



Análisis Crítico de Plataformas GPON e EPON para Aplicación en Redes Ópticas de Acceso de Alta Capacidad

M.Sc. Mauricio López Bonilla

Diciembre/2008

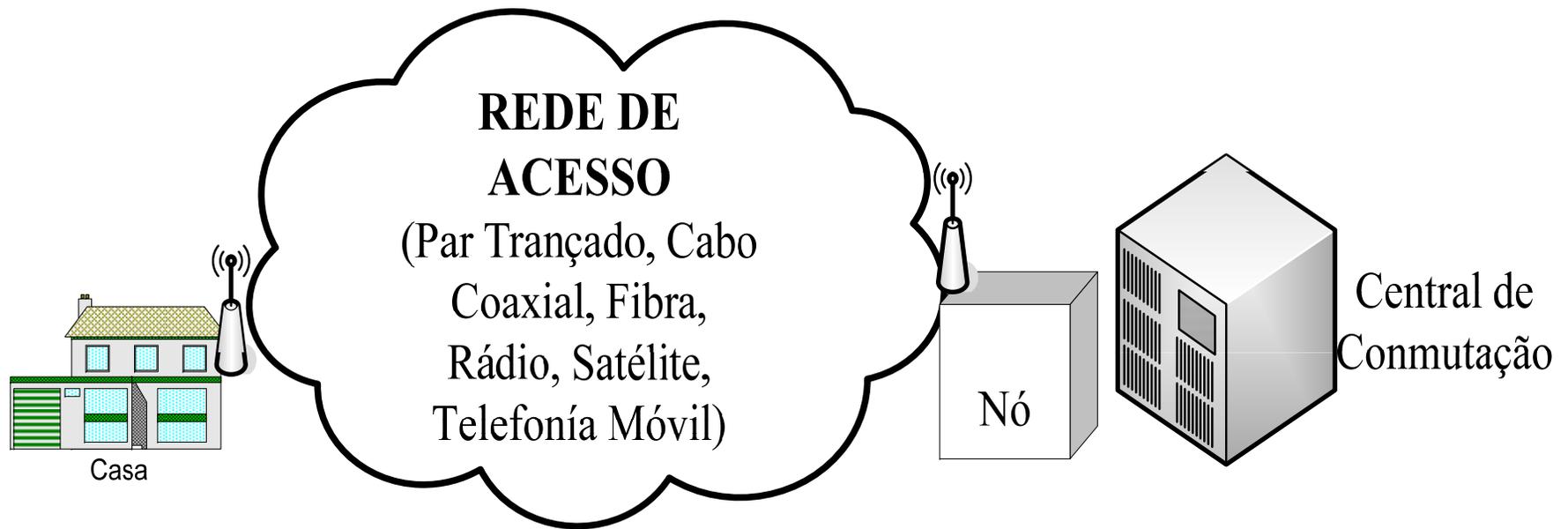


¿Por qué GPON/EPON?



- **Introdução (*Redes de Acesso*);**
 - História das redes PON (*Passive Optical Networks*);
 - ¿Por qué GPON e EPON?
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;

Última Milha (*Local loop*)

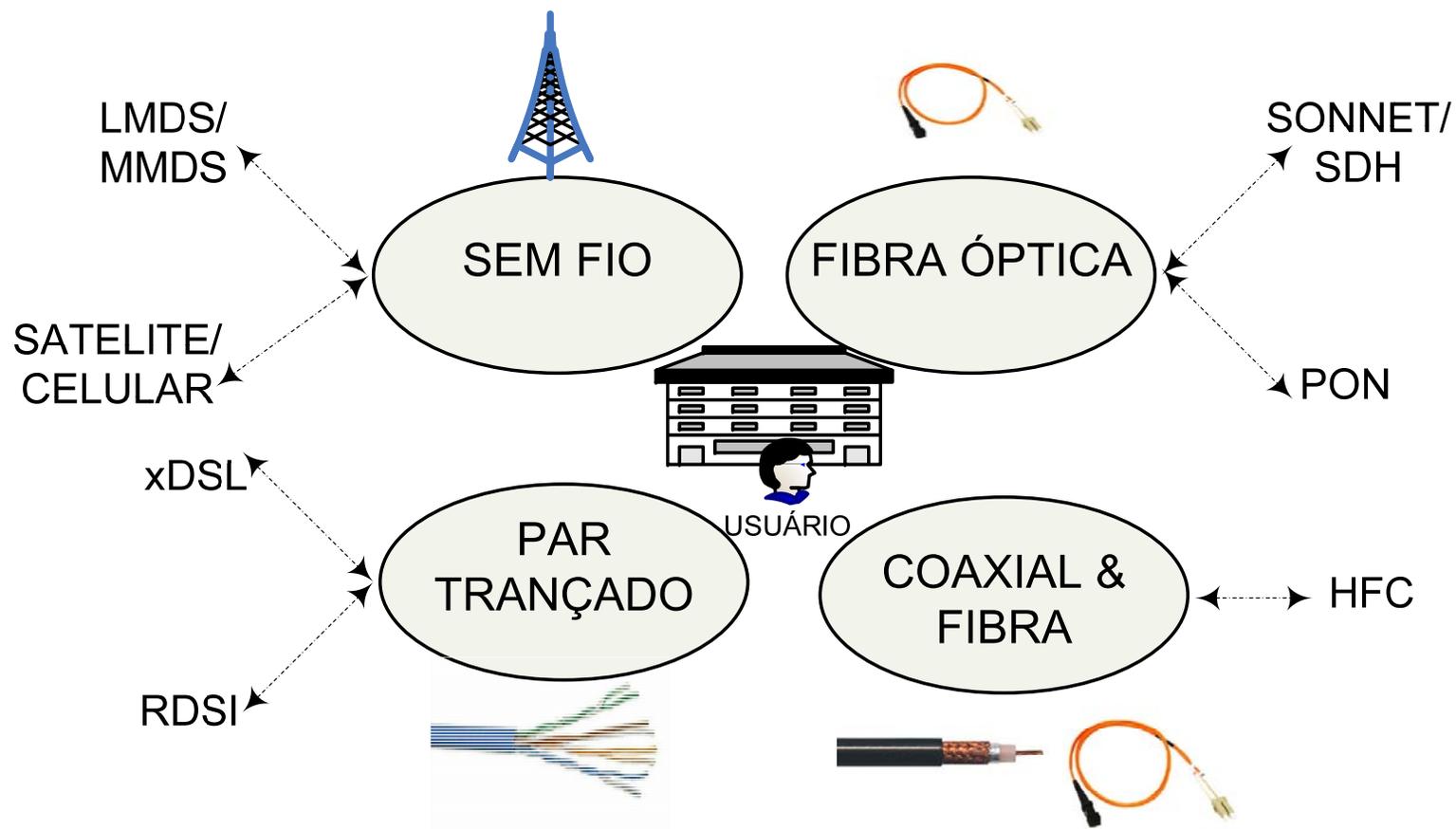


Diapositiva 3

MSOFFICE1 A Rede de Acesso envolve os elementos tecnológicos que suportam os enlaces de telecomunicações entre os usuários finais e o último nó da rede. Com frequência denomina-se local loop ou simplesmente a última milha. Seus principais componentes são: os meios de comunicação (par trançado, cabo coaxial, fibra óptica, canal radioelétrico) e os elementos que realizam a adequação do sinal aos mesmos. A Figura 1: mostra a rede de acesso, desde a casa do usuário até o nó assentado na central de comutação do provedor.

, 19/11/2008

Tipos de redes de acesso



Diapositiva 4

MSOFFICE2 As redes de acesso podem-se classificar em quatro grupos:

§ Redes de acesso via par trançado entram as quais se destacam as tecnologias xDSL: Linha Digital para o Assinante (Digital Subscriber Line) e a tecnologia RDSI: Rede Digital de Serviços Integrados.

§ Redes de acesso sem fio como Satélite, MMDS: Sistema Multicanal de Distribuição de Microondas (Multichannel Multipoint Distribution Service), LMDS: Sistema de Distribuição Local Multiponto (Local Multipoint Distribution System) e Celular.

§ Redes de acesso via fibra óptica e cabo coaxial chamadas redes híbridas HFC (Híbrida Fibra Coaxial).

§ Redes de acesso via fibra óptica totalmente como SONET/SDH, e redes PON: Redes Ópticas Passivas (Passive Optical Networks).

, 19/11/2008

MSOFFICE3 A Maior taxa de transmissão oferecida: VDSL (very high bit-rate digital subscriber line (ITU G.993.2) 52Mbps downstream e 12 Mbps upstream (300m distância máxima do enlace)

, 19/11/2008

MSOFFICE4 1.1.2 Redes de Acesso via Fibra Óptica e Cabo Coaxial

Uma rede de acesso Híbrida Fibra Coaxial está constituída, de forma geral, por três partes principais:

1. Elementos de rede: dispositivos específicos para cada serviço que o operador conecta nos pontos de origem de serviço e nos pontos de acesso ao serviço.

2. Infra-estrutura HFC: inclui a fibra óptica e o cabo coaxial, os transmissores ópticos, os nós ópticos, os amplificadores de radiofrequência e os elementos passivos.

3. Terminal de usuário: set top box, modems e unidades para integrar o serviço telefônico.

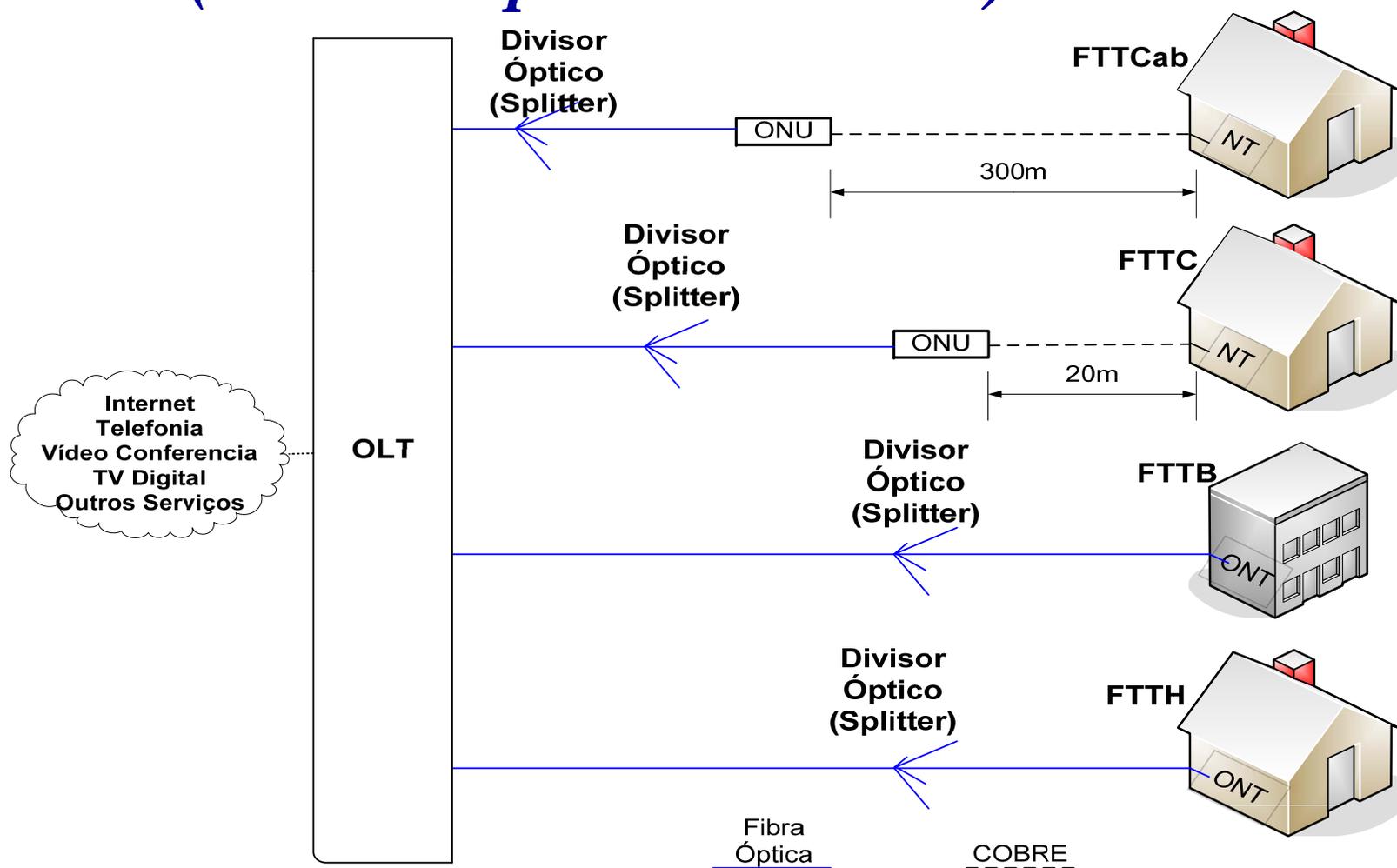
Com maior largura de banda, os operadores dispõem de maior espectro para oferecer serviços que gerem benefício. Entre as vantagens deste tipo de redes HFC se incluem:

§ A possibilidade de oferecer uma ampla gama de serviços tanto analógicos como digitais e suporte de serviços comutados e de difusão.

§ Capacidade de adaptação dinâmica às mudanças da demanda e do mercado, devida, em grande parte, à grande flexibilidade de que estão dotadas este tipo de redes.

, 19/11/2008

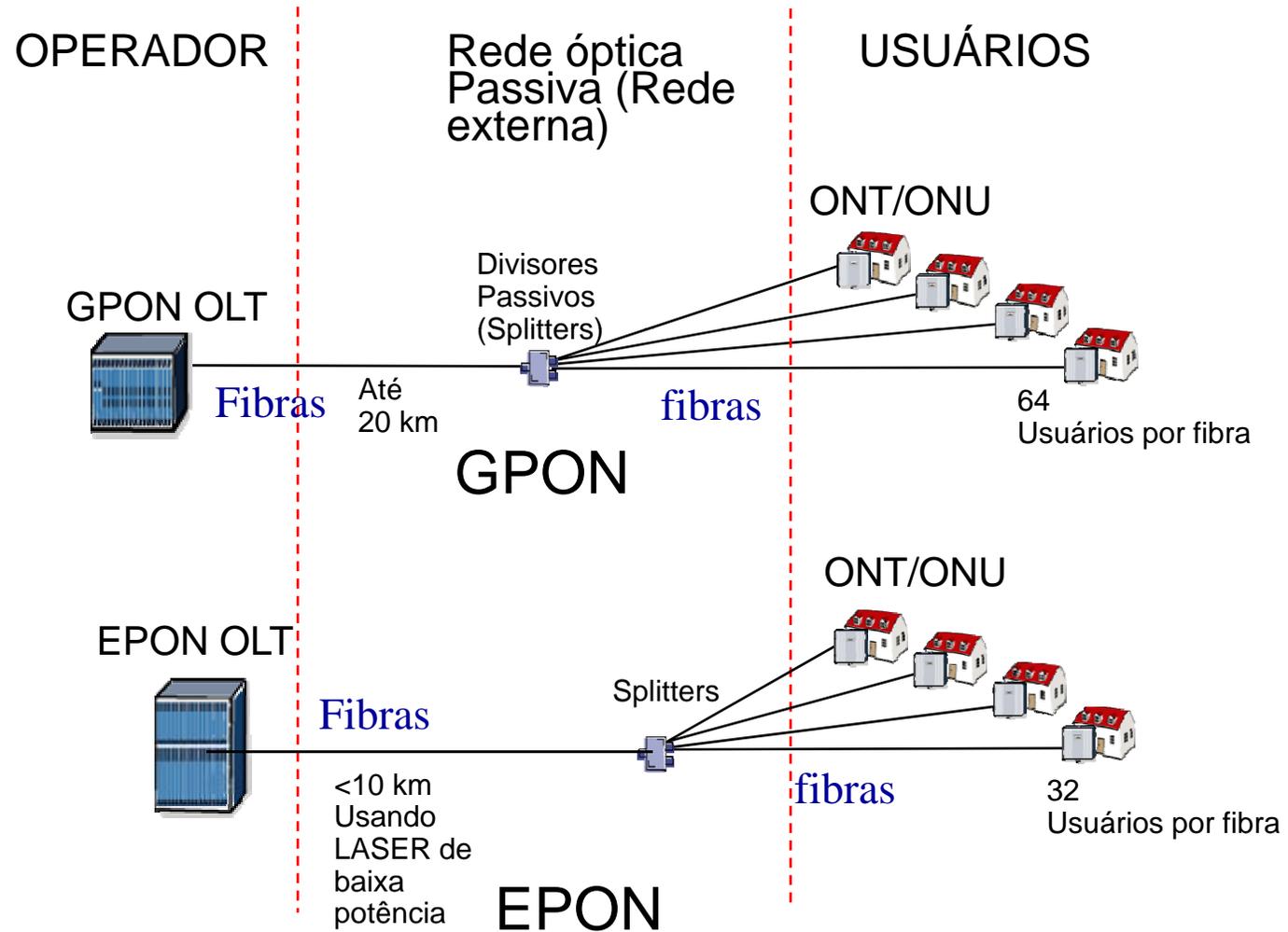
PON (Passive Optical Networks)



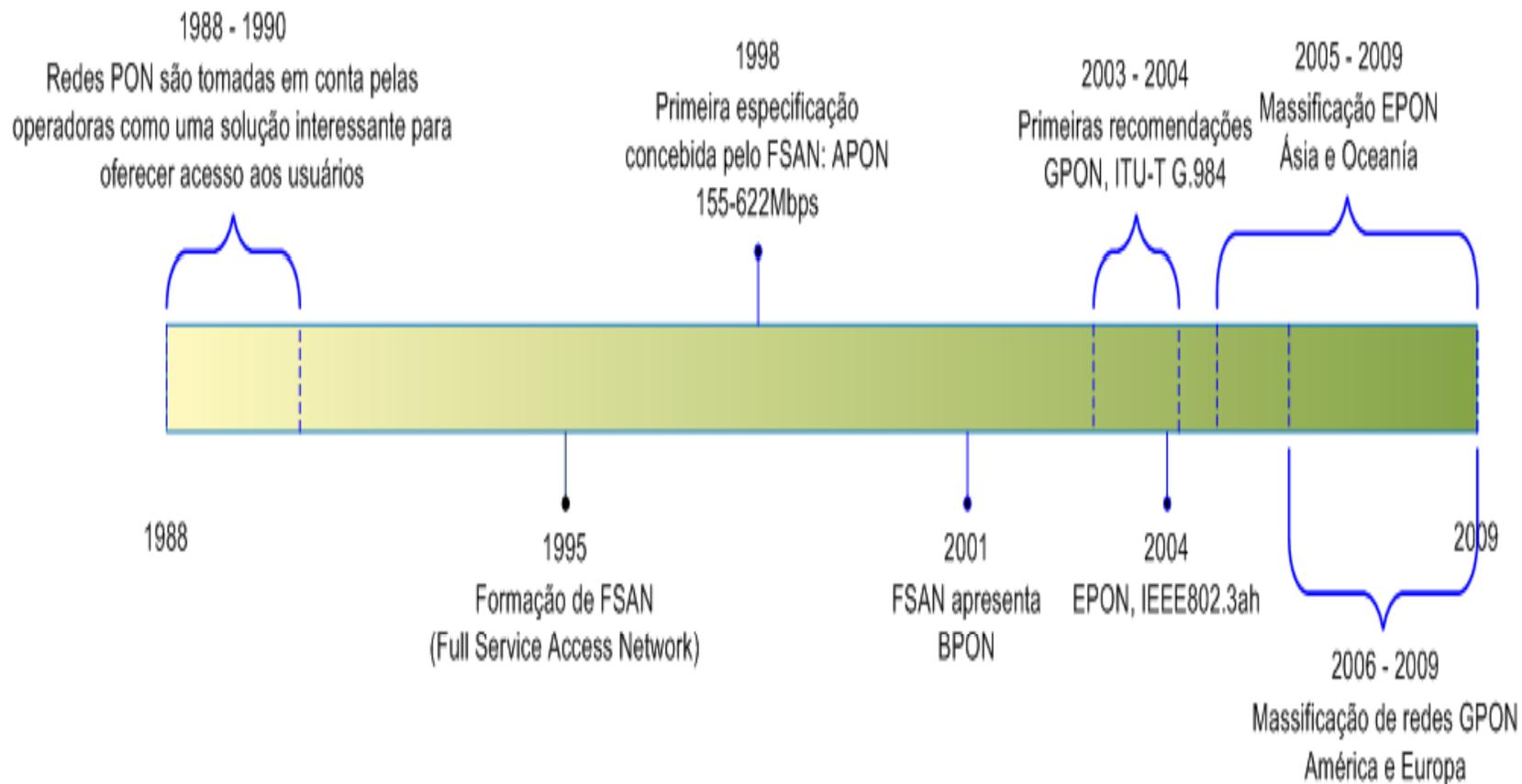
MSOFFICE5 1.1.3 Redes de Acesso via Fibra Óptica

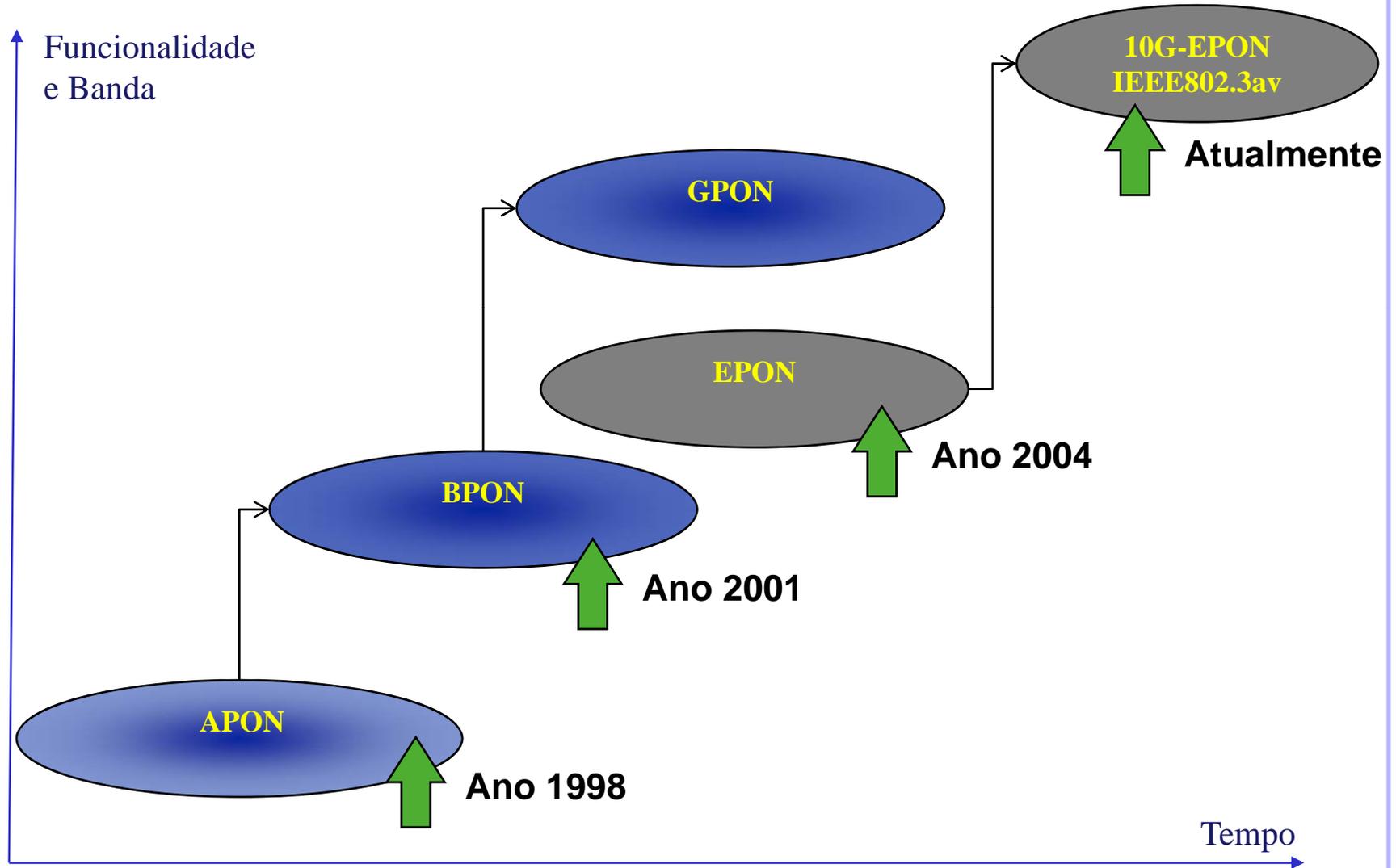
A transmissão via fibra óptica oferece virtualmente largura de banda ilimitada, e é amplamente considerada como a solução fundamental para fornecer acesso de banda larga à última milha, onde se encontra principalmente o ponto de gargalo provocado pelo envio de serviços de alta velocidade, ainda que novas tecnologias como as xDSL, conseguiram aumentar a largura de banda disponível na infra-estrutura de cobre existente. Não obstante, precisa-se uma nova infra-estrutura de rede para suportar as novas aplicações que vão surgindo e para as que se prevêem no futuro. Esta infra-estrutura deverá permitir primeiramente mais largura de banda, rápido fornecimento de serviços, e garantias de QoS (qualidade de serviço) a um custo efetivo e de maneira eficiente. As topologias que estendem a fibra óptica através da arquitetura de acesso de última milha são: FTTH: Fibra até a casa (Fiber To The Home), FTTB: Fibra até o prédio (Fiber To The Building), FTTCab: Fibra até o gabinete (Fiber To The Cabinet), e FTTC: Fibra até a calçada (Fiber To The CURB). Todas essas topologias oferecem um mecanismo que habilita suficiente largura de banda para o envio de novos serviços e aplicações. A tecnologia APON pode incluir-se em todas estas arquiteturas [1.6].

