s gacha bo'ladi. Bu bog'lanish abonent va server orasida to'g'ridan-to'g'ri ko'rinish talab etmaydi. Shuni yodda tutish lozimki, Wi-MAX texnologiyasi nafaqat «oxirgi nuqta» («so'nggi mil»), balki regional tarmoqlar (ofis hamda rayonlar)ni bir biri bilan bog'lashda

bemalol qo'llash mumkin. Qo'shni baza stansiyalari bilan O'YCh (o'ta yuqori chastota 10-66 GHz) to'g'ridan-to'g'ri radioaloqa rejimida doimiy bog'lanish o'rnatiladi. Bunday bog'lanishlar 120 Mb/s tezlikda ma'lumot almashish imkonini beradi. Albatta baza stansiyalarining to'g'ridan to'g'ri ko'rish orqaligina bir biri bilan ma'lumot almashinishi bu Wi-MAX ning minus tomoni. Lekin yuqori qavatli binolarda joy olgan baza stansiyalariga nima ham yuqorida bir-biri bilan bog'lanishga orada to'siq bo'la olardi.



9.1-rasm. Wi-MAX stansiyalararo aloqa tarmog'i

Wi-MAX ning ishlash rejimlari: Fixed Wi-MAX — fiksirlashgan kirish. Nomadic Wi-MAX — seansli kirish. Portable Wi-MAX — qaytadan joylashtirish rejimi bo'yicha kirish. Mobile Wi-MAX — mobillashgan kirish. Fixed Wi-MAX. Fiksatsiyalangan aloqa 10-66 GHz chastota diapazonini ishlatadi. Ushbu chastotali diapazon kuchli so'nish tufayli uzatuvchi hamda qabul qilgichlarning to'g'ridan to'g'ri bir biriga ko'rish orqali signal uzatishni talab etadi. Boshqa tomondan esa ushbu chastotali diapazon radioaloqadagi eng asosiy muammo bo'lmish signalning ko'pnurli tarqalishini oldini oladi va signal uzatish tezligini 120 Mbit/s gacha ko'tarilishiga olib keladi.

Nomadic Wi-MAX. Seansli aloqa orqali foydalanuvchi bemalol joydan joyga ko'chib yurishi hamda aloqaning uzilgan joyidan ulanib, foydalanishda davom etishi mumkin. Portable Wi-MAX. Portable rejimida foydalanuvchining baza stansiyalar aro aloqani uzmaganda holda

avtomatik ravishda ulanishi imkoni mavjud. Lekin ushbu rejimda foydalanuvchining joydan-joyga ko'chish tezligi 40 km/soat dan oshmasligi lozim. To'g'ri, ushbu rejimdan shaxarda foydalanish mumkin, lekin avtomobillarda foydalanish biroz muammoni tug'diradi. Mobile Wi-MAX. 802.16e-2005 standartida ishlab chiqilgan bo'lib, foydalanuvchining joydan-joyga ko'chib yurish tezligini maksimal 120 km/soatgacha bo'lganda sifatli aloqani ta'minlay oladi. Mobile rejimning yutuqlarini quyidagi keltirilganlar orqali sanab o'tishimiz mumkin.

Hozirgi paytda simsiz aloqaning qurilish texnologiyasi soddaligi va tizimlararo ma'lumot almashish qulayligi, har qanday ob-havo sharoitida aloqani uzatish bir xilligi va simli aloqa liniyalari texnologiyalari orqali (bog'langan holda) qulay aloqa qilishi orqali samaraliligi oshishi kabilar qulaylik yaratmoqda. Wi-MAX texnologiyasi orqali qo'shimcha xizmatlar yaratish (Internet tizimga ulanish qulayligi va yuqori tezlikda ma'lumot almashishi) va ularni ishonchli ishlatilishi texnologiya'ning ustuvorligini ko'rsatmoqda.

Wi-BRO (WIRELESS BROADBAND): 802.16 d/e ning simulyatsion modeli telekommunikatsiya sohasidagi dunyo olimlari simsiz aloqa texnologiyalarini rivojlantirish maqsadida ko'plab ilmiy izlanishlar olib borishmoqda. Buning natijasida yangi texnologiyalar paydo bo'lmoqda. Simsiz aloqa tizimlari rivojlanishi natijasida foydalanuvchilar uchun keng va qulay imkoniyatlar paydo bo'ldi. Ular mobil telefon apparati yoki simsiz aloqa vositasi yordamida internet tarmog'iga katta tezlikda ulanish, fayl va turli ko'rinishdagi axborotlarni uzatish tarmog'i orqali uzatib qabul qilish kabi xizmatlar turidan foydalanish uchun etarlicha imkoniyatlarga ega bo'ldilar. Zamonaviy simsiz aloqa texnologiyalariga Wi-Fi, Wi-Max va Wi-Bro misol qilib ko'rsatish mumkin. Bu texnologiyalardan ko'pgina davlatlarda keng foydalanilmoqda. O'zbekistonda ham bu borada ko'pgina ishlar amalga oshirilib, foydalanuvchilar tomonidan katta qiziqishlar yuzaga kelishiga sabab bo'linmoqda. Mamlakatimizdagi aloqa sohasida faoliyat yuritadigan kompaniyalar, qo'shma korxonalar va internet servis provayderlar, jumladan, Huawei Technologies Co Ltd., East Telecom, Sharq Telecom, MaxLine kabilar simsiz aloqa texnologiyasini telematika xizmatlaridan foydalanishga joriy qildilar. Simsiz aloqa texnologiyasining eng so'nggi avlodi IEEE 802.16 d/e standarti bo'lib, unga Wi-Bro, ya'ni "keng yo'lakli simsiz aloqa" deb nom berildi. Uni WiFi, Wi-Max larning takomillashgan versiyasi deb hisoblash mumkin. Wi-Bro texnologiyasini ilk bora 2005 yil Koreyada Samsung Electronics

kompaniyasi foydalanishga taqdim etdi. Koreya bu texnologiya bo'yicha eng etakchi davlat hisoblanadi. 2007 yilning avgustida Toshkentda bo'lib o'tgan "IT" forumda koreys mutaxassislari bu texnologiya'ni O'zbekistonda ham joriy etish taklifi bilan chiqdi.

