

Kompiuterių tinklai - MAC & Ethernet

Penkta paskaita (4.1 - 4.4 skyriai),

<http://computernetworks5e.org/chap04.html>

lekt. Vytautas Jančiauskas

MAC posluoksnis

MAC - Medium Access Control

- ▶ Praeitą paskaitą nagrinėjome jungtis “taškas į tašką”, o kaip su transliavimo (**broadcast**) tinklais?
- ▶ Jeigu keli kompiuteriai naudoja tą pačią duomenų perdavimo terpę (laidą arba radijo bangų spektro ruožą) atsiranda problemų jei jie nori ją naudoti tuo pačiu metu.
- ▶ **MAC** posluksnio tikslas yra užtikrinti, kad duomenų perdavimo terpė bet kuriuo laiko momentu bus naudojama taip, kad siuntėjų interesai nesikirstų.
- ▶ Kur esate girdėję sutrumpinimą **MAC**?

Kanalo alokavimo problema - statinis alokavimas (I)

- ▶ Kanalo alokavimo problema gali būti sprendžiama naudojant aptartus kanalų tankinimo (**multiplexing**) metodus, tokius kaip FDM.
- ▶ Statinio kanalo alokavimo trūkumas yra tai, kad kanalas išnaudojamas neoptimaliai.
- ▶ Kas atsitinka jeigu kanalu nori naudotis mažiau siuntėjų negu maksimalus skaičius N ?
- ▶ Kas atsitinka jeigu kanalu nori naudotis daugiau siuntėjų negu maksimalus skaičius N ?

Kanalo alokavimo problema - statinis alokavimas (II)

Iš eilių teorijos, vidutinis duomenų kadro vėlinimas T sekundėmis:

$$T = \frac{1}{\mu C - \lambda} \quad (1)$$

Kur:

$\frac{1}{\mu}$ vidutinis duomenų kadro ilgis bitais,

C kanalo pralaidumas bitais per sekundę

λ kiek kadrų siunčiama per sekundę

Jeigu $\frac{1}{\mu} = 10000$ bps, $C = 100$ Mbps, $\lambda = 5000$ kadrų per sekundę. $T = ?$ Apskaičiuokite koks bus T_N jeigu dalinsime kanalą į N atskirtų statiška alokuotų pokanalių.

Prielaidos dinaminiam alokavimui

Remsimės šiomis prielaidomis:

Nepriklausomumas Turime N tarpusavyje nepriklausomų stočių (kompiuterių, telefonų, etc.) Per laiko intervalą Δt sugeneruojama $\Delta t \lambda$ duomenų kadrai.

Bendras kanalas Visos stotys dalijasi vienu duomenų perdavimo kanalu. Visos stotys yra vienodo pajėgumo.

Kolizijų aptikimas Jei du duomenų kadrai perduodami tuo pačiu metu įvyksta kolizija ir duomenys sugadinami. Kai įvyksta kolizija tai žino visos stotys.

Laikas Laikas gali būti tolydus arba diskretus - padalintas intervalais. Vieno intervalo metu gali būti perduodamas, 0, 1 arba daugiau kadrai.

Nešlio sekimas Jeigu stotys gali sekti nešlį jos žino ar kanalu naudojamosi ar ne. Jeigu negali tada nežino. angl.

Carrier Sense

Bendro naudojimo terpių protokolai

Pure ALOHA

- ▶ Sugalgvota apie 1970-uosius Havajuose. Nesant telefonų infrastruktūros, skirtingose salose esančius kompiuterius jungiant radijo bangomis su centriniu kompiuteriu.
- ▶ Protokolas pats paprasčiausias - visi siuntėjai siunčia savo duomenis kada nori.
- ▶ Centrinis kompiuteris gavęs duomenų kadrą persiunčia jį visoms stotims kitu kanalu. Jeigu stotis negauna savo išsiųsto paketo reiškia jis buvo sugadintas ir reikia jį persiųsti. Stotis palaukia atsitiktinį laiko intervalą ir persiunčia.
- ▶ Kaip ir galima tikėtis - kadrai dažnai sugadinami. Užtenka, kad persidengtų vieno kadro paskutinis bitas su kito kadro pirmu, kad abu būtų sugadinti.

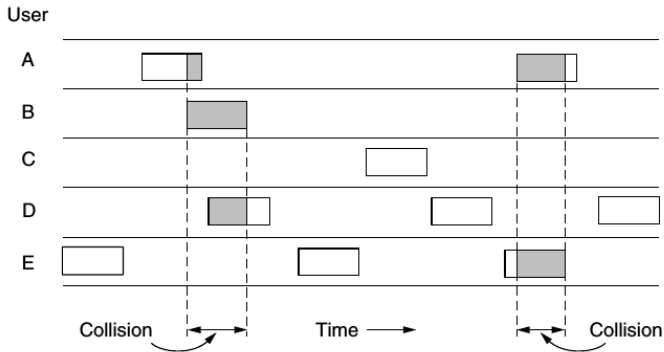


Figure 4-1. In pure ALOHA, frames are transmitted at completely arbitrary times.

