

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN KORKEAKOULU
TIETOTEKNIIKAN OSASTO

DIPLOMITYÖ

MERKINANTO JA PUHELUNOHJAUS
MONIKÄYTTÖKYTKIMESSÄ

Diplomityön aihe on hyväksytty Lappeenrannan teknillisen korkeakoulun tietotekniikan osaston osastoneuvoston kokouksessa 25.8.1999.

Työn tarkastaja ja ohjaaja dosentti FT Olli Martikainen

Kuopio 21.10.1999

Sami Raatikainen
Saarijärventie 17 A 16
70460 Kuopio
050 372 3358

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Raatikainen, Sami Petteri
Tutkielman nimi: Merkinanto ja puhelunohjaus monikäyttökytkimessä
Osasto: Tietotekniikan osasto
Vuosi: 1999
Paikka: Lappeenranta

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu.

70 sivua, 34 kuvaa, 1 taulukko ja 2 liitettä.

Tarkastaja dosentti FT Olli Martikainen.

Avainsanat: merkinanto, puhelunohjaus, yhteistoiminta, älyverkot

Tietoliikenneverkkojen kehittyminen on johtanut epäyhtenäiseen verkkopalveluun. Erilaiset tiedonsiirron tarpeet synnyttävät erilaisia tiedonsiirtoverkkoja, eikä yhtenäinen tiedonsiirtoverkko ole todennäköinen. Palvelut pitäisi välittää käyttäjille vaihtelevan tiedonsiirtoverkon läpi, ja verkon elementtien tukea eri verkkojen puhelujen ja yhteyksien hallintatoimintoja. Tarvitaan yhteistoimintaa (interworking) eri verkkojen välille, jotta palvelut välittyvät alla olevasta verkosta riippumatta.

Älyverkko on konsepti erottamaan puhelujen kytkentä ja ohjaus televerkoissa. Se on nopea ja kustannustehokas tapa palveluiden lisäämiseen muuttamatta puhelinkeskusten toimintaa. Älyverkkopalvelu tuo lisäarvoa televerkkoihin ja tarjoaa yleisen puhelunohjausmallin. Muodostamalla skaalautuva konsepti yhdistämään erilaiset verkkopalvelut älyverkkojen puhelunohjauksella saadaan monipuolisen ja suuren asiakasjoukon tarpeisiin vastaava verkkosolmu, jonka merkinanto-ohjelmiston suunnittelua ja toteutusta tässä työssä tutkitaan.

Työ on osa SCOMS-projektin tuloksia Teknillisen korkeakoulun tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratoriolle, ja siinä keskitytään monikäyttökytkimen merkinannon ja puhelunohjauksen vaatimuksiin ja ongelmiin. Kytkinlaite on VTT:n kehittämä, joka tukee 64 kbps piiri- ja ATM-solukytkentää sekä jatkotavoitteena IP-pakettikytkentää. Tuloksena saatiin hyvin skaalautuva standardoituja yhteistoimintoja tukeva merkinanto-ohjelmisto älyverkon puhelunohjauksella, jonka perusidea on toimintojen hajautus itsenäisiin osiin.

ABSTRACT

Author: Raatikainen, Sami Petteri
Title: Signalling and call control in a multidiscipline switch
Department: Department of Information Technology
Year: 1999
Place: Lappeenranta

Master's thesis. Lappeenranta University of Technology.

70 pages, 34 pictures, 1 table and 2 appendices.

Supervisor docent PhD Olli Martikainen.

Keywords: call control, intelligent networks, interworking, signalling

Diversity in existing networking solutions has lead to heterogeneous networks. Different network technologies are developed for different services, and a universal transport solution will hardly be achieved. Services have to be delivered over heterogeneous networks whom should provide seamless integration of services from the end users perspective. Network elements have to support different networks, and call and connection control functions. Interworking capabilities are required to interconnect networks.

Intelligent networks (IN) architecture provides value-added services with the separation of service intelligence and switching in telecommunication networks. New services may be added cost-effectively. IN also offers a generic model for call control functions. Developing a scaleable concept which integrates different networking technologies with the IN call control functions forms a multipurpose networking device to offer a wide variety of services. The focus of the thesis is on planning and development of a signalling software for such device.

Thesis forms a part of SCOMS project's results for Telecommunications Software and Multimedia Laboratory at Helsinki University of Technology. This concentrates on requirements and problems of signalling and call control functions in a multidiscipline switch. The switching fabric is developed by VTT, and it integrates 64 kbps based circuit, ATM cell and IP packet switching. The result was a well scaleable signalling software which supports standardized interworking functions and IN call control functions with the basic idea of separating functions into smaller entities.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Teknillisen korkeakoulun tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratoriolle osana SCOMS-projektin tuloksia. Kiitän Olli Martikaista visioista ja mahdollisuudesta innovatiiviseen työhön, jossa sain kehittää tietoja ja taitoja. Kiitokset myös muille SCOMS- ja TOVE-projekteihin osallistuneille.

Osan tästä saavutuksesta ansaitsevat vanhempani ja muu lähisukuni sekä henkisestä kannustuksesta että opiskelijalle tärkeästä materiaalisesta tuesta. Opiskelukavereille kunnia viihtyisän (opiskelu)ilmapiirin luomisesta.

Vaimoltani ja pieneltä pojaltani pyydän anteeksi tämän työn aloituksen venymistä ja sen tekemiseen vaadittua aikaa, joka oli teiltä pois. Se on tässä!

Kuopiossa 21.10.1999

Sami Raatikainen

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
2	MONIPALVELUVERKOT	3
2.1	ISDN	3
2.2	N-ISDN	3
2.2.1	Kapeakaistainen tiedonsiirto	3
2.2.2	Tekniikka	4
2.2.3	Numerointi	5
2.3	B-ISDN ja ATM	6
2.3.1	Laajakaistainen tiedonsiirto	6
2.3.2	ATM-tekniikka	7
2.3.3	ATM-verkot	8
2.3.4	Osoitteistus	9
3	ÄLYVERKOT	10
3.1	Johdanto	10
3.2	Älyverkon käsitteellinen malli	11
3.2.1	Palvelutaso	12
3.2.2	Yleinen toiminnallinen taso	12
3.2.3	Hajautettu toiminnallinen taso	12
3.2.4	Fyysinen taso	13
3.3	Puhelun tilamalli	14
3.4	SS7-merkinantoverkko	15
3.4.1	Yhteiskanavamerkinantoverkko	15
3.4.2	Protokolla-arkkitehtuuri	17
3.4.3	Verkon palveluosa	17
3.4.4	Verkon käyttäjäosat	18
4	MERKINANTO	20
4.1	Johdanto	20
4.2	N-ISDN	21
4.2.1	DSS1 – Q.931	21
4.2.2	SS7 – ISUP	23
4.3	B-ISDN	24
4.3.1	DSS2 – Q.2931	26
4.3.2	ATM Forum UNI	27
4.3.3	SS7 – B-ISUP	27
5	YHTEISTOIMINTA	29
5.1	Johdanto	29
5.2	Haasteet ja ongelmat	30
5.3	Verkkojen välinen yhteistoiminta	30

5.4	Verkkojen sisäinen yhteistoiminta.....	32
5.4.1	N-ISDN	33
5.4.2	B-ISDN.....	34
6	ONGELMAT JA TAVOITTEET	35
6.1	TOVE- ja SCOMS-projektit.....	35
6.2	Lähtökohta	36
6.3	Puhelunohjaus.....	37
6.4	Yhteistoiminta	38
6.5	Merkinantoprotokollien sovelluskehys.....	39
7	PROTOKOLLAN KEHITYS	40
7.1	OSI-viitemalli	40
7.2	OVOPS++.....	41
7.2.1	Johdanto	41
7.2.2	Arkkitehtuuri	43
7.2.3	Tärkeimmät komponentit	44
7.3	Standardit.....	46
8	OHJELMISTO	47
8.1	Johdanto.....	47
8.2	Merkinantoprotokollat	49
8.2.1	Johdanto	49
8.2.2	Protokollien yleisrakenne	49
8.2.3	Tilakoneiden yhdenmukaisuus	51
8.2.4	Viestien koodaustoiminnot.....	52
8.3	Yleinen merkinantorajapinta	55
8.4	Interworking Call Control.....	57
8.4.1	Johdanto	57
8.4.2	Call Control	58
8.4.3	Switching Call Control.....	59
8.5	Kytkimen ohjaus ja hallinta	60
8.5.1	Ohjelmiston hallinta	60
8.5.2	Resurssien hallinta.....	61
8.5.3	KytKentäKentän ohjaus	61
8.5.4	Osoitteistus ja reititys	62
8.6	Yhteyden muodostus kytkimessä.....	63
8.7	Testaus ja jatkokehitys.....	65
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	66

LÄHTEET

LIITE 1. Tilakoneiden yhdenmukaisuus.

LIITE 2. Verkkorajapinnan merkinannon tilat.

LYHENTEET

AFI	Authority and Format Identifier
API	Application Programming Interface
ASE	Application Service Element
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network
B-ISUP	Broadband ISDN User Part
B-SSP	Broadband Service Switching Point
BCP	Basic Call Process
BCSM	Basic Call State Model
BRI	Basic Rate Interface
CCAF	Call Control Agent Function
CCF	Call Control Function
CORBA	Common Object Request Broker Architecture
CS	Capability Set
CVOPS	C-based Virtual Operating System
DFP	Distributed Functional Plane
DP	Detection Point
DSP	Domain Specific Part
DSS1	Digital Subscriber Signalling System No.1
DSS2	Digital Subscriber Signalling System No.2
DUP	Data User Part
ESI	End System Identifier
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCF	Fabric Control Functions
FE	Functional Entity
FSM	Finite State Machine
FSR	Frame Synchronized Ring
GFP	Global Functional Plane

GSL	Global Service Logic
GSM	Global System for Mobile Communications
GT	Global Title
HO-DSP	High Order Domain Specific Part
IA	Implementation Agreement
ICC	Interworking Call Control
IE	Information Element
IDI	Initial Domain Identifier
IDP	Initial Domain Part
IF	Information Flow
IN	Intelligent Network
IP	Intelligent Peripheral (IN)
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
IWF	Interworking Functions
IWU	Interworking Unit
JVOPS	Java Virtual OPERating System
LAPD	Link Access Procedures on the D-channel
MPLS	Multiprotocol Label Switching
MTP	Message Transfer Part
N-ISDN	Narrowband Integrated Services Digital Network
NNI	Network-to-Network Interface
NSAP	Network Service Access Point
NSP	Network Services Part
OSI	Open Systems Interconnection
OVOPS	Object-oriented Virtual Operating System
PCI	Protocol Control Information
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDU	Protocol Data Unit
PF	Protocol Framework (OVOPS++)

PIC	Point In Call
POI	Point Of Initiation
POR	Point Of Return
PRI	Primary Rate Interface
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
SAAL	Signalling ATM Adaptation Layer
SCC	Switching Call Control
SCF	Service Control Function
SCCP	Signalling Connection Control Part
SCOMS	Software Configurable Multidiscipline Switch
SCP	Service Control Point
SDF	Service Data Function
SDL	Specification and Description Language
SDP	Service Data Point
SDU	Service Data Unit
SEL	Selector
SF	Service Feature (IN)
SF	Scheduling Framework (OVOPS++)
SIB	Service Independent building Block
SIGIF	Signalling interface
SP	Signalling Point
SPC	Signalling Point Code
SRF	Specialized Resource Function
SS7	Signalling System No. 7
SSF	Service Switching Function
SSN	Subsystem Number
SSP	Service Switching Point
STP	Signalling Transfer Point
TCAP	Transaction Capabilities Application Part
TEKES	Tekniikan edistämiskeskus

TKK	Teknillinen korkeakoulu
TML	Tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratorio
TOVE	Toimialaverkot-projekti
TUP	Telephone User Part
UNI	User-to-Network Interface
VCI	Virtual Circuit Identifier
VOPS	Virtual Operating System
VPI	Virtual Path Identifier
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus

1 JOHDANTO

Tietoliikenneverkot ovat kehittyneet paljon viimeisinä vuosikymmeninä. Perinteisen puhelinverkon analoginen tekniikka on saanut väistyä digitalisoitumisen edessä. Aluksi siirtotie jaettiin digitaalisesti erillisiin 64 kbps perusnopeuden kanaviin; jokaiselle tiedonsiirtoyhteydelle oma kanavansa. Monipuolisten palveluiden, kuten multimediapalveluiden, kehittyessä tarvittiin tehokkaampaa ja joustavampaa tiedonsiirtoa. Suurempia nopeuksia varten kehitettiin multipleksointiratkaisu yhdistämään tarvittava määrä perusnopeuden kanavia.

Multimediapalvelut toivat myös vaatimuksia siirtopalvelun laadun määrittelylle. Näitä monipuolisia palveluita toteuttamaan kehitettiin ATM-tekniikka (Asynchronous Transfer Mode). Se tarjosi palvelun laatumäärittäviä, ja sai suosiota joustavana ja nopeana ratkaisuna. Lopullista suosiota ATM ei kuitenkaan ole saavuttanut, ainakaan loppukäyttäjille asti. Sen toteutukset ovat jäämässä runkoverkkoihin nopeana kytkentätekniikkana. Loppukäyttäjille ISDN-tekniikka (Integrated Services Digital Network), etenkin sen perusliittymä, on saavuttanut suosiota pienyritysten ja kotitalouksien liittymänä tietoliikenneverkkoihin.

Palvelun tarjoajien, kuten operaattoreiden, on vaikeaa selviytyä jatkuvan kehityksen mukana. Niiden kilpailukyky perustuu mahdollisimman laajalle asiakaskunnalle tarjottuun palvelun laatuun. Samanaikaisesti palvelun tarjoajien pitäisi palvella perinteisiä digitaalisen puhelinverkon asiakkaita ja vastata yritysten monipuolisiin multimediapalveluiden tarpeisiin.

Erilaiset lisäpalvelut (esim. soitonsiirto) ovat keskeisiä televerkoissa. Älyverkot mahdollistavat uusien palveluiden lisäämisen muuttamatta keskusten toimintaa. Älyverkoissa palvelut sijaitsevat vain tietyissä verkon

solmuissa, joista muut solmut voivat niitä pyytää. Siten palveluiden lisääminen on tehokasta, koska jokaista verkon solmua ei tarvitse päivittää.

Tavoitteena on yhdistää ISDN-liittymät, ATM-liittymät multi-mediapalveluineen, digitaaliset puhelinverkot, ATM-runkoverkot ja älyverkkopalvelut samaan verkon solmuun. Tämä solmu olisi monipuolinen ja vastaisi laajan asiakaskunnan tarpeisiin. Tähän tarpeeseen kehitettiin monikäyttökytkin, jonka merkinanto-ohjelmistoa tässä työssä tutkitaan. Kolme keskeisintä asiaa ovat erilaiset merkinantoprotokollat, niiden yhteistoiminta (interworking) ja älyverkon kytkentäpisteen puhelunohjaus. Näistä muodostuu tämän työn teoria ja toteutettu ohjelmistoratkaisu.

Työssä esitellään aluksi lyhyesti ISDN- ja ATM-tekniikat. Tekniikoista huomioidaan erityisesti merkinantoon liittyviä tekijöitä, kuten fyysinen siirtotie (kytkentäkentät), erityisvaatimukset (mm. laatu) ja osoitemuodot. Älyverkkojen teoria esitellään lyhyesti. Sen yhteydessä esitellään palvelun kytkentäpisteen puhelumalli, joka liittyy työn toteutukseen oleellisesti, sekä yhteiskanavamerkinantoverkko. Toteutukseen liittyvät merkinantoprotokollat käydään läpi. Viimeisenä teoriaosassa esitellään yhteistoiminta kapea- ja laajakaistaverkoissa, huomioiden erityisesti merkinantoprotokollat. Teorian jälkeen esitellään työn tausta, motiivit, ongelmat ja tavoitteet, sekä työkalut ohjelmiston toteuttamiseen. Kehitetty ohjelmistoratkaisu kuvataan tarkentaen muutamia yksityiskohtia. Toteutuksen jälkeen esitellään havaintoja toteutuksesta ja sen mahdollisesta jatkokehityksestä. Lopuksi tutkitaan koko työn tuloksia ja tehdään johtopäätökset sen onnistumisesta.

2 MONIPALVELUVERKOT

2.1 ISDN

Erikoistuminen on leimannut tietoliikenneverkkoja. Verkkoja suunniteltiin palvelemaan vain tiettyä käyttötarkoitusta tai sovellusta, eivätkä ne kyenneet siirtämään toisia palveluja. Puhelinverkot suunniteltiin siirtämään puhetta ja tietokoneverkot käyttäjätietoa. Tiedonsiirtoon toisen verkkotyypin yli vaadittiin erikoislaitteita (esim. modeemit). Havaittiin tarve tietoverkoille, jotka pystyvät tukemaan useita erilaisia jopa keskenään ristiriitaisia palveluja samanaikaisesti, ns. monipalveluverkkoja.

Ensimmäinen askel tällaiseen monipalveluun oli ISDN. ISDN ei ole erillisverkko, vaan se on monipalveluverkko, joka on tarkoitettu täydentämään jo olemassaolevia telepalveluja. Sen avulla käyttäjät voivat käyttää hyväksi digitaalisen puhelinverkon ominaisuuksia. Digitaalisuudella saavutetaan monia etuja, kuten tiedon monistus laatuun vaikuttamatta. [GrM98]

2.2 N-ISDN

2.2.1 Kapeakaistainen tiedonsiirto

Ensimmäinen käytännön monipalvelun ratkaisu oli kapeakaistainen digitaalinen monipalveluverkko (N-ISDN, Narrowband Integrated Services Digital Network), joka on määritelty kansainvälisillä standardeilla. Se mahdollistaa äänen ja käyttäjätiedon siirtämisen saman verkon kautta, mutta ei kuitenkaan kapeakaistaisuutensa vuoksi kykene siirtämään esim. liikkuvaa kuvaa tyydyttävällä nopeudella. [GrM98]

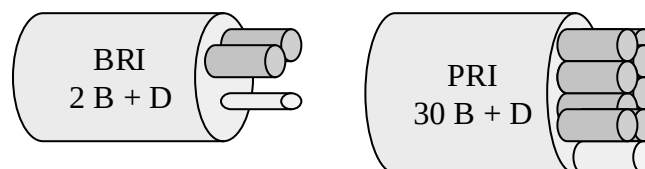
Kapeakaistaisuus tulee N-ISDN-verkkojen 64 kbps:n perusnopeudesta, jonka monikerrat ovat myös mahdollisia. Tämä nopeus taas tulee puheensiir-

rosta, eli puhelinverkkojen perussovelluksesta. Toinen puheensiiirrosta tuleva tärkeä ominaisuus on, että N-ISDN-verkko perustuu piirikytkentään, jossa muodostetaan oma yhteys tiedonsiirtoa varten. [GrM98]

2.2.2 Tekniikka

ISDN-tekniikassa on tiedonsiirtoon kaksi kanavatyyppiä; B- ja D-kanava. B-kanava tarjoaa läpinäkyvän ja kaksisuuntaisen tietokanavan, ja sitä käytetään puheen ja tiedon siirtoon 64 kbps perusnopeudella. Merkinanto päätelaitteen ja keskuksen välillä suoritetaan D-kanavan kautta. D-kanavan siirtonopeus vaihtelee liittymätyyppin mukaan.

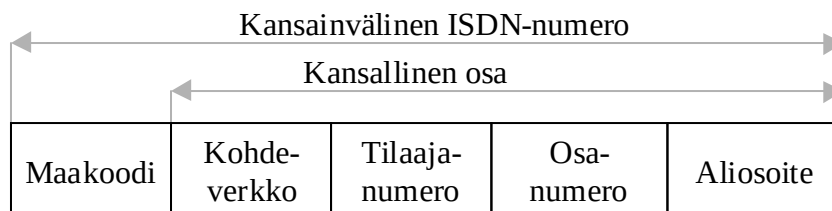
ISDN-liittymiä on kahta tyyppiä. Perusliittymä (BRI, Basic Rate Interface) muodostuu kahdesta synkronisesta 64 kbps B-kanavasta ja yhdestä 16 kbps D-kanavasta. Perusliittymä tunnetaan myös nimillä 2B+D ja BRI. Kaksi täysin erillistä B-kanavaa mahdollistavat mm. puhelimessa puhumisen samanaikaisesti muun tiedonsiirron kanssa. Perusliittymä on yleisin kotitalouksien ja pienten yritysten liittymänä. Järjestelmäliittymä (PRI, Primary Rate Interface) sisältää 30 B-kanavaa (Euroopassa käytetyn E1-standardin mukaan) ja yhden 64 kbps D-kanavan. Kanavista voidaan varata vain osa tulevaa tai lähtevää liikennettä varten. Kaikkien 30 kanavan yhdistetyllä käytöllä voidaan päästä jopa 2 Mbps:n tiedonsiirtonopeuteen. PRI on tarkoitettu lähinnä puhelinvaihteiden ja tietosoittosarjojen liittämiseen digitaalisiin puhelinverkkoihin.



Kuva 1. ISDN-liittymätyypit.

2.2.3 Numerointi

Numerointi ISDN-verkoissa perustuu ITU-T:n (International Telecommunications Union Telecommunications standardization sector) määrittelemään E.164-standardiin. ISDN-numeroa kutsutaankin myös nimellä E.164-numero. Se on johdannainen perinteisemmästä E.163-numerosta, mikä oli aikaisemmin käytössä puhelinverkoissa. Numero koostuu maatunnuksesta, verkkoryhmänumerosta ja liittymänumerosta. Tämä erottelu ei standardin mukaan ole välttämätön, mutta käytännössä sitä useimmiten noudatetaan. Numeroa, jossa nämä kaikki osat ovat merkitseviä, kutsutaan kansainväliseksi numeroksi. Kansallinen numero tulee maakoodin jälkeen, jossa verkkoryhmänumero on esimerkiksi Suomessa suuntanumero. Liittymänumerosta voidaan eritellä vielä osanumero ja aliosoite. Osanumero voisi olla esimerkiksi jonkin yrityksen puhelinvaihteen numero. Aliosoitteella voidaan vielä valinnaisesti laajentaa varsinaista ISDN-numeroa. [Jaa97]



Kuva 2. ISDN-numeron rakenne.

