



## IPTV: Avaliação de Arquiteturas em Redes de Banda Larga

Este tutorial apresenta a arquitetura típica de implementação de serviços de IPTV e analisa 3 arquiteturas específicas, procurando compará-las de forma a indicar a mais adequada, tanto para o prestador do serviço como para os clientes desses serviços.



### **Luciano Henrique Duque**

É Engenheiro Eletricista pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel, 1994), Especialista em Engenharia de Redes, e Mestrando em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (UnB, conclusão em 2007), sob a orientação do Eng. Paulo Roberto de Lira Gondim, Mestre em Engenharia de Sistemas (IME, 1992) e Doutor em Engenharia Elétrica (PCU-RJ, 1998) e pelo Eng. Evandro Bender, Mestre em Ciências da Computação (UFGRS, 1994).

Desenvolveu projetos de equipamentos de comunicação de dados, especificamente modems banda larga, pela Empresa Datthys Tecnologia, em Brasília-DF.

Atualmente trabalha na Brasil Telecom, tendo atuado como Analista Sr, no Centro Nacional de Gerência de Redes, gerenciando o desempenho das redes IP e ATM, e a seguir como Engenheiro Consultor, atuando na Implantação e Gerência de Projetos de TI.

Foi professor da Escola Técnica de Brasília - ETB, atuando com titular das disciplinas de Sistemas de Comunicação e Comutação Telefônica, e atualmente é professor das Faculdades NDA de Brasília, para as disciplinas de Comutação Telefônica e Topologia de Redes de Acesso e IPTV.

E-mail: [luciano.duque@brturbo.com.br](mailto:luciano.duque@brturbo.com.br)

Duração estimada: 15 minutos

Publicado em: 06/08/2007

[www.teleco.com.br](http://www.teleco.com.br)

O serviço IPTV [1] consiste na transmissão do sinal de vídeo, por meio da utilização do protocolo mais difundido na Internet, o IP.

O transporte do sinal IPTV na rede IP pode ser usado os protocolos [6] TCP, UDP e RTP, que integram a arquitetura IPTV. A transmissão de TV é feita em *broadcast* [3], ou seja, o sinal de vídeo é enviado a um grande número de usuários.

A arquitetura IPTV deve ser capaz de implantar essa comunicação *broadcast*, podendo utilizar, para tanto, os protocolos RSTP ou IGMP V2. O conteúdo de vídeo na arquitetura IPTV pode ser implementado de forma centralizada ou distribuída, de acordo com a arquitetura escolhida para o projeto.

O serviço IPTV vem se expandindo cada vez mais, permitindo tanto que as operadoras de Telecom captem receita, como a manutenção da carteira de clientes banda larga. Para tal, é de grande importância analisar que arquitetura dessa rede é mais adequada às necessidades da operadora e dos clientes.

No serviço IPTV, o sinal de vídeo deve ser compactado para sua transmissão, sendo essa, também, um elemento de escolha no projeto dessa arquitetura a ser implementado. Portanto, no projeto de uma arquitetura de rede IPTV, há várias opções de implementação, desde a distribuição até a entrega do vídeo ao usuário.

Neste artigo, serão analisadas três arquiteturas IPTV, nomeadas: Tipos A, B e C.

O tutorial está organizado do seguinte modo: inicialmente apresentam-se os elementos básicos de uma arquitetura genérica de rede IPTV; a seguir são caracterizadas e discutidas, respectivamente, as arquiteturas dos Tipos A, B e C.

Finalmente, é feita uma comparação entre as três arquiteturas, definindo a mais satisfatória para a garantia e continuidade do serviço IPTV, e apresenta-se conclusão da análise realizada.

Antes da análise das arquiteturas IPTV, deve-se definir os respectivos componentes, para atendimento às exigências do usuário. O diagrama abaixo [2] mostra esses elementos, para uma arquitetura IPTV baseada em tecnologia ADSL:

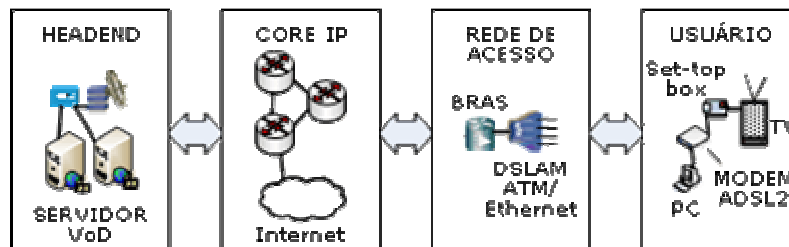


Figura 1: Componentes de uma rede IPTV.

