

KOMPIUTERIŲ TINKLAI

8 paskaita

Lokalių tinklų technologijos, IEEE 802.x standartas

Lokalus tinklas

Lokalūs (angl. *Local Area Network*, LAN) jungia netoliese, vienoje patalpoje, pastate, organizacijoje ir pan. esančius kompiuterius.

LAN naudoja **tik jiems vieniems** sukurtą ryšio linijų sistemą.

Savybės

- Didelis duomenų perdavimo greitis (1-10 Gbps)
- Nedidelis mazgų kiekis (VGTU LAN ~3000 kompiuterių)
- Magistralinės, žvaigždės arba išlėstinės žvaigždės topologija
- Tinklas pilnai valdomas įmonės tinklų administratoriaus.

Lokalūs tīklai

Lokaliųjų tīklų technologijos apima kanalinį ir fizinį OSI modelio lygmenis ir apibrėžia tīklo mazgo prieigos principą prie duomenų perdavimo terpės.

LAN technologijos standartizuotos IEEE 802.x standarte.

Lokaliuose tīkluose naudojamose tokios technologijos:

- Ethernet (802.3)
- Token Ring (802.5)
- FDDI (*Fibre Distributed Data Interface*)
- IEEE 802.11 (WLAN)

Lokalus tinklas

Lokaliai tinklai būtini tik kanaliniame ir fiziniame lygmeniuose technologijoms, kurios galėtų tiesiogiai dirbti su taikomuoju lygmeniu.

Tinklo ir transporto lygmenys lokaliuose tinkluose naudojami tik tam, kad realizuotų tarptinklinį ryšį t.y. galima būtų persiųsti duomenis iš vieno tinklo kitam.

Kanalinis lygmuo lokaliuose tinkluose dalinamas:

- Loginio kanalo valdymo lygmuo (*Logical Link Control*)
- Terpės prieigos valdymo lygmuo (*Media Access Control*)

Kanalinis lygmuo

Kanalinio lygmens skaidymas į atskirus sublygmenis leidžia paketams, suformuotiems aukštesniuose OSI modelio lygmenyse:

- būti nukreiptiems į **skirtingas (bet kokio)** tipo duomenų perdavimo terpes (varis, optika, radio)
- gali būti panaudotas skirtingas prieigos prie terpės būdas (Ethernet, Token Ring, FDDI, WLAN ir t.t.).

Terpės prieigos valdymo lygmuo

MAC lygmuo apibrėžia procedūras, pagal kurias tinklo mazgas gali prieiti prie terpės ir perduoti kadrus kitiems LAN mazgams, panaudojant fizinio lygmens funkcijas ir įrenginius.

MAC lygmenyje apibrėžiama mazgų **fizinio adresavimo sistema** ir paketų perdavimo klaidų aptikimo mechanizmas.

Prieigos prie duomenų perdavimo terpės metodai:

- Atsitiktinis prieigos metodas
- Deterministinis prieigos metodas

Atsitiktinis prieigos metodas

Atsitiktinio metodo esmė tame, kad tinklo mazgas, kuris turi duomenų kadrą stengiasi jį perduoti gavėjui **be jokio išankstinio pasiruošimo ar derinimo** su kitais tinklo mazgais t.y. „*turiu kadrą, iš karto jį ir perduodu*“.

Tai decentralizuotas, nevaldomas metodas (tinkle nėra valdymo įtaiso, nustatančio ir reguliuojančio prieigos tvarką).

Atsitiktinis prieigos metodas

Metodo trūkumas – kolizijos

Kolizija – tai signalų susidūrimo atvejis, ko pasekoje gaunamas naujas iškreiptas signalas, kurio neįmanoma interpretuoti kaip 0 arba 1.

Kolizijų sprendimo būdai

- Apibrėžti laiko intervalą, po kurio galima pakartoti perdavimą.
- Naudoti tinklo pasiklausimo procedūrą.

Deterministinis prieigos metodas

Deterministinis metodas – tai valdomas prieigos metodas, kuriame žinomas (apibrėžtas) maksimalus laukimo laikas.

Deterministiniai algoritmai:

- Žetono (token) perdavimas
 - Žetonas – tai teisė perduoti duomenis
 - Žetonas keliauja ratu (žiedo topologija nevisada būtina)
 - Žetono turėjimo laikas yra fiksuotas
- Apklausa
 - Tinke yra arbitras (valdytojas) apklausiantis mazgus, ar jie nori perduoti duomenis.
 - Arbitras nustato koks mazgas kada gali perduoti duomenis.

Palyginimas

Pralaidumas

- Deterministinis metodas dirba griečiau, kai turime didelį tinklo apkrovimą (~100%).
- Atsitiktinis metodas dirba greičiau, kai turime mažesnį tinklo apkrovimą.

Paslaugų valdymas

- Deterministinis metodas leidžia realizuoti paslaugų valdymą QoS.