O componente principal de uma PON é o dispositivo divisor óptico (splitter) que, dependendo da direção da luz, divide o raio entrante distribuindo-lo para múltiplas fibras, ou combinando-los na direção oposta dentro de uma única fibra. Quando a PON se inclui numa arquitetura FTTH/B, a fibra vai desde a CO (escritório central) até um divisor óptico localizado dentro da casa do abonado ou empresa. Na arquitetura FTTCab, a fibra vai desde a CO até o divisor óptico que se localiza em um gabinete na vizinhança atendida tipicamente a uma distância aproximada de 300m do usuário. Na FTTC se chega com fibra até um gabinete mais próximo ao usuário, situado aproximadamente a 20m deste. As redes APON (ver seção 1.1.3.1) podem ser comuns a todas estas arquiteturas. No entanto, só nas configurações FTTH/B se eliminam todos os componentes eletrônicos ativos da planta exterior, pelo que nestas PON a rede é mais eficiente, ao eliminar todos os processos de processamento de sinal e codificação.

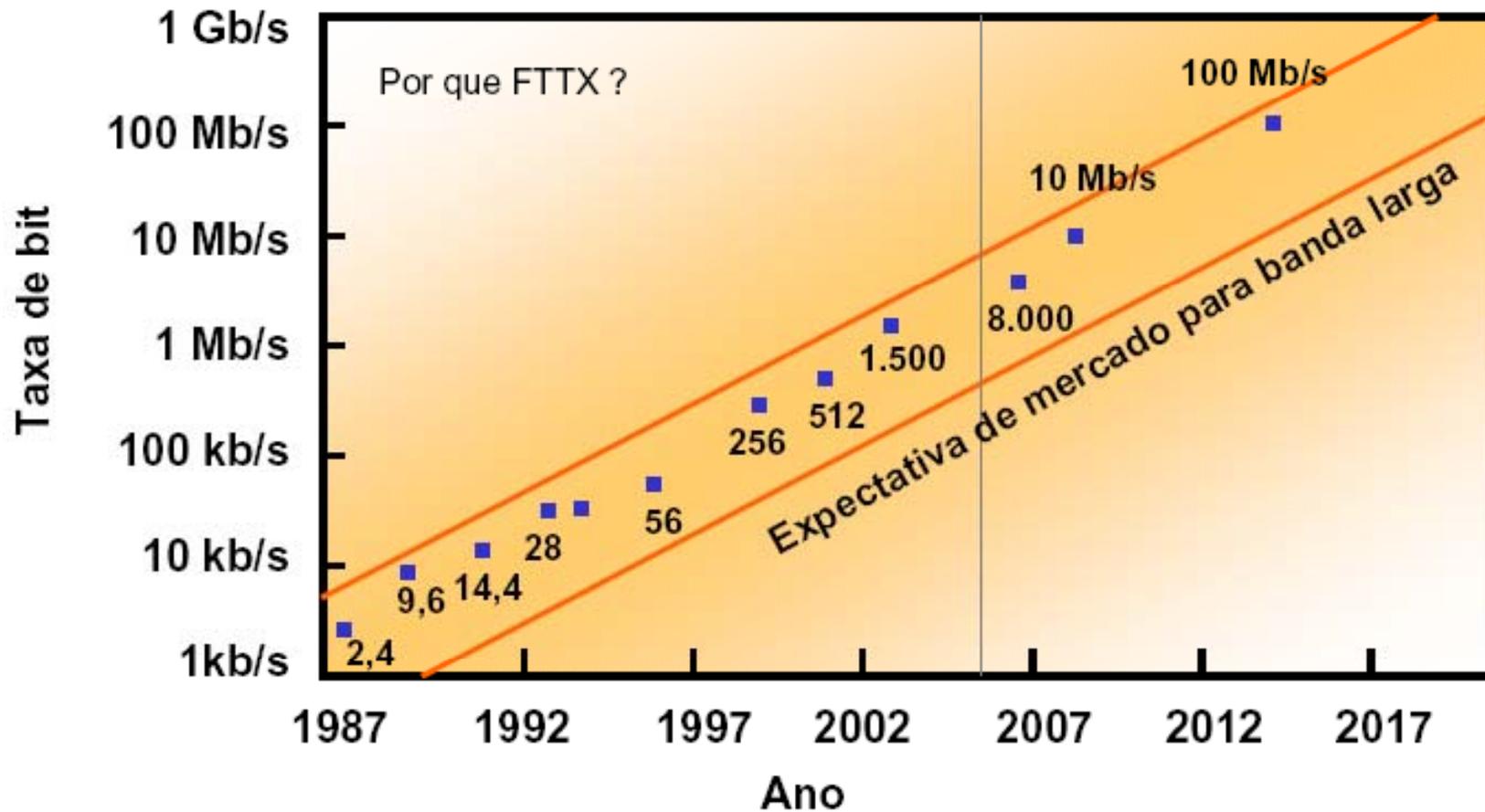


- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - **História das redes PON (*Passive Optical Networks*)**;
 - ¿Por qué GPON e EPON?
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;



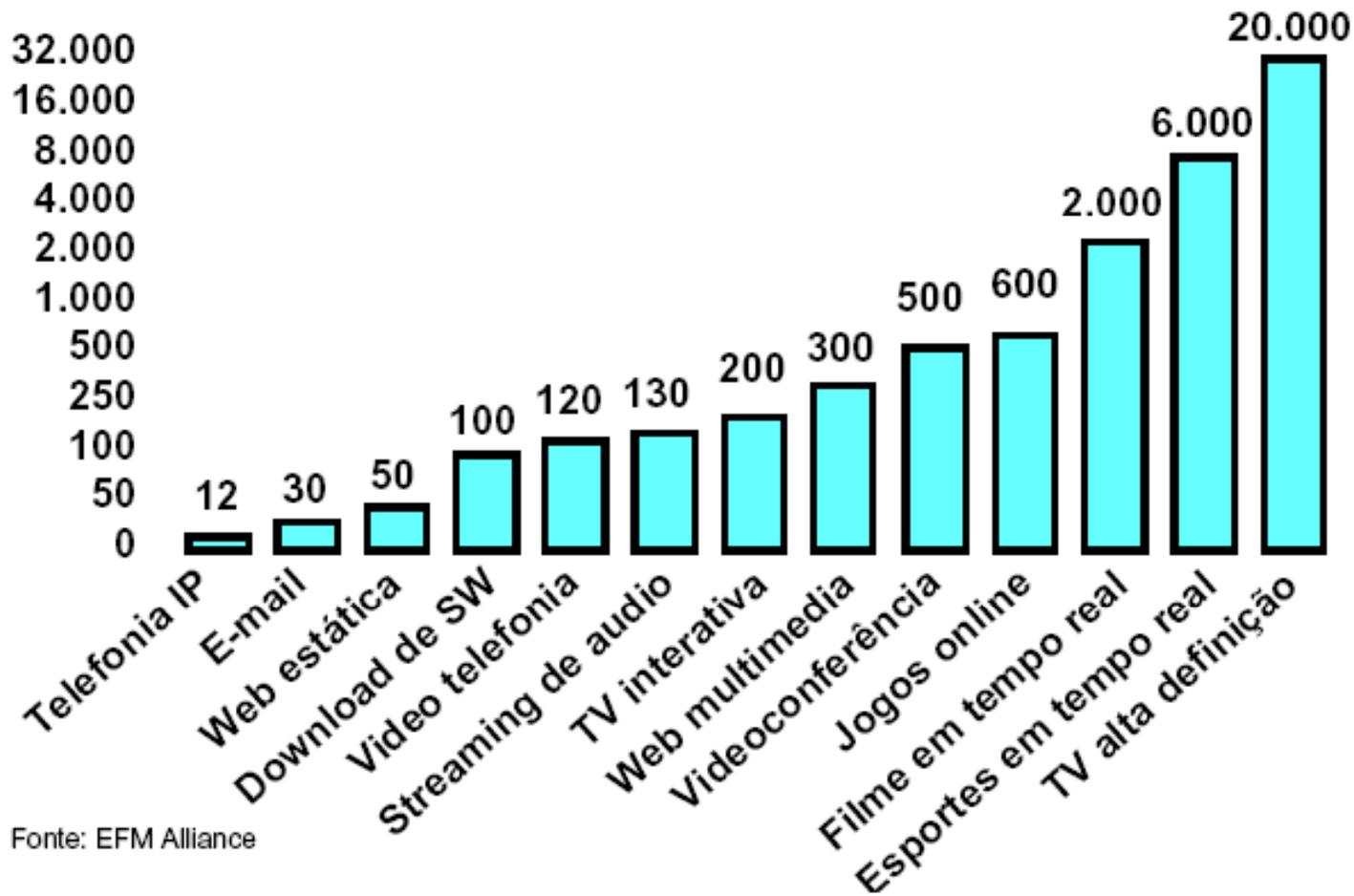


- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - História das redes PON (*Passive Optical Networks*);
 - **¿Por qué GPON e EPON?**
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;



Fonte: Infonetics Research

Demanda de banda por aplicação em kb/s



Fonte: EFM Alliance



Introdução (*Redes de acesso*)



Características	ITU-T APON	ITU-T GPON	IEEE EPON
Taxa de bits (Mbps)	Distribuição: 622, 155 Retorno: 155	Distribuição: 2488, 1244 Retorno: 2488, 1244, 622, 155	Distribuição: 1250 Retorno: 1250
Data da padronização	1998	2003	2004
Código de Linha	NRZ	NRZ	8B/10B
Divisão máxima	1:64	1:64	1:32
Alcance máximo	20 Km	20 Km	10 Km
Protocolo básico	ATM	ATM	Ethernet
Padrões	Série ITU-T G983.x	Série ITU-T G984.x	IEEE 802.3ah
Tecnologia de acesso	TDMA	TDMA	TDMA
OAM (Operação, Administração e Manutenção)	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM
Segurança downstream	AES	AES	Não definida

MSOFFICE8 1.1.3.1 Redes APON (ITU-T G.983)

Uma rede APON (ATM Passive Optical Network) está constituída fundamentalmente pela OLT, ONT, a fibra que suporta os componentes ópticos e um sistema de gestão de rede. A OLT reside tipicamente no escritório central, enquanto a ONT se localiza nas instalações do usuário. A planta externa (fibra e componentes ópticos) é totalmente passiva. Uma única fibra conecta uma porta OLT com múltiplas ONT, utilizando filtros ópticos. Uma única APON pode equipar-se até com 64 ONT, ainda que tipicamente a margem seja entre 32 e 48 ONT. A OLT pode estar até 20Km de distância das ONT, permitindo cobrir uma extensa área geográfica. Uma OLT pode suportar múltiplas APON, o que, combinando com a capacidade de filtrado das APON, significa que uma OLT pode suportar um grande número de usuários.

As técnicas WDM que utilizam três longitudes de onda diferentes permitem transmitir dados em sentido bidirecional e permite também distribuição de vídeo na fibra. Na direção de baixada (download), os dados se distribuem a 1490nm, utilizando o protocolo TDM: Multiplexação por Divisão no Tempo (Time Division Multiplexing); na direção de subida (upload), utilizam-se 1310nm em conjunção com o protocolo TDMA: Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (Time Division Multiple Access) a fim de suportar o meio de conexão compartilhado multiponto a ponto. A terceira longitude de onda; 1550nm transporta a distribuição de vídeo desde a OLT até as ONT, constituindo um método eficiente em custo para entregar um grande número de canais de vídeo analógicos e/ou digitais aos usuários. Para o transporte de comandos, controle e informação de estado se utilizam células ATM especiais em ambas direções. De acordo com o padrão G.983, a APON pode operar a duas velocidades: 155Mbps simétrico e 622Mbps descendentes (Download)/155Mbps ascendentes (Upload) assimétrico. A largura de banda pode atribuir-se individualmente às ONT.

Todas as ONT de uma APON recebem a difusão completa do canal de distribuição da OLT. Cada ONT supervisiona o fluxo de dados extraindo somente as células destinadas para ele, baseando-se no valor do campo VPI/VCI da célula ATM, que identifica a cada ONT de maneira unívoca. Antes da transmissão desde a OLT, os dados se criptografam, mediante um processo chamado variação, para assegurar a segurança na APON. Durante a variação cada ONT transmite uma senha criptografada até a OLT para ser usada no processo de variação e assegurar que os dados destinados para esse ONT não estejam disponíveis para as demais. No canal de retorno, cada ONT só transmite dados à OLT depois de receber uma mensagem por parte desta, cedendo-lhe um número de ciclos de tempo (timeslots) na APON. Já que cada ONT pode estar a uma distância significativa das demais, e da OLT, utiliza-se um procedimento chamado "ranging" para determinar a distância entre cada ONT e a OLT, a fim de ajustar a atribuição dos ciclos e maximizar assim a eficiência da APON.

1.1.3.2 Redes GPON (ITU-T G.984)

São redes totalmente passivas, sem repetidores dentro da rede e sem fontes de energia intermédias, unicamente usam-se splitters (divisores), acopladores e atenuadores. Toda a informação é transmitida bidirecionalmente sob uma única fibra. Utilizam-se duas longitudes de onda diferentes, uma para a informação de baixada (downstream) exemplo; 1490nm e uma para a informação de subida (upstream) (Exemplo; 1510nm). A informação no canal de distribuição (downstream) é transmitida em modo broadcast, isto é que a informação é transmitida para todos os elementos da rede. Como a informação chega a todos os usuários é necessário utilizar um sistema de criptografia para manter a privacidade das comunicações. No canal de retorno (upstream) a transmissão é realizada utilizando o protocolo de acesso múltiplo TDMA, onde cada elemento da rede tem um período de tempo específico para transmitir, permitindo que um mesmo canal de transmissão, neste caso o mesmo comprimento de onda, seja compartilhado por vários usuários. As redes APON são ineficientes para o tráfego IP, o qual é o maior tráfego atualmente. Para superar estas limitações, no ano 2001, o grupo FSAN (Full Service Access Network) comprometeu um novo esforço para especificar uma PON operando com taxas superiores a um Gigabit por segundo. Baseada nas recomendações do grupo FSAN, em 2003-2004, ITU-T tem aprovado o novo padrão Gigabit-PON (GPON) e sua série de especificações.

Estas especificações são conhecidas como recomendações ITU-T e são: G.984.1,

Diapositiva 13 (continuación)

G.984.2, G.984.3, G.984.4, G.984.5, G.984.6. No seguinte capítulo descreveremos com detalhe as redes GPON.

1.1.3.3 EFM (IEEE 802.3ah)

Em Janeiro de 2001, o IEEE formou um grupo de estudo chamado Ethernet na primeira milha (EFM: Ethernet in the First Mile). O grupo definiu o objetivo de proporcionar um aumento significativo no desempenho da rede Ethernet, minimizando equipamentos, operação e custos de manutenção. Ethernet PON tornou-se uma das áreas de foco do grupo EFM [1.7].

Ethernet PON (EPON) é uma rede baseada em PON que transporta informação encapsulada em frames Ethernet seguindo o padrão IEEE 802.3. EPON usa um padrão de linha de codificação 8B/10B (8 bits de dados codificados

em uma linha de 10 bits) e opera no padrão Ethernet a uma velocidade de 1.25Gbps. Sempre que possível EPON utiliza as atuais especificações 802.3. Incluindo a utilização do atual 802.3 full-dúplex no controle de acesso ao médio (MAC).

Nas redes EPON o canal de distribuição (downstream) é um meio compartilhado ponto-multiponto onde a OLT transmite por meio de broadcast a informação para todas as ONU.

O canal de retorno (upstream) nas redes EPON é conformado por enlaces ponto-ponto onde todas as ONU (Optical Network Unit: Unidade de rede óptica) transmitem em diferentes períodos de tempo para a OLT. A OLT faz o controle de assinação de esses tempos de transmissão para as ONU.

, 19/11/2008

- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - História das redes PON (*Passive Optical Networks*);
 - ¿Por qué GPON e EPON?
- **Mercado atual das Redes GPON e EPON;**
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;



- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - História das redes PON (*Passive Optical Networks*);
 - ¿Por qué GPON e EPON?
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- **Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*)**;
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;



ITU-T	Recomendação	Especificações
G.984.1	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Especificações Gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece resumo das características essenciais • Taxas de transmissão desde 1.244/0.155 até 2.488/2.488 Gbps • Máximo alcance físico, Máximo alcance lógico
G.984.2	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Camada PM	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece as especificações da camada PMD
G.984.3	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Especificações da transmissão	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece as especificações da camada TC <ul style="list-style-type: none"> ➤ Modo ATM, Modo GEM, ou operação em modo dual ➤ Segurança AES
G.984.4	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): ONT Interfase de controle e gerenciamento	<ul style="list-style-type: none"> • Fornece gerenciamento da ONT
G.984.5	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON)	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoramento da banda
G.984.6	Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON)	<ul style="list-style-type: none"> • Extensão

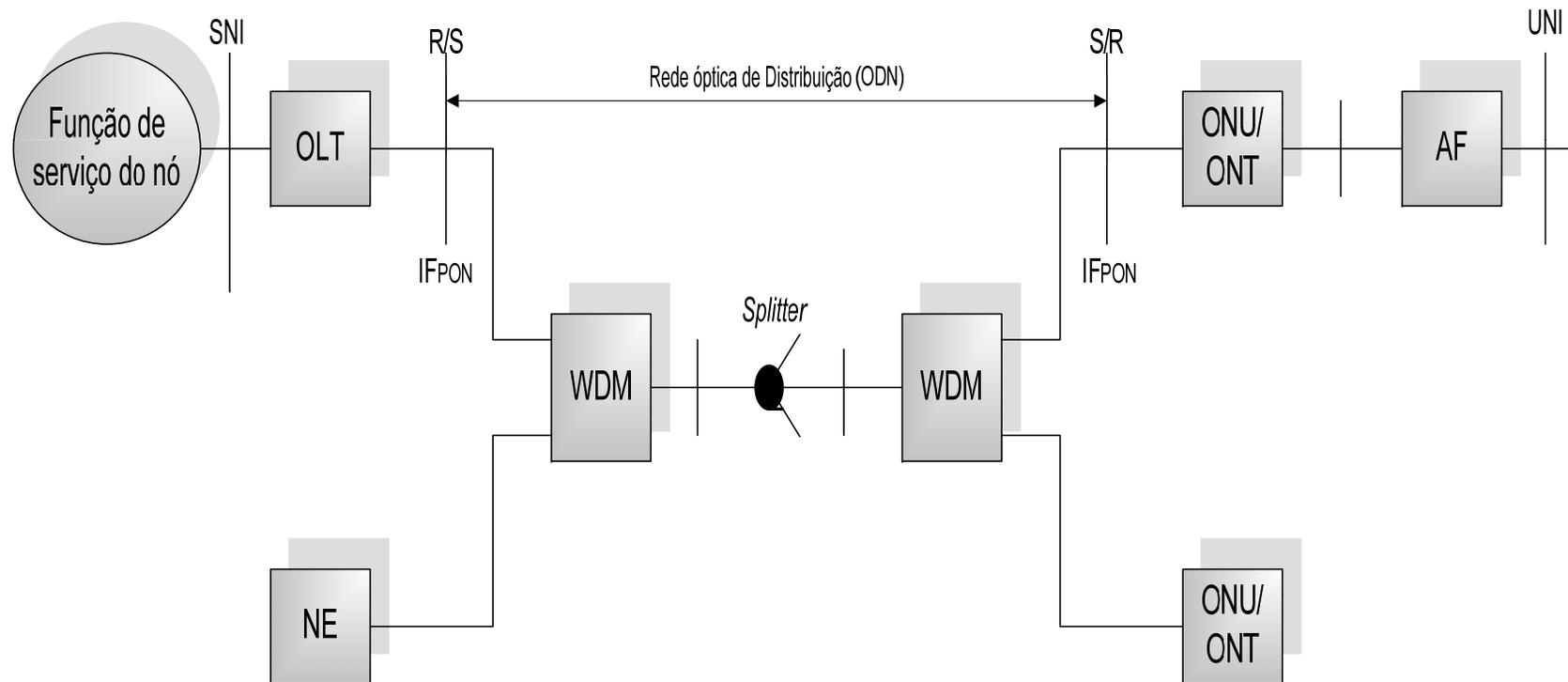
Diapositiva 17

MSOFFICE12 A ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication sector) começou a trabalhar no padrão GPON no ano 2002. A principal motivação de GPON era fornecer maior largura de banda, maior eficiência de transporte para serviços IP, e uma especificação completa e adequada para oferecer todo tipo de serviços. GPON está padronizada no conjunto de recomendações ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6). As primeiras recomendações apareceram durante o ano 2003 e 2004, tendo contínuas atualizações nos anos posteriores. Ainda que muita da funcionalidade que não está relacionada com GPON se conserva com respeito as suas tecnologias passadas, principalmente BPON. GPON baseia-se numa camada de transmissão completamente nova. GPON proporciona uma estrutura de frame escalável de 622Mbps até 2,5Gbps, assim como suporte de taxas de bit assimétricas. A velocidade mais utilizada pelos atuais fornecedores de equipas GPON é de 2,488 Gbps no sentido downstream e de 1,244 Gbps no sentido upstream. Sobre certas configurações se podem proporcionar até 100Mbps por cliente [2.1].

