

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：實習)

實習無線光通訊應用技術及網路  
出國報告書

行政院研考會/省(市)研考會 編號欄

服務機關：中華電訊北區分公司

出國人職稱：助理工程師

姓名：王廷才

出國地點：德國

出國期間：民國92年10月19日至92年11月1日

報告日期：民國93年1月28日

系統識別號:C09204648

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 51 含附件: 否

報告名稱:

實習無線光通訊應用技術及網路

主辦機關:

中華電信台灣北區電信分公司

聯絡人/電話:

盧婉屏/2344-3261

出國人員:

王廷才 中華電信台灣北區電信分公司 設計處 助理工程師

出國類別: 實習

出國地區: 德國

出國期間: 民國 92 年 10 月 19 日 -民國 92 年 11 月 01 日

報告日期: 民國 93 年 01 月 29 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: 無線光通訊系統,FSO,接取網路,Access Network,無線接取

內容摘要: 無線接取技術能夠減除有線佈纜時的困擾，再者相較於有線網路具有建設費用少、施工快速及維護容易等優點，因此新的無線接取技術的方案與發展，更受到新固網業者間的重視。無線光通訊 (FSO, Free-Space Optics) 就是目前蓄勢待發的最後一哩決策方案。根據統計傳統光纖網路在大台北地區鋪放中繼光纜1公里約需新台幣5百萬元的花費，而將一棟大樓接入及鋪設用戶光纜環路平均則約需花費新台幣80萬元左右，其建設時間也平均在6個月之久，這使得客戶等待服務時間過長。若以FSO來建設，無須無線建設的繁複電台執照申請與高昂頻率使用費或有線建設的路權申請與道路使用費，這使得每一建築物所需裝設的光收發訊設備則只需要傳統光纖五分之一之費用，而FSO的裝置更可於數小時內完成。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 摘 要

本次奉派赴德國實習無線光通訊 (Free Space Optical) 應用技術及網路，以下為各章節之內容摘要：

本報告書主要分為前言、系統概要、系統應用、站台查勘與系統安裝、系統設備之維護與網管、心得與建議及設計之參考資料等七部分。第一部分為前言簡要說明無線光通訊 (Free Space Optical) 系統在接取網路之重要性與此次實習的課程內容，第二部分則探討無線光通訊系統之原理與基礎架構，第三部分介紹目前無線光通訊系統之應用情形，第四部分介紹無線光通訊系統站台查勘與系統安裝之準備、步驟及注意事項，第五部分介紹無線光通訊設備之維護與網管，第六部分則為筆者本次出國實習的心得感想並提出個人的淺見與建議供參考。最後一部分以德國 Lightpointe 公司無線光通訊系列產品為例在設計時應參考之資料。

# 無線光通訊應用技術及網路出國報告書

## 目錄

	頁次
一、前言及課程.....	1
二、系統概要.....	6
三、系統應用.....	15
四、站台查勘與系統安裝.....	38
五、系統設備之維護與網管.....	38
六、心得與建議.....	40
七、設計之參考資料.....	42

# 一、前言及課程

為瞭解寬頻接取網路新技術之應用現況及服務內容，經呈總公司核准，奉派至德國 Lightpointe 公司實習無線光通訊新技術，以做為本公司引進相關技術之參考。

固網業者間的激戰正迅速的延展開來，在這場激戰中誰能脫穎而出就全看業者如何掌握『最後一哩(Last Mile)』的關鍵性決策方案。電訊網路架構大體區分為骨幹網路(Core Network)、建物內部網路(Premise Network)以及接取網路(Access Network)三個區塊，而在接取網路這個區塊，從固接電話網路、ISDN、T1 專線以至於最近因應寬頻需求的 ADSL、纜線數據機(Cable Modem)或是光纖到家(FTTH)、光纖到大樓(FTTB)、無線區域網路(WLAN)、PtoP 微波及點對多點微波(LMDS)等分別依據不同技術的特性而有不盡相同適用範圍及其若干限制。

由於無線接取技術能夠減除有線佈纜時的困擾，再者相較於有線網路具有建設費用少、施工快速及維護容易等優點，因此新的無線接取技術的方案與發展，更受到新固網業者間的重視。

無線光通訊(FSO, Free-Space Optics)就是目前蓄勢待發的最後一哩決策方案。根據統計傳統光纖網路在大台北地區鋪放中繼光纜1公里約需新台幣5百萬元的花費，而將一棟大樓接入及鋪設用戶光纜環路平均則約需花費新台幣80萬元左右，其建設時間也平均在6

