

Triple Play sobre ADSL2+ na Região Amazônica: Um Estudo de Caso envolvendo Experimentações e Simulações

Diego L. Cardoso¹, Lamartine V. de Souza², Marcelino S. Silva¹, Marcos C. Seruffo¹, Dáario Russilo¹, Agostinho L. S. Castro², Carlos R. Francês¹, João C. W. A. Costa², Jaume Rius i Riu³

¹Laboratório de Planejamento de Redes de Alto Desempenho (LPRAD) – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Caixa Postal 479 – 66.075-110 – Belém – PA – Brasil

²Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado (LEA) – Universidade Federal do Pará (UFPA)
Caixa Postal 479 – 66.075-110 – Belém – PA – Brasil

³Ericsson AB
Post: Armborstvägen 14, P.O.BOX 1505. 12525 ÄLVSJÖ. Sweden
{diego,lvsouza,marcelino,seruffo,dario,agcastro,rfrances,
jweyl}@ufpa.br
jaume.rius.i.riu@ericsson.com

Abstract. This paper present a research for triple play traffic (data, video and voice) using ADSL2+ (Asymmetric Digital Subscriber Line, Extended Bandwidth) as access technology on Amazon environment. We have used two different approaches: experimental analysis of impulsive noise impact on IPTV traffic; and performance analysis using simulation for optic fiber backbone and ADSL2+ as access technology. Metrics like delay, jitter and lost packet are collected and analyzed.

Resumo. Este artigo apresenta um estudo de caso de tráfego triple play (voz, vídeo e dados) utilizando o ADSL2+ (Asymmetric Digital Subscriber Line Extended Bandwidth – Linha Digital do Assinante Assimétrica com Banda Estendida) como tecnologia de acesso em um ambiente amazônico. São apresentadas duas abordagens distintas: uma análise experimental analisando o impacto de ruído impulsivo sobre um tráfego de IPTV; e uma análise via simulação de uma rede utilizando fibra óptica como backbone e ADSL2+ como tecnologia de acesso com o objetivo de prover serviços banda larga. Métricas como atraso, jitter e perda de pacotes são coletadas e analisadas.

1. Introdução

A crescente disseminação da informação através de meios digitais traz à tona novas realidades no cenário mundial, com isso novas tecnologias vêm se fortalecendo no sentido de dinamizar o processo de difusão da informação e melhorar a qualidade de vida da população. Para prover uma real ampliação nos serviços de cidadania e/ou inclusão social/digital em regiões com pouca infra-estrutura disponível ao usuário final

típico, além de especificidades geográficas, é imprescindível valer-se de estudos *a priori* que apresentem relações custo/benefício favoráveis a determinadas soluções de telecomunicações.

Desta forma, aplicações como as de teleducação, consideradas estratégicas para a região, em muitas situações, são consideradas impraticáveis, em função das dificuldades de prover acesso ao usuário que seria beneficiado com a efetivação do recurso educacional. Esse processo evidencia a preocupação latente que, em localidades mais desassistidas, deve-se ter com as tecnologias de acesso (neste caso, sinônimo de “tecnologia de última milha”).

Qualquer ação de inclusão digital/social deve passar por uma fase que precede às demais, na qual é necessário se prover infra-estrutura de acesso. Caso essa etapa seja negligenciada, todo o processo de viabilidade de diversas aplicações fica comprometido. Nesse contexto, devem ser propostas alternativas para incluir estas regiões que são desprovidas de infra-estrutura básica.

A região amazônica é um exemplo específico desta carência de infra-estrutura, tanto no que concerne a *backbone* quanto no que diz respeito à tecnologia de última milha. Entretanto, pelas especificidades apresentadas nesta região, determinadas soluções já consolidadas em outras localidades do país, via de regra, não aderem perfeitamente à Amazônia.

Atualmente, a tecnologia IPTV (*Internet Protocol Television*) tem sido foco de diversas pesquisas, isso está relacionado com o desenvolvimento das redes de computadores, que evoluem no sentido de aumentar as bandas de comunicação e estabelecer garantias de transmissão, para isso, inserindo o conceito de QoS (Qualidade de Serviço). Este cenário engloba uma grande disputa entre: empresas de telecomunicações (telcos) e empresas de CATV (TV a cabo), onde as telcos vêm a IPTV como uma oportunidade de manter o seu mercado [Intel][Cisco 1200]. Outra linha de pesquisa é a de frameworks, desenvolvidos para otimizar a qualidade de transmissão e experiências dos usuários[Wu *et al.*, 2006][Zhang *et al.*, 2004][Mutean and Mutean, 2006]. Em [El-Sayed *et al.*, 2006] foi realizado um estudo de caso de IPTV sobre tecnologias como fibra ótica, SONET e xDSL, utilizando apenas uma ferramenta de simulação, desta forma, não estabelecendo parâmetros específicos de xDSL. [Seong and Gil, 2006] apresenta algumas medidas apropriadas para avaliação de tecnologias IPTV.

Este trabalho aborda umas das tecnologias de acesso para inclusão digital, voltado para cenários tipicamente amazônicos e tendo como aplicação a IPTV, ou seja, a televisão ligada à internet. Na seção 2 temos uma abordagem sobre o IPTV e seus serviços oferecidos. A seção 3 mostra o estado da arte das atuais tecnologias de acesso, que são utilizadas para provimento de serviço, ressaltando a xDSL e suas vantagens. Na seção 4 temos a descrição do cenário e das ferramentas utilizadas para testes, seguido pela seção 5 que mostra os resultados obtidos nos experimentos. A seção 6 apresenta a extração realizada, simulando assim uma situação real e seus resultados. Na seção 7 são apresentadas as conclusões obtidas com o presente trabalho.

