

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
PÓS GRADUAÇÃO GESTÃO EM SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES

ANDERSON LUIZ DA SILVA

ESTUDO DE REDES SDH E MPLS COMO SUPORTE PARA IPTV

CURITIBA

2016

ANDERSON LUIZ DA SILVA

ESTUDO DE REDES SDH E MPLS COMO SUPORTE PARA IPTV

Trabalho de Conclusão de Curso ou Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título Especialista em (Gestão em Serviços de Telecomunicações), do (nome do Departamento / Coordenação), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Orientador: Prof. Dr^a. Keiko Verônica Ono Fonseca

CURITIBA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE REDES SDH E MPLS COMO SUPORTE PARA IPTV

por

ANDERSON LUIZ DA SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 13 de Dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Serviços de Telecomunicações. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Keiko Verônica Ono Fonseca
Prof. (a) Orientador (a)

Alexandre Miziara
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

A Deus quero agradecer ao me conceber saúde e fé nos momentos de dificuldade, sempre ao meu lado guiando meu coração para solução dos problemas.

A minha esposa Fernanda e ao meu filho Luiz pela dedicação, compreensão e apoio.

A minha Orientadora Prof.^a Dr.^a Keiko Verônica Ono Fonseca por seus ensinamentos, auxílio nas dúvidas, dedicação e paciência nesta trajetória.

A Instituição Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos professores do curso de Pós-Graduação por abrir as portas para que eu desse mais este passo.

Ao Coordenador Alexandre Miziara pela dedicação.

Aos colegas pela amizade e convívio durante o curso.

RESUMO

As redes de transmissões atuais e futuras demandam estar preparadas e capazes em oferecer os diversos serviços que convergem na rede como voz, dados e vídeo, garantindo a qualidade na entrega do produto ofertado. A inserção do serviço IPTV nas redes SDH e MPLS desafia a realidade existente, introduzindo novas metodologias e adaptações na infraestrutura de rede e sistemas legados. O trabalho proposto analisa redes de transmissões SDH e MPLS existentes para suportar o serviço IPTV, mapeando a gestão destas redes, a distribuição do tráfego de serviços e o controle da largura de banda, afim de dimensionar de modo eficiente os recursos dos serviços para aprimorar o desempenho de rede bem como discutir aspectos de privacidade do cliente.

.Palavras-chave: SDH. MPLS. IPTV.

ABSTRACT

The networks of current and future transmissions require to be prepared and able to provide the various services which converge inside the network as voice, data and video, ensuring quality of delivery of an offered product. The insertion of IPTV service in SDH and MPLS networks challenges the existing infrastructure, requiring new methodologies and adjustments in the legacy infrastructure systems. The proposed paper presents an analysis of existing SDH and MPLS transmission networks to support IPTV service, mapping the management of these networks to the distribution of traffic and discussing about control of bandwidth in order to efficiently scale resources to the services and improve network performance as well as approaches regarding client privacy.

Keywords: SDH. MPLS. IPTV.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos e Serviços	22
Tabela 2 - Sensibilidade dos tipos de serviços	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tráfego Ethernet sobre circuito SDH	16
Figura 2 - Flexibilidade, Versatilidade e eficiência das redes NG-SDH.....	17
Figura 3 - Arquitetura <i>IntSer</i>	24
Figura 4 - Arquitetura <i>DiffServ</i>	25
Figura 5 - Esquema de localização do protocolo TLS/SSL na pilha TCP/IP	29
Figura 6 - Protocolo de <i>Handshake</i>	31
Figura 7 - Arquitetura IPTV	32
Figura 8 - Arquitetura IPTV.....	34
Figura 9 - Arquitetura VOD.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABR – Average Bit Rate

ADM - Add/Drop Multiplexer

ATM - Asynchronous Transfer Mode

CBR – Constant Bit Rate

CoS - Class of Service

DIFFSERV - Service Differentiated

DSCP - Differentiated Services Codepoint

DXC - Digital Cross Connect System

ES - Ethernet Switch

GPF - Generic Frame Procedure

HG - Home Gateway

IETF - Internet Engineering Task Force

INTSERV - Integrated Services

IP - Internet Protocol

IPTV - Internet Protocol Television

ITI - Instituto Nacional de Tecnologia da Informação

ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunications

LAN - Local Area Network

LCAS - Link Capacity Adjustment Scheme

LSP - Label Switching Paths

LSR - Label Switching Router

LTM - Line Terminal Multiplexer

MPLS - Multiprotocol Label Switching

NG-SDH - Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy

OSI – Open System Interconnect

PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy

QoE - Quality of Experience

QoS - Quality of Service
REG - Regenerator
RFC - Request for Comments
RSVP - Resource Reservation Protocol
RTCP - Real Time Control Protocol
RTP - Real Time Protocol
SDH - Synchronous Digital Hierarchy
SLA - Service Level Agreement
SLS - Service Level Specification
SSL - Secure Sockets Layer
STB - Set Top Box
TCP - Transmission Control Protocol
TE - Engenharia de Tráfego
TCS – Traffic Conditioning Specification
LDP – Label Distribution Protocol
TLS - Transport Layer Security
TTL - Time to Live
TV - Televisão
UBR – Unspecified Bit Rate
UDP - User Datagram Protocol
VBR – Variable Bit Rate
VCAT - Virtual Concatenation
VOD - Video on Demand
WAN – Wide Area Network

SUMÁRIO



1.INTRODUÇÃO	12
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.1.2. OBJETIVO GERAL	13
1.1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2.REDES DE TRANSMISSÃO SDH	15
2.1. ATM	17
2.2. QOS NA REDE ATM.....	18
3.REDES DE TRANSMISSÃO MPLS	19
3.1. APLICAÇÕES NA REDE MPLS	20
4.QOS.....	20
4.1. PARÂMETROS E REQUISITOS DE QOS.....	21
4.2. MECANISMO PARA CONTROLE E LIMITAÇÕES DE QOS	23
4.2.1.ARQUITETURA DE TRÁFEGO PARA QoS.....	23
4.2.1.1.INTSERV (Serviços Integrados) e DIFFSERV (Serviços Diferenciados) ...	24
4.3.SLA.....	26
4.4.SLS.....	26
4.4.1.SLS ESTÁTICO E DINÂMICO	27
4.4.2.TCS.....	27
4.5. TLS / SSL.....	28
4.5.1.DEFINIÇÃO DO PROTOCOLO TLS/SSL	29
4.5.2.PROTOCOLO HANDSHAKE	31
5.IPTV.....	32
5.1. PROTOCOLO RTP (<i>REAL TIME PROTOCOL</i>).....	35
5.2. PROTOCOLO UDP.....	36
5.3. TCP/IP	36
5.4. QOE	37
6.CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	39
7.REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço crescente das empresas de telecomunicações, a evolução das redes de transmissões, a convergência dos serviços de voz e dados, juntamente com o serviço IPTV (*Internet Protocol Television*), permite ganho significativo às operadoras para oferecer serviço de TV (Televisão). Com isso surgem oportunidades viabilizando serviços de transmissão de vídeo numa rede baseada em IP (Internet Protocol). A eficiência de se aproveitar a capacidade das redes de transmissões é o grande desafio das operadoras de telecomunicações: busca-se a melhoria contínua na experiência do cliente oferecendo vídeo, voz, dados e interatividade com garantia de qualidade ofertada. Com o surgimento do serviço IPTV e o aumento na concorrência, as empresas de telecomunicações iniciam um processo de inclusão dos serviços de telefonia e internet conhecido como pacote *triple-play* (telefone + internet + TV). Os novos serviços e as redes convergentes, viabilizam voz, banda larga e televisão sobre IP buscando agregar valores, serviços interativos, personalização de conteúdos que atendam escolhas individuais, permitindo a privacidade do usuário.

1.1. JUSTIFICATIVA

Visando melhoria no serviço de IPTV e o surgimento de novas tecnologias, as empresas de telecomunicações tendem em aprimorar seus processos para reduzir custos e obter qualidade de serviço.

Por exemplo, as Redes SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) e MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) evoluem constantemente e seus equipamentos de rede de transmissão estabelecem uma infraestrutura de rede de telecomunicações. No entanto, novas tecnologias e necessidades surgem e diante disso novos estudos e alternativas terão que ser implementadas para melhorar a qualidade do serviço em função do tráfego de rede.