Hozirgi kunda davlatimizda bu texnologiya'ni joriy qilishning texnikekspluatatsion, moliyaviy, unga bo'lgan talab va taklif va shu kabi boshqa jihatlarini o'rganib chiqilmoqda. Tez orada bu texnologiya'ni tarmoqlarimizga joriy qilish ham amalga oshish bo'sag'asida turibdi. Aynan shularni e'tiborga olib, bizning mutaxassislarimiz o'z nazariy va amaliy bilimlarini bu texnologiya'ning rivoji va O'zbekistonda qo'llanilishi uchun sarf qilish maqsadida loyihalar ustida izlanishlar olib bormoqdamiz. Chet el mutaxassislarining ilmiy ishlarini o'rganib, o'zimizning loyihalarimizni takomillashtirish oldimizga qo'yilgan dolzarb vazifalarimizdan biridir. Ular ushbu ishda Wi-Bro texnologiyasi asosida qurilgan aloqa tizimining tashkil etuvchi komponentlaridan foydalanish, uning muhim jihatlarini o'rganish uchun imitatsion modellashtirish dasturi yordamida uning muhim masalalari, MAS sathining samarali o'tkazuvchanligi, resurslardan foydalanish samaradorligi, QoS ta'minoti kabilarning simulyasiyasini ko'rib chiqdilar. IEEE 802.16 d/e standartiga asosan keng yo'lakli simsiz ulanish tizimi BWA (Broadband Wireless Access) ning fizik PHY va MAS sathlari mavjud bo'lib, ularni bazaviy va abonent stantsiya (B&SS-Base&Subscriber Station)sifatida ifodalash mumkin. Ushbu texnologiya'ning afzalligi shundaki, olis masofadagi foydalanuvchilar osongina yuqori tezlikli keng yo'lakli simsiz aloqa xizmatlaridan foydalanish muhitiga osongina ulanish, kirish imkoniyatiga ega ekanligidadir. Bu mavjud bo'lgan simli va sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlariga qaraganda moliyaviy jihatdan archa arzondir. Bundan tashqari 802.16 standarti 802.11 standartiga qaraganda bir necha foydalanuvchilarga bir vaqtning o'zida WWW muhitiga kirish imkoniyatini beradi. Shuningdek 802.16 standarti nafaqat fiksirlangan BWA (802.16 d) tizimlari uchun, balki mobil BWA (802.16 e) tizimlari uchun ham mo'ljallangan. Wi-Bro va boshqa simsiz aloqa texnologiyalari ma'lum bir chastota diapozonida ishlaydi. Radio kanallar uchun chastota diapozonlarini ajratib berish aloqa sohasiga mutasaddi korxonalar va elektromagnit moslashuv markazi bilan kelishilgan holda amalga oshiriladi. Wi-Bro tizimi (Wi-Bro texnologiyasi asosida qurilgan) uchun 100 MHz chastota diapozoni etarli hisoblanadi. Bu boshqa mobil aloqa tizim chastota diapozoniga (GSM 1800, 1900 MHz; CDMA 450, 900

MHz) qaraganda deyarli 18-19 barobar kichiqdir. Demak, bu tizimning inson salomatligiga zarari ancha kamdir. Wi-Bro tizimida ham aloqani taxminlovchi radio kanallar mavjud. Ular uplink (UL – BSdan SSga signallarni uzatuvchi radiokanal) va downlink (DL – SSdan BSga signallarni uzatuvchi radiokanal) deb nomlanuvchi fiksirlangan vaqt oralig'lariga bo'linadi va ular "freym" deb ataladi. 802.16 standartiga asosan freymnlarni vaqt bo'yicha taqsimlash orqali dupleks (TDD – Time Division Duplex) kanallar hosil qilinadi. Wi-Bro tizimida radiokanallarni ortogonal chastota bo'yicha taqsimlashli ko'p kirishli (OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access) TDD ishlatiladi. OFDMA TDD asosida hosil qilingan freymning 5 msek teng bo'lib, ular "simvol" deb nomlanuvchi aniq vaqt oralig'idagi mantiqiy birliklar ketma-ketligidan iborat. Freymning strukturasi e'tibor beradigan bo'lsak, 27 ta simvol DL, 15 ta simvol UL uchun ajratilgan. Uning tuzulishi quyidagi rasmda keltirilgan: 4-rasm. Wi-Bro OFDMA TDD freym strukturasi Bu yerda MAP – freymning boshqaruvchi qismi bo'lib, u o'z navbatida DL va UL pulsatsiya oqimlarini boshqaruvchilaridan iborat. Freym 16 ta radiokanallardan iborat bo'lib, bu kanallarda uzatiluvchi va qabul qilinuvchi axborot oqimlari joylashtiriladi. SS dan BS orqali ma'lumotlar kontenti manbaiga (DTG – Dinamic Traffic Generator) so'rov paketlari jo'natiladi. O'z navbatida DTG ham SS ga tasdiq paketini yuboradi va ma'lumotlar almashunivi amalga oshiriladi. O'rganilayotgan loyihada foydalanuvchilar quyidagi tur ilovalardan foydalanadi: VoIP (Voice over IP) – tovush ma'lumotlari Video streaming – video ma'lumotlar HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) – internet xizmati FTP (File Transfer Protocol) – fayllar almashinuvi.

9.2. Keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurishda xDSL ning qo'llanilishi

xDSL texnologiyasi yuqorida takidlanganidek bugungi kunda keng qo'llanilishga ega. Undagi asosiy qurilmalar stansion DSLAM qurilmasi va abonentlar tomondagi chastita bo'yicha splitter va foydalanuvchi modemlaridir. Stansiya tomonida qo'llaniluvchi qurilma DSLAM ko'p sondagi foydalanuvchilarni raqamli abonent liniyasiga ulanishlarini ta'minlaydi. Masalan ZyXel IES-1000 DSLAM qurilmasi ADSL tarmog'ining asosiy stansion qurilmasi hisoblanadi. Internet provayderlari tomonidan abonentlarga xDSL xizmatlarini taqdim etishda stansion qurilma sifatida qo'llaniluvchi ZyXel IES-1000 Modulli IP

NGN-kommutator (DSLAM) qurilmasini texnik ma'lumotlarini o'rganish muhimdir.

IES-1000 – bu kompakt modulli IP NGN-kommutatori bo'lib unga Fast Ethernet tarmoq interfeyslariga ega bo'lgan modullar va telefoniya modullari yoki ADSL/SHDSL modullari o'rnatilishi mumkin. Stoykaga o'rnatiladigan 19-dyuymli IES-1000M shassisi tarkibiga elektr ta'minot blogi va ventilyasiya blogini oladi, shuningdek u “issiq almashtirish” funksiyasiga ega bo'lgan ikkita modullar joylashtirish uchun slotga ega.



9.2-rasm. ZyXel IES-1000 DSLAM qurilmasi

IES-1000 kommutatori ADSL/SHDSL – xizmatlarini ko'rsatuvchi internet provayderi tomonida joylashadi va ADSL/SHDSL-abonentlarining trafiklarini agregatlash va kommutatsiyalash uchun xizmat qiladi.

Tasniflari. Qo'yilayotgan talablarga va abonentlar ulanishlari uchun o'rnatilgan modulga bog'liq ravishda bu kommutator ADSL, ADSL2 + va SHDSL texnologiyalarini qo'llashi mumkin.

