

QoS de serviços IPTV baseados em arquiteturas IMS

Marcos Paulo Carozza e Paulo Roberto de Lira Gondim

Resumo— O IPTV (*Internet Protocol Television*) é uma tecnologia que vem sendo desenvolvida nos últimos anos e está ganhando reconhecimento no cenário mundial como uma alternativa viável à oferta de conteúdos audiovisuais pelas prestadoras de serviços de telecomunicações. A arquitetura IMS (*IP Multimedia Subsystem*) é uma estrutura desenvolvida para a distribuição de serviços multimídias baseados no protocolo IP e o elemento chave para a convergência fixo-móvel das redes de próxima geração. Este trabalho busca avaliar as possibilidades e limitações relativas à prestação de serviços IPTV baseados na integração da arquitetura IMS com a rede de acesso sem fio em banda larga WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*). Para esse fim, é considerada uma arquitetura de integração e utilizada a ferramenta de simulação OPNET[®] *Modeler*, permitindo avaliar aspectos de qualidade de serviço (QoS, *Quality of Service*) como atraso, *jitter* e vazão (*throughput*). Os resultados obtidos em nossas simulações são comparados com a Recomendação ITU-T Y.1541, da União Internacional de Telecomunicações, que trata das métricas objetivas de rede para os serviços baseados no protocolo IP.

Palavras-Chave—QoS, IPTV, IMS, OPNET[®] *Modeler*.

Abstract— IPTV is a technology that has been developed over the last years and is gaining recognition worldwide as a viable alternative to offer audiovisual contents by telecommunications operators. IMS architecture is a framework developed to deliver IP-based multimedia services and the key to fixed-mobile convergence of next generation networks. This work aims to evaluate possibilities and limitations related to IPTV services based on the integration between IMS architecture and WiMAX wireless broadband access network. To this end, an integration architecture is considered and the OPNET[®] *Modeler* simulation tool is used, allowing to evaluate aspects of quality of service (QoS) such as delay, jitter and throughput. The results obtained in our simulations are compared with the Recommendation ITU-T Y.1541 of International Telecommunication Union, which addresses the network performance objectives for IP-based services.

Keywords—QoS, IPTV, IMS, OPNET[®] *Modeler*.

I. INTRODUÇÃO

A terceira geração das redes móveis (3G) fundiu dois dos maiores paradigmas das telecomunicações: (i) as redes móveis celulares e (ii) a *Internet*. Neste cenário, o IMS é o elemento chave na arquitetura das redes 3G para fornecer o acesso móvel a todos os serviços que a *Internet* proporciona. Originalmente, o IMS foi definido, em 1999, pelo Fórum “*Third Generation Internet Protocol Forum*”, responsável em promover os sistemas de comunicações móveis baseados no protocolo IP. No entanto, a arquitetura IMS foi incorporada na padronização das redes UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) realizada pelo 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*), a partir da versão 5, como o subsistema dedicado ao

controle e à prestação de serviços multimídias sobre redes comutadas por pacotes dentro da terceira geração das redes móveis.

Além dos serviços móveis, o IPTV será um dos principais serviços que as prestadoras de telecomunicações oferecerão sobre a arquitetura IMS. A implantação de serviços IPTV sobre diferentes infraestruturas de acesso em banda larga se tornou possível devido às novas tecnologias de redes e ao aprimoramento dos algoritmos de codificação de mídias.

Neste contexto, utilizando a ferramenta de simulação OPNET[®] *Modeler*, estudaremos neste trabalho um cenário para a prestação de serviços IPTV baseados em arquiteturas IMS, considerando a tecnologia WiMAX (IEEE 802.16e) como a rede de acesso em banda larga para suportar os serviços multimídias.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: a seção II apresenta os principais conceitos da arquitetura IMS; a seção III contextualiza os serviços IPTV baseados em redes NGN (*Next Generation Networks*) com núcleo IMS; a seção IV apresenta o cenário de simulação proposto no trabalho; a seção V mostra os resultados obtidos; e a seção VI apresenta as conclusões e propõe trabalhos futuros.

II. IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM (IMS)

Com a evolução das redes de comunicações móveis, os usuários podem navegar na *web*, ler *e-mails*, baixar vídeos e fazer praticamente tudo o que podem fazer com qualquer outro tipo de conexão à *Internet*, tais como DOCSIS (*Digital Over Cable Service Interface Specification*) ou DSL (*Digital Subscriber Line*).

Assim, por que precisamos do IMS, se todo o poder da *Internet* já está disponível aos usuários das redes 3G? A resposta é tripla: (i) qualidade de serviço (QoS), (ii) faturamento (*billing*) e (iii) integração de diferentes serviços [1].

Uma das razões para a criação da arquitetura IMS foi fornecer a qualidade de serviço necessária para que os usuários utilizem as aplicações em tempo real. Neste sentido, o IMS permite que as prestadoras flexibilizem a QoS destinada aos consumidores, de modo que grupos de usuários possam ser diferenciados de outros.

Outra razão para a criação do IMS foi viabilizar o faturamento das sessões multimídias de forma mais adequada. Deste modo, a prestadora pode, por exemplo, usar tarifas fixas, aplicar as tradicionais cobranças baseadas em tempo, praticar cobranças baseadas em QoS, ou implantar um novo modo de cobrança.

Prover serviços integrados aos usuários é a terceira principal razão para a existência da arquitetura IMS. Neste novo cenário, as prestadoras poderão utilizar os serviços desenvolvidos por terceiros, combiná-los com os seus serviços e fornecer aos usuários um serviço completamente novo [1].

A. Protocolos

O SIP (*Session Initiation Protocol*, IETF RFC 3261) foi o protocolo de controle e estabelecimento das sessões escolhido para a arquitetura IMS, pois é baseado em linguagem de texto, de fácil extensão e depuração, facilitando a criação de novos serviços.

O *Diameter* (IETF RFC 3588) foi escolhido como o protocolo de autenticação, autorização e cobrança (AAA – *Authentication, Authorization and Accounting*) do IMS [1] [2] [3] [4], sendo uma evolução do protocolo RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*, IETF RFC 2865), que é amplamente utilizado na *Internet* para realizar as funções de AAA.

Existem ainda outros protocolos previstos na arquitetura IMS, como: (i) o protocolo H.248 (*Recommendation ITU-T H.248*), utilizado pelos nós de sinalização para controlar os nós no plano de mídia; (ii) os protocolos RTP (*Real Time Protocol*) e RTCP (*Real Time Control Protocol*), ambos definidos na IETF RFC 3550, usados para transportar mídias em tempo real, como aplicações de vídeo e/ou áudio [1] [4].

B. Arquitetura

A arquitetura IMS envolve componentes que realizam funções de forma integrada, com base em interfaces padronizadas. A Figura 1 ilustra os componente (nós) incluídos no núcleo IMS.

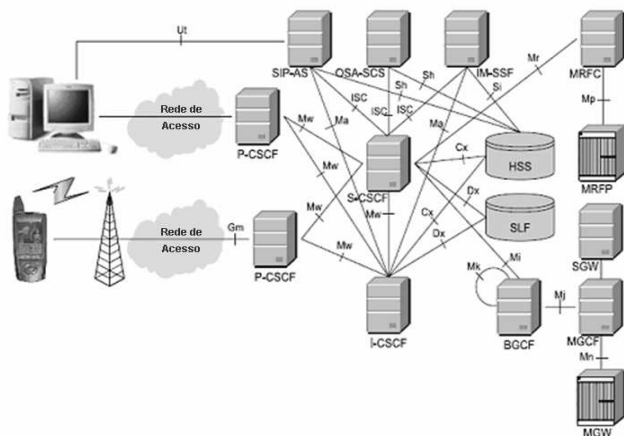


Fig. 1. Visão geral da arquitetura IMS [1].

O HSS (*Home Subscriber Server*) é o repositório central das informações relacionadas aos usuários, sendo uma evolução do HLR (*Home Location Register*), utilizado nas redes GSM (*Global System for Mobile Communications*) [1] [2] [3].

