

Kalle Aalto

SCP:N TOTEUTUS IP-VERKOSSA

Tietotekniikan koulutusohjelma

2016



## SCP:N TOTEUTUS IP-VERKOSSA

Aalto, Kalle  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2016  
Ohjaaja: Aromaa, Juha, DI  
Sivumäärä: 38  
Liitteitä: 4

Asiasanat: SCP, älyverkko, numeron siirrettävyys, merkinanto

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa IP-verkossa toimiva palvelunohjauspiste SAMK:n NGN-laboratorioon. Sovellus tulee opetuskäyttöön, joten toteutus on prototyyppi, jolla voidaan testata ja osoittaa tarvittavien protokollien toiminta. Esimerkkipalveluksi valittiin numeronsiirto.

Toteuttaminen vaati selvitystä tarvittavien protokollien toiminnallisuudesta, ja numeronsiirtopalvelun logiikkaan tutustumista.

## SCP IMPLEMENTATION IN AN IP-NETWORK

Aalto, Kalle

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Information Technology

May 2016

Supervisor: Aromaa, Juha, MSc

Number of pages: 38

Appendices: 4

Keywords: SCP, Intelligent Network, number transfer, signaling

---

The purpose of this thesis was to implement a Service Control Point in IP-network for the NGN-laboratory of Satakunta University of Applied Sciences. The Application will be used as a part of the education program, so the implementation is a prototype. Number transfer was chosen as the example service.

The implementation required research about the functionality of the required protocols and logic of the number transfer service.

# SISÄLLYS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | JOHDANTO .....  | 7  |
| 2     | ÄLYVERKKOAJATTELU.....                                | 8  |
| 3     | SS7-PROTOKOLLAT.....                                  | 10 |
| 3.1   | SS7.....  | 10 |
| 3.2   | Signalling Connection Control Part (SCCP).....        | 11 |
| 3.3   | Transfer Capabilities Application Part (TCAP) .....   | 12 |
| 3.4   | Intelligent Network Application Protocol (INAP) ..... | 13 |
| 4     | SIGTRAN-PROTOKOLLAT.....                              | 14 |
| 4.1   | SIGTRAN.....  | 14 |
| 4.2   | Stream Control Transmission Protocol (SCTP) .....     | 15 |
| 4.3   | MTP Level 3 User Adaptation Layer (M3UA) .....        | 15 |
| 5     | TYÖKALUT.....   | 17 |
| 5.1   | C++ .....   | 17 |
| 5.2   | Asn1c.....  | 17 |
| 5.3   | SQLite .....  | 18 |
| 5.4   | Valgrind.....   | 18 |
| 6     | TOTEUTUSYMPÄRISTÖ.....                                | 20 |
| 7     | OHJELMALOGIIKKA JA KEHITYS.....                       | 21 |
| 7.1   | Määrittäminen.....                                    | 21 |
| 7.2   | Suunnittelu ja Toteutus.....                          | 21 |
| 7.2.1 | Tuleva viesti .....                                   | 23 |
| 7.2.2 | NUMSI-palvelu.....                                    | 23 |
| 7.2.3 | Lähtävä viesti .....                                  | 25 |
| 7.3   | Toteutuksen ongelmia .....                            | 25 |
| 8     | YHTEENVETO.....                                       | 26 |
|       | LIITTEET  |    |

## LYHENTEET

|        |  |
|--------|--|
| AS     | Application Server                           |
| ASN.1  | Abstract Syntax Notation 1                   |
| ASP    | Application Server Process                   |
| BCD    | Binary Coded Decimal                         |
| BER    | Basic Encoding Rules                         |
| DER    | Distinguished Encoding Rules                 |
| GT     | Global Title                                 |
| IETF   | Internet Engineering Task Force              |
| IN     | Intelligent Network                          |
| INAP   | Internet Network Application Protocol        |
| IP     | Internet Protocol                            |
| ITU    | International Telecommunication Union        |
| ITU-T  | ITU Telecommunication Standardization Sector |
| LKSCTP | Linux Kernel Stream Transmission Protocol    |
| M3UA   | MTP Level 3 User Adaptation Layer            |
| MSC    | Mobile Switching Center                      |
| MTP    | Message Transfer Part                        |
| NGN    | Next Generation Networks                     |
| NUMSI  | Numeron siirrettävyyys                       |
| OSI    | Open Systems Interconnection                 |
| PC     | Point Code                                   |
| RFC    | Request For Comments                         |
| SAMK   | Satakunnan Ammattikorkeakoulu                |
| SCCP   | Signalling Connection Control Part           |
| SCF    | Service Control Function                     |
| SCP    | Service Control Point                        |
| SCTP   | Stream Control Transmission Protocol         |
| SDF    | Service Data Function                        |
| SG     | Signaling Gateway                            |

|         |  |
|---------|--|
| SIGTRAN | Framework architecture for Signaling Transport |
| SS7 GW  | SS7 Gateway                                    |
| SS7     | Signaling System 7                             |
| SSP     | Service Switching Point                        |
| TCAP    | Transaction Capabilities Application Part      |
| UDP     | User Datagram Protocol                         |
| VLR     | Visitor Location Register                      |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tehtävänä oli rakentaa älyverkossa toimiva prototyyppi-SCP (Service Control Point, palvelunohjauspiste) koulutustarkoitukseen Linux-käyttöjärjestelmän päälle SAMK:n NGN-laboratorioon. Koulun verkossa liikenne SCP:lle kulkee SS7-verkosta (Signaling System 7) IP-verkkoon (Internet Protocol), jonka toteuttamiseen tarvittavat protokollat on määritellyt SIGTRAN-työryhmä. Työn toteuttaminen edellyttää SS7- ja SIGTRAN-protokollien tuntemista.

IT-alalla yleisesti pilviteknologia on aiheuttanut merkittävän muutoksen, joka heijastuu myös telealalle. SS7-verkon elementit ovat jo jonkin aikaa olleet siirtymässä pilveen. Operaattorin kannalta tästä on merkittävää hyötyä. Laitteiston ikääntyessä huoltomaksut kasvavat. Lisäksi laitteiden uusiminen on kallista, ja muutosten toteuttaminen vaikeutuu. Pilvimallissa laitteisto voidaan korvata IP-verkossa olevilla virtuaalikoneilla, jolloin päivitysten lisääminen helpottuu, ja laitteisto on halvempaa.

SCP on olennainen älyverkkojen osa, joka sisältää älyverkkojen palvelulogiikan. NGN-laboratoriossa ei ole tarvetta useille palveluille, joten prototyyppi-SCP:hen sisällytetään vain NUMSI-palvelu (numeron siirrettävyys).

Opinnäytetyössäni käytin osittain hyväksi aikaisemmin NGN-labraan toteutetun avoimen lähdekoodin Hannu Johanssonin SIGTRANMSC-sovellusta. Molemmat ratkaisut käyttävät SCTP- ja TCAP-protokollia, jotka sovelsin omaan työhöni SMSC-projektin lähdekoodia muokkaamalla.

## 2 ÄLYVERKKOAJATTELU

Tekniikan kehittyessä on syntynyt tarve lisätä puhelinverkkojen palveluita. Palvelut ovat perinteisesti sijainneet keskuksissa. Perinteisiin verkkoihin palveluiden lisääminen on kuitenkin hidasta ja epäkäytännöllistä. Syntyi tarve joustavalle tavalle toteuttaa palvelut näiden verkkojen ulkopuolella, itsenäisissä älyverkoissa, joka vapauttaisi keskuksia suorittamaan pelkästään puhelunohjausta. Älyverkot sisältävät useita elementtejä jotka toteutetaan modulaarisesti. Tämä mahdollistaa operaattoreille palveluiden luomisen laitemyyjien kehitystyöstä riippumatta (Martikainen, Lipiäinen, Molin 1995). Älyverkkojen tärkeät elementit ovat SSP (Service Switching Point) ja SCP.

SSP on puhelinkeskus, joka erottaa IN-puhelun normaalista puhelusta. Tunnistaessaan INAP-palvelupyynnön tapahtuu triggauk, jolloin SSP lähettää palvelupyynnön SCP:lle.

SCP on älyverkon elementti, joka sisältää palvelulogiikan (SCF, Service Control Function) ja useissa tapauksissa toteuttaa myös datan (SDF, Service Data Function). SSP lähettää SCP:lle INAP-protokollan palvelupyynnön, joka käynnistää palveluavaimen osoittaman logiikan. SSP:lle lähetetään logiikan mukainen vastaus (Martikainen, Lipiäinen, Molin 1995).



