



# SDH

---

**Marko Luoma**

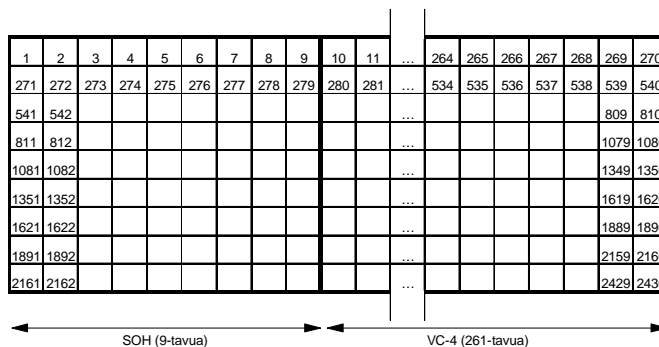


## Mikä SDH

---

- ◆ Synkronisen digitaalisen hierarkian (SDH) mukaisessa tiedonsiirrossa kaikki tieto on pakattu kehyksiin, jotka toistuvat 8000 kertaa sekunnissa.
- ◆ Perusyksikkö on 155.52 megabittiä sekunnissa siirtävä STM-1 -kehys (Synchronous Transport Module, level 1).
- ◆ STM-1 -kehystä on kätevintä ajatella kaksiulotteisena 9 \* 270 -kokoisena taulukkona. Siirtolinjalla tämä kehys kulkee tavuttain kahdeksan bitin oktetteina rivi kerrallaan.

# STM-1 kehys



1988

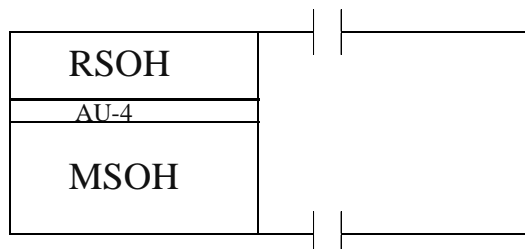
TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

3

# STM-1 siirto-otsikko



- ◆ STM-1 -kehysen yhdeksän ensimmäistä saraketta muodostavat siirto-otsikon SOH (Section Overhead)
- ◆ SOH-tavuja käytetään:
  - verkonhallintaan
  - kehysen alun havaitsemiseen



1988

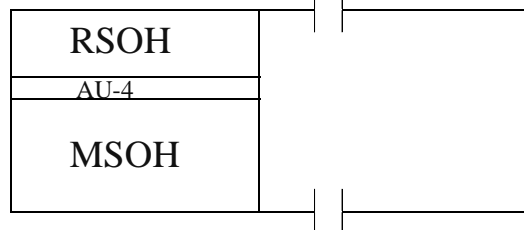
TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

4

## STM-1 siirto-otsikko



- ◆ Koostuu kahdesta osasta:
  - toistinosuuden otsikosta RSOH (Regenerator Section Overhead)
  - kanavointiosuuden otsikosta MSOH (Multiplexer Section Overhead)
- ◆ AU-4 osoitin osoittaa VC-4 -virtuaalikontin alkuun



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

5

## Siirto-otsikojen tehtävät



- ◆ RSOH-otsikon tavuja käytetään välittämään tietoa kahden peräkkäisen toistimen välillä
- ◆ MSOH-otsikon tavuja käytetään välittämään tietoa kahden peräkkäisen kanavointilaitteen välillä.

