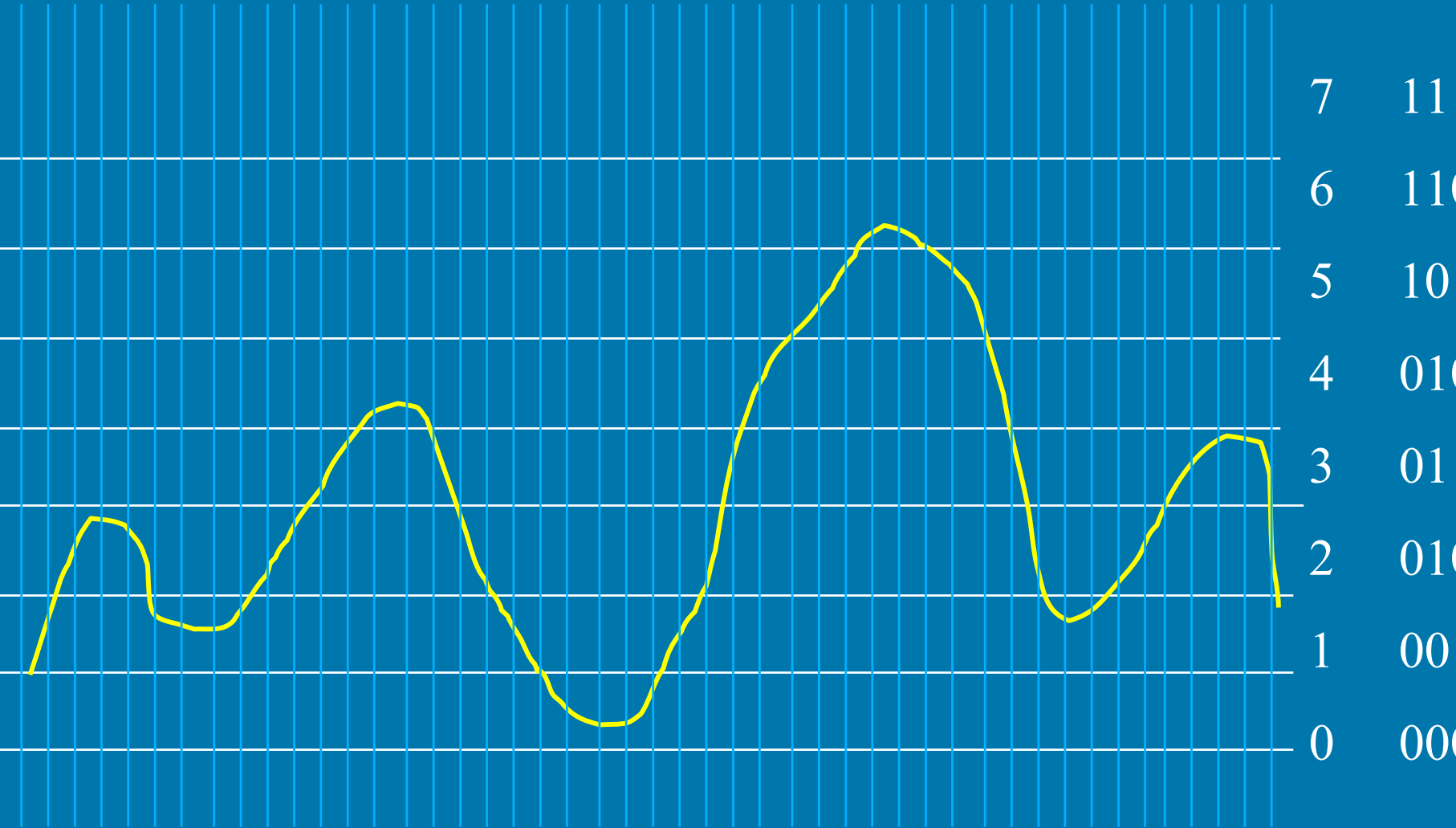


PCM (Pulse Code Modulation)

- 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)

Yleensä tasoja on 256 kappaletta => 8 bittiä



**Näytteitä tarpeeksi tiuhaan
(Nyquist: 2* maksimitaajuus)**

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

T1-linja (tai DS1 (digital signal))

