



Erilaisia verkkoja

LAN, MAN ja WAN

SOVELLUKSI

SOVELLUSPROTOKOLLI:
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**

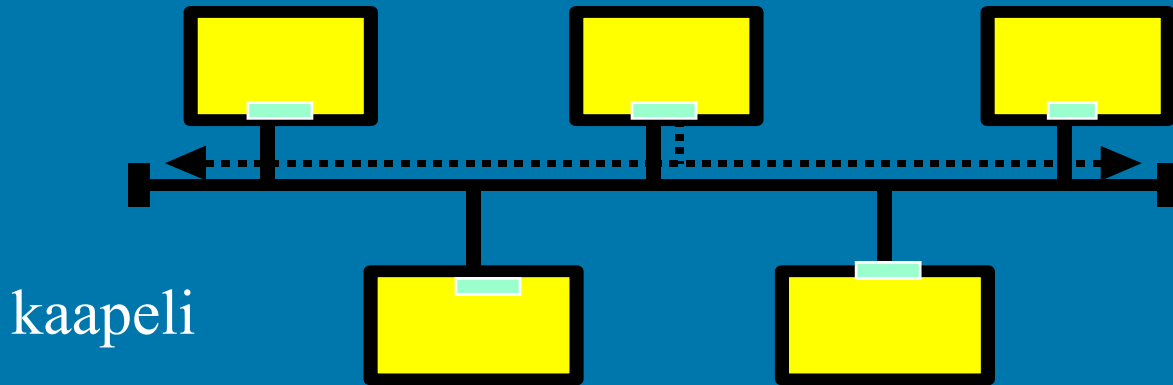
Ethernet-lähiverkko

□ 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)

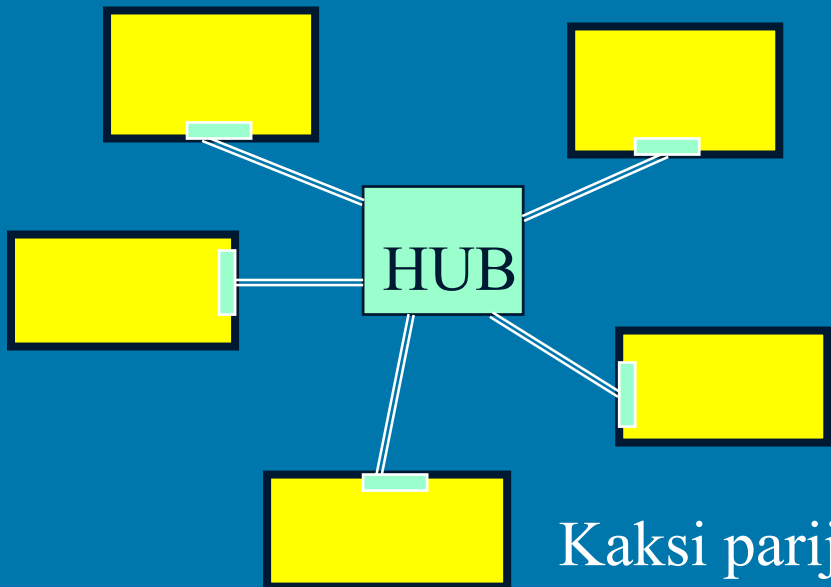
Eetteriverkon rakenne

□ väylä



◆ tähti

- hub toimii
toistimen tavoin



Kaksi parijohtoa

Erittäin nopeat Ethernet-verkot

- ❑ Perusversion nopeus 10 Mbps
- ❑ 100 Mbps (fast Ethernet)
- ❑ Gigabit Ethernet
- ❑ 10 Gigabit Ethernet
- ❑ 100 Gigabit Ethernet
- ❑ Terabit 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
- kuuntelumoodi
 - 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



- 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

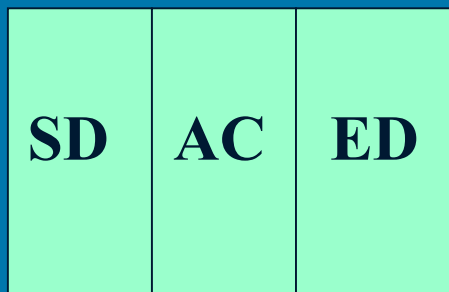
- token holding -time
 - 10 ms
- access control -kenttä (1 tavu)
 - vuoromerkki (3 bittiä)
 - monitor-bitti
 - prioriteettibittit
 - varausbittit
- frame status -kenttä (1 tavu)
 - automaattinen kuittaus:
 - A = nähnyt. C = kopioinut



