Lähiverkot

S-38.188 Tietoliikenneverkot
1.10.1997

Luennon aiheet

- Lähiverkkostandardit
- Väylänsaantitavat
- Median saantitavat
- Perinteiset lähiverkot
  - Väyläverkot
    - » Ethernet, Local Talk
  - Rengasverkot
    - » Token Ring, FDDI
- ATM & ATM LAN-emulaatio
- Verkkosovittimet

Lähiverkkostandardeja

- tärkein lähiverkkojen standardisoija IEEE projekti 802
- 802-1990 - Local and Metropolitan Area Networks: IEEE Standard: Overview and Architecture
  - määrittelee yleiset käsitteet
- 802.1
  - liikenteenhallinta, verkkojen kuormitus, verkonhallinta, verkkojen yhdistäminen, yhdysliikenne verkkojen välillä
- 802.2 - siirtoyhteyden ohjaus (LLC)
  - vuonohjaus siltaverkoissa
- 802.3 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) - (ETHERNET)

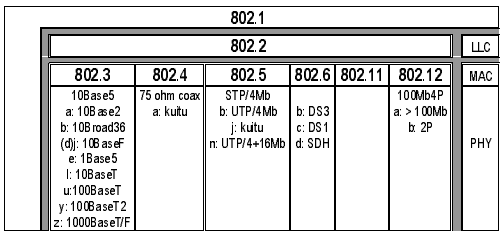
IEEE 802...

- 802.4 - Standard for Token-Passing Bus Access Method and Physical Layer Specifications (token bus)
- 802.5 - Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications
- 802.6 - Distributed Queue Dual Bus (DQDB) Subnetwork of a Metropolitan Area Network (MAN)
- 802.7 - Broadband Local Area Networks
- 802.8 - 802 Recommended Practice for Fiber Optic Local and Metropolitan Area Networks

IEEE 802...

- 802.9 - Integrated Services LAN Interface at the MAC and PHY Layers
  - isokronisen liikenteen välittäminen lähiverkossa
- 802.10 - Standard for Interoperable LAN/MAN Security
- 802.11 - Standard for Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications
  - langattomal lähiverkot
- 802.12 - Demand Priority Access Method, Physical Layer and Repeater Specification
  - 100 Mbit/s prioritisoitu liityntä (100VG-AnyLAN)
- 802.14 - Standard Protocol for Cable-TV Based Broadband Communication Network

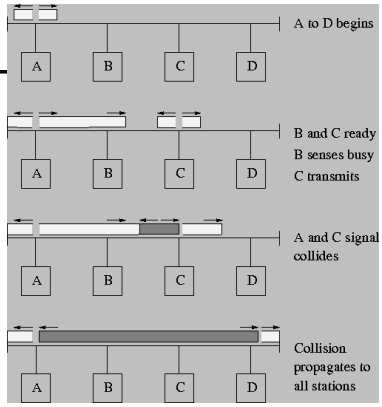
IEEE 802-standardien suhteet toisiinsa



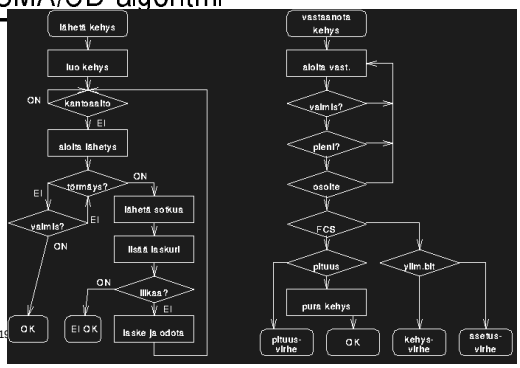
Median saanti: CSMA/CD

- CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
  - yksinkertainen ratkaisu
  - rajoittaa verkon maksimipituutta ja lyhintä käytettävää pakettia
  - ei voida antaa maksimiaikaa siirtoviiveelle
  - toimii yllättävän hyvin ensimmäisiin epäilyihin nähden
  - 1-perisistent
- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)
  - käytössä Apple LocalTask:issa
  - p-persistent

