

Sami Orasaari

IMS - IP Multimedia Subsystem

Tietotekniikan
kandidaatintutkielma
3. huhtikuuta 2006

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Jyväskylä

Tekijä: Sami Orasaari

Yhteystiedot: samioras.cc.jyu.fi

Työn nimi: IMS - IP Multimedia Subsystem

Title in English: IMS - IP Multimedia Subsystem

Työ: Tietotekniikan kandidaatintutkielma

Sivumäärä: 21

Tiivistelmä: IMS on uusi standardoitu multimediakontrolliteknologia pakettivälitteisiä verkkoja ja erilaisia liityntäteknikoita, kuten esimerkiksi UMTS, EDGE, GPRS ja WLAN varten. IMS-järjestelmän avulla operaattoreiden on mahdollista luoda uusia palveluja ja toisaalta mahdollistaa entisten ja mahdollisimman monien palvelujen käyttö riippumatta asiakkaan verkkoon liittymiseen käyttämästä tekniikasta. Järjestelmä mahdollistaa myös erilaisten palveluiden yhdistämisen yhdeksi kokonaisuudeksi. Tässä tutkielmassa perehdytään IMS-järjestelmän toimintaan.

English abstract: IMS is new standardised multimedia control technology for IP-switched networks with different access-methods like, UMTS, EDGE, GPRS and WLAN. With IMS, operators can create new services and mix those with existing services. IMS is access-method independent technology. The aim of this thesis is get acquainted the operation of IMS-technology

Avainsanat: tietotekniikka, kandidaatintutkielma, IMS, multimedia

Keywords: information technology, Bachelor's thesis, IMS, multimedia

Sisältö

1	Johdanto	1
2	IMS	1
2.1	3GPP	2
2.2	IMS määrittelyt	3
2.3	Mikä on IMS:n tarkoitus?	4
3	IMS:n toiminta	5
4	IMS arkkitehtuuri	8
4.1	Transport & Endpoint Layer	8
4.2	Session Control Layer	9
4.3	Application Server Layer	9
5	Mitä IMS tarjoaa?	11
6	SIP (Session Initiation Protocol)	12
6.1	SDP-protokolla	16
7	Laskutus ja Tietoturva	17
8	Tämän hetkinen tilanne	18
	Viitteet	18

1 Johdanto

Tutkielmassa tutustutaan IMS, IP Multimedia Subsystem, järjestelmään. Tutkielmassa tarkastellaan miksi tällainen järjestelmä on määritelty ja mikä taho määritelmän taustalla on. Luvussa 3 tutustutaan järjestelmän toimintaan syvällisemmin; tarkastellaan millaisissa verkkoarkkitehtuureissa se toimii, millaisia protokollia järjestelmässä on käytettävä ja voidaan käyttää ja millaisia palveluita järjestelmän avulla voidaan toteuttaa.

2 IMS

Telealan palveluntarjoajilla on lähitulevaisuudessa edessään suuria haasteita, koska kuluttajien välinen kommunikointi on muuttamassa luonnettaan. Tämä koskee ennen kaikkea 2G- ja 3G-mobiiliverkkoja, mutta myös perinteisiä kiinteitä verkkoja. Perinteiset palvelut kuten puhe, SMS ja multimediaviestit saavat rinnalleen uusia digitaalisia palveluja, joilla kuluttajat voivat luoda, käyttää ja ennen kaikkea myös jakaa digitaalista sisältöä. Tällaista sisältöä voisi olla vaikkapa videopuhelu päätelaitteesta toiseen.

Kuluttajilla on valittavanaan suuri määrä eri operaattoreita palveluntarjoajiksi ja myös suuri määrä erilaisia liityntäteknikoita käyttötarpeen mukaan. Kotona on laajakaistaliittymä, jonka kautta hoidetaan web-selailu ja saadaan erilaisia palveluja kuten televisiokanavia ja tilausvideoita. Puhepalveluihin on käytettävissä vielä perinteinen piirikytkentäinen PSTN-verkko ja 2G- tai 3G-liittymät mobiililaitteita varten, mutta VoIP-palvelut ovat myös yleistymässä hurjaa vauhtia.

Näiden mahdollisuuksien ja haasteiden edessä operaattorien olisi luotava uusia kuluttajia kiinnostavia palveluja kustannustehokkaasti ja nopeasti. Ilman standardointia liityntäteknikoiden laaja kirjo, sekä operaattoreiden verkkojen yhteensovittaminen tuovat kuitenkin mukanaan suuria haasteita.

IMS on ratkaisu edellä mainittuihin haasteisiin. Se on uusi standardoitu multimediakontrolliteknologia pakettivälitteisiä verkkoja ja erilaisia liityntäteknikoita varten. Liityntäteknikkana voidaan käyttää lähes mitä tahansa liityntäteknikkaa, esimerkiksi UMTS, EDGE, GPRS, sekä erilaisia langattomia laajakaistaliityntäteknikoita kuten WLAN, WiMax ja uusimpana Suomessa 450 MHz alueella toimiva FLASH-OFDM ja tietysti kiinteän verkon tekniikoita, kuten esimerkiksi DSL tai kaapelimodeemi. IMS mahdollistaa siis erilaisten päätelaitteiden välisen kommunikoinnin, riippumatta siitä millaista liityntäteknikkaa kuluttaja käyttää. Merkittävää on, että päätelaitteet ja runkoverkko käyttävät IP-protokollaa.

IMS on 3GPPn (3rd Generation Partnership Project), ETSIn (European Telecommunications Standards Institute) ja Parlay Forumin määrittelemä palveluarkkitehtuuri. Sen avulla operaattorit voivat tarjota toimintaympäristön sovelluksille, joilla kuluttajat voivat olla monipuolisemmin yhteydessä toisiinsa. IMS:n avulla voidaan yhdistää erilaisia palveluja vuorovaikutteisen kommunikointikanavien yli, esimerkiksi puhe-, video-, tila- ja sisällönjakopalveluiden avulla kommunikoinnista saadaa entistä monipuolisempaa.

Koska IMS on palvelujen ja palvelumallien kannalta hyvin avoin järjestelmä voivat operaattorit muokata palvelujaan hyvin pitkälle omille asiakkailleen sopiviksi ja paikalliset olosuhteet ja tarpeet huomioon ottaen. [1]

IMS on siis ennen kaikkea erilaisia verkkoja yhdistävä arkkitehtuuri, jolla erilaisen liityntäteknikkojen yli voidaan käyttää samoja operaattorin tarjoamia palveluja ja palveluja voidaan yhdistää erilaisten päätelaitteiden yhtäaikaista käyttöä varten.

