



Erilaisia verkkoja

LAN, MAN ja WAN

22.1.2001

SOVELLUKSI

SOVELLUSPROTOKOLIA:

HTTP, SMTP, SNMP, FTP, TELNET, ..

TCP (UDP)

IP

Erilaisia verkkoja: kuullosteluverkko ('Ethernet'),
vuororengas, vuoroväylä, atm, fddi, dqdb, X.25, puhelinverkko,
satelliittiverkko, gsm, valmistajien omat verkot, ...

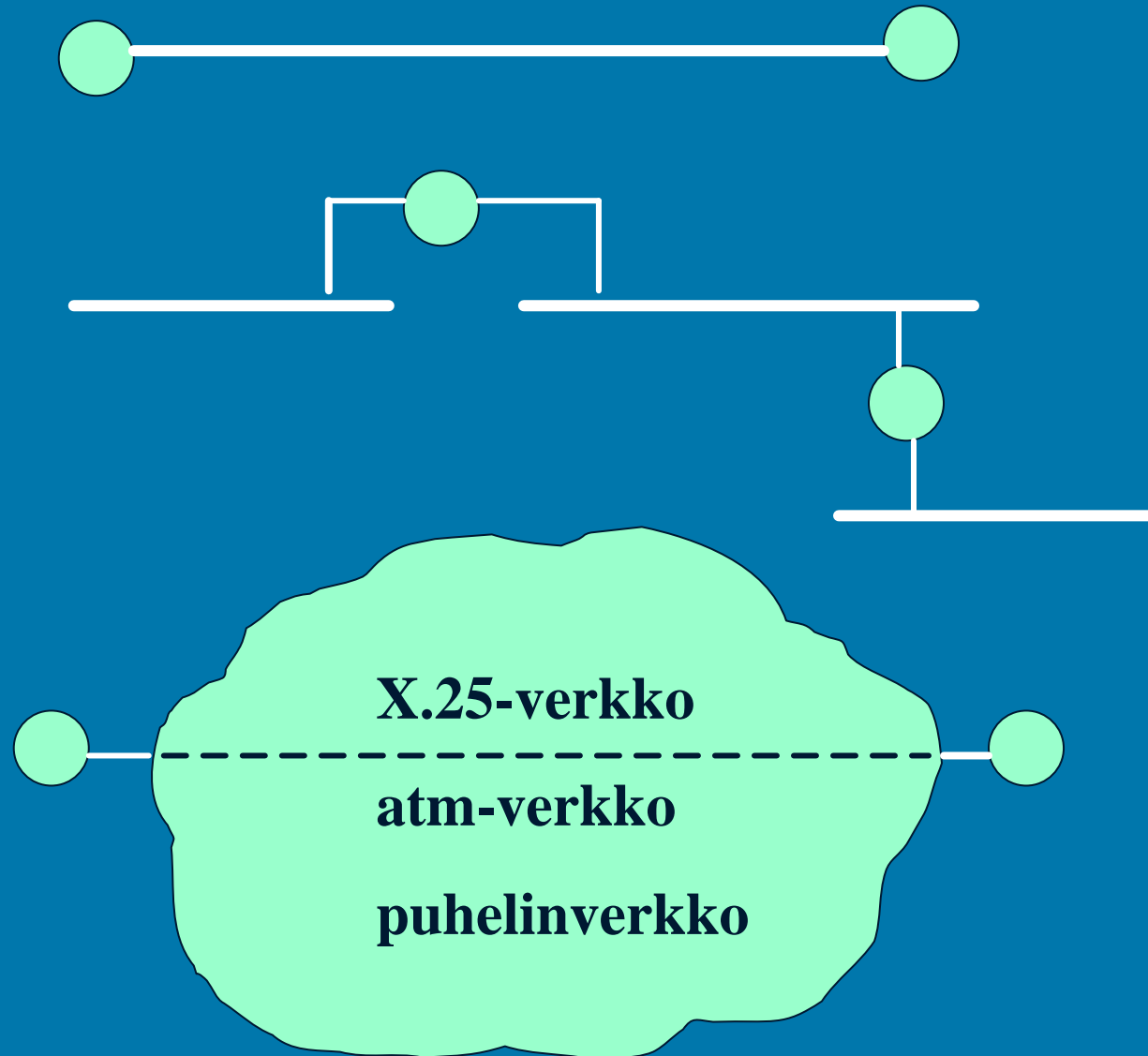
Erilaisia linkkikerroksia

HDLC, PPP

MAC-protokollia

Erilaisia tapoja lähettää generoida ja siirtää bittejä

Erilaisia IP-reitittimiä yhdistäviä linkkejä



Paljon erilaisia verkkoja!

