

Dimensionamento Enlaces Óticos

Felipe Rudge Barbosa

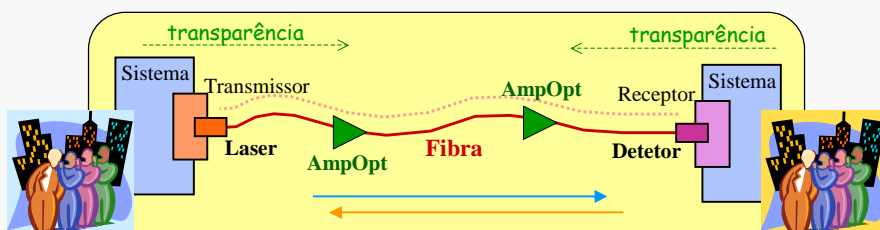
LTF-DSIF-FEEC
rudge@dsif.fee.unicamp.br

Unicamp

Abr.2019



Enlaces Óticos



* Laser Semicondutor

- ❖ Fabry-Perot (FP); mod. direta;
- ❖ Feed-back distribuído (DFB); mod. externa;

* Led

- ❖ Eled; sistemas simples
- ❖ Sled; ilum.&sinaliz.

☐ Fotodetetores

- ❖ Fotodetector PIN
- ❖ Fotodetector APD

➤ Amplificador Ótico

⊙ Fibra

- ⊙ Monomodo; SMF; DS; NZD
- ⊙ Fibra Multimodo



Dimensionamento de Enlaces

- Já foram vistos os principais elementos ativos e passivos que compõem os Sistemas Ópticos;
- Vamos agora avaliar *como* os parâmetros de Atenuação, Dispersão, Largura espectral da fonte, Sensibilidade do receptor, e outros, influem no projeto de um Enlace prático.
- Importante lembrar que a melhor decisão de engenharia, tem que ter (sempre) avaliação tecno-economica, incluindo viabilidade tecnica, adequação, desempenho, cu\$to, e retorno investimento.

>> >>



Dimensionamento de Enlaces

Parâmetros Relevantes do Enlace

- P_o (Tx) = potência de saída do transmissor
- S_o (Rx) = sensibilidade (potência mínima na entrada) do receptor
- A_f = atenuação fibra
- D_c = dispersão cromática (fibra)
- L = comprimento da fibra
- $\Delta\lambda$ = largura espectral da fonte
- M_s = margem de sistema (tolerância de concatenação e instalação)
- M_e = margem equipamento (tolerância de especificação, inclui temperat)
- M_c = margem de cabo (tolerância de especificação e instalação)
- P_c = perda conector
- P_e = perda emenda
- P_a = perda atenuador



=> Enlace pode estar limitado por atenuação ou por dispersão !

Dimensionamento de Enlaces

Orçamento de Potência e Alcance do Enlace (1)

➤ Atenuação

❖ Margem total do enlace, $M_s = M_o - M_T - P_p - A_T$ [dB]

sendo :

- $M_o = P_o - S_o$ = margem de potência, (Tx,Rx)
 - $M_T = M_e + M_c$ = margem de tolerâncias, (equip., cabo)
 - $P_p = n.P_c + m.P_e + k.P_s$ = perdas pontuais, (conect., emend., splitt.)
 - $A_T = P_a + L.A_F$ = perdas de atenuação, (atenuador., aten.fibra)
- ⇒ Para que o enlace funcione bem é preciso que, $M_s \geq 0$

☞ na condição limite $M_s = 0$,

$$L_{\max} = \frac{M_o - M_T - P_p - P_a}{A_F} \quad (\text{limite alcance potência})$$



Dimensionamento de Enlaces

Orçamento de Potência e Alcance do Enlace (2)

⚙️ Dispersão linear

$$\Delta\tau = D_F \cdot \Delta\lambda \cdot L \quad [\text{ps}]$$

⇒ margem atraso (Ma) aceitável : $Ma = f_a \cdot T_b$

⇒ fator de atraso $f_a \approx < 20\%$ do tempo bit (bit-slot),
dependendo da taxa. Altas taxas requerem f_a menor.

