

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

FRANCISCO ANTÔNIO SANTOS DE SOUZA

**PBT E T-MPLS**  
**Novos conceitos de Metro Ethernet**

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

Prof. Dr. Sérgio Luis Cechin  
Orientador

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

Porto Alegre, dezembro 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

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>6</b>
Porto Alegre, dezembro de 2008.....	1
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
Keywords: network, cost, Metro Ethernet, protocols.....	8
<b>1 METRO ETHERNERT.....</b>	<b>9</b>
<b>O Metro Ethernet Forum (MEF) tem fornecido uma clara definição do que é Carrier Ethernet com relação aos serviços Ethernet. De acordo com o MEF, um serviço Carrier Ethernet e equipamentos que suportem estes serviços devem ter os seguintes atributos:.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

MAC	Media Access Control
LAN	Local Area Network
VLAN	Virtual LAN
VID	VLAN ID
PBT	Provider Backbone Transport
PE	Provider Edge
MPLS	Multi Protocol Label Switching
RSVP	Resource ReSerVation Protocol
OAM	Connectivity Fault Management
ESP	Ethernet Switched Path
B-VID	Backbone VLAN ID
PE	Provider Backbone
B-DA	Backbone Destination Address
VPWS	Virtual Private Wire Services
VPLS	Virtual private LAN service
IETF	Internet Engineering Task Force
ITU	Telecommunication Standardization Sector
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
OSI	Open Systems Interconnection
LSP	Label Switched Paths
NMS	Network Management System
CC	Connectivity Check
LSP	Label Switch Path
PHP	Penultimate Hop Popping
TTL	Time-To-Live

## LISTA DE FIGURAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	1
(FONTE : ITU-T G.8112).....	18
FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....	23
3	
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	1
(FONTE : ITU-T G.8112).....	18
FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....	23
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	1
(FONTE : ITU-T G.8112).....	18
FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....	23
22	
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....	1
(FONTE : ITU-T G.8112).....	18
FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....	23

## **LISTA DE TABELAS**

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....</b>	<b>1</b>
<b>(FONTE : ITU-T G.8112).....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....</b>	<b>23</b>
<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.....</b>	<b>1</b>
<b>(FONTE : ITU-T G.8112).....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 4.1: EVOLUÇÃO DAS REDES DE TRANSPORTE. (FONTE: NORTEL).....</b>	<b>23</b>

## RESUMO

O mercado para equipamentos de rede Metro Ethernet está crescendo, e com as empresas interessadas nos serviços Ethernet, procurando desta forma uma redução de seus gastos com rede e os provedores procurando uma redução de seus custos com infraestrutura de rede. Diversos estudos estão ocorrendo nesta área, em busca de protocolos que atendam estas exigências. Alguns destacam-se, buscando uma rede de transporte baseadas em pacotes e ligações orientadas à conexão.

Os requisitos essenciais para equipamentos neste novo cenário que se forma de redes Metro Ethernet são: escalabilidade, confiabilidade, QoS, gerenciamento e suporte aos serviços TDM.

**Palavras-Chave:** rede, custo, Metro Ethernet, protocolos

## **PBT and T-MPLS New concepts of Metro Ethernet**

### **ABSTRACT**

The market for Metro Ethernet equipment is growing, as enterprises interested to Ethernet services, looking this way a reduction of its expenses with network and service providers looking to reduce their own network infrastructure costs. Several studies are occurring in this area, in search of protocols that attend these demands. Some they detach, seeking a network based in packages and connection-oriented tunnels.

The essential requirements for equipments in this new environment that is form Metro Ethernet networks are: scalability, reliability, QoS, management and support for TDM services.

**Keywords:** network, cost, Metro Ethernet, protocols



## 1 Metro Ethernet

A tecnologia Ethernet como conhecemos existe desde 1973 e sempre se mostrou muito eficiente em redes LANs (*Local Area Network*). Porém, agora existe a necessidade de migrar esta tecnologia Ethernet para redes maiores, como MANs (*Metropolitan Area Network*) e WANs (*Wide Area Network*). Isto se deve ao fato de o tráfego de dados comutados por pacotes estar crescendo exponencialmente. Com isso, utilizar como base tecnologias que otimizem a rede para tráfego de pacotes, ao invés de sobrepô-las a estrutura de comutação por circuitos, torna quase uma necessidade.

Como os usuários residenciais e corporativos estão familiarizados com a utilização da tecnologia Ethernet, eles buscam um serviço Ethernet universal, simples, de baixo custo e alta vazão. Assim, para o tráfego de pacotes, as operadoras optaram por prover serviços de transportes de quadros Ethernet em suas redes de longa distância. E uma das estratégias para isto é a Metro Ethernet.

O Metro Ethernet Forum (MEF) tem fornecido uma clara definição do que é *Carrier Ethernet* com relação aos serviços Ethernet. De acordo com o MEF, um serviço *Carrier Ethernet* e equipamentos que suportem estes serviços devem ter os seguintes atributos:

- serviços padronizados;
- escalabilidade;
- confiabilidade;
- qualidade de serviço;
- serviço de gerenciamento;

Sabe-se que a *Ethernet* é escalável, permitindo a criação de até 4096 VLANs. Porém, este número é muito inferior aos necessitados em aplicações Metro Ethernet, que atendem dezenas de milhares de clientes em redes MANs e WANs. A Ethernet não foi desenvolvida para este tipo de cenário, questões como gerenciamento, OAM, resiliência e proteção nunca foram incluídas, nem pretendia, em sua especificação.



Figura 1.1: Atributos de uma rede Metro Ethernet (fonte: MEF)

Dois abordagens têm sido propostas para resolver o desempenho determinístico na camada de transporte. O primeiro, chamado *transporte* MPLS (T-MPLS), baseia-se no padrão já existente do *multiprotocol label switching* (MPLS). O segundo, denominado *Provider Backbone Transport* (PBT), amplia a proposta do IEEE 802.1ah *Provider Backbone Bridges*. Ambas as abordagens esforçam-se para acrescentar capacidades de engenharia de tráfego na camada *layer 2* do SDH/Sonet.

O mecanismo de aprendizagem automatizado na Ethernet e o encaminhamento dos *label-switched path* (LSP) do MPLS, também realizado de forma automatizada, impedem o controle direto dos fluxos de tráfego através da rede. O PBT desativa o aprendizado sobre os mecanismos de controle da Ethernet permitindo as operadoras gerenciar diretamente as rotas de seu tráfego. T-MPLS faz o mesmo, eliminando o plano de controle do MPLS. Assim, ambas as maneiras conseguem engenharia de tráfego para a nova geração de rede que está surgindo.

Uma das principais vantagens da engenharia de tráfego é a capacidade de detecção de falha e, assim, comutar para uma rota *backup*. Ao permitir um pré provisionamento de rota backup, o T-MPLS e o PBT melhoram significativamente o processo de recuperação da rede, permitindo um tempo de recuperação de até 50 ms, tempo muito bom para uma rede baseada em pacotes, pois depende de um método mais complexo de comutação que é descrito no IEEE OAM. Minimizando assim as interrupções para serviços sensíveis ao tempo como VoIP e IPTV, serviços estes que estão crescendo muito e que estão moldando as futuras redes *Carrier*.

