

Aspectos práticos do amplificador Raman

Contents

[Introduction](#)

[Informações de Apoio](#)

[Tipos comuns de amplificadores Raman](#)

[Princípio](#)

[Teoria de Raman Gain](#)

[Fontes de ruído](#)

[Informações Relacionadas](#)

Introduction

Este documento descreve os aspectos práticos da implementação do amplificador Raman na Rede Óptica. Torna o Raman mais fácil de entender, lista São benefícios, requisitos e aplicativos.

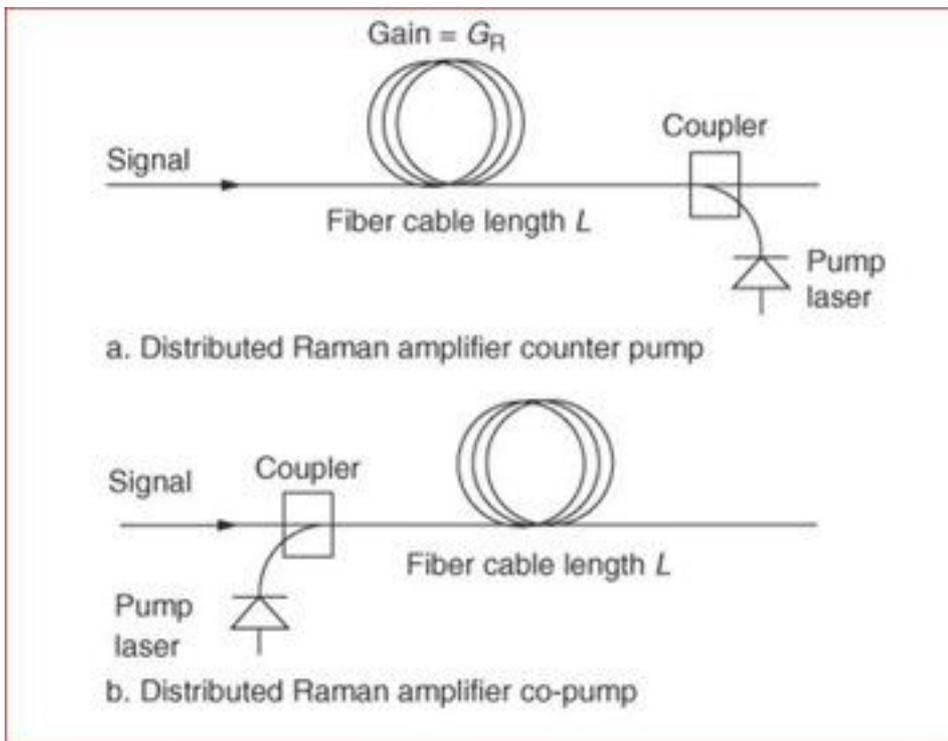
Contribuído por Sanjay Yadav, engenheiro do Cisco TAC.