A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	X	X
B1	X	X	E1	X	X	F1	X	X
D1	X	X	D2	X	X	D3	X	X
H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3
B2	B2	B2	K1	X	X	K2	X	X
D4	X	X	D5	X	X	D6	X	X
D7	X	X	D8	X	X	D9	X	X
D10	X	X	D11	X	X	D12	X	X
S1	X	X	X	X	M1	E2	X	X

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

6

## RSOH



- ◆ Kehystahdistustavut A1 ja A2 aloittavat kehyksen.
- ◆ Jäljitystavua J0 käytetään varmistamaan, että vastaanotettu signaali tulee oikeasta paikasta.
- ◆ Virheentarkistustavua B1 käytetään bittivirheiden monitorointiin.
- ◆ Huoltopuhelintavua E1 voidaan käyttää puhekommunikointiin toistinten välillä.
- ◆ Datakanavatavut D1-D3 muodostavat 192 kbit/s datakanavan, jota voidaan käyttää käyttäjän datan siirtoon tai vaihtoehtoisesti verkonhallintaan.
- ◆ Käyttäjän tavu F1 on vapaasti käytettävissä esimerkiksi tilapäisille data- tai puheyhteyksille.

1988

© 1997 Marko Luoma & Raimo Kantola

7

## MSOH



- ◆ Huoltopuhelintavua E2 voidaan käyttää puhekommunikointiin multiplekserien välillä.
- ◆ Datakanavatavut D4-D12 muodostavat 576 kbit/s datakanavan, jota voidaan käyttää käyttäjän datan siirtoon tai vaihtoehtoisesti verkonhallintaan.
- ◆ Virheentarkistustavuja B2 käytetään bittivirheiden monitorointiin.
- ◆ Automaattiseen varmistuskytkentään käytetään tavua K1 ja bittejä 1-5 tavusta K2.
- ◆ Bitit 6-8 tavusta K2 ilmoittavat kaukopään viasta.
- ◆ M1 on kaukopään virnehälytystavu M1.
- ◆ S1-tavu kertoo synkronoinnin status.

1988

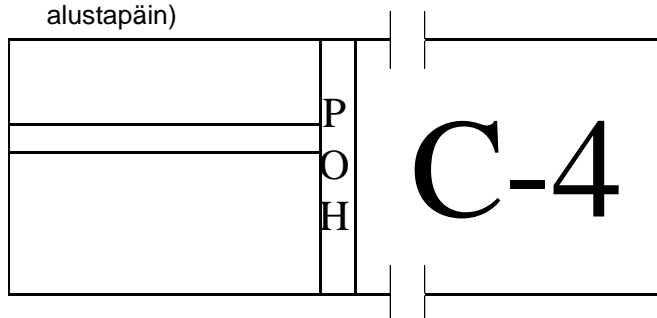
© 1997 Marko Luoma & Raimo Kantola

8

## Virtuaalikontti



- ◆ Virtuaalikontti VC-4 koostuu:
  - hyötykuormasta C-4; STM-1 kehyksen 260 viimeistä saraketta
  - polkuotsikosta POH; hyötykuormaa edeltävä sarake (10 alustapäin)



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

9

## Polkuotsikko



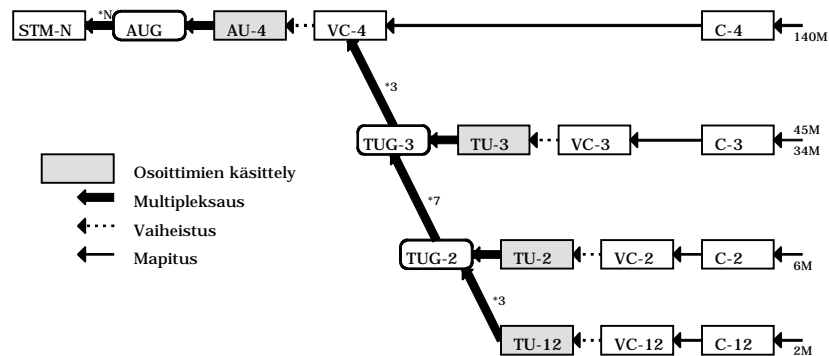
- ◆ Polkuotsikko (POH) generoidaan siinä solmussa, josta hyötykuorma saapuu SDH-verkkoon.
- ◆ POH reititetään aina hyötykuorman kanssa ja puretaan vasta siinä solmussa, jonka kautta hyötykuorma poistuu SDH-verkosta.
- ◆ POH tarjoaa täten päästä-päähän kanavan hyötykuormaan liittyvän hallinta- ja virhetiedon siirtämiseksi

