

VILNIAUS UNIVERSITETAS  
BENDROSIOS FIZIKOS IR SPEKTROSKOPIJOS KATEDRA

**Feliksas Kuliešius**

# KOMPIUTERINIŲ TINKLŲ PRADMENYS

Vilnius 1999

Apsvarstė ir rekomendavo spausdinti Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedra (1999 04 07;  
protokolo Nr. 595)

# **KOMPIUTERINIŲ TINKLŲ PRADMENYS**

## **Autorius**

F. Kuliešius

## **Recenzavo**

doc. A. Juozapavičius ir doc. A. G. Misiūnas

## **Rinko**

V. Kietienė, F. Kuliešius

## **Maketavo**

F. Kuliešius

**Leidinio išleidimą parėmė UAB TAIDĖ**

© Feliksas Kuliešius

# Turinys

<b>Pratarmė</b>	<b>4</b>
<b>Įvadas</b>	<b>5</b>
<b>1. Vietiniai tinklai</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Vietinių tinklų realizacija</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1. Tinklo topologijos</b>	<b>9</b>
<b>1.1.2. Tinklo technologijos</b>	<b>11</b>
Ethernet	12
Token Ring	13
FDDI	17
<b>1.1.3. Aparatinė vietinių tinklų realizacija</b>	<b>18</b>
Ryšio linijos	19
Adapteriai	22
<b>1.1.4. Vietinių tinklų programinė įranga</b>	<b>25</b>
Tinklinės operacinės sistemos funkcijos	26
OSI modelis	27
Modelis “klientas – serveris”	30
<b>1.2. Pagrindiniai vietinių tinklų tipai</b>	<b>32</b>
<b>1.2.1. Vienodo rango tinklai</b>	<b>32</b>
<b>1.2.1.1. Windows for Workgroups</b>	<b>32</b>
<b>1.2.1.2. NetWare Lite</b>	<b>33</b>
<b>1.2.1.3. OS LANtastic</b>	<b>34</b>
<b>1.2.1.4. OS PowerLan</b>	<b>34</b>
<b>1.2.2. Vietiniai tinklai su išskirtu serveriu</b>	<b>35</b>
<b>1.2.2.1. NetWare</b>	<b>35</b>
<b>1.2.2.2. TOS LAN Manager, LAN Server ir Windows NT Advanced Server</b>	<b>38</b>
<b>1.2.2.3. UNIX OS</b>	<b>42</b>
<b>1.3. Suderinamumas tinkluose</b>	<b>43</b>
<b>1.4. Tinklų valdymas</b>	<b>45</b>
<b>2. Globalieji tinklai</b>	<b>49</b>
<b>2.1. Pagrindiniai globaliųjų tinklų organizavimo principai</b>	<b>49</b>
<b>2.1.1. Interneto istorija</b>	<b>51</b>
<b>2.1.2. Interneto standartizavimas</b>	<b>53</b>
<b>2.1.3. Interneto pagrindai</b>	<b>55</b>
<b>2.2. Adresavimas Internete</b>	<b>55</b>
<b>2.3. Interneto protokolai</b>	<b>58</b>
<b>2.3.1. Jungties lygmuo ir jo protokolai</b>	<b>61</b>
<b>2.3.2. Tinklinio lygmens protokolai</b>	<b>63</b>
<b>2.3.3. Maršrutizavimas</b>	<b>66</b>
<b>2.3.4. Transportinio lygmens protokolai</b>	<b>69</b>
<b>2.3.5. Taikomojo lygmens protokolai</b>	<b>75</b>
<b>2.3.6. Taikomųjų programų sąsajos</b>	<b>78</b>
<b>2.4. Globaliųjų tinklų ryšio linijos</b>	<b>83</b>
<b>2.4.1. Kompiuterio įjungimas į tinklą, naudojant analogines telefono linijas</b>	<b>83</b>
<b>2.4.2. X.25 tinklai</b>	<b>89</b>
<b>2.4.3. Kadru retransliacija (FR)</b>	<b>90</b>
<b>2.4.4. Ląstelių komutacija (ATM)</b>	<b>91</b>
Santrumpos	93
Literatūra	96

## **Pratarmė**

Turbūt nei viena technologijos sritis nesivysto taip sparčiai, kaip kompiuterija. Amžiaus viduryje sukonstruotos pirmosios elektroninės skaičiavimo mašinos vystosi, galima sakyti dienomis. Dar taip neseniai, tik prieš keletą metų žavėjomės asmeninių kompiuterių galimybėmis, kurios savo galingumu praktiškai susilygino, o kai kur ir pralenkė ištikus skaičiavimo centrus. Nors nuo tų laikų mikrokompiuteriai žengė neįtikėtinai didelį žingsnį, vartotojų visuomenė ėmė norėti dar daugiau: atsirado poreikis (o kartu ir galimybės) sujungti kompiuterių resursus į kompiuterinius tinklus. Siekiant efektyviau panaudoti turimus kompiuterius, juose saugomas duomenų bazes, užtikrinti patikimą ryšį tarp jų ir pasikeitimą duomenimis, patogiau keistis informacija ir t. t. buvo sukurti globalieji (GT), o kiek vėliau - ir vietiniai (VT) tinklai. Populiariausią iš globaliųjų tinklų - Internetą – šiandien, turbūt žino visi: darželinukas nesutrikdamas naršo jame ieškodamas naujų žaidimų, solidus mokslininkas čia randa paskutines mokslo naujienas, verslininkas ieško sau reikalingos informacijos, reklamuoja pats ir netgi turi galimybę sudaryti sandorius neatsitraukdamas nuo savo asmeninio kompiuterio...

Nors yra nemažai literatūros [1–8], tame tarpe ir lietuviškos [1–6], kurioje aprašyta, kaip naudotis Interneto paslaugomis, į kompiuterinį tinklą žvelgiant vartotojo akimis, iki šiol nėra nei vieno leidinio lietuvių kalba, kuriame būtų detaliau analizuojama kompiuterinių tinklų sandara. Užsienio kalba išleista literatūra [9-29] yra labai specializuota, be to sunkiai prieinama, kadangi dažnai galima rasti tik po vieną egzempliorių. Pagrindinis šio darbo tikslas ir yra nors prabėgomis apžvelgti, kaip veikia kompiuteriniai - tiek vietiniai, tiek globalieji – tinklai. Leidinys, parengtas “Kompiuterinių tinklų” kurso, 1996 – 1999 m. m. skaityto VU Fizikos fakulteto studentams pagrindu, manau, galėtų būti naudingas ne tik fizikams, bet ir kitų specialybių studentams, besidomintiems kompiuteriniais tinklais.

Autorius dėkingas Bendrosios fizikos ir spektroskopijos katedros bendradarbiams už pagalbą ir patarimus. Ypatingą padėką už vertingas pastabas reiškiu recenzentams doc. A. Juozapavičiui ir doc. A. G. Misiūnui.

Autorius

## IVADAS

**Kompiuterinius tinklus** (KT) sudaro kompiuteriai, sujungti į vieningą sistemą ir galintys keistis informacija tarpusavyje. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad griežto pavaldumo sistemos, pvz., didelė skaičiavimo mašina su daugybe prijungtų prie jos terminalų, kurie gali būti nutolę vienas nuo kito per dešimtis kilometrų, nėra kompiuterinis tinklas. Daugelį kompiuterinių centrų pakeitė tarpusavyje sujungti kompiuteriai, galintys dirbti daug efektyviau, nei dideli centrai.

Palyginus su autonominiais kompiuteriais,

KT suteikia vartotojui naujas galimybes:
1. Bendras programinių ir informacinių resursų naudojimas. Vartotojai vienu metu gali naudoti bendrą informaciją, saugomą toli nuo vartotojo.
2. Bendravimas tarp vartotojų. Bendro naudojimo failų bei tarnybinių programų (elektroninis paštas, diskusijų bei naujienų grupės, WWW tinklapiai) dėka KT tampa galinga vartotojų bendravimo priemone, gali iš esmės pagerinti įvairių organizacijų valdymą bei veiklos koordinavimą.
3. Patikimumas. Duomenų failai turi kopijas skirtinguose kompiuteriuose ir, vienam jų išėjus iš rikiuotės, vartotojas gali tęsti darbą, naudodamas kitame kompiuteryje esančią kopiją;
4. Lėšų taupymas. Didelis kompiuteris ir jo aptarnavimas yra brangesni, nei daug mikrokompiuterių, sujungtų į tinklą.
5. Plėtimosi galimybė. Esamą tinklą nesunku išplėsti, prijungiant naujus vartotojus.

Tinklai skirstomi į **vietinius** ir **globaliuosius**. Vietiniai tinklai (VT, angl. Local Area Network, LAN) jungia netoliese, vienoje patalpoje, organizacijoje ir pan. esančius kompiuterius (kartais jie gali būti nutolę vienas nuo kito per dešimtis kilometrų).

Kompiuteriai ar vietiniai tinklai, sujungti į globaliuosius tinklus (GT, angl. Wide Area Network, WAN), gali būti išdėstyti skirtinguose miestuose ar netgi valstybėse.

Visgi, skirstant kompiuterinius tinklus į vietinius ir globaliuosius – svarbiausias faktorius yra ne atstumas tarp kompiuterių, bet ryšio pobūdis: vietiniai tinklai naudoja tik jiems vieniems sukurtą ryšio linijų sistemą; globalieji tinklai kaip taisyklė naudoja bendro naudojimo ryšio linijas. Vietiniai tinklai dažniausiai yra transliacinio tipo tinklai, t. y. jie naudoja bendrą visam tinklui ryšio kanalą, todėl bet koks pranešimas perduodamas visiems tinklo kompiuteriams (kompiuteris adresatas priima jam siųstą informaciją, o visi kiti tinklo kompiuteriai ją ignoruoja). GT paprastai yra organizuoti porų (peer-to-peer) principu, o maršrutizavimas ir adresavimas juose yra kryptingas, nors pastaruoju metu, atsirandant naujoms technologijoms, transliacinis pobūdis įsigali ir globaliuose tinkluose (dažniau specializuotuose telekomunikaciniuose tinkluose). Konstruojant globaliuosius tinklus ir norint sujungti juos į vieną visumą, naudojama visa eilė specialių įrenginių, tokių kaip kartotuvai, tiltai, maršrutizatoriai, šliuzai ir kt. Globaliųjų tinklų, kaip tarptinklinės struktūros, tai yra kompiuterių ir kompiuterinių tinklų sujungtų tarpusavyje

visumos, negalima suformuoti naudojant vieną technologiją ir topologiją: t. y. į GT sujungiami įvairaus tipo tinklai.

Kalbant apie kompiuterinius tinklus, dabar vis dažniau minimi Intranetas ir Ekstranetas. **Intranetas** – uždaras korporacinis tinklas, naudojantis TCP/IP (žr. §2.2) technologijų protokolus ir bendras ryšio linijas. Jis naudojamas tada, kai nebetenkina vietinio tinklo galimybės ir jame naudojamos kolektyvinio darbo programos, tokios kaip MSMail ar panašios. Kolektyvinis darbas intranete organizuojamas padalintų duomenų bazių (SQL) ir Web tinklalapių pagalba. Tai ypač patogų organizacijoms, nenorinčioms apsunkinti kompiuterių tinklo kūrimo naudojant specifines technologijas bei įrangą. Viskas, ką reikia įdiegti Intranetui, tai TCP/IP protokolas ir standartinės programos darbui Internetu. Be to, pasitelkus standartines priemones – WWW naršyklę ar elektroninį paštą yra daug paprasčiau naudotis vidine firmos duomenų baze ar keistis dokumentais. Intranetai dažniausiai būna prijungti prie Interneto, tačiau specialios programos, vadinamos “uždangos” (firewalls), saugo, kad duomenys nepasklistų už Intraneto ribų – į Internetą, kur juos kontroliuoti ar apsaugoti būtų labai sunku. Taigi Intraneto serveriuose esanti informacija yra skirta tik vidinėms firmos ar organizacijos reikmėms.

**Ekstranetas**<sup>1</sup> – tai vienas ar keli Intranetai, sujungti į globalų tinklą, bet prieinami tik tam tikram, ribotam vartotojų kontingentui, pvz., kompanijos darbuotojai gali keistis informacija su savo tiekėjais bei klientais.

Viena iš populiariausių ir didžiausių tinklų grupių yra **Internetas**. Pagrindiniai požymiai, kurie išskiria jį iš kitų (kartais netgi ne mažesnių, tokių kaip Fidonet, CompuServe ir t. t.) tinklų grupių yra vieninga jame dirbančių kompiuterių adresavimo sistema, nusakoma 32 bitų dvejetainiu skaičiumi (žr. §2.1) ir standartizuota TCP/IP tipo protokolų sistema, naudojama duomenų perdavimui tarp kompiuterių. Internetas jungia daugiau nei 25000 kompiuterinių tinklų, t. y. daugiau nei keturiasdešimt milijonų kompiuterių-serverių, esančių daugiau nei 130 pasaulio valstybių. Reikia pažymėti, kad, nors į Internetą sujungta šimtai tūkstančių skirtingų tipų kompiuterių, o jų programinės įrangos įvairovė irgi ne mažesnė, Internetas organizuotas taip, kad dirbant jame, ir netgi rašant programas jam, galima nekreipti dėmesio į tą įvairovę, kadangi visa tai “pasislepia” už sąsajų (interfeisų) ir tinklo programų bibliotekų. Tai vadinama sistemos skaidrumu ir būdinga visų tipų šiuolaikiniams tinklams. Sistemos skaidrumas pasiekiamas standartizuojant aparatūrą ir ypač – programinę įrangą. Informacijos perdavimo tinkle standartai (taisyklės) vadinamos **protokolais**. Siekiant užtikrinti informacijos perdavimo patikimumą ir efektyvų tinklo linijų panaudojimą, perduodama informacija suskaidoma į **paketus**. Paketą sudaro perduodami duomenys ir tarnybinės informacijos apvalkalas (analogija su siunčiamu laišku voke). Paketus galima “sluoksniuoti”, t. y. aukštesnio lygmens programų paketai įdedami į žemesniųjų, t. y. tarnybinių programų paketų kaip duomenys.

---

<sup>1</sup> Ekstraneto pavadinimą įvedė vienas “Netscape Corporation” įkūrėjų Marcas Andreessenas.

Nors daugumą tinklų sudaro dešimtys ir tūkstančiai kompiuterių, tačiau bendravimo tarp tinklo kompiuterių principai visiškai nepriklauso nuo kompiuterių skaičiaus, ir, norint suprasti, kaip kompiuteriai keičiasi informacija, dažnai užtenka išnagrinėti paprastesnį – keleto, ar netgi dviejų kompiuterių atvejį.

Siekdami suprasti, kaip veikia kompiuteriniai tinklai, panagrinėsime jų sandarą, o taip pat ir vystymosi istoriją, pradėdami nuo paprastesnių – vietinių tinklų.

## 1. VIETINIAI TINKLAI

Devinto dešimtmečio pradžioje populiaraus mokymo klasėse Apple II kompiuterio 5–10 MB magnetiniai diskai buvo per brangūs mokykloms, o be jų asmeninių kompiuterių (AK) darbas buvo neefektyvus. Kompanija *CORVUS* išsprendė mokymo klasių atpigimo problemą, sukonstravusi pirmąjį vietinį tinklą (vienas standus magnetinis diskas panaudotas visai mokymo klasei). Idėja paplito ne tik mokyklose. Nors šiandien ekonominis pobūdis pasikeitė – standūs magnetiniai diskai atpigo, t. y. tinklinės versijos ir atskirų AK su standžiais magnetiniais diskais kainos susilygino – VT ir šiandien taupo pinigus: ne tiek aparatūros, kiek darbuotojų negamybinių darbo laiko sąnaudų prasme.

Šiandienos požiūriu VT privalumai yra:

1. Bendros informacinės erdvės panaudojimas;
2. Bendrų įrenginių naudojimas;
3. Geresnis informacijos administravimas;
4. Patogesnis, greitesnis informacijos perdavimas;
5. Vartotojų tarpusavio bendravimas;
6. Tinklinės (koordinuojančios) programinės įrangos panaudojimas;
7. Papildomos paslaugos (šliuzai į kitus kompiuterius ir tinklus bei specializuotus įrenginius, galimybė pasiekti elektroninio pašto, faksimilinio ar telefono aparatų serverius ir pan.).

Kai kada VT tiesiog būtinas normaliam įstaigos funkcionavimui (pvz., bilietų pardavimo tinklas: čia galima naudoti didelę ar mini ESM su terminalais, bet VT – patogiau ir pigiau). Jį sėkmingai galima panaudoti vietiniam elektroniniam paštui ar kitokiam kolektyvo koordinavimui.

Vietinis tinklas yra kompiuterių, kabelių bei tinklo adapterių (kortų) visuma, valdoma tinklinės operacinės sistemos (TOS) ir taikomosios programinės įrangos.

Kompiuteriai per tinklo adapterio kortą, t. y. specialią tinklo sąsają (interfeisą) (žr. 1.1.3), analogišką kitų periferinių įrenginių, pvz., monitoriaus ar nuoseklios sąsajos kortoms, kabeliais sujungiami tarpusavyje. Kompiuteriuose šalia vietinės operacinės sistemos (paprastai DOS, Windows NT) instaliuojama tinklinė programinė įranga – tinklinė operacinė sistema (TOS) (žr. 1.1.4), kurios pagalba kompiuteriai gali sąveikauti tarpusavyje. Kai kurios darbinės stotys neturi savo magnetinio disko: jose naudojama kituose tinklo kompiuteriuose (serveriuose ir DS) esanti informacija, pasiekama per VT. Kadangi vietiniai tinklai dažniausiai naudoja autonominę ryšio linijų sistemą, informacija juose paprastai perduodama transliacijos (broadcasting) principu – ji siunčiama visiems tinklo mazgams, ir, pagal informaciniame pakete perduodamą adresą, informaciją priima tiktai adresatas. Visi kiti mazgai nereaguoja į ne jiems skirtą informaciją.

Bet kuris kompiuteris, esantis tinkle, išskyrus specialius kompiuterius – failų serverius – vadinamas darbine stotimi (DS). Failų serveriai yra kompiuteriai, aptarnaujantys darbinės stoties. Tai greitai, turintys didelę operacinę atmintį, didelės talpos magnetinius ir optinius diskus, įvairius



papildomus periferinius įrenginius kompiuteriai. Failų serveriai gali naudoti kitą OS, nei to paties tinklo darbinės stotys.

Dirbant su darbine stotimi, turinčia tinklo įrangą pastebima, kad:

1. OS pakrovimo metu pasirodo papildomi pranešimai apie tinklo operacinės sistemos pakrovimą į AK.
2. Atsiranda įėjimo į sistemą procedūra: vartotojas turi nurodyti vardą (ID) ir slaptažodį.
3. Atsiranda galimybė prisijungti ir panaudoti papildomus nutolusius nuo darbo vietos įrenginius: diskus, spausdinimo įrenginius, skenerius ir kita.

Naudojant vietinius tinklus, galimas:

1. Bendras resursų naudojimas: keli vartotojai gali vienu metu dirbti su tuo pačiu failu, pavyzdžiui dokumentu;
2. Failų perdavimas: galima kopijuoti, perkelti bet kokius failus iš vienos ESM į kitą;
3. Informacijos ir failų pasiekiamumas: galima bendrai naudoti ne tik informacinius failus, bet ir taikomas programas t. y., aktyvuoti jas iš bet kurios darbinės stoties;
4. Bendras programinės įrangos naudojimas: tą pačią taikomąją programą gali naudoti keli vartotojai vienu metu;
5. Duomenų įvedimas tuo pačiu metu: specialių tinklinių programų pagalba keli vartotojai gali įvedinėti duomenis toms pačioms programoms vienu metu, pavyzdžiui, pildyti sandėlio žurnalą;
6. Bendras spausdinimo įrenginių naudojimas: keli vartotojai gali naudoti tą patį spausdinimo įrenginį;
7. Vietinio elektroninio pašto ryšys tarp tinklo vartotojų.

### **1.1. Vietinių tinklų realizacija**

Kaip jau minėta aukščiau, vietinis tinklas yra kompiuterių, kabelių bei tinklo adapterių (plokščių) visuma (žr. §1.1.3), valdoma tinklinės operacinės sistemos (TOS) ir taikomosios programinės įrangos.

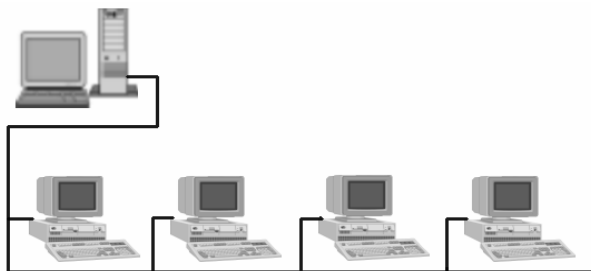
Nagrinėjant kompiuterių tinklus reikia susipažinti su pastarųjų struktūra, t. y. topologija ir technologija bei su tinklo programine ir aparatūrine sandara.

#### **1.1.1. Tinklo topologijos**

Tinklo topologija yra jo geometrinė forma ir fizinis kompiuterių išsidėstymas vienas kito atžvilgiu, leidžiantis palyginti ir klasifikuoti įvairius tinklus. Yra trys pagrindiniai topologijų tipai: magistralė, žvaigždė ir žiedas. Dažnai, ypač didesni vietiniai tinklai, organizuojami taikant mišrią topologiją, t. y. dalis tinklo gali būti magistralės tipo, dalis – sujungta žvaigžde.

**Magistralės** topologija (1.1 pav.) naudoja vieną bendrą visam tinklui perdavimo kanalą (paprastai koaksialųjį ar optinį kabelį). Visi kompiuteriai sujungiami tiesiogiai prie šio kanalo, duomenys perduodami kanalu į abi puses. Pagrindinis šio jungimo būdo trūkumas yra tai, kad

pažeidimas vienoje vietoje išveda iš rikiuotės visą tinklą.

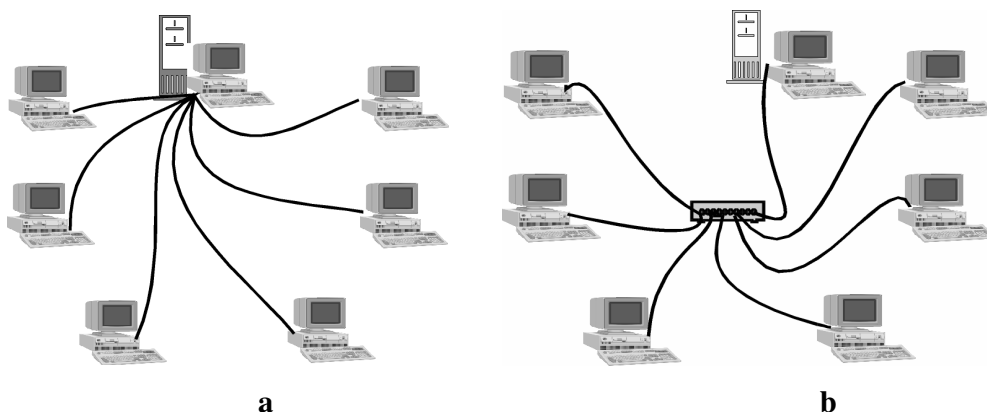


1.1 pav. Magistralės tipo vietinis tinklas.

Naudojant **žvaigždės** topologiją (1.2 pav.), kompiuteriai jungiami su centriniu kompiuteriu arba koncentratoriumi (hub). Koncentratorius yra specializuotas įrenginys, skirtas ryšio linijos išskaidymui, tačiau gali turėti ir papildomas logines ar tinklo apsaugos funkcijas.

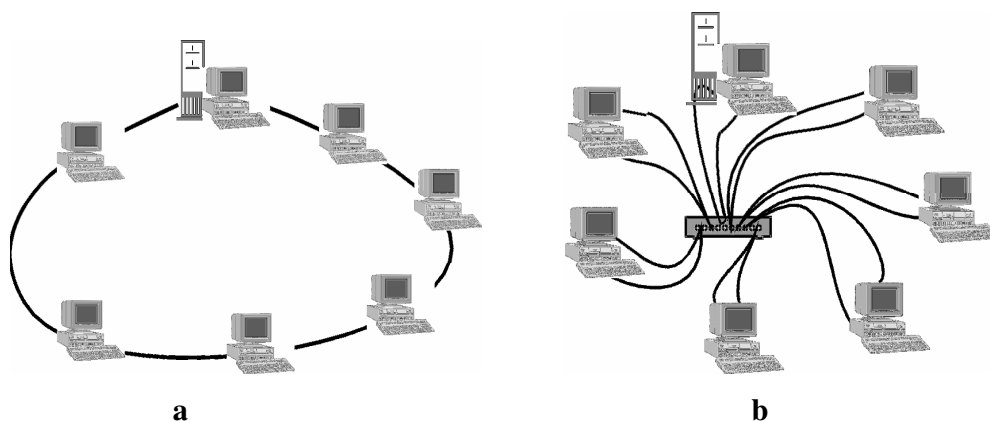
Ryšio linijoms naudojamas koaksialusis ar optinis kabeliai arba vyta pora.

Žvaigždės topologijos jungimui naudojama daugiau kabelio, centrinis kompiuteris (koncentratorius) – papildomas ir gana brangus įrenginys, tačiau tokios topologijos privalumas yra tai, kad pažeidus vieną jungtį tarp kompiuterio ir koncentratoriaus, likusi tinklo dalis veiks (blogiau, jei bus pažeistas koncentratorius).



1.2 pav. Žvaigždės tipo vietinis tinklas: a – žvaigždė su centriniu specializuotu serveriu, b – žvaigždinis jungimas naudojant koncentratorių.

**Žiedo** topologijai būdingas uždaras tinklas, sudarantis nenutrūkstamą žiedą (1.3 a pav.). Pradėję judėti viename žiedo taške, duomenys galų gale grįžta į pradžią: t. y. duomenys perduodami viena kryptimi. Skirtingai nuo žvaigždės, būtinas nenutrūkstantis kelias tarp visų kompiuterių, nes pažeidus tinklą vienoje vietoje, jis, kaip ir magistralės atveju, nustoja veikti. Žiedo topologijų tinkluose naudojami koaksialusis arba vytytos poros kabelis. Kartais naudojama žiedinio tinklo schema (1.3 b pav.), kai žiedą sudaro centrinis valdymo įrenginys (VĮ), prie kurio darbo stotys jungiamos panašiai kaip prie koncentratoriaus žvaigždės atveju. Tačiau, skirtingai nei koncentratorius, kuris tik išskaido liniją į atskiras atšakas, VĮ įjungia kompiuterius į tinklą vieną po kito žiedo principu.



1.3 pav. Žiedo tipo vietinis tinklas: a – paprastas žiedas, b – IBM Token Ring žiedas su centriniu valdymo įrenginiu (VĮ).

### 1.1.2. Tinklo technologijos

Kokią topologiją benaudotume, kai du ar daugiau kompiuterių pradeda perdavinėti duomenis vienu metu, kyla konfliktinė, neapibrėžta situacija tinkle. Procesas skirtas šios problemos sprendimui yra vadinamas **magistralės arbitražu**. Jis nustato taisykles, kaip kompiuteris sužino, kad linija laisva ir galima perdavinėti duomenis. Yra du pagrindiniai arbitražo metodai: užimtumo aptikimas ir markerio (žymės, angl. – token) perdavimas. Pastaruoju atveju sakoma, kad tinklo valdymas centralizuotas, t. y., tinkle yra vienas arbitražo įrenginys, kuris sprendžia, kas turi teisę perduoti informaciją; pirmuoju gi – paskirstytas – kiekvienas tinklo kompiuteris pats sprendžia, ar jis gali pasiųsti pranešimą į tinklą.

Panagrinėkime arbitražo metodus detaliau.

**Užimtumo aptikimas** dar vadinamas tuščio lango metodu arba kanalo paklausymo – užimtumo aptikimo (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) metodu.

Kai tinklas dirba užimtumo aptikimo režime, kompiuteris pirmiausia “klauso” tinklo, ir tik po to, jei nustatoma, kad tinklas laisvas, pradeda perdavimą. Jei aptinkama, kad tinklas užimtas, kompiuteris palaukia perdavimo pabaigos ir po to kartuoja bandymą.

Jeigu du kompiuteriai pradeda savo perdavimą vienu metu, abu kompiuteriai nutraukia perdavimą ir po trumpos atsitiktinės pertraukos vėl bando pradėti perdavimą.

**Markerio perdavimas.** Jei tinklas dirba šiuo režimu, kompiuteris, kuris turi perduoti duomenis, pirmiausia turi gauti leidimą, t. y. “sugauti” cirkuliuojantį tinkle specialios formos duomenų paketą, vadinamą **markeriu** (token).

Markeris perduodamas paeiliui iš vieno kompiuterio į kitą, panašiai kaip konferencijoje iš rankų į rankas perduodamas mikrofonas. Gavęs markerį, kompiuteris gali pradėti duomenų perdavimą arba, jeigu neturi perdavimui skirtų duomenų ar baigė perdavimą, perduoda markerį sekančiam kompiuteriui. Taip išvengiama dvigubo linijos užimtumo bei nepanaudotų užlaikymų, dviem kompiuteriams kreipiantis į tinklą vienu metu. Dėl įvairių priežasčių markeris gali dingti. Toks atvejis numatytas sistemos kūrėjų ir tinklas turi priemonės, kurios gali sekti markerį,

nustatyti jo dingimą ir jį atstatyti.

Pagal tai, kaip realizuotas tinklo arbitražas, kompiuterių tinklai skirstomi į vieną ar kitą technologiją. Pagrindinės vietinių kompiuterinių tinklų technologijos yra Ethernet, Token Ring, ARCNET, Lantastic. Ethernet tinklas naudoja užimtumo aptikimo arbitražo metodą, o Token Ring – markerio perdavimą.

Plačiau panagrinėsime tik populiariausių technologijų – Ethernet, Token Ring ir FDDI – vietinius tinklus.

### **Ethernet**

Ethernet 1975 m. sukūrė *Xerox* (*Xerox*, Palo Alto Research Center – PARC) mokslinė grupė, vadovaujama Bob Metcalf. Ethernet tinklas gali būti konstruojamas naudojant žvaigždės ir magistralės topologijas (jei naudojamas vytos poros kabelis – Ethernet’as konfigūruojamas tik kaip žvaigždė). Šiuolaikinė Ethernet’o versija priimta 1982 m. Standartinis Ethernet’o produktyvumas – 10 Mb/s arba 100 Mb/s. Ethernet pagrindas yra užimtumo aptikimo arbitražo metodas.

Ethernet informacinio paketo struktūra pateikta 1.4 pav.

Preambulė	Paskirtis	Šaltinis	Tipas	Duomenys	CRC suma
8 baitai	6 baitai	6 baitai	2	46 – 100	4

1.4 pav. Ethernet paketo struktūra.

Paketas susideda iš šių elementų:

- preambulė, skirta paketo sinchronizacijai yra sudaryta iš nulių ir vienetų sekų: pirmi 7 baitai yra vienodi – 10101010 ir tik 8-as baitas 10101011 – nesimetrinis;

- paskirtis ir šaltinis – tai unikalūs adresato ir siuntėjo Ethernetiniai 48 bitų adresai, paprastai užrašomi šešiolyktainiais skaičiais, pvz., 00 60 48 EC B2 C6. Šie adresai paskirstomi tinklo adapterių gamintojams ir fiksuojami adapterio pastoviojoje atmintyje, t. y. kiekvienas adapteris nuo pagaminimo momento jau turi savo identifikatorių – 48 bitų adresą;

- tipas (2 baitai) buvo įvestas *Xerox* ir naudotas vidinėms firmos reikmėms – nurodo aukštesnio lygmens protokolą. Ethernete neinterpretuojamas. Aukštesnio lygmens protokolai pagal tipą gali atpažinti paketą, nenagrinėdami paketo turinio, tai yra nelįsdami į ne “savo” paketus;

- duomenys; atkreipkime dėmesį, kad šis laukas negali būti trumpesnis, nei 46 baitai;

- CRC – perteklinės ciklinės sumos liekana (Cyclic Redundancy Checksum) – kontrolinė suma, skaičiuojama, naudojant CRC - 32 ar kitokio tipo polinomas. CRC naudojama perduodamos informacijos klaidų kontrolei.

### **IEEE 802.3**

Ethernet technologiją apibendrina 1985 m. paskelbtas IEEE 802.3 standartas, bet reikia

pabrėžti, kad IEEE 802.3 ir Ethernet šiek tiek skiriasi. Anksčiau sukurtas Ethernet IEEE 802.3 standartą tenkina nepilnai: pastarajame papildomai išskirti MAC ir LLC lygmenys, kurių nėra originaliojoje Ethernet versijoje bei atsisakyta Ethernet konfigūracijos testavimo protokolo ECTP (Ethernet Configuration Test Protocol). Vienas iš pagrindinių skirtumų yra besiskiriantys informacinių laukų tipai ir dydžiai.

IEEE 802.3 standartą atitinkančio informacinio paketo struktūra pateikta 1.5 pav.

Preambulė	Pradžios žymė	Adresatas	Siuntėjas	Ilgis	Duomenys	Balastas	CRC suma
7	1	6 arba 2	6 arba 2	2	0–1500	?	4

1.5 pav. IEEE 802.3 standarto paketo struktūra. Laukų ilgiai pateikti baitais.

Preambulė sudaro 7 baitai pasikartojančių nulių ir vienetų. Paketo pradžios žymė –10101011.

Adresato ir siuntėjo adresai gali būti pateikti 6 arba 2 baitais – sutrumpintas adreso variantas. Paskirties adrese gali būti išskiriamas pirmas bitas I/G (individualus ar grupinis adresas), kuris lygus 0, jei paketas skirtas konkrečiam gavėjui ir 1, jei paketas skirtas grupei.

Ilgis nurodo duomenų baitų skaičių. Jei duomenų mažiau negu 46 baitai, pridedamas balastas (iki 46 B).

Tiek Ethernet, tiek IEEE 802.3 paketo ilgis yra tarp 64 ir 1518 baitų (preambulė ir paketo pradžios žymė neįskaitomi).

Populiariausias iš IEEE 802.x standartų – IEEE 802.3 dar vadinamas 10BASE.\

## Token Ring

Token Ring (apie 1986 m. sukūrė *IBM*) sudaro dviejų topologijų – žvaigždė ir žiedas – mišinį: darbinės stotys jungiamos pagal žvaigždės topologiją, kaip centrinį koncentratorių naudojant specialų IBM valdymo įrenginį – Daugelio vartotojų bendro naudojimo stotį (Multi-Station Access Unit, MSAU), atliekantį žiedinio jungimo vaidmenį (1.3.b pav.). Token Ring technologiją aprašo IEEE 802.5 standartas.

Token Ring technologijos šerdis – MSAU (Multistation Access Unit – Daugelio vartotojų bendro naudojimo stotis) organizuoja paketų maršrutizavimą sekančiam tinklo mazgui. MSAU pagrindas – 1985 m. *IBM* ir *Texas Instruments* sukurtas integrinių grandinių rinkinys TMS380 (vėliau integruotas į vieną grandinę). TMS380 IEEE 802.5 standarto pagrindu realizuoja OSI (žr. 1.1.4) kanalinio ir fizinio lygmenų funkcijas, palaikydamas MAC ir LLC kanalinio lygmens polygmenius.

Jei naudojama ši technologija, vienas tinklo mazgas išskiriamas kaip aktyvusis monitorius (AM) – tai yra viena iš darbinių stočių vykdo kontrolines funkcijas: laikiną kontrolę loginiame žiede, esant būtinybei perduoda naujus markerius tinklo veiklai užtikrinti bei, esant tam tikroms

sąlygoms, sukuria diagnostinius paketus. AM sugedus, Token Ring turi mechanizmą, kuris vieną iš atsarginių monitorių “paskiria” AM.

IEEE 802.5 pranešimai dalijami į tris pagrindinius formatus. Tai yra markeriai, pranešimų paketai ir pabaigos sekos.

**Markeris** yra valdantysis pranešimas, tiksliau – trijų baitų požymis, kad atėjo eilė perduoti informacinį pranešimą. Kiekvienas iš šių baitų turi apibrėžtas funkcijas:

Pradžia	Kreipties kontrolė	Pabaiga
---------	--------------------	---------

Pradžia – 4 specialių impulsų (ne paprasti loginiai 0 ir 1, bet unikalūs elektros impulsai būdingi tik pradžios sekai) bitai.

Kreipties kontrolė – (Access Control, AC) – informacija apie galimybę įsijungti į tinklo darbą – yra suskirstyta į keturias sritis: PPP T M RRR. P – prioretiteto, T – markerio, M – monitoriaus ir R – rezervavimo bitai. Darbo stotis gali pasiųsti pranešimą tik tada, jei jos prioritetas ne mažesnis negu gauto markerio.

Markeris nuo pranešimo atskiriamas pagal T vertes: jei  $T = 1$  – siunčiamas markeris, jei  $T = 0$  – pranešimas.

Jei paketą perdavė aktyvus monitorius,  $M = 1$ ; visais kitais atvejais (darbinė stotis priėmusi pranešimą, siunčia patvirtinimą, o su bet koku pranešimu ji privalo pasiųsti ir markerį)  $M = 0$ . Todėl, jeigu aktyvus monitorius gavo paketą su  $M = 1$ , reiškia, kad pranešimas ir markeris apėjo visą VT ir nerado adresato.

Į rezervavimo bitus DS įrašo savo prioritetą ir taip rezervuoja VT sekančiam ciklui (perduodamas naują markerį AM nustato  $PPP=RRR$  (perkelia prioritetą iš rezervo)).

Pabaiga – (End Delimiter) – unikali 0 ir 1 bei specialių elektrinių signalų seka. Šis laukas turi ir dvi kitų funkcijų sritis: tarpinio paketo bitą (Intermediate Frame) ir klaidos aptikimo bitą (Error detected).

Pranešimų paketai. **IEEE 802.5 standarto pranešimo duomenų paketas atrodo taip:**

SFS						EFS		
SD	AC	FC	DA	SA	DATA	FCS	ED	FS
1	1	1	2/6	2/6		4	1	1

1.6 pav. IEEE 802.5 standarto pranešimų paketo struktūra.

Paketas sudarytas iš kelių laukų grupių: pradinės sekos, paskirties ir siuntėjo adresų, perduodamų duomenų ir pabaigos. Šios paketo laukų grupės sudaro pranešimą, kuris perduoda arba loginio žiedo valdymo informaciją (MAC lygmens duomenys) arba vartotojo duomenis (LLC lygmens duomenys).