CSMA/CD



CSMA/CD-algoritmi



Median saanti: Vuoron varaus

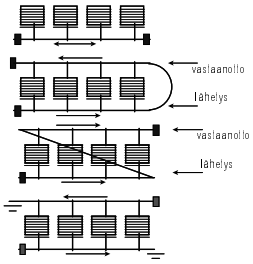
- Liikennöivät laitteet järjestyksessä oikeuksien mukaan
- DQDB
  - hallinta hajautettu laitteiden kesken
  - hajautettu jonotus
- ATM
  - resurssien varaus verkon soluissa (kytkimissä)

Median saanti: valtuuden välitys

- Token Passing Ring
  - verkossa kiertää vuorokehys
  - asema voi varata vuoron, jos vuorokehykseen varattu prioriteeti on pienimpi kuin odottavan paketin
  - Token ring ja FDDI
- Token Passing Bus
  - vuorokehys kuten TR:ssä, mutta siirtomediana väylä
  - käytetty lähinnä GM:n MAP-järjestelmässä

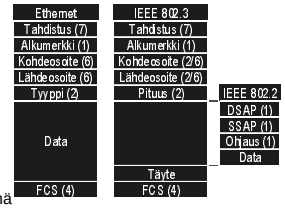
Väyläverkot

- Kaksisuuntainen
  - kaikki liikenne yhdessä kaapelissa
  - IEEE 802.3, IEEE 802.4
- Taitettu
  - yksinkertainen
  - kaksinkertainen
- Kaksoisväylä
  - väylät "ylävirtaan" ja "alavirtaan"
  - DQDB



IEEE 802.3

- Ethernet <> IEEE 802.3
  - erilainen kehysrakenne
  - samat laitteet osaavat yleensä liikennöidä molemmissa
  - kerrottava verkkoohjelmistolle, kumpaa käytetään
- Ethernet kehitetty Digitalin, Intelin ja Xeroxin yhteistyönä 70-luvun puolessavälissä



IEEE 802.3 - parametrit

- CSMA/CD -algoritmin toiminta riippuu kyvystä havaita törmäykset
- Paketin lähetysaikana kaikkien tulee saada tieto törmäyksestä
  - signaalin vaellettava kaapeli kahteen kertaan
- IEEE 802.3 (10 Mb)
  - kaapelin pituus 5 km
  - minimi kehyksen koko 64 tavua

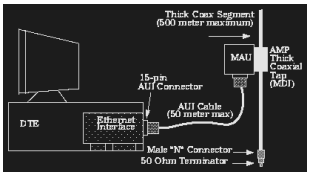
IEEE 802.3: Erilaisia siirtoteitä

- koaksiaalikaapeli
  - 10Base-5 (50 ohm, “paksuethernet”)
  - 10Base-2 (50 ohm, “ohutethernet”)
  - 10Broad-36 (75 ohm, laajakaistainen moduloitu: sietää häiriöitä paremmin)
- parikaapeli
  - 1Base-5 (Starlan)
  - 10Base-T
  - 100Base-TX (UTP-5, STP-5; 2 paria)
  - 100Base-T4 (UTP-3, 4 paria)
  - 1000Base-T

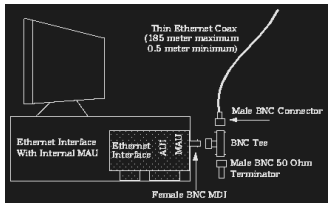
IEEE 802.3: Erilaisia siirtoteitä...

