

因應電磁脈衝攻擊 光纖網路系統運用能力之探討

作者/李建邦 少校

提要

電磁脈衝（Electro-Magnetic Pulse, EMP）¹攻擊，是現代化戰爭中有效的作戰運用手段，它可以癱瘓電子、通訊及毀損國防所必備之指管通資系統。為了防範電磁脈衝可能造成的威脅，相關防護工作及指管系統的備援能力也就需加以研討，本文將介紹電磁脈衝發展現況及利用光纖網路的特性(如高頻寬、不受電磁干擾、長距離訊號傳遞)等優點，提供國軍作為電磁脈衝攻擊整體規劃之方針。

關鍵字：電磁脈衝、高能微波武器、光纖網路、光分歧器

前言

為國防軍事用途考慮，人造電磁脈衝已研發到可干擾或是損壞通電裝備的地步，其中核爆電磁脈衝（Nuclear-explosion Electro-Magnetic Pulse, NEMP）²，係四十年代於高空核爆試驗中被發現的，近年來高能微波武器³（High-Power Microwave, HPM）的研究逐漸萌芽，電磁脈衝（EMP）能在極短時間內，以電磁波的型態，將強大能量由爆點傳至數百公里之遠。在行進過程中，電磁脈衝會對電子、資訊、電力、光電、微波……等設施產生破壞，以癱瘓敵人之指揮、管制、通信、資訊、情報及監偵系統為目的，在未來高科技戰爭中，均應提升抗電磁脈衝之能力，以主導戰場優勢。

近年來，隨著光通信技術的發展，各國都非常重視光纖通信技術在軍事上的應用，並把指管系統的光纖化看成繼核武、遠端導彈之後的「第三次軍事革命」。光纖是採用石英材料製成的，重量輕、體積小、線纜佈置簡便美觀，同時節省空間。且光纖的資訊容量非常大，信號衰減非常小，傳送資訊能力強。由於光纖不含金屬介質，能抗各種電磁干擾、射頻干擾等，降低了整個指管系統電磁相容方面的因素。

¹ 應天行，〈電磁脈衝武器及其防禦〉《全球防衛雜誌》（臺北），第218期，民國91年10月，頁46。

² 唐繼善，〈電磁脈衝(EMP)簡介〉《新新季刊》（桃園），第13卷第3期，民國74年7月，頁18-26。

³ 同註2。

由於現代戰爭朝網絡化戰爭發展，電磁脈衝彈可癱瘓指、管、通、資、情、監、偵（Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, C4ISR）系統⁴，為因應共軍可能發展出的電磁脈衝武器攻擊，將探討光纖網路系統在電磁脈衝攻擊下之防護能力。國軍已積極推動環島光纖、數位微波網路，並結合衛星通信，達成戰場資訊透明化與即時情資共享與決策自動化之目的，並有效運用民間通資資源，形成軍民共用多重節點，複式網路相互備援通聯體系，以有效發揮國軍整體戰力。

現代武器系統的電子化程度越高，對於電磁場、電壓、電流的變化量，越來越無法承受，電磁脈衝武器正是抓住敵方這一弱點，戰略運用核爆電磁脈衝時，能全面毀傷敵方電子設備；戰術運用高功率微波武器時，能實施精準打擊，有效癱瘓敵方通資電中樞，對於現代化之資電作戰指管節點，能產生致命性之攻擊。

在 2002 年美國《新聞週刊》在其預言式的「2012 年世局評估」特別號中預測：中共可能以電磁脈衝武器對台灣發動攻擊，癱瘓台灣股市、金融與通訊體系。此時電磁脈衝武器及高功率微波武器突然成為國內的熱門話題⁵，在此茲就電磁脈衝武器的概念與防護方法，及運用光纖網路作為等扼要介紹。

電磁脈衝防護概念

中共自一九六四年首次實施核子試爆後，即對電磁脈衝效應有相當發展經驗，且共軍目前擁有多型中程、短程彈道飛彈，因此外界評估，中共可能已具電磁脈衝彈相關武器，一旦對台灣發動攻擊時，可能以電子脈衝武器癱瘓台灣。

近年來國軍戰略構想轉為防衛作戰，然欲抓住現代化戰爭的趨勢，仍應以鞏固通資網路及強化通資作戰能力為目標。電磁脈衝防護最主要的概念在於電磁脈衝對敏感設備的各種耦合途徑，通過對電磁脈衝能量的反射、吸收、隔離和洩漏時，使其衰減到設備能夠承受的程度。其防護方法主要有屏蔽、濾波、接地、終端保護及網路加固等。

一、電磁脈衝武器的現代戰爭

在生活週遭常聽到電磁干擾（Electro-magnetic Interference, EMI）的名詞甚至可以體認到它在週遭的影響，例如在醫院不可以打手機，會影響精密儀器的運作以及判別，而電磁脈衝（EMP）本質與電磁干擾相同，差別在於電磁脈衝

⁴ 唐寶深，〈指管通資情監偵系統概論〉《新新季刊》（桃園），第29卷第3期，民國90年7月。

⁵ 陳文裡，何志誠，《電磁脈衝武器與防護概論》（中心論題，2005 年），頁 66。

是利用極高功率來硬殺電子設備，利用極高功率的電磁波產生高電流、高電壓將設備中的電晶體打穿破壞，而這與之前的戰爭比起來不用讓敵人身體直接受創是人道許多，但是電磁波如果本身功率夠高仍能對人體造成危害，在美國以設計出電磁槍可以誘發癲癇病症狀，更有使用微波波段使人體溫升高導致敵人發燒甚至死亡；在建築物內諸多設備中，電子裝備最易受電磁脈衝能量破壞，內部之積體電路、放大電路等，均可能因瞬間超載而燒燬，致無法正常工作，而越先進、複雜及靈敏之裝備其影響越大⁶，影響可分為下列幾項：