Pradinė seka (SFS – Start Frame Sequence) susideda iš:

SD – Pradžios sekos (Start delimiter);

AC – Kreipties kontrolės (Access control);

FC – Paketo kontrolės (Frame control);

SD ir AC laukai analogiškai atitinkamiems markerio laukams;

FC – Frame control – nusako paketo tipą.

802.5 standarte numatyti šeši MAC lygmens paketų tipai:

CCCCC MAC kodas (00 reiškia MAC lygmenį, o 01 – LLC paketą);

000011 Markerio reikalavimas;

000000 Adreso dubliavimo testas;

000101 Aktyvaus monitoriaus buvimas;

000110 Atsarginio monitoriaus buvimas;

000010 Švyturys;

000100 Valymas;

Markerio reikalavimas inicijuojamas, kai atsarginis markeris aptinka, kad AM nefunkcionuoja.

Tada monitoriai pradeda sąveikauti, kad paskirtų naują AM;

Adreso dubliavimas perduodamas 1–ą kartą DS įsijungus į žiedą, norint įsitikinti, kad adresas unikalus;

Aktyvaus monitoriaus buvimas perduodamas periodiškai, norint parodyti, kad AM veikia;

Atsarginio monitoriaus buvimas perduodamas atsarginio monitoriaus, kai įsijungia atsarginis monitorius;

Švyturys yra signalas, inicijuojamas aptikus grubias VT klaidas (trūkis, informacijos transliacija negavus markerio; gedimo vieta diagnozuojama pagal mazgą, išsiuntusį pranešimą);

Valymas yra signalas, siunčiamas po žiedo inicializacijos ar naujo markerio nustatymo.

DA (Destination address) – gavėjo adresas;

SA (Source address) – siuntėjo adresas;

DATA – duomenys. Duomenys gali būti MAC lygmens paketai arba vartotojo duomenys, skirti IPX, TCP/IP ar NetBIOS (vidurinio lygmens) protokolams. DATA ilgį riboja tik tai, kad laikas skirtas vienai DS tinkle, yra ribotas.

Pabaigos seka (End Frame Sequence, EFS) sudaryta iš:

FCS (Frame Check Sequence) – kontrolinės sumos;

ED (End Delimiter) – pabaigos, kuri yra tokia, pati seka, kaip ir markerio pakete, turinti du papildomus bitus: tarpinio paketo bitą, lygų vienetui, jei tai sekos paketas, arba lygų nuliui, jei yra pirmas ar paskutinis paketas bei klaidos bitą – paketą išsiunčiant pastarasis nustatomas į nulį, o radus klaidą, į vienetą. Kai klaidos bitas klaidos bitas lygus vienetui, kontrolinė suma nebeskaičiuojama, paketas grįžta siuntėjui ir siuntimas pakartojamas.

FS (Frame status) – paketo statuso AC RR AC RR (dubliuota, nes FS netikrinama naudojant kontrolinę sumą. Pastarąją tikrinamas tik duomenų paketas.)

A– adreso pažinimo bitas. Siuntėjas nustato A į 0. Jei grįžo A=0 – adresato tinkle nėra (mazgas išjungtas ar pan.). Gavėjas nustato A į 1, jei adresas atpažintas.

C – paketo kopijavimo bitas. Gavėjas nustato C į 1, jei nebuvo klaidų gaunant ir kopijuojant paketą į buferį.

RR – grįžimo bitas. RR nustatomas į 1, jei atsirado klaida grįžtant, t. y. visi trys vienetai rodo klaidą paketui grįžtant atgal nuo gavėjo į siuntėją.



## FDDI

FDDI – Fiber Distributed Data Interface – optinio pluošto paskirstytų duomenų sąsaja yra duomenų perdavimo standartas, taikomas vietiniuose tinkluose naudojant šviesolaidines ryšio linijas.

Optinio pluošto paskirstytų duomenų sąsaja yra šiuolaikiškesnis protokolas nei Ethernetas ar Token Ring. Jį sukūrusi ANSI (American National Standard Institute) grupė X3T9.5 stengėsi, kur galima, laikytis IEEE 802.5 standarto. Skirtumai atsirado tik ten, kur tai būtina, norint realizuoti optinio kabelio privalumus – didesnį duomenų perdavimo greitį bei perdavimo atstumus.

FDDI dirba markerio perdavimo principu optinio kabelio loginiame žiede 100 Mb/s greičiu.

Esminiai skirtumai tarp FDDI ir IEEE 802.5 (Token Ring) standartų yra pateikti 1.1 lentelėje.

**1.1 lentelė.** Token Ring ir FDDI standartų palyginimas.

Token Ring	FDDI
DS pasiunčia markerį tik gavusi atsakymą iš adresato.	Siunčia markerį iš karto perdavus pranešimą.  Nenaudoja prioritetų ir rezervavimo, bet skirsto DS į klases:  - asinchronines DS, nėra reikalavimų įsijungimui ir tinklas laiko intervalus,  - sinchronines DS, šie intervalai griežtai fiksuoti

Reikia pažymėti FDDI (1.7 pav.) ir IEEE 802.5 paketų pranašumą. Pilnas paketo ilgis neviršija 4500 baitų. Preamble – 8 baitai – gali būti sutrumpinta pagal situaciją iki sinchronizacijai būtino dydžio.

Pradžia (SD) – unikali dviejų simbolių seka, skirta paketo pradžios identifikacijai.

Paketo kontrolė (Frame Control, FC) susideda iš C L FF TTTT bitų.

C – paketo klasė: nurodo ar pasikeitimo informacija pobūdį, t. y. paketo panaudojimą sinchroniniam ar asinchroniniam informacijos perdavimui.

L – paketo adreso ilgio (16 ar 48 b) indikacija.

FF – paketo formatas: MAC (žiedo valdymas) ar LLC (vartotojo duomenų perdavimas).

Jei FF nurodo į MAC, TTTT nurodo informacijos, perduodamos INFO lauke, tipą.

Paketo statusas (Frame Status, FS) yra nepastovaus ilgio laukas, kuris gali turėti šiuos požymius:

1) rasta klaida; 2) adresas pažintas; 3) duomenys nukopijuoti.

#### FDDI markeris

Preambulė	Pradžia (SD)	Paketo kontrolė (FC)	Pabaiga (ED)	Paketo statusas (FS)
8	1	1	1	

#### FDDI paketas

Preambulė	SD	FC	DA	SA	INFO	FCS	ED	FS
8	1	1	2/6	2/6		4	1	

1.7 pav. FDDI standarto markeris ir duomenų paketas. Laukų dydis nurodytas baitais.

Jeigu FDDI standarte būtų pilnai išlaikyta informacijos kodavimo sistema, naudota Token Ring, vieno bito informacijos perdavimui reikėtų dviejų signalų – šviesos impulso ir tamsios pauzės. Taigi, perduodant informaciją 100 Mb/s greičiu, reikėtų perduoti  $200 \cdot 10^6$  bodų, t. y. elementariųjų signalų per sekundę. Siekiant padidinti sistemos produktyvumą, FDDI naudoja 4B/5B schemą: 4 duomenų bitai (niblas) koduojami 5 bitų šviesos impulsų kombinacija, leidžiančia 100 Mb/s linijos produktyvumą pasiekti naudojant 125 megabodus.

Kitos VT technologijos.

Yra ir daugiau vietinio tinklo sistemų, tačiau jos nepaplitę taip plačiai, kaip aukščiau aprašytosios. Tai ARCNET (Attached Resource Computer NETware), kurią 1968 m. sukūrė firma *Datapoint Corporation*. o gamina ne tik pastaroji, bet ir *Thomas-Conrad* bei *Standard Microsystems*; *Artisoft* firmos LANtastic (nepainioti su tinkline operacine sistema LANtastic, dirbančia Ethernet tinklo pagrindu!); *IBM* sukurta PC Net; *AT&T* gaminama StarLan; *Corvus* (vietinių tinklų pradininkės) sukurta Omninet ir kt. sistemos.

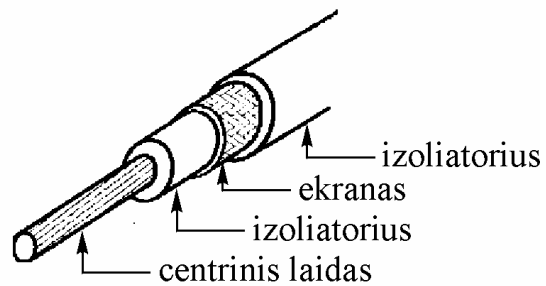
### 1.1.3. Aparatinė vietinių tinklų realizacija

Pagrindinės aparatinės kompiuterinių tinklų dalys, neskaičiuojant pačių kompiuterių – serverių ir darbinių stočių (dar vadinamų mazgais, maršrutizatoriais ir kt., angl. host, site, node, router...) – yra ryšio linijos ir adapteriai (tinklo kortos).

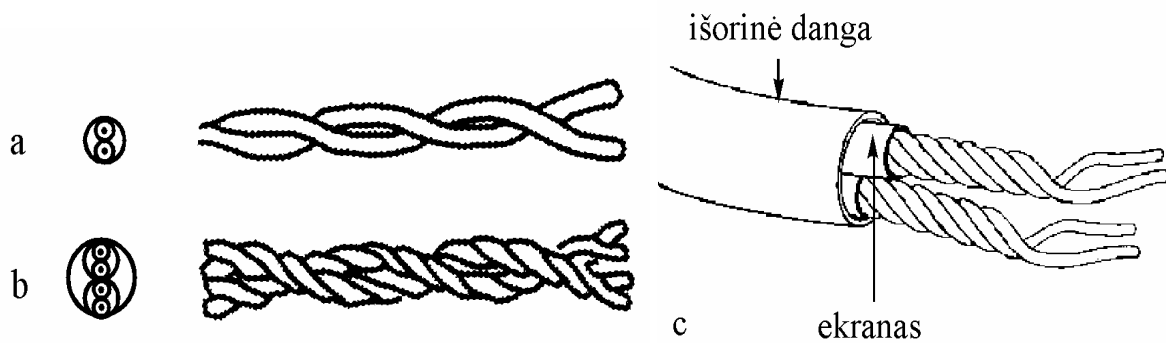
### 1.1.3.1. Ryšio linijos

#### Kabeliai

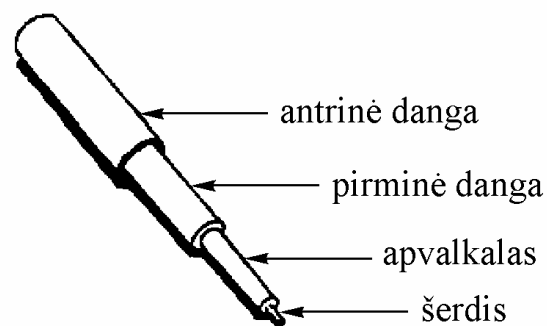
KT dažniausiai naudojami koaksialieji (1.8 pav.) ir vytos poros (1.9 pav.) kabeliai. Vis dažniau pasitaiko optinio pluošto kabelių (1.10 pav.). Pastarojo jungimo schema pateikta 1.11 pav.



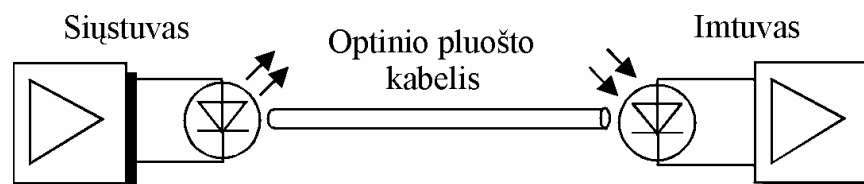
1.8 pav. Koaksialusis kabelis.



1.9 pav. Neekranuotos (UTP) ir ekranuotos (TP) vytos poros kabeliai: a – vytoji pora, b – duplexiniam ryšiui skirtas suporintas vytos poros kabelis, c – ekranuota vytoji pora.



1.10 pav. Optinio pluošto kabelis.



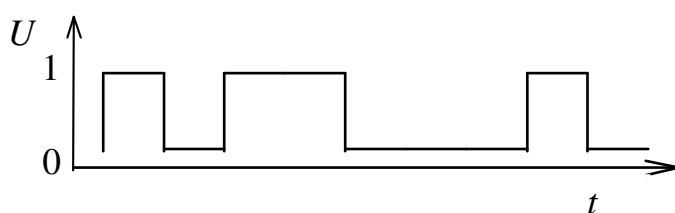
### 1.11 pav. Optinio pluošto kabelio jungimo schema.

Pasirenkant technologijas bei kompiuterių sujungimui naudojamus kabelius būtina atsižvelgti į šių elementų techninių charakteristikų sąlygojamus apribojimus, kurie pateikti 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Vietinių tinklų linijų apribojimai.

Tinklo adapteris	Kabelio tipas	Minimalus linijos ilgis, m	Maksimalus linijos ilgis, m
<b>Ethernet</b>	Koaksialusis kabelis		
	a) plonas;	0,5	200
	a) storas, lankstus;	2,5	50
	a) storas, kietas.	2,5	500
<b>Token Ring</b>	Neekranuota vyta pora	2,5	100
	Ekranuota vyta pora	2,5	100
	Neekranuota vyta pora	2,5	45
	Ekranuota vyta pora	2,5	45
<b>FDDI</b>	Daugiamodis optinio pluošto kabelis		2000
	Vienmodis optinio pluošto kabelis		10000
ARCNet (pasyvus koncentratorius)			125
ARCNet (aktyvus koncentratorius)			625

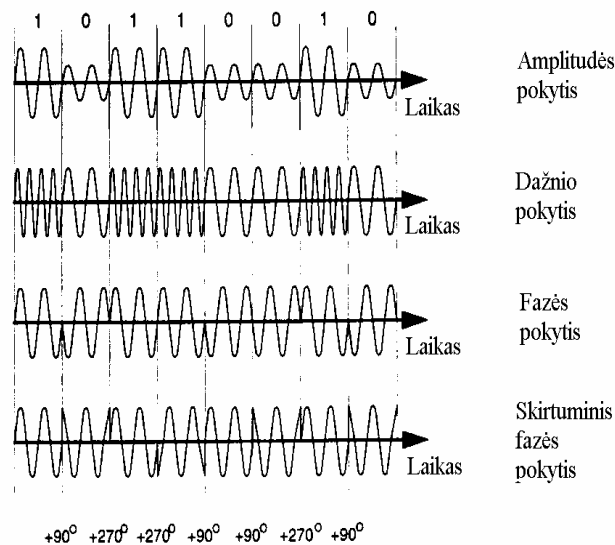
Tiek pačiuose kompiuteriuose, tiek kompiuteriniuose tinkluose informacija perduodama ir išsaugoma elektrinių (kartais – optinių) signalų pagalba. Skiriami skaitmeniniai ir analoginiai



1.12 pav. Skaitmenis signalas.

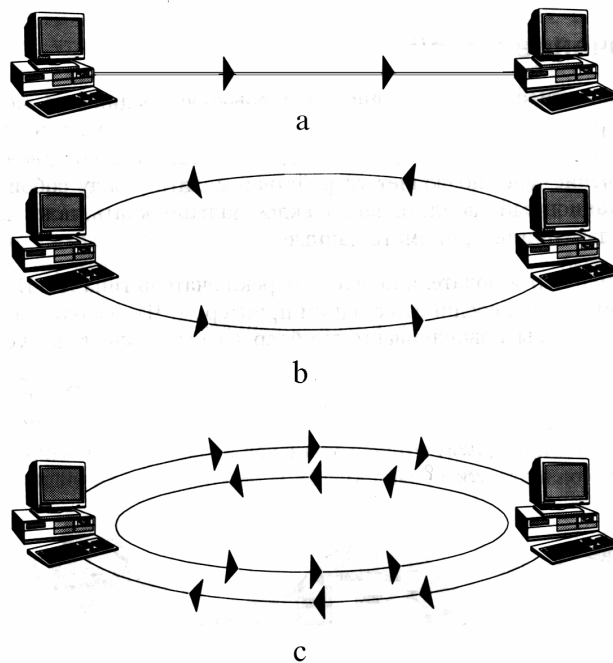
elektriniai signalai. Skaitmeniniai signalai sudaryti iš stačiakampių (meandro tipo) impulsų, o skirtingi skaitmeniniai lygiai (0 ar 1) perteikiami skirtinga įtampa – 0 arba  $U_1$  (optinėse linijose skiriasi šviesos intensyvumas). Kartais gali

būti naudojamas ne minėtas (potencialinis), bet laikinis kodavimas, t. y. skirtingi loginiai lygmenys vaizduojami skirtingos trukmės impulsais. Kadangi nulių ir vienetų sekas patogiau pateikti skaitmeniniais signalais, pastarieji ir naudojami tiek vidinėse kompiuterių magistralėse, tiek ryšio tarp kompiuterių linijose. Tinkluose informacija dažnai perduodama ir analoginiais – sinusinės formos banginiais signalais. Siekiant tokiu būdu perduoti informaciją – nulių ir vienetų kombinacijas – analoginiai signalai moduluojami (1.13 pav.), t. y. keičiamas jų dažnis: paprastai „1“ perduodamas didesniu dažniu, „0“ – mažesniu. Pažymėtina, kad dažninė moduliacija yra tik vienas iš moduliacijos būdų. Norint analoginius signalus paversti skaitmeniniais ir atvirkščiai, naudojami modamai (trumpinys iš modulator/demodulator).



1.13 pav. Amplitudinės, dažninės, fazinės ir skirtuminės fazės moduliacijos pavyzdžiai.

Ryšio grandinėse gali būti naudojami trys skirtingi informacijos perdavimo metodai: simpleksinis, duplexinis ir pusiau duplexinis (1.14 pav.). Naudojant simpleksinį jungimą, duomenys perduodami tik viena kryptimi. Pusiau duplexinis režimas leidžia perduoti duomenis abiemis kryptimis, bet ne vienu metu. Duplexinis režimas gali perduoti duomenis vienu metu abiemis kryptimis.



1.14 pav. Simpleksinis (a), pusiau duplexinis (b) ir duplexinis (c) informacijos perdavimo metodai.

### 1.1.3.2. Adapteriai

Tarpusavyje kompiuteriai kabeliais sujungiami per tinklo adapterio kortą (plokštę), t. y. specialią tinklo sąsają (interfeisą), analogišką kitų periferinių įrenginių, pvz., monitoriaus ar nuoseklios sąsajos, kortoms.

Tiek Ethernet, tiek Token Ring tipo adapteriai aparatinį ir programinių priemonių pagalba atlieka septynias pagrindines pranešimų perdavimo ir priėmimo operacijas.

1. Duomenų perdavimas. Duomenys iš AK operatyviosios atminties perduodami į adapterį naudojant išvedimo ir įvedimo kanalą, tiesioginę kreiptį į atmintį ar kt.

2. Buferizacija. Tvarkant duomenis, jie laikomi adapterio buferyje. Buferis turi leisti apdoroti visą paketą.

3. Paketo formavimas. Tinklo adapteris sudalina duomenis į porcijas (Ethernete  $\leq 1518$  B, Token Ring –  $< 4$  kB) bei prideda pradžias ir pabaigas (fizinio lygmens apvalkalus), tai yra suformuoja paketą.

4. Galimybė pasiekti liniją (line access). Adapteris nustato, ar linija laisva. Ethernet (CSMA/CD) technologija numato kabelio “paklausymą”, Token Ring – markerio gavimą.

5. Duomenų pertvarkymas iš lygiagrečio į nuoseklų formatą.

6. Duomenų kodavimas ir iškodavimas. Formuojami elektriniai signalai, naudojami duomenų atvaizdavimui. Dauguma tinklo adapterių tam naudoja Mančesterio kodavimą. Naudojant jį nereikia papildomų sinchronizacijos signalų, norint atpažinti vienetų ir nulius. kadangi naudojami signalų poliarumo pokyčiai.

7. Impulsų perdavimas ir priėmimas. Koduoti elektromagnetiniai impulsai perduodami į liniją.

**Adapteriai skiriasi:**

- standartu (Ethernet, Token Ring, Lantastic, FDDI...),
- perdavimo greičiu,
- buferio apimtimi,
- kompiuterio magistralės tipu (8b, 16b, MCI, PCI, VESA),
- magistralės greičiu,
- suderinamumu su įvairiais procesoriais,
- DMA – tiesioginės kreipties į atmintį naudojimu,
- I/O prievadų (portų) ir pertraukimo vektorių adresavimu,
- intelektualumu,
- jungties konstrukcija.

**Tinklo adapterių valdymas**

Tinklo adapterių valdymo būdą nusako du (nesuderinami tarpusavyje, konkuruojantys) standartai:

1. ODI – Open Datalink Interface

Sukūrė *Novell* ir *Apple Computer*. Pagrindinis failas yra NET.CFG

2. NDIS – Network Driver Interface Specification

Sukūrė *Microsoft* ir *3Com* Pagrindinis failas yra PROTOCOL.INI

Seniau gamintojai programines tvarkykles (draiverius), t. y. tarnybines programas, skirtas OS suderinimui su adapteriais, dažniausiai pateikdavo ODI standartu, siekdami suderinamumo su populiaria tinkline OS NetWare, tačiau dabar, kaip taisyklė, savo produktams pateikia ir vieną ir kitą standartą atitinkančias tvarkykles.

**Kartotuvai, tiltai, maršrutizatoriai, šliuzai**

Konstruojant sudėtingesnius tinklus ir norint sujungti juos į vieną visumą, naudojama visa eilė specialių įrenginių, tokių kaip kartotuvai, tiltai, maršrutizatoriai, šliuzai (išvardintieji įrenginiai naudojami ir formuojant globaliuosius tinklus).

**Kartotuvo** paskirtis – neiškraipant sustiprinti (pakartoti) priimtą signalą. Teisingas kartotuvų išdėstymas tinklo geometrijoje leidžia tinklo konstruktoriams padidinti atstumus tarp kaimyninių sujungiamų kompiuterių ir taip padidinti tinklo patikimumą bei dydį.

**Koncentratorius** (hub) yra specializuotas įrenginys, skirtas ryšio linijos išskaidymui, tačiau gali turėti ir papildomas logines ar tinklo apsaugos funkcijas.

**Tiltas** (bridge) yra įrenginys, kuris sujungia du tos pačios technologijos (pvz.: Ethernet) tinklus.

Tiltas analizuoja duomenų paketus, cirkuliuojančius tinkle, kada tinklas aptinka paketą, skirtą (adresuotą) antrajam tinklui, jis perduoda jį į antrąjį tinklą; visų kitų duomenų paketų jis neliečia.

Be pagrindinės savo funkcijos – dviejų tinklų sujungimo – tiltai padidina tinklo saugumą,

patikimumą bei produktyvumą. Ethernete kompiuteris turi “perklausyti” tinklą, norėdamas įsitikinti, kad šis neužimtas. Kuo daugiau kompiuterių, tuo didesnis užlaikymas perklausoms. Kuo daugiau kompiuterių tinkle, tuo didesnė jo apkrova ir “kamščių” tikimybė. Tokiu atveju veiksminga padalinti tinklą į du potinklius, jungiant juos tiltu. Esant tokiam jungimui, ne tik sumažėja tinklo linijų apkrova, bet gedimas viename potinklyje neturi įtakos antrojo darbui. Be to, atsiranda galimybė atskirti svarbesnės ar slaptos informacijos sritį ir sumažinti informacijos nutekėjimo galimybę, nes transliacinio tipo tinkle visi duomenys praeina per visus kompiuterius ir specialiomis tinklo aktyvumo monitoringo priemonėmis (traffic analyser) galima perimti bet kurį duomenų paketą. Naudodamas tiltą, tinklo administratorius, gali tinklo dalį su slapta informacija atskirti nuo platesnei auditorijai skirtos dalies..

Tiltas atlieka šias pagrindines funkcijas:

- reguliuoja informacijos srautus: analizuoja adresinę informacinio paketo dalį ir į kitą tinklą perduoda tik kitam tinklui skirtą informaciją;

- didina tinklo produktyvumą, dalydamas jį į du;

- didina patikimumą.

Taigi, tiltai analizuoja, filtruoja, nukreipia pranešimus, stengdamiesi sumažinti prie jų prijungtų segmentų apkrovimą. Dėl tokių funkcijų tai yra lėti įrenginiai.

**Maršrutizatorius** (router) yra įrenginys, kurio paskirtis yra nukreipti informacijos paketus reikiama kryptimi. Maršrutizatorius jungti skirtingų technologijų tinklus (pavyzdžiui, Ethernet ir Token Ring). Skirtingai nuo tilto, maršrutizatoriai turi savo adresą. Maršrutizatorius dažnai naudojamas kaip tarpinis galutinio duomenų adreso punktas. Maršrutizatorius neanalizuoja duomenų paketo, jeigu jis pats nėra galutinis (ar tarpinis) adresatas, t. y. maršrutizatorius neanalizuoja visų paketų, kaip tiltai, o tiktai adresuotuosius jiems (prieš tai buvusių maršrutizatorių). Kadangi maršrutizatoriai dirba aukštesniame nei tiltai – tinklo OSI modelio lygmenyje, jiems nesvarbu tinklo topologija ir kanaliniai protokolai, tai yra maršrutizatoriai neanalizuoja pranešimų, kaip tiltai, bet priiminėja sprendimus dėl optimalaus duomenų kelio tarp dviejų tinklo segmentų: analizuoja kiekvieno paketo adresą ir pagal pastarąjį sprendžia, ar nukreipti paketą per tiltą ar ne ir konkrečiam paketui išrenka geriausią maršrutizavimo trajektoriją iš galimų variantų.

**Tinklo šliuzas** (gateway) – bendras tinklų sujungimo įrenginių pavadinimas.

Aparatūrinis šliuzas yra ankščiau išnagrinėtas maršrutizatorius.

Dažniausiai šliuzai būna orientuoti aukštesniems OSI modelio lygmenims – seansiniam, vaizdavimo ir taikomajam. Taikomojo aprūpinimo šliuzai pertvarko duomenų paketus tam tikroms tinklo programoms. Pvz., MCI Mail formato pakeitimą į Internet Email (SMTP) formatą, atlieka pašto šliuzas.

Skirtingų tinklo protokolų suderinimo ir pertvarkymo funkcijas atlieka trečiojo tipo –



protokoliniai šliuzai. Jie gali būti naudojami tinklams su TCP/IP protokolu prijungti prie didelio, SNA standartu dirbančio kompiuterio, nes šios architektūros visiškai nesuderinamos ir visą duomenų srautą reikia pilnai “išversti” į kitą kalbą.

Modemai, komunikacijos linijos

Neretai, ypač šiuolaikiniame mobilumu pasižyminčiame amžiuje, į vietinį tinklą turi būti įjungtas fiziškai toli esantis kompiuteris, iki kurio neįmanoma ar neekonomiška nutiesti įprastą vietiniame tinkle naudojamą ryšio liniją. Tuomet tenka naudoti standartines telekomunikacinių tinklų linijas. Paprastas analoginis telefoninis kanalas – taip vadinama komutuojama linija (dial-up) su modemais yra pigiausias, bet ir lėčiausias ryšys. Du vietiniai tinklai gali būti sujungti šiomis linijomis naudojant Novell firmos programą – distancinį asinchroninį maršrutizatorių ARR (Asynchronous Remote Router). Galima naudoti ne modemą, o Novell firmos WNIM (Wide Area Network Interface Module) – specializuotą komunikacijos tarp vietinių tinklų įrenginį. Komutuojamos linijos ir jose naudojami protokolai plačiau aptarti nagrinėjant globaliuosius tinklus.

#### **1.1.4. Vietinių tinklų programinė įranga**

Pagrindinis kompiuterinio tinklo programinės įrangos elementas yra tinklinė operacinė sistema (TOS) (dirbdama šalia autonominiame AK instaliuotos operacinės sistemos (OS), ji valdo tinklo įrenginius), kuri ir nulemia tinklo pobūdį bei tipą. Pagal resursų paskirstymo ir programinio aprūpinimo organizavimo principus vietiniai tinklai skirstomi į tinklus su išskirtu serveriu ir vienodo rango tinklus. Tinkle su išskirtu serveriu tinklo serverio ir vartotojo darbo stoties funkcijos griežtai atskirtos. Serveryje koncentruojama tinklo programinė įranga, jame saugomi tinklo vartotojų failai, instaliuojamos duomenų bazės ir pan. Kai kurios tinklinės operacinės sistemos reikalauja atskiro kompiuterio, kuriame dirba tik sisteminės serverio programos; šio kompiuterio nebegalima panaudoti kaip vartotojo darbo stoties. Vienodo rango tinkluose failų serveris nėra išskirtas, t. y. kiekvienas kompiuteris tinkle gali būti ir failų serveris ir tarnybinė darbo stotis. Tokio tipo tinklo TOS ir jos eksploatacija yra paprastesnės ir pigesnės, tačiau tokių tinklų galimybės taip pat atitinkamai mažesnės. Vienodo rango tinklai gali būti panaudoti nedidelėse organizacijose, kur tinklo apkrovimas nėra didelis, t. y., ten kur rečiau naudojamos paskirstytosios duomenų bazės ar kitos kolektyvinio naudojimo programos. Tokiuose tinkluose paprastai jungiama iki kelių dešimčių tinklo mazgų, nes didesniuose tinkluose vienodo rango TOS nebegerai veikti efektyviai – darbo stočių, kai jos veikia ir kaip failų serveriai, produktyvumas labai sumažėja. Tačiau tai nėra vienintelė vienodo rango tinklų problema. Perkraunant kurią nors tinklo serverį, dažnai pasitaikys situacija, kai su šio serverio failais dirba kiti tinklo vartotojai ir galima pažeisti tuos failus. Be to, jei tinkle veikia ne vienas failų serveris, yra žymiai sunkiau organizuoti rezervinių failų kopijų parengimą – padidėja tikimybė ką nors praleisti.

## Tinklinės operacinės sistemos (TOS) funkcijos

Tiek TOS su išskirtu serveriu, tiek vieno rango tinklo TOS susideda iš trijų komponentų (tas dalis gali vykdyti viena vienintelė programa paprastoje TOS). Tai yra:

- ryšio modulis, leidžiantis kompiuteriams sąveikauti kabelių ir adapterių pagalba (tinklinių adapterių tvarkyklės);
- darbo stoties funkcijų modulis, sukuriantis pranešimus ir užklausas ir perduodantis jas į serverį;
- serverio funkcijų modulis, priimančias užklausas, jas apdorojantis ir atsakantis į jas.

Dauguma užklausų orientuotos į darbą su failais, bet yra ir kitokių, pavyzdžiui, administracinių, kurios skirtos įėjimui į sistemą – įsijungimui, seanso uždarymui (išsijungimui), vartotojų identifikacijai tinkle ir kt.

**Disko padalinimas.** Naudojant peradresavimą serverio diskas pateikiamas kaip dar vienas įprastas DOS diskas. Taikomoji programa, dirbanti darbo stotyje, kreipiasi į DOS funkcijas dėl kokios nors failo dalies; jei nustatoma, kad reikalingas failas ar kitas objektas yra ne tame pačiame AK, tinklo OS gali perimti užklausą ir nukreipti ją į failų serverį, kuris atlieka įvedimo ar išvedimo operaciją su reikalaujama failo dalimi ir perduoda užklaustos vykdymo rezultatą darbo stočiai pagal DOS taisykles.

Minėtai operacijai tinklo OS turi:

- 1) pagal failo adresą diske nustatyti, ar užklausą vykdyti jai, ar palikti DOS;
- 2) atidarius ar sukūrus failą, įsiminti jo identifikatorių ir adresą tolesniems kreipiniams;
- 3) suderinti įrašų formatus, transformuoti juos.

Kai kurios TOS turi įvairių papildomų funkcijų, pvz.:

- leidžia pervadinti disko įrenginius ir katalogus, pvz., realaus vartotojo katalogas "F:\user\jonas" gali būti pervadintas šakniniu katalogu – tada vartotojas nematys kitų serverio katalogų;
- NetWare administratorius gali apriboti vartotojui išskiriamo katalogo dydį.

**Serverio apsauga nuo nesankcionuoto panaudojimo** praktiškai yra serverio apsauga nuo pašalinių vartotojų.

Tokios apsaugos tikslai yra:

- nesąmoningų pažeidimų tikimybės sumažinimas,
- apsauga nuo apgavysčių ir sukčiavimo,
- apsauga nuo sąmoningų personalo bei pašalinių vartotojų pažeidimų,

Tai pasiekama naudojant vardus ir slaptažodžius bei diferencijuojant vartotojų teises, t. y., tinklo OS serveryje laikant informaciją apie visus vartotojus, jų vardus ir slaptažodžius bei jų teises pasiekti katalogus ir failus.

Ši informacija laikoma apsaugotuose failuose (pvz., *bindery* failas Netware sistemoje, *system*

failai kitose TOS). Tokių failų negalima redaguoti tekstiniais redaktoriais, jie pasiekiami tik tinklo administratoriui.

## OSI modelis

Siekdama standartizuoti bei struktūrizuoti tinklinę aparatinę ir programinę įrangą, Tarptautinė standartų organizacija ISO (International Standard Organization)<sup>2</sup> paskelbė kompiuterinių tinklų architektūros modelį – Rekomenduojamą atvirų sistemų sąveikos modelį<sup>3</sup> – (The Reference Model of Open Systems Interconnection – OSI), kuris buvo sukurtas 1977 – 1984 m. OSI modelis aprašytas ISO7498 standartu (yra papildomų specifikacijų, praplečiančių šį – pagrindinį – standartą). OSI modelis nėra tinklo architektūra, nes jis nurodo tik kiekvieno lygmens funkcijas, bet ne tai, kokios tikslios paslaugos ir protokolai turi būti naudojami kiekviename lygmenyje.

Reikia pripažinti, kad iki šiol nėra gaminių, kurie pilnai tenkintų OSI, nors stengiamasi, bent dalinai, jo laikytis. Beje, OSI modelis nėra taikytinas vien kompiuteriniams tinklams: kadangi jis sukurtas kaip telekomunikacijų standartas, jo modeliu veikia ir stacionarūs bei mobilūs telefonijos bei daugelis kitų telekomunikacinių tinklų.

Siekiant supaprastinti tinklų struktūrą, ji suskaidyta į tam tikrus lygmenis su apibrėžtomis funkcijomis (1.15 pav.). Minėtieji lygmenys sudaro taip vadinamą OSI rinkinį, susidedantį iš 7 lygmenų (sluoksnių). Tinkluose gali būti panaudoti ir kiti pvz., TCP/IP (žr. 2.2 ) skaidymo į lygmenis modeliai.

7.	Taikomasis lygmuo
6.	Vaizdavimo lygmuo
5.	Seansinis lygmuo
4.	Transporto lygmuo
3.	Tinklinis lygmuo
2.	Kanalinis lygmuo
1.	Fizinis lygmuo

1.15 pav. OSI modelio struktūra.

Skaidant tinklines struktūras į lygmenis, vadovaujamosi šiomis pagrindinėmis taisyklėmis:

1. Kiekvienas lygmuo turi vykdyti griežtai apibrėžtas funkcijas;

<sup>2</sup> Tarptautinė standartų organizacija (International Standard Organization, ISO) įkurta 1964 m. Ją sudaro >160 techninių komitetų, tame tarpe ir tokios žinomos organizacijos, kaip ANSI - American National Standard Institute), jungia >75 valstybių.

<sup>3</sup> Terminas “atvira sistema” reiškia, kad tos sistemos architektūra ir savybės nėra kieno nors nuosavybė, t. y. vartotojas turi pilnus sistemos aprašymus ir galimybę bei leidimą panaudoti sistemą savo tikslams, ją keisti ir tobulinti (taip tikimasi išplatinti sistemą didesiam vartotojų skaičiui ir paversti sistemą standartu *de facto*).

2. Lygmenų funkcijos turi būti pasirinktos orientuojantis į esamus ar prognozuojamus tarptautinius protokolų standartus;
3. Lygmenų ribos turi būti pasirinktos taip, kad būtų minimizuotas duomenų srautas per sąsajas tarp lygmenų;
4. Lygmenų skaičius turi būti pakankamai didelis, kad skirtingos funkcijos, esant galimybei, būtų atskirtos į atskirus lygmenis, ir pakankamai mažas, kad struktūra netaptų grioždiška.

**Fizinis lygmuo** nusako bitų srauto perdavimą ryšio kanalu. Pagrindinė šio lygmens funkcija persiųsti informaciją iš mazgo į mazgą ir jos neiškraipyti, t. y. kai vienas tinklo mazgas siunčia 1, kitas turi tai suprasti kaip vienetą. Šis lygmuo susijęs su fizine signalų perdavimo aplinka bei mechaninėmis, elektrinėmis ir procedūrinėmis sąsajomis. Fiziniam lygmenyje numatoma:

- loginių signalų forma, įtampa, trukmė;
- ryšio tipas (duplexiškumas);
- pradinis susijungimas ir seanso pabaiga;
- kabeliai, tinklinės jungtys ir jų išvadų panaudojimas.

**Kanalinis (jungties) lygmuo** perduoda duomenis į ryšio liniją bei priima neapdorotą duomenų srautą iš linijos ir atlikus klaidų kontrolę, perduoda į tinklinį lygmenį. Tai pasiekama suskaidant duomenis į duomenų kadrus, paverčiant juos nuosekliomis bitų sekomis, perduodant šias sekas kitam mazgui ir, panaudojus atsiųstus iš imtuvo patvirtinimo kadrus, taisant klaidas. Kanalinio lygmens programinė įranga turi pakartoti kadro siuntimą, jei įvyko klaida ar nebuvo atsiųstas patvirtinimo kadras, t. y. kanaliniam lygmenyje turi būti išspręstos problemos, susijusios su kadrų pažeidimu, praradimu ir dubliavimu. Šalia klaidų kontrolės kanaliniam lygmenyje gali būti integruota srauto valdymo (flow control) – perdavimo reguliavimo, kai siųstuvas greitesnis negu imtuvas, galimybė. Kanalinis lygmuo turi suformuoti kadro pradžios ir pabaigos žymes, kadangi fizinis lygmuo perduoda ir priima bitų srautą be jokios prasmės. Paprastai tai padaroma kadro pradžioje ir gale pridėdant specialų bitų rinkinį. Transliaciniuose tinkluose kanalinis lygmuo dažnai skaidomas į 2 polygmenius. Taip įvestas papildomas MAC (Media Access Control – kreipties į aplinką valdymas) polygmenis, skirtas priėjimo prie bendro kanalo kontrolei, susijęs su kreiptimi į tinklą – markerio perdavimu Token Ring ar kolizijų aptikimu Ethernet'e – bei jų valdymu. LLC (Logical Link Control), susijusi su vartotojo pranešimų siuntimu ir priėmimu, struktūriškai yra virš MAC polygmenio bei naudoja pastarojo teikiamas paslaugas kaip paprogramę.