2.1 3GPP

3GPP (3rd Generation Partnership Project) on yhteistyösopimus, joka on tehty jo vuonna 1998. Yhteistyösopimuksessa ovat mukana useat telekommunikaatioalan standardointielimet, kuten ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA ja TTC. 3GPPn alkuperäinen päämäärä oli tehdä maailmanlaajuinen tekninen määrittely kolmannen sukupolven matkaviestinverkkoja varten, perustuen osallistujien tukemiin kehittyneisiin GSM:n runko- ja liityntäverkkojen radiorajapinnan ratkaisuihin. Myöhemmin päämäärää korjattiin sisältämään myös määrittelyjä huollosta ja ylläpidosta, sekä GSM-järjestelmän radiorajapintaan liittyvien tekniikoiden, kuten GPRS ja EDGE kehittämisestä. Myöhemmin 3GPP on tehnyt yhteistyötä IMS:in osalta 3GPP2-projektiryhmän kanssa. 3GPP on toiminut enemmän eurooppalaisista lähtökohdista kehittäessään ja määrittäessään GSM-verkon radiorajapintaan liittyviä asioita. 3GPP2 on perustettu pohjois-amerikkalaisten ja aasialaisten standardointiorganisaatioiden toimesta CDMA:n kehitys lähtökohtamaan. Koska IMS on liityntäteknikasta riippumaton tekniikka, on myös tämä taho ollut kehittämässä ja hyväksymässä IMS-järjestelmään liittyviä määrityksiä.

IMS järjestelmän ensimmäinen versio (release 5) oli tarkoitettu GSM- ja GPRS-verkkoihin. Tässä julkaisussa oli mukana SIP-protokollaan perustuva multimediatuki, jonka toimintaa koko IMS perustuu hyvinkin laajasti. Seuraavassa julkaisussa (release 6) tuli mukaan tuki WLAN- verkoille ja sitä seuraavassa versiossa (release 7) tuki kiinteille verkoille. [4]

2.2 IMS määrittelyt

IMS:n palveluarkkitehtuuri yhdistää suuren joukon palveluita yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämän mahdollistaa IMS-järjestelmän keskeiseksi protokollaksi valittu SIP-protokolla (Session Initiation Protocol). Kuten edellä on mainittu IMS-arkkitehtuuri mahdollistaa useiden sovelluspalvelimien tuottaa perinteisiä telepalveluja, mutta samalla myös uusia palveluja, kuten saatavuuspalvelut, pikaviestit, push-to-talk, videon streamaus, multimediaviestintä, yms. [8]

Palveluarkkitehtuuri koostuu loogisista toiminnallisuuksista, jotka voidaan jakaa kolmeen erilliseen tasoon:

- siirto ja päätepiste kerros (Transmission and Endpoint Layer)
- istunnon ohjauskerros (Session Control Layer)
- sovelluspalvelinkerros (Application Server Layer)

Kerrosten toiminnasta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.2. IMS määrittelyt löytyvät seuraavan URL:n kautta: <http://www.3gpp.org/specs/numbering.htm>. Määrittelyksissä kerrotaan hyvin tarkasti kuinka järjestelmän eri osa-alueet toimivat, millaisia järjestelmän viestien rakenteet ovat ja kuinka esimerkiksi verkkovierailut ovat toteutettavissa. Tässä muutama esimerkki määrittelmistä ja mitä kyseessä oleva määrittelmä pitää sisällään:

3GPP TS 22.250 V6.0.0 (2002-12) Technical Specification

- Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS) group management ; Stage 1(Release 6)

Määrittelee vaatimukset IP Multimedijärjestelmälle ja sen hallinnalle 3GPP -ympäristöissä. Tämä hallintayksikkö mahdollistaa verkotettujen ryhmien hallinnan, niiden eri roolit ja oikeudet sekä erilaiset ominaisuudet. Näitä tietoja voidaan käyttää erilaisten sovellusten hallinnassa ja hyödyntämisessä. [3]

3GPP TS 22.340 V6.1.0 (2003-03) Technical Specification

- Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia System (IMS) messaging ;Stage 1(Release 6)

Määrittelee erilaisten viestityyppien ja niiden sovellusten käyttämisen IP Multimedijärjestelmässä. Tarjoaa määrittelyt seuraaville viestityypeille:

- Deferred delivery messaging:

- Immediate messaging:
- IMS Messaging services:
- Session based messaging: [3]

3GPP TR 22.800 V6.0.0 (2003-09) Technical Report

- Technical Specification Group TSG SA;IMS Subscription and access scenarios (Release 6)

Tutkii erilaisia skenaariota:

- Viestintä 3GPP operaattorien kesken
- Erillinen IMS-viestintä ja 3GPP-verkko
- 3GPP-verkkoarkkitehtuuri , muut accessit ja IMS-viestintä
- Useampi operaattoriverkko ja IMS-ympäristö
- Samalla käyttäjällä useampi laite [3]

3GPP TS 23.228 V6.7.0 (2004-09) Technical Specification

- Technical Specification Group; Services and System Aspects;IP Multimedia Subsystem (IMS) Stage 2(Release 6)

Määrittelee IP Multimediajärjestelmän keskeisimmät verkkoelementit, joiden avulla voidaan tukea multimediapalveluja. Tässä yhteydessä on tehty yhteistyötä ITU-T ja IETF organisaatioiden kanssa. Määrittelee mekanismit IP multimedian sovelusten suorittamiseen 3GPP-ympäristössä, vaikkakaan sovellukset eivät välttämättä ole 3GPP-ympäristöistä. [3]

2.3 Mikä on IMS:n tarkoitus?

IMS:n tarkoitus ei ole ainoastaan luoda uusia palveluja, vaan mahdollistaa kaikki nykyiset ja tulevat palvelut, joita Internet tarjoaa. Käyttäjillä tulee olla käytössään kaikki samat palvelut verkkovierailun kautta, kuin jotka olisivat käytettävissä myös käyttäjän kotiverkossa. Tämä on mahdollista, koska IMS käyttää avoimia standardinmukaisia IP-protokollia. Istunto kahden IMS käyttäjän välillä tapahtuu aina samoilla protokollilla, riippumatta siitä kuinka käyttäjät IMS:iin liittyvät. Esimerkiksi kahden käyttäjän IMS-istunto, jossa toinen käyttäjä on yhteydessä 3G- verkon kautta ja toinen Internetin välityksellä tapahtuu aivan samalla tavalla ja samoja protokollia käyttäen kuin jos molemmat käyttäjät olisivat yhteydessä Internetin välityksellä.

3 IMS:n toiminta

IMS:n toiminnallinen perusajatus on se että IMS kuljettaa signaali ja hyötydatan IP-kerroksen yli ja toimii istunnon ohjaussovelluksena huolehtien istunnolle käyttäjän profiilin mukaiset ominaisuudet toimien yhdessä asiaankuuluvien palvelimien kanssa ja tämän jälkeen reitittää istunnon oikeaan kohteeseen. Arkkitehtuuri mahdollistaa erilaisten istuntojen luonnin, poiston ja muokkauksen ilman, että sillä on vaikutusta muihin olemassa oleviin istuntoihin tai kytkennällisten puhopalveluiden käyttöön. Tämä mahdollistaa erilaiset ”sekoitetut” palvelut, jotka voivat sisältää yhtäaikaaisesti puhe-, data- ja multimedia-istuntoja. [5]

Core-verkon edellytetään jakautuvan kahteen osaan, piirikytkentäiseen- ja pakettikytkentäiseen osaan. piirikytkentäinen osa tarvitsee sitä varten varatut resurssit, kuten kuparilinjat. Pakettikytkentäisessä osassa useat palvelut voivat jakaa samat resurssit. [5]

