

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Informática

Felipe Atourassap

**MODELO DE REDE DE NOVA GERAÇÃO BASEADA EM COMBINAÇÃO DE  
PROTOCOLOS DE MOBILIDADE**

Belo Horizonte

2012



Felipe Atourassap

**MODELO DE REDE DE NOVA GERAÇÃO BASEADA EM COMBINAÇÃO DE  
PROTOCOLOS DE MOBILIDADE**

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

Orientador: Fátima de Lima Procópio Duarte Figueiredo

Belo Horizonte

2012

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A881m Atourassap, Felipe  
Modelo de rede de nova geração baseada em combinação de protocolos de mobilidade / Felipe Atourassap. Belo Horizonte, 2012.  
112f.: il.

Orientadora: Fátima de Lima Procópio Duarte Figueiredo  
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.  
Programa de Pós-Graduação em Informática.

1. Session Initiation Protocol (Protocolo de redes de computadores). 2. Redes sociais online. 3. Sistemas de comunicação móvel. 4. Interconexão em rede (Telecomunicações). I. Figueiredo, Fátima de Lima Procópio Duarte. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Informática. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 681.3.01

Felipe Atourassap

**MODELO DE REDE DE NOVA GERAÇÃO BASEADA EM COMBINAÇÃO DE  
PROTOCOLOS DE MOBILIDADE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática.

---

Fátima de Lima Procópio Duarte Figueiredo (Orientadora) - PUC Minas

---

Henrique Cota de Freitas - PUC Minas

---

Clodoveu Davis - UFMG

Belo Horizonte, 28 de Maio de 2012



Essa vitória, eu dedico a minha mãe, Valéria, ao meu pai, Arivaldo, ao meu avó  
Papai Vadinho (in memorian) e a minha namorada Grace.



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me guiar neste caminho chamado vida.

A meus pais, Arivaldo e Valéria, pelo amor e incentivo.

A Grace, que mesmo de longe "sempre" esteve presente...

A minha orientadora prof<sup>a</sup> Fátima de Lima Procópio Duarte Figueiredo.

A todos os mestres, em especial o prof<sup>o</sup>. Henrique Cota.

Aos meus amigos, em especial uma grande amiga, que neste período eu conheci, Michelle Andrade.

Aos meus familiares e a toda turma do mestrado.

Aos funcionários da PUC-MINAS, em especial Giovana Silva.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

Um muito obrigado de coração a todos que contribuíram para que eu pudesse alcançar mais um sonho em minha vida.



## RESUMO

Há alguns anos, percebe-se um grande interesse da indústria de telecomunicações na integração de redes heterogêneas. A convergência de dispositivos e a integração de redes caminham a passos largos na direção do que é conhecido como *Next Generation Networks*(NGN). A NGN visa à interoperabilidade de diversas tecnologias de rede. Para que o conceito de NGN se torne aplicável, é necessário utilizar alguns novos mecanismos, como por exemplo, protocolos e arquiteturas que dêem suporte ou realizem a integração de tecnologias heterogêneas. Este trabalho apresenta um modelo de integração de redes baseado em *Session Initiation Protocol* (SIP), *Mobile IP* (MIP) e *Media Independent Handover* (MIH). Esperando-se atender as exigências de *Quality of Service* (QoS) estipuladas pela *3rd Generation Partnership Project*(3GPP), simulações foram conduzidas visando avaliar o desempenho de aplicações de usuários da rede WiMax e UMTS (3G), integradas pelo modelo proposto.

Palavras-chave: Session Initiation Protocol. Mobile Internet Protocol. Media Independent Handover. Next Generation Networks. Handover. Universal Mobile Telecommunications System. Worldwide Interoperability for Microwave Access

.



## **ABSTRACT**

A few years ago, we find a great interest in the telecommunications industry in the integration of heterogeneous networks. The convergence of devices and network integration, strides toward what is known as it Next Generation Networks (NGN). The aims NGN interoperability of various network technologies. For the concept of NGN becomes applicable it is necessary to use some new mechanisms, such as protocols and architectures that support or carry out the integration of technologies heterogeneous. This paper presents a model based on integration of networks, it Session Initiation Protocol (SIP), it MobileIP (MIP) and IEEE 802.21. Waiting to meet the QoS requirements stipulated by their 3rd Generation Partnership Project (3GPP), simulations were consuzidas to evaluatethe performance of various applications of network users WiMax and UMTS (3G), theintegrated model.

Keywords: Session Initiation Protocol. Mobile Internet Protocol. Media Independent Handover. Next Generation Networks. Handover. Universal Mobile Telecommunications System. Worldwide Interoperability for Microwave Access



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura SIP.....	39
Figura 2 - Convergência da rede no IMS.....	43
Figura 3 - Arquitetura da rede IMS .....	44
Figura 4 - Funcionamento do MIP .....	48
Figura 5 - Arquitetura do MIH .....	50
Figura 6 - Arquitetura da rede UMTS.....	52
Figura 7 - Topologia PMP e Mesh .....	54
Figura 8 - Arquitetura WiMax baseada em IP.....	55
Figura 9 - Visão geral da integração .....	69



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo de handover .....	58
Gráfico 2 - Duração do <i>handover</i> da rede WiMax para a rede UMTS.....	74
Gráfico 3 - Duração do <i>handover</i> da rede UMTS para a rede WiMax.....	75
Gráfico 4 - <i>Delay</i> da classe <i>Conversational</i> da rede UMTS .....	76
Gráfico 5 - <i>Jitter</i> da classe <i>Conversational</i> da rede UMTS.....	77
Gráfico 6 - <i>Delay</i> da classe <i>Streaming</i> da rede UMTS.....	78
Gráfico 7 - <i>Jitter</i> da classe <i>Streaming</i> da rede UMTS .....	78
Gráfico 8 - <i>Throughput</i> da classe <i>Streaming</i> da rede UMTS .....	79
Gráfico 9 - <i>Delay</i> da classe <i>Interactive</i> da rede UMTS .....	80
Gráfico 10 - <i>Throughput</i> da classe <i>Interactive</i> da rede UMTS.....	80
Gráfico 11 - <i>Delay</i> da classe <i>Background</i> da rede UMTS .....	81
Gráfico 12 - <i>Througput</i> da classe <i>Background</i> da rede UMTS .....	82



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipo de mensagens SIP e suas funções.....	41
Quadro 2 - Classes de respostas SIP .....	42
Quadro 3 - Dados básicos do padrão 802.16 .....	52



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de usuários por classe.....	71
Tabela 2 - Comparação da perda de pacotes com o monitor de fila .....	73
Tabela 3 - Comparação da classe <i>Conversational</i> .....	77
Tabela 4 - Comparação da classe Streaming.....	79
Tabela 5 -Comparação da classe Interactive .....	81
Tabela 6 - Comparação da classe Background .....	82



## LISTA DE SIGLAS

3G - *Terceira Geração*

3GPP - *3rd Generation Partnership Project*

3GPP2 - *3rd Generation Partnership Project 2*

ACK - *Acknowledge*

AS - *Application Server*

ASN - *Access Service Network*

BGCF - *Breakout Gateway Control Function*

BS- *Base Station*

CBR - *Constant Bit Rate*

CDMA-2000 - *Code Division Multiple Access*

CN - *Correspond Node*

CSCF - *Call State Control Functions*

CSN - *Connectivity Service Network*

DECT - *Digital Enhanced Cordless Telecommunications*

DNS - *Domain Name System*

DSL - *Digital Subscriber Line*

ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*

FA - *Foreign Agent*

FDD - *Frequency Division Duplex*

FTP - *File Transfer Protocol*

GGSN - *Gateway GPRS Support Node* GMSC Gateway MSC

GPRS - *General packet radio service*

GSM - *Global System for Mobile*

HA - *Home Agent*

HLR - *Home Location Register*

HSS - *Home Subscriber Server*



ICMP - *Internet Control Message Protocol*

I-CSCF - *Interrogating Call State Control Function*

IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

IETF - *Internet Engineering Task Force*

IMS - *IP Multimedia Subsystem*

IMT-2000 - *International Mobile Telephony 2000*

IP - *Internet Protocol*

ITU - *International Telecommunication Union*

kbps- kilo bits por segundo

LLA - *Link Layer Address*

Mbps - Mega bits por segundo

MGCF - *Media Gateway Control Function*

MGW - *Media Gateway*

MICS - *Media Independent Command Service*

MIES - *Media Independent Event Service*

MIH - *Media Independent Handover*

MIHF - *Media Independent Handover Function*

MIIS - *Media Independent Information Service* MIP *Mobile Internet Protocol*

MN - *Mobile Node*

MRFC - *Media Resource Function Controller*

MRFP - *Multimedia Resource Function Processor*

MSC - *Mobile services Switching Centre*

NGN - *Next Generation Network*

NS-2 - *Network Simulator*

NIST - *National Institute of Standards and Technology*

OFDM - *Orthogonal frequency-division multiplexing*

OFDMA - *Orthogonal frequency division multiple access*



P-CSCF - *Proxy Call State Control Function*

PMP - *Point-to-Multipoint*

PSTN - *Public Switched Telephone Network*

PUI - *Public User Identify*

QoS - *Quality of Service*

RNS - *Radio Network Subsystem*

RNC - *Radio Network Controller*

S-CSCF - *Serving Call State Control Function*

SDL - *Specification and Description Language*

SGSN - *Serving GPRS Support Node*

SIP - *Session Initiation Protocol*

SLF - *Subscription Locator Function*

SMDS - *Switched Multi-megabit Data Service*

SSs - *Subscriber StationsTCP Transmission Control Protocol*

TDD - *Time Division Duplex*

TLS - *Transmission Layer Security*

UA - *User Agent*

UAC - *User Agent Client*

UAS - *User Agent Server*

UDP - *User Datagram Protocol*

UE - *User Equipment*

UMTS - *Universal Mobile Telecommunication System*

URI - *Uniform Resource Indicator*

URL - *Uniform Resource Locator*

UTRA - *Undergraduate Teaching and Research Awards*

UTRAN - *UMTS Terrestrial Radio Access Network*

VBR - *Variable Bit Rate*



VLR - *Visitor Location Register*

WCDMA - *Wideband Code Division Multiple Access*

Wi-Fi - *Wireless Fidelity*

WiMax - *Worldwide Interoperability for Microwave Access*

WLAN - *Wireless Local Area Network*



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	33
1.1 Objetivos gerais e específicos .....	33
1.2 Motivação .....	34
1.3 Justificativa .....	34
1.4 Organização do trabalho .....	35
2 REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS .....	36
2.1 Next Generation Network .....	36
2.1.1 Características da NGN .....	37
2.2 Session Initiation Protocol .....	38
2.2.1 Componentes da arquitetura SIP .....	39
2.2.2 Sinalização SIP .....	41
2.3 IP Multimedia Subsystem .....	42
2.3.1 Elementos da arquitetura IMS .....	43
2.4 Mobile IP .....	46
2.5 Media Independent Handover - IEEE 802.21 .....	49
2.6 Universal Mobile Telecommunication System - UMTS .....	51
2.7 Worldwide Interoperability for Microwave Access - WiMax .....	52
2.7.1 Topologia WiMax .....	53
2.7.2 Arquitetura da rede WiMax .....	54
2.8 Principais trabalhos relacionados .....	55
2.8.1 Proposta Santos (2009) .....	56
2.8.2 Proposta de Reis (2010) .....	57
2.8.3 Trabalhos relacionados à integração de MIP e SIP .....	59
2.8.4 Trabalhos relacionados à Integração de SIP e MIH .....	61
2.8.5 Trabalhos relacionados à Integração de MIP e MIH .....	63
2.8.6 Trabalhos associados ao tema .....	63
3 PROPOSTA E METODOLOGIA .....	67
3.1 Testes de escalabilidade do monitor de fila .....	67
3.2 Descrição da integração .....	68
3.3 Duração do procedimento de <i>handover</i> .....	70
3.4 Verificação da funcionalidade do módulo SIP .....	70
3.5 Simulações da proposta de NGN: avaliação dos parâmetros de QoS .....	70
4 RESULTADOS .....	72
4.1 Testes de escalabilidade do monitor de fila .....	72
4.2 Duração do tempo de <i>handover</i> .....	73
4.3 QoS com SIP integrado ao modelo de Santos .....	75
4.3.1 Resultados dos parâmetros de desempenho da classe <i>Conversational</i> .....	76
4.3.2 Resultados dos parâmetros de desempenho da classe <i>Streaming</i> .....	77
4.3.3 Resultados dos parâmetros de desempenho da classe <i>Interactive</i> .....	79
4.3.4 Resultados dos parâmetros de desempenho da classe <i>Background</i> .....	81
5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS .....	83
REFERÊNCIAS .....	84
APÊNDICE A - ROTEIRO DE INSTALAÇÃO DO NS-2.31 .....	89
APÊNDICE B - SCRITP TCL DO ARQUIVO PRINCIPAL .....	92
APÊNDICE C - SCRITP TCL DO MIH .....	102
APÊNDICE D - SCRITP TCL DA CRIAÇÃO DO MN .....	109



APÊNDICE E - SCRITP TCL DA CRIAÇÃO DA INTERFACE UMTS.....	110
APÊNDICE F - SCRITP TCL DA CRIAÇÃO DA INTERFACE WIMAX.....	111
APÊNDICE F - SCRITP TCL DA CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO.....	112



## 1. INTRODUÇÃO

A computação ubíqua proporciona acesso a informação em qualquer lugar, a qualquer momento. Para tornar real o mundo da computação ubíqua é necessário um investimento em pesquisa de integração de redes heterogêneas, de maneira que pessoas, coisas e dispositivos estejam conectados ininterruptamente.

A integração de redes heterogêneas é o princípio de *Next Generation Networks* (NGN). Para a *International Telecommunication Union* (ITU, 2005), NGN é uma rede baseada em pacotes, capaz de fornecer serviços de telecomunicações e utilizar de múltiplas tecnologias, simultaneamente ou não. Há vários modelos de integração na literatura utilizando *Mobile Internet Protocol* (MIP) com *Session Initiation Protocol* (SIP), ou MIP com *Media Independent Handover* (MIH), ou SIP com MIH. Porém, não há, até o momento, um modelo que utiliza MIP, SIP e MIH, como proposto neste trabalho.

O modelo deste trabalho é uma extensão do modelo proposto em Santos et al.(2011), de *handover*<sup>1</sup> vertical suave, baseado em MIP e MIH. Para aproximar esse modelo do conceito formal de NGN, o SIP, que promove o estabelecimento de sessões *Internet Protocol* (IP) entre dispositivos dos usuários e os servidores de aplicações solicitadas, foi incorporado ao modelo de Santos et al. (2011). Para avaliar o novo modelo, baseado em SIP, MIP e MIH, foram conduzidas simulações no NS-2. Os resultados mostram que o estabelecimento de seções SIP otimiza o processo de *handover*.

### 1.1. Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral deste trabalho é simular e avaliar um modelo de NGN baseadoem SIP, MIP e MIH, por meio do NS-2 e compará-lo com o modelo de *handover* verticalsuave descrito em Santos et al. (2011). O modelo de Santos et al. (2011) é orientado àconectividade e o deste trabalho à conectividade e aos serviços.

Os objetivos específicos são:

- a) Realizar testes de escalabilidade do monitor de fila;
- b) Estudar a implementação do SIP;• Adaptar o SIP para a versão no NS-2.31;

---

<sup>1</sup>*Handover*: é o processo de transição do dispositivo móvel de uma célula para outra

- c) Adaptar o modelo de *handover* proposto por Santos (2009), compatibilizando-o com o SIP;
- d) Avaliar o desempenho por meio de simulação dos seguintes parâmetros: *background*, *delay*, *jitter* e *throughput*;
- e) Comparar os parâmetros de QoS da pesquisa com os resultados obtidos por Reis(2010);
- f) Avaliar o novo modelo em relação à garantia de *handover* suave aos serviços e ao desempenho do mesmo;

## 1.2. Motivação

Santos (2009) e Reis (2010) propuseram um modelo de *handover* vertical suave, baseado em MIP e MIH que foi apresentado em Santos et al. (2011). Porém, esse modelo ainda não pode ser considerado uma NGN, apesar da proposta de integração entre redes heterogêneas. Para aproximar esse modelo do conceito de NGN, é necessária a adoção de protocolo SIP, que promove o estabelecimento de sessões IP entre os dispositivos dos usuários e os servidores de aplicações solicitadas. Portanto, o problema deste trabalho é incluir o SIP no modelo proposto por Santos et al. (2011). Espera-se que, com a utilização do SIP, o modelo possa atender às exigências de *Quality of Service* (QoS) estipuladas pela *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) e que seja um modelo com características das novas gerações de redes. A diferença entre os dois modelos é que o modelo original é orientado somente à conectividade e o proposto neste trabalho é orientado à conectividade e aos serviços.

## 1.3. Justificativa

Atualmente, a utilização de simuladores para representar comportamentos, demonstrar cenários, dentre outras coisas é bastante interessante em diversas áreas de estudo. Na área de integração de redes não poderia ser diferente. As dificuldades encontradas, tais como elevado custo, a não colaboração das operadoras e a indisponibilidade de infraestrutura para realização dos experimentos reais, podem ser um entrave na prática de pesquisas. Desta forma, este trabalho

utilizará o simulador de rede *Network Simulator* (NS-2), já bastante conhecido e utilizado por grupos de pesquisa em redes de todo o mundo.

Inúmeros estudos a respeito de integração de redes podem ser encontrados na literatura, dentre eles, Santos et al. (2011), Amer (2008), Nogueira (2007) e Mohapatra (2009), o que vem justificar a necessidade e importância desta pesquisa. Pode ser ressaltado que, com os diversos padrões de rede sem fio encontrados no mercado, a integração entre as redes não é mais uma tendência e sim uma necessidade. Os dispositivos de redes estão convergindo para um único dispositivo.

Portanto, esta pesquisa vem propor um complemento ao modelo de Santos et al.(2011) com a utilização do SIP, garantindo qualidade de conectividade e serviços aos usuários de uma NGN

#### **1.4. Organização do trabalho**

O presente trabalho encontra-se organizado da seguinte maneira: o Capítulo 2 aborda os conceitos das tecnologias envolvidas e trabalhos relacionados. No Capítulo 3, é apresentada a metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho. O Capítulo 4 apresenta os resultados finais e, por fim, o Capítulo 5 apresenta trabalhos futuros e conclusões.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão tratados os conceitos das tecnologias utilizadas no trabalho. Desta forma pretende-se facilitar o entendimento do leitor, já que o mesmo será munido das informações necessárias para a compreensão do restante do trabalho.

A primeira seção tratará os conceitos de NGN, a segunda apresenta o SIP, já na terceira seção será discutida a arquitetura IP *Multimedia Subsystem* (IMS).

Também serão tratados os conceitos de MIP, MIH, Universal Mobile *Telecommunication System* (UMTS) e *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (WiMax) nas respectivas seções, quatro, cinco, seis e sete. Por fim, na última seção serão apresentados os principais trabalhos relacionados.

### 2.1. Next Generation Network

Nos últimos anos foi possível perceber a integração das redes comutadas com as redes de pacotes. A junção dessas duas redes está ocorrendo com o objetivo de oferecer uma maior possibilidade de serviço. Conforme Lee e Knight (2005) os clientes não estão interessados em saber qual é a melhor tecnologia e sim quais serviços poderão ser oferecidos através delas. Os consumidores buscam serviços e não a tecnologia, por isso é a capacidade de oferecer uma ampla gama de serviços que podem servir de vantagem dos operadores.

Apesar de haver pontos de vista e opiniões divergentes na maioria das áreas de estudo, é possível perceber uma pequena variação nos conceitos apresentados sobre NGN. Para alguns, NGN, significa simplesmente a migração de uma rede *Public Switched Telephone Network* (PSTN) para uma rede baseada em IP. No entanto, para outros, é um conceito mais específico, tratando das características, funcionalidades, normas, etc. Porém, o núcleo conceitual é o mesmo: integração de tecnologias diferentes para prover serviços. Assim Lee e Knight (2005) nomeiam NGN como sendo um novo tipo de rede de banda larga, integrada que vem se desenvolvendo ao longo dos últimos anos. O ITU-T (2004) define uma NGN como uma rede baseada em pacotes capaz de fornecer múltiplos serviços, como: serviços de telecomunicações, banda larga, QoS habilitado, tecnologias de transporte, no

qual as funções relacionadas com os serviços são independentes da base da camada de transporte. Ela oferece acesso irrestrito pelos usuários para provedores de serviços diferentes, além de apoiar a mobilidade generalizada, que permitirá a oferta consistente e onipresente de serviços aos usuários. Amer (2008) prefere definir NGN como uma arquitetura de rede que é concebida para a prestação de novos serviços, independente da tecnologia de acesso.

Para que não haja interpretações equivocadas neste trabalho, NGN é trabalhado no seguinte escopo: uma integração das redes UMTS e WiMax de forma transparente oferecendo ao usuário os serviços de ambas as redes.

### **2.1.1. Características da NGN**

Por todos os conceitos apresentados é possível perceber que NGN é proposta como objetivo de oferecer uma maior gama de serviços, no entanto existem características básicas para que uma rede possa ser chamada de NGN e consiga assim alcançar os objetivos propostos. ITU-T (2004) define que as seguintes características fundamentais de uma rede são:

- a) Transferências baseadas em pacotes;
- b) Separação das funções de controle entre as capacidades de suporte, chamada / seção, aplicação e serviços;
- c) Suporte para uma ampla gama de serviços e aplicações, incluindo o tempo real;
- d) Capacidades de banda larga com a QoS fim a fim;
- e) A mobilidade generalizada;
- f) Acesso irrestrito pelos usuários de diferentes prestadores de serviços;
- g) Uma variedade de esquemas de identificação;
- h) Unificação das características do serviço para o mesmo serviço percebido pelo usuário;
- i) Serviços convergentes entre fixo e móvel; • Independência de funções relacionadas com os serviços de tecnologias de transporte subjacente;
- j) Suporte a múltiplas tecnologias;
- k) Compatível com todos os requisitos regulamentares, por exemplo: segurança, privacidade, interceptação legal, etc.

Além disso, Amer (2008) afirma que NGN pode reduzir consideravelmente as despesas de capital e despesas operacionais, podendo ainda permitir a transformação harmoniosa do legado das redes para uma simples, porém poderosa rede heterogênea. Para isso, deve haver compatibilidade com os serviços tradicionais de apoio. Lee e Knight (2005) abordam outras características. Eles afirmam que a NGN pode ser determinada a partir dos problemas enfrentados pelos operadores de redes: a necessidade de prestação de serviços sobre os acessos de banda larga para aumentar a receita, a necessidade de mesclar diversos serviços de rede, tais como dados, voz, serviços multimídia, mensagens instantâneas, entre outros, e o desejo dos clientes de poder acessar seus serviços em qualquer lugar. Em outras palavras, tanto Amer (2008), quanto Lee e Knight (2005) utilizaram as características apresentadas pela ITU-T (2004), tendo, entanto, focos diferentes. Lee e Knight (2005) tiveram foco mais comercial, para capitalizar recursos financeiros e atender expectativas e/ou anseios dos clientes.

Portanto, há uma grande expectativa para implantação da NGN. Apesar de considerar que a implantação está em fase inicial, existem alguns prestadores de serviços de telecomunicações que estão finalizando suas NGNs. A expectativa é grande, pois visa combinar o melhor das redes comutadas e de pacotes e assim, oferecer uma ampla gama de serviços aos usuários.

