



SDH

Marko Luoma

1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

1

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.

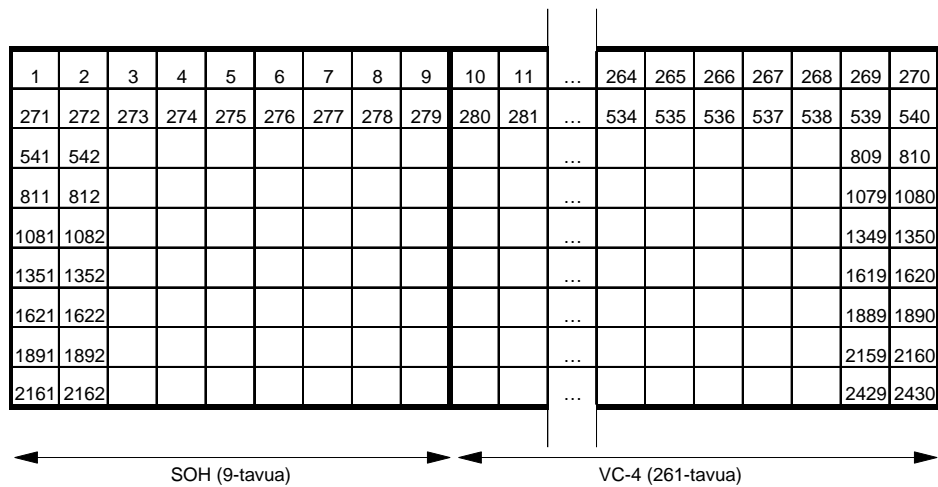
1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

2

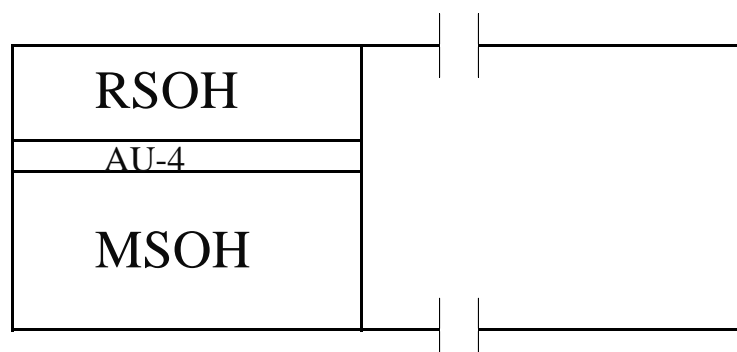


STM-1 kehys



STM-1 siirto-otsikko

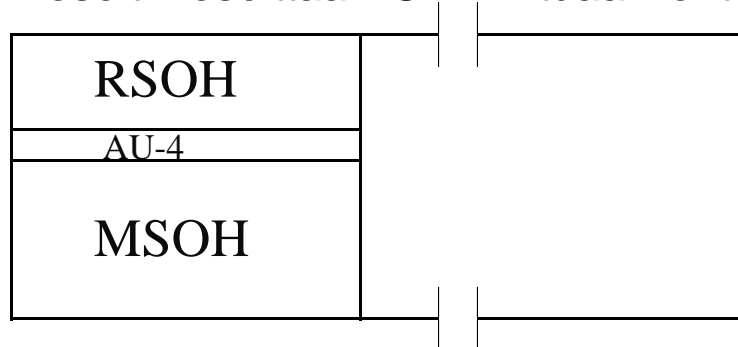
- ◆ STM-1 -kehiksen yhdeksän ensimmäistä saraketta muodostavat siirto-otsikon SOH (Section Overhead)
- ◆ SOH-tavuja käytetään:
 - verkonhallintaan
 - kehiksen alun havaitsemiseen





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



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



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

EV 117 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 virrehälytystavu M1.
- ◆ S1-tavu kertoo synkronoinnin tiluksen.