### Headend

Representa a extremidade principal de vídeo, ou seja, ponto no qual se encontra o conteúdo total de vídeo (filmes, programas etc.), com conexões com operadoras de TV convencionais, para transmissão de programas ao vivo.

O *headend* possui vários componentes que podem variar de rede para rede, incluindo: fontes de vídeo analógico e digital; provedores de conteúdo; codificadores/ decodificadores e transcodificadores para adaptar as taxas de *streaming*, *switches*, servidores para *softwares* de vídeo e de aplicação, servidores de gerência e outros.

No *headend*, o vídeo é codificado (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4) e processado com qualidade, sendo depois entregue ao *backbone* IP, no qual todo sinal é encapsulado por meio do protocolo IP e distribuído aos usuários.

A localização do *headend* é uma opção de implementação da arquitetura, podendo ser centralizado ou distribuído. Serviços interativos como IPTV e o VoD são providos a partir de servidores de conteúdo em formato MPEG e enviam uma cópia ao usuário, quando requisitado.

O servidor de vídeo precisa estar dimensionado tanto para o conteúdo total, que deve armazenar, como também para o número de usuários ativos que estejam requisitando dados. A distribuição do serviço IPTV e VoD [8] oferecido pela operadora faz parte da escolha da arquitetura de rede.

### Core IP Network

São redes preparadas para a transmissão de vídeo, garantindo um *Quality of Service* (QoS) que reflete um *Quality of Experience* (QoE) aceitável pelo usuário. Sua qualidade é comparável a das TVs a cabo ou TV via satélite, podendo ser superior. Em termos gerais, o *Core IP* é uma rede cuja estrutura física é baseada em fibra ótica ou em rede de transporte (Ex.: DWDM).

Agrupar os canais codificados de vídeo transportando-os sobre a rede IP do provedor de serviço (*backbone* IP da operadora). Dotado de implementações de QoS, que possam garantir *jitter*, atraso e, principalmente, a perda de pacotes em limites aceitáveis, resultando em uma qualidade de vídeo satisfatória para o usuário final.

## Rede de Acesso

A rede de acesso [1] faz parte da arquitetura de uma rede IPTV, representando a ligação entre o fornecedor de serviço (operadora de Telecom) e a casa do usuário, ou seja, "a última milha". A conexão do usuário pode ser realizada por meio de uma variedade de tecnologias de rede de acesso.

As operadoras de telecomunicações vêm utilizando a tecnologia DSL (linha digital de assinante) e também estão iniciando o uso da tecnologia de fibra, como redes *Networking Optical Passive* (PON), permitindo a extensão de distâncias e o aumento da velocidade.

O *Digital Subscriber Access Multiplexer* (DSLAM) [12] conecta os usuários através do par telefônico, e sua saída pode ser ATM ou *Ethernet*, a depender da tecnologia utilizada. O DSLAM ainda concentra os usuários e possui conectividade com o *Broadband Remote Access* (BRAS).

Esse tem como função fornecer o endereço IP ao usuário IPTV. Contém também o endereço IP dos servidores de autenticação e redireciona sua autenticação a esses servidores, fazendo conexão com o *Core IP*, para que o usuário busque seu conteúdo de vídeo no *headend*.

