

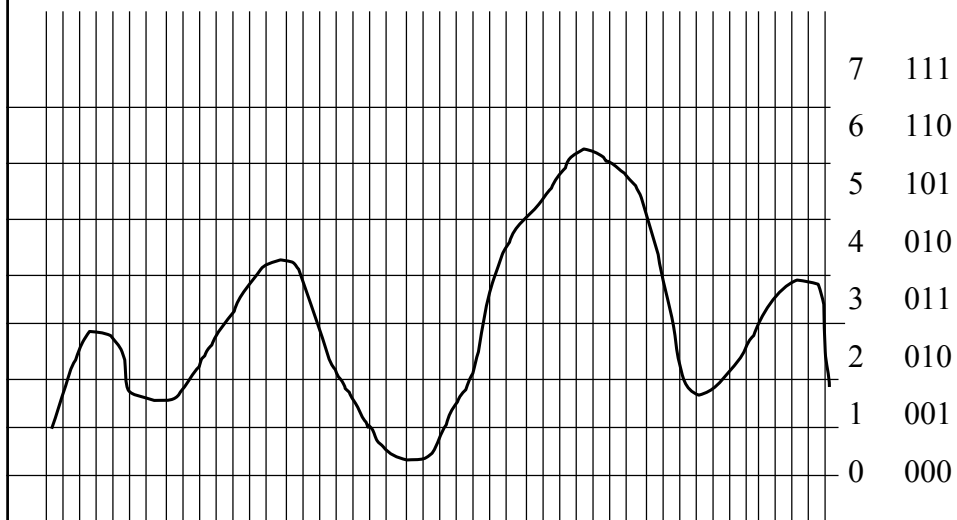
PCM (Pulse Code Modulation)

- Tekniikka analogisen signaalin digitalisointiin
 - nykyaikaisen puhelinjärjestelmän 'peruspalikka'
 - useita erilaisia versioita käytössä
 - USA, Japani: T1 carrier -tekniikka
 - ITU-T (CCITT)
 - otetaan anal. signaalista näytteitä, joiden arvo esitetään kiinteällä bittimäärällä (usein 8 tai 64) .

10/16/2003

78

Yleensä tasoja on 256 kappaletta => 8 bittiä



Näytteitä tarpeeksi tiuhaan
(Nyquist: $2 \cdot$ maksimitaajuus)

$$2 \cdot 4000 \cdot 8 \text{ b/s} = 64 \text{ Kbps}$$

T1-linja (tai DS1 (digital signal))

❖ 24 äänikanavaa, kanavista näyte vuorotellen

- näyte = 8 bittiä, joista yksi pariteettibitti

– $7 \cdot 8000 = 56\,000$ bps dataa ja 8000 bps signaalointi-fooa

❖ kehys:

– $24 \cdot 8 = 192$ bittiä

– + kehystysbitti: 010101010101

– 193 bittiä/125 μ s \Rightarrow 1.544 Mbps

❖ eurooppalainen E1 2.048 Mbps

❖ käytössä esim. vuokralinjoilla

10/16/2003

80

T1-linjojen yhdistäminen

❖ T1-linjoja voidaan yhdistää edelleen

- 4 T1-linjaa \Rightarrow T2-linja (6.312 Mbps)
- 6 T2-linjaa \Rightarrow T3-linja (44.736 Mbps)
- 7 T3-linjaa \Rightarrow T4-linja (274.176 Mbps)
- joka yhdistämisellä lisätään bittejä kehystystä ja kehysvirheestä toipumista varten

❖ useita erilaisia yhdistämistapoja

– ITU: yhdistetään jatkossa aina neljä joka kerralla

– 32, 128, 512, 2048, 8192 kanavaa \Rightarrow 2.048 - 565.148 Mbps

10/16/2003

81

SONET/SDH

- ❖ **SONET** (Synchronous Optical NETwork)
 - ❖ **Bellcore**
- ❖ **SDH** (Synchronous Digital Hierarchy)
 - ITU-T
 - lähes samanlaiset!
- ❖ korvaamaan eri tahoilla kehitetyt optiset TDM-käytännöt
- ❖ Käytössä erityisesti Internetin runkolinjoilla