1.1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise de Redes SDH e MPLS para suportar IPTV, demonstrando suas características, mecanismos, abordando métodos de desempenho de rede. Delinear conceitos e serviços assegurando a qualidade e experiência do cliente.

1.1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste projeto são os seguintes:

- Estudo dos elementos e aplicações envolvidas nas Redes SDH, ATM e MPLS;
- Estudo de ferramentas utilizadas para melhoria do tráfego de rede e atendimento de requisitos de QoS (*Quality of Experience*);
- Análise de características e requisitos do serviço IPTV;
- Estudo de caso de abordagens de proteção de privacidade;

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado com os seguintes capítulos:

- Capítulo 2 deste documento introduz o serviço de Redes SDH, elementos e tecnologia de encapsulamento, seus conceitos básicos e operação.
- Capítulo 3 descreve o serviço de Redes MPLS, suas aplicações, o encaminhamento de seus pacotes e discute requisitos típicos de Engenharia de Tráfego.
- Capítulo 4 aborda a qualidade de serviço (QoS), suas definições, métodos para melhoria de desempenho de rede, a questão da garantia de capacidade de tráfego para atendimento a serviços. Apresenta ainda conceitos de serviços e seus mecanismos de controle de tráfego, acordo de níveis de serviço (SLA), métricas de QoS (SLS) e protocolos de conexões para atendimento de requisitos de disponibilidade e integridade das informações.
- Capítulo 5 descreve o serviço IPTV delineando seus conceitos e serviços. Apresenta métodos de conexões seguras para transporte das informações na rede, e voltados para assegurar a qualidade e experiência do cliente.
- Capítulo 6 relata a conclusão do trabalho.

2. REDES DE TRANSMISSÃO SDH

A tecnologia SDH surgiu da necessidade em aprimorar a tecnologia PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), já existente nas redes de comunicação de telefonia [1].

A rede PDH foi concebida para o modelo ponto a ponto, sua padronização é limitada pois dificulta o uso de equipamentos de fabricantes diferentes, e conseqüentemente impedindo a implementação de um ambiente multifornecedor [1].

A tecnologia de transmissão SDH é um padrão ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunications) que provê maiores taxas de transmissão, facilidade na operação, administração e manutenção, permitindo a interoperabilidade de equipamentos entre fabricantes diferentes [2] em taxas de transmissão STM-1 (155 Mbps), STM-4 (622 Mbps), STM-16 (2,5 Gbps) e STM-32 (10 Gbps).

As redes SDH são constituídas por elementos de rede interligados entre si. Os principais elementos de uma rede SDH são descritos a seguir:

- Multiplexadores Terminais de Linha (LTM: *Line Terminal Multiplexer*), possibilita utilizar diversos tributários de entrada e apresenta opções de controle e gerenciamento de seção;
- Multiplexadores de inserção/extração (ADM: *Add/Drop Multiplexer*), que inserem/extraem o tráfego que começa/termina nesse nó e deixam passar o restante;
- Comutadores de cruzamento digitais (DXC: *Digital Cross Connect System*), que além das funções dos ADMs encaminham o tráfego entre os vários nós;
- Regeneradores (REG: *Regenerator*), que são utilizados quando os nós da rede se encontram muito distantes (a mais que 60 km) e reconstituem tão fielmente quanto possível a informação digital transportada pelos sinais, monitorizam o desempenho e enviam alarmes. [2]

A Figura 1 ilustra o tráfego Ethernet [2] sobre circuitos SDH. Nas redes Ethernet, o principal elemento de rede é o comutador Ethernet (ES: *Ethernet Switch*). Os comutadores Ethernet são plataformas que interligam várias

interfaces.

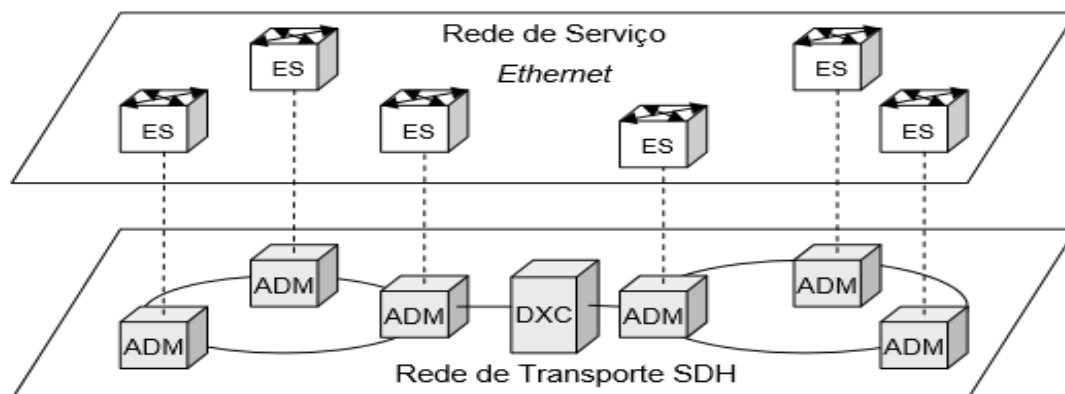


Figura 1 - Tráfego Ethernet sobre circuito SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) [2]

As Redes SDH de nova geração (NG-SDH: *Next Generation SDH*) envolvem a utilização de três tecnologias: o procedimento de encapsulamento genérico (GFP: *Generic Framing Procedure*), a concatenação virtual (VCAT: *Virtual Concatenation*) e o ajuste dinâmico de capacidade (LCAS: *Link Capacity Adjustment Scheme*);

- O GFP é um mecanismo padronizado de encapsulamento para transporte de dados sobre SDH, permite adaptação de taxa de bit podendo controlar atraso e prioridade, definir canais e submultiplexação;
- A VCAT é um mecanismo que oferece estruturas de transporte com maior granularidade para acomodação do tráfego e permite uma melhor utilização da capacidade das ligações da rede;
- O LCAS permite fazer ajustes da capacidade de uma ligação lógica, de modo a acompanhar a flutuação do tráfego durante o tempo que a ligação lógica estiver ativa [3].

As redes SDH podem transportar um elevado número de serviços, como mostra na Figura 2 [2], em que é visível a quantidade de serviços que podem ser transportados nas redes NG-SDH e colocados sobre SDH. Por exemplo, os serviços são transportados em quadros IP, posteriormente sobre quadros Ethernet. Por fim é utilizado o protocolo GFP e a VCAT para as encapsular nas estruturas SDH e é utilizado o LCAS para ajustar dinamicamente a capacidade da transmissão [2]. Os sinais PDH, por exemplo, são transportados eficientemente nas redes SDH convencionais [2].

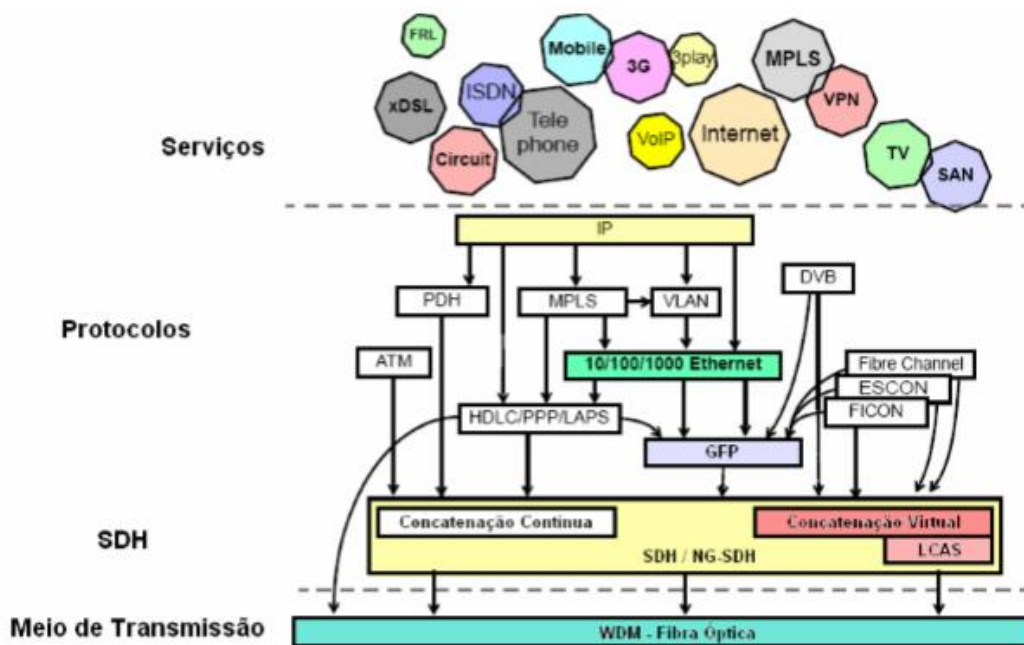


Figura 2 - Flexibilidade, Versatilidade e eficiência das redes NG-SDH (Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy) [2]