ALOHA kanalo našumas

Nagrinėjant tinklų protokolus analitiškai paprastai daroma prielaida, kad duomenų kadrai generuojami pagal Poisson'o skirstinį su vidurkiu G . Tikimybė, kad per periodą, per kurį tikimasi vidutiniškai G kadru bus sugeneruota k kadru yra:

$$Pr_k = \frac{G^k e^{-G}}{k!} \quad (2)$$

Tikimybė, kad nebus sugeneruota kadru yra e^{-G} . Jeigu laiko intervalas trunka du kartus tiek kiek kadras, vidutiniškai per jį bus sugeneruojama $2G$ kadru. Tikimybė, kad per tą laiko tarpą nebus sugeneruota nei vieno kadro yra $P_0 = e^{-2G}$. Jeigu $S = GP_0$, tada:

$$S = Ge^{-2G} \quad (3)$$

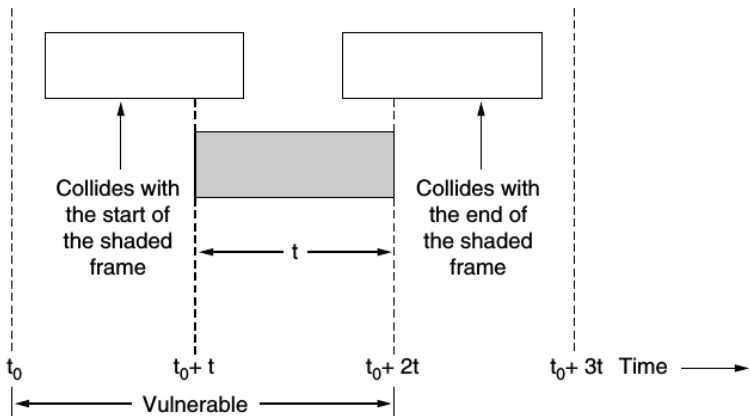


Figure 4-2. Vulnerable period for the shaded frame.

Slotted ALOHA

- ▶ Laikas dalinamas vieno kadro trukmės intervalais.
- ▶ Stotys sinchronizuojamos centralizuoto laikrodžio.
- ▶ Duomenų kadras gali būti siunčiamas tik intervalo pradžioje.
- ▶ Kaip ir anksčiau stotys siunčia kada nori, tačiau turi palaukti kol prasidės kitas leidžiamas intervalas.
- ▶ Šitaip laiko tarpas kada sugeneruotas kadras gali susidurti su kitu kadru yra sumažinamas dvigubai.

Slotted ALOHA našumas

Dėl mažesnio pažeidžiamumo intervalo **Slotted ALOHA** kanalo našumas yra didesnis.

$$S = Ge^{-G} \quad (4)$$

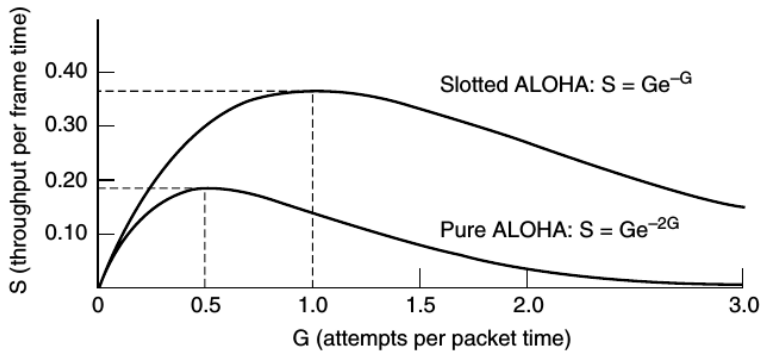


Figure 4-3. Throughput versus offered traffic for ALOHA systems.

Protokolai su nešlio sekimu

- ▶ Su Slotted ALOHA protokolu kanalas maksimaliai išnaudojamas $\frac{1}{e}$.
- ▶ Vienas iš būtų pagerinti efektyvumą yra atsižvelgti į tai ar kanalu perduodami kokie nors duomenys.
- ▶ Protokolai kuriuose stotys klausosi perdavimo kanalo ir pagal tai gali aptikti ar yra perduodami duomenys vadinami protokolais su nešlio sekimu.
- ▶ Svarbi tokių protokolų grupė yra **CSMA (Carrier Sense Multiple Access)** protokolai.

1-persistent CSMA

1. Pasiklausoma kanalo.
2. Jeigu kanalu jau perduodami duomenys palaukiama kol kanalas atsilaisvins.
3. Kanalui atsilaisvinus duomenys iškart siunčiami.
4. Įvykus kolizijai duomenys persiunčiami.

Kada šiame protokole gali įvykti kolizijos? Šis protokolas yra efektyvesnis už abu ALOHA protokolus.

nonpersistent CSMA

1. Pasiklausoma kanalo.
2. Jeigu kanalu jau perduodami duomenys, palaukiama atsitiktinį laiko tarpą ir kartojamas pirmas žingsnis.
3. Jeigu kanalas yra laisvas juo perduodami duomenys.