O CSCF (*Call Session Control Function*) é o principal nó da arquitetura IMS. Existem três tipos de CSCFs, dependendo das funcionalidades que eles fornecem [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7]:

- *Proxy-CSCF* (P-CSCF): O P-CSCF é o primeiro ponto de contato no plano de sinalização, entre os terminais IMS e a arquitetura IMS. Do ponto de vista do protocolo SIP, o P-

CSCF atua como servidor *proxy* SIP de entrada/saída. Além disso, o P-CSCF inclui uma função de decisão de política de QoS chamada de PDF (*Policy Decision Function*), que autoriza os recursos e gerencia a qualidade de serviço sobre o plano de mídia.

- *Interrogating-CSCF* (I-CSCF): É um servidor *proxy* SIP localizado no limite de um domínio administrativo (área de prestação do serviço). As principais funções executadas pelo I-CSCF são: (i) escolher um S-CSCF para os usuários que executam um registro SIP; (ii) rotear as requisições SIP recebidas de outras redes para o S-CSCF; (iii) obter do HSS o endereço do S-CSCF; e (iv) encaminhar as requisições SIP para a escolha do MGW (*Media Gateway*).

- *Serving-CSCF* (S-CSCF): É nó central do plano de sinalização da arquitetura IMS. O S-CSCF é basicamente um servidor SIP, que realiza o controle das sessões. Além dessas funcionalidades, o S-CSCF também atua como um registrador SIP, ou seja, mantém a relação entre a localização do usuário (por exemplo, o endereço IP do terminal) e o registro de seu endereço SIP.

III. SERVIÇOS IPTV BASEADOS EM REDES NGN/IMS

De acordo com a UIT (*Recommendation ITU-T Y.1901*), os conteúdos IPTV podem ser compostos por diferentes mídias (vídeo, áudio, texto, gráficos e dados), que necessitam de tratamentos diferenciados em termos de QoS, qualidade de experiência (QoE, *Quality of Experience*), desempenho, segurança, interatividade e confiabilidade [8] [9].

A migração para uma arquitetura IPTV baseada em redes NGN com o núcleo IMS pode ser definida como um processo de quatro etapas, como mostra a Figura 3 [6] [11] [12].

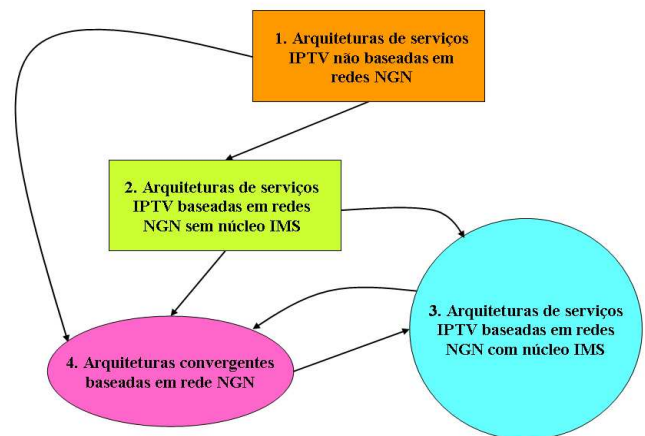


Fig. 2. Arquiteturas IPTV [6] [11] [12].

- 1ª etapa: As arquiteturas de serviços IPTV não baseadas em redes NGN são soluções proprietárias utilizadas pela maioria das prestadoras de serviços IPTV em operação atualmente no mundo. Neste cenário, é possível criar alguma interoperabilidade entre as arquiteturas IPTV não baseadas em redes NGN com os subsistemas da rede NGN. No entanto, são necessárias funções separadas nas camadas de aplicação e de controle [6] [11] [12];

- 2ª etapa: As arquiteturas de serviços IPTV baseadas em redes NGN permitem a interação e interoperabilidade sobre interfaces localizadas entre as funções dos serviços IPTV e alguns nós existentes na rede NGN, tais como elementos de controle de transporte para o subsistema de controle e admissão

de recursos (RACF, *Resource and Admission Control Function*), ou para o subsistema de conexão com a rede (NACF, *Network Attachment Control Function*). Nestes cenários, um nó dedicado dentro da rede NGN é utilizado para fornecer todas as funcionalidades necessárias aos serviços, bem como para integrar os componentes da arquitetura IPTV na infraestrutura das redes NGN [6] [11] [12];

- 3ª etapa: As arquiteturas de serviços IPTV baseadas em redes NGN com núcleo IMS (NGN IMS) são soluções que especificam as funções dos serviços IPTV sobre a arquitetura IMS, permitindo o uso das funcionalidades de inicialização e controle de mecanismos baseados no protocolo SIP [6] [11] [12]; e

- 4ª etapa: As arquiteturas convergentes baseadas em redes NGN são uma combinação de arquiteturas de serviços IPTV baseadas em redes NGN com arquiteturas de serviços IPTV baseadas em redes NGN com núcleo IMS, em uma configuração comum para distribuir serviços IPTV convergentes [6] [11] [12].

