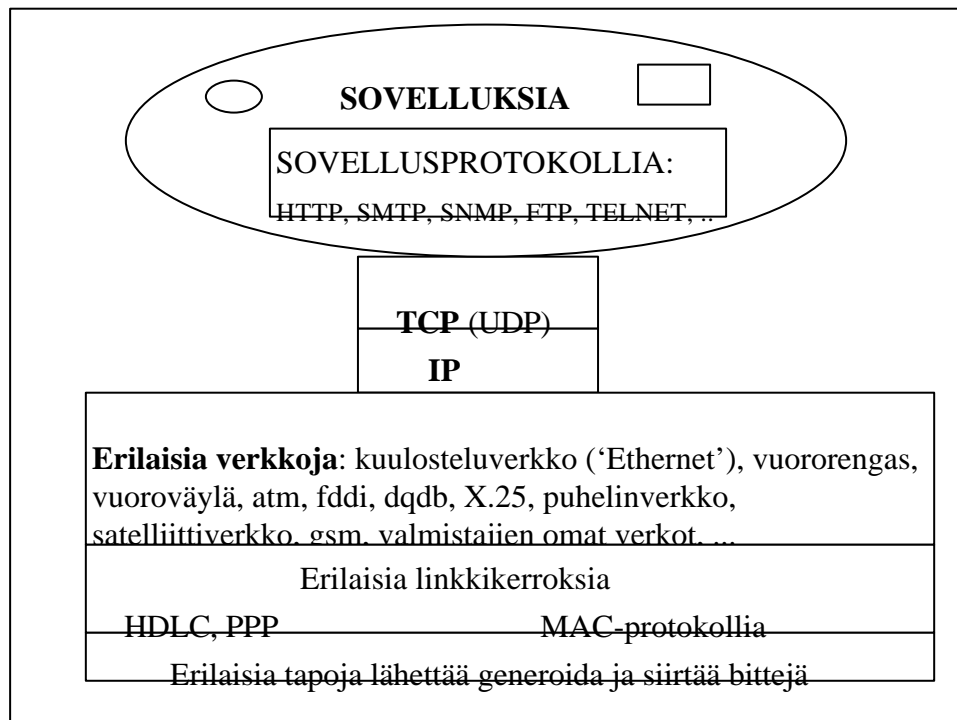


Erilaisia verkkoja

LAN, MAN ja WAN

21.11.2001

1



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

21.11.2001

4

Ethernet-lähiverkko

☉ Yleisin lähiverkkoteknologia

• CSMA/CD (kuulosteluväylä)

- kuunnellaan, ja jos vapaa, lähetetään
- jos syntyy törmäys, odotetaan satunnainen aika
 - binary exponential backoff

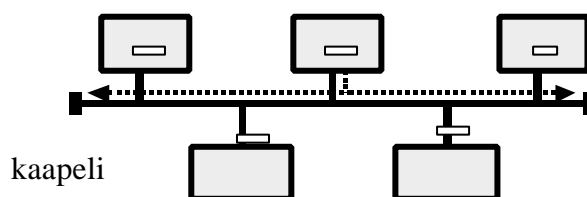
• ei kuittauksia, ei prioriteettejä

• paljon erilaisia kokoonpanoja

- 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
- 100BASE-T
- 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)

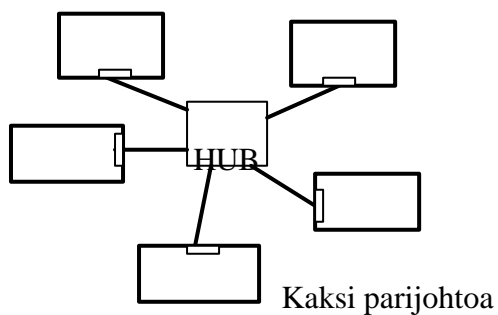
Eetteriverkon rakenne

☉ väylä



◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin





Erittäin nopeat Ethernet-verkot

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

21.11.2001

7



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

21.11.2001

8

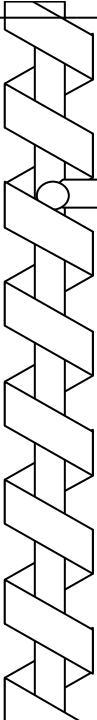


Lähetys vuororenkaassa

- 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

21.11.2001

9

- 
- 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
 - rengas ei rajoita kehyksen kokoa

21.11.2001

10



• 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%**

21.11.2001

11



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 prioriteetteja, nälkiintyminen mahdollista