Numeron jaottelusta havaitaan, että sen muoto tukee suoraan reititystä. Maatunnuksella reititetään kohdemaata ja verkkoryhmänumerolla verkkoryhmä, jonka sisällä vasta reititetään lopullinen liittymä.

2.3 B-ISDN ja ATM

2.3.1 Laajakaistainen tiedonsiirto

N-ISDN suunniteltiin valmiiden puhetta ja dataa varten optimoitujen piiri- ja pakettikytkentäisten verkkojen päälle. Siksi se ei mahdollistanut monipuolisuutta siirtopalvelun ja palvelun laadun valinnassa. Myös N-ISDN:n tarjoama siirtokapasiteetti on rajoitettu (64 kbps - 2 Mbps). Tarvittiin monipuolisempaa ja laajakaistaisempaa digitaalista monipalveluverkkoa. Laajakaistaisiksi määritellään yli 2 Mbps:n tiedonsiirtokapasiteetin tietoliikenneverkot. [GrM98]

Laajakaistainen digitaalinen monipalveluverkko (B-ISDN, Broadband Integrated Services Digital Network) tarjoaa suurempia nopeuksia ja monipuolisempaa tiedonsiirtoa. Siinä pyritään yhdistämään kaikki mahdolliset nykyiset ja tulevaisuudessa kehitettävät telepalvelut yhteen joustavaan ja tehokkaaseen verkkoon. B-ISDN on konsepti, ei tietoliikenneverkkoprotokolla, jonka toteuttamiseksi on määritelty joukko tekniikoita ja malleja. Niiden avulla B-ISDN voidaan käytännössä toteuttaa.

B-ISDN:n tiedonsiirto on toteutettu ATM-tekniikalla, koska se mahdollistaa nopean, joustavan ja luotettavan liikennöinnin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että kaikki ATM-verkot täyttäisivät B-ISDN-konseptin kriteerit. B-ISDN on suunniteltu käsittelemään laajaa joukkoa palveluja puheesta dataan ja korkealaatuisen videosignaalin siirtoon. Se tukee myös äänen, datan ja videokuvan yhdistäviä multimediapalveluja, kuten kuvapuhelinta ja videokonferensseja.

N-ISDN-verkkoihin verrattuna B-ISDN mahdollistaa joustavan skaalautuvan tiedonsiirtonopeuden lisäksi mm. palvelunlaadun määrittelyn. Palvelun laatu on osoittautunut tärkeäksi tekijäksi monipalveluverkkojen kehittämi-

sessä. Sen avulla voidaan saman verkon tiedonsiirtopalvelua muokata käytettyn sovelluksen tarpeiden mukaiseksi. Verkon pitää pystyä takaamaan sen lupaama palvelun laatu sovellukselle koko yhteyden ajaksi.

2.3.2 ATM-tekniikka

ATM on nopea paketinvälitystekniikka, jonka avulla välitetään pieniä kiinteänmittaisia soluja. Solu on siinä tiedonsiirron perusyksikkö, jonka pituus on 53 tavua. Solusta viisi tavua on otsaketta ja 48 tavua käyttäjätietoa. ATM-tekniikka on yhteydellinen, ja solujen ohjausta sanotaankin siten kytkemiseksi, ei reitittämiseksi. Tekniikan nopeus perustuu siihen, että vain solun otsake tarkastetaan kytkimissä siirtovirheiden varalta. ATM-tekniikassa oletetaan käytettävän siirtoyhteyden virhetodennäköisyyden olevan hyvin pieni. Jos kytkin havaitsee virheen ohjaustiedossa, solu hylätään. Tyypilliset nopeudet ovat 34, 155 ja 622 Mbps. Runkoverkoissa (valokaapeli) voidaan päästä huomattavasti suurempiinkin, kuten useiden gigabittien, siirtonopeuksiin.

ATM-tekniikalla voidaan siirtää useaa eri tyyppistä liikennettä (ääni, kuva, käyttäjätieto) yhden liittymän kautta limittämällä, eli multipleksoimalla, siirtomedia useaksi virtuaaliseksi yhteydeksi. Virtuaaliset yhteydet erotellaan kolmiportaisella hierarkialla (kuva 3). ATM-linkki on siirtomedia, jolla kytkimet ja päätelaitteet yhdistetään toisiinsa. Lisäksi määritellään virtuaalipolut ja niiden tunnisteet (VPI, Virtual Path Identifier), sekä virtuaalikanavat ja niiden tunnisteet (VCI, Virtual Circuit Identifier). Siirtomedia voi muodostua useista virtuaalipoluista ja kukin virtuaalipolku voi sisältää useita virtuaalikanavia. Näin virtuaalisen polun käsite sallii useiden virtuaalisten kanavien loogisen ryhmittelyn.

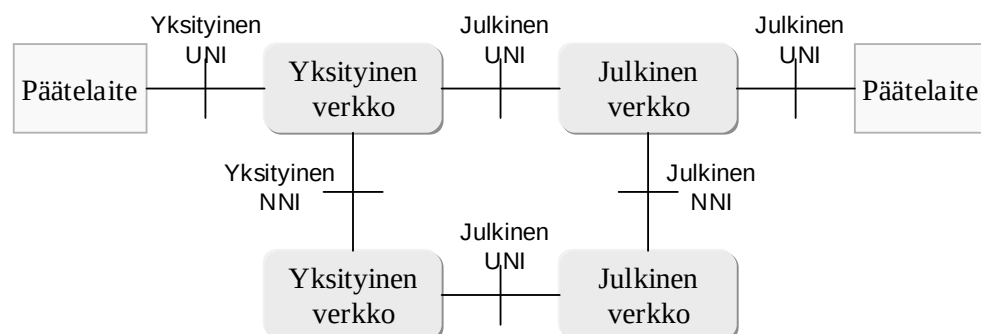


Kuva 3. ATM-yhteyksien kolmiportainen hierarkia.

2.3.3 ATM-verkot

ATM-tekniikka kehitettiin B-ISDN:n tarpeisiin, ja sen käyttö lähinnä julkisiin tiedonsiirtoverkkoihin. Mutta sen havaittiin vastaavan myös muihin tietokoneverkkojen kehityshaasteisiin, joten ATM sai laajempaa käyttöä. ATM-verkot jaetaan siten julkisiin ja yksityisiin verkkoihin (kuva 4). [GrM98]

B-ISDN-verkko, ja siten myös ATM-verkko, muodostuu toisiinsa kytketyistä päätelaitteista ja verkon solmuista. Verkon toiminnan kannalta on tärkeää, että näiden väliset rajapinnat määritellään mahdollisimman hyvin. Käyttäjän ja verkon välillä on UNI-rajapinta (User-to-Network Interface) ja verkon solujen välillä NNI-rajapinta (Network-to-Network Interface). ATM-verkoissa on lisäksi pieniä eroja rajapintojen toiminnoissa riippuen verkon julkisuudesta.

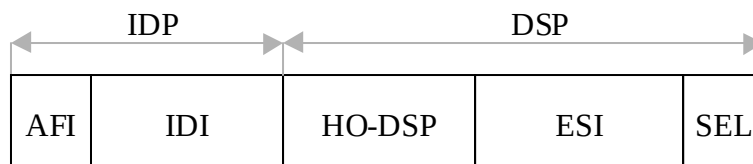


Kuva 4. Rajapinnat ATM-verkoissa.

2.3.4 Osoitteistus

ATM-järjestelmät voivat käyttää sekä perinteisiä E.164-numeroita (kappale 2.2.3) että NSAP-osoitteita (Network Service Access Point). E.164-numeroa sovelletaan pääosin julkisissa ATM-verkoissa ja NSAP-osoitteita yksityisissä. E.164-osoitteella on myös pyritty helpottamaan yhteiskäyttöä N-ISDN-verkkojen kanssa.

NSAP-osoitemuoto koostuu kahdesta osasta. IDP (Initial Domain Part) määrittelee osoiterakenteen määritelleen tahon ja DSP (Domain Specific Part) on sen tahon määrittelemän syntaksin mukainen osoite. IDP jakaantuu vielä kahteen osaan; osoitteen virallisen määrittelijän tunnisteeseen (AFI, Authority and Format Identifier) ja sen vastaavaan tunnisteeseen (IDI, Initial Domain Identifier). DSP sisältää tahon tarkemman osoitteen tunnuksen (HO-DSP, High Order Domain Specific Part) sekä päätelaitteen tunnistimen (ESI, End System Identifier) ja valitsimen (SEL, Selector). [GrM98]



Kuva 5. NSAP-osoitteen rakenne.

Jokaiselle verkon pisteelle määritetään oma ATM-osoite. Tavoitteena olisi osoitteiden yleismaailmallinen ainutlaatuisuus, mutta käytännössä se on tällä hetkellä mahdotonta. Periaatteessa ryhmitelty osoitemuoto mahdollistaa laajat verkkohierarkiat, jossa HO-DSP toimii verkon tunnuksena.

3 ÄLYVERKOT

3.1 Johdanto

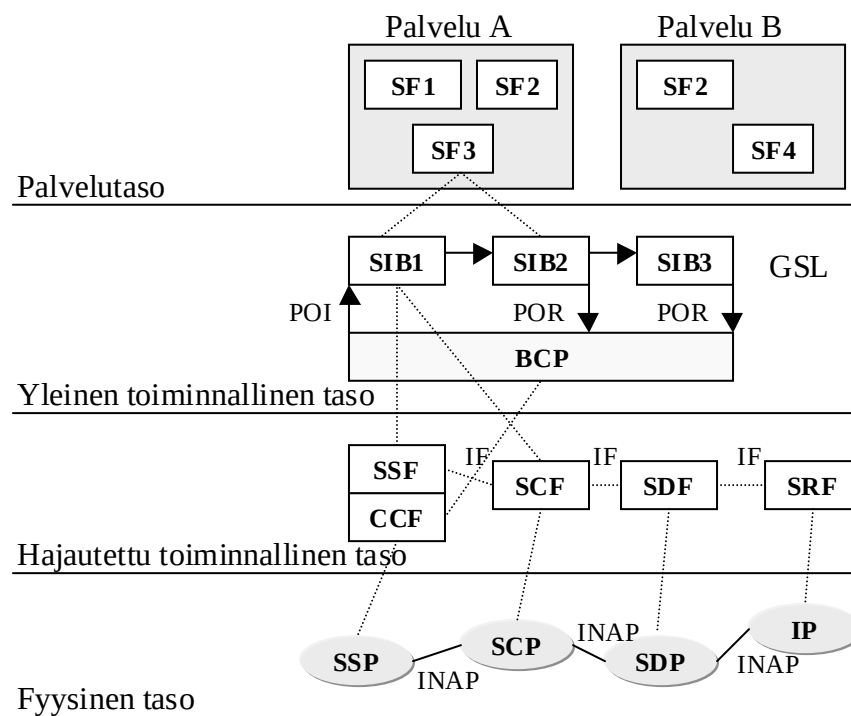
Älyverkko (IN, Intelligent Network) on palveluarkkitehtuurin malli lisäpalvelujen (supplementary services) tarjoamiseen tietoliikenneverkoissa. Se tarjoaa avoimen, hajautetun ja palveluriippumattoman alustan näille lisäpalveluille. Arkkitehtuuri määrittelee mm. verkkoelementit, toiminnalliset kokonaisuudet, äärelliset tilakoneet ja protokollat älyverkkopalvelujen tarjoamiseen. Älyverkon perusajatus on palvelulogiikan erottaminen kytkentäisestä verkosta. Älyverkko sisältää mahdollisimman vähän palvelusolmuja, joista kytkentäsolmut voivat pyytää palveluja verkon käyttäjille. [VeH98]

Älyverkko suunniteltiin tarjoamaan lisäpalveluja yleisissä puhelinverkoissa (PSTN, Public Switched Telephone Network) vaikuttamatta operaattoreiden olemassaoleviin järjestelmiin. Lisäpalveluihin vaadittava älykkyys sijoitettiin erillisiin palvelimiin tarvitsematta muuttaa puhelinkeskuksen puhelunohjausprosessia. Keskus tarjosi vain peruspuhelunohjauksen, sekä älyverkkopalvelujen havaitsemisen ja ohjauksen palvelimille. Ensimmäinen älyverkkopalvelu oli 800-numeropalvelu (freephone service) Yhdysvalloissa, jonka avulla suuret yritykset pystyivät tarjoamaan asiakkailleen ilmaista tietopalvelua. [VeH98]

ITU-T on vaikuttanut laajalti älyverkkopalvelujen standardoinnissa. Suosituksia on syntynyt iteratiivisesti toteuttaen aina uuden määrittelyjoukon (CS, Capability Set) palveluja ja niiden ominaisuuksia. Q.1200-sarja sisältää suositukset kullekin määrittelyjoukolle. Suositusten kolmas numero määrittelee määrittelyjoukon ja viimeinen numero suosituksen aiheen. [MaP96]

3.2 Älyverkon käsitteellinen malli

Älyverkon käsitteellinen malli (IN Conceptual Model) on viitekehys kuvaamaan älyverkon rakennetta (kuva 6). Se on lähtökohta älyverkkojen standardoinnille ja kuvataan ITU-T:n suosituksessa Q.1201. Malli on jaettu neljään tasoon, joista jokainen kuvaa älyverkon ominaisuuksia erilaisesta käsitteellisestä näkökulmasta. Mallissa lähestytään älyverkon rakennetta palvelun, yleisen toiminnallisuuden, hajautetun toiminnallisuuden ja fyysiseltä tasolta. [VeH98]



Kuva 6. Älyverkon käsitteellinen malli.

3.2.1 Palvelutaso

Palvelutaso (service plane) määrittelee palvelut käyttäjien näkökannalta, eikä ota kantaa niiden toteutukseen verkossa. Palvelut määritellään yhdellä tai useammalla palveluominaisuudella (SF, Service Feature), jotka ovat kuvauksia jonkin palvelun toiminnasta. [Num99a]

3.2.2 Yleinen toiminnallinen taso

Yleinen toiminnallinen taso (GFP, Global Functional Plane) määrittelee palvelut suunnittelijoiden näkökannalta. Se kuvaa älyverkon rakentumista peruspuheluprosessista (BCP, Basic Call Process) ja palveluriippumattomista rakennuslohkoista (SIB, Service Independent building Block). Peruspuheluprosessi sisältää peruspuhelunkäsittelyn lisäksi pisteet palveluiden aloittamiseen (POI, Point Of Initiation) ja niistä palaamiseen (POR, Point Of Return). Palvelutason palveluominaisuudet muodostuvat ketjuttamalla SIB:ejä palveluriippuvan logiikan (GSL, Global Service Logic) mukaan. [VeH98]

3.2.3 Hajautettu toiminnallinen taso

Hajautettu toiminnallinen taso (DFP, Distributed Functional Plane) kuvaa älyverkkoa verkon suunnittelijoiden ja verkkopalveluiden tarjoajien kannalta. Se kuvaa SIB:ien muodostumisen hajautettuina toiminnallisina kokonaisuuksina (FE, Functional Entity), sekä niiden vuorovaikutussuhteita (IF, Information Flow). Toiminnalliset kokonaisuudet voidaan jakaa palveluiden suoritustoimintoihin ja luonti- sekä hallintatoimintoihin. Tässä työssä esitellään vain suoritustoiminnot. [Num99a] [VeH98]

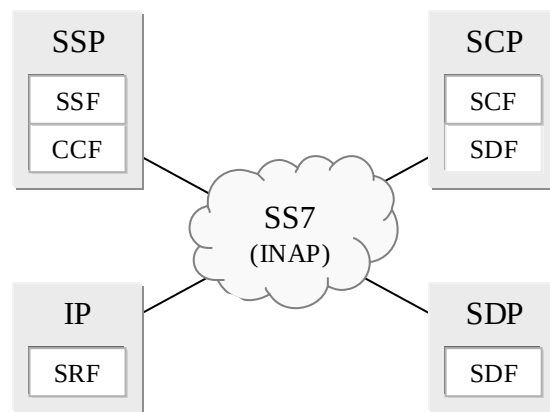
Palveluiden suoritustoiminnot:

- Puhelun ohjausagenttitoiminto (CCAF, Call Control Agent Function) toimii rajapintana käyttäjän ja verkon puhelunohjaustoimintojen välillä.
- Puhelun ohjaustoiminto (CCF, Call Control Function) vastaa verkossa puhelun käsittelystä ja ohjauksesta.
- Palvelun kytkentätoiminto (SSF, Service Switching Function) laajentaa CCF:n toimintoja, ja tarjoaa toimintoja CCF:n ja palvelun ohjaustoiminnon väliseen kommunikointiin.
- Palvelun ohjaustoiminto (SCF, Service Control Function) sisältää puhelun hallintaan vaadittavan logiikan älyverkoissa.
- Palvelun tietokantatoiminto (SDF, Service Data Function) sisältää reaaliaikaiset asiakas- ja verkkotietokannat.
- Erikoisresurssitoiminnot (SRF, Specialized Resource Function) ovat erikoistoimintoja älyverkkopalvelujen suorittamiseen.

3.2.4 Fyysinen taso

Fyysinen taso mallintaa älyverkon fyysisen arkkitehtuurin. Taso kuvaa toiminnallisia kokonaisuuksia, jotka ovat itsenäisiä, ja niiden välistä kommunikointia. Fyysisiä kokonaisuuksia ovat mm. (kuvat 6, 7):

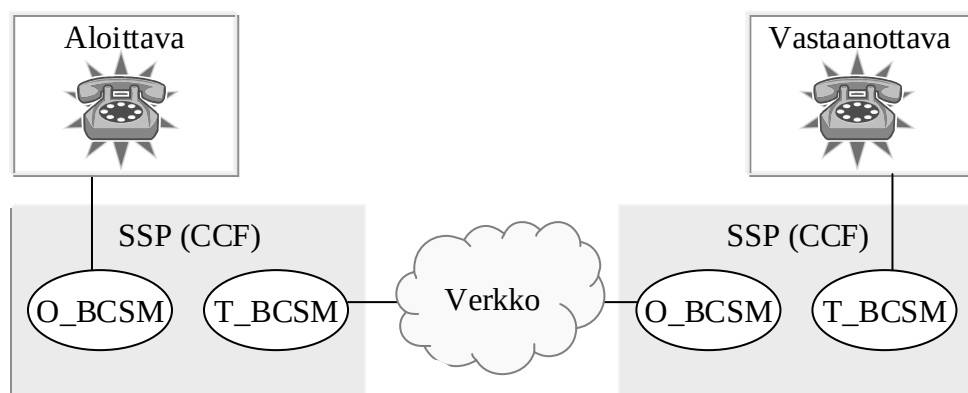
- Palvelunkytkeänpiste (SSP) on yleensä digitaalinen puhelinkeskus, ja se havaitsee älyverkkopalvelun tarpeen. Se sisältää SSF:n ja CCF:n toiminnallisina kokonaisuuksina, sekä mahdollisesti myös CCAF:n.
- Puhelunohjauspiste (SCP) sisältää palvelulogiikkaa älyverkkopalveluiden tarjoamiseen. Se voi myös sisältää SCF- ja SDF-toiminnot.
- Palvelutietopiste (SDP, Service Data Point) sisältää tietokantatoiminnot.
- Älykäs oheislaitte (IP, Intelligent Peripheral) sisältää lisätietoa tai toiminnallisuutta palveluiden tarjoamiseen.



Kuva 7. Älyverkon fyysisiä kokonaisuuksia.

3.3 Puhelun tilamalli

Älyverkon palvelunkytkeäpisteessä (SSP) suoritettava puhelunohjaustoiminto (CCF) kuvataan kahdella peruspuhelun tilamallilla (BCSM, Basic Call State Model). Tuleva (originating) tilamalli kuvaa puhelun aloittavan puolen toimintaa ja lähtevä (terminating) vastaanottavan puolen toimintaa. BCSM on korkean tason äärellinen tila-automaatti (FSM, Finite State Machine). Se kuvaa puhelunohjaustoiminnon eri vaiheita sisältäen kohdat, joissa puhelunohjaus voidaan keskeyttää älyverkon palvelun käynnistämiseksi. [ITU93a]



Kuva 8. Puhelunohjaustoiminnon tilamallit.

Puhelunohjaustoiminnon eri vaiheet määritellään puhelun tilojen (PIC, Point In Call) ja tilamuutosten havaintopisteiden (DP, Detection Point) avulla. Havaintopiste on puhelunohjauksen vaihe, jossa puhelumallin kontrolli voidaan siirtää palvelun ohjaustoiminnolle. Havaintopisteen täytyy täyttää jokin ehto, kuten tietty numeron alku (esim. 0800), palvelulogiikan käynnistämiseksi.