A rede de acesso é a parte da rede do operador mais próxima ao usuário final, pelo que se caracteriza pela abundância de protocolos e serviços. O método de encapsulação da informação que utiliza GPON é chamado: GEM (GPON Encapsulation Method) que permite suportar qualquer tipo de serviço (Por exemplo: Ethernet, TDM, ATM) em um protocolo de transporte síncrono baseado em tramas periódicas de 125ms. GEM se baseia no padrão GFP (Generic Framing Procedure) do ITU-T G.7041, com modificações menores para as tecnologias PON. GPON deste modo, não só oferece maior largura de banda do que suas tecnologias passadas, além disso, é mais eficiente e permite aos operadores continuar oferecendo seus serviços tradicionais (voz baseada em TDM, linhas alugadas) sem ter que mudar as equipas instaladas nas dependências de seus clientes. Na seção 2.7 vai se mostrar com mais detalhe o padrão GFP. Ademais, GPON implementa capacidades de OAM (Operation Administration and Management) avançadas, oferecendo uma potente gestão do serviço extremo a extremo. Entre outras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitoração da taxa de erro, alarmes e eventos, processo de descobrimento e ranging automático.

, 19/11/2008

Recomendação G.984.1 (Arquitetura)





Características (Taxas de Transmissão)

- 155 Mbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).
- 622 Mbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).
- 1,2 Gbps (*Upstream*), 1,2 Gbps (*Downstream*).
- 155 Mbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).
- 622 Mbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).
- **1,2 Gbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).**
- 2,4 Gbps (*Upstream*), 2,4 Gbps (*Downstream*).

Diapositiva 19

MSOFFICE14 O alcance lógico da rede é a máxima distância entre a ONU/ONT e a OLT exceto no que respeita à limitação da camada física. Na GPON o alcance lógico máximo é de 60Km. O alcance físico é a máxima distância física entre a ONU/ONT e a OLT. GPON tem definido duas opções definidas para o alcance físico: 10Km e 20Km. Estabelece-se que 10Km é a máxima distância onde pode ser usado um FP-LD (Fabry Perot-Laser Diode) na ONU para altas taxas de transmissão como 1,25 Gbps.

A rede GPON pode ser demultiplexada até para 64 usuários, o que se converte em um aspecto muito atrativo para os operadores. Para o futuro próximo se espera chegar até 128 usuários usando a mesma OLT.

Desde o ponto de vista da administração da rede de acesso, a proteção na GPON é considerada como uma melhora na fiabilidade da rede. No entanto, a proteção deve ser considerada como um mecanismo opcional porque sua implementação depende do planejamento econômico do sistema. A recomendação G.984.1 apresenta várias formas possíveis para uma configuração dúplex.

Existem dois tipos de proteção os quais são:

§ Chaveamento forçado.

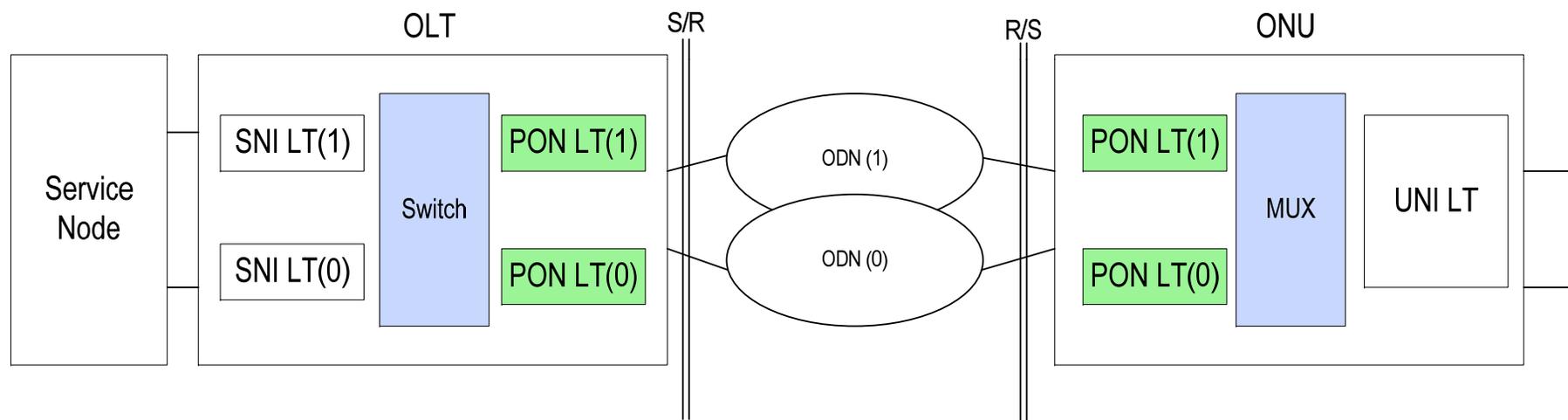
§ Chaveamento automático.

O chaveamento forçado é ativado por eventos da administração da rede, como substituição da fibra, re-encaminhamento da fibra, entre outras. O chaveamento automático é acionado por detecção de falhas; como perda do sinal, perda da trama, degradação do sinal, entre outros. Ambos tipos de proteção são possíveis na rede GPON, ainda que são funções opcionais. O mecanismo de chaveamento é realizado geralmente pela função OAM (Operation, Administration and Management), portanto, o campo de informação OAM precisado, deve ser reservado na trama OAM.

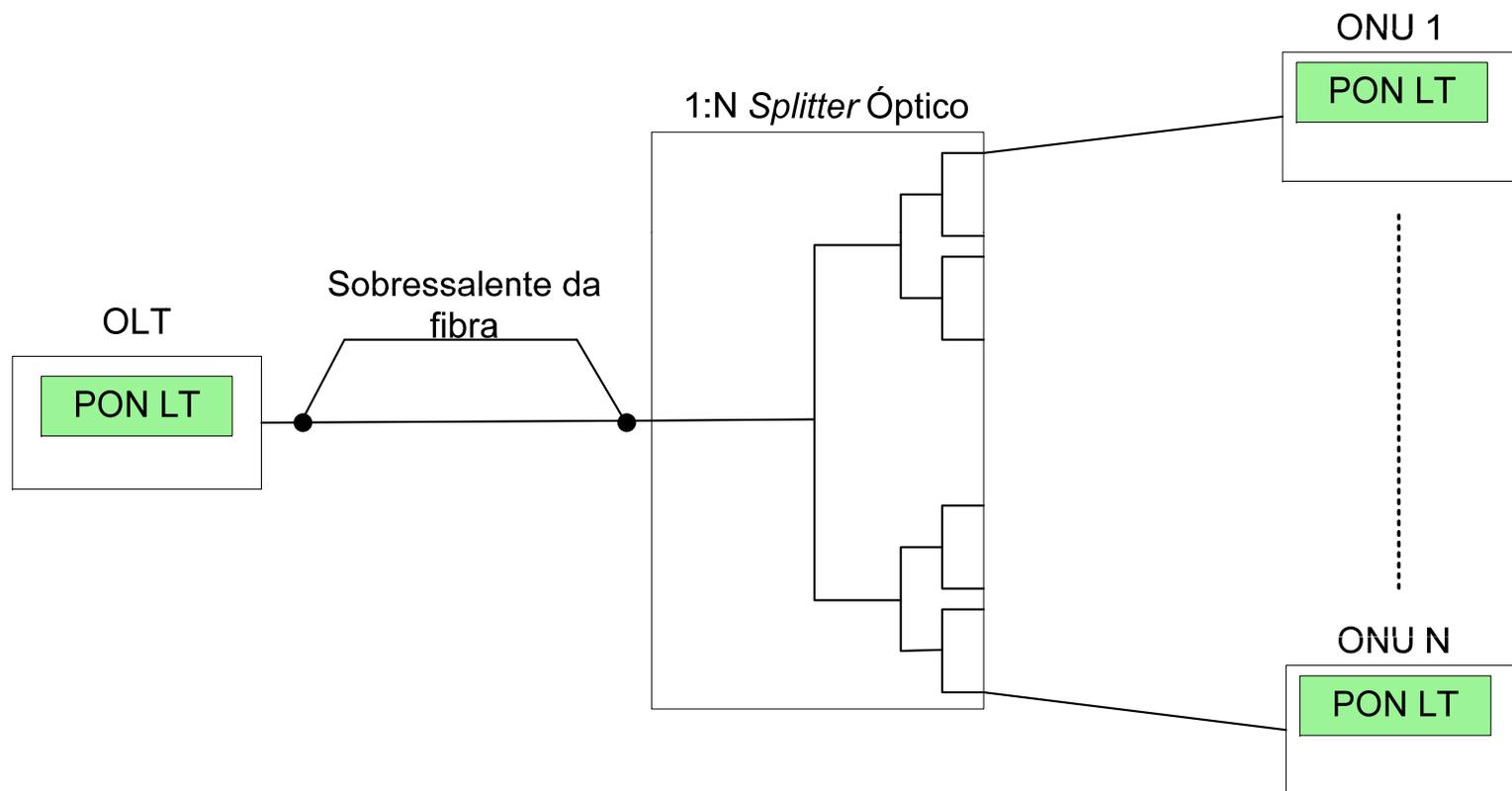
A Figura 6: mostra o modelo dúplex para a rede de acesso. A secção mais importante da proteção na GPON dever ser a parte entre a interface ODN (Optical Distribution Network) na OLT e a interface ODN na ONU via a ODN, excluindo a redundância SNI na OLT.

, 19/11/2008

Conceitos Gerais; Modelo Dúplex G.984.1



Conceitos Gerais; Possíveis configurações



Sistema Dúplex de fibra

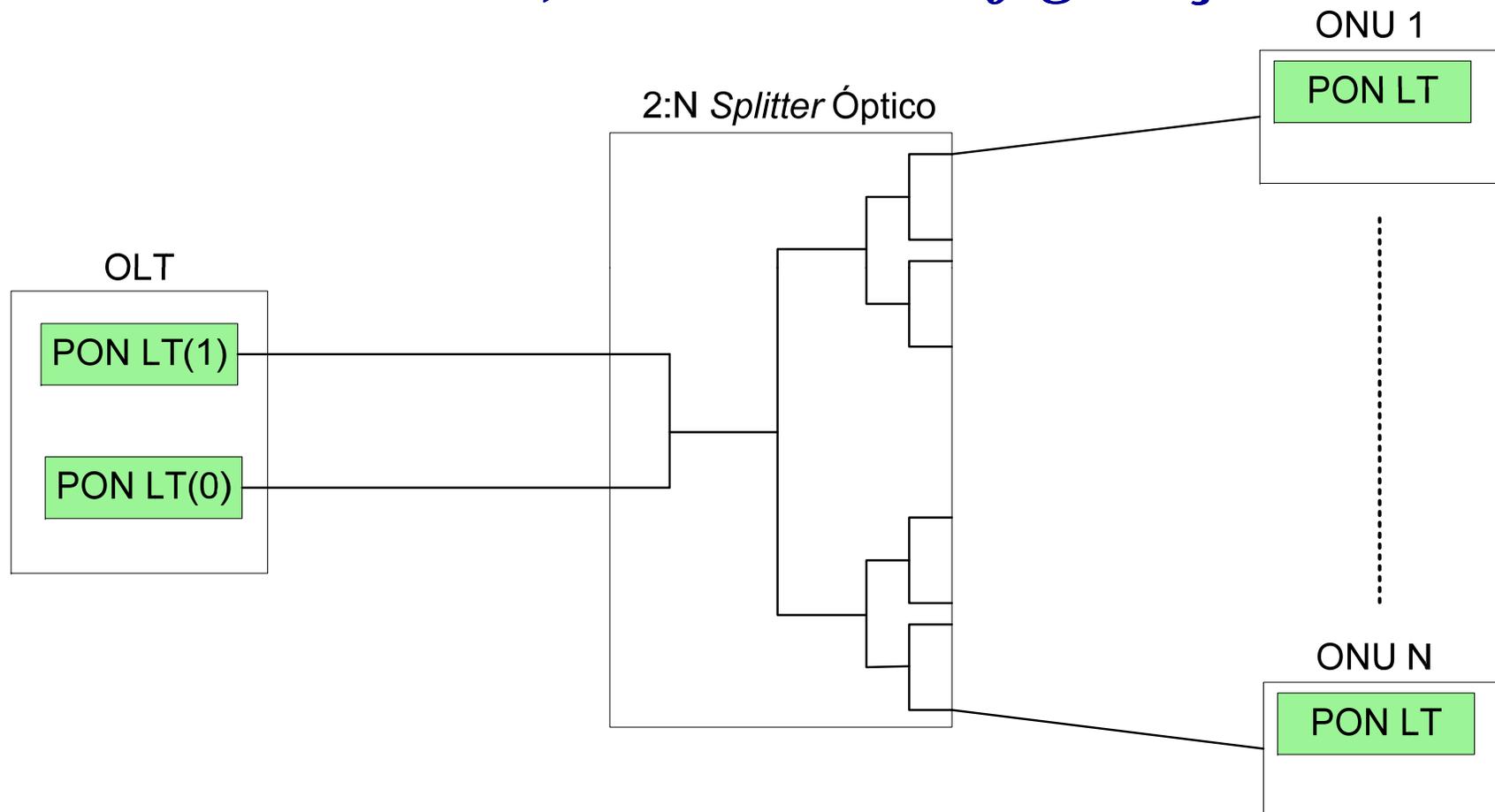
Diapositiva 21

MSOFFICE16 Podem existir diferentes tipos de configurações para GPON, onde cada uma poderia ter um protocolo de controle distinto. A recomendação G.984.1 apresenta os seguintes 4 exemplos.

Na Figura 7: temos a primeira configuração, onde somente se duplica a fibra. Nesse caso o sinal perdido ou as tramas perdidas são inevitáveis no período de chaveamento.

, 19/11/2008

Conceitos Gerais; Possíveis configurações



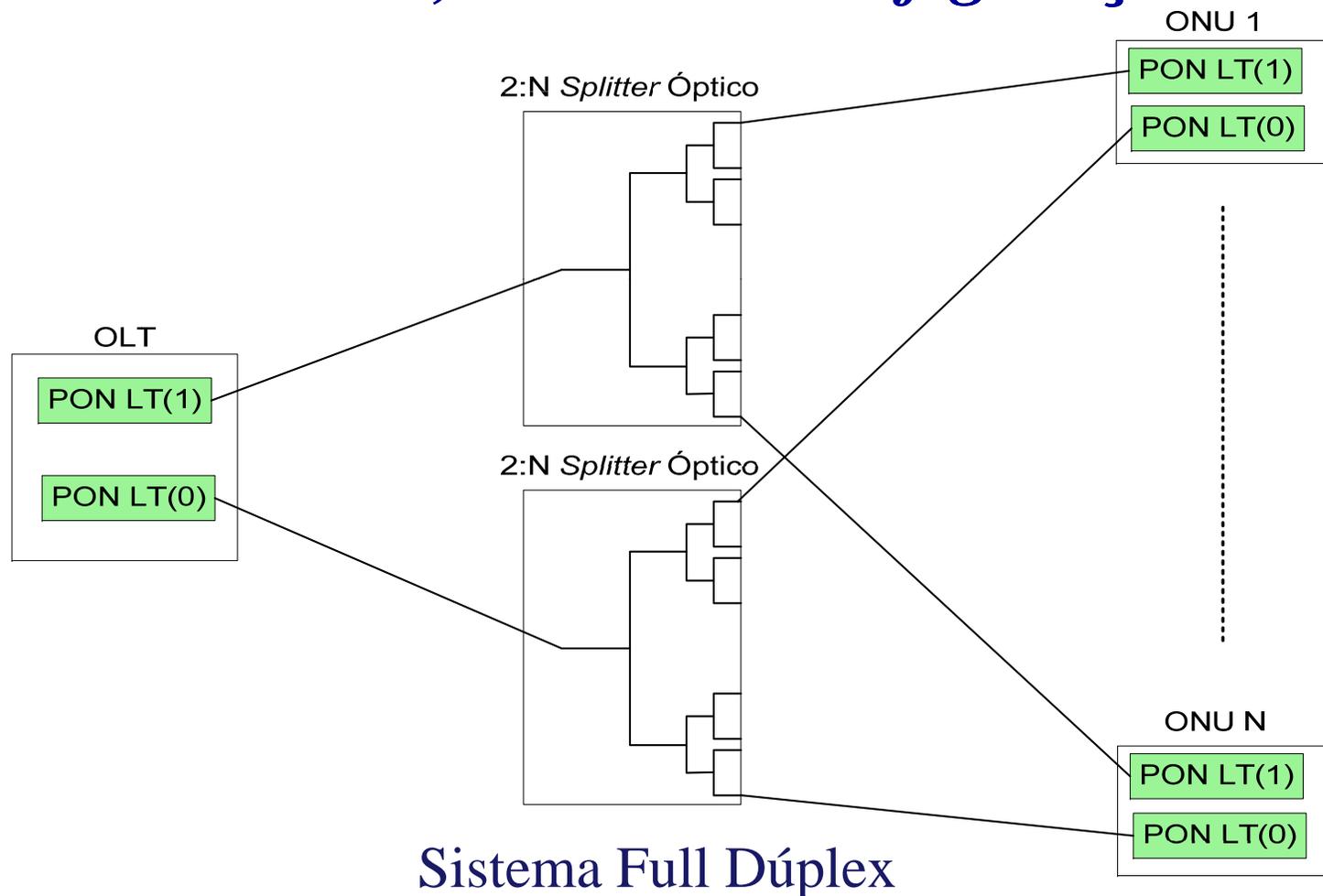
Sistema Dúplex de OLT

Diapositiva 22

MSOFFICE17 Na Figura 8:duplica-se a OLT e a fibra óptica entre as OLT e o splitter óptico. O splitter tem duas portas de entrada/saída do lado da OLT. Nesse caso o sinal perdido ou os frames perdidos são inevitáveis no período de chaveamento.

, 19/11/2008

Conceitos Gerais; Possíveis configurações

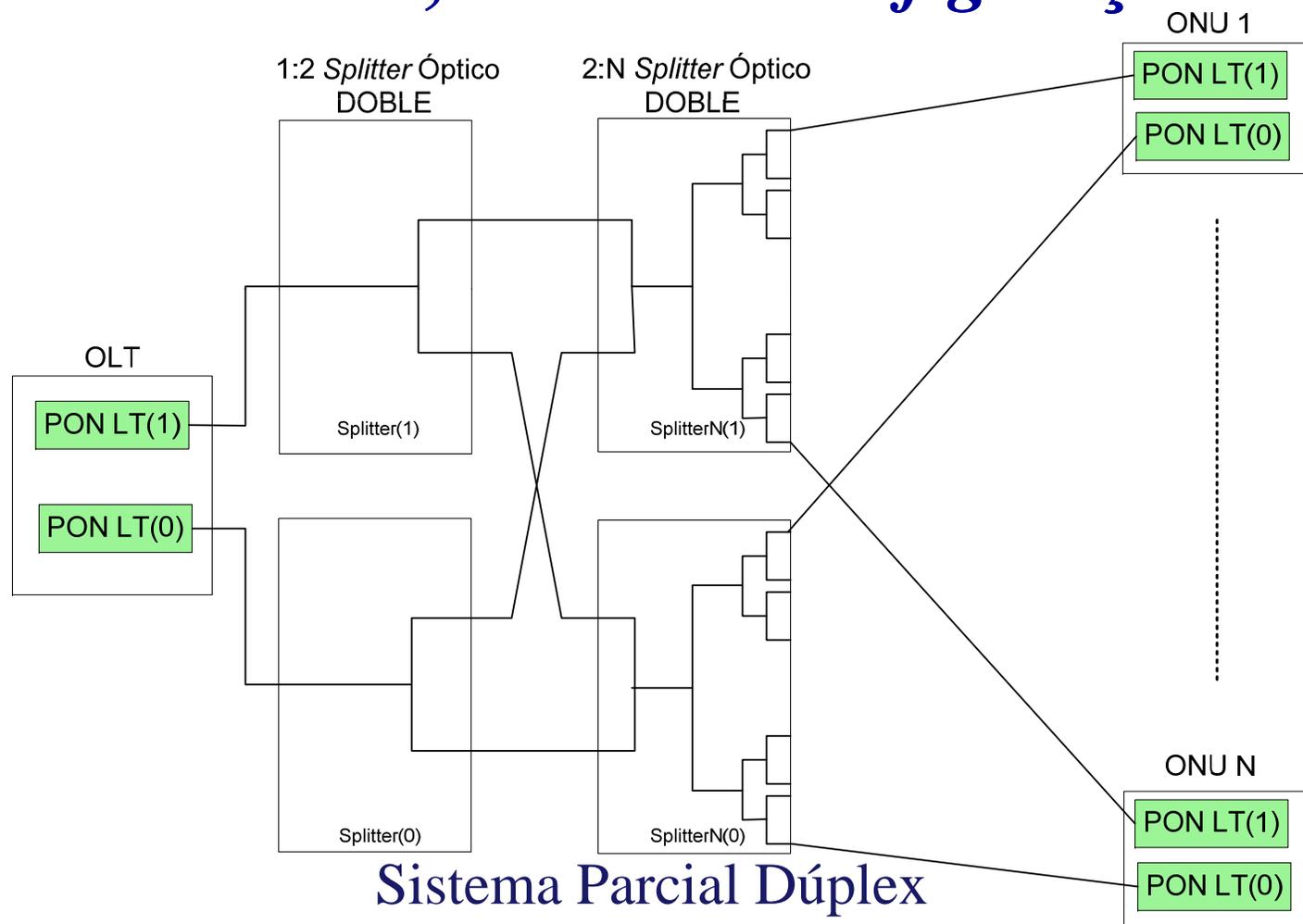


Diapositiva 23

MSOFFICE18 Na Figura 9:duplica-se a OLT e a ONU. Usando essa configuração, a recuperação por falhas é possível em qualquer ponto. No entanto, os custos da rede são elevados.

