**20 - ma’ruza. Global tarmoq texnologiyasi**

**Reja:**

20.1. Birlamchi tarmoqlar.

20.2. Frame Relay.

***Tayanch iboralar****:*transport tarmoqlari,ustama (overlay) tarmoq,statikkommutatsiyalash,plezioxronli raqamli iyerarxiya, sinxron raqamli iyerarxiya, zichlashtirilgan tо‘lqinli multipleksirlash, optik transport tarmog‘i.

**Kirish**

Eng taniqli tarmoqlarning namoyondasi IP tarmoq – Internet tarmog‘i – global tarmoqdir, mahalliy IP tarmoqlarni Siz har bir korxonada uchratishingiz mumkin.

Shu bilan bir vaqtda kompyuter tarmoq texnologiyalari ham mavjud, ular global tarmoq hosil qilish uchun mо‘ljallangan: Frame Relay, ATM, MPLS. Bu texnologiyalarda qurilgan tarmoqlar katta hududlarni qoplaydi va kо‘p sonli tugunlarni birlashtirib, IP birlashgan tarmoqning tashkiliy tarmoqlari bо‘lib qoladi. Bu bobda biz bunday texnologiyaning xususiyatlarini kо‘rib chiqamiz hamda kommunikatsiya kanallarini yaratish uchun xizmat qiluvchi birlamchi tarmoqlarning ishlash tamoyillarini о‘rganamiz.

**20.1. Birlamchi tarmoqlar**

**Birlamchi** yoki **transport tarmoqlari** (transmission networks) – bu maxsus kо‘rinishdagi telekommunikatsion tarmoqlardir, ular doimiy global yuqori tezlikdagi kanallarni yaratish uchun mо‘ljallangan bо‘lib, sо‘ng boshqa tarmoqlarni yaratishga ishlatiladi, masalan, telefon yoki kompyuter tarmoqlarini.

Birlamchi tarmoqlarni boshqa telekommunikatsion tarmoqlardan farqi quyidagidan iborat, u telefon apparatlarini bog‘lovchi telefon tarmoqlari qiladigandek yoki kompyuterlarni о‘zaro bir-biri bilan ulovchi oxiridagi foydalanuvchining terminal qurilmalari bilan ishlamaydi. Buning о‘rnida birlamchi tarmoq kanallari boshqa tarmoqlarning kommunikatsion qurilmalarini ulaydilar va ular esa о‘z navbatida oxiridagi foydalanuvchining terminaliga xizmat kо‘rsatadilar.

Telefon va kommunikatsion tarmoqlar birlamchi tarmoqlarga nisbatan **ikkalamchi** yoki **ustama** (overlay) tarmoq bо‘lib xizmat qiladi.

Birlamchi tarmoq arxitekturasi telekommunikatsion tarmoqning umumlashtirilgan arxitekturasiga mos keladi, yaʻni kabelli aloqa yо‘llari va kommutatorlardan tashkil topgandir.

Birlamchi tarmoqlarda kanallar kommutatsiya texnikasi ishlatiladi, shuning uchun bu tarmoqlarning kanallari ***qayd qilingan о‘tkazish xususiyatiga*** ega.

Birlamchi tarmoq kommutatorlarining alohida xususiyati bо‘lib, ular kanallarni **dinamik** kommutatsiyalamaydi, yaʻni telefon tarmoqlarida sodir bо‘ladiganidek foydalanuvchi qurilmasining sо‘rovi bilan emas, apparatda nomer terilganda tuzilgan kanalni chaqirilayotgan abonent apparati bilan kommutatsiyalanadigan, balkim tarmoq operatorining buyrug‘i bilan **statik** kommutatsiyalanadi.

Shuning uchun birlamchi tarmoqning tuzilgan ularni kanalini ulovchi ustama tarmoqning ikki kommutatori uchun doimiy oddiy kabel ulanishi bо‘lib qoladi, ustama tarmoq kommutatorlari ular orasida joylashgan birlamchi tarmoq kommutatorlarini “kо‘rmaydilar”. Bunday hollarda, birlamchi tarmoq ularning kanallari orqali ishlovchi ustama tarmoq uchun ***shaffof*** deb aytiladi.

20.1 – chizmada birlamchi tarmoq orqali ulangan uchta marshrutizatorli (pastdagi yuza), ustama tarmoq paketlarni kommutatsiyalashdagi (yuqoridagi yuza) qismi kо‘rsatilgan.

Odatda birlamchi tarmoqning bitta kabeli multipleksirlash hisobiga kompyuter yoki telefon tarmoqlarining bir necha yuz magistral kanallarining trafigini uzatish imkoniyatini beradi.

Birlamchi tarmoqlarni yaratishning bir necha texnologiyasi mavjud:

* plezioxronli raqamli iyerarxiya (PDH);
* sinxron raqamli iyerarxiya (SDH/SONET);
* zichlashtirilgan tо‘lqinli multipleksirlash (DWDM);
* optik transport tarmog‘i (OTN).

Paketlarni komutatsiyalash tarmog‘i

Birlamchi tarmoq

Paketli tarmoq mashrutizatori

Birlamchi tarmoq kommutatori

Birlamchi tarmoqdagi kanal

20.1-chizma. Birlamchi tarmoq orqali marshrutizatorlarni ulanishi.

**PDH tarmoqlari**. **Plezioxronli raqamli iyerarxiya** (Plesiochronous Digital Hierarchy, **PDH**) texnologiyasi 60 yillar oxirida AT & T kompaniyasi tomonidan telefon tarmoqlarining katta kommutatorlarini о‘zaro ulash uchun yaratilgan. Bungacha ishlatilgan chastotali multipleksirlashli analog aloqa yо‘llari bitta kabel bо‘yicha kо‘p kanalli yuqori tezlikda va yuqori sifatli uzatishning о‘z imkoniyatlarini ishlatib bо‘lgan edilar.Telekommunikatsion va telefon tarmoqlarida PDH texnologiyaga о‘tish yangi davr boshlanganligini bildiradi – ***raqamli*** kommunikatsiyalar davri. Abonent uchun bu oraliqdagi kommutatorlardan о‘tishi davomida yomonlashmaydigan yuqori sifatli tovush ekanligini bildirar edi, analog tarmoqlarda esa yomonlashar edi. Operatorlar uchun bu bildiradiki, sekundiga birdan to yuzlab megabitlab keng oraliqdagi moslashuvchan ishonchli kanal vositalarini paydo bо‘lganini bildirar edi.

T-1 multipleksorini yaratilishi bilan PDH texnologiyagasining boshlanishiga qadam qо‘yildi, u raqamli kо‘rinishda multipleksirlashga, 24 abonentning tovushli trafigini uzatish va kommutatsiyalashga imkon bergan. Chunki abonent avvalgidek odatdagi telefon apparatidan foydalanar edi, yani tovushni uzatish analog kо‘rinishda bо‘lgan, T-1 multipleksorlarining о‘zi tovushni 8000 Gs chastota bilan raqamlashtirishni amalga oshirgan va shu bilan u abonentni 64 Kbayt/s tezlikda axborotlarni uzatishning elementar raqamli kanalini yaratgan.

T-1 qurilmasida sinxron vaqt bо‘yicha multipleksirlash texnikasi ishlatiladi.

**Vaqt bо‘yicha multipleksirlash**. Vaqt bо‘yicha multipleksirlash (Time Division Multiplexing, **TDM**- vremennoye multipleksirovaniya) tamyoili shundan iboratki, unda kanalga har bir ulanishga ma’lum vaqt oralig‘ini ajratishdan iborat va kо‘p texnologiyalarda ishlatiladi. Vaqt bо‘yicha multipleksirlashning ikki turi mavjud: asinxron va sinxron.

**Asinxron ish tartibli TDM** bilan biz tanishmiz – u paketlarni kommutatsiyalash tarmog‘ida ishlatiladi. Har bir paket kanalni oxirgi nuqtalarigacha uzatishga zarur bо‘lgan ma’lum vaqt band qiladi. Turli axborot oqimlari о‘rtasida sinxronlash yо‘q, har bir foydalanuvchi axborot uzatishga zarurat hosil bо‘lgan vaqtda kanalni band qilishga harakat qiladi.

S**inxron ish tartibli TDM** (TDM qisqartmasi ishlatilganda ish tartibini aytib о‘tilmasa, u holda har doim TDM sinxron ish tartibili bо‘ladi) ***kanallarni kommutatsiyalash*** tarmoqlarida о‘z tatbiqini topadilar, ularga PDH tarmoqlari ham kiradi. Bu holda barcha axborot oqimlari kanalga ega bо‘lishini sinxronlash quyidagicha amalga oshiriladi, har bir axborot oqimi davriy ravishda kanalni о‘z ixtiyoriga ma’lum belgilangan oraliqdagi vaqtga oladi.

TDM qurilmalarini sinxronlash qurilmaning ishlash siklida kadrni vaqtdagi holatini boradigan manzili sifatida ishlatishga imkon beradi – shu jihati bilan TDM tarmoqlari paketlarni kommutatsiyalash tarmoqlaridan farqlanib turadi. Paketlarni kommutatsiyalash tarmoqlarida jо‘natiladigan manzili kadrda aniq kо‘rsatilishi kerak bо‘ladi.

Bu texnologiya asosida T-1 qurilma ishini 20.2-chizma namoyish etadi, unda ikki multipleksordan (M1 va M2) (TDM multipleksorlari multipleksorlash va demultipleksorlash vazifalarini bajarib, bir qurilma sifatida ishlab chiqariladi) va bir kommutatordan S1 (shuningdek u yana **kross-konnektor** ham deb ataladi) tashkil topgan tarmoqning bir qismi keltirilgan.

1

2

24

1

2

24

kadr

о‘qish

Т-1 уо‘l

Bufer xotira

yozish

kadr

Т-2 yо‘l

Elementar kanallar

Elementar kаnallar

М1 multipleksor

М2 multipleksor

S1 kommutator

20.2-chizma. PDH tarmoqlarida kanallarni kommutatsiyalash.

TDM tarmoq qurilmalari – multipleksorlar va kommutatorlar – vaqt bо‘yicha taqsimlangan ish tartibida о‘zining ishlash sikli davomida barcha abonent kanallariga navbat bilan xizmat kо‘rsatish orqali ishlaydilar. Ish sikli 125 mks, bu raqamli abonent kanalida о‘lchangan tovushning kelish davriga mos keladi. Demak, multipleksor yoki kommutator har qanday abonent kanaliga о‘z vaqtida xizmat kо‘rsatib va uni navbatdagi о‘lchamini tarmoq bо‘ylab uzatib ulguradi. Har bir ulanishga qurilmaning ishlash sikl vaqtining bir kvanti ajratiladi, uni shuningdek **taym-slot** ham deb ataladi. Taym-slot davri (davomiyligi) multipleksor yoki kommutator tomonidan xizmat kо‘rsatiladigan abonent kanallari soniga bog‘liq.

Chizmada kо‘rsatilgan tarmoqda, kommutatsiyalash orqali 24 kanal hosil qilindi va ularning har biri juft abonentni ulaydi. Xususan, 1 kirish kanaliga ulangan abonent, 24 chiqish kanaliga ulangan abonent bilan bog‘langan, 2 kirish kanaliga ulangan abonent, 1 chiqish kanaliga ulangan abonent bilan bog‘langan, xuddi shu kabi 24 kirish kanal abonenti 2 chiqish kanal abonenti bilan kommutatsiyalangan. M1 multipleksori kirish kanali bо‘yicha ulangan abonentlardan axborot oladi, ularning har biri 1 bayt axborotni har bir 125 mks (64 Kbayt/s) oladi. Har bir siklda multipleksor quyidagi xarakatlarni amalga oshiradi:

1. Har bir kanaldan navbatdagi axborot baytlarini qabul qiladi.

2. Qabul qilingan baytlardan kadrni tuzish.

3.Chiqish kanaliga kadrlarni bit tezligida uzatish, u teng 2464 Kbit/s, bu taxminan 1,5 Mbit/s ni tashkil etadi.

Kadrda baytning kelish tartibi kirish kanalining nomeriga mos keladi. S1 kommutator multipleksordan kadrni tezkor kanal orqali oladi va undan har bir baytni о‘z bufer xotirasining alohida yacheykasiga yozadi, yozilish tartibi zichlab joylashtirilgan kadrdagi tartib bо‘yicha amalga oshiriladi. Kommutatsiyalash operatsiyasini bajarish uchun baytlarni bufer xotirasidan kelish tartibida olinmaydi, tarmoqda abonentlarni ulanish tartibidagi tartibga mos ravishda amalga oshiriladi. Kо‘rilayotgan misolda S1 kommutator kirish 1,2 va 24 kanallarini chiqish 24,2 va 1 kanallari bilan mos ravishda kommutatsiyalaydi. Bu operatsiyani bajarish uchun bufer xotiradan birinchi bо‘lib 2 bayt olinishi kerak, ikkinchi bо‘lib 24 bayt va oxiri 1 bayt olinishi kerak bо‘ladi. Kommutator kadrlardagi baytlarni kerakli darajada “aralashtirib” tarmoqdagi abonentlarni talab etilgan ulanishlarni taminlaydi.

M2 multipleksori teskari masalani hal qiladi – u kadr baytlarini tanlab oladi va ularni о‘zining bir necha chiqish kanallariga taqsimlaydi, bunda u baytning kadrdagi tartib nomeri chiqish kanalining nomeriga mos deb xisoblaydi.

Sinxronlikni buzilishi abonentlarning talab etilgan kommutatsiyasini buzib yuboradi, bu holda slotning nisbiy joylanishi о‘zgaradi, demak manzillangan axborot yо‘qoladi. Shuning uchun TDM qurilmasida turli kanallar о‘rtasida taym-slotlarni operativ ravishda qayta taqsimlashni amalga oshirib bо‘lmaydi. Hatto, agarda multipleksorning qaysidir ishlash siklida kanallardan birining taym-sloti ortiqchalik qilsa ham, chunki hozirgi vaqtda bu kanalning kirishida uzatish uchun axborot yо‘q (masalan,telefon tarmoq abonenti sukutda), bu holda u bо‘sh uzatiladi.

Umumiy holda TDM tarmoqlari dinamik kommutatsiyalash ish tartibini yoki doimiy kommutatsiyalash ish tartibini quvvatlashlari mumkin, ba’zida esa bu ikki ish tartibini ham quvvatlaydilar. Raqamli telefon tarmoqlari tarmoq abonentlarning tashabbusi bilan **dinamik kommutatsiyalashni** quvvatlaydilar.

PDH tarmoqlarining asosiy ish tartibi bu **doimiy kommutatsiyalash** bо‘lib (*kross-konnektor* nomi ham doimiy ulanishni aks ettiradi). Odatda PDH ulanishlarini о‘zgartirish (konfiguratsiyalashtirish) boshqarish tizimi orqali amalga oshiriladi, katta bо‘lmagan tarmoqlarda esa uni qо‘lda amalga oshiriladi.