IES-1000 kommutatori slotlariga o'rnatiladigan tarmoq modullari uch xil modifikatsiyada ishlab chiqiladi. AAM-1008 va SAM-1008 modullari sakkiztagacha ADSL va SHDSL abonentlarini ulashga imkon beradigan portlarga ega. AAM-1212 – moduli esa ADSL2+ xizmatini abonentlarga taqdim etish uchun 12 ta portga ega. Shuningdek bu modullarning keyingi modifikatsiyalari ham mavjud bo'lib, ular mos ravishda AAM1212-51, AAM1212-53 va SAM1316-22 modullaridir.

AAM1212-53 moduli.



9.3-rasm. ADSL xizmatini taqdim etuvchi AAM1212 moduli

AAM-1212 markali ADSL-moduli o'zida ADSL/Ethernet-kommutator funksiyasini mujassamlashtirgan bo'lib u 12 ta ADSL2+ liniyasiga xizmat ko'rsata o'ladi va ADSL-splitterga ega. Old panelida o'zida ATS krosi orqali ADSL abonentlariga ulanishlari uchun 12 ta portni birlashtirgan Telco 50 razyomi, boshqaruvchi konsul ulanishi uchun RJ-11 porti va 2 ta Ethernet RJ-45 portlari mavjud. 12 ta yorug'lik diodidan tashkil topgan indikachiya blogi har bir portning xolati va avariya xolati xaqida ma'lumot beradi.

SAM1316-22 moduli



9.4-rasm. SHDSL xizmatini taqdim etuvchi SAM1316 moduli

SAM1316-22 moduli SHDSL/Ethernet-kommutatori funksiyasini bajaradi va 16 ta SHDSL abonentlari ulanishlari uchun portlarga ega. G.SHDSL.bis ATM/EFM standartini qo'llab quvvatlaganligi uchun bu modul 16 tagacha abonentlarni 5,7 Mbit/s tezlikkacha ulanishlarini ta'minlashi mumkin va ularga internet tarmog'iga simmetrik ulanishni ta'minlay oladi. Bu ularga internet xosting, video konfirensiya, IP telefoniya, masofaviy o'qitish tizimidan foydalanish va boshqa zamonaviy xizmatlarni taqdim etishga imkon beradi. Bundan tashqari

lineyaviy modul bitta uzatish kanaliga 4 tagacha mis o'tkazgichni birlashtirishi va abonentlar ulanish tezliklarini 22,8 Mbit/s ga yetkazishi mumkin.

VOP1224 moduli



9.5-rasm. Telefoniya xizmatini taqdim etuvchi VOP1224 moduli

Lineyniy modul NGN-telefoniiya VOP1224 bu abonent liniyalariga ulanish uchun 24 ta FXS portiga ega bo'lib bu blokirovkaga tushmaslik arxitekturasiga ega (bu bir paytda barcha abonentlar telefon so'zlashuv xizmatidan foydalanish imkoniyati degani, xuddi oddiy telefaniya xizmatidagi kabi). Bunday platformaning qo'llanilishining o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, bu qurilma abonent tomonida oddiy telefondan foydalanish imkonini beradi. Ya'ni boshqacha qilib aytganda oddiy foydalanish uchun sodda va qulay bo'lgan oddiy telefon apparatidan foydalangan holda keyingi avlod NGN tarmog'ining telefaniya xizmatidan foydalanishga imkon beradi.

IES-1000 DSLAM qurilmasining parametrlari

Kuchlanish ta'minoti parametrlari:

- IES-1000M AC ~ 220V
- IES-1000M DC - 48V

Atrof muxit parametrlari:

- Rabochiy diapazon temperatur 0 - 50 °S
- Vlajnost 5 - 95 %

xDSL ulanishni sozlash. Mijoz ulanayotganda barcha ishlar "SKS" kompaniyasining xodimlari tomonidan bajariladi. Agarda keyinchalik siz obyektida biror ish bajarsangiz va uning natijasida funktsional sxemani qaytadan ulash talab etilsa, u holda ushbu hujjat sizga tafsilotlarni tushunib, mustaqil ravishda ulanish imkonini beradi.

Agar siz “SKS” kompaniyasining mijoz bo'lsangiz va telefon raqamingiz kompaniya abonentlari doirasiga krossirovka qilingan bo'lsa, u holda kompaniya tarmog'iga ulanish uchun quyidagi amallarni bajarish talab etiladi:

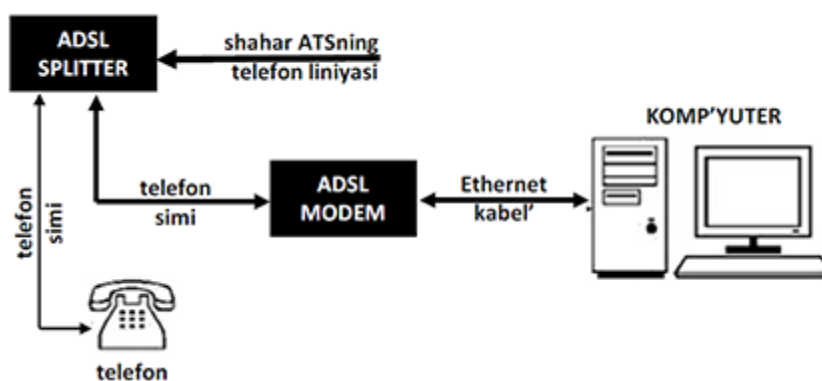
- ADSL modemni telefon liniyasiga ulash;
- Komp'yuterni sozlash.

Agar shundan so'ng internetga ulana olmasangiz, u holda qidiruvni amalga oshirib, bo'lishi mumkin bo'lgan nosozliklarni bartaraf etishga urinib ko'rishingiz mumkin.

Agar ko'rsatilgan choralar samara bermasa, u holda texnik qo'llab-quvvatlash xizmatiga murojaat qiling.