2. IPTV

IPTV é um serviço de internet bilateral de alta velocidade, que possui uma comunicação através de pacotes IP (*Internet Protocol*), enviando imagens com padrões definidos e

provendo o serviço de *triple play* (voz, vídeo e áudio), inclusive o de *streaming* [Seong and Gil, 2006], [Al-Hezmi et. Al. 2006] e [Wu *et al.*, 2006].

O serviço de IPTV permite entrega de conteúdo de TV potencialmente acrescido de serviços interativos utilizando uma rede banda larga. As redes IP atuais oferecem um serviço de entrega de pacotes denominado “*best effort*”, que não oferece garantias de desempenho para seus usuários, com isso pacotes podem ser perdidos no seu trajeto. As aplicações tradicionais, tais como: WWW, correio eletrônico, transferência de arquivos, requerem confiabilidade e garantia através do uso do protocolo de transporte TCP (*Transmission Control Protocol*). Estas aplicações são chamadas de “elásticas”, pois não requerem uma capacidade mínima de transmissão ou retardo máximo para funcionarem corretamente.

O baixo índice de retardo, a perda de pacotes e a capacidade de transmissão da rede são muito importantes para as aplicações de IPTV, uma vez que estas aplicações podem tolerar pequenas faixas perdas de pacotes, em contrapartida impõem restrições severas de temporização ou de capacidade mínima de transmissão para garantir sua própria viabilidade.

3. Tecnologias de Acesso

O acesso a serviços de comunicação na região amazônica é provido não por uma única tecnologia, mas sim por uma combinação delas, o que gera uma infinidade de problemas, tais como: diferença entre larguras de bandas, baixa qualidade de serviço, confiabilidade e escalabilidade. Por conta disso, é fundamental que se tenha um conjunto de ferramentas de suporte à decisão para possibilitar planejamento na implantação das tecnologias existentes.

Atualmente existem várias formas de tecnologias de última milha, sendo que estas podem ser divididas em duas classes: (a) tecnologias cabeadas: fibra ótica (para acesso e não para *backbone*); PLC (*Powerline Communication*); CATV; xDSL e linha discada; (b) tecnologias de acesso sem fio (*Wireless*): satélites, sistemas celulares e redes locais sem fio (*WLANs*).

Dessa forma, faz-se necessário investigar a viabilidade de utilização de tecnologias de acesso, observando-se as restrições impostas em cenários tipicamente amazônicos, com enfoque em premissas de planejamento de capacidade, de otimização e de avaliação de desempenho. Assim, pretende-se contribuir com uma série de ações de inclusão digital que necessitam de infra-estrutura mínima de acesso.

As tecnologias da família xDSL possuem uma grande abrangência em escala mundial, sendo considerada como a tecnologia de acesso banda larga dominante não só na Europa, como também na América Latina e em países em desenvolvimento como a Índia [Olsen et al, 2006], [Arenas et al, 2006] e [Faudon et al, 2006]. Na América Latina a tecnologia DSL é responsável por cerca de 77 % de todo o acesso banda larga realizado, sendo que no Brasil este valor chega a 85 %. Em termos quantitativos, no final de 2005 havia quase 5.300.000 assinantes na América Latina de tecnologia ADSL [Arenas et al, 2006].

Apesar de tais números, a penetração dos serviços banda larga nas residências da América Latina está estimada em apenas 9 % para o final de 2006, sendo projetada

em 17 % para o final de 2015 [Arenas et al, 2006]. Dessa forma, pode-se compreender que há um longo caminho a percorrer para a massificação dos serviços banda larga na América Latina.

Uma vez que os sistemas DSL se firmam como tecnologia base para sistemas banda larga, um adequado estudo dos efeitos nocivos (ruídos estacionários e não estacionários, interferências eletromagnéticas, etc.) ao desempenho de tal sistema faz-se necessário.

4. Cenário

Para a realização da análise desta tecnologia de última milha, utilizou-se um cenário típico de transmissão IPTV. Nesse sistema, há máquinas comunicantes trafegando o chamado *triple play* - serviço disponibilizado pelo IPTV - que é a convergência entre voz, vídeo e dados [Al-Hezmi et al, 2006]. O cenário de testes utilizado foi composto de modems, DSLAM, cabos de telecomunicações, gerador de ruído e computadores e o mesmo foi montado no LabIT (Laboratório de Inovação Tecnológica em Telecomunicações) da UFPA. A Figura 1 ilustra este cenário de testes.