21.11.2001

12



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

21.11.2001

13



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

21.11.2001

14



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

21.11.2001

15

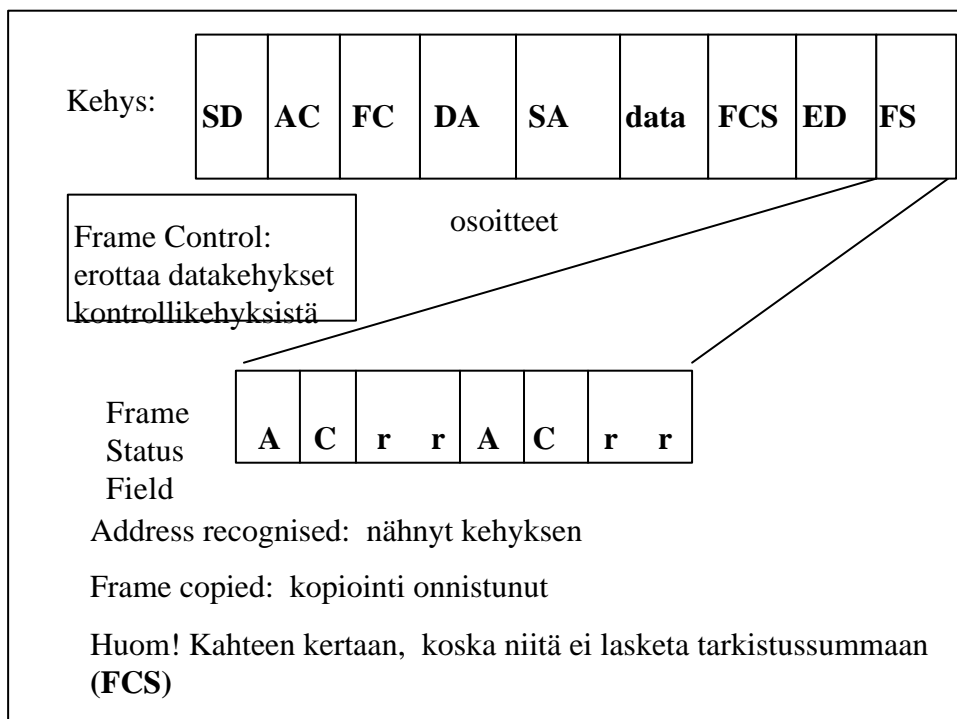
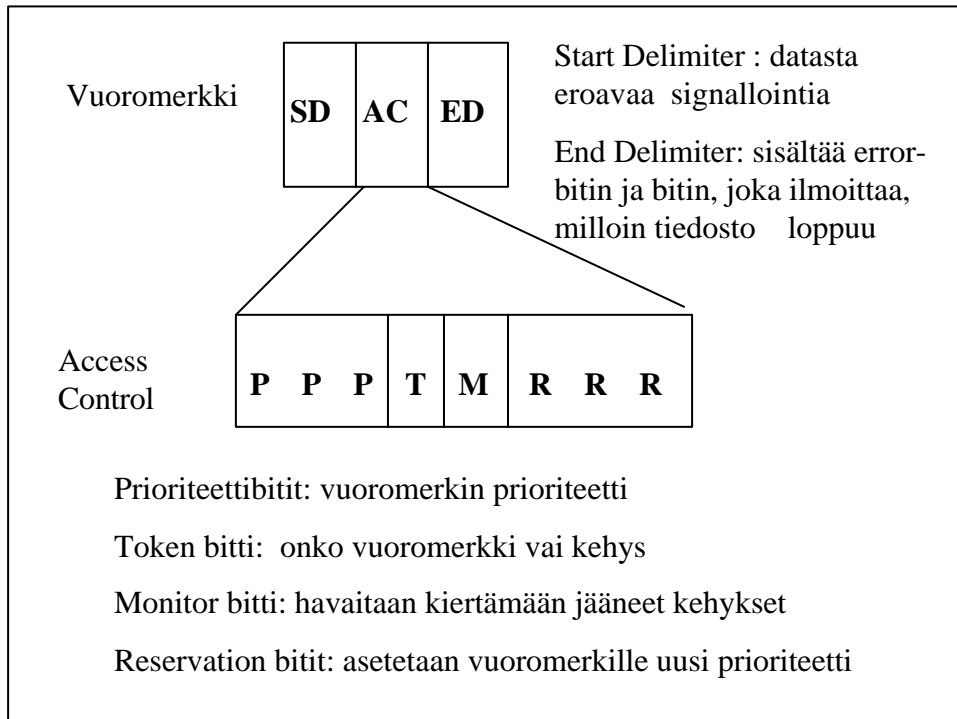


