

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Janne Hipeli

SIP-MERKINANNON SOVITUS

Tekniikan Porin yksikkö
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto
2007

TIIVISTELMÄ

SIP-MERKINANNON SOVITUS

Janne Hipeli

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka Pori

Tekniikantie 2, 28600 Pori

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto

Insinööriyö: 65 sivua

Toimeksiantaja: Satakunnan ammattikorkeakoulu

Työn valvoja: Juha Aromaa, DI

Helmikuu 2008

UDK: 004.73, 621.3.09, 621.395

Asiasanat: SIP, ISUP, merkinanto, sovitus

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin VOIP-puhelinratkaisun SIP-protokollaan, ja sen sovittamiseen perinteisiin merkinantoihin (erityisesti ISUP) verkkojen välisissä yhdysliikennetapauksissa. Tutkimista varten rakennettiin aiheeseen liittyvä testi-ympäristö, jossa demonstroitiin keskeisiä liikennetapauksia Satakunnan ammattikorkeakoulun NGN-laboratoriossa/asiakasverkossa. Merkinantosovituksia analysoitiin ja toimittajaratkaisuja verrattiin SIP- ja ISUP-protokollien suosituksiin.

ABSTRACT

INTERWORKING BETWEEN SIP AND ISUP

Janne Hipeli

SATAKUNTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Unit of Technology in Pori

Tekniikan tie 2, 28600 Pori

Information Technology

Option of Telecommunications

Bachelor's thesis: 65 pages

Commissioned by Satakunta University of Applied Sciences

Supervised by Aromaa, Juha MSc

February 2008

UDC: 004.73, 621.3.09, 621.395

Key Words: SIP, ISUP, signaling, interworking

SIP protocol used generally in the IP telephone solutions, as well as interworking of SIP and PSTN signaling protocols, especially ISUP, was analyzed in this thesis. A test environment for the demonstration of essential traffic cases in the Satakunta University of Applied Sciences NGN laboratory and operator network was built. Signaling interworking was analyzed and the vendor solutions were compared to the SIP and ISUP specifications.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

LYHENTEET

1 JOHDANTO	8
2 MERKINANTO.....	9
3 YHTEISKANAVAMERKINANTOJÄRJESTELMÄ SS7.....	11
3.1 Yleistä teoriaa.....	11
3.2 Verkkoarkkitehtuuri	12
3.3 SS7-protokollat	13
4 ISUP (ISDN USER PART)	17
4.1 Yleistä teoriaa.....	17
4.2 ISUP-palvelut.....	17
4.3 ISUP:n puheenohjaussanomat.....	18
4.4 ISUP-sanoman rakenne.....	20
5 SIP (SESSION INITIATION PROTOCOL).....	22
5.1 Yleistä teoriaa.....	22
5.2 SIP-arkkitehtuuri	24
5.3 SIP-osoitteet	28
5.4 SIP-sanomat	30
5.5 SIP-yhteydenmuodostus.....	38
6 SIP/ISUP-MERKINANNON SOVITUS.....	41
6.1 Merkinannon sovitus teoriaa	41
6.2 Testiympäristön kuvaus	50
6.3 Tulosten tarkastelu	53
7 YHTEENVETO	63

LÄHTEET

LYHENTEET:

ACM	Address Complete Message
ANM	Answer Message
BICC	Bearer Independent Call Control
CCBS	Completion of Calls to Busy Subscriber
CCITT	Consultative Committee for International Telegraph and Telephone
CCS	Common Channel-type Systems
CAS	Channel Associated Signaling
CLIP	Calling Line Identification Presentation
CIC	Circuit Identification Code
CLIR	Calling Line Identification Restriction
COLP	Connected Line Identification Presentation
COLR	Connected Line Identification Restriction
CPG	Call Progress
CRLF	Carriage Return Line Feed
FISU	Fill-in Signal Unit
HLR	Home Location Register
IAM	Initial Address Message
IETF	Internet Engineering Task Force
ILM	ISDN-liittymämerkinanto
INAP	Intelligent Network Application Protocol
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector
LNPDB	Local Number Portability Database
LSSU	Link Status Signal Unit
MAP	Mobile Application Part
MG	Media Gateway

MGC	Media Gateway Controller
MMUSIC	Multi-Party Multimedia Session Control Working Group
MPM	Metering Pulse Message
MSU	Message Signal Unit
MTP	Message Transfer Part
PCM	Pulse Code Modulation
POTS	Plain Old Telephone Service
PRI	Primary Rate Interface
PSTN	Public Switched Telephone Network
RFC	Request for Comments
REC	Release Complete
REL	Release Message
RSVP	Resource Reservation Protocol
RTP	Real-Time Transport Protocol
RTSP	Real-Time Streaming Protocol
S/MIME	Secure/Multipurpose Internet Mail Extensions
SAM	Subsequent Address Message
SAP	Session Announcement Protocol
SCCP	Signaling Connection Control part
SCP	Service Control Point
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SS7	Signaling System 7
SSH	Secure Shell
SSP	Service Switching Point
STP	Service Transfer Point
TCP	Transmission Control protocol
TLS	Transport Layer Security
TMR	Transmission Medium Requirement
TUP	Telephone User Part

UAC	User-Agent Client
UAS	User-Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
URI	Universal Resource Identifier
USI	User Service Information
UUS	User-to-User Signaling
VOIP	Voice over IP
YKM	Yhteiskanavamerkinanto

1 JOHDANTO

Puheen siirtäminen IP-verkoissa on tullut yhä yleisemmäksi. Tästä johtuen on tärkeää tutkia, miten merkinannot sovittuvat, kun siirrytään perinteisistä puhelinverkoista IP-verkkoihin. SIP-protokolla on nykyään yleisin ratkaisu siirrettäessä puhetta IP:n päällä. Monet uusimmat langattomat päätelaitteet tukevatkin juuri SIP-protokollaa.

Tämä työ tehtiin Satakunnan Ammattikorkeakoulun NGN-laboratoriossa hyödyntäen erästä asiakasverkkoa. Luotua testiympäristöä hyödyntäen, analysoitiin erilaisten puheluiden merkinantosovituksia ja verrattiin toimittajaratkaisuja SIP- ja ISUP-protokollien suosituksiin.

Työssä käsitellään yleisesti merkinannon teoriaa ja käydään läpi yhteiskanava-merkinantojärjestelmä SS7 sekä katsotaan lyhyesti BICC:n idea.

Lisäksi perehdytään tarkemmin tämän työn kannalta tärkeimmän perinteisen puhelinverkon protokollan ISUP:n rakenteeseen, tärkeimpiin sanomiin ja ISUP:n tarjoamiin palveluihin.

SIP-protokollan teoriasta käydään läpi mm. SIP:n arkkitehtuuria, yhteydenmuodostustapoja sekä SIP-osoitteita ja tärkeimmät SIP-sanomat.

Lopussa tutkitaan SIP:n ja ISUP:n merkinantojen sovitusta. Ensin käsitellään asiaa teoriapohjalta, jonka jälkeen esitellään testiympäristö, jossa sovitusta testattiin käytännössä. Lopuksi vielä vertaillaan miten käytännön testitapaukset toimivat verrattaessa niitä teoriaan.

2 MERKINANTO

Merkinantoa (signaling), joka on puhelimen käyttäjille täysin näkymätön asia, käytetään televerkossa puheyhteyksien muodostamiseen, valvomiseen ja purkamiseen sekä tähän liittyvän informaation siirtämiseen televerkon eri osien sekä televerkon ja päätelaitteiden välillä. Se mahdollistaa myös päätelaitteiden välisen informaation siirron. Merkinantoa käytetään myös televerkon muiden verkkoelementtien ja verkon tietokantojen välisiin kyselyihin, vastauksiin jne. On olemassa seuraavia merkinantolajeja:

- Tilaajajohtomerkinanto: POTS (Plain old telephone service), ILM (ISDN-liittymämerkinanto), R2
- Yhdysjohtomerkinanto: TUP (Telephone User Part), ISUP (ISDN User Part), R2
- Palveluun liittyvä merkinanto: MAP (Mobile Application Part), INAP (Intelligent Network Application Protocol) [7][8]

Merkinantojärjestelmät voidaan jakaa niiden tehtävien perusteella seuraavasti:

- Kansainväliset merkinantojärjestelmät: Käytetään kansainvälisissä televiestintäverkoissa.
- Verkkomerkinantojärjestelmät: Käytetään kansallisen televiestintäverkon eri solmupisteiden eli keskusten väliseen merkinantoon.
- Päätelaitemerkinantojärjestelmät: Toimivat käyttäjän päätelaitteen ja televiestintäverkon välillä.
- Vaihdemerkinantojärjestelmät: Käytetään puhelinvaihteiden ja yleisen televiestintäverkon väliseen, eri vaihteiden väliseen sekä vaihteen ja päätelaitteen väliseen merkinantoon.
- Merkinantojärjestelmäerillisverkkoihin: Toteutetaan merkinanto erillisverkkoihin.

Merkinantojärjestelmät voidaan jakaa myös niiden toteutuksen perusteella kanavakohtaiseen merkinantoon (Channel Associated Signaling, CAS) ja yhteiskanavamerkinantoon (YKM, englanninkielinen vastine: Common Channel-type Systems, CCS). Suurin ero näihin kahteen kuuluvien merkinantojen välillä on se, että kanavakohtaisissa merkinantojärjestelmissä jokaisella puhekanavalla on oma merkinantokanavansa, kun taas YKM käyttää yhteistä merkinantokanavaa useammalle puhekanavalle.

YKM on kansainvälisesti standardoitu, toisin kuin kanavakohtaiset merkinantojärjestelmät. Tästä johtuen kanavakohtaisissa merkinantojärjestelmissä voi esiintyä signaalointi merkkejä, joita toiset kanavakohtaiset merkinantojärjestelmät eivät tunne. YKM:lla ei tällaisia ongelmia ole, joten se soveltuu mainiosti kansainväliseksi merkinantojärjestelmäksi.

YKM on tehokasta, sillä siinä yksi kanava kykenee siirtämään n. 1000 -2000:n puhelun merkinannon. Tällöin puhekanavilla vapautuu kapasiteettia merkinannon sijasta puheen siirtoon. Käytännön järjestelmissä on YKM vähintään kahdennettu kuormanjakoperiaatteella, jolloin yksi merkinannolle varattu kanava siirtää noin puolet puhekanavien merkinannosta. Jos käy niin että, toinen merkinantokanava vikaantuu siirtää tällöin toimiva merkinantokanava kaikkien puhekanavien merkinanto informaation.

YKM on suunniteltu digitaalisille vaihteille ja keskuksille sekä digitaalisesti tapahtuvan tiedonsiirron merkinannon toteuttajaksi. Digitaalitekniikka on syrjäyttänyt analogisen ja näin myös yhteiskanavamerkinanto kanavakohtaiset analogiselle tiedonsiirrolle tarkoitetut merkinantojärjestelmät.

Yhteiskanavatyyppisen järjestelmän ensimmäistä sukupolvea kutsutaan SS6:ksi ja toista SS7:si, johon perehdytään tarkemmin seuraavassa luvussa. [1][7][14]

3 YHTEISKANAVAMERKINANTOJÄRJESTELMÄ SS7

3.1 Yleistä teoriaa

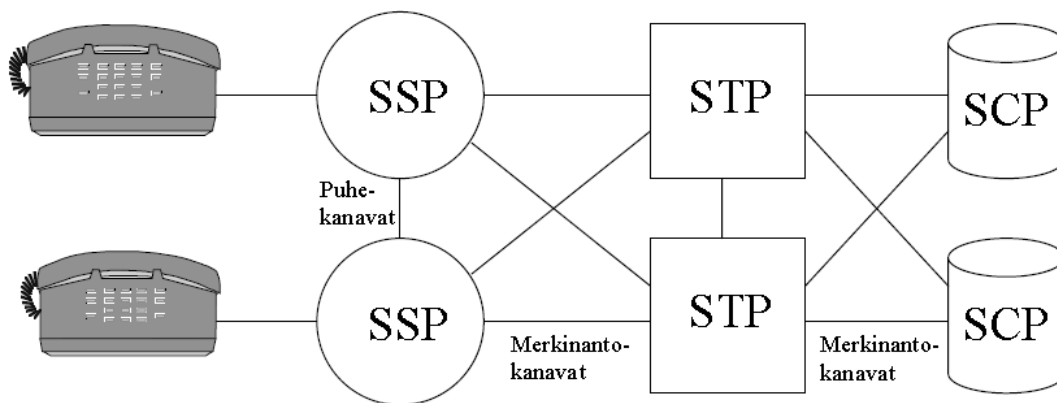
Yhteiskanavajärjestelmä (Signaling System 7, SS7) on standardi, jonka ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, aikaisemmin CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone)) kehitti 1970-luvun loppupuolella. Vuonna 1980 julkaistiin ensimmäiset Q.700-sarjan yhteiskanavamerkinantoa koskevat suositukset. Samana vuonna yhteiskanavamerkinantojärjestelmä otettiin käyttöön, ensin kansallisissa puhelinverkoissa ja myöhemmin kansainvälisillä yhteyksillä. Yhteiskanavamerkinantojärjestelmä suunniteltiin alun perin puhelunohjaussovelluksille. Yhteiskanavajärjestelmän sovellukset ovat kuitenkin laajentuneet huomattavasti. Nykyään niiden toimintoihin kuuluu tietokantakyselyjä, tapahtumia, verkko-operaatioita ja ISDN. Sitä käytetään myös kaistan ulkopuoliseen merkinantoon yleisessä puhelinverkossa (Public Switched Telephone Network, PSTN). Yhteiskanavamerkinanto tukee yleistä puhelinverkkoa hoitamalla puhelun muodostamisen, tietojen vaihdon, reitityksen, toiminnot, laskutuksen ja yhteydet älyverkon palveluihin. VOIP:n (Voice over IP) yleistyessä yhteiskanavajärjestelmän tärkeys korostuu, sillä se on tapa, jolla VOIP toimii yleisen puhelinverkon kanssa. Seuraavassa vielä tärkeimmät syyt yhteiskanavamerkinantojärjestelmän käyttöönotolle: [1][7]

- Tarve kansainvälisesti standardisoituun digitaaliseen verkkoon.
- Merkinannon kustannusten minimointi.
- Parantaa merkinantojärjestelmän luotettavuutta.
- Tarve kehittää merkinantojärjestelmä ilman aikaisempien järjestelmien asettamia rajoituksia joka olisi riittävän joustava tulevaisuuden tarpeisiin. [8]

3.2 Verkkoarkkitehtuuri

Yhteiskanavamerkinantojärjestelmän verkon solmut ovat varustettuja yhteiskanavamerkinannon toiminnoilla ja -piirteillä, jolloin niistä tulee merkinantopisteitä (Signaling Point, SP). Näitä merkinantopisteitä yhdistävät merkinantokanavat (SS7 Links). Kullakin merkinantopisteellä on yksilöllinen tunnistenumero, jonka avulla sanomat reititetään. Yhteiskanavamerkinantoverkossa kaikki merkinantotieto kuljetetaan yhteistä merkinantotasoa pitkin. Merkinantotasot ja äänitasot ovat loogisesti erillään toisistaan. Yhteiskanavamerkinantoverkot koostuvat kolmesta merkinantopisteestä. Ne ovat palvelun kytkentäpiste (Service Switching Point, SSP), palvelun siirtotie (Service Transfer Point, STP) ja palvelun ohjauspiste (Service Control Point, SCP).

