

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS, GERÊNCIA E
SEGURANÇA DE REDES DE COMPUTADORES

GERSON PRETO

**Rede MPLS, Tecnologias e Tendências de
Evoluções Tecnológicas**

Trabalho de Conclusão apresentado como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Especialista

Prof. Dr. Juergen Rochol
Orientador

Prof. Dr. Sérgio Luis Cechin
Prof. Dr. Luciano Paschoal Gaspar
Coordenadores do Curso

Porto Alegre, novembro de 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Aldo Bolten Lucion

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenadores do Curso: Profs. Sérgio Luis Cechin e Luciano Paschoal Gaspary

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Orientador e também a minha família, Jaqueline Vier da Silva, minha esposa, e Tiago Vier Preto e a Manuela Vier Preto, meus filhos, que sempre me apoiaram me ajudando a prosseguir e concluir mais essa etapa em minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	5
LISTA DE FIGURAS.....	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1 MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)	9
1.1 Objetivos.....	10
1.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 Motivação	10
2 CARACTERÍSTICAS, BENEFÍCIOS E VANTAGENS DA REDE MPLS.....	11
2.1 O que é o MPLS?	11
2.2 Benefícios do MPLS.....	12
2.2.1 Gerência:	12
2.2.2 Desempenho:	12
2.2.3 Segurança:.....	12
2.2.4 Escalabilidade:	12
2.2.5 Alta Disponibilidade:	12
2.3 Serviços do MPLS.....	13
2.3.1 Topologias de VPN´s:.....	13
2.3.2 VPN´s L3 MPLS:.....	14
2.3.3 VPN´s L2 MPLS:.....	16
2.4 Funcionamento da Rede MPLS.....	16
2.4.1 Comutação MPLS – comutação por Label:	17
2.4.2 Arquitetura MPLS:	18
2.4.3 Funcionamento das IP VPN´s em MPLS	19
2.5 QoS(Quality of Service) em Rede MPLS.....	20
2.5.1 Modelo Diff Service(Differentiated Services).....	20
2.5.2 Classificação no Modelo Diff Service	21
2.5.3 Modelo DSCP(Differentiated Services Code Point).....	22
2.6 Metro Ethernet e Ethernet sobre MPLS	23
2.6.1 MAN Ethernet.....	24
2.6.2 MAN Ethernet Baseada em MPLS	24
2.7 NG-SDH(Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy)	26
3 REDES NGN (NEXT GENERATION NETWORK) E CONVERGÊNCIA DE SERVIÇOS.....	29
4 CONCLUSÃO – CENÁRIOS FUTUROS PARA REDES DE TELECOMUNICAÇÕES DE PROVEDORES DE SERVIÇOS E SEUS USUÁRIOS FINAIS	34
REFERÊNCIAS.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MPLS	Multiprotocol Label Switching
QoS	Quality of Service
VoiP	Voice over Internet Protocol
NGN	Next Generation Network
CVPs	Circuitos Privativos Virtuais
MAN	Metropolitan Area Network
IP VPN	Internet Protocol – Virtual Private Network
NG-SDH	Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy
VPN L3 MPLS	Virtual Private Network - Level 3 - MPLS
VRF	VPN Routing ad Forwarding Table
LSP	Label Switched Path
SIP	Session Initiation Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
Wi-fi	Wireless Fidelity ou WLAN
WLAN	Wireless Local Area Network
LER	Label Edge Router
ELSR	Edge Label Switch Router
LSR	Label Switch Router
OAM	Operação, administração e manutenção
EVC	Ethernet Virtual Circuit
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Topologias MPLS	13
Figura 1.2: VPN L3 PE-based: MPLS.....	14
Figura 1.3: VPN L3 CE-based: MPLS	15
Figura 1.4: Exemplo de VPN L3 e VRF	16
Figura 2.4: Estrutura do Label da Arquitetura MPLS	17
Figura 2.5: Arquitetura MPLS	18
Figura 2.6: Diagrama simplificado dos mecanismos de QoS.....	21
Figura 2.7: Modelos de Aplicações	26
Figura 2.8: Meios de Transmissão, Protocolos e Serviços para NG-SDH.....	27
Figura 2.9: Arquitetura NG-SDH	27
Figura 3.1: Diagrama NGN e integração de Sistemas de Redes Fixas e Móveis	31
Figura 3.2: Arquitetura NGN e seus subsistemas.....	33
Figura 3.3: Visão Macro: Arquitetura NGN, redes de acesso, redes de transportes, Backbones e interconexões.....	33

RESUMO

A Rede Núcleo de Dados *Multiprotocol Label Switching(MPLS)* é uma tecnologia consolidada no BackBones IP das Operadoras de Telecomunicações no Mercado Brasileiro, que possibilita a transição de tecnologias de Rede Núcleo mais antigas, como por exemplo, Frame-Relay, e além disso, possibilita agregar novos tipos de serviços e também como essa tecnologia é baseada em Protocolo IP permite a diminuição contínua dos custos referentes a tais Redes.

Esta tecnologia será uma das bases da nova Rede Pública de Telecomunicações, o futuro das Rede Núcleo. Existem várias vantagens em relação a Rede MPLS: prover Engenharia de Tráfego, VPN, e facilitar a implantação de QoS na rede.

Este trabalho visa estudar a tecnologia da Rede MPLS e também analisar como evoluirá essa tecnologia e qual será a tendência de evolução das mesmas para Provedores de Serviços de Telecomunicações e seus usuários finais. Tais estudos e análises visam estabelecer conhecimentos sobre tais tecnologias, processos e os consequentes benefícios de sua utilização em ambientes corporativos.

Palavras-Chave: MPLS, evolução, NGN, tendência.

MPLS Network

ABSTRACT

The Network Data Center Multiprotocol Label Switching (MPLS) technology is a consolidated IP backbone of the telecommunications operators in the Brazilian market, which enables the transition of technology from Network Core older, such as Frame-Relay, and furthermore, allows adding new types of services and how this technology is based on IP protocol allows for the continuous decline in costs relating to such networks.

This technology will be one of the foundations of the new public telecommunications network, the future of the Network Center. There are several advantages over MPLS Network: providing Traffic Engineering, VPN, and facilitate the deployment of QoS in the network.

This paper aims to study the technology of MPLS Network and also examine how this technology will evolve and what is the trend of development of the same for Telecommunications Service Providers and their end users. Such studies and analysis to establish knowledge about such technologies, processes and the resulting benefits of their use in corporate environments.

Keywords: MPLS, Evolution, NGN, Trend.

1 MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)

A Rede MPLS é uma tecnologia baseada em comutação de pacotes a implantação de múltiplos serviços através da seleção e aplicação de QoS para cada um deles. O serviço principal disponível é o de Redes Privativas Virtuais IP, também chamado de IP VPN.

Algumas das vantagens dos serviços IP VPN em MPLS são que eles aliam: a segurança e o desempenho das Redes Tradicionais, capacidade de suportar tráfegos de voz e multimídia através do uso de técnicas de tratamento de QoS para os mesmos, e flexibilidade das Redes IP's. O cenário de uma rede com QoS é semelhante ao das redes determinísticas, onde a banda reservada para uma determinada aplicação não é utilizada por outra e fica dedicada para aquela aplicação, acarretando mal uso dos recursos.

O tratamento de QoS na Rede MPLS é mais abrangente e permite tratar de maneira diferente até dezenas de classes de serviços, o que a difere de tecnologias convencionais.

Atualmente a Rede MPLS é considerada capaz de oferecer melhores desempenhos totais.

Alguns dos benefícios de uma solução com Rede MPLS são:

- Gerência: facilidade de controlar e visualizar os requisitos de desempenho, disponibilidade, segurança e escalabilidade da Rede;
- Desempenho: garantia da qualidade de serviço(QoS) para diferentes tipos de tráfegos e aplicações;
- Disponibilidade: capacidade de prover acesso ininterrupto aos ativos da rede;
- Segurança: diminui riscos e ameaças as informações e ativos da rede;
- Escalabilidade: capacidade de crescer e se ajustar a novos requisitos, aplicações e topologia da rede, em termos de quantidades, taxas de transmissão e tipos de acesso.

A Rede MPLS pode ser utilizada em vários ramos de negócios e independente do porte da empresa. O MPLS possui muitos diferenciais podendo atender a diferentes níveis de exigência e necessidades.

1.1 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é analisar a tecnologia da Rede MPLS e verificar seu funcionamento, utilização, benefícios e a evolução tecnológica atual da mesma. Além disso, analisaremos qual será a próxima etapa evolutiva dessa tecnologia e como influenciará provedores de serviços e seus usuários finais.

1.2 Objetivos Específicos

O presente trabalho visa detalhar os seguintes itens:

- Funcionamento da tecnologia atual Rede MPLS;
- Estudar e entender a evolução atual e futura dessa tecnologia;
- Analisar e avaliar seus benefícios;
- Identificar serviços, para a tecnologia atual e futura, que podem ser agregados a Rede MPLS;
- Avaliar e propor cenários possíveis de Tecnologias “Core” para Infra-estrutura de Redes de Telecomunicações de Provedores de Serviços.

1.3 Motivação

As principais motivações para o presente trabalho são: avaliar a tecnologia atual e vislumbrar o futuro das Redes de Telecomunicações, tanto a nível de Provedor de Serviços como a nível de usuário final dos Provedores de Serviços. Ou seja, buscamos entender de que forma as Redes Privativas de Dados irão evoluir em relação a infraestrutura e em relação a serviços a serem oferecidos. De posse dessas informações conseguiremos propor cenários futuros de evolução.

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura do trabalho está subdividida da seguinte forma:

No capítulo 2 do presente trabalho temos definições de funcionamento e características da Rede MPLS.

No capítulo 3 do presente trabalho apresentamos a definição de Rede NGN e como será a Convergência de Serviços para a mesma.

No capítulo 4 do presente trabalho tentamos apresentar Cenários Futuros para as Redes de Telecomunicações.

2 CARACTERÍSTICAS, BENEFÍCIOS E VANTAGENS DA REDE MPLS

Para se construir uma infra-estrutura de Rede é necessário planejamento, expertise em projetos, modelagem e análise de informações.