□ loppumerkissä

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

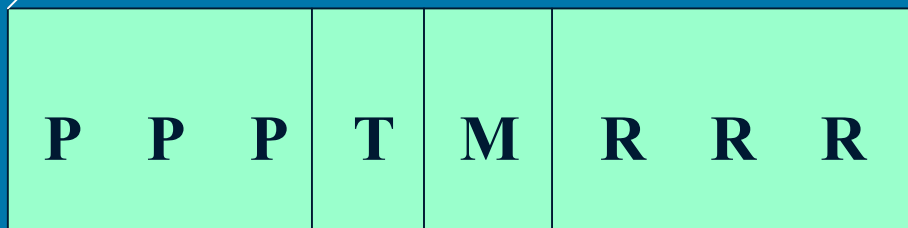
Vuoromerkki



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

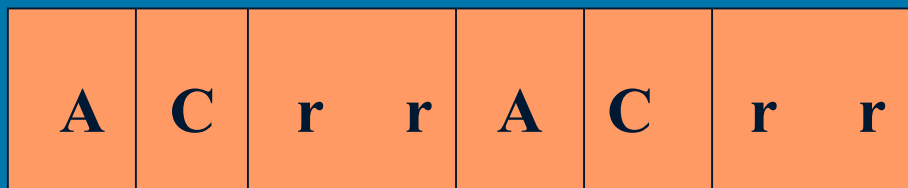
Kehys:



Frame Control:
erottaa datakehukset
kontrollikehuksista

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 kehyksessä
- ❑ vuoromerkin prioriteetin asetus
 - datakehysten varausbittien avulla
 - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle
 - kun lähetyksen loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

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

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 -kehyksen
- 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 kehykset

- väärä kehysmuoto, tarkistussumma ei täsmää
- tyhjennys ja uusi vuoromerkki

□ 'orvot' kehykset

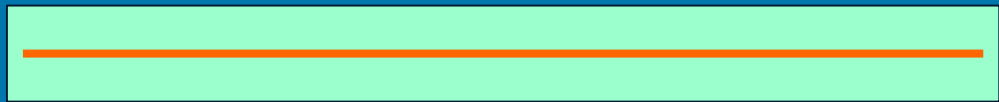
- lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
- kehyksessä monitoribitti
 - valvoja asettaa kehyksen monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
 - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan

□ 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
- \Rightarrow 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)



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 lähetysaikaa

- ❑ 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

FDDI: protokolla

- Vuororenkään johdannainen
 - renkaassa useita lähetyksiä
 - vuoromerkki heti renkaaseen, kun oma lähetys 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 kehukset)

- ❑ Lähetysvuoro asemalle aina vähintään $2 * TTRT:n$ 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

WLAN langaton lähiverkko (Wireless LAN)

□ IEEE 802.11-standardi

- IEEE 802.11: 1 ja 2 Mbps
- IEEE 802.11a: 6, 12, 24, 54 Mbps
- IEEE 802.11b: 5.5, 11 Mbps

□ ETSI: HiperLAN

- HiperLAN1: 20 Mbbps
- HiperLAN2: 25 -54 Mbps
- HiperAccess: 25 Mbps
- HiperLink: 155 Mbps

□ HomeRF

IEEE 802.11-standardi

- Ratifioitu 1997
 - 7 vuoden kehitystyön jälkeen
- nopeus 1 tai 2 Mbps
- 2.4 GHz:n lisenssivapaa alue
 - **MAC-kerros ~ Ethernetin kaltainen**
 - CSMA/CA (Collision Avoidance)
 - piilolähetäjäongelma (hidden terminal)
 - **fyysinen kerros**
 - kaksi eri ratkaisua radioaalloille
 - hajaspektritekniikkoja (Spread spektrum), jotka hajauttavat lähetyksen laajalle taajuusalueelle
 - infapuna-aallot