個月之久，這使得客戶等待服務時間過長。若以 FSO 來建設，無須無線建設的繁複電台執照申請與高昂頻率使用費或有線建設的路權申請與道路使用費，這使得每一建築物所需裝設的光收發訊設備則只需要傳統光纖五分之一的費用，而 FSO 的裝置更可於數小時內完成。

FSO 一般應用在接取網路這個區塊，當然只要兩傳輸點間無障礙物及距離在 FSO 可傳送範圍內，也可以在於骨幹網路做中繼光纜的備援。FSO 的主要優點包括：快速搶佔社區及大樓寬頻市場，傳輸可靠度達到 99.999%，傳輸頻寬可達到 STM-16 已近似光纖可傳輸之頻寬，維護簡易，無身體安全顧慮，網路規模可依需求逐步擴充，網路架構彈性故規劃容易等。

在 FSO 低建置成本與快速供裝服務，對於一個講求服務效率的電訊寬頻服務市場來說，確實有相當的吸引力與助益。

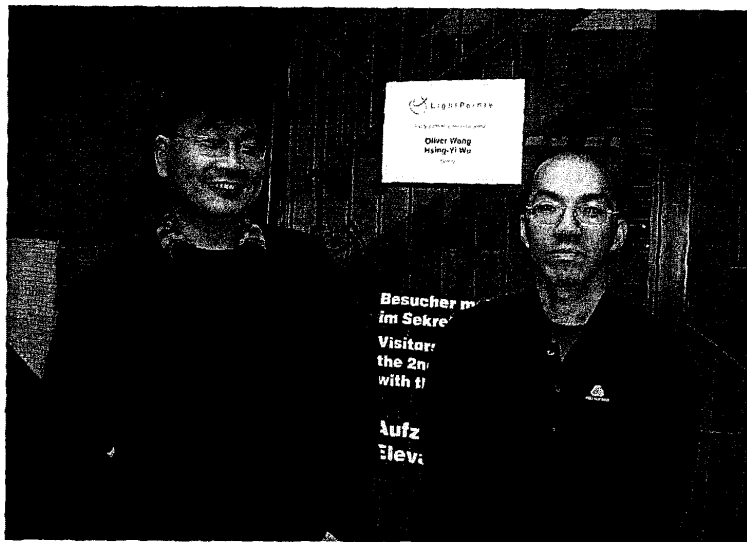
本次出國實習承蒙各級長官協助及德國 Lightpointe 公司台灣代理侑瑋公司的聯繫與安排，才得以順利達成出國實習計劃及目標，在此對於各位先生小姐表達我最深的敬意與謝意。

本案課程如下：

日期	實習內容
10/19-10/20	去程(台北-法蘭克福 Frankfurt--得勒斯頓 Dresden)
10/21-10/22	至 Lightpointe 公司參觀工廠及實習無線光通訊技術 (得勒斯頓)
10/23	工廠實習及行程(得勒斯頓-法蘭克福-)
10/24-10/25 (休假日)	整理資料 (法蘭克福)
10/25-10/30	無線光通訊設備之光學、電子單元之實習及現場安 裝(法蘭克福)
10/31-11/1	回程(法蘭克福-台北)

實習照片說明：

筆者與同行東區營運處同仁吳星毅助工第一天至德國 Lightpointe 公司得勒斯頓(Dresden)工廠留影， Lightpointe 公司於門口貼出歡迎牌子。



筆者與 Lightpointe 公司授課教師討論新一代的 FSO 系統的安裝與調整。





東區營運處同仁吳星毅助工與 Lightpointe 公司授課教師討論新一代的 FSO 系統的安裝與調整。



德國 Lightpointe 公司法蘭克福(Frankfurt)工廠人員工作情形，他們正在組裝 FSO 系統的內部電路裝置。



## 二、系統概要

### 2.1 無線光通訊系統原理

無線光通訊 (FSO, Free-Space Optics) 為一新無線傳輸技術，它利用單一或多波束的紅外線雷射光束攜帶資料，直接以無線傳輸方式做點對點的傳輸，依實際狀況一般兩端點間可利用可視直線傳輸或透過另一套無線光設備之轉接來達到傳輸之目的。這種新技術可以在挖掘建設地下纜線成本高昂的都會地區中，提供一個簡便的方式建構傳輸線路，滿足快速發展的傳輸網路需求。

無線光通訊系統(FSO, Free-Space Optical Transmission System) 如圖 2.1-1 所示，係使用無線光通訊技術所發展出的傳輸系統，系統於發射源端透過透鏡發射一細窄的紅外線波束，它載送來自網路設備端所輸入資料，經由外部大氣自由空間傳送到相對的另一接收端(亦有空中光纖(Air Fiber)之稱)，接收端從較大接收鏡面接收對向的光束後，經過濾光、光電轉換及放大將載送之訊號還原，並在以光或電型式於網路端輸出至連接介面，此系統在發射與接收端上達到雙向同步的傳輸功能。