- ❖ 24 äänikanavaa, kanavista näyte vuorotellen
 - näyte = 8 bittiä, joista yksi pariteettibitti
 - $7 * 8000 = 56\ 000$ bps dataa ja 8000 bps signallointi-infoa
 - ❖ kehys:
 - $24 * 8 = 192$ bittiä
 - + kehystysbitti: 01010101010101
 - $193 \text{ bittiä} / 125 \mu\text{s} \Rightarrow 1.544 \text{ Mbps}$
 - ❖ eurooppalainen E1 2.048 Mbps
- ❖ käytössä esim. vuokralinjoilla

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

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

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)

❖ 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

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)
 - $87 * 9 * 8 * 8000 = 50.112$ Mbps

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

Datavirtojen limitys

❖ siirtonopeus

- $8 \times 810 = 6480$ bittiä $\Rightarrow 51.84$ 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

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**

Kehysvälitys (Frame Relay)

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

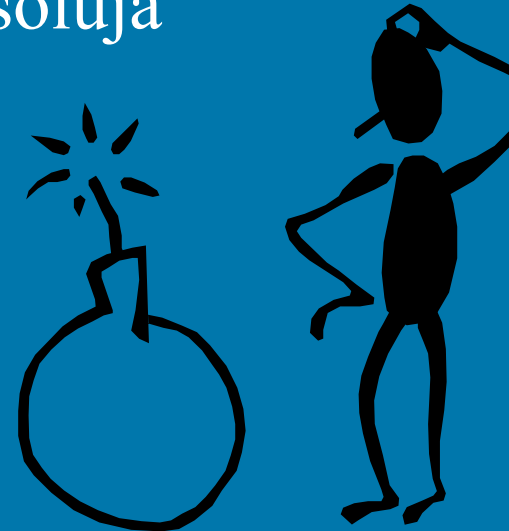
ISDN (Integrated Services Digital Network)

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

B-ISDN (Broadband ISDN)

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



Atm

(Asynchronous Transfer Mode)

- ❖ ITU ja ATM Forum kehittivät atm-standardeja 80-luvun puolivälistä lähtien
 - pakettivälitystä virtuaalipiirissä
 - erilaista palvelua erityyppisten sovellusten tarpeisiin
 - pieni paketin eli solun koko = 48 tavua + 5 tavun otsake
 - solukytöntä (cell switching)



- ❑ 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

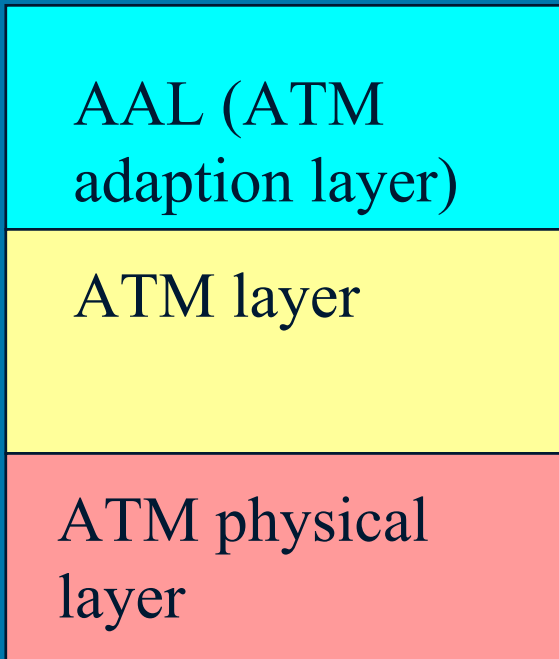
Atm on yhteydellinen

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

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



atm-sovituserkerros: 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 uudelleenlähetystä
 - tarkoitettu luotettaville valokaapeliverkoille
 - yhden tai muutaman bitin virheen korjaus tarkistussumman avulla
 - tosiaikainen liikenne
- ❖ otsakkeen tarkistus
 - HEC
 - ATM Fyysinen kerros käyttää solurajojen selvittämiseen