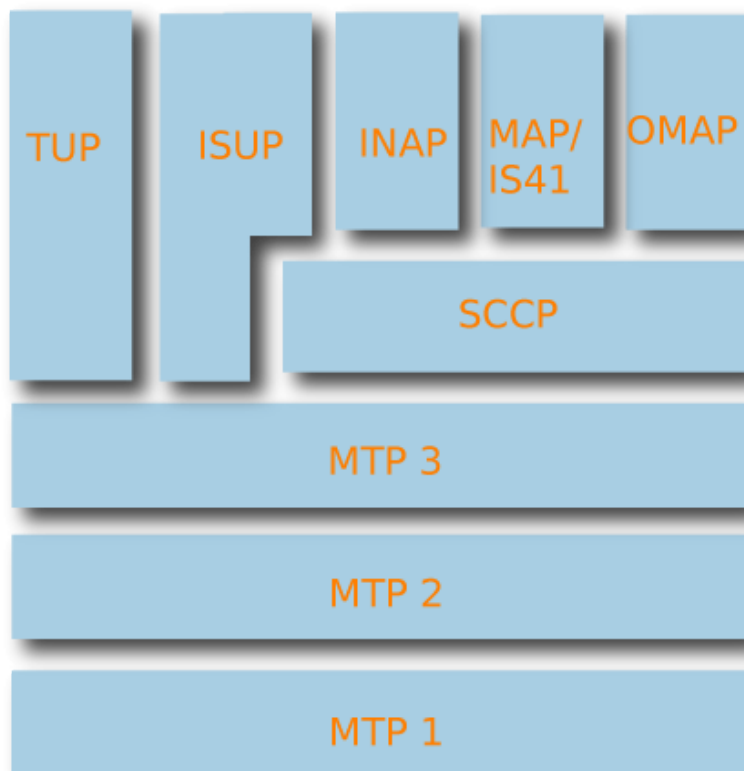
Kuva 1. Yksinkertainen IN-palvelu (Dryburgh, L. & Hewett, J 2005, viitattu 10.3.2016)



Useat muut verkkoelementit kuuluvat kokonaiseen älyverkkoarkkitehtuuriin, mutta SSP ja SCP verkon tärkeimmät elementit. Nämä elementit kommunikoivat keskenään puhelun vaatiessa IN-palveluita. Kommunikaatio näiden kahden solmun välillä tapahtuu SS7-verkon TCAP-tasolla. (Dryburgh, Hewett 2005).

### 3 SS7-PROTOKOLLAT

#### 3.1 SS7



Kuva 2. SS7-protokollapinoi (<http://www.telecomspace.com/ss7.html>, viitattu 2.3.2016)

Televerkot koostuvat useista toisiinsa kytketyistä elementeistä, merkinantopisteistä, joiden välinen merkinanto tapahtuu SS7-protokollien avulla. Tärkeimmät tehtävät ovat puhelunohjaus, älyverkkopalveluiden ja televerkkopalveluiden tuki, ja mobiiliverkkojen hallinta. (Dryburgh, Hewett 2005).

MTP-protokollat SS7-pinossa vastaavat OSI-mallin fyysistä, siirto- ja verkkokerrosta.

MTP1 on SS7:n alin, fyysinen taso. Se on vastuussa SS7:n merkinantopisteiden yhdistämisestä verkossa. Se mahdollistaa kaksisuuntaisen liikenteen samalla siirtonopeudella (ITU Q.702).

MTP2 on siirtotaso, joka on merkinantopisteiden välinen linkki. MTP2-taso tarjoaa virheentarkistuksen, signaloinnin ohjauksen ja viestien uudelleenlähetystä. MTP2 tarjoaa siis signaloinnin luotettavan siirron kahden merkinantopisteen välillä (ITU Q.703).

MTP3 on verkkokerroksen protokolla, joka mahdollistaa merkinannon kuljetuksen SS7-verkon läpi pyydettyyn pisteeseen. Jokaisella verkkoelementillä on uniikki osoite, PC (Point Code), jonka avulla reititys suoritetaan. Linkin tilan muuttuessa MTP3 pyrkii etsimään vaihtoehtoisia reittejä (ITU Q.704).

### 3.2 Signalling Connection Control Part (SCCP)

SCCP on yhdessä MTP3:n kanssa verkkotason protokolla. SCCP:n palveluihin kuuluvat MTP3:sta laajempi reititys, virheenkorjaus, yhteydellisen ja yhteydettömän verkkopalvelun sekä segmentoinnin.

MTP3 mahdollistaa reitityksen PC:n avulla, ja SCCP:n käyttämä GT:n (Global Title) avulla SCCP-viestit voidaan osoittaa MTP3-verkon solmuihin. Analysoimalla GT-osoite saadaan siis selville seuraava merkinantopiste. GT-osoite on puhelinnumeron kaltainen uniikki numero. SSN (Subsystem Number) erottaa saman verkkoelementin sisällä olevat palvelut, kuten työn kannalta olennaisen INAP-palvelun (Q.711).

SCCP tarjoaa viisi tiedonsiirtoluokkaa:

- **0:** Basic connectionless.
- **1:** Sequenced connectionless.
- **2:** Basic connection-oriented.
- **3:** Flow control connection oriented.
- **4:** Error recovery and flow control connection oriented.

Yleisesti käytössä on luokat 0 ja 1, jolloin siirrettävä data lähetetään yhteydettömästi. SCP-prototyypissä käytössä on luokka 0. SCCP:n ei siis tarvitse aloittaa dialogia viestejä vastaanottaakseen. Luokat 2, 3 ja 4 eivät ole käytössä nykyisissä verkoissa matkapuhelinverkkoja lukuunottamatta (Russel 2006, 468). Viestit on myös mahdollista lähettää segmentoidusti toisistaan riippumatta.

### 3.3 Transfer Capabilities Application Part (TCAP)

Sovellustasolla toimiva TCAP-protokolla käsittelee useita samanaikaisesti käytäviä dialogeja, jotka erotetaan toisistaan tapahtumatunnisteen (Transaction ID) avulla. Älyverkossa TCAP kutsuu INAP-palveluita ja vastaanottaa palveluun liittyvät vastaukset. TCAP on merkattu ASN.1-kielellä (Abstract Syntax Notation).

TCAP-viesti on jaettu kolmeen osaan:

- Transaktio-osa
- Dialogiosa
- Komponenttiosa

Verkkolaitteilla voi olla samanaikaisesti käynnissä useita dialogeja, ja samojen laitteiden välillä voi kulkea samanaikaisesti eri dialogeihin liittyviä TCAP-viestejä. Transaktio-osa pitää sisällään tapahtumatunnisteen, joka erottaa eri dialogit toisistaan. Transaktio-osa pitää sisällään myös viestin tyyppin, joka määrittelee miten viesti käsitellään sovellustasolla. Tyyppejä on viisi:

- Unidirectional
- Begin
- End
- Continue
- Abort

Sovelluksessa on tarve käsitellä vain Begin- ja End-viestit. Tarvittava tieto sisältyy ensimmäiseen Begin-viestiin, ja INAP-palvelun palauttama tulos lähetetään End-viestissä.

Komponenttiosa sisältää useita käyttäjädatalla täytettyjä komponentteja, joista työni kannalta tarpeellinen on Invoke-komponentti. Komponentti kutsuu tiettyä operaatiota. Invoke-komponentin sisällä on raportoitaessa käytettävä operaatioherätteen tunniste Invoke ID, operaatiotunniste operation code ja operaatioon sisältyvät parametrit

Valinnainen dialogiosio määrittelee vastauspyynnön tarpeellisuuden. Työssäni dialogiosiolle ei ole tarvetta (Dryburgh, Hewett 2005).

