



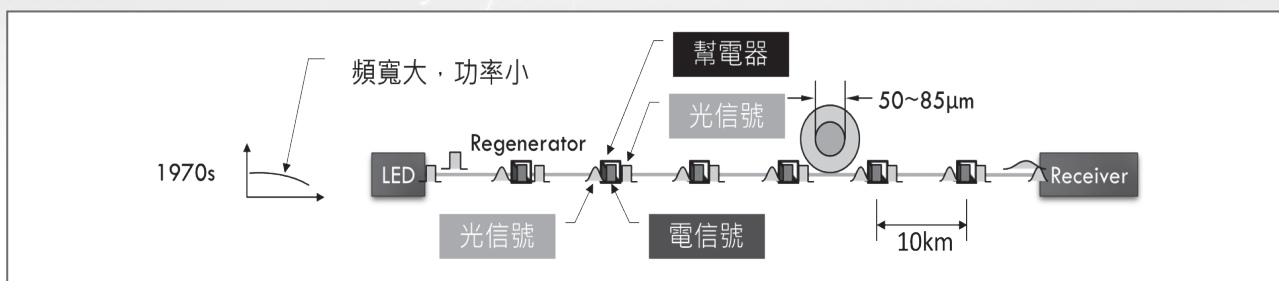
光纖通信二三事

光纖通信演變過程

交通部中華技術服務社 顧問 劉時森老師
兼台灣區電信工程工業同業公會 技術諮詢顧問

一直到1970年代，光纖發明後，光纖通信才真正的起飛。這個新產品可通，0.85nm、1300nm、及1550nm三個波段。最

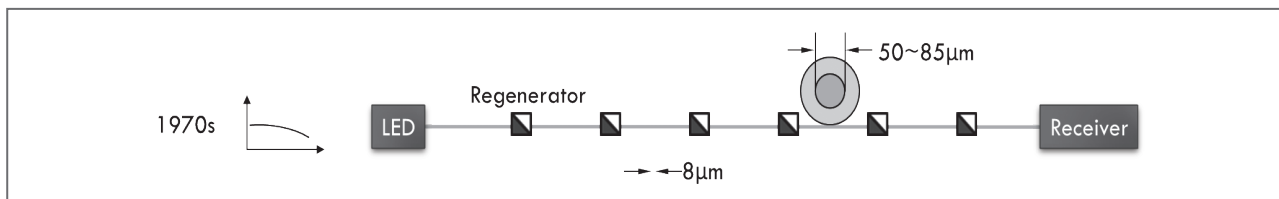
初光源LED，波長850，衰減大4dB/km，LED發射功率小，光頻譜寬，容易色散，而且使用模態光纖，色散更加嚴重。



圖（一） 1970年代，LED光源系統

沿途約10公里需要一個電器，把光信號轉換成電信號，後再換成光信號傳輸，這種

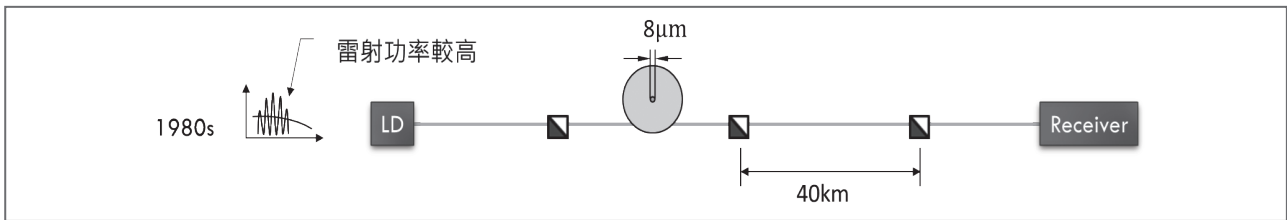
動作沿途一直重覆。當時幫電器很貴，現在也很貴。



圖（二） 1970年代，LED光源幫電區間

1980年代，開始使用雷射。用的是多模態FP雷射，和LED最大不同是，LED為一連續波，FP雷射所發射的光波也是連續波，但功率高出許多。光纖使用多模態，波長為

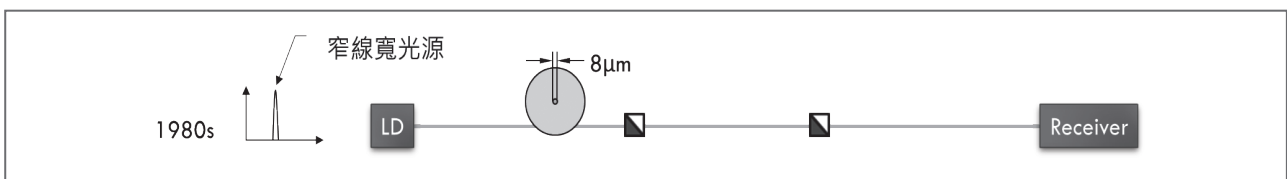
1300。雷射雖為多模，雖功率較大，鏈路仍然有色散。使用幫電器數量較少，約40公里一只。



