

- CHƯƠNG IV-

MỘT SỐ CÔNG NGHỆ, KỸ THUẬT VÀ XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU TRONG MẠNG TRUYỀN TẢI QUANG

4.1 CÁC KỸ THUẬT BÙ TÁN SẮC

Như đã phân tích trong chương 2 nhờ bộ khuếch đại quang mà suy hao của sợi không còn là yếu tố hạn chế chủ yếu trong các hệ thống thông tin quang. Đối với các hệ thống thông tin quang hiện đại thường bị hạn chế bởi tán sắc và hiệu ứng phi tuyến hơn là suy hao. Các bộ khuếch đại quang hiện nay đã khắc phục được vấn đề suy hao nhưng lại làm tăng tán sắc do không khôi phục tín hiệu trở về dạng gốc. Kết quả là tán sắc tích lũy qua các bộ khuếch đại nối liên tiếp dọc tuyến. Do đó, phải thực hiện quản lý tán sắc bằng các kỹ thuật bù tán sắc.

Như chúng ta đã biết ảnh hưởng của tán sắc vận tốc nhóm (GVD) có thể được tối thiểu hóa khi sử dụng laser phổ hẹp và hoạt động ở vùng bước sóng tán sắc zero λ_{ZD} của sợi quang. Tuy nhiên trong thực tế bước sóng hoạt động (λ) không ở vùng này, thí dụ các hệ thống quang hoạt động tại bước sóng 1550nm và sử dụng các laser hồi tiếp phân tán (DFB). Các hệ thống này đã được lắp đặt từ những năm 1980 gồm hơn 50 triệu km sợi đơn mode tiêu chuẩn (SM) có bước sóng tán sắc zero. Sơ đồ quản lý tán sắc cố gắng giải quyết $\lambda_{ZD}=1297\text{nm}$. Vì vậy loại sợi này có tham số tán sắc $D \approx 16\text{ps/km.nm}$ tại bước sóng 1550 nm, tán sắc vận tốc nhóm hạn chế nghiêm trọng đến chất lượng hệ thống khi tốc độ bit vượt 2,5 Gbit/s. Đối với laser DFB điều chế trực tiếp thì khoảng cách truyền dẫn cực đại được xác định theo biểu thức:

$$L < (4B|D|s_\lambda)^{-1} \quad (4.1)$$

Trong đó s_λ là độ rộng hiệu dụng (RMS) của xung ánh sáng đã bị chirp. Khi sử dụng $D = 16\text{ps/km.nm}$ và $s_\lambda = 0,15\text{nm}$, hệ thống hoạt động tại 2,5 Gbit/s thì khoảng cách truyền dẫn bị hạn chế chỉ bằng 42 km. Hơn nữa các hệ thống như vậy sử dụng các trạm lặp điện có khoảng lặp 40 km và không có lợi cho sử dụng khuếch đại quang. Tuy nhiên, tốc độ bit không thể tăng lớn hơn 2,5 Gbit/s do khoảng lặp ngắn và không kinh tế.

Chất lượng của hệ thống có thể được cải thiện nhờ sử dụng bộ điều chế ngoài và vì vậy tránh được dẫn phổ do chirp tần số. Sự lựa chọn này đã trở thành thực tế với sự thương mại hoá các máy phát chứa laser DFB với bộ điều chế ngoài. Khoảng cách truyền dẫn cực đại được xác định theo biểu thức:

$$L < (16|\beta_2|B^2)^{-1} \quad (4.2)$$

Trong đó β_2 là hệ số GVD. Nếu cho $\beta_2 = -20 \text{ ps}^2/\text{km}$ tại $1,55 \text{ }\mu\text{m}$, thì $L < 500 \text{ km}$ tại $2,5 \text{ Gbit/s}$. Mặc dù so với trường hợp điều chế trực tiếp laser DFB đã được cải thiện hơn nhưng tán sắc vẫn hạn chế cự ly thông tin do liên quan đến sử dụng các bộ khuếch đại đường. Nếu tốc độ bit tăng tới 10 Gbit/s thì cự ly truyền dẫn bị hạn chế bởi GVD giảm tới 30 km , và vì vậy các bộ khuếch đại quang không thể sử dụng trên các hệ thống quang như vậy. Căn cứ vào phương trình (4.2), GVD của sợi đơn mode tiêu chuẩn tương đối lớn sẽ hạn chế tính năng của hệ thống $1,55 \text{ }\mu\text{m}$ được thiết kế để sử dụng mạng viễn thông hiện tại có tốc độ bit 10 Gbit/s hoặc lớn hơn.

Sơ đồ quản lý tán sắc cố gắng giải quyết vấn đề thực tế này. Ý tưởng cơ bản là hoàn toàn đơn giản và có thể hiểu khi sử dụng phương trình truyền xung:

$$\frac{\partial A}{\partial z} + \frac{i\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} - \frac{\beta_3}{6} \frac{\partial^3 A}{\partial t^3} = 0 \quad (4.3)$$

Trong đó A biên độ đường bao của xung. Ảnh hưởng của tán sắc bậc ba là số hạng β_3 . Trong thực tế số hạng này có thể bỏ qua khi $|\beta_2|$ lớn hơn $0,1 \text{ ps}^2/\text{km}$. Giải phương trình (4.3), trong trường hợp riêng $\beta_3 = 0$ thì nghiệm là:

$$A(z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{A}(0, \omega) \exp\left(\frac{i}{2} \beta_2 z \omega^2 - i\omega t\right) d\omega \quad (4.4)$$

Trong đó $\tilde{A}(0, \omega)$ là biến đổi Fourier của $A(0, t)$.

Giảm tán sắc của tín hiệu quang nhờ giảm hệ số pha $\exp(i\beta_2 z \omega^2 / 2)$ của tín hiệu quang. Các sơ đồ quản lý tán sắc cố gắng xoá hệ số pha này sao cho tín hiệu vào có thể được khôi phục. Giải pháp này được thực hiện tại máy phát, tại máy thu hoặc dọc theo sợi quang. Dưới đây xem xét ba trường hợp riêng rẽ.

4.1.1 Giải pháp bù trước

Giải pháp quản lý tán sắc này làm thay đổi các đặc tính của xung vào tại máy phát trước khi truyền vào sợi quang. Ý tưởng này nhận biết được từ phương trình (4.4). Nó làm thay đổi biên độ phổ $\tilde{A}(0, \omega)$ của xung vào theo cách loại bỏ sự suy giảm do GVD gây ra. Biên độ phổ cần thay đổi theo dạng sau đây:

$$\tilde{A}(0, \omega) \rightarrow \tilde{A}(0, \omega) \exp(-i\omega^2 \beta_2 L / 2) \quad (4.5)$$

Trong đó L là chiều dài sợi, GVD sẽ được bù một cách chính xác và xung sẽ giữ nguyên pha của nó tại đầu ra của sợi. Đáng tiếc là không dễ dàng thực hiện theo phương trình (4.5) trong thực tế. Một giải pháp đơn giản là xung vào được chirp thích hợp để tối thiểu hoá dẫn rộng xung do GVD. Vì vậy chirp tần số được áp dụng tại máy phát trước khi truyền xung, sơ đồ này gọi là kỹ thuật chirp trước.

AM và FM đồng thời tín hiệu quang là không cần thiết đối với bù tán sắc. Trong một giải pháp khác được xem như truyền hỗ trợ tán sắc, sử dụng khuôn dạng khoá dịch tần (FSK) cho truyền tín hiệu. Tín hiệu FSK được tạo ra nhờ chuyển mạch bước sóng laser một lượng $\Delta\lambda$ là hằng số giữa bit 0 và bit 1 trong khi cho phép công suất không thay đổi. Khi truyền trong sợi quang, hai bước sóng di chuyển với tốc độ khác nhau chút ít. Trễ thời gian giữa bit 0 và 1 được xác định bởi dịch bước sóng $\Delta\lambda$ và cho bởi $\Delta T = DL\Delta\lambda$. Dịch bước sóng $\Delta\lambda$ được chọn sao cho $\Delta T = 1/B$. Do tán sắc nên tín hiệu FSK được chuyển thành tín hiệu điều chế biên độ. Tín hiệu có thể được giải mã tại máy thu nhờ sử dụng bộ liên kết điện để kết hợp với mạch quyết định.

4.1.2 Giải pháp bù sau

Sử dụng các kỹ thuật điện để bù tán sắc GVD trong máy thu. Ý nghĩa khoa học đằng sau phương pháp này đó là mặc dù tín hiệu quang đã bị suy giảm do GVD, thì có thể làm phẳng các hiệu ứng tán sắc bằng điện tử nếu sợi thực hiện vai trò như một hệ thống tuyến tính. Nó tương đối dễ bù tán sắc, nếu máy thu heterodyne được sử dụng để tách tín hiệu. Trước tiên, máy thu heterodyne biến đổi tín hiệu quang thành tín hiệu vi ba ở tần số trung gian ω_{IF} trong khi vẫn duy trì cả biên độ và pha thông tin. Bộ lọc thông dải vi ba có đáp ứng xung được chi phối bởi hàm truyền đạt:

$$H(\omega) = \exp\left[-i(\omega - \omega_{IF})^2 \beta_2 L / 2\right] \quad (4.6)$$

trong đó L là chiều dài sợi, phải khôi phục tín hiệu thu thành dạng gốc. Kỹ thuật này là rất thực tế để bù tán sắc trong hệ thống quang coherent. Tuy nhiên sử dụng máy thu coherent thường là không thực tế. Bộ bù tán sắc điện tử là thực tế hơn nhiều đối với máy thu tách trực tiếp. Một số kỹ thuật bù phi tuyến đã được triển khai cho phép khôi phục tín hiệu bị suy biến do tán sắc. Đối với mạch bù điện tử tuyến tính không thể bù GVD được do tất cả thông tin pha bị mất trong quá trình tách trực tiếp vì bộ tách quang chỉ đáp ứng theo cường độ quang. Kết quả là, không có kỹ thuật bù tuyến tính để có thể khôi phục tín hiệu mà đã bị trải ra ngoài khe bit phân bổ của nó.

4.1.3 Giải pháp bù quang

Giải pháp này thường được sử dụng để bù tán sắc trên các đường truyền dẫn quang. Hiện nay, có rất nhiều kỹ thuật được sử dụng như:

- Sử dụng sợi quang bù tán sắc (DCF)
- Sử dụng các bộ lọc quang.
- Sử dụng cách tử sợi quang
- Sử dụng kỹ thuật kết hợp pha quang.

Kỹ thuật bù tán sắc sử dụng DCF đã được đề cập trong phần 1.3.3.2. Trong kỹ thuật này có một nhược điểm là phải sử dụng sợi DCF có chiều dài lớn, do đó làm tăng thêm suy hao đáng kể cho tuyến truyền dẫn. Vì vậy, để giảm suy hao tăng thêm khi bù tán sắc phải sử dụng các kỹ thuật bù bằng các bộ lọc hoặc cách tử sợi hoặc bằng phương pháp kết hợp pha quang.

Trong kỹ thuật bù tán sắc bằng bộ lọc quang, thường một bộ lọc quang được đặt sau một chặng sợi dài L km. Giả sử bộ lọc quang có hàm truyền đạt $H(\omega)$, tín hiệu quang được lọc từ biểu thức (4.4) được biểu diễn như biểu thức (4.7).

$$A(L, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{A}(0, \omega) H(\omega) \exp\left(\frac{i}{2} \beta_2 L \omega^2 - i \omega t\right) d\omega \quad (4.7)$$

Bằng cách khai triển pha của $H(\omega)$ trong chuỗi Taylor và giữ ở số hạng bậc hai sẽ được biểu thức 4.8.

$$H(\omega) = |H(\omega)| \exp[i\phi(\omega)] \approx |H(\omega)| \exp\left[i\left(\phi_0 + \phi_1 \omega + \frac{1}{2} \phi_2 \omega^2\right)\right] \quad (4.8)$$

Trong đó, $\phi_m = d^m \phi / d\omega^m$ ($m=0, 1, \dots$) được ước lượng tại tần số sóng mang quang ω_0 . Pha hằng số ϕ_0 và trễ thời gian ϕ_1 sẽ không ảnh hưởng tới dạng xung và có thể bỏ qua. Pha phổ do sợi sinh ra có thể được bù bằng cách chọn bộ lọc quang sao cho có $\phi_2 = -\beta_2 L$. Xung có thể được phục hồi hoàn toàn chỉ khi $H(\omega)$ và các số hạng bậc ba và bậc cao hơn trong khai triển Taylor là không đáng kể.

Đối với kỹ thuật bù tán sắc bằng cách tử Bragg sợi, có thể coi như là một bộ lọc quang có sự tồn tại của “băng dừng”, là vùng tần số mà trong đó hầu hết ánh sáng tới đều được phản xạ trở lại. Băng dừng có bước sóng trung tâm bằng bước sóng Bragg: $\lambda_B = 2n\Lambda$, trong đó n là chỉ số mode và Λ là chu kỳ cách tử.