☀ LAN

- Ethernet
- Vuororengas (802.4, Token Ring)
- langaton lähiverkko (wireless LAN, 802.11)
- atm

☀ MAN

- FDDI, DQDB

☀ WAN

- puhelinverkko, X.25, kehysvälitys (frame relay)
- atm

Lähiverkkostandardi IEEE 802:

• LAN- ja MAN-verkoille

- 802.1 Johdanto, rajapintaprimitiivit
- 802.2 LLC (Logical Link Control)
- 802.3 CSMA/CD (kuulosteluväylä)
- 802.4 Token bus (vuoroväylä)
- 802.5 Token ring (vuororengas)
- 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- 802.11 langaton LAN

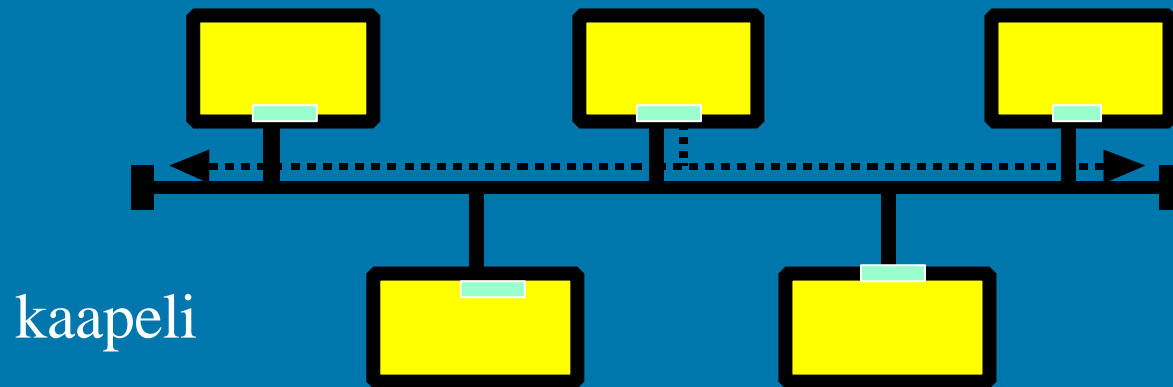
Ethernet-lähiverkko

☀ Yleisin lähiverkkoteknologia

- **CSMA/CD (kuulosteluväylä)**
 - kuunnellaan, ja jos vapaa, lähetetään
 - jos syntyy törmäys, odotetaan satunnainen aika
 - binary exponential backoff
- **ei kuittauksia, ei prioriteettejä**
- **paljon erilaisia kokoonpanoja**
 - 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
 - 100BASE-T
 - 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)

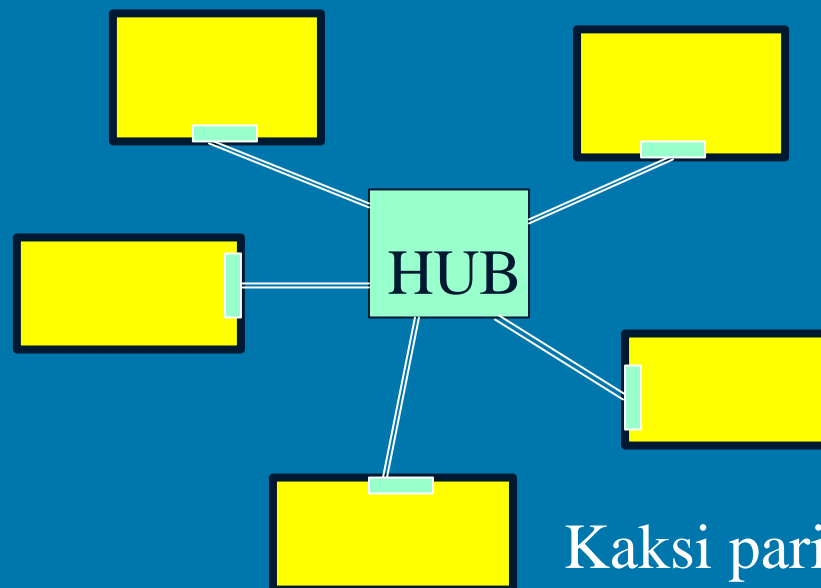
Eetteriverkon rakenne

• väylä



◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin



Vuoroväylä (802.4)

- Kuulosteluväylän ongelmia:

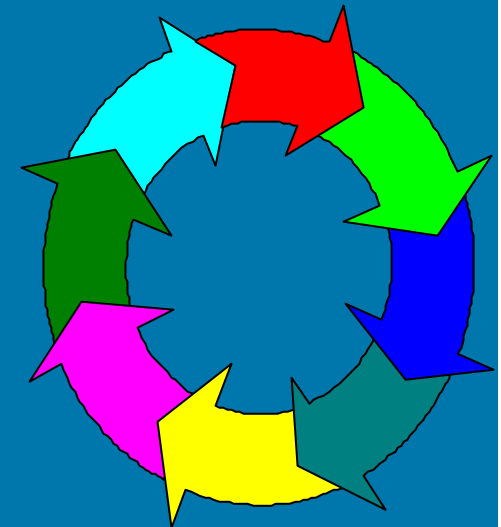
- rajoittamaton siirtoviive
- ei prioriteetteja
 - ei sovellu reaaliaikaohjaukseen

- asemat renkaaksi

- taattavissa oleva yläraja viiveelle
- ongelmana renkaan katkeaminen
- soveltuu teollisuushallintaan

- autotehtaat, teollisuusautomatia

22.1.2001



- tehdään looginen rengas fyysisellä väylällä olevista asemista
 - looginen järjestys \leftrightarrow fyysinen järjestys
- asemat lähettävät vuorotellen loogisen järjestyksen mukaan
 - lähetysvuoro (token) siirtyy asemalta toiselle
- renkaan ylläpito
 - asemien poistaminen renkaasta / lisääminen renkaaseen
 - vuoromerkin häviäminen, monistuminen
 - \Rightarrow suhteellisen monimutkainen protokolla
- \Rightarrow jäänyt pois käytöstä

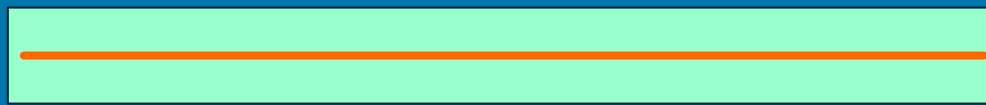
Vuororengas (802.5) (ss. 292-301)

- rengas on ketju kaksipisteyhteyksiä
 - ei siis yleislähetystä
 - tekniikka hallussa
 - digitaalitekniikkaa (melkein kokonaan)
 - kierretty pari
 - koaksiaalikaapeli
 - valokuitu
 - IBM:n valinta
 - yhä melko laajassa käytössä

Bitin pituus

- siirtonopeus renkaassa R Mbps
=> bitti lähetetään joka $1/R$ millisekunti
- siirtoviive kaapelissa $200\ 000$ km/s =
 200 m/ms
- kukin bitti vie tällöin $200/R$ metriä
- Jos $R = 1$ Mbps ja renkaan koko 1000 m,
niin renkaaseen mahtuu vain 5 bittiä (a' 200
metriä)

22.1.2001



200 m



Lähetys vuororenkaassa

- renkaassa kiertää vuoromerkki
 - erityinen bittikuvio
- vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
 - kunkin aseman aiheuttama viive (1 bitti)
 - öisin keinotekoinen viive
 - siirtoviive
- kuuntelu moodi
 - kopioi bittejä sisääntulosta ulosmenoon



☉ lähetysmoodi

- vain jos on vuoromerkki
- omaa dataa siirretään ulosmenoon

☉ lähetetyt bitit kiertävät koko renkaan ja lähettäjä poistaa ne

– voi tutkia, onko kehyksissä virheitä

☉ lopetettuaan lähettäjä lähettää vuoromerkin renkaaseen

22.1.2001 – rengas ei rajoita kehyksen kokoa



☉ jos kevyt kuorma

- vuoromerkki kiertelee renkaassa
- joskus joku lähettää

☉ jos raskas kuorma

- kaikilla asemilla jonoa
- kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkin seuraavalle

- **renkaan suoritusteho lähes 100%**

Kuittaukset, prioriteetti

- kehyksessä 1 bitti kuittausta varten

- aluksi 0
- vastaanottaja muuttaa 1:ksi

- entä jos useita vastaanottajia?