[1][14]



Kuva 3.1 SS7 signalointipisteet

3.2.1 Merkinantopisteet

Merkinantopisteet, joita kutsutaan myös merkinantoelementeiksi, liitäntäpisteiksi, puhelinvaihteiksi tai solmuiksi, erottavat ääniverkon merkinantoverkosta. Kaikki elementit yksilöidään numeerisilla pistekoodilla. Jokainen merkinantoviesti sisältää lähteen ja kohteen pistekoodiosoitteen. Merkinantopisteet käyttävät reititystaulukoita viestien reitittämiseen oikeaan kohteeseen. Merkinantopisteet reitittävät merkinantoviestejä ja tarjoavat pääsyn yhteiskanavamerkinantoverkkoon ja tietokantoihin. Seuraavassa esitellään tarkemmin eri merkinantopisteet. [1]

Palvelun kytkentäpiste (SSP): Ne ovat keskuksia, joihin yhteyden muodostaja ja kohde ovat liittyneet. Näissä keskuksissa muodostetaan ja vastaanotetaan merkinantosanomia. Nämä keskuksat ovat suoraan yhteydessä tilaajiensa rajapintoihin. [1][14]

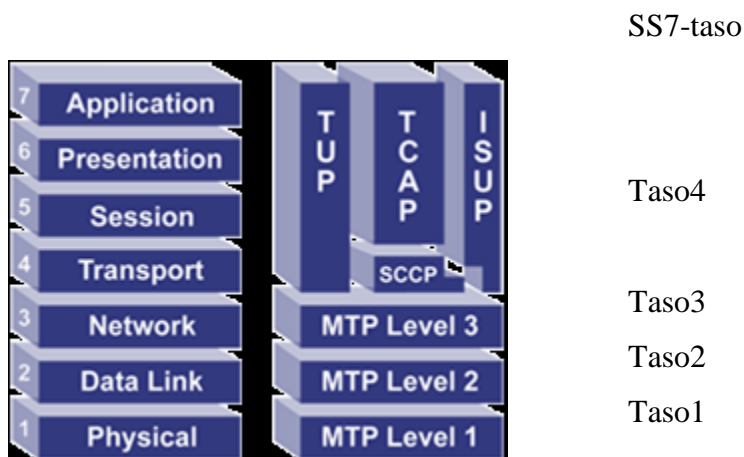
Palvelun siirtotie (STP): Ne ovat yhteiskanavamerkinantoarkkitehtuurin sisäinen osa, josta päästään verkkoon. STP:t vastaanottavat merkinantosanomia ja lähettävät niitä eteenpäin. STP käyttää osoitekoodia, jolla se väylöittää sanomat seuraavalle STP:lle tai kohteen SSP:lle. [1][14]

Palvelun ohjauspiste SCP: Sen avulla toteutetaan älyverkon palvelut. SCP ei pidä sisällään vaadittuja tietoja vaan, se tarjoaa rajapinnan järjestelmän tietokantaan. Yleisimpiä tietokantoja ovat mm. kotipaikkarekisteri (Home Location Register, HLR), LNPDB (Local Portability Database), tietokanta linja tiedoista (Line Information Database, LIDB) ja 800-tietokanta. [1][14]

3.3 SS7-protokollat

3.3.1 Yleistä teoriaa

OSI-malli Merkinantopisteiden toiminnot



Kuva 3.2 SS7-protokollapino verrattuna OSI-malliin

SS7-verkko perustuu taserakenteeseen, joka ei kaikilta osin vastaa OSI-mallia. Kuten kuvasta 3.3.1 nähdään, sisältää OSI-malli seitsemän tasoa kun taas SS7-protokollassa on neljä tasoa. Molempien 1-3 tasot ovat identtisiä, mutta SS7:n taso 4 vastaa OSI-mallin tasoa 7. SS7-verkko koostuu yhteisestä viestin siirto-osasta (Message Transfer Part, MTP), merkinantoyhteyden ohjausosasta (Signalin Connecton Control Part, SCCP) ja eri käyttäjille tarkoitetuista käyttäjäosista (User Part, UP). MTP on kolmitasoinen siirtojärjestelmä, joka siirtää merkinantosanomaa luotettavasti käyttäjien välillä. Käyttäjäosia on puolestaan monenlaisia eri palveluja ja tarkoituksia varten. [1][14]

3.3.2 Viestin siirto-osat

Viestin siirto-osat L1, L2 ja L3 tarjoavat siirtoprotokollia kaikille muille yhteiskanavamerkinannon protokollille. Niiden toimintoihin kuuluvat verkkorajapinnan spesifikaatiot, luotettava tiedonsiirto, viestien käsittely ja reititys. MTP:n tärkeimmät tehtävät ovat, siirtää merkinantosanomaa televerkosta oikeaan MTP:n käyttäjäosaan sekä virhetilanteiden käsittely ja tästä seuraava signaalien uudelleen lähettäminen. [1]

Fyysinen kerros MTP L1 (merkinantolinkki)

Määrittelee merkinantoyhteyden fyysiset ja sähköiset ominaisuudet sekä liitännätavan televerkkoon. Siinä ei ole mitään erityistä rajapintaa ja se on täysin identtinen OSI-mallin 1-kerroksen kanssa. Merkinantolinkkinä käytetään PCM-väylän yhtä 64 kbit/s kanavaa. Kansallisessa verkossamme käytetään merkinannon aikaväliä 1. [1][14]

Siirtokerros MTP L2 (merkinantokanava)

MTP2 määrittelee toimintatavat merkinantosanomien luotettavalle siirrolle yhdellä merkinantolinkillä. Sen toimintoja ovat sanomayksikön rajaaminen, täytebittien lisääminen, virheen havaitseminen, virheen korjaaminen ja kanavan vikaantumisen havaitseminen. MTP2:ssa on olemassa kolme erilaista signaaliyksikköä, joita käytetään yhteiskanavaverkossa virheiden hallitsemiseen, yhteyden tilan ilmaisemiseen ja tiedotusviestien lähettämiseen. Ne ovat seuraavat: [1][7]

Täytesanoma (Fill-in Signal Unit, FISU): Niiden tehtävä on virheiden havaitseminen. FISU-paketteja lähetetään silloinkin, kun verkossa ei ole muuta liikennettä, joten niiden FISU:jen avulla voidaan seurata yhteyksiä kaiken aikaa. [1]

Kanavan tilasanoma (Link Status Signal Unit, LSSU): Nähdään yhteyden tila kahden suoraan yhteen kytketyn merkinantoelementin välillä.

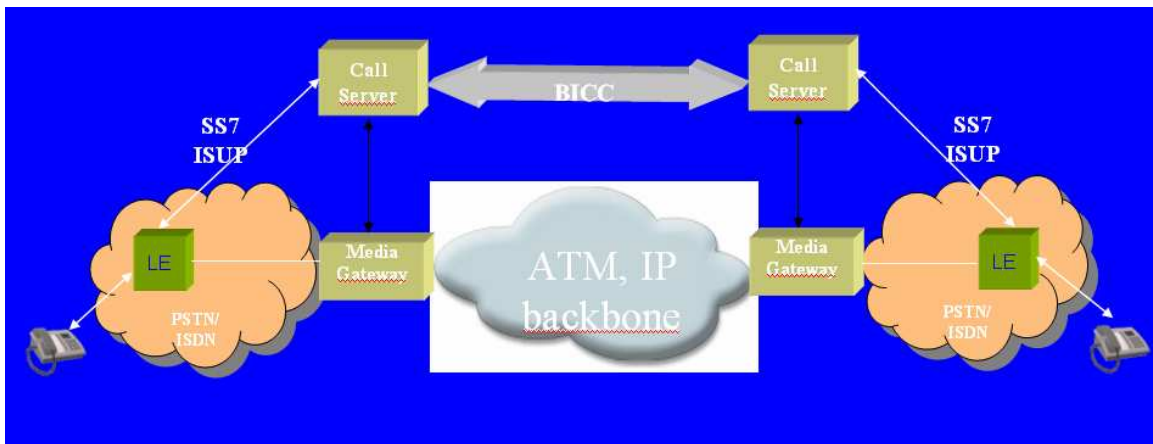
Tietosanoma (Message Signal Unit, MSU): Rakenne, jonka avulla kuljetetaan tiedotusviestejä yhteiskanavamerkinantoverkkoon. Kyseiset tiedotusviestit kuljettavat hyötykuormaa mm. SCCP:lle, ISUP:lle ja TACP:lle. [1]

Verkkokerros MTP3 (merkinantoverkko)

MTP3 määrittelee ne siirtotoiminnot, jotka ovat yksittäisten merkinantokanavien toiminnoille yhteisiä ja niistä riippumattomia. On olemassa merkinantosanomien käsittelytoimintoja, jotka ohjaavat sanoman oikeaan merkinantokanavaan tai käyttäjäosaan. Lisäksi ovat merkinantoverkon ohjaustoiminnot, joilla ohjataan sanomien välilyöntiä ja merkinantoverkon käyttöä. [7]

3.3.3 BICC (Bearer Independent Call Control)

ITU-T:n Study Group 11:sta Q.1901-ehdotus on kehitetty helpottaa PSTN/ISDN-kehitystä kohti pakettipohjaista puheen kuljetusta. N-ISUP:iin pohjautuva BICC tukee kapeakaistaisten ISDN-palveluiden siirtämistä pakettipohjaisten verkkojen yli ilman että, se puuttuu olemassa olevan verkon liitännöihin ja loppupään palveluihin. Juuri puheen ohjaukseen liittyvien asioiden erottaminen yhteyden ohjaukseen liittyvistä asioista, mahdollistaa BICC:n toimimisen sekä MTP:n, että IP:n päällä. BICC:n verkkomerkinannossa ei kadoteta informaatiota ja näin esimerkiksi ISUP:n informaatio pystytään siirtämään keskusten välillä täydellisesti. Alla olevasta kuvasta 3.3.2 nähdään, miten puheen ohjaukseen liittyvät asiat on erotettu yhteyttä ohjaavista asioista ja ne kulkevat kahden Call Serverin välillä BICC:n avulla kun taas yhteyden ohjaukseen liittyvät asiat kulkevat Media Gateway:den välillä.. [9][10][11][12]



Kuva 3.3 Kahden keskuksen välinen liikenne IP-verkon yli käyttäen BICC-protokollaa.

4 ISUP (ISDN User Part)

4.1 Yleistä teoriaa

Kansainvälinen ja kansallinen merkinantoprotokolla ISUP yhdistää, hoitaa ja katkaisee kaikkia ääni- ja datapuheluja eri keskusten välillä yleisessä puhelinverkossa. Eli ISUP-sanomia ei käytetä kun, muodostetaan yhteyksiä samassa keskuksessa. Lisäksi ISUP tukee laajaa ISDN tukipalveluvalikoimaa (esim. COLP, UUS, CCBS). ISUP:ia käytetään, kun tilaajiin kuuluu analogisia tai ISDN-käyttäjiä sekä ISDN:stä analogiseen – yhteyksien käyttäjiä. Lisäksi ISUP:ia hyödynnetään mobiiliverkkojen runkoyhteyksissä. Tulevaisuuden kannalta tärkeä ISUP:n ominaisuus on sen yhteensopivuus siirryttäessä perinteisestä puhelunverkosta pakettikytkentäiseen verkkoon (esim. ISUP-SIP). Itse ISUP-sanomat kuljetetaan merkinantoverkossa tietosanomayksikköinä MSU:ina samaan tapaan kuin muutkin yhteiskanamerkinantokäyttäjäsien sanomat. [1][14][8]

4.2 ISUP-palvelut

ISUP-palvelut voidaan jakaa kahden tyyppiin palveluihin. Peruspalveluja ovat puheluiden aloitus, hallinta ja lopetus puhelinverkossa kuten edellä mainittiin. Lisäksi on olemassa tuki- tai lisäpalveluita, joilla tuetaan ääni- ja datayhteyksiä. On olemassa omat tietokannat, joista puhelinkeskukset saavat lisäpalveluiden kuvaukset. Seuraavassa käydään läpi joitakin lisäpalveluita.

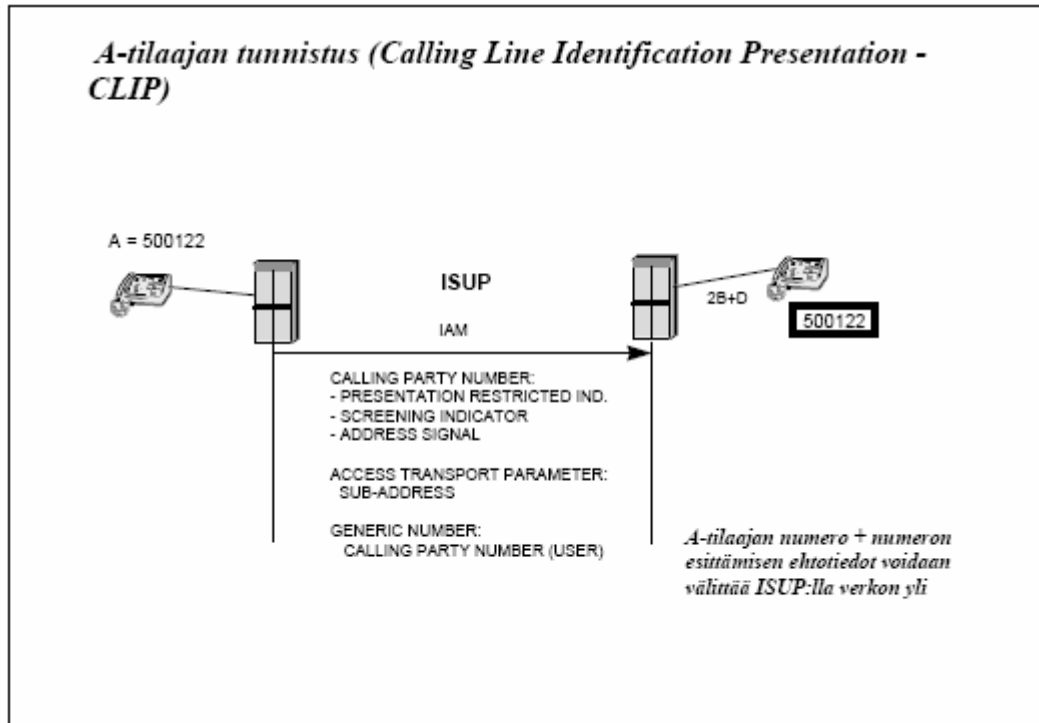
CLIP: Soitettava (B-tilaaja) näkee soittajan (A-tilaaja) numeron.

CLIR: Soittajan numeron näyttö estetään B-tilaajalle.

COLP: Soittajalle näytetään numero, johon se verkossa kytkeytyy.

COLR: B-tilaajan pyynnöstä numero salainen. Numero siirtyy verkossa, mutta ei näy A-tilaajalle.

UUS: Mahdollistaa tiedonsiirron kahden ISDN-päätelaitteen välillä. [1][8]



Kuva 4.1 Esimerkki CLIP-palvelusta [13]

4.3 ISUP:n puheenohjaussanomat

Seuraavassa käymme läpi tärkeimmät ISUP-puheluita ohjaavat sanomat.

IAM Aloitusosoitesanoma (Initial Address Message): Se on ensimmäinen viesti, jota käytetään puhelun aloittamisessa. Tämä eteenpäin suunnattu sanoma ilmoittaa halun varata tietty puhejohto sekä se siirtää B-tilaajan numeron ja muuta puhelun väylöitykseen ja käsittelyyn tarvittavaa informaatiota. Soitettaessa kansallisessa verkossa sisältää IAM aina A-numeron. Tapauksia joissa IAM sisältää täydellisesti B-numeron kutsutaan myös ”en-block”-merkinannoksi. Mikäli näin ei ole käytetään SAM jatkosanomaosoitetta (Subsequent Address Message), joka lähetetään eteenpäin suunnassa siirtämään aloitussanomien jälkeen kutsutun liittymän osoitetietoja.

ACM Numero vastaanotettu-sanoma (Address Complete Message): ACM on taaksepäin suunnattu sanoma, joka ilmoittaa että B-tilaajan keskus on vastaanottanut kaikki osoitemerkit puhelun ohjaamiseksi haluttuun liittymään. Eli käytännössä tämä tarkoittaa, että puhelun vastaanottajan puhelinta hälytetään.