IV. SIMULAÇÃO COM O OPNET® MODELER

Com base na arquitetura de referência para integração entre o IMS e as redes de acesso WiMAX, dos autores de [13], a Figura 3 ilustra a topologia proposta para a prestação de serviços IPTV baseados na arquitetura IMS, que será utilizada no cenário de simulação deste trabalho.

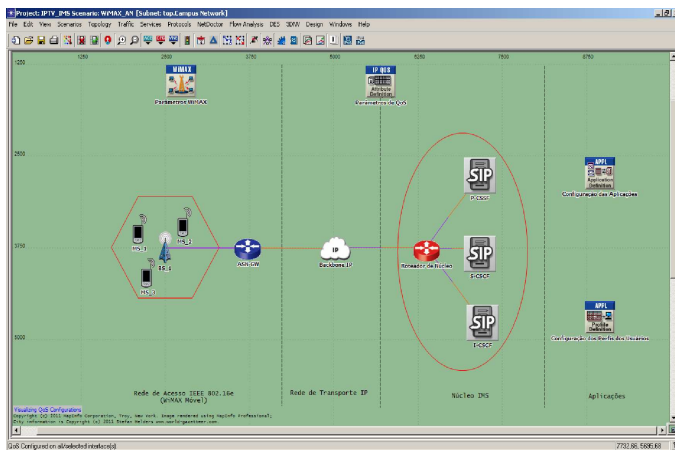


Fig. 3. Topologia proposta à integração da rede de acesso WiMAX e a arquitetura IMS para a prestação de serviços IPTV.

A. Aplicações

Apesar de este trabalho focar em avaliações sobre a qualidade dos serviços de distribuição de vídeo, foi construído um perfil de usuário que contém aplicações de vídeo, voz (VoIP, *Voice over IP*) e dados (*web browsing*). O objetivo de adicionar essas aplicações foi de tornar o cenário de simulação mais próximo de uma rede de acesso banda larga que oferta serviços convergentes aos consumidores, bem como para criar tráfegos concorrentes com os serviços de vídeo, uma vez que redes dedicadas para a oferta de um único serviço já não são mais a realidade no cenário mundial de telecomunicações.

Para o tráfego de vídeo, utilizamos arquivos de *video traces* da Universidade do Estado do Arizona, nos Estados Unidos, disponíveis em <http://trace.eas.asu.edu>, codificados com os padrões H.264/AVC ou H.264/SVC, taxa de codificação de bits variável (VBR), resolução de vídeo 352x288, *frame rate* de 30 quadros por segundo (30 fps), tamanho de GoP (*Group*

of Picture) igual a 16, parâmetro de quantização igual a 16 e número de quadros B, entre os quadros I e P, igual a 3. Adotamos a resolução citada, pois estamos considerando em nosso cenário de simulação terminais com dimensões de tela reduzidas e poder de memória e processamento limitados.

Os *video traces*, apesar de não envolverem o tratamento da componente de áudio, são uma alternativa muito atraente às ferramentas de simulação, pois são arquivos simples que contêm informações do número de *bits* necessários para codificar cada quadro de vídeo, bem como do nível de qualidade da codificação. Ademais, não há problemas de direitos autorais com os arquivos de *video traces* e, assim, os pesquisadores não necessitam adquirir conhecimentos avançados de codificação de vídeo e nem equipamentos de altos custos para realizar suas pesquisas em redes de comunicação multimídias [14] [15].

No que diz respeito à aplicação de voz, escolhemos o modelo de telefonia sobre o protocolo IP (VoIP) que utiliza algoritmos de compressão com a técnica de supressão de silêncio, codificador ITU-T G.726 com taxa de 32 kbps.