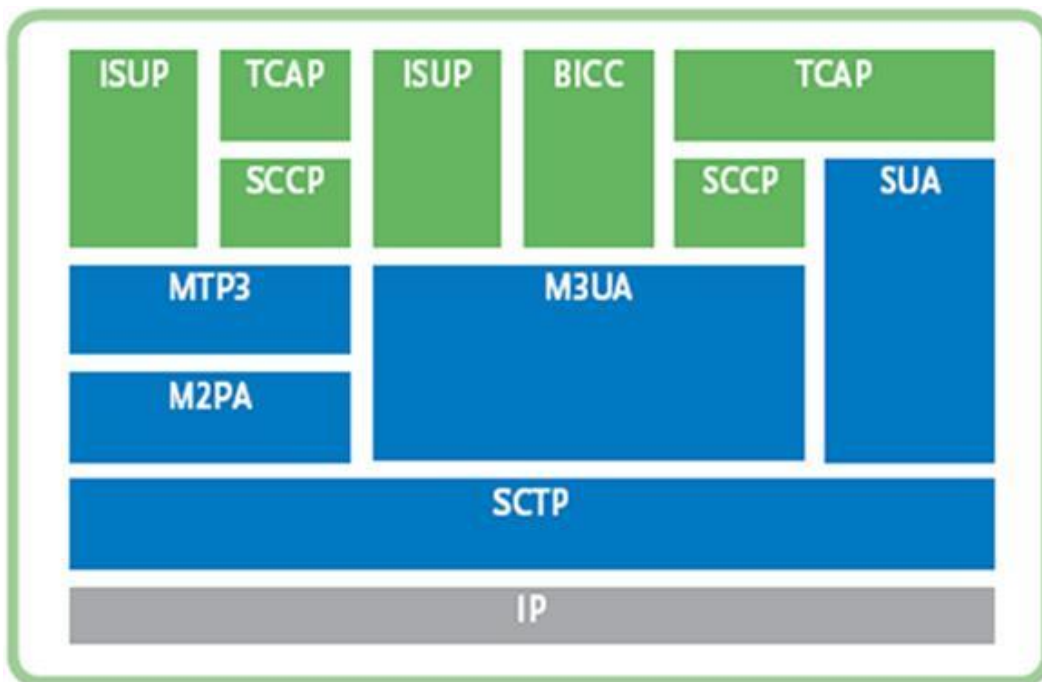
#### 3.4 Intelligent Network Application Protocol (INAP)

Sovellusprotokolla INAP määrittelee SCP:n ja SSP:n (Service Switching Point, keskus) väliset viestit. ITU määrittelee protokollalle kykytasot (Capability set) 1 ja 2, joista käytössä on Capability Set 1 (CS1). CS1 määrittelee protokollalle useita operaatioita, joista työssäni on käytössä InitialDP- ja Connect-operaatiot. INAP on määritelty TCAP:n tapaan ASN.1-merkkäuskielellä.

Dialogi käynnistyy InitialDP-operaatiolla. Operaation ainoa pakollinen parametri, avainnumero (serviceKey) on käynnistettävän prosessin tunniste. Operaatioissa voi olla useita vapaaehtoisia parametreja prosessista riippuen. NUMSI-palvelulogiikka tarvitsee parametrinä soitetun numeron (calledPartyAddress). Palvelun tulos palautetaan keskukselle Connect-operaatiolla. (Dryburgh, Hewett 2005).

## 4 SIGTRAN-PROTOKOLLAT

### 4.1 SIGTRAN



Kuva 3. SIGTRAN-protokollapino (<https://supportforums.cisco.com/document/56871/pqw2200-sigtran-support>, viitattu 2.3.2016)

SIGTRAN on Internet Engineering Task Forcen (IETF) työryhmän määrittelemä joukko protokollia, jotka tarjoavat rajapinnan SS7- ja IP-protokollien välillä. SIGTRAN:n voidaan ajatella olevan SS7:n jatke, joka siirtää SS7-liikenteen IP-verkkoon SCTP-protokollan avulla. Tämä mahdollistaa SS7-ohjelmistojen ajon IP-verkossa toimivalla laitteistolla. (Russel 2006, 201)

## 4.2 Stream Control Transmission Protocol (SCTP)

SCTP tarjoaa SS7-verkon kannalta olennaisia ominaisuuksia TCP:hen verrattuna. Yhteydellinen pakettisuuntautunut protokolla tarjoaa TCP:ä luotettavamman siirron, jolloin viestien tulojärjestyksellä ei ole merkitystä. TCP on myös haavoittuvainen palvelunesto- ja naamiohyökkäyksille. SCTP lähettää linkkien välillä keep-alive-signaaleja, joka kertoo linkin olevan ylhäällä. Linkin mentyä alas signaalien lähetys epäonnistuu. Ongelmakohtien löytäminen helpottuu tämän takia huomattavasti (Russel 2006, 126).

Yhteyden ylläpidosta pitää huolen myös multihoming-ominaisuus, jolloin yhteyden molemmilla päillä (assosiaatio) voi olla useampi IP-osoite. Pääasiallisen linkin mentyä alas SCTP etsii assosiaatiotaulukosta päätepisteen vaihtoehdoisen IP-osoitteen. Tämä varmistaa yhteyden toiminnan pääasiallisen linkin ollessa alhaalla. (LTEUniversity, 2012)

## 4.3 MTP Level 3 User Adaptation Layer (M3UA)

M3UA tarjoaa MTP3:n käyttäjäosan signaloinnin IP-verkossa SCTP-protokollaa käyttäen, joka työni tapauksessa on kappaleessa 2.2 kuvattu SCCP. M3UA vastaa viestien reitityksestä merkinantoyhdyskäytävän (Signaling Gateway, SG) ja SCP:n välillä. SG on SS7- ja IP-verkon välissä oleva laite, joka muuttaa merkinannon SS7- ja IP-protokollapinojen välillä.

Protokollaan liittyviä tärkeitä käsitteitä ovat sovellusserveri (Application Server, AS) ja sovelluksen serveriprosessi (Application Server Process, ASP). AS on tiettyä reititysavainta palveleva looginen yksikkö, jonka palveluihin kuuluvat esimerkiksi reititys ja autentikaatio. ASP on AS:n instanssi, joka edustaa fyysistä SCTP-yhteyttä. Samanaikaisesti voi olla käynnissä usea prosessi, jotka erotetaan toisistaan reititysavaimen (Routing Key) ja reitityskontekstin avulla.

M3UA-viesti koostuu tunnisteosiosta sekä parametriosiosta. Tunnisteesta selviää protokollaversio sekä viestin luokka ja tyyppi. Työn kannalta olennaisia luokkia ovat huoltoviestit (MGMT), ASP:n tilan ja liikenteen huoltoviestit (ASPSM, ASPTM), sekä siirtoviestit (Transfer Messages). MGMT-viestit kertovat yhteyden tilamuutoksista tai virheistä (ERR, NTFY). ASPSM- ja ASPTM-viestit ASP:n ja AS:n tilassa tapahtuvat muutokset. Siirtoviestit koostuvat varsinaisesta datasta, SCCP-viestistä. (RFC 4666)



## 5 TYÖKALUT

### 5.1 C++

C++ on Bjarne Stroustrupin 80-luvulla kehittämä kieli, jonka tarkoituksena oli lisätä luokat C-kieleen. C++ on C-kielen laajennus, jossa lähes kaikki C-kieliset ohjelmat toimivat suoraan. Tämä on luvussa 5.2 esitellyn kääntäjän takia erittäin tärkeä ominaisuus. Kielen standardia on vuosien varrella päivitetty useaan kertaan (The C++ Resources Network, 2016). Ohjelma on kielen C++11-standardin mukainen.

Työssä käytettävän kielen piti olla oliopohjainen, ja ASN.1-merkityt protokollat piti pystyä kääntämään kyseiselle kielelle. Alemmilla protokollatasoilla (M3UA ja SCCP) koodauksen oli tapahduttava bittitasolla. C/C++ oli selkeä valinta alusta lähtien.

### 5.2 Asn1c

Bittitasolla tietotyyppien koodaus saattaa vaihdella laitekohtaisesti, joten kuvauskielelle on tarvetta. ASN.1 kuvaa verkon yli lähetettävää dataa abstraktilla tasolla. TCAP ja INAP-protokollat ovat kuvattu ASN.1-kielellä, jotka voidaan kääntää haluttavalle kohdekielelle koodausta tai koodauksen purkua varten. ASN.1 ei ota kantaa kantaan bittitason koodaukseen. Tätä varten on olemassa useita koodaussääntöjä. Näistä yleisin on BER (Basic Encoding Rules).

Kääntäjän tulisi muodostaa projektia varten C++- tai C-koodia, ja olla mieluiten avointa koodia. Tarkoitukseen valikoitui Lev Walkinin avoimen lähdekoodin ASN1C-kääntäjä. Kääntäjä tukee BER:in varianttia DER:iä (Distinguished Encoding Rules), jotka ovat keskenään yhteensopivia. Käännettävästä määrittelystä, joka sisältää ASN.1-tietotyyppejä ja

viestimäärittelyjä, muodostuu C-kielen rakenteita (ASN1C www-sivut, 2014). Rakenteet täyttämällä pystyy helposti muodostamaan määrittelyn mukaisia viestejä. Kääntäjä generoi metodit rakenteiden muuttamista verkon yli lähetettäväksi tavuiksi. Viestin purku onnistuu decode-metodilla olettaen, että tuleva viesti on koodattu oikein.