loppumerkissä

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

21.11.2001

16

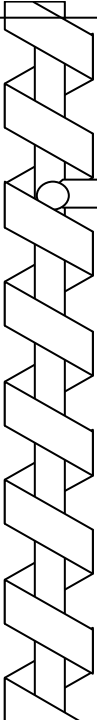




Prioriteetti

- monitasoisia prioriteettejä
 - vuoromerkin prioriteetti
 - määrää minkä prioriteetin kehyksiä saa lähettää
 - kolme bittiä vuoromerkissä
 - vuoromerkin prioriteetin asetus
 - datakehyyksen varausbittien avulla
 - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle
- 21.11.2001 • kun lähetys loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

19

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

21.11.2001

20



Vuororenkkaan 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 -kehyyksen
 - jos useita => kilpailemalla saadaan uusi valvonta-asema

21.11.2001

21



Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

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

21.11.2001

22

☉ 'orvot' kehukset

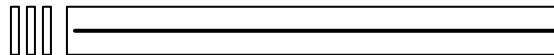
- lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
- kehyksessä monitoribitti
 - valvoja asettaa kehysten monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
 - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan

☉ 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 $200\,000\text{ km/s} = 200\text{ m/ms}$
- ☉ kukin bitti vie tällöin $200/R$ metriä
- ☉ Jos $R = 1\text{ Mbps}$ ja renkaan koko 1000 m , niin renkaaseen mahtuu vain 5 bittiä (a' 200 metriä)



21.11.2001

200 m

24



renkaan rikkoutuminen

- kun asema huomaa renkaan katkenneen
 - sen naapurit vaikuttavat 'kuollelta'
- lähettää BEACON-kehysten
 - jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite
- kehys etenee niin pitkälle kuin voi
 - voidaan päätellä katkoksen alku
- poistetaan rikkoutuneet ohitusreleen avulla
 - rengas kuntoon

21.11.2001

25



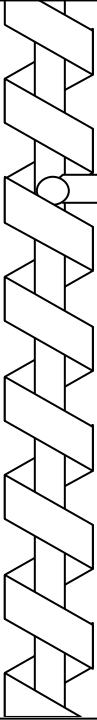
802.3 CSMA/CD

hyvät puolet

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

21.11.2001

26



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

21.11.2001

27



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

21.11.2001

28

- 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

21.11.2001

30



synkronista ja asynkronista dataa

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

21.11.2001

31



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

32

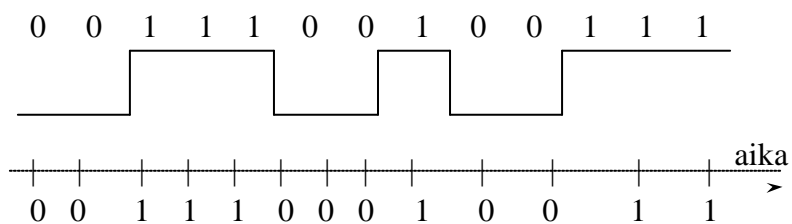
FDDI: koodaus

• 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

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

21.11.2001

35

- 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

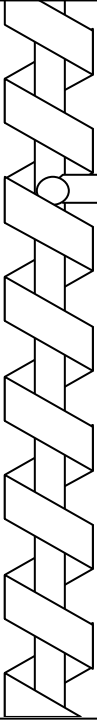
☉ Lisäksi tiedossa on

- 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

21.11.2001

39



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

21.11.2001

40

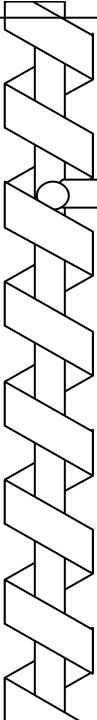


Lähdereitittävät sillat (Source routing bridges)

- tuntumattomat sillat
 - helppo asentaa
 - tuhlaavat kapasiteettia
 - käyttävät vain virittävää puuta
- erimielisyyttä standardoimiskomiteassa
 - vuororenkaiden käyttäjät + IBM kannattivat lähdereititystä
- suosio hiipunut
 - vuororenkaiden käytön vähenemisen myötä