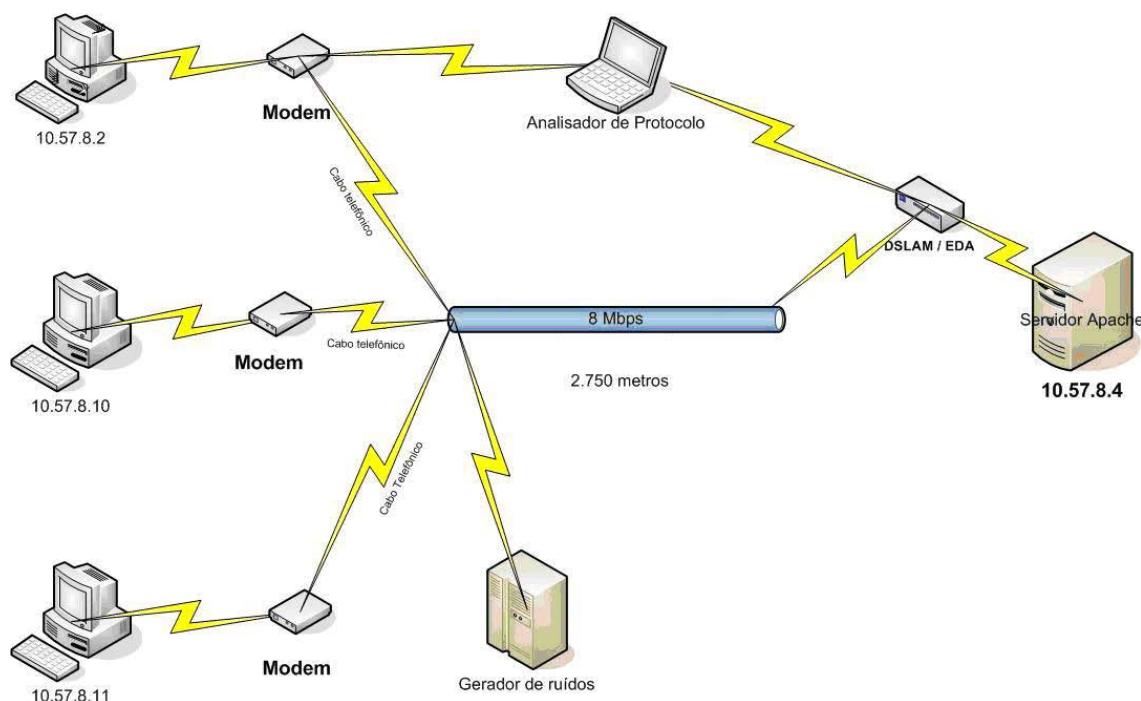


Figura 1 – Cenário de testes utilizado.

A geração de ruído impulsivo é feita pelo DSL 5500, um gerador de ruído da Spirent Communications, sendo que o ruído é gerado na faixa de operação do ADSL2+ (4,3125 kHz a 2,208 MHz). Um analisador de protocolo da marca RADCOM [Radcom, 2006] também foi utilizado com a função de filtrar os pacotes que irão trafegar na rede, isolando fluxos específicos para geração das medidas de desempenho.

O conjunto DSLAM / EDA(*Ethernet DSL Access*) compõe o equipamento existente no lado da central telefônica, permitindo assim a comunicação de dados via um enlace

DSL. O computador conectado ao DSLAM possui a função de gerar fluxos de vídeo que serão distribuídos através de *multicast* entre os clientes.

Como meio de acesso, escolheu-se utilizar cabos metálicos reais, os quais estão dispostos ao redor do prédio do Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação da UFPA. A utilização de tais cabos permitiu uma maior veracidade dos resultados obtidos, uma vez que os mesmos sofreram influências externas específicas da região, tais como calor, alta umidade e chuva; além de condições reais em que os cabos foram submetidos, tais como conectores ao longo do cabo, curvaturas, influências externas de ruído, etc.

Para determinação do comprimento dos cabos, utilizou-se a norma brasileira padrão Telebrás 225-540-788 de abril de 1997, a qual propõe a distância de 2.800 para um enlace de testes. Entretanto, neste experimento foram utilizados 2.750 metros, já que os cabos estão disponíveis apenas em tamanhos de 500 e 250 metros.

O ruído impulsivo utilizado nos testes é denominado Repetitive Electrical Impulse Noise (REIN – Ruído Impulsivo Elétrico Repetitivo). Tal ruído possui uma característica não-estacionária e é originário de espúrios oriundos de estações de rádio, ignição de motores e descargas atmosféricas. O ruído implementado no gerador DSL 5500 e utilizado nestes experimentos possui uma potência de -85 dBm e -95 dBm, com uma duração de 100 microssegundos e está de acordo com [043T09, 2004].

Para a geração de tráfego de dados, utilizou-se um *benchmark* chamado IPERF. Trata-se de um software livre (versões para Linux, Unix e Windows), utilizado para realizar acessos continuamente tanto TCP (simulando um HTTP), como UDP. Disponível em [Iperf, 2007].

Para a geração de tráfego de vídeo, utilizou-se o VLC [VLC, 2007] (*VideoLAN Client*), o qual é um reproduutor multimídia que suporta vários formatos de vídeo, além de vários protocolos de *streaming*. Para o teste com vídeo, foi configurado o VLMS (*VideoLAN MiniServer*) [VLC, 2007], servidor de *streaming* do VLC, que faz *multicast*, enviando a uma taxa de 1 Mbps para as três máquinas (vídeo com *codec* MPEG2).

Para o transporte de voz, foi utilizado o Callgen. Ferramenta VoIP desenvolvida pelo projeto OpenH232 e esta disponível em [Openh323, 2007], largamente utilizada para testes [Souza *et. al.*, 2006].

5. Resultados da Análise Experimental

Utilizando as ferramentas descritas foram realizados testes nos quais um arquivo de vídeo (utilizando *codec* MPEG2) de aproximadamente 15 (quinze) minutos foi transmitido 2 (duas) vezes para completar 30 (trinta) minutos de teste. Além disso, utilizando-se do Callgen, foram geradas chamadas VoIP entre 2 (duas) máquinas clientes e outra chamada VoIP entre uma máquina cliente e o servidor de vídeo e HTTP, sendo que estas chamadas foram repetidas 10 vezes. Cada chamada possui como característica 81% de dados de áudio e 20,38% de silêncio. O arquivo de voz foi obtido em [Podopera, 2007]. As solicitações HTTP foram geradas através do benchmark IPERF, onde são geradas continuamente chamadas HTTP.