Informações de Apoio

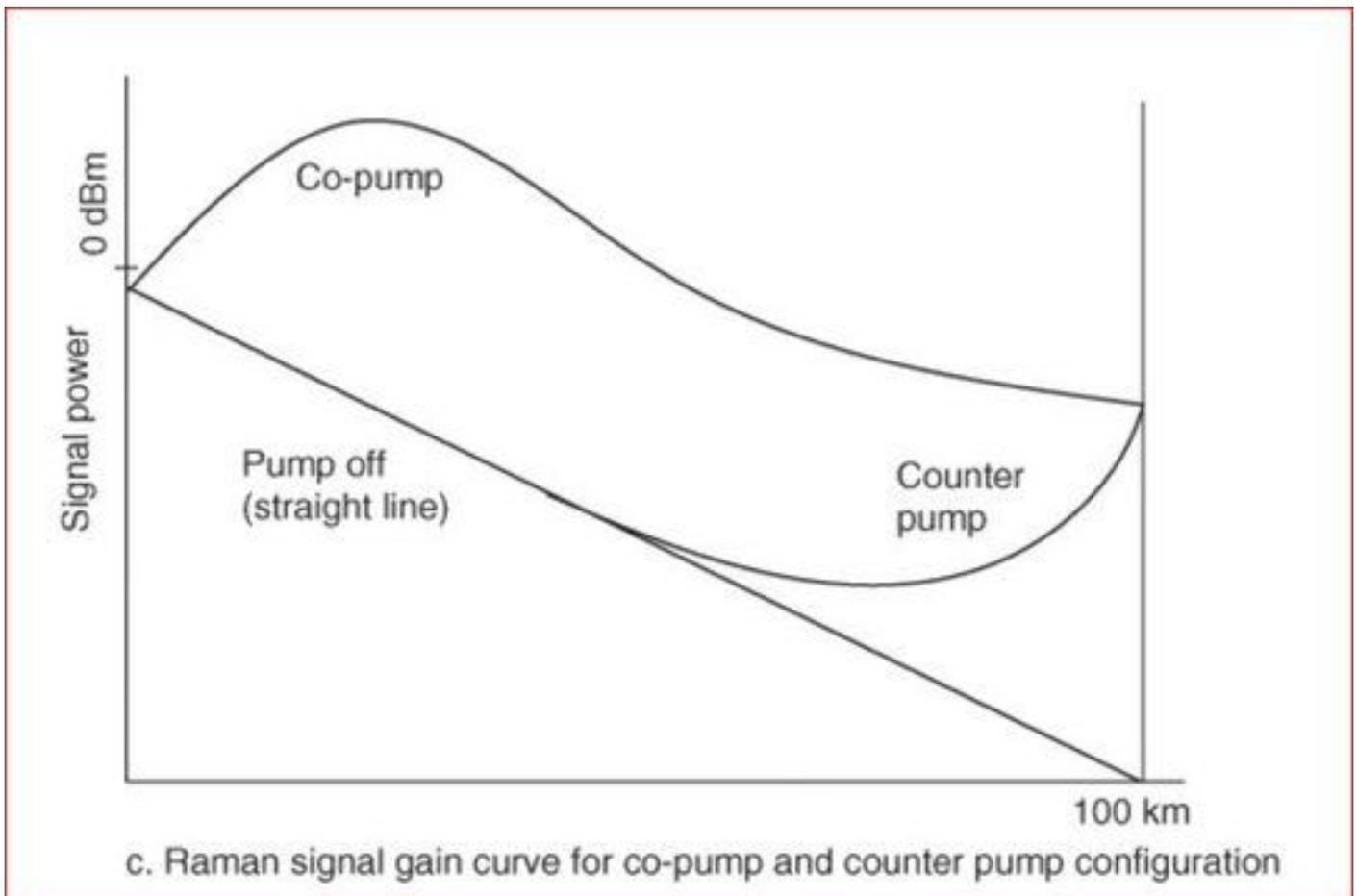
1. O amplificador Raman é geralmente muito mais caro e tem menos ganho do que um amplificador EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier). Portanto, ele é usado somente para aplicativos especiais.
2. A principal vantagem que esse amplificador tem sobre o EDFA é que ele gera muito menos ruído e, portanto, não degrada o índice Óptico para o ruído do sinal (OSNR) tanto quanto o EDFA.
3. Seu aplicativo típico está em intervalos EDFA em que é necessário obter um ganho adicional, mas o limite OSNR foi atingido.
4. A adição de um amplificador Raman pode não afetar significativamente o OSNR, mas pode fornecer um ganho de sinal de até 20dB.
5. Outro atributo-chave é o potencial de amplificar qualquer banda de fibra, não apenas a banda C, como é o caso do EDFA. Isso permite que os amplificadores Raman aumentem os sinais em bandas O, E e S (para aplicação de amplificação CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)).
6. O amplificador funciona com base no princípio da Estimulação Raman (SRS), que é um efeito não-linear.
7. Consiste em um acoplador de fibra óptica e laser de bomba de alta potência.
8. O meio de amplificação é a fibra de span em um amplificador Raman Distributed Type (DRA).
9. O laser de Feedback Distribuído (DFB - Distributed Feedback) é uma faixa espectral estreita que é usada como um mecanismo de segurança para a placa Raman. O DFB envia pulso para verificar qualquer reflexão traseira existente no comprimento da fibra. Se não for encontrada uma High Back Reflection (HBR), Raman começa a transmitir.
10. Geralmente, o HBR é verificado nos primeiros poucos quilômetros de fibras até os

primeiros 20 Km. Se o HBR for detectado, o Raman não funcionará. Alguma atividade de fibra é necessária após você encontrar a área do problema via OTDR.

