



銅纜在通信網路實體層裡 會消失嗎？

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

在光纖及無線通信來勢兇兇的情況下，銅線電纜在通信網路（含電信網路）實體層將來仍有存在的空間嗎？本文就從網路架構、通信頻寬、線路工程、及人體器官運作機能的角度觀察及分析：

一、先從網路架構談起

光纖的價格在過去二十多年來不斷的下降，銅線的價格卻不降反昇，而電信網裡銅線仍然佔了相當的比例。

1.公眾電信網路

以中華電信為例，其龐大的管道系統內，幹線管道銅纜約佔80%，剩餘的20%由光纜使用的管中管佔用，還有少許的空管或預備

管。配線部份，銅纜與光纜約各佔一半，架空線路部份亦同。目前，這些銅纜的存在只有一個理由：不可能一次就全面把電纜換成光纜，除非是政策需要。縱使要開支維護費，能用就繼用，非不得已不必為了光纖化而把既有的電纜換成光纜。

通信界常聽到的一句格言：無線，頻寬有限；有線，頻寬無限。行動通信的終端設備也需連接電信網路裡的光纜才能通信，而光纜就佈放在前述的20%管道內。手機的無線可以無所不在，但在無線電波在隔局較封閉的屋內或地下室卻一籌莫展，只能靠連銅纜連接強波器。WiFi亦同。



第四台及市政府監控系統的骨幹部份也使用光纜，但在接戶及接攝影機部份仍然使用同軸電纜。

2. 建築物電信網路

NCC目前規定新的建築物內電信網路必須有PE-PVC電纜、垂直光纜、水平網路線等線路。第四台垂直部份也是使用同軸電纜，分配器後方的線路也是同軸電纜。換句話說，只要是新的建築物必定會有銅纜。現在新的建築如雨後春筍，銅纜更不可能從電信線路網消失。

二、通信頻寬

光纖的通信頻寬固然很大，但不是所有的頻寬都會被用上。真正使用大頻寬的是電信公司，因其線路網裡有中繼線路（機房與機房間）、長途線路、海底光纜等。這些線路光纖化是趨勢，因為光纖便宜、頻寬大、不受電磁波干擾、沿途的放大設備簡單。

而市話及區域網路情況就不同了。這區塊裡一般居家或商辦佔多數，所需的頻寬遠小於前述三種線路的使用者。又這些消費者離機房的距離，市區不超過2公里，鄉村地區平均在10公里以下，使用銅線的ADSL或VDSL可以滿足大多數客戶的上網需求。就算有大頻寬需求的客戶，仍然可以銅、光纜並存佈設。

在建築物電信網路裡有“光纖骨幹”，仔細探究其主要原因：一是政策的推動，把光纖網路延伸到網路末端決對有

助於國家通信建設的提昇；二是光纜的細徑“不太”佔電信網路管線設備，質輕好佈線，屋主及施工者都愛；三是電信業者樂觀其成，頻寬越大，電信業能提供得服務越多。

建築物裡的光纖骨幹依性質分成兩種：

1. FTTH的光纖骨幹

FTTH是光纖到戶。要問的是：從那裡到戶？是從電信公司到戶。從電信公司的角度，光纜可以省去不少的維護成本，且頻寬大足以因應客戶的昇級。又光分歧器的普及，一心光纖可以滿足32個（或更多）FTTH。NCC並沒因客戶的FTTH而製定政策要求業者把管道內既有的銅纜拆除，或建築物內及宅內不得再佈放銅纜。

2. 區域網路的光纖骨幹

商辦大樓、公家機關、科學園區、校區都會使用乙太網路，因網路涵蓋數個樓層或數棟建築物。樓層或建築物之間會使用光纖當做各小區塊網路的中繼。這些光纖絕大部份是多模態光纖，不同於前述FTTH的單模態光纖。其傳輸速率通常在10Gbps或更大，光纖大頻寬的優點在此確實得以發揮，但僅止於HUB與HUB之間，而連到桌上電腦的線路仍然大部份是網路線（銅纜）。

三、線路工程

線路的佈放不會只佈放“光纖”或“芯

線”，一定是光纜及銅纜。若問線路施工人員：光纜與銅纜何者較容易佈放施作？大部份人直覺的回答是光纜，但頓了一下又把答案收回去，接下來就不知如何回答？本文就從“纜線接續”及“心線接續”的角度來探討。