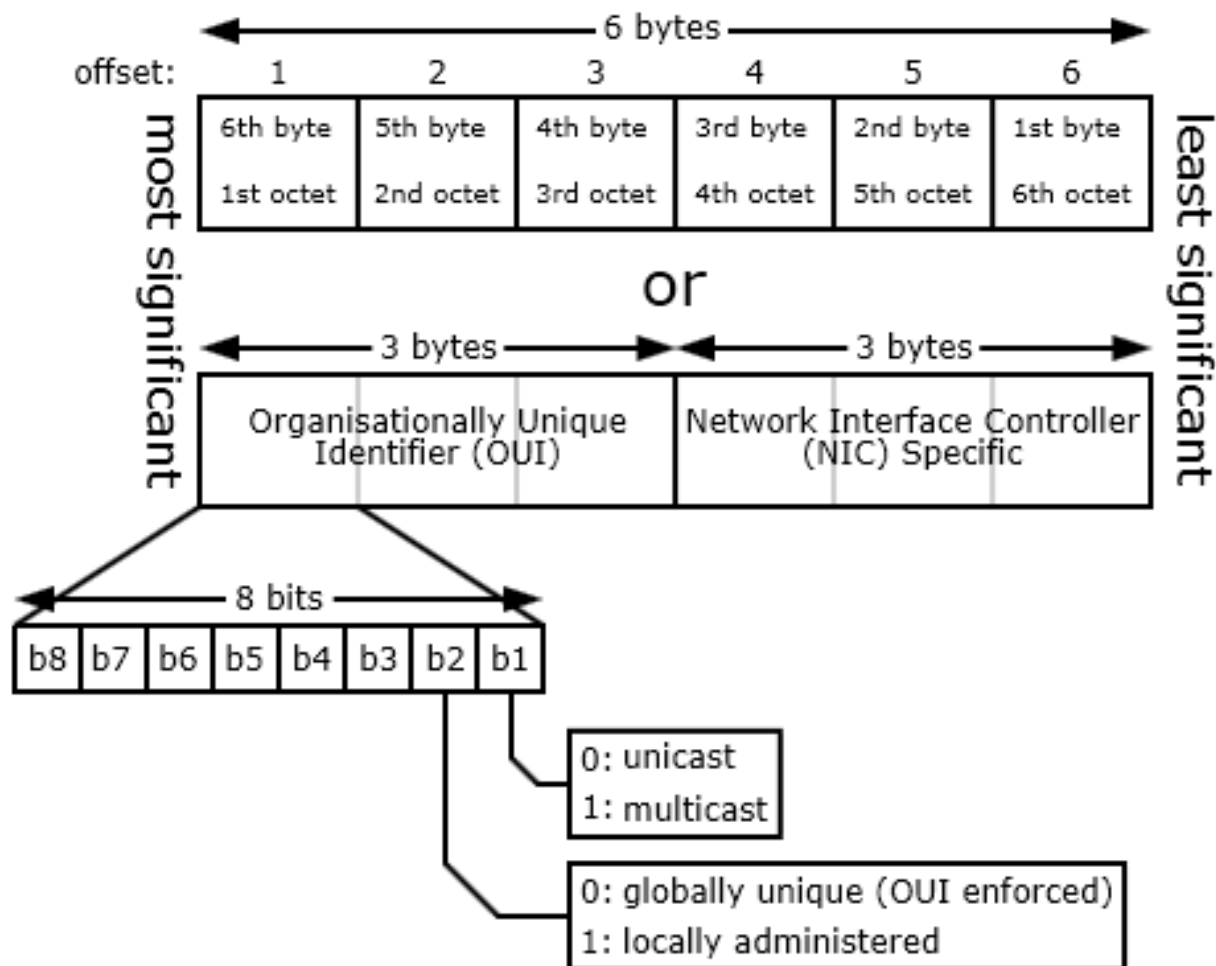
MAC adresas

- **Media Access Control adresas (MAC adresas)** – tai unikalus tinklo sąsajos (pvz. tinklo plokštės, komutariaus ir t.t.) identifikatorius, naudojamas fiziniame tinklo segmente.
- MAC adresai naudojami daugumoje LAN technologijų, nustatytų IEEE 802.x, taip pat ir Ethernet.
- MAC adresas tinklo įrenginiui prisikiriamas gamykloje ir saugomas jo ROM arba sisteminėje programinėje įrangoje (firmware).

MAC adresas

- IEEE 802 standartas nustato adreso formatą. Jį sudaro 48 bitų adresas (2^{48} arba 281 474 976 710 656 skirtingų adresų, skaičiuojama, kad jie bus sunaudoti 2100 m.).
- Adresas pateikiamas 16-tainėje sistemoje, skaičiai padalinti į 6 grupes (pvz. 01-23-45-67-89-ab arba 01:23:45:67:89:ab).
- MAC adrese 3 baitai skirti gamintojo kodui (*Organizationally Unique Identifier*).
- Jei pirmas adreso bitas yra 0, tuomet tai individualus mazgo adresas, jei 1 – tuomet grupinis.
- Jei adrese visi vienetai (FF-FF-FF-FF-FF-FF) – tai transliacinis adresas (broadcast).
- MAC adresas gali būti keičiamas programiškai (MAC spoofing).

MAC adresas



Loginio kanalo valdymo lygmuo

LLC lygmuo atlieka šias funkcijas:

- Dirba kaip sąsaja tarp tinklo ir kanalo lygmens ir patalpina informaciją į kadrą.
- Organizuoja kadrų pristatymą gavėjui.