2.1. ATM

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) é uma tecnologia de comunicação, ou mais especificamente de comutação rápida de pacotes, baseada em padrões abertos (não são de propriedade de um grupo ou empresa), que se propõe a servir de transporte comum para diversos tipos de tráfego, como dados, voz (áudio), imagem estática e vídeo. Para que este serviço seja prestado, o ATM implementa uma série de conceitos como classe de serviço (CoS) e qualidade de serviço (QoS), os quais ainda não são usualmente presentes em outras tecnologias.

Quality of Service (QoS) é definido no ATM como um conjunto de parâmetros de desempenho. Parâmetros, como atraso, variação de atraso, taxa de perda de células – podem ser negociados pelo usuário, como parte de um contrato de tráfego, durante o estabelecimento de uma conexão [4].

ATM pode oferecer largura de banda grande com uma latência pequena, porque sendo uma tecnologia baseada em comutação de células, fornece um

serviço que combina as melhores características de comutação de circuitos e comutação de pacotes [4].

Utiliza tecnologia comutada, permitindo QoS e melhor alocação de recursos: a tecnologia de comutação permite que a QoS fornecida pela conexão seja negociada no momento do estabelecimento do serviço. Adicionalmente, recursos da rede são alocados sob uma conexão e assim podem ser melhores alocados e gerenciados. ATM fornece configuração e manutenção mais simples se comparada a redes baseadas em roteadores. Uma arquitetura de rede simplificada utilizando o conceito de LAN's (*Local Area Network*) virtuais será o modelo para o futuro [4].

2.2. QOS NA REDE ATM

ATM é uma tecnologia de transmissão de alta velocidade projetada para utilização tanto em LANs quanto WANs (*Wide Area Network*). É uma das poucas tecnologias atualmente que consegue obter velocidades de 622 Mbps. Além disso, ATM define nativamente características e parâmetros para o oferecimento de QoS. Para explorar essas características, durante o estabelecimento da conexão um transmissor pode especificar qual a categoria de serviço ele deseja, como CBR (taxa constante de bits), VBR (taxa variável de bits de tempo real), VBR (taxa variável de bits sem tempo real), ABR (taxa disponível de bits) e UBR (taxa não especificada de bits) [5].

3. REDES DE TRANSMISSÃO MPLS

A tecnologia *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* é uma nova tecnologia de encaminhamento de pacotes IP, baseada em etiquetas, em padronização pelo *Internet Engineering Task Force (IETF)* [6].

Sua solução objetiva desenvolver soluções compatíveis com as tecnologias de redes e protocolos já existentes, propondo melhorias permitindo associar diferentes granularidades a um rótulo; considerar redes hierárquicas e problemas de escalabilidade.

A técnica de encaminhamento baseado em rótulos proporciona vantagens em relação a maneira tradicional (endereçamento IP) como: melhor desempenho no encaminhamento de pacotes; criação de caminhos entre roteadores; e possibilidade de associar requisitos de QoS baseados no rótulo carregado pelos pacotes. Para atender estes objetivos necessita a definição de protocolos de manutenção e distribuição que suportem multicast, unicast, roteamentos explícito e hierárquico, além de tratar a integração com ATM e discutir QoS [6].

MPLS é um esquema de encaminhamento que opera entre as camadas de rede (camada 3) e de enlace de dados (camada 2) do modelo OSI (*Open System Interconnect*) [5]. Cada pacote MPLS tem um cabeçalho específico, que contém um rótulo de 20 bits, um campo indicando a Classe de Serviço de 3 bits, um indicador de pilha de rótulos de 1 bit e um campo TTL (*Time to Live*) de 8 bits. O cabeçalho MPLS é encapsulado entre o cabeçalho de camada de rede e o cabeçalho de camada de enlace de dados, ou então sobreposto em algum campo específico da camada de enlace de dados, como o campo VPI/VCI do ATM. Um roteador MPLS, chamado de LSR (*Label Switching Router*), examina somente o rótulo para encaminhar os pacotes. MPLS é chamado de multiprotocolo porque qualquer protocolo de rede pode ser utilizado, embora esteja padronizado por enquanto apenas o protocolo IP. O LDP (*Label Distribution Protocol*) é um protocolo que permite a distribuição de *labels* entres os roteadores de comutação de rótulos (LSR), desta forma possibilitando a criação das LSPs. Para isto o LDP oferece um mecanismo de “descoberta” de LSR para permitir que LSRs encontrem uns aos outros e estabeleçam comunicação [7]. Os caminhos que os pacotes percorrem de um

roteador a outro são chamados de LSPs (*Label Switching Paths*). Na entrada de um domínio MPLS, o roteador insere o cabeçalho nos pacotes, que são encaminhados através dele até um roteador de saída, que remove o cabeçalho e encaminha o pacote para o próximo domínio (que pode ou não ser um domínio *MPLS*) [5].

3.1. APLICAÇÕES NA REDE MPLS

A Engenharia de Tráfego é uma das principais aplicações utilizadas na Rede MPLS, para processar o tráfego que irá fluir através da rede minimizando possíveis congestionamentos na rede. A (TE) Engenharia de Tráfego aplica princípios tecnológicos e científicos para medir, modelar e controlar o tráfego da Internet, para melhoria do desempenho de redes operacionais. O objetivo da Engenharia de Tráfego é facilitar a operação eficiente e confiável da rede enquanto que ao mesmo tempo melhora a sua utilização e desempenho, sendo indispensável nas redes de grande porte, por causa dos custos de equipamentos e da competição existente no mercado de *Internet* [5].

4. QOS

Qualidade de Serviço (QoS) pode ser definida como a capacidade de fornecer a um elemento de rede (aplicação, host ou roteador) algum nível de segurança de que seus requisitos serão satisfeitos. Está relacionada, por exemplo, a garantia de um atraso de entrega (*delay*) e uma perda de pacotes suficientemente baixos para certos tipos de aplicações ou tráfego [8].

QoS leva em consideração a disponibilidade, a qualidade, a prioridade, e o atraso. QoS avalia a disponibilidade da largura de banda. Se um cliente quiser menos atraso no vídeo e na voz, é necessário selecionar uma qualidade de serviço apropriada para tal, com mais largura de banda e menor latência. Diversos padrões vêm sendo usado para esses casos como os modos de taxa constante (CBR) e os de taxa variável (VBR). Os tráfegos de voz, vídeo e dados requerem tratamento diferenciados de QoS. Na maioria dos casos essa diferenciação se faz por meio de prioridades. Por exemplo, um canal de IPTV

deve ter mais prioridade que o conteúdo multimídia transmitido pela Internet [9].

4.1. PARÂMETROS E REQUISITOS DE QOS

O princípio de Qualidade de Serviço (Qos) é colocado da seguinte forma:

Qualidade de Serviço (QoS) é um requisito da (s) aplicação (ões) para a qual exige que determinados parâmetros (atrasos, vazão, perdas, ...) estejam dentro dos limites bem definidos (valor mínimo, valor máximo) [10].

Os parâmetros de QoS fim a fim devem ser escolhidos de acordo com o ambiente e o tipo de serviço contratado e devem estar dentro dos limites bem definidos representados por valores mínimos e máximos aceitáveis para um determinado serviço, que garantem o nível de QoS. Ainda que os parâmetros não estejam localizados em um único equipamento ou componente da rede. No processo são envolvidos diversos tipos de equipamentos, camadas de protocolos, tecnologias, serviços e a necessidade do usuário final [11].

