

Título: Análise e Optimização de Sistemas de Comunicação Ópticos Baseados em Solitões

Title: *Analyse and Optimisation of Optical Communication Systems Based on Solitons*

Autor/Author: Armando Nolasco Pinto

Orientador/Advisor: José Rodrigues Ferreira da Rocha

Data Apresentação/Acceptance Date: 22/12/99

Palavras Chave: Sistemas de Comunicação Ópticos, Solitões Ópticos, Propagação Não Linear, *Jitter* Temporal, Emissor de Solitões, Análise de Desempenho

Key Words: *Optical Communication Systems, Optical Solitons, Non Linear Propagation, Timing Jitter, Solitons Source, Performance Analysis*

Doutoramento/Ph.D.

Resumo

Nesta tese são abordados diversos tópicos relativos à implementação, análise e optimização de sistemas de comunicação ópticos baseados em solitões.

São analisados os aspectos mais relevantes da teoria dos solitões para a sua utilização em sistemas de comunicação ópticos, colocando ênfase na análise da dinâmica dos solitões em sistemas com amplificação concentrada.

O problema da geração de impulsos do tipo solitão é tratado ao nível teórico e experimental. São apresentados diversos resultados laboratoriais, relativos à implementação de um emissor de solitões, capaz de gerar impulsos susceptíveis de serem usados em sistemas a operarem até aos 10 Gbit/s.

É feita uma análise rigorosa do tempo de chegada em sistemas baseados em solitões. São observados desvios em relação ao modelo de Gordon-Haus, para a distribuição do *jitter* temporal, em sistemas a operarem a elevados ritmos de transmissão. Desenvolve-se um novo modelo capaz de caracterizar estatisticamente o *jitter* temporal, tendo em consideração a interacção entre solitões, numa sequência aleatória de impulsos, e o ruído de emissão espontânea, adicionado ao sinal em cada andar de amplificação óptica. Verifica-se uma boa concordância, entre os resultados previsto pelo novo modelo e os resultados da simulação numérica, quando aplicado a sistemas práticos.

Apresenta-se um modelo analítico capaz de descrever o processamento efectuado pelo receptor óptico pré-amplificado, na detecção de impulsos do tipo solitão, e analisa-se em detalhe o efeito do ruído, do *jitter* e da interferência entre símbolos no desempenho do receptor. É dedicada particular atenção à análise da degradação do desempenho devido à distribuição não gaussiana do *jitter*, usando-se para tal, o novo modelo para o *jitter* previamente derivado.

É derivado o desempenho do receptor óptimo, para sistemas baseados em solitões, e é feita uma análise comparativa dos desempenhos conseguidos com alguns receptores práticos. Mostra-se ainda como é possível obter ganhos consideráveis optimizando o processo da detecção em sistemas práticos.

Abstract

This thesis deals with several topics related to the set up, analysis and optimisation of optical communication systems based on solitons.

The analysis focuses on the most relevant aspects of the theory of solitons in connection to the implementation of optical communication systems, emphasising the dynamics of solitons in lumped amplifiers systems.

The question on generating optical solitons is treated both theoretically and experimentally. Several laboratory results are presented, gathered from a source of solitons, capable of generating solitons suitable for systems operating at transmission rates up to 10 Gbit/s.

An accurate timing jitter analysis is carried out for solitons based systems and deviations from the Gordon-Haus jitter model are observed for high data rate systems. A new analytical model for the timing jitter is proposed. The model presented comprises the interactions, in a random sequence of solitons, and the effect of the amplified spontaneous emission noise, added at each amplification stage. The agreement between the expected results, from the new analytical model, and the results from the numerical simulation, of practical communication systems, is good.

We also present an analytical model capable of describing the signal processing in optically pre-amplified receivers, when applied to the detection of solitons. A detailed analysis was performed on the effects of the noise, inter symbol interference and timing jitter on the receiver performance. Special emphasis is given to the degradation due to non-gaussian timing jitter, by using the new timing jitter model previously derived.

The optimum receiver performance, for soliton systems, is derived. This result is compared with the one obtained by practical soliton receivers. Additionally it is demonstrated that is possible to obtain considerable gains by optimising the detection process in practical communication systems.