- valokuitu
  - 10BaseFL, 10BaseFB, 10BaseFP
  - 100Base-F
  - 1000Base-F

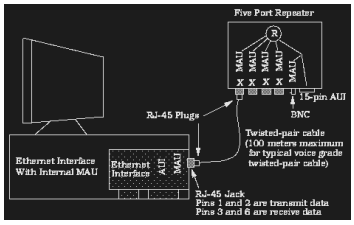
Liitäntätavat: 10Base5



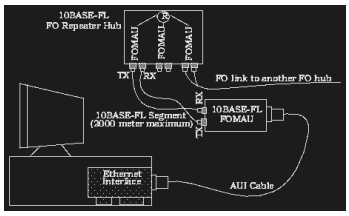
Liitäntatavat: 10Base2



Liitäntätavat: 10BaseT



Liitäntätavat: 10BaseFL



Verkon tehostaminen

- kytkevä ethernet (10BaseT)
  - jokaiselle koneelle tarjolla oma 10Mbit/s kaista
  - MPEG-2 -video menee 4 Mbit/s
- nopea ethernet (100Base-*, 1000Base-*)
  - käyttävät parikaapelia (2 tai 4 paria)
  - liikennöinti kaapelissa yksisuuntaista
  - kytkevä keskitin vuonohjauksella
  - 100VG-AnyLAN - ei varsinaisesti yhteyttä normaaliin ethernetiin, muistuttaa hyvin paljon Token Ring-protokollaa

Ethernet-verkon optimointi

- Vältä pitkiä kaapeleita
  - toistimien tilalle siltoja tai reitittimiä
- Rajoita konemäärää verkossa
- Laitteiden tullee toteuttaa protokolla oikein
  - oikea törmäyksen tunnistus ja peräytyminen elintärkeitä
- Käytä suurinta mahdollista kehyskokoa
- Älä sekoita suurivolumista reaaliaikaliikennettä ja datasiirtoa
  - kohtuullisilla vaatimuksilla toimivat kuitenkin yhteen

Apple Local Talk

- Halpa verkko
  - parikaapelilla
  - liitäntä jokaisessa MacIntoshissa
  - alunperin tulostimenjakoon
- Pituus 300 m
- Asemia 32 kpl
- Nopeus 230 kbit/s
- CSMA/CA

Rengasverkot

- Aikavälirengas (Slotted Ring)
- Rekisteriliitosrengas (Register-insertion ring)
- Valtiuuden välitys
  - rengasverkoissa yleisin
  - Token Ring
  - FDDI

Aikavälirengas

- Renkaassa kiertää jatkuvasti bittijono
  - jaettu kiinteään määrään kiinteänmittaisia välejä
  - lähetttävä asema odottaa vapaata väliä ja kirjoittaa paketin
  - vastaanottava kopioi paketin itselleen
  - lähettänyt asema poistaa paketin ja merkitsee välin vapaaksi
    - » asema ei saa käyttää uudelleen tätä.
- Vaihtoedot
  - montaako väliä saa käyttää
  - vastaanottaja poistaa
    - » vastaanottaja alhaalla, puskurointi, epäreilu

Rekisteriliitosrengas

- Normaalisti bitit menevät suoraan aseman ohi
- Aseman lähettäessä
  - tulevat bitit varastoidaan puskuriin
  - tilalle lähetetään haluttu paketti
  - kun oma viesti on renkaassa, bitit kierrätetään puskurin kautta
  - viestin tullessa takaisin, se poistetaan, jona aikana puskuri tyhjenee
- Vaihtoehdot
  - vastaanottaja poistaa
- pieni lähetysviive korvautuu pitkällä viivellä

Valtuuden välitys

- Verkossa kiertää vapaa valtuus (free token)
  - käytännössä tietty bittijono
- Lähettävä asema odottaa valtuutta
  - muuttaa valtuuden varatuksi
  - lähettää kehyksen perään
  - vastaanottaja kopioi datan itselleen
  - lähettäjä poistaa kehyksen ja lähettää vapaan valtuuden

Valtuuden välitys...