## 2 PBT

Provider Backbone Transport (PBT) também conhecido como PBB-TE é uma tecnologia que reutiliza implementações já existentes como VLANs *tagging* (IEEE 802.1Q), Q-in-Q (IEEE 802.1ad) e as combina com a separação de redes através da divisão das redes em *layers* do PBB (MAC-in-MAC IEEE 802.1ah). Esta tecnologia não prevê o uso de *flooding*, *broadcasting* ou protocolo *Spanning Tree*, pois a pretensão é de ter-se aplicações orientadas à conexão.

Oferecendo uma conexão ponto-a-ponto e montando caminhos pré-determinados em uma rede externa chamada de *network management system* (NMS), fornecendo assim engenharia de tráfego e comportamento determinístico. Os caminhos são protegidos por uma base fim-a-fim, onde um caminho de backup é pré-definido.

### 2.1 Funcionamento

Cada frame Ethernet possui em “sua base”, 60 bits sendo que 12 bits de VLAN *tag* e mais 48 do endereço MAC de destino.

Se fosse possível configurar as rotas, ao invés de *flooding* e *learning*, onde tipicamente um VID identifica um domínio de colisão. Com isso, o campo VID é liberado para ser utilizado para outras funções.

O PBT, usa exatamente este conceito, alocando um determinado número de VIDs, para identificar caminhos específicos através de uma rede, para um determinado destino de endereço MAC. Então, combina-se o VID + MAC (60 bits) para termos uma identificação global de um determinado caminho. A figura 2 ilustra exatamente este conceito.

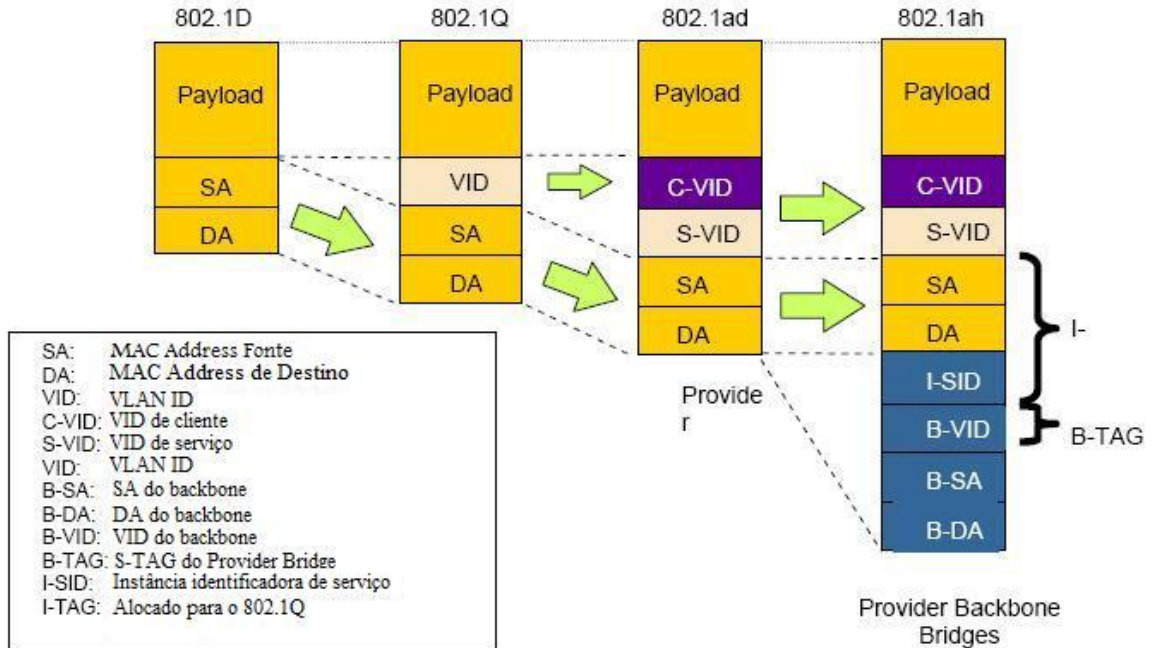


Figura 2.1: Provider Backbone Transport (Fonte: Siemens)

O PBT aloca uma série de endereços VID/MAC, cujas tabelas de encaminhamento são preenchidas através de um plano de controle ou gerenciamento, ao invés dos tradicionais métodos de *flooding* e *learning*. Com isso, todos os problemas e dependências associadas ao *Spanning Tree* desaparecem.

A *switch* ainda mantém a mesma função da Ethernet tradicional, a de encaminhar os dados ao seu destino final. Tudo que muda é forma com esta informação irá chegar, pois, neste cenário a *switch* não “aprende” mais nada, e sim, é informado diretamente pelo plano de controle, resultando no que se é chamado de prescrito, que são caminhos pré-determinados através da rede, com isso o comportamento da rede torna-se totalmente previsível.

No exemplo apresentado na Figura 3, dois caminhos unidirecionais (um par de *links* em direções opostas, são necessários para ligações bidirecionais) foram configurados entre os PEs (*Provide Edge*) 1 e 2.

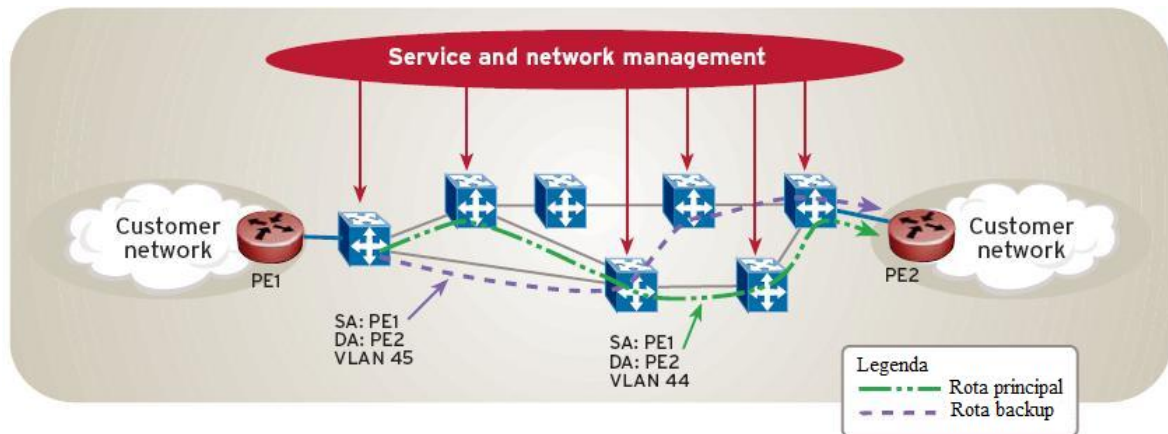


Figura 2.2: Configuração de uma rede Ethernet com PBT (Fonte:IEEE)

Cada PE é um PBB (IEEE 802.1ah) habilitado, permitindo separar claramente os serviços da operadora e o domínio MAC dos clientes, permitindo assim, a que a empresa prestadora aplique o PBT dentro do núcleo da rede. Dentro do domínio de serviço da operadora, um determinado número de VLANs devem ter sido reservados para o PBT – que no exemplo são os VID 44 e 45. Dentro de um grupo de VLANs reservados para o PBT, o VID não é globalmente único, mas localmente significativo para cada MAC. Os VID 44 e 45 são usados para, separadamente identificar os dois caminhos diferentes entre um par de PEs 1 e 2. Ambos VLANs, podem ser reusados para criar caminhos entre diferentes PEs, pois é a combinação de MAC e VID que identifica de forma única cada um dos caminhos.