4.2- CÁC HIỆU ỨNG PHI TUYẾN VÀ ỨNG DỤNG

Khi công suất trong sợi quang nhỏ thì sợi quang được xem là môi trường tuyến tính, tính phi tuyến của sợi quang có thể bỏ qua. Tuy nhiên, khi công suất ánh sáng trong sợi quang vượt quá một mức nào đó, tính phi tuyến của sợi quang sẽ ảnh hưởng tới quá trình truyền dẫn tín hiệu trong sợi quang. Khi đó xuất hiện hiệu ứng phi tuyến, nghĩa là suy hao và chiết suất phụ thuộc công suất tín hiệu quang trong sợi. Hiệu ứng phi tuyến sẽ gây ra một số hiện tượng như: xuyên âm giữa các kênh quang, suy giảm mức tín hiệu của từng kênh dẫn đến suy giảm tỉ số S/N ...

Đáp ứng của bất kỳ vật liệu điện môi nào đối với ánh sáng đều trở nên phi tuyến khi cường độ của trường điện từ lớn, sợi quang cũng vậy. Vector phân cực P

được tạo ra từ các ngẫu cực điện tử không còn là tuyến tính trong trường E , mà tuân theo quan hệ tổng quát sau:

$$P = \varepsilon_0 [\chi^{(1)} E + \chi^{(2)} : EE + \chi^{(3)} : EEE + \dots] \quad (4.9)$$

trong đó: ε_0 là độ thẩm chân không

$\chi^{(j)}$ ($j=1, 2, \dots$) là độ cảm bậc j

trong biểu thức trên, $\chi^{(1)}$ đóng góp phần chủ yếu vào P . Các ảnh hưởng của nó tạo ra thông qua hệ số chiết suất n và hệ số suy hao α . $\chi^{(2)}$ gây ra các hiệu ứng phi tuyến như: tạo hài bậc 2, tạo tần tổ tổng. Tuy nhiên với sợi quang $\chi^{(2)} = 0$. Vì vậy thông thường trong sợi quang không có các hiệu ứng phi tuyến bậc 2.

Nhìn chung các hiệu ứng phi tuyến trong sợi quang có thể chia làm 2 loại:

- Các hiệu ứng tán xạ kích thích (Raman và Brillouin).
- Các hiệu ứng liên quan đến hiệu ứng Kerr, bao gồm các hiệu ứng SPM (self phase modulation), XPM (cross phase modulation) và FWM (four wave mixing). Đây là các hiệu ứng liên quan đến sự phụ thuộc của chiết suất sợi quang vào cường độ ánh sáng lan truyền trong sợi quang do ảnh hưởng của $\chi^{(3)}$ (còn gọi là hiệu ứng Kerr), tức là hệ số chiết suất của sợi được tính theo biểu thức sau:

$$n = n_0 + \Delta n_{NL} = n_0 + n_2 |E|^2 \quad (4.10)$$

Với: n_0 là chiết suất tuyến tính ($n_0 \approx 1.5$)

n_2 là hệ số chiết suất phi tuyến liên quan đến $\chi^{(3)}$ theo công thức sau:

$$n_2 = \frac{3}{8n} \text{Re}(\chi_{xxxx}^{(3)}) \quad (4.11)$$

($n_2 \approx 2.6 \times 10^{-20} \text{ m}^2/\text{W}$, đối với sợi Si)

E là trường quang

Δn_{NL} là độ thay đổi chiết suất của môi trường truyền dẫn

Hai loại hiệu ứng này có các điểm khác biệt chính sau:

- Trong các hiệu ứng liên quan đến hiệu ứng Kerr, không có sự trao đổi năng lượng giữa trường điện từ và môi trường điện môi. Còn trong các hiệu ứng tán xạ kích thích, trường quang chuyển một phần năng lượng của mình cho môi trường phi tuyến

- Các hiệu ứng tán xạ kích thích gây nên suy hao hoặc khuếch đại tín hiệu phụ thuộc vào cường độ ánh sáng lan truyền trong sợi. Còn các hiệu ứng liên quan đến hiệu ứng Kerr thì gây nên sự dịch pha phụ thuộc vào cường độ của tín hiệu
- Một điểm khác biệt nữa là với hiệu ứng tán xạ kích thích sẽ có mức công suất ngưỡng mà tại đó các hiệu ứng phi tuyến sẽ xảy ra, tức là ngưỡng tại đó có sự chuyển đổi lớn của năng lượng sóng bơm thành năng lượng Stokes. Còn đối với hiệu ứng Kerr thì không có ngưỡng đó.

Trong nội dung dưới đây sẽ xét ảnh hưởng cụ thể của từng loại hiệu ứng phi tuyến này đối với chất lượng của tín hiệu khi lan truyền trong sợi quang.

4.2.1. Hiệu ứng tự điều chế pha (SPM)

Hiện tượng này tạo nên sự dịch pha phi tuyến Φ_{NL} của trường quang khi lan truyền trong sợi quang. Giả sử bỏ qua suy hao quang thì sau khoảng cách L , pha của trường quang sẽ là:

$$\Phi = \frac{2\pi nL}{\lambda} = \frac{2\pi L(n_0 + n_2|E|^2)}{\lambda} = \text{const} + \Phi_{NL} \quad (4.12)$$

- Đối với trường quang có cường độ không đổi hiệu ứng SPM chỉ làm quay pha của trường quang, do đó ít ảnh hưởng đến chất lượng của hệ thống. Tuy nhiên đối với các trường quang có cường độ thay đổi (như là các xung trong hệ thống thông tin số) thì pha phi tuyến Φ_{NL} sẽ thay đổi theo thời gian. Sự thay đổi theo thời gian này cũng có nghĩa là trong xung tín hiệu sẽ tồn tại nhiều tần số quang khác với tần số trung tâm ν_0 một giá trị là $\delta\nu_{NL}$, với:

$$\delta\nu_{NL} = (-1/2\pi) (\partial\Phi_{NL}/\partial t) \quad (4.13)$$

- Hiện tượng này còn gọi là hiện tượng dịch tần phi tuyến làm cho sườn sau của xung dịch đến tần số $\nu < \nu_0$ và sườn trước của xung dịch đến tần số $\nu > \nu_0$. Điều này cũng có nghĩa là phổ của tín hiệu đã bị giãn trong quá trình truyền. Trong hệ thống WDM, đặc biệt khi khoảng cách giữa các kênh gần nhau, hiện tượng giãn phổ do SPM có thể dẫn đến giao thoa gây nhiễu giữa các kênh.

- Hơn nữa, nếu xét đến ảnh hưởng của tán sắc thì sẽ thấy dạng xung bị biến đổi theo dọc sợi. Nếu gọi D là hệ số tán sắc của sợi, thì:

- + Với $D < 0$: thành phần tần số cao ($\nu > \nu_0$) sẽ lan truyền nhanh hơn thành phần tần số thấp ($\nu < \nu_0$). Do đó xung bị giãn ra.

+ Với $D > 0$: thành phần tần số cao ($\nu > \nu_0$) sẽ lan truyền chậm hơn thành phần tần số thấp ($\nu < \nu_0$) làm cho xung bị co lại (nguyên lý của truyền dẫn soliton). Tuy nhiên việc tạo ra soliton phải được kiểm soát, nếu không sẽ có hiện tượng lúc đầu xung co lại, sau đó lại dẫn ra rất nhanh.

4.2.2. Hiệu ứng điều chế pha chéo (XPM)

Một loại dịch pha phi tuyến khác bắt nguồn từ hiệu ứng Kerr là XPM. Trong khi SPM là tác động của xung lên chính bản thân xung đó thì XPM là hiệu ứng pha phi tuyến gây ra do tác động của các xung quang ở các kênh khác. Vì vậy XPM chỉ xảy ra trong hệ thống đa kênh. Trong hệ thống đa kênh, dịch pha phi tuyến của tín hiệu tại bước sóng trung tâm λ_i được tính theo công thức sau:

$$\phi_{NL} = \frac{2\pi}{\lambda_i} n_2 z \left[I_i(t) + 2 \sum_{i \neq j} I_j(t) \right] \quad (4.14)$$

Số hạng đầu tiên liên quan đến SPM, còn số hạng thứ 2 liên quan đến XPM. Từ phương trình (4.14) có thể dẫn đến suy đoán rằng, ảnh hưởng của XPM có thể tối thiểu gấp 2 lần ảnh hưởng của SPM. Tuy nhiên, XPM chỉ xảy ra khi xung ở các kênh khác đồng bộ với tín hiệu mà ta đang xem xét. Do ảnh hưởng của tán sắc, xung của từng kênh có thể di chuyển với các vận tốc nhóm khác nhau, khi đó trong quá trình lan truyền các xung sẽ trượt qua nhau. Khi khác xung di chuyển nhanh đã hoàn toàn đi qua các xung di chuyển chậm thì hiệu ứng XPM có thể bỏ qua. Khoảng cách truyền dẫn tương đối để 2 xung ở các kênh khác nhau xung đột với nhau được gọi là *walk-off distance*, L_w

$$L_w = \frac{T_0}{|v_g^{-1}(\lambda_1) - v_g^{-1}(\lambda_2)|} \approx \frac{T_0}{|D\Delta\lambda|} \quad (4.15)$$

trong đó: T_0 là độ rộng xung, v_g là vận tốc nhóm, λ_1 và λ_2 là bước sóng trung tâm của 2 kênh, D là hệ số tán sắc, và $\Delta\lambda = |\lambda_1 - \lambda_2|$

Với các sợi có tán sắc lớn, L_w tương đối nhỏ và tương tác giữa các xung sẽ không lớn lắm, điều này sẽ làm giảm ảnh hưởng của hiệu ứng XPM. Tuy nhiên, khi sợi có tán sắc lớn thì sự dẫn phổ do XPM lại làm thay đổi dạng của xung nhiều hơn, điều này làm cho việc phân tích ảnh hưởng của tán sắc đến hiệu ứng XPM tương đối phức tạp.

4.2.3. Hiệu ứng trộn bốn sóng (FWM)

Hiện tượng chiết suất phi tuyến còn gây ra một hiệu ứng khác trong sợi đơn mode, đó là hiệu ứng FWM. Trong hiệu ứng này, 2 hoặc 3 sóng quang với các tần

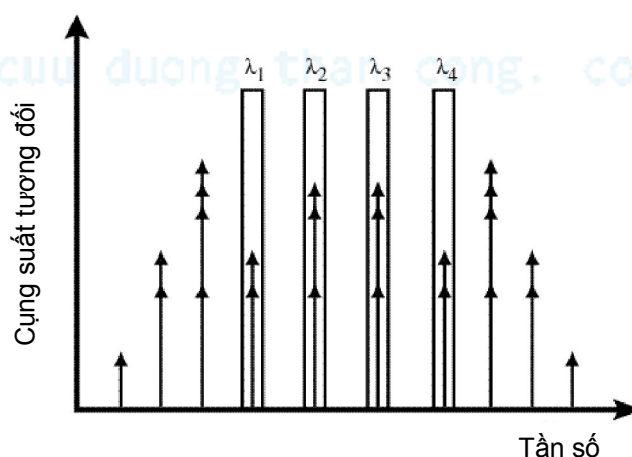
số khác nhau sẽ tương tác với nhau tạo ra các thành phần tần số mới. Tương tác này có thể xuất hiện giữa các bước sóng của tín hiệu trong hệ thống WDM, hoặc giữa bước sóng tín hiệu với tạp âm ASE của các bộ khuếch đại quang, cũng như giữa mode chính và mode bên của một kênh tín hiệu. Giả sử có 3 bước sóng với tần số $\omega_i, \omega_j, \omega_k$ thì tổ hợp tần số mới tạo ra sẽ là những tần số ω_{ijk} thỏa mãn:

$$\omega_{ijk} = \omega_i + \omega_j - \omega_k \quad (4.16)$$

Tổng số các thành phần mới được tạo ra có thể tính như sau:

$$m = 1/2 (N^3 - N^2) \quad \text{với } N \text{ là số kênh ban đầu} \quad (4.17)$$

Như vậy với hệ thống 3 kênh số thành phần mới tạo ra là 9, nhưng với hệ thống 8 kênh số thành phần mới tạo ra là 224 (xem hình 4.1). Một trong những phương pháp để giảm bớt ảnh hưởng của FWM là sử dụng cách ghép không đều trong các hệ thống WDM. Tuy nhiên chỉ với hệ thống có 3 bước sóng thì việc bố trí các kênh còn đơn giản, còn với hệ thống 8 bước sóng trở lên thì việc tính toán để bố trí các kênh lại trở nên rất phức tạp.



