

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tietoliikennetekniikka

Jori Renfors

ALUEVERKON LAAJENTAMINEN TELIASONERA FINLAND OYJ:LLE

Tutkintotyö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi insinöörin tutkintoa varten
Tampereella 3.5.2007

Työn valvoja

Lehtori Ari Rantala

Työn teettäjä

TeliaSonera Oyj, ohjaajana aluepäällikkö Heikki Helin

Tampere 2007

Tekijä:	Jori Renfors
Työn Nimi:	Alueverkon laajentaminen TeliaSonera Finland Oyj:lle
Päivämäärä:	2. toukokuuta 2007
Sivumäärä:	69 sivua + 36 liitesivua
Hakusanat:	SDH, PDH, PCM, Alueverkko, Runkoverkko
Koulutusohjelma:	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Tietoliikennetekniikka
Työn valvoja	Lehtori Ari Rantala
<p>Viime vuosina niin tavallisten kuluttajien kuin suurempien yritystenkin tietoliikenneyhteyksien tekniikka on mennyt ison askeleen eteenpäin ja kapasiteetit ovat nousseet huimaa vauhtia. Riippumatta siitä siirretäänkö tietoa ilmassa vai kaapeleita pitkin maan alla, on edistys asettanut operaattoreille paineita, että ne pystyvät takaamaan asiakkaille laadukkaat yhteydet. Näistä syistä operaattoreiden alue- ja runkoverkot ovat lähes jatkuvan muutoksen kohteena.</p> <p>Tässä työssä on ollut tarkoituksena tuottaa TeliaSonera Finland Oyj:lle toteutettavissa oleva suunnitelma xxxx alueen tukiasemaverkon varmistamista ja alueverkon laajentamista varten. Työssä on keskitytty tiedonsiirtojärjestelmien ominaisuuksiin ja niiden rakentamiseen. Tavoitteena on ollut luoda kolme vaihtoehtoista ja toteutettavissa olevaa suunnitelmaa, joilla voidaan toteuttaa kyseisen alueen tietoliikenne tarpeet.</p> <p>Työssä on esitelty yleisimpiä tiedonsiirtotekniikoita ja tekniikoille sopivia alustoja alue- ja runkoverkoissa. Tekniikoista käsitellään toiminnan kannalta oleelliset asiat. Suunnitelmissa käytettyjen laitteiden ominaisuudet ja mahdolliset rakenteet on myös selitetty. Lopuksi työssä käydään läpi suunnitelmavaihtoehdot joiden perusteella alueen tiedonsiirtojärjestelmät olisi toteutettavissa huomioiden kustannukset, varmistukset ja kapasiteetit.</p> <p>Jatkossa tulen tekemään vastaavia suunnitelmia useita ja luulen, että tästä työstä on huomattavaa etua suurien kokonaisuuksien hahmottamisessa ja kustannustehokkaassa suunnittelussa.</p>	

Author:	Jori Renfors
Name of the thesis:	Expanding metropolitan area network for TeliaSonera Finland Oyj
Date:	2. May 2007
Number of pages:	69 pages + 36 appendixes
Keywords:	SDH, PDH, PCM, metropolitan area network, core network
Degree programme:	Computer science
Specialisation:	Telecommunications engineering
Työn valvoja	Lehtori Ari Rantala
<p>In the past few years telecommunication technology has taken huge steps forward and capacity demands has grown rapidly, because of the demands of the regular consumers and larger companies. Regardless where the information is transferred, in the air or in the cables on the ground, the progress has set strain for the operators that they could offer good quality connections for the customers. Because of these reasons, operators' metropolitan and wide area networks are under constant change.</p> <p>The purpose of this work was to produce realizable plan for securing the base station network and expanding the metropolitan area network in xxxx area for Telia-Sonera Finland Oyj. This work focuses on data transmission systems characteristics and how to build transmission networks. The aim of this thesis is to make three alternative and realizable plans which could implement telecommunication requirements of the area in question.</p> <p>This thesis introduces some common data transport technologies and platforms for technologies that are used in metropolitan and wide area networks. The basics of the functioning are introduced in technologies. The used equipments in plans are introduced and possible structures of the equipments. Finally the plans, which are the basis for the realizable data transport systems, are gone through by paying attention for the costs, securing and capacities of the network.</p> <p>In the future I will be making several similar plans and I think that this work will be significant advance for perceiving larger entireties and cost efficiency planning</p>	

ALKUSANAT

Olen työskennellyt vuoden 2004 toukokuusta lähtien TeliaSoneran Tampereen toimipisteessä tehtävinäni alueverkon suunnittelutyöt laidasta laitaan. TeliaSonera on siis ollut erittäin vahvasti osallisena opintojeni etenemiseen koko kouluajan. Arvokkaan työkokemuksen lisäksi sain mahdollisuuden tehdä tämän opinnäytetyön TeliaSonera Oyj:lle, mistä suurin kiitos kuuluu esimiehelleni ja tutkintotyön valvojalle, Heikki Helinille. Heikki kertoi tulevasta kaapelilaajennuksesta ja siihen liittyvästä transmissiosuunnittelun tarpeesta, josta voisi samalla saada opinnäytetyön aiheen.

Erittäin suuret kiitokset kuuluvat myös lähimmille työtovereilleni Lasse Vesaselle, Erkki Kalliolle, Mika Pöyrylle, Jouko Karjalaiselle, Reijo Hakalalle, Erkki Suomulle ja Asko Niemelälle, jotka tekivät minunkin osani töistä tutkintotyön kirjoittamisen ja suunnittelun aikana ja antoivat kullan arvoisia neuvoja työhön liittyen. Ilman heitä työ ei olisi valmistunut sille määritellyssä ajassa. Lahden alueen suunnittelija Hannu Huikkonen ansaitsee erityiset kiitokset, koska ilman hänen antamia näkemyksiä suunnitteluun ja paikallistuntemukseen liittyen, olisi suunnitelmien laatiminen ollut huomattavasti työläämpää. Dokumentoija Tapani Jokitalo ansaitsee kiitokset erittäin toimivasta ja ripeästä palvelusta, jota tarvitsin koko työni ajan, karttoja ja kaavioita tulostettaessa ja päivitettäessä. Kiitokset myös TeliaSonerassa eri tekniikoiden asiantuntijoille, jotka ovat aina olleet valmiita vastaamaan kysymyksiini ja toimittaneet aina tarvitsemiani materiaaleja tutkintotyötä varten.

Haluan myös kiittää tutkintotyön valvojaa lehtori Ari Rantalaa opastuksesta ja joustavasta yhteistyöstä opinnäytetyötä tehdessä.

Tampereella 2. toukokuuta 2007

Jori Renfors

SISÄLLYLUETTELO

TIIVISTELMÄ	ii
ABSTRACT.....	iii
ALKUSANAT	iv
SISÄLLYLUETTELO.....	v
LYHENNELUETTELO	6
1 JOHDANTO	8
2 YLEISET TIEDONSIIRTOTEKNIIKAT ALUEVERKOISSA.....	9
2.1 Pulse Code Modulation, PCM	9
2.2 Aikajakokanavointi ja kehysrakenne	11
2.3 Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH.....	13
2.4 Synchronous Digital Hierarchy, SDH.....	14
2.4.1 SDH-verkon elementit /1/	15
2.4.2 SDH-verkon siirtonopeudet	16
2.4.3 Signaalienkuljetus STM-n kehyksessä /11/	18
2.4.4 SDH-verkon osuus- ja polkukäsitteet /11/	20
2.4.4.1 Polku /11/	21
2.4.4.2 Multipleksointiosuus /11/.....	22
2.4.5 Hyötykuorman osoituksen periaate /11/	22
2.4.6 Virtual Concatenation, VCAT /21/	24
2.4.7 Varmistukset /12/	25
2.4.7.1 SubNetwork Connection Protection, SNCP /12/	25
2.4.7.2 Multiplex Section Protection, MSP /12/	26
2.4.7.3 Multiplex Section Shared Protection Rings, MS-Spring /12/	27
2.4.8 SDH vs. PDH.....	29
2.5 Asynchronous Transfer Mode, ATM.....	30
2.5.1 ATM-verkon rakenne ja ominaisuudet /4/	31
2.5.2 ATM-Yhteys /4/	32
2.5.3 ATM-Solu /4/	33
2.6 Wavelength Division Multiplexing, WDM	35
2.7 MetroEthernet	36
2.8 Mikroaaltolinkit	37
2.8.1 Mikroaaltolinkkien käyttö alue- ja runkoverkoissa	38
2.8.2 NEC Pasolink NEO.....	39
3 Suunnitelmassa käytettävät Marconi Plc:n SDH-laitteet.....	42
3.1 MSH41C	42
3.2 MSH51C	45
3.3 OMS840 /13/.....	46
3.4 OMS1240.....	47
4 XXXX ALUEVERKON LAAJENTAMINEN	49
6 TOTEUTUSSUUNNITELMAT.....	49
7 YHTEENVETO	49
LIITTEET	50
LÄHDELUETTELO.....	51

LYHENNELUETTELO

AAL	ATM Adaption Layer
ADM	Add Drop Multiplexer
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AU-n	Administrative Unit
AUG	Administrative Unit Group
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
CCITT	Comité consultatif international téléphonique et télégraphique
CLP	Cell Loss Priority
CRC	Cyclic Redundancy Check
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexin
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexin
DXC	Digital Cross Connect
E1...5	PDH-hierarkian tasoja
FDM	Frequency Division Multiplexing
FE	Fast Ethernet, 100 Mbps nopeudella toimiva Ethernet yhteys
bps	bits per second, bittiä sekunnissa
GFC	Generic Flow Control
GSM	Global System for Mobile communications
HEC	Header Error Check
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector
MSH	Marconi Synchronous Hierarchy
MSOH	Multiplex Section Overhead
MSP	Multiplex Section Protection
MS-SPRING	Multiplex Section Shared Protection Rings
NNI	Network Node Interface
OMS	Optical MultiService

PCM	Pulse Code Modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POH	Path OverHead
PT	Payload Type
RSOH	Regenerator Section Overhead
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SFP	Small form-factor pluggable
SNCP	SubNetwork Connection Protection
STM	Synchronous Tranport Module
TDM	Time Division Multipleksing
TM	Terminal Multiplexer
TMN	Telecommunications Management Network
TU	Tributary Unit
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNI	User Network Interface
VC	Virtual Container
VCAT	Virtual Concatenation
VCC	Virtual Channel Connection
VCI	Virtual Channel Identifier
WDM	Wavelenght Division Multiplexing
VPI	Virtual Path Identifier
YKM	Yhteiskanavamerkinanto

1 JOHDANTO

Tässä työssä käydään läpi yleisimmät tiedonsiirtotekniikat alue- ja runkoverkoissa ja luodaan kolme vaihtoehtoista suunnitelmaa tukiasemaverkon varmistamista ja alueverkon laajentamista varten xxxx alueelle. Ennen työn aloittamista alueen tietoliikennejärjestelmät olivat käytännössä radiolinkki-yhteyksien varassa ja radiolinkkien tekniikka alkoi kaivata uudistusta. Suunnitelmia on alettu toteuttamaan TeliaSoneran strategioiden ja ohjeistuksien pohjalta. Käytännön vaatimukset suunnitelmille tulivat TeliaSoneran Mobiili- ja Radioverkko-osastolta, koska olemassa olevien yhteyksien varmistukset ja laatu eivät saaneet heikentyä.

Nykyaikana tiedonsiirtomenetelmiä ja operaattoreiden verkoissa käytettäviä tekniikoita on useita ja niistä yleisimpiä käsitelty kappaleessa 2. Koska suunnitelmat on tehty toteutettaviksi SDH-tekniikalla, on sitä kuvattu hieman muita tekniikoita perusteellisemmin. Muista tekniikoista on kerrottu vain keskeisimmät asiat.

Suunnitelmissa on käytetty pääasiassa Marconi Plc:n valmistamia SDH-laitteita. Laitteiden ominaisuuksia ja kokoonpanoja on kuvattu kappaleessa 3.

Kappaleessa 4 on käyty läpi suunnitelmia koskevan alueen verkon tilanne ja taustoja suunnittelutyön aloittamiseksi. Kappaleessa tarkastellaan ratkaisuvaihtoehtoja ja niiden vaikutusta verkon rakenteeseen, miten ne sopivat TeliaSoneran verkonrakennusstrategiaan ja valitaan tällä hetkellä kustannuksiltaan, varmistuksiltaan ja kapasiteetiltaan paras vaihtoehto verkon toteuttamiseksi.

Kappaleessa 5 on tarkasteltu valittua suunnitelmaa syvällisemmin. Kappaleessa käydään läpi mitä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan SDH-laitteiden asennusta ja miten se eroaa esimerkiksi radiolinkkien suunnittelusta.

Lopuksi on yhteenveto työstä ja miten työ onnistui tavoitteisiin nähden. Kappaleessa pohditaan miten työstä saatuja oppeja voisi soveltaa tulevaisuudessa ja onko työstä hyötyä työn teettäjälle – TeliaSoneralle – tulevaisuutta ajatellen.

