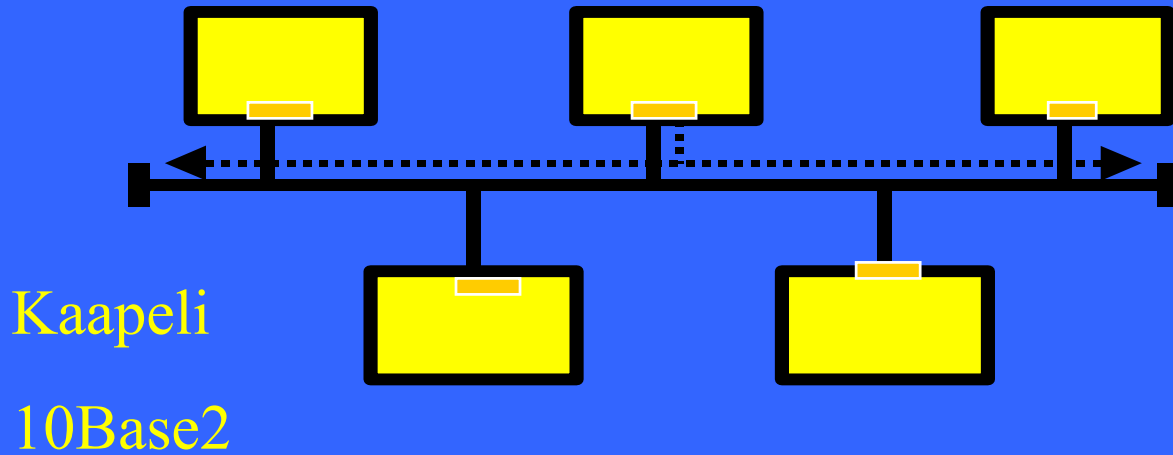


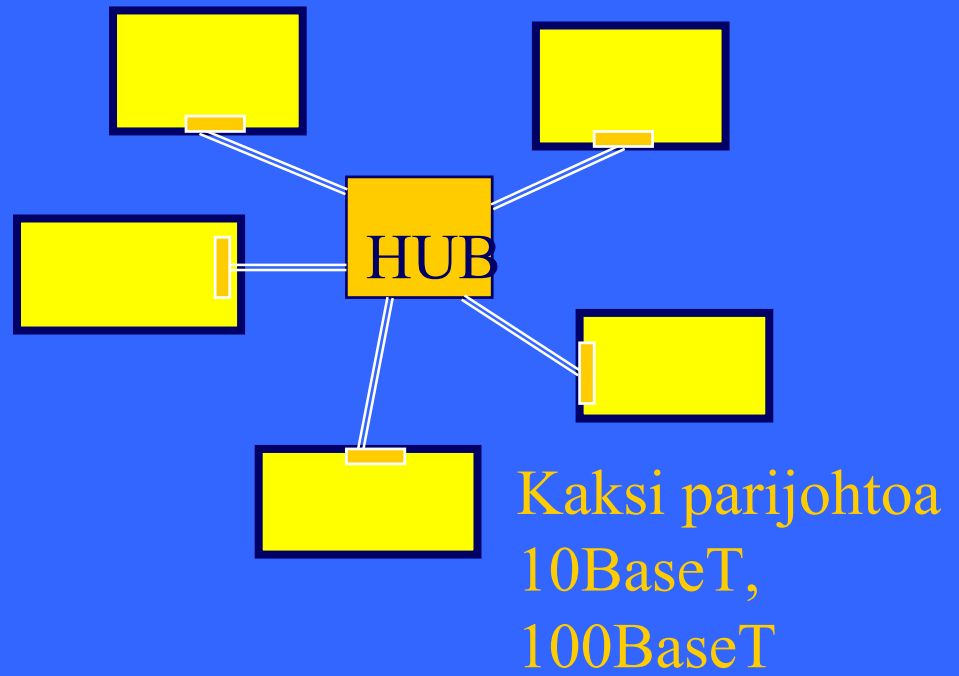
Eetteriverkon rakenne

- 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

- 1000Base-T, 1000Base-X

- » Gigabit 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
- aina kun on lähetetty, jäädään kuuntelemaan, onnistuiko lähetys
- entä kun tapahtuu **törmäys** eli usea samanaikainen lähetys
 - » jännite on suurempi kuin normaalisti pitäisi
 - keskeytetään lähettäminen