As Redes Privativas permitem ganhos de escala para a comunicação entre vários pontos e devem ser vistas como blocos gerenciáveis e deve ser adaptativa para satisfazer as diferentes demandas.

2.1 O que é o MPLS?

O Multi Protocol Label Switching(MPLS), é uma moderna tecnologia de comutação. Assim como existe a comutação ATM e a comutação IP, o MPLS, que também é chamado de comutação por LABELS, é outra forma de comutar pacotes.

A forma como a comutação por LABELS foi concebida permite a implantação de várias camadas de serviços sobre o Backbone IP. Essa flexibilidade integrada com equipamentos de alto desempenho, torna essa tecnologia melhor adaptável a vários tipos de demandas e ambientes, principalmente à necessidade cada vez maior de melhor desempenho e aumento de banda solicitado por novas aplicações.

Na camada de serviços do MPLS alguns se destacam, como o IP VPN com QoS que implementa a construção de redes corporativas seguras e convergentes, capazes de distinguir e tratar, de forma diferenciada, aplicações com diferentes tipos de requisitos e desempenhos

A conceituação de redes convergentes refere-se à concentração de diferentes serviços, tais como voz, dados e multimídia, sobre uma única plataforma de rede. Dessa forma, essas redes podem simplificar a estrutura operacional e possibilitar redução de custos.

No ambiente de serviços públicos chamados de NGN, as redes públicas unificadas serão capazes de proverem telefonia, acesso à internet, formação de VPN's e acesso a conteúdos através de diversos tipos de terminais, sejam eles: telefones, computadores, computadores de mão ou "smartphones". (KNIGHTSON, 2005).

Tanto para redes corporativas convergentes como para redes convergentes públicas ou NGN, o MPLS será a tecnologia de núcleo utilizada nos Backbones IP.

2.2 Benefícios do MPLS

O MPLS apresenta uma série de características que potencializam em muito alguns benefícios para os serviços que suporta. (SANTOS, 2005).

Alguns dos benefícios de uma solução com Rede MPLS são:

2.2.1 Gerência:

Simplifica a Administração de T.I., visto que provê um sistema de comunicação inteligente, porque: é mais eficiente que tecnologias anteriores para crescer e reduzir pontos da rede(escabilidade); garantir qualidade de aplicações convergentes(desempenho); estabelecer mecanismos de “Disaster Recover”(alta disponibilidade); e de segurança;

2.2.2 Desempenho:

- Qualidade de serviço(QoS): os Backbones IP’s(MPLS) atualmente estão preparados implementar QoS para diferentes tipos de tráfegos-voz, dados e multimídia;

- Altas velocidades no núcleo da rede: a disponibilização de altas velocidades no “Core” da Redes de Telecomunicações das Operadoras possibilita a convergência de serviços;

- Multicast: permite aproveitamento da banda e facilita implantação de aplicações “multicast”

- MPLS é implantado em roteadores criando um Backbone MPLS: na maioria dos casos as operadoras de telecomunicações implantaram MPLS nos mesmos roteadores que formam o Backbone Internet, transformando os Backbones Internet em um Backbone Multiserviço.

2.2.3 Segurança:

A comutação por LABELS, que utiliza o conceito de comutação de circuitos ou “Label Switch Path”(LSP), isola os serviços do Backbone.

2.2.4 Escabilidade:

- O MPLS é de natureza peer-to-peer: com flexibilidade alta para (re)configurar topologias. A adição de um novo site(ponto de rede) não irá interferir na configuração do restante da rede, mas apenas nesse ponto da rede.

- Flexibilidade de Acessos: O MPLS permite o acesso de diversos tipos de interfaces e protocolos da camada 2. O acesso à camada de serviços MPLS pode ser via Frame-Relay, E1, SDH, Xdsl, MetroEthernet, GPRS, WiFi, e WiMax.

2.2.5 Alta Disponibilidade:

Os backbones MPLS possuem alta disponibilidade devido à facilidade de definir rotas alternativas de tráfego e do rápido re-roteamento do tráfego para caminhos alternativos através do Traffic Engineering(aplicação de gerência de tráfego para provedores de serviços).

2.3 Serviços do MPLS

O principal serviço do MPLS é o serviço de VPN, que podem ser de topologia lógica Full-mesh ou Hub and Spoke, normalmente. O MPLS permite dois tipos de serviços: VPN's L3 e VPN's L2. (SANTOS, 2005).

2.3.1 Topologias de VPN's:

Em redes de comunicações, a topologia é o estudo do posicionamento dos componentes da rede. A topologia física está associada ao posicionamento físico desses componentes, ou como estão interconectados. A topologia lógica está associada roteamento utilizado entre esses componentes, ou como esses componentes se vêem na rede.

- A Topologia Full-Mesh é quando essa topologia é empregada, uma das implicações diretas é que o roteador utilizado no centro da rede não precisará mais comutar o tráfego entre filiais e também não precisará centralizar as informações de roteamento.

- Topologia Hub-and-Spoke: essa topologia é normalmente utilizada quando se deseja implementar um nível de segurança maior, forçando o tráfego entre filiais a passar pela matriz.

- Topologia Mista: essa topologia é a integração das topologias Full-Mesh e Hub-and-spoke.

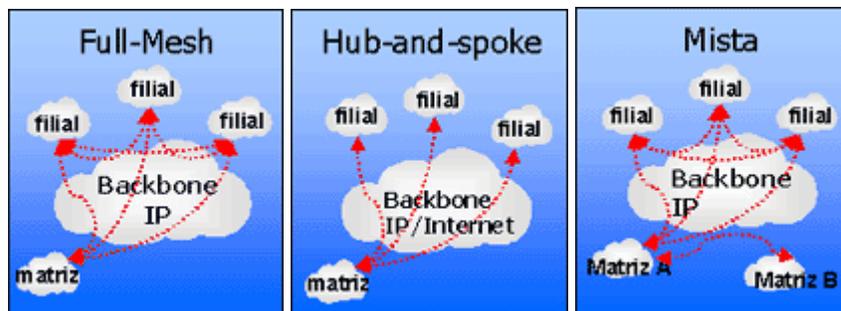


Figura 1.1: Topologias MPLS

2.3.2 VPN's L3 MPLS:

Denomina-se VPN L3 as redes privadas do tipo IP VPN. Essas redes operam na camada 3 do modelo OSI. Nessas VPN's a rede se comporta como uma rede IP de roteadores virtuais dedicados a ele. Essas VPN's podem ser: do tipo PE-based (provedor de comunicações é responsável pelo encaminhamento e rotas dentro da rede) e do tipo CE-based (onde o contratante desse tipo de rede junto a um provedor de comunicações é responsável pelo encaminhamento e rotas dentro da rede). (KUROSE; KEITH, 2007).

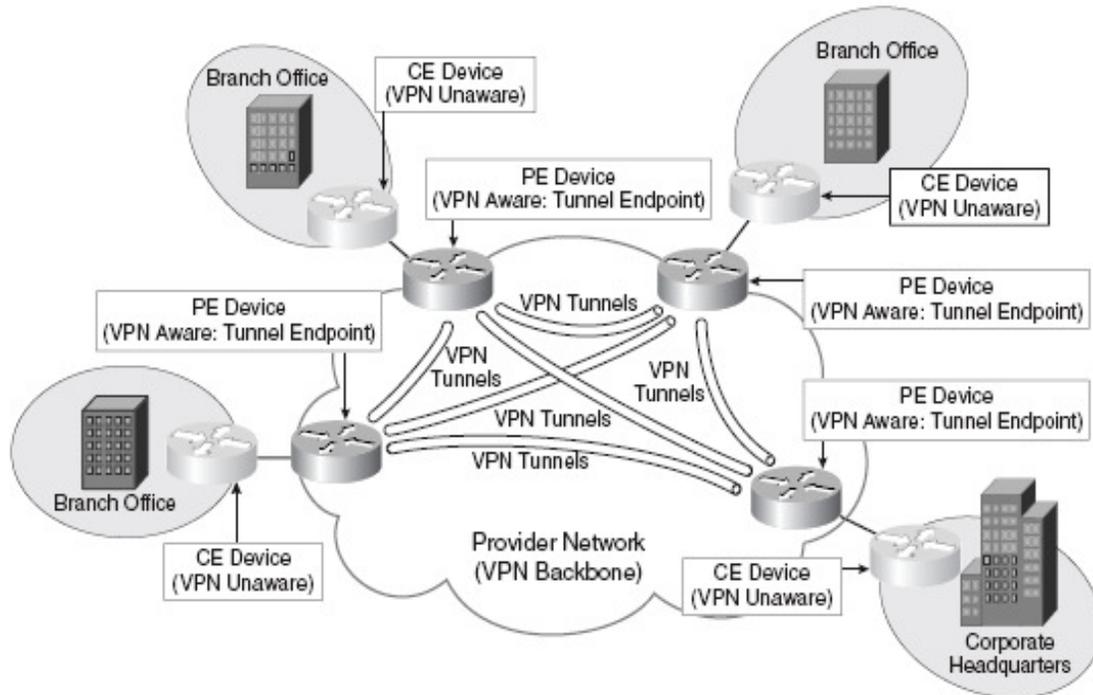


Figura 1.2: VPN L3 PE-based: MPLS (KUROSE; ROSS, 2007)