10/16/2003

82

Tavoitteet

- ❖ kaukopuhelun fyysisen kerroksen standardi
 - ❖ operaattoreiden yhteistoiminta
 - ❖ aallonpituus, ajoitus, kehysrakenne, ...
 - ❖ PCM-kanavoinnin 'yhtenäistäminen'
 - ❖ digitaalikanavien limitys runkolinjoihin
 - ❖ T3 =>
 - ❖ toiminnan, hallinnan ja ylläpidon tuki
 - ❖ OAM (operation, administration, management)

10/16/2003

83



❖ **TDM**

- yksi kanava, josta aikaviipaleita alikanaville

❖ **synkroninen**

- master clock, tarkkuus $\sim 1/10^{**9}$
- bitit lähetään kellon tahdissa

❖ **kehys**

- 810 tavua , 125 ms välein (= PCM-näytteenottotaajuus)
- lähetetään oli dataa tai ei

10/16/2003

84



SONET-kehys

❖ **810 tavua =**

9 riviä, jolla kullakin 90 saraketta

- kehyksen 3 ensimmäistä saraketta hallintaa varten
 - vierekkäisten laitteiden keskinäistä tiedonvaihtoa
 - MUX:ien välistä tiedonvaihtoa
- 87 saraketta käyttäjändataa =>
SPE (Synchronous Payload Envelope)
 - $87 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 8000 = 50.112$ Mbps

10/16/2003

85

SPE

- ❖ kuljetushallinnon yksikkö (~'kontti')
- ❖ voi alkaa mistä tahansa kohtaa kehystä
 - osoitin alkuun
 - 'line overhead' 1. rivillä
 - voi jatkua toiselle kehykselle
 - ei tarvitse odottaa kehyksen alkua
 - esim. atm-solukuorma sopii paremmin
- ❖ hallintatietoa lähettävän ja vastaanottavan SONET-terminaalin (esim. reititin) välillä
 - ❖ siirtoon liittyvää tietoa

10/16/2003

86

Datavirtojen limitys

- ❖ siirtonopeus
 - $8 \times 810 = 6480$ bittia $\Rightarrow 51.84$ Mbps \Rightarrow
OC-1 optisille signaaleille (STS-1 (Synchronous Transport Signal-1) elektromagneettisille signaaleille)
- ❖ limitys
 - kolme OC-1 \Rightarrow OC-3 = 155.52 Mbps
 - neljä OC-3 \Rightarrow OC-12 = 466.56 Mbps
 - ... \Rightarrow OC-192 = 9953.28 Mbps ~ 10 Gbps
 - Vastaavasti STS-1 STS-192

10/16/2003

87

X.25

- ❖ ensimmäinen **julkinen** pakettikytkentäinen teknologia, maks 64 kbps
 - kehitettiin 70-luvun lopussa, käytössä vielä 90-luvulla, tuskin missään enää käytössä
 - vanhanaikaiseen puhelinverkkoon
 - vanhoja kuparikaapeleita => paljon virheitä
 - => **HDLC-tyyppinen siirtoyhteysprotokolla**
 - virhetarkistus ja kuittaus sekä vuonvalvonta joka linkillä
 - tyhmiä päätteitä => älykkyys verkkoon
 - => **virtuaalipiiriverkko**

10/16/2003

88

Kehysvälitys (Frame Relay)