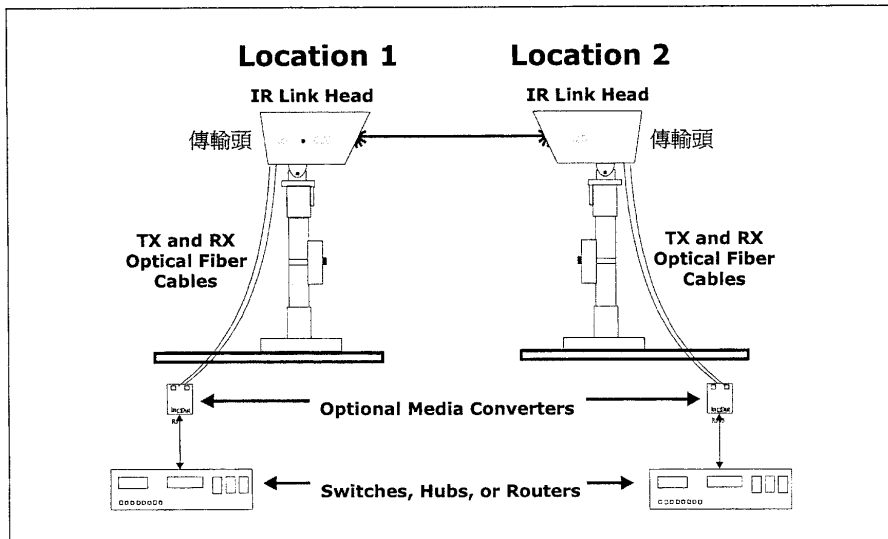


圖 2.1-1: 無線光通訊系統

FSO 設備一般裝置於兩棟建築物屋頂或窗內以兩點間無阻礙物 (Line of Sight) 原則相聯結；FSO 系統之特點為其可提供光纖傳輸容量、免傳輸執照的實體介質、僅需 OSI 第一層傳輸介質即可與現有用戶終端設備整合等。但無線光通訊系統並不提供以下之功能，如進階架構、交換與路由機制、以特定通訊協定傳輸急需發展新網路架構或拓撲來作整合。

## 2.2 無線光通訊系統基礎架構

以此次至德國 Lightpointe 公司實習之 FlightSpectrum 155/2000 為例，系統使用四個接收鏡面及四路發射光束的傳輸設計，如圖 2.2-1 所示，係用以提供系統較高接收餘裕度及具光束備援特性。

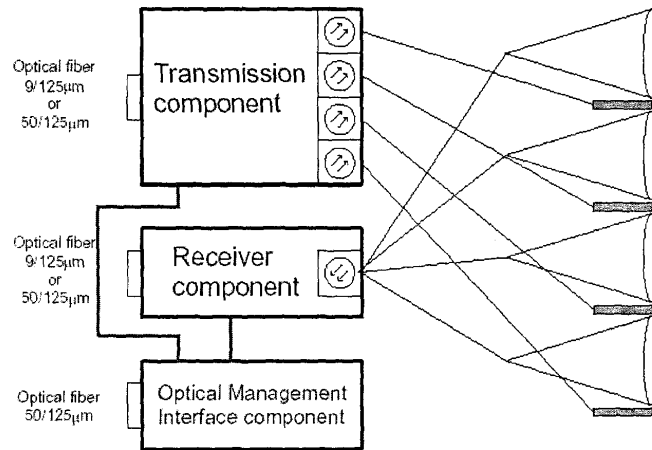


圖 2.2-1 系統基礎架構

### 2.2.1 光學元件部份

系統設備正前方之表面已將傳送與接收的光學元件、前窗加熱型鏡面防霧裝置及內建鑽孔望遠鏡作最佳的設置與調整，而內建鑽孔望遠鏡則方便使用者作設備視線直線對準之初調，如圖 2.2.1-1 所示，其他有關光電轉換部分組件則按排列安置於設備內部。