2 YLEISET TIEDONSIIRTOTEKNIIKAT ALUEVERKOISSA

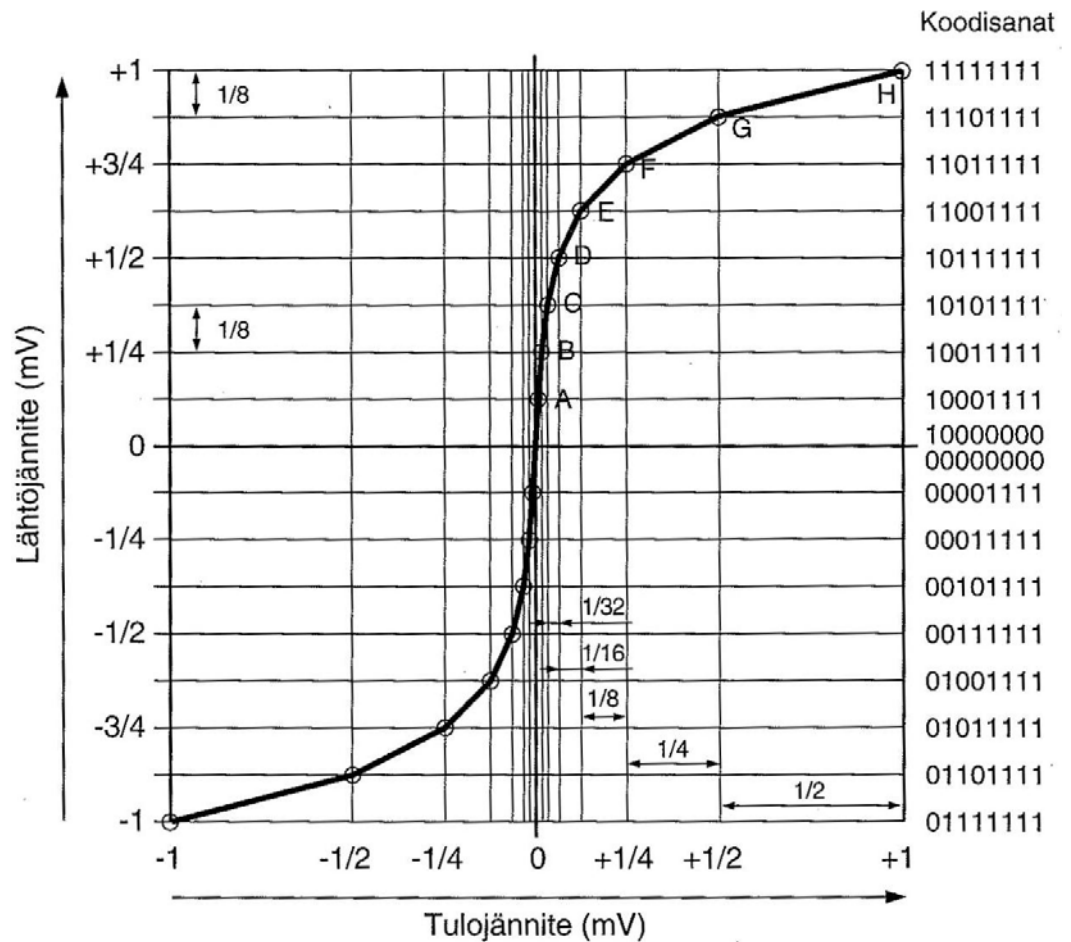
Vuosien myötä televerkot ovat kokeneet suuria muutoksia aina senhetkisen ajan trendien mukaan. Ensin rakennettiin avojohtolinjoja ja niihin avojohtojärjestelmiä, joita oli suurimpien kaupunkien välillä. Niillä voitiin kuljettaa esimerkiksi 12 puhekanavaa. Nykyisin rakennettavissa järjestelmissä ei enää juurikaan puhuta puhekanavista vaan bittinopeuksista, koska tiedonsiirto on siirtynyt digitaaliseksi. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että yhdellä STM16-tason SDH-järjestelmällä voitaisiin siirtää 30240 kappaletta tavallisia puhekanavia ja näitä järjestelmiä kulkee ihan tavallisten suomalaiskaupunkien sisällä useita. Seuraavissa kappaleissa on esitelty muutamia nykyisin käytettäviä tekniikoita alue- ja runkoverkoissa.

2.1 Pulse Code Modulation, PCM

Siirtojärjestelmien, puhelinkeskusten ja koko nykyaikaisen tietoliikenteen toiminta perustuu PCM-tekniikkaan (Pulse Code Modulation). Sen avulla mikä tahansa analoginen informaatio (puhe, musiikki, kuva, video) voidaan muuttaa digitaaliseen muotoon. Aikajakotekniikkaan (TDM, Time Division Multiplexing) perustuvan PCM:n kehitti englantilainen tutkija Alec H. Reeves jo vuonna 1937, mutta käytännön toteutukset jäivät vaatimattomiksi, sillä kaupallisuuteen tarvittavia komponentteja ei ollut vielä olemassa. Kun transistorit (1947) ja mikropiirit (1959) keksittiin, niin tällä välillä FDM-tekniikan (*Frequency Division Multiplexing*) kantoaaltojärjestelmät olivat jo saaneet jalansijan puhelinverkkojen siirtojärjestelmien tekniikkana. Kantoaaltojärjestelmien käyttö jatkuikin 1980-luvulle saakka. Ensimmäinen PCM-järjestelmä otettiin käyttöön Yhdysvalloissa vuonna 1964 ja Euroopan ensimmäinen Helsingissä vuonna 1968. Siitä alkoi Suomen koko puhelinverkon digitalisoimisurakka, joka kestitkin lähes 30 vuotta ja päättyi vuonna 1996. /3/

PCM-tekniikka perustuu näytteenottoon. Puhelinverkossa siirretään taajuuksia välillä 300-3400 Hz ja tämä informaatio saadaan näytteiden avulla siirrettyä siten,

että se voidaan vastapäässä muodostaa uudelleen samanlaiseksi. Näytteitä tulee olla siis niin paljon, että informaatiota ei menetetä ja Shannonin näytteenottoteoreeman mukaan näytteenottotaajuuden tulee olla vähintään kaksi kertaa suurempi kuin suurin siirrettävä taajuus. Tästä saataisiin ideaalitapauksessa puhelinverkon näytteenottotaajuudeksi siis 6800 Hz, mutta käytännön syistä taajuudeksi on valittu 8000 Hz. Siirrettävästä informaatiosta otetaan siis näytteitä 8000 kertaa sekunnissa, eli 125 μ s:n välein. Jokaisesta näytteestä otetaan senhetkinen amplitudiarvo, joka ilmaistaan kahdeksalla bitillä. Amplitudi siis voidaan ilmaista 2^8 :een eli 256 tasolla. Tätä kutsutaan kvantisoinniksi. Näytteen amplitudin polariteetin ilmaisee eniten merkitsevä bitti siten, että jos näytteen amplitudi on negatiivinen, niin eniten merkitsevä bitti on 0 ja jos amplitudi on positiivinen, niin eniten merkitsevä bitti on 1. Tämän jälkeen jää siis seitsemän bittiä varsinaisen tason määrittämiseen. Kvantisointivirheen minimoimiseksi tasot on määritelty niin, että matalilla amplitudeilla tasoja on tiheämmin kuin voimakkaammilla arvoilla. Kuvassa 1 on esitetty Euroopassa käytetty A-lain mukaan painotettu käyrä, josta nähdään, kuinka tasot on jaettu eri amplitudiarvoille. Tällä saadaan suhteessa tarkempi kuva informaatio-signaalista ja virheen aiheuttama kohina poistettua. Jokainen kahdeksan bitin näyte muodostaa PCM-tekniikassa aikavälin, joka lähetetään aikajako-kanavoinnin ja kehystämisen jälkeen siirtotielle. /3; 2/



Kuva 1 Euroopassa käytössä olevan A-lain mukainen PCM-koodaus /3/

2.2 Aikajakokanavointi ja kehysrakenne

PCM-järjestelmä on suunniteltu siten, että sillä voidaan kuljettaa 30 puhekanavaa (tai muuta informaatiota) ja lisäksi kaksi erityiskanavaa merkinannolle ja tahdistukselle (tässä kohtaa amerikkalainen malli eroaa PCM:stä. Amerikassa käytetyssä PCM-signaalissa aikavälejä on vain 24). Jokaista puhekanavaa käsitellään niin kuin edellä on esitetty. PCM-kehys koostuu siis yhteensä 32 aikavälistä ja jokainen aikaväli sisältää kahdeksan bittiä, jotka lähetetään 8000 kertaa sekunnissa. Tästä saadaan laskettua PCM-järjestelmän perusnopeus (1):

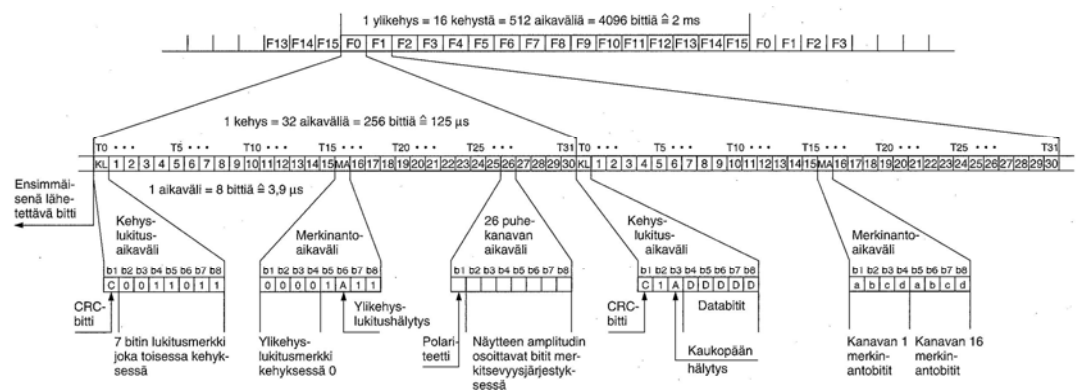
$$C = 8000 \text{ Hz} \times 32 \text{ aikaväliä} \times 8 \text{ bittiä} = 2048 \text{ kbps}$$

$$C = 2,048 \text{ Mbps}$$

(1)

Yhden aikavälin siirtonopeus on tällöin 64 kbps. Nämä kaksi nopeutta ovat hyvin tärkeitä ja yleisesti käytettyjä digitaalisen tietoliikenteen perusnopeuksia.

Yhteen 125 μ s:n jaksoon sisältyvät 32 aikaväliä muodostavat kehyksen ja aikavälit numeroidaan juoksevasti T0-T31. Aikavälit T1-T15 ja T17-T31 on varattu puheen (tai datan) siirtoon ja aikavälit T0 ja T16 erityiskäyttöön. Aikaväliä T0 käytetään kehyslukituksen ja hälytystietojen siirtämiseen kaukopäähän, kun taas aikaväli T16 on alun perin varattu merkinantoinformaation siirtämiseen. Nykyään merkinanto toteutetaan yhteiskanavamerkinannolla (YKM) ja voidaan käyttää mitä tahansa aikaväliä, mutta yleisesti edelleen käytetään aikaväliä T16. Ylikehys koostuu 16 kehyksestä ja se otettiin myös aikanaan käyttöön merkinannon vuoksi. Ylikehys kestää 2 ms (16x125 μ s) ja siihen sisältyvät kehykset numeroidaan juoksevasti F0-F15. Ylikehyksellä ei informaatiota siirtävien aikavälien T1-15 ja T17-31 kannalta ole merkitystä, mutta aikavälien T0 ja T16 käyttö vaihtelee ylikehys eri kehyksissä. Kuvassa 2 on esitetty PCM-järjestelmän aikajakokaavio.



Kuva 2 PCM-järjestelmän aikajakokaavio /3/

Kuvasta 2 nähdään, että kehyksessä aikaväli T0 on nimeltään kehyslukitusaikaväli. Sen käyttötarkoitus on erilainen parillisissa ja parittomissa kehyksissä. Parillisten kehysten aikavälissä T0 siirretään kehyslukitusmerkki. Tällä tiedolla vastaanotin lukkiutuu tietoon, että bittivirrassa alkaa uusi kehys. Parittomien kehysten aikavälissä T0 siirretään kaukopäähän tietoa lähipäähän syntyneestä hälytystilanteesta ja tiedonsiirtovirheiden tarkkailua varten CRC-bitti (Cyclic Redundancy Check). Aikavälissä T16 siirretään jokaisen ylikehysen

ensimmäisessä kehyksessä ylikehyslukitusmerkki ja ylikehyshälytys. Tällä perusteella tiedetään, että alkaa uusi ylikehys. Aikaväli T16 oli alun perin tarkoitettu kanavakohtaiseen merkinantoon ja jokaisen kehyksen aikavälissä T16 siirrettiin kahden kanavan merkinanto. Tällöin saatiin yhdessä ylikehyksessä siirrettyä kaikkien 30 puhekanavan merkinanto. /3/

2.3 Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH

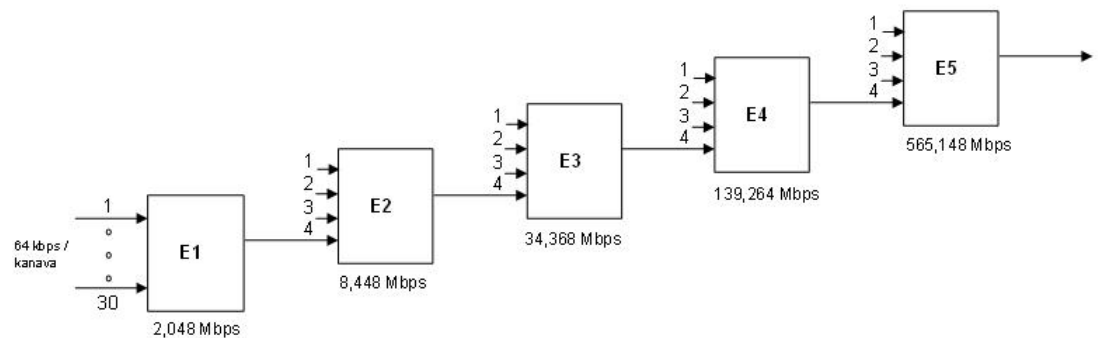
PDH-tekniikka on kauan käytössä ollut hierarkkinen tietovirtoja lomittava siirtojärjestelmä. Sana plesiochroninen (plesiochronous) on peräisin kreikan kielestä ja tarkoittaa ”melkein synkroninen”. Vapaa suomennos voisikin olla ”melkein synkroninen digitaalinen hierarkia”. PDH-hierarkiassa esiintyvät taulukossa 1 kerrotut tasot.

Taulukko 1 PDH-järjestelmän hierarkia

Luokka	Kanavien lukumäärä	Kapasiteetti Mbps
E1	30	2,048
E2	120	8,448
E3	480	34,368
E4	1920	139,264
E5	7680	565,148

E1-tasolla kanavien tieto lomitetaan tavutasolla niin kuin edellisessä osiossa kerrottiin. E2-tasolla ja siitä ylöspäin lomitus tapahtuu bittitasolla. Lomituksen aikaan saaminen ylemmillä tasoilla ei ole aivan ongelmattonta, koska kanavointilaitteelle tulevat 2,048 kbps:n kanavat eivät saavu täsmälleen samaan aikaan. Tämä joudutaan taas huomioimaan lomitusprosessissa. Jotta bittilomitus olisi mahdollista, kompensoidaan kanavoitavien signaalien nopeusvariaatioita siten, että E2-kehyksessä on hieman ylikapasiteettia, ja lomitettujen tietovirtojen nopeuserot korjataan lisäämällä korjausbittejä kehykseen. Menetelmä on nimeltään positiivinen tasaus. Korjaustarvetta on yleensä hyvin vähän, eikä kaikkiin

kehyksiin edes tule ylimääräisiä korjausbittejä. Kun E2-tason kehys palautetaan E1-tason kehyksiksi, poistetaan korjausbitit ennen kuin kehys lähetetään eteenpäin. Kuvasta 3 nähdään, miten PDH-tekniikassa tapahtuu kanavien multipleksaus, ja tästä voisi päätellä, että PDH-tekniikka on käytännöllinen ratkaisu. Järjestelmä onkin niin kauan hyvä, kun yhteyksien tarve on polkujen päissä, missä hierarkia puretaan. Jos 2,048 Mbps:n kanavalle on tarvetta esimerkiksi E4-tasoisien siirtotien varrella, on koko hierarkia purettava yhden liittymän takia ja tämän jälkeen taas koottava takaisin E4-tasolle. Tämän operaation edellyttämä laiterakenne on niin raskas, että sitä ei kannata yhden liittymän takia tehdä.