Suosituksen Q.1204 liitteessä esitetään esimerkit tulevalle ja lähtevälle peruspuhelun tilamallille. Siinä on otettu selkeästi kantaa DSS1- ja ISUP-protokollien toimintojen tukemiseen. Lisäksi siinä on pyritty huomioimaan myös muut kuin ISDN-rajapinnat ja mahdolliset älyverkon tulevaisuuden ominaisuudet. [ITU93a]

3.4 SS7-merkinantoverkko

3.4.1 Yhteiskanavamerkinantoverkko

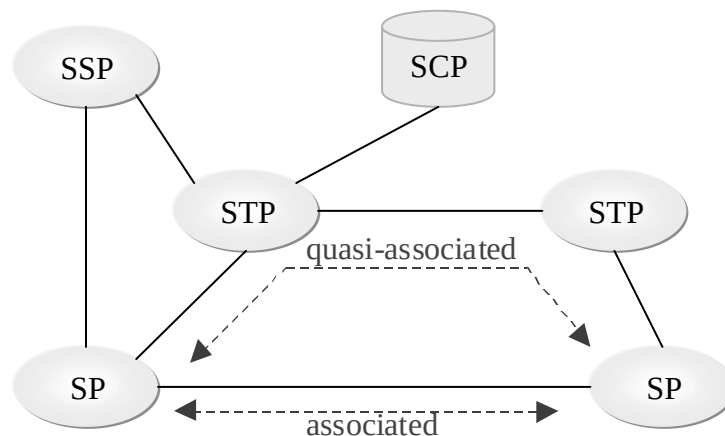
SS7 (Signalling System No. 7) on yhteiskanavamerkinantoverkko liikenteen ohjaukseen ja hallintaan tietoliikenneverkoissa. Se on käytössä digitaalisissa televerkoissa, ISDN-verkoissa ja lisäksi mm. GSM- (Global System for Mobile Communications) ja älyverkoissa. Yhteiskanavamerkinannossa erotetaan merkinanto ja tiedonsiirto eri kanaviin. Merkinanto ei käytä tiedonsiirtoon varattuja kanavia. Siten voidaan rakentaa luotettavia erillisiä merkinantolinkkejä, joiden avulla puhelunmuodostuksestakin saadaan nopeampi.

Yhteiskanavamerkinantoverkko koostuu verkon pisteistä ja niiden välisistä linkeistä. Näitä verkon pisteitä kutsutaan merkinantopisteiksi (SP, Signalling Point). SP on yleinen piste verkossa, esim. puhelinkeskus. Sen täytyy toteuttaa SS7-verkon toiminnot, ja jokainen SP identifioidaan omalla

pistekoodilla (SPC, Signalling Point Code). SP voi toteuttaa esimerkiksi jonkin seuraavista toiminnoista: [Bla97]

- STP (Signalling Transfer Point) on merkinannon siirtopiste liikenteen reitittämiseen. Se välittää viestejä merkinantopisteiden (SP) välillä tulkitsematta niiden sisältöä.
- SSP on palvelunkytkentäpiste (kappale 3.2.4).
- SCP on palvelunohjauspiste (kappale 3.2.4).

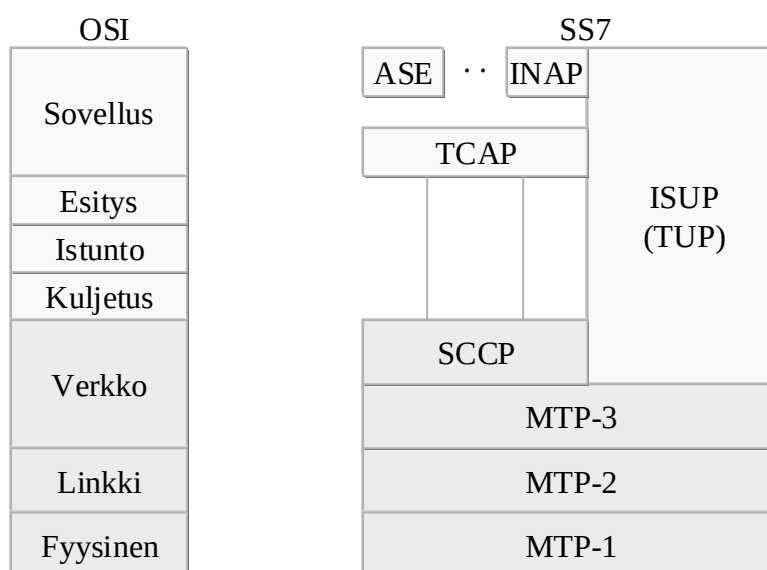
Yhteiskanavamerkinannossa on kaksi erilaista merkinantomoodia, jotka ilmaisevat tiedon ja merkinantoviestien käyttämien linkkien suhdetta. Yhdistetyssä (associated) moodissa puhe ja merkinanto käyttävät samaa fyysistä linkkiä kahden SP:n välillä. Näennäisesti yhdistetyssä (quasi-associated) moodissa merkinantoviestit kuljetetaan eri reittiä kuin data.



Kuva 9. SS7-verkon komponentteja ja merkinantomoodit.

3.4.2 Protokolla-arkkitehtuuri

SS7-merkinantoverkon protokolla-arkkitehtuuri voidaan jakaa kahteen osaan; verkon palveluosaan (NSP, Network Services Part) ja sen käyttäjäosiin (User Parts). Palveluosa kuvautuu OSI-mallin (Open Systems Interconnection, kappale 7.1) kolmelle alimmalle kerrokselle ja käyttäjäosat sen ylemmille kerroksille. [ITU93b]



Kuva 10. SS7-protokollien kuvautuminen OSI-viitemalliin.

3.4.3 Verkon palveluosa

Verkon palveluosa sisältää sanomansiirto-osan (MTP, Message Transfer Part) ja merkinantoyhteyden ohjausosan (SCCP, Signalling Connection Control Part). Sanomansiirto-osa tarjoaa luotettavan ja yhteydettömän siirtojärjestelmän merkinantopisteiden välillä. Se on määritelty kolmeen toiminnalliseen tasoon ja hallintaosaan. Merkinantolinkki (MTP-1) vastaa fyysisen tason toiminnoista muodostaen kaksi tiedonsiirtokanavaa, yksi kumpaankin suuntaan samalla tiedonsiirtonopeudella. Digitaalisille merkinantolinkeille

yleinen tiedonsiirtonopeus Euroopassa on 64 kbps. Merkinantokanava (MTP-2) vastaa linkkikerroksen toiminnoista, kuten virheen korjauksesta ja vuonohjauksesta. Se muodostaa MTP-1:n kanssa luotettavan merkinantolinkin merkinantoviestien siirtoa varten kahden merkinantopisteen välille.

Merkinantoverkko (MTP-3) tarjoaa toiminnot viestien siirtämiseen kahden merkinantopisteen välillä. Se muodostaa lähinnä verkkokerroksen toiminnot OSI-viitemalliin verratessa. MTP-3 jakaantuu viestien käsittelyosaan, joka käsittelee ja reitittää viestejä käyttäjäosien ja linkkien välillä, ja verkonhallintaan. Verkonhallintaan liittyy mm. verkossa esiintyvien ylikuormitustilanteiden ja muiden vikatilanteiden hallinta sekä niistä toipuminen. [ITU93b]

SCCP on merkinantoyhteyden ohjausosa laajentaen MTP-3:n toimintoja. Se tukee sekä yhteydellistä että yhteydetöntä verkkopalvelua. SCCP laajentaa erityisesti MTP:n osoitteistusta. MTP rajoittaa osoitteistuksen verkonsolmuihin osoittamalla jokaiselle oman pistekoodin. SCCP määrittelee sen lisäksi alijärjestelmänumeron (SSN, Subsystem Number), jota käytetään paikallisesti SCCP:n käyttäjien tunnistamiseen. Toinen laajennus osoitteistukseen on yleinen otsake (GT, Global Title). GT ei sisällä varsinaista reititystietoa, vaan se on esimerkiksi näppäilty numero. [Bla97]

3.4.4 Verkon käyttäjäosat

TCAP (Transaction Capabilities Application Part) on merkinantoyhteyden tapahtumankäsittelyosa. Se on yhteydetön protokolla, ja määrittelee toiminnot hajautettujen sovellusten (ASE, Application Service Element) keskinäiseen kommunikointiin verkossa. TCAP kuvautuu OSI-viitemallissa sovelluskerrokselle käyttäen kuitenkin suoraan SCCP:n tarjoamaa verkkokerroksen palvelua. TCAP tarjoaa toimintoja reaaliaikaisille pyyntö/vastetyyppisille sovelluksille. TCAP jakautuu yhteystapahtumakerrokseen

(transaction sublayer) ja komponenttikerrokseen (component sublayer). Tapahtumankäsittelyosa huolehtii merkinantopisteiden välisestä vuoropuhelusta ja komponenttiosa käyttäjän tiedon lähetyksen hallinnasta. [Bla97]

ISUP (ISDN User Part) tarjoaa merkinannon perustoiminnot yhteyksien hallintaan kytkentäisille ääni- ja datasovelluksille ISDN-ympäristössä. Aiempia vastaavia käyttäjäosia olivat TUP (Telephone User Part) ja DUP (Data User Part), joista ISUP on kehitetty. ISUP-protokolla merkinannon toimintoihin käydään tarkemmin läpi kappaleessa 4.2.2.

INAP (Intelligent Network Application Protocol) määrittelee älyverkon sovellusprotokollan. Se on määritelty ITU-T:n standardissa Q.1218 ja kuvataan ASN.1-kielellä (Abstract Syntax Notation no.1). INAP määrittää sovellustason viestien vaihdot SSF:n, SCF:n, SRF:n ja SDF:n välillä (kuva 7). INAP muodostuu useasta ASE:sta, joita ovat mm. ROSE (Remote Operation Service Element) ja TC (Transaction Capabilities). [VeH98]

4 MERKINANTO

4.1 Johdanto

Merkinanto tietoliikenneverkoissa on joukko toimintoja yhteyksien muodostamiseen, ylläpitämiseen ja purkamiseen. Toiminnot kuvautuvat viestien ja kutsujen vaihtamisena verkon pisteiden välillä. Merkinannolla saadaan kaksi tai useampaa käyttäjää keskustelemaan keskenään muodostetun yhteyden kautta. Merkinanto sisältää myös monia muita ominaisuuksia ja toimintoja, kuten yhteyden laadun neuvottelu, riippuen verkosta ja rajapinnasta.

Merkinannossa vaihdetaan tietoja sekä käyttäjien ja verkon solmujen välillä että solmujen kesken. Merkinanto määrittelee jokaiselle toiminnolle vaihdettavien viestien muodot ja sekvenssin, jotka kuuluvat sille verkolle ja rajapinnalle, jonka yli merkinanto tapahtuu. Merkinannon toiminnot eroavat sekä verkon tyyppin että rajapinnan mukaan. Merkinantoprotokollat sisältävät vaihdettavan tiedon, protokollien tietoyksiköiden (PDU, Protocol Data Unit), syntaksin ja semantiikan, joista muodostuu kokonaistietovuo toiminnallisten kokonaisuuksien välille. Lisäksi protokollat määrittelevät äärelliset tilakoneet merkinantoprosessien väliseen kommunikointiin hyödyntäen alempien kerrosten tarjoamaa kuljetuspalvelua.

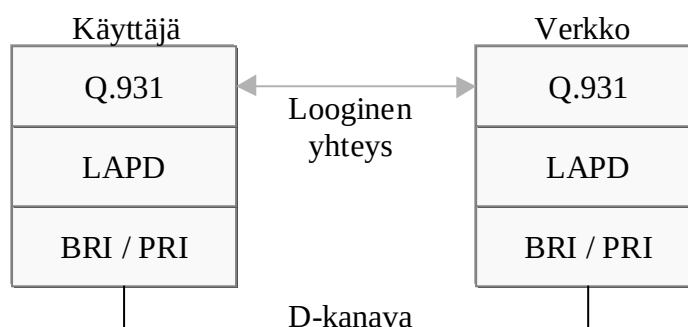
Merkinantojärjestelmät voidaan jakaa niiden teknisen toteutuksen perusteella kanavakohtaiseen ja yhteiskanavamerkintaan. Kanavakohtaisissa jokaisella tiedonsiirtoyhteydellä on oma merkinantokanavansa. Yhteiskanavamerkinantojärjestelmä taas käyttää yhteistä merkinantokanavaa useammalle tiedonsiirtoyhteydelle.

4.2 N-ISDN

Merkinanto kapeakaistaisissa verkoissa on kehittynyt hitaasti päätelaitteiden ja verkkosolmujen rinnalla. N-ISDN omaksui viestipohjaisen merkinantosysteemin, joka sai vaikutteita sekä puhelin- että tietoverkoista. DSS1 (Digital Subscriber Signalling System No.1) toimii merkinantosysteeminä käyttäjärajapinnassa ja SS7 verkkorajapinnassa. Alkuperäinen tarkoitus erottaa käyttäjärajapinnan ja verkkorajapinnan merkinanto johtui ajatuksesta, että verkkosolmu on aina älykkäämpi kuin päätelaite. Se oli oikea väite perinteisen puhelinverkon osalta, mutta päätelaitteiden tullessa monimutkaisimmiksi molempien rajapintojen merkinannot ovat lähestyneet toisiaan. [VeH98]

4.2.1 DSS1 – Q.931

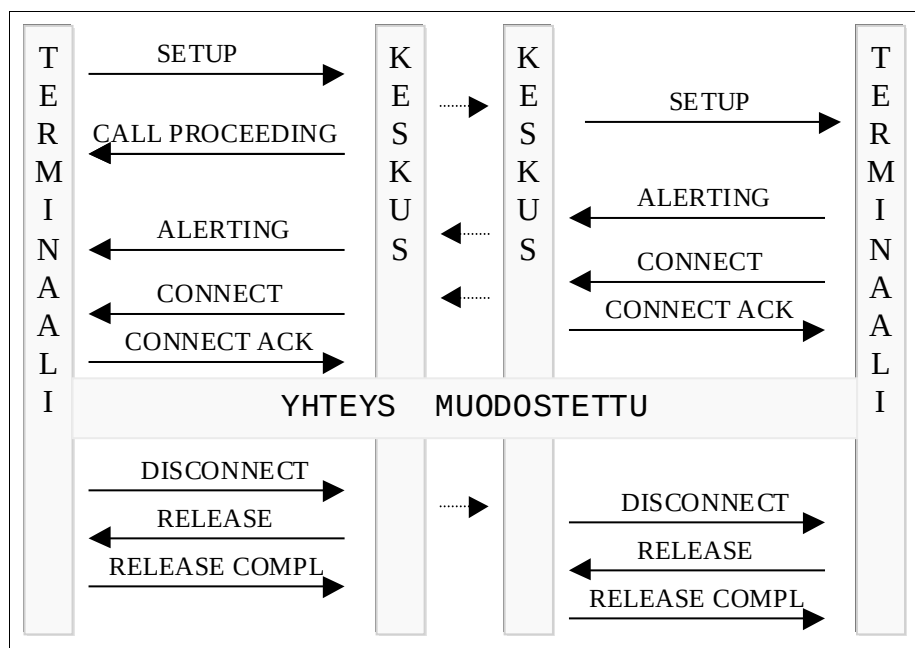
ITU-T:n standardissa Q.930 kuvataan käyttäjärajapinnan yleiset periaatteet DSS1-merkinannossa. Standardi Q.931 kuvaa DSS1:n kolmannen kerroksen (verkkokerroksen) toimintoja. Näitä toimintoja ovat yhteyksien muodostaminen, hallinta ja purkaminen ISDN-päätelaitteen ja verkon välillä D-kanavan kautta.



Kuva 11. DSS1-protokollapino.

Standardissa Q.931 määritellään toiminnot sekä piirikytkentäisille (circuit-switched) ja pakettikytkentäisille (packet-switched) yhteyksille että käyttäjä-käyttäjä merkinannolle (user-to-user signalling). Q.931 käyttää LAPD:n (Link Access Procedures on the D-channel) tarjoamaa palvelua muodostaakseen loogisen yhteyden kahden merkinantopisteen välille. LAPD on kuvattu ITU-T:n standardeissa Q.920 ja Q.921 ja se tarjoaa luotettavan tiedonsiirron D-kanavan yli. DSS1:n fyysinen kerros on kuvattu ITU-T:n standardeissa I.430 BRI-rajapintaan ja I.431 PRI-rajapintaan.

Q.931-protokollan tärkeimpiä perustehtäviä ovat kommunikointi linkkikerroksen kanssa (LAPD), viestien tulkkaus ja koodaus, ajastimien hallinta virhetilanteiden havaitsemiseksi, resurssien hallinta ja reititys ISDN-numeron (kappale 2.2.3) perusteella. Merkinannon toiminnot kuvataan viestien vaihdolla LAPD:n tarjoamaa palvelua käyttäen.



Kuva 12. Esimerkki yhteyden muodostamisesta ja purkamisesta.

Kuvassa (kuva 12) esitellään tärkeimmät yhteyden muodostukseen ja purkamiseen tarvittavat viestit ja viestien sekvenssit. Jokainen viesti sisältää kokoelman informaatioelementtejä (IE, Information Element), jotka kuvaavat tiedonvaihtoon liittyviä parametreja. Viesti voi sisältää pakollisia ja valinnaisia parametreja. Jokaisella viestillä on sama perusrakenne sisältäen otsakkeen ja muut parametrit. Otsakeosassa on viestin tunnisteiden lisäksi tietoja mm. puhelun viitearvosta (call reference) ja viestin pituudesta.

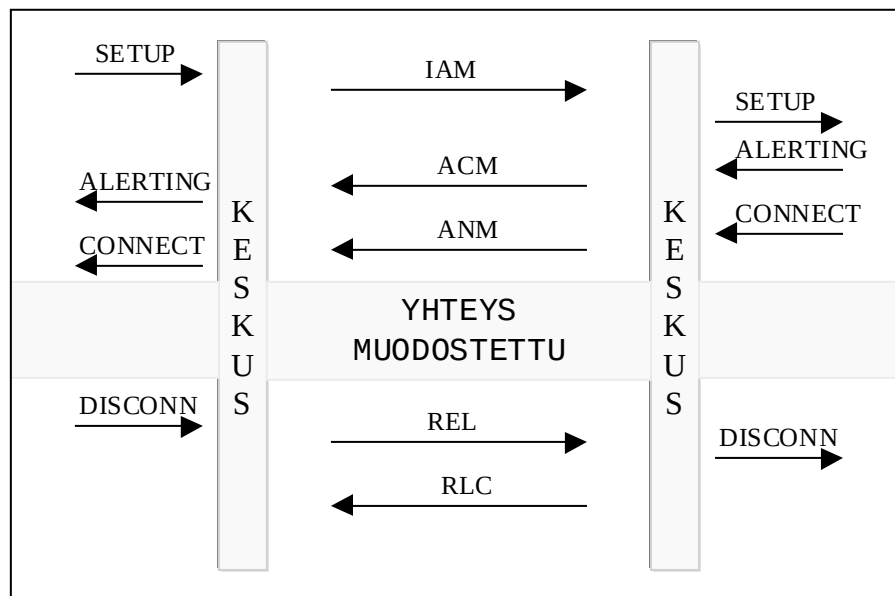
Q.931 määriteltiin ensimmäisen kerran ISDN-järjestelmiin vuonna 1984. Sen jälkeen sitä on sovellettu myös moniin muihin merkinantojärjestelmiin, joten se on hyvä esimerkki kuvaamaan merkinantoa yleisemmälläkin tasolla. Tämä on nähtävissä loppuissa esiteltävissä protokollissa. Q.931 on ollut mallina mm. SS7-verkon käyttäjäosaan (ISUP), sekä ATM-verkkojen ja digitaalisten matkapuhelinjärjestelmienkin merkinannoille. [Bla97]

4.2.2 SS7 – ISUP

ISUP on määritelty tarjoamaan merkinannon perustoiminnot ISDN-verkko-rajapinnassa. ISUP on määritelty myös siten, että se kuljettaa käyttäjämerkinannon (Q.931) tietoa verkon yli. Sen toiminta kuvataan ITU-T:n standardeissa Q.761-Q.764. Standardit sisältävät yleisen protokollan kuvauksen, viestien ja parametrien merkitykset ja muodot, sekä kuvauksen protokollan toiminnasta. Protokollan toimintaa ei ole standardissa kuvattu kovinkaan hyvin. Standardi keskittyy näkemään toiminnan koko keskuksen, verkon solmun, kannalta.

ISUP tarjoaa perustoiminnot verkkopalvelulle ja erilaisia lisäpalveluja. Se käyttää SS7-verkon sanomansiirto-osan tarjoamaa palvelua merkinantoviestien kuljettamiseen merkinantopisteiden välillä. ISUP voi käyttää myös SCCP:n (kappale 3.4.3) palvelua päästä-päähän merkinannossa (end-to-end signalling). Kappaleessa 3.4 on kuvattu ISUP:n protokollapino.

ISUP:n tarjoama peruspalvelu on piirikytkentäisten yhteyksien hallinta verkossa. Seuraavassa kuvassa (kuva 13) nähdään tyypillinen esimerkki puhelun muodostamisesta ja purkamisesta kahden keskuksen välillä. Kuvasta nähdään myös ISUP-viestin lähettämisen aiheuttavat Q.931- viestit.



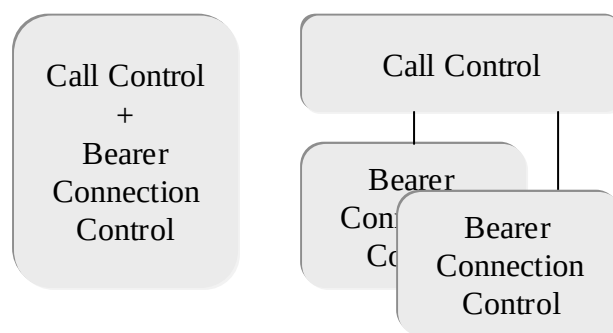
Kuva 13. Esimerkki ISDN-yhteydestä verkon yli.

4.3 B-ISDN

Merkinanto ja sen vaatimukset ovat muuttuneet paljon perinteiseen puhelinsovellukseen verrattuna, jossa vain kytketään kaksi käyttäjää yhteen. Monenlaisia lisäarvopalveluja on kehitetty ja kehitetään edelleen yksinkertaisista soittajan numeron näytöistä monipuolisempiin monen käyttäjän konferenssiyhteyksiin. Nämä erilaiset lisäarvoa tuottavat palvelut on pyritty ottamaan huomioon kehitettäessä ja standardoitaessa B-ISDN:n merkinantoa. B-ISDN vaatii joustavamman mallin puhelujen ja yhteyksien käsittelyyn ja hallintaan.