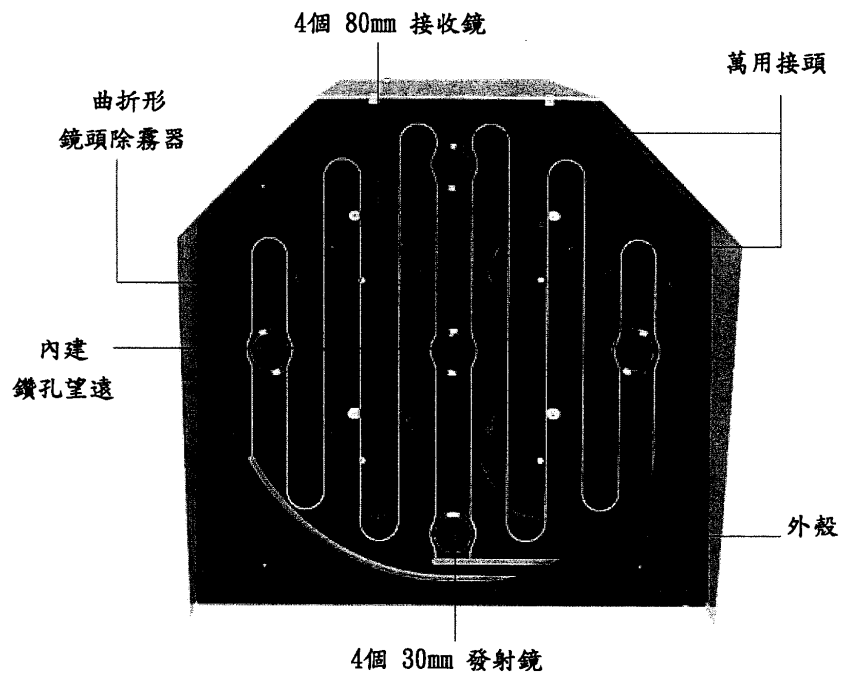


圖 2.2.1-1 前方之面板的配置

## 2.2.2 發射元件部份

由四個光電二極體將來自網路端介面的輸入光訊號轉換為電訊號。電訊號用於調變高功率雷射源以傳送紅外光雷射至外部大氣自由空間，如圖 2.2.2-1 所示。

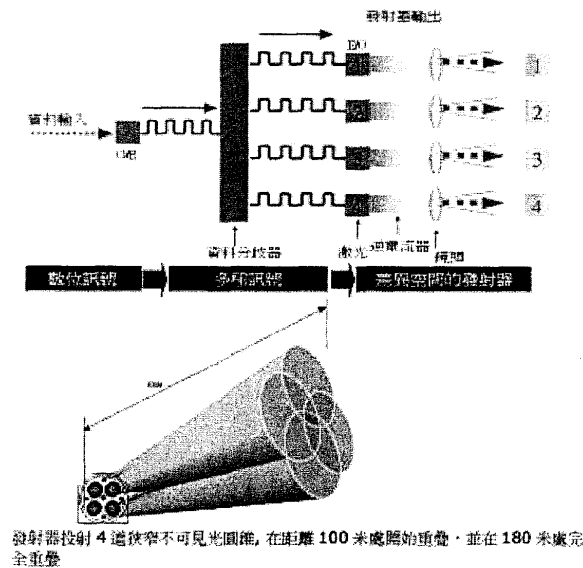


圖 2.2.2-1 發射單元方塊圖

發射之高功率雷射源採用面射型雷射 (Vertical-cavity surface emitting laser, VCSEL)，此種雷射光是由晶粒表面垂直發射出來，主要特徵是利用上、下兩個 DBR (Distributed Bragg Reflector) 鏡面去形成雷射共振腔，因此它與傳統邊射型雷射不同之處是省略掉邊射型雷射所需要磨裂或乾式蝕刻法製作雷射鏡面之複雜製程，所以 VCSEL 具備低發散之圓形雷射光束，易與光纖耦合。

VCSEL 還有下列優點：

- ⌘ 可快速調變功能，利於高速光纖網路傳輸。
- ⌘ 可做成 laser arrays，利於串接或並列式光纖傳輸。
- ⌘ 因為共振腔長度很短，臨限電流較低，故所需操作電流比邊射型雷射為低，而且元件壽命長。

### 2.2.3 接收元件部份

接收採用高感度矽崩潰光電二極體(APD)元件，將接收鏡面所收到的自由空間紅外線雷射訊號轉換為電訊號並放大。接著將此放大之電訊號去驅動一個光發射源用以將回復之訊號輸出至網路端之光介面。