⇒ duração bit (bit-slot) : $T_b = 1/B$, B taxa de transmissão

portanto,

$$L_{\max} = \frac{Ma}{D_F \cdot \Delta\lambda} \quad (\text{limite alcance dispersão})$$

⇒ para que se mantenha BER aceitavel/estabelecido p/ enlace;



Dimensionamento de Enlaces

Dados para cálculos de enlaces (valores típicos)

- Lasers: (*Telecom*)
 - “alta” pot.: +6 dBm ; média: 0 dBm; baixa: -6 dBm (*uncooled*)
- Detetores (*Rx*):
 - PDH: E3 (34Mb): -42 dBm; E4 (140Mb): -38 dBm
 - SDH: STM-1 (155Mb): -36 dBm; STM-4 (622): -32 dBm; STM-16 (2,5): -24 dBm; STM-64 (10G): -18 dBm;
- ⊙ Fibras:
 - ❖ Atenuação: [1550nm] 0,22 dB/km; [1300] 0,32 dB/km;
 - ❖ Dispersão: [1550] (SMF) = 16-18 ps/nm.km; (DS) = < 0,5 ps/nm.km;
(NZD+/-) = [+/-] 2-5 ps/nm.km
[1300] (SMF) = < 0,5 ps/nm.km;



Receptores Óticos

Tipo	Tensão Bias	Taxa Bit			
		155	622	2,5 G	10 G
PIN	- 5 V				
Sensibilidade (dBm)		-38	-32	-24	-16
Saturação (dBm)		0	-4	-4	-4
Fx. Dinâmica (dB)		38	28	20	12

(...)

Tipo	Tensão Bias	Taxa Bit			
		155	622	2,5 G	10 G
APD	- 40 V				
Sensibilidade (dBm)		-44	-38	-30	-24
Saturação (dBm)		0	-4	-4	-6
Fx. Dinâmica (dB)		44	34	26	18

(...)

☞ Conf. apresentado nas aulas, Sistemas de 40 e 100 G utilizam *modulação multinível e detecção coerente*; e não seguem as especificações e padrão de evolução acima;



Dimensionamento de Enlaces

Dados para cálculos de enlaces (valores típicos)

- ❑ Amplificador:
 - ❑ AFDE ganho in/out : 32 dB (linha) [1550]
- ❑ Perdas pontuais
 - ❑ emenda : < 0,15 dB p/e
 - ❑ conexão : ~ 0,25 dB p/i (interface)
 - ❑ splitter : 1:2 = 3dB; 1:4 = 6dB; 1:8 = 9dB; (PLC; ou fusão)
 - nos splitters adiciona-se perdas p/ emenda ou conexao (ent.+sai.);
 - ❑ atenuador : ajustável ou fixo, qq. valor de 1 a 15 dB
- ❑ Margens
 - ❑ cabo e emendas : ~2-3 dB ;
 - ❑ equipamento: ~1-2 dB
 - ❑ sistema : < 5 dB (composição cabo-equipm-instalaç)

Vamos calcular um enlace



Dimensionamento de Enlaces

• Comentários finais (1):

- Outros componentes podem ser adicionados, tais como filtros, isoladores, acopladores WDM, adicionando as *perdas de inserção* (especifica de cada componente);
- Lembrar modo de *dependencia* com comprimento de onda de operação::
 - Sim, forte: lasers, filtros, mux/demux;;;
 - Sim, moderada: detetores, amplificadores, fibras,
 - Fraca: atenuadores e controladores de polarização, splitters; (amplas janelas de operação);
 - Não: perdas pontuais ; emendas e conectores;
- ☞ significa que um conjunto de componentes para um dado sistema, pode não funcionar num sistema “similar”;
- ☞ do mesmo modo, a troca de um componente (por algo “parecido”) pode inviabilizar um enlace !!



Dimensionamento de Enlaces

• Comentários finais (2):

- Considera-se para Telecomunicações (Redes Óticas), enlaces com fibras monomodo padrão (*standard*), no **regime linear**;
 - São as melhores em preço e praticidade, além de evitarem efeitos não-lineares; são as únicas instaladas em todo o mundo e que podem ser facilmente interconectadas; entre redes e intra-redes;
 - outros tipos de fibra podem ser considerados,
 - Dispersão deslocada: DS, NZD +/- ;
 - Especial : fibras HNL (não-lin.) ; PMF (polariz.);
 - sempre levando em conta aplicações específicas;
- ☞ Efeitos não-lineares podem ser utilizados intencionalmente, ou podem inviabilizar enlaces;
- ocorrem quando há campos muito intensos no núcleo da fibra.

~ ~ ~



☞ *próximos capítulos*

Redes Opt. Acesso (ROA)
(Metro-Acesso)

Redes WDM
(Tronco; L.D.)