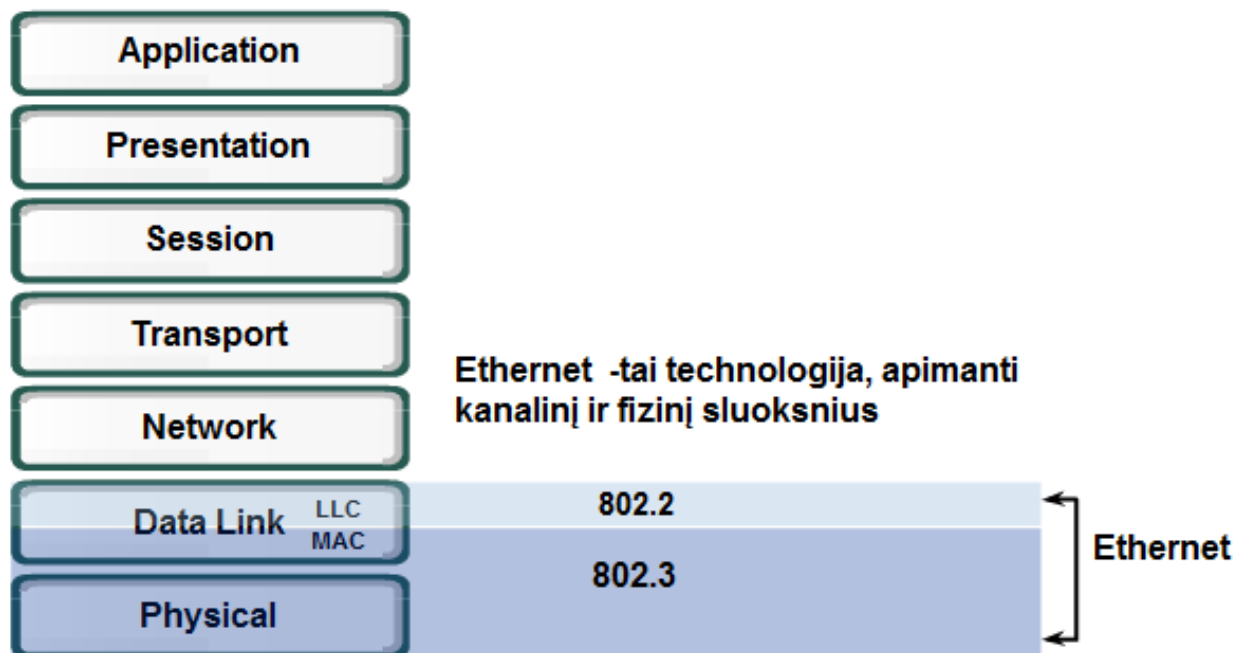
LLC/MAC veiklos prilygintinos TCP/IP veikloms tik žemesniame lygmenyje ir LAN tinkluose.

Ethernet

Ethernet – tai populiariausia tinklo technologija, apibrėžta 802.2 and 802.3 standarte (1985 m.).

Ethernet apima pirmo ir antro OSI lygmens protokolus.

Ethernet kanalo plotis (bandwidth) 10, 100, 1000, arba 10,000 Mbps.



Ethernet istorija

Robert Metcalfe su bendradarbiais iš Xerox kompanijos sukūrė Ethernet modelį daugiau nei prieš 30 metų.

Ethernet technologijos pagrindiniai principai buvo realizuoti Alohanet tinkle, kuris sujungė Havajų salas radio ryšiu (1970 m.).

Pirmoji Ethernet versija naudojo „**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**“ (**CSMA/CD**) metodiką įrenginių, norinčių perduoti duomenis valdymui. Taip pat pirmoji versija neišskyrė sluoksnių, nes OSI modelis buvo sukurtas vėliau nei Ethernet.

Ethernet istorija

Ethernet II (dar vadinamas Ethernet DIX) standartas buvo publikuotas 1980 m. **D**igital **E**quipment Corporation, **I**ntel ir **X**erox konsorciumo.

Ethernet DIX standarto pagrindu buvo sukurtas IEEE 802.3 standartas, kuris yra daug kuo panašus į savo pirmtaką, tačiau yra ir skirtumų.

IEEE 802.3 standartas **išskiria MAC ir LLC lygius**, tuo tarpu pirminiame Ethernet abu šie lygiai yra apjungti į vieną, kanalinį lygį.

Ethernet istorija

1995 metais buvo patvirtintas Fast Ethernet standartas (100 Mbps). Jis aprašytas, 802.3u skyriuje.

1998 m. patvirtintas Gigabit Ethernet standartas yra aprašytas, pagrindinio dokumento, 802.3z skyriuje.

2002 m. 10 gigabit Ethernet standartas, 802.3ae skyrius.

CSMA/CD

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
- daugkartinės kreipties nešančiojo signalo aptikimas /
susidūrimų (kolizijų) aptikimas.