, 19/11/2008

Conceitos Gerais; Possíveis configurações

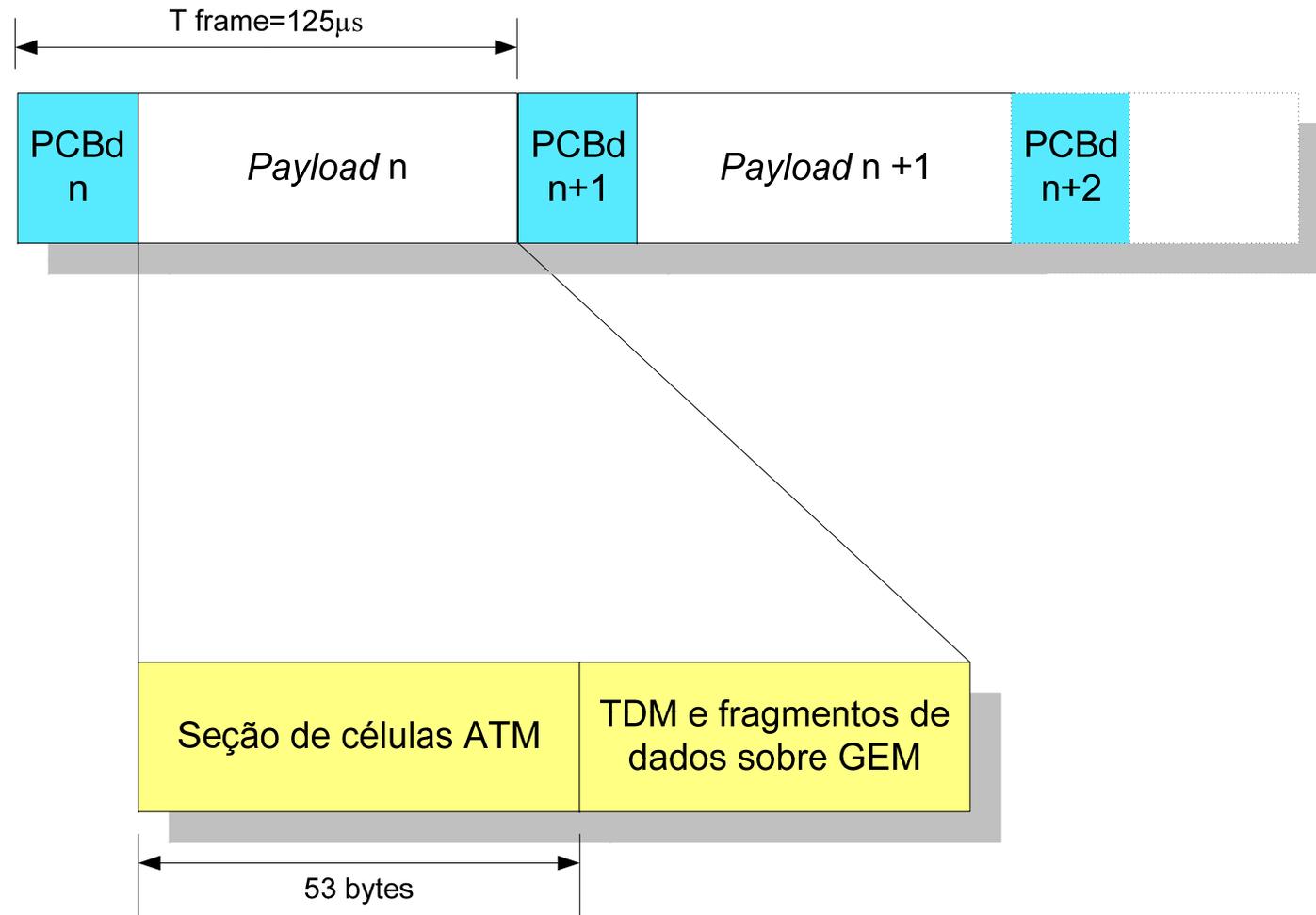


Diapositiva 24

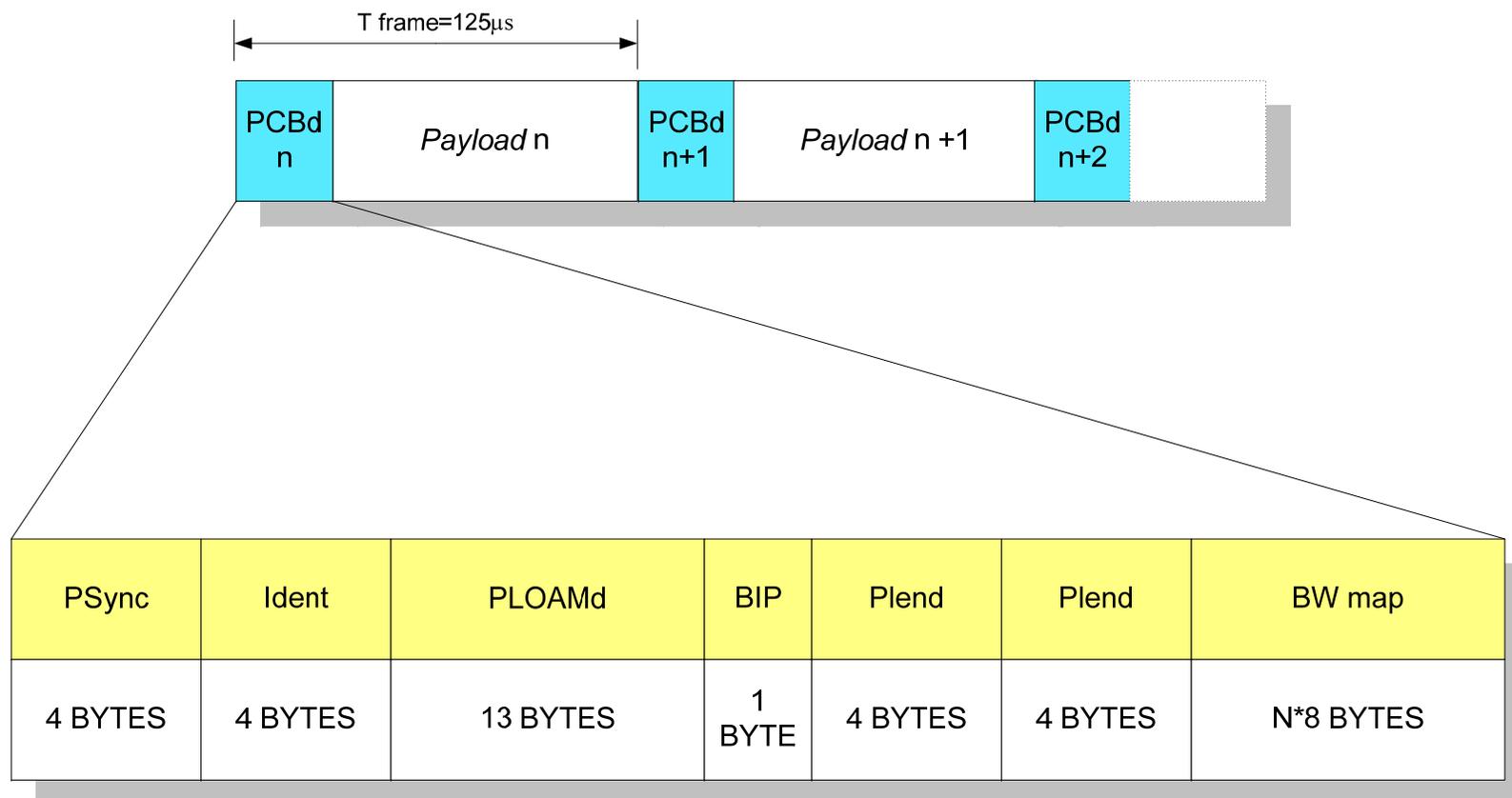
MSOFFICE19 Se as ONU já se encontram instaladas nos prédios dos usuários, o cabo instalado pode ser ou não duplexed. Adicionalmente se cada ONU pertence a um diferente usuário, a fiabilidade vai depender de cada cliente e somente um número limitado de ONU poderiam ter uma configuração dúplex. Baseado no anterior, a configuração que mostra a Figura 10: permite um duplexing parcial do lado da ONU.

, 19/11/2008

Frame de dados no canal de distribuição



Frame de dados no canal de distribuição



Diapositiva 26

MSOFFICE21 O bloco de controle físico (PCBd: Physical Control Block for downstream) para um canal de distribuição contém vários campos e é transmitido para todas as ONU na GPON em forma de broadcast. Deste modo cada ONU recebe o PCBd e opera segundo à informação contéuda no campo. O campo PCBd está conformado da seguinte forma(ver Figura 12.):

§ Sincronização física (Psync): comprimento de 32 bits.

§ Campo de identificação (Ident): comprimento de 32 bits.

§ Campo de operação, administração e gerenciamento da camada física na direção de downstream (PLOAMd). Contém uma mensagem PLOAM: comprimento 13 bytes.

§ Campo do código de paridade (BIP: Bit Inter-leaved Parity): comprimento 8 bits.

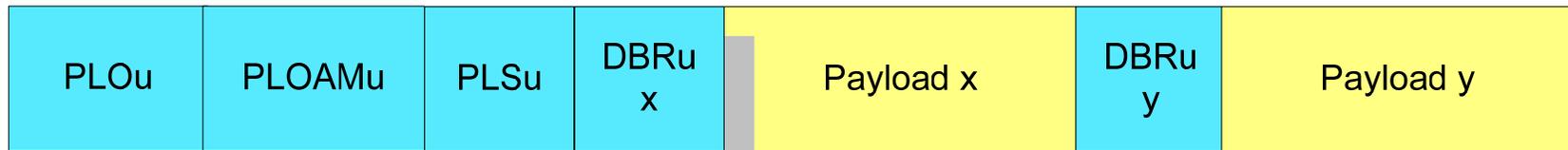
§ Campo Plend: comprimento 32 bits.

§ Campo do mapa de largura de banda (BW map). Contém um arranjo de estruturas de 8 bytes, representando a simples alocação de largura de banda para uma ONU em particular na GPON.

, 19/11/2008



Frame de dados no canal de retorno



Diapositiva 27

MSOFFICE22 Na direção de upstream um frame tem uma duração constante de 125 μ s para os sistemas de 1.24416 Gb/s e 2.48832 Gb/s, além disso, tem um comprimento de 19,44 bytes e 38,88 bytes respectivamente. As transmissões no canal de retorno consistem em uma série de frames individuais originados pelas ONU na GPON. Cada rajada contém o cabeçalho da camada física (PLOu: Physical Layer Overhead of upstream), e adicional ao payload do cliente, contém um campo opcional de PLOAM upstream (PLOAMu), também tem um campo de seqüência de nivelador de potência de upstream (PLSu) e um campo de reporte dinâmico de largura de banda (DBRu). O frame de upstream tem uma duração de 125 μ s igualando a duração do frame de download. Cada frame contém um número arbitrário de transmissões de uma ou mais ONU, os frames são organizados de certa forma definida pelo campo BWmap. Durante cada período de alocação de transmissão, a ONU pode transmitir um frame de dados de usuário ou enviar os campos de controle mencionados anteriormente (Ver Figura 13:).

§ PLOu: campo de comprimento variável, dependendo da locação da ONU.

§ PLOAMu: campo de 13 bytes de comprimento.

§ PLSu: campo opcional, de 120 bytes de comprimento.

§ DBRu: campo de comprimento variável, dependendo da alocação dinâmica de largura de banda de GPON (DBA) e do número de Containers (TCON) de translação por cada ONU.

A OLT indica através de bandeiras no campo BWmap se os campos opcionais PLOAMu, PLSu ou DBRu deveriam ser enviados e em que alocação de banda. A planificação na OLT precisa ter em conta a demanda de largura de banda e a latência de esses campos auxiliares no momento de estabelecer a frequência de suas transmissões.

Modo de encapsulamento GPON (GEM)

PLI	Port ID	PTI	HEC	Fragment Payload
12 Bits	12 Bits	3 Bits	13 Bits	L Bytes

Diapositiva 28

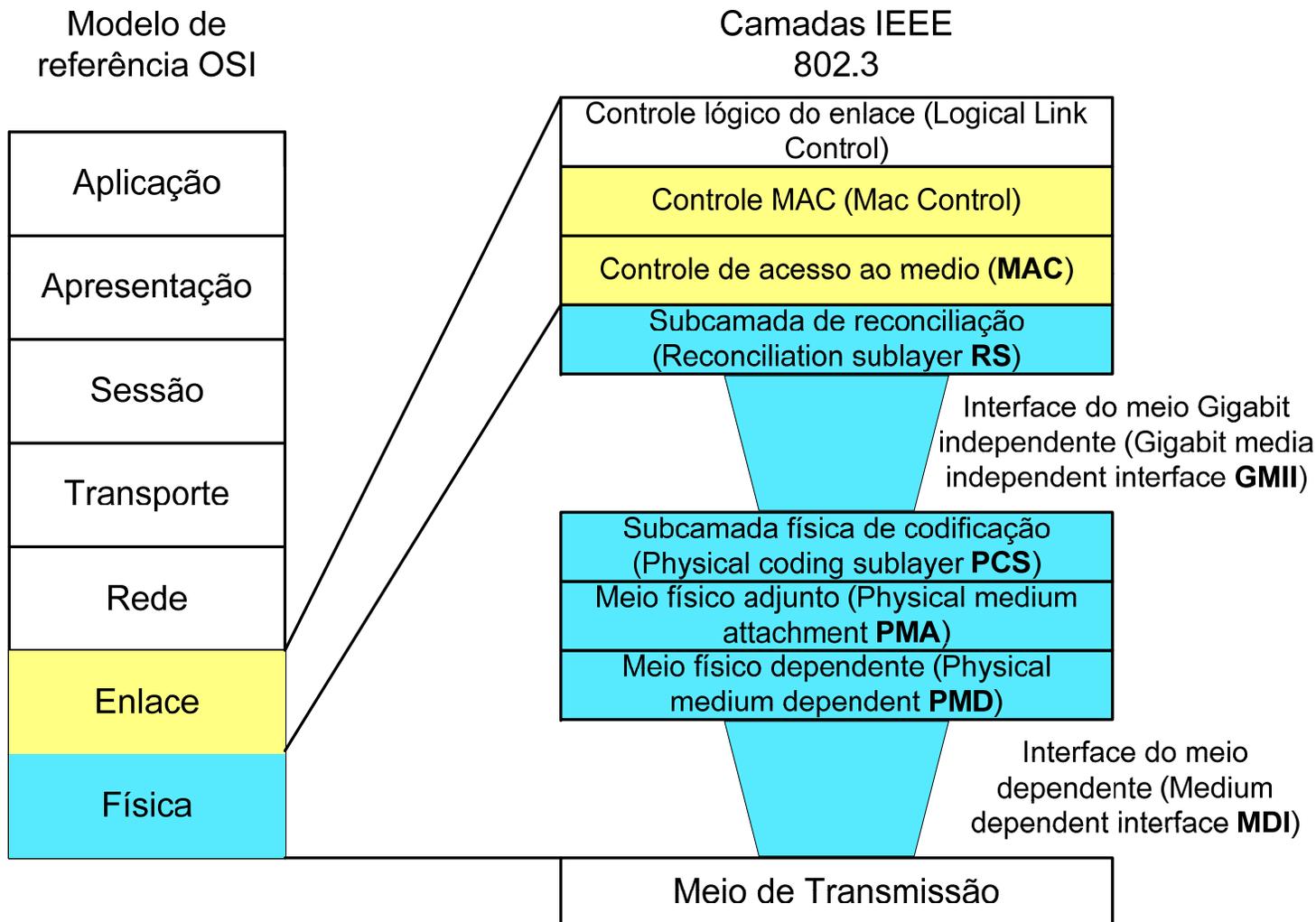
MSOFFICE23 O modo de encapsulação GPON (GEM: GPON Encapsulation Mode) permite maior flexibilidade de encapsulação e transmissão de pacotes IP de tamanho variável ao longo dos enlaces TDM. O cabeçalho do padrão GEM é ilustrado na Figura 14: e contém os seguintes campos:

- § Campo PLI, indicador do comprimento do payload (Payload Length Indicator). Tem um comprimento de 12 bits e contém a extensão do payload após o cabeçalho
- § Campo PORT ID (Identificação da Porta), usa-se para fornecer 4096 indicadores únicos de tráfego, permitindo eficiência na multiplexação do tráfego.
- § Campo PTI (tipo de conteúdo), indica que tipo de dados são transmitidos no frame GEM, definindo seu tratamento. Este campo tem 3 bits de comprimento.
- § Campo HEC (proteção de erro de código), tem um comprimento de 13 bits e é uma combinação do código BCH(39,12,2) e um simples bit de paridade.

, 19/11/2008

- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - História das redes PON (*Passive Optical Networks*);
 - ¿Por qué GPON e EPON?
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- **Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*)**;
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;

Foco do Estudo IEEE 802.3



Diapositiva 30

MSOFFICE25 IEEE 802.3 usa as seguintes subdivisões da camada física:

§ RS; Subcamada de reconciliação (Reconciliation sublayer): fornece mapeamento para os sinais da interface GMII até as definições de serviços da subcamada controle de acesso ao meio.

§ GMII; Interface do meio Gigabit independente (Gigabit Media Independent Interface): especifica uma interface entre Gigabit MAC e a camada física de Gigabit (PHY). O objetivo da interface é permitir a interconexão de várias equipes de terminal de dados (DTE: Data Terminal Equipment) com toda a variedade de implementações Gigabit da camada física.

§ PCS; Subcamada física de codificação (Physical coding sublayer): contém as funções de codificação de bits em grupos de códigos que podem ser transmitidos através do meio físico.

§ PMA; Meio físico adjunto (Physical medium attachment): contém as funções para a transmissão, recepção recuperação do relógio e alinhamento da fase.

§ PMD; Meio físico dependente (Physical medium dependent): responsável da interface com o meio de transmissão.

§ MDI; Interface do meio dependente (Medium dependent interface): especifica os sinais do meio físico e a interface mecânica e elétrica entre o meio de transmissão e os dispositivos da camada física.

A camada de enlace é formada pelas seguintes subcamadas:

§ LLC; Controle lógico do enlace (Logical link control): define uma parte do acesso ao meio independente da camada de enlace. A subcamada LLC está fora do foco do estudo de IEE 802.3.

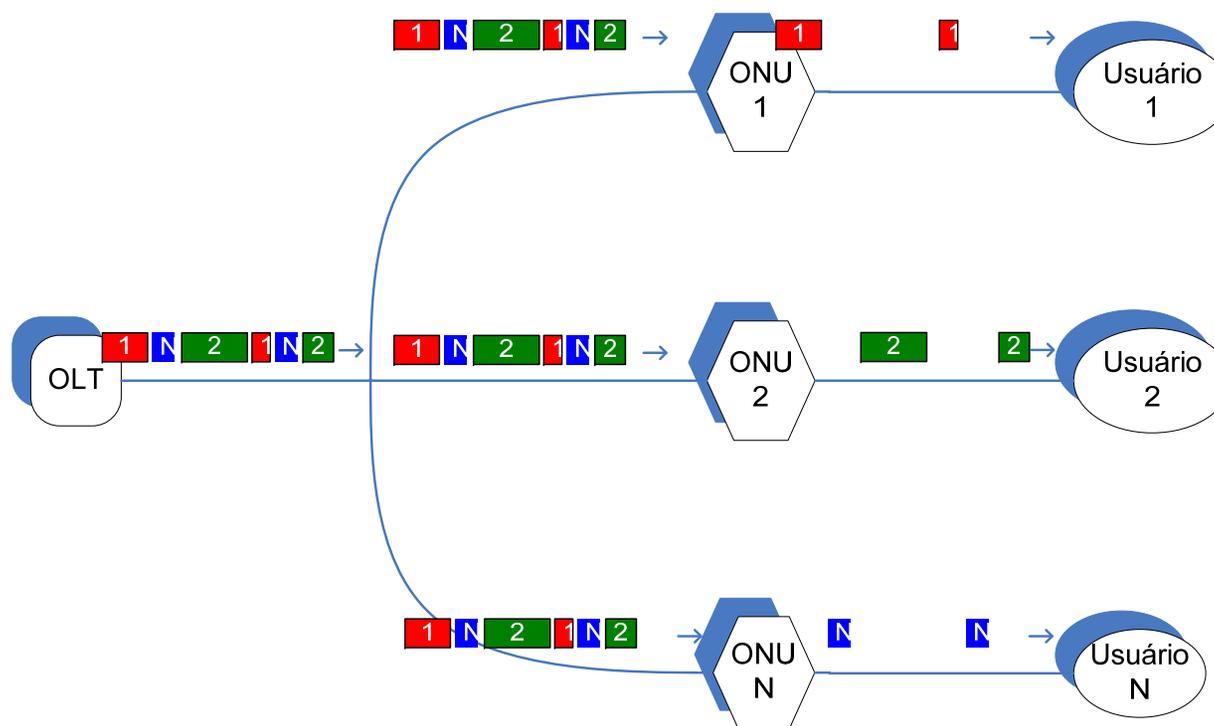
§ Controle MAC (MAC Control); é uma subcamada opcional que executa controle e manipulação em tempo real da operação da subcamada MAC. A estrutura e especificação da subcamada permitem novas funções para ser adicionadas ao padrão no futuro.

§ MAC; Controle de acesso ao meio: em geral, define a encapsulação de dados (endereçamento, detecção de erros) e o acesso ao meio (detecção de colisões).

, 19/11/2008

Downstream

Por natureza Ethernet usa *broadcasting* na direção de downstream, encaixando perfeitamente com a arquitetura EPON onde os pacotes são transmitidos por broadcast pela OLT e são extraídos seletivamente por sua respectiva ONU de destino.



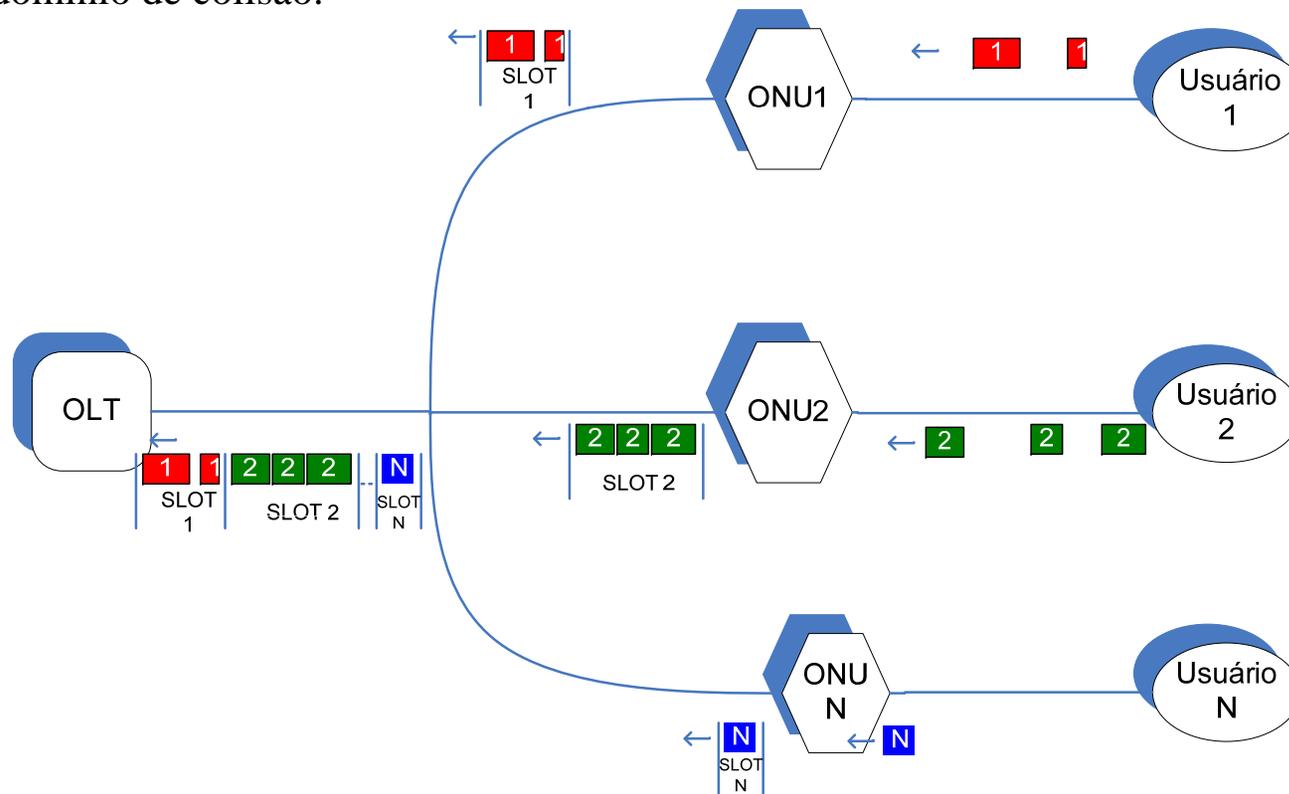
Diapositiva 31

MSOFFICE27 No canal de distribuição (Downstream) os pacotes ETHERNET transmitidos pela OLT passam através de um splitter (divisor) óptico passivo 1xN ou por splitters ópticos em cascata até a ONU. O valor de N oscila tipicamente entre 4 e 32 (limitado pela potência óptica disponível). Por natureza Ethernet usa broadcasting na direção de downstream (da rede até o usuário), encaixando perfeitamente com a arquitetura EPON onde os pacotes são transmitidos por broadcast pela OLT e são extraídos seletivamente por sua respectiva ONU de destino. A Figura 16: ilustra o processo.

