PROGETTO DI UN COLLEGAMENTO SOLITONICO

Ricordando l'equazione di Schrödinger non lineare (NLSE, NonLinear Schrödinger Equation)

$$j\frac{\partial u}{\partial Z}+\frac{1}{2}\frac{\partial^2 u}{\partial T^2}+|u|^2 u=0$$

La soluzione di questa equazione è del tipo

$$u(Z,T) = \mathbf{N} \ \sec h(T)$$

La soluzione di ordine minimo (N=1) è detta **solitone fondamentale** e risulta

$$u(Z,T)=\sec h(T)e^{(jZ/2)}$$

$$T=\frac{t-\frac{z}{v_g}}{T_0} \qquad Z=\frac{z}{L_D}, \qquad N^2=\frac{L_D}{L_{NL}}=\frac{\gamma P_0 T_0^{\ 2}}{|\beta_2|}$$

$$L_D=\frac{T_0^{\ 2}}{|\beta_2|} \qquad L_{NL}=\frac{1}{\gamma P_0}$$

In teoria un solitone ideale potrebbe propagarsi indefinitamente in una fibra ottica grazie alla compensazione fra dispersione e non linearità della fibra.

In realtà a causa delle perdite introdotte della fibra stessa è necessario introdurre periodicamente in linea degli **amplificatori** che devono ripristinare il livello di potenza compensando la perdita introdotta dal tratto di fibra che li precede.

Quando la distanza degli amplificatori è$\ll$ L_D si ottiene una soluzione di tipo solitonico all'uscita degli amplificatori se di usa una preenfasi. Si parla allora di **solitone medio**

Ma gli amplificatori ottici inevitabilmente introducono **rumore**

Le fluttuazioni dei parametri prodotte dall'interazione fra le componenti aleatorie di rumore e il solitone fanno sì che il baricentro del solitone si sposta in modo aleatorio rispetto alla frequenza centrale iniziale, determinando una fluttuazione della posizione che viene chiamato **jitter** comunemente detto **effetto Gordon Haus**

Il jitter cresce con il cubo della distanza ed è caratterizzato dalla varianza $< \Delta T^2 >$del tempo di arrivo

$$< \Delta T^2 >= 2.6\ 10^{-7}\ (G-1)|\beta_2|\ \frac{L^3}{z_A\ T_0} \quad ps$$

G guadagno amplif che compensa perdite

β_2 dispersione della fibra

L lunghezza del collegamento

To durata dell'impulso

z_A spaziatura amplificatori

La fibra è un mezzo dispersivo per cui solitoni con frequenze centrali diverse viaggiano con velocità diverse

Interazioni solitoniche

In una fibra due impulsi siano separati da una certa distanza temporale L' evoluzione di uno di essi è diversa da quella che avrebbe avuto in assenza del secondo impulso.

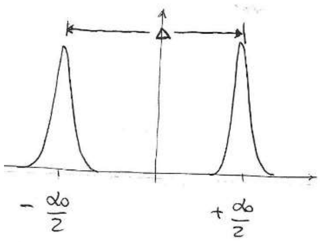
Gli impulsi possono essere in fase oppure in opposizione di fase: se sono in fase si attraggono se sono in opposizione di fase si respingono.

Il fenomeno può essere spiegato con l'aumento o la diminuzione dell' indice di rifrazione per cui gli impulsi sono attratti l'uno verso l'altro se sono fase si respingono s sono in opposizione

La massima distanza che consente di non avere interferenza intersimbolo si ottiene da

$$Zmax = \frac{1}{2} \quad e^{\frac{\alpha_0}{2}} arcos\left[e^{-\frac{\alpha_0}{10}}\right]$$

α_0	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
Z_{max}	7.4	10	13	17	23	30	40	52



