

CLAUDIA AREZIO RICARDO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DECISÃO NO
HANDOVER VERTICAL EM REDES BASEADAS
NO SUBSISTEMA MULTIMÍDIA IP (IMS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

CURITIBA

2009

CLAUDIA AREZIO RICARDO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DECISÃO NO
HANDOVER VERTICAL EM REDES BASEADAS
NO SUBSISTEMA MULTIMÍDIA IP (IMS)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática Aplicada.

Área de Concentração: *Redes de Computadores e de Telecomunicações*

Orientador: Prof. Dr. Mauro Sérgio Pereira Fonseca

CURITIBA

2009

RICARDO, Claudia Arezio. Otimização do Processo de Decisão no Handover Vertical em Redes baseadas no Subsistema Multimídia IP (IMS). Curitiba, 2009. 94 p.

Dissertação - Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada.

1. IP Multimedia Subsystem 2. Recursos de rede 3. Continuidade de serviço 4. Handover vertical. I. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada II-t

TERMO DE APROVAÇÃO DA BANCA

Dedico esta dissertação à Deus e à memória de meus avós:

Eleutério Félix da Silva e Laura Faria Coqui.

Seus exemplos de superação e vitória na vida,
são estímulos constantes para seguir adiante.

Parte de seus almejos se concretiza
através desta conquista.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Leni e Francisco, que pelo exemplo me ensinaram que a transformação do mundo se realiza através da minha própria transformação, que as fraquezas são percebidas como marcas no espelho e que as situações, estas devem ser vistas como testes para me transformar em alguém elevado.

Aos queridos amigos Surama e Thomas, pelo incentivo e cooperação.

Ao prezado colega Diovane Massoqueto, pelas observações e críticas construtivas e ao sábio Ronaldo Fonseca, pelas palavras de estímulo.

Às empresas Siemens e Ericsson, respectivamente pelo investimento e por fornecer os meios adequados para avançar nesta pesquisa.

Sou especialmente grata ao dedicado Prof. Dr. Mauro Sérgio Pereira Fonseca, pela confiança, estímulo e direcionamento.

Sumário

Agradecimentos	iv
Sumário	v
Lista de Figuras	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Símbolos	x
Lista de Abreviaturas	xi
Resumo	xiii
Abstract	xiv

Capítulo 1

Introdução	1
1.1. Desafio	2
1.2. Motivação	5
1.3. Proposta	8
1.4. Contribuição	8
1.5. Organização	9

Capítulo 2

Evolução das Redes de Telecomunicações	10
2.1. IP Multimedia Subsystem	11
2.2. Protocolos NGN IMS	14
2.2.1. Pilha de protocolos SS7	14
2.2.2. SIGTRAN	15
2.2.3. SIP	17
2.3. Arquitetura IMS	18
2.3.1. CSCF	19
2.3.1.1. P-CSCF (Proxy CSCF)	20
2.3.1.2. S-CSCF (Serving-CSCF)	21
2.3.1.3. I-CSCF (Interrogating-CSCF)	21

2.3.2. Servidores de Aplicação (AS)	23
2.3.3. HSS (<i>Home Subscriber Server</i>)	24
2.4. Arquitetura Lógica do IMS	24
2.4.1. Protocolo SIP	25
2.5. Conclusão	27

Capítulo 3

Handover Vertical	28
3.1. Handover suave	28
3.1.1. Procedimentos de Handover	30
3.1.2. Tipos de Handover	31
3.1.3. Tarefas do Handover	32
3.1.4. Protocolos de Handover Suave.....	34
3.1.5. IMS – Foco na Continuidade do Serviço.....	35
3.1.6. Decisão de Handover nos Dispositivos Multimodo	37
3.1.7. Evolução do Handover Vertical no IMS	39
3.1.8. Conclusão	41

Capítulo 4

Desenvolvimento	43
4.1. MobiCS	43
4.2. Service Development Studio	45
4.2.1. Aplicações disponíveis no SDS	47
4.3. Cenários de integração entre redes WLAN e 3GPP.....	48
4.3.1. Aplicações e Dispositivos de Modo Duplo	51
4.4. Contexto de Continuidade de Serviço.....	52
4.5. Cenário de Teste	53
4.6. Parâmetros de ensaio	54
4.7. Definição de critérios de handover vertical.....	55
4.8. Funções Custo para seleção do melhor acesso	56
4.8.1. Função Custo de Aplicação do Usuário.....	56
4.8.2. Custo total para todas as aplicações	57
4.8.3. Função Custo para o Handover Vertical	57
4.8.4. Procedimento de Handover	57

4.9. Conclusão	59
 Capítulo 5	
Resultados	60
5.1. Impactos no QoE para o PoC	61
5.2. Impactos dos parâmetros no Handover Vertical.....	65
5.3. Conclusão	70
 Capítulo 6	
Conclusão	71
 Referências Bibliográficas	
74	
 Apêndice A	
Sinalização PoC	79
 Apêndice B	
Interfaces do IMS	82

Lista de Figuras

Figura 1.1: Métricas sugeridas para suportar a decisão do handover vertical.....	4
Figura 1.2: VCC – Continuidade do serviço de voz em redes heterogêneas.	7
Figura 2.1: Primeira fase da migração para NGN VOIP.....	12
Figura 2.2: Segundo estágio da transição para o IMS.....	13
Figura 2.3: Protocolo SIGTRAN.....	15
Figura 2.4: Como o SIGTRAN facilita a transição em redes baseadas em IP.	16
Figura 2.5: Rede de sinalização completa no SS7-Over-IP.....	17
Figura 2.6: Arquitetura de Camadas do IMS.....	18
Figura 2.7: Camada de controle possibilita a arquitetura horizontal.....	19
Figura 2.8: <i>Call Session Control Function</i> (CSCF) – Transição do PSTN para o IMS.....	20
Figura 2.9: Tecnologias de transição para o IMS.....	22
Figura 2.10: Arquitetura IMS.....	23
Figura 2.11: Arquitetura lógica do 3GPP IMS R7.	25
Figura 3.1: Handover WiFi para Celular.....	36
Figura 3.2: Modelos de dispositivos WiFi Dual Mode.	37
Figura 4.1: Perspectiva visual da rede na ferramenta SDS.	45
Figura 4.2: Laboratório de Teste VCC.....	50
Figura 4.3: Diagrama físico do Laboratório VCC.....	50
Figura 4.4: Configuração CiceroPhone v2.7.7_b5.....	51
Figura 4.5: Elementos do Handover Vertical.....	52
Figura 4.6: Fluxograma do processo de decisão.....	58
Figura 5.1: Fluxo de sinalização de sessão PoC com potenciais trocas de canal.....	64
Figura 5.2: Dual-Mode Handset para Dual-Mode Handset - Domínio IMS.....	65
Figura 5.3: Handover originado do IMS para o CS.....	66
Figura 5.4: Estado GMM do GPRS.....	69
Figura 5.5: Frequência de Handover para diferentes critérios.....	70

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Tipos e estratégias de handover.....	34
Tabela 4.1: Funcionalidades do SDS 4.1.....	46
Tabela 4.1: Critérios que representam a integração WLAN e 3GPP	49
Tabela 4.3: Componentes do VCC.....	50
Tabela 4.4: Critérios de Handover na rede de acesso.....	55
Tabela 4.6: Critérios de Handover no UE.	60
Tabela 5.1: Requisitos QoE para PoC	60
Tabela 5.2: Parâmetros UTRAN utilizados no algoritmo CSA e respectivas otimizações para melhorar a QOE nas sessões PoC.....	62
Tabela 5.3: Requisitos OMA para atraso fim-a-fim no PoC	63
Tabela 5.4: Características das APN Multi-serviços e APN Serviço-específico	67
Tabela 5.5: Otimização de Parâmetros	68

Lista de Símbolos

$P(. .), p$	probabilidade condicional
$A, P[]$	matriz de transições da cadeia de <i>Markov</i>
t	intervalo de tempo
$P^t[]$	matriz de transições da cadeia de <i>Markov</i> no instante t
$b()$	distribuição da probabilidade de observação
n, S	estados do modelo de <i>Markov</i>
N	número máximo de estados do modelo de <i>Markov</i>
k	símbolo observável
x	vetor de símbolos
Q	conjunto de estados do modelo

Lista de Abreviaturas

IMS	<i>IP Multimedia Subsystem</i>
VCC	<i>Voice Call Continuity</i>
CSCF	<i>Call Session Control Function</i>
P-CSCF	<i>Proxy-Call Session Control Function</i>
S-CSCF	<i>Server-Call Session Control Function</i>
I-CSCF	<i>Interrogation-Call Session Control Function</i>
IM-SSF	<i>IP Multimedia Service Switching Function interfaces with the CAMEL</i>
SDS	<i>Service Development Studio</i>
PTT	<i>Push-to-Talk</i>
3GPP	<i>3rd Generation Partnership Project</i>
FMC	<i>Fixed Mobile Convergence</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
PDP	<i>Packet Data Protocol</i>
ICSA	<i>IMS-Controlled with Static Anchoring</i>
MSC	<i>Mobile Switching Center</i>
CS	<i>Circuit Switched</i>
CCCF	<i>Call Continuity Control Function</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
UE	<i>User Equipment</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
PS	<i>Packet Switched</i>
PoC	<i>PTT over Cellular</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
BER	<i>Bit Error Rate</i>
IP-CAN	<i>IP- Connectivity Access Network</i>
ICSI	<i>IMS Communication Services Identifiers</i>

IARI	<i>IMS Application Reference Identifiers</i>
OMA	<i>Open Mobile Alliance</i>
IMPU	<i>Public User Identity</i>
IMPI	<i>Private User Identity</i>

Resumo

A migração para sistemas convergentes construídos sobre a arquitetura IMS deve atender aos requisitos de disponibilidade de serviços e de mobilidade em tecnologias heterogêneas. Essa transição acontece através do emprego das normas previstas no 3GPP para o IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Uma das preocupações desta arquitetura é a garantia da continuidade do serviço durante o handover vertical. A solução de mobilidade no IMS deve prover às operadoras a possibilidade de disponibilizar recursos de rede associados às políticas de handover e de requisitos de serviços, além de usar apenas a potência do sinal como base dessa decisão. O propósito deste trabalho é obter um conjunto de métricas relevantes que possam direcionar a decisão de handover em redes heterogêneas, onde será necessário considerar diferentes requisitos de serviços e também a disponibilidade dos recursos da rede.

Palavras-Chave: Atributos. IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Recursos de rede. Continuidade de voz e de serviço.

Abstract

Transition to convergent systems built over the IMS architecture should attempt to service availability and mobility requirements in heterogeneous technologies. This migration is already taking place while networks based on 3GPP standards for IMS (IP Multimedia Subsystem) are under construction. One of the IMS solution main concerns is the service continuity on vertical handover. Mobility solution on IMS should allow operators delivering network resources related to handoff policies beyond triggering only by power strength as usually done. This paper purpose is to find a relevant set of metrics which can support vertical handover decision in networks based on IMS solutions for resources availability.

Keywords: Attributes, IMS (IP Multimedia Subsystem), network resources, service and voice call continuity.

Capítulo 1

Introdução

O IMS (*IP Multimedia Subsystem*) é uma arquitetura de telecomunicações que surgiu para efetivar a convergência das redes fixas e móveis de telecomunicações, que vem sendo construída a partir das redes de próxima geração e visa atender aos requisitos de disponibilidade dos serviços heterogêneos e de mobilidade.

Uma vez que o IMS possibilita a integração de domínios como o de uma WLAN e o de uma rede celular de comutação de circuitos, uma das preocupações do IMS se refere ao handover vertical ou à habilidade de realizar a transferência transparente entre estes domínios, tanto de uma sessão de voz quanto dos serviços disponibilizados em ambos. A padronização para minimizar o problema referente à continuidade de sessões de voz vem sendo definida pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) através do esforço VCC (*Voice Call Continuity*) [3GP07]. Existe um grande interesse, tanto das operadoras de telecomunicações quanto dos fornecedores de soluções FMC (*Fixed Mobile Convergence*), nesta habilidade do IMS de fornecer continuidade de sessão através de domínios de acesso heterogêneos, sendo este um passo crítico em direção à convergência fixo-móvel.

As modernas redes móveis são capazes de fornecer alta disponibilidade, apesar de as WLANs serem conhecidas por possuírem relativamente maior quantidade de banda quando comparado com o GPRS e o UMTS. A disponibilidade de serviços a taxas de dados muito altas em redes heterogêneas pode ser alcançado através do uso de WLANs como tecnologia complementar para redes celulares de dados. Existe uma variedade de arquiteturas de interconexão que foram discutidas na literatura e serão discutidas na sessão de estado da arte. Ainda assim, estas arquiteturas apresentam uma série de limitações. Estas restrições podem ser contornadas quando se utiliza a arquitetura do IMS como intermediário para suporte em tempo real de sessões de negociação e gerência da rede.

Diante disso surgem novas questões a serem consideradas, pois um ambiente que envolve dispositivos móveis possui uma série de particularidades e restrições que o distingue de um ambiente distribuído convencional. Primeiro, a comunicação de um dispositivo móvel com a rede fixa é feita através de um canal de comunicação sem fio, que possui baixa largura de banda, alta latência e está sujeito a freqüentes desconexões, quando comparado a um canal de comunicação baseado em fibra ótica, por exemplo. Em segundo lugar, a mobilidade permite ao dispositivo móvel que se conecte a rede através de diferentes pontos de acesso, fazendo com que este seja forçado a se adaptar a diferentes condições do ambiente de rede e às variações na disponibilidade de recursos [NAG07]. Também é importante considerar que o dispositivo móvel tipicamente não dispõe da mesma quantidade de recursos além de energia limitada pela sua bateria, quando comparado a um computador pessoal utilizando os mesmos serviços.

É no quesito garantia de mobilidade onde está o interesse desta dissertação. Através da investigação dos recursos propostos no IMS para garantir a continuidade do serviço, esta pesquisa explora as métricas utilizadas para tomada de decisão do handover vertical.

1.1. Desafio

O grande desafio do IMS é permitir que um dado usuário possa acessar informações da rede fixa a partir de qualquer lugar e instante através de um dispositivo móvel (PDAs-Personal Digital Assistants, palmtops, laptops, etc.).

A decisão do dispositivo de comunicação sobre como e quando comutar para uma interface de rede deve ser baseada em métricas como: potência do sinal (RSS), preferências do usuário, condições da rede, tipos de aplicação e custo, entre outros parâmetros.

Nesta dissertação o interesse recai sobre as métricas utilizadas processo de decisão para realizar o handover vertical na arquitetura IMS. Por se tratar de uma das questões centrais na implementação de serviços num ambiente convergente, o handover vertical depende da estratégia aplicada para tratá-lo; o que pode afetar consideravelmente o desempenho dos serviços ativos. Garantir que essa transição seja imperceptível para o usuário (handover suave) é responsabilidade dos mecanismos ou protocolos de handover, que devem ser eficientes no sentido de garantir baixa latência da atualização da rota para encaminhamento de pacotes, gerar baixa sobrecarga na rede e minimizar atrasos e perdas de pacotes para o elemento móvel.

No conceito de continuidade de serviço definido pelo 3GPP, uma vez que o usuário está conectado a um determinado serviço e precisa mudar o tipo de acesso, essa mudança pode até ser percebida pelo usuário, contanto que não haja necessidade de restabelecer os serviços (ex. voz, instant messaging, serviços baseados em presença, etc.). Devido aos diferentes requisitos de acesso à rede, pode existir uma mudança na qualidade oferecida depois da transição entre as tecnologias de acesso.

Tal consideração deve ser tratada na operadora, que precisa controlar não somente a potência do sinal recebido, mas também ter em conta os problemas relacionados à disponibilidade de recursos da rede como balanceamento de tráfego e banda disponível, além de limites de QoS para o disparo dos eventos de mobilidade. O dispositivo móvel não tem visibilidade de todas as características da rede além da potência do sinal recebido, o que impossibilita decisões apropriadas de handover baseadas nos atributos relacionados aos recursos disponíveis na rede.

A solução de mobilidade no IMS deveria oferecer às operadoras a possibilidade de disponibilizar recursos de rede associados às políticas de handover, indo muito além de proceder com essa decisão medindo apenas a potência do sinal. O desenvolvimento desta dissertação vem de encontro com este interesse, uma vez que tem por objetivo obter um conjunto de métricas relevantes para a realização do handover vertical, sem deixar de considerar a disponibilidade de recursos da rede em associação com outros atributos. A figura 1.1 apresenta algumas dessas métricas [BAW06] utilizadas como referência nesta pesquisa.

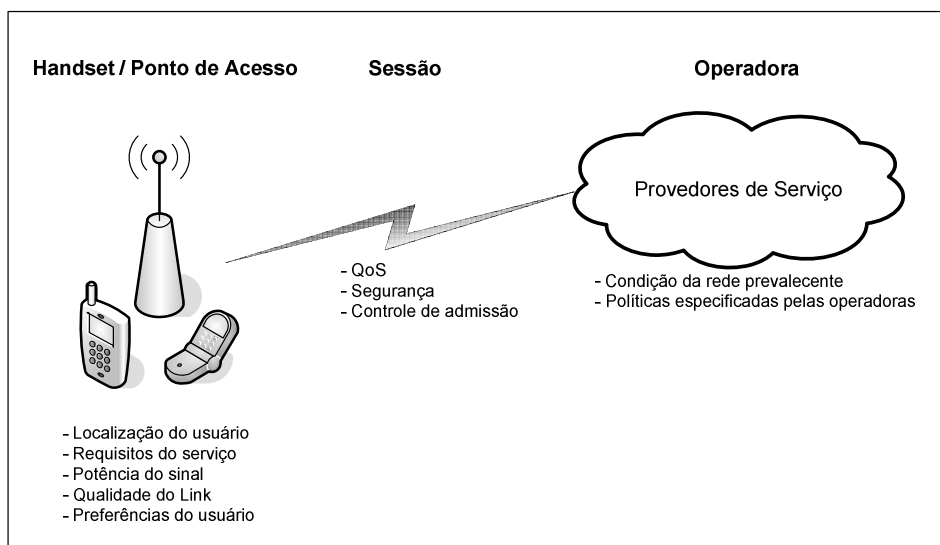


Figura 1.1: Métricas sugeridas para suportar a decisão do handover vertical [BAW06].

O objeto de estudo desta dissertação é a análise e obtenção de um conjunto de métricas relevantes para direcionar a decisão de handover em redes heterogêneas, onde é necessário considerar diferentes requisitos de serviços e também a disponibilidade dos recursos da rede. A partir destas métricas será possível identificar as influências sobre a qualidade do fluxo de dados transmitidos da rede para elementos móveis, como por exemplo, o número de pacotes perdidos, atraso, variação de atraso, entre outros.

Como resultado da reprodução em laboratório dos cenários de handover vertical, foi possível otimizar um conjunto de métricas para determinação do handover vertical, conforme os recursos disponíveis nas redes baseadas em IMS, para o serviço PTT (*Push-to-Talk*).

O PTT, ou ainda PoC (*Push-To-Talk Over Cellular*) é um serviço de telecomunicação utilizado em telefonia móvel. Sua comunicação é *half duplex*, ou seja, é caracterizada por transmitir em apenas uma direção de cada vez. Com isso, o serviço permite aos usuários de celular uma conexão rápida com um ou vários assinantes. Neste serviço, uma pessoa pode falar num determinado momento e todos os participantes ouvirem o discurso.

O serviço PoC é similar ao walkie-talkie, onde o assinante aperta um botão para falar com um outro usuário ou um grupo. Os convidados recebem a voz do originador sem ou com uma ação, por exemplo, simplesmente ouvindo o interlocutor ou recebendo uma notificação do originador, que deverá ser aceita para que o diálogo se inicie.

Os resultados obtidos a partir deste estudo contribuem para a melhoria do handover suave entre as redes fixas e móveis presentes nessa arquitetura e para a consequente melhoria na prestação do serviço PTT sobre IMS para o usuário final.

Existem módulos de simulação disponíveis através da ferramenta SDS (*Service Development Studio*), conforme discutido no capítulo 4. Os parâmetros considerados para análise se limitam aos atributos controlados pelo *handset* (requisitos do serviço, potência do sinal, qualidade do link e preferências do usuário) além dos que podem ser definidos pela operadora, através da configuração recomendadas por organismos de padronização como o OMA (*Open Mobile Alliance*). Outros atributos como segurança e controle de admissão poderão ser considerados em trabalhos futuros.

1.2. Motivação

A gerência das redes que convergem os universos de telefonia fixa e móvel enfrenta muitos obstáculos que não estavam presentes na gestão da NGN (*Next Generation Networks*) e possivelmente o que gera maior esforço na sua implementação é o gerenciamento da mobilidade.

O gerenciamento de mobilidade trata do problema de como oferecer suporte à mobilidade de usuários em uma rede sem fio. Um dos seus maiores desafios é prover migração transparente, isto é, permitir a um usuário transitar pelas áreas de cobertura dos diversos pontos de acesso, mantendo as suas conexões ativas de modo que não ocorram interrupções na execução dos serviços de comunicação utilizados pelo usuário. O gerenciamento de mobilidade trata de duas questões-chave relacionadas à mobilidade: Gerenciamento de Localização e Gerenciamento de Handover [NAG07]. O primeiro tem como objetivo manter atualizada a informação de localização de um dispositivo móvel, cada vez que este se movimenta e muda o seu ponto de acesso na rede. O segundo trata da transferência da comunicação de uma estação base para outra ou de um domínio de acesso para outro, a fim de possibilitar a continuidade no fornecimento de serviços no novo ponto de acesso.

Numa rede que suporta a convergência fixo-móvel (FMC), o usuário deve ter a habilidade para se conectar tanto através do acesso disponível na rede de telefonia fixa quanto através dos pontos de acesso móveis, recebendo em ambos os mesmos serviços e utilizando uma identidade única. Nas redes atuais o único elemento da rede responsável por realizar essa escolha de conexão é o equipamento do usuário.

O equipamento do usuário (UE – *User Equipment*) é tipicamente um dispositivo Dual-Mode (ex.: Mobile CS e SIP PS sobre WIFI), que poderia ser operado em qualquer um dos dois domínios, dependendo da disponibilidade da rede e de suas preferências. Este tipo de dispositivo pode se registrar na rede e originar chamadas de voz, além de conseguir receber chamadas em qualquer domínio. Também é esperado que o Dual-Mode UE possa prover o deslocamento convergente, sendo capaz de perceber continuamente a disponibilidade de recursos em todos os domínios de rede fixa e móvel. Outra função do UE é estar continuamente preparado para operar em ambos os domínios, respeitando suas preferências pré-configuradas (ex. preferir SIP PS ou sempre dar preferência ao uso da rede celular para chamadas emergenciais).

Adicionalmente, o UE Dual-Mode será responsável por realizar o handover suave da chamada de voz entre os dois domínios de rede, de forma que a chamada em andamento possa prosseguir, mesmo que o domínio de rede atual fique indisponível durante o progresso da chamada. Neste sentido os esforços do 3GPP para VCC estão em desenvolvimento e espera-se que esteja completamente definido no 3GPP2 até 2010 [BAW06].

Durante 2005, a arquitetura ICSA (*IMS-Controlled with Static Anchoring*) foi selecionada pelo 3GPP como a estratégia base para esforços de padronização do VCC [KIM05]. O princípio dessa estratégia recomenda que todas as chamadas de voz sejam controladas pelo CCCF (*Call Continuity Control Function*), residente do domínio IMS. Isso significa que as chamadas originadas no domínio celular, tradicionalmente controladas pelo MSC (*Mobile Switching Center*) serão agora controladas no domínio IMS. A MSC precisa então encaminhar todas as chamadas originadas no domínio CS celular para o CCCF no IMS.

Para suportar a transferência de chamadas e serviços entre o IMS e as redes celulares de uma sessão ativa de voz, o dispositivo móvel precisa iniciar uma segunda chamada para o CCCF (*Call Continuity Control Function*) a fim de disparar e executar um evento de mobilidade. A habilidade do VCC para suportar a transferência de domínio em sessões ativas de voz é um passo importante para o FMC. Com a evolução das implantações no mercado, os problemas de desempenho se tornam claros e os requisitos de mobilidade que cercam o IMS receberão adequação.

A primeira letra no VCC define “voz” e seu único objetivo é especificar um método que permita a transferência de domínio das sessões de voz entre o IMS e o domínio comutado celular. O serviço IMS de mobilidade para sessões de dados, vídeo e multimídia estão além do escopo do VCC. Ainda assim, com o advento do IPTV, da TV móvel, dos serviços triple-play combinados com a crescente popularidade das atividades online como jogos interativos, redes sociais, etc.; existe a clara necessidade de aplicar mobilidade também às sessões multimídia em tempo-real.

Discute-se muito que o potencial do IMS não será atingido até que a habilidade de prover suavemente continuidade de sessões de multimídia através dos domínios de acesso heterogêneos seja alcançada [BAW06]. A Figura 1.2 ilustra a idéia de continuidade de serviço em cenários convergentes.