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

10

## VC-4:n sisältö



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

11

## VC-4:n sisältö

- ◆ Yhdessä VC-4:ssä voidaan samanaikaisesti kuljettaa useammanlaisia alemman nopeuden signaaleita:
  - Jos koko kapasiteetti käytetään TU-3:en kuljettamiseen, voidaan kuljettaa kolme TU-3:sta.
  - Jos koko kapasiteetti käytetään TU-2:iin, voidaan kuljettaa  $3 * 7 = 21$  TU-2:sta.
  - TU-12:a puolestaan voidaan kuljettaa  $3 * 7 * 3 = 63$  kappaletta yhdessä VC-4:ssa.
  - Vaihtoehtoisesti voidaan kuljettaa esim. yksi TU-3, yhdeksän TU-2:sta ja käyttää jäljellä oleva kapasiteetti  $((3 - 1) * 7 - 9) * 3 = 15$  TU-12:n kuljettamiseen.

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

12

## Osoittimet




- ◆ Osoittimien avulla voidaan sovittaa eri kelloilla generoidut signaalit synkroniseen SDH-verkkoon.
- ◆ Osoittimien avulla kompensoidaan tilanne, jossa SDH-solmuun tulevat STM-signaalit ovat eri vaiheisia tai eri nopeuksia.
  - Signaalien nopeusero saattaa johtua
    - » yhteyden katkeamisesta; SDH-solmu tai sen synkronointilähde, esimerkiksi puhelinkeskus, joutuu toimimaan oman kellonsa varassa muun SDH-verkon käyttäessä edelleen tarkkaa PRC-kelloa.
    - » toisen PRC-kellon alueelta tulevaa STM-signaalia syötetään SDH-verkkoon. Tällainen tilanne esiintyy esimerkiksi Suomen ja Ruotsin välillä.

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

13

## AU-4 osoitin



- ◆ STM-1 -kehyksen SOH-alueella, neljännessä rivissä, on H1, H2 ja H3-tavut, kolme kappaletta kutakin
- ◆ Nämä muodostavat AU-4 -osoittimen, joka osoittaa VC-4:n alkuun.
- ◆ VC-4:n vaihe on täysin riippumaton sitä kuljettavan kehyksen vaiheesta, joten VC-4 saattaa alkaa mistä tahansa tavusta sille varatulla alueella.
- ◆ VC-4 alkaa yleensä yhden kehyksen sisältä ja jatkuu seuraavaan kehykseen.

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

14

# Osoitin



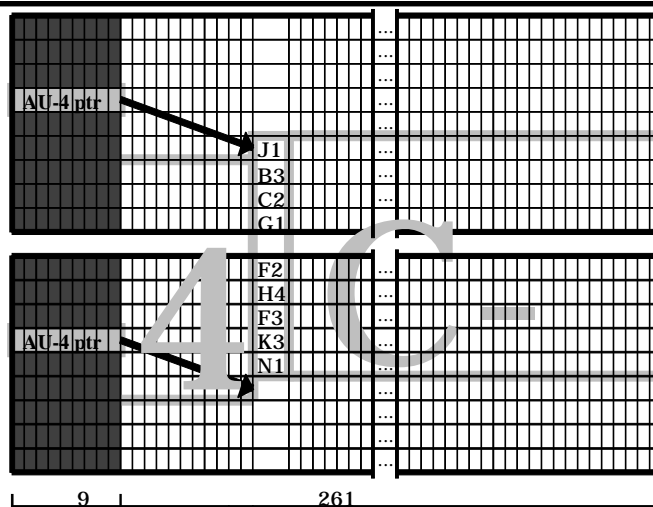
- ◆ Ensimmäinen H1-tavu ja ensimmäinen H2-tavu muodostavat varsinaisen osoittimen, joka osoittaa VC-4:n ensimmäiseen tavuun eli VC-4 POH:n J1-tavuun.
- ◆ Osoitin saa arvon
  - 0, jos VC-4 alkaa heti osoittimen jälkeen eli STM-1 -kehyksen neljännen rivin kymmenennestä sarakkeesta.
  - 522, jos VC-4 alkaa seuraavan kehyksen vasemmasta ylänurkasta eli ensimmäisen rivin kymmenennestä sarakkeesta
- ◆ Osoittimen muuttaminen 1:llä siirtää VC-4 konttia kolme tavua