Šis protokolas yra mažiau “godus” negu **1-persistent CSMA**. Juo sumažinamas kolizijų susidarymas kaip kad **1-persistent CSMA** atveju.

p-persistent CSMA

Veikia kanaluose kuriuose laikas padalintas diskrečiais vieno kadro ilgio intervalais.

1. Pasiklausoma kanalo.
2. Jeigu kanalas laisvas, juo, su tikimybe p , perduodami duomenys.
3. Su tikimybe $q = 1 - p$ siuntimas atidedamas iki kito intervalo pradžios.
4. Taip kartojama kol išsiunčiamas kadras.
5. Jeigu kanalas užimtas laukiama atsitiktinį laiko tarpą.

802.11 naudoja šiek tiek patobulintą šio protokolo versiją.

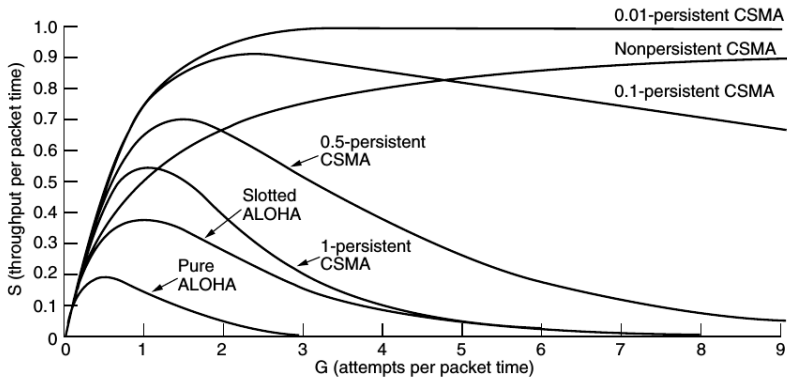


Figure 4-4. Comparison of the channel utilization versus load for various random access protocols.

CSMA su kolizijų aptikimu (CSMA/CD)

Šis protokolas (**CSMA/CD**) yra klasikinio Ethernet pagrindas. Stotis, transliuodama savo duomenų kadrą seka kanalą. Jeigu nuskaityti duomenys skiriasi nuo transliuojamų vadinasi vyksta kolizija.

1. Vienai stočiai pabaigus transliuoti savo kadrą, gali bandyti savo kadrus transliuoti kitos stotys.
2. Jeigu aptinkama kolizija, stotis nutraukia transliavimą ir bando iš naujo po atsitiktinio laiko tarpo.

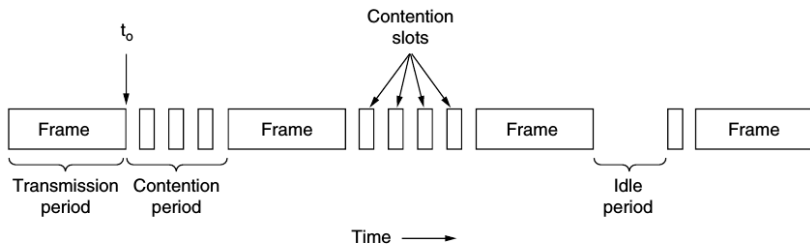


Figure 4-5. CSMA/CD can be in contention, transmission, or idle state.

Protokoliai be kolizijų

- ▶ Nors **CSMA/CD** ir išvengia kolizijų perdavimo metu jos vistiek įvyksta kanalo “dalimosi” periodu.
- ▶ Galimi protokoliai kurie kolizijų išvengia pilnai.
- ▶ Visuose protokoluose darysime prielaidą kad yra N stočių, kurios yra adresuojamos skaičiais nuo 0 iki $N - 1$.
- ▶ Nesvarbu, kad dalis stočių gali būti neaktyvios.

Bit-Map protokolas

- ▶ Egzistuoja kanalo dalinimosi periodas. Jis sudarytas iš N intervalų.
- ▶ Jeigu stotis j nori perduoti duomenų kadrą ji siunčia vienetą savo intervaliuko metu. Priešingu atveju siunčia nulį.
- ▶ Pasibaigus dalinimuisi yra žinoma kokia tvarka kadrai bus siunčiami.
- ▶ Tokie protokolai vadinami protokolais su rezervacija.
- ▶ Jeigu kanalas yra menkai užimtas tada juo bus perduodami vien rezervacijos bitai. Jeigu stoties numeris mažas jai reikės šiek tiek luktelėti prieš siunčiant savo kadrą, net jeigu konkurentų nėra.

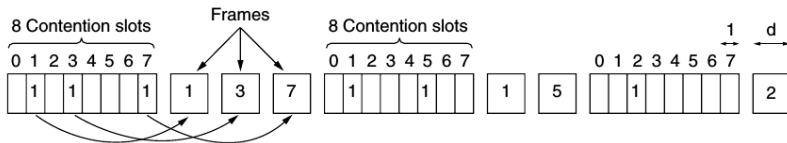


Figure 4-6. The basic bit-map protocol.