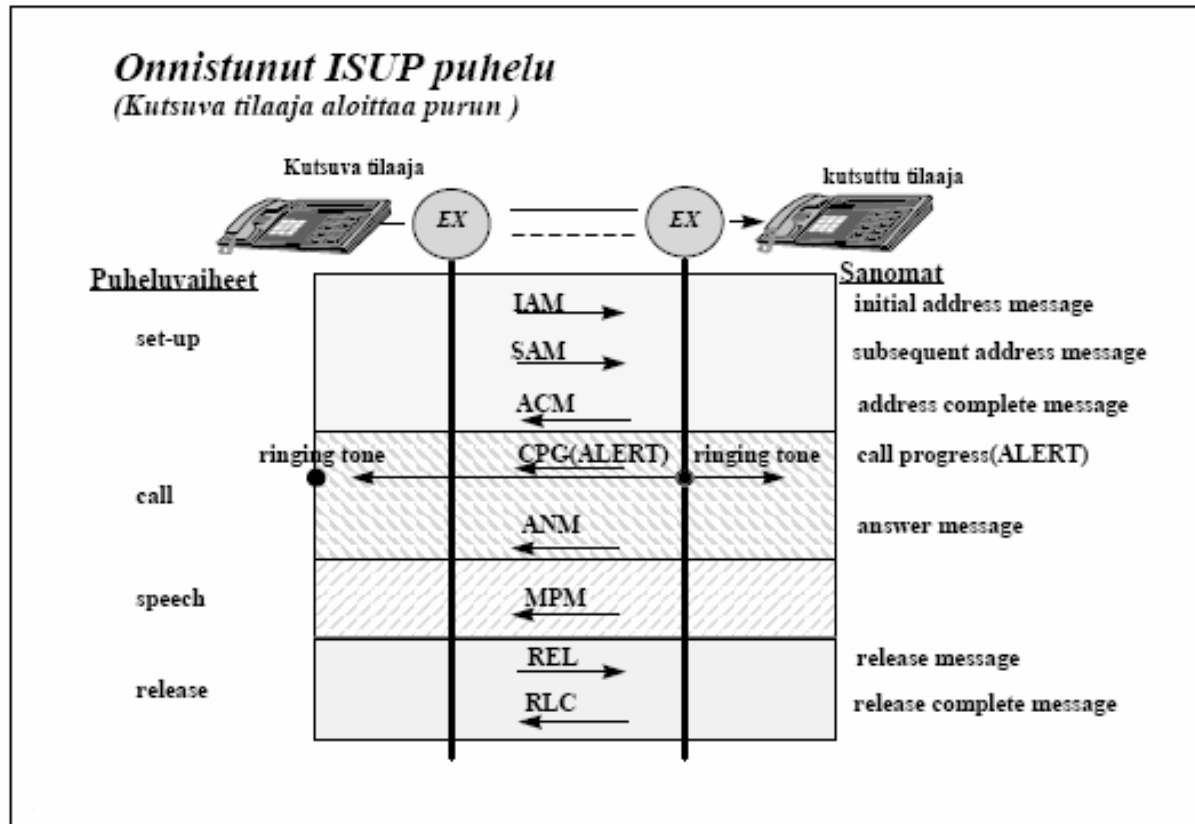
CPG Puhelun eteneminen (Call Progress): Taaksepäin lähetty sanoma, joka ilmaisee puhelussa esiintyneitä tapahtumia, esimerkiksi raportoi puhelun hälytyksen. CPG-sanoma lähetetään vain ACM-viestin jälkeen.

ANM Vastausanoma (Answer Message): ANM on taaksepäin suunnattusanoma, joka ilmoittaa, että puheluun on vastattu. Sanomaa voidaan käyttää myös veloituksen aloittamiseksi sekä puheaika-tilastomittauksen operaattorirajapinnassa.

MPM Laskentasykäyssonoma (Metering Pulse Message): Käytetään sykäyslaskentaan perustuvassa laskennassa. Sykäyksiä siirretään laskentapisteestä rekisteröintipisteeseen valitun taksan edellyttämässä tahdissa.

REL Purkamissanoma (Release Message): Kumpaan suuntaan tahansa siirrettävä REL-sanoma, pyytää yhteyden välitöntä purkamista sekä ilmoittaa purkamisen syyn.

REC Purkamisen kuittaussanoma (Release Complete): Kumpaan suuntaan tahansa siirrettävä REC-sanoma, lähetetään vastaukseksi REL-sanomalle. Se myös lopettaa yhteyden ja laskutuksen. [1][8][14]



Kuva 4.2 ISUP-sanomien kulku onnistuneessa puhelussa[14]

4.4 ISUP-sanoman rakenne

Routing label	Väylöitysosoite
Circuit identification code	Puhejohdon identifointikoodi
Message type code	Sanomatyypikoodi
Mandatory fixed part	Pakollinen kiinteä osa
Mandatory variable part	Pakollinen vaihteleva osa
Optional part	Valinnainen osa

Kuva 4.3 ISUP-sanoman periaatteellinen rakenne

Väylöitysosoite: Se on MTP:N mukainen (OPC, DPC, SLS)

Puhejohdon identifiointikoodi (CIC-tunniste): Osoittaa käytettävän puhejohdon.

Sanomatyypikoodi: Määrää, mistä ISUP-sanomasta on kyse.

Pakollinen kiinteä osa: Sisältö määräytyy sanomatyypin mukaan ja sen parametrit ovat pakollisia, kiinteäpituisia ja niiden pituus on ennalta määrättyjä.

Pakollinen vaihteleva osa: Kuten edellisessä, sisältö määräytyy sanomatyypin mukaan. Osan alussa sijaitsevat osoittimet jokaisen sanomaosan parametriin. Kaikki parametrit alkavat oktetinmittaisella pituusilmaisimella.

Valinnainen osa: Liitetään sanomaan sanomatyypin ja tilanteen mukaan. Jokainen parametri koostuu oktetin mittaisesta parametrin nimestä, pituusilmaisimesta ja varsinaisesta parametrin sisällöstä. Valinnaisen parametrin loppuparametri liitetään viimeisen parametrin perään.[8]

5 SIP (Session Initiation Protocol)

5.1 Yleistä teoriaa

SIP:n (Session Initiation Protocol) on alun perin kehittänyt IETF:n MMUSIC (Multi-Party Multimedia Session Control Working Group)-työryhmä. Ensimmäinen versio (1.0) tuli Internet-jakoon 1997 ja seuraava versio 2.0, jossa on huomattavia muutoksia tuli jakoon vuonna 1998. Ensimmäinen standardi (RFC2543) julkaistiin toukokuussa 1999. Nykyinen käytössä oleva standardi (RFC3261) julkaistiin 2002. [2][3]

Yhteysjakson aloitusprotokolla SIP on sovelluskerroksen merkinantoprotokolla, jota käytetään multimediaistuntojen muodostamiseen, ylläpitoon ja lopettamiseen. Multimediaistuntoihin kuuluvat Internet-puhelin, neuvottelut ja samanlaiset sovellukset, joihin kuuluu mediaa, kuten ääntä, videoita ja dataa. [1]

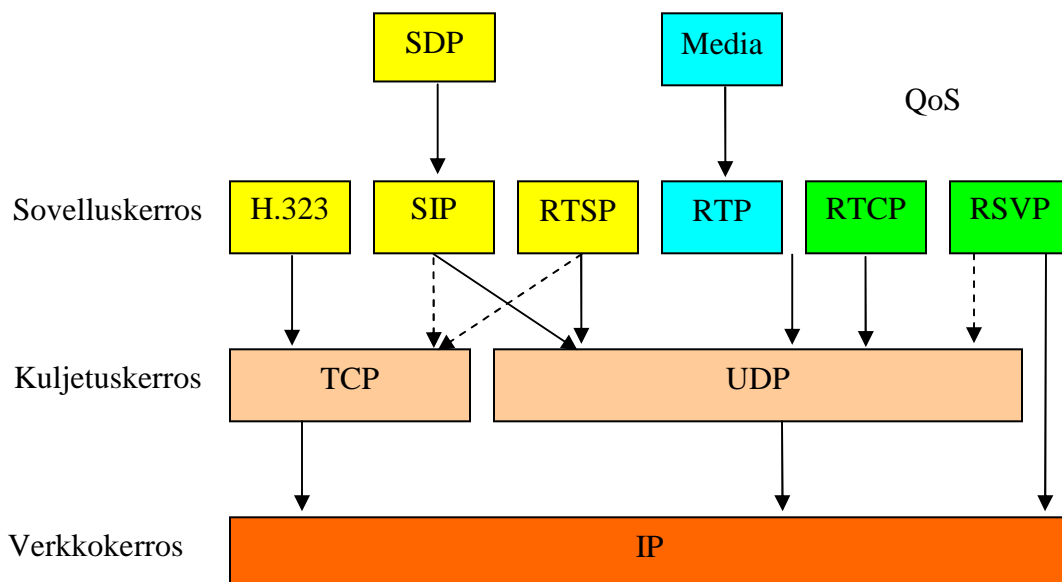
SIP-kutsuja voidaan käyttää istuntojen muodostamiseen ja istuntokuvauksien kuljetukseen. SIP tukee yksi- ja monilähetysistuntoja, kuten myös point-to-point ja multipoint-puheluita. Yhteyksiä voidaan muodostaa ja lopettaa seuraavilla tavoilla:[1]

- Käyttäjän sijainti: Otetaan selvää, missä toinen päätelaite sijaitsee.
- Käyttäjän ominaisuudet: Määritellään käytetty media ja parametrit.
- Käyttäjän käytettävyys: Otetaan yhteys päätelaitteeseen ja selvitetään, onko se halukas muodostamaan yhteyden.
- Puhelun aloitus: Vaihdetaan medioita keskenään, jotta yhteyden muodostus voidaan sallia.
- Puhelun käsittely: Yhteyden siirto ja purku sekä puheluparametrien muokkaus ja palveluiden luonti. [1][6]

SIP on tekstipohjainen protokolla, joka on osa yleistä Internet Engineering Task Force (IETF) multimedia-arkkitehtuuria. IETF:n ehdotuksessa on mukana myös seuraavat protokollat: [1]

- Resurssien varausprotokolla (Resource Reservation Protocol, RSVP; RFC2205)
- Tosiainainen kuljetusprotokolla (Real-Time Transport Protocol, RTP; RFC1889)
- Tosiainainen virtausprotokolla (Real-Time Streaming Protocol, RTSP; RFC2326)
- Istunnon ilmoitusprotokolla (Session Announcement Protocol, SAP; Internetluonnos)
- Istunnon kuvausprotokolla (Session Description Protocol, SDP; RFC2327) [1]

SIP:in toiminnot ovat kuitenkin riippumattomia, joten ne eivät ole riippuvaisia yhdestäkään näistä protokollista. Se tarvitsee niitä silti tarjotakseen käyttäjille kokonaisvaltaisia multimediapalveluja. SIP ei siis itsessään tarjoa palveluita, vaan se tarjoaa välineet, joilla nämä palvelut saadaan aikaan. [1][3]



Kuva 5.1 Internet-multimediaprotokollapino

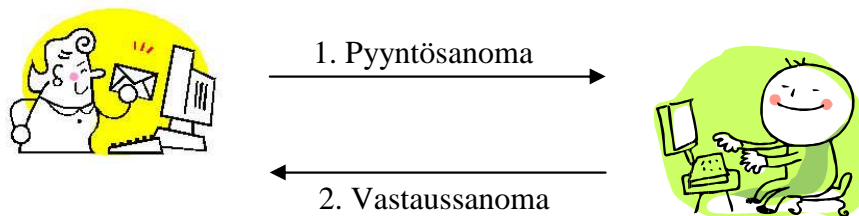
5.2 SIP-arkkitehtuuri

SIP-järjestelmään kuuluu kaksi komponenttia, jotka ovat käyttäjäagentit ja verkkopalvelimet. Sekä soittajalle että soitetulle annetaan yksilöllinen SIP-osoite. Jotta istunto voidaan muodostaa, osapuolten pitää paikantaa palvelimet ja käyttäjät. Lisäksi tarvitaan molemmille osapuolille tarvittavat päätelaitteet ja ohjelmistot. Päätelaitteita voivat olla esimerkiksi tietokoneella oleva ohjelma (X-lite, Messenger), SIP-puhelin tai matkapuhelin. [1]

5.2.1 Käyttäjäagentit

Käyttäjäagentit (UA) ovat päätelaitteessa sijaitsevia sovelluksia, jotka sisältävät sekä asiakaskäyttäjäagentin (User-Agent client, UAC, A-tilaaja) että palvelinkäyttäjäagentin (User-Agent Server, UAS, B-tilaaja), jotka muutoin tunnetaan vastaavasti nimillä asiakas ja palvelin. UAC aloittaa SIP-pyyntöjä ja toimii käyttäjän soittavana agenttina ja UAS kuuntelee ja ottaa vastaan pyyntöjä (yleensä portti 5060) sekä vastaa SIP-vasteella jokaiseen viestiin. Useimmissa tapauksissa käyttäjä on ihminen, mutta käyttäjä voi olla myös toinen protokolla kuten yhdyskäytävän tapauksessa. [1][2][3][15]

Yleisesti istunnon aikana käyttäjäagentti toimii sekä asiakas- että palvelinkäyttäjäagenttina. UA:n täytyy tietää niiden istuntojen tila, joita se aloittaa tai joihin se osallistuu luotettavuuden takaamiseksi. Käyttäjäagentin on hyvä myös sisällyttää tiedot itsestään pyynnöissä, joita se lähettää. Näin muut agentit oppivat niistä ilman kyselyjä. Lisäksi SIP-käyttäjäagentin pitää tukea SDP:tä median kuvaukseen. [2]

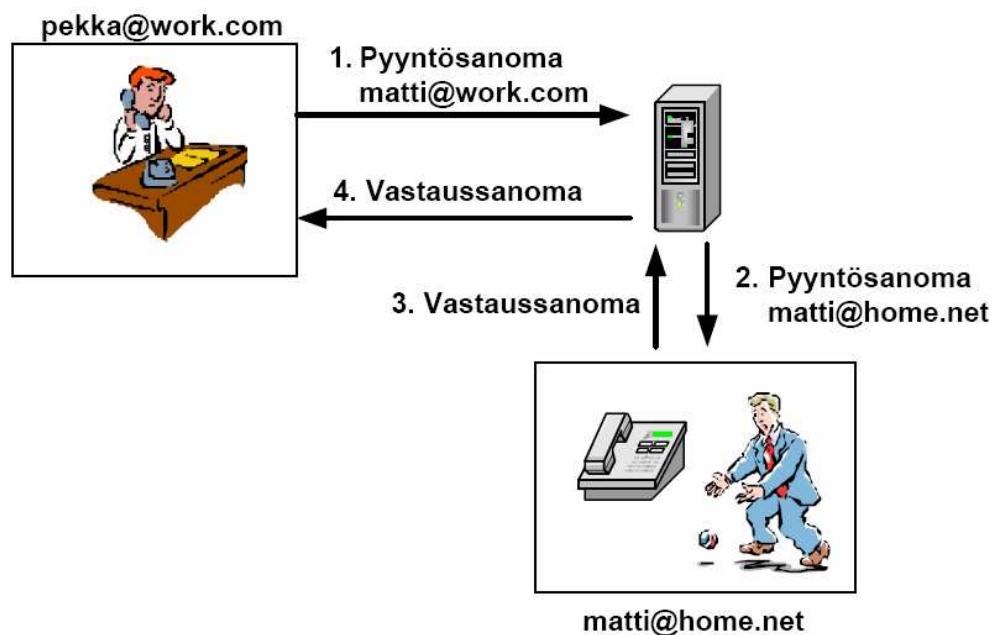


Kuva. 5.2 Käyttäjäagenttien välinen SIP-puhelu

5.2.2 Verkkopalvelimet

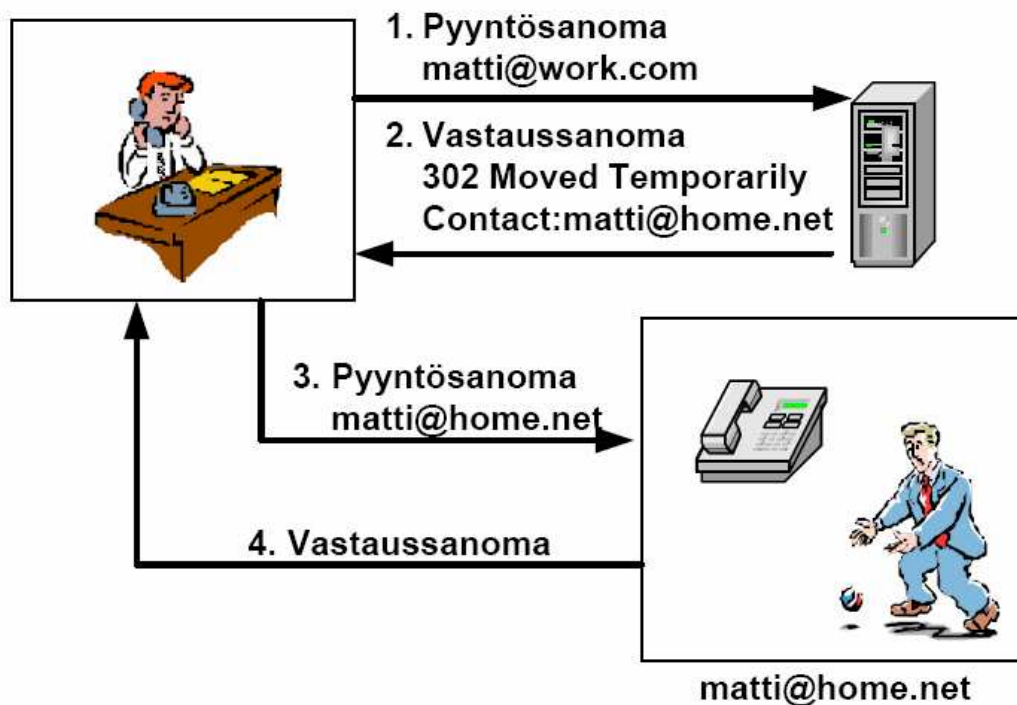
Verkkopalvelimet ovat sovelluksia, jotka ottavat vastaan SIP-pyyntöjä ja vastaavat niihin. SIP-ympäristöön voi kuulua välityspalvelin, uudelleenohjauspalvelin, rekisteröinti-palvelin sekä paikannuspalvelin. Yleisesti SIP-palvelin voi sisältää kaikki edellä mainitut palvelimet, mutta ne voivat olla myös sijoitettu hajalleen.