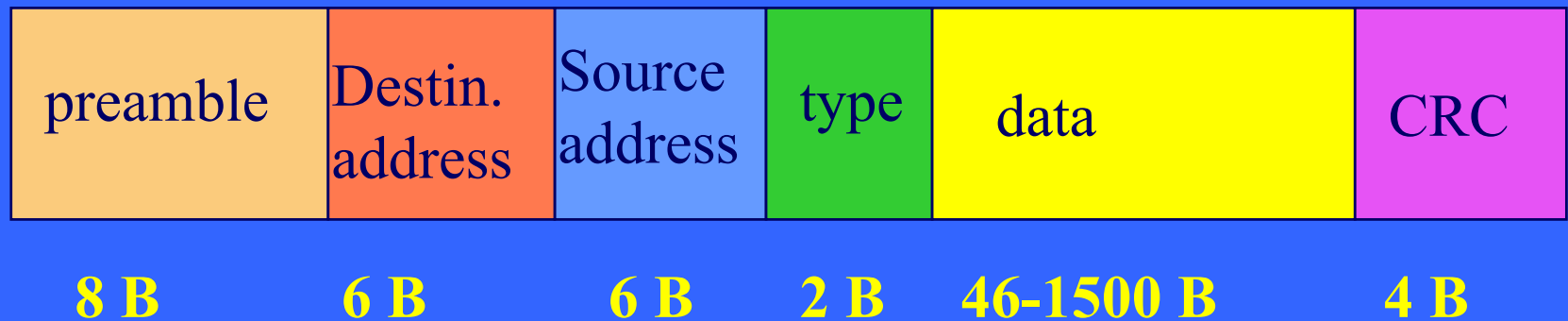
Törmäyksen jälkeinen uudelleenlähetys

● Binary exponential backoff

- törmäyksen jälkeen aika jaetaan lokeroiksi
 - $51.2 \mu\text{s}$ 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 10101010 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**

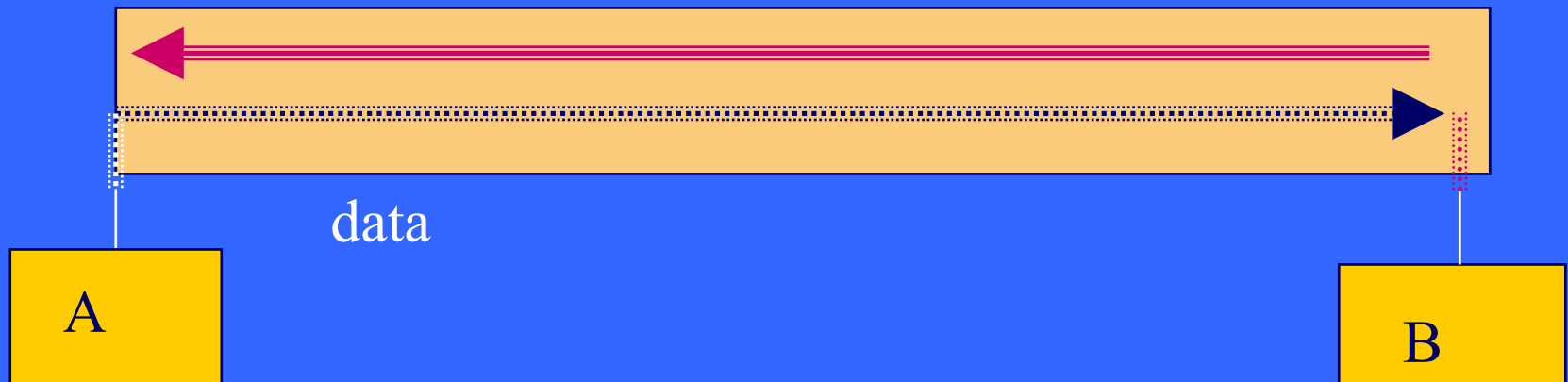
kehyksen pituus

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

Väylää kuunneltava

- pahimmassa tapauksessa

törmäyssignaali



- => kehyksen lähetyksen minimikesto:
2*etenemisviive väylällä

- **10 Mbps**

- LAN-pituus korkeintaan 2500 m
- toistimia korkeintaan 4
- lähetyksen kestettävä ainakin 51.2 μs
- eli 64 tavua

