

NOTA TÉCNICA 1

Sistemas de deteção distribuída com fibra ótica

Julho 2020

ÍNDICE

1. [Introdução](#)
2. [DAS - Distributed Acoustic Sensing](#)
3. [DTS \(Distributed Temperature Sensing\)](#)
4. [Sistemas Combinados](#)

1. INTRODUÇÃO

À semelhança de um RADAR, os sistemas de detecção que usam vulgar fibra ótica de telecomunicações como sensor baseiam-se no princípio da reflectometria. Recorrendo a um laser, é injetado um pulso de luz num extremo da fibra com uma duração que permite que a luz percorra, por exemplo, 10 metros à velocidade de propagação da luz na fibra ótica. O sistema fica então a analisar as reflexões que ocorrem durante a propagação do pulso até ao outro extremo da fibra. Sabendo a velocidade de propagação na fibra ótica, uma

análise no tempo do sinal refletido, determina facilmente a distância da perturbação que o originou. Este é o princípio básico do funcionamento da Reflectometria Ótica no Domínio do Tempo que se encontra disponível na instrumentação de medida usada em campo pelos instaladores de fibra ótica vulgarmente designados por OTDRs (Optical Time Domain Reflectometry). No entanto a propagação do sinal na fibra ótica é afetada por vários tipos de dispersão na frequência conforme ilustrado na figura seguinte.

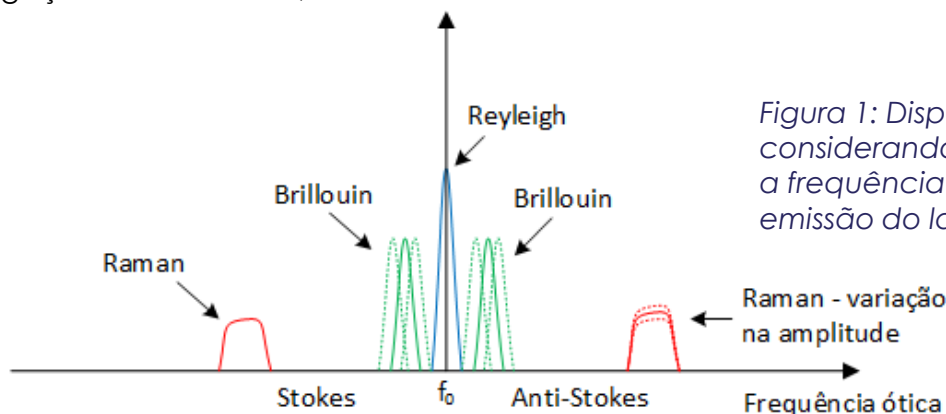


Figura 1: Dispersão considerando f_0 como a frequência de emissão do laser.

A dispersão de Rayleigh é originada por processos elásticos em que não há transferência de energia entre o sinal emitido e o meio o que resulta em reflexões na mesma frequência que a que foi emitida pelo laser. Pelo contrário as dispersões de Brillouin e Raman são originadas por processos não elásticos, portanto, com transferência de energia entre o sinal emitido e o meio exibindo o sinal refletido desvios de frequência face ao sinal emitido.

As técnicas de detecção distribuída em fibra recorrem à análise de um ou mais tipos de dispersão nos sinais refletidos que são modulados pelas condições específicas locais ao longo da fibra. Conforme se percebe, estes sistemas são capazes de empregar toda a fibra ótica como elemento sensor e de fornecer medições com um alto grau de densidade espacial.

2. DAS - DISTRIBUTED ACOUSTIC SENSING

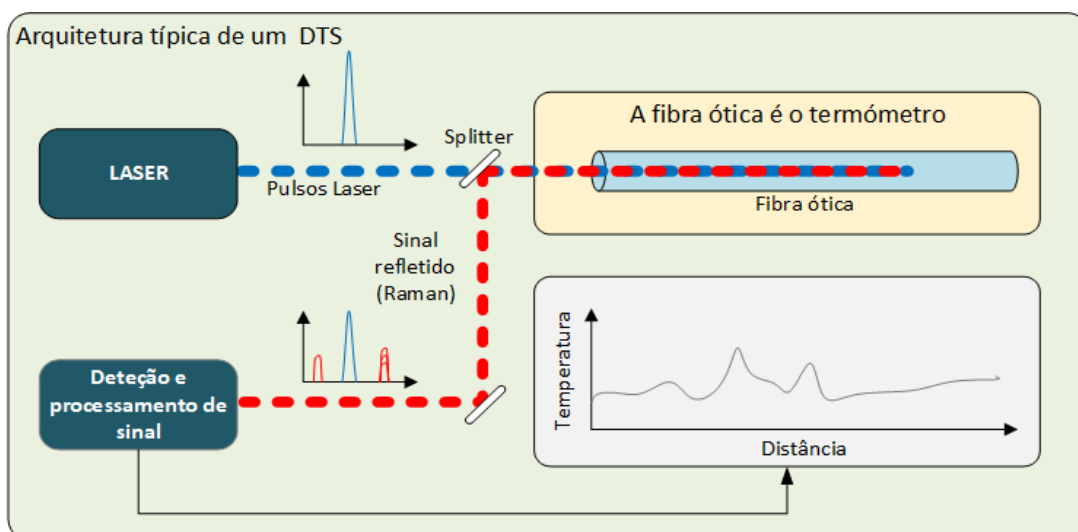
Uma das soluções mais usadas é a reconstrução de sinais acústicos presentes em qualquer local ao longo do cabo sensor através da análise da dispersão de Rayleigh com Refletometria Ótica Coerente no Domínio do Tempo (C-OTDR). Sistemas deste tipo são designados por DAS (Distributed Acoustic Sensing) e têm múltiplas vantagens quando comparados com outras tecnologias, designadamente:

- Não tem a sensibilidade afetada pelas variações de amplitude ao longo do comprimento do sensor (sinais fortes próximos ao sensor não impedem a deteção de sinais fracos distantes);
- São imunes a interferências eletromagnéticas e, portanto, a técnicas de empastelamento com este tipo de radiação;
- São intrinsecamente seguros sem necessidade de componentes eletrônicos ou sinais elétricos.
- Vários interrogadores podem ser montados sequencialmente e em rede num único cabo de fibra ótica em locais adequados, criando a capacidade de monitorizar remotamente infraestruturas lineares extremamente longas.
- A experiência acumulada de processamento acústico está altamente sofisticada e é capaz de analisar a assinatura de milhares de sinais acústicos em tempo real, fornecendo um meio automatizado de deteção, classificação e localização das ameaças.
- O feedback acústico permite que qualquer atividade identificada seja ouvida em tempo real.

3. DTS (DISTRIBUTED TEMPERATURE SENSING)

Há outra solução de deteção distribuída em fibra ótica, também já frequentemente utilizada, que usa a análise do espectro da dispersão de Raman para medir a temperatura ao longo de seu comprimento.

Nestes sistemas o cabo de fibra ótica transforma-se num termómetro, com resoluções de temperatura tão pequenas quanto $\pm 0,01^\circ\text{C}$ e resoluções espaciais e temporais de 1 a 2 metros e 1 a 60 s, respetivamente.



Como acima referido, a dispersão da luz é classificada como elástica ou não elástica. A dispersão elástica (ou Rayleigh) ocorre quando a energia cinética dos fótons incidentes é conservada e, portanto, a frequência dos fótons dispersos é igual à da luz incidente. Por outro lado, quando a energia cinética dos fótons incidentes não é conservada, ocorre dispersão não elástica. Como resultado, a frequência dos fótons incidentes e dos fótons dispersos difere.

A dispersão Raman (ver figura anterior) é produzida por interações entre os fótons incidentes e as moléculas vibrantes da estrutura da sílica da fibra ótica.

Essa interação resulta em mudanças de frequência conhecidas que se apresentam em dois lóbulos.

4. SISTEMAS COMBINADOS

A complexidade da realidade raramente é satisfeita apenas com a medida de um indicador. De facto, não se pretende apenas um microfone quando estamos a falar de um sistema DAS. Toda a capacidade de reconhecimento automática das assinaturas sonoras é fundamental para eliminar falsos alarmes e distinguir a natureza de cada ameaça. A integração com outros sistemas também é fundamental para definir melhor os contornos da ameaça e ajudar na tomada de decisões. Um bom exemplo disso é a integração com câmaras CCTV ou com sistemas autónomos de drones que permitam avaliar rapidamente a ameaça por outra via.

Em outras situações há necessidade de combinar as tecnologias DAS e DTS para uma análise automática combinada. Um exemplo disso é a tecnologia da OptaSense que combina 4 indicadores para a deteção eficaz de fugas (ruído do orifício, pulso de pressão negativa, tensão

O lóbulo nas frequências mais baixas (comprimentos de onda mais longos) do que a luz incidente é denominada Stokes, enquanto o lóbulo nas frequências mais altas (comprimentos de onda mais curtos) do que a luz incidente é denominada Anti-Stokes

Embora as frequências dos sinais Raman sejam previsíveis, as suas amplitudes não são. A amplitude da dispersão Anti-Stokes depende fortemente da temperatura das moléculas de sílica da fibra, enquanto a amplitude da dispersão de Stokes depende fracamente dessa temperatura. Em sistemas DTS (Distributed Temperature Sensing) esta dependência diferencial de temperatura é usada para determinar a temperatura da fibra no ponto onde essa dispersão ocorre.

ambiental (elevação do solo) e deteção do gradiente distribuído da temperatura). Não há muitas dúvidas quanto às vantagens que as soluções de deteção distribuída por fibra ótica têm para as entidades responsáveis pela operação e manutenção de infraestruturas lineares como são os casos dos Oleodutos e Conduitas de abastecimento de água. No entanto, a escolha dos sistemas que melhor se adequam às necessidades de cada infraestrutura está pois dependente de um vasto leque de tecnologias e conhecimento acumulado que deve ser convenientemente avaliado e demonstrado.