

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA‘LIMI MARKAZI

A.M. ESHMURADOV, D.T. NORMATOVA

ABONENT KIRISH TARMOQLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma

TOSHKENT
«NISO POLIGRAF»
2017

UO‘K: 004.722.2
KBK 32.973.202
A17

Eshmuradov, A. va boshq.

Abonent kirish tarmoqlari. Kasb-hunar kollejlari uchun o‘quv qo‘llanma. /A.M.Eshmuradov va boshq. O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi.–T.: «Niso Poligraf», 2017.–104 b.

UO‘K:
KBK 32.973.202

Taqrizchilar:

- Gulturayev N.X.** – TATU Telekommunikatsiya injiniringi kafedrasida dotsenti, texnika fanlari nomzodi;
Qayumov M.R. – «O‘zbektelekom» AK «Telekommunikatsiya va personalni rivojlantirish markazi» filiali direktori.

O‘quv qo‘llanma «3550100 – Telekommunikatsiya texnologiyalari» tayyorlov yo‘nalishining «3550101 – Kommutatsiya va uzatish tizimlarini montaj qilish, ishlatish hamda ma‘lumotlar uzatish tarmog‘i texnigi» kasbi bo‘yicha tahsil olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan. Unda simli abonent kirish tarmog‘ining qurilish tamoyillari, kirish tarmog‘ida qo‘llaniladigan FTTx, PON va xDSL texnologiyalarining vazifasi, ularning tarmoqda qo‘llanish usullari, abonent kirish multipleksorlari va tarmoq modemlari keltirilgan. Shuningdek, qo‘llanmada simsiz abonent kirish tarmoqlarining qurilish tamoyillari, WiMAX tarmog‘ining arxitekturasi va qurilish tamoyillari, WiFi texnologiyasi, MESH tarmog‘i modemlarining qo‘llanilish xususiyatlari hamda adaptiv antenna tizimlari haqida ma‘lumotlar keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma Toshkent aloqa kasb-hunar kollejida o‘tilayotgan «Abonent kirish tarmoqlari» fanining ishchi o‘quv dasturi asosida tayyorlangan.

O‘rta maxsus, kasb-hunar ta‘limi markazi ilmiy-metodik
Kengashi tomonidan nashrga tavsiya etilgan

ISBN 978-9943-4870-3-1

© A.M. Eshmuradov va boshq., 2017
© «Niso Poligraf», 2017

KIRISH

Zamonaviy axborot-kommutatsiya olami juda tez rivojlanmoqda. Sayyoramizning har bir odamiga Internet, ma'lumotlarni uzatish tarmog'i odatiy bo'lib qolgan. Odam qayerda bo'lmasin, yuqori texnologiyalar uning ajralmas qismi hisoblanadi. Infokommunikatsiya texnologiyalari jamiyat rivojlanishi va odamlar hayot tarzining o'zgarishiga ta'sir etuvchi muhim omillarning biri bo'lib qoldi. Ularni qo'llash jahon fani yutuqlarini samaraliroq ishlatishga imkon beradi, biznesni samarali yuritishning real imkonini yaratadi, odamlarning axborotli o'zaro ishlashi ularning Vatan va jahon axborot resurslariga kirishini, ularning axborot mahsuli va xizmatlariga ijtimoiy va shaxsiy ehtiyojlarini qoniqtirishini ta'minlaydi.

Bugungi kunda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini jamiyat va davlat boshqaruvi faoliyatining barcha sohalariga keng joriy etish hamda ulardan samarali foydalanish, fuqarolarning axborot olishga doir konstitutsiyaviy huquqlarini ro'yobga chiqarish, davlat boshqaruvi organlari faoliyatining ochiqligini ta'minlash, «elektron hukumat» tizimini jadal tatbiq etish, telekommunikatsiya infratuzilmasi, ma'lumotlarni uzatish tarmoqlarini modernizatsiya qilish borasida mamlakatimiz barcha hududida keng ko'lamli ishlar amalga oshirilmoqda.

Binobarin, mamlakatimizda mustaqillikning ilk yillari-danoq axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini har tomonlama ravnaq toptirish, uning huquqiy-tashkiliy hamda moddiy-texnik bazasini izchil takomillashtirishga alohida e'tibor qa-

ratib kelinyapti. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari zamonamiz uchun dolzarbligiga monand sur'atda boshqa sohalarga nisbatan jadal rivojlanayotganini alohida ta'kidlash joiz.

Istiqbolda Internetning milliy segmenti yanada shakllantirilishini hamda unga keng polosali ulanishni kengaytirish, telefon aloqasi, televideniye va radioeshittirishning raqamli tizimlariga to'liq o'tishni ta'minlash, aholining, xususan, yosh avlodning axborotga bo'lgan hamda intellektual talab va ehtiyojlarini qondirish maqsadida tarmoq resurslarini rivojlantirish uchun zarur texnik hamda qulay shart-sharoitlarni yaratish ayni muammo.

Uzatiladigan axborotlar hajmining oshishiga bo'lgan talablarga bog'liq holda telekommunikatsiyaning jadal rivojlanishi, aloqa tarmoqlarini va ayniqsa, abonent kirish tarmoqlarini tubdan mukammallashtirish zarurligiga olib keldi. Bu, birinchi navbatda, paketli uzatishli, sifatli, keng polosali xizmatlarni taqdim etish uchun kerak bo'ldi.

Aloqaning zamonaviy tarzda rivojlanishi shunday telekommunikatsiya tizimlariga o'tishdan iboratki, ularda xizmatlarni taqdim etish elektr aloqa tarmoqlarining funksionallashtirishdan alohida bo'lib, turli xizmat turlarini taqdim etish uchun paketli trafikka yo'naltirilgan yagona multiservisli tarmoqlar ishlatiladi. Abonent kirish tarmoqlarini rivojlantiruvchi kalit yo'nalish – bu barcha uchastkalarda tolali optikaning qo'llanilishidir. Bu yo'nalishda standartlar, abonent tarmoqlarini tashkil etish vositalari, loyihalar ishlab chiqilgan. Shuning uchun bo'lajak soha mutaxassislari zamonaviy va istiqbolli abonent kirish optik tarmoqlarini loyihalashtirish va qurish masalalarini bilishlari kerak. Shuningdek, ishchi-xodimlar ham optik abonent kirish tarmoqlarini loyihalashtirish, qurish va ularning ekspluatatsiyasi

bo'yicha malakalarini uzluksiz oshirib borishlariga ham talab mavjud.

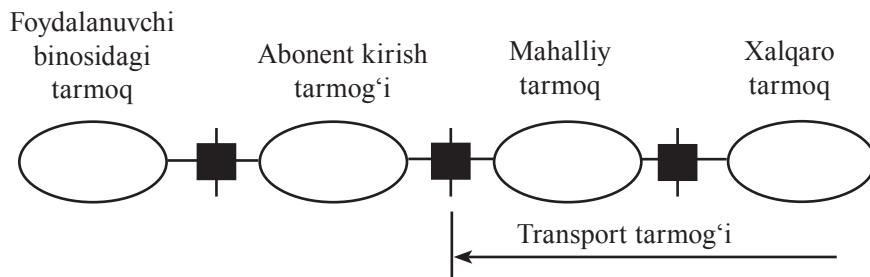
Abonent kirish tarmoqlarining barcha texnologik yechimlarining katta qismi telekommunikatsiyalar bo'yicha xalqaro elektr aloqa ittifoqi XEI-T – ITU-T (International Telecommunications Union) standartlarida hamda elektronika va elektrotexnika muhandislari instituti – IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)ning standartlarida ishlab chiqilgan.

I bob. SIMLI ABONENT KIRISH TARMOG'INING QURILISHI

1.1. Abonent kirish tarmog'ining vazifalari

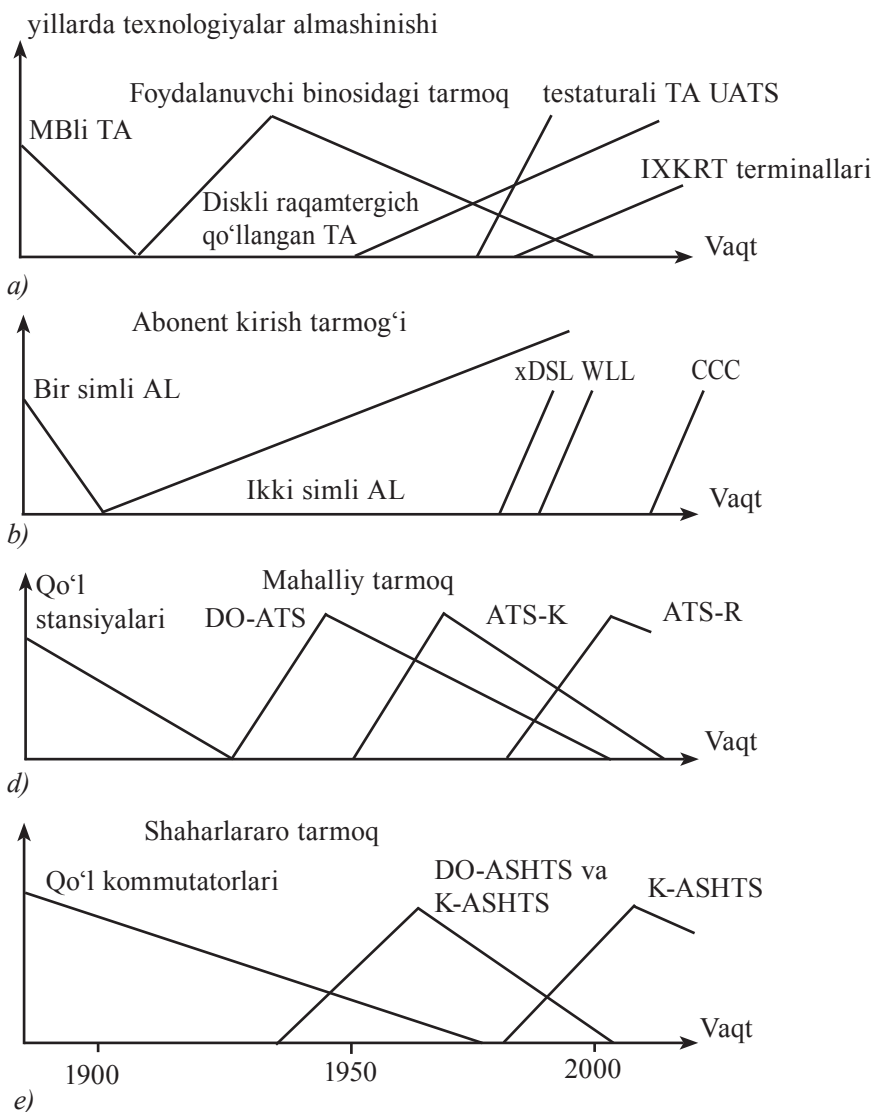
Telekommunikatsiya tarmoqlarini ikki darajali tarmoq sifatida ta'riflash mumkin: transport va kommutatsiyalanuvchi tarmoqlar. Ham transport, ham kommutatsiyalanuvchi tarmoqlarni iyerarxik sathlar bo'yicha ajratish mumkin. Elektr aloqa tarmoqlarida iyerarxiyaning to'rtta sathi ajratiladi (1.1-rasm).

Modelning birinchi elementi – foydalanuvchi binosidagi tarmoq (Customer Premises Equipment – CPE). Ikkinchi element – abonent kirish tarmog'i (Access Network), u tranzit (transport) tarmoqqa chiqishni ta'minlaydi. Bu tarmoq ikkita sathga ajraladi – mahalliy (Local) va shaharlararo (Long-distanse).



1.1-rasm. Elektr aloqa tarmoqlarida iyerarxik sathlar.

Abonent kirish tarmoqlari shahar yoki qishloq telefon tarmoqlari tarkibida bo'lganligi uchun 1.2-rasmdagi sxema bo'yicha telefon tarmoqlarida ushbu elementlarning rivojlanish bosqichlarini ko'rib chiqamiz. Bu bosqichlarning vaqt bo'yicha rivojlanishi 1.2-rasmda keltirilgan.



1.2-rasm. Telefon tarmog'i rivojlanishining asosiy bosqichlari.

1.2, a-rasmda foydalanuvchi binosidagi texnologiyalar rivojlanishi telefon aloqasiga nisbatan ko'rsatilgan. Telefon aloqa abonent qurilmasida mahalliy batareyali telefon apparati (TA),

vaqt o'tishi bilan diskli raqamtergich qo'llangan TA, tastaturali TA va integral xizmat ko'rsatuvchi raqamli tarmoqda terminallar qo'llangan. Shuningdek, korxonalar, tashkilot foydalanuvchilari binosida muassasa avtomatik telefon stansiyasi (UATS) XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab ishlatilgan.

Abonent kirish tarmoqlarida (1.2-rasm) avvalari bir simli abonent liniyasi (AL), so'ngra ikki simli abonent liniyasi ishlatilgan. XX asrning oxirlarida ko'plab yangi texnologiyalar paydo bo'lishi abonent kirish tarmoqlarini turli usullarda rivojlantirish imkonini berdi. Rasmda abonent kirish tarmog'i evolutsiyasining faqat uchta muhim yo'nalishi keltirilgan: turlicha standartli raqamli abonent liniyalar (xDSL), simsiz abonent liniyasi (WLL) va CCC (yo'ldoshli aloqa tizimlari).

Mahalliy va shaharlararo tarmoqlarning rivojlanish bosqichlari (1.2, *d*, *e*-rasmlar) bazaviy texnologiyalarning o'zgarish vaqti bilan farqlanadi, lekin jarayonlarning almashinish ketma-ketligi esa o'xshashdir: ATS-DSH va AMTS-DSH, ATS-K va AMTS-K va h.k.

«Abonent kirish tarmog'i» fragmentida texnologiyalar o'zgarishi xarakteri ikki nuqtayi nazardan diqqatga sazovordir. Birinchidan, ikki simli abonent liniyasining «hayot sikli» hamma jarayonlarnikidan ancha ko'pdir. Ikkinchidan, keyingi yillarda infokommunikatsion tizimning hech bir elementi abonent kirish tarmog'i kabi sezilarli o'zgarishlarga duchor bo'lmadi.

XXI asrda rasmda ko'rsatilgan chiziqlarning o'zgarish xarakteri ko'p jihatdan operatorning texnik siyosati bo'yicha aniqlanadi, odatda, bu abonent liniyalarining o'tkazich polosasini kengaytirishdir. Eng oddiy varianti – ATS krossini potensial mijozlar bilan bog'laydigan, fizik zanjirlarga xDSL rusumidagi uskunalarni o'rnatish. Murakkab bo'lgani va katta investitsiyani talab qiladigan, ikkinchi varianti – hamma fizik zanjirlarni optik tolali kabelga almashtirishdir.

Birinchi variant joriy masalani hal qiladi va investitsiyalar bu holda uncha ko'p bo'lmaydi. Ikkinchi (murakkab) variant abonent kirish tarmog'ining uzoq muddatli evolutsiyasini ta'minlashi mumkin, bunda investitsiya ko'p bo'ladi.

Yuqoridagilar asosida ekspluatatsiya qilinayotgan abonent kirish tarmoqlarining uchta xossasini quyidagicha shakllantirish mumkin:

- uzoq vaqtlar mobaynida abonent kirish tarmoqlarining tuzilish prinsiplari o'zgarmasdan qolaverdi;

- keyingi yillarda vaziyat radikal o'zgardi, elektr aloqa tizimlarini modernizatsiyalash jarayonida qo'llanayotgan yangi texnologiyalarning ko'pligi buni isbotlaydi;

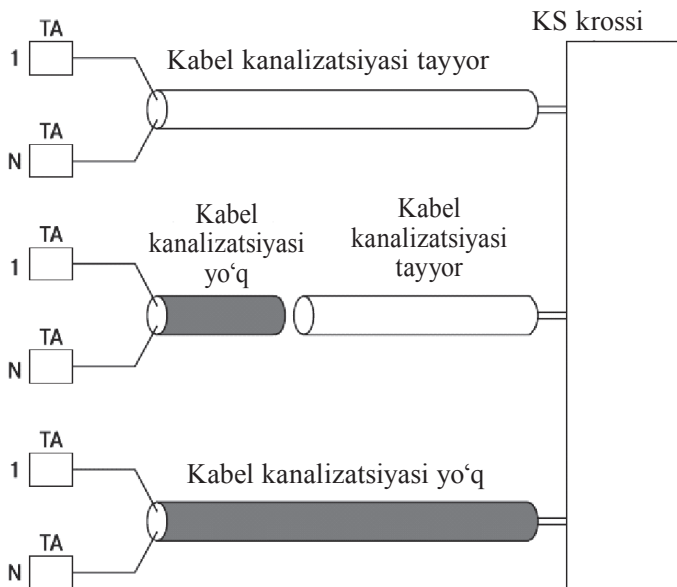
- abonent kirish tarmoqlarining keyinchalik rivojlanish texnologik sikllari operatorning texnik siyosati va uning moliyaviy imkoniyatlari bilan belgilanadi.

XEAning statistik hisobotlarida telefon tarmog'ining komponentlaridan biri, mahalliy tarmoq liniya-kabel inshootlariga xarajatlar, umumiy xarajatning 27% ini tashkil etishi ko'rsatilgan. Buning katta qismi abonent kirish tarmoqlarini tuzishga sarflanadi. Kommutatsion stansiyaga terminallar guruhini ulashda yuzaga keladigan vaziyatlar (1.3-rasm) bu xulosani isbotlaydi.

Birinchi vaziyatda kabel kanalizatsiyasi tayyor, sarf-xarajat minimal bo'ladi. Ikkinchi vaziyatda faqat trassaning bir qismidagina yangi kabel kanalizatsiyasini tayyorlash kerak bo'ladi, xarajatlar avvalgi vaziyatdan ortiq bo'ladi. Uchinchi vaziyatda kabel kanalizatsiyasi mavjud emas, yangitdan kabel kanalizatsiyasini qurib tayyorlash kerak, xarajatlar eng ko'p bo'ladi.

Ekspluatatsiyalanayotgan abonent kirish tarmoqlarining yana ikkita xossasini ajratish mumkin:

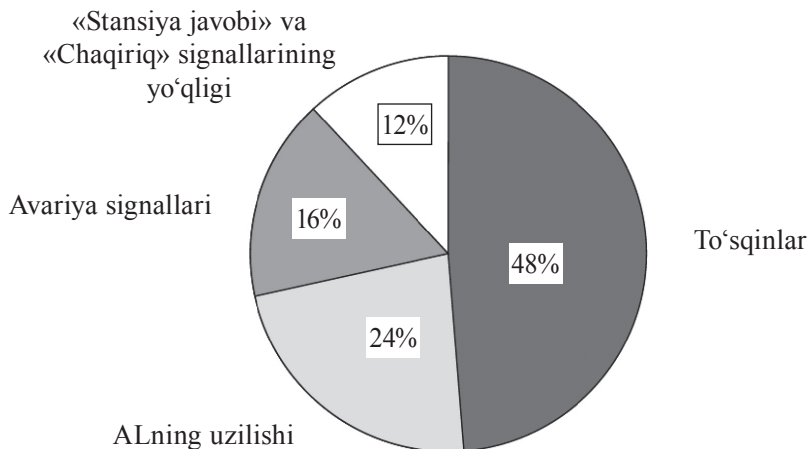
- abonent kirish tarmoqlari telekommunikatsiya tarmog'ining eng qimmat elementlaridan biri bo'lib kelgan va qimmat bo'lib qolmoqda;



1.3-rasm. Kommutatsion stansiyaga terminallar guruhini ulashdagi uchta vaziyat.

– abonent kirish tarmoqlarini qurish bilan bog‘liq xarajatlarning operatorga tegishli qismi keng doirada o‘zgaradi va u bir qator sabablar bilan belgilanadi. Buning isbotini yuqorida keltirilgan vaziyatlar isbotlaydi. Zamonaviy infokommunikatsion tizimlar juda yuqori ishonchlilikka ega bo‘lishi lozim. Bu talablar infokommunikatsion tizimlar hamma elementlarining juda past rad etishlar ehtimolligida ta‘minlanishi mumkin. Xalqaro standartlashtirish tashkilotining ma‘lumoti bo‘yicha (1.4-rasm) UFTfTd raddiyalar sabablarining taqsimlanishi keltirilgan.

1.4-rasmdan abonentlarning taxminan choragi abonent liniyasining ishonchsizligidan shikoyat qilganligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, to‘sqinlarning katta qismi abonent kirish tarmoqlarida ro‘y beradi. Demak, operator abonent kirish tarmoqlarida axborot almashinish ishonchliligini oshirishga va sifatiga e‘tibor berishi lozim.



1.4-rasm. UFTTda xizmat ko'rsatishga raddiyalar sabablarining taqsimlanishi.

Foydalanayotgan abonent kirish tarmoqlari aloqa liniyalarining to'plamidir, shuning uchun ALLarining va abonent kirish tarmoqlarining foydali ish koeffitsiyenti bog'lovchi liniyalarga nisbatan ancha kamdir. Ya'ni abonent kirish tarmoqlarini yaratishga sarf-xarajatlar kam samaralidir.

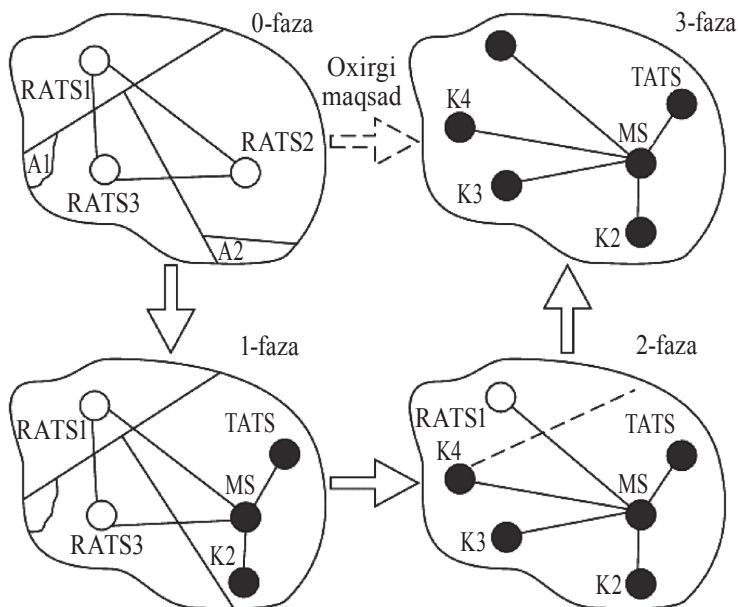
Bu mulohazalar asosida ekspluatatsiyalayotgan abonent kirish tarmoqlarining yana ikkita xossasini shakllantirish mumkin:

- abonent kirish tarmoqlariga axborot almashinish ishonchiligi va sifati ko'rsatkichlarining pastligi o'ziga xosdir;
- abonent kirish tarmoqlarining foydali ish koeffitsiyenti juda kamligi (o'tkazilayotgan trafik intensivligi) texnik vositalardan foydalanish samarasining pastligiga olib keladi.

Ekspluatatsiyalayotgan abonent kirish tarmoqlarining yuqorida ko'rilgan o'ziga xos xususiyatlari, ulardan foydalanishdagi muammolarni hal etish uchun abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiyalash dolzarb masala bo'lib qoladi.

Abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiyalashda strukturuviy va texnologik jihatlarni hisobga olish zarur.

Modernizatsiyalashda umumiy yondashuv. Abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiyalashda ikkita qarama-qarshi yondashuvni ajratish mumkin. Birinchisi foydalanilayotgan tarmoqni rivojlanish oxirgi maqsadini aniq tasavvur qilmasdan, joriy masalalarni yechish, modernizatsiyalash jarayonida yangi texnologiyalarni joriy etish ortiqcha sarf-xarajat talab qilmaydi. Ikkinchi yondashuv ancha murakkab bo'lib, operator modernizatsiyalash natijasida, tarmoqning strukturaviy tuzilishi bo'yicha aniq tasavvurga ega bo'ladi. Yangi texnologiyalar paydo bo'lgan taqdirda, ularni joriy etish modernizatsiyalash rejasiga ta'sir etib, ortiqcha sarf-xarajatni talab qilishi mumkin. Shunga qaramasdan, ikkinchi yondashuvda operator texnologiyalar o'zgarishlariga maksimal darajada invariant tizimiy yechimlarga oriyentirlansa, bu yondashuv ancha oqilona bo'ladi. Ikkinchi yondashuv bo'yicha analog RATSl SHTTni modernizatsiyalash jarayonini (1.5-rasm) ko'rib chiqamiz.



1.5-rasm. SHTTni modernizatsiyalashning asosiy fazalari.

Operator tarmoqning oxirgi strukturasi yaqqol tasavvur qiladi, tarmoq rayonlashtirilmagan bo'lishi kerak va modernizatsiyalash bosqichma-bosqich olib boriladi. Tarmoqning dastlabki holati «0» fazada ko'rsatilgan, bu fazada telefonlashtirilmagan A1 va A2 anklavlar ko'rsatilgan.

1-fazada RATS-2 raqamli MS bilan almashtiriladi, A2 anklavni telefonlashtirish uchun K2 konsentrator qo'yiladi, bundan tashqari, MSga raqamli UATS ulanadi.

2-fazada RATS-3 konsentrator K3 bilan almashtiriladi, A1 anklavni telefonlashtirish uchun K4 konsentrator qo'yiladi. MSning xizmat ko'rsatish chegarasi o'zgaradi, RATS-1 ning chegarasi punktir chiziq bilan aniqlanadi.

3-fazada RATS-1 konsentrator bilan almashtiriladi va kommutatsiyalanadigan raqamli tarmoqning optimal strukturasi qurish yakunlanadi.

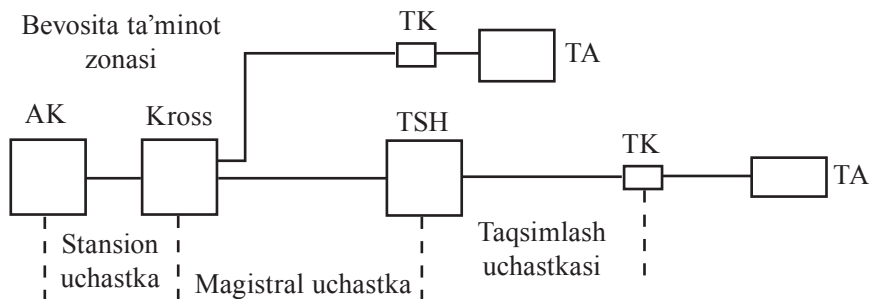
Modernizatsiyalash natijasida abonent kirish tarmoqlarining ayrim strukturaviy xarakteristikalarini o'zgaradi, masalan, stansiya xizmat ko'rsatish hududi kengayadi, abonent kirish tarmoqlarining chiqarilma modullari (konsentratorlar, multipleksorlar, UATS) keng qo'llaniladi, shuningdek, shahar qurilishi o'zgaradi.

Analog SHTTning tipik hisoblangan abonent tarmog'ining strukturasi 1.6-rasmda keltirilgan. Abonent komplekti (AK) va telefon apparati (TA) orasida bog'lanish, boshqacha aytganda, abonent liniyasi (AL), stansion, magistral, taqsimlash uchastkalari va abonent simi orqali amalga oshiriladi. Bu uchastkalarining uzunliklari turlicha bo'lishi mumkin.

Abonent liniyasining hamma uchastkalarining, stansion uchastkasini istisno qilganda, uzunliklari istiqbolli abonent kirish tarmoqlarini rejalashtirishda amaliy qiziqish uyg'otadi.

Abonent liniyasini boshqacha talqin etish mumkin:

- oxirgi milya (krossdan uygacha masofa);
- oxirgi yard (uy chegarasidagi ajratish);
- oxirgi fut (xonadondagi ajratish).



1.6-rasm. Kommultatsiyalanadigan analog stansiyalar abonent tarmog'ining strukturasi.