## **2.2. Session Initiation Protocol**

Em 1996, foi proposto pelo Internet Engineering Task Force (IETF) um protocolo da camada de aplicação com o intuito inicial de apenas controlar o estabelecimento e a finalização da sessão. Tanenbaum (2003), afirma que muitas pessoas da comunidade da Internet viam esse protocolo como um produto típico das empresas de telecomunicações: grande, complexo e inflexível. Para mudar essa visão, a IETF estabeleceu um comitê para projetar uma forma mais simples e mais modular de utilizar o SIP, considerando que a arquitetura desse protocolo foi projetada para ser compatível com outros protocolos amplamente utilizados na Internet. Para citar alguns desses protocolos: *Transmission Control Protocol* (TCP), *Transmission Layer Security* (TLS), *User Datagram Protocol* (UDP), IP, *Domain Name System* (DNS), *Uniform Resource Indicator* (URI) *Uniform Resource Locator* (URL),

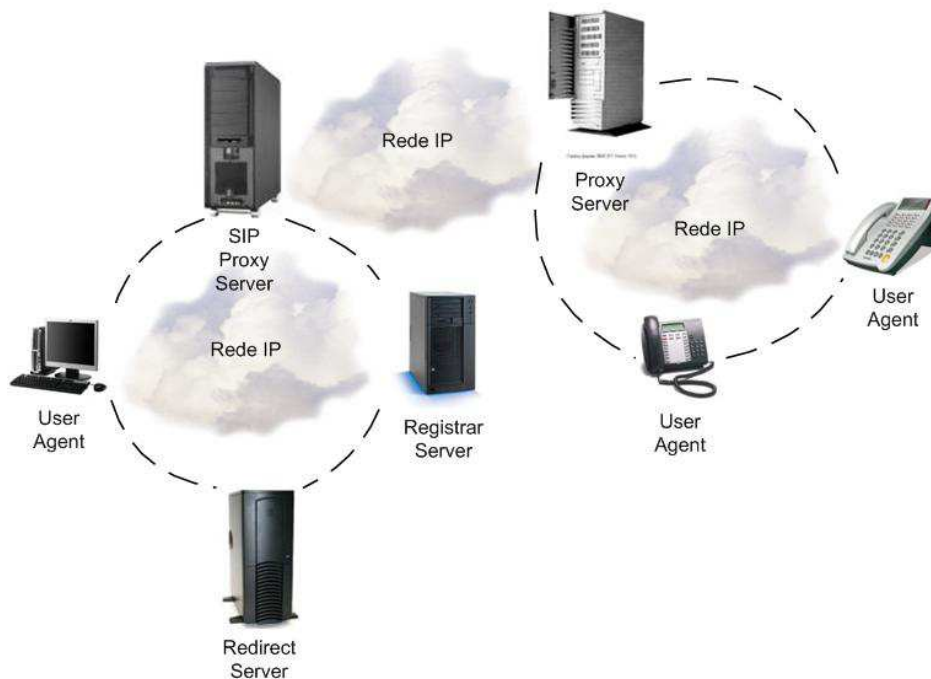
dentre outros. Com o resultado, o SIP tornou-se um dos principais protocolos de videoconferência e conexões multimídia.

O SIP pode estabelecer sessões de duas partes, ligações telefônicas comuns, sessões de várias partes, onde todos podem ouvir e falar, e sessões de multidifusão, com um transmissor e muitos receptores, conforme Johnston (2007). As sessões podem conter áudio, vídeo ou dados, e assim uma grande variedade de serviços pode ser prestada.

### 2.2.1. Componentes da arquitetura SIP

O SIP é responsável pela criação, modificação e terminação de comunicações e sessões de colaboração, que devem ser realizados através da troca de mensagens SIP. No entanto, antes que seja compreendido o funcionamento das mensagens SIP, é necessário conhecer os componentes que interagem com as mensagens, (Fig. 1). Rezendo (2006), apresenta os componentes principais da arquitetura do SIP, sendo eles:

**Figura 1 - Arquitetura SIP**



Fonte: Rezendo (2006)

- a) **User Agent:** é o cliente da arquitetura, tendo a responsabilidade de enviar ou receber mensagens. No modelo cliente / servidor, pode atuar de duas maneiras. Quando responsável por iniciar as chamadas, através de requisições é conhecido como *User*
- b) **Agent Client (UAC):** quando atua como o servidor que recebe e envia os pedidos e respostas é chamado de *User Agent Server (UAS)*, conforme Sur (2007)
- c) **Proxy Server:** sua função é bem semelhante à de um servidor *ProxyWeb*, Sur (2007) o considera um dos principais componentes da infraestrutura do SIP. Por esse servidor ter a capacidade de roteamento e suporte a funções de autenticação, autorização, controle de acessos, retransmissões de pedidos e segurança. Além dessas funções o Servidor *Proxy* também pode atuar como sinalizador de chamadas, redirecionando-as para o próximo servidor SIP da rede, como se fosse o requisitante, conforme Tame Goh (2002) descrevem.
- d) **RedirectServer:** como o próprio nome diz, é um servidor de redirecionamento. Tem como principal função responder a uma solicitação dando o direcionamento correto a ser seguido, ou seja, informar se a URL solicitada encontra-se disponível ou se há outro endereço a buscar. Para Sur (2007), o *RedirectServer* mapeia o endereço de destino para um ou mais endereços e retorna a nova lista de endereços possíveis para o nó que originou o pedido SIP.
- e) **SIP Registrar:** possui informações de localização dos *UserAgent (UA)*, além de aceitar pedidos de registro de novos UA. Rezendo (2006) assegura que o SIP Registrar são responsáveis por processar os pedidos dos UAC, registrando sua localização, que é armazenada em algum dos servidores de localização da arquitetura. Desta maneira, servidores *Proxy SIP* podem fazer uso da informação de localização armazenados no repositório para obter a localização do agente receptor.
- f) **Gateway SIP:** segue a mesma função de um *gateway* convencional, ou seja, tem por objetivo interligar redes, separar domínios, ou mesmo traduzir protocolos. Neste caso ele é o responsável pela interoperabilidade entre redes SIP e outras que utilizam diferentes protocolos de sinalização de acordo com Rezendo (2006).

### 2.2.2. Sinalização SIP

Agora que os principais componentes da arquitetura SIP já foram apresentados é possível discutir o fluxo das mensagens SIP. As mensagens são chamadas de sinalização. A sinalização pode ocorrer entre dois dispositivos, que podem ser telefones SIP, *handhelds*, *palmtops*, telefones celulares, *softwares* para chamadas SIP, entre outros.

Johnston (2007) considera as sinalizações como verbos do protocolo, uma vez que solicita uma ação específica a ser tomada por outro agente ou servidor. Seguindo essa linha de pensamento, os verbos mais importantes da comunicação SIP são *INVITE*, *REGISTER*, *BYE*, *ACK*, *CANCEL* e *OPTIONS* apresentados na *Request for Comments* (RFC)-3261. Há também outros sete métodos que são apresentados em RFC diferentes, como por exemplo: *REFER* na RFC-3115, *SUBSCRIBE* na RFC-3265, *NOTIFY* na RFC-3265, *MESSAGE* na RFC-3428, *UPDATE* na RFC-3311, *INFO* na RFC-2976, *PRACK* na RFC-3262. Como pode ser observado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Tipo de mensagens SIP e suas funções**

Método	RFC	Funcionalidades
<b>INVITE</b>	3261	Convida pessoas para participar de uma seção
<b>REGISTER</b>	3261	Confirma o recebimento de uma resposta final para um INVITE
<b>BYE</b>	3261	Solicita o término de uma seção
<b>ACK</b>	3261	Solicita que uma seção prévia seja cancelada, diferente do BYE
<b>CANCEL</b>	3261	Registra a informação de contato de um indivíduo
<b>OPTION</b>	3261	Consulta servidores com respeito a suas capacidades
<b>REFER</b>	3115	Solicita que o receptor faça contato com um terceiro participante
<b>SUBSCRIBE</b>	3265	Permite se inscrever para um estado particular de um recurso
<b>NOTIFY</b>	3265	Permite a notificação de eventos específicos
<b>MESSAGE</b>	3428	Permite a transferência de mensagens instantâneas
<b>UPDATE</b>	3311	Permite a atualização dos parâmetros de uma seção
<b>INFO</b>	2976	Carrega informações de controle geradas durante a seção
<b>PRACK</b>	3262	Confirma a recepção de uma mensagem de resposta informativa

Fonte: JOHNSTON, 2007

Todas as mensagens de respostas do SIP são acompanhadas por um código. Conforme mostrado na Quadro 2, esses códigos são separados por classes, a qual tem a função de distinguir as ações que cada uma das classes pode possuir.

**Quadro 2 - Classes de respostas SIP**

Classe	Descrição Ação
1xx	Informativo Indica o status da chamada antes que esta se complete
2xx	Sucesso A requisição foi recebida com sucesso
3xx	Redirecionamento O servidor retornou possíveis localidades. O cliente deve reenviar a requisição para outros servidores
4xx	Erro no Cliente A requisição falhou devido a um erro no cliente
5xx	Falha no Servidor A requisição falhou devido a um erro no servidor
6xx	Falha Global A requisição falhou. A requisição não deve ser enviada a este ou outros servidores

Fonte: JOHNSTON, 2007

### 2.3. IP Multimedia Subsystem

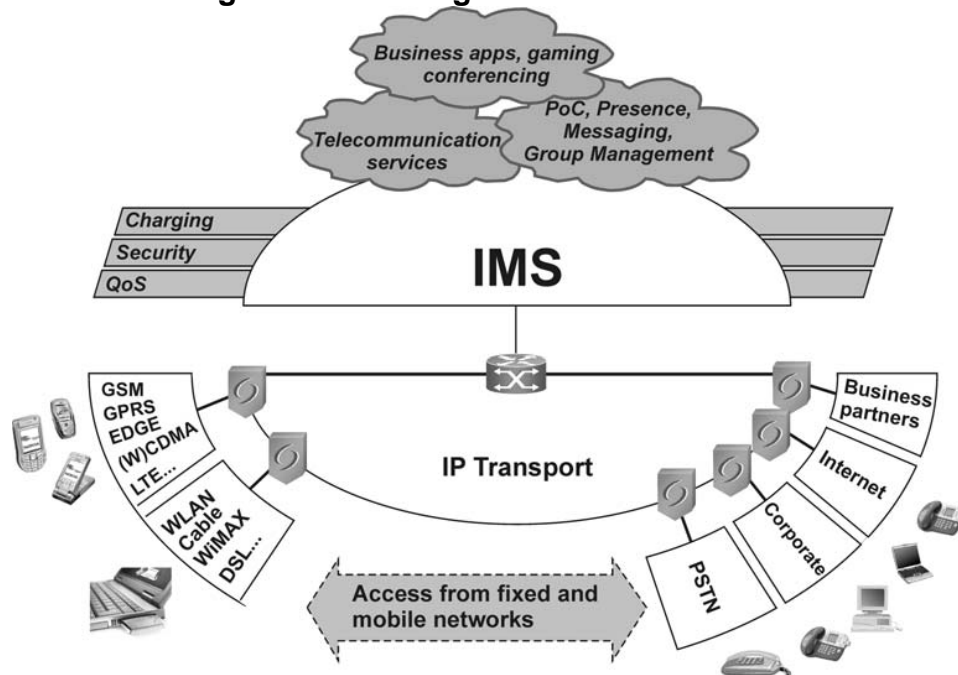
O IP *Multimedia Subsystem*, também conhecido como IMS, é um conjunto de requisitos e especificações definido pelo 3GPP e *3rd Generation Partnership Project 2* (3GPP2). O IMS tem como objetivo definir uma arquitetura de unificação dos serviços baseados em IP sobre ambas as redes, pacotes e comutação de circuitos, conforme Sur(2007), permitindo, assim, a convergência de diferentes tecnologias de comunicações fixas sem fios, além do acesso para a criação, distribuição e consumo de serviços multimídia.

Para facilitar a integração entre as diversas redes o IMS utiliza protocolos do IETF, como, por exemplo, o SIP. Não há pela 3GPP e 3GPP2 o intuito de padronizar as aplicações, mas sim, ser um agente que auxilia os aplicativos para que possam acessar os serviços, disponíveis em diversas redes, através de terminais com ou sem fio.

Outra definição encontrada para IMS, dada por Mayer (2009), é uma conectividade global, acesso independente e baseado em padrões IP. É uma arquitetura de controle de serviço que permite vários tipos de serviços multimídia para usuários finais utilizando protocolos baseados na Internet.

É possível perceber, pelo conceito apresentado por Mayer (2009), (FIG. 2), a convergência de várias tecnologias, tanto móveis quanto fixas na arquitetura IMS. Dentre os móveis pode-se citar, *Global System for Mobile* (GSM), WiMax e dentre as fixas, PSTN.

**Figura 2 - Convergência da rede no IMS**



Fonte: MAYER, 2009

### 2.3.1. Elementos da arquitetura IMS

A arquitetura IMS tem uma abordagem funcional para implementar o plano de controle e desempenhar a função de nível lógico entre os terminais e as redes baseadas em IP. Em outras palavras essa arquitetura define quais funções devem existir e não onde existir, afirma Moraes (2008). Desta forma o IMS pode ser considerado a arquitetura centralizadora para onde convergem várias redes (FIG. 3).

Pode-se observar (FIG.3) que há diversos componentes na infraestrutura rede IMS para prover os serviços multimídia. Esses componentes são compostos de banco de dados, controle de seção, servidor de aplicação, gateways e equipamentos de usuário. Esses componentes serão tratados posteriormente, pois para melhor entendê-los é necessário ter conhecimento sobre as camadas do núcleo de rede IMS. A arquitetura IMS é dividida em três camadas: Serviço, Controle e Transporte.

**Camada de transporte:** é responsável pelo acesso à rede, permitindo que os dispositivos e *User Equipment* (UE) se conecte a rede IMS. Através de tecnologias fixas como *Digital Subscriber Line* (DSL), *cable modems*, *Ethernet* ou tecnologias que permitam mobilidade como *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA), *General Packet Radio Service* (GPRS), WiMax, os dispositivos podem fazer acesso a



I-CSCF: é um *Proxy* SIP cujo endereço está listado nos registros de domínios DNS, estando localizado na extremidade de um domínio administrativo. Há três tarefas a serem cumpridas pelo I-CSCF, são elas: (1) obter por meio do *HomeSubscriber Server* (HSS), o próximo servidor S-CSCF; (2) atribuir um S-CSCF com base nos recursos recebidos do HSS. A atribuição do S-CSCF terá lugar quando um usuário está se registrando na rede ou um usuário recebe um pedido SIP, enquanto eles não são registrados a partir da rede, mas tem serviços relacionados a um estado não registrado. (3) roteamento das solicitações recebidas na seqüência (QADEER et al., 2009).

S-CSCF: Moraes (2008) relata que o S-CSCF é considerado um servidor SIP capaz de controlar o desempenho da sessão. Deste modo, opera como um registrador SIP, mantendo uma conexão entre a localização do cliente e o endereço do usuário SIP de registro. Apenas como nota de informação esse registro é conhecido como *Public User Identify* (PUI). Além disso, Mayer (2009), expõe que o S-CSCF é responsável pelas principais decisões de roteamento, uma vez que recebe todas as sessões e transações originadas ou terminadas pelos UE.

Agora que todos conhecem um pouco sobre a arquitetura do IMS serão apresentados os componentes que fazem parte dessa arquitetura. Há duas bases de dados na arquitetura IMS, o HSS e o *Subscription Locator Function* (SLF). O SLF é usado como um mecanismo de resolução que permite que o I-CSCF ou S-CSCF encontrem o endereço do HSS correto, que contém os dados do assinante. Porém, para Mayer (2009), o HSS é o principal elemento de armazenamento da rede IMS, sendo o centro de armazenamento de informações relativas aos usuários. Para Moraes (2008), o HSS é tecnicamente a evolução do *Home Location Register* (HLR), usado nas redes GSM. Os dados armazenados no HSS contém o perfil do usuário - serviço que o cliente está inscrito, informações sobre a localização e informações de segurança - onde são incluídos dados de autenticação, autorização e informações a respeito de qual S-CSCF está alocado para o usuário.

Outro componente é o *Application Server* (AS), que se comunica com o HSS e que hospeda e executa serviços do ambiente IMS, ou seja, dependendo do serviço efetivo, o AS pode funcionar de vários modos, como por exemplo: *SIP Proxy*, *SIP User Agent* e *SIP Redirect Server*. Os AS também interagem com o HSS para *upload* e *download* de dados, isso de acordo com Sur (2007).

*BreakoutGateway Control Function* (BGCF): é outro componente que tem o objetivo de selecionar a rede na qual a conexão com a PSTN será feita, ou seja, determina o próximo salto para roteamento de mensagens SIP, que não podem ser encaminhadas por meio do S-CSCF. A chamada é encaminhada utilizando o protocolo SIP para outro BGCF. O processamento posterior ou para um MGCF controlar o acesso desejado à rede PSTN (QADEER et al., 2009).

*Media Gateway Control Function* (MGCF): controla o MGW para enviar ou receber chamadas. (QADEER et al., 2009)

*Media Gateway* (MGW): executa todo o processamento de mídia necessário para processar as chamadas da rede PSTN para a rede *Circuit-Switched Network* (QADEER et al., 2009).

*Media Resource Function Controller* (MRFC): controla o MRFP para fornecer meios de transformação requerida por servidores de aplicação. (QADEER et al., 2009)

*Multimedia Resource Function Processor* (MRFP): executa todo o processamento de meios necessários para fornecer processamento de mídia, em apoio dos servidores de aplicação para recursos como videoconferência, correio de voz, gravação, processamento de voz, etc (QADEER et al., 2009).

*PSTN gateway*: interface entre as redes PSTN e a rede comutação por circuito (QADEER et al., 2009).

## **2.4. Mobile IP**

O IETF desenvolveu um protocolo para a camada de rede, que tem como objetivo suportar conectividade com a Internet, independente do meio físico através do qual o computador se comunica, possibilitando ainda aos dispositivos móveis uma transparência na mobilidade, ou seja, não havendo interrupção na comunicação em andamento. Tudo isso baseado em IP, diz Perkins (1997). Tal modelo ficou conhecido como MIP. Ganhou rapidamente grande notoriedade no cenário da computação móvel, já que vinha como alternativa para a solução do problema da falta de suporte à mobilidade que os outros protocolos de rede possuíam. Nasir (2006), afirma que foi possível resolver o problema citado, permitindo que um nó possua dois endereços IP.

Na estrutura, há diversas entidades de funcionamento, porém Nasir (2006) cita quatro entidades consideradas básicas, são elas:

- a) **Mobile Node (MN)**: é um dispositivo móvel que pode alterar seu ponto de fixação de uma rede para outras sem perder seu endereço IP original, (NASIR, 2006). Desta forma pode haver continuidade da comunicação com outros nós da Internet.
- b) **Correspond Node (CN)**: é um nó da rede externa, com o qual o MN se comunica, (NASIR, 2006) podendo ser um dispositivo móvel ou fixo.
- c) **Home Agent (HA)**: é um roteador da rede de origem do MN, que participa da entrega de datagramas ao MN, quando o mesmo encontra-se fora da sua rede local. Além disso, mantém-se informado sobre a localização de todos os nós que estão em uma rede vizinha, (NASIR, 2006).
- d) **Foreign Agent (FA)**: com características bem semelhantes ao HA, porém sendo um roteador da rede visitada. É um cooperador na comunicação entre o HA e o MN, quando o último encontra-se na rede estrangeira, diz Nasir (2006).

No entanto, há várias outras entidades funcionais que são mencionadas por Perkins(1997).

- a) **Agent advertisement** é um agente que anuncia sua presença através de uma mensagem especial.
- b) **Care-of address** é o endereço de um FA com o qual o nó móvel é registrado. Em outras palavras é um endereço local obtido externamente, cujo nó móvel foi associado com uma das suas interfaces de rede.
- c) **Home network** é a rede de origem do MN.
- d) **Foreign network** é qualquer outra rede MN visitada.
- e) **Home address** é um endereço IP que é atribuído por um período prolongado de tempo para um MN, e que permanece inalterado, independentemente do local onde o MN está conectado à Internet.

**Figura 4 - Funcionamento do MIP**



Fonte: REIS, 2010

O funcionamento do MIP (FIG. 4), que, de acordo com Reis(2010) pode ser dividido em três partes. A primeira parte é o *AgentDiscovery*, que é um processo pelo qual um MN determina se está conectado a uma rede externa, *ForeignNetwork* ou a sua *HomeNetwork*. É o mecanismo pelo qual o MN consulta e descobre agentes de mobilidade. O HA e o FA enviam mensagens intermitentes de aviso do tipo *Internet Control Message Protocol* (ICMP). O nó móvel recebe esta mensagem e verifica se ele está ou não em algum FA. Se esta resposta for positiva ele inicia a próxima etapa, (NORRIS, 2001). A segunda parte, chamada de *Registration*, é o processo em que o MN identifica em qual rede encontra-se e informa ao HA o seu atual *care-of-address*, (NORRIS, 2001). A última etapa, é o *Tunneling*, que vem a ser o encaminhamento dos pacotes endereçados ao MN. Isso se dá por meio do redirecionamento dos pacotes pelo HA, construindo uma nova mensagem IP que contém o endereço *care-of-address* destino. Esse novo pacote encapsula o pacote original que é enviado para o novo destino. Esta etapa ainda mais é que um redirecionamento dos pacotes destinados ao MN (NORRIS, 2001).

## 2.5. Media Independent Handover - IEEE 802.21

Com a tendência de uma maior heterogeneidade das redes de comunicação, foi proposto pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) um *framework* chamada de IEEE - 802.21, que também é conhecida como MIH. As NGN estão previstas para ser uma combinação de tecnologias de acesso diferentes, mas complementares. OMIH deve melhorar significativamente o *handover* entre redes de tecnologias heterogêneas. Griffith, Rouil e Golmie (2010) dizem que o MIH é um conjunto de mecanismos para facilitar a migração de usuários móveis entre as diferentes redes de acesso. Assim um mecanismo de mobilidade sem fio com baixo *delay* de *handover* pode manter a comunicação ativa durante a troca de rede.

A intenção do MIH é auxiliar o processo de *handover*, e não gerar um mecanismo que venha padronizar as mudanças de rede. Um *framework* aplicável aos sistemas que utilizam MIP ou os que empregam o SIP (TANIUCHI et al., 2009).

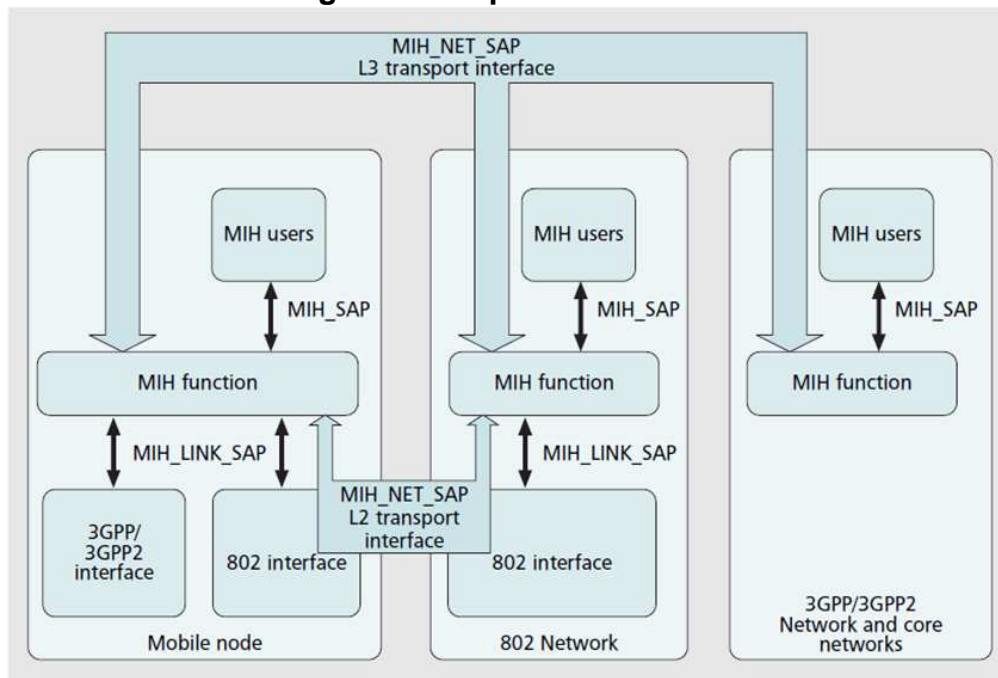
Para que haja realmente uma melhora no *handover*, é necessária a utilização de alguns serviços ou comandos (OLIVA et al., 2008), listados a seguir: *Media Independent Command Service* (MICS), *Media Independent Event Service* (MIES) e *Media Independent Information Service* (MIIS). No entanto, para que esses comandos possam interagir é preciso a coordenação do *Media Independent Handover Function* (MIHF), que atua como uma camada intermediária, realizando o intercâmbio de informações e comandos entre os diferentes dispositivos envolvidos (OLIVA et al., 2008). Taniuchi et al. (2009) consideram o MIHF como uma entidade lógica que fornece serviços abstratos para as camadas superiores através de uma interface independente do meio e obtém informações das camadas inferiores através da interface específicas do meio (FIG. 5).