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

15

# VC-4:n osoitin



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

16





## SDH hierarkia

---

- ◆ SDH-hierarkiassa on määritelty seuraavat siirtonopeudet:
  - STM-1; 155.52 Mbit/s
  - STM-4; 622.08 Mbit/s
  - STM-16; 2488.32 Mbit/s
  - STM-64; 9953.28 Mbit/s
- ◆ Ylemmän tason STM-kehukset muodostetaan multipleksaamalla neljä edellisen nopeustason kehystä (tai 16 sitä edeltävän tason kehystä jne.).

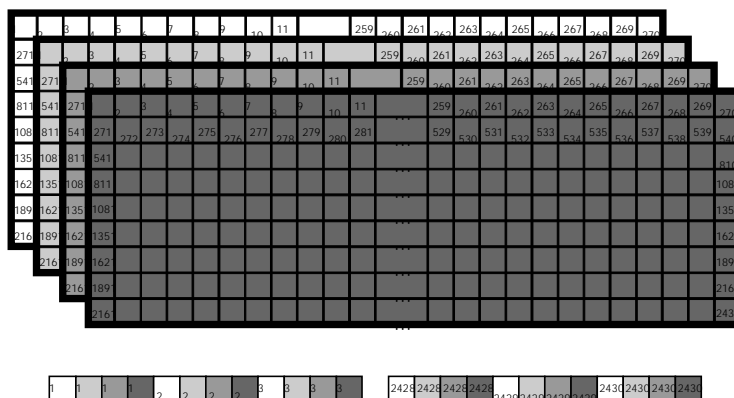


## STM-N -kehys

---

- ◆ Multipleksaus tapahtuu tavuttain ottamalla aina vuorollaan yksi tavu kustakin alemman tason kehyksestä.
  - Koska ylemmät nopeudet ovat alempien tarkkoja monikertoja, sekä multipleksaus että sen purkaminen ovat yksinkertaisia operaatioita. Edes osoittimien käsittelyä ei tarvita.
- ◆ STM-N -kehysten voidaan ajatella koostuvan N:stä rinnakkaisesta STM-1 -kehyksestä (STM-1 -kehysten kaksiulotteisesta esitysmuodosta tulee kolmiulotteinen STM-N -kehys).

## STM-N -kehys



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

19

## STM-N



- ◆ Jokainen alemman STM-kehiksen tavu on edelleen suoraan osoitettavissa hierarkian ylemmän nopeuden kehiksestä.
  - Esim. STM-16 kehiksestä päästään tarvittaessa helposti lukemaan ja kirjoittamaan tietty 2 Mbit/s aikaväli, mitä toiminnetta tarvitaan tyypillisessä ADM-solmussa.
  - Jopa yksittäinen 64 kbit/s puhekanava on suoraan osoitettavissa, mikäli siirrettävä 2 Mbit/s signaali on tavusynkronisesti mapattu SDH-kehikseen.
  - SDH:n tavuttain tapahtuva multipleksaus mahdollistaa tämän kaiken. PDH:ssa tämän estää biteittäin tapahtuva multipleksaus ja se, että ylemmät nopeudet eivät ole alempien tarkkoja monikertoja

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

20

## SDH-laitteet

---



- ◆ Terminaalimultiplekseri (TM) eli päätekanavointilaite
  - kanavoi tulevat alemman nopeuden signaalit SDH-kehukseen.
  - Alemman nopeuden signaalit voivat olla PDH-signaaleja (2M, 34M) tai alemman nopeuden SDH-signaaleita.
  - ei ristikytkentäominaisuuksia: alemman nopeuden signaalit sijoittuvat (solmun konfiguraatiosta riippuvaan) kiinteään paikkaan lähtevässä SDH-kehyksessä.