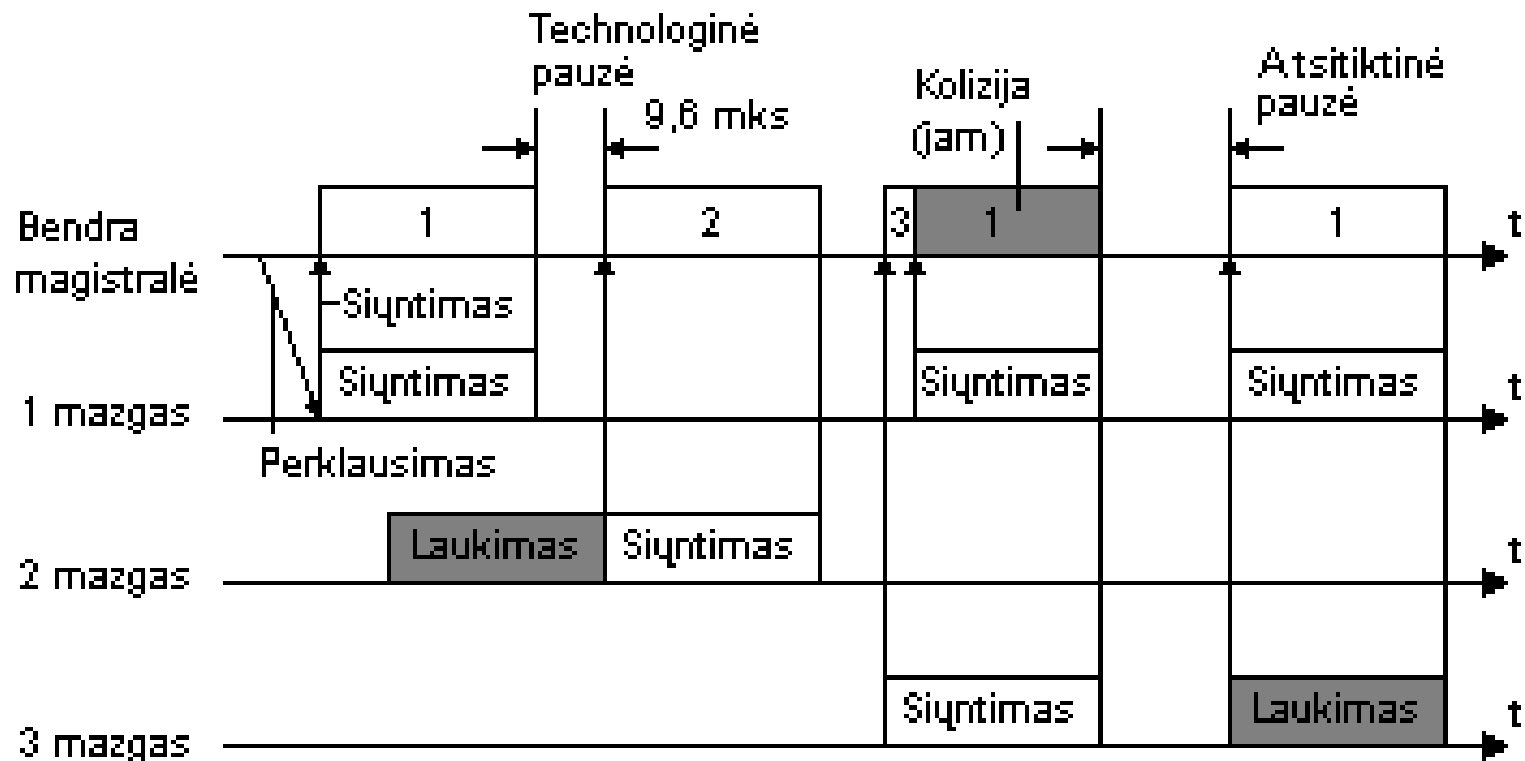
Pagrindinė CSMA/CD technologijos idėja tokia:

- kai stotis nori siųsti duomenis, ji “klauso” kabelį, ar tuo metu kokia nors kita stotis nesiunčia duomenų. Jei kabelis užimtas, mazgas laukia, kol jis atsilaisvins. Jei kabelis laisvas, stotis perduoda savo duomenis. Kai stotys tuo pačiu metu pradeda perdavinėti duomenis į laisvą kabelį, ir įvyksta kolizija, stotys turi nutraukti perdavimą ir po atsitiktinio laiko intervalo gali bandyti siųsti vėl.

Prieigos prie terpės etapai

- Mazgas privalo įsitikinti, kad bendroji terpė yra laisva (tikrinamas pagrindinės harmonikos signalas, ar jis sutampa su nešančiuoju dažniu)
- Jei terpė neužimta, tuomet mazgas turi teisę pradėti kadro siuntimą.
- Gavėjas atpažįsta savo adresą kadro antraštėse, įsirašo kadro turinį į savo vidinį buferį, apdoroja gautus duomenys, perduoda juos aukšтын steku, po to siunčia atsakymą.
- Kai kadro siuntimas baigiamas, visi tinklo mazgai privalo išlaikyti pauzę (*Inter Packet Gap*) lygią 9,6 μ s.