Pakettikytkentäiseen osaan on määritelty kahdeksan erilaista verkkoelementtiä. Nämä elementit eivät ole välttämättä erillisiä laitteita vaan loogisia toimintoja. Toiminnot voidaan toteuttaa järjestelmään melko vapaasti, joten tältä osin järjestelmän toimittajalla on melko vapaat kädet. Seuraavassa lyhyt kuvaus eri toiminnoista, toimintojen nimityksiä ei ole yritettykään suomentaa, koska englanninkieliset termit vakiinnuttavat kuitenkin paikkansa [4]:

- Call Session Control Function (CSCF)

CSCF voi toimia välitys-periaatteella (Proxy, P-CSCF), palvelu periaatteella (Serving CSCF (S-CSCF) tai Kysely-periaatteella (Interrogating I-CSCF) CSCF toimii järjestelmän keskitettynä ohjauskoneena tarkoituksenaan mahdollistaa erilaisten yhtäaikaisten reaaliaikaisten sovellusten toimiminen yhteisen IP-kuljetuskerroksen yli. Se pitää dynaamisesti huolta istuntojen informaatiotiedon perusteella verkon resursien (palvelimet, eri medioiden yhdyskäytävät, ja reunalaitteet) jakautumisesta sovellusten ja käyttäjien toimien perusteella. P-CSCF on ensimmäinen kosketuspiste käyttäjän käyttäessä IMS:n palveluja. Se vastaanottaa pyynnöt ja käsittelee tai välittää ne eteenpäin. I-CSCF on operaattori-verkon piste, jonka kautta kaikki kyseisen verkon käyttäjälle kohdistettu ulkoapäin tuleva liikenne ja yhteydet muodostetaan. Tämän pisteen kautta muodostetaan myös yhteys verkkovierailevalle käyttäjälle hänen ollessaan kyseisen verkon palvelualueella. I-CSCF pisteitä voi olla verkossa useita. S-CSCF huolehtii käyttäjän oikeuksien varmistamisesta ja yhteyden muodostamisesta käyttäjän kotiverkon palveluihin ja palvelimiin.

- Media Gateway Control (MGCF)

Kommunikoi CSCF:n kanssa ja ohjaa IMS-MGW:n yhteyksiä. MGCF tekee protokollamuunnoksen IMC soitonohjaus- ja ISUP-protokollan välillä.

- IP Multimedia Subsystem - Media Gateway Function (IMS-MGW)

IMS-MGW:hen terminoidaan viestikanavat kytkentäisen verkon puolelta ja pakettiverkon puolelta.

- Multimedia Resource Function Controller (MRFC)

Ohjaa MRFP:n "mediavirta"-resursseja. MRFC ohjaa palvelimilta ja S-CSCF:ltä tulevien tietojen perusteella MRFP:n toimintaa. Se myös muodostaa CDR:t (Charging Data Record) CDR sisältää laskutukseen liittyvät tiedot jotka MRFC lähettää laskutusjärjestelmälle.

- Multimedia Resource Function Processor (MRFP)

Tuottaa suuren määrän multimedia resurssien toiminnoista, provisoi MRFC:n ohjaamat resurssit, ohjaa tulevia mediavirtoja, sekä tuottaa ja prosessoi niitä.

- Subscription Locator Function (SLF)

Määrittelee asiakkaan tietokannan sijainnin I-CSCF ja AS -järjestelmien niitä tarvittaessa.

- Breakout Gateway Control Function (BGCF)

Ohjaa ja siirtää puhelut puhelinverkon ja pakettiverkon välillä.

- Application Server (AS)

Tuottaa erilaisia IP-multimediapalveluja, voi sijaita joko asiakkaan kotiverkossa tai kolmannen osapuolen verkossa. Näiden lisäksi on olemassa vielä muutamia elementtejä, jotka ovat tärkeitä yhdistettäessä kytkentäinen verkko ja pakettikytkentäinen verkko core-järjestelmään tai tärkeitä mobiilijärjestelmälle. Elementit on esitelty seuraavassa.

- Home Subscriber Server (HSS)

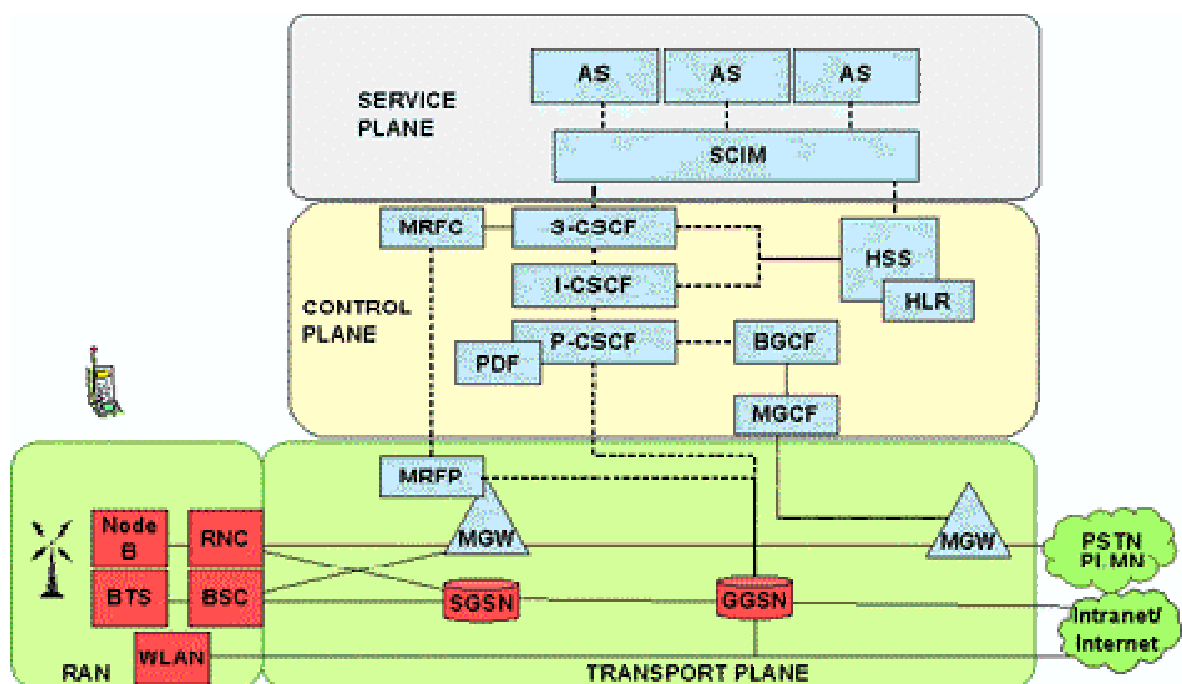
Sisältää Kotipaikka rekisterin (Home Location Register, HLR) ja autentikointipalvelut (Authentication Center, AuC)

- Signaling Gateway Function (SGF)

Tarjoaa kaksisuuntaisen signaloinnin muunnoksen IP-verkon ja kytkentäisen-verkon (SS7) välillä.