Välityspalvelin toimii muiden asiakkaiden puolesta ja sisältää sekä asiakas, että palvelin-toimintoja. Se ottaa vastaan SIP-pyyntöjä käyttäjäagenteilta ja ohjaa ne eteenpäin tai vastaa niihin käyttäjäagentin puolesta. Välityspalvelimella on pääsy tietokantaan tai paikannuspalveluun, jonka avulla se pystyy toimimaan pyynnön mukaan. Välityspalvelin voi olla tilallinen (stateful), eli se seuraa aiemmin vastaanotettuja pyyntö- ja vastaussanomiamia ja käyttää niistä saamia tietoja hyväkseen käsitellessään myöhempiä pyyntö- ja vastaussanomiamia. Se voi olla myös tilaton (stateless), eli se käsittelee kunkin saamansa sanoman pelkästään sen sisältämien tietojen pohjalta. [1][2][4]



Kuva 5.3 Välityspalvelimen toiminta[5]

Uudelleenohjauspalvelin ottaa vastaan SIP-pyyntöjä ja lähettää uudelleenohjatun vastauksen takaisin asiakkaalle, joka sisältää seuraavan palvelimen osoitteen. Uudelleenohjauspalvelimet eivät ota vastaan puheluja eivätkä ne käsittele tai välitä eteenpäin SIP-pyyntöjä. Myös uudelleenohjauspalvelimella on pääsy tietokantaan tai paikannuspalveluun, jotta se pystyy toimimaan pyynnön mukaan. Uudelleenohjauspalvelimien käyttö vähentää välityspalvelimien kuormitusta. Ne pystyvät hallitsemaan suuria käyttäjämääriä. [1][2][4]



Kuva 5.4 Uudelleenohjauspalvelimen toiminta[5]

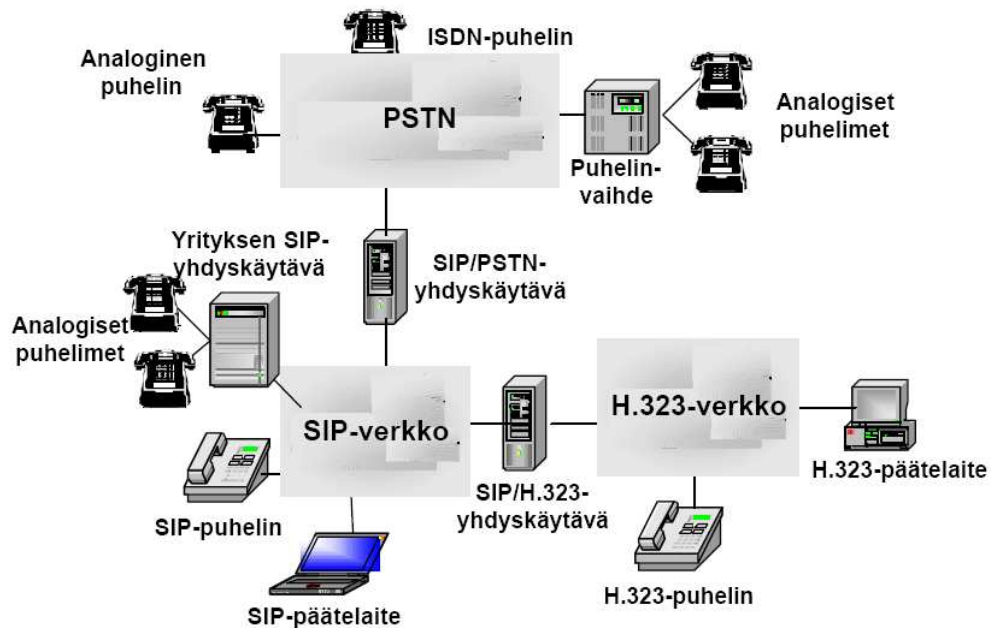
Rekisteröintipalvelimien tehtävänä on ottaa vastaan käyttäjien lähettämiä sijaintipäivityksiä. Rekisteröinnin jälkeen tiedot ovat samaan verkkoalueeseen kuuluvien palvelimien (esim. välitys- ja uudelleenohjauspalvelimet) saatavilla. Rekisteröintipyynnön ”TO”-kenttä sisältää rekisteröitävän lähteen nimen ja ”CONTACT”-kenttä sisältää vaihtoehtoiset osoitteet tai alias-nimet. Rekisteröintipalvelin hyväksyy ainoastaan ”REGISTER”-pyynnöt ja kaikkiin muihin pyyntöihin se

vastaa 501 (NOT IMPLEMENTED)-sanomalla. Rekisteröintipalvelimet vaativat yleensä käyttäjäagenttien autentikoinnin. [2][4]

Paikannuspalvelin ei ole varsinainen SIP-komponentti, mutta se on usein liitettyä SIP-ympäristössä. Se tallentaa käyttäjäagenttien rekisteröitymistietoja rekisteröintipalvelimelta ja se voi sijaita samassa paikassa kuin SIP-palvelin. SIP ei tue metodeja joilla SIP-palvelimelta voisi kysellä paikannuspalvelinta. Uudelleenohjaus- ja välityspalvelimet käyttävät kuitenkin paikannuspalvelinta hyväkseen etsiessään käyttäjän nykyistä sijaintia. [3]

5.2.3 Yhdyskäytävät

SIP yhdyskäytävä on sovellus, joka toimii rajapintana SIP-verkon ja toista merkinantoprotokollaa käyttävän verkon välillä. SIP-protokollan tapauksessa yhdyskäytävä on yhdeytyyppinen käyttäjäagentti, joka toimii toisen protokollan puolesta. Yhdyskäytävä päättää SIP-merkinantopolun sekä mahdollisesti myös mediapolun. Poikkeuksena tähän on SIP:n ja H.323:sen välillä oleva yhdyskäytävä. Se päättää SIP merkinantopolun ja muuntaa merkinannon H.323:ksi, mutta SIP-käyttäjäagentti ja H.323 terminaali voivat silti vaihtaa RTP-mediatietoja suoraan keskenään menemättä yhdyskäytävän läpi. PSTN (Public Switched Telephone Network)-yhdyskäytävä päättää sekä merkinanto- että mediapolun. SIP voidaan kääntää yleisiksi PSTN-merkinantoprotokolliksi kuten ISDN (Integrated Services Digital Network)-liittymän merkinanto ILM tai ISUP- tai jokin muu CAS-protokolla (Circuit Associated Signaling). PSTN-yhdyskäytävä muuntaa myös RTP-median IP-verkosta puhelinverkkoon sopivaan muotoon. Muutoksien avulla voidaan soittaa puhelua SIP:stä PSTN:ään ja päinvastoin. Kuvassa nähdään miten yhdyskäytäviä on käytetty yhdistettäessä SIP-verkkoa PSTN-verkkoon ja H.323-verkkoon. [2]



Kuva 5.5 Yhdyskäytävät SIP-verkossa [5]

5.3 SIP-osoitteet

SIP tai SIPS-uri (Universal Resource Identifier) -osoitteita käytetään osapuolten paikallistamisessa ja istuntoihin kutsumisessa. Se sisältää yleensä käyttäjänimen ja isäntäkoneen nimen. SIP URL puolestaan on RFC2396:n mukaan yksi SIP URI:n alijoukko. SIP URL kuvaa sitä tapaa miten, mistä ja millaisia parametrejä käyttäjällä on yhteydessään. Se esiintyy SIP-viestien FROM, TO ja CONTACT-kentissä.

[3][19]

SIP-url:n yleinen muoto on sip:käyttäjiosa@verkkoisäntäosa jossa,

- käyttäjiosa voi olla esim. käyttäjänimi tai puhelinnumero
- verkkoisäntäosa voi olla verkkoalueen nimi tai numeerinen verkko-osoite

Esimerkkejä sip-url:sta:

Sip:0448771939@tp.spt.fi

Sip:0448771939@192.168.1.121

Sip:samk1@tp.spt.fi

Sip:samk1@192.168.1.121

[4]

SIP URI:N yleinen muoto on seuraava:

sip : käyttäjä : salasana@isäntäkone : portti;uri-parametrit?otsikot

- Sip: Voi olla sip tai sips.
- Käyttäjä: Tietty käyttäjä isäntäkoneella (voi olla nimi tai esim. puhelinnumero).
- Salasana: Käyttäjän salasana. Sen käyttö ei ole suositeltavaa, koska se näkyy selvänä tekstinä verkossa, minkä on todistettu olevan suuri turvallisuusriski melkein joka käyttötarkoituksessa.
- Isäntäkone: Identifioi isäntäkoneen. Tämä kenttä sisältää, joko koko toimialueen nimen, joka on suositeltavaa, jos se on mahdollista tai numeerisen Ipv4- tai Ipv6-osoitteen.
- Portti: Määrittää portin numeron, johon pyyntö lähetetään (SIP käyttää yleisesti porttia 5060).
- URI-parametrit: Voi sisältää seuraavia parametrejä:
 - transport: Määrittää kuljetusprotokollan SIP-sanomalle. (esim. UDP, TCP, SCTP, TLS).
 - Maddr: Määrittelee palvelimen osoitteen, johon käyttäjän on otettava yhteys.
 - ttl: Määrittää UDP multicast-pakettien eliniän (time-to-live). Käytetään vain, jos maddr on multicast-osoite ja kuljetusprotokollana toimii UDP.

- user: Kertoo, onko URI:ssa kyseessä todellinen puhelinnumero vai käyttäjänimi.
- method: Määrittää SIP-pyyntön metodin esim. INVITE
- lr: Käytetään vain tietyissä vanhemmissa SIP- reititysmekanismeissa yhteensopivuuden takaamiseksi.
- Otsikot: Kertoo ne otsikkokentät jotka on lisätty URI:iin. Otsikkokentät antavat sanomassa ylimääräistä tietoa.

Seuraavaksi on esitetty vielä kolme esimerkki URI:a, joista ensimmäinen on puhelinnumero ja toisessa on käytetty otsikoita. Kolmannessa URI:ssa on määritelty viestin lähtevän porttiin 5060 käyttämällä UDP-kuljetusprotokollaa. IP kertoo että kyseessä on normaali käyttäjänimi ja lopuksi on määritelty käytettävä metodi.

sip:+3585551234567@jokualue.com;user=phone

sip:japehipe@tp.spt.fi?asia=kokous&prioriteetti=kiireinen

sip:japehipe@tp.spt.fi:5060;transport=udp;user=ip;method=INVITE [3][6]

5.4 SIP-sanomat

SIP-sanoma voi olla, joko pyyntö asiakkaalta palvelimelle tai vastaus palvelimelta asiakkaalle. Kumpikin sanomatyyppe sisältää aloitusrivin erottamaan kummasta sanomatyypistä on kyse, yhden tai useamman otsikkorivin ja tyhjän rivin ilmaisemaan otsikkorivin päättymisestä sekä valinnaisen sanomaruunun. [6][4]

5.4.1 Pyyntösanommat

Pyyntösanomien avulla käyttäjäagentit ja verkkopalvelimet pystyvät paikantamaan, kutsumaan ja käsittelemään puheluita. Jokainen pyyntö alkaa ns. pyyntörivillä, joka sisältää maininnan käytettävästä metodista, sanoman kohdeosoitteen ja protokollaversioon.

Pyyntöriivi on muotoa:

Pyyntöriivi=metodi kohdeosoite SIP-versio CRLF

Metodi voi olla esim. INVITE

Kohdeosoite on vastaanottajan SIP-osoite

SIP-versio kertoo käytettävän protokollan version (esim. SIP/2.0)

CRLF lopettaa pyynnön

Pyyntöjä kutsutaan myös metodeiksi ja alun perin niitä on määritelty seuraavat kuusi:

- INVITE: ilmaisee, että käyttäjää tai palvelua pyydetään osallistumaan istuntoon. Sisältää istunnon kuvauksen.
- ACK: Käytetään ainoastaan INVITE-pyyntöön yhteydessä. Vahvistaa, että soittava osapuoli on saanut lopullisen vastauksen lähettämäänsä pyyntöön. Viestirungosta voidaan välittää lopullinen istuntokuvaus toiselle osapuolelle.
- BYE: Käytetään puhelun lopettamiseen. Pyynnön voi lähettää kumpikin osapuolista. Pyyntö tulee lähettää ennen yhteyden katkaisemista. Vastaanottajan on heti viestin saatuaan lopetettava mediavirran lähetys.
- CANCEL: Peruuttaa avoimen pyynnön, mutta ei vaikuta jo läpi menneisiin pyyntöihin.
- OPTIONS: Metodilla kysellään ja kerätään tietoja. Metodia ei käytetä istuntojen muodostamiseen.
- REGISTER: Käytetään rekisteröidessä käyttäjän nykyistä sijaintia.

Myöhemmin ilmestyivät SIP:iin laajennuksina seuraavat:

- INFO: Siirretään sovellustason informaatiota merkinantopolkua pitkin.
- PRACK: Käytetään tilapäisten kuljetettujen vastaussanomien kuittaamiseen ja uudelleenlähetysten estämiseen.
- SUBSCRIBE: Pyytää/noutaa/ohjaa tapahtumatietoja.

- UNSUBSCRIBE: Tapahtumatietojen valvonnan/pyynnön lopetus.
- NOTIFY: Tiedotus tapahtumasta/toiminnasta.
- UPDATE: Käytetään istuntojen olemassaolon tarkistamiseen.
- REFER: Siirtää käyttäjän URL kohteeseen.
- COMET: Edellyttää tapahtumailmoitusta.
- MESSAGE: Välitön sanoma käyttäjien välillä. [4]

SIP sanomamuoto

- INVITE sip: B-tilaaja@sijainti.com SIP/2.0
 - Kutsuu käyttäjän tai palvelun osalliseksi istuntoon.
- Via: SIP/2.0/UDP 4.3.2.1:5060
 - Kertoo minkä palvelimen kautta yhteys muodostetaan.
- From: A-tilaaja <sip:A-tilaaja@sijainti.fi>
 - A-tilaajan osoite (lähdeosoite)
- To: B-tilaaja <sip:B-tilaaja@sijainti.com>
 - B-tilaajan osoite (kohdeosoite)
- Call-ID: 412627488@4.3.2.1
 - Sisältää paikallisesti yksilöidyn ja globaalisti yksilöidyn viestinumeron.
- CSeq: 1 INVITE
 - Sisältää sanoman yksilöintitiedon istunnon aikana.
- Contact: <sip:A-tilaaja@4.3.2.1>
 - Sisältää yhteystiedon kyseiselle yhteydelle.
- Content-Lenght: 126
 - Sanoman pituustieto otsikon jälkeen.