PBT preserva os atributos da base de destino de encaminhamento da Ethernet, o que significa que múltiplas fontes podem utilizar o destino VID+MAC. Se 16 VLANs foram reservados para o PBT nesta rede, a rede pode ser combinada 16 vezes. Isto propiciará uma boa escalabilidade para os *links* PBT e ainda deixará 4.078 VLANs para conexões Ethernet normais, operando nesta mesma rede. Convém salientar que, cada frame ainda carrega o endereço MAC de sua fonte que identifica exclusivamente a sua origem. Então, o PBT oferece escalabilidade no encaminhamento base-destino em seu núcleo, preservando as operações ponto-a-ponto das extremidades.

No exemplo da figura 3, um par bidirecional de *links* Ethernet foi configurado através de toda a rede para criar os caminhos e suas proteções. O PBT deriva o seu monitoramento de conexão do IEEE 802.1ag *Service Layer OAM (Connectivity Fault Management)*. A seção de verificação da conexão ou *Connectivity Check (CC)* é estabelecida em ambos os caminhos. E, ambas extremidades do link enviam *frames* regularmente (de forma configurável), em intervalos de 10ms e capturam as mensagens que chegam. Caso três *frames* CC, não cheguem até uma das extremidades da conexão, o link então é julgado como interrompido, e o link de proteção assume a conexão. Alternativamente, um Sinal de Indicação de Alarme (*Alarm Indication Signal*) (AIS), mensagens definidas pela norma UIT-T U.1731, pode ser utilizada para acionar a proteção.

A proteção *protection switch*, é implementada utilizando a VLAN *tag* (de proteção de caminho) para cada ponto de encapsulamento do *frame*. O plano de controle é usado para configurar e monitorar o caminho, mas isto não envolve esta comutação.

## 2.2 Benefícios do PBT

O PBT permite a criação de um serviço de túneis Ethernet, orientado à conexão que permite oferecer *links* Ethernet com garantia e de forma determinista. O PBT é concebido para satisfazer ou até mesmo exceder as funcionalidades dos túneis MPLS RSVP-TE, questões como custo e baixa curva de aprendizagem, o PBT oferece para as empresas prestadoras de serviço novas alternativas para a implantação de uma nova geração de rede Metro em termos de tecnologia de tunelamento e de serviços que são suportados.

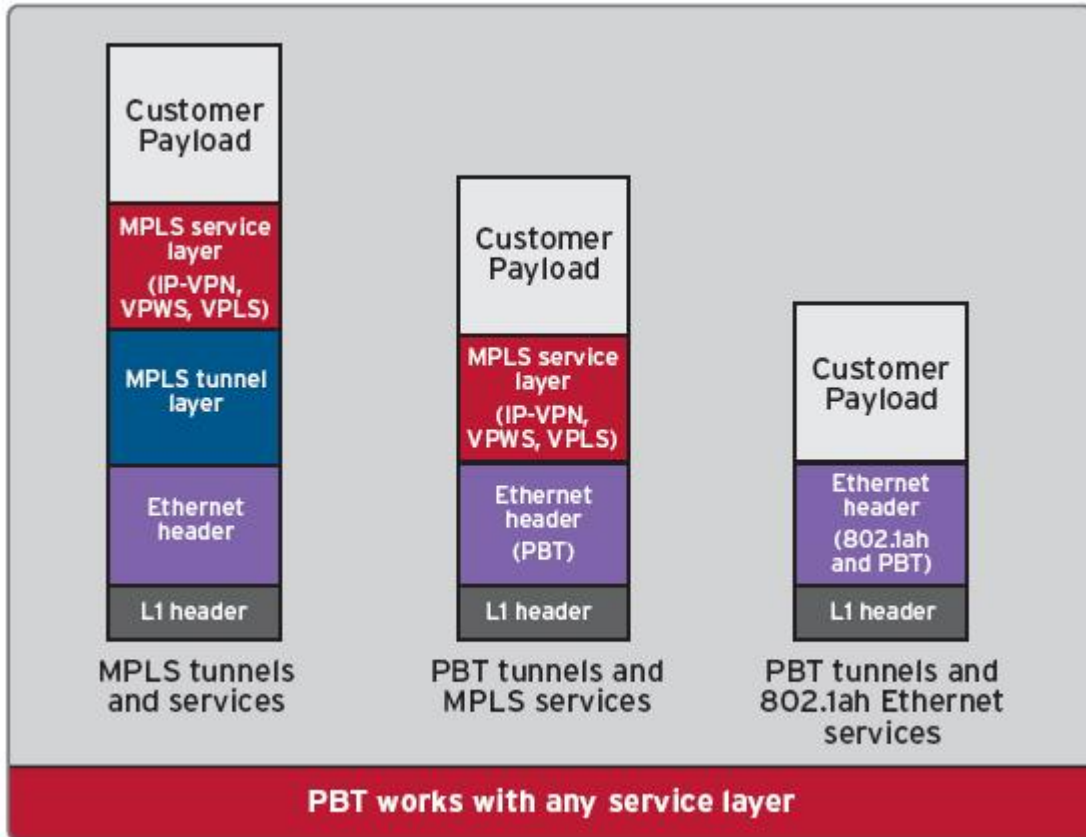


Figura 2.3: Exemplo comparativo protocolos para cada serviço na rede Metro (Fonte: Nortel)

Com uma tecnologia de túneis com engenharia de tráfego, o PBT fornece uma alternativa para implantação de túneis MPLS (tais como RSVP-TE) na rede Metro e suporta a multiplexação de serviço Ethernet ou MPLS dentro de seus túneis.

Portanto, prestadoras de serviços podem entregar Ethernet, 802.1Q, 802.1ad ou 802.1ah além de serviços baseados em MPLS, tais como VPWS ou VPLS, sobre túneis PBT. Esta flexibilidade permite que as operadoras inicialmente implantem uma rede Ethernet, e serviços MPLS (tais como *pseudowires* sobre PBT), se e quando elas necessitarem. De forma geral, os túneis e os serviços PBT proporcionam os seguintes benefícios:

**Escalabilidade:** Ao se desligar da aprendizagem de MAC se retira assim os *broadcasts* indesejáveis, que criam os alagamentos de MAC e limitam o tamanho da rede.

Além disso, com 60 bits de endereçamento e destino baseado no encaminhamento, o PBT permite um número virtualmente ilimitado (260) de túneis na rede de uma operadora.

**Proteção:** O PBT não só permite a operadora um provisionamento ponto-a-ponto em toda rede, mas também proporciona um provisionamento de uma rota de reserva (*backup*), provendo resiliência e confiabilidade. Trabalhando em combinação com o IEEE 802.1ag e a proteção de caminhos, permitindo ao PBT prover uma recuperação de até 50ms, similar ao TDM, SDH/SONET ou MPLS Fast Reroute (sem a exigência de protocolos adicionais).