Os principais parâmetros de Qos de rede são: vazão, atraso, variação de atraso, taxa de erro e disponibilidade [11].

Abaixo segue as aplicações destes parâmetros no serviço IPTV:

- *Throughput* (banda/vazão): consumo de banda da aplicação, pode haver variações devido aos equipamentos utilizados ou pelo usuário que está na ponta executando uma ação. No caso para calcular QoS é visualizado valor máximo (pico).
- *Delay* (retardo/atraso): são atrasos seguidos no processamento, na transmissão ou na fila nos roteadores, atrasos de sinais nos enlaces e atrasos de processamento em sistemas finais.
- *Jitter* (variação de atraso): atraso de um componente fim a fim aleatórios de fila nos roteadores. Este atraso variável dentro da rede a

partir do momento (transmissor) que gera e o momento que o pacote é recebido (receptor) varia de pacote para pacote.

- Perda de pacotes: permitido perda de pacotes até comprometer a aplicação, com efeitos na qualidade de vídeo. O motivo para estas perdas de pacotes é o congestionamento, que faz com que a rede descarte os pacotes.

De acordo com as categorias de serviços oferecidos pela tecnologia IPTV os requisitos que serão utilizados para determinado parâmetro de QoS afim de validar os serviços/ requisitos: Vazão, delay, jitter e perda de pacotes) [11]:

Serviços/Requisitos	Vazão	Delay	Jitter	Perda de Pacotes
VoD	384 Kbps até 1,5 Mbps	4s e 5 s	300 ms	< 1%
Video (IPTV)	1 Mbps	3s e 5s	30 ms	< 0,5%
Vide conferência	64 Kbps até 8 Mbps	150 ms	30 ms	< 0,5%
Voz (telefonia)	90 Kbps	150 ms	< = 150 ms	< = 0,25%

Tabela 1 - Requisitos e Serviços [11]

Para cada aplicação acima na Tabela 1 é definida uma classificação, levando em consideração o parâmetro de QoS requisitado para que garanta e atenda satisfatoriamente o cliente final.

Para QoS é necessário especificar o tipo de tráfego que irá ser transportado na rede. A Tabela 2 abaixo mostra a sensibilidade dos parâmetros requisitados por QoS. (PE: pouco exigente, ME: muito exigente, E: exigente) [11].

Aplicações Quesitos	Dados	Dados Gráficos	Voz	Voz Interativa	Video	Video Tempo Real
Vazão/Banda	PE	E	E	E	ME	ME
Atraso	PE	PE	E	ME	E	ME
Variação do Atraso	PE	PE	E	ME	E	ME
Taxa de Erro	E	ME	PE	PE	E/(PE)	ME/(E)

Tabela 2 - Sensibilidade dos tipos de serviços [11]

4.2. MECANISMO PARA CONTROLE E LIMITAÇÕES DE QoS

As redes de comunicações evoluíram e integram diferentes tipos de tráfegos numa única estrutura, portanto é um grande desafio a integração de aplicações em tempo real que possuem diferentes necessidades das aplicações convencionais. Para atender as exigências destas aplicações se faz necessária a implementação de mecanismos para prover QoS, enfileiramento (*queueing*), escalonamento (*scheduling*) e modelagem de tráfego (*traffic shapping*); e técnicas de QoS para marcação e identificação de pacotes, policiamento e gerenciamento [11].

4.2.1. ARQUITETURA DE TRÁFEGO PARA QoS

Para tratar o ambiente de tráfego na internet a IETF (*Internet Engineering Task Force*) padronizou duas arquiteturas para agregar QoS ao modelo tradicional IP, a arquitetura *IntServ* (Serviços Integrados) e *DiffServ* (Serviços Diferenciados) [11].

4.2.1.1. INTSERV (Serviços Integrados) e DIFFSERV (Serviços Diferenciados)

A solução de Serviços Integrados (*IntServ*), é garantida através de mecanismos de reserva de recursos da rede, pelo protocolo RSVP (*Resource Reservation Protocol*). Através do RSVP o host informa e solicita à rede suas necessidades de QoS, pelo controle de admissão e controle de policiamento. O controle de admissão verifica se o equipamento da rede tem condições de suportar um novo fluxo que demanda serviço, de acordo com as exigências de QoS especificadas no pedido de serviço. Diferentemente do *DiffServ* a implementação de *IntServ*, depende do suporte do protocolo RSVP por todos os nós da rede, pois nem todos os roteadores oferecem suporte ou não possuem recursos suficientes para este tipo de conexão. Portanto o *IntServ* não é indicado grandes redes, sendo mais utilizado nas redes de acesso, pois provê bom controle dos requisitos de QoS das aplicações [12].

Os modelos de serviços integrados são implementados por quatro componentes, são eles [11]:

- Protocolo de sinalização (RSVP);
- Rotina de Controle de Admissão;
- Policiamento;
- Escalonador de pacotes;

A seguir a Figura 3 mostra uma visão da arquitetura *IntServ* [11].



Figura 3 - Arquitetura *IntServ* [11]

A solução *DiffServ* (Serviços Diferenciados), definido pelo IETF através da RFC (*Request for Comments*) 2475, provê QoS numa rede IP a partir de mecanismos de priorização. Não faz uso de nenhum tipo de reserva de capacidade de rede, apenas prioriza determinados tráfegos. Faz uso do campo DSCP (*Differentiated Services Codepoint*), foi definido pelo IETF através da RFC 2474 [12]. Há três tipos de encaminhamento a serem vistos a seguir:

- O encaminhamento expresso procura minimizar a perda de pacotes e o atraso, garantindo taxa de transmissão. Isto possibilita um comportamento semelhante à de uma linha dedicada, mesmo se a rede estiver sujeita a congestionamento.
- O encaminhamento assegura, emula um comportamento semelhante a uma rede com pouca carga mesmo durante a ocorrência do congestionamento. Portanto o *DiffServ* é indicado para ser utilizado em backbone, pois sua solução é mais leve [12]. A Figura 4 demonstra uma visão geral de seu encaminhamento e arquitetura *DiffServ*.

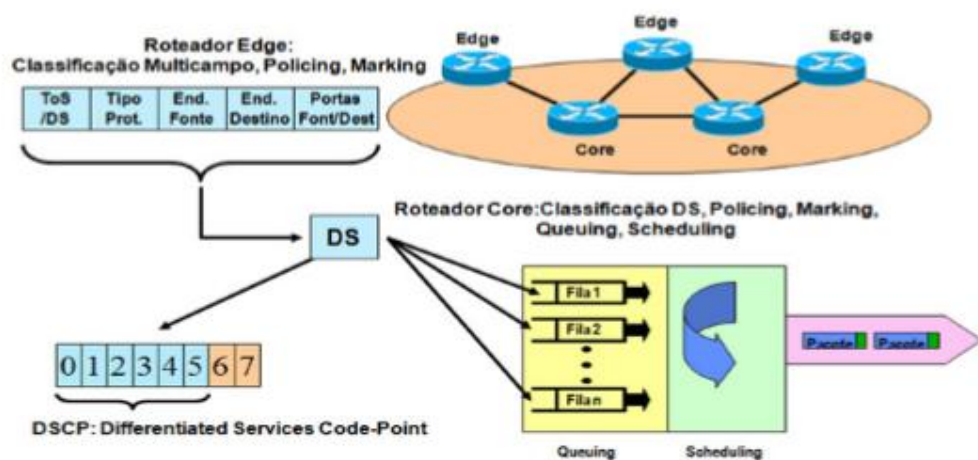


Figura 4 - Arquitetura *DiffServ* [11]

4.3. SLA

Service Level Agreement – SLA é um acordo de nível de serviço, uma parte do contrato, entre um prestador de serviço e um cliente, onde especifica as métricas de qualidade do serviço a serem cumpridas pelo fornecedor. No ramo de telecomunicações o uso do SLA é muito comum. As métricas devem ser bem definidas no ato da contratação, pois deve constar tempo de resposta máximo admitido para um determinado serviço, ou tempo determinado para recuperação de um tipo de circuito [30].

Portanto, um SLA bem redigido não define as expectativas, mas também um conjunto de indicadores aceitáveis e mutuamente acordados de qualidade e serviços [13].