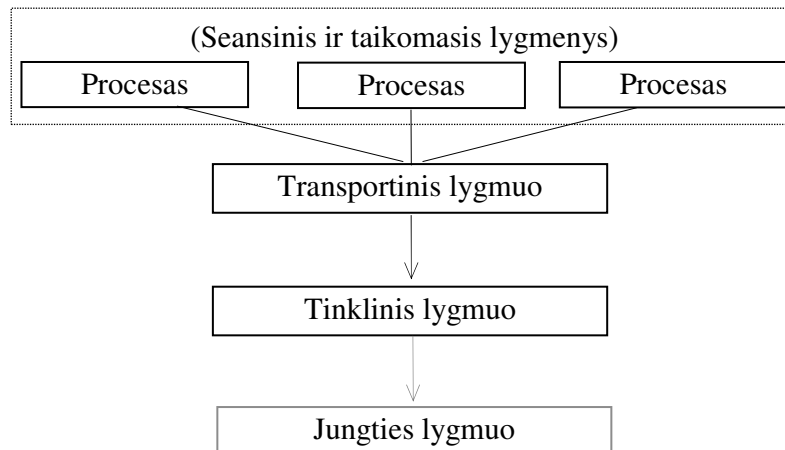
Kanaliniam lygmenyje naudojami Ethernet, Token Ring, FDDI protokolai.

**Tinklinis lygmuo** yra susijęs su potinklio (subnet) darbo valdymu. Potinkliu vadinama tinklo mazgų, kurių pagrindinė paskirtis yra duomenų retransliacija, visuma. Svarbiausia šio lygmens funkcija – informacinių paketų maršrutizavimas (nukreipimas) nuo šaltinio iki tikslo. Maršrutai gali būti paremti statinėmis, retai keičiamomis lentelėmis arba nustatomi kiekvienam paketui, pagal realų tinklo apkrovimą esamu momentu (dinaminis maršrutizavimas).

Tinkliniame lygmenyje sprendžiamos perkrovimų – tinklo kamščių problemos. Šiame lygmenyje sprendžiamos ir tokios perėjimo iš vieno tinklo į kitą problemos, kaip skirtingas adresavimas, protokolų neatitikimai, paketų ilgių skirtumai ir pan.

Tinklinio lygmens protokolų šeimai priklauso NetBEUI, IPX, IP.

**Transportinis lygmuo** (1.16 pav.) duomenų failą, gautą iš sesijinio lygmens, suskaido į paketus ir perduoda juos į tinklinį lygmenį bei užtikrina, kad paketai neiškraipyti pasiektų adresatą ir būtų reikiama tvarka suformuoti į failą, identišką išsiųstajam. Visa tai turi būti padaryta efektyviai, greitai ir patikimai, nepriklausomai nuo įvairiose grandyse panaudotos aparatūros.



1.16. pav. Transporto lygmens funkcinės sąsajos. Atkreiptinas dėmesys, kad paveiksle pateiktoje diagramoje seansinis ir taikomasis lygmenys sujungti į vieną.

Šiuolaikiniuose tinkluose vyrauja paketų pristatymas netikrinant pristatymo eilės (failas sukomponuojamas pagal paketų sekos numerius) bei pranešimų tiražavimas didelėms adresatų grupėms. Vienas iš populiariausių transportinio lygmens sujungimų, ypač ankstyvuosiuose tinkluose, yra porinio jungimo kanalas, kuris pristato pranešimus tokia tvarka, kokia jie buvo išsiųsti ir tikrina klaidas.

Transportiniame lygmenyje atitinkamos šio lygmens sujungime dalyvaujančių kompiuterių programos pilnai sąveikauja tarpusavyje, nors fiziškai tai gali būti toli vienas nuo kito esantys mazgai, atskirti daugybe maršrutizatorių ir kitų tinklo elementų. Tuo tarpu žemesniuose lygmenyse tiesioginė sąveika įmanoma tik tarp artimiausių kaimynų, t. y. tik grandies ar vietinio tinklo ribose.

Paprastai transportinis lygmuo sukuria atskirą tinklinį sujungimą kiekvienam transportiniam sujungimui, kurio reikalauja sesijinis ir taikomasis lygmenys, tačiau tai nėra taisyklė: jei reikia, transportinis lygmuo gali sukurti keletą tinklinių sujungimų vienam transportiniam sujungimui ir atvirkščiai. Kadangi dauguma šiuolaikinių kompiuterių vienu metu gali vykdyti daugelį uždavinių, vienu metu gali egzistuoti daug sujungimų. Transporto lygmens protokolų antraštėse numatyti sujungimus atitinkančių pranešimų žymėjimas. Nurodant pranešimo prievadą (portą), apibrėžiami procesai, dalyvaujantys tarpkompiuteriniame informacijos pasikeitime. Srautų valdymo mechanizmo pagalba transportiniame lygmenyje suderinamas pasikeitimas duomenimis

tarp greitų ir lėtų tinklo mazgų.

Transportiniame lygmenyje naudojami SPX, TCP, UDP protokolai.

**Seansinis (sesijinis) lygmuo** leidžia vartotojams organizuoti ryšio seansus tarp skirtingų kompiuterių. Tai yra lygmuo, kuriame atliekamas ryšyje dalyvaujančių kompiuterių dialogo valdymas, pvz., sesija gali būti panaudota vartotojui įsijungti į nutolusią kompiuterinę sistemą, leisti ar drausti perdavinėti duomenis abiemis kryptimis tuo pačiu metu, valdyti operacijų sekas naudojant žymės metodą ir pan. Seanso lygmenyje užtikrinama vardų, slaptažodžių identifikacija bei vartotojo teisių kontrolė.

Viena iš šio lygmens paslaugų – sinchronizacija. Pvz., jei perduodant failą nepatikimu kanalu į duomenų srautą įterpiami sinchronizacijos signalai, tai nutrūkus ryšiui ir pastarąjį atnaujinus galima pratęsti siuntimą nuo trūkio vietos.

**Vaizdavimo lygmuo** sietinas ne tiek su patikimu bitų perdavimu iš vieno tinklo mazgo į kitą, kiek su perduodamos informacijos sintakse ir semantika. Tam, kad esantys tinkle įvairių sistemų kompiuteriai galėtų sėkmingai keistis duomenimis, pastarųjų kodavimas, masyvų formatai, turi būti pateikiami vieningu standartu. Įvairūs kompiuterio elementai, pasiekiami tinklo vartotojams, pvz., terminalas, taip pat turi būti emuliuojami visiems suprantamais. Tai ir yra lygmens, kuriame atliekamos informacijos pateikimo standartų suderinimo operacijos, funkcija.

**Taikomajame lygmenyje** sukoncentruotos funkcijos, susijusios su vartotojų taikomosiomis programomis. Taikomojo lygmens funkcijų pavyzdžiais gali būti taikomosios elektroninio pašto, įsijungimo į nutolusį kompiuterį ar paskirstytųjų duomenų bazių programos, t. y. bet kokios programos, skirtos galutiniam vartotojui. Tikslus tokių funkcijų apibrėžimas yra ypač svarbus tokių programų kūrėjams. Taikomajame lygmenyje turi būti išspręstos visos nesuderinamumo, pvz., terminalo emulatoriaus problemos.

Taikomojo lygmens protokolai yra FTP, TELNET, SMTP...

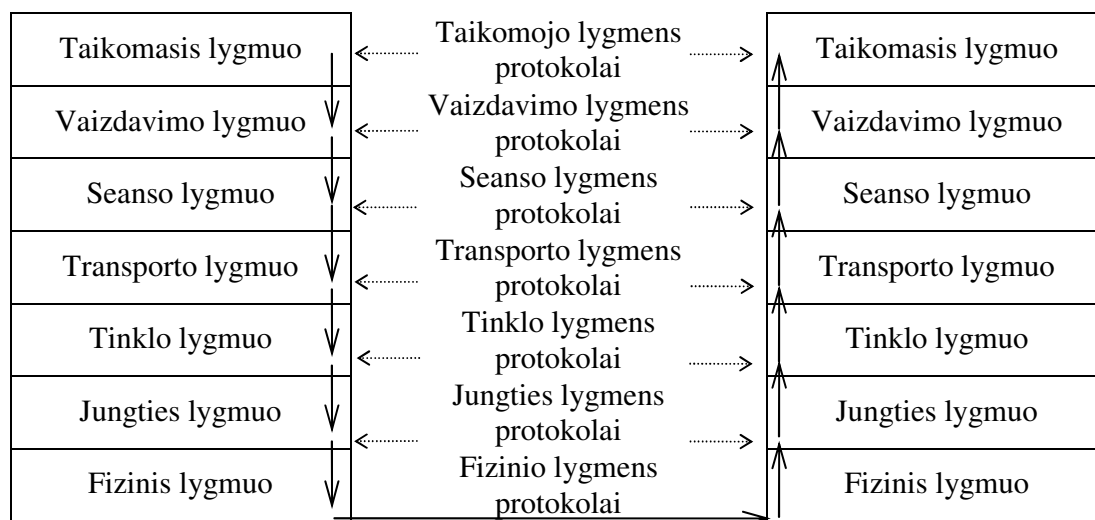
## **Modelis “klientas – serveris”**

Nagrinėjant taikomąjį lygmenį ir siekiant supaprastinti taikomojo lygmens programinę įrangą įvedamas **“kliento – serverio” modelis**. Modelis “klientas – serveris” supaprastina tinklinės programos kūrimą, padalindama užduotį į dvi dalis: klientinę ir serverinę. Šiame modelyje laikoma, kad tinklinis sujungimas, o tuo pačiu ir taikomieji procesai yra dvipusiai. Tas pats taikomasis procesas skirtingose sujungimo pusėse vykdomas skirtingai – jis susideda iš klientinės ir serverinės dalių. Laikoma, kad klientas pateikia užklausą informacijai ar paslaugoms, o serveris atsako į užklausą, t. y. pateikia informaciją ar įvykdo paslaugą. Daugumoje atvejų tinklinės taikomosios programos sudarytos iš dviejų nepriklausomų dalių – kliento ir serverio, nors kartais šios abi funkcijos būna sujungtos į vieną programą. Gali būti, kad serveris nepajėgus įvykdyti užklausą, tada jis kreipiasi į kitą serverį, kuriam perduoda užklausą, pats tapdamas klientu.

Serverių programinė įranga skirstoma į du tipus pagal tai, kaip apdorojamos užklausos: skiriami nuoseklaus bei lygiagretaus užklausų tvarkymo serveriai. Nuoseklaus užklausos apdorojimo serveriai, kaip galima spėti iš pavadinimo, klientų užklausas tvarko paeiliui, pagal jų pateikimo eiliškumą. Serveris iš karto imasi vykdyti gautą užklausą ir nereaguoja į naujus kreipinius, kol nebaigia darbo. Kada negalima numatyti užklausos vykdymo laiko, serveris kiekvienai užklausiai sukuria atskirą procesą. Sukuriama tiek procesų, kiek yra kreipimusi į serverį. Įvykdęs užklausą, serveris neveikos režime laukia sekančio kliento. Lygiagretaus užklausų vykdymo serverio konstrukcija reikalauja, kad kompiuterio operacinė sistema užtikrintų lygiagretumą, t. y. galimybę vienu metu vykdyti kelis procesus. Lygiagretaus užklausų vykdymo serveriai naudojami, pvz., failų perdavimui tinkle, nes neįmanoma numatyti failo perdavimo laiko, kadangi failo ilgis bei perdavimo greitis proceso pradžioje nežinomi.

#### Sąveika tarp tinklo kompiuterių

Programų požiūriu lygmuo  $N$  viename kompiuteryje sąveikauja su tuo pačiu lygmeniu kitame kompiuteryje (1.17 pav.). Programuotojo požiūriu visiškai nesvarbu, kaip informacija pasiekia atitinkamą lygmenį. Pavyzdžiui, nagrinėjant transporto lygmenį kuriame informacija suskaidoma į paketus ir, persiuntus į vartotojo mazgą, vėl suformuojama į pradinį failą, nesvarbu per kokius maršrutizatorius, linijas vyksta informacijos perdavimas tarp kompiuterių, o taip pat ir tai, kokio turinio informacija perduota. Visa tai paliekama kitų, žemesnių arba aukštesnių lygmenų



1.17 pav. OSI modelis ir sąveika tarp tinklo kompiuterių. Punktyrais pažymėti virtualūs ryšiai tarp analogiškų lygmenų; ištisine linija – realus informacijos perdavimas.

kontrolei. Taisyklės ir susitarimai, taikomi šiam ryšiui, vadinami  $N$  lygmens protokolu. Bendraujama horizontaliai, naudojant atitinkamo lygmens protokolą, tai yra nagrinėjamas virtualus  $N$ -tojo lygmens ryšys ir susidaro išpūdis, kad vienoduose lygmenyse esantys procesai komutuoja tarpusavyje.

Fiziškai informacija perduodama iš aukštesnio lygmens į žemesnį, pasiekia fizinį lygmenį ir elektrinių ar optinių signalų pagalba perduodama į kitą kompiuterį. Adresato kompiuteryje praeinamas atvirkščias kelias iki atitinkamo lygmens.

Siekiant užtikrinti tokio proceso suderinamumą bei galimybę pakeisti vieną kurio nors lygmens realizaciją kita, būtina aiškiai apibrėžti sąsajas tarp lygmenų, nusakančias, koku būdu tarp jų perduodama informacija.

## **1.2. PAGRINDINIAI VIETINIŲ TINKLŲ TIPAI**

### **1.2.1. Vienodo rango tinklai**

Paprasčiausi vietiniai tinklai yra vienodo rango tinklai, kur failų serveris nėra išskirtas ir kiekvienas tinklo kompiuteris gali būti tiek serveris, tiek vartotojo darbinė stotis. Tokių tinklų įdiegimas bei eksploatacija paprasti, bet galimybės ir produktyvumas irgi gerokai mažesni nei tinklų su išskirtu failų serveriu. Populiariausi vienodo rango vietinių tinklų tipai yra Windows for Workgroups (WfWg), NetWare Lite, OS LANtastic ir OS PowerLan.

#### **1.2.1.1. Windows for Workgroups<sup>4</sup>**

Windows for Workgroups (WfWg) veikia DOS grafinių sąsajų Windows 3.1 (3.11), Windows 95 (98) ar OS Windows NT sistemose.

Galimybės:

- Resursų padalinimas;
- Galimybė sukurti bendrą katalogą;
- Resursų priskyrimai išsaugomi DOS seansuose;
- Diskų perskirstymas – tinklinių diskinių resursų priskyrimas raidiniams žymėjimams.

Standartiniame Windows for Workgroups tinklo pakete įdiegtos šios taikomosios programos:

MSMail – elektroninis paštas vietinio tinklo ribose;

WinPopup – pranešimų siuntimas;

Chat – realaus laiko pokalbių sistema (bendraujama renkant tekstą klaviatūra);

Schedule + – vietiniame tinkle platinamos dienotvarkės.

WfWg dalinai suderinama su NetWare, tai yra gali veikti NetWare tinkle kaip papildoma priemonė.

Papildoma programa Workgroup Connection leidžia kompiuteriui, dirbančiam DOS, prisijungti prie WfWg aplinkos. Toks kompiuteris dirba tik kaip vartotojas, nes pateikti tinklui

---

<sup>4</sup> Sukurta 1992 m., pamačius LANtastic (*Artisoft*) bei NetWare Lite (*Novell*) sėkmę.



savo resursų negali.

Tinklo monitoringui naudojamos tarnybinės programos WinMeter ir WinWatcher.

WinMeter parodo kokią jų AK galingumo dalį panaudoja kiti tinklo vartotojai.

WinWatcher parodo prie jų prisijungusius tinklo vartotojus, bei jų vartojamus failus.

### 1.2.1.2. NetWare Lite<sup>5</sup>

NetWare Lite palaiko NetBIOS ir IPX protokolus ir yra suderinama su Windows paketu (instaliuojant pastarąjį reikia parinkti variantą (option) “VT nėra” arba “MS/LAN suderinamas” vietoje įprastos ir tikėtinai “NetWare LAN”). Personal NetWare vartotojai gali puikiai dirbti sudėtingesniuose tinkluose su išskirtu failų serveriu, t. y., pilnai naudotis NetWare 2.2, 3.12, 4.0 ar 5.0 serveriu. Vartotojų galimybės panašios, kaip ir Windows for Workgroups tinklo atveju, išskyrus didesnes tinklo duomenų apsaugos priemones: NetWare turi lankstesnę vartotojo prioritetų, teisių ir privilegijų sistemą. Vartotojo teises ir galimybes galima nustatyti atskiriems katalogams. Taupant atmintį, nesunkiai modifikavus startnet.bat failą, apsaugą galima išjungti visai.

Tinklas gali turėti iki 25 vartotojų. Tai riboja ne techninės galimybės, o Novell strategija: taip priverčiama pirkti sistemą su atskiru serveriu NetWare 3.12, 4.x arba 5.x. NetWare Lite paprastai neleidžia aktyvuoti tos pačios programos, jei ji jau dirba kitame tinklo AK (apsauga nuo nesankcionuoto kopijavimo).

TOS (rezidentinė programa NETx.COM, pakraunama į pagrindinę ar papildomą atmintį) įkrovimą ir įsijungimą į tinklą organizuoja programa Startnet.bat, kurios turinį galima perkelti į autoexec.bat. Sistemoje nenumatyta UPS palaikymo galimybė.

Pagrindinės NetWare Lite komandos:

NET LOGIN – įsijungimas;

NET – perėjimas į meniu langą;

NET CAPTURE – spausdintuvo prijungimas;

NET DOWN – išsijungimas iš tinklo.

---

<sup>5</sup> NetWare Lite išleista 1991 m. 1993 m. papildyta ir pervadinta į Personal NetWare (PNW). Senas NetWare Lite dar parduvinėjamas (pažymėtina, kad pastarojo aprašymas žymiai geresnis, nei PNW).

### 1.2.1.3. OS LANtastic<sup>6</sup>

OS LANtastic yra gana greita ir ypač nedaug atminties resursų naudojanti TOS. TOS sukuria gana produktyvų tinklą: galima įjungti iki kelių šimtų darbinių stočių. Sistema suderinama su Windows, ir, pradedant 5.0 versija, turi priemones dirbti NetWare tinkle. *Artisoft* gamina Ethernet adapterius, kurių derinys su LANtastic OS dirba ypač gerai.

1994 m. išleista 6.0 versija. Ji greitesnė, dirba Windows terpėje, turi suderinamas su Windows tarnybines programas resursų paskirstymui, turi šliužą į iešką (peidžerį), vietinio tinklo pašto, dialogų naudojant klaviatūrą (chat), faksmodemo aptarnavimo bei administracines programas, savo share.exe (geresnį nei DOS share), esant garso kortai – garsinį paštą. Dingus elektros įtampai, LANtastic atpažįsta UPS'o signalus ir automatiškai išsaugo duomenis.

Pagrindinės komandos, dirbant DOS :

NET – tinklinis meniu,

LOGIN – įsijungimas;

LOGOUT – išsijungimas iš tinklo;

MAIL – elektroninio pašto vietiniame tinkle aktyvavimas;

SEND – pranešimo išsiuntimas.

LANtastic tereikia 34 kB (kitos panašios sistemos užima 100–2000 kB) atminties: 3,2 kB – adapterio tvarkyklei, 13,2 kB NetBIOS, 5,1 kB share bei 12,5 kB – diskų pervadinimo moduliams. Failų aptarnavimui paspartinti turi kešavimo sistemą. Tam reikia dar 26,5 kB laisvos atminties, taigi bendra užimta atmintis – 60,5 kB.

### 1.2.1.4. OS PowerLan<sup>7</sup>

OS PowerLan NetBIOS variantas – vienas iš geriausių ir greičiausių tarp vieno rango OS. Aukštas sistemos produktyvumas pasiektas gerai suprojektavus programinę įrangą – PowerLan NetBIOS variantas yra vienas iš geriausių, egzistuojančių VT rinkoje bei kešuojančio diskinę atmintį; tai viena iš nedaugelio vieno rango OS, palaikančių UPS; suderinama su adapteriais, naudojančiais ODI ir NDIS protokolus. Gali dirbti Ethernet ir ARCnet technologijas naudojančiuose tinkluose. Padidintas tinklo saugumas pasiekiamas naudojant privilegijų bei prioritetų sistemą ir šifruojant visą administravimo informaciją, perduodamą tinklu.

Sistema, dirbanti DOS ir Windows aplinkose susideda iš rezidentinių programų modulių. Vartotojas iš tokių modulių gali susiformuoti geriausiai jo poreikius atitinkančią sistemą (būtinai moduliai yra NetBIOS, Redirector, Server ir Share).

VT, sukurto PowerLan OS pagrindu, pilnai pakanka didelėse organizacijose, kur kitos vienodo rango tinklų OS neleistinai sumažintų vartotojų produktyvumą.

---

<sup>6</sup> Viena iš ankstyvųjų vietinių tinklų OS, firma *Artisoft*.

<sup>7</sup> 1985 m. įkurtos *Performance Technology* produktas (grupė atskilo iš *Datepoint*, sukūrusios ARCnet).

Įvedimo ir išvedimo operacijos tarp VT AK atliekamos naudojant SMB (Server Message Block) protokolą, dėl to PowerLan suderinamos su OS LAN Manager ir LAN Server.

Specialus modulis įgalina įsijungti į NetWare tinklą: PowerLan, įeinančios į didelį NetWare LAN, vartotojai gali naudotis NetWare ir PowerLan serveriais.

Powerfusion sistema leidžia dirbti UNIX tinkle.

OS PowerLan turi pašto programą Office Logic bei nemažai kitų tarnybinių programų. Tarnybinė programa Navigate – (išoriškai panaši į NC) skirta darbui su padalintais resursais.

### 1.2.2. Vietiniai tinklai su išskirtu serveriu

Tinkluose su išskirtu serveriu tinklo serverio ir vartotojo darbo stoties funkcijos griežtai atskirtos. Serveryje koncentruojama tinklo programinė įranga, jame saugomi tinklo vartotojų failai, instaliuojamos duomenų bazės ir pan. Kai kurios tinklinės operacinės sistemos reikalauja atskiro kompiuterio, kuriame dirba tik sisteminės serverio programos (šio kompiuterio nebegalima panaudoti kaip vartotojo darbo stoties).

#### 1.2.2.1. NetWare<sup>8</sup>

NetWare yra pati populiariausia tinklinė operacinė sistema, kurios pagrindu dirba galingi, struktūrizuoti vietiniai tinklai. Tokį OS paplitimą nulėmė tai, kad *Novell* buvo pirmoji firma, sukūrusi TOS, kuri:

- nepriklauso nuo aparatinės dalies (kompiuterio tipo ir adapterių); iki NetWare sukūrimo tinklo OS buvo unikalūs produktai, tai yra veikė tik tam tikroje aparatinėje aplinkoje;
  - veikia DOS, OS/2 ir įvairiose kitose platformose;
  - atitinka atvirus standartus, pvz., ODI: bet koks adapteris dirbs NetWare tinkle, jei jis turės tvarkyklę, atitinkančią ODI standartą;
  - leidžia naudoti tinkle įvairias topologijas;
  - turi maršrutizavimo tokiuose tinkluose priemones;
  - turi išvystytą failų paskirstymo sistemą (failai ne vien tik saugomi serverio diske, kaip *Corvus* sistemos VT, bet pasiekiami keliems vartotojams vienu metu);
  - paskirstytas duomenų apdorojimo sistemas, leidžiančias naudoti įvairius kompiuterius.
- Novell Netware bazinis modelis

Novell Netware bazinis modelis, sukurtas anksčiau negu OSI, yra panašesnis į TCP/IP modelį ir sudarytas ne iš 7 bet iš 4 lygmenų (1.18 pav.).

Lygmuo	Protokolas			
Taikomasis	SAP	Failų serveris		
Transportinis	NCP	SPX	TCP	

<sup>8</sup> *Novell* produktas. Firmą 1982 m. įkūrė R. Nurda, J. Clark ir C. Berton. 1983 m. pradėjo pardavinėti pirmus produktus failų serveriui. 1985 apyvarta siekė jau 55 mln., 1990 - 497 mln. dolerių. Be TOS, *Novell* kuria priedus, tokius kaip TN3270 ryšio programa, Access Server rinkinys (prisijungimas prie VT serverio per telefono linijas) ir kitus programinius produktus (DRDOS). *Novell* išlaiko tinklinių produktų testavimo ir sertifikavimo laboratorijas (>1000 AK tinklas), kurioje, be kita ko, tyrinėjama ir *Novell* produkcijos sąveika su kitų firmų programine ir aparatine įranga.

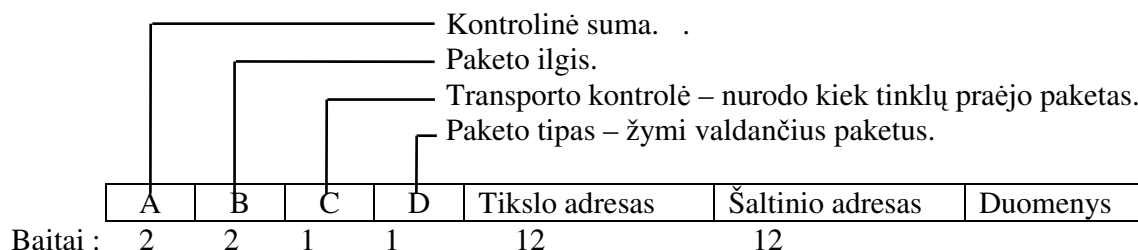
Tinklinis	IPX		IP
Kanalinis (su fiziniu polygmeniu)	Ethernet	Token Ring	ARCnet

1.18 pav. Novell NetWare bazinis modelis.

Serveris, naudodamas reklaminį (Service Advertising Protocol, SAP) protokolą kas minutę išplatina tinklui informacinius paketus, nurodydamas savo adresą bei teikiamas paslaugas.

Pagrindinis tinklo protokolas (Network Core Protocol NCP), yra orientuotas į sujungimą transporto protokolas, kuris atlieka ne tik vartotojo duomenų perdavimą, bet ir eilę tarnybinių ir tinklo kontrolės funkcijų. SPX ir TCP vykdo tik transportą. Failų sistema paprastai naudoja NCP.

Tarptinklinio paketų pasikeitimo protokolas (Internetwork Packet Exchange, IPX) yra analogiškas IP (Internet Protocol). Tai yra nepatikimas, veikiantis be sujungimo tarptinklinis protokolas. Skirtingai nuo IP, naudoja ne 4, o 12 baitų (32 bitų tinklo numeris, 48 bitų ESM numeris, 16 bitų vietinis adresas toje pat ESM) adresus. IPX naudojamo datagramų paketo formatas pateiktas 1.19 pav.



1.19 pav. IPX paketo formatas.

NetWare OS 2.x, 3.x, 4.x, 5.x versijos. **NetWare 2.2 nereikalavo daug kompiuterinių resursų (kompiuteris su 80286 procesoriumi gali dirbti kaip serveris). 3.x, 4.x (30–45 MB) ir 5.x versijos skirtos 32 bitų magistralės kompiuteriams. Perkant skiriamos licenzijos 5, 10, 50, ar 100 vartotojų (vienu metu dirbančių tinkle). OS/2 ir UNIX NetWare versija (iki 1000 vartotojų) turi galimybę funkcionuoti, nenaudojant išskirto failų serverio. NetWare 4.0 naujovės: numatomų skaityti elementų kešavimas, duomenų blokų komponavimas ir suspaudimas, leido žymiai padidinti tinklo produktyvumą. 5.x versijoje duomenų perdavimui naudojamas ne tik IPX, bet ir IP protokolus.**

Failų serveriams paprastai naudojami VAX (Digital Equipment Corporation) ar IBM RS/6000 – minikompiuteriai su UNIX OS (ar jos versija), bet sparčiai vystantis IBM AK genties kompiuteriams, pastarosios vis dažniau sutinkamos serverių vaidmenyje.

Visos NetWare versijos suderinamos tarpusavyje ir gali dirbti tame pačiame tinkle.

#### Pagrindinės NetWare komandos:

LOGIN serverio vardas/ vartotojo vardas – prisijungia vartotoją prie serverio;

ATTACH – perjungia vartotoją prie kito serverio;

SLIST – parodo serverių sąrašą vietiniame tinkle;

USERLIST – parodo vartotojų sąrašą įsijungusių tikrinimo metu;

SEND "Pranešimo tekstas" USERID1, USERID2" (arba EVERYONE) – persiunčia pranešimą;

CASTOFF – blokuoja pranešimų priėmimą;

CASTON – vėl įjungia pranešimų priėmimą;

RIGHTS – parodo vartotojo teises;

NCOPY – tiesioginio kopijavimo tinkle komanda (komanda copy kopijuotą failą į vartotojo darbo stotį, ir tik po to į paskirties vietą, nes komanda copy vykdoma vartotojo kompiuteryje);

NPRINT – spausdinimas tinkle ;

NDIR – pateikia failų sąrašą, kaip ir DIR, tik išveda papildomą informaciją;

SALVAGE – atstato sunaikintus failus;

CAPTURE – perskirsto tinklo spausdintuvus, pvz.: CAPTURE TI=10, L=1 Q=laserjet.

Įsijungimo scenarijaus sukūrimas (LOGIN – script)

LOGIN script yra programa, nustatanti darbo stoties parametrus kiekvienai prisijungimo procedūrai: perskirsto diskus, vykdo komandas, aktyvuoja taikomas programas bei tvarko prisijungimą prie serverių (rezidentinių programų aktyvuoti negali). LOGIN script redaguojamas naudojant tarnybinę programą NetWare SYSCON.

Pagrindinės LOGIN script komandos:

ATTACH, MAP, SET, #, IF..., THEN, PATH

# – aktyvuoja .COM, .EXE programas (pvz.: # syscon)

LOGIN script'o elementų pavyzdžiai:

MAP F: = SETVER1/SYS:

SET user = "jonas j"

IF DAY\_OF\_WEEK = "Monday" THEN WRITE "Pirmadienis"

## **Patikimumas**

Duomenų įrašymo į diskus failų sistemos pagrindinis principas – TTS (Transaction Tracking System), veidrodiniai diskų įrenginiai ir diskų dubliavimas – užtikrina duomenų, esančių failų serveryje nepažeidžiamumą NetWare valdomoje sistemoje. NetWare turi UPS signalų kontrolės galimybes. STF (System Fault Tolerant) technologija užtikrina geresnį veidrodinių diskų atvaizdavimą (įrašomas failas automatiškai "atspindimas" rezerviniame diske) ir diskų dubliavimą.

Duomenų įrašymo formatas NetWare serveryje yra saugesnis ir sudėtingesnis nei DOS, nes turi papildomą informaciją apie failus, pvz., nurodoma, ar tai privatus, ar bendro naudojimo failas, nurodomas savininko vardas.

Duomenų apsauga

- apsauga nuo nesankcionuoto įsijungimo pasiekama naudojant įsijungimo procedūrą (vardas, slaptažodis, darbo laiko ribojimas);

- suteikiamų vartotojo teisių (user rights) sistema;

- failų ir katalogų atributų sistema: kiekvienas failas ar katalogas turi maksimalių teisių šabloną SRWCEMFA (kiekviena raidė simbolizuoja tam tikrą atributą);

- atsakomybės suskirstymas (vartotojas, operatorius, vadovas, administratorius).

Kaip ir Novell Lite, darbinių stočių programinę įrangą sudaro du sandai: apvalkalas (shell) ir protokolas.

IPX valdo DS ryšį su kitomis DS ir failų serveriu IPX/SPX protokolo pagalba.

Programinis modulis NETx yra apvalkalas (kiautas), kuris priima DOS paklausimus ir adresuoja juos failų serveriui, naudodamas IPX komandas. NETx veikia lyg iešmininkas, perjunginėjantis taikomųjų programų paklausimus DOS arba NetWare. Papildomi programiniai moduliai įtraukiami NLM pavidalu. NLM (NetWare Loadable Module) į failų serverio operatyvinę atmintį pakraunami (ar pašalinami) panašiai, kaip DLL bibliotekos Windows aplinkoje.

NetWare nereikalinga NetBIOS (kai kurios taikomosios programos gali naudoti NetBIOS protokolą), nes naudojamas IPX. Novell netgi platina NetBIOS emuliatorių, kuris verčia NetBIOS komandas į IPX standartą.

Skaidri OS NetWare architektūra pasireiškia ne tik failų sistemos lygmenyje (suderinamos įvairios OS, kompiuterių tipai: “sistema dirba bet kokioje terpėje”), bet turi ir naują transporto lygmens sąsają TLI (Transport Layer Interface), paremtą ODI standartu.

Ši sąsaja leidžia organizuoti ryšius tarp IPX/SPX, NetBIOS, TCP/IP, Berkeley 4.3 Sockets, Unix System V Streams/TLI ir kt. Pavyzdžiui, IPX/SPX paketas įkomponuojamas į TCP/IP ir pernešamas tarp serverių.

Jei vartotojo interesai apsiriboja bendru failų ir spausdintuvų naudojimu tinkle, jį pilnai patenkins TOS NetWare. Jei vartotojas naudos naujas technologijas “klientas-serveris”, jam pravartu susipažinti su IBM ir Microsoft produktais OS LAN Manager, LAN Manager, Windows NT ir LAN Server, kuriuose taikomosios programos, naudojančios struktūrą klientas-serveris dirbs geriau ir patogiau.

#### **1.2.2.2. TOS LAN Manager, LAN Server ir Windows NT Advanced Server**

TOS LAN Manager ir LAN Server sukurtos operacinės sistemos OS/2 pagrindu.

**OS/2<sup>9</sup>** privalumai:

- daugelio uždavinių sistema, t. y. galimybė apdoroti kelis uždavinius tuo pačiu metu, naudojant atminties suskaidymo principą,

- procesoriaus laikas panaudojamas geriau,

- paprastas ir patogus kompiuterio valdymas.

OS/2 turi savo grafinę sąsają – Presentation Manager (Windows analogija). Failų išsaugojimui

---

<sup>9</sup> OS/2 ir “dvynius” LAN MS Manager ir LAN IBM Server 1985-1987 m. sukūrė IBM ir Microsoft. Nutraukus bendradarbiavimą (1991 m.), 1993 m. MS sukūrė Windows NT ir Windows NT Advanced Server, o IBM - OS/2 2.0 bei vėlesnes versijas.

Pažymėtina, kad dar 1988 m. IBM paskelbė nuorodų ir standartų rinkinį Taikomųjų sistemų architektūra (System Application Architecture, SAA), skirtą kompiuterinės pramonės suderinamumui skatinti.

OS/2 naudoja HPFS – High Performance File System – sistemą, kuri yra saugesnė ir patikimesnė, negu DOS'inis FAT (File Allocation Table).

Naudojant OS/2 kaip failų serverio OS atsiranda galimybė darbo stočių užklausas apdoroti daugelio uždavinių aplinkoje, pagrįstoje atminties padalinimo principu. Tokioje aplinkoje kiekvienam uždaviniui ar taikomajai programai skiriamos tam tikros atminties sritys, kurios aptarnaujamos lygiagrečiai. Taikomoji programa gali būti sudaryta iš kelių atskirai vykdomų elementų – procesų. Dėl to failų serveris dirbs produktyviau.

Jau OS/2 EE 1.1 versija (1988 m.) turėjo duomenų bazių valdymo sistemą paremtą struktūrizuotą užklausų kalbos (Structured query language – SQL), t. y. specialių vietinio tinklo priemonių ir duomenų saugojimo standarto, pagrindu.

OS/2 2.1 versija (1993 m.) turi tiek autonominei darbo stčiai, tiek tinklams svarbius privalumus, iš kurių svarbiausi yra:

- sistemos vientisumo ir gyvybingumo apsauga;
- virtuali atmintis;
- daugelio uždavinių ir užduočių planavimo galimybė;
- greita 32 bitų architektūra;
- sparti kreiptis į diskus
- suderinamumas su DOS;
- didelė operatyviosios atmintinės, kurią tiesiogiai pasiekia taikomosios programos, apimtis;
- galimybė tuo pačiu metu naudoti OS/2, DOS ir kitoms terpėms skirtą programinę įrangą;
- produktyvi ir saugi HPFS failų saugojimo sistema;
- patogį grafinę vartotojo sąsają Presentation Manager;
- nacionalinių kalbų palaikymas (National language support, NLS);
- patobulintas maitinimo valdymo mechanizmas (Advanced Power Management, APM);
- atmintinės išplėtimo galimybė.

Išvardintos charakteristikos yra pageidautinos, norint užtikrinti gerą failų serverio darbą.

Nors LAN Manager/LAN Server meniu dirba tik tekstiniame režime (LS 4.0 versija turi grafinę sąsają), bet tenkina CUA (Common User Access), t. y. meniu komandoms vykdyti naudoja standartines klaviatūros arba veiksmų su pelyte kombinacijas.

Architektūros klientas/serveris taikymai

Kadangi OS/2 lengvai programuojama, daugelio uždavinių sistema, darbinėje stotyje galima programuoti užklausų-atsakymų (pvz.: Struktūrizuotą užklausų kalbos (Structured Query Language – SQL) komandų) sekas failų serveriui bei surištus su jomis duomenų bazių (DB) įrašus.

OS/2 programuotojui leidžia naudoti vardinius kanalus (pipes), kuriuos galima interpretuoti kaip failus (iš tikrųjų tai pranešimai). Taikomoji programa failų serveryje apdoroja užklausas ir per vardinį kanalą atsako darbinėms stotims.

SQL Serveris (*MS* produktas) yra reliacinės duomenų bazės “mašina”, veikianti tinkle; jos programinis aprūpinimas užtikrina SQL komandų iš DS perdavimą serveriui, o SQL serveris atsako į DS užklausas, perduodamas reikalaujamus DB įrašus.

Kai kurios DB valdymo sistemos (FoxPro, MSAccess, Paradox ir pan.) gali skaityti informaciją ir koreguoti DB tinkle bei keisti bazių struktūrą be papildomo programavimo ar SQL sintaksės bei komandų studijų.

Architektūros klientas-serveris pavyzdys yra ir Lotus Notes programa, skirta intelektualiam ryšių organizavimui išskaidytoje įstaigoje. Ji realizuoja efektyvų pranešimų saugojimą, paiešką ir naudojimą, o jos indeksiniai failai saugo informaciją apie pranešimo autorius, gavėjus, naudotojus, temas ir t. t.