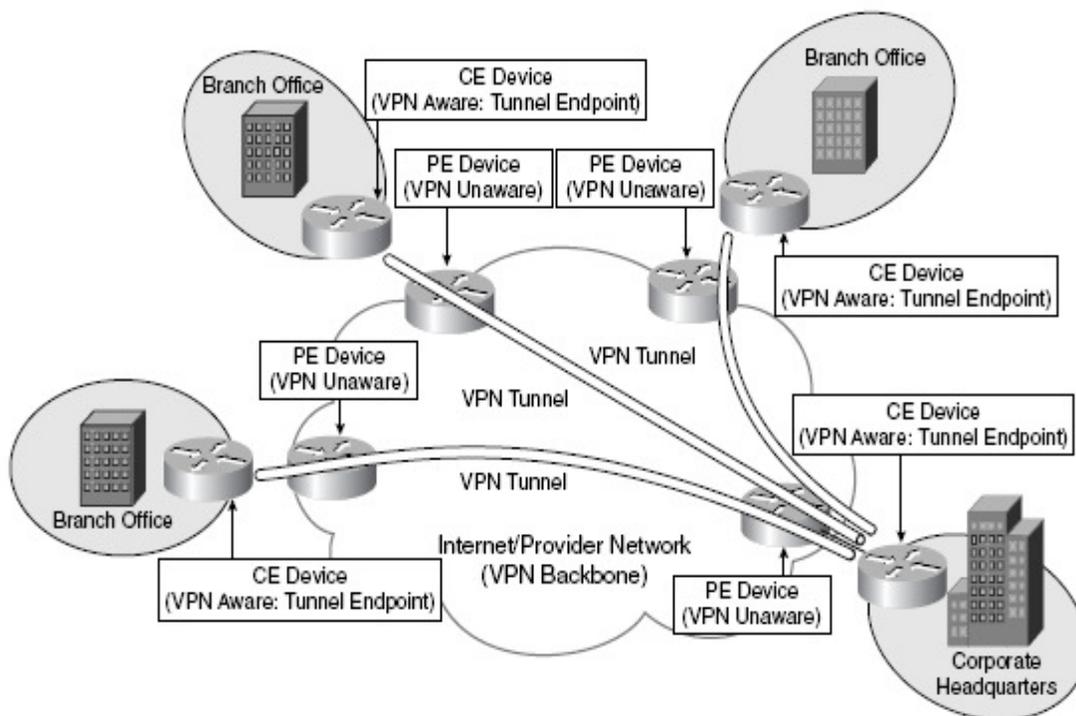


Figura 1.3: VPN L3 CE-based: MPLS (KUROSE; ROSS, 2007)

As VPN's L3 MPLS possibilitam troca de protocolos de roteamento entre os roteadores cliente e os roteadores do Backbone. O CE, nas VPN's MPLS, estabelece "peer" com o roteador do backbone. O roteador do backbone, no qual se liga o CPE, é chamado PE – Provider Edge.

A partir do momento em que os roteadores do cliente(CE) começam a trocar protocolos de roteamento com o backbone, esse passa a conhecer o endereçamento IP do cliente, para todos os sites e define então o melhor caminho de um site a outro.

Os pacotes que vão de um site para outro seguirão o melhor caminho no backbone, seguindo direto para o endereço IP destino não passando, necessariamente, pela matriz. A IP VPN opera de forma a estabelecer conexões tipo any-to-any. A topologia lógica dessas redes contém elementos da Rede da Operadora de Comunicações. (KUROSE; ROSS, 2007).

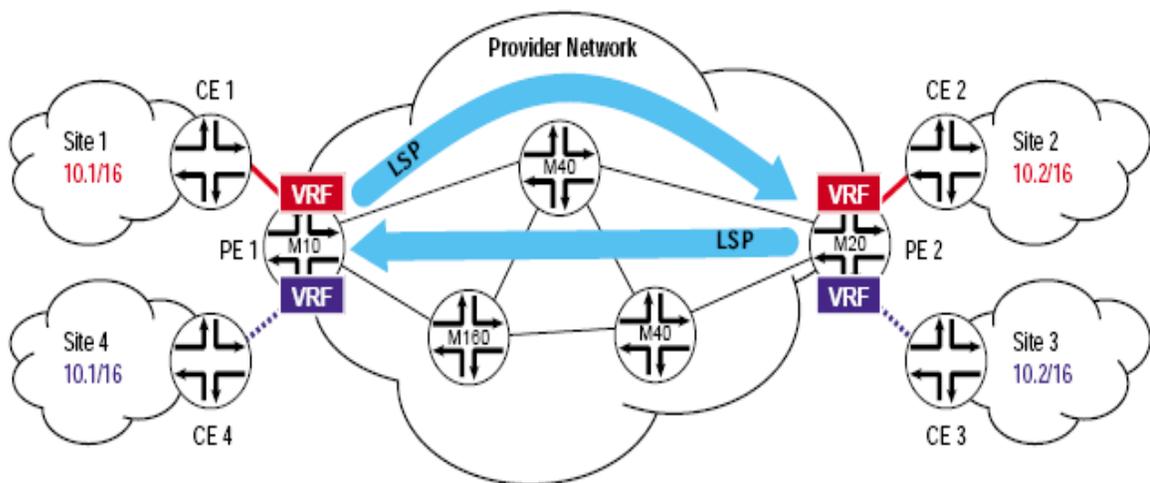


Figura 1.4: Exemplo de VPN L3 e VRF (KUROSE; ROSS, 2007)

Na figura 1.4, é mostrado um diagrama onde demonstra como é executado o roteamento e encaminhamento dentro da Rede MPLS em uma VPN L3, através de VRF que estabelece como serão encaminhados os pacotes pela rede ou qual o caminho será seguido pela LSP.

2.3.3 VPN's L2 MPLS:

Essas VPN's operam na camada 2 do modelo OSI. Nas VPN's L2 o roteador do cliente(CE) troca protocolos de camada de enlace com o backbone, deixando todas as relações de "peering" L3 estabelecidas entre os roteadores cliente(CE). Nesse caso, o protocolo de roteamento "interno" do cliente passam a ser entendidos como enlaces de transmissão. (KUROSE; ROSS, 2007).

O VPN L2 cria para o usuário final uma estrutura virtual de rede privativa que pode ser Frame Relay, ATM, E1 ou Ethernet.

De maneira geral, o VPN L2 também é chamado de AToM, Any Transport over MPLS, indicando a possibilidade de estabelecer, por exemplo, circuitos Frame Relay sobre MPLS ou qualquer outro tipo de protocolo de L2, camada 2 do modelo OSI.

No caso do Frame Relay sobre MPLS são criados CVP's entre sites conectados diretamente a Rede MPLS.

Os serviços VPN L2 possibilitam também, como funciona na camada 2 do modelo OSI, formação de redes de acesso, principalmente acessos MetroEthernet(Ethernet Metropolitano).

2.4 Funcionamento da Rede MPLS

O funcionamento e arquitetura da Rede MPLS são definidas de acordo com a RFC 3031. Essa RFC foi publicada pela IETF com intuito de orientar fabricantes para

padrões das tecnologias do mundo IP. Nos itens a seguir serão detalhados aspectos da arquitetura e funcionamento.

2.4.1 Comutação MPLS – comutação por Label:

Em redes IP podemos definir dois planos de operação: plano de encaminhamento – que contém o processo de comutação e encaminhamento do pacote; e – plano de controle – que contém os processos que definem o caminho do tráfego.

Na Rede MPLS, o processo de comutação busca separar o encaminhamento e comutação de pacotes dos processos que definem como os pacotes serão encaminhados(plano de controle). O plano de controle, em separado do MPLS, permite a integração de vários planos de controle.

A proposta da Rede MPLS é fazer com que os pacotes IP's comutados, a cada nó na camada 3, tenham apenas uma operação de procura na Tabela de Roteamento na entrada da rede e, após isso, sigam em uma via rápida de comutação na camada 2, como nos Switches ATM. Dessa forma, o MPLS cria para cada IP de destino, um caminho L2 de comutação rápida. Esse caminho é chamado de LSB, Label Switch Path, e opera de forma semelhante ao CVP ATM ou DLCI do Frame Relay, porém gerado de forma dinâmica.

De certa forma, podemos dizer que o MPLS combina a velocidade de comutação do ATM com a inteligência do roteamento IP.

Em redes MPLS, CE é o equipamento CPE que se liga diretamente ao Backbone MPLS. Em outras redes, como a Rede Frame-Relay, o equipamento CPE para implementar o nível IP estabelece relações de peering com outro CPE, através de circuitos virtuais. Em Redes MPLS o CE estabelece relações de peering diretamente com o roteador do backbone.

O pacote IP do MPLS possui uma informação adicional que é o LABEL, que é adicionado entre o cabeçalho IP(camada 3) e o cabeçalho 2. Neste caso, ele é chamado de Shim Label.

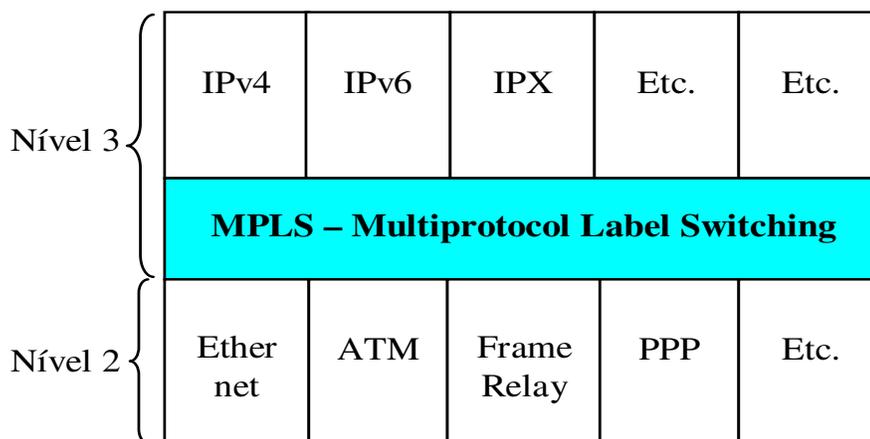


Figura 2.4: Estrutura do Label da Arquitetura MPLS

Quando o pacote IP entra no Backbone IP recebe um Label. A partir desse momento, o pacote é encaminhado baseado no Label e não mais no IP Destino.

2.4.2 Arquitetura MPLS:

Um dos principais conceitos do MPLS é a classe equivalente de encaminhamento FEC (*Forwarding Equivalence Class*) que define o caminho dos pacotes através de rótulos. Para uma FEC particular, a concatenação de caminhos comutados, forma um caminho unidirecional através da rede, conhecido como caminho comutado por rótulo LSP (*Label Switched Path*), ou seja, pacotes pertencentes a uma FEC comum, sempre pegam o mesmo caminho através do domínio MPLS. O LSP consiste de saltos comutados por rótulo "Label Switched Hops" entre pares de LSRs.