B-ISDN-verkon merkinanto esittelee siis uusia ominaisuuksia N-ISDN-verkkoihin verrattuna. Näitä ovat mm. asymmetrinen kaistanleveys, joukko uusia liikennöintiparametrien määrittelyjä, sekä niiden neuvottelu ja muuttaminen. Asymmetrinen kaistanleveys tarkoittaa mahdollisuutta valita erilainen kaistanleveys paluusuuntaan kuin menosuuntaan, mikä säästää verkon resursseja. Liikennöintiparametreista voidaan neuvotella yhteyden muodostuksen yhteydessä, ja niitä voidaan muuttaa vielä yhteyden aikanakin. Tosin yhteyden aikainen parametrien muuttaminen on hieman kesken standardoinnin osalta. [VeH98]

N-ISDN:n standardit käsittelivät merkinantoa yhtenäisenä kokonaisuutena, sisältäen sekä puhelunohjauksen (call control) että verkon yhteyksien hallinnan (bearer connection control). Tästä etenkin ISUP:n standardi on hyvä esimerkki (kappale 4.2.2). B-ISDN määritteli nämä toiminnot erillisiksi. Tämä modulaarinen lähestymistapa mahdollistaa mm. paremman laajennettavuuden uusille palveluille. [VeH98]

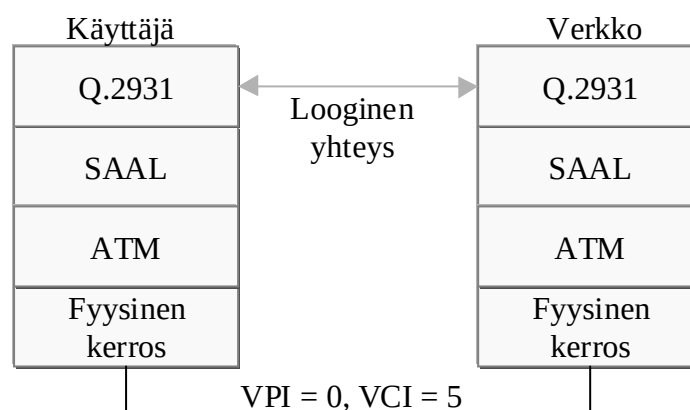


Kuva 14. Yhtenäinen ja erillinen lähestymistapa.

4.3.1 DSS2 – Q.2931

Siinä missä DSS2 (Digital Subscriber Signalling System No.2) on DSS1:n vastine B-ISDN-verkkoihin, on Q.2931 sitä Q.931:lle. Q.2931 on johdettu Q.931-standardista palvelemaan B-ISDN-verkkojen merkinantoa käyttäjärajapinnassa. Se sisältää ominaisuuksia, joita ei löydy N-ISDN:n puolelta, mutta siinä on huomioitu yhteistoiminta N-ISDN-merkinannon kanssa.

Q.2931 hyödyntää merkinannon sovituserroksen (SAAL, Signalling ATM Adaptation Layer) palvelua, joka sisältää kaikki toiminnot merkinantoviestien kuljettamiseen ATM-soluissa. Merkinanto käyttää yleensä sille erityisesti varattua virtuaalikanavaa ATM-verkoissa.



Kuva 15. DSS2-protokollapino.

Standardi Q.2931 määrittää protokollan toiminnot tarkemmin kuin Q.931. Puhelunohjaussovellus on erillinen prosessi (application process), jota Q.2931 palvelee ja käyttää. Standardissa määritellään rajapinta protokollan ja puhelunohjauksen väliin. Standardi Q.2931 määrittelee merkinannolle mm. seuraavat toiminnot, joita sen täytyy tukea: [ITU95a]

- Kytkeäiset yhteydet
- Kahden pisteen väliset yhteydet (point-to-point)
- Kaksisuuntaiset symmetriset ja asymmetriset yhteydet
- Perusmerkinantotoiminnot
- Siirtopalvelut eri palveluluokille
- Joidenkin liikennöintiparametrien ja VPI/VCI neuvottelu
- Julkisen UNI:n osoiteformaatti (kappaleet 2.3.3, 2.3.4)
- Yhteistoiminta N-ISDN-merkinannon ja –palveluiden kanssa

Perusmerkinantotoiminnot, kuten viestit ja niiden sekvenssit, ovat melko samanlaiset kuin Q.931:ssa (kuva 12). Suurin ero on viestien parametreissa ja niiden neuvottelussa. Siitä heijastuu näiden kahden merkinannon suurin ero: fyysinen kytkentäkenttä ja sen hallinta.

4.3.2 ATM Forum UNI

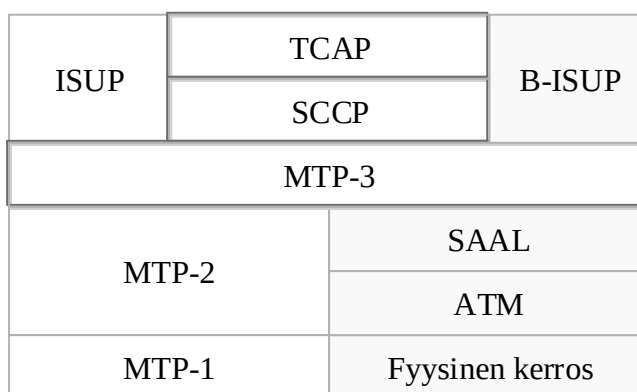
ATM Forum (kappale 7.3) määritteli UNI-toteutussopimukset vastaamaan Q.2931-standardia. Merkittävimmät versiot ovat UNI 3.1 ja UNI 4.0. UNI 3.1 eroaa Q.2931:sta mm. poistamalla yhteistoiminnan vaatimukset N-ISDN-verkkojen kanssa, sekä määrittelemällä joitakin lisävaatimuksia merkinannolle. Näitä lisävaatimuksia ovat mm. monen käyttäjän yhteydet (point-to-multipoint) ja yksityinen UNI-osoitteistus (kappale 2.3.4). UNI 4.0 on uudempi ja kehitetty lähemmäksi ITU-T:n Q.2931-protokollaa. [GrM98]

4.3.3 SS7 – B-ISUP

B-ISUP (Broadband ISDN User Part) on määritelty hyvin pitkälle kapeakaistaisesta ISUP:sta. B-ISUP sisältää merkinantoverkon toiminnot yhteyksien hallintaan ja palvelun tason käsittelyyn B-ISDN-verkoissa. Myös

B-ISUP voidaan määritellä toteuttamaan käyttäjämerkinannon (Q.2931) välitys verkon yli, kuten ISUP (kappale 4.2.2).

B-ISUP käyttää samaa sanomansiirto-osan palvelua kuin ISUP. MTP-3:n tarjoaman palvelun ero kapeakaistaisen ja laajakaistaisen verkon välillä on pieni, ja ominaisuudet laajakaistaverkon tukemiseen on määritelty yhdellä lisästandardilla. Tämä antaa joustavuuden B-ISDN-verkkomerkinannolle toimia sekä perinteisten SS7-verkkojen että uudempien ATM-verkkojen päällä. Samalla se mahdollistaisi myös ISUP:n periaatteellisen toiminnan ATM-verkkojen päällä. Sellaisen toteutuksen tarpeellisuus ei tosin ole tullut missään esille.



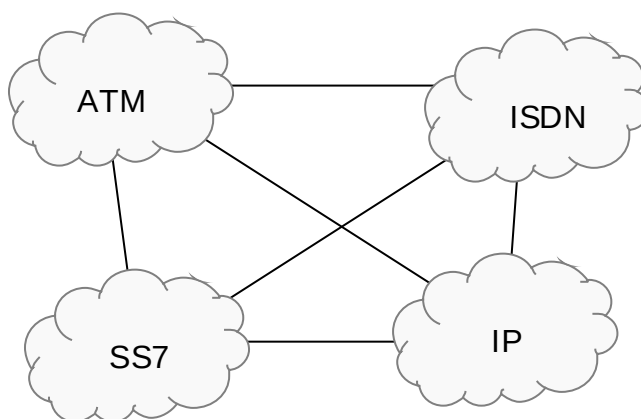
Kuva 16. B-ISDN:n vaikutus SS7-protokollapinoon.

Viestit ja sekvenssit ovat hyvin ISUP:ia vastaavat (kuva 13). Viestien sisältö on erilainen riippuen kytkentäkentästä ja sovellusten erilaisista lähtökohdista (puhelinverkot ja multimediapalvelut). B-ISUP:n perusversio, eli standardit Q.2761-Q.2764, ei määrittele SCCP:n käyttöä kuten ISUP. Toisaalta B-ISUP määrittelee vahvistuksen yhteyden hyväksymisestä ja reitittämisestä eteenpäin. Tämä vahvistus määrittelee kaksi lisäviestiä, yhteyden hyväksymisviestin (IAA, Initial Address Acknowledge) ja kieltoviestin (IAR, Initial Address Rejected). [ITU95b]

5 YHTEISTOIMINTA

5.1 Johdanto

Yhteistoiminta (interworking) eli yhteiskäytön toiminta on osa monipuolisen verkkopalvelun vaatimuksia. Ääntä ja käyttäjätietoa varten kapeakaistaisten verkkojen, kuten ISDN ja SS7, täytyy toimia yhdessä laajakaistaisten verkkojen, kuten ATM:n, kanssa. Toisaalta myös IP-verkkojen täytyy toimia SS7-perusteisten piirikytkentäisten verkkojen, kuten yleisen puhelinverkon kanssa.



Kuva 17. Verkkotekniikoiden yhdistämistarve.

IP-verkkojen yhteiskäyttö muiden verkkojen kanssa vaatii erikoisempia ratkaisuja muihin verrattuna. MPLS (Multiprotocol Label Switching) on yksi tämän hetken mielenkiintoisimmista ratkaisuista, ja yhdistäisi IP- ja ATM-verkot runkoverkkotasolla. Toinen näkökulma olisi PSTN:n (SS7) ja IP:n yhdistäminen keskittyen äänen ja videon siirtoon IP-verkoissa. Tässä vahvimmin on ollut esillä H.323. Näitä tekniikoita ei tässä työssä tarkemmin tutkita, vaan keskitytään B-ISDN- ja N-ISDN-verkkojen yhteistoimintaan.

5.2 Haasteet ja ongelmat

Jotta useaa eri verkkotekniikkaa voidaan tukea integroituna samassa laitteessa, vaaditaan tiettyjä yhteistoimintoja näiden tekniikoiden välille. Yhteistoiminta voidaan käsittää monella tasolla. Selkein taso on yhteistoiminta eri verkkotekniikoiden välillä, esimerkiksi N-ISDN:n ja B-ISDN:n välillä. Toisaalta tiettyjä yhteiskäytön toimintoja vaaditaan myös saman verkkotyypin eri rajapintojen, eli käyttäjä- ja verkkorajapinnan välillä. Lisäksi muita mahdollisia tapauksia ovat mm. yhteistoiminta eri laitevalmistajien tai jonkun standardin eri versioiden välillä.

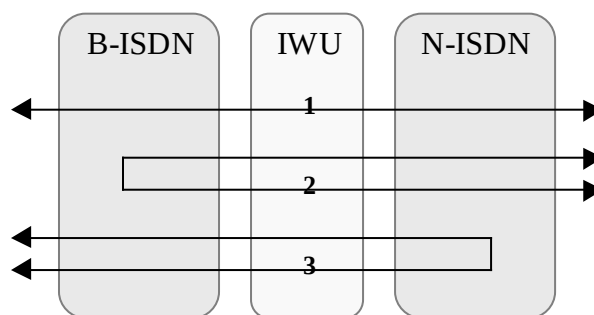
Yhteistoimintaan liittyviä haasteita ja ongelmia on paljon. Puhelujen ja yhteyksien ohjaus ja hallinta, merkinanto, fyysiset kytkentätoiminnot sekä erilaiset osoitteistukset (E.164, NSAP ja IP) ja reititykset ovat perusongelmia. Lisäksi palvelut, niiden tuottaminen, laatu ja hallinta, liikkuvuuden hallinta, tietoturva ja laskutus tuovat monia muita lisähaasteita. Tässä työssä keskitytään perusongelmiin.

5.3 Verkkojen välinen yhteistoiminta

Suurin yhteistoiminnan haaste on eri verkkotekniikoiden välillä. Tässä käsitellään erityisesti kapea- ja laajakaistaisen ISDN-rajapintojen yhteistoimintaa. B-ISDN voidaan käsittää N-ISDN:n evoluutiona. Joitakin toimenpiteitä on kehitettävä riittävän yhteentoimivuuden varmistamiseksi näiden verkkojen välille. Riittävä yhteistoiminta voidaan määritellä siten, että B-ISDN tukee suoraan tai epäsuoraan kapeakaistaista verkkopalvelua. Tämä mahdollistaa eri verkoissa olevien käyttäjien kommunikoinnin. [ETS96]

Epäsuoran verkkopalvelun tuessa ominaisuudet kapeakaistaisen verkkopalvelun tukemiseen ovat B-ISDN-verkon ulkopuolella. Laajakaistaverkko tarjoaa vain läpinäkyvän yhteyden verkon ulkopuolisille solmuille, eivätkä verkon sisäiset solmut sisällä N-ISDN-verkkopalvelun ominaisuuksia. ATM-verkoissa tämä tarkoittaa yleensä kiinteiden yhteyksien (PVC, Permanent Virtual Circuits) muodostamista etukäteen palvelun tarjoamiseen. Suorassa verkkopalvelun tukemisessa ominaisuudet ovat verkon sisällä, ja B-ISDN-verkkosolmujen on muodostettava reaaliaikaisia yhteyksiä N-ISDN-verkkopalvelun tukemiseen. [ETS96]

Perustason ongelmia ovat tiedonsiirtoelementtien perusyksiköiden (64 kbps aikavälit) muuntaminen toiseen siirtomuotoon (ATM-solu), sekä merkinannon toiminnot siirryttäessä toisen tyyppisestä kytkentäkentästä toiseen. Merkinannossa se merkitsee yhteistoiminnan vaatimuksia näiden kahden merkinannon välillä. Vaatimuksia ovat ainakin ominaisuudet merkinannon toimintojen päättämiseen ja aloittamiseen, sekä protokollien välinen viestien ja parametrien muuntaminen.



Kuva 18. Yhteistoiminnan eri mahdollisuudet.

Kuvassa 18 kuvataan kolme erilaista yhteistoiminnan tapausta kahden eri verkon välillä. Verkkojen välissä oleva IWU (Interworking Unit) on yleisesti käytetty nimitys yhteistoiminnasta vastaavasta toiminnallisesta yksiköstä. Yleisin tällainen yksikkö verkossa on gateway. Ensimmäisessä tapauksessa päätelaitteet ovat eri verkoissa (interconnection). Toisissa tapauksissa

yhteistoiminta näkyy verkkojen ketjutuksena (concatenation) päätelaitteiden ollessa saman tyyppisessä verkossa. Jokainen tapaus rajoittaa verkkopalvelun N-ISDN:n mukaiseksi, vaikka esim. kolmannessa tapauksessa molemmat päätelaitteet ovat B-ISDN-verkoissa. Koska laajakaistaiset verkot yhdistävä kapeakaistainen verkko aiheuttaa pullonkaulan, täytyy päätelaitteiden tyytyä N-ISDN-verkkopalvelua vastaaviin ominaisuuksiin ja palvelun laatuun. [ETS96]

5.4 Verkkojen sisäinen yhteistoiminta

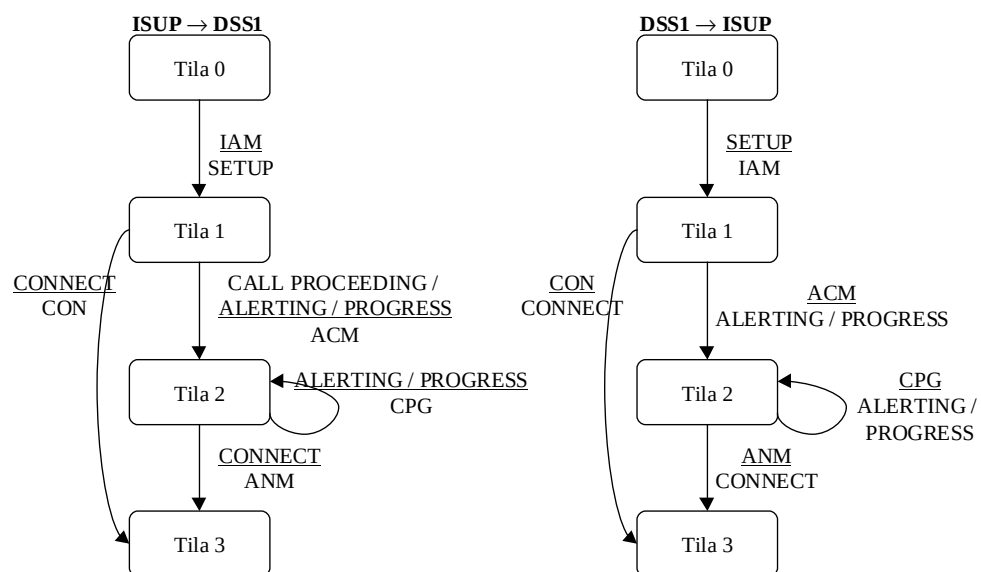
Älyverkon standardoinnissa on kenties ensimmäisenä pyritty huomioimaan protokollien (merkinantojen) yhteistoiminta (kappale 3.3). Siinä huomioitiin Q.931- ja ISUP-protokollien tilojen ja viestien vastaavuuksia. Tosin standardissa sanotaan, ettei puhelun tilojen (PIC) suhde Q.931:n tiloihin ole tarkoitus olla tarkka formaali määritelmä niiden välille. [FaG97]

Verkkotekniikan sisäinen yhteistoiminta tarkoittaa tässä saman verkkopalvelun käyttäjä- ja verkkorajapinnan välistä yhteistoimintaa. Perustason ongelmia ovat lähinnä merkinantoprotokollien informaation muuntaminen (mapping) oikeaan muotoon, uusien primitiivien ja parametrien määrittäminen ja luominen, sekä siirtoparametrien tutkiminen ja hyväksyminen. Tässä käsiteltävät tapaukset ovat standardoituja. Toimintoja ei määritellä standardeissa äärellisillä tilakoneilla tai muilla toiminnallisilla kuvauksilla, vaan ne käsitellään primitiivien ja parametrien tasolla. Tietty primitiivi ja sen parametrit muunnetaan toisen protokollan primitiiviksi ja parametreiksi. Joissain tapauksissa myös luodaan uusia primitiivejä ilman saapunutta vastinetta, vaan sen on aiheuttanut jokin muu toiminta.

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi sekä kapea- että laajakaistaisen verkon eri rajapintojen väliset yhteistoiminnan tehtävät. Toiminnot eroavat tuettavista ominaisuuksista riippuen, esimerkiksi lähetetäänkö kaikki numerot kerralla (en bloc) vai pienissä osissa (overlap). Tässä käsitellään perustoimintoja numeron kertalähetyksellä.

5.4.1 N-ISDN

Kapeakaistaisessa ISDN-verkoissa käsitellään Q.931-protokollan ja ISUP-protokollan yhteistoimintaa, joka on kuvattu äärellisillä tilakoneilla kuvassa 19. Tilakoneista nähdään viestien sekvenssit, saapunut viesti ja sen johdosta lähetettävä viesti. Tilakaaviot on muodostettu ITU-T:n standardin Q.699 kuvauksista helpottamaan toiminnan ymmärrystä ja toteutusta. [ITU97]



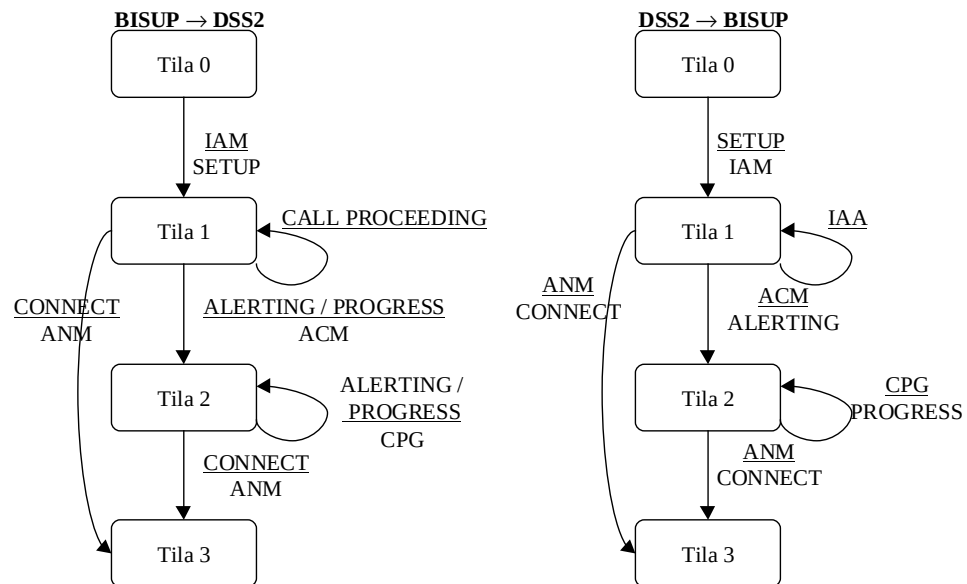
Kuva 19. ISUP – DSS1 yhteistoiminta.