**QoS:** Ao especificar o caminho de um pacote por toda a rede, e engenharia de tráfego para a rede Ethernet da operadora. O PBT entrega QoS, permitindo reserva de banda e SLA sem excesso de provisionamento da capacidade da rede. Este, por sua vez, permite a operadora maximizar a utilização da rede, e conseqüentemente minimizar o custo por bit transportado. Adicionalmente, a segurança é aumentada, pois se torna bastante obvio qualquer erro de configuração ou perda de pacotes em uma rede Ethernet ponto-a-ponto. Isso significa que a rede está protegida de ações mal intencionadas e perdas não intencionais de pacotes.

**Suporte ao TDM:** Com uma tecnologia de tunelamento layer 2, o PBT pode interagir com as atuais tecnologias WAN, suportando serviços Ethernet E-LINE (serviço estruturalmente semelhante ao *private line*), bem como serviços baseados em MPLS, tais como VPWS.

O PBT entrega escalabilidade, engenharia de tráfego, QoS, confiabilidade e gerenciamento que haviam estado ausentes na rede Ethernet, para permitir as operadoras uma ferramenta para a convergência de suas infraestruturas.

O fato de o PBT ser ativado fazendo pequenas modificações no comportamento das redes Ethernet faz com que esta tecnologia possa ser facilmente implementada no *hardware* Ethernet existente. Como resultado, não existe a obrigação de introduzir uma complexa e dispendiosa rede de *overlay*.

### 3 T-MPLS

O MPLS foi originalmente desenvolvido pela IETF, com o objetivo de resolver questões de desempenho de roteamento de endereço IP, e desde então encontrou uma forte aplicação em convergência de redes Carrier com *core* IP/MPLS, bem como em plataformas de dados com serviços com IP-VPN.

Com o incrível aumento de pacotes na rede, o ITU-T tornou-se muito interessado em adaptar o MPLS para fazer um “*carrier class*” *networking*, de acordo com os princípios de arquitetura do ITU-T. O resultado é o *Transport* MPLS (T-MPLS), um serviço orientado à conexão, baseado em redes MPLS que fornece conexões gerenciáveis ponto-a-ponto para diferentes tecnologias na camada de rede, como por exemplo, rede Ethernet.

No entanto, diferente do MPLS, não suporta ligações não orientadas à conexão e se destina a ser mais simples, menos complexo e de uma maior facilidade de operação.

O T-MPLS é formulado em conjunto com as atuais redes baseadas em circuitos, seguindo a mesma arquitetura, gerenciamento e modo de operação.

O ITU-T *Study Group* 15 vem padronizando as definições do T-MPLS desde 2005, com o objetivo de criar um *subset* de funcionalidades do MPLS necessárias e suficientes para prover transporte de pacotes e ligações orientadas à conexão.

O T-MPLS é inicialmente centrado no transporte dos serviços de Ethernet, mas a arquitetura cliente/servidor pode controlar todos os serviços de pacotes, incluindo IP/MPLS, centrado em circuitos SDH.

Um dos principais objetivos do T-MPLS é de ser alinhado com as recomendações do ITU-T G.805 e G.809, ao qual elas próprias, já definem um modelo para as atuais arquiteturas de rede de transporte. Um bom alinhamento arquitetural deverá resultar em menor custo evolutivo rumo à redes de transporte de pacotes. Evitando assim, que as operadoras façam um retrabalho das redes existentes, bem como a operação e metodologias de gerenciamento, e assim minimizar seu custo total, enquanto fazem uma transição para uma tecnologia mais avançada.

Esta padronização tem se apoiado no fato do grande número de equipamentos SDH /WDM que estão no mercado.

Em 2006, o ITU-T aprovou as três primeiras recomendações sobre o T-MPLS depois do desenvolvimento, com o apoio do IETF e do MFA. Os três documentos são os seguintes:

- G.8110.1: Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network;
- G.8112: Interfaces for the Transport MPLS (T-MPLS) Hierarchy (TMH);
- G.8121: Characteristics of multi-protocol labelswitched (MPLS) equipment functional blocks.



O T-MPLS tem um grande escopo e sua normalização continua em curso, com os seguintes documentos:

- nova alteração ao G.8110.1, em virtude do consentimento em 2007;
- mecanismos e exigências OAM (G.8113,G.8114)
- metodologia de proteção Linear e Anel (G.8131 e G.8132)
- IETF T-MPLS trabalho sob o apelido de “draft-bryantpwe3-mpls-transport-00.txt“ no PWE3 WG

### 3.1 Funcionalidades da arquitetura do T-MPLS

As características essenciais do transporte MPLS são:

- é uma tecnologia CO-OS (Connection Oriented Packet Switching), portanto, sua arquitetura é baseada em G.805;
- TTL no T-MPLS é suportada de acordo com a RFC3443 apenas para modelos *pipes* e *short-pipes* do MPLS.
- ambos os E-LSP e L-LSP são suportados, definidos na RFC3270;
- EXP no T-MPLS é suportada de acordo com a RFC3270 apenas para modelos *pipes* e *short-pipes* do MPLS;
- o modelo utilizado para TTL e EXP permite que, ambos usem o modelo *pipe* ou *short-pipe*.
- OAM é baseada no Y.1711, porém, uma mudança para o IEEE está em avaliação;
- *protection switching* e *survivability* são baseados no Y.1720;
- ECMP (*Equal Cost Multiple Path*) não é suportado;
- *multicast* é suportado, mas atualmente está em estudo para uma melhor avaliação;
- Diferentes opções de sinalização de *links* (SCN) são suportadas:
  - Shared trail SCN links
  - Shared hop SCN links
  - Independent SCN links

### 3.2 Principais diferenças do MPLS:

- uso de LSPs (*Label Switched Paths*) bi-direcionais. Enquanto que no MPLS os LSPs são unidirecionais. O T-MPLS dispõem de dois *links* LSPs para o mesmo nodo, um em cada sentido;
- não existe a opção do PHP (*Penultimate Hop Popping*). Retirando o PHP um nó antes, do nó de saída, facilita o processamento do pacote neste nó. Isto ocorre, por uma herança histórica de desejar-se minimizar os requisitos de processamento dos roteadores. No entanto, a interface tem agora uma combinação de pacotes IP e MPLS. E o mais importante, OAM fica mais complexo ou até mesmo impossível, uma vez que o contexto do rótulo MPLS é perdido. Ou seja, de nada adiantou esta tentativa de simplificação;

- não existe a opção de unir LSPs. Isto significa que todo o tráfego transmitido pelo mesmo caminho para o mesmo destino pode utilizar o mesmo rótulo MPLS. Embora, isto possa promover escalabilidade, o fato é que isto torna OAM e PM (*Performance Monitoring*) novamente difícil ou mesmo impossível, uma vez que o tráfego se torna ambíguo e a fonte desconhecida;
- não tem a opção ECMP (*Equal Cost Multiple Path*). O ECMP permite que o tráfego dentro de um LSP possa ser encaminhado ao longo da rede por múltiplos caminhos. Isto não só requer processamento de cabeçalho IP, bem como processamento de rótulos MPLS, e faz o OAM mais complexo desde o *Continuity Check* (CC) e fluxos PM que podem seguir caminhos diferentes;

### 3.3 Labels T-MPLS

No T-MPLS 20 bits estão disponíveis no campo de cabeçalho de identificação da conexão. Alguns destes valores são pré-determinados. A interpretação destes valores está descrito na Tabela 1.