Hình 4.1 Hiện tượng tạo ra các thành phần tần số mới do hiệu ứng FWM

Do việc tạo ra các tần số mới là tổ hợp của các tần số tín hiệu nên hiệu ứng FWM sẽ làm giảm công suất của các kênh tín hiệu trong hệ thống WDM. Hơn nữa nếu khoảng cách giữa các kênh là bằng nhau thì những tần số mới được tạo ra có thể rơi vào các kênh tín hiệu, gây xuyên âm giữa các kênh, làm suy giảm chất lượng của hệ thống.

Sự suy giảm công suất sẽ làm cho dạng hình mắt của tín hiệu ở đầu thu bị thu hẹp lại do đó sẽ làm giảm chất lượng BER của hệ thống. Vì các hệ thống WDM chủ yếu làm việc ở cửa sổ bước sóng 1550 nm và do tán sắc của sợi quang đơn mode

thông thường (sợi G.652) tại cửa sổ này là khoảng 18 ps/nm.km, còn tán sắc của sợi tán sắc dịch chuyển (sợi G.653) là ≈ 0 (< 3 ps/nm.km) nên hệ thống WDM làm việc trên sợi đơn mode thông thường sẽ ít bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng FWM hơn hệ thống WDM làm việc trên sợi tán sắc dịch chuyển.

Hiệu suất của hiệu ứng FWM phụ thuộc vào tán sắc của sợi quang. Khi tất cả các kênh có công suất như nhau, hiệu suất của hiệu ứng FWM, η có thể biểu diễn bằng tỷ số giữa công suất FWM và công suất ra của từng kênh, hiệu suất này tỷ lệ với:

$$\eta \propto \left[\frac{n_2}{A_{eff} D(\Delta\lambda)^2} \right]^2 \quad (4.18)$$

Từ công thức trên có thể thấy rằng, hiệu ứng FWM trong sợi quang có thể hạn chế bằng cách tăng khoảng cách kênh hoặc bằng cách tăng tán sắc của sợi. Với tán sắc lớn có thể gây nên độ thiệt thòi về công suất ở mức không thể chấp nhận được, đặc biệt trong các hệ thống tốc độ cao. Tuy nhiên, nếu thực hiện quản lý tán sắc một cách phù hợp có thể vừa đảm bảo tổng tán sắc trung bình trên toàn tuyến vẫn nằm trong giới hạn cho phép mà vẫn hạn chế được ảnh hưởng của hiệu ứng FWM.

Ngoài ra, ảnh hưởng của hiệu ứng FWM càng lớn nếu như khoảng cách giữa các kênh trong hệ thống WDM càng nhỏ cũng như khi khoảng cách truyền dẫn và mức công suất của mỗi kênh lớn. Vì vậy hiệu ứng FWM sẽ hạn chế dung lượng và cự ly truyền dẫn của hệ thống WDM.

4.2.4. Hiệu ứng tán xạ Raman (SRS)

Hiệu ứng tán xạ Raman là kết quả của quá trình tán xạ không đàn hồi, trong đó photon ánh sáng tới chuyển một phần năng lượng của mình cho dao động cơ học của các phân tử cấu thành môi trường truyền dẫn và phần năng lượng còn lại được phát xạ thành ánh sáng có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng tới (ánh sáng với bước sóng mới này được gọi là ánh sáng Stoke). Khi ánh sáng tín hiệu truyền trong sợi quang có cường độ lớn, quá trình này trở thành quá trình kích thích (được gọi là SRS) mà trong đó ánh sáng tín hiệu đóng vai trò sóng (gọi là bơm Raman) làm cho phần lớn năng lượng của tín hiệu được chuyển tới bước sóng Stoke. Công suất của bước sóng Stoke $P_s(L)$ được tính theo công thức:

$$P_s(L) = P_0 \exp(g_r P_0 L / K A_{eff}) \quad (4.19)$$

Trong đó: P_0 là công đưa vào sợi tại bước sóng tín hiệu; g_r là hệ số khuếch đại Raman; A_{eff} là vùng lõi hiệu dụng; K đặc trưng cho mối quan hệ về phân cực giữa tín hiệu, bước sóng Stoke và phân cực của sợi. Đối với sợi thông thường thì $K \approx 2$.

Công thức (4.19) có thể dùng để tính toán mức công suất P_0 mà tại đó công suất của bước sóng Stoke bằng công suất bước sóng tín hiệu đầu ra, được gọi là ngưỡng Raman (P_0^{th}):

$$P_0^{\text{th}} = 32 S_{\text{eff}}/(L g_r) \quad (4.20)$$

Từ công thức (4.20) sẽ tính toán được rằng, đối với hệ thống đơn kênh, hiệu ứng SRS chỉ ảnh hưởng đến chất lượng hệ thống khi $P_0 > 1\text{W}$ (nếu như hệ thống không sử dụng khuếch đại quang trên đường truyền). Tuy nhiên trong hệ thống WDM thì mức công suất này sẽ thấp hơn nhiều. Theo lý thuyết của Chraplyvy, để đảm bảo suy giảm SNR không nhỏ hơn 0.5 dB thì mức công suất của từng kênh phải thỏa mãn:

$$P < \frac{10,28 \times 10^{12}}{N(N-1)L_{\text{eff}}\Delta f} \quad (4.21)$$

Trong đó: N là số kênh bước sóng; Δf là khoảng cách giữa các kênh bước sóng.

Như vậy trong hệ thống WDM hiệu ứng này cũng hạn chế số kênh bước sóng, khoảng cách giữa các kênh, công suất của từng kênh và tổng chiều dài của hệ thống. Hơn nữa, nếu bước sóng Stoke tạo ra lại trùng với kênh tín hiệu thì hiệu ứng cũng gây xuyên âm giữa các kênh.

4.2.5. Hiệu ứng Brillouin (SBS)

Hiệu ứng này tương tự như hiệu ứng SRS, tức là có sự tạo thành của bước sóng Stoke dài hơn bước sóng của ánh sáng tới. Điểm khác nhau chính của hai hiệu ứng này là: hiệu ứng SBS liên quan đến các photon âm học, còn hiệu ứng SRS liên quan đến các photon quang. Chính do sự khác biệt này mà hai hiệu ứng có những ảnh hưởng khác nhau đến hệ thống WDM. Trong hiệu ứng này, một phần ánh sáng bị tán xạ do các photon âm học và dịch tới bước sóng dài hơn (tương đương với độ dịch tần khoảng 11 GHz tại bước sóng 1550 nm). Tuy nhiên chỉ có phần ánh sáng bị tán xạ theo chiều ngược trở lại (tức là ngược với chiều truyền của tín hiệu) mới có thể được truyền đi trong sợi quang. Vì vậy, trong hệ thống WDM khi tất cả các kênh đều cùng truyền theo một hướng thì hiệu ứng SBS không gây xuyên âm giữa các kênh.

Trong tất cả các hiệu ứng phi tuyến thì ngưỡng công suất xảy ra hiệu ứng SBS là thấp nhất, chỉ khoảng vài mW. Tuy nhiên, hiệu ứng SBS giảm tỉ lệ với $\Delta\nu_B/\Delta\nu_{\text{Laser}}$ ($\Delta\nu_B$ là băng tần khuếch đại Brillouin, $\Delta\nu_{\text{Laser}}$ là độ rộng phổ của laser) và băng tần khuếch đại Brillouin là rất hẹp (chỉ khoảng 10 - 100 MHz) nên hiệu ứng rất khó xảy ra. Chỉ có các nguồn phát có độ rộng phổ rất hẹp thì mới có thể bị ảnh hưởng bởi hiệu ứng SBS.

Người ta tính toán được mức công suất ngưỡng đối với hiệu ứng SBS như sau:

$$P^{th} = 21 \frac{KA_{eff}}{gL_{eff}} \frac{\Delta\nu_B + \Delta\nu_p}{\Delta\nu_B} \quad (4.22)$$

Với: g : là hệ số khuếch đại Brillouin.

$\Delta\nu_p$: là độ rộng phổ tín hiệu.

Như vậy, hiệu ứng sẽ ảnh hưởng đến mức công suất của từng kênh và khoảng cách giữa các kênh trong hệ thống WDM. Hiệu ứng này không phụ thuộc số kênh của hệ thống.

4.2.6. Ứng dụng các hiệu ứng phi tuyến

Như trong chương 1 chúng ta đã biết các hiệu ứng phi tuyến gây ra rất nhiều ảnh hưởng cho hoạt động của hệ thống thông tin quang WDM. Các ảnh hưởng này, thậm chí không chỉ dừng lại ở hệ thống đa kênh mà ngay cả hệ thống đơn kênh cũng chịu ảnh hưởng khá nặng nề như hiệu ứng tự điều chế pha, hay tán xạ Brillouin..

Tuy nhiên, các hiệu ứng phi tuyến cũng được tận dụng cho rất nhiều các ứng dụng trong hệ thống thông tin quang. Các ứng dụng phi tuyến của SOA làm các bộ chuyển đổi bước sóng là những ví dụ điển hình khi môi trường phi tuyến là chất bán dẫn.

Sợi quang cũng được coi là môi trường phi tuyến rất phù hợp cho các ứng dụng bởi tính tương thích khi kết nối thiết bị với mạng truyền tải hiện có. Ngoài ra, các ứng dụng phi tuyến sử dụng sợi quang hết sức phong phú do công nghệ sản xuất, chế tạo sợi quang đã đạt đến độ chín muồi. Rất nhiều cấu trúc, vật liệu mới cho sợi quang đã cho phép tạo ra những môi trường đặc biệt với nhiều loại ứng dụng. Thêm vào đó, giới hạn tốc độ xử lý của các linh kiện làm từ sợi quang là cỡ femto giây – một tốc độ đủ nhanh để có thể xử lý tín hiệu với tốc độ truyền dẫn siêu cao (> 40 Gbit/s).

Bộ khuếch đại Raman là một trong những ứng dụng tiêu biểu của hiệu ứng phi tuyến trong môi trường sợi quang. Dưới đây, chúng ta xét thêm một vài ứng dụng điển hình của các hiệu ứng phi tuyến sử dụng sợi quang.

4.2.6.1. Ứng dụng hiệu ứng SPM làm bộ tái tạo tín hiệu

Ý tưởng này được đề xuất từ năm 1998 bởi Mamyshev. Ông sử dụng một sợi quang làm môi trường phi tuyến để kích thích hiện tượng tự điều chế pha SPM xảy ra. Hiện tượng này khiến phổ tín hiệu ánh sáng sẽ bị giãn rộng ra tỷ lệ với cường độ xung ánh sáng. Một bộ lọc quang được đặt lệch khỏi vị trí tần số trung tâm của tín

hiệu sẽ cho phép lọc lấy tín hiệu ra khi công suất xung vào lớn và loại bỏ tín hiệu (nhiều) khi công suất xung nhỏ. Kỹ thuật này đã chứng minh hiệu quả của nó bằng các thực nghiệm ở các tốc độ 10 Gbit/s và 40 Gbit/s.

4.2.6.2. Ứng dụng hiệu ứng FWM làm bộ chuyển đổi bước sóng

Dựa vào hiệu ứng FWM trong sợi quang, người ta có thể tạo ra bộ chuyển đổi bước sóng nhờ vào việc bơm thêm bước sóng bơm vào sợi quang. Bước sóng bơm này sẽ tương tác với bước sóng ban đầu của tín hiệu và sinh ra các thành phần hài với khoảng cách bằng khoảng cách giữa bước sóng bơm và tín hiệu. Tại phía ra, ta đặt một bộ lọc để lọc lấy phần tín hiệu đã được dịch chuyển bước sóng mong muốn. Điều kiện để có được sự tương tác giữa hai bước sóng tín hiệu là sự tương hợp về pha trong sợi quang. Điều kiện này dễ dàng đáp ứng với sợi quang có tán sắc bằng không tại vùng bước sóng tín hiệu và bước sóng bơm.

4.3- FTTx

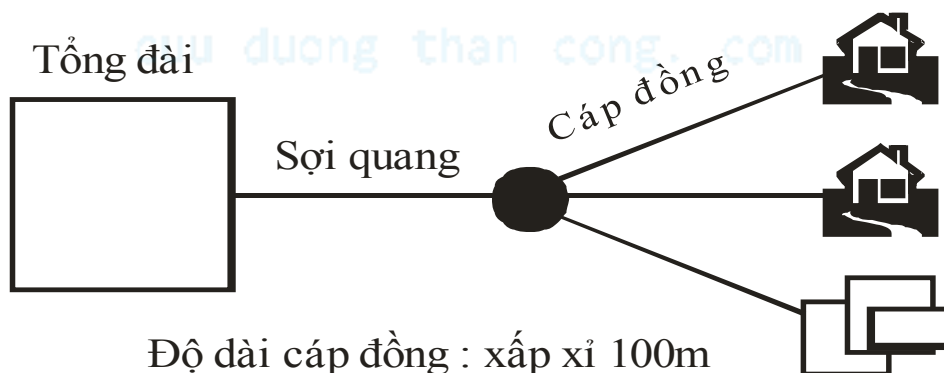
Đây là một hình thức truy nhập trong mạng truy nhập sợi quang, để đưa dịch vụ tới khách hàng. FTTx bao gồm các hệ thống truy nhập khác nhau như:

- Sợi quang tới vùng dân cư (FTTC).
- Sợi quang tới cơ quan (FTTO).
- Sợi quang tới tòa nhà (FTTB).
- Sợi quang tới tận nhà (FTTH).