Kuva 3 PDH-järjestelmän hierarkia ja siirtonopeudet

PDH-järjestelmän toinen ongelma on se, että se ei sisällä menetelmiä verkonhallintaan, vaan lähes kaikki kapasiteetti käytetään informaation siirtämiseen. Tästä on seurannut se, että verkon rinnalle on jouduttu tekemään erillinen hallintajärjestelmä, jolla valvotaan verkon toimintaa.

2.4 Synchronous Digital Hierarchy, SDH

Internetin yleistymisen ja yleinen palveluiden lisääntyminen televerkoissa ovat yhdessä vaikuttaneet siihen, että televerkoilta on vaadittu yhä suurempaa joustavuutta ja parempaa palvelutasoa. Nämä vaatimukset yhdessä teknologisen kehityksen kanssa ovat johtaneet uuden siirtotekniikan, synkronisen digitaalisen hierarkian (SDH) syntyyn.

SDH-tekniikan standardointi aloitettiin CCITT:ssä (*Comité consultatif international téléphonique et télégraphique*) vuonna 1986. SDH-standardit ovat aikaisempaan PDH-tekniikkaan verrattuna paljon yksityiskohtaisempia ja kattavampia. Tästä on etuna eri valmistajien laitteiden entistä parempi yhteensopivuus. Tämä koskee erityisesti optisia liitäntöjä sekä laitteiden ja järjestelmien valvontaan ja hallintaan liittyviä ominaisuuksia. Juuri SDH-verkon hallintajärjestelmä on keskeisessä asemassa verkon joustavuuden ja palvelutason kannalta.

Nykyisin SDH-tekniikka on edelleen hyvin yleisesti käytetty tiedonsiirtotekniikka niin runko- kuin alueverkoissakin. SDH:n eduiksi voidaan lukea sen skaalautuvuus eri siirtonopeuksille ja sen läpinäkyvyys eri tiedonsiirtotekniikoille. SDH-järjestelmät toimivat siis erinomaisena alustana erilaisille siirtomedioidille, kuten ATM:lle ja Ethernetille. Myös monipuoliset varmistusmahdollisuudet sekä tehokas verkonhallinta ja -valvonta tukevat SDH:n käyttöä runko- ja alueverkoissa.

2.4.1 SDH-verkon elementit /1/

SDH-verkon elementit voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Toistimet
- Multiplekserit
- Digitaaliset ristikytkentälaitteet

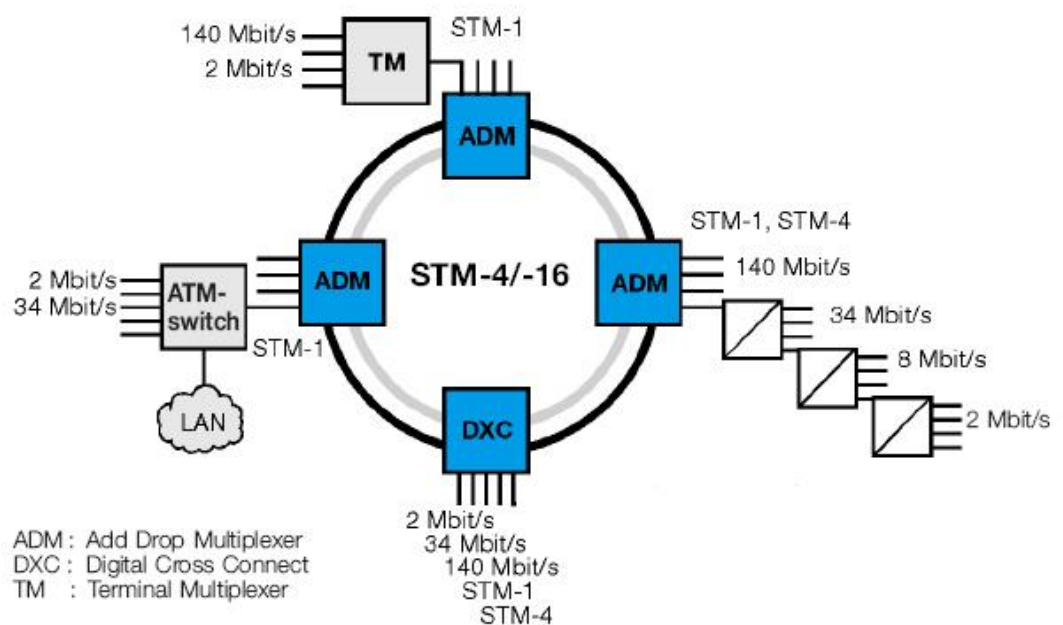
Toistimet regeneroivat siirrettävän signaalin. Regeneroinnilla vahvistetaan ja korjataan signaalissa mahdollisesti esiintyvät vääristymät.

Multipleksereitä on kahta eri tyyppiä.

- Syöttö-pudotus-multiplekseri eli ADM (*Add Drop Multiplexer*), jolla voidaan signaaliin lisätä tai pudottaa siitä pois alemman tason signaaleja. ADM-laitteilla voidaan SDH-verkosta muodostaa rengas

- Päätemultiplekseri eli TM (*Terminal Multiplexer*), joka on tarkoitettu SDH-verkon ja alijärjestelmien välille

Digitaaliset ristikytkentälaitteet eli DXC:t (*Digital Cross Connect*) ovat verkon laitteista kapasiteeteiltaan suurimpia. Ne siirtävät tietoa eri renkaiden välillä ja niihin voidaan liittyä myös suoraan alijärjestelmistä. Kuvassa 4 on esitetty miten eri elementit sijoittuvat SDH-verkkoon.



Kuva 4 SDH-verkon rakenne ja eri elementit /10/

2.4.2 SDH-verkon siirtonopeudet

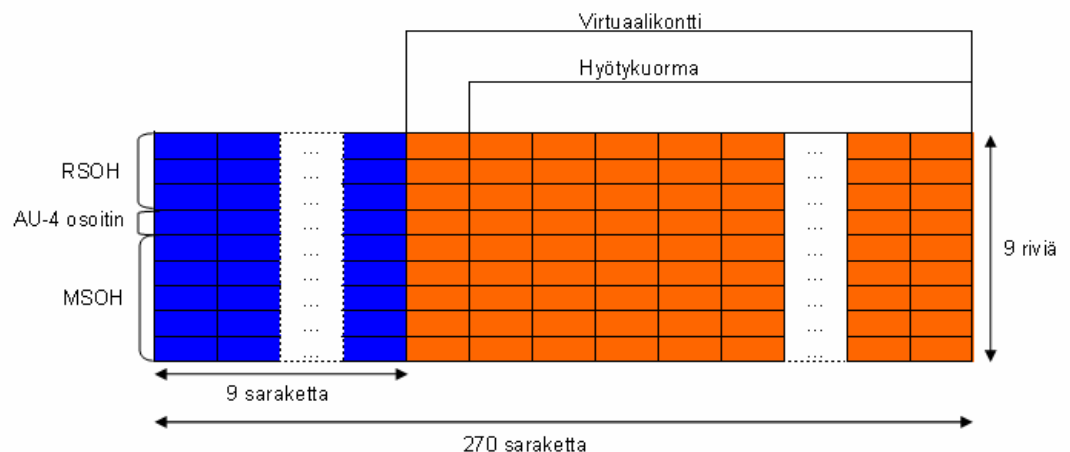
SDH-järjestelmän perussignaalin bittinopeus on siis PDH-tekniikasta tuttu 2048 kbps. Signaalia ei kuitenkaan siirretä omalla erillisjärjestelmällään, vaan se kanavoidaan ylemmän tason siirtojärjestelmään. Taulukossa 2 näkyvät SDH-järjestelmän perushierarkiatasot. Hierarkian perussiirtonopeus on 155,52 Mbps, mitä vastaa STM-1-siirtokehys (*Synchronous Transport Module*). Ylempien tasojen nopeudet ovat STM-1-tason kerrannaisia ja siten STM-4-tason siirtokehys saadaan kanavoimalla yhteen neljä STM-1-tason kehystä. PDH-hierarkiasta poiketen,

ylemmät siirtokehykset ovat täsmälleen STM-1-siirtokehyksen nopeuden monikertoja, koska PDH:ssa käytettävät tasausbitit on jo käytetty SDH-siirtokehyksiin. /11/

Taulukko 2 STM-1-kehyksen rakenne

Hierarkiataso	Bittinopeus kbps	
STM-1	155520	(155 Mbps)
STM-4	622080	(622 Mbps)
STM16	2488320	(2,5 Gbps)
STM-64	9953280	(10 Gbps)

Kuvassa 5 on STM-1-tason siirtokehyksen perusrakenne. Kehys jakaantuu kahteen osaan: siirto-otsikkoon SOH (*Section Overhead*) ja varsinaista siirrettävää hyötykuormaa sisältävään virtuaalikonttiin, VC-4 (*Virtual Container*).



Kuva 5 STM-1-tason siirtokehyksen perusrakenne

Ajallisesti kehys alkaa vasemmasta yläkulmasta, josta alkaa yhdeksän tavun mittainen otsikkokenttä ja sitä seuraa 261 tavun mittainen virtuaalikontti. Sama rakenne toistuu yhdeksällä peräkkäisellä rivillä ja yhden kehyksen kesto on 125 µs eli kehys lähetetään 8000 kertaa sekunnissa. Tästä voidaan laskea STM-1-tasoisen signaalin kokonaissiirtonopeus: /1/

$$C = 8000 \text{ Hz} \times 9 \text{ riviä} \times 270 \text{ tavua} \times 8 \text{ bit} = 155520000 \text{ bps}$$

$$C = 155,52 \text{ Mbps}$$

(2)

RSOH (*Regenerator Section Overhead*, toistinosuuden otsikko) käsittää kolmen ylimmäisen rivin yhdeksän ensimmäistä tavua ja MSOH (*Multiplex Section Overhead*, multipleksointiosuuden otsikko) vastaavasti viisi alinta riviä. Otsikoiden tehtävänä on valvoa osuuksia ja tukea ylläpitotoimintoja. /11/

Neljännellä rivillä on AU-4-osoitin (*AU-4 pointer* ; AU, *Administrative Unit*), joka osoittaa sarakkeiden 10...270 eli hyötykuorman alkukohtaa. /11/

Virtuaalikontti VC-4 koostuu hyötykuormasta, joka on STM-1-kehysten 260 viimeistä saraketta, ja polkuotsikosta (POH, *Path Overhead*), joka on STM-1-kehysten kymmenes sarake. POH-otsikon tehtävänä on siirtää hyötykuorman virhe- ja hallintatieto päästä päähän. Hyötykuormassa siirtyvät alijärjestelmien yksiköt. Alijärjestelmänä voivat olla esimerkiksi 2048 kbps:n kanavan tiedot. Taulukossa 3 on listattu tavallisimmat kontit ja niiden siirtonopeudet. /11/

Taulukko 3 virtuaalikontit ja niiden siirtonopeudet

Alijärjestelmä	Nopeus / kbps
VC-12	2,176
VC-2	6,784
VC-3	48,384
VC-4	149,76

2.4.3 Signaalienkuljetus STM-n kehyyksessä /11/

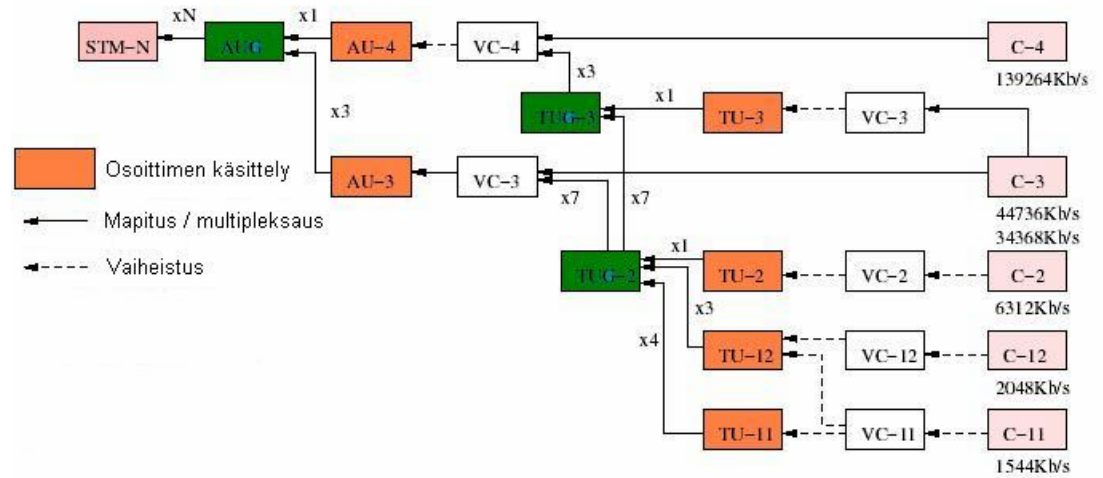
Siirtokehysten hyötykuorman rakenne on suunniteltu siten, että siihen voidaan suoraan kanavoida PDH-hierarkian mukaiset bittinopeudet aina Yhdysvalloissa käytetystä 1,5 Mbps:n nopeudesta eurooppalaiseen 140 Mbps:n nopeuteen asti. PDH-signaalien kanavoimista STM-1-kehysten sisään kutsutaan mapitukseksi. Jokaisella siirtokehyyksessä mapitetulla alijärjestelmällä on kehyyksessä yksi kiinteä paikka. Paikka säilyy aina, vaikka kehys mapitettaisiin ylemmälle tasolle. Alijärjestelmien signaalien kiinteistä paikoista seuraa yksi tärkeimmistä SDH-

järjestelmän tuomista eduista. Synkronisen tiedonsiirron ansiosta pääsignaalista voidaan missä tahansa kohtaa poimia jokin tietty alijärjestelmän signaali purkamatta koko pääjärjestelmää osiin. Näin järjestelmän solmukohtissa voidaan pääsignaalista poistaa tai lisätä siihen uusia alemman tason signaaleja ilman, että koko pääsignaalia puretaan alemmille tasoille, kuten PDH-tekniikassa.