Neljällä tilalla saadaan kuvattua yhteistoiminta molempiin suuntiin näiden protokollien välillä. Tosin muutoksia tulee helposti, jos jokin yksityiskohta muuttuu, koska keskuksille voidaan määritellä monia erilaisia ominaisuuksia. Tilakaaviosta havaitaan, että riippuen puhelun muodostuksen

tilasta, saman viestin saapuminen voi aiheuttaa eri viestin lähetyksen. Toisaalta viestejä voidaan lähettää ilman saapuneen viestin aiheuttamaa toimintaa.

5.4.2 B-ISDN

Laajakaistaisessa tiedonsiirrossa käsitellään Q.2931- ja B-ISUP-protokollan yhteistoimintaa. Kuvassa 20 on yhteistoiminnalle muodostettu äärelliset tilakoneet ITU-T:n standardin Q.2650 kuvausten perusteella. [ITU95c]



Kuva 20. B-ISUP – DSS2 yhteistoiminta.

Tilakaavio ei sisällä suuria eroja N-ISDN-malliin verrattuna, vaan perusajatus on sama. Jokin viesti aiheuttaa normaalisti toisen viestin lähetyksen, joka voi vaihtua eri yhteyden muodostuksen eri vaiheissa. Lisäksi sekä tässä että edellisessä tapauksessa on huomattavaa, että viestien vaihtuessa, niiden sisältö (parametrit) kuitenkin säilyy varsin samanlaisena. Tosin eri protokollat kuvaavat viestien sisällön usein eri tavalla, ainakin bittikehyksiksi koodattuina.

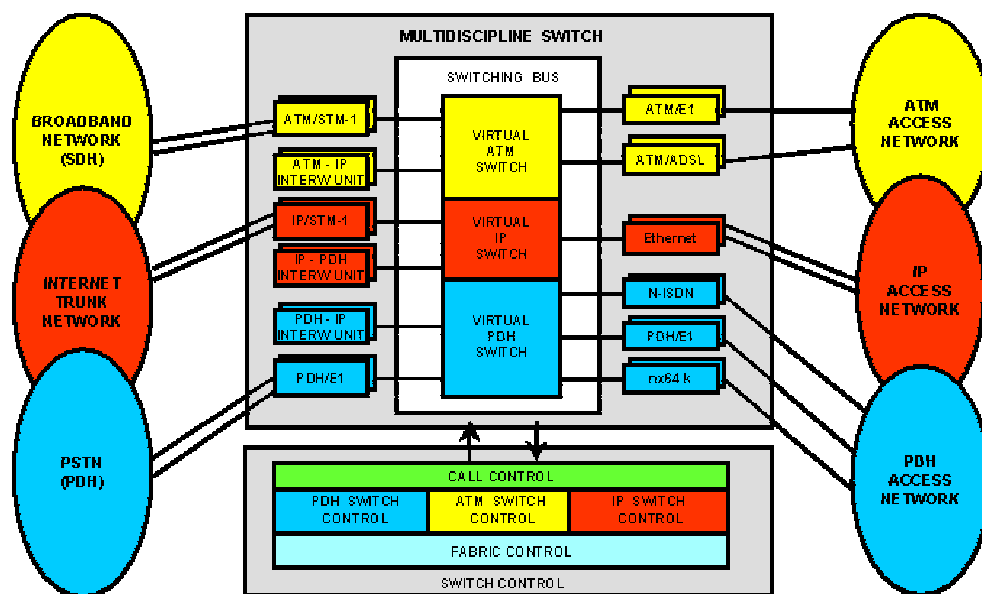
6 ONGELMAT JA TAVOITTEET

6.1 TOVE- ja SCOMS-projektit

Tämä työ on tehty Teknillisen korkeakoulun (TKK) tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratoriolle (TML) osana TOVE- ja SCOMS-projekteja. TOVE (Toimialaverkot) oli vuosina 1996-1998 toiminut TEKES:n (Tekniikan edistämiskeskus) ja yhteistyöyritysten rahoittama tutkimushanke, jonka tavoitteena oli ATM-kytkimen ohjelmiston suunnittelu ja toteutus. Kytkinkonsepti perustui VTT:llä (Valtion teknillinen tutkimuskeskus) kehitettyyn FSR-kytkinväylään (Frame Synchronized Ring), jonka arkkitehtuuri perustuu rengastopologiaan. Ohjelmisto koostui OVOPS++-protokollasovelluskehiksestä (Object-oriented Virtual Operations System), ja sillä toteutettavista merkinantoprotokollista, kytkimen ohjausosasta ja älyverkko-osasta. [KoP96] [Raa96]

SCOMS-projekti (Software Configurable Multidiscipline Switch) alkoi vuonna 1998. Projektissa jatkokehitetään TOVE-projektista saatuja tuloksia. Se on myös TEKES:n ja yhteistyöyritysten rahoittama hanke, tavoitteena kehittää hybridi-kytkinlaitetekniikka, eli monikäyttökytkin. Siinä pyritään yhdistämään 64 kbps piiri- ja ATM-solukytkentä, sekä IP-pohjainen pakettikytkentä ja reititys (kuva 21). Fyysisen SCOMS-kytkentäväylän arkkitehtuuri muodostuu kahdesta vastakkaisiin suuntiin siirtävistä väyläsegmenteistä. [Raa96] [RaM99]

TOVE-projektin ohjelmisto oli tarkoitettu ATM-kytkimen ohjaamiseen. SCOMS-kytkimen ohjausohjelmiston on pystyttävä ohjaamaan sen lisäksi 64 kbps PDH-kanavien (Plesiochronous Digital Hierarchy) kytkentää, sekä tukemaan yhteistoimintaa ATM- ja PDH-verkkojen välillä. Projektin jatkotavoitteena on pystyä kontrolloimaan hajautettua IP-reititystä, sekä mahdollisesti yhteistoimintaa joko ATM- tai PDH-verkon ja IP-verkon välillä.



Kuva 21. Lohkokaavio SCOMS-kytkimestä. [VTT99]

6.2 Lähtökohta

TOVE-projektissa kehitettiin älyverkkototeutus, joka muodostuu palvelunhallintapisteestä (luonti-, testaus- ja hallintaympäristö) ja palvelunohjauspisteestä (ajoympäristö). Älyverkkototeutuksessa keskityttiin uusien olioteknologioiden hyödyntämiseen laajennettavan ja yksinkertaisen älyverkkoympäristön luomiseksi. Projektin tuloksena syntyi laajakaistainen palvelunkytkentäpiste (B-SSP, Broadband Service Switching Point). Siinä palvelunkytkentätoiminto ja puhelunohjaustoiminnon hallintarajapinta liitettiin palvelunohjauspisteeseen CORBA:n (Common Object Request Broker Architecture) välityksellä. Hallintarajapinnan kautta voidaan aktiivoida havaintopisteiden liipaisimia sekä tarkkailla niiden tilaa. [Num99a]

B-SSP:n puhelunohjaustoiminto sisältää CS-1-standardin (Capability Set) mukaiset puhelumallit aloittavalle ja lähtevälle puolelle. Puhelunohjaustoimintoon voidaan liittää B-ISDN:n käyttäjämerkinantoprotokolla. TOVE-

projektissa oli tavoitteena yhdistää puhelunohjaukseen myös B-ISDN:n verkkomerkinanto. Sitä varten kehitettiin B-ISUP-protokollan prototyyppi, jonka lopullinen integrointi ohjelmistoon siirtyi SCOMS-projektiin.

6.3 Puhelunohjaus

SCOMS-projektin tavoitteet eivät sisältäneet vain B-ISDN:n käyttäjä- ja verkkomerkinannon integrointia samaan puhelunohjaukseen, vaan tavoitteena oli myös kapeakaistaisten ISDN-merkinantoprotokollien toteutus ja integrointi samaan ohjelmistoon. Lopputuloksena olisi merkinanto-ohjelmisto älyverkon puhelunohjauksella, joka tukee sekä N-ISDN että B-ISDN käyttäjä- ja verkkomerkinantoja että niiden mahdollisia yhteistointoja. N-ISDN:n käyttäjämerkinantona on DSS1 ja verkkomerkinantona SS7:n ISDN-käyttäjiosa ISUP. B-ISDN:n merkinantoina toimivat DSS2 ja sen ATM Forumin johdannaiset (UNI 3.1 ja UNI 4.0) ja verkkorajapinnassa B-ISUP.

Puhelumallin eli puhelunohjauksen (call control) liittäminen useaan merkinantoon on haastava tehtävä sisältäen monia huomioitavia asioita. Puhelumallin tulisi olla mahdollisimman yleinen pystyen silti tukemaan jokaista merkinantoa. Koska jokainen protokolla määrittää omat primitiivit ja niiden rakenteellisen sisällön sekä omat sekvenssit viesteilleen ja toiminnoilleen, yleisen puhelunohjauksen toteutus on hankalaa vaatien erityistoimenpiteitä.

Vaikka puhelunohjauksesta tulisi saada mahdollisimman yleinen, pitäisi silti erottaa erilaiset kytkentätoiminnot (bearer connection control), joihin puhelunohjaus on tiiviisti yhteydessä. Tässä erilaisia kytkentäkenttiä ovat ATM-virtuaalikanavat, sekä ISDN- ja E1-kortin 64 kbps PDH-kanavat (kuva 21).

Puhelunohjaukseen liittyvät myös reititystoiminnot. Reititys moniprotokollakytkimessä on haasteellinen ja monimutkainen asia, johon yksiselitteistä ratkaisua ei ole olemassa. Tässä työssä sen ongelmia ei tarkemmin tutkita, vaan toteutetut reititysratkaisut ovat hyvin yksinkertaiset. Olennainen osa reititystä on merkinantoprotokollien määrittämien osoiteformaattien ymmärtäminen ja käsitteleminen ohjelmistossa.

6.4 Yhteistoiminta

Yhteistoiminta (interworking) merkinantoprotokollien välillä asettaa omat vaatimuksensa ja haasteensa ohjelmiston toteutukselle. Sellaiset yhteistoiminnan tapaukset määriteltiin tavoitteeksi toteuttaa, jotka ovat selkeästi standardoituja. Yhteistoiminnan toiminnot sisältävät mm. viestien sekvenssien ja sisällön analysointia, halutun siirtopalvelun (bearer capability) tarkastelua ja hyväksymistä, sekä uusien viestien ja parametrien muodostamista. Jokainen yhteistoiminnan tapaus määrittellään erikseen riippuen yhteyden aloittavasta puolesta. Siten esimerkiksi yhteistoiminta välillä DSS1 ja ISUP on erilainen, jos yhteyden aloitus tulee käyttäjältä (DSS1 → ISUP), kuin jos se tulisikin verkosta (ISUP → DSS1).

Yhteistoiminnan mahdollistava merkinanto-ohjelmisto älyverkon puhelunohjauksella on mahdollista toteuttaa monella eri tavalla. Koska jokainen merkinantoprotokolla on erilainen, niin jokaiselle voisi toteuttaa oman puhelunohjaussovelluksensa (call control ASE). Se osaisi käsitellä kunkin merkinannon tietorakenteita, viestisekvenssejä ja kytkentätoimintoja. Siinä tapauksessa yhteistoiminnan vaatimus tulisi ilmi näiden puhelunohjausten välisessä kommunikoinnissa. Tämä toteutus merkitsisi kuitenkin paljon koodia. Jokainen uusi merkinantoprotokolla lisäisi uuden puhelunohjaussovelluksen älyverkon kytkentätoimintoihin, kasvattaen ohjelmiston kokoa

ja kompleksisuutta huomattavasti, ja silti yhteistoiminnan toteutusongelma tarvitsisi vielä jonkin lisäratkaisun.

Toinen selkeä lähestymistapa olisi tehdä yleinen puhelumalli, joka pystyisi käsittelemään kaikkien merkinantoprotokollien tietoa riippumatta protokollasta. Lisäksi kytkentätoiminnot erotettaisiin puhelumallista erilliseen olioon. Tässä asetetaan enemmän vaatimuksia merkinantoprotokollien toteutuksille tiedon muodostamiseksi yleisen puhelumallin ymmärtämään muotoon. Tämä olisi mahdollista tarkasti määritetyllä komponentilla (rajapinta) merkinantoprotokollien ja puhelunohjauksen väliin. Siinä tapauksessa yhteistoimintatoiminnot vaativat jonkin lisäkomponentin tulevan ja lähtevän puhelumallin väliin, tai yhdistettynä toiseen puhelumalleista.

6.5 Merkinantoprotokollien sovelluskehys

Työssä oli myös tavoitteena tutkia ja kehittää merkinantoprotokollien toteutusmallia eli sovelluskehystä. Koska ohjelmistoon toteutetaan monta merkinantoprotokollaa, pyritään uudelleen hyödynnettävään koodiin (reusability) ja yhdenmukaisiin protokoliin yhtenäisen ja tiiviin ohjelmiston muodostamiseksi. Tavoitteena on kehittää merkinantoprotokollille soveltuvia suunnittelumalleja ja muodostaa jokaiseen merkinantoprotokollaan soveltuva yleinen esitysmalli OVOPS++-rakennuselementeillä (kappale 7.2.3). Projektin käytössä ollut protokollasovelluskehys (OVOPS++) on tarkoitettu tietoliikenneohjelmistojen toteutukseen. Tässä työssä perehdytään kuitenkin syvemmälle merkinantoprotokollien sisäisiin rakenteisiin, yleisiin ominaisuuksiin ja toteutusmahdollisuuksiin.

7 PROTOKOLLAN KEHITYS

7.1 OSI-viitemalli

Protokollat mahdollistavat tietoliikennejärjestelmien välisen tiedonvaihdon tarjoamalla yksiselitteiset ratkaisumallit kommunikointiin liittyviin kysymyksiin. Protokollat määrittelevät yhteiset säännöt vaihdettavan tiedon esitysmuodolle ja muulle tiedonvaihtoon liittyvälle toiminnalle.

Tietoliikenneprotokollat ja niiden kommunikointi voidaan usein mallintaa OSI-viitemallin avulla. Sen ymmärtäminen ja soveltaminen liittyy siten tietoliikenneohjelmistojen toteutukseen. Projekteissa käytetty OVOPS++-protokollasovelluskehys noudattaakin OSI-viitemallia mm. kerrosrakenteiden sekä pystysuoran ja vaakasuoran kommunikoinnin osalta.

OSI-viitemalli (OSI Basic Reference Model) on kansainvälisesti standardoitu määritelmä. Se on kehitetty kuvaamaan standardilla tavalla kaikki mahdolliset tietoliikenneprotokollahierarkiat, sekä niiden välinen avoin tiedon välitys. Mallissa määritellään eri toiminnot eri kerroksille (kuva 10). Kerrosten väliset rajapinnat standardoidaan ottamatta kantaa toteutukseen. Yleensä kaikki valmistajat muodostavatkin omat tapansa toteuttaa nämä rajapinnat.

Kerrosmalli perustuu siihen, että kerrokset käyttävät alempien kerrosten tarjoamia palveluja, jalostavat niitä ja tarjoavat samalla omia palveluja ylemmille kerroksille. Saman kerroksen vastinoliot (peer entity) keskustelevat toistensa kanssa käyttäen sen kerroksen yhteyskäytäntöä, eli protokollaa. Tämä kommunikointi käsittää tietoyksiköiden (PDU) vaihtoa. PDU sisältää sen kerroksen mukaista ohjaustietoa (PCI, Protocol Control Information) sekä käyttäjätietoa. Käyttäjätieto on yleensä ylemmältä

kerrokselta tullutta palvelutietoyksikköä (SDU, Service Data Unit). OSI-viitemalli käsittää siis sekä pystysuoraa, että vaakasuoraa kommunikointia.

OSI-viitemalli sisältää seitsemän eri kerrosta. Alin kerros eli fyysinen kerros määrittelee fyysisen siirtotien liittynät. Se tarjoaa läpinäkyvän bittien siirron ylemmille kerroksille. Linkki- eli siirtokerros vastaa tiedon mahdollisimman virheettömästä tiedonsiirrosta kahden pisteen välillä. Se tarjoaa läpinäkyvää kehysten siirtopalvelua joko yhteydettömällä (connectionless) tai yhteyspohjaisella (connection oriented) siirtoyhteydellä. Verkko- eli kolmas kerros tarjoaa myös yhteydellistä ja yhteydetöntä palvelua määritellen verkon reitityksen ja yhteyskäytäntöjen sovittamisen eri aliverkkojen kesken. Neljä ylintä kerrosta ovat kuljetuskerros, istuntokerros, esityskerros ja sovelluskerros. Nämä palvelut ovat käytössä yleensä vain päätepisteiden välillä.

7.2 OVOPS++

7.2.1 Johdanto

Ohjelmistokehittäjien työtä helpotetaan ja nopeutetaan kehittämällä sovelluskehyskehyksiä. Sovelluskehys (framework) tarjoaa sovellusaluekohtaisen rungon, jota täydentämällä ja tarkentamalla luodaan haluttu sovellus. Olio-ohjelmoinnissa sovelluskehys käsittää joukon luokkia ja luokkahierarkioita, sekä oletustoiminnan kuvaavan toimintalogiikan.

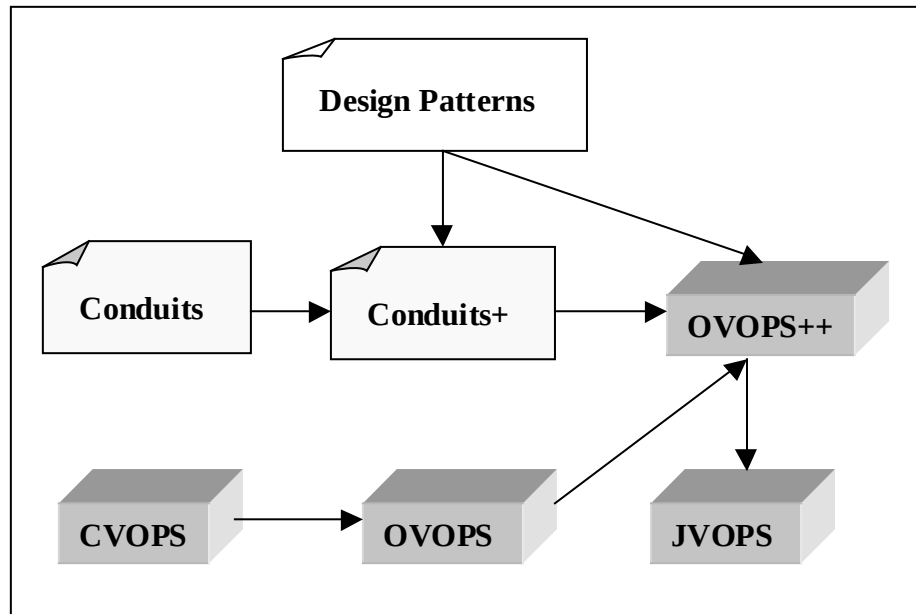
Suomessa tietoliikenneohjelmistojen protokollankehitysympäristönä ovat olleet esillä erilaiset VOPS-ympäristöt (Virtual Operating System). Sillä tarkoitetaan protokollaohjelmistojen ajonaikaista toteutusympäristöä. Sillä on jopa eräitä käyttöjärjestelmän piirteitä, kuten tehtävien (tasks) suoritus. Suurimman suosion on saavuttanut mm. tehokkuutensa ansiosta C-kieleen pohjautuva CVOPS. CVOPS kehitettiin 80-luvulla, ja on nykyisin laajassa

käytössä monissa yrityksissä. Ensimmäinen oliopohjainen VOPS, OVOPS (Object-oriented VOPS), kehitettiin Lappeenrannan teknillisessä korkeakoulussa. OVOPS++ kehitettiin suurimmaksi osaksi TOVE-projektissa (kappale 6.1). JVOPS on Java-ohjelmointikieleen perustuva sovelluskehys, jonka perustana oli OVOPS++.

OVOPS++ perustuu Conduits+-sovelluskehukseen. Conduits+ on Ascom Tech AG:n, University of Illinois:n ja GLUE Software Engineering:n julkaisemien papereiden pohjalta kehitetty oliopohjainen sovelluskehysmalli tietoliikenneohjelmistojen toteuttamiseen. Se tarjoaa malleja protokollien ja niiden välisten yhteyksien toteuttamiseen. Komponentteihin perustuva oliosuuntautunut sovelluskehysajatus, sekä oliosuuntautuneet suunnittelumallit (Design Patterns) on pyritty käyttämään hyödyksi siinä tehokkaasti. [HuJ95] [GaH95]

OVOPS++-sovelluskehys perustuu Conduits+ integroituna OVOPS-ohjelmistoon. OVOPS toteuttaa siinä protokollien vaatiman ajonaikaisen ympäristön sisältäen luokkia esimerkiksi ajan jakoa, ajastimia ja I/O-ajureita varten. Sovelluskehys nimeltä OVOPS++ on johdettu OVOPS:n ja Conduits+:n yhdistämisestä. Toinen plus sovelluskehys nimessä korostaa edistyneempää Conduits+-sovelluskehysajatusta. Ohjelmisto on tehty kokonaisuudessaan C++-kielellä, ja toimii tällä hetkellä vain Linux-käyttöjärjestelmässä. Sen asentaminen johonkin toiseen ympäristöön olisi myös mahdollista.

Kaikki TOVE- ja SCOMS-projekteissa kehitetyt protokollaohjelmistot on toteutettu OVOPS++-ympäristöön. Sovelluskehystä on kehitetty myös projektien edetessä rinnan varsinaisen protokollakehityksen kanssa. Sovelluskehysten kehittäminen onkin usein luonteeltaan iteratiivinen prosessi.



Kuva 22. OVOPS++-sovelluskehityksen kehitys.