**Bosqichli tezliklar**. Katta telefon stansiyalarini ulash planida T-1 kanali multipleksorlashning juda bо‘sh va moslashuvchanligi kam vosita sifatida namoyon bо‘ladi, shuning uchun bosqichli tezliklari bor kanal g‘oyasi joriy etilgan. Tо‘rtta T-1 turidagi kanalni birlashtirib keyingi raqamli bosqich T-2 hosil qilinadi, u axborotlarni 6,312 Mbit/s tezlik bilan uzatadi. T-3 kanali yettita T-2 kanalini birlashtirish orqali hosil qilingan va u 44, 736 Mbit/s tezlikka ega. T-4 kanali oltita T-3 kanalini birlashtirish orqali olingan va natijada 274 Mbit/s tezlikka ega bо‘ladi. Bu texnologiya **T-kanallar tizimi** nomini olgan.

T-kanallar tizimi texnologiyasi Amerikaning milliy standartlar instituti (American National Standard Institute, ANSI) tomonidan standartlashtirilgan va Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) nomini oldi. Standartlashtirish davrida amerika va xalqaro PDH standart versiyalarining о‘rtasida mos emaslik yuzaga keldi. Xalqaro standartda T-kanal tizimiga о‘xshashi **YE-1**, **YE-2** va **YE-3** turidagi kanallardir, mos ravishda 2,048, 8,488 va 34,368 Mbit/s tezlik bilan farqlanuvchi. Amerika va xalqaro raqamli bosqich texnologiyasining farqlanishiga qaramay bosqichli tezliklarni belgilashni bir xil qilib qabul qilingan DSn (Digital Signal n). **DS0** tezlik *elementar kanal tezligi 64 Kbit/s* tezlikka mos keladi.

**SONET/SDH tarmoqlari**. Amaliyot PDH texnologiyasining kamchiliklarini aniqladi, ularning asosiylari quyidagilar:

* Foydalanuvchilarning axborotini multipleksirlash va demultipleksirlash operatsiyalarini samaradorsizligi va murakkabligi, masalan, YE-1 kanalini YE-3 kanalidan shoxlamasi uchun oxirgisini YE-2 kanalda demultipleksirlash kerak bо‘ladi va faqat shundan keyin YE-2 aniqlangan kanal tо‘plamidan YE-1 kanalida demultpleksirlanadi.
* PDH da buzilishga barqarorlikni ta’minlovchi vositalarning yо‘qligi, yani bu texnologiyada asosiy kanal ishdan chiqqandagi holatda zaxira kanaliga avtomatik ravishda о‘tkazish amali quvvatlanmaydi
* Hatto bosqichli tezliklarning yuqori pog‘onasida ham unumdorlikning yetarli emasligi.

**Standartlashtirish**. Keltirilgan kamchiliklar loyihalashtiruvchilar tomonidan **sinxron optik tarmoqlar** (Synechronous Optical NET, **SONET –** sinxronnix opticheskix setey) texnologiyasida hisobga olingan va u kamchiliklar yengib о‘tilgan. Bu texnologiya ANSI Amerika instituti tomonidan standartlashtirilgan. Keyinchalik SONET texnologiyasining xalqaro varianti standartlashtirilgan, u ***sinxron raqamli iyerarxiya*** (Synchronous Digital Hierarchy, **SDH**) deb ataldi. SONET standarti shunday qilib qayta ishlandiki unda SDH va SONET tarmoqlari birga ishlashga moslashtirildi.

SDH standartida barcha bosqichli tezliklar (va mos ravishda bu bosqichlar uchun kadr о‘lchami) umumiy nom **N bosqichli sinxron transport moduli** (Synchronous Transport Module level N – sinxronniy transportniy modul urovnya N, **STM-N**)bilan ataldi. STM-1 boshlang‘ich tezligi 155 Mbit/s teng. SDH qurilmalari tezliklar koeffitsiyentining 4 xissaligini quvvatlaydi, yaʻni STM-4, STM-16, STM-64 va STM-256 (40 Gbit/s) tezliklari.

SDH/SONET tarmoq qurilmalari RDH tarmoq qurilmalarinikidek multipleksor va kross-konnektordan tashkil topgan. RDH tarmog‘i odatda SDH tarmoqlariga ega bо‘lish tarmog‘i sifatida ishlatiladi. 20.3-chizmadagi misolda SDH tarmog‘i STM-4, STM-16 tezliklarida ishlovchi (622 Mbit/s va 2,5 Gbit/s) M4 magistral kross-konnektorlaridan va SDH texnologiyasidagi M1 multipleksorlaridan tashkil topgan. Ega bо‘lish tarmoqlari RDH texnologiyasidagi YE-3 tezlikda (34 Mbit/s) va YE-1 tezlikda (2 Mbit/s) ishlovchi MA multipleksoridan hosil qilingan.

STM-1

STM-4/16

STM-1

-M4 (STM-4/16)

-M1 (STM-1)

-MA (E-3/1)

20.3-chizma. RDH ega bо‘lishli SDH tarmoq.

SDH multiplesirlash sxemasi juda moslashuvchan bо‘lib, u yuqori bosqichli tezlikli axborot oqimidan kam tezlikli oqim ostini yuqori tezlikdagi oqimni ketma-ket demultipleksirlashsiz uni tashkil etuvchilariga ajratib olish imkoniyatini beradi. Masalan, STM-16 oqimidan bevosita STM-1 oqimini ajratib olish mumkin. SDH multiplesirlash texnikasi turli bosqichdagi tezlikli **virtual konteynerlarni** (Virtual Container, VC) ishlatishga asoslangan, ular bir-birini inkapsulyatsiyalaydi. SDH multipleksorlari ham shuningdek **kiritish-chiqarish multipleksorlari** (Add-Drop Multiplexers, ADM) deb ataladi.

**Sinxronizatsiya.** SDH multipleksorlari о‘zining ishlashi uchun juda ham aniq о‘zaro sinxronizatsiyalashtirish talab etiladi (bu xususiyatning muhimligi texnologiyaning nomidan ham ma’lum). Bunday sinxronizatsiyalash SDH tarmoqning magistral multipleksorlarini о‘z sinxroimpulslari bilan ta’minlovchi tashqi bir yoki bir necha etalon atom soatlari bilan ta’minlanadi. Ancha past bosqichlardagi SDH multipleksorlari boshqa usul bilan sinxronizatsiyalanadi – ular sinxrosignalini magistral multipleksorlardan keluvchi kadrning sarlavhasidan oladilar. Umuman olganda sinxronizatsiyalash tarmog‘i tarmoqlarni loyihalashtiruvchisi uchun SDH tarmoqning muhim elementidir.

**Buzilishga barqarorlik**. Birlamchi SDH tarmoqlarining kuchli tomonlaridan biri buzilishga barqarorlikning turli tuman vositalar tо‘plamining mavjudligidir, ular tarmoqni tez (о‘nlab milli sekund) qandaydir elementi – aloqa yо‘lida, portning yoki multipleksor kartasida, multipleksorning о‘zida buzilish sodir bо‘lsa ish qobiliyatini tiklash imkonini beradi.

SDH da buzilishga barqarorlik mexanizimini umumiy nomi sifatida **avtomatik himoyaga ulanish (о‘tish)** (Automatic Protection Switching, APS) atamasi ishlatiladi, bu asosiy elemen buzilganda zaxiradagi yо‘lga yoki zaxira element multipleksoriga о‘tish dalilini aks ettiradi. APS ximoyaning bir necha turi mavjut, ulardan eng tanilgani ***tarmoq ulanishini iimoyalash*** va ***halqani taqsimlash asosidagi ximoya.***

**Tarmoq ulanishini himoyalash** oxirgi nuqtalar о‘rtasidagi ulanishni xohishiy topologiyasini tarmoqda о‘rnatishga asoslangan: ishchi va zaxiradagi. Trafik bu ikki ulanishdan parallel uzatiladi va qabul qilish nuqtasi u qaysi ulanishni asosiy deb bilsa о‘sha ulanishdan trafikni oladi. Tanlash SDH kadrida uzatiladigan signal sifati haqidagi axborotga asosan amalga oshiriladi. Ishchi ulanishda buzulish sodir bо‘lgan taqdirda qabul qilish nuqtasi zaxiradagi kanaldan axborotni qabul qilishga о‘tadi, bunda о‘tish juda tez amalga oshiriladi, odatda 50 ms vaqt atrofida. Bu usulning kamchiligi uning ortiqchaligida, yaʻni bitta kanal о‘rniga tarmoqda ikkita kanal ishlaydi.

**Halqani taqsimlash asosidagi himoya** ancha tejamkor, u tarmoqda parallel kanallarni yaratmaydi, agarda halqaning qaysidir qismi buzilgan bо‘lsa, axborotni orqaga qaytarib yuborishga urinadi. Tabiiyki, bu usul faqat SDH halqa topologiyalarida ishlaydi. Qayd qilib о‘tish kerakki, SDH halqa topologiyalari ulanishlarni himoyasining joriy etilish nuqtai nazaridan о‘zining tejamkorligi uchun juda ham taniqlidir.

Xatoliklarni tuzatish texnikasi (Forward Error Control, FEC) odatda SDH multipleksorlari 2,5 Gbit/s va undan yuqori tezlikda ishlatadi. Bu texnika о‘z-о‘zini tuzatuvchi kodlarga asoslangan, “uchib” axborot bitlarni о‘zgarishini tо‘g‘rilashga imkon beruvchi, yani ularni qayta uzatishga murojaat qilmay kodning ortiqcha qismidan foydalanish orqali. Bunday texnika xalallar yoki qabul qilish va uzatish qurilmalarida nosozliklar bо‘lgan taqdirda axborotlar uzatilishining samarali tezligini jiddiy oshirishi mumkin.

**DWDM tarmoqlari**. Zichlashtirilgan tо‘lqinli multipleksirlash (Dense Wave Division Multiplexing, **DWDM –** uplotnennoye volnovoye multipleksirovaniya) texnologiyasi yangi avlod optik magistrallarini yaratish uchun mо‘ljallangan, ular multigigabitli va terabitli tezliklarda ishlaydilar.

Unumdorlikni bundek revolyutsion sakrashi SDH ga qaraganda butunlay boshqacha multipleksirlash natijasida ta’minlanadi – shisha toladan axborot bir vaqtda kо‘p sonli yorug‘lik tо‘lqini sifatida uzatiladi-lyambd. **Lyambda** atamasi fizika uchun anana bо‘lib qolgan tо‘lqin uzunligini belgilanishi dan kelib chiqdi.DWDM tarmog‘i kanallarni kommutatsiyalash tamoyilida ishlaydi va bunda har bir yorug‘lik tо‘lqini alohida ***spektral kanal*** tariqasida alohida axborotlar oqimini uzatadi.

20.4-chizmada ikki tо‘lqinni va DWDM multipleksorlari orqali multipleksirlanadi. DWDM multipleksorlarining har biri “bо‘yalmagan” deb ataluvchi signalni qabul qiladi (bizning misolda – SDH multipleksorlaridan, lekin bu har qanday qurilma bо‘lishi mumkin, masalan, IP-marshrutizatori), yaʻni optik tarmoqlarda qabul qilingan tо‘lqin uzunliklardan birorta optik signal bо‘lishi mumkin: 850, 1300 yoki 1550 nm (esingizda bor, ular optik tolaning shaffoflik oynasining markaziga mos keladi). Sо‘ng DWDM multipleksorlari qabul qilingan signallarni ularning har bir interfeysi uchun ma’lum uzunlikdagi tо‘lqinlarga о‘zgartiradilar, bizning misolda - va va shu shaklda ular shu bitta toladan axborotni interferensiyalanmasdan va surilmasdan har bir tо‘lqin orqali uzatiladi. Qabul qiluvchi DWDM multipleksori umumiy signaldan tо‘lqinni demultipleksirlashni amalga oshiradi, har bir tо‘lqinni oddiy SDH multipleksor interfeyslari tushinadigan “bо‘yalmagan” signalga о‘zgartiradi.

λ1

λ2

SDH

SDH

SDH

SDH

DWDM multipleksori

DWDM multipleksori

*“Bо‘yalmagan interfeyslar”*

Optik tola

*“Bо‘yalmagan interfeyslar”*

Optik tola

20.4-chizma. Bitta tolada turli uzunlikdagi tо‘lqinlarni multiplesirlash tamoili.

DWDM qurilmalari bevosita har bir tо‘lqinda bevosita axborotlarni uzatish muammolari bilan shug‘ullanmaydi, yaʻni axborotni kodlashtirish usuli va uni uzatish protokoli bilan shug‘ullanmaydi. Uning asosiy vazifasi *multipleksirlash* va *demultipleksirlash* operatsiyalaridir, aynan - turli tо‘lqinlarni bitta yorug‘lik о‘ramiga birlashtirish va umumiy signaldan har bir spektral kanalning axborotini ajratib olish. Eng rivojlangan DWDM qurilmalari shuningdek tо‘lqinlarni kommutatsiyalashi ham mumkin.

DWDM qurilmalari bitta shisha tola orqali 32 va undan ortiq turli uzunlikdagi tо‘lqinlarni shaffoflik oynasida 1550 nm uzatishga imkon beradi, bunda har bir tо‘lqin axborotni 10 Gbit/s tezlik bilan о‘tkazishi mumkin (STM texnologiya protokollarini yoki har bir kanalda 10 Gigabit Ethernet axborot uzatishni tatbiq etilganda). Hozirgi vatda bitta tо‘lqin uzunligida axborot uzatish tezligini oshirish ustida izlanishlar olib borilmoqda.

DWDM texnologiyasidan oldingi о‘xshashi texnologiya mavjud bо‘lgan – **tо‘lqinli multipleksirlash texnologiyasi** (Wave Division Multiplexing , WDM – технология волнового мультеплексирования), unda tо‘lqin uzunliklar oralig‘i DWDM qaraganda jiddiy kattaligi ishlatilgan, shuning uchun DWDM texnologiyasidan multipleksirlashni “zichlashtirilgan” deb atalgan.

DWDM qurilmalarining birinchi avlodida ega bо‘lish interfeysi sifatida SDH interfeys standartlari ishlatilgan. Bu quyidagiga olib kelgan, рar qandek diskret (raqamli) axborotlarni uzatish imkoni mavjutligiga qaramasdan oldingi avlod DWDM qurilmalari axborotlarni SDH kadrlarida uzatgan, agarda axborotlarni masalan Gigabit Ethernet da uzatish kerak bо‘lib qolsa, u рolda ularni avval SDH kadrlariga joylashtirish kerak bо‘lar edi va shundan sо‘ng esa DWDM tarmog‘idan uzatilar edi. Bundek yondoshuvda esa DWDM ning tо‘lqin kanallarining о‘tлazish xususiyati juda рam samarali sarf etilmaydi, shu bilan bir qatorda SDH interfeyslarining narxi рam juda yuqori.

**OTN tarmoqlari**. Bu muammoni рal qilish uchun yangi **optik transport tarmoqlari** (Optical Transport Networks, **OTN –** opticheskiye transportniye seti) ishlab chiqildi, magistral tarmoqlarga mо‘ljallangan, chunki past tezlikdagi oqimlarni multipleksirlashni SDH texnologiyasiga (yoki Ethernet) qoldirib, u faqat tezliklarni yuqori bosqichlarini quvvatlaydi.