Para os serviços de navegação na *Internet* (dados), utilizamos a aplicação *HTTP Light* disponível no OPNET® *Modeler*, pois, com mencionado anteriormente, nossos terminais têm dimensões de tela reduzidas e poder de memória e processamento limitados.

B. Núcleo da Rede de Controle

Para o controle e estabelecimento das sessões multimídias, utilizamos o modelo SIP-IMS desenvolvido pelos pesquisadores do Departamento de Engenharia de Sistemas Telemáticos da Universidade Politécnica de Madrid [16], disponível para download no sítio da empresa OPNET *Technologies* na *Internet*.

Este modelo foi construído com base em documentos técnicos da versão 7 do 3GPP e tem por objetivo solucionar desafios de QoS em redes IMS. Adicionalmente, é um aperfeiçoamento do modelo SIP fornecido na biblioteca padrão do OPNET® *Modeler* e permite a realização de simulações baseadas em arquiteturas IMS, contendo: (i) implantação completa do mecanismo de estabelecimento das sessões IMS, incluindo os três tipos de CSCFs (S-CSCF, P-CSCF, I-CSCF), os processos UAS (*User Agent Server*) e UAC (*User Agent Client*) e todas as mensagens do protocolo SIP enviadas entre os CSCFs; (ii) suporte a múltiplos domínios e *roaming*; (iii) suporte a redundância dos CSCFs; (iv) controle de atraso para as mensagens SIP; e (v) controle de atraso às consultas realizadas ao HSS.

C. Rede de Transporte

Como observado na Figura 3, utilizamos em nosso cenário de simulação um *backbone* IP que conecta o núcleo da rede de controle à rede de acesso IEEE 802.16e. Os enlaces utilizados entre o *backbone* IP e o núcleo IMS, bem como entre o *backbone* IP e o ASN-GW, foram modelados como enlaces de fibra óptica. Para assegurar a qualidade dos serviços na rede de transporte (camada de rede) utilizamos neste trabalho o mecanismo de diferenciação de serviços (DiffServ).

D. Rede de Acesso WiMAX (802.16e)

O OPNET® *Modeler* inclui um modelo de simulação de eventos discretos que permite a análise de redes metropolitanas sem fios baseadas no padrão IEEE 802.16e (WiMAX Móvel). A Tabela 1 mostra os parâmetros da rede de acesso WiMAX

utilizados no trabalho. Menciona-se que esses valores se baseiam no Regulamento de Uso da Faixa de 2,5 GHz, aprovado pela Resolução nº 544, de 11 de agosto de 2010, da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel [18].

TABELA I. RESUMO DOS PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO DA REDE DE ACESSO WiMAX UTILIZADOS NO CENÁRIO DE SIMULAÇÃO

Parâmetros	
Raio da Célula (Hexagonal)	0,8 km
Faixa de Frequência	2,5 GHz
Largura de Banda	10 MHz
Número de Subportadoras OFDM	1024
Técnica de Duplexação	TDD
Classes de QoS	rtPS (IPTV)
	ertPS (VoIP)
	BE (HTTP)
Antena (Estação Rádio Base)	MISO 2x1
Ganho da Antena (Estação Rádio Base)	14 dBi
Potência do Transmissor (Estação Rádio Base)	5 Watts
Ganho da Antena (Estação Móvel)	- 1 dBi
Potência do Transmissor (Estação Móvel)	0,25 Watts
Modulação e Codificação (Enlace Direto)	Adaptativa
Modulação e Codificação (Enlace Reverso)	Adaptativa
Modelo de Multipercurso	ITU Vehicular B
Modelo de Pathloss	Vehicular Env.
Tipo de Terreno	Terrain Type A

V. RESULTADOS OBTIDOS

Em nosso cenário de simulação utilizamos o vídeo das Olimpíadas de Tóquio com duração de 74 minutos. No entanto, o tempo de simulação estabelecido no trabalho foi de 60 minutos (108.000 quadros). Para a estação móvel 1 (MS_1) usamos um arquivo *video trace* H.264 AVC Single Layer; para a estação móvel 2 (MS_2) utilizamos um arquivo *video trace* H.264/SVC Spatial Scalable – QCIF Based Layer; e para a estação móvel 3 (MS_3) usamos um arquivo *video trace* H.264/SVC Spatial Scalable – CIF Enhancement Layer.