- Policy Decision Function (PDF)

Ohjaa liikennettä joka on tulossa IP-verkkoon järjestelemällä tai estämällä IP lähetykspalvelujen toimintaa. Kuvassa 1 näkyy eri elementtien sijoittuminen IMS-arkkitehtuurissa.



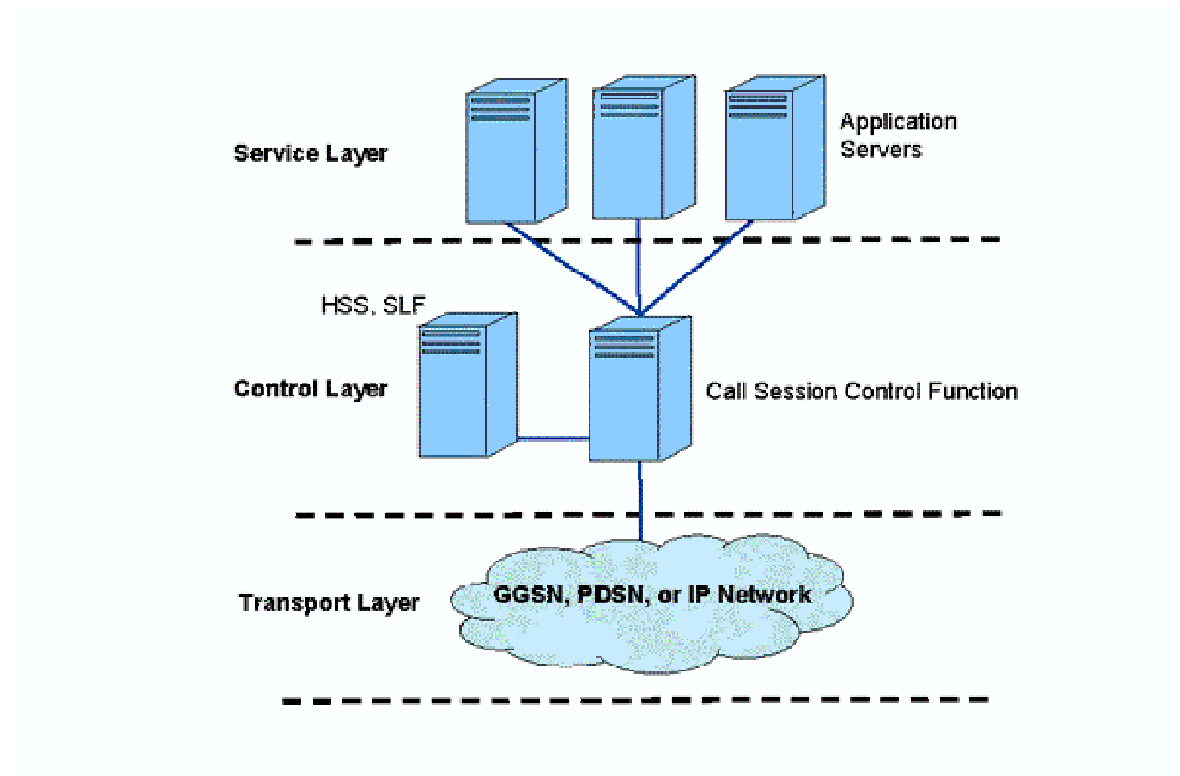
Kuva 1: Kuva 1. IMS-järjestelmän toiminnot [6]

IMS arkkitehtuuri perustuu edellä mainittuihin toiminnallisuuksiin. Nämä toiminnallisuudet on sijoitettu kerroksiin. Erilaisten toiminnallisten kerrosten lisäksi järjestelmään kuuluu tietty määrä liityntöjä, SIP-välityspalvelimia (Sip-Proxy), muita palvelimia (AS, Media servers) ja mediayhdykäytäviä (Media Gateway), joilla liitetään piirikytkentäiset verkot pakettiverkkoon. [5]

IMSn toiminnan kannalta merkittävää on, että istunnon ohjauskerros (Session Control Layer) toimii itsenäisesti riippumatta palvelukerroksesta tai liityntäverkosta tai näiden toteutuksesta. Tämän kaltaisen arkkitehtuurin vahvuus on siinä, että IP-palvelujen kannalta verkko on yhtenäinen käyttäjän päätelaitteesta palvelun

tuottavalle palvelimelle ohjauskerroksen kautta, mutta on samalla riippumaton tavasta jolla verkkoon liityntä on toteutettu. Näin IMS-järjestelmä voi toimia niin olemassa olevien liityntäverkkotekniikoiden kuin tulevaisuuden liityntäverkkotekniikoiden kanssa. [5]

Kuvassa 2. on esitetty IMS-järjestelmän eri tasot.



Kuva 2: Kuva 2. IMS-järjestelmän eri tasot. [7]

4 IMS arkkitehtuuri

4.1 Transport & Endpoint Layer

Transmission & Endpoint kerros muodostaa ja terminoi SIP-signaloinnin. SIP muodostaa istunnot ja välittää palveluja, kuten muunnokset analogisen tai digitaalisen äänipuhelun ja IP-pakettiverkon välillä. Pakettiverkossa protokollana käytetään RTP-protokollaa (Real Time Protocol). Tällä kerroksella sijaitsee mediayhdyskäytävät, joiden avulla VoIP-puhelut muunnetaan pakettiverkosta piirikytkentäiseen puhelinverkkoon. Mediapalvelin tarjoaa myös monia muita palveluja, esim. konferenssipalvelut, tiedote palvelut, kaistan sisäiset signaaliintään, puheentunnistus-

palvelut, puheen tuottaminen, yms. [8]

Mediapalvelinresurssit on jaettu kaikkien palvelujen kesken. Tämän vuoksi sovellukset voivat käyttää samaa palvelinta. Mediapalvelimet voivat myös sisältää ei puhelinverkkoon liittyviä palveluita, esimerkiksi push-to-talk -palvelun välityspalveluja. Koska jokaista palvelua varten ei tarvitse olla erillistä mediapalvelinta, voivat operaattorit suunnitella erilaisia palveluja helpommin. [8]

4.2 Session Control Layer

Session Control kerroksella sijaitsee CSCF, joka huolehtii SIP-signaalointiviestien reitityksestä tarkoituksenmukaisimmalle sovelluspalvelimelle. CSCF toimii yhteistyössä Transport & Endpoint kerroksen kanssa mahdollistaen sovittujen QoS-arvojen saavuttamisen kaikille palveluille. Ohjauskerroksella sijaitsee myös HSS-tietokanta, jossa kaikille loppukäyttäjille yksilöllisesti luotu palveluprofiili keskitetysti sijaitsee. Loppukäyttäjän palveluprofiilissa sijaitsee kaikki käyttäjän palveluihin liittyvä tieto. Esimerkiksi tiedot käyttäjän sen hetkisistä kirjautumistiedoista (esim. IP-osoite), verkkovierailutiedot, tiedot puhelinpalveluista (esimerkiksi puheluiden siirtoon liittyvät tiedot), pikaviestipalveluiden tiedot (kuten esimerkiksi osoitekirja), Puhelinvastaajan tiedot (esimerkiksi vastaaja viestien vaihtoehdot). Koska profiilin tiedot ovat keskitetysti HSS-tietokannassa voivat useat sovellukset jakaa tietokannan tiedot. Keskitetty malli myös helpottaa tietojen hallintaa. [8]

MGCF sijaitsee myös ohjauskerroksella. MGCF toimii SIP signaaloinnin kanssa yhdessä mediayhdydyskäytävän käyttämän signaaloinnin kanssa (esim. H.248). MGCF hallinnoi istuntojen jakamisen useiden mediayhdydyskäytävien välillä. [8]

4.3 Application Server Layer

Application Servers kerroksella sijaitsevat järjestelmän sovelluspalvelimet. IMS -arkkitehtuuri ja SIP-protokolla yhdessä mahdollistavat erilaisten puhelin- ja muiden sovelluspalvelimien toiminnan. SIP-standardit on suunniteltu sekä puhelinpalveluille, että IP-multimediapalveluille. [8]

Seuraavassa käydään läpi millaisia erilaisia palvelimia palvelinkerroksella voi sijaita.