4.4. SLS

Service Level Specification - SLS consiste em especificações técnicas de um serviço contratado [13]. Um SLS possui várias informações, como: escopo geográfico, identificação do fluxo de dados, perfil de tráfego (taxa, rajada, etc.), tratamento de tráfego submetido em excesso, garantias de desempenho (vazão, atraso, etc.) e programação do serviço (início e duração) [13]. Um serviço deve ser definido sem ambigüidade e se possível baseado em um padrão, com uso de um SLS. Os seguintes tipos de informações devem ser descritos em um SLS [13].

- Métricas de QoS e seus respectivos limiares, os quais deverão ser garantidos pelo provedor de serviços;
- Método de medição de desempenho do serviço, período de mensuração e fornecimento de relatórios;
- Agendamento de serviços;

4.4.1. SLS ESTÁTICO E DINÂMICO

Os SLS's podem ser estáticos ou dinâmicos. O SLS estático é o resultado da negociação entre o cliente e o provedor, onde é definido um acordo de data de início e pode ser renegociado (em ordem de dias, semanas ou meses). Todavia, o SLS pode especificar que o nível de serviço mude em certas horas ao dia ou certos dias da semana, mas o contrato permanece estático [14].

O SLS dinâmico pode mudar ao contrário do SLS estático. Mudanças podem resultar como exemplo em variações na carga de tráfego oferecida, relativa a thresholds ou mudanças no preço oferecido pelo fornecedor. Os SLS dinâmico mudam sem intervenção humana e requerem protocolos automatizados e podem apresentar problemas de mudança para usuários e provedores de rede, abaixo serão citadas algumas das falhas [14]:

- Provedores de rede têm que balancear frequentemente mudanças de carga em diferentes rotas dentro da rede do provedor. Isto requer que o provedor adote mecanismos dinâmicos e automáticos;
- Equipamentos de clientes terão que se adaptar a SLS dinâmicos de modo a utilizar ao máximo as mudanças do SLS;
- Aplicações de usuário final talvez tenham que adaptar seus comportamentos durante uma sessão para se utilizar do SLS;

4.4.2. TCS

Traffic Conditioning Specification – especifica perfis de tráfego e ações para pacotes dentro do perfil (*in-profile*) e fora do perfil (*out-of-profile*). Perfis de tráfego são responsáveis em especificar regras para classificar e medir um fluxo, identificar quais são elegíveis e definir regras para determinar se um pacote está dentro ou fora do perfil. Um pacote dentro do perfil pode ser adicionado a uma agregação de comportamento diretamente, enquanto um pacote fora do perfil pode ser conformado antes da entrega da seguinte forma [14].

- Pode ser atrasado até que esteja dentro do perfil;
- Pode ser descartado;

Entre os parâmetros de serviço para cada nível de serviço que o TCS especifica temos [14].

- Parâmetros de performance, tais como: *throughput*, probabilidade de descarte e latência;
- Indicação de escopo de cada serviço nos pontos de ingresso e saída;
- Perfis de tráfego;
- Disposição do tráfego submetido em excesso ao perfil especificado;

4.5. TLS / SSL

O protocolo TLS/SSL é o mais utilizado para se estabelecer conexões seguras via Internet [15].

Em 1994, a empresa Netscape reconheceu a necessidade de estabelecer uma conexão segura para realizar comércio eletrônico e projetou a primeira versão do protocolo SSL (*Secure Sockets Layer 1.0*) [15].

O foco principal da segurança é proteger o ativo mais importante do negócio, as informações, para que haja sigilo e dados confiáveis. Isso garante conexão íntegra e disponibilidade a todos os elementos de rede.

Abaixo segue os requisitos de segurança:

- **Confidencialidade:** é a garantia do sigilo das informações fornecidas e proteção contra sua revelação não autorizada.
- **Integridade:** significa ter a disponibilidade de informações confiáveis, corretas e em formato compatível com o de utilização. Em outras palavras, que a informação não foi alterada de forma indevida.
- **Disponibilidade:** refere-se à resistência a falhas e manutenção do serviço pelo máximo de tempo possível. No contexto de segurança, há ênfase em resistir não apenas a falhas e acidentes, mas também a ataques de negação de serviço [15].
- **Autenticidade:** consiste na identificação e a confirmação de origem da informação;

- Irretratibilidade: propriedade do que não pode ser rejeitado e tratado novamente.

Porém após algumas mudanças no protocolo SSL, o navegador Netscape lançou a versão 3.0 em 1996. Entretanto, uma contribuição mais fundamental seria essencial para o desenvolvimento do protocolo SSL, então em 1999 surgiu o sucessor do SSL: o protocolo TLS 1.0 (*Transport Layer Security*), que agora é controlado por uma comunidade aberta, a IETF (*Internet Engineering Task Force*) [15].

4.5.1. DEFINIÇÃO DO PROTOCOLO TLS/SSL

Informações sigilosas transitam na Internet, há um alto risco de interceptação, existe a chance de alguém se passar pelo destinatário, ou chance de a mensagem ser alterada em trânsito. Para permitir um fluxo de informações privadas e autênticas é utilizada criptografia e do protocolo TLS (*Transport Layer Security*). O protocolo não está definido como uma camada da pilha TCP/IP ou do modelo OSI, mas age como uma camada abstrata entre a camada de aplicação e a camada de transporte [16].

A Figura 5 mostra o funcionamento do protocolo TLS em cima de fluxos TCP, pois há garantia de conexão entre as duas partes.

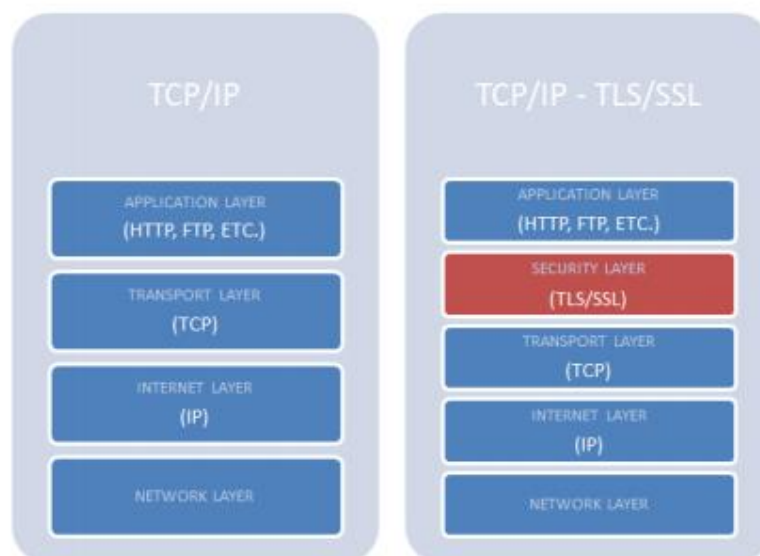


Figura 5 - Esquema de localização do protocolo TLS/SSL na pilha TCP/IP [16]

Dentro do protocolo SSL/TLS há quatro subprotocolos:

- Handshake protocol: negocia as informações de sessão entre o cliente e o servidor. As informações de sessão consistem na identificação da sessão, troca de certificados, conjunto de algoritmos a serem utilizados, algoritmos de compressão e um segredo compartilhado utilizado para gerar chaves;
- Cipher Change protocol: troca dados para gerar chaves criptográficas entre cliente e servidor. O subprotocolo consiste de uma única mensagem enviada para a outra entidade da sessão SSL/TLS. A chave é computada das informações trocadas pelo Handshake Protocol;
- Alert protocol: indica mudanças no estado ou condição de erro entre as entidades envolvidas. Os alertas são comuns quando a conexão é encerrada, uma mensagem inválida é recebida, uma mensagem não decifrada, ou o usuário cancela a operação;
- Record protocol: faz a segurança e verificação dos dados da aplicação, usando as chaves criptográficas derivadas durante a etapa do Handshake [15]:

4.5.2. PROTOCOLO HANDSHAKE

O Handshake pode ser realizado de formas diferentes, dependendo se há ou não autenticação das partes envolvidas ou se há uma sessão de retomada. A Figura 6 demonstra as mensagens trocadas durante o processo de *Handshake* [17]:



Figura 6 - Protocolo de *Handshake* [17]

No protocolo SSL/TLS, a etapa de *handshake* [15] especifica como se faz a troca de mensagens no início da conexão, onde o cliente faz um pedido de conexão ao servidor e obtém uma resposta informando que o servidor está pronto para a conexão. Em uma conexão segura, a troca de mensagens é mais intensa do que em uma conexão comum. Isso porque, além do cliente e do servidor aceitarem a conexão um do outro, devem também combinar uma maneira segura para se comunicarem. Durante a troca de mensagens do handshake seguro, há a opção de utilizar a função de certificação digital, que é um modelo onde é possível comprovar por terceiros – Autoridade Certificadora [ITI - Instituto Nacional de Tecnologia da Informação] [31] – que tanto o servidor quanto opcionalmente o cliente, são realmente quem dizem ser. Além da autenticação, é também possível negociar quais algoritmos criptográficos serão utilizados posteriormente, durante a troca efetiva de dados [15].