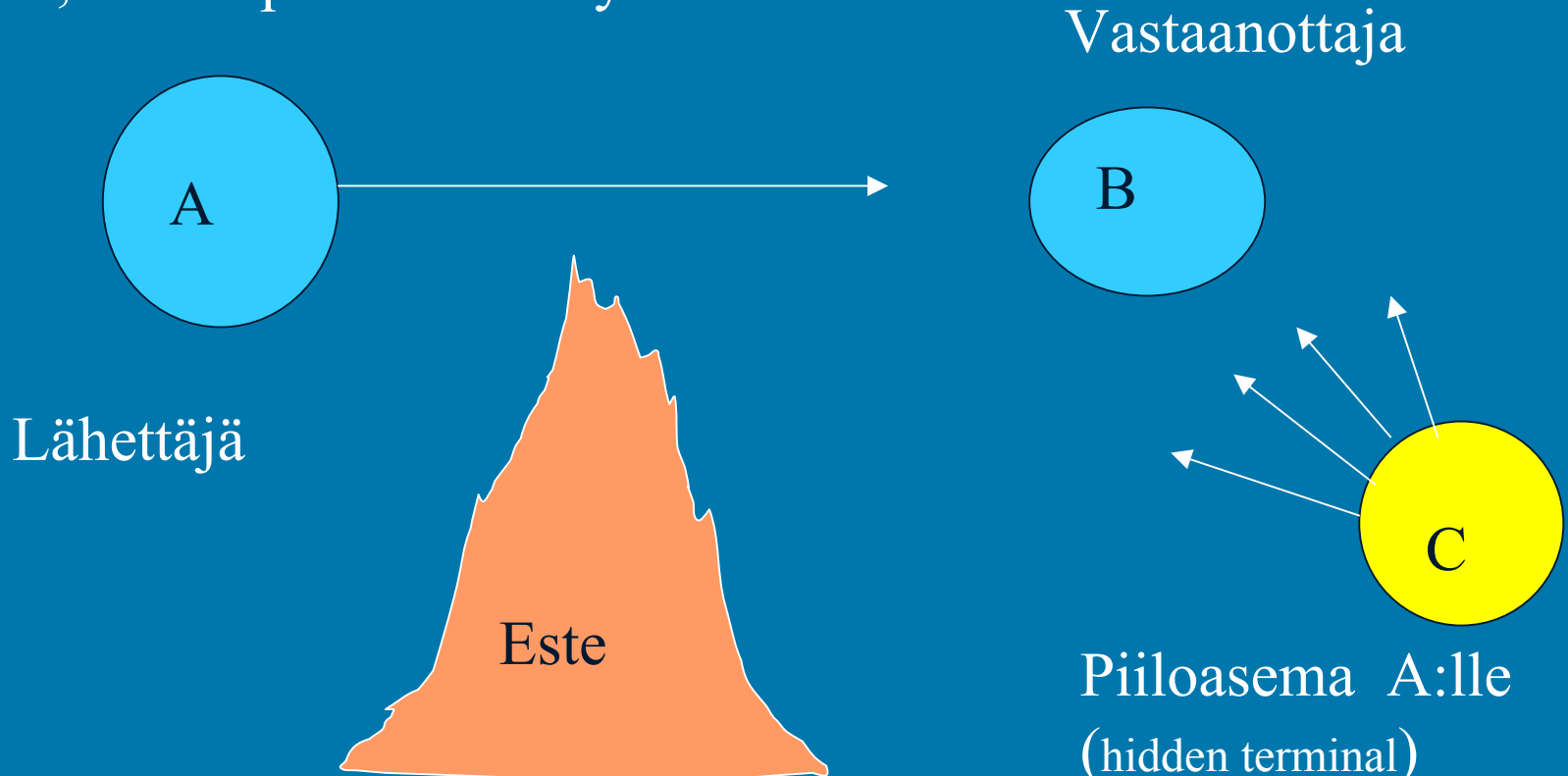
ISM

(Industrial, Scientific, and Medical)

- Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
 - ‘rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit’
- ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
 - 902-928 MHz,
 - 2.4-2.483 GHz,
 - 5.15-5.35 GHz,
 - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä muita laitteita
 - esim. 2.4 GHz:n taajuudelle toimivat monet mikroaaltouun
 - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