Žetono perdavimo protokolas

- ▶ Žetonas reiškia leidimą stočiai siųsti savo kadrą.
- ▶ Jeigu stotis nenori nieko siųsti ji tiesiog perduoda žetoną sekančiai stočiai.
- ▶ Paprasčiausiu atveju stotys gali tiesiog būti sujungtos į žiedą.
- ▶ Šio protokolo efektyvumas yra panašus kaip ir **bit-map** protokolo. Tačiau šiuo atveju stotys nėra prioritetizuojamos pagal adresą.

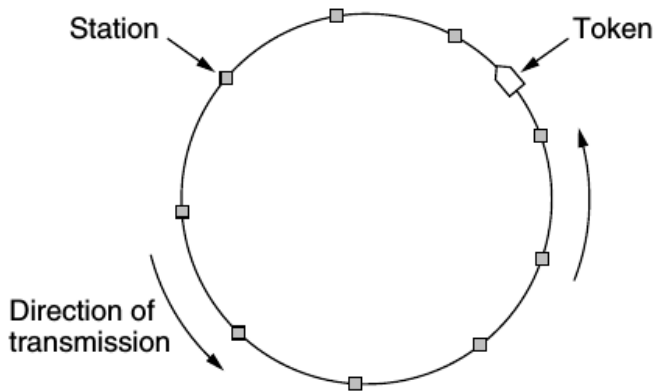


Figure 4-7. Token ring.

Binary Countdown protokolas

1. Visos stotys transliuoja savo adresus.
2. Visų adresų bitams yra atliekama OR loginė operacija.
3. Stotis kuri turi teisę transliuoti yra atrenkama pagal šios operacijos rezultatą.
4. Laimėjusi stotis transliuoja savo duomenų kadrą.

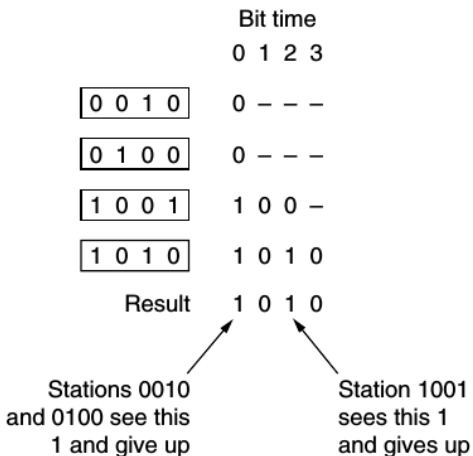
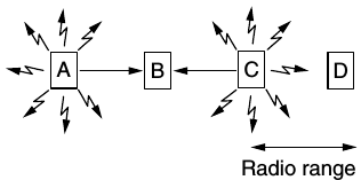


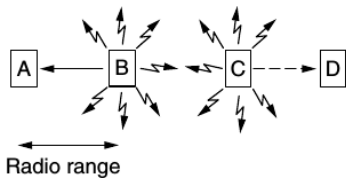
Figure 4-8. The binary countdown protocol. A dash indicates silence.

Bevielio tinklo protokolai

- ▶ Bevieluose tinkluose neišvairina aptikti kolizijų joms vykstant. Vietoje to naudojami patvirtinimai.
- ▶ Bevieliami tinkle stotis nebūtinai (dėl riboto radijo bangų veikimo atstumo) gali transliuoti visoms kitoms stotims.
- ▶ Naiviai žiūrint galima būtų bandyti naudoti CSMA. Klausytis ar niekas netransliuoja ir transliuoti kai kanalas atsilaisvina.
- ▶ Bėda ta, kad čia svarbūs ne tie signalai kurie pasiekia siuntėją o tie, kurie pasiekia gavėją.
- ▶ Siuntėjas prieš siųsdamas duomenis gavėjui turi žinoti ar stotys šalia jo siunčia duomenis.



(a)



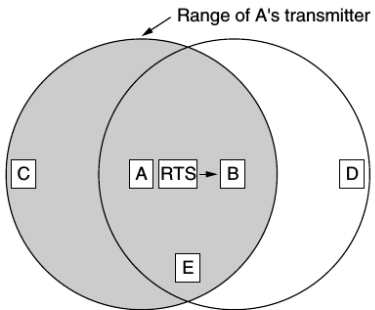
(b)

Figure 4-11. A wireless LAN. (a) *A* and *C* are hidden terminals when transmitting to *B*. (b) *B* and *C* are exposed terminals when transmitting to *A* and *D*.