5. IPTV

IPTV (*Internet Protocol Television*) é um sistema de serviço de televisão digital que utiliza o protocolo IP sobre uma infra-estrutura de redes. Abrange tanto a TV ao vivo como vídeo armazenado, utilizando um serviço de internet de alta velocidade, envia vídeo e provê serviço *quadri play*, ou seja, é um serviço que combina voz, dados, móvel e vídeo sob um único canal de comunicação de banda larga [11].

A Rede IPTV consiste na arquitetura demonstrada na Figura 7 de como o serviço é entregue ao cliente, descrevendo cada bloco funcional [11]:



Figura 7 - Arquitetura IPTV [11]

O serviço de TV por IP é provido de maneira fechada por empresas de telecomunicações, da mesma forma que os serviços de TV a cabo em geral. Inicialmente o provedor de serviço adota a solução de um determinado fabricante para construir uma infra - estrutura fim a fim, composta por codificadores de vídeo, servidores de vídeo ao vivo e sob demanda, plataformas de gerenciamento do usuário e dispositivos de visualização do cliente para que se tenha um serviço com qualidade e garantia num ambiente controlado [12].

Cunha afirma que:

“IPTV é um novo sistema de transmissão de programas de TV ao vivo e de vídeos sob demanda usando como meio de transporte uma rede IP. Este serviço é acessado pelo usuário através de uma rede de banda larga e, para a utilização do IPTV por meio de um aparelho de TV convencional, é necessário um set-top box [18].

Desafios e motivações para as operadoras de telecomunicações adotarem a tecnologia IPTV são:

- Buscar novas fontes de renda, isto devido a estagnação das receitas de comunicação de voz;
- Competição entre as operadoras de telecomunicações em oferecer serviço de voz integrados com vídeo, banda larga e serviço móvel (celular), também conhecidas como *quadri play*;
- Diferenciação da concorrência através da oferta de serviços integrados (vídeo, voz, dados e celular), isto elevando o potencial de fidelização de clientes existentes e captura por novos clientes;
- O serviço de IPTV oferece nível de interatividade que seus concorrentes (TV a cabo) não conseguem alcançar devido às suas limitações;
- Convergência de serviços e redes utilizando IP. As empresas de telecomunicações vêm evoluindo suas redes de maneira que tenham uma rede IP multisserviços que possa disponibilizar serviços para uma diversidade de meios de acesso como: (fixo e móvel). Com isto a convergência traz ganhos operacionais e redução de custos na medida em que vem acompanhada da simplificação das redes e habilita a consequente melhoria dos processos e investimentos [19].

Uma operadora de telecomunicações transmite o sinal de IPTV utilizando a própria rede IP existente. O cliente recebe o sinal de televisão pela rede de transmissão da operadora, isso possibilita a empresa acrescentar diversas aplicações de interatividade nas programações de televisão. Para que o cliente possa assistir a sua televisão pelo IPTV é necessário que ele possua um *Home Gateway* (HG) em sua casa. O HG recebe o sinal e separa os serviços. O sinal de vídeo é transmitido para o *Set Top Box* (STB), que por sua vez transmite o sinal para a televisão. O STB é a interface do usuário para o serviço de televisão. Quando a conexão for estabelecida entre o cliente e o servidor, o cliente solicita o recebimento de um conteúdo de um canal. O servidor autentica o usuário e envia o sinal através de pacotes IP através da rede [20].

A Figura 8 mostra uma arquitetura de serviços IPTV apresentando os elementos: núcleo; borda / agregação; acesso e residência [27]

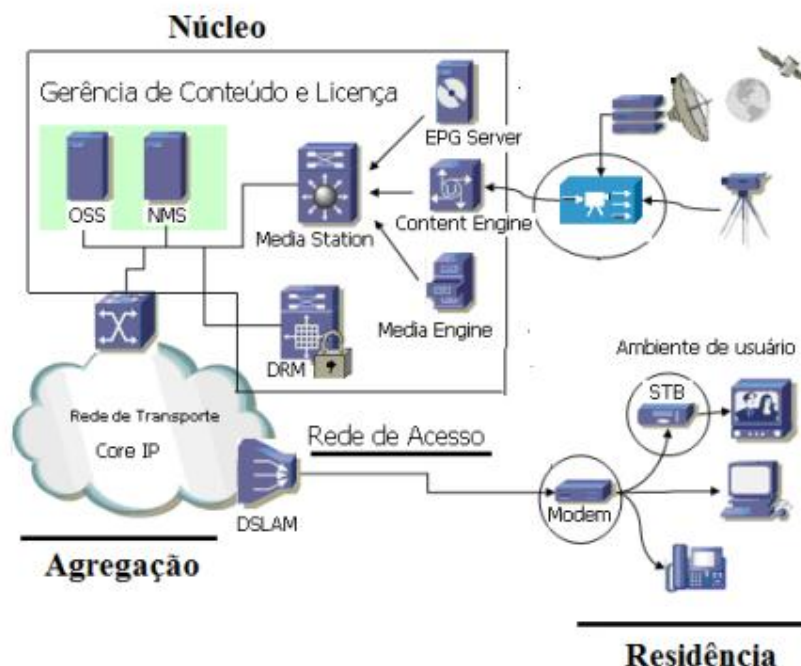


Figura 8 - Arquitetura IPTV [27]

Dentro da rede IP os roteadores possuem o trabalho de encaminhar os pacotes para o local correto. O transporte dos pacotes realizado pelo protocolo UDP (User Datagram Protocol) definido na RFC 768 [20] do IETF (*Internet Engineering Task Force*). O UDP cria um datagrama no pacote IP, esse datagrama consiste em um cabeçalho com as informações necessárias para o roteamento da origem ao destino do pacote, além de um campo com o tipo do pacote. Para aplicações como o IPTV é utilizado um protocolo de transporte em tempo real, o RTP (*Real-time Transport Protocol*). Nesse protocolo, definido pela RFC 3550 [20] [28], é descrito o procedimento da fragmentação do fluxo transmitido, a sequência da informação e o tempo de referência para reprodução. O RTP utiliza o UDP como protocolo de transporte [20].

5.1. PROTOCOLO RTP (*REAL TIME PROTOCOL*)

O RTP é um protocolo de nível de transporte utilizado para transportar aplicações multimídias contínuas de tempo real em uma conexão ponto a ponto. Além da utilização em comunicação ponto a ponto, pode também ser usada em uma comunicação multicast utilizando o IP com uma faixa reservada para grupos multicast.

Este protocolo, contudo, não reserva recursos para as aplicações e também não garante (QoS). Por conta dessas características ele é utilizado junto com o protocolo RTCP (*Real Time Control Protocol*), permitindo que a comunicação seja monitorada. Os protocolos RTP e RTCP, apesar de serem usados em paralelo, os pacotes de cada um deles são transmitidos de forma independente.

O RTCP [11], é um protocolo que trabalha em conjunto com o RTP, o qual tem como função fornecer informações de controle sobre a qualidade oferecida pelo meio de transporte e colher dados sobre os membros participantes de uma sessão. É baseado na emissão periódica de pacotes de informação, no mesmo formato utilizado pelo RTP, para os nós da sessão em andamento [4].

O RTP diferencia as mídias enviando-as em diferentes sessões RTP ainda que sejam da mesma comunicação. Um caso típico são as sessões de videoconferência. Os pacotes de áudio serão transmitidos por uma sessão RTP e os pacotes imagens em outra sessão RTP diferente e independente [19].