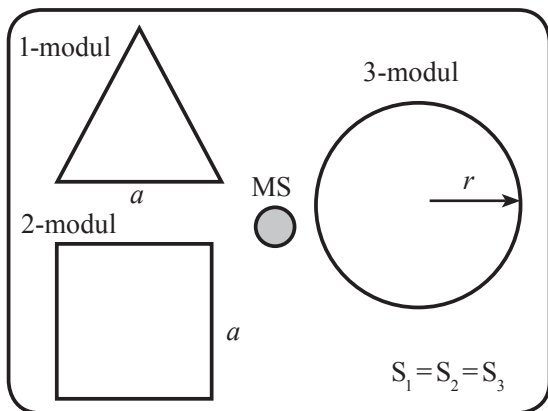
Abonent liniyasi uzunligining abonent kirish tarmoqlari narxiga ta'sirini baholash uchun raqamli MS stansiya oldi uchastkasining turli shaklda bo'lgan hollarini ko'rib chiqamiz. 1.7-rasmda teng tomonli uchburchak, kvadrat va doira shakllardan biriga ega stansiya oldi uchastkasining modeli keltirilgan. Quyidagilarni faraz qilamiz, uchta geometrik figuralarning maydonlari teng ($S_1 = S_2 = S_3 = S$), MS uchastkalarining markaziga joylashgan bo'lsin. Bu uchburchak tomoni (a), kvadrat tomoni (b) va doira radiusi (r) uzunliklarini aniqlash imkonini beradi, bu parametrlar quyidagicha aniqlanadi:

$$a = 2\sqrt{S}/3, \quad b = \sqrt{S}, \quad r = \sqrt{S}/\pi$$

Stansiya oldi uchastkalarida ALning o'rtacha uzunliklari (L_1 – uchburchak, L_2 – kvadrat, L_3 – doira) mos holda quyidagicha aniqlanadi:

$$L_1 \approx 0,488 \sqrt{S}, \quad L_2 \approx 0,388 \sqrt{S}, \quad L_3 \approx 0,377 \sqrt{S}.$$

Istalgan shakldagi stansiya oldi uchastkasining AL o'rtacha uzunligi maydon kvadrat ildiziga (\sqrt{S}) proporsional bo'ladi. Proporsionallik koeffitsiyentlarining (0,488; 0,388; 0,377) farqlari uncha katta emas.



1.7-rasm. Raqamli MS stansiya oldi uchastkasining modellari.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, qo‘shimcha bitta terminalning ulanish narxi ma’lum darajada ALning o‘rtacha uzunligi bo‘yicha aniqlanadi. Bu MSning sig‘imi oshganda terminalning ulanish narxi stansiya oldi maydonining kvadrat ildizi sifatida oshishini bildiradi.

Chiqarilma konsentratorlarni qo‘llash nafaqat ALning o‘rtacha uzunligi, balki ALning umumiy uzunligini ham kamaytirish imkonini beradi. Bu o‘ta muhim omildir, chunki MSning sig‘imi ortishi bilan hamma ALning umumiy uzunligi ancha tez oshadi.

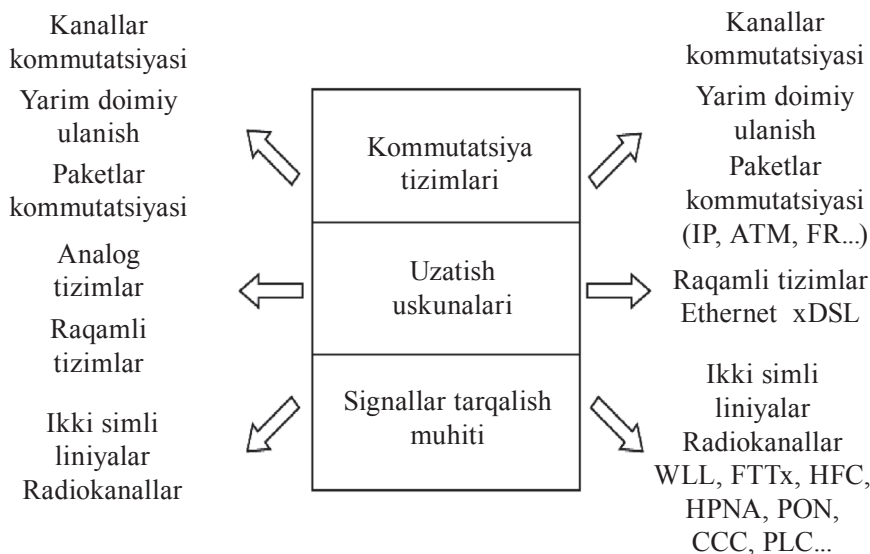
Texnologik jihatlar. Keyingi yillarda abonent kirish tarmoqlarida qo‘llaniladigan texnologiyalar sezilarli darajada o‘zgarayotganligi shubhasiz namoyon bo‘lmoqda. Abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiyalashning texnologik jihatlarini ikkita nuqtayi nazardan qarash maqsadga muvofiqdir. Birinchidan, «kanallar kommutatsiyasi» usuliga yoki umuman olganda, axborotni taqsimlash invariant usullariga yo‘naltirilgan yangi texnologiyalarni tahlil qilish kerak. Ikkinchidan, qo‘llanilishini NGN konsepsiyasi aniqlaydigan texnologiyalarga e’tibor qaratish zarurdir.

1.8-rasmda abonent kirish tarmoqlarida qoʻllaniladigan texnologiyalarning klassifikatsiyasi keltirilgan.

Elektr aloqaning uchta elementi – kommutatsiya, signallarni uzatish va tarqalish muhiti uskunalari koʻrilgan. Rasmning chap qismida XX asr oxirlarida asosiy boʻlgan, rasmning oʻng qismida XXI asr boshlarida qoʻllanayotgan texnologiyalar keltirilgan.

Kommutatsiya tizimlari uchun asosiy texnologik oʻzgarishlar axborotlarni taqsimlash paketlar usullariga tegishlidir. Avvallari paketlar kommutatsiyasi deyilganda XEAning X.25 tavsiyalarida aniqlangan axborotlarni almashinish tushunilar edi. Hozirda «paketlar kommutatsiyasi» termini IP va ATM texnologiyalarida, shuningdek, kadrlarni retranslatiyalash uchun – Frame Relay (FR) texnologiyalarida ishlatiladi.

Raqamli uzatish tizimlariga qoʻshimcha sifatida, AKTni rivojlantirish uchun zarur boʻlgan yangi uskunalarni alohida koʻrsatish lozim.



1.8-rasm. Abonent kirish tarmoqlarida qoʻllaniladigan texnologiyalarning klassifikatsiyasi.

1.2. Abonent kirish tarmog'iga FTTx texnologiyasini qo'llash

Keng polosali aloqa kanaliga ega bo'lgan abonent ulanish tarmoqlarini rivojlantirish va kengaytirishga qiziqish yildan yilga ortib bormoqda. Bunday tarmoqlarni rivojlantirish yangi zamonaviy xizmatlarga bo'lgan talabni qondirishga zamin yaratadi. Bunday xizmatlarga biznes uchun xizmatlar (videokonferensiya, masofadan ta'lim, teletibbiyot) va ko'ngil-ochar xizmatlar (so'rov bo'yicha video, raqamli televideniye, onlayn o'yinlar va boshqalar)ni misol qilib keltirish mumkin.

Hozirgi kungacha qo'llaniladigan texnologiyalar ushbu xizmatlarni yetarlicha sifatli darajada ta'minlash uchun zarur bo'lgan o'tkazich qobiliyatini ta'minlamaydi. Shu sababli o'sib borayotgan talablarga mos ravishda, iqtisodiy samarador va yuqori imkoniyatli abonent kirish texnologiyalarini qo'llash talab etiladi.

Shunday texnologiyalardan biri – FTTx (Fiber To The ... – «gacha optik ...») – texnologiyasi bo'lib, belgilangan masofagacha optik tola orqali ishonchli aloqani ta'minlovchi kirish tarmog'ini qurish imkonini beradi. Bugungi kunda ushbu texnologiya keng tarqalmoqda va qo'llanilmoqda.

Bugungi kunda FTTx ni tashkillashtirishning bir qator usullari mavjud:

- FTTH – Fiber to the Home (uygacha optik tola o'tkazish);
- FTTB – Fiber to the Building (binogacha optik tola o'tkazish).

FTTH va FTTB larni o'zgartirish orqali kelib chiqqan texnologiyalar:

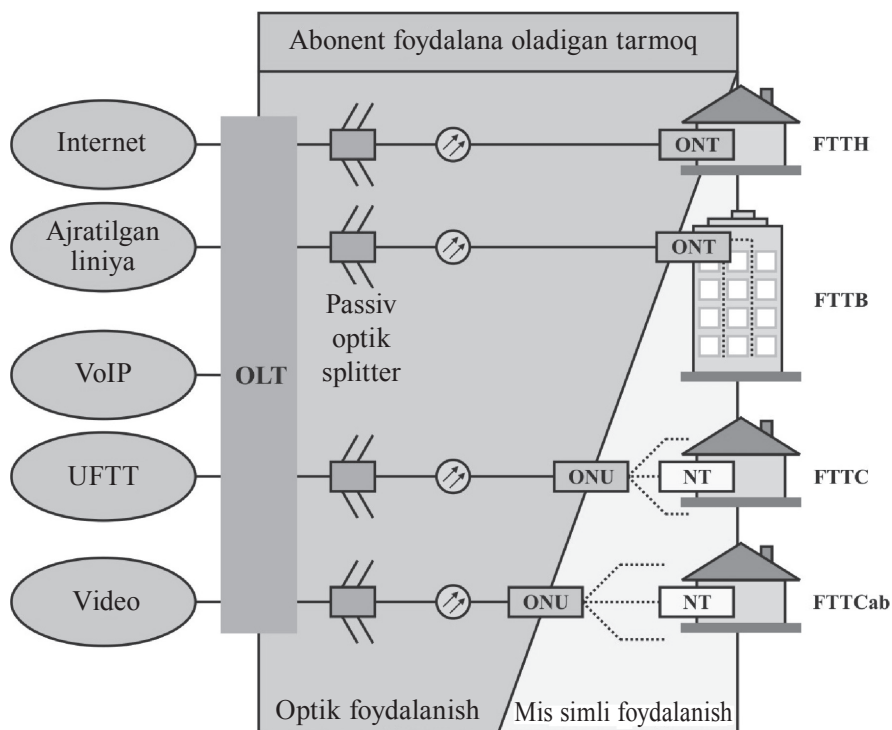
- FTTO – Fiber to the Office (ofisgacha optik tola o'tkazish).
- FTTC – Fiber to the Curb (taqsimlash shkafigacha optik tola o'tkazish).
- FTTOpt – Fiber to the Optimum (optimal masofagacha optik tola o'tkazish).

- FTTP – Fiber to the Premises (mijoz ish joyigacha optik tola o‘tkazish).

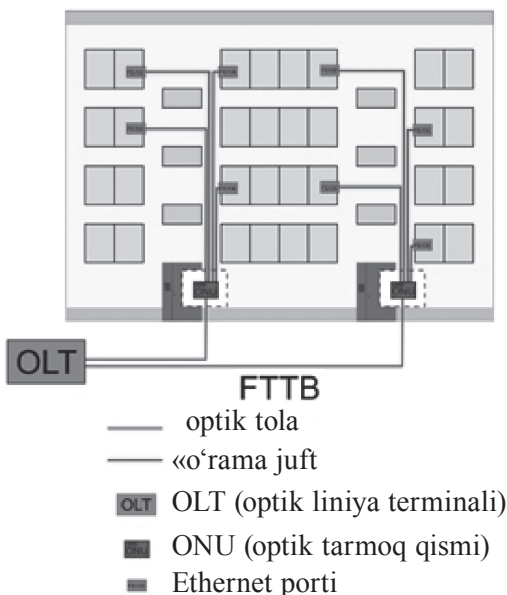
1.9-rasmda FTTP konsepsiyasini amalga oshiruvchi asosiy variantlar keltirilgan.

Rasmda ko‘rsatilganidek, abonentga kirishning istalgan usulining asosini OLT (optical line terminal) tarmoq optik tugallanish va ONT (optical network terminal) abonent tuguni terminali optik tugallanish elementlarining o‘zaro ulanishi yotadi. Abonent liniyasi uchastkasida ONTning joylashuviga bog‘liq holda FTTP texnologiyalari farqlanadi.

FTTP ning birinchi ikkita variantini ko‘rib chiqamiz.



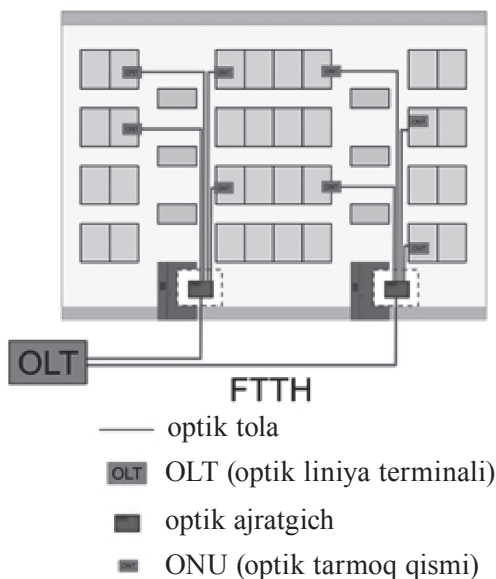
1.9-rasm. FTTP texnologiyasini amalga oshirish variantlari.



1.10-rasm. FTTB abonent ulanish texnologiyasi.

Fiber To The Building – binogacha optika o‘tkazish. FTTB texnologiyasi qo‘llanilganda optik tola abonent uyigacha o‘tkaziladi va ONU (Optical Network Unit) qurilmasiga ulanadi. Aloqa operatori tomonida OLT (Optical Line Terminal) – optik liniya terminali o‘rnatiladi. OLT abonent tarmog‘ining asosiy qurilmasi hisoblanadi va abonent qurilmasi bilan ma‘lumot almashish parametrlarini belgilaydi. Tarmoqning uyning ichigacha bo‘lgan qismiga juftlik o‘ram qo‘llaniladi.

Bu ko‘p xonali uylar va biznes markazlarining tarmog‘ini qurishda maqbul yechim bo‘la oladi. Bugungi kunda ko‘plab aloqa operatorlari katta shaharlarda FTTB asosida o‘zlarining xizmat ko‘rsatish tarmoqlarini qurmoqdalar. Shu sababli hamma joyda ushbu texnologiya keng tarqalgan. Yana bir ustunligi FTTB texnologiyasida FTTH ga o‘xshab ko‘p sonli qimmat narxdagi optik tolalarni turli joylarga va xonadonlarga o‘tkazich zaruriyati yo‘q (1.11-rasm).



1.11-rasm. FTTH abonent ulanish texnologiyasi.

FTTH – Fiber To The Home – uygacha optik tola o‘tkazish. Yuqorida aytib o‘tilganidek, FTTH texnologiyasi xonadongacha yoki abonentning xususiy uyigacha optik tola tortishni tavsiflaydi. FTTH asosida tarmoq qurishning ikki turi mavjud: Ethernet asosida va PON (Passive Optical Network – passiv optik tarmoq) texnologiyasi asosida.

FTTH ning Ethernet asosidagi yechimida liniyalarni kommutatsiyalash uchun optik portli kommutatorlar yoki optik uzatgichlardan foydalanish ko‘zda tutiladi. Kommutatorlar Ethernet (Gigabit Ethernet (GE) yoki Ten Gigabit Ethernet (10 GE)) asosidagi «halqa»ga yoki yulduz topologiyaga birlashtiriladi. Kommutator portlariga oxirgi abonentlarning qurilmalari ulanadi. Bunday yondashuv optik kanallarni rezervlash va himoyalashda yuqori ishonchlilik darajasini ta‘minlaydi.

Ethernet FTTH yechimining kamchiligi o‘tkazich polosasining torligi va tarmoq mashtabini kengaytirish imkoniyatining deyarli yo‘qligi hisoblanadi.

Abonent hududida (xonadonda yoki kottejda) CPE (Customer Premise Equipment) qurilmasi va shuningdek, turli ko‘rinishdagi axborotni ta‘minlovchi oxirgi terminal qo‘llaniladi.

PON – passiv optik tarmoqlar asosidagi yechimdan foydalanilganda FTTH tarmog‘ini qurish uchun optik passiv splitterlar va tarmoqlagichlardan foydalaniladi, ularning bo‘linish koeffitsiyenti 1:2 dan 1:128 gacha bo‘ladi.

PON optik tarmog‘ida aloqa provayderi tomonida OLT (Optical Line Terminal) qo‘llaniladi, shuningdek, abonent qurilmasi sifatida ONT (Optical Network Terminal) dan foydalaniladi.

ONT kommutatsiyalash va muvofiqlashtirishni o‘ziga jamlagan murakkab qurilma hisoblanadi. Keng polosali ulanishni taqdim etish va xizmatlarni ta‘minlashdan tashqari, ONT qurilmasi quyidagi qo‘shimcha funksiyalarni ta‘minlaydi:

- PON ga kirishni boshqarish protokoli;
- paketli rejimdagi lazerlar (burst-modelasers);
- yuqori darajadagi signal quvvati;
- shifrlash;
- yuqori samaradorlik.

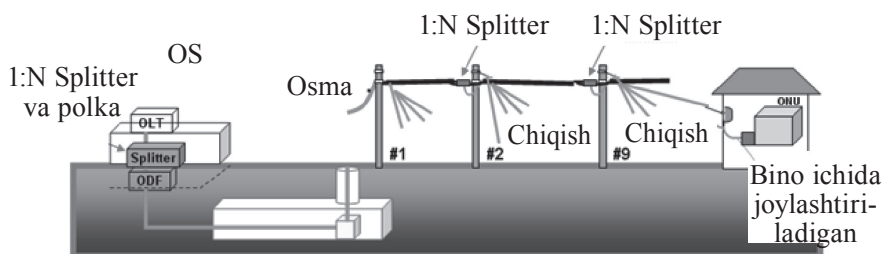
Ushbu qo‘shimcha funksiyalar PON uchun qo‘llaniluvchi ONT qurilmalarining narxini sezilarli darajada oshiradi.

Abonent kirish tarmoqlarini tashkil etishda turli xildagi xizmatlarni taqdim etish – ovoz xabarlarini, ma‘lumotlar paketini, harakatdagi tasvir va boshqalarni uzatishni tushunish kerak.

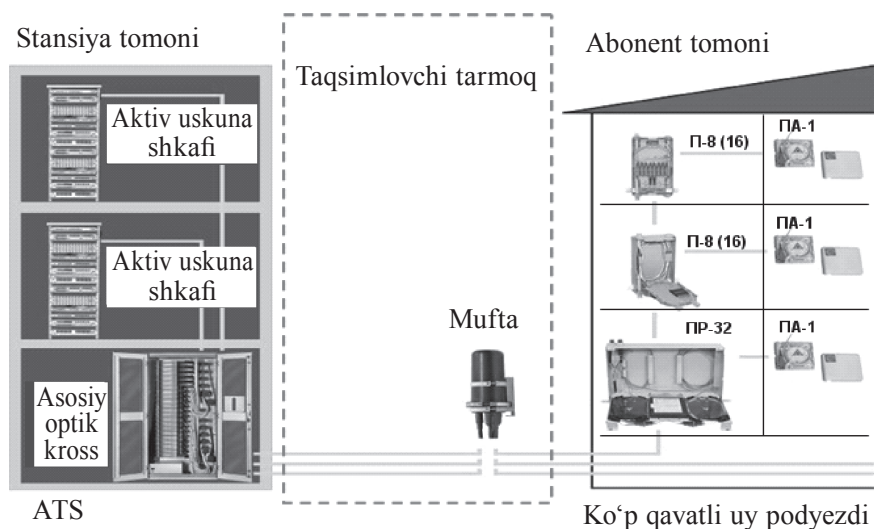
FTTH abonentlari, asosan, ko‘p qavatli uylarda yashaydi, FTTH FTTB dan farqli ravishda optik tolani abonent xonadoniga kiritishni anglatadi.

Stansiyadan aholi yashaydigan uchastkagacha optik kabelning ustunlarga osilgan holda tortilishi 1.12-rasmda keltirilgan. Bu sxema yapon olimlari tomonidan tasdiqlangan bo'lib, iqtisodiy samarador hisoblanadi, ya'ni yerni qazishga sarflanadigan xarajatlarni kamaytiradi.

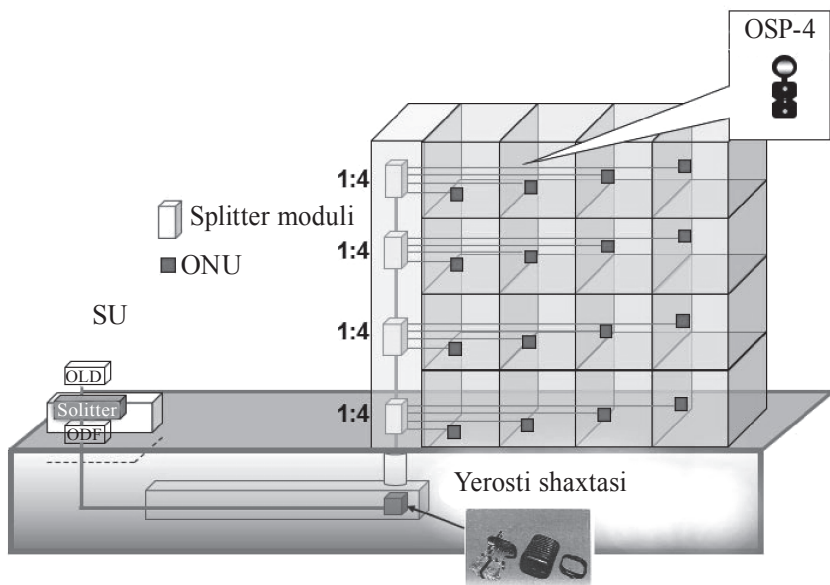
1.13, 1.14-rasmda ko'p qavatli uylarda FTTN tarmog'ini tashkil etish namunasi ko'rsatilgan.



1.12-rasm. Abonent kirish tarmoqlarini tashkil etishda optik kabelning ustunlarga osilgan holda tortilishi.



1.13-rasm. Ko'p qavatli uylarda FTTN tarmog'ini tashkil yetish namunasi.



1.14-rasm. Ko'p qavatli uyda tolali-optik kabelni (FTTH) joylashtirish.

1.3. Abonent kirish tarmog'iga PON texnologiyasini qo'llash

Internet tarmog'ining rivojlanishi hamda yangi aloqa xizmatlarining paydo bo'lishi, tarmoq bo'yicha uzatilayotgan ma'lumotlar oqimining oshishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun operatorlar transport tarmog'ining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish yo'llarini qidirishga majbur bo'ladi. Buning yechimini tanlashda foydalanuvchilarning har xil axborotni uzatishini, tarmoq rivojlanishi uchun potensialni va tejamkorlikni hisobga olish zarur. Bularni e'tiborga olib, yechim bo'la oladigan texnologiya sifatida passiv optik tarmoqni (PON) olish mumkin. PON ning taqsimlovchi kirish tarmog'i tugunlarda passiv optik tarmoqlagich bilan daraxtsimon tolali kabelli arxitekturaga asoslangan. Shuning uchun eng tejamkor hisoblash va har xil takliflarni keng polosali uzatishni ta'minlashga qodir deyish mumkin. Bu holda PON arxitekturasi hozirgi va kelajakdagi

foydalanuvchining iste'molchilik talablariga bog'liq, ham tarmoq tugunlarini, ham o'tkazuvchan qobiliyatini kerakli samara bilan oshirishga ega.

XDSL (1 Mbit/s), WiFi (50 Mbit/s), WiMax (50–75 Mbit/s), HFS (o'tkazuvchan qobiliyati cheklangan) texnologiyalardagi kamchilikni OTAL yotqizish bilan erishish mumkin. Demak, tarmoq yangi takliflar bilan ishlash qobiliyatini yaratish va uzatish tezligini oshirish uchun OTAL yotqizish kerak ekan. Bu yechim eski kabellarni yangilash va yangi kirish tarmoqlarini qurish uchun qulaydir.

PON texnologiyasining asosiy afzalliklari:

- oraliq aktiv tugunlarning yo'qligi;
- markaziy tugunda optik uzatgich va qabul qilgichlarning tejalishi;
- tolaning tejalishi;
- yangi abonentlarni ulashning yengilligi va xizmat ko'rsatishning qulayligi.

Asosiy kamchiliklari: murakkabligi va oddiy daraxt topologiyasida zaxiralashning yo'qligi.

PON ning 3 turi mavjud:

- ATM PON (APON) ATM texnologiyasiga asosan multiservis xizmatlarining transportini ta'minlaydi;
- EPON PON daraxtining ichida Ethernet kadrlari tarqalishini tashkil etadi;
- GPON – gigabitli PON.

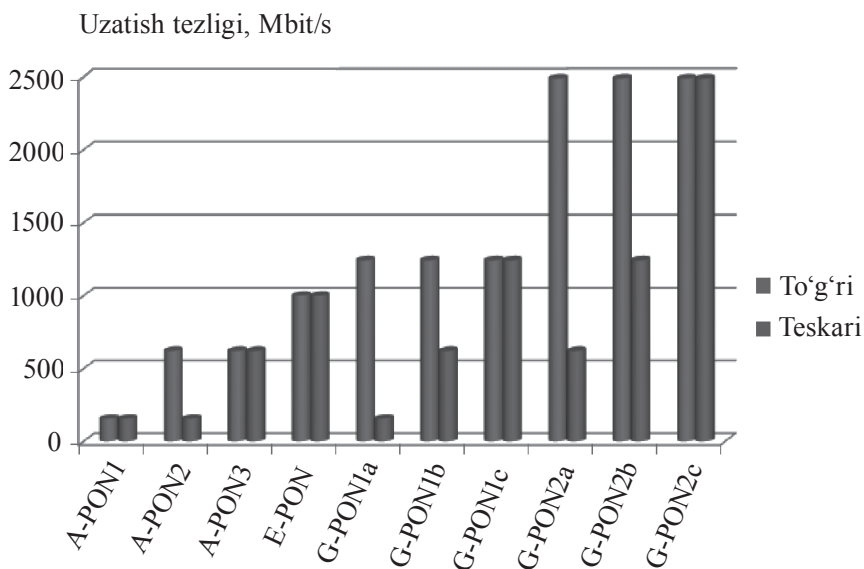
PON texnologiyalarining solishtirma tahlili 1.1-jadvalda keltirilgan. 1.1-jadvalda har bir PON texnologiyasining uzatish tezligi, asosiy protokoli, qo'llanilgan liniyaviy kodi, tarmoqning maksimal radiusi, bitta toladagi abonent tugunlarining maksimal soni, oqimning to'lqin uzunligi va hokazolar keltirilgan. Bu jadval asosida solishtirishlarda uchala texnologiyaning bir-biridan farqlari hamda afzalliklarini ko'ramiz.

A-PON, E-PON, G-PON texnologiyalarining solishtirma tahlili

Tavsiflar	A-PON (B-PON)	E-PON	G-PON
1	2	3	4
Standartlashtirish institutlari/birlashmalari	XEI-T SG15/ G'SAN	IEEE/EG'MA	XEI-T SG1/G'SAN
Standart qabul qilingan sana	1998 oktabr	2004 iyul	2003 oktabr
Standart	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Uzatish tezligi, to'g'ri/ teskari oqim, Mbit/s	155/155 622/155 622/622	1000/1000	1244/155,622,1244 2488/622,1244,248 8
Asosiy protokol	ATM	Ethernet	SDH
Liniya kodi	NRZ	8B/10B	NRZ
Tarmoqning maksimal radiusi, km	20	20 (>301)	20
Bitta toladagi abonent tugunlarining maksimal soni	32	16	64 (1282)
Ilovalar	ixtiyoriy	IP, ma'lumotlar	ixtiyoriy
Xatolar korreksiyasi FEC	Nazarga olib qo'yilgan	yo'q	zarur
To'g'ri/teskari oqimning to'liq uzunligi, nm	1550/1310 (1480/1310)	1550/1310 (1310/13103)	1550/1310 (1480/1310)
Polosaning dinamik taqsimlanishi	bor	qo'llab- quvvatlamoq	bor
IP-fragmentatsiya	bor	yo'q	bor
Ma'lumotlar himoyasi	Ochiq kalit bilan shifrlash	yo'q	Ochiq kalit bilan shifrlash
Zaxiralash	bor	yo'q	bor
Ovoz ilovalari va QoSni qo'llab-quvvatlash bahosi	yuqori	past	yuqori

Uzatish tezligi bo'yicha eng yuqori tezlikka G-PON ega (1.15-rasm). Tarmoqning maksimal radiusi bo'yicha taxminan bir xil – 20 km. Bitta toladagi abonent tugunlarining maksimal soni bo'yicha G-PON 64–128 eng yuqori ko'rsatkichga ega. Ko'pgina ko'rsatkichlar A-PON va G-PON texnologiyalarda mos tushadi. Masalan, ilovalar, oqim to'lqin uzunligi polosaning dinamik taqsimlanishi, IP-fragmentatsiya, ma'lumotlar himoyasi, zaxiralash, ovoz ilovalarini va QoS ni qo'llab-quvvatlash bahosi, liniya kodi. A-PON bilan E-PON arxitekturasi mos tushadi.