A arquitetura MPLS emprega dois tipos principais de roteadores, LSR (*Label Switch Router*) que possuem somente interfaces puramente MPLS, possibilitando enviar o tráfego baseado puramente em rótulos, ou seja, trabalha somente com a camada 2. Para tratar os pacotes vindo das redes IP existe o LER (*Label Edge Routers*), que pode ser de ingresso ou egresso na rede MPLS, dependendo se o pacote está entrando ou saindo do domínio MPLS. Cada LSR e LER mantêm uma base de informação de rótulos conhecida como LIB (*Label Information Base*). A mesma é usada para dar encaminhamento aos pacotes.

Na figura 2.5, logo abaixo, é mostrado um diagrama da arquitetura da Rede MPLS.

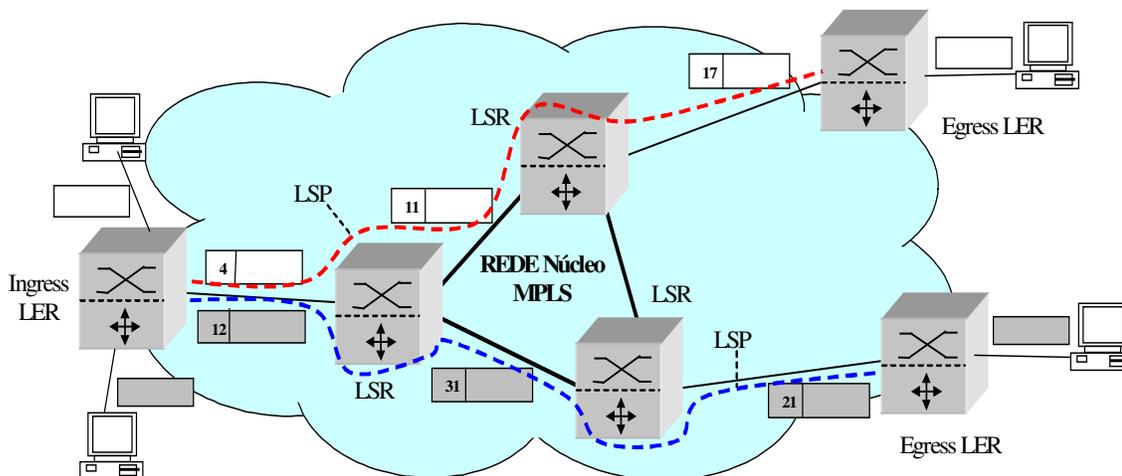


Figura 2.5: Arquitetura MPLS

2.4.2.1 *ELSR – Edge Label Switch Router ou LER (Label Edge Router) ou PE(Provider Edge Router)*

O roteador que insere o label no pacote IP é chamado ELSR-Edge Label Switch Router. O ELSR é a divisa entre a comutação MPLS e IP; onde é inserido Label para seguir até IP destino. No backbone MPLS, não há consulta aos endereços IP's, apenas os Labels são consultados.

Apesar do encaminhamento ser baseado no Label, o MPLS utiliza as informações de controle do IP.

O MPLS não é uma simples tecnologia de comutação, que possui endereçamento e protocolos próprios. O MPLS, apesar de encaminhar pacotes baseado em Labels é capaz de mapear o plano de controle de outro protocolo em seu encaminhamento.

Uma das principais características do MPLS é: o controle das rotas IP's continua sendo realizado por protocolos de roteamento IP, no entanto, o encaminhamento não realiza mais consultas à tabela de roteamento e sim por comutação de labels. Além disso, o MPLS separa plano de controle do plano de encaminhamento de pacotes, possibilitando vários controles, de acordo com as aplicações, em um único encaminhamento baseado em labels.

2.4.2.2 *LSR (Label Switch Router)*

Os LSR's são roteadores de label(que estão na rede núcleo da Rede MPLS) e não precisa ler os endereços IP para encaminhar os pacotes. O LSR apenas lê o Label de entrada e insere uma Label adequado ao pacote na saída, a fim de garantir o correto encaminhamento. Essa operação é chamada de Label Swap.

No interior da rede(núcleo), os pacotes MPLS não mantêm o mesmo Label, diferentemente dos endereços IP's. O Label pode não ser único em toda a rede.

Dentro do núcleo da rede existe a Tabela de Forwarding Equivalent Class (FEC), que estabelece o encaminhamento para pacotes a serem diferenciados dentro do MPLS, através de uma tabela que associa o label de entrada com o IP destino.

2.4.2.3 *LSP (Label Switch Path)*

O LSP é o caminho estabelecido entre a origem e o destino de um pacote MPLS, passando pela núcleo da rede MPLS(LSR e ELSR).

2.4.3 Funcionamento das IP VPN's em MPLS

As portas do PE são diretamente associadas a uma VPN, e dessa maneira o PE cria uma nova tabela de roteamento. Esta tabela também é chamada de VRF. Cada VPN que possua portas em um determinado PE terá uma VRF associada no PE.

A VRF faz parte do plano de controle e de encaminhamento. Os caminhos dos Labels, LSP, serão definidos pela VRF. A VRF deve possuir todas as informações de roteamento utilizadas pela VPN. Cada VPN utiliza sua própria VRF e os CE's de diferentes VPN's podem possuir os mesmos endereços.

No caso de VPN L3 em MPLS, os CE's podem utilizar protocolos de roteamento tradicionais como OSPF, RIP, BGP. O CE estabelece uma relação de peering com o PE,

isto é, o CE informa ao PE as redes e endereços diretamente conectados a ele, enquanto o PE informa ao CE as redes e endereços IP's conectados a todos os demais roteadores CE da respectiva VPN.

Os roteadores PE trocam entre si as informações apreendidas a partir de roteadores CE diretamente ligados. Essa troca é realizada através de protocolo MP-BGP.

2.5 QoS(Quality of Service) em Rede MPLS

Através da aplicação de QoS em uma Rede MPLS é possível obter diferentes aplicações com requisitos diferentes de priorização de desempenho.

QoS é um conjunto de procedimentos e técnicas que são aplicadas desde a origem do pacote, passando pela rede local, até o backbone do provedor, possibilitando a garantia de diversos níveis de desempenho para diversas aplicações.

O QoS é aplicado tanto no Backbone do Provedor de Serviços quanto nos equipamentos do cliente(CE).

2.5.1 Modelo Diff Service

Modelo atualmente mais utilizado para implementar QoS. Nesse modelo a idéia é gerenciar recursos a rede através a criação de classes de serviços que são atendidas em diferentes filas de priorização. Dessa forma, se garante SLA(Service Level Agreement) de cada classe pelos indicadores de desempenho das filas.

O modelo Diff Service define classes de serviços. Ao entrar em uma classe os pacotes recebem o mesmo tratamento, de priorização, em uma rota, fim-a-fim. Em cada nó da rede, o pacote é verificado a que classe pertence e dessa forma recebe o tratamento correspondente a sua classe.

A arquitetura *DiffServ* contém 06 mecanismos básicos para oferecer QoS que são: Classificação, Marcação, Policiamento (*Policing*), Mecanismo de Filas (*Queuing*), *Traffic Shaping*.



Figura 2.6: Diagrama simplificado dos mecanismos de QoS

2.5.2 Classificação no Modelo Diff Service

Serviços Diferenciados (DiffServ) é um modelo em que o tráfego é tratado por sistemas intermediários que se baseiam no campo ToS (tipo de serviços) para estabelecer prioridades dentro da Rede MPLS.

O conjunto de definições de uma determinada classe de service é denominada de classificação. Ela identifica o tipo de tratamento que os pacotes receberão na rede. Os pacotes podem ser classificados por: tipo de aplicação, IP de origem, IP de destino, campo ToS, e porta de origem.

O entrar na rede um pacote é classificado e marcado.

Após o pacote ser classificado ele será marcado com a informação que indicará a sua classe de serviço. A marcação poderá ocorrer no cabeçalho IP, no cabeçalho do nível 2 ou ainda no próprio MPLS.

Depois de marcado, o próximo nó da rede fará a classificação baseado na marcação anterior (nó anterior da rede).

O enfileiramento (queueing) é a base do Diff Service. O pacote de uma classe é separado em filas antes de ser transmitido.

2.5.2.1 Filas

As filas são mecanismos, em relação a componentes da rede, que possibilitam um maior controle sobre o tráfego segundo critérios de classificação pré-definidos possibilitando a diminuição de congestionamentos da rede. A capacidade das filas estão diretamente ligados a capacidade os componentes de rede. Existem muitos tipos de políticas de atendimento de filas (scheduling) das quais podemos citar:

- FIFO – uma fila FIFO(FIRST IN FIRST OUT) é um mecanismo de armazenamento e repasse que não implementa nenhum tipo de classificação. A ordem de chegada dos pacotes é que determina a alocação da banda, e o que chega primeiro é logo atendido. É o tipo mais simples de filas. Esse tipo de fila não é indicada para redes que necessitam aplicar QoS.

- FAIR QUEUEING – nesse tipo de fila, as mensagens são ordenadas por sessões e em cada uma delas se aloca um canal. Essa operação provê uma alocação mais justa da banda entre os fluxos de dados.

- WFQ - Weighted Fair Queueing – implementação CISCO- no algoritmo as filas são esvaziadas de acordo com um mecanismo de varredura cíclica, de forma que, no pior dos casos, as bandas configuradas serão garantidas. Um das filas para esse algoritmo é o LLQ(Low Latency Queue), em que essa fila possui prioridade sobre as demais na comutação.

- Priority Queueing - PQ (enfileiramento prioritário) – a classificação do tráfego de entrada possui quatro níveis de priorização: alta, média, normal e baixa.

- CQ (Custom Queueing) – esse tipo de fila permite especificar um percentual da banda para uma determinada aplicação. O algoritmo CQ controla o tráfego alocando uma determinada parte da fila para cada fluxo classificado.

- Detecção RED - Random Early Detection (detecção randômica antecipada) – mecanismo de prevenção de congestionamento. Esse algoritmo monitora de forma antecipada as funções de controle do TCP de congestionamento, descarta pacotes aleatoriamente e indica para a fonte reduzir a taxa de transmissão. Também existe a WRED, implementação CISCO, que utiliza o método do algoritmo RED com a classificação de pacotes por precedência IP.

