

Potencial de largura de banda de fibras multimodo

Russell Ellis, da Corning (EUA)

O minEMBc é um processo de medição de largura de banda de fibras ópticas otimizadas a laser, que, segundo o autor, é o modo mais eficaz de avaliar o desempenho de um sistema multigigabit. Esse método leva em consideração as diferentes características de reflexão das fontes VCSEL e mostra-se mais eficaz do que as técnicas de DMD e RML. Outra vantagem é a sua escalabilidade para várias distâncias.

Um desempenho confiável em taxas multigigabit para cabos de fibra óptica exige a aplicação de minEMBc – largura de banda modal efetiva mínima calculada, um novo procedimento para a medição de largura de banda de fibras multimodo otimizadas para laser. O minEMBc oferece uma nova especificação de largura de banda para fibras ópticas, que descreve seu real potencial de largura de banda e é escalável para distâncias variadas.

Há muito tempo as fibras multimodo são uma das opções mais atraentes para redes que tenham um caminho de atualização contínuo de 10 Mbit/s até 10 Gbit/s ou mais. Devido à crescente demanda de largura de banda e taxas de dados mais elevadas, está ocorrendo uma passagem da faixa do Mbit/s para o Gbit/s, que exige fibras multimodo otimizadas e transceptores à base de laser em vez dos transceptores mais lentos, à base de LED. Essa modificação se baseia na ampla introdução de protocolos Gbit/multigigabit (por exemplo Ethernet, Fibre Channel, etc.) e no crescente interesse em soluções de 10 Gbit/s e que utilizam a tecnologia VCSEL. Os comentários a seguir explicam por que o procedimento de medição

de largura de banda normalizado com a designação minEMBc é necessário para a transmissão através de fibras multimodo otimizadas para laser. Em primeiro plano ficam as vantagens do minEMBc frente ao procedimento mais antigo de teste de máscara DMD – Differential Mode Delay, que surgiu na fase inicial da normalização do 10GbE.

Passagem às fibras multimodo

É muito importante que as fibras multimodo sejam medidas e caracterizadas durante a fabricação, já que a medição da largura de banda de fibras não é possível localmente, na aplicação. A passagem das fibras ópticas otimizadas para LED para as fibras ópticas otimizadas para laser começou em 1981 (figura 1). Simultaneamente, o procedimento de caracterização de largura de banda de fibras multimodo OFL – Overfilled Launch, que surgiu nos anos 80 para o teste de fibras ópticas convencionais otimizadas para LED, foi substituído pelo RML – Restricted Mode Launch – largura de banda com excitação de modos efetivos,



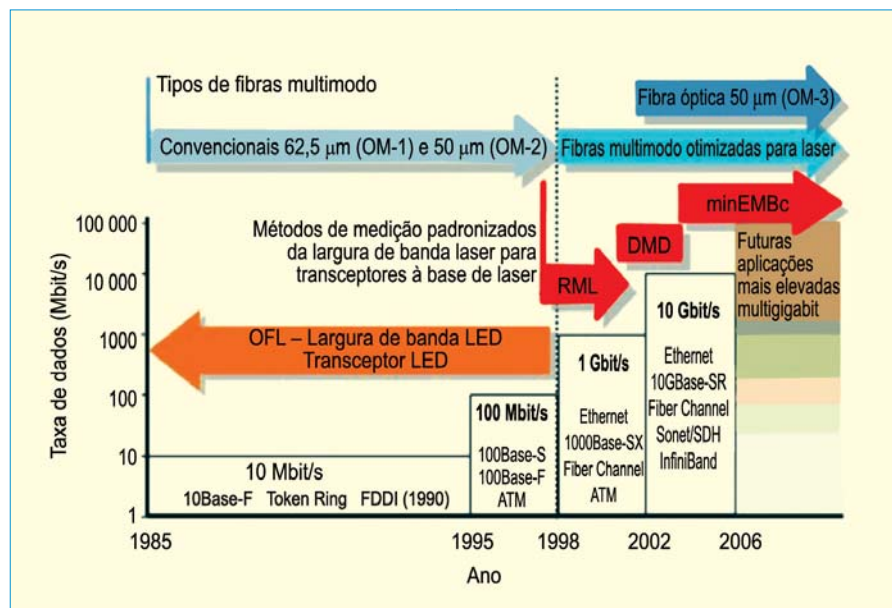


Fig. 1 – O desenvolvimento de processos de medição de largura de banda, aplicações multimodo e industriais