OTN tarmoqlarida kadrlarning uchta о‘lchami quvvatlanadi, quyidagi tezliklar bosqichiga mos: OTU1 (2,7 Gbit/s), OTU2 (10,7 Gbit/s) va OTU3 (43 Gbit/s). Bu rо‘yxatdan kelib chiqadiki, OTN 4 koeffitsiyent bilan multipleksirlashni ta’minlaydi, yaʻni ancha yuqori bosqichdagi рar bir kadr 4 ta pastroq bosqichdagi kadrlardan tashkil topgan bо‘ladi.

OTN kadrlar о‘lchami о‘z axborotlar maydoniga amaliy jiрatidan xoрishiy zamonaviy texnologiyadagi axborotlarni uzatish о‘lchamini sig‘dira oladi: SDH, Ethernet, Fibre Channel. OTN texnologiyasining SDH texnologiyasidan farqi рam shundan iboratdir, dastlab faqat telefon tarmoq trafigini о‘tлazishga mо‘ljallangan bо‘lib va shuning uchun tezliklar chizig‘i 64 Kbit/s marta oshadi. OTN texnologiyasining boshqa afzalligiga multipleлsirlash sxemasining nisbatan soddaligi bо‘lib, unda tezliklar chizig‘idagi uchta tezliklarning barcha bosqichining mavjudligi bо‘ladi.

OTN da xuddi SDH dagi kabi xatoliklarni tuzatish FEC amali bajariladi, lekin OTN da ishlatiladigan о‘z-о‘zini tuzatuvchi kod samarodorligi jiрatidan SDH da ishlatilgan о‘z-о‘zini tuzatuvchi kodga nisbatan yuqori.

**20.2. Frame Relay**

**Standart tarixi.** Global tarmoqlarning **Frame Relay** paket texnologiyasi 1980 yillarning oxirlarida yaratilgan, unga yuqori tezlikdagi va ishonchli raqamli kanallar texnologiyalarining RDH va SDH paydo bо‘lishi sababchi bо‘lgan. Bungacha global tarmoqlarining asosiy texnologiyasi bо‘lib X.25 texnologiyasi xizmat qilgan, ularning murakkab steklari past tezlikdagi analog kanallarga mо‘ljallangan edi, shu bilan bir qatorda u xalalning yuqori darajasi bilan ham farqlanib turar edi va shuning natijasida axborotlarni uzatishda xatoliklari ham bо‘lar edi. Frame Relay xususiyati uning soddaligi, bu texnologiya faqat qabul qiluvchiga paketni yetkazib berishga kerak bо‘lgan minimum xizmatlarni havola qiladi. Shu bilan bir qatorda Frame Relay texnologiyasini loyihalashtiruvchilari oldinga muhim qadam tashladilar, tarmoq foydalanuvchilariga tarmoqdagi ulanishlarning *kafolatlangan о‘tkazish imkoniyatini* havola qilib - bu xususiyatni Frame Relay paketli tarmoqlar texnologiyasi paydo bо‘lgunicha standart shaklda quvvatlanmagan.

**Kadrlar xarakatining texnikasi**. Frame Relay texnologiyasi virtual kanallar texnikasining ishlatilishiga asoslangan. Virtual kanallar texnikasi paketlarni deytogrammali xarakatlanish usulini noaniqligi bilan, masalan, Ethernet va IP tarmoqlarida ishlatiladigan, va birlamchi hamda telefon tarmoq texnologiyalariga xos bо‘lgan kanallarni kommutatsiyalash texnikasining qattiqligi о‘rtasidagi kelishuvdan tashkil topgandir.

Global tarmoq operatorlari yetarli darajada uzoq vaqt Internetni revolyusion darajada tarqalgan 90 yillarning о‘rtasigacha virtual kanallar texnikasiga etiborni kо‘p qaratganlar. Axborotlarning xarakatlanishni deytogramma usuliga nisbattan virtual kanallar texnikasi tugunlar aro ulanishlar ustidan va tarmoq orqali axborot oqimlarini о‘tish yо‘llarini nazorat qilishda ancha keng imkoniyatlarini havola qiladi. Virtual kanallar ham kanallarni kommutatsiyalash texnikasiga nisbattan ba’zi afzalliklarga egadir, ular о‘tkazish imkoniyatidan ancha moslashuvchanlik bilan foydalanishga imkon beradi. Bu sharoitda operatorlar foydalanuvchilar о‘rtasida resurslarni har bir foydalanuvchi aynan о‘zi rozi bо‘lgan xizmatlarnigina olishi bо‘yicha taqsimlashga aralashuvi mumkinki bо‘ladi.

Frame Relay tarmoqlarining virtual kanallar texnikasini 20.5-chizmada keltirilgan tarmoq misolida kо‘rib chiqamiz.

Buning uchun tarmoqlarning oxirgi tugunlari – kompyuterlar S1, S2, S3 va S4 serveri – axborotlar bilan almashishi uchun avval virtual kanalni hosil qilish zarur. Bizning misolda uchta shunday kanal о‘rnatilgan – S1 va S2 kompyuterlari о‘rtasida S1 kommutatori orqali; S1 kompyuteri bilan S4 serveri о‘rtasida S1 va S2 kommutatorlari orqali; S3 kompyuteri va S4 serveri о‘rtasida S2 kommutatori orqali.

C1 ARP-jadvali

|  |  |
| --- | --- |
| IP | belgi |
| IP-C4 | 102 |
| IP-C2 | 101 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kirish porti | Kirish belgisi | Chiqish porti | Chiqish belgisi |
| 1 | 106 | 4 | 117 |
| 4 | 117 | 1 | 106 |
| 2 | 102 | 4 | 101 |
| 4 | 101 | 2 | 102 |

С3

IP

117

S2 ulash jadvali

103

2-port

3-port

4-port

1-port

117

101

С4

3-port

IP

106

3-port

С2

103

2-port

1-port

101

102

С1

IP

102

4-port

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кirish porti | Kirish belgisi | Chiqish porti | Chiqish belgisi |
| 1 | 101 | 2 | 103 |
| 1 | 102 | 3 | 106 |
| 2 | 103 | 1 | 101 |
| 3 | 106 | 1 | 102 |

S1 ulash jadvali

106

10.5-chizma. Virtual kanal bо‘ylab kadrlarning harakatlanishi.

Frame Relay virtual kanallari **bir yо‘nalishli** bо‘lishi ham mumkin (yaʻni kadrni faqat bir tarafga uzatish imkoniyatli), shuningdek **ikki yо‘nalishli** ham bо‘lishi mumkin.

20.5-chizmadagi misolda ikki yо‘nalishli kanal о‘rnatilgan deb hisoblaymiz.

Frame Relay da virtual kanallarni о‘rnatish amali tarmoq kommutatorlarida ulanish (kommutatsiyalash) jadvalini tashkil etishdan iborat. Bunday amallarni qо‘lda hamda tarmoqlarni boshqarish tizimida ham bajarish mumkin.

Frame Relay ning virtual kanallari **doimiy virtual kanallar** (Permanent Virtual Circuits, PVC) turiga tegishlidir, ularni tarmoq operatori tomonidan oldindan о‘rnatib qо‘yiladi.

Har bir kommutatorning ulanish jadvalida ushbu kommutatordan о‘tadigan har bir virtual kanal haqida ikkita yozuv (ikki yо‘nalishning har biri uchun) qilinishi kerak.

Ulanishlar jadvalini yozish tо‘rtta asosiy maydondan tashkil topgan:

* kanalning kirish portining nomeri;
* paketni kirish portiga kelayotgan kanalni kirish belgisi;
* chiqish portining nomeri;
* paketning chiqish porti orqali uzatiladigan kanalni chiqish belgisi.

Masalan, S1 kommutatorining ( yozuv 1-102-3-106) ulash jadvalidagi ikkinchi yozuv bildiradiki, 102 virtual kanal identifikatorili 1 portga keladigan barcha paketlar 3 port tomon harakat qilishini va virtual kanalning identifikator maydonida esa yangi qiymat – 106 paydo bо‘lishini bildiradi. Chunki bizning misolimizda virtual kanal ikki yо‘nalishlidir, ulash jadvalida har bir kanal uchun har bir yо‘nalishga belgini о‘zgartirishni bayon etuvchi ikkita yozuv joylashtirilgan bо‘lishi kerak. Shunday qilib, 1-102-3-106 yozuv uchun 3-106-1-102 yozuv mavjud.

* Virtual kanal belgisi kommutator va uning porti uchun *mahalliy* ahamiyatga ega, yaʻni ular boshqa kommutatorlarning portlarida hech qanday eʻtiborga olinmaydi.
* Bir kommutator doirasida “belgi-port” kombinatsiyasi *yagona* bо‘lishi kerak.
* Undan tashqari, ikki kommutatorning bevosita ulangan portlari belgilarning *kelishilgan* qiymatini shu portlar orqali о‘tadigan har bir virtual kanalga ishlatishi kerak.

Virtual kanallar о‘rnatilgandan sо‘ng oxiridagi tugunlar ularni axborot uzatish uchun ishlatishlari mumkin. Buning uchun tarmoq ma’muri har bir oxiridagi tugun uchun ARP jadvalini statik yozuvini yaratishi kerak. Har bir bunday yozuvda qabul qilish tugunining IP-manzili bilan shu tugunga olib keluvchi virtual kanal belgisining dastlabki qiymati о‘rtasidagi moslik о‘rnatiladi. Masalan, S1 kompyuterning ARP jadvalida S4 serveriga olib keluvchi S4 serverning IP-manzilini 102 belgiga virtual kanal uchun aks ettiruvchi yozuv bо‘lishi kerak.

Keling, hozir S1 kompyuterining S4 serverga jо‘natgan bitta kanal yо‘lini kuzatamiz. Kadrni joʻnatganda (4.5-chizmadagi 1 bosqich) kompyuter manzillar maydoniga uning ARP jadvalidan olingan 102 belgini dastlabki qiymatini joylashtiradi.

S1 kommutatori 1 portga 102 belgili kadrni olib, о‘zining ulash jadvalini kо‘rib chiqadi va bunday kadr 3 portga jо‘natilishi kerakligini topadi, undagi belgining qiymatini esa 106 ga almashtirishi kerak.

S1 kommutatorining xarakati natijasida kadr 3 port orqali S2 kommutatoriga jо‘natiladi (2 bosqich). S2 kommutatori о‘zining ulash jadvalini ishlatib tegishli yozuvni topadi, yaʻni belgi qiymatini 117 almashtirish va belgilangan tugunga kadrni jо‘natish – S4 serverga. Shu bilan almashuv tugaydi, javobni qaytarishda esa S4 server S1 kompyuteriga olib bouvchi virtual kanal manzili sifatida 117 belgini ishlatadi.

Bayon qilinishdan kо‘rinadiki, ulash (kommutatsiyalash) juda tejamli, chunki uzatilayotgan kadrni о‘zgartirish minimal darajada – faqat belgi qiymatini о‘zgartirishdan iborat. Kadrlarda faqat qabul qiluvchining manzili kо‘rsatiladi, Frame Relay tarmoqlarida uning vazifasini belgi bajaradi. Jо‘natuvchining manzili sifatida belgining oxirgi qiymati ishlatilishi mumkin – u virtual kanal bо‘yicha aynan teskari yо‘nalishdagi qabul qiluvchi bilan jо‘natuvchini ulovchi yо‘lni bildiradi.

**О‘tkazish imkoniyatining kafolatlari**. Frame Relay tarmoqlari aloqa operatorlari kompyuter trafigini uzatishda tijorat xizmatini kо‘rsatish uchun yaratilgan edi. Mijozlar uchun yangiliklardan biri va juda jalb etuvchi Frame Relay ning xizmatlarining xususiyati bо‘lgan - virtual ulanishlarningо‘tkazish imkoniyatining kafolatlari bо‘ldi. Frame Relay texnologiyasida har bir virtual ulanishlarga axborotlarni uzatish bilan bog‘liq bо‘lgan bir necha kо‘rsatgichlar belgilangan.

* **Axborot uzatishning kelishilgan tezligi** (Committed Information Rare, CIR – soglasovannaya skorost peredachi dannix) – ulanishlarni kafolatlangan о‘tkazish imkoniyati; tarmoq foydalanuvchining axborotlarini yuklama taklif etgan tezlikda uzatishni kafolatlaydi, agarda u tezlik CIR dan oshib ketmasa.
* **Kelishilgan tebranish kattaligi** (Committed Burst Size, Bc – soglosovannaya velichina pulsatsii) – CIR da kelishilgan tezlikka rioya qilingan holda T vaqt oralig‘ida tarmoq ushbu foydalanuvchidan baytlarni maksimal sonini uzatishi – *tebranish vaqti deb ataladi*.
* **Tebranishning qо‘shimcha kattaligi** (Excess Burst Size, Be) – T vaqt oralig‘ida tarmoq Be о‘rnatgan kattalikdan ortiq baytlarni maksimal sonini uzatishga urinishi.

Be tebranishning ikkinchi kо‘rsatgichi CIR profiliga sig‘magan kadrlarni tarmoq operatoriga differensial ishlov berishga imkon beradi. Odatda Be tebranishni oshishiga olib keluvchi, lekin Vs+Ve tebranishlardan oshmaydigan kadrlarni tarmoq tashlab yubormaydi, xizmat kо‘rsatadi ammo kafolatlanmagan CIR tezligida. Frame Relay kadrlarida buzilish dalilini xotiralash uchun maxsus yо‘q qilish imkoniyat maydoni (Discard Eligibility, DE) mavjut. Va faqt agarda Vs+Ve dan oshib ketgan taqdirda kadr tashlab yuboriladi.

Agarda keltirilgan kattaliklar aniqlangan bо‘lsa, u holda T vaqt quyidagicha aniqlanadi:

T – Vs/ CIR

CIR va T qiymatlarni о‘zgartirsa bо‘ladigan kо‘rsatgich sifatida qaralsa bо‘ladi, u holda natijaviy kо‘rsatgich Vs tebranish bо‘ladi. Odatda trafikning tebranishini nazorati uchun T vaqt tanlanadi, 1-2 sekund kompyuter axborotlarini uzatish uchun va tovushni uzatish uchun esa о‘nlab millisekund oralig‘idagi vaqt tanlanadi.

CIR, Vs, Vu va T kо‘rsatgichlar orasidagi nisbatni 20.6-chizmada kо‘rsatilgan (*R* – ega bо‘lish kanalidagi tezlik; *f1 – f5*- kadrlar).

f5 (kodr tashlab yuboriladi)

**В**, bitlar

**Вс+Ве**

**Вс**

f4 (DE=1)

f(DE3=0)

f(DE2=0)

f(DE1=0)

В=**Rxt**

В=**CIRxt**

T

t,c

0

20.6-chizma. Foydalanuvchining xatti xarakatiga tarmoqning etibori.

Tarmoqning ishi, uzatilgan bitlar sonining vaqtga bog‘liqligini kо‘rsatuvchi ikki chiziqli funksiya orqali ifodalanadi: V = R t va B = CIRt .