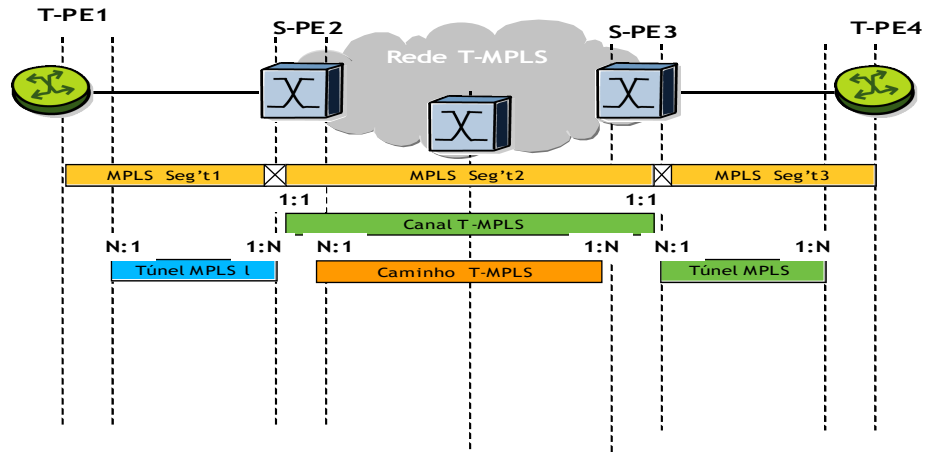
**Table 3.1 – Interpretação dos valores dos *labels* do T-MPLS**

Valores dos <i>labels</i> T-MPLS	Interpretação
0 - 3	Reservado pelo IETF; não usado no T-MPLS
4-13	Reservado pelo IETF para futura padronização
14	Alerta OAM (ITU-T Rec. Y.1711)
15	Reservado pelo IETF para futura padronização
16-31	Para um estudo mais aprofundado
32 – 1,048,575	Indentificador da conexão T-MPLS

(Fonte : ITU-T G.8112)

### 3.4 MPLS sobre T-MPLS

Uma simples referência do modelo MPLS sobre T-MPLS está na figura 3.1. O MPLS termina nos elementos de rede T-PE1 e T-PE4. O sinal MPLS (direção T-PE1 ao T-PE4) é encapsulado pelo T-MPLS no elemento de rede S-PE2, que então encaminha o MPLS até o ponto S-PE3, onde o canal T-MPLS termina. Neste ponto o MPLS é extraído e encaminhado ao terminal T-PE4.



Figura

3.1: Exemplo de uma rede T-MPLS transportando IP/MPLS (Fonte: ITU-T)

Quando dois LSRs IP/MPLS são ligados via, por exemplo, interfaces 802.3 para uma rede T-MPLS, a rede T-MPLS pode fornecer um serviço Ethernet entre estes dois LSRs (nodos LSR A e LSR B na Figura 3.2) para estabelecer uma ligação IP/MPLS entre estes LSRs.

Os LSRs IP/MPLS encapsulam seus pacotes IP/MPLS em *frames* Ethernet com ou sem *VLAN Tag*. Estes *frames* Ethernet, são então transportados por interfaces 802.3 para a borda da rede T-MPLS (nodos X e Y). Na borda da rede T-MPLS, o sinal Ethernet é tratado como um todo, quer seja um serviço Ethernet, ou um ou mais EVC (*Ethernet Virtual Connection*), ou serviços agrupados de Ethernet, aos quais os *frames* são mapeados em um ou mais caminhos T-MPLS (*PW-Pseudo Wire*) e em seguida transportado através da rede T-MPLS.

Neste cenário, o roteamento e o plano de controle da rede IP/MPLS é entre LSR A e LSR B. A os elementos da rede T-MPLS, não participam do roteamento e do plano de controle IP/MPLS. Uma sessão de sinalização que faz pedidos de PHP está entre o LSR A e LSR B (os nodos T-MPLS X e Y não estão envolvidos).

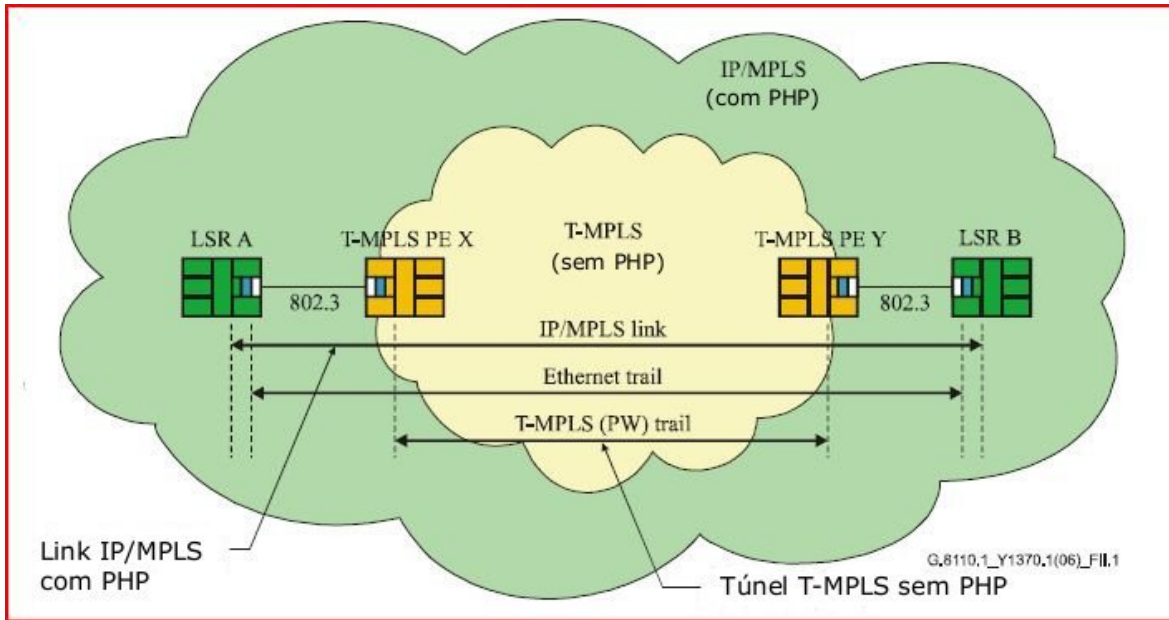


Figura 3.2: IP/MPLS sobre T-MPLS (Fonte: ITU-T)

### 3.5 Modelo funcional para descrever o interfuncionamento da rede PWE3 e MPLS (T-MPLS)

O *work group* IETF PWE3 tem desenvolvido um conceito de transporte MPLS, conhecido como *pseudowires*. A arquitetura PWE3 (*pseudowire emulation edge to edge*) é um mecanismo que emula os atributos essenciais de um serviço de telecomunicações, como uma linha T1 ou *Frame Relay*, sobre PSN (*Packet Switched Network*). O PWE3 destina-se em fornecer uma funcionalidade minimamente necessária para emular um fio, com grau necessário de confiabilidade para ter-se uma definição de um serviço.