Như vậy, sợi quang sẽ được đặt từ tổng đài có thiết bị đầu cuối đường quang (OLT) tới thiết bị mạng quang ở đầu xa (ONU) và thực hiện truyền luồng tín hiệu.

4.3.1 FTTC

Với phương thức FTTC, sợi được kéo tới ONU đặt ở vỉa hè. Một hoặc nhiều tòa nhà kết nối đến ONU bằng cáp đồng, khoảng cách từ ONU tới thuê bao khoảng 100m. Cấu hình hệ thống truy nhập FTTC như hình 4.2.



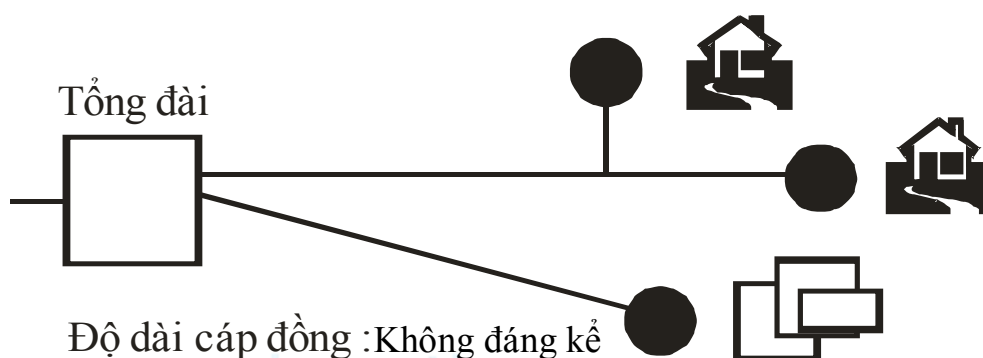
Hình 4.2- Cấu hình truy nhập FTTC

Phương thức FTTC được khuyến nghị sử dụng cho các vùng dân cư có mật độ dân tương đối cao, đặc biệt là ở những nơi có thể sử dụng lại mạng cáp đồng, hoặc những nơi khó lắp đặt cáp quang. Đây cũng là một phương thức truy nhập phù hợp cho các khách hàng có nhu cầu đối với các dịch vụ VoIP, truy nhập internet tốc độ cao.

4.3.2 FTTO/H

Trong kiến trúc FTTO/H, sợi quang được kéo tới cơ quan hoặc hộ gia đình, trong đó một ONT được đặt tại thuê bao. ONT là điểm phân phát dịch vụ cho phép các nhà khai thác cung cấp các dịch vụ số liệu, thoại và hình ảnh trên cùng một sợi.

Cấu hình hệ thống truy nhập FTTO/H như hình 4.3.



Hình 4.3- Cấu hình truy nhập FTTO/H

FTTO/H có khả năng cung cấp băng tần rất lớn, tuy nhiên chi phí cho việc xây dựng mạng lại rất cao, cần phải xem xét cụ thể khi thiết kế. Nhìn chung, để tiến tới phương án FTTO/H cần có chiến lược phát triển mạng và kế hoạch triển khai cụ thể để có được các bước thực hiện và đầu tư hợp lý. Phương thức này đặc biệt phù hợp khi cần phải lắp đặt các mạng cáp mới hoặc phải thay thế mạng cáp cũ.

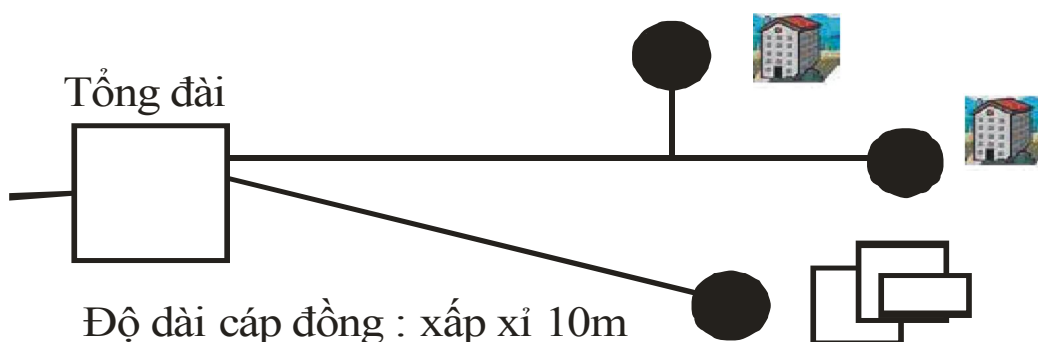
4.3.3 FTTB

Trong phương án này, sợi được kéo tới một ONU đặt trong tòa nhà. Các khách hàng có thể truy nhập internet theo các kết nối đến ONU thông qua LAN nhờ các cáp UTP-5. Chiều dài của phần cáp đồng thường không lớn hơn 10m.

Để tận dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên cũ thì phương thức FTTB+LAN được xem là có thể tiết kiệm tối đa chi phí xây dựng mạng. Hơn nữa, khoảng cách ngắn giữa ONU và thiết bị đầu cuối thuê bao cũng cho phép phát triển từng bước từ FTTB+LAN sang FTTH/FTTO.

Mô hình FTTB phù hợp với các tòa nhà có mật độ lớn các khách hàng là doanh nghiệp vì họ có nhu cầu đặc biệt lớn về băng tần, đặc biệt các tòa nhà này đều có LAN xây dựng trên mạng cáp UTP-5.

Cấu hình hệ thống truy nhập FTTB như hình 4.4.



Hình 4.4- Cấu hình truy nhập FTTO/H

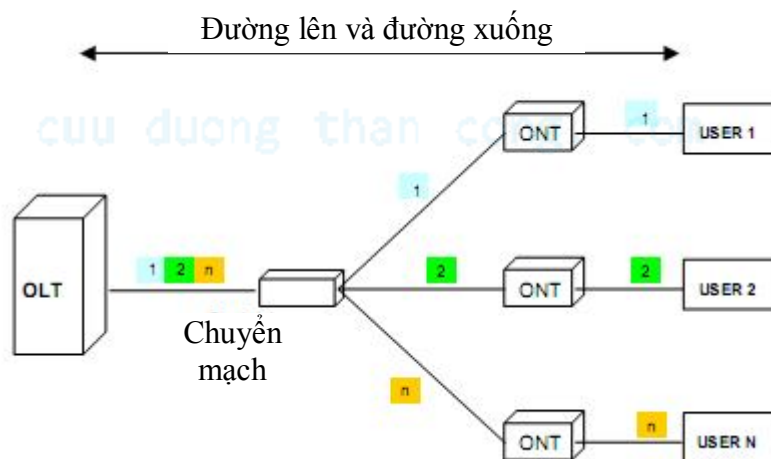
Kiến trúc FTTx có thể sử dụng mạng quang tích cực (AON) hoặc mạng quang thụ động (PON). Việc triển khai theo AON hay PON tùy thuộc vào vị trí, đặc thù của mạng truy nhập khu vực đó.

Hiện nay trên mạng truy nhập quang tới nhà thuê bao đang triển khai theo mạng quang chủ động, vì tận dụng sợi cáp quang hiện có, số thuê bao sử dụng truy nhập băng rộng chưa nhiều, hơn nữa đầu tư cơ sở hạ tầng cho triển khai PON trước mắt rất tốn kém. Tuy nhiên do những ưu điểm nổi bật của PON thì xu hướng trong tương lai sẽ triển khai mạng FTTx theo PON là một điều tất yếu

4.3.4 Công nghệ AON

Mạng quang tích cực (AON) là mạng truy nhập quang để phân phối tín hiệu sử dụng các thiết bị cần nguồn cung cấp như một chuyển mạch, bộ định tuyến hoặc bộ ghép (nói cách khác là khi truyền tín hiệu từ OLT đến ONU hoặc ngược lại cần phải chuyển O/E, E/O). Dữ liệu từ phía nhà cung cấp của khách hàng nào sẽ chỉ được chuyển đến khách hàng đó. Vì vậy dữ liệu của khách hàng sẽ tránh được xung đột khi truyền trên đường vật lý chung.

Mạng quang AON được minh họa như hình 4.5.

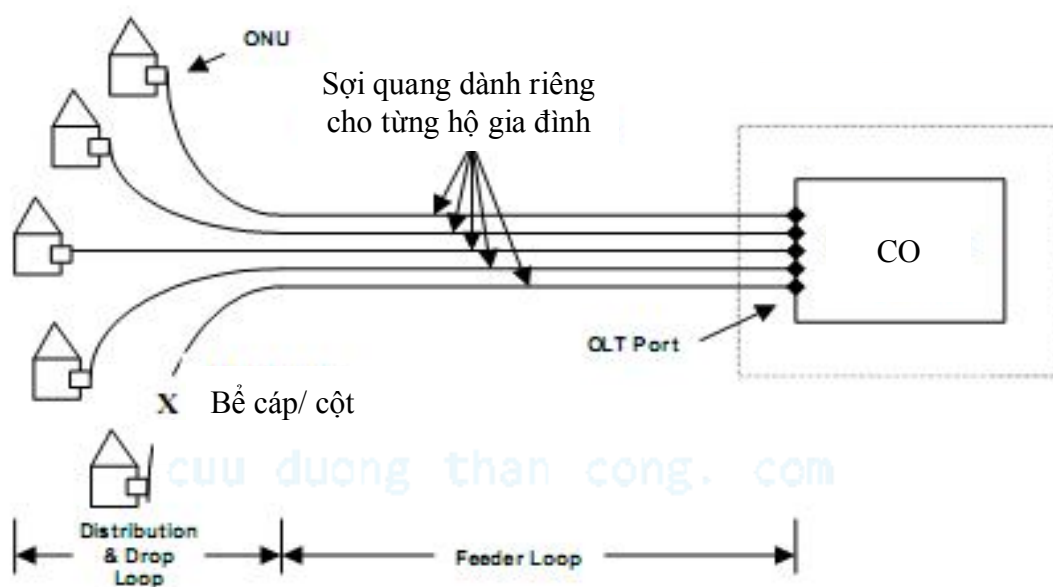


Hình 4.5. Mạng quang AON

Mạng AON được hiểu là kiểu kết nối điểm - điểm (P2P). Có hai cấu hình chính được triển khai đó là: Kiến trúc “Home Run”, và kiến trúc “Active Star Ethernet”.

Kiến trúc “Home Run”

Kiến trúc này có cáp dành riêng để nối từ CO đến từng nhà thuê bao. Kiến trúc này yêu cầu nhiều sợi quang, nhiều OLT vì mỗi nhà thuê bao cần một cổng OLT). Hình 4.6 mô tả kiến trúc sợi quang chạy tới tận nhà thuê bao.

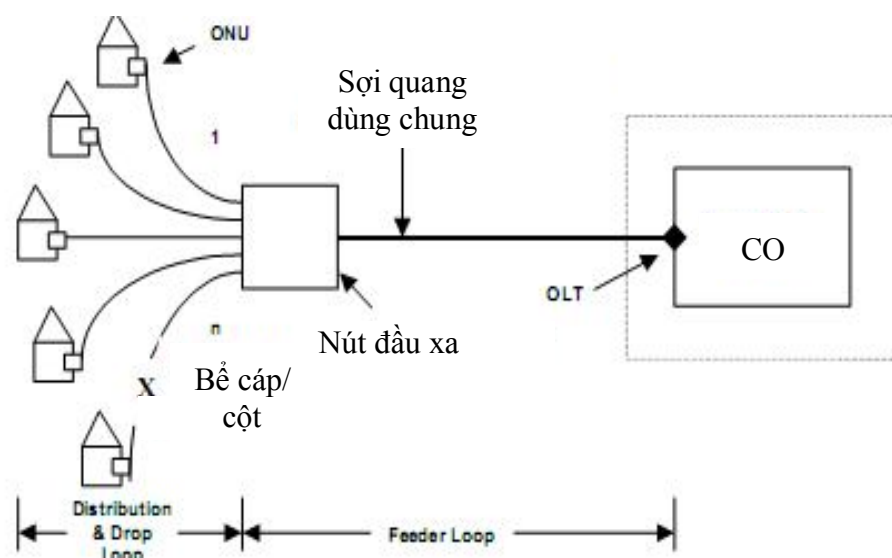


Hình 4.6. Kiến trúc Home Run

Kiến trúc Active Star Ethernet

Kiến trúc Ethernet sao tích cực (ASE) được biết đến như kiến trúc sao kép, ASE sẽ giảm được số lượng cáp quang và giảm giá thành bằng cách chia sẻ cáp đầu ra.