## SDH-laitteet

---



- ◆ Syöttö-pudotusmultiplekseri (ADM, Add-Drop Multiplexer)
  - on suunniteltu toimimaan erityisesti SDH-renkaan verkkoelementtinä.
  - siinä on kaksi kaksisuuntaista STM-N -liitääntä ja joukko PDH ja/tai alemman nopeuden STM-M -liitääntöjä.
  - pääosa liikenteestä kulkee suoraan ADM-solmun läpi STM-N -liitännästä toiseen.
  - siinä on rajoitetut ristikytkentäominaisuudet STM-N -liitääntöjen ja muiden liitääntöjen välillä.

## SDH-laitteet

---



- ◆ Ristikytöntäsolmussa (DXC)
  - on useita STM-N -liitäntöjä
  - täysi ristikytöntämahdollisuus liitäntöjen välillä
  - Lisäksi siitä saattaa löytyä myös PDH-liitäntöjä ja/tai alemman nopeuden STM-M -liitäntöjä.

## Synkronointi

---



- ◆ Jotta SDH-verkko toimisi optimaalisimmalla tavalla, kaikkien verkon solmujen on toimittava samalla kellolla.
- ◆ Mikäli jokin verkon solmu tai isompi verkon osa toimii eri kellolla kuin muu osa verkkoa, tästä aiheutuu osoittimien siirtoa (pointer adjustment).
  - Jokainen AU tai TU-osoittimen siirto aiheuttaa hyötykuorman siirron eteen- tai taaksepäin.
  - Hyötykuorman siirrot näkyvät jitterinä verkon läpi kulkeneessa signaalissa.

# Synkronointi



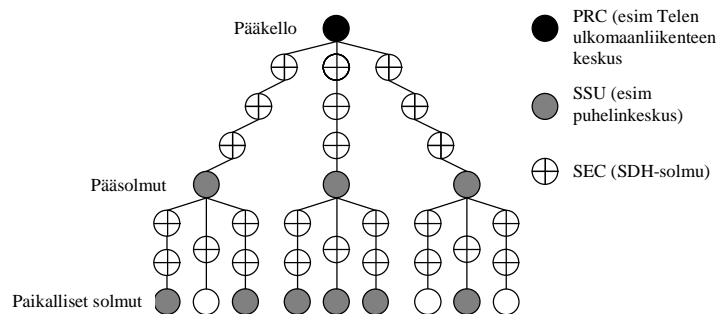
- ◆ PRC (Primary Reference Clock), tarkkuusvaatimus ( $10^{-11}$ ) on määritelty ITU-T:n standardissa G.811.
- ◆ SSU (Synchronisation Supply Unit) eli SRC (Secondary Reference Clock). Kellon G.812 - standardissa määritelty tarkkuusvaatimus on ( $5 \cdot 10^{-10} + 10^{-9}$  päivässä)
  - Normaalitilassa SSU toimii orjakellona, joka on lukittu PRC-kelloon
- ◆ SEC (SDH Equipment Clock), eli SETS (Synchronous Equipment Timing Source). Tarkkuusvaatimus ( $4,6 \cdot 10^{-6}$ ) on määritelty G.813-standardissa.
  - SDH-solmun kello toimii normaalitapauksissa orjakellona ollen lukittu PRC-kelloon joko suoraan tai lähimmän SSU:n kautta.

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

25

# Esimerkki synkronointipuusta



1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

26