- ❖ “second-generation X.25”
 - kehitettiin 80-lopussa, käytössä 90-luvulla
 - virtuaalipiiriverkko (usein pysyvä)
 - ei virhevalvontaa, ei vuonvalvontaa
 - lasikuitulinkit lähes virheettömiä
 - taattu lähetyksenopeus
 - käytetään LANien yhdistämiseen
 - IP-liikennettä yrityksen eri toimintapisteiden välillä
 - luotettavampi kuin Internet!
 - 64 kbps ... 1.544 Mbps

10/16/2003

89

ISDN (Integrated Services Digital Network)

❖ Telelaitosten suurisuuntainen hanke

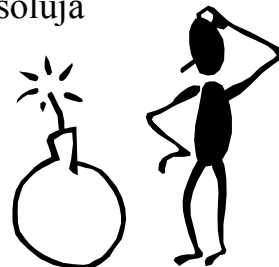
- 70- ja varsinkin 80-luvulla: IDN (Integrated Digital Network) => ISDN
- yhdistää ääni- ja datapalvelut
- evolutionäärinen kehitys
 - N-ISDN (Narrowband ISDN) => mm. Frame Relay
 - 64 Kbps
 - B-ISDN => **atm** (asynchronous transfer mode)
- Internet-käyttö
 - 2B+D => 144 Kbps ~ modeeminopeus 28.8 -56 kbps

10/16/2003

90

B-ISDN (Broadband ISDN)

- ❖ nopeus 155 Mbps
- ❖ atm-teknologia
 - pakettikytkentä, virtuaalipiiri
 - kiinteän kokoisia paketteja eli soluja
- ❖ mullistus aikaisempaan
 - piirikytkentä
 - kytkintekniikka
 - tilaajasilmukka (local loop)



10/16/2003

91

Atm (Asynchronous Transfer Mode)

❖ ITU ja ATM Forum kehittivät atm-standardeja 80-luvun puolivälistä lähtien

- pakettivälitystä virtuaalipiirissä
- erilaista palvelua erityyppisten sovellusten tarpeisiin
 - pieni paketti eli solun koko = 48 tavua + 5 tavun otsake
 - solukytentää (cell switching)

10/16/2003

92

❑ telelaitosten suurisuuntainen projekti

- koko puhelinverkon korvaaminen!
- muiden televerkkojen korvaaminen
- TV-verkkojen 'kaappaaminen'

❑ erilaisten sovellusten tarpeisiin

- ❑ mukana myös palvelun laatu ja verkon hallinta
- ❑ ääntä, kuvaa, tekstiä

❑ erilaisiin verkkoihin: runkoverkot => LAN

❑ toimii erilaisten fyysisten kerrosten päällä

- ❑ SONET

10/16/2003

93

Atm on yhteydellinen

- ❖ virtuaalikanava (virtual channel)
 - yksisuuntainen **virtuaaliipiiri**
 - pakettien (solujen) järjestys yhdessä virtuaalikanavassa säilyy
 - eri virtuaalikanavilla järjestystä ei taata
 - runkolinjoissa yleensä kiinteät virtuaaliipiirit
- ❖ virtuaalikanavat voidaan ryhmitellä **virtuaalipoluiksi** (virtual path)
 - ~ johtokimppu
 - reititetään yhdessä

10/16/2003

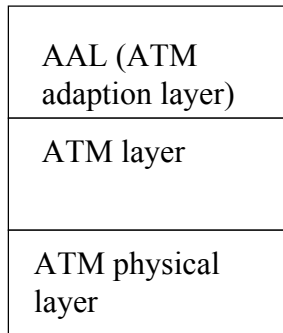
94

Atm-käyttö

- ❖ Runkolinjoissa
 - n. 80% on atm-linjoja
 - atm-kytkin on nopea
 - terabittejä sekunnissa
 - Pieni solu ja yksikertainen otsake => nopea käsittely
 - IP-over-atm
 - IP pitää atm-verkkoa linkkitason yhteytenä