Quando acontece o congestionamento em uma rede, o descarte acaba sendo praticamente inevitável, mas dependendo do tipo de filas escolhido isso pode ser bastante minimizado conforme o critério de Diff Service. Para que se tenha um melhor desempenho na rede é necessário, dentre outras itens, escolher a fila mais adequada as necessidades da rede.

2.5.3 Modelo DSCP

O QoS implementado em uma Rede de Telecomunicações normalmente segue um modelo com classes definidas. A maioria dos Provedores de Telecomunicações no mundo não trabalha com mais de 5 classes, embora a tecnologia possibilite a implementação de dezenas de classes.

O modelo sugerido pela RFC 2475 recomenda as seguintes classes:

- EF – Expedited Forwarding – classe de baixo delay, baixo jitter e baixas perdas;
- AF – Assured Forwarding – classe com garantia de atendimento para pacotes dentro do perfil;
- Best Effort – pacotes entregues sem garantia, a qualidade com relação a delay, jitter e perdas depende da utilização dos link's.

O modelo DSCP permite utilização de até 14 classes de serviço. A classe EF, AF e Best Effort, sendo que a classe AF se divide em 12 subclasses de serviços. As classes

AF se subdividem em 4 classes principais: AF1x, AF2x, AF3x, AF4x. Cada uma composta por 3 subclasses. A classe AF1 é formada por: AF11, AF12 e AF13.

O modelo DSCP funciona com 2 conceitos: banda reservada e prioridade de descarte. Para Banda Reservada, pode-se reservar um percentual da banda total da interface para uma das classes EF ou AF. A Prioridade de Descarte refere-se ao descarte em caso de congestionamento dentro de uma banda reservada. No caso da banda reservada para a classe AF3, o descarte de pacotes ocorre antes da AF33 e depois AF32 e AF31, nesta ordem. Pacotes da classe AF11, AF12, e AF13 devem possuir um banda reservada e dentro desta banda são descartados conforme a prioridade.

2.6 Metro Ethernet e Ethernet sobre MPLS

Uma Metro Ethernet é uma rede de computadores baseada no padrão Ethernet e que abrange uma área metropolitana. É comumente usada como um acesso à rede metropolitana de conectar assinantes e as empresas a uma WAN, tal como a Internet. As grandes empresas também podem usar Metro Ethernet para se conectar às suas sucursais Intranet.

Ethernet tem sido uma tecnologia muito utilizada a décadas. Uma interface Ethernet é muito menos dispendioso do que uma interface PDH e SDH da mesma largura de banda. Ethernet também suporta altas bandas com uma boa granularidade, que não está disponível em conexões tradicionais SDH. Outra vantagem de uma rede Ethernet com base em acesso é que pode ser facilmente conectar a rede do cliente, devido à predominância da utilização de Ethernet em redes corporativas e, mais recentemente, redes residenciais. Portanto, trazendo para a Ethernet no Metropolitan Area Network (MAN), introduz uma série de vantagens tanto para o prestador eo cliente (corporativo e residencial).

Um bom prestador de serviços de rede Metro Ethernet possui uma coleção de roteadores e switches de camada 2 ou 3 conectados através de fibra ótica. A topologia poderia ser um anel, hub-and Spoke (star), malha ou integral ou parcial. A rede terá também uma hierarquia: núcleo, distribuição e acesso. O núcleo, na maioria dos casos existentes é uma espinha dorsal baseada em IP e MPLS, mas podem migrar para versões mais recentes formas de Transportes Ethernet, sob a forma de velocidades de 1Gbit/s ou 10Gbit/s.

Ethernet em redes MAN pode ser utilizada como Ethernet sobre SDH, Ethernet sobre MPLS ou Ethernet sobre DWDM. Implementações baseadas em SDH são úteis quando já existe uma infra-estrutura, a sua principal limitação é a perda de flexibilidade na gestão de banda devido à rígida hierarquia imposta pela rede SDH.

2.6.1 MAN Ethernet

Uma MAN baseada em Ethernet utiliza apenas 2 opções para todas as camadas da sua estrutura interna. Isto permite um design muito simples e barato e também uma simples configuração inicial. A tecnologia Ethernet original não foi bem adaptada para um provedor de serviços de telecomunicações; como uma rede de mídia compartilhada, a qual impossibilitava implementar circuitos privativos. As Ethernet MANS começaram a se tornar viáveis no final dos anos 90, devido ao desenvolvimento de novas técnicas para permitir o tráfego de encapsulamento transparente através da utilização de VLANs como: circuitos "ponto a ponto" ou "multiponto a multiponto". Combinadas com novas funcionalidades, tais como Empilhamento de VLAN Tagging, e VLAN Translation. Isso tornou possível isolar o tráfego de vários clientes, a partir do núcleo de rede interna para sinalização de tráfego. No entanto, Ethernet está em constante evolução e tem agora funcionalidades de classe de transporte("carrier") com a recente adição do IEEE 802.1ad e IEEE 802.1Qay.

2.6.2 MAN Ethernet Baseada em MPLS

Normalmente a utilização de uma MAN Ethernet baseada em MPLS pode ser aplicada por um Provedor de Serviços de Telecomunicações. O assinante(cliente final de serviços) terá uma interface Ethernet sobre par metálico(100BASE-TX) ou fibra óptica(100BASE-FX). Os pacotes Ethernet do cliente serão transportados ao longo do MPLS e o Provedor de Serviços de Telecomunicações de rede utiliza novamente como a tecnologia subjacente a rede MPLS para transporte. Então, dessa forma, a Ethernet está sendo transportada sobre MPLS, Ethernet over MPLS.

A sinalização Label Distribution Protocol (LDP) é usada sinalização em cada um dos nós da rede para label interno(VC Label) e Protocolo de Engenharia de Tráfego Resource-ReserVation (RSVP-TE) que é usado como sinalização da rede para o label exterior.

As principais vantagens de uma MAN Ethernet baseada em MPLS comparado com uma MAN de Ethernet pura:

- Escalabilidade: uma MAN de Ethernet pura é limitada a um máximo de 4096 VLANs para toda a rede, quando se utiliza MPLS, VLANs Ethernet têm apenas significado local (como CVPs Frame Relay). As mesmas considerações de escalabilidade se aplicam quando todos os endereços MAC Ethernet, em uma MAN de Ethernet pura, estão sendo compartilhados com a rede local, embora apenas tenham significado no contexto do MPLS.

- Resiliência: a resiliência de uma MAN de Ethernet pura se baseia em STP ou RSTP (30 para 1 seg convergência), enquanto MAN Ethernet baseada em MPLS utiliza

mecanismo baseado em MPLS (ie “MPLS Fast Reroute”) visando a alcançar o tempo do SDH (50 milisegundos) de tempo de reconfiguração.

- Convergência Multiprotocolos: com a maturidade padrões (VLL ATM, FR VLL, etc), uma MAN Ethernet baseada em MPLS pode não apenas transmitir a circulação IP / Ethernet, mas virtualmente qualquer tipo de tráfego proveniente de clientes ou de outras redes de redes de acesso(ou seja, Agregação ATM para o UMTS).

- Fim-a-Fim OAM: MAN Ethernet baseada em MPLS oferece um conjunto vasto de ferramentas baseadas em MPLS OAM que enriquecem a capacidade de Provedores de Serviços de Telecomunicações de diagnosticar e resolver de forma efetiva e rápida os problemas da rede.

Além disso, diversos serviços de acesso podem ser fornecidos com Metro Ethernet inclusive, o acesso à Internet de Alta Velocidade e acesso IP / VPN.

Há uma grande quantidade de fornecedores de equipamentos para implantação de uma Rede Metro Ethernet. Podemos citar alguns fornecedores: ADTRAN, a Alcatel-Lucent, DATACOM, Ericsson, C-COR, Cisco, Ethos Networks, Extreme Networks, Foundry Networks, Huawei, Nortel Networks, Tellabs, ZTE, Alcatel, Juniper Networks e muitos mais.

Em junho de 2002, HKBN construiu a maior rede Metro Ethernet IP no mundo, cobrindo 1.2 milhões de lares.

No final de setembro 2007, Verizon Business anunciou que está implementando uma solução Metro Ethernet através da Ásia-Pacífico, incluindo Austrália, Singapura, Japão e Hong Kong utilizando equipamentos Nortel.

A maior e mais desenvolvida Rede Metro Ethernet Privada Baseada em MPLS está no Quênia. Atingindo mais de 5000 entidades empresariais, a Rede de Dados do Quênia fornece Serviços aos usuários através equipamentos de acesso Alcatel e Siemens.

O Metro Ethernet Forum (MEF), definiu dois tipos de serviços que podem ser entregues através de Metro Ethernet:

2.6.2.1 *E-line*

E-Line também é conhecida como EVC.

EVC é uma maneira de estabelecer comunicação Ethernet ponto a ponto sobre redes baseadas em IP e MPLS.

2.6.2.2 *E-LAN*

E-LAN é uma maneira de estabelecer comunicação Ethernet multiponto-multiponto sobre redes IP / MPLS. Permite “sites” geograficamente dispersos para compartilhar uma conexão de domínio “broadcast” Ethernet conectando “sites” através de “pseudowire”(PW). As tecnologias que podem ser utilizadas como “pseudowire” pode

ser Ethernet sobre MPLS, L2TPv3 ou GRE. Existem duas normas RFCs IETF (RFC 4761 e RFC 4762) descrevendo VPLS.

VPLS é uma tecnologia de Rede Privada Virtual (VPN). Em contraste com as VPNs MPLS de camada 2 ou L2TPv3, que só permitem túneis de camada 2 ponto a ponto, VPLS permite conectividade multiponto-multiponto.

Em uma VPLS, a LAN (Local Area Network) em cada “site” é estendida até a borda do provedor de rede. O provedor de rede, por sua vez, emula uma “bridge” ou “switch” para conectar todas as LANs do cliente.

2.7 NG-SDH

A Hierarquia Digital Síncrona (SDH) é uma tipo de transmissão síncrona, estruturada, contínua, e determinística, para transporte de tráfego telefônico (Voice Centric) suportado por fibras ópticas.

Próxima Geração Sonet / PDH e SDH (GN-NG-SONET/SDH e PDH) são duas soluções desenvolvidas para suportar a transferência eficiente de pacotes de dados através da rede de telecomunicações existentes. No entanto, estas tecnologias foram ineficientes com relação a capacidade de transferência de pacotes de dados.