Bu oraliqda tarmoqqa axborotlar kelishining о‘rtacha tezligi *R* bit/s tashkil etadi va u CIR dan yuqori ekan. Chizmada tarmoqqa T vaqt oralig‘ida virtual kanal bо‘yicha 5 ta kadr kelish holati kо‘rsatilgan. *f1*, *f2* va *f3*  kadrlar tarmoqqa ularning jami hajmi Vs dan oshmagan axborot olib keladilar, shuning uchun u kadrlar tо‘xtamasdan DE = 0 belgi bilan keyingi yо‘lini davom ettirdilar. *f4* kadr axboroti *f1*, *f2* va *f3*  kadrlar axborotiga qо‘shilganda Vs dan о‘tib ketdi, lekin Vs+Ve qiymatiga yetmaydi, shuning uchun *f4* kadri ham shuningdek oldinga ketadi, lekin endi DE = 1 belgi bilan. *f5* kadr axborotlarini oldingi kadrlar axborotlariga qо‘shilganda Vs+Ve qiymatidan oshib ketdi, shuning uchun bu kadr tarmoqdan chiqarib tashlandi.

20.7-chizmada Frame Relay tarmog‘ining beshta uzoq masofada joylashgan korporatsiyaning bо‘limlari keltirilgan. Odatda tarmoqqa ega bо‘lish о‘tkazish imkoniyati CIR dan katta bо‘lgan kanallardan amalga oshiriladi. Lekin bunda foydalanuvchi kanalning о‘tkazish imkoniyatiga tо‘lamaydi, buyurtma qilingan CIR, Vs va Ve kattaliklariga tо‘laydi. Shunday qilib, ega bо‘lish yо‘li sifatida T-1 kanali ishlatilganda va CIR tezligida xizmat kо‘rsatish buyurilsa, 128 Kbit/s ga teng, foydalanuvchi faqat 128 Kbit/s tezlik uchun haq tо‘laydi, 1,5 Mbit/s T-1 kanalining tezligi esa Vs+Ve mumkin bо‘lgan tebranishning yuqori chegarasiga ta’sir kо‘rsatadi.

СIR=512 Kbit/s

ВС=128 Kbit

Ве=128 Kbit

СIR=556 Kbit/s

ВС=512 Kbit

Ве=128 Kbit

СIR=128 Kbit/s

ВС=256 Kbit

Ве=64 Kbit

20.7-chizma. Frame Relay tarmog‘idagi xizmat kо‘rsatishga misol.

Xizmat kо‘rsatishning sifat kо‘rsatgichlari virtual kanallarning turli yо‘nalishlariga bir xil bо‘lishi mumkin. Chizmada 1 abonent 2 abonent bilan 136 belgili virtual kanal orqali ulangan. 1 abonentdan 2 abonentga yо‘nalishda kanal о‘rtacha 128 Kbit/s tezlikka Vc=256 Kbit (T oralig‘i 1s tashkil etadi) va Ve = 64 Kbit tebranish bilan ega. Kadrlarni teskari yо‘nalishga uzatishda esa о‘rtacha tezlik 256 Kbit/s ga Vs = 512 Kbit va Ve = 128 Kbit tebranish bilan yetishi mumkun.

Frame Relay texnologiyasi aloqa operatorlarining tarmoqlarida 90 yillarda soddaligi va mijozga ulanishlarning о‘tqazish imkoniyatini kafolatlash mumkunligi uchun keng tarqalgan edi. Shunga qaramay oxirgi yillarda Frame Relay xizmatlarining ommaviyligi keskin pasaydi, asosan bu MPLS texnologiyasining paydo bо‘lishi bilan bog‘liq bо‘ldi, u xuddi Frame Relay dagidek virtual kanallar texnikasiga asoslangan va foydalanuvchilarning ulanishlarini о‘tish imkoniyatini kafolatlashi mumkin. MPLS texnologiyasining hal qiluvchi avzalligi bu uning IP texnologiyasi bilan yaqin bog‘lanishidir, buning natijasida provayderlarga yangi aralash xizmatlarni oson hosil qilish mumkin. Undan tashqari, bugungi kunda MPLS ning vazifalarini barcha о‘rta va yuqori sinif marshrutizatorlari tomonidan quvvatlanadi, MPLS ning qо‘llanishi uchun tarmoqda alohida kommutatorlarni о‘rnatilishi talab etilmaydi.

**Nazorat uchun savollar**

1. Qanday tarmoqlarga birlamchi tarmoqlar deb ataladi?
2. Qanday tarmoqlarga ikkilamchi tarmoqlar deb ataladi?
3. Birlamchi tarmoqlarni hosil qilish uchun qanday texnologiyalardan foydalaniladi?
4. Vaqt bo‘yicha multiplesirlashni tushuntirib bering.
5. PDH tarmog‘ida kanallarni kommutatsiyalash.
6. SONET/SDH tarmoqlari.
7. DWDM tarmoqlari.
8. OTN tarmoqlari.
9. Frame Relay texnologiyasida kadrlar xarakati texniasini tushuntiring

**21 - ma’ruza. Global tarmoq texnologiyasi**

**Reja:**

21.1. ATM texnologiyasi.

21.2. MPLS texnologiyasi.

***Tayanch iboralar****:*virtual kanal, tovushni raqamlashtirish, paketlashtirishdagi ushlanish, vaqt bо‘yicha diskretlash,doimiy virtual kanal,kommutatsiyalanuvchi virtual kanal,IP-kommutatsiyalash.

**21.1. ATM texnologiyasi**

**Uzatishning asinxron ish tartibi** (Asynchronous Transfer Mode, **ATM** – asinxronniy rejim peredachi) – bu texnologiya ***virtual kanallarni*** о‘rnatishga asoslangan va birlashgan xizmat kо‘rsatish tarmoqlarining yangi avlodi uchun yagona universal transport sifatida ishlatish uchun mо‘ljallangan.

**Birlashgan xizmat kо‘rsatishni** bu yerda quyidagicha tushunish kerak, tarmoqning turli turdagi trafikni uzata olish imkoniyati: *ushlanishlarga sezgir* (masalan, tovush) va *elastik* trafik, yaʻni keng oraliqlarda ushlanishlarga imkon beruvchi trafik (masalan, elektron pochta trafigi yoki veb sahifalarni kо‘rish). Shu bilan ATM texnologiyasi Frame Relay texnologiyasidan farqlanadi.

Undan tashqari, ATM texnologiyasini loyihalashtiruvchilarining maqsadiga tezliklarning keng bosqichlarini uzatish va ATM kommutatorlarini ulash uchun birlamchi SDH tarmoqlarini ishlata olish imkoniyatini yaratish kirgan. Natijada ATM qurilmalarini ishlab chiqaruvchilari SDH tezliklarining birinchi ikki tezliklar bosqichi bilan cheklandilar, yani STM-1 (155 Mbit/s) va STM-4 (622 Mbit/s).

**ATM yacheykalar**. ATM texnologiyasida axborotlarni tashish uchun **yacheykalardan** foydalaniladi. Yacheykani kadrdan asosiy farqi faqat birinchidan, *qayd qilingan* va ikkinchidan *katta bо‘lmagan* о‘lchamga ega. Yacheykaning uzunligi 53 baytni tashkil etadi, axborot maydoni esa – 48 bayt. ATM tarmoqlari aynan shundek о‘lchamdagi ushlanishlarga sezgir tovush va videotrafiklarni kerakli sifat kо‘rsatgichida uzatadi.

Paketlarni uzatishdagi ushlanishi paketlarni kommutatsiyalash tarmoqlarida (bunga ATM xam kiradi) kommutatsiyalash tamoyilining oqibatidir, chunki har bir paket alohida uzatiladi va tarmoqning har bir kommutatorida yoki marshrutizatorida navbat mavjudligi tufayli uzoq buferlash oqibatida bо‘lishi mumkun. Tovushli va videotrafik uchun alohida paketlarning ushlanishi juda yomon oqibatlarga olib kelishi mumkin, chunki qabul qilish tomonida tovush va ta’svirning sifatiga ziyon yetadi. Internet-telefondan foydalanuvchilar bundek holat bilan tanishlar albatta, masalan, suxbatdoshning ovoz tembrining о‘zgarishi (hatto suxbatdoshni tanib bо‘lmas darajada va sо‘zni anglab bо‘lmaydigon holatga ham kelishi mumkin), aks sado paydo bо‘lishi va hokazolar.

**Tovushni raqamlashtirish**. Tovushni raqamlashtirish masalasi ancha umumiy masalaning xususiy holi bо‘lib – uzluksiz (analog) axborotni diskret (raqamli) shaklda uzatish. U 60 yillarda xal qilingan, yaʻni tovushni telefon tarmoqlari orqali nol va birlar ketma – ketligida uzatila boshlangandan sо‘ng. Bundek о‘zgartirish uzluksiz jarayonlarni amplituda bо‘yicha va shuningdek vaqt bо‘yicha diskretlashtirishga asoslangan (21.1-chizma).

0 t1 t2 t3 t4 t5 t6 t7 …

A4A6A7

A3

A2

A1

A5

Signal amplitudasi

Vaqt

Vaqt bо‘yicha diskretlash

Vaqt bо‘yicha diskretlash tamoyili

Amplituda bо‘yicha diskretlash

21.1-chizma. Uzluksiz jarayonni diskret modulyatsiyalash.

Dastlabki uzluksiz funksiyaning amplitudasi berilgan davrda о‘lchanadi – buning xisobiga *vaqt bо‘yicha diskretlash* sodir bо‘ladi. Sо‘ng har bir о‘lchash ma’lum razryadli ikkilik son bilan ifodalanadi, bu *qiymatlar bо‘yicha diskretlashni* bildiradi – amplitudaning uzluksiz kо‘p bо‘lishi mumkin bо‘lgan qiymatlarini uning diskret kо‘p qiymatlari bilan almashtiriladi.

Tovushni sifatli uzatish uchun tovush tebranishlarining amplitudasini kvantlash chastotasi 8000 Gs li ishlatiladi (vaqt bо‘yicha diskretlash 125 mks oraliqda). Amplitudani bitta о‘lchashini ifodalash uchun kо‘pincha 8 bitli kod ishlatiladi, bu tovush signalini 256 nuqtada о‘lchash imkonini beradi (qiymati bо‘yicha diskretlash). Bu holda bitta tovushli kanalni uzatish uchun 64 Kbit/s li о‘tkazish imkoniyati bо‘lishi zarur. Bunday tovushli kanalni **raqamli telefon tarmoqlarining elementar kanali** deb ataladi.

Uzluksiz signalni raqamli kо‘rinishda uzatish tarmoqlardan ikki о‘lchashlar orasidagi vaqt **125 mks** bо‘lgan oraliqqa qatiy rioya qilinishini talab etadi, aks holda dastlabki signal notо‘g‘ri tiklanadi va bu esa raqamli tarmoqlardan uzatilayotgan tovushni, tasvirni yoki boshqa multimediali axborotlarni buzilishiga olib keladi. О‘lchashlar orasidagi vaqt bо‘yicha 200 mks ga surilish talaffuz qilinayotgan sо‘zlarni tanib bо‘lmas holatga olib keladi.

Shu bilan birga о‘lchamlardan birini yoqotilsa va qolgan о‘lchashlar orasidagi sinxronlash saqlab qolinsa amaliy jihatidan tovushni hosil qilishga ta’sir etmaydi. Bu raqam-analog о‘zgartiruvch qurilmaning silliqlashini xisobiga sodir bо‘ladi, uning ishi har qanday signalning inersionligiga asoslangan – tovush tebranishlarining amplitudasi juda tez qisqa vaqtda katta qiymatga о‘zgara olmaydi.

Umuman tarmoqda vaqt bо‘yicha paketlarni yetkazish aniqligiga navbatlarning ta’sirini ifodalovchi kо‘rsatgichlarni, **xizmat kо‘rsatishning sifat kо‘rsatgichi** (Quality of Sevice, **QoS**)deb ataladi.

Bu kо‘rsatgichlarga odatda quyidagilar kiradi:

* paketni yetkazishdagi ushlanish (tovush uchun 150 ms dan ortiq emas);
* paketni yetkazishdagi surilishlar (80 – 100ms dan kо‘p bо‘lmasligi);
* paketlarni navbatda yо‘qolish ulushi (1 % dan kam bо‘lishi).

**QoS** kо‘rsatgichtalablarini ta’minlash usullaridan biri ushlanishlarga sezgir trafikni uzatuvchi paketlarga (kadrlar, yacheykalar) *ustunlik bilan xizmat kо‘rsatish.* Bugungi kunda navbatlarni ustunliklarga qarab tashkil qilinishini IP-marshrutizatorlari tomonidan ham va shuningdek Ethernetkommutatorlari tomonidan ham quvvatlanadi.

Loyihalashtiruvchilarning ATM yacheykalarining uncha katta bо‘lmagan о‘lchamli va qayd qilingan qilib tanlashlarining sabalaridan biri ustunlikka ega yacheykalar uchun **navbatda kutish ushlanishini** kamaytirishga urunishdan iborat. Gap shundaki, tarmoqlarda axborotlarni uzatishda *nisbiy ustunlik* bilan xizmat kо‘rsatish algoritmi joriy etiladi, shunga mos ravishda eng yuqori ustunlik bilan tugunga kelgan yacheyka navbat boshiga jо‘natilsa ham, hozirda ishlov berilayotgan yacheykaning uzatilishini tо‘xtatmaydi, uning uzatilib bо‘lishini kutadi. Shunday qilib, kam ustunlikka ega bо‘lgan uzun yacheykalarning mavjudligi, xatto eng yuqori ustunlikka ega yacheykalarning navbatda juda uzoq vaqt kutishiga olib kelishi mumkin.

Boshqa sababi axborotlarni yetkazishdagi ushlanishning yana bitta tashkil etuvchisini chegaralashga qaratilgandir – paketlashtirishdagi ushlanishdir. **Paketlashtirishdagi ushlanish** vaqti teng, tovushni birinchi о‘lchanishi paketning butkul hosil qilinish vaqtini va uni tarmoq bо‘ylab uzatilishini kutishdan iborat.

21.2-chizmada bu ushlanishning hosil bо‘lish mexanizmi keltirilgan.

Chizmada tovush kodeki kо‘rsatilgan – qurilma, tovushni raqamli shaklda havola qiladi. Mayli, u tovushni standart 8 KGs (yani xar 125 mks dan sо‘ng) chastotaga mos ravishda har bir о‘lchashni bir bayt axborot bilan kodlashtirish orqali amalga oshirsin. Agarda biz tovushni uzatish uchun Ethernet kadrining maksimal о‘lchamini ishlatsak, u holda bitta kadrga 1500 ta tovushni о‘lchangan qiymati sig‘adi. Natijada Ethernet kadriga joylashtirilgan birinchi о‘lchash tarmoqqa kadrni jо‘natilishini (1500 - 1) 125 = 187 375 mks kutishga majbur bо‘ladi, yoki 187 ms atrofidagi vaqt davomida kutadi. Bu tovush trafigi uchun juda katta ushlanishdir. Standartning takliflari 150 ms kattalik ustida tovushni maksimal ruxsat etilgan *jamlangan ushlanish* haqida gap yuritadi, unga paketlashtirishdagi ushlanish qо‘shiluvchilardan biri sifatida kiradi.

