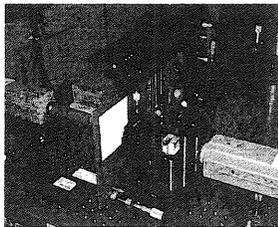


e a estrutura dos papéis. Foi também iniciado o desenvolvimento de outro método óptico baseado na difusão da luz através da estrutura interna das folhas de papel e em não-tecidos, para aceder à distribuição interna da orientação das fibras nesses materiais. Com a experiência adquirida neste projecto o grupo continuou a sua investigação com vista à implementação de um novo método óptico para análise da orientação das fibras e a densidade de massa em simultâneo e na mesma região da folha de papel sem o recurso às réplicas da folha de papel. Assim, foi proposto um novo método para uma análise sistemática desses parâmetros, no âmbito de um outro projecto intitulado “Métodos ópticos para a caracterização da orientação das fibras e da formação da folha na produção do papel” (2004-2007).

Presentemente existem algumas técnicas implementadas na indústria do papel que utilizam as propriedades físicas do papel, e que realizam a análise dos parâmetros atrás referidos. No final da década de 80 foi produzido pela Lippke Cie, hoje Honeywell Automation, um sensor óptico que permitia aceder à orientação das fibras no volume em folhas de papel em condições dinâmicas. Recentemente, a Accuray Cie. desenvolveu um outro sensor óptico para quantificar a orientação das fibras na superfície da folha de papel. Para além destas técnicas foram desenvolvidas outras técnicas indirectas baseadas em métodos ultrasónicos. No entanto, nenhuma dessas técnicas permite aceder simultaneamente a ambos os parâmetros tal como proposto por nós.

O sistema proposto utiliza a luz laser retro-reflectida a partir das superfícies da folha de papel, para a análise na superfície da folha de papel e a luz laser transmitida através da folha de papel para análise no seu volume (orientação de fibras e densidade de massa). O sistema permite efectuar uma análise através de um varrimento sistemático ponto por ponto numa folha de papel (20 cm x 20 cm) de forma a produzir um mapa para ambas as superfícies do papel com os resultados seleccionados.



Esta linha de investigação é uma contribuição para o melhoramento da qualidade do papel tendo em vista a maioria das aplicações finais do papel (impressão, transformação e metrologia), o que se converterá numa mais valia para os recursos Nacionais em madeira e papel com os correspondentes benefícios sociais.

EFEITOS ESTOCÁSTICOS DA POLARIZAÇÃO EM FIBRAS ÓPTICAS

Nelson Muga^{1,3}, Armando Nolasco Pinto^{2,3}, Mário Ferreira¹

¹ Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.

² Departamento de Electrónica e Telecomunicações, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.

³ Instituto de Telecomunicações, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal.

E-mail de contacto: muga@av.it.pt.

RESUMO

Neste trabalho é feita uma abordagem à forma como a polarização da luz se tornou num dos maiores desafios para os sistemas de comunicações ópticas. A análise da dispersão dos modos de polarização nas fibras ópticas revela-se um problema complexo e ao mesmo tempo interessante, dado o seu carácter aleatório e evolução análoga à do movimento Browniano.

1. Introdução

O crescente número de serviços de telecomunicações disponíveis e em especial a massificação do acesso à Internet têm exercido, nos últimos anos, uma enorme pressão no sentido de aumentar a capacidade das redes de telecomunicações, onde os sistemas de comunicação ópticos assumem uma importância fulcral. Ao longo dos anos o aparecimento, por ordem cronológica, do laser, da fibra monomodo, do laser monomodo, do amplificador óptico e dos sistemas com múltiplos canais (WDM – Wavelength Division Multiplexing) fez com que esse aumento fosse sempre uma realidade. Com isto, a dispersão e as não linearidades da fibra emergiram de forma natural como os principais factores limitativos do aumento da capacidade de transmissão nos sistemas ópticos. Nos sistemas actuais, a operarem a débitos elevados (≥ 40 Gb/s) e longas distâncias (≥ 100 km), a dispersão dos modos de polarização (PMD – Polarization Mode Dispersion) tornou-se um dos principais obstáculos ao bom desempenho dos sistemas. A principal diferença entre a PMD e outros mecanismos de degradação do sinal reside no facto de esta variar estocasticamente no espaço, no tempo e na frequência.

Agradecimentos: Este trabalho foi parcialmente suportado pela FCT, FEDER e POSI, através do projecto POSI/CPS/47389/2002, PMD Polarization Mode Dispersion in High-Speed Optical Communication Systems.