Kuvassa 6 näkyy, kuinka esimerkiksi 2 Mbps:n plesioskroninen signaali (C) mapitetaan ensin VC-12-tason virtuaalikonttiin, jossa kehykseen liitetään POH-otsikko, jolla signaalia valvotaan päästä päähän. ITU:ssa (*International Communications Union*) on määritelty plesioskronisten, eurooppalaisten 2, 34 ja 140 Mbps:n, signaalien siirtotapa.

Ennen multipleksointia alemman tason virtuaalikontit (VC-12, VC-3) sijoitetaan alijärjestelmäyksiköihin (TU-12, TU-3, *Tributary Unit-n*). Alijärjestelmäyksiköt ovat VC-4:ään kiinteille paikoille multipleksoitavia kehyksiä eli aikavälejä. Jotta ei tarvittaisi pitkiä puskureita, niin virtuaalikonttien (VC) sijoitus alijärjestelmäyksiköihin (TU) on tehty kelluvaksi ja tieto virtuaalikontin alkukohdasta tallennetaan TU-osoittimeen.

VC-4:n paikka STM-1-kehyksessä eli käytännössä VC-4:n vaihe suhteessa STM-1-kehykseen määritellään AU-4-osoittimessa. Kun AUG:hen (*Administrative Unit Group*) liitetään MSOH- ja RSOH-otsikot saadaan STM-1-signaali. Jos multipleksoidaan 4 tai 16 AUG:tä ja liitetään vastaavat MSOH- ja RSOH-otsikot, saadaan STM-4- tai STM-16-tason signaali.

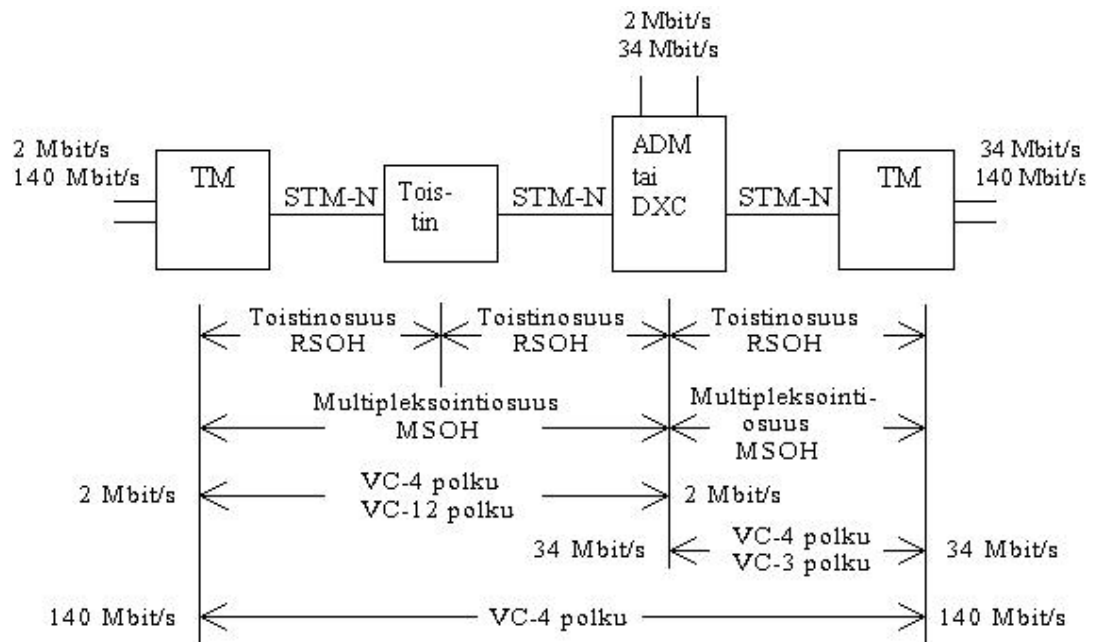


Kuva 6 STM-N kehyksen rakenne /11/

C-n	Virtuaalikontin siirtonopeus
VC-n	Virtuaalikontti
TU-n	Virtuaalikontti + alijärjestelmäyksikön osoitin
TUG-n	Ryhmä TU-n elementtejä (n=2 tai 3)
AU-n	Virtuaalikontti + osoitin (n=3 tai 4)
AUG	Sisältää SDH:ssa AU-4-yksikön

2.4.4 SDH-verkon osuus- ja polkukäsitteet /11/

SDH-verkossa valvonta on toteutettu kehyksiin kuuluvien otsikoiden, kuten RSOH, MSOH ja POH avulla. Kuvassa 7 on esitetty graafisesti osuus- ja polkukäsitteet ja miten eri otsikot liitetään kehyksiin.



Kuva 7 SDH-verkon osuus- ja polku-käsitteet /11/

Otsikoissa kuljetetaan muun muassa valvontaan ja hälytysten siirtoon tarvittavat kanavat, verkkohallintatiedot ja virheentarkistussummat. POH-otsikko muodostetaan polun alussa, MSOH-otsikko multiplexointiosuuden alussa ja RSOH-otsikko toistinosuuden alussa. Polun tai osuuden lopussa otsikko tulkitaan ja erotetaan. /11/

2.4.4.1 Polku /11/

Polulla (Path) SDH-verkossa tarkoitetaan päästä-päähän valvottua siirtokanavaa. SDH-verkon ristikytkennät ja reititykset tehdään aina polkutasolla ja fyysisesti polku alkaa aina siitä, missä virtuaalikonttiin lisätään POH ja päättyy siinä missä POH jälleen puretaan.

VC-4-polun kapasiteetti on 140 Mbps ja polku voi kuljettaa esimerkiksi yhden 140 Mbps:n signaalin tai kolme VC-3:a tai 63 kappaletta VC-12:a ja on nimeltään ylemmän tason polku (*High Order Path*). Jos VC-4-polun alemmalla polkutasolla (VC-3, VC-12) tehdään kytkentöjä ADM:ssä tai DXC:ssä, niin polku päättyy.

VC-3 polun kapasiteetti on 34 Mbps ja VC-12-polun kapasiteetti on 2Mbps.
Molempien nimi on alemman tason polku (*Low Order Path*)

2.4.4.2 Multipleksointiosuus /11/

Multipleksointi osuus on aina kahden multipleksointilaitteen (TM, ADM, DXC) välillä, jotka on liitetty toisiinsa STM-N:n (N=1, 4, 16, 64) tasolla. Multipleksointiosuuden (*Multiplex Section*) tehtävänä on hoitaa informaation siirto valvotusti kahden paikan välillä, joissa polut voidaan päättää tai reitittää eteenpäin.

Multipleksointiosuus alkaa siitä, missä MSOH-otsikko liitetään STM-N-kehukseen. Multipleksointiosuus vastaavasti päättyy siinä, missä MSOH erotetaan kehuksesta ja tulkitaan. MSOH-otsikko käsitellään jokaisessa SDH-laitteessa (TM, ADM, DXC) lukuun ottamatta toistimia.

Toistinosuudella (*Regeneration Section*) tarkoitetaan kahden toistimen välistä tai toistimen ja multipleksointilaitteen välistä yhteyttä. Toistinosuuden tehtävänä on hoitaa tiedonsiirto valvotusti näiden välillä.

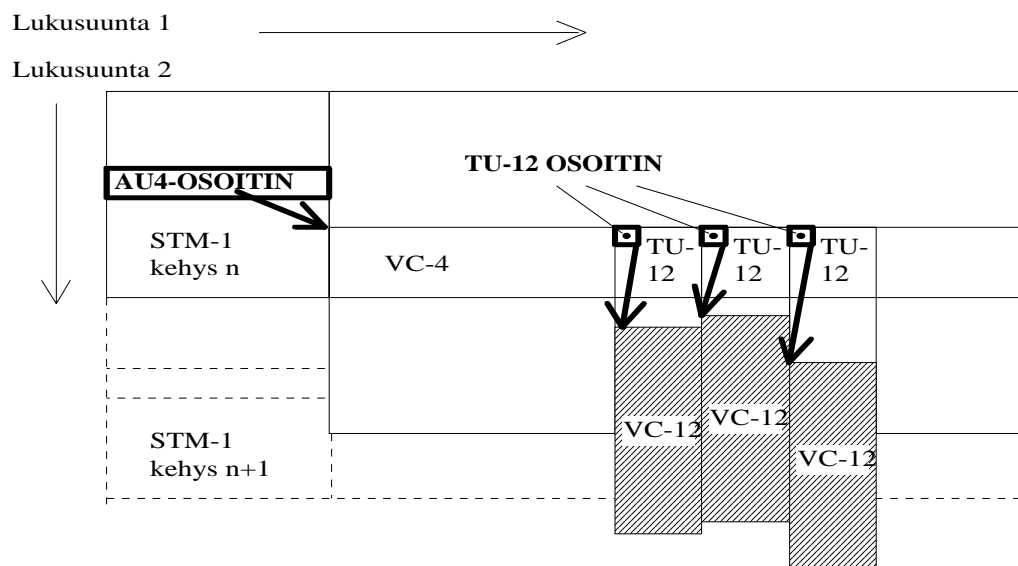
Toistinosuus alkaa siitä, missä RSOH liitetään STM-N-kehukseen ja päättyy siinä, missä RSOH erotetaan kehuksesta ja tulkitaan. RSOH erotetaan ja tulkitaan jokaisessa SDH-laitteessa, joten se on aina kahden toisiinsa STM-N-tasolla liitetyn laitteen välillä.

2.4.5 Hyötykuorman osoituksen periaate /11/

Edellisissä luvuissa kerrottiin, että signaaleja kuljetetaan VC-kehyksissä (VC-4, VC-3, VC-12). VC-4 sijoitetaan kelluvasti eli joustavasti STM-1-kehukseen ja sen ensimmäisen tavun osoite on tallennettu AU-4-osoittimeen. Vastaavasti VC-3 ja

VC-12 kehykset on sijoitettu kelluvasti VC-4-kehukseen ja niiden ensimmäisten tavujen osoitteet on tallennettu TU-3- ja TU-12-osoittimiin.

AU-4-osoitin on aina samalla paikalla STM-1-kehyksessä ja TU-3- ja TU-12-osoittimet kiinteällä paikalla VC-4-kehyksessä. Tällöin osoittimet löytyvät vastaanottopäässä ja niiden avulla halutun signaalin alkukohta. Osoittimien sijaintia on pyritty esittämään kuvassa 8. AU-4-osoittimella osoitetaan VC-4-kehksen alkukohta ja TU-12-osoittimella VC-12:n alkukohta.



Kuva 8 Hyötykuorman osoituksen periaate. /11/

AU-4-osoittimelle lasketaan aina uusi arvo, kun VC-4-kehys siirtyy multipleksointiosuudelta toiselle ja se sijoitetaan lähtevään STM-kehukseen. Samalla tavalla tapahtuu kun VC-12 tai VC-3 ristikytetään VC-4:stä toiseen VC-4:ään, niin TU-12- ja TU-3-osoittimet saavat uuden arvon. Kun VC-kehystä ei ole kiinteästi sidottu ylemmän tason kehukseen, niin vältetään kehysten mittainen puskurointi ja siitä aiheutuva signaalin viivästyminen. Tätä tarkoitetaan kelluvalla sijoituksella.

2.4.6 Virtual Concatenation, VCAT /21/

Koska nykyään siirrettävänä informaationa on Ethernet signaali, jonka siirtämiseen SDH-standardia ei alun perin suunniteltu, on ollut pakko kehittää tapa, jolla saadaan SDH-verkon kapasiteettia säädettyä tarkemmin. Tähän on kehitetty konkatenointi, jolla voidaan yhdistää kontteja kaikilla mahdollisilla tasoilla (VC-11 – VC-4). Se on määritelty ITU-T:n (*International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector*) suosituksessa G.707. Tällä hetkellä voidaan määrittellä siirtokaista väliltä 1,6 Mbps – 38 Gbps virtuaalikonttien nopeudesta riippuvan granulariteetin avulla (Taulukko 4). Virtuaalisella konkatenoinnilla voidaan yhdistää haluttu määrä kontteja, eikä konttien tarvitse olla edes vierekkäisiä.

Taulukko 4. Siirtokaistan muodostuminen VCAT:n avulla

Virtuaali kontti	Min koko / Mbps	Max koko / Mbps	Granulariteetti
VC-11	1,6	102	1,6
VC-12	2,2	139	2,2
VC-2	6,8	434	6,8
VC-3	48	12000	48
VC-4	150	38000	150

Virtuaalisen konkatenoinnin avulla voidaan säästää huomattava määrä SDH-verkon siirtokapasiteettia. Taulukossa 5 on esitetty kuinka paljon Ethernet-signaali hukkaa kapasiteettia ilman konkatenointia ja kuinka paljon hyötysuhde paranee, kun konkatenointi otetaan käyttöön.

Taulukko 5 Hyötysuhteet konkatenoinnilla ja ilman

Ilman virtuaalista konkatenointia	Virtuaalisen konkatenoinnin avulla
10 Mbps Ethernet → VC-3 (21%)	VC12-5v (92%)
100 Mbps Ethernet → VC-4 (67%)	VC-3-2v (100%,)
1 Gbps Ethernet → VC-4-16c (42%)	VC-4-7v (95%)

Hyötysuhde on laskettu siten, että ilman konkatenoitua 10 Mbps ethernetin siirtäminen vaatisi VC-3-tason signaalin eli 48 Mbps kapasiteettia, jolloin hyötysuhde olisi noin 21 %. Konkatenoimalla viisi kappaletta VC-12-tason signaaleja saadaan hyötysuhteeksi jo 92 %. Taulukosta 5 käy ilmi se kuinka paljon tehokkaammin voidaan SDH-verkon kapasiteettia käyttää virtuaalisen konkatenoinnin avulla.

2.4.7 Varmistukset /12/

SDH-järjestelmissä käytetään pääasiassa neljän tyyppisiä varmistusmenetelmiä.

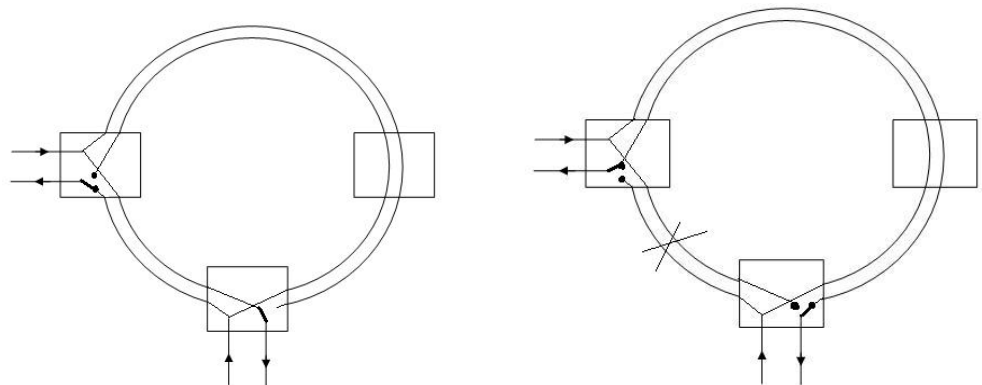
- SubNetwork Connection Protection, SNCP
- Multiplex Section Protection, MSP 1+1, 1:N
- Multiplex Section Shared Protection Rings, MS-SPRing
- Yksikkövarmistukset

TeliaSonera käyttää pääasiassa SNCP varmistusta ja sen lisäksi tärkeimmät yksiköt, kuten ristikytkentä yksikkö on yksikkövarmennettu eli kahdennettu.