1.公眾電信網路的纜線佈放與接續

就佈放難易度，光纜的質輕、細徑確實是纜線施工的優勢。但是真正在現場佈放時，會發現每盤一公里的光纜，因線路重量及路由的彎曲而無法直接從管道的起始端一次就拖拉到一公里管道的另一端，或架空線路1公里的最後一根電桿。必須在這一公里的半中間把光纜全部抽出，盤“8”後再兩頭分別佈放，耗時又耗工。銅纜每捲250公尺，可以一次佈放完成。若不是建設計劃，施工者在“佈放效率”的考量上是不會選擇佈放光纜的。

接下來的光纜接續及終端工作效率端看施工場所。在人孔及手孔裡這兩種纜線的接續盒或接頭的施作難度幾乎相同。光纜的光纖心通常在100心、200、或300心，熔接工作不但耗時且費心，接續盒必鑽孔及光纜的擺設處理。人孔內銅纜芯數遠大於光纜許多，接續耗時，事後又需對照（1800對以上電纜接續及對照足足使用24小時）。無論使用鉛管或熱縮管封接續頭，都必須加熱施作，若沒有相當的技術及經驗也很難施作。在侷促的空間內這兩種纜線的接續工作是對考驗技術人員的技術、經驗、及體力。

在電桿上銅纜的接續盒只要併裝即可，芯線接續使用接續子壓接即可，施工容易。而光纜接續盒則必須在地面鑽孔、擺放光纜、接續光纖（熔接）、整理光纖收容盤，最後在電桿上處理餘長等。就線路佈放的角度而言，通信業者會比較喜歡佈放電纜。

2.光纖接續與銅纜芯線接續

光纜內光纖的接續靠熔接，必須有一台熔接機。而熔接機是主動元件，需電源（或電池）才能運作，機器昂貴，從工程的角度這是一件麻煩事。雖然光纖也可用接續子接續，但為了達到損失標準及滿足接續盒內收容盤有限的空間，仍然以熔接為主。接續子只在維修時因不便攜帶熔接機偶爾用上。

銅纜芯線的接續有銲接、接續子、或扭接等方式。現在的電纜芯線接續大都以接續子為主，取代過去的銲接。接續子只要一支鉗子就可以完成，不必準備電源及接續器具工具箱。扭接只發生在配線箱內的端子塊的針狀接點用撓線槍“打線”，在電纜接續點已幾乎不見。相對於光纖，電纜芯線接續簡單多了。

四、人體器官運作機能

光纖在電(通)信網路大行其道，純脆是因終端設備的機制運作。不可否認的，影片的畫素越高看得越舒服，但這個“舒服”必須從光纖或無線信號轉換成電信號，再由銅線傳輸才有可能。

人的視覺對物件移動或變化的反應速度，只要能維持在0.042秒以內，就會感到物件變化的連續性。這些物件如果是相片而且畫素很高，一秒鐘在眼睛移動24張就是高畫質影片，即現在的1080p、4K、或8K影像。聽覺對聲音的變化都在20kHz也是一樣，只是不需高比次。

人的視覺及聽覺都不是直接對光纖的光信號有所反應，必須轉換成耳朵及眼睛可接收頻率的光波或音波。轉換之前這些音波及光波都是電磁波，只有銅線才能傳送。所以銅線會因人而永久存在，只是長短及包裝的問題而已。

五、結語

綜合上述：只要人類存在，在通信網路的實體層裡的銅纜就不可能完全消失，只是存在空間收到壓縮。

不受電磁波干擾是光纖的優點也是缺點，因為只要為人服務，就必須轉換成電多一道光電轉換的設備及成本。所謂“電磁波環境”大自然本來就有，在通信波段內的大部份是人為的，通信終端設備使用的波段也是“因人設事”。換句話說，電子通信設備運作的電磁波波段不在光纖通信的波段範

圍內，對光信號根本不產生任何感應。可以這麼說：不受電磁波干擾不見得符合人類感應器官的運作需求。

光纖的大頻寬固然可以大幅的提高網路頻寬，但是「光→電；電→光」轉換使電信網路增加很多工事，可以肯定的是被動光網路（Passive Optical Network, PON）會越來越普及，但是地下管道內及電桿上既有的銅纜仍有“事實上存在”的價值。等這些價值消失後，縱使全面FTTH，屋內仍然有銅纜。就算屋內銅纜也消失，電腦、電視、3C設備到黑盒子之間仍然有銅纜！