Agora que já foi identificado como os serviços MIHF interagem, serão tratados os conceitos e características dos mesmos.

*Media Independent Command Service*: informam as alterações ocorridas nas camadas inferiores para as camadas superiores. As informações são chamadas de eventos. Esses eventos podem indicar a mudança de comportamento do estado e da transmissão de dados (OLIVA et al., 2008). Em resumo, este serviço é responsável pela filtragem e pelos relatórios dos eventos que correspondem às mudanças. Este

serviço aciona a camada de enlace apropriada de acordo com os eventos de enlace e eventos MIH (REIS, 2010).

**Figura 5 - Arquitetura do MIH**



Fonte: OLIVA et al., 2008

*Media Independent Event Service*: eventos são fornecidos para as camadas superiores, permitindo, desta maneira, o controle e gerenciamento das funções nas camadas inferiores. Os comandos MICS são usados para executar a mobilidade da camada superior e as decisões de conectividade para as camadas inferiores. Exemplo de comandos MICS são pesquisa, digitalização, configuração de entrega, etc (MAGAGULA; CHAN, 2008). Os comandos podem ser invocados, por usuário MIH ou pelo MIHF, de forma local ou remota. Os comandos gerados localmente se propagam do MIH para o MIHF e depois para as camadas inferiores. Os comandos remotos são realizados através de mensagens de protocolo MIH e podem se propagar a partir do MIHF no protocolo local pilha para o MIHF em uma pilha de protocolo ponto (TANIUCHI et al., 2009)

*Media Independent Information Service*: basicamente, fornece informações sobre as características, estáticas e serviços das redes vizinhas para ambas as camadas superiores e inferiores. As informações fornecidas incluem o tipo de rede, situação dos links, informações de segurança, acordos de nível de serviço, custos, entre outras (MAGAGULA; CHAN, 2008).

## 2.6. Universal Mobile Telecommunication System - UMTS

Em 1989 a *International Telecommunication Union* (ITU) divulgou um documento com as especificações do que seria o sistema de celulares do futuro, também chamados de Terceira Geração (3G). Das especificações apresentadas, um dos itens era categoria de serviços, que era formada por: áudio, texto, imagem, vídeo e sinalização. Essas especificações recebem o nome de *International Mobile Telephony 2000* (IMT-2000) (SVERZUT, 2005).

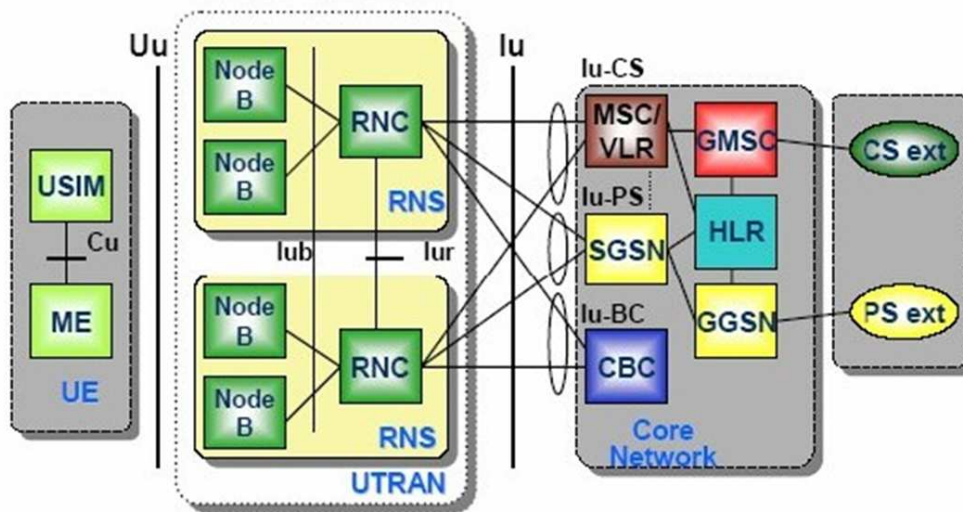
De posse das especificações, diversas empresas e órgãos regulamentadores propuseram sistemas para o padrão 3G. Dentre os diversos padrões sugeridos pode-se destacar *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* (DECT), WCDMA, *Undergraduate Teaching and Research Awards* (UTRA), e *Code division multiple access* (CDMA-2000), (TOSKALA, 2006). Na prática as propostas WCDMA e UTRA estão unificadas em uma mesma especificação denominada UMTS, conforme Sverzut (2005).

A 3G dos telefones celulares utiliza a tecnologia chamada de UMTS. Esse padrão foi desenvolvido pela 3GPP com o intuito de disponibilizar banda larga para usuários móveis, podendo essa largura variar de 144 kilo bits por segundo (kbps) em aparelhos móveis até 2 Mega bits por segundo (Mbps) em ambientes sem mobilidade (REIS, 2010). Além disso, é possível oferecer serviços de voz, transmissão de dados em alta velocidade, comparado com as gerações antecessoras, garantindo ainda a qualidade do serviço (MASON; CULLEN; LOBLEY, 1996).

A rede UMTS consiste na interação de três domínios: a interface aérea conhecida como UMTS *Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN), o núcleo IP da rede chamado de *Core Network*, e UE.

O Core Network (FIG. 6) é subdividido em elementos que realizam comutação por circuito, *Mobile services Switching Centre* (MSC), *Visitor Location Register* (VLR) e *Gateway MSC* (GMSC) e outros elementos que provêm comutação por pacotes *Serving GPRS Support Node* (SGSN) e *Gateway GPRS Support Node* (GGSN)

Figura 6 -Arquitetura da rede UMTS



Fonte: Reis (2010)

## 2.7. Worldwide Interoperability for Microwave Access - WiMax

O padrão IEEE 802.16, WiMax surgiu em 2001, porém sendo publicada uma versão completa apenas em 2004. As características das diferentes versões são apresentadas no Quadro 3.

O WiMax é uma solução de banda larga sem fio que oferece um rico conjunto de características com muita flexibilidade em termos de opções de implantação e ofertas de serviços em potencial. Andrews (2007) também considera que a camada física baseada em Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM), escalabilidade da banda larga, codificação e modulação adaptável, retransmissão na camada de link, suporte a Frequency Division Duplex (FDD) e Time Division Duplex (TDD). O uso do OFDM com uma técnica de múltiplo acesso Orthogonal frequency division multiple access (OFDMA), alocação de recursos por usuário flexível e dinâmico, suporte a QoS, mobilidade e arquitetura baseada em IP, são as principais características do WiMax.

Quadro 3 - Dados básicos do padrão 802.16

(continua)

	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
<b>Status</b>	Completed December 2001	Completed June 2004	Completed December 2005
<b>Frequência de banda larga</b>	10GHz 66GHz	2GHz 11GHz	2GHz 11GHz sem mobilidade; 2GHz 6GHz com mobilidade
<b>Aplicação</b>	Fixo LOS	Fixo NLOS	Fixo e móvel NLOS

(conclusão)

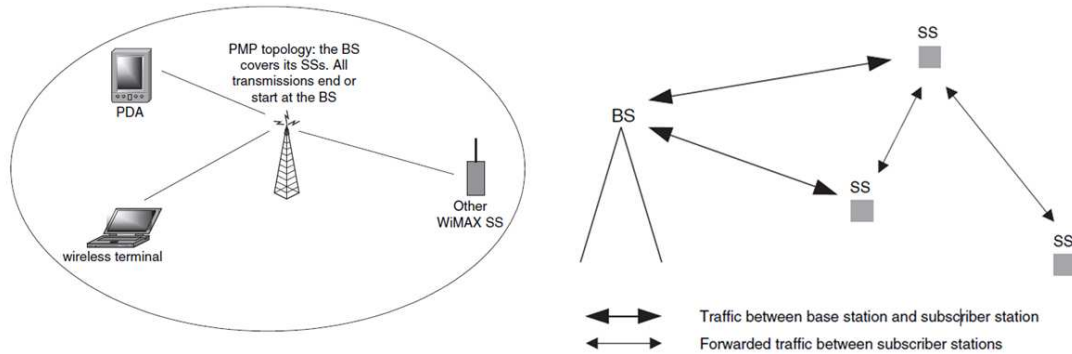
	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
<b>Arquitetura do MAC</b>	Point-to-multipoint e <i>Mesh</i>	Point-to-multipoint e <i>Mesh</i>	Point-to-multipoint e <i>Mesh</i>
<b>Esquema de transmissão</b>	Somente único operador	Somente único operador 256OFDM or 2,048 OFDM	Somente único operador 256 OFDM ou escalável OFDM com 128, 512, 1,024, or 2,048 subportadoras
<b>Modulação</b>	QPSK, 16 QAM ,64 QAM	QPSK, 16 QAM ,64 QAM	QPSK, 16 QAM ,64 QAM
<b>Taxa de dados brutos</b>	32Mbps a 134.4Mbps	1Mbps à 75Mbps	1Mbps à 75Mbps
<b>Multiplexing</b>	TDM/TDMA	TDM/TDMA/OFDMA	TDM/TDMA/OFDMA
<b>Duplexin</b>	TDD and FDD	TDD and FDD	TDD and FDD
<b>Canal de largura de banda</b>	20MHz, 25MHz, 28MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8.75MHz	1.75MHz, 3.5MHz, 7MHz, 14MHz, 1.25MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 8.75MHz
<b>Demoninação da interface aérea</b>	WirelessMAN-SC	WirelessMAN-SCa, WirelessMAN-OFDM, WirelessMAN-OFDMA, WirelessHUMANa	WirelessMAN-SCa, WirelessMAN-OFDM, WirelessMAN-OFDMA, WirelessHUMANa

Fonte: Andrews (2007)

### 2.7.1. Topologia WiMax

O WiMax pode ser dividido em duas topologias de rede *Point-to-Multipoint* (PMP) e modelo *Mesh*. A principal diferença dos modelos é que na topologia PMP o tráfego é feito somente entre uma *Base Station* (BS) e uma *Subscriber Stations* (SSs), enquanto no modelo *Mesh* o tráfego pode ser roteado por uma SSs e não somente pela BS (FIG. 7).

**Figura 7 - Topologia PMP e Mesh**



Fonte: NUAYMI, 2007

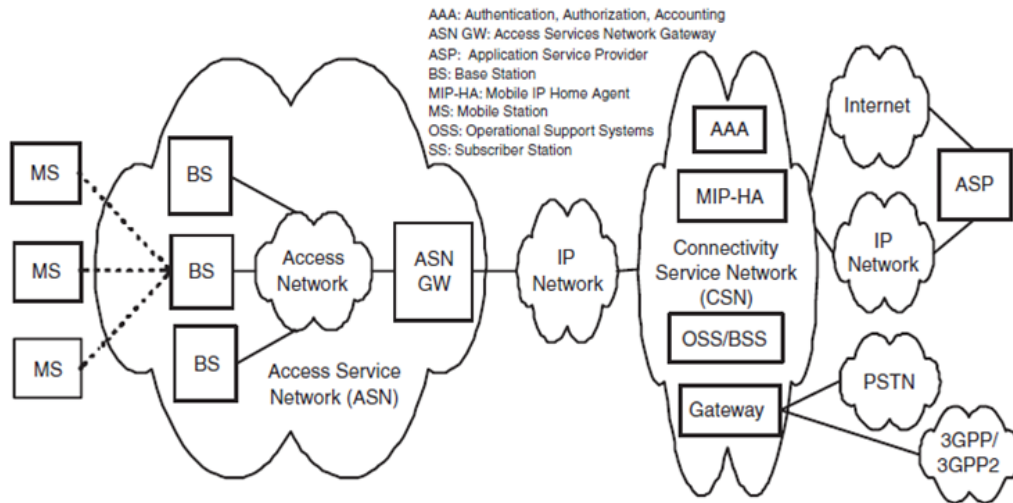
PMP é uma topologia centralizada onde a BS é a centro do sistema, enquanto natopologia Mesh não há centralização, assim os elementos da rede podem criar sua própriacomunicação com outros elementos da rede, afirma Nuaymi (2007).

### 2.7.2. Arquitetura da rede WiMax

A arquitetura da rede WiMax foi desenvolvida para assegurar a interoperabilidadeentre operadores e equipamentos, prevendo assim um suporte às redes fixas e móveis alémdos serviços baseados em IP (NUAYMI, 2007).

A rede WiMax(FIG. 8) é baseada em IP. Além disso, afirma que arede pode ser dividida em três partes: (1) estações móveis utilizados pelo usuário finalpara acessar a rede; (2) da *Access Service Network* (ASN), que compreende uma ou maisestações base e um ou mais *gateways* ASN que formam a rede de acesso rádio na borda;(3) *Connectivity Service Network* (CSN), que fornece conectividade IP e todas as funçõesdo IP da rede básica.

**Figura 8 - Arquitetura WiMax baseada em IP**



Fonte: ANDREWS, 2007

## 2.8. Principais trabalhos relacionados

Na computação móvel, uma área de grande interesse é a integração das redes heterogêneas, sendo que esta integração é um requisito essencial para o desenvolvimento da NGN. Mesmo ainda sem um conceito definido de NGN, Roden (1993) debate uma ideia de integração com uma abordagem bem semelhante ao que é proposto atualmente. Roden (1993) propôs a integração de serviços de telecomunicações à rede *Switched Multi-megabit Data Service* (SMDS), utilizando protocolos de rede comum de computador.

É possível encontrar na literatura diversos trabalhos que destacam a integração das redes. No entanto, para essa dissertação, há dois trabalhos desenvolvidos previamente pelo grupo de pesquisa em Computação Móvel da PUC-Minas, Santos (2009) e Reis (2010), que foram consideradas as principais referências. Eles foram incrementados para a proposta do modelo de NGN apresentado neste trabalho.

Esta seção apresenta os trabalhos de maior relevância para essa pesquisa, além dos citados anteriormente. Portanto, foi organizada da seguinte forma: proposta de Santos (2009), proposta de Reis (2010), trabalhos relacionados à integração de MIP / SIP, trabalhos relacionados à integração de SIP / MIP, trabalhos relacionados à integração de MIP / MIP, dentre outros

### 2.8.1. Proposta Santos (2009)

A proposta do trabalho de Santos (2009) parte da junção de dois outros trabalhos. O primeiro, apresentado por Nguyen-Vuong, Fiat e Agoulmine (2006), trata de um modelo de integração entre redes WiMax e UMTS. O segundo trabalho aborda uma análise detalhada sobre o framework MIH (STEIN, ). Com base nesses dois trabalhos Santos (2009) propõem outro modelo de integração de redes, diferenciando-se de Nguyen-Vuong, Fiat e Agoulmine (2006) por utilizar o MIH. Desta forma, tratou questões consideradas relevantes por Santos (2009), mas que não foram descritas por Nguyen-Vuong, Fiat e Agoulmine (2006).

Para Santos (2009) um modelo de integração por meio do MIH deve-se levar em consideração o cenário de mobilidade a ser atendido. Santos (2009) utilizou um cenário base, que possibilitou perceber três elementos essenciais à integração de rede: o MN, a rede UMTS e a rede WiMax. Além desses, há outros dois elementos: um denominado *Backbone MIP* e um servidor Web existindo a necessidade do MN ser composto por duas interfaces de conexão. Sendo que cada uma dessas interfaces deve possuir o MIHF instalado, possibilitando que o dispositivo móvel percorra entre ambas as redes. Por fim, é necessário que a rede UMTS tenha o MIHF adicionado no *Radio Network Subsystem* (RNS) e a rede WiMax possua essa mesma função adicionada na BS.

O MIP foi adicionado ao roteador para que possa executar de forma correta o encaminhamento dos pacotes. Por isso o roteador foi nomeado de *Backbone MIP*. Em outras palavras, realizou a função como um HA tanto para a rede UMTS quanto para a rede WiMax. O procedimento de *handover* proposto por Santos (2009) partiu do princípio que o nó poderia estar em qualquer uma das redes, podendo migrar para outra rede, sendo criados dois cenários: (1) *handover* WiMax para UMTS e (2) *handover* UMTS para WiMax.

O procedimento de *handover* vertical proposto por Santos (2009) tem início quando o nó móvel realiza varreduras nas redes vizinhas em busca de informações. Assim, o nó móvel tem condições de verificar se realiza ou não o processo. No caso de uma decisão positiva, para a realização do *handover*, o *Radio Network Controller* (RNC) é informado e terá a função de selecionar uma BS e notificar o Roteador MIP. A partir de então, os dados deixam de ser encaminhados ao nó móvel e são armazenados em *buffer*, até que o registro do endereço de tratamento (*Care-*

*ofaddress*) seja recebido. A BS, disponibiliza um endereço de IP local para o nó móvel que será usado como *Care-of address*. O nó móvel indica à BS que o procedimento de handover foi concluído e qualquer pendência de pacotes do endereço IP antigo (*homeaddress*) pode, agora, ser remetida para o novo endereço IP (*Care-ofaddress*). O RNC envia uma notificação ao Roteador MIP para o GGSN informando que os recursos da antiga rede já podem ser desalocados. Os dados armazenados em *buffer* podem ser encaminhados para endereço de tratamento (*Care-of address*) por meio de tunelamento (*tunneling*).

Com os resultados obtidos por meio da simulação utilizando o NS-2, Santos (2009) concluiu, que o *handover* ocorreu nos dois sentidos sem que houvesse interrupção do serviço, ou seja, de forma suave. Apontando como desvantagem do processo a ocorrência significativa de variação do atraso. Pode-se observar também um melhor desempenho da rede WiMax com relação ao desempenho apresentado pela rede UMTS, o que já era esperado.

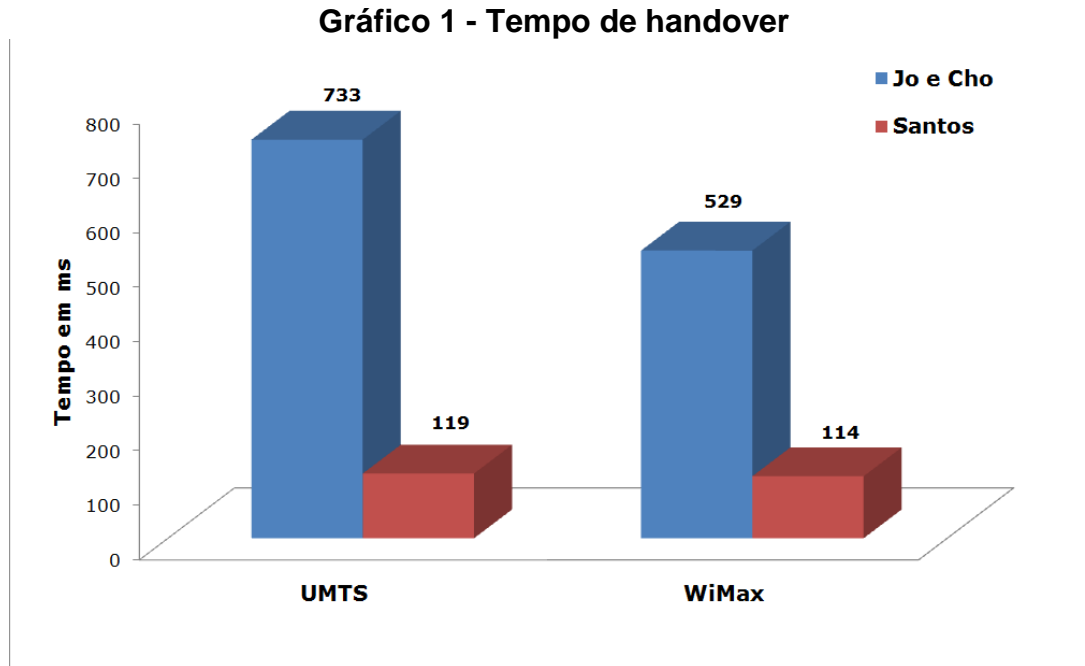
### **2.8.2. Proposta de Reis (2010)**

O trabalho apresentado por Reis (2010) é dividido em 5 etapas básicas. A principal referência utilizado por Reis (2010), é Santos (2009).

**1ª Etapa: Medir o tempo de duração do *handover*:** Apesar do módulo de integração idealizado por Santos (2009) ter sido validado, Reis (2010) realizou uma verificação do tempo médio do *handover* com o intuito de verificar a eficiência do módulo, além de dar continuidade a um trabalho proposto pelo próprio Santos (2009).

Para isso foi a capturar o tempo final do *handover* subtraído pelo tempo inicial do mesmo. O início do *handover* é quando o nó móvel começa o processo de varredura do canal para se conectar ao *NodeB* da rede UMTS ou à BS da rede WiMax. O término do *handover* acontece quando o nó móvel recebe o último *Acknowledge* (ACK) informando que o *handover* foi efetivado.

Obteve-se desta maneira, um resultado significativo na comparação com os obtidos por uma pesquisa realizada por Jo e Cho (2008) (GRAF. 1)



Fonte: REIS, 2010

**2ªEtapa: Módulo de Santos (2009) para múltiplos usuários:** A segunda etapa realizada por Reis (2010) correspondeu à ampliação do módulo de Santos (2009) para mais de um usuário. Para isso, foi necessária a criação de nós multi-interfaces. Em outras palavras, isso quer dizer que um nó terá duas interfaces de rede, uma para se conectar à rede UMTS e outra para conectar-se a rede WiMax. Desta maneira é muito importante a utilização do MIH, possibilitando que uma interface permaneça desativada quando não estiver sendo usada, resultando em economia de energia. Desta maneira quando a interface UMTS estiver em uso, a interface WiMax estará inativa e vice-versa.

Além disso, foi criado um cenário de utilização que possuía 57% dos usuários utilizando aplicações do tipo *Conversational*, 16% do tipo *Streaming*, outros 16% dos usuários no tipo *Background* e o restante de 11% no tipo *Interactive*.

Por fim, para configurar as aplicações, foi criado um agente UDP e TCP, de acordo com cada aplicação. Conseqüentemente, foi necessário também criar uma aplicação que determina qual é o fluxo dos dados da aplicação, que neste caso foram criados os fluxos Exponencial, *Variable Bit Rate* (VBR) e *Constant Bit Rate* (CBR).

**3ªEtapa: Avaliar a simulação para múltiplos usuários:** Esta etapa caracterizou-se por avaliar se as alterações realizadas na 2ª etapa tiveram algum impacto no desempenho do modelo proposto por Santos (2009). Com isso,

parâmetros de QoS como: *delay*, *jitter*, *throughput* e perda de pacotes, foram utilizados para análise. Para isso foi necessário desenvolver um analisador de trace, utilizando-se a linguagem AWK para extração dos dados, obtendo-se os parâmetros citados.

Após a obtenção dos dados, Reis (2010) verificou o comportamento da rede, além de se certificar se a rede estava ou não trabalhando com QoS. Assim, averiguou-se que, semelhantemente ao trabalho de Santos (2009), as alterações realizadas para múltiplos usuários não prejudicaram o desempenho do modelo da mesma.

