



Erilaisia verkkoja

LAN, MAN ja WAN

21.11.2001

SOVELLUKSI

SOVELLUSPROTOKOLIA:

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

TCP (UDP)

IP

Erilaisia verkkoja: kuulosteluverkko ('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

Paljon erilaisia verkkoja!

☼ LAN

- Ethernet
- Vuororengas (802.4, Token Ring)
- langaton lähiverkko WLAN (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**

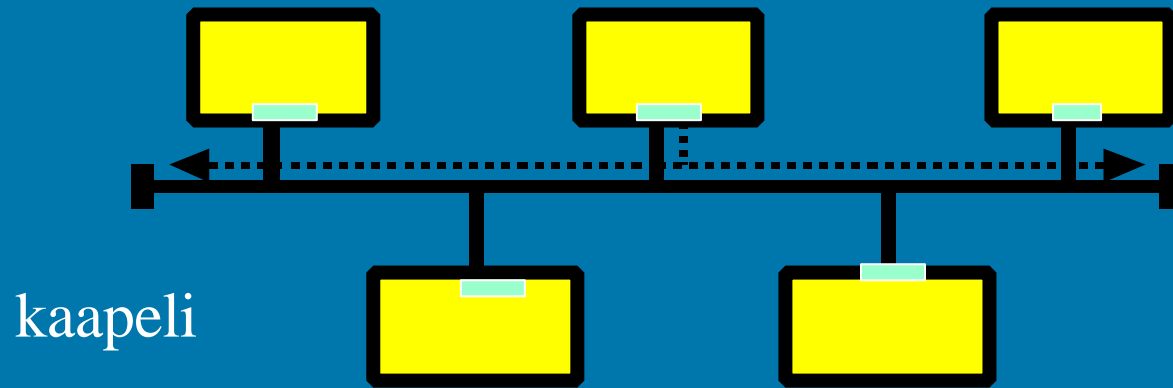
Ethernet-lähiverkko

☀ 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)

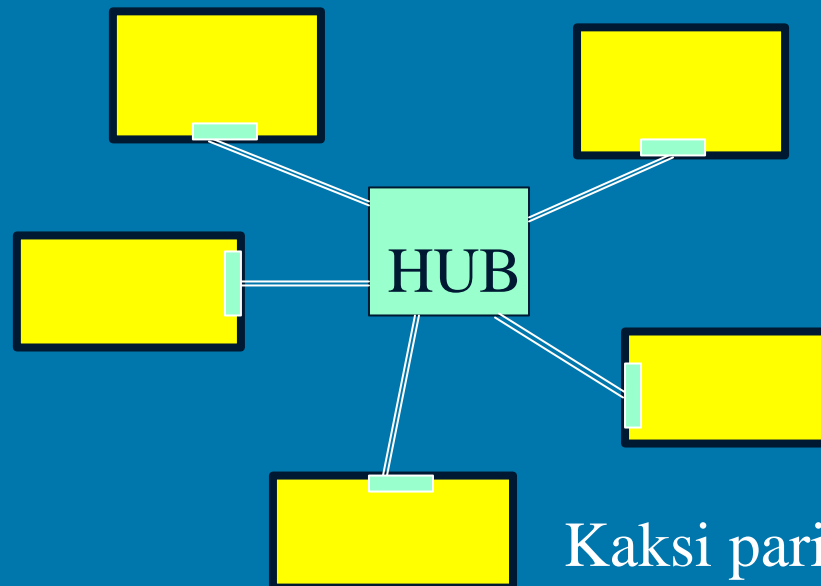
Eetteriverkon rakenne

• väylä



◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin



Erittäin nopeat Ethernet-verkot

- Perusversion nopeus 10 Mbps
- 100 Mbps (fast Ethernet)
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet

Vuororengas (802.5)