Todas as medidas foram obtidas com o analisador de protocolo RADCOM®, o qual já fornece medidas VoIP através de um programa específico chamado MediaPro.

Através de um arquivo trace gerado pelo analisador RADCOM®, foram implementados programas que geraram as outras métricas apresentadas. Maiores informações sobre o analisador RADCOM® e o MediaPro podem ser obtidos em [Radcom, 2007].

As principais métricas utilizadas neste trabalho para a análise dos resultados foram:

- Jitter: tempo decorrido entre o momento em que um pacote é gerado pela fonte e o momento em que é recebido no destinatário, podendo variar de pacote para pacote.
- Perda de pacotes: percentual de pacotes que são perdidos durante a transmissão, devido a congestionamentos na rede ou a erros no recebimento dos pacotes, provocados pelos ruídos do meio utilizado.
- Vazão: quantidade de bits transmitidos por unidade de tempo.
- MOS: métrica definida a partir de um conjunto de testes subjetivos, no qual vários ouvintes avaliaram a qualidade do áudio com base na clareza e cadência dos sons. Esta métrica é definida pela ITU (“*International Telecommunications Union*” – União Internacional de Telecomunicações) na recomendação P.800. A avaliação é feita conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do MOS (Mean Opinion Score).

MOS	Qualidade do MOS	Grau do interferência
5	Excelente (excellent)	Imperceptível
4	Boa (good)	Perceptível mas não incômodo
3	Apropriado (fair)	Pouco incômodo
2	Pobre (Poor)	Incômodo
1	Ruim (Bad)	Muito incômodo

A seguir são apresentados os resultados medidos na experimentação para VoIP, HTTP e vídeo, respectivamente:

VoIP:

Tabela 2. Valores obtidos no VoIP (valores em média).

	Sem ruído	Inserção de Ruído	
		85dBm	95dBm
Jitter	14,4	15,2	15,6
MOS	1,44	1,409	1,39
Pacotes Perdidos	5,1	5,6	6,3

HTTP:

Tabela 3. Valores obtidos com o IPERF (valores em média).

	Sem ruído	Inserção do Ruído	
		- 85dbm	- 95dbm
Atraso	0,178	0,198	0,295
Jitter	0,151	0,135	0,11
Probabilidade de Bloqueio	0,687	0,697	0,321174

Vídeo:

Tabela 4. Valores obtidos com o vídeo (valores em média).

	Sem ruído	Inserção de Ruído	
		- 85dbm	- 95dbm
Atraso	0,113	0,68509	0,6851
Jitter	0,002	0,017	0,007
Perda de Pacotes	0,000427	0,002989	0,002302

Nos dados obtidos para a aplicação VoIP (Tabela 2), percebe-se que os valores de MOS e jitter não sofrem alteração significativa com o aumento gradativo da intensidade do ruído.

Os resultados para HTTP e vídeo são mostrados nas Tabelas 3 e 4. O vídeo sofre certa degradação e um aumento no atraso juntamente com o aumento da intensidade do ruído. Este fato também pode ser observado no comportamento do HTTP, que mesmo não havendo grandes alterações no atraso, obtém perdas de pacotes mais significativas que o vídeo. Estes dados, juntamente com o comportamento de descarte de pacotes foram inseridos em uma simulação para avaliação dos comportamentos das aplicações em larga escala.

6. Resultados da Análise via Simulação

O Governo Federal está realizando, em todo território brasileiro, medidas significativas para inclusão digital, principalmente em áreas ribeirinhas, as quais possuem falta de infra-estrutura básica para educação, acentuadas por dificuldades naturais. Este investimento deverá ser maior com a implantação do sistema brasileiro de TV Digital (SBTD), o qual pode ser utilizado para realizar treinamentos (educação à distância) e outros fins.

O Governo do Estado do Pará, em parceria com a Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.) está fazendo um alto investimento em infra-estrutura de rede, buscando assim criar meios de disseminar a educação e a inclusão digital em áreas atualmente desprovidas. Utilizando-se do *backbone* da Eletronorte, poderá ser criada uma infra-estrutura que possibilite a chegada de internet com alta velocidade em cidades distantes (muitas vezes no meio de florestas), as quais necessitam de uma tecnologia de última milha para chegada destas informações, motivo principal deste estudo. Assim, órgãos do governo, a população, escolas e centros de formação poderão ser beneficiados diretamente. As vantagens de se possuir o acesso a tais tecnologias

possibilitam, entre outras: a criação de escolas com laboratórios de informática ou simplesmente uma sala com TV e um *Setup-Box* para tele-educação, declaração de imposto de renda, resultados de eleições.

Objetivando avaliar a proposta do Governo do Estado do Pará, foi criada uma simulação que utiliza como última milha redes ADSL2+. O fluxo inserido simula um tráfego típico IPTV no qual um vídeo (um programa educacional, por exemplo) foi apresentado através de *multicast* para diversas cidades, as quais também realizam acessos HTTP ao nó central (Belém) e também chamadas VoIP entre as cidades (nós de Santarém para Altamira). A Figura 2 demonstra o *backbone* da Eletronorte com as cidades atingidas. A Figura 3 mostra a simulação criada considerando as cidades que possuem disponibilidade de linha discada para implantação de tecnologia ADSL2+.