O Next Generation SDH fornece um meio padronizado para encapsulamento de tráfego de dados, adaptado ao SDH, que é um tráfego tipicamente em rajadas, ou seja, assíncrono, dentro da estrutura SDH/Sonet.

Na figura 2.7 abaixo são mostrados, simplificados, os níveis 1, 2 e 3, comparativamente, do modelo OSI, de algumas das arquiteturas de infra-estrutura de Rede comparadas com NG-SDH:

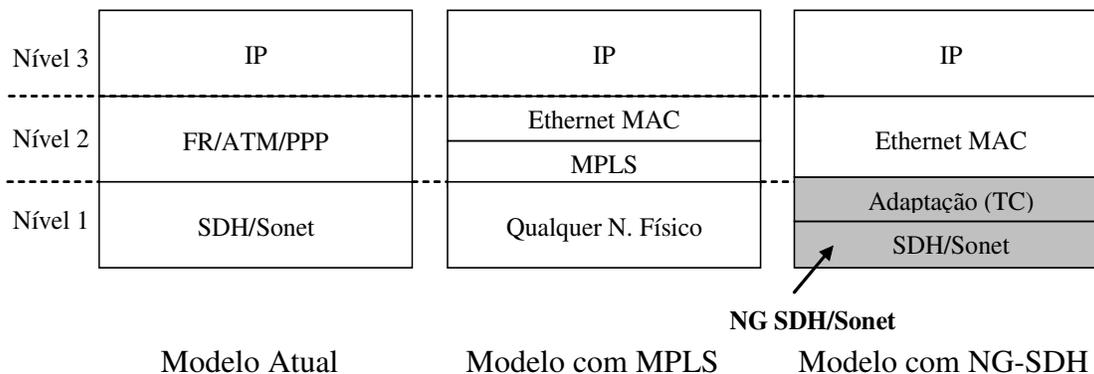


Figura 2.7: Modelos de Aplicações

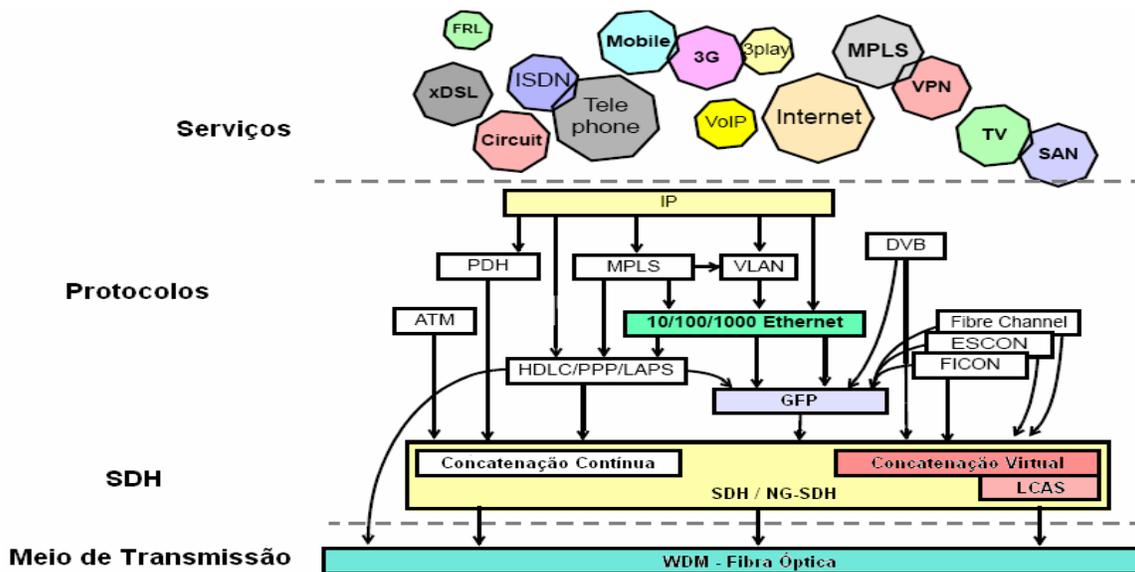


Figura 2.8: Meios de Transmissão, Protocolos e Serviços para NG-SDH (CARVALHO, 2007)

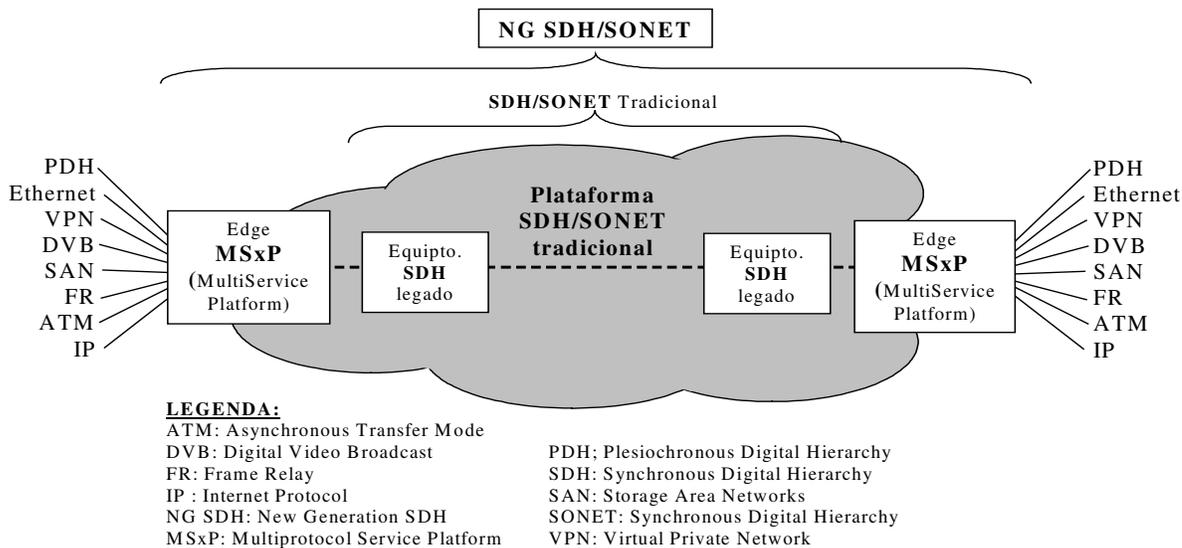


Figura 2.9: Arquitetura NG-SDH

A introdução de três novas tecnologias proporcionou uma solução mais eficiente:

- GFP (Generic Framing Procedure ou Procedimento Genérico de "Framing")(ITU-T G.7041 GFP) : Mecanismo robusto e padronizado de encapsulamento para transporte de dados sobre SDH/Sonet. GFP Executa adaptação de taxa de bit e pode controlar atraso e prioridade, definição de canais e submultiplexação.

GFP é um método de encapsulamento para transportar pacotes de dados sobre redes baseadas em comutação de circuitos. Existem duas versões:

GFP-F - uma versão para o transporte de "Frame" de dados, como IP, MPLS, Ethernet etc.

GFP-T - Uma versão codificada de bloco transparente para transporte de dados não-enquadrados, normalmente usado para armazenamento protocolos como ESCON, FICON, Fiber Channel etc.

- VCAT (Virtual Concatenation) (Concatenação Virtual) (ITU-T G.707 VCAT para Sonet / SDH): É um mecanismo que assegura granulosidade de banda às aplicações ao invés de provisionamento exponencial da concatenação contígua por canais padrões.

- LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme)(Esquema de Ajuste de Capacidade do Link (ITU-T G.7042 LCAS): Um mecanismo que permite modificar dinamicamente o VCAT alocado, adicionando ou removendo componentes de uma tubulação (canal) em uso. LCAS também é usado para implementar diversidade para melhorar a resiliência de tráfego.

Para o NG-PDH, as mesmas tecnologias são utilizadas para o transporte de dados por pacotes ao longo das conexões PDH. As normas relevantes são extensões:

GPF para Ethernet sobre NG-PDH (ITU-T G.8040)

VCAT para Ethenet sobre NG-PDH (ITU-T G.7043)

LCAS para Ethernet sobre NG-PDH (ITU-T G.7042)

3 REDES NGN (NEXT GENERATION NETWORK) E CONVERGÊNCIA DE SERVIÇOS

NGN é um termo amplo para designar algumas evoluções nas arquiteturas de telecomunicações e redes de acesso de núcleo que será implantado ao longo dos próximos 5-10 anos. A ideia geral é que uma rede NGN transporta todas as informações e serviços (voz, dados e todos os tipos de mídia) encapsulados por estes pacotes. NGNs são normalmente construídas baseadas no Protocolo de Internet, e, portanto, o conceito de "all-IP"(tudo IP) é também por vezes utilizado para descrever a transformação rumo a NGN.

Segundo a ITU-T definição de NGN é:

A Next Generation Network (NGN) é um rede baseada em pacote capaz de prestar serviços, incluindo os Serviços de Telecomunicações, e capaz de fazer uso de múltiplas banda, com capacidade de prover QoS para tecnologias de transporte e na qual as funções relacionadas com serviços são independentes das tecnologias de sobreposição de transporte. Suporta a mobilidade generalizada e consistente.

De uma perspectiva pragmática, NGN envolve três principais mudanças de arquitetura que precisam ser vistas separadamente:

Na rede básica, NGN implica uma consolidação de várias redes (dedicado ou superposição) de transportes historicamente construídas para cada serviço diferente em um núcleo de transportes (muitas vezes baseadas em IP e Ethernet). Implica, entre outras coisas, a migração de voz a partir de uma arquitetura de circuitos comutados (PSTN) para VoIP, e também migração do legado de serviços, tais como X.25, Frame Relay para um novo serviço como VPN IP, ou migração técnica por emulação do "serviço legado" para as NGN.

Na rede de acesso por cabo, NGN implica a migração da voz para ser configurada por acessos xDSL para que se possa convergir os DSLAMs (do inglês Digital Subscriber Line Access Multiplexer) para integrar portas de voz ou VoIP, permitindo a substituição da infra-estrutura de voz atual.