ADSL modemni ulash

Agar uy yoki ofisingizda faqat 1 ta telefon ishlatilsa, u holda eng sodda sxemadan foydalaniladi:



9.6-rasm. Abonent inshootida ADSL tarmog'ining oddiy ulanish sxemasi

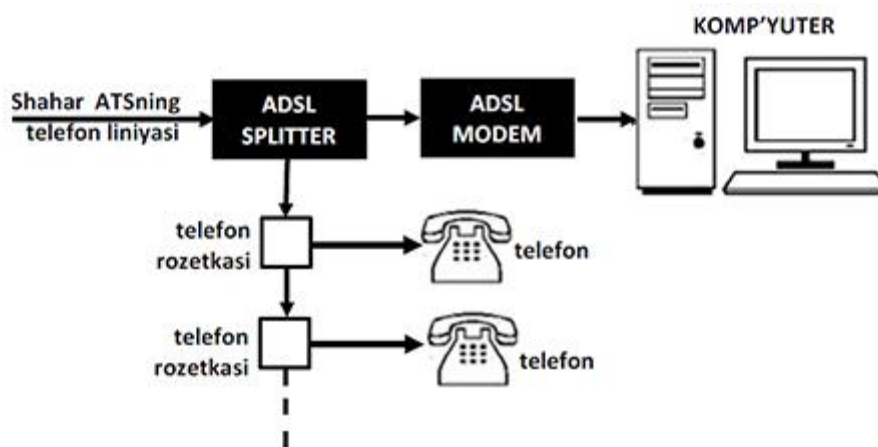
ADSL-splitter tovush signali chastotasini ADSL-modem ishlatadigan chastotadan ajratish vazifasini bajaradi. Sirdan qaraganda ADSL-splitter kichiqroq quti ko'rinishida, 3 ta RJ-11 (telefon «yevrorozetka») tipidagi ulanish qismiga ega bo'lib, unda «Line», «Phone» va «Modem» yozuvlari bo'ladi. Shahar ATSning telefon liniyasi splitterni «Line» qismiga ulanadi. Telefon apparati «Phone» qismiga va nihoyat ADSL-modemning «ADSL» qismi splitterning «Modem» qismiga ulanadi.

Izoh: Modem modelidan kelib chiqib uning «ADSL» ulanish qismi boshqacha, masalan, «DSL» yoki «xDSL» deb nomlangan bo'lishi mumkin.

Keyin esa Ethernet kabel yordamida ADSL-modemni kompyuterga ulash lozim. Bunda Ethernet kabelning bir uchi ADSL-modemning

«Ethernet» qismiga, boshqa uchi kompyuterning tarmoq kartasiga ulanadi.

Bir necha telefon apparatidan foydalanilganda ulanish sxemasi quyidagicha bo'ladi:



9.7-rasm. Abonent inshootida ADSL tarmog'iga ikki telefon apparatining ulanish sxemasi

Ya'ni, ofis yoki uyda mavjud bo'lgan barcha telefonlar splitterning «Phone» qismiga ulangan bo'lishi shart. Qolgan ulanishlar esa yuqori bayon etilganidek bajariladi. Agar siz ofis yoki uyda mini ATS dan foydalansangiz, u holda telefon liniyasi avval splitterga, splitterdan esa kabel o'z navbatida mini ATSGa ulanishi kerak.

Agar ulanishning ushbu sxemasi noto'g'ri amalga oshirilsa, telefonda gaplashilayotgan payt ATSDagi qurilmadan modem “uzilib” qolishi mumkin.

Kompyuterni sozlash Ethernet tarmoq kartasining TCP/IP protokol parametrlarini sozlashdan iborat bo'lib, ushbu tarmoq kartaga ADSL-modem ulangan bo'ladi. Kompyuterga o'rnatilgan operatsion tizim turi va kirish texnologiyasidan kelib chiqib sozlash o'ziga xos yo'l bilan bajariladi.

9.3. Optik abonent kirish tarmoqlarini qurish

9.3.1. FTTC Yer osti plastik kanalizatsiya tizimi

Plastik kanalizatsiya'ni qurilishi uchun plastik quduqlar va plastik kuzatuv uskunalardan foydalaniladi. Tarmoqlar va quduqlarni ulash uchun ximoyalangan politilin trubalar ishlatiladi. Ikki qatlamli gof trubalar ishlatiladi (9.8-rasm). Abonentlarga diametri 25-32 mm bo'lgan

XPT (ximoyalangan politilin truba) trubalar ishlatiladi. Taqsimlvchi tugun katta xajmli beton quduq yoki shkaflarda joylashgan bo‘ladi. Ulash muftalari, tarmoqlanish muftalari va abonent ulanish muftalari ixcham plastik optik kameralarda joylashadi. Plastik kanalizatsiyalar qrish uchun GNB usulidan foydalaniladi, chunki bu qurib bitkazilgan binolarda Yer ishlarini osonlashtiradi.



9.8-rasm Plastik kanalizatsiyalar va ikki qatlamli gof trubalar

9.3.2. FTTC Yer osti mikrokanalli kanalizatsiya tizimi

Misrokanalizatsiya faqatgina optik kabellar uchun ishlatiladi. Bu Yer osti optik kabel tizimini qurishning eng samarali usullaridan bir xisoblanadi. Misrokanalizatsiya diametri 5-10 mm bo‘lgan quvurlardan tashkil topgan. Bir quvur aloxida bir abonentga yoki kichiq abonentlar guruxiga xizmat ko‘rsatishi uchun ajratiladi. Quvurlarni, bu 5mm standart bo‘lsa kabellarga yig‘ib ko‘cha bo‘ylab Yerga (gruntga) yotqizib chiqiladi. Ko‘p quvurli kabellarga qutilar (karobkalar) o‘rnatiladi. Abonent inshootlari yoki abonent uchastkalar guruxi yaqinida ulanish tuguni yotqizilgan. Bo‘sh mikrokanalizatsiya oson tozalanadi va kerakli paytda mukammallashtiriladi. Tolali modullar trubalarga pnevmo yotqizish (vudovorish) usuli bilan bir yo‘nalishga 1 kmgacha yotqiziladi. Mikrokanalizatsiya oraliqlarda kuzatuv moslamalariga ega emas. Taqsimlash tuguni va abonent ulanish tuguni o‘rtasidagi xammasi bu ko‘p quvurli kabellar, tarmoqlash karobkalari, bir quvurli kabellar, quvurlar ulanish uchun muftalar – xammasi Yerdagi (gruntga) joylashgan. Mmikroquvurli kabellar 1dan 24 tagacha bo‘lgan mikrokabellarni o‘z ichiga olishi mumkin. Modullar 2-12 tagacha tolani o‘z ichiga oladi, 1 mm ga yaqin diametrga ega. Pnevmo yotqizish uchun kerak bo‘ladigan barcha anjom jixozlar xetchbeka saloniga joylashtirish mumkin. Mikrokanalizatsiya yuqori tamirlanish yaroqligi darajasiga ega. Agar mikrokanalizatsiya tarqatish uzeli va abonent ulanish uzellari orasida qo‘llanilsa u xolda XPQ (ximoyalangan politilin quvur)ushbu optik drop kabelning uchastkasi ikki taraflama razryomga ega bo‘ladi.

Sirocco kabel tizimi – FTTC tarmog‘ini qurish uchun Prysmian Cables&Systems asosida bo‘lgan Sirocco optik tolalarini pnevmoyotqizish texnologiyasi yotadi.