#### TOS Windows NT Advanced Server (NT AS)

Tai yra 32 bitų tinklinė operacinė sistema, paskelbta 1993 08. TOS sukurta Windows NT pagrindu, ir, skirtingai nei OS LAN Server, galinti dirbti ne tik Intel, bet MIPS R4000 bei DEC Alfa platformose ir simetriniame daugiaprocesoriniame kompiuteryje (tai žymiai padidina klientas-serveris sistemų efektyvumą).

C2 klasės saugumo lygį (pageidaujama kariniuose ir kai kuriuose pramonės VT) sistema užtikrina naudojant:

- prisijungimo į VT procedūrą;
- atminties apsaugą;
- resursų pasiekiamumo kontrolę ir apskaitą (bendro naudojimo resursų savininkas gali bet kada žinoti, kas jais naudojasi);

Patikimumui užtikrinti NT naudoja:

- transakcijomis paremtą užklausų apdorojimo failų sistemą, leidžiančią atstatyti seriją pakeitimų, jei jie baigėsi nesėkmingai;
- RAID (Redundant Array of Inexpensive Disks) palaikymo sistemą;
- UPS-o signalų atpažinimo ir valdymo galimybę;
- duomenų rezervavimo į magnetines juostas programinį aprūpinimą.

Naujas įdomus sprendimas NT Advanced Server yra PASITIKĖJIMO SRITYS (Trusted Domains) papildoma galimybė tinkliniam bendravimui tarp sričių. Sritis Nr1 gali konfigūruoti Sritį Nr2 kaip PASITIKĖJIMO SRITĮ ir deleguoti jai, pvz., kai kurių failų skaitymą. Tada Srities Nr2 vartotojui užteks kreiptis į failų serverį, kuris patikrins kreipimosi teises, naudodamas Srities Nr1 ir pasitikėjimo srities kontrolerį (nebus būtina persijungti į Sritį Nr1).

NT Access Server suderinama su Windows for workgroups (WfWgr), LAN Manager, LAN Server nes naudoja SMB (Server Message Block, IBM), dirbantį NetBIOS bazėje. Dirba DOS, OS/2, Mac OS ir kai kuriose kitose terpėse.

NT Access Server turi priemones TCP/IP ir IPX/SPX palaikyti.

NT Access Server turi ir kitas tinklo ryšio galimybes. Tai yra:



- lizdai (Windows Sockets) – taikomųjų programų sąsajos tarp taikomųjų programų ir TCP/IP protokolų;

- vardiniai kanalai (Named Pipes) globaliųjų tinklų duomenų srautų organizavimo būdas;
- dinaminis pasikeitimas duomenimis tinkle (Network Dynamic Data Exchange, NetDDE);
- duomenų ryšio kontrolė (Data Link Control, DLC), skirta seansui su centriniu kompiuteriu priskirto kanalo kontrolei;

- nuotolinis procedūrų iškviatimas (Remote Procedure Calls, RPC);
- per atstumą pasiekiamas serveris (Remote Access Server, RAS) gali turėti iki 64 sujungimų per telefono, skirtines, X.25 ar ISDN linijas vienu metu;

- ryšio su sisteminių užklausų kalbos (System Query Language, SQL) ir sisteminės tinklo architektūros (System Network Architecture, SNA) serveriais moduliai. SQL paprastai būna duomenų bazių serveriai. SNA yra IBM sukurta programinės įrangos sistema, jungianti į tinklą praktiškai bet kokius įrenginius: įvairių tipų kompiuterius, terminalus, nuotolinius spausdintuvus ar ištisus vietinius tinklus. SNA numatytos įvairios tinklo valdymo ir monitoringo priemonės.

Sistemos bei tinklo valdymui yra naudojamos tarnybinės programos (utilities):

- diskinių įrenginių administratorius (Disk Administrator);
- vartotojų tvarkyklė (User Manager);
- įvykių analizatorius (Event Viewer);
- kontrolinė lenta (Control Panel).

NT Access Server palaiko SNMP ir NetView ir kt. tinklo valdymo ir kontrolės protokolus.

Skirtumai tarp LM, LS, ir NT

LAN Server (LS) optimizuojamas modifikuojant CONFIG.SYS ir IBMLAN.INI. LAN Manager (LM) turi autopaderinimo priemones (automatiškai modifikuoja inicializacinius failus pagal tinklo būseną, tačiau norint, kad modifikacijos įsigaliotų, reikia perkrauti failų serverį), bei “atsimena” tinklo ryšius (pagal nutylėjimą vartotojas automatiškai turės praėjusio seanso ryšius).

LM yra 16 bitų, tuo tarpu LS ir NT Advanced Server – 32 bitų sistemos. Kadangi NT AS tinklo programinė įranga daugeliu tarpinių sluoksnių atskirta nuo adapterių tvarkyklių, ši TOS yra lėtesnė, nei NetWare ar LS bei reikalauja daugiau atminties resursų.

LS, skirtingai nei LM, gali naudoti sutrumpintus vardus.

LM išvystyta protokolų pagal pareikalavimą architektūra (Demand Protocol Architecture, DPA, kurią MS paėmė iš 3COM), leidžiančia dinamiškai įkelti ir iškelti tinklo protokolus, reikalingus epizodiniams prisijungimams. LM įtrauktos nuotolinio administravimo priemonės.

Bendrai naudojant LM ir LS, gerai dirbs Token Ring tinklas, bet gali atsirasti problemų Ethernet, kadangi pastarajame LM ir LS naudoja kiek skirtingus protokolus.

### 1.2.2.3. UNIX OS<sup>10</sup> ir jos tinklinės sistemos

Nepaisant to, kad UNIX sistema, bent jau savo vystymosi pradžioje, buvo gana gremėzdiška, sudėtinga eksploatuoti ir brangi, ir buvo kurta kaip bendro naudojimo OS, ją galima efektyviai panaudoti kuriant VT, įskaitant ir ryšius tarp įvairių didelių kompiuterių. Yra paplitę daug UNIX sistemų variantų, įskaitant ir atviro kodo sistemos LINUX versijas, skirtas asmeniniams IBM genties kompiuteriams.

UNIX yra bendro naudojimo daugelio vartotojų, daugelio uždavinių OS. UNIX gali būti valdoma iš daugelio terminalų, prijungtų prie pagrindinės ESM. Vartotojai gali būti skirstomi grupėmis. Sistemos saugumą užtikrina įsijungimo procedūra ir kt. priemonės.

OS UNIX pagrindas – branduolys, veikiantis laiko paskirstymo režime. OS programinis aprūpinimas vykdo ir resursų tarp vienu metu veikiančių taikomųjų programų paskirstymo funkcijas. Vartotojo sąsaja (interfeisas) organizuojama apvalkalo (shell) komandinės eilutės arba grafinės vartotojo sąsajos pavidalu.

Be pagrindinių programų į UNIX OS įeina dešimtys megabaitų taikomųjų programų.

UNIX OS viskas laikoma failu, tai yra simbolių (baitų) seka. OS nekuria failų. Failų turinį ir struktūrą nusako juos naudojančios taikomosios programos. Taip samprotaujant, katalogas irgi yra failas (kurį sudaro nuorodos į kitus failus), toks pat kaip magnetinė juosta, pašto pranešimas ar iš klaviatūros įvesti simboliai. UNIX sistemoje galimi ilgi failų vardai – iki 14 simbolių.

Galima tikėtis, kad tokia daugelio vartotojų ir daugelio uždavinių sistema turėtų turėti geras komunikacines galimybes, nes sistema turi ryšio per modemus ar RS-232 sąsają priemones su nutolusiais terminalais. Failų serverio programa, kuri priimtų užklausas iš DS, jas apdorotų ir atsakytų į jas, būtų tik papildoma programa daugelio uždavinių OS.

UNIX dažniausiai dirba TCP/IP protokolais (kartais naudoja NetBIOS). TCP (panašiai į NetBIOS) užtikrina dviejų mazgų ryšį pranešimų su garantuotu pristatymu pagalba. IP (kaip ir IPX) užtikrina paketų perdavimą tarp dviejų kompiuterių.

Akivaizdu, kad TCP/IP nėra tinklinė OS. TCP/IP koncepcija yra panaši į vieno rango tinklo OS: visi AK tinkle lygūs, tik kai kurie jų vykdo papildomas funkcijas. FTP, Telnet, SMTP tarnybinės programos neperadresuoja failų ir joms kitas kompiuteris nėra failų serveris! Minėtos programos tik perdavinėja duomenis.

Transporto protokolo funkcijas TCP/IP sistemoje gali vykdyti Ethernet, Token Ring, modemas, RS-232 prievadas (portas) ar kas nors kitas, kas gali perduoti paketus.

Įvairios tinklo OS kūrimo firmos pateikia keletą operacinių sistemų, kurios naudoja UNIX

---

<sup>10</sup> 1969 m. UNIX sukūrė *Bell Laboratories* darbuotojų grupė (OS buvo pritaikyta PDP genties kompiuteriams, Lietuvoje žinomiems kaip CM, ДБК, YKHI). 1973 m. Ken Thompson ir Dennis Ritchi pervedė UNIX á C kalbą. Tai palengvino UNIX panaudojimą bet kokioje ESM. Dabar AT&T pardavinėja Unix pradinius tekstus kompiuterių gamintojams, kurie, suderinę savo produkciją su OS, užtikrina, kad sistemoje garantuotai veiks visa gausi programinė įranga, pritaikyta UNIX platformai. Pastaruoju metu ypač išpopuliarėjo LINUX – IBM genties AK skirta UNIX versija, platinama atvirojo kodo principu, t. y. jos tekstai platinami laisvai.

aplinkos kompiuterius kaip failų serverius. Tai PC Interface (sukūrė *Locus Computing*, *IBM* pardavinėja kaip AIX), POWERfusion su priedais, pvz.: POWERserve, bei NFS (Network File System).

NFS yra populiariausia iš failų paskirstymo sistemų, naudojančių TCP/IP bazę (iš esmės yra taikomojo lygmens protokolas). NFS organizuojamas peradresavimas (naudoja Remote Procedure Calls<sup>11</sup>, RPC koncepciją) leidžia vartotojo taikomosioms programoms pasiekti nutolusius failus ar katalogus taip, tarsi jie būtų vietiniame vartotojo kompiuteryje. Komanda *mount* nustato nutolusį kompiuterį į serverio režimą (vietinis AK tampa klientu). Vienu metu serveris gali būti klientu vieniems kompiuteriams, ir serveriu kitiems.

NFS tinklą sudarantys kompiuteriai gali būti skirtingų modelių, savo duomenis laikyti skirtingais formatais: naudojant XDR (External Data Representation) protokolą visa informacija pranešimų paketuose pertvarkoma į tarpinį, nepriklausantį nuo ESM formatą.

### 1.3. Suderinamumas tinkluose

Tinklo sudėtinių dalių suderinamumas suprantamas kaip galimybė skirtinguose tinkluose, skirtingose situacijose ir skirtingais tikslais panaudoti tas pačias programines ir aparatinės priemones. Gamintojai dažniausia tvirtina, kad jų produktai gali dirbti įvairiausių tipų tinkluose, bet į šiuos teiginius visada reikia žiūrėti su tam tikru atsargumu, turint galvoje, kad ten, kur įrenginiai tikrai suderinami – nekyla net minties pabrėžti tai, nes tai akivaizdu. Nupirkęs dulkių siurbį, kavinuką ar televizorių vartotojas jį tiesiog jungia ir naudoja, negalvodamas apie kažkokį suderinamumą. Tuo tarpu, jei reikia sujungti keletą tinklų, kurių kiekvienas dirba savo operacine sistema, pavyzdžiui IBM LANServer, NetWare, LANtastic ir kiti, siekiant, kad vartotojas pilnai galėtų naudotis tinklo resursais, suderinamumas tampa itin rimta problema.

Jei programinio aprūpinimo ir aparatinės priemonės pirktos iš vieno gamintojo, dažniausiai sunkumų būna mažiau, bet ir tokiu atveju yra galimybė įsigyti nesuderinamą aparatūrą. Didelių firmų, (pvz., *IBM*) specifikacijos dažnai tampa pramoniniais standartais (didinančiais suderinamumą). Kita vertus, suderinamumas gali būti glaudžiai susijęs ne su gamintojais, bet su paplitusiais standartais (pvz., *IBM* gamina *Hayes* firmos komandų sistemą palaikančius – paplitusio *Hayes* standarto modemus).

Kaip pirmasis žingsnis organizuojant suderinamus tinklus yra OSI (Open System Interconnection) modelis<sup>12</sup>. Analizuojant skirtingus OSI lygmenis galima pastebėti, kad

---

<sup>11</sup> RPC koncepcijos pagrindas yra atskirų skaidrių modulių sukūrimas ir integruotas panaudojimas. Skiriami serverio - antrojo plano moduliai, skirti skaičiavimams, duomenų bazių apdorojimui ir kliento - pirmojo plano moduliai, realizuojantys vartotojo sąsajas. Po to sukuriama RPC scenarijai (scripts), sukomponuojantys kliento ir serverio modulius - generuojama C programa, sutraukianti modulius, esančius skirtingose ESM į vieningą sistemą, kurios rėmuose realizuojami seansai tarp klientų ir serverių. Programuotojo požiūriu, serverio modulių iškvietimas nesiskiria nuo paprastų paprogramių panaudojimo.

<sup>12</sup> Reikia pažymėti, OSI turi tik rekomendacinį charakterį, tai yra neprivalomas, ir daugelis paplitusių įrenginių nesuderinami su šiuo standartu.

aukštesniuose lygmenyse standartas tenkinamas blogiau.

Naudojant tam tikro tipo standartinius kabelius fizinio lygmens suderinamumas yra gana gerai apibrėžtas. Žinant, kad AK sujungti koaksialiuoju RG-58 A/4 kabeliu, iškart įsivaizduojame ploną Ethernetą (ThinNet). Neekranuotos vytos poros (Unshielded Twisted Pair, UTP) paminėjimas mums asocijuojasi su 10 BaseT Ethernet modifikacija arba Token Ring. Ekranuota vyta pora naudojama Token Ring technologijoje.

Jei vartotojas turi Ethernet adapterį, jam reikia žinoti, koks kabelis RG-58 (koaksialusis) ar UTP (vyta pora) naudojamas, koks pasikeitimo informacija greitis tinkle ir kt. Atsakius į pastaruosius klausimus vartotojas gali įsijungti į tinklą be didesnių problemų. Toks suderinamumo lygis pateiktas Elektrotechnikos ir elektronikos inžinierių instituto (IEEE) pastangų, padėtų sukuriant 802.3 standartą, dėka. Analogiškas IEEE standartas 802.5 aprašo Token Ring.

IEEE 802.3 standarte tiksliai ir vienareikšmiškai nurodyta, kaip turi atrodyti tinklo fizinis lygmuo, t. y. jungtys, kabeliai, signalų lygiai ir t. t. Analogiškai, spausdinimo įrenginio lygiagretaus prievado kabelį nusako Centronics sąsaja – galime prie bet kurio kompiuterio, turinčio šį prievadą prijungti bet kurį spausdintuvą, bet kuriuo lygiagrečios sąsajos kabeliu. Nuoseklaus ryšio standartas RS-232 taip pat yra vienareikšmiškai apibrėžtas. Šis standartas nusako duomenų įvedimo ir išvedimo (Data Terminal Equipment, DTE) bei ryšio įrangą (Data Communications Equipment, DCE), o, taip pat, DTE ir DCE jungimo taisykles, užtikrinančias suderintą įrangos darbą: galima modemą (DCE), turintį RS-232 sąsają prijungti prie nuoseklaus prievado (DTE) RS-232 standarto kabeliu ir sistema turi normaliai dirbti. Galima įsigyti įvairių firmų gaminamų modemų, kurie patikimai dirba vienas su kitu, jeigu jie tenkina bent vieną iš paplitusių standartų, pavyzdžiui V.32 CCITT. Naudojant modemą, kompiuteris gali būti panaudotas kaip faksimilės aparatas, ir tik pilno suderinamumo dėka galima persiųsti faksogramą į (iš) kitos firmos aparatą, nes beveik visame pasaulyje suprantamas standartas Group III (G3).

## 1.4. Tinklų valdymas

Tinklų prastovos nėra vien nepatogumas: tai – finansiniai nuostoliai. Didesni tinklai genda vidutiniškai daugiau nei pusdieniui kas dvi savaitės. Dėl to didelės korporacijos per metus patiria apie tris milijonus dolerių nuostolių. Todėl ypač didelę reikšmę turi efektyvus tinklų valdymas.

Tinklų valdymas ir jų darbingumo palaikymas reikalauja daug patyrimo ir žinių, ir yra greičiau menas nei mokslas. Tikėtina, kad kada nors naujos tinklų OS aparatinės priemonės bei valdymo protokolai atitinkantys naujus standartus leis pilnai kontroliuoti visus tinklo mazgus iš administratoriaus darbo vietos, o tinklų valdymas bus sistemingas ir rutininis darbas.

Šiuolaikiniai tinklai yra dinaminės struktūros, šliuzų, tiltų, koncentratorių pagalba jungiantys įvairius, tame tarpe ir didelius kolektyvinio naudojimo kompiuterius. Dideli tinklai dažnai gali turėti programines sistemas, kurios buvo kurtos visai ne tokios apimties tinklams, taip pat įvairių gamintojų produktus.

Norint sėkmingai valdyti tinklą, pirmiausia reikia turėti jo planą, kuriame būtina informacija apie kabelių trasas, kabelių jungimo schemas, trasos ilgius, protokolų ir įrangos standartus, apie darbo stočių skaičiaus augimą bei naujos technologijos pasirodymą bei esamas tinklo valdymo priemones ir instrumentus.

Norint sėkmingai ir greitai aptikti gedimus, labai svarbu gerai išanalizuoti ir žinoti normalią tinklo būseną, t. y. visus tinklo parametrus nesant sutrikimų. Būtina susidaryti galimų gedimų sąrašą.

Sutrikus VT veiklai, dėmesį fokusuoti į šiuos klausimus:

- kaip išplitęs defektas: ar jis įtakoja visus vartotojus, ar pasireiškia tik tam tikrame segmente, ar veikia tik vieną DS?
- kaip ilgai veikia gedimas? Reguliariai, epizodiškai, ar pastoviai?
- kokie buvo paskutiniai pakitimai sistemoje? Ar ji nebuvo perkonfigūruota?
- kokiems elementams sugedus būtų būdingi tokie simptomai? Kas jų gamintojas?

Daugelis TOS veda įvairių įrenginių apskaitą, pateikdamos administratoriui duomenis apie sistemos našumą, apie informacijos srauto (traffic) apimtį, apie atsirandančias klaidas ir t. t. Kai kada yra galimybė kontroliuoti failų serverius, tiltus ir kitus įrenginius per atstumą.

Daugelis gamintojų siūlo įvairius tinklų priedus, suteikiančius administratoriui daug papildomos informacijos.

Tinklo produktų gamintojai kuria tinklinių elementų suderinamumo standartus ir testus, kurie garantuotų jų produkcijos našumą naudojant įvairias programines ir aparatinės priemones, įeinančias į šiuolaikinius nevienalyčius tinklus.

Tinklo (VT) valdymo sistema turi užtikrinti kryžminę kontrolę, siekiant užkirsti kelią iškreiptos informacijos perdavimui, pavyzdžiui vidinė adapterio elektronika gali iškraipyti paketo turinį ir, po to perduodant informaciją toliau, kontrolės sumos klaidų tikrinimas klaidos

nebeaptiks.

Aparatinis ar programinis gedimas gali sustabdyti tinklo darbą arba ryškiai padidinti jo užimtumą (traffic): pastaruoju atveju tinklo adapteriai, aptikę gedimą pereina į ciklinį pranešimų apie klaidą siuntimo režimą. Tokiu atveju VT kartais nebesugeba net pasiųsti klaidos pranešimų, tik ženkliai sumažina tinklo našumą. VT valdymo sistema turi aptikti tokias klaidas.

VT valdymo sistema turi teisingai reaguoti į dubliuotus bei neregistruotų ir (ar) atjungtų darbo stočių siunčiamus, tai yra “blogus” pranešimus, tuo užtikrindama tinklo stabilumą.

Valdymo sistema turi prisitaikyti prie tinklų vystymosi ir plėtimosi, įtraukiant naujus mazgus, naujas technologijas, prisijungiant prie kitų tinklų. VT valdymo sistema turi turėti tinklo elementų testavimo priemones, t. y., turėti priemones programiniam aprūpinimui kontroliuoti, turėti galimybę kontroliuoti jo versijas, aptikti ir ištaisyti klaidas, konfigūruoti sistemą, kontroliuoti prieinamumą ir duomenų apsaugą bei programinio aprūpinimo platinimo kontrolę.

VT valdymo programa atlieka nesklandumų (įvykių) susijusių su tinklo adapteriais, kabeliais ir kitomis komponentėmis, apskaitą. Didžioji darbo, susijusio su VT valdymu dalis susideda iš tinklo įrenginių darbo sekimo, tinklo našumo kontrolės, problemų diagnostikos ir pašalinimo. Siekiant automatizuoti šiuos procesus buvo sukurti du beveik analogiški protokolai: SNMP – Simple Network Management Protocol ir CMIP – Common Management Information Protocol).

SNMP skirtas TCP/IP ryšio problemoms spręsti. Nėra tarptautinis standartas, bet kaip ir TCP/IP, yra kontroliuojamas Interneto veiklos tarybos (Internet Activities Board).

CMIP – standartinio OSI modelio dalis – yra tarptautinio standartizacijos komiteto ISO produktas.

Abiejų protokolų tikslas vienodas – palengvinti VT valdymą ir diagnostiką. Jie abu remiasi MIB (Management Information Base) koncepcija, kurios pagrindas – visų VT įrenginių palaikomų kintamųjų, testų taškų ir kontrolinių parametrų išmatuotų tuose testų taškuose analizė. Šie protokolai skiriasi būdais, kuriais gaunama ir pateikiama informacija apie tinklą ir jo parametrus bei tiems tikslams naudojamais žemesnio lygmens protokolais.

SNMP orientuotas į konkrečius įrenginius; naudojant jį būtina tiksli pastarųjų adresacija ir tiksli užklausa formuluotė. Jis yra patogesnis, kai žinoma, kokia informacija reikalinga. SNMP dirba apklausų (polling) metodu. Centrinis valdymo įrenginys periodiškai apklauskina tinklo įrenginius, tikrindamas jų statusą.

CMIP pagalba galima bendra užklausa, vėliau konkretizuojant, kokia informacija nereikalinga. CMIP darbo pagrindas – ataskaitos, kuriomis tinklo įrenginiai informuoja centrinę stotį apie savo statuso pasikeitimus.

Dideliame tinkle SNMP padidina užimtumą, bet jis gali dirbti su bet kokiais, netgi primityviais įrenginiais, kurie patys negalėtų siųsti ataskaitų, tai yra dirbti CMIP protokolu. SNMP yra mažesnė, greitesnė, pigesnė ir mažiau reikli kompiuteriui nei CMIP, nes gali dirbti net DOS aplinkoje. Užklausoms ir atsakymams perduoti SNMP naudoja paprastus transportavimo

protokolų IPX, IP ar UDP paketus.

CMIP naudoja seansinį ryšį ir neveikia, įvykus dideliems tinklo sutrikimams – nutrūkus ryšiui. Nepaisant kai kurių savo privalumų CMIP naudojamas nedaugelyje prietaisų.

Maršrutizatoriai, Ethernet koncentratoriai, optinio pluošto įrenginiai ir kt. paprastai dirba naudodami SNMP (gal ir dėl to, kad SNMP žymiai senesnis).

IBM daugiausia naudoja Token Ring protokolą ir SNA (System Network Architecture). Šiuose tinkluose visada cirkuliuoja MAC (Media Access Control) kadrai, nešantys informaciją apie tinklą ir jo būseną.

Pagalbinės VT valdymo priemonės

**Instrumentai.** Pagalbinės VT valdymo priemonės yra įvairūs instrumentai: reflektometrai (Time Domain Reflectometers, TDR), oscilografai, trūkių detektoriai, galingumo matuokliai ir kt. Reflektometrais analizuojamas trumpas signalas ir jo atspindys ryšio linijoje. Kabelių testeriais, kurių pagrindinis elementas paprastai būna reflektometras su įvairiais priedais, nustatomas kabelio ilgis, kontaktų kokybė, trumpų jungimų buvimas, trūkiai, laidininkų savitarpio trukdymai ir pan.

Integruotieji tinklo testeriai, pvz., Fluke 670 LanMeter, ne tik diagnozuoja išvardintus gedimus, bet analizuoja aukštesnių lygmenų protokolus. Jie gali būti panaudoti statistikai apie vietinio tinklo darbą surinkti ar tinklo gyvybingumo ir produktyvumo analizei atlikti. Pvz., Ethernet tinkle toks testeris parodytų paketų “susidūrimų” padažnėjimą (galima aptikti netvarkingą adapterį), vėluojančius “susidūrimus” (per ilgas linijos kabelis) ar klaidingų kadro skaičių (nuoroda į blogus sujungimus). Yra galimybė išskirti ir analizuoti tik norimos tinklo darbinės stoties ar kitų įrenginių duomenų srautus.

**Tinklo monitoriai.** Tinklo monitoriais vadinami AK, kontroliuojantys tinklą ir renkantys statistiką. Jų paskirtis yra aptikti informacijos iškraipymus.

**Analizatoriai.** Tinklo monitoriai gali surasti tinklo gedimus, tačiau jų pašalinimas bei tinklo sutrikimo priežasčių išaiškinimas yra tinklo analizatorių užduotis. Tinklo analizatoriai gali analizuoti duomenų srautus realiaame laike, turi priemones atskirų paketų peržiūrai bei iškodavimui. Analizatoriai gali generuoti savo testinius ir valdymo paketus. Kai kurie analizatoriai turi specialias priemones tipiniams gedimams imituoti ir juos surasti, integruotus reflektometrus ir kitą aparatūrinę bei intelektualią įrangą, kurios pagalba aptinkami gedimai, nepastebimi pavienių tinklo adapterių atveju, pvz., tinklo konfigūracijos klaidos ar ypatingai apkrautos tinklo vietos.

Ketvirtoji vietinių tinklų valdymo priemonių grupė yra **integruotos sistemos** (Integrated Network Management Systems, INMS), kurios kontroliuoja tinklą iš vieno centro: kontrolė suprantama kaip veiklos sutrikimų, našumo, konfigūracijos, duomenų apaugos ir apskaitos monitoringas. Šalia centrinės aparatūrinės ir programinės įrangos tokios sistemos paprastai turi savo modulius nutolusiose sistemose. Tai gali būti papildoma programinė įranga darbinėse stotyse. Tokie moduliai renka informaciją apie lokalių tinklo elementų ar potinklių būseną, ir,

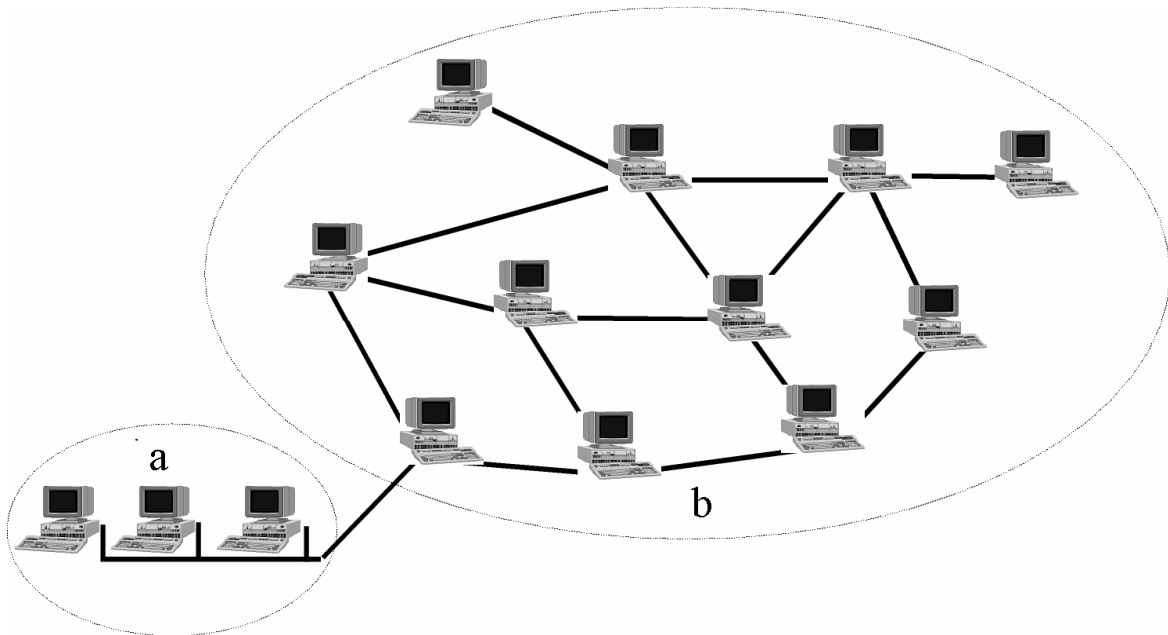
esant būtinybei, perduoda diagnostinius pranešimus centrinei sistemai.



## 2. GLOBALIEJI TINKLAI

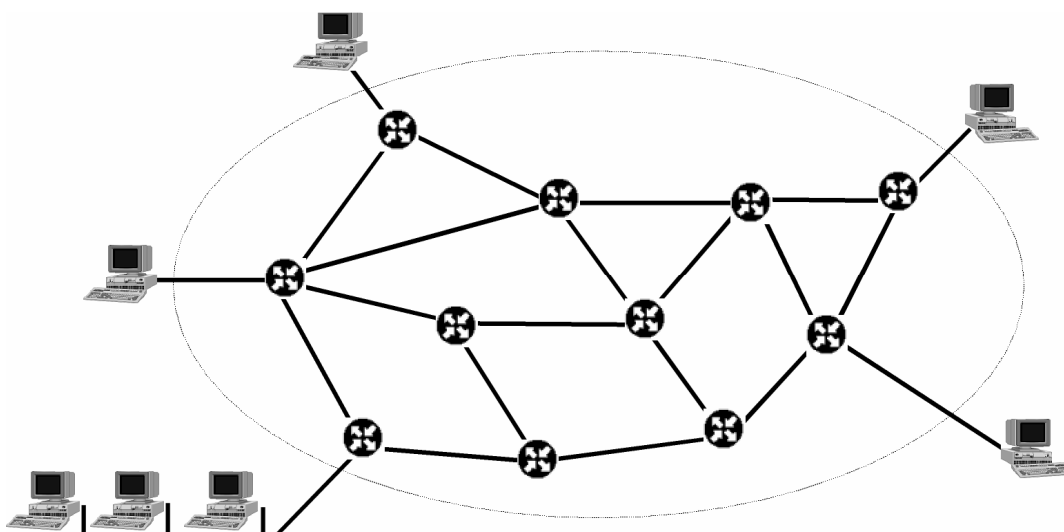
### 2.1. Pagrindiniai globaliųjų tinklų organizavimo principai

Globalieji tinklai yra tarptinklinė struktūra, t. y. kompiuterių ir kompiuterinių tinklų, sujungtų tarpusavyje, visuma. Šios tarptinklinės visumos paprastai negalima suformuoti naudojant vieningą topologiją bei technologiją, nes ji jungia įvairaus tipo tinklus (2.1 pav.). Kai kurie tinklo mazgai yra skirti ne (arba ne tik) informacijos saugojimui, bet jos perdavimui į kitus kompiuterius



2.1 pav. Globaliojo tinklo struktūra. a – transliacinis potinklis, b – porinio jungimo potinklis.

(maršrutizavimui ir t. t.). Tokių mazgų (maršrutizatorių) visuma vadinama komunikaciniu potinkliu (subnetwork) (2.2 pav.). Savo vystymosi pradžioje globalieji tinklai atskirus



2.2 pav. Globalusis tinklas. Punktyrine linija išskirtas komunikacinis potinklis. Žymimi maršrutizatoriai.

kompiuterius (vietinių tinklų iš viso nebuvo) jungė poromis (point-to-point), retransliuojant informaciją sekančiai porai, kaip radijo relinėje linijoje. Kiekviename mazge informacijos paketas (kai kuriose technologijose naudojami maži, kelių dešimčių baitų ilgio fiksuoto dydžio paketai, vadinami ląstelėmis arba celėmis) saugomas tol, kol atsilaisvina reikalingas tolesnis kanalas. Todėl tokiu principu dirbantis tinklas dar vadinamas “saugoti ir persiųsti” (store and forward) tinklu arba paketinio perjungimo potinkliu (packet switching subnet). Informacijos perdavimui jame naudojama paketinio ryšio technologija, t. y., perduodama informacija sudalinama į paketus ir persiunčiama į adresato mazgą naudojant ne pastovias, kaip įprasta analoginėje telekomunikacijoje, bet virtualias grandines. Tai įgalina vieną fizinę grandinę panaudoti keliems ryšiams tuo pačiu metu. Kadangi vienas tinklo mazgas gali sudaryti poras su keliais kaimynais, galima kurti įvairių topologijų tinklus, atsiranda galimybė perduoti informaciją tarp dviejų mazgų keliais skirtingais būdais. Tai padeda užtikrinti ryšio gyvybingumą (o tai ir buvo pagrindinis uždavinys, kurio sprendimas atvedė prie kompiuterinių tinklų sukūrimo). Ryšiui tarp kompiuterių bei tinklų realizuoti gali būti panaudotos įvairios linijos ir technologijos, pvz., analoginės telefono linijos, skirtinės linijos, ISDN, X.25, įvairios optinio pluošto linijos ir t. t. (2.3 pav.). Pagrindinės komunikacinės magistralės vadinamos tinklo kamieniu (backbone) tinklų magistralinės linijos.

Palyginus su vietiniais tinklais, iš esmės keičiasi pats tinklo organizavimo principas:

- vietinių tinklų administratorius perka personalinius kompiuterius, kabelius, adapterius, koncentratorius ir kita, jungia juos, atlieka diagnostiką, taiso klaidas ir panašiai;

- globaliųjų tinklų (GT) atveju administravimo ir techninė veikla nebėra autonominė. Norint sujungti du vietinius tinklus esančius skirtingose miesto ar šalies vietose, tenka sudarinėti sutartis su organizacijomis, teikiančiomis ryšio paslaugas, t. y. kreipiamasi į telekomunikacijų kompanijas ir analizuojama, kokius ryšio kanalų tipus bei aptarnavimo rūšis šios gali pasiūlyti. Nuo kanalų efektyvumo, komponentų suderinamumo ir kitų dalykų priklausys paslaugų kainos. Įsigijus įrangą prisijungimui prie telefono linijos ar specialaus ryšio kanalo, galima prisijungti prie šios linijos, tačiau jos patikimumą bei apsaugą nuo triukšmų vis tiek turi ir gali užtikrinti tik ryšių kompanija.

Pagrindinės globaliųjų tinklų aparatinės priemonės yra maršrutizatoriai, tiltai ir šliuzai ir kt., užtikrinantys kelių linijų ir vietinių tinklų sujungimą į vientisą virtualų kanalą, kuriuo paketų ir kadrų pasikeitimo būdu dvi darbinės stotys gali naudotis viena kitos resursais. GT gali būti naudojami įvairūs (bet suderinti, tai yra bendri) GT protokolai, kurių pagalba informacija patikimai perduodama tarp tinklo mazgų, nors skirtingose atkarpose ji gali būti perduodama skirtingais būdais, skirtingomis linijomis ir skirtingais greičiais. Informacijos perdavimo greičiai GT dažnai yra mažesni negu vietiniuose tinkluose, nors būna ir išimčių – magistralinės linijos, kuriose naudojamos optinio pluošto linijos, gali dirbti kelių gigabitų per sekundę sparta, projektuojamos terabitinės spartos linijos.

Kadangi lyderio vietą tarp globaliųjų tinklų tvirtai užėmęs Internetas, vienas iš didžiausių globaliųjų tinklų, juo ir remsimės, analizuodami globaliuosius tinklus. Tinklai, neįeinantys į Interneto struktūrą, tokie kaip CompuServe, FidoNet ir kt., veikia panašiais principais.

### 2.1.1. Interneto istorija

1961-aisiais keletas nepriklausomų JAV tyrimo grupių pradėjo tobulinti informacijos persiuntimo paketais technologijas. Jų pagrindu vėliau buvo sukurtas TCP/IP, pagrindinis Interneto protokolas. Pirmosios globaliųjų tinklų, o tuo pačiu ir Interneto užuomazgos atsirado 1961-62 metais, kai Masačiūsetso technologijos institute dirbę L. Kleinrock'as bei J.C.R. Licklider'as keliuose pranešimuose<sup>13</sup> aprašė paketinio perjungimo technologiją ir "Galaktikos tinklo" idėją. Tai buvo globalios sistemos, skirtos apsikeisti informacija bei programomis, principai. J.C.R. Licklider'as buvo paskirtas JAV Gynybos ministerijos Pažangiųjų tyrimų projektų agentūros (ARPA)<sup>14</sup> vadovu. Ši institucija ir įnešė pagrindinį indėlį sukuriant globaliųjų tinklų technologiją, kuria remiasi Internetas.

1968-ųjų pabaigoje pradėta kurti techninė įranga, galėjusi siuntinėti duomenis pirmuoju tinklu – "ARPANet". Po metų pirmieji šios įrangos išbandymai buvo atlikti Kalifornijos universitete Los Andžele ir Stenforde<sup>15</sup>. 1969 metais 50 kb/s (kb/s – kilobitas per sekundę) greičio linija buvo sujungtas keturių mazgų tinklas: Los Anželo universitetas, Stenfordo tyrimų institutas, Santa Barbaros ir Jutos universitetai. Po to keletą metų šis bandomasis Internetas po truputį, bet nuolat augo, nes valstybės institucijos, universitetai bei korporacijos toliau tobulino protokolus ir tinklo architektūrą. Siunčiamas pranešimas skaidomas į daugelį paketų, kiekvienas paketas "aplipdomas" adresine informacija ir keliauja savarankiškai iki paskirties taško, kur jis vėl sulipdomas. Kiekviename tarpiniame mazge turi veikti kompiuteris su maršrutizatoriaus programa, kuri parenka tolesnį paketo kelią, apeidama neveikiančius segmentus. Šie informacijos siuntimo susitarimai pavadinti TCP/IP protokolu. Pirmą kartą tinklas bei elektroninis paštas viešai buvo pristatyti kompiuterinių komunikacijų konferencijoje, vykusioje 1972 m. Iš konferencijoje

<sup>13</sup> L. Kleinrock, "Information Flow in Large Communication Nets", RLE Quarterly Progress Report, July 1961  
J.C.R. Licklider & W. Clark, "On-Line Man Computer Communication", August 1962.