G-PON ulanish tarmog'i arxitekturasini A-PON texnologiyasining uzviy davomi sifatida qarash mumkin. Bunda PON tarmog'ining o'tkazish polosasining ham, ilovalarining uzatish unumdorligining ham o'sishi amalga oshadi. G-PON ovozli xizmatlarni jo'natish, TDM liniya xizmatlarini 10/100/1000 Mbit/s tezliklarda Ethernet kadrlarini uzatishni, ATMni multimediali xizmatlari OS-X/STM-n ning barcha mumkin bo'lgan tezliklarida taqdim etadi.



1.15-rasm. PON texnologiyasining uzatish tezligi.

Xizmat ko'rsatish sifatida kechikish 3 ms dan oshmaydi. G-PON ga foydali afzalliklar kiritilgan. Himoyalangan o'zgarish zaxiralangan 1+1, qisman zaxiralangan 1:1 xizmatlarini qo'shish (WDM) va ma'lumotlarning xavfsizligidir.

Bu solishtirishlardan eng yaxshi variant sifatida G-PON texnologiyasini olishimiz mumkin. Biroq, bu texnologiyaning qurilmalari E-PON texnologiyasining qurilmalaridan ancha qimmatroq hisoblanganligi uchun iqtisodiy jihatdan E-PON texnologiyasi samaraliroq bo'lishi mumkin.

A-PON, E-PON va G-PON texnologiyalarini solishtirish shuni ko'rsatadiki, uzatish tezligi bo'yicha eng yuqorisi G-PON, bitta toladagi abonent tugunlarining maksimal soni bo'yicha G-PON (64–128) eng yuqori ko'rsatkichga ega. Ko'pgina ko'rsatkichlar A-PON va G-PON texnologiyalarda hamda arxitekturasida mos tushadi. A-PON ATM texnologiyasiga asosan multiservis xizmatlari transportini ta'minlaydi. E-PON PON daraxti ichida Ethernet kadrlarining tarqalishini tashkil etadi. G-PON ovozli xizmatlarni jo'natish, TDM liniya xizmatlarini, Ethernet kadrlarining uzatish, ATM multimediali xizmatlarini taqdim etadi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, bunday tarmoqlar iqtisodiy tomondan tejimli va keng polosali turli axborotlarni o'tkazish qobiliyatiga ega.

1.4. ADSL asinxron raqamli abonent liniyasining qo'llanilish sohasi va texnologiyasi

Hozirgi kunda telekommunikatsiya servisining (ISDN, K-XIRT, Talab bo'yicha video va h.k.) shiddat bilan rivojlanishi bilan aloqada abonent kirish tarmoqlarida yuzaga kelgan bunday servisni qo'llab-quvvatlashi zarurdir. «Transport tarmoqlari»da va abonent kirish tarmoqlarida kommunikatsiya uskunasi topologiyalari va tiplarini unifikatsiyalash va integratsiyalash

AFT va transport tarmoqlarining tuzilish prinsiplari o'xshashligi to'g'risida gapirish imkonini beradi. Abonent kirish tarmoqlarida optik-tolali kabellarni qo'llash uzatish tizimi kabi, kommutatsiya-multipleksorlash uskunasi ham tarmoqning katta resurslarini talab qiluvchi barcha xizmatlarini qo'llab-quvvatlash imkonini beradi. Xizmatlarni qo'llab-quvvatlaydigan tarmoqlar tuzilishi uchun xarajatlarni hisoblashda asosiy mezonlardan biri bo'lib amaldagi tarmoqlardan maksimal foydalanish hisoblanadi. Hozirgi vaqtda mamlakatning ko'pgina abonent kirish tarmoqlari simmetrik mis kabellaridan foydalangan holda tuzilgan UFTfT tarmog'iga moslashgan va bu tarmoqlarning o'tkazish qobiliyati uchun cheklovlarni qo'yadi. Ikkinchi mezon bo'lib xizmatlarning aholi tomonidan sotib olish qobiliyati hisoblanadi, qoidaga ko'ra, xizmatlardan foydalanuvchilar foizi, masalan, «klassik» telefon, faksga nisbatan katta emas va foydalanuvchilarning barcha sonidan 2–5 foizni tashkil etadi.

Keng polosali xizmatlarni taqdim etish UFTf tarmog'ining bir qator elementlarini modernizatsiyalash bilan bog'liq bo'ladi. Ikkinchidan, foydalanuvchi-tarmoqdan axborotni tashuvchi raqamli oqimni uzatish uchun ishlab turgan ALdan foydalanish imkoniyatini aniqlash zarur.

Ikkinchi vazifa o'z ishiga juda murakkab muammoni oladi. Foydalana olish tarmog'ini qurishning amaldagi prinsiplari terminal va xizmatlarni yetkazuvchi RKQ (marshrutizator) o'rtasida raqamli oqimni uzatishni tashkil qilish uchun to'siq bo'lib hisoblanadigan turli diametrli simlarni ulash, kabelni tarmoqlash va boshqa yechimlarga yo'l qo'yiladi. Ushbu vazifalarni hal etish uchun quyidagi tadbirdan foydalanish mumkin:

– XIRT potensial foydalanuvchining abonent liniyasi uchun terminal va kommutatsion stansiya o'rtasida raqamli oqimni uzatish uchun foydalanish imkoniyati to'g'risida xulosa chiqarish imkoniga ega o'lchashlar o'tkaziladi;

– AL xarakteristikalari uni XIRT uchun foydalanish imkoniga ega bo'lsa, u tarmoq, liniya va stansion terminal bilan jihozlanadi;

– AL xarakteristikalari XIRT uchun foydalanish mumkin bo'lmasa, taqsimlash shkaflarida qayta ulashni o'tkazish imkoniyati ko'rib chiqiladi va barcha zarur o'lchashlar takrorlanadi;

– ishlab turgan AL da har qanday tadbirlar kutilgan samarani bermagan holatda XIRT xizmatlarini ta'minlab turish uchun mo'ljallangan foydalana olishning yangi tarmog'ini tashkil qilish zarur.

Bu yechim eng zamonaviy telekommunikatsiya xizmatlarini ta'minlab turuvchi foydalana olishning «qo'yilgan» tarmog'ini yaratish kabi ko'rib chiqilishi mumkin. Foydalana olishning «qo'yilgan» tarmog'i istiqbolligi shundan iboratki, keng polosali xizmatlarni ta'minlab turish uchun boshqa usul mavjud emas. Masala shundan iboratki, qanday va qaysi vaqtda ushbu «qo'yilgan» tarmoq yaratiladi.

Keng polosali AFT ga o'tishning oraliq bosqichidan biri bo'lib, hozirgi kunda aloqa xizmatlari operatorlari tomonidan keng qo'llaniladigan simmetrik mis kabellarida DSL texnologiyalari qo'llanilishi hisoblanadi.

DSL texnologiyalari abonent telefon liniyalarini modernizatsiyalamasdan telefon simlarining mis juftlari bo'yicha ma'lumotlarni uzatish tezligini sezilarli oshirish imkoniga ega. Ma'lumotlarni yuqori tezlikli kanallarda uzatish amaldagi telefon liniyalarini o'zgartirish imkoniyati DSL texnologiyalarining asosiy afzalligi hisoblanadi.

DSL qisqartmasi – Digital Subscriber Line (raqamli abonent liniyasi) kabi shifrlanadi. DSL telefon stansiyani yakka tartibdagi abonentlar bilan bog'lovchi eski mis telefon liniyalarining o'tkazish polosasini sezilarli kengaytirish imkoniga ega yangi texnologiyalari hisoblanadi. Hozirgi

vaqtda oddiy telefon aloqasidan foydalaniladigan har qanday abonent o'zining bog'lanish tezligini, masalan, Internet tarmog'i bilan, DSL texnologiyalari yordamida sezilarli oshirish imkoniga ega. DSL liniyasini tashkil qilish uchun ishlab turgan telefon liniyalaridan foydalanilishini eslash kerak. Natijada foydalanuvchi oddiy telefon aloqasining normal ishlashini saqlagan holda keng polosali xizmatlardan kecha-y kunduz foydalana oladi. DSL texnologiyalari ko'p qirrali bo'lganligi sababli foydalanuvchi 32 Kbit/s dan 50 Mbit/s gacha ma'lumotlarni uzatish tezligiga mos kelganini tanlashi mumkin. Ma'lumotlarni uzatish tezligi foydalanuvchi va xizmatlarni yetkazuvchilarni bog'lovchi liniya sifati va davomiyligiga bog'liqdir. Bunda xizmatlar yetkazuvchi, odatda, foydalanuvchiga individual ehtiyojlariga mos keladigan uzatish tezligini tanlash imkoniyatiga ega.

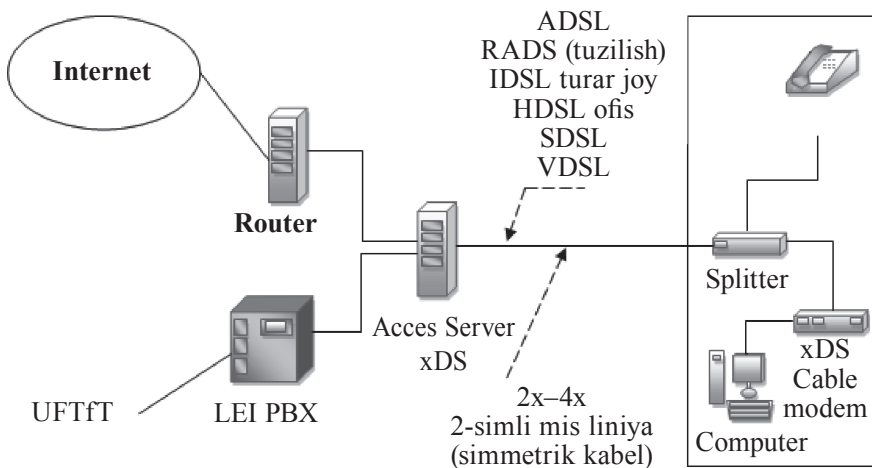
Shuningdek, DSL kanaliga parallel bo'lgan standart TCH kanalini bir vaqtda ta'minlash imkoniyatiga ega.

DSL o'z ishiga raqamli abonent liniyasini tashkil qilish imkoniyatiga ega turli texnologiyalar to'plamini oladi. Texnologiyalar ma'lumotlarni tushuntirish va ularning amalda qo'llanish sohasini aniqlash uchun ushbu texnologiyalarning farqini tushunish kerak. Avvalambor, har doim signal uzatiladigan masofa va ma'lumotlarni uzatish tezligi o'rasidagi nisbatni, shuningdek, foydalanuvchi va tarmoq o'rtasidagi ma'lumotlar oqimining «pasayuvchi» (tarmoqdan foydalanuvchiga) va «ko'tariluvchi» (foydalanuvchidan tarmoqqa) uzatish tezliklarining farqini yodda tutish kerak. DSL quyidagi texnologiyalarni birlashtiradi (1.16-rasm).

Ushbu rasmda aks ettirilgan multiservisli kirish tarmog'i quyidagi elementlardan tashkil topgan:

Router – marshrutizator;

Access server xDSL – xDSL foydalana olish serveri;



1.16-rasm. xDSL texnologiyasidan foydalangan holda aloqani tashkil qilishning strukturali sxemasi.

LE/PBX – mahalliy ATS/podstansiya;

Splitter – tarmoqlagich;

xDSL Cable modem – xDSL kabel modemi.

Abonent foydalana olish tarmog‘i – bu foydalanuvchining xonasiga o‘rnatilgan oxirgi abonent qurilmasi bilan kommutatsiya qurilmasi orasidagi texnik vositalar yig‘indisidir. Oxirgi qurilma (terminal) sifatida telefon apparati, faksimil apparati yoki modem xizmat qilishi mumkin. Bu terminal telefon rozetkasi orqali ulanadi. Telefon rozetkasi foydalanuvchi tomonida abonent kirish tarmog‘ining chegarasi bo‘ladi. Abonent kirish tarmog‘ining ikkinchi chegarasi bo‘lib krossning stansion tomoni hisoblanadi.

1990-yilgacha abonent kirish tarmog‘i mis juftlik bog‘lamlaridan tashkil topgan edi. U taqsimlanuvchi va magistral qismlarga ega bo‘ladi. U shkafli yoki shkafsiz qurilishga ega edi.

XX asr oxirida abonent kirish tarmog‘ini qurishning ko‘pgina yechimlari paydo bo‘ldi. Bu yuqori tezlikli ma’lumotlarni uzatish, ya’ni mis simli kabel asosida raqamli trakt hosil qilish

va o'tkazish yo'lagini kengaytirishni tashkil qilishga yo'l beradi. Ular ichidan uchtasini belgilash mumkin:

1. x.DSL (Digital Subscriber Line – raqamli abonent liniyasi) – mis simkabellar hayotini cho'zib, raqamli abonent liniyasini hosil qilib, o'tkazish yo'lagini kengaytiruvchi va keng polosali kirishni tashkil qiluvchi texnologiyalar yig'indisidir.

2. FTT x (Fiber To The X) – ba'zi bir «X» nuqtagacha optik tola bilan kabelni yetkazishni amalga oshiruvchi yechimlar.

3. BWA (Broadband Wireless Access) – keng polosali simsiz kirish vositalari.

XDSL texnologiyalariga quyidagilar kiradi (1.17-rasm):

– ADSL (Asymmetric DSL) – asimmetrik RAL;
– G.Lite ADSLning soddalashgan varianti;
– RADSL (Rate-Adaptive ADSL) – ulash tezligining adaptatsiyasi bilan RAL;

– ISDN DSL (IDSL);

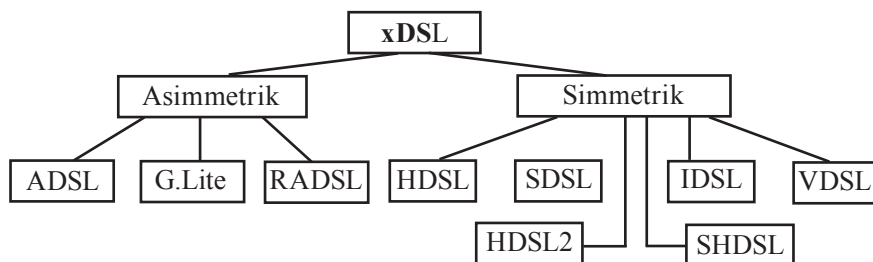
– HDSL (High Bit-Rate DSL) – yuqori tezlikli RAL;

– SDSL (Symmetric DSL) – simmetrik RAL;

– VDSL (Very High Bit-Rate DSL) – o'ta yuqori tezlikli RAL.

Bu texnologiyalarning ikkita asosiy toifasi mavjud: simmetrik va asimmetrik.

Agar ikkita yo'nalishda ma'lumotlarni uzatish tezligi bir xil bo'lsa, bu simmetrik texnologiya bo'ladi. Agar har xil bo'lsa, asimmetrik bo'ladi.



1.17-rasm. xDSL texnologiyalarining turlari.

Simmetrik texnologiyaga HDSL, HDSL2, SDSL, IDSL kiradi.

HDSL va HDSL2 texnologiyalarini mahalliy aloqa operatorlari ishlatadilar. SDSL va IDSLni ma'lumotlar uzatish tarmog'i operatorlari qo'llaydilar.

DSL simmetrik liniyalari biznes sohasida ishlatilish uchun to'g'ri keladi. Ikki yo'nalishda ma'lumotlar uzatish tezligi bir xil bo'lishi kerak bo'lganda, masalan, nutqni uzatish, elektron pochta, videokonfereniya, fayllarni uzatish uchun ishlatiladi.

DSLning asimmetrik texnologiyalarini (ADSL, RA DSL, G. Lite), asosan, mahalliy aloqa operatorlari ishlatadilar. Ular xususiy foydalanuvchiga yuqori tezlikli kirishni berishga qaratilgan bo'ladi. DSL asimmetrik liniyalari tarmoqdan foydalanuvchi tomon ma'lumotlar uzatishning yuqoriroq tezligiga ega, bu esa Internet tarmog'ida ishlash va har xil video takliflar uchun juda qulaydir.

1.5. Rid-Solomon kodi orqali xatoliklarni tuzatish

Rid-Solomon kodlari (ingl. *Reed-Solomon codes*) – ma'lumotlar bloklarida xatoliklarni tuzatishga imkon beradigan noikkilik davrli (siklli) kodlar hisoblanadi. Kod vektori elementlari bitlar emas, balki bitlar guruhlarini (bloklari) hisoblanadi. Baytlar (oktetlar) bilan ishlaydigan Rid-Solomon kodlari juda keng tarqalgan. Rid-Solomon kodi BCHX-kodning xususiy holi hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda kompakt-disklardan ma'lumotlarni qayta tiklash tizimlarida, shikastlanishlar bo'lganida qayta tiklash uchun ma'lumotlarning arxivlarini yaratishda keng ishlatiladi.

Rid-Solomon kodi 1960-yilda Linkoln Massachusetts texnologik instituti xodimlari Irvin Rid va Gustav Solomon tomonidan ixtiro qilingan.

Samarador dekodlash algoritmlari 1969-yilda Elvin Berlekemp va Jeyms Messilar (Berlekemp-Messi algoritmi) tomonidan, 1997-yilda David Mandelbaum (Evklid algoritmini ishlatadigan usul) tomonidan taklif etilgan. Rid-Solomon kodi 1982-yilda kompakt-disklarni turkum ishlab chiqarishda birinchi marta qo'llanilgan.

Ko'p karrali xatoliklarni tuzatish

Rid-Solomon kodi ko'p karrali xatoliklarni tuzatadigan eng quvvatli kodlardan biri hisoblanadi. Bittalik xatoliklarni tuzatadigan kodlar yordamida tuzatish mumkin bo'lmaydigan darajada xatoliklar paketlari hosil bo'lishi mumkin bo'lgan kanallarda qo'llaniladi.

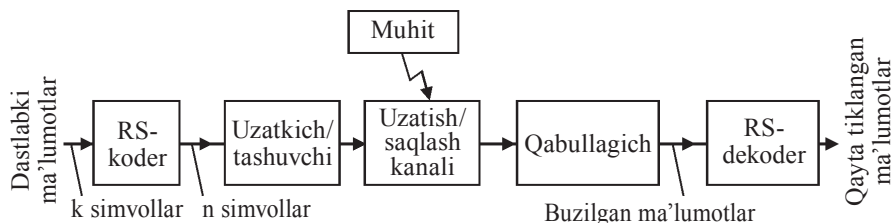
Kodli masofali maydon ustida Rid-Solomon kodi jamlangan yoki m simvollardan kam bloklar sonli istalgan xatoliklar kombinatsiyalarini tuzatishi mumkin bo'lgan maydon ustidagi kod sifatida qarash mumkin.

Rid-Solomon kodi yordamida kodlash ikkita muntazam va nomuntazam usullarda amalga oshirilishi mumkin.

Nomuntazam kodlashda axborot so'zi Galua maydonida qandaydir keltirilmaydigan polinomga ko'paytiriladi. Olingan kodlangan so'z dastlabki so'zdan to'liq farqlanadi va axborot so'zini ajratib olish uchun dekodlash operatsiyasini bajarish kerak, keyingina ma'lumotlarni xatoliklar borligiga tekshirish mumkin bo'ladi. Bunday kodlash faqat axborot ma'lumotlarini ajratib olish uchun katta resurslar sarfini talab qiladi, bunda ular xatoliksiz bo'lishi mumkin.

Muntazam kodlashda simvollardan axborot blokiga tekshirish simvollari yoziladi, har bir tekshirish simvolini hisoblashda dastlabki blokning barcha simvollari ishlatiladi. Bu holda, agar axborot so'zi xatoliklarga ega bo'lmasa, dastlabki blokni ajratib olishda resurslarga sarflar bo'lmaydi, lekin kodlovchi/dekodlovchi tekshirish simvollarining generatsiyalanishi uchun qo'shish va

ko'paytirish operatsiyalarini bajarishi kerak. Bundan tashqari, barcha operatsiyalar Galua maydonida bajarilishi tufayli kodlash/dekodlash operatsiyalarining o'zi ko'plab resurslar va vaqtni talab qiladi. Fure tez o'zgartirishga asoslangan tezkor dekodlash algoritmi 1.18-rasmda tasvirlangan.



1.18-rasm. Rid-Solomon kodining qo'llanilish sxemasi.

1.6. ASAM abonent kirish multipleksori

ASAM multipleksorining arxitekturasi

Multipleksor bir necha signallar kirishlariga, bitta yoki undan ortiq boshqarish kirishlariga va bitta chiqishga ega bo'lgan qurilma hisoblanadi. Multipleksor kirishlarining biridan chiqishga signalni uzatishga imkon beradi. Bunda kerakli kirishni tanlash boshqarish signallarining mos kombinatsiyasini berish orqali amalga oshiriladi. Analog va raqamli multipleksorlar ishlash tamoyili bo'yicha sezilarli farqlanadi. Analog multipleksorlarda tanlangan kirish chiqish bilan elektr ulanadi (bunda ular orasidagi qarshilik uncha katta bo'lmaydi, ya'ni birlab yoki o'nlab omlarni tashkil etadi). Raqamli multipleksorlarda tanlangan kirish chiqish bilan to'g'ridan to'g'ri elektr ulanmaydi, faqat tanlangan kirishdan mantiqiy sathni («0» yoki «1») «ko'chiradi». Analog multipleksorlar ba'zan kalitlar yoki kommutatorlar deyiladi. Multipleksorlar, asosan, bitta oqimga kanallarni zichlashtirish usuli bo'yicha farqlanadi. Bu chastotaviy/spektral (FDMA), vaqt bo'yicha (TDMA), kod bo'yicha (CDMA), fazoviy (SDMA) multiplekslash bo'lishi mumkin. Simli aloqa kanallarida, odat-

da, birinchi ikkita usullar, simsiz kanallarda esa barcha 4 ta multiplekslash usullari qo'llaniladi.

Ulardan faqat birinchi ikkitasini ko'rib chiqamiz, chunki multipleksor atamasi, odatda, aynan simli aloqa liniyalariga nisbatan qo'llaniladi. Chastotaviy multiplekslashda umumiy aloqa kanalida har bir kirish oqimi uchun alohida chastotalar diapazoni ishlatiladi. Multipleksorning vazifasi bu holda har bir kirish kanalining spektrini boshqa kanallar bilan kesishmaydigan boshqa chastotalar intervaliga o'tkazishdan iborat. Multiplekslangan kanallar hatto ularga ajratilgan chegaradan signal spektri chiqib ketganida bir-birlariga xalaqit qilmasligi uchun chastotalar diapazonlar orasida himoya intervallari qoldiriladi. Chastotaviy multiplekslash ham elektr, ham optik aloqa liniyalari, ham analog signallar uchun, ham raqamli signallar uchun qo'llaniladi.

ASAM multipleksori

ALCATEL firmasining abonentlar ulanish ATM-multipleksori ustunda joylashtiriladigan kengaytirish uchun katta imkoniyatli ATM tarmog'i quvvatli multipleksori hisoblanadi. U ADSL liniyasi bilan moslashtirish platalariga, POTS bo'lgichlariga va magistral liniya interfeysiga ega. Abonentlar ulanish ATM-multipleksori quvvatli ichki ATM shina atrofida qurilgan, u tarmoq interfeysi va bir necha chiziqli ADSL platalarini bog'laydi. Chiziqli moslashtirish chiziqli platalari orqali har ikkala yo'nalishlarda o'tadigan trafik o'tkazish qobiliyatidan optimal samarali foydalanish bilan tarmoq interfeysiga ATM shina orqali zichlashtiriladi/taqsimlanadi.

ASAM arxitekturasi

ADSL-ulanish nimitzimidada ASAM tizimi tomonida joylashtiriladi. O'rama juftlik va ASAM apparaturasi orqali har bir abonent keng polosali tarmoqqa (BB) va tor polosali telefon stansiyasiga (NB Narrow Band – tor polosali) ulanadi.

Umumiy holda ASAM multipleksori turli abonentlardan keladigan ma'lumotlarni ATM-formatga o'zgartiradi. Bunday moslashtirish natijasida olingan ATM-yacheykalar bitta axborot oqimiga zichlashtiriladi va ulangan BB-ATM tarmog'ining transport tizimiga yo'naltiriladi. BB-ATM tarmog'idan keladigan ATM-yacheykalar VPI/VCI (Virtual Path Identifier – Virtual yo'llar identifikatori, Virtual Channel Identifier – Virtual kanallar identifikatori) identifikatoriga muvofiq zichlashtirishdan chiqariladi va tashqi xizmat interfeysida dastlabki formatga translatsiyalanadi.

Bundan tashqari, ASAM OAM funksiyasini ham bajaradi, bu uning to'g'ri ishlashini ta'minlaydi.

ASAMning asosiy funksiyalariga quyidagilar kiradi:

- umumiy maqsadlardagi funksiyalar;
- zichlashtirish/zichlashtirishdan chiqarish;
- boshqarish (OAM);
- NT-funksiyalar;
- TA (terminallar moslashtirilishi)-funksiyalar;
- tarmoqlash funksiyalari (PS);
- elektr funksiyalar.

Tarmoq tugallanmasi

D versiyadagi SANT (Synchronous ATM Network Termination – ATM sinxron tarmoq – tugallanmasi, SANT-D) tarmoq tugallanmasi tarmoq transport tizimini A1000 ADSL tizimiga ulaydi va fizik hamda ATM-darajalar bilan bog'liq bo'lgan funksiyalarni bajaradi.

Tarmoq raqamli transport tizimi 155,52 Mbit/s (SDH STM1/SONET OC3s) tezlik orqali xarakterlanadi.

ASAM multipleksorda SANT-D SDH/SONET – 155,52 Mbit/s axborot oqimi uchun tarmoq tugallanmasi hisoblanadi. U raqamli uzatish tizimi bo'yicha IQ shinaga va teskari uzatiladigan ATM-

yacheykalarining almashtirilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, SANT-D tarmoq tugallanmasida ASAMni ishlatish va texnik xizmat ko'rsatish uchun zarur bo'ladigan funksiyalar ko'zda tutilgan.

Nihoyat, SANT-D tarmoq tugallanmasi IQ shinaning kengaytirilishini ta'minlaydi, buning uchun ham mos interfeys ko'zda tutilgan. Bitta SANT-D tarmoq tugallanmasi va o'n bitta A versiyadagi ADSE kengaytirgichlar (ADSE-A) bo'lganida o'n ikkita substitivlarni ($12 \text{ substitivlar} \times 12 \text{ LT} \times 4 \text{ liniyalar} = 576 \text{ liniyalar}$) boshqarish mumkin bo'ladi.

Fizik SANT-D tarmoq tugallanmasi o'rnatiladigan (ikkilangan Yevropa) bosma platasida bajarilgan bo'lib, unga IQ shinani joylashtirilishi tomonidan ASAM multipleksorining stativiga o'rnatiladi.

IQ shinasi

IQ shinasi NT va chiziqli interfeyslar orasidagi boshqarish va ma'lumotlarni almashlashni ta'minlaydi, ya'ni ular orasidagi bitli oqimlarni zichlashtiradigan va zichlashtirishdan chiqaradigan qurilma hisoblanadi. IQ shinasi SANT-D yoki ADSE-A va ADLT (ADSL Line Termination – chiziqli ADSL-tugallanma) orasidagi shina tuzilmasi hisoblanadi.

