

1

Introdução

1.1

Visão Geral

Na técnica de multiplexação OFDM (Multiplexação por Divisão de Frequências Ortogonais) a informação é transmitida através de um grupo de portadoras contíguas cujas frequências centrais são escolhidas de modo a garantir a ortogonalidade entre elas, com taxas de transmissão por portadora tanto mais baixas quanto maior for o número de portadoras empregadas. Em um sistema com uma única portadora, um simples desvanecimento ou interferência pode fazer com que a disponibilidade do enlace caia abaixo dos valores esperados tornando o enlace inoperante. Já em um sistema de multipordadoras, se apenas uma pequena percentagem das portadoras é afetada o enlace pode permanecer ativo. A redução na taxa de transmissão (aumento na duração dos símbolos transmitidos em cada portadora) implica numa diminuição da sensibilidade à seletividade em frequência (dispersão no tempo) causada por multipercurso. Vale a pena mencionar que o OFDM pode ser chamado tanto de técnica de modulação quanto técnica de multiplexação. Embora a base deste tipo de sinais tenha sido lançada ao final da década de 60 [1, 2, 3], só hoje em dia ela ficou popular pelos menores custos e viabilidade nos componentes, principalmente em sistemas sem fio [4, 5].

De modo a eliminar a interferência entre as portadoras de um sinal OFDM, o espaçamento entre elas é cuidadosamente escolhido de modo que se tenham portadoras ortogonais.

Outra maneira de especificar a condição de ortogonalidade entre as portadoras de um sinal OFDM é garantir que cada portadora tenha exatamente um número inteiro de ciclos no intervalo T de um símbolo como mostra a Figura 1.1.