- monimutkaisempi kuittaus
- ei lainkaan kuittausta

- sanomat voidaan priorisoida

- monitasoisia prioriteettejä, nälkiintyminen mahdollista



802.5-renkaan rakenne

- kierretty pari
- 1, 4 tai 16 Mbps
- differential Manchester -koodaus
 - kehyksen alussa ja lopussa koodausta, joka ei ole normaalia dataa (high-high tai low-low)
 - aina siirtymä keskellä
 - tahdistusta varten
 - 0 alussa siirtymä, 1 alussa ei siirtymää



Renkaan ylläpito

- ongelma: rengas katkeaa!
 - johtokeskus (wire center)
 - jokainen asema yhdistetty johtokeskukseen kahdella kierretyllä parilla
 - releen virroitus asemalta
 - virta katkeaa => rele sulkeutuu
 - asema siirtyy ohitustilaan
 - asema voidaan myös ohjelmallisesti irroittaa renkaasta
 - esim. testausta varten

MAC-protokolla ja -kehys

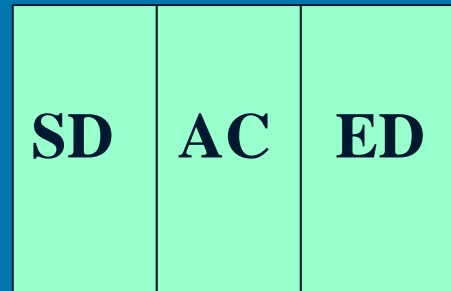
- token holding -time
 - 10 ms
- access control -kenttä (1 tavu)
 - vuoromerkki (3 bittiä)
 - monitor-bitti
 - prioriteettibitit
 - varausbitit
- frame status -kenttä (1 tavu)
 - automaattinen kuittaus:
 - A = nähnyt, C = kopioinut



☉ loppumerkissä

- E-bitti
 - asetetaan, jos havaitaan epäkelpo merkki
- enf-of-file -bitti
 - viimeinen kehys

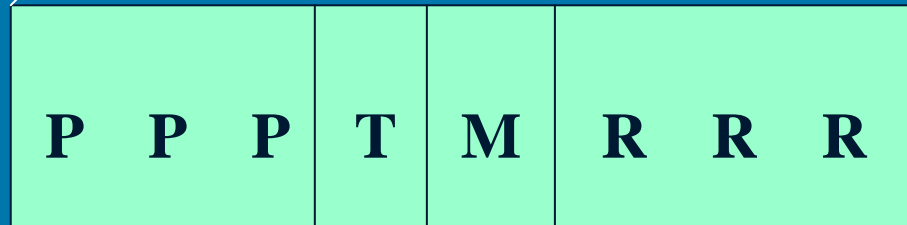
Vuoromerkki



Start Delimiter : datasta eroavaa signaalointia

End Delimiter: sisältää error-bitin ja bitin, joka ilmoittaa, milloin tiedosto loppuu

Access Control



Prioriteettibittit: vuoromerkin prioriteetti

Token bitti: onko vuoromerkki vai kehys

Monitor bitti: havaitaan kiertämään jääneet kehykset

Reservation bitit: asetetaan vuoromerkillle uusi prioriteetti

Kehys:



osoitteet

Frame Control:
erottaa datakehukset
kontrollikehyksistä

Frame
Status
Field




Address recognised: nähnyt kehyksen

Frame copied: kopiointi onnistunut

Huom! Kahteen kertaan, koska niitä ei lasketa tarkistussummaan
(FCS)

Prioriteetti

- monitasoisia prioriteettejä
- vuoromerkin prioriteetti
 - määrää minkä prioriteetin kehyksiä saa lähettää
 - kolme bittiä vuoromerkin
- vuoromerkin prioriteetin asetus
 - datakehysten varausbittien avulla
 - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle
- kun lähetys loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

- 
- vuoromerkin prioriteetin nostanut, myös laskee sen!
 - alemman prioriteetin kehykset voivat joutua odottamaan ikuisesti

Vuororenkaan ylläpito

• keskitetty ylläpito

- yksi asema toimii **valvoja-asemana**
- kaikki asemat voivat toimia valvonta-asemana

• jos valvoja-asema vikaantuu

– ACTIVE_MONITOR_PRESENT -kehystä ei tule

- tilanteen havainnut asema lähettää
 - CLAIM_TOKEN -kehysten

- jos useita => kilpailemalla saadaan uusi valvonta-asema



Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

- vuoromerkin katoaminen
 - vuoromerkin kiertoa valvova ajastin
 - jos laukeaa, rengas tyhjennetään ja lähetetään uusi vuoromerkki
- vaurioituneet kehukset
 - väärä kehysmuoto, tarkistussumma ei täsmää
 - tyhjennys ja uusi vuoromerkki

• 'orvot' kehykset

- lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
- kehyksessä monitoribitti
 - valvoja asettaa kehyksen monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
 - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan

• renkaan pituuden säätely

- 24 bitin vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
- valvoja lisää viivettä tarvittaessa
 - jos renkaan pituus + asemien aiheuttamat 1 bitin viipeet eivät riitä



renkaan rikkoutuminen

- ☉ kun asema huomaa renkaan katkenneen

- sen naapurit vaikuttavat ‘kuollelta’

- lähettää BEACON-kehyyksen

- jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite

- kehys etenee niin pitkälle kuin voi

- voidaan päätellä katkoksen alku

- poistetaan rikkoutuneet ohitusreleen avulla

- rengas kuntoon

802.3 CSMA/CD

hyvät puolet

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

802.3 CSMA/CD

huonot puolet

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

802.5 vuororengas

hyvät puolet

- kaksipisteyhteyksiä
 - rengas voidaan rakentaa mistä tahansa
- täysin digitaalinen
- johtokeskus
 - => automaattinen vikojen havaitseminen ja korjaaminen
- prioriteetit
 - alimman prioriteetin sanomat eivät saa lähetyssaikaa

- hyvin lyhyet ja hyvin pitkät kehykset mahdollisia

- suorituskykyinen ja tehokas

- huonot puolet

- keskitetty valvontatoiminto

- seonnut valvoja voi tehdä mitä vaan

- kevyellä kuormalla turhaa odotusta

FDDI (ss.319-322)

☉ vuororengas

- valokuitu
- 100 Mbps
- => 200 km
- 1000 asemaa

☉ käyttö lähinnä lähiverkkoja yhdistävänä runkolinjana

- myös tavallisena LANina

synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- ⊙ multimode
- ⊙ LED
- ⊙ BER < 1 virhe / $2.5 \cdot 10^{10}$ bittiä

FDDI: rakenne

- kaksi valokuiturengasta
 - toisessa myötäpäivään
 - toisessa vastapäivään
- renkaan katkeaminen
 - tarvittaessa renkaat voidaan yhdistää yhdeksi
- asemat
 - A: kiinni molemmissa renkaissa
 - B: kiinni vain yhdessä renkaassa

22.1.2001

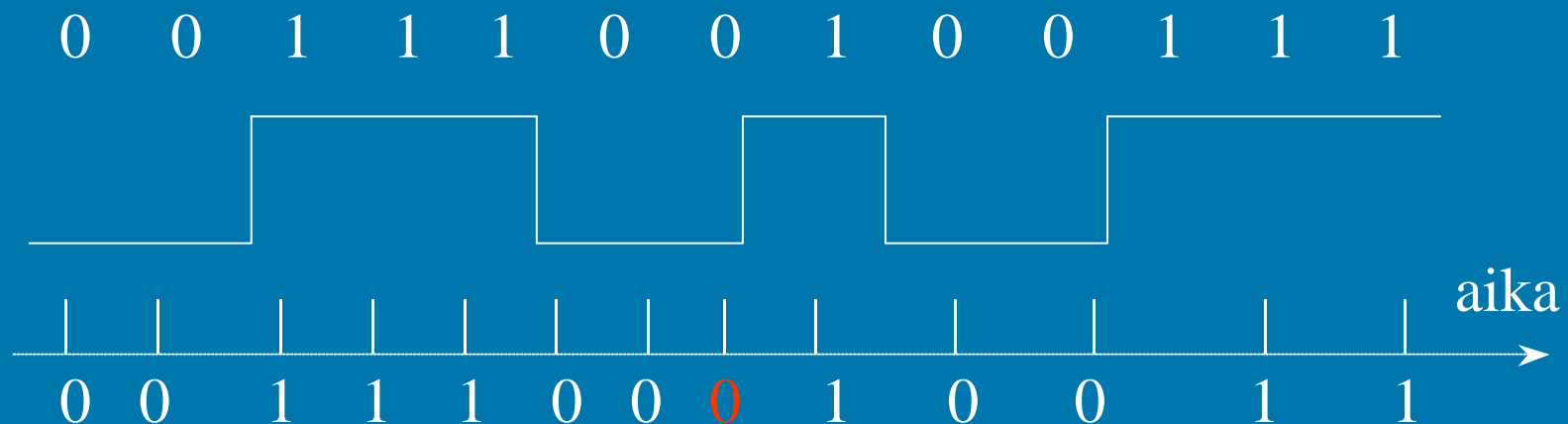
FDDI: koodaus

◉ koodi '4 out of 5'

- Manchesterin signallointinopeus kaksinkertainen! => paljon kaistaa
 - 4 MAC-symbolia => 5-bitin ryhmä
 - 0, 1, 2 'non-data' symbolia
- => 32 eri kombinaatiota
- 16 DATA: 0000, 0001,, 1110, 1111
 - 3 rajoittimia
 - 2 kontrolli
 - 3 'hardware' merkinanto
 - 8 varattu myöh. käyttöön

• menetetään koodin tahdistusapu!