Um *label* MPLS é usado como um *pseudowire* desmultiplexador. A linha PSN é conhecida como um túnel PSN. O túnel PSN pode transportar múltiplos *pseudowires*, cada um desmultiplexa um único *label pseudowire* MPLS. Quatro octetos de *Control Word* são adicionados ao domínio de *payload* do MPLS para alguns encapsulamentos. O *Control Word* traz informações por pacote. O IETF definiu encapsulamentos *pseudowire* para Ethernet, *Frame Relay*, ATM, PPP, PDH e SDH.

Para uma camada servidora *pseudowire*, o cliente é um sinal "*Attachment Circuit*" (AC). Uma AC pode ser uma porta Ethernet, uma conexão Ethernet VLAN, um DLCI *Frame Relay*, uma porta *Frame Relay*, etc. Um *pseudowire* encaminha um AC para um PW em particular.

Um serviço no plano de usuário prestado por um *pseudowires* inclui:

- 1 - Encapsulamentos de serviços específicos de PDUs ou circuitos PDH/SDH de dados.
- 2 - Transporte de dados encapsulados, ao longo de um túnel PSN.
- 3 - Gerenciando a sinalização, horário, ordem, ou outros aspectos do serviço prestado no perímetro do PW.

Além da função de encaminhamento, a função de adaptação do *client/pseudowire* exige certos processos específicos dos clientes. Estes processos são chamados "*Native Signal Processing (NSP)*". O NSP pode aplicar uma transformação de operação sobre o *payload*, uma vez que passam entre *Attachment Circuit* e *pseudowires*. A figura 3.3 ilustra o Modelo de Referência *Pseudowire*.

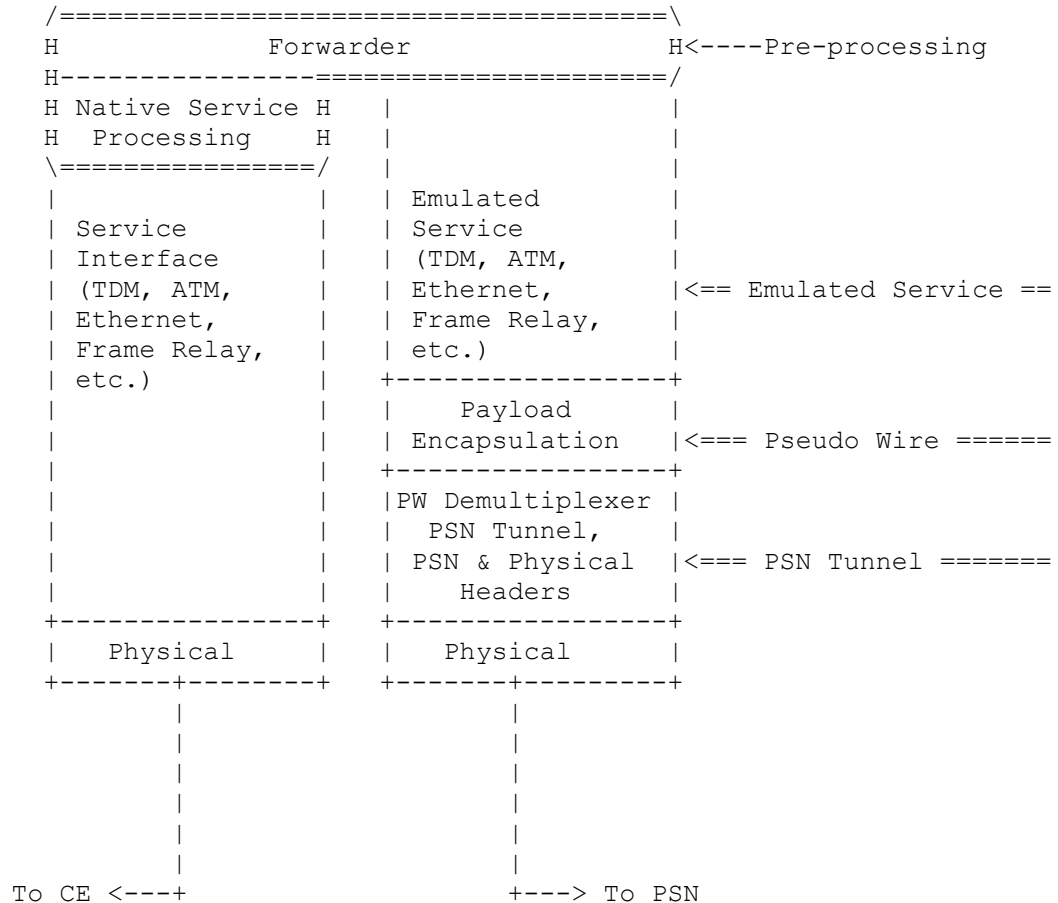


Figura 3.3: Modelo de referência para o *pseudowire* (Fonte: ITU-T)

ITU SG 13 tem desenvolvido uma série de recomendações para o interfuncionamento de redes MPLS/*Client* para Ethernet (Y.1415), ATM (Modo Cell - Y.1411), ATM (Frame Mode - Y.1412) e TDM (Y.1413). Estas recomendações são semelhantes ao conceito de PWE3 do IETF. A função de encaminhamento é chamada de *Interworking Function (IWF)* e o *Control Word* é denominado "*Common Interworking Indicators (CII)*". Para um NSP MPLS, o encapsulamento é o mesmo que o PWE3. O Ethernet Y.1415 - modelo de referência de interfuncionamento de redes MPLS é mostrado na figura 3.4.

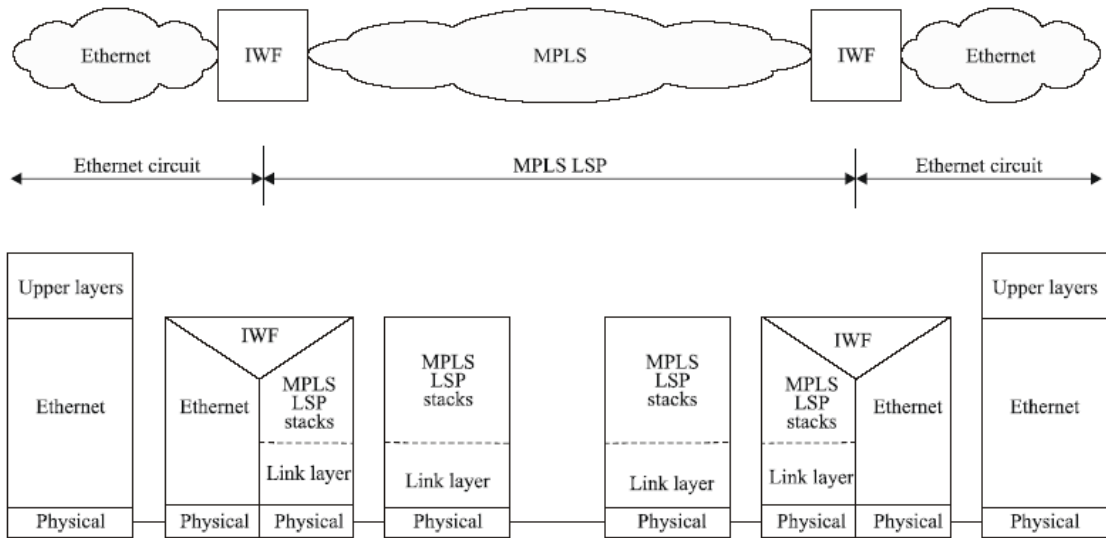


Figure 3.4: Modelo de referência de interfuncionamento do MPLS-Ethernet (Fonte: ITU-T)

Em uma rede T-MPLS, a subcamada de interfuncionamento da rede PWE3/MPLS é em essência definida como uma subcamada T-MPLS, com um conjunto exclusivo PWE3 de MPLS/Client. A figura 3.5 ilustra como o conceito PWE3 se encaixa dentro da camada de rede do modelo T-MPLS.