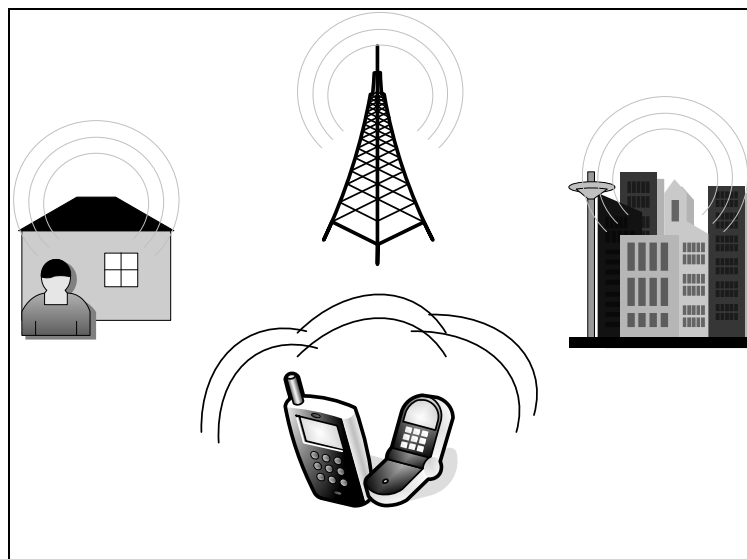


Figura 1.2: VCC – Continuidade do serviço de voz em redes heterogêneas.

Uma vez que a padronização do VCC ainda está em andamento e não se espera que esteja completo a curto-prazo, uma especificação funcional foi desenvolvida. Essa especificação adota por antecipação alguns aspectos da estratégia do VCC e os adapta às condições disponíveis atualmente na rede, a fim de atender aos requisitos de continuidade de serviço de voz em crescente sofisticação [INT06].

Dentro dessa especificação, o handover suave ganha destaque e se torna uma das questões centrais a ser solucionada no projeto de protocolos em redes móveis e sem fio. Idealmente, um protocolo de handover deve garantir que a migração de um computador móvel seja completamente transparente, o que significa que qualquer efeito da mobilidade não será percebido nas camadas superiores, de aplicações e usuários. Portanto, os protocolos de handover devem ser rápidos, causar baixa carga de sinais e eficientes para evitar ou minimizar atrasos e perdas dos dados transmitidos.

No IMS, a estratégia de mobilidade definida no VCC requer que o dispositivo móvel seja responsável pela tomada de decisão dos eventos de mobilidade. Dessa forma, o dispositivo móvel tem a função de monitorar continuamente a potência dos sinais recebidos no domínio de rede móvel. Quando a potência do sinal recebido alcança ou excede os limites pré-configurados no dispositivo, que favoreça um acesso a uma rede em particular, o dispositivo móvel decide iniciar um evento de mobilidade na direção daquele ponto de acesso.

Apesar de ter sido a estratégia adotada nas redes móveis atuais – como no GSM, por exemplo - devido às vantagens em termos da velocidade na execução do handover, trata-se de um mecanismo insuficiente para implementações em grande escala nas redes heterogêneas baseadas em IMS. O impacto na rede da operadora em termos de consumo de recursos precisa ser considerado, prevendo o crescimento da quantidade de sessões de usuários, eventos de

mobilidade e consumo de banda. Além disso, a rede precisa controlar os eventos de transferência de domínio ao invés de ser controlado no dispositivo móvel, a fim de que a aquela possa conhecer os impactos na utilização dos seus recursos.

A discussão sobre as limitações do IMS no que se refere ao handover vertical suave motivou o desenvolvimento desta dissertação, a fim de obter uma parametrização otimizada nos elementos da rede, a fim de garantir a transparência durante o handover vertical em redes sobre a arquitetura IMS.

1.3. Proposta

A realização desta pesquisa foi composta de 3 fases, que consistem da concepção, desenvolvimento e validação.

A etapa de concepção foi subdividida em 3 fases: o levantamento de ferramentas de implementação de módulos de handover; o levantamento de ferramentas de simulação de rede e estudo da viabilidade de implementação através da simulação.

Já na etapa de desenvolvimento outras três fases foram executadas: a definição de métricas e dos critérios de parametrização e algoritmos de simulação; a definição e preparação dos cenários de teste em laboratório e a obtenção dos parâmetros de tomada de decisão para handover vertical sobre IMS.

A validação dos resultados obtidos através da simulação dos cenários de teste foi desenvolvida em três fases adicionais: a coleta de amostras; os testes propostos e a obtenção e análise dos resultados.

1.4. Contribuição

O propósito deste trabalho foi obter um conjunto de métricas relevantes para direcionar a decisão de handover em redes heterogêneas, de acordo com os recursos disponíveis nas redes integradas através da arquitetura IMS.

A simulação de diferentes cenários de handover vertical teve por finalidade identificar influências sobre a qualidade do fluxo de dados transmitidos da rede para elementos móveis, com relação ao número de pacotes perdidos, atraso, variação do atraso, etc.; e a partir disso formar um conjunto de parâmetros que atendam aos critérios de qualidade dos cenários selecionados, capazes de direcionar a decisão do handover para um determinado serviço.

Os módulos de simulação podem ser obtidos através da ferramenta SDS, conforme discutido posteriormente nesta dissertação (vide Capítulo 4). Ainda assim, tais dados puderam ser coletados a partir de experimentos em laboratório, como demonstram os resultados apresentados no capítulo 5. Os parâmetros a serem considerados nesta análise relacionam-se apenas com os requisitos do serviço PTT e com as preferências do usuário. Outros atributos e serviços poderão ser considerados em trabalhos futuros.

1.5. Organização

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos: Introdução, Evolução das Redes de Telecomunicações, Handover Vertical, Desenvolvimento, Resultados e Conclusão. Na Introdução estão descritos os objetivos, a motivação e a contribuição científica decorrente desta pesquisa.

Os capítulos posteriores discutem os impactos da integração através do uso do IMS nos sistemas de telecomunicações tradicionais e os procedimentos de handover vertical (embasamento). Além disso, estão apresentadas as diversas soluções existentes para realização de handover vertical (estado da arte). A seção de desenvolvimento detalha os métodos utilizados na obtenção dos dados utilizados na simulação, bem como descreve os módulos do simulador e justifica o emprego da aplicação de usuário selecionada. Outro item relevante nesta discussão é a seleção das ferramentas utilizadas para implementação deste trabalho, bem como a seleção dos critérios definidos para utilização na simulação.

Adicionalmente, o quinto capítulo apresenta os resultados obtidos, as possibilidades de trabalhos futuros e discute as conclusões observadas durante a pesquisa. Na seção final deste documento encontram-se as referências bibliográficas e os apêndices.

Capítulo 2

Evolução das Redes de Telecomunicações

O protocolo SIP foi considerado a escolha natural de integração com o mundo IP, devido à sua evolução e sua flexibilidade. Este protocolo foi selecionado pela 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) como o principal componente do IMS para o core da rede UMTS.

O 3GPP surgiu para evoluir as especificações do GSM para a terceira geração do sistema de telefonia celular e o 3GPP2 foi criado com o intuito de evoluir as redes celulares Norte-Americanas e Asiáticas baseadas nos padrões ANSI/TIA/EIA-41, com acesso radio CDMA2000 para o sistema de terceira geração. Tanto o 3GPP e 3GPP2 têm suas próprias definições de IMS (tanto arquitetura quanto serviços básicos) e, no entanto, são bastante similares entre si.

Uma semelhança importante entre o IMS definido pelo 3GPP e o IMS definido pelo 3GPP2 é que ambos utilizam os protocolos de Internet, tradicionalmente padronizados pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*), também é o IETF que define os padrões para o protocolo SIP.

O OMA (*Open Mobile Alliance*) tem a função de definir os serviços que serão disponibilizados sobre o IMS. Enquanto o 3GPP e o 3GPP2 padronizam alguns dos serviços, como chamadas básicas de vídeo ou conferência, o foco do OMA é a padronização de habilitadores de serviços sobre a rede IMS (outros organismos de padronização podem desenvolver este tipo de atividade para o IMS) [CAM06].

O subsistema multimídia IP (IMS) é atualmente um dos temas mais frequentes no mercado de telecomunicações. O desafio de realizar a migração global para as redes de próxima geração baseadas em IP são fortemente suportadas pelo IMS. É natural que esta transição para o IMS traga consigo diversos questionamentos:

- Quais as vantagens da arquitetura em termos de serviços e infraestrutura?

- Como conviver com a sinalização legada enquanto as soluções NGN estão em processo de implantação?
- Como prover a continuidade de serviço através dos diferentes acessos às redes existentes?
- Como gerenciar o crescimento do volume de sinalização que o IMS impõe?

Esta dissertação se propõe a colaborar na solução do terceiro questionamento, referente à continuidade do serviço através dos diferentes acessos existentes. No entanto, a fim de ilustrar a complexidade que envolve este tema, segue nas próximas sessões um estudo da evolução que culmina com o emprego do IMS em seu estágio atual.

2.1. IP Multimedia Subsystem

Tornar a mobilidade transparente para o usuário e continuidade do serviço é um grande desafio na construção de redes heterogêneas [NAG07]. Fornecer acesso permanente a uma rede, independente da localização física do dispositivo é o seu principal objetivo. Desta forma, é possível acessar informações e utilizar serviços em qualquer hora e desde qualquer lugar.

Uma grande preocupação das operadoras diz respeito ao problema existente na gerência da sinalização de próxima geração e do legado simultaneamente, enquanto realiza a transição para o NGN IMS – considerado o problema número 1 por 40 por cento dos consultados numa pesquisa online durante um Webinar sobre o IMS [WAN07].

A complexidade da arquitetura IMS tem um impacto significativo no controle da sinalização e o desenvolvimento dos serviços IMS traz um crescimento significativo no número de mensagens em trânsito, quando comparado com os serviços de telefonia tradicionais.

A implantação do IMS nas operadoras ocorre basicamente em três níveis:

- Aplicações e serviços;
- Controle de sinalização baseado em SS7;
- Acesso e transporte de voz por comutação de circuitos.

Isto acontece através do emprego de diversas arquiteturas de migração. A figura 2.2 mostra o primeiro estágio dessa transição, direcionado para economia de custos e expansão da rede, da rede de circuitos comutados para a NGN VOIP. Este estágio está em progresso desde aproximadamente 2001 [3GP07].

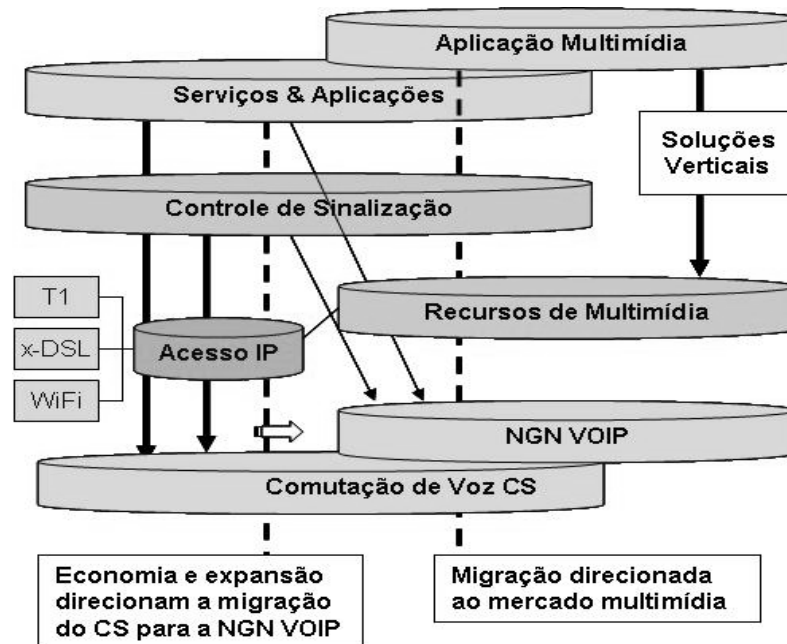


Figura 2.2: Primeira fase da migração para NGN VOIP.

Nesta estratégia, o VOIP tem conectividade com as camadas de controle de sinalização e de serviços, bem como com as aplicações na rede em operação. Porém as portadoras agora estão desenvolvendo novas aplicações com acesso IP. Estas aplicações multimídia são aplicadas verticalmente sobre a rede IP. Assim, cada aplicação tem sua função específica de controle e está associada com os recursos de cada função específica.

Este modelo se torna mais complexo à medida que novos serviços são adicionados. Atividades como upgrade e manutenção se tornam extremamente caras e causam grande impacto nos serviços operacionais. Em decorrência disso, o segundo estágio da transição para o IMS tem por finalidade promover a economia na liberação de novas funcionalidades e no controle operacional, através da redução de elementos de rede para atualização e controle, como representado na figura 2.3.

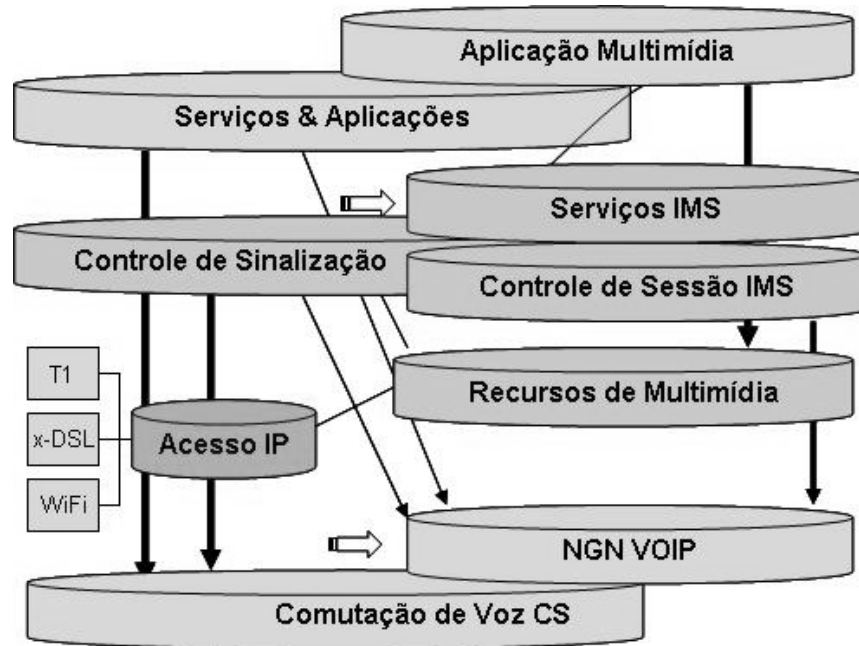


Figura 2.3: Segundo estágio da transição para o IMS.

Neste estágio, duas camadas genéricas horizontais – serviços IMS e controle de sessão IMS – são adicionados para completar a arquitetura IMS. Esta camada reutilizável para entrega de aplicações multimídia substitui as soluções para controle de aplicações específicas. Por ser baseado nos padrões 3GPP, a camada de controle de sessão do IMS é multi-provedor por natureza e permite às operadoras maior flexibilidade ao adicionar novos servidores de aplicação. Este modelo atende as portadoras com mais escalabilidade e soluções economicamente viáveis do que no modelo de distribuição vertical exibido na figura 2.2, na primeira fase da migração das redes para o NGN VOIP.

2.2. Protocolos NGN IMS

São 3 os protocolos chave que estão envolvidos na sinalização do NGN IMS: SS7, Sigtran e SIP. Nas próximas seções é apresentada uma descrição mais detalhada destes protocolos.

2.2.1. Pilha de protocolos SS7

O SS7 é uma pilha de protocolos de sinalização, cuja tecnologia está completamente inserida no mundo das redes fixas de telecomunicações e continuará a ser a tecnologia predominante por muitos anos. Sua complexidade deriva de três grandes fontes:

- Trata-se de um apanhado de padrões e variações específicas por país. Por exemplo: ITU-T (*International Telecommunication Union, Standardization Sector*), ANSI (*American National Standards Institute*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), NTT Group, JTT e Telcordia Technologies Inc. definiram as especificações SS7 e existem diferentes implementações em várias partes do mundo.

- O SS7 faz uso de subprotocolos em múltiplos níveis – essencialmente existem vários protocolos de transporte da sinalização, outros para compor e analisar essa sinalização, outros para organizar as transações baseado nas mensagens sinalizadas e ainda outros para manipular aplicações de rede, como ISDN ou AIN (*Advanced Intelligent Network*). Estes podem ser combinados em vários protocolos, por exemplo, INAP/TCAP/SCCP/MTP3 para AIN; ISUP/MTP3 para ISDN; BICC para infraestrutura wireless (HLR e softswitches); BB/NB-Networking/B-ISUP/MTP3-B para banda-larga.

- Complexidade de uma integração com o ATM, uma vez que o ATM foi visto como a banda larga de camada 2 quando o SS7 foi estendido na década de 80. Isto causou mudanças adicionais no protocolo, outros foram desenvolvidos e diferentes tipos de hardware foram utilizados do que os em uso nas aplicações de banda estreita.

Ainda assim, as operadoras precisam aproveitar os benefícios do transporte IP enquanto mantém serviços baseados em SS7. Isto leva ao Sigtran.

2.2.2. SIGTRAN

O Sigtran é um conjunto de protocolos capaz de encapsular a sinalização SS7 e transportá-la sobre IP. Sua estrutura básica está representada na figura 2.4 e pode ser observada como o padrão quadriculado em diagonal. Os blocos SS7 que o Sigtran transporta estão representados no padrão quadriculado vertical.

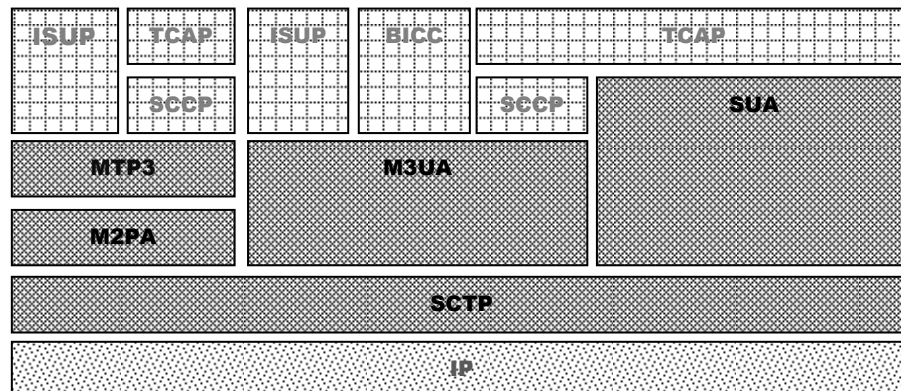


Figura 2.4: Protocolo SIGTRAN.

Trabalhando sobre o protocolo da camada de transporte IP, o Sigtran atende aos seguintes protocolos:

- SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) – Protocolo de transporte confiável operando sobre uma rede de pacotes sem conexão como IP, desenvolvido para eliminar as deficiências do TCP.
- M2PA (MTP2-User *Peer-to-Peer Adaptation Layer*) – protocolo MTP3 (protocolo de transporte de mensagens no SS7) com MTP2 (outro protocolo de transporte de mensagens do SS7) equivalente a serviços sobre IP usando serviços do SCTP. É utilizado tipicamente na infraestrutura entre os elementos da rede e a camada de controle, como entre os STP (*Session Transfer Point*).
- M3UA (MTP3-User *Adaptation Layer*) – Projetado para gateways de sinalização que habilitam interconexão suave entre os domínios IP e SS7. Este protocolo suporta o transporte de qualquer SS7 sinalização de usuário MTP3 (ISUP, SCCP) sobre IP através do uso de serviços do SCTP.
- SUA (SCCP-User *Adaptation Layer*) – Suporta o transporte de sinalização do usuário SCTP. Um uso típico é o acesso ao centro de comutação móvel.

A figura 2.5 mostra como o Sigtran trabalha na transição para redes baseadas em IP.

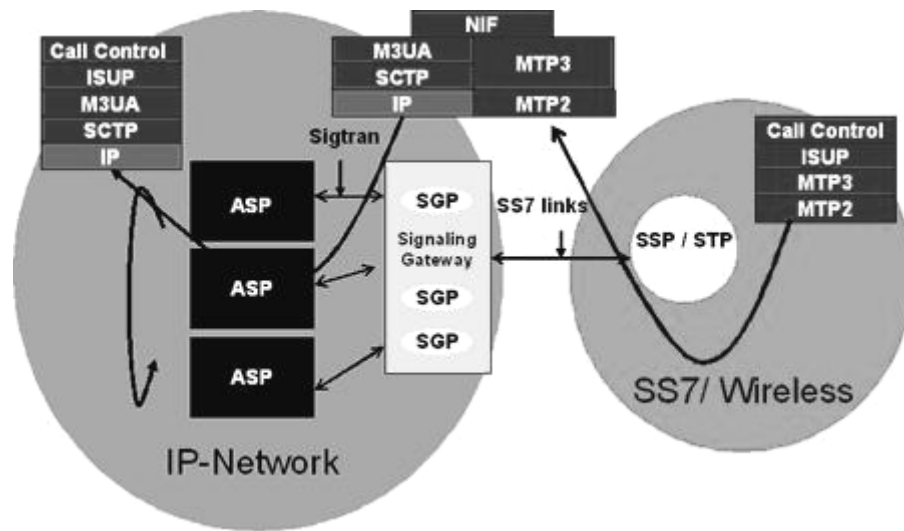


Figura 2.5: Como o SIGTRAN facilita a transição em redes baseadas em IP.

Na figura 2.5, o círculo SS7/wireless ilustra a rede tradicional de circuito comutado baseada em SS7/wireless PSTN, onde o controle da chamada é provido pelo padrão ISUP/MPT3/MPT2 do protocolo SS7. A função de gateway de sinalização está no meio e a rede SS7-over-IP (SS7oIP) está à esquerda. O gateway de sinalização alimenta as informações baseadas em SS7 de um lado e usa a função de interconexão (NIF) para traduzir o SS7 no Sigtran. Finalmente o gateway de sinalização se comunica com Sigtran nos processadores de servidores de aplicação (ASPs), que emulam a função do SSP/STP para uma faixa específica de chamadas, na rede IP à esquerda da figura 2.5.

A figura 2.6 mostra como uma rede completa de sinalização SS7oIP deve ser implementada. A infraestrutura IP já estará preparada para a evolução do SS7 para SIP durante a migração gradual para o IMS. Uma vez que o M2PA está pronto no core da rede de sinalização, as portadoras podem introduzir o MTP3 para links com conectividade entre os STPs e os endpoints. No lado direito da figura estão representados os STPs IP que provêm função de tradução e aplicações. No lado esquerdo são exibidos os End-points IP, incluindo os dispositivos de próxima geração e 3G.

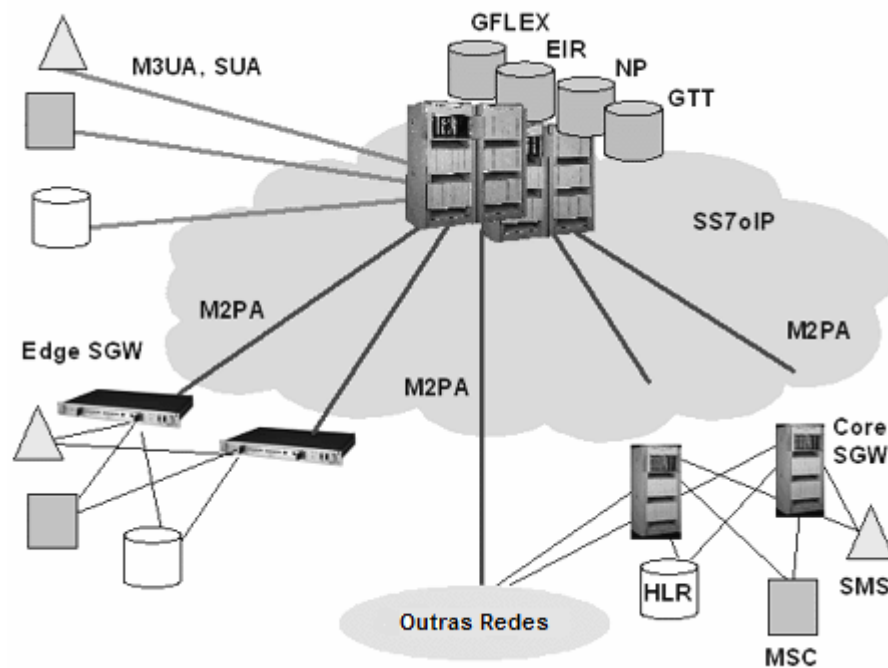


Figura 2.6: Rede de sinalização completa para o SS7-Over-IP.

2.2.3. SIP – *Session Initiation Protocol*

O IMS utiliza o SIP como protocolo base de sinalização. O SIP foi construído sobre os padrões IETF e simplifica a integração de multimídia no ambiente de telecomunicações. Além disso, o SIP é capaz de gerenciar uma sessão que pode incluir voz, vídeo e dados simultaneamente e independentemente.

No princípio, o SIP era um protocolo muito mais simples que o SS7 e o Sigtran, desde que basicamente estava sobre UDP, TCP ou SCTP, que provêm o protocolo de transporte apropriado sobre a camada IP. Isto simplifica drasticamente a integração e a manutenção da parcela de sinalização da aplicação. O SIP propriamente usa apenas 15 métodos para gerenciar uma sessão, incluindo estágios básicos como Invite, ACK e Publish.

Sobre o SIP, existem três aplicações genéricas que efetivamente objetivam propósitos específicos através da criação de personalidades específicas. São eles:

- Server – Proxy ou Redirect – permite controle da sessão;
- Registrar – manipula atividades de autorização de usuários ou entidades;
- UA (B2BUA) – age como terminais da rede.