- pitempi tahdistuskenttä alussa
- tarkemmat kellot
 - korkeintaan 0.005 % epätarkkuus sallittu
 - => voidaan lähettää 4500 tavua ennen kuin kellot niin epätahtiset, että syntyy bittivirhe



FDDI: protokolla

• 802.5 -johdannainen

- renkaassa useita lähetyksiä
 - vuoromerkki heti renkaaseen, kun oma lähetyks loppunut
- kehys hyvin samanlainen kuin vuororenkaassa

- voidaan lähettää myös synkronisia kehyksiä
 - PCM-ääntä
 - ISDN-dataa
- master-asema generoi kehyksen joka 125 ms
 - PCM: 8000 näytettä sekunnissa
- kehyksessä 96 tavua synkronista dataa
 - 4 T1 kanavaa tai 3 E1 kanavaa
- asemalle varatut aikaviipaleet käytössä, kunnes asema luopuu niistä
 - muut jaetaan tarpeen mukaan
 - korkein prioriteetti ensin

• kolme ajastinta

- token holding timer
 - säätelee lähetysaikaa
- token rotation timer
 - vuoromerkin kiertoaika
- valid transmission timer
 - tilapäisistä rengasvirheistä toipumiseen

• jos vuoromerkki etuajassa, kaikkia voidaan lähettää, jos myöhässä vain korkeimman prioriteetin sanomat (synkronisen liikenteen kehukset)

- Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
 - kullekin luokalle oma ajastin

LLC (Logical Link Control)

- LAN 802 - ja MAN-verkot
- vuonvalvonta, virhevalvonta, yhtenäinen rajapinta erilaisiin verkkoihin
- ~ OSI-malli, HDLC
- Palvelut:
 - epäluotettava datasähkepalvelu,
 - kuittaava datasähkepalvelu,
 - luotettava yhteydellinen palvelu

Silta (bridge) (ss. 304-318)

- yhdistää LAN-verkkoja
- linkkitason olio
 - toistin: 'pala kaapelia'; fyysisellä tasolla
 - **silta**: 'ovi' linkkitasolla
 - reititin: verkkotasolla
- tuntumaton silta (transparent bridge)
- **lähdereitittävä silta** (source routing bridge)

Käyttötarpeita

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

Verkkojen yhdistäminen

- voi yhdistää samanlaisia lähiverkkoja
 - eetteri-eetteri
 - vuoroväylä-vuoroväylä
 - vuororengas - vuororengas
- voi yhdistää erilaisia lähiverkkoja
 - esim. eetteri- vuororengas
 - vuoroväylä - vuororengas
- kaikkiaan 9 erilaista yhdistelmää
 - kaikissa omat ongelmat

Yhteiset ongelmat yhdistämisessä

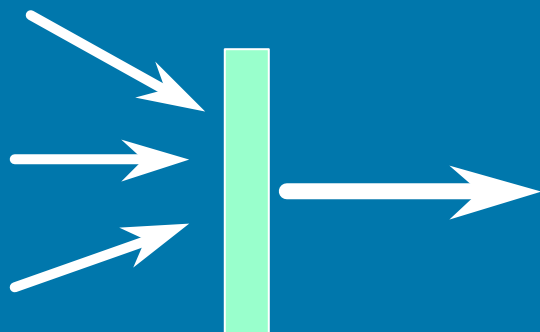
• kehysrakenne

- joka LANilla oma kehys
 - uuden kehyyksen muodostaminen,
 - tarkistussumma laskettava uudelleen,
 - => silta on uusi virhelähde

• siirtonopeus

- eri datanopeuksia
 - CSMA/CD: 1, 2, 10 Mbps
 - vuoroväylä: 1, 5, 10 Mbps
 - vuororengas: 1, 4, 16 Mbps

- CSMA/CD: törmäykset
- eri virroilla yhteinen kohde



=> kehysten puskurointi tarpeen
– puskurien ylivuoto

- ylempien kerrosten ajastimet
=> tarpeettomia uudelleenlähetystyksiä

☉ kehyksen maksimipituus

- eetteriverkko 1500 tavua,
- vuoroväylä 8191 tavua,
- vuororengas vuoromerkki rajoittaa 5000 tavua

- linkkikerroksen tehtäviin ei kuulu kehyksien pilkkominen ja kokoaminen

☉ mitä tehdään ylipitkälle kehykselle?