IQ shinasida to'g'ri va teskari kanallar bo'yicha ma'lumotlar yo'nalishi uchun yo'l, sinxronizator va boshqarish signallari mavjud. Interfeysning uzatish tezligi 155 Mbit/s ni tashkil etadi.

To'g'ri va teskari yo'nalishlarda tashish 54 baytlardan iborat freymalar bilan jo'natiladigan ATM-yacheykalar orqali amalga oshiriladi. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda jo'natish 8 bitli ma'lumotlarni tashiydigan alohida shinalar bo'yicha amalga oshiriladi.

Fizik jihatdan IQ shinasi BPA (Backpanel Printed board Assembly – orqa panel bosma platasi) shina ko'rinishida baja-

rilgan va ADSL-stativlarda tizim platasi ko'rinishida statsionar mahkamlangan. SANT-D yoki ADSE-A, ADLT va AACU platalari mos BPA biriktirgichlariga o'rnatiladi. Mos ravishda IQ shinasi bo'yicha ularning o'zaro bog'lanishlari amalga oshiriladi.

Terminallarning moslashtirilishi

ADLT SANT-D dan olingan va abonent uchun mo'ljallangan ATM-yacheykalarni DMT-modulatsiyalangan signallarga va teskari o'zgartirishni amalga oshiradi, demak, fizik va ATM-darajalar bilan ishlaydi.

Fizik jihatdan ADLT-funksiya 4 ADLT-portlarga (4 – abonentlar bog'lanishlari) ega bo'lgan bitta bosma platada bajariladi. Bu plata tizim ADSL-stativga (IQ shinasini bajaradigan) o'rnatiladi.

Shuningdek, ADLT-platada to'rtta ADLT-portlar uchun boshqarish (OAM) funksiyalari bajarilgan

PS tarmoqlagich

Abonentlar liniyasida (mahalliy ATSDan ketadigan o'rama juftlikda) analog POTS- va ADSL-signallar ustma-ust tushadi, bunda har ikkala signallar chastotaviy multiplekslangan hisoblanadi.

ASAMda ADSL- va POTS-signallar maxsus filtrlar yordamida teskari yo'nalishda o'tishda ajratiladi va to'g'ri yo'nalishda o'tishda birlashtiriladi:

– LPF (PCHF), u POTS-signallar uchun ochiq hisoblanadi va ADSL-signallarni so'ndiradi;

– HPF (YCHF), u ADSL-signallar yo'lidagi POTS-signallardan barcha (masalan, raqam terish impulslari, o'zgarma kuchlanish va chaqirish chastotasi) ta'sirlarni yo'qotadi.

Bu maxsus filtrlar ham passiv, ham aktiv filtrlovchi elementlar qo'llanilishi orqali bajarilishi mumkin.

SANT-D platasi. Umumiy ma'lumotlar

SANT-D platasi raqamli SDH-uzatish tizimiga 155,52 Mbit/s tezlikda optik ulanishni ta'minlaydi va bu tizimga IQ shina bo'yicha har ikkala yo'nalishlarda tashiladigan ATM-yacheykalarning moslanishini amalga oshiradi. Bundan tashqari, bu platada ASAM multipleksorlarini ishlatish va texnik xizmat ko'rsatish uchun zarur bo'ladigan funksiyalar ko'zda tutilgan.

IQ-interfeys SANT-D va ADSE-A larni ASAM orqa paneli bilan bog'laydi va ikkita shinalardan tashkil topgan:

- IQ_D shinalari, ular to'g'ri yo'nalishda yuqori tezlikli uzatish (ATM-yacheykalarni) uchun mo'ljallangan;
- IQ_U shinalari, ular teskari yo'nalishda yuqori tezlikli uzatish (ATM-yacheykalarni) uchun mo'ljallangan;
- IQ_A (access) shinalari, ular IQ_U shinalariga ulanishni nazorat qilish uchun mo'ljallangan.

IQ_D va IQ_U shinalari har biri 5-oktetli sarlavha va 48-oktetli ma'lumot maydoniga ega bo'lgan ATM-yacheykalarning tashilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, har bir yacheykadan oldin bitta «bo'sh» oktet qoladi. SANT-D ATM-yacheykalarni 54-oktetli slotlarga inkapsulatsiyalashni amalga oshiradi va IQ shinaga ulanishni ta'minlaydi. 155,52 Mbit/s tezlikni 152,64 Mbit/s tezlikka moslashtirish ($155,52 \text{ Mbit/s dan} = 53/54$) to'ldirilmagan yacheykalarni o'chirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bu VC-4 da bo'lgan amaldagi ATM-yacheykalarning maksimal tezligi 149,76 Mbit/s ($155,52 \text{ Mbit/s dan} = 26/27$) tezlik orqali cheklanishi bilan bo'lishi mumkin.

IQ_A shinasini teskari kanalli interfeysga ulanishni nazorat qilish uchun mo'ljallangan. U teskari kanal shinasidagi «to'q-nashuvlar»dan qochishga zamin yaratadi va turli LT-obyekt-larning ulanishi uchun turli darajalar ustuvorliklarini kiritish imkoniyatini beradi.

BPA tizim platasi

BPA (tizim platasi tuguni) ADSL-qurilma stativining orqa tomoniga statsionar mahkamlangan bosma plata hisoblanadi.

Tizim platasining asosiy funksiyalari quyidagilar hisoblanadi:

- SANT-D yoki ADSE-A ni ADLT-portlar va AACU bilan bog‘lanishini ta‘minlaydigan IQ shinani shakllantirish;
- AACU uchun tashqi interfeys bog‘lanishlarni ta‘minlash;
- barcha aktiv bloklarning 48 V li stansion ta‘minot shinasiga ulanish.

Tashqi interfeyslar

ASAM multipleksorining ichida bitta tashish turi mavjud bo‘ladi. SANT-D platasi optik tolaga ulangan va ma‘lumotlar asosiy va tashqi substativlarga uzatiladi. Xizmat ko‘rsatish sifati, ekspluatatsion tayyorlik va ishonchlikni oshirish zarur bo‘lganida SANT-D platasi va kirish optik tolasi almashtiriladi. Vaqtning har bir momentida faqat bitta SANT-D platasi aktiv hisoblanadi.

Kengaytiriladigan substativlarda bufer sifatida turli signallar uchun kengaytirgichning bitta kengaytirgichi ishlatiladi. Har bir substativdagi kengaytirgichlar almashtirilgan.

Shunday qilib, SANT-D platasi nazorati ostida bir necha ASAM-shinalari bo‘ladi.

Bosh substativda:

- IQ shinasi;
- maxsus liniyalar;
- ketma-ket ACU-interfeys.

Kengaytiriladigan substativlarda (kengaytiriladigan interfeysda):

- IQ shinasi;
- maxsus liniyalar;
- ketma-ket ACU-interfeys.

Optik transport interfeysi (STM1/STS3s)

SANT-D bitta SDH-kanali 155 Mbit/s ga STM1/OC3s terminali hisoblanadi. Bu bog‘lanishlardagi uzatish OTM da (Optical Transceiver Module – optik qabullagich-uzatkich moduli) tugaydigan monomodali (yana bir modali deyiladigan) optik tola yordamida amalga oshiriladi.

Abonentlar chiziqli interfeysi

Abonentlar chiziqli interfeysi ADLT dan abonentlar binosida joylashgan ANT blokigacha bog‘lanish hisoblanadi.

Abonentlar chiziqli interfeysi to‘g‘ri va teskari yo‘nalishlardan boradigan ADSL/ATM signallari bilan chastotaviy multiplekslanadigan oddiy telefoniya signallarining o‘tishini ta‘minlaydi. Bu interfeys ADLT ni ANT bilan o‘rama juftliklarda ulanish tarmog‘i orqali bog‘laydi. Bog‘lanish uchun oddiy telefon simi ishlatiladi.

Ketma-ket kengaytirish interfeysi

SANT-D platasi joylashgan birinchi bosh qatordan IQ shina signallari har birida ketma-ket ADSE-A kengaytirgich bo‘lgan 11 ta bo‘ysunadigan qatorlarga tarqatilishi mumkin. Ketma-ket kengaytirish interfeysi SANT-D va ADSE-A platalari orasidagi bog‘lash bo‘g‘ini hisoblanadi. SANT-D platasi ketma-ket kengaytirish uchun bitta chiqish biriktirgichiga, ADSE-A platasi esa ikkita chiqish biriktirgichiga ega. Barcha biriktirgichlar stativning oldingi qismiga joylashtirilgan.

Xizmat interfeysi

Xizmat interfeysi SANT-D platasida ko‘zda tutilgan. Bu interfeysga ulanish ACU ning oldingi qismida joylashgan biriktirgich orqali amalga oshiriladi.

Ichki interfeyslar

IQ-interfeys

ADLT platasini SANT-D yoki ADSE-A platasi bilan birlashtirish IQ shina orqali amalga oshiriladi.

Agar SANT-D platasi faqat bitta SDH STM1 interfeysiga ega bo'lsa, u holda soni 144 tagacha yetadigan ADLT platalari va 11 ta ADSE-A platalarining ulanishi uchun faqat bitta IQ shina mavjud bo'ladi. Barcha ADSE-A platalari uchun IQ shinaning mavjud o'tkazish qobiliyatini (155 Mbit/s) birgalikda ishlatishga to'g'ri keladi.

SANT-D platada IQ shinaning ikkita holati mavjud, chunki bu platada istalgan vaqtda 2 STM1-bog'lanishga o'tishni ta'minlash mumkin.

MBC-interfeys

SANT-D platasida IQ shina bilan bog'langan ADLT terminallaridan har birining ta'minotini tanlab yoqish/o'chirish imkoniyati ko'zda tutilgan.

BPA va PBA larning fizik joylashish o'rni

BPA platasiga va unda joylashtiriladigan har bir PBA (Printed Board Assembly – chop etish plata tuguni) tugunga tizim ichida fizik joylashish o'rni noyob raqami tayinlangan. Bu raqam 32 bitga ega va ID0...ID31 ko'rinishda taqdim etilgan. Bu bitlar quyidagi vazifalarga ega.

5 bitli raqam tizimlar platasidagi har bir PBA tugunining holatini aniqlaydi. Bu raqam ID0...ID4 ko'rinishda taqdim etilgan va tizimlar platasidagi (1...13) PBA slotlar raqamini xarakterlaydi. Bu raqam tizimlar platasiga qat'iy «montaj qilingan» ADLT/SANT-D/ADSE-A plata orqali uning tizimlar platasidagi birlashtirgichidagi shtirlar orqali o'qilishi mumkin.

Multipleksorning ta'minoti

ASAM multipleksorining ta'minoti –48 yoki –60 V li stansion manbadan amalga oshiriladi.

ADLT-plata

Umumiy ma'lumotlar

ADLT-plata A1000 ADSL tizimi uchun ishlab chiqilgan qo'yiladigan (o'rnatiladigan) blok hisoblanadi.

Bu platada 4 ta mustaqil chiziqli ADSL-tugallanma LT yoki portlar mavjud bo'ladi. Bu portlardan har biri analog telefoniya uchun yotqizilgan oddiy UPT (Unshielded Twisted-Pair – ekranlashtirilmagan o'rama juftlik) kabel bo'yicha ANT ga ikki tomonlama ulanishni ta'minlaydi.

Har bir port uchun ADLT-plata ularning oqimidan ATM-yacheykalarini ajratib oladi yoki bu yacheykalar uchun VPI/VCI qiymatlarga asoslanish bilan ularni bu oqimga qo'yadi.

Bu terminallarni moslashtirish funksiyasidan tashqari, ADLT-plata chiziqli tugallanma sifatida o'z nazorat funksiyalarini ham bajaradi.

R-ASAM

Chiqariladigan ASAM multipleksori oddiy multipleksordagi kabi funksiyalarni bajaradi, lekin konstruktiv bajarilish, ta'minot va ishlatishning iqlimiy sharoitlari qismida qat'iyroq talablarni qoniqtiradi. R-ASAM tizimda joylashgan ASAMga nisbatan avtonom yoki kaskadlangan bo'lishi mumkin. R-ASAM multipleksorini ko'chaga mo'ljallangan korpusda yoki CEV (Controlled Environment Vault – nazorat qilinadigan iqlim parametrlri kamera) korpusda joylashtirish mumkin. Avtonom tarmoq ASAM multipleksorining maksimal sig'imi 576 liniyalarni tashkil etadi. Tizimdan kaskadlashtirishda maksimal sig'im o'zgarishsiz – 576 liniyalar qoladi.

Tarmoq elementlari menejeri

ADSL-ulanish nimitzimini boshqarish uchun AWS menejeri ko'zda tutilgan, u ATM-kanali o'tkazish polosasi ichida joylashgan SNMP protokoli bo'yicha ishlaydi. AWS menejerida yuqoriroq daraja OSS (Operation Support System – ekspluatatsion qo'llash tizimi) tizimi uchun mo'ljallangan TL1 interfeysi mavjud. ADSL-ulanish nimitzimiga qo'llanish bilan AWS menejeri ASAM, R-ASAM, ANT bloklari yoki PC-NIC interfeys platalarida joylashgan aktiv elementlarni (ya'ni OBC – On-Board Controller – platada joylashgan kontroller bo'lgan elementlarni) boshqarishni ta'minlaydi.

1.7. HDSL-HDSL va E1-HDSL modemlarining texnik ko'rsatkichlari va vazifalari

HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line) – modem E1 raqamli abonent liniyalari yoki xususiy mis simli tarmoqlar uchun ishlab chiqilgan. Bu modem 2 Mbps juft UTP kabel asosida qimmat retranslatorlarga muhtoj bo'lmagan holda uzoq masofalar oralig'ida axborotlar almashishni ta'minlaydi. Buning uchun, 2.048-Mbps HDSL modem o'rnatilgan mis kabelli bazalar hisobiga katta masofalarda ham aloqa sifatini yo'qotmaydi.

Bundan tashqari, HDSL modemlar tarmoqda bir tomondan integratsiyalashgan tarzda boshqarilishi mumkin. Buning uchun yuqori samarali integratsiyalashgan boshqaruv tizimi ishlab chiqilgan. Integratsiyalashgan boshqaruv uchun, ishlash jarayonida modemlar holatini aniqlash (real vaqt rejimida statistik ma'lumotlar), kuzatish va signallar haqida xabar olish lozim bo'ladi.

HDSL modem quyidagilarni taklif etadi:

- 2 tomonlama operatsiyalarni amalga oshirish;
- (V35, X21, G703, 10 base T Bridge va IP-router) kabi modulli interfeyslar orqali moslashuvchan ma'lumotlar interfeysini shakllantirish;

- turli-quvvat imkoniyatlari (230/115 B, 48 B yoki –48 Bds);
- o‘z-o‘zini oson tekshirish va kanalni tekshirish vazifalari;
- konfiguratsiya va taftish maqsadlarida kengaytirilgan boshqarish imkoniyatlari;
- oson firmware yangilanishi uchun flash xotira.

HDSL-HDSL Modem quyidagi interfeys modullar bilan taqdim etilishi mumkin (1.2-jadval).

1.2-jadval

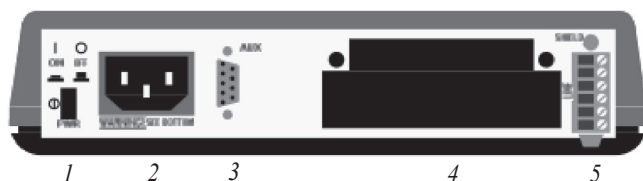
HDSL-HDSL (2.048-Mbps HDSL) Modem XP	
Interfeys nomi	Interfeys turi
V35	shaffof (2 Mbps) yoki N×64 kbps (2 Mbps gacha)
X21	shaffof (2 Mbps) yoki N×64 kbps (2 Mbps gacha)
Bridge	shaffof (2 Mbps) yoki N×64 kbps (2 Mbps gacha)
Router	shaffof (2 Mbps) yoki N×64 kbps (2 Mbps gacha)

Boshqaruv haqida umumiy ma’lumot

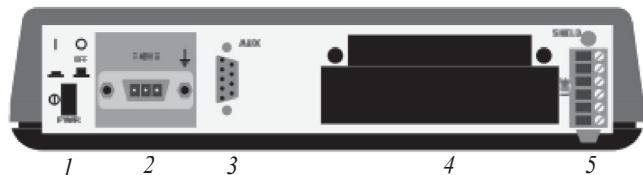
HDSL modem uch darajada tuzilishi mumkin:

- Kalit sarlavhalar majmuyi (DIP) taqdim etiladi va shu DIP ga ko‘ra modem uchun asosiy konfiguratsiya belgilanadi. Bu o‘rnatish hamda modemni tekshirish uchun texnik jihatdan yengillik beradi. Kalit sarlavhasining konfiguratsiyasi har doim boshqaruvchi tomonidan bekor qilinishi mumkin.
- O‘rnatilgan tarmoq xizmatlarini optimallashtirish maqsadida, Black Box erkin Windows ga asoslangan xizmat paketi taklif etiladi. Jami xizmatlarni taqdim etuvchi ilova (Total Maintenance Application – TMA) bepul bo‘lib, foydalanuvchilarga har qanday holda modem bilan aloqani saqlab qolish imkonini beradi. Barcha konfiguratsiya, holat va ishlash sifatini nazorat qilish maqsadida ham mahalliy, ham uzoqdan modemga kirish mumkin.

- 2,048-Mbps HDSL Modem Orchid 1003 LAN boshqarish konsentratoriga ulanishi mumkin, bu kabi boshqaruv HP OpenView ostida boshqaruvning bir qator muammolar yechimlarini beradi.
- 2,048 Mbps HDSL Modem LAN uchun universitet tarmoqlari, shifoxonalar va avtomobil yo'llari yuqori tezlikda ideal aloqani ta'minlaydi.



1.19-rasm. HDSL Modem – 230/115 V modelning orqa tarafdin ko'rinishi.



*1.20-rasm. HDSL Modem – 48 V modelning orqa tarafdin ko'rinishi:
1 – yoqib-o'chiruvchi tugma; 2 – elektr ta'minoti vilkasi; 3 – konnektor;
4 – DTE interfeys sloti; 5 – liniyaga ulanish portlari.*



NAZORAT SAVOLLARI

1. Abonent kirish tarmog'i deganda nimani tushunasiz?
2. Abonent kirish tarmog'ining vazifasi nimadan iborat?
3. Abonent kirish tarmog'ida qo'llaniladigan texnologiyalarni sanab bering.
4. xDSL texnologiyasining vazifasini tushuntirib bering.
5. xDSL texnologiyasining abonent kirish tarmoqlaridagi o'rni haqida nimani bilasiz?

- 6.xDSL texnologiyasining abonent kirish tarmoqlari qanday xizmat turlarini ta'minlab beradi?
- 7.PON texnologiyasining vazifasi nimadan iborat?
- 8.PON texnologiyasining abonent kirish tarmoqlaridagi o'rni haqida nimani bilasiz?
- 9.PON texnologiyasining turlari haqida nimani bilasiz?
- 10.FTTx texnologiyasining vazifasi nimadan iborat?
- 11.FTTx texnologiyasining turlari haqida nimani bilasiz?
- 12.Multipleksorning vazifasi nima?
- 13.ASAM multipleksori qanday vazifani bajaradi?
- 14.Abonent kirish tarmog'ida qo'llaniladigan modem qanday vazifani bajaradi?
- 15.Modemning turlari haqida nimani bilasiz?

II bob. SIMSIZ ABONENT KIRISH TARMOG'INING QURILISHI

2.1. IEEE 802.16 standart boshqaruvi ostidagi keng polosali mobil kirish tarmog'i

IEEE 802.16 standarti Telekommunikatsiyalar sohasidagi Yevropa standartlashtirish instituti boshqaruvi ostida elektrotexnika va elektronika muhandislari institutida ishlab chiqilmoqda.

Bu standart «nuqta-ko'p nuqta» topologiyali keng polosali simli aloqaning tashkil etilishini tavsiflaydi va megapolis (metropolitan area network – MAN) masshtablaridagi statsionar simli tarmoqlarni yaratishga mo'ljallangan. Aynan shuning uchun bu standart Wireless MAN deb ham ataladi. Fizik darajada IEEE 802.16-2001 standarti atigi bitta tashuvchini chastotadan (Single-Carrier – SC) foydalanishni ko'zda tutadi. Shuning uchun protokolning nomiga SC qo'shila boshlandi, ya'ni WirelessMAN-SC.

10–66 GHz chastotalar diapazonida aloqani tashkil etish qisqa to'lqinlarning kuchli so'nishi tufayli ko'proq signal uzatkichi va qabullagichning to'g'ri ko'rinishida bo'lishi mumkin. Wireless MAN-SC protokolining o'ziga xos xususiyatlaridan biri ham shundan iborat. Shu bilan bir vaqtda bunday chastotalar diapazonining ishlatilishi (ya'ni aynan uzatkich va qabullagichning to'g'ri ko'rinishi talabi va qaytgan nurlarda ishlash mumkin emasligi) radioaloqaning asosiy mummolaridan biri – signalning ko'p nurli tarqalishidan qochishga imkon beradi. Bu chastotalar diapazonida ishlatilishi mumkin bo'lgan aloqa kanallari chastotalari polosasi kengligi yetarlicha keng (odatda, 25 yoki 28 Hz), bu yuqori uzatish tezliklariga (120 Mbit/s gacha) erishishga imkon beradi.

To'g'ri ko'rinish zonasida simsiz tarmoqni qurish zarurati shunga olib keldiki, IEEE 802.16 standarti qurilmalari keng qo'llanilmayapti.

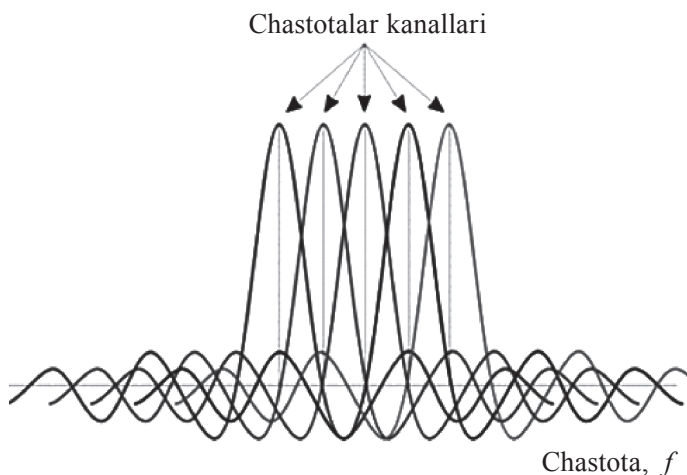
Ko'zda tutildiki, u so'nggi mil – kabelli modemlar, xDSL va T1/E1 kanallar uchun an'anaviy keng polosali yechimlarga muqobil bo'ladi. IEEE 802.16a standartning 802.16 standartdan asosiy farqi uzatkich va qabullagich orasidagi to'g'ri ko'rinishni talab qilmaydigan boshqa chastota diapazonining qo'llanilishi bo'ldi. Bunday simsiz tarmoqlarning qamrab olish zonasi IEEE 802.16 standarti tarmoqlaridagiga qaraganda sezilarli keng. Ta'kidlash kerakki, 2–11 Hz chastotalar diapazonidan foydalanish fizik darajadagi signallarni kodlash va modulatsiyalash texnikasining prinsipial qayta ko'rib chiqilishini ham talab qildi. IEEE 802.16a/d standartining o'ziga xos xususiyatlaridan biri to'g'ri bo'lmagan ko'rinish zonalarida ishlash imkoniyati hisoblanadi. Bunga kanallarning multipleksli chastota bo'yicha ajratish texnologiyasidan (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM) foydalanish hisobiga erishiladi, u signallarning ko'p nurli interferensiyasi kabi salbiy hodisalar bilan samarali kurashishga imkon beradi.

Ko'p nurli tarqalishning natijasi qabul qilinadigan signal shaklining buzilishi hisoblanadi. Ko'p nurli interferensiya istalgan turdagi signallar uchun xarakterli, lekin u ayniqsa keng polosali signallarga salbiy ta'sir qiladi. Bu shundan iboratki, keng polosali signal ishlatilganida interferensiya natijasida ma'lum signallar sinfaz (sinxron) qo'shiladi, bu signalning ortishiga olib keladi, ayrimlari esa, aksincha, qarama-qarshi fazada qo'shiladi, bu chastotada signalning kuchsizlanishini keltirib chiqaradi. Signalning buzilishiga simvollararo interferensiya eng sezilarli ta'sir qiladi. Chunki simvol bu tashuvchining chastotasi, amplitudasi va fazasi qiymatlarini xarakterlaydigan signalning diskret qiymati hisoblanadi, u holda turli simvollar uchun

signalning amplitudasi va fazasi o'zgaradi, demak, dastlabki signalni qayta tiklash juda qiyin bo'ladi.

Ko'p nurli tarqalish samarasini qisman bo'lsa-da kompensatsiyalash uchun chastotaviy ekvalayzerlar qo'llaniladi, lekin ma'lumotlarni uzatish tezligining ortishi bilan yoki simvolli tezlikning ortishi yoki kodlash sxemasining murakkablashtirilishi tufayli ekvalayzerlardan foydalanish samaradorligi pasayadi. Natijada yuqoriroq uzatish tezliklarida uzatiladigan ma'lumotlar oqimi ko'plab chastotalar nimkanallari bo'yicha taqsimlanadigan va uzatish bu barcha nimkanalarda parallel olib boriladigan ma'lumotlarni kodlash usuli qo'llaniladi. Bundan ma'lumotlarni yuqori uzatish tezligiga aynan barcha kanallar bo'yicha ma'lumotlarning bir vaqtda uzatilishi bilan erishiladi, alohida nimkanaldagi uzatish tezligi esa yuqori bo'lmasligi ham mumkin.

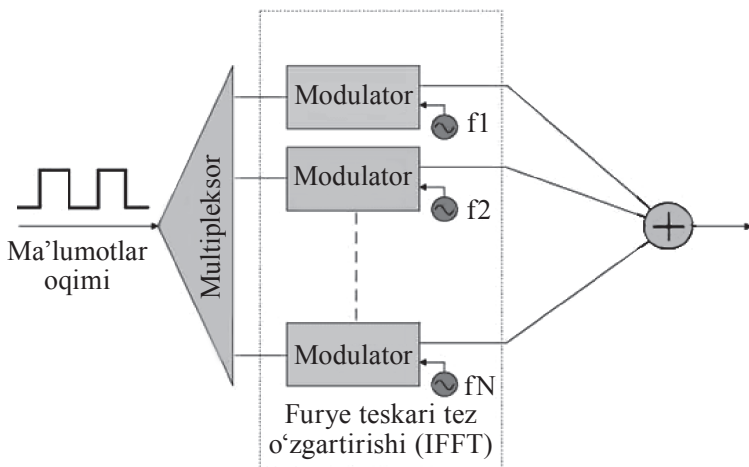
Kanallar chastota bo'yicha ajratilganida alohida kanalning kengligi, bir tomondan, alohida kanal chegaralarida signalning buzilishini minimallashtirish uchun yetarlicha tor, boshqa tomondan esa talab qilinadigan uzatish tezligini oshirish uchun turlicha keng bo'lishi zarur. Bundan tashqari, nimkanallarga bo'linadigan kanalning butun polosasidan tejamli foydalanish uchun chastotalar nimkanallari iloji boricha zich joylashtirilishi kerak, lekin bunda kanallarning bir-birlariga to'liq mustaqil bo'lishini ta'minlash uchun kanallararo interferensiyadan qochish kerak. Sanab o'tilgan talablarni qoniqtiradigan chastotalar kanallari ortogonal kanallar deyiladi. Barcha chastotalar nimkanallarining tashuvchilari (aniqrog'i, bu signallarni tavsiflaydigan funksiyalar) bir-birlariga ortogonal bo'ladi. Muhimi, chastotalar nimkanallarining o'zlari bir-birlarini qisman qoplasa-da, tashuvchi signallarning ortogonaligi kanallarning bir-birlaridan mustaqilligini, demak, kanallararo interferensiyaning bo'lmasligini kafolatlaydi (2.1-rasm).