Enquanto simplifica a abordagem da sinalização, o SIP adiciona algumas complexidades que agora começam a se tornar problemas, uma vez que o SIP está centralizado nas NGN (baseados ou não em IP). Um dos problemas pode ser considerado

simplesmente logístico – existem muitas RFCs e Drafts no IETF definindo funcionalidades diferentes e extensões do SIP para aplicações cada vez mais específicas. Atender a todas estas especificações é uma tarefa majoritária para todos os fornecedores dessa tecnologia.

A próxima seção descreve a arquitetura IMS, detalhando seus componentes e funções.

2.3. Arquitetura IMS

Esta seção apresenta a arquitetura do IMS na rede 3G, seus conceitos e entidades funcionais. Essa arquitetura foi estabelecida sobre 3 camadas que podem evoluir independentemente, conforme representado na figura 2.7: camada de aplicações e serviços, camada de controle e camada de conectividade.

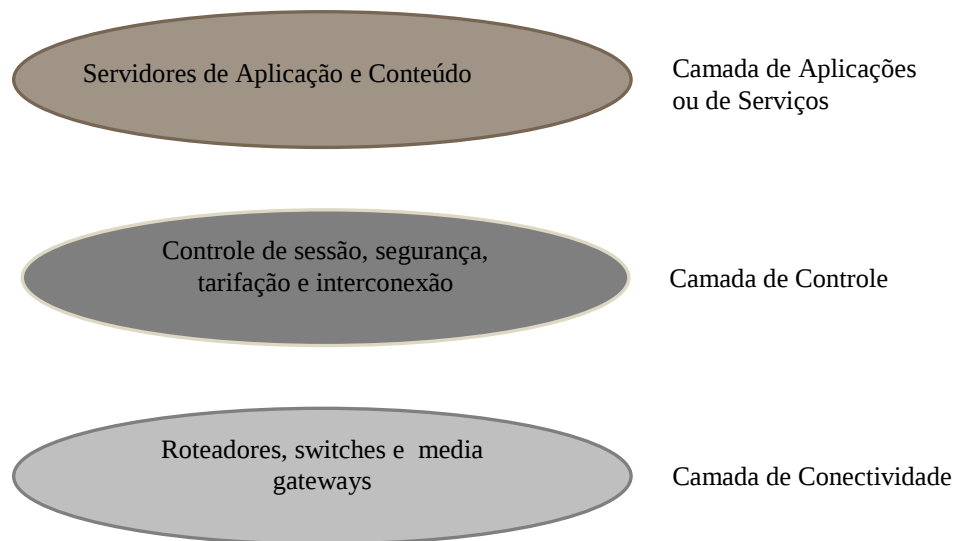


Figura 2.7: Arquitetura de Camadas do IMS [CAM06].

Camada de Aplicações: Esta camada contém os servidores de aplicação e de conteúdo, que executam os serviços de valor adicionado para o usuário final.

Camada de Controle: esta camada contém os servidores de controle de rede, capazes de gerenciar as chamadas ou o início das sessões, as modificações e as atualizações. Os servidores de controle podem ainda manipular funções como gerenciamento da mobilidade, segurança, tarifação e interconexão com redes externas.

Camada de conectividade: nesta camada estão presentes os roteadores, switches e outros nós que transportam os dados de usuário. Os roteadores e switches provêm

funcionalidades de transporte tanto para a camada de controle quanto para a camada de tráfego de usuários.

O conceito de arquitetura em camadas também define uma arquitetura horizontal, onde as funções de rede comuns podem ser reutilizadas para múltiplas aplicações. Essa arquitetura horizontal no IMS também especifica a interoperabilidade e o roaming, bem como provê controle de propriedade, de segurança e de tarifação, conforme ilustra a figura 2.8.

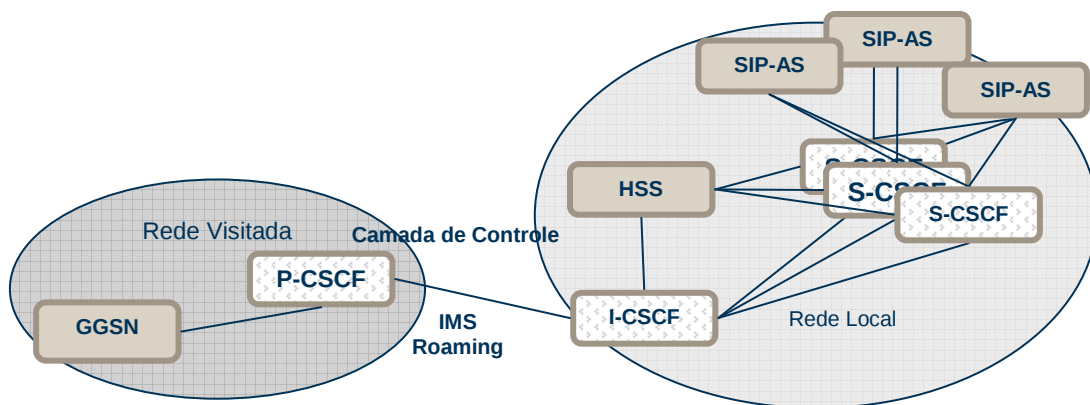


Figura 2.8: Camada de controle possibilita a arquitetura horizontal.

A figura 2.8 apresenta uma visão geral da camada de controle da arquitetura IMS, destacando os elementos de rede essenciais para prover serviços multimídia em tempo-real. O IMS não depende do domínio de comutação de circuitos, uma vez que confia no domínio de comutação de pacotes para gerência de transporte e mobilidade local.

O CSCF (*Call State Control Functions*) e o HSS (*Home Subscriber Server*) são os elementos chave dessa arquitetura. Estão envolvidos essencialmente no processamento de mensagens para controle de sessões de voz e multimídia. Adicionalmente, o CSCF ainda se envolve com tradução de endereçamento, comutação de serviços e negociação de sinal, além de gerenciar o perfil do usuário. O CSCF pode ser categorizado de acordo com as necessidades dos cenários onde será configurado, mais detalhes sobre cada um destes elementos estão descritos nas próximas seções.

2.3.1. CSCF

O IMS CSCF (*Call Session Control Function*) provê o controle de sessão entre o acesso/transporte e camadas de aplicação do IMS e explora a infraestrutura QoS IP. Existem

diversas funções para o CSCF – servidor, controle, proxy – e o desenvolvimento destes elementos está baseado em como a portadora projeta sua rede. Os aspectos de servidor e controle podem ser mais apropriados no core da rede IMS, enquanto o proxy será mais apropriado na borda. O CSCF é o coração da camada de controle e precisa fornecer o mesmo desempenho que as portadoras esperam de seus controles SS7. A figura 2.9 apresenta a arquitetura IMS, onde o CSCF se comporta como elemento de controle para integração entre a rede IMS e a rede PSTN.

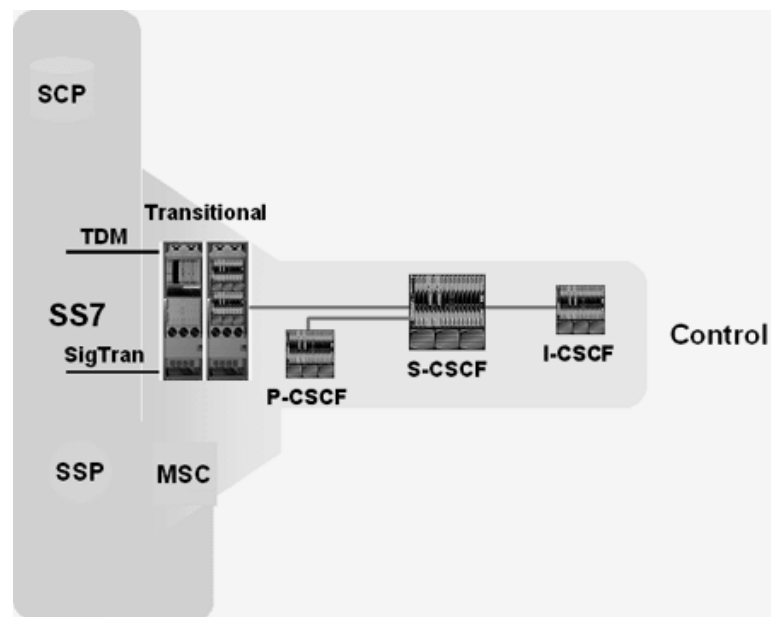


Figura 2.9: *Call Session Control Function (CSCF)* – Transição do PSTN para o IMS.

Os servidores SIP são nós essenciais na arquitetura IMS. Estes servidores são tratados conjuntamente por servidores com função de controle de chamadas e sessões, categorizados como P-CSCF (*Proxy-CSCF*), S-CSCF (*Serving-CSCF*) e I-CSCF (*Interrogating-CSCF*). O CSCF é o ponto de roteamento da sessão na rede core do IMS. Estes servidores são pontos de acesso padronizados, associados dinamicamente e independentes de serviço. É responsável pela distribuição das chamadas entrantes para os servidores de aplicação e também por manipular a autenticação inicial de assinantes. Cada um dos nós do core IMS é detalhado nas seções subsequentes [CAM06].

2.3.1.1. P-CSCF (*Proxy CSCF*)

O P-CSCF é o primeiro ponto de contato entre o terminal e a rede IMS. Todos os pedidos iniciados ou destinados ao terminal IMS atravessam o P-CSCF. O terminal IMS se

comunica apenas com um P-CSCF durante o registro. O P-CSCF encaminha certa quantidade de associações de segurança *Ipsec* para o terminal, a fim de oferecer proteção de integridade, como a habilidade de detectar se o conteúdo da mensagem foi modificado desde a sua criação. O servidor autentica o usuário e valida sua identidade para o restante dos nós na rede.

O P-CSCF também é responsável por verificar a integridade do pedido SIP enviado pelo terminal IMS. Essa validação evita que o terminal crie pedidos SIP que não estejam em conformidade com as regras do protocolo. O servidor comprime e descomprime as mensagens SIP, o que reduz o RTT (*round-trip delay*) sobre links lentos de rádio. O P-CSCF pode incluir um PDF (*Policy Decision Function*), que gerencia o QoS no plano de mídia. Além das funções descritas, o P-CSCF também gera informações de cobrança para os nós coletores de bilhetes de tarifação.

2.3.1.2. S-CSCF (*Serving-CSCF*)

O S-CSCF é o nó central no plano de sinalização. Trata-se essencialmente de um servidor SIP, mas, também executa funções de controle. Está localizado na HM (*Home Network*) e usa o protocolo DIAMETER Cx e Dx nas interfaces com o HSS, para upload e download de perfis de usuário, o que significa dizer que o S-CSCF não armazena informações de usuário localmente. Todas as informações necessárias são carregadas do HSS.

O S-CSCF manipula os registros SIP, o que permite conectar usuários e identificar endereços SIP. Este servidor se localiza no caminho de todas as mensagens de sinalização e pode inspecionar todas as mensagens. Ele atua como um SIP registrar enquanto executa funções de controle e serviços de roteamento.

2.3.1.3. I-CSCF (*Interrogating-CSCF*)

O I-CSCF é um Proxy SIP localizado no limite do domínio administrativo. Este nó é responsável por gerar solicitações ao HSS usando o protocolo DIAMETER através das interfaces Cx e Dx, coletando informações de localização do usuário para propósito de roteamento. O endereço IP do I-CSCF é publicado no DNS do domínio, a fim de ser utilizado pelo P-CSCF no domínio de rede destino, ou como um S-CSCF num domínio de rede externo, como um ponto de entrada para o todos os pacotes SIP daquele domínio. Ele pode ainda ser utilizado para proteger do mundo externo os parâmetros internos de rede, encriptando partes das mensagens SIP (método conhecido por THIG).

As três características mais críticas do CSCF são o throughput (o número de sessões por segundo que ele pode suportar), escalabilidade e latência. Baixa latência é muito importante, porque afeta diretamente a experiência do usuário final, uma vez que o CSCF tem muitas responsabilidades: estabelecimento de sessões, verificação com o servidor de autenticação, acesso ao servidor de assinante por perfil de usuário, entre outros. Todas essas funções precisam ser realizadas muito rapidamente (e independentemente da natureza do dispositivo de acesso), ou o usuário terá uma péssima impressão do serviço.

Antes que as operadoras implantem a funcionalidade de CSCF como parte de seu core IMS, é necessário determinar como serão disponibilizados os serviços previamente existentes para os assinantes que serão servidos pelo CSCF. Uma opção seria replicar toda a rede, o que obviamente torna esta opção inviável financeira e logisticamente para qualquer operadora. A segunda opção é adicionar SIP em todos os servidores de aplicação – novamente uma opção potencialmente custosa e fora da realidade. A opção menos arriscada é o uso de tecnologias de transição (de mediação de serviço) para prover uma “ponte” entre a rede SIP IMS, a rede SS7 PSTN e a rede móvel 2G. Essa ponte permitirá aos terminais SIP o acesso aos serviços da rede legada PSTN/2G e também permitirá aos terminais PSTN/2G o acesso a alguns serviços IMS.

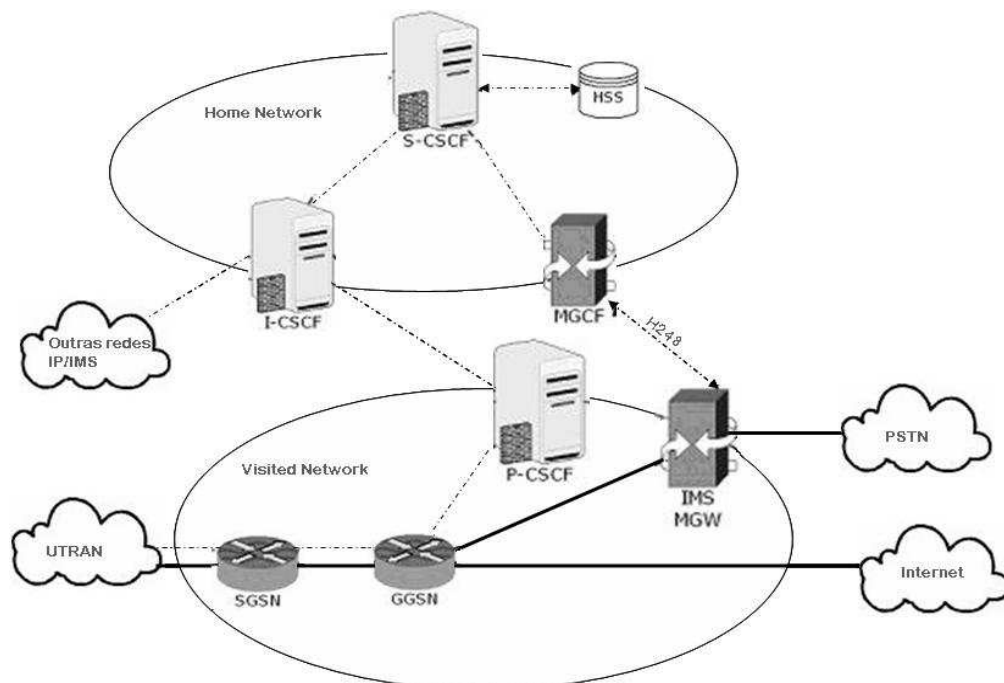


Figura 2.10: Tecnologias de transição para o IMS.

A figura 2.10 demonstra uma ponte de transição entre a rede PSTN e o IMS. A nuvem do IMS contém uma parcela das funções do IMS que proporciona a habilidade de conduzir

uma sessão do IMS para uma chamada baseada na PSTN. O CSCF encaminha os dados associados com a sessão do Media Gateway Control Function (MGCF). Nesse ponto o caminho para sinalização e mídia se separa e o MGCF provê a informação de sinalização sobre o Sigtran para um gateway de sinalização, que o traduz para SS7 e o dispõe na PSTN. Em paralelo com a transferência da informação de sinalização, o MGCF provê controle de mídia e a atualização de dados no IMS Media Gateway (MGW), que envia a mídia sobre TDM para a PSTN.

A arquitetura IMS ainda pode ser dividida nas seguintes seções: Infraestrutura, Aplicações e Clientes, conforme ilustra a figura 2.11. A infraestrutura é composta pelos componentes do núcleo da rede, como provedores de serviços, contendo as funções de controle de chamadas e de sessões baseadas nas especificações do IMS. A camada de aplicações é composta pelos servidores de aplicações e serviços. A camada de clientes consiste das aplicações que suportam IMS que se encontram nos dispositivos do usuário final.

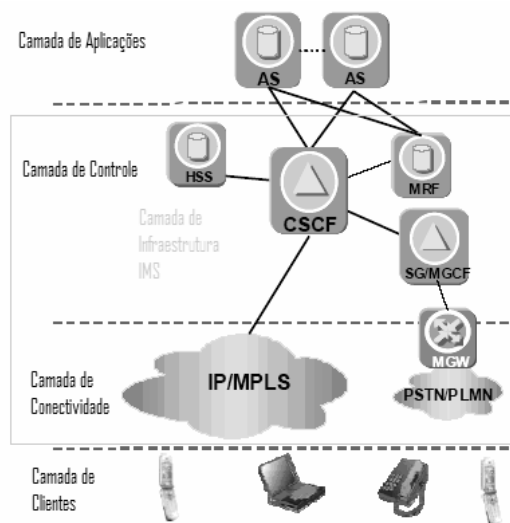


Figura 2.11: Arquitetura IMS [CAM06].

2.3.2. Servidores de Aplicação (AS)

Esta é a entidade SIP que mantém e executa serviços. O IMS permite o reuso das funções para a rápida criação de serviços e de entrega. Múltiplos serviços como serviços de voz e mensagens podem ser mantidas num único AS. Utilizar o mesmo AS para diversos serviços reduz a carga do CSCF na camada de controle. Dependendo do serviço, o AS pode funcionar como um SIP proxy, um SIP User Agent ou um SIP B2BUA. Ele pode ser

localizado na rede local ou na rede externa. Se estiver localizado na rede local, ele pode solicitar o HSS através da interface Sh do protocolo DIAMETER (para um SIP-AS) ou através da interface MAP (para o IM-SSF).

O equipamento de usuário é um componente chave na rede IMS, pois diferentes tipos de aplicações deverão estar disponíveis nos equipamentos móveis. Um cliente é uma aplicação que está em desenvolvimento para disponibilizar no dispositivo de usuário, aplicações de gerenciamento de grupo juntamente com outras funcionalidades.

2.3.3. HSS (*Home Subscriber Server*)

O HSS contém toda a base de dados para informações relacionadas ao usuário. Contém todas as informações relacionadas à inscrição de dados de usuário solicitados para manipular a sessão de multimídia. Esses dados incluem: perfil de usuário, informação de localização, informação de segurança (que inclui informações de autenticação e autorização). Uma rede IMS pode conter mais de um HSS, neste caso a rede necessita de um SLF (*Subscriber Location Function*), uma base de dados simples que mapeia os endereços de usuários para o HSS.

2.4. Arquitetura Lógica do IMS

O IMS é uma rede de mídia sobre IP e usa o SIP (*Session Initiation Protocol*), que originalmente foi padronizado pela IETF, como protocolo base do IMS. O 3GPP escolheu o SIP como seu protocolo base devido ao fato de que os protocolos de sinalização tradicionalmente empregados nas telecomunicações falharam em requisitos básicos do IMS. Uma vez que o SIP é um protocolo de Internet, ele suporta convergência e potencialmente atende a todas as necessidades da arquitetura IMS. Por exemplo, o SIP pode sinalizar através de diferentes entidades de rede, incluindo servidores e endpoints. No IMS, cada servidor de rede tem sua própria função, o que contrasta com as redes tradicionais, onde um escritório central de comutação faz tudo, incluindo controle de chamadas e de serviços. Além disso, o SIP utiliza alguns mecanismos de extensão da Internet. Um provedor de serviços com rede IMS inicialmente terá um pequeno número de assinantes, assim que essa base crescer, as redes IMS precisam ser suficientemente escaláveis para atender mais assinantes. O SIP também é um protocolo muito flexível e extensamente padronizado, o que provê às redes IMS

A habilidade de estabelecer essas sessões que suportam serviços se tornou possível, como o e-commerce com suporte à voz, web-page click-to-dial, Instant Messaging com listas de conhecidos e serviços IP-Centrex.

Este protocolo está em contínua evolução e está sendo estendido de conforme a tecnologia se torna mais madura, assim como produtos que suportam SIP estão cada vez mais presentes no mercado.

A filosofia da IETF é a simplicidade: especificar somente o que é necessário. O SIP realiza muito desse conceito, uma vez que foi desenvolvido como um mecanismo de estabelecimento de sessões, onde não era necessário conhecer muitos detalhes das mesmas, apenas seu início, finalização e modificação. Essa simplicidade torna o SIP escalável e extensível, uma vez que se ajusta diferentes arquiteturas e cenários de desenvolvimento.

O SIP é um protocolo que solicita respostas (request-response) que se aproxima muito dos protocolos de Internet HTTP e SMTP; consequentemente o SIP se ajusta confortavelmente com as aplicações de Internet. Ao utilizar este protocolo, a telefonia se transforma em mais uma aplicação web e se integra facilmente com outros serviços da Internet. O SIP pode então ser considerado uma ferramenta que os fornecedores de serviços podem utilizar para construir serviços convergentes de voz e de multimídia.

O protocolo SIP não possui nenhum mecanismo para descrever o conteúdo e suas características. Para isso, o SIP utiliza o protocolo SDP (*Session Description Protocol*) para tratar a informação de sessão. O SDP descreve a mídia a ser utilizada - codecs, o modo da chamada, etc – descreve também o destino da mídia (IP e número de porta), o nome da sessão e seu propósito, o número de vezes que a sessão foi ativada e as informações de contato. O método SIP INVITE é utilizado para criar sessões que transportam descritores da sessão, o que permite que os participantes possam negociar um conjunto compatível de tipos de mídia.

O SIP foi projetado para solucionar apenas uma pequena quantidade de problemas e para trabalhar com uma gama de protocolos IP. Para exercer essa função, o SIP possui quatro funções básicas:

- Estabelecimento de localização do usuário;
- Negociação de aplicações para que todos os participantes de uma sessão possam concordar quais aplicações são suportadas entre eles;
- Fornece gerenciamento de chamadas, através da adição, desligamento ou transferência de participantes.

2.5. Conclusão

Essa visão geral da evolução dos sistemas de telefonia tradicionais em direção ao IMS deixa claro o interesse de operadoras e fornecedores em realizar um esforço na preparação para a futura integração de suas redes. Essa integração tem por finalidade administrar um serviço menos dispendioso em termos de operação e manutenção, bem como disponibilizar inúmeras possibilidades de inclusão de novos serviços, provenientes principalmente das redes móveis.

Neste ponto surge a necessidade de certificar a qualidade e a continuidade dos serviços oferecidos, uma vez que estes terão por princípio transitar entre diversas tecnologias. As técnicas utilizadas para garantir estes pressupostos são debatidas no capítulo 3 – Handover Vertical.

Capítulo 3

Handover Vertical

Uma vez que neste trabalho o interesse recai sobre o procedimento de handover vertical e mais especificamente no processo de decisão que culmina com a sua execução, os detalhes das técnicas de handover e uma breve discussão sobre suavidade estão presentes nesta sessão.

Adicionalmente são apresentadas as estratégias do IMS para implementação da continuidade de serviços e finalmente serão discutidos os artigos atuais correspondentes à proposta de métricas para decisão de handover.

3.1. Handover suave

O principal desafio do handover vertical é garantir que a transição de um modo de acesso para outro seja transparente, isto é, seja imperceptível para os protocolos das camadas superiores e para as aplicações (handover “suave”, i.e., *Seamless Handover*). Portanto, a parte de um protocolo para redes móveis responsável pelo handover, ou protocolo de handover, deve ser eficiente no sentido de garantir baixa latência da atualização da rota para encaminhamento de pacotes, produza pouca sobrecarga na rede e minimize os atrasos e perdas de pacotes para o dispositivo móvel [YLI01].

Garantir a transparência na mobilidade é, no entanto, uma tarefa complexa que não depende apenas do protocolo de handover, mas também das características da rede sem fio, como por exemplo: o tamanho das células, a existência ou não de áreas de intersecção, o tipo e a topologia da rede fixa que interconecta as estações base, a frequência de migração dos usuários/computadores móveis, a natureza do fluxo de comunicação, bem como o suporte para Qualidade de Serviço (QoS) existente na rede ou implementada na aplicação. Por causa disso, não existe um único protocolo de handover que melhor atenda a todos os requisitos de

handover suave de uma aplicação para todas as possíveis situações de mobilidade de usuários e dos tipos de redes móveis [NAG06].

As diversas soluções existentes para obter o handover suave, acabam sendo muito específicas para uma determinada tecnologia de rede sem fio (i.e. GSM, GPRS) e, portanto, podem possuir um escopo de aplicação limitado.

Por exemplo, existem soluções para redes GSM (*Global System for Mobile Communications*), GPRS (*General Packet Radio Service*) e UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) [LIN01]; assim como para redes locais sem fio (*Wireless LANs - WLANs*) [LIG06]. Apesar da grande diversidade de tecnologias de acesso sem fio, são muitos os esforços a fim de possibilitar suavidade durante a movimentação de usuários móveis através de distintas redes e tecnologias sem fio.