Solun otsake



VPI Virtual Path Identifier

VCI Virtual Channel Identification

PT Payload Type

CLP Cell Loss Priority

HEC Header Error Check

❖ CLP

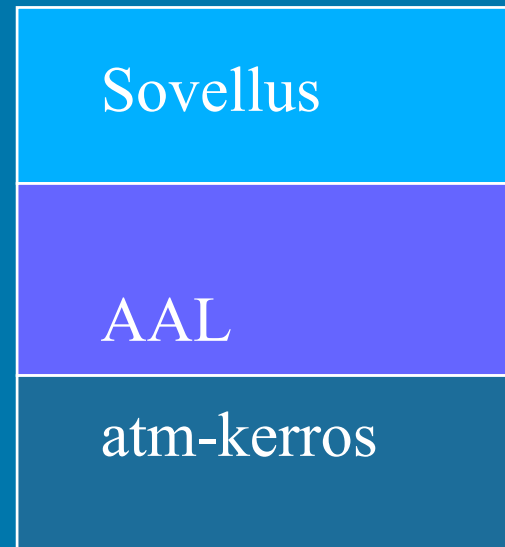
- tärkeä tai vähemmän tärkeä solu
- ruuhkan sattuessa hävitetään ensin vähemmän tärkeät

❖ HEC

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

AAL-kerros

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

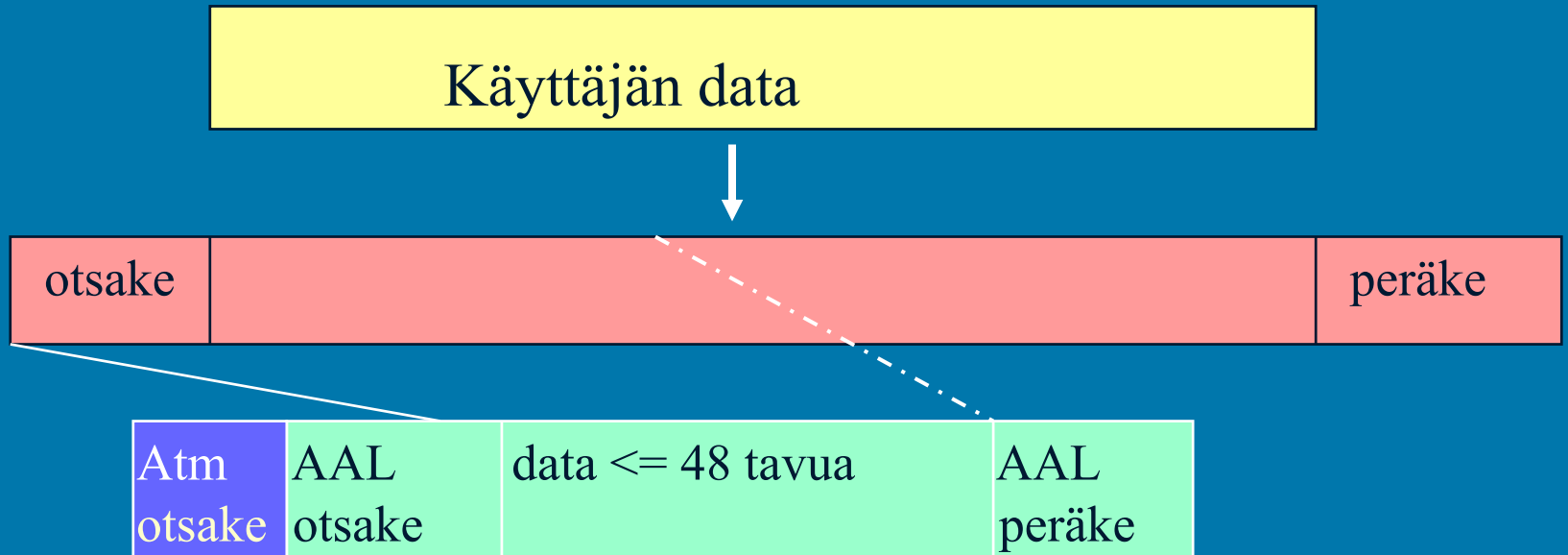


Palveluluokat

- ❑ **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

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 signaalointi- ja reititustoiminnot
- ❖ hankala sovittaa LAN:iin (LAN-emulointi)
- ❖ => MPLS-teknologia (Multi-Protocol Label Switching)
 - Vaihtelevan mittaisia paketteja
 - Käyttää IP-reititystä