**4ª Etapa: Proposta adicional à política de *handover*:** Com base nos resultados obtidos na 3ª etapa, Reis (2010) observou que a rede UMTS estava sempre sobrecarregada e que havia alta taxa de perda de pacotes, o que não ocorria na rede WiMax, já que a mesma possui uma maior disponibilidade de recursos se comparada à rede UMTS. Portanto, foi desenvolvida por Reis (2010) uma função chamada de Monitor de Fila, sendo implementada na interface *lub*, que fica entre a RNC e o *NodeB*. O objetivo foi controlar a sobrecarga da rede UMTS, informando-a da necessidade de realizar *handovers* para a rede WiMax. O parâmetro para a realização dos *handovers* é o número de perda de pacotes. Com isso o monitor cria uma fila, cujo tamanho não pode ser superior a 1000 pacotes. No caso da fila ultrapassar o tamanho de 1000 pacotes é forçado o *handover* dos 10 usuários com maior consumo de recursos da rede. Esses usuários são transferidos para a rede WiMax. Levando-se em conta que sempre as rede UMTS e WiMax estarão disponíveis para os usuários. A quantidade de usuários transferidos e o momento de realizar o *handover* (fila maior que 1000) foram determinados empiricamente.

**5ª Etapa: Proposta adicional à política de *handover*:** Por fim, a 5ª etapa do trabalho de Reis (2010) analisou a melhoria gerada pelo acréscimo do monitor de fila. Concluindo que, as alterações realizadas colabora para que o modelo se torne mais realista, atendendo assim aos objetivos iniciais da pesquisa.

### **2.8.3. Trabalhos relacionados à integração de MIP e SIP**

O gerenciamento de *handover* e o gerenciamento de localização são considerados por Wang, Abu-Rgheff e Akram (2004) questões essenciais para o

sistema de mobilidade sem fio. Para amenizar os possíveis problemas que essas questões podem trazer, os autores partiram do princípio de sempre selecionar o procedimento mais eficiente para aquisição de um novo IP. Desta maneira, Wang, Abu-Rgheff e Akram (2004) propuseram um esquema de *handover* que visou combinar os pontos fortes dos protocolos MIP e SIP, demonstrando que essa proposta híbrida foi eficiente, reduzindo o *delay* e melhorando a confiabilidade do *handover*.

Em outro trabalho de Wang e Abu-Rgheff (2006), que deu continuidade a pesquisa de gestão da mobilidade em redes sem fio com o uso de MIP e SIP, os autores afirmam que um dos problemas da utilização de ambos protocolos em conjunto é o custo excessivo causado pela redundância de entidades com a mesma função. Uma das abordagens foi chamada de "fortemente integrada", que visava fundir as funções semelhantes dos protocolos MIP e SIP. Na arquitetura "fracamente integrada", os autores dividiram da seguinte maneira: a) apenas entidades MIP realizavam busca de localização; b) as entidades MIP buscavam informações e compartilhavam com as entidades SIP. Após análise dos resultados Wang e Abu-Rgheff (2006) afirmaram que ambas as arquiteturas eram mais eficientes que o híbrido tradicional MIP-SIP.

Em Zeadally et al. (2004) foi apresentada uma arquitetura de integração para suporte à mobilidade sem fio. Os autores propuseram duas abordagens. A primeira visava combinar MIP e SIP, oferecendo suporte para mobilidade pessoal e terminal. Em outras palavras, o SIP era responsável por tratar a mobilidade pessoal enquanto o MIP a mobilidade terminal. A segunda abordagem foi nomeada como "SIP pura", por ser uma arquitetura no qual não houve o uso do MIP. Desta maneira, o SIP tinha a responsabilidade de gerenciar a mobilidade terminal e pessoal. Os autores também demonstraram a eficácia das duas arquiteturas, no entanto, ressaltaram que a arquitetura "SIP pura" se destacava em relação à MIP-SIP, por obter melhores resultados como comunicação direta entre o *mobile node* (MN) e o *Corresponding Host* (CH).

Para resolver o problema de mobilidade contínua, Le e Li (2007) propuseram uma solução baseada na integração de MIP e SIP. Essa solução era baseada na troca de informações entre a camada de rede e a camada de aplicação, com redução

da troca de mensagens entre o nó e a rede, acarretando um menor atraso no processo de *handover*.

Khan, Ismail e Dimiyati (2009) afirmaram que nenhum dos métodos disponíveis atualmente como o 3GPP IMS, acoplamento, MIH e MIP, tratam o *handover* entre redes heterogêneas de forma eficaz na camada de rede e de aplicação, concomitantemente. Com isso, o mesmo apresentou uma proposta de um modelo de *handover*, que utilizou o MIP e o SIP simultaneamente para que auxiliasse o procedimento de mudança sua entre as redes UMTS e WiMax. Este trabalho foi bem semelhante ao proposto nesta dissertação, no entanto, diferenciando-se por utilizar OPNET 14,5 para implementar os métodos propostos. Métodos estes, que, além dos atributos apresentados anteriormente caracterizaram por duas questões. A) camada de aplicação: continuidade de uma seção em curso que é uma questão de e B) camada de rede: impede a mudança de IP para um usuário móvel.

#### **2.8.4. Trabalhos relacionados à Integração de SIP e MIH**

O procedimento de *handover*, ou seja, quando um dispositivo móvel migra de uma célula para outra, é considerado uma das etapas mais importantes do processo de integração de redes. Silvana e Schulzrinne (2008) propuseram um modelo no qual a sinalização MIIS foi transportada por mensagens SIP. Desta maneira, os autores realizaram por meio da estrutura do MIH uma autenticação pró-ativa. Isso quer dizer que os usuários eram autenticados na nova rede antes da realização do *handover*. Essa autenticação pró-ativa foi importante porque o *delay* do processo de autenticação não afetava o tempo de execução do *handover*. Outra vantagem apresentada por Silvana e Schulzrinne (2008), foi que esse modelo não requeria a implantação de novas infraestruturas complexas de sinalização de apoio à sinalização MIIS.

O problema conhecido como "desbalanceamento do fluxo de tráfego", ocorre quando há necessidade de ajustes das taxas de dados e o fluxo de tráfego, após a ocorrência do procedimento do *handover* vertical, o que impede que as aplicações em curso sejam mantidas. Para resolver esse problema, Jung, Kim e Kim (2007) propuseram uma integração entre o SIP e o MIH. No esquema proposto, os *Nodes* possuíam suporte à MIHF e a mobilidade, além de interfaces de rede IEEE 802.16 e IEEE 802.11e, também conhecidas como WiMax e *Wireless Fidelity* (Wi-Fi),

respectivamente. Os autores afirmaram que com o uso das mensagens de *RE-INVITE* e *UPDATE* do SIP podiam, realizar a renegociação de *quality of service* (QoS) e a modificação de sessão, antes da ocorrência do *handover*, tornando o fluxo balanceado. Em outras palavras, não havia perda das aplicações que estavam em curso.

Mosawi, Shuaib e Aghvami (2009) afirmaram que ainda não há uma solução eficiente para mobilidade de serviços em tempo real para as redes baseadas em IP. Desta maneira, as aplicações acabavam sofrendo com inconvenientes como o *delay*. Os autores propuseram o acréscimo de um mecanismo de descoberta e seleção de rede juntamente com o protocolo SIP. Na abordagem de Mosawi, Shuaib e Aghvami (2009) esse mecanismo era o MIH. Além disso, um processo chamado de *SIP Intelligent Handover* (SIP-IHO) tinha o objetivo de decidir se realizaria ou não a habilitação de outra interface para sucessivamente realizar o *handover*. Essa decisão teve como base critérios como: tipo de aplicação, a mobilidade atual e custo-sensibilidade, entre outros, que foram obtidas pelos serviços MIES, MICS e MIIS.

Kim, Koh e Kyoung-Hee (2009) propuseram uma melhoria no procedimento de *handover* utilizando o protocolo SIP para serviços e aplicações IMS. Porém, era diferente da proposta de Qadeer et al. (2009), por utilizar MIH, SIP e IMS. O trabalho relatou os conceitos e funcionalidades do SIP, como também a dificuldade desse protocolo de realizar um *handover* sem rupturas. Desta forma, os autores afirmaram que era necessária uma extensão do protocolo para que houvesse um *handover* suave, porém as soluções atualmente conhecidas não foram adequadas ao *fast handover*, por sofrerem com latência. Então foi proposta pelos autores, uma nova maneira de reduzir a latência, já que foram apresentados os seguintes problemas nos *handovers* com utilizando SIP como: ligação à rede de comutação tempo, endereço IP e configuração de tempo e seção Re-início do tempo. Com isso os autores partiram do princípio que para ocorrer uma melhora no *handover* era necessário primeiramente reduzir o *delay* da troca de link e, para isso, introduziram as funções do MIH. Assim, foi definido um "novo protocolo" SIP onde foram agregadas novas mensagens.

### **2.8.5. Trabalhos relacionados à Integração de MIP e MIH**

Taniuchi et al. (2009) também buscaram a melhoria da arquitetura para a convergência de redes, com o foco na interoperabilidade do serviço. O mesmo reforçou a necessidade dos dispositivos terem capacidade de acesso a mais de uma rede, porém neste caso os mesmos tinham mais de uma interface. Para que não houvesse consumo excessivo de energia por parte do dispositivo, a interface somente era ativada após um procedimento de descoberta de vizinhos, realizado pelo MIH. Isso não tirava do MIP a responsabilidade de conectar e manter a comunicação dos dispositivos. Seguindo a linha de utilização do MIH juntamente com MIP, Reis (2010) propôs uma abordagem semelhante, porém com foco na qualidade de serviço.

### **2.8.6. Trabalhos associados ao tema**

Há trabalhos que, mesmo não se encaixando nas subseções anteriores, devem ser ressaltados, pois contribuíram no desenvolvimento dessa pesquisa.

Um desses trabalhos é o de Nguyen-Vuong, Fiat e Agoulmine (2006), que discutiram a arquitetura do Interfuncionamento de uma rede UMTS / Wireless Local Area Network (WLAN) de maneira a permitir que o usuário pudesse mudar a ligação de uma rede para outra, sem perda de pacotes. No entanto, a proposta era de ter apenas uma única interface ativa de cada vez. Para isso, foram sugeridos dois tipos de abordagem: "acoplamento forte" e "acoplamento fraco". O componente principal da mobilidade nessa arquitetura foi o MIP.

A pesquisa de Jo e Cho (2008) propôs um novo modelo de otimização *cross-layer* do *handover* vertical entre as redes WiMax e 3G. A proposta de Jo e Cho (2008), realizou o *fast handover* por meio de dois principais passos: (1) reordenar e/ou paralelizar as mensagens de sinalização de L2 e L3. (2) combinar essas mesmas mensagens. Os autores demonstraram o procedimento padrão de *handover* utilizando o MIPv6. Logo após foi mostrado o mesmo procedimento, porém de forma otimizado, ou seja, as mensagens de sinalização eram omitidas e/ou reordenadas desse novo procedimento. As primeiras mensagens omitidas eram as *Router Solicitation* (RtSol) e *Router Advertisement* (RtAdv). Já que as informações sobre o ASN Gateway foram realizadas por meio da mensagem L2 MOB-NBR-ADV,

desta forma, não foi necessário retransmití-las. Houve também o acréscimo da mensagem L2 DSA-REQ que continha um *LinkLayerAddress* (LLA) do MN permitindo omitir a mensagem L3 *FastNeighborAdvertisement*. Além disso, havia procedimentos que poderiam ser executados de forma paralela.

Jo e Cho (2008), o nó móvel pode se movimentar entre as três redes: UMTS, WiMax e CDMA-2000. Sendo oferecido a este dispositivo quatro tipos de serviço: *Conversational*, *Streaming*, *Background* e *Interactive*. Mediante esse cenário e as alterações citadas acima, foram realizadas simulações no NS-2, que demonstram a melhora do desempenho do *handover* vertical entre as redes 3G e WiMax, obtendo baixa latência, um maior *throughput* com o TCP e uma menor perda de pacotes, em comparação com o modelo básico *Mobile IPv6*.

O trabalho de Nogueira (2007) teve como objetivo a integração das redes de celulares 3G/UMTS com IEEE 802.11. Para que essas redes pudessem se comunicar foi necessário fazer alterações nas arquiteturas existentes. Portanto, o *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) especificou duas arquiteturas para integração: *Tight Interworking* e *Loose Interworking*.

De acordo com Nogueira (2007), a arquitetura *Tight Interworking* tinha como principal vantagem a reutilização de mecanismos de autenticação e gerenciamento da mobilidade das redes de celulares. Entretanto, para que isso ocorresse são necessários elementos que pudessem interpretar os procedimentos das redes de celulares para as redes WLAN. A desvantagem era que todo o fluxo de dados passava pelo CN, o que poderia acarretar uma sobrecarga na rede, gerando uma limitação de tráfego.

Na arquitetura *Loose Interworking*, não era necessário interfaces de adaptação entre as redes WLAN e 3G, por não haver reutilização dos processos de autenticação e gerenciamento da mobilidade. No entanto para que a mobilidade ocorresse era necessário que houvesse funções para executar o processo de *handover* entre as redes. Desta maneira, Nogueira (2007) adotou os protocolos MIP e SIP, para realizarem esse procedimento.

Para que os dispositivos pudessem se mover de uma rede para outra, precisavam possuir suporte a tais protocolos, ou seja, o nó móvel deveria ter o *Agent MIPv6* e o *Agent SIP* instalados. Além disso, deveria haver nas redes o HA e o SIP Server.

A solução proposta foi baseada no nível quatro do 3GPP e na arquitetura Loose. Desse modo, a rede 802.11 não precisava implementar as funções de mobilidade da rede celular e o usuário não precisava permanecer com a interface de rádio UMTS ativa. Para processar as mensagens dos protocolos de gerenciamento de mobilidade, foi inserida uma nova entidade de rede denominada Converge. Essa entidade tinha o intuito de redirecionar a conexão 802.11 para uma rede de celular, caso houvesse falhas em um determinado serviço. Além disso, houve na Converge a implementação dos protocolos de gerenciamento de mobilidade.

O processo de *handover* foi dividido em duas partes: a primeira onde o nó móvel procura e identifica uma rede e a segunda parte onde ocorre efetivamente o *handover*.

O processo de simulação apresentado por Nogueira (2007) foi dividido em três partes: a primeira parte descreveu a criação do modelo *Specification and Description Language* (SDL), a segunda foi chamada de simulação interativa e a terceira é a validação.

Usou-se o simulador UI da ferramenta *Telelogic Tau*, utilizado para que sejam simulados os processos de *handover* vertical entre as redes. Sendo assim, foi possível demonstrar o comportamento do sistema. Portanto, no trabalho descrito, foram apresentadas duas abordagens em gerenciamento de mobilidade para a integração das redes UMTS e 802.11: uma baseada no SIP e outra no MIP.

Qadeer et al. (2009) reforçaram o uso do IMS, pois afirmaram que com o crescimento e a evolução das telecomunicações a tendência é a integração de todas as aplicações sobre uma única base. Qadeer et al. (2009) crêem que essa base é o IMS, devido às características apresentadas, como por exemplo, a possibilidade de permitir uma plataforma de serviços IP aberto, possibilitando desta maneira uma maior facilidade na implantação de novos serviços de comunicação. Desta forma, será preenchida a lacuna entre as duas tecnologias mais bem sucedidas na comunicação, que são as redes de celulares e a Internet.

Não há consolidado um tipo de arquitetura específica para a NGN, por isso Khlifie Gregoire (2008) apresentaram uma proposta de utilização da arquitetura do IMS juntamente com o protocolo SIP para prover serviços de comunicação. Nessa proposta, não houve necessidade de utilização do MIP, já que o suporte a mobilidade foi embutido no protocolo SIP.

Amer (2008) seguiu outra linha de pesquisa, não focada apenas na arquitetura da NGN, mas também na mudança do legado de rede existente hoje para uma nova arquitetura que possa proporcionar às operadoras redução de custos e aumento da receita por meio dos novos serviços oferecidos.

Mohapatra (2009) tinha uma linha de pensamento bem semelhante, e expôs como os principais motivos para o crescimento da NGN a convergência de serviços, economia de escala, entrega de serviço rápido e flexível, além da redução de custos operacionais. Ressaltou também que o planejamento da migração do legado atual para a NGN é um grande desafio.

Por meio dos trabalhos relacionados apresentados anteriormente, foi possível perceber que há na literatura várias propostas de arquitetura que utilizam MIP e/ou SIP para realizar a integração das redes, com resultados divergentes. No entanto, este trabalho diferenciou-se dos demais apresentados, pois utilizou, além do MIP e SIP, a framework IEEE 802.21. Com isso, espera-se um desempenho satisfatório, pois o SIP tem a função de estabelecer sessões, o MIP permite a obtenção de um novo endereço e o IEEE 802.21 viabiliza o levantamento das características das redes vizinhas.

### 3. PROPOSTA E METODOLOGIA

Para atender aos objetivos da pesquisa, foi simulado um modelo de NGN, validado por meio dos resultados do processo de *handover*. Para que isso ocorresse, escolheu-se o simulador NS-2 versão 2.31. Na realização das simulações foram criados cenários com o intuito de analisar o comportamento da rede para o novo modelo, verificando se o *handover* suave foi garantido pelo SIP, MIP e pelo IEEE 802.21 nos dois sentidos. A eficácia do modelo foi avaliada com a coleta de alguns dados: *delay*, *jitter*, *throughput* e o tempo do *handover*. Uma comparação entre o modelo de Santos et al. (2011) e o deste trabalho possibilitou a avaliação da eficácia do modelo após a incorporação do SIP ao mesmo.

#### 3.1. Testes de escalabilidade do monitor de fila

Para melhor compreensão do modelo de Santos et al. (2011), buscou-se investigar inicialmente a escalabilidade da fila de pacotes, proposta por Reis (2010).

Os testes de escalabilidade buscaram avaliar o comportamento que as redes teriam ao realizar alterações no tamanho da fila do monitor de pacotes. Reis (2010) dimensionou a fila de forma empírica, atribuindo o tamanho máximo de 1000 pacotes. No entanto, não houve testes que comprovassem esse valor como o "ideal", ou seja, que a perda tendesse a zero e não houvesse prejuízo de performance para a rede. Partindo deste questionamento, foram realizados, nesta dissertação, testes com outros tamanhos de fila.

O primeiro teste avaliou a fila com o tamanho zero, ou seja, sem o monitor. Não havia nenhuma regra para o controle da perda de pacotes. Na verdade, essa primeira avaliação tinha como objetivo comparar as simulações geradas para essa pesquisa, teria resultados semelhantes aos apresentados por Reis (2010), o que foi comprovado com os resultados obtidos.

Após essa primeira análise, o desejo era verificar qual comportamento as redes teriam com um tamanho de fila superior e inferior a 1000 pacotes. Em outras palavras, procurou-se verificar o valor "ideal" para o tamanho do monitor de fila. O primeiro valor escolhido para o tamanho da fila foi de 100. Optou-se por esse tamanho acreditando que o valor "ideal" seria superior a 1000. No entanto, deveria haver uma comprovação de que o valor abaixo de 1000 pacotes implicaria em uma

perda maior. Concluiu-se assim, pelo simples fato de que nos resultados apresentados por Reis (2010), a fila de tamanho zero causou uma grande perda e com o tamanho de 1000 a perda foi menor. Diante deste fato, acreditava-se que quanto maior a fila, menor a perda.

O segundo valor escolhido foi para o tamanho da fila foi de 2000 pacotes. O que gerou zero pacote perdidos. Contudo, o resultado não confirmou se esse seria o valor "ideal", apenas limitou a área de busca. Havia uma certeza, de que o valor "ideal" para o monitor teria um tamanho maior que 1000 e menor que 2000. Foram necessários novos testes, pois não é de interesse subdimensionar, gerando perda, ou superdimensionar, podendo acarretar lentidão na rede.

Outro tamanho de fila escolhido foi de 1500 pacotes, a média entre o apresentado por Reis (2010) e o último valor testado para essa pesquisa. A finalidade da escolha desse valor era reduzir a margem que o monitor poderia ter, já que o objetivo era gerar uma política que houvesse o mínimo de impacto no processo de *handover*, permitindo assim, uma mobilidade mais natural ao usuário. O monitor de fila com o tamanho 1500 pacotes não foi satisfatório, mesmo tendo perdas inferiores ao monitor de 1000 pacotes. Foi necessária a escolha de outro valor, que fosse superior a 1500 e inferior a 2000, que não houve perdas. O tamanho do monitor de fila de 1800 pacotes foi escolhido. Analisando os resultados gerados pela simulação com esse valor, não houve perdas.

Deveria assim, ser escolhido um valor inferior a 1800 e superior a 1500, seguindo a lógica utilizada anteriormente. Entretanto, foi percebido que o comportamento da rede com o monitor de fila de 1800 era idêntico ao monitor de tamanho 2000. Com os resultados obtidos, concluiu-se que, não seriam necessários novos testes, pois não houve perda de pacotes e o comportamento da rede era o mesmo. Portanto, ficou definido empiricamente, para essa dissertação, que o tamanho da fila será de 1800 pacotes.

### **3.2. Descrição da integração**

Conforme a proposta do trabalho, foi necessário realizar algumas alterações no modelo de *handover* vertical suave proposto por Santos et al. (2011). O modelo (FIG. 9) com os elementos propostos por Santos et al. (2011), acrescidos dos elementos propostos neste trabalho, *SIPAgent* e *SIPProxy*. O *SIPAgent* é uma

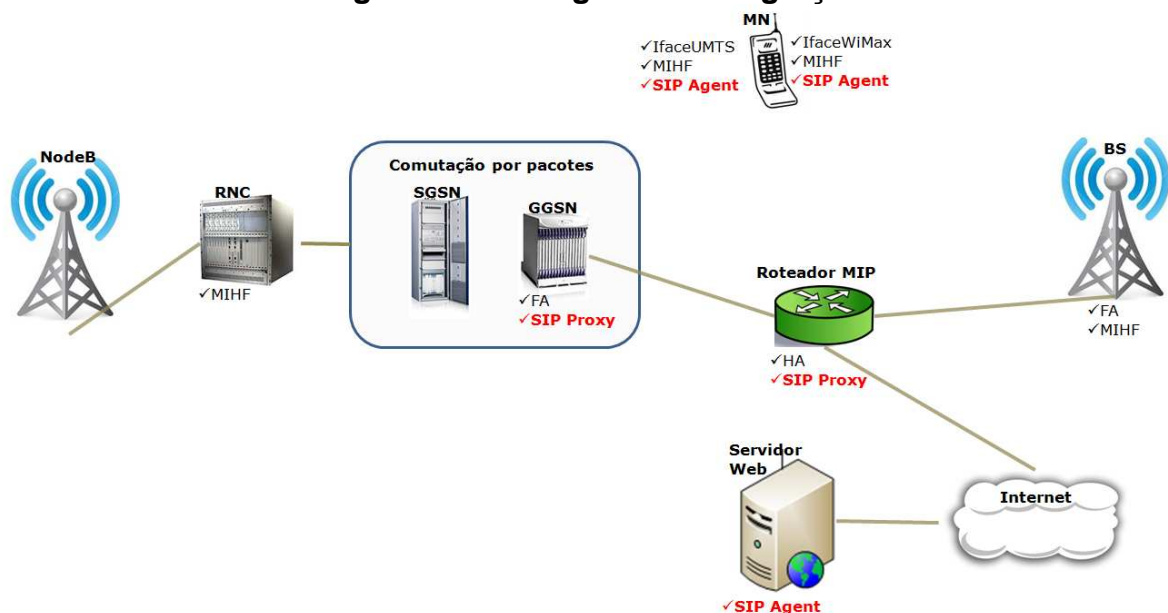
entidade lógica para criar novas solicitações SIP e responsável por receber pedidos e enviar as respostas. Essa entidade teve seu acréscimo nos componentes MN e CN. O *SIPProxy* tem capacidade de roteamento e suporta as funções de autenticação, autorização, controle de acesso, retransmissões de pedidos e segurança. Essa entidade está presente no GGSN e roteador MIP.