L. Kleinrock, *Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay*, McGraw-Hill (New York), 1964.

<sup>14</sup> Šeštojo dešimtmečio pabaigoje JAV prezidento Eizenhauerio įkurta agentūra ARPA (Advanced Research Project Agency) netrukus pradėjo kurti ir kompiuterines telekomunikacijas. Ši agentūra turėjo sukurti kompiuterių tinklą, kuris patikimai veiktų atominio karo atveju, t. y. bombai pažeidus bet kurią ryšio liniją, bet kurį mazgą, ryšys turi likti gyvybingas. Tai įmanoma sujungus kompiuterius taip, kad informacija galėtų būti perduodama bet kuria iš daugelio viena kitą dubliuojančių ryšio linijų.

<sup>15</sup> Pagal laikraščio "Knight-Rider" straipsnį:

Profesorius Kleinrokas ir grupelė diplomatų iš Los Anželo sugalvojo beprecedentinę planą: užsiregistruoti Stenfordo instituto kompiuteryje ir pabandyti nusiųsti ten duomenų porciją. Jie turėjo parašyti "login" ir žiūrėti, ar raidės atsiranda tolimame ekrane. Kleinrokas pasakojo:

"Mes parašėme "L" ir telefonu paklausėme "Ar matote L?"

"Taip, mes matome L", išgirdome atsakymą.

"Mes parašėme "O" ir paklausėme "Ar matote O?"

"Taip, mes matome O".

"Tada mes parašėme G ir ryšys nutrūko"...

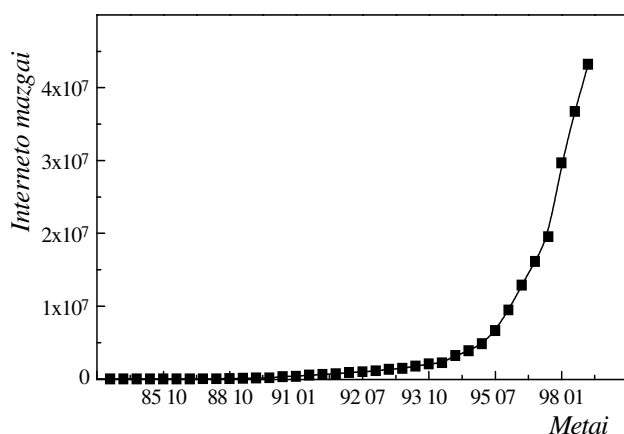
Taip prasidėjo revoliucija.

įrengto terminalo (B. Kanas) buvo galima kreiptis į bet kurį iš 40 JAV sujungtų kompiuterių. Jau 1973-74 metais TCP/IP ėgavo beveik tokią pat formą, kokia yra dabar, nors devintojo dešimtmečio pradžioje buvo padaryta kai kurių pakeitimų.

1983 metais ARPANET pasidalijo į du tinklus: MILNET – karinį ir ARPANET – civilinį. Abu tinklai buvo tarpusavyje sujungti. Šis naujas darinys buvo pavadintas **Internet**. Lygiagrečiai atsirado nepriklausomi švietimo ir kiti tinklai: BITNET, CSNET, vėliau prisijungę prie Interneto. Svarbus Interneto vystymo etapas yra 1986 metai, kada JAV Nacionalinis mokslo fondas (National Science Foundation, NSF) sukūrė superkompiuterių tinklą NSFNET, kuris tapo pagrindine Interneto arterija. 1990 vadovavimą Internetui perėmė JAV nacionalinis mokslo fondas, o 1995-aisiais Interneto kamienas padalintas didžiausiems komerciniams Interneto paslaugų teikėjams.

Sukūrus tinklo pagrindą, buvo pradėtos kurti įvairios programos ir paslaugos, puikiai prigijusios Internete. Tai – Elektroninis paštas, Telnet, FTP, WWW, Gopher...

1985 metais Internete buvo virš 2000 mazgų, o 1992 m. Internetas jau jungė daugiau nei 3000 tinklų ir buvo prijungtas milijoninis kompiuteris. Interneto tolesnį augimą charakterizuoja



2.4 pav. Interneto mazgų skaičiaus kitimas 1981-1999 m.

diagrama, pateikta 2.4 pav.

(<http://www.nw.com/zone/host-count-history>).

Internetas buvo sukurtas kariniais, mokslo bei švietimo tikslais, tačiau dabartiniais skaičiavimais, apie trečdalį Internete esančios informacijos šiuo metu sudaro reklama bei kiti komercinio pobūdžio duomenys. Taigi mokslo įstaigų atstovai visai teisėtai pradeda

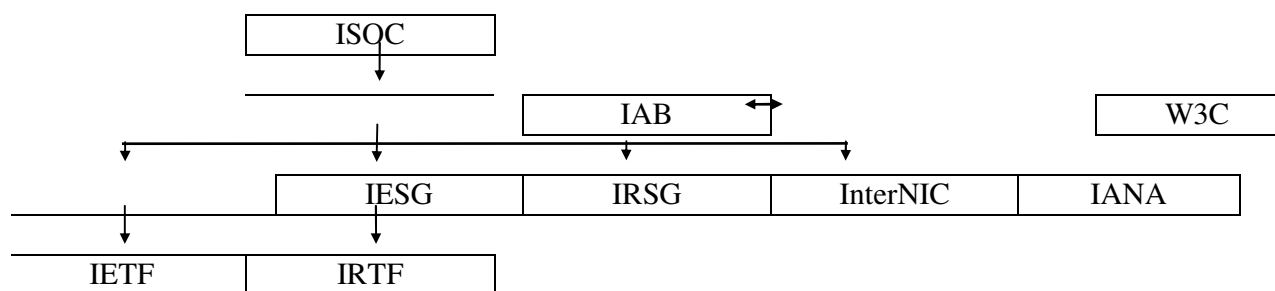
protestuoti, kad jie, būdami Interneto pradininkai, nebegali atlikti svarbių tyrimų todėl, kad į pasaulinį tinklą atėję verslininkai atima jų ryšio dalį, sukeldami "informacijos spūstis". Dėl to jau yra kuriami planai, kaip padidinti dabartinio tinklo pralaidumą. B. Clintonas yra paskelbęs, kad per ateinančius penkerius metus šalia dabartinio Interneto bus sukurtas daug kartų pralaidesnis kamienas, kartais jau vadinamas Internetu II.

Lietuvoje Interneto paslaugas teikia 5 organizacijos, turinčios tiesioginį ryšį su pagrindinėmis Interneto magistralėmis: Litnet, Taidė, Lietuvos Telekomas (linijos iki Stokholmo), Omnitel (linija iki Niujorko) ir Eunet (linija iki Amsterdamo) bei kelios dešimtys firmų, nuomojančių ryšio kanalus iš pirmųjų.

## 2.1.2. Interneto standartizavimas

Internetas neturi savininko. Jis nepriklauso jokiai firmai, valstybei ar institucijai, tai – daugelio žmonių ir organizacijų susivienijimas. Kad Internetas galėtų normaliai funkcionuoti, daugelis švietimo įstaigų ir kitų institucijų be atlygio pateikia savo ryšio linijas bei kompiuterius.

Be abejo, jei Interneto niekas neprižiūrėtų, situacija taptų chaotiška. Siekiant kontroliuoti, atnaujinti Interneto standartus bei prognozuoti jų vystymosi tendencijas sukurtos kelios organizacijos (2.5 pav.).



2.5 pav. Interneto standartizavimo organizacijos.

Interneto sąjunga, Internet Society, **ISOC**, įkurta 1991 m., yra valstybinių įstaigų, nevyriausybinių organizacijų, firmų ir privačių asmenų grupė, kuri sprendžia Interneto politikos klausimus, priima nutarimus apie įvairius leidimus ar draudimus Internete ([www.isoc.org](http://www.isoc.org)).

Interneto architektūros taryba, Internet Architecture Board, **IAB**, analizuoja Interneto architektūros visumą, informacijos keliavimo srautus bei Interneto kamieno darbą, numato Interneto vystymosi gaires ir publikuoja oficialius Interneto standartus.

Inžinierinių Interneto darbinės pajėgos, Internet Engineering Task Force, **IETF** prižiūri, kad Interneto evoliucija vyktų sklandžiai ir vykdomi patobulinimai netrukdytų stabiliam Interneto darbui.

Interneto inžinierinės priežiūros grupė, Internet Engineering Steering Group, **IESG** prižiūri IETF veiklą bei tvarko visus Interneto standartus.

Interneto tyrimo priežiūros grupė, Internet Research Steering Group, **IRSG** rengia strateginius sprendimus ir vadovauja Interneto tyrimo darbinėms pajėgoms, Internet Research Task Force, **IRTF**, kurios atlieka mokslo tiriamuosius darbus, tiesiogiai nedalyvaudama standartizacijos procese.

Priskirtųjų Interneto numerių valdyba, Internet Assigned Numbers Authority, **IANA** unifikuoja specialius protokolų parametrus, tokius, kaip oficialūs prievadų numeriai, klaidų kodai ir pan., ir skelbia juos savo dokumentuose, vadinamuose “Priskirtieji skaičiai” (Assigned Numbers).

Interneto tinklo informacijos centras, Internet Network Information Center, **InterNIC** koordinuoja IP adresų bei domeninių vardų suteikimą vartotojams, norintiems prisijungti prie tinklo ([www.internic.net](http://www.internic.net)).

WWW konsorciumas, World-Wide-Web Consortium, **W3C** tvirtina HTML standartus bei kitas WWW specifikacijas.

ISOC, IAB, IESG ir kiti Interneto subjektai savo oficialias publikacijas pateikia dokumentų, vadinamų “Prašymas komentuoti” (Request for Comments, **RFC**) pavidalu, laisvai prieinamu bet kuriam tinklo vartotojui (pvz., <http://www.faqs.org/rfcs/>, <http://www.cis.ohio-state.edu/hypertext/information/rfc.html>). Kiekviena nauja dokumento versija publikuojama kaip atskiras RFC, kurie numeruojami chronologine tvarka. RFC 1 (Host sotware) buvo publikuotas 1969 04 07. IANA dokumentai “Priskirtieji skaičiai” irgi publikuojami kaip atskiri RFC.

Kai kurie RFC dokumentai, papildomai turi ir Interneto standartų (STD) (žr. [http://sunsite.cnlab-switch.ch/cgi-bin/search/standard/nph-findstd?show\\_about=yes](http://sunsite.cnlab-switch.ch/cgi-bin/search/standard/nph-findstd?show_about=yes)) numerį, pvz., IPv4 protokolas aprašytas RFC 791 arba STD 5.

### 2.1.3. Interneto pagrindai

Pagrindiniai požymiai, kurie išskiria Internetą iš kitų tinklų yra vieninga jame dirbančių kompiuterių adresavimo ir duomenų perdavimo sistema. Duomenų perdavimui tarp kompiuterių Internete naudojamas TCP/IP protokolų rinkinys. Jeigu kompiuteris nors laikinai (laikinas IP adresas kompiuteriui priskiriamas, pvz., įsijungus į tinklą per modemą) turi Interneto adresą ir naudoja TCP/IP protokolus duomenų perdavimui, jis priklauso Internetui. Toks kompiuteris gali naudotis visomis Interneto teikiamomis paslaugomis – Telnet, FTP, WWW ir kt, tereikia atitinkamos – klientinės ar serverinės programinės įrangos. Kai kurios paslaugos, pvz., elektroninis paštas, pasiekiamos ne tik Interneto tinklo nariams. Vartotojai, dirbantys Internete, gali nusiųsti ir gauti laiškus adresatams iš kitų tinklų.

Kadangi adresavimas ir TCP/IP protokolai yra Interneto pagrindas, panagrinėsime juos detaliau.

### 2.2. Adresavimas Internete

Kompiuterių adresavimui Internete naudojama vieninga sistema: kompiuteriai adresuojami 32 bitų unikaliu adresu, nepasikartojančiu visame tinkle, vadinamu IP adresu. Tokius adresus galima užrašyti keliais būdais:

11000000 01100110 11111001 00000011	dvejetainė sistema,
3227973891	dešimtainė sistema,
C066F903	šešioliktainė sistema,
192.102.249.3	dešimtainė “su tašku” sistema.

Patogumo sumetimais pasirinktas paskutinis būdas, t. y. keturi IP adreso baitai užrašomi atskirtais tašku dešimtainiais skaičiais, kurie kinta nuo 0 iki 255.

32 bitų IP adresą sudaro 2 dalys: tinklo numeris ir kompiuterio (tiksliau – jo kortos) numeris tinkle. Internetas padalintas į tinklus pagal gana paprastą sistemą, kuri remiasi tinklų suskirstymu į klases A, B, C, D ir E. Kompiuterinių tinklų klasės skirstomos pagal minėtų tinklų dydį: A – dideli tinklai kompiuterių numeracijai tinkle skirti trys jaunesnieji baitai, t. y. 24 baitai – taip galima numeruoti iki 16777216 kompiuterių; B – vidutiniai tinklai – kompiuteriai tinkle adresuojami 2 baitais – iki 65536 kompiuterių; C – maži tinklai iki 255 kompiuterių – numeracijai tinkle skirtas tik jauniausias adreso baitas.

Tinklų klases IP adrese žymi pirmi vyresnieji adreso baitai:

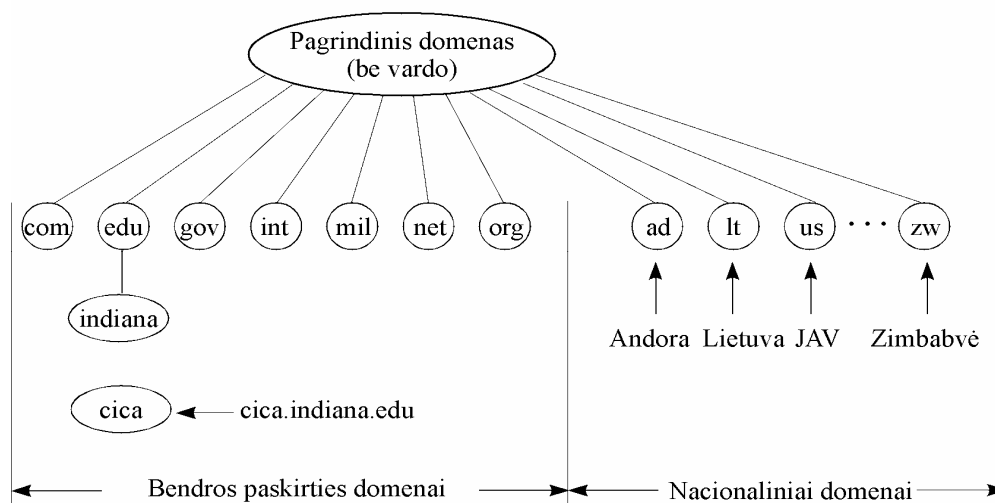
Klasė	Vyriausi baitai	Laisvi baitai tinklo kompiuteriams adresuoti
A	0	3
B	10	2
C	110	1
D	1110	klasė, skirta transliaciniais pranešimams rezervuoti adresai
E	11110	

Adresinė erdvė, nepanaudota tinklo klasei bei kompiuterio numeriui tinkle, naudojama tinklo numeriui nurodyti: pvz., pilna C klasės IP adreso sandara bus tokia:





.mil – karinė (tik JAV),  
 .org – nevalstybinė organizacija.

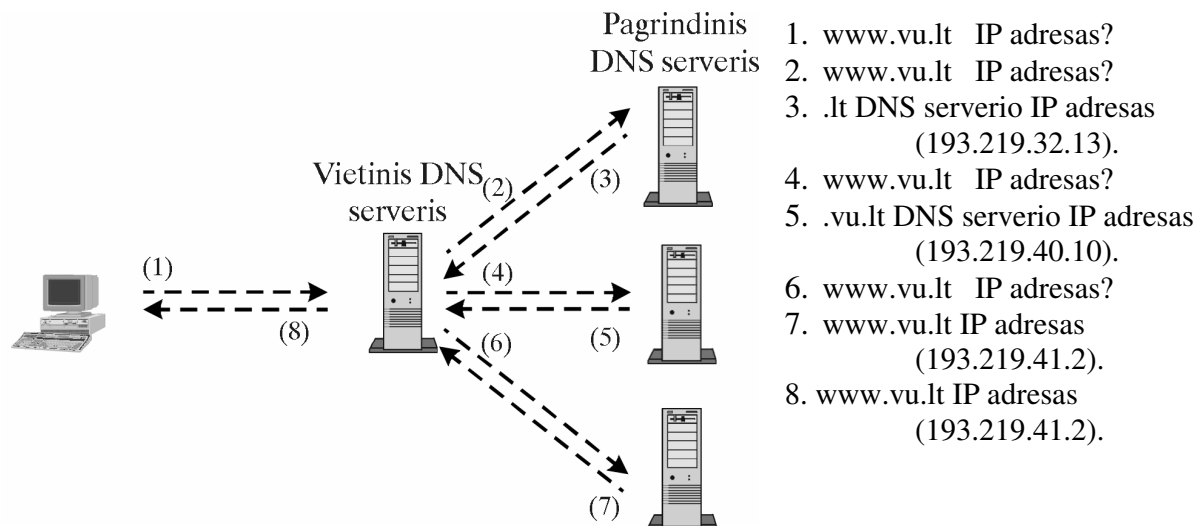


2.6 pav. Domeninių Interneto vardų struktūra.

Nors šios santrumpos pradžioje buvo naudojamos tik JAV, jos plinta visame pasaulyje, išimtinai JAV paliktos tik *.mil* ir *.gov* sritys.

Prieš bet kurį sujungimą domeniniai vardai turi būti paversti į IP adresus. Vardus iš simbolių į skaitmeninius verčia specialūs kompiuteriai – vardų serveriai (Domain Name Server, DNS). DNS serverių visuma veikia kaip paskirstytoji duomenų bazė. Jeigu duomenys ar užklausa siunčiami, pvz., Vilniaus universiteto WWW serveriui *www.vu.lt*, o vietinis vartotojo DNS serveris neturi informacijos apie jo IP adresą, siunčiama užklausa pagrindiniam DNS serveriui (keletas serverių lygiagrečiai saugo tą pačią informaciją, pvz., 198.41.0.4), kurio atsakyme pateikiamas sekantis pagal hierarchiją DNS serveris (2.7 pav.). Procedūra kartojama, kol randama reikalinga informacija. Tarnybiniais DNS dialogams naudojamas UDP protokolas.

Transliaciniai adresai, kitaip vadinami grupiniais adresais, kaip galima spėti iš pavadinimo, nusako tam tikrą kompiuterių grupę, kurios mazgai gali priklausyti skirtingiems tinklams. Grupė gali jungti neribotą mazgų skaičių, be to, kompiuterio priklausymas grupei yra dinamiškas, tai yra jis gali įsijungti ar išeiti iš grupės sudėties pagal savo nuožiūrą. Tipinis grupinių adresų taikymas – video ar audio konferencijos, interaktyvūs žaidimai. Tam naudojamas IGMP (RFC 1112). IANA paskyrė eilę oficialiųjų grupinių adresų: 224.0.1.1 – tinklinio laiko protokolo adresas; 224.0.1.2. – “dogfight” žaidimo protokolo (*Silicon Graphics*) adresas ir t. t.



2.7 pav. FQDN vardo keitimas á IP adresà.

### 2.3. Interneto protokolai

Dirbant Internete naudojami TCP/IP protokolai, kurių pagalba tvarkomi visi informacijos perdavimai tinkle. Kaip jau aptarta anksčiau, protokolai yra programinės įrangos darbo taisyklės. Perdavimo kontrolės (Transfer Control, TCP) ir Interneto (Internet Protocol, IP) protokolai žinomi kaip atskiri protokolai, tačiau, kadangi jie nulemia informacijos pernešimą Internetu, TCP/IP įgijo ir naują, apibendrinančią prasmę – visi Interneto protokolai vadinami TCP/IP rinkiniu arba šeima. TCP/IP protokolų rinkinį (šeimą) sudaro vienas kitą papildantys ir tarpiai tarpusavyje susiję protokolai, kurie naudoja vienas kito galimybes savo uždaviniams vykdyti, ir yra organizuoti hierarchiniu principu. Labiausiai paplitę TCP/IP protokolai pateikti 2.1 lentelėje. Internetu skiriami orientuoti į sujungimą (connection-oriented) ir nereikalaujantys sujungimo (connectionless) protokolai. Prieš perduodami duomenis, pirmieji privalo užmegzti ryšį su nutolusiu mazgu, o antrieiems toks sujungimas nereikalingas. Orientuoto į sujungimą protokolo užmegztas ryšys pasilieka visam sujungimo – seanso – laikui. TCP/IP yra orientuotas į sujungimą protokolas. IP ir UDP – nereikalaujantys sujungimo protokolai. Taip pat skiriami patikimi ir nepatikimi protokolai. Patikimi protokolai garantuoja neiškraipytų duomenų pristatymą adresatui. Tam protokole turi būti numatyta:

## 2.1 lentelė. TCP/IP protokolai.

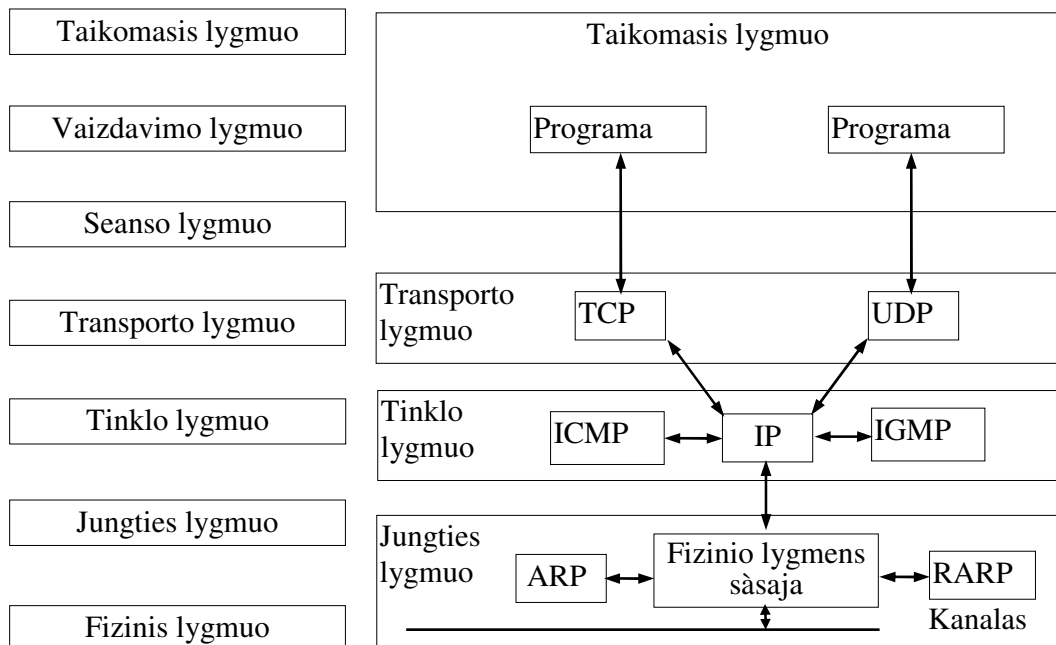
IP	Interneto protokolas (Internet Protocol) yra tinklinio lygmens protokolas, pernešantis duomenis tarp tinklo kompiuterių. Pagrindinis Interneto protokolas.
TCP	Perdavimo kontrolės protokolas (Transfer Control Protocol) yra transportinio lygmens protokolas, perneša informaciją tarp taikomųjų Interneto programų.
UDP	Vartotojo datagramų protokolas (User Datagram Protocol) transportinio lygmens protokolas perneša informaciją tarp taikomųjų Interneto programų, bet daro tai paprasčiau ir ne taip patikimai, kaip TCP.
ICMP	Interneto kontrolės pranešimų protokolas (Internet Control Message Protocol) yra tinklinio lygmens protokolas. Jis kontroliuoja klaidų bei kitus tinklo valdymo pranešimus.
Telnet, FTP, SMTP	Terminalo protokolas, failų perdavimo protokolas (File Transfer Protocol), paprastas pašto perdavimo protokolas (Simple Mail Transfer Protocol)... Tai taikomojo lygmens protokolai.

1. Adresato patvirtinimas siuntėjui apie informacijos gavimą. Negavęs patvirtinimo, siuntėjas kartoja duomenų siuntimą tol, kol gauna patvirtinimą.
2. Perduotų duomenų teisingumo pagal kontrolinę sumą tikrinimas.

TCP yra numatytos pranešimų patvirtinimo procedūros, todėl tai yra patikimas protokolas. IP ir UDP – protokolai be patvirtinimo – nepatikimi protokolai. TCP tikrina kontrolinę sumą, o UDP – nebūtinai.

Gali kilti klausimas, kodėl gi iš viso naudojami naudojamasi nepatikimais protokolais? Naudojant tokius supaprastintus protokolus taupomas laikas ir resursai. Protokolų patikimumą nebūtina dubliuoti: jei TCP (patikimas protokolas, tikrinantis pernešamų paketų kontrolines sumas) naudojami IP protokolo paslaugomis, užtenka, kad tikrinimas būtų atliekamas vieną kartą. Be to jeigu yra loginiai atsakymai į užklausas, pranešimai apie duomenų gavimą tampa nebe tokie būtini: jeigu gaunamas atsakymas į užklausą, ir taip aišku, kad užklausos paketas pasiekė adresatą.

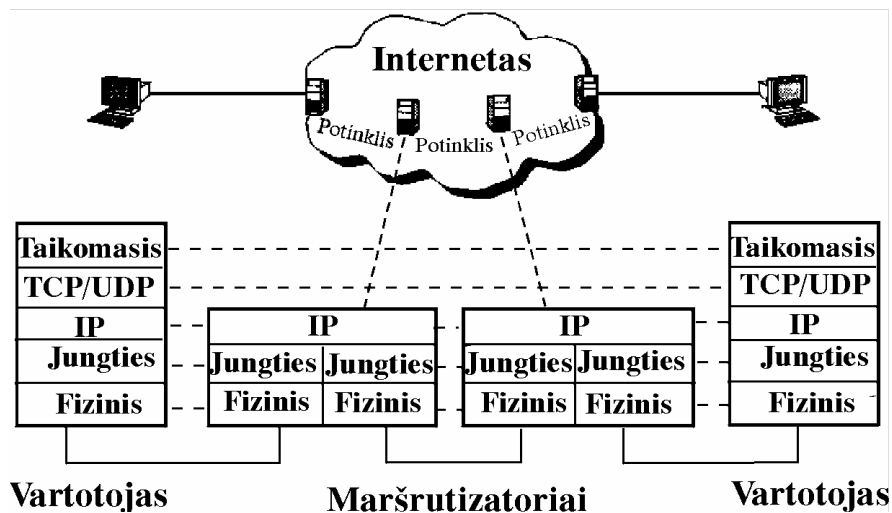
Siekiant supaprastinti programavimą Internete, jame vykstantys procesai suskirstyti į lygmenis, kurių stekas vėlgi vadinamas tuo pačiu vardu – TCP/IP stekas. Nors skirstymo į lygmenis TCP/IP ir OSI (išnagrinėtas pirmame skyriuje) modeliuose principai tie patys, patys lygmenys šiuose modeliuose nesutampa (2.8 pav.). Dešimtmečių anksčiau nei OSI priimtas TCP/IP modelis sudarytas iš keturių, OSI modelis – iš septynių lygmenų.



2.8 pav. OSI ir TCP/IP modelių palyginimas. Kairėje pateiktas OSI modelio skirstymas į lygmenis, dešinėje – TCP/IP lygmenys ir jų protokolai.

Kiekviename TCP/IP modelio lygmenyje vykdomos specifinės atitinkamo lygmens funkcijos. Visa kita paliekama kitų, žemesnių arba aukštesnių lygmenų kontrolei. TCP/IP modelis sukurtas veikiančių tinklo protokolų pagrindu, todėl jame nėra ypatingai ryškiai atskirtos sąsajos tarp gretimų lygmenų, kaip tai padaryta OSI modelyje, kuris kurtas kaip rekomendacinis modelis standartams vystyti. OSI modelyje ryškiai atskirti protokolai, sąsajos ir paslaugos. Sąsajos nurodo, kaip įvairūs procesai gali pasiekti atitinkamą lygmenį, kaip informacija perduodama tarp lygmenų bei apibrėžia perdavimui reikalingus parametrus ir rezultatų laukus. Nusakant paslaugą nurodoma, kas atliekama aprašomame lygmenyje, nesigilinant, kaip tas lygmuo veikia. Taisyklės ir susitarimai, taikomi konkrečiam lygmeniui, vadinami N lygmens protokolu. Kadangi žemesniųjų lygmenų protokolai yra skaidrūs aukštesniųjų lygmenų atžvilgiu, t. y. pakeitus, pvz., tinklinio lygmens protokolą kita versija, aukštesnieji lygmenys (transportinis ar taikomasis) to nepajus ir dirbs kaip iki pakeitimo, susidaro išpūdis, kad vienuose lygmenyse esantys procesai komutuoja tarpusavyje (2.9 pav.). Taigi, naudojant atitinkamo lygmens protokolą bendraujama horizontaliai, tai yra nagrinėjamas virtualus N-tojo lygmens ryšys.

Fiziškai informacija perduodama iš aukštesnio lygmens į žemesnį, pasiekia fizinį lygmenį ir elektrinių ar optinių signalų pagalba perduodama į kitą kompiuterį. Adresato kompiuteryje praeinamas atvirkščias kelias iki atitinkamo lygmens.



2.9 pav. Interneto protokolø ir lygmenø sàveika.

Siekiant užtikrinti tokio proceso suderinamumą bei galimybę pakeisti vieną kurio nors lygio realizaciją kita, būtina aiškiai apibrėžti sąsajas tarp lygmenų, nusakančias, koku būdu tarp jų perduodama informacija.

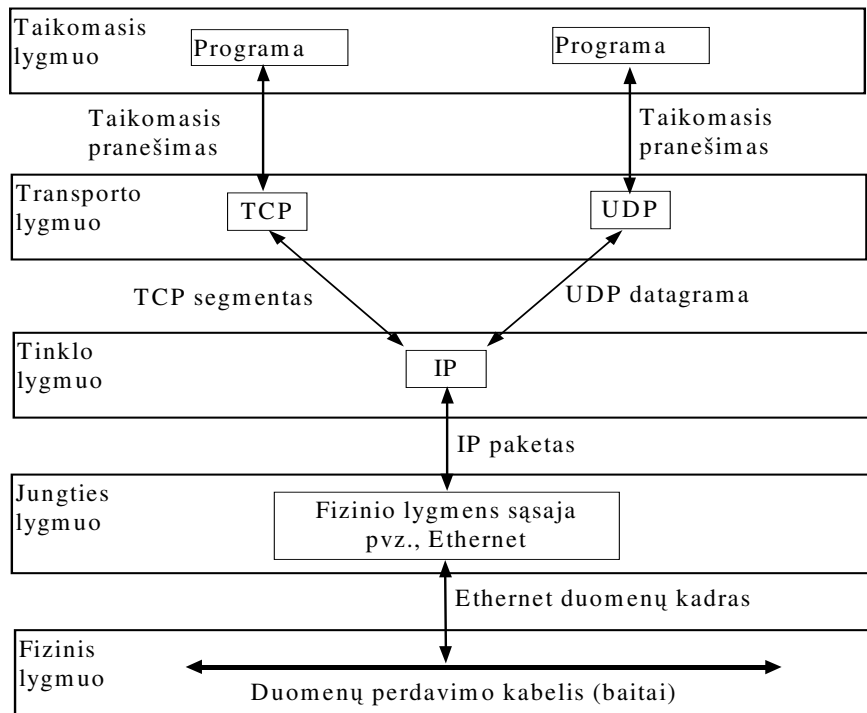
Duomenys Internetu perduodami keliais etapais (2.9 pav.):

1. Informacija perduodama tarp taikomosios programos ir tinklo, tai yra steku ėmyn iki fizinio lygmens.
2. Nustatomas artimiausio tarpinio mazgo adresas ir, ėingsnis po ėingsnio, naudojant marðrutizacijos mechanizmus, duomenys perduodami á adresato mazgà (2.9 pav.).
3. Kildami steku aukðtyn, duomenys pasiekia taikomàją lygmená.

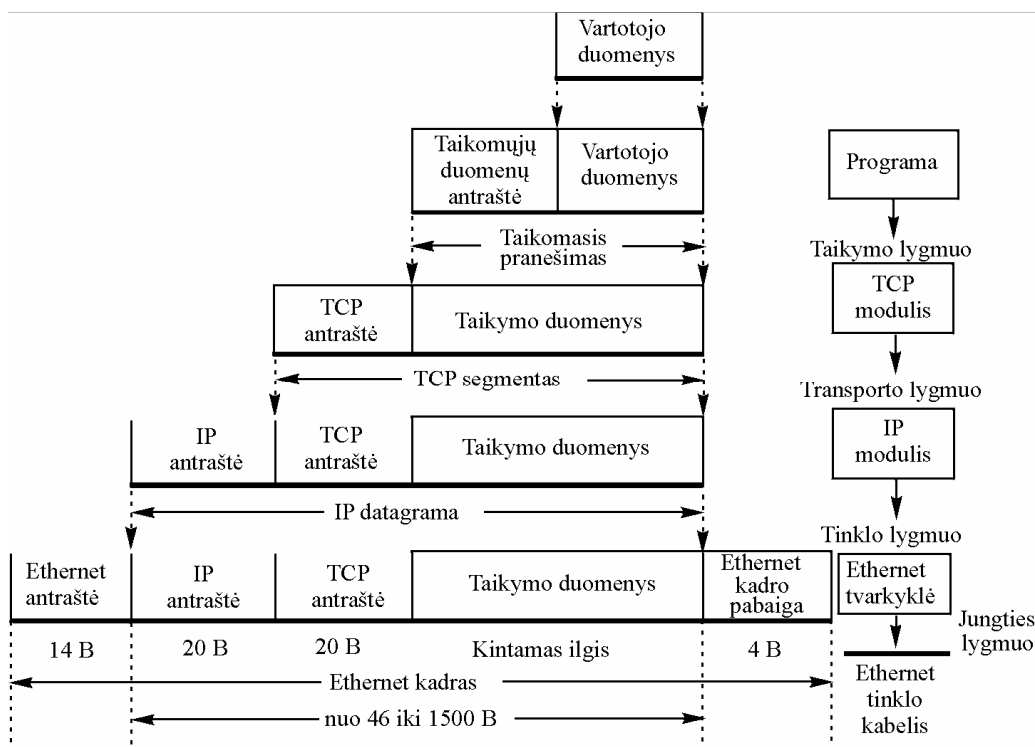
Duomenø blokai ávairiuose lygmenyse paprastai vadinami skirtingai. Terminologija dažnai būna neiðraiðkinga ir netiksli (2.10 pav.), todėl labai svarbu gerai suvokti duomenø judėjimą ir pasidalijimą TCP/IP šeimoje. Duomenø tvarkymo proceso metu kiekvienas protokolas duomenis ávelka (inkapsuliuoja) á pavidalà, tinkamà kaimyniniam steko protokolui. Taip leidþiantis steku ėmyn, kiekvienam lygmeniui būdingu būdu duomenys inkapsuliuojami, paruoðiant juos tolesniam perdavimui (2.11 pav.).

### Jungties lygmuo ir jo protokolai

Jungties lygménį TCP/IP steke galima suskirstyti į du polygmenius: jungties ir fizinį. Pastarąjį, kaip ir OSI modelyje, sudaro fizinis nešlys – ryšio kanalas. Tai gali būti koaksialieji, optiniai ar vytos poros kabeliai, radio ar palydovinio ryšio linijos. Taikomųjų programų autoriui užtenka žinoti, kad prijungtas prie kompiuterio kabelis yra tinklo fizinis lygmuo.



2.10 pav. Duomenų blokai skirtinguose TCP/IP modelio lygmenyse.



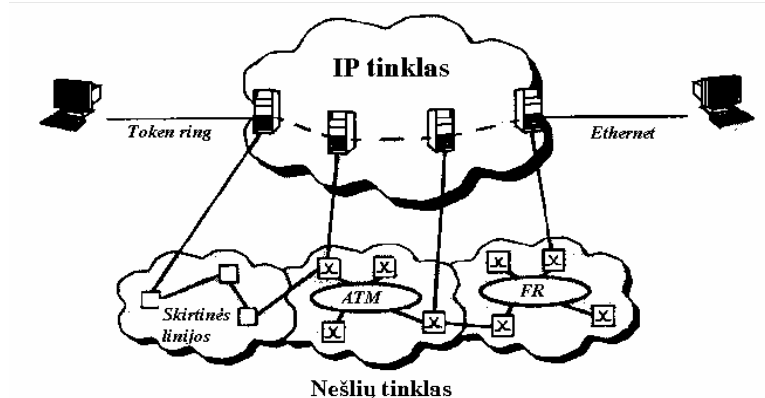
2.11 pav. TCP/IP duomenų inkapsuliacija, kai jungties lygmenyje informaciją perneša Ethernet tinklas.

Jungties polygmenį, dažniausiai vadinamą tiesiog jungties lygmeniu sudaro aparatūros (fizinio lygmens) sąsaja bei du protokolų moduliai: adresų išskyrimo (Address Resolution Protocol, ARP) bei atvirkštinį adresų išskyrimo (Reverse Address Resolution Protocol RARP).

Abu šie moduliai reikalingi norint teisingai nustatyti tinklo objektų adresus. ARP susieja tinklinio lygmens adresus su jungties lygmens adresais, pvz., su Ethernet adresais, taip užtikrindama informacijos nukreipimą vietiniame transliaciniame tinkle. RARP vykdo atvirkščias funkcijas: priskiria IP adresus terminalams, kurie neturi reikalingos programinės įrangos.

Jungties lygmenyje sutvarkomas informacijos srautas tarp tinklinio lygmens ir fizinio duomenų pernešimo kanalo. Šalia to, jungties lygmuo, kaip ir visi kiti TCP/IP (ar kitokio tinklinio modelio) lygmenys paslepia konkrečias lygmenyje veikiančių protokolų realizacijos detales. Konkrečiai, jungties lygmuo paslepia nuo tinklinio lygmens fizinio kanalo funkcionavimo smulkmenas. Jeigu jungties lygmuo suprojektuotas gerai, tinkliniame lygmenyje nebus jaučiama kokiais tinklo adapteriais ir kabeliais, kokiomis tinklo linijomis naudojamosi – tai gali būti Ethernet, Token Ring, FDDI, skirtinės linijos, asinchroninio perdavimo režimo (Asynchronous Transfer Mode, ATM), kadru retransliacijos (Frame Relay, FR), X.25 ir kt. linijos (2.12 pav.).