Em [YAN06] Yang et al. propuseram um serviço de informação para auxiliar na execução do handover entre tecnologias heterogêneas de rede sem fio, provendo desde informações gerais da rede e de pontos de acesso nas proximidades, bem como informações específicas da camada de enlace, que são úteis para identificar as características da rede sem fio e informações sobre os protocolos nas camadas superiores. Em particular, esse serviço trata da complexidade do controle e monitoramento do handover sobre distintas tecnologias de rede evitando que estes sejam tratados por protocolos na camada de rede e superiores.

Prover mobilidade transparente também é uma questão abordada na camada de transporte, onde foram propostas algumas extensões para o TCP e melhorias para suporte à mobilidade de usuários.

Na camada de rede, especialmente no protocolo IP, a solução mais conhecida para dar suporte à mobilidade é o Mobile IP. O Mobile IP é uma extensão do protocolo IP que herda todas as suas características de flexibilidade, escalabilidade e robustez. Em sua versão básica, no entanto, o protocolo não oferece suporte para handover suave [PER96].

Os principais problemas com o Mobile IP são a sua forma de manter e atualizar a informação sobre a localização corrente de computadores móveis, a falta de um mecanismo para atualizar a rota de encaminhamento de pacotes, e o problema do roteamento triangular. Tudo isto faz com que possa haver uma perda acentuada de pacotes IP durante as migrações entre células no Mobile IP.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos com propostas de melhorias do desempenho [15,16], abordando com frequência o suporte a handover em regiões geográficas limitadas, denominados protocolos IP de micro-mobilidade. Em geral esses protocolos implementam técnicas para gerenciamento de handover como: replicação de rotas, buffering,

redirecionamento, etc. A deficiência é que estes protocolos não levam em consideração as características específicas ou os requisitos de QoS das aplicações. Outros trabalhos apenas apresentam métodos de análise considerando requisitos de desempenho e QoS [ANY06].

3.1.1. Procedimentos de Handover

Em redes celulares, o procedimento empregado para tratar a transição entre células por um dispositivo móvel durante a migração é conhecido por Handover ou handoff. O handover horizontal, nas redes celulares, consiste em transferir a responsabilidade da comunicação de dados de uma estação base para outra, isto é, iniciar uma comunicação em uma nova estação base e proceder uma atualização na rede de modo que o dispositivo móvel mantenha as suas comunicações em andamento. O handover vertical apresenta os mesmos desafios adicionando outros, uma vez que trata da transição entre formas de acessos à rede.

O handover é um procedimento custoso porque envolve diversas tarefas que podem causar interrupções no fornecimento de serviços e degradação no desempenho das aplicações. Esse fato se agrava à medida que aumenta a frequência de migração e transição, pois consequentemente, maior é o número de ocorrências de handover.

Basicamente, o procedimento de handover pode ser dividido em duas fases principais:

- Fase 1: Detecção, Atribuição e Transferência. Nesta fase, a detecção de mobilidade (i.e., a identificação da necessidade de se iniciar um handover), a alocação e atribuição de um novo canal de comunicação, assim como a transferência do sinal de rádio da antiga para a nova estação base são executados.

- Fase 2: Atualização. Durante essa fase, elementos de rede que mantêm a informação de localização do computador móvel são notificados e atualizados de modo que o tráfego de pacotes possa ser direcionado para a nova localização. Diversas técnicas de otimização podem ser empregadas nesta fase de modo a reduzir a latência e perda de pacotes durante esse procedimento de atualização.

A Fase 1 é executada no nível de enlace e depende da tecnologia sem fio adotada, enquanto que a Fase 2 é o principal foco dos protocolos de mobilidade que atuam na camada de rede (protocolos de mobilidade baseados em IP) [LIN01]. Uma vez que essas fases são independentes e ocorrem em diferentes níveis, não há necessariamente uma sincronização quanto à sequência de execução das tarefas nessas duas fases. Por um lado, a Fase 2 pode ocorrer em consequência da Fase 1, no caso em que o dispositivo móvel perde subitamente a conexão com o ponto de acesso e inicia o handover (na camada de rede) quando já está

conectado com o novo ponto de acesso (na camada de enlace). Por outro lado, a Fase 2 pode iniciar antes mesmo da Fase 1, quando o dispositivo móvel ou o ponto de acesso (ou ambos) possuem alguma forma para prever um candidato a um novo ponto de acesso e podem, dessa forma, preparar antecipadamente a rede e agilizar o procedimento da Fase 2.

Nas próximas seções, segue uma breve classificação dos tipos de handoff, uma descrição das tarefas envolvidas nesse procedimento e uma discussão sobre o significado de suavidade.

3.1.2. Tipos de Handover

Um handover pode ser classificado de acordo com vários fatores, conforme citado abaixo:

1. De acordo com a distancia (do ponto de vista da rede) entre estações bases, segundo Liu et al. [LIU96]:

- micro-handover (in-LAN handover): quando o handover ocorre entre estações base em uma rede em um mesmo domínio administrativo ou subrede;
- macro-handover (cross-LAN handover): quando o handover é executado entre estações base em redes de domínios administrativos distintos.

2. De acordo com o tipo de célula/tecnologia de rede sem fio:

- handover horizontal: quando o handover ocorre entre células/pontos de acesso do mesmo tipo (em termos de cobertura, velocidade de transmissão, mobilidade). Exemplo: UMTS para UMTS, WLAN para WLAN;
- handover vertical: quando o handover ocorre entre células/pontos de acesso de tipos diferentes. Exemplo: UMTS para WLAN.

1. De acordo com o tamanho da célula, pode ser classificado em:

- upward handover: quando a migração ocorre de uma célula pequena para uma célula grande;
- downward handover: quando a migração ocorre de uma célula grande para uma célula pequena.

2. De acordo com o escopo, a camada em que mobilidade é tratada:

- Na camada de enlace:

(1) hard handover: o dispositivo móvel perde a conexão repentinamente com a antiga estação base e inicia o handover na nova estação base. Exemplo: redes baseadas em TDMA (*Time Division Multiple Access*).

(2) soft handover: quando o computador móvel tem a capacidade de se conectar a mais de uma estação base. Exemplo: redes baseadas em CDMA (*Code Division Multiple Access*).

- Na camada de rede:

(3) handover reativo: este tipo de handover ocorre quando o computador móvel pode se comunicar com apenas uma estação base de cada vez, ou quando existem áreas de sombra/interferência na cobertura dos sinais de radio. Não há conhecimento a priori da nova estação base. Este tipo de handover sem mecanismos de otimização pode causar perdas de pacotes. Por exemplo, este tipo de handover é empregado no MIP (*Mobile IP*) onde um computador móvel detecta uma migração através de anúncios de FAs (*Agent Advertisements*) quando já esta na nova localização e não em mais comunicação com o antigo FA.

(4) handover pro-ativo: é conhecido a priori a estação base ou um conjunto de potenciais estações base para onde o computador móvel vai se conectar. Isto pode ser usado para iniciar mecanismos de otimização de handover (configuração de caminhos de roteamento de pacotes para a nova estação base, redirecionamento de pacotes da antiga para a nova estação, etc.). Este tipo de handover é empregado em protocolos como o M&M (*Multicast-based Micro-Mobility*), um protocolo baseado em multicast e no Celular IP (no caso de semi-soft handover).

3.1.3. Tarefas do Handover

Conforme mencionado acima, o procedimento de handover pode ser dividido em duas fases e, cada uma delas envolve algumas tarefas, conforme descrito a seguir:

Deteção do handover e início: Para iniciar um handover, duas questões devem ser consideradas:

- (1) como identificar a necessidade de um handover e
- (2) quem inicia o handover.

Para tratar a primeira questão, em sistemas de comunicação sem fio (e.g. redes celulares) em geral, é feita uma freqüente medição das potências de sinais pelo dispositivo móvel e pelas estações base [NAG06]. Essas medidas são utilizadas para determinar a qualidade do sinal em um canal de comunicação sem fio como, por exemplo, *Word Error Indicator* (WEI), *Received Signal Strength Indication* (RSSI), *Quality Indicator* (QI). Através

dessas medições é possível determinar o momento para o início do handover e a estação base candidata.

Devido aos diversos problemas de interferência no sinal, como obstáculos físicos (edifícios, torres, montanhas), que reduzem a potencia do sinal ou causam fenômenos de reflexão ou difração; além da própria redução de potência do sinal devido ao distanciamento da estação base, a tomada de decisão para o handover requer uma medição constante por um período de tempo suficiente a fim de evitar uma tomada de decisão imprecisa e causar a execução de handovers desnecessários.

Para a segunda questão, quem inicia o handover, existem três abordagens propostas[LIN01]: *Mobile-Controlled Handover* (MCHO), em que o dispositivo móvel monitora a qualidade do sinal da estação base atual e das estações base candidatas ao handover e decide o início do handover de acordo com algum critério; *Network-Controlled Handover* (NCHO), na qual a rede monitora a qualidade do sinal emitido por um computador móvel através da cooperação entre as estações base e toma a decisão para o início do handover, e *Mobile Handover* (MAHO), que é uma variante do caso anterior em que o dispositivo móvel faz o monitoramento do sinal e notifica os resultados a estação base, onde são verificados a necessidade de um handover e para qual estação base.

Na camada de rede, em protocolos de mobilidade baseados em IP (por exemplo, o Mobile IP), a detecção do handover ou, detecção de mobilidade, é feita através de mensagens Agent Advertisements emitidas pelas estações base. Um dispositivo móvel ao receber essa mensagem é capaz de identificar a ocorrência de uma migração e, a partir de então, iniciar o handover.

Autenticação e permissão de acesso: envolve os processos de autenticação/autorização para verificar se o computador móvel tem permissões para acessar a nova estação base (funções AAA - *Authentication, Authorization, Accounting*).

Reserva de recursos e atribuição de canais: inclui estratégias para a reserva de recursos em uma ou mais estações base candidatas incluindo a reserva/alocação de canais de comunicação e, por exemplo, estruturas de buffer para o armazenamento temporário de pacotes de dados nas estações base. Para permitir suavidade, é preciso executar uma pré-alocação de recursos no início do handover.

Atualização da rede: trata basicamente da atualização da informação de localização do computador móvel em um ou vários nós na rede fixa (e.g. Home Agent, roteadores, etc.), para garantir que os pacotes sejam encaminhados corretamente para o novo destino do computador móvel (nova estação base). A fim de melhorar esse procedimento e prover o handover suave,

essa tarefa de atualização pode ser executada antecipadamente, quando há uma identificação prévia de uma ou mais estações base candidatas. Alguns protocolos utilizam informações da camada de enlace para possibilitar a identificação dessas estações base candidatas.

Controle/otimização do fluxo de pacotes: a fim de reduzir atrasos, variação do atraso (jitter) e minimizar a perda de pacotes e duplicações, diversos mecanismos têm sido empregados como, por exemplo, buffering, para o armazenamento de pacotes nas estações base, forwarding points, para o redirecionamento de pacotes para a nova estação base, replicação do fluxo de pacotes (por exemplo, multicast para varias estações base simultaneamente), intercalação dos fluxos de pacotes, entre outros.

A execução dessas tarefas depende das características da rede, dos protocolos de mobilidade empregados, assim como dos requisitos das aplicações. Protocolos de handover empregam diferentes técnicas/estratégias para executar essas tarefas e o objetivo comum desses protocolos é minimizar a latência e perdas durante o procedimento de handover.

3.1.4. Protocolos de Handover Suave

As estratégias de handover são divididas em três grupos:

(1) Uso de hierarquias: permite reduzir o número de atualizações de localização de UMs: handover hierárquico.

(2) Antecipação do handover: redução da latência do handover, antecipando-o em uma ou mais EBs candidatas: fast handover, semi-soft handover, multicast-based handover.

(3) Uso de combinação de algumas estratégias: hybrid handover.

A tabela 3.1 apresenta alguns tipos e estratégias utilizadas para o handover nas redes móveis [NAG06].

Tabela 3.1: Tipos e estratégias de handover.

Tipo	Exemplos
Hierarchical handover	Hierarchical Mobile IP, Fast & Scalable Handoffs
Fast handover	Fast Handover for Mobile Ipv6
Semi-soft handover	Celular IP, HAWAII
Multicast-based handover	Multicast-based Mobility
Hybrid handover	S-MIP, IDMP

As estratégias de handover oferecem uma parte da solução, porém, podem trazer novos problemas. Por exemplo, é possível reduzir a latência usando estratégias para antecipação do handover (*multicast*), no entanto pode haver duplicações e pacotes fora de ordem. O gerenciamento de localização centralizado causa maior latência e perdas, porém, o gerenciamento distribuído requer mensagens de controle para manter os estados dos caches válidos (carga na rede).

Diferentes tipos de aplicações possuem diferentes requisitos de QoS e podem perceber os efeitos de um handover com diferentes intensidades. Um conjunto de técnicas pode ser empregado em uma tarefa de handover para melhor satisfazer os requisitos da aplicação.

Além disso, o padrão de mobilidade e características da rede também influenciam na escolha das técnicas. Em [NAG07] é definido um método para permitir a seleção e composição de técnicas a partir dos requisitos de QoS da aplicação, o perfil de mobilidade do usuário e características da rede para gerar protocolos de handover suave. No trabalho citado, Nagamuta desenvolve um framework para composição, teste e simulação de protocolos de handover suave, através do uso da ferramenta MobiCS (*Mobile Computing Simulator*). Esta tese cobre uma extensa gama de protocolos de handover e deixa espaço para discutir questões de continuidade de serviço em redes heterogêneas, onde a arquitetura IMS se encaixa.

3.1.5. IMS – Foco na Continuidade do Serviço

A interconexão do IMS com a PSTN (*Public Switched Telecommunication Network*) e com as redes móveis é uma função exercida pelo MGCF (*Media Gateway Control Function*) em conjunto com o MRFC (*Media Resource Function Controller*). O MRFC é responsável pelo processamento de mídia através do MRFP (*Media Resource Function Processor*).

Os procedimentos de continuidade de chamadas de voz entre o IMS no domínio PS (*Packed Switched*) e o domínio CS (*Circuit Switched*) estão definidos no IMS através do VCC (*Voice Call Continuity*) [3GP06]. O VCC pode ser implementado tanto num VCC AS (*VCC Application Server*) quanto ser integrado às funções do CSCF.

O VCC suporta o handover suave bidirecional entre os domínios IMS e CS. Por se tratar de uma aplicação no domínio do IMS, os assinantes utilizam os serviços disponíveis em qualquer uma das redes, sem dependência do tipo do acesso realizado. Essa é a estratégia do

IMS para alcançar o handover suave em sessões de voz e mídia para diversos terminais móveis.

Através desta arquitetura um terminal de usuário conectado ao VCC AS consegue se comutar através de diferentes tipos de rede, como CDMA, GSM, UMTS, PSTN, banda-larga fixa, WiFi e WiMAX, e pode ser implementada pelas portadoras fixas e móveis.

Os componentes básicos e as funções do VCC determinam que [3GP06]:

- Os domínios de rede CS e PS devem prover os mesmos serviços para o usuário, usando uma única identidade DN (*Directory Number*).
- Um usuário Dual-Mode (UE) que pode se anexar ou se registrar e receber serviços no domínio CS ou PS, dependendo a disponibilidade da rede e das preferências do usuário.
 - Quando o registro é permitido simultaneamente nos dois domínios de rede, este é conhecido como "*Dual Registration Mode*".
 - Quando o registro é permitido em somente um domínio de rede por vez, é conhecido como "*Single Registration Mode*".
- Um servidor de aplicações VCC opera no ambiente de rede e utiliza a sinalização SIP.
- Chamadas de voz são roteadas através do VCC AS, que controla cada "call leg", cada chamada é completada pela união de duas "call legs":
 - Uma "call leg" entre o UE e o VCC AS;
 - Outra "call leg" entre o VCC AS e usuário remoto.
- O handover de chamadas de voz entre os diferentes domínios de rede é iniciado pelo UE Dual-Mode, ao realizar uma chamada de handover para o domínio de rede "destino", que é encaminhado para o VCC AS.

A figura 3.1 representa o handover de uma chamada estabelecida WiFi para rede celular.



Figura 3.1: Handover WiFi para Celular.

Uma vez recebida uma solicitação de handover, o VCC AS derruba a chamada corrente entre o UE e o VCC AS e a substitui pela chamada de handover, de forma que o UE se conecta agora através da “call leg” de handover e o VCC AS com o usuário remoto.

Um dos pressupostos da aplicação do VCC é que os dispositivos móveis sejam capazes de operar tanto na rede VoIP quanto na rede móvel [3GP06]. Para tanto estão disponíveis dispositivos multimodo, capazes de exercer a função de decidir se o procedimento de handover deve ou não ser iniciado, conforme discutido na próxima sessão.

3.1.6. Decisão de Handover nos Dispositivos Multimodo

Para suportar o handoff vertical, um terminal móvel precisa ter uma placa dual mode, que permita executar atividades tanto na WLAN quanto na frequência UMTS, suas bandas e esquemas de modulação. A figura 3.2 representa alguns modelos de terminais que convivem no ambiente convergente.



Figura 3.2: Modelos de dispositivos WiFi Dual Mode.

Os telefones dual mode baseados em SIP permitem flexibilidade de uso do mesmo dispositivo em redes com cobertura celular ou WiFi. Alguns telefones que suportam este tipo de operação necessitam de intervenção manual para selecionar o modo de acesso, enquanto outros realizam esta operação automaticamente, conforme a potência do sinal detectado. Para obter o handover suave, o aparelho precisa não apenas suportar as duas formas de conexão, como também realizar a seleção automática do modo de acesso disponível [AGA07].

Já existem no mercado aparelhos que quando estão conectados no espectro não licenciado (WiFi), suporta funcionalidades VOIP SIP sobre WLAN. Quando está conectado à rede celular, suporta tanto conexões GSM/GPRS quanto CDMA.

Os desafios que afetam a interação do aparelho com a infraestrutura convergente estão relacionados ao modo de conexão com as diferentes redes e à autenticação nas mesmas. Existem duas formas de operação onde o telefone multimodo atua:

- a. *Dual Attach* (DA): o aparelho opera simultaneamente nas duas conexões, que permanecem ativas e funcionando continuamente. O telefone determina qual acesso e quando deve ser utilizado.
- b. *Single Attach* (AS): o dispositivo é configurado para decidir qual acesso utilizar e quando. Neste modo apenas um acesso está ativo e disponível por vez.

No modo *Single Attach*, o usuário tem o mesmo identificador nos dois espectros (wireless e celular), mas o perfil do usuário existe em apenas uma rede. No modo *Dual Attach*, o perfil do usuário precisa ser visível tanto na rede wireless quanto na rede de celulares, apesar de utilizar o mesmo DN (*Directory Number*). Dependendo se o DN está na rede VoIP ou na rede celular, as chamadas entrantes serão recebidas numa rede e redirecionadas para a outra, conforme as preferências do usuário ou do estado da conexão da rede onde está o telefone.

Outras propostas para decisão de handover são encontradas na literatura. Em [GRE06], diversas otimizações são desenvolvidas a fim de melhorar o processo de decisão de handover, através do desenvolvimento de uma função custo que qualifica um ambiente caracterizado por vários usuários conduzindo múltiplas sessões ativas através de uma variedade de redes sem fio. Tal trabalho obteve como resultado um algoritmo para apoio à decisão do handover vertical multiserviços (MuseVDA), capaz de realizar um processo de eliminação de redes, reduzindo assim o atraso e o processamento no cálculo do handover vertical. Outros cenários mais complexos não foram considerados, incluindo tratamento de normalização por fatores de QoS e seleção por peso.

Tradicionalmente, a decisão de handover é baseada no RSS (*Relative Signal Strenght*) detectado na região de borda de duas células. Entretanto, alguns tipos de redes wireless podem ter métricas de potência de sinal incomparáveis entre si, por exemplo: WLAN e UMTS. Além disso, redes WLAN e UMTS podem cobrir simultaneamente a mesma área. Em [FLO07], Zhu e McNair defendem o uso de uma base de dados de políticas contendo informações sobre as métricas que possam indicar se um handover é ou não necessário. São elas:

- (i) Tipo de Serviço. Tipos de serviços distintos requerem combinações de métricas como confiabilidade, latência e taxa de dados utilizada.

- (ii) Custo Financeiro. Redes distintas podem empregar tarifas diferentes conforme os serviços oferecidos, o que pode afetar a decisão do usuário sobre executar o handover.
- (iii) Condições da Rede. Parâmetros como tráfego, banda disponível, latência de rede, congestionamento (perda de pacotes) devem ser considerados a fim de garantir o uso efetivo dos recursos da rede.
- (iv) Desempenho do sistema. Características do canal de propagação, *path loss*, interferência entre canais, SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) e BER (*Bit Error Rate*). Neste item ainda é considerado consumo de energia do dispositivo.
- (v) Condições do terminal móvel. Padrão de velocidade, histórico de movimentação e informação de localização.
- (vi) Preferências do usuário. Preferências exclusivas negociadas entre o assinante e a operadora.

A decisão sobre como e quando comutar para qual interface de rede deve considerar alguma métrica ou um conjunto de métricas como as que foram mencionadas. Existem artigos na literatura que estudam o desempenho do handover vertical entre redes Celulares e WLANs de acordo com o limite RSS (*Receive Signal Strength*) [ZAH06] enquanto [MAJ02] emprega a lógica fuzzy para resolver este problema.

No caso de [MAJ02], um algoritmo adaptável baseado na lógica fuzzy adapta a média e a histerese dos valores de entrada estimados da velocidade do aparelho móvel e do tráfego da WLAN. Este algoritmo diminui o atraso e o número de handoffs desnecessários causados na técnica RSS, de acordo com a velocidade média do dispositivo móvel. Uma vez que o tráfego na WLAN também é considerado, o autor defende que os requisitos das redes heterogêneas serão melhor atendidos através aplicação desta técnica.

Outros artigos referentes às soluções para handover em redes utilizando a arquitetura IMS são discutidos na próxima seção.

3.1.7. Evolução do Handover Vertical no IMS

Na literatura muitas propostas são encontradas no que se refere ao handover, como já discutido na seção 3.1 (Handover Suave). Na arquitetura da convergência fixo-móvel, dado que a padronização para o handover vertical tem previsão de ser finalizado na versão 8 do IMS [INT06], o mercado vem utilizando formas de contornar as limitações detectadas durante a implantação dos serviços convergentes.

O objetivo destes métodos é encontrar as configurações apropriadas, as interfaces e os procedimentos existentes no ambiente padronizado nas redes as quais o IMS já se encontra em uso. Além disso, se conservado o objetivo de manter estas arquiteturas operacionais no futuro, antevendo a implementação definitiva do IMS e suas possibilidades de evolução.

A proposta existente no mercado é dividir as arquiteturas de handover em três fases: a primeira fase baseada nos padrões existentes e operacionais. A segunda fase aplicando os padrões existentes e ainda não implantados e a terceira fase procurando antecipar os padrões. Assim:

Fase 1: arquitetura de handover de voz baseada na fase 1 do VCC AS, que opera na versão 4 do IMS.

Fase 2: arquitetura de handover de voz baseada no VCC AS implementado como um servidor de aplicações no IMS, que é operado dentro do IMS inicial (3GPP R5/R6), como uma opção de transição para o IMS R7.

Fase 3: arquitetura de handover de voz baseada no VCC R7, como esta sendo desenvolvido pelas organizações que definem os padrões 3G (SDO – *Standards Development Organizations*).

A primeira fase se refere à versão 4 do IMS porque em meados de 2006 muitas operadoras da rede móvel estavam em processo de implantação dos sistemas em conformidade com essa versão. A fase 3 esta em processo de padronização pelos 3G SDOs (3GPP R7 VCC) [3GP06].

Diversos trabalhos são encontrados na literatura a fim de minimizar o impacto dessa transição. Kumudu e Jumalipour [KUM06] propuseram uma arquitetura para interconexão de WLANs e da rede móvel de 3ra Geração (3G). Trata-se da introdução de um elemento de gerência de mobilidade na arquitetura IMS, na tentativa de dispor, para o dispositivo móvel, informações detalhadas das condições do acesso aos serviços UMTS. A contribuição desta é a habilidade de negociar de gerenciar sessões em tempo-real, onde o IMS só atua como intermediário de conexão. A evolução deste modelo ajuda a solucionar o problema da distribuição de endereços IP e da transposição de cargas de alto tráfego na rede móvel. No entanto apresenta limitações no que se refere ao roteamento transparente de dados e ao provisionamento de QoS nos dados originados da WLAN.

Outra estratégia para garantir a continuidade de serviço em redes heterogêneas propõe garantir que o dispositivo móvel esteja sempre conectado através da melhor tecnologia de acesso, dados parâmetros como disponibilidade da tecnologia em determinada localização e o consumo de serviços [GRE06]. Este trabalho utilizou o Mobile IP na camada de acesso da

arquitetura UMA (*Unlicensed Mobile Access*) para propor um serviço de continuidade entre acessos, nos cenários de interconexão previstos. Este trabalho foi desenvolvido na Universidade de Helsinque, estruturado sobre uma plataforma de testes real e deixa pendentes questões relacionadas à continuidade de serviços na arquitetura IMS.