Kuva 5.6 Esimerkki SIP-sanomamuodosta [18]

5.4.2 Vastaussanommat

Vastaussanommat lähetetään vastauksina pyyntöihin ja niiden avulla ilmaistaan puhelun onnistumista ja epäonnistumista. Vastaussanommat erotetaan pyyntösanomista tilarivin perusteella. Tilarivi on seuraavaa muotoa:

SIP-versio tilakoodi syysilmaus

esim. SIP/2.0 401 Unauthorized

Tilarivi alkaa protokollaversiolla, jota seuraavat tilakoodi ja syyilmaus. Tilakoodi on kolminumeroinen luku, jolla ilmaistaan miten lähetetty pyyntö ymmärrettiin ja toteutettiin vastaanottopäässä. Syyilmaus määrittelee lyhyen tekstikuvauksen tilakoodille ja on tarkoitettu helpottamaan ihmisiä vastaussanomien ymmärtämisessä. [4]

Seuraavassa kuusi luokkaa joihin vastaussanomien on luokiteltu:

1XX: Provisional (väliaikainen vastaus): Pyyntö saatiin ja sitä käsitellään

2XX: Success (Onnistuminen): Toiminto saatiin, ymmärrettiin ja hyväksyttiin

3XX: Redirection (Uudelleenohjaus): Jatkotoimenpiteitä tarvitaan pyynnön suorittamiseksi

4XX: Client error (Asiakaspuolen virhe): Pyyntöön syntaksissa on virhe tai sitä ei voida suorittaa kyseisellä palvelimella

5XX: Server error (Palvelinpuolen virhe): Palvelin ei pystynyt suorittamaan pyyntöä vaikka sanomassa ei ollut vikaa

6XX: Global failure (Globaali virhe): Pyyntöä ei voida suorittaa missään palvelimessa [6]

Seuraavassa kuvassa on taulukko vastaussanomien tilakoodeista ja syyilmauksista:

INFORMATIONAL	CLIENT ERROR	SERVER ERROR
100/Trying	400/Bad request	500/Internal server error
180/Ringing	401/Unauthorized	501/Not implemented
181/Call is being forwarded	402/Payment required	502/Bad gateway
182/Queued	403/Forbidden	503/Service unavailable
	404/Not found	504/Gateway timeout
	405/Method not allowed	505/SIP version not supported
	406/Not acceptable	
	407/Proxy authentication required	
	408/Request timeout	
	409/Conflict	
SUCCESS	410/Gone	GLOBAL FAILURE
200/OK	411/Length required	600/Busy everywhere
	413/Request entity too large	603/Decline
	414/Request-URI too large	604/Does not exist anywhere
	415/Unsupported media type	606/Not acceptable
	420/Bad extension	
REDIRECTION	480/Temporarily not available	
300/Multiple choices	481/Call leg/transaction not exist	
301/Moved permanently	482/Loop detected	
302/Moved Temporarily	483/Too many hops	
303/See other	484/Address incomplete	
304/Use proxy	485/Ambiguous	
305/Alternative service	486/Busy here	

Kuva 5.7 Vastaussanomien tilakoodit ja syyilmaukset [18]

Seuraavassa esimerkkejä eri vastaussanomista:

- 100 TRYING: - Palvelin on vastaanottanut pyynnöt ja yrittää suorittaa pyynnön mukaisia toimenpiteitä.
- 180 RINGING - Osoittaa, että käyttäjäagentti on saanut INVITE-kutsun ja että hälyttäminen on alkanut.
- 200 SUCCESS OK - Ilmoittaa, että pyyntö on onnistunut.
- 401 UNAUTHORIZED - Ilmoittaa, että pyyntö vaatii että käyttäjän pitää suorittaa autentikointi. [2]

Subject: - Kertoo istunnon aiheen.

Cseq: - Tarvitaan jokaisessa pyynnössä. Sisältää desimaaliluvun, joka kasvaa joka pyynnöstä. Sen avulla erotetaan mm. pyyntöjen uudelleenlähettykset ja uudet pyynnöt toisistaan.

Route: - Yksilöi reitin, jonka pyyntö tekee. [3]

5.4.4 SIP-sanoman runko

SIP-viestien runko kuvaa muodostettavan istunnon. Sen avulla voidaan sopia vastapuolen kanssa tietyistä istuntoparametreista tai lähettää istuntoon liittyvää tekstiä/dataa. Viestirunko on mahdollista myös koodata, jos ei haluta sen näkyvän tavallisena tekstinä. Koodaukseen käytetään esim. S/MIME:ä. SIP-viestirunko voi sijaita sekä pyyntö- että vastaussanomassa ja yleisesti SIP käyttää viestirungon kuvaamiseen SDP:tä.

SDP

Session Description Protocol on multimediaistuntojen kuvausprotokolla, jolla voidaan kuvata istunnon parametrejä. Se sisältää mm. IP-osoitteen (IPv4-osoite tai käyttäjänimi), portin numeron (UDP tai TCP), median tyyppin (audio,video jne.) ja koodekit (PCM A-Law, MPEF II video jne.) Istunnonkuvaus on tekstipohjainen ja se on muotoa: [1][2]

x=arvo1 arvo2...arvoN

Jossa **x** on rivin tunnus ja **arvo** kertoo rivin saaman arvon. Seuraavaksi on esitetty kaikki mahdolliset SDP:n kentät ja niiden merkitys. Kenttien on oltava juuri tässä esitetyssä järjestyksessä koska istunto ja media kentissä on samoja rivitunnuksia.

Istunnon kuvaus kentät

v=(käytetyn SDP-protokollan versio.) Tämänhetkinen oikea versio on 0) (pakollinen)
 o= (tietoa istunnon aloittajasta ja istunnontunniste) (pakollinen)
 s= (istunnon nimi) (pakollinen)
 i= (tietoa istunnosta)
 u= (URI jossa lisää tietoa istunnosta)
 e= (istunnon isännän sähköpostiosoite)
 p= (istunnon isännän puhelinnumero)
 c= (tietoa yhteydestä; ei tarvita jos sisällytetty mediakenttään) (pakollinen)
 b= (tarvittava kaistanleveys)

Ajan kuvaus kentät

t= (aika kauanko istunto on käynnissä) (pakollinen)
 r= (kerrat ja kuinka usein säännöllisesti toistuvat istunnot toistetaan)

Istunnon kuvaus kentät(jatkuu)

z= (aikavyöhykkeen säädöt joita käytetään esim. kelloa siirrettäessä)
 k= (salausavaimen määritelmä)
 a= (istuntokenttien lisämääreet)

Median kuvaus kentät

m=(käytetyn median tyyppi, porttinumero, kuljetus protokolla ja muu info) (pakollinen)
 i= (tietoa mediasta)
 c= (tietoja yhteydestä; vapaaehtoinen jos määritelty istuntokentässä)
 b=(tarvittava kaistanleveys)
 k=(salaus avaimen määritelmä)
 a= (mediakenttien lisämääreet)

Esimerkki SIP-istunnon kuvauksesta:

```
v=0
o= - 100 0 IN IP4 83-102.54.215
s=Cisco SDP 0
c=IN IP4 83.102.54.215
t=0 0
```

```

m=audio 17118 RTP/AVP 8 0 18 101 102 2 103 4 104 3 105 106 107 125 99 100
a=rtpmap:101 g726-16/8000
a=rtpmap: 102 g726-24/8000
a=fmtp:99 0-15 [3]

```

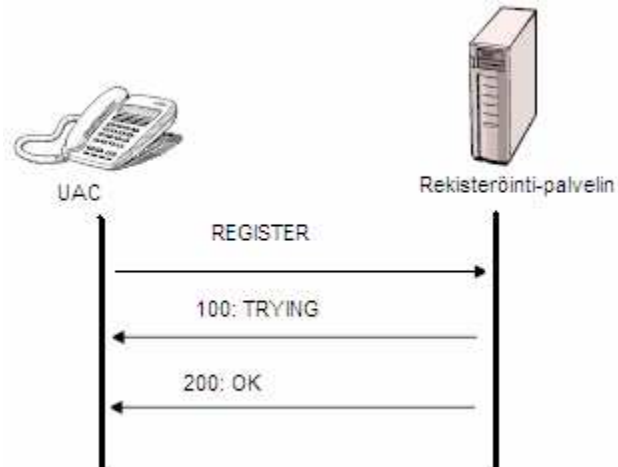
5.5 SIP-yhteydenmuodostus

Yhteys kahden osapuolen välille muodostetaan käyttäen kolmivaiheistakättelyä. Yhteyden muodostus aloitetaan lähettämällä INVITE-pyyntö vastaanottajalle, joka vastaa siihen 200 OK-viestillä. Tämän jälkeen pyynnön lähettäjän on vielä kuitattava 200 OK viesti ACK-vestillä. Yhteyden voi muodostaa kolmella tavalla.

- Suora yhteydenmuodostus
- Välityspalvelimen kautta
- Uudelleenohjauspalvelimen kautta [2][18]

5.5.1 Rekisteröinti

Ennen kuin yhteys kahden osapuolen välille voidaan muodostaa, on suoritettava soitetun osapuolen sijainnin määrittäminen. Määrittäminen saadaan aikaiseksi käyttäen hyväksi esimerkiksi välityspalvelimia ja uudelleenohjauspalvelimia. Palvelimet vastaanottavat pyyntösanomia ja neuvottelevat abstraktien paikannuspalvelujen kanssa, jotka tarjoavat osoitteiden sitomista tietyille verkkoalueelle. Rekisteröitymissanomien (REGISTER) lähetetään rekisteröintipalvelimelle, joka toimii toimialuetta hallitsevan paikannuspalvelimen etuosassa. Rekisteröintipalvelin vastaanottaa sanomat ja tallentaa niiden sisältämät tiedot paikannuspalvelimelle, joka keskustelee vastavuoroisesti välitys- ja uudelleenohjauspalvelimien kanssa. Seuraavassa kuvassa 5.8 nähdään rekisteröintitapahtuma: [4]



Kuva 5.8 rekisteröintitapahtuma

1. UAC rekisteröi itsensä rekisteröinti-palvelimelle.
2. Rekisteröintipalvelin ilmoittaa UAC:lle, että pyyntöä käsitellään.
3. Rekisteröintipalvelin ilmoittaa että pyyntö on hyväksytty.

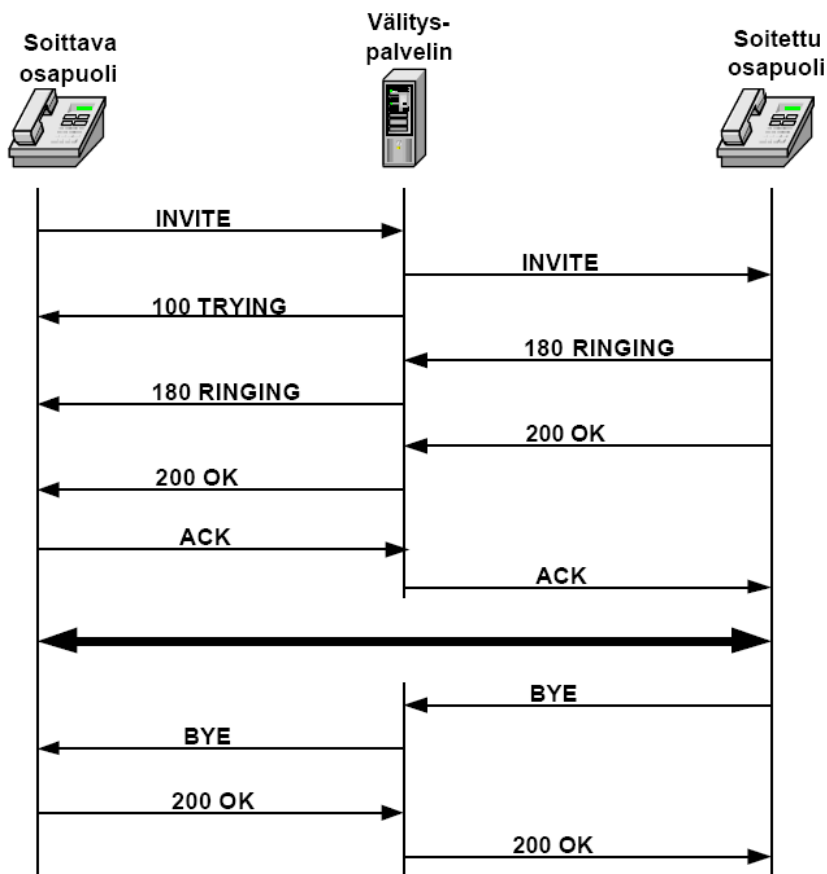
5.5.2 Yhteydenmuodostus välityspalvelimen avulla

Suorayhteydenmuodostus on mahdollista kun tiedetään toisen osapuolen IP-osoite. Yleensä tilanne on kuitenkin sellainen, ettei IP-osoitetta tiedetä. Eikä IP-osoitetta voida ajatella käytettävän niin kuin puhelinnumeroa. Yksi syy tähän on että yleensä IP:t on dynaamisesti konfiguroitu, joten ne vaihtelevat (Uudelleenkäynnistäessä päätelaitteen). Eli välityspalvelinta käytettäessä soittajan on tiedettävä vastaanottaja SIP-osoite. Tämä osoite lähetetään välityspalvelimelle, joka neuvottelee rekisteröintipalvelimen ja paikannuspalvelun kanssa mihin pyyntöä jatketaan eteenpäin. [2]

Alla on kuva 5.9 yhteydenmuodostuksesta välityspalvelimen kanssa.

1. Ensin soittava osapuoli lähettää INVITE-pyyntön välityspalvelimelle käyttäen tietämäänsä toisen osapuolen SIP-osoitetta.
2. Välityspalvelin hankkii tarvitsevansa tiedot paikannuspalvelusta, joka puolestaan on saanut ne rekisteröintipalvelimesta.

3. Saatuaan tarvittavat tiedot, osaa välityspalvelin ohjata INVITE-pyyntön vastaanottajalle.
4. Välityspalvelin lähettää 100 TRYING-sanoman soittajalle, jolla se ilmoittaa yhteyspyynnön edistyvän.
5. Vastaanottaja ilmoittaa välityspalvelimen kautta, että pyyntö onnistui ja hälyttäminen on alkanut.
6. Vastaanottaja ilmoittaa välityspalvelimen kautta, että pyyntö on hyväksytty ja vastaanottaja on halukas istuntoon.
7. Soittaja kuittaa ACK:lla
8. Tässä vaiheessa soittaja on saanut vastaanottajan osoitteen ja välityspalvelinta ei välttämättä tarvittaisi. Mediavirta kulkee aina suoraan päätelaitteiden välillä.
9. Lopuksi istunto lopetetaan BYE-sanomalla joka kuitataan ACK:lla [2]



Kuva 5.9 Yhteydenmuodostus välityspalvelimen kautta

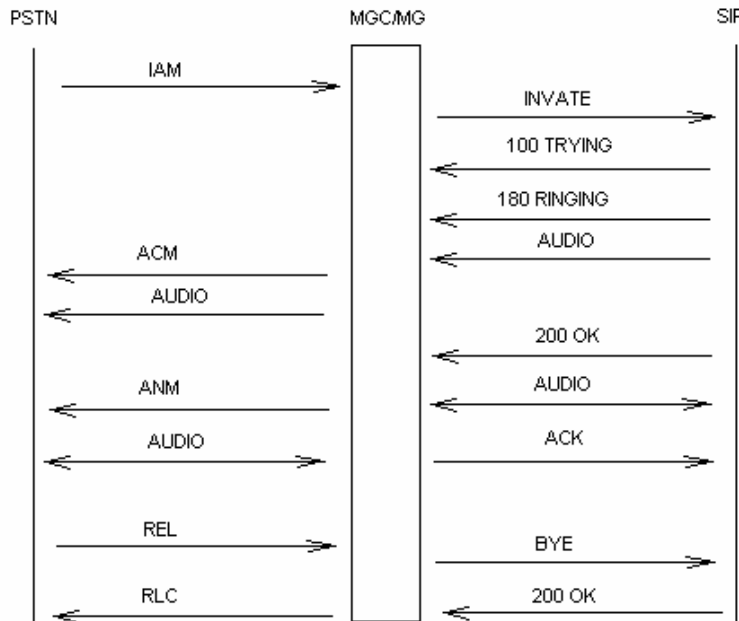
6 SIP/ISUP-MERKINANNON SOVITUS

6.1 Merkinannon sovitus teoriaa

Tässä kappaleessa tutkitaan, miten SIP:n ja ISUP:n merkinannon sovituksen tulisi teoriassa toimia. Teoria perustuu ITU-T:n Q.1912,5-suositukseen sekä IETF:n RFC3398-suositukseen. Ainakin jälkimmäisessä spesifikaatiossa on todettu olevan virheitä. Teoriaa käydään läpi esimerkkitapauksin alla olevan listan mukaan. [15]

- Tapaus1: Peruspuhelu, ISUP (En block) → SIP (En block)
- Tapaus2: Peruspuhelu, ISUP (overlap) → SIP (en block)
- Tapaus3: Peruspuhelu, ISUP (overlap) → SIP (overlap)
- Tapaus4: Siirtopuhelu, ISUP → SIP
- Tapaus5: Epäonnistuva peruspuhelu, ISUP → SIP
- Tapaus6: Peruspuhelu, SIP→ISUP
- Tapaus7: Epäonnistuva peruspuhelu, SIP → ISUP

Tapaus1: Peruspuhelu, ISUP (En block) → SIP (En block)



En block tarkoittaa, että kaikki B-tilaajan numerot lähetetään IAM:n mukana. Tässä tapauksessa tarkastellaan A-numeron, B-numeron ja verkkopyynnön sovittamista sekä ACM-sanoman koodausta ja puhelun päättymistä.