### 2.3.2. Tinklinio lygmens protokolai



2.12 pav. Įvairių linijų panaudojimas jungties lygmenyje ir aukštesnių lygmenų atskyrimas.

Tinklinis lygmuo yra TCP/IP tinklo pagrindas. Tinklinis lygmuo sudarytas iš **IP** (Internet Protocol), **ICMP** (Internet Control Message Protocol) ir **IGMP** (Internet Group Message Protocol) protokolų (2.8 pav.). Du pastarieji tik papildo IP specifinėse situacijose, tokiose kaip klaidų atsiradimo kontrolė bei grupinių (vienu metu siunčiamų dviem ar daugiau sistemų) pranešimų siuntimas. Beje, ICMP ir IGMP savo pranešimų persiuntimui (ir gavimui) naudoja IP protokolą. Kol kas praktiškai visur Internete naudojama IP protokolo 4-toji versija – **IPv4**. IPv4 protokolas aprašytas dokumentuose RFC 791 ir STD 5.

Dėl ypač tampraus ryšio tarp tinklo lygmens ir IP protokolo, šios dvi sąvokos dažnai sujungiamos ir tinklo lygmuo vadinamas IP lygmeniu. IP nėra numatytos informacijos patikimumą didinančios funkcijos, tokios kaip srauto kontrolė, pranešimų sekos ar pakartotiniai paketų perdavimai. Tinklo lygmenyje kiekvienas informacinis paketas perduodamas atskirai, nesiejant perdavimo tvarkos ir kelio su perduodama informacija. IP protokolas perneša duomenis tarp tinklo kompiuterių.

IP – tai “pranešimų pristatymo” tarnyba, dirbanti visai TCP/IP šeimai: TCP, UDP, ICMP. IP perduodami duomenys (praktiškai visi protokolai, išskyrus ARP ir RARP) inkapsuliuojami į IP paketus, paprastai vadinamus IP datagramomis<sup>17</sup>. Inkapsuliacijos procese sukuriamas IP datagramas sudarytas iš antraštės ir duomenų. IP datagramos antraštėje yra informacija būtina teisingam inkapsuliuotų duomenų perdavimui iki adresato.

**IP paketo antraštė.** IP paketo ir jo antraštės struktūra pateikta 2.13 pav. IP paketo antraštė (su retomis išimtimis) yra 20 B ilgio.

Versija (VERS) 4 b	Antraštės ilg. (HLEN) 4 b	Paslaugos tipas (TOS) 8 bitai	Bendras paketo ilgis 16 bitų	
Fragmento ID 16 bitų			Žymės 3 bitai	Fragmento poslinkis 13 bitų
Gyvavimo laikas (TTL) 8 bitai	Protokolas 8 bitai		Kontrolinė antraštės suma 16 bitų	
IP siuntiklio adresas 32 bitai				
IP gaviklio adresas 32 bitai				
Pasirinktys (options) (jei yra)			Papildymas (jei reikia)	
Duomenys				

2.13 pav. IP (IPv4) paketo struktūra. IP paketo antraštė išskirta storesnėmis linijomis.

IP paketo antraštės laukuose, organizuotuose prisilaikant vieningo formato, nurodoma paketo struktūra ir perduodamos informacijos specifikacijos. Antraštės laukų reikšmės reikėtų apibūdinti detaliau:

Versija: IP versijos numeris; labiausiai paplitusi yra 4 versija (gali būti 6).

Antraštės ilgis: IP antraštės dydis “5” (5 eilutės po 32 b t. y. 20 B).

Paslaugos tipas: Nurodo paketo prioritetus. Daugelis maršrutizatorių šio lauko neanalizuoja ir neatsižvelgia į jo nuorodas (panaudojimas aptartas RFC 1349, Type of Service, TOS). Laukas sudarytas iš šių grupių:

0 1 2	3	4	5	6	7 bitas
Prioritetas (precedence)	Užlaikymas (delay)	Praleidžiamumas (throughput)	Patikimumas (reliability)	Vėlinimas (cost)	Nenaudojamas

Bendras ilgis: Bendras paketo ilgis, t. y. IP antraštė ir duomenys (turinys). Naudojant 16 bitų, galima nusakyti 65535 ilgio paketą. Paprastai IP paketai būna žymiai trumpesni. Nereikia užmiršti, kad jei IP bando perduoti paketą, didesnę negu komutuojančios grandies MTU (Maximum Transmission Unit), IP paketas fragmentuojamas, t. y. suskaldomas į mažesnius paketus, kuriuos komutuojanči grandis yra pajėgi perduoti. MTU nulemia perdavimo potinklio technologija: maksimalus paketo ilgis, naudojant Ethernet technologiją yra 1500 B, Token Ring – 4464 B, o kai kurias technologijas – 128 B ir dar mažiau. TCP dažniausiai perduoda 576 B

<sup>17</sup> IP datagrama ir IP paketas – sinonimai, tačiau terminas “paketas” yra bendresnis ir žymi bet kokių duomenų bloką. Atkreiptinas dėmesys, kad UDP ir IP datagramos yra iš principo skirtingi ir skirtinguose lygmenyse veikiantys duomenų formatai.



paketus, kuriuose inkapsuluota 512 B duomenų.

Fragmento ID: Fragmento identifikatorius yra fragmento eilės numeris pakete. Unikalus fragmento identifikatoriaus numeris nurodomas kiekvienai šaltinio, adresato ir protokolo grupei.

Žymės: Fragmentavimo valdymo bitai. Naudojami pirmas ir trečias bitai. Fragmentavimas uždraudžiamas nustačius 1-ąjį bitą į vienetą. Nulis 3-jame bite rodo, kad tai yra paskutinis paketo fragmentas.

Fragmento poslinkis: Kitaip vadinamas dalijimo tašku (breaking point) yra baito, ties kuriuo vyksta padalijimas į fragmentus vieta pakete, skaičiuojant nuo paketo pradžios. Kadangi paketo poslinkis visada kartotinis 8 baitams, jo vertė fp reiškia 8xfp baitą nuo paketo pradžios, t. y. jei fp=1, tikrasis poslinkis yra 8 baitai.

Fragmento identifikatoriaus, žymių ir fragmento poslinkio laukai naudojami siekiant teisingai sujungti fragmentuotus paketus.

Surenkant fragmentuotą IP datagramą, adresato kompiuteryje aktyvuojamas taimeris ir, per ribotą laiką nesurinkus visų fragmentų (kai kurie fragmentai pavėluoja ar dingsta), inicijuojama klaida, o IP paketas atmetamas.

Gyvavimo laikas: IP datagramos gyvavimo tinkle laikas (Time to Live, TTL) yra skirtas nerandančioms adresato ar neapibrėžtoms datagramoms sunaikinti. Dauguma sistemų nustato TTL=30. Kiekvienas maršrutizatorius sumažina šį lauką tiek, kiek paketas laukė buferyje. Jei TTL tapo lygus 0, bet paketas nespėjo pasiekti adresato, paketas naikinamas, o siuntėjas ICMP protokolu gauna pranešimą – perspėjimą.

Protokolas: Aukštesnio lygmens protokolas, naudojantis paketą (daugiausiai TCP):

ICMP	1	0001
IGMP	2	10
TCP	6	110
UDP	17	10001

Kontrolinė suma: Kontrolinė suma atraštės duomenų patikimumui užtikrinti. Visos IP datagramos, įskaitant duomenis, kontrolinė suma netikrinama.

Siuntiklio adresas: IP adresas.

Gaviklio adresas: IP adresas.

Kartais antraštė praplečiama, įtraukiant pasirinkčių ir kitus laukus. Pasirinktys (options) yra papildomi parametrai, tokie, kaip slaptumas, prioritetas ir kt.

## IPv6

Atsirandant naujiems uždaviniams, tokiems kaip duomenų perdavimo realiame laike būtinybė, atskiriant informacijos, kuriai nesvarbu užlaikymai bei perdavimo eilės sukeitimas srautas, siekiant išspręsti adresavimo ribotumo, vartotojo mobilumo, informacijos saugumo ir kt. problemas, sukurta šeštoji IP versija – IPv6 (žr. RFC 1883). 5 versija buvo tik eksperimentinė ir plačiau nenaudota. IPv6 standartas įvestas 1995 m.

Versija 4 b	Prioritetai 4 b	Srauto žymė 24 b	
Paketo ilgis 16 b		Protokolas 8 b	Šuolių skaičius 8 b
IP siuntėjo adresas 128 b			
IP paskirties adresas 128 b			

2.14 pav. IPv6 paketo antraštė.

IPv6 antraštė (2.14 pav.) visada yra fiksuoto ilgio. Daug funkcijų ir nuorodų, egzistuojančių IPv4, naujosios versijos antraštėje (ir pačiame pakete) panaikinta, todėl supaprastėjo bei pagreitėjo paketų apdorojimas (nors antraštė, dėl adresų laukų padidėjimo, pailgėjo). IPv6 antraštėje esanti informacija nurodyta laukuose, kurių reikšmės panašios į IPv4 antraštės laukų reikšmes:

Versija nurodo IP versiją, šiuo atveju IPv6. Prioritetas nurodo paketo prioritetus. Srauto žymė yra naudojama datagramams, priklausančioms tam pačiam srautui realaus laiko paslaugose pažymėti. Paketo ilgis – pernešamo informacijos paketo dydis, išreikštas baitų skaičiumi. Protokolas nurodo aukštesnio lygmens protokolą, kaip ir IPv 4. Šuolių skaičius yra skaitliuko įrašas, sumažinamas vienetu, IP datagramai praėjus kiekvieną maršrutizatorių (tai yra paprasčiau ir efektyviau negu paketo gyvavimo laikas TTL). IP adresų laukai IPv6 padidinti nuo 32 iki 128 bitų. Tai įgalina nurodyti pakete prijungtų, bet nepriklausančių Internetui tinklų potinklius ir kompiuterius, panaudoti analogišką IP adresavimą kitoms reikmėms, pvz., kabelinei TV ar priskirti daugiau nei vieną IP adresą tinklo mazgui.

### 2.3.3. Maršrutizavimas

Kadangi Internetu paskirties vietą informacijos paketas gali pasiekti keliais būdais, ypač svarbią vietą užima teisingas paketo maršruto parinkimas – IP maršrutizacija. Programinės įrangos dalis, kurios paskirtis yra nukreipti informacijos paketus į reikiamą liniją, vadinama maršrutizavimo protokolu. Maršrutizavimą Internetu tinkliniame lygmenyje vykdo IP protokolas.

Paprasčiausias maršrutizavimo protokolas naudojasi statinėmis maršrutizacijos lentelėmis t. y. programina norėdamas surasti geriausią kelią iki adresato tikrina maršrutizacijos lenteles. Pastarųjų sudarymas, maršrutizacijos teorija bei modelių sukūrimas yra pakankamai sudėtingas uždavinys.

Nagrinėjant paprasčiausią IP maršrutizavimo koncepciją, reikia prisiminti, kad IP adresai susideda iš trijų dalių klasės, tinklo numerio ir kompiuterio numerio tinkle. Kadangi Internetu galima iki 3,7 milijardų mazgų, jokios lentelės negalėtų tokios informacijos sutalpinti. Todėl IP maršrutizuoja paketus ne tarp atskirų kompiuterių, bet tarp tinklų.

Maršrutizacijos lentelių įrašai sudaryti iš trijų laukų: tinklo numerio, šliuzo (tinklo sąsajos, gateway) adreso ir žymių, nurodančių ar adresuojamas tinklas yra pasiekiamas tiesiogiai. Tiesioginis pristatymas (pasiekiamumas) reiškia, kad IP adresas keičiamas į jungties lygmens formato, pvz., Ethernet adresą. Tokį adresų pertvarkymą atlieka Adresų pertvarkymo protokolai (ARP). Maršrutizacijos lentelėje gali būti nurodyta, kad adresato tinklas nėra pasiekiamas tiesiogiai. Tuomet paketas pristatomas per eilę tarpinių maršrutizatorių. Bet kuris paketas galų gale patiria tiesioginio pristatymo procedūrą, kadangi, nors ir po daugelio maršrutizatorių, pagaliau pasiekiamas mazgas, tiesiogiai sujungtas su adresato tinklu.

Jeigu būtina panaudoti sujungimo reikalaujančius protokolus, maršrutizacija virtualių grandinių potinklyje vadinama **sesijine maršrutizacija**, kadangi paketų perdavimo kelias nustatomas visai vartotojo darbo sesijai (seansui). Orientuoto į sujungimą protokolo užmegztas ryšys pasilieka visam sujungimo (seanso) laikui, t. y. visa informacija tokia perduodama tuo pačiu keliu, kai tuo tarpu nereikalaujantys sujungimo protokolai gali savo paketus perduoti įvairiais keliais.

Maršrutizavimo lentelių sudarymas, vadinamas maršrutizavimo algoritmu, gali būti sugrupuotas į dvi pagrindines klases **adaptyvius** ir **neadaptyvius**.

Neadaptyvių algoritmų atveju visi numatomi pristatymo keliai apskaičiuojami iš anksto ir nustatomi maršrutizatoriuose jų inicializavimo (pakrovimo) metu. Dažnai ši procedūra vadinama **statine** maršrutizacija.

Adaptyvūs algoritmai pristatymo kelius nustato **dinamiškai**, įvertindami tinklo topologijos pokyčius, jo užimtumą (traffic) ir duomenų srauto dydį konkrečiu momentu. Algoritmai skiriasi pagal tai, koks parametras (tarpinių maršrutizatorių skaičius, atstumas, numatoma perdavimo trukmė) naudojamas pristatymo kelio optimizacijai, kada keičiamos maršrutizacijos lentelės bei kaip surenkama informacija apie tinklo būseną.

**Trumpiausio kelio algoritmai** parenka maršrutizavimo lenteles pagal trumpiausią kelią, kuris nustatomas pagal testinio paketo perdavimo trukmę arba pagal jo laukimo eilės (buferiuose) trukmę. Galimi ir kiti trumpiausio kelio nustatymo metodai ar jų kombinacijos, kai trumpiausio kelio nustatymo kriterijais pasirenkama ne tarpinių mazgų (šuočių) skaičius, bet geografinis atstumas.

**Tinklo topologijos ir apkrovos įvertinimo** (Flow-based Routing) **algoritmas** naudojamas tinkluose, kuriuose duomenų srautas tarp mazgų keičiasi nedaug ir vidutinė srauto vertė bei linijos pralaida yra žinomos iš anksto. Tuomet, naudojant eilių teoriją, galima apskaičiuoti vidutinę vėlinimo trukmę visame potinklyje ir maršrutizavimo problema suvedama į algoritmo, minimizuojančio vidutinę vėlinimo trukmę, paiešką. Įvertinus pradines sąlygas bei tai, kad skaičiavimai gana sudėtingi ir ilgi, šis metodas tinka statinių maršrutizavimo lentelių sudarymui.

**Užtvindymo** (Flooding) **algoritmo** atveju paketas perduodamas į visas išėjimo linijas ir to paties paketo kopijos užpildo visą tinklą. Taip išbandomi visi maršrutai ir adresatas priima

greičiausiai atėjusią kopiją. Kad kopijų skaičius tinkle neišaugtų iki begalybės, apriojamas jų gyvavimo laikas arba nustatomas maksimalus šuolių tarp maršrutizatorių skaičius. Viršijus šiuos parametrus paketas atmetamas. Gali būti kitas ribojimo mechanizmas, kai įvedama paketų numeracija: jei į maršrutizatorių ateina antra to paties paketo kopija, paketas atmetamas. Užtvindymo algoritmas nėra praktiškas bei ekonomiškai daugeliu atvejų, tačiau jis naudingas kitų algoritmų testavimui, kadangi iš visų galimų kelių išrenka optimaliausią, bei ekstremaliose situacijose, kai tinkle gali būti daug gedimų, pvz., karinėse sistemose.

Efektyvesnis yra selektyviojo užtvindymo metodas, kai maršrutizatorius perduoda paketus tik į tas linijas, kurios apytikriai atitinka kryptį į adresatą. Taip gana patikimai galima parinkti geriausią maršrutą, palyginti nedaug apkraunant tinklą.

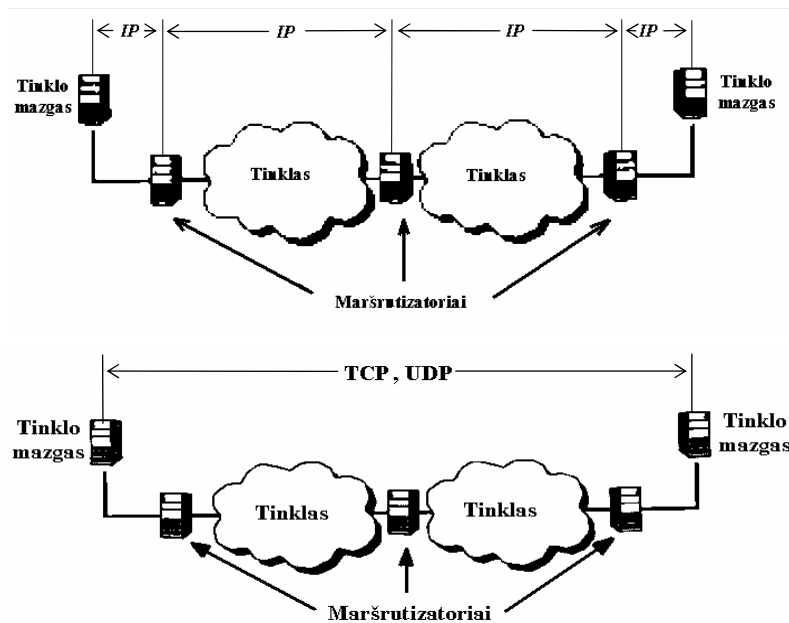
**Atstumo vektoriaus** (Distance Vector Routing) **algoritmas** naudoja periodiškai papildomas ir keičiamas maršrutizavimo lenteles (vektorius), nurodančias geriausius maršrutus iki mazgų. Šis algoritmas dažnai vadinamas Bellman-Ford arba Ford-Fulkerson algoritmu. Tai yra dinaminis algoritmas ir maršrutizatoriai nuolat keičiasi informacija apie pristatymo kelius. Algoritmas buvo naudojamas ARPANET ir Interneto tinkluose bei pradinėse Novell IPX versijose. Dabar naudojamos patobulintos atstumo vektoriaus algoritmo versijos, kuriose atstumo kriterijaus vaidmenį atlieka tarpinių mazgų skaičius, vėlinimo trukmė, bendras buferiuse eilėje laukiančių paketų skaičius ir t. t. Pagal tai, koks kriterijus pasirenkamas, naudojamas vienas ar kitas informacijos apie komunikacinį potinklį surinkimo būdas. Jeigu tai yra vėlinimo trukmė, ji gali būti išmatuota specialiu ECHO (HELLO) paketu, kuriame adresatas įrašo gavimo laiką ir nedelsdamas išsiunčia siuntėjui.

Pagrindinis atstumo vektoriaus algoritmo trūkumas yra vadinamoji skaičiavimo iki begalybės problema: jeigu linija ar mazgas sugenda, atstumas iki jo laikomas lygus begalybei. Kol tinkle sužinoma apie išjungtą mazgą, paprastai prireikia daug pasikeitimo informacija ciklų, nes informacija apie išjungimą platinama netiesiogiai (tik kreipiantis į reikalingą mazgą). Informacija apie mazgo išjungimą išplatinama žymiai greičiau: per vieną ciklą pasislenkama per vieną mazgą.

**Kanalo būsenos** (Link State Routing) **algoritmas** susideda iš penkių dalių. Kiekvienas maršrutizatorius privalo:

1. Surasti savo kaimynus ir nustatyti jų IP adresus.
2. Išmatuoti vėlinimo trukmę (kai kada vadinamą kainą) iki kiekvieno kaimyno.
3. Sukonstruoti paketą su informacija, kurią pavyko nustatyti.
4. Pasiųsti paketą visiems kitiems maršrutizatoriams.
5. Apskaičiuoti trumpiausią kelią iki kiekvieno žinomo maršrutizatoriaus.

Šiais etapais eksperimentiškai nustatoma tinklo topologija, išmatuojamos vėlinimo trukmės, o gauta informacija išplatinama kitiems tinklo maršrutizatoriams.



2.15 pav. Tinklinio ir transportinio lygmenų protokolų palyginimas

#### 2.3.4. Transportinio lygmens protokolai

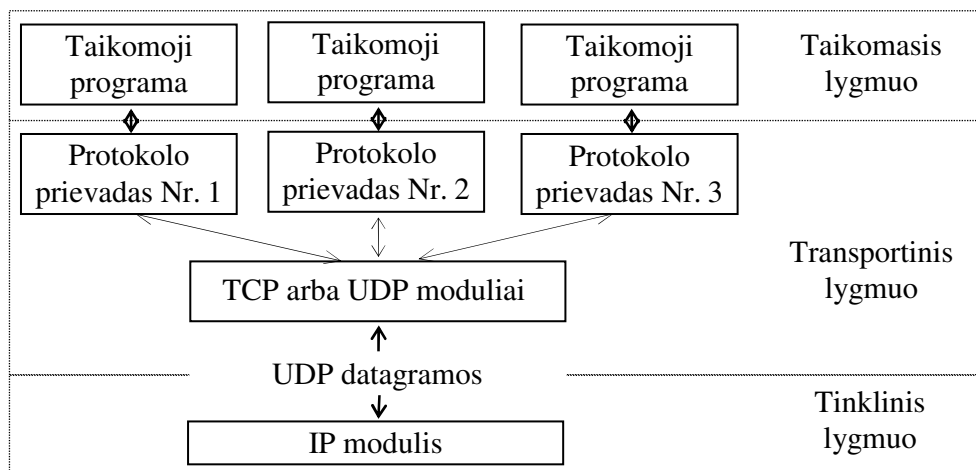
Tinkliniame lygmenyje vyksta duomenų paketo nukreipimas ir pristatymas tinklu iki adresato kompiuterio, naudojant tarpinius komunikacijos potinklio maršrutizatorius. Į adresato kompiuterį perduota informacija turi būti sugrupuota reikiama tvarka (paketai gali pasiekti paskirties mazgą ne ta seka, kaip buvo išsiųsti), sumontuota į pradinį failą ir perduota taikomosioms programoms. Informacijos šaltinyje atliekamos priešingos procedūros – duomenys, gauti iš taikomųjų programų, suskaidomi į paketus ir, naudojant IP paslaugas, išsiunčiami adresatui. Visos šios užduotys sprendžiamos transportiniame lygmenyje. Tinklinio ir transportinio lygmenų aprėpties skirtumus iliustruoja 2.15 pav.

Taikomojo lygmens programos (2.8 pav.) sąveikauja su transportinio lygmens transporto kontrolės (Transport Control Protocol, **TCP**) arba vartotojo datagramų (User Datagram Protocol, **UDP**) protokolais, kurie naudojami kaip taikomųjų programų paprogramės, atsakingos už informacijos perdavimą į tinklą. UDP yra paprastesnis, nereikalaujantis sujungimo, nepatikimas, t. y. dažniausiai netikrinantis paketų kontrolinių sumų, protokolai. Jis naudojamas procesuose, kuriems nereikia ypač didelio informacijos perdavimo patikimumo. TCP yra patikimas, orientuotas į sujungimą (dažnai sakoma – srautinis) protokolai. Šį protokolą naudoja programos, kurių perduodama informacija negali būti iškraipyta, pvz., persiunčiant failus FTP pagalba, negali dingti ar būti pakeistas nei vienas bitas. TCP (šalia IP) yra vienas iš dažniausiai naudojamų protokolų Internete. Reikia visada prisiminti, kad Internete pernešimui TCP visada naudoja IP protokolą, t. y. TCP duomenys įpakuojami į IP datagramas.

TCP seka, kad tinklu siunčiami duomenys pasiektų adresatą ir kad jie nebūtų iškraipyti. TCP gali optimizuoti tinklo pralaidumą ir padidinti paketų pristatymo produktyvumą: protokolai turi priemones reguliuoti perduodančios pusės perdavimo greitį pagal buferio užpildymo gaviklyje

lygi.

Kadangi transportinis lygmuo perduoda paketus taikomosioms programoms, TCP turi mokėti atpažinti tas programas. Tam naudojami **taikomojo lygmens prievadų** (portų) **numeriai**, trumpumo sumetimais dažnai vadinami tiesiog prievadais (2.16 pav.). TCP/IP terminologijoje



2.16 pav. Duomenų srautai transportiniame lygmenyje.

prievado prasmė labai panaši į kompiuterio IP adresą tinklinio lygmens protokoluose. IP adresas nurodo kompiuterį tinkle, o prievado numeris – taikomąją programą kompiuteryje. Taip kaip IP datagramose nurodomi siuntiklio ir gaviklio adresai, transportinio lygmens protokoluose (TCP ir UDP) nurodomi siuntiklio ir gaviklio prievadų numeriai.

Dažnai naudojamiems Interneto taikomojo lygmens protokolams, pvz., FTP, Telnet, elektroninio pašto protokolams yra priskirti vadinamieji oficialūs (well-known) prievadų numeriai. Prievado oficialumas pasireiškia tuo, kad jo numeris yra visiems žinomas ir tapęs standartu. Oficialiųjų prievado numerių sąrašas pateiktas 2.2 lentelėje.

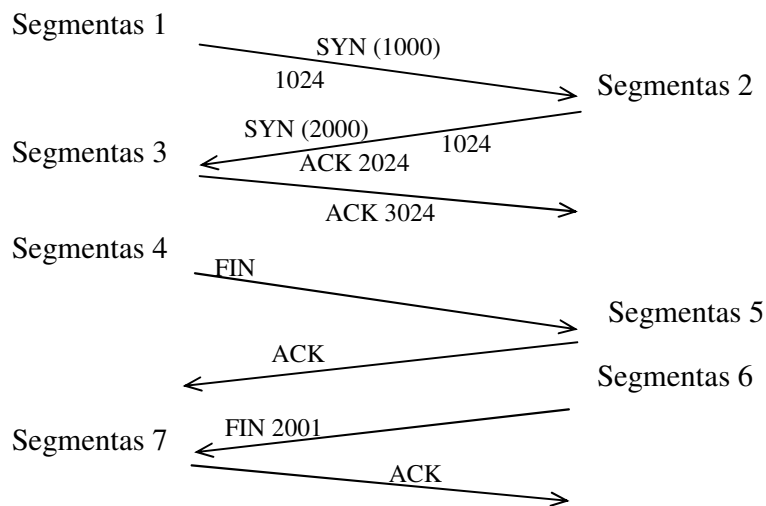
**2.2 lentelė.** Kai kurie oficialūs Interneto transportinio lygmens prievadų numeriai

Prievado Nr.	Protokolas	Komentaras
7	Echo	Aido protokolas
13	Daytime	Laiko protokolas
21	FTP	Failų perdavimo protokolas
23	Telnet	Nutolusio terminalo protokolas
25	SMTP	Elektroninio pašto protokolas
37	Time	Tikslaus laiko protokolas
43	Whois	Paieškos (Kas yra kas) protokolas
69	TFTP	Trivialus (supaprastintas) FTP
70	Gopher	Menu tipo paieškos protokolas
79	Finger	Informacija apie vartotojus
80	HTTP	WWW protokolas
110	POP3	Elektroninio pašto protokolas

Kiekvienai taikomajai programai, tiek serveriui, tiek klientui, suteikiamas unikalus prievado numeris. Kreipdamasis į serverį, klientas, tiksliau pastarojo transportinis lygmuo, privalo nurodyti adresato prievado numerį, įrašant jį į atitinkamą siunčiamo paketo lauką.

Norint, kad pranešimų ir patvirtinimų sistema veiktų patikimai, reikia numatyti perduodamų duomenų identifikavimo bei sinchronizacijos būdus. Sinchronizacija suprantama kaip abiejų ryšyje dalyvaujančių pusių susitarimas, kada galima perduoti duomenis. Duomenų segmentų identifikavimas yra suderintas tų segmentų pažymėjimas. Jis reikalingas įvairiose tinklo kompiuterių tarnybinių dialogų fazėse, pvz., priėmęs pažeistą paketą, adresatas turi turėti galimybę pranešti siuntikliui, kurį būtent paketą reikia pasiūsti pakartotinai.

TCP yra orientuotas į sujungimą protokolas, todėl kai taikomoji programa nori ką nors perduoti tinklu, reikalaujama, kad TCP užmegztų ryšį su nutolusiu mazgu. Savo ruožtu TCP siunčia pranešimą su aktyvia sinchronizacijos SYN žyme (aktyvus S bitas TCP antraštės žymių lauke) protokolo, su kuriuo norima užmegzti ryšį, prievadui (2.17 pav.). Pastaroji žymė ir nurodo priimančiajai pusei (pvz., serveriui), kad kliento programa nori užmegzti ryšį. Šalia SYN žymės TCP pranešimas turi turėti 32 bitų ilgio pradinį sekos numerį, naudojamą paketų inicializacijai (pažymėjimui). Serverio TCP modulis atsako panašiu segmentu su aktyvia patvirtinimo (ACK) žyme (aktyvus A bitas), ir 32 bitų patvirtinimo numeriu. Tinklo kompiuteriai turi visą eilę metodų, kaip parinkti sekos ir patvirtinimo numerius, tačiau žymiai svarbiau ne išnagrinėti numerių parinkimo procedūras, bet gerai suprasti, ką tie numeriai reiškia. Pasirodo, kad absoliutinė sekos numerio vertė nėra itin svarbi, todėl galima nagrinėti šį numerą kaip atsitiktiną skaičių. Perduodamas sekos numerį ryšio partneriui, TCP nurodo, kad numeracija jo duomenų sraute prasideda nuo tam tikro nurodomo skaičiaus. Adresatas (serveris), gavęs kreipimąsi dėl sujungimo siunčia patvirtinimo pranešimą, kuriame nurodo ir savo siunčiamų duomenų pradinį sekos numerį, t. y. skaičių, kuris tik atsitiktinai gali sutapti su kliento atsiųstu sekos numeriu. Duomenys tarp kliento ir serverio gali būti perduodami į abi puses, o duomenų srautas į vieną pusę gali visiškai nepriklausyti nuo srauto į kitą pusę, todėl jų numeracija yra visiškai nepriklausoma. Taigi, pirmojo patvirtinimo antraštėje serveris nustato dvi aktyvias žymes: patvirtinimo (ACK) (esant aktyviam ACK bitui klientas privalo analizuoti "patvirtinimo" lauką) ir sinchronizacijos (SYN) (nuoroda, kad pakete yra pradinės sekos numeris) bitus. Konstruodamas savo patvirtinimo numerį, TCP serverio modulis naudoja iš kliento gautą sekos numerį. Patvirtinimo numeris nurodo sekos numerį, kurį serveris tikisi gauti sekančio perdavimo metu, t. y. padidina gautą sekos numerį segmento ilgio dydžiu.



2.17 pav. Sujungimo seanso sinchronizacija ir nutraukimas.

Prieš perduodant bet kokius duomenis, klientas turi pasiųsti “parvartinimo patvirtinimo” pranešimą, panašų į gautąjį iš serverio (taip klientas patvirtina, kad serverio duomenų sinchronizacijos užklausa priimta), tačiau SYN žymė neaktyvuojama, kadangi abi pusės jau sinchronizuotos, t. y. dėl pradinių sekos numerių jau susitarė.

Taigi, ryšio sinchronizacija susideda iš trijų etapų:

1. Kliento TCP modulis siunčia sinchronizacijos reikalavimą, nurodydamas sekos numerį.
2. Serverio TCP modulis patvirtina sujungimo reikalavimo priėmimą ir, savo ruožtu siunčia klientui sinchronizacijos reikalavimą perdavimams iš serverio į kliento mazgą, nurodydamas savo pradinės sekos numerį.
3. Kliento TCP modulis patvirtina serverio sinchronizacijos reikalavimo priėmimą.

Sekos numeris vienareikšmiškai nusako pirmąjį TCP segmento baitą duomenų sraute, t. y. yra perduotų baitų skaitliukas. Į TCP antraštę įrašomas pirmojo baito, perduodamo aprašomuoju segmentu, sekos numeris. Iš esmės tai yra poslinkis nuo duomenų srauto pradžios. Tarkime, kad norima perduoti 1500 baitus, o sinchronizacijos procedūra įvykdyta ir nustatytas sekos numeris yra 1251. Jeigu duomenų segmento ilgis yra 500 baitų, duomenų perdavimo procedūra atrodytų taip:

1. Kliento TCP modulis perduoda 500 baitų (nuo 0 iki 500) duomenų segmentą, antraštės sekos numerio lauke nurodydamas 1251.
2. Kliento TCP modulis perduoda segmentą, sudarytą iš baitų, kurių numeriai yra 501 – 1000, o sekos numeris – 1751.
3. Kliento TCP modulis perduoda segmentą, sudarytą iš baitų, kurių numeriai yra 1001 – 1571, o sekos numeris – 2251.

TCP serverio modulis šiame pavyzdyje siunčia tokius pranešimus – patvirtinimus:



1. Priėmęs pirmąjį kliento segmentą serverio modulis atsako patvirtinimo paketu su patvirtinimo numeriu 1751, t. y. po segmento su sekos numeriu 1251 tikimasi gauti segmentą su numeriu 1751.

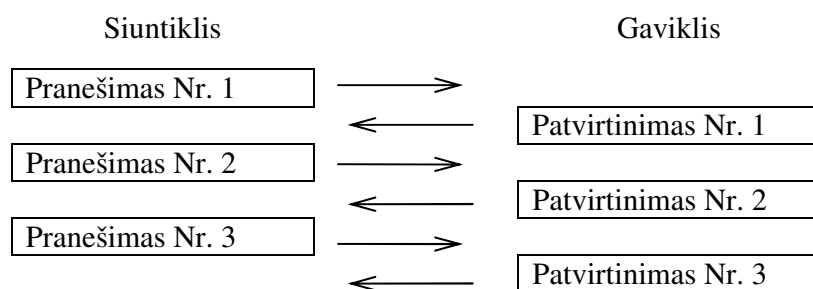
2. Priėmęs antrąjį kliento segmentą serverio modulis siunčia patvirtinimo numerį 2251.

3. Priėmęs trečiąjį segmentą serverio modulis siunčia patvirtinimo numerį 2751, nes jis dar nežino, kad duomenų perdavimas jau baigtas. Klientas turi informuoti apie tai papildomai. Paprastai tai daroma nutraukiant sujungimą.

Sujungimas nutraukimas vykdomas dviem etapais. Sujungimo nutraukimo iniciatoriumi gali būti tiek klientas, tiek serveris. Inicijuojanti sujungimo pusė vadinama aktyvia, pritarianti nutraukimui – pasyvia. Aktyvi pusė siunčia paketą su aktyvia sujungimo nutraukimo (FIN) žyme (aktyvus F bitas paketo antraštėje). Gavus pasyvios pusės patvirtinimą apie šio pranešimo priėmimą sujungimas nutraukiamas iš vienos pusės, t. y. lieka galimybė siųsti duomenis priešinga kryptimi, nesulaukiant jokių atsakymų. Toks sujungimo nutraukimas vadinamas pusiniu (half-close). Sujungimas nutraukiamas pilnai, kai ir likusi aktyvi pusė pasiunčia FIN žymę bei gauna ACK į tai. Paprastai naudojamas pilnas sujungimo nutraukimas.

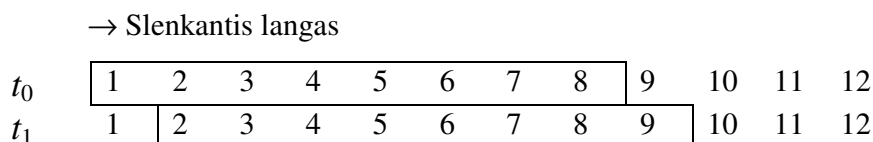
Panagrinėkime, kaip TCP, naudodamas nepatikimą IP protokolą savo paketų persiuntimui, išlieka patikimas protokolą; kaip, naudodamas nereikalaujantį sujungimo IP protokolą, TCP išlieka orientuotas į sujungimą protokolą; kaip TCP gali pristatyti informaciją baitų srauto pavidalu, kai IP persiunčia duomenis datagramams.

Duomenų pristatymo patikimumas bei teisinga duomenų seka TCP sraute yra užtikrinama naudojant patvirtinimų sistemą. Gavęs duomenų bloką, adresatas perduoda šaltiniui patvirtinimą apie priėmimą (2.18 pav.). Kiekvieno pranešimo perdavimo metu TCP modulis aktyvuoja taimerį. Jei per apibrėžtą laiką negaunamas patvirtinimas apie priėmimą, TCP kartoja paketo persiuntimą.



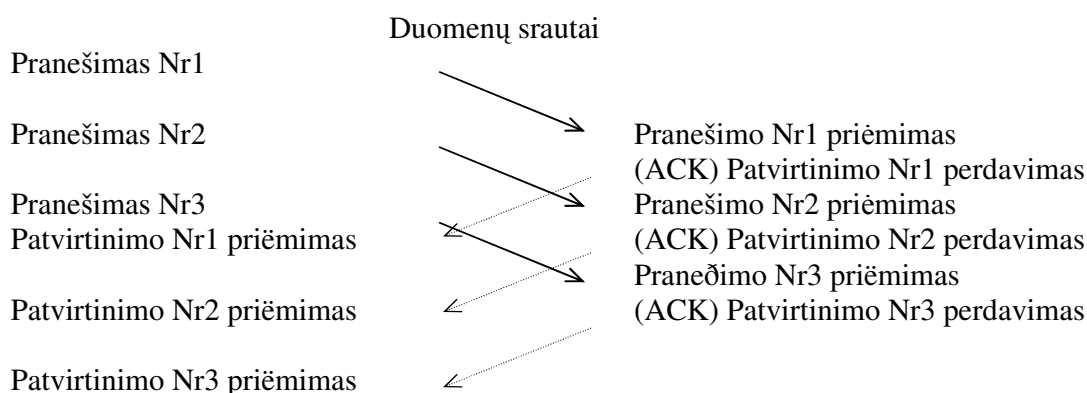
2.18 pav. Duomenų su paprastu patvirtinimu apie pristatymą perdavimas.