Kodek

τ-tovish о‘lchashlarining orasidagi masofa

60 Кbit/s tovush

Sarlavha

Paketlashtirishdagi ushlanish = N x τ

21.2-chizma. Paketlashtirishdagi ushlanish.

ATM yacheyka о‘lchami 53 bayt, undan axborot maydoni 48 baytni tashkil etadi, bu kattalik elastik va ushlanishlarga sezuvchan trafikni uzatishdagi tarmoqqa qо‘yiladigan talablar о‘rtasidagi kelishuv natijasi deyilsa bо‘ladi. Yana quyidagicha aytish mumkin, kelishuv telefonchilar va kompyuterchilar о‘rtasida amalga oshirilgan, ulardan birinchisi maydon о‘lchamini 32bayt bо‘lishini talab qilganlar, ikkinchilari esa 64 bayt bо‘lishini.

Axborotlar maydonining о‘lchami 48 bayt bо‘lganda ATM yacheykasining bittasi odatda tovushni 48 ta о‘lchanishini olib о‘tadi, ularni 125 mks oraliqda amalga oshiriladi. Shuning uchun birinchi о‘lchash yacheyka tarmoqqa jо‘natilguncha taxminan 6 ms kutishi kerak bо‘ladi. Aynan shu sababga kо‘ra telefonchilar yacheyka о‘lchamini kamaytirish uchun kurashganlar, chunki bu 6 ms ushlanish vaqt tovushni uzatish sifatini buzilish chegarasidagi yaqin vaqt hisoblanadi. Yacheyka о‘lchamini 32 bayt qilib tanlanganda esa paketlashtirishdagi ushlanish 4 ms tashkil etgan bо‘lar edi, bu esa tovushni ancha sifatli uzatishni kafolatlar edi. Kompyuter mutaxassislarining axborotlar maydonini loaqal 64 baytgacha oshirishga urinishlari tushinarli – bunda axborotlarni uzatishning foydali tezligi oshar edi. 48 baytli maydon ishlatilganda xizmatchi axborotlarning ortiqchaligi 10% tashkil etadi, 32 bitli axborotlar maydoni ishlatilganda esa u darrov 16 % gacha oshadi.

* **ATM ning virtual kanallari**. ATM tarmoqlarida virtual kanallarning ikki turi quvvatlanadi:
* **doimiy virtual kanal** (Permanent Virtual Circuits, **PVC** – постоянный виртуалный канал);
* **kommutatsiyalanuvchi virtual kanal** (Switched Virtual Circuits, **SVC** – коммутируемый виртуалный канал), avtomatik amalni ishlatish orqali oxirgi tugunning tashabbusi bilan uni yaratilishi dinamik ravishda amalga oshiriladi.

PVC kanallari xuddi shu turdagi Frame Relay tarmoqlaridagi bilan bir xil, ATM texnologiyasidagi dinamik о‘rnatiladigan SVC kanallarini quvvatlash uchun esa maxsus **signalizatsiya protokoli** qо‘shildi – bu protokol, uning yordamida tarmoq abonentlari operativ ravishda SVC kanallarini о‘rnatishlari mumkun. Protokollarning bunday turi telefon tarmoqlarida telefon abonentlari о‘rtasida ulanish о‘rnatish uchun ishlatiladi. Signal protokolining ishlashi uchun, ATM tarmog‘ining oxirgi tuguni global yagona 20 razryadli manzilni oldi, aks holda – virtual kanalni о‘rnatishga tashabbuskor bо‘lgan abonent qaysi abonent bilan ulanishni xoxlashini kо‘rsata olmas edi.

ATM tarmoqlarida moslashuvchanlikni ta’minlash uchun virtual kanallarning ikki bosqichi kiritilgan: **virtual yо‘l** (virtual path) va **virtual ulanish** (virtual circuit). Virtual yо‘lni virtual kanal belgisining nomerini katta qisimi bilan aniqlanadi, virtual ulanishni esa – kichik qismi bilan aniqlanadi. Har bir virtual yо‘l о‘z tarkibiga shu yо‘l ichidan о‘tadigan 4096 tagacha virtual ulanishlarni oladi. Shu yо‘l ichida joylashgan yо‘l uchun yо‘nalish va ulanishlarni aniqlansa yetarlidir, unga rioya qiladilar.

**ATM xizmatlar toifasi**. Xizmat kо‘rsatishning talab etilgan sifatini quvvatlash uchun va ATM texnologiyasida resurslarni ratsional ishlatish uchun bir necha xizmat kо‘rsatuvchilar joriy etilgan. Tarmoqning kirishiga keladigan trafikning sinfiga mos ravishda xizmatlari toifalarga ajratilgan.

Jami bо‘lib ATM protokoli pog‘onasida xizmatlarning beshta toifasi belgilangan:

* **CBR** (Constant Bit Rate) – bir xil tezligidagi bitli trafik uchun, masalan, tovushli;
* **rtVBR** (real-time Variable Bit Rate ) – о‘zgaruvchan tezligidagi bitli trafik uchun, u axborotlar uzatilishini о‘rtacha tezligiga rioya qilinishini uzatuvchi va qabul qiluvchini sinxronlashni talab etadi (misol bо‘lib bitli о‘zgaruvchan tezlikka video trafik bо‘lishi mumkin, u tayanch kadrlarning ishlatilishi tufayli kо‘p videokodek ishlab chiqaradi va tasvirni tayanch kadrga nisbattan о‘zgarishini bayon etuvchi kadrlarni ham ishlab chiqaradi).
* **ntrVBR** (non real-time Variable Bit Rate) – о‘zgaruvchan tezligidagi bitli trafik uchun axborotlar uzatishda rioya qilinishini ta’lab etiladigan о‘rtacha tezligini va uzatuvchi hamda qabul qiluvchini sinxronlashni ta’lab etilmaydigan.
* **ABR** (Available Bit Rate) – о‘zgaruvchan tezligidagi bitli trafik uchun axborotlar uzatishda qandaydir minimal tezlikka rioya qilinishini talab etiladigan va uzatuvchi hamda qabul qiluvchini sinxronlashni talab etilmaydigan.
* **UBR** (Unspecified Bit Rate) – axborotlar uzatishda tezligiga ta’lab qо‘yilmaydigan va uzatuvchi hamda qabul qiluvchini sinxronlashni ta’lab etilmaydigan trafik uchun.

Bu yerdan kо‘rinadiki, ATM tarmog‘i Frame Relay tarmog‘idan farq qiladi, ATM tarmoqlarida xizmat kо‘rsatishning kerakli darajasi nafaqat CIR, Vs va Ve kо‘rsatgichlarning sonli qiymatlari bilan va yana xizmatlar toifasi bilan ham beriladi.

ATM texnologiyasi Frame Relay texnologiyasi kabi о‘zining ommaviylik chо‘qqisini bosib о‘tib bо‘ldi va hozir uning tatbiq sohalari keskin kamaymoqda. Buning sabablaridan biri DWDM tarmoqlarining paydo bо‘lishi va Ethernet texnologiyasining yuqori chegarasining kengayishi bо‘ldi. ATM ga qiziqishlarning kamayishining yana bir sababi bu texnologiyaning murakkabligi edi. Xususan, yacheykalarning kichik о‘lchami ishlatilganligi uchun ba’zi muammolar kelib chiqadi – yuqori tezliklarda qurilmalar yacheykalarning juda tez keladigan oqimini qiyinchilik bilan eplay oladilar (bir xil tezlikda va bir xil xajmdagi axborotlarni uzatishdagi Ethernet ning maksimal uzunlikdagi kadrlar soni bilan ATM ning yacheykalarini sonini solishtirib kо‘ring).

Frame Relay da bо‘lgan hol kabi, MPLS texnologiyasining paydo bо‘lishi, u bir tomondan ATM ning ba’zi xususiyatlariga ega, masalan, determinirovann yо‘nalishlarni quvvatlaydi (bu virtual yо‘llar texnikasiga asoslangan texnologiyalarning umumiy xususiyatidir), boshqa tomondan esa, xohishiy о‘lchamdagi kadrlarni ishlatishi va IP bilan zich yaqinlashganligi ATM egallagan о‘rnini muammolik qilib qо‘ydi. ATM ning avvalgidek qо‘llanadigan sohalardan biri bu Internetga keng yо‘lakli ega bо‘lishda. Agarda Siz о‘zingizning uyingizdagi ADSL ga qarasangiz u yerda ATM stekiga tegishli yozuvni kо‘rasiz.

**21.2. MPLS texnologiyasi**

**Belgi yordamida kо‘p protokolli kommutatsiyalashlar** (Multi-Protocol Label Switching, **MPLS** – mnogoprotokolniy kommutatsii s pomoshyu metok ) texnologiyasi kо‘p mutaxassislar tomonidan bugungi kundagi eng dolzarb transport texnologiyasi deb hisoblanmoqda. Bu texnologiya virtual kanallar texnikasining afzalliklari bilan TSR/IP stekining funksionalligini birlashtirgan.

Birlashish bitta tarmoq qurilmasi **belgilar bо‘yicha kommutatsiyalovchi (ulovchi) marshrutizator** (Label Switch Router, **LSR**) deb atalishi tufayli sodir bо‘lmoqda, u IP-marshrutizatorining ham vazifasini va shuningdek virtual kanallar kommutatorining vazifasini ham bajaradi. Bu ikki qurilmani mexanik ravishda birlashtirish emas, qachonki har bir qurilmaning vazifasi bir-birining vazifasini tо‘ldiradi va birgalikda ishlatiladi.

Birinchi marta marshrutlash (yо‘nalish tanlash) va kommutatsiyalash (ulashni) bitta qurilmada amalga oshirish g‘oyasi 90 yillarning о‘rtasida bozorda IP/ATM aralash qurilma paydo bо‘ganda joriy etilgan edi. Bu qurilmalarda yangi texnologiya **IP-kommutatsiyalash** (IP switching) joriy etilgan bо‘lib, unda IP-paketlarni tarmoq orqali xarakatlanishini tezlatish muammosini IP va ATM stek protokollarining birgalikdagi xarakati orqali yechilgan. Shu vaqtda IP protokoli kо‘pincha ATM ning yuqori qatlamida ishlagan, bunda provayder tarmog‘idagi chegaraviy IP-marshrutizatorlar о‘rtasida ATM kanallari axborotlarni tez uzatish uchun ishlatilgan (kо‘pincha kafolatlangan о‘tqazish imkoniyatini va QoS quvvatlashida), shu bilan u oraliqdagi magistral IP- marshrutizatorlarni “aylanib о‘tish” yoki “taajjubda qoldirish” ni amalga oshirgan. О‘sha vaqtning IP-marshrutizatorlari ATM kommutatorlaridan ancha sekin ishlagan, shuning uchun bunday “taajjubda qoldirish” dan samara jiddiy bо‘lgan. Biroq bu usulning kamchiligi bо‘lgan edi – u qisqa vaqtli oqimlar uchun yomon ishlagan, chunki ATM da dinamik ulanishlarning о‘rnatilish vaqti ularda shu oqimning axborotlarini uzatish vaqti bilan bir xil yoki undan oshiq bо‘lgan.

IP va ATM vazifalarining bir qurilmada birlashishi bu muammoni hal qilish imkonini berdi va shu bilan bir qatorda marshrutlashtirish protokollarini takrorlanishini bartaraf etdi, chunki ikki stek uchun (yaʻni IP va ATM) tarmoq topologiyasi bir xil bо‘lgan.

IP-kommutatsiyalash texnologiyasi aloqa operatorlari tomonidan darrov qabul qilindi va ommaviy bо‘lib qoldi. Bir necha firma texnologiyalarining variantlari asosida turli kompaniyalarning mutaxassislaridan tashkil topgan IETF ishchi guruhi 90 yillarning oxirida MPLS texnologiyasini yaratdilar.

**LSR va axborotlarning harakatlanish jadvali**. Marshrutlashtirish protokollari tarmoq topologiyasini aniqlash uchun ishlatiladi, bir provayder tarmog‘ining chegarasini ichida axborotlarni xarakatlantirish uchun virtual kanallar texnikasi qо‘llanadi.

О‘tmishdagi texnologiyalarning bu asosiy tamoyili, IP-kommutatsiyalash kabilar, MPLS texnologiyasida saqlab qolingan.

Turli texnologiyalarning protokollarini birlashtirish tamoyili 20.3 va 20.4-chizmalarda namoyish etilgan. Ulardan birinchisida standart IP-marshrutizatorining soddalashtirilgan arxitekturasi keltirilgan, ikkinchisida MPLS texnologiyasini quvvatlovchi LSR aralash qurilma arxitekturasi kо‘rsatilgan.

Boshqarish

Mashrutlashtirish protokollari

Mashrutlashtirish jadvali

IP-harakatlanish

Axborotlarni harakati

Interfeys

Interfeys

Kiruvchi trafik

Chiquvchi trafik

RIP, OSPF, IS-IS protokollari yordamida mashrutlashtirish

RIP, OSPF, IS-IS protokollari yordamida mashrutlashtirish

21.3-chizma. IP-marshrutizatorining arxitekturasi.

LSR qurilmasi IP-marshrutizatorining barcha vazifalarini bajargani uchun u IP-marshrutizatorining barcha bloklarini о‘z tarkibiga oladi, LSR da MPLS vazifasini bajarishi uchun esa qator qо‘shimcha bloklar kiritilgan, ular boshqarish uchun va shuningdek axborotlarni harakatlantirish uchun taaluqlidirlar.

Boshqarish

Mashrutlashtirish protollari

Signal protokoli

Mashrutlashtirish jadvali

Harakatlanish jadvali

Axborotlarni harakati

Interfeys

Belgilar bо‘yicha harakatlanish

IP-harakatlanish

Interfeys

Kiruvchi trafik

Chiquvchi trafik

Belgilar bо‘yicha kommutator yо‘l о‘rnatish

RIP, OSPF, IS-IS protokollari yordamida mashrutlashtirish

RIP, OSPF, IS-IS protokollari yordamida mashrutlashtirish

21.4-chizma. LSR arxitekturasi.

Misol tariqasida *belgilar bо‘yicha harakatlanish blokini* kо‘rsatish mumkin, u IP-paketlarni IP-manzil asosida uzatmay, belgi maydoni asosida uzatadi. Keyingi xopni ( ) tanlashdagi yechim qabul qilishda belgilar bо‘yicha harakatlanish bloki *kommutatsiyalash jadvalini* ishlatadi, MPLS standartida uni **harakatlanish jadvali** nomi bilan ataladi. Harakatlanish jadvali MPLS texnologiyasida boshqa texnologiyalardagi virtual kanallar texnikasidagi jadvalga о‘xshashdir (21.1 jadval).

21.1 jadvali. MPLS texnologiyasida harakatlanish jadvaliga misol.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kirish interfeysi** | **Belgi** | **Keyingi xop** | **Xarakat** |
| S0 | 245 | S1 | 256 |
| S0 | 27 | S2 | 45 |
| … | … | … | … |

LSR qurilmasining har biriga harakatlanish jadvali *signa protokoli* bilan hosil qilinadi, u MPLS da **belgilarni taqsimlash protokoli** (Label Distribution Protocol, **LDP**)nomiga ega.