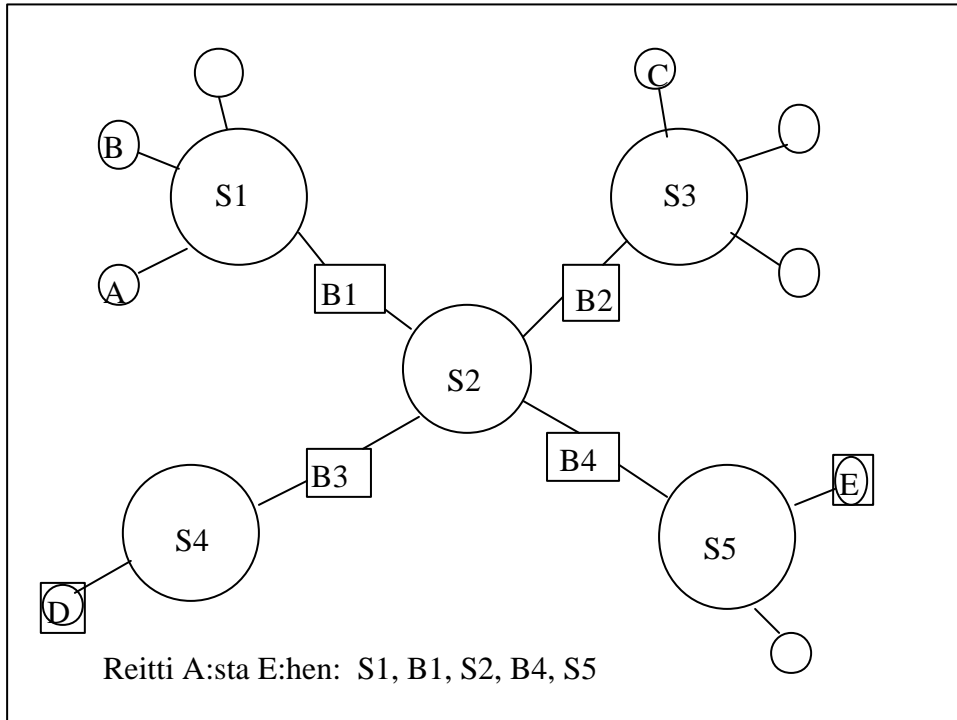
21.11.2001

41

- 
- 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

21.11.2001

42

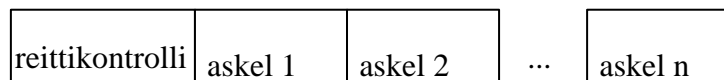


Kehyksen rakenne

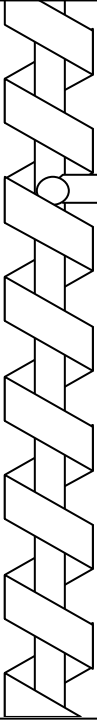


onko reitti mukana vai ei

◆ reittikenttä on muotoa



verkk-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

21.11.2001

45



• **lähdereitittävä silta**

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

21.11.2001

46

WLAN (Wireless LAN)

• IEEE 802.11

- **MAC-kerros**

- CSMA/CA (Collision Avoidance)
- hidden terminal -ongelma

- **fyysinen kerros**

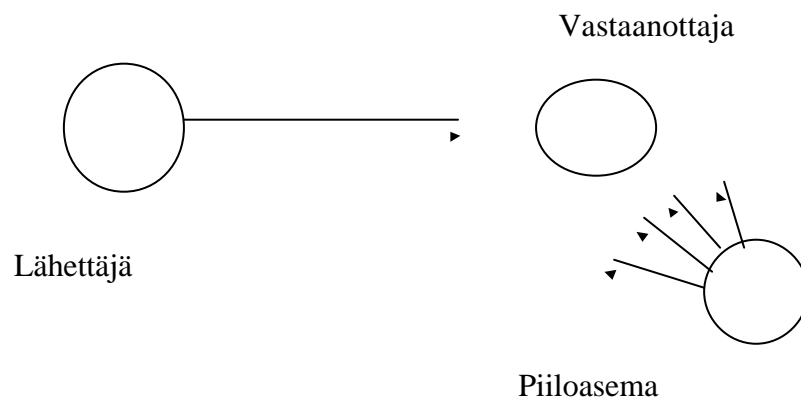
- 1 tai 2 Mbps
- kahta eri radiotaajuutta
- infapuna

• HiberLAN

21.11.2001

47

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

21.11.2001

49



ATM (Asynchronous Transfer Mode)

- **Soluvälitys (cell relay)**

- pienet kiinteämittaiset solut
 - solukytöntäinen teknologia
 - 53 tavua: 5 tavua otsaketta, 48 käyttäjän dataa
- virtuaalipiiri
 - virtuaalikanava
- joustava
 - vakionopeutinen liikenne (audio, video)
 - purskeinen liikenne

- **25-622 Mbps**

21.11.2001

- solun käsittely nopeaa

50