A-numeron sovitus: IAM:n A-numero käännetään SIP:in käyttämään muotoon, Header Field-kenttiin **From** sekä **P-Asserted-Identity** kansainvälisessä muodossa. Jos From-kenttää epäillään epäluotettavaksi, löydetään luotettava A-numero P-Asserted-Identity-kentästä. Kyseinen kenttä takaa, että numero on kehitetty luotettavan osapuolen verkossa ja, että tilaaja on autentikoitu ja numero on oikeellinen. IAM:n Called Party number/Numbering plan-parametrin tulee olla aina E.164. [15][16][17]

Mikäli A-numero on määritelty salaiseksi, johtaa se siihen, että From-kentän display-nimeksi tulee “anonymous” ja SIP URI asetetaan Anonymous URI:ksi (anonymous@anonymous.invalid). Lisäksi Privacy-kentän arvoksi tulee ”id”. [15]

B-numeron sovitus: IAM:n B-numero käännetään SIP:ksi yleensä sekä Request-URI-että To-kenttiin. Formaatti voi olla tel URL tai sip URL, jossa tulee olla lisätietona user=phone. B-numero on yleensä kansallinen sisääntullessaan, mutta MGC (Media Gateway Controller) muuntaa numeron kansainväliseen muotoon SIP-puolelle. IAM:n Called Party number/Numbering plan-parametrin tulee olla aina E.164. [15][16][17]

Verkkopyynnön sovitus: Esiintyy erityisesti Transmission Medium Requirement-parametrissä, mutta myös User Service Information-parametrissä. IAM:ssa tulisi olla seuraavat määrittelyt:

- TMR-koodin tulee olla puhelun tapauksessa speech tai 3.1 kHz audio
- USI:n tulee indikoida samaa kuin TMR-koodin
- PCM-koodaustapa tulisi Euroopassa olla G.711 Alaw

SIP:n SDP tulisi sisältää seuraavaa:

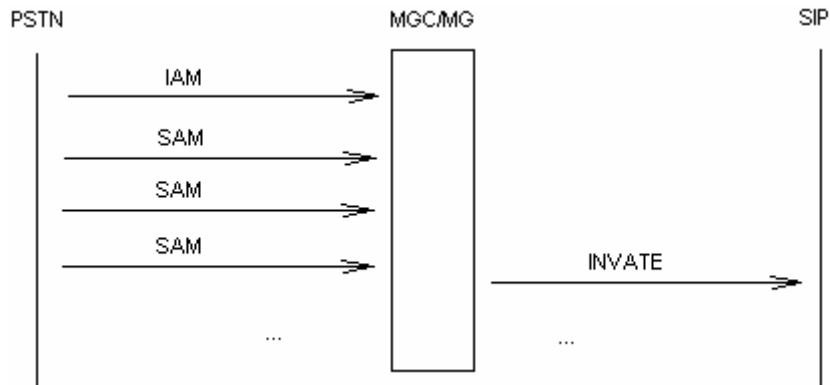
- m-rivillä mediana audio
- siirtäjänä RTP/AV
- koodekkejen listalla vain arvo 8 (G.711 PCMA-koodekki)
- a-rivillä ripmap:8 PCMA/8000 [15]

ACM-koodaus: ACM:n Backward Call Indicators-parametrin osoittimet asetetaan seuraavasti:

Called party number	subscriber free
Interworking Indicator	interworking encountered
ISUP Indicator	...not used all the way
ISDN Access Indicator	terminating access non-ISDN

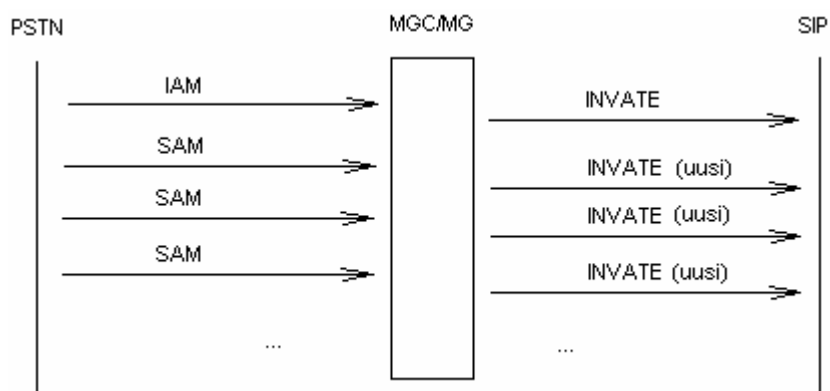
Puhelun päättymisen: Kun ISUP-puolelta tulee REL-sanoma, se johtaa BYE-sanoman lähetykseen SIP-puolelle. [15][16][17]

Tapaus 2: Peruspuhelu, ISUP (overlap) → SIP (en block)



Tässä tapauksessa loput B-numeron numeroista lähetetään SAM-sanomissa. INVITE lähetetään vasta kun viimeinen SAM-viesti on saapunut. MGC:n tulee osata päätellä, koska numeroiden vastaanotto päättyy analysoimalla numero täydelliseksi, tai asiaan liittyvän timerin lauettua. [15]

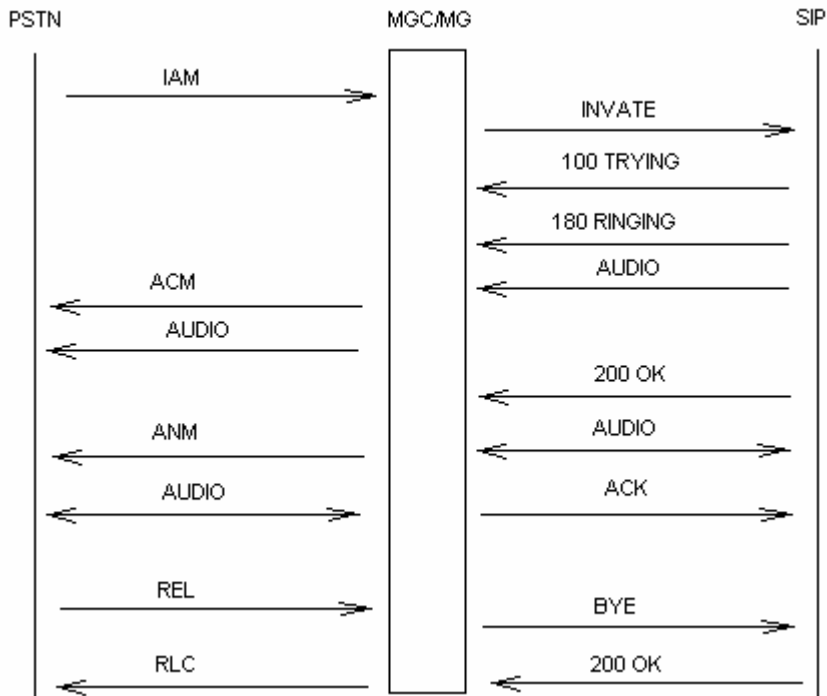
Tapaus3: Peruspuhelu, ISUP (overlap) → SIP (overlap)



Kuten edellisessä kohdassa, lähetetään loput B-numeron numeroista SAM-sanomissa. Tässä tapauksessa sekä IAM:n jälkeen että jokaisen sitä seuraavan SAM:n jälkeen, lähetetään INVITE-sanoma, vaikkei koko B-numeroa ole vielä vastaanotettu. Jokainen INVITE-sanoman TO-kenttä ja Request-URI-komponentti sisältää koko siihenastisen

numeron. Kaikissa INVITE-sanomissa tulee olla samanlaiset CALL-ID ja From-kentät, jotta tiedetään kyseessä olevan sama puhelu. Myös INVITE-sanoman SDP tulee sisältää uudelleen. [15][16][17]

Tapaus4: Siirtopuhelu, ISUP → SIP



Siirtopuhelujen tiedot löytyvät IAM-sanoman Redirection Information-parametristä. Sieltä löytyy parametri Redirecting number, joka kertoo viimeisen siirtäjän numeron (B-numero). A-osapuolen eli alkuperäisen soittajan, löytää parametristä Calling Party number ja C-osapuolen eli jolle puhelu ohjattiin, on parametrissa Called Party Number.

Sovitus tapahtuu seuraavasti:

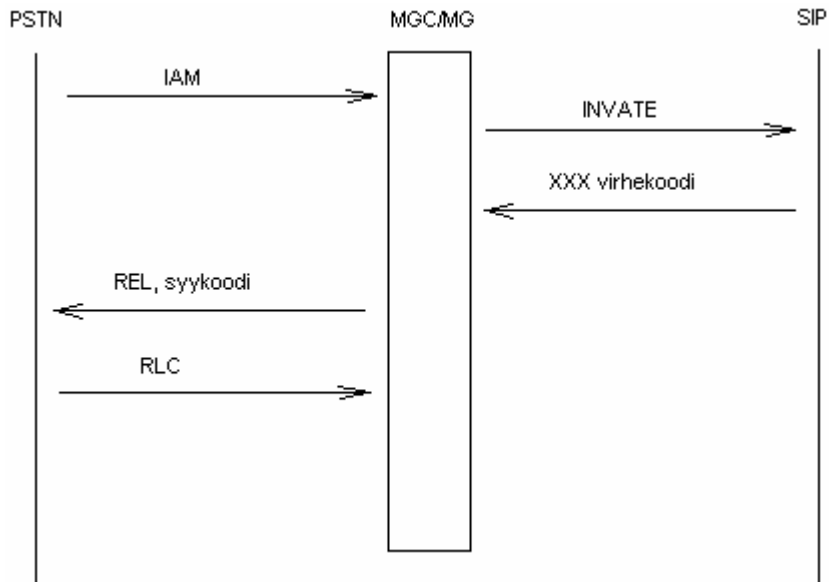
ISUP A-numero → SIP: FROM

ISUP B-numero → SIP: Diversion

ISUP C-numero → SIP: TO

[15]

Tapaus5: Epäonnistuva peruspuhelu, ISUP → SIP



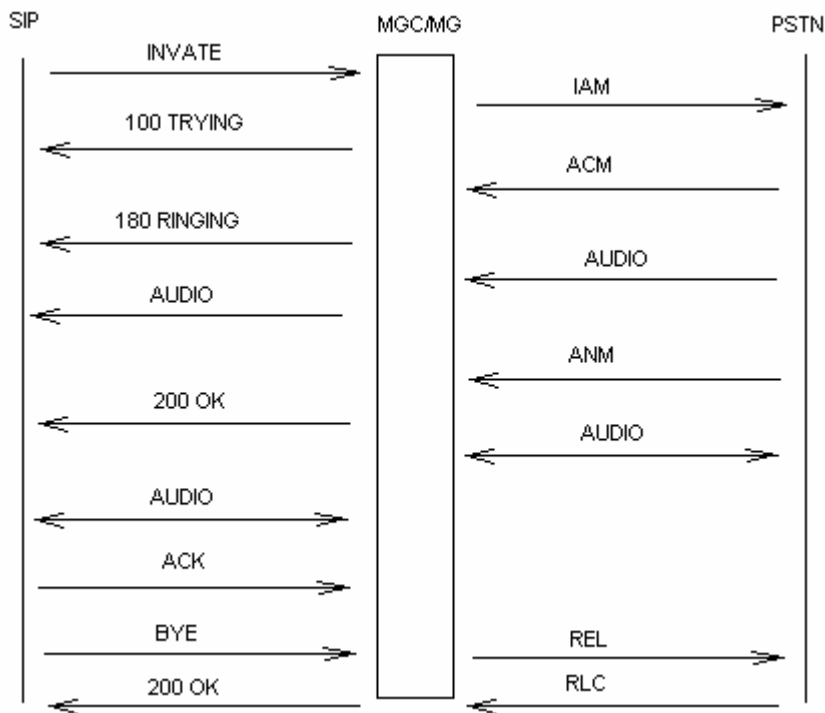
Tässä kohtaa tutkimme eri virhesyykoodien sovitusta. Esimerkiksi monet ISUP:n syykoodit saavat saman SIP syykoodin vastaukseksi ja päinvastoin. Seuraavassa esimerkkejä syykoodeista:

400 Bad Request	41 Temporary Failure
401 Unauthorized	21 Call rejected (*)
402 Payment required	21 Call rejected
403 Forbidden	21 Call rejected
404 Not found	1 Unallocated number
405 Method not allowed	63 Service or option unavailable
406 Not acceptable	79 Service/option not implemented (+)
407 Proxy authentication required	21 Call rejected (*)
408 Request timeout	102 Recovery on timer expiry
410 Gone	22 Number changed (w/o diagnostic)
413 Request Entity too long	127 Interworking (+)
414 Request-URI too long	127 Interworking (+)
415 Unsupported media type	79 Service/option not implemented (+)
416 Unsupported URI Scheme	127 Interworking (+)
420 Bad extension	127 Interworking (+)
421 Extension Required	127 Interworking (+)

423 Interval Too Brief	127 Interworking (+)
480 Temporarily unavailable	18 No user responding
481 Call/Transaction Does not Exist	41 Temporary Failure
482 Loop Detected	25 Exchange - routing error
483 Too many hops	25 Exchange - routing error
484 Address incomplete	28 Invalid Number Format (+)
485 Ambiguous	1 Unallocated number
486 Busy here	17 User busy
487 Request Terminated	--- (no mapping)
488 Not Acceptable here	--- by Warning header
500 Server internal error	41 Temporary failure
501 Not implemented	79 Not implemented, unspecified
502 Bad gateway	38 Network out of order
503 Service unavailable	41 Temporary failure
504 Server time-out	102 Recovery on timer expiry
504 Version Not Supported	127 Interworking (+)
513 Message Too Large	127 Interworking (+)
600 Busy everywhere	17 User busy
603 Decline	21 Call rejected
604 Does not exist anywhere	1 Unallocated number
606 Not acceptable	--- by Warning header

[17]

Tapaus6: Peruspuhelu, SIP→ISUP



B-numeron sovitus: Tässä tapauksessa kansainvälissä muodossa vastaanotettu B-numero löytyy Request Line-riviltä, eikä From-kentästä. MGC luonnollisesti asettaa sen lähtöjohdolle operaattorin sisäisen käytännön mukaisesti. Request-URI kentän tulee olla muotoa sip: URI, sisältäen tiedon user=phone. Numero ladataan CPN-parametrin kenttään Address signals. [15][16][17]

A-numeron sovitus: Kun on kyseessä ei-salainen A-numero, on oltava olemassa P-Asserted-Identity-header field-kenttä, koska siitä luetaan A-numero IAM:ään. Ellei kyseistä kenttää ole (Ei hyväksyttävää kansallisessa liikenteessä), voidaan kehittää verkon määrittelemä numero tai jättää numerotieto epäluotettavana pois. A-numeron on oltava kansainvälisessä muodossa. [15][16][17]

Salaisen A-numeron tapauksessa SIP:n header field-kentän Privacy sisällöstä nähdään siihen liittyvät tiedot (none tai id). Tällöin A-numero CLIR-korvamerkataan IAM:ssä. [15][16][17]

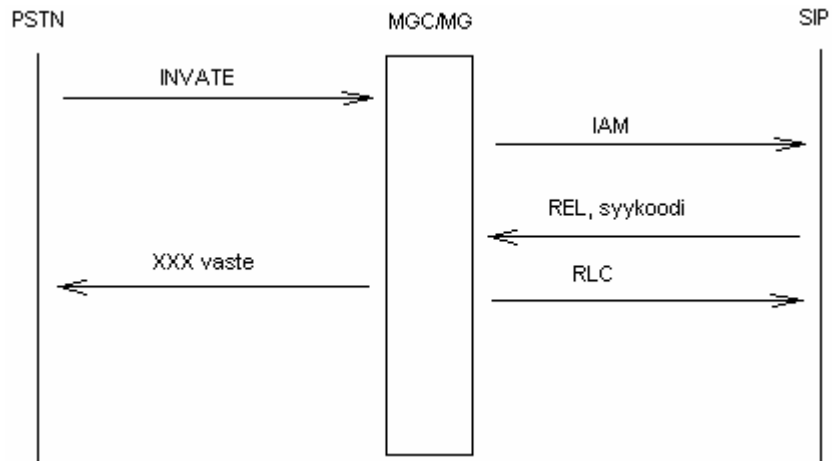
Verkkopalvelupyynnön sovitus: Tässä IAM:n Transmission Medium Requirement-parametrin pitää olla 3.1 kHz audio. Huomioitavaa on, ettei USI-parametriä lähetetä. [15][16][17]

IAM:n Forward Call Indicators-parametrin osoittimia asetetaan seuraavasti:

Interworking Indicator	interworking encountered
ISUP Indicator	... not used all the way
ISDN Access Indicator	originating access non-ISDN