, 19/11/2008

Upstream

No canal de retorno, o comportamento da EPON é similar a uma arquitetura ponto a ponto. Não obstante, ao contrario de uma rede real ponto a ponto, na EPON todas as ONU pertencem a um mesmo domínio de colisão.



Diapositiva 32

MSOFFICE26 Todas as ONU estão sincronizadas a um tempo de referência comum e para todas aloca-se um timeslot. Cada timeslot tem a capacidade de carregar vários pacotes Ethernet. A ONU armazena os frames recebidos até receber o timeslot para enviar a informação. EPON tem varias formas para a alocação do timeslot (garantindo o acesso ao meio) onde as ONU enviam os pacotes Ethernet; desde uma forma estática (TDMA fixo) até ajustes dinâmicos do tamanho do slot. TDMA fixo é mais fácil de implementar. De uma forma simples todas as ONU poderiam ser programadas para começar e parar de transmitir para uns determinados intervalos periódicos. A rede que usa TDMA fixo apresenta baixa eficiência na presença de pacotes de tamanho variável.

, 19/11/2008



MPCP: Multi-Point Control Protocol

O **MPCP** tem dois modos de operação:

- *Modo de alocação de banda*
- *Modo de auto-descobrimto*

Para outras configurações a subcamada de controle MAC é opcional, mas para EPON é obrigatória devido a que EPON não consegue operar sem **MPCP**.

Diapositiva 33

MSOFFICE47 Para manter a interoperabilidade entre os dispositivos, IEEE 802.3ah desenvolveu o protocolo de controle multi-ponto (MPCP: Multi-point control protocol).

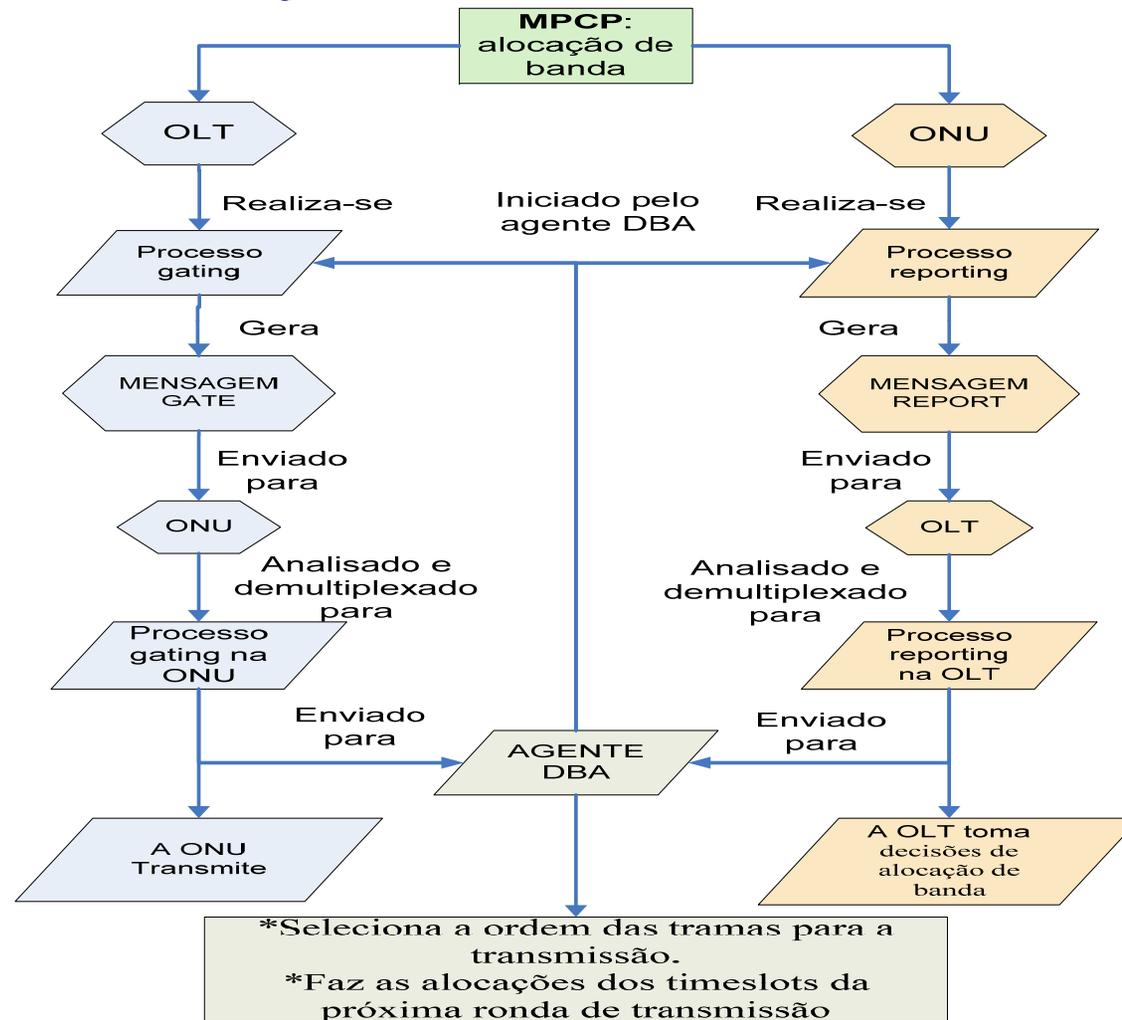
O MPCP tem dois modos de operação:

Modo de alocação de banda: Para manter comunicação entre a OLT e as ONU, o MPCP deve fornecer periodicamente permissões de transmissão para todas as ONU.

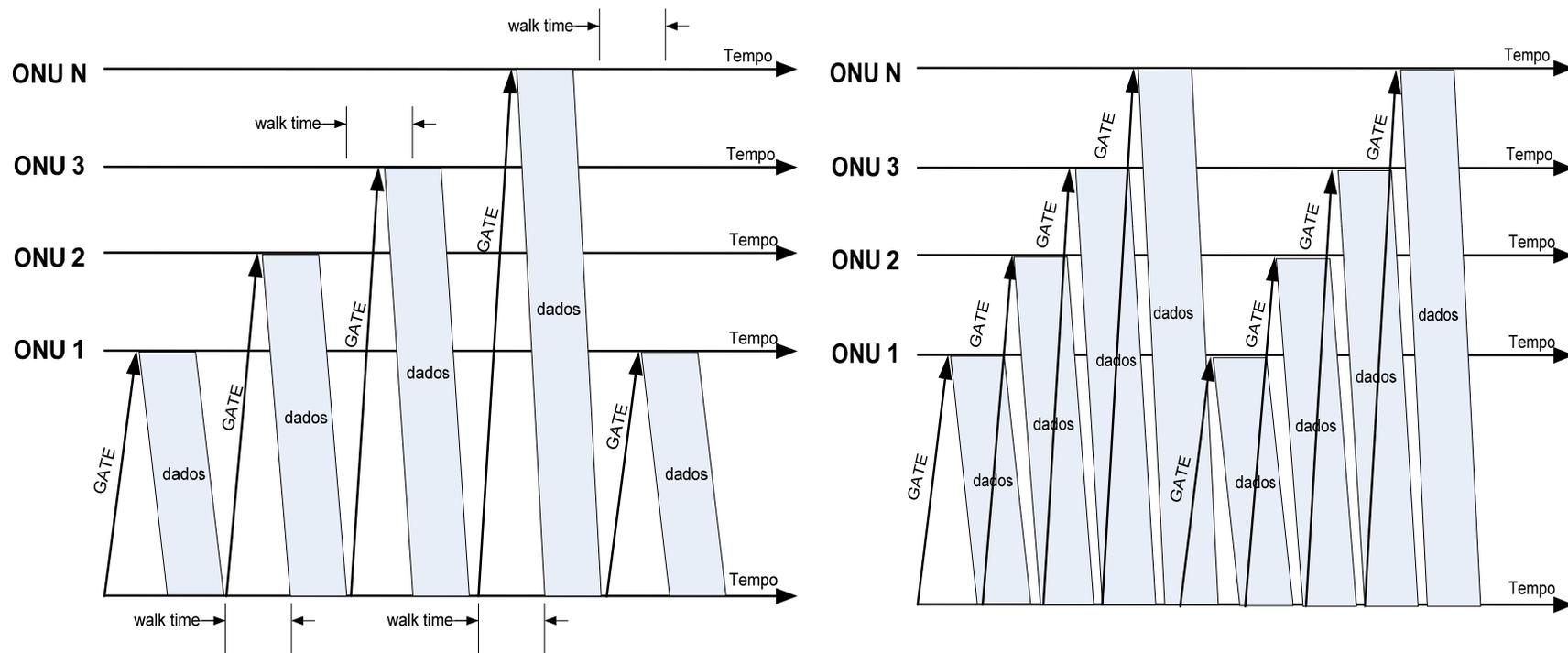
Modo de auto-descobrimto: Para descobrir novas ONU adicionadas à rede, o MPCP deve iniciar o processo de auto-descobrimto periodicamente.

, 25/11/2008

MPCP: Alocação de banda



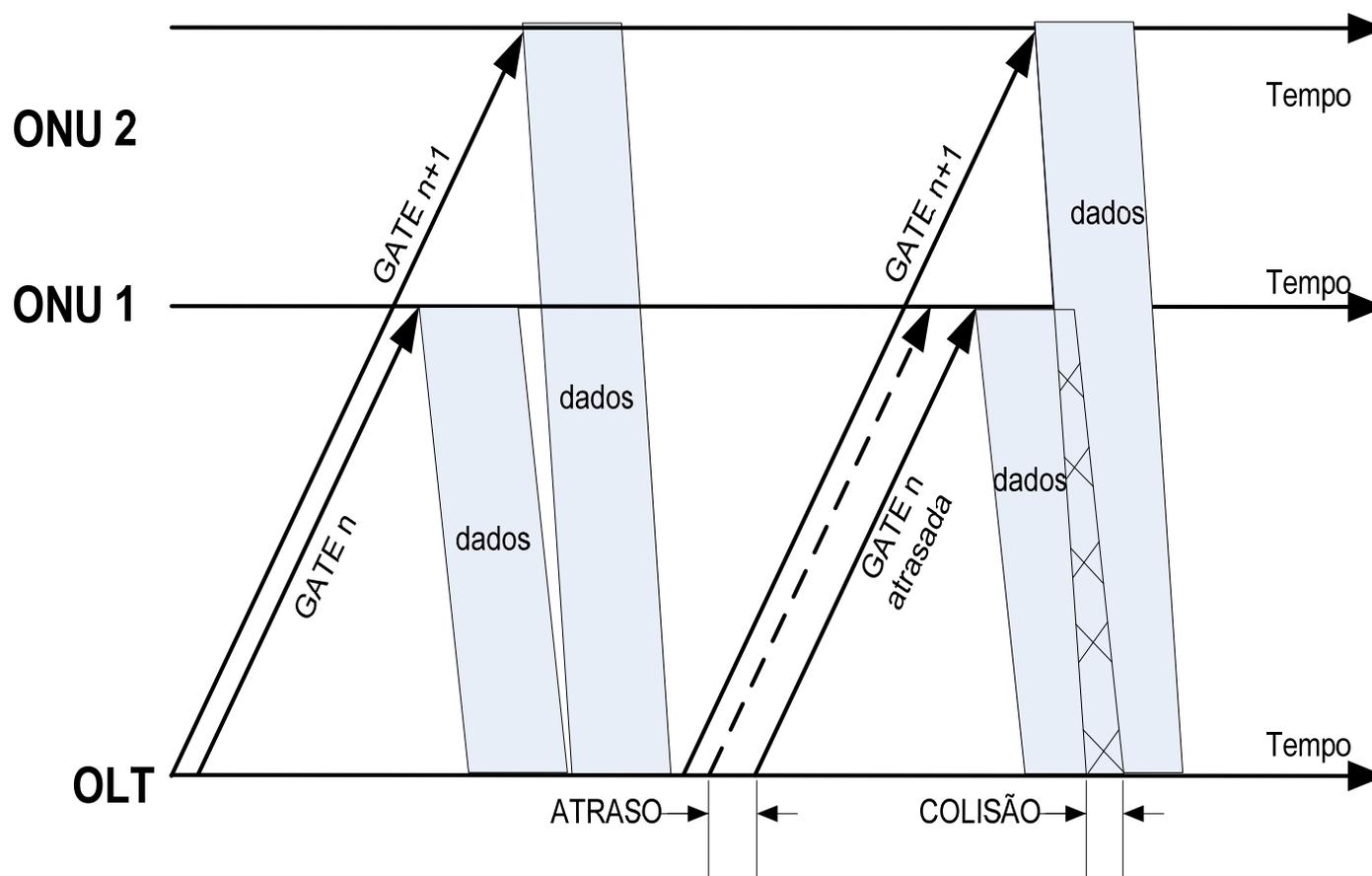
MPCP: Alocação do Timeslot



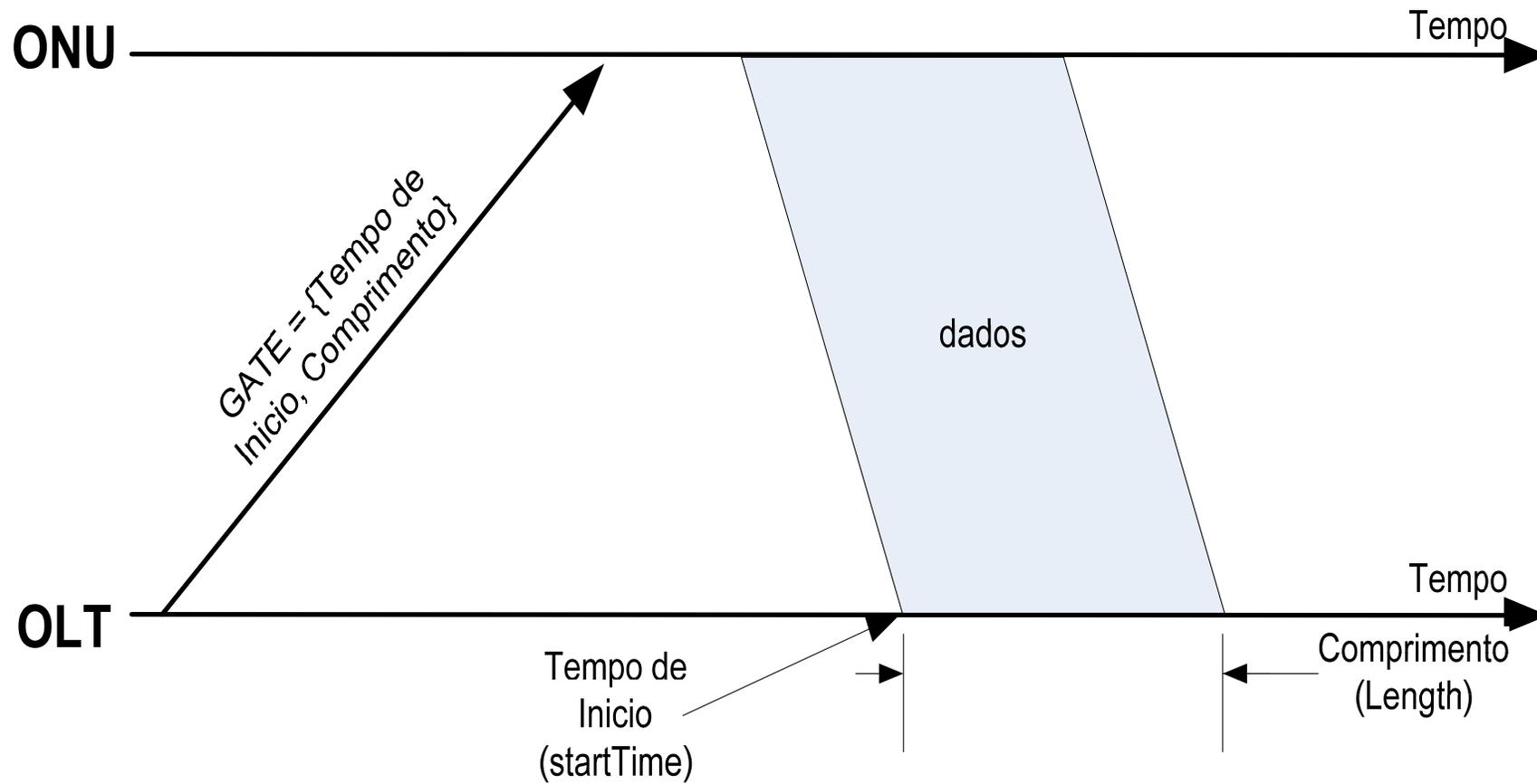
Alocação Sequencial do Timeslot

Alocação Canalizada do Timeslot

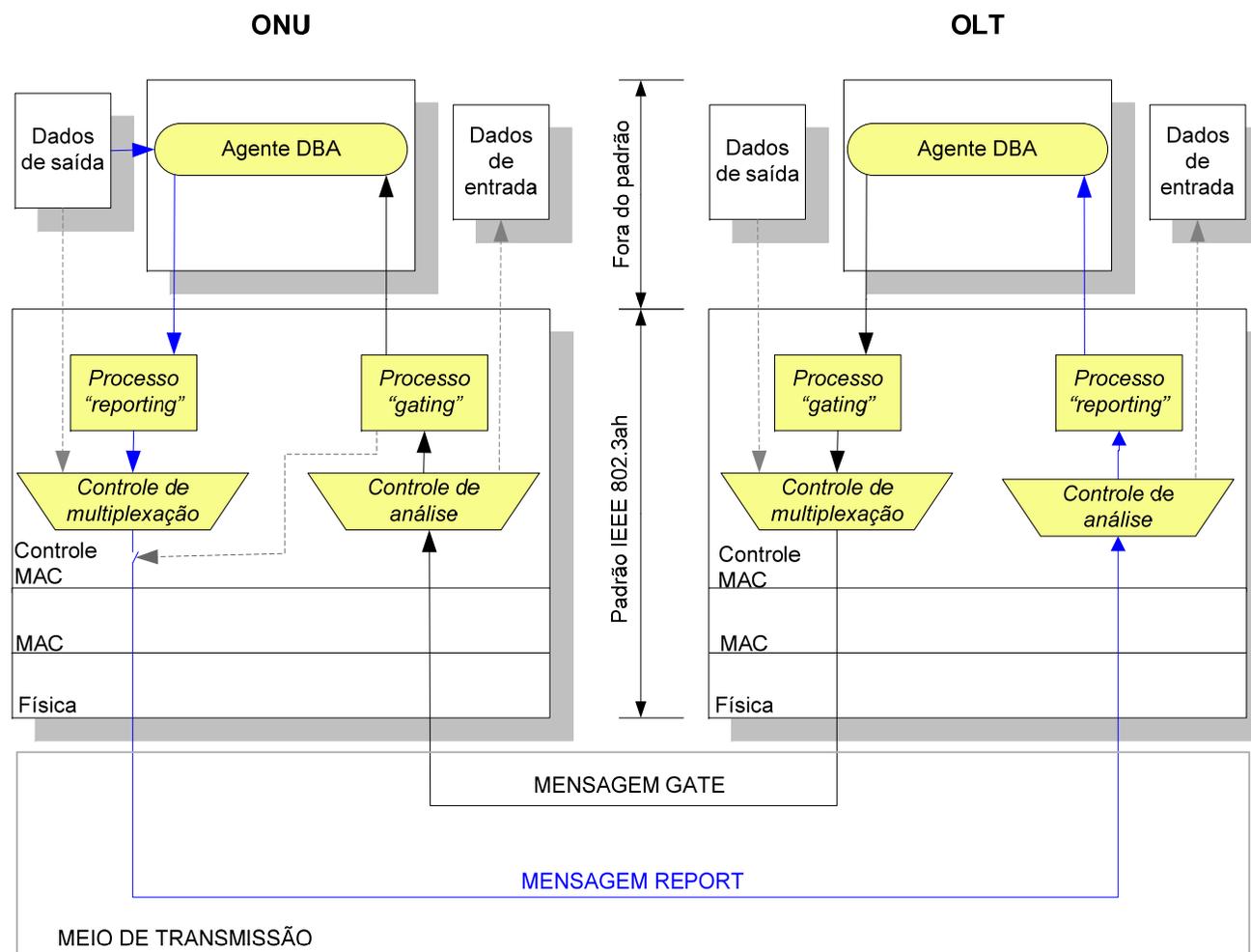
MPCP: Recepção da mensagem GATE



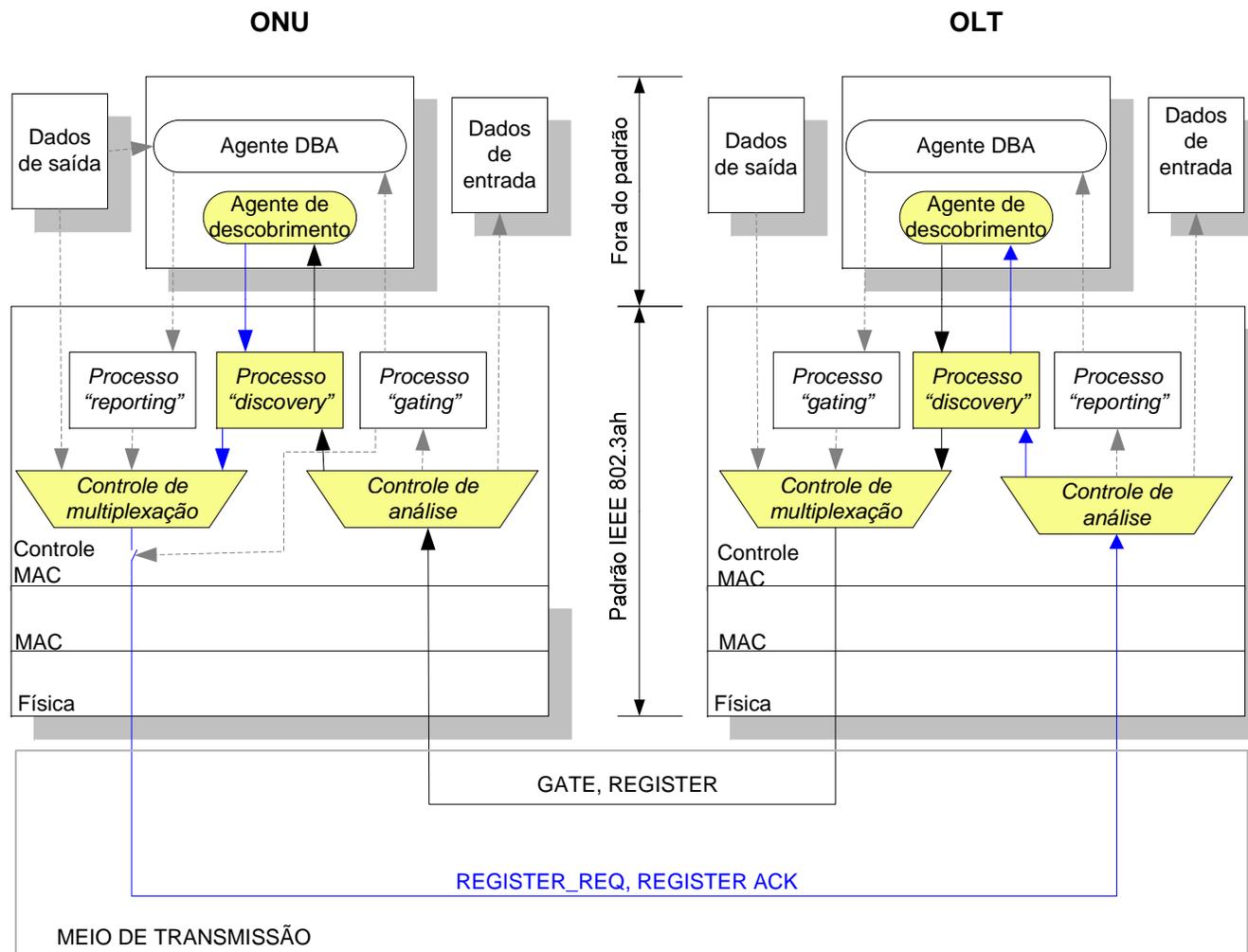
MPCP: Recepção da mensagem GATE



MPCP: Alocação de banda



MPCP: Processo de auto-descobrimento



Diapositiva 39

MSOFFICE29 MPCP define um processo denominado "discovery", um mecanismo usado para detectar as novas ONU conectadas à rede de acesso, também para conhecer o tempo que demoram na transmissão até a OLT e para aprender seus endereços MAC