(一)電力線及有線電系統

如果電纜線受到電磁脈衝的影響而感應出超過其容忍度的電壓值時，會產生火花而破壞線路上的設施造成(如交換機、通信設備、電源供應器)等破壞，而造成通訊網路的癱瘓。

(二)無線電系統

無線電機的天線本身功能就是使用來收集電磁波，因此本身為良好的電磁波收集體，在強大的電磁脈衝下將會造成電子元件的毀壞而將設備、通訊系統破壞⁷，成為一個嚴重的破壞手段。

(三)雷達系統

雷達是利用無線電的電磁波來發現目標並進行探測及測定目標位置的電子設備。當遭受電磁脈衝影響時，造成所確定的位置和實際位置有所差異，嚴重時甚至產生吸收作用，使雷達信號中斷。更嚴重的是，雷達接收發射模組將受到強大脈衝而燒毀，成為破壞偵測系統的另一個方式⁸。

(四)資訊系統

在現今的軍事作戰中情報、資訊是最重要的，利用電磁脈衝破壞各樣的通訊設備就可以阻絕指揮官下達指揮命令達到破壞指揮系統延誤作戰時效的目的。

二、電磁脈衝的防護方向

電磁脈衝是以電磁波的型態來傳遞能量，因此可以用金屬、防護網或其他電磁波吸收材料做設施屏障，藉以反射或是吸收電磁波，在其達到用電系統之前，就削減 EMP 穿透量；同時利用適當的接地網路，將額外的電磁能量導向大地，以補強前述屏蔽的防護不足。因此，脈衝能量產生時，一個用電系統會因各種可能的途徑而產生感應電流，而滲入內部電路，經由天線或類似天線的金

⁶ 張福安，〈軍事設施對電磁脈衝武器攻擊防護設施之研究〉，國防工業發展基金會委託學術機構研究計畫，民國91年12月，頁10。

⁷ 鍾堅，〈電磁脈衝攻擊〉，<http://www.hle.com.tw/bookmark/nature/08/08-02.asp>。

⁸ 吳國祥，李明家，〈電磁脈衝防衛防護驗測技術〉《新新季刊》(桃園)，第34卷第2期，民國95年4月。

屬結構、微波電纜、電力線、電話線及金屬管路等，將脈衝能量導入用電系統，因此管線力求埋設地下化，電信纜線光纖化，概述如後：

(一)使用濾波器

在進入電子儀器設備前使用濾波器將過高的能量先行濾除。

(二)使用金屬屏蔽

在建築物外圍使用金屬鍍在玻璃、塑膠等建築外面的第一道防線可以將電磁波吸收，達到第一階段的防禦。

(三)研發吸收塗料

進行吸收塗料的研發來針對目前無法防護之天線、電力線以及雷達接收端進行防護。

(四)管線防護

有線端及電力端的管線在進入建築物之前要埋設地管，其中安裝保護電路，以防電磁脈衝進來後將建築物內的電子設備全部破壞殆盡，並進行耐高壓大電流的保護電子電路研發設計，而同樣的無線電天線設備在進入儀器之前也需安裝防護電路。

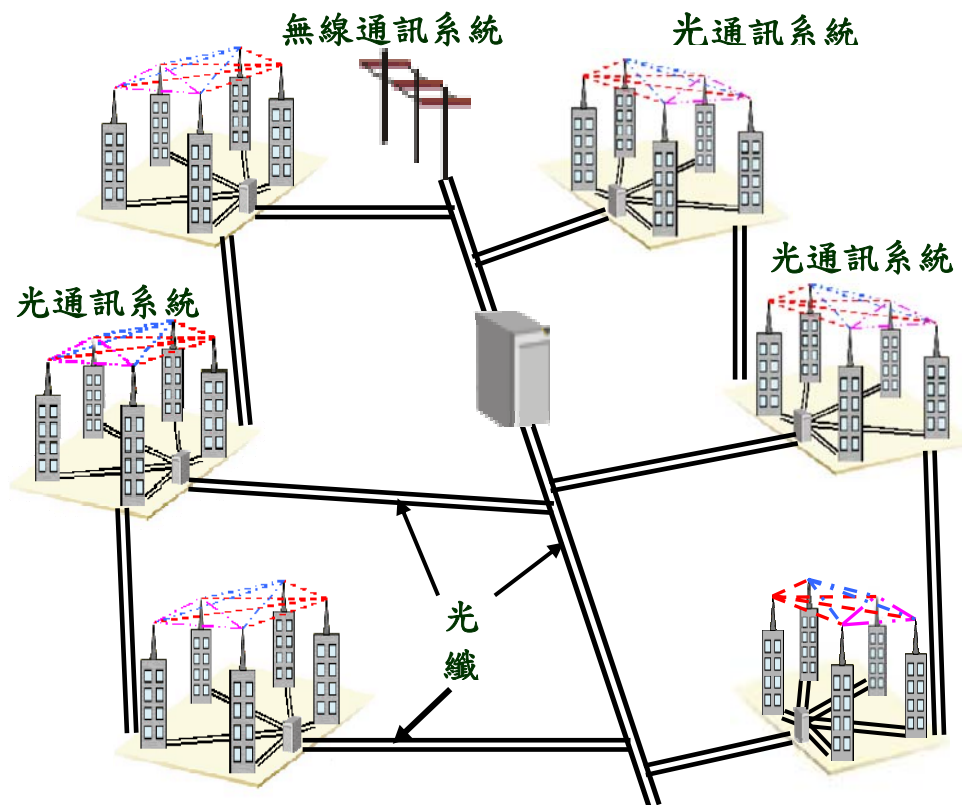
(五)設施地下化

最有效阻絕電磁波的方法就是整個包在金屬裡面，在進行作戰時為避免國軍作戰聯繫系統整個癱瘓，應有地下化的設施，建築外面加裝金屬隔板來阻絕電磁波，而中間部分可做隔間，以防其中某間防護被破壞，影響其他區域的設施，而門縫管線則是電磁波可能進入的漏洞，要做好防護設施，如使用防爆門能有效隔絕。