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



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

21.11.2001 – 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

21.11.2001

- esim. testausta varten

MAC-protokolla ja -kehys

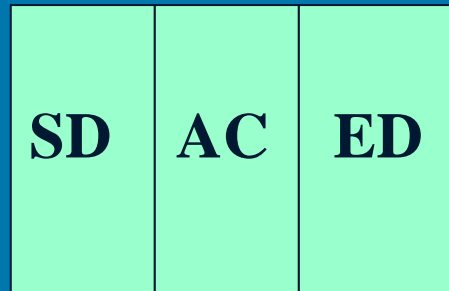
- token holding -time
 - 10 ms
- access control -kenttä (1 tavu)
 - vuoromerkki (3 bittiä)
 - monitor-bitti
 - prioriteettibittit
 - varausbitit
- frame status -kenttä (1 tavu)
 - automaattinen kuittaus:
 - A = nähnyt, C = kopioinut



☉ loppumerkissä

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

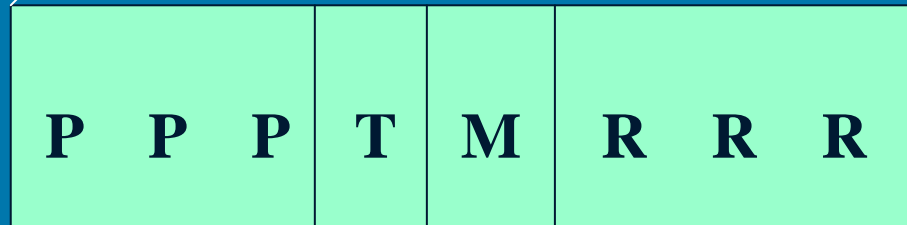
Vuoromerkki



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

21.11.2001 • 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

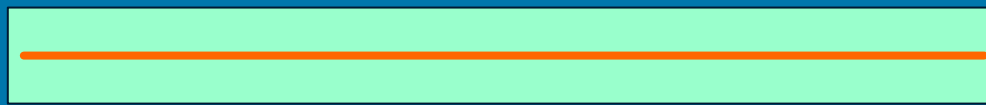
• renkaan pituuden säätely

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

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)

21.11.2001



200 m



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

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

21.11.2001 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 (Fiber Distributed Data Interface)

- vuororengas

- valokuitu
- 100 Mbps
- => 200 km
- 500 asemaa,
 - asemien väli < 2 km, kun monimuotokuitu + LED
 - yksimuotokuidulla ja laserille voi olla suurempi

- käyttö LANeja yhdistävänä runkolinjana

synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- ⊗ BER < 1 virhe / $2.5 \cdot 10^{10}$ bittiä
- ⊗ maksimi kehys 4599 tavua

