

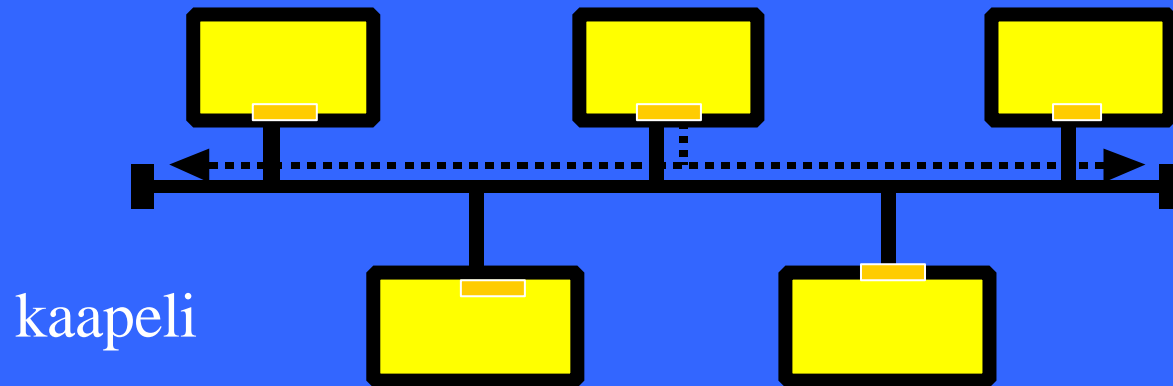
5.5 Ethernet-lähiverkko

- Yleisin lähiverkkoteknologia
- IEEE:n standardoima LAN-verkko
 - CSMA/CD (kuulosteluväylä)
- Muita lähiverkkostandardeja
 - esim.
 - Token ring (vuororengas)
 - FDDI
 - WLAN (langaton lähiverkko)

ei käsitellä tällä kurssilla

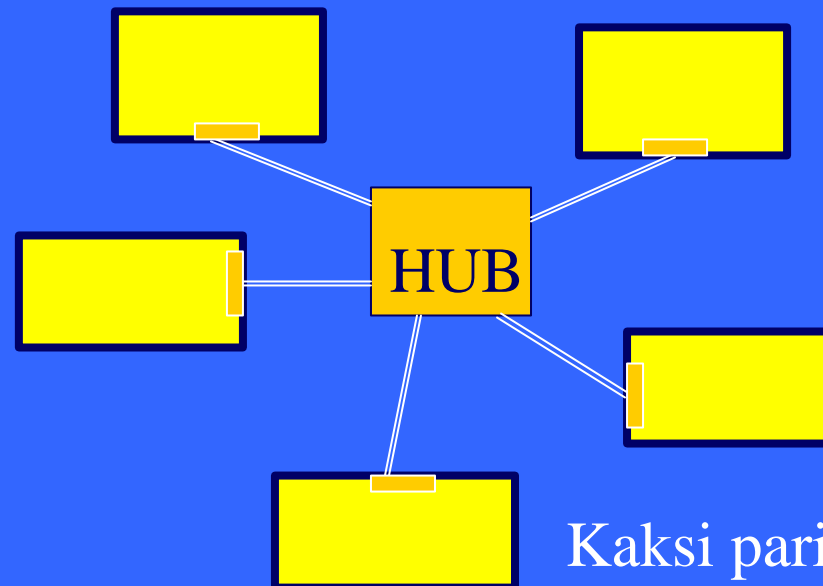
Eetteriverkon rakenne

- väylä



- ◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin



Kaapelit

10Base2 ohut kaapeli

- » 10 => 10 Mbps
- » Base => kantataajuus
- » 2 => 200 m

● 10Base-T kierretty pari & central hub

- » helppo hallita, kallis, suosio kasvaa

● 10Base-F valokaapeli

- » kallis, luotettava, tehokas

● 100Base-T, 100 Base-F

- » Fast Ethernet

Lyhyet etäisyydet, pieni määrä laitteita

- sovittimesta keskittimeen (hub) maks. 100 m
- väylä
 - pituus maks. < 200 metriä,
 - syynä vaimeneminen
 - solmuja maks. 30 kpl
 - syynä CSMA/CD => liikaa törmäyksiä
 - maks. 5 väylää voidaan yhdistää **toistimilla**
 - => ~1000 m, 150 laitetta
- valokuitua käytettäessä hieman pitemmät etäisyydet

Signaalin koodaus

- Manchester-koodaus

- tahdistus

- » jännitteen muutos keskellä bittiä

- ei kellopulssia

- mutta lisää kaistanleveyttä

CSMA/CD

- jos väylä vapaa, lähetetään heti

- muuten jäädään odottamaan ja lähetetään heti linjan vapauduttua

- entä kun tapahtuu törmäys?