Kiến trúc sao tích cực, node đầu xa sẽ được triển khai giữa CO và nhà thuê bao. Mỗi cổng OLT và cáp đầu ra giữa CO và node đầu xa được chia sẻ bởi nhiều nhà thuê bao. Node đầu xa trong mạng sao tích cực có thể là bộ ghép kênh hoặc là bộ chuyển mạch. Node đầu xa chuyển mạch tín hiệu ở trong miền điện vì thế cần thiết phải chuyển đổi quang sang điện, điện sang quang. Do băng tần của cáp đầu ra CO bị chia sẻ giữa nhiều điểm đầu cuối, nên dung lượng dư thừa tối đa sẵn có cho mỗi ngôi nhà ở đường lên và đường xuống đều ít hơn so với cáp đến tận nhà, đây chính là nhược điểm của cấu trúc sao so với cấu trúc “home run” ở trên. Kiến trúc Ethernet sao tích cực được thể hiện trên hình 4.7.



Hình 4.7. Kiến trúc Ethernet sao tích cực

4.3.5 Công nghệ PON

Mạng quang thụ động (PON) là một kiến trúc mạng điểm-đa điểm, sử dụng các bộ chia quang thụ động (không có nguồn cung cấp) để chia công suất quang từ một sợi quang tới các sợi quang cung cấp cho nhiều khách hàng. Một mạng PON bao gồm một OLT đặt tại tổng đài của nhà cung cấp dịch vụ và các ONU đặt tại phía khách hàng.

Trong các khuyến nghị về mạng và các hệ thống truyền dẫn, ITU-T đã đưa ra một tập hợp các định nghĩa và kiến trúc làm cơ sở cho việc xây dựng PON. Ưu điểm của PON là không cần nguồn cung cấp nên không bị ảnh hưởng bởi nhiễu nguồn, có độ tin cậy cao và không cần phải bảo dưỡng như đối với các phần tử tích cực.

ATM PON đã được ban hành thành tiêu chuẩn trong G983.1 của ITU. Trên cơ sở này đã xây dựng PON băng rộng (B-PON) chuẩn ITU-T G983. Một mạng APON/BPON điển hình cung cấp 622Mbít/s băng thông đường xuống và 155 Mbit/s đường lên.

Chuẩn ITU-T G984 (GPON) mô tả sự gia tăng trong cả băng thông và hiệu suất sử dụng băng thông nhờ sử dụng gói lớn, có độ dài thay đổi. Hơn nữa chuẩn G984 cho phép vài sự lựa chọn tốc độ bit, cơ bản sử dụng tốc độ 2,488 Mbit/s cho luồng xuống và tốc độ 1,244 Mbit/s cho luồng lên. Phương thức gói tổng hợp GPON (GPON Encapsulation Method- GEM) cho phép đóng gói lưu lượng dữ liệu người dùng rất hiệu quả, với sự phân đoạn khung cho phép đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS cao hơn phục vụ các lưu lượng nhạy cảm (dịch vụ thời gian thực yêu cầu trễ thấp) như truyền thoại và luồng video.

Chuẩn IEEE 802.3 Ethernet PON (EPON hay GEPON) được hoàn thành năm 2004, như một phần của dự án Ethernet First Mile. EPON chuẩn IEEE 802.3 sử dụng khung Ethernet đối xứng 1,24 Gbit/s tốc độ luồng lên và luồng xuống. EPON có thể ứng dụng cho các mạng trung tâm dữ liệu, cũng như các mạng dịch vụ bộ ba thoại, dữ liệu và video. Gần đây, bắt đầu từ năm 2006, tiếp tục thực hiện chuẩn EPON tốc độ cực cao 10Gigabit/s (chuẩn XEPON hay 10- GEPON)

Mạng quang thụ động có ba cấu hình cơ bản đó là:

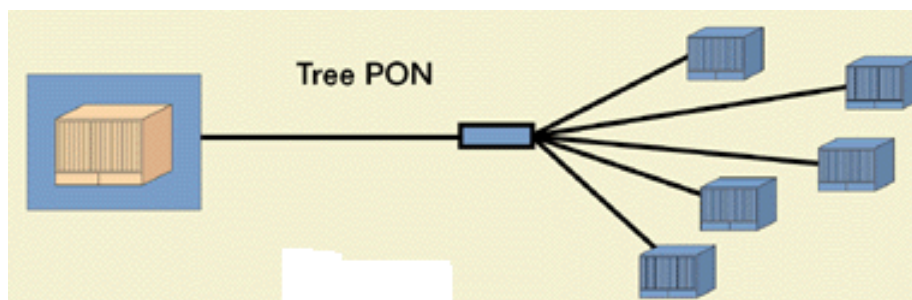
- Cấu hình Ring
- Cấu hình cây
- Cấu hình bus

Cấu hình Ring được thể hiện trên hình 4.8.



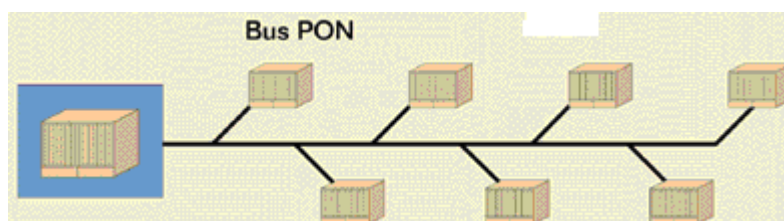
Hình 4.8. Cấu hình Ring

Cấu hình cây được thể hiện trên hình 4.9.



Hình 4.9. Cấu hình cây

Cấu hình bus được thể hiện trên hình 4.10.



Hình 4.10. Cấu hình Bus của PON

4.4- QUANG COHERENT

4.4.1 Khái niệm về thông tin quang coherent

Tách sóng trực tiếp tín hiệu quang đã điều chế cường độ cơ bản là quá trình đếm số lượng hạt photon đến bộ thu. Quá trình này bỏ qua pha và sự phân cực của sóng mang được tạo ra từ linh kiện quang. Tất cả các quá trình này đã được giới thiệu trong hệ thống thông tin quang IM/DD.

Hệ thống IM/DD sử dụng bộ thu tách sóng trực tiếp có nhược điểm là nhiễu tạo ra từ bộ tách sóng quang và bộ tiền khuếch đại cao. Do đó độ nhạy của hệ thống tách sóng theo qui luật bình phương nhỏ hơn độ nhạy của hệ thống sử dụng tách sóng theo giới hạn nhiễu lượng tử từ 10dB đến 20dB.

Do đó, để tăng độ nhạy của bộ thu quang chúng ta có thể sử dụng kỹ thuật tách quang coherent (như tách sóng heterodyne và homodyne). Đối với tách sóng trực tiếp, tín hiệu quang được chuyển đổi trực tiếp thành tín hiệu điện đã được giải điều chế. Còn tách sóng coherent, trước tiên bộ thu quang sẽ cộng tín hiệu quang tới với tín hiệu quang được tạo ra tại chỗ, sau đó tách tín hiệu quang tổng này thành tín hiệu điện. Như vậy, dòng điện kết quả này là sự dịch tần từ miền quang sang miền vô tuyến, và chúng ta có thể áp dụng các kỹ thuật xử lý tín hiệu và giải điều chế tín hiệu điện lên tín hiệu này. Bộ thu coherent lý tưởng hoạt động trong vùng bước sóng 1,3μm đến 1,6μm cần năng lượng của tín hiệu chỉ từ 10 đến 20 photon/bit cũng có thể đạt $BER = 10^{-9}$. Như vậy tách sóng coherent cho ưu điểm lớn nhất trong hệ thống tốc độ cao hoạt động trong vùng bước sóng dài.

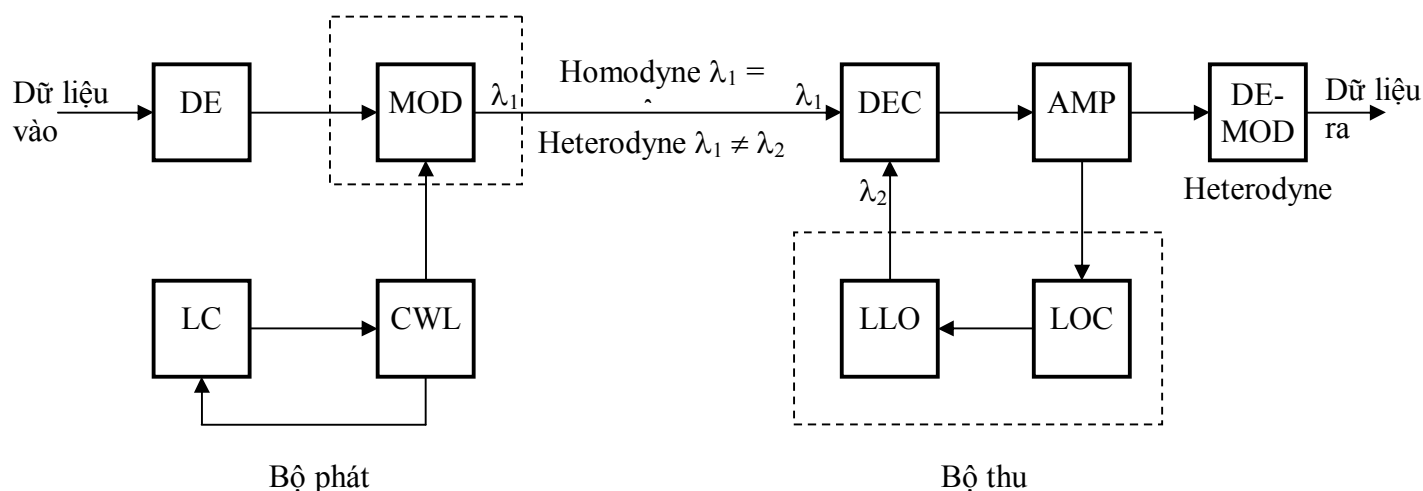
Do độ nhạy của bộ thu quang coherent hơn bộ thu tách sóng trực tiếp từ 10dB đến 20dB nên bộ thu coherent cho phép chúng ta:

- Tăng khoảng cách trạm lặp cho hệ thống trên đất liền và dưới biển;
- Tăng tốc độ truyền dẫn mà không cần giảm khoảng cách trạm lặp;
- Tăng quỹ công suất để bù các suy hao tại coupler và các thiết bị ghép tách bước sóng;
- Cải thiện độ nhạy cho thiết bị đo quang như máy OTDR.

Các dạng điều chế trong hệ thống thông tin quang coherent cũng giống như trong hệ thống vô tuyến. Chẳng hạn trong truyền dẫn số có thể áp dụng kỹ thuật điều chế ASK, FSK hay PSK.

4.4.2 Cấu trúc cơ bản của hệ thống thông tin quang coherent

Sơ đồ khối của hệ thống thông tin quang coherent được minh họa ở hình 4.11.



Hình 4.11 Sơ đồ khối hệ thống thông tin quang coherent tổng quát.

Trong sơ đồ hình 4.11, khối được đặt trong hình chữ nhật có đường đứt nét là những phần tử chính để phân biệt sự khác biệt giữa hệ thống coherent và hệ thống IM/DD.

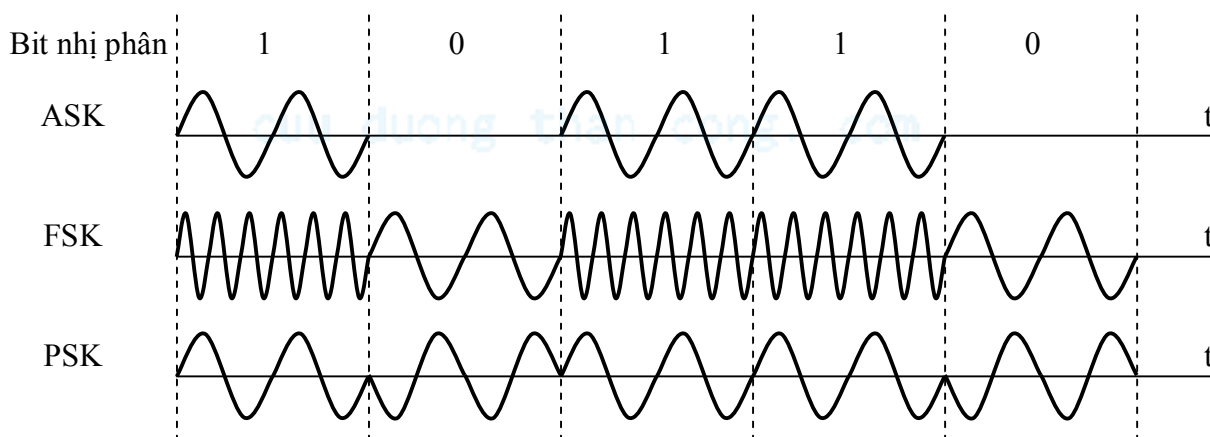
Chức năng các khối:

DE (Drive Electronic): khối này thực hiện khuếch đại tín hiệu ngõ vào nhằm tạo tín hiệu có mức phù hợp với các khối phía sau.