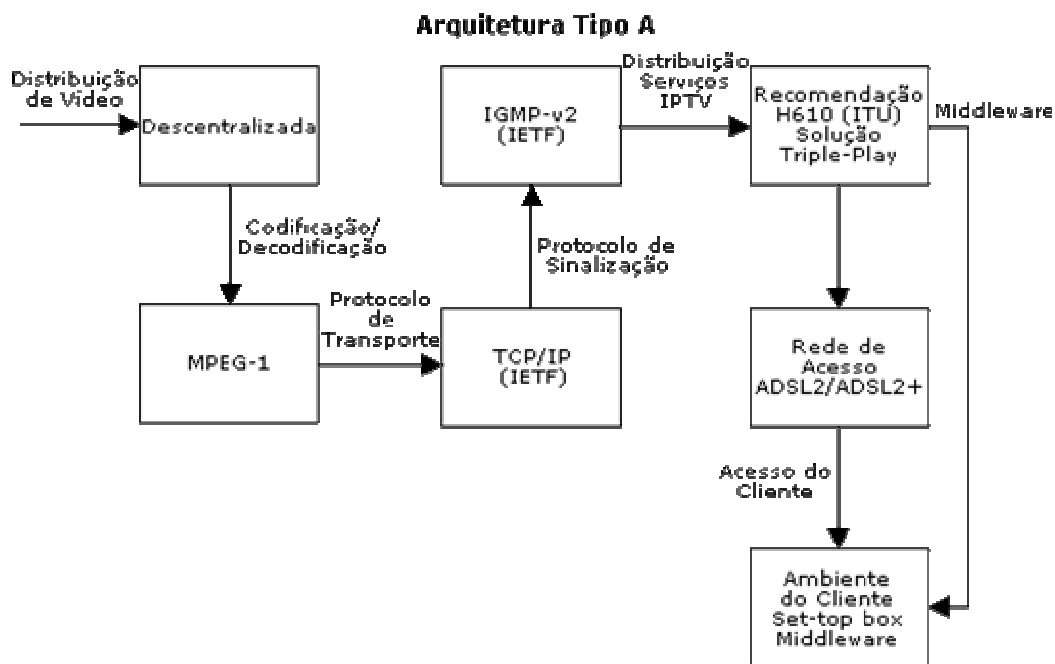
## Ambiente do Usuário

O modem ADSL2/ADSL2+ [8] é utilizado quando sua rede de acesso é a tecnologia xDSL, caso da análise deste trabalho. O modem permite velocidade de até 24 Mbit/s em *downstream* e 1 Mbit/s para *upstream*, preservando o canal de voz.

O *set-top box* é o elemento terminal de usuário que converte os *streams* para a saída composta de vídeo ou outra qualquer outra saída, de acordo com o padrão do aparelho de TV do usuário. Geralmente, é baseado em tecnologia de PC, podendo incorporar interfaces xDSL para conexão direta a DSLAM's.

A arquitetura IPTV tipo A ([1], [2], [3], [6], [8], [9], [14]) define um alto nível padrão para a entrega de vídeo, dados e de serviços da voz (*triple-play*), sobre uma rede de acesso utilizando a tecnologia de ADSL2/ADSL2+.

A arquitetura IPTV do tipo A é ilustrada na figura abaixo:



**Figura 2: Arquitetura IPTV Tipo A.**

Os elementos desta arquitetura têm a formação apresentada a seguir.

### Distribuição de Vídeo Descentralizada

Essa forma de distribuição de vídeo [3] reduz o tempo de acesso do usuário e a operadora pode implantar instâncias intermediárias numa estrutura distribuída hierarquicamente. Os servidores armazenam o conteúdo, que é popular em sua área de atuação, e os segmentos iniciais dos programas mais acessados. Nessa distribuição de arquitetura, há um servidor que é responsável pela localização dos programas disponíveis em todo o sistema, ilustrado na figura abaixo.