Uma proposta para otimizar a arquitetura do handover vertical é apresentada em [FLO07]. Este artigo propõe a integração da arquitetura MIH (*Media Independent Handover* – IEEE 802.21) com a plataforma IMS, a fim de obter melhorias nos mecanismos de entrega de qualidade fim-a-fim dos serviços, permitindo controle e garantia de QoS. Também propôs fornecer parâmetros de custo para os terminais móveis. Em decorrência do uso desta arquitetura, seria possível otimizar a qualidade de serviço através da adaptação contínua de parâmetros de sessões multimídia.

Uma outra abordagem pode ser empregada para tratar as questões do handover vertical. Quando uma estação móvel transfere uma sessão de usuário de uma rede para outra, o endereço IP muda. Para permitir que o nó correspondente com o qual o dispositivo está se comunicando o reencontre corretamente e permita que a sessão continue, é necessário garantir a mobilidade do IP. Este é um problema que pode ser resolvido em diversas camadas, como na camada de aplicação, na camada TCP, IP, etc. O método mais comumente utilizado é o emprego do SIP (*Session Initiation Protocol*) e Mobile IP. Um destes trabalhos executa testes de desempenho empregando a mobilidade sobre SIP em Ipv6 [ZHU04]. Este artigo verifica o atraso decorrente da movimentação de um dispositivo entre dois nós, quando aplica o DAD (*Duplicate Address Detection*) e a seleção de rota. Essa análise prova que a mobilidade na camada de aplicação, como o SIP, pode ser uma alternativa para gerência de mobilidade.

3.1.8. Conclusão

Uma vez identificadas e verificadas as estratégias de handover existentes, observa-se que nenhuma delas é capaz de garantir os requisitos de qualidade e disponibilidade exigidos pelos serviços associados às redes IMS. As técnicas atuais atendem especificamente às necessidades de velocidade no handoff necessárias nas redes móveis que utilizam tecnologia de rádio e baseiam-se apenas na capacidade do dispositivo de identificar e decidir o modo de acesso mais próximo.

As características de qualidade para continuidade de voz e de serviços em redes baseadas em IMS será atendida quando houverem estratégias suficientemente adequadas para minimizar os efeitos decorrentes da transição entre os meios de acesso durante a mobilidade,

considerando a integração com o universo multimídia possibilitado pelas tecnologias NGN. Os capítulos subsequentes discutem os efeitos dos parâmetros de rede sobre handover vertical numa rede integrada via IMS quando o serviço PoC (*Push to Talk over Cellular*) está sendo utilizado. Tal cenário foi reproduzido em laboratório; através do qual foi possível obter um conjunto de parâmetros otimizados para realizar a análise resultante nesta pesquisa.

Capítulo 4

Desenvolvimento

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi necessário delimitar quais serviços, cenários e métricas que seriam considerados durante a simulação do handover, a fim de obter um conjunto de atributos adequado para atender às necessidades de cada um dos cenários propostos.

Além da definição de quais serviços e métricas seriam utilizados, foi necessário pesquisar qual ferramenta de simulação seria adequada para emular a topologia de rede e as características dos enlaces com e sem fio, bem como de mobilidade. Na literatura corrente, as ferramentas mais utilizadas são o NS e o MobiCS [RIC08]. O MobiCS foi escolhido por ser uma ferramenta Java que já possuía módulos de rede pré-definidos em bibliotecas [3GP03]] disponíveis para uso em pesquisa. Além do MobiCS, foi identificada uma segunda ferramenta de simulação dos módulos de rede do IMS, o SDS (*Service Development Studio*). Os subcapítulos desta seção discutem as características de cada um destes simuladores e apresenta justificativas para o emprego de uma ou outra ferramenta no desenvolvimento desta dissertação.

4.1. MobiCS

O MobiCS tem sido usado como ferramenta para ensino e pesquisa em instituições como IME/USP, DI/PUC-Rio, DCC/UFMG e no Indian Institute of Technology em Roorkee.

O MobiCS (*Mobile Computing Simulator*) é um ambiente para prototipação, teste e simulação de protocolos para computação móvel. O MobiCS possui dois modos de simulação: o determinístico e estocástico. O modo determinístico é utilizado para avaliar protocolos em situações específicas, a simulação se baseia em um script que expressa o comportamento dinâmico do ambiente de computação móvel, desde a movimentação dos computadores móveis, o instante de envio/recebimento de mensagens até a ordem global de ocorrência dos eventos. No modo estocástico, o MobiCS executa uma simulação exaustiva

nos protocolos distribuídos, com o objetivo de avaliar o desempenho do protocolo em um cenário aleatório e mais realístico. Com esse modo de simulação é possível também observar o comportamento do protocolo em cenários maiores e exaustivos, cuja descrição é impraticável através de scripts determinísticos.

O MobiCS se baseia em três tipos de abstrações para a especificação de modelos de simulação: gerador de eventos, atraso de comunicação e mobilidade. Um gerador de eventos indica como os eventos são gerados durante uma simulação. O atraso de comunicação especifica o comportamento dos canais de comunicação como uma função do tempo de envio de uma mensagem pelo canal. A mobilidade define abstrações sobre a localização e movimentação de computadores móveis.

A diferença básica da simulação determinística para a estocástica é a forma como o cenário de simulação é descrito. Enquanto na simulação determinística o usuário descreve em um script um cenário bem específico e determinístico, na estocástica o usuário deverá descrever os padrões de comportamento de todos os elementos de rede: máquinas fixas e móveis e canais de comunicação. Esses padrões de comportamento são chamados de modelos de simulação, para os quais foram definidos os seguintes termos:

- **Parâmetros de simulação:** conjunto de parâmetros de entrada de um elemento simulado que definem como eventos internos serão gerados durante a simulação.
- **Modelo de simulação:** define quais são os parâmetros dos elementos simulados que definem seu comportamento e como os eventos internos (como envio de mensagens e migrações) são gerados a partir desses parâmetros.
- **Eventos internos:** quaisquer eventos que um elemento simulado pode gerar sem a interferência de outro, como enviar mensagens ou migrar. Caso um elemento não gere nenhum evento interno, ele será um elemento passivo na simulação, que apenas executa alguma ação quando recebe uma mensagem de outro elemento.

No MobiCs, toda a simulação deve criar objetos que representam os elementos simulados, desde estações móveis até canais de comunicação. Por exemplo, um modelo de simulação para canais de simulação define o atraso associado ao envio de uma mensagem dada. O MobiCs traz uma arquitetura de software flexível com transparência de simulação para protocolos, bem como um modelo de programação de protocolos simples. O uso do modo de simulação determinístico no teste de validação de protocolos é considerado flexível por ser aplicável a qualquer classe de protocolo. Além disso, não exige a especificação formal do mesmo, tornando-se útil na depuração dos protocolos de handover. No entanto a necessidade de testes exaustivos exige o uso de ferramentas de geração de casos de teste.

Apesar de apresentar os módulos adequados para simulação do handover horizontal, todos os módulos de rede necessários para a simulação dos nós presentes no IMS necessitaria de implementação. Por esta razão a busca por ferramentas de simulação foi mantida, através da qual foi possível identificar o SDS (*Service Development Studio*), cujos módulos estão detalhados na próxima seção.

4.2. Service Development Studio

A indústria de fornecedores de serviços selecionou o IMS para implementações de FMC, uma vez que esta tecnologia permite a introdução e a integração de serviços de forma transparente para o usuário. O IMS facilita a integração e a convergência de acesso e dispositivos baseados nas facilidades padronizadas como a Telefonia Multimedia IP, os serviços de mensagem, PoC, serviços de presença, gerenciamento de grupo, etc.

O SDS é uma ferramenta desenvolvida pela empresa Ericsson, que oferece uma solução compreensível e orientada a padronização para o desenvolvimento de uma nova aplicação IMS e seus serviços, pois provê APIs de alto nível que escondem a complexidade da rede e dos dispositivos, incluindo uma gama de modelos e guias para suporte do desenvolvimento e minimizar o tempo de projeto. Com o SDS, as APIs de controle e acesso das funcionalidades como o PGM (*Presence and Group Management*), VoIP (*Voice over IP*), PTT (*Push-to-Talk*) e IMS-M (*Messaging*). As próximas versões devem incluir APIs para suporte ao IPTV e à mobilidade. O SDS também pode ser configurado como um emulador da rede core de IMS, assim como um ambiente de execução de servidores JEE/SIP em testes com os serviços de IMS. A figura 4.1 apresenta a perspectiva visual da ferramenta SDS [EAB08].

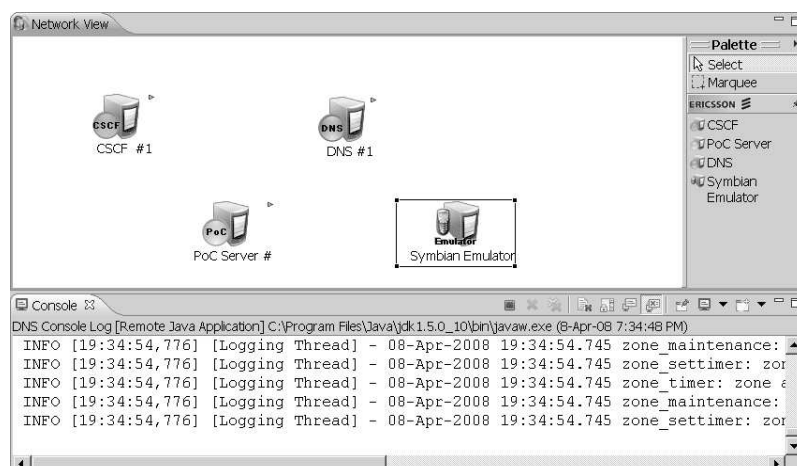


Figura 4.1. Perspectiva visual da rede na ferramenta SDS

A tabela 4.1 apresenta as funcionalidades disponíveis no SDS versão 4.1 [EAB08].

Tabela 4.1: Funcionalidades do SDS 4.1

Aplicação para desenvolvimento e debug de redes IMS Cliente-Servidor	Baseado em IDE (Eclipse Integrated Development Environment) para desenvolvedores Java EE Eclipse 3.4; WTP 3.0 (Web Tools Platform); EclipseME 1.7.9; JavaME Midlet com SUN, SEMC e Nokia WTKS; Modelos para desenvolvimento de aplicações cliente/servidor; Modelos para testes com Test Agents, ATF (Automated Test Framework) e VTF (Visual Traffic Flow).
ICP (IMS Client Platform)	APIs Pre-JSR 281/325 Symbian v9.1 / UIQ 3.0, dispositivo SEMC P1; Windows PC's 2000 / XP ; Vista (32 bit Enterprise Edition);
ICP (IMS Client Platform)	C++ Symbian v9.2 S60 3rd Edition FP1, phone N95 Windows PC's, XP / Vista (32 bit Enterprise Edition)
ICP Media Support	Audio and Video Recorder / Player
IMS JME Client Utility (IJCU) and IMS Proxy Server (IPS) emulator	JavaME feature phones complying with CLDC 1.1/MIDP2.0 and MSA 248
Device client creation/packaging	test and deployment support
Server application creation/packaging test and deployment support	JavaEE/SIP using Glassfish/SailFin as SDS default application server SIP/HTTP using SDS internal JSR116 compliant SIP Container
JavaEE/SIP as trial execution environment and commercial target servers	SailFin 1.0 (Alpha) Oracle WLSS 3.1 (JSR116) Oracle WLSS 4.0 (JSR 289) SUN GlassFish Communication Server (SGCS 1.5) (JSR 289)
IMS Core and Communication Services (CoSe)	IMS Core services (Registration, Authentication, and so on) Presence and Group Management (PGM) emulator (OMA Presence and XDM v1 standards) Push-to-Talk (PTT-AS) emulator (OMA PoC v1 standard) IMS Messaging (IMS-M) emulator (OMA SIMPLE IM v1 standard) Combinational Services (CSI), CS call with any IP (PS) application (GSMA video/image-share, "WeShare", games, and so on) Enhanced Voice over IP (VoIP), peer-to-peer for Windows PCs (2K/XP/Vista) and SEMC P1 mobiles. 3GPP / TISPAN VoIP compliance in SDS roadmap.
IMS Core network emulator	(P/I/S-CSCF, BGCF, HSS, DNS, and ENUM)
Support for Mobile, Fixed Broadband, and WLAN access	

Os serviços de comunicação sobre o IMS (CoSe) habilitam o suporte de rede para aplicações de mercado globalmente interoperáveis através de um conjunto bem definido de facilidades, que incluem o manuseio de mídia, princípios de roteamento e de serviços suplementares.

Estas funcionalidades básicas são identicamente distribuídas em todas as redes IMS e dispositivos, que têm seu desempenho melhorado pela massificação de sua aplicação. Consequentemente, o CoSe é a fundação para interoperabilidade global. As funcionalidades CoSe são expostas como APIs para a comunidade de desenvolvimento, tanto os desenvolvedores de dispositivos, quanto para os de servidores de aplicações.

A rede IP atua como um tunelamento interoperável e padronizado para os serviços de multimídia. As aplicações podem ser conectadas através de APIs, tanto nos dispositivos

quanto nos servidores. Esta é uma maneira de estabelecer acordos de interconexão entre as operadoras e de conectar as indústrias de Internet e de mídia.

A indústria de aplicações tem atuação marcante nos dispositivos do padrão IMS, sobre as UNIs (*User Network Interfaces*), por meio de aplicações como o SDS. Para o usuário final, a experiência rica em multimídia é criada através da combinação de mídia ou conteúdo com as aplicações dos usuários e com as facilidades CoSe. Assim, a maior parte das aplicações que suportam o IMS é configurada nos dispositivos do IMS: aparelhos móveis, servidores e sites de serviço. A padronização do IMS atualmente suporta dois mecanismos: O JCP (*Java Community Process*) é também padronizado no modo de APIs dispositivo/cliente, como o JSR 281 (*IMS Services APIs*) e as APIs do CoSe (*IMS Communication Enablers – JSR 325*).

4.2.1. Aplicações disponíveis no SDS

As aplicações disponíveis no SDS estão padronizadas com o 3GPP e o TISPAN e tratam-se de módulos de serviço. São eles:

- O MMTel, que é otimizado para entrega fim-a-fim de mídia em tempo real entre dois usuários conectados, com controle de mídia duplex em tempo real e com os padrões de serviços suplementares definidos.
- O PoC, que é baseado no Push-to-Talk over Cellular (PoC), uma aplicação padronizada pelo OMA (*Open Mobile Alliance*). O principal objetivo é o controle de comunicação em grupo, contendo mídia transmitida no modo half-duplex e controle de fluxo para mídia contínua. Cada parte está conectada a um grupo central que gerencia o grupo e a distribuição de mídia.
- O Messaging, que é baseado na padronização OMA Messaging, Page Mode e IM/Chat. Seu principal objetivo é garantir entrega de mensagens instantâneas caso o endereço destinado esteja disponível. O OMA Presence e Group Management suportam mecanismos que também são baseados no modelo OMA de padronização para serviços de Presença e Gerenciamento de Grupos.

O sucesso da tecnologia IMS, assim como de outras tecnologias do passado, depende da disponibilidade dos dispositivos de uso final. A disponibilidade de um aparelho móvel que suporta a nova tecnologia é usualmente o problema mais crítico e tem sido enfrentado pelos fornecedores através das seguintes iniciativas:

- produção de terminais que suportam os padrões Java (JSR281 e JSR 325) até que todos os dispositivos Java estejam preparados para o IMS;
- oferta de aplicações IMS que possam ser instaladas nos dispositivos baseados em Symbian e Windows OS, como ICP (*IMS Client Platform*) e gradualmente estendido para outros sistemas operacionais como Windows Mobile, Linux, etc.;
- oferta de soluções baseadas em aparelhos Java (não-SIP) com um conjunto de funcionalidades IMS através do uso dos IJCU (*IMS Java Client Utility*) e de um proxy de rede IMS.

A Ericsson, como fornecedor especificamente busca integrar as funcionalidades dos APIs de IMS nos produtos da linha EMP (*Ericsson Mobile Platform*) a fim de possibilitar o desenvolvimento de novos aparelhos que suportem as aplica SonyEricsson, LG, NEC, Sharp, etc. Este fornecedor também lidera e coopera na especificação as APIs de serviço Java IMS (JSR 281) e IMS Communications Enablers API (JSR 325) na JCP (*Java Community Process*).

Fornecedores de aparelhos celulares que suportam o EMP (Ericsson Mobile Platform). Estes aparelhos são usados em muitos aparelhos pelas maiores marcas, como a Sharp no Japão, com o serviço da operadora Softbank que provê para os usuários o sistema IMS móvel. Com a padronização das APIs IMS, bem como com a aceleração da implantação do IMS, muitos aparelhos suportarão as APIs IMS instalados de fábrica.

Apesar de apresentar os módulos adequados para emulação dos nós do IMS, os módulos para a realização do VCC e conseqüente execução do handover vertical não se encontravam integrados ao simulador. Tal integração, conforme estimativas do centro de desenvolvimento, adicionaria meses de desenvolvimento de software não previstos no calendário desta pesquisa. Por esta razão optou-se pela realização de testes e observação de resultados em ambiente de laboratório, através do qual foi possível dar continuidade ao objeto da pesquisa, conforme descrito na próxima seção.

4.3. Laboratório de integração entre redes WLAN e 3GPP

Os fluxos de chamada descritos a seguir deveriam ser implementados através da simulação com o SDS. Porém, o módulo VCC do simulador encontra-se num estágio incipiente de desenvolvimento, não havendo a possibilidade de investigar os impactos fim-a-fim via emprego do ambiente simulado, apenas a realização de testes com o serviço PoC sem

incluir os fluxos do handover. Por essa razão todos os fluxos de chamada foram obtidos em testes executados em ambiente de laboratório.

O objeto desta dissertação corresponde ao cenário número cinco, entre os 6 cenários definidos pelo 3GPP [3GP03] para continuidade de serviços, conforme exibido na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Cenários que representam de integração entre redes WLAN e 3GPP

Cenário	Descrição
<i>Common Billing and Customer Care</i>	o assinante recebe apenas uma conta da operadora pelo uso dos serviços 3GPP e WLAN.
<i>3GPP system based Access Control and Charging</i>	AAA (<i>Authentication, Authorization and Accounting</i>) para WLAN são providos através do sistema 3GPP utilizando credenciais (U)SIM. Depois de ser autenticado com sucesso, o assinante recebe a autorização de acesso.
<i>Access to 3GPP system OS based services</i>	permite acesso a SMS, Presence, MBMS e acesso corporativo através da WLAN.
<i>Service Continuity</i>	permite que os serviços suportados no cenário 3 sobrevivam à mudança de acesso entre WLAN e UTRAN/GERAN. A mudança pode ser percebida pelo usuário, mas não deve existir a necessidade de restabelecimento do serviço. A norma prevê que devido aos diferentes tipos de acesso existentes, possa haver diminuição de qualidade depois de ocorrida essa transição.
<i>Seamless services</i>	fornece continuidade de serviços transparente entre as tecnologias de acesso, para os serviços e tecnologias definidos no cenário 3. Perda de dados e a duração da interrupção do serviço devem ser minimizados
<i>Access to 3GPP CS Services</i>	permite que os serviços fornecidos por entidades do 3GPP CSCN (<i>Circuit Switched Core Network</i>) estejam acessíveis sobre a WLAN

O ambiente de testes reproduz o modelo referente aos requisitos de estabelecimento de sessão do serviço PoC (*Push over Cellular*), uma vez que os módulos de teste deste serviço se encontram disponíveis no laboratório de VCC (*Voice Call Continuity*) localizado na PDU (*Product Development Unit*), conforme representado em alto nível na figura 4.2, o que permite identificar as necessidades do serviço PoC sobre a rede IMS durante o handover vertical.

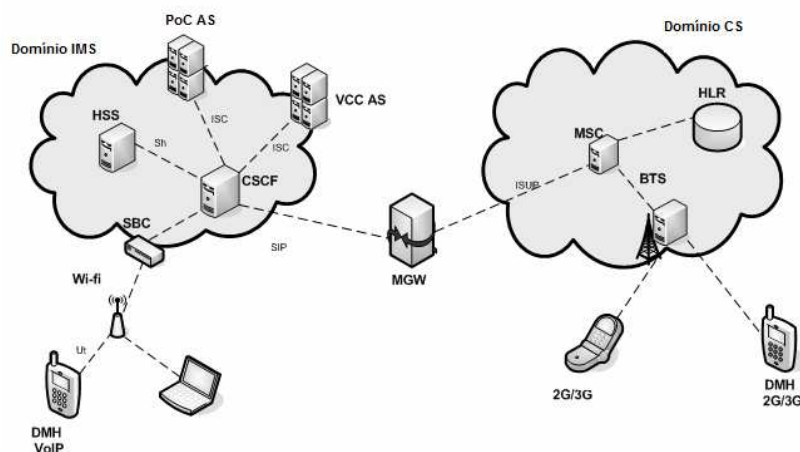


Figura 4.2. Laboratório de testes da solução VCC.

O laboratório VCC apresenta os elementos necessários para realização de testes e obtenção de resultados para análise dos parâmetros que impactam o processo de decisão no handover vertical nas redes IMS, quando o serviço PoC está em uso. Os principais componentes da solução VCC (*Voice Call Continuity*) disponíveis atualmente estão descritos na tabela 4.3:

Tabela 4.3: Componentes do VCC.

Módulo VCC	Descrição
Plataforma VCC	Serviço baseado em MM-AS que atua como um servidor de aplicações na rede IMS. A aplicação VCC gerencia chamadas dos assinantes VCC, executando as operações de handover sempre que solicitado.
Cliente VCC	Aplicação instalada no dispositivo de modo duplo (<i>Dual Mode Handset</i>). Sua principal função é medir a potência dos sinais WiFi e GSM, realizando o handover quando o limiar é ultrapassado.
Dispositivo de modo duplo	Dispositivos de modo duplo são válidos para as redes GSM e IMS. Exemplo: Nokia E65 (Symbian) e Hpi514 (W.Mobile 6.0).

A figura 4.3 apresenta o diagrama físico em baixo nível do laboratório em questão, no domínio IMS.

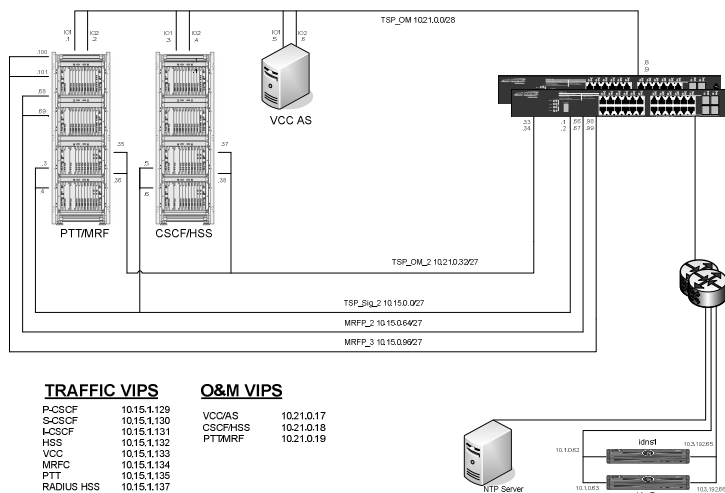


Figura 4.3. Diagrama físico do laboratório para testes do VCC

Além da plataforma VCC outro elemento relevante na análise de desempenho do serviço PoC é o dispositivo e a aplicação de Modo Duplo ou *Dual Mode Handset*, detalhado no sub-item 4.3.1.

4.3.1. Aplicações e Dispositivos de Modo Duplo

Os dispositivos de PoC são adaptados para conversação em half-duplex e também são capazes de operar nos dois domínios CS e IMS. A habilitação desta operação é realizada através da instalação de um cliente de software que permite opções de configuração VCC para roteamento e para handover. A figura 4.5 exibe as possíveis configurações desta aplicação.

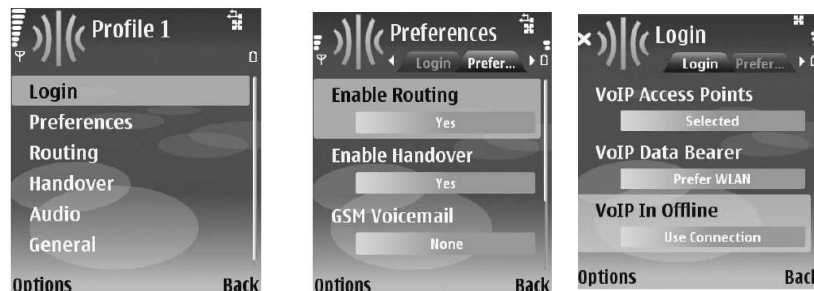


Figura 4.4: Configuração CiceroPhone v2.7.7_b5.

Um dos parâmetros configuráveis no dispositivo do cliente é a possibilidade de habilitar o handover. Se este parâmetro estiver configurado como “Yes”, o handover WiFi-GSM acontecerá quando a potência do sinal WiFi estiver abaixo do limite configurado. Essa solução é válida somente para Voz e não para outros serviços disponíveis.

As versões iniciais de plataforma e de softwares de dispositivos móveis não tinham maturidade suficiente para uma implementação comercial e se comportaram bem apenas nos cenários básicos de chamadas. A integração e os testes do serviço VCC nos ambientes móveis traz muitos problemas, alguns dos quais críticos, que requerem um grande esforço para estabilizar o sistema.