7.2.2 Arkkitehtuuri

OVOPS++-arkkitehtuuri sisältää kaksi suurempaa osaa, protocol framework (PF) ja scheduling framework (SF). Ne ovat erillisiä, mutta toimivat tiiviisti toistensa ehdoilla. PF sisältää luokkia protokollien toteuttamiseen, ja on suunnittelijalle merkittävämpi osa. Se tarjoaa eri komponenttien sisäisen toiminnan ja rajapinnan (julkinen ja perittävä), sekä rajapinnat joidenkin komponenttien yhteenliittämiseen ja niiden väliseen kommunikointiin. SF on vastuussa ajan jaosta prosessissa, ja on enemmän piilossa suunnittelijalta. Sen käyttö näkyykin PF:n tarjoamien kantaluokkien sisällä, kun PF:n komponentit pyytävät suoritusaikaa SF:ltä.

PF muodostuu hyvin määritellyistä ja uudelleen käytettävistä rakennuselementeistä, joita käyttäen protokollat voidaan koota. Toteutettaessa jotain protokollaa, sovelluskehityksen luokista peritään protokollakohtaiset luokat, joihin toiminnallisuus täydennetään. Siten toteutuksesta

saadaan usein hyvinkin suoraviivainen prosessi, sekä hyödynnetään valmista koodia tehokkaasti.

7.2.3 Tärkeimmät komponentit

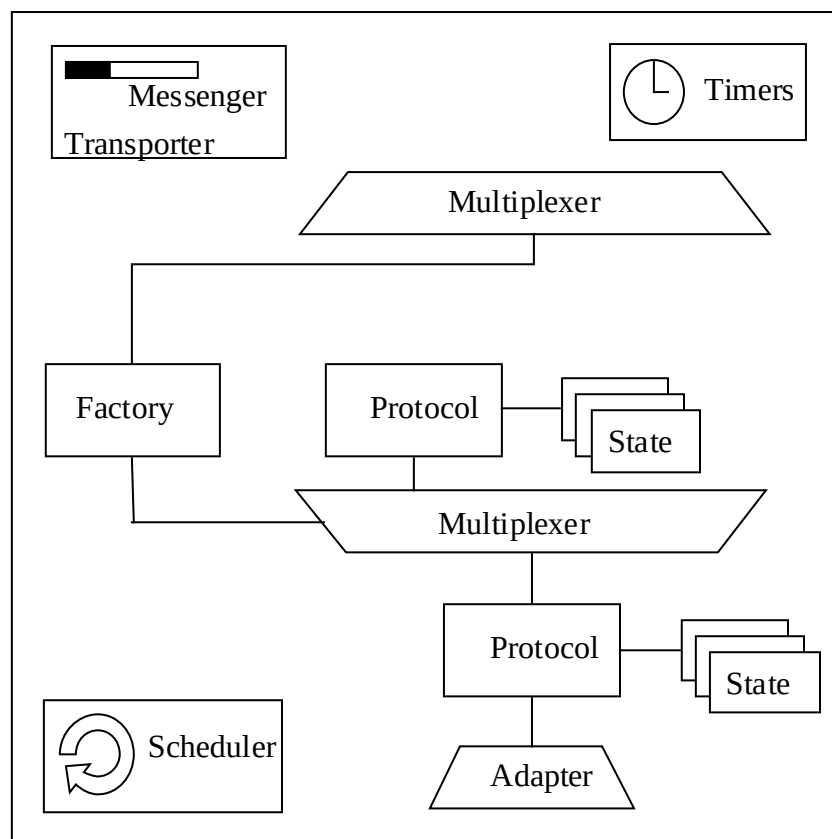
OVOPS++-arkkitehtuurin PF voidaan jakaa kahteen kategoriaan, tietoa käsitteleviin rakennuselementteihin (conduits) ja tietoa esittäviin komponentteihin (information chunks). Conduit on rakennuselementti, eräänlainen tietokanava, jolla on kaksi puolta, A- ja B-puoli. Sen perustehtävänä on kuljettaa sopivaa tietoa, eli viestejä, toiselta puolelta toiselle puolelle, rakennuselementiltä toiselle. Yleisin tapaus on jokin protokolla, joka saatuaan viestin prosessoi sen äärellisessä tilakoneessa, ja mahdollisesti muodostaa uuden viestin lähetettäväksi vastakkaiselle rajapinnalle.

Conduit on rakennuselementtien kantaluokka. Siitä peritään konkreettisemmat tietoa käsittelevät komponentit, joita ovat adapteri (adapter), protokolla (protocol), multiplekseri (mux) ja tehdas (factory). Nämä rakennuselementit voidaan kytkeä toisiinsa ns. conduit-graafiksi. Jokaisen elementin A- ja B-puolelle voi kytkeä periaatteessa minkä tahansa toisen elementin. Normaalisti kytketään vain yksi elementti kullekin puolelle, mistä poikkeuksena ovat adapteri ja multiplekseri. Adapterilla ei ole B-puolta lainkaan, ja multiplekserin B-puolelle voi kiinnittää useita elementtejä.

Adapteria käytetään yleensä kytkemään ohjelmisto johonkin rajapintaan. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset soketti- ja CORBA-rajapinnat. Protokolla kuvaa yksittäisen protokollan sisältöä ja toimintaa. Protokolla toteuttaa äärellisen tilakoneen (FSM, Finite State Machine) tila-suunnittelumallin (state pattern) mukaisesti. Sillä voi olla myös paljon muita parametreja. Tilakoneet toteutetaan singleton-suunnittelumallin (singleton pattern) mukaisesti. Myös adapterilla voi olla eri tiloja. [GaH95]

Multiplekseri voi kytkeä monta rakennuselementtiä B-puolelleen, jotka yleensä ovat protokollia, kuvaamaan yhteyksiä tai linkkejä merkinanto-ohjelmistossa. Tehdas (factory pattern) luo, kopioi, ajon aikana uusia elementtejä multiplekserin päälle, yleensä protokollista, jotka merkinannossa ovat yleisimmillään uusia yhteyksiä. Tehdas sisältää prototyypin (prototype pattern) kopioitavasta elementistä. [GaH95]

Tärkeimmät tietoa esittävät komponentit ovat viestit (messenger) ja kuljettajat (transporter). Viesti on yleensä tietoa sisältävä olio (command pattern), esimerkiksi protokollan PDU, ja kuljettaja tämän tiedon kuljettava olio elementtien välillä (visitor pattern). Ajastimet (timers) ovat myös viestejä, jotka protokollien tilakoneisiin saapuessaan saavat aikaan jonkin toiminnan. [GaH95]



Kuva 23. OVOPS++:n pääkomponentit.

7.3 Standardit

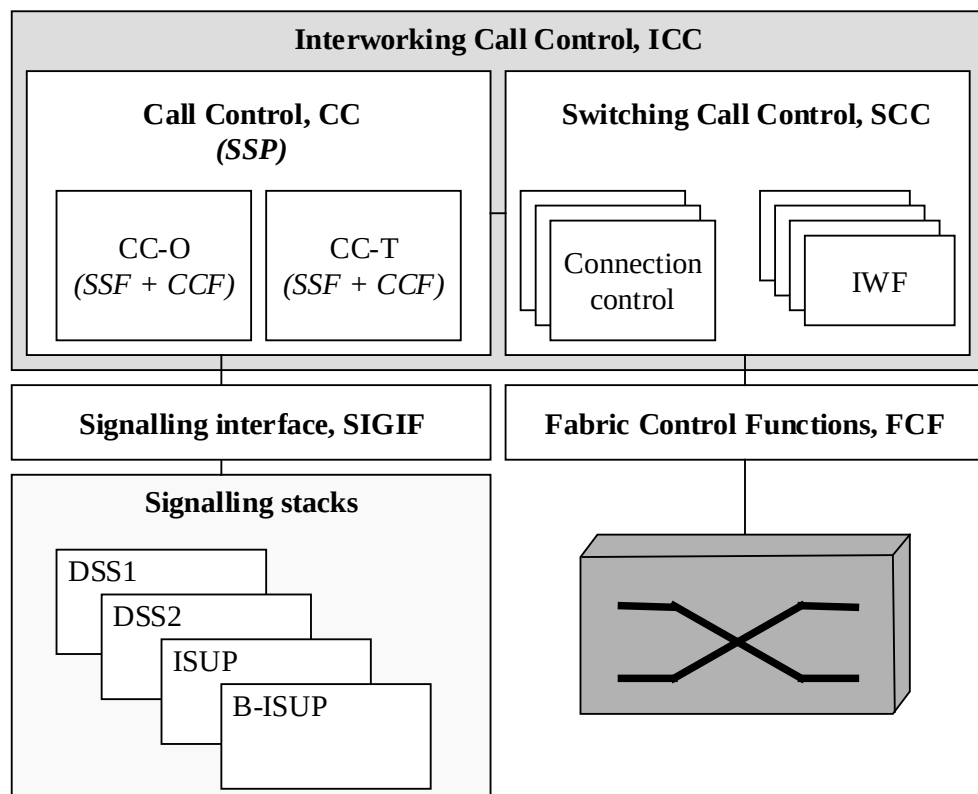
Standardointi tarkoittaa avointa protokollan määrittelyä eli protokollan määrittely on julkisesti saatavilla. Standardoinnilla on erittäin tärkeä asema julkisissa tietoverkoissa. Tietoliikenteessä standardit pyrkivät määrittelemään asioita, kuten liityntöjä ja protokollia, liikennöinnin yhteensopivuuden varmistamiseksi. Standardit, standardointi ja standardoituminen ovat monien mielestä edellytys tietoverkkojen yleistymiselle, sekä epäyhtenäisen ja sekavan tietoyhteiskunnan estämiseksi. Toisaalta, standardoinnissa on myös heikkouksia, joista suurin lienee sen hitaus.

Protokollien määrittelytyö pyritään avoimuuden mahdollistamiseksi tekemään puolueettomissa standardointielimissä. ITU-T on yksi ITU-standardointijärjestön osa-alue lähinnä suurille teleoperaattoreille. Se keskittyy televiestintäpalveluiden, laitteiden, systeemien, verkkojen ja palveluiden eri näkökohtien standardoimiseen. ATM Forumin perustivat tietokonealalla toimivat valmistajat, koska ITU-T:n standardoinnin hitaus aiheutti pelkoa ATM-teknologian jalkoihin jäämisestä muiden tekniikoiden rinnalla. ATM Forum pyrkii tekemään toteutussopimuksia kaikilta ATM-verkkojen osalueilta. Toteutussopimukset (IA, Implementation Agreement) eivät ole varsinaisia standardeja. Yleisimmillään näissä toteutussopimuksissa määritellään toteuksen sisältämät standardit, sekä mahdolliset poikkeamat. ETSI (European Telecommunications Standards Institute) on eurooppalainen telealan standardointijärjestö, joka määrittelee täysin uusia standardeja tai muokkaa toisten järjestöjen standardeja eurooppalaiseen käytäntöön. Tässä työssä esiteltävät protokollat pohjautuvat näiden järjestöjen (ITU-T, ATM Forum, ETSI) standardeihin. [GrM98]

8 OHJELMISTO

8.1 Johdanto

Ohjelmisto muodostuu erillisistä toiminnallisista osista eli komponenteista. Esimerkiksi merkinantoprotokollat toimivat itsenäisesti, sekä älyverkon puhelunohjaus ja kytkentäkenttien hallinta ovat erillisiä komponentteja. Komponentteja yhdistämällä saadaan joustava ja helposti laajennettava kokonaisuus, joka sisältää halutun toiminnallisuuden. Kaikki komponentit toimivat itsenäisesti, mutta käyttävät hyväksi tietoa toisten komponenttien toiminnasta oman toiminnan vähentämiseksi. Esimerkiksi viestien sekvenssien tarkistus tehdään vain tarvittaessa, ja toiset komponentit tietävät sekvenssin olevan oikea.



Kuva 24. Ohjelmiston komponentit.

Interworking Call Control (ICC) sisältää toiminnot älyverkon puhelunohjaukseen, protokollakohtaisten kytkentäkenttien tunnistamiseen ja kytkemiseen, sekä yhteistoiminnot eri merkinantoprotokollien välille. ICC käyttää ohjelmiston hallintakomponenttia (kytkinolio) resurssien varaukseen, reititykseen ja oikean yhteistoiminnan havainnollistamiseen.

Merkinantopinot, joiden näkyvin osa on merkinantoprotokolla, toimivat itsenäisesti ICC:n alapuolella sitoutuen käyttämään yhtenäistä palvelurajapintaa. Yhtenäinen rajapinta ICC:n ja merkinantoprotokollien välillä mahdollistaa yleisen mallin puhelunohjaukselle ja yhtenäisemmän kokonaistoteutuksen.

Toiminnalliset komponentit (kuva 24):

- Merkinantopinot sisältävät merkinantoprotokollat (DSS1, DSS2, ISUP, B-ISUP) ja niille palvelua tarjoavat alemman kerroksen protokollat.
- SIGIF (Signalling Interface) on yleinen palvelurajapinta merkinantoprotokollien ja ICC:n välillä.
- CC (Call Control) on älyverkon palvelunkytkeänpiste (SSP). Se sisältää perustoiminnot puhelun käsittelystä ja ohjauksesta, sekä mahdollisuuden älyverkkopalveluiden käyttämiseen. Call Control kuvataan kahdella erillisellä, tulevalla (originating) ja lähtevällä (terminating), puhelumallilla (kappale 3.3).
- SCC (Switching Call Control) on kytkävä puhelunohjaus. Se sisältää protokollakohtaiset toiminnot kytkentäkenttien ohjaukseen ja yhteistoiminnan toiminnot (IWF, Interworking Functions).
- FCF (Fabric Control Functions) on kytkentäkentän ohjauskomponentti, joka piilottaa fyysisen kytkimen ohjelmistolta. SCC kutsuu FCF:n toimintoja muodostaakseen fyysisiä kytkentöjä. FCF käyttää esimerkiksi fyysisen kytkimen API:a (Application Programming Interface).

Lisäksi ohjelmistokokonaisuuteen kuuluu tiiviisti hallintakomponentti eli kytkinolio. Se kuvaa koko ohjelmistoa, sen alustusta ja hallintaa, sekä vastaa mm. protokollapinojen muodostamisesta ja eri palvelujen (mm. reititys) käynnistämisestä ja hallinnasta.

8.2 Merkinantoprotokollat

8.2.1 Johdanto

Merkinantoprotokollat toteutettiin järjestyksessä DSS2 (UNI 3.1, Q.2931, UNI 4.0), B-ISUP, DSS1 (Q.931) ja ISUP, johtuen projektien tavoitteista (kappale 6). Tämä havaittiinkin hyväksi protokollien toteutusjärjestykseksi. Koska laajakaistaiset versiot on kuvattu standardeissa paremmin ja ne ovat johdettuja kapeakaistaisista, niin kapeakaistaisen toteutus oli helppoa ja nopeaa niiden jälkeen.

Tässä kappaleessa tarkastellaan saatuja tuloksia merkinantoprotokollien toteutuksista ja tutkitaan ajatusta merkinantoprotokollien sovelluskehyksestä. Tuloksissa pyritään pääsemään syvemmälle näiden protokollien ominaisuuksia ja toteutusmahdollisuuksia. Tutkittavana ovat erityisesti protokollien yleisrakenne OVOPS++-komponenteilla kuvattuna, koodin uudelleenkäyttö viestien koodauksessa ja tilojen yhdenmukaisuudet. Kaikki nämä ominaisuudet vaikuttavat tavalla tai toisella ohjelmiston kokonaisrakenteeseenkin.

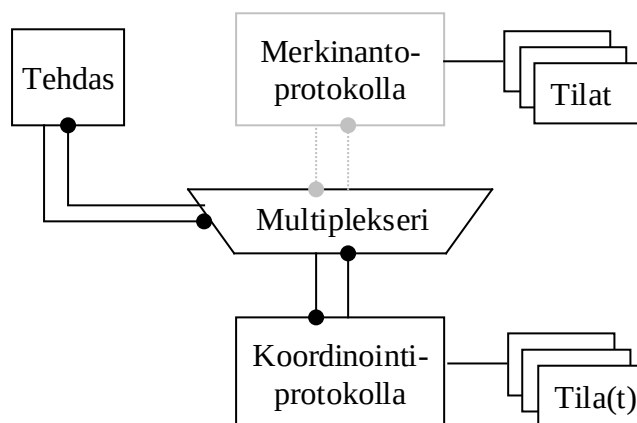
8.2.2 Protokollien yleisrakenne

Q.2931 määrittelee erikseen varsinaisen protokollan toiminnat (ASE:t) tilakoneineen, sekä koordinoitiprotokollan omilla tiloillaan, eli protokolla määrittellään periaatteella erilliset toiminnot omiin prosesseihin. Yhteydel-

linen koordinoitiprotokolla vastaa uusien merkinantoyhteyksien (eli ASE:t) luomisesta, ja liikenteen ohjaamisesta niiden ja alempien kerrosten välillä. Siinä muodostuu tavallaan OSI-viitemallin mukainen peer-rajapinta koordinointi- ja protokollatoimintojen välille. Koordinoitiprotokolla saa alemman kerroksen palveluprimitiivejä, lähettää koodatun protokollan viestin (PDU) ASE:lle (esim. Q.2931-protokolla), joka tiedon käsiteltyään lähettää vastaavan ylärajapinnan primitiivin puhelunohjaussovellukselle (Call Control). Sama toteutusrakenne soveltuu ATM Forumin toteutuksiin.

Vastaava lähestymistapa on B-ISUP:n standardeissa. Sielläkin erotetaan protokollatoiminnallisuudet koordinoititoiminnoista. BISUP:n tapauksessa tosin koordinoitiprotokolla (Network Interface) on yhteydetön. ISUP ja Q.931 ovat kuvattu standardeissa väljemmin. Mutta laajakaistaisten toteutusten pohjalta niistä saatiin yhdenmukaiset ja rakenteiltaan samanlaiset.

Jokainen merkinantoprotokolla voidaan siis muodostaa kahdesta osasta; koordinoitiprotokollasta ja protokollan sovellusosista (ASE:t). Jokaisella linkillä on oma koordinoitiprotokolla, joka muodostetaan ohjelmiston alustuksessa. Koordinoitiprotokollaan liittyy OVOPS++-komponentteina multiplekseri ja tehdas. Multiplekserin avulla identifioidaan uudet yhteydet (ASE:t), jotka tehdas luo ja asentaa.



Kuva 25. Merkinantoprotokollien toteutus yleisenä graafina.

8.2.3 Tilakoneiden yhdenmukaisuus

Ensin havainnollistettiin yhdenmukainen rakenne merkinantoprotokollille, jonka mukaan protokollilla on koordinoitiosia ja varsinainen toiminnallisuus tilakoneineen erikseen (ASE:t). Nyt keskitymme tutkimaan protokollien tilakoneita ja niiden yhdenmukaisuuksia, sekä mahdollisuutta toteuttaa jopa kaikki protokollat yhdellä tilakonemallilla.

Käyttörajan rajapinnan merkinantoprotokollat ovat paremmin standardoituja kuin verkkorajapinnan. ITU-T:n Q.931- ja Q.2931-standardit, ja ATM Forumin UNI-toteutussopimukset sisältävät selkeät SDL-tilakaaviot (Specification and Description Language). ISUP-standardi ei määrittele tilakaavioita, ja käsittelee merkinantoa koko keskuksen näkökannalta. B-ISUP:n standardi on hieman edistyneempi ja siinä eritellään mm. tuleva ja lähtevä puoli, mutta siinä tilat on määritelty toiminnallisiin lohkoihin siten, että jokainen pienempi sovelluspalveluelementti muodostaa oman tilansa. Yleensä protokollat toteutetaan standardin määritelmistä huolimatta yhdellä äärellisellä tilakoneella, eikä erillisinä prosesseina. Näin toteutettiin projektissa myös B-ISUP, ja ISUP toteutettiin sen pohjalta samoilla periaatteilla ja B-ISUP:n koodia hyödyntäen. [Raa99]

Keskittymällä pelkästään yksinkertaiseen puhelun muodostukseen ja purkuun, tilojen uudelleen hyödyntäminen kapeakaistaisten ja laajakaistaisten merkinantojen välillä olisi helppoa. Q.2931 voisi hyödyntää Q.931:n tiloja ja B-ISUP vastaavasti ISUP:n, tai päinvastoin. Tämä oliosuuntautunut toteutus onnistuukin helposti, tilakoneet voivat olla samat eri protokollille eri toiminnallisuuden näkyessä protokollien sisäisessä koodissa. Tilakoneista kutsutaan protokollien metodeja, joissa toiminta erotetaan.

Itse asiassa voidaan mennä vielä pidemmälle. Kaikkien neljän protokollan tilakoneet voidaan yhdistää ja kuvata ne tietyllä suppealla tilajoukolla. Liitteissä on kuvattu tilojen yhdenmukaisuus numeron kertalähetystoteutuksella (en bloc). Sen mukaan 14 äärellistä tilaa (liite 1) riittäisi kaikkien merkinantoprotokollien toteutukseen. UNI-rajapinnan protokollien tilat ovat suoraan standardeista ja NNI-rajapinnan protokollien tilat ovat projektissa kehitetyt ja nimetyt (liite 2).

Tällaisen toteutuksen mahdollisuutta tutkittiin, ja se havaittiin toteutuskelpoiseksi. Sillä saataisiin mm. koodin määrä putoamaan merkittävästi, mutta se vaatisi monia erityistoimenpiteitä. Sen kehitys vaatisi myös enemmän aikaa, ja tilakoneiden yhdistäminen ei toteutunut ohjelmistoon. Kokeilu- luonteisesti tilojen uudelleenkäyttöä hyödynnettiin Q.931-protokollan toteutuksessa, jossa sekä käyttäjä- että verkkopuolen tilat käyttivät samaa tilakonetta. Se onnistui ja osoittautui toimivaksi ratkaisuksi.