IAM:n Calling Party's Category –parametri asetetaan *ordinary calling subscriber* eli A-luokkana tavallinen tilaaja. [15]

Tapaus7: Epäonnistuva peruspuhelu, SIP→ISUP

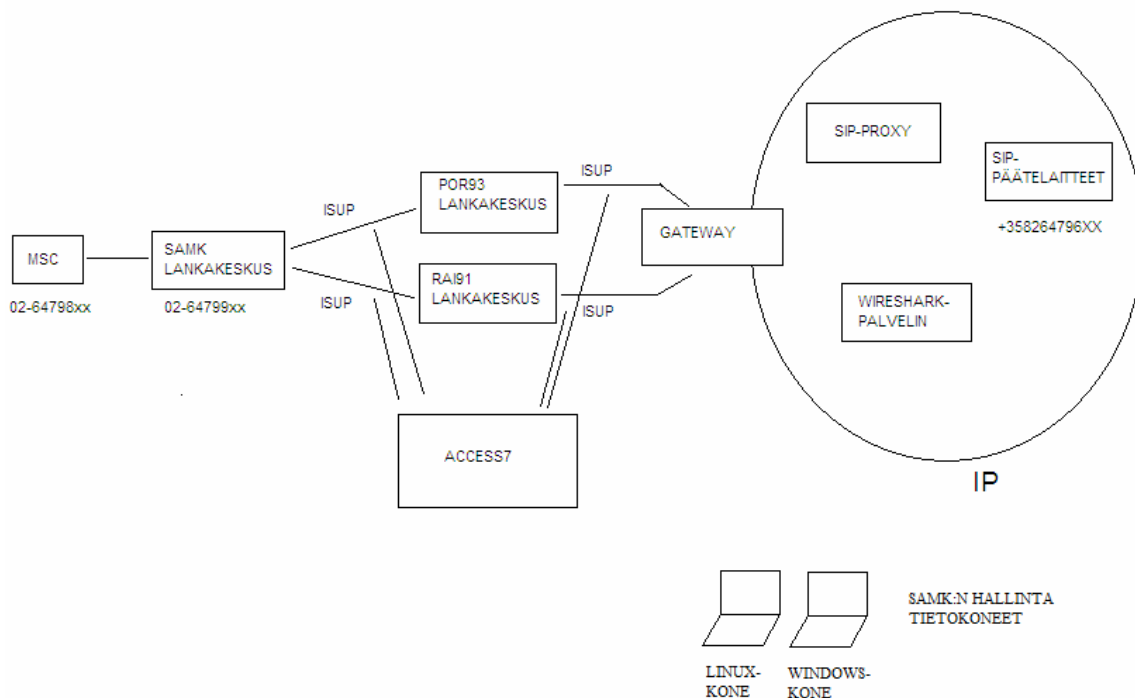


Alapuolella joitakin ISUP syykoodien sovituksia SIP-virhevasteeksi:

ISUP Cause value	SIP response
-----	-----
1 unallocated number	404 Not Found
2 no route to network	404 Not found
3 no route to destination	404 Not found
16 normal call clearing	--- (*)
17 user busy	486 Busy here
18 no user responding	408 Request Timeout
19 no answer from the user	480 Temporarily unavailable
20 subscriber absent	480 Temporarily unavailable
21 call rejected	403 Forbidden (+)
22 number changed (w/o diagnostic)	410 Gone
22 number changed (w/ diagnostic)	301 Moved Permanently
23 redirection to new destination	410 Gone
26 non-selected user clearing	404 Not Found (=)
27 destination out of order	502 Bad Gateway
28 address incomplete	484 Address incomplete
29 facility rejected	501 Not implemented
31 normal unspecified	480 Temporarily unavailable

6.2 Testiympäristön kuvaus

Seuraavassa esitellään testiympäristö, jota käytettiin SIP:n ja ISUP:n merkinantojen sovituksen testaamiseen. Alla oleva kuva esittää yksinkertaisesti mitä testiympäristö pitää sisällään. Kuvasta nähdään, että SAMK:n lankakeskus on yhteydessä sekä Porissa sijaitsevaan POR93-lankakeskukseen että Raisiossa sijaitsevaan RAI91-lankakeskukseen. Näistä molemmista keskuksista on yhteyden toisaalla olevaan gateway:hin, joka yhdistää puhelinverkon IP-verkkoon. IP-verkossa sijaitsevat myös SIP-proxy, Access7-testeri ja Wireshark-palvelin sekä SIP-päätelaitteet. Lisäksi testiympäristöön kuuluu SAMK:n omassa verkossa olevat hallintatietokoneet.



Ympäristössä olevalla Windows-tietokoneella on kiinteä julkinen IP-osoite, jolla pääsee kiinni SIP-proxyyn ja access7-testeriin. Kyseinen IP on 193.166.152.156 ja sen gateway:n IP 193.166.152.158. Koneella on myös asennettuna Wireshark-ohjelma, jolla voidaan analysoida liikennettä oman koneen ja MGC/MG:n välillä.

SIP-proxyyn päästään Internet-selaimen kautta ja se sisältää määritellyt käyttäjät, niihin liitetyt numerot sekä muita määrittelyjä. Alla olevista kuvista nähdään aromaa-käyttäjälle määritellyt tiedot (salasana, käyttäjänimi jne.) sekä siihen liitetty numero ja sen SIP-osoitteet.

OpenSIPg Manager

ACLs | Admins | Communities | Dial Plan | Numbers | Services | **Users** | ACLs || Info || Services || URIs || WLANs

aromaa@ xxx.xx User Info

UserId:

Password:

Password again:

First Name: (Optional)

Middle Initial: (Optional)

Last Name:

City: ▼

Language: ▼

Email:

Admin: ▼

OpenSIPg Manager

ACLs | Admins | Communities | Dial Plan | Numbers | Services | **Users** | ACLs || Info || Services || URIs || WLANs

aromaa@ xxx.xx

URI	Default	Privacy	Directory	ENUM	Action	Action
• sip:+35826479698@ xxx.xx <input type="text" value="Alias"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Update"/>	<input type="button" value="Delete"/>
• sip:aromaa@ xxx.xx <input type="text" value="Alias"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Update"/>	<input type="button" value="Delete"/>

Access7-testerin avulla pystyy analysoimaan testipuheluissa liikkuvia ISUP-sanomia. Access7:aa pääsee käyttämään avaamalla jonkin x-ikkunointi-ohjelman taustalle pyörimään (esim.Eceed, Winaxe) ja ottamalla tämän jälkeen ssh:ta käyttäen yhteys access7:aan.

MGC/MG:n ja SIP-proxyn välistä liikennettä varten ympäristössä on toisaalle sijoitettu Wireshark-palvelin. Wireshark-palvelimelle on sallittu pääsy osoitteille, jotka kuuluvat 193.166.152.145/28 avaruuteen. Ympäristössä on tätä varten Linux-kone, jolle on annettu kiinteä julkinen osoite edellä mainitusta avaruudesta. Gateway on 193.166.152.158. Wireshark-palvelimeen pääsee käsiksi avaamalla Linux-koneelta pääte-emulaattori ja syöttämällä siihen käsky: Ssh -X käyttäjänimi@62.197.189.35. Tämän jälkeen kirjoitetaan **sudo wireshark** ja ohjelma käynnistyy. Saman voi tehdä myös käyttämällä jotakin Windowsin x-ikkunointiohjelmia.

SIP-päätelaitteina ympäristössä käytetään Windows-koneella olevia Windows Messengeriä ja X-liteä. Alla ovesa kuvassa nähdään X-lite sisäänkirjautuneena. Lisäksi nähdään miten käyttäjä aromaa on määritelty.



6.3 Tulosten tarkastelu

6.3.1 Yleistä

Kappaleessa 6.1 käytiin läpi erilaisia SIP/ISUP-sovitustapauksia teoriassa. Tässä kohtaa verrataan miten teoria piti paikkansa, kun soitettiin ja analysoitiin vastaavia tapauksia edellisessä kappaleessa esitetyssä testiympäristössä.

6.3.2 Onnistunut peruspuhelu ISUP:sta SIP:iin

Tässä on kyseessä tapaus2 eli peruspuhelu, ISUP (overlap) → SIP (en block). Alapuolella on ISUP-sanomat avattuna kyseisestä puhelusta ja sen alapuolella on samaisesta puhelusta Wiresharkilla kaapattu SIP:n INVITE-sanoma MGC:N ja proxy:n väliltä. Seuraavassa tutkimme miten merkinantojen sovitus toteutuu käytännössä verrattuna teoriaan.

A-numero: SIP-kaappauksesta huomataan, että A-numero on sekä From että P-Asserted-Identity-kentässä kansainvälisessä muodossa niin kuin pitääkin.

B-numero: SIP-osuudesta huomataan että B-numero löytyy sekä Request-Line-rivin Request URI-kohdasta että To-kentästä kuten teoriassa kerrottiin. Koska kyseessä on SIP URL, löytyy myös user=phone määrittely. Numero on myös kansainvälisessä muodossa.

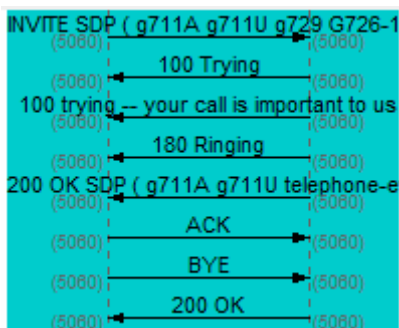
Verkkopyynnön sovittaminen: ISUP-kaappauksesta nähdään, että IAM:ään on puhelun tapauksessa TMR-koodi asetettu 3.1 kHz audio:ksi.

SIP:n SDP-osasta m-rivillä huomataan, että mediana on audio ja siirtäjänä RTP/AVP. Koodekkejen listalla on tosin muitakin arvoja kuin 8, toisin kuin teoriassa. Vastoin kuin teoriassa esitettiin, a-rivillä ei ole lainkaan rtpmap: 8 PCMA/8000.

ACM-koodaus: ISUP:in ACM-sanomasta huomataan, että ACM:n Backward Call Indicators-parametrin osoittimien asettamisessa oli pientä eroavaisuutta:

	(Teoriassa)	(Käytännössä)
Called party number	subscriber free	subscriber free
Interworking Indicator	interworking encountered	no interworking encountered
ISUP Indicator	...not used all the way	isup used all the way
ISDN Access Indicator	terminating access non-ISDN	terminating access non-ISDN

Puhelun päätyminen: ISUP:n REL-sanoma johti BYE-sanomaan SIP-puolella, kuten alla olevasta puhelun kuvasta nähdään.



ISUP:

CT (1) - Protocol Level Display (1)

22/11/07 10:50:23.151 Link: FRai91>0>FTPGW1

SI: ISUP SSF: NN DPC: FTPGW1 OPC: FRai91 SLS: 8

CIC: 24

MT: IAM

Nature of Connection Indicators

Satellite Indicator: No satellite circuit in the connection

Continuity Check Indicator: Not required

Echo Control Device Indicator: Outgoing echo control device not included

Forward Call Indicators

National/International Call Ind: Call to be treated as a national call

End to End Method Indicator: No end-to-end method available

Interworking Indicator: No interworking encountered

ISDN User Part Indicator: ISUP used all the way

ISDN User Part Preference Indicator: ISUP not required all the way

ISDN Access Indicator: Originating access non-ISDN

SCCP Method Ind: No indication
 Outgoing Call Barring Ind: No barring active
 Calling Party's Category: Ordinary calling subscriber
Transmission Medium Requirement: 3.1 kHz audio
 Pointer to Called Party Number: 2 octets
 Pointer to Optional Part: 10 octets
 Called Party Number Length: 8 octets
 Odd/Even Indicator: Even
 Nature of Address Indicator: Subscriber number
 Internal Network Number Indicator: Routing to INN not allowed
 Numbering Plan Indicator: ISDN/Telephony
 Address Signal: 1d3510264796
 Echo control Information Id
 Length: 1 octet
 Outgoing Echo Control Device Info Ind: Device not included or available
 Incoming Echo Control Device Info Ind: No information
 Outgoing Echo Control Device Request Ind: No information
 Incoming Echo Control Device Request Ind: No information
 Propagation Delay Counter Id
 Length: 2 octets
 Delay: 0ms
Calling Party Number Id
 Length: 6 octets
 Odd/Even Indicator: Even
 Nature of Address Indicator: National (significant) number
 NI Indicator: Complete
 Numbering Plan Indicator: ISDN/Telephony
 Presentation Restriction Indicator: Presentation allowed
 Screening Indicator: Network provided
Address Signal: 26479907
 Network Specific Facility Id
 Length: 3 octets
 Length of Network Identification: 0 octets
 Language Ind. Inclusion: Included
 Connection Allowed Ind. Inclusion: Not included
 B-priority Ind. Inclusion: Included
 Announcement Capability Ind. Inclusion: Included
 Language Indicator: Default language
 Connection Allowed Indicator: Connection to C-number not allowed
 B-priority Indicator: B-number not prioritized
 Announcement Capability Indicator: Announcements available
 Hop Counter Id
 Length: 1 octet
 Hop Counter: 30
 Parameter Compatibility Information Id
 Length: 8 octets
 Upgraded Parameter: Hop counter
 Transit at Intermediate Exchange Indicator: Transit interpretation
 Release Call Indicator: Do not release call
 Send Notification Indicator: Do not send notification
 Discard Message Indicator: Do not discard message
 Discard Parameter Indicator: Do not discard parameter
 Pass on not possible Indicator: Discard parameter
 Extension Indicator: Last octet
 Upgraded Parameter: Network specific facility
 Transit at Intermediate Exchange Indicator: Transit interpretation

Release Call Indicator: Do not release call
 Send Notification Indicator: Send Notification
 Discard Message Indicator: Do not discard message
 Discard Parameter Indicator: Discard parameter
 Pass on not possible Indicator: Discard parameter
 Extension Indicator: Last octet
 Upgraded Parameter: Propagation delay counter
 Transit at Intermediate Exchange Indicator: Transit interpretation
 Release Call Indicator: Do not release call
 Send Notification Indicator: Do not send notification
 Discard Message Indicator: Do not discard message
 Discard Parameter Indicator: Do not discard parameter
 Pass on not possible Indicator: Discard parameter
 Extension Indicator: Last octet
 Upgraded Parameter: Echo control information
 Transit at Intermediate Exchange Indicator: Transit interpretation
 Release Call Indicator: Do not release call
 Send Notification Indicator: Do not send notification
 Discard Message Indicator: Do not discard message
 Discard Parameter Indicator: Do not discard parameter
 Pass on not possible Indicator: Discard parameter
 Extension Indicator: Last octet
 End of Optional Parameters
 22/11/07 10:50:23.560 Link: FRai91>0>FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FTPGW1 OPC: FRai91 SLS: 8
 CIC: 24
MT: SAM
 Pointer to Subsequent Number: 2 octets
 Pointer to Optional Part: 0 octets
 Subsequent Number Length: 2 octets
 Odd/Even Indicator: Odd
 Address Signal: 9
 22/11/07 10:50:24.461 Link: FRai91>0>FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FTPGW1 OPC: FRai91 SLS: 8
 CIC: 24
MT: SAM
 Pointer to Subsequent Number: 2 octets
 Pointer to Optional Part: 0 octets
 Subsequent Number Length: 2 octets
 Odd/Even Indicator: Odd
 Address Signal: 8
 22/11/07 10:50:24.674 Link: FRai91<0<FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FRai91 OPC: FTPGW1 SLS: 8
 CIC: 24
MT: ACM
 Backward Call Indicators
 Charge Indicator: Charge
Called Party's Status Indicator: Subscriber free
 Called Party's Category Indicator: Ordinary subscriber
 End to End Method Indicator: No end-end method available
Interworking Indicator: No interworking encountered
ISDN User Part Indicator: ISUP used all the way
ISDN Access Indicator: Terminating access non-ISDN
 Echo Control Device Indicator: Incoming echo control device not
 included
 SCCP Method Indicator: No indication
 Pointer to Optional Part: 0 octets