2.4.7.1 SubNetwork Connection Protection, SNCP /12/

SNCP on yleisimmin käytetty liikenteenvarmistusmenetelmä SDH-verkoissa. Se varmistaa aina yhden yhteyden eli VC-polun ja tämän takia kutsutaan myös polkuvarmistukseksi. Jokaisessa solmupisteessä VC lähetetään määränpäästä kohti kahta eri reittiä. Vastaanottopäässä tarkkaillaan koko ajan vastaanotettua signaalia ja jos virheitä ilmenee, niin vastaanotto aloitetaan toiselta reitiltä. SNCP-varmistuksen hyvä puoli on se, että se sopii sekä rengas- sekaverkkotopologioihin.

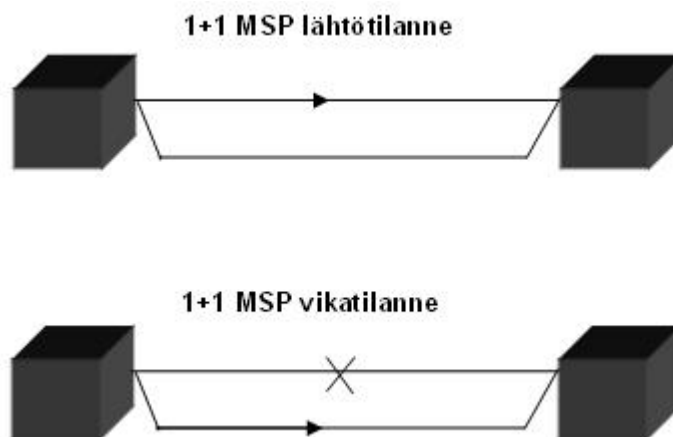
Kuvassa 9 on esitetty miten SNCP-varmistus toimii. Vasemmalla on tilanne missä liikenne kulkee vasemmanpuoleisesta solmusta lyhyintä reittiä alimmalle solmulle. Kuvassa 9 oikealla on tilanne, missä alkuperäinen reitti on vikaantunut, jolloin vastaanottimet alkavat automaattisesti ottamaan liikenteen vastaan ehjältä reitiltä.



Kuva 9 SNCP-varmistuksen periaate

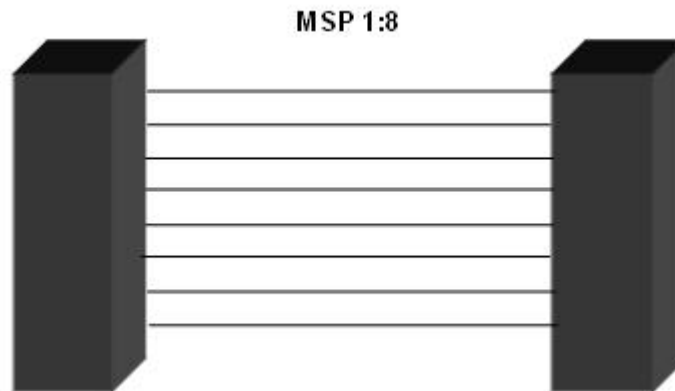
2.4.7.2 Multiplex Section Protection, MSP /12/

Multiplex Section Protection eli MSP on ensimmäinen varmistusmenetelmä ja sitä kutsutaankin monesti kuidunvarmistukseksi. Haitta puolena siinä on, että se sopii vain yhteyksille, joissa on TM/ADM ja niiden välissä pelkästään kuitua tai toistimia. Hyvänä puolena on se, että MSP vaihtaa koko multipleksointi osuuden kerralla, joten se ei ole riippuvainen tasoista. Voidaan toteuttaa joko 1+1 tai M:N muodossa. Kuvassa 10 on esitelty MSP 1+1 -varmistuksen periaate. MSP 1+1 -varmistuksessa lähetin lähettää koko ajan molempiin suuntiin ja vastaanotin valitsee virheettömän signaalin.



Kuva 10 MSP 1+1 -varmistuksen periaate

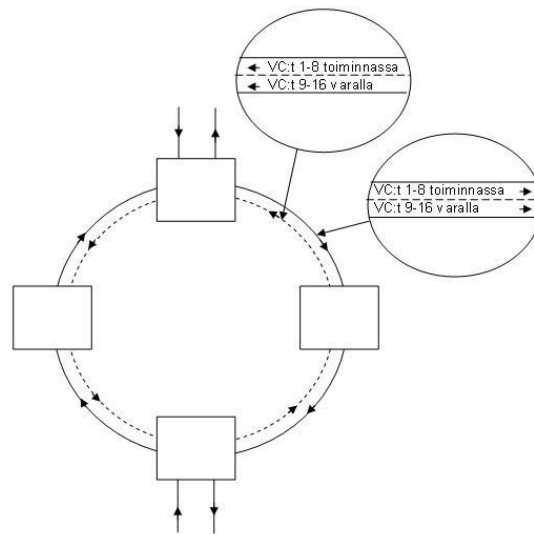
Kuvassa 11 on toteutettu MSP 1:8 -varmistus. Huonona puolena on se, että molempien päiden tulee olla samanlaiset, koska toiminta vaatii signaloinnin.



Kuva 11 MSP 1:8 varmistuksen periaate

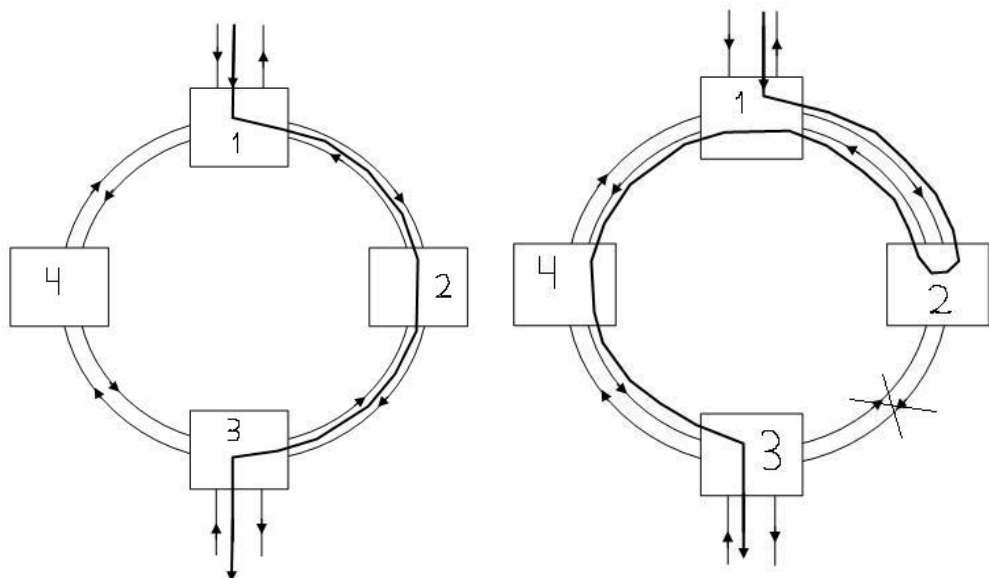
2.4.7.3 Multiplex Section Shared Protection Rings, MS-Spring /12/

MS-SPRing on ehkä vähiten käytetty varmistusmenetelmä, mutta jollain liikennemuodoilla siinä on jopa parempi hyötysuhde kuin SNCP:ssä. MS-SPRing sopii vain rengasverkkoihin, joka tekee sen käyttämisestä hankalaa käytännön elämässä. ADM-laitteiden välissä ei tässäkään olla kuin kuitua tai toistimia ja solmujen määrä on rajoitettu 16 kappaleeseen renkaassa, koska varmistus toimii signaloinnin avulla. Kuvassa 12 on esitetty MS-SPRing-varmistuksen periaate.



Kuva 12 MS-SPRing -varmistuksen periaate

Kuvassa 13 on kuvattuna tilanne, missä alkuperäinen reitti on vikaantunut ja joudutaan siirtymään varatielle. Aluksi signaali kulkee kuvan 12 mukaan numeroltaan 1-8 olevia VC-4-polkuja. Tämän jälkeen solmujen kaksi ja kolme väli katkeaa. Nyt yhteys lähtee alkuperäiseen tapaan solmulta yksi, mutta koska solmu kaksi on havainnut katkoksen, niin se siirtää liikenteen numeroltaan 9-16 oleville VC-4-poluille, jolloin yhteys pääsee perille renkaan toista puolta.



Kuva 13 MS-SPRing varmistuksen toiminta, kun alkuperäinen reitti vioittuu

2.4.8 SDH vs. PDH

SDH:n mukana saatavat edut pohjautuvat PDH:ta etevämpään (ja monimutkaisempaan) tekniikkaan ja laajamittaiseen kansainväliseen standardointiin.

SDH-tekniikassa standardointi on viety huomattavasti pidemmälle kuin PDH-tekniikassa. Sähköiset ja optiset liitännät, kehysrakenteet, valvontatoiminnot sekä hallintajärjestelmä ovat standardoituja, joka tekee mahdolliseksi käyttää verkossa joustavammin eri valmistajien laitteita ja tällöin maailmanlaajuiset markkinat ja lisääntyvä hintakilpailu laskevat laitehintoja. Myös kansainvälisten yhteyksien rakentaminen, käyttö ja ylläpito helpottuvat.

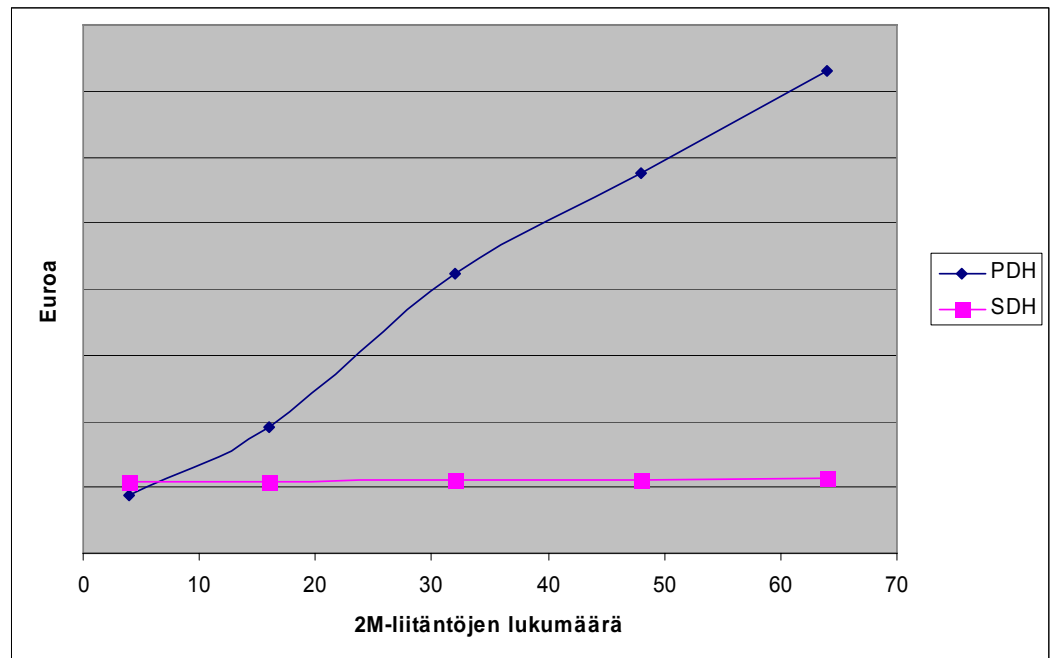
SDH:n verkonhallinta tehostaa käyttö- ja ylläpitotoimintoja ja tekee mahdolliseksi tarjota asiakkaille parempaa ja joustavampaa palvelua. Hallintajärjestelmä on CCITT:n TMN-standardin mukainen (TMN, *Telecommunications Management Network*).

CCITT on määritellyt valvontasignaalit ja SDH-kehysen otsikkotavujen käytön niiden siirtoon. Siirron laadun valvonta osuuksittain ja päästä-päähän on määritelty. SDH-siirtokehysen otsikoissa on varattu runsaasti siirtokapasiteettia myös hallintaverkon käyttöön.

Ristikytkentälaitteet (DXC) ja lisää-pudota multiplekserit (ADM) yhdessä verkonhallintajärjestelmän kanssa mahdollistavat yhteyksien nopean reitityksen ja siirtokapasiteetin joustavan käytön ilman manuaalisesti tehtäviä ristikytkentöjä. Yhteyksien toimitusaika asiakkaille lyhenee, ja siirtokapasiteettia voidaan toimittaa joustavasti asiakkaan haluamana ajankohtana. Uudelleenreititystä hallintajärjestelmän avulla voidaan käyttää hyväksi vikatapauksissa (restoration).

SDH-tekniikka tuo mukanaan standardoituja varmistusmahdollisuuksia toteutettuna myös verkkoelementtien tasolla. Tällöin verkkoelementit pystyvät tekemään tarvittavat (ennalta määritellyt) kytkennät automaattisesti ilman verkonhallinnan ohjausta (protection). /11/

Kuvassa 14 on esitetty hintavertailu SDH:n ja PDH:n välillä STM-1 tasolla. Hyvin pienillä kapasiteeteilla PDH-tekniikka on vielä edullisempaa rakentaa, mutta SDH-tekniikalla saavutetaan aina myös varmistus, jota PDH:n hinta ei sisällä.