CWL (Continuous Wave Laser): đây là bộ dao động quang sử dụng laser bán dẫn có độ rộng phổ hẹp phát ra ánh sáng liên tục có bước sóng λ_1 .

LC (laser control): khối này nhằm ổn định bước sóng phát ra của bộ dao động quang.

MOD (Modulator): đây là khối điều chế quang, sử dụng kỹ thuật điều chế ngoài để tạo ra tín hiệu điều chế dạng ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying) hay PolSK (Polarization Shift Keying). Dạng sóng của tín hiệu ASK, FSK và PSK được minh họa ở hình 4.12.



Hình 4.12 Dạng sóng của các dạng điều chế với chuỗi bit nhị phân là 10110

LLO (Laser Local Oscillator): đây là bộ dao động nội tại bộ thu sử dụng laser bán dẫn tạo ra tín hiệu quang có bước sóng λ_2 .

DEC (Detector): khối này thực hiện hai tính năng, đầu tiên sử dụng coupler FBT cộng tín hiệu thu được (λ_1) và tín hiệu tại chỗ (λ_2). Sau đó đưa tín hiệu tổng tới photodiode để thực hiện tách sóng trực triếp theo qui luật bình phương. Để thực hiện đúng với nghĩa tách sóng coherent thì coupler quang phải tổ hợp các tín hiệu quang có phân cực giống nhau.

Khi tần số của tín hiệu tới và tín hiệu từ bộ dao động nội giống nhau thì bộ thu hoạt động ở chế độ Homodyne, và tín hiệu điện tái tạo được là tín hiệu dải nền. Còn khi tần số của tín hiệu tới và tín hiệu từ bộ dao động nội lệch nhau thì bộ thu hoạt động ở chế độ Heterodyne, và phổ của tín hiệu điện ở ngõ ra của khối DEC là dạng trung tần IF (intermediate frequency). IF này là dạng tín hiệu khác có chứa tín hiệu thông tin mà chúng ta muốn truyền đi (tức tín hiệu dải nền), và tín hiệu thông tin này chúng ta có thể thu được bằng cách sử dụng kỹ thuật giải điều chế điện.

LOC (Local Oscillator control): khối này nhằm điều khiển pha và tần số của tín hiệu dao động nội ổn định.

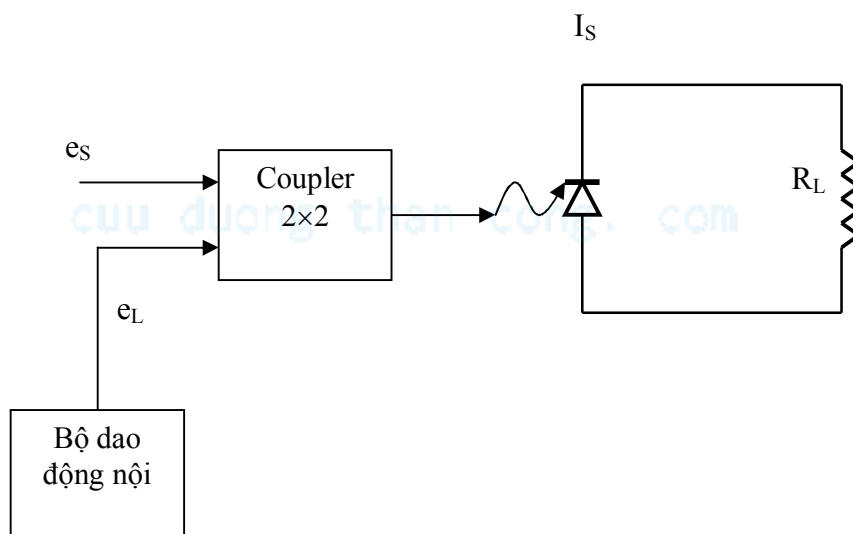
AMP (Amplifier): khối này khuếch đại tín hiệu điện sau khi tách sóng quang.

DEMODO (Demodulator): khối này chỉ cần thiết khi bộ thu hoạt động ở chế độ heterodyne.

4.4.3. Bộ thu quang coherent

a) Các nguyên lý tách sóng:

Mô hình bộ thu coherent ASK đơn giản được minh họa ở hình 4.13.



Hình 4.13 Mô hình bộ thu coherent cơ bản

Trong đó:

$$e_s = E_s \cdot \cos(\omega_s t + \phi_s) \quad (4.23)$$

đặc trưng cho trường tín hiệu vào có biên độ nhỏ E_s , pha ϕ_s và tần số góc ω_s .

Và

$$e_L = E_L \cdot \cos(\omega_L t + \phi_L) \quad (4.24)$$

đặc trưng cho trường tín hiệu của bộ dao động nội có biên độ lớn E_L , pha ϕ_L và tần số góc ω_L .

Giả sử cả hai trường điện từ này được tạo ra từ laser bán dẫn có độ lệch pha là $\phi = \phi_s - \phi_L$. Tổng quát $\phi = \phi(t)$ thể hiện mối quan hệ pha giữa hai trường chứa thông tin truyền trong trường hợp FSK hay PSK. Nếu $\phi(t)$ là một hằng số thì lúc này thông tin truyền chứa trong E_s đối với ASK.

Đối với tách sóng Heterodyne, tần số của tín hiệu dao động nội ω_L chênh lệch với tần số của tín hiệu vào ω_s một khoảng ω_{IF} , tức là:

$$\omega_s = \omega_L + \omega_{IF} \quad (4.25)$$

ω_{IF} được gọi là tần số góc của tín hiệu trung tần. Tín hiệu IF có tần số thường nằm trong vùng vô tuyến và có giá trị từ vài chục MHz đến hàng trăm MHz. Ngược lại, với tách sóng Homodyne không có sự chênh lệch giữa ω_s và ω_L nên $\omega_{IF} = 0$. Trong trường hợp này, tín hiệu khôi phục được là tín hiệu dải nền.

Trong cả hai trường hợp tách sóng Heterodyne và Homodyne, bộ tách sóng quang (photodiode) tạo ra tín hiệu có giá trị dòng là I_p , gọi là dòng photon I_p . Dòng I_p này tỉ lệ với cường độ ánh sáng theo qui luật bình phương cường độ trường tới photodiode:

$$I_p \sim (e_s + e_L)^2 \quad (4.26)$$

Thay biểu thức (4.23) và (4.24) vào biểu thức (4.26) có thể được viết lại như sau:

$$I_p \sim [E_s \cdot \cos(\omega_s t + \phi_s) + E_L \cdot \cos(\omega_L t + \phi_L)]^2 \quad (4.27)$$

Triển khai về phải của biểu thức (4.27), loại bỏ các thành phần tần số cao như $2\omega_s$ và $2\omega_L$ cuối cùng chúng ta có:

$$I_p \sim \frac{1}{2} E_s^2 + \frac{1}{2} E_L^2 + 2E_s E_L \cos(\omega_s t - \omega_L t + \phi) \quad (4.28)$$

Nếu biểu diễn theo công suất quang, công suất quang tỉ lệ với bình phương cường độ trường, ta có biểu thức (4.29):

$$I_p \sim P_s + P_L + 2\sqrt{P_s P_L} \cos(\omega_s t - \omega_L t + \phi) \quad (4.29)$$

với P_s là công suất ánh sáng của tín hiệu vào và P_L là công suất ánh sáng của tín hiệu dao động nội.

Theo thông tin quang 1, nếu tín hiệu quang tới photodiode có công suất P_0 thì dòng photon I_p được ra sẽ bằng

$$I_p = \frac{\eta e}{hf} P_0 \quad (4.30)$$

trong đó η là hiệu suất lượng tử của photodiode, e là điện tích của điện tử, h là hằng số Planck, và f là tần số ánh sáng; P_0 là công suất tới photodiode.

Do đó, biểu thức (4.29) trở thành:

$$I_p = \frac{\eta e}{hf} [P_s + P_L + 2\sqrt{P_s P_L} \cos(\omega_s t - \omega_L t + \phi)] \quad (4.31)$$

Khi tín hiệu dao động nội lớn hơn tín hiệu vào thì thành phần a.c trong biểu thức (4.31) là quan trọng hơn cả, vì tín hiệu cần khôi phục tập trung năng lượng ở đây. Như vậy chúng ta không quan tâm thành phần d.c. Và ta thay I_p thành I_s với:

$$I_s = \frac{2\eta e}{hf} \sqrt{P_s P_L} \cos(\omega_s t - \omega_L t + \phi) \quad (4.32)$$

Với tách sóng Heterodyne $\omega_s \neq \omega_L$ và thế $\omega_{IF} = \omega_s - \omega_L$ vào phương trình (4.32), ta được:

$$I_s = \frac{2\eta e}{hf} \sqrt{P_s P_L} \cos(\omega_{IF} t + \phi) \quad (4.33)$$

Như vậy ở ngõ ra của bộ tách sóng quang tín hiệu I_s là tín hiệu trung tần có tần số ω_{IF} . Tần số IF này được ổn định nhờ vòng điều khiển tần số cho laser dao động nội. Thành phần d.c của dòng I_s được lọc trước khi đưa qua bộ giải điều chế tín hiệu trung tần này.

Đối với tách sóng Homodyne, $\omega_s = \omega_L$ nên phương trình (4.32) trở thành:

$$I_s = \frac{2\eta e}{hf} \sqrt{P_s P_L} \cos(\phi) \quad (4.34)$$

Hay

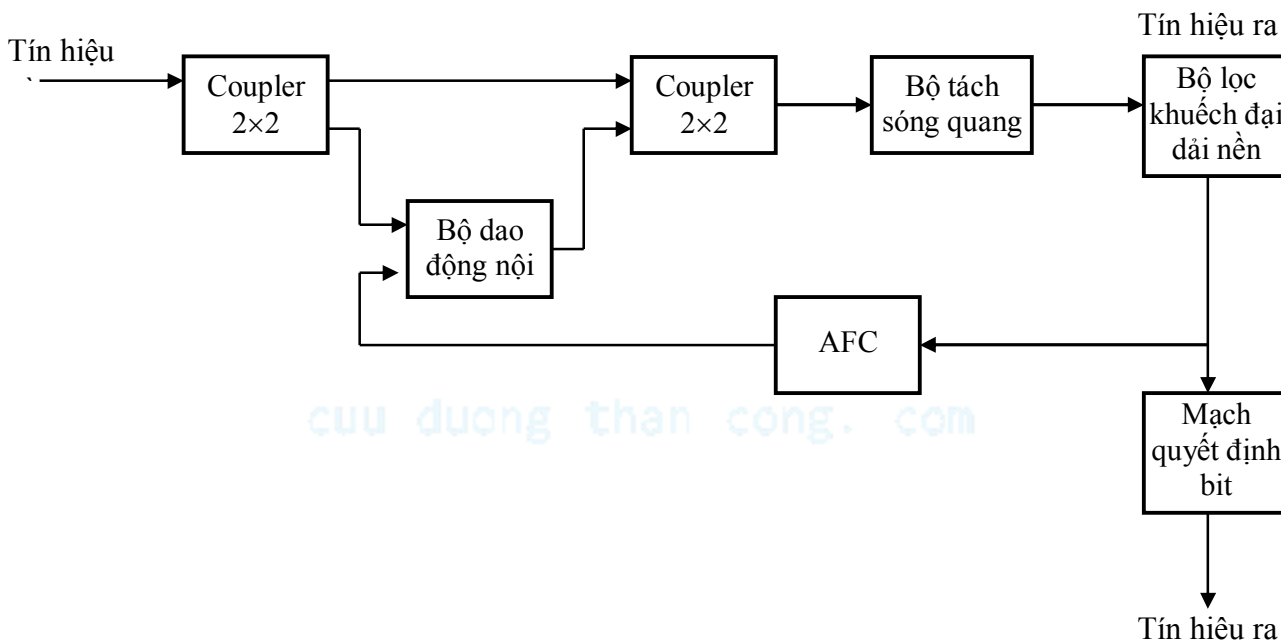
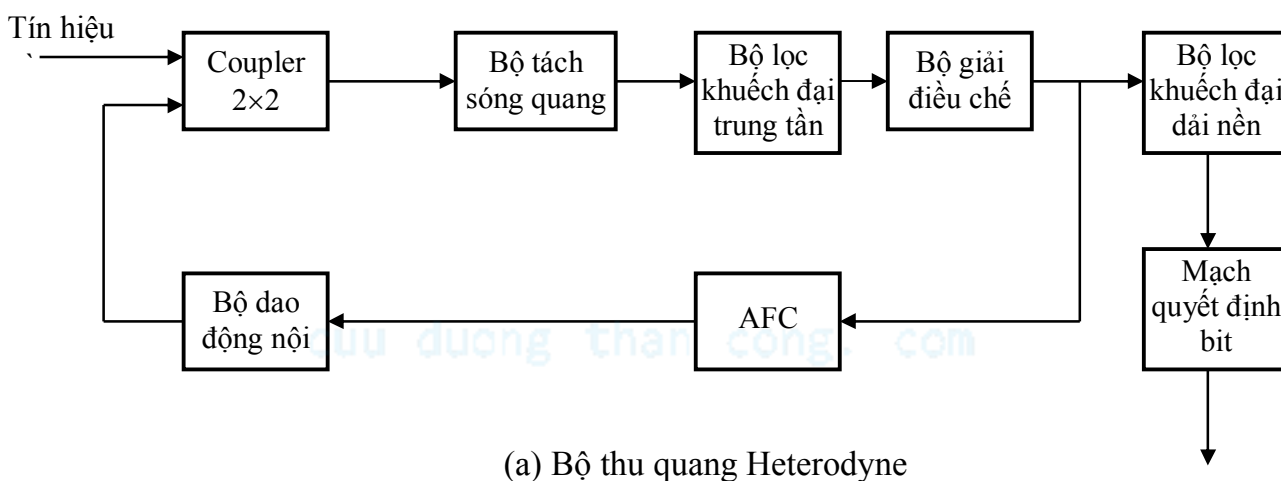
$$I_s = 2R\sqrt{P_s P_L} \cos(\phi) \quad (4.35)$$

với $R = \frac{\eta e}{hf}$ là đáp ứng của photodiode.