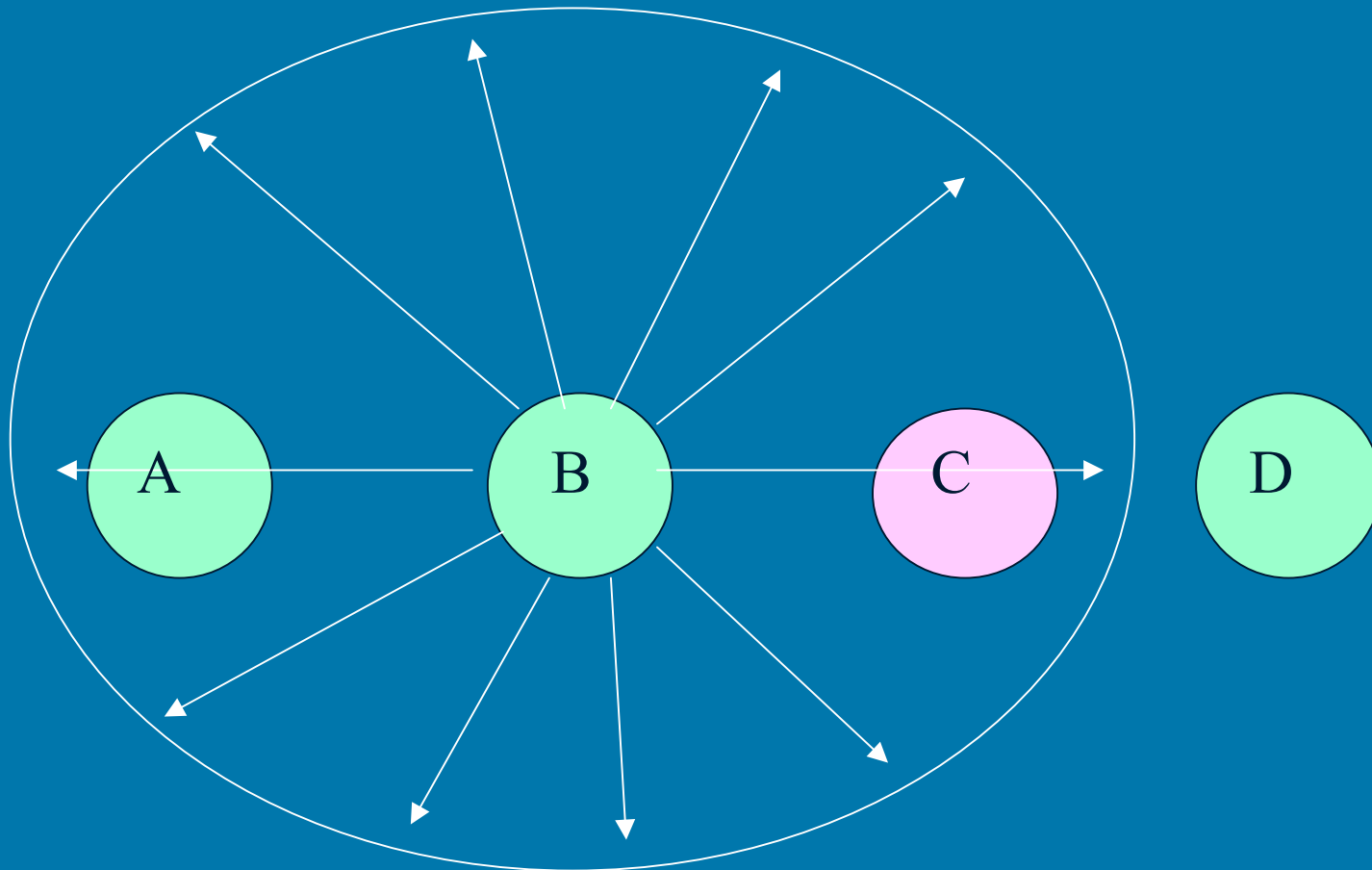
Hidden terminal -ongelma

Lähettäjä ei kuule C:n lähetystä. Jos A lähettää B:lle, niin tapahtuu törmäys!