Kuva 14 SDH/PDH hintavertailu STM-1 tasolla

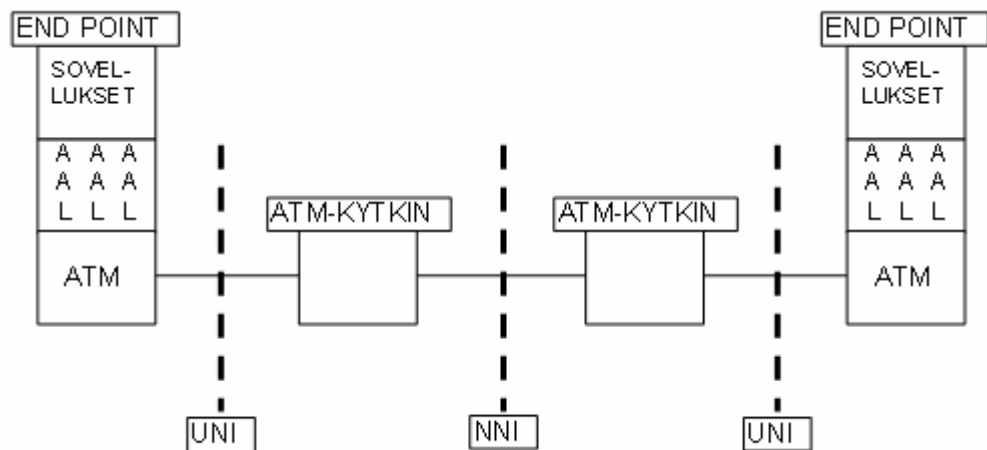
2.5 Asynchronous Transfer Mode, ATM

Koska tässä työssä ei varsinaisesti käytetä ATM-tekniikkaa, niin sen käsittely jätetään varsin pintapuoliseksi. ATM-tekniikka on kuitenkin hyvä tunnistaa, koska sitä on edelleen käytössä kaikkien operaattoreiden verkoissa, vaikka siitä tällä hetkellä yritetäänkin luopua.

ATM eli Asynchronous Transfer Mode eli vapaasti suomennettuna tahdistamaton, asynkroninen siirtotekniikka. ATM:stä tuli eräänlainen trendi-ilmiö 1990-luvun alussa ITU-T:n julistettua sen laajakaista-ISDN:n (B-ISDN, Broadband Integrated Services Digital Network) avainyhteykäytännöksi. ATM:n kehitys aloitettiin kuitenkin jo 80-luvun loppupuolelta, jolloin CCITT pyrki standardointi projektissaan määrittelemään tulevaisuuden yleiskäyttöisen, laajakaistaisen monipalveluverkon eli B-ISDN:n. Nykyään ATM:n standardoinnista huolehtii Atm Forum, johon kuuluu yhteensä noin 500 teollisuusyrittäjästä ja operaattoria. Atm Forumin päätehtävänä on tukea tekniikan määrittelemistä ja varmistaa tuotteiden sekä palveluiden yhteensopivuus. /5/

2.5.1 ATM-verkon rakenne ja ominaisuudet /4/

ATM-verkon muodostavat pääasiassa ATM-kytkimet ja niitä yhdistävät ATM-linkit. Kytkimien perustoiminta on hyvin yksinkertaista. Kytkin vastaanottaa paketteja eli ATM-terminologialla soluja ja lähettää ne eteenpäin kytkimen sisäisten kytkentätaulujen mukaisesti. Koska ATM-verkoissa kaikki siirrettävät solut ovat vakiomittaisia, voidaan tällä menettelyllä solujen kytkentää yksinkertaistaa ja nopeuttaa verrattuna vaihtelevan mittaisiin paketteihin. ATM-verkon liikenne muodostuu pääasiassa ATM-päätelaitteiden toimesta, joita voivat olla niin työasemat kuin palvelimetkin tai mitä tahansa ATM-liitännällä verkkoon kytkeytyviä laitteita. Tämän liitännän nimi on User Network Interface (UNI). ATM-kytkimien välinen rajapinta on nimeltään Network Node Interface (NNI). Kuten aiemmin todettiin, niin ATM:n päällä voidaan kuljettaa erilaisia liikennetyyppejä. Nämä liikennetyypit vaativat kuitenkin erilaisia palveluja ja sovituksia verkkoon. Sovituksista vastaavat ATM Adaption Layer (AAL)-kerrokset ja niitä tarvitaan vain päätelaitteissa, mutta ei kytkimissä.

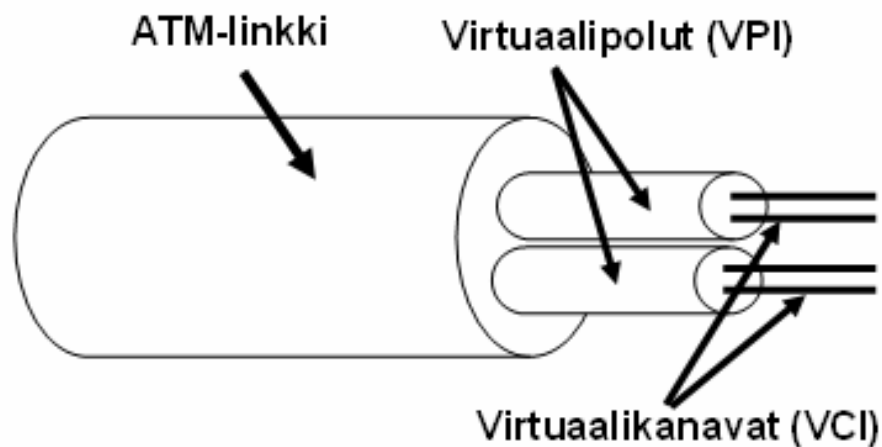


Kuva 15 ATM-verkon rakenne ja rajapinnat

2.5.2 ATM-Yhteys /4/

ATM-tekniikan ja synkronisen tiedonsiirron suurin ero on siinä, että ATM:ssä ei sanoman sijainnilla tietovirrassa ole mitään tekemistä reitin tai määränpään kanssa. Jokainen sanoma varustetaan lähetettäessä reititystä ja määränpäästä kuvaavalla ohjaustiedolla. ATM-verkon yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on sen kytkentäisyys. Tästä johtuu se, että ennen datan lähettämistä on lähettäjän ja vastaanottajan muodostettava virtuaaliyhteys verkon yli. ATM-verkoissa multipleksoidaan useista lähteistä tulevaa signaalia ja siksi onkin kehitetty mekanismit, jotka erottavat yhteydet toisistaan. ATM-verkoissa tämä on toteutettu kolmiportaisen hierarkian avulla.

1. ATM-linkki, jolla yhdistetään kytkimet toisiinsa
2. Virtuaalipolku, joita on ATM-linkin sisällä useita ja jotka erotellaan toisistaan virtuaalipolkutunnuksen (VPI) avulla
3. Virtuaalikanavat, joita taas on virtuaalipolun sisällä useita ja jotka osoitetaan virtuaalikanavatunnuksilla (VCI)

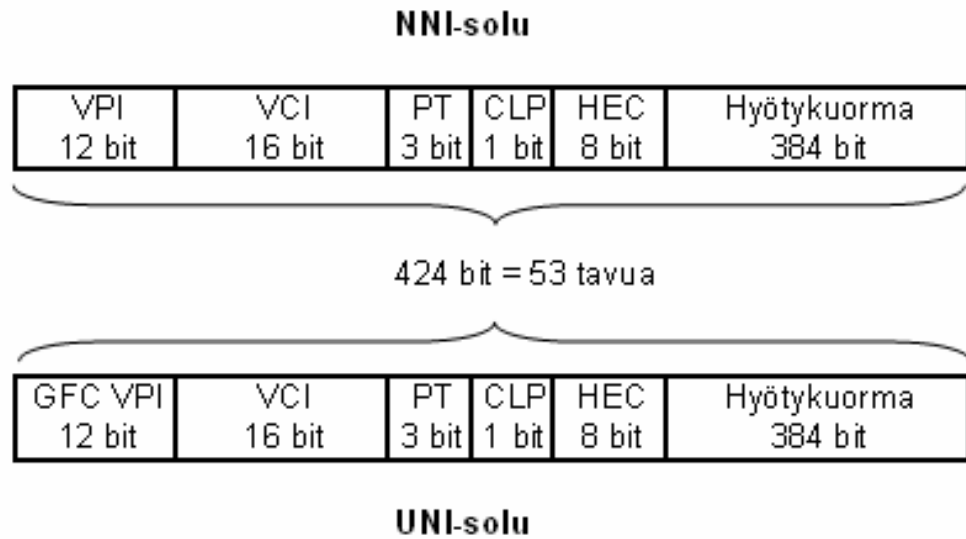


Kuva 16 ATM-verkon yhteydet /4/

Todellisuudessa datansiirtoon käytetään virtuaaliyhteyksiä (VCC, *Virtual Channel Connection*), jotka ovat päästä päähän yhteyksiä lähettäjän ja vastaanottajan välillä. Kaikki VCC:t ovat yksisuuntaisia ja ne toimivat aina pareittain. Jokaisessa siirrettävässä on tunnistamista varten VPI ja VCI tunnuksia, joista voidaan päätellä virtuaaliyhteys mille solulle kuuluvat. Solun pienen koon vuoksi (53 tavua), niihin ei ole laitettu osoitetta. Virtuaalipolku koostuu virtuaaliyhteyksistä, jolla helpotetaan verkohallintaa esimerkiksi vikatilanteissa. Jos ATM-linkki kahden kytkimen väliltä katkeaa, voidaan kaikki linkin kautta kulkevat virtuaaliyhteydet kytkeä uudelle reitille kytkemällä vain virtuaalipolut sen sijaan, että kaikki virtuaaliyhteydet kytkettäisiin yksi kerrallaan.

2.5.3 ATM-Solu /4/

Kuten edellä todettiin, niin ATM-verkoissa kaikki data siirretään vakiomittaisissa soluissa. Solun koko on 53 tavua ja siinä on 5 tavun otsikko. tällöin varsinaiselle informaatiolle jää 48 tavua eli 384 bittiä. ATM-solun rakenne on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17 ATM-solujen rakenne

Kuten kuvasta 11 havaitaan, ATM-soluissa on pieni ero Network Node Interfacessa eli kytkimien välillä ja User Network Interfacessa eli päätelaiteliitännässä. UNI-liitännässä solun ensimmäinen kenttä on nimeltään GFC (*Generic Flow Control*). Nimensä mukaisesti kenttä on varattu vuonohjaukseen, mutta sen käyttö on toistaiseksi vielä standardoimatta. Muuten solut ovat yhteneviä ja niissä on seuraavat kentät:

VPI ja VCI

Virtual Path Identifier -kentässä määritellään virtuaalipolku, jolle solu kuuluu ja Virtual Channel Identifier -kentässä määritellään käytetty virtuaalikanava. VPI ja VCI yhdessä määrittelevät sille virtuaalilyhteyden, jota pitkin informaatio siirtyy. VPI ja VCI -arvot, jotka ovat alle 31, on varattu signaali- ja muihin erityis-tarkoituksiin. Esimerkiksi tyhjiä soluissa sekä VPI:n että VCI:n arvot ovat nolliä.

PT

Payload Type -kentässä määritellään onko liikenne käyttäjän lähettämää informaatiota vai hallinta- ja ohjausliikennettä.

CLP

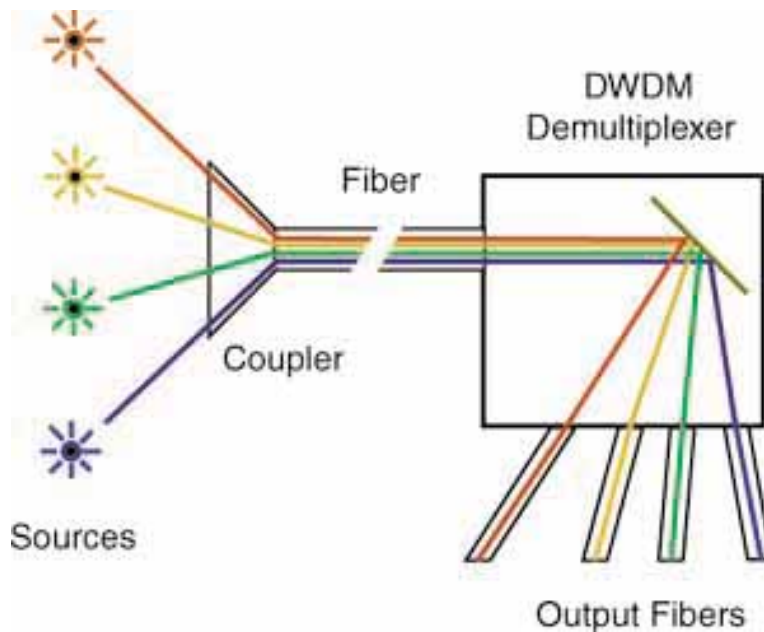
Cell Loss Priority on 1, jos solun prioriteetti on alhainen. Tällä tiedolla kytkin voi ylikuormitustilanteessa heittää pois kaikki alemman prioriteetin solut.

HEC

Header Error Check -kenttä on yhden tavun eli kahdeksan bitin mittainen ja on tarkoitettu otsikon virheentarkistukseen. ATM-protokollassa ei tarkasteta datakentän oikeellisuutta, koska se perustuu niin sanotusti luotettavien yhteyksien käytölle. Tästä johtuen ainoastaan otsikon oikeellisuus tarkastetaan.

2.6 Wavelength Division Multiplexing, WDM

Wavelength Division Multiplexing eli suomeksi aallonpituuskanavointi. Käytännössä tällä tarkoitetaan, että samassa valokuidussa siirretään samanaikaisesti tietoa useilla valon eri aallonpituuksilla eli karkeasti ilmaistuna eri väreillä. Kuvassa 18 on esitettyä aallonpituuskanavoinnin periaate.