LDP protokoli tarmoq bо‘ylab virtual kanal yotqizadi, uni MPLS texnologiyasida **belgilar bо‘yicha kommutatsiyalash yо‘llari** deb nomlanadi (Label Switching Path, **LSP**).

**Belgilar bо‘yicha kommutatsiyalash yо‘llari**. 21.5-chizmada bir necha IP tarmoqlari bilan muloqotda bо‘luvchi MPLS tarmog‘i keltirilgan.

IP-tarmoq

IP-tarmoq

IP-tarmoq

IP-tarmoq

IP-tarmoq

LER6

LER2

LER3

LER7

LER8

LER9

LER1

LER5

***LSP1***

***LSP2***

***LSP3***

***LSP4***

***MPLS-tarmoq***

LER4

21.5-chizma. MPLS tarmog‘i.

MPLS texnologiyasida chegaraviy LSR qurilmalari maxsus nomga ega - **belgilar bо‘yicha chegaraviy kommutatsiyalovchi marshrutizatorlar** (Label switch Edge Routers, **LER**).

LER qurilmasi bajaradigan vazifasi bо‘yicha ancha murakkab bо‘lib, boshqa tarmoqlardan trafikni standart IP-paket kо‘rinishida qabul qilib olgach, sо‘ng ularga belgini qо‘shadi va bir necha oraliq LSR qurilmalar orqali mos yо‘l bо‘ylab LER chiqish qurilmasiga yо‘naltiradi. Bunda paket borishi kerak bо‘lgan IP-manzil asosida harakatlanmay belgi asosida harakatlanadi.

**Ekvivalent harakatlanish sinifi haqidagi** (Forwarding Equivalence Class, **FEC**) axborot deb ataluvchi asosida tarmoqda mavjud LSR yо‘llardan bittasida LER IP-manzilni aks ettirishni amalga oshiradi.

FEC qaysidir IP tarmoq ostisiga yoki IP-tarmoq ostilar tо‘plamiga mos kelishi mumkun. FEC belgilari sifatida va IP-manzildan farqlanuvchi axborot sifatida masalan, paket kelgan interfey nomerini yoki agarda paket Ethernet kadrlarida inkapsulyatsiyalangan bо‘lsa VLAN nomerini ishlatishi mumkin.

Virtual kanallar texnikasini ishlatadigan xuddi boshqa texnologiyalaridek, xar bir LER va LSR qurilma doirasida belgi ***maxalliy*** ahamiyatga ega, yani kirish interfeysidan chiqishga paketni uzatishda belgi qiymatini о‘zgartirish bajariladi.

MPLS da LSR yо‘llari topologiyaga mos ravishda xomaki (predvaritelno) о‘rnatiladi. Yо‘l о‘rnatishga bir necha yondoshish mavjud, uni tanlash kо‘rsatgichi va topish usuli bilan ular farqlanadi.

LSR bu bir yо‘nalishli virtual kanaldir, shuning uchun ikki LER qurilmalari о‘rtasida trafikni uzatish uchun kamida ikkita belgi bо‘yicha kommutatsiya yо‘lini о‘rnatish kerak – har bir yо‘nalishga bittadan. 21.6- chizmada ikki juft belgi bо‘yicha kommutatsiyalash yо‘li kо‘rsatilgan, LER2 va LER3, shuningdek LER1 va LER4 qurilmalarini ulovchi. Ayonki, barcha tarmoqlarni aloqasini ta’minlash uchun bu yetarli emas. Odatda LER qurilmalari belgi bо‘yicha kommutatsiyalash yо‘li yordamida tо‘liq bog‘langan tarkibni tashkil qilishi kerak, uning aniq MPLS tarmoqlarda о‘rni bor. Bu tarkib chizmada uning grafik kо‘rinishda ta’svirlash juda katta bо‘lganligi uchun kо‘rsatilmadi.

LER chiqish qurilmasi belgini olib tashlab keyingi tarmoqqa paketni endi tarmoq uchun standart bо‘lgan IP shaklda uzatadi. Shunday qilib, MPLS texnologiyasi qolgan boshqa IP tarmoqlar uchun shaffof bо‘lib qoladi.

**MPLS sarlavhasi va kanal bosqichidagi texnologiyalar**. MPLS sarlavhasi bir necha maydonlardan tashkil topgan (21.7-chizma).

* *Belgi* (20 bit) belgilar bо‘yicha mos ulanish yо‘lini tanlash uchun xizmat qiladi.
* *Hayot vaqti* (TTL). Bu maydon 8 bitli bо‘lib, IP paketning bir xil maydonini takrorlaydi. Bu LSR qurilmasi “adashgan” paketni IP sarlavhasiga murojat etmasdan faqat MPLS sarlavhasidagi axborotga asosan tashlab yuborishi mumkun bо‘lishi uchun kerak.
* *Belgi stekining tagini kо‘rsatuvchi ishora* - S (1 bit).

01234567890123456789012345678901

Metka │СоS│S│ TTL

PPP sarlavhasi

0 1 2 3

MPLS sarlavhasi

L3 sarlavhasi

L3 sarlavhasi

Ethernet sarlavhasi

MPLS sarlavhasi

L3 sarlavhasi

L3 sarlavhasi

DLCI

MPLS sarlavhasi

L3 sarlavhasi

L3 sarlavhasi

PPP axborotlari

Ethernet axborotlari

Frame Relay axborotlari

Белги

PPP

Frame Relay

Ethernet

ATM

VPI VCI

Belgi

MPLS sarlavhasi

L3 sarlavhasi / L3 axborotlari

ATM axborotlari

ATM sarlovxasi

21.7-chizma. Bir necha MPLS texnologiya turlarining sarlavhalarini о‘lchamlari.

* *Xizmatning sinfi* (Class of Service, CoS). CoS maydoni 3 bitni egallaydi, dastlab texnologiya rivojlanganda kerak bо‘lishi uchun zaxiraga tashlab ketilgan edi, lekin sо‘ngi vaqtlarda asosan QoS ma’lum kо‘rsatgichini talab etuvchi trafik sinfini kо‘rsatish uchun ishlatilmoqda.

**Belgi stekining** konsepsiyasi LSR chajarasi tashkil etish imkonini beradi, qachonki LSR ni tashqi yо‘lining ichida (shuningdek tunnel deb ataluvchi) bir necha ikkinchi bosqichli LSR yо‘llari mavjut; о‘z navbatida ikkinchi bosqichli LSR yо‘llarining ichida bir necha LSR uchinchi bosqichli yо‘llar bо‘lishi mumkun va xokazo. ATM texnologiyasini о‘rganayotganimizda biz virtual kanallarning chajara konsepsiyasini eslatib о‘tgan edik, u texnologiyada chajaraning ikki bosqichi ishlatiladi: virtual yо‘l (VP) va virtual ulanishlar (VC). MPLS kanallar chajara bosqichlar sonini cheklamaydi.

Chizmadan kо‘rinib turibdiki MPLS texnologiyasi bir necha turdagi kadrlarni quvvatlaydi: PPP, Ethernet, Frame Relay va ATM. Buni MPLS qatlami ostida sanab о‘tilgan texnologiyalaridan biri ishlaydi deb tushunish kerak emas. Bunda faqat MPLS texnologiyasida sanab о‘tilgan texnologiyalarning kadrlarining о‘lchami ishlatiladi, ularga tarmoq darajasidagi paketni joylash uchun albatta, ular bugungi kunda deyarli har doim IP-paketlardir.

PPP, Ethernet va Frame Relay kadrlarida MPLS sarlavhasi yagona sarlavha bilan 3- bosqich paket sarlavhasining orasiga joylashtiriladi. ATM yacheykalari bilan MPLS texnologiyasi boshqacha ishlaydi: u bu yacheykalarning sarlavhalaridagi mavjud VPI/VCI maydonlardan virtual ulanishlar belgisi uchun ishlatadi. VPI/VCI maydonlar faqat belgi maydonini saqlash uchun ishlatiladi, MPLS sarlavhasining SoS, S va TTL maydoni bilan qolgan qismini ATM-yacheykalarning axborotlar maydoniga joylashtiriladi va MPLS texnologiyasini quvvatlovchi ATM kommutatorlari tomonidan yacheykalarni uzatilganda ishlatilmaydi.

**MPLS buzulishga barqarorligi**. MPLS bir necha buzilishga barqarorlik mexanizmlarini ishlatadi yoki SDH texnologiya atamasida – tarmoqning qandaydir elementida buzilish sodir bо‘lgan holda *yо‘nalishni avtomatik himoyalangan ulanishi* sodir bо‘ladi: LSR interfeysi, aloqa yо‘li yoki LSR ning о‘zi.

Bu mexanizmlarni 21.8-chizma namoyish etadi, unda LER1 va LER2 qurilmalarini LSR1 va LSR4 orqali ulanishini LSR 1 ning asosiy yо‘li kо‘rsatilgan.

MLSP tarmog‘i

LC1-2 zaxira yо‘lni himoyalash

LCP 1 asosiy

LCP 1-1 zaxira yо‘lni himoyalash

Tugunni himoyalash: LCP 1-3 zaxira

21.14-chizma.MPLS tarmoqlarining buzilishga barqarorlik mexanizmi.

Bugungi kungacha MPLS tarmoqlarida buzilishga barqarorlikning uchta mexanizmi standartlashtirilgan.

* *Aloqa yо‘lini himoyasi*. Bunday himoya ikki LSR qurilmasi orasidagi bevosita ulangan aloqa yо‘llarida tashkillashtiriladi. Bu ikki qurilma orasidagi aylanib о‘tuvchi yо‘l shundek quriladiki, buzulish sodir bо‘lganda aloqa yо‘lini aylanib о‘tish mumkin bо‘lsin. 21.8-chizmada shu tariqa LSR1- LSR4 aloqa yо‘llari LSR1-2 orqali LSR3 aylanib о‘tish yо‘li hisobiga himoyalangan. Bunday himoyalashni tashkil etish uchun belgilar shajarasi ishlatiladi: yо‘lning aylanib о‘tish qisimida LSR1 yо‘lning asosiy belgisi stekka kirgiziladi va LSR1-3 yо‘l belgilarining yangi bosqichi aylanib о‘tish yо‘lining oxiriga yetib borguncha ishlatiladi. Sо‘ng LSR4 ikkinchi bosqich belgilarini olib tashlaydi va asosiy bosqich belgilarini yо‘lni davom ettirish uchun ishga tushuradi.
* *Tugunni himoyasi*. LSR1-3 aylanib о‘tish yо‘li shunday о‘rnatiladiki, buzilgan LSR qurilmasini aylanib о‘tiladi, bizning misolimizda bu LSR4 qurilmasi.
* *Yо‘lni himoyasi*. Tarmoqda asosiy yо‘lga qо‘shimcha xuddi shu LER qurilmalarini bog‘lovchi yо‘l о‘tkaziladi, lekin imkoni boricha LSR qurilmalari orqali о‘tuvchi va asosiy yо‘lda aloqa yо‘li uchrashmaydigan qilib о‘tkaziladi. Chizmada bu LSR1-1 zaxira yо‘lidir. Ushbu mexanizm eng universal, ammo eng sekin ishlovchidir. Ikki yuqoridagilari esa, ular tezligi bо‘yicha SDH himoyasi bilan taqqoslasa bо‘ladi va ulanishlarni taxminan 50 ms atrofida ta’minlaydi, shuning uchun tez yо‘nalish о‘zgartiruvchi nomini olgan (fast re-route).

**MPLS texnologiyasining ishlatilish soxalari**. Biz MPLS texnologiyasining asosida yotuvchi tamoyillarni qisqacha kо‘rib chiqamiz. Hozirgi vaqtda MPLS ni amaliy jixatdan qо‘llanadigan bir necha sohalari mavjud, ularda bu tamoyillar kerakli vazifani bajarishi uchun ma’lum xususiyatli mexanizmlar va protokollar bilan tо‘ldirilgan. Quyida MPLS eng kо‘p tarqalgan sohalari keltirilgan:

**MPLS IGP**. Ushbu holda MPLS texnologiyasi faqat yо‘nalish bо‘ylab ketayotgan standart ichki shlyuzli marshrutlashtirish protokollari tanlagan (**IGP**) tarmoq darajasidagi *paketlarni harakatlanishini tezlatish* uchun ishlatiladi. Odatda yо‘nalish tanlash uchun OSPF va IS-IS marshrutlashtirish protokollari qо‘llanadi, LSR qurilmalari о‘rtasida belgilar LDP protokollari orqali taqsimlanadi. Lekin hozirda tez ishlovchi marshrutizatorlarning yaratilishi munosabati bilan о‘zining dastlabki dolzarbligini yoʻqotdi.

**MPLS TE**. Bu xolda yо‘lni belgilar bо‘yicha kommutatsiyalash marshrutlashni rivojlantirilgan protokollari OSPF va IS-IS asosida **trafik injenering** (Traffic Engineering, **TE**) masalasini yechish uchun ishlatiladi. Bu protokollarda о‘lchov sifatida zaxiralashga yetarli aloqa yо‘lining о‘tqazish imkoniyati ishlatiladi. Bu ish tartibini ishlatish uchun LSR yangi yо‘lini о‘tkazishdagi har bir sо‘rovda shu yо‘lga zaxiralash uchun zarur bо‘lgan о‘tkazish imkoniyatini kо‘rsatish kerak bо‘ladi.MPLS TE texnikasi nafaqat *tarmoqning barcha resurslarini ratsional va muvozanatlashtirilgan yuklanishini ta’minlab* qolmay, lekin yana *QoS kafolatlangan kо‘rsatgichlar* bilan transport xizmatlarini havola qilish uchun yaxshi asos ham yaratadi. CSPE protokoli tanlagan yо‘lni hosil qilish uchun RSVP TE protokoli xizmat qiladi. Yana shuningdek yо‘l tanlashni tashqi optimal rejalashtirish tizimi yoki tо‘liq qо‘l yordamida amalga oshirish ham mumkin.