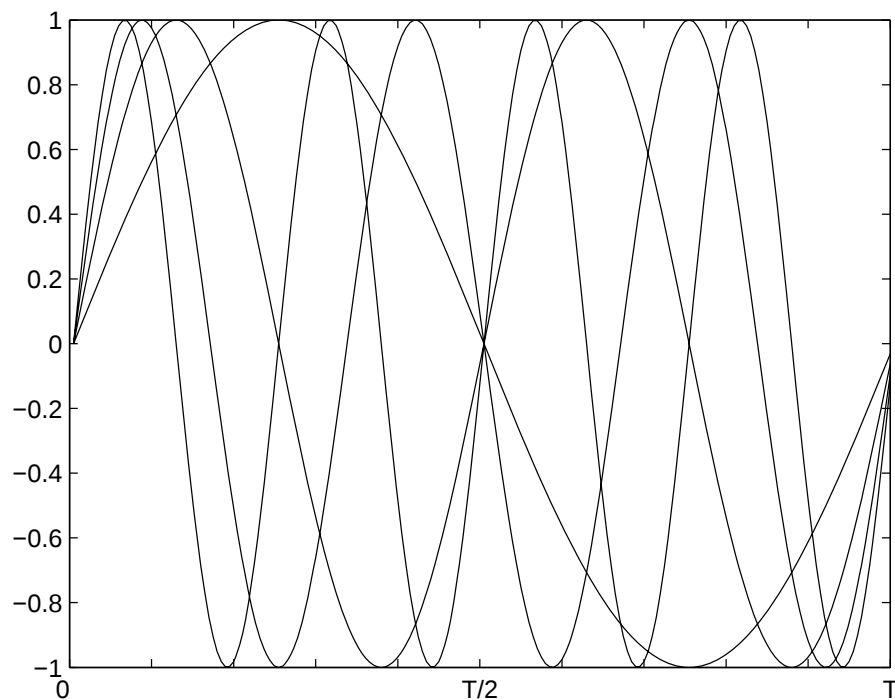


Figura 1.1: Portadoras no domínio do tempo

A utilização do sistema OFDM em comunicações via satélite surgiu associada aos sistemas para a radiodifusão de sinais de som digitais de alta qualidade [6] - serviço que inclui entre seus usuários os passageiros de veículos em movimento. A utilização deste tipo de sinais na radiodifusão de sinais é motivada, por algumas de suas características intrínsecas, dentre elas, a robustez a interferência entre símbolos, à distorções em canais lineares e a tolerância ao desvanecimento multipercurso. Atualmente este tipo de sinais é empregado não só na radiodifusão de sinais sonoros (DAB - *Digital Audio Broadcasting*) mas também na radiodifusão de sinais de vídeo (DVB - *Digital Video Broadcasting*), ou também em sistemas ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), Wireless LAN (*wireless local area network*), UWB (*Ultra wideband*) e PLC (*Power line communication*) [5].

Alguns estudos feitos nesta área abordam o efeito da não-linearidade do canal sobre sinais OFDM. As situações consideradas nestes estudos consideram os casos mais simples de transmissão, através do canal não-linear, de apenas um sinal OFDM ou de múltiplos sinais OFDM. Nestas situações a contagem dos produtos de intermodulação produzidos pela não-linearidade é simples e pode ser caracterizada por expressões analíticas. A consideração de múltiplos sinais OFDM com as mesmas características, mas com potências diferentes constitui

um problema bastante complexo. Nestes casos, a contagem dos produtos de intermodulação é bem mais complexa, sendo necessária a consideração de algoritmos de contagem como o descrito em [7].

1.2

Descrição do Problema

Um dos principais problemas associados à transmissão deste tipo de sinal, que demanda atualmente o desenvolvimento de estudos, diz respeito à degradação provocada pela passagem de sinais OFDM através de dispositivos não-lineares. Este problema está presente tanto na radiodifusão via satélite, onde amplificadores de alta potência (HPAs) e *transponders* não lineares estão presentes, quanto na radiodifusão terrestre onde, com o objetivo de ampliar ao máximo o tamanho da área geográfica na qual o serviço é oferecido, são utilizados amplificadores de alta potência operando em sua região não-linear. Os principais problemas causados pela passagem de múltiplas portadoras por dispositivos não lineares são, a conversões AM/AM e AM/PM e a intermodulação.

Os efeitos da não linearidade sobre o sinal OFDM podem ser avaliados em dois níveis. Num primeiro nível, seriam avaliados os sinais produzidos na saída da não-linearidade. Neste nível seriam determinados os efeitos na não-linearidade sobre o sinal desejado como, por exemplo, a distorção experimentada por sua densidade espectral de potência ou degradação da característica de ortogonalidade das portadoras do sinal OFDM. Além disso, seriam também caracterizados os sinais adicionais indesejados (interferências) produzidos pelos efeitos da conversão AM/AM, da conversão AM/PM e da intermodulação. Esta caracterização inclui, por exemplo, a determinação das densidades espectrais de potência desses sinais indesejados. Num segundo nível, seriam avaliados os efeitos sobre o desempenho da transmissão digital utilizando sinais OFDM, avaliando-se, por exemplo, a degradação provocada pela não-linearidade na taxa de erro de bit da transmissão.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação encontra-se no primeiro nível de avaliação descrito acima e está organizada em cinco capítulos. No Capítulo 2, Modelagem Matemática, é apresentada a caracterização do sinal OFDM e a caracterização da não-linearidade, assim como a caracterização do sinal na saída da não-linearidade. No terceiro capítulo é feita uma generalização da caracterização feita no segundo capítulo, ou seja, para o caso em que mais de um sinal OFDM que compartilham a não linearidade. No capítulo 4 são

apresentados os resultados numéricos para situações particulares nas quais 1, 2 e 3 sinais OFDM compartilham a não-linearidade. Foram considerados sinais OFDM com diferentes números de portadoras, e diferentes potências médias, com 3 tipos de pulsos formatadores (retangular, Nyquist e metade cosseno). No capítulo 5 é realizada a conclusão deste trabalho.