

# 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



## ● Type

» kertoo käytetyn verkkoprotokollan tyypin eli mille protokollalle kehyksen data luovutetaan

- IP, ARP,
- joku muu verkkoprotokola: AppleTalk, Novell IPX, ..

## ● CRC

» 4 tavua

# 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

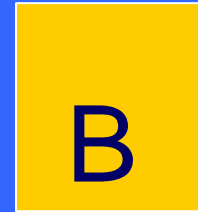
..128.214.4.29 ..

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-kehiksessä.

- 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 Keskitin (hub), silta (bridge) ja kytkin (switch)

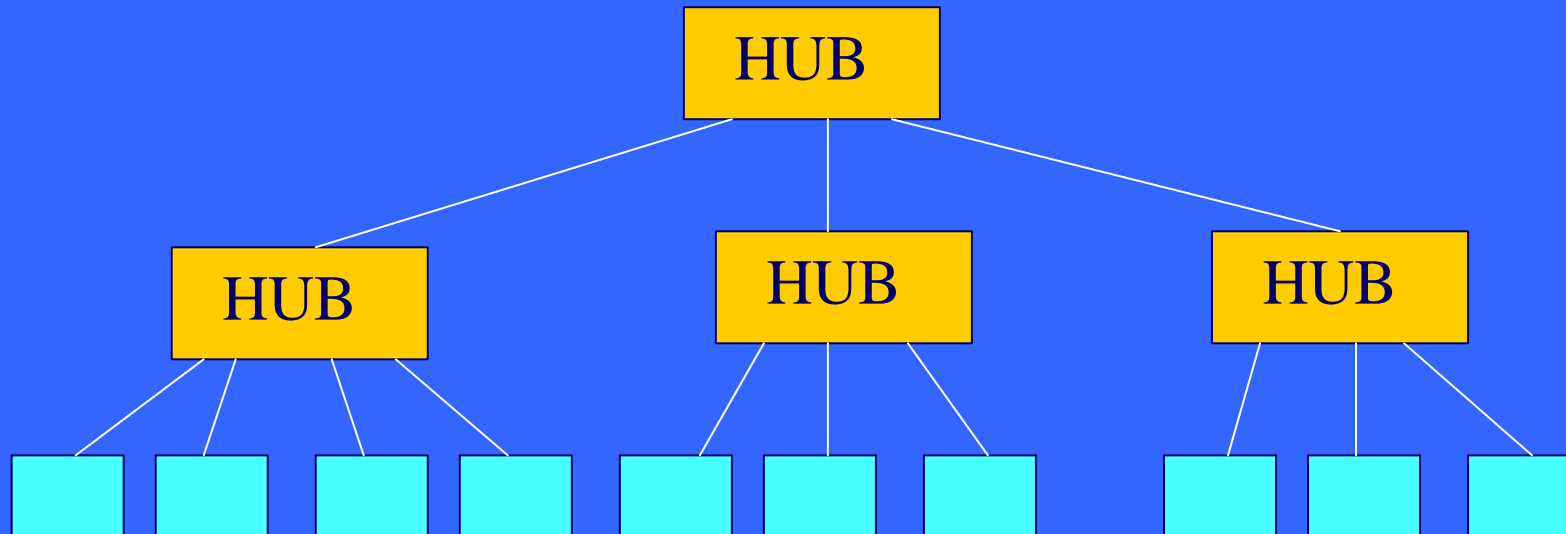
- LAN-verkkojen yhdistäminen
- keskittimillä (hub)
  - » toistin, toimii perustasolla, käsittelee bittejä
  - » lähettää vastaanottamansa bitit kaikille muille
  - » yhteinen **törmäysalue** => vain pieniin verkkoihin
  - » vain samanlaisiin verkkoihin
- silloilla ja kytkimillä
  - » linkkitason olioita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

# Käyttötarpeita

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



# Yhdistäminen keskittimillä



Yhteinen törmäysalue: vain yksi koneista voi samaan aikaan lähettää. Jos usea lähettää, tuloksena törmäys.

# Keskitin yhdistämisen

- Etuja

- voidaan yhdistää eri osastojen lähiverkot
- suuremmat etäisyydet
- rajoitetummat vikatilanteet

- Haittoja

- sama kapasiteetti jaetaan useammalle
- teknologialtaan erilaisia verkkoja ei voida yhdistää
- vain rajallinen määrä laitteita

# 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 kaikki kehykset:

Kehys: lähdeLAN X; kohdeLAN Y; tuloportti I;

## ● Lähde ja kohde siltataulussa

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

## ● Lähde ei taulussa

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

## ● Kohde 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 ns. 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**

# Kytkin (switch)

- Erittäin suorituskykyisiä, moniporttisia siltoja
  - silloissa muutamia portteja
  - kytkimissä kymmeniä portteja (liitännöitä)
  - portit voivat olla erinopeuksisia
  - kaksisuuntainen lähetys (full-duplex)
  - verkonhallintapiirteitä, **suorakytkentä** (cut-through)
- Koneet voidaan liittää suoraan kytkimeen
  - kukin kone voi lähettää täydellä nopeudella
  - ei törmäyksiä!

# Erittäin nopeat lähiverkot (High-speed LANs)

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

## 5.8. PPP-protokolla

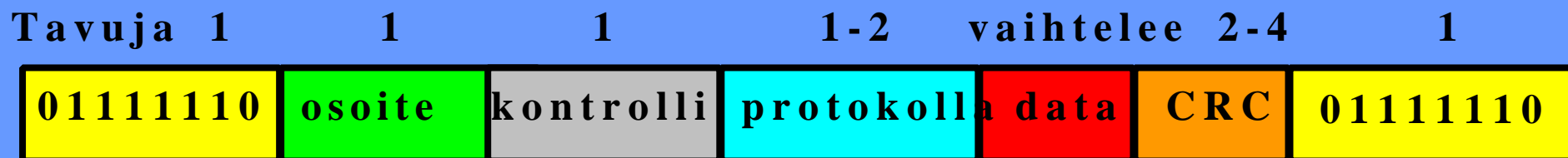
- Linkkitason protokolla on useita
  - HDLC (High-level Data Link Control)
    - useita, enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia yhteensopimattomia versioita
    - ei käsitellä kurssilla
  - PPP (Point-to-Point Protocol)
    - soittoyhteys modeemin tai ISDN:n kautta tietokoneeseen
    - yleisimmin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

# 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,**
  - **tavunlisäys (byte stuffing) DLE = 01111101**
- **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;**

# Tavunlisäys

... 01111110....



... 01111110....



... 011111100111101...



Entä, jos datassa on ..0111101 ...?



## ● 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, reititin
- Siirtoyhteyskerros: kahden solmun välillä
  - MAC: CSMA/CD, CDMA; PPP
  - Ethernet, tunnetun silta