Neste trabalho, com a utilização do protocolo SIP, é proposto um procedimento de *handover* vertical suave mais rápido, quando comparado ao proposto por Santos et al. (2011).

Durante o procedimento de *handover*, após receber o endereço temporário, o móvel encaminha mensagens SIP para o roteador e Servidor Web (CN), informando sua nova localização. Para o roteador é enviada a mensagem de *REGISTER*, informando o novo endereço IP, isso permite ao roteador manter-se conectado ao nó móvel encaminhando os pacotes caso seja necessário. Para o Servidor Web é enviada uma mensagem de *RE-INVITE*, ou seja, um novo convite para que uma nova sessão seja estabelecida. Com isso, o nó correspondente terá o novo endereço do nó móvel, mantendo assim a conectividade dos serviços.

Resumindo, com a utilização do SIP, elimina-se a necessidade de tunelamento do MIP, o que agiliza o processo de *handover*.

**Figura 9 - Visão geral da integração**



Fonte: Dados extraídos de SANTOS et al., 2011 e adaptado com dados da pesquisa

### 3.3. Duração do procedimento de *handover*

A duração do tempo de *handover* é utilizada para a comparação deste trabalho como de Santos et al. (2011). A captura deste tempo ocorreu de forma idêntica ao proposto pelo trabalho citado anteriormente. O tempo considerado de início do procedimento de *handover* é o momento em que o nó móvel começa o processo de varredura do canal para se conectar ao *NodeB* da rede UMTS ou à BS da rede WiMax. O tempo final do *handover* é quando o nó móvel recebeu o último ACK informando que o *handover* foi efetivado.

### 3.4. Verificação da funcionalidade do módulo SIP

Os módulos SIP desenvolvidos pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) e Prior (2007) foram incorporados às simulações de Santos et al. (2011) no NS-2.31. Estes módulos foram escolhidos por apresentar compatibilidade com a versão utilizada neste trabalho, além de documentação. Ambos foram adaptados ao ambiente de simulação do modelo.

A validação deveria ser capaz de responder as seguintes questões: a) As sessões estavam sendo estabelecidas? b) No estabelecimento de sessão, havia troca de mensagens SIP? c) Com as sessões estabelecidas havia troca de pacotes? Para responder a essas questões foi utilizados códigos simples que continham poucos nós e uma estrutura relativamente pequena.

### 3.5. Simulações da proposta de NGN: avaliação dos parâmetros de QoS

A avaliação do desempenho do modelo se deu por coleta e cálculo dos seguintes parâmetros: *background*, *delay*, *jitter* e *throughput*

Adotou-se a separação da rede por classes de serviços. As classes foram divididas em *Background*, *Conversational*, *Interactive* e *Streaming*, conforme definidas pelo 3GPP (TS-23.207, 2011). Pode-se dizer que, as classes *Conversational* e *Streaming* são mais sensíveis que as outras, por oferecerem serviços em tempo real. As aplicações *Conversational* são mais sensíveis ao *delay*, por se tratarem de serviços como vídeo conferência. A *Streaming* permite um atraso

um pouco maior, por ser uma classe de transporte em umúnico sentido. As classes *Interactive* e *Background* foram utilizadas para aplicações de não tempo real, ou seja, são menos exigentes aos parâmetros de QoS. A classe *interactive* foi usada, principalmente, por aplicações interativas, como por exemplo, navegação na *Web*. Enquanto a classe *Background* foi destinada a download de arquivos. Cada uma dessas classes possuía características próprias, o que acarretava diferentes métricas de QoS. Além disso, houve uma distribuição de usuários por classe, descrita por Antoniou (2004) e utilizada em Santos et al. (2011). Desta forma, também foi utilizada neste trabalho, como pode ser observado na Tabela 1.

Conforme mencionado em Antoniou (2004), o número de usuários ativos em uma rede compreende entre 7% e 15% do total. Como Santos et al. (2011) utilizaram 10% para sua pesquisa, este número também foi utilizado durante as simulações. O número total de usuários é dividido em 50% para a rede UMTS e 50% para a rede WiMax. A simulação teve seu tempo de duração fixado em 300 segundos. Para avaliar o comportamento da rede em cada uma dessas classes, foram utilizados os seguintes parâmetros de qualidade de serviço *delay* ou atraso, *jitter* ou variação do atraso e *throughput* ou vazão.

**Tabela 1 - Distribuição de usuários por classe**

Classes	% de usuário por classe	Numero real de usuário por classe
<b>Background</b>	15%	150
<b>Conversacional</b>	15%	150
<b>Streaming</b>	30%	300
<b>Interactive</b>	40%	400
<b>Total de usuários</b>	100%	1000

Fonte: ANTONIOU, 2004

Para avaliar o processo de handover, verificou-se se havia perda de pacotes quando o usuário mudava de rede, como em Santos et al. (2011), e se o serviço do usuário tinha sido mantido.

## 4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta resultados de simulação do trabalho. Foram avaliados o tempo de duração de *handover* e os parâmetros de QoS após a incorporação do SIP. Antes da incorporação do protocolo SIP às simulações de Santos et al. (2011), uma investigação do tamanho da fila proposta por Reis (2010) foi feita, como trabalho inicial. Relembrando, quando Reis (2010) percebeu que havia muitas perdas de pacotes em redes UMTS, ele implementou um monitor de fila de armazenamento de pacotes de processo de *handover*. A fila proposta em Reis (2010) era de 1000 pacotes, valor determinado empiricamente.

### 4.1. Testes de escalabilidade do monitor de fila

Com o intuito de verificar o impacto que o monitor de fila pode exercer sobre a rede, verificou-se o que aconteceria frente a variações no tamanho da fila.

Para isso, foram realizadas algumas simulações no NS-2, variando o tamanho da fila. Primeiramente, serão apresentados os resultados obtidos sem o monitor e, posteriormente, com o monitor tendo o valor de 100, 2000, 1500 e, por fim, 1800 pacotes.

**Avaliação do monitor sem fila:** Na primeira análise, não foi utilizado o monitor de filas, para que resultado pudesse ser comparado com o demonstrado por Reis (2010). Foi constatado que, sem o monitor de fila, houve uma grande perda de pacotes. Foram perdidos, nessa simulação, 160.000 pacotes durante toda a simulação.

**Avaliação do monitor de fila com o tamanho de 100 pacotes:** Na segunda bateria de simulações, buscou-se analisar o monitor de fila com um tamanho bem inferior ao proposto por Reis (2010), o valor escolhido empiricamente foi de 100 pacotes. As perdas de pacotes ainda ocorreram, porém em menor quantidade do que sem o monitor de fila. No entanto, a simulação apresentou um valor ainda superior de perda ao apresentado por Reis (2010) para o monitor com o tamanho de 1000, que era de 600 pacotes. A Tabela 2 demonstra a média de perda de pacotes para o monitor com o tamanho de Zero, de 100 e de 1000.

**Avaliação do monitor de fila com o tamanho de 2000 pacotes:** Neste terceiro momento de simulações realizou-se um controle de perda de pacotes com o

tamanhode 2000 pacotes. Não havendo perdas de pacotes com o monitor de fila desse tamanho.

**Avaliação do monitor de fila com o tamanho de 1500 pacotes:** A fila como tamanho de 1500 pacotes conseguiu-se um resultado tendendo a zero. Contudo, ainda houve uma perda de 100 pacotes, que, como explicado anteriormente não é interessante.

**Tabela 2 - Comparação da perda de pacotes com o monitor de fila**

	Tamanho Zero	Tamanho 100	Tamanho 1000	Tamanho 1500	Tamanho 1800	Tamanho 2000
<b>Santos et al. (2011)</b>	160.000	-	600	-	-	-
<b>Dados da pesquisas</b>	160.000	3.590	600	100	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

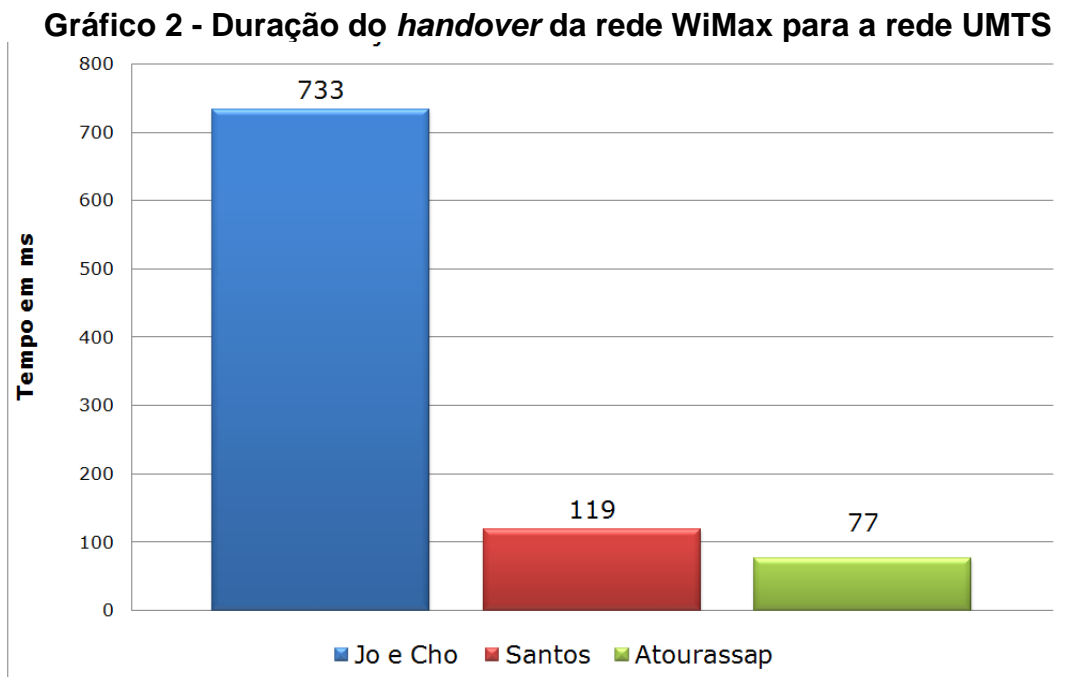
**Avaliação do monitor de fila com o tamanho de 1800 pacotes:** Um valor entre 1500 e 2000 pacotes foi avaliado como o "ideal" para a fila das simulações. Durante a simulação, com monitor de fila de tamanho 1800, não ocorreu perda de pacotes, deduzindo-se que o monitor de fila não necessitaria de um tamanho superior a 1800, pois na simulação com 2000 pacotes obteve-se o mesmo resultado. Abaixo deste valor houve perda de pacotes. Assim, para o cenário proposto, o valor "ideal" do monitor deve ser de 1800 pacotes.

#### 4.2. Duração do tempo de *handover*

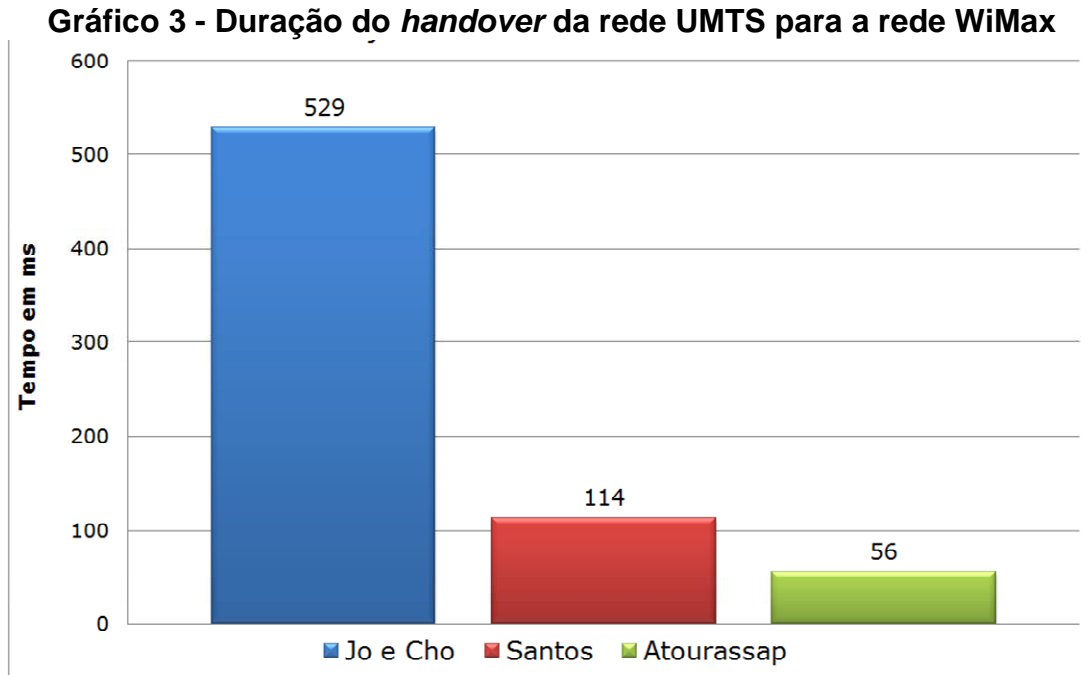
A duração do tempo de *handover* é uma das métricas utilizadas neste trabalho. É possível observar que o tempo obtido nas simulações realizadas para essa dissertação, apresentou uma melhora no desempenho, ou seja, redução do tempo do procedimento de *handover*, se comparado com os tempos de *handover* apresentados por Santos et al. (2011) e Jo e Cho (2008).

O procedimento de *handover* executado da rede WiMax para a rede UMTS (GRAF. 4), há uma melhora de 35% no tempo, quando comparado com o tempo obtido pelo trabalho de Santos et al. (2011). O mesmo ocorre para o procedimento de *handover* executado da rede UMTS para a rede WiMax (GRAF. 5), porém, a melhora obtida neste procedimento foi de quase 51% no tempo.

O objetivo da instalação do SIP no módulo de *handover* vertical, que era otimizar o processo de continuidade de serviços, o que ficou comprovado com a redução de tempo do procedimento de *handover*. O SIP tem a função de estabelecer a sessão, deixando o MIP apenas com a função de atribuir um segundo endereço ao nó móvel. Sendo assim, a responsabilidade de registro no FAe HA ficou como atribuição do SIP, além de enviar uma mensagem de *Re-invite* ao nó correspondente. No processo anterior, o MIP armazenava os dados em *buffer*, fazia os registros, atribuía IP e, só então enviava os pacotes. Com o registro e atribuições sendo realizados paralelamente pelo SIP o processo de *handover* o mesmo ficou mais ágil.



Fonte: Dados da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3. QoS com SIP integrado ao modelo de Santos

Nesta seção são analisados os resultados obtidos nas simulações. Para verificar a eficiência deste modelo, compararam-se os resultados apresentados por Santos et al. (2011) com os alcançados nesta pesquisa. O modelo de Santos et al. (2011), sem SIP, foi simulado novamente e os resultados foram coletados para comparação com cenários idênticos aos simulados neste trabalho, com SIP.

Santos et al. (2011) apresentaram somente os resultados encontrados para a rede UMTS, devido à sua maior restrição de recursos. Desta forma, também se decidiu apresentar neste trabalho os resultados alcançados apenas para a rede UMTS. Entende-se que, se a rede UMTS, que possui menor capacidade, teve um resultado aceitável, a rede WiMax poderá ter um comportamento dentro dos padrões estabelecidos.

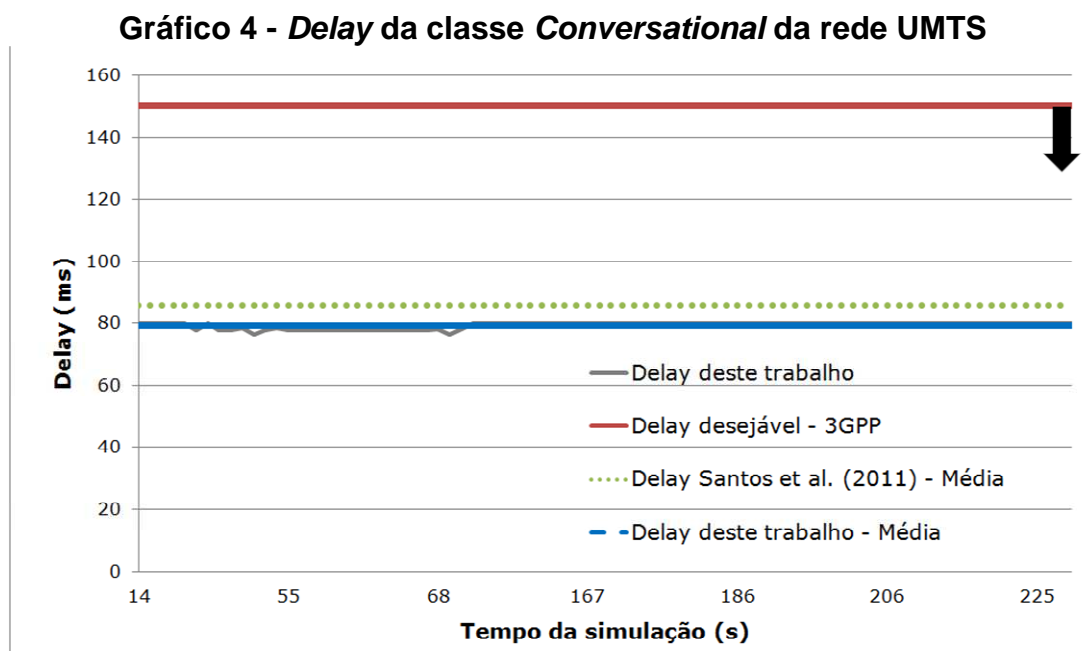
Para todos os resultados são apresentados a média e o desvio padrão. Estipulou-se a significância estatística do intervalo de confiança em 95%. Há prioridades no tráfego de classes diferentes. Para facilitar a compreensão dos resultados, os mesmos são apresentados pela ordem de prioridade seguinte: *Conversational, Streaming, Interactive e Background*.

#### 4.3.1. Resultados dos parâmetros de desempenho da classe *Conversational*

Os parâmetros de maior impacto para essa classe são o *delay* (GRAF. 06) e o *jitter* (GRAF. 07). Após a realização das simulações alcançou-se como resultado para o *delay* uma média de 79,4 ms, com o desvio padrão de 1,02 ms. Esses valores são considerados aceitáveis, pois o 3GPP estipula um *delay* máximo de 400 ms, com o preferencial de até 150 ms.

Os resultados alcançados para o parâmetro *Jitter*, nota-se que o valor tende a zero, sendo que, o limite recomendado pelo 3GPP, (TS-22.105, 2011) é de até 1 ms. Os resultados deste trabalho têm como média de 0,008 ms, com desvio padrão de 0,01 ms.

O *throughput* é o parâmetro de menor impacto no desempenho da classe *Conversational*. Mesmo assim, ao analisar toda a simulação, a média alcançada é de 8,924 kbps, sendo aceitável pelos critérios desejáveis da 3GPP, que compreende entre 4 e 13 kbps. O desvio padrão é de 1,030.



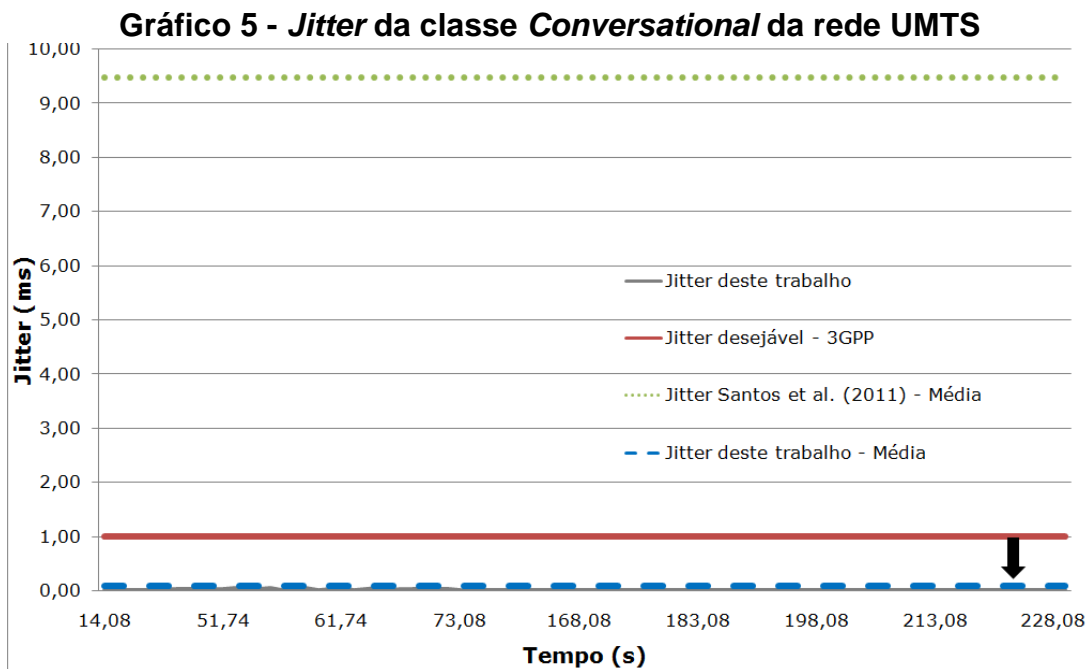
Fonte: Dados da pesquisa

A comparação dos resultados alcançados nesta dissertação, com os obtidos por Santos et al. (2011), para a classe *Conversational*, são mostrados na tabela 3. Com relação aos dois parâmetros de maior relevância desta classe, percebe-se que houve um desempenho superior aos resultados deste trabalho.

Tabela 3 - Comparação da classe *Conversational*

Parâmetros	Média da pesquisa	Média Santos et al. (2011)	Valores 3GPP
Delay	79,4 ms	85,803 ms	150-400 ms
Jitter	0,008 ms	9,481 ms	Até 1 ms
Throughput	8,92 kbps	Não descrito	4-13 kbps

Fonte: Dados da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa

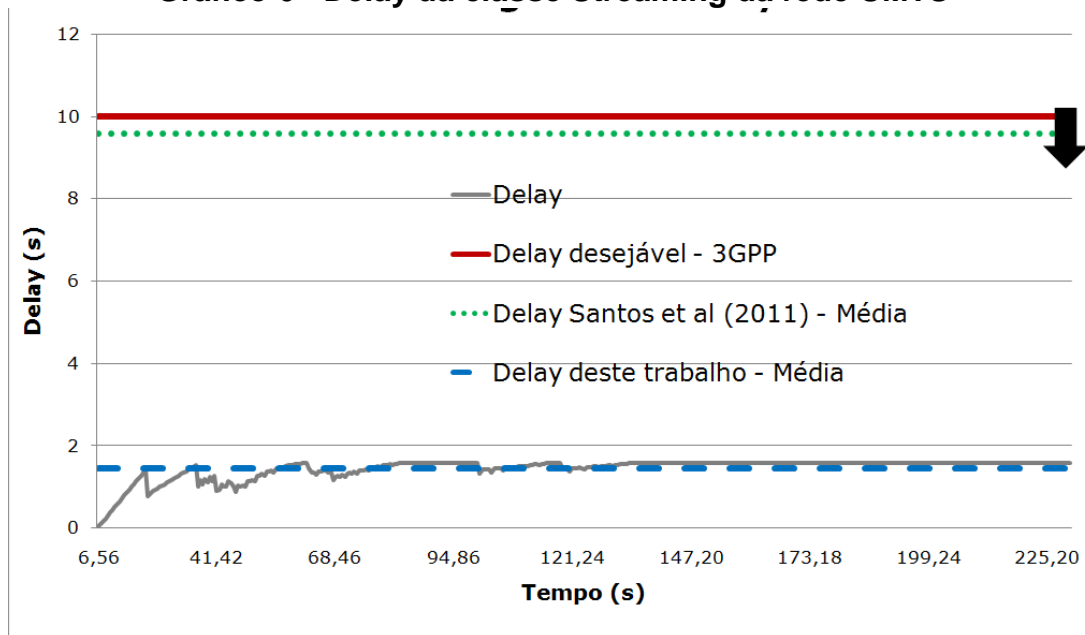
#### 4.3.2. Resultados dos parâmetros de desempenho da classe *Streaming*

O 3GPP, por meio da (TS-22.105, 2011), define como parâmetros aceitáveis para a classe *Streaming* um atraso menor que 10s (GRAF. 08). A média alcançada para o *delay* é de 1,44s, com desvio padrão de 0,25s. Por meio dos números apresentados, nota-se que ainda há uma margem considerável antes de se atingir o limite estipulado pelo 3GPP. A mesma classe também requer o parâmetro *Jitter* (GRAF. 09) inferior a 2s. É possível verificar que para esse parâmetro os valores são inferiores aos referenciados pela 3GPP. Para esse serviço a média foi de 0,16s e o desvio padrão foi de 0,28s.