- jos liian iso, roskeen

☉ prioriteetti

- CSMA/CD: ei prioriteettia
- vuororengas ja vuoroväylä: prioriteetti,
– mutta erilainen

☉ kuittauspyyntö (vuoroväylä)

- jos kehyksessä kuittauspyyntö, kuka vastaa
 - silta
 - ei kukaan

☉ kuittaus (vuororengas)

- A- ja C-bitit (nähty/kopioitu)
- sama ongelma, kuka vastaa

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**



Sillan portit

- Lähiverkko liitetään siltaan **portin** kautta
 - yksinkertaisissa silloissa vain kaksi porttia
 - monipuolisissa useita
- Portti
 - MAC-piiri
 - noudattaa vastaavan lähiverkon protokollaa
 - CSMA/CD, vuororengas, vuoroväylä
 - ohjelmisto
 - huolehtii alustuksesta
 - puskurin hallinnasta

Tuntumaton silta

(transparent bridge, spanning tree bridge)

• 'plug and play'

- ei mitään muutoksia laitteistoon, ohjelmistoon
- ei reititystauluja ja parametrien asettelua
- ei vaikuta itse LANien toimintaan

• silta huolehtii kehysten ohjaamisesta oikeaan porttiin

- oppii asemien portit kuuntelemalla kaikkea liikennettä
- jos ei tiedä, niin tulvittaa
 - ei saa olla silmukoita =>virittävä puu


Lähdereittisillat (Source routing bridges)