22/11/07 10:50:33.224 Link: FRai91<0<FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FRai91 OPC: FTPGW1 SLS: 8
 CIC: 24
MT: ANM
 Pointer to Optional Part: 1 octet
 Backward Call Indicators Id
 Length: 2 octets
 Charge Indicator: Charge
 Called Party's Status Indicator: Subscriber free
 Called Party's Category Indicator: Ordinary subscriber
 End to End Method Indicator: No end-end method available
 Interworking Indicator: No interworking encountered
 ISDN User Part Indicator: ISUP used all the way
 ISDN Access Indicator: Terminating access non-ISDN
 Echo Control Device Indicator: Incoming echo control device not
 included
 SCCP Method Indicator: No indication
 End of Optional Parameters
 22/11/07 10:50:35.758 Link: FRai91>0>FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FTPGW1 OPC: FRai91 SLS: 8
 CIC: 24
MT: REL
 Pointer to Cause Indicators: 2 octets
 Pointer to Optional Part: 0 octets
 Cause Indicator Length: 2 octets
 Location: Public network, remote user
 Coding Standard: CCITT standard
Cause Value: Normal call clearing (16)
 22/11/07 10:50:35.823 Link: FRai91<0<FTPGW1
 SI: ISUP SSF: NN DPC: FRai91 OPC: FTPGW1 SLS: 8
 CIC: 24
MT: RLC
 Pointer to Optional Part: 0 octets

SIP: INVITE, MGC:n ja proxy:n välillä

Session Initiation Protocol
Request-Line: INVITE sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone
 SIP/2.0
 Method: INVITE
 [Resent Packet: False]
 Message Header
 Via: SIP/2.0/UDP 83.102.54.228:5060 ;branch=z9hG4bKterm-ed-
 +35826479902-+35826479698-69776
 Transport: UDP
 Sent-by Address: 83.102.54.228
 Sent-by port: 5060
 Branch: z9hG4bKterm-ed-+35826479902-+35826479698-69776
From: +35826479902
 <sip:+35826479902@83.102.54.228;user=phone>;tag=1939394682
 SIP Display info: +35826479902
 SIP from address: sip:+35826479902@83.102.54.228
 SIP tag: 1939394682

To: **+35826479698 <sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone>**
 SIP Display info: +35826479698
 SIP to address: sip:+35826479698@testi.fn.fi
 Call-ID: 2be61054-6e956ae3-3dbd58dd-bb@83.102.54.228
 CSeq: 1 INVITE
 Sequence Number: 1
 Method: INVITE
 Supported: timer
 Session-Expires: 300
 Min-SE: 10
 Contact: <sip:+35826479902@83.102.54.228:5060>
 Contact Binding: <sip:+35826479902@83.102.54.228:5060>
 URI: <sip:+35826479902@83.102.54.228:5060>
 SIP contact address:
 sip:+35826479902@83.102.54.228:5060
 Allow:
 INVITE,ACK,PRACK,SUBSCRIBE,BYE,CANCEL,NOTIFY,INFO,REFER,UPDATE
P-Asserted-Identity:
<sip:+35826479902@83.102.54.228;user=phone>
 Max-Forwards: 70
 Content-Type: application/sdp
 Content-Length: 601
 Message body
 Session Description Protocol
 Session Description Protocol Version (v): 0
 Owner/Creator, Session Id (o): - 312 0 IN IP4 83.102.54.215
 Owner Username: -
 Session ID: 312
 Session Version: 0
 Owner Network Type: IN
 Owner Address Type: IP4
 Owner Address: 83.102.54.215
 Session Name (s): Cisco SDP 0
 Connection Information (c): IN IP4 83.102.54.215
 Connection Network Type: IN
 Connection Address Type: IP4
 Connection Address: 83.102.54.215
 Time Description, active time (t): 0 0
 Session Start Time: 0
 Session Stop Time: 0
Media Description, name and address (m): audio 17228
RTP/AVP 8 0 18 101 102 2 103 4 104 3 105 106 107 125 99 100
Media Type: audio
 Media Port: 17228
Media Proto: RTP/AVP
Media Format: ITU-T G.711 PCMA
 Media Format: ITU-T G.711 PCMU
 Media Format: ITU-T G.729
 Media Format: 101
 Media Format: 102
 Media Format: ITU-T G.721
 Media Format: 103
 Media Format: ITU-T G.723
 Media Format: 104
 Media Format: GSM 06.10
 Media Format: 105
 Media Format: 106
 Media Format: 107
 Media Format: 125
 Media Format: 99
 Media Format: 100

Media Format: 107
Media Format: 125
Media Format: 99
Media Format: 100
Media Attribute (a): rtpmap:101 G726-16/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 101
MIME Type: G726-16
Media Attribute (a): rtpmap:102 G726-24/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 102
MIME Type: G726-24
Media Attribute (a): rtpmap:103 G7231-H/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 103
MIME Type: G7231-H
Media Attribute (a): rtpmap:104 G7231-L/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 104
MIME Type: G7231-L
Media Attribute (a): rtpmap:105 G729b/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 105
MIME Type: G729b
Media Attribute (a): rtpmap:106 G7231a-H/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 106
MIME Type: G7231a-H
Media Attribute (a): rtpmap:107 G7231a-L/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 107
MIME Type: G7231a-L
Media Attribute (a): rtpmap:125 GnX64/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 125
MIME Type: GnX64
Media Attribute (a): rtpmap:99 telephone-event/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 99
MIME Type: telephone-event
Media Attribute (a): fmp:99 0-15
Media Attribute Fieldname: fmp
Media Format: 99 [telephone-event]
Media format specific parameters: 0-15
Media Attribute (a): rtpmap:100 X-NSE/8000
Media Attribute Fieldname: rtpmap
Media Format: 100
MIME Type: X-NSE
Media Attribute (a): fmp:100 200-202
Media Attribute Fieldname: fmp
Media Format: 100 [X-NSE]
Media format specific parameters: 200-202
Media Attribute (a): X-sqn:0
Media Attribute Fieldname: X-sqn
Media Attribute Value: 0
Media Attribute (a): X-cap: 1 audio RTP/AVP 100
Media Attribute Fieldname: X-cap

```

Media Attribute Value: 1 audio RTP/AVP 100
Media Attribute (a): X-cpar: a=rtpmap:100 X-NSE/8000
Media Attribute Fieldname: X-cpar
Media Attribute Value: a=rtpmap:100 X-NSE/8000
Media Attribute (a): X-cpar: a=fmtp:100 200-202
Media Attribute Fieldname: X-cpar
Media Attribute Value: a=fmtp:100 200-202
Media Attribute (a): X-cap: 2 image udptl t38
Media Attribute Fieldname: X-cap
Media Attribute Value: 2 image udptl t38

```

6.3.3 Epöonnistunut sovitustapaus

Tässä kohtaa tarkastelemme peruspuhelia ISUP:sta SIP:iin siten, että A-numero on salainen. Alla olevasta kaappauksesta huomataan kaksi pahaa virhettä.

Ensinnäkin P-Asserted Identity- ja Privacy-kenttä puuttuvat kokonaan. Lisäksi From kenttä on virheellinen. On kyllä ymmärretty että A-numero on salainen, josta kertoo display-nimi ”Anonymous”, mutta jostain syystä sen perään on pistetty soittajan numero. Oikea tapahan on “anonymous@anonymous.invalid”. Ongelman huomasi selvästi esimerkiksi X-lite:ä käytettäessä. Siinäkin näytölle tuli Anonymous, mutta heti sen perään näytettiin soittajan numero.

SIP: INVITE, MGC:n ja proxyn välillä

```

Session Initiation Protocol
Request-Line: INVITE sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone
SIP/2.0
Method: INVITE
[Resent Packet: False]
Message Header
Via: SIP/2.0/UDP 83.102.54.228:5060 ;branch=z9hG4bKterm-6b-
+35826479907-+35826479698-34911
From: Anonymous
<sip:+35826479907@83.102.54.228;user=phone>;tag=2060726997
To: +35826479698 <sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone>
Call-ID: 198d37c2-a7c5296-1af8cc40-5d@83.102.54.228
CSeq: 1 INVITE
Supported: timer
Session-Expires: 300
Min-SE: 10
Contact: <sip:+35826479907@83.102.54.228:5060>

```

```

    Allow:
INVITE ,ACK ,PRACK ,SUBSCRIBE ,BYE ,CANCEL ,NOTIFY ,INFO ,REFER ,UPDATE
    Max-Forwards: 70
    Content-Type: application/sdp
    Content-Length: 601
Message body

```

Tässä kohtaa nähdään edellinen kohta korjattuna. Nyt MGC:n ja proxy:n välillä SIP:n INVITE-kentästä löytyy P-Asserted Identity-kenttä ja From-kenttäkin on niin kuin spesifikaatiot kertovat. Lisäksi esiintyy Privacy-kenttä arvolla id. Huomattavaa on, että tässä luotettavassa ympäristössä P-Asserted-kentässä näkyy A-numero mutta, MGC:n ja päätelaitteen välillä SIP:n INVITE-kentästä ei löydy A-numeroa mistään.

SIP:INVITE, MGC:n ja proxy:n välillä

```

Session Initiation Protocol
  Request-Line: INVITE sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone
SIP/2.0
  Method: INVITE
  [Resent Packet: False]
  Message Header
  Via: SIP/2.0/UDP 83.102.54.228:5060 ;branch=z9hG4bKterm-c6-
Anonymous-+35826479698-90229
  From: Anonymous
<sip:Anonymous@anonymous.invalid;user=phone>;tag=301634640
  To: +35826479698 <sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone>
  Call-ID: 2dac73cc-28202ccd-123bb828-99@83.102.54.228
  CSeq: 1 INVITE
  Supported: timer
  Session-Expires: 300
  Min-SE: 10
  Contact: <sip:Anonymous@83.102.54.228:5060>
  Allow:
INVITE ,ACK ,PRACK ,SUBSCRIBE ,BYE ,CANCEL ,NOTIFY ,INFO ,REFER ,UPDATE
  P-Asserted-Identity:
<sip:+35826479907@83.102.54.228;user=phone>
  Privacy: id
  Max-Forwards: 70
  Content-Type: application/sdp
  Content-Length: 601
Message body

```

SIP:INVITE, MGC:n ja päätelaitteen välillä

Session Initiation Protocol

Request-Line: INVITE

sip:+35826479698@193.166.152.156:51658;rinstance=d8add3703396f349
SIP/2.0

Message Header

Record-Route: <sip:62.197.189.6;lr>

Via: SIP/2.0/UDP 62.197.189.6;branch=z9hG4bK4921.44b56177.0

Via: SIP/2.0/UDP 83.102.54.228:5060 ;branch=z9hG4bKterm-c6-

Anonymous-+35826479698-90229

From: Anonymous

<sip:Anonymous@anonymous.invalid;user=phone>;tag=301634640

To: +35826479698 <sip:+35826479698@testi.fn.fi;user=phone>

Call-ID: 2dac73cc-28202ccd-123bb828-99@83.102.54.228

CSeq: 1 INVITE

Supported: timer

Session-Expires: 300

Min-SE: 10

Contact: <sip:Anonymous@83.102.54.228:5060>

Allow:

INVITE,ACK,PRACK,SUBSCRIBE,BYE,CANCEL,NOTIFY,INFO,REFER,UPDATE

Privacy: id

Max-Forwards: 69

Content-Type: application/sdp

Content-Length: 601

Message body

Alla olevassa kuvassa nähdään miten salainen A-numero näkyy oikein X-liten näytöllä.



7 YHTEENVETO

3G-verkkojen myötä SIP:n käyttö on kasvanut ja tulee kasvamaan entisestään. Jo nyt useat uusimmat langattomat päätelaitteet sisältävät mahdollisuuden SIP-puheluihin. Esimerkiksi Nokialla oli 2007 vuoden loppupuolella 35 matkapuhelintyyppiä, jotka tukivat SIP:iä. SIP:n yleistyessä lisääntyvät myös tapaukset, joissa soitetaan puheluita IP-verkoista perinteisiin puhelinverkkoihin ja päinvastoin. Näin ollen on tarpeellista tutkia miten nämä sovitetaan toisiinsa.

Tekemäni testaukset Satakunnan ammattikorkeakoulun NGN-laboratoriossa ja eräässä asiakasverkossa toivat esiin erityisesti yhden ison ongelman eli salaisen A-numeron tapauksen. Mainittu ongelma saatiin kuitenkin korjattua testieni aikana. Lisäksi sovituksista löytyi joitakin eroavaisuuksia spesifikaatioihin verrattuna esim. SIP:n SDP-osion koodekkimäärittelyissä. Lisäksi ISUP:n ACM-kentässä lukee virheellisesti, ettei sovituksista ole tapahtunut (no interworking encountered) vaan ISUP:ia olisi käytetty koko matkan ajan (isup used all the way). Edellä mainittuja asioita lukuun ottamatta käytännön sovitus tapaukset vastasivat hyvin spesifikaatioiden määrityksiä.

Suorittamani testit osoittautuivat välttämättömiksi, sillä ne selkeyttivät merkinantojen sovituksen nykytilaa. Lisäksi testien avulla voitiin tunnistaa ja korjata mahdolliset viat. Niinpä suosittelenkin, että vastaavia testejä käydään läpi käyttöönottaessa uusia IP-puhelu- ja VOIP-gateway-toteutuksia.

LÄHTEET:

- [1] Davidson, Jonathan & Peters, James. 2002. Voice over IP. Edita publishing Oy s.370
- [2] Johnston, A. 2001. SIP: Understanding the Session Initiation Protocol. Artech House, INC. 203 s
- [3] Kankaapää, Petri. 2004. SIP-lisäpalvelut OCSC-ympäristössä. Opinnäytetyö
- [4] Lindholm-Ventola, Hanna. Sessioon Initiation Procol, SIP. Välitystekniikka-kurssin R5-materiaali. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
- [5] Lindholm-Ventola, H. 2002. SIP-standardin mukainen ratkaisu IP-puhelujen toteutuksessa Satakunnan Ammattikorkeakoulussa. Diplomityö
- [6] Rosenberg, J. Schulzrinne, H. Camarillo, G. Johnston, A. Peterson, J. Sparks, R. Handley, M. Schooler, E. Kesäkuu 2002. RFC 3261. SIP: Session Initiation Protocol.
- [7] Pitkänen, Anssi. 1996. Yhteiskanavamerkianto (SS#7). Helsingin Teknillisen korkeakoiulun sähkötekniikan osasto. viitattu: 3.11.2007. <http://www.netlab.hut.fi/opetus/s38116/1996/esitelmat/40106u/>
- [8] Aromaa, Juha. 2002. YKM, MTP & ISUP. Välitystekniikka-kurssin R5-materiaali. Satakunnan Ammattikorkeakoulu.
- [9] Viestintäverkkojen kehitys. 2002. Työryhmäraportti. viitattu: 1.11.2007 http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1158858972592/Files/CurrentFile/Viestintaverkkojenkehitys_raportti.pdf
- [10] Wikipedia, viitattu: 1.10.2007 <http://en.wikipedia.org/wiki/BICC>
- [11] Peltola, Jani. 2002. Megaco.arkkitehtuurin mukainen toteutusratkaisu IP- ja PSTN-puheluissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu. viitattu: 10.11.2007 http://trc.pori.tut.fi/tots/Diplomityo_JPel_tola.pdf, haettu: 10.11.2007

- [12] Le Roux, A. [S7PM-P02rev] Call & Connection control Signalling:the ITU-T SG11 status and perspectives for "New Network control Architectures and Protocols". France Telecom R&D. viitattu:1.11.2007
www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/optical/s07-p02r_pp7.ppt
- [13] ISDN User Part, ISUP. Tiedonvälitystekniikka I. Helsingin teknillinen korkeakoulu. viitattu: 10.12.2007
http://keskus.hut.fi/opetus/s38110/k98/on_line/11018_6.pdf
- [14] Välimäki, Harri, SS7-keskusten välinen merkinanto. viitattu: 14.11.2007.
http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38117/k99/Esitelmat/harri_valimaki.pdf
- [15] Aromaa, Juha, Koski Jani. 28.–29.11.2007. SIP ja sen sovittaminen muihin merkinantoihin-kurssi. Luentokansio. Satakunnan Ammatti-korkeakoulu,
- [16] ITU-T, Q.1912,5. (3/2004). Interworking between Session Initiation Protocol (SIP) and Bearer Independent Call Control Protocol or ISDN User Part
- [17] IETF, RFC 3398. (December 2002), Integrated Services Digital Network (ISDN) User Part (ISUP) to Session Initiation Protocol (SIP) Mapping
- [18] Monnonen, Matti. 2006. SIP-protokolla Internet-pohjaisessa viestinnässä. Tampereen teknillinen yliopisto. viitattu: 24.10.2007.
http://www.pori.tut.fi/~mm/sip/osa1_SIP_koulutus_monnonen.pdf
- [19] Kellokoski, Jari. 2001. Puheluohjaus Internetissä. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. viitattu: 28.12.2007
<http://edu.lut.fi/LutPub/web/nbnfi-fe20011639.pdf>