primeiro procedimento de medição de largura de banda para fibras otimizadas para laser. Durante o desenvolvimento do padrão 10GbE foi introduzido o mais abrangente procedimento de teste de largura de banda a laser, o DMD e, em 2004, como reação à passagem para aplicações multigigabit através de fibras multimodo, os especialistas desenvolveram o minEMBC, um procedimento de medição de largura de banda mais robusto e preciso.

O método OFL utiliza um acoplamento semelhante ao LED com preenchimento total do núcleo de uma fibra multimodo otimizada para LED. Aumenta-se a frequência de modulação do sinal de luz de entrada até que seja verificável uma redução da amplitude do sinal de saída em 3 dB (50%) (figura 2). Esse ponto de frequência é multiplicado pelo comprimento da fibra óptica para determinar a largura de banda normalizada (MHz.km) em 850 e 1300 nm. Ao contrário das fibras multimodo otimizadas para laser, que têm uma largura de banda maior em 850 nm, para poderem utilizar a tecnologia laser VCSEL, as fibras ópticas otimizadas para LED, via de regra, têm em 1300 nm uma largura de banda OFL maior. Para

se adequar à passagem surgiu o padrão RML, que utiliza um acoplamento semelhante ao do laser, lançando o feixe a uma certa distância do núcleo da fibra através de um *Mode-Conditioning Patch Cord*. O RML simula o pequeno (restrito) tamanho de spot de um laser (figura 2). Desse modo é possível prever mais precisamente a largura de banda multimodo com lasers, que trabalham com até 1 Gbit/s.

Tecnologias de medição de largura de banda DMD

A introdução do método de teste DMD marcou o começo da passagem a uma avaliação mais complexa da largura de banda, baseada em análises feitas no domínio do tempo, em vez da análise do domínio da frequência do OFL e RML.

O procedimento de teste DMD com máscaras normalizadas foi introduzido no início do desenvolvimento do padrão 10GbE, em 2002. Por isso, esse procedimento possibilita apenas a certificação para fibras ópticas da classe OM-3 com 10 Gbit/s numa distância de transmissão de 300 m, como indicado no padrão 10GbE (IEEE 802.3ae). Fibras ópticas que não atendem a esse teste recaem na classe OM-2. O procedimento DMD utiliza um laser monomodo, que escaneia gradativamente o núcleo da fibra óptica (não é utilizado um VCSEL, visto que a sua potência é reduzida demais para superar a atenuação dada pelo comprimento das fibras ópticas dos carretéis testados durante a fabricação).

Em cada degrau o sistema acopla um pulso de laser para o interior da fibra óptica e mede o tempo de