**MPLS VPN**. Bu qо‘llanish soxasida tarmoqdan foydalanuvchilar о‘rtasida trafikni chegaralash orqali **xususiy virtual tarmoq** (Virtual Private Network, VPN – virtualniye chastniye seti) *xizmatlarini havola qilishi* mumkin. О‘z nomi virtual xususiy tarmoqdan kelib chiqadiki, u qandaydir qilib *real* xususiy tarmoq xususiyatlarini hosil qiladi. Xususiy tarmoq tо‘liq bitta mulk egasiga tegishli bо‘ladi (korxona, kompaniya), u boshqa tarmoqlardan ajratilgan, demak u quyidagi xususiyatlarga ega: yuqori xavfsizlik, ega bо‘lish, bashorat qilsa bо‘ladigan о‘tkazish imkoniyatli, manzil va nom tanlashda mustaqillik kabilar.VPN texnologiyasi bir necha korxonalar bilan birgalikda ishlatilayotgan tarmoqda (masalan, provayder tarmog‘ida), sifati bо‘yicha xususiy tarmoq servislariga yaqin servisni hosil qilishga imkon beradi. Bir necha VPN texnologiyalari mavjud, ulardan bittasi masalan, trafikni shifrlashga asoslangan. MPLS VPN ushbu variantida virtual kanallar texnikasi qо‘llaniladi, paketlarni kommutatsiyalashli ommabop tarmoq infrastrukturasida xususiy tarmoq xususiyatlarini tashkil qilish tamoilini kafolatlaydi. Bu quyidagi bilan tushuntiriladi, IP dagidek deytogammali tarmoyqlardan farqli (Internet ham IP ga asoslangan), ularda har bir tugunga har bir tugun bilan muloqot qilishga ruxsat etiladi, virtual kanalli tarmoqlarda esa tugunlar bilan muloqot mumkin, agarda ular о‘rtasida virtual yо‘l о‘tkazilgan bо‘lsagina. Bunday turdagi VPN ni tashkil etish uchun Frame Relay xizmatlari keng ishlatilgan edi, hozirgi vaqtda esa bu maqsadda MPLS xizmatlaridan foydalanilmoqda.

**Nazoratuchun savollar**

1. AEM texnologiyasini tushuntiring.

2. ATM yacheykasi xaqida ma’lumot bering.

3. MPLS texnologiyasini tushuntiring.

**22 - ma’ruza. Global tarmoq texnologiyasi**

**Reja:**

22.1. IP global tarmoqlar.

22.2. Masofaviy ega bo‘lish.

***Tayanch iboralar****:* IP texnologiyasi, masofaviy ega bо‘lishni, ishtirok etish nuqtasi,kommutatsiyalanuvchi ega bо‘lish,simsiz ega bо‘lish texnologiyalari,himoyalanmagan ulanish.

**22.1. IP global tarmoqlar**

**Global IP tarmoq tarkibi**. IP texnologiyasi tarkibiy tarmoqlarni tuzish uchun mо‘ljallangan, bunda tarkib qismlari sifatida mahalliy tarmoq ham bо‘lishi mumkin va shuningdek global tarmoq ham bо‘lishi mumkin.

IP bosqisi ostida global tarmoq qatlami qanday tuzilganiga qarab, “toza IP tarmoqlar” haqida va “ustidagi” (over) qaysidir texnologiya haqida gap yuritishimiz mumkin bо‘ladi, masalan, IP over ATM. “toza IP tarmoqlar” nomi, IP bosqichi ostida paketlarni kommutatsiyalashni (kadrlar yoki yacheykalar) amalga oshiruvchi hech qanday boshqa bosqich yо‘q ekanligini bildiradi.

22.1-chizmada shunday turlanish tushintirilgan. Sifatli va turli xizmatlarni havola qilish uchun kо‘pchilik katta global tarmoqlarda, ayniqsa tijorat tarmoqning aloqa operatorlari **kо‘p qatlamli IP tarmoq** kо‘rinishida quriladi, sxematik kо‘rinishi chizmada keltirilgan.

Ikki pastki qatlam – bu *birlamchi tarmoq* bosqichlari. Yetti bosqichli OSI modeli bosqichlarining bitta bosqichiga mos keladi – jismoniy bosqichga, chunki paketli tarmoqqa birlamchi tarmoq xuddi nuqta-nuqta jismoniy kanallar tо‘plami kabi kо‘rinadi. Birlamchi tarmoqning eng pastki bosqichida 10 Gbit/s tezlikdagi spektral kanal tashkil etuvchi, bugungi kunda eng tez bо‘lgan DWDM texnologiya ishlaydi. Keyingi qatlamda DWDM ustida SDH texnologiyasi (PDH ega bо‘lishli tarmoq bilan) tatbiq etilishi mumkin yoki OTN, uning yordamida spektral kanallarning о‘tkazish imkoniyati ancha past unumdorlikka ega bо‘lgan paketli tarmoq kommutatorlar (yoki telefon kommutatorlarini) interfeyslarini bog‘lovchi “mayda” TDM-kanal ostilarga bо‘linadi. Ba’zida DWDM spektral kanal qatlamini nolinchi qatlam ham deb ataladi, SDH/OTN qatlam esa – birinchi qatlam bо‘ladi, vaholanki bunday nomlar standartlashtirilgan nomlar emas.

IP

ATM/FR/MPLS

SDH/OTH

DWDM

PPP/HDLC

Paketli tarmoq

Telefon tarmog‘i

Telefon tarmog‘i

Aloqa operatorining tarmog‘i

Paketli tarmoq

22.1-chizma. Aloqa operator tarmog‘ining kо‘p bosqichli tarkibi.

Birlamchi tarmoq asosida tarmoq operatori keyingi qatlam qurilmalari ulanadigan nuqtalar о‘rtasida – *ustama tarmoqning* (paketli yoki telefon) doimiy raqamli kanalini yetarli darajada tez tashkil qilishi mumkun.

Chizmada keltirilgan global tarmoq modelining yuqori qatlami IP tarmoqdan tashkil etilgan.

IP ni birlamchi tarmoq bosqichlari bilan muloqoti ikki xil ssenariy asosida sodir bо‘lishi mumkun. Birinchi ssenariy bо‘yicha bundek muloqot oldin kо‘rilgan global tarmoq texnologiyalaridan birining oraliq qatlami ta’minlaydi, bugungi kunda aniqrog‘i MPLS bо‘ladi, ATM yoki Frame Relay emas. Bundek oraliq qatlam, shuningdek IP kabi, paketlarni kommutatsiyalamay, kadrlarni yoki yacheykalarni kommutatsiyalaydi, bu qatlam tarmoqlari IP tizim osti protokollari uchun tarkibiy tarmoqqa birlashtirish zarurdek “kо‘rinadi”.

ARP о‘z ishini bajara olmaydi, yaʻni avtomatik ravishda IP-manzil bilan global tarmoq manzili о‘rtasidagi moslikni (bundek manzillarga misol bо‘lib Frame Relay ning virtual kanal belgisi yoki MPLS texnologiyasining LSP belgisi) topa olmaydi. Sababi shundaki, global tarmoq texnologiyalari Ethernet dan farqli kadrlar uzatishni keng tarqatish ish tartibida amalga oshiradi. Natijada ARP jadvalini IP Frame Relay, ATM yoki MPLS larning ustida ishlasa qо‘lda hosil qilinadi.

Ikkinchi ssenariy “toza IP tarmoqlari” deb nom olgan.

**“Toza IP tarmoqlari”** kо‘p qatlamli tarmoqdan farqi shundaki, IP qatlami ostida boshqa paketlarni kommutatsiyalovchi ATM va Frame Relay tarmoqlari yо‘q va IP-marshrutizatorlari о‘zaro ajratilgan kanallar orqali bog‘lanadi (jismoniy yoki DWDM ustidan OTN/ SDH/ PDH ulangan).

Bundek tarmoqda raqamli kanallar avvalgidek ikki quyi qatlam infrastrukturasi tomonidan hosil qilinadi, bu kanallardan bevosita IP-marshrutizatorlarining interfeyslari hech qanday oraliqdagi kadrlarni kommutatsiyalovchi qatlamsiz foydalanadilar. tashkillashtirilgan SDH/SONET tarmoqda IP-marshrutizatorlari kanallarni band qilgan xoldagi IP-tarmoq varianti **SONET tarmog‘i ustida ishlovchi paketli tarmoqlar** (Packet Over SONET, POS) nomini oldi.

Biroqtoza IP tarmoq modelida marshrutizatorlar raqamli kanalni ishlata olishi uchun, bu kanallarda qaysidir kanal bosqichining protokoli ishlashi kerak bо‘ladi. Bundek protokol faqat IP-paketlarni kadrlarga joylashtirish uchun kerak bо‘ladi, undan kommutatsiyalash xususiyati talab etilmaydi, chunki protokol marshrutizatorlarning interfeyslari bilan “nuqta-nuqta” orasidagi ulanishlarga xizmat kо‘rsatadi. Global tarmoq qurilmalarining shu kabi ikki nuqtali ulanishlari uchun ishlatiladigan maxsus loyihalashtirilgan kanal bosqichidagi bir necha protokollar mavjud.

Ikki nuqtali protokollarning mavjud tо‘plamlaridan bugungi kunda IP protokolidan ikkitasi ishlatiladi: HDLC va PPP.

**HDLC va PPP protokollari**. **HDLC protokoli** (High-level Data Link Control – visokourovnevoye upravleniye liniyey svyazi – aloqa yо‘lini yuqori darajada boshqarish) butun bir oila protokollarini о‘z ichiga oladi, ular kanal bosqichining vazifasini joriy etadilar.

HDLC protokoli bо‘yicha birinchi bо‘lib aytiladigani - bu uning *vazifasining turliligidir*. U bir necha bir-biridan juda farq qiluvchi ish tartiblarida ishlashi mumkin, u nafaqat ikki nuqta ulanishlarini quvvatlaydi, u bitta axborot manbai va bir necha qabul qiluvchi ulanishlarini ham quvvatlaydi, unda shuningdek muloqotdagi stansiyalarning turli vazifali ishlari inobatga olingan. HDLC murakkabligining sababi, u 1970 yillarda yaratilgan juda “qari” protokol bо‘lib, ishonchsiz aloqa kanallari uchun yaratilgan edi. Shuning uchun HDLC protokolining ish tartiblaridan biri TSR protokoli kabi mantiqiy ulanishni о‘rnatish amalini va kadrni uzatishni nazorat qilish amalini quvvatlaydi hamda shuningdek chetlatilgan va shikastlangan kadrlarni tiklaydi. Shuningdek HDLC deytagramma ish tartibi ham mavjud. Unda mantiqiy ulanishlar о‘rnatilmaydi va kadrlar tiklanmaydi.

IP- marshrutizatorlarda kо‘pincha HDLC protokolining Cisco kompaniyasi ishlab chiqqan versiyasi ishlatiladi. Bu protokol versiyasi firma ishlab chiqarganiga qaramay u kо‘pchilik ishlab chiqaruvchilarning IP- marshrutizatorlari uchun standart bо‘lib qoldi. HDLC ning Cisco versiyasi faqat deytogramma ish tartibida ishlaydi, bu esa hozirgi vaziyatdagi shovqinsiz ishonchli aloqa kanallariga mosdir. HDLC ning Cisco versiyasiga standart protokollarga nisbattan bir necha kengaytirishlar kiritilgan, ulardan asosiysi kо‘p protokolli quvvatlashdir. Bu bildiradiki, Cisco HDLC ning kadr sarlavhasiga protokol turi maydoni kiritilgan, Ether Type maydoni kabi, protokol kodini о‘z ichiga olgan bо‘lib, uning axborotlarini Cisco HDLC ning kadri о‘tkazadi. Standart HDLC da bundek maydon yо‘q.

**RRR protokoli** (Point-to-Point Protocol) standart Internet protokolidir. RRR protokolining boshqa kanal bosqichidagi protokollardan ajratib turuvchi jixati – bu ulanishlar kо‘rsatgichini qabul qilishni moslashuvchan va kо‘p vazifali amalligidir. Tomonlar quyidagi turli qо‘rsatgichlar bilan almashadilar: aloqa yо‘lining sifati, kadr о‘lchami, audentifikatsiyalash protokol turi va tarmoq bosqichidagi inkapsulyatsiyalovchi protokollar turi.

Kompyuter tarmog‘ida oxirgi tizimlar kо‘pincha paketlarni vaqtincha saqlovchi buferning о‘lchami bilan, tarmoq bosqichidagi protokollarni quvvatlash rо‘yxati farqlanadilar. Oxirgi qurilmalarni bog‘lovchi jismoniy yо‘l past tezlikdagi analoglidan to yuqori tezlikdagi raqamli aloqa yо‘ligachan о‘zgarishi mumkun, ular turli sifat darajasidagi xizmat kо‘rsatishlar bо‘lishi mumkun.

Ulanishlarning kо‘rsatgichlarini qabul qilish xaqidagi kelishuv uchun RRR da ishlatiladigan protokolni **aloq yо‘lini boshqarish protokoli** (Link Control Protocol, **LCP**) deb ataladi. Bо‘lishi mumkun bо‘lgan xolatlarning barchasini eplashtirish uchun RRR protokolida standart yechimlar tо‘plami mavjut, ular sukut saqlash bо‘yicha bajariladi va barcha standart tarkiblarni xisobga olgandir. Ulanishlarni о‘rnatishda ikki muloqatdagi qurilmalar bir-birini tushunishga erishish uchun avval shu yechimlardan foydalanishga xarakat qiladilar. Xar bir oxirgi tugun о‘z imkoniyatlarini va talablarini bayon qiladi. Sо‘ng bu axborotlar asosida ikki taraftni qoniqtiruvchi ulanishlar kо‘rsatgichlari qabul qilinadi. Protokollarni kelishish amali qaysidir kо‘rsatgich bо‘yicha kelishish bilan tugamasligi xam mumkun. Agarda, masalan, bitta tugun MTU sifatida 1000 bayt taklif etishi mumkun, boshqasi esa о‘z navbatida bu taklifni rad etib 1500 bayt qiymatni taklif etishi mumkin, birinchi tugun tomonidan rad etish taym – aut kelishish amal vaqti о‘tgandan sо‘ng natijasiz tugashi mumkin.

RRR-ulanishlarning muhim kо‘rsatgichlaridan biri *autentifikatsiyalash* ish tartibidir. Autentifikatsiyalashtirish maqsadi uchun RRR sukut saqlash bо‘yicha *parol bо‘yicha autentifikatsiyalash protokolini* (RAR) taklif etadi, aloqa yо‘lidan parolni ochiq qо‘rinishda uzatuvchi yoki *chaqirishlarni* *chipta* *bо‘yicha autentifikatsiyalash protokoli* (SNAR), bunda parolni aloqa yо‘lidan uzatilmaydi va shuning uchun tarmoq xavfsizligini ancha yuqori darajada ta’minlanadi. Shuningdek foydalanuvchilarga ham autentifikatsiyalashning yangi algoritmlarini qо‘shish uchun ruxsat beriladi. Undan tashqari, foydalanuvchilar axborot va sarlavhalarni kompressiyalash algoritmlarini tanlashga tasir о‘tqazishlari mumkun.

RRR protokoli ulanishlarni о‘rnatish ish tartibida ishlashiga qaramay, kadrlarni yetkazib berish va ularni tiklash bilan u protokol shug‘ullanmaydi, chunki protokolni loyihalashtirish vaqtida ishonchli raqamli kanallar telekommunikatsiya tarmoqlarida kо‘p keng tarqalgan edi.

**22.2. Masofaviy ega bо‘lish**

**Masofaviy ega bо‘lish muammolari**. **Masofaviy ega bо‘lish** (remote access)atamasi kо‘pincha uy kompyuter foydalanuvchisining Internetga ulanishi haqida gap ketganda yoki korxonaning tarmog‘i undan ancha masofada joylashganda va shuning uchun albatta global tarmoq orqali harakat qilish kerak bо‘lganda ishlatiladi. Oxirgi vaqtda masofaviy ega bо‘lish tushunchasi nafaqat alohida olingan kompyuterlarning ega bо‘lishi, balki oiladagi bir necha kompyuterlarning birlashtirilgani, yani oilaviy tarmoq ham tushinilmoqda. Shundek katta bо‘lmagan tarmoqlarga korxonalarning kichik 2-3 ta xizmatchisi bor ofislari ham kiradi.