Kuva 18 Aallonpituuskanavoinnin periaate /20/

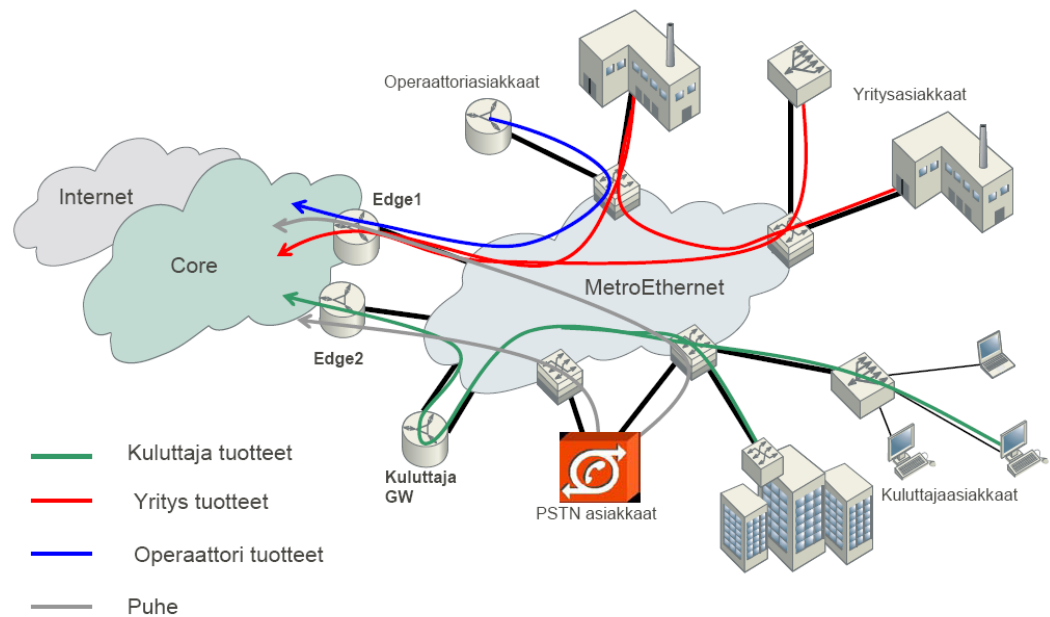
Aallonpituuskanavoinnista on nykyään kahta eri versiota: CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexin*) eli karkea aallonpituuskanavointi ja DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexin*) eli tiheä aallonpituuskanavointi. CWDM:ssä kanavia on noin 20 nm välein, kun taas DWDM:ssä kanavia voi olla jopa 0,8 nm välein. CWDM:ssä kanavia on yleensä esimerkiksi 16, kun DWDM:ssä kanavia voi olla jopa 160. Tämä tarkoittaa siis käytännössä sitä, että yhdellä kuituparilla voidaan siirtää 160 kuituparin kapasiteetit asentamalla kuituyhteyden päihin DWDM-järjestelmät. Tähän tosin asettaa rajoituksensa optisten kuitujen rajoitukset kuten dispersio, joka levittää pulsseja rajoittaen matkaa ja käytettävää taajuutta eli kapasiteettia. Tällä hetkellä voidaan yhdessä WDM-kanavassa kuljettaa 10 Gbps nopeuksisia yhteyksiä ja kahdella kanavalla jopa 40 Gbps nopeuksisia yhteyksiä, joten ainakin vielä kapasiteetit ovat riittäviä.

Koska alue- ja runkoverkkojen valokaapeliyhteydet on rakennettu aikana, jolloin ei ollut saatavilla niin suuria kuitukaapeleita kuin nykyään ja kapasiteettien tarve oli murto-osa nykyisestä, niin valokaapeleiden vapaat kuituyhteydet alkavat monilla seuduilla olemaan suurin este verkon laajentamiselle. Operaattoreille verkkojen rakentamisessa kallein osuus on juuri kaapeleiden kaivaminen maahan, joten WDM-järjestelmän asentaminen on yleensä monin verroin edullisempaa kuin uuden kaapelin asentaminen. Huonona puolena WDM-järjestelmissä on se, että ne ovat aina päästä-päähän yhteyksiä. Jos siis tarvittaisiin kuitukapasiteettia WDM-jänteen keskeltä, niin keskelle on silloin myös asennettava WDM-laitteet.

2.7 MetroEthernet

MetroEthernetillä tarkoitetaan operaattorin hallitsemaa Ethernet-pohjaista verkkoalustaa, jonka päälle operaattori ja ulkoiset asiakkaat voivat rakentaa Ethernet-pohjaisia palveluja kustannustehokkaasti. Verkko perustuu yleensä MPLS-reitittimiin, joiden väliset yhteydet ovat toteutettu valokuidulla ja toimivat yleensä 1 Gbps tai 10 Gbps nopeuksilla. Paikallinen MetroEthernet-verkko on aina yhteydessä core-verkkoon, jonka kautta yhteydet kulkevat paikkakunnilta toisille ja

mahdollisesti myös ulkomaille. Asiakkaan fyysinen liitäntänopeus on 1 Gbps, mutta todellista palvelunopeutta voidaan verkossa joustavasti rajoittaa sopimuksen mukaiseksi. Kuvassa 19 on esitetty mahdollinen esimerkki operaattorin dataverkon rakenteesta. /14/



Kuva 19 Esimerkki operaattorin dataverkon rakenteesta /14/

2.8 Mikroaaltolinkit

Mikroaaltolinkeillä on toteutettu alueverkon ja osittain myös runkoverkon yhteyksiä suomessa jo 1950-luvulta lähtien. Ensimmäiset radiolinkeillä toimivat PCM-järjestelmät tulivat suomeen 1970-luvulla, jolloin otettiin käyttöön Nokian valmistama 30-kanavainen PCM-radiolinkki. Nämä linkit eivät tosin toimineet mikroaaltotaajuuksilla vaan noin 400 MHz:n alueella. Mikroaaltolinkejä alettiin rakentaa aaltoputkitekniikalla heti 1980-luvulla. Liitteessä 1 on 1980-luvun loppupuolella asennettu Siemensin DRS 140 -radiolinkin sisäyksikkö, jonka kapasiteetti on PDH-hierarkian mukainen noin 140 Mbps. Kehityskaarta voi verrata kun katsoo 20 vuotta myöhemmin asennettavaa, NEC:n valmistamaa, Pasolink NEO -radiolinkin sisäyksikköä samassa liitteessä.

Radiolinkkejä rakennettaessa on yleensä kyse kustannuksien pitämisestä kohtuullisina, koska ilmateitse signaalin vieminen on huomattavasti edullisempaa kuin maan alla kaapelissa. Esteenä radiolinkin rakentamiselle on yleensä vain kapasiteetti, joka määränpähän vaaditaan.

2.8.1 Mikroaaltolinkkien käyttö alue- ja runkoverkoissa

STM-1-tasaisen yhteyden toteuttaminen fyysistä reittiä pitkin vaatii käytännössä aina optisen kuidun. Myös jos asiakas haluaa esimerkiksi 10 Mbps Ethernet-yhteyden, niin yhteys on käytännössä aina toteutettava kuidulla. Taulukossa 6 on esitetty arvioituja kuidun rakentamisen kustannuksia. Kustannuksiin vaikuttaa luonnollisesti kaapelin koko ja varsinkin haja-asutusalueella isot kaapelinveto-projektit tehdään yhteistyössä muiden operaattoreiden kanssa, jolloin kustannukset pienenevät oleellisesti. Yksittäistä kohdetta varten taulukon hintoja voidaan soveltaa erittäin hyvin.

Taulukko 6 Kuidun rakentamisen arvioituja kustannuksia

Ympäristö	Valokaapelin hinta asennettuna
Ydinkeskusta	150 €/m
Vilkas taajama	90 €/m
Lähiö ja maaseutu	50 €/m
Maaseudulla aurattuna	10 €/m
Valmiiseen putkitukseen	13 €/m
STM-1-linkkijänne	xxxxx €

Mikroaaltolinkeillä päästään yleensä 30 km jännepituuksiin STM-1-tasoisella linjasignaalilla, mutta maastosta riippuen onnistutaan tekemään myös pidempiä jäniteitä. Saman etäisyyden toteuttaminen esimerkiksi maaseudulla maksaisi taulukon 6 mukaan 300 000 euroa, kun radiolinkillä sama yhteys voidaan toteuttaa xxxxx eurolla. Tässä on suurin syy radiolinkkien laajaan käyttöön sekä alue- että runkoverkoissa. Varsinkin jos kyseessä on asiakasyhteys tai yhteyttä ollaan toteuttamassa sellaiseen paikkaan missä voidaan olettaa, että radiolinkin kapasiteetti riittää myös tulevaisuudessa, on radiolinkkien käyttö nykyään hyvin yleistä. Ethernet liitännöjen tuleminen radiolinkkeihin on mahdollistanut

nykyaikaisten asiakasyhteyksien toimittamisen myös taajamien ulkopuolelle. Radiolinkit ovat hyödyllisiä myös kilpailevan operaattorin alueella, koska radiolinkillä saadaan esimerkiksi DSLAM:n runkoyhteys tuotua hyvin lähelle paikallisen operaattorin tilaa. Näin säästytään valokaapelin rakentamiselta ja yhdyskaapeleiden pituus jää lyhyeksi. Tällöin on tosin laskettava, että radiolinkin kapasiteetti riittää myös jatkossa.

2.8.2 NEC Pasolink NEO

Sisäyksikkö eli yleensä laiteaseman sisätiloihin sijoitettava yksikkö on modulaarinen, joten kalustamalla erilaisia pistoyksiköitä, saadaan toteutettua aina tarpeen täyttävä variaatio. Kuvassa 20 on Pasolink NEO-radiolinkin sisäyksikkö, joka on kalustettu kahdella modeemiyksiköllä (vasemmalla reunassa kaksi korttia, 1+1 varmistus), 16 x 2 Mbps + 2 x FE 10/100 -pistoyksiköllä (oikealla puolella ylempi kortti) ja ohjainyksiköllä (oikealla puolella alempi kortti).



Kuva 20 Pasolink NEO -radiolinkin sisäyksikkö IDU /17/

Pasolink NEO -radiolinkin kapasiteetit riippuvatkin enemmän sisäyksikön linjasignaaliapaikan kalustuksesta, kuin ulkoyksiköstä. Taulukossa 7 on Suomessa käytetyt Pasolink NEO -radiolinkin linjasignaaliapaikan kalustus mahdollisuudet. Jos tarvittava kapasiteetti olisi esimerkiksi kaksi E1-tasoista PDH-signaalia GSM-tukiasemalle ja 20 Mbps Ethernet-signaali UMTS-tukiasemalle, niin vaadittava kapasiteetti olisi yhteensä noin 35 Mbps. Tällöin riittäisi 40 Mbps kapasiteetti

radiolinkille. Radiolinkkien kapasiteetteja ei saa aina toteuttaa suurimman mahdollisen kapasiteetin mukaan, koska silloin kasvaa myös tiedonsiirtoon vaadittava kaistanleveys, jolloin vaaditaan suurempia antennia ja lyhyempiä jännepituuksia. Myös telehallintokeskus laskuttaa operaattoreita taajuuslupamaksuilla, jotka ovat sitä suuremmat mitä leveämpää kaistaa käytetään, joten liian suurella kapasiteetilla varustetut radiolinkit ovat turha kustannuserä.

Taulukko 7 Pasolink NEO -radiolinkin linjasignaaliapaikan kalustusvaihtoehdot /17/

Liitännät / pistoyksikkö	Linkin kapasiteetti
16 x E1 + 2 x FE 10/100 Mbps	10-80 Mbps
4 x E1 + 4 x FE 10/100 Mbps	100 Mbps
48 x E1	100 Mbps
2 x FE 150 Mbps	150 Mbps
1000 Base SX/LX (SFP) tai 1000 Base-T	150 Mbps
1 x STM-1	150 Mbps
2 x STM-1 (tulossa)	155 Mbps x 2

Sisäyksikkö määrää myös käytettävän modulaation. Taulukossa 8 on esitetty mahdolliset modulaatiot radiolinkin kapasiteetin mukaan.

Taulukko 8 Käytetyt modulaatiot ja kaistanleveydet /9/

Kapasiteetti	Modulaatio	Kaistanleveys
≤100 Mbps	QPSK	7/14/27,5 MHz
	16QAM	3,5/7/14/27,5 MHz
	32QAM	27,5 MHz
≤150 Mbps	128QAM	27,5 MHz

Ulkoyksikkö ODU vastaanottaa siirtotielle lähetettävän signaalin sisäyksikön modeemikortilta, muuttaa sen antennille lähetettäväksi RF-signaaliksi ja päinvastoin. Sama ulkoyksikkö tukee kaikkia siirtonopeuksia väliltä 4 x E1 – 2 x STM-1. Pasolink NEO-radiolinkit voivat toimia 6/7/8/11/13/15/18/23/26/32/38/52 GHz:n taajuuksilla, mutta Suomessa käytetään pääasiassa 7,13,18 ja 23 GHz:n taajuuksia. Kuvassa 21 On vasemmalla ulkoyksikkö ja oikealla halkaisijaltaan 60 cm oleva antenni, johon ulkoyksikkö on kiinnitetty. Antennin polarisaatio määrätään ulkoyksikön kiinnityskulmalla.



Kuva 21 Vasemmalla Pasolink NEO -radiolinkin ulkoyksikkö ja oikealla integroitu antenni ja ulkoyksikkö

Antenneina käytetään pääsääntöisesti 30, 60 ja 120 cm halkaisijaltaan olevia peilejä. Antennin valintaan vaikuttaa linkkijänteen pituus, taajuudet, maaston muodot, antennikorkeus ja monet muut pienemmät seikat. Isompi peili on hivenen kalliimpi, mutta sillä saavutetaan pidempiä etäisyyksiä ja saadaan muun muassa kapeampi keila, josta on hyötyä varsinkin paljon linkejä sisältävissä mastoissa. Tällöin toiset radiolinkit eivät häiritse niin paljon toisiansa.

3 Suunnitelmassa käytettävät Marconi Plc:n SDH-laitteet

Koska suurin osa suunnitelmasta toteutetaan Marconin SDH-laitteilla, käydään tässä kappaleessa läpi suunnitelmassani käytettävien ja Marconi Plc:n toimittamien SDH-laitteiden ominaisuuksia, kuten kapasiteetteja ja liitäntöjä.

