

- 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-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**

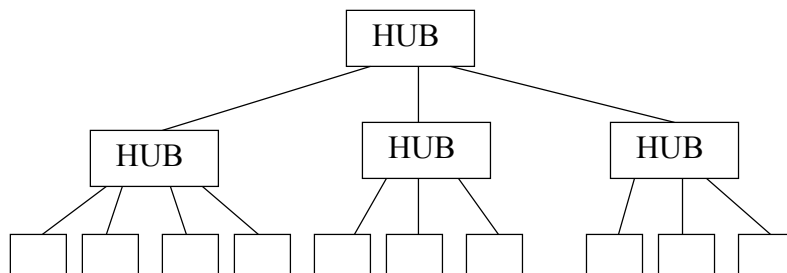
5.6 Keskitin (hub), silta (bridge) ja kytkin (switch)

- 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.

Keskitinyhdistämisen

- 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

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

- 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

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-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)

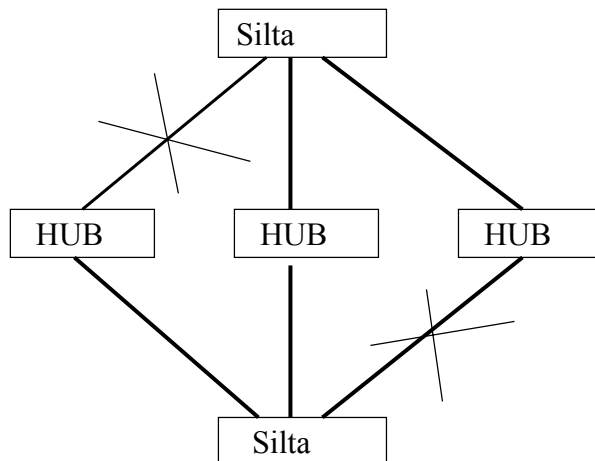
- tulvitus on ongelma
 - sanomat jäävät kiertämään silmukoissa
 - koko verkko tukkeutuu
- **siis silmukoita ei saa muodostua!**
 - eli verkon loogisen rakenteen pitää olla puu
 - muodostetaan verkolle ns. virittävä puu (spanning tree)

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**

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

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 (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!

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 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

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

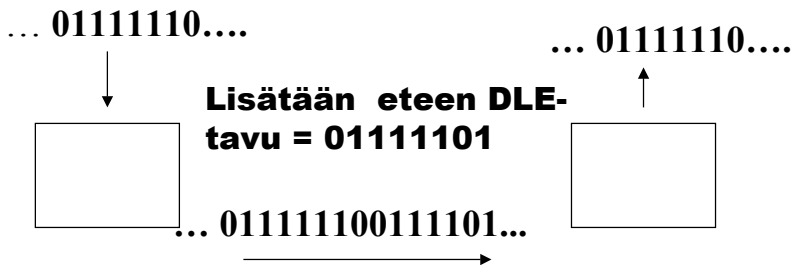
Tavuja 1 1 1 1-2 vaihtelee 2-4 1

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

Tavunlisäys

jos datassa on lipputavu 01111110 ?



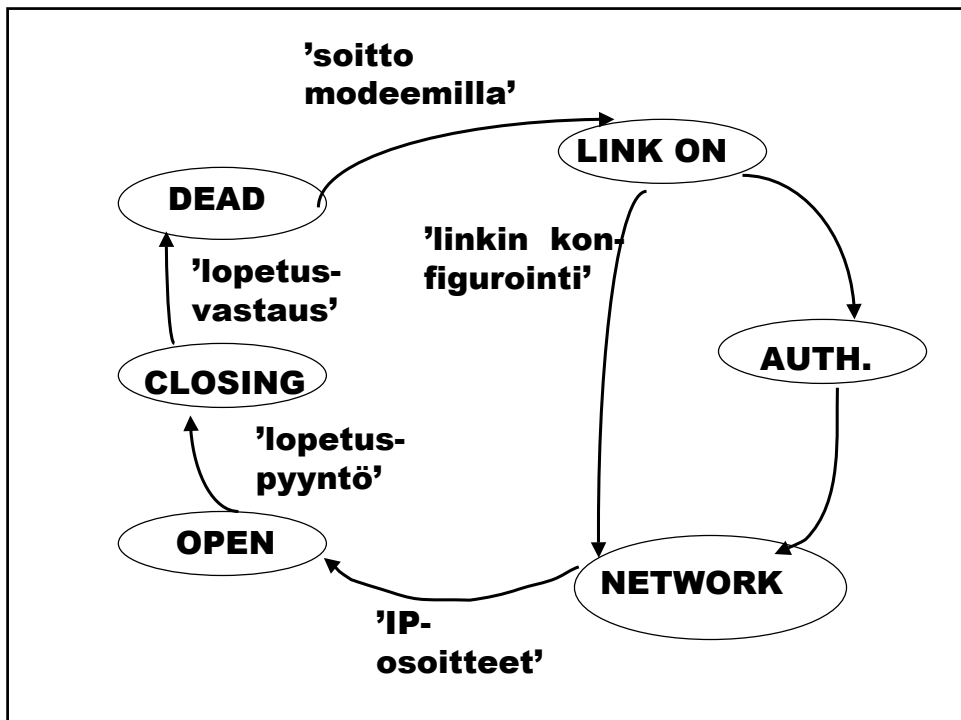
Entä, jos datassa on ..0111101 ...?

- **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 siirtoyhteyserroksen**

Linjayhteyden muodostus

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

- **Open**
 - » tiedonsiirto voi alkaa
- **Closing**
 - » 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, silta

Kiitos kestävyydestä!