O *throughput* (GRAF. 10) é outro parâmetro exigido pela classe *Streaming*, de acordo com o 3GPP, deve ficar entre 32 e 384 kbps. Nesta pesquisa a média obtida foi de 121,32 kbps.

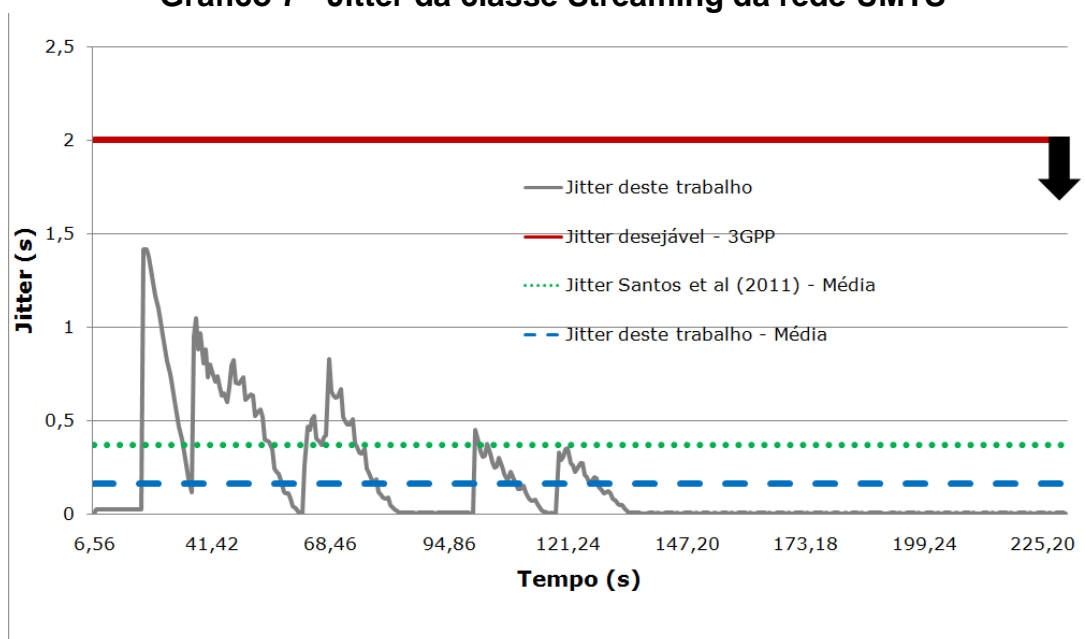
Os resultados da classe *Streaming* são comparados com os resultados do trabalho de Santos et al. (2011) na tabela 4.

**Gráfico 6 - Delay da classe Streaming da rede UMTS**



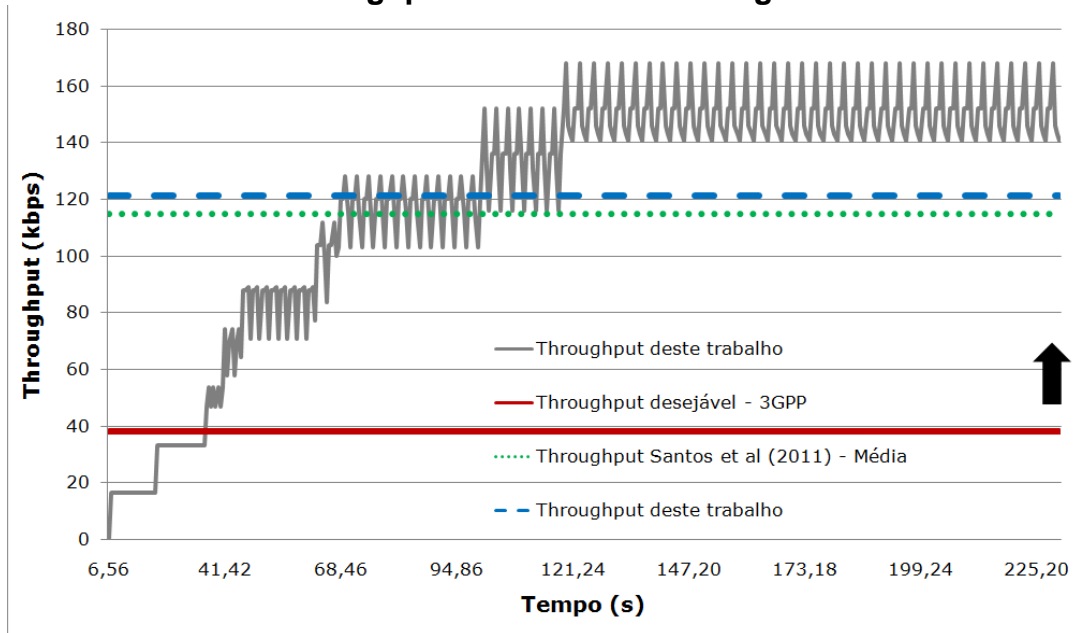
Fonte: Dados da pesquisa

**Gráfico 7 - Jitter da classe Streaming da rede UMTS**



Fonte: Dados da pesquisa

Gráfico 8 - Throughput da classe Streaming da rede UMTS



Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4 - Comparação da classe Streaming

Parâmetros	Média da pesquisa	Média Santos et al. (2011)	Valores 3GPP
Delay	1,44 s	9,573 s	$\leq 10$ s
Jitter	0,16 s	0,368 s	$\leq 2$ s
Throughput	121,32 kbps	115,058 kbps	32-384 kbps

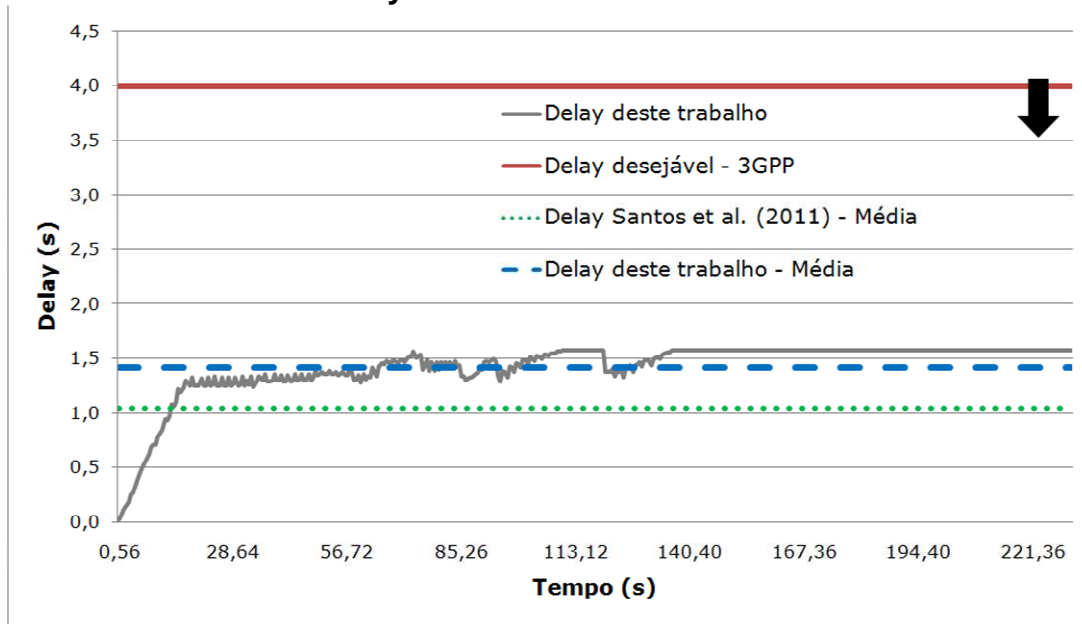
Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3.3. Resultados dos parâmetros de desempenho da classe Interactive

*Interactive* é uma classe de serviços na qual o usuário mantém um diálogo interativo com um servidor de aplicações ou de dados. São exemplos de aplicação desta classe: navegação na Internet, *File Transfer Protocol* (FTP), *m-commerce*, dentre outros. Essas aplicações são mais sensíveis ao *delay* e ao *throughput*. O 3GPP estipula para *delay* (GRAF. 11) da classe *Interactive* o máximo de 4 segundos, que foi alcançado de forma satisfatória. O tempo médio do *delay* foi de 1,42s, com um desvio padrão de 0,25s.

O *throughput* (GRAF. 12) também apresenta um desempenho satisfatório, segundo indicadores do 3GPP, que, para esse parâmetro, é superior a 20 kbps. Nas simulações realizadas, obteve-se como média 216,43 kbps. O desvio padrão atingido foi de 175,59 kbps.

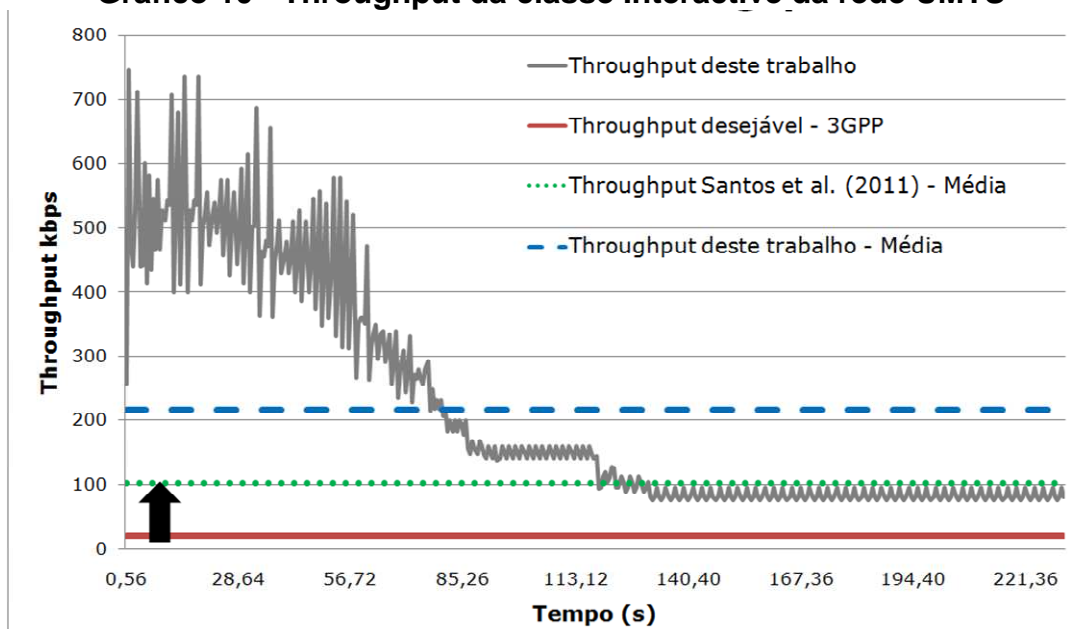
**Gráfico 9 - Delay da classe Interactive da rede UMTS**



Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 5 pode ser observado a comparação dos resultados desta pesquisa e os apresentados por Santos et. al (2011).

**Gráfico 10 - Throughput da classe Interactive da rede UMTS**



Fonte: Dados da pesquisa

**Tabela 5 -Comparação da classe Interactive**

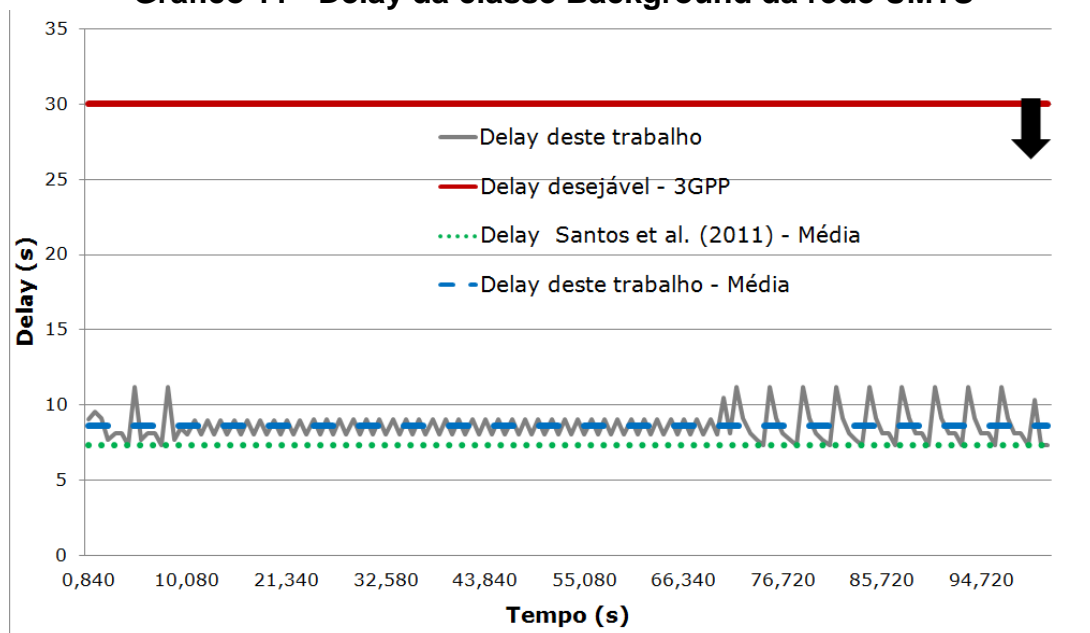
Parâmetros	Média da pesquisa	Média Santos et al. (2011)	Valores 3GPP
Delay	1,42 s	1,046 s	< 5 s
Jitter	895,25 ms	Não descrito	Não descrito
Throughput	216,43 kbps	101,977 kbps	> 20 kbps

Fonte: Dados da pesquisa

#### 4.3.4. Resultados dos parâmetros de desempenho da classe Background

Para a classe Background, o 3GPP (TS-22.105, 2011) estipulou um *delay*(GRAF. 13) inferior a 30 segundos e um *throughput*(GRAF. 14) superior a 2.8kbps. Em aplicações em que o intervalo de tempo não é tão impactante para o usuário, como no caso do *Background*, estas não são afetadas pelo *jitter*. Desta forma, não são mostrados os resultados conquistados para o mesmo. No *delay*, obteve-se a média de 8,607s, tendo como desvio padrão de 9,74s. O *throughput*, apresentou índices aceitáveis pelo 3GPP, com a média de 160,336 kbps.

A tabela 6 mostra a última classe a ser comparada com Reis (2010). Para essa classe pode ser destacado o comportamento do parâmetro *throughput*, que, apesar de permanecer dentro dos limites estipulados pela 3GPP, teve um desempenho pior que o apresentado por Santos et al. (2011).

**Gráfico 11 - Delay da classe Background da rede UMTS**

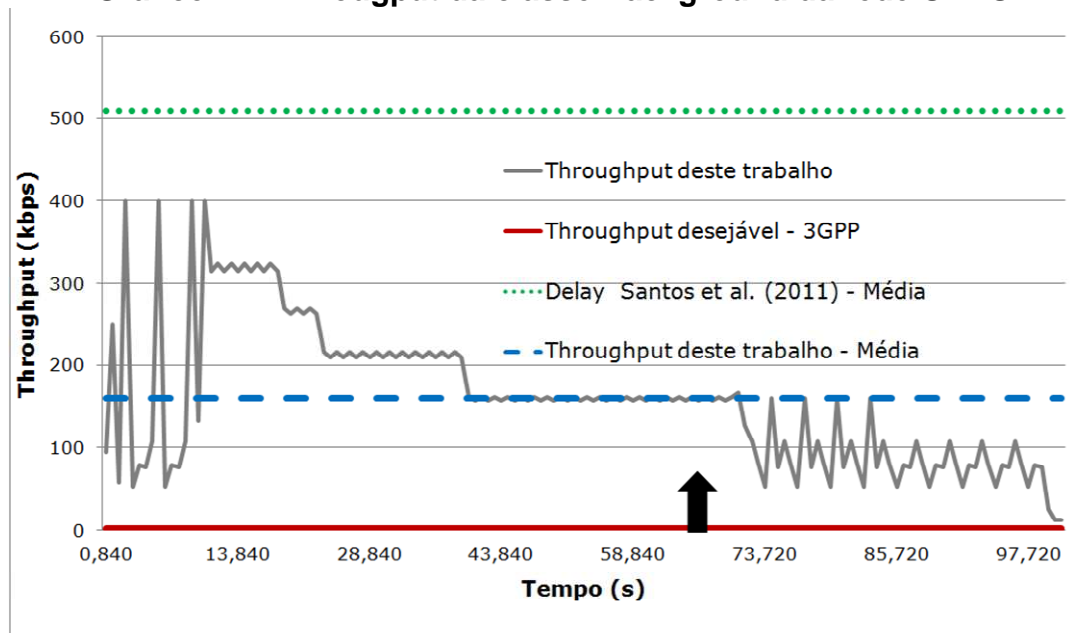
Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6 - Comparação da classe Background

Parâmetros	Média da pesquisa	Média Santos et al. (2011)	Valores 3GPP
Delay	8,61 s	7,35 s	$\leq 30$ s
Jitter	8,48 ms	Não descrito	Não descrito
Throughput	160,34 kbps	509,47 kbps	2,8 kbps

Fonte: 1Dados da pesquisa

Gráfico 12 - Throughput da classe Background da rede UMTS



Fonte: Dados da pesquisa

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação apresentou uma abordagem que se aproxima do conceito formalde NGN. Para atender a esse conceito, o modelo de NGN é baseado em três tecnologias: MIP, MIH e SIP. Cada uma delas tem uma função bem específica no processo de *handover* vertical. O MIP tem como objetivo atribuir um endereço IP aos nós móveis quando estão em redes estrangeiras, permitindo a esse dispositivo a mudança de rede sem perda da conectividade. O MIH faz a varredura nas redes vizinhas, procurando encontrar uma rede com disponibilidade para receber o nó móvel. Por fim, o SIP tem a responsabilidade de realizar o registro do nó móvel na rede estrangeira e manter as sessões estabelecidas. Para propor este novo modelo, foi necessário realizar a integração do SIP ao modelo de *handover* vertical suave entre as redes WiMax e UMTS, proposto por Santos et al. (2011).

O objetivo do trabalho era ter um modelo de integração que se aproximasse do conceito NGN, tendo parâmetros de QoS estipulados pela 3GPP dentro dos padrões aceitáveis. Para avaliar se o objetivo da pesquisa foi atendido, foram analisados os requisitos *delay*, *jitter* e *throughput* das classes de rede *Conversational*, *Streaming*, *Interactive* e *Background*, quando em processo de *handover*. Além desses parâmetros, também foi analisado o tempo de *handover*.

Por meio das avaliações realizadas, percebeu-se que todos os parâmetros tiveram um resultado satisfatório quando comparados aos índices estipulados pela 3GPP. Desta maneira, não apenas cumpriu-se o objetivo do trabalho, como também foi gerado um novo modelo de integração de redes, baseado nos protocolos de mobilidade MIP e SIP, além da *framework* MIH, que pode ser utilizado em pesquisas futuras.

Como trabalhos futuros, podem ser incluídos no modelo, controle de admissão, tecnologias tais como Wi-Fi e *Bluetooth*, modelos de mobilidade e redes veiculares. A execução da simulação com novos e diferentes cenários, incluindo áreas de sombra, também é um exemplo de trabalho futuro.

## REFERÊNCIAS

AMER, Ali. Design and Capacity Planning Of Next Generation Network (NGN). In: INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDINGS OF THE MOSHARAKA: COMMUNICATIONS, SIGNALS AND CODING, 2008, Amman. **Anais...** Amman: MIC-CSC, 2008. p. 28 –34.

ANDREWS, Jeffrey G.; GHOSH, Arunabha; MUHAMED, Rias. **Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking**. Prentice Hall: 2007.

ANTONIOU, Josephine. et al. A discrete event based simulation environment for enhanced UMTS 3rd generation networks. In: SAC '04: Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing. New York, NY, USA: ACM, 2004. p. 369–370. ISBN 1-58113-812-1.

GRIFFITH, David; ROUIL, Richard; GOLMIE, Nada. Performance Metrics for IEEE 802.21 Media Independent Handover (MIH) Signaling. **Wireless Personal Communications**, Hingham, v. 52, p. 537–567, Feb. 2010.

ITU-T. **International Telecommunication Union - General Overview of NGN**. 2004. Disponível em: <<http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>>. Acesso em: 26 set. 2011.

JO, Jaeho; CHO, Jinsung. A Cross-Layer Vertical Handover Between Mobile WiMAX and 3G Networks. In: INTERNATIONAL WIRELESS COMMUNICATIONS AND MOBILE COMPUTING CONFERENCE, 2008, Crete Island. **Anais...** Crete Island: IWCMC, 2008. p. 644 –649.

JOHNSTON, Alan. B. **Understanding the Session Initiation Protocol**. 2. ed. Boston, 2007.

JUNG, Young-Chul; KIM, Byung-Kil; KIM, Young-Tak. SIP Based end-to-end QoS Negotiation Scheme for MIH. In: INTERNATIONAL WORKSHOP BROADBAND CONVERGENCE NETWORKS, 2007, Munich. **Anais...** Munich: BcM, 2007. p. 1 –12.

KHAN, M.; ISMAIL, M.; DIMYATI, K. Seamless Handover Between WiMAX and UMTS. In: 9th MALAYSIA INTERNATIONAL CONFERENCE COMMUNICATIONS, 2009, Kuala Lumpur. **Anais...** Kuala Lumpur: ICFCC, 2009. p. 826 –830.

KHLIFI, H.; GREGOIRE, J.C. IMS Application Servers: Roles, Requirements, and Implementation Technologies. **IEEE Internet Computing**, v. 12, n. 3, p. 40 –51. 2008.

KIM, Sang Tae; KOH, Seok Joo; KYOUNG-HEE, Lee. Network-based Fast Handover for IMS Applications and Services. In: 11th INTERNATIONAL CONFERENCE

ADVANCED COMMUNICATION TECHNOLOGY, 2009, Phoenix Park. **Anais...** Phoenix Park: ICACT, 2009. p. 1133 –1136.

LE, Lifeng; LI, Gang. Cross-Layer Mobility Management Based on Mobile IP and SIP in IMS. In: INTERNATIONAL CONFERENCE WIRELESS COMMUNICATIONS, NETWORKING AND MOBILE COMPUTING, 2007, Shanghai. **Anais...**, Shanghai: WiCom, 2007. p. 803 –806.

LEE, Chae-Sub; KNIGHT, D. Realization of the Next-generation Network. **IEEE Communications Magazine**, v. 43, n. 10, p. 34 – 41. 2005.

LEE, Hoyeon; MOON, Bongkyo; AGHVAMI, A. Enhanced SIP for Reducing IMS Delay Under Wi-Fi-to-UMTS handover scenario. In: THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE NEXT GENERATION MOBILE APPLICATIONS, SERVICES AND TECHNOLOGIES, 2008, Cardiff. **Anais...**, Cardiff: NGMAST, 2008. p. 640 –645.