三、電力與電訊線防護作法

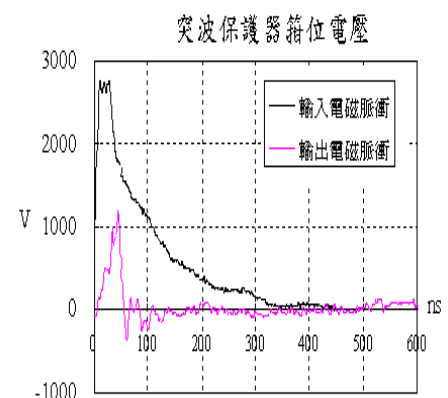
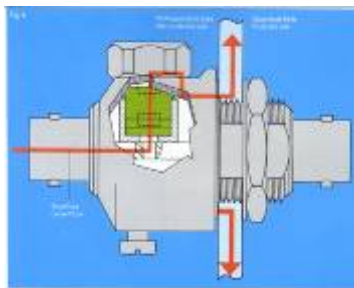
電磁脈衝防護的主要對象是各種電力或電子裝備。因此，會牽涉到許多電力線、通訊線、和控制訊號線的線路防護。除通訊線和控制訊號線儘可使用光纖線材防護外如圖一，其他線路的防護可由外加套管或是埋入地下來提供遮蔽效果，另方面可利用突波吸收器和濾波器的妥善設計來改善電磁脈衝時的暫態響應。電力的供應，若是外接市電，則最多只允許兩條纜線管路穿入屏蔽層，而且每條管路在穿入前至少需埋入地下16m。除了市電，也要考慮自備發電機或電瓶的可行性⁹。

⁹ 張衍智，吳國祥，朱建中，〈國軍電磁脈衝防護規範〉，中山科學研究院（桃園），民國 90 年 12 月，頁 27-28。



圖一 以光通信系統架構示意圖（資料來源：光纖打造高速寬頻網路，
<http://www.2cm.com.tw/docs/serial/2/c00201.htm>。）

而突波吸收器是一種暫態導通開關，可瞬間將大量的電磁脈衝能量，經由接地而疏導到大地，避免傷害用電設施如圖二。濾波器則可濾除無用的頻譜能量，達到電路正常工作之保護目的。突波吸收器有許多類型，必須根據實務，妥為選用。濾波器是常用的電磁脈衝防護器材，在使用時需搭配突波吸收器，以避免導線上過量的暫態電壓或電流，損傷濾波器¹⁰。

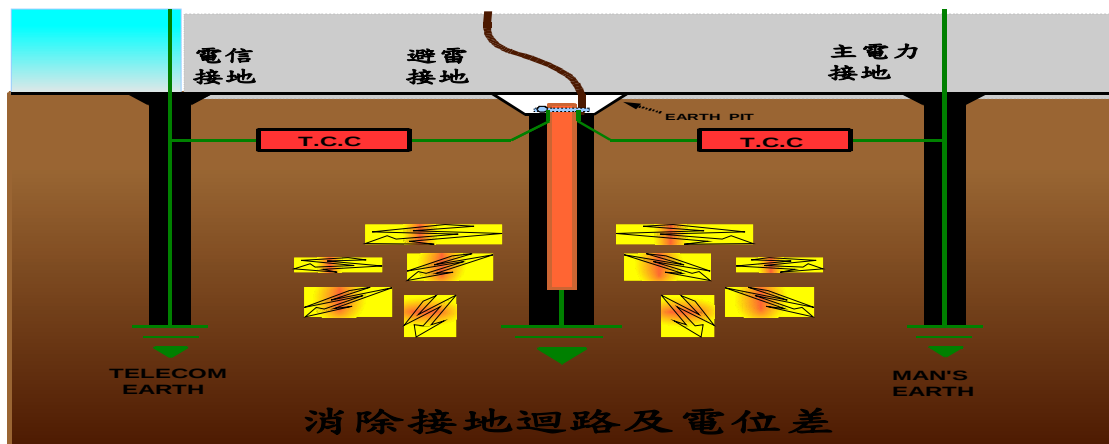


圖二 突波吸收器示意圖

（資料來源：國軍電磁脈衝防護作業指導，頁 11。）

¹⁰ 同註 8，頁 28-30。

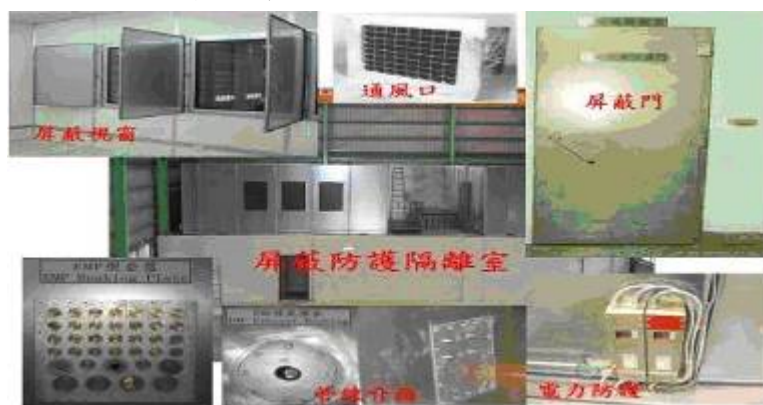
接地是將建築物內之用電裝備與裝置連接至大地，目的建立一條低阻抗的路徑。無論屏蔽、箱壓等電磁脈衝防護手段，或自然界雷擊電磁脈衝防護，皆需藉由良好之接地系統，釋放過量之突波電流如圖三。