1988

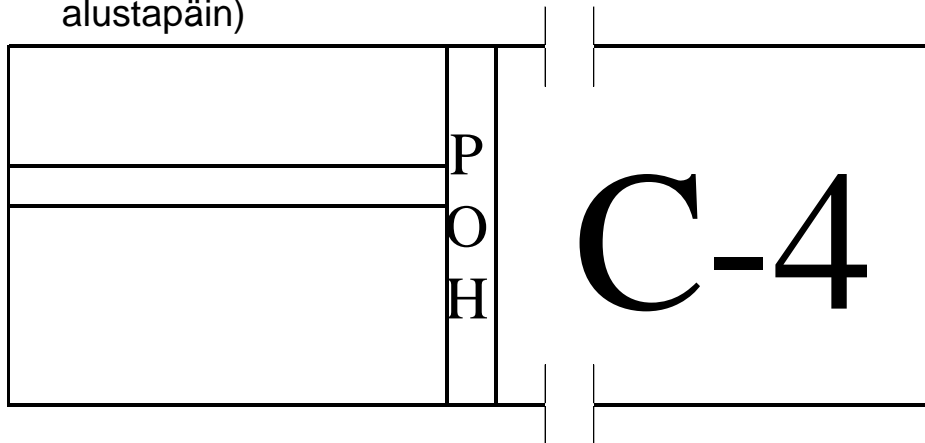
EV 117 Marko Luoma & Raimo Kantola

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

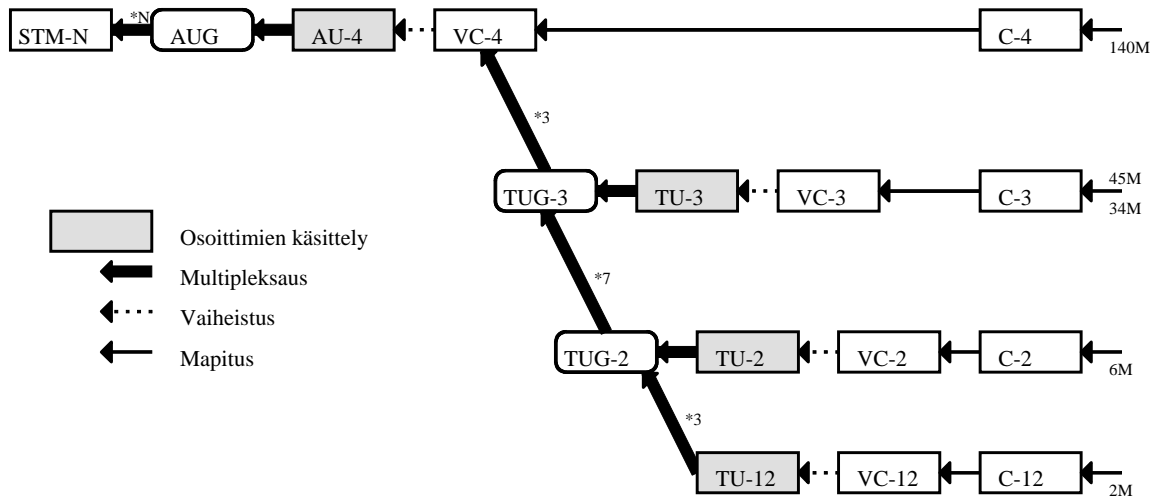
1988

TVT I / Marko Luoma & Raimo Kantola

10



VC-4:n sisältö



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.



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 nopeuksisia.
 - 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.



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.