### 5.3 SQLite

NUMSI-palvelun logiikassa pitää tarkistaa onko pyydetty numero siirretty. Tuotantoverkoissa käytetään operaattorikohtaisia tietokantoja. Opetuskäyttöön tulevassa ratkaisussa ei ole tarvetta raskaisiin tietokantoihin, joten aluksi lähdin suunnittelemaan kevyempää, tekstipohjaista XML- tai JSON-pohjaista ratkaisua. Päädyin kuitenkin lopulta SQLite-tietokantaan, joka muistuttaa enemmän tuotantoverkkojen ratkaisuja. SQLite on MySQL:ä kevyempi, joten soveltuu paremmin käyttökohteeseen. Olin myös kiinnostunut opiskelemaan SQLiten C++-rajapintaa.

Työssä riitti erittäin yksinkertainen tietokanta, joka sisältää yhden taulun, josta löytyvät kentät siirretyille numeroille, ja niitä vastaavalle tunnisteelle.

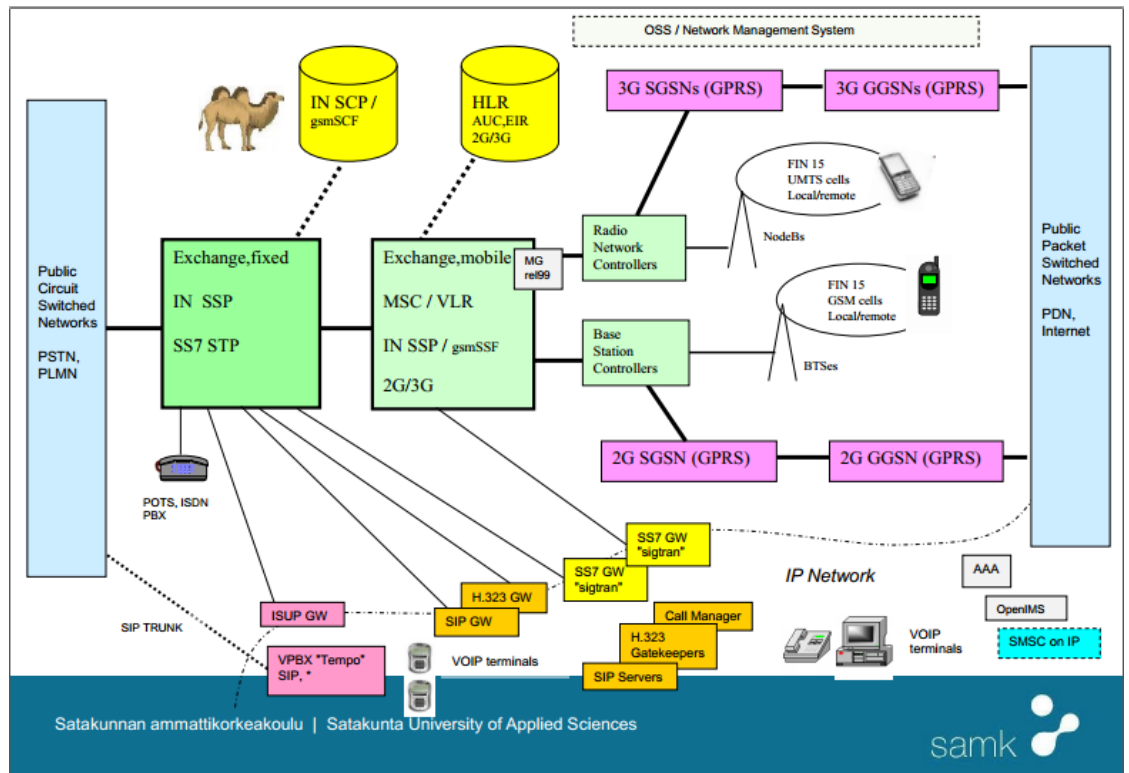
### 5.4 Valgrind

Kehitystyön edetessä ilmeni monenlaisia ongelmia, jotka kuitenkin pystyi korjaamaan Eclipsen-kehitysympäristön testausominaisuuksia käyttämällä. Muistivuotoja varten ei kuitenkaan löytynyt sopivia Eclipse-lisäosia. Tätä varten käytin avoimen lähdekoodin lisensillä julkaistua Valgrind-työkalukokoelmaa. C- ja C++-ohjelmille tarkoitettuun ohjelmistoon sisältyy Memcheck-työkalu.

Memcheck tarkistaa jokaisen muistiinluvun ja -kirjoituksen. Ohjelmalla pystyy tarkistamaan mm. muistivuodot, kirjoitusvirheet varaamattomille

muistialueille. Tämän avulla sain helposti selville virheet protokollien koodauksessa. Erityisesti ongelmia tuotti ASN.1-koodatut protokollat johtuen kääntäjän huonosta dokumentoinnista.

## 6 TOTEUTUSYMPÄRISTÖ



Kuva 4. SAMK NGN-laboratorion verkkoarkkitehtuuri (NGNLAB, viitattu 2.10.2015)

Ohjelma toteutettiin SAMK:n NGN-laboratoriossa. Alustana toimii Linux-pohjainen palvelin. Palvelimeen sisältyy ohjelman lisäksi NUMSI-tietokanta. Kone ottaa SCTP-yhteyden kuvassa 4 näkyvään Ciscon SS7 GW-reitittimeen, joka toimii joka toimii merkinannon yhdyskäytävänä piirikytkentäisessä verkossa olevan MSC/VLR:n ja IP-verkossa olevan Linux-palvelimen välillä. MSC:n konfigurointiin GT-numero, joka reitittää liikenteen GW:n ja MSC/VLR:n välillä. Testipuhelut toteutettiin verkossa kiinni olevan lankapuhelimen avulla (POTS/ISDN/PBX-puhelin kuvassa 4)

## 7 OHJELMALOGIIKKA JA KEHITYS

### 7.1 Määrittely

Tuotantoverkoissa käytössä olevat SCP:t pitää pystyä käsittelemään useita erilaisia viestejä samanaikaisesti. Koulutuskäyttöön tuleva ratkaisu on tässä suhteessa huomattavasti yksinkertaisempi. Tuotantoverkkojen kohdalla toteutus olisi merkittävästi laajempi jokaisen protokollan kohdalla, ja vaatisi huomattavasti enemmän työtunteja. Heti alussa työ rajattiin käsittelemään vain NUMSI-logiikkaan liittyvät viestit. Pääosa työstä muodostuikin protokollien ohjelmoinnista spesifikaatioita seuraamalla.