8.2.4 Viestien koodaustoiminnot

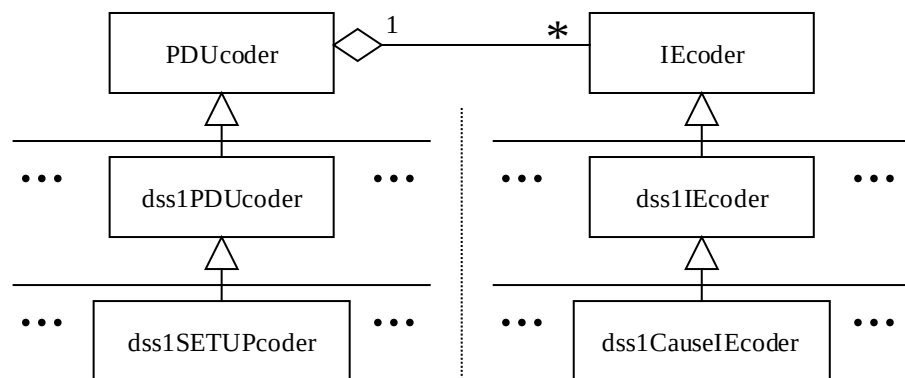
Tässä kappaleessa tarkastellaan viestien koodaustoimintoja, jotka suoritetaan kunkin merkinantoprotokollan koordinoitiosassa. Koodaustoimintoja ovat sekä koodaus (encoding) että tulkkaus (decoding), jotka muodostavat merkittävän ja virhealttiin osan merkinantoprotokollien toteutusta. Siinä on tarkastettavia ja huomioitavia asioita usein hyvin paljon. Joten kehittämällä yksikäsitteinen ratkaisu koodaustoiminnoille, uusien protokollien toteutusta helpotetaan ja nopeutetaan huomattavasti.

Koodaustoiminnoissa tarkastetaan mm. viestien pituus-, muoto- ja sisältövirheet. Sisältövirheitä ovat esimerkiksi parametrien virheet. Parametrien virheet viesteissä luokitellaan parametrin merkityksen (pakollinen vai vaihtoehtoinen) mukaan. Suurin osa viestien koodausta on viestien parametrien koodausta ja eri virhetilanteiden käsittelyä.

Aiemmin projekteissa koodaustoiminnot olivat viestiluokissa. Tämä aiheutti kaksi ongelmaa; viestiluokkien huomattavan kasvun ja dynaamisesti varattavan muistin tarpeen, koska jokainen koodaustarve (uusi viesti) muodosti dynaamisesti uuden koodaustoiminnon. Nämä ongelmat ratkaistiin toteuttamalla koodaustoiminnot erillisiin luokkiin ja hyödyntämällä singleton-suunnittelumallia.

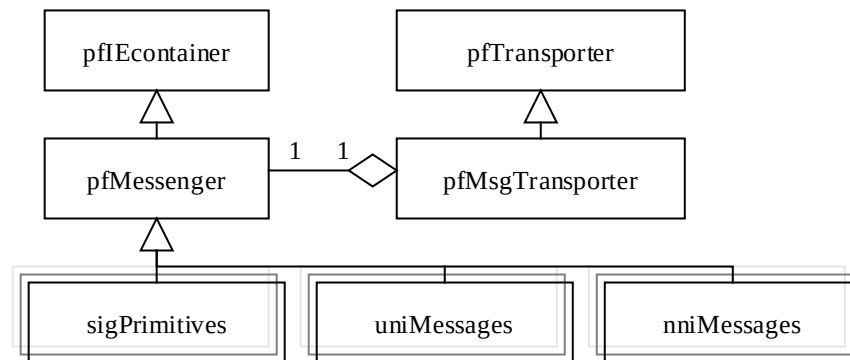
Protokollien viestioliot pienenevät huomattavasti erottamalla koodaustoiminnot niistä, mikä toteuttaa tila-suunnittelumallin eli erotetaan tieto ja toiminto. Viesti sisältää tiedon ja kooderi toiminnon käsitellä sitä tietoa. Vastaavalla tavalla toteutetaan myös parametrien koodaus. Jokaista parametria eli informaatioelementtiä vastaa oma olio ja kooderi tiedon käsittelyyn. [GaH95]

Dynaamisesti varattavan muistin tarve pienenee huomattavasti singleton-suunnittelumallilla, jolloin koodaustoiminnon olio (kooderi) luodaan vain kerran ja jokainen ohjelmiston protokolla voi käyttää sitä omien viestien koodauksessa. Koska sama parametri voi käyttäytyä eri tavalla eri viestissä, singleton-suunnittelumalli sen kooderille ei ole toimiva ratkaisu. [GaH95]



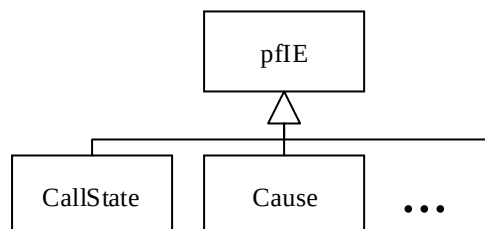
Kuva 26. Koodaustoimintojen luokkahierarkia.

Kooderien luokkahierarkian kantaluokat ovat PDUcoder ja IEcoder (kuva 26), jotka sisältävät kaikille protokollille yleisiä toimintoja ja parametreja. Esimerkiksi PDU-koodauksen pääluokka sisältää tietorakenteen ja toimintoja IE-koodereiden ylläpitoon ja käsittelyyn. Lopullinen toiminta tarkennetaan kantaluokista perittyihin luokkiin (esim. dss1SETUPcoder).



Kuva 27. Viestien luokkahierarkia.

Viestien luokkahierarkia (kuva 27) kuvaa merkinantoprotokollien viestit ja SIGIF:n primitiivit. Parametrit kuljetetaan ja käsitellään pfIEcontainer-luokan avulla, joka tarjoaa tärkeimmät metodit IE-olioiden (kuva 28) hallintaan eli tallentamiseen, hakemiseen ja poistamiseen. Kaikki verkko-rajapinnan merkinantoprotokollat käyttävät samoja viestiluokkia (nniMessages), kuten myös käyttäjärajapinnan (uniMessages).



Kuva 28. Parametrien luokkahierarkia.

Kaikki parametrit peritään pFIE-luokasta (kuva 28), joka on myös osa OVOPS++:n PF-luokkakirjastoa (kappale 7.2). Kantaluokka on abstrakti kantaluokka, eikä sisällä toimintoja. Jokainen viestin parametri kuvataan eri luokalla, mutta samaa luokkaa voidaan käyttää kuvaamaan monta parametrityyppiä tai monen protokollan vastaavaa parametria. On esimerkiksi vain yksi Cause-luokka, jolla ilmaistaan jonkin tapahtuman syykoodi, jota kaikki protokollat käyttävät.

8.3 Yleinen merkinantorajapinta

Yleinen puhelunohjausmalli ei ole mahdollinen monen protokollan käyttöön ilman tarkoin määriteltyä rajapintaa. Ongelma on rajapinnan määrittely puhelunohjaussovelluksen ja usean eri merkinantoprotokollan väliin. Ensimmäinen mahdollisuus olisi laajennettu rajapinta (fat interface), joka sisältäisi kaikkien merkinantoprotokollien mukaiset ylärajapinnan primitiivit. Toinen vaihtoehto olisi suppea rajapinta (narrow interface), johon määritellään mahdollisimman vähän primitiivejä, joita kaikki merkinantoprotokollat käyttävät yhdenmukaisesti.

Merkinantoprotokollien standardoinnin suuri puute on usein tarkemman kuvauksen puuttuminen puhelunohjauksen osalta. Usein viitataan yleisesti puhelunohjaussovellukseen (call control), ja toisissa standardeissa ei tunneta koko käsitettä. Esimerkiksi ISUP:n standardi määrittelee koko keskuksen toiminnan, ottamatta kantaa sovellusten lukumäärään tai vastualueisiin. Puutteelliset standardit vaikeuttavat protokollien toteutusta. Toisaalta ne antavat myös enemmän vapautta toteutukseen.

Osa merkinantoprotokollista määrittelee useita primitiivejä ylärajapinnalle, ja yleisesti jokainen tullut viesti aiheuttaa eri primitiivin lähetyksen ylöspäin

sekä päinvastoin. Toiset protokollat eivät määrittele yhtään primitiiviä (ISUP). Kuitenkin kaikkien protokollien merkinantoviestien merkitys on yhdenmukainen. Esimerkiksi DSS1-protokollan SETUP-pdu vastaa tarkoitukseltaan DSS2:n SETUP-pdu:ta, ISUP:n ja BISUP:n IAM-pdu:ta eli yhteyden aloitusta. Voidaan siis määritellä yksi yleinen primitiivi vastamaan näitä viestejä. Samalla tavalla voidaan yleistää kaikki yleisimmät viestit kaikkien protokollien kesken (taulukko 1).

DSS1 / DSS2	ISUP / BISUP	SIGIF-rajapinta
SETUP	IAM	sigSETUPind /req
CALL PROCEEDING	IAA (BISUP)	sigPROCEEDINGind /req
ALERTING	ACM	sigALERTINGind /req
PROGRESS	CPG	sigPROGRESSind /req
CONNECT	ANM / CON (ISUP)	sigSETUPconf /resp
RELEASE / DISCONNECT	REL	sigRELEASEind /req
REL_COMP / RELEASE	RLC / IAR (BISUP)	sigRELEASEconf /resp
SETUP ACK	-	sigMORE_INFOind /req
INFORMATION	SAM	sigINFOind /req
NOTIFY	-	sigNOTIFYind /req
RESTART	RSC (ISUP), RSM (BISUP)	sigRESETind /req
RESTART ACK	RAM (BISUP)	sigRESETconf /resp
timer T316	timer T16(b)	sigRESET_ERRORresp

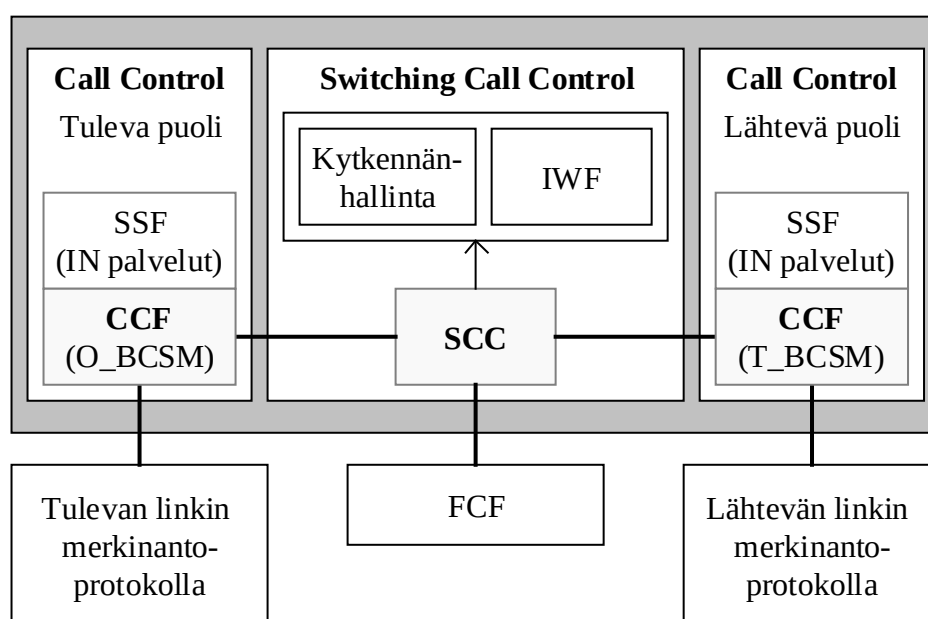
Taulukko 1. Yleisen merkinantorajapinnan primitiivit.

Taulukossa (taulukko 1) näkyvät toteutettu rajapinta ja sen primitiivien yleisimmät vastinviestit tai siihen liittyvä tapahtumat protokollissa. Taulukossa ei näy tapauksia, jotka voidaan käsitellä kokonaisuudessaan merkinantoprotokollassa ilman tarvetta välittää tietoa puhelunohjaussovellukselle.

8.4 Interworking Call Control

8.4.1 Johdanto

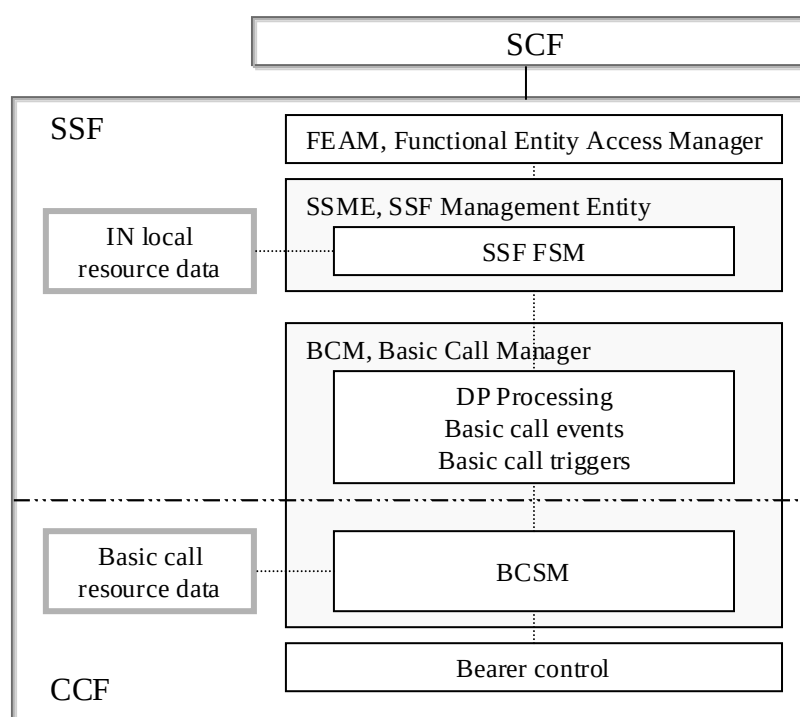
Interworking Call Control (ICC) sisältää kaksi suurempaa erillistä komponenttia (kuva 29). CC sisältää älyverkkostandardien määrittelemän peruspuhelumallin puhelujen ohjaukseen ja älyverkkopalvelujen kytkentään. Jokaiselle yhteydelle on tuleva ja lähtevä puhelun tilamalli. SCC muodostetaan kytkemään nämä kaksi CC-komponenttia, eli se yhdistää tulevan ja lähtevän tilamallin muodostaen kytkimessä läpikytkennän (cross connection). SCC sisältää äärellisen määrän toimintoja, tavallaan luokkakirjaston, joista valitaan jokaista yhteyttä varten tarvittavat protokollakohtaiset toiminnot kytkentäkenttien hallintaan ja yhteiskäytön toimintoihin (IWF).



Kuva 29. ICC:n komponentit ja niiden kytkentä kytkimen yli.

8.4.2 Call Control

Call Control sisältää älyverkon toiminnot puhelun käsittelyyn ja ohjaukseen CS-1-standardin peruspuhelumallilla. Se toteuttaa palvelunkytkeäpisteen (SSP) puhelunohjaustoiminnot (CCF) ja palvelun kytkentätoiminnot (SSF). Se toteutettiin pääosin jo TOVE-projektissa toteuttamaan B-SSP, eli projektissa keskityttiin vain laajakaistaiseen verkkoon. (kappale 6.2).



Kuva 30. CC:n CCF/SSF-toiminnallinen malli. [Num99b]

ITU-T:n suositus Q.1201 tarkoittaa, että älyverkot termiä käytetään kuvaamaan arkkitehtuurinen konsepti sovellettavaksi kaikkiin teleliikenneverkkoihin. Älyverkon puhelumalli on soveltuva sekä laaja- että kapeakaistaisiin verkkoihin. Muodostamalla itsenäinen ja riippumaton komponentti älyverkon palveluun (CC) toteutetaan joustavasti suosituksen kuvaus älyverkoille. Se mahdollistaa myös uusien käyttäjä- tai verkkorajapintojen lisäämisen helposti tarvitsematta muuttaa toteutusta, tai lisätä uutta.

Ohjelmistossa muokattiin CCF/SSF-toiminnoista vielä modulaarisempi ja erillisempi osakokonaisuus muusta ohjelmistosta. Tämä merkitsi esim. tiedonsiirtokanavien kytkentätoimintojen erottamisen riippumattomaksi CC:stä. CC kutsuu vain kytkinoliosta resurssin varausta, sekä SCC suorittaa näiden varattujen kytkentäkenttien lopullisen kytkemisen ja vapauttamisen (connection control).

TOVE-projektissa toteutettiin myös palvelunohjauspiste ja palvelujen ajoympäristö. Palvelunohjauspiste on liitetty CORBA:n välityksellä, kuten myös hallintarajapinta. Hallintarajapinnan kautta voidaan aktivoida havaintopisteiden liipaisimia ja tarkkailla niiden tilaa. [Num99b] [Num99c]

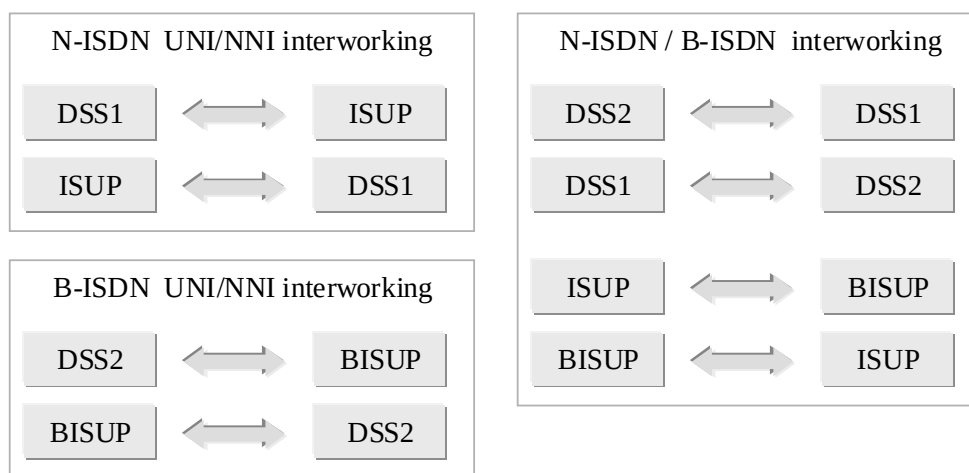
8.4.3 Switching Call Control

SCC tuli mukaan ohjelmistoon alunperin vain toteuttamaan tarvittavat merkinantojen yhteiskäytön toiminnot, jotka ovat hyvin usein erilaisten gateway-ratkaisujen yhteistoiminnan yksikössä (IWU, Interworking Unit). Lisäksi sitä voidaan hyödyntää kytkentäkenttien hallinnassa (connection control), koska myös siinä vaaditaan yhteistoiminnan ominaisuuksia eri verkkojen välille, joten SCC muodostaa ja purkaa kytkentöjä kahden erilaisen kytkentäkentän välille. SCC sisältää siis yhteistoiminnan vaatimukset merkinannolle eli yhteiskäytön toiminnot ja kytkentäkenttien hallinnan.

Tässä esitetään yhteistoiminnan ratkaisu kapeakaistaisten ja laajakaistaisten verkkojen välillä, piirikytkennän ja solukytkennän välillä. Kytkimeen tulee käyttäjärajapinnasta ISDN- ja ATM-liitynnät, sekä verkkorajapinnassa N-ISDN SS7 ja ATM (B-ISDN SS7) liitynnät. Näiden rajapintojen merkinannot, sekä niiden toteutusyksityiskohtia esiteltiin aikaisemmin. Yhteiskäytön toiminnot jaetaan toteutuksessa N-ISDN- ja B-ISDN-rajapintojen välille ja molemmissa verkoissa erikseen käyttäjä- ja verkkora-

japintojen välille. Fyysisen tason kytkentäkenttien yhteistoiminnan ratkaisuihin ei puututa, ne toteutetaan kytkimessä ohjausohjelmistosta riippumattomana. [RaM99]

Yhteiskäytön toiminnot ovat erilaiset riippuen aloittavasta puolesta. Käsiteltäessä esimerkiksi toimintoja ISUP- ja DSS1-protokollien välillä, ne ovat erilaiset, jos yhteyspyyntö tuli SS7-verkosta tai ISDN-käyttäjältä. Siten vaaditaan molemmille myös eri toteutus (kuva 31).

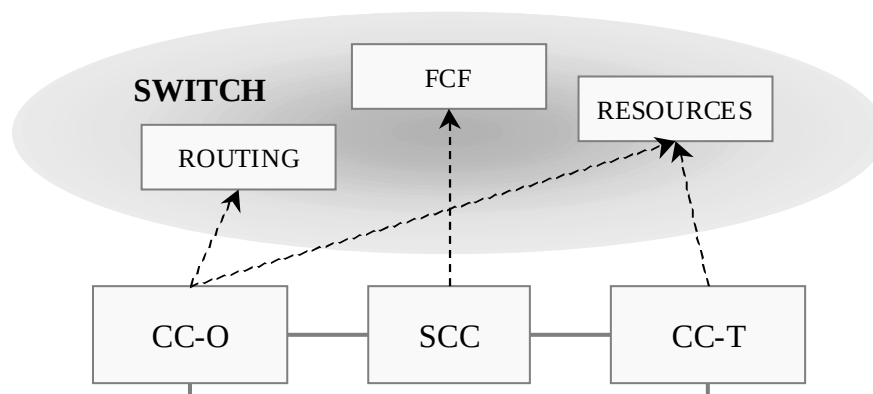


Kuva 31. Ohjelmiston merkinantoprotokollien yhteistoiminnot.