A fim de observar os efeitos do handover vertical sobre o serviço PoC, bem como seu impacto durante a execução do handover entre os domínios, também é necessário discutir os contextos de continuidade de serviço, conforme descrito no próximo sub-item.

4.4. Contextos de Continuidade de Serviço

Atingir qualidade de serviço fim a fim numa rede depende de assegurar largura de banda fim a fim. Nas redes móveis, o gargalo na maioria das vezes está no acesso sem fio ou interface aérea (como observado na figura 4.4). Considerando a limitação dos recursos de radio e também a existência de dispositivos de usuários solicitando os mesmos recursos para suas aplicações, existe a necessidade de priorizar essas solicitações ao alocar os recursos da rede.

A disponibilização do serviço PoC sobre o IMS envolve diversos elementos de rede, conforme exibido na figura 4.5., que ainda representa a transição de um assinante do domínio de acesso via Radio a partir de um ponto de acesso Wi-Fi, para o domínio de serviços IMS, ou propriamente o handover de serviços entre domínios distintos (handover vertical). Neste cenário é possível identificar distintas necessidades das redes de dados, que poderiam disputar os recursos disponíveis na rede. Através do emprego dos contextos de continuidade de serviço, onde atributos de qualidade fim-a-fim são definidos pelo 3GPP TS 23.107 [INT06], os efeitos de tais situações de conflito podem ser minimizados.

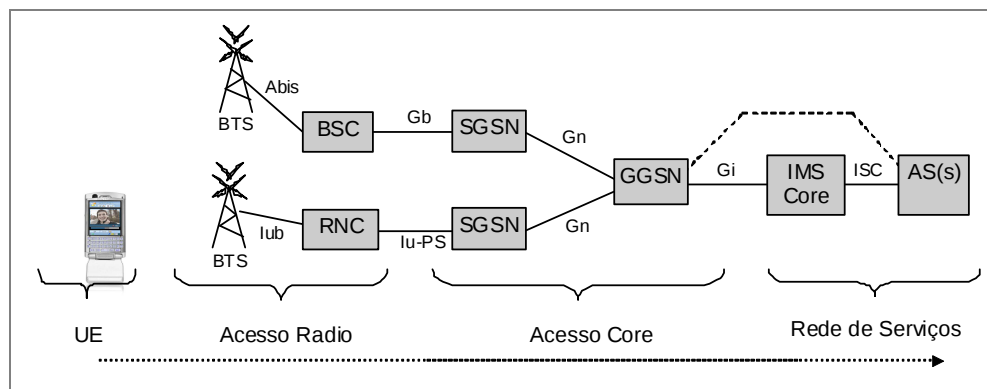


Figura 4.5: Elementos de rede envolvidos no handover vertical CS para IMS.

O grupo de interoperabilidade para serviços de handover de voz [INT06] especifica os níveis de QoS esperados nas redes 3GPP. Existem quatro diferentes classes de tráfego QoS listados nessa especificação (da maior para a menor prioridade): Conversational, Streaming, Interactive e Background. Enquanto as classes Conversational e Streaming estão principalmente direcionadas ao uso de fluxos de tráfego em tempo-real; as classes Interactive e de Background estão relacionadas ao uso das aplicações tradicionais de Internet, como Email, Telnet, FTP, etc.

As aplicações em tempo-real se beneficiam do uso da classe Streaming para as porções de mídia, além de outros fatores que também precisam ser considerados numa rede IMS está sendo implantada. O 3GPP TR 23.979 [KIM05] determina contextos PDP (*Packet Data Protocol*) com opções de uso para qualquer serviço, com o objetivo de melhorar a utilização dos recursos nas duas redes:

- Um simples contexto PDP é utilizado tanto para sinalização quanto para tráfego de mídia;
- Um contexto PDP de tráfego de mídia separado é solicitado, mas a sinalização IMS pode compartilhar um contexto PDP genérico com outro tráfego GPRS;
- Um contexto PDP exclusivo é solicitado para tráfego de sinalização IMS, mas o tráfego de mídia pode compartilhar um contexto PDP com outros contextos genéricos;
- Um contexto PDP é solicitado para a sinalização IMS, toda a mídia compartilha um único contexto PDP e todo o tráfego GPRS usa contextos PDP separados;
- Contextos PDP únicos são solicitados para a sinalização IMS, toda a mídia como áudio e texto solicitam contextos PDP distintos e todo o tráfego GPRS usa um contexto PDP distinto.

É importante ressaltar que essa distinção dos tráfegos de dados simultâneos na rede e permite identificar e avaliar em quais níveis a solução de continuidade de voz do 3GPP atende aos requisitos para o serviço PoC, bem como estabelece referências de qualidade fim a fim para efetivar tal análise.

4.5. Cenários de teste

Existem dois tipos de tráfego para serviços no IMS:

- Tráfego de Mídia e sua sinalização correspondente (RTP, RTCP, TBCP)
- Tráfego de sinalização de controle (SIP, HTTP)

Ambos são transportados em fluxos de comutação de pacotes e portadoras de radio. Estes fluxos foram coletados e analisados segundo os seguintes cenários:

- Handover iniciado no domínio CS e terminado no domínio IMS
- Handover iniciado no domínio IMS e terminado no domínio CS
- Handover não completado

Para cada um dos cenários, foram coletadas amostras de chamadas realizadas através do emprego da ferramenta Wireshark [COM08], cujos traçados .cap. Para os casos de handover completado, foram coletadas amostras em quatro estágios distintos:

1. Início da chamada;
2. Estabelecimento da sessão PoC;
3. Realização do handover;
4. Término da chamada.

A realização do handover sempre aconteceu após o primeiro estágio e a mobilidade em apenas uma direção. Os cenários de handover iniciados e terminados no mesmo domínio não fazem parte do escopo desta pesquisa, bem como o handover entre distintos dispositivos.

4.6. Parâmetros de ensaio

Latência e vazão são os parâmetros capazes de implicar o maior impacto na qualidade de serviço fim-a-fim.

No PoC, a latência se refere ao atraso no tempo, normalmente medido em milissegundos (1/1000'), entre a entrada inicial e a saída percebida. Também é conhecida por atraso no transporte, referindo-se ao atraso entre o início da transmissão na rede pela origem e a recepção dessa transmissão pelo destino. Numa comunicação em sentidos únicos, a latência pode ser medida como o tempo de transmissão de uma solicitação para uma mensagem, para o tempo quando a mensagem é efetivamente recebida.

A vazão refere-se ao número de mensagens bem sucedidas na entrega por unidade de tempo. Este parâmetro é controlado pela largura de banda existente, assim como pela taxa de ruído e por limitações de hardware.

A janela de tempo é o período sobre o qual a vazão é medido. A escolha de uma janela de tempo adequada frequentemente determina tanto o cálculo da vazão quanto da latência.

Durante o início de uma sessão IMS, quando a mídia em tempo real é solicitada, o seguinte procedimento deve ser respeitado:

1. Reserva de recursos do IP-CAN (*IP- Connectivity Access Network*) apropriado para mídia em tempo real e pode ser iniciada quando o UE considera que tem informações suficientes, como quando envia um SIP INVITE ou quando a resposta SDP é conhecido. É o UE que decide quando a reserva de recursos deve ser iniciada, mas essa reserva pode falhar caso seja feita antes de receber a resposta SDP, devido às políticas aplicadas no gateway IP-CAN.

2. O usuário é alertado, sobre o início de uma sessão multimídia, quando os recursos para mídia em tempo real estiverem disponíveis.
3. A autorização dos recursos de QoS podem ser feitos na oferta SDP e/ou na resposta SDP no lado destino e na resposta SDP no lado originante.
4. Tanto os atributos pré-condicionados e/ou os atributos diretivos do SDP deveriam ser usados para indicar quando a mídia pode ser enviada. Quando a reserva de recursos é solicitada e a oferta inicial do SDP indica que os recursos disponíveis não são suficientes, ambos os atributos diretivos e de pré-condição do SDP deveriam estar indicados no SDP.
5. A aprovação do QoS pela rede de políticas é feita quando a resposta SDP indica que a mídia está ativa.
6. A mídia pode ser enviada de um UE assim que o outro UE indicar que a mídia pode ser recebida.

Uma vez estabelecidos os parâmetros adequados para observação dos impactos do handover na qualidade de serviço fim-a-fim, a próxima seção discute a definição dos critérios utilizados no processo de decisão do handover vertical.

4.7. Definição de critérios de handover vertical

Os critérios de handover utilizados nessa pesquisa foram definidos de acordo com as informações disponíveis sobre a rede de acesso, o ponto de acesso e critérios do usuário definidos do dispositivo, conforme descrito na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Critérios de Handover

Ponto de Acesso	Nível de QoS esperado no PoC
	Ponto de acesso preferido
	Prioridades do serviço
Rede de Acesso	Disponibilidade de banda durante o downstream/upstream
	Condições de qualidade do link (SNR, Taxa de retransmissão)
	Níveis de Segurança
Dispositivo	Custo do Acesso
	Terminal multimodo
	Tamanho da tela
	Tempo de vida da bateria

4.8. Funções Custo para seleção do melhor acesso

Em [WAN99] uma função de custo é sugerida para selecionar o melhor acesso candidato ao handover. Esta função custo foi utilizada por ser adequada ao cenário de handover em redes IMS com distintos tipos de acesso. Já em [MAN06] a mesma função custo é utilizada, utilizando um novo critério que considera ainda as preferências do usuário, as características de serviço e características do link de radio (Custo, Banda e PER). Essa função é definida para cada um dos acessos candidatos.

No momento do handover (quando o nível do sinal recebido se degrada), esta função custo é calculada para os acessos candidatos à disposição (WiFi / CS). O acesso com a menor função custo será eleito o novo acesso. A função custo é assim apresentada:

$$f = \sum_a [(w_{c,a} \cdot \ln C_{n,a} + w_{b,a} \cdot \ln \frac{1}{B_n} + w_{p,a} \cdot \ln P_n) \cdot P_a] \quad (4.1)$$

$$\sum_i w_{i,a} = 1$$

Onde:

C_n : taxa de retransmissão no acesso n.

B_n : largura de banda no acesso n.

P_n : consumo de energia do terminal quando conectado ao acesso n.

$W_{i,a}$: peso de cada parâmetro conforme a aplicação PoC

P_a : prioridade da aplicação.

a: aplicação

4.8.1. Função Custo de Aplicações do Usuário

A função custo é calculada de acordo com os parâmetros de acesso da rede n, considerando as preferências do usuário e as funcionalidades disponíveis no terminal do usuário para cada aplicação ativa. Assim:

$$UACF_{n,a} = \sum_i w_{j,a} f_{j,n} \quad (4.2)$$

Onde:

UACF: *User Application Cost Function*

j: DB_w , UB_w , consumo de energia e taxa de retransmissão

w: peso por aplicação

a: aplicação

4.8.2. Custo total para todas as aplicações

O custo total para as aplicações é definido com o emprego da função UACF. Se a aplicação em uso necessita

$$UACF_n = \sum_a UACF_{n,a} P_a \quad (4.3)$$

Onde:

UACF: *User Application Cost Function*

n: número de aplicações

a: aplicação

P: consumo quando determinada aplicação está em uso

4.8.3. Função Custo para o Handover Vertical

$$VCF_n = UACF_n + h_{VHO,n} \quad (4.4)$$

Se a tecnologia de rede de um acesso candidato é diferente do acesso atual, $h_{VHO,n}$ adiciona custo extra. Assim:

$$h_{VHO,n} = \begin{cases} c_v \ln(N) \dots se \text{ HO vertical} \\ 0 \dots \dots \dots senão \end{cases} \quad (4.5)$$

Onde:

n: Número de trocas de sinalização solicitadas no handover vertical.

4.8.4. Procedimento de Handover

O LBF (*Load Balancing Factor*) é adicionado a fim de distribuir o tráfego sobre os diferentes acessos de forma que o total de recursos dos acessos sobrepostos possa ser utilizado eficientemente [MAN06]. Assim fica definido a função custo de carga (*Load Cost Funcion*):

$$LCF_n = UACF_n + LBF_n + h_{VHO,n} \quad (4.6)$$

Outro aspecto considerado é o efeito da distribuição de sessões na carga total da rede. A distribuição de sessões é a capacidade de alocar as tecnologias de acesso mais apropriadas para cada aplicação ativa de um usuário. Dessa forma é possível garantir a eficiência nos uso dos recursos da rede.

Os passos seguidos no processo de decisão para execução do handover vertical do serviço de voz na aplicação PoC são descritos em quatro etapas, conforme exibido na figura 4.6.

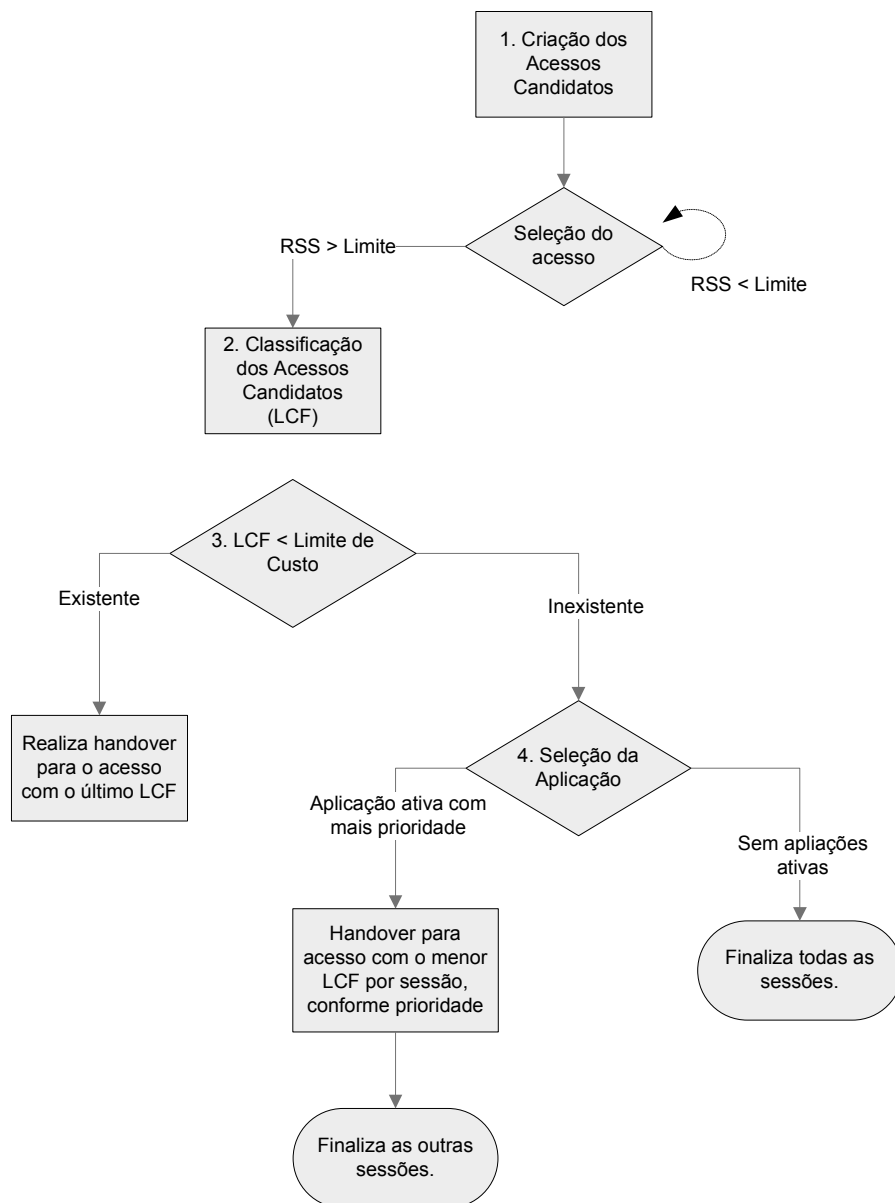


Figure 4.6.: Fluxograma do processo de decisão do handover vertical

1. Criação dos acessos candidatos:
 - i. Escolher um acesso onde RSS está acima do limite pré-definido.
2. Classificação dos acessos candidatos pelo LCF_n

3. Se existe algum $LCF_n < \text{Limite de Custo}$:
 - i. A melhor escolha é aquela com o último LCF_n
4. Se não existe algum $LCF_n < \text{Limite de Custo}$:
 - i. Se: $\exists$ uma aplicação ativa $C \in \{Prioridade\}$ Então
 - a) Escolha o acesso com menor LCF_n por sessão com *Prioridade*
 - b) Finalize todas as outras sessões.
 - ii. Senão:
 - a) Finalize todas as sessões

[MAN06] ainda avalia o desempenho da função custo quanto ao impacto da aplicação na decisão de handover, onde é avaliado um fator de utilização do recurso, um fator de satisfação, a taxa de handover bloqueados e a taxa de handover vertical, concluindo que a distribuição de sessões nesse cenário pode alcançar até 40% do aproveitamento no fator de utilização de recursos.

4.9. Conclusão

Outras abordagens de otimização de recursos durante o handover vertical aqui referenciadas [MAN06, WAN99] desconsideram os requisitos de qualidade fim-a-fim da aplicação para alcançar a convergência em redes heterogêneas, ainda que tragam contribuições nos critérios de faturamento ou tarifação [MAN06] e no handover baseado em políticas de utilização [WAN99].

Diversos elementos que compõe o objeto desta pesquisa foram determinados na fase de desenvolvimento: os critérios de handover; os parâmetros relevantes na rede IMS para garantir a qualidade do serviço; a definição do serviço PoC onde os parâmetros seriam investigados; as ferramentas de teste selecionadas e correspondente seleção dos cenários apropriados; a aplicação do usuário final que suportasse a funcionalidade de continuidade de serviço; as funções custo adequadas para obtenção dos resultados finais.

Os elementos que afetam a qualidade de serviço durante a realização do handover vertical em redes heterogêneas foram descritos neste capítulo e os resultados observados são discutido no capítulo 5.

Capítulo 5

Resultados

Os requisitos atuais para QoE no PoC estão descritos na tabela 5.1 [OMA06]. A otimização dos recursos da rede requer testes fim-a-fim e deve considerar o tráfego de outros tipos de aplicação que sobre a rede em estudo. Os parâmetros utilizados nesta pesquisa se restringem à ativação do serviço PoC numa rede controlada e num ambiente simulado em laboratório.

A experiência do usuário final tem alta dependência das funcionalidades existentes no terminal; como buffer de jitter, NACC, DTM, etc. Essas propriedades do dispositivo podem beneficiar o QoE dos serviços do IMS conforme descrito na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Requisitos de QoE para o OMA PoC [OMA06].

QoE (OMA PoC)	Requisitos do OMA PoC
QoE1: Right-to-speak (RTS) - tempo de resposta durante o estabelecimento da sessão PoC	A duração entre os tempos de início da sessão PoC, determinado pelo recebimento de um SIP INVITE pelo assinante, e o momento em que ele recebe uma indicação “right-to-speak” DEVERIA tipicamente ser menor do que 2.0 segundos, no caso do serviço PoC enviar uma indicação “right-to-speak” por antecipação e do assinante destino estar configurado no modo de resposta automático. Se o assinante destino estiver configurado no modo de resposta manual, então o assinante PoC DEVERIA tipicamente receber a indicação “right-to-speak” em menos de 1.6 segundos depois que o assinante destino manualmente aceita o convite para a sessão PoC.
QoE2: Start-to-Speak (StS) tempo de resposta após o estabelecimento da sessão PoC	Quando um participante PoC faz uma solicitação para conversar numa sessão PoC e sua chamada não é esta enfileirada, o StS DEVERIA ser menor do 1.6 segundos.
QoE3: Atraso no canal fim-a-fim	O tempo de atraso da voz (duração entre o momento em que a voz é falada pelo participante origem até o momento em que é escutada pelo participante destino) DEVERIA ser de até 1.6 segundos durante uma sessão PoC. Para o primeiro talk-burst no início da sessão PoC, o atraso de voz DEVERIA alcançar no máximo 4 segundos, quando a indicação “right-to-speak” é enviada por antecipação.
QoE4: Qualidade de Voz	A qualidade de voz numa sessão PoC DEVERIA estar entre os seguintes limites: MOS ≥ 3 at BER $\leq 2\%$.

Os parâmetros descritos são identificados nos fluxos de chamadas do serviço PoC, como será exibido na figura 5.1 e servirão como referência para coleta dos dados e observação dos resultados analisados nesta pesquisa.

Observa-se que a priorização nas redes IP pode ser beneficiada quando a carga da rede aumenta. Significa que em redes IP sobrecarregadas, ainda pode ser possível rodar tráfego sem nenhuma degradação significativa para os serviços em tempo-real. A mesma afirmação não se aplica quando o objeto do teste inclui o handover vertical, pois decorrem atrasos na reconexão do RTP durante a troca entre os acessos.

O desempenho das sessões PoC (especialmente na qualidade de voz) se degrada significativamente quando a aplicação é exposta a segundos de atraso. Se a mudança de célula ocorre durante o início da sessão ou se as transações foram geradas em outra rede ou por outro usuário, o término das transações se estende por pelo menos durante toda a extensão do atraso, à menos que o usuário termine a sessão.

Também o roaming, ou a ocorrência de troca de eventos entre canais, afeta a experiência fim-a-fim numa sessão, mais especificamente as transições entre os modos de desconexão e reconexão na célula exercem este efeito, pois o terminal fica impossibilitado de enviar ou receber qualquer pacote até que a sinalização de mobilidade esteja completa. No entanto a configuração adequada do conjunto de parâmetros relevantes para esta operação minimiza tais efeitos.

Os impactos de QoE devido aos atrasos gerados pela mobilidade entre sistemas, especialmente sobre o desempenho das sessões de PoC, são discutidos nos próximos sub-capítulos.

5.1. Impactos no QoE para o PoC

Os impactos sobre a qualidade da voz durante a mobilidade se originam dos atrasos causados pela troca do tipo de acesso, caso essa troca ocorra durante o início da sessão ou no usuário que inicia a transação, a mesma terá a duração de pelo menos o mesmo tempo de duração do atraso. A tendência do usuário PoC nessa situação é intencionalmente terminar a sessão.

No caso de um UE conectado a um acesso UTRAN, os atrasos serão gerados durante o estado desconexão da célula. Durante o soft handover, como o UE escuta várias células, a

qualidade do sinal RF pode ser melhor. Quando uma sessão do UE vai para o estado de reconexão e executa uma seleção de célula, o UE não poderá enviar ou receber qualquer pacote até que a sinalização de mobilidade esteja completa. Existe uma série de recomendações que ajudam a evitar a ocorrência de mudanças de célula ou reseleções, a fim de reduzir este impacto no sistema. A transição entre os estados de espera, desconexão e reseleção gera impactos sobre a latência da rede. A tabela 5.2 apresenta o conjunto de parâmetros e respectivas configurações que minimizam este impacto, conforme resultados obtidos nos testes de laboratório.

Tabela 5.2: Parâmetros UTRAN e respectivas otimizações para melhorar a QoE nas sessões PoC [SAH07].

Parâmetro	Descrição	Faixa e Valores Padronizados e Comentários Específicos para PoC
downswitchTimer	Período em que o throughput deve ser baixo, para iniciar o downswitch. Se downswitchTimer = 0, nenhum downswitches será realizado, independente do throughput do usuário.	[0..100] s Default: 1 s
downswitchThreshold	Limite de tempo para troca entre canal dedicado e canal comum.	[0..32] kbps Default: 0
inactivityTimer	Tempo para envio da solicitação de ReleaseRequest do CN para o UE no estado CELL_FACH	[1..1440] s Default: 120 s
dlRlcBufUpswitch	Limite de downlink para troca de canal comum para canal dedicado para um único RAB (<i>Radio Access Bearer</i>)	[0..2000] bytes Default: 500 bytes
ulRlcBufUpswitch	Limite de uplink para troca entre canal comum e canal dedicado.	[8; 16; 32; 64; 128; 256; 512; 1024; 2048; 3072; 4096; 6144; 8192] bytes Default: 256 bytes

Foi observado que para garantir um melhor desempenho do PoC é alcançado quando o parâmetro *downswitchTimer* está configurado num valor maior do que o Default (1s), pois evita o up/down switch durante a sessão.

Já o *inactivityTimer*, numa típica sessão PoC onde não existe tempo de espera entre os fluxos de voz, um bom desempenho é alcançado mesmo com valores abaixo do Default (Ex. 30s). Nos casos onde tempo de espera era alto, a transmissão das mensagens TB IDLE causa impactos durante o FACH ou durante o DCH, devido à transição do modo IDLE para o modo CELL_DCH. A fim de prevenir que a sessão fique inativa por longos períodos, o parâmetro *PTT session inactivity timer* deve ser configurado com um valor baixo, conforme o modelo de tráfego dos distintos tipos de sessão.

O parâmetro *dlRlcBufUpSwitch* deve ficar configurado com um valor maior do que o tamanho da mensagem TB (Ex. *TB Request*) e menor que o tamanho de um pacote RTP.