MAGAGULA, L.; CHAN, H. IEEE 802.21 Optimized Handover Delay for Proxy Mobile IPv6. In: MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE, 2008, San Diego. **Anais...** San Diego: MILCOM, 2008. p. 1 –7.

MASON, P.; CULLEN, J.; LOBLEY, N. UMTS Architectures. In: IEE COLLOQUIUM MOBILE COMMUNICATIONS TOWARDS THE NEXT MILLENIUM AND BEYOND, 1996, London. **Anais...**, London, 1996. p. 4/1 –411.

MAYER, Georg. POIKSELKA, Miikka. **The IMS - IP Multimedia Concepts and Services**. 3. ed. Finlândia: Wiler, 2009.

MOHAPATRA, Sukant. Integrated Planning for Next Generation Networks. In: IFIP/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM INTEGRATED NETWORK MANAGEMENT-WORKSHOPS, 2009, New York. **Anais...**, New York: IM/IFIP/IEEE, 2009. p. 205 –210.

MORAES, Carius Braz Gomes de. **Análise de Desempenho da Sinalização no IP Multimedia Subsystem IMS**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Pós-Graduação em engenharia Eletrônica e Computação, São José dos Campos.

MOSAWI, Thikrait A.; SHUAIB, Haffiz; AGHVAMI, Hamid. A Fast Handover SchemeB on Smart Triggers and SIP. In: IEEE 70TH VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE FALL, 2009, Anchorage. **Anais...**, Anchorage: VTC, 2009. p. 1-5.

NASIR, Abdul; Mah-Rukh. Internet Mobility Using SIP and MIP. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE INFORMATION TECHNOLOGY: NEW GENERATIONS, 2006, Las Vegas. **Anais...**, Las Vegas: ITNG, 2006. p. 334 –339.

NGUYEN-VUONG, Quoc-Thinh; FIAT, Lionel; AGOULMINE, Nazim. Architecture for UMTS-WIMAX Interworking. In: THE 1ST INTERNATIONAL WORKSHOP

BROADBAND CONVERGENCE NETWORKS, 2006, Vancouver. **Anais...**, Vancouver: BcN, 2006. p. 1 –10.

NOGUEIRA, Antonia Diana Braga et al. **Uma Proposta de Integração das Redes UMTS e IEEE 802.11 com Suporte a Mobilidade**.2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará - Centro de Ciências do Departamento de Computação, Mestrado e Doutorado em Ciência da Computação, Fortaleza.

NORRIS, Mark. **Mobile IP Technology for M-Business**. Boston: Artech House, 2001

NUAYMI, Loutfi. **WiMAX Technology for Broadband Wireless Access**. Prentice Hall: 2007.

OLIVA, Antonio de La et al. An Overview of IEEE 802.21: media independent handover services. **IEEE Wireless Communications**, v. 15, n. 4, p. 96 –103, 2008.

PERKINS, Charles E. Mobile IP. **IEEE Communications Magazine**, v. 35, n. 5, p. 84 –99, maio. 1997.

PRIOR, Rui Pedro de Magalhães Claro. **Scalable Network Architectures Supporting Quality of Service**. 2007. Tese (Doutorado) - Departamento de Ciência de Computadores Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto. Disponível em: <<http://www.dcc.fc.up.pt/~rprior/phd/rpriorPhD.pdf>> . Acesso em: 02 jan. 2011.

QADEER, Mohammed. et al. IMS Network Architecture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FUTURE COMPUTER AND COMMUNICATION, 2009, Kuala Lumpur. **Anais...**, Kuala Lumpur: ICFCC, 2009. p. 329 –333.

REIS, Suellen. de Oliveira. **Avaliação de Qualidade de Serviço em Redes WiMax e UMTS Integradas para Múltiplos Usuários**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Informática. Minas Gerais, Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Informatica\\_ReisSO\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Informatica_ReisSO_1.pdf)> Acessado em: 12 out. 2010.

REZENDE, Anderson Rodrigues Souza. **Análise das Vulnerabilidades e Ataques ao Protocolo SIP**. 2006. Dissertação (Mestrado) - União Educacional Minas Gerais S/C LTDA - Faculdade de Ciências aplicadas de Minas. UBERLÂNDIA. Disponível em: <[http://www.si.lopesgazzani.com.br/TFC/monografias/Monografia\\_SIP.pdf](http://www.si.lopesgazzani.com.br/TFC/monografias/Monografia_SIP.pdf)> . Acesso em: 10 set. 2011.

RODEN, R. Integration of New Telecommunications Services into Computer Networks. In: FOURTH CONFERENCE TELECOMMUNICATIONS, 1993, Manchester. **Anais...**, Manchester: IEE, 1993. p. 97 –102.

SANTOS, Werley Pereira dos. **Especificação e Validação de um Modelo para Handover Vertical entre as Redes WiMAX e UMTS Utilizando IP Móvel e Media Independent Handover**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Informática, Belo Horizonte. Disponível em: <[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Informatica\\_SantosWP\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Informatica_SantosWP_1.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2011

SANTOS, Werley Pereira dos et al. Modelo de Handover Vertical Suave Entre Redes WiMAX e UMTS. IN: XVI WORKSHOP DE GERÊNCIA E OPERAÇÃO DE REDES E SERVIÇOS, 2011, , Campo Grande. **Anais...**, Campo Grande: WGRS, 2011. Disponível em: <[http://sbrc2011.facom.ufms.br/files/workshops/wgrs/ST04\\_1.pdf](http://sbrc2011.facom.ufms.br/files/workshops/wgrs/ST04_1.pdf)>. Acesso em: 13 jul 2012.

SILVANA, Greco Polito; SCHULZRINNE, Henning. SIP and IEEE 802.21 for Service Mobility and Pro-active Authentication. In: 6TH ANNUAL COMMUNICATION NETWORKS AND SERVICES RESEARCH CONFERENCE, 2008, Halifax. **Anais...**, Halifax: CNSR, 2008. p. 176 –182.

STEIN, J. **Survey of 802.21 Media Independent Handover Services based on Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services**. Disponível em: <<http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/handover/index.html>>. Acesso em: 15 mar. 2011

BAZOT, Philippe, et al. A. **Developing SIP and IP Multimedia Subsystem Applications**. 1. ed. Boston: IBM, 2007. Disponível em: <<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg247255.html>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

SVERZUT, José Umberto. **Redes GSM, GPRS, EDGE e UMTS - Evolução a Caminho da Terceira Geração**. 1. ed. São Paulo: Erica, 2005.

TAM, K.; GOH, H. Session Initiation Protocol. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE INDUSTRIAL TECHNOLOGY, 2002, Bangkok. **Anais...**, Bangkok: IEEE-ICIT, 2002. v. 2, p. 1310 – 1314.

TANENBAUM, Andrew S. **Computer Network**. 4. ed. Holanda: Elsevier, 2003.

TANIUCHI, Kenichi. et al. IEEE 802.21: Media Independent Handover: Features, Applicability, and Realization. **IEEE Communications Magazine**, v. 47, n. 1, p. 112 –120, jan. 2009.

TOSKALA, H. H. A. **WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications**. 3. ed. Finland: Wiley, 2006.

TS-22.105. **3rd Generation Partnership Project - Services and Service Capabilities**.2011. Disponível em:

<[http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9\\_20/5\\_Appendix/Rel8/22/22105-840.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/STD-T63v9_20/5_Appendix/Rel8/22/22105-840.pdf)>. Acesso em: 14 mar.2011.

TS-23.207. **3rd Generation Partnership Project end-to-end Quality of Service (QoS) Concept and Architecture**.2011. Disponível em: <[http://www.3gpp.org/ftp/tsg\\_sa/TSG\\_SA/TSGS\\_24/Docs/PDF/SP-040317.pdf](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/TSG_SA/TSGS_24/Docs/PDF/SP-040317.pdf)>. Acesso em: 8 ago. 2011.

WANG, Qi.; ABU-RGHEFF, Mosa Ali; AKRAM, Ammad. Design and Evaluation of an Integrated Mobile IP and SIP Framework for Advanced Handoff Management. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE COMMUNICATIONS, 2004. **Anais...**, ICC, 2004. v. 7. p. 3921 – 3925.

WANG, Qi; ABU-RGHEFF, Mosa Ali. Mobility Management Architectures Based on Joint Mobile IP and SIP Protocols. **IEEE Wireless Communications**, v. 13, n. 6, p. 68 –76, dec. 2006.

ZEADALLY, S. et al. SIP and Mobile IP Integration to Support Seamless Mobility. In: 15TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS, 2004. **Anais...**, 2004. v. 3, p. 1927 – 1931.

## APÊNDICE A - ROTEIRO DE INSTALAÇÃO DO NS-2.31

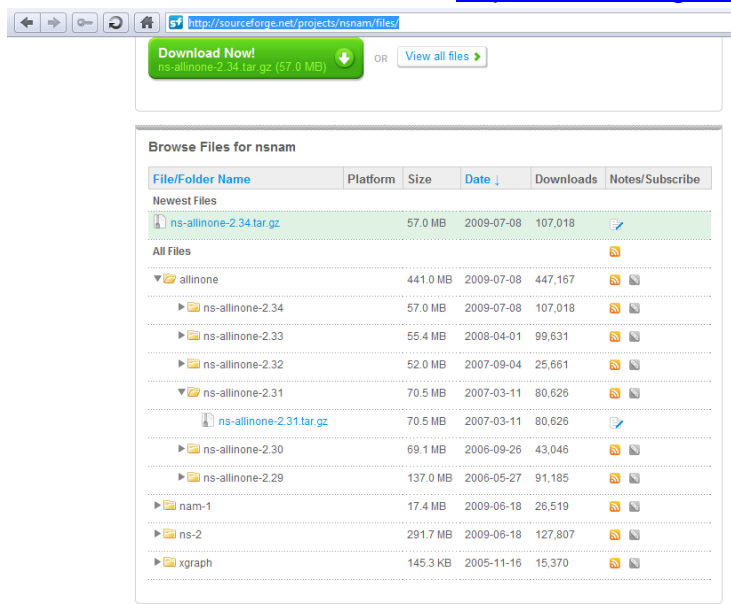
`mount -t vboxsf Compartilha /home/faspmg/Área\ de\ Trabalho/Compartilha/`

1º) **Passo** – Faça o download do sistema operacional Ubuntu 10.10 no link <http://www.ubuntu.com/desktop/get-ubuntu/download>

2º) **Passo** – Realize a instalação do sistema operacional.

3º) **Passo** – Download e instalação do NS

a) Download do NS-2.31 allinone. <http://sourceforge.net/projects/nsnam/files/>



b) Descompacte o arquivo no diretório /opt através do seguinte comando:

```
$ tar -xzf ns-allinone-2.31.tar.gz -C /opt
```

c) Acesse o diretório do ns-allinone-2.31

```
$ cd /opt/ns-allinone-2.31
```

d) Agora será necessária a instalação de alguns pacotes (deverá estar conectado na Internet). Através do comando (comando deve ser executado como root):

```
$ sudo apt-get install build-essential autoconf automake libxmu-dev libx11-dev libxmu-headers libxt-dev libtool libc6-dev g++ gcc
```

e) Alterar o arquivo /opt/ns-allinone-2.31/ns-2.31/Makefile.in

```
CC = @CC@
```

```
CPP = @CXX@
```

```
to
CC = gcc-4.3
CPP = g++-4.3
```

f) Instalar g++

```
apt-get install g++-4.3
```

g) Após esses passos execute o comando de instalação:

```
CC=gcc-4.3 CXX=g++-4.3 ./install
```

h) Criação do link simbólico

```
ls /usr/bin/gcc* -l
```

i) Realizado o comando anterior deverá ser feita a configuração da variável de ambiente, editando o arquivo bashrc:

```
gedit ~/.bashrc
```

j) Neste arquivo deverá ser acrescentado (basta copiar e colar):

```
#LD_LIBRARY_PATH
OTCL_LIB=/opt/ns-allinone-2.31/otcl-1.13
NS2_LIB= /opt/ns-allinone-2.31/lib
X11=/usr/X11R6/lib
USR_LOCAL_LIB=/usr/local/lib
export
LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:$OTCL_LIB:$NS2_LIB:X11_LIB:USR_LOCAL_LIB
```

```
#TCL_LIBRARY
TCL_LIB= /opt/ns-allinone-2.31/tcl8.4.14/library
USR_LIB=/usr/lib
export TCL_LIBRARY=$TCL_LIB:$USR_LIB
```

```
#PATH
XGRAPH= /opt/ns-allinone-2.31/bin:/opt/ns-allinone-2.31/tcl8.4.14/unix:/opt/ns-allinone-2.31/tk8.4.14/unix
NS=/opt/ns-allinone-2.31/ns-2.31/
NAM=/opt/ns-allinone-2.31/nam-1.13/
PATH=$PATH:$XGRAPH:$NS:$NAM
```

OBS.: o caminho /opt/ns-allinone-2.31/ representa o diretório onde o ns foi descompactado.

k) Agora deve ser feita a atualização do bashrc pelo comando:

```
$source ~/.bashrc
```

l) No diretório /opt/ ns-allinone-2.31/ns-2.31 execute o seguinte comando

```
./install
```

m) Agora vc pode executar o comando do ns para verificar se está correto. Caso esteja aparecerá no prompt

```
%
```

n) Caso esteja ok, você devera digitar exit para sair do ns.

o) Agora deveremos realizar a validação do NS com os seguintes comandos:

```
$ cd /opt/ns-allinone-2.31/ns-2.31 -Dentro deste diretório execute o comando:
```

```
$ ./validate
```

Finalizado a instalação do NS-2.31 no Ubuntu 10.10.

## Instalando modulo Wimax

1º Passo: Dentro do diretório do allinone-ns-2.31 instale o patch041707 com o comando "patch-p0 <(informar o caminho do pacote. No meu caso foi) /home/faspmf/Desktop/patch-ns-2,31-041707"

2º Passo: Dentro do diretório ns-2.31 execute os seguintes comandos (recompilando NS): ./configure ; make clean ; make

The screenshot shows the NIST website page for "Simulation Models for NS-2". The page is titled "Simulation Models for NS-2" and includes a navigation menu with links for "About ITL", "Publications", "Topic/Subject Areas", "Products/Services", "News/Multimedia", and "Programs/Projects". The main content area is divided into several sections:

- Description/Summary:** A simulation platform based on NS-2 as been developed in order to leverage publicly available modules for several wireless and wired technologies.
- Uses:** Models for IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.11b (WLAN), IEEE 802.15.1 (Bluetooth), and UMTS have been developed for various previous releases of NS-2, but have not been integrated to run jointly in a single simulation environment. By integrating various modules into a single platform, we make it possible to simulate heterogeneous environments that incorporate a variety of access networking technologies.
- Frequently Asked Questions:** A section with four questions and answers regarding command errors like "command not found", "invalid command name", and "Compilation error".
- Details:** A section with "Last Updated: 04/30/2007" and "Type of software: Simulation tool".
- System/Platform:** Linux. TCL 8.4, TK 8.4, OTCL, TCLCL. All of them can be obtained with the ns-allinone package.
- Download information:** Download the 802.16 [here](#). Download the mobility model [here](#).
- Documentation:** IEEE 802.16 module (Overview presentation, Installation instructions, 802.16 model documentation (PDF, MS Word)). Mobility module (Installation instructions, Modifications to the MAC IEEE 802.11 model (PDF, MS Word)).

O path está disponível no seguinte endereço:

[http://www.nist.gov/itl/antd/emntg/ssm\\_tools.cfm](http://www.nist.gov/itl/antd/emntg/ssm_tools.cfm)

## APÊNDICE B - SCRITP TCL DO ARQUIVO PRINCIPAL

```
# *****
# Checa se houve passagem de parâmetros
# *****
if {$argc != 1} {
    puts ""
    puts "Numero de parâmetros invalido!"
    puts "Informe o nome da simulação"
    puts ""
    exit 1
}

# *****
# Declaração de variáveis globais e criação do objeto simulador
# *****
global ns
set ns [new Simulator]

source "variables.tcl"

# *****
# Configurando valores do vetor de valores
# *****
set val(cenario) [lindex $argv 0];# Cenário de handover
#set val(trafego)"trafegos/[lindex $argv 1].tcl";# Tipo de tráfego
#set val(fcenario)"cenarios/$val(cenario).tcl";# Arquivo de cenário
set val(ftrace)"resultados/$val(cenario).tr.gz";# Arquivo trace
#set val(fnam)"resultados/$val(cenario).nam";# Arquivo nam
set val(fresult)"resultados/$val(cenario).txt";# Arquivo de resultados
set val(move_on) 10;# Início de movimentação
set val(move_off) 100;# Fim de movimentação
set val(move_speed) 2;# Velocidade de movimentação m/s
set val(x) 150;# Dimensão da topologia, X = largura
set val(y) 150;# Dimensão da topologia, Y = altura
set val(z) 150;# Dimensão da topologia, Z = profundidade

# Pámetros para rede wireless
set val(chan) Channel/WirelessChannel;# Tipo de canal
set val(prop) Propagation/TwoRayGround;# Modelo de Propagação
set val(netif) Phy/WirelessPhy/OFDM;# Interface de rede
set val(mac) Mac/802_16;# Camada MAC 802.16
set val(ifq) Queue/DropTail/PriQueue;# Tipo de fila
```

```

set val(ll) LL;# Camada de link
set val(ant) Antenna/OmniAntenna;# Modelo da antena
set val(ifqlen) 50;# Maximo de pacotes na fila
set val(adhocRouting) DSDV;# Protocolo de roteamento DSDV or NOAH
set val(umtsRouting) "";# Reseta a configuracao de roteamento do UMTS
set val(rxPower) 0.175;# Potencia de Recepção do nóMóvel
set val(txPower) 0.175;# Potencia de transmissão do NóMóvel
set val(energyModel) EnergyModel;# Modelo de energia do NóMóvel
set val(initialEnergy) 100;# Energia inicial do NóMóvel
set val(tp) 0.002;# Potencia consumida a cada transmissão do NóMóvel

# *****
# Configurando variaveis para Debug's
# *****
set debugTCL_ 1

Mac/802_16 set debug_ 1

Agent/ND set debug_ 1
Agent/MIH set debug_ 1
Agent/MIHUser/IFMNGMT set debug_ 1
Agent/MIHUser/IFMNGMT/MIPV6/Handover/Handover1 set debug_ 1

# *****
# Configurando frequencia de RA na Estação Base
# *****
#define frequency of RA at base station
Agent/ND set minRtrAdvInterval_ 200
Agent/ND set maxRtrAdvInterval_ 600
Agent/ND set router_lifetime_ 1800
Agent/ND set minDelayBetweenRA_ 0.03
Agent/ND set maxRADelay_ 0

# *****
# Ajustando atributos para hierarquia de roteamento (necessario para roteamento
das
# estação base (WIMAX e UMTS) e números de nó
# *****
$ns node-config -addressType hierarchical
AddrParams set domain_num_ 5 ;# Número de domínios
AddrParams set cluster_num_ {1 1 1 1 1} ;# Número de cluster's em cada
domínio
#AddrParams set nodes_num_ {7 1 1 4 3}
lappend eilastlevel $umtsNodes 1 1 $wimaxNodes $totalUSR
AddrParams set nodes_num_ $eilastlevel ;# Número de nós em cada cluster

# 3 => UMTS (GGSN, SGSN, RNC, nodeB)
# 1 => Roteador
# 1 => Servidor Web
# 2 => bsWIMAX

```

```

# 1 => Equipamento Móvel (mobileNode, ifaceUMTS, ifaceWIMAX)

# Seta o array de Nós com a quantidade total de Nós
create-god [expr ( $wimaxNodes+$totalUSR+$umtsNodes + 2 )]

# *****
# Criação da topologia e arquivos de log
# *****
$ns use-newtrace
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Topologia criada"
}

set tf [open "| gzip > $val(ftrace)" w]
$ns trace-all $tf
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Arquivo $val(ftrace) criado"
}

#set nf [open $val(fnam) w]
#$ns namtrace-all-wireless $nf $val(x) $val(y)
#if {$debugTCL_ == 1} {
#    puts "Arquivo $val(fnam) criado"
#}

# *****
# Criando a topologia da rede UMTS
# *****
#UMTS/RLC/AM    set payload_ 128
#UMTS/RLC/UMHS set payload_ 128
#UMTS/RLC/UM    set payload_ 128
#UMTS/RLC/AMHS set payload_ 128
#Agent/TCP      set tcpip_base_hdr_size_ 128

# Parametros de configuração UMTS
$ns set hsdSchEnabled_ 1addr
$ns set hsdSch_rlc_set_ 0
$ns set hsdSch_rlc_nif_ 0

# GGSN
set ggsn [$ns node 0.0.0]
$ggsn color "blue"
$ns at 0 "$ggsn label GGSN([$ggsn node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "GGSN: tcl=$ggsn; id=[$ggsn id]; addr=[$ggsn node-addr]"
}

```

```

# SGSN
set sgsn [$ns node 0.0.1]
$sgsn color "blue"
$ns at 0 "$sgsn label SGSN([$sgsn node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
puts "SGSN: tcl=$sgsn; id=[$sgsn id]; addr=[$sgsn node-addr]"
}

# RNC
$ns node-config -UmtsNodeType rnc
set rnc [$ns create-Umtsnode 0.0.2]
$rnc color "blue"
$ns at 0 "$rnc label RNC([$rnc node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "RNC: tcl=$rnc; id=[$rnc id]; addr=[$rnc node-addr]"
}

# nodeB - Estação Rádio Base do UMTS
$ns node-config -UmtsNodeType bs \
                -downlinkBW 32kbps \
                -downlinkTTI 10ms \
                -uplinkBW 32kbps \
                -uplinkTTI 32ms \
                -hs_downlinkTTI 2ms \
                -hs_downlinkBW 384kbps

set nodeB [$ns create-Umtsnode 0.0.3]
$nodeB shape "hexagon"
$nodeB color "blue"
$ns at 0 "$nodeB label nodeB([$nodeB node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
puts "nodeB: tcl=$nodeB; id=[$nodeB id]; addr=[$nodeB node-addr]"
}
$ns node-config -UmtsNodeType ue \
                -baseStation $nodeB \
                -radioNetworkController $rnc

puts "Criando UMTS"
source "./usuarios/criarUMTS.tcl"
puts "UMTS Criado"

# Configurando o link entre GGSN, SGSN, RNC e nodeB(622)
$ns setup-lub          $nodeB      $rnc  622Mbit 622Mbit 15ms 15ms
DummyDropTail
#$ns setup-lub        $nodeB      $rnc  622Mbit 622Mbit 0.2ms 0.2ms
DropTail 500
$ns duplex-link       $rnc          $sgsn 622Mbit 5ms DropTail 1500
$ns duplex-link       $sgsn $ggsn 622Mbit 5ms DropTail 500

# Configurando orientação

```

```

$ns duplex-link-op $rnc $nodeB orient left-up

if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Link: nodeB(addr=[$nodeB node-addr]) <=> RNC(addr=[$rnc node-addr])"
    puts "Link: RNC(addr=[$rnc node-addr]) <=> SGSN(addr=[$sgsn node-addr])"
    puts "Link: SGSN(addr=[$sgsn node-addr]) <=> GGSN(addr=[$ggsn node-addr])"
}

# Configurando o gateway
$rnc add-gateway $sgsn
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Gateway: RNC(addr=[$rnc node-addr]) <=> SGSN(addr=[$sgsn node-addr])"
}

# *****
# Configurando o Roteador
# *****
# Roteador
set router [$ns node 2.0.0]
$ns at 0 "$router label RoteadorHA([$router node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Roteador: tcl=$router; id=[$router id]; addr=[$router node-addr]"
}

# Configurando o link entre o Roteador e a rede UMTS
$ns duplex-link $router $ggsn 100MBit 15ms DropTail 1500
$ns duplex-link-op $router $ggsn orient left
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Link: Roteador(addr=[$router node-addr]) <=> GGSN(addr=[$ggsn node-addr])"
}

# *****
# Configurando o servidor WEB
# *****
set webServer [$ns node 1.0.0]
$ns at 0 "$webServer label webServer([$webServer node-addr])"
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "webServer: tcl=$webServer; id=[$webServer id]; addr=[$webServer node-addr]"
}

# Configurando o link entre o Roteador e o webServer
$ns duplex-link $router $webServer 10MBit 5ms DropTail 1500
$ns duplex-link-op $router $webServer orient down
if {$debugTCL_ == 1} {