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

21.11.2001

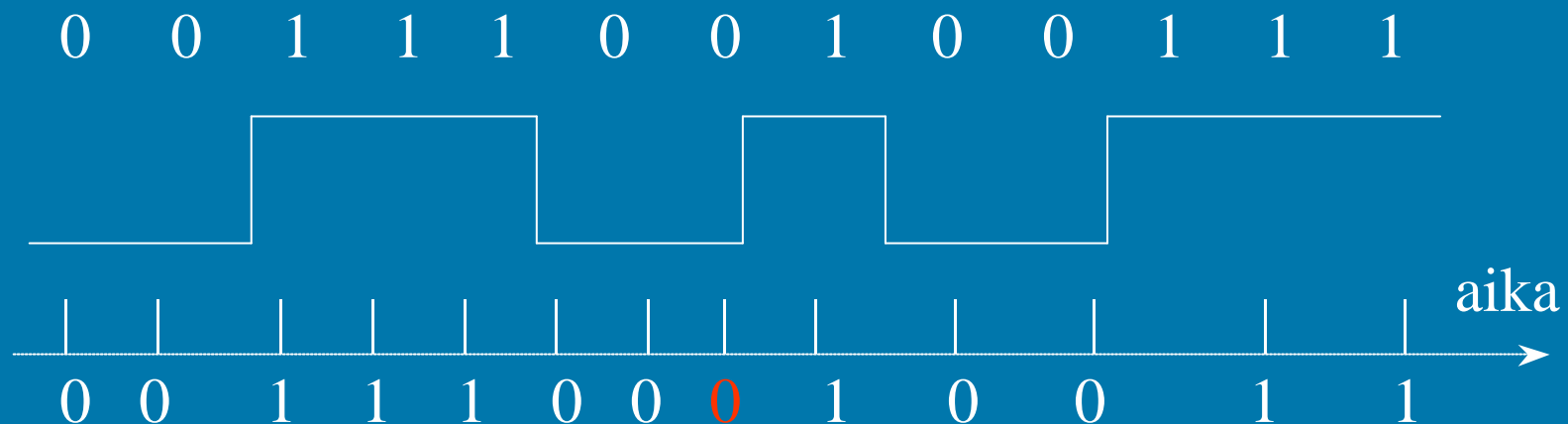
FDDI: koodaus

◉ koodi '4 out of 5'

- Manchesterin signaalointinopeus 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

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

- 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

⊙ kaksi ajastinta

- token holding timer
 - säätelee lähetysaikaa
- token rotation timer
 - vuoromerkin kiertoaika

⊙ Lisäksi tiedossa on

- target token rotation time
 - tavoitteena oleva vuoromerkin kiertoaika

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

- ☀ Lähetysvuoro asemalle aina vähintään $2 \cdot TTRT$:n välein
 - riippuen synkronista dataa lähettävien asemien määrästä