- Televiestinnän sovelluspalvelin (Telephony Application Server)

IMS arkkitehtuuri tukee monia erilaisia palvelimia telepalveluille. Telephony Application Server (TAS) on SIP:n käyttäjä-agentti, joka ylläpitää puhelun tilaan liittyviä asioita. TAS-palvelin huolehtii puheluun liittyvistä tapahtumista kuten, nume-

ron valinta, puhelun reititys, yhteyden muodostus, puhelun odotus, puhelun siirto, konferenssipuhelu yms. [8]

TAS tarjoamien toimintojen avulla se voi ohjata mediapalvelimia tuottamaan puhelun valintaaaniä ja äänitiedotteita. Jos puhelut ovat menossa tai tulossa PSNT verkosta TAS tuottaa SIP-signaaloinnin MGCF:lle jotta ne voivat muuntaa PSTN TDM bittivirran IP RTP bittivirraksi ja ohjata sen oikeaan IP-osoitteeseen. [8] Yhtenä osana puhelun muodostamisessa TAS tarjoaa AIN (Advanced Intelligent Network) liipaisupisteet.(trigger points). Puhelun saapuessa liipaisupisteeseen TAS keskeyttää hetkeksi puhelun muodostamisen. Tämän aikana TAS tarkastaa käyttäjän profiilista millaisia IP-lisäpalveluita puheluun tulisi lisätä. Käyttäjän profiilista selviää myös mille sovelluspalvelimelle puhelu tulisi ohjata. TAS muodostaa ISC- (SIP IP Multimedia Service Control) viestin ja ohjaa puhelun oikealle sovelluspalvelimelle. Tällainen mekanismi mahdollistaa sekä perinteisten AIN-palvelujen käytön, että uusien SIP-pohjaisten sovelluspalvelinten käytön. [8]

Yhdessä IMS-järjestelmässä voi olla useita TAS-palvelimia, jotka tarjoavat erikoispalveluja erilaisille käyttäjille. Esimerkiksi TAS voi tarjota IP-puhelinkeskuspalveluita kuten esimerkiksi lyhytvalintoja, jaettuja puhelinluetteloita, automaattista puhelunvälitystä, vahtipalveluita, yms. [8] Eri sovelluspalvelimet voivat toimia yhdessä käyttäen SIP-I signaalointia yhdistettäessä eri palveluita erilaisten päätepisteiden välillä. [8]

- IP Multimedia - Services Switching Function (IM-SSF)

IM-SSF mahdollistaa SIP-viestien välityksen vastaavien järjestelmien, kuten CAMEL (Customized Application for Mobile Networks Enhanced Logic), ETSI-41, INAP (Intelligent Network Application Protocol) välillä tai TCAP (Transaction Capabilities Application Part) -viestien välityksen. [8] Tällainen malli mahdollistaa IP-puhelinten käyttää erilaisia palveluja kuten esimerkiksi soittajan nimen näyttö, numeron siirrettävyys, yms. [8]

- Supplemental Telephony Application Servers

Sovelluspalvelinkerroksella voi olla myös itsenäisiä palvelimia, jotka mahdollistavat puhelun alkuun, loppuun tai puhelun aikaisia lisäpalveluja. Tällaisia lisäpalveluja voi olla esimerkiksi puheposti-palvelut, etukäteen maksettu puheaika tai tiettyjen puheluiden esto, joko sisä- tai ulossuuntaan. [8]

- Non Telephony Application Server

Järjestelmässä voi olla myös palvelimia, jotka eivät varsinaisesti liity telejärjestelmään, mutta tuottavat siihen liittyviä palveluja. Näillä SIP:aan perustuvilla palvelimilla voidaan toteuttaa palveluja, joissa yhdistyvät telepalvelut ja IP-palvelut. Esimerkiksi käyttäjä päätelaitteen kontaktilistassa voi olla tieto listan henkilöiden tilasta ja listaa klikkaamalla yhteys muodostetaan parhaimalla mahdollisella tavalla (IP multimedia, Push-to-Talk, VoIP) [8]

- Open Services Access -gateway (OSA-GW)

OSA-GW mahdollistaa operaattorin lisätä palveluja VoIP-verkkoon liittämällä palvelut joko olemassa oleviin palveluihin tai muodostaa ja kehittää itse uusia SIP-perusteisia palveluja. Useinkaan sovelluskehittäjät eivät tunne tarpeeksi hyvin erilaisia ja monimutkaisia puhelintekniikan signaalointiprotokollia ja näin sovellusten yhteen liittäminen tulee ongelmaksi. Tämän vuoksi Parlay Forum, joka työskentelee yhteistyössä 3GPP ja ETSIn standardointielimien kanssa on kehittänyt API- (Application Programming Interface) rajapinnan tähän väliin. Toiminnallisuus SIP-protokollan ja Parlayn API-rajapinnan kanssa on toteutettu OSA-GW -yhdyskäytävällä, joka on siis osa sovelluspalvelinkerrosta 3GPP:n IMS arkkitehtuurissa. Muut palvelimet mahdollistavat SIP-protokollan ja puhelinliikenteen signaalointiprotokollien (Esim. CAMEL, ANSI-41, INAP, TCAP, ISUP, yms) toimivuuden keskenään. OSA-GW mahdollistaa käyttäjän tilatiedon ja puheluiden tilatiedot erikoissovellusten käyttöön. [8]

5 Mitä IMS tarjoaa?

Mitä lisäarvoa IMS tarjoaa käyttäjilleen ja operaattoreille? Jotta uusi standardinmukainen järjestelmä leviäisi ja niin sanotusti nousisi siivilleen, on se tarjottava joltain uutta ja parempaa, sekä käyttäjille, että palveluntarjoajille. Käyttäjät olisi vieläpä saatava maksamaan uusista palveluista, joista osaa, esim. Skype-VoIP, pystyy tällä hetkellä käyttämään jopa ilmaiseksi. Palveluntarjoajan näkökulmasta järjestelmä lienee melko helppo integroida jo olemassa oleviin valvonta- ja laskutusjärjestelmiin. Kun järjestelmän perusinfrastruktuuri on kunnossa, palveluja voidaan lisätä järjestelmään, arkkitehtuurista johtuen, joustavasti jo olemassa olevaa toimintaa häiritsemättä.