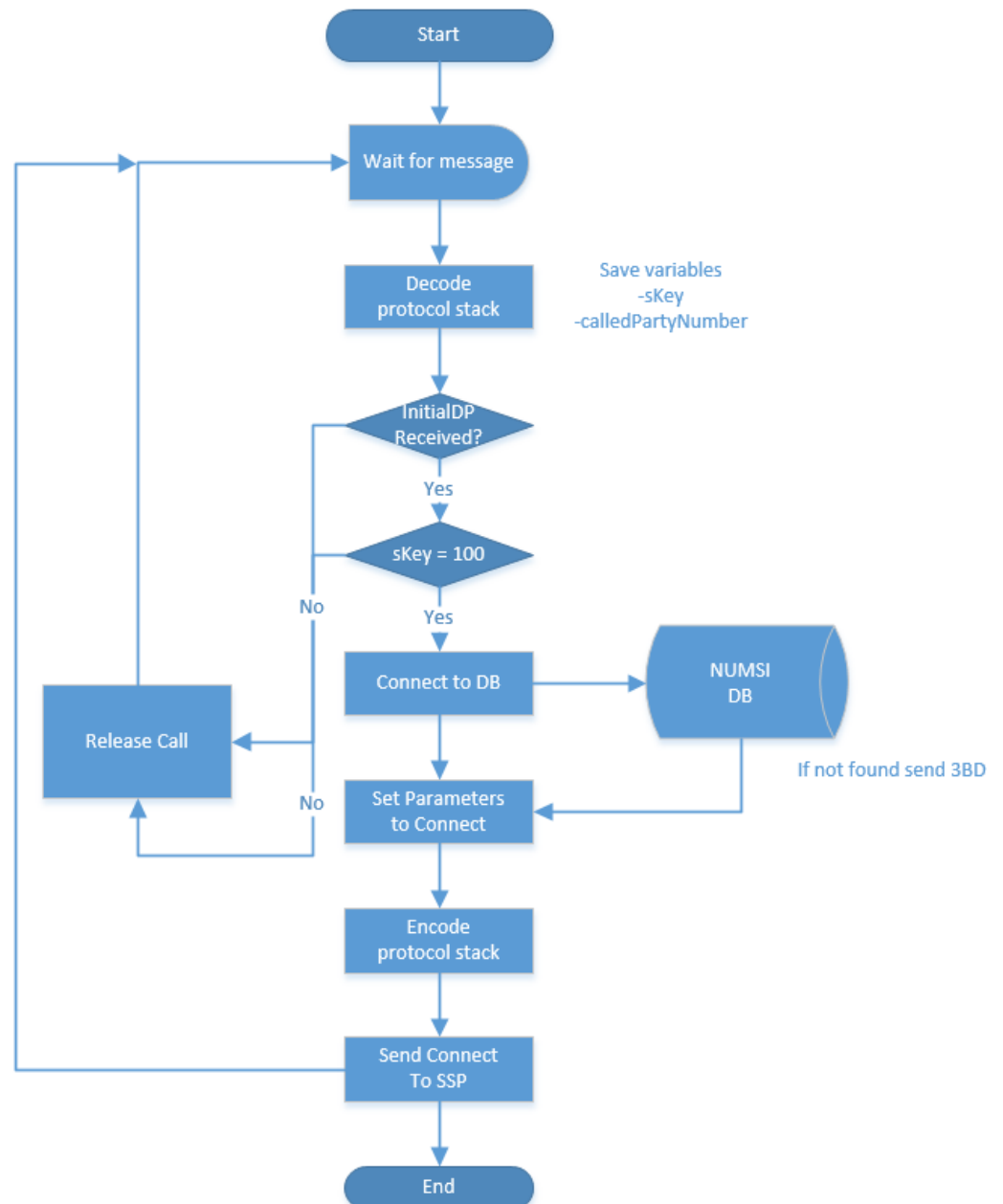
Vastaanotettu viesti on kapseloitu useammalla protokollakerroksella. Jokainen kerros pitää purkaa järjestyksessä, ja ottaa muistiin lähtevässä viestissä tarvittavat parametrit. NUMSI-palvelulogiikka käynnistyy, mikäli protokollien purku onnistui. Tuntemattoman viestin tapauksessa yhteys katkeaa. Vastausviesti rakennetaan kapseloimalla protokollat samalla tavalla, ja sijoittamalla parametrit protokolliin.

### 7.2 Suunnittelu ja Toteutus

Arkkitehtuuri seuraa SIGTRANSMSC:n arkkitehtuuria, jonka havaitsin toimivaksi ratkaisuksi. Ohjelman suunnittelin alusta alkaen tapahtumapohjaiseksi. Alkutilanteessa kuunnellaan SCTP-virrasta saapuvaa viestiä, jonka saavuttua logiikka lähtee käyntiin. Ohjelmasilmukka odottaa viestiä, purkaa sen ja rakentaa vastausviestin.

Jokaiselle protokollalle on oma luokkansa, johon sisältyy viestikohtaiset metodit purkaa ja rakentamista varten. Luokat toimivat toisistaan riippumatta, joten laajennus ja testaus käy vaivattomasti. Viestin jäsentely ja

tyyppimuunnos tietokantaa varten tapahtuu INAP-luokassa. Tietokantaa käsitellään omassa Database-luokassa.



Kuva 5. Ohjelmalogiikka

### 7.2.1 Tuleva viesti

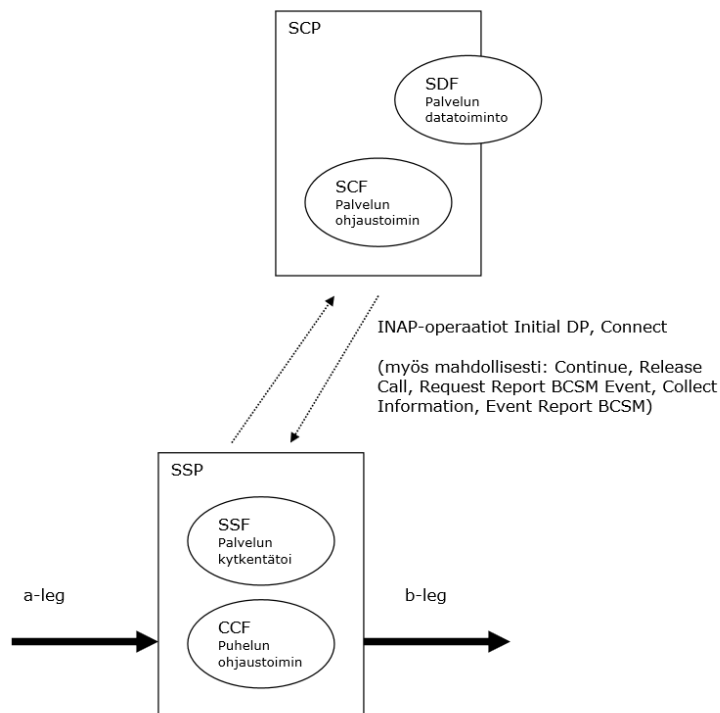
Yhteys serveriltä Ciscon reitittimeen muodostetaan SCTP-tasolla. Linux-kernelissä on 2.6-versiosta lähtien tuki SCTP-protokollalle. Linux Kernel Stream Transmission Protocol-projekti (LKSCTP) tarjoaa C-kielisen kirjaston SCTP-rajapinnoille. Yhteyden muodostamisen jälkeen lähetetään M3UA:n viesti ASPUP, jonka jälkeen ohjelma siirtyy odottavaan tilaan. GW:ä odotetaan vastausta ASPSM\_ASPUP\_ACK, jonka jälkeen yhteys on valmis datansiirtoon.

Parametreistä myöhemmin tarvitaan SCCP:n calledPartyAddress ja callingPartyAddress. TCAP:sta TransactionID, localCode ja InvokeID. INAP:n InitialDP-viestistä löytyvä calledPartyNumber-parametristä selviää numero, johon yritettiin soittaa. Tietokannasta etsitään calledPartyNumber.

### 7.2.2 NUMSI-palvelu

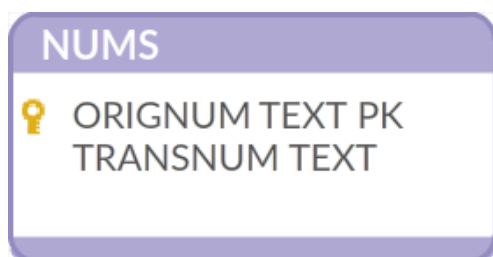
Numeronsiirto voidaan toteuttaa joko mobiiliverkkospesifisesti tai IN:n avulla lankaverkoissa. Mobiiliverkoissa tietokantakysely suoritetaan lähtöverkossa, josta palautuva numero ohjataan kohdeverkkoon. Päättyvässä puhelussa HLR:tä kysytään aina roaming-numeroa, joten tämä toteutus ei vaadi IN-palveluita.

Lankaverkkojen kysely toteutetaan IN:n kautta. SCP:lle tulee keskuksen lähettämä InitialDP-kysely. Keskus ohjaa puhelun vastauksesta riippuen toiseen kohdeverkkoon tai vie puhelun perille omassa verkossaan. (Aromaa, 2005)



Kuva 5. NUMSI-palvelu lankaverkoissa (Aromaa 2005, viitattu 10.3.2016)

Tietokannasta numsi.db palautuu reititysnumero. Taulussa numsi kääntyvä numero ORIGNUM on pääavain. TRANSNUM on palautuva reititysnumero. Reititysnumero on viisidigittinen luku, jossa on ohjaustunniste, teleyritystunniste ja palvelunumero. Ohjaustunniste alkaa tunnisteella 1D. Jos numero ei ole siirtynyt, palautuu reititysnumero 3BD.



Kuva 6. numsi.db:n taulu.



### 7.2.3 Lähtevä viesti

Vastaukseen koodataan INAP:n Connect- viesti. Connectin pakolliset parametrit ovat DestinationRoutingAddress, ja CutAndPaste. Ensimmäiseen parametriin kirjoitetaan tietokannalta saatu osoite. CutAndPaste kertoo SSP:lle calledPartyAddress:sta numeron alusta leikattavien digittien määrän. Työssä tämä on aina 0. SCCP:n ja TCAP:n aikaisemmin muistiin tallennetut parametrit lisätään lähtevään viestiin. SCCP:n kohdalla tulevassa viestissä olevat calledPartyAddress ja callingPartyAddress vaihtavat lähetettävässä viestissä paikkaa.