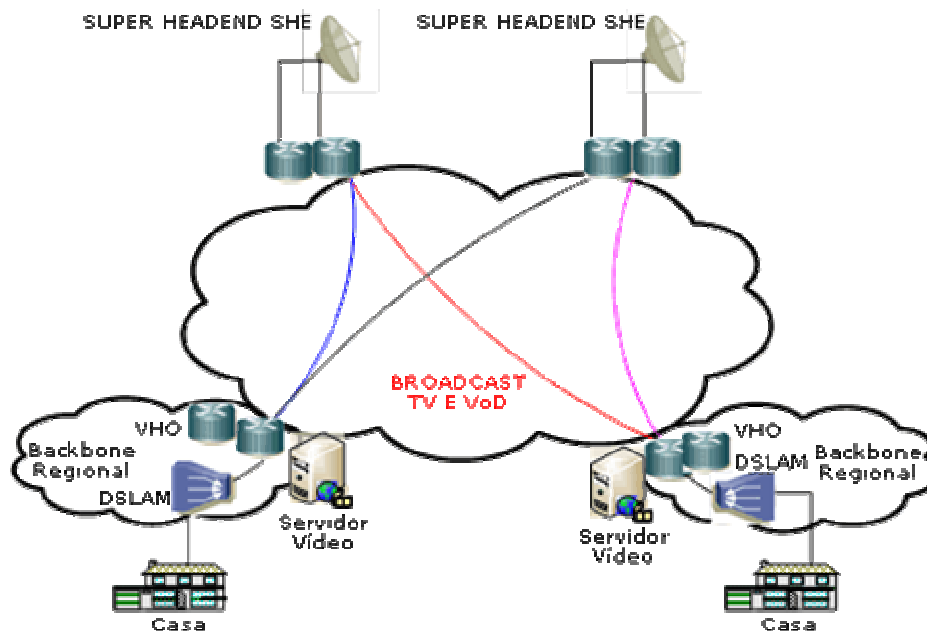


Figura 3: Distribuição de vídeo descentralizada.

## Codificação MPEG-1

O requisito básico para provimento de serviços de vídeo é a utilização de mecanismos de compressão dos sinais. Atualmente, os padrões *Moving Picture Experts Group* (MPEG) são os mais empregados: o MPEG-1 (padrão ISO/IEC 11172) provê resolução de 352x240 pixels NTSC e de 352x288 pixels PAL. É necessária uma taxa de pelo menos 1 Mbit/s a 1,5 Mbit/s, para se obter qualidade de *Video Cassette Recorder* (VCR) com MPEG-1.

## Middleware

O *Middleware* se refere às plataformas de *software* que integram as várias partes do controle da solução de vídeo sobre IP desde a disponibilização dos serviços e aprovisionamento dos clientes até a bilhetagem. O *Middleware* é instalado ao longo de toda a cadeia do sistema, desde o *headend* até o *set-top box*.

## Protocolo TCP

O TCP é um protocolo orientado à conexão que fornece um serviço confiável de transferência de dados fim a fim. O TCP provê meios para que o receptor possa determinar o volume de dados que o transmissor pode enviar, ou seja, controlar o fluxo dos dados. Isso é muito importante, quando o fluxo de dados for de vídeo, não ao vivo.

O mecanismo de controle de fluxo baseia-se no reconhecimento e no envio do número de octetos que o receptor tem condições de receber (tamanho da janela de recepção), contado a partir do último octeto da cadeia de dados recebido com sucesso.

Com base nessa informação, o transmissor atualiza sua janela de transmissão, ou seja, calcula o número de octetos que pode enviar antes de receber outra liberação. Nesse caso, tem-se uma quantidade grande de informações trocadas na rede IP para uma grande número de usuários IPTV, aumenta o processamento dos equipamentos e pode, ainda, ampliar a vazão dos enlaces até o *headend*. O protocolo TCP apresenta uma *overhead* que varia de 20 bytes a 24 bytes.

## Protocolo de Sinalização IGMP

O IP *Multicast* [9] baseado em *Internet Group Management Protocol* (IGMP) possibilita maior eficiência na utilização da rede. O IGMP permite a distribuição de conteúdo a um grande número de usuários sem causar impactos na rede, pois o tráfego é enviado somente a um *Group Destination Address* (GDA).

Os clientes utilizam o IGMP para se registrar e receber um determinado grupo *multicast*. Por meio do IGMP, o cliente pode manifestar sua intenção de se juntar, aceitar ou deixar um *streaming* do grupo *multicast*.

Só clientes registrados para um GDA específico são influenciados pelo tráfego *multicast*. Uma das características do IPTV é a transmissão em *broadcast*, já que o conteúdo é enviado a uma grande quantidade de usuários. Esse protocolo é de suma importância para esse tipo de aplicação.

## Distribuição do Serviço IPTV

A recomendação H.610 do ITU [14] é baseada na arquitetura de distribuição xDSL. A arquitetura do sistema e o equipamento do cliente definem uma arquitetura de alto nível padrão para a entrega do vídeo, dos dados e dos serviços da voz, em uma rede de acesso de ADSL2/ADSL2+.