## 2.3 雷射安全

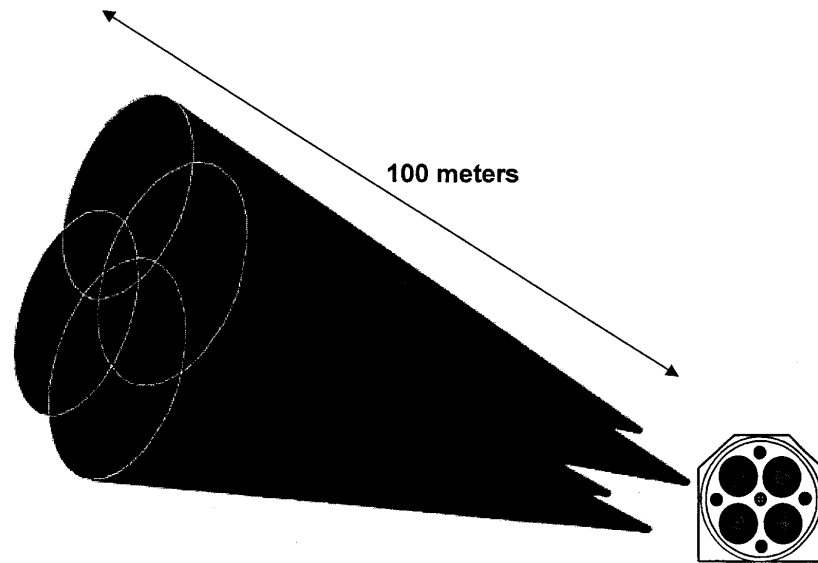
LightPointe無線光通訊系統採用半導體雷射作發射源。我們必須了解符合雷射安全的相關規定並且注意必要的預防措施，避免眼睛緊靠直視於雷射發射源波束。紅外線雷射光束是人眼不可見光並具熱能可能穿透視網膜造成眼部的損傷。

FlightSpectrum 155/2000無線光通訊系統符合美國「食品暨藥物總署」(FDA) 目視安全標準Class 1M及國際雷射安全標準standard IEC/EN 60825-1，在工程上必須熟記有關雷射安全的規定並嚴格實行所有必要的預防措施，例如不可近距離直視設備前方鏡頭，不可使用除了內建的望遠鏡以外的其他光學設備觀看雷射波束光源。當使用內建的望遠鏡，必須注意到適當的傳輸設備相隔安全距離，當低於18 m時，使用者必須戴上適當的保護眼睛安全的護鏡面。



## 2.4 光束擴散

發射器投射4道狹窄的不可見光圓錐，在距離100米處開始重疊，並在180米處完全重疊，如圖2.4-1所示。



光束擴散角度 單位：radians	光束直徑寬 於500m處	光束直徑寬 於1,000m處	光束直徑寬 於2,000m處
2 mrds	100cm	200cm	400cm
3 mrds	150cm	300cm	600cm
6 mrds	300cm	600cm	1200cm

圖2.4-1 光束擴散

## 2.5 光束投射

光束擴散角度 $2\text{mrd}$ 時在 $300\text{m}$ 、 $1000\text{m}$ 及 $3000\text{m}$ 之擴散投射範圍。

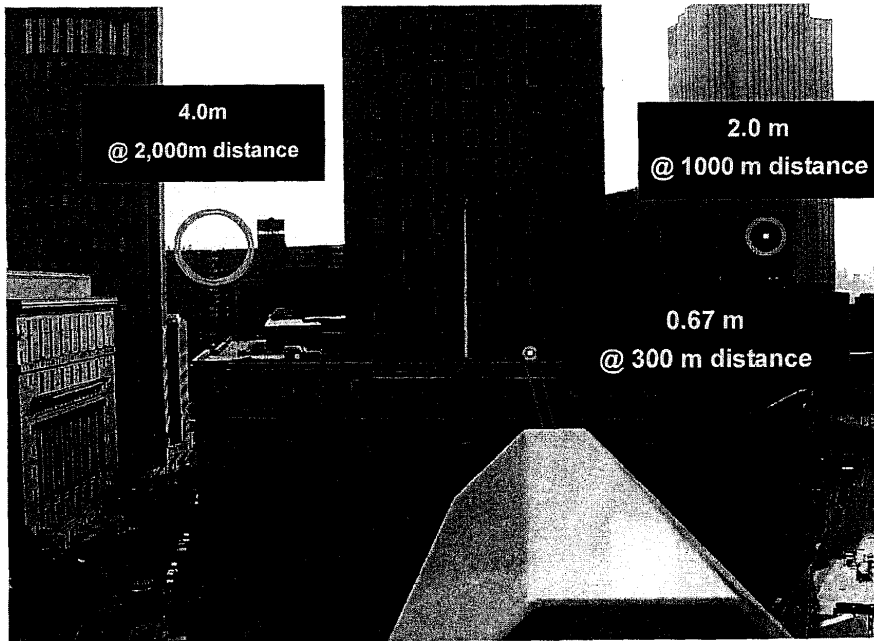


圖 2.5-1 光束在  $300\text{m}$ 、 $1000\text{m}$  及  $3000\text{m}$  之擴散說明

### 三、系統應用

無線光通訊系統應用之範圍非常廣泛，其頻寬可從 2Mbps 至 2.5Gbps，傳送距離最遠可達四公里之遠，故其可應用之場所相當多，可應用網路架構或拓樸，如下圖 3-1 所示：