Nors tokia schema dirba patikimai, tačiau itin neefektyviai, nes patvirtinimų ir pranešimų laukimas užima santykinai daug laiko. Dėl to paprasta patvirtinimo schema realiuose tinkluose nenaudojama. Vietoje jos naudojama žymiai produktyvesnė “slenkančio lango” schema, kuri leidžia pasiųsti keletą pranešimų ir tik po to laukti patvirtinimo. Vaizdžiai tariant, TCP uždeda



2.19 pav. Slenkančio lango schema.

šabloną (langą) ant duomenų paketų, laukiančių perdavimo eilės ir perduoda visus duomenis patekusius į langą (2.19 pav.). Gavęs patvirtinimą (ACK, Acknowledgement) apie duomenų priėmimą, TCP perstumia langą per tiek pozicijų, kiek paketų priima. Taip žymiai padidinamas sujungimo produktyvumas bei pasikeitimo pranešimais ir patvirtinimais ciklo efektyvumas. Duomenų srautai naudojant “slenkančio lango” schemą pateikti (2.20 pav.). Šioje iliustracijoje siuntiklis ir gaviklis naudoja trijų paketų pločio langą, t. y. siuntiklis pasiunčia tris paketus ir tik po to pradeda laukti patvirtinimo. Gavęs patvirtinimą anksčiau, jis perstumia langą ( $t_1$  pozicija 2.19 pav.) ir esant palankioms tinklo apkrovimo sąlygoms, siuntimo procesas gali vykti be pertraukų. Jei patvirtinimas negaunamas, lango slinkimas sustabdomas iki sulaukiama patvirtinimų visiems lango pranešimų paketams (pasibaigus laukimo limitui, nesėkmingas pranešimas persiunčiamas pakartotinai).



2.20 pav. Pranešimų ir patvirtinimų apie gavimą perdavimas naudojant “slenkančio lango” schemą

TCP reguliuoja tinklo pralaidumo juostą, suderinant bendraujančių kompiuterių duomenų srautų parametrus, tame tarpe ir lango plotį.

Jei tinklas neapkrautas ir trikdžių tikimybė nedidelė, TCP gali padidinti lango plotį. Taip padidinamas duomenų perdavimo į kanalą greitis, o tuo pačiu ir sujungimo efektyvumas. Esant apkrautoms linijoms, priešingai, TCP sumažina lango plotį. Daugumoje Interneto sistemų vidutinis lango plotis lygus 4096 baitams.

**TCP pranešimas.** TCP duomenų bloką priimta vadinti pranešimu arba segmentu. TCP segmentas sudarytas iš antraštės, pasirinkčių (opcijų) lauko ir inkapsuliuotų į segmentą duomenų (2.21 pav.)

0								15				16				31			
Siuntėjo prievado Nr.								Adresato prievado Nr.											
Sekos Nr.																			
Patvirtinimo Nr.																			
Antraštės ilgis 4 bitai		Rezervas 6 bitai		U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Lango dydis 16 bitų									
Kontrolinė suma										Skubumo nuoroda									
Pasirinktys (Opcijos) (jei yra)										Užpildymas (jei reikia)									
Duomenys																			

2.21 pav. TCP segmento sandara. Ryškesniu kontūru išskirta segmento antraštė.

Žemiau pateiktos TCP antraštės laukų reikšmės.

<u>Siuntėjo prievado Nr.:</u>	Nurodo siuntėjo protokolo prievado numerį.
<u>Adresato prievado Nr.:</u>	Nurodo adresato protokolo prievado numerį.
<u>Sekos eilės Nr.:</u>	Nurodo pirmojo duomenų baido, esančio šiame pakete, eilės numerį.
<u>Patvirtinimo Nr.:</u>	Nurodo sekančio duomenų baido, kurio laukia adresatas, numerį. Nebūtinas laukas.
<u>Antraštės ilgis:</u>	Nurodo antraštės ilgį, išmatuotą 32 bitų žodžiais.
<u>Rezervas:</u>	Nenaudojami bitai.
<u>Valdančios žymės:</u>	Specialūs indikatoriai, nurodantys, pvz., paketo skubumą, patvirtinimo lauko buvimą, sekų numerių sinchronizacijos inicijavimą, sujungimo atšaukimą ir t. t.
<u>Lango dydis:</u>	Nurodo priėmimo lango dydį baitais.
<u>Kontrolinė suma:</u>	Nurodo duomenų paketo kontrolinę sumą.
<u>Skubumo nuoroda:</u>	Nurodo, kad paketas ypač skubus, pvz., <CTRL+C> Telnet'e.

**Vartotojo datagramų protokolas** UDP yra žymiai paprastesnis, nei TCP protokolas. Nors tai irgi yra transportinio lygmens protokolas, UDP panašus į IP, nes abu protokolai yra nepatikimi, nereikalaujantys sujungimo, abu naudoja datagramas. Esminis skirtumas tarp šių protokolų yra tai, kad UDP sugeba atpažinti vieną iš daugelio paskirties kompiuteryje dirbančių taikomųjų programų, kuriai skirti perduodami duomenys ir paskirstyti iš tinklo gaunamus duomenis tarp šių programų. Taikomosios programos, kaip ir TCP atveju, identifikuojamos pagal priskirtą prievado numerį (2.22 pav.). Kadangi UDP nenaudoja sujungimų, jo paketų antraštės paprastesnės nei TCP (pav.). Jos ilgis yra aštuoni baitai. Tai siuntiklio ir gaviklio prievadų numeriai (po 16 bitų

0	15	16	31
Gaviklio prievado numeris		Siuntiklio prievado numeris	
UDP pranešimo ilgis		Kontrolinė suma	
Duomenys			

Pastaba: kontrolinės sumos lauką užpildyti nebūtina.

2.22 pav. UDP datagramos struktūra.

kiekvienas), bendras datagramos (įskaitant antraštę) ilgis bei duomenų lauko kontrolinę sumą. Kontrolinę sumą UDP datagramoje gali būti praleista.

UDP vartojamas ten, kur nereikia ypatingo patikimumo arba kur naudojami loginiai patvirtinimai (taikomųjų programų užklausų – atsakymų sekos). Paprastesnis protokolas yra greitesnis ir mažiau apkrauna tinklą.

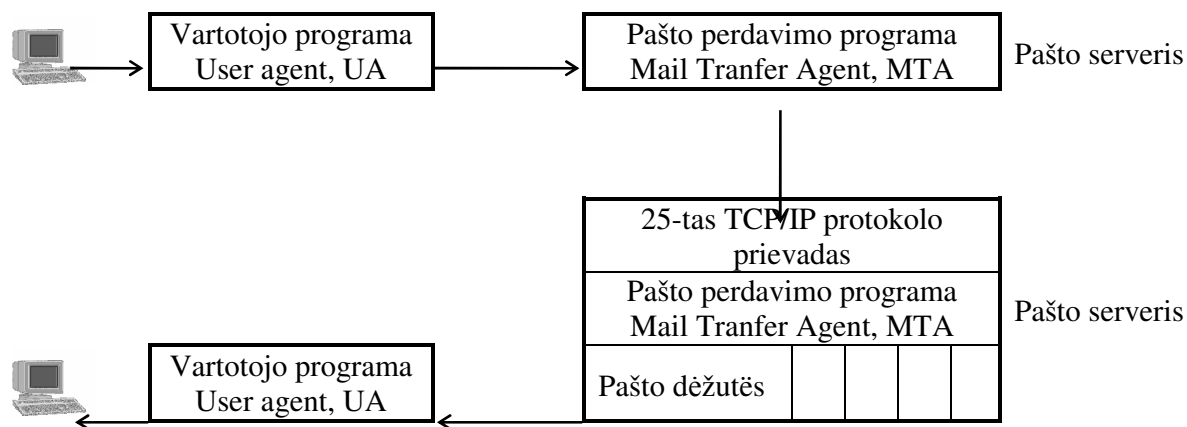
### 2.3.5. Taikomojo lygmens protokolai

Taikomajame tinklo lygmenyje sukoncentruotas viskas, kas tiesiogiai susiję su taikomaisiais uždaviniais. Kitaip sakant, kuriant taikomąją programą, konstruojamas ir taikomasis lygmuo.

Taikomajame lygmenyje dirba Telnet, FTP, DNS, SMTP, POP3, HTTP ir daug kitų, susijusių su tiesioginiais vartotojo uždaviniais protokolų.

Taikomojo programuotojo atsakomybė už teisingą duomenų pristatymą baigiasi, vos tik taikomoji programa perduoda juos žemiau esančiam protokolui, su sąlyga, kad su duomenimis perduoti ir tam tikri parametrai: taikomųjų protokolų prievadų numeriai bei IP adresai. Kiekvienas toliau sekantis protokolų steko lygmuo vykdys savo funkcijas: nustatys adresą, išrinks maršrutą, Internetu pristatys duomenis į paskirties vietą... Norint sukurti gerai veikiančią taikomąją programą (protokolą), būtina žinoti, kokie žemiau esantys protokolai veikia nagrinėjamoje sistemoje, kurioje protokolo steko vietoje jie yra bei gerai suprasti jų vykdomas funkcijas. Kaip taisyklė, taikomosios programos tiesiogiai sąveikauja tik su TCP ir UDP protokolais.

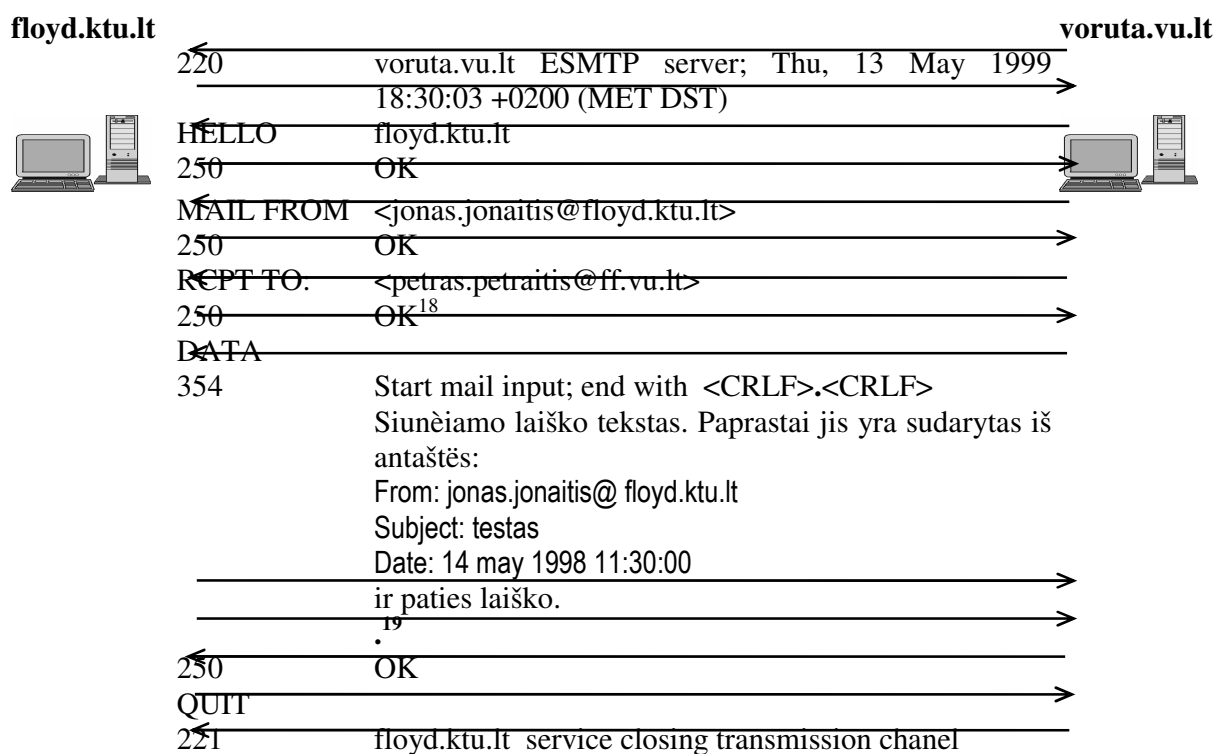
Taikomuosius protokolus pailiustruosime elektroninio pašto programos – paprastojo pašto perdavimo protokolo (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP) pavyzdžiu. Norint suprasti programą, reikia žinoti elektroninio pašto, kurio struktūrą galima pailiustruoti 2.23 pav. pateikta schema, veikimo principus. Elektroninio pašto sistema susideda iš vartotojo (user agent) ir pašto perdavimo (message transfer agent, MTA) programų. Tai yra specialios paskirties programos, vykdančios tam tikrus veiksmus vartotojui ar kitai programai. Vartotojo



2.23 pav. Elektroninio pašto sistemos struktūra.

programa yra sąsaja tarp vartotojo ir pašto sistemos. Tai gali būti Berkeley Mail, Pine, Pmail ir kt. programos. Pati pašto sistema realizuota pašto perdavimo programos MTA, su kuria betarpiškai vartotojas nebendruoja, pagrindu. Priklausomai nuo užduoties MTA gali būti tiek klientas, tiek serveris: vartotojo, siunčiančio elektroninį laišką MTA yra klientas, o adresato MTA – serveris (pašto serveriu dažnai vadinamas ir kompiuteris, kuriame instaliuota MTA programa, todėl reikėtų nepainioti pastarojo su ką tik aprašytu MTA skirstymu pagal atliekamas funkcijas). MTA yra instaliuota pašto serverio kompiuteryje, tuo tarpu vartotojo programa gali būti instaliuota tiek pašto serverio, tiek vartotojo kompiuteryje. Paštas tarp siuntėjo ir adresato MTA perduodamas naudojant pašto perdavimo programoje numatytą galimybę užmegzti TCP/IP ryšį su

kitais MTA. SMTP užtikrina dvikryptį ryšį tarp MTA. Tokiems sujungimams paprastai naudojamas SMTP protokolas, kurio komandos aprašytos RFC 821. Sakykime, kad Jonas Jonaitis iš Kauno technologijos universiteto siunčia elektroninį laišką Petrui Petraičiui į Vilniaus universitetą. J. Jonaičiui parašius ir išsiuntus laišką, darbo imasi pašto pristatymo programa, kuri turi nustatyti laiško adresato pašto serverio adresą, susijungti su juo ir perduoti laišką (informacijos paketą). Inicijavus terminalo režimo ryšį (naudojamas 25-tas protokolo prievado numeris, nukreipiantis į SMTP programą), su adresato pašto serveriu užmezgamas SMTP dialogas, prasidedantis adresato MTA atsakymu (prisistatymu). Tokio dialogo pavyzdys pateiktas 2.24 pav.



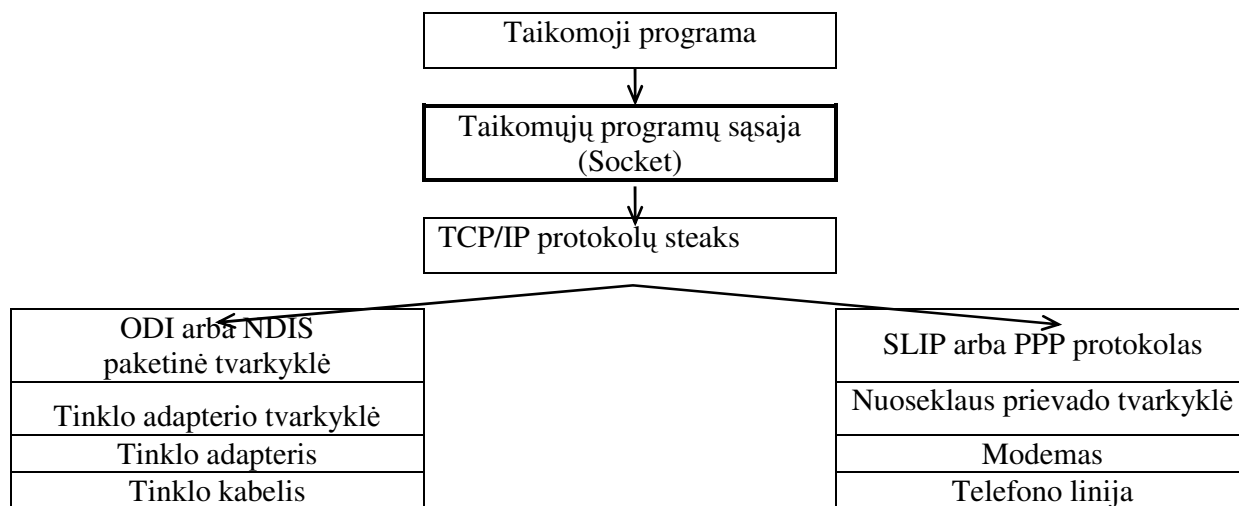
2.24 pav. SMTP protokolo pagrindu veikiančios pašto programos pavyzdys.

<sup>18</sup> Gali būti atsakymas: 550 no such user, jei adresato MTA neranda tokio vartotojo savo registracijos sąrašė

<sup>19</sup> Taškas (tiksliau kombinacija <CRLF>.<CRLF>, nes kiekviena eilutė baigiasi komanda <CRLF>) reiškia, kad baigti persiųsti vartotojo duomenys

### 2.3.6. Taikomųjų programų sąsajos

Siekiant sukurti modulinės struktūros, skaidrią programinę įrangą, naudojamas ne tik sluoksniavimas – nagrinėjamos struktūros (tinklo) suskaidymas į lygmenis, bet ir kai kurios kitos priemonės. Viena iš jų yra specializuotų funkcijų rinkiniai, vadinami taikomųjų programų sąsajomis (Application Program Interface, API). Taikomųjų programų sąsaja TCP/IP protokolų rinkiniui nusako programinių funkcijų ir procedūrų rinkinį, naudojamą kuriant TCP/IP tinkluose veikiančias taikomas programas. Ši sąsaja pavadinta lizdų (socket) sąsaja (lizdu vadinamas kompiuterinio ryšio sujungime dalyvaujantis galinis mazgas, t. y. abstraktus galinis duomenų punktas tinkle). Lizdų sąsaja, sukurta UNIX terpei, pagal sukūrimo vietą (Kalifornijos universitetas Berklyje) vadinama Berklio lizdais (Berkeley Sockets). Analogiška sąsaja Windows terpei vadinama Winsock. API gali būti integruota į operacinę sistemą (Berkeley Sockets) ar pateikta programinių bibliotekų pavidalu (Winsock). Lizdų sąsajos vietą bendroje TCP/IP protokolų rinkinio struktūroje iliustruoja 2.25 pav. Norint užmegzti ryšį tarp dviejų mazgų, aprašomų abstrakčiu lizdų modeliu, reikia, kad kiekviena taikomoji programa turėtų savo lizdą, t. y. kiekviena programa turi būti vienareikšmiškai nusakoma tinkle. Nagrinėdami transportinį lygmenį matėme, kad tai galima realizuoti, naudojant IP adresą ir taikomojo lygmens prievado numerį.



2.25 pav. Taikomųjų programų sąsajos vieta tinklo struktūroje.

Norint suprasti lizdų sąsają, reikia prisiminti pirmame skyriuje apžvelgtą UNIX OS įvedimo ir išvedimo sistemą. Bet koks įrenginys UNIX'e laikomas failu, kurį galima nuskaityti arba į kurį galima įrašyti duomenis: įvedimo ir išvedimo procedūros atrodo kaip nuoseklus operacijų “atidaryti – nuskaityti ar įrašyti – uždaryti” ciklas. Berklio sąsajos kūrėjai stengėsi panaudoti esamas UNIX funkcijas, todėl jų kuriamas API naudojo panašius sisteminius kreipinius, kaip ir kitos programos. Į sisteminę užklausą UNIX OS atsako pateikdama failo aprašą ([file descriptor](#), [file handler](#)), kurioje nurodoma sisteminės lentelės dalis, aprašanti failą, įrenginį arba kitoki

objektą, kurio atžvilgiu galimos įvedimo ar išvedimo operacijos, pvz., tinklo kanalą. Darbo metu buvo pastebėta, kad įvedimo ar išvedimo operacijos į tinklą yra žymiai sudėtingesnės, negu į kitus periferinius įrenginius: paprastai standartinės UNIX funkcijos naudoja pastovius failų ar įrenginių adresus. Tinkle gi tai priimtina tik naudojant orientuotus į sujungimą protokolus. Informacijos perdavimui naudojant datagramas, nors jose ir nurodytas IP adresas, sujungimas neužmezgamas, ir UNIX sistema neturi galimybių nurodyti adresą savo [aprašė](#). Kita problema – sunku realizuoti laukimo režimą sistemoje “klientas – serveris”.

Programa, kuriai reikalingas ryšys su nutolusiu kompiuteriu, perduoda informaciją lizdai, o lizdų sąsaja savo ruožtu persiunčia duomenis protokolų stekui. Prieš tai programa turi sukurti lizdą (socket funkcija) bei ją sukonfigūruoti. Taigi, jei taikomajai programai reikia tinklinio sujungimo, ji formuoja tokio sujungimo charakteristikas ir kreipiasi į API, reikalaudama, kad tinklinė programinė įranga pateiktų lizdo deskriptorių. Pastarojo struktūra beveik nesiskiria nuo failų deskriptoriaus struktūros, tačiau tie nedideli skirtumai yra labai svarbūs. Pagrindiniai skirtumai yra ne tarp pačių deskriptorių bei jų pateikimo procedūrų, bet tarp lentelių, į kurias adresuojama pirmieji. Failų deskriptoriaus lentelėje randama nuoroda į konkretų failą (nors ir ką tik sukurtą). Tuo tarpu lizdų deskriptoriaus lentelėje nėra konkrečių adresų ar sujungimo punktų, t. y. nenurodoma konkreti įvedimo (išvedimo) vieta. Su lizdais dirbančios programos pirmiausia sukuria lizdą, ir tik po to sujungia jį su paskirties vieta. Jeigu taip būtų organizuotas ir kreipimasis į failus, pirmiausia būtų gaunamas failų deskriptorius, ir tik po to jis būtų susiejamas su konkrečiu failu, saugomo standžiam diske, vardu.

Panagrinėkime tinklinės programos, perduodančios informaciją nereikalaujančių sujungimo protokolų datagramomis poreikius.

Tokios programos nurodo IP adresą, bet neužmezginėja išankstinio sujungimo su duomenų gavikliu. Tinklinis lygmuo aptarnauja duomenų pristatymą. TCP/IP tinklo taikomųjų programų sąsaja suteikia sistemai naujas reikalingas galimybes: gauti įvedimo ar išvedimo deskriptorių, nesant sujungimo. Tai atliekama naudojant API funkciją “socket”, kurios iškvietimas atrodytų taip:

```
socket_handle=socket(protocol_family, socket_type, protocol);
```

Sukuriant lizdą, nurodomi trys pagrindiniai parametrai:

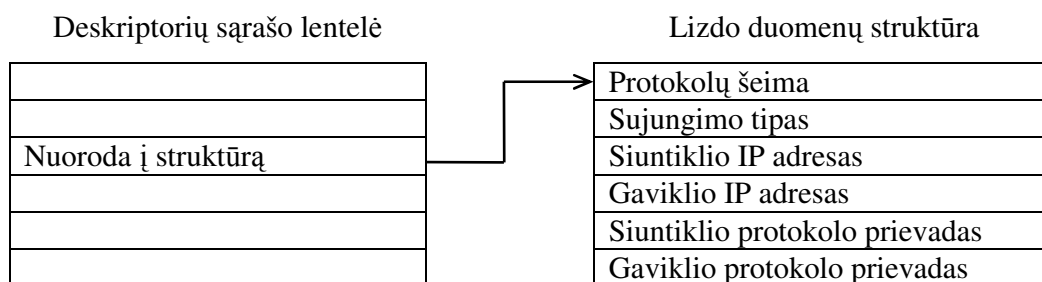
- grupė, kuriai priklauso protokolas. Galimi ne tik TCP/IP, kuris nusakomas konstanta PF\_INET, bet ir kiti protokolų rinkiniai, pvz., UNIX protokolų šeima (PF\_UNIX), XEROX protokolai (PF\_NS) ir t. t. Su protokolų grupe tampriai susijusi adresų grupė (AF\_INET IP adresams), tačiau šis parametras daugiau principinis ir parodo API perspektyvas. Kadangi TCP/IP protokolai kol kas dirba tik su IP adresais, jis praktiškai nenaudojamas;

- sujungimo tipas, nurodantis orientuotą į sujungimą (SOCK\_STREAM), nereikalaujantį sujungimo (SOCK\_DGRAM) ar paprastąjį (SOCK\_RAW) režimus. Pastarasis naudojamas tada, kai taikomoji programa tiesiogiai naudoja žemo lygmens protokolus, pvz., adresato patikrinimo

programa PING paprastojo lizdo režimo pagalba naudojami ICMP protokolu;

- protokolas, naudojamas duomenų perdavimui. TCP nurodomas IPPROTO\_TCP, UDP – IPPROTO\_UDP.

Funkcija `socket` sukuria lizdą ir pateikia jam priskirto deskriptoriaus reikšmę, t. y. nuorodą į sisteminės deskriptorių lentelės narį, atitinkantį sukurtą lizdą. Lizdo sukūrimas iš esmės tėra srities atmintinėje, skirtos aprašomojo lizdo struktūros duomenims patalpinti išskyrimas, paliekant adresų laukus neužpildytus. Supaprastinta lizdo duomenų struktūra pateikta 2.26 pav.



2.26 pav. Supaprastinta lizdo duomenų struktūra.

Sukūrus lizdą, jis turi būti sukonfigūruotas pagal poreikius. Funkcijos, naudojamos lizdų konfigūravimui, pateiktos 2.3 lentelėje.

**2.3 lentelė.** Funkcijos, naudojamos tinklinio sujungimo lizdų konfigūravimui.

Lizdo panaudojimas	Vietinis procesas	Nutolęs procesas
Orientuotas į sujungimą klientas		<code>connect()</code>
Orientuotas į sujungimą serveris	<code>bind()</code>	<code>listen()</code> <code>accept()</code>
Nereikalaujantis sujungimo klientas	<code>bind()</code>	<code>sendto()</code>
Nereikalaujantis sujungimo serveris	<code>bind()</code>	<code>recvfrom()</code>

Funkcija `connect` užmezga ryšį su nutolusiu kompiuteriu ir įrašo į lizdo struktūrą informaciją tiek apie vietinį, tiek apie nutolusį sujungimo mazgą:

```
result=connect(socket_handle, remote_socket_address, address_length);
```

Parametras `address_length` nurodo nutolusio kompiuterio adreso struktūrą, išreikštą baitais.

Serveris niekada nepradedą sujungimo pirmas, jis tik pasyviai tikrina savo protokolo prievadą, laukdamas užklauso, o sujungimą visada inicijuoja klientas. Nereikalaujančio ryšio protokolą naudojantis klientas elgiasi panašiai – kadangi sujungimo nėra, jis turi laukti atsakymo (datagramos) iš nutolusio kompiuterio, reguliariai tikrindamas prievadą. Šiais atvejais naudojama funkcija `bind`, susiejanti vietinį adresą ir prievado numerį su lizdu, t. y. užregistruojanti programos prievadą:

```
result=bind(socket_handle, local_socket_address, address_length);
```

Skirtingai nei klientas, kuris žino, koks serveris ir kuris prievadas jam bus reikalingi, serveris



nežino, kuris klientas į jį kreipsis ir kokie to kliento prievadai (kokios programos bus naudojamos), todėl jis negali sukonfigūruoti savo lizdo. Funkcija `bind`, aktyvuota serveryje, naudoja bet kokio adreso (wildcard) konstantą `INADDR_ANY`. Taip serveris gali priimti užklausas iš bet kokio kompiuterio ir bet kokios programos.

Sukonfigūravus lizdą, per jį galima užmegzti tinklinį sujungimą. Tinklinio sujungimo užmezgimas suprantamas kaip informacijos siuntimas ar priėmimas. Informacijos siuntimui taikomosios programos gali naudojamos penkias Berklio lizdų funkcijas, pateiktas 2.4 lentelėje.

**2.4 lentelė.** Taikomųjų programų naudojamos lizdų sąsajos duomenų perdavimo funkcijos.

Funkcija	Aprašymas
<code>send</code>	Perduoda duomenis, esant sujungimui.
<code>write</code>	Perduoda duomenis, esant sujungimui. Perdavimui naudoja duomenų buferį.
<code>writenv</code>	Perduoda duomenis, esant sujungimui. Kaip buferį gali naudoti atskirtus atminties blokus.
<code>sendto</code>	Perduoda duomenis be sujungimo. Perdavimui naudoja duomenų buferą.
<code>sendmsg</code>	Perduoda duomenis be sujungimo. Vietoje buferio naudojama lanksti duomenų struktūra.

Šiomis komandomis perdavimui skirti duomenys susiejami su lizdu kaip su išvedimo įrenginiu, pvz.:

```
result=write(socket_handle, message_buffer, buffer_length);
```

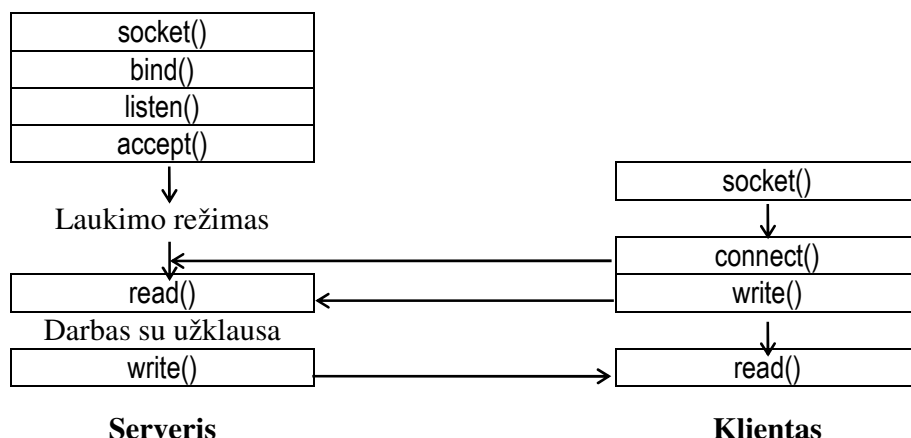
Čia parametras `message_buffer` nurodo atmintinės, kurioje saugomi perdavimui skirti duomenys, sritį, o `buffer_length` – buferio ilgį, t. y. duomenų kiekį. Kadangi sujungimas jau įvykdytas (funkcija `connect`), jokių adresų nurodyti nebereikia. Nereikalaujantys sujungimo protokolai naudoja funkcijas su didesniu parametų skaičiumi, pvz.:

```
result=sendto(socket_handle, message_buffer, buffer_length, special_flags, socket_address_structure, address_structure_length);
```

Čia `socket_address_structure` nurodo pilną lizdo adresą, o paskutinis parametras – jo ilgį.

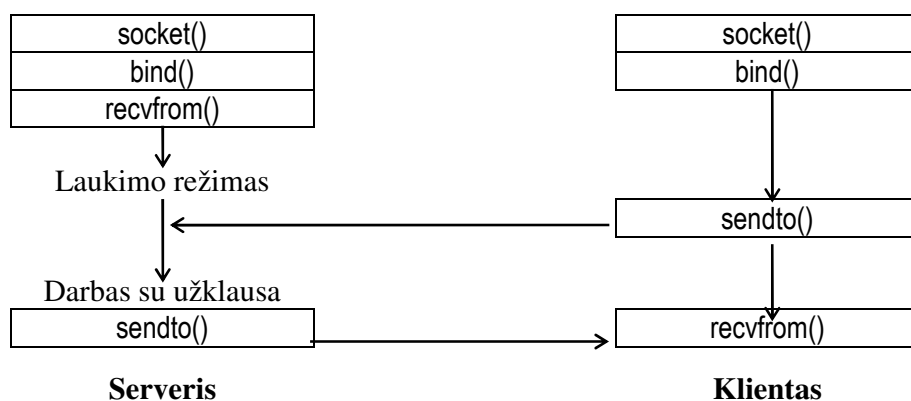
Lizdų sąsajoje numatytos penkios funkcijos duomenų priėmimui: `recv`, `read`, `readv`, `recvfrom` ir `recvmsg`, atitinkančios duomenų siuntimui naudotas funkcijas.

Pasikeitimo duomenimis tarp lizdų procesų pavyzdžiai orientuotiems į sujungimą ir nereikalaujantiems sujungimo protokolams pateikti 2.27 ir 2.28 pav.



2.27 pav. Orientuoto į sujungimą protokolo lizdų sąveikos diagrama.

Funkcija `listen` nustato lizdo užklausių steką, aktyvuoja funkciją `accept` ir perveda lizdą į laukimo režimą. Ji reikalauja, kad lizdas tikrintų prievadą, ar nėra sujungimo reikalavimų (ar kitos informacijos). Tik aktyvavus funkciją `accept` užklausa bus priimta. Pastaroji funkcija inicijuoja besikreipiančio kliento adreso nuskaitymą ir sukuria naują lizdą, kuris užmezga sujungimą su užklaustos iniciatoriumi. Pirmasis lizdas ir toliau lieka laukimo režime.



2.28 pav. Sujungimo nereikalaujančio protokolo lizdų sąveikos diagrama.

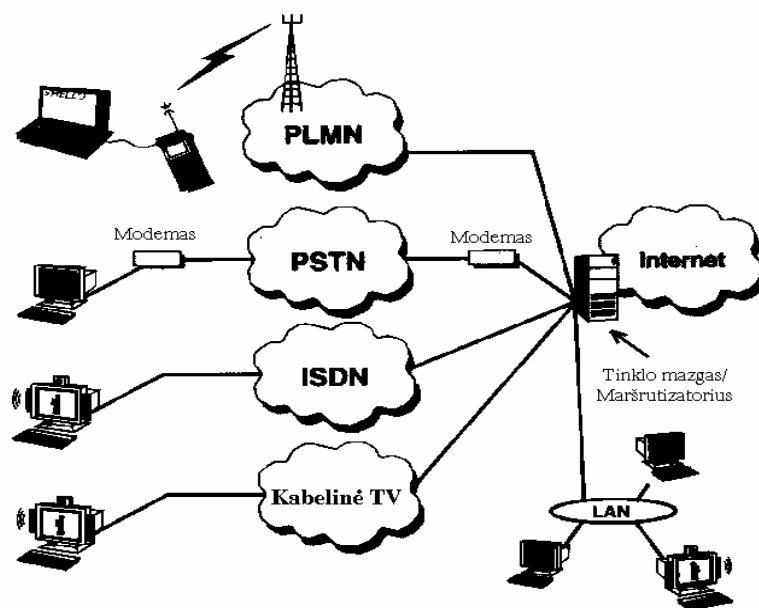
Aukščiau aptartos tik pagrindinės, tačiau, toli gražu, ne visos Berklio lizdų funkcijos. Berklio lizdai taip pat nėra vienintelė taikomųjų programų TCP/IP tinklams sąsaja: yra įvairūs Winsock (API, pritaikyti Windows terpei) variantai bei kitos programos. Atkreiptinas dėmesys, kad lizdų sąsają galima panaudoti ne tik TCP/IP, bet ir kituose tinkluose.

## 2.4. Globaliųjų tinklų ryšio linijos

Globalieji tinklai, kaip jau buvo minėta, informacijos perdavimui gali naudoti įvairias ryšio linijas. Tai gali būti įvairios šviesolaidžių technologija paremtos linijos (FR, ATM), integruotų paslaugų duomenų tinklai (ISDN), skirtinės linijos, analoginės ar skaitmeninės telefono linijos, vietinių tinklų Ethernet ar Token Ring ir kitokios linijos. Teoriškai tokias linijas turėtų aptarnauti jungties lygmens protokolai, pasižymintys skaidrumu tinkliniam ir kitiems aukštesniems lygmenims (t. y. ryšio linijos tipo pakeitimas nedaro jokios įtakos aukštesniųjų protokolų veikimui, išskyrus tai, kad linijos pralaidumas išauga ar sumažėja). Tačiau, kadangi daugelis ryšio linijų projektuotos ne vien Internetui, bet bendroms telekomunikacinėms reikmėms, ryšio linijose (tiksliau jų programinėje įrangoje) įkomponuoti ir aukštesnių lygmenų elementai. Netgi Ethernet ryšiams Internete užtikrinti naudojamas ARP protokolas iš TCP/IP tinklinio lygmens. Ethernet ar Token Ring pagrindai bei jų sąsaja su tinkliniu interneto lygmeniu (ARP protokolas) aptarti ankstesniuose skyriuose. Žemiau panagrinėsime keletą dažniau Internete naudojamų ryšio technologijų.

### 2.4.1. Kompiuterio įjungimas į tinklą, naudojant analogines telefono linijas.

Neretai, ypač šiuolaikiniame mobilumu pasižyminčiame amžiuje, į vietinį ar globalų tinklą turi būti įjungtas fiziškai toli esantis kompiuteris, iki kurio neįmanoma ar neekonomiška nutiesti skirtinę ryšio liniją. Tuomet tenka naudoti standartines telekomunikacinių tinklų linijas (2.29 pav.). Dažniausiai tai būna paprastos analoginės telefono (Public Switched Telecommunication Network, PSTN) arba mobiliojo ryšio (Public Land Mobile Telecommunication Network, PLMN)



2.29 pav. Nutolusio abonento įjungimas į tinklą.

linijos. Tinklo adapterius tuomet keičia modemai. Toks jungimasis, ypač paplitęs jungiantis į globaliuosius tinklus individualiems abonentams ar nedidelėms įstaigoms, kartais panaudojamas ir

prisijungimui į vietinius tinklus. Susijungimo būdas su tinklo kompiuteriu ar serveriu per komutuojamą telefono liniją ir modemą vadinamas **prisiskambinimu** (dial-up). Toks susijungimo būdas kartais dar vadinamas **dviejų taškų** jungimu (point-to-point connection), nes jame aktyviai dalyvauja tik du kompiuteriai. Kompiuteris, per kurį prisijungiame prie tinklo, vartotojo požiūriu atlieka serverio – tinklo paslaugų tiekėjo – vaidmenį. Neanalizuojant su tuo susijusių problemų, panagrinėkime dviejų kompiuterių sistemą.

Net tokioje dvimazgeje sistemoje atsiranda nemažai problemų:

- Kadro formavimas. Pažymėti, kur prasideda ir baigiasi paketas.
- Klaidų radimas. Sužinoti, kada informacija iškraipyta.
- Kelių protokolų palaikymas. Yra šiuolaikinis efektyvus TCP/IP ir NetWare, DecNet (*Digital* firmos), NetBios, Banyan ir daugybė kitų protokolų. Būtų gerai, kad visas tinklo protokolų rūšis būtų galima naudoti, taip panaudojant visas greitaigių ir brangių ryšio linijų galimybes.
- Sankcionavimas. Jei jūs suinteresuoti savo sistemos saugumu, prieš pradėdant duomenų perdavimą kompiuteriui, kuris ką tik prisijungė, gerai būtų patikrinti jo legalumą bent jau paklausiant slaptažodžio.