2.1-rasm. Ortogonal tashuvchili qoplanadigan chastotalar kanallariga misol.

Ko‘rib chiqilgan keng polosali kanalni ortogonal chastotalar nimkanallariga bo‘lish usuli multiplekslashli ortogonal chastota bo‘yicha ajratish (Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)) deyiladi. Uning uzatish qurilmalarida ishlatilishi uchun Fure teskari tez o‘zgartirishi (Inverse Fast Fourier Transform (IFFT)) ishlatiladi, u oldindan n -kanallarga multiplekslangan signalni vaqt bo‘yicha berilishdan chastota bo‘yicha berilishga o‘tkazadi (2.2-rasm).

Har bir IFFT sanog‘i fazaviy (BPSK, QPSK) yoki kvadraturali-amplitudaviy (QAM16 yoki QAM64) modulatsiyalanadigan nimtashuvchi hisoblanadi, bu ma’lumotlarni uzatish axborot tezligini oshirishga imkon beradi. Bitli oqimlarni tashiydigan nimtashuvchi chastotalar guruhi OFDM simvol deyiladi. OFDM texnologiyasi nafaqat IEEE 802.16 protokolida, masalan, IEEE 802.11g protokolida ham qo‘llaniladi, lekin IEEE 802.11g protokoliga qaraganda IEEE 802.16 protokolida ma’lumotlarning uzatilishi uchun ishlatiladigan chastotalar polosasining tez moslashuvchan taqsimlanishi ko‘zda tutilgan.



2.2-rasm. OFDM usulining ishlatilishi.

Ma'lumotlarni uzatishda xalaqitbardoshlikning oshirilishi uchun IEEE 802.16 protokolda Viterbi algoritmi bo'yicha dekodlanadigan o'rama kodlar va Rid-Solomon kodlari kabi an'anaviy texnologiyalar ishlatiladi.

Bundan tashqari, IEEE 802.16e-2005 standartida turbokodlash kabi zamonaviy kodlash usullaridan foydalanish ko'zda tutilgan. Yakunda IEEE 802.16 standartlarida signalni modulatsiyalash usuli bilan farqlanadigan uchta turdagi fizik bog'lanishlar darajalari ajratilgan:

- Wireless MAN-SC – bitta tashuvchi chastotali fizik daraja;
- Wireless MAN-OFDM – multiplekslashli 256 kanallarga ortogonal chastotaviy bo'lish. Ma'lumotlarni uzatish muhitiga ko'p tomonlama ulanishning ishlatilishi vaqt bo'yicha ajratish (Time Division Multiple Access – TDMA) texnologiyasi hisobiga bo'lib o'tadi;
- Wireless MAN-OFDMA – kanallarni multiplekslashli ortogonal masshtablanadigan chastota bo'yicha bo'lish 2048 ta nimitashuvchi chastotalarga bo'lish ishlatiladi. Ma'lumotlarni

uzatish muhitiga ko'p tomonlama ulanish bir necha nimtashuvchi chastotalarni bitta uzatish kanaligan birlashtirish va uni aniq bir foydalanuvchiga ajratish (OFD Multiple Access – OFDMA) hisobiga amalga oshiriladi.

IEEE 802.16 oilasiga kiradigan standartlarning asosiy xarakteristikalarini 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

**IEEE 802.16 oilasiga kiradigan standartlarning
asosiy xarakteristikalarini**

Standartning nomi	IEEE 802.16	IEEE 802.16a	IEEE 802.16e
Chastotalar diapazoni	10–66 GHz	2–11 GHz	2–6 GHz
Ma'lumotlarni uzatish tezligi	32–135 Mbit/s	75 Mbit/s gacha	15 Mbit/s gacha
Modulatsiyalash	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Chastotalar polosasi kengligi	20, 25 va 28 MHz	Regulatsiyala- nunchi 1,5–20 MHz	Regulatsiyala- nunchi 1,5–20 MHz
Ishlash radiusi	2–5 km, 7–10 km	Maksimal radiusi –50 km	2–5 km
Ishlash sharoitlari	To'g'ri ko'rinish	Qaytgan nurlarda ishlash	Qaytgan nurlarda ishlash

Boshlanishidan IEEE 802.16 standarti ma'lumotlarni uzatish muhitiga ulanishni boshqarish umumiy protokoliga (Medium Access Control – MAC) asoslanadigan radiointerfeyslar to'plami sifatida, lekin spektrning ishlatiladigan qismiga bog'liq bo'lgan fizik darajaning turli spetsifikatsiyalarili rivojlanishi o'ylangan. Protokolning MAC-darajasi ham yuqoriga Up Link-oqimda (abonentdan bazaviy stansiya oqim), ham pastga Down Link-oqimda (bazaviy stansiya abonentga oqim) signallarni yuqori uzatish tezliklariga erishish maqsadida «nuqta-ko'p nuqta» topologiyali ulanish tarmoqlari uchun ishlab chiqildi.

Tuzilmasi bo'yicha IEEE 802.16 standarti tarmoqlari an'anaviy mobil aloqa tarmoqlariga juda o'xshash. Bu yerda ham 50 km gacha radiuslarda ishlaydigan bazaviy stansiyalar mavjud. Bazaviy stansiya abonent bilan ulanishi uchun binoda o'rnatiladigan abonentlar qurilmasi zarur. Bu blokdan signal standart Ethernet-kabel bo'yicha to'g'ridan to'g'ri aniq bir kompyuterga, IEEE 802.11 standarti ulanish nuqtasiga yoki Ethernet standarti lokal simli tarmog'iga uzatiladi.

IEEE 802.16 standarti tarmog'idagi bitta bazaviy stansiya ko'p sonli abonentlarga xizmat ko'rsatishi va ularga turli darajadagi xizmatlarni ko'rsatishi mumkin. Masalan, bitta bazaviy stansiya sektori T1 turdagi kanallar bo'yicha (2 Mbit/s gacha tezlikli ma'lumotlarni uzatish) ulangan 60 tadan ortiq korxonalariga va DSL turdagi kanallar bo'yicha ulangan 100 tadan ortiq uylarga bir vaqtda xizmat ko'rsatishi mumkin. Odatdagi bazaviy stansiya oltitagacha sektorlarga ega bo'ladi.

2.2. WiMAX tarmog'ining arxitekturasi. WiMAX tarmog'ining qurilish tamoyillari. WiMAX texnologiyasining xizmat tarmoqlari

Keng polosali kirish tarmoqlarining rivojlanishida simsiz tarmoq texnologiyalari alohida o'rin tutadi. Hozirgi kunda telekommunikatsiya xizmatlari foydalanuvchilari nafaqat uyda, balki ish joylarida, ko'chada, restoran va kafelarda o'zlariga qulay aloqa vositalari orqali simsiz tarmoqlarga ulanishlari mumkin. Oxirgi yillarda Wi-Fi va Wi-MAX tarmoqlarining keng tashkil etilishi yuqori tezliklarda Internetga, axborot manbalariga kirish, tarmoq orqali tez va oson ma'lumot almashish imkonini yaratdi. Bu texnologiyalar keng polosali tarmoqlar tashkil etishning eng qulay usuli hisoblanib, ko'plab foydalanuvchilarga bir vaqtda telekommunikatsiya xizmatlarini ta'minlaydi.

Bugungi kunda Wi-Fi (Wireless Fidelity) va Wi-MAX texnologiyalari asosida kirish tarmoqlarini qurishga va kengaytirishga respublikamizda ham e'tibor berilmoqda. Ta'lim muassasalari, aholi madaniy dam olish maskanlarida bunday texnologiyalar asosiy Internet xizmatlarini taqdim etish yo'lga qo'yilmoqda. Ushbu texnologiyalarning imkoniyatlarini ko'rib chiqamiz.

Wi-Fi texnologiyasi. 802.11 standartini qo'llovchi simsiz lokal tarmoq qurilmalar ishlab chiqaruvchilarining qurilmalarini birgalikda ishlashini ta'minlash maqsadida Wi-Fi texnologiyasi ishlab chiqilgan. Wi-Fi texnologiyasi hozirgi kunda uy, ofis va tashkilotlar tarmoqlari sifatida keng tarqalgan.

Wi-Fi texnologiyasi tarmoqqa ulanish nuqtalari yoki marshrutizatorlari orqali bino ichida 50–100 m va ochiq joylarda 150 m radiusgacha bo'lgan masofalarda lokal tarmoqqa ulanish imkonini beradi. Dastlab ma'lumot uzatish tezligi 54 Mbit/s bo'lgan, bugungi kunda o'rtacha 100 Mbit/s atrofida ma'lumot uzatishni ta'minlaydi.

Wi-Fi tarmoqlarini qurish lokal tarmoqlar tashkil etishning eng arzon va oson varianti bo'lib, uy va ofis tarmoqlarida kabel o'tkazish xarajatlarini kamaytiradi. Shuningdek, kabel joylashtirish



2.3-rasm. Wi-Fi tarmog'i tuzilishi.

imkoni bo'lmagan joylarda, turli dam olish va istirohat maskanlarida ham Wi-Fi tarmoqlari orqali aloqa tashkil etish mumkin. Noutbuk, PDA bilan bir qatorda ko'pchilik uyali aloqa vositalari ham Wi-Fi ga ulanishni ta'minlaydi. Shuningdek, Wi-Fi tarmoqlarida rouming xizmati mavjud bo'lib, bitta ulanish nuqtasidan ikkinchisiga o'tganda tarmoqda ma'lumot uzatish ta'minlanadi. Shu sababli Wi-Fi hozirgi kunda dunyoda keng ommalashib borayotgan tarmoqlardan biri hisoblanadi.

Wi-MAX texnologiyasi. IEEE 802.16 standartiga asoslangan Wi-MAX texnologiyasi hozirda keng tarqalgan hududiy tarmoq texnologiyasi hisoblanadi. Wi-MAX yordamida kichik qishloqlar, uzoq regionlarda informatsion hamda kommunikatsion texnologiyalarni rivojlantirish (ko'pgina chekka hududlarda telefon hamda kabel tarmoqlarning umuman mavjud emasligini hisobga olgan holda) mumkin.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, Wi-MAX texnologiyasini nafaqat «so'nggi milya» muammolarini hal etishda, balki regional tarmoqlar (ofis hamda rayonlar)ni bir-biri bilan bog'lashda ham bemalol qo'llash mumkin. Keng polosali Internet xizmatlarini ta'minlashda hozirda simsiz tarmoqlarning eng yaxshi yechimi hisoblanadi.

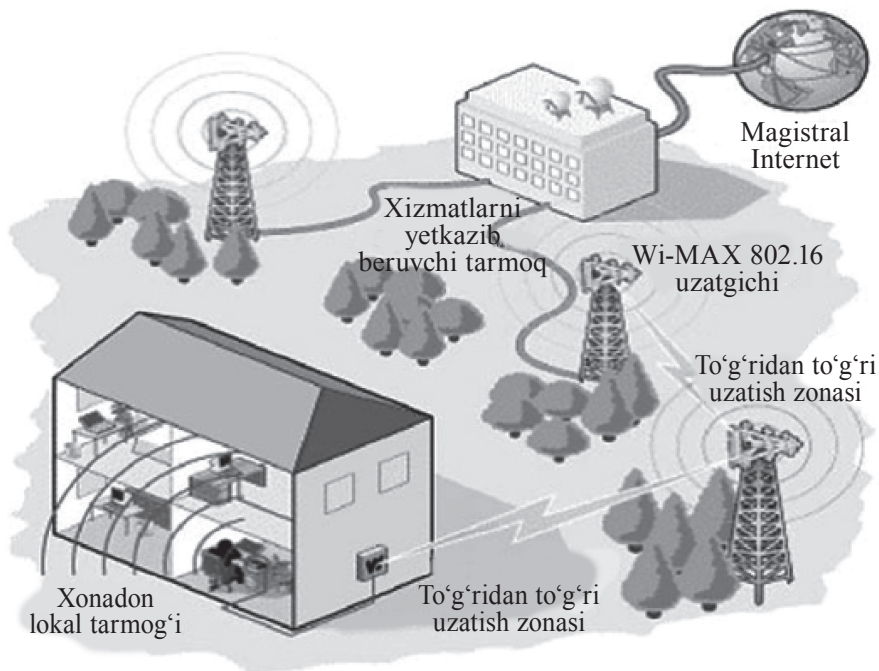
Wi-MAX tarmoqlari strukturasi odatiy mobil aloqa tarmoqlariga o'xshab ketadi. Bu yerda ham baza stansiyalari 50 km («mesh» rejimida) radiusda xizmat ko'rsata oladi.

Alohida ustuvorliklarga ega bo'lgan IEEE 802.16e (*Mobile Wi-MAX*) standarti harakatdagi foydalanuvchilar uchun keng polosali «mobil» xizmatlarni ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Ushbu standartda maksimal ma'lumot uzatish tezligi 5 MHz chastota polosasida bugungi kunda o'rtacha 100 Mbit/s ni tashkil etadi, aloqa masofasi – 5–10 km.ga teng. *Mobile Wi-MAX* standarti BS va AQ orasida bog'lanishda mobillik (harakatchanlik) jihatdan ayniqsa takomillashgan hisoblanib, shuningdek: avvalgi barcha

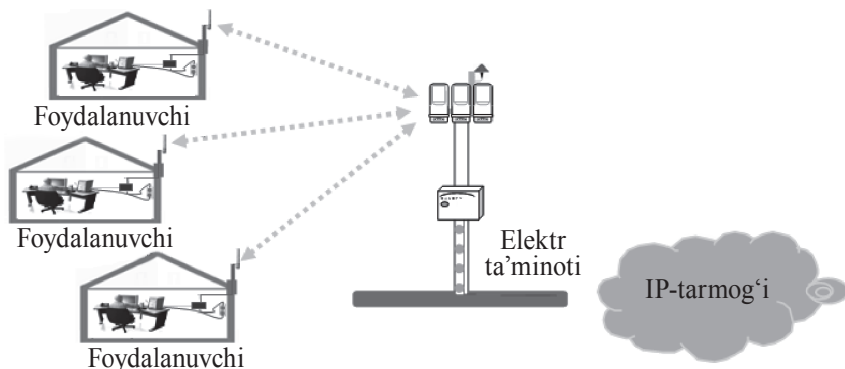
standartlarning imkoniyatlarini ham o'z ichiga oladi va quyidagi rejimlarda ishlaydi:

- Fiksatsiyalangan aloqali (bir joydan qo'zg'almay yoki statsionar holatda) ulanish (ingl. *Fixed Wi-MAX*);
- Seansli ulanish (ingl. *Nomadic Wi-MAX*);
- Ko'chma yoki siljish rejimidagi ulanish (ingl. *Portable Wi-MAX*);
- Mobil ulanish (ingl. *Mobile Wi-MAX*).

Wi-MAX tizimlarida avval magistral liniyalarni tashkil etish uchun 10–66 MHz chastota diapazonidan foydalanish ko'zda tutilgan, hozirgi foydalaniladigan versiyalarida esa 2 dan 11 MHz chastota diapazonida 3,5; 5; 7,5; 8,75 va 10 MHz kanal kengligida ishlaydi. Bunda $\pm 10^{-6}$ chegarada chastota barqarorligini ta'minlash zarur. Tarmoq baza stansiyalari binolar tomilarida yoki machtalarda



2.4-rasm. Wi-MAX tarmog'i.

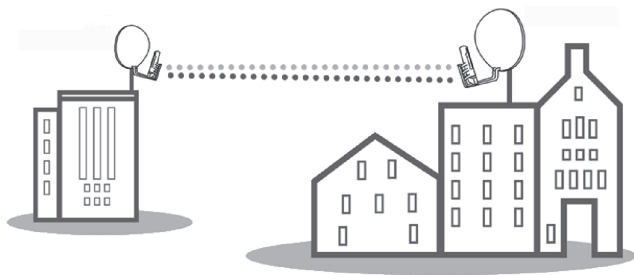


2.5-rasm. «Nuqta-ko'p nuqta» rejimida Wi-MAX tarmog'i topologiyasi.

joylashtiriladi. Shuningdek, turli baland inshootlardan, simyo-g'ochlardan va hattoki daraxtlardan baza stansiyalarni o'rnatishda foydalanish mumkin. Biror hududdagi ko'p sonli abonentlarga simsiz keng polosali ma'lumotlar uzatish xizmatini taqdim etish uchun Wi-MAX baza stansiyalari abonent qurilmalari bilan «nuqta-ko'p nuqta» topologiyada aloqani amalga oshiradi.

Bu chizma bo'yicha BS Wi-MAX abonent qurilmalari yordamida foydalanuvchilar bilan bog'lanadilar, keyin signal Ethernet-kabel standarti bo'yicha yoki to'g'ridan to'g'ri aniq kompyuterga, yoki IEEE 802.11 (Wi-Fi) ulanish nuqtasi orqali qabul qilinadi. Bu Wi-MAX orqali kabelli ulanishdan simsiz ulanishga o'tishda mavjud hudud yoki ofis tizimidagi lokal tarmoqlarning infratuzilmasini saqlab qolish imkonini beradi. Bundan tashqari, kompyuterlar ulanishi uchun standart texnologiyalardan foydalanuvchi tarmoqlarni yoyishni maksimal darajada kengaytirish imkonini beradi.

Uzoqlashtirilgan obyektlar orasida simsiz keng polosali aloqani tashkil qilish uchun «nuqta-nuqta» rejimidan foydalaniladi (2.6-rasm).



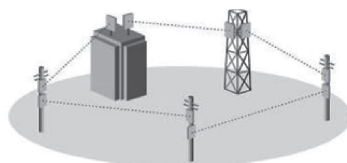
2.6-rasm. «Nuqta-nuqta» rejimidagi Wi-MAX tarmog'i.

«Nuqta-nuqta» rejimida turli tarmoq ko'rinishlari va ularning kombinatsiyalaridan foydalaniladi. 2.6-rasmda Wi-MAX tizimi uchun qo'llaniluvchi turli ko'rinishdagi tarmoq topologiyalari tasvirlangan.

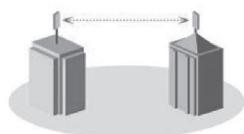
Wi-MAX tarmoqlarida, shuningdek, Mesh rejimida aloqa tashkil qilish mumkin, bunda AQ to'g'ridan to'g'ri bir-biri bilan aloqani amalga oshiradi, baza stansiyasi esa asosiy tarmoqlar infratuzilmasi va Mesh tarmoqlari o'rtasida kommutator hisoblanadi. Mesh rejimini qo'llash natijasida tarmoqning radioqoplam zonasi yuqori tezlikda ma'lumot uzatishni ta'minlash bilan 50 km gacha oshadi, bu holda bitta BS ning oddiy holdagi radiusi 5–10 km.ni tashkil etadi.



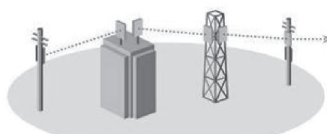
Yulduzsimon topologiya



Halqa topologiyasi



Simsiz ko'prik



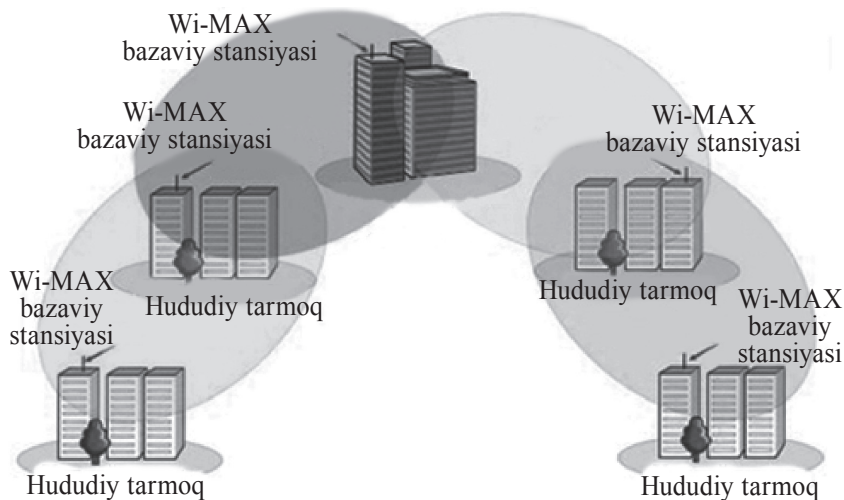
Chizikli topologiya

2.7-rasm. «Nuqta-nuqta» rejimidagi Wi-MAX tarmog'ining ko'rinishlari.

Wi-MAX tarmoqlari «ko‘p nuqta-ko‘p nuqta» rejimida qurilishi mumkin, shuningdek, u «nuqta-ko‘p nuqta» rejimini ham ta‘minlaydi (2.8-rasm).

Wi-MAX texnologiyasi katta sonli an‘anaviy tizimlar, simli yoki simsiz tarmoqlar bilan aloqani ta‘minlash maqsadida ishlab chiqilgan (tarmoqlar IP ga asoslangan). Ko‘p hollarda bu arxitektura multimediali IP-tizimlariga (yoki IMS) asoslangan bo‘lib, tarmoqlararo roumingni ta‘minlash, 3G tarmoqlari bilan birgalikda ishlash, IP darajasidagi tarmoqlarda aloqa sifati va xizmatlar to‘plamini ta‘minlash imkonini beradi. IP tarmoqlariga ulanish imkoniyati tufayli Wi-MAX texnologiyasi boshqa tarmoqlarni kengaytirishda «cheksiz mobillik» tamoyili bo‘yicha ularni qurish imkoniyatini beradi.

Shuni alohida ta‘kidlash kerakki, Wi-MAX texnologiyasi simli tarmoq operatorlariga uzoqlashtirilgan hududlarga ulanish uchun «oxirgi mil» muammolarini hal qilish imkoniyatini beradi, uzoq masofalarga kabel yotqizish kabi ortiqcha xarajatlarni kamaytiradi. IEEE 802.16e standarti mobil aloqa operatorlari xa-



2.8-rasm. «Ko‘p nuqta-ko‘p nuqta» rejimidagi Wi-MAX tarmoqlari.

rajatlarini kamaytirishni taklif etadi, mobil aloqa operatorlariga 2G va 3G darajasidagi xizmatlarni, keng polosali ma'lumot uzatish xizmatlarini va eng zamonaviy raqobatlashuvchi simsiz tarmoq xizmatlarini ta'minlaydi. Wi-MAX tarmog'ini qurishning moliyaviy xarajatlari an'anaviy ikkinchi va uchinchi avlod tarmoqlarinikidan kamroq bo'lib, asosiy xarajatlar BS stansiyalari infratuzilmasini yaratish va qurilish-montaj ishlarini olib borish uchun sarflanadi. IP-protokolida qurilgan Wi-MAX arxitekturasi keng polosali multimediali ilovalardan foydalanishda eng yaxshi imkoniyatlar taqdim etadi, shuningdek, IP-asosida qurilgan mobil tarmoqlarda qo'llaniluvchi ovozli va qisqa xabarlarini mobil uzatishni ta'minlaydi.

Aytish mumkinki, Wi-MAX texnologiyasi zamonaviy xizmatlarni ta'minlovchi, tezkor va ishonchli keng polosali tarmoqlar qurishda, mavjud tarmoqlar imkoniyatini kengaytirishda eng yaxshi yechim bo'la oladi.

2.3. Mesh tarmog'i modemlarining qo'llanilish xususiyatlari

Mesh (multi-hop) bu simsiz qurilmalar strategik mulohazalarga ko'ra kiritiladigan ko'p sonli (ko'pincha ortiqcha) bog'lanishlar bilan birlashtiriladigan tarmoq topologiyasi hisoblanadi. Bu ta'rif bunday sinfdagi quriladigan tarmoqlar funksiyalariga yetarlicha yaxshi mos keladi. Markazlashtirilmagan boshqarishli va yuqori ishonchlilik darajasiga ega bo'lgan o'z tashkil bo'ladigan tarmoqlar g'oyasi ancha oldin taklif etilgan, lekin bunday texnologiyaning samarali ishlatilishi simsiz texnologiyalarning tez rivojlanishi natijasida mumkin bo'ldi.

Bunday sinfdagi tarmoqlar taktik maqsadlarda operativ aloqani tashkil etish uchun turli davlatlar harbiy idoralarida, masalan, antiterrorchilik operatsiyalarining o'tkazilishi vaqtida, lokal harbiy to'qnashuvlarda keng qo'llaniladi.

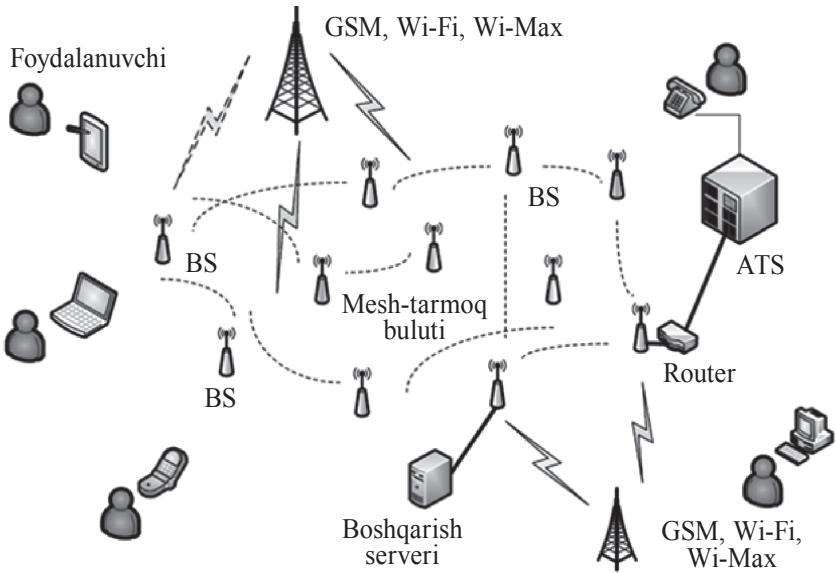
So'nggi vaqtlarda Mesh-topologiyaga muvofiq tashkil etilgan ma'lumotlarni uzatish telekommunikatsion tarmoqlari keng qo'llanilmoqda. Loyihalar masshtablari butun dunyo bo'yicha o'n minglab ulanish nuqtalarigacha va yuz minglab foydalanuvchilargacha ortdi. Mesh-tarmoqlar turli simsiz ulanish nuqtalarini integratsiyalaydigan eng qiziqarli yechimlarni taqdim etadi. Global tarmoqlarga (WAN) oson integratsiyalanadigan lokal (LAN) va shahar (MAN) tarmoqlarini Mesh-topologiya yordamida tashkil etish imkoniyati o'z tarmoqlarini yirik shaharlarda quradigan aloqa operatorlari uchun ijobiy omil hisoblanadi.

Mesh-tarmoqlar topologiyasi tarmoqning aktiv tugunlari orasida aloqani markazlashtirilmagan tashkil etilishi sxemasiga asoslangan. Mesh-tarmoqlarda ishlatiladigan ulanish tugunlari nafaqat abonentlarning ulanishi xizmatlarini ko'rsatadi, balki o'sha tarmoqning boshqa tugunlari uchun marshrutizatorlar (retranslatorlar) funksiyalarini bajaradi. Buning hisobiga o'zaro almashadigan aktiv tugunli tarmoqning katta qamrab olish zonalarini yaratish imkoniyati, shuningdek, masshtablashtirish imkoniyati (bu holda yangi tugunlar tarmoqqa avtomatik qo'shiladi) paydo bo'ladi.

Bunday tarmoqning umumlashtirilgan topologiyasi 2.9-rasmda tasvirlangan.

Mesh-tarmoqlar quyidagi imkoniyatlarga ega:

- katta maydonni yaxlit axborot qamrab olish zonalarini yaratish;
- o'zi tashkil bo'lish rejimida tarmoqning masshtablanuvchanligi (qamrab olish zonasi maydoni va axborot ta'minoti zichligining ortishi);
- «har bir har bir bilan» rejimida ulanish nuqtalarining aloqasi uchun simsiz transport kanallarining (backhaul) ishlatilishi;
- alohida elementlarning yo'qotilishiga tarmoqning barqarorligi.



2.9-rasm. Mesh-tarmoqning umumlashtirilgan topologiyasi.