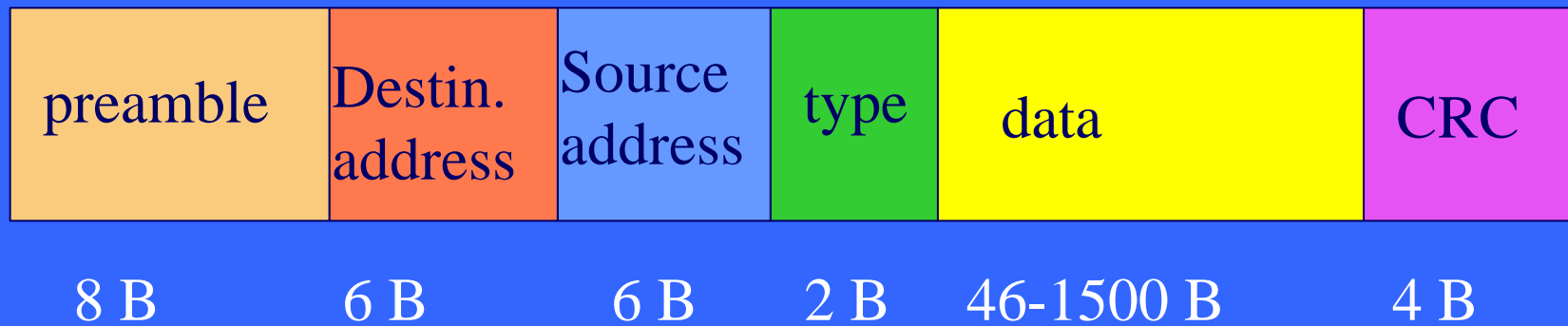
Törmäyksen jälkeinen uudelleenlähetys

● Binary exponential backoff

- törmäyksen jälkeen aika jaetaan lokeroiksi
 - 51.2 μ s vastaten 512 bittiä eli 64 tavua
- 1. törmäyksen jälkeen asema odottaa satunnaisesti joko 0 tai 1 lokeron ajan ennen kuin yrittää uudelleen
- 2. törmäyksen jälkeen odotus on 0, 1, 2 tai 3 lokeroa
- n. törmäyksen jälkeen valitaan odotusaika väliltä:
0 - 2^{n-1} lokeroa
 - 10. törmäyksen jälkeen väliä [0-1023] ei enää kasvateta
 - 16. törmäyksen jälkeen luovutaan ja ilmoitetaan 'asiakkaalle' (eli verkkokerrokselle) epäonnistumisesta

- binäärinen eksponentiaalinen perääntymien on joustava
 - kuorma kasvaa \Rightarrow väli kasvaa
- vaihtoehtona kiinteä valintaväli
 - » aina [0- 1023]
 - » aina [0-1]
 - » aina [a-n]
 - entä suorituskyky?

Ehternet-kehys



MAC-protokolla

- tahdistuskuvio (preamble)
 - » 7 tavua 1010101010 tahdistusta varten
 - » kehyksen alku 10101011
- kohde- ja lähdeosoitteet
 - » osoitteessa 6 tavua (tai 2 tavua)
 - » 0xxxxx... yksilöosoite
 - » 1xxxxx ... ryhmäosoite
 - » 11111 kaikkia
 - » yksi bitti: paikallinen vai globaali osoite



kehyksen pituus

- 64-1500 tavua
 - kehyksen pituus **vähintään 64 tavua**
 - » tarvittaessa täytettä (PAD)
- **jotta lähettäjä ehtii havaita kehyksen törmäyksen**
 - kehyksen lähetys ei saa päättyä ennen kuin alku on perillä ja mahdollinen törmäysääni kuultu
 - alku perillä => loppukin onnistuu

Väylää kuunneltava

- pahimmassa tapauksessa



- => kehyksen lähetyksen minimikesto:
2*etenemisviive väylällä



- 10 Mbps

- LAN-pituus korkeintaan 2500 m
- toistimia korkeintaan 4
- lähetyksen kestettävä ainakin $51.2 \mu\text{s}$
- eli 64 tavua

Ethernetin hyvät puolet

- yleisesti käytetty
- yksinkertainen protokolla
- asemien lisääminen helppoa
- passiivinen kaapeli,
- ei modeemia,
- kevyellä kuormalla lähetysviive nolla