Tipos comuns de amplificadores Raman



- O amplificador Raman tipo amassado ou discreto contém internamente um carretel de fibra suficientemente longo onde ocorre a amplificação do sinal.
- O laser da bomba DRA está ligado à calibração da fibra numa bomba contadora (bomba reversa) ou numa bomba de co-bomba (bomba dianteira) ou configuração.
- A configuração da bomba de contador é geralmente preferida, pois não resulta em potências de sinal excessivamente altas no início do intervalo da fibra, o que pode resultar em distorções não-lineares como mostrado na imagem.



A vantagem das configurações da co-bomba é que ela produz menos ruído.

Princípio

À medida que os fótons de laser da bomba se propagam na fibra, eles colidem e são absorvidos por moléculas de fibra ou átomos. Isso estimula as moléculas ou os átomos a níveis de energia mais altos. Os níveis de energia mais elevados não são estados estáveis, por isso eles se decaem rapidamente para níveis de energia intermediários mais baixos que liberam energia como fótons em qualquer direção a frequências mais baixas. Isso é conhecido como dispersão espontânea de Raman ou Stokes espalhando-se e contribui para o ruído na fibra.

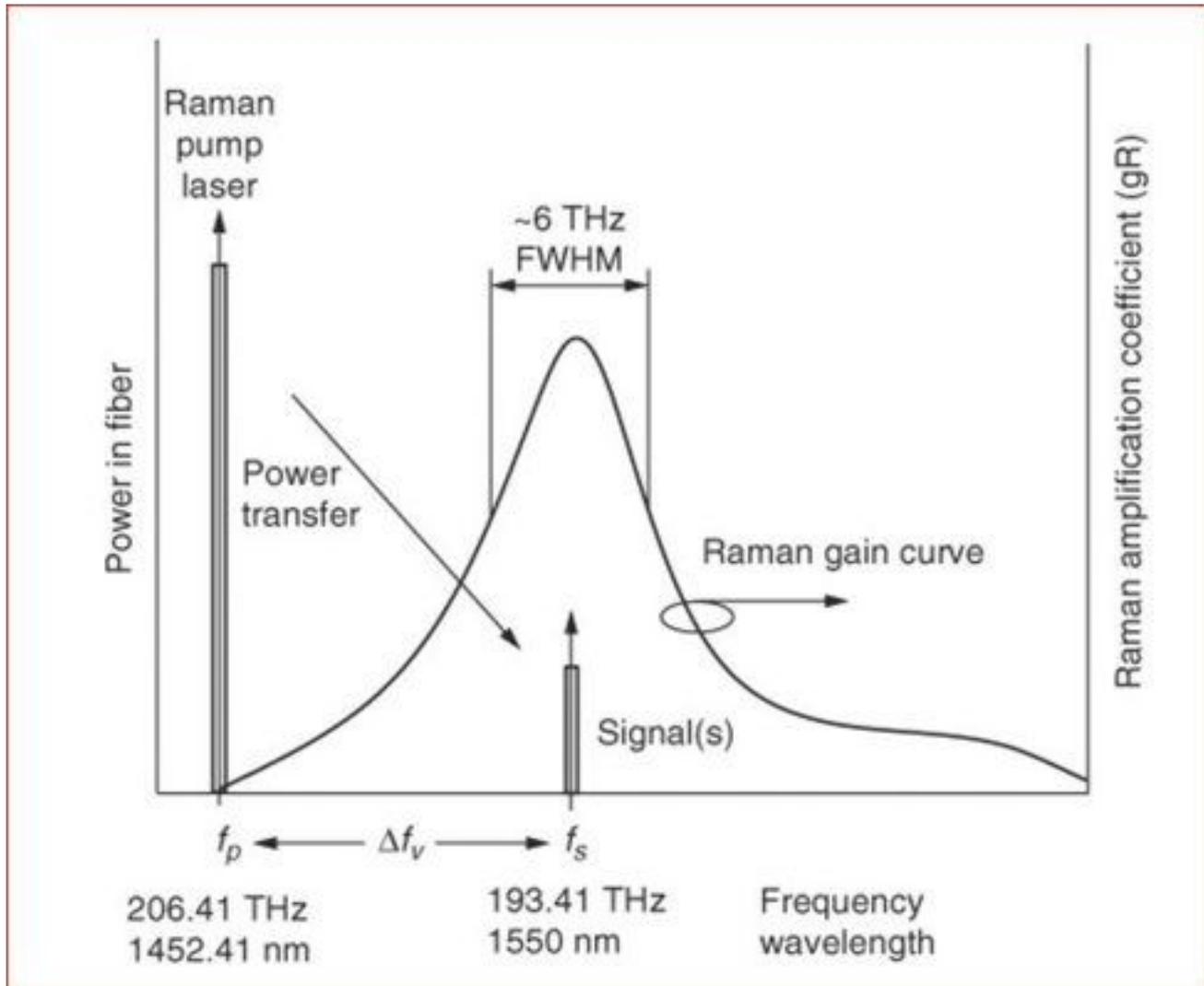
Como as moléculas decaem para um nível intermediário de vibração energética, a mudança de energia é menor que a energia recebida inicialmente no momento da excitação molecular. Esta variação na energia do nível excitado para o nível intermediário determina a frequência dos fótons desde $\omega = E / h$. Isso é conhecido como o turno de frequência Stokes e determina o ganho de Raman versus a forma e a localização da curva de frequência. A energia que permanece do nível intermediário ao nível do solo é dissipada como vibrações moleculares (fônons) na fibra. Como existe uma ampla gama de níveis de energia mais altos, a curva de ganho tem uma largura espectral ampla de aproximadamente 30 THz.