Mesh-tarmoqlar klasterlar majmuyi sifatida quriladi. Qamrab olish hududi klaster zonalariga bo‘linadi, ularning soni nazariy jihatdan cheklanmagan. Bitta klasterda 8 dan 16 tagacha ulanish nuqtalari mavjud bo‘ladi. Bunday nuqtalardan biri tugun (gateway) hisoblanadi va magistral axborot kanaliga kabel (optik yoki elektr) orqali yoki radiokanal (keng polosali ulanishdan foydalaniladigan) bo‘yicha ulanadi.

Klasterdagi boshqa ulanish nuqtalari (nodes) kabi tugun ulanish nuqtalari transport radiokanali bo‘yicha o‘zaro (yaqindagi bilan) ulanadi. Aniq bir yechimga bog‘liq ravishda ulanish nuqtalari retranslator funksiyasini (transport kanali) yoki retranslator va abonentlar ulanish nuqtasi funksiyalarini bajarishi mumkin.

Mesh-tarmoqlarning o‘ziga xos xususiyati har bir ulanish nuqtasiga transport kanalining holati nazorat qilinadigan va qo‘shni nuqtalar orasida optimal marshrut bo‘yicha trafikni

dinamik marshrutlashtirish qoʻllanadigan tarmoq abonentlari jadvalini yaratishga imkon beradigan maxsus protokollardan foydalanish hisoblanadi. Ulardan biri ishdan chiqqanida trafikning boshqa marshrut boʻyicha avtomatik qayta yoʻnaltirilishi boʻlib oʻtadi, bu trafikning nafaqat manzilga yetkazilishi, balki minimal vaqtda yetkazilishini kafolatlaydi. Klaster chegaralarida tarmoqni kengaytirish jarayoni mavjud tarmoqlarga integratsiyalanishi avtomatik boʻlib oʻtadigan yangi ulanish nuqtalarining oʻrnatilishi bilan cheklanadi. Tarmoq ham tarmoqning ichidagi, ham uning chegaralaridagi trafikning keskin ortishi sharoitlarida qayta tiklanish va moslashish qobiliyatiga ega.

Bunday tarmoqlarning kamchiligi shundan iboratki, ular oraliq punktlarni maʼlumotlarni uzatish uchun ishlatadi. Bu maʼlumotlarni qayta uzatishda kechikishlarni va demak, real vaqt trafigining (masalan, nutq yoki videoning) sifati pasayishini keltirib chiqaradi.

Shu tufayli bitta klasterdagi ulanish nuqtalari soniga cheklashlar mavjud.

Hozirgi vaqtda 802.11 standartida Hand-over ning ishlatilishi boʻyicha qatʼiy spetsifikatsiyalar mavjud emas. Lekin bunday oʻtishni taʼminlash uchun maxsus efirni skanerlash va ulanish protseduralari koʻzda tutilgan. Wi-Fi tarmoqlarida Hand-over ning ishlatilishi turli usullarda, Radius protokoli asosida yoki mijoz qoʻshni ulanish nuqtasi xizmat koʻrsatish zonasiga oʻtganida «tunnel»ni tashkil etadigan intellektual simsiz kontroller boshqaruvi ostida amalga oshirilishi mumkin. 802.11k spetsifikatsiyada mijoz qurilmasiga joriy bogʻlanish uzilishidan oldin ulanish kerak boʻlgan ulanish nuqtasini tanlashga imkon beradigan protseduralar tavsiflangan.

802.11k boshqarish mexanizmlari qoʻllanadigan bu qurilma abonentlar qurilmasini yangi ulanish nuqtasiga 50 ms dan ortiq boʻlmagan vaqtda qayta ulanishini taʼminlaydi. Bunday juda

kichik kechikish foydalanuvchiga sezilmaydi, chunki u insonning qabul qilishi bo'sag'asidan bir necha martaga kichik.

Mesh-tarmoqlarni qurishning asosiy masalalaridan biri abonentning shaxsiy «yagona» tarmoq raqamini o'zgartirmasdan mobil va qayd etilgan aloqa xizmatlarining to'liq spektrini taqdim etishdan iborat. Bu holda asosiy masalalardan biri abonent uchun turli tarmoqlarda ma'qul narxlarga ega bo'lgan ko'rsatiladigan xizmatlarning sifati yo'qotilmasdan tarmoqlararo roumingni tashkil etish hisoblanadi. Bunda muhim rolni QoS va xizmatlar foydalanuvchisi va tarmoq orasidagi SLA kelishuvi o'ynaydi.

Klasterlar to'plamidan iborat bo'lgan shahar tarmog'i chegaralarida mijozning klasterdan klasterga o'tishidagi rouming muammosi ESSID, WEP/802.1x va VPN mexanizmlari yordamida hal etiladi.

Erkin harakatlanadigan mijoz virtual IP-kanallar tashkil etiladigan IP-manzil bo'yicha identifikatsiyalanadi. Keyinchalik 802.11s spetsifikatsiyada tarmoqlarni, shu jumladan, har turlardagi tarmoqlarni birlashtirish jarayoni tavsiflanadi. Yirik 802.11s tarmoqlarining yaratilishi turli shaharlarda qurilgan Wi-Fi tarmoqlar orasida o'tish muammosini yo'qotishga imkon beradi.

Multiservislikni ta'minlash mijoz uchun telekommunikatsion xizmatlarning to'liq spektrini tashkil etishni ko'zda tutadi. IEEE 802.11e standarti amaldagi 802.11a/b/g standartlari bilan to'liq moslashuvchanlik saqlanganida real vaqt rejimida oqimli ma'lumotlarga xizmat ko'rsatish hisobiga funktsionallikni kengaytirishga, shuningdek, QoS kafolatlangan xizmatlar sifatini taqdim etishga imkon beradi. Mexanizm trafikni ustuvorlash-tirish usullariga asoslangan va foydalanuvchilar guruhleri va tarmoq trafigi turlari bo'yicha o'tkazish polosasi nazoratini tashkil etishni ko'zda tutadi. Mesh-tarmoqlar xavfsizligi masalalari juda dolzarb hisoblanadi.

Mesh-tarmoqlar o'zi qayta tiklanadigan tarmoq hisoblanadi. Tarmoq hatto unda yaroqsiz tugun bo'lganida yoki ulanish yo'qotilganida ishlay oladi. Tarmoqning bunday tashkil etilishi natijasida juda ishonchli tarmoq infratuzilmasi olinadi. Bu tushuncha mos simsiz tarmoqlarga, simli tarmoqlarga va dasturiy ta'minot darajasidagi o'zaro ta'sirlashishga qo'llanilsa bo'ladi.

Mesh bu tarmoqning maqomi bo'yicha teng huquqli uncha qimmat bo'lmagan tugunlariga bu tarmoqning boshqa tugunlari bilan ikki tomonlama aloqa qilishga va paketlarning o'tishi uchun optimal yo'lni avtomatik tanlashga imkon beradigan tarmoq texnologiyasi hisoblanadi. Bunday imkoniyat birgalikda ulanish uchun ishlatiladigan mavjud tarmoq tuzilmasini bir vaqtda uning imkoniyatlari oshirilishi bilan samarali kengaytirishga va oddiy simsiz tarmoqlarga o'ziga xos bo'lgan simsiz mijozlar sonining ortishiga bog'liq bo'lgan o'tkazish qobiliyati bo'yicha cheklashlarni sezilarli kengaytirishga imkon beradi.

Mesh bu ko'p sonli lokal qabullagichlar-uzatkichlar (ya'ni simsiz yacheyka) orasidagi simsiz qo'shma infratuzilma hisoblanadi. Bu katta simsiz tarmoqlarni qurish uchun qo'shma simsiz konsepsiya 1995-yilda Massive Array Cellular System / Ko'plab Yacheykali Tizimlar Massivi (MACS) Kanada patenti orqali patentlashtirilgan.

Mesh tarmoqlari o'ta ishonchli, chunki har bir tugun bir vaqtda bir necha tugunlar bilan bog'langan. Agar tugunlardan biri rad etilsa yoki istalgan boshqa sababga ko'ra tarmoqdan chiqsa, u holda qo'shni tugunlar oddiy boshqa marshrutni topadi. Bir vaqtda tarmoqning ishonchliligi va rad etishlarga barqarorligi oshirilishi bilan yangi hududlarni qamrab olishni oddiy yangi tugunlarni qo'shish bilan tashkil etish mumkin. Bu yechim borish qiyin bo'lgan joylarda (avariya vaziyatlari, tunnellar va neft platformalari, harbiy amaliyotlar) aloqani tashkil etish va operativ

qurish uchun ideal to'g'ri keladi va real vaqt rejimida oqimli ma'lumotlarni (masalan, video ilovalar, ovoqli kommunikatsiyalar, poyga avtomobili uchun telemetriya ma'lumotlari) uzatishga imkon beradigan yuqori tezlikli mobil ulanishni ta'minlay oladi.

Tarmoqning asosini ko'chada joylashtiriladigan va standart Wi-Fi-qurilmali abonentlarning ulanishi ta'minlanadigan axborot qamrab olish zonasini tashkil etadigan tugun va abonentlar ulanish nuqtalari tashkil etadi. Ulanish nuqtalari qo'shimcha ravishda shahardagi ko'cha harakatini boshqarish va joriy holat haqidagi video ma'lumotlarni to'plash uchun ishlatilishi mumkin. Binolar ichida joylashgan foydalanuvchilarning ulanishi Wi-Fi standarti kichik quvvatli ulanish nuqtalari yordamida amalga oshiriladi.

Avtomobillarda ishlatish uchun mo'ljallangan mobil ulanish nuqtalari qiziqish uyg'otadi. Bu qurilmalarning o'rnatilishi nafaqat ularning nuqtalari orasidagi masofani 800÷1200 metr-largacha uzaytiradi, balki quyidagilar kabi turli servislarni ishlatadigan Mesh-tarmoqlarni tashkil etishga imkon beradi:

- megapolis (yirik shahar) chegaralarida o'ta maksimal soatlarda turli xil trafiklarning katta hajmlarining o'tkazilishini ta'minlaydigan o'zi tashkil bo'ladigan rad etishlarga barqaror Mesh-tarmoq;

- 802,11b/g standart Wi-Fi-adapterli abonentlar uchun avtomobil atrofida 300 metrlar radiusda axborot qamrovini amalga oshiradigan tarmoq, bu haydovchilar va bunday tarmoq chegaralarida bo'lgan abonentlar uchun abonent ulanish muammosini yechishga imkon beradi;

- ulanish nuqtasiga o'rnatilgan GPS-qabullagichdan foydalanilganida avtomobilning holatini doimiy nazorat qilish funksiyasini bajaradigan servis;

- qator boshqa maxsuslashtirilgan servislar, masalan, atrof-muhitni, iqlim sharoitlari va boshqalarni monitoring qilish.

Mobil ulanish nuqtalarining qo'llanilishi qamrab olish zonasini operativ kengaytirishga yoki shaharning turli qismlarida avtomobillarning jamlanishi hisobiga axborot sig'imini oshirishga imkon beradi. Bundan tashqari, o'zi tashkil bo'ladigan Mesh-tarmoqlar minimal vaqt oralig'i mobaynida Mesh-nuqtalar bilan jihozlangan avtomobillar jamlanishini aniqlashga, Wi-Fi zonani yaratishga imkon beradi.

Hozirgi vaqtda ham tashqarida, ham ichkarida joylashtirish uchun Mesh-qurilmalar chiqarilmoqda. Wi-Fi standarti yangi spetsifikatsiyalarining (ayniqsa, 802.11n) joriy etilishi ma'lumotlarni uzatish tezligining sezilarli oshirilishini ta'minlaydi, bu standartning kamchiliklarini (tarmoqning yuqori yuklanishida eng katta darajada namoyon bo'ladigan ulanish kolliziyalari) to'liq darajada kompensatsiyalashi mumkin.

Bunday turlardagi tizimlarning installatsiyalash muammolari chastotalarni rejalashtirishning klassik masalalariga bog'liq. Bunday sinfdagi tarmoqlarning tez moslashuvchan ishlashini ta'minlash uchun tarmoqning joriy holatiga bog'liq ravishda tashuvchi chastotalarni dinamik tayinlanishidan foydalanish zarur. Aralash tugunlarning chastotalari turlicha bo'lishi kerak, aks holda kolliziyalar, tarmoq uzatish xarakteristikalarining buzilishi, sinxronlashtirish va marshrutlashtirishning izdan chiqishi, qayta qabul qilishlar sonining ortishi va yakuniy hisobda tarmoqning shtatdagi ishlash rejimidan chiqishi bo'lishi mumkin.

Favqulodda vaziyatlarda bunday tarmoqlarning yashovchanligi dinamik qayta konfiguratsiyalashtirish va trafikni qayta marshrutlashtirish hisobiga, shuningdek, tarmoqning ichidagi trafik uchun ko'p sonli chetlab o'tish va zaxira yo'llarining mavjudligi tufayli yetarlicha yuqori bo'ladi. Bunday tarmoqning har bir tuguni ikki yoki undan ortiqqa teng bo'lgan bog'langanlikka ega bo'ladi, bu butun tarmoq tuzilmasining rad etish barqarorligini oshirishga va qo'yilgan masalalarni operativ yechishga imkon beradi.

Bu texnologiyaning yuqori potensialini shartlaydigan Wireless Mesh-tarmoqlarning muhim tomoni mobil foydalanuvchilarga keng polosali xizmatlarni tez va arzon taqdim etish imkoniyati hisoblanadi. Mesh-tarmoqlarni qurish narxi an'anaviy simli tarmoqlar narxidan sezilarli kam bo'lishi mumkin, chunki buning uchun qimmat turadigan infratuzilmaning bo'lishi va kabellarni yotqizish talab qilinmaydi. Mesh-tarmoqlarga ulanish modemlar yordamida amalga oshiriladi.

Modemning vazifasi

Modem qabullash-nazorat asboblardan (QNA) yoki retranslatorlardan ogohlantirishlarni uzatish bo'lib o'tadigan IEEE 802.15.4-LR-WPAN standartga asoslangan ma'lumotlarni simsiz uzatish tarmoqlarini qurish uchun mo'ljallangan. Modem ikkita marshrutizator va koordinator bajarilishlariga ega:

- marshrutizator QNA yoki retranslatorga o'rnatiladi, unga shleyf yordamida ulanadi va undan ogohlantirishlarning uzatilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, marshrutizator tarmoqning qolgan marshrutizatorlaridan ogohlantirishlarni retranslatsiya qiladi;

- koordinator tarmoqda faqat bitta bo'lishi mumkin. U tarmoqning ishlashini boshqaradi, retranslatorga o'rnatiladi va marshrutizator o'rnatilgan QNA yoki retranslatorlardan ogohlantirishlarni qabul qilishni ta'minlaydi.

Modemning qo'llanilishi sohasi obyektlarni (xonadonlar, garajlar, dala hovlilar, ofislar, savdo binolari, omborlar va h.k.) markazlashtirilgan qo'riqlash hisoblanadi.

ZigBee texnologiyasining tavsifi

ZigBee – bu IEEE 802.15 Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN – simsiz shaxsiy hisoblash tarmog'i) oilasidagi ma'lumotlarni simsiz uzatish tarmoqlarini qurish yangi texnologiyasi hisoblanadi.

ZigBee o'zi tashkil bo'ladigan va o'zi qayta tiklanadigan tarmoqlar bo'lib, bu ZigBee asosida tizimlarni o'rnatish va qurishni sezilarli yengillashtiradi, chunki tugunlar ma'lumotlarning yetkazilish marshrutlarini mustaqil aniqlab tuzata oladi.

ZigBee bu yuqori ishonchli, rentabelli, energiyaga tejamkor protokol bo'lib, monitoring qilishi (ma'lumotlarni to'plash) va boshqarish tarmoqlarini qurish uchun mo'ljallangan. ZigBee tarmoqda ishlaydigan qurilmalar ta'minot yoqilganida o'rnatilgan dasturiy ta'minot tufayli o'zlari bir-birlarini topishni va tarmoqni shakllantirishni, tugunlardan biri ishdan chiqqanida yoki xalaqitlar vujudga kelganida xabarlarning uzatilishi uchun yangi marshrutlarni o'rnatishni biladi.

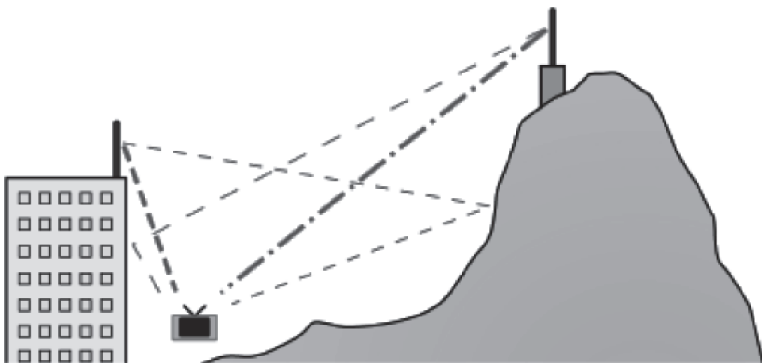
ZigBee texnologiyasi ham «nuqta-nuqta» va «yulduz» oddiy ulanishlarni amalga oshirish uchun, ham «daraxt» va «yacheykali tarmoq (Mesh-tarmoq) topologiyali murakkab tarmoqlarni tashkil etish uchun ishlatilishi mumkin. Standart korxonalar va ofis binolari masshtablarida, shuningdek, lokal taqsimlangan obyektlar – omborlar, bozorlar, posyolkalar va boshqalarda turli xil qurilmalar yirik tarmoqlarini qurish uchun optimal hisoblanadi.

ZigBee qurilmalarning qamrab olish zonasi ko'plab parametrlarga, birinchi navbatda, qabullagichning sezgirligiga va uzatkichning quvvatiga bog'liq bo'ladi. Ochiq fazoda ZigBee tarmog'idagi tugunlar orasidagi masofa yuzlab metrlardan kilometrlargacha, binolarda esa o'nlab yoki yuzlab metrlargacha o'lchanadi. ZigBee ning qamrab olishi tugunlar orasidagi masofaga qaraganda sezilarli keng, chunki «ZigZag» modemining retranslatsiyalashi hisobiga qurilmalar mustaqil tarmoqni hosil qiladi, xabarlarni retranslatsiyalashni qo'llaydi, uzatiladigan ma'lumotlar yaxlitligi tekshiriladigan va AES protokoli bo'yicha kriptohimoyalashli ma'lumotlarni paketli uzatishning o'rnatilgan protokoliga ega.

2.4. Ko‘p stansiyali OFDM kirishining qo‘llanilish xususiyatlari

O‘tgan asrning 60-yillarida ishlab chiqilgan texnologiya bo‘lib, nisbatan yaqinda qo‘llanila boshlandi. OFDM qisqartmasi bilan belgilanadigan ortogonal chastota bo‘yicha multiplekslash spektral samaradorlikni yaxshilash hisobiga radiokanalning o‘tkazish polosasining sezilarli oshirilishini ta‘minlaydi. Binobarin, OFDMning qo‘llanilishi egallanadigan chastotalar polosasini yoki modulatsiyalash darajasini o‘zgartirmasdan uzatish tezligini oshirishga imkon beradi. Shuning uchun OFDM ko‘plab zamonaviy simsiz aloqa tizimlarida, masalan, IEEE 802.11 (Wi-Fi) va IEEE 802.16 (WiMAX) tizimlarida, shuningdek, simli ADSL tizimlarida ishlatiladi. Keng polosali simsiz ulanish (KPSU) tizimlarida raqamli kanal uchun asosiy buzuvchi omil ko‘p nurli tarqalishdan xalaqitlar hisoblanadi. Bu xalaqitlar turi zich qurilishli shaharlarda binolar va boshqa inshootlardan radiosignalni ko‘p karrali qaytishlar tufayli efirda qabul qilish uchun juda o‘ziga xos hisoblanadi (2.10-rasm).

Bu muammoning tubdan yechilishi ko‘p nurli qabul qilishda xalaqitlar bilan kurashish uchun maxsus ishlab chiqilgan OFDM ortogonal chastota bo‘yicha multiplekslash texnologiyasining qo‘l-



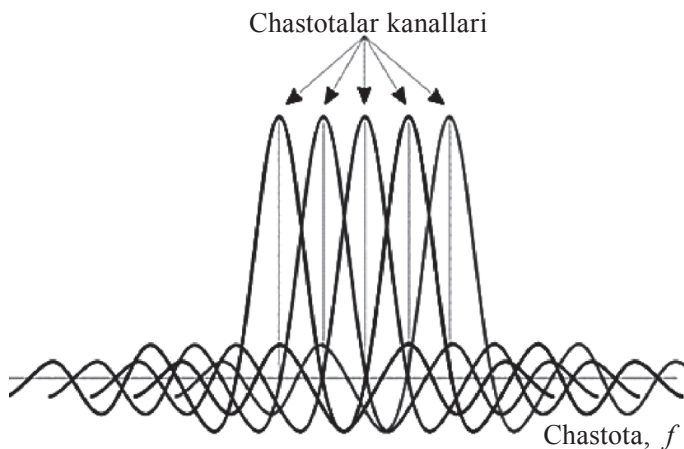
2.10-rasm. Signalning ko‘p nurli tarqalishi

lanilishi hisoblanadi. Spektral samaradorlikni oshirishdan tashqari, OFDM ko'p nurli tarqalish va simvollararo interferensiyaning yaxshi ma'lum bo'lgan salbiy samaralarini kamaytirishga imkon beradi. OFDM signal har biri yetarlicha past tezliklarda modulatsiyalanishi mumkin bo'lgan tor polosali subkanallar to'plamini birlashtiradi. Shuningdek, tizimlar, asosan, yuqori modulatsiyalash tezligili tizimlar minimal simvollararo interferensiyaga uchraydi. Texnologiyaning yana COFDM (kanalli kodlash birlashmasi, C va OFDM qisqartmasi) usuli yaxshi ma'lum va DVB-T/T2 radioeshittirish raqamli tizimlarida keng ishlatiladi. OFDMda keng polosali ketma-ket raqamli oqim har biri alohida tashuvchida uzatiladigan ko'p sonli tor polosali parallel oqimlarga (suboqimlarga) o'zgartiriladi (2.11-rasm).

OFDMning asosiy ijobiy va salbiy tomonlarini qisqacha ajratish mumkin:

Ijobiy tomonlari:

- Ko'plab nimitashuvchilar sonida spektrni og'diruvchining deyarli to'g'ri burchakli shakli orqali tushuntiriladigan radiochastotalar spektridan foydalanishning yuqori samaradorligi;



2.11-rasm. OFDM spektri.

- Oddiy apparatli ishlatish: asosiy operatsiyalar raqamli ishlov berish usullari orqali amalga oshiriladi;

- simvollararo xalaqitlarga (ISI – intersymbol interference) va nimtashuvchilar orasidagi interferensiyaga (ICI – intercarrier interference) yaxshi qarshi turish. Natijada ko‘p nurli tarqalishga moyillik;

- Har bir nimtashuvchi uchun turli modulatsiyalash sxemalarining qo‘llanilishi, bu xalaqitbardoshlik va ma‘lumotlarni uzatish tezligini adaptiv o‘zgartirishga imkon beradi.

Salbiy tomonlari:

- Chastota va vaqtning yuqori sinxronlashtirishning zarurligi;

- Mobil tizimlarda OFDMning qo‘llanilishini cheklaydigan Dopler samarasiga sezgirlik;

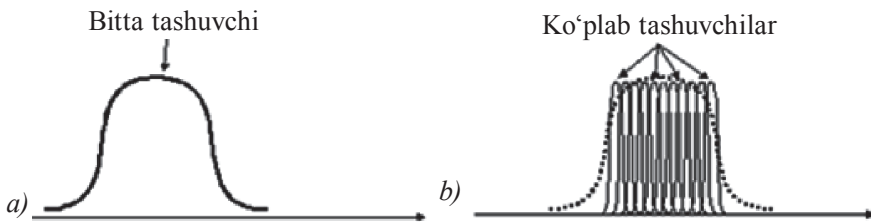
- Zamonaviy uzatkichlar va qabullagichlarning noidealligi fazaviy shovqinni keltirib chiqaradi, bu tizimning unumdorligini cheklaydi;

- OFDMda ko‘p nurli tarqalish bilan kurashish uchun ishlatiladigan himoya intervali signalning spektral samaradorligini kamaytiradi.

Barcha kamchiliklariga qaramasdan, OFDM yirik shaharlar sharoitlarida ishlaydigan zamonaviy tarmoqlar arxitekturalari uchun juda yaxshi yechim hisoblanadi. Texnik taraqqiyot va bozorning dinamikasi (o‘zgarishlari) ishlab chiqaruvchilarni doimo mavjud texnologiyalarni takomillashtirishga undaydi. Natijada o‘z asosida turli OFDM modifikatsiyalarini ishlatadigan qurilmalar paydo bo‘ladi.

OFDM keng polosali ketma-ket raqamli oqim har biri alohida tashuvchida uzatiladigan ko‘p sonli tor polosali parallel oqimlarga (suboqimlarga) o‘zgartiriladigan prinsipial yangi modulatsiyalash turi hisoblanadi (2.12-rasm).

OFDM guruhli radiospektridagi qo‘shni f_1, f_2, \dots, f_n tashuvchilar orasidagi Δf chastotalar farqi demodulorda individual tashuvchilarning ajratilishi imkoniyati shartlaridan tanlanadi.



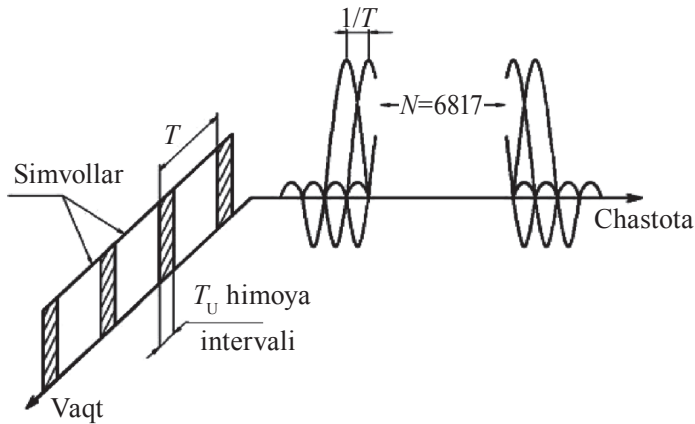
2.12-rasm. Bitta tashuvchi signalli radiosignal (a) va OFDM spektri (b).

Bunda tashuvchilarni chastota bo'yicha ajratishning ikkita usullari qo'llanishi mumkin. Birinchidan, polosali filtrlar yordamida, ikkinchidan, signallarni ortogonal o'zgartirish yordamida ajratish mumkin. Birinchi holda modulatsiyalangan tashuvchilar orasidagi chastotalar farqi ularning qo'shni yon polosalari o'zaro qoplanmaydigan qilib tanlanadi. Bu shart, agar chastotalar farqi qiymatini $\Delta f > 2/T_U$ ga teng tanlansa bajariladi, bu yerda T_U – axborot simvolining ishchi intervali. Lekin bunda radiospektrdan foydalanish samaradorligi yuqori bo'lmaydi. Aksincha, OFDM standarti qo'shni nimtashuvchilar spektrlarining kuchli qoplanishi bilan xarakterlanadi, bu chastotalar farqi qiymatni ikki martaga kamaytirishga va shuncha martaga raqamli ma'lumotlarni uzatish zichligini ((bit/s)/Hz) oshirishga imkon beradi.

Guruhli spektr nimtashuvchilarini ortogonal demodulatsiyalash usuli tufayli qo'shni chastotalardan, ularning yon polosalari o'zaro qoplanishiga qaramasdan xalaqitlarni kompensatsiyalash bo'lib o'tadi. Ortogonallik shartlarining bajarilishi uchun tashuvchilar orasidagi chastotalar farqi o'zgarmas va $\Delta f = 1/T_U$ ga teng bo'lishi, ya'ni T_U intervalda $f_2 - f_1$ farq chastotasining butun davrlari soni joylashishi kerak. DVB-T standarti 8K versiyasidagi COFDM signalga misol 2.13-rasmda tasvirlangan.