圖三 接地之電磁脈衝防護作為

(資料來源：國軍電磁脈衝防護作業指導，頁 15。)

屏蔽之物理機制，主要將有害電磁波反射出去。至於穿透屏蔽之電磁波，少部分進入防護區域、而另一部分則為屏蔽層所吸收，並以突波電流之型式、沿著屏蔽層表面流動；同時屏蔽層表面流動之突波電流須經由接地系統而排放，屏蔽層是針對高空核爆電磁脈衝之輻射侵襲途徑而進行之有效防護手段，為使設施內的系統裝備在電磁脈衝之侵襲下仍可安然運作，通常在設施內之機敏裝備集中區，儘可能建立二次屏蔽防護層，內含金屬屏蔽牆面、電磁脈衝防護隔離門與窗、接頭面板、箱壓濾波模組、導波管等防護組件，以衰減直接照射之電磁脈衝能量¹¹，如圖四所示。



圖四 二次電磁脈衝屏蔽隔離室實體

(資料來源：國軍電磁脈衝防護作業指導，頁 12。)

¹¹ 同註 8，頁 10。

今日的各種軍事設施或是民生設備中，用電系統比比皆是，為了防範電磁脈衝或電磁脈衝彈(E-bomb)¹²所造成的威脅及干擾效應，我們應加強可能經由那些管道、傳導進入指管系統用電設施及探討如何防護。

首先，分級保護的觀念是非常重要的。電磁脈衝經由電子電路的相關管路，或經由輸入端感應進入通電設備系統，將會造成通電設備的暫時失效或永久損壞。電磁脈衝所造成之管線電磁耦合，進來的路徑通常有三個部分：

(一)經由電力線端進入

電力電纜通常為長距離之導線，當電磁脈衝進入時將會有數千伏特或數百安培的大電流和大電壓耦合進入配電系統。

(二)經由有線電話端進入

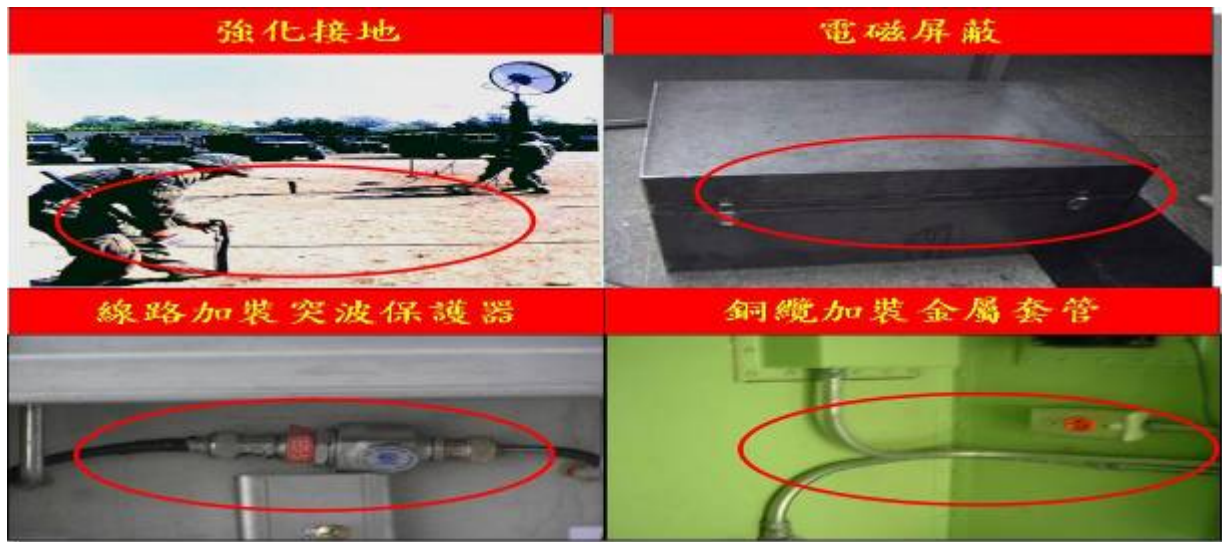
如果採用光纖做為環島網路的有線通訊主幹，將是非常好的策略，因光纖不容易受到電磁脈衝的感應影響。但還是有一些短距離通訊線纜，例如，室內總機所用的有線系統，因它不是採用光纖，所以這些線路容易受到電磁脈衝的感應，雖然它的距離不像電力電纜線那麼的長，但因室內小總機的配線非常多，所以在數量上非常可觀，這也是須要特別防護的地方。

(三)經由無線電或微波端進入

電磁脈衝會經由無線電或雷達的天線端感應進來，導波管會受很高頻率電磁脈衝的影響，而導致無線電的通訊設備，例如，大哥大的基地台、微波通訊台或高頻雷達等的損壞，造成通訊癱瘓。