Käyttäjän kannalta järjestelmä mahdollistaa uusien palvelujen käyttämisen, josta toisaalta saattaa syntyä käyttäjälle lisämaksua. Operaattorin kannalta ongelmaksi voi muodostua myös se, että esimerkiksi soitettaessa ei välttämättä tiedetä B-tilaajan sijaintia, joka voi vaikuttaa suurestikin puhelun hintaan. Järjestelmään voi

teoriassa valita parhaimmat käytettävät päätelaitteet A-tilaajan ja B-tilaajan olotila-asetusten mukaisesti, mutta käytetäänkö valintaperusteina palveluntarjoajan vai asiakkaan määrittelemiä kriteereitä. Asiakkaan on kuitenkin aina tiedettävä etukäteen käyttämänsä palvelun hinta. Toisaalta, jos asiakas maksaa verkko-operaattorille tietyn kuukausimaksun tietystä kaistanleveydestä, niin voiko operaattori estää esimerkiksi peer-to-peer VoIP-käytön, esimerkiksi uudelleen ohjaamalla ja käsittelemällä SIP-paketteja?

Millaisista palveluista käyttäjät sitten olisivat valmiita maksamaan? Vastauksia on varmasti yhtä paljon kuin on käyttäjiä. Osa käyttäjistä ei ole valmis maksamaan kuin verkkoyhteydestä pienen kuukausimaksun, jos sitäkään ja osa olisi valmis maksamaan minuuttitaksan ja korkeamman kuukausimaksun esimerkiksi laadukkaammasta puhelinyhteydestä. Laajakaistaan liitettävä VoIP-päätelaite, johon voi liittää tavallisen pulssivalintaisen puhelimen, voi olla jollekin käyttäjäkunnalle tärkeä lisäarvo. Tällöin puhepalvelut voi hoitaa tietokonetta käynnistämättä ja samalla palveluntarjoaja voisi taata tällaisille käyttäjille laadukkaamman kaistan kuin esimerkiksi Skype-VoIP -käyttäjille. Yrityskäyttäjille puolestaan palvelun hinta on toissijainen tieto verrattuna esimerkiksi palvelun toimivuuteen. Esimerkiksi puhepalveluissa yhteyden laatu ja B-tilaajan saavutettavuus ovat tärkeämpiä asioita, kuin se laskutetaanko puhelusta piirikytkentäisen-, pakettikytkentäisen- vai mobiiliverkon mukaisesti.

Tulevaisuudessa, IMS-järjestelmien yleistyttyä, verkkovierailujen avulla käyttäjän on mahdollista saada käyttöönsä kaikki kotiverkon palvelut myös muualla kuin kotiverkon alueella.

6 SIP (Session Initiation Protocol)

SIP-protokolla on vilahdellut jo monessa yhteydessä tässäkin dokumentissa. Tämän kappaleen tarkoituksena on tutustua tarkemmin protokollaan, jolla on hyvin keskeinen merkitys IMS-järjestelmässä.

SIP on protokolla, joka on kehitetty IETF MMUSIC-työryhmän toimesta. Se on luotu standardiksi interaktiivisten yhteyksien, kuten video, puhe, ääni, pikaviestit, pelit, yms., muodostamiseen, muokkaamiseen ja päättämiseen. 3GPP on hyväksynyt SIP:n signaalointiprotokollaksi ja IMS-järjestelmän keskeiseksi osaksi vuonna 2000. Se on myös suuresti käytetty signaalointiprotokolla VoIP:ssa, yhdessä vanhemman H.323 -protokollan kanssa. [2] Päämäärä SIP-protokollaa kehitettäessä oli, että sillä voitaisiin toteuttaa samat toiminnot kuin jotka olivat PSTN-verkoissa käytössä. Perinteisien televerkkojen ominaisuuksista on käytössä numeron valinta, puheli-

men hälytysääni puhelun tullessa, valinta/varattu-äänät. Toiminnot ovat siis samat, mutta toteutus ja terminologia eroavat PSTN-verkkoon verrattuna. [2] SIP sisältää myös paljon muita kehittyneempiä ominaisuuksia, samoja, jotka ovat käytössä SS7 (Signaling System 7) signaaloinnissa. SS7 on PSTN- verkoissa käytetty signaointi menetelmä ja koostuu useista eri protokollista esimerkiksi INAP, ANSI-41, TCAP, ISUP. [2]

SIP ja SS7 eroavat periaatteeltaan suuresti toisistaan. SS7 on keskitetty ja monimutkainen järjestelmä, jonka "älykkyys" ja prosessointitoiminnot sijaitsevat verkon keskuslaitteissa ja verkon reunoilla on tyhmit päätelaitteet, (vrt. perinteinen puhelin). SIP on rakenteeltaan juuri päinvastainen. SIP toimii vertaisverkkoperiaatteella, jossa päätelaite itsessään prosessoi tietoa suhteellisen yksinkertaisen runkoverkon yli suoraan toiselle päätelaitteelle tai palvelimelle. [2]

Toisin kuin monet VoIPissa käytetyt protokollat (esimerkiksi H.323), SIP on lähempänä IP-yhteisön protokollia kuin televerkkopuolen protokollia. [2] SIP toimii yhteistyössä muutamien muiden protokollien kanssa ja hoitaa itse vain signaointiin liittyvän osion. SIP toimii kuljettajana SDP (Session Description Protocol) -protokollalle, jonka tehtävänä on määritellä istuntoon liittyviä parametrejä, kuten mitä TCP-porttia istunnossa käytetään, mitä koodaustapaa istunnossa käytetään, yms. Tyypillisesti SIP-istunto on yksinkertaisesti vain RTP-protokollan bittivirtaa. RTP-protokollaa käytetään kuljettamaan ääni- tai videosisältöä. [2]

SIP on varsin samanlainen kuin http-protokolla ja jakaa joitain samoja suunnitteluperiaatteita. Molempien sisältö on ihmisen luettavissa ja molemmat perustuvat pyyntö-vaste tyyppiseen toimintamalliin. SIP-protokollan yksi alkuperäinen tavoite oli olla riittävän yksinkertainen protokolla, mutta ominaisuuksien lisääntyessä, myös sen monimutkaisuus on lisääntynyt ja enää se ei olekaan merkittävästi esim. H.323-protokollaa yksinkertaisempi. [2]

RFC 3261 määrittelee SIPin User Agent-sovelluksena, joka koostuu User Agent Clientistä ja User Agent Serveristä. UAC (User Agent Client) muodostaa ja lähettää SIP-palvelun avaus pyynnot. UAS (User Agent Server) ottaa vastaan SIP palvelupyynnot asiakkaalle päin ja vastaa pyyntöihin asiakkaan puolesta. User Agent toiminnallisuus voi olla esimerkiksi työasemassa, VoIP-puhelimessa, puhelinyhdyskäytävässä, puhelinvastaajassa, yms. [2]

Verkon elementit:

- Välityspalvelin (Proxy Server)