Từ phương trình (4.33) và (4.34) chúng ta thấy rằng dòng điện tín hiệu I_s tỉ lệ với $\sqrt{P_s}$ chứ không tỉ lệ với P_s như trong tách sóng trực tiếp. Hơn nữa dòng photon này còn được khuếch đại với hệ số $\sqrt{P_L}$, hệ số độ lợi này phụ thuộc vào cường độ trường của bộ dao động nội. Với hệ số khuếch đại tạo ra từ bộ dao động nội làm tăng mức tín hiệu thu được mà không cần bộ tiền khuếch đại, do đó không bị ảnh hưởng bởi nhiễu nhiệt hay nhiễu dòng tối của photodiode. Đó là lý do tại sao tách sóng coherent cho độ nhạy của bộ thu cao hơn so với tách sóng trực tiếp.

b) Sơ đồ khối tổng quát của bộ thu quang coherent

Sơ đồ khối tổng quát của bộ thu quang sử dụng tách sóng Heterodyne và Homodyne được minh họa ở hình 4.14.



Hình 4.14 Cấu hình bộ thu quang coherent cơ bản.

Đối với tách sóng Heterodyne, tín hiệu tổng giữa tín hiệu vào và tín hiệu dao động nội đi qua bộ tách sóng quang (PIN hoặc APD) sẽ tạo ra tín hiệu trung tần IF. Tín hiệu IF sau đó được giải điều chế thành tín hiệu dải nền bằng cách sử dụng kỹ thuật tách sóng đồng bộ (synchronous) hoặc không đồng bộ (nonsynchronous). Băng thông cần thiết của bộ thu quang Heterodyne lớn hơn nhiều lần so với tách sóng trực tiếp ở tốc độ truyền xác định trước. Ngoài ra chất lượng của bộ thu quang Heterodyne sẽ giảm khi tần số của tín hiệu trung tần dao động, cho nên cần bộ điều khiển tần số tự động AFC để ổn định tần số này thông qua lấy tín hiệu hồi tiếp từ ngõ ra của bộ giải điều chế để điều khiển dòng kích của laser dao động nội.

Trong trường hợp tách sóng Homodyne, pha của tín hiệu dao động nội được khoá với tín hiệu vào nên phải sử dụng tách sóng đồng bộ. Hơn nữa, kết quả của quá trình cộng hai tín hiệu và đưa đến bộ tách sóng quang tạo ra tín hiệu thông tin là tín hiệu dải nền nên không cần bộ giải điều chế. Vòng hồi tiếp AFC có chức năng ổn định tần số giữa hai tín hiệu.

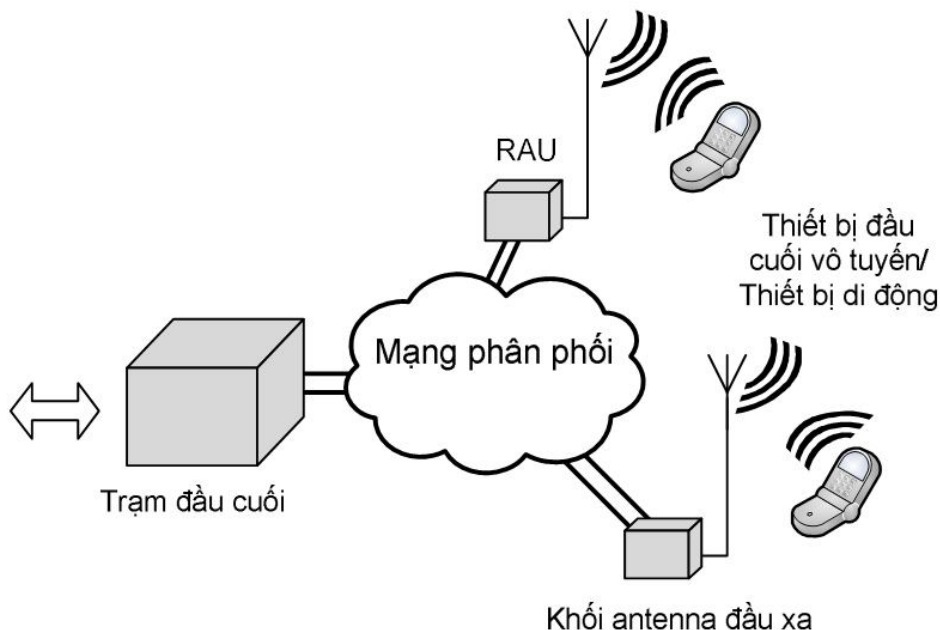
4.5- RoF

Công nghệ RoF sử dụng đường truyền sợi quang để phân phối các tín hiệu tần số vô tuyến (RF) từ một trạm đầu cuối tới các khối anten đầu xa (RAU). Trong các hệ thống thông tin băng hẹp và WLAN, các chức năng xử lý tín hiệu RF như chuyển đổi nâng tần, điều chế sóng mang, ghép kênh được thực hiện tại các trạm gốc BS hoặc ở RAP, và ngay sau đó lập tức được đưa tới anten. RoF cho phép khả năng tập trung các chức năng xử lý tín hiệu RF tại một địa điểm chung - trạm đầu cuối, và sau đó sử dụng sợi quang có suy hao tín hiệu thấp (0.3 dB/km tại vùng cửa sổ 1550 nm và 0.5 dB/km tại vùng cửa sổ 1310 nm) để phân phối các tín hiệu RF tới các bộ RAU như minh họa trên hình 4.15. Bằng phương thức này, các bộ RAU đã được đơn giản hóa, vì lúc này chỉ cần thực hiện chức năng chuyển đổi quang điện và khuếch đại. Sự tập trung các chức năng xử lý tín hiệu RF cho phép việc chia sẻ thiết bị, phân bổ linh hoạt các tài nguyên cũng như đơn giản hóa việc vận hành và bảo dưỡng hệ thống.

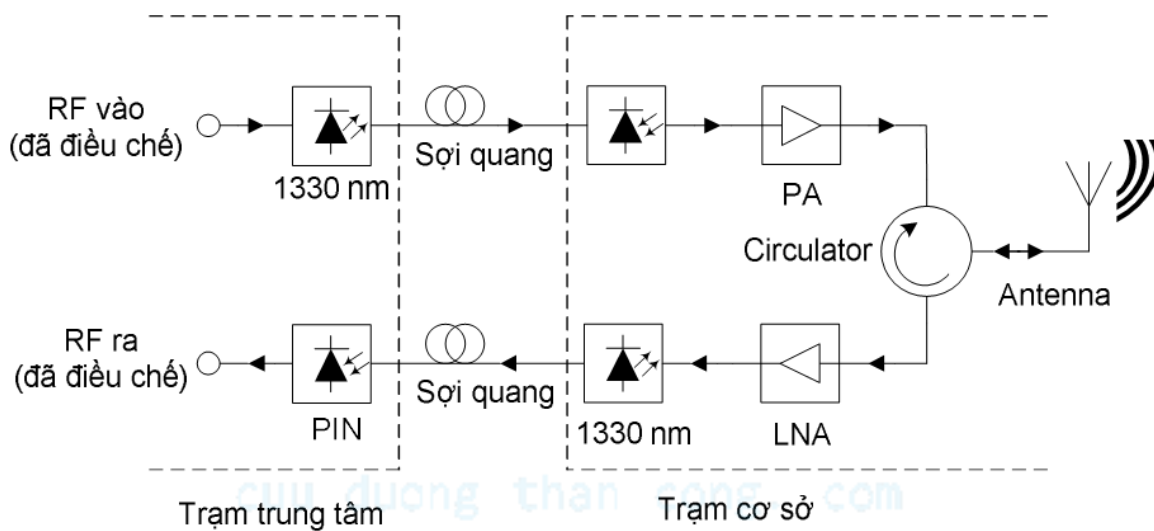
Những ưu điểm này được thể hiện trong việc giảm chi phí vận hành và cài đặt, đặc biệt trong các hệ thống thông tin vô tuyến băng rộng vùng phủ lớn – các hệ thống cần thiết có mật độ các BS/RAP lớn.

Hình 4.16 minh họa một trong những ứng dụng cụ thể của RoF, đây là hệ thống sử dụng để phân phối tín hiệu GSM. Tín hiệu RF được điều chế trực tiếp tại laser diode ở trạm trung tâm. Tín hiệu quang sau khi được điều chế theo cường độ sẽ được truyền tải trên sợi quang tới trạm gốc BS (RAU). Tại RAU, tín hiệu RF đến

sẽ được khôi phục bằng tách sóng trực tiếp tại bộ tách quang PIN. Tín hiệu sau đó được khuếch đại và bức xạ nhờ anten.



Hình 4.15 Nguyên lý hệ thống RoF



Hình 4.16 Hệ thống quang-vô tuyến 900 Mhz

Tín hiệu đường lên từ thiết bị di động MU được truyền từ RAU tới trạm trung tâm cũng tương tự như vậy. Phương pháp truyền dẫn các tín hiệu RF thông qua sợi quang theo cách này được gọi là điều chế cường độ và tách sóng trực tiếp IM-DD, và được coi là dạng cơ bản nhất của tuyến RoF.

Trong khi hình 4.12 chỉ ra việc truyền dẫn tín hiệu RF tại tần số của nó song thực tế không phải lúc nào cũng cần thiết làm như vậy. Thí dụ, tín hiệu từ bộ dao động nội LO có thể được sử dụng để chuyển đổi hạ tần sóng mang đường lên tới một tần số IF tại RAU. Như vậy có thể sử dụng các thành phần tần số thấp cho tuyến đường lên tại RAU, làm tiết kiệm được chi phí hệ thống. Việc đặt các bộ LO riêng rẽ tại RAU, được thay bằng hệ thống RoF để truyền tải từ trạm trung tâm tới RAU. Khi có mặt tại RAU, LO được sử dụng để chuyển đổi hạ tần đối với các tín hiệu đường lên. Kết quả làm cho RAU đơn giản hơn rất nhiều. Trong cấu hình này, đường xuống là thành phần chủ yếu của RoF, do phải truyền tải các tín hiệu tần số cao. Việc truyền tải các tín hiệu tần số cao sẽ gặp nhiều thách thức, do đòi hỏi các thành phần tần cao, và băng thông liên kết lớn. Nghĩa là các tín hiệu tần cao sẽ nhạy cảm đối với máy phát, máy thu và các hồng học tín hiệu liên kết truyền dẫn.

Bên cạnh phương pháp điều chế theo cường độ và tách sóng trực tiếp IM-DD còn có các phương pháp khác, bao gồm cả sử dụng chuyển đổi nâng tần để phân phối tín hiệu.