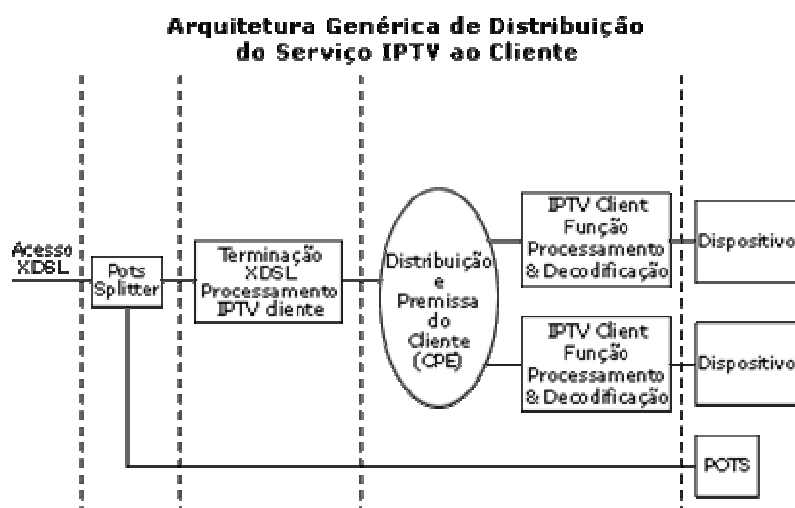


Figura 4: Recomendação H.610.

## Arquiteturas Tipo B

A arquitetura IPTV tipo B ([1], [2], [3], [6], [8], [9], [14]) é ilustrada na figura abaixo, e detalhada a seguir:

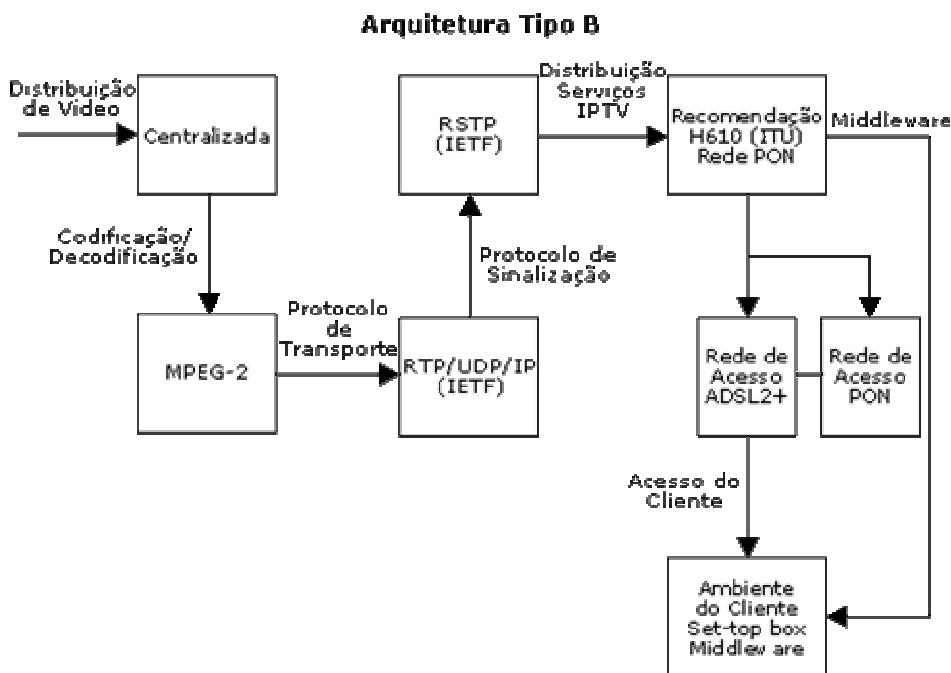


Figura 5: Arquitetura IPTV tipo B.

### Distribuição de Vídeo Centralizada

Numa arquitetura centralizada [3], o vídeo é enviado do *headend* central até o *set-top box* do usuário. Todo o tráfego de vídeo vai fluir a partir de um link conectado ao *headend*; esse link deve ser capaz de suportar picos elevados de tráfego.

Essa arquitetura apresenta um problema em relação ao tempo de resposta do usuário, pois o transporte vai fluir desde a área de centralização até a ponta final do cliente, aumentando o *delay* entre o *headend* e o usuário final.

O *backbone* de transporte nesse tipo de distribuição deve ser projetado para suportar uma grande quantidade de requisições de todas as áreas de atuação da operadora de Telecom. A figura abaixo ilustra a distribuição de vídeo.