Na época da estimulada dispersão Raman, os fótons de sinal propagam-se em conjunto no espectro de frequência e ganham energia da onda Stokes, o que resulta na amplificação do sinal.

Teoria de Raman Gain

A largura de FWHM da curva de ganho Raman é de aproximadamente 6THz (48 nm) com um pico de cerca de 13,2THz sob a frequência da bomba. Este é o espectro útil de amplificação de

sinais. Portanto, para amplificar um sinal na faixa de 1550 nm, o a frequência do laser da bomba deve ser 13,2THz abaixo da frequência do sinal a cerca de 1452 nm.



Para ampliar a curva total de ganhos de Raman são utilizados lasers múltiplos com curvas de ganho lado a lado.

$$f_p = f_s + \Delta f_v$$

Em que f_p = frequência da bomba, THz f_s = frequência do sinal, THz Δf_v = desvio de frequência de parada de Raman, THz.

O ganho de Raman é o ganho líquido de sinal distribuído pelo comprimento efetivo da fibra. É uma função da potência de laser da bomba, do comprimento efetivo da fibra e da área da fibra.

Para fibras com uma pequena área efetiva, como na fibra de compensação de dispersão, o ganho de Raman é maior. O ganho também depende da separação do sinal do comprimento de onda da bomba de laser, o ganho do sinal Raman também é especificado e o campo é medido como ganho de on/off. Define-se como a relação entre a potência do sinal de saída e o laser da bomba ligado e desligado. Na maioria dos casos, o ruído da ASE Raman tem pouco efeito no valor do

sinal medido com o laser da bomba ligado. No entanto, se houver ruído considerável, que pode ser observado quando a largura do espectral de medição é grande, a potência sonora medida com o sinal desligado é subtraída da bomba na potência do sinal para obter um valor exato de ganho ligado/desligado. O ganho "on/off" do Raman é frequentemente conhecido como o ganho do Raman.

$$G_{R.on/off} = 10 \log \left(\frac{P_s(\text{pump.on,signal.on}) - P_{\text{noise}}(\text{pump.on,signal.off})}{P_s(\text{pump.off,signal.on})} \right)$$

Fontes de ruído

O ruído criado em um intervalo de DRA consiste em:

- Emissões Espontâneas Amplificadas (ASE)
- Dispersão dupla Rayleigh (DRS)
- Bombear o ruído do laser

O ruído da ASE é devido à geração de fótons por espalhamento espontâneo do Raman.