9.9-rasm Sirocco optik tolalari

9.3.3. FTTC asosida qishloq xududlarida optik kirish tarmoqlarini havo aloqa liniyalarini qurish

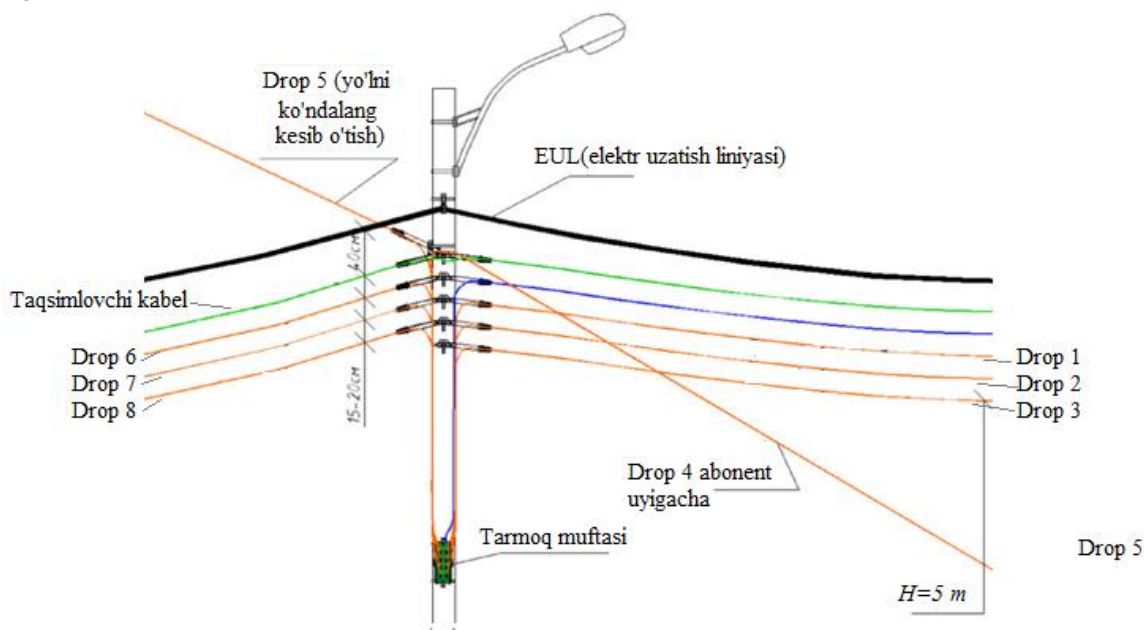
Qishloq xududlarida optik kabellar asosida abonent kirish tarmoqlarini qurishda qo‘llanilgan FTTC optik kabel tizimlarining mumkin bo‘lgan turlari:

- Kabellarni vertikal joylashtirishli havo kabel liniyasi;
- Kabellarni gorizontal joylashtirishli havo kabel liniyasi;
- Optik kabellarni osuvchi trosarga biriktirib olish usuli;
- Mikrokanalli osiluvchi kanalizatsiyali havo aloqa liniyasini qurish.

FTTCning havo kabel tizimini qurishda kabellarni vertikal xolatda joylashtirish usulini qo‘llash

Tarqatish uzillarini klaster kabellarga ulashda, tayanchning qoniqarli tashqi ko‘rinishini saqlash maqsadida tayanchga osib qo‘yiladigan buxta ko‘rinishidagi zaxira kabellarni saqlash zaruriyati bo‘lmagan montaj usullaridan foydalaniladi. Abonent ulanish tuguni bo‘lgan muftalar, panellar va shkaflar abonentlar bog‘lanishi uchun optik razyomlarga (ajralib ulanuvchiga) ega bo‘lgan kros'larga ega bo‘lishi lozim, aks xolda drop kabellar zaxirasining buxtasi paydo bo‘ladi. Bu esa yuqorida aytilganidek tayanchning tashqi ko‘rinishini buzilishiga olib keladi. Abonentlar ulanish tuguni qanchalik ko‘p ulanish portlariga ega bo‘lsa, ikki tayanch o‘rtasida bir vaqtda shuncha kabellar joylashadi. Quyidagi 9.10-rasmda FTTC havo aloqa liniyasini qurishda optik

kabellarni tayachlarga vertikal usulda osish texnologiyasi qoʻllanilishi keltirilgan.



9.10-rasm FTTC havo aloqa liniyasini qurishda optik kabellarni tayanchlarga vertikal usulda osish texnologiyasi qoʻllanilishi

Ushbu rasmda optik kabelli havo aloqa liniyalarini qurishda asosan oldindan mavjud boʻlgan elektr uzatish tizimlarining tayanchlaridan foydalaniladi. Chunki xar qanday axoli yashashi punktiga albatta elektr taʼminot liniyasi tortilgan boʻladi. Bu odatda tayanlarga osish orqali xosil qilinadi. Shuning uchun optik kabelli havo aloqa liniyalarini qurishda ushbu mavjud tayanchlardan foydalanish, ham qurilish muddatini qisqartirsa, ham iqtisodiy tejamkorlikka olib keladi. Lekin bunda texnik sharoitga bogʻliq ravishda bir qator qoidalarga rioya qilish lozim.

Tayanchga osilgan optik kabellarning eng yuqorida joylashgani bilan elektr uzatish tarmogʻi kabeli bilan orasidagi masofa 40 smdan kam boʻlmasligi lozim. Bu elektr uzatish liniyasini boʻlishi mumkin boʻlgan taʼsirini xisobga olgan xolda belgilangan. Eng quyida joylashgan kabeldan Yergacha boʻlgan masofa esa 5 metrdan kam boʻlmasligi lozim. Tayanchga osilgan optik kabellar orasidagi masofa esa qatʼiy tartibga solinmagan va 15-20 smni tashkil etishi mumkin.

Tartibga soluvchi xujjatlarga muvofiq tayanchlarga osiluvchi optik kabellar kamida 3kN yuklanishga chidamli boʻlishi lozim.

Yuqorida bayon qilingan optik kabellarni tayanchlarga osish uchun, yaʼni kabellarni vertikal osish usuli oʻziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Xususan, bunday usulda optik havo aloqa liniyasi qurilganda ushbu

tayanchlarga osilgan elektr uzatish tizimi kabellariga xizmat ko'rsatishda deyarli muammolar yuzaga kelmaydi.

Ammo tayanchlarga osiluvchi optik kabellar sonining ortib ketishi bir qator muammolarni yuzaga keltiradi. Xususan tayanchlardagi kabel tizimining gabaritini ortib ketishi, optik kabellar va elektr uzatish kabellari orasidagi yoki optik kabellar va yer ostidagi masofaga qo'yilgan talablarni bajarilmasligiga olib keladi. Bir so'z bilan aytganda bunday usulda kabel liniyalari qurishda kabellar sonining chegaralanishi mavjud.