CSMA/CD principas



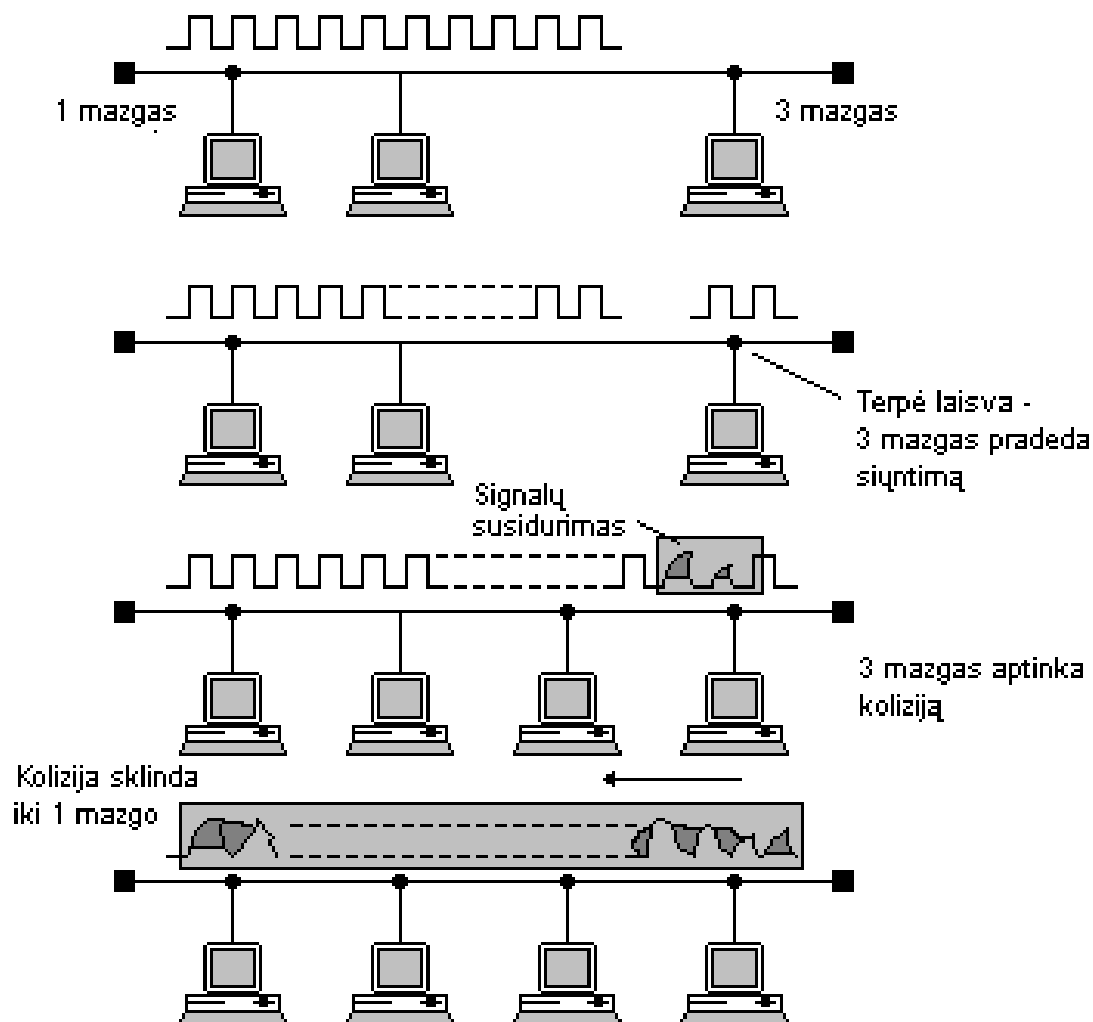
Kolizijų atradimas

Visi mazgai stebi signalus atsirandančius kabelyje.

Jeigu perduodami ir priimami signalai skiriasi, tuomet yra *fiksuojama kolizija (collision detection, CD)*.

Nustačius koliziją, mazgas privalo nutraukti siuntimą ir išlaikyti, tam tikro (*atsitiktinio*) laiko intervalo, pauzę. Po to ji vėl gali bandyti užgrobti terpę ir perduoti kadra.

Kolizijos atsiradimas



Kolizijų atradimas

Atsitiktinė pauzė parenkama pagal tokį algoritmą:

$$\text{Pauzė} = L * T,$$

T - vėlinimo intervalas (sekundės) lygus 512 bitų intervalams.

L - sveikas skaičius išrinktas, su vienoda tikimybe, iš $[0, 2^N]$ intervalo, kur N – pakartotinio kadro siuntimo numeris: 1, 2,...

(Ethernet technologijoje visi intervalai matuojami bitų intervalais; bitų intervalas atitinka laiko tarpą tarp dviejų, vienas po kito esančių, bitų pasirodymo kabelyje; esant 10 Mbit/s greičiui bitų intervalo dydis lygus 0,1 arba 100ns);

Kolizijų domenas

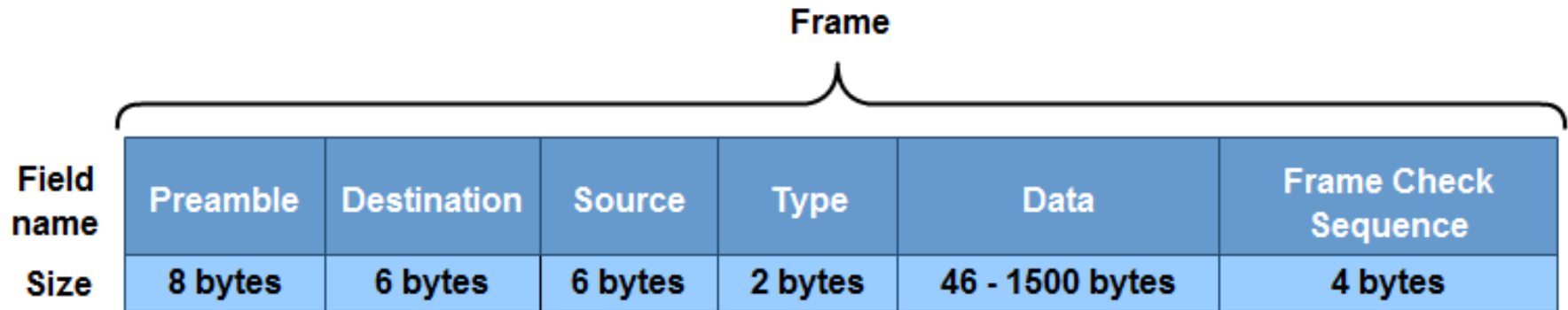
Kolizijų domenas (*collision domain*) – tai Ethernet tinklo dalis, kurios visi mazgai atpažįsta koliziją nepriklausomai nuo to, kurioje tinklo dalyje atsirado kolizija.