Bu nisbatning bajarilishiga OFDM modemida ikkita turdagi sinxronlashtirish signallarini kiritish bilan erishiladi:

- Guruhli spektr tashuvchi chastotalarini sinxronlashtirish uchun signallar;



2.13-rasm. DVB-T standarti 8K versiyasidagi COFDM signali.

- Demodulatorning funksional bloklari takt chastotalarini sinxronlashtirish uchun signallar. Hozirgi paytda parallel raqamli oqimlar bitlarini tashiydigan tashuvchi chastotalar guruhi OFDM simvol deyiladi.

Ko'p sonli parallel oqimlar ishlatilishi tufayli parallel oqimlardagi simvolning uzunligi ketma-ket ma'lumotlar oqimidagiga qaraganda sezilarli katta bo'lib qoladi. Bu dekoderda qabul qilingan simvollar qiymatlarini baholashni vaqtincha kechiktirishga imkon beradi, bu vaqt davomida aks signallar ta'siri tufayli radiokanal parametrlarining o'zgarishi to'xtaydi va kanal barqaror bo'lib qoladi. Shunday qilib, OFDMda suboqim simvoli T_s vaqt intervali T_G himoya intervaliga va simvolning T_U ishchi intervaliga bo'linadi. T_s vaqt intervali davomida, dekoderda simvolning qiymatini baholash amalga oshirilmaydi, T_U ishchi intervalida esa qabul qilingan signal qiymati haqida qaror qabul qilinadi. Aks sadoni so'ndirish tizimining to'g'ri ishlashi uchun himoya intervallari suboqimlar simvollarining boshlanishida bo'lishi, ya'ni himoya intervalida oldingi simvol bilan tashuvchini modulatsiyalash davom etishi kerak. Texnik

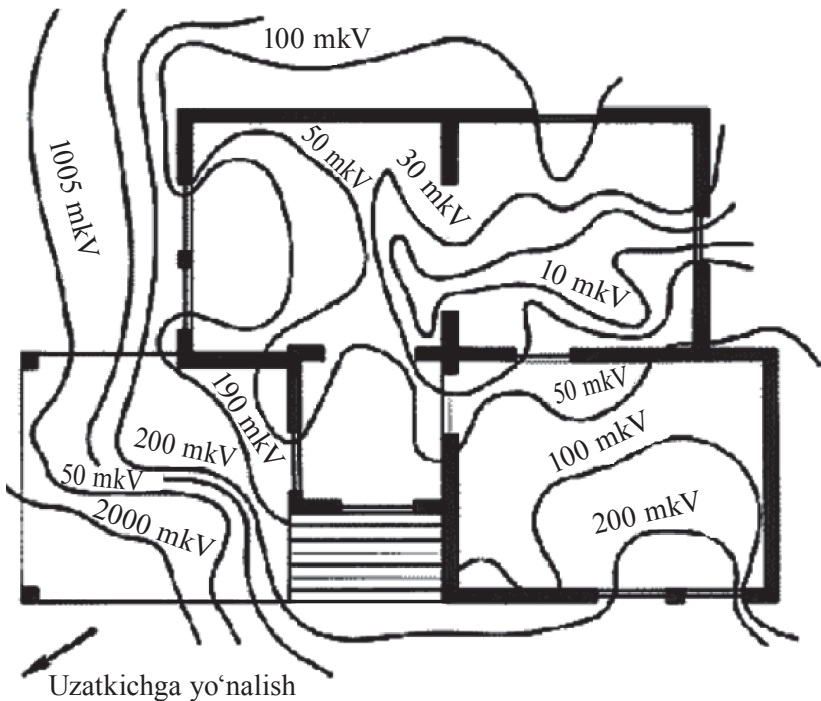
jihtadan OFDM usuli qabullash-uzatish qurilmasi uzatkichining modulatorida Fure invers diskret o'zgartirishi (Fast Fourier Transform – FFT) va qabullagichining demodulatorida Fure to'g'ri diskret o'zgartirishi bajarilishi yo'li bilan amalga oshiriladi. Fizik darajada OFDM ko'p sonli yaqin joylashgan ortogonal tashuvchilarni ishlatadigan raqamli modulatsiyalash sxemasi hisoblanadi. Har bir nimitashuvchi o'sha bir o'tkazish polosasidagi bitta tashuvchini modulatsiyalash oddiy sxemalari kabi umumiy ma'lumotlarni uzatish tezligini saqlash bilan past simvulli tezliklarda oddiy modulatsiyalash sxemasi (kvadraturali amplitudaviy modulatsiyalash) bo'yicha modulatsiyalanadi. Amalda OFDM signallar Fure teskari tez o'zgartirishdan (FTTO') foydalanish yo'li bilan olinadi. Bitta tashuvchili sxemaga qaraganda OFDMning asosiy afzalligi kanaldagi murakkab sharoitlarga uning qarshi tura olish qobiliyati hisoblanadi.

Masalan, YCH sohasida uzun mis o'tkazgichlardagi so'nish, ko'p nurli tarqalish keltirib chiqaradigan tor polosali xalaqitlar va chastotaviy-tanlangan so'nish bilan murakkab filtrlar-ekvalayzerlardan foydalanmasdan kurashish mumkin.

Signalning ko'p nurli tarqalishi keltirib chiqaradigan chastotaviy-tanlangan so'nish qabul qilish joyida signalning ko'p nurli interferensiyasi natijasida vujudga keladi va so'nish chastotasi qabullash antennasi joyining o'zgarishi bilan o'zgaradi. Real zich shahar qurilishlari holatlarida interferension manzarani analitik hisoblash deyarli mumkin emas. Bundan tashqari, detsimetrli to'lqinlar diapazonida teletomoshabinlarning sezilarli qismi xona antennalaridan foydalanadi.

Bu interferension manzarani yanada oldindan taxmin qilmaydigan qiladi (2.14-rasm).

Qaytgan to'lqinlarni ikkita turlarga ajratish kerak:

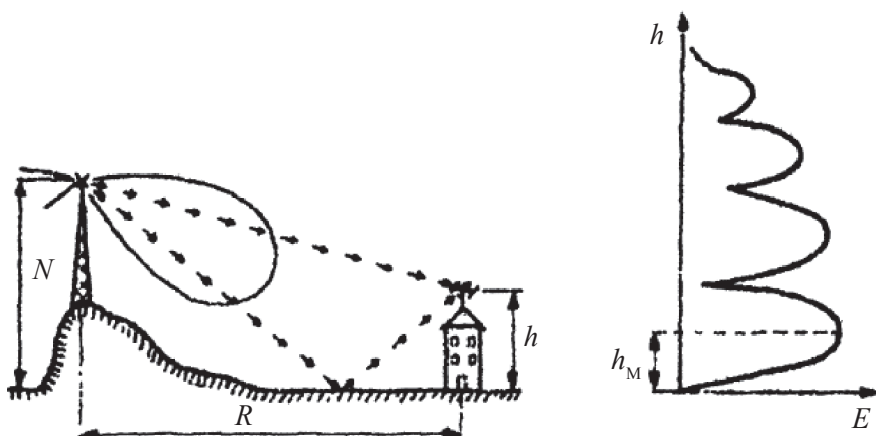


2.14-rasm. Interferension manzara.

- Binolar va tashqi predmetlardan qaytgan to'liqlar;
- Yer sirtidan qaytgan to'liqlar.

Yer sirtidan qaytgan to'liqlar to'g'ri va qaytgan to'liqlar tarqalishi vaqti bo'yicha kichik farq tufayli aks signallarning sababi bo'lishi mumkin emas. Lekin interferensiya tufayli turg'un to'liqlar hosil bo'ladi, ular qabullash antenasining joylashishi balandligi ortishi bilan maydon kuchlanganligi o'zgarishining tebranma qonuniga olib keladi. Bu antenaning o'rnatilish balandligini to'g'ri tanlash zaruratiga sabab bo'ladi (2.15-rasm).

Yerga eng yaqin maksimumning balandligini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:



2.15-rasm. Antennaning o‘rnatilishi balandligini tanlash.

$$h_M = \frac{\lambda \cdot R}{4 \cdot N},$$

bu yerda: λ – to‘lqin uzunligi; R – uzatish antennisigacha masofa; N – antennaning balandligi.

Binolar va tashqi predmetlardan qaytgan to‘lqinlar kuchlanganligi barcha uchta yo‘nalishlar – balandlik bo‘yicha, gorizontal tekislikda va uzatish yo‘nalishida o‘zgaradigan bir jinsli bo‘lmagan maydonni hosil qiladi. Bunda maydon kuchlanganligining maksimal va minimal qiymatlari ko‘p sonli qaytarishlar tufayli nomuntazam xarakterga ega bo‘ladi. Bu samara bilan kurashish uchun DVB-T da maxsus algoritm ishlatiladi. Uzatkichdan ma’lumotlar uzluksiz oqim bilan uzatilmaydi, balki uncha katta bo‘lmagan paketlarga bo‘linadi, himoya intervallari deyiladigan uzilishlar bilan uzatiladi. Bu holda aks sado samarasi nafaqat asosiy signalni aniq uzatishga, balki uning qaytgan to‘lqinlar bilan takrorlanishi hisobiga kuchaytirishga yordam beradi.

Himoya intervali bu bitta signalni boshqasi boshlanguncha soʻnishi uchun yetarli boʻladigan foydali signallar orasidagi oddiy pauza emas. Bu vaqt davomida qabullagichga foydali signal fragmenti keladi, bu qabul qilingan signal tashuvchilari ortogonalligining saqlanishini kafolatlaydi (tushunarliki, agar aks signal koʻp nurli tarqalishda bu himoya intervali uzunligidan biroz keshiktirilsa). DVB-T uchun boʻsagʻaviy signal/shovqin nisbati boʻsagʻaviy samarani eʼtiborga olganda taxminan 5–10 martaga yaxshi boʻladi. Shunday qilib, agar aks signal koʻp nurli tarqalishda bu himoya intervali uzunligidan biroz keshiktirilsa, u holda kechiktirilgan signalni foydali hisoblash va u bilan kurashish emas, balki undan foydalanish mumkin.

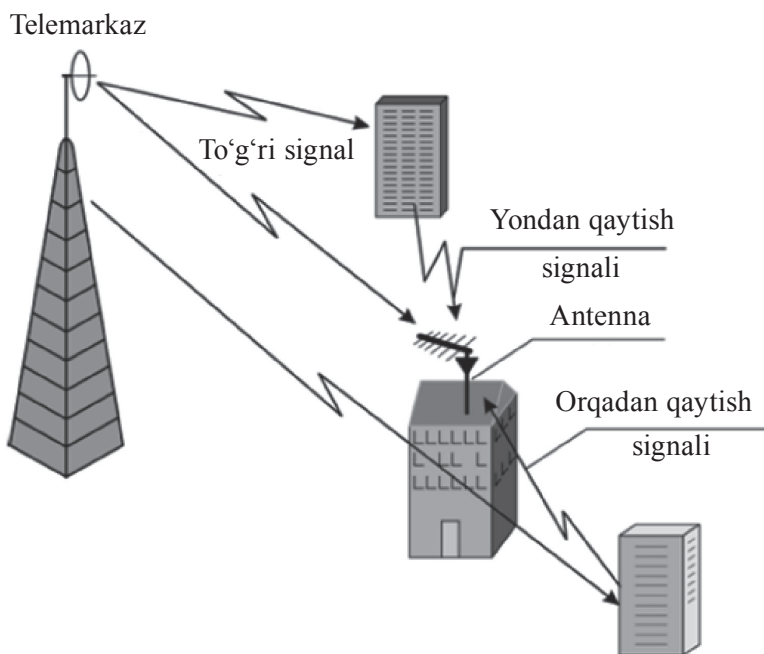
Amalda bu DVB-T signalni qabul qilishda antenna turi va uni oʻrnatish joyini tanlashga boshqa yondashishlardan foydalanish zarurligini bildiradi. Analog televideniye qabul qilishda optimal yechim «toʻlqin kanali» turidagi yuqori yoʻnaltirilgan antennadan va uni bir tekis maydonga oʻrnatishdan foydalanilgan, bu zich qurilishli sharoitlarda juda qiyin. Bundan tashqari, yuqori yoʻnaltirilgan antenna tor chastotalar diapazoniga ega va ikkita yoʻnalishlardan bir vaqtda qabullashni olib borishga imkon bermaydi.

Zamonaviy shahardagi elektromagnit toʻlqin sezilarli komponentli turgʻun toʻlqinlar murakkab tuzilmasidan iborat. Bu holda maydon kuchlanganligining yaqin maksimumlari orasidagi masofa toʻlqin uzunligining yarmiga teng boʻladi. «Toʻlqin kanali» turidagi yuqori yoʻnaltirilgan antenna turgʻun toʻlqin maydonida boʻlishi bilan hisoblangan kuchaytirishni taʼminlaydi. DVB-T signalini qabul qilish uchun bunday antennaning qoʻllanilishi faqat ochiq joyda optimal boʻladi.

Shunday qilib, zich shahar qurilishlari sharoitlarida DVB-T signalini qabul qilish uchun antenna quyidagi shartlarni qoniqtirishi kerak:

- antennaning o'lchamlari to'liq uzunligining yarmidan oshmasligi kerak;
- antenna panjarasi ikkitadan ortiq qavatlardan bo'lmasligi kerak;
- «to'liq kanali» turidagi yuqori yo'naltirilgan antenna bittadan ortiq direktorlarga ega bo'lmasligi kerak;
- antennani turg'un to'liq maydonining maksimumiga joylashtirish kerak.

Ko'p nurli signalning hosil bo'lish tamoyili 2.16-rasmda tasvirlangan.



2.16-rasm. Ko'p nurli signalning hosil bo'lish tamoyili.

Kanalli ekvalizatsiya OFDM signal bitta tez modulatsiyalanadigan keng polosali signal emas, balki sekin modulatsiyalanadigan tor polosali signallar to'plami sifatida qaralishi mumkin. Past simvulli tezlik simvollar orasida himoya intervalining ishlatilishini mumkin qiladi, bu vaqt bo'yicha sochilishniga va simvollararo buzilishlarni tuzatishga imkon beradi.

2.5. Adaptiv antenna tizimini qo'llash

Adaptiv (lot. *adapto* – moslashtiraman) signal/shovqin nisbatini maksimallashtirish uchun mo'jallangan signallarga ishlov beruvchi antenning turi hisoblanadi. Maksimallashtirish alohida qabul qilish kanallaridan keladigan signallar bilan qo'shib chiqiladigan vazn koeffitsiyentlarini avtomatik rostdash orqali amalga oshiriladi.

Ko'pincha adaptiv antenna – antennalar panjarasi hisoblanadi. Odatda, adaptiv antenna chiqishidagi yig'indi xalaqitlar signalining so'ndirilishini ta'minlaydigan signallarga ishlov berish foydali signalni qabullashgacha amalga oshiriladi. Ishlov berish tizimi apparaturalari vazn koeffitsiyentlari amplitudalarini va fazalarini rostdash uchun qurilmalardan foydalanishga asoslangan.

Vazn koeffitsiyentlarini rostdash signallarga ishlov berish tizimi chiqishi va adaptiv antenning qabul qilish kanallari orasidagi teskari aloqa yordamida avtomatik amalga oshiriladi. Moslashtirish jarayoni dastlabki yo'naltirilganlik diagrammasidan (YD) optimal vazn koeffitsiyentlarini ishlab chiqish jarayonida shakllantiriladigan kompensatsion YDni ayirishga ekvivalent bo'ladi, shu tufayli natijaviy YD xalaqitlar manbalari yo'nalishlarida og'ishlarga ega.

Xalaqitlarni soʻndirish chuqurligi, zarur signallarga ishlov berish apparaturasining hajmi ishlatiladigan moslashtirish usuli va uning aniq bir amalga oshirilishiga bogʻliq boʻladi. Adaptiv antenaning variantlaridan biri oʻzi fokuslanadigan antennalar panjarasi hisoblanadi. Qabullash rejimida u qabul qilinadigan istalgan fazaviy frontli toʻlqinga barcha elementlar signallar sinfaz qoʻshib chiqiladigan ishlov beradi. Shu tufayli izotrop keladigan tashqi shovqinlarda adaptiv antenna chiqishidagi signal/shovqinning maksimal nisbati taʼminlanadi. Oʻzi fokuslanadigan adaptiv antenna qabul qilish-uzatish rejimida ham ishlatilishi mumkin. Bunda signalning nurlanishi qabul qilinadigan toʻlqin manbayi yoʻnalishida amalga oshiriladi. Ham qabullash rejimida, ham uzatish rejimida qabul qilinadigan signal adaptiv antenaning alohida elementlaridagi toklar fazalarini boshqarish uchun ishlatiladi. Oʻzi fokuslanadigan qabul qilish-uzatish adaptiv antenasi maʼlum maʼnoda, xususan, optikada ishlatiladigan toʻlqin frontlarini boshqarish tizimlariga oʻxshash boʻladi. Adaptiv antennalar aloqa tizimlarida, radiolokatsiyada, radioastronomiyada va boshqalarda qoʻllaniladi.

2.6. Wi-Fi texnologiyasi. Internetga ulanish

Wi-Fi texnologiyasi quyidagilar uchun qoʻllanilishi mumkin:

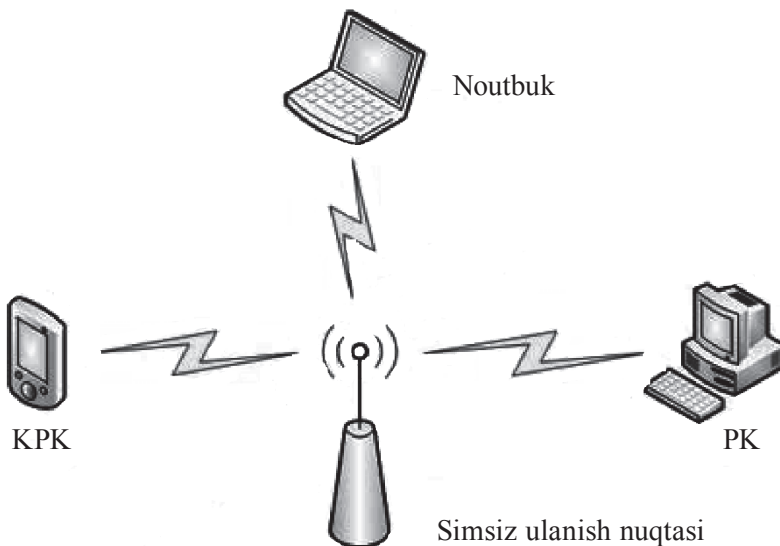
- Simsiz lokal tarmoqlarni (WLAN) qurish;
- Tarmoqlarning imkoniyatlarini kengaytirish;
- Internetga ulanishni tashkil etish.

2.6.1. Simsiz lokal tarmoqlarni yaratish

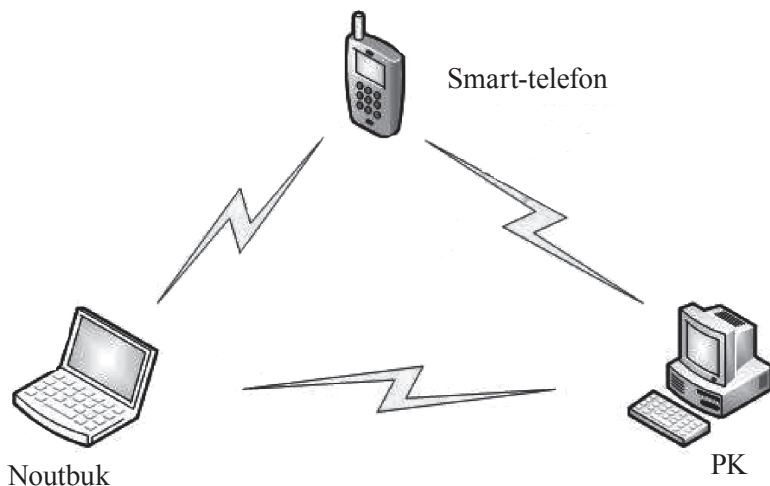
Simsiz lokal tarmoqlarni (WLAN) tashkil etishning ikkita asosiy nuqta-nuqta (Ad-hos) va infratuzilmali (Infrastructure Mode) rejimlari mavjud.

Infrastructure Mode simsiz lokal tarmoq

Infrastructure Mode (Wi-Fi infratuzilmali) rejimida ishlaydigan simsiz lokal tarmoqda simsiz qurilmalar Access Point ulanish nuqtasi orqali o'zaro aloqa qiladi (2.17-rasm). Ulanish nuqtasi SSID (Service Set ID) tarmoq identifikatorini maxsus signallar paketlari yordamida uzatadi. Simsiz qurilmalar SSID tarmoq identifikatoridan foydalanish bilan Access Point ga ulanadi va bir-birlari bilan ma'lumotlarni almashadi. Bu holda Access Point simsiz qurilmalarning markaziy ulanish nuqtasi sifatida ishlatiladi.



2.17-rasm. Wi-Fi Infrastructure Mode (infratuzilmali) rejimi.



2.18-rasm. Wi-Fi Ad-hos (nuqta-nuqta) rejimi.

Ad-hos simsiz tarmog'i

Ad-hos turdagi simsiz lokal tarmoqda aloqa Wi-Fi-adapterlar bilan jihozlangan qurilmalar orasida to'g'ridan to'g'ri o'rnatiladi (2.18-rasm) va bu holda ulanish nuqtasi umuman ishlatilmaydi. «Ad-hos» rejimi bu «teng tengi bilan» (peer-to-peer) rejimi hisoblanadi.

Shunday qilib, simsiz lokal tarmoqda Ad-hos (nuqta-nuqta) rejimida simsiz tarmoq adapterlari tarmoqning komponentlarini birlashtirish uchun ishlatiladi.

2.6.2. Lokal tarmoqlar imkoniyatlarini kengaytirish

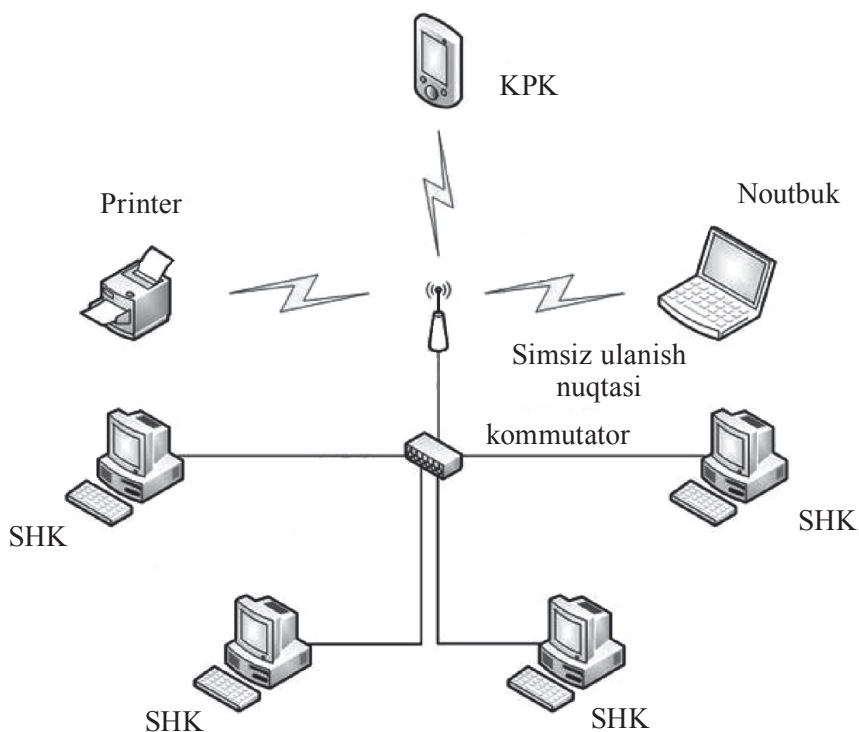
(Access Point Bridge ko'prigi, point-to-point simsiz ko'prik, bazaviy ulanish nuqtasi repiteri).

Access Point Bridge ko'prigi

Simsiz lokal tarmoqlarni qurishdan tashqari, Wi-Fi texnologiyasi simli lokal yoki korporativ tarmoqlarning imkoniyatlarini

kengaytirish uchun ishlatiladi. Wi-Fi simsiz lokal tarmoqlar simli lokal tarmoqlarga ulanadi. Bu holda Access Point lokal tarmoqning simli va simsiz segmentlari orasida ko‘prik (Access Point Bridge) sifatida qo‘llaniladi. Lokal tarmoq sxemasiga misol 2.19-rasmda tasvirlangan.

Tasvirlangan tarmoqda KPK, noutbuk va printer Wi-Fi- adapterlar bilan jihozlangan va to‘rtta SHKlardan iborat simli lokal tarmoqqa ulangan simsiz ulanish nuqtasiga ulanadi. Shunday qilib, Access Point tarmoqning simli va simsiz qurilmalari orasida ko‘prik sifatida ishlatiladi, bu bilan LAN imkoniyatlarini kengaytirishga erishiladi.

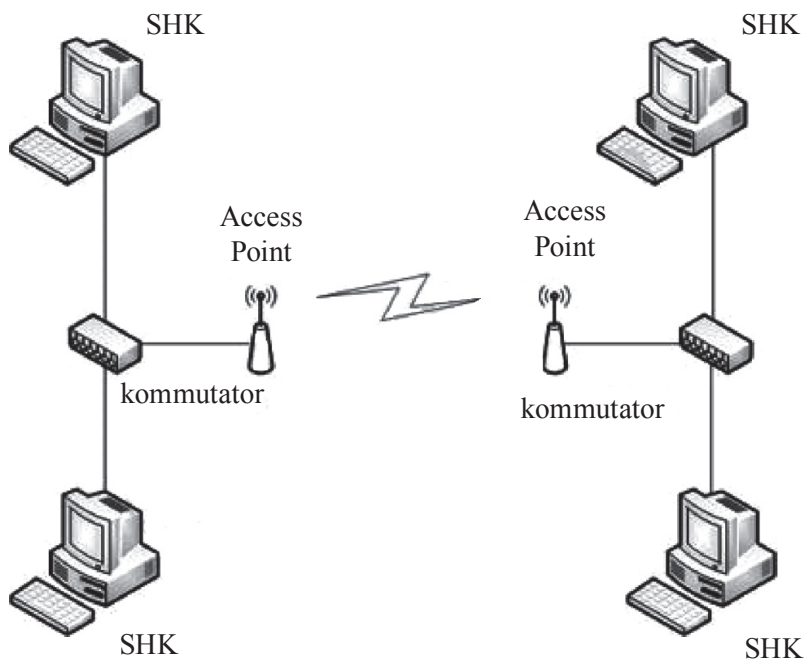


2.19-rasm. Lokal tarmoq sxemasiga misol.

Point-to-point simsiz ko‘prik

Access Pointni tarmoqning simli segmentlari orasida point-to-point simsiz ko‘prik sifatida qo‘llanilishi bitta simsiz ulanish nuqtasiga simsiz ko‘prik rejimini qo‘llaydigan boshqa ulanish nuqtasi bilan ma’lumotlarni almashlashga imkon beradi. Shunday qilib, lokal tarmoqning ikkita segmenti yoki ikkita lokal tarmoq bir-birlari bilan ikkita ulanish nuqtalari yordamida ulanadi.