Além dos parâmetros UTRAN, em laboratório também foram observados outros elementos que afetam o desempenho do envio de mídia durante uma sessão PoC. No caso de um UE enviar mídia durante um procedimento de IFHO (*Inter-Frequency Handover*), a transferência da mídia para o UE receptor será interrompida por 900ms. Este atraso pode ser absorvido pela aplicação do usuário, caso esteja preparada com um buffer de inicialização de 800ms ou mais. Um impacto semelhante ocorrerá quando um UE que está recebendo a mídia realiza o IFHO.

Nos casos onde é realizada uma mudança de célula, o tempo estimado de interrupção é de 500ms. A análise de impacto é similar ao caso do IFHO, com a diferença de que potencialmente existirá perda de pacotes, pois os pacotes RLC PDU que restaram nas filas de prioridade da célula antiga serão descartados. Quando um UE que recebe o burst de voz experimenta a mudança de célula, alguns pacotes RTP poderão ser perdidos, no que pode resultar no baixo QoE.

No fluxo de chamada que será exibido na figura 5.1, um exemplo de uma sessão confirmada de PoC com potenciais eventos de troca que podem ocorrer enquanto a sessão está ativa. Os indicadores fim-a-fim (KPI) indicam visualmente os potenciais pontos de impacto, conforme descrito na tabela 5.3 definida pelo OMA.

Tabela 5.3: Requisitos OMA para atraso fim-a-fim no PoC [OMA06]

Item	Descrição	Requisito OMA PoC (s)
KPI-1	Atraso do tom Inicial após selecionar opção para falar	2
KPI-2	Atraso na audição do tom para fala no lado que recebe a chamada	4
KPI-3	Tom subsequente para falar	1,6
KPI-4	Atraso na audição do tom subsequente para autorização da fala no lado que recebe a chamada	1,6

Durante uma sessão PoC, será atingido uma melhor experiência fim-a-fim quando os eventos de troca de canal forem evitados, principalmente aqueles que se referem à transição entre células (CELL_DCH e CELL_FACH). O período e a ocorrência dos eventos de troca de canal dependem de fatores como:

- A configuração dos parâmetros de troca de canal;

- A utilização da sinalização informativa como SUBSCRIBE, NOTIFY. Mesmo que o estado TB (*talk-burst*) se torne inativo, as mensagens NOTIFY poderão ser enviadas para rede, o que mantém o UE no estado CELL_DCH;
- O tipo da sessão, caso confirmada ou não;
- Tempo de resposta do UE-B para uma chamada entrante.

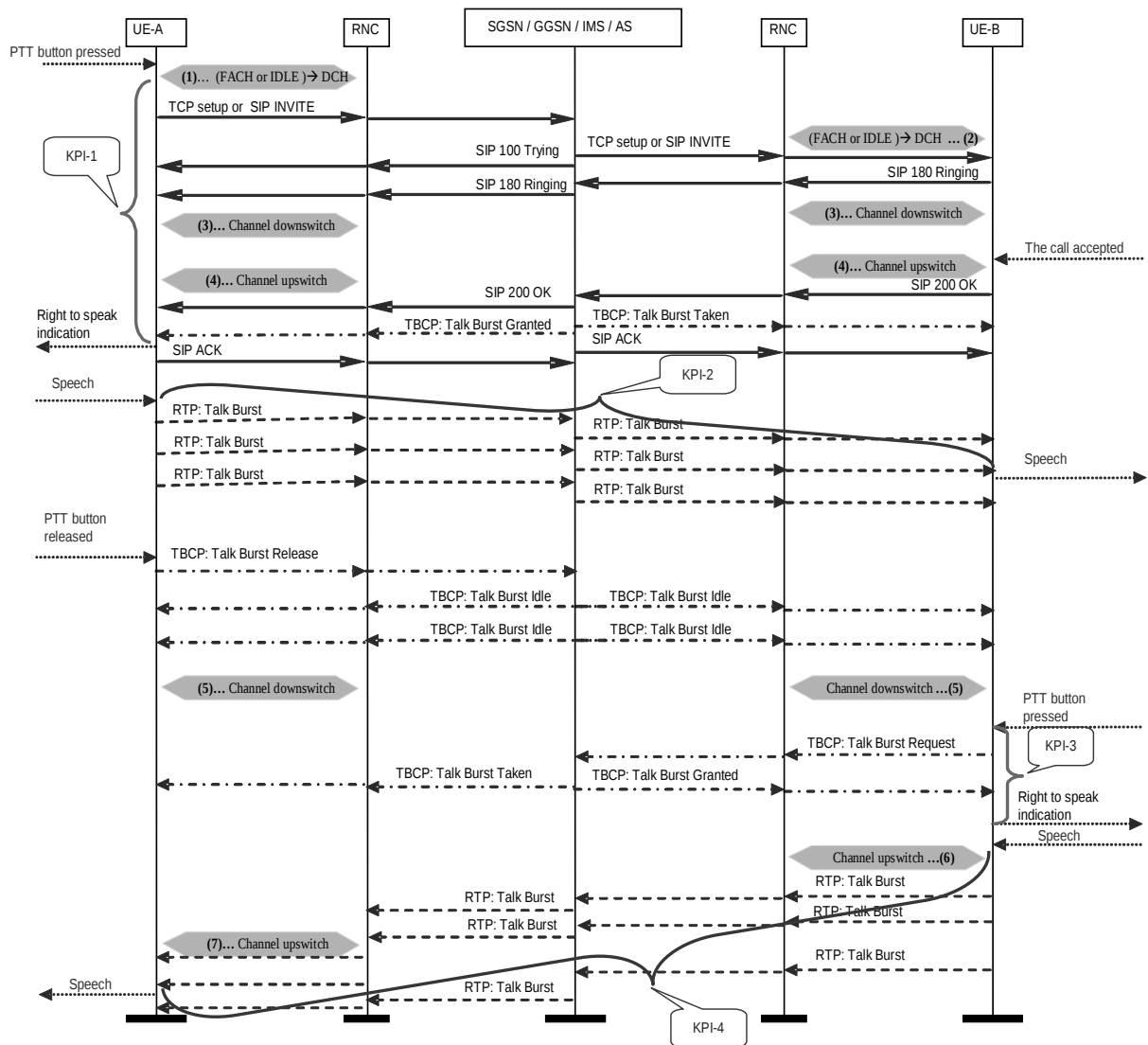


Figura 5.1: Fluxo de sinalização de sessão PoC com potenciais trocas de canal.

Este fluxo de chamada corresponde ao teste definido na proposta e exibe uma chamada completa realizada através do serviço PoC entre o usuário A e B. Observa-se a troca de sinalização SIP e de pacotes RTP existentes entre os UE's e os elementos AS/SGSN/GGSN presentes nas possíveis redes de acesso IMS/CS. Por razões de melhorar a visualização do fluxo, as mensagens informativas não estão contempladas na figura. Os

pontos de coleta de dados correspondem aos KPIs identificados no fluxo, relacionados aos índices descritos na tabela 5.2.

Tais KPIs foram coletados dos traces obtidos nos casos de teste descritos na proposta, a partir dos quais foi possível verificar os impactos da otimização dos parâmetros no handover vertical, como descrito no próximo item.

5.2. Impactos dos parâmetros no Handover Vertical

Os fluxos de chamada descritos a seguir foram obtidos a partir dos testes propostos no capítulo 4, a fim de obter um conjunto de parâmetros que pudessem maximizar o desempenho do handover entre as redes WiFi e CS quando uma sessão PoC estivesse em andamento na rede IMS. Para efeitos de visualização, as mensagens informativas foram suprimidas.

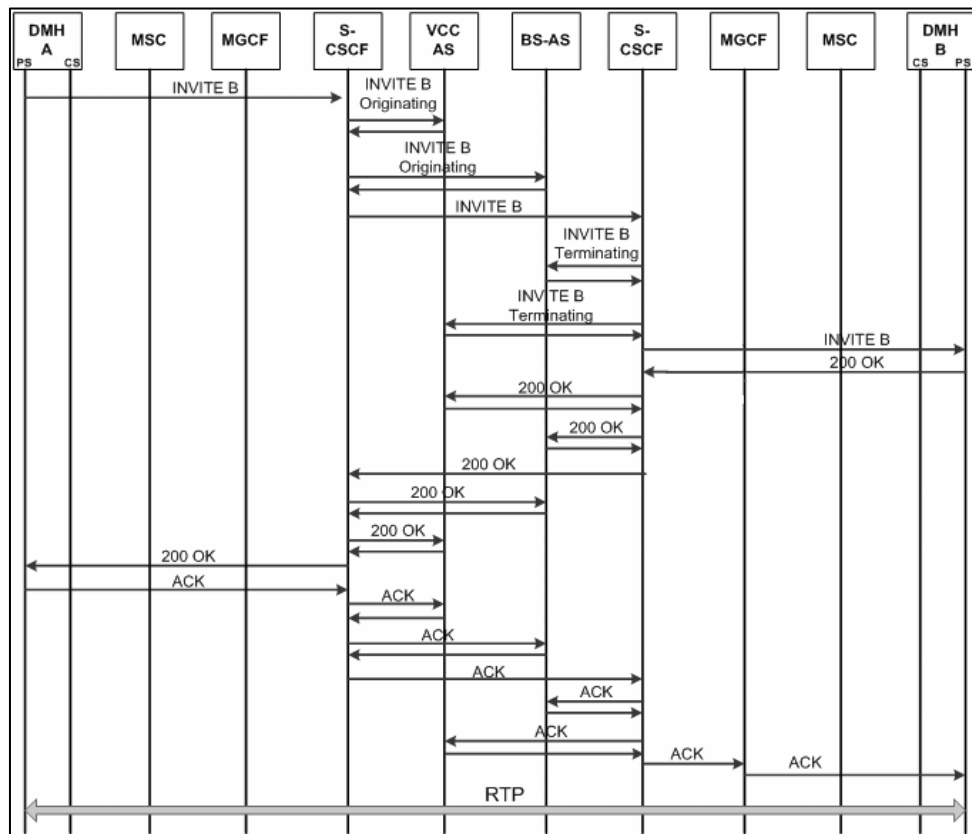


Figura 5.2: Dual-Mode Handset para Dual-Mode Handset – Domínio IMS.

Neste cenário, o DMH está registrado simultaneamente nos dois domínios, IMS e CS. No IMS este registro é realizado no S-CSCF, enquanto no domínio CS, o HLR terá as informações sobre o assinante. O servidor de aplicações VCC deveria ser o primeiro serviço a ser ativado para chamadas originadas e o último serviço ativado para chamadas terminadas.

O handover do domínio IMS para o domínio CS, conhecido por *One-Way Handover* se aplica em dois casos:

- O usuário que origina a chamada é um DMH que está na rede IMS (figura 5.1);
- O usuário de recebe a chamada é um DMH registrado na rede IMS.

O handover originado do domínio CS para o domínio IMS se aplica quando o usuário que recebe a chamada para um número IMS enquanto está conectado na rede móvel (figura 5.2). Neste caso assume-se que a chamada foi originada na rede IMS.

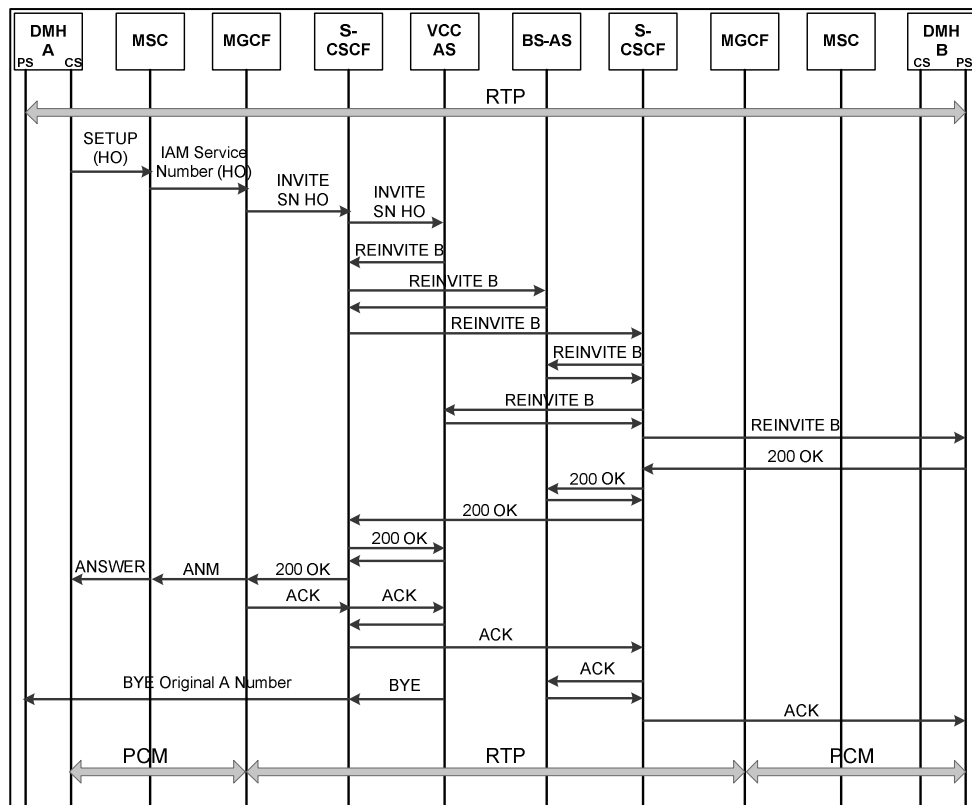


Figura 5.3: Handover originado do IMS para o CS.

O DMH é responsável por disparar o handover, baseado nos critérios de medida relacionados à qualidade do serviço. Os limites de qualidade do serviço que determina quando o deve ser executado está configurado no terminal VCC. Uma chamada originada ou terminada no domínio IMS realiza o handover para o domínio CS quando a potência do sinal WiFi fica abaixo do limite determinado no terminal. Uma chamada CS realizará o handover para o domínio IMS quando a potência do sinal WiFi ultrapassar o limiar previamente determinado no terminal do usuário. Não existe um limite de quantidade de handovers executados na rede, em nenhum dos sentidos; no entanto a estratégia de VCC atualmente suporta apenas o handover de voz e não sessões de dados.

Nas chamadas PoC, os critérios de qualidade devem alcançar os já discutidos *Key Performance Indicators* definidos pelo OMA, além de demonstrarem estabilidade na conversação e durante a mobilidade, bem como a alta disponibilidade.

Aplicando este modelo à prática, pode interessar à uma operadora o lançamento de serviços (internet, WAP, PoC, etc.) na sua rede através do emprego de APN (*Access Point Name*) multi-serviços ou de serviço-específico. Um APN multi-serviços permite que diversos serviços sejam ativados utilizando somente um endereço IP. Já um APN de serviço-específico é um APN que permite rodar apenas um tipo de serviço. As características dos APNs de serviço-específico e multi-serviços está descrito na tabela 5.4:

Tabela 5.4: Características dos APN Multi-serviços e APN de Serviço-específico.

APN Multi-serviços	APN de Serviço Específico
➤ Diversos serviços rodam em paralelo, usando apenas um endereço IP. ➤ Todos os serviços podem rodar no mesmo contexto PDP primário. ➤ Todos os serviços podem ser alcançados através de um APN.	➤ Cada serviço requer e solicita um novo endereço IP. ➤ Cada serviço tem um PDP primário (por APN). ➤ Diversos contextos PDP primários precisam ser ativados.

Nesta estratégia, um assinante só pode ser associado a um endereço IP por APN. Isso significa que para APN de serviço-específico, o terminal precisa suportar múltiplos endereços IP. Os parâmetros para otimizar o uso dos recursos de rede são dependentes da disponibilidade de serviço. Um bom dimensionamento de rede e planejamento de escalabilidade deveriam ser suficientes para prevenir problemas de disponibilidade. No entanto, ter um conjunto apropriado de parâmetros para cada tipo de serviço disponível na rede efetiva a convergência de rede e de acesso, como esperado nos cenários do IMS.

A tabela 5.5 mostra que sem o emprego da otimização de parâmetros no caso da aplicação PoC, o KPI1 (atraso do tom Inicial após selecionar opção para falar) não atende aos requisitos de qualidade definidos pelo OMA, superando o tempo estabelecido como aceitável pela padronização em 62% no acesso 2G e 40% no acesso 3G. Isso representa um atraso de até 3,25s no recebimento do tom para início de conversação, tempo este que representa em implementações reais o desligamento da chamada e consequente desperdício na utilização dos recursos da rede.

Tabela 5.5: Otimização de parâmetros para handover do serviço PoC.

Média PoC	KPI1 (s)	KPI2 (s)	KPI3 (s)	KPI4 (s)
2G (GSM)	~2.68 (3,25)	2.93	0.51	1.59
3G (UMTS)	~2,75 (2.80)	3.62	0.10	1.01
OMA	2.00	4.00	1.60	1.60

A tabela 5.5 também demonstra que a partir do emprego da otimização dos parâmetros, obtém-se uma melhora no atraso de aproximadamente 1 minuto, representando uma melhora no atraso em 37% no acesso 3G e em 34% no caso do acesso 2G.

O GMM (GPRS Mobility Management) determina três possíveis estados de mobilidade [3GP23] : IDLE, STANDBY e READY. O GMM determina que um assinante é mantido e sincronizado entre o UE e o SGSN. O diagrama de estados no UE e no SGSN é representado na figura 5.4.

Tratam-se de estados controlados por temporizadores. O estado READY, que controla a transição do estado GMM READY para STANDBY, é negociado entre o SGSN e o UE durante os procedimentos de GPRS Attach e RA Update. O tempo padrão para este temporizador, definido para o *Gb_T3314-ReadyTimer* no GSGN R6 é de 44s.

O estado de transição READY para STANDBY é disparado quando não existem pacotes LLC enviados pelo UE nem recebidos no SGSN, respectivamente. Se um UE vai entra no estado STANDBY, o SGSN executa o procedimento de paging PS a fim de encontrar sua posição atual.

Uma vez que o UE se comunica em paralelo com diversos servidores, uma carga significativa de tráfego pode ser gerada de/para o UE, exigindo uma determinada quantidade de banda. Muitos aspectos que precisam ser considerados são as funcionalidades suportadas pela aplicação do UE, bem como as políticas de acesso e de controle de admissão. Os estados potenciais de mobilidade que geram a transição entre o estado Ready e Standby durante a sessão PoC resultando no procedimento de paging e a periodicidade das atualizações de localização na rede.

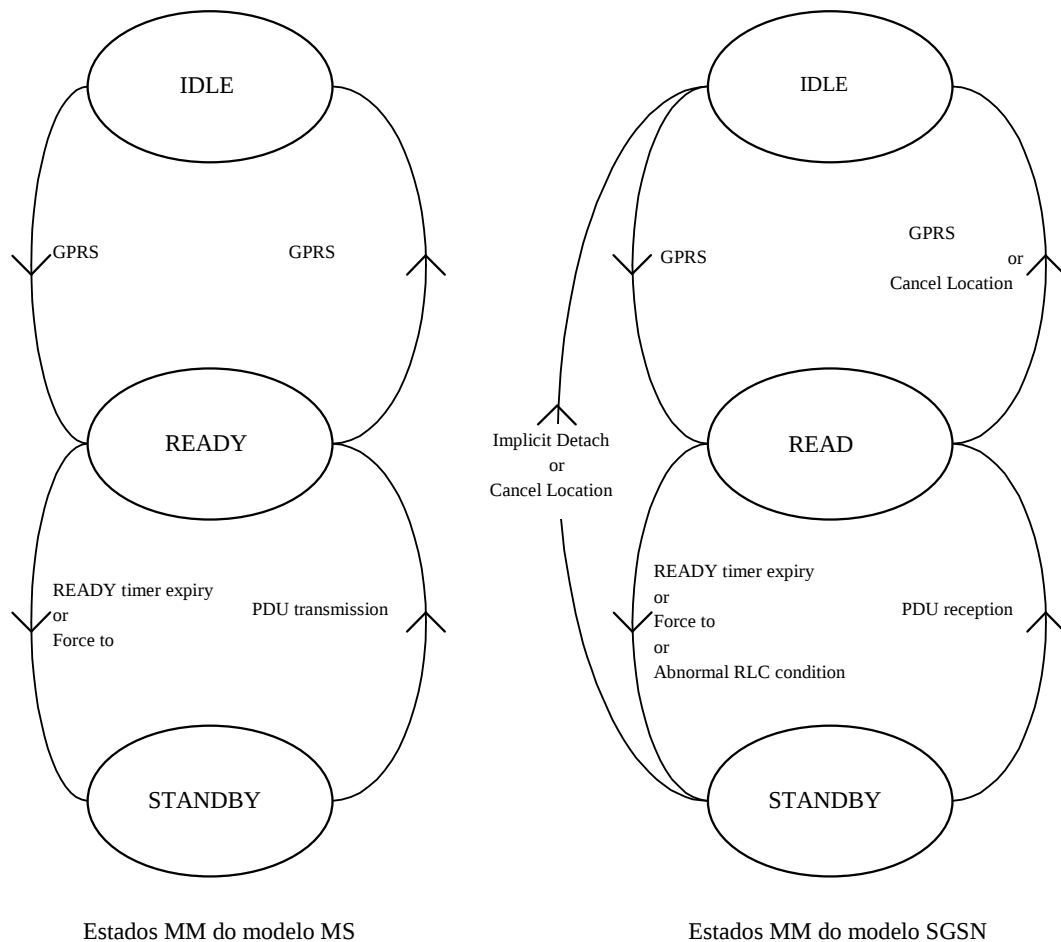


Figura 5.4. Estados do Gerenciamento de Mobilidade do GPRS

Quando o assinante B está no estado STANDBY quando é convidado para uma sessão PoC o atraso para sua entrada no estado READY pode variar entre aproximadamente 0,6s até 2,2s. Quando o UE sai do estado READY para STANDBY durante a sessão PoC este atraso pode chegar a 8s. Por se tratar do atraso no após a realização da chamada, o VCC assume que o terminal é responsável por implementar um mecanismo que minimize os impactos do segundo caso.

O emprego das características específicas da aplicação melhora o fator de utilização de recursos (melhora do delay na mudança de estados GMM e aproveitamento largura de banda disponível, no caso do PoC).

A figura 5.5 mostra a frequência da taxa de handover para diferentes critérios de handover. A taxa de handover vertical é a proporção de handovers verticais pelo total de handovers ocorridos.

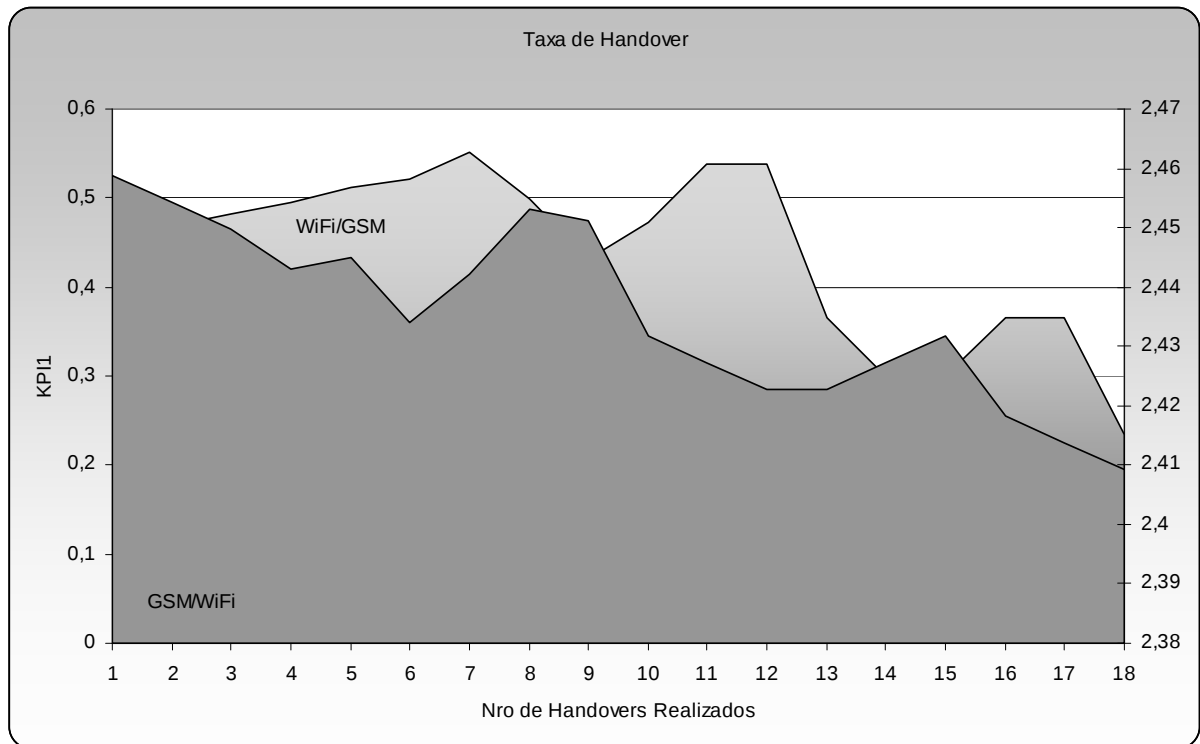


Figura 5.5.: Frequência de handover para diferentes critérios.

No handover realizado somente com o critério RSS, o acesso candidato será o primeiro identificado na mesma tecnologia. Caso não haja candidatos com RSS satisfatório, outra tecnologia será considerada.