, 23/11/2008



Emulação da Topologia Lógica (LTE)

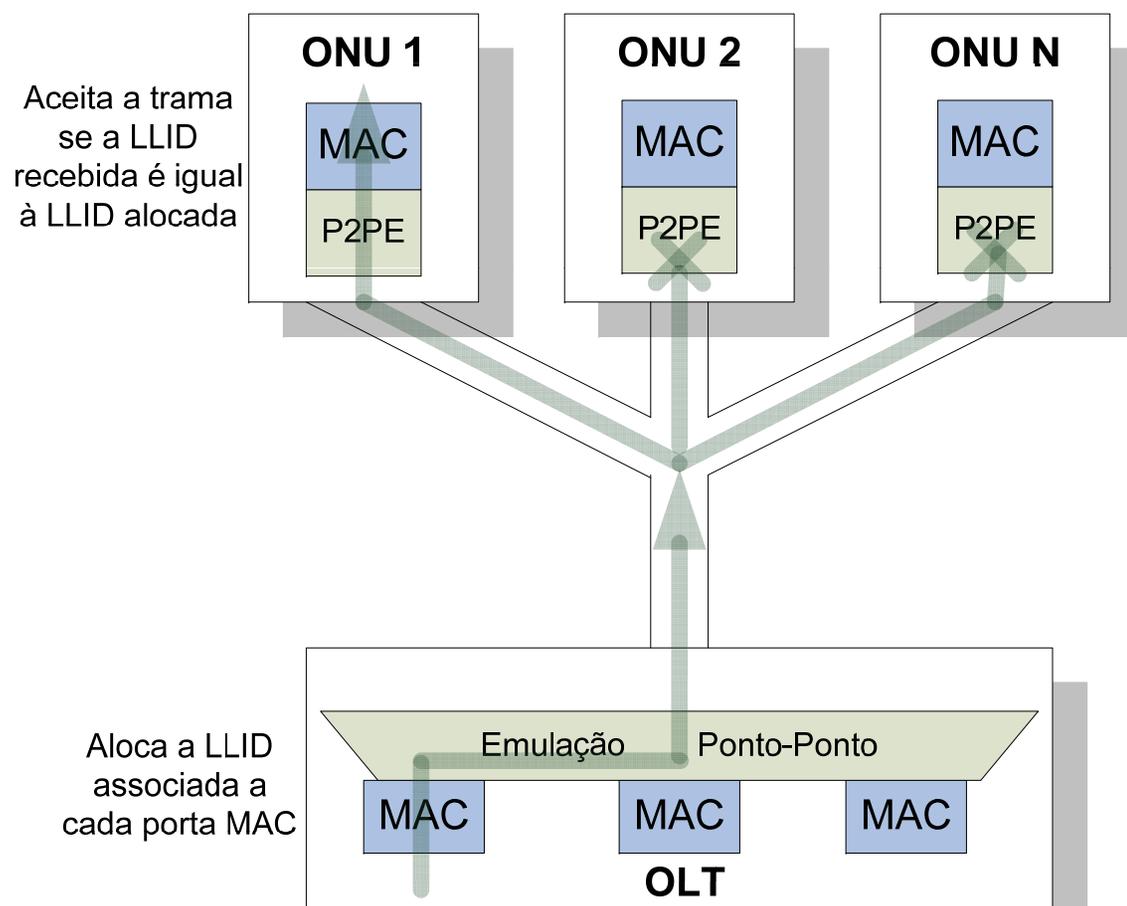
- Dispositivos conectados a um meio PON implementam uma função chamada **emulação da topologia lógica** (*Logical Topology Emulation, LTE*), baseado em sua configuração pode emular um meio compartilhado ou um meio ponto a ponto.
- LTE situa-se embaixo da subcamada MAC e tem como função rotular os frames Ethernet com etiquetas exclusivas para cada ONU.



Emulação da Topologia Lógica (LTE)

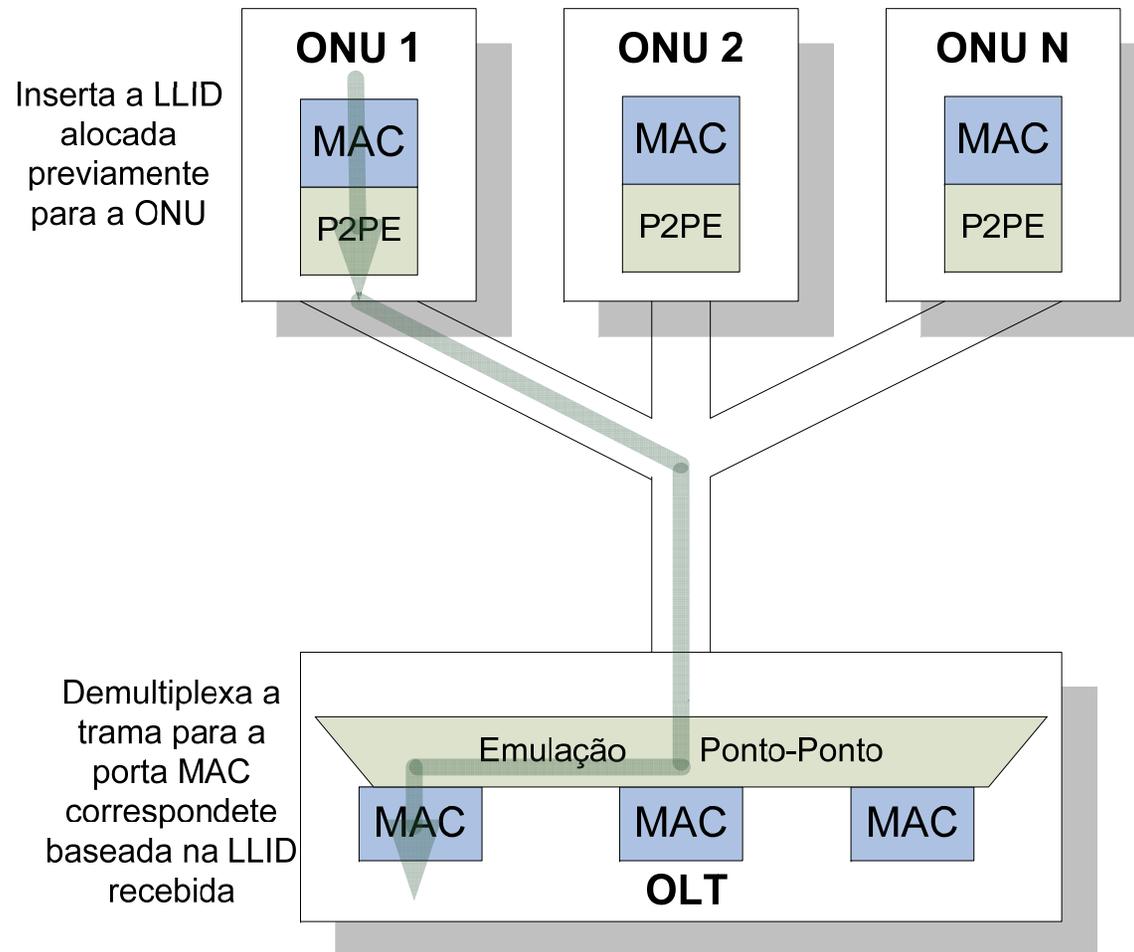
- Essas etiquetas são chamadas identificadores de enlace lógico (*logical link indentifiers LLIDs*) e são alocadas no **preâmbulo** ao início de cada frame.
- Para garantir a singularidade das LLIDs cada ONU tem alocada uma ou mais etiquetas pela OLT durante o processo de auto-descobrimiento.

Emulação da topologia ponto-ponto (P2PE)



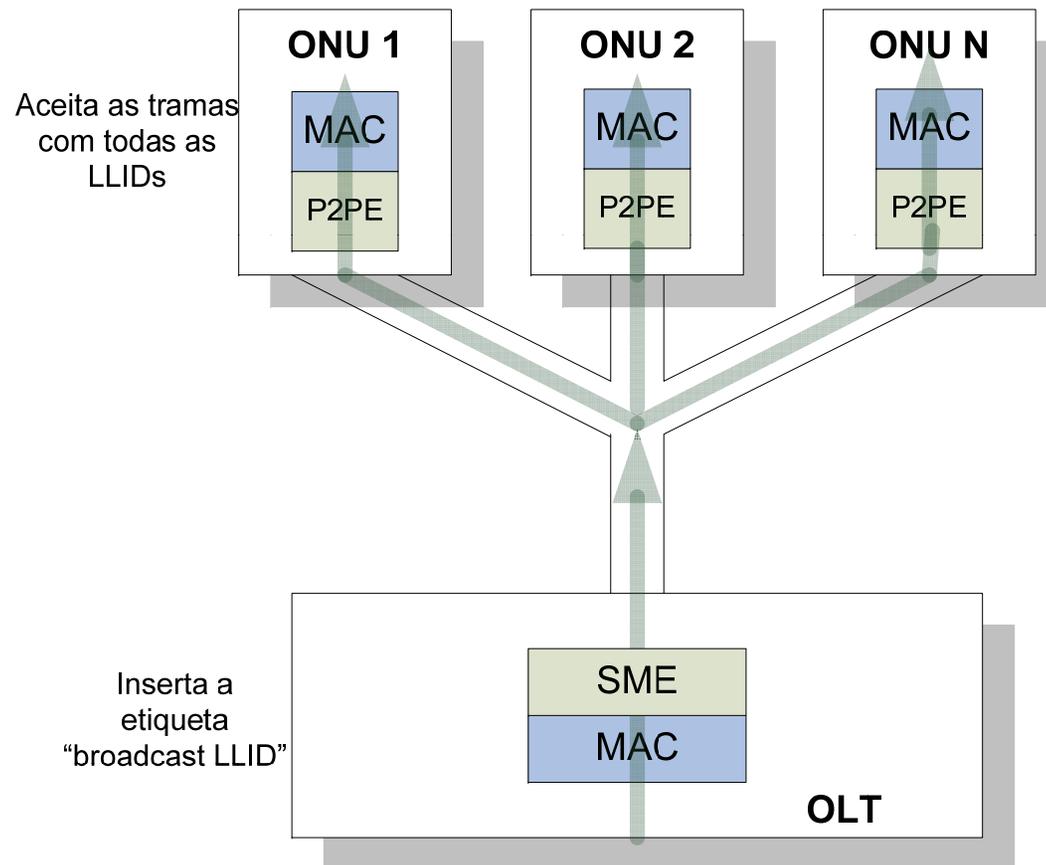
Modo downstream de P2PE(Point to Point Emulation)

Emulação da topologia ponto-ponto (P2PE)



Modo upstream de P2PE(Point to Point Emulation)

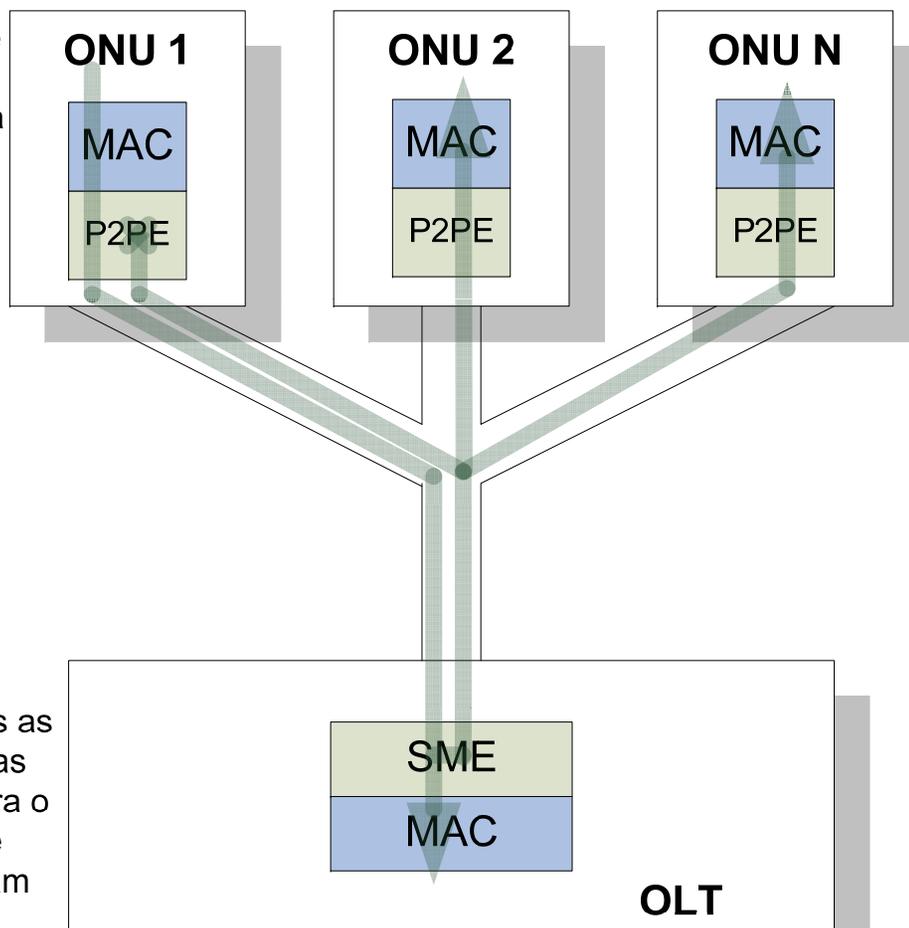
Emulação do meio compartilhado (SME)



Modo *downstream* de SME (*Shared Medium Emulation*)

Emulação do meio compartilhado (SME)

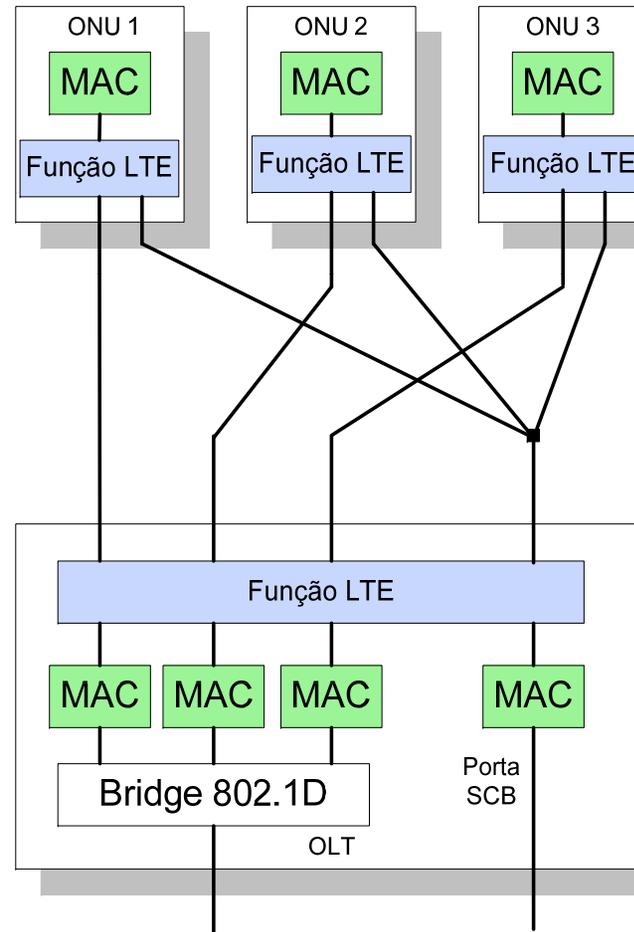
Quando recebe a trama, não aceita quando a LLID é igual a LLID que tem alocada previamente



Aceita todas as tramas e as espelha para o canal de downstream

Modo upstream de SME (Shared Medium Emulation)

Solução Adotada pelo padrão IEEE 802.3ah



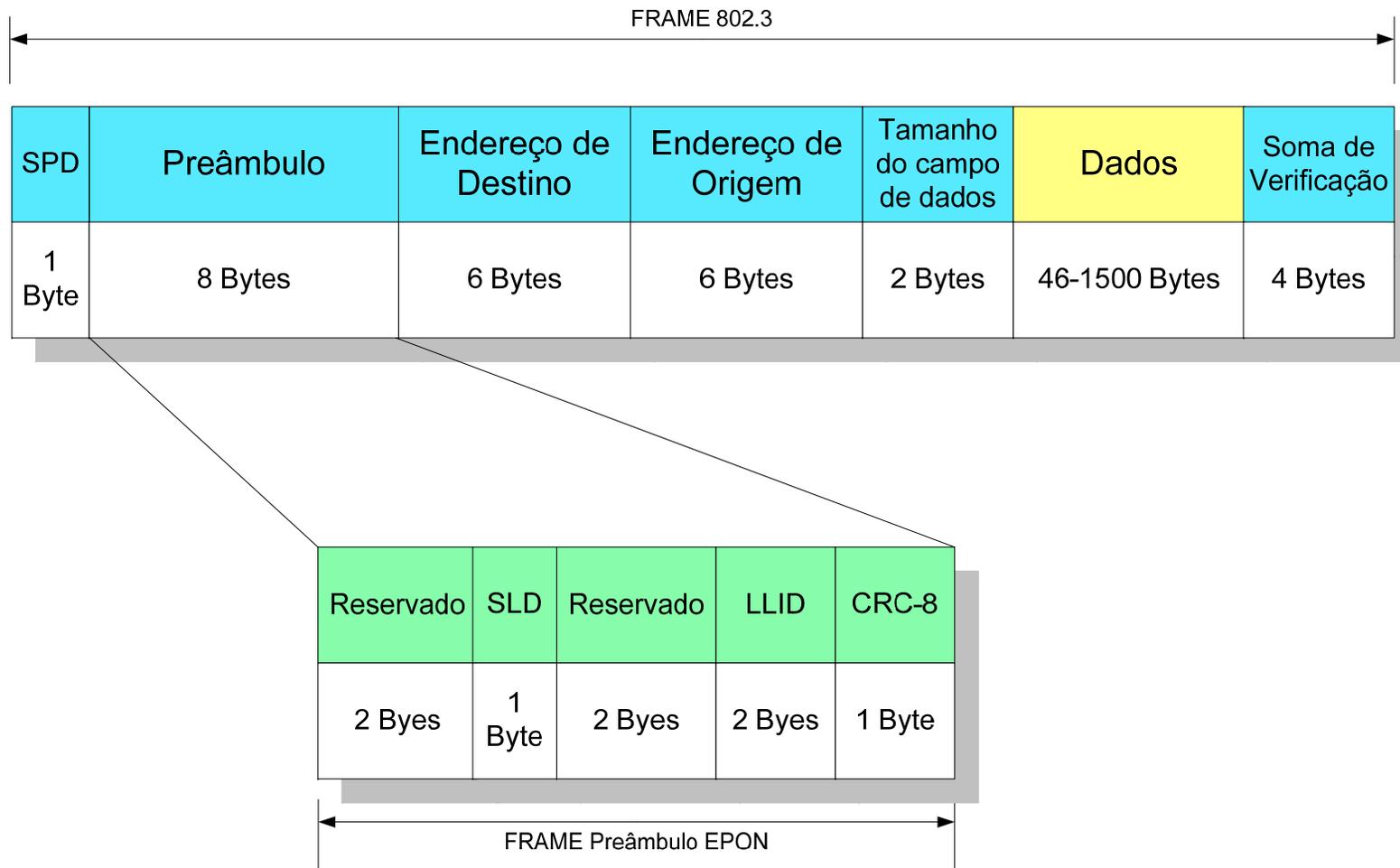
Diapositiva 46

MSOFFICE30 Combinação de P2PE e SME

Para obter maior eficiência o grupo de estudo de IEEE 802.3ah considerou a possibilidade de usar simultaneamente o modo ponto-ponto e o modo de meio compartilhado. Para identificar que modo vai-se usar com cada frame de dados, a extensão de 16 bits do campo LLID tem sido dividido em um bit para identificar o modo de emulação e 15 bits de LLID (identificação do enlace lógico). Quando o bit modo de emulação é 0 indica emulação ponto-ponto e quando é 1 indica emulação de meio compartilhado. Tecnicamente a solução pôde ter sido desenvolvida, mas foi proposta tarde para ser incluída no padrão.

, 23/11/2008

Formato do frame preâmbulo



Diapositiva 47

MSOFFICE51 O grupo IEEE 802,3ah modificou o formato do frame preâmbulo da trama de Ethernet para permitir acesso à informação adicional, ver Figura 30:. No dispositivo remetente, a função LTE alocada na subcamada reconciliação, troca vários bits do preâmbulo com diversos campos: delimitador do início LLID (start of LLID delimiter, SLD), LLID que consiste em um bit de modo e de a identificação lógica do enlace e 8 bits de verificação de redundância cíclica (CRC-8). A função LTE no receptor extrai esses campos substituindo-os pelo padrão convencional do preâmbulo antes de envia-lo para a subcamada MAC.

, 19/11/2008



FEC - Forward Error Correction

- O padrão IEEE 802.3ah adotou para FEC o esquema Reed-Solomon, RS (255,239).
- Este esquema opera sob símbolos de 8 bits adicionando 16 símbolos de paridade por cada bloco [3.8].