Ethernet tinklas, sukonstruotas koncentratorių pagrindu visada suformuoja vieną kolizijų domeną.

Kolizijų domenas visada atitinka vieną bendrą terpę.

Tiltai, komutatoriai ir maršrutizatoriai Ethernet tinklą padalina į kelis kolizijų domenus.

Ethernet kadras



Preamble - laukas naudojams parodyti kadro pradžia ir sinchronizacijai

Destination - gavėjo MAC adresas (48 bitai)

Source - siuntėjo MAC adresas (48 bitai)

Type - laukas, nurodantis, koks aukštesnio OSI lygmens protokolas apdoros paketą

Data - duomenų laukas. Paprastai tai IP paketas.

Frame Check Sequence - kadro kontrolinė reikšmė, naudojama teisingumo patikrinimui.

Ethernet našumas

Nustatykime, koks yra maksimalus **naudingas** pralaidumas Ethernet segmentuose.

Naudingu pralaidumu vadinsime tik Ethernet kadre esančių duomenų kiekio (atmesime tarnybinius duomenis) perdavimo greitį.

Naudingas pralaidumas visada mažesnis už nominalų Ethernet pralaidumą, nes:

- Kadre be duomenų yra siunčiama ir tarnybinė informacija;
- Siuntimas vykdomas naudojant tarpkadrines pauzes;
- Prieš siunčiant kadrą, reikia laukti laisvos terpės.

Ethernet našumas

Ethernet kadre duomenų laukas užima 46-1500 baitų.

Kadras dydis:

- min $46 + 26 = 72$ baitai
- max $1500 + 26 = 1526$ baitai

Kai linijos pralaidumas 10 Mbps, **kadro perdavimo laikas T_k** :

- min $72 \cdot 8 / 10^7 = 57,6 \cdot 10^{-6}$ s
- max $1526 \cdot 8 / 10^7 = 1220,8 \cdot 10^{-6}$ s

Kadrų skaičius per sekundę, esant 10 Mbps pralaidumui:

- min $1 / (57,6 \cdot 10^{-6} + 9,6 \cdot 10^{-6}) = 14880$ kadrai/s
- max $1 / (1220,8 \cdot 10^{-6} + 9,6 \cdot 10^{-6}) = 813$ kadrai/s

Naudingas pralaidumas

- min $14880 \cdot 46 \cdot 8 = 5,48$ Mbps
- max $813 \cdot 1500 \cdot 8 = 9,76$ Mbps

Ethernet specifikacijos

Ethernet technologijos specifikacijos:

- **10Base-5** – “storuoju” koaksialu vadinamas, 0.5 colių diametro koaksialinis kabelis. Banginė varža lygi 50 Ω . Maksimalus segmento ilgis – 500 metrų (be kartuotuvų).
- **10Base-2** – “plonuoju” koaksialu vadinamas, 0.25 colių diametro koaksialinis kabelis. Banginė varža lygi 50 Ω . Maksimalus segmento ilgis – 185 metrai (be karuotuvų).
- **10Base-T** – neekranuotos susuktosios poros pagrindu pagamintas kabelis (Unshielded Twisted Pair, UTP). Formuoja žvaigždės topologiją koncentratoriaus pagrindu. Atstumas tarp koncentratorių ir galutinių mazgų – nedaugiau kaip 100 metrų.

Ethernet specifikacijos

- **10Base-F** – optinio pluošto kabelis. Topologija analogiška 10Base-T standarto topologijai. Egzistuoja keli šios specifikacijos variantai – FOIRL (atstumas ne daugiau kaip 1000 m.), 10Base-FL (atstumas ne daugiau kaip 2000 m.), 10Base-FB (atstumas ne daugiau kaip 2000 m.).

Skaičius **10** nurodo tai, kad šiuose standartuose apibrėžtas duomenų perdavimo greitis yra 10 Mbitų/s,

Žodis **Base** – siuntimo metodą vienu, baziniu 10 MHz, dažniu (skirtingai nuo metodų, kuriuose yra naudojami keli nešantieji dažniai, vadinami Broadband - plačiajuostis).

Paskutinis simbolis nurodo kabelio tipą.