所以這三端要分別加裝不同的防護模組，在接戰序列開始時，先將通資系統電力切入發電機系統，與外面的長導線系統能夠隔絕。切入發電機系統後，要加裝大容量快速反應的脈波洩放模組及濾波裝置，不可用傳統過電流跳脫電驛，並使用連接地之氧化鋅或是串聯的超導體過載保護元件，或是使用大功率的火花間隙開關，來做為突波的洩放。至於有線電纜，則是使用光纖光纜來做為長距離的傳輸，以減少感應。至於小總機這種區域性網路可使用塑膠光纖，其他的部分只好加裝突波保護器等防護設施，如圖五。至於天線端，邊形天線可加裝匹配/保護器，對外露的雷達站也應加裝大功率的超導吸波元件或是大功率的突波洩放元件。

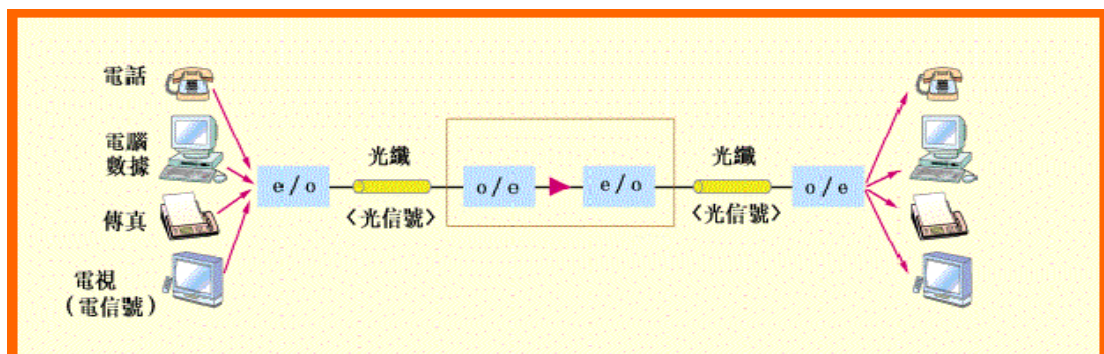
¹² “E-Bomb (EMP) Used On Iraqi TV Stations?”, <http://www.rense.com/general36/e.htm>, 2003.



圖五 電磁防護整備（資料來源：作者拍攝）

光纖通信系統簡介

光纖具有高頻寬、不受電磁干擾及長距離信號傳遞的特性，加上光纖建設成本低，在未來的通信網路建設上被引用大量的光纖技術，光纖網路的應用也成為通資系統平台重要的發展方向。世界各國都看好光纖通信的前景，美國政府正在進行的「資訊高速公路」，就是以「光纖到家」(Fiber To The Home; FTTH)¹³為終期目標如圖六，而中華電信總局並預計於今年以前完成用戶線路全面光纖化，使國家社會進入資訊網路時代，且通信的需求量將不斷增長，從而對通信的頻寬容量提出更高的要求。雖電子線路的極限速率概約只有 20Gb/s 左右，這就是所謂的“電子瓶頸”。而隨著電信的自由化，通訊、網路、以及有線電視網路將結合在一起。為提供高速且具有彈性的服務，利用光纖作為傳輸介質的光纖網路將成未來發展的趨勢。



圖六 光纖到家示意圖

（資料來源：〈傳輸網路之發展趨勢〉，<http://www.grandsoft.com/cm/088/axt881.htm>。）

¹³ 光纖打造高速寬頻網路，<http://www.2cm.com.tw/docs/serial/2/c00201.htm>。

一、光纖傳輸的優點

尺寸小及彎曲半徑小，質量輕的特點，使得光纖在空間的利用上獲得很多便利，例如它可用於飛行器材、飛行工具、船上以及城市擁擠的地下導管等等。又因「光纖」屬於「電介質波導」(電的不良導體)，所以「光纖」不導電，不輻射及不感應之特性，可以避免諸如利用金屬作為傳輸介質所引起的輻射干擾，迴路以及感應相關之問題上。

另「光纖」的運用彈性很大，使得工程師們可選擇「光纖」作任何傳輸能量的使用。爾後，隨著系統擴增，只須改變終端的電子設備，就可以使「光纖」作為高傳輸能量的使用。「光纖」的訊號傳輸損失量為一定值，它的傳輸量能適應系統的需求做各種幅度的增長；而金屬纜線的損失量卻是隨傳輸量的增加而加大，故傳輸量改變，整個系統也要改變，不如光纖的運用有彈性，其光纖具有下列優點¹⁴。

(一)通信容量大

理論上兩根光纖可傳送上百萬個電話和上百個電視節目。目前已成功地完成了三萬路電話的系統(同軸電纜的通信容量最高只能傳送 108000 個電話)，極適合於數位信號的傳輸。若將電纜樣式把十幾根或上百根光纖組成光纜(即空間多工)，再使用分波多工技術，其通信容量就會大得驚人。

(二)中繼距離長

光纖的突出優點之一就是損耗小。目前，光纖的最低損耗已 0.2dB/km，甚至更低。若光傳送 15 公里，光強度還有原來的一半。有人比喻說，如果有一根針沉入 10 公里深的海底，假如海水的透明度與光纖相同，那麼人在海面上可以把針看得非常清楚。相信，在不久的將來，損耗將會有更新的突破。光纖的損耗如此之小，使通信無中繼傳輸距離大大增加。目前，單模光纖的最大中繼距離可達上百公里，比同軸電纜大幾十倍¹⁵。