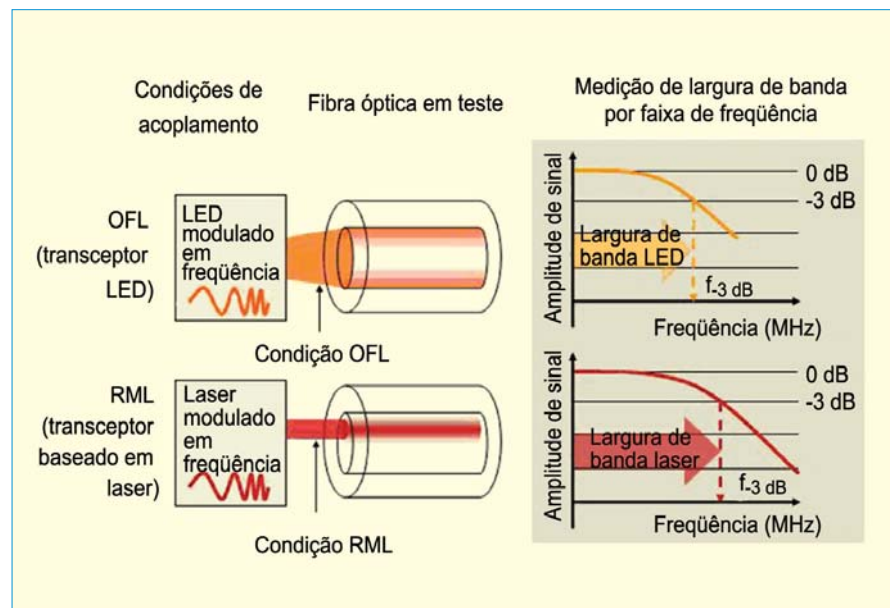


Fig. 2 – Método de teste OFL para operação com LED e método de teste RML para operação laser em fibras multimodo



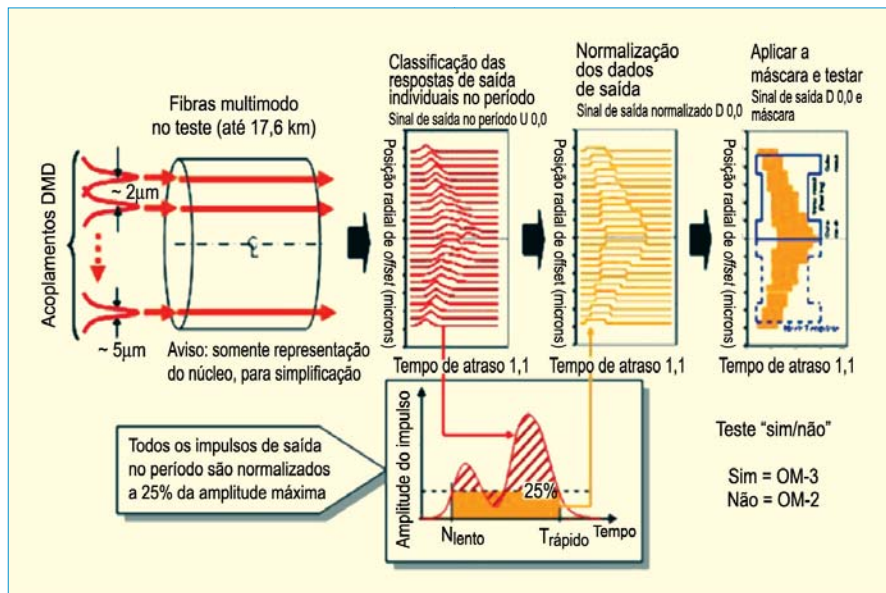


Fig. 3 – O procedimento de teste DMD com máscaras normalizadas

atraso da resposta na saída, para gerar um perfil de saída DMD (figura 3). Com isso, pode-se levantar completamente a estrutura de atraso modal das fibras ópticas testadas. Nesse ponto um computador analisa todas as respostas de saída e normaliza-as a 25% da amplitude máxima do pulso, efetivamente descartando os dados capturados contendo informações relacionadas à resposta a fonte utilizada. A resposta normalizada passa a seguir por uma análise comparativa utilizando uma série de até sete grupos de máscaras diferentes, todas empiricamente originadas do padrão 10GbE para o desempenho de 10 Gbit/s através de 300 m.

Cada máscara descreve um grupo de condições de atraso de tempo conforme a posição de *offset* (ou degrau) de o acoplamento de laser em relação ao eixo central da fibra óptica. Quando os atrasos dos pulsos normalizados estiverem completamente dentro das condições de contorno especificadas por pelo menos uma das máscaras, então a fibra óptica atende aos critérios DMD do padrão 10GbE para trechos de 300 m, e assume-se uma EMB - largura de banda modal efetiva de pelo menos 2000 MHz.km.

O critério de teste “sim/não” para máscaras DMD não fornece uma real medida do potencial de largura de banda da fibra óptica. A escalabilidade do método DMD para o teste de fibras multimodo em distâncias de transmissão mais longas (por exemplo, 550 m) pode não ser confiável, já que uma grande parte das informações da medição na saída é perdida e as respostas DMD normalizadas

podem superestimar a real capacidade da fibra óptica.

O método minEMBc representa uma significativa melhoria frente ao procedimento de teste DMD, pois mede a real largura de banda da fibra óptica.