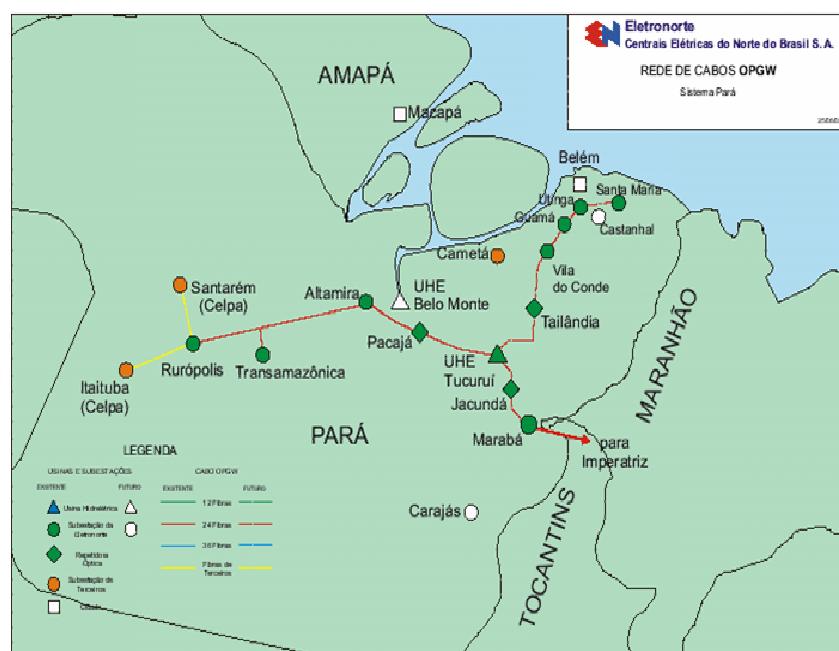


Figura 2 – Backbone da Eletronorte considerado nas simulações.

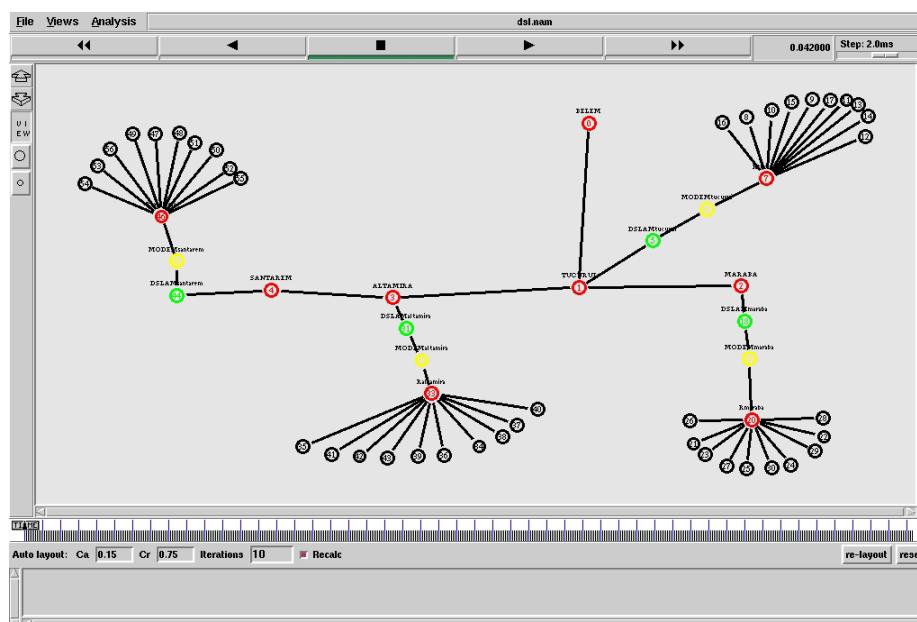


Figura 3 – Cenário da simulação no NS-2.

Como ferramenta de simulação foi utilizado o NS-2 [Souza *et al.*, 2006], que devido ter um caráter genérico, não possui geração de redes com características específicas da tecnologia DSL, entretanto, permite a inserção de modelos de erros, os quais caracterizam o nível físico de uma determinada rede (são necessários a distribuição de probabilidade e média das perdas de pacotes da transmissão). Com base nos dados obtidos nos testes anteriores, foi gerado um modelo de erros que possibilitou uma aproximação satisfatória dos resultados simulados com os resultados experimentais. Na simulação realizada utilizaram-se valores obtidos na literatura para os enlaces óticos: velocidade de 2 Gbps, com atraso médio de 1 ms [Abelém & Stanton, 2003]. Para os enlaces ADSL2+ foi utilizada uma banda de *downstream* com 8 Mbps e *upstream* com 800 kbps [G.992.5, 2005], e atraso de 10 ms. Os enlaces sofreram interferência do ruído *Rein* de -95 dBm.

Utilizando-se os dados de largura de banda definidos anteriormente, foram realizadas diversas simulações alterando a capacidade de transmissão dos enlaces DSL com valores oferecidos em Belém/PA pela provedora local de serviços DSL, os quais são: 300 kbps, 600 kbps, 1 Mbps e 8 Mbps (banda total). Os resultados obtidos são mostrados nas Tabelas 5 e 6. As Figuras 4, 5, 6 e 7 mostram o comportamento do *jitter* para as diferentes taxas de dados.