Ethernetin hyvät puolet

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

PerusEthernetin huonot puolet

- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
 - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epädeterministinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
 - => törmäyksiä => suoritusteho laskee
- Nopeissa kytketyissä ethernet-verkoissa ei ole törmäyksiä eikä epädeterministisyyttä

LLC (Logical Link Control)

- Erilaisia LAN-verkkoja
- 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

A

B:n
verkko-
osoite

..128.214.4.29 ..

B

128.214.4.2
66-55-44-33
22-11

Pitää saada selville
IP-osoitetta vastaava
verkko-osoite.

Yleislähetystenä
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-taulussaan, niin A lähettää ARP-kysely yleislähetyksenä**
 - » **“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**

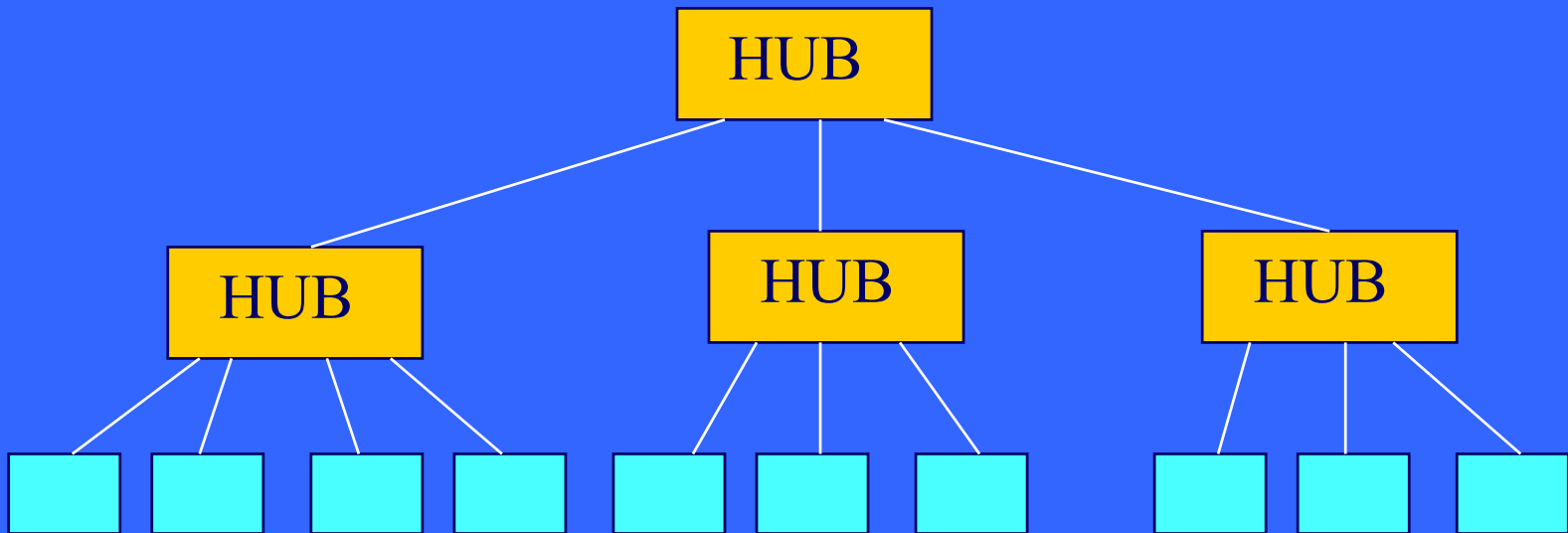
5.6 Keskitin (hub), silta (bridge) ja kytkin (switch)