Nuoseklus tiesinis Interneto protokolas SLIP (Serial Line Internet Protocol).

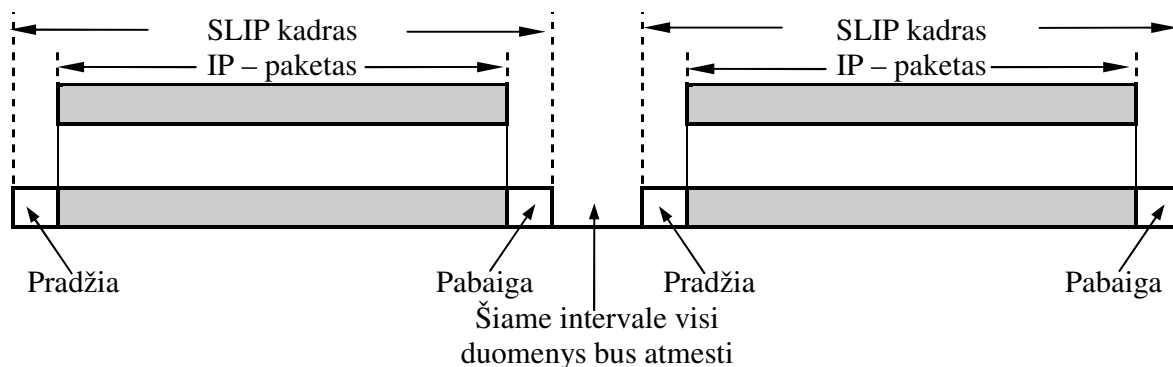
Paprasčiausias įsijungimo į tinklą naudojant point-to-point technologiją būdas – Nuoseklus tiesinis Interneto protokolas (Serial Line Internet Protocol, SLIP). Reikia paminėti, kad tai nestandartinis protokolas. Daugumą aukščiau nurodytų reikalavimų jis ignoruoja:

1. Kelių protokolų nepalaiko!
2. Klaidų netikrina! Tai neturi įtakos perdavimo kokybei, jei aukštesniame lygmenyje dirba IP, TCP ir panašūs protokolai, kurie patys tikrina kontrolines sumas. Žymiai blogiau, jei SLIP perdavinėja UDP paketus, kurie CRC netikrina, ir, esant triukšmingai telefono linijai, perdavus sugadintus UDP paketus, galimos visiškai neprognozuojamos pasekmės. Beje, klaidų korekcijas dabar atlieka ir modemai.
3. Nėra sankcionavimo.
4. Nėra adresavimo ir IP adresų nustatymo galimybės.
5. Negalima pažymėti ir pažinti paketo tipo. Visa ką turi šis protokolas – tėra specialus simbolis – skirtukas, kuris rodo, kur baigiasi vienas paketas ir prasideda kitas.

Kaip matome, tai yra netobulas protokolas, tačiau, kadangi ilgą laiką nebuvo kito būdo pasijungti prie globalių ar vietinių tinklų, naudojant telefono linijas, SLIP įgijo populiarumą. Jis dirba gana gerai, jei perduodamos informacijos patikimumas tikrinamas aukštesnio lygmens protokolų, pvz., TCP. UDP datagramas, kur klaidų tikrinimo nėra, SLIP perduoda nepatikimai.

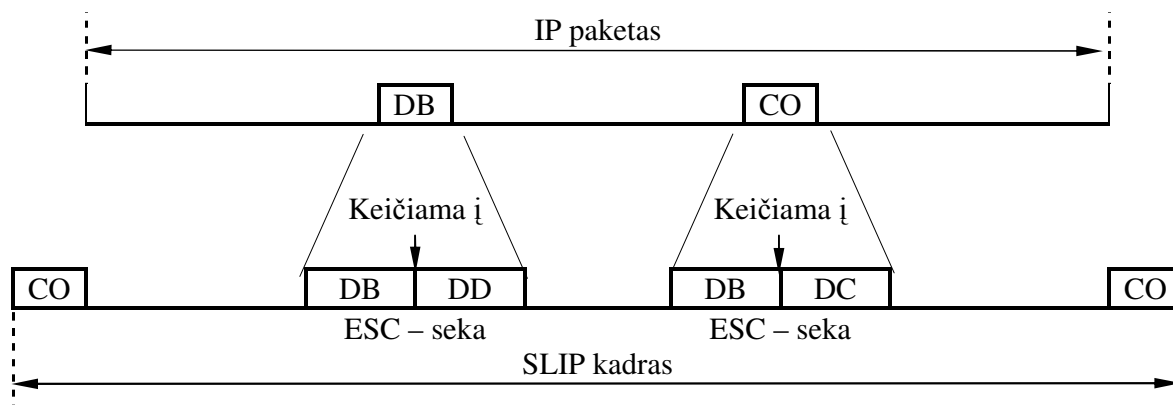
**SLIP-o kadras** (2.30 pav.) sudaromas iš persiunčiamų duomenų (IP paketo Internetė), kurių pradžia ir pabaiga pažymėta simboliu End. Simbolio End ASCII kodas yra šešiolyktainis skaičius C0 – 11000000 (dešimtainėje sistemoje 192). Duomenų paketas gali būti bet kokio ilgio. Kai kada naudojamas tik paketo pabaigos žymėjimas, tačiau papildomas pradžios žymėjimas leidžia

priimančiajai pusei efektyviai atsikratyti visų linijos triukšmų tarp kadro.



2.30 pav. SLIP kadras.

Jeigu siunčiamame pakete yra elementas, kurio kodas C0, jis pakeičiamas į kombinaciją DB DC (2.31 pav.). Jeigu pakete yra DB – keičiama į DB DD. DB yra simbolio Esc ASCII kodas (219<sub>10</sub>). Adresato pusėje SLIP protokolas analizuoja paketo turinį ir, jeigu randa Esc kodą, tikrina po jo einančius baitus: kombinacija DB DC verčiama į C0, DB DD į DB – atliekamas atbulinis perkodavimas.



2.31 pav. Duomenų kodavimas SLIP kadre.

**CSLIP** (compressed SLIP). Van Džekobsonas (van Jacobson) pastebėjo, kad paketų antraštės mažai skiriasi, ir jeigu naudosisime tik pasikeitimus, o ne pilnas antraštes, galima gerokai padidinti perdavimo greitį. Kadrai formuojami kaip ir SLIP.

CSLIP efektyvumas ypač atsiskleidžia tokiuose tipiniuose tinklo uždaviniuose, kaip:

- prisijungimas prie nutolusio kompiuterio;
- failų perdavimo protokolas;
- elektroninis paštas, naudojant SMTP;
- konferencijų skaitymas ir perdavimas, naudojant NNTP (Network News Transfer Protocol).

Visi paminėti uždaviniai pasižymi interaktyvia kliento – serverio sąveika, o tai dažniausiai susiję su trumpų paketų persiuntimu. Paskaičiuokime, pavyzdžiui Telnet seanso linijos efektyvumą, kai Telnet programa perduoda paketą, kurio turinys (pvz., Enter) yra vieno klavišo paspaudimas, tai yra vienas simbolis, užimantis vieną baitą.

Toks paketas, pridėjus TCP ir IP antraštes (40 B), sudaro 41 baitą.

Adresatas privalo pasiųsti siuntėjui patvirtinimą apie paketo gavimą, o tai irgi bus 41 baito paketas. Tai yra vienas klavišo paspaudimas inicijuoja 2-jų paketų, kurių kiekvieno dydis yra 41 baitas, perdavimą tinklu. Taigi, linijos efektyvumas (duomenų santykis su paketo apimtimi) bus  $1/41 = 2,4 \%$ .

CSLIP saugo paskutinio perduoto TCP paketo antraštes, ir perduoda tik jų pokyčius. Iš perduotos dalies ir paskutinio paketo antraštės adresatas gali pilnai sukomponuoti antraštę siunčiamajam paketui. Taip persiunčiamos antraštės sutrumpinamos vidutiniškai nuo 40 B iki 5 B (minimalus linijos efektyvumas padidėja iki 16 %).

PPP (Point-to-Point Protocol)

IETF (Internet Engineering Task Force) sukūrė sudėtingesnę – Point-to-Point protokolą (PPP). Visi SLIP trūkumai (paketo tipo nustatymas, adresacija bei suspaudimas) PPP protokole, pripažintame oficialiu Interneto standartu, panaikinti ir programinio aprūpinimo firmos naudoja pastarąjį kaip bazinį standartą jei naudojamos prisiskambinimo linijos.

Pagrindinės PPP protokolo sudėtinės dalys yra:

- duomenų inkapsuliacijos metodas, leidžiantis viename ryšio kanale naudoti įvairius tinklo protokolus;

- sujungimo užmezgimo, konfigūracijos ir testavimo programos, kurių pagalba naudojant sujungimo valdymo protokolą (Link Control Protocol, LCP) pasikeitimo informacija procese dalyvaujančios pusės pasirenka priimtinas PPP sujungimo sąlygas, t. y. iki tol, kol du kompiuteriai pradės pasikeitimą duomenimis, jiems reikia teisingai suderinti kanalą ir patikrinti jo būseną.

- tinklo valdymo protokolų šeima (Network Control Protocols, NCP), leidžianti PPP sujungimui naudoti įvairių tinklo lygmenų protokolus. Prieš prasidedant pasikeitimui duomenimis, NCP, kaip ir LCP, nustato tinklo lygmens parametrus, pavyzdžiui IP adresus

Projektuojant PPP protokolą buvo naudotasi HDLC (High-level Data Link Control) protokolo struktūra. HDLC buvo naudojamas paketo persiuntimui greitaeigiuose modemuose.

Standartinio PPP struktūrą (2.32 pav.) sudaro:

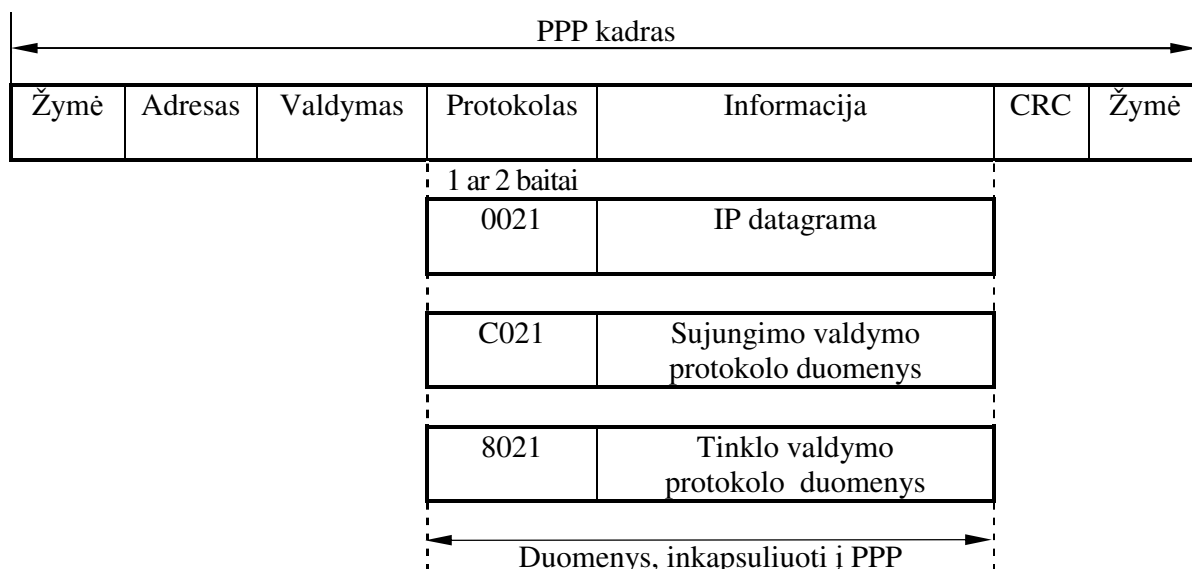
7E (hex) Paketo pradžios žymė  
FF (hex) Adresas Reikalingas HDLC  
03 (hex) Valdymas Reikalingas HDLC  
Duomenys  
CRC kadro patikrinimo seka, naudojama klaidų diagnozei (kontrolinė suma).  
7E (hex) paketo pabaigos žymė.

Žymė 7E	Adresas FF	Valdymas 03	Duomenys PPP	CRC	Žymė 7E
1	1	1	Iki 1500 baitų	2	1

2.32 pav. PPP kadro formatas.

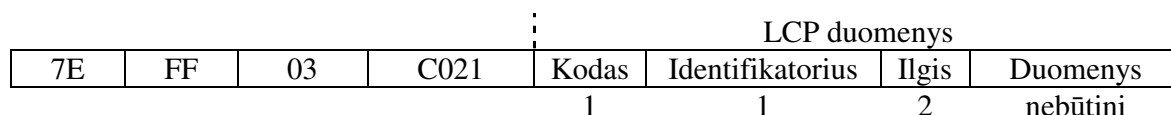
7E FF 03 reiškia, kad paketas skirtas kitame laido gale esančiam kompiuteriui.

Duomenų, inkapsuliuotų (įtrauktų) į PPP kadrą, pradžioje sąlyginiu kodu nurodomas protokolas, kurio informacija persiunčiama (2.33 pav.). Tai gali būti įvairaus lygio valdymo duomenys, IP datagramos ar kiti, pvz., Novell, Apple Talk, DecNet ar dar kitokio tipo informacijos paketai.



2.33 pav. Inkapsuliacija į PPP protokolą

Sujungimo valdymo protokolo LCP (2.34 pav.) pagalba ryšyje dalyvaujančios pusės nusprendžia, kiek – vienas ar du – baitų užims protokolo aprašymas, bus ar nebus perdavinėjami



žymės, adreso ir valdymo baitai – šie parametrai nesikeičia viso sujungimo metu.

2.34 pav. LCP paketo formatas. Laukų ilgiai nurodyti baitais.

LCP kodus (jie dalinai keičiasi, vystantis tinklo struktūrai) galima rasti paskutinėje RFC “Assigned numbers” versijoje.

Jungties lygmenyje simbolis 7D kadro viduje naudojamas kaip papildomas simbolis, jei, kaip ir SLIP protokole, reikia pakeisti 7E (žymės baitą) ar 7D (Esc simbolį), kurie gali atsitiktinai pasitaikyti tarp duomenų. Jei kadro viduje randamas baitas 7E, jis, kad nebūtų palaikytas pradžios ar pabaigos žyme, keičiamas į seką 7D 5E. Kadro viduje radus 7D, pastarasis keičiamas į 7D 5D. (5E ir 5D gauti invertavus 7E ir 7D baitų šeštąjį bitą. Analogiškai koduojami kai kuriuose modemuose pasitaikantys tarnybinių komandų baitai.). Priimančioji pusė atstato tikrąsias paketo duomenų vertes.

Naudojant NCP protokolą, PPP gali nustatyti abiejų pusių IP adresus bei naudoti van Džekobsono antraščių suspaudimą. Kadro formavimą (PPP) aparatūra atlieka automatiškai. Kelių

protokolų palaikymas taip pat automatizuotas.

SLIP ir PPP protokolai neatsiejami nuo plačiai asmeniniuose kompiuteriuose naudojamos standartinės RC-232 sąsajos, naudojančios asinchroninį nuoseklų prievadą, skirtos nuoseklaus ryšio linijoms realizuoti tarp kompiuterio ir periferinių įrenginių, tokių kaip pelytė, judesio manipulatorius, spausdintuvas ir panašiai. RS-232 standartas numato 25 linijų paskirtį ir laikinius parametrus, tačiau praktiškai naudojamos tik 9 linijos (DB-9 jungtis); nulinis bitas RS-232 perduodamas teigiama įtampa, vienetinis – neigiama. RS-232 sąsaja naudojama ir kompiuterio sujungimui su modemu – o jau po to modemas jungiasi į tinklą per telefono linijas. Objektai, tarp kurių užmezgamas ryšys, keičiasi duomenų grupėmis su kintamos trukmės pauzėmis tarp jų. Esant ženkliai triukšmo įtakai (tai ypač būdinga naudojant analogines telefonines linijas), duomenys iš esamo triukšmo išskiriami, nustatant suderintus ryšio parametrus: perdavimo greitį, duomenų ilgį, lyginumo kontrolę ir t. t.

Norint naudoti SLIP protokolą, būtina turėti programą, užtikrinančią susijungimą tarp vartotojo ir tinklo paslaugų tiekėjo šiuo protokolu. Tokios programos gali būti TCP tvarkytojas (TCP manager) ir modemo tvarkyklė (draiveris).



#### **2.4.2. X.25 tinklai**

X.25 tinklai ilgą laiką buvo dominuojantis globaliųjų tinklų standartas. Jis skirtas vartotojų sujungimui į tinklus su paketų komutacija (Packet Switched Public Data Network, PSPDN).

Apie šešiasdešimtuosius metus X.25 standartas atsirado kaip alternatyva grandinių perjungimo telefoniniams tinklams, naudojamiems duomenų srautams perduoti. Iki tol visi vartotojai naudojo pastarąsias linijas, t. y. pastoviai nustatytus sujungimus. Siunčiamų duomenų srautas paprastai nebūna pastovus, todėl linijos pralaidumas neišnaudojamas. Įvertinus tokį linijų neekonomiškumą ir siekiant užimti linijas tik tuomet, kai yra perduodamų duomenų, buvo sukurti paketų komutacijos (Packet Mode) tinklai. Paketų komutavimas skiriasi nuo grandinių perjungimo tuo, kad pirmasis naudoja virtualias jungtis. Tai nėra pastovus ryšys tarp dviejų mazgų, besikeičiančių duomenimis, o sukurama loginė jungtis, naudojanti tokį linijos juostos plotį (bandwidth), kokio reikia užduočiai (neviršijant limitu). Toks linijų panaudojimo būdas yra ne tik patogesnis, bet ir žymiai pigesnis.

Pagrindiniai X.25 principai yra perdavimui skirtos informacijos suskaidymas į paketus (pastarieji gali būti skirtingų ilgių – nuo 16 iki 2048 baitų) ir paketų perdavimas gavikliui arba sekančiam tarpiniam mazgui, nukreipiant juos pagal adresą, esantį kiekviename pakete. Siuntimui paruošti paketai padedami į mazgo buferį, kuriame saugomi (užlaikomi), jei linija būna užimta (buferiui užsipildžius, mazgas siunčia pranešimą siuntėjui, prašydamas sustabdyti siuntimą). Todėl toks perdavimo būdas dar vadinamas “saugoti ir persiųsti” (store and forward) metodu.

Vartotojui nebereikia nuomoti visos skirtinės ryšio linijos, o informacijos perdavimui panaudojamas tam tikras esamas linijos juostos plotis (bandwidth). Kitas svarbus paketinio perjungimo linijos privalumas yra galimybė tuo pačiu metu pasiųsti duomenis keletui adresatų bei vartotojams, kurių terminalai dirba skirtinga sparta bei naudoja nevienodas sąsajas. Integruotos klaidų aptikimo ir korekcijos funkcijos užtikrina informacijos perdavimo patikimumą netgi perduodant duomenis gana blogos kokybės linijomis. X.25 sukurtas tuo metu, kai ryšio linijos buvo blogos, todėl numatytas griežtas klaidų ir srauto kontrolės režimas: išsiuntus kelis paketus laukiama patvirtinimo apie gavimą ir tik po to siunčiama sekanti seka. Todėl X.25 yra imlus laikui ir procesoriniams resursams. Palyginus siaura pralaidumo juosta ir yra vienas iš pagrindinių X.25 technologijos trūkumų. Tradiciniai X.25 tinklai dirba 64 kb/s sparta, tačiau naujesnės versijos gali pasiekti iki 2 Mb/s pralaidumą.

X.25 galimi orientuoti į sujungimą ir nereikalaujantys sujungimo ryšiai.

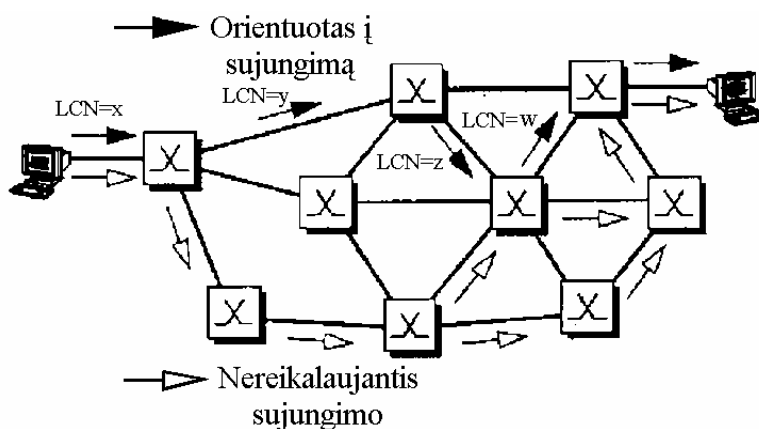
Orientuotas į sujungimą ryšys susideda iš trijų etapų.

Ryšio užmezgimas (Sujungimo nustatymas). Pirmasis paketas – sujungimo nustatymo paketas – siunčiamas nurodant pilną adresą. Pastarasis loginio kanalo numerio (Logical Channel Number, LCN) forma fiksuojamas kiekviename maršrutizatoriuje.

Duomenų perdavimas. Su kiekvienu kitu paketu perduodamas ne pilnas adresas, o tik LCN. LCN nurodo ne tik adresą, bet ir sekantį maršrutizatorių ryšio grandinėje.

Seanso uždarymas. Seanso uždarymo paketas ištrina LCN mazguose ir taip užbaigia seansą.

Užmezgus orientuotą į sujungimą seansą informacijos paketai perduodami tuo pačiu keliu, nustatytu ryšio inicializacijos metu. Tokio seanso paketų maršrutas 2.35 pav. parodytas juodomis rodyklėmis.



2.35 pav. Informacijos perdavimas orientuotais į sujungimą ir nereikalaujančiais sujungimo protokolais. LCN yra kanalo numeris, apibūdinantis sujungimą.

Kada naudojamas nereikalaujantis sujungimo perdavimo būdas, kiekvienas paketas turi įrašyti pilną adresą ir pasiekia adresatą optimaliu keliu. Taip galutinį tikslą paketai gali pasiekti ne vienodu maršrutu ir ne iš eilės.

X.25 yra bendras paketinio jungimo tinklo standartas. Dažniausiai jis suprantamas bendrąja prasme, įtraukiant į šią sąvoką visus su X.25 susijusius atskirus šio tinklo elementus bei sąsajas aprašančius standartus.

### 2.4.3. Kadru retransliacija (Frame Relay)

Kadru retransliacija yra orientuotas į sujungimą informacijos perdavimo būdas. Duomenys perduodami nepastovaus ilgio paketais, kurie vadinami kadrais. Kadru ilgis gali siekti iki 4096 baitų. Kadru retransliacijos protokolas siekia minimalaus kišimosi į perdavimo proceso valdymą. Jame numatyta kadru pradžios ir pabaigos žymėjimas ir kontrolinės sumos tikrinimas. Tačiau protokolas nereikalauja pakartotino kadro persiuntimo, jei fiksuojama klaida. Toks kadras paprasčiausiai išmetamas. Perdavimo kontrolė paliekama aukštesniems lygmenims. Dėl to, aptikus klaidas, informacija turi būti persiunčiama visu keliu nuo siuntėjo iki adresato, o ne vien toje blogos kokybės grandyje, kur vyko klaida. Kadru retransliacija yra pranašesnė už X.25 geros kokybės linijose, kuriose klaidų ir signalo santykis mažesnis negu  $10^{-6}$ . Tokį perdavimo patikimumą gali užtikrinti optinės linijos. Kadru retransliacija dažnai naudojama magistralinėse linijose VT sujungimams.

Kaip ir X.25, kadru transliacija naudoja kintamo ilgio kadrus duomenims perduoti. Dėl to užlaikymo mazguose trukmės pasidaro kintamos ir neprognozuojamos. Tai ne itin svarbu duomenų perdavimui, bet blogai tinka izochroninėms paslaugoms, pvz., telefonijai ar TV, kur

reikia, kad užlaikymai nebūtų ilgi ir, svarbiausia, būtų pastovūs.

#### 2.4.4. Ląstelių komutacija

Ląstelių komutacija (Cell Mode Relay, CMR) gali būti realizuota kaip asinchroninis perdavimo režimas (Asynchronous Transfer Mode, ATM) arba kaip paskirstytosios eilės dviguba magistralė (Distributed Queue Dual Bus, DQDB). Pastaroji technologija yra paplitusi mažiau, negu ATM. Tai yra tipinis miesto tinklo (Metropolitan Area Network, MAN) organizavimo būdas.

Panagrinėkime labiau paplitusią ATM technologiją.

Fiksuoto ilgio (53 baitų) ATM ląstelėmis galima perduoti duomenis, balso, video ir kitą informaciją. 2.36 pav. pateiktas informacinio srauto ATM linija laike pavyzdys. Linija gali būti panaudota informacijos perdavimui keliais išskirtais laike virtualiais kanalais (Virtual Permanent Circuit, VPC). ATM linijoje tarp galinių taškų pastovų ryši nustato ne vartotojas, o tinklo operatorius. Kanale pastoviai perduodamos sinchronizacinės žymės, tarp kurių esančiose ląstelėse iš mazgo buferio gali būti patalpinama perduotina informacija. Jei informacijos nėra, ląstelės išsiunčiamos tuščios.

Ląstelės Nr.	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Kanalo Nr.	1	5	tuščia	1	7	1	2	tuščia	2

$t \rightarrow$

2.36 pav. ATM ląstelių seka.

Ląstelė susideda iš antraštės (Header) ir vartotojo informacijos (Payload).

Antraštė	Vart. inf.
5B	48 B

Pagrindinis antraštės laukas yra 24 bitų Virtualaus kanalo žymė (Virtual Chanel Identifier), identifikuojanti virtualią jungtį tarp dviejų maršrutizatorių.

Naudojant ATM technologiją vartotojas gali pasirinkti vieną iš paslaugų kokybės variantų (Quality of Services) lygių: pastovios spartos (Constant Bit Rate, CBR), realaus laiko kintamos spartos (Real-Time Variable Bit Rate, Tr-VBR), paprastą kintamos spartos (Non-Real-Time Variable Bit Rate, Ntr-VBR), maksimaliai pasiekiamą (Available Bit Rate, ABR) ar neapibrėžtą (Unspecified Bit Rate, UBR). Pagal pasirinktą lygį vartotojui taikomi vieni ar kiti ATM linijos pralaidumo panaudojimo bei ląstelių užlaikymo apribojimai.

Prieš apdorodamas srautą ATM komutatorius pritaiko gautą informaciją savo standartui. Tinkliniame ATM lygmenyje veikiantis adaptavimo (ATM Adaptation Layer, AAL) polygmenis pritaiko paketus ATM, tai yra segmentuoja juos iki ląstelės dydžio ir atvirkščiai. Vartotojų duomenys ar kita informacija gali būti adaptuojama ATM operatoriaus arba vartotojo tinkle. Galimi įrenginiai, turintys savo ATM sąsajas.

Didėjant informacijos perdavimo poreikiams kyla nauji reikalavimai magistralinių ryšio linijų kokybei, duomenų perdavimo jomis spartai, telekomunikacinių tinklų technologijos vystosi labai sparčiai, dažnai atrandami nauji techniniai sprendimai. Jau dabar kuriamos naujos technologijos ir vykdomi darbai, siekiant padidinti dabartinio tinklo pralaidumą. Pradėtas realizuoti sparčių magistralių "Oxygen" projektas bei planuojama, kad per artimiausius penkerius metus šalia dabartinio Interneto bus sukurtas pralaidesnis kamienas, kartais jau vadinamas Internet II. Reikėtų paminėti pastarųjų metų duomenų perdavimo (kompiuterinių) tinklų ir telefonijos (telekomunikacijos siaurąją prasme) tinklų susiliejo tendenciją. Telefonijoje vis plačiau įdiejami kompiuterinių tinklų principai, pvz., paketinis komutavimas, duomenų suspaudimas ir t. t. Jeigu prieš 10–20 metų kompiuteriniai tinklai naudojo telekomo linijas kaip signalų perdavimo terpę, dabar vis dažniau telefono (balso) ir televizijos (vaizdo) perdavimui naudojamos kompiuterinių tinklų, tiksliau integruotos linijos.

## SANTRUMPOS

AK	Asmenis kompiuteris.
AM	Aktyvusis monitorius. Valdantysis mazgas Token ring technologijoje.
ANSI	Nacionalinis Amerikos standartų institutas (American National Standard Institute).
API	Taikomųjų programų sąsaja (Application Program Interface).
ARP	Adresų išskyrimo protokolas (Address Resolution Protocol).
ASCII	Informacijos mainų standartinis kodas (American National Standard Code for Information Interchange).
ATM	Asinchroninis perdavimo režimas (Asynchronous Transfer Mode).
b	Bitas. Mažiausias informacijos vienetas.
B	Baitas. Aštuoni bitai.
Bps	Bitai per sekundę.
CSLIP	Suspaustas SLIP (Compressed SLIP) protokolas.
CSMA/CD	Kanalo paklausymo – užimtumo aptikimo (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) arbitražo metodas, naudojamas Ethernet technologijoje.
DNS	Domeninių vardų serveris (Domain Name Server).
DOS	Diskinė operacinė sistema.
DS	Darbinė stotis. Kompiuteris, prijungtas į tinklą.
Ethernet	Vietinio tinklo technologija, naudojanti užimtumo aptikimo arbitražo metodą.
FAQ	Dažni klausimai ir atsakymai (Frequently Asked Questions).
FDDI	Optinio pluošto paskirstytų duomenų sąsaja (Fiber Distributed Data Interface) yra duomenų perdavimo standartas, taikomas vietiniuose tinkluose naudojant šviesolaidines ryšio linijas.
FQDN	Domeniniai vardai (Fully Qualified Domain Name), IP adresų atitikmenys.
FR	Kadrų transliacija (Frame Relay).
FTP	Failų perdavimo protokolas (File Transfer Protocol).
GT	Globalieji tinklai.
IEEE	Elektros ir elektronikos inžinierių institutas (Institute of Electrical and Electronic Engineers).
IEEE 802.3	Vietinio tinklo Ethernet technologiją, naudojančią užimtumo aptikimo arbitražo metodą, apibendrinantis standartas.
IEEE 802.5	Vietinio tinklo Token Ring technologiją, naudojančią markerio perdavimo arbitražo metodą, apibendrinantis standartas.
IP	Internetinis protokolas (Internet Protocol), pagrindinis TCP/IP tinklinio lygmens protokolas.

IPX	Tarptinklinio paketų pasikeitimo protokolas (Internetwork Packet Exchange), tinklinio lygmens protokolas, naudojamas NetWare tinkle.
ISDN	Skaitmeninis kompleksinių paslaugų tinklas (Integrated Services Digital Network).
ISO	Tarptautinė standartų organizacija ISO (International Standard Organization).
ITU	Tarptautinė telekomunikacijų sąjunga (International Telecommunication Union).
KT	Kompiuteriniai tinklai.
LLC	Loginė ryšio kontrolė (Logical Link Control). OSI modelio kanalinio lygmens polygis.
MAC	Kreipties á aplinkà (kanalà) valdymas (Media Access Control). OSI modelio kanalinio lygmens polygis.
MSAU	Daugelio vartotojų bendro naudojimo stotis (Multistation Access Unit) organizuoja paketų maršrutizavimą sekančiam tinklo mazgui, Token Ring technologijos priede.
NCP	NetWare tinklo pagrindinis protokolas (Network Core Protocol).
NDIS	Tinklo sąsajos tvarkyklės nuoroda (Network Driver Interface Specification). Tinklo adapterių valdymo standartas.
NetBEUI	Išplėstas mažų vietinių tinklų ryšio protokolas (Network BIOS Extended User Interface).
NetBIOS	Vietinių tinklų ryšio protokolas (Network Basic Input Output System).
ODI	Atvira duomenų ryšio sąsaja (Open Datalink Interface). Tinklo adapterių valdymo standartas.
OS	Kompiuterio operacinė sistema.
OSI	Atvirų sistemų sujungimo modelis (Open System Interconnection).
PLMN	Mobilusis ryšys (Public Land Mobile Telecommunication Network).
POP3	Pašto tarnybos protokolas (Post Office Protocol, version 3).
PPP	Nuoseklus ryšio protokolas (Point-to-Point Protocol).
PSTN	Viešas komutacinis telekomunikacijų tinklas (Public Switched Telecommunication Network). Áprastas telefono tinklas.
RARP	Atbulinis adresų išskyrimo protokolas (Reverse Address Resolution Protocol).
RFC	Prašymas komentuoti (Request for Comments). Oficialios Interneto publikacijos ir standartai.
SLIP	Nuoseklus tiesinis Interneto protokolas SLIP (Serial Line Internet Protocol).
SMTP	Elektroninio pašto protokolas (Simple Mail Transfer Protocol).
SONET	Sinchroninis optinis tinklas (Synchronous Optical Network). Vienas iš optinių tinklų standartų.
SPX	Nuoseklus pasikeitimo paketais (Sequenced Packet Exchange) protokolas.

	Naudojamas Netware tinklas.
SQL	Užklauso kalba (Structured Query Language).
TCP	Perdavimo kontrolės protokolas (Transmission Control Protocol). Pagrindinis Interneto transporto lygmens protokolas.
TCP/IP	TCP ir IP protokolų kompleksas, dažnai suprantamas ir kaip visi Internete naudojami protokolai ar Interneto protokolų stekas.
Telnet	Ásijungimo á nutolusá kompiuterá protokolas Internete.
Token Ring	Piedinio jungimo vietinio tinklo, naudojančio markerio perdavimo arbitražo metodá, technologija.
TOS	Tinklinė operacinė sistema.
TP	Ekranuotos vyty poros kabelis.
UDP	Vartotojo datagramų protokolas (User Datagram Protocol). Nepatikimas tinklinio lygmens protokolas.
UPS	Nepatraukiamo maitinimo sistema (Uninterruptible Power System).
UTP	Neekranuotos vyty poros kabelis.
VT	Vietinis tinklas.
WWW	Pasaulinis voratinklis (World Wide Web).
X.25	Vienas iš paketinio perjungimo globaliųjų tinklų standartų.

## Literatūra

1. E. Valavičius, I. Tamošaitytė, Interneto labirintai (Kaunas, Smaltija, 1998), 261 p. (CD)
2. Internetas, red. C.Lewis, vertė R. Paulikas, B. Leonavičienė, (Vilnius, Alma littera, 1998), 72 p.
3. V. R. Kovertaitė, Internet (Kaunas, Technologija, 1995), 150 p.
4. E. Piniauskaitė, V. Denisovas, Internet'o pradžiamokslis. Vartotojui apie Internetà (Vilnius, TEV, 1998), 40 p. (CD)
5. A. Vaškevičienė, Interneto ABC bibliotekininkams (Vilnius, LN M. Mažvydo b-ka, 1998), 79 p.
6. R. Grigas, V. Denisovas, E. Piniauskaitė, J. Linkauskas, Lietuviškas CD INTERNET vartotojams. Instrukcijos prisijungimui, 100+ programų, programų aprašymai, paslaugų tiekėjai, vadovėlis (Vilnius, KU CITAS, TEV, 1998), (CD)
7. A. Gaffin, Everybody Guide to the Internet (Cambridge, (Mass.), The MIT Press, 1994), 271 p.,  
ibid: [ftp.eff.org/pub/Net\\_info/Guide-books/EFF\\_Net\\_Guide/netguide.eff](ftp://ftp.eff.org/pub/Net_info/Guide-books/EFF_Net_Guide/netguide.eff)  
arba [info@eff.org](mailto:info@eff.org)  
А. Гаффин, Путеводитель по глобальной компьютерной сети Internet (Москва, Сфера, 1995), 270 с.
8. Д. Р. Левин, К. Бароди, Секреты Интернет, (Киев, Диалектика, 1996), 543 с.
9. B. Nance, Introduction to networking (Carmel, (In.), Que 1994), 422 p.
10. W. Stallings, Data and Computer Communications 5<sup>th</sup> ed. (Prentice Hall, 1997), 798 p.
11. К. Джамса, К. Коуп, Программирование для Интернет в среде Windows, (Санкт-Петербург, Питер, 1996) 670 с.
12. Understanding telecommunications, I P. (Lund, Studentlitteratur, 1997), 493 p.
13. Understanding telecommunications, II P. (Lund, Studentlitteratur, 1998), 673 p.
14. A. S. Tanenbaum, Computer Networks 3<sup>rd</sup> ed. (Prentice Hall, 1996), 848 p.
15. F. Halsall, Data Communication, Computer Networks and Open Systems, 4<sup>th</sup> ed. (Workingham, Addison Wesley, 1996), 772 p.
16. Aiðkinamasis kompiuterijos þodynas (lietuvių, anglų, rusų k.), red. K. Paulauskas, (Technologija, Kaunas, 1995), 370 p.
17. N. W. Heap, An introduction to OSI (London, Blackwell, 1993), 146 p.
18. F. Nowshadi, Managing NetWare (Workingham, Addison Wesley, 1994), 657 p.
19. R. K. Heldman, Information telecommunications (N.-Y., McGraw-Hill, 1994), 393 p.
20. R. Perlman, Interconnections: bridges and routers (Reading (Mass.), Addison Wesley, 1992), 389 p.
21. The Basics book of X.25 packet switching (Reading (Mass.), Addison Wesley, 1992), 74 p.
22. R. Handel, ATM networks (Workingham, Addison Wesley, 1995), 287 p.
23. W. R. Stevens, G. R. Wright, TCP/IP illustrated. Vol.2 (Reading (Mass.), Addison Wesley, 1995), 1174 p.



24. P. Smith, Frame relay (Workingham, Addison Wesley, 1994), 268 p.
25. Локальные вычислительные сети. Кн. 1. Принципы построения, архитектура, коммуникационные средства (Москва, Экотрендз, 1994), 153 с.
26. Локальные вычислительные сети. Кн. 3. Организация функционирования, эффективность, оптимизация (Москва, Финансы и статистика, 1995), 247 с.
27. В. Дж. Нессер, Оптимизация и поиск неисправностей в сетях (Киев, Диалектика, 1996), 372 с.
28. Ch. Spurgeon, Ethernet configuration guidelines (San Jose (Cal.), Peer-to-peer communications, 1996), 178 p.
29. R. Orfali etc., The essential client/server survival guide (N.-Y., Willey, 1996), 676 p.