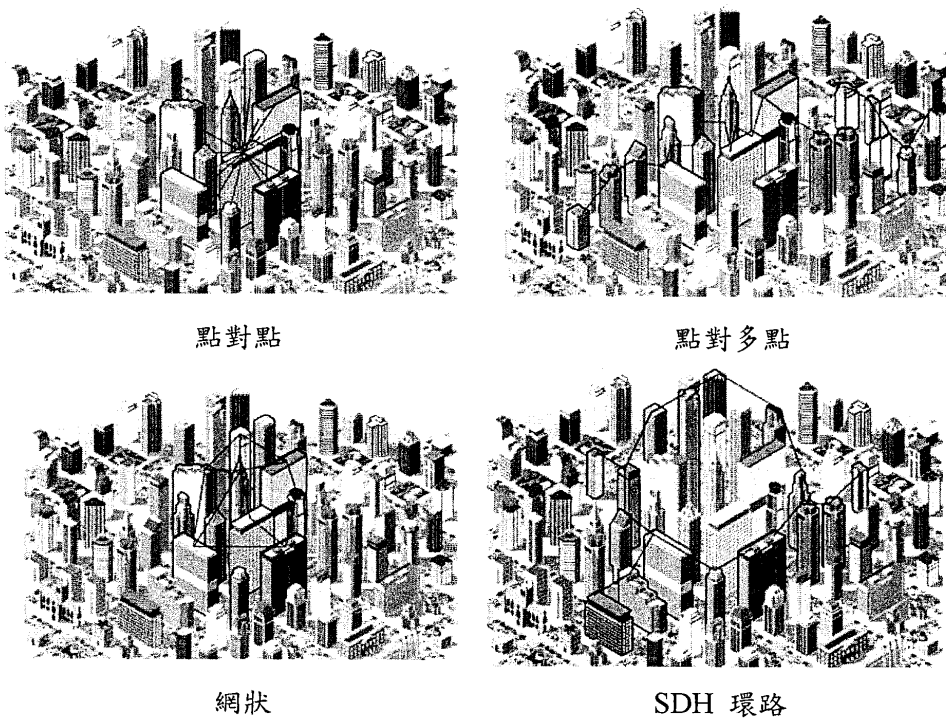


圖 3-1 應用之網路架構

典型的系統應用環境包含：

- ⌘ 無線傳輸的骨幹
- ⌘ 都會型網路的延伸
- ⌘ 企業網路的解決方案

區域網路 (LAN) 應用：

- ⌘ 乙太網路 Ethernet 或高速乙太網路(Fast Ethernet)
- ⌘ 記號環網路(Token Ring)
- ⌘ 光纖分散式資料介面(FDDI)

非同步/同步網路(ATM/ SONET)應用：

- ⌘ OC-1 (51.84 Mbps)
- ⌘ OC-3 (155.52 Mbps)

T1/E1 (Single/Multiple T1/E1) 應用：

- ⌘ 交換機系統或智慧型整合系統

整合語音與資料的應用：

- ⌘ 單路或多路 T1/E1+LAN

### 3.1 困難地形應用

如圖 3.1-1 所示，在 A 點與 B 點間有鐵路阻隔，佈線不易，可採用 FSO 方式解決；故當佈線遭遇困難地形阻礙時，如鐵路、河流等，FSO 為解決此困難之理想方法之一。