FTTCning havo kabel tizimini qurishda kabellarni gorizontal xolatda osish usulini qo'llash

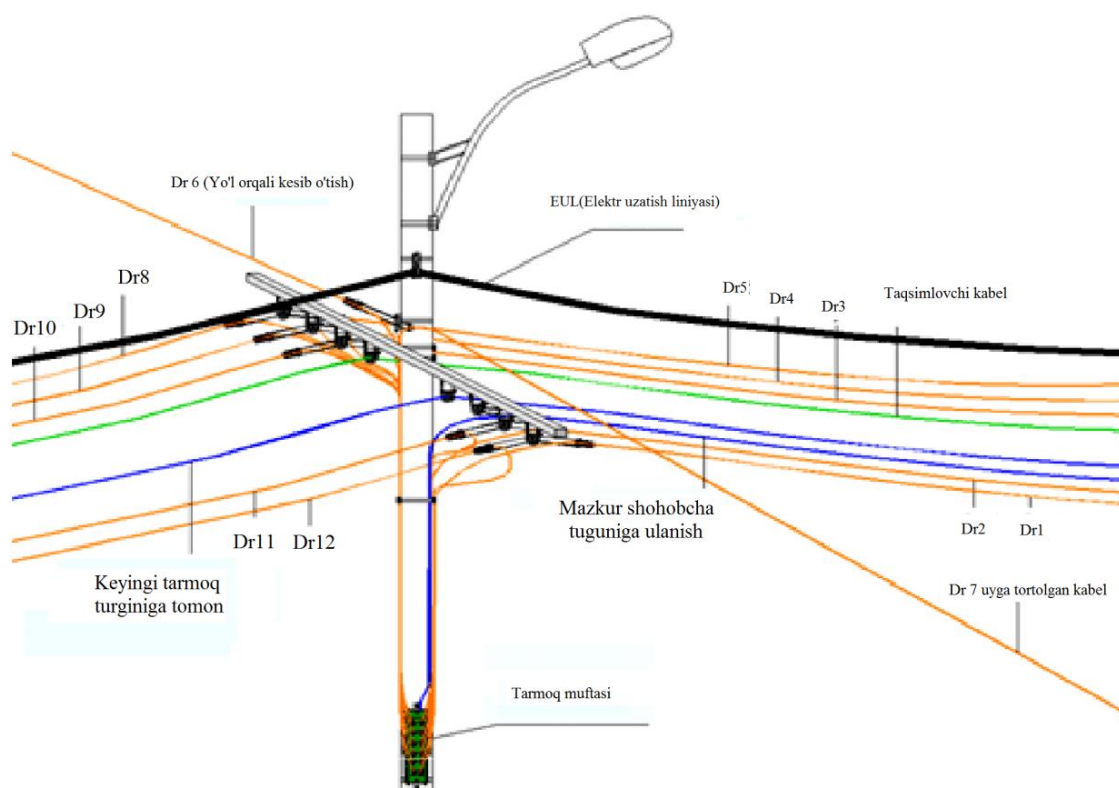
Ushbu usuldan foydalangan xolatda optik kabelli havo aloqa liniyasini qurishda optik kabellar tayanchlarga gorizontal usulda osiladi, ya'ni optik kabellar tayanchlarga birlashtirilgan traverslarga osiladi.

Kabellarni gorizontal osish usuli ularni vertikal osish usuliga nisbatan afzalliklarga ega. Bunday usul nisbatan ko'p sonli optik kabellarni osish imkonini beradi. Mustaxkamlovchi armaturalar soni kam talab qilinadi. Qurilish montaj ishlariga sarflanuvchi vaqt qisqaradi. Shuningdek kabellar tayanchlarga gorizontal usulda osilganda kabel liniyasining tashqi ko'rinishini ham vertikal usulga nisbatan yaxshiroq bo'ladi. Ammo bunday usulda kabellarni osalganda muammolarning aksariyati elektr uzatish tizimi kabel liniyalariga xizmat ko'rsatuvchi mutaxassislariga tug'iladi. Elektr o'tkazgichlarning ostidagi traverslarga optik aloqa kabellari osilgandan so'ng, bu elektr kabellarga avto minorasiz texnik xizmat ko'rsatishning imkoni bo'lmaydi. Agar tayanch faqat optik kabellarni osish uchun xizmat qilayotgan bo'lsa u xolda bu usuldan foydalaish samarali xisoblanadi. Drop-kabellar yetarli darajada mustaxkam va yuqori egiluvchanlik xususiyatiga ega bo'lishi lozim. Bu uning tayanchlarga osish va inshoot, binolarga kiritishda yengilliklar yaratadi. Bino ichida yotqizish uchun qo'llanuvchi drop kabellar yong'in paytida tutun xosil qilish xususiyatiga ega bo'lmasligi va LSZN gologenlaridan tashkil topmagan bo'lishi lozim. Bu talabni bajarish uchun binoda o'tkazuvchi tashqi optik razetka yoki o'tkazuvchi splays – boks o'rnatiladi va binoga G 657 standartiga mos keluvchi LSZN kabellari kiritiladi. Agar tayanch 0,4 kVli elektr uzatish liniyasi bo'lsa va unda kabellarni tashuvchi elementlarini Yerga ulanishi ko'zda tutilmagan bo'lsa, u xolda optik kabellar faqat dielektrik materialdan tashkil topgan bo'lishi lozim. Bu bo'lishi mumkin sakkiz ko'rinishdagi, aylana ko'rinishdagi yoki yassi kabellar bo'lishi mumkin. Ta'kidlash joizki optik kabellar montaji

amalga oshirilib bo‘lingach elektr liniyalariga faqat narvonlar yoki avto minoralar yordamida xizmat ko‘rsatishi mumkin. Bu esa ushbu tayanchlarga optik aloqa kabellarni osilishini rad etishiga olib kelishi mumkin.

FTTC havo kabel tizimini qurishda optik kabellarni osiluvchi trosdarga birlashtirish usulini qo‘llanishi

Osiluvchi trosdarga birlashtirish usulida optik kabelli havo aloqa liniyasini qurish qator afzalliklarga ega. Bunda barcha osiluvchi optik kabellar yagona mustaxkam trosdga birlashtiriladi (9.11-rasm).