Ethernetin huonot puolet

- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
 - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epädeterministinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
 - => törmäyksiä => suoritusteho laskee

LLC (Logical Link Control)

- LAN-verkot
- vuonvalvonta, virhevalvonta, yhtenäinen rajapinta erilaisiin verkkoihin
- ~ OSI-malli, HDLC
- Palvelut:
 - epäluotettava datasähkepalvelu,
 - kuittaava datasähkepalvelu,
 - luotettava yhteydellinen palvelu



LAN-osoitteet ja ARP

- (lähi)verkko-osoite
 - fyysinen osoite
 - MAC-osoite
- Eetteriverkossa (sovitinkortissa)
 - 48 bittiä
 - joka kortissa oma ainutkertainen pysyvä numero
- lähiverkkoon liitetyt laitteet ymmärtävät vain LAN-osoitteita

IP-osoite => LAN-osoitteeksi

- ARP-taulu

- IP-osoitteiden muuttamiseksi LAN-osoitteiksi

- » IP-osoite, sitä vastaava LAN-osoite, aikaleima

- vanhentuneet tiedot katoavat taulusta

- Entä, jos IP-osoitetta ei ole taulussa?

- Sovelluskerroksella DNS, jolta kysyttiin.

- LAN:ssa kaikki asemat yleensä kuulevat kaikki lähetykset (yleislähetys).

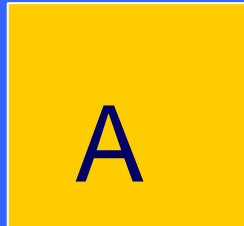
- Hyödynnetään tätä ominaisuutta!

ARP-protokolla (Address Resolution Protocol)

- IP-kerroksen protokolla, jolla selvitetään IP-osoitetta vastaava siirtoyhteyskerroksen osoite
 - » esim. eetteriverkon 48-bittisiä osoitteita
- yleislähetys lähiverkkoon
 - “Kenellä on IP-osoite vv.xx.yy.zz ?”
 - vastauksena osoitteen omistavan laitteen lähiverkko-osoite
 - » ARP-paketteja: kysely ja vastaus

..128.214.4.29 ..

IP-paketissa
on vain
vastaan-
ottajan IP-
osoite



B:n
verkko-
osoite

..128.214.4.29 ..



128.214.4.29
66-55-44-33-
22-11

**Pitää saada selville
IP-osoitetta vastaava
verkko-osoite.**

Yleislähetyksenä
kysely: 'Kenen IP-
osoite **128.214.4.29** ?'



**Jokaisella koneella
oma ethernet-osoite
(48 bittiä), jota
käytetään MAC-
kehyksessä**

- Jos A:lla ei ole tietoa ARP-tilustaan, niin A lähettää ARP-kysely yleislähetystenä
 - » “Kenen IP-osoite on **128.214.4.29**?”
- Kone B, joka tunnistaa oman IP-osoitteen lähettää A:lle vastauksena ARP-paketin
 - » “Koneen **66-55-44-33-22-11** IP-osoite on 128.214.4.29!”
- A lähettää IP-paketin B:n LAN-osoitteella MAC-kehityksessä.

- optimointia:

- kyselyn tulos välimuistiin

- » talletetaan muutaman minuutin ajan

- tyypillisesti 20 minuuttia

- kyselijä liittää omat osoitteensa kyselyyn

- alustettaessa jokainen laite ilmoittaa osoitteensa muille

- » kysyy omaa osoitettaan

- » jos tulee vastaus, niin konfigurointivirhe

5.6 Silta (bridge)

- LAN-verkkojen yhdistäminen
- keskittimillä (hub)
 - » toistin, toimii perustasolla, käsittelee bittejä
 - » lähettää vastaanottamansa bitit kaikille muille
 - » yhteinen törmäysalue => vain pieniin verkkoihin
 - » vain samanlaisiin verkkoihin
- silloilla
 - » linkkitason olio
 - » voi **periaatteessa** yhdistää myös erilaisia verkkoja
 - mitä erilaisempia sen hankalampaa

Käyttötarpeita

- osastoverkot
- maantiede: hajautus
- etäisyydet: yhdistäminen
- kuormituksen jakaminen
- häiriöiden rajoitus paikalliseksi
- suojaus: lähiverkkojen looginen eristäminen

Sillan portit

- Lähiverkko liitetään siltaan **portin** kautta
 - yksinkertaisissa silloissa vain kaksi porttia
 - monipuolisissa useita
- Portti
 - MAC-piiri
 - noudattaa lähiverkon protokollaa
 - esim. CSMA/CD
 - ohjelmisto
 - huolehtii alustuksesta
 - puskurin hallinnasta