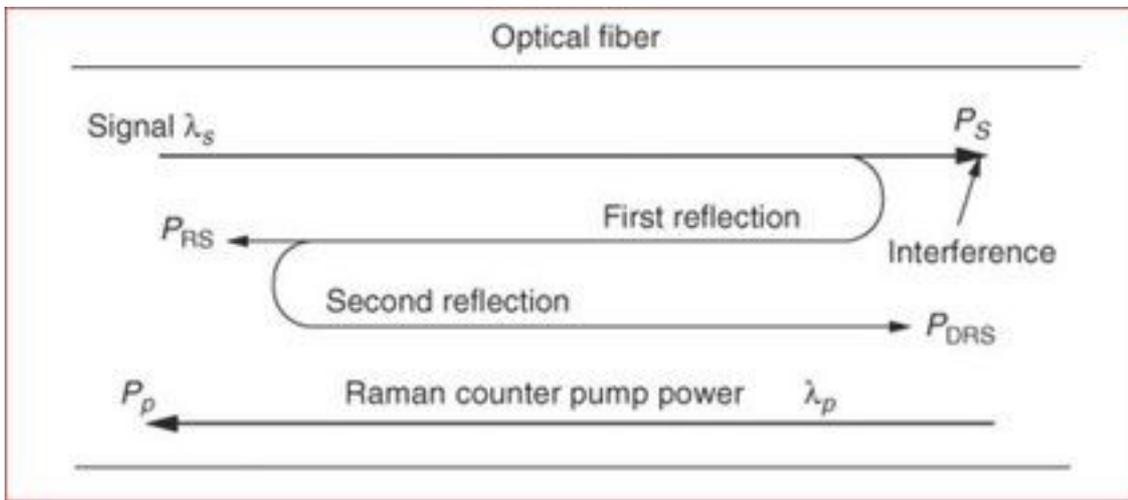
O ruído DRS ocorre quando a potência do sinal refletida duas vezes devido à dispersão de Rayleigh é amplificada e interfere com o sinal original como ruído de diafonia.

As reflexões mais fortes ocorrem nos conectores e nas emendas defeituosas.

Geralmente, o ruído DRS é menor que o ruído ASE, mas para várias ramais, ele pode se somar. Para reduzir essa interferência, podem ser usados os conectores Ultra Poloneses (UPC) ou os conectores Angle Poloneses (APC). Isoladores ópticos podem ser instalados depois dos diodos a laser para reduzir reflexões no laser. Além disso, os rastreamentos OTDR de span podem ajudar a localizar eventos de alta reflexão para reparo.

A configuração de DRA da bomba de contador resulta em um melhor desempenho de OSNR para ganhos de sinal de 15 dB ou mais. O ruído laser de bomba é menos preocupante porque geralmente é bem baixo com RIN melhor que 160 dB/Hz.

Efeitos não lineares do Kerr também podem contribuir para o ruído devido à alta potência da bomba de laser. Para fibras com baixo ruído DRS, o número de ruído Raman devido a ASE é muito melhor do que o número de ruído EDFA. Geralmente, o número de ruído Raman é de -2 a 0 dB, o que é cerca de 6 dB melhor do que o número de ruído EDFA.



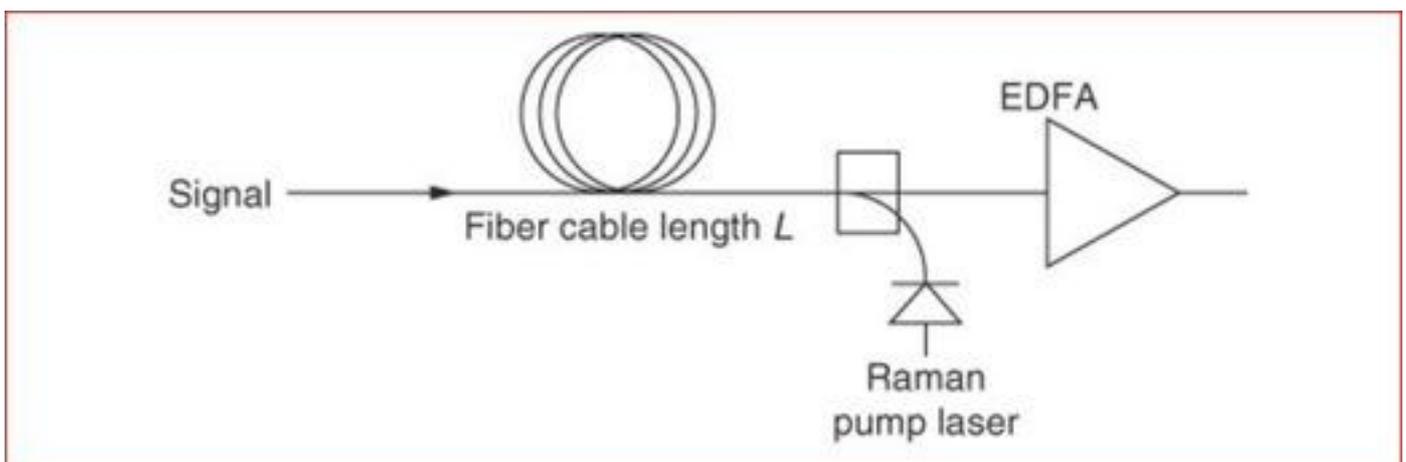
O fator de ruído do amplificador Raman é definido como o OSNR na entrada do amplificador no OSNR na saída do amplificador.