- Vaihtoehdot
  - milloin valtuus vapautetaan
    - » takaisin tulleen paketin aluksi (IEEE Token Ring alunperin)
    - » heti kehyksen perään (FDDI)
  - kuka poistaa kehyksen renkaasta
  - kuinka kauan yksi voi lähettää (Token Hold Time)
    - » TRT <= ActiveNodes * THT + RingLatency
      - Token Rotation Time
    - » TTRT: tavoiteaika TRT:lle

Vv: virhetilanteet

- Ilmeneminen
  - valtuus kadonnut
    - » ei liikennettä verkossa tiettyyn aikaan (FDDI: 2,5 ms)
  - vapaa valtuus kadonnut
    - » valvoja merkitsee monitor-bitin päälle varattuun valtuuteen
    - » mikäli valvoja näkee varatun valtuuden, jossa on monitor-bitti päällä
- Toipuminen: valtuuden luominen
  - FDDI: laite lähettää verkkoon oman vaatimuksen TTRT:stä
  - jokainen vertaa omaan: alin “tarjous” kiertää verkon

IEEE 802.5: Token Ring

- IBM:n kehittämä, tuotteena esitelty 1985
- monimutkaisempi algoritmi kuin etherneissä
  - vuoromerkki
  - kehyskohtainen prioritisointi
  - valvontatoiminto häiriötilanteiden varalle
  - hallintakehykset (26)
    - » virheistä toipuminen
    - » uuden aseman tulo verkkoon
    - » konfigurointi
    - » virheiden hallinta
- kaksi eri nopeutta 4 ja 16 Mbit/s
  - paketin datan pituus 4099 ja 18000 bittiä

IEEE 802.5: Verkon rakenne

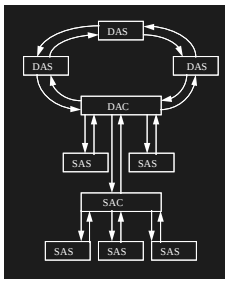
- kaapeloitu tähdeksi, liitetty MAU:hun, joka kytkee renkaaksi
  - MAU voi sisältää älyä viallisen aseman ohittamiseksi
  - jokainen asema aiheuttaa yhden bitin viiveen
  - valvonta-asemassa 24 bitin kiinteä puskuri, jotta koko vuoromerkki mahtuisi kiertämään
  - kehykset modifioidaan “lennossa”
  - valvontakehys liikkuu vähintään 7 s välein
- siirtomedian ominaisuuksia ei ole määritelty tarkasti
  - määritelty minimilaatu kaapelin päässä
  - mahdollistaa eri siirtomedioiden käytön

IEEE 802.5...

- prioriteetit: 8 tasoa
- prioriteettikenttä
  - asema voi lähettää, jos lähetettävän kehyksen prioriteetti on sama tai suurempi kuin vastaanotetun vapaan valtuuden
- varauskenttä
  - asema voi varata lähetysoikeuden jos lähetettävä prioriteetti suurempi kuin varauskentässä
  - varaus myös korkeamman prioriteetin vapaasta valtuudesta samoilla ehdoilla
  - lähetyksen jälkeen uusi valtuus

FDDI

- ANSI X3T9.5, ISO 9314
- Neljän tyyppisiä koneita
  - DAS: (dual attachment station)
    - » kiinni kaksoisrenkaassa
    - » runkoverkon sillat ja reitittimet
  - DAC: (dual attachment consentrator)
  - SAS (single attachment station)
    - » kiinni yhdessä renkaassa
  - SAC: (single attachment consentrator)



FDDI

- Puiden rengas
- Kolme eri käyttöympäristöä
  - atk-keskusympäristö (back end network)
    - » isojen koneiden liittäminen toisiinsa lähellä toisiaan
  - toimistoverkko (froint end network)
    - » useita yksittäisiä koneita yksinkertaisella liitynnällä
    - » tähtimäinen kaapelointi, koneet poistuvat verkosta
  - runkoverkko (backbone network)
    - » laajalla (kuidun pituus 200/2 km) alueella olevia verkkoja yhdistävä ratkaisu