Dimensionare un collegamento solitonico una volta che siano assegnati

frequenza di lavoro

Bit rate

dispersione della fibra

lunghezza totale del collegamento

perdita della fibra

distanza tra gli amplificatori

Parametri del collegamento

λ=1550 nm

bitrate 10 gigabit al secondo su fibra dispersion shifted (DS)

lunghezza del collegamento 6000 km

perdita della fibra 0.2 dB/ km in

spaziatura per amplificatori $z_A = $ 30 km

E'necessario individuale la durata degli impulsi

Ci sono tre condizioni da soddisfare

Limite imposto dalla condizione di solitone medio .Si cerca quale è la minima durata degli impulsi perché possano propagarsi senza cambiare forma

Affinchè questa condizione sia soddisfatta è necessario che risulti spaziatura tra gli amplificatori molto minore di LD

Spaziatura degli amplificatori ≪ $L_D = \frac{{T_0}^2}{\lfloor \beta_2 \rfloor}$

In pratica $L_D > 3\ spaziature\ tra\ gli\ amplificatori$

$$L_D = \frac{{T_0}^2}{\lfloor \beta_2 \rfloor} > 3\ \ 30\ km$$

$T_0 > \sqrt{90\ \ km\ 0.5\left(\frac{ps^2}{km}\right)}$ =6.7 ps

Limite imposto dall'effetto Gordon Haus

La varianza nel tempo di arrivo è

$$< \Delta T^2 >= 2.6\ 10^{-7}\ (G-1)\lfloor \beta_2 \rfloor\ \frac{L^3}{z_A\ \ T_0} \qquad ps$$

$$< \Delta T^2 > \leq \left(\frac{T_0}{12}\right)^2 \qquad ps$$

$$T_0 \geq 2.6\ 10^{-7}\ (G-1)\lfloor\beta_2\rfloor\ \frac{L^3}{z_A}\left(\frac{12}{T_B}\right)^2$$

$$T_B = \frac{1}{R} = \frac{1}{10 * 10^8\ sec^{-1}}$$

$$z_A = 30\ km \quad per\ cui$$

$$G = 10^{(0.2\,\frac{\mathrm{dB}}{\mathrm{km}}\ 30\mathrm{km})/10} \cong 1.8$$

$$T_0 \geq 10.7\ ps$$

Limite imposto dalle interazioni solitoniche

deve risultare che la distanza massima percorribile deve essere un adeguato numero di volte la lunghezza di dispersione

$$T_B = \frac{1}{R} = \frac{1}{10 * 10^8\ sec^{-1}} \quad = 100 \text{ ps}$$

Il valore di α_0 che soddisfa la condizione sulla lunghezza del collegamento è

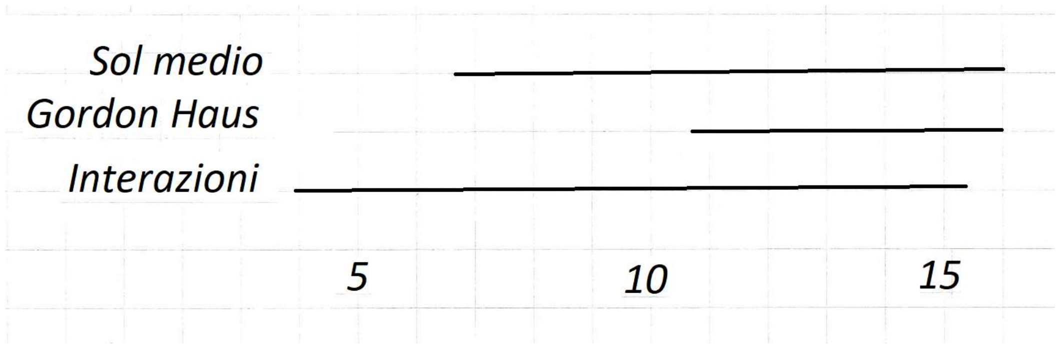
$\alpha_0 = 6.5 \qquad T_0 = \frac{100\ ps}{6.5} = 15.4\ ps \qquad Zmax = 13\ L_D$

$L_D = \frac{(15.4\ ps)^2}{0.5\ \frac{ps^2}{km}}$ = 474 km

Zmax=13∗ 474= 6160 km

Dal confronto dei valori di T_0 si deduce che deve essere

$$10.7 < T_0 < 15.4 \quad * \quad ps$$


Sol medio
Gordon Haus
Interazioni
5
10
15