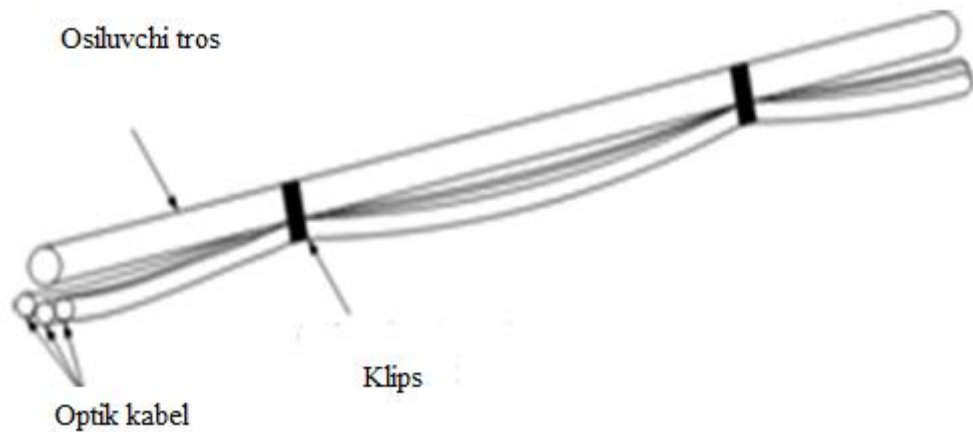


9.11-rasm Osiluvchi trosdarga birlashtirish usulida optik kabelli havo aloqa liniyasini qurish

Bu esa liniyaning gabaritini ixchamlashishiga va tashqi ko‘rinishining yaxshilanishiga olib keladi. Aloqa kabellarini trosdga birlashtirishning bir qancha usullari mavjud.

Masalan aloqa kabellarini trosdga birlashtirishda klips yoki tortmadan foydalanish.

Klips yoki tortma usuli



9.12-rasm. Aloqa kabellarini trosga birlashtirishda klips yoki tortma usuli

Bu usulda kabellarni trosga birlashtirish uchun trosni oldin Yerga tushirib olinishi soʻngra unga kabellarni biriktirilishi va yana tayanchga osib qoʻyilishi lozim. Yoki avto minoralar yordamida ham bunday usulda optik kabellarni troslarga biriktirish mumkin.

Keyingi chulgʻamli usul. Kabellarni trosga oʻrash maxsus oʻrovchi texnika yordamida amalga oshiriladi. Uni Yerdan turib tros boʻylab tortiladi.

Mexanizm aylanadi va ortidan optik optik kabelni trosga oʻrab ketadi. Bu usul hozirda koʻproq Shimoliy Amerika mamlakatlarida qoʻllaniladi.



Optik tolani tros atrofiga o'rash usuli

9.12-rasm. Optik kabellarni kuch elementiga oʻrsh orqali mustaxkamlash

Oʻramli usul ham samarali usul xisoblanadi. Ayniqsa liniyada faqat aloqa tizimi kabellari boʻlsa. U qoʻlda amalga oshiriladi. Shuningdek u LESH texnologiyasi ham deyiladi.



O'rama usulda mahkamlash

9.13-rasm. Optik tolani tola ip bilan eshib mustaxkamlash usuli

FTTC Osma Mikrotrubkali havo kabel tizimini qurish

Ushbu texnologiyadan foydalanish asosan Yevropa davlatlarida amalga oshmoqda. Bunday usulda kabel liniyasini qurishda tayanchlarga osiluvchi mikrotrubkali kabellar qo'llaniladi.



9.14-rasm. Tayanchlarga osiluvchi mikrotrubkali kabellar

Ushbu mikrotrubkali kabellar tayanchlarga osib chiqiladi. Bunda kabellarga 2 ta fider klaster kabellar uchun va 8 ta drop kabellar uchun kanallar mavjud.

Bunday mikrotrubkali kabellar maxsus qobiqqa yega bo'lgan kabellar yotqiziladi. Havo bosimi orqali yotqizish ishlari amalga oshiriladi. Abonentni ulashda kabeldan aloxida trubka ajratiladi va u abonentning uyigacha tortilgan bir trubkali kabelga tulanadi. Uydan yoki optik ajratuvchi muftadan pnevmo o'tkazish amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Wi-Fi tarmoqlari xususiyatlari qanday?
2. Wi-MAX tarmoqlarining qo'llanish xususiyatlari qanday?
3. DSLAM qurilmasi qanday tarmoqlarda qo'llaniladi?
4. DSLAM ning modullari qanday?
5. Optik aloqa tizimlarining qurilishining turlari?
6. Vertikal usuldagi havo optik aloqa liniyalari.
7. Gorizontaal usuldagi havo optik aloqa liniyalari.
8. Mikrokabelli optik aloqa liniyalari.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. SH.M. Mirziyoev. Tanqidiy tahlil, qat'iy tartib-intizom va shaxsiy javobgarlik – har bir rahbar faoliyatining kundalik qoidasi bo'lishi kerak. Toshkent, 2017.
2. SH.M. Mirziyoev. Erkin va farovon, demokratik O'zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. Toshkent, 2017.
3. R.I. Isaev. Optik aloqa tizimlari va tarmoqlari. Toshkent, TATU, 2009.
4. N. Jo'rayev. Telekommunikatsiya uzatish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish. Farg'ona, 2013.
5. N.M. Jo'rayev. Tolali optik aloqa tizimlari va tarmoqlariga texnik xizmat ko'rsatish. Toshkent, 2017.
6. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998.
7. N.Y. Yunusov. Optik aloqa asoslari. Toshkent, 2009.
8. Васильев В.Н. Оптические кабели. Справочное пособие. ч.1. Ташкент. ТУИТ. 2003г.
9. Слепов Н.Н. Волоконно-оптические системы передачи: современное состояние и перспективы.- М: Радио и связь, 2004.
10. Строительство кабельных сооружений связи: Справочник. С 86 Д.А.Барон, И. И. Гроднев, В. Н. Евдокимов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1988.
11. Мальке Г., Гессинг П. Волоконно-оптические кабели. – Новосибирск: Издатель 1997-1999.
12. Ўзбекистон Алоқа ва Ахборотлаштириш Агентлиги, Фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази: Алоқа линиялари ва узатиш тизимларига оид атамаларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати.
13. Андреев В.А., Попов Б.В., Польшников И.А. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линия связи: Учебник для Вузов, под ред Б.В.Попова.-М. Радио и связь,1995.
14. Портнов Л. Оптические кабели связи: конструкции и характеристики. М.: Горячая линия-Телеком, 2002.-232с.
15. Фриман Ф. Волоконно-оптические системы связи.-М.: Техносфера. 2003.-400с.
16. Ўзбекистон давлат стандарти “Толали оптик узатиш тизимлари. Атамалар ва таърифлар”, Тошкент, 2011.
17. Бакланов И.Т. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. 1997

18. Волоконная - оптика: компоненты, СП, измерения. Иванов А.Б.- Москва: компания Сайрус системс, 1999.
19. Harry J. R. Dutton., “Understanding optical communications”/ International Technical Support Organization/ 1998.
20. Casimer DeCusatis., “Handbook of Fiber Optic Data Communication”, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego Academic Press is an imprint of ElsevierElsevier Academic Press/ 2008.
21. Stamatios V. Kartalopoulos. Free Space Optical Networks for Ultra-Broad Band Service, Wiley-IEEE Press. August 2011
22. Muriel Médard. Security issues for all-optical networks. 1998.
23. Max Ming-Kang Liu. Principles and applications of optical communications. Quickturn Design Systems, Inc. 1996
24. L.A. Backman. “Application in Optical Communication: Optical Transmission of Millimeter – Wave Signals; and, An All – Optical Wavelength – Router Switching Network”. Ph.D. thesis. University of California, Berkeley, 1996.
25. A, Budman, E. Eichen, J. Schalafer, R. Olshansky and F, McAleavey. “Miltigigabit Optical Packet Switch for Self – routing Network with Subcarrier Addressing”, in OFC’92 (San Jose, CA), 2010.
26. D.J. Blumenthal, P.R. Prucnal, and J.R. Sauer. “Photonic Packet Switches: Architecture and Experimental implementations”. Proceedings of the IEEE, 1994.