5.3. Conclusão

Nos cenários de convergência possibilitados pela utilização das redes IMS, os cenários de handover devem possibilitar a convergência de rede, tornando a complexidade da rede transparente para o usuário final. No que se refere à uma rede que está pronta para conectar usuários tanto das redes fixas quanto dos acessos móveis, os cenários de convergência se expandem e devem atender tanto aos usuários com serviços na rede fixa quanto na rede móvel. Ainda assim, a convergência de rede não implica assumir que existirá transparência no uso de todos os serviços em qualquer acesso nem implica no uso da mesma identidade pública em qualquer modo de acesso.

Os resultados encontrados através do emprego da otimização dos parâmetros que afetam a qualidade fim-a-fim do serviço PoC utilizado na rede foram apresentados neste capítulo e as conclusões obtidas são discutidas no capítulo 6.

Capítulo 6

Conclusão

Quando referente à convergência de acesso, deverá ainda existir uma identidade pública do usuário que possa ser conectada a qualquer tipo de acesso. Ainda assim, tal conceito também não assume que existirá acesso para todos os serviços. Somente com a convergência de acesso, ainda será necessário que a identidade pública esteja associada com um certo serviço ou com um conjunto de serviços (sem suporte para manuseio de Identificação de Serviço).

Já na convergência de serviços, entende-se que a mesma identidade pública poderá ser utilizada para acessar qualquer serviço IMS. Basicamente, isto será possibilitado pela marcação de identificação de serviço realizada em todo o tráfego. A identificação de serviços é padronizada pelo 3GPP através do ICSI (*IMS Communication Services Identifiers*), IARI (*IMS Application Reference Identifiers*) e pelo OMA.

Este conceito de convergência da identidade de serviços permite que muitos dispositivos façam uso do mesmo PUI (*Public User Identity*) simultaneamente, sobre qualquer acesso. Isso significa que uma mesma identidade pública será simultaneamente utilizada para diversas identidades privadas, gerenciando dispositivos distintos sobre qualquer tipo de acesso. O processo adequado de autenticação e registro é baseado na disponibilidade de um acesso reconhecido na rede.

Este raciocínio abriga ainda o conceito de número único, que representa a possibilidade de um usuário poder ser alcançado com a sua mesma identidade pública independentemente do tipo de acesso ou dispositivo atualmente utilizado por este mesmo usuário. Isso ainda inclui o tratamento de diversos dispositivos (em qualquer acesso) sendo tratados simultaneamente (num modelo de busca serial ou paralelo), utilizando a mesma identidade pública.

Outras abordagens de otimização de recursos durante o handover vertical referenciadas nesta dissertação [MAN06, WAN99] desconsideram os requisitos para alcançar

a convergência de serviços nas redes heterogêneas, ainda que tragam contribuições nos critérios de faturamento [MAN06] e no handover baseado em políticas de utilização [WAN99].

Nas rede IMS um usuário pode se conectar através pontos de acesso fixos e móveis. A continuidade de serviço investiga este problema de forma a oferecer suporte para a mobilidade do usuário sobre uma rede sem fio, permitindo a migração transparente de usuários e também garantindo a cobertura de área dos diversos pontos de acesso disponíveis, mantendo suas conexões ativas e suas aplicações em funcionamento.

Outro fato interessante se refere à transferência de comunicação de uma estação base para outra ou de um domínio de acesso para outro, de forma a possibilitar a entrega de continuidade do serviço no novo ponto de acesso.

A arquitetura VCC em desenvolvimento pelo 3GPP soluciona o problema da continuidade de voz, uma vez que sua maior preocupação não é com a continuidade do serviço oferecido e sim com a disponibilidade de mídia num único nó da rede, do ponto de vista dos possíveis pontos de acesso disponíveis ao usuário.

Já para a solução do problema da continuidade de serviço, o ajuste dos parâmetros disponíveis em todos os elementos envolvidos na sessão oferece uma adequação dos requisitos de continuidade e transparência durante a efetivação do handover vertical.

No caso específico desta pesquisa, os resultados apontam para ajustes nos parâmetros da aplicação do usuário e o ajuste de parâmetros específicos que impactam a qualidade fim-a-fim da utilização de uma determinada aplicação melhoram o processo de decisão no handover vertical executado pelo dispositivo do usuário bem como a qualidade do serviço oferecido nas redes IMS.

A introdução do conceito de otimização de parâmetros de handover por aplicação é a contribuição trazida por esta dissertação, cujos resultados são úteis tanto para implementações comerciais bem como para possíveis entradas para ensaios realizados sobre as redes de ambiente.

Entretanto, alguns coeficientes precisaram ser assumidos, devido à complexidade em reproduzir em ambiente de laboratório os impactos gerados pelas redes reais, entre eles:

- Acesso selecionado
- Consumo de energia no handset

A complexidade dos requisitos de qualidade que impactam em outras aplicações também precisam ser considerados. As redes de ambiente consideram a existência um elemento externo para monitorar os potenciais eventos de mobilidade nas redes de

telecomunicações, de forma que conhecer os requisitos de qualidade dos serviços disponíveis na rede em níveis mais detalhados se torna uma necessidade.

O gerenciamento da mobilidade contempla os mecanismos necessários para permitir que terminais wireless possam se mover enquanto continuam conectados na rede. Isto inclui manter um registro dos terminais inoperantes e executar handovers transparentes de terminais ativos para o acesso mais apropriado. A transição para as redes 3G (B3G) e para a comunicação móvel de 4ª. Geração justificou a modernização os métodos tradicionais para RRM (*Radio Resource Management*) e MM (*Mobility Management*). Não só os sistemas de rádio serão beneficiados dessa evolução, mas também a arquitetura baseada em IP. O uso do WCDMA no sistema 3G europeu exige o emprego de um complexo esquema para realizar o handover. Uma nova tecnologia de acesso poderia permitir o desenvolvimento de esquemas de handover de alto desempenho sem a necessidade de implementar a complexidade do handover suave do sistema 3G.

Diversos estudos relacionados à mobilidade entre sistemas estão em andamento, não só no que se refere à convergência de redes móveis e redes IP, como também entre as tecnologias de rádio previamente existentes e sua posterior integração com o mundo IP em direção ao LTE (*Long Term Evolution*). Fica claro que o assunto referente à continuidade de serviço nas redes IMS, dada a sua característica de acesso à múltiplas aplicações deve continuar a ser amplamente explorada e o presente trabalho deixa espaço para aprofundamento e novas pesquisas nesta área, possibilitando uma referência para pesquisas futuras que envolvam outros serviços disponíveis nas redes IMS, uma vez que a identificação e avaliação de métricas relevantes para suportar a decisão de handover pode ser realizada em outros serviços disponíveis sobre o IMS a partir deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- [NAG07] NAGAMUTA, V. *Handover Suave em Redes Móveis e sem fio*. http://gsd.ime.usp.br/seminars/2004/seamless_handover.pdf (Dez/07 22:36).
- [BAW06] BAW, A. *IMS Service Mobility - Beyond Voice Call Continuity*, TMCnet Spotlight. August, 2006. <http://www.tmcnet.com/scripts/print-page.aspx?PagePrint=http%3a%...> (15/12/2007).
- [INT06] INTEROPERABILITY GROUP. *Best Practices - Voice Call Handover Service: Functional Specification Version 1.0*, MI-IOG-HO-2006-001-V1.0, September 21, 2006.
- [KIM05] KIM, K.; KIM, C-K.; AND KIM, T. *A Seamless Handover Mechanism for IEEE 802.16e Broadband Wireless Access*. In Springer-Verlag, editor, *Lecture Notes in Computer Science*, pages 527–534. 2005.
- [WAN07] WANDERLEY, B.L.; ECHENIQUE, W.D.M. “Tutoriais Banda larga e VOIP: VoIP e QoS: Análise de Parâmetros de QoS para Chamadas Intercontinentais”. http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoipqos/pagina_1.asp (Dez/07 23:40).
- [YLI01] YLIANTTILA, M.P.; MAKELA, M.; MAHONEN, P.J. “Optimization scheme for mobile users performing vertical handoffs between IEEE 802.11 and GPRS/EDGE networks”. Centre for Wireless Communications, Oulu University – 2001.
- [NAG06] NAGAMUTA, V. “Um Arcabouço para Composição, Teste e Simulação de Protocolos de Handover Suave”. IME/USP, Abril/2006.
- [LIN01] LIN Y., CHLAMTAC, I. “Wireless and Mobile Network Architectures”. John Wiley & Sons, Inc, 2001.

- [LIG06] LIGHT READING REPORTS. "IMS Signaling - Migrating Signaling to IMS".
http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=107179&page_number=4.
 December, 2006.
- [PER96] PERKINS, C. "IP Mobility Support", RFC 2002, Internet Engineering Task Force,
 October 1996.
- [ANY06] AN, Y.Y.; YAE, B.H.; LEE, K. W.; CHO, Y.Z.; JUNG, W.Y. "Reduction of
 Handover Latency Using MIH Services in MIPv6, Advanced Information Networking
 and Applications". AINA 2006. 20th International Conference on, Volume 2, 18-20
 April 2006 Page(s):229 - 234.
- [YAN06] YANG, O. S.; CHOI, S. G.; CHOI, J. K.; PARK, J. S.; KIM, H. J. "A handover
 framework for seamless service support between wired and wireless networks".
 Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International
 Conference, Volume 3, 20-22 Feb. 2006 Page(s):6 pp.
- [WRI07] WRIGHT, D.J. "Maintaining QoS During Handover Among Multiple Wireless
 Access Technologies". International Conference on Mobile Commerce, Toronto, July
 2007.
- [LIU96] LIU, J.; MAGUIRE JR, G.Q.; LIU, G. "Enhancing the Efficiency and Reliability of
 Handover and Routing Performance in Wireless Mobile Internetworking
 Environments". In Proceedings of the 2nd Workshop on Personal Wireless
 communication (Wireless Local Access), Frankfurt, December 1996.
- [ZHU06] ZHU, F., MCNAIR, J. "Multiservice Vertical Handoff Decision Algorithms",
 Wireless & Mobile Systems Laboratory, Department of Electrical and Computer
 Engineering, University of Florida. USA, 2006.
- [WAN99] WANG, H.J., KATZ, R.H.; GIESE, J. "Policy-Enabled Handoffs across
 Heterogeneous Wireless Networks", Proc. IEEE Workshop, Mobile Computation
 Systems and Applications, Feb 1999.
[\http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/4057/http:

zSzzSzwww.cs.berkeley.eduzSz~helenjwzSzhomepageszSz..zSzpaperszSzwmcsa99.pdf/wang99policyenabled.pdf].

- [AGA07] AGARWAL, M.; SARKAR S. “The Heart of FMC: SIP Based Dual Mode Handsets”. Utstarcom Inc. USA, 2007.
- [KUM06] KUMUDU S. M.; JAMALIPOUR A. and Vucetic B. “Interworking entre WLAN e Redes Celulares de 3ª Geração: Uma Arquitetura Baseada em IMS”. School of Electrical and Information Engineering, University of Sydney, NSW 2006, Australia.
- [GRE06] GRESH, S. “Towards Service Continuity in Emerging Heterogeneous Mobile Networks”. Networking Laboratory, Helsinki University of Technology - 2006.
- [FLO07] FLOROIU, J. W.; CORICI, M.; LEE, B.; LEE, S.; ARBANOWSKI, S.; MAGEDANZ, T. “A Vertical Handover Architecture for End-to-End Service Optimization”. Mobile and Wireless Communications Summit, 2007.
- [ZAH06] ZAHRANM, A.H.; LIANG, B.; SALEH, A. “Signal threshold adaptation for vertical handoff in heterogeneous wireless networks”. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, Canada, 2006.
- [MAJ02] MAJLESI, A.; KHALAJ, B.H. “An adaptive fuzzy logic based hand-off algorithm for hybrid networks”, 6th International Conference on Signal Processing 2 (Aug. 2002) pp. 1223-1228.
- [ZHU04] ZHU, F., MCNAIR, J. “Vertical handoffs in fourth-generation multinet network environments,” IEEE Wireless Communications, vol. 11, no. 3, pp. 8–15, 2004.
- [NAK03] NAKAJIMA, N.; SUBIR, D. A.; SCHULZRINNE, H. “Handoff Delay Analysis and Measurement for SIP based mobility in IPV6”, IEEE International Conference on Communications, vol. 2, 2003.
- [DAR01] DA ROCHA, R. C. A. and Endler, M. “MobiCS: An Environment for Prototyping and Simulating Distributed Protocols for Mobile Networks”. In Proc. 3rd IEEE Intern.

Conference on Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN2001), Recife - Brazil, pages 44–51, August 2001.

- [RIC08] RICARDO C. A. ROCHA. MobiCS Home Page.
<http://www.lcpd.ime.usp.br/~mobics/>. (Jan/08 21:32).
- [EAB08] Ericsson AB, “Ericsson Service Development Studio (SDS) 4.1 Technical Description”, 2008
- [MAN06] MANI M.; CRESPI, N. “Handover Criteria Considerations in Future Convergent Networks”. GET-INT, France, 2006.
- [CAM06] CAMARILLO, G.; GARCIA-MARTIN, M. “3G IP Multimedia Subsystem (IMS)” – Wiley; 2nd edition (February 10, 2006).
- [COM08] COMB, G; Contributors. “Wireshark Network Protocol Analyzer Version 1.0.0”
<http://www.wireshark.org/about.html>, (Maio, 2008 – 22h)
- [SAH07] SAHIN, Y; Contributors. “POC End-user QoE Impacts”. IMS PDU Niv (Novembro, 2007)
- [3GP03] 3GPP TR 22.934 “Feasibility study on 3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking”, 2003-9.
- [3GP05] 3GPP TS 23.228 “IP Multimedia Subsystem (IMS),” Version 6.10.0 Release 6, 2005.
- [3GP06] 3GPP TS [23.206](#) “Voice Call Continuity (VCC) between Circuit Switched (CS) and IP Multimedia Subsystem (IMS)” (Release 7); Stage 2 - 2006.
- [OMA06] 3GPP TR 23.979; 3GPP enablers for Open Mobile Alliance (OMA); “Push-to-talk over Cellular (PoC) services” - Stage 2 (Release 6), 2005/06

- [3GP07] 3GPP - TS 23.279 v7.6.0. “Combining Circuit Switched (CS) and IP Multimedia Subsystem (IMS) services”. Stage 2, Maço, 2007.
- [3GP08] 3GPP TS 24.206. “Voice Call Continuity between the Circuit-Switched (CS) domain and the IP Multimedia (IP) Core Network (CN) subsystem; Stage 3 (Release 7)”, 2008.
- [3GP23] 3GPP TS 23.060. “General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2”, 2008.

Apêndice A

Sinalização PoC

Exemplo da sinalização PoC para sessões sob demanda com ou sem resposta automática, conforme especificação [3GP 3GPP TS 23.979].

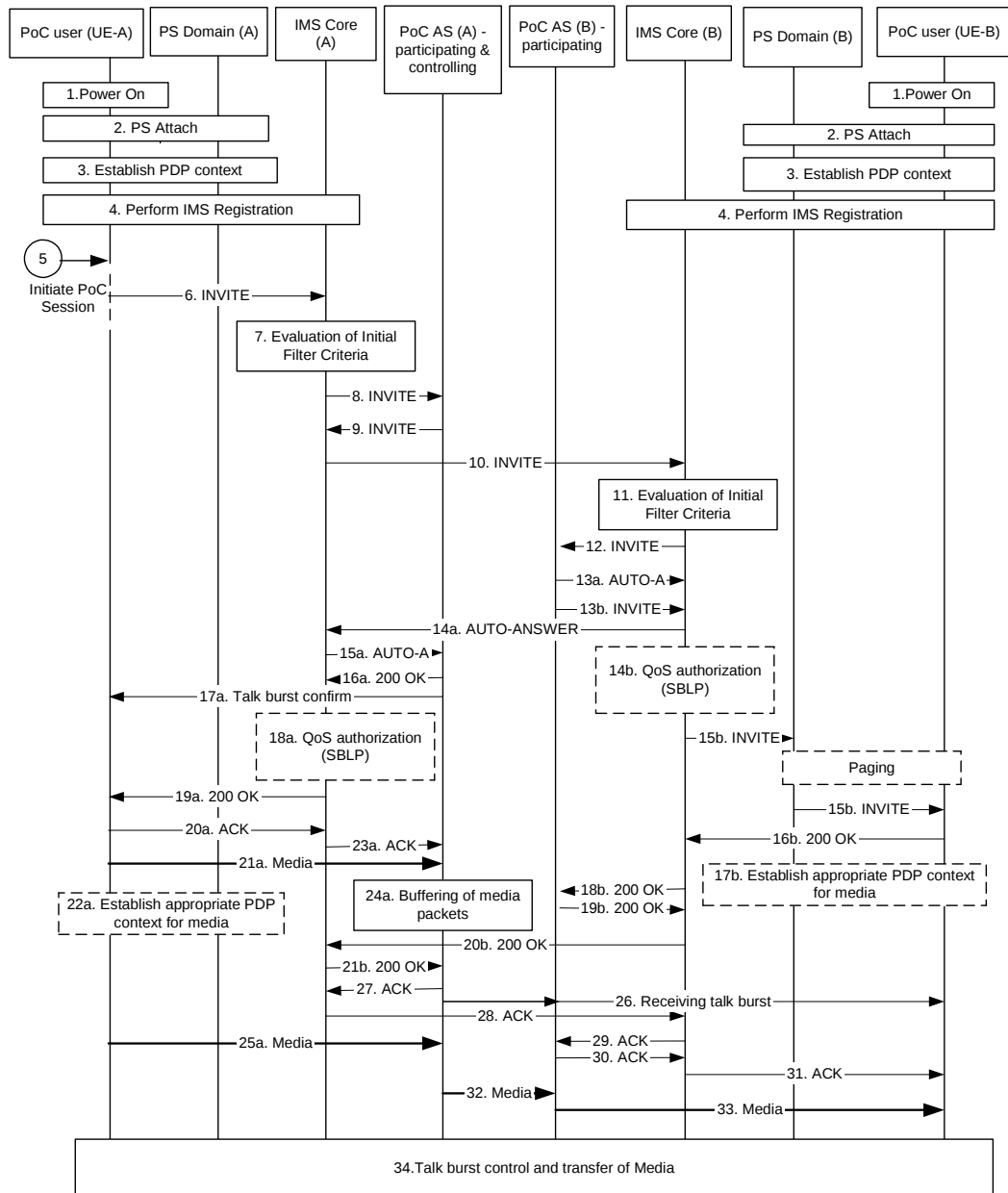


Figura A - 1: Sinalização da Sessão PoC sob-demanda com resposta automática.

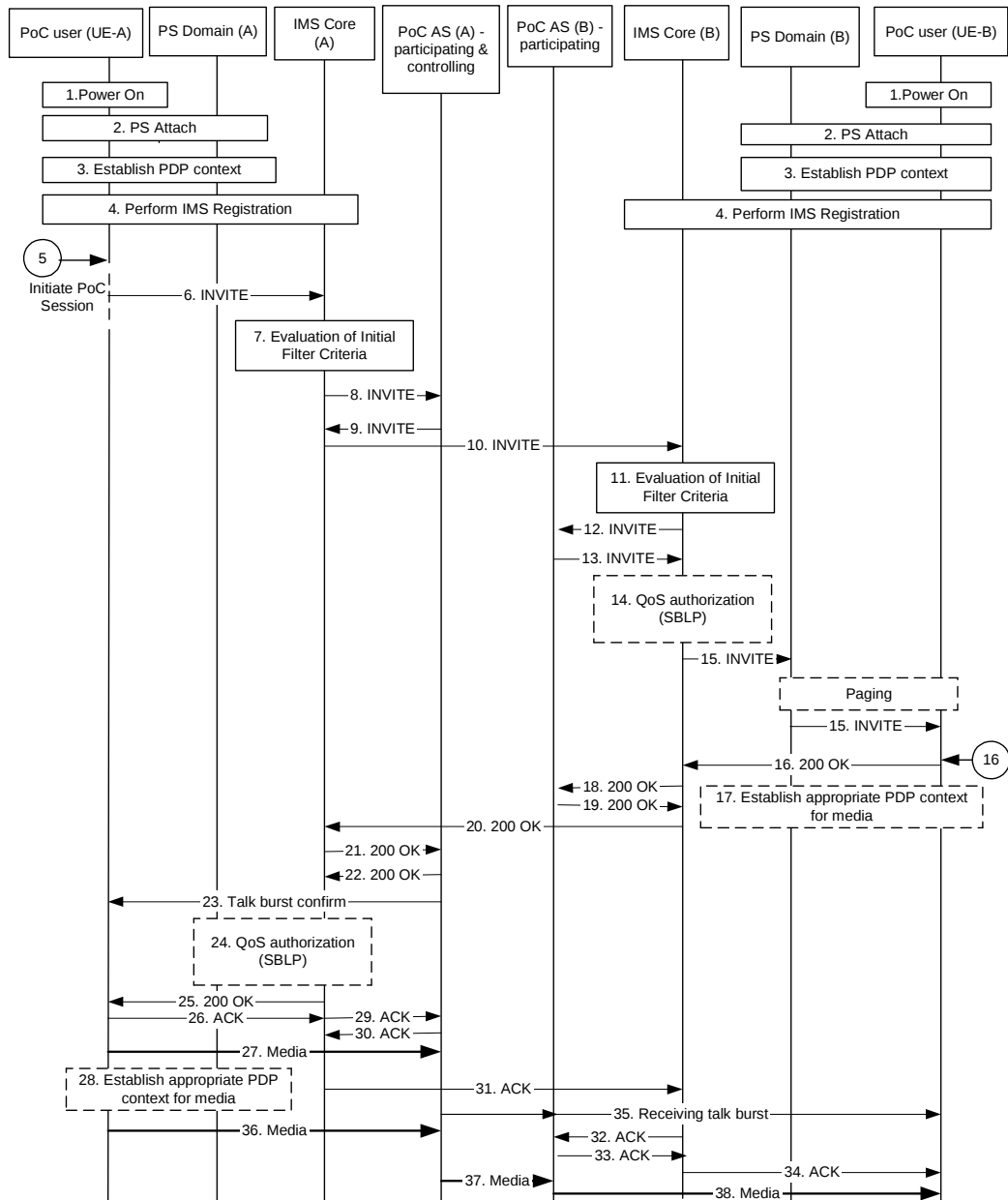


Figura A - 2: Sinalização da Sessão PoC sob-demanda com resposta manual.

Apêndice B

Interfaces do IMS

A tabela representa detalhes das várias entidades do IMS, os protocolo utilizado e os respectivos nomes das interfaces [3GP05].

Interface Name	IMS entities	Description	Protocol
Cr	MRFC, AS	Used by MRFC to fetch documents (scripts and other resources) from an AS	HTTP over dedicated TCP/SCPT channels
Cx	I-CSCF, S-CSCF, HSS	Used to communicate between I-CSCF/S-CSCF and HSS	Diameter
Dh	SIP AS, OSA, SCF, IM-SSF, HSS	Used by AS to find a correct HSS in a multi-HSS environment	Diameter
Dx	I-CSCF, S-CSCF, SLF	Used by I-CSCF/S-CSCF to find a correct HSS in a multi-HSS environment	Diameter
Gm	UE, P-CSCF	Used to exchange messages between UE and CSCFs	SIP
Go	PDF, GGSN	Allows operators to control QoS in a user plane and exchange charging correlation information between IMS and GPRS network	COPS (Rel5), Diameter (Rel6+)
Gq	P-CSCF, PDF	Used to exchange policy decisions-related information between P-CSCF and PDF	Diameter
ISC	S-CSCF, I-CSCF, AS	Used to exchange messages between CSCF and AS	SIP
Ma	I-CSCF -> AS	Used to directly forward SIP requests which are destined to a Public Service Identity hosted by the AS	SIP
Mg	MGCF -> I-CSCF	MGCF converts ISUP signalling to SIP signalling and forwards SIP signaling to I-CSCF	SIP
Mi	S-CSCF -> BGCF	Used to exchange messages between S-CSCF and BGCF	SIP
Mj	BGCF -> MGCF	Used to exchange messages between BGCF and MGCF in the same IMS network	SIP
Mk	BGCF -> BGCF	Used to exchange messages between BGCFs in different IMS networks	SIP
Mm	I-CSCF, S-CSCF, external IP network	Used for exchanging messages between IMS and external IP networks	Not specified
Mn	MGCF, IM-MGW	Allows control of user-plane resources	H.248
Mp	MRFC, MRFP	Used to exchange messages between MRFC and MRFP	H.248

Mr	S-CSCF, MRFC	Used to exchange messages between S-CSCF and MRFC	SIP
Mw	P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF	Used to exchange messages between CSCFs	SIP
Rf	P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, BGCF, MRFC, MGCF, AS	Used to exchange offline charging information with CCF	Diameter
Ro	AS, MRFC	Used to exchange online charging information with ECF	Diameter
Sh	SIP AS, OSA SCS, HSS	Used to exchange information between SIP AS/OSA SCS and HSS	Diameter
Si	IM-SSF, HSS	Used to exchange information between IM-SSF and HSS	MAP
Sr	MRFC, AS	Used by MRFC to fetch documents (scripts and other resources) from an AS	HTTP
Ut	UE, AS (SIP AS, OSA SCS, IM-SSF)	Enables UE to manage information related to his services	HTTP(s)