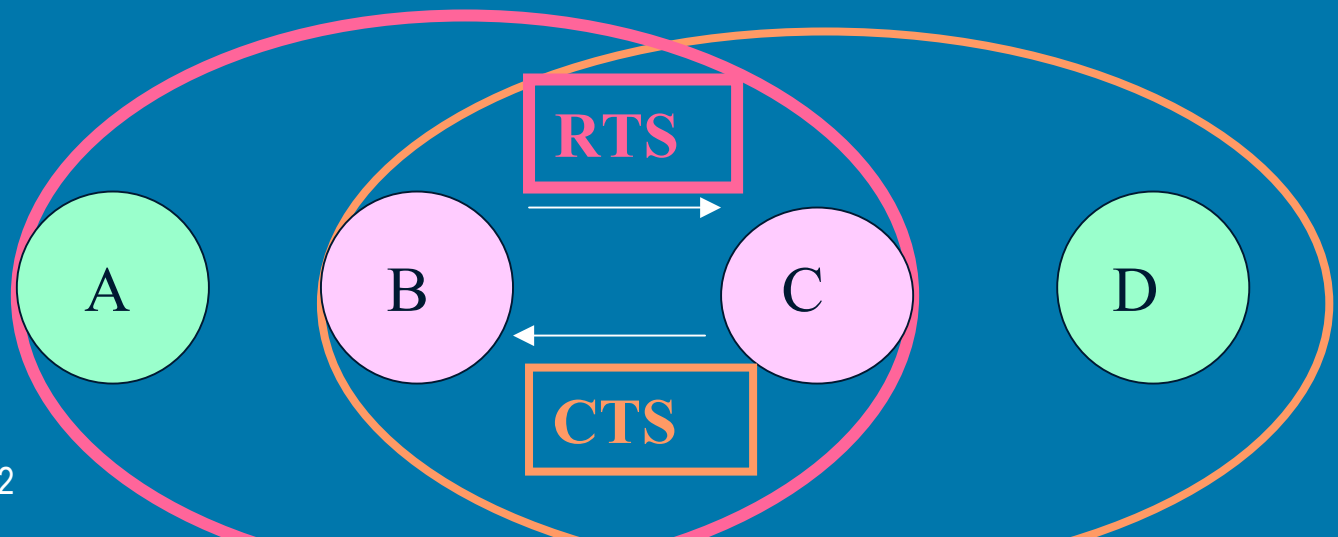
□ exposed station problem:

- B:n lähetys A:lle estää turhaan C:tä lähettämästä D:lle



CSMA/CA (Collision avoidance)

- RTS (Request to send)
 - lähettäjä kysyy vastaanottajalta lähetyslupaa
- CTS (Clear to send)
 - vastaanottaja antaa luvan lähettää



Datan lähetys B --> C

- B lähettää C:lle RTS-kehyksen (Request To Send)
 - kehyksessä datalähetyksen pituus
 - => A:n naapurit osaavat varoa

- C lähettää B:lle CTS-kehyksen (Clear To Send)
 - datalähetyksen pituus
 - => B:n naapurit osaavat varoa

Lähetyksen koordinointia

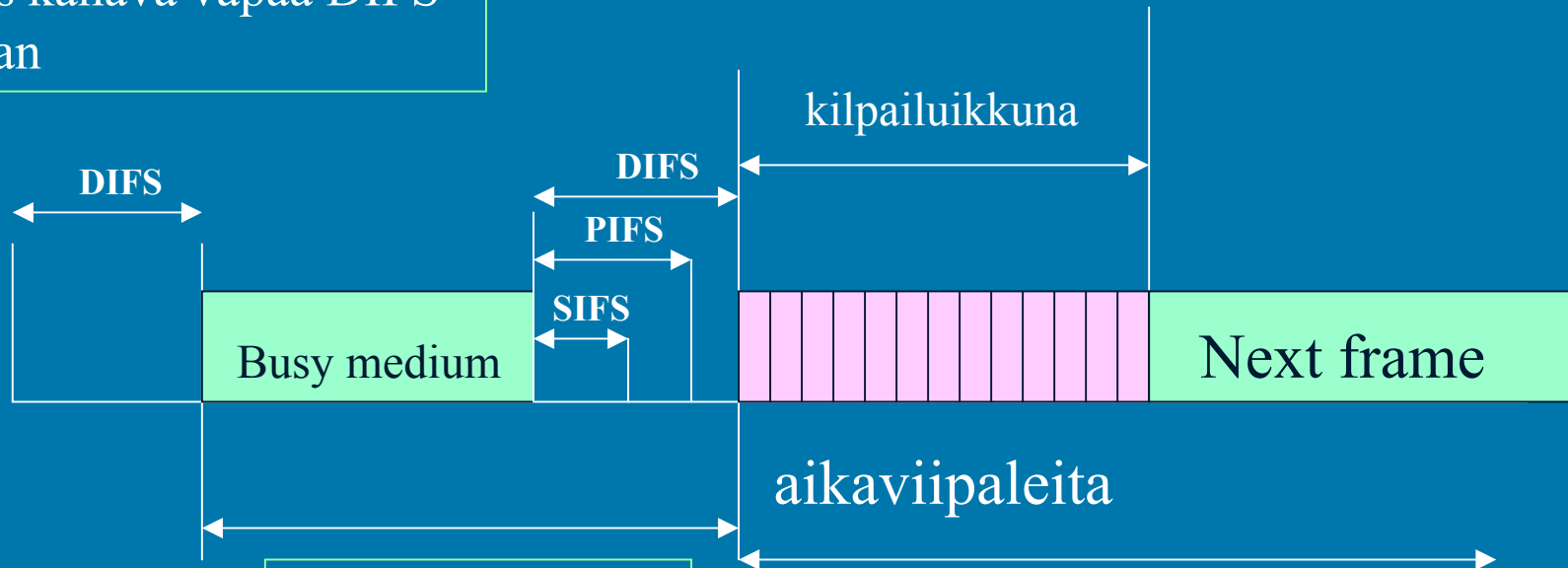
□ IFS (Interframe space)