Tabela 5. Dados de vídeo (Valores obtidos em média).

Banda	300k	600k	1M	8M
Atraso (s)	1,81	0,659	0,317	0,093
Vazão (Kbps)	51,401	55,879	55,746	56,156
Jitter (s)	0,048	0,033	0,022	0,008
Perda de pacotes	0,175	0,108	0,11	0,105

Tabela 6. Dados do VoIP (Valores obtidos em média).

Banda	300k	600k	1M	8M
Atraso (s)	0,667	0,08	0,0612	0,038
Vazão (Kbps)	244,336	255,688	255,758	255,78
Jitter (s)	0,043	0,021	0,013	0,002

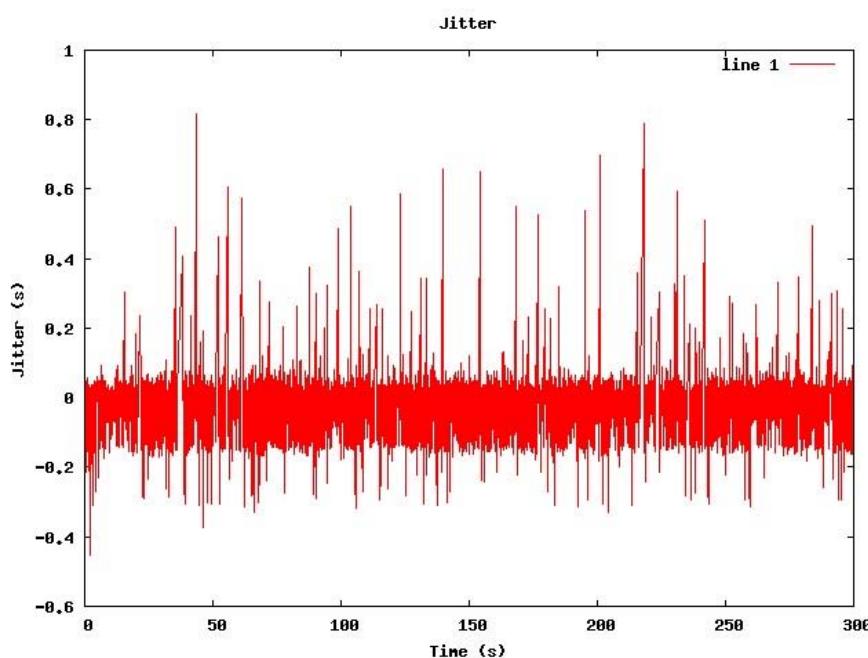
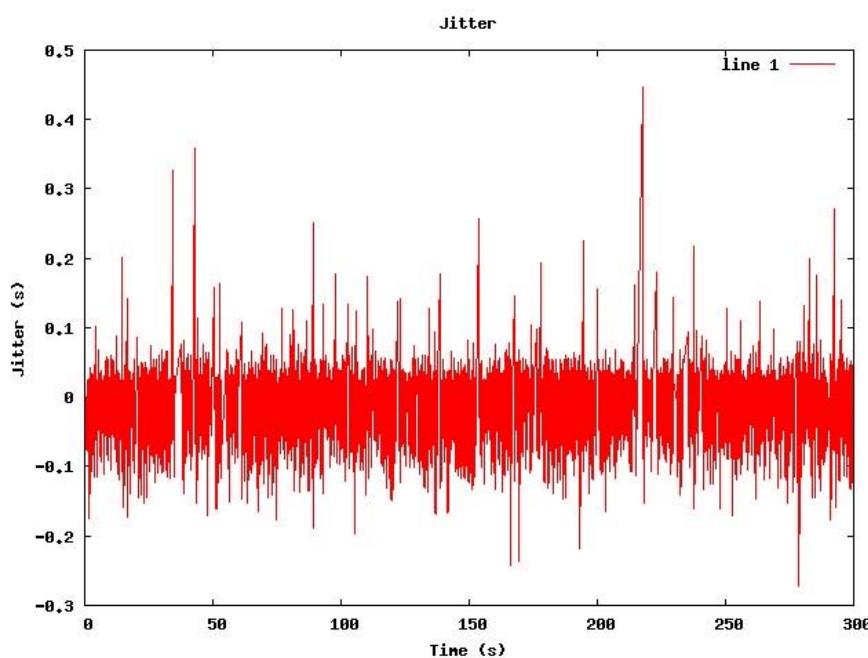

Figura 4 – Comportamento do jitter VoIP 300 kbps.


Figura 5 – Comportamento do *jitter* VoIP 600 kbps.