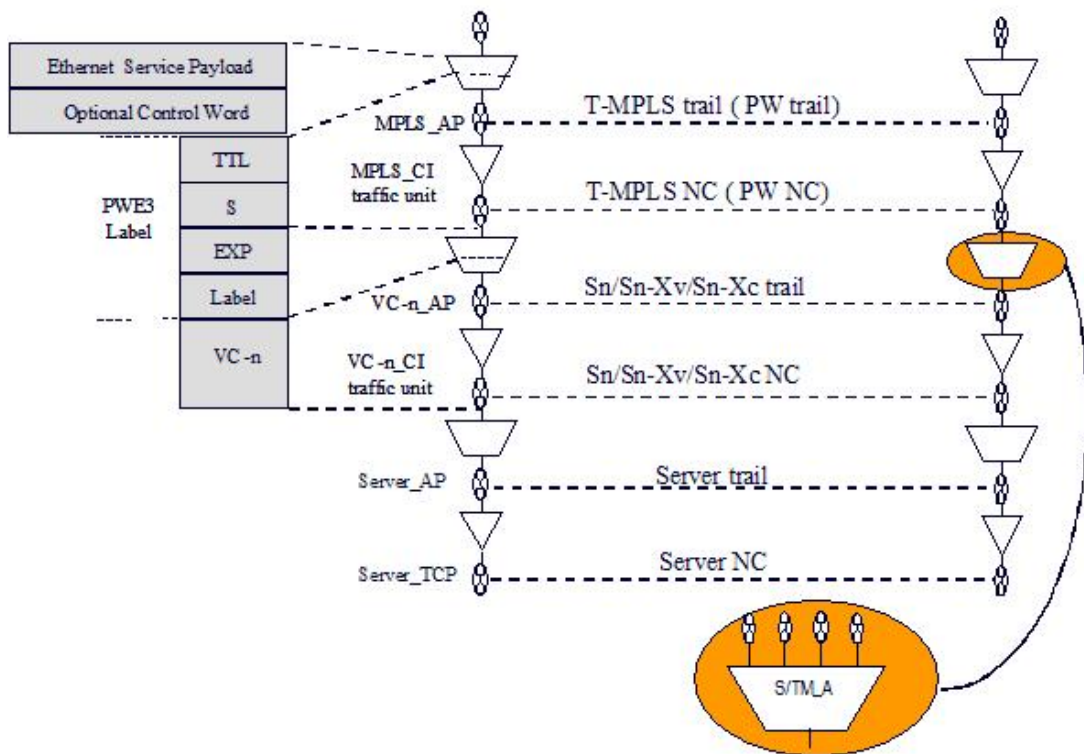


Figura 3.5: G.8110.1: Modelo pseudowire (Fonte: ITU-T)

## 4 PBT *versus* T-MPLS

A partir de uma perspectiva de rede de transportes, o T-MPLS constitui uma evolução natural, como mostrado na figura 4.1. A figura mostra três épocas de transportes e ilustra como a tecnologia de transporte tem-se reformulado como resposta às novas exigências do mercado.

Na Época I - circuitos (SDH), época II - ópticos (SDH, OTH), época III - pacotes (NG-SDH, OTH, T-MPLS).

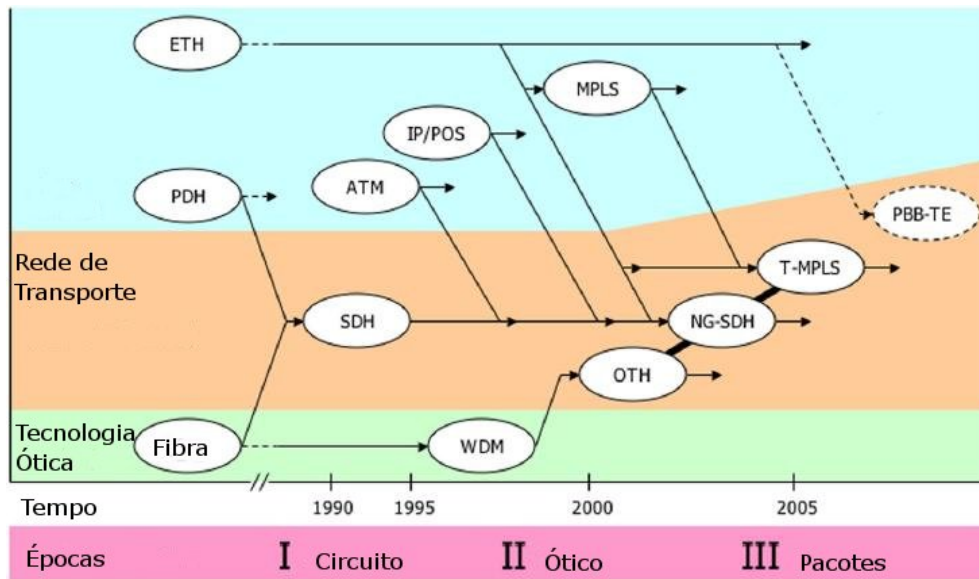


Figura 4.1: Evolução das redes de transportes. (Fonte: Nortel)

O PBT é derivado de definições do IEEE para Ethernet sua evolução é mostrada na figura 4.2.