Para avaliar o desempenho dos serviços de vídeo sobre o protocolo IP, que continuamente estão sujeitos às variações de largura de banda, atraso e perda de pacotes, utilizamos as seguintes métricas de desempenho: (i) atraso; (ii) jitter; e (iii) vazão. A Tabela 2 apresenta os limiares das métricas de avaliação de QoS recomendados pela UIT para os serviços IPTV [17]. Ressalta-se que esses valores são dependentes da complexidade do sistema de distribuição de vídeo e de propriedades específicas dos codificadores de mídia e, consequentemente, não devem ser interpretados como medidas exatas, mas sim como orientações técnicas para a análise de desempenho em nosso cenário de simulação.

TABELA II. PARÂMETROS DE QOS PARA OS SERVIÇOS IPTV [17]

Métrica de QoS	Valor
Atraso (ms)	< 400
Jitter (ms)	< 50
Vazão (kbps)	Depende das características do sistema de distribuição e codificação das mídias.

A. Atraso (delay)

A Figura 4 mostra os resultados da média do atraso fim-a-fim da aplicação IPTV nas estações móveis da célula. Observa-se que a estação móvel MS_1 apresentou o maior atraso fim-a-fim, com picos médios próximos de 35 ms. Por outro lado, as

estações MS_2 e MS_3, apresentaram picos em torno de 7 ms e 20 ms, respectivamente. No entanto, todas as estações móveis apresentaram resultados de atraso fim-a-fim abaixo do valor máximo para o atraso (delay) estabelecido pela UIT na Recomendação Y.1541 para os serviços IPTV (< 400 ms), conforme mencionado na Tabela 2.

B. Jitter

A Figura 5 mostra os resultados da média da variação do atraso dos pacotes na recepção dos serviços IPTV. Verifica-se que todas as estações móveis apresentaram resultados de variação média do atraso dos pacotes abaixo do valor máximo estabelecido pela UIT na Recomendação Y.1541 para os serviços IPTV (< 50 ms), conforme mencionado na Tabela 2.

C. Vazão

A Figura 6 apresenta a vazão média recebida pelas estações móveis para os serviços IPTV. Observa-se que a estação móvel MS_1 recebeu os fluxos do serviço IPTV com picos máximos de aproximadamente 220 kbytes/s e picos mínimos de aproximadamente 185 kbytes/s; a estação móvel MS_2 com média próxima 80 kbytes/s; e a estação MS_3 com picos máximos próximos de 180 kbytes/s e mínimos de 160 kbytes/s.