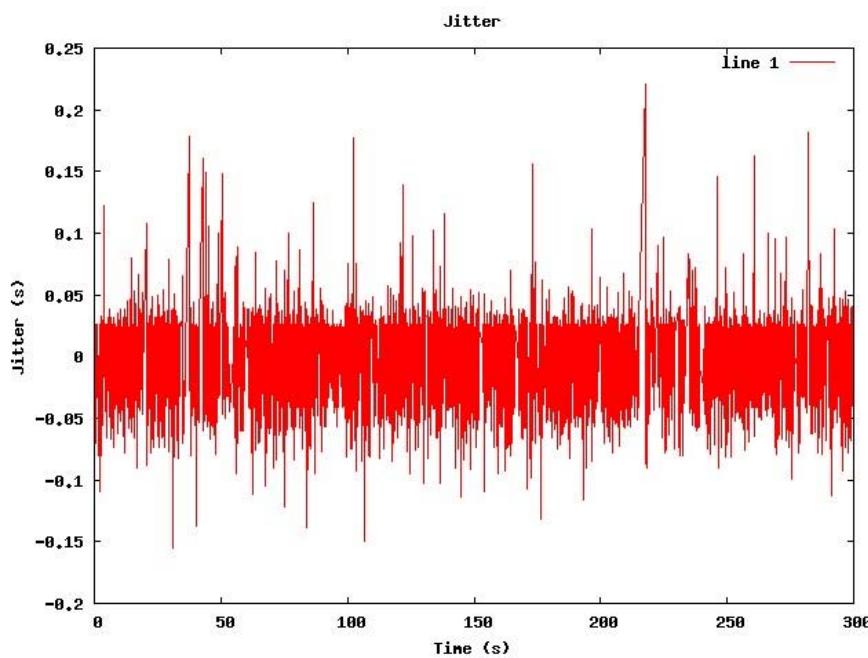


Figura 6 – Comportamento do *jitter* VoIP 1 Mbps.

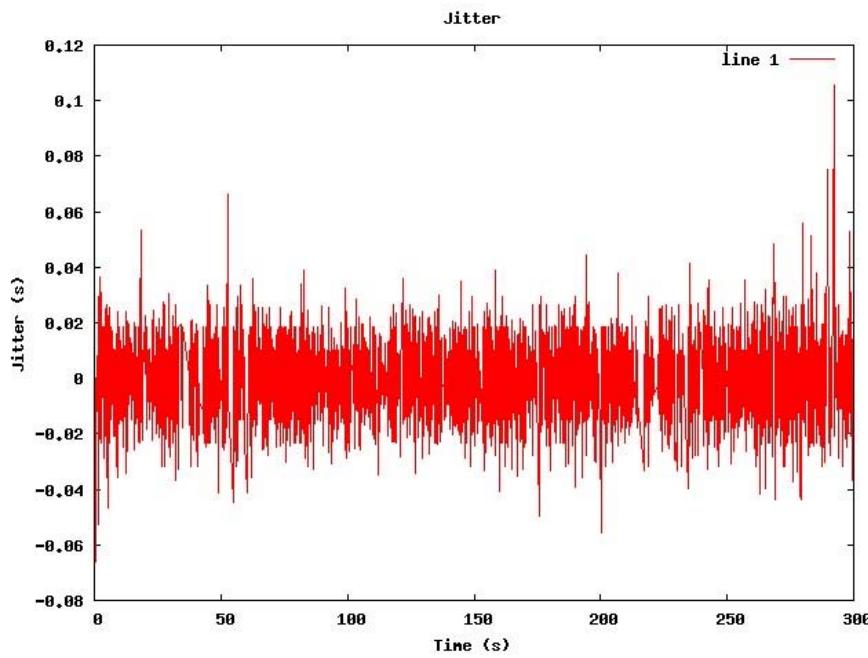


Figura 7 – Comportamento do *jitter* VoIP 8 Mbps.

Objetivando avaliar os resultados obtidos, utilizou-se como parâmetro comparativo uma tabela de valores limítrofes apresentada em [Barra, 2005], o qual apresenta uma série de valores para aplicações de dados, voz e vídeo. Tais valores são demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores dos Parâmetros que medem QoS [Barra, 2005].

Parâmetro	Serviço de voz	Serviço de dados	Serviço de áudio e imagem
PDT_V1	100 ms	1000 ms	100 ms
PDT_V2	400 ms	4000 ms	400 ms
PDV_V1	1 ms	10 ms	1 ms
PDV_V2	100 ms	100 ms	100 ms
THRU_V1	64 kbps	10 kbps	128 kbps
THRU_V2	10 kbps	1 kbps	10 kbps
PLR_V1	10^{-4}	10^{-6}	10^{-4}
PLR_V2	10^{-3}	10^{-4}	10^{-3}

Onde:

PDT: *Packet Delay Transfer* ou tempo de entrega dos pacotes;

PDV: *Packet Delay Variation* ou variação no tempo de entrega dos pacotes.
Também é conhecido como Jitter;

THRU: *Throughput* ou banda passante pela qual a aplicação consegue enviar seus dados;

PLR: *Packet Loss Rate* ou taxa de perda de pacotes;

V1: Limite inferior;

V2: Limite superior.

Os dados obtidos tanto para vídeo como para VoIP estiveram dentro dos limites definidos, viabilizando assim a utilização de tecnologias ADSL2+ como última milha para o cenário definido.

7. Conclusão

IPTV é uma promessa tecnológica para a utilização de serviços de banda larga na televisão e outros serviços de mídia sobre um link seguro.

Este trabalho visou realizar uma análise de uma das possíveis tecnologias de acesso disponíveis para aplicações de IPTV, em regiões que não possuem uma capacidade infra-estrutural privilegiada. Desta forma pode-se iniciar um trabalho para implementação de extrapolações através de situações reais ou simulações mais apropriadas utilizando-se de novos parâmetros DSL específicos para a região amazônica.

Pretende-se ainda com esse trabalho estabelecer formas de promover a inclusão digital para a fatia populacional que é carente de recursos tecnológicos. A utilização de IPTV trará benefícios, como por exemplo: o direito ao voto, retirada de documentos (CPF's, Título eleitoral, etc), velocidade e maior exatidão na realização de sensores,

educação à distância (EAD), campanhas de prevenção a doenças, além de outras vantagens que surgirão com a implantação deste serviço.