 - ja yleisestä kuormituksesta
 - ei takaa isokronisuutta
 - lähetysvuoro aina tasaisin välein
- ☀ Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
 - kullekin luokalle oma ajastin
- ☀ kytketyt eetteriverkot ja atm korvaamassa FDDI:n

Silta (bridge)

- yhdistää LAN-verkkoja
- tuntumaton silta (transparent bridge)
 - yhdistää eetteriverkkoja
- **lähdereitittävä silta** (source routing bridge)
 - yhdistää vuororenkaita

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

Lähdereitittävät sillat (Source routing bridges)

☉ tuntumattomat sillat


- helppo asentaa
- tuhlaavat kapasiteettia
 - käyttävät vain virittävää puuta

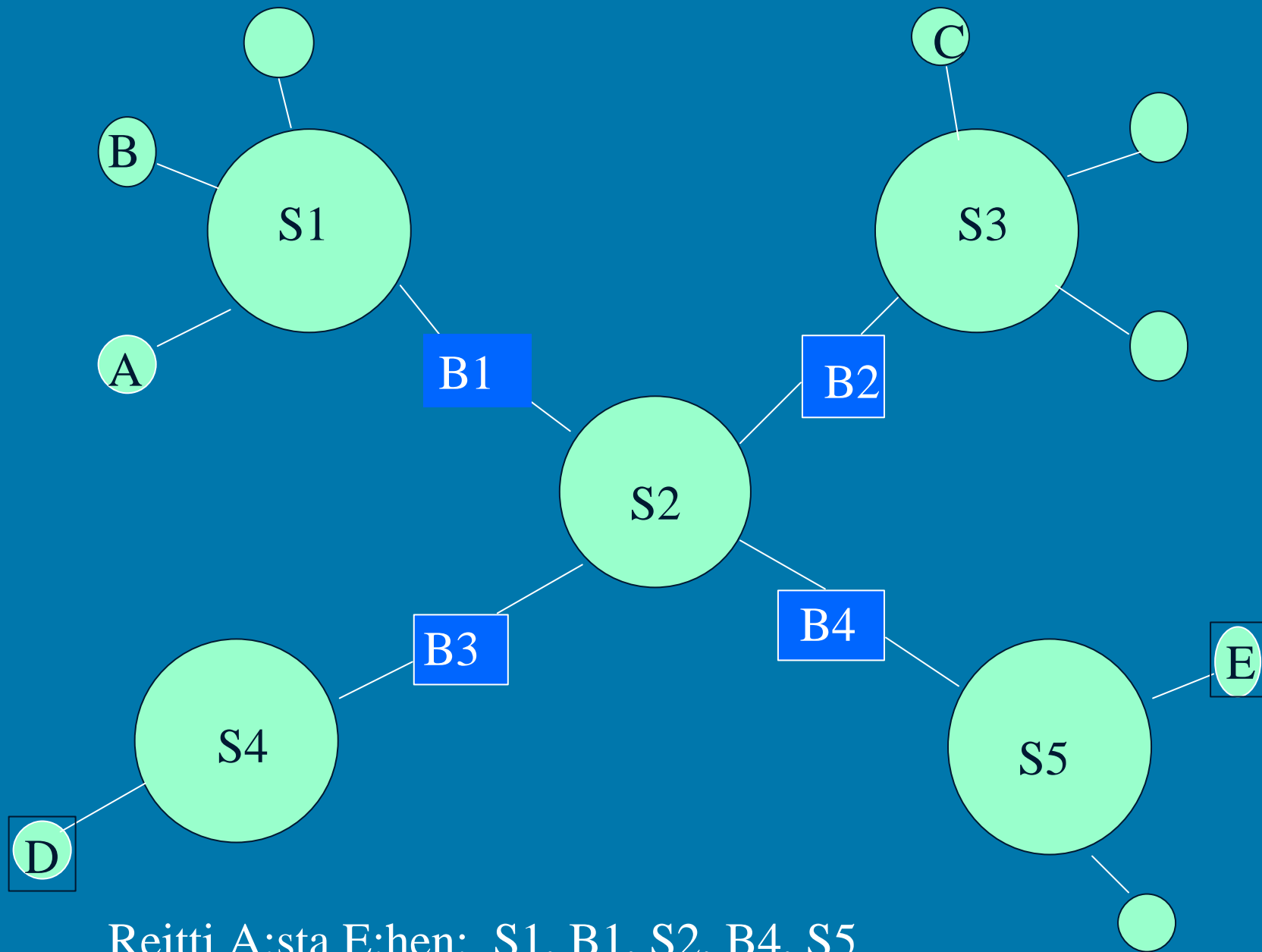
☉ erimielisyyttä standardoimiskomiteassa