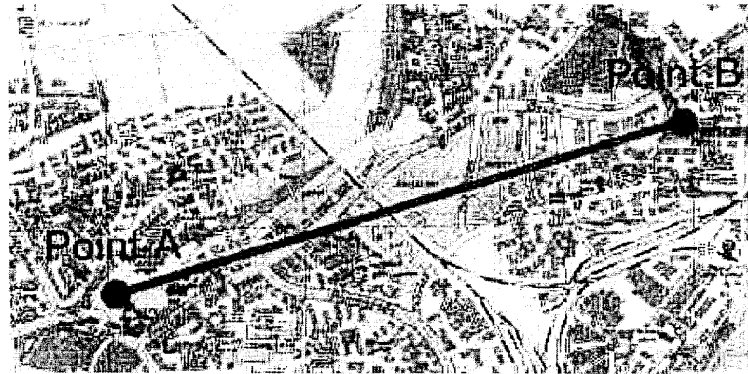


圖 3.1-1 所示困難地形中點對點之連接

### 3.2 區域網路到區域網路間之延伸

如圖 3.2-1 所示，FSO 應用於區域網路間之延伸。

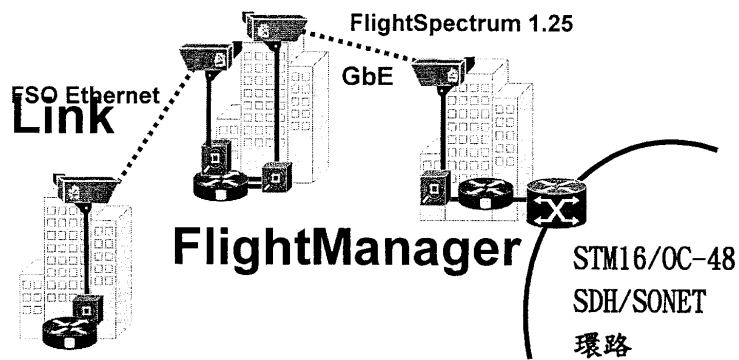


圖 3.2-1 區域網路到區域網路間之延伸

### 3.3 都會環路延伸及連接網外建築物

如圖 3.3-1 所示，FSO 可用來作為都會環路之連接（當建築物沒有第二個光纖接入點時）以及與網外建築物間連接用。

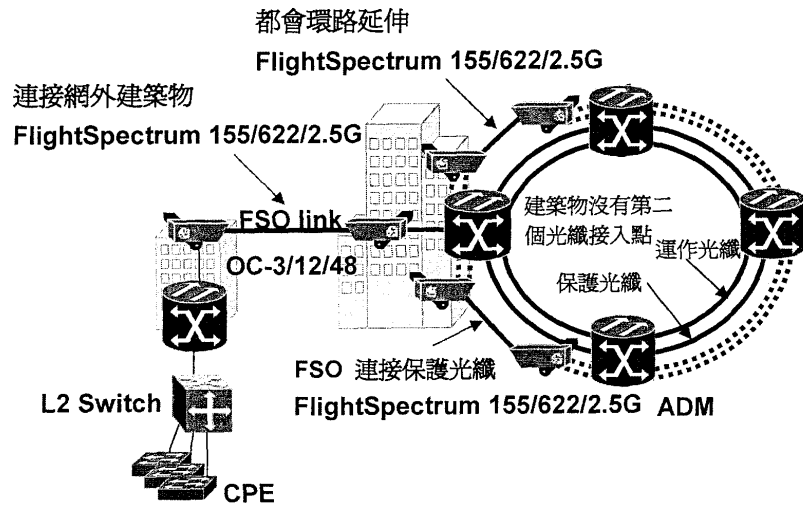


圖 3.3-1 都會環路延伸及連接網外建築物

### 3.4 路徑備份

如圖 3.4-1 所示，FSO 作為 A 大樓與 B 大樓間路徑備份之用。

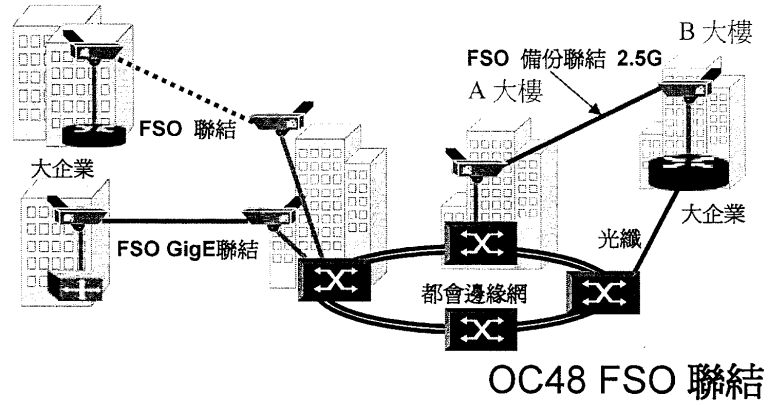


圖 3.4-1 路徑備份

### 3.5 網路恢復

如圖 3.5-1 所示，FSO 作為網路恢復之應用，當環路上任一點發生故障時，利用 FSO 作為網路恢復之作用。