Hozirgi vaqtda masofaviy ega bо‘lishni tashkillashtirish eng dolzarb muammolardan biri bо‘lib qolmoqda. U “oxirgi mil muammosi ” deb nom olgan, u yerda oxirgi mil deganda aloqa operatorning **ishtirok etish nuqtasidan** (Point Of Presence, **POP**) mijoz binosigacha bо‘lgan masofa tushiniladi. Bu muammoning murakkabligi bir necha omillar bilan belgilanadi. Bir tomondan, zamonaviy foydalanuvchiga xohishiy turdagi trafikni: axborot, tovush va videoni sifatli uzatish hamda yuqori tezlikda ega bо‘lish zarurligi bо‘lsa. Buning uchun sekundiga bir necha megobit yoki kamida bir necha yuz kilobit tezlik zarurdir. Boshqa tomondan esa, katta va kichik shaxarlarda uylarning juda kо‘pi ayniqsa qishloqlarda avvalgidek aloqa operatorlarining ishtirok etish nuqtasi bilan abonentlar tuguni telefon tarmog‘i orqali ulangandir, u azaltdan axborot uzatish uchun mо‘ljallanmagan tarmoqdir.

Uzoq vaqtdan beri eng kо‘p tarqalgan ega bо‘lish texnologiyasi bо‘lib **kommutatsiyalanuvchi ega bо‘lish** bо‘lgan, qachonki foydalanuvchi korporativ tarmoq yoki Internet bilan kommutatsiyalanadigan ulanishni telefon tarmog‘i orqali modem yordamida amalga oshirgan. Bundek usul jiddiy kamchilikka ega – ega bо‘lish tezligi sekundiga bir necha о‘n kilobit bilan chegaralangan, sababi qayd qilingan о‘tkazishi tor yо‘lakli telefon tarmog‘ining har bir abonentiga taxminan 3,4 kGs ajratiladi. Bundek tezliklar bugungi kun foydalanuvchisining talabiga javob bera olmay qoldi.

Hozirgi vaqtda masofaviy ega bо‘lishni tashkillashtirish uchun turli texnologiyalarni jalb qilinmoqda, ularda bugungi kunda mavjud infrastukturadan foydalanilmoqda – telefon tarmog‘i yoki kabel televideniya tarmog‘idan. ROR ga erishilgandan sо‘ng telefon xizmatlarini havola qiluvchilar yoki kabel televideniyasini xizmatini havola qiluvchilar bundek oxirgi tugundan kompyuter axborotlarini endi telefon tarmog‘idan emas yoki kabel televideniyasi tarmog‘idan emas, maxsus qurilma orqali axborotlarni kompyuter tarmog‘i orqali uzatishga ajratib olinadi. Bu telefon tarmoq abonenti yoki kabel televideniyasi tarmog‘idagi о‘tkazish yо‘lagiga qо‘yilgan chegaradan о‘tishga va ega bо‘lish tezligini oshirishga imkon beradi.

Bu turdagi eng ommaviy texnologiya **ADSL** texnologiyasi (Asymmetric Digital Subscriber Line – asimmetrichnaya sifrovaya abonentskaya liniya- asimmetrik raqamli abonentning aloqa yо‘li) bо‘lib, unda abonentning telefon tuguni va kabel modemlari kabelli televideniya tarmog‘i ustida ishlaydi. Bu texnologiya tezlikni sekundiga bir necha yuzlab kilobitdan to bir necha megobitgachan ta’minlab beradi. ADSL modemlarini kommutatsiyalovchi modemlarda farqi shundan iboratki, ADSL modemlari axborotlarni faqat nisbattan qisqa (“oxirgi mil”) abonent tugunlariga uzatadilar, ular kabel turiga qarab о‘tkazish yо‘lagi taxminan 1 MGs gachadir. Abonent tuguniga olib keluvchi ishtirok etish nuqtasida *axborot uzatish tarmoq multipleksorlari* о‘rnatilgan bо‘lib, ular ADSL modem signallari telefon signalaridan ajratib va axborotlarni provayderning kompyuter tarmoqlariga yо‘naltiruvchidir, yani telefon tarmog‘i bu variantda umuman ishlatilmaydi, uning faqat abonent tuguni ishlatiladi. Shu vaqtning о‘zida kommutatsiyalovchi modemlar telefon tarmog‘i orqali ishlaydi, chunki provayderning ega bо‘lish serverlari bu holda kо‘pincha abonentning ishtirok etish nuqtasida emas, balki telefon operatorining qandaydir markaziy ishtirok etish nuqtasida joylashgan. Shundan 3,4 kGs chegaralash kelib chiqadi, chunki kommutatsiyalovchi modem signali telefon kommutatori orqali о‘tadi.

Shuningdek turli **simsiz ega bо‘lish texnologiyalari** qо‘llaniladi, qayd qilingan va mobil ega bо‘lishni ta’minlovchi. Simsiz texnologiyalarning qо‘llaniladigan toʻplami juda keng, unga simsiz Ethernet (802.11), turli firma texnologiyalari va mobil telefon tarmog‘i orqali axborotlarni uzatish texnologiyasi va qayd qilingan ega bо‘lish texnologiyasi, masalan, 802.16 yangi standarti.

**Masofaviy ega bо‘lish sxemasi**. 22.1-chizma turli-tuman, aralash masofaviy ega bо‘lish dunyosini namoyish etadi. Biz bu yerda ishlatadigan qurilmalari va ega bо‘lishga talab etiladigan kо‘rsatgichlari bilan farqlanuvchi turli xil mijozlarni kо‘rayapmiz. Undan tashqari, mijozlarning binosi aloqa operatorining eng yaqin ega bо‘lish nuqtasi bilan turli usulda birlashgan bо‘lishi xam mumkun (yani eng yaqin markaziy ofis bilan, agar telefon tarmoq operatorlarining atamasidan foydalanilsa): analogli yoki raqamli telefon tarmoq tuguni, televizion kabeli, simsiz aloqa yordamida. Nihoyatda, aloqa operatorining о‘zi ham turli mutaxassislikka ega bо‘lishi mumkin, yaʻni telefon xizmatlarini yetkazib beruvchi, yoki Internet xizmatlarni yetkazib beruvchi, yoki kabelli televideniya operatori yoki xizmatlarni barchasini havola qiluvchi universal operator ham bо‘lishi mumkin va turli tarmoqlarning egasi bо‘lishi mumkin.

Havola qilingan ega bо‘lish sxemasining har bir elementini kengroq kо‘rib chiqamiz.

1 va 2 mijozlar eng anaʻnaviy foydalanuvchi bо‘lib, chunki ulardan har biri faqat bittadan kompyuterga ega va unga masofadagi kompyuter tarmog‘iga ega bо‘lishni ta’minlash kerak. Kompyuterdan tashqari bu mijozlar telefon va televizordan foydalanadilar, shuning uchun bu qurilmalarning abonet tugunlaridan kompyuterni axborot uzatish tarmoqlariga ega bо‘lishni tashkillashtirish uchun ishlatish mumkin.

2 mijoz ikki kabelli abonent tugunidan foydalanadi: о‘ralgan juftlik asosidagi ananaviy analogli telefon va kabel televideniyasining koaksial televideniya kabelidan. Bu abonet tugunlari turli jiddiy kо‘rsatgichlarga egadirlar. Chunki, о‘ralgan juft kabeli mijoz binosi bilan xizmat kо‘rsatuvchi ROR orasidagi masofa odatda 1-2 km orasida о‘tkazish yо‘lagi taxminan megogersga ega bо‘ladi, shu vaqtda koaksial kabelining о‘tqazish yо‘lagi esa bir necha о‘nlab megogersni tashkil etadi.

POP2

POP4

CАТV tarmog‘i

PSTN tarmog‘i

Internet

Korpоratsiyaning bosh uyi

POP1

POP3

1

2

3

4

5

22.1-chizma. Masofaviy ega bо‘lish mijozlari.

1 mijozda simli abonent tugunlari yо‘q, chunki u mobil telefondan foydalanadi, undan tashqari u kabel televideniyasining mijozi ham emas.

Shundek qilib, 2 mijoz uchun masofaviy ega bо‘lishni tashkil etish maqsadida xizmatlarni havola qiluvchi mavjud telefon abonent tugunini yoki televizion kabelini ishlatish mumkin. 1 mijoz uchun bundek imkoniyat yо‘q, shuning uchun xizmat kо‘rsatuvchi simsiz aloqani havola qilishi kerak yoki mijoz uyi bilan eng yaqin ishtirok etish nuqtasi о‘rtasida yangi kabel yо‘lini о‘tkazish kerak bо‘ladi.

1 va 2 mijozlarning farq qiluvchi jihatlari bu trafigini nosimmetrikligidadir, chunki uyda foydalanuvchilar asosan о‘z kompyuterlariga axborotni yuklashlari Internet bо‘ylab sayohat qilish jarayonlarida amalga oshiradilar. Bunday isteʻmolga javob bо‘lib asimmetrik texnologiya bо‘ladi, ADSL kabi, ular masofadagi serverga axborot jо‘natishga qaraganda foydalanuvchining kompyuteriga jiddiy katta tezlikda axborotlarni yuklash imkoniyatini beradi.

3 mijoz oldingi ikki mijozdan quyidagisi bilan farq qiladi, mahalliy tarmoqqa birlashtirilgan bir necha kompyuteriga egaligi bilan farqlanadi. Bundek mijoz alohida foydalanuvchi ham bо‘lishi mumkin, korxonaning uncha katta bо‘lmagan ofisi ham bо‘lishi mumkin. Mahalliy tarmoq uchun masofaviy ega bо‘lishdagi asosiy farq о‘tkazish xususiyatiga qо‘yiladigan katta talabdir. Undan tashqari, trafik simmetrik kо‘rsatgichga ega bо‘lishi mumkin, agarda uy tarmog‘i Internet foydalanuvchilariga axborot yetkazib beruvchi serverni ishga tushursa yoki korxonaning boshqa ofis xizmatchilariga. Chunki 3 mijoz CATV (cable TV) tarmoqning kabelning oxiriga ega emas, shuning uchun unga telefon tuguni orqali ega bо‘lishni havola qilish mumkin. 3 mijoz о‘zining IP tarmog‘ini turli usullarda tashkillashtirishi mumkin. U xizmatlarni havola qiluvchidan IP-manzillarni *rо‘yxatini* sо‘rashi mumkin, uning har bir kompyuteri alohida doimiy ommaviy IP-manzilga ega bо‘lishi uchun. Bu mijoz uchun ancha qulay variant, chunki bu holda uning har bir kompyuteri Internetning tо‘laqon tuguni bо‘lishi mumkun va nafaqat mijoz mashinasining rolini bajarishi mumkin, yana qayd qilingan domen nomi bilan serverni ham bajarishi mumkin. Ayonki, bu holda mijozning mahalliy tarmog‘i chegaraviy marshrutizatorga ega bо‘lishi kerak, u orqali xizmatlarni havola qiluvchi tarmog‘i bilan aloqa amalga oshiriladi. IP tarmoq tashkil qilishning boshqa varianti NAT (Network Address Translaton) texnikasini ishlatishga asoslangan bо‘lishi mumkin.

4 mijoz kо‘p qavatli uyda yashovchi bо‘lib, u ROR kо‘p sonli о‘ralgan juftlik telefon abonent tuguni bilan ulangan (har bir xonadonga bittadan) va shuningdek CATV tarmoq kabeli bilan ham. Kо‘p sonli mijozlar uchun bitta CATV tarmoq kabelining mavjudligi ega bо‘lishni tashkillashtirishga qо‘shimcha muammo tug‘diradi, chunki kabel bu holda taqsimlanuvchi muhit bо‘lib xizmat qiladi. Kо‘p qavatli binoda turuvchilar uchun masofaviy ega bо‘lishga telefon abonent tugunini ishlatilishi alohida abonentni ulanishidan hech bir farq qilmaydi (2 mijozdek).

5 mijoz ham kо‘p qavatli binoda yashaydi, lekin bu uyda xizmatlarni havola qiluvchi mahalliy tarmoq hosil qilgan. Bu mahalliy tarmoqqa shu uyda yashovchilarning qaysi biri ushbu xizmatlarni xavola qiluvchi xizmatlaridan foydalaishga qaror qilsa, о‘shaning krmpyuterini bu mahalliy tarmoqqa ulanadi. Agar bu uyda abonentlar soni kо‘p bо‘lsa, bundek variant xizmatlarni havola qiluvchi uchun samaraliydir. Kо‘p qavatli uydagi mahalliy tarmoq aloxida kompyuterga qaraganda yoki uy tarmog‘iga qaraganda ancha yuqori tezlikni talab etadi, shuning uchun bu maqsadda mavjud CATV tarmoq kabelidan yoki maxsus tortilgan Ethernet ning koaksial kabelidan foydalanish mumkin, yoki yangidan shisha tolali kabel tortish kerak bо‘ladi.

Masofaviy ega bо‘lish xizmatlarini havola qiluvchi barcha turdagi mijozlarga xizmat kо‘rsatishi mumkun yoki qandaydir ma’lum mijoz turiga о‘z xizmatlarini maxsuslashtirishi ham mumkin, masalan, xususiy yoki kо‘p qavatli uylarda yashovchi mijozlarga, katta bо‘lmagan ofislarga. Universal xizmatlarni havola qiluvchilar xohishiy variantdagi “oxirgi mil” ni tashkillashtira olishi kerak, bu uning kurilmalarini va ishlatadigan ega bо‘lish texnologiyalarini murakkablashtirib yuboradi.

Xohishiy holda ham qandaydir abonent tuguniga axborotni uzatish uchun xizmatlarni xavola qiluvchi bu tugun uchun kompyuter axborotlarini uzatish bilan bir qatorda analog telefon axborotini yoki kabel televideniyasining signallarini ham loyihalashtirilganiday uzatilishini ta’minlashi kerak bо‘ladi.

Internetga eng oddiy ega bо‘lish varianti bu korporativ tarmoq serverlari bilan **himoyalanmagan ulanish,** bundek ulanishning yomon oqibatlarga olib kelish xavfi mavjud. Birinchidan, Internet orqali uzatiladigan sirli axborotlarni begonalar olishi mumkun yoki о‘zgartirishi mumkin. Ikkinchidan, bundek usulda korporativ tarmoq maʻmuri о‘z tarmog‘iga ruxsat etilmagan foydalanuvchilarga ega bо‘lishlarni cheklashi qiyin bо‘ladi, chunki korxona xizmatchilarining IP-manzili oldindan ma’lum emas. Shuning uchun korxonalar himoyalangan ega bо‘lishda virtual xususiy tarmoqlarga (VPN) asoslangan texnologiyadan foydalanishni afzal kо‘radilar.

**Nazorat uchun savollar**

1. IP global tarmoq tarkibini tushuntiring.
2. Masofaviy ega bо‘lish muammolari nimadan iborat?