FDDI: vuoron varaus

- Voi lähettää asynkronista dataa
  - ei aikakriittistä dataa
  - jos lähetyksen alkaessa TRT < TTRT
  - voi lähettää niin kauan kuin edellinen ehto on voimassa
- Voi lähettää synkronista dataa
  - yhdellä vuoron kierrolla ei saa lähettää yli TTRT:n

FDDI: media

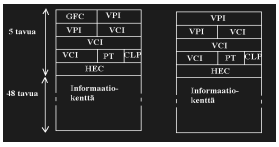
- Useita mediavaihtoehtoja
  - monimuotokuitu (62.5/125)
    - » 2 km
  - yksimuotokuitu (10/125)
    - » 60 km
  - suojattu kierretty pari (STP) [TPDDI]
  - suojaamaton kierretty pari (UTP) [TPDDI]
    - » 100 m
- LLC ei kuulu standardiin (IEEE 802 mukainen)
- Sekä asynkroninen että synkroninen liikenne
- FDDI-II mahdollistaa myös isokronista n*64kbit/s liikenettä

IEEE 802.6: MAN DQDB

- Distributed Queue Dual Bus
- Yksisuuntainen kaksoisväylä
  - väylät eri suuntiin
  - kummankin väylän päässä kehysgeneraattori
- Nopeus 155 Mbit/s
  - 125 µs kehykset
  - 53 tavun lohkoihin
- Reilu hajautettu jonotus
  - asema kertoo “alavirtaan” tarpeensa lähettää
- Käytössä pääasiassa Australiassa ja Yhdysvalloissa

ATM: Asynkrononinen toimintamuoto

- eri siirtomuodoille kaistanleveyttä tehokkaasti käyttävä ratkaisu
  - vakionop. viiveherkkä
  - vaihteleva, viiveherkkä
  - purskeinen liikenne
- Solurakenne
  - otsaketietoa 5 tavua
  - dataa 48 tavua
- Sama siirtotapa käytössä niin lähi- kuin laaja-alaisissa verkoissa
- Vapaa topologia



VPI	Virtual Path Identifier
CLP	Cell Loss Priority
VCI	Virtual Circuit Identifier
HEC	Header Error Control
PT	Payload Type
GFC	Generic Flow Control

ATM lähiverkoissa

- Kaapelointi tähtimäisesesti keskittimeen
- Suora ATM:n käyttö
  - Classical IP
  - MPOA
- ATM-LAN emulaatio
  - ohjelmille “näkyy” perinteinen lähiverkko
    - » Ethernet
    - » Token Ring
  - helppo liitettävyys olemassa oleviin verkkoihin
- Virtuaaliset lähiverkot

Classical IP

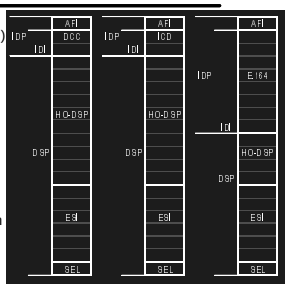
- IP osoitteet (32 bit) <=> ATM osoitteet (20 oktettia)
- IP yhteydetön <=> ATM yhteydellinen
- IP paketit ~kilotavuja <=> ATM solu 5+48 tavua
- Eri toteutusympäristöt
  - lähiverkot
    - » korvaa Ethernet, Token Ring, FDDI-verkot
  - lähiverkkojen (ei ATM) yhdistäminen
  - reitittimien yhdistäminen (WAN)

ATM osotteet (yksityiset verkot)