Tuntumaton silta

(transparent bridge, spanning tree bridge)

- tavoitteena tuntumattomuus

- » ‘plug and play’

- ei mitään muutoksia laitteistoon, ohjelmistoon
- ei reititystaulujen ja parametrien asettelua
- ei vaikuta itse LANien toimintaan

- tuntumaton silta

- vastaanottaa kaikki siihen kytketyiltä LANeilta tulevat kehykset
- joko hylkää tai ohjaa edelleen

- Tuntumaton silta
 - tekee itse kaikki ohjausratkaisut
 - silta alustaa itse itsensä
 - silta sopeutuu dynaamisesti verkon muutokseen
- eri LANeista voi tulla sanomia yhtäaikaan
 - talletetaan puskureihin
- edelleen lähetettävistä sanomista valmistetaan niiden kohdeverkkoa vastaava kehys

Sillat ohjaavat kehykset toisiin LANeihin

● siltojen siltataulut

Jokaisella
laitteella oma
yksikäsitteinen
osoite

laite- osoite	portti
A	1
B	1
C	2
D	2
F	2

Silta B1

Laite-
osoite

Laite- osoite	portti
B	1
C	1
D	2
H	3

Silta B2

Siltataulut

- Alkutilanteessa kaikkien siltojen siltataulut ovat tyhjiä
- siltataulua päivitetään aina, kun kehys saapuu
- vanhentuneet tiedot poistetaan
 - ajastin laukeaa

Silta käsittelee kaikkia kehykset:

Kehys: lähdeLAN X; kohdeLAN Y; tuloportti I;

- X, Y siltataulussa

- X ja Y samassa portissa => hylkää kehys
- X ja Y eri porteissa => lähetä eteenpäin
- päivitä X, I

- X ei taulussa

- lisää X, I => silta oppii (backward learning)

- Y ei taulussa

- lähetä Y kaikista muista porteista => tulvitus
- päivitä X, I

Tulvitus (flooding)

- tulvitus on ongelma
 - sanomat jäävät kiertämään silmukoissa
 - koko verkko tukkeutuu
- **siis silmukoita ei saa muodostua!**
 - eli verkon loogisen rakenteen pitää olla puu
 - muodostetaan verkolle virittävä puu
(spanning tree)

Virittävä puu

- sillat muodostavat ja ylläpitävät
 - valitse juuri
 - silta, jolla pienin sarjanumero
 - valitse kustakin sillasta/ LAN:ista lyhin reitti juureen
 - => **virittävä puu**
 - muut sillat jäävät käyttämättä
 - tulvitus vain **virittävän puun siltoja pitkin**

Siltojen edut

- verkkojen ja asemien määrää helppo kasvattaa
- erilaisia lähiverkkoa
- sillat eivät näy ylemmille kerroksille
- voidaan kerätä tietoja ja säädellä pääsyä
- luotettavuus ja suorituskyky kasvaa

Siltojen haitat

- sillat puskuroivat ja aiheuttavat viivettä
- ei vuonsäätelyä => sillan kapasiteetti voi ylittyä
- kehysrakenteen muuttaminen => virheitä jää havaitsematta
- **Yleisesti edut selvästi suuremmat kuin haitat**

Erittäin nopeat lähiverkot (High-speed LANs)

- nopeus \gg 10 Mbps, 100 Mbps - 1Gbps
- eri ratkaisuja
 - **Fast Ethernet, Gigabit Ethernet**
 - FDDI, HIPPI, WLAN, atm, jne
 - Näitä ei käsitellä kursilla!

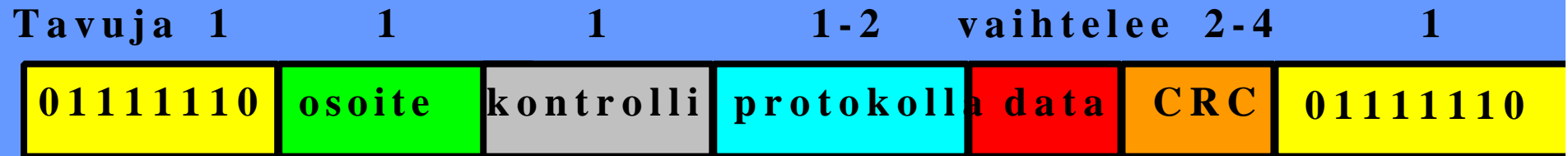
5.8. Linkkitason protokollia

- Linkkitason protokollia on useita
 - **HDLC** (High-level Data Link Control)
 - useita, enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia yhteensopimattomia versioita
 - ei käsitellä kurssilla
 - **PPP** (Point-to-Point Protocol)
 - soittoyhteys modeemin tai ISDN:n kautta tietokoneeseen
 - yleisimmin käytettyjä linkkiprotokollia