$$F_R = \frac{\text{OSNR}_{\text{in}}}{\text{OSNR}_{\text{out}}}$$

$$\text{NF}_R = 10 \log(F_R)$$

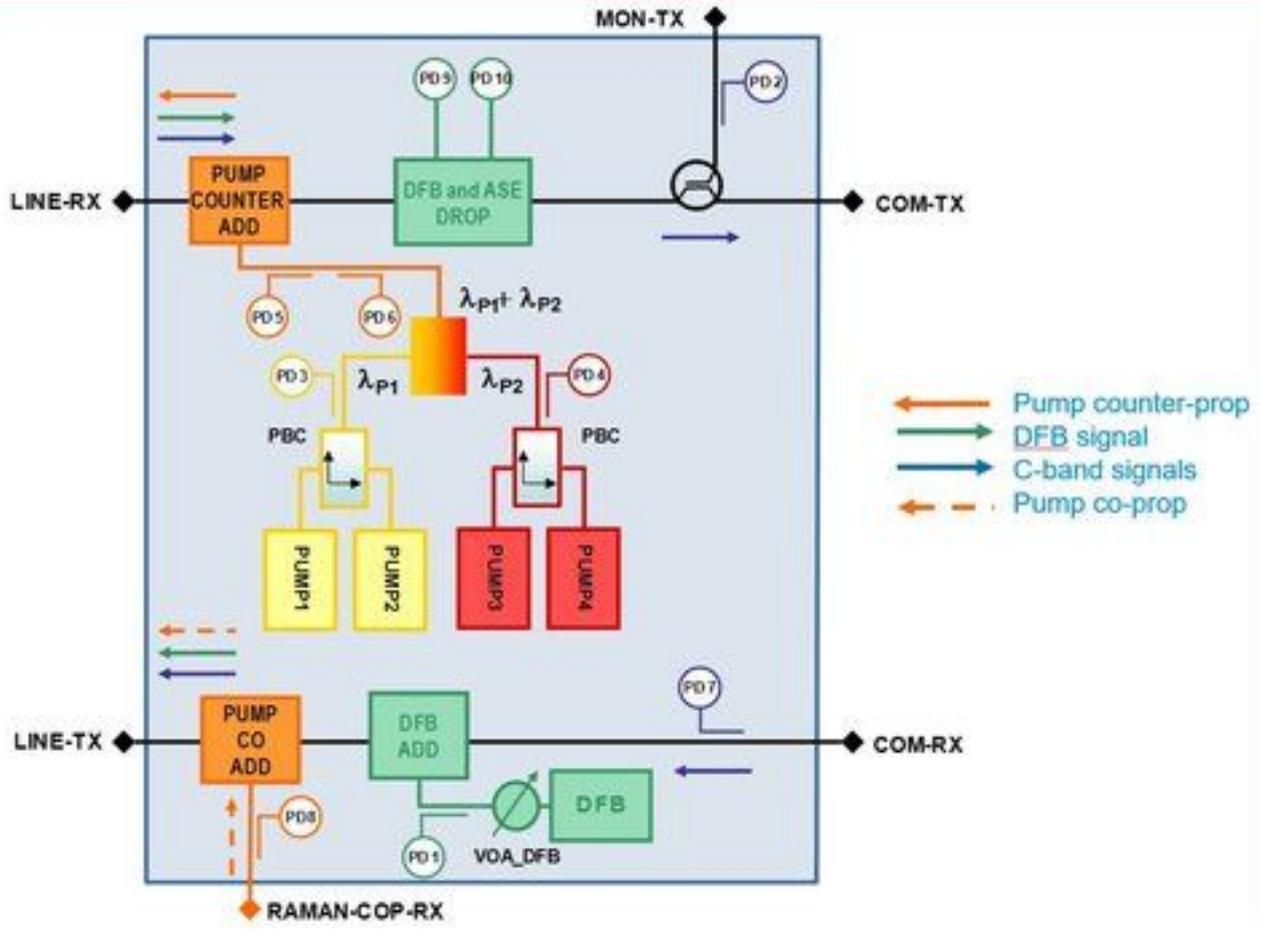
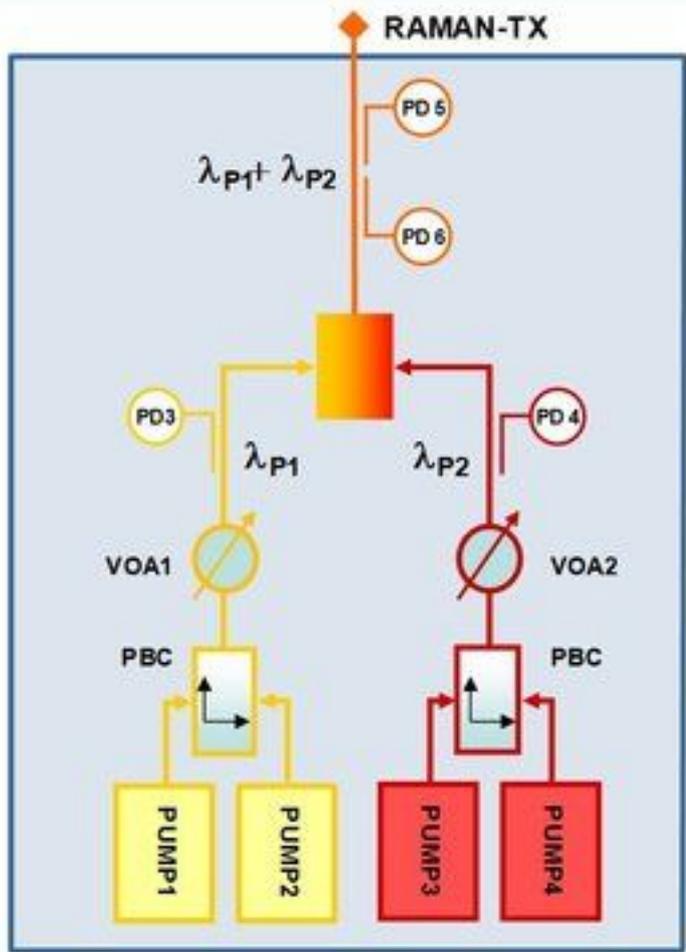
A figura do ruído é a versão dB do fator de ruído.