Diapositiva 48

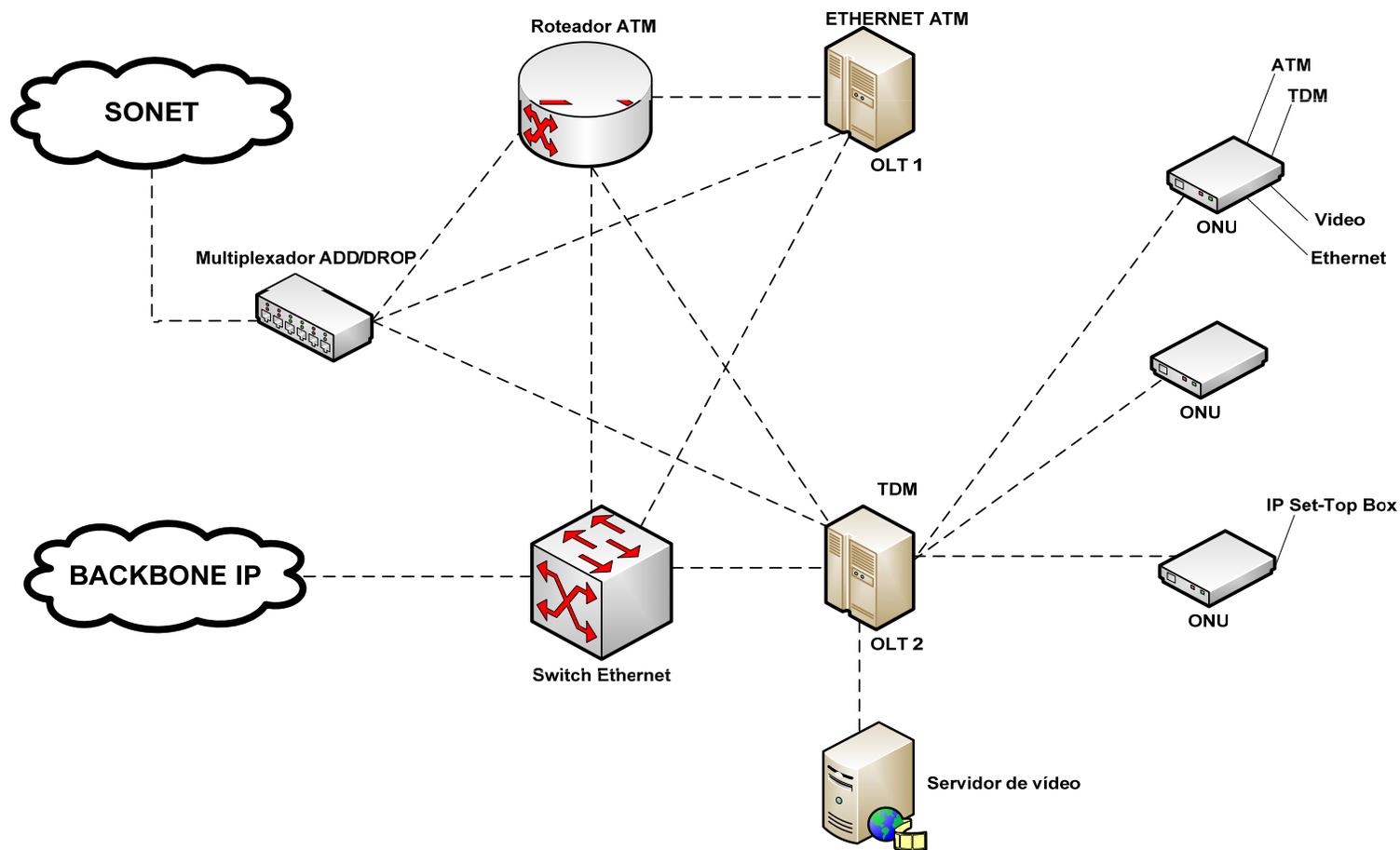
MSOFFICE31 FEC é um método de controle de erro nas comunicações digitais, que processa os dados antes da transmissão. Esse pré-processamento implica adicionar redundância à informação original, tal que, usando essa informação redundante, o dispositivo receptor é capaz de detectar e corrigir erros na transmissão. As principais categorias dos métodos de FEC são as seguintes: codificação de bloco (block-coding), codificação convolucional (convolutional-coding) e codificação turbo (turbo-coding). Um dos códigos mais utilizados é o código Reed-Solomon (RS). O código RS denota-se como RS (n,k), onde n significa o comprimento da informação codificada (saída) e k significa o comprimento da informação original (entrada). A codificação RS não opera sob bits individuais, opera ao longo de símbolos de m-bits.

, 25/11/2008

- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - Objetivos e motivações;
 - Metodologia;
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- **Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*)**;
- Conclusões comentários e trabalhos futuros;

Comparação entre GPON e EPON (Resultados)

GPON



MSOFFICE32 Encontrar a tecnologia correta para cobrir a última milha de qualquer rede sempre foi um desafio para as empresas fornecedoras de serviços. Achar uma ótima solução pode ser um processo complexo com numerosos fatores interligando-se que precisam ser tomados em conta.

Um fator determinante no custo efetivo de uma rede FTTH é entender as características de desempenho da tecnologia PON (EPON, GPON). Características tais como: largura de banda, eficiência e split ratio (Rádio de Divisão). Em capítulos anteriores encontram-se especificados com detalhe esses fatores.

Enquanto os promotores das Redes GPON argumentam que o padrão ITU está logrando a maturidade mais rapidamente que o padrão IEEE EPON, os defensores das redes EPON citam que a maioria do tráfego nas redes no mundo começa e termina sua vida como tráfego IP/Ethernet, deste modo, para que interpor mais um protocolo de encapsulação nas redes?

No capítulo 4; Comparação entre GPON e EPON, vamos apresentar as diferenças entre as duas tecnologias e mostrar uma análise comparativo custo-benefício entre elas. Também apresentaremos as provas experimentais feitas com um enlace ponto a ponto Gigabit Ethernet usando o analisador de protocolos ETHEREAL. Diferenças básicas entre GPON e EPON

, 23/11/2008

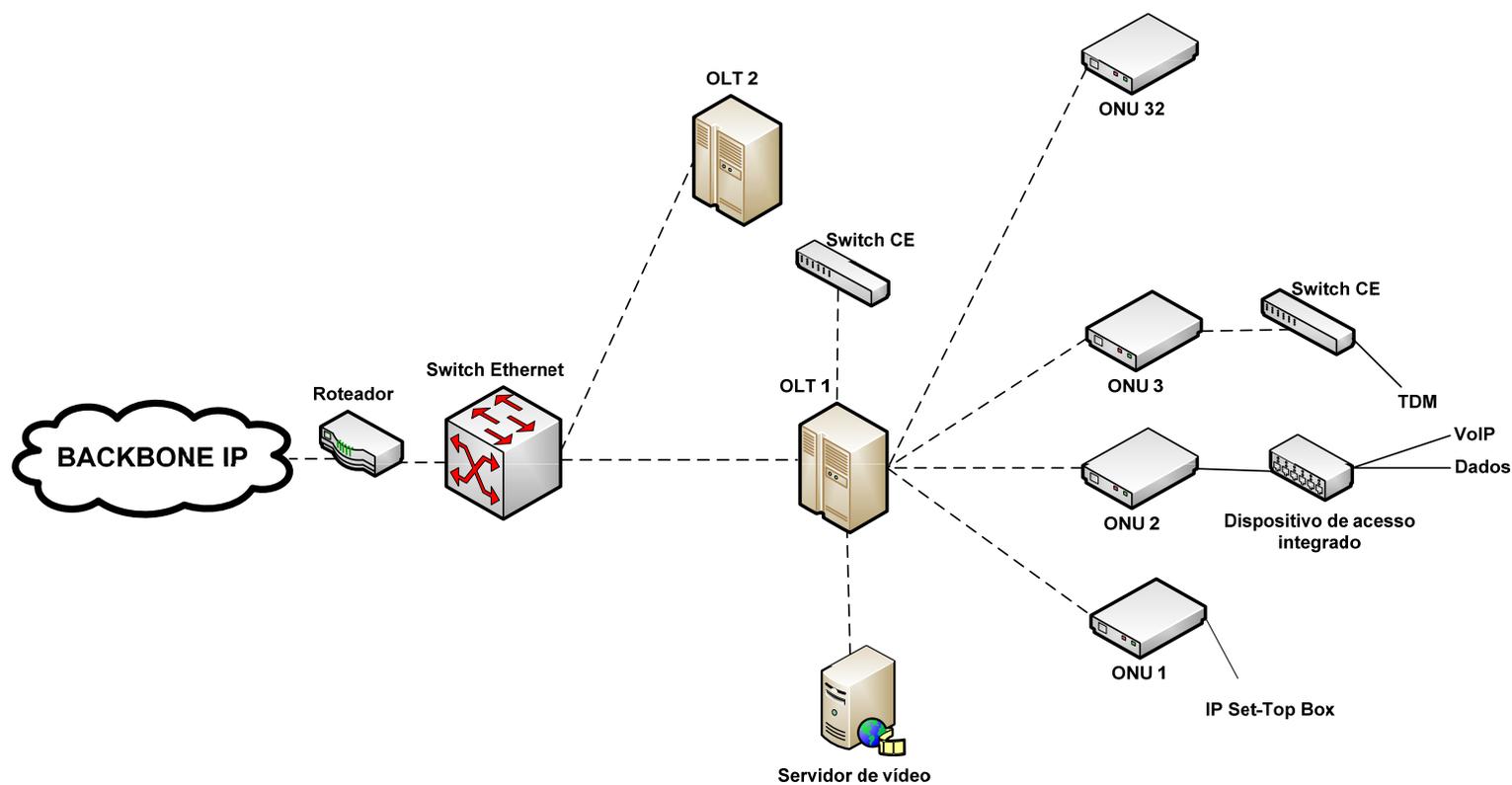
MSOFFICE33 As duas tecnologias têm uma diferença bem marcada no aspecto da arquitetura. GPON fornece redes complexa em árvore da camada 2: baseadas no protocolo ATM e múltiplos protocolos para suportar a estrutura da tecnologia. EPON, usa simples redes da camada 2 utilizando IP para dados, voz e vídeo.

A estrutura das redes GPON é suportada mediante uma solução de transporte usando múltiplos protocolos (Ver Figura 31:). Usando tecnologia ATM, geram-se circuitos virtuais que são provisionados por diferentes tipos de serviços e enviados desde a CO (Central Office) até usuários corporativos geralmente. Esse tipo de transporte oferece um serviço de alta qualidade, Os circuitos virtuais são gerados para cada tipo de serviço oferecido na rede. Adicionalmente, os equipamentos nas redes GPON precisam de algumas conversões de protocolos, segmentação, terminação do canal virtual (VC) e do protocolo ponto-ponto (PPP). Resumindo, a estrutura de rede GPON consiste de múltiplas redes da camada 2 sobre a mesma camada física. Cada rede tem um protocolo diferente [4.1].

, 23/11/2008

Comparação entre GPON e EPON (Resultados)

EPON



Diapositiva 51

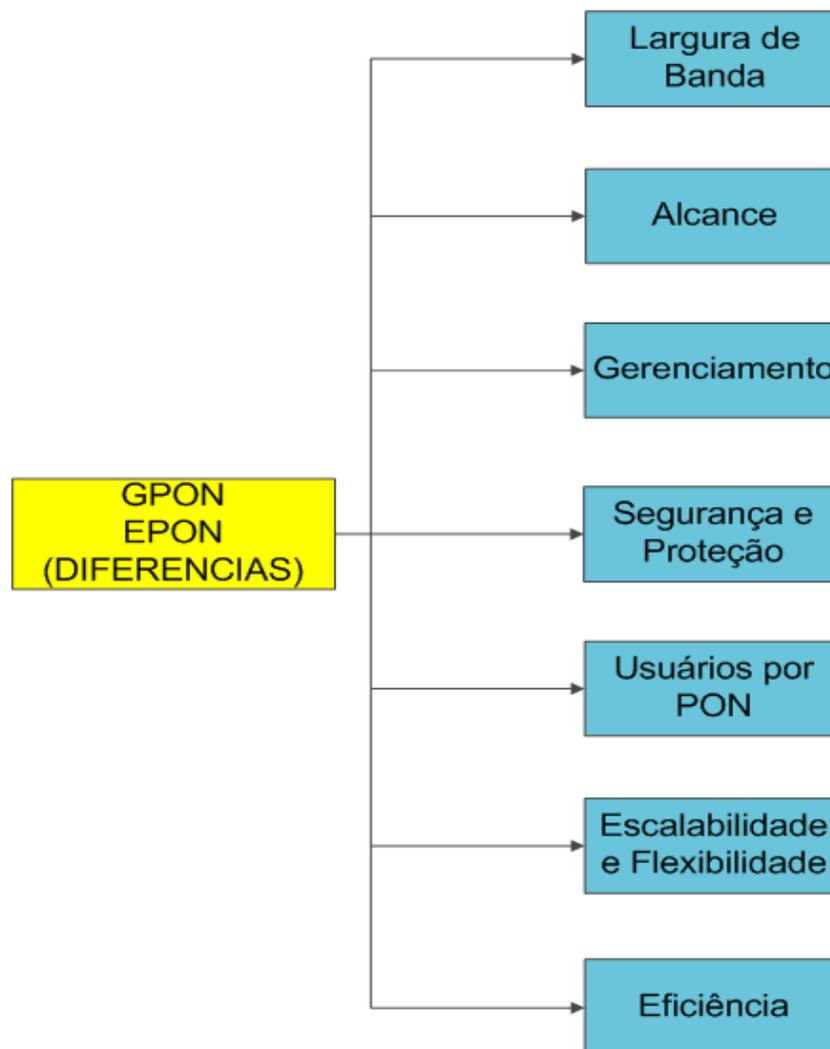
MSOFFICE37 EPON fornece conectividade para qualquer tipo de redes baseadas em IP [4.2]. As redes Ethernet estão expandidas pelo mundo, desde redes locais, redes nacionais, inclusive até backbones de redes internacionais (Ver Figura 32:).

Claramente podem-se apreciar então as diferenças entre GPON e EPON na camada 2. Não obstante, essas não são as únicas diferenças entre as duas tecnologias. Existem também diferenças em termos de eficiência, alcance, largura de banda, custo por usuário, gerenciamento, proteção entre outras.

, 23/11/2008



Comparação entre GPON e EPON (Resultados)



MSSOFFICE39 4.1.1 Largura de banda

As ofertas de banda variam entre os dois protocolos; GPON promete taxas de 1.25Gbps ou 2.5Gbps de downstream, e taxas escaláveis de upstream desde 155Mbps até 2.5Gbps. EPON oferece uma taxa simétrica de 1.25Gbps.

A eficiência dos sistemas EPON é pobre em comparação com GPON. A tecnologia EPON caracteriza-se por extensos cabeçalhos que provocam baixa eficiência e, conseqüentemente, menor número de bits de carga útil (payload) contra soluções GPON.

As duas tecnologias suportam televisão por cabo (CATV), o que demanda altas taxas na direção de downstream para o serviço de vídeo.

4.1.2 Alcance

Para as duas tecnologias, a limitação prática depende do orçamento disposto para o enlace óptico [4.3]. Com o alcance especificado para as duas redes de aproximadamente 20Km, a diferença do rádio de divisão dos splitters ópticos e do número de unidades ópticas de rede (ONU) suportadas por cada OLT, são dois fatores que convertem-se em ponto de diferença para as duas tecnologias.

GPON oferece suportar até 128 ONU. Com o padrão EPON, segundo a amplitude do LASER, a tecnologia tipicamente pode atender até 32 ONU por cada OLT ou alguns casos 64 usando FEC (Ver secção 3.8).

4.1.3 Sistema de gerenciamento

EPON requer um simples sistema de gerenciamento, enquanto GPON demanda três sistemas de gerenciamento para os três protocolos de camada 2 que precisa. Fator que significa para EPON um menor custo na rede. Além disso, EPON não precisa de conversões de múltiplos protocolos, convertendo-se em outro fator de redução de custo na Rede.

4.1.4 Segurança e Proteção

O processo de encriptação AES (Advanced Encryption Standard) faz parte do padrão ITU-T nas redes GPON. Contudo, a encriptação na GPON realiza-se somente no sentido downstream.

Nas redes EPON, o mecanismo de encriptação não está definido no padrão. Alguns vendedores de EPON utilizam também AES, ademais o processo de encriptação nas redes EPON realiza-se nos dois sentidos de transmissão; downstream e upstream.

O serviço de OAM (Operação, Administração e Gerenciamento) também está presente nas duas tecnologias; GPON utiliza PLOAM+OMCI, ou seja, PLOAM (Physical Layer Operations, Administration and Management): operações da camada física, administração e manutenção, mais OMCI (Open Manage Client Instrumentation): instrumentação e controle aberto para o cliente. EPON usa o OAM definido para ETHERNET.

4.1.5 Quantidade de usuários por PON

O padrão IEEE 802.3ah EPON, suporta somente dois tipos de ODN: tipo A (5dB até 20dB de perdas) e tipo B (10dB até 25dB de perdas), oferecendo serviço até 32 usuários, enquanto o padrão GPON suporta também ODN tipo C (15dB até 30dB de perdas). A ODN tipo C permite às redes PON estender-se além dos 20Km atendendo até 64 ONT.

Utilizar redes EPON permite aos vendedores eliminar elementos complexos e caros das redes ATM e SONET simplificando-as deste modo, reduzindo consideravelmente os custos na rede.

4.1.6 Escalabilidade e Flexibilidade

IEEE EPON suporta somente uma única taxa simétrica de bits; 1,25Gbps. O padrão GPON é mais flexível e escalável, como já se falou em capítulos anteriores, GPON permite taxas de downstream de 1,25Gbps e 2,5Gbps e taxas de upstream desde 155Mbps até 2,5Gbps. As duas tecnologias estão enfocadas para atender o mercado das redes de acesso, onde é bem conhecido que o tráfego daquelas redes é assimétrico entre as taxas de baixada e subida, e não tem necessidade de ter uma taxa de 1,25Gbps de upstream. Enquanto GPON permite ao vendedor configurar as taxas de acordo às necessidades reais e atuais. Mecanismo que não pode ser realizado nas redes EPON. Isto não teria sido um problema, se o custo da alta taxa tem sido insignificante. Mas, infelizmente, não é esse o caso. A necessidade de suportar taxas de 1,25 Gbps no canal de retorno (upstream) requer um LASER DFP ao final da rede, e

um receptor APD na CENTRAL OFFICE. Incrementando os custos [4.4].

4.1.7 Eficiência de cada padrão

As duas tecnologias usam um cabeçalho fixo que é adicionado para transmitir dados do usuário na forma de um pacote. Na EPON os dados são enviados em pacotes de comprimento variável até 1500 bytes segundo o padrão IEEE 802.3 Ethernet. Na GPON os dados são enviados em células fixas de 53 bytes (5 bytes de cabeçalho), segundo o especificado pelo protocolo ATM. Este formato faz as redes GPON ineficientes para carregar o formato IP. Para GPON carregar tráfego IP precisa dividir os pacotes de acordo ao padrão de 53 bytes. O processo é complexo e consome tempo, adicionando custos à Central Office e aos usuários. Além disso, 5 bytes de banda são desperdiçados cada 48 bytes, gerando um pesado cabeçalho que é conhecido como "imposto de célula ATM" (esse é o caso para redes GPON que usam o modo de encapsulação ATM, usando o modo GEM, o imposto de célula ATM não se aplica).

Pelo contrário, usando pacotes de comprimento variável, Ethernet foi feito para transportar tráfego IP e reduz significativamente o cabeçalho gerado por ATM. Na Próxima seção faremos ênfases na eficiência de cada rede, GPON e EPON.

, 23/11/2008



Dimensionamento da rede GPON e EPON

Diapositiva 53

MSOFFICE52 O grupo IEEE 802,3ah modificou o formato do frame preâmbulo da trama de Ethernet para permitir acesso à informação adicional, ver Figura 30:. No dispositivo remetente, a função LTE alocada na subcamada reconciliação, troca vários bits do preâmbulo com diversos campos: delimitador do início LLID (start of LLID delimiter, SLD), LLID que consiste em um bit de modo e de a identificação lógica do enlace e 8 bits de verificação de redundância cíclica (CRC-8). A função LTE no receptor extrai esses campos substituindo-os pelo padrão convencional do preâmbulo antes de envia-lo para a subcamada MAC.

, 19/11/2008



Comparação entre GPON e EPON (Resultados)



Dimensionamento da rede GPON e EPON

Largura de Banda por usuário (Mbps)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Quantidade de ONTs GPON por PON	32	32	32	32	32	32	32	29	25	23
Quantidade de OLTs GPON por PON	313	313	313	313	313	313	313	345	400	435
Quantidade de ONTs EPON por PON	32	32	29	22	17	14	12	11	9	8
Quantidade de OLTs EPON por PON	313	313	345	455	589	715	834	910	1112	1250
Proporção entre EPON OLT e GPON OLT	1.00	1.00	1.10	1.45	1.88	2.28	2.66	2.64	2.78	2.87

MSOFFICE43 4.4 Comparação Econômica entre GPON e EPON

As indústrias têm começado a implantar os serviços que fornecem as tecnologias PON com as redes FTTP (Fibra até os usuários). O padrão GPON tem sido acolhido na América do Norte e Europa enquanto o padrão IEEE 802.3ah EPON foi escolhido no Japão. Independentemente dos méritos de qualquer tecnologia, a solução preferida provavelmente será a menos custosa. Com isto em mente, a continuação se apresentará uma simples comparação dos custos entre os emergentes padrões ITU-T GPON e IEEE EPON para uma determinada rede FTTP.

Da secção 4.1, se poderia pensar que a tecnologia GPON parece mais bem adaptada para aplicação em redes de operadora fornecendo suporte para O&M, interoperabilidade e segurança, todas as operações necessárias para redes de comunicações. No entanto, estes méritos técnicos, por si só, não podem resultar em um aval para GPON. Para acessar a rede, o custo final é o fator determinante. Assim, os resultados da comparação vão mostrar a viabilidade da tecnologia GPON frente à tecnologia EPON.