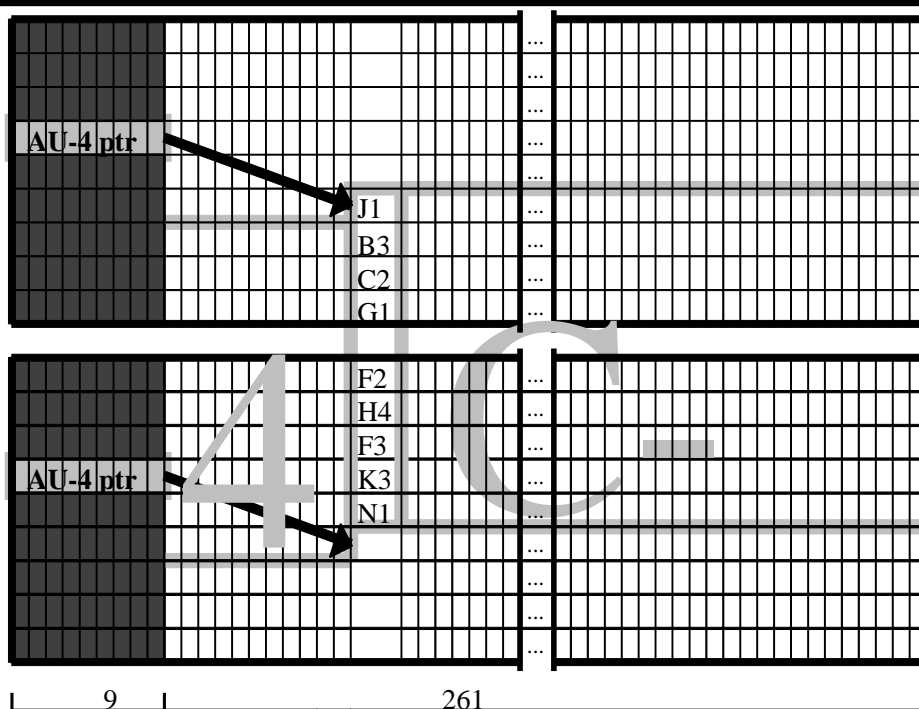


Osoitin

- ◆ 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



VC-4:n osoitin





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.).

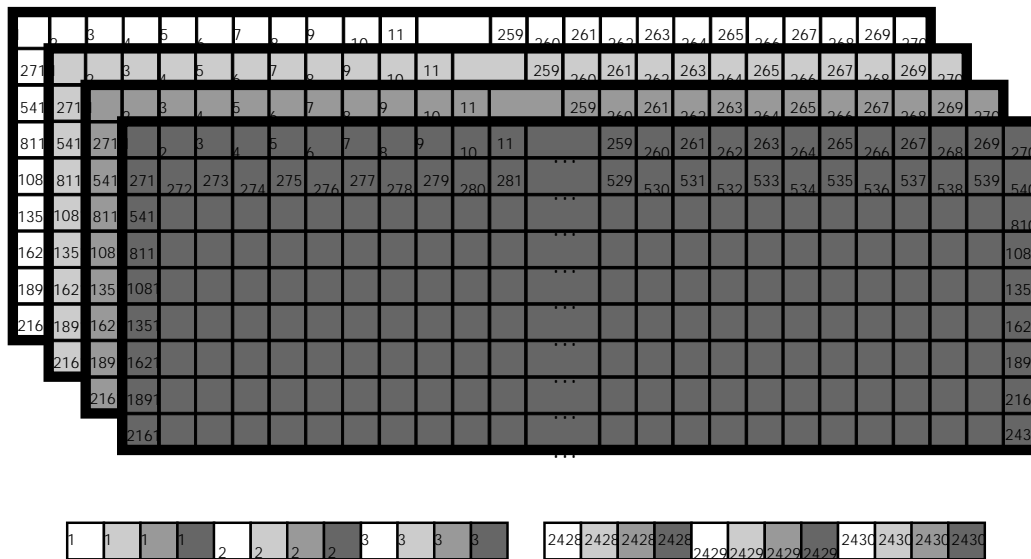


STM-N -kehys

- ◆ 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 kaksikulotteisesta esitysmuodosta tulee kolmiulotteinen STM-N -kehys).



STM-N -kehys



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



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 -liitäntää ja joukko PDH ja/tai alemman nopeuden STM-M -liitäntöjä.
 - pääosa liikenteestä kulkee suoraan ADM-solmun läpi STM-N -liitännästä toiseen.
 - siinä on rajoitetut ristikytkentäominaisuudet STM-N -liitäntöjen ja muiden liitäntöjen välillä.



SDH-laitteet

- ◆ Ristikytkentäsolmussa (DXC)
 - on useita STM-N -liitäntöjä
 - täysi ristikytkentämahdollisuus 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 (Synchronus 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.



Esimerkki synkronointipuusta