Ethernet apribojimai 10 Base

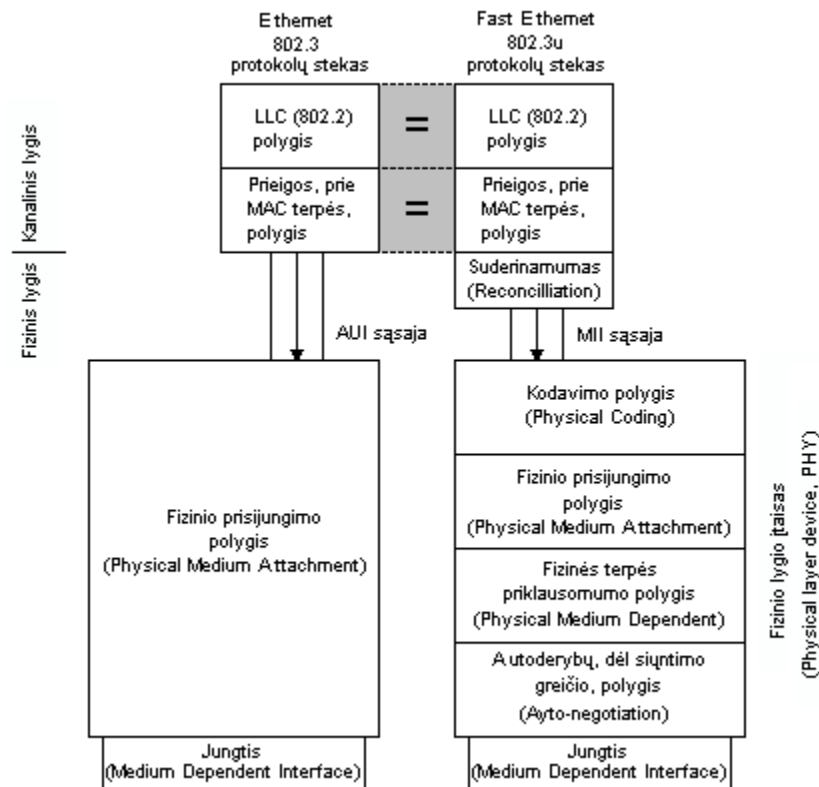
Nominali pralaidumo geba	10 Mbitų/s
Maksimalus, prie tinklo prijungtų, stočių skaičius	1024
Maksimalus atstumas tarp, prie tinklo prijungtų, mazgų	2500 m (10Base-FB 2750 M)
Maksimalus, tinkle naudojamų, koaksialinių segmentų skaičius	5

Taisyklė 5-4-3 (10Base2 arba 10Base5 tinkluose)

Dažniausiai tenka tikrinti apribojimus susijusius su atskiro segmento ilgiu, kartuotuvų skaičiumi ir bendru tinklo ilgiu. Ethernet 10Base2 arba 10Base5 tinkluose naudojama “5-4-3” taisyklė sakanti, kad tinkle negali būti daugiau nei 5 segmentų, sujungtų 4 koncentratoriais, o siuntėjų skaičius ne daugiau kaip iš 3 segmentų. **Taisyklė negalioja komutuojamiems tinklams.**

Fast Ethernet

1995 m. patvirtintas Fast Ethernet (100 Mbps) kaip IEEE 802.3u standartas . Visi Fast Ethernet ir Ethernet technologijų skirtumai yra susiję su fiziniu lygiu.



Fast Ethernet

Fast Ethernet tinkluose naudojamas mažesnis tinklo diametras - iki 200 m, nes 100 Mbps tinkle 10 kartų sumažėjo minimalaus ilgio kadro siuntimo trukmė.

Siuntimas gali būti atliekamas pilnadupleksiniu arba pusiau dupleksiniu režimu.

Naudojami komutatoriai, o ne koncentratoriai, tokiu būdu segmentuojamas tinklas ir mažinami kolizijų domenai.

Tarpkadrinis intervalas (IPG) lygus 0.96 mks, o bitų intervalas lygus 10 ns.

Prieigos prie terpės algoritmas taikant pusiau dupleksiniu režimą išliko tas pats t.y. **CSMA/CD**.

Fast Ethernet specifikacijos

- **100Base-TX** - tai dviejų porų neekranuota susuktoji 5 kategorijos pora UTP arba ekranuota vytoji pora STP, 100 m;
- **100Base-T4** - tai keturių porų neekranuota vytoji 3, 4 arba 5 kategorijos pora, 100 m;
- **100Base-FX** -tai daugelio modų optinis pluoštas, naudojami du pluoštai.

Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet standartas IEEE 802.3z (optika) buvo patvirtintas 1998 m., o IEEE 802.3ab (vyta pora) 1999m.

Pagrindinė Gigabit Ethernet kūrėjų idėja yra ta, kad maksimaliai būtų išlaikytos klasikinio Ethernet įdėjos, esant 1000 Mbps bitų siuntimo greičiui.

Savybės:

- Išlaikyti visi Ethernet kadry formatai.
- Palaikoma pusiau dupleksinė protokolo versija, palaikanti CSMA/CD prieigos metodą, ir pilna dupleksinė versija, dirbanti su komutatoriais.
- Palaikomi visi pagrindiniai kabelių tipai: optinis-pluoštas, vytos poros 5 kategorijos kabelis.

Gigabit Ethernet specifikacijos

- **1000Base-LX** naudojamas 1300 nm bangos ilgio puslaidininkinio lazerio spindulys, vienos modos kabelis. Max kabelio ilgis yra 5000 m.
- **1000Base-SX** naudojama 850 nm ilgio banga (S reiškia Short Wavelength, trumpoji banga), optinio pluošto segmento ilgis, 62.5/125 kabeliui yra 200 m, o 50/125 kabeliui – 500m.
- **1000Base-T** naudojamas 5 ir aukštesnė kategorijos vytos poros kabelis (100 MHz), lygiagrečiai vienu metu siuntimas atliekamas visomis 4 kabelio poromis.

Duomenų kodavimui buvo panaudotas PAM5 kodas. Vieno takto metu, viena pora yra perduodami 2,322 informacijos bitai. Tokiu būdu 250MHz taktinį dažnį galima sumažinti iki 125 MHz, kas iš esmės atitinka 5 kategorijos kabelio dažnių juostą.

Token Ring

1984 metais IBM kompanija sukūrė Token Ring technologiją, o vėliau kaip standarto projektą pateikė ją IEEE 802 komitetui, kuris šios technologijos pagrindu 1985 metais patvirtino 802.5 standartą.