Como continuações deste artigo, serão realizados maiores estudos para geração de um módulo DSL para o NS-2.

8. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Departamento de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Federal do Pará e ao CNPQ por seu auxílio e investimento nos pesquisadores envolvidos.

Authors would like to thank the Research and Development Centre, Ericsson Telecomunicações S.A., Brazil, Federal University of Pará, Department of Electrical and Computing Engineering, Belém, Pará, Brazil. And Ericsson AB, Access Signal Processing Laboratory, Älvsjö, Sweden. Some of the authors want to acknowledge the financial support received from the European Commission IST 6th Framework and from the Swedish Agency for Innovation Systems, VINNOVA, through the IST - MUSE and the Eureka - Celtic BANITS projects respectively, which partially enabled this work.

Referências

- Wu, J., Peng, K., Lu, M. Lin, C., Cheng, Y., Huang, P., Yao, J., Cheng, H. H. (2006) “HotStreaming: Enabling Scalable and Quality IPTV Services”, In: PTV Workshop, International World Wide Web Conference, May 23, Edinburgh, Scotland, United Kingdom.
- Cisco 1200. (2006) “Telco Deploys Enhanced IPTV and Ethernet Service”, HTTP://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps167/products_case_study0900_aecd80507e2b.shtml, Dezembro.
- Intel. (2006) “H.264 & IPTV over DSL, Enabling new Telco Revenue Opportunities”, baixado de <HTTP://www.intel.com/design/celect/downloads/301206.htm>, Novembro.
- Zhang, H X., Liu, J., Li, B., Yum, T. S. P. (2004). “DONet/CoolStreaming: A Data-driven Overlay Network for Live Media Streaming”, Technical Report, Junho.
- Muntean, C. H. and Muntean, G. (2006) “Framework for Interactive Personalised IPTV for Entertainment” In W3C WWW Conference, Edinburgh, Scotland, UK, May.
- Seong, H. K. and Gil, H. L. (2006). “The Study on SLA Metrics and System Architecture for IP TV”. In: The 8th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT2006), Gangwon-Do, Korea.
- El-Sayed, M.; Ying, H., Kulkarni, S., Wilson, N. (2006) “Access transport network for IPTV video distribution”. In: Optical Fiber Communication Conference, and the 2006 National Fiber Optic Engineers Conference (OFC 2006).
- Al-Hezmi, A.; Rebahi Y.; Magedanz T.; Arbanowski S. (2006). “Towards an Interactive IPTV for Mobile Subscribers”. In: ICDT/IEEE International Conference on Digital Telecommunications.
- Podopera. (2007) Disponível em <HTTP://podopera.co.uk/>, acessado em 01/02/2007.

- Radcom. (2007) “The State of Art”. Disponível em <HTTP://www.radcom.com/>, acessado em 01/02/2007.
- Olsen, B.; Katsianis, D.; Varoutas, D.; Stordahl, K.; Harno, J.; Elnegaard, N.; Welling I.; Loizillon, F.; Monath, T.; Cadro, P. . “Technoeconomic Evaluation of the Major Telecommunication Investment Options for European Players”, IEEE Network, vol. 20, issue 4, pp.6-15, July/August 2006.
- Arenas, D.; Caldas, C.; Ramundo, C.; Vargas, S.; Hostos, L. . “Challenges to expanding Fixed Broadband Services in Latin America”, White Paper, *Alcatel Telecommunications*, September 2006.
- Faudon, V.; Vleeschauwer, D.; Festraets, E.; Ross, P. . “End-User Services for Broadband uptake in High-Growth Economies”, White Paper, *Alcatel Telecommunications*, September 2006.
- Mann, I.; McLaughlin, S.; Henkel, W.; Kirkby, R.; Kessler, T. . “Impulse Generation with Appropriate Amplitude, Length, Inter-Arrival, and Spectral Characteristics”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 20, no.5, pp. 901-912, June 2002.
- Teleco. (2006) “Internet Banda Larga no Brasil”. Disponível em <HTTP://www.teleco.com.br/blarga.asp>, acessado em 29/12/2006.
- Iperf. (2007) Disponível em <HTTP://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>, acessado em 10/01/2007.
- VLC (2007). “VLC Media PLayer”. Disponível em www.videolan.org/vlc, acessado em 10/01/2007.
- OpenH323. (2007) Disponível em <HTTP://www.openh323.org/>, acessado em 10/01/2007.
- Souza, J. Antônio M. de; Silva, M. S. da; Frances, C. R. L.; Costa, J. C. W. A. da; Segatto, M. E V; Antônio, F. R; Rodrigues, G., (2006) “A feasibility study of powerline communication technology for digital inclusion in Brazilian Amazon”. In: SPIE OPTICS EAST 2006, 2006, Boston-USA.
- Abelém, A.; Stanton, M. (2003) “Análise da Proposta MIRROR: Conjunto de Adaptação ao IP Multicast para Redes Baseadas em Comutação Óptica”. In: Anais do 21º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC2003). Natal, RN, Brasil. Maio.
- ITU-T Recomendação G.992.5, Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) transceivers - Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2+), Janeiro 2005.
- Barra, C. R. (2005) “Controle Dinâmico de Qualidade de Serviço em Redes IP”. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Elétrica – Sistemas Eletrônicos), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 043T09 (2004) “Repetitive Electrical Impulse Noise (REIN) Testing for xDSL”, ETSI TM6 contribution, Zurich, August.