- vuororenkain käyttäjät + IBM kannattivat lähdereititystä

☉ suosio hiipunut

- vuororenkaiden käytön vähenemisen myötä

- 
- 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



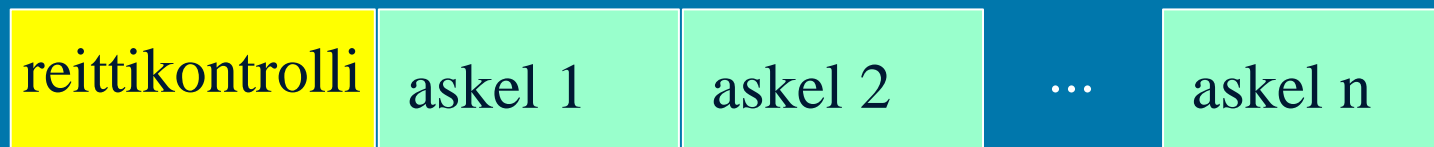
Reitti A:sta E:hen: S1, B1, S2, B4, S5

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

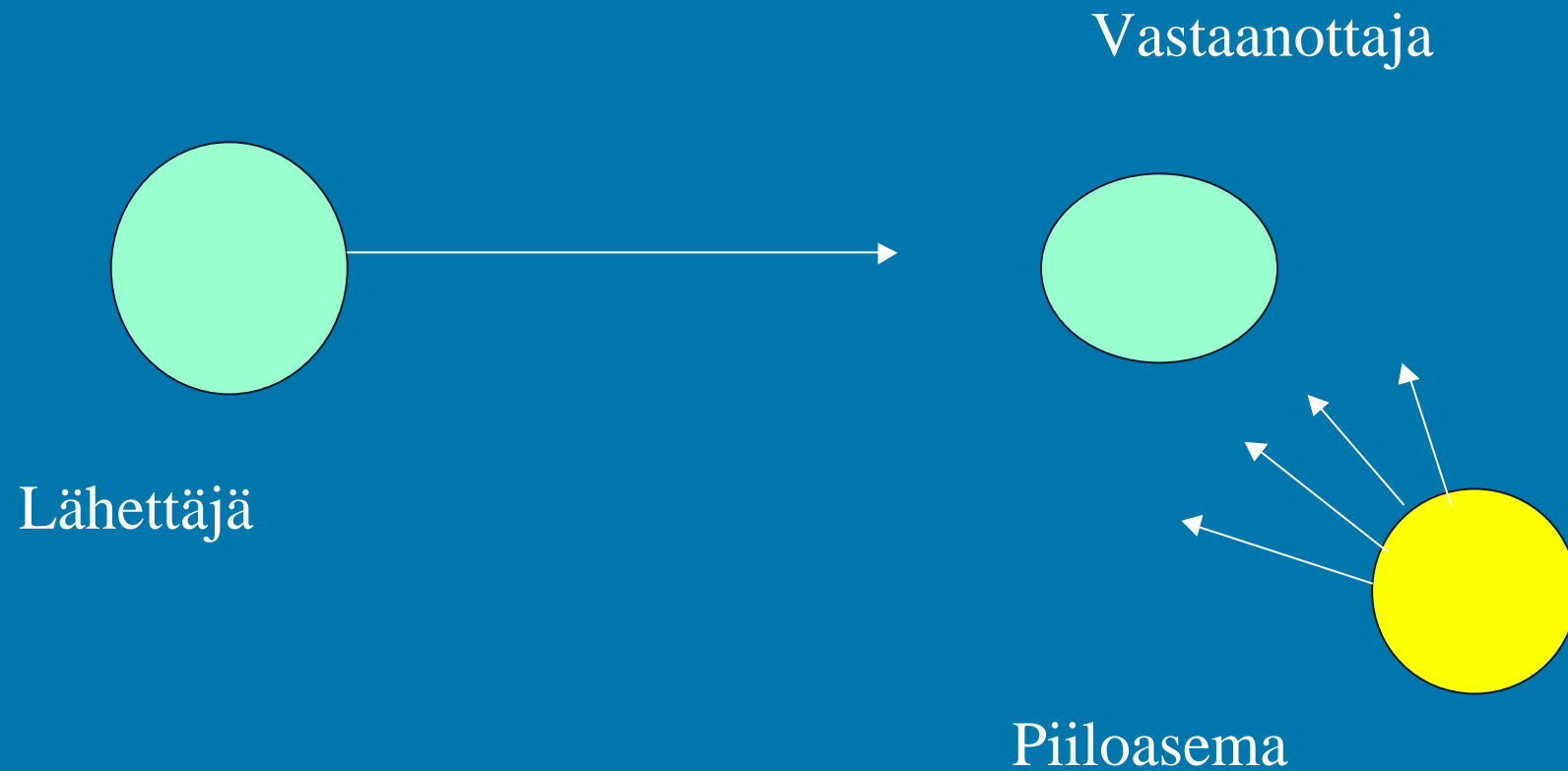
WLAN (Wireless LAN)


• IEEE 802.11

- **MAC-kerros**
 - CSMA/CA (Collision Avoidance)
 - hidden terminal -ongelma
- **fyysinen kerros**
 - 1 tai 2 Mbps
 - kahta eri radiotaajuutta
 - infapuna

• HiberLAN

Hidden terminal -ongelma



- 
- **Hajaspektri (Spread Spectrum)**
 - taajuushyppely (frequency hopping)
 - suorasegvenssi (direct sequence)
 - **Narrowband radio**
 - Bluetooth
 - a wide range of devices to enable simple, spontaneous wireless connectivity
 - **Frequency-Hopping Spread Spectrum Technology**
 - **Direct-Sequence Spread Spectrum Technology**
 - **Infrared Technology**

ATM (Asynchronous Transfer Mode)

• Soluvälitys (cell relay)

- pienet kiinteämittaiset solut
 - solukytkenäinen teknologia
 - 53 tavua: 5 tavua otsaketta, 48 käyttäjän dataa
- virtuaalipiiri
 - virtuaalikanava
- joustava
 - vakionopeutinen liikenne (audio, video)
 - purskeinen liikenne
- 25-622 Mbps
 - solun käsittely nopeaa