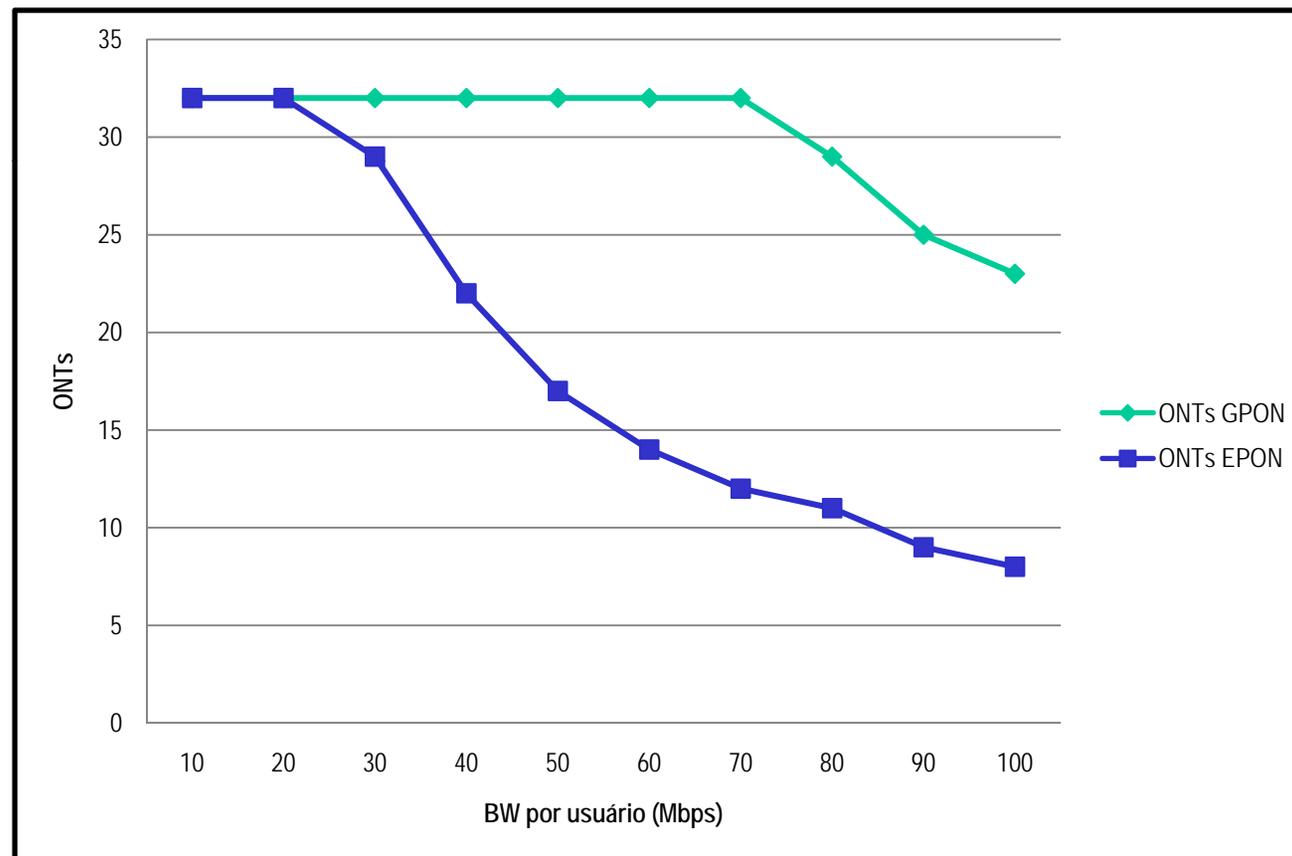
Nossa análise foi feita para atender a demanda de 10000 usuários. Tendo em conta que em uma zona urbana aproximadamente as casas ocupam uma extensão de 400m², os 10000 assinantes estariam localizados numa região de 5Km². Para o cenário proposto se assumirão as seguintes características para os cálculos dos custos.

A eficiência da rede GPON será estabelecida em 93%, enquanto a eficiência da rede EPON será estabelecida em 70%. Ou seja, para GPON temos uma utilização de 2333Mbps e para EPON temos 896Mbps. Por simplicidade, o tipo de serviço oferecido não será considerado, mas sim a largura de banda por usuário. O rádio de divisão gerado pelos splitters será o mesmo para cada rede (32 ONTs). O preço para as OLTs será o mesmo, US\$ 1800, enquanto as ONT assumiremos US\$250 para GPON e US\$200 para EPON. Ainda que a taxa de downstream na GPON seja bem maior que EPON, no custo não deveria ter muita importância devido a que o LASER para o tráfego de upstream tem a mesma taxa de transferência que na GPON. Baseados no uso de esses componentes comuns, o receptor na ONT não deveria ter incrementos de custo consideráveis porquanto o detector PIN seria praticamente o mesmo, ainda que GPON seja otimizada para 2.5Gbps. Também assumiremos que o custo no cabeado será o mesmo para as duas tecnologias, o preço nas ONTs não é o mesmo porque GPON suporta serviços TDM (POTS, E1/T1), oferecendo uma característica extra comparada com a rede EPON.

A quantidade de OLTs requerida para uma rede GPON é menor que para a rede EPON, devido a sua maior capacidade de alcançar mais usuários, sua maior eficiência e taxa de transmissão. Para nosso cenário de 10000 usuários, oferecendo uma taxa de 100Mbps, a rede GPON precisa de 435 OLTs para atender a demanda, enquanto a rede EPON precisa de 1250 OLTs, significando em uma relação de 2.87:1 de EPON contra GPON, representando uma diferença de US\$1.4 milhões. A Tabela 11: mostra a quantidade de OLTs e ONTs necessárias em nosso cenário [4.6].

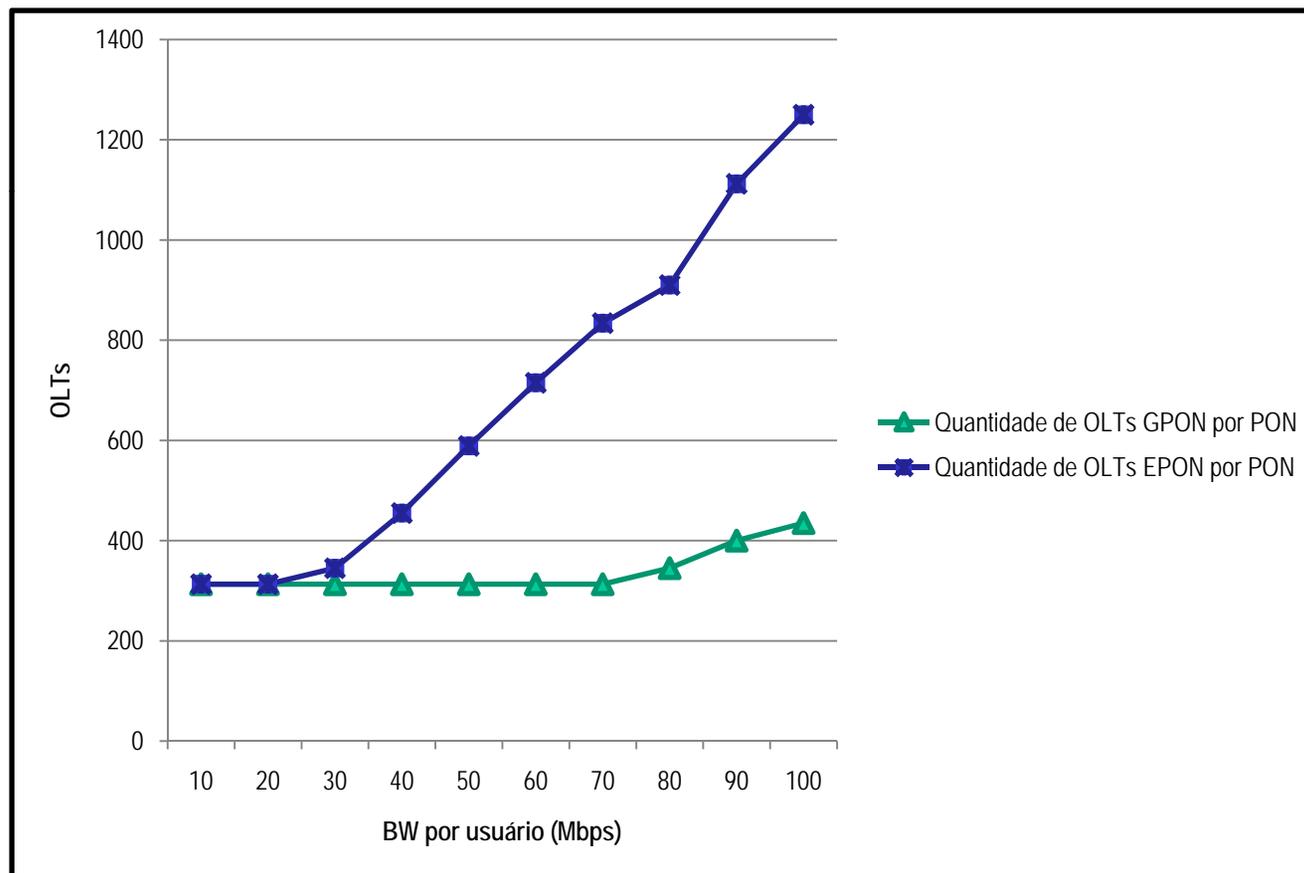
Dimensionamento da rede GPON e EPON

Quantidade de ONTs necessárias segundo a largura de banda por usuário.



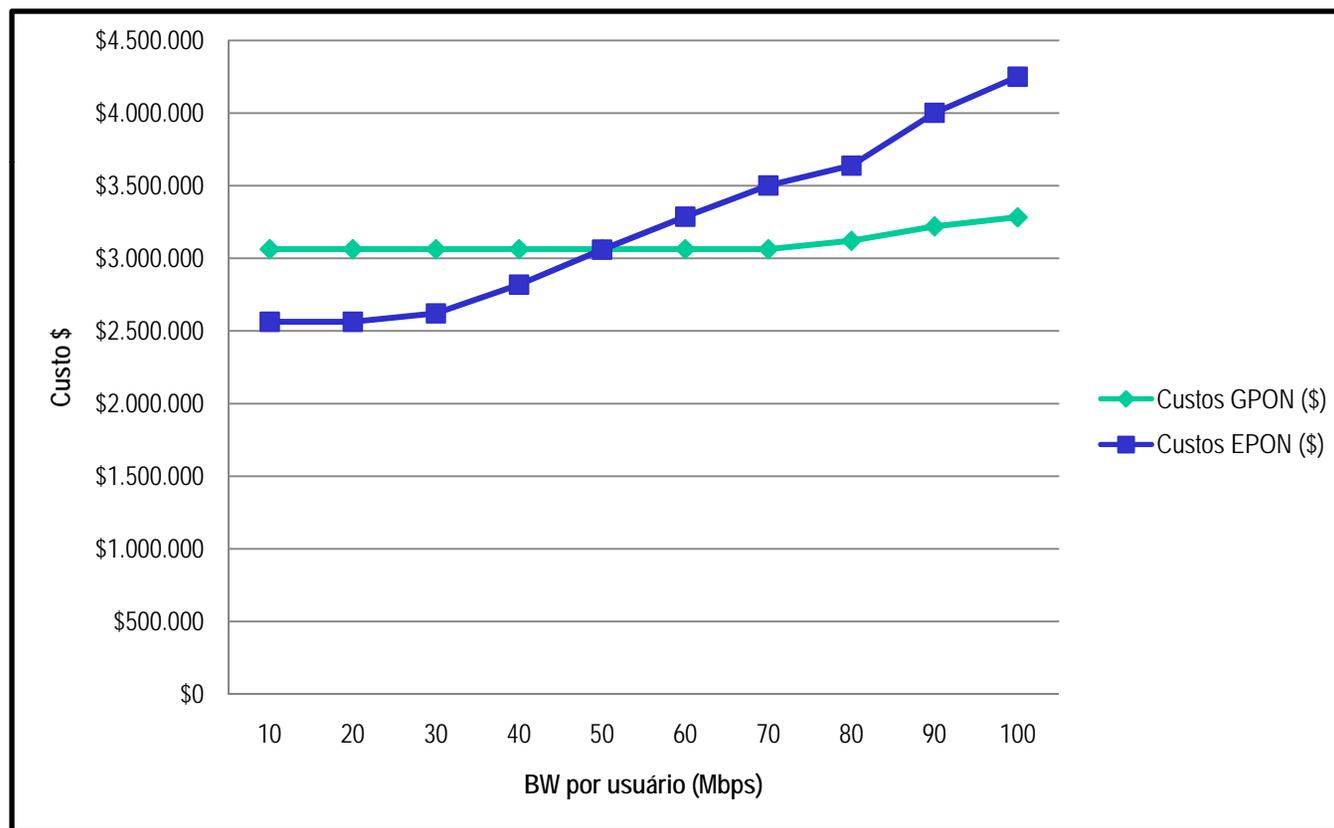
Dimensionamento da rede GPON e EPON

Quantidade de OLTs necessárias segundo a largura de banda por usuário.



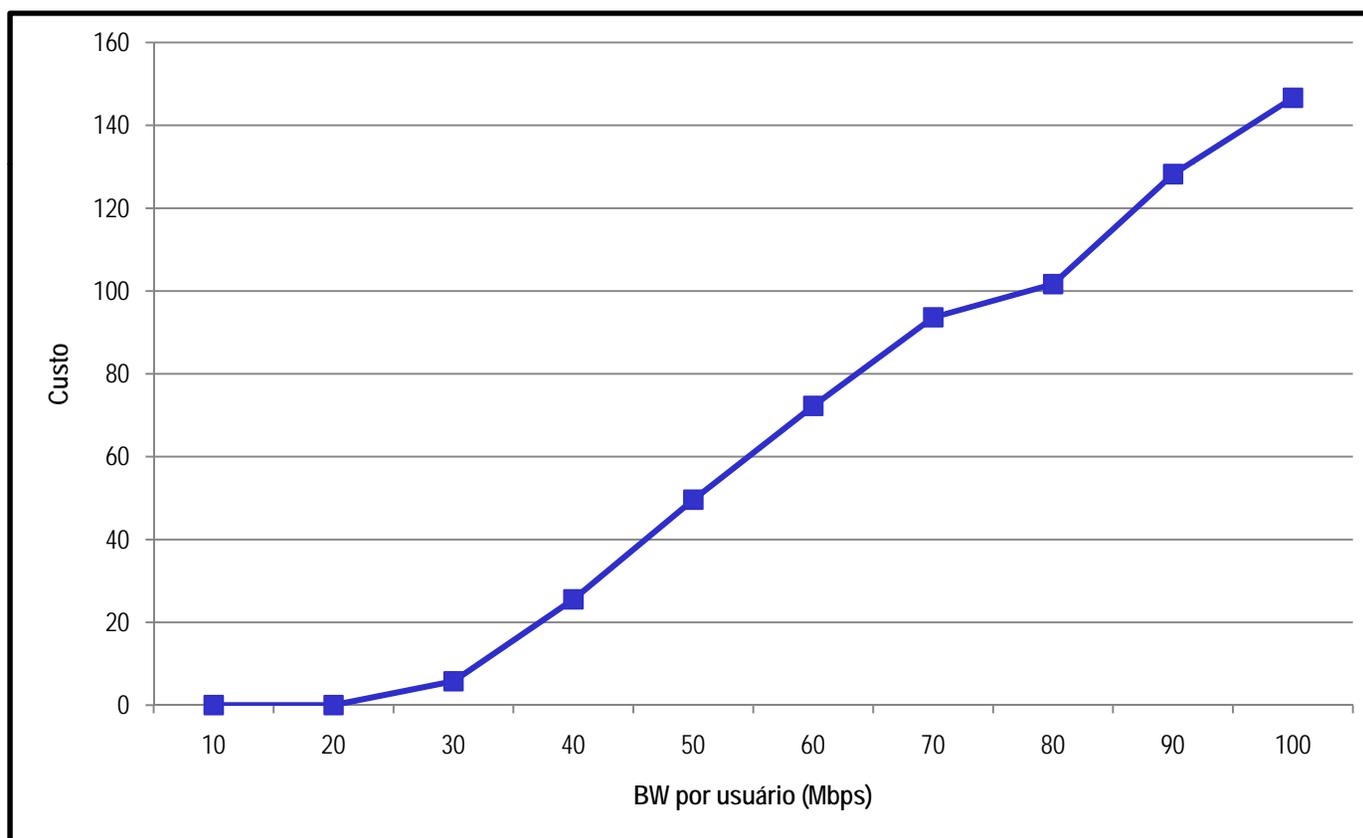
Dimensionamento da rede GPON e EPON

Custo total das redes GPON e EPON



Dimensionamento da rede GPON e EPON

Sensibilidade do custo da ONT na GPON com relação a EPON



Diapositiva 58

MSOFFICE45 Conhecendo a vantagem econômica que implica ter a menor quantidade de OLTs nas redes GPON, podemos calcular a sensibilidade do custo das ONTs na GPON, baseados no dinheiro poupado. Pode ser calculado baseado no dinheiro poupado, aplicando o valor contra o número total de ONTs na rede. Deste modo, para um total poupado de US\$1.4 milhões devido ao menor número de OLTs na GPON para usuários com um serviço de 100Mbps, US\$1.4 milhões podem ser gastos em 10000 ONTs para obter um custo equivalente como EPON. Assim, a ONT na GPON pode custar US\$146 na ordem de ter o mesmo custo total da rede. Ver Figura 41:

, 23/11/2008

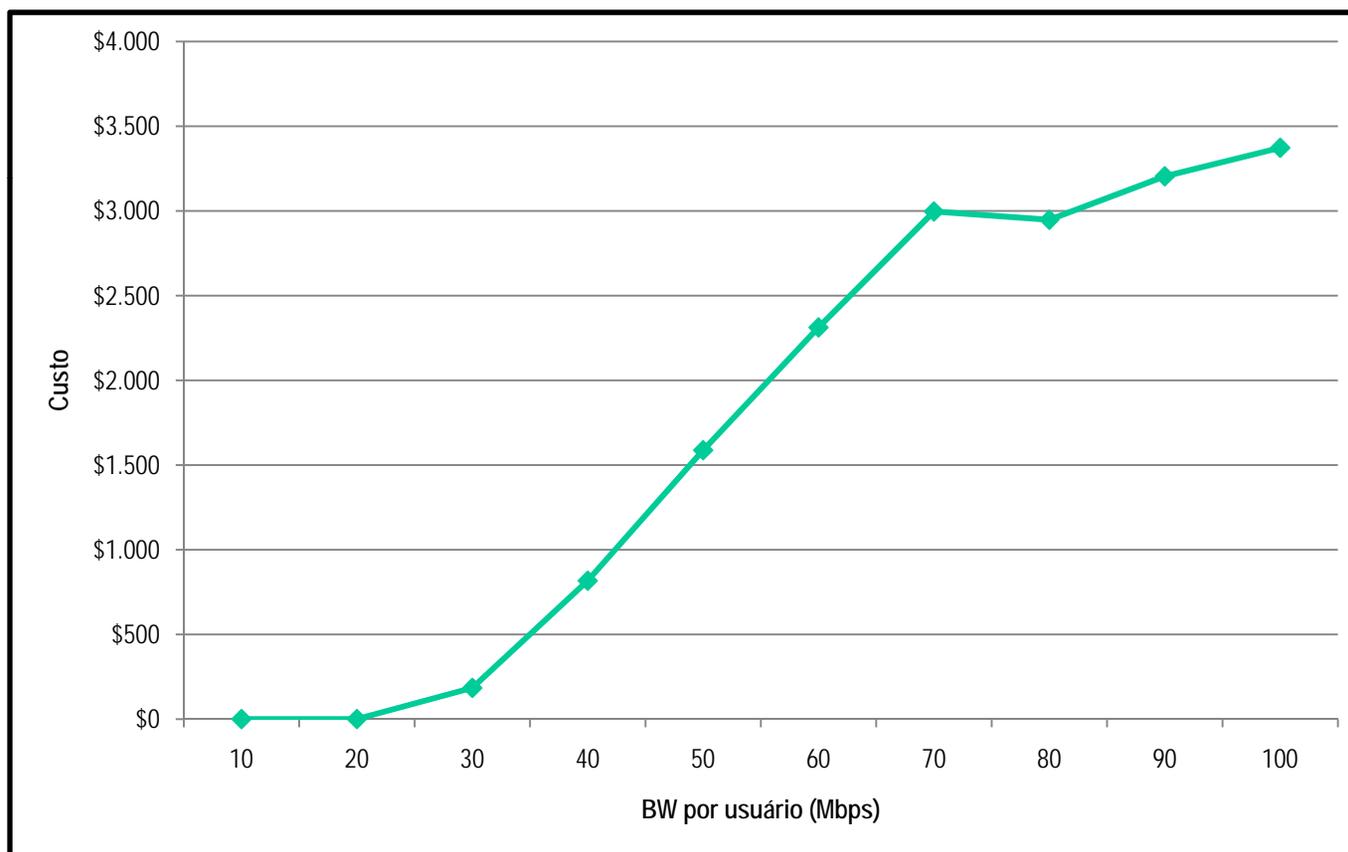


Comparação entre GPON e EPON (Resultados)



Dimensionamento da rede GPON e EPON

Custo da OLT na GPON para igualar o custo com a rede EPON



MSOFFICE46 A poupança lograda é devida ao número de OLTs, assim, a sensibilidade do custo para a OLT na GPON torna-se um fator importante. A sensibilidade da rentabilidade do custo da OLT na GPON pode ser determinada pela aplicação da diferença entre os equipamentos da GPON e EPON aplicada ao número de OLTs na GPON. A Figura 42: mostra os preços necessários para igualar os custos totais na rede com a respectiva rede EPON.

Esta análise simples para uma determinada rede FTTP deixa em estaque uma vantagem devido ao custo das redes GPON sobre EPON. Isto é devido ao maior rádio de divisão na GPON, à taxa de transmissão maior que em EPON e à eficiência na largura de banda, o que resulta na redução de OLTs de mais de um fator de mais de 2 sobre EPON. Ainda que não faça parte desta análise, isto se traduz em poupança adicional no custo do espaço necessário e reduziu a potência requerida pela Central Office.

A recomendação ITU-T G.984 GPON fornece transporte de dados tanto Ethernet como TDM, proporcionando uma boa relação custo-eficácia na tecnologia PON que pode ser utilizada tanto para serviços residenciais como empresariais.

Tal como acontece na recomendação UIT-T G.983 BPON, GPON também promete interoperabilidade nos equipamentos através da rede FSAN e de iniciativas da ITU. Isso permite implantações de redes PON onde vários vendedores de OLTs e ONTs podem ser misturados e combinados em uma rede como é feito com a rede BPON. Permite também o fornecimento de baixo custo por parte dos vendedores CPE (Customer Premises Equipment: Equipamento para os usuários) devido ao elevado número de ONTs na PON, como é feito na indústria DSL, permitindo, assim, mais baixo custo de implantação PON.

Ao incrementar a largura de banda no consumidor de 10Mbps até os 100Mbps requeridos para IPTV, GPON oferece uma significativa vantagem de custo e de desempenho sobre a EPON e mais quando serviços como SDTV e HDTV sejam introduzidos na rede.

Baseado no cenário anterior é possível alcançar uma melhoria de duas a três vezes nos ingressos por cada PON, utilizando tecnologia GPON em lugar de usar EPON. O desenhista de redes deve levar em consideração o fato que se precisam menos sistemas e menos árvores PON usando GPON, assim, reduzindo significativamente as despesas operacionais para a rede na base dela. Além disso, o aumento da flexibilidade pode ser introduzido com GPON usando opcionalmente o longo alcance ótico para aumentar áreas de serviço, adicionando diversos caminhos de proteção para a confiabilidade da rede de fibra, e permitindo ativar a criptografia para proporcionar vantagens que podem simplificar a rede sem a necessidade de adicionar mais equipamentos.

- Introdução (*Redes de Acesso*);
 - Objetivos e motivações;
 - Metodologia;
- Mercado atual das Redes GPON e EPON;
- Redes GPON (*Gigabit Passive Optical Networks*);
- Redes EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*);
- Comparação entre GPON e EPON (*Resultados*);
- **Conclusões comentários e trabalhos futuros;**



O presente trabalho contribuiu para o esclarecimento de situações concorrentes e atuais de GPON e EPON, e apresentou algumas soluções originais ao tema. Entre elas destacamos:

- Um estudo e análise atualizada e comparativa dos novos padrões GPON e EPON desde o ponto de vista tecno-econômico.



Atualmente as redes ópticas passivas Gigabit (GPON) estão chegando ao mercado latino-americano, esperamos que após nosso trabalho, estar capacitados para assumir o desafio que será a massificação deste tipo de redes em nossas cidades

OBRIGADO