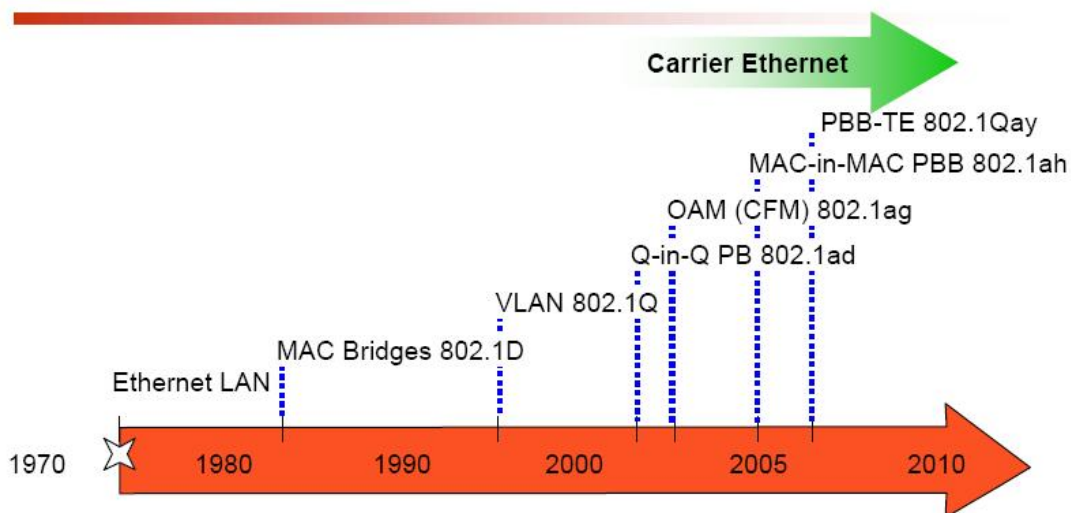


Figura 4.2: Evolução do PBT (PBB-TE no gráfico). (Fonte: Siemens)

O PBT e o T-MPLS possuem dois novos conceitos para redes de transportes, que têm levado ao debate sobre a melhor abordagem para implementação de uma rede de telecomunicações totalmente baseada em pacote. Ambos os conceitos propõem transporte orientado à conexão, métodos de transporte ponto-a-ponto que provê elevado nível de proteção, monitorização e controle para os administradores de rede. A tabela mostra uma pequena comparação entre estes dois modelos, com suas vantagens, desvantagens e principais características.

**Table 4.1 – Comparação PBT e T-MPLS**

	PBT	T-MPLS
Origem	É um subset do IEEE Provider Backbone Bridging (802.1ah).	Derivado do IETF MPLS.
O que fazem?	Torna uma rede Ethernet não orientada à conexão em uma rede orientada à conexão, com provisionamento para conexões virtuais ponto-a-ponto.	Permite que um pacote em uma rede orientada à conexão a capacidade de conexões ponto-a-ponto, para conexões na camada de rede (por exemplo: Ethernet e pacotes sobre Sonet / SDH).
Como funciona?	Utiliza a tag B-VID e os endereços de destino B-MAC, para fornecer a capacidade de encaminhar pacotes em uma rede orientada à conexão. Desabilita algumas funções da LAN Ethernet, como o aprendizado, <i>flooding</i> / <i>broadcast</i> e o protocolo <i>spanning tree</i> . Usa um método de provisionamento centralizado para configurar os caminhos das conexões PBT.	Uma <i>tag</i> de 20 bits é acrescentado ao o tráfego de entrada. O cabeçalho <i>hop-by-hop</i> do T-MPLS é usado para fornecer uma rede orientada à conexão. Semelhante ao PBT, inicialmente o T-MPLS pode ser configurado através de uma metodologia de provisionamento centralizado para os caminhos das conexões T-MPLS, porém, a forma como isto será feito está em discussão.
Vantagens	PBT é baseado em uma tecnologia nativa da Ethernet e, portanto, tem potencial pela sua simplicidade e baixo custo, PBT é baseado em um endereço global o que é um benéfico para o OAM.	Mais adiantado do que o PBT, no processo de padronização. Suporta mapeamento de múltiplos serviços, como ATM, Frame Relay e Ethernet.



Desvantagens	O processo de normalização está atualmente na fase inicial.	Adiciona um <i>header</i> que dependendo da aplicação pode gerar um <i>overhead</i> de processamento.
Padronização	Uma primeira autorização do projeto foi apresentada para o PBT no IEEE, como um subconjunto do padrão IEEE 802.1ah (PBB). O PBT está focando para iniciar a padronização OAM IEEE o trabalho esta sendo realizado como parte do IEEE 802.1ag (UIT Y1731) padrão que está a tendo avanço através do IEEE.	T-MPLS é um trabalho que está em andamento no ITU-T ( <i>Study Group 15</i> ). O OAM do T-MPLS está focado em usar o padrão ITU Y.1711( <i>Operation &amp; Maintenance Mechanism for MPLS networks</i> ) atualmente em discussão, embora também esteja na perspectiva de iniciar a padronização OAM do IEEE.
Onde funciona melhor?	Se a rede Metro tem uma predominância de Ethernet, principalmente se a escolha no acesso a rede Metro for uma camada de rede Ethernet, então tem é dada à preferência em se usar PBT com WDM.	Hoje, muitas operadoras têm investido pesadamente em IP/MPLS e pacotes sobre SDH/Sonet no núcleo de suas redes, por isso o T-MPLS pode ser o que melhor se ajusta para o núcleo da rede.

## 5 Conclusão

O interesse em redes Ethernet vem crescendo por razões que incluem a capacidade da Ethernet em entregar serviços de banda larga, a simplicidade de utilização Ethernet e a flexibilidade de provisionamento de banda. Aumenta agora, o interesse em levar estas facilidades para distâncias maiores e o dilema de qual tecnologia usar aumenta na mesma proporção.

De um lado está o T-MPLS, com uma abordagem sendo desenvolvida pelo ITU e o IETF, baseado na idéia de estender o MPLS com resiliência e os mecanismos de provisionamento Ethernet, permitindo aos provedores o provisionamento baseado em Ethernet com as mesmas características de resiliência e de gerenciamento existente no SDH/Sonet. Do outro lado, seu principal concorrente é o PBT com uma abordagem baseada em normas existentes no IEEE 802.1, projetado para permitir que os provedores entreguem serviços Ethernet gerenciados com o mesmo nível de confiabilidade e de controle que atualmente existe no SDH/Sonet.

Ambas as tecnologias possuem engenharia de tráfego e transporte orientado à conexão, duas características chaves para este novo perfil de rede que está surgindo no núcleo das operadoras, porém, a grande questão é, qual destas delas irá dominar o mercado? Provavelmente, seja muito cedo para responder esta questão, mas, o mais provável é que a discussão não seja em suas diferenças tecnológicas, e sim, o custo, que dará a resposta final. E o levantamento deste custo é focado na atual tecnologia já existente dentro dos provedores e de que maneira se dará a migração.

## REFERÊNCIAS

IEEE. **802.1ah**: Provider Backbone Bridges. Disponível em:< <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ah.html>>. Acesso em: novembro de 2008

IEEE. **802.1Qay**: PROVIDER BACKBONE TRANSPORT OVERVIEW. Disponível em:< <http://www.ieee802.org/1/pages/802.1ay.html>>. Acesso em: novembro de 2008

ITU-T. **G.8110.1-LC**: Architecture of Transport MPLS (T-MPLS) Layer Network. Disponível em:< <http://www.transport-mpls.com/t-mpls-forum/viewtopic.php?t=2>>. Acesso em: novembro de 2008.

ITU-T. **G.8121.1-LC**: Characteristics of multi protocol label switched (MPLS) equipment functional blocks. Disponível em:< <http://www.transport-mpls.com/t-mpls-forum/viewtopic.php?t=2>>. Acesso em: novembro de 2008.

Metro Ethernet Forum. Technical Specification MEF 10: Ethernet Service Attributes Phase 1. Disponível em: <http://www.metroethernetforum.org/>, dez. 2006. Acesso em: novembro de 2008.

T-MPLS Fórum. Disponível em:<<http://www.transport-mpls.com/t-mpls-forum>>. Acesso em: novembro de 2008.