2. Carácter aleatório da dispersão dos modos de polarização

A PMD está intrinsecamente relacionada com a birrefringência tendo que ver com a forma como esta última evolui ao longo da fibra, e com as causas que estão na sua origem, factores essenciais para uma boa compreensão e descrição da PMD. A birrefringência em fibras monomodo tem a sua origem na quebra da simetria circular do núcleo, que se traduz numa distribuição anisotrópica do índice de refração nessa região. Essa perda de simetria pode resultar, essencialmente, ou de uma geometria não circular do núcleo ou de outros mecanismos associados a anisotropias do material, como são o caso de tensões não simétricas a que a fibra está sujeita. O atraso temporal entre os impulsos propagados nos eixos lento e rápido é definido como o atraso de grupo diferencial (DGD – Diferencial Group Delay), $\Delta\tau$. Para curtas distâncias, onde a birrefringência da fibra pode ser considerada aproximadamente constante, o DGD cresce linearmente com a distância. Por outro lado, num regime de longas distâncias, a birrefringência apresenta um comportamento aleatório, sendo necessário usar um tratamento estatístico para descrever a PMD. Nestas circunstâncias, a PMD é caracterizada pelo valor estatístico $\sqrt{\langle\Delta\tau^2\rangle}$, que cresce proporcionalmente à raiz quadrada da distância[1]. A distribuição dos valores de $\Delta\tau$ registados ao longo do tempo obedece a uma distribuição do tipo Maxwelliana[2].

4. Trabalho desenvolvido

Grande parte do trabalho desenvolvido nesta área tem sido focalizado na modelização, emulação e compensação da PMD. A emulação da PMD[3] assume um papel de relevo, dada a sua importância quer ao nível da caracterização de compensadores de PMD, quer ao nível da análise da interacção deste efeito com outros também presentes na fibra. A compensação da PMD[4] é, obviamente, o objectivo maior em todo este trabalho, tendo sido explorada tanto no domínio óptico como no domínio eléctrico.

REFERÊNCIAS

- [1] C. D. Poole, J. H. Winters and J. A. Nagel, Dynamical equation for polarization dispersion, *Optics Letters*, vol. 16, no. 6, pp. 372-374, 1991.
- [2] F. Curti, B. Daimo, G. De Marchis, F. Matera, Statistical Treatment of the Evolution of the Principal States of Polarization in Single-Mode Fibers, *JLT*, vol. 8, no. 8, pp. 1162-1166, 1990.
- [3] N. Muga, A. N. Pinto, M. Ferreira, The development of a PMD Emulator, *ConfTele 2005*, Tomar, 2005.
- [4] M. Ferreira, A. Pinto, P. André, N. Muga, J. Machado, R. Nogueira, S. Latas, J. da Rocha, Polarization Mode Dispersion in High-Speed Optical Communication Systems, *Fiber and Integrated Optics*, vol. 24, pp. 261-285, 2005.

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO POR SOLITÕES

S. V. Latas, M. H. Sousa, M. V. Facão e M. F. Ferreira

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal
E-mail de contacto: mferreira@fis.ua.pt

RESUMO

Descreve-se os principais problemas que afectam os sistemas de comunicação por solitões em fibras com dispersão uniforme, assim como algumas técnicas capazes de os ultrapassar. Discute-se igualmente os desenvolvimentos mais recentes envolvendo sistemas com dispersão gerida, assim como algumas das propriedades mais notáveis dos impulsos não-lineares nestes sistemas: os chamados solitões pulsantes.

1. Introdução

A existência de solitões em fibras ópticas foi sugerida pela primeira vez por Hasegawa e Tappert [1] em 1973, após terem mostrado que a envolvente do campo de um impulso óptico satisfaz a equação de Schrödinger não-linear. Estes impulsos formam-se como resultado do balanço entre a dispersão anómala da velocidade de grupo e a não-linearidade de Kerr da fibra. A primeira observação experimental dos solitões em fibras ópticas foi realizada por Mollenauer et al. [2] em 1980.

Entretanto, Hasegawa [3] sugeriu que os solitões poderiam ser usados em sistemas de comunicação trans-oceânicos sem a utilização de repetidores, fazendo uso da amplificação óptica para compensar a atenuação ao longo da fibra. A validade desta proposta foi confirmada experimentalmente por Mollenauer e Smith [4].

Em meados da década de 80, Gordon e Haus [5] demonstraram teoricamente que o ruído introduzido pelos amplificadores ópticos determina uma variação aleatória do instante de chegada dos solitões. Este efeito - conhecido hoje como o efeito de Gordon-Haus - limita drasticamente a capacidade de um sistema de comunicação por solitões, mesmo que a forma destes permaneça constante. As consequências deste efeito foram confirmadas experimentalmente por vários grupos.

2. Técnicas de controlo

Uma técnica que permite controlar o efeito de Gordon-Haus foi demonstrada por Mecozzi et al. [6], e consiste na utilização de um filtro após cada amplificador óptico.