```

```

        puts "Link: Roteador(addr=[$router node-addr]) <=>
webServer(addr=[$webServer node-addr])"
    }

source "./usuarios/criarMN.tcl"

# *****
# Define global simulation parameters
# *****

# seed the default RNG
global defaultRNG
$defaultRNG seed 0

#read arguments
set seed 5555
Mac/802_16 set scan_iteration_2
set use_going_down 1

if {$use_going_down == 1} {
    Mac/802_16 set lgd_factor_    2.1
} else {
    Mac/802_16 set lgd_factor_    1.0
}
Mac/802_16 set scan_duration_    50
Mac/802_16 set interleaving_interval_ 40

Mac/802_16 set dcd_interval_5;#max 10s
Mac/802_16 set ucd_interval_5;#max 10s
set default_modulation OFDM_16QAM_3_4;#OFDM_BPSK_1_2
set contention_size 5;#for initial ranging and bw
Mac/802_16 set t21_timeout_0.02;#max 10s, to replace the timer for looking at
preamble
Mac/802_16 set client_timeout_$val(simulation_off)

# *****
# Criando a topologia da rede WIMAX
# *****
# Parametros de area de cobertura (50 metros - irreal, apenas para teste)
Phy/WirelessPhy set Pt_0.0134
Phy/WirelessPhy set RXThresh_5.25089e-10
Phy/WirelessPhy set freq_2412e+6

# bsWIMAX - Estação Rádio Base do WIMAX
$ns node-config    -adhocRouting $val(adhocRouting) \
                  -llType $val(ll) \
                  -macType $val(mac)/BS \
                  -channel [new $val(chan)] \
                  -ifqType $val(ifq) \
                  -ifqLen $val(ifqlen) \

```

```

-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netif) \
-topolInstance $topo \
-wiredRouting ON \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace ON

```

```

set bsWIMAX [$ns node 3.0.0]
$bsWIMAX random-motion 0
$bsWIMAX shape "hexagon"
$bsWIMAX color "red"
$ns at 0 "$bsWIMAX label bsWIMAX([$bsWIMAX node-addr])"

```

```

set clas [new SDUClassifier/Dest]
[$bsWIMAX set mac_(0)] add-classifier $clas

```

```

# Agenda
set bs_sched [new WimaxScheduler/BS]
[$bsWIMAX set mac_(0)] set-scheduler $bs_sched
[$bsWIMAX set mac_(0)] set-channel 0

```

```

#Fix: add MOB_SCN handler
set wimaxctrl [new Agent/WimaxCtrl]
$wimaxctrl set-mac [$bsWIMAX set mac_(0)]
$ns attach-agent $bsWIMAX $wimaxctrl

```

```

if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "bsWIMAX: tcl=$bsWIMAX; id=[$bsWIMAX id]; addr=[$bsWIMAX node-addr]"
}

```

```

source "./usuarios/criarWIMAX.tcl"

```

```

# Configurando o link entre o Roteador e a rede WIMAX
$ns duplex-link $router $bsWIMAX 100MBit 0.2ms DropTail 1500
$ns duplex-link-op $router $bsWIMAX orient right-up
if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "Link: Roteador-bsWIMAX(addr=[$router node-addr]) <=>
bsWIMAX(addr=[$bsWIMAX node-addr])"
}

```

```

# *****
# Configura o ND, o MIH e a gerãncia de handover
#
# ND (Neighbor Discovery) para descoberta da topologia vizinha
# MIH (Media Independent Handover)
# *****

```

```

# Rede UMTS - O modulo ND Ã© adicionado ao RNC e nÃ£o ao NodeB
set nd_rncUMTS [$rnc install-nd]
$nd_rncUMTS set-router TRUE
$nd_rncUMTS router-lifetime 1800
$nd_rncUMTS enable-broadcast FALSE

# Rede WIMAX
set nd_bsWIMAX [$bsWIMAX install-nd]
$nd_bsWIMAX set-router TRUE
$nd_bsWIMAX router-lifetime 1800
$nd_bsWIMAX enable-broadcast FALSE

#
set ifmgmt_cn [$webServer install-default-ifmanager]

# Instala o MIH na bsWIMAX
set mih_bs [$bsWIMAX install-mih]
set tmp_bs [$bsWIMAX set mac_(0)]
$tmp_bs mih $mih_bs
$mih_bs add-mac $tmp_bs

source "./usuarios/criarMIH.tcl"

puts "DEPOIS DO CRIAR MIH"

# *****
# Carrega e configura o arquivo de tráfego definido como parametro
# *****
#source $val(trafego)

#$ns color 1 Blue

#if {$debugTCL_ == 1} {
    #puts "Transmissor => Agente: id=$agenteTrans => Aplicacao:
id=$aplicTrans"
#}
# Informa que o agente receptor apenas "escuta"
#$agenteRec listen
#if {$debugTCL_ == 1} {
    #puts "Agente Transmissor(id=$agenteTrans) conectado ao Agente
Receptor(id=$agenteRec)"
#    puts "Tráfego configurado: $val(trafego)"
#}

# *****
# Carrega o arquivo de cenário de handover definido como parametro
# *****
#source $val(fcenario)

```

```

# *****
# Definindo o procedimento de geracao de resultados
# *****
proc geraLog { } {
    global ns val

    set entrada [open $val(ftrace) r]
    set saida [open $val(fresult) w]

    puts $saida "status\ttempo\ttipoPct\tbytePct\tidPct"

    set linha [gets $entrada]
    while {[eof $entrada]} {
        set status [lindex $linha 0]

        if { $status != "v" } {
            set tempo [string map -nocase { . , } [lindex $linha 1]]
            set tipoPct [lindex $linha 4]
            set bytePct [lindex $linha 5]
            set idPct [lindex $linha 11]

            if { $tipoPct == "AM_Bitmap_ack" } {
                set idPct "-1"
            }

            if { $tempo == "-t" } {
                set tempo [string map -nocase { . , } [lindex $linha 2]]
                set tipoPct [lindex $linha 34]
                set bytePct [lindex $linha 36]
                set idPct [lindex $linha 40]

                #if { $idPct == "" } {
                #    set idPct "-1"
                #}

            }
            puts $saida "$status\t$tempo\t$tipoPct\t$bytePct\t$idPct"
        }
        set linha [gets $entrada]
    }
    close $entrada
    close $saida
}

# *****
# Definindo o procedimento de finalizaçao da simulacao
# *****
proc finish { } {

```

```
global ns tf debugTCL_ val val(cenario) totalUSR webServer ifaceUMTS ifaceWIMAX
val(ftrace) classe
```

```
    # Fechando arquivos Trace e NAM
    close $tf
    #close $nf

    #exec grep "cbr" $val(name_trace) | grep ^+ | grep "3 4" | awk
    "BEGIN{i=0}{i++}END{print i}" > $val(name_res)

    #eval "[exec grep ""cbr"" $val(name_trace) | grep ^r | grep ""3 4"" | awk
    'BEGIN{i=0}{i++}END{print i}']"

    #exec vi $val(name_trace)
    #exec read_trace.sh
    #exec xgraph $val(ftrace) -geometry 800x400 &

    #exec nam $val(fnam)
    #geraLog
    set traceF ".$val(ftrace)"

    if {$debugTCL_ == 1} {
        puts "Fim de simulacao."
    }
    source "analise.tcl"
    puts "Executado com sucesso"

    exit 0
}
```

```
# *****
# Configurando agenda de execução
# *****
$ns at 0 "$ns trace-annotate \"Cenario: $val(cenario)\""
$ns at 0 "$ns trace-annotate \"Trafego: $val(cenario)\""

# Início e fim de tráfego
#$ns at $val(traffic_on) "$aplicTrans start"
#$ns at $val(traffic_off) "$aplicTrans stop"

# Chamada do procedimento de inicialização de handover definido dentro de cada
cenário
#$ns at [expr ($val(traffic_off) - $val(traffic_on)) / 2] "init_handover"
# Finaliza a simulação
$ns at $val(simulation_off) "finish"
puts "CHAMEI o RUN"
# Executa a simulação
$ns run
```

## APÊNDICE C - SCRITP TCL DO MIH

```

#Numero de usuários por classe
set conv_usr [expr ($conv_dec * $totalUSR)]
set strm_usr [expr ($strm_dec * $totalUSR)]
set intr_usr [expr ($intr_dec * $totalUSR)]
set backg_usr [expr ($backg_dec * $totalUSR)]
set umts_usr [expr ($umts_per * $totalUSR)]
set wimax_usr [expr ($wimax_per * $totalUSR)]
#1 para Wimax 0 para UMTS

puts "Conv = $conv_usr \nStrm = $strm_usr\n Int = $intr_usr \n Back = $backg_usr"
for {set ind 0} {$ind < $totalUSR} {incr ind} {

    #$nd_rncUMTS add-ra-target [$ifaceUMTS($ind) node-addr]

    # *****
    # Configurando o Equipamento do Usuário (MN)
    # *****
    # Adicionando interfaces ao MobileNode

    $MN($ind) add-interface-node $ifaceWIMAX($ind)
    $MN($ind) add-interface-node $ifaceUMTS($ind)
    if {$debugTCL_ == 1} {
        puts "Associada ifaceUMTS($ind)([$ifaceUMTS($ind) node-addr]) ao
MobileNode([$MN($ind) node-addr])"
        puts "Associada ifaceWIMAX($ind)([$ifaceWIMAX($ind) node-addr]) ao
MobileNode([$MN($ind) node-addr])"
    }

    $nd_rncUMTS add-ra-target [$ifaceUMTS($ind) node-addr]

    # ifaceUMTS DENTRO DO FOR
    set nd_UMTS($ind) [$ifaceUMTS($ind) install-nd]

    # ifaceWIMAX DENTRO DO FOR
    set nd_WIMAX($ind) [$ifaceWIMAX($ind) install-nd]

    # Configura o módulo a gerência de Handover no Equipamento
    set handover($ind) [new
Agent/MIHUser/IFMNGMT/MIPV6/Handover/Handover1]
    $MN($ind) install-ifmanager $handover($ind)
    $nd_WIMAX($ind) set-ifmanager $handover($ind)
    $nd_UMTS($ind) set-ifmanager $handover($ind)

    # Instala o MIH no ModileNode DENTRO DO FOR
    set mih($ind) [$MN($ind) install-mih]

    # Cria uma conexão entre o MIH e a gerência de handover

```

```

$handover($ind) connect-mih $mih($ind)

# *****
# Configurando Tráfego
# *****
# Transmissor: Agente e Aplicação
# Transmissor: Agente e Aplicação
$MN($ind) color "green"
$ns at 0 "$MN($ind) color green"
if {$conv_usr > 0} {
    set agenteTrans($ind) [new Agent/UDP]
    $agenteTrans($ind) set class_ 1
    #$agenteTrans set packetSize_ 1024
    $ns attach-agent $webServer $agenteTrans($ind)
    set aplicTrans($ind) [new Application/Traffic/Exponential]
    #$aplicTrans set packetSize_ 512
    $aplicTrans($ind) set rate_ 12Kbps
    #$aplicTrans($ind) set interval_ 0.0005
    set classe($ind) "Conv"
    $aplicTrans($ind) attach-agent $agenteTrans($ind)
    set conv_usr [expr ($conv_usr - 1)]
    $ns at 0 "$MN($ind) label MN($ind)([$MN($ind) node-addr])CONV"

    set agenteRec($ind) [new Agent/Null]
    #$agenteTrans($ind) set flag_ 1
    $agenteTrans($ind) set fid_ 1

} else {
    if {$strm_usr > 0} {
        # Transmissor: Agente e Aplicação
        set agenteTrans($ind) [new Agent/UDP]
        $agenteTrans($ind) set class_ 1
        #$agenteTrans set packetSize_ 1024
        $ns attach-agent $webServer $agenteTrans($ind)
        set aplicTrans($ind) [new Application/Traffic/Exponential]
        #$aplicTrans set packetSize_ 512
        $aplicTrans($ind) set rate_ 2048Kbps
        #$aplicTrans($ind) set interval_ 0.05
        $aplicTrans($ind) attach-agent $agenteTrans($ind)
        $aplicTrans($ind) set idle_time_ 10000ms

        $aplicTrans($ind) set burst_time_ 10000ms
        $ns at 0 "$MN($ind) label MN($ind)([$MN($ind) node-
addr])STRM"

        set agenteRec($ind) [new Agent/Null]

        $agenteTrans($ind) set fid_ 2
        set strm_usr [expr ($strm_usr - 1)]
        set classe($ind) "Strm"
        #$agenteTrans($ind) set flag_ 2

```

```

} else {
    if {$intr_usr > 0} {
        # Transmissor: Agente e Aplicação
        set agenteTrans($ind) [new Agent/UDP] ;#Originalmente
era TCP mas não funcionou troquei por UDP
        $agenteTrans($ind) set class_ 1
        #$agenteTrans set packetSize_ 1024
        $ns attach-agent $webServer $agenteTrans($ind)

        set aplicTrans($ind) [new Application/Traffic/Pareto]
        #$aplicTrans set packetSize_ 256
        $aplicTrans($ind) set rate_ 2048Kbps
        #$aplicTrans($ind) set interval_ 0.05
        $aplicTrans($ind) attach-agent $agenteTrans($ind)
        set intr_usr [expr ($intr_usr - 1)]
        $aplicTrans($ind) set idle_time_ 10000ms
        $aplicTrans($ind) set burst_time_ 10000ms
        $ns at 0 "$MN($ind) label MN($ind)([$MN($ind) node-
addr])INTR"

        set agenteRec($ind) [new Agent/Null]
        set classe($ind) "Intr"
        #$agenteTrans($ind) set flag_ 3
        $agenteTrans($ind) set fid_ 3
    } else {
        if {$backg_usr > 0} {
            # Transmissor: Agente e Aplicacao
            set agenteTrans($ind) [new Agent/UDP]
            $agenteTrans($ind) set class_ 1
            #$agenteTrans set packetSize_ 1024
            $ns attach-agent $webServer $agenteTrans($ind)

            set aplicTrans($ind) [new
Application/Traffic/Exponential]
            #$aplicTrans set packetSize_ 512
            $aplicTrans($ind) set rate_ 144Kbps
            #$aplicTrans($ind) set interval_ 0.05
            $aplicTrans($ind) attach-agent $agenteTrans($ind)
            $aplicTrans($ind) set idle_time_ 10000ms

            $aplicTrans($ind) set burst_time_ 10000ms

            set backg_usr [expr ($backg_usr - 1)]
            $ns at 0 "$MN($ind) label MN($ind)([$MN($ind)
node-addr])BCKG"

            set agenteRec($ind) [new Agent/Null]
            set classe($ind) "Backg"
            #$agenteTrans($ind) set flag_ 4

```



```

        #set hand [expr (($val(traffic_off)-15) * rand() + 15)]
        # $ns at $hand "handover $ind $wimax_umts($ind)"
    } else {
        set wimax_umts($ind) 0
        puts "Servico sem interface atribuida $UW ind = $ind "
    }
}

```

```

# *****
# Configurando o mecanismo de admissão do UMTS
# *****
# Tipo de registro no UMTS
$ns node-config -lType UMTS/RLC/AM \
                -downlinkBW 64kbps \
                -uplinkBW 64kbps \
                -downlinkTTI 20ms \
                -uplinkTTI 20ms \
                -hs_downlinkTTI 2ms \
                -hs_downlinkBW 384kbps

```

```
set dch0($ind) [$ns create-dch $ifaceUMTS($ind) $agenteRec($ind)]
```

```
# MobileNode recebe
```

```

$ns attach-dch $ifaceUMTS($ind) $handover($ind) $dch0($ind)
$ns attach-dch $ifaceUMTS($ind) $nd_UMTS($ind) $dch0($ind)

```

```

# *****
# Agora o MIH pode ser registrado em todos os MAC's
# *****

```

```

# Na ifaceUMTS usando DCH o MAC Ã© 2 (0 e 1 para RACH e FACH
respectivamente) DENTRO DO FOR

```

```

set mac_UMTS($ind) [$ifaceUMTS($ind) set mac_(2)]
$mac_UMTS($ind) mih $mih($ind)
$mih($ind) add-mac $mac_UMTS($ind)
# Na ifaceWIMAX
set mac_WIMAX($ind) [$ifaceWIMAX($ind) set mac_(0)]
$mac_WIMAX($ind) mih $mih($ind)
$mih($ind) add-mac $mac_WIMAX($ind)

```

```

# Associa as MAC's das iface's Ã gerÃancia de handover para conhecer
quem envia o RS

```

```

$handover($ind) nd_mac $nd_WIMAX($ind) $mac_WIMAX($ind)
$handover($ind) nd_mac $nd_UMTS($ind) $mac_UMTS($ind)
$ns at $val(traffic_on) "$aplicTrans($ind) start"
$ns at $val(traffic_off) "$aplicTrans($ind) stop"
#$ns at 3 "$aplicTrans($ind) start"

```

```

set hand [expr rand() * 120 ]
#if { $ind == 1 } {
$ns at $hand "handover $ind $wimax_umts($ind)"
#}

$ifaceUMTS($ind) trace-inlink $tf 2
#Gerar as posições inicial pelo java e setar para cada usuário
#$MN($ind) set X_ 10
#$MN($ind) set Y_ 10
#$ifaceUMTS($ind) set X_ 10
#$ifaceUMTS($ind) set Y_ 10
#$ifaceWIMAX($ind) set X_ 10
#$ifaceWIMAX($ind) set Y_ 10
}

proc handover { idx wu } {
    global ns debugTCL_ handover mobileNode agenteRec agenteTrans
    ifaceWIMAX ifaceUMTS nd_WIMAX nd_bsWIMAX wimax_umts
    if {$wu == 1} {
        if {$debugTCL_ == 1} {
            puts "Iniciando o procedimento de handover para a rede UMTS
Node($idx)"
        }
        $ifaceUMTS($idx) color "blue"
        $ifaceWIMAX($idx) color "black"
        $ns trace-annotate "Iniciando o procedimento de handover para a rede
UMTS Node($idx)"
        # Seta tipo de handover
        Agent/MIHUser/IFMNGMT/MIPV6/Handover/Handover1 set case_ 2
        # Inicializa o link UMTS
        [eval $ifaceUMTS($idx) set mac_(2)] connect-link
        # Remove o fluxo de dados existente para ifaceWIMAX
        $handover($idx) delete-flow $agenteRec($idx) $agenteTrans($idx)
        # Atribui novo fluxo de dados para ifaceUMTS
        $handover($idx) add-flow $agenteRec($idx) $agenteTrans($idx)
        $ifaceUMTS($idx) 2 ;#2000.
    } else {
        if {$wu == -1} {
            if {$debugTCL_ == 1} {
                puts "Iniciando o procedimento
de handover para a rede WIMAX Node($idx)"
            }
            $ifaceWIMAX($idx) color "red"
            $ifaceUMTS($idx) color "black"
            $ns trace-annotate "Iniciando o procedimento de
handover para a rede WIMAX Node($idx)"

            # Seta tipo de handover
            Agent/MIHUser/IFMNGMT/MIPV6/Handover/Handover1 set case_ 2

```

\$nd\_WIMAX(\$idx) send-rs

}

}

}

## APÊNDICE D - SCRIP TCL DA CRIAÇÃO DO MN

```

for {set ind 0} {$ind < $totalUSR} {incr ind} {
  # *****
  # Criando o Nó Móvel (MobileNode - MN) DENTRO DO FOR
  # *****
  $ns node-config -multif ON           ;# Aceita multiplas interfaces
  set MN($ind)    [$ns node 4.0.$ind]  ;#
  $ns node-config -multif OFF         ;# reseta o atributo
  $ns at 0 "$MN($ind) label MobileNode([$MN($ind) node-addr]"
  if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "MobileNode: tcl=$MN($ind); id=[$MN($ind) id]; addr=[$MN($ind)
node-addr]"
  }
}
}

```

## APÊNDICE E - SCRIP TCL DA CRIAÇÃO DA INTERFACE UMTS

```
for {set ind 0} {$ind < $totalUSR} {incr ind} {  
  
    set ifaceUMTS($ind) [$ns create-Umtsnode 0.0.[expr 4 + $ind]]  
    $ifaceUMTS($ind) color "black"  
    $ns at 0 "$ifaceUMTS($ind) label ifaceUMTS($ind)($ifaceUMTS($ind) node-  
addr]"  
  
    if {$debugTCL_ == 1} {  
        puts "ifaceUMTS($ind): tcl=$ifaceUMTS($ind); id=[ifaceUMTS($ind)  
id]; addr=[ifaceUMTS($ind) node-addr]"  
    }  
}
```

## APÊNDICE F - SCRITP TCL DA CRIAÇÃO DA INTERFACE WIMAX

```

for {set ind 0} {$ind < $totalUSR} {incr ind} {
# *****
# Criando o Interface WiMax
# *****
$ns node-config      -macType $val(mac)/SS \
                    -wiredRouting OFF \
                    -agentTrace ON \
                    -routerTrace ON \
                    -macTrace OFF \
                    -movementTrace ON
                    # \
                    -energyModel $val(energyModel) \
                    -rxPower $val(rxPower) \
                    -txPower $val(txPower) \
                    -initialEnergy $val(initialEnergy) \
                    -transmissionPower $val(tp) \

set ifaceWIMAX($ind) [$ns node 3.0.[expr (($totalUSR * 2) +7) - $ind]]
$ifaceWIMAX($ind) random-motion 0
$ifaceWIMAX($ind) base-station [AddrParams addr2id [$bsWIMAX node-
addr]]
$ifaceWIMAX($ind) color "black"
$ns at 0 "$ifaceWIMAX($ind) color black"
$ns at 0 "$ifaceWIMAX($ind) label WIMAX($ind)($ifaceWIMAX($ind) node-
addr]"

set clas [new SDUClassifier/Dest]
[$ifaceWIMAX($ind) set mac_(0)] add-classifier $clas

set ss_sched [new WimaxScheduler/SS]
[$ifaceWIMAX($ind) set mac_(0)] set-scheduler $ss_sched
[$ifaceWIMAX($ind) set mac_(0)] set-channel 0

if {$debugTCL_ == 1} {
    puts "ifaceWIMAX($ind): tcl=$ifaceWIMAX($ind);
id=$ifaceWIMAX($ind) id]; addr=$ifaceWIMAX($ind) node-addr]"
}
}

```

## APÊNDICE F - SCRITP TCL DA CONFIGURAÇÃO DE PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO

```

#variables.tcl
set totalUSR 100

set umtsNodes [expr ( 4+$totalUSR )]
set wimaxNodes [expr ( 2+$totalUSR )]

set conv_dec 0.15;      # 12.2Kbps 1 sound
set strm_dec 0.30;      # 2048 Kbps 2 broadband
set intr_dec 0.40;      # 2048 Kbps 3 wideband
set backg_dec 0.15;     # 144 Kbps 4 narrowband

#set conv_dec 1;      # 12.2Kbps
#set strm_dec 0;      # 768 Kbps
#set intr_dec 0;      # 384 Kbps
#set backg_dec 0;

set wimax_per 0.5
set umts_per 0.5

set conv_dur 10
set strm_dur 10
set intr_dur 10
set backg_dur 10
set val(traffic_on) 0;# Início do tráfego
set val(traffic_off) 10.199;# Fim do tráfego
set val(simulation_off) 10.200;# Fim da simulação
set init_time_interval 0.005 ;#Tempo de intervalo entre as chamdas 0.005 urban 0.15
office
set call_init 0;#momento da primeira chamada primeira chamada

```