Na rede de acesso por cabo, convergência NGN implica migração dos padrões atuais para voz (PSTN) para serviços baseados em Protocolo IP (VoIP, SIP, H323).

Next Generation Networks são baseadas em tecnologias Internet, incluindo IP (Internet Protocol) e Multiprotocol Label Switching (MPLS). No nível do aplicativo, Session Initiation Protocol (SIP) parece estar prevalecendo sobre o ITU-T H.323.

Inicialmente H.323 foi o protocolo mais popular, mas a popularidade diminuiu com o tempo devido a sua dificuldade em atravessar NAT e firewalls. Por esta razão serviços de VoIP e SIP têm sido desenvolvidos e amplamente adotados. No entanto, em redes de voz quando tudo está sob o controle do Provedor de Telecomunicações, muitas das maiores operadoras utilizam o protocolo H.323 para os backbones. Então realmente SIP é uma ferramenta útil para o "enlace local" e H.323 pode ser utilizado nos Backbones. Com as mais recentes alterações introduzidas para H.323, é agora possível para dispositivos com H.323 cruzarem com facilidade dispositivos de NAT e firewall, abrindo a possibilidade para que H.323 possa voltar a ser adotado novamente nos casos em que tais dispositivos dificultavam a sua utilização anteriormente. No entanto, a maioria dos Provedores de Telecomunicações estão pesquisando e apoiando SIP, que possibilita uma grande chance de ser o protocolo mais amplamente adotado.

Para aplicações de voz de um dos dispositivos mais importantes da NGN é o Softswitch - um dispositivo programável que controla as chamadas Voz sobre IP (VoIP). Ela permite a integração de diferentes protocolos dentro NGN. A função mais importante da Softswitch é criar a interface com a rede de telefonia existente, PSTN, através de Gateways de sinalização (SG) e "Media Gateway" (MG). No entanto, o termo Softswitch pode ser definido de maneira diferente pelos diversos fabricantes de equipamento e ter diferentes funções.

Podemos encontrar muitas vezes o termo Gatekeeper NGN na literatura. Este era originalmente um dispositivo VoIP, que converte (usando gateways) voz e dados a partir de comutação de circuito analógico ou digital (PSTN, SS7) para comutação baseado em pacote (IP). É controlado por um ou mais gateways. Inicialmente este tipo de dispositivo era denominado de "Media Gateway Control Protocol" (e similares), posteriormente o nome foi alterado para o "Media Gateway Controller" (MGC).

O "IP Multimedia Subsystem" (IMS) é um padrão para Serviços de Mídia para Internet definida pelo Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações (ETSI) e do "3rd Generation Partnership Project" (3GPP). A figura 3.1, mostra um diagrama simplificado da integração do IMS com Redes de Telefonia Fixa e Móveis e a integração com tecnologias de acesso.

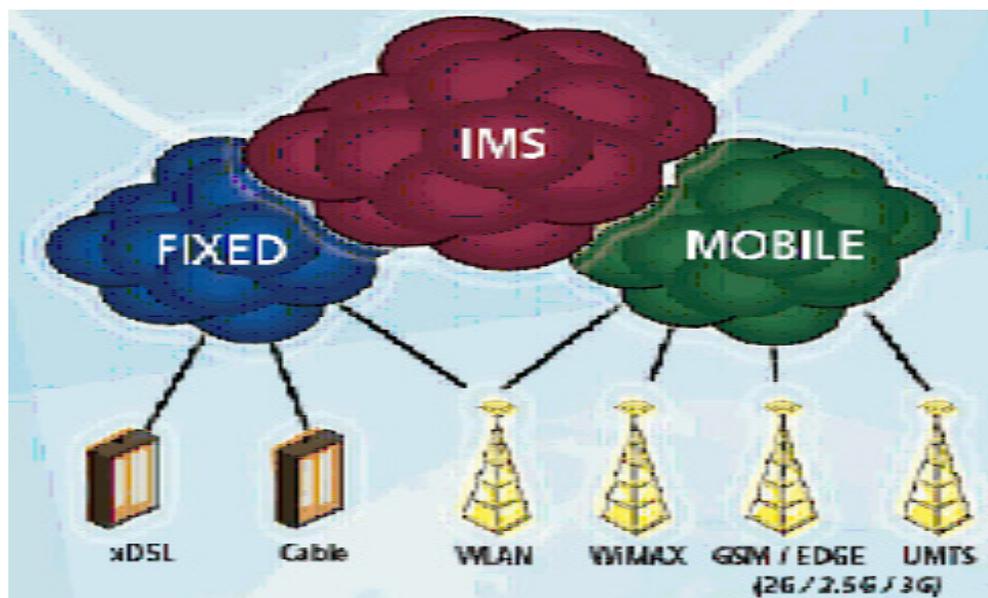


Figura 3.1: Diagrama NGN e integração de Sistemas de Redes Fixas e Móveis (PODHRADSKÝ, 2008)

As redes de nova geração são redes formadas para oferecer serviços convergentes (compostos de diferentes tipos de tráfego – voz, dados e vídeo), acessíveis por diferentes tipos de dispositivos e redes de acesso.

Convergência é a possibilidade de oferecer serviços de voz, dados e vídeo através de uma única plataforma de comunicação.

A convergência é um movimento em várias frentes. Convergência de Redes, Convergência de Dispositivos, Convergência de Serviços e Convergência de Aplicações são várias perspectivas de convergência.

As redes de nova geração NGN são redes multi-serviços. Uma única plataforma com alta disponibilidade, qualidade de serviço, altas velocidades, interfaces flexíveis e diversificadas. A NGN é uma necessidade por vários motivos:

- Convergência de Serviços – possibilidade de suportar vários tipos de serviços, com funcionalidades padronizadas: serviços de rede corporativa, de telefonia pública,

serviços de acesso a internet, de telefonia corporativa, e de distribuição de conteúdo como TV e rádio;

- QoS (Quality of Service) – garantir SLA(Service Level Agreement) para diferentes tipos de serviços;

- Uma única rede – reduzir drasticamente investimentos e custos de desenvolvimento, operação, manutenção e gerência;

- Time-to-market: desenvolver serviços de forma mais efetiva e rápida e independente da estrutura da rede, através do uso do protocolo IP, um modelo aberto e altamente difundido no mercado;

- Alta disponibilidade: possuir disponibilidade compatível com as aplicações mais exigentes-unir confiabilidade com rapidez na recuperação de falhas;

- Diversidade de Acesso: possibilitar vários tipos de dispositivos e acessos, como MetroEthernet, Wimax, PLC, ADSL, Cabo, Redes Legadas(Telefonia, Frame Relay, celular);

- Ubiquidade – possibilitar a presença de rede em todo o tipo de ambiente como: hotéis, residências, empresas, shoppings, aeroportos, entre outros;

- Mobilidade – permitir o uso das redes quando em movimento. Atualmente no Brasil, a maioria das cidades já possui cobertura ubíqua, nas tecnologias GPRS e EDGE para telefonia móvel. A tendência é que rapidamente em um curto espaço de tempo a maioria das cidades já possuam cobertura 3G e algumas 4G em telefonia móvel.

Logo abaixo, figura 3.2, é mostrado resumidamente o diagrama em blocos da arquitetura NGN e seus subsistemas.

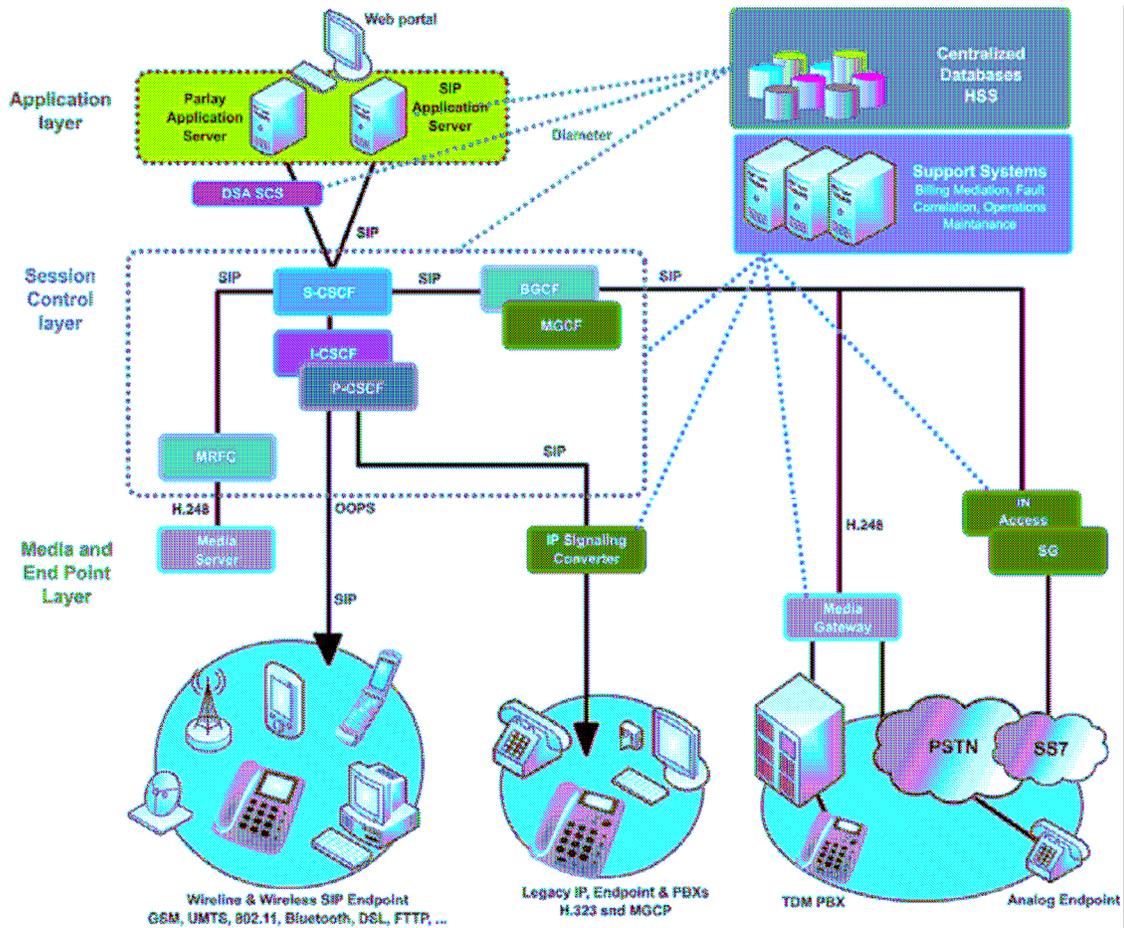


Figura 3.2: Arquitetura NGN e seus subsistemas (PODHRADSKÝ, 2008)