O ganho de sinal e ruído DRA é distribuído pelo comprimento efetivo da fibra de span.

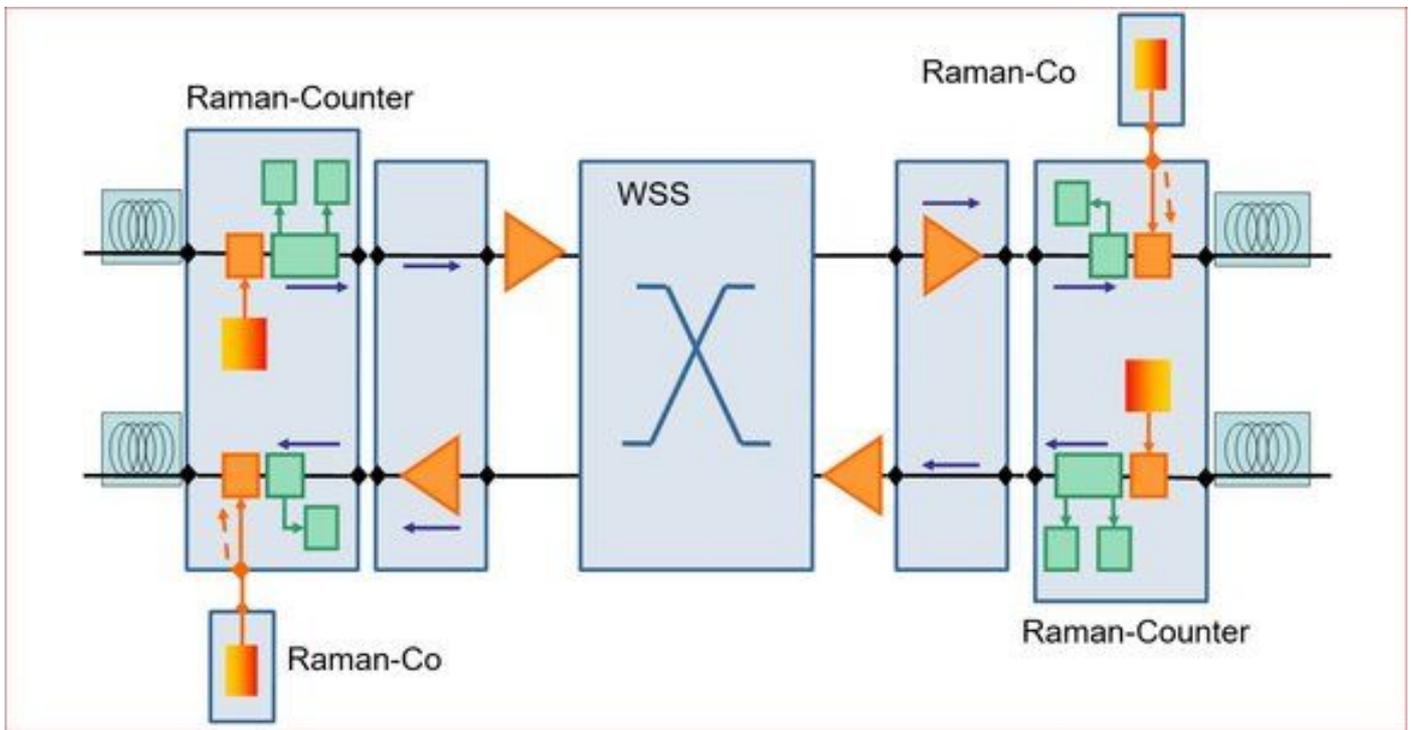


A bomba de contador distribuída amplificadores Raman são frequentemente combinados com pré-amps EDFA para estender distâncias de alcance. Essa configuração híbrida pode fornecer melhoria de 6dB no OSNR, o que pode estender significativamente os períodos de extensão ou aumentar o orçamento de perda de span. A bomba de contador DRA também pode ajudar a reduzir efeitos não lineares e permite a redução da potência de lançamento do canal.

[Diagrama Funcional de Bloco para CoPropagação e Amplificador Raman de Propagação de Contador](#)



Arquitetura de implantação de campo dos amplificadores EDFA e RAMAN:



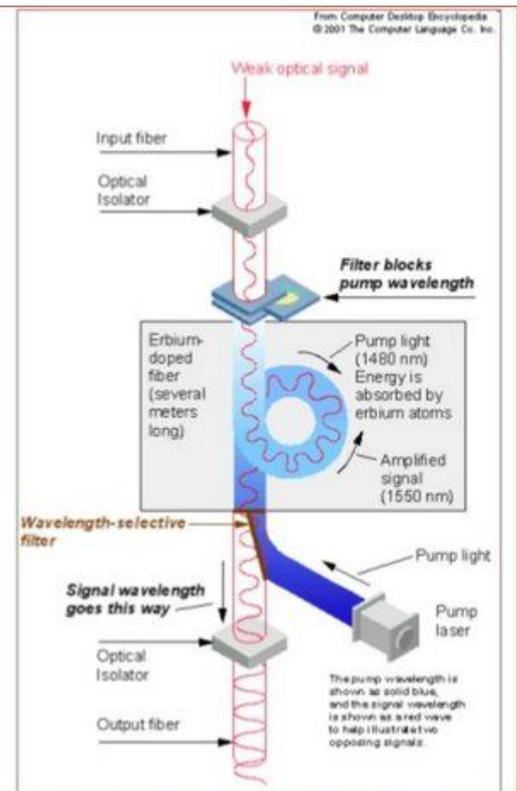
É interessante saber:

Simplified Explanation on Raman Amplification:

Based on stimulated Raman scattering (SRS) effect, the weak light signal gets amplified while passing through a Raman gain medium (**the fiber**) in presence of a **strong pump laser**. It's the power transfer from lower to higher wavelengths.

EDFA vs. Raman Amplifier:

A Raman optical amplifier is not an amplifier "in a module"; instead, the optical amplification relies on the transmission "fiber" itself. In other words, whoever is deploying a Raman amplifier means he/she is building the amplifier on-site basically with a **high-power laser pump + existing fiber (any type of fiber)**!



Informações Relacionadas

- Planejamento de redes de fibra óptica por Bob Chomycz
- https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/optical-networking/ons-15454-series-multiservice-provisioning-platforms/data_sheet_c78-658538.html
- [Suporte Técnico e Documentação - Cisco Systems](#)