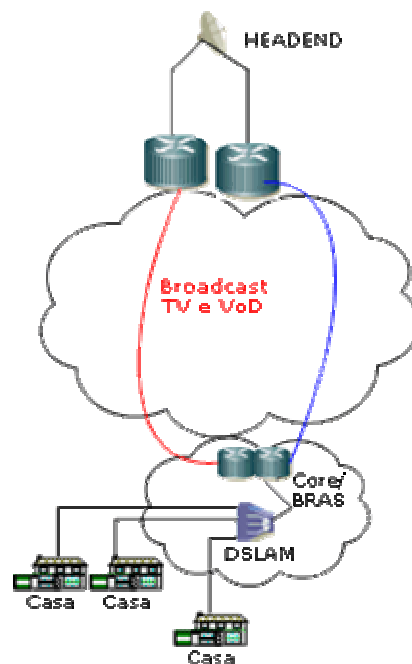


Figura 6: Distribuição de vídeo descentralizada.

## Codificação MPEG-2

MPEG-2 oferece qualidade de DVD, com taxa de transmissão elevada e exigências típicas de 2 a 6 Mbit/s.

## Protocolo de Transporte RTP/UDP

O *Real-Time Transport Protocol* (RTP) [6] ou Protocolo de Transporte em Tempo Real foi apresentado formalmente em janeiro de 1996, pelo Grupo de Trabalho de Redes (*Network Working Group*) do *Internet Engineering Task Force* (IETF), com o objetivo de padronizar a funcionalidade para aplicativos de transmissão de dados em tempo-real como vídeo, áudio, tanto em redes *unicast* como nas *multicast*, sem, entretanto garantir a qualidade de serviço QoS ou reservar recursos de endereçamento.

O RTP roda sobre a camada UDP/IP, utilizando os serviços de multiplexação e *checksum* do UDP e estabelecendo uma comunicação fim a fim. As porções de áudio e de vídeo, produzidas pelo aplicativo remetente, são encapsuladas em pacotes RTP. Esses, por sua vez, são encapsulados em um segmento UDP. O protocolo RTP apresenta um *overhead* de 12 bytes. Porém, nessa arquitetura, o RTP é transmitido com utilização do protocolo UDP, que tem um *overhead* de 8 bytes.

## Protocolo de Sinalização RSTP

O RTSP [6] ou Protocolo de Fluxo Contínuo em Tempo Real (*Real-Time Streaming Protocol RFC 2326*) é de domínio público e permite a interação cliente e servidor, entre a fonte do fluxo de mídia a taxa constante (servidor) e o usuário (transdutor). Essa interatividade vem da necessidade de o usuário ter um maior controle sobre a reprodução da mídia.

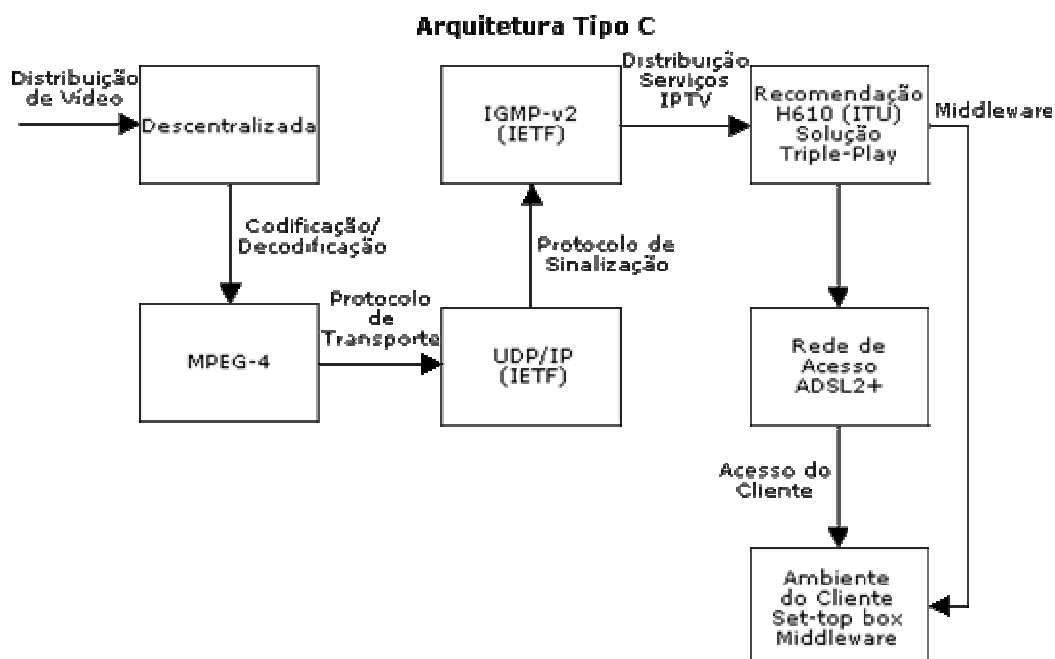
As funcionalidades do RTSP resumem-se às manipulações de execução do arquivo, similarmente às funcionalidades que um aparelho reproduzidor de CD disponibiliza para se ouvir música gravada. Ele permite que um transdutor controle a corrente de mídia através de comandos de: pausa e reinício; retrocesso e avanço rápidos e reposicionamento da reprodução.