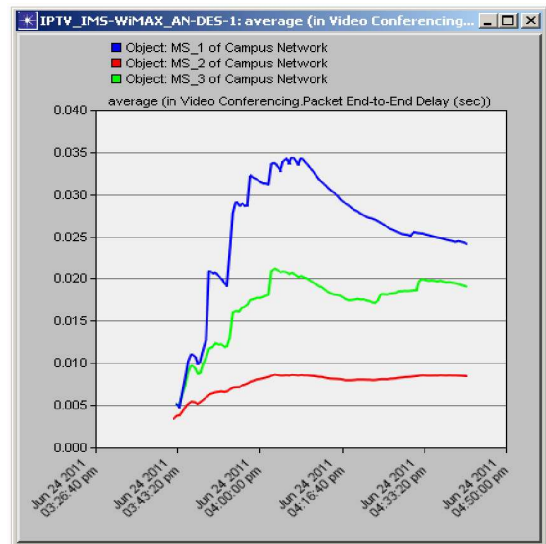


Fig. 4. Atraso médio fim-a-fim dos serviços IPTV

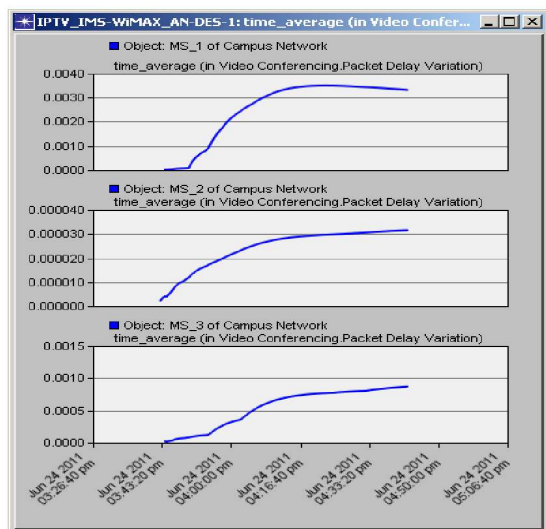


Fig. 5. Variação média do atraso dos pacotes dos serviços IPTV

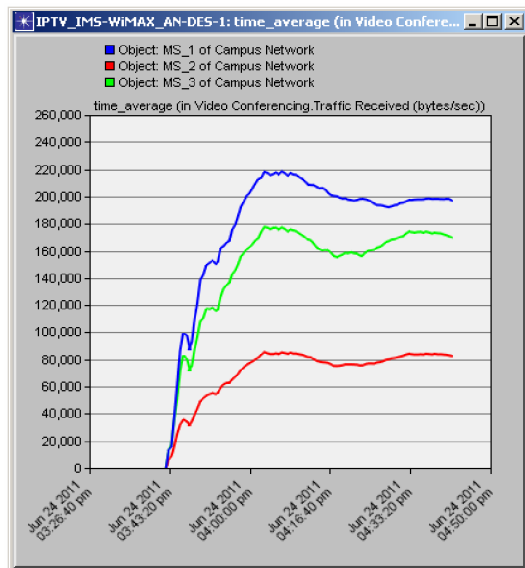


Fig. 6. Vazão média dos serviços IPTV

Os resultados da simulação permitem concluir que os serviços IPTV codificados com o padrão de compressão de vídeo H.264/SVC necessitam de menor largura de banda do que os serviços IPTV codificados com o padrão de compressão H.264/AVC. Isto ocorre, pois o padrão de compressão H.264/SVC permite escalabilidade no tempo, no espaço e na relação sinal/ruído, adaptando os fluxos de vídeos conforme as necessidades da rede e dos diferentes terminais de acesso, garantindo, assim, uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis. Esta adaptação é necessária para distribuir os conteúdos multimídias, de modo escalável, nos imprevisíveis ambientes das redes sem fios. Entretanto, a eficiência do padrão H.264/SVC depende da criação de diferentes perfis, que consideram as necessidades específicas de cada usuário em termos de resolução da tela, capacidade de processamento e recursos de bateria, dentre outros.

VI. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Estudamos neste trabalho a integração entre as redes de acesso WiMAX, desenvolvidas pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), com a arquitetura IMS, desenvolvida pelo 3GPP, para a prestação de serviços IPTV.

De acordo com os resultados das métricas de qualidade de serviço, verificou-se que o padrão IEEE 802.16e é uma alternativa viável de rede de acesso em banda larga para a prestação de serviços IPTV baseados em arquiteturas IMS, uma vez que todos os parâmetros avaliados em nosso cenário se mostraram adequados quando comparados com os limites estabelecidos pela UIT para a distribuição de serviços IPTV, na Recomendação ITU-T Y.1541. Menciona-se que esta conclusão foi obtida com base no cenário de simulação proposto no trabalho (arquitetura unicolor e três usuários).

Em termos de técnicas de codificação e compressão de vídeo para os serviços IPTV da nossa proposta de arquitetura, avaliamos variações do padrão de codificação de vídeo aprovado pela Recomendação H.264 da UIT, que é considerado um dos mais eficientes e vem sendo progressivamente utilizado em diversos sistemas de transmissão de vídeo digital sobre as redes IP e sistemas de televisão digital terrestre e via satélite.

Por fim, ressalta-se que o IP *Multimedia Subsystem* foi suficientemente caracterizado como uma arquitetura que permitirá a oferta de aplicações, atuais e futuras, com maior grau de integração e interatividade entre os usuários e os serviços. Ademais, as aplicações baseadas no IMS podem ser construídas e disponibilizadas por entidades do mesmo grupo da empresa proprietária da infraestrutura, ou por terceiros que tenham contrato com a detentora da rede de acesso WiMAX.