Na Figura 9 mostra o sistema de VOD (*Vídeo On Demand*) composto pelos seguintes módulos: um ou mais servidores de vídeo, um sistema de armazenamento que geralmente é representado por um arranjo de discos, clientes e uma rede, servindo como canal de comunicação. O cliente pode ser um PC, uma TV conectada a um dispositivo set-top box, ou mesmo um laptop conectado a um link sem fio [29]

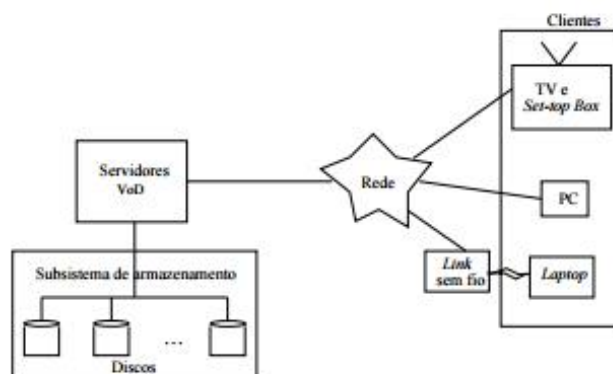


Figura 9 - Arquitetura VOD [29]

5.2. PROTOCOLO UDP

O *User Datagram Protocol* é um protocolo de transporte definido pela RFC 768 [26]. Toda mensagem UDP enviada para a rede trafega na área de dados de um datagrama IP. A comunicação do protocolo UDP provê um serviço não orientado a conexão, não confiável, sem confirmação e ordem das mensagens enviadas. Portanto as mensagens UDP podem sofrer problemas na entrega, duplicação, retardo. A confiabilidade da implementação do UDP é totalmente direcionada às aplicações, muito comuns softwares que utilizam UDP, pois possuem mecanismo próprio para controle de perdas de mensagens e duplicação. Seu baixo custo para a rede é o principal motivo para utilização do UDP nas aplicações [21].

5.3. TCP/IP

O TCP é um protocolo da camada de transporte que oferece um serviço orientado a conexão, isto é, quando um segmento é recebido, é identificado a que conexão está associada [22].

Em uma conexão TCP, cada estação é identificada por seu endereço IP na rede e as conexões são estabelecidas através de uma porta, que se trata de um número composto por 16 bits e variam de acordo com o serviço a ser utilizado. Este conjunto de endereços, número IP e porta, são conhecidos

como soquete. As portas utilizadas para identificação do soquete são usadas por serviços diferentes. O número de portas possíveis que podem ser utilizadas é de 65535, porém as portas abaixo de 1024 são reservadas para serviços padrão [22].

O Protocolo IP é responsável pela comunicação entre máquinas em uma estrutura de rede TCP/IP. Ele provê a capacidade de comunicação entre cada elemento componente da rede para permitir o transporte de uma mensagem de uma origem até o destino. O protocolo IP provê um serviço sem conexão e não-confiável entre máquinas em uma estrutura de rede. Qualquer tipo de serviço com estas características deve ser fornecido pelos protocolos de níveis superiores. As funções mais importantes realizadas pelo protocolo IP são a atribuição de um esquema de endereçamento independente do endereçamento da rede utilizada abaixo e independente da própria topologia da rede utilizada, além da capacidade de rotear e tomar decisões de roteamento para o transporte das mensagens entre os elementos que interligam as redes [23].

5.4. QOE

Os usuários possuem níveis de conhecimentos e necessidades diferentes para um mesmo domínio de aplicação, mesmo quando há graus de similaridades entre suas necessidades, o modelo mental, as familiaridades e experiências de uso do sistema são únicos e dependentes das intenções e contexto, porém, os parâmetros de QoS não representam a totalidade da QoE (*Quality of Experience*) a partir da expectativa do usuário [24].

A qualidade de experiência (*QoE, Quality of Experience*) é definida pelo (ITU-T) [17] como o nível de qualidade de um aplicativo ou serviço, conforme percebida subjetivamente pelo usuário final. Existem diversos métodos objetivos disponíveis que tentam aproximar a avaliação subjetiva da QoE que podem ser implementadas sem a participação do usuário [17]. A avaliação subjetiva é realizada a partir de avaliações humano-visuais e as objetivas são obtidas a partir de ferramentas computacionais [17].

O Modelo *QoE* é, no entanto, fatores relacionados a percepção do usuário com a própria qualidade de vídeo, sincronismo entre áudio e vídeo, tempo de resposta na mudança de canal, qualidade de som, qualidade de transmissão de dados, entre outros [25].

As dimensões de *QoE* relacionadas a IPTV permeiam desde o estabelecimento de uma sessão, a operação de serviço até a sua terminação, e incluem [25]:

- Fidelidade de Informação: qualidade de áudio e vídeo transmitidos;
- Usabilidade: relaciona à manipulação do serviço pelo usuário, desde a interação com o controle remoto do set-top box até a interface gráfica;
- Responsividade: representa o tempo de resposta aos comandos do usuário como, por exemplo, a mudança de canal;
- Segurança: representa a autenticação e autorização dos usuários, além de garantir a proteção do conteúdo de vídeo;
- Disponibilidade / Confiabilidade: representa as expectativas dos usuários de cotarem com o serviço disponível sempre que desejarem [25].

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O mercado tende a impulsionar cada vez mais a necessidade de se prover banda larga e velocidades maiores ao usuário final. Isto gera uma necessidade na busca de novas soluções junto aos fabricantes para que possibilitem a integração das tecnologias atuais convergindo com a ampliação da rede e novos serviços.

O objetivo deste trabalho foi análise de Redes SDH e MPLS para suportar a tecnologia IPTV, ou seja, foi feito levantamento de requisitos, estudo de informações de redes de transmissão e levantamento de parâmetros de QoS e suas funções. O conteúdo proposto fornece técnicas e informa as necessidades do comportamento das redes, contribuindo na melhoria de uma infraestrutura cada vez mais robusta para atender o serviço de TV por assinatura.

Contudo o foco das empresas de telecomunicações tende a convergir, a fim de obter economia de escala, retorno máximo em recursos, bem como aproveitar vantagens diminuindo a operação de custo, obtendo garantia de qualidade de serviço, acrescido de serviços interativos para satisfação do usuário.

A tecnologia IPTV é definida como serviços de multimídia: vídeo, áudio, TV e dados, transportados por uma rede IP dedicada e privada de uma operadora de telecomunicações, que oferece garantia de qualidade, segurança dos dados, interatividade, confiabilidade da prestação do serviço, privacidade e personalização de conteúdo ao seu cliente. A Qualidade de Experiência, informações seguras e privacidade do usuário são fatores essenciais que as operadoras de telecomunicações mantenham para satisfazer a percepção do usuário com qualidade e disponibilidade de serviço.

O Estudo das Redes SDH e MPLS para suportar IPTV, foi obtido êxito no entendimento e funcionamento de suas funcionalidades.

Para trabalhos futuros sugiro estudo de desempenho das novas redes convergentes para implantação do serviço de IPTV, juntamente com uma nova estrutura de HeadEnd de vídeo, desde sua captura de conteúdo encapsulando IP até a distribuição pela rede, como forma de modernização do serviço.