## Distribuição do Serviço IPTV

Esse tipo de distribuição permite a verificação da distribuição do vídeo e entrega do serviço, com a recomendação H.610+ DSL Fórum. Nessa arquitetura podemos ter além da rede ADSL como acesso, as redes PON (*Passive Optical Network*) para distribuição.

### Arquitetura Tipo C

Esta arquitetura tem sido pesquisada e utilizada no Brasil por operadoras que estão implementando o serviço de IPTV. A arquitetura IPTV tipo C ([1], [2], [3], [6], [8], [9], [14]) é ilustrada na figura abaixo, e detalhada a seguir:



**Figura 7: Arquitetura IPTV tipo C.**

Aqui, são descritos apenas os componentes que não são comuns às demais arquiteturas.

### Codificação MPEG-4

O MPEG-4 oferece qualidade de DVD e HDTV, com taxas de transmissão inferiores às previstas no MPEG-2. Apresenta mais precisão na estimativa dos movimentos do sinal de vídeo do IPTV e, ao contrário do MPEG-2, é uma tecnologia proprietária, isto é, requer licenciamento de uso.



## **Protocolo de Transporte UDP**

*Streams* MPEG são transportados diretamente sobre uma rede IP, com utilização de UDP e com protocolo de sinalização IGMP. A distribuição de vídeo sobre redes IP pode ter um custos alto, em termos de banda e de recursos de rede.

O uso do protocolo de transporte UDP é ideal para transporte de sinais IPTV, porque não exige confirmação do recebimento do pacote, reduzindo assim o tempo de resposta e aumentando a velocidade de processamento. O protocolo UDP possui um *overhead* de 8 bytes.

### Comparativo entre as Arquiteturas

A transmissão de vídeo em uma rede IPTV ocorre em grande escala, demandando um tráfego intenso no *backbone* IP, o que gera processamento dos roteadores e equipamentos envolvidos. Assim, é essencial que o *overhead* de cada protocolo de transporte utilizado na arquitetura seja o menor possível.

O protocolo de transporte deve ser o mais simples possível, sem solicitar retransmissões que, além de gerar tráfego na rede, é prejudicial ao tráfego de vídeo ao vivo. A distribuição de vídeo do *headend* faz parte da arquitetura, sendo um fator importante, pois na arquitetura centralizada, todo o tráfego flui desde o *headend* até o usuário final.

E isso torna a arquitetura inviável, pois aumenta o tempo de resposta de requisição de vídeo, porque os meios de transmissão devem suportar grandes picos de tráfego. Além disso, o sistema de transmissão se torna muito caro, em função da área a ser atendida pelo provedor de serviço.

Quanto à compactação do sinal de vídeo realizada no *headend*, sua implementação está ligada ao custo dos *codecs* MPEG e à banda que se dispõe nas redes de acesso ADSL. O MPEG-4 possui um custo de implementação maior, se comparado com MPEG-1 e MPEG-2. Porém, permite compactar taxas de 2 Mbit/s em qualidade de SD.

Diante do estudo realizado, puderam-se identificar as diferenças entre as arquiteturas A, B e C, conforme a tabela 1, verificando-se que a arquitetura satisfatória, que atende os requisitos do cliente e aos objetivos do provedor é a arquitetura do tipo C.