Como trabalhos futuros, os seguintes temas são propostos: *handover* e *roaming* nas redes de acesso WiMAX para a prestação de serviços IPTV baseados no IMS; comparação entre outras tecnologias de redes de acesso para a prestação de serviços IPTV baseados na arquitetura IMS, por exemplo, o LTE; e integração de redes de acesso heterogêneas, convergência fixo-móvel, utilizando a arquitetura IMS.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Camarillo e M.A. Garcia-Martín, *The 3G IP Multimedia Subsystem – Merging the Internet and the Cellular Worlds*. John Wiley and Sons, Third Edition, 2008.
- [2] E. Bertin e N. Crespi, *IP Multimedia Subsystem (IMS) Handbook – Cap.1: IMS Service, Models, and Concepts*. CRC Press, 2009.
- [3] M. Poikselkä, G. Mayer, H. Khartabil e A. Niemi, *The IMS – IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain*. John Wiley and Sons, 2004.
- [4] M. Samie, H. Yeganeh e M.A. Shakiba, *Proposed Model for QoS Provisioning in IMS-based IPTV Subsystem*. IEEE Computer Society, Fourth International Conference on Systems and Networks Communications, pp. 113-118, 2009.
- [5] R. Good e N. Ventura, *An End to End QoS Management Framework for the 3GPP IP Multimedia Subsystem*. IEEE International Conference on Telecommunications and Malaysia International Conference on Communications, Malaysia, 2007.
- [6] E. Mikoczy, D. Sivchenko, B. Xu e J.I. Moreno, *IPTV Services over IMS: Architecture and Standardization*. IEEE Communications Magazine, pp. 128-135, 2008.
- [7] M. Zahid, A. Iqbal e M.A. Qadeer, *IPTV Service over IP Multimedia Subsystem*. WoNGeN 2008, December 17-20, India, 2008.
- [8] O. Friedrich, S. Arbanowski, A. Al-Hezmi e R. Seeliger, *IP Multimedia Subsystem (IMS) Handbook – Cap.18: IMS-Based IPTV*. CRC Press, 2009.
- [9] Recommendation ITU-T Y.1901, *Requirements for the Support of IPTV Services*, 2009.
- [10] Recommendation ITU-T Y.1910, *IPTV Functional Architecture*, 2008.
- [11] D. López, E. Mikoczy, J.I. Moreno, A. Cuevas e E. Vázquez, *IP Multimedia Subsystem (IMS) Handbook – Cap.19: IPTV Modeling and Architecture over IMS*. CRC Press, 2009.
- [12] E. Mikoczy, *Next Generation of Multimedia Services – NGN based IPTV Architecture*. IEEE IWSSIP 2008, 15th International Conference on System, Signals and Image Processing, pp. 523-526, June 25-28, Bratislava, Slovakia, 2008.
- [13] F. Xu, L. Zhang e Z. Zhou, *Interworking of WiMAX and 3GPP Networks Based on IMS*. IEEE Communications Magazine, pp. 144-150, 2007.
- [14] P. Seeling, M. Reisslein e B. Kulapala, *Network Performance Evaluation with Frame Size e Quality Traces of Single-Layer and Two-Layer Video: A Tutorial*. IEEE Communications Surveys and Tutorials, Volume 6, Issue 3, pp. 58-78, 2004.
- [15] G. Van der Auwera, P.T. David e M. Reisslein, *Traffic and Quality Characterization of Single-Layer Video Streams Encoded with H.264/MPEG-4 Advanced Video Coding Standard and Scalable Video Coding Extension*. IEEE Transactions on Broadcasting, Volume 54, Issue 3, pp. 698-718, 2008.
- [16] A. Hernández, M. Álvarez-Campana e E. Vázquez, *Quality of Service in the IP Multimedia Subsystem*. The 5th Cost 290 Management Committee Meeting, 2006.
- [17] ITU-T Recommendation Y.1541, *Network Performance Objectives for IP-based Services*, 2006.
- [18] Anatel, *Resolução nº 544, de 11 de agosto de 2011*.