- erilaisia aikavälejä
 - mitä lyhyempi aika sitä suurempi prioriteetti
 - DIFS (Distributed IFS)
 - määrää kuinka pitkään aseman on kuunneltava ennenkuin se voi valmistautua lähettämään tavallista dataa
 - SIFS (short IFS)
 - määrää kuinka pitkään on kuunneltava ennen kuittauksen lähettämistä
 - PIFS
 - odotusaika ei -kilpaileville lähetyksile

SIFS < PIFS < DIFS

CSMA/CA: lähettäminen

Voi lähettää vapaasti,
jos kanava vapaa DIFS-
ajan



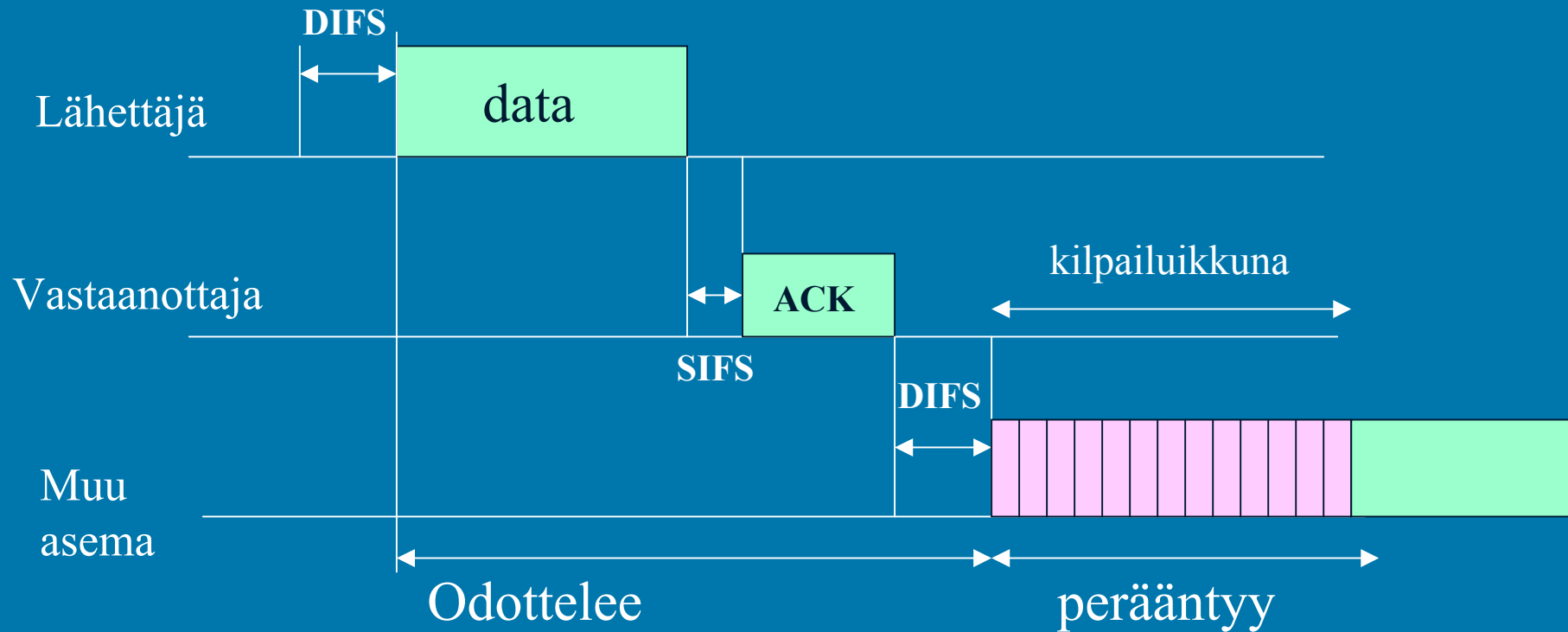
Odotetaan
kanavan
vapautumista