5.8. PPP (Point-to-Point Protocol)

- IETF:n vaatimuksia
 - hyvin toimiva kehystys
 - kehysten virhetarkistus (virheellinen kehys tuhotaan!)
 - havaitsee, jos yhteys ei toimi ja ilmoittaa tästä verkkokerrokselle
 - useat verkkokerroksen protokollat voivat käyttää
 - verkko-osoitteista sopiminen: mm. IP-osoitteet neuvoteltavissa yhteyden muodostuksen aikana
 - autentisointi mahdollista
 - ei vuonvalvontaa

PPP-kehys



- **lipputavu 01111110,**
 - character stuffing, DLE = 01111110
- **osoitekenttä aina 11111111 (=yleislähetys)**
- **kontrollikenttä aina 00000011**
 - osoite- ja kontrollikenttä voidaan jättää kokonaan pois
- **protokolla: mille protokollalle data on tarkoitettu**
 - esim. IP, IP:n Control Protocol, PPP:n Link Control Protocol
- **data: sisältää ylemmälle protokollalle tarkoitettua dataa**
 - maksimi sovitaan, oletusmaksimi 1500 tavua
- **CRC: tarkistusbitit;**

● LCP (Link Control Protocol)

- » muodostaa ja testaa linjayhteyksiä
- » neuvottelee yhdeyden ominaisuuksista
- » purkaa yhteyden, kun sitä ei enää tarvita
- » vrt. TCP-yhteys

● NCP (Network Control Protocol)

- » neuvottelee verkkokerroksen optioista
- » oma NCP kullekin verkkoprotokollalle
- » TCP/IP: tärkein tehtävä IP-osoitteen antaminen päätteelle dynaamisesti

Yhteydenotto PPP:llä

- soitto modeemilla reitittimeen
 - » fyysinen yhteys
- PPP-parametrien valinta
 - » LCP-paketteja vaihtamalla
- verkkokerroksen konfigurointi
 - » TCP/IP: IP-osoitteen antaminen PC:lle
 - » PC => tilapäinen Internet isäntäkone
- PC voi lähettää ja vastaanottaa tavallisen isäntäkoneen tapaan

Yhteyden purku

- NCP purkaa verkkoyhteyden ja vapauttaa IP-osoitteen
- LCP purkaa siirtoyhteysskerroksen

Linjayhteyden muodostus

- Dead

- » ei kantoaaltoa, ei peruskerroksen yhteyttä

- Established

- » peruskerroksen yhteys muodostettu

- » sovitaan LPC-optioista

- Authenticate

- » osapuolet varmistuvat toistensa identiteetistä

- Network

- » NCP konfiguroi verkkokerroksen

- Open

- » tiedonsiirto voi alkaa

- Terminate

- » kun tiedonsiirto suoritettu => lopetustilaan

- » tästä palataan alkutilaan lopettamalla kantoaalto

LPC-pakettityypit

- optioista ja niiden arvoista sopiminen
 - Configure-
 - » request ehdotettuja optioita ja arvoja
 - » ack kaikki hyväksytään
 - » nak optioita, joita ei voida hyväksyä
 - » reject optioita, joista ei voida neuvotella
- linjan sulkeminen
 - Terminate-
 - » request linjan sulkemispyyntö
 - » ack OK, linja suljetaan

- tuntemattomat sanomat

- Code-reject tuntematon pyyntö
- Protocol-reject tuntematon protokolla

- linjan testaus

- Echo-request palauta tämä kehys
- Echo-reply tässä kehys takaisin
- Discard-request hylkää tämä testisanoma

Yhteenveto

- Sovelluskerros: sovelluksen tarpeet
 - HTTP, DNS, SMTP
- Kuljetuskerros: sanomien kuljetus prosessien välillä **luotettavasti**
 - TCP: virheet, vuon- ja ruuhkanvalvonta; UDP
- Verkkokerros: **reititys** koneiden välillä
 - IP, osoitteet, reititysprotokollat
- Siirtoyhteyskerros: kahden solmun välillä
 - MAC: CSMA/CD, CDMA; PPP
 - Ethernet, tunnetun silta

Kiitos kestävyydestä!