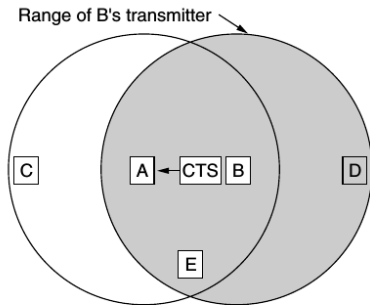
MACA - Multiple Access with Collision Avoidance

protokolas

- ▶ Skirtas bevieliams tinklams.
 - ▶ Pagrindinė idėja yra padaryti taip, kad siuntėjas lieptų gavėjui išsiųsti tam tikrą kadrą, kurį gavusios kaimyninės stotys nieko netransliuos tam tikrą laiko tarpą.
 - ▶ Per tą laiko tarpą siuntėjas išsiųs savo duomenų kadrą gavėjui.
1. **A** siunčia **B** 30 baitų kadrą **RTS - Request To Send** kuriame yra įrašytas norimo siųsti kadro dydis.
 2. **B** atsako su **CTS - Clear To Send** kadru kuriame yra nukopijuotas norimo siųsti kadro dydis. Gavusi šį kadrą **A** siunčia duomenis.
 3. Stotys girdinčios **RTS** yra arti **A** ir turi palaukti kol bus gražintas **CTS**.
 4. Stotys girdinčios **CTS** yra arti **B** ir turi palaukti kol bus persiųsti duomenys.



(a)



(b)

Figure 4-12. The MACA protocol. (a) *A* sending an RTS to *B*. (b) *B* responding with a CTS to *A*.

Ethernet

Klasikinio **Ethernet** fizinis lygis

- ▶ Klasikinis **Ethernet** tinklas buvo sudarytas iš ilgo laido prie kurio prijungiami kompiuteriai.
- ▶ Storas **Ethernet** buvo sudarytas iš ilgo storo geltono laido kuriame kas 2.5 metro buvo atžymos prijungti kompiuteriams.
- ▶ Plonas **Ethernet** skyrėsi tuo, kad laidas buvo lankstesnis ir buvo galima prijungti kompiuterius BNC jungtimis.
- ▶ Buvo naudojamas mūsų aptartas Mančesterio kodavimas.
- ▶ Jeigu buvo reikalingas ilgesnis laidas negu numatyta standarte naudojami kartotuvai.

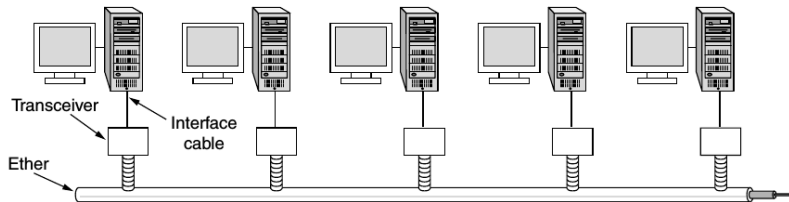


Figure 4-13. Architecture of classic Ethernet.

Klasikinio Ethernet MAC polygis (I)

Duomenų kadro sandara:

- ▶ Preamble - 8 baitai. Pirmi 7 baitai sudaryti iš bitų 10101010, paskutinis baitas 10101011. Paskutinis baitas vadinamas **Start of frame**. Šie bitai užkoduoti Mančesterio kodavimu generuoja 10 MHz kvadratinę bangą $6.4 \mu\text{sec}$, kad leidžia sinchronizuoti laikrodžius. Paskutiniai du bitai žymi kadro pradžią.
- ▶ Gavėjo adresas - 6 baitai. Jeigu pirmas bitas yra 0 siunčiama konkrečiam gavėjui, jeigu 1 - grupei. Toks siuntimo būdas vadinamas **multicasting**. Jeigu visi gavėjo adreso bitai vienetai siunčiama visiems gavėjams - **broadcasting**.
- ▶ Siuntėjo adresas - 6 baitai. Visi kompiuterių adresai yra unikalūs. Pirmus tris baitus skiria **IEEE** gamintojams, sekančius tris baitus gamintojas skiria pats konkrečiam įrenginiui.

Klasikinio **Ethernet** MAC polygis (II)

- ▶ Tipas arba ilgis - Priklausomai nuo to ar kadras yra Ethernet ar Ethernet 802.3 šio lauko reikšmė reiškia arba duomenų baitų skaičių arba kadro tipą (jį reikia žinoti pvz. norint perduoti kadrą vienam iš kelių tinklo sluoksnio protokolų). Jei reikšmė didesnė nei 0x600 interpretuojama kaip tipas, priešingu atveju kaip ilgis.
- ▶ Duomenys - Iki 1500 duomenų baitų.
- ▶ Pad - Jei duomenų mažiau nei 46 baitai šis laukas naudojamas papildyti iki 64 baitų minimumo.
- ▶ Kontrolinė suma - Skaičiuojama naudojant CRC algoritmą, naudojant paskaitoje duotą generuojantį polinomą.

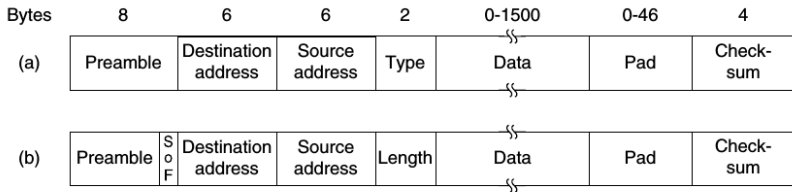


Figure 4-14. Frame formats. (a) Ethernet (DIX). (b) IEEE 802.3.