Valitaan satunnainen aikaviipale
ja vähennetään sitä kun kanava
on vapaa.

Satunnaisperääntyminen (Random backoff)

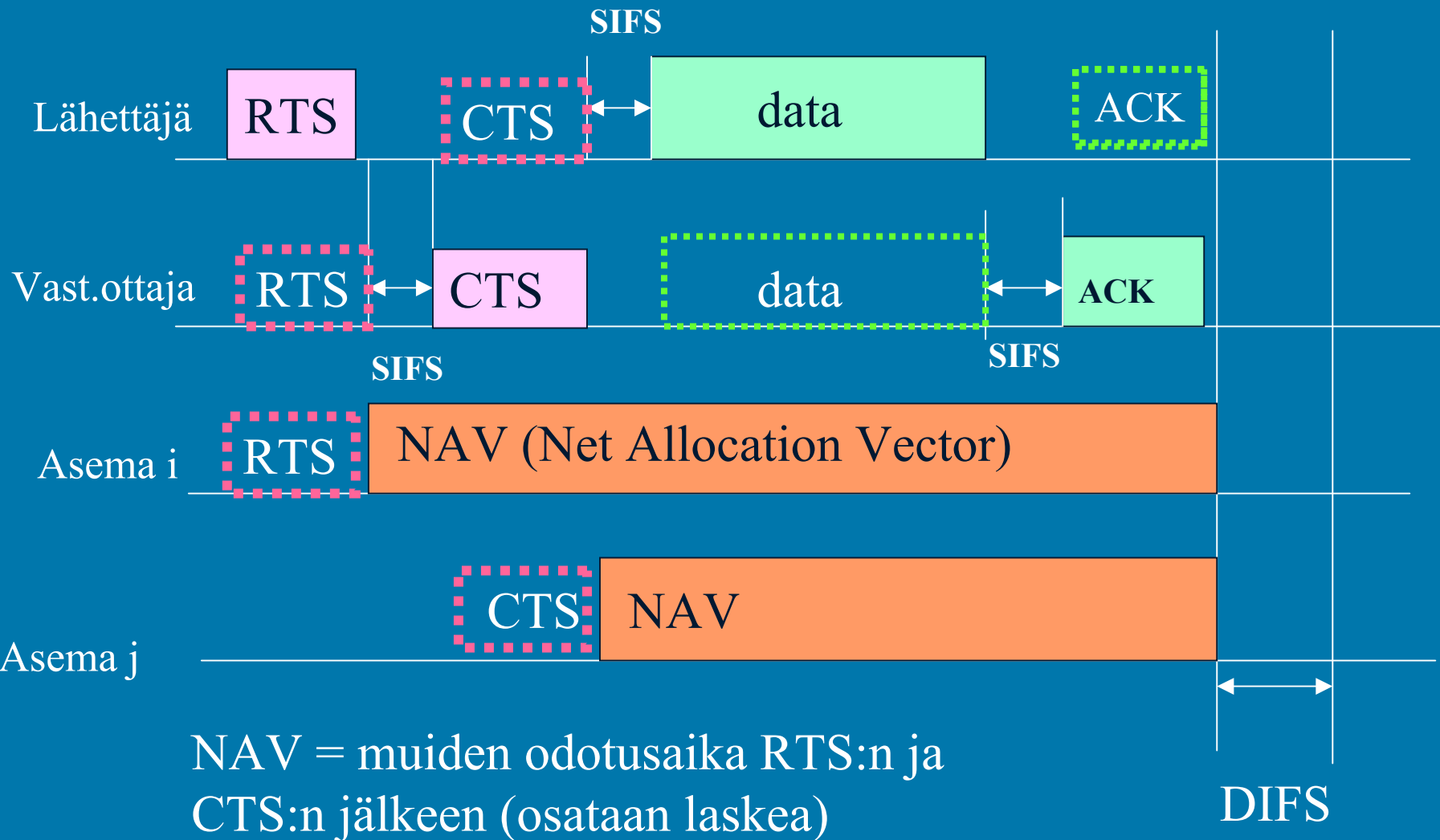
- ❑ Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaletta
 - oletusarvo 31
 - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetys onnistuu
 - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- ❑ ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
 - aikaa vähennetään , jos kukaan muu ei ala lähettää
- ❑ samankaltainen kuin Ethernetissä

Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

RTS, CTS ja NAV



Fyysinen kerros: hajaspektri

- FHSS taajuushyppely (frequency hopping)
 - koko käytössä oleva taajuuskaista on jaettu useaan alikaistaan
 - maksimissaan 79 alikaistaa a' 1 MHz
 - lähetyksessä käytettävä ainakin 6 eri alikaistaa
 - lähettäjä vaihtaa alikaistaa koko ajan tietyn kuvion mukaan => vähentää häiriöiden vaikutusta
- DSSS suorasegvenssi (direct sequence)
 - lähettää datan yhdessä satunnaisen bittisekvenssin (pseudo-noise) kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)
 - tuloksena hyvin laajakaistainen, kohinan kaltainen signaali
 - kestää hyvin häiriöitä
 - ei häiritse voimakkaampaa kapeakaistaista lähetystä
 - vaikeaa havaita, salakuunnella tai väärentää

IEEE 802.11a

- ❑ Nopeudet 6->54 Mbps
- ❑ Käyttää 5 GHz:n kaistaa
 - herkkä monenlaisille häiriöille
 - USA:ssa 300 MHz vapaa-alue (UNII)
 - Euroopassa varattu HiperLAN2:lle
- ❑ fyysinen kerros OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - useita alikanavien eri taajuuksia, jotka keskenään ortogonaalisia
- ❑ laitteita vuoden 2001 lopussa

IEEE 802.11b

- Yhteensopivuus perusversion kanssa
 - 2.4 GHz:n alue
 - samankaltainen fyysinen kerros
- nopeudet 5.5 tai 11 Mbps (~10 Mbps perus-Ethernet)
 - nopeutus perustuu suurelta osin kehittyneempään modolointitekniikkaan
 - yhtä signaalimuutosta kohden enemmän bittejä
 - sopeutuu automaattisesti lähetyskanava ominaisuuksiin
 - nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

ETSI:n Hiperlan-standardit

□ HiperLAN-tavoitteita

- suuret nopeudet (> IEEE:llä)
- turvallisuuspiirteet
- priorisointi
- yhteensopivuus 3G-mobiililaitteiden kanssa

□ Standardeja

- HiperLAN1: 20 Mbbps
- HiperLAN2: 25 -54 Mbps
- HiperAccess: 25 Mbps
- HiperLink: 155 Mbps

HiperLAN2

- ❑ **Nopea:** fyysisellä tasolla 54 Mbps, verkkokerroksella 25 Mbps)
- ❑ Fyysinen kerros lähes samanlainen kuin 802.11a:ssa
 - OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing)
 - 5 GHz
- ❑ **MAC-kerroksella dynaaminen aikajako** (TDD, Time-Division Duplex)
 - MAC-kehys 2 ms
 - Resource Request -pyyntö ennen lähetystä
 - tässä kilpailua muiden lähettäjien kanssa
 - lähetysvuorot jaetaan ja lähetys tapahtuu ilman kilpailua
- ❑ **Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS**
 - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut
 - solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ..

HiperAccess ja Hiperlink

□ Hiperaccess

- langaton laajakaistayhteys koteihin
 - vrt. xDSL-yhteys ja kaapelimodeemi
- 25 Mbps
- max. 5 km:n etäisyydellä

□ Hiperlink

- kiinteä kaksipisteyhteys
- 17 GHz:n taajuusalueessa
- 155 Mbps nopeus
 - atm-yhteensopivuus