- 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

laite-
osoite portti

A	1
B	1
C	2
D	2
F	2

Silta B1

Laite-
osoite portti

B	1
C	1
D	2
H	3

Silta B2

okaisella
itteella oma
ksikäsittei-
en osoite

Siltataulut

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

Silta käsitlee 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

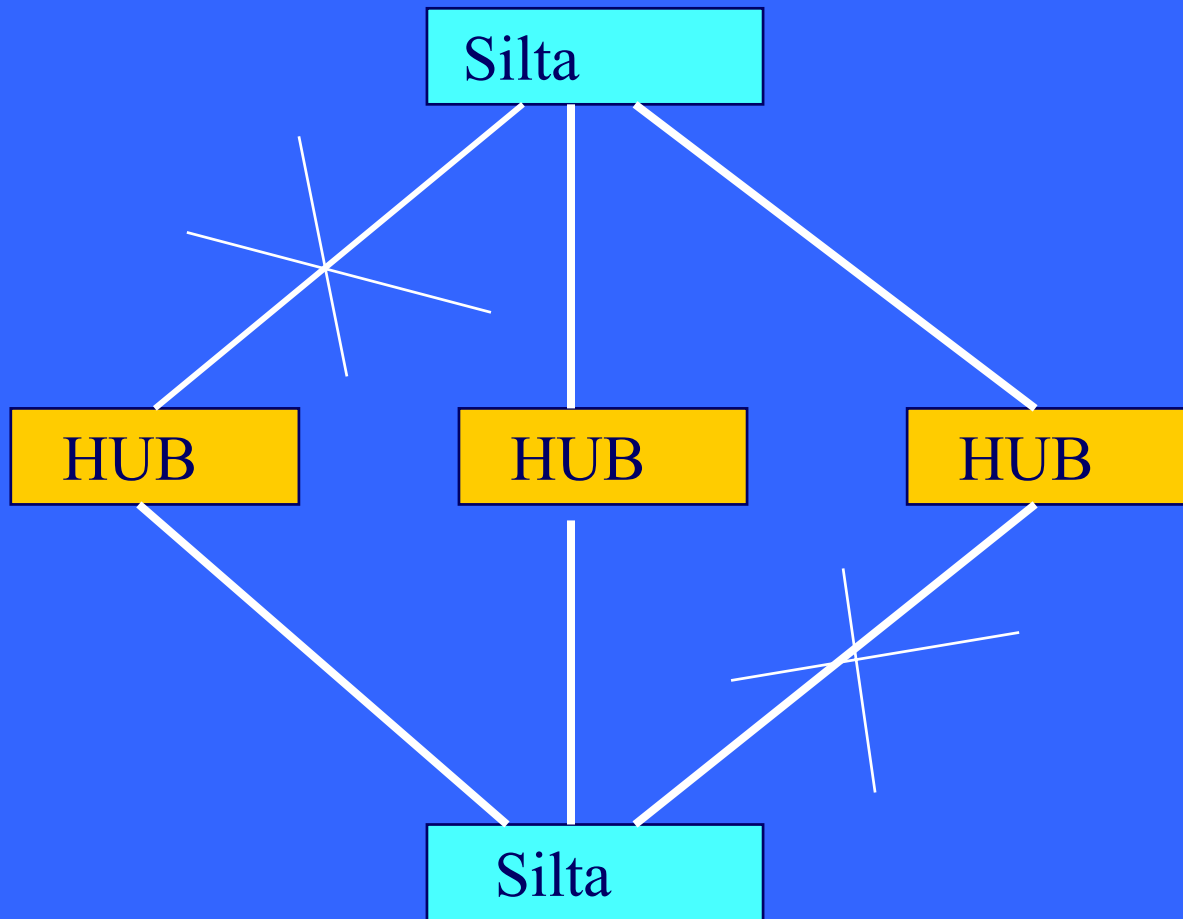
- lähetä Y kaikista muista porteista => tulvitus
- päivitä X, I

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