Arquitetura IPTV	Protocolo de Transporte	Overhead [bytes]	Consumo do Protocolo por Pacote MPEG [188 bytes]
A	TCP/IP	44	23,41%
B	RTP/UDP/IP	40	21,27%
C	UDP/IP	28	14,89%
	<b>Distribuição de Vídeo</b>	<b>Atraso</b>	<b>Custo de Transmissão</b>
A	Descentralizada	<	Menor
B	Centralizada	>	Maior
C	Descentralizada	<	Menor
	<b>Compactação</b>	<b>Custo</b>	<b>Taxa no ADSL [Mbit/s]</b>
A	MPEG-1	Menor	1,5 a 5
B	MPEG-2	Médio	3 a 10
C	MPEG-4	Maior	0,064 a 4

## Conclusão

Este tutorial descreveu e comparou, entre si, três arquiteturas IPTV encontradas no cenário atual, assim como os elementos que as compõem. Tais arquiteturas (A, B e C), possibilitam aos provedores de serviços a oferta de serviços de TV sobre o protocolo IP. Essas arquiteturas foram montadas com base em estudos realizados nas referências [1], [2], [3], [6], [8], [9], [14].

Após a análise da avaliação do desempenho de cada uma das configurações, observou-se que a arquitetura mais satisfatória para desenvolver uma rede IPTV que atenda, ao mesmo tempo, as necessidades dos usuários e os requisitos dos provedores é a do tipo C.

O estudo das arquiteturas IPTV é de suma importância para operadoras de telecomunicações, para que se escolha o tipo adequado aos requisitos exigidos pelas referidas operadoras, além de permitir o crescimento sem grandes impactos, preservando a relação custo/benefício.

Por fim, este trabalho permite uma análise futura da qualidade de serviço empregada em uma arquitetura do tipo C, apontando os mecanismos mais indicados para a obtenção dessa qualidade, assim como a respectiva forma de mediar a qualidade de serviço.

## Referências

- [1] DSL Forum, “Triple-play Services Quality of Experience Requirements and Mechanism,” Working text WT-126 version 0.5, February 21, 2006.
- [2] Joseph Weber, IPTV Crash Course (livro), MacGraw-Hill, June 2006.
- [3] Gagan Choudhury e Jennifer Yastesy, “Case Study: Resilient Backbone Design for IPTV Services”, Paper, December 2004.
- [4] White Paper, “Assuring Quality of Experience for IPTV”, Prepared by Heavy Reading, July 2006, <http://www.heavyreading.com>.
- [5] Paper, “RealTime Monitoring of Video Quality in IP Networks”, Prepared by, Shu Tao University of Pennsylvania Philadelphia, PA 19104, June 2006.
- [6] Soares, Luiz Frenando G., Rede de Computadores, Editora Campus, 1995.
- [7] Lawrence Harte e Avi Ofrane, “Introduction To IPTV Billing (livro)”, Althos, June 2006.
- [8] DSL Forum 2006, “IPTV Network distribution”, Intelllon.
- [9] White Paper issued by: Siemens Communications and Juniper Networks, “High Quality and resilient ITV Multicat Architecture IPTV”, June 2005.
- [10] Paper, “IPTV Architecture Overview”, Sven Ooghe, Working Group, April 2006.
- [11] Broadband Services Forum, <http://www.broadbandserivcesforum.org>.
- [12] Documentação Interna, “Sistema de Distribuição de Conteúdo”, SDC/IPTV, SEP-300724/2005-0100002135, Brasiltelecom.
- [13] White Paper, “Validating IPTV service quality under realistic triple play network conditions”, by Tara Van Unen, June 2006.
- [14] Recommendation H.610, ITU-T, “Distribution of xDSL at client”, 07/2003.

**1. Qual das alternativas a seguir representa um dos componentes de uma arquitetura genérica de rede IPTV?**

- Headend
- Core IP Network
- Rede de Acesso
- Ambiente de Usuário
- Todas os anteriores

**2. Qual é o protocolo de transporte das arquiteturas tipo A, B e C?**

- TCP/IP (A), RTP/UDP/IP (B) e UDP/IP (C).
- RTP/UDP/IP (A), TCP/IP (B) e UDP/IP (C).
- RTP/UDP/IP (A), UDP/IP (B) e TCP/IP (C).
- TCP/IP (A), DIFF/IP (B) e UDP/IP (C).

**3. No contexto do tutorial, qual é a arquitetura indicada para desenvolver uma rede IPTV, e por quê?**

- É a do tipo C, pois atende adequadamente os requisitos dos provedores.
- É a do tipo B, pois atende, ao mesmo tempo, as necessidades dos usuários e os requisitos dos provedores.
- É a do tipo C, pois atende, ao mesmo tempo, as necessidades dos usuários e os requisitos dos provedores.
- É a do tipo B, pois atende adequadamente as necessidades dos usuários.