### 7.3 Toteutuksen ongelmia

Toteutukseen jäi lopulta virheitä ajanpuutteesta johtuen. Sekaannusta aiheuttivat tyyppimuunnokset ASN.1-tyypeiksi. INAP:n connect- viestiin tulee tästä johtuen väärä destinationRoutingAddress. Parametri on tyyppiä OCTET\_STRING, jolloin tuleva merkkijono kääntyy heksaluvuiksi. destinationRoutingAddress on BCD-koodattu (Binary-Coded Decimal), joka on OCTET\_STRING:n erikoistapaus. ASN1C ei tue BCD:ä, joten on tarve kirjoittaa tyyppimuunnokselle oma funktionsa.

## 8 YHTEENVETO

Työn suunnitteluun ja toteutukseen sain vapaat kädet. Havaitsin nopeasti SIGTRANSMSC:n arkkitehtuurimallin monella tapaa järkeväksi, joten päätin suunnitella oman työni sen perusteella. Tämä nopeutti varsinkin alkuvaiheen suunnittelua huomattavasti. Vastaavista töistä löytyi hyvin vähän esimerkkejä, joten työ antoi myös arvokasta tietoa ohjelmointiin liittyen.

Työn toteutus vaati tutustumista useaan protokollaan. Protokollien spesifikaatiot ovat erittäin laajoja, ja niiden täydellinen toteutus olisi erittäin hidas prosessi. Päädyin siis toteuttamaan vain NUMSI-palvelun vaatimat osat. Alempien tasojen protokollien koodaus tapahtui bitti kerrallaan IETF:n spesifikaatioita seuraamalla. Protokollat ovat kuvattu erittäin yksityiskohtaisesti, joten ohjelmointiprosessi oli varsin mekaaninen.

Työn suurin haaste löytyi ylemmistä, ASN.1-merkityistä protokollista. Hankaluutta tuotti ASN1C-kääntäjän huono dokumentointi ja esimerkkien puute. ASN1C ei myöskään anna virheilmoituksia väärin koodatusta viestistä, mikä hankaloitti testausprosessia. Suuri osa kehitysjajasta meni kääntäjän kääntäjän generoiman koodin ymmärtämiseen. Kokemus oli kuitenkin opettavainen. Työn aikana tuli myös ilmi protokollista monia huomioon otettavia yksityiskohtia, joita spesifikaatioissa ei mainittu.

Halusin suunnitella Prototyypin-SCP:n siten, että tulevaisuudessa sitä olisi helppo laajentaa. Työstä jäi lopulta pois muutamia siihen suunnittelemani ominaisuuksia, suurimpana CLI-pohjainen käyttöliittymä, ja parempi virheidenkäsittely. Lisäksi protokollaluokkia voidaan laajentaa helposti tarpeen mukaan. Sovelluksen siirtäminen NGN-laboratorion verkon ulkopuolelle vaatisi myös muutamien parametrien muokkaamista suoraan koodissa.

## LÄHTEET

ITU Q.702. (11/88). MTP 1, Signalling data link. Viitattu 24.9.2015

<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.702/en/>

ITU Q.703. (07/96). MTP 2, Signalling link. Viitattu 24.9.2015

<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.703/en/>

ITU Q.704 (07/96). MTP 3, Signalling network functions and messages.

Viitattu 24.9.2015 <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.704/en/>

ITU-T Q.711 (03/01). Functional description of the signalling connection control part.

Viitattu 24.9.2015 <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.711/en/>

ITU-T Q.1200 (09/97). General series Intelligent Network Recommendation structure . Viitattu 18.2.2016

<http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.1200-199709-I/en>

ITU-T I.312/Q.1201 (10/92). Principles of intelligent network architecture.

Viitattu 19.2.2016

<https://www.itu.int/rec/T-REC-Q.1201/en>

ETS 300 374-1. Intelligent Network (IN) ; Intelligent Network Capability Set 1 (CS1) ; Core Intelligent Network Application Protocol (INAP) ; Part 1 : Protocol specification. Viitattu 1.10.2015

[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_i\\_ets/300300\\_300399/30037401/01\\_60/ets\\_30037401e01p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_i_ets/300300_300399/30037401/01_60/ets_30037401e01p.pdf)

RFC 4960. Stream Control Transmission Protocol. Viitattu 1.10.2015

<https://tools.ietf.org/html/rfc4960>

RFC 2719. Framework Architecture for Signaling Transport. Viitattu 1.10.2015

<http://tools.ietf.org/html/rfc2719>

RFC 4666. Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 3 (MTP3) – User Adaptation Layer (M3UA). Viitattu 1.10.2015

<https://tools.ietf.org/html/rfc4666>

NGNLAB Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Next Generation Networks-laboratorio, Viitattu 2.10.2015 <http://www.samk.fi/ngn>

Russel, T. 2006. Signaling System #7, 5th Edition. New York: McGraw-Hill Communications.

Dryburgh, L. & Hewett, J. 2005. Signaling System No. 7. Indianapolis: Cisco Press. Viitattu 2.3.2016.

[http://www.informit.com/library/library.aspx?b=Signaling\\_System\\_No\\_7](http://www.informit.com/library/library.aspx?b=Signaling_System_No_7)

Prototype VSCP, opinnäytetyön projektin lähdekoodi. Viitattu 18.2.2016  
<https://github.com/kalleaal/protoVSCP>

Johansson, H. 2013. Open source integration to mobile network. AMK-opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 18.2.2016.  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052210011>

Martikainen, Lipiäinen, Molin 1995. Tutorial on Intelligent Networks, IFIP IN '95 CONFERENCE 28.-31.8.1995  
<http://www.cse.bgu.ac.il/GFE/SON/Low%20Priority/IN.pdf>

Valgrind (Version 3.11.0). 2015. Valgrind Developers.  
<http://www.valgrind.org/>

ASN1C (Version 0.9.27). 2014. Lev Walkin.  
<http://lionet.info/asn1c/>

SQLite (Version 3.8.9). 2015. SQLite Consortium  
<http://www.sqlite.org/>

Linux Kernel Stream Control Transmission Protocol Tools (Version 1.0.16). 2014. La Monte H.P. Yarroll, IBM Corp, Red Hat  
<http://lksctp.sourceforge.net/>

The C++ Resources Network, Viitattu 1.3.2016 <http://www.cplusplus.com>

LTEUniversity 2012. SCTP Multi-homing. Viitattu 1.4.2016.  
[http://lteuniversity.com/get\\_trained/expert\\_opinion1/b/gcote/archive/2012/12/18/sctp-multi-homing.aspx](http://lteuniversity.com/get_trained/expert_opinion1/b/gcote/archive/2012/12/18/sctp-multi-homing.aspx)

## LIITE 1

### WIRESHARK-KAAPPAUS BEGIN-VIESTISTÄ

```
Frame 3827: 186 bytes on wire (1488 bits), 186 bytes captured (1488 bits)
Ethernet II, Src: CiscoInc_a9:26:80 (00:1a:e2:a9:26:80), Dst: Dell_0a:ab:9d (00:24:e8:0a:ab:9d)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.154, Dst: 192.168.1.46
Stream Control Transmission Protocol, Src Port: 2905 (2905), Dst Port: 2905 (2905)
  Source port: 2905
  Destination port: 2905
  Verification tag: 0x35a767b5
  [Association index: 6]
  Checksum: 0x96cf6460 (not verified)
  DATA chunk(ordered, complete segment, TSN: 3457839997, SID: 1, SSN: 0, PPID: 3, payload length: 124 bytes)
    Chunk type: DATA (0)
      0... .... = Bit: Stop processing of the packet
      .0.. .... = Bit: Do not report
    Chunk flags: 0x03
      .... ..1 = E-Bit: Last segment
      .... ..1 = B-Bit: First segment
      .... .0.. = U-Bit: Ordered delivery
      .... 0... = I-Bit: Possibly delay SACK
    Chunk length: 140
    Transmission sequence number: 3457839997
    Stream identifier: 0x0001
    Stream sequence number: 0
    Payload protocol identifier: M3UA (3)
MTP 3 User Adaptation Layer
  Version: Release 1 (1)
  Reserved: 0x00
  Message class: Transfer messages (1)
  Message Type: Payload data (DATA) (1)
  Message length: 124
  Routing context (1 context)
    Parameter Tag: Routing context (6)
    Parameter length: 8
    Routing context: 2
  Protocol data (SS7 message of 89 bytes)
    Parameter Tag: Protocol data (528)
    Parameter length: 105
    OPC: 750
    DPC: 750
    SI: SCCP (3)
```