- OSI Network Sevice Access Point
  - ISO 8348, ITU-T X.213
  - 20 oktettia
- Authority and Format Identifier (1 oktetti)
  - DCC ATM Format (AFI = 39)
    - » Data Country Code (2 oktettia)
      - ISO 3166 maakoodi: BCD-koodattu
  - ICD ATM Format (AFI = 47)
    - » International Code Designator (2 oktettia)
      - British Standards Institute
  - E.164 ATM Format (AFI = 45)
    - » ISDN-numerointi: max 15 numeroa
      - BCD-koodattu 8 oktettiin

Domain Specifica Part (DSP)

- High Order DSP (HO-DSP)
  - » hallinnoija päättää jaosta
  - » voi jakaa edelleen aliosiin
    - jako vaikuttaa reitityksen toteuttamiseen
- End System Identifier (6 oktettia)
  - » tunnistaa päätelaitteen
  - » uniikki IDP + HO-DSP
  - » esim IEEE MAC
- Selector (1 oktetti)
  - » verkko ei käytä



ATM osoitteet (julkiset verkot)

- E.164
  - numerointityyppi = kansainvälinen
  - numerointisuunnitelma = E.164
- Yksityisten verkkojen rakenne
  - kaikki kolme muotoa
  - numerointityyppi = tuntematon
  - numerointisuunnitelma = ATM Endsystem Address
- numerointityyppi ja -suunnitelma merkinannossa

Osoitemuunnokset

- ATMARP-palvelin
  - osoite konfiguroitava järjestelmään
    - » PVC-ympäristössä VPI/VCI-arvo
  - muuntaa IP-osoitteet ATM-osoitteiksi
    - » vrt IP-> IEEE MAC osoite
  - tietoja päivitetään määrävälein (15 / 20 min)
    - » palvelin lähettää InARP-kyselyn ennen poistoa
  - palvelimessa / solmussa
    - » myös negatiivinen palaute

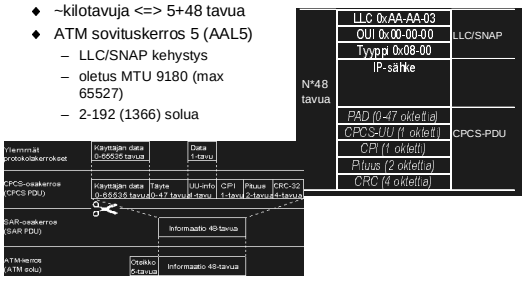


IP yhteydetön <=> ATM yhteydellinen

- PVC: kiinteät yhteydet
  - yhteydet luodaan hallinta-asemilla
- SVC: kytkentäiset yhteydet
  - yhteydet luodaan merkinannolla (UNI)
- ATM (UNI 3.1) tukee
  - pisteestä-pisteeseen
  - pisteestä-moneenpisteeseen
- tuki puuttuu
  - monipiste-monipiste

IP paketit <=> ATM solut

- ~kilotavuja <=> 5+48 tavua
- ATM sovituskerros 5 (AAL5)
  - LLC/SNAP kehystys
  - oletus MTU 9180 (max 65527)
  - 2-192 (1366) solua

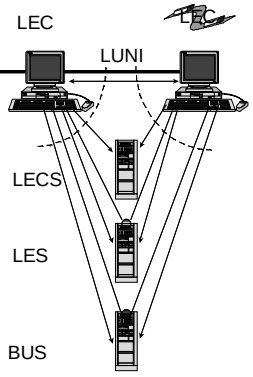


ATM Lan Emulaatio

- Emuloi olemassa olevia lähiverkkoja ATM-verkossa
  - Ethernet, Token Ring
- Verkkoohjelmistolle täsmälleen sama rajapinta kuin perinteinen MAC-kerros tarjoaa
  - mahdollistaa NetBIOS, IPX, AppleTalk
- Yhteistoiminta ATM-verkossa olevien koneiden ja perinteisessä verkossa olevien välillä
- LE asiakas (LEC)
- LE palvelu(t)