Isso está de acordo com o fato de que a largura de banda do sistema como um todo é uma função tanto das características de largura de banda da fibra óptica, quanto também das características especiais das diversas fontes de laser. Os VCSELs padronizados conforme as normas internacionais cobrem uma vasta gama de características de emissão, as quais podem fornecer resultados de largura de banda bem diferentes para cada fibra multimodo. O procedimento minEMBc contém as características de emissão de dez diferentes fontes VCSEL. A escolha foi feita pela TIA durante o desenvolvimento do padrão IEEE 802.3ae para representar toda a faixa dos VCSELs disponíveis de acordo com o padrão 10GbE, e poder determinar as possíveis faixas de desempenho de largura de banda das diferentes configurações laser-fibra.

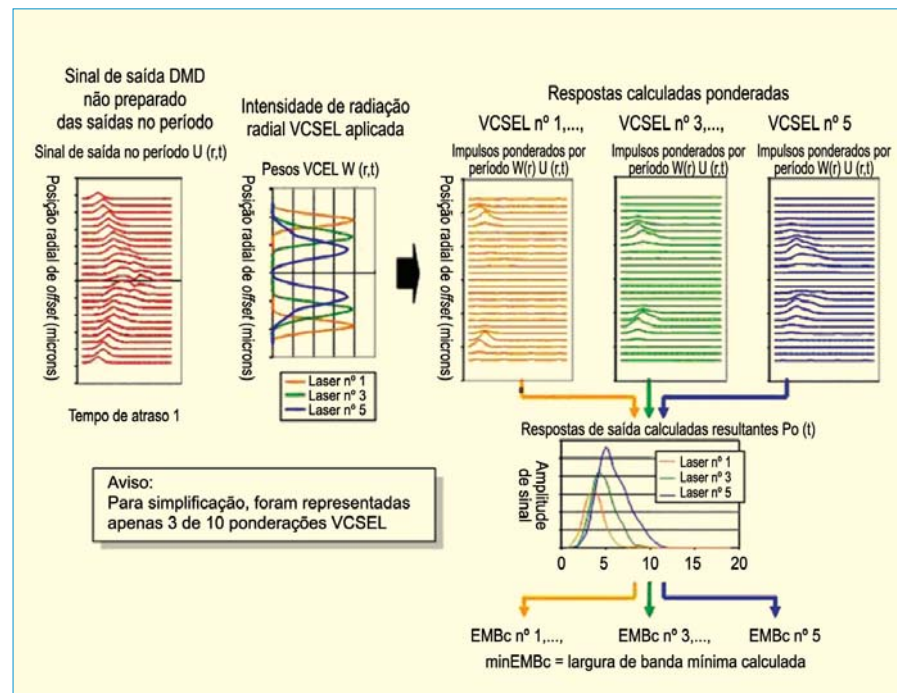


Fig. 4 – Ilustração da medição de largura de banda minEMBc



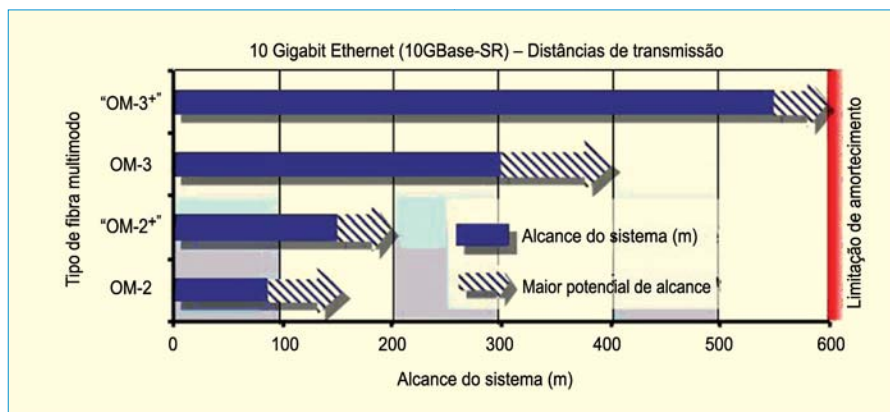


Fig. 5 – Maior alcance de 10 Gbit/s, através de fibras ópticas medidas pelo processo EMBC