3.1 MSH41C

Marconin MSH41C on STM-4-tason syöttö/pudotus multiplexseri (ADM), joka on operaattoreilla Suomessa yleisesti käytössä alueverkoissa. Kuvassa 21 on MSH41C-kehikko, josta nähdään, että toiminnalliset yksiköt, on sijoitettu alas ja liitäntäyksiköt kehyksen yläosaan. Alla on lueteltu oleellisia tietoja kapasiteetista ja kalustuksesta. /6/

- ristikytkentä kapasiteetti on maksimissaan 16xSTM-1 ekvivalenttia
- ristikytkentä voidaan suorittaa kaikilla tasoilla VC-12, VC-2, VC-2-nC, VC-3, VC-4, VC-4-Xc
- ristikytkentä voi tapahtua pääjärjestelmä-pääjärjestelmä, pääjärjestelmä-alijärjestelmä, alijärjestelmä-alijärjestelmä
- vierekkäinen konkatenointi on mahdollista
- 252 x 2 Mbps pudotus kapasiteetti
- mahdollista konfiguroida toimimaan TM:nä, ADM:nä tai DXC:nä
- varmistukset
 - o Korttivarmistus mahdollisuus
 - o MSP 1+1 ja 1:N
 - o SNCP
 - o MS-SPRing

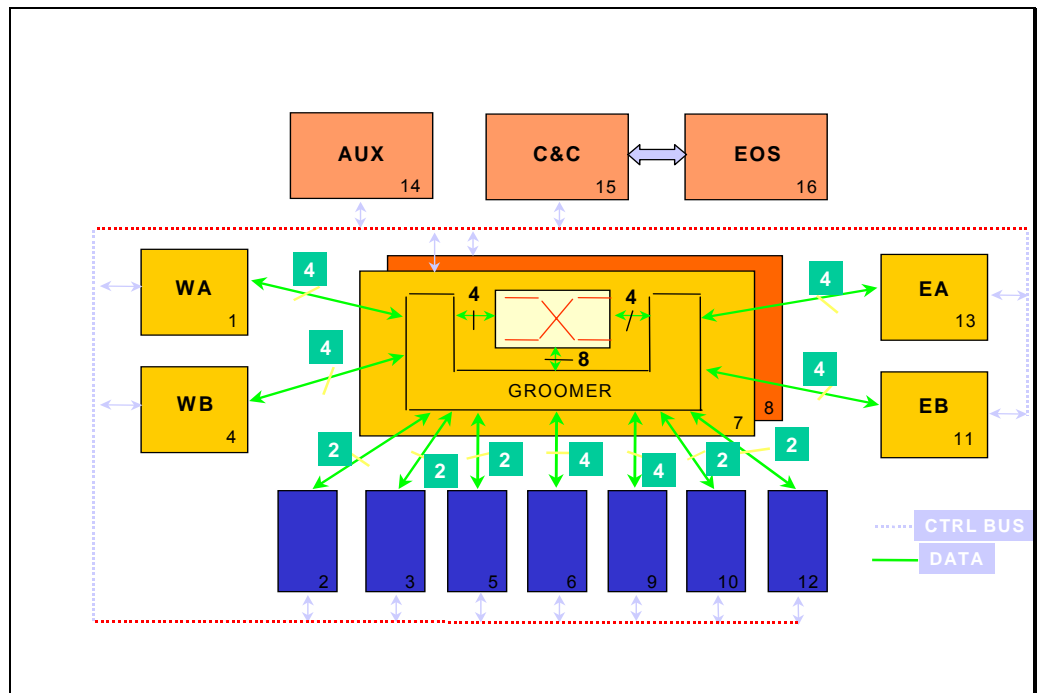
MSH41C alijärjestelmäliitännät:

- STM-1 optinen ja sähköinen
- STM-4 optinen
- PDH E1, E3, ja E4 sähköinen
- FE 10/100 optinen ja sähköinen
- 1 Gb Ethernet optinen



Kuva 21 Kalustettu MSH41C-kehikko /15/

MSH41C:n toiminnallinen kaavio on kuvassa 22. Kuvasta nähdään pää- ja alijärjestelmäliitäntöjen paikat ja ristikytkentäkapasiteetit. Rajoituksen ristikytkentäkapasiteeteille asettaa myös kuvassa 22 näkyvä groomer, joka on liitäntöjen ja ristikytkennän välissä. /15/



Kuva 22 MSH41C:n toiminnallinen kaavio /15/

Kuten kuvasta voidaan nähdä, niin pääjärjestelmien puolelta voi nousta 4 x STM-1-kapasiteetti sekä East, että West suunnista (EA, EB, WA, WB). Niitä varten on kaksi korttipaikkaa molempiin suuntiin. Korttipaikat 1 ja 4 West-suuntaan ja 13 ja 11 East-suuntaan. Pääsääntöisesti käytetään ADM-tapauksissa korttipaikkoja 1 ja 13. Korttipaikat 4 ja 11 ovat MSP 1+1 varmistusta varten, jota harvoin käytetään. Jos MSP ei ole käytössä, niin korttipaikat 4 ja 11 tulee olla tyhjinä. Jos MSH41C-laitetta käytetään terminaalina, niin käytetään korttipaikkaa 1. /15/

Kuvassa on esitetty myös, että alijärjestelmäpuolelta yhteensä enintään 8 x STM-1-kapasiteetti, jota varten on korttipaikat (2,3,5,6,9,10,12). Korttipaikoilta 6 ja 9 voi nousta maksimissaan 4 x STM-1-kapasiteetti ja muista maksimissaan 2 x STM-1-kapasiteetti. Lisärajoituksena on se, että korttipaikoilta 5 ja 6 voi nousta yhteensä 5 x STM-1-kapasiteetti ja sama rajoitus koskee korttipaikkoja 9 ja 10. /15/

3.2 MSH51C

Marconin MSH51C on STM-16-tason lisää/pudota multiplexeri (ADM), jota on Suomessa käytetty jo 1990-luvun lopulta lähtien. MSH51C-laitteilla on toteutettu laajalti muun muassa runkoverkon yhteyksiä sekä suurempien kaupunkien alueverkkoja. Alla on kerrottu muutamia oleellisia tietoja kapasiteetista ja kalustuksesta. /7/

- ristikytkentä kapasiteetti on maksimissaan 96xSTM-1 ekvivalenttia
- ristikytkentä tapahtuu VC-4- ja VC-4-Xc-tasoilla
- 32xSTM-1 pudotuskapasiteetti
- PDH-liitännät E4-tasolla
- virtuaalinen ja vierekkäinen konkatenointi mahdollista
- voi toimia TM:nä, ADM:nä ja DXC:nä
- varmistusmahdollisuudet
 - o korttivarustus
 - o MSP 1+1 ja 1:N
 - o SNCP
 - o MS-SPRing

MSH51C alijärjestelmäliitännät:

- o STM-1 optinen ja sähköinen
- o PDH E4 sähköinen
- o Fast Ethernet 10/100 optinen ja sähköinen
- o 1 Gb Ethernet optinen

Kuvassa 23 on kalustettu MSH51C-kehikko. MSH51C:n kehikko jakaantuu kolmeen osaan. Ylhäällä on sähköisten liitännöiden liitinpaneelit. Keskellä on alijärjestelmäyksiköt, boosterit alijärjestelmäyksiköille ja yhteisiä yksiköitä. Alhaalla on pääjärjestelmäyksiköt, boosterit ja optiset etuvahvistimet pääjärjestelmäyksiköille sekä yhteisiä yksiköitä. Kokonaisristikytkentä-

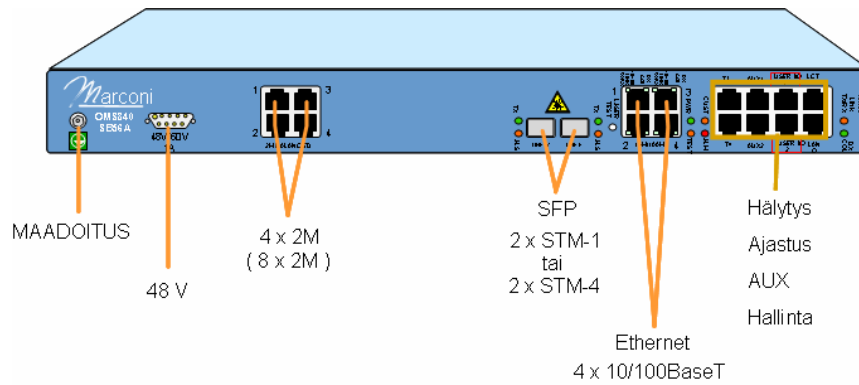
kapasiteetista voi alijärjestelmäpuolelta (10 korttipaikkaa) nousta maksimissaan 32 x STM-1 ja pääjärjestelmäpuolelta (4 korttipaikkaa) 64 x STM-1 kapasiteetti. /16/



Kuva 23 Kalustettu MSH51C-kehikko /16/

3.3 OMS840 /13/

OMS840 on myös Marconin valmistama SDH-laite, jossa on kaksi linjaliitaintä ja asiakasliitännät 8 x E1 ja 4 x FE. Laite on yleisesti käytössä asiakaspäätelaitteena ja usein myös tukiasemille sijoitettavana laitteena. OMS840 laitetta voidaan käyttää terminaalina tai ADM-laitteena. Pääjärjestelmän linjasignaali on joko STM-1- tai STM-4-tasoinen ja voidaan yhdistää toiseen OMS-laitteeseen tai muuhun SDH-laitteeseen. Ristikytkentämatriisi on estoton eli liikennettä voidaan kytkeä alijärjestelmästä pääjärjestelmään ja pääjärjestelmästä pääjärjestelmään. OMS840 tukee normaaleja SNCP ja MSP varmistusmekanismeja. Kuvasta 24 nähdään OMS840-laitteen liitännät ja fyysinen koko.



Kuva 24 Marconi OMS840 SDH-laite (4xE1 malli) /13/

3.4 OMS1240

Marconin OMS1200 on uuden sukupolven STM-1/4/16-tason syöttö/pudotus multiplekseri (ADM), joka on korvaamassa MSH41/51C-laitteet. OMS1240 sarjan laitteet ovat modulaarisia, kuten MSH41C ja MSH51C, joten se voidaan kalustaa aina tarpeiden mukaan. Pääjärjestelmän signaalin taso valitaan core-yksikön ja SFP-modulin avulla. Kuvassa 25 on OMS1240-laite josta nähdään, että ulkonäkö ei juuri eroa MSH41C-laitteesta. Kalustettavat ali- ja pääjärjestelmäyksiköt ovat alaosassa ja yläosassa on sähköisten liitännöiden liitännät.



Kuva 25 Marconi OMS1240 SDH-laite /8/

OMS1240-laite on vielä testattavana TeliaSoneran laboratoriossa, joten tarkkoja spesifikaatioita ei ole vielä saatavilla, mutta alla on lueteltu muutamia laitteen ominaisuuksia. /8/

- ristikytkentä voidaan suorittaa kaikilla tasoilla VC-12, VC-2, VC-2-nC, VC-3, VC-4, VC-4-Xc
- ristikytkentä voi tapahtua pääjärjestelmä-pääjärjestelmä, pääjärjestelmä-alijärjestelmä, alijärjestelmä-alijärjestelmä
- vierekkäinen ja virtuaalinen konkatenointi on mahdollista
- 64 x 2 Mbps pudotus kapasiteetti
- mahdollista konfiguroida toimimaan TM:nä, ADM:nä tai DXC:nä
- varmistukset
 - o Korttivarustus mahdollisuus
 - o MSP 1+1 ja 1:N
 - o SNCP
 - o MS-SPRing
- pääjärjestelmäliitännät
 - o STM-1 sähköinen ja optinen
 - o STM-4 ja STM-16 optinen

OMS1240 alijärjestelmäliitännät:

- STM-1 optinen ja sähköinen
- STM-4 optinen
- PDH E1, E3 ja E4 sähköinen
- FE10/100 optinen ja sähköinen
- 1 Gb Ethernet optinen

4 XXXX ALUEVERKON LAAJENTAMINEN

Tämä osuus on luottamuksellinen.

6 TOTEUTUSSUUNNITELMAT

Tämä osuus on luottamuksellinen.

7 YHTEENVETO

Tämä osuus on luottamuksellinen.

LIITTEET

- [1] Siemens DRS 140 ja NEC Pasolink NEO radiolinkit
- [2] Teletilojen lyhenteiden selitykset
- [3] Ratkaisuvaihtoehto 1:n kustannuslaskelma
- [4] Ratkaisuvaihtoehto 2:n kustannuslaskelma
- [5] Ratkaisuvaihtoehto 3:n kustannuslaskelma
- [6] Valitun ratkaisuvaihtoehdon (2) kokonaiskustannukset
- [7] Optisten liitäntöjen valintatalukko
- [8] Laitekaapin kuvat ja mitat
- [9] Virranjakokisko
- [10] Yleisjakoteline YJT-05
- [11] Laitteiden kaapelointi- ja sijoitussuunnitelmat
- [12] SDH-kalustuskuvat
- [13] SDH-reittikaaviot
- [14] PDH-laitteiden valvontaväylä
- [15] XXX radiolinkin jänneprofiili
- [16] XXX STM-1-linkin jännelaskelma
- [17] Läpiviennit, Paarteet, Kaapelitikastus

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- /1/ Granlund Kaj, Tietoliikenne. Docendo Finland Oy, 2003
- /2/ Pentti Teppo, Siirtojärjestelmät tietoliikennetekniikassa, Celectronia Oy, 1981
- /3/ Volotinen Vesa, Tietoliikenne, Televerkko ja päätelaitteet, WSOY, 1999

Sähköiset lähteet

- /4/ Internetix, ATM:n perusteet. [WWW-sivu]. [viitattu 26.4.07] saatavissa:
<http://www.internetix.fi/opinnot/opintojaksot/6tekniikkatalous/atm/index.htm>
- /5/ J. Haarala, A. Auvinen, A. Niemi, ATM-lähiverkkolaitteet. [WWW-sivu].
[viitattu 26.4.07] saatavissa:
<http://www.cc.jyu.fi/~annauvi/harjtyot/johdtli/ATM.html>
- /6/ Marconi Communications Limited. MSH41C Data Sheet. 2002.
- /7/ Marconi Communications Limited. MSH51C Data Sheet. 2002.
- /8/ Marconi Communications Limited. OMS1200 Data Sheet. 2005.
- /9/ Pasolink NEO 6-52 GHz PDH/SDH Digital Radio System – ohjekirja. NEC Corporation.
- /10/ Pocket Guide to Synchronous Communications Systems, Acterna Eningen
- /11/ Soneran sisäinen koulutusmateriaali, SDH-Tekniikan perusteet, SDH-yleiskurssi. Pentti Nykänen 24.3.1995
- /12/ Soneran sisäinen koulutusmateriaali, SDH-tekniikoista ja verkoista. Timo Kivelä. 24.3.1995
- /13/ Soneran sisäinen tekninen ohje, Marconi OMS840 laitesuunnitteluohje. Mika Nysten. 14.11.2006.
- /14/ Soneran sisäinen tekninen ohje, Metro Ethernet suunnitteluohje. Ari Ihatsu. 24.6.2006
- /15/ Soneran sisäinen tekninen ohje, MSH41C kalustusohje. Mika Nysten. 14.6.2000
- /16/ Soneran sisäinen tekninen ohje, MSH51C kalustusohje. Mika Nysten. 14.6.2000

- /17/ Soneran sisäinen tekninen ohje, NEC Pasolink NEO – Suunnitteluohje. Marko Liuhanen. 17.10.2006.
- /18/ Soneran sisäinen tekninen ohje, Valokaapelireitin kuitujen vaimennuksen ja kromaattisen dispersion mitoitusohje CWDM - siirtojärjestelmien kanaville. Risto Pulliainen. 18.11.2005.
- /19/ Soneran sisäinen tekninen ohje, Yleinen SDH laitesuunnitteluohje. R. Harju, J. Virtanen. 18.4.2002
- /20/ The Fiber Optic Association, Inc., Wavelength Division Multiplexing (WDM). [WWW-sivu]. [viitattu 26.4.2006] saatavissa:
<http://www.thefoa.org/tech/dwdm.htm>
- /21/ TranSwitch. Understandig Virtual Concatenation and Link Capacity Adjustment Scheme in SONET/SDH. White Paper. 2003.