10/16/2003

95



atm-sovituseros: eri
tarpeisiin erilaisi

AAL 5 IP-liikenteelle

atm-kerros

atm:n fyysinen kerros
siirtää atm-soluja
fyysisellä linkillä

Atm:n kolme kerrosta

Atm-kerros

- ❖ ei käytetä kuittauksia eikä uudelleenlähetyksiä
 - tarkoitettu luotettaville valokaapeliverkoille
 - yhden tai muutaman bitin virheen korjaus tarkistussumman avulla
 - tosiaikainen liikenne
- ❖ otsakkeen tarkistus
 - HEC
 - ATM Fyysinen kerros käyttää solurajojen selvittämiseen

Solun otsake

12 bittiä	16 bittiä	3 bittiä	1 bitti	8 bittiä
VPI	VCI	PT	CLP	HEC

VPI Virtual Path Identifier
VCI Virtual Channel Identification
PT Payload Type
CLP Cell Loss Priority
HEC Header Error Check

10/16/2003

98

❖ CLP

- tärkeä tai vähemmän tärkeä solu
- ruuhkan sattuessa hävitetään ensin vähemmän tärkeät

❖ HEC

- laskee tarkistussumman otsakkeelle
 - korjaa yhden bitin virheet
 - havaitsee noin 90 % virheryöpyistä
 - valokuidussa suurin osa virheistä yhden bitin virheitä

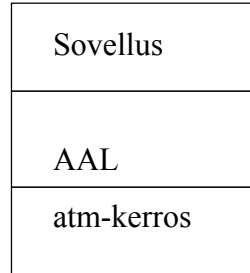
10/16/2003

99

AAL-kerros

- Sovittaa erilaiset protokollat (esim. IP) ja sovellukset (esim. video ja ääni) toimimaan atm-kerroksen päällä

- IP-reitittimien välillä
- isäntäkoneiden välillä



10/16/2003

100

Palveluluokat

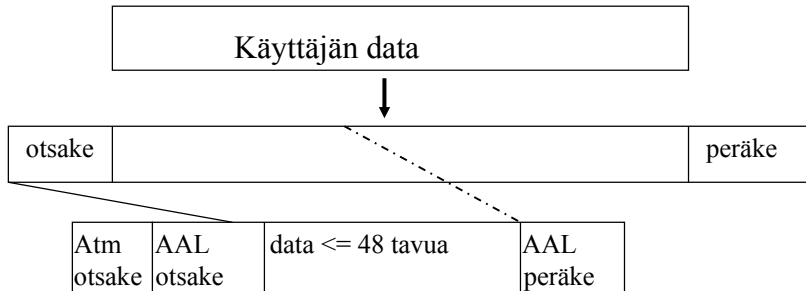
- CBR** constant bit rate
 - T1- piiri, ~sähköjohto
- RT-VBR** variable bit rate, real time
 - videokonferenssi
- NRT-VBR** variable bit rate, non-real time
 - multimedia sähköposti
- ABR** available bit rate
 - selailu www-verkossa
- UBR** unspecified bit rate
 - tiedonsiirto tausta-ajona, IP-pakettien siirto

10/16/2003

101

Erilaisia AAL-kerroksia

- ❖ AAL 1: CBR-palvelua varten
- ❖ AAL 2: VBR-palveluihin
- ❖ AAL 5: datalle (esim. IP-liikenteelle)



ATM:n ongelmia

- ❖ suurimmat nopeudet OC-48 –luokkaa: segmentointi ja uudelleen kokoaminen rasittavat ('on jo liian hidas'
- ❖ solun otsakkeen yleisrasite liian suuri
- ❖ AAL-kerrokset melko onnettomia => AAL5
- ❖ erilliset signallointi- ja reititustoiminnot
- ❖ hankala sovittaa LAN:iin (LAN-emulointi)
- ❖ => MPLS-teknologia (Multi-Protocol Label Switching)
 - Vaihtelevan mittaisia paketteja
 - Käyttää IP-reititystä