

Capítulo 1 - Introdução

É quase inevitável a pergunta sobre a necessidade do estudo de enlaces analógicos por fibras ópticas em uma era digital de altas taxas de transmissão e “Information Superhighways”. Porém, assim como em várias áreas do conhecimento científico, as percepções iniciais podem mudar bastante após uma análise mais profunda do problema. Este trabalho não tem por objetivo enaltecer as técnicas analógicas em detrimento das digitais, e sim trazer à tona as novas técnicas de combinação de sistemas analógicos e digitais e mostrar como esta síntese pode ser usada para um aproveitamento mais eficiente dos futuros sistemas ópticos de comunicações. Os dois pontos tecnológicos atualmente enfrentados pelos projetistas de sistemas ópticos são a utilização da largura de banda e a combinação de vários tipos de tráfego (voz, vídeo, dados). Ainda é uma barreira a total utilização da enorme largura de banda disponível em uma fibra, em contraponto com a largura de banda restrita disponível para os sistemas com modulação em intensidade / detecção direta (IM/DD). Enquanto é afirmado que a largura de bandas das fibras é “livre e ilimitada”, a largura de banda elétrica dos equipamentos terminais certamente não é. As técnicas de multiplexação por subportadoras (SCM) têm aparecido como uma alternativa promissora para serviços banda larga com combinação de tráfego, mas também possui seus problemas e limitações. Uma importante medida de desempenho para enlaces analógicos é a faixa dinâmica, definida como a relação entre o maior sinal que o sistema pode transportar e o menor sinal. Devido a não-linearidades do sistema, são criados produtos de intermodulação espúrios que podem mascarar ou imitar sinais reais. Então, a faixa dinâmica livre de espúrios (SFDR – Spurious Free Dynamic Range) é freqüentemente usada como uma medida de desempenho de sistema. A SFDR é a faixa dinâmica onde o máximo nível de sinal é limitado pelos produtos de intermodulação.

Neste trabalho será analisado o desempenho de faixa dinâmica de sistemas analógicos coerentes PM, FM, e AM, e este comparado com sistemas IM/DD (Intensity Modulation Direct Detection). Estes sistemas utilizam modulação externa em todos os casos. Considerando que sistemas DD já foram investigados em detalhes previamente na literatura [1], foram utilizados estes desempenhos como um padrão para avaliar o desempenho de sistemas coerentes. Embora sistemas analógicos coerentes também tenham sido investigados previamente [2], esta investigação contém alguns aspectos particulares:

- 1) São derivados a relação sinal-ruído (SNR) e a Faixa Dinâmica Livre de Espúrios (SFDR) para enlaces ópticos analógicos DD e AM, FM e PM coerentes, para enfatizar semelhanças e diferenças. Também é apresentada uma análise genérica relacionando SNR e SFDR.
- 2) A análise do impacto do ruído de intensidade relativa do laser (RIN) inclui a natureza da dependência de frequência da densidade espectral de potência (PSD) do RIN. Isto é significativo para sistemas que operam bem acima da frequência de relaxamento de oscilação do laser, onde há o “roll off” do RIN .
- 3) Em sistemas PM e FM, são consideradas não-linearidades do circuito de demodulação do receptor. Estas não-linearidades dominam as características de não linearidade dos sistemas, em contraste com sistemas DD e AM, onde não-linearidades de sistema são dominadas pelas características do transmissor.
- 4) Além de considerar sistemas monocal é analisada a SFDR de sistemas DD e sistemas coerentes usados para transmissão de sinais com multiplexação de subportadora (SCM). Baseado na análise de SFDR, são estimados os parâmetros de laser necessários para satisfazer as necessidades de faixa dinâmica de várias aplicações importantes, inclusive sistemas rádio - fibra, LANs, e sistemas com multiplexação de subportadora digital. Os valores destes parâmetros podem inclusive servir como padrão para projetistas de dispositivo.

A estrutura do trabalho está organizada da seguinte maneira:

- No Capítulo 1, *Introdução*, é descrito o objetivo do trabalho e sua estrutura de organização.
- No Capítulo 2 - *Aplicações de Sistemas SCM*. Algumas das principais aplicações para os sistemas com modulação em subportadoras são descritas, algumas das quais serão discutidas mais detalhadamente e terão sua viabilidade avaliada por simulações posteriormente.
- No Capítulo 3 – *O Sistema SCM (Subcarrier Modulation) e Ruído em enlaces analógicos*, os princípios teóricos da Modulação por Subportadora são analisados, assim como as principais fontes de ruído presentes em enlaces analógicos e derivadas suas equações. Também são introduzidos os conceitos dos sistemas analógicos IM – DD (Intensity Modulation – Direct Detection) e Coerentes (Homódino e Heteródino).
- No Capítulo 4 – *Relação Sinal Ruído (SNR) e Faixa Dinâmica Livre de Espúrios (SFDR) para enlaces Analógicos*, é derivada a relação sinal ruído para os enlaces analógicos com detecção coerente (AM, PM, FM) e detecção direta (IM-DD). É derivada também a Faixa Dinâmica Livre de Espúrios (SFDR) para sistemas com um único canal e sistemas SCM, o que servirá de base para as simulações do próximo capítulo.
- No Capítulo 5 – *Resultados Numéricos*, são mostradas simulações de faixa dinâmica para vários sistemas, muitos deles mostrados no Capítulo 2, e analisada sua viabilidade com Modulação por Subportadoras.
- No Capítulo 6 – *Conclusões e Sugestões para Novos Trabalhos*, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, assim como sugestões para sua continuidade.