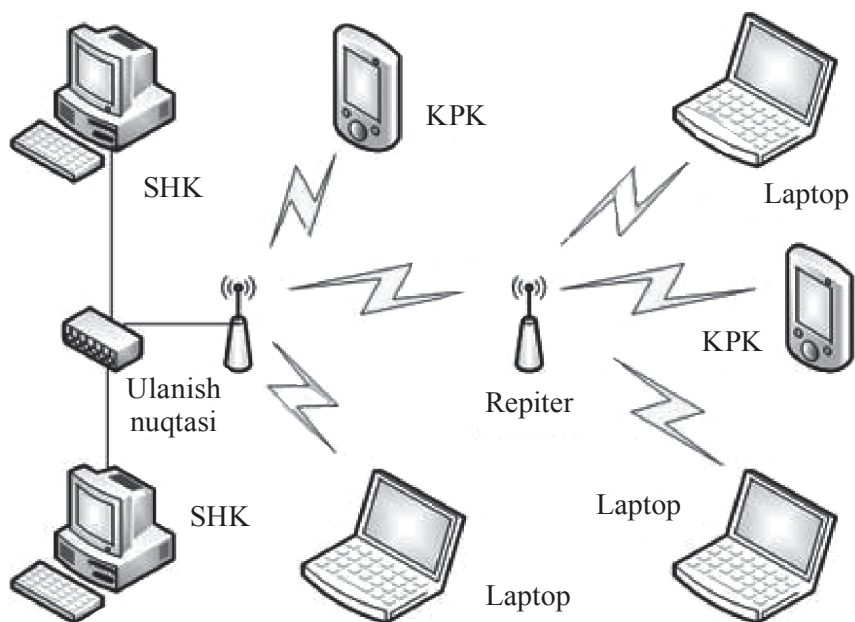
Bundan tashqari, ulanish nuqtasi bazaviy ulanish nuqtasi signali simsiz retranslati (repiteri) sifatida ishlatilishi mumkin, bu bilan signalning takrorlanishi hisobiga qamrab olish zonasini kengaytiradi (2.21-rasm).



2.20-rasm. Point-to-point simsiz ko‘priqi.

Simsiz ulanish nuqtasi signali retranslatori (repeater)

Bu rejimda repiter qabullagich-uzatkich yoki retranslator sifatida ishlatiladi. U bazaviy ulanish nuqtasidan kuchsiz signalni qabul qiladi, uni kuchaytiradi va o'sha chastotada keyinga uzatadi, bu bilan radioqamrov zonasini kengaytiradi. Bu holda qamrab olish zonasini bitta ulanish nuqtasi bilan «qamrab olingandek» ko'rinadi. Shunday qilib, Access Point ham lokal tarmoqlarning simli va simsiz segmentlari orasida, ham tarmoqning simli segmentlari orasida ko'priklari sifatida, shuningdek, bazaviy ulanish nuqtasi signali repiteri sifatida qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, ulanish nuqtasi repiter-ko'priklari rejimida ishlatilishi mumkin.



2.21-rasm. Bazaviy ulanish nuqtasi signali simsiz retranslatori (repeater).

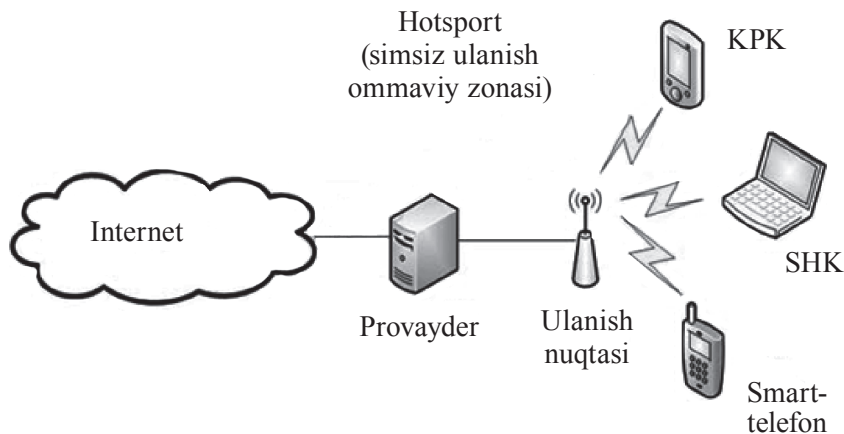
Internetga ulanishni tashkil etish

Hotspot – simsiz ulanish ommaviy nuqtasi (Wi-Fi-zona)

Wi-Fi texnologiyasi ulanish nuqtasining ishlash radiusida Wi-Fi simsiz radioulanish protokoli bo'yicha Internet tarmog'i resurslariga ulanishni ta'minlashi mumkin. Bunday umumiy ulanish nuqtalari **Hotspot** yoki Internet tarmog'iga yuqori tezlikli simsiz ulanish bo'lgan joy deyiladi.

Hotspot yoki simsiz ulanish ommaviy nuqtasi bu Wi-Fi standarti simsiz adapterili qurilmaga ega bo'lgan foydalanuvchi Internetga ulanishi mumkin bo'lgan Wi-Fi simsiz tarmog'i qamrab olgan hudud (vokzal binosi, ofis binosi, o'quv xonalari, kafe va h.k.) hisoblanadi.

Hotspot radioqamrov zonasini kengaytirish yoki simsiz tarmoqning ishlash radiusini oshirish uchun bazaviy ulanish nuqtasidan keyin ma'lum masofada repiterlar (Wi-Fi retranslatorlari) o'rnatilishi mumkin, ular bazaviy ulanish nuqtasi signallarini



2.22-rasm. Hotspot – simsiz ulanish ommaviy zonasi (Wi-Fi-zona).

takrorlaydi. Retranslator sifatida ulanish nuqtasini repiter rejimida ishlatish mumkin. Bundan tashqari, Hotspot radioqamrov zonasini kengaytirish uchun maxsus chiqariladigan Wi-Fi antennalar (panelli, parabolasimon va h.k.) qo'llanishi mumkin.

Umumiy holda xotspotni tashkil etish uchun ulanish nuqtasi standart usullar – ADSL, 3G texnologiyalar yoki Fast Ethernet lokal tarmog'idan foydalanish bilan provayderga ulanadi.

Ta'kidlash zarurki, Wi-Fi va VoIP servisni integratsiyalangan qo'llaydigan mobil telefonni simsiz ulanish nuqtasiga ulanganida xalqaro qo'ng'iroqlarning narxi an'anaviy va sotali telefoniyaga qaraganda sezilarli pasayadi.

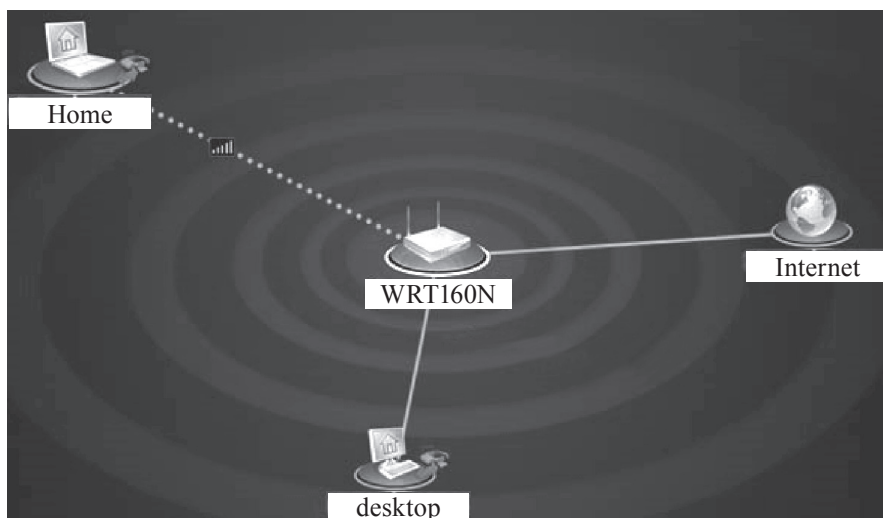
Katta hududda simsiz ulanish ommaviy zonasini, ya'ni xotzonani tashkil etish uchun bitta ulanish nuqtasini emas, balki bir nechta ulanish nuqtalarini ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Katta hududda joylashgan ulanish nuqtalarini birlashtirish uchun birlashtiriladigan kommutatorlarni, ularni markazlashtirilgan boshqarish uchun esa simsiz ulanish nuqtalarini qo'llash mumkin.

SOHO simsiz tarmoqlari

Wi-Fi texnologiyasini Internetga chiqishli SOHO (small office/home office – kichik ofis/uy ofisi) turdagi simsiz tarmoqlarni yaratish uchun ishlatish mumkin. Internetga chiqishli simsiz tarmoqlarni yaratish uchun ulanish nuqtasi (simsiz tarmoq mijozlari uchun simsiz tarmoq konsentratori rolini bajaradigan qabullagich-uzatkich), IP-manzillarni o'zgartirish funksiyasili marshrutizator (NAT), DHCP-server, LAN tarmoq kommutatori, tarmoqlararo ekran va boshqalarni o'z ichiga oladigan integratsiyalangan qurilmalar keng qo'llaniladi.

Bunday integratsiyalangan qurilmalar «simsiz marshrutizatorlar» (wireless router) deyiladi. Ularga nafaqat simsiz, balki simli mijozlarni ham ulash mumkin. Internetga marshrutizatorlarning ulanishi uchun Ethernet WAN port, ADSL-modem uchun port yoki 3G WAN portlardan biri bilan jihozlanishi kerak.

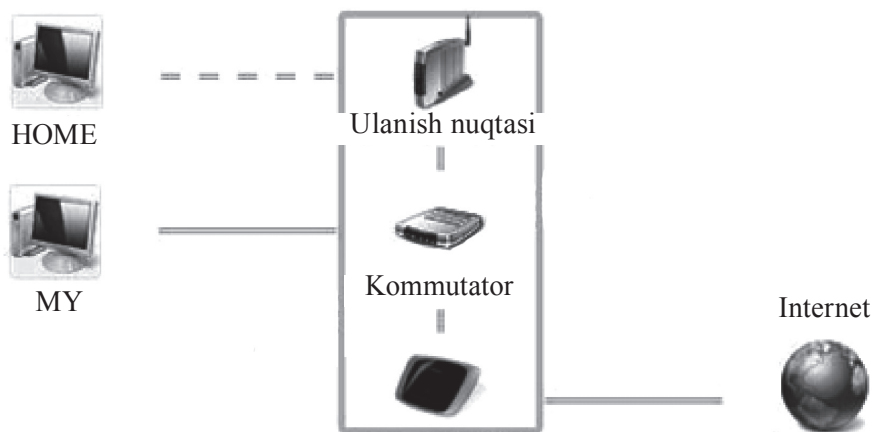
Provayderga standart Ethernet ulanish uchun marshrutizator Ethernet WAN portli bo'lishi kerak. Internetga ADSL ulanish uchun ADSL-modem Wi-Fi ulanish nuqtasi bilan bitta bo'lishi zarur. Agar Internetga ulanish uchun 3G mobil aloqa qo'llanilsa, u holda marshrutizator 3G WAN portga ega bo'lishi lozim. Misol sifatida 2.23-rasmda Internetga chiqishli SOHO simsiz tarmog'i qurilgan LinksysWRT160N simsiz marshrutizator (shluz ishlash rejimida) tasvirlangan.



2.23-rasm. Asosida Internetga chiqishli SOHO simsiz tarmog'i qurilgan Linksys WRT160N simsiz marshrutizatorining ishlatilishi.

Linksys WRT160N simsiz keng polosali marshrutizator bu global tarmoqqa ulanish uchun Ethernet WAN porti tarmoq adapteri, simsiz tarmoq konsentratori yoki WLAN mijozlari uchun kommutator rolini bajaradigan qabullagich-uzatkich ko‘rinishidagi ulanish nuqtasi, LAN kabelli tarmoq mijozlari uchun 4 portli kommutator, WLAN va LAN tarmoqlarni bog‘laydigan tarmoq ko‘prigi, SPI tarmoqlararo ekranli va IP-manzillarni o‘zgartirish funksiyali (NAT) marshrutizator, DHCP-server funksiyalarini o‘zida integratsiyalaydigan dasturiy-apparatlar qurilmasi hisoblanadi.

SPI brandmaueri Internet orqali himoyalashni ta‘minlaydi. DHCP-server lokal tarmoqlar (WLAN va LAN) kompyuterlariga 192.168.1.100 – 192.168.1.149 diapazondagi dinamik xususiy IP-manzillarni tayinlaydi. IP-manzillarni o‘zgartirish funksiyali marshrutizator (lokal IP-manzil – 192.168.1.1) lokal tarmoqlar (WLAN va LAN) xususiy IP-manzillarini tashqi global IP-manzilga o‘zgartirishni ta‘minlaydi. Keltirilgan SOHO tarmog‘ining yoyilgan sxemasi 2.24-rasmda keltirilgan.



2.24-rasm. SOHO tarmog‘ining yoyilishi sxemasi.

Marshrutizatorning oʻrnatilgan simsiz ulanish nuqtasi 802.11b, 802.11g va 802.11n standartlarni qoʻllaydi. Yarim duplex rejimda ishlaydigan 4 portga 10/100 Ethernet standarti oʻrnatilgan kommutatori Ethernet qurilmalarini simli tarmoq orqali ulash uchun moʻljallangan.

Oʻrnatilgan koʻprik WLAN va LAN tarmoqlarga mos ravishda ulangan notebook (HOME) va desktop (MY) orasida maʼlumotlarni (jildlar va fayllarga umumiy ulanish) almashlashni taʼminlaydi. Bundan tashqari, Ethernet WAN port orqali Internetga ulangan IP-manzillarni oʻzgartirish funksiyali (NAT) oʻrnatilgan LinksysWRT160N marshrutizator kompyuterlarga (HOME va MY) provayder tomonidan ajratilgan oʻsha bir IP-manzil boʻyicha Internetga birga ulanishni taʼminlaydi. WLAN va LAN lokal tarmoqlar kompyuterlariga (HOME va MY) ichki IP-manzillarni oʻrnatilgan DHCP-serverni tayinlaydi.

2.7. Wi-Fi va WiMAX texnologiyalarining negizini taqqoslash

Koʻpincha WiMAX va Wi-Fi kabi zamonaviy maʼlumotlarni uzatish texnologiyalari taqqoslanadi. Har ikkala texnologiyalar hamohang nomlarga ega boʻlishiga qaramasdan, WiMAX texnologiyasi keyinroq paydo boʻlgan, u holda WiMAX bu Wi-Fi ning takomillashtirilgan modeli deb taxmin qilish mumkin, lekin bu bunday emas. Bu texnologiyalar turli qoʻllanish sohalariga ega. Wi-Fi, asosan, binolar ichidagi uncha katta boʻlmagan simsiz tarmoqlarni tashkil etish va simsiz koʻpriklarni qurish uchun moʻljallangan texnologiya hisoblanadi. WiMAX texnologiyasi, oʻz navbatida, binodan tashqarida keng polosali aloqani va yirik masshtablardagi tarmoqlarni tashkil etish uchun moʻljallangan. WiMAX shahar hisoblash tarmogʻi (MAN) sifatida ishlab

chiqilgan. Bu texnologiyalar orasidagi ayrim boshqa farqlarni ko'rib chiqamiz. WiMAX da Wi-Fi dagiga qaraganda aloqa sifati yaxshi. Bir necha foydalanuvchilar ulanish nuqtasiga ulanganida ular aloqa kanaliga ulanish uchun aynan «kurash» olib boradi. O'z navbatida, WiMAX texnologiyasi har bir foydalanuvchiga doimiy ulanishni ta'minlaydi. WiMAX texnologiyasi bo'yicha qurilgan algoritmlar bitta ulanish nuqtasi uchun foydalanuvchilar soniga cheklashlarni o'rnatadi. WiMAX bazaviy stansiyasi o'z potensialining maksimumiga yaqinlashganida, u «ortiqcha» foydalanuvchilarni boshqa bazaviy stansiyaga avtomatik qayta yo'naltiradi.

Lekin WiMAX hali ham tug'ilish holatida turibdi va iqtisodiy foyda olinishi uchun bu infratuzilmaga sezilarli mablag'lar talab qilinadi. Wi-Fi o'ziga yetarli tizim hisoblanadi va Wi-Fi tarmoqlarini tez qurish hozirda muammo emas.

Katta maydonli korxonalar Wi-Fi tarmoqlarni o'rnatishda talab qilinadigan ko'p sonli repiterlarni sotib olishdan qochish uchun WiMAX texnologiyasiga o'tishni istashi mumkin.

Qurilmalar narxlari

Wi-Fi texnologiyasi bugungi kunda ham WiMAX texnologiyasiga qaraganda yetuk hisoblanadi. Siz o'rnatilgan Wi-Fi modulsiz yangi noutbukni topa olmaysiz. Shuningdek, WiMAX qurilmalarning Wi-Fi qurilmalardan qimmat turishi va WiMAX qurilmalari turlari kamligi vaqtinchalik kamchilik hisoblanishi mumkin. Bunga WiMAX texnologiyasining yoshligi sabab bo'ladi. WiMAX modulli qurilmalarni ishlab chiqarish endigina rivojlanmoqda va Wi-Fi qurilmalarga yetib olishga hali ancha uzoq. WiMAX bazaviy stansiyalarining narxi ham qo'shimcha qimmat turadigan komponentlar tufayli yuqori bo'ladi.

Qo'llanilish sohalari

Ko'plab boshqa sohalar kabi ma'lumotlarni simsiz uzatishda ham universal texnologiya yo'q. Har bir aniq maqsad uchun WiMAX yoki Wi-Fi ko'proq to'g'ri keladi. Agar foydalanuvchilar uchun tarmoqqa keng polosali ulanishni taqdim etish masalasi tursa, u holda, albatta, ko'proq WiMAX to'g'ri keladi, chunki bu texnologiya oldindan aynan shu maqsad uchun ishlab chiqilgan. Lekin agar cheklangan binoda keng polosali ulanishni taqdim etish masalasi tursa, u holda Wi-Fi va WiMAX texnologiyalari xalaqitlar sathi past bo'lmaganida yoki ular umuman bo'lmaganida yechim uchun bir xil yaxshi to'g'ri keladi. Simsiz xavfsizlik tizimlari yoki videokuzatuv tizimlarini joriy etish uchun esa Wi-Fi ko'proq to'g'ri keladi, chunki bu yo'nalish yetarlisha yaxshi rivojlangan.

2.1-jadval

Qamrab olish va masshtablar

Wi-Fi (IEEE 802.11)	WiMAX (IEEE 802.16)
Binolar ichidagi «nuqta-nuqta» (PtP – Point to point) simsiz yechimi	Binolardan tashqaridagi «nuqta-ko'p nuqta» (PtMp – Point to multi-point) simsiz yechimi
Uncha katta bo'lmagan masshtablardagi tarmoqlar (taxminan 100 metrgacha)	Juda katta simsiz tarmoqlar (7–10 kilometrgacha)
«Yashirin» tugun muammosi (CSMA/CA)	«Yashirin» tugun muammosining yo'qligi (DAMA-TDMA)
a.g standartlardagi oddiy modulatsiyalashlar (64 bit)	Kompleks modulatsiyalash texnikasi (256 bit)
Ko'plab retranslatorlar qo'llaniladigan uzoq masofalarga simsiz ko'priklar qurish	Ko'plab retranslatorlar qo'llanilmaydigan uzoq masofali ko'priklar

Masshtablanuvchanlik va o'tkazish qobiliyati

Wi-Fi (IEEE 802.11)	WiMAX (IEEE 802.16)
Kanalning qayd qilingan o'tkazish polosasi kengligi (20 MHz)	Tez moslashuvchan o'tkazish polosasi kengligi (1,5–20 MHz)
Bir necha qoplanmaydigan kanallar (3–5)	Ko'plab qoplanmaydigan kanallar
Ma'lumotlarni maksimal uzatish tezligi – 54 Mbit/s (polosaning kengligiga bog'liq)	Ma'lumotlarni maksimal uzatish tezligi – 70 Mbit/s (20 MHz polosa kengligida)

IEEE 802.11 (Wireless LAN) «Wireless Ethernet» standartlari oilasi hisoblanadi. WiMAX ikkita qayd etilgan va mobil versiyalarda bo'lishi mumkin. 802.16 m mobil versiya CDMA va GSM texnologiyalarni almashtirishi mumkin. To'ldirilgan 802.16 d va 802.16e versiyalar uy uchun mo'ljallangan. Wi-Fi texnologiyasida juda ko'p, masalan, 802.11 a, 802.11 b, 802.11 g va 802.11 n versiyalar mavjud.

Wi-Fi litsenziyalanmaydigan spektrda ishlaydi, shuning uchun turli kanallar bir-birlariga, shu jumladan, simsiz telefonlar ham juda xalaqit qiladi. U nazorat qilinmaydigan muhitda, shu jumladan Bluetooth, ratsiyalar bilan, ba'zan esa mikroto'lqinli diapazonlarda ishlaydi. Ulanish nuqtasiga yaqin bo'lgan qurilma olisdagi qurilmaga qaraganda katta efir vaqtini oladi. WiMAX shunday ishlab chiqilganki, u litsenziyalarni talab qiladi. Chastota va litsenziya sotib olinishi kerak. Bu chastotalar quvvatliroq va yuqoriroq diapazonda. Unda nazorat qilish kuchli va boshqarilishi yaxshi bo'lib, kabel, Internet va DSL uchun ishlatilishi mumkin.

Yangi litsenziyalangan diapazonlar, masalan, 700 MHz Wi-Fi uchun emas, balki WiMAX uchun qo'llanilishi mumkin. WiMAX yanada ommalashadi, chunki u bu chastotada ishlaydi, shu bilan bir vaqtda Wi-Fi shu sababli o'z ommaviyligini yo'qotadi.

Asosiy ma'lumotlar:

1. «WiMAX» «Mikroto'lqinli ulanish orqali butun dunyo o'zaro ta'sirlashishi»ni bildiradi, «Wi-Fi» esa «Wireless Fidelity» sifatida yoyiladi.

2. WiMAX katta masofalarda simsiz keng polosali aloqani ta'minlaydi, Wi-Fi esa, asosan, ofis yoki uy chegaralaridagi yaqin simsiz keng polosali aloqani ta'minlaydi.

3. WiMAX nazorat qilinadi va litsenziyalangan diapazonni talab qiladi. Wi-Fi kam nazorat qilinadigan sharoitlarda ishlashi mumkin, u litsenziyalanmaydigan diapazonlarda ishlaydi. Bundan tashqari, oxirgi foydalanuvchilar qurilmalarni sotib olishi kerak.

4. WiMAX bog'lanishga mo'ljallangan MAC-protokolni, Wi-Fi esa CSMA/CA protokol yoki bog'lanish asosidagi aloqani ishlatadi.



NAZORAT SAVOLLARI

1. Simsiz kirish tarmoq deganda nimani tushunasiz?
2. IEEE 802.16 standarti haqida nimani bilasiz?
3. Keng polosali mobil kirish tarmog'i deganda nimani tushunasiz?
4. Qanday tarmoq WiMAX tarmog'i deyiladi?
5. WiMAX tarmog'ining arxitekturasi qanday ko'rinishga ega?
6. WiMAX tarmog'ining qanday qurilish tamoyillarini bilasiz?
7. Mesh tarmog'i haqida nimani bilasiz?

8. Mesh tarmog'ida qanday modemlar qo'llaniladi?
9. OFDMA kirishining qo'llanilish xususiyatlari nimadan iborat?
10. Adaptiv antenna tizimi qanday elementlardan iborat?
11. Wi-Fi texnologiyasining vazifasi nima?
12. Wi-Fi texnologiyasining qo'llanilishi qanday arxitekturaga ega?
13. Wi-Fi texnologiyasi bo'yicha Internetga ulanish qanday amalga oshiriladi?
14. Wi-Fi texnologiyasining kamchiliklari va afzalliklari nimadan iborat?
15. WiMAX texnologiyasining kamchiliklari va afzalliklari nimadan iborat?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *Фокин В.Г.* Проектирование оптической сети доступа: учебное пособие//ФГОБУ ВПО «СибГУТИ». – Новосибирск, 2012.
2. *Андреев Р.В.* Проектирование технологий ФТТБ/ФТТХ/ Поволжский ГУ ТК и И. – Самара, 2012.
3. *Бакланов И.Г.* НГН: принципы построения и организации / Под. редакцией Ю.Н. Чернышева. – М.: «ЭКО-Трендз», 2008.
4. *Горлов Н.И., Микиденко А.В., Минина Е.А.* Оптические линии связи и пассивные компоненты ВОСП. Учебное пособие. Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – Новосибирск, 2003.
5. *Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р.* Пассивные оптические сети ПОН. Часть 1. Архитектура и стандарты // LIGHTWAVE Russian edition. – М., 2004.
6. *Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р.* Пассивные оптические сети ПОН. Часть 3. Проектирование оптимальных сетей //LIGHTWAVE Russian edition. – М., 2004.
7. *Фокин В.Г.* Сети доступа. Учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. – Новосибирск, 2012.
8. *Гладышевский М.А.* Сравнение технологий ЭПОН и ГПОН // Lightwave Russian Edition. – М., 2005.
9. *Котиков И.М.* Классификация и сравнительный анализ технологий проводного доступа // Технологии и средства связи. Специальный выпуск. «Системы абонентского доступа», – М., 2004.

10. *Бубличенко Н.* Широкополосный доступ в рамках архитектуры ФТТх: эффективные решения компании «СТР». – Журнал «Первая миля», № 5–6, 2010.
11. *Филимонов А.Ю.* Построение мультисервисных сетей Интернета. – С-Пб.: БХВ-Петербург, 2007.
12. *Лагутенко О.И.* Современные модемы. – М.: «Эко-Трендз», 2002.
13. *Семенов Ю.В.* Проектирование сетей связи следующего поколения. – С-Пб.: Наука и техника, 2005.
14. *Голдштейн А.Б., Голдштейн Б.С.* Технология и протоколы МПЛС. – С-Пб.: БХВ, 2005.
15. *Котиков И.М.* Технологии проводного абонентского доступа для мультисервисных сетей связи // Технологии и средства связи. – М., 2003.
16. *Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г.* Последняя миля на медных кабелях. – М.: «ЭКО-Трендз», 2001.

MUNDARIJA

Kirish	3
--------------	---

I bob. SIMLI ABONENT KIRISH TARMOG‘INING QURILISHI

1.1. Abonent kirish tarmog‘ining vazifalari	6
1.2. Abonent kirish tarmog‘iga FTTx texnologiyasini qo‘llash.....	17
1.3. Abonent kirish tarmog‘iga PON texnologiyasini qo‘llash.....	23
1.4. ADSL asinxron raqamli abonent liniyasining qo‘llanilish sohasi va texnologiyasi.....	27
1.5. Rid-Solomon kodi orqali xatoliklarni tuzatish	33
1.6. ASAM abonent kirish multipleksori.....	35
1.7. HDSL-HDSL va E1-HDSL modemlarining texnik ko‘rsatkichlari va vazifalari.....	45

II bob. SIMSIZ ABONENT KIRISH TARMOG‘INING QURILISHI

2.1. IEEE 802.16 standart boshqaruvi ostidagi keng polosali mobil kirish tarmog‘i.....	49
2.2. WiMAX tarmog‘ining arxitekturasi. WiMAX tarmog‘ining qurilish tamoyillari. WiMAX texnologiyasining xizmat tarmoqlari	55
2.3. Mesh tarmog‘i modemlarining qo‘llanilish xususiyatlari	62

2.4. Ko‘p stansiyali OFDM kirishining qo‘llanilish xususiyatlari	72
2.5. Adaptiv antenna tizimini qo‘llash.....	82
2.6. Wi-Fi texnologiyasi. Internetga ulanish.....	83
2.6.1. Simsiz lokal tarmoqlarni yaratish	84
2.6.2. Lokal tarmoqlar imkoniyatlarini kengaytirish.....	85
2.7. Wi-FI va WiMAX texnologiyalarining negizini taqqoslash	93
Foydalanilgan adabiyotlar.....	99

O'quv nashri

A M. ESHMURADOV, D.T. NORMATOVA

ABONENT KIRISH TARMOQLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Muharrir *T. Mirzayev*

Badiiy muharrir *J. Gurova*

Texnik muharrir *D. Salixova*

Kompyuterda sahifalovchi *B. Babaxodjayeva*

Original-maket «NISO POLIGRAF» nashriyotida tayyorlandi.
Toshkent viloyati, O'rtta Chirchiq tumani, «Oq-ota» QFY,
Mash'al mahallasi Markaziy ko'chasi, 1-uy.
Litsenziya raqami AI №265.24.04.2015.

Bosishga 2017-yil 16-noyabrda ruxsat etildi. Bichimi $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Ofset qog'ozi. «Times New Roman» garniturasini. Kegli 12,5.
Shartli bosma tabog'i 6,5. Nashr b.t. 6,04. Adadi 247 nusxa.
Buyurtma №658.

«NISO POLIGRAF» MCHJ bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent viloyati, O'rtta Chirchiq tumani, «Oq-ota» QFY,
Mash'al mahallasi Markaziy ko'chasi, 1-uy.