Kodėl **Ethernet** kadro dydis turi minimalią reikšmę

- ▶ Norima užtikrinti, kad stotis nebaigtų transliuoti kadro jo pirmam bitui dar nepasiekus kito laido galo.
- ▶ Jeigu siunčiamas labai trumpas kadras, gali atsitikti taip, kad kadras bus baigtas transliuoti, pasieks kitą laido galą ir įvyks kolizija su kitu kadru.
- ▶ Šios kolizijos siuntėjas negalės aptikti, dėl to manys, kad kadras nusiųstas sėkmingai.
- ▶ Minimalus dydis yra surištas su standarte numatyti maksimaliu laido ilgiu.

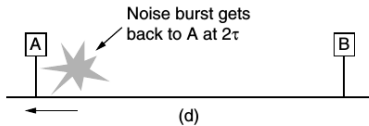
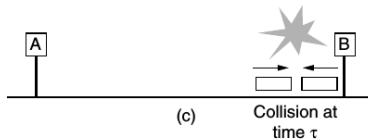
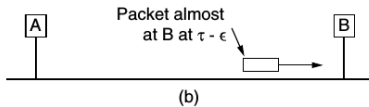
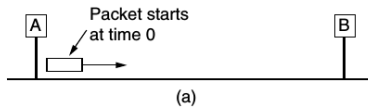


Figure 4-15. Collision detection can take as long as 2τ .

CSMA/CD variantas naudojamas Ethernet

- ▶ Naudojamas jau aptartas **1-persistent CSMA/CD** protokolas.
- ▶ Jeigu siuntėjas aptinka koliziją jis palaukia atsitiktinį laiko tarpą ir transliuoja iš naujo.
- ▶ Kai įvyksta pirma kolizija siuntėjas laukia 0 arba 1 intervalą ($5.12\mu\text{sec}$) atsitiktinai prieš siųsdamas iš naujo.
- ▶ Po antros kolizijos laukia 0, 1, 2 arba 3 intervalus atsitiktinai.
- ▶ Bendru atveju ima atsitiktinai tarp 0 ir $2^i - 1$ intervalų.
- ▶ Tai vadinama **binary exponential backoff** metodu.
- ▶ Ethernet nenaudoja patvirtinimų.

Ethernet efektyvumas (I)

Daroma prielaida, kad k stočių nuolat transliuoja duomenis. Kadangi išsami analizė yra sudėtinga darysime supaprastinančią prielaidą, kad tikimybė kiekvieno dalinimo periodo intervalo metu, kad stotis bandys gauti teisę transliuoti yra vienoda. Jeigu kiekviena stotis kanalo dalinimosi periodu transliuoja su tikimybe p , tikimybė, kad kokia nors stotis gaus kanalą to dalinimosi periodo metu yra:

$$A = kp(1 - p)^{k-1} \quad (5)$$

A yra maksimizuojamas, kai $p = \frac{1}{k}$, tokiu atveju $A \rightarrow \frac{1}{e}$, kai $k \rightarrow \infty$. Tikimybė, kad dalinimosi intervalas turi lygiai j intervaliukų yra $A(1 - A)^{j-1}$, vadinasi vidutinį skaičių intervalų dalinimosi etape galime apskaičiuoti pagal formulę:

$$\sum_{j=0}^{\infty} jA(1 - A)^{j-1} = \frac{1}{A} \quad (6)$$

Ethernet efektyvumas (II)

Kanalo efektyvumu vadinsime santykį tarp kanalo pločio ir kiek duomenų juo galima perduoti. Kadangi kiekvieno intervaliuko trukmė yra 2τ , vadinasi vidutiniškai dalinimosi periodas trunka $\frac{2\tau}{A}$. Vadinasi jeigu vidutiniškai išsiųsti vieną kadrą užtrunka P laiko, tai kanalo efektyvumas bus:

$$\text{Kanalo efektyvumas} = \frac{P}{P + \frac{2\tau}{A}} \quad (7)$$

Perskaičiuosime efektyvumą priklausomai nuo kadro ilgio F , tinklo pločio B , laido ilgio L , signalo sklidimo greičio (šviesos) c , optimaliam atvejui kai dalinimosi periode yra e intervaliukų kiekvienam kadrai. Kadangi $P = \frac{F}{B}$:

$$\text{Kanalo efektyvumas} = \frac{1}{1 + \frac{2BLE}{cF}} \quad (8)$$

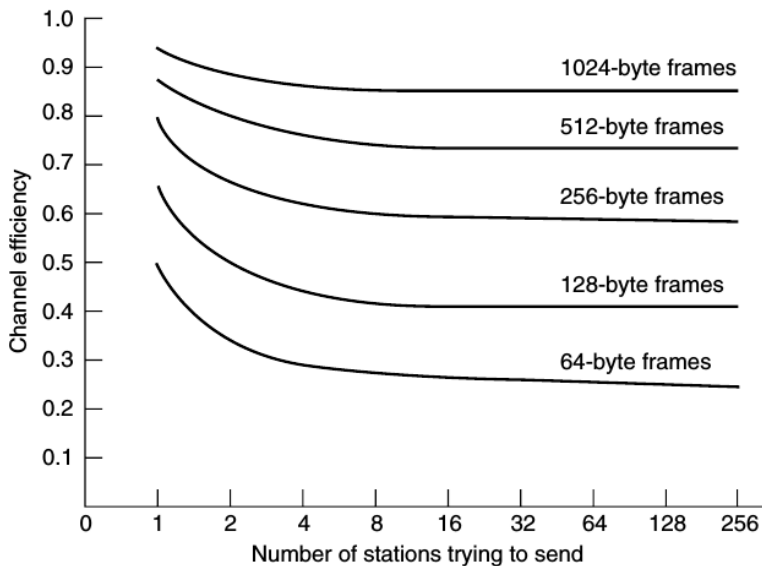


Figure 4-16. Efficiency of Ethernet at 10 Mbps with 512-bit slot times.

Ethernet su switchais (I)

- ▶ Klasikiniame **Ethernet** stotys yra sujungiamos į vieną. Arba naudojant bendrą kabelį arba per **Hub**.
- ▶ Buvo norima pernaudoti jau esančius išvestus ofisuose telefonų laidus.
- ▶ **Hub** buvo naudojami prijungti stotis per telefono laidus.
- ▶ Iš tiesų ši struktūra ekvivalenti vienam bendram laidui.
- ▶ Tokia struktūra apriboja maksimalų tinklo dydį, kadangi naudojamas tas pats fizinis kanalas.

Ethernet su switchais (II)

- ▶ **Ethernet** switchas yra prietaisas prie kurio jungiamos visos stotys.
- ▶ Šiuo atveju nėra bendros fizinės terpės - switchas skirsto gaunamus duomenų kadrus tom stotims kurios turi juos gauti.
- ▶ Kadangi nėra bendros fizinės terpės kolizijos nėra įmanomos.
- ▶ Naudojant **hub** visos stotys girdi ką siunčia visos kitos stotys, taigi switchas duoda daugiau saugumo.
- ▶ Naudojami tie patys kadrų formatai kaip ir klasikinio **Ethernet** atveju.

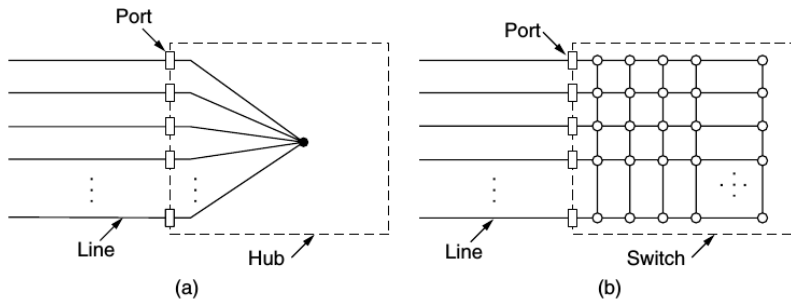


Figure 4-17. (a) Hub. (b) Switch.

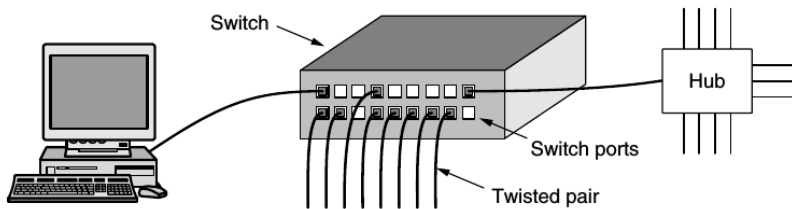
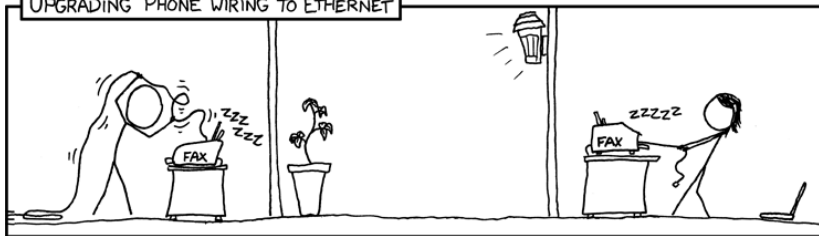


Figure 4-18. An Ethernet switch.

Fast Ethernet

- ▶ Klasikinis **Ethernet** leidžia duomenų perdavimo greičius iki 10 Mbps, kadangi to neužteko **Fast Ethernet** leidžia greičius iki 100 Mbps.
- ▶ Išlaikomi vis tie patys kadrų formatai, tiesiog padidinamas perdavimo greitis 10 kartų.
- ▶ Jei naudojamas Cat 3 susuktos poros laidas jų reikia keturių, kad pasiekti 100 Mbps. Naudojamas Mančesterio kodavimas.
- ▶ Jei naudojamas Cat 5 susuktos poros laidas naudojamas **4B/5B** kodavimas.
- ▶ Yra galimybė naudoti optinį pluoštą.