Välityspalvelin voi toimia, sekä server, että client-tilassa, lähettäessään pyyntöjä käyttäjän puolesta. Välityspalvelin tulkitsee SIP-viestit ja välittää viestit

eteenpäin kohteeseen. Välityspalvelin voi lähettää viestit myös eri kohteeseen kuin user agent on tarkoittanut. Tarvittaessa välityspalvelin voi myös muokata SIP-viestien sisältöä ennen kuin välittää viestit eteenpäin. [2]

- Redirect Server

Redirect server vastaanottaa SIP-pyyntöjä ja muuttaa SIP-osoitteet uusiin ja palauttaa muunnetut osoitteet takaisin asiakasohjelmalle. Redirect palvelin ei siis välitä saamiaan pyyntöjä eteenpäin kuten välityspalvelin. [2]

- Registrar

Registrar on palvelin, joka vastaanottaa rekisterin muutospyyntöjä, kun asiakkaan sijainti saatavuustietoineen muuttuu. [2]

- B2BUA

B2BUA on looginen kokonaisuus, joka vastaanottaa pyyntöjä ja prosessoi ne kuten UAS ja päättää kuinka pyyntö tulisi käsitellä ja tämän jälkeen toimii kuten UAC ja muodostaa sen kaltaisen pyynnön. B2BUA pitää huolen puhelun tilatiedosta ja käsittelee niitä puhelun aikana. B2BUA:lla on välityspalvelinta suurempi mahdollisuus vaikuttaa meneillään olevaan puheluun. Se voi esimerkiksi katkaista puhelun ja muokata signaali viestien sisältöä. [2]

SIP viestejä on käytössä kahta tyyppiä, pyyntöjä (request) ja vastauksia (Response). Pyyntöjä lähtevät käyttäjän asiakasohjelmasta (UAC) kohteenaan palvelinsovellus (UAS). Vastaukset lähtevät palvelinsovellukselta (UAS) kohteenaan käyttäjän asiakasohjelmasta (UAC). [2]

Pyyntö	Kuvaus
INVITE	Aloittaa puhelun.
ACK	Kuittaa puhelun aloituspyynnön (INVITE).
BYE	Lopettaa puhelun.
CANCEL	Hylkää etsinnän ja tulevan puhelun häilytyksen.
OPTIONS	Tekee kyselyn vastapäähen eri mahdollisuuksista.
REGISTER	Vie rekisteriin sijainti- ja saatavuustiedot.
INFO	Välittää tietoa kesken istunnon, ei muuta istunnon tilaa.

Taulukko 1: SIP-pyyntöviestit [2]

Vastausviestit ovat numeerisia vastauksia pyyntöviesteihin. Vastauskoodit ovat osittain samoja HTTP:n kanssa. Vastausviestejä on kahta erilaista tyyppiä ja yhteensä kuutta eri luokkaa.

Provisiointi-tyyppisillä viesteillä ilmoitetaan, että palvelin on saanut pyynnön ja on suorittamassa sitä parhaillaan. Tämän tyyppinen vastaus ei siis päättä SIP-istuntoa, vaan on informatiivinen viesti, että pyyntöä suoritetaan parhaillaan. Provisiointi-viestit kuuluvat luokkaan 1xx. [2]

Final-tyyppisellä viestillä ilmoitetaan mitä pyynnölle on tehty. Tämä vastaus myös lopettaa SIP-istunnon. (Huom. esimerkiksi puheliikenne alkaa tämän jälkeen esim. RTP:n avulla, mutta SIP-istunto päättyy, siinä tapauksessa, että SIP-pyyntö on ollut hyväksyttävissä.) Final-tyyppiset viestit kuuluvat luokkiin 2xx, 3xx, 4xx, 5xx, 6xx. [2]

Seuraavassa on esitetty eri luokat ja millaisia vastauksia niiden kautta välitetään [2]:

- 1xx = (PROVISIONAL) Varautumisviesti, pyyntö vastaanotettu ja pyyntöä suoritetaan.
- 2xx = (SUCCESS) Pyyntö vastaanotettu, ymmärretty ja hyväksytty.
- 3xx = (REDIRECTION) Lisätoimia tarvitaan pyynnön suorittamiseksi.
- 4xx = (CLIENT ERROR) Pyyntö ei ole sääntöjen mukainen tai sitä ei voida toteuttaa.
- 5xx = (SERVER ERROR) Palvelin ei pysty toteuttamaan pyyntöä tai on ylikuormitettu.
- 6xx = (GLOBAL FAILURE) Pyyntöä ei voi toteuttaa millään palvelimella.

Seuraavassa taulukossa on esitetty esimerkkejä vastausviesteistä:

Vastauksen	numerokoodi Kuvaus
100	Yrittää (Trying)
180	Soittaa (Ringing)
200	OK
301	Siirretty pysyvästi (Moved Permanently)
400	Vääränlainen pyyntö (Bad Request)
403	Kielletty (Forbidden)
404	Ei löydy (Not Found)
408	Pyyntö aikakatkaistu (Request time-out)
500	Palvelinvirhe (Server Error)
606	Ei mahdollinen (Not Acceptable)

Taulukko 2. Esimerkkejä vastauksista [2]

SIP viestit koostuvat kolmesta osasta, Aloitusrivistä (Start Line), otsakkeista (Headers) ja viestin rungosta (Message Body). [2]

Aloitusrivi

Aloitusrivillä kerrotaan viestin tyyppi ja käytettävä protokollaversio. Viestin tyyppi voi olla pyyntö, jolloin aloitusrivi sisältää itse pyynnön (katso taulukko 1.) tai status-tyyppinen (Vastaus), jolloin rivi pitää sisällään vastauksen numeron (katso taulukko 2.). [2]

Otsikot

Otsikoihin voidaan sisällyttää viestiin liittyvää lisätietoa. Otsikot ovat hyvin samantapaisia kuin HTTP:ssä käytettävät otsikot. Otsikot ovat aina seuraavan mallin mukaisia. <Name>:<Value> [2]

Otsikoita voi olla viestissä useita ja sama otsikko voi joissain tapauksissa esiintyä viestissä useita kertoja. Myös yhden otsikon alle voidaan sijoittaa useita arvoja pilkulla eroteltuna. [2]

Viestin runko

Viestin runko-osassa viedään tieto istuntoon liittyvistä asioista, kuten esimerkiksi ääni- tai videokoodauksen tyyppi, näytteenottotaajuus, TCP/IP -porttinumero, yms. Runko-osa voi sisältää myös istuntoon liittyvää teksti- tai binääridataa. Viestin runko-osa voi olla osa pyyntö tai vastaus viestiä. SIP erottelee selkeästi signaalointi-informaation, joka koostuu aloitusrivistä ja otsikoista, istunnon kuvaukseen liittyvä tieto, joka kuljetaan viestin runko-osassa, on SIP: vaikutuspiirin ulkopuolella vaikakin SIP kuljettaa tämän tiedon sisällään. Istunnon kuvaukseen liittyvä tieto kuljetaan SIP:n runko-osassa SDP (Session Description Protocol) -protokollalla. [2]

6.1 SDP-protokolla

SDP-protokollaa käytetään kuvaamaan ja välittämään multimedia-istuntoihin liittyviä tiedotteita, kehotuksia ja yhteyden luontiin liittyviä tietoja. Näiden tietojen perusteella multimediaistunto luodaan toimimaan tietyksi ajaksi. SDP-paketit sisältävät tai voivat sisältää seuraavia tietoja.