LE komponentit

- Asiakas (LEC)
  - päätelaitteissa
  - käyttävät palveluja LE käyttäjä-verkkoliitännässä (LUNI)
- Palvelu
  - konfiguraatiopalvelin (LECS)
  - LE-palvelin (LES)
  - jakelulähetys/tuntematon-palvelin (BUS)



Verkkoon konfiguroituminen

- Asiakas luo yhteyden LECS:iin
  - verkosta ILMI:llä
  - tunnettu osoite
    - » 47007900000000000000000000-00A03E000001-00
  - PVC: VPI=0 VCI=17
  - erikseen konfiguroitu
- lähettää konfiguraatiopyynnön LECS:lle
  - verkkotyyppi: Ethernet/Token Ring
  - suurin kehyskoko: (1516, 4544, 9234, 18190)
  - ELAN nimi
- vastauksena LES:n osoite verkkoon, johon asiakas kuuluu

Verkkoon liittyminen (LEC)

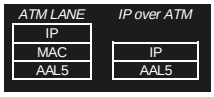
- Luo yhteyden LES:n (P-t-P)
  - PVC: löytää oikea
- Lähettää liittymispyynnön
  - uniikki ATM- ja MAC-osoite
- Hyväksyy liittämisen kontollijakeluun
- Kysyy LES:lta BUS:n ATM-osoitteen
  - BUS:n MAC FF:FF:FF:FF:FF:FF
- Luo yhteyden BUS:n
- Hyväksyy liittämisen yleislähetysjakeluun

Liikennöinti verkossa

- LEC kysyy LES:lta MAC-osoitteen perusteella ATM-osoitteen
  - mikäli LES ei tiedä, lähettää kyselun kaikille kontrollikanavaa myöten
    - » esimerkiksi ethernet-kytkimen tapauksessa
- LEC luo yhteyden suoraan toiseen LEC:n
  - puretaan, mikäli ei liikennettä 20 min aikana
- Yleislähetys
  - viesti lähetetään BUS:lle, joka lähettää kaikille

Classical IP <=> ATM LANE

- C-IP tehokkaampi
  - käytettävissä myös muilla protokollilla (ei määritelty)
  - vähemmän kerroksia ja kyselyjä
  - (yleensä) suurempi MTU
  - ei tehokasta tapaa jakelu- ja yleislähetyksille
- LANE käyttöönotossa helpompi
  - enemmän automatisointia
  - verkkojen liittäminen MAC-tasolla (vrt verkkokerros)
  - BUS pullonkaula?

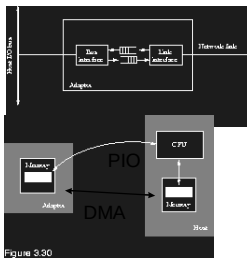


ATM vs muut

- Edut
  - yksi verkko kaikelle liikenteelle
  - uudet sovellukset tulevat mahdolliseksi
  - yhteensopiva nykyisen kaapeloinin kanssa
  - vaiheittainen siirtyminen mahdollista
  - yksinkertaistettu verkonhallinta
  - pitkä elinaika arkkitehtuurina
- Haitat
  - uutta ja tuoretta tekniikka (vs. Ethernet, FDDI)
  - laitevalmistajia (toistaikseksi) vähemmän
  - verkon ongelmien selvittäminen vaikeampaa

Verkkoadapterit

- Puskuria vastaanottoon
  - 1-2 kehyksen verran
  - ATM: solupuskuria kehysten kokoamiseen
- Datan siirto muistiin/sta
  - DMA: adapteri huolehtii
  - PIO: prosessori kopioi
- Pullonkaulat
  - keskeytysten käsittely
  - väylän kaistanleveys:
    - » 132 MB/s > 1 Gbit/s
  - kopiointi muistissa





Yhteenveto

- Perinteiset lähiverkot
  - Ethernet & FDDI
  - väylän/vuoronvaraus
  - perusmitoitus
- ATM
  - Classical IP
  - lähiverkkoemulaatio
- Adapterien perusrakenne