(三)不受電磁干擾

光纖是由非金屬的石英介質材料構成。因此，光纖通信，不受電磁干擾，傳送資訊保密性強，可有效防護電磁脈衝攻擊。

(四)資源豐富

光纖的主要構成材料是二氧化矽玻璃，其資源十分豐富。相對於用以製做電纜的銅、鉛等材料，可以說是取之不盡、用之不竭。

(五)光纜重量輕、體積小

¹⁴ 祁子年，〈光纖通訊基礎簡介〉，安捷倫科技，2002 年，頁 14-19。

¹⁵ 傳輸網路之發展趨勢，<http://www.grandsoft.com/cm/088/axt881.htm>。

相同話路的光纜要比電纜輕 90%~95%(光纜重量僅為電纜重量的十分之一到二十分之一)，而直徑不到電纜的五分之一。故運輸和架設都比較方便。

當然光纖通信除上述優點之外，光纖本身也有一些缺點。如光纖質地脆、機械強度低、需要比較好的切割及連接技術，分路、耦合比較麻煩。但這些問題都會隨著科技的發展而變得容易解決。

二、光纖通信系統和電纜網路傳輸系統比較

(一)光纖通信具有極佳的特性，諸如：極低的傳輸損失，極大的傳輸容量及可避免電磁干擾等優點。與傳統銅導體電纜比較，光纖在主幹線、中繼線、用戶迴路中使用更有體積小重量輕的優點。

1.光纖有極大的通信頻寬，頻寬可達 1THz 以上，而一般同軸電纜頻寬約 330MHz~550MHz，因此光纖有較大的電訊容量。

2.光纖是絕緣體，不受電磁波的干擾，不會產生雜訊，可使通信的品質更佳。

3.光纖以石英玻璃為材料，材料取得容易，且材料耐腐蝕、耐水，價格又低廉。

4.長距離的通訊光纖的訊號衰減率甚低。

5.光纖質輕，富可撓性，因此管線的施工容易。

(二)電纜網路的缺點

1.由於電纜具有導電性，電纜系統存在著電氣危害(如靜電)和電磁干擾等各種因素，因此必須對系統的電磁相容和遮罩採取相應有效措施。

2.電纜系統的傳輸損耗較大且帶寬相對較窄，只能應用於網徑不大的低資料速率的(Local area Network, LAN)¹⁶，對於網徑較大的高速局域網($\geq 100\text{Mbps}$)和(Metropolitan area Network, MAN)不適用。

3.電纜系統的保密性較差，電纜本身輻射造成的資訊外洩，要完全遮罩很困難，因此對於保密性要求比較高的系統，建議採用光纜。

4.電纜的體積和重量較大，安裝時還必須考慮接地和遮罩問題。

三、光纖網路系統中光電轉換設備防護措施

對一個指揮者而言，他所必須面對的是任何形式可能之電磁脈衝的攻擊，並明白此種攻擊主要都不是針對著人員而來，是針對通資設備而來，因此沒有百分之百的屏蔽措施¹⁷，在通信資訊設備中，仍然有電力線或通信線或天線外露，也是敵人首要攻擊目標這是無法避免，也無法收藏到屏蔽之建築物裡面，若收藏到屏蔽之建築物裡面雖然可以達到屏蔽的效果，但也會影響對外通信聯

¹⁶ 同註 14。

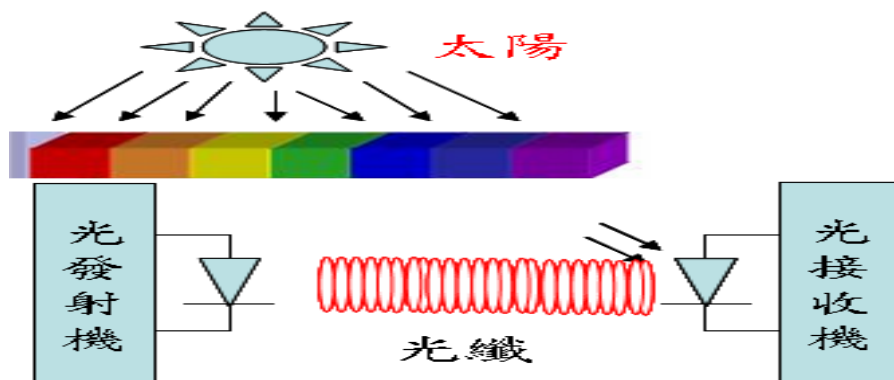
¹⁷ 蕭宇廷，〈防護電磁脈衝之屏蔽效應研究〉《元智大學碩士論文》(桃園)，民國90年6月，頁1-2。

絡的能力，無法進行指揮管制的作為。因此平時須充實本質學能與加強訓練，熟悉防護模組之功能與損毀時更換速率，了解主要通資系統與備分通資系統切換之步驟。所有的資訊及資料應儘可能的有備份，至於備份的資料和設備如在固定的設施內，要有屏蔽室或密閉室加以儲存，如果是在野外行動中的部隊則需有重量輕便之屏蔽箱的構造，來保存這些通訊資訊或是記憶體等的資料。

在光纖網路系統中光電傳輸模組設施需結合設施結構輻射屏蔽防護與系統備援，宜採逐步達成方式進行，尤其光源的訊號強度直接影響到傳輸品質、距離，以目前的光源皆須經由光電轉換，將電信號轉換成光信號(雷射)發射進入光纖網路系統進行情資傳輸，先前提到光纖本身介質具有防護電磁脈衝能力，而光源部分則需藉由電磁脈衝屏蔽來做防護措施，若電力來源(市電)遭受破壞或嚴重干擾，可利用電力與電訊線防護作法(如屏蔽、接地等方式)來防制，另可藉由備援電力來提供如電瓶、發電機、電池等，也可採用太陽能板將能量儲存適時提供光源所需；相對的，若發射光源遭受破壞或無法提供光信號來源，而光纖網路將形成無用武之處。以下提供兩點參考：