Istuntoon liittyvät tiedot:

- Istunnosta käytettävä nimi ja tarkoitus
- Istunnon kesto aika

Istunnon vaatiessa runsaasti resursseja voidaan SDP-pakettiin liittää tieto kais-tanleveydestä, joka pitäisi olla käytettävissä istunnon ajan. Myös istunnosta vas-tuussa olevan henkilön nimi voidaan liittää tietoihin. [2]

Mediaan liittyvät tiedot

- Käytettävän median tyyppi, esimerkiksi video tai ääni.
- Siirtokerroksen protokolla. Esimerkiksi RTP, UDP, IP tai H.323
- Median tyyppi. Esimerkiksi H.261 video tai MPEG video
- Multicast -osoite ja istunnossa käytettävä portti (IP-multicast istunto)
- Vastapään osoite ja istunnossa käytettävä portti. (IP-unicast istunto)

7 Laskutus ja Tietoturva

Perinteisessä PSTN\SS7 arkkitehtuurissa verkon "älykkyys" on keskitetty verkon keskelle, puhelinkeskuksiin. IMS\SIP -arkkitehtuurissa verkon "älykkyys" on hajautunut laajemmalle. Verkon reunoilla on älykkäitä päätelaitteita, ja laskutusjärjestelmä(t) kerää laskutustietoa useilta verkossa toimivilta laitteilta. Tällainen malli on paljon haavoittuvaisempi hyökkäyksille kuin perinteisten PSTN-verkkojen keskuslaitteet. Seuraavassa tutustutaan hieman kuinka nämä asiat on otettu huomioon IMS-standardissa.

Luotettava ja salattu kommunikointi on erittäin tärkeää sekä käyttäjille, että operaattoreille. Operaattorit voivat käyttää salaukseen IMS:ssä ja sen arkkitehtuurissa määriteltyjä salaamenetelmiä ja toimintatapoja. [9]

Tällaisia menetelmiä ovat esimerkiksi seuraavat [9]:

- Operaattorilta voivat saada palveluja vain onnistuneesti autentikoidut käyttäjät.
- Palvelun tuottava operaattori on vastuussa palvelusta päästä päähän. Palveluita ei myönnetä tuntemattomalle tai epäluotettavalle loppukäyttäjälle ja epäluotettavien tajojen tekemiä palvelupyynnöjä ei välitetä eteenpäin.

Luottamusketju perustuu IMS:n autentikointiin, IMS:n ohjaa palvelut siten, että ne ovat mahdollisia vain tunnistetuille ja luotettaville käyttäjille, operaattoreiden välisissä yhteyksissä käytetään luotettavia ja salattuja yhteyksiä. [9] Edellä mainittujen toimien lisäksi hyötykuorma tarkistetaan viruksien varalta. Verkkoon päästettävät käyttäjät autentikoidaan. Verkkoalueen (domain) salaus toteutetaan esimerkiksi verkkoelementtien kovettamisella, virusturvalla ja keräämällä logi-tietoa käyttäjien toimenpiteistä. Verkkoelementtien O & M suojaus toteutetaan hallintaliikenteen eriyttämisellä ja virusturvalla. Myös IMS:n arkkitehtuuri luo hyvät olosuhteet

tietoturvapoliitiikan toteuttamiselle. Koska järjestelmän eri tasot on eriytetty toisistaan. Vain SIP-signalointiviestien on päästävä ylemmille verkkokerroksille ja käyttäjän hyötydata pysyy siirtokerroksella. [9]

Laskutustietojen keräys on IMS:ssä toteutettu siten, että verkkoelementit, jotka saavat palvelupyynnöt SIP tai ISUP viesteinä, lähettävät viestin saatuaan Diameter laskutuspyynnön (Diameter Accounting Request, ACR) AAA ja\tai ECF -palvelimille. [10]

8 Tämän hetkinen tilanne

Palveluntarjoajat näkevät IMS:n teknologiana, jolla voidaan yhdistää perinteiset puhelinverkot, IP-verkot, uuden sukupolven verkot ja VoIP. Syitä tähän on monia. Kerroksellinen arkkitehtuuri mahdollistaa siirto-, ohjaus- ja palvelinkerrosten eriyttämisen toisistaan. Liityntätapa riippumattomuus mahdollistaa yhteisten palvelujen tuottamisen kaikille asiakkaille, verkkoon liityntätavasta riippumatta. Useat valmistajat ovat ilmoittaneet testanneensa teknologiaa ja myös verkkovierailuja on testattu onnistuneesti.

Operaattoreiden järjestelmistä ja suunnitelmista on, ymmärrettävistä syistä, hyvin vaikeaa saada tietoa. Suomessakin operaattorit tarjoavat palveluna esimerkiksi 3g-videopuheluita, mutta ainakaan vielä toteutus ei ole IMS:n mukainen. Tällä hetkellä videopuhelut on toteutettu piirikytkentäisenä 64 kbit/s datana.

Viitteet

- [1] Nokia Corporation, *IP Multimedia - a new era in communications*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.nokia.com/NOKIA_COM_1/Operators/Downloads/Nokia_Unified_Core_Network/WP%20IP%20Multimedia.pdf>, viitattu 3.3.2006
- [2] RADVISION, *Session Initiation Protocol*, saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.radvision.com/NR/rdonlyres/51855E82-BD7C-4D9D-AA8A-E822E3F4A81F/0/RADVISIONSIPProtocolOverview.pdf>>, viitattu 3.3.2006.
- [3] Kari Heikkinen, *Lappeenranta Teknillinen Yliopisto, Multimediajärjestelmät*, saatavilla WWW-muodossa <URL:

www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010825000/luennot/f2.pdf >, viitattu 11.02.2006.

- [4] IMS, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Multimedia_Subsystem>, viitattu 12.2.2006.
- [5] Lightreading, *How Does IMS Work?*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=70728&page_number=5>, viitattu 3.3.2006.
- [6] Lightreading, *IMS Layers*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://img.lightreading.com/2005/03/70728_1.gif>, viitattu 18.2.2006.
- [7] Lightreading, *IMS Elements*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://img.lightreading.com/2005/03/70728_2.gif>, viitattu 17.2.2006.
- [8] Lucent, *IMS Service Architecture*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.lucent.com/livelink/090094038005df2f_white_paper.pdf>, viitattu 3.3.2006.
- [9] Ericsson, *IP Multimedia Subsystem*, saatavilla WWW-muodossa <URL: www.ericsson.com/technology/whitepapers/ims_ip_multimedia_subsystem.pdf>, viitattu 20.3.2006.
- [10] 3GPP, *IP Multimedia Subsystem - Charging Architecture*, saatavilla WWW-muodossa <URL: http://www.3gpp2.org/Public_html/specs/X.S0013-007-A_v1.0_051103.pdf>, viitattu 2.4.2006.