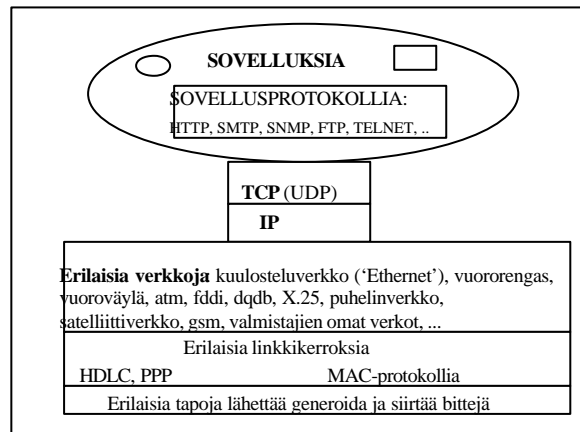


Erlaisia verkkoja

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

21.11.2001 4

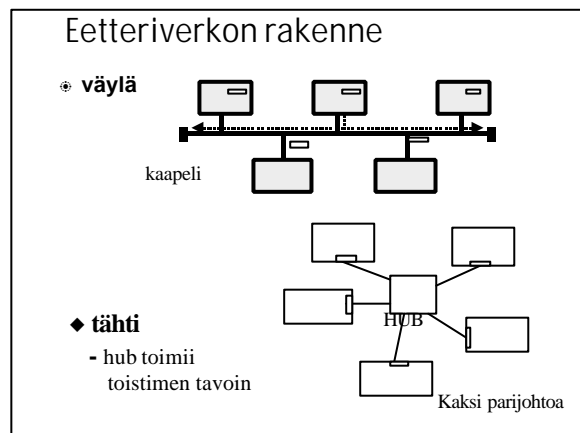
Lähiverkkostandardi IEEE 802:

- LAN- ja MAN-verkoille
 - 802.1 Johdanto, rajapintaprotokollat
 - 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 kiutauksia, ei prioriteettejä
 - paljon erilaisia kokoonpanoja
 - 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
 - 100BASE-T
 - 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)



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 vuororengaassa

- renkaassa kiertää vuoromerkki
 - erityinen bittikuvio
- vuoromerkkin tulee mahtua renkaaseen
 - kunkin aseman aiheuttama viive (1 bitti)
 - öisin keinotekoinen viive
 - siirtoviive
- kuuntelu moodi
 - kopioi bittejä sisään tulosta 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 vuoromerkkin renkaaseen
 - rengas ei rajoita kehysten kokoa

21.11.2001

10

- jos kevyt kuorma
 - vuoromerkki kiertele renkaassa
 - joskus joku lähettää
- jos raskas kuorma
 - kaikilla asemilla jonoa
 - kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkkin seuraavalle
- **renkaan suoritusnopeus 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
 - prioriteettibitit
 - varausbitit
- frame status -kenttä (1 tavu)
 - automaattinen kuitaus:
 - A = nähnyt, C = kopioinut

21.11.2001 15

MAC-protokolla ja -kehys

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

21.11.2001 16

Vuoromerkki: SD AC ED

Access Control: P P P T M R R R

Start Delimiter : datasta eroavaa signaalointia

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

Prioriteettibitit: vuoromerkkin prioriteetti

Token bitti: onko vuoromerkki vai kehyks

Monitor bitti: havaitaan kiertämään jääneet kehyks

Reservation bitit: asetetaan vuoromerkille uusi prioriteetti

Kehys: SD AC FC DA SA data FCS ED FS

Frame Control: erottaa datakehyksset kontrollikehyksistä

Frame Status Field: A C E F A C E F

osoitteet

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

19

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

21.11.2001

20

Vuororenkään 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

21.11.2001

21

Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

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

21.11.2001

22

- 'orvot' kehykset
 - 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 'kuollella'
- lähettää BEACON-kehysen
 - 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 lähetyksiivillä