NI: Reserved for national use (3)  
MP: 0  
SLS: 13  
[MTP3 equivalents]  
[OPC: 750]  
[DPC: 750]  
[PC: 750]  
[PC: 750]  
[NI: 3]  
[SLS: 13]  
Padding: 000000

### Signalling Connection Control Part

Message Type: Unitdata (0x09)  
.... 0001 = Class: 0x01  
1000 .... = Message handling: Return message on error (0x08)  
Pointer to first Mandatory Variable parameter: 3  
Pointer to second Mandatory Variable parameter: 12  
Pointer to third Mandatory Variable parameter: 23  
Called Party address (9 bytes)  
Address Indicator  
0... .... = Reserved for national use: 0x00  
.0... .... = Routing Indicator: Route on GT (0x00)  
..01 00.. = Global Title Indicator: Translation Type, Numbering Plan, Encoding Scheme, and Nature of Address Indicator included  
(0x04)  
.... ..0. = SubSystem Number Indicator: SSN not present (0x00)  
.... ...0 = Point Code Indicator: Point Code not present (0x00)  
Global Title 0x4 (8 bytes)  
Translation Type: 0x00  
0001 .... = Numbering Plan: ISDN/telephony (0x01)  
.... 0010 = Encoding Scheme: BCD, even number of digits (0x02)  
.000 0100 = Nature of Address Indicator: International number (0x04)  
Called Party Digits: 3584576030  
Called or Calling GT Digits: 3584576030  
Number of Called Party Digits: 10  
Country Code: Finland (358)  
Calling Party address (11 bytes)  
Address Indicator  
0... .... = Reserved for national use: 0x00  
.0... .... = Routing Indicator: Route on GT (0x00)  
..01 00.. = Global Title Indicator: Translation Type, Numbering Plan, Encoding Scheme, and Nature of Address Indicator included  
(0x04)  
.... ..1. = SubSystem Number Indicator: SSN present (0x01)  
.... ...0 = Point Code Indicator: Point Code not present (0x00)  
SubSystem Number: Reserved for international use (ITU only) (12)  
[Linked to TCAP]  
Global Title 0x4 (9 bytes)

```
Translation Type: 0x00
0001 .... = Numbering Plan: ISDN/telephony (0x01)
.... 0010 = Encoding Scheme: BCD, even number of digits (0x02)
.000 0011 = Nature of Address Indicator: National significant number (0x03)
Calling Party Digits: 358109020103
  Called or Calling GT Digits: 358109020103
  Number of Calling Party Digits: 12
```

#### Transaction Capabilities Application Part

begin

Source Transaction ID

otid: 06c11001

components: 1 item

Component: invoke (1)

invoke

invokeID: 0

opCode: localValue (0)

localValue: 0

CONSTRUCTOR

CONSTRUCTOR Tag

Tag: 0x00

Length: 41

Parameter (0x00)

Tag: 0x00

Length: 1

Data: 64

Parameter (0x02)

Tag: 0x02

Length: 7

Data: 81

Parameter (0x03)

Tag: 0x03

Length: 6

Data: 03

Parameter (0x05)

Tag: 0x05

Length: 1

Data: 0a

Parameter (0x17)

Tag: 0x17

Length: 2

Data: 91

Parameter (0x1a)

Tag: 0x1a

Length: 2

Data: 20

Wireshark-analysaattori ei osaa avata INAP-sisältöä  
Operaatio tunnistetaan InitialDP :ksi

```
CONSTRUCTOR
  CONSTRUCTOR Tag
  Tag: 0x02
  Length: 5
  Parameter (0x00)
    Tag: 0x00
    Length: 3
    Data: 80
  Parameter (0x1c)
    Tag: 0x1c
    Length: 1
    Data: 03
```

Data (51 bytes)

Data: a13102010002010030298001648207819020469712018306...

[Length: 51]



## WIRESHARK-KAAPPAUS END-VIESTISTÄ

```
Frame 3828: 170 bytes on wire (1360 bits), 170 bytes captured (1360 bits)
Ethernet II, Src: Dell_0a:ab:9d (00:24:e8:0a:ab:9d), Dst: CiscoInc_a9:26:80 (00:1a:e2:a9:26:80)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.46, Dst: 192.168.1.154
Stream Control Transmission Protocol, Src Port: 2905 (2905), Dst Port: 2905 (2905)
  Source port: 2905
  Destination port: 2905
  Verification tag: 0xcela7379
  [Association index: 5]
  Checksum: 0x75cb185f (not verified)
  SACK chunk (Cumulative TSN: 3457839997, a_rwnd: 56320, gaps: 0, duplicate TSNs: 0)
    Chunk type: SACK (3)
      0... .... = Bit: Stop processing of the packet
      .0.. .... = Bit: Do not report
    Chunk flags: 0x00
      .... ...0 = Nounce sum: 0
    Chunk length: 16
    Cumulative TSN ACK: 3457839997
    Advertised receiver window credit (a_rwnd): 56320
    Number of gap acknowledgement blocks: 0
    Number of duplicated TSNs: 0
  DATA chunk(ordered, complete segment, TSN: 1658899773, SID: 1, SSN: 0, PPID: 3, payload length: 92 bytes)
    Chunk type: DATA (0)
      0... .... = Bit: Stop processing of the packet
      .0.. .... = Bit: Do not report
    Chunk flags: 0x03
      .... ...1 = E-Bit: Last segment
      .... ..1. = B-Bit: First segment
      .... .0.. = U-Bit: Ordered delivery
      .... 0... = I-Bit: Possibly delay SACK
    Chunk length: 108
    Transmission sequence number: 1658899773
    Stream identifier: 0x0001
    Stream sequence number: 0
    Payload protocol identifier: M3UA (3)
MTP 3 User Adaptation Layer
  Version: Release 1 (1)
  Reserved: 0x00
  Message class: Transfer messages (1)
  Message Type: Payload data (DATA) (1)
  Message length: 92
```

Routing context (1 context)  
Parameter Tag: Routing context (6)  
Parameter length: 8  
Routing context: 2  
Protocol data (SS7 message of 60 bytes)  
Parameter Tag: Protocol data (528)  
Parameter length: 76  
OPC: 750  
DPC: 750  
SI: SCCP (3)  
NI: Reserved for national use (3)  
MP: 0  
SLS: 13  
[MTP3 equivalents]  
[OPC: 750]  
[DPC: 750]  
[PC: 750]  
[PC: 750]  
[NI: 3]  
[SLS: 13]

#### Signalling Connection Control Part

Message Type: Unitdata (0x09)  
.... 0000 = Class: 0x00  
0000 .... = Message handling: No special options (0x00)  
Pointer to first Mandatory Variable parameter: 3  
Pointer to second Mandatory Variable parameter: 14  
Pointer to third Mandatory Variable parameter: 23  
Called Party address (11 bytes)  
Address Indicator  
0... .... = Reserved for national use: 0x00  
.0.. .... = Routing Indicator: Route on GT (0x00)  
..01 00.. = Global Title Indicator: Translation Type, Numbering Plan, Encoding Scheme, and Nature of Address Indicator included (0x04)  
.... ..1. = SubSystem Number Indicator: SSN present (0x01)  
.... ...0 = Point Code Indicator: Point Code not present (0x00)  
SubSystem Number: Reserved for international use (ITU only) (12)  
[Linked to TCAP]  
Global Title 0x4 (9 bytes)  
Translation Type: 0x00  
0001 .... = Numbering Plan: ISDN/telephony (0x01)  
.... 0010 = Encoding Scheme: BCD, even number of digits (0x02)  
.000 0011 = Nature of Address Indicator: National significant number (0x03)  
Called Party Digits: 358109020103  
Called or Calling GT Digits: 358109020103  
Number of Called Party Digits: 12  
Calling Party address (9 bytes)  
Address Indicator

```

0... .... = Reserved for national use: 0x00
.0.. .... = Routing Indicator: Route on GT (0x00)
..01 00.. = Global Title Indicator: Translation Type, Numbering Plan, Encoding Scheme, and Nature of Address Indicator included (0x04)
.... ..0. = SubSystem Number Indicator: SSN not present (0x00)
.... ...0 = Point Code Indicator: Point Code not present (0x00)
Global Title 0x4 (8 bytes)
Translation Type: 0x00
0001 .... = Numbering Plan: ISDN/telephony (0x01)
.... 0010 = Encoding Scheme: BCD, even number of digits (0x02)
.000 0100 = Nature of Address Indicator: International number (0x04)
Calling Party Digits: 3584576030
Called or Calling GT Digits: 3584576030
Number of Calling Party Digits: 10
Country Code: Finland (358)