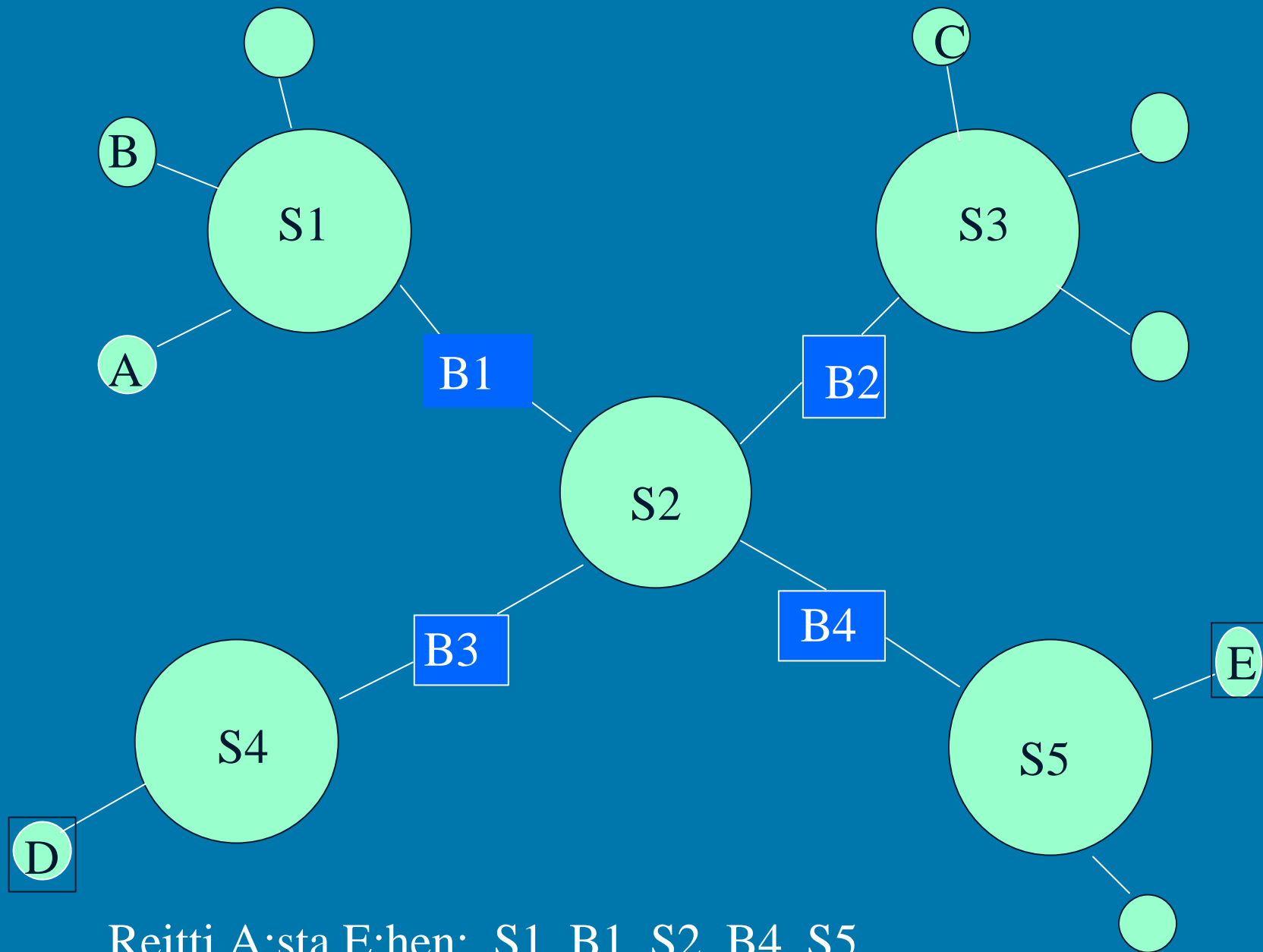
☉ tuntumattomat sillat

- helppo asentaa
- tuhlaavat kapasiteettia
 - käyttävät vain virittävää puuta

☉ erimielisyyttä standardoimiskomiteassa

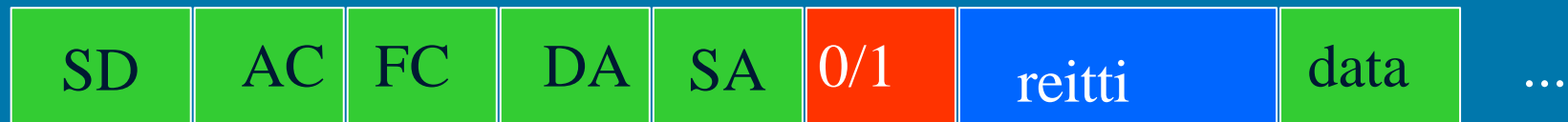
- vuororenkään käyttäjät + IBM kannattivat lähdereititystä

- 
- kehyksen lähettävä asema varustaa kehyksen reittitiedoilla
 - jokaisella lähiverkolla on 12-bittinen yksikäsitteinen tunnus
 - jokaisella sillalla on oma 4-bittinen tunnus
 - reitti koostuu silta- ja verkkotunnuksista
 - silta, LAN, silta, LAN, ... silta, LAN



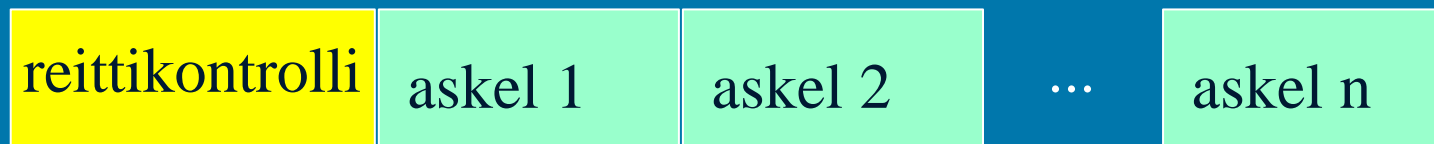
Reitti A:sta E:hen: S1, B1, S2, B4, S5

Kehyksen rakenne



onko reitti mukana vai ei

- ◆ reittikenttä on muotoa



verkko-ID, silta-ID

Tuntumaton vs. lähdereitittävä silta

• tuntumaton silta

- yhteydetön
- täysin tuntumaton lähiverkoille
- automaattinen uudelleen konfigurointi
- reititys ei välttämättä optimaalinen
- uuden aseman löytäminen: backward learning
 - jos joku kertoo
 - tulvitus
- monimutkaisuus silloissa
 - vähän siltoja



• lähdereitittävä silta

- yhteydellinen
- tuntuva
- konfigurointi ei ole automaattista
- uuden löytäminen: discovery frame
 - raskas operaatio, paljon yleisrasitetta
- monimutkaisuus isäntäkoneissa
 - näitä on paljon

Etäsillat (remote bridges)

- yhdistetään etäällä toisistaan olevat lähiverkot silloilla
 - sillat yhdistetään pareittain kaksipisteyhteysillä
 - “isännättömiä lähiverkkoja”
- kaksipisteyhteysillä linkkiprotokolla
 - MAC-kehys ko. protokollan datakenttään
 - ‘riisuttu MAC-kehys’ (= vars. data) datakenttään ja kohde generoi siitä uuden MAC-kehysten
 - tarkistussumma laskettava uudelleen => virheitä!



Laajaverkot (WAN)

• Puhelinverkko

- runkolinjat
 - digitaalisia, kuitua
- local loop
 - analoginen, kierretty pari
- kanavointi