21.11.2001

26

802.3 CSMA/CD huonot puolet

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

21.11.2001

27

802.5 vuororengas

hyvät puolet

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

21.11.2001

28

- hyvin lyhyet ja hyvin pitkät kehykset mahdollisia
- suorituskykyinen ja tehokas

huonot puolet

- keskitetty valvontatoiminta
 - seonnut valvoja voi tehdä mitä vaan
- kevyellä kuormalla turha odotusta

DDI (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*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

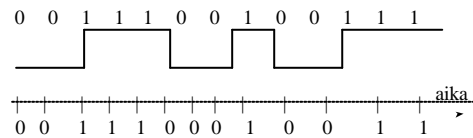
32

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 lähetyssaikaa
 - 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)

- ⊗ Lähetyvuoro asemalle aina vähintään $2 \cdot TTRT:n$ välein
 - riippuen synkronista dataa lähettävien asemien määrästä
 - ja yleisestä kuormituksesta
 - ei takaa isokronisuutta
 - lähetyvuoro 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 ohjaisesta 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
 - tuhlavat kapasiteettia
 - käyttävät vain virittävää puuta
- ⊗ erimielisyyttä standardoimiskomiteassa
 - vuororenkaiden käyttäjät + IBM kannattivat lähdereititystä
- ⊗ suosio hiipunut
 - vuororenkaiden käytön vähenemisen myötä

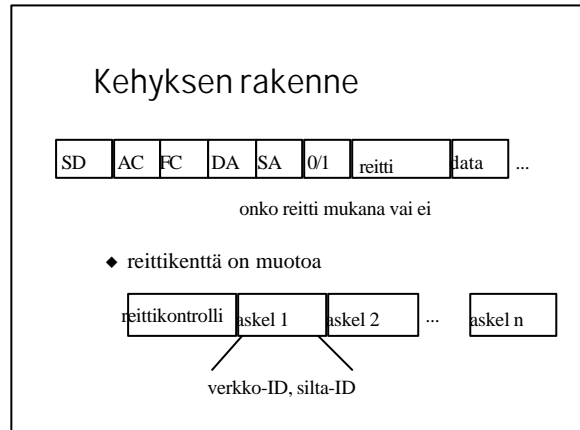
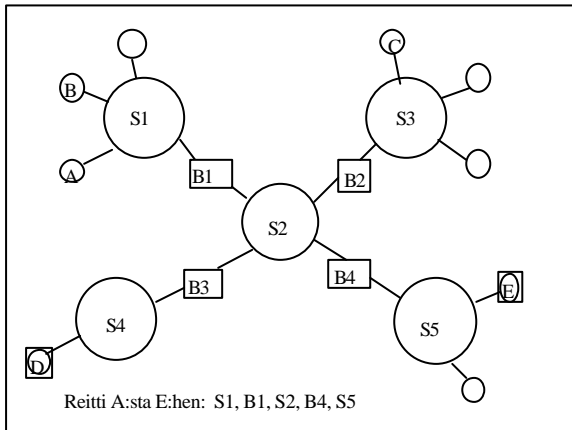
21.11.2001

41

- ⊗ kehysten lähettävä asema varustaa kehysten reititiedoilla
 - 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



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

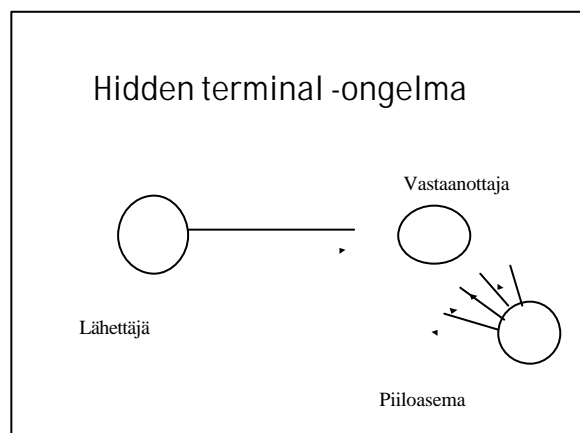
WLAN (Wireless LAN)

♦ **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



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

21.11.2001 50