```

**Transaction Capabilities Application Part**

end

Destination Transaction ID

dtid: 06c11001

components: 1 item

Component: invoke (1)

INAP :n Connect-operaatio

invoke

invokeID: 1

opCode: localValue (0)

localValue: 32

CONSTRUCTOR

CONSTRUCTOR Tag

Tag: 0x00

Length: 12

CONSTRUCTOR

CONSTRUCTOR Tag

Tag: 0x02

Length: 7

Parameter (0x04)

Tag: 0x04

Length: 5

Data: 31

Parameter (0x03)

Tag: 0x03

Length: 1

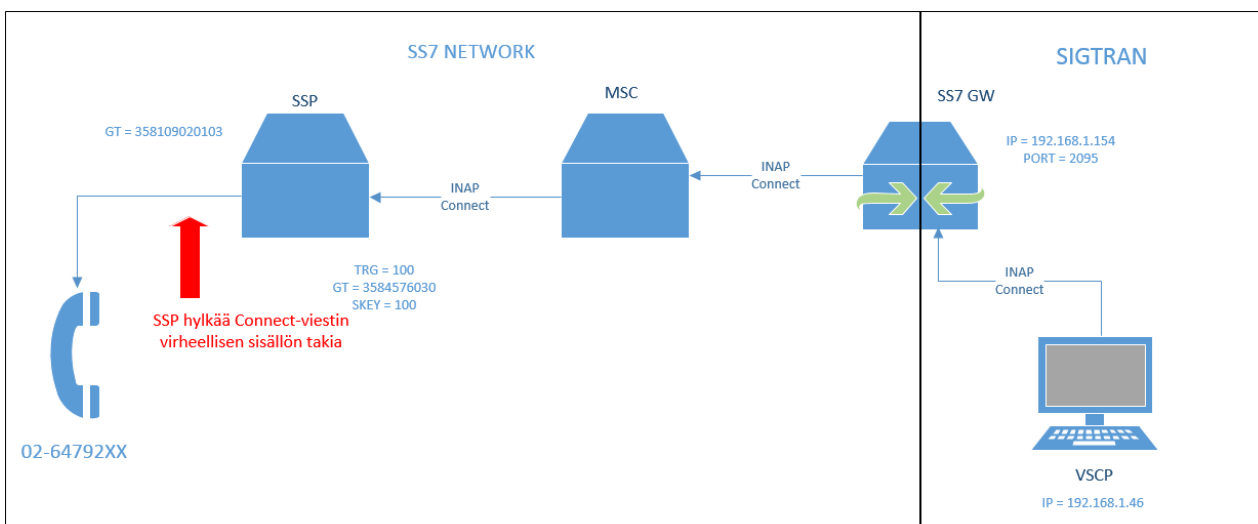
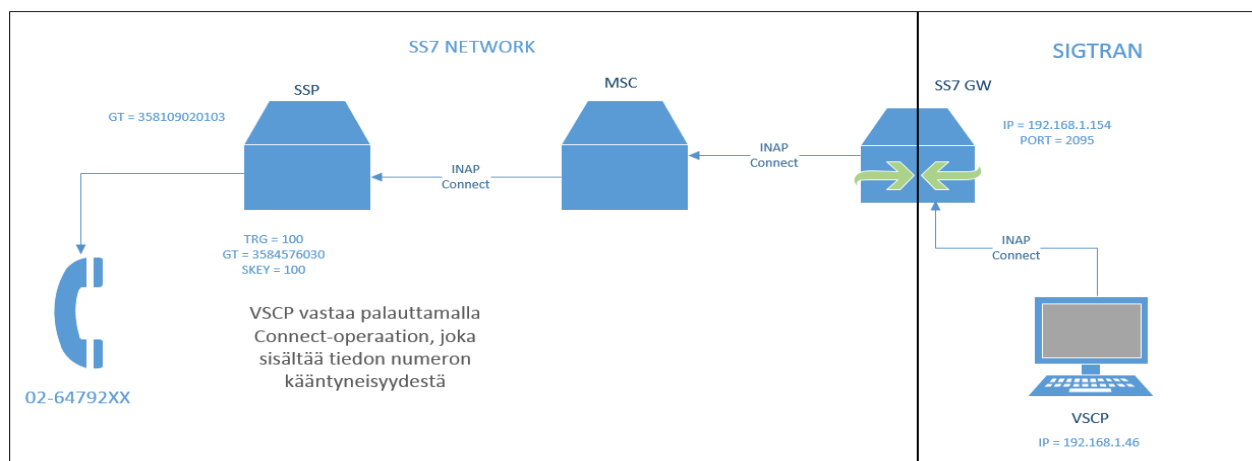
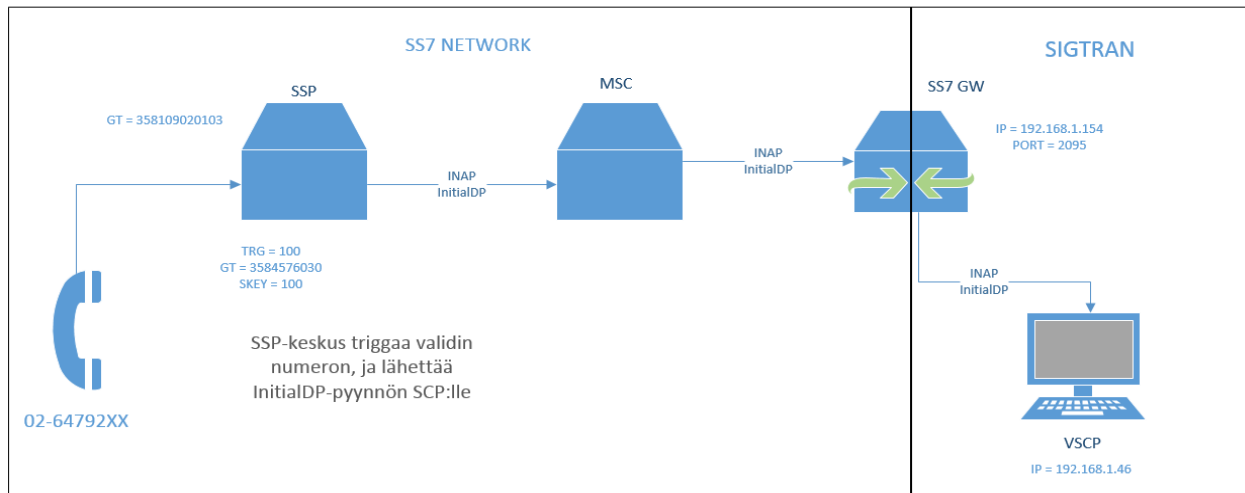
Data: 00

Data (22 bytes)

Data: all14020101020120300ca00704053144353237830100

[Length: 22]

KOEJÄRJESTELY



## KÄYTTÖOHJEET PALVELIMELLE

käyttäjä: root  
salasana: admin

käyttäjä: aalto  
salasana: kalleaalto2

Ohjelma sijaitsee kansiossa  
/home/aalto/ProtoVSCP/

lähdekoodi kansiossa  
/home/aalto/workspace/ProtoVSCP/

ohjelma käynnistyy komennolla  
./ProtoVSCP

prosessin tappo komennolla  
kill -9 ProtoVSCP  
tai  
kill -9 PID

PID:n saa selville komennolla  
pidof ProtoVSCP

## SQLITE-TIETOKANTA

tietokannan sijainti:  
/home/aalto/ProtoVSCP/numsi.db

taulun nimi:  
nums

kääntyneet numerot:  
026479211  
026479210

tietokantaan pääsee käsiksi komennolla  
sqlite3 numsi.db

Sisällön näkee:  
select \* from nums;

Tauluun pystyy lisäämään tietoa komennolla

```
INSERT INTO nums VALUES (oringnum, transnum);  
esim.  
INSERT INTO nums VALUES ("026479210", "1D527");
```

Poistaminen käy komennolla

```
DELETE FROM table_name WHERE [condition];  
esim.  
DELETE FROM nums WHERE orignum ="026479211";
```