8.5 Kytkimen ohjaus ja hallinta

8.5.1 Ohjelmiston hallinta

Kytken käynnistyessä ohjelmisto alustetaan, johon kuuluu mm. eri komponenttien alustaminen, rekisteröinti (CORBA-komponentit) ja kytkeminen toisiinsa. Sen suorittaa kytkinolio eli SWITCH-komponentti, joka on vastuussa myös mm. erillisten toimintojen hallinnasta ja delegoinnista (kuva 32). Merkinannon ja puhelunohjauksen osalta kytkinolion tehtäviä ovat merkinantopinojen muodostus ja alustus ohjelmiston alustuksessa sekä reitityksen, resurssien ja FCF:n hallinta.



Kuva 32. Kytkinolon (SWITCH) hallitsemat komponentit.

8.5.2 Resurssien hallinta

Ohjelmistoon toteutettiin omat komponentit eli porttioliot kuvaamaan kytkimen porttikohtaisia resursseja. Näiden olioiden tehtäviä ovat ATM-virtuaalikanavien (VPI/VCI-parit), PDH-aikavälien (64 kbps) ja muiden resurssien hallinta, kuten kytkentäkenttien varaaminen ja vapautus. Kytkinolio hallitsee porttiolioita, ja delegoi niille resurssien varaus- ja vapautuspyynnöt puhelunohjauskomponenteilta (CC-O ja CC-T). Resurssien hallintatoiminnot piilotetaan puhelunohjausprosessilta, koska vain porttiolio tutkii käytettäviä yhteyden parametreja. Puhelunohjaus säilyy siten riippumattomana fyysisestä kytkentäkentästä.

8.5.3 Kytkentäkentän ohjaus

Ohjelmisto on laiteriippumaton, koska FCF mahdollistaa eri kytkinten käytön fyysisenä laitteena. Ohjelmistoon toteutettiin kaksi erilaista FCF-oliota. Ensimmäinen toteutettiin ATM-kytkimelle sisältäen GSMP-ohjauksen (General Switch Management Protocol). Koska monikäyttökytkintä ei voida ohjata minkään tunnetun yleisen protokollan kautta, se vaatii laitteen oman ohjelmointirajapinnan (API) käyttöä.

8.5.4 Osoitteistus ja reititys

Osoitteistus ja reititys ovat olennainen osa verkkojen merkinantoa ja puhelunohjausta. Jokainen verkko määrittelee jokaisen pisteensä omalla osoitteella. Pyrkimyksenä on yleensä universaali osoitteiden ainutlaatuisuus, mikä on joskus vaikeaa tai mahdotonta. Erilaiset verkot määrittelevät ja käyttävät erilaisia osoitemuotoja aiheuttaen lisää ongelmia.

Tässä ohjelmistossa vaaditaan tuki ISDN-numeroiden ja ATM-osoitteiden ymmärtämiseen. Vaatimusta kasvatetaan vielä siten, että molempia pitää ymmärtää ja käsitellä yhdenmukaisesti, eli kaikki niitä käyttävät komponentit ymmärtävät molempia osoitteita. Tämä yleistys toteutettiin luomalla yksi informaatioelementin luokka (kuva 28), joka osaa käsitellä molempia osoitemuotoja ja jota puhelunohjaus ja reititys osaavat käsitellä.

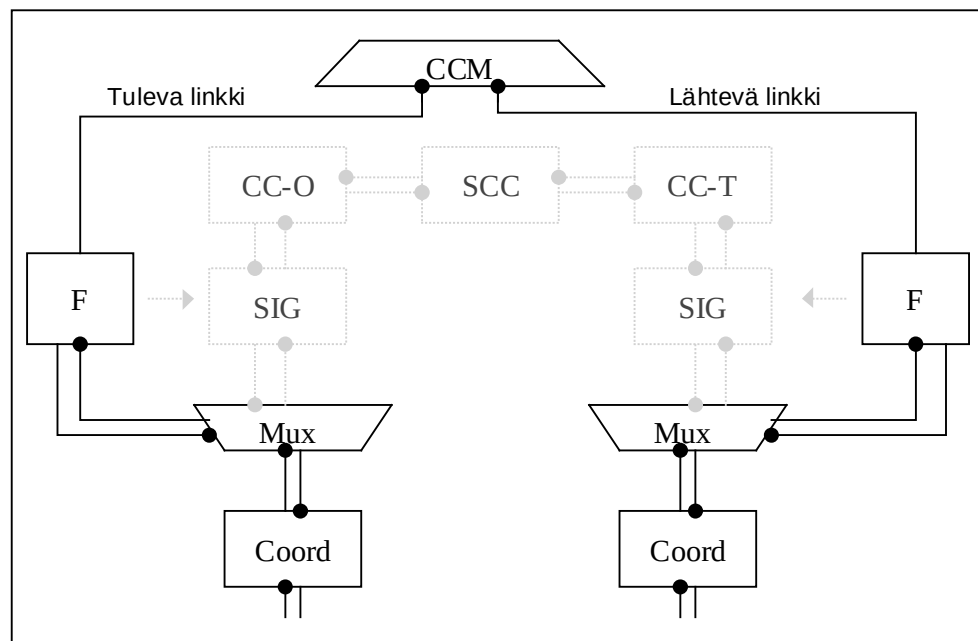
Reititysolio voi olla mikä tahansa. Reititykselle on määritetty oma rajapinta, ja sen toteuttava komponentti voi suorittaa reitityksen. Ohjelmistoon toteutettiin staattinen ja dynaaminen reititys. Yksinkertaisempi reititys on staattisesti määriteltävä reititystaulu konfigurointitiedostoon. Monimutkaisempi ja dynaamisempi reititys on mahdollistettu ATM-ympäristöön PNNI-reitityksenä (Private Network-to-Network Interface) eli PNNI:n Hello-reititysprotokollan toteutuksena.

Kukin reitityskomponentti osaa käsitellä ohjelmiston osoitemuotoja, ja reititystaulu voi sisältää sekä ISDN-numeroita että ATM-osoitteita, joiden perusteella tiedetään seuraava linkki. Koska reititys ei ole ollut merkittävimpiä tutkimuksen kohteita, monimutkaisempiin ja dynaamisempiin mahdollisuuksiin ei panostettu.

8.6 Yhteyden muodostus kytkimessä

Aiemmin esiteltiin (kappale 8.2.2), kuinka jokaiselle merkinantoprotokollalle on toteutettu samanlainen perusrakenne. Rakenne sisältää koordinointiprotokollan, multiplekserin, tehtaan ja varsinaisen protokollan tilakoneineen. Kiinteä osa sisältää koordinointitoiminnot, multiplekserin sekä tehtaan. Ajonaikaisesti uusi yhteys lisää kyseisen linkin merkinannosta protokollan tilakoneineen, sekä puhelunohjaukseen liittyvät protokollat.

Seuraavaksi esitetään, kuinka kytkentä kytkimen läpi (cross connection) tapahtuu. Se voidaan kuvata yleisellä mallilla riippumatta sisääntulevasta tai uloslähtevästä linkin tyypistä, eli merkinantoprotokollasta. Kuvasta (kuva 33) nähdään kiinteät ja muodostettavat kytkennät protokollien välillä merkinantoprotokollista ylöspäin. Yleensä kaikki kytkennät ovat kaksisuuntaisia, mutta esimerkiksi tehtaiden B-puolelle ei tule kytkentää, eli ne eivät voi lähettää viestejä sille rajapinnalle.



Kuva 33. Conduit-graafi kytkimen läpi muodostettavasta yhteydestä.

OVOPS++-rakennuselementit (kuva 33):

- F Tehdas
- Coord Merkinantoprotokollalle toteutettu koordinoitiprotokolla
- SIG Jokin merkinantoprotokolla
- CC-O Originating Call Control
- CC-T Terminating Call Control
- SCC Switching Call Control
- CCM Cross Connector Mux hallitsee kaikkien linkkien tehtaat

Kun sisääntulevasta linkistä tulee yhteydenmuodostuspyyntö, koordinoitiprotokolla lähettää koodatun viestin (SETUP tai IAM) multiplekserille. Multiplekseri ja tehdas muodostavat ja asentavat prototyypistä kopioidun protokollan multiplekseriin. Uusi merkinantoprotokolla suorittaa protokollakohtaisia toimintoja, luo uuden ccProtocol-instanssin, sekä suorittaa kytkennän itsensä ja sen välille.

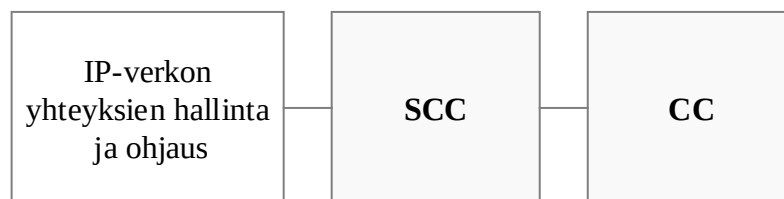
Saatuana primitiivin (sigSETUPreq) ccProtocol tunnistaa itsensä sisääntulevaksi puoleksi (CC-O). Se varaa resurssit sisääntulevasta linkistä kytkinolon avulla ja pyytää reitityksen kytkinolon avulla. Reititys palauttaa uloslähtevän linkin tunnisteiden, jota käyttäen CC-O lähettää asennuskäskyn CCM:n kautta uloslähtevän linkin tehtaalte. Uloslähtevän linkin tehdas luo yhteistyössä multiplekserin kanssa siihen linkkiin uuden merkinantopinin.

Kun molemmat linkit ja niiden tyypit ovat selvillä ja asennettu, ne on yhdistettävä. CC-O pyytää kytkinoliota suorittamaan tämän kytkennän. Linkkien tunnisteilla kytkinolio pystyy asentamaan oikean yhteiskäytön toiminnon (tilakoneen) SCC-protokollaan. Sen jälkeen ICC:n komponentit (CC-O, SCC, CC-T) kytketään toisiinsa. Yhteys kytkimen läpi on muodostettu ja puhelunmuodostus voi jatkua resurssien varauksella lähtevällä linkillä ja siitä eteenpäin.

8.7 Testaus ja jatkokehitys

Osa ohjelmistosta on hyvin testattu virallisten määritysten mukaisilla yhdenmukaisuustesteillä (conformance testing). Toisaalta joitakin ohjelmiston osia ei ole vielä testattu, eikä edes koekäytetty. Yhdenmukaisuustestit ja ohjelmiston epäviralliset testailut kuitenkin osoittavat ohjelmiston kokonaiskonseptin toimivan halutulla tavalla. Lopulliset tulokset vaativat silti enemmän suoritettuja testejä.

IP-verkkojen yhteistoiminnan liittäminen ohjelmistoon muodostaa vielä uuden ongelman. Se merkitsee toimintojen lisäämistä yhteyksien muodostukseen ja hallintaan toisiin verkkoihin. Komponenttipohjainen toteutus mahdollistaa sen samalla yleisellä periaatteella, kuten esitetyt yhteistoiminnan tapaukset. Yksinkertaisemmaksi toteutus saadaan jättämällä IP-verkon puoleinen puhelun tilamalli pois älyverkon toiminteineen. Tosin älyverkkopalvelut IP-verkoissa olisi myös mielenkiintoinen tutkimuksen kohde ohjelmistoon.



Kuva 34. IP-liikenteen ohjauksen vaatima ohjelmistolisäys

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tärkeimpiä tekijöitä tietoverkkojen kehitykselle ovat nopeus ja laatu. Palvelunlaadun ja lisäpalvelujen merkitys kasvaa, ja määritellään erilaisia palvelutasoja eri käyttötarpeille vastaamaan asiakkaiden nykyisiä ja tulevia tarpeita. Esimerkiksi nouseva kehitystrendi puheluiden välityksestä Internetissä vaatii nopeutta ja luotettavaa yhteyttä, jota Internet ei sellaisenaan tarjoa, ja verkossa kasvava kaupankäynti asettaa omia vaatimuksiaan monipuolisempaan palveluun.

Erilaiset tiedonsiirtotarpeet ovat synnyttäneet erilaisia verkkoratkaisuja. Jos maailmassa olisi yhtenäinen tietoliikenneverkko, yhteiskäytön ongelmia ei olisi. Se ei ole kuitenkaan realistinen ajatus, vaikka mahdollisimman monipuolisia verkkoja on pyritty kehittämään. Tällä hetkellä markkinoita hallitsevia tekniikoita ovat älyverkkopalveluita tarjoavien digitaalisten puhelinverkkojen lisäksi mm. ATM- ja IP-verkot sekä monet langattomat ratkaisut. Heterogeeninen verkkoympäristö aiheuttaa eniten ongelmia laitevalmistajille ja palvelun tarjoajille. Heidän pitäisi pystyä palvelemaan mahdollisimman laajaa asiakaskuntaa ja ennustamaan myös heidän tulevaisuuden tarpeet.

Monipuolisuus ja yhteistoiminta ovat heterogeenisen verkkoympäristön avainsanoja. Erilaiset verkkotekniikat yhdistetään samaan laitteeseen, jotta voidaan tarjota monipuolista verkkopalvelua. Yhteistoimintaa tarvitaan liikenteen ohjaamiseen kahden eri verkon välille. Monipuolisuudeltaan täydellinen verkkolaite ohjaisi liikennettä täysin riippumatta tulevasta ja lähtevästä verkkotekniikasta.

Tässä työssä oli tavoitteena kehittää merkinanto-ohjelmiston arkkitehtuuri monikäyttökytkimeen, joka tukee erilaisia verkkotekniikoita. Lisäksi

älyverkkojen merkitys lisäpalvelujen tarjoamiseen televerkoissa huomioitiin ja hyödynnettiin keskeisesti älyverkon standardoinnissa syntyneitä puhelun tilamalleja.

Ohjelmisto täytti tärkeimmät sille asetetut tavoitteet. Muodostettiin helposti laajennettava yhteistoimintaan kykenevä merkinanto-ohjelmisto älyverkon puhelunohjauksella. Tavoite merkinantoprotokollien sovelluskehiksestä ei täysin toteutunut. Protokollille kehitettiin toteutusmalli vaativaan koodaus-toimintaan, millä saatiin yhtenäisempi rakenne, vähennettiin muistin käyttötarvetta ja kehitettiin koodin uudelleen käyttöä. Lisäksi protokollille haettiin yhteistä tilamallia. Se löytyi, mutta sen toteutus ja hyödyntäminen olisi vaatinut erilaiset resurssit ja tavoitteet työlle, joten sen lopullinen hyödyntäminen ei toteutunut.

Toimintojen hajauttaminen itsenäisiin osiin ja niistä kokonaisuuden muodostaminen mahdollisti monipuolisen ohjelmiston toteutuksen. Käsittelyssä oli vain pieni osa olennaisista verkkotekniikoista, joten hyvin pitkälle vietyjä johtopäätöksiä monipuolisen merkinanto-ohjelmiston toteutuksesta ei voida tehdä. Eri televerkkojen merkinantojärjestelmät ovat niin lähellä toisiaan, että niiden yhdistäminen samaan ohjelmistoon ei toimintojen hajautuksella ole vaikeaa. Suuremman ongelman aiheuttavatkin muut verkot, kuten IP ja Internet.

LÄHTEET

- [GrM98] Grundström, Mika. Mickos, Roy. ATM-tekniikka ja monipalveluverkot. Suomen ATK-kustannus Oy. 1998. ISBN 951-762-488-3.

- [Jaa97] Jaakohuhta, Hannu. ISDN-käyttäjän opas. Suomen ATK-kustannus Oy. 1997. ISBN 951-762-455-7.

- [VeH98] Venieris, Iakovos. Hussman, Heinrich. Intelligent Broadband Networks. John Wiley & Sons. 1998. ISBN 0-471-98094-3.

- [MaP96] Magedanz, Thomas. Popescu-Zeletin, Radu. Intelligent Networks: Basic Technology, Standards and Evolution. International Thompson computer press. 1996. ISBN 1-85032-293-7.

- [Num99a] Nummisalo, Pasi. Uudet olioteknologiat älyverkkototeutuksessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Tietotekniikan osasto. 1999.

- [ITU93a] ITU-T. Recommendation Q.1204. General recommendations on telephone switching and signalling – Intelligent Network distributed functional plane architecture, Annex A. 1993.

- [Bla97] Black, Uyles. ISDN & SS7, Architectures for Digital Signaling Networks. Prentice Hall. 1997. ISBN 0-12-259193-6.

- [ITU93b] ITU-T. Recommendation Q.700. Specifications of Signalling System No. 7 – Introduction to CCITT Signalling System No. 7. 1993.

- [ITU95a] ITU-T. Recommendation Q.2931. Broadband Integrated Service Digital Network (B-ISDN) – Digital Subscriber Signalling System No. 2 – User-Network Interface (UNI) Layer 3 specification for basic call/connection control. 1995.

- [ITU95b] ITU-T. Recommendation Q.2764. Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN) - Signalling Systems No.7 B-ISDN User Part (B-ISUP) - Basic call procedures. 1995.

- [ETS96] ETSI. ETR 325. B-ISDN; General principles and functional requirements for nterworking B-ISDN and N-ISDN. 1996.

- [FaG97] Faynberg, I. Gabuzda. L. Kaplan, M. Shah, N. The Intelligent Network Standards. McGraw - Hill. 1997. ISBN 0-07-021422-0.

- [ITU97] ITU-T. Recommendation Q.699. Interworking between ISDN access and non-ISDN access over ISDN User Part of Signalling System No. 7. 1997.

- [ITU95c] ITU-T. Recommendation Q.2650. Interworking between Signalling System No. 7 B-ISUP and DSS2. 1995.

- [KoP96] Koponen, Petteri. Puro, Vesa-Matti. Räsänen, Juhana. Nummisalo, Pasi. Martikainen, Olli. Distribution of Switch Control. Proceedings of the Workshop on Broadband Network Intelligence. Espoo, Finland. 1996.

- [Raa96] Raatikainen, Pertti. Analysis and Implementation of a High-Speed Packet Switching Architecture - the Frame Synchronized Ring. Doctorate thesis, Helsinki University of Technology, Espoo. 1996.

- [RaM99] Raatikainen, P. Martikainen, O. Räsänen, J. Koponen, P. A. Control Architecture for a Multidiscipline Switch. 4th IFIP Conference on Intelligent Networks and Networks Intelligence, Moscow. 1999.
- [VTT99] VTT Information Technology. SCOMS Switch. URL: <http://www.vtt.fi/tte/tte23/scoms/>. Heinäkuu 1999.
- [HuJ95] Huni, H., Johnson, R., Engel, R.. A Framework for Network Protocol Software. OOPSLA 1995.
- [GaH95] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley Publishing Company. 1995. ISBN 0-201-63361-2.
- [Raa99] Raatikainen, Sami. B-ISUP-protokollan toteutus. Tietotekniikan erikoistyöt, loppuraportti. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Tietotekniikan osasto. 1999.
- [Num99b] Nummisalo, Pasi. Call Control. Teknillinen korkeakoulu, Tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratorio. TOVE-projekti. 1999.
- [Num99c] Nummisalo, Pasi. IN Service Creation and Execution. Teknillinen korkeakoulu, Tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian laboratorio. TOVE-projekti. 1999.

LIITE 1. Merkinannon tilakoneiden yhdenmukaisuus.

No.	Q.931_ UserMode	Q.931_ NetworkMode	Q.2931_ UserMode	Q.2931_ NetworkMode	nniMode (ISUP, BISUP)
1	0- Null	0- Null	0- Null	0- Null	Idle
2	1- CallInitiated	6- CallPresent	1- CallInitiated	6- CallPresent	Await IAA
3	3- OutgoingCallProceeding	9- IncomingCallProceeding	3- OutgoingCallProceeding	9- IncomingCallProceeding	Await ACM
4	4- CallDelivered	7- CallReceived	4- CallDelivered	7- CallReceived	Await ANM
5	6- CallPresent	1- CallInitiated	6- CallPresent	1- CallInitiated	Await Accepted Req
6	7- CallReceived	4- CallDelivered	7- CallReceived	4- CallDelivered	Await Answer Req
7	8- ConnectRequest	10- Active	8- ConnectRequest	10- Active	Call Answered
8	10- Active	8- ConnectRequest	10- Active	8- ConnectRequest	Call Answered
9	9- IncomingCallProceeding	3- OutgoingCallProceeding	9- IncomingCallProceeding	3- OutgoingCallProceeding	Await Addr. Comp Req
10	10- Active	10- Active	10- Active	10- Active	Call Answered
11	11- DisconnectRequest	12- DisconnectIndication	11- ReleaseRequest	12- ReleaseIndication	Await FLC
12	12- DisconnectIndication	11- DisconnectRequest	12- ReleaseIndication	11- ReleaseRequest	Await Release rsp
13	19- ReleaseRequest	19- ReleaseRequest			
14					ReleaseCollision

LIITE 2. Verkkorajapinnan merkinannon tilat. [Raa99]

- Idle (both sides)
No connection present, or reserved resources.
- Await IAA (outgoing side)
IAM sent to the other side. Waiting for resource acceptance (IAA) or rejection (IAR).
- Await ACM (outgoing side)
All address information has been sent to the other side. Waiting for indication that the connection has been accepted (ACM/ANM).
- Await ANM (outgoing side)
The other side has informed that the connection is accepted. Waiting for an answer (ANM) to establish the connection.
- Await Accepted req (incoming side)
IAM received, setup indication sent to application (Call Control).
Waiting for resource acceptance or rejection.
- Await Address Complete req (incoming side)
Waiting for the application to confirm that all the address information has been received, and the connection has been accepted, or possibly an immediate answer.
- Await Answer req (incoming side)
The application informed that all the address information needed has been received, and the other has been informed with ACM. Waiting for a final answer from the application.
- Call Answered (both sides)
Call has been answered, and the connection established.
- Await RLC (both sides)
This side sent REL pdu to the other side. Waiting for reply.
- Await Release resp (both sides)
REL pdu sent to the other side, waiting for RLC to release all resources and to terminate the instances.
- REL Collision (both sides)
Both sides sent REL pdus at the same time. Confirmation needed from the other side (RLC), and the application (release resp).