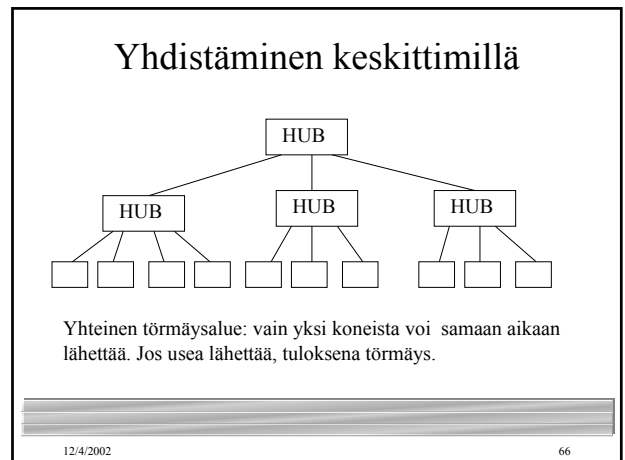


- Jos A:lla ei ole tietoa ARP-taulussaan, niin A lähettää ARP-kysely yleislähetystenä
  - » "Kenen IP-osoite on 128.214.4.29?"
- Kone B, joka tunnistaa oman IP-osoitteensa lähettää A:lle vastauksena ARP-paketin
  - » "Koneen 66-55-44-33-22-11 IP-osoite on 128.214.4.29!"
- A lähettää IP-paketin B:n LAN-osoitteella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

- optimointia:
  - kyselyn tulos välimuistiin
    - » talletetaan muutaman minuutin ajan
      - tyypillisesti 20 minuuttia
  - kyselijä liittyy omat osoitteensa kyselyyn
  - alustettaessa jokainen laite ilmoittaa osoitteensa muille
    - » kysy 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



## Keskittynyhdistämisen

- 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

12/4/2002

67

## SILTA (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

12/4/2002

68

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

12/4/2002

69

## Sillan portit

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

## 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- portti  
osoite

B	1
C	1
D	2
H	3

Silta B2

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

12/4/2002

72

## Silta käsittelee kaikki kehukset:

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

12/4/2002

73

## 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)

12/4/2002

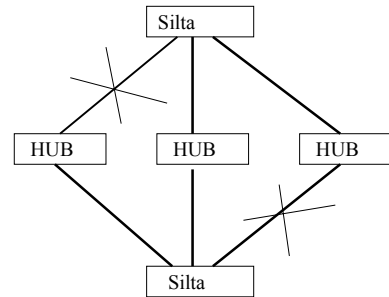
74

## 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**

12/4/2002

75



12/4/2002

76

## 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

12/4/2002

77

## Siltojen haitat

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

12/4/2002

78

## Kytkin (switch)

- Erittäin suorituskykyisiä, moniporttisia siltoja
  - silloissa muutamia portteja
  - kytkimissä kymmeniä portteja (liitäntöjä)
  - 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!

12/4/2002

79

## 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!

12/4/2002

80

## 5.8. PPP-protokolla

- 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

12/4/2002

81

## 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

12/4/2002

82

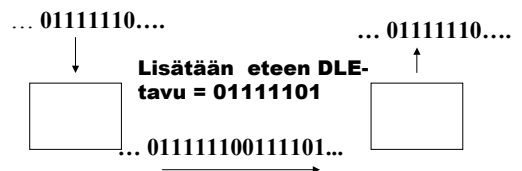
## PPP-kehys

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

- 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 ylempälle protokollalle tarkoitettua dataa
  - maksimi sovitaan, oletusmaksimi 1500 tavua
- CRC: tarkistusbitit;

## Tavunlisäys

jos datassa on lipputavu 01111110 ?



Entä, jos datassa on ..0111101 ...?

12/4/2002

84

- **LCP (Link Control Protocol)**

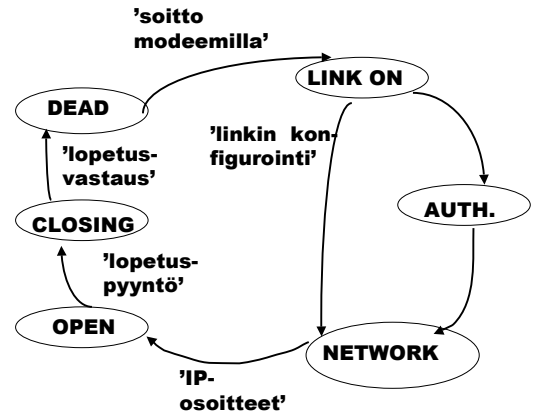
- » muodostaa ja testaa linjayhteyksiä
- » neuvottelee yhdeyden ominaisuuksista
- » purkaa yhteyden, kun sitä ei enää tarvita
- » vrt. TCP-yhteys

- **NCP (Network Control Protocol)**

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

12/4/2002

85



## 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**

12/4/2002

87

## Yhteyden purku

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

12/4/2002

88

## Linjayhteyden muodostus

- **Dead**
  - » ei kantaaltoa, ei peruserroksen yhteyttä
- **Link (Established)**
  - » peruserroksen yhteys muodostettu
  - » sovitaan LCP-optioista
- **Authenticate**
  - » osapuolet varmistuvat toistensa identiteetistä
- **Network**
  - » NCP konfiguroi verkkokerroksen

12/4/2002

89

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

12/4/2002

90

## 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

12/4/2002

91

- **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

12/4/2002

92

## 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, silta

Kiitos kestävyydestä!