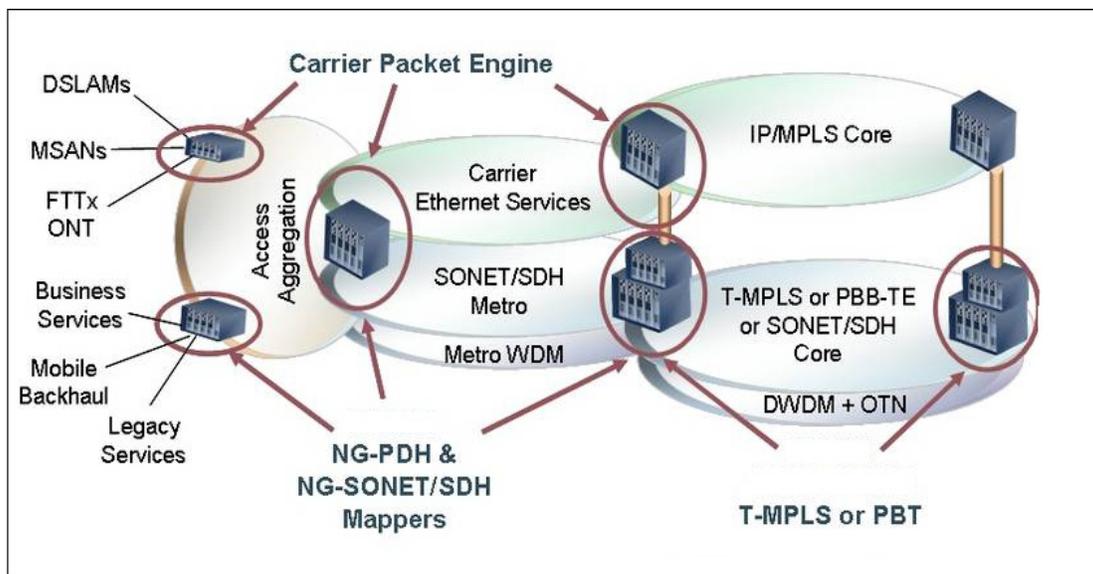


Figura 3.3: Visão Macro: Arquitetura NGN: redes de acesso, redes de transportes, Backbones e interconexões

4 CONCLUSÃO – CENÁRIOS FUTUROS PARA REDES DE TELECOMUNICAÇÕES DE PROVEDORES DE SERVIÇOS E SEUS USUÁRIOS FINAIS

Existe no mercado uma tendência e uma necessidade cada vez maior de se prover bandas e velocidades maiores agregando uma maior quantidade de serviços que possam agregar valor para o usuário final. Tal necessidade acaba impulsionando os fabricantes a buscar novas soluções para integrar as tecnologias atuais e ampliar sua capacidade instalada de prover maiores velocidades e serviços.

Comentaremos então alguns cenários possíveis para o futuro das Redes de Telecomunicações:

Através do estudo realizado sobre Redes MPLS, podemos verificar que essa será a base (Rede “Core”) de comutação e transporte, baseada em IP, para todos os tipos de serviços. Também será possível fazer o transporte de outros protocolos de transporte como Frame-relay e ATM (ATM over MPLS), por exemplo. Mas também existe a opção de se manter a Rede ATM, se a operadora de Telecomunicações possuir, como rede de acesso e ou transporte. Além da Rede MPLS como rede de transporte, teremos também a rede NG-SDH, que proverá integração com os nós de rede existentes PDH e SDH e com a própria Rede MPLS. As Redes MPLS possuirão concentradores de Rede IP/MPLS (backbones-Gigarrouters ou Terarouters) com grandes capacidades. Outra tendência para esses backbones é começar a operar com Ethernet sobre MPLS (L2VPN), oportunizando chegar até o usuário final com velocidades maiores e possibilitando a diminuição de custos operacionais das Redes das Operadoras de Telecomunicações. Sendo assim, será possível, prover serviços com vários tipos de interface SDH-PDH, ATM, , IP sobre MPLS, Ethernet sobre NG-SDH, Ethernet sobre MPLS (nesse caso podendo chegar a velocidades de 10G ou 100G).

Na migração das redes atuais existirão equipamentos que concentrarão os acessos e entregarão para rede óptica (NG-PDH-SDH) possibilitando aumentar ainda mais a eficiência utilizando a tecnologia WDM, agregando mais dados no mesmo acesso.

Com referência ao serviço de voz, existe uma tendência de as redes atuais (PSTN) de serem mantidas até que se migre todos os usuários para a Rede IP e MPLS através de gateways. Com referência a VoIP, as Operadoras de Telecomunicações poderão utilizar o protocolo SIP ou H323, sendo o SIP mais utilizado atualmente.

Possivelmente, tecnologias mais antigas como por exemplo, X25, Frame-relay, ATM, entre outras, ou serão mantidas pelas Operadoras de Telecomunicações em paralelo (independentes) ou serão integradas através de gateways com a Rede NGN.

A NGN é a integração de aplicações de redes para uma única rede capaz de desempenhar todas funções e quaisquer serviços. Além disso, a NGN permite: dissociação dos serviços e dos transportes; Convergência Fixo-Móvel para a mesma plataforma; Subsistema Multimídia IP(IP Multimedia Subsystem - IMS).

Podemos citar como principais características da NGN, referente a redes atuais e mudanças futuras, como: independência da camada de serviços em relação a camada de transporte, QoS para camada de transporte, prover serviços inovadores com maiores velocidades, flexibilidade para usuários finais para escolha de seus serviços, mobilidade entre sistemas fixos e móveis(integração).

A NGN possibilitará prover vários tipos de serviços: VoiP (Voice over IP), IPTV (Internet Protocol Television), Aplicações baseadas em presença: Mensagem Instantânea (Instant Message) e Location Based Services (Serviços Baseados em Localização), Triplay Play (internet, TV e telefone).

Resumidamente, para evolução das Redes atuais para NGN, podemos destacar que, para Provedores de Telecomunicações, como cenários possíveis, a Rede MPLS será a “espinha-dorsal” da futura Rede NGN podendo utilizar Ethernet over MPLS, e que para rede de transporte a tendência é a tecnologia NG-SDH. O protocolo de VoiP poderá ser H323 ou SIP. As evoluções e integrações futuras trarão o benefício de reduzir custos, agregando serviços, e aumentando a possibilidade de aumentar o número de serviços para os usuários finais. Com as referidas possibilidades, o usuário final poderá obter através do mesmo acesso TV, telefone e internet; poderá ter um telefone VoiP wireless baseado em protocolo SIP, ou outro protocolo; o usuário poderá ter apenas um telefone, que será o telefone fixo e móvel ao mesmo tempo e que possibilitará também ser o seu ramal dentro da empresa; outro ganho importante é o aumento de velocidade disponível em dados ou internet para usuário final; também será possível contratar vídeo sob demanda(IPTV); e Serviços de Valor Agregado na Rede LAN.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. R. M. **Dimensionamento e análise de desempenho de redes NG-SDH para suporte de tráfego IP**. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

ITU-T. **ITU-T Rec. G.803**: Architecture of transport networks base on the synchronous digital hierarchy (SDH). [S.l.], 2000.

ITU-T. **ITU-T Rec. G.803**: Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks. [S.l.], 2006.

ITU-T. **ITU-T Rec. G.707/Y.1322**: Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH). [S.l.], 2003.

ITU-T. **ITU-T Rec. G.7041/Y.1303**: Generic framing procedure (GFP). [S.l.], 2005.

ITU-T. **ITU-T G.7041**: Generic Framing Procedure: White Paper: Agilent Technologies. 2006. Disponível em: <www.agilent.com/> . Acesso em nov.2008.

ITU-T. **Supplement 47 to the ITU-T Q series Recommendations Emergency Services for IMT**. [S.l., 2006].

ITU-T. **Recommendation, Y.2012**: Functional Requirements and Architecture of theNGN. [S.l.], 2006.

ITU-T. **Recommendation, Q.1706**: Mobility Management Requirements for Next Generation Networks. [S.l.], 2006.

ITU-T. **Supplement 52 to the ITU-T Q series Recommendations Technical Report on NNI Mobility**. [S.l., 2006].

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING. **IEEE P802.21 D01.00**: Media Independent Handover Services. [S.l., 2005].

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING. **IEEE 802.21**: Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services. [S.l.], 2006.

INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING. **IEEE 802.16e**: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands. [S.l.], 2005.

ITU-GSI. 2007. Disponível em: < <http://www.itu.int/ITU-T/ngn/index.phtml> >. Acesso em: nov. 2008.

JERRAM, N. **MPLS in Optical Networks**. 2001. Disponível em: <<http://www.dataconnection.com/mpls/optical.htm>>. Acesso em: nov. 2008.

KNIGHTSON, K. MORITA; TOWLE, T. NGN Architecture: Generic Principles, Functional Architecture, and Implementation. **IEEE Communications Magazine**, New York, v.43, n.10, p.49-56, Oct. 2005.

KUROSE, J.; ROSS, K. **Redes de Computadores e a Internet**: uma abordagem top-down. [S.l.: s.n.], 2007.

LEE, C. S.; KNIGHT, D. Realization of the Next-Generation Network. **IEEE Communications Magazine**, New York, v.43, n.10, p.34-41, Oct. 2005.

PIRES, J.J.O. **Sistemas e Redes de Telecomunicações**. Lisboa: Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, 2006.

PODHRADSKÝ, E. et al. **NGN platform architecture and its adaptation to the evolution trends**. [S.l.]: Slovak University of Technology, 2008.

SANTOS, R. C. Dos. **Um estudo do Uso da Tecnologia MPLS em Backbones no Brasil**. Florianópolis: UFCS, 2005.