7. REFERÊNCIAS

- [1]MONTEIRO, Bruno de Oliveira. Estudo e Análise Experimental do Mapeamento de Tráfego Ethernet sobre SDH. 2006. 139 f. Dissertação (Mestre em Redes de Telecomunicações) – Inatel, Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí. Disponível em:<www.inatel.br/biblioteca/dissertacoes-de-mestrado/2006-1/1626-estudo-e-analise-experimental-do-mapeamento-de-trafego-ethernet-sobre-sdh/file+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> Acesso 24/09/2016 às 23:06
- [2]CARVALHO, Ana Rita Marques. Dimensionamento e análise de desempenho de redes NG-SDH para suporte de tráfego IP. 2007.114 f. Dissertação (Mestre Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. Disponível em:<<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137455675/dissertacao.pdf>>. Acesso em 28 jul. 2016 às 13:06hs
- [3]SEBASTIÃO, Gustavo Campos. Comparação de desempenho de Redes SDH convencionais e de Redes NG-SDH/WDM para o transporte de tráfego IP. 2008. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Disponível<<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137890876/Dissertacao-aluno-53068.pdf>> Acesso em 20/10/2016 às 10:45
- [4]HUMMELGEN, Marcelo Luiz; Fonseca, Keiko V.O. Redes TCP/IP Integradas e a Garantia de Qualidade de serviço em Aplicações Multimídia. Disponível em <<https://www1.rnp.br/wrnp2/2000/posters/TCPIPintegradas.pdf>> Acesso dia 16/10/2016 às 22:31
- [5] Universidade Federal de Pernambuco. Qualidade de Serviço na Internet Disponível em:<<http://www.cin.ufpe.br/~cak/publications/apostila-minicurso-sbrc2000.pdf>> Acesso dia 21/09/16 às 19:38hs
- [6]BISOL, Bruno. Estudo da arquitetura para provimento de soluções de engenharia de tráfego em redes IP. 2003. 98 f. Projeto de Conclusão de Curso (Ciências da Computação) – Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em:

<https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos_projetos/projeto_363/Relat%3rio%20Final.pdf> Acesso dia 10/07/2016 às 11:48hs

[7]ASSIS, Alexandre Urtado de, et al. Protocolo MPLS. Disponível em: <<http://mesonpi.cat.cbpf.br/redes/mpls.pdf>>. Acesso dia 27/11/2106 às 10:39hs

[8]CASAGRANDE, Lucas dos Santos. Política de escalonamento de tempo real baseada em exigências para provisão de QoS absoluto em serviços Web. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, USP. São Carlos. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-12092007-155501/en.php>> Acesso dia 20/10/2106 às 20:34

[9]MAGRI, Marcus Pereira, et al. Visão Geral da Solução de IPTV. 2007. 19 f. v.10. n.16 . Revista Ciência e Tecnologia – UNISAL. Disponível em <<http://revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/13/26>> Acesso dia 25/02/2017 às 11:03

[10]UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA – UNISANTA. Qualidade de serviços (QOS) em Redes IP, Princípios Básicos, Parâmetros e Mecanismos. Prof. Dr. Joberto. Disponível:<http://professores.unisanta.br/santana/downloads/Telematica/Com_Dados_2/Texto%20QoS_IP_Itelcon.pdf>. Acesso dia 09/07/2016 às 09:59hs

[11]BARROS, Jorge Luiz Silva. Proposta de Método para Análise Técnica de Rede para Implantação de Serviços IPTV. 2011. 82 f. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Departamento de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3141/tde-02042012-52954/en.php>>. Acesso dia 09/07/2016 às 11:05hs

[12]Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL. IPTV: Protocolos Utilizados. Disponível em:<<http://docplayer.com.br/18667411-Iptv-protocolos-utilizados.html>> Acesso dia 02/10/2016 às 21:52hs

[13]GUIMARÃES, Vinícius Tavares. Amostragem Aleatória Estratificada Adaptativa para Identificações de Fluxos em Redes Convergentes. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – PUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em

<<http://meriva.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3158/1/000390449-Texto%2bCompleto-0.pdf>>. Acesso dia 10/10/2016 às 10:44

[14]ARDEOLA, Fábio Ribas. Qualidade de Serviço em Redes IP - Serviços Diferenciados. 2001. 128 f. Dissertação (Mestre em Ciências da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2828/000326612.pdf?sequen ce=1>> Acesso dia 29/11/2016 às 23:19

[15]CRUZ, Rafael J.; ARANHA, Diego F. Análise de segurança em aplicativos bancários na plataforma Android. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas. Disponível em<<http://sbseg2015.univali.br/anais/WTICG/artigoCompletoWTICG02.pdf>> Acesso dia 14/10/2016 às 10:26

[16]MARELLO, Hugo Gonçalves. Ataques de Negação de serviço explorando PFS no SSL/TLS: um estudo de viabilidade. 2014. 59 f. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação) – Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília. Brasília. Disponível em:<http://bdm.unb.br/bitstream/10483/8007/1/2014_HugoGoncalvesMarello.pdf> Acesso dia 14/10/2106 às 11:18

[17]SILVA, Carlos Alexandre Gouvêa da. Método para atenuar a degradação da qualidade em vídeo streaming sobre IP utilizando redundância seletiva e transferência Multicaminho. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponível<<http://docplayer.com.br/5578053-Universidade-federal-do-parana-carlos-alexandre-gouvea-da-silva.html>> Acesso dia 16/10/2106 às 20:56

[18]PURKOTE, Francisco Hamilton; SCHAIDT, Jeverson. Percepção dos Usuários da Qualidade dos Serviços Ofertados de TV por Assinatura. 2014. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) – Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3971/1/CT_COTEL_2014_2_05.pdf> Acesso dia 10/10/2016 às 11:43

[19]ZAPATER, Marcio Nieblas. Econômica da Introdução de serviços IPTV por Operadoras de Telecomunicações. 2007. 287 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../Dissertacao_IPTV_Marcio_Zapater_Revisada.pdf> Acesso dia 02/10/2016 às 22:18hs

[20]KLASSEN, Daniel Mauricio. Implementação de um Suavizador de Tráfego para melhoria da qualidade de experiência em Sistemas IPTV. 2013. 71 f. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em <<http://www.eletrica.ufpr.br/pedroso/Monografias/TCC-DanielKlassen.pdf>> Acesso 10/10/2016 às 16:09

[21]MELO, José Coelho de. Estudo da Utilização de Mecanismos de QoS em Redes com Enlaces de Banda Estreita. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências e Exatas e Tecnológicas Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Eletricidade Ciência da Computação, Universidade Federal do Maranhão. São Luís. Disponível em: <http://www.tedebr.ufma.br/tde_arquivos/10/TDE-2008-11-07T183818Z-247/Publico/Jose%20Coelho%20de%20Melo.pdf> Acesso 10/10/2106 às 11:18

[22] BENNERTZ, Ederson. Ferramenta para monitoração e gerenciamento de Tráfego em uma Rede Local. 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau. Blumenau. Disponível em:<http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/2014_2_ederson-bennertz_monografia.pdf> Acesso dia 16/10/2016 às 22:40

[23] Curso de Redes de Computadores. Apostila de Internet e Arquitetura TCP/IP, volume I, 2ª ed. Disponível em:<http://www.jairo.pro.br/redesII/tcp_ip.pdf> Acesso dia 16/10/2106 às 23:01

[24]SILVA, Madalena Pereira da. Qualidade de Experiência: Uma Abordagem Interdisciplinar. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em: <<http://retec.eti.br/retec/index.php/retec/article/view/38/38>> Acesso dia 16/10/2016 às 21:07

[25]AZAMBUJA, Marcos Jolbert Cáceres. A IPTV como Modalidade de Educação: um estudo de caso no ensino de engenharia. 2013. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível em:< <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04112014-102639/en.php> > Acesso dia 16/10/2016 às 21:42

[26]RFC 768. Disponível em< <https://tools.ietf.org/html/rfc768> >. Acesso dia 10/10/2106 às 16:21

[27]DUQUE, Luciano Henrique. IPTV: Uma abordagem sobre segurança. 2013. 18 f. Repositório – Centro Universitário de Brasília. Brasília. Disponível em: http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/4281/1/Artigo_IPTV_Seguran%C3%A7a_Luciano_Duque.pdf > Acesso dia 25/02/2017 às 07:30

[28]RFC3550. Disponível < <https://www.rfc-editor.org/rfc/pdf/rfc3550.txt.pdf> >. Acesso dia 25/02/2017 às 07:41

[29]CARAM, João, et al. Arquiteturas para uma Nova Geração de Servidores VoD. 13 f. Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Disponível em < <http://200.131.219.61/publications/2003/sbmidia.pdf> >. Acesso 25/02/2017 às 08:51

[30]JÚNIOR, José Jackson Machado Bacelar. Metodologia para Análise de Tráfego em Redes MPLS. 2008. 79 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia da Computação) – Centro Universitário de Brasília – UNICEB, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia–FAET. Brasília.

Disponível<<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3333/2/20389167.pdf>> Acesso dia 10/10/2016 às 10:17

[31]Instituto Nacional de Tecnologia da Informação. Disponível em < <http://www.iti.gov.br/noticias/iti-na-midia/1342-entendendo-a-certificacao-digital> > Acesso dia 05/04/2107 às 00:04