UPGRADING PHONE WIRING TO ETHERNET



Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps (Cat 5 UTP)
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

Figure 4-19. The original fast Ethernet cabling.

Gigabit Ethernet

- ▶ Leidžia greičius iki 1000 Mbps.
- ▶ Vėlgi išlaikomi tie patys duomenų kadrų formatai.
- ▶ Naudojamas **8B/10B** kodavimas.
- ▶ Norint panaudoti Cat 5 susuktą porą yra sudėtingiau dėl didelio duomenų dažnio, reikia penkių porų.
- ▶ Kadangi Cat 5 laidai praversti daugelyje ofisų ši versija plačiausiai paplitusi.

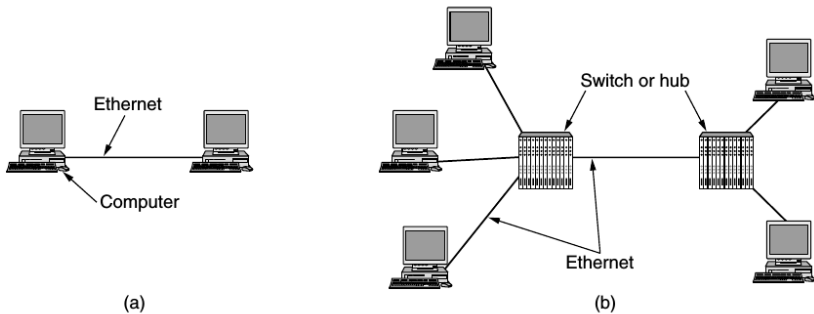


Figure 4-20. (a) A two-station Ethernet. (b) A multistation Ethernet.

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

Figure 4-21. Gigabit Ethernet cabling.

10-Gigabit Ethernet

- ▶ Sukurtas 2002.
- ▶ Leidžia duomenų perdavimo greičius iki 10000 Mbps.
- ▶ Jam jau reikia specialių laidų.
- ▶ Planuojami ir 40 Gbps ir 100 Gbps **Ethernet** praplėtimai.

Name	Cable	Max. segment	Advantages
10GBase-SR	Fiber optics	Up to 300 m	Multimode fiber (0.85μ)
10GBase-LR	Fiber optics	10 km	Single-mode fiber (1.3μ)
10GBase-ER	Fiber optics	40 km	Single-mode fiber (1.5μ)
10GBase-CX4	4 Pairs of twinax	15 m	Twinaxial copper
10GBase-T	4 Pairs of UTP	100 m	Category 6a UTP

Figure 4-22. 10-Gigabit Ethernet cabling.

Uždaviniai

Uždaviniai (I)

29. N stočių naudoja 56 kbps ALOHA kanalą. Kiekviena stotis vidutiniškai kas 100 sec generuoja 1000 bitų ilgio kadra, net jei praeitas dar neišsiųstas (buferizuoja). Kokia maksimali N reikšmė?
30. Kuris protokolas - ALOHA ar slotted ALOHA duos mažesnes vėlinimo reikšmes esant mažam apkrovimui. Atsakymą pagrįskite.
31. Kiek blogiausiu atveju stotis s turės laukti prieš išsiųsdama savo kadra naudojant **bit-map** protokolą.
32. **Binary countdown** protokolo atveju - kaip stotis su mažu numeriu gali negauti galimybės išsiųsti savo kadra ilgą laiką?

Uždaviniai (II)

- 33. Šešios stotys A-F bendrauja naudodamos **MACA** protokolą. Ar įmanoma, kad du transliavimai įvyks vienu metu? Atsakymą pagrįskite.
- 34. Nupaišykite kaip atrodys bitų seka 0001110101 užkoduota Mančesterio kodavimu klasikiniame **Ethernet**.
- 35. Dvi CSMA/CD stotys bando siųsti ilgus (iš daugelio kadro) failus. Po kiekvieno kadro išsiuntimo, naudojant **binary exponential backoff** algoritmą dalijamasi kanalu. Kokia tikimybė, kad dalijimosi periodas baigsis k-ajame rounde? Koks vidutinis dalijimosi roundų skaičius dalijimosi periode?

Udaviniai (III)

36. Aprašykite klasikinio Ethernet MAC polygį, koks naudojamas kadro formatas, fizinio sluoksnio duomenų kodavimas, bendro naudojimo duomenų perdavimo terpės protokolas.
37. Aprašykite visus skirtingus Ethernet standartus.
38. Smulkiai aprašykite tris protokolus naudojančius nešlio sekimą.
39. Aprašykite “hidden terminal” ir “exposed terminal” problemas beveliuose tinkluose.
40. Aprašykite tris bendro naudojimo terpių protokolus kuriuose pilnai išvengiama kolizijų.
41. Pagrįskite kodėl bendro naudojimo terpių tinkluose neefektyvu naudoti statinį alokavimą (pavyzdžiui kanalo tankinimą).