圖（三） 1980年代，雷射光源系統

也是80年代，日本開始使用1550波長，衰減更低。光源改為單模態雷射。也是使用

單模態光纖，幫電器使用的數量再減少。



圖（四） 1980年代，日本1550nm波長雷射光源系統

從1970到1980，使用的光纖都是斜射率多模態光纖。1978年，英國工程人員一直被多模態光纖接續點造成光雜訊的問題困擾。即使兩心光纖的規格相同也可能出現這樣的問題。英國電信研究所因為使用了核心直徑30微米的光纖，而不是美國那邊的50或62.5微米光纖，一直以為這是導致模態雜訊的原因。後來才發現，只有單模態光纖可以消除模態雜訊！

單模態光纖最麻煩的是耦合困難。在波長850nm時，單模態光纖因材料色散和斜射率多模態光纖的傳輸性能差不多。但在1300nm波段，單模態光纖材料色散趨近於0。表示傳輸容量是850的好幾倍而且損失也

低，光信號可以在單模態光纖內傳送幾十公里。另外，光纖核心直徑與波長成正比，850時核心直徑為4微米，在1300時核心直徑可達9微米，不難製造。拜熔接技術與連接器技術進步之賜，耦合的困難可以解決。

1980年英國開始轉向單模態光纖，市場上單模態光纖的使用量大幅增加。康寧為了維持技術龍頭的地位，也開始製造單模態光纖，竟然發現此光纖比斜射率光纖容易製造。日本也開始研究單模態光纖，1977年NTT製造出低損失單模態光纖。1978年，茨城縣實驗室製造出最低損失1550nm波長單模態光纖，衰減0.2dB/km。NTT稱這光纖為極低損失光纖（Ultimate Low-loss Fiber）。



色散隨著距離增加，100公里擴散100倍。好的斜射率光纖可以載送數百個Mbps十公里；在1.3微米波是時，20Mbps，50公里。而單模態光纖可以輕易的載送數Gbps速率50公里，為斜射率光纖所望塵莫及。

在美國，單模態光纖引起一個光纖通信鬼才的注意，Will Hick.！他是學紡織出身，美國CIA把他引入美國光學公司（America Optic），但CIA不知他不是光學正科班。也因為如此，他的想總是異於同行，他親自計算單模態光纖的傳輸容量，發現遠大於Gbps！

Hick早期從事光纖束實驗，知道光束可從相鄰光纖之間跨出去或跨進來。這個概念在通信實務上可做光交換、光分歧、分波。他也知道一心光纖可同時傳送好幾個波長，可以傳送十、百個波長、甚至更多的波長，到了末端再解開。這就是分波多工的概念。

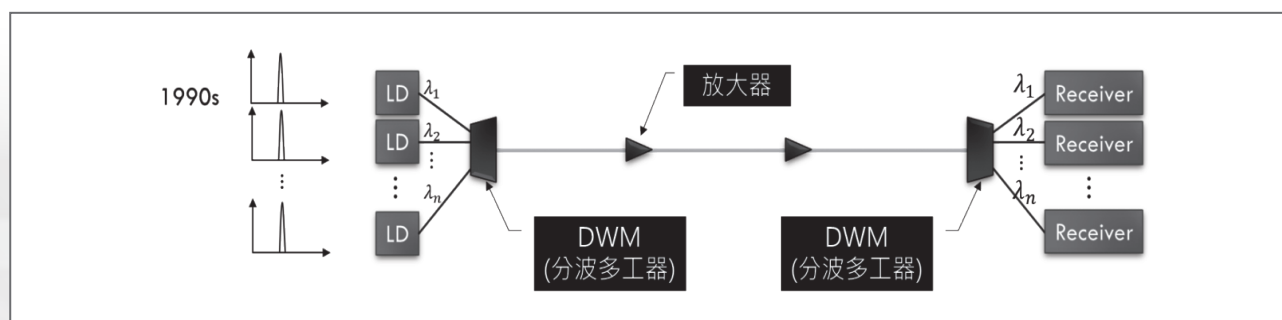
他還想到利用雷射原理，可做光放常器，同時放大光纖通信光波段內所有的波長。更

進一步，Hick看見光纖從電信機房到家，中間沒有經過任何的光電轉換，通話的光信號在光纖網路裡可以交換。

光纖技術不停的發展，電子雜誌每一期都有新的報導。康寧和貝爾在實驗室隊把1.55波長的光纖衰減推進到0.16dB/km。

80年代晚期，英國南安普敦大學（University of Southampton）研發出一種以光纖為底材的“摻鉕光纖放大器（Erbium Doped Fiber Amplifier, EDFA）”。光信號通過短截的摻鉕光纖時會直接被放大約1000倍（30dB），不需經過光電轉換也不必離開光纖。這個光纖放大器比Will Hick所提的雷射放大器成本更低，可直接裝在光纖身上，現在業界已經大量使用。

1990年，多波長分波多工系統出現，也使用1550波段，單模態雷射。每一頻道間隔約0.8nm（100GHz）。因為成本及摻鉕光纖的出現，途中信號處理改用放大器。



圖（五） 1990年代，分波多工系統