Các ưu điểm khi sử dụng công nghệ RoF

So với truyền tải tín hiệu điện, công nghệ RoF có rất nhiều ưu điểm:

- Suy hao thấp: cuuduongthancong.com

Việc truyền tải dạng điện đối với các tín hiệu vô tuyến tần cao trong không gian tự do hoặc qua các đường truyền dẫn gặp nhiều vấn đề khó giải quyết và đòi hỏi chi phí lớn. Đối với không gian tự do là suy hao do hấp thụ và phản xạ, còn đối với đường truyền dẫn là trở kháng tăng theo tần số, dẫn tới suy hao lớn. Vì thế, việc phân phối tín hiệu vô tuyến tần cao dạng điện qua khoảng cách lớn đòi hỏi phải có các thiết bị lắp đặt tiền. Với các sóng mm, các đặc tính thông qua sử dụng các đường truyền dẫn là không khả thi, ngay với cả khoảng cách ngắn. Giải pháp thay thế là phân phối tín hiệu băng tần gốc hoặc các tín hiệu trung tần (IF) từ trung tâm chuyển mạch (trạm trung tâm) tới BS.

Các tín hiệu IF hoặc băng gốc sẽ được chuyển đổi nâng tần tới tần số sóng mm hay sóng ngắn yêu cầu tại BS, khuếch đại và sau đó bức xạ. Cấu hình hệ thống giống như sử dụng trong hệ thống thông tin di động băng hẹp. Bởi vì, các bộ dao động nội LO hiệu suất cao sẽ được yêu cầu để chuyển đổi nâng tần tại mỗi BS làm cho các BS trở nên phức tạp. Tuy nhiên, do sợi quang có suy hao rất thấp nên công nghệ RoF được sử dụng đối với các sóng mm để đạt được sự suy hao thấp và đồng thời làm đơn giản hóa RAU.

Sợi đơn mode tiêu chuẩn thương mại (SMF) được làm từ thủy tinh (silica) có suy hao dưới 0.2 dB/km và 0.5 dB/km tương ứng tại các vùng cửa sổ 1550 nm và

1300 nm. Các sợi quang POF (Polymer Optical Fiber), loại thông dụng cho suy hao cao hơn, từ 10-40 dB/km tại các vùng cửa sổ 500-1300 nm. Các suy hao này thấp hơn rất nhiều so với cáp đồng trục – có suy hao của cáp là hàm bậc 3 so với biên độ tại các tần số cao. Ví dụ, suy hao của một cáp đồng trục ½ inch (RG-214) là >500 dB/km đối với các tần số lớn hơn 5 GHz. Vì thế, nhờ việc truyền dẫn các sóng siêu cao tần dưới dạng quang, khoảng cách truyền dẫn sẽ được tăng đáng kể và công suất phát yêu cầu cũng sẽ được giảm rõ rệt.

- Bảng thông lớn:

Các sợi quang có băng thông cực lớn. Có 3 cửa sổ truyền dẫn chính với suy hao thấp tương ứng là 850 nm, 1310 nm và 1550 nm. Đối với một sợi quang, băng thông tổng cộng của cả 3 cửa sổ là vào khoảng hơn 50 THz. Tuy nhiên, các hệ thống thương mại ngày nay mới chỉ tận dụng được một phần nhỏ của dung lượng này (khoảng 1.6 THz). Các thông số hoạt động chủ yếu hướng tới việc mở rộng băng thông bằng cách sử dụng sợi quang tán sắc thấp (hoặc dịch tán sắc), bộ khuếch đại EDFA đối với cửa sổ 1550 nm, và sử dụng các kỹ thuật ghép kênh tiên tiến như ghép kênh phân chia theo thời gian quang OTDM kết hợp với kỹ thuật ghép kênh phân chia theo bước sóng mật độ cao DWDM.

Băng thông khổng lồ mà sợi quang đem lại còn có nhiều ưu điểm khác bên cạnh dung lượng lớn để truyền dẫn các tín hiệu siêu cao tần. Băng thông quang lớn cho phép xử lý tín hiệu tốc độ cao, điều khó hoặc thậm chí không thể thực hiện trong các hệ thống điện tử. Nói một cách khác, một số chức năng vi ba yêu cầu như lọc, trộn, chuyển đổi nâng-hạ tần, đều có thể được trang bị trong miền quang. Ví dụ, lọc sóng mm có thể được thực hiện trước hết bằng việc chuyển đổi tín hiệu điện thành tín hiệu quang, sau đó thực hiện việc lọc bằng việc sử dụng các thiết bị quang như giao thoa kế Mach Zehnder (MZI) hoặc cách tử Bragg sợi quang (FBG), và sau đó chuyển đổi tín hiệu đã được lọc về lại dạng điện. Hơn thế nữa, việc xử lý trong miền quang cho phép sử dụng các thiết bị quang băng thông thấp giá rẻ như các laser diode và các bộ điều chế mà vẫn xử lý được các tín hiệu băng thông lớn.

Tuy nhiên, băng thông khổng lồ của sợi quang bị hạn chế do giới hạn băng thông của các hệ thống điện. Vấn đề này được xem như là “thắt nút cổ chai điện tử”. Giải pháp xử khắc phục là dựa trên việc ghép kênh hiệu quả, thông qua các kỹ thuật OTDM và DWDM được sử dụng trong các hệ thống quang số. Trong các hệ thống quang tương tự sử dụng RoF, SCM được sử dụng để tăng cường băng thông sợi quang. Trong SCM, rất nhiều sóng mang vi ba, những thành phần đã được điều chế với dữ liệu tương tự hoặc số, sẽ được kết hợp và được sử dụng để điều chế tín hiệu quang. Chính điều này tạo nên hiệu quả kinh tế của các hệ thống RoF.

- Không bị ảnh hưởng với nhiễu tần vô tuyến:

Không bị ảnh hưởng đối với EMI là một đặc tính rất tốt của thông tin sợi quang, đặc biệt là truyền dẫn sóng ngắn. Đó là do các tín hiệu được truyền dưới dạng ánh sáng trong sợi. Do đó, các sợi quang thường được sử dụng với cả cự li ngắn tại sóng mm. Hơn nữa, thông tin sợi quang có tính bảo mật cao khi truyền dữ liệu.

- Lắp đặt và bảo trì đơn giản:

Trong các hệ thống RoF, thường các thiết bị đắt tiền và phức tạp được đặt ngay tại trạm trung tâm, để cho cấu trúc của RAU đơn giản hơn. Do đó, hầu hết các kỹ thuật RoF, tại RAU chỉ cần một bộ dao động nội LO và thiết bị liên quan. Trong trường hợp này cần một bộ tách sóng quang, một bộ khuếch đại antenna, một antenna là đủ tạo thành RAU. Việc điều chế và thiết bị chuyển mạch được đặt tại đầu cuối và được chia sẻ bởi rất nhiều RAU. Do đó, làm cho các bộ RAU đơn giản hơn và giảm chi phí cho việc cài đặt và bảo trì hệ thống. Việc cài đặt đơn giản và chi phí bảo trì thấp của RAU là các yêu cầu rất quan trọng đối với các hệ thống sóng mm, bởi vì các hệ thống này cần một số lượng các RAU rất lớn.

- Giảm công suất tiêu thụ:

Công suất tiêu thụ giảm là do sử dụng RAU đơn giản hơn bằng cách giảm đi các thiết bị. Hầu hết các thiết bị phức tạp được đặt tại trạm trung tâm. Trong một số ứng dụng, các RAU hoạt động ở chế độ thụ động. Thí dụ, một vài hệ thống Fibre-Radio 5 GHz sử dụng các pico-cell có các RAU hoạt động ở chế độ thụ động. Việc giảm công suất tiêu thụ tại RAU là rất quan trọng khi các RAU được đặt ở nơi xa chưa có mạng điện lưới.

- Phân bổ tài nguyên linh hoạt:

Do việc chuyển mạch, điều chế và các chức năng RF được thực hiện tại trạm trung tâm, nên có thể phân bổ dung lượng một cách linh hoạt. Thí dụ, trong hệ thống phân phối RoF đối với lưu lượng GSM, dung lượng có thể được phân bổ thêm cho một vùng (như một khu phố buôn bán) trong suốt một vài giờ cao điểm và sau đó sẽ được phân bổ lại cho các khu vực khác khi qua giờ cao điểm (như các khu vực tập trung đông vào các buổi tối). Điều này được thực hiện bằng cách cấp phát thêm các bước sóng quang nhờ kỹ thuật WDM. Phân bổ dung lượng linh hoạt là cần thiết so với phân bổ tài nguyên cố định, giúp tránh được lãng phí tài nguyên do lưu lượng trên mạng thay đổi thường xuyên.

Các hạn chế của công nghệ RoF

Do RoF bao gồm điều chế tương tự và tách sóng quang, nên về cơ bản là hệ thống truyền dẫn tương tự. Vì vậy, tín hiệu bị ảnh hưởng bởi nhiễu và méo, và đây cũng là các ảnh hưởng chính trong các hệ thống truyền dẫn tương tự cũng như hệ

thông RoF. Các suy giảm bao gồm hệ số nhiễu (NF) và dải động (DR) của các tuyến RoF. Dải động là một thông số rất quan trọng đối với các hệ thống thông tin di động như GSM bởi vì công suất thu được tại BS từ MU biến đổi rất lớn (khoảng 80 dB). Vì thế, công suất RF nhận được từ một MU gần BS có thể cao hơn rất nhiều so với công suất RF nhận từ một MU cách xa vài km, nhưng vẫn trong cùng một ô.

Các nguồn nhiễu đối với các liên kết sợi quang tương tự bao gồm tạp âm cường độ tương đối của laser (RIN), nhiễu pha laser, nhiễu nỏ của bộ tách sóng quang, nhiễu nhiệt của bộ khuếch đại và tán sắc của sợi. Trong hệ thống RoF sử dụng sợi đơn mode, tán sắc màu giới hạn chiều dài tuyến quang và có thể gây nên mất tương quan pha, dẫn tới tăng nhiễu pha sóng mang RF. Nếu sử dụng sợi sợi đa mode, tán sắc mode sẽ hạn chế băng thông và khoảng cách.

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com

4.6- KẾT LUẬN

Trong hệ thống WDM, tán sắc vận tốc nhóm được chú ý đặc biệt. Bởi vì loại tán sắc này hạn chế cự ly truyền tải của hệ thống. Nguyên nhân chủ yếu xuất hiện tán sắc tốc độ nhóm là sử dụng sợi quang đơn một tiêu chuẩn có tán sắc khác zero tại miền bước sóng truyền tín hiệu trong sợi quang này và do sử dụng nhiều bộ khuếch đại quang mắc nối tiếp nhau.

Để giảm tán sắc tốc độ nhóm cần sử dụng các kỹ thuật bù tán sắc. Trong đó kỹ thuật bù quang được sử dụng trong thực tế như sử dụng sợi bù tán sắc, sử dụng bộ lọc quang hoặc cách tử sợi quang.

Các hiệu ứng phi tuyến như điều chế pha chéo (SPM), trộn 4 sóng (FWM) v.v. đều làm giảm công suất của các kênh tín hiệu trong hệ thống WDM, giảm SNR và gây xuyên nhiễu giữa các kênh. Để hạn chế ảnh hưởng của các hiệu ứng này cần lựa chọn một số giải pháp thích hợp.

Mạng truy nhập sợi quang đã và đang phát triển. Tuy nhiên, tại một số vùng không cho phép triển khai mạng truy nhập hoàn toàn có dây cần sử dụng kết hợp với mạng không dây, điển hình là RoF.

Hệ thống thông tin quang kết hợp khắc phục một số nhược điểm của hệ thống thông tin quang thông thường (tách trực tiếp). Tuy nhiên do cấu trúc hệ thống này phức tạp hơn hệ thống thông tin quang thông thường nên chưa được triển khai rộng rãi.

CÂU HỎI

- 1- Trong các hệ thống thông tin quang, bù tán sắc được thực hiện tại:
 - a. Máy phát.
 - b. Máy thu.
 - c. Dọc tuyến quang.
 - d. Tất cả các câu trên
- 2- Sợi quang bù tán sắc khác với sợi quang thông thường để truyền thông tin là:
 - a. Nồng độ tạp chất thấp hơn.
 - b. Có hệ số tán sắc âm lớn.
 - c. Suy hao thấp hơn.
- 3- Dựa vào hiệu ứng FWM trong sợi quang, có thể tạo ra:
 - a. Bộ khuếch đại quang (OA).
 - b. Bộ chuyển đổi bước sóng.
 - c. Bộ lọc quang.
- 4- Mạng quang thụ động (PON) sử dụng:
 - a. Bộ chuyển đổi O/E/O.
 - b. Bộ chia quang thụ động.
 - c. Bộ lọc quang.
- 5- Kỹ thuật thông tin quang Coherent ra đời nhằm mục đích gì?
 - a. Thay thế hệ thống IM/DD do kỹ thuật đơn giản.
 - b. Tăng cự ly thông tin.
 - c. Tăng chất lượng hệ thống.
- 6- Đặc điểm nhận biết thông tin quang coherent so với hệ thống thông tin quang IM-DD là:
 - a. Sử dụng điều chế ngoài (external modulation) tại phía phát.
 - b. Sử dụng laser dao động nội tại phía thu.
 - c. Truyền tín hiệu tương tự.