Internet manbalar:

1. www.okbmei.ru
2. www.bibliofond.ru
3. www.extusur.net
4. www.radioland.net
5. <http://strategy.regulation.gov.uz/uz/document>

MUNDARIJA

KIRISH.....	2
1-BOB. KENG POLOSALI TARMOQ TUSHUNCHASI.....	5
1.1. Keng polosali tarmoq tushunchasining paydo bo‘lishi.....	5
1.2. Keng polosali tarmoqlarda xizmatlar	12
2 - BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARDA QO‘LLANILUVCHI UZATISH MUXITLARI	14
2.1. Radio aloqa kanallari va ularning xususiyatlari.....	14
2.1.1. Radio to‘lqinlar diapazonidagi aloqa tizimlari	18
2.2. Elektr o‘tkazgichli uzatish muxitlari va ularning xususiyatlari....	21
2.2.1. Simmetrik o‘rama juftli simmetrik aloqa kabellari	21
2.2.2. Koaksial elektr aloqa kabellari.....	23
2.3. Optik uzatish muxitlari va ularning o‘ziga xos xususiyatlari	24
2.3.1. Optik tolalarning ishlash prinsipi.....	27
3-BOB. KENG POLOSALI AXBOROTLARNI UZATISHDA FOYDALANILADIGAN MODULYATSIYA USULLARI	35
3.1. Analog modulyasiya usullari va ularning o‘ziga xos xususiyatlari	35
3.1.1. Amplitudasi modulyasiyalangan signallar	36
3.1.2. Chastota bo‘yicha modulyatsiya	40
3.1.3. Faza bo‘yicha modulyatsiya.....	45
3.2. Diskret signallarni modulyatsiyalash usullari.....	46
3.3. Optik signallarni modulyasiyalash usullari va ularning xususiyatlari.....	48
3.3.1. Yorug‘lik nurlanishini modulyasiyalashning.....	48
3.3.2 Elektroptik modulyatorlar	54
3.3.3. Akustooptik modulyatorlar	58
4-BOB. KENG POLOSALI ABONENET KIRISH TARMOQLARI VA ULARNI QURISH USULLARI.....	64

4.1. Raqamli abonent kirish tarmoqlari.....	64
4.1.1. ADSL texnologiyasi.....	66
4.1.2. HDSL texnologiyasi va uning ishlash prinsipi	72
4.2. Simsiz keng polasali kirish tarmoqlari va ularni qurish usullari ..	75
4.3. Zamonaviy optik abonent ulanish tarmoqlari	80
4.3.1. PON texnologiyasi	81
5 - BOB. KENG POLOSALI TRANSPORT TARMOQLARI VA ULARNI QURISH USULLARI.....	88
5.1. Sinxron raqamli iyerarxiyali SDH texnologiyasiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari	88
5.1.1. SDH tizimlarida standartlash	94
5.2. Kanallarni to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlovchi WDM texnologiyasiga asoslangan keng polosali transport tarmoqlari	96
5.2.1. WDM li tizimlarning blok sxemasi.....	98
5.2.2. Transport texnologiyalari bilan WDM modelining o‘zaro bog‘lanishi	101
5.2.3. WDM da multipleksorlash sxemasi	102
5.2.4. CWDM texnologiyasi	103
5.2.5. DWDM texnologiyasi	106
5.2.9. Shahar sharoitida DWDM texnologiyasini qo‘llash.....	108
5.3. Keng polosali paketli transport tarmoqlarini qurish texnologiyalari.....	111
6 - BOB. ETHERNET TEXNOLOGIYASI VA UNING QO‘LLANILISH XUSUSIYATLARI	116
6.1. Ethernet texnologiyasi asoslari	116
6.2. Ethernet texnologiyasi asosida ma'lumot uzatishdagi kadr formati	120
6.3. MAC-adres tushunchasi va uning qo‘llanilishi	123
6.3.1. MAC adres strukturasi.	123

6.3.2. Tarmoq faoliyatni amalga oshishida MAC adresning ahamiyati	125
6.4. Ethernet texnologiyasining turlari.....	127
6.4.1. Ethernet texnologiyasining dastlabki standartlari.....	128
6.4.2. Ma'lumot uzatish tezligi 10 Mbit/s tezlikli Ethernet standartlari	128
6.4.3. Tezkor Ethernet (100 Mbit/s) yoki (Fast Ethernet)	129
6.4.4. Gigabit Ethernet	129
6.4.5. Ma'lumot uzatish tezligi 10 Gigabit Ethernet	130
7-BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARDA TAQDIM ETILUVCHI XIZMATLAR	131
7.1. Keng polosali tarmoqlar orqali taqdim etiluvchi zamonaviy xizmatlar	131
7.2. Passiv optik keng polosali kirish tarmog'i orqali keng polosali xizmatlarni taqdim etish	137
7.3. XDSL-ga asoslangan keng polosali tarmoq xizmatlari	140
8-BOB. KENG POLOSALI TARMOQLARIDA QO'LLANILUVCHI PROTOKOLLAR	142
8.1. Keng polosali tarmoqlarning standart protokollari.....	142
8.2. H.323 protokoli	144
8.3. SIP protokol.....	145
9-BOB. KENG POLOSALI ABONENT KIRISH TARMOQLARINING QURILISH USULLARI	150
9.1. Simsiz keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurish usullari	150
9.2. Keng polosali abonent kirish tarmoqlarini qurishda xDSL ning qo'llanilishi.....	156
9.3. Optik abonent kirish tarmoqlarini qurish.....	161
9.3.1. FTTC Yer osti plastik kanalizatsiya tizimi	161

9.3.2. FTTC Yer osti mikrokanalli kanalizatsiya tizimi	162
9.3.3. FTTC asosida qishloq xududlarida optik kirish tarmoqlarni havo aloqa liniyalarini qurish.....	163
Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati:	170
Internet manbalar:	171