

# 1

## Introdução

Nos últimos anos a evolução dos meios de comunicação, e o interesse da população na troca de informações tem crescido de maneira significativa, principalmente com o advento de serviços como vídeo sob demanda, videoconferências, TV de alta definição (HDTV), *e-learning*, jogos interativos, voz sobre IP, E1/T1 e outros. Porém, para desfrutar essas novas tecnologias, é necessário que os usuários tenham, à sua disposição, bandas de transmissão muito maiores do que as oferecidas na atualidade.

A evolução das redes de acesso de banda larga é um foco tecnológico que possui muita capacidade de lucro. Por conta disso, há uma forte concorrência entre diferentes empresas e tecnologias. Entre as últimas, podemos citar as seguintes: xDSL (*x Digital Subscriber Line*), cabo coaxial, wireless e PON (*Passive Optical Network*). Na tabela 1.1 estão discriminados alguns parâmetros associados a cada uma das tecnologias como taxa de transmissão por usuário e alcance máximo [1]. (Os valores utilizados são os valores típicos definidos pelas normas internacionais)

Tabela 1.1: Comparação de taxas e alcance máximo das diferentes redes de acesso. \*A taxa de transmissão depende do número de usuários, os valores listados nesta tabela são típicos.

Serviço	Taxa de transmissão	Alcance máximo
ADSL	8 Mb/s(típico)	5.5 Km
VDSL	20 Mb/s(típico)	1Km
Coax	2 Mb/s*	0.5 Km
Wi-Fi	54 Mb/s(max)	0.1 Km
WiMax	28 Mb/s(max)	15 Km
BPON	20 Mb/s*	20 Km
EPON	60 Mb/s*	20 Km
GPON	40 Mb/s*	20/60 Km alcance estendido
NG-PON1	160 Mb/s*	$\geq 20$ Km
NG-PON2(Em curso)	1 Gb/s*	60 Km

Na atualidade as redes de acesso FTTx (*Fiber To The x*) estão sendo implantadas em muitos países e a arquitetura dominante é TDM-PON (*Time*

*Division Multiplexing PON*), que pode utilizar diferentes tecnologias. Dentre elas, BPON, EPON, GPON.

Países como Japão, Coréia do Sul e Estados Unidos são os pioneiros no número de assinantes desse tipo de arquitetura. Em 2009, o Japão liderava a tabela com mais de 15.5 milhões de assinantes, seguido de Coréia do Sul com 8.05 milhões. Nesse mesmo ano, foi notado um crescimento de 17% no número de assinantes mundiais no primeiro semestre de 2009 [2].

As novas gerações de redes PON denominadas NG-PON (*Next Generation PON*) utilizaram arquiteturas híbridas TDM/WDM-PON ou plenamente WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing PON*). Apesar das normas associadas à arquitetura WDM ainda não terem sido padronizadas, já existem redes que as utilizam.

Na Coréia as atividades de implantação da rede WDM-PON tiveram início em 2002 depois da avaliação de diferentes tecnologias, como por exemplo: EPON, VDLS e HFC. Com base na projeção de custos, capacidade de rede, segurança e capacidade de atualização futura, a KT (*Korea Telecom*) decidiu pela implantação dessa arquitetura.

Muitos projetos de implantação de redes de acesso FTTx estão sendo desenvolvidos e financiados por governos em diferentes partes do mundo. A Austrália, por exemplo, tem a NBN (*National Broadband Network*) que propõe uma taxa mínima de 12 Mbps para 98% da população, Singapura propôs a NG-NBN (*Next Generation Nationwide Broadband Network*) com uma taxa de 1Gbps e Malásia está implantando a HSBB (*High Speed Broadband*). Igualmente, outros projetos de FTTx na Europa estão sendo financiados pelos governos em países como França e Grécia.

Conhecendo o aumento de usuários e redes FTTx no mundo, os pesquisadores estão procurando a redução dos preços de implantação (CAPEX) e manutenção (OPEX) das novas redes de acesso.

Embora as redes PON tenham um baixo OPEX comparado com outras soluções ativas, é possível para os operadores baixá-lo ainda mais. Isso pode ser feito através de uma efetiva manutenção de prevenção e um monitoramento da estrutura física da rede. Dentro da literatura conhecida, são considerados vários métodos que possuem diferentes desafios e requisitos.

A supervisão em redes passivas de altas taxas é um problema delicado devido a uma superposição dos sinais das várias derivações da rede, dando origem a uma ambigüidade na identificação do sinal e das falhas. Nas redes WDM-PON a ambigüidade é resolvida pela identificação espectral do usuário, mas o monitoramento tem a dificuldade de não poder usar o mesmo comprimento de onda do sinal de dados.

Na arquitetura PON a supervisão da camada física da rede é muito importante, a causa principal é que as camadas superiores da NMS (*Network Management System*) ainda não tem uma visibilidade completa, fazendo com que uma falha somente seja visível para a rede quando o serviço cai gerando perdas diretas e indiretas para o usuário e para a operadora [3].

Numa rede WDM-PON onde são transmitidas taxas muito altas de bits (e.g. 10Gb/s) o problema é ainda maior dado que a queda de uma fibra pode implicar na suspensão de serviços de muitos usuários.

Todos estes argumentos vão ganhando importância quando a qualidade da rede é um fator decisivo num mercado extremamente competitivo.

Um método muito conhecido na área de supervisão de redes ópticas é a Reflectometria Óptica no Domínio do Tempo, em particular o Reflectômetro Óptico no Domínio do Tempo (OTDR, da sigla em inglês *Optical Time Domain Reflectometer*). A utilização do OTDR na análise de enlaces ópticos já foi muito estudada e é utilizada por empresas de telecomunicações na atualidade, mas a utilização desta técnica em redes WDM-PON ainda está numa etapa de desenvolvimento.

A tecnologia atual para realizar a supervisão da camada física recomenda para as operadoras das redes PON utilizar o OTDR na banda-U combinando diferentes estratégias para identificar a ramificação da rede e sua possível falha [4]. O número elevado de divisões ( $> 1:32$ ) e o alcance estendido ( $\geq 60\text{km}$ ) da rede ainda são um problema na supervisão de redes TDM-PON, devido a exigências de resolução e faixa dinâmica. Quando são incluídos dispositivos para seleção de comprimento de onda na rede como nas WDM e Hybrid-PONs, o monitoramento torna-se um desafio, mais ainda quando este tem que ser feito sem perturbar o tráfego da rede. O objetivo principal deste projeto é avaliar e desenvolver uma nova tecnologia de supervisão da camada física a ser empregada em WDM-PONs e Hybrid-PONs.

Diferentes estratégias de supervisão de redes WDM-PON serão examinadas. A tecnologia do OTDR sintonizável parece ser uma das melhores para alcançar os objetivos e requerimentos de supervisão, mas o melhor método para conseguir esta capacidade continua indeterminado. Redes com tráfego de dados implicam na presença do espalhamento Raman que, no momento da supervisão, gera prejuízos. As redes WDM-PON utilizam muitos comprimentos de onda e a potência do tráfego total é consideravelmente alta, gerando prejuízos na utilização do OTDR. Isso devido a que o espalhamento Raman gerado pelo canal de transmissão volta para o detector do OTDR, onde os sinais de monitoramento e transmissão são misturados gerando uma ambigüidade no processamento de sinais do OTDR. Uma nova tecnologia para supervisão de re-

des WDM-PON baseada num OTDR sintonizável será desenvolvida buscando eliminar ou reduzir as não linearidades, interferência com o tráfego e ruído na leitura de dados do traço do OTDR.