O minEMBc utiliza o DMD para a primeira etapa do processo de medição, na qual o laser monomodo escaneia o núcleo da fibra multimodo e ocorre um registro dos pulsos de saída. A seguir, os perfis de saída da luz de dez VCSELS são matematicamente aplicados ao perfil de atrasos DMD para gerar dez diferentes respostas de saídas VCSEL. Esse processo imita uma série de testes, nos quais toda a faixa de VCSELS padronizados seria utilizada para a caracterização direta do desempenho da fibra óptica. Das dez respostas de saída VCSEL

deduzem-se dez valores separados para a largura de banda modal efetiva (EMBc em MHz.km) para a

fibra óptica. A especificação minEMBc da fibra óptica é definida então pelo menor dos dez valores e com isso se garante o desempenho de aplicações utilizando toda a faixa de transceptores padronizados. Ao contrário do teste DMD, o minEMBc pode ser escalado para todas as distâncias alvo de transmissão a 10 Gbit/s (dentro da faixa de operação dos transceptores conforme padrão) necessárias em aplicações de rede reais. O minEMBc ainda pode ser ampliado de tal forma a incluir diferentes taxas de transmissão e os efeitos gerados por outras características do laser, como o comprimento de onda e a largura

Tab. I – O procedimento para caracterização da largura de banda minEMBc tem vantagens em relação ao DMD

minEMBc	DMD com máscaras normalizadas
Avaliação de largura de banda mais precisa de fibras ópticas com base em todos os transceptores conforme a norma	O procedimento DMD não consegue levar em consideração as diferentes características do VCSE
Consegue medir informações de largura de banda reais de laser – valor de largura de banda laser	Somente teste "sim/não" para o valor previsto de 2000 MHz.km
Medição escalável para taxas de dados alternativas ou distâncias de transmissão mais longas/mais curtas	Previsão de desempenho para 300 m, nenhum grupo de máscaras padrão para, digamos, 550 m
Possibilita a representação da reserva do sistema para confiabilidade e atualizações futuras	Somente teste "sim/não"

espectral. Através disso é possível uma rápida adaptação ao contínuo desenvolvimento da tecnologia de transceptores e fibras ópticas.

Desempenho das distâncias de transmissão a partir das medições de largura de banda do laser

O alcance de fibras multimodo depende de muitos fatores, relacionados com as características de cada fibra óptica, com a quantidade de conectores e com as características do transceptor. A largura de banda mínima, medida pelo minEMBc, em conjunto com as necessárias características da fibra óptica e do transceptor, possibilita o cálculo do comprimento do sistema com base nos modelos IEEE publicados, os quais foram de grande significado para o desenvolvimento, tanto do padrão Gigabit quanto também do

10GbE. Os valores reais fornecidos pelo minEMBc freqüentemente ultrapassam as especificações mínimas exigidas nos padrões de fibras ópticas. Em tais casos, com auxílio do modelo IEEE, a largura de banda excessiva pode ser utilizada para a otimização do sistema, transformando-a em maiores alcances de distância ou numa maior margem sistêmica. Maiores margens sistêmicas através de fibras ópticas com maior largura de banda podem permitir a utilização de conectores adicionais ou de conectores multifibras, o que possibilita uma instalação mais rápida e flexível, sem prejudicar o alcance do sistema (figura 5). As especificações de largura de banda de laser de fibras multimodo não medidas com o minEMBc podem ser menos precisas, dando assim ao desenvolvedor do sistema menos possibilidades para a maximização do desempenho do sistema.

Conclusão

Um desempenho de sistema multigigabit maximizado, confiável e econômico exige a aplicação do método minEMBc, um procedimento confiável para a medição da largura de banda. A especificação oferecida pelo minEMBc descreve o real potencial de largura de banda das fibras ópticas e é escalável para distâncias alternativas. Além disso, o minEMBc é o único procedimento para a caracterização da largura de banda a laser que leva em consideração as diferentes características de emissão das diferentes fontes VCSEL.

Artigo publicado originalmente na revista Lanline. Direitos cedidos por Konradin IT – Verlag, Alemanha.