Token Ring technologija neatlaikė konkurencijos prieš Ethernet ir apie 2000 m. buvo sustabdytas jos vystymas.

Token Ring technologiją IBM kompanija naudojo kaip pagrindinę savo tinklinę technologiją lokaliųjų tinklų konstravimui, įvairių kompiuterių tipų – mainframe'ų, mini-kompiuterių ir personalinių kompiuterių, pagrindu.

IBM kompanija buvo pagrindinė Token Ring technologijos madų diktatorė, nes ji gamino 60% visų tinklo adapterių skirtų šiai technologijai.

Token Ring naudoja žiedo topologiją.

Token Ring

Token Ring tinklai dirbo dviem greičiais – 4 ir 16 Mbps.

Draudžiama į žiedą jungti stotis dirbančias skirtingais greičiais. Token Ring tinkluose dirbančiuose 16 Mbps greičiu, lyginant su 4 Mbps standartu, yra patobulintas prieigos algoritmas.

Ši technologija yra atspari gedimams. Token Ring tinkle naudojamos, tinklo darbą kontroliuojančios, procedūros, kurios naudoja grįžtamąjį žiedo struktūros ryšį – išsiųstas kadras visuomet grįžta stočiai-siuntėjai.

Kai kuriais atvejais, tinklo darbo metu aptiktos klaidos šalinamos automatiškai, pavyzdžiui, gali būti atstatytas prarastas markeris. Kitais atvejais klaidos tik užfiksuojamos, o jų šalinimą atlieka aptarnaujantis personalas.

Token Ring

Vienas iš pagrindinių dalykų, kuriant ir analizuojant žiedinius tinklus, yra vieno bito “fizinis ilgis”.

Jeigu duomenų perdavimo sparta yra R Mbps, tai bitas yra perduodamas kiekvieną $1/R$ μ s. Tipinis signalo sklidimo greitis 200 m/ μ s.

Tada kiekvienas bitas užima $200/R$ žiedo metrų. Tai reiškia, kad 1 Mbps žiedas, turintis 1000 m ilgį, talpina vienu metu tik 5 bitus.

Kiekvienas bitas, patenkantis į stoties žiedo sąsają, yra kopijuojamas į vieno bito buferį ir po to perduodamas atgal į žiedą.

Buferyje galima nustatyti bito reikšmę ir netgi ją pakeisti prieš perduodant į žiedą. Tai duoda vieno bito vėlinimą kiekvienoje sąsajoje.

Token Ring

Token Ring'e specialus bitų rinkinys, vadinamas žyme (Token) cirkuliuoja žiedu, kai stotys nieko nesiunčia.

Kai stotys nori siųsti kadrą, žymė turi būti "išimta" iš žiedo prieš siuntimą. Tai padaroma invertuojant vieną bitą trijų baitų žymėje ir tuo paverčiant ją trimis pirmaisiais duomenų kadro baitais.

Kadangi žymė tik viena, tai tuo pačiu metu gali siųsti tik viena stotis. Taip yra išsprendžiama priėjimo prie kanalo problema.

Token Ringo ypatybė yra ta, kad žiedas turi turėti pakankamą vėlinimą, kad visa žymė jame galėtų cirkuliuoti, kai visos stotys nieko nesiunčia.

Vėlinimą sudaro 1 bito vėlinimas kiekvienoje stotyje ir signalo sklidimo vėlinimas. Trumpuose žieduose turi būti įvestas dirbtinis vėlinimas, nes kitaip žymė netilps žiede.

Token Ring

Maksimalus Token Ring kadre esančio, duomenų lauko dydis priklauso nuo greičio, kuriuo dirba žiedas.

Esant 4 Mbit/s greičiui, šis dydis lygus 5000 B, o esant 16 Mbitų/s greičiui – apie 16 Kbaitų.

Minimalus, kadre esančio, duomenų lauko ilgis neapibrėžtas, t.y. gali būti lygus 0.

Mazgai Token Ring tinklo jungiami naudojant koncentratorius, vadinamus MSAU.

Pasyvūs koncentratorius atlieka cross panelės, kuri sujungia prieš tai esančios stoties įėjimą su kitos stoties įėjimu, vaidmenį.

Maksimalus atstumas tarp stoties ir MSAU – 100 m esant STP ir 45 m esant UTP

IEEE 802 standartas

- 802.1 – Internetworking – tinklų apjungimas, VLAN, QoS;
- 802.2 – Logical Link Control, LLC – loginio duomenų perdavimo valdymas;
- 802.3 – Ethernet, kurio prieigos metodas yra CSMA/CD;
- 804.4 – Token Bus LAN – lokalieji tinklai, kurių prieigos metodas yra Token Bus;
- 802.5 – Token Ring LAN – lokalieji tinklai, kurių prieigos metodas yra Token Ring;
- 802.6 – Metropolitan Area Network, MAN – megapolisų tinklai;
- 802.7 – Broadband Technical Advisory Group – plačiajuosčio perdavimo, techninė konsultacinė, grupė;
- 802.8 – Fiber Optic Technical Advisory Group - optinio pluošto tinklų, techninė konsultacinė, grupė;
- 802.9 – Integrated Voice and data Networks – integruoti, balso ir duomenų, perdavimo tinklai;
- 802.10 – Network Security – tinklinis saugumas;
- 802.11 – Bevieliai tinklai