(一)可利用太陽能、風力、水力方式將光能量儲存，再利用抗電磁脈衝之電池進行光電轉換，將光源發射進入光纖網路系統，將可提高光纖網路系統之存活性。

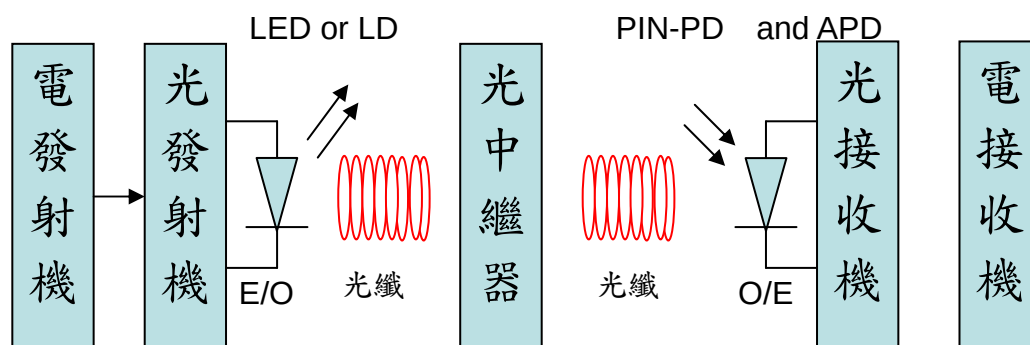
(二)利用太陽光將能量轉換擷取適合的光譜(或波長)來產生雷射共振效應，再利用透鏡聚焦原理將雷射光源聚焦進入光纖網路系統，達到傳輸情資的目的。如此，光纖網路系統將可減少光電轉換的問題，但如何有效發揮利用太陽光能量的轉換，是可探討研究的方向，以目前全球暖化及溫室效應等各項危機，太陽光則是天然資源若能有效運用將可發揮最大之功效，其構想示意如圖七，再配合以光被動元件為架構之光纖網路將可發揮更大之抗電磁脈衝功效。



圖七 太陽能轉換示意圖
(資料來源：作者繪製)

四、運用被動光纖網路方法(Passive Optical Network)

整個光通訊架構可以簡單的分類成光纖光纜、光通訊系統、光主動元件、光被動元件。光纖通訊的基本架構如圖八是由光收發模組及光纖所組成，利用數位或類比調變的方式將資訊載在發射器上，以光波為載波透過光纖將訊號傳遞至遠方，光源採用半導體雷射 (Laser Diode, LD) 或半導體發光二極體 (Light Emitting Diode, LED) 傳遞。(E/O 為電光變換器，是將輸入的電訊轉化成光訊號再進光纖線路。O/E 是將光纖進來的訊號轉化成電訊以便輸出)。相對在傳輸鏈路上如果大量使用了主動元件則可能會因電磁脈衝而造成元件損壞，因此我們希望使用較少光電轉換的鏈路系統(如被動光纖網路)來防止電磁脈衝的破壞，可有效的提升整體通訊系統的防禦力。



圖八 光纖通信系統架構圖

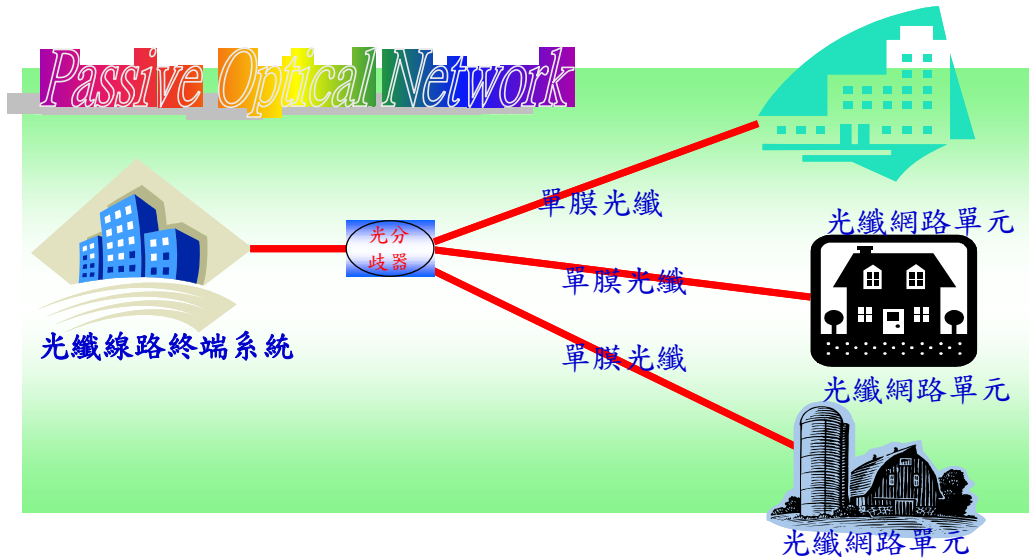
(資料來源：〈DWDM專家論談〉，<http://www.tl.gov.tw/forum/fitl/DWDM/DWDM.htm>。)

被動光纖網路(Passive Optical Network, PON)¹⁸的優點有架構簡單、低成本以及高頻寬等特性，已成為光纖接取網路的發展趨勢。PON網路為點對多點光纖拓樸，藉由被動之光分歧器(splitter)，用戶共用同一至局端的光纖線路，資訊傳遞分別在同一芯光纖傳送，圖九為被動光網路的架構示意圖，如能使用被動光網路配合上機房有著完整的防護設施則國軍的通訊網路將可以大幅降低因外在因素造成的威脅提升整體的戰鬥能力，並防止資料再傳輸過程中的中間鏈路受到電磁脈衝而破壞整體的通訊系統。

