

## 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

20.2.2002

49

- Type

- » kertoo käytetyn verkkoprotokollan tyyppin eli mille protokollalle kehyksen data luovutetaan

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

- CRC

- » 4 tavua

20.2.2002

50

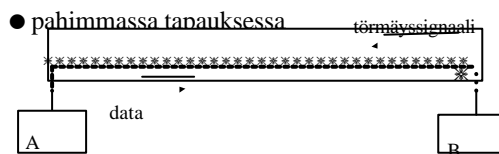
## kehyksen pituus

- 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 kuuluu
  - alku perillä=> loppukin onnistuu

20.2.2002

51

## Väylää kuunneltava



- => kehyksen lähetyksen minimikesto:  
2\*etenemisviive väylällä

20.2.2002

52

- 10 Mbps
  - LAN-pituus korkeintaan 2500 m
  - toistimia korkeintaan 4
  - lähetyksen kestettävä ainakin 51.2  $\mu$ s
  - eli 64 tavua

20.2.2002

53

## Ethernetin hyvät puolet

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

20.2.2002

54

## Ethernetin huonot puolet

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

20.2.2002

55

## LLC (Logical Link Control)

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



20.2.2002

56

## 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

20.2.2002

57

## 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 kysytään.
  - LAN:ssa kaikki asemat yleensä kuulevat kaikki lähetykset (yleislähetys).
    - Hyödynnetään tätä ominaisuutta!

20.2.2002

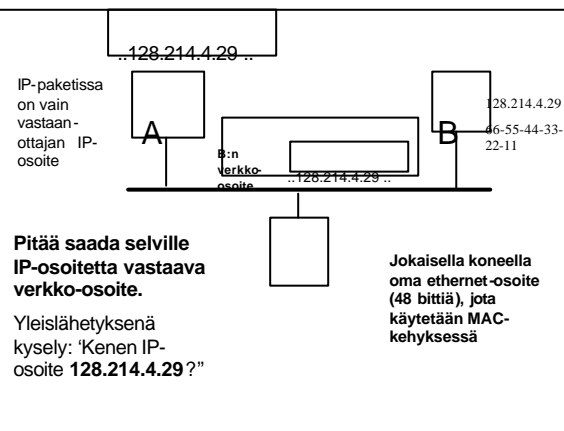
58

## 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

20.2.2002

59



- Jos A:lla ei ole tietoa ARP-taulussaan, niin A lähettää ARP-kysely yleislähettyksenä
  - » "Kenen IP-osoite on 128.214.4.29?"
- Kone B, joka tunnistaa oman IP-osoitteensa 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-kehyksessä.

### ● 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

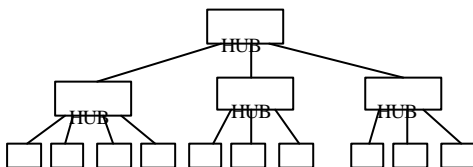
## 5.6 Keskitin (hub), silta (bridge) ja kytkin (switch)

- 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

20.2.2002

69

## 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

20.2.2002

68

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

20.2.2002

69

## Sillat ohjaavat kehykset toisiin LANeihin

- siltojen siltataulut

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

Jokaisella laitteella oma yksikäsitteinen osoite

Silta B1

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

SiltaB2

## Siltataulut

- Alkutilanteessa kaikkien siltojen siltataulut ovat tyhjiä.
- Siltataulua päivitetään aina, kun kehys saapuu.
- Vanhentuneet tiedot poistetaan.
  - ajastin laukeaa

20.2.2002

71

## 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

20.2.2002

72

## 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)

20.2.2002

73

## 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**

20.2.2002

74

## 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

20.2.2002

75

## Siltojen haitat

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

20.2.2002

76

## Kytkin (switch)

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

20.2.2002

77

## Erittäin nopeat lähiverkot (High-speed LANs)

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

20.2.2002

78

## 5.8. PPP-protokolla

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

20.2.2002

79

## 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

20.2.2002

80

## PPP-kehys

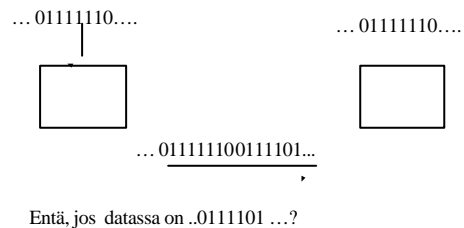
Tavuja	1	1	1	1-2	vaihtelee 2-4	1
	01111110	osoite	kontrolli	protokolla	data	CRC
	01111110					01111110

- **lipputavu 01111110**,
  - tavunlisäys (bytestuffing) 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 ylempälle protokollalle tarkoitettua dataa**
  - maksimi sovitaan, oletusmaksimi 1500 tavua
- **CRC: tarkistusbitit;**

20.2.2002

83

## Tavunlisäys



20.2.2002

82

- **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

20.2.2002

83

## 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**

20.2.2002

84

## Yhteyden purku

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

20.2.2002

85

## Linjayhteyden muodostus

- Dead
  - » ei kantaaltoa, ei peruserroksen yhteyttä
- Established
  - » peruserroksen yhteys muodostettu
  - » sovitaan LPC-optioista
- Authenticate
  - » osapuolet varmistuvat toistensa identiteetistä
- Network
  - » NCP konfiguroi verkkokerroksen

20.2.2002

86

- Open
  - » tiedonsiirto voi alkaa
- Terminate
  - » kun tiedonsiirto suoritettu => lopetustilaan
  - » tästä palataan alkutilaan lopettamalla kantaaltoa

20.2.2002

87

## 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

20.2.2002

88

- 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

20.2.2002

89

## Yhteenveto

- Sovelluserro: sovelluksen tarpeet
  - HTTP, DNS, SMTP
- Kuljetuserro: sanomien kuljetus prosessien välillä luotettavasti
  - TCP: virheet, vuon- ja ruuhkanvalvonta; UDP
- Verkkokerro: reititys koneiden välillä
  - IP, osoitteet, reititysprotokollat, reititin
- Siirtoyhteyserro: kahden solmun välillä
  - MAC: CSMA/CD, CDMA, PPP
  - Ethernet, tuntematon silta