為防制電磁脈衝之攻擊，各級指管通信系統運用應透過骨幹平台網路，區間銜接有、無線傳輸延伸中繼（包含機動通信中繼系統）之有線電光纖通資系統為主，衛星通信、HF 無線電高頻通信及區域系統為輔，戰備電路、行動通信及電信網路為備援，於主要裝備故障或電路中斷時，可立即接替運用，形成即

¹⁸ 祁子年，〈光纖被動元件操作原理及量測簡介〉《電子技術雜誌》，第 193 期，2002 年，頁 75-81。

時接替、多層次備援。



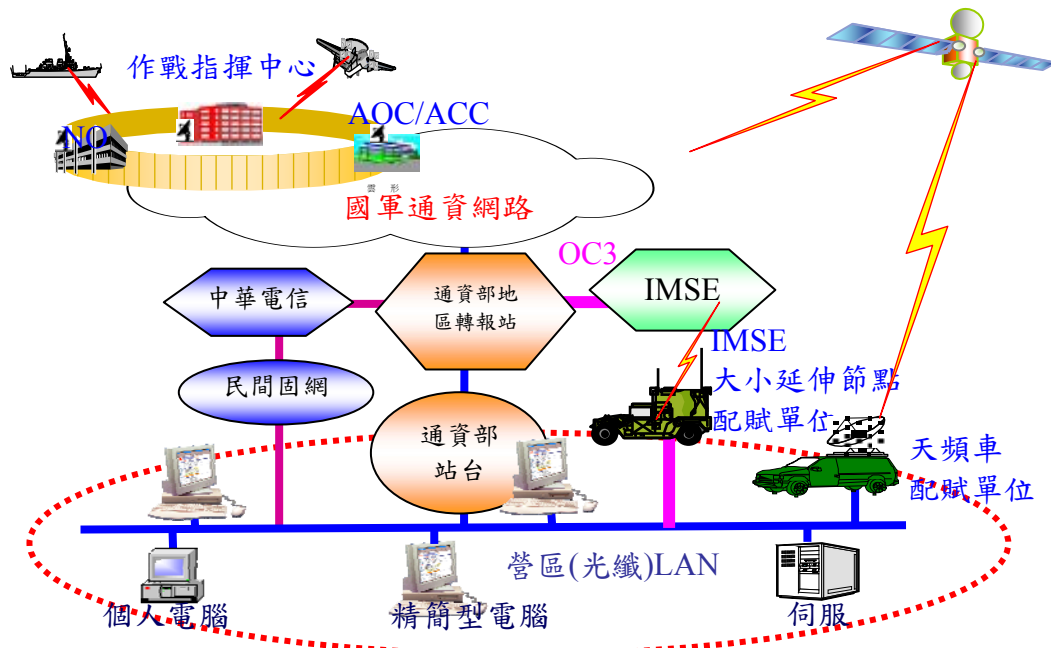
圖九 被動光網路架構圖

(資料來源：中美加科技簡訊，<http://www.sciencehouston.org/Chinese/CORigin/Aug-2000.htm>。)

五、防衛作戰通資網路資源

由於現代化通信與資訊科技進步一日千里，作戰模式不再是傳統的大規模兵力集結到前線地帶正面作戰，而是非接觸、非正面、遠程化作戰，戰場已轉向自動化、數位化及資訊化發展，誰能有效利用最新科技，建立「網路化、自動化、立體化」之戰略目標，掌握指管通資情監偵C4ISR優勢，誰就能贏得最後勝利。近年來國軍以「防衛固守、有效嚇阻」為軍事戰略構想，然欲抓穩現代化戰爭的發展趨勢，仍應以鞏固通資網路與強化通資作戰能力為目標。本軍戰區管理資訊系統如圖十，基於「平戰一體」之著眼，可支援網狀化作戰基礎平台，目前光纖網路已建置至旅級(含)以上單位，未來營、連級若能全面光纖化，透過(Fiber to the Building, FTTB)技術以光纖取代傳統銅纜直接連接至大樓內部，除可避免訊號干擾及傳輸品質較佳等優點，並具有頻寬管理功能，提供重要核心軍事單位接取國軍專用骨幹網路之高速頻寬需求¹⁹，使各單位間可進行軍事資訊傳輸、視訊會議、VoIP語音等通信方式。建立營區共通資訊網路環境，逐步達成支援作戰指揮決策之目標。再配合中華電信擁有全國廣大、高品質之全島光纖網路資源，建構地面防衛作戰網路，強化地面防衛作戰戰力。

¹⁹ 柯偉震、鄒啟民、林正勝，〈運用中華電信網路作為地面防衛作戰通資備援網路研究〉《陸軍通資半年刊》，第104期，民國94年9月1日，頁1-9。



圖十 戰區管理資訊系統傳輸架構圖

(資料來源：陸軍「戰區管理資訊系統案」簡報)

結論

未來台、澎作戰型態將採守勢作為，而守勢作為最佳的方法是以固定網路型態配合無線電、微波、戰術區域通信系統來構成多重的通信系統架構，而光纖網路系統具有傳輸率快，且具高頻寬等優點，符合未來作戰型態。而電磁脈衝對所有具有電力系統之裝備皆有損害力，屆時無線電、微波、戰術區域通信系統勢必受損，影響作戰、指揮、情傳等能力。

目前光纖通信系統除傳輸線路可以光纖媒介取代，可完全不受電磁脈衝的影響。而光電轉換系統部分，可將通訊材料、光主動元件等盡量以光被動元件替代減少因電磁脈衝所造成的損害；或將光電轉換系統做好接地、傳導耦合防護，及屏蔽防護等措施，以確保光電系統的正常運作，以維通信暢通。另可利用天然資源如太陽能、風力、水力等發電措施提供電力備援，以增加作戰能力和生存性。