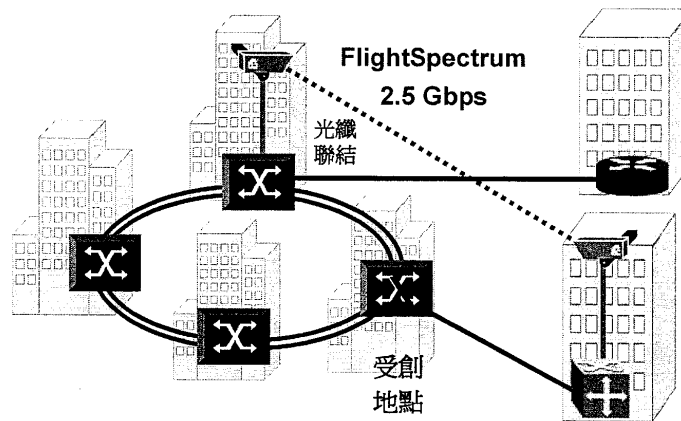


圖 3.5-1 網路恢復

### 3.6 完成都會環路

如圖 3.6-1 所示，當都會環路中因地形限制、住戶抗爭等因素造成光纜佈放不易時，FSO 可用來作為環路路由之完成。

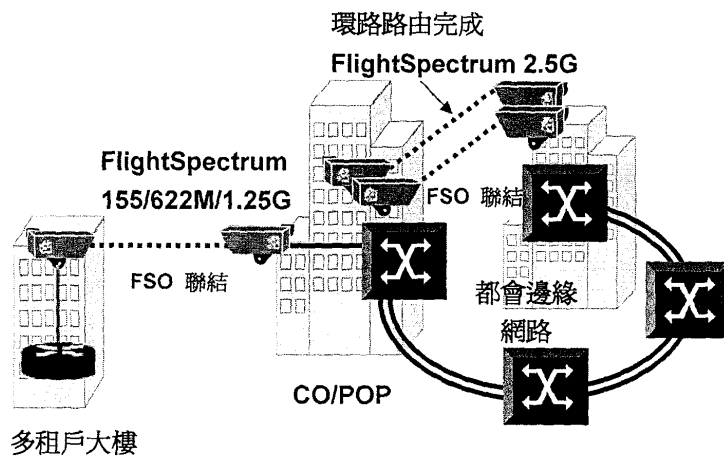


圖 3.6-1 都會環路完成

### 3.7 重要事件服務

如圖 3.7-1 所示，FSO 可應用於當有緊急或臨時重要事件發生時，如大型節慶、娛樂表演、各類比賽、災變等，作為臨時延伸涵蓋通訊範圍之用。

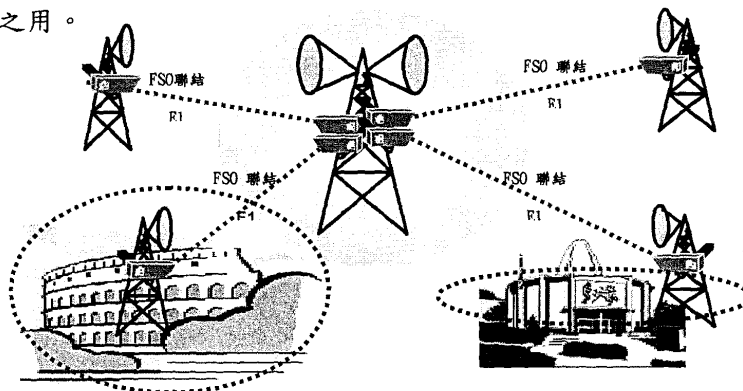


圖 3.7-1 重要事件服務



### 3.8 行動無線通訊之應用

由於 3G 行動通訊系統與現有 2G/2.5G 系統相較，其需要更大之資料處理能力，而 FSO 可應用於提供本地資料回流，如圖 3.8-1 所示。

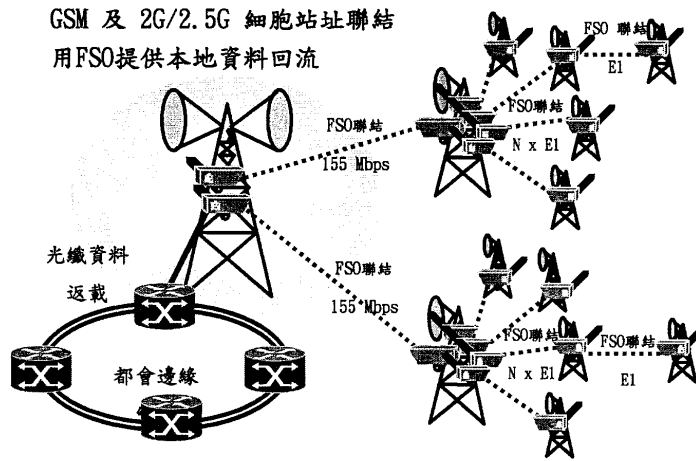


圖 3.8-1 行動無線通訊之應用

### 3.9 FSO 加 RF 之應用

以 FSO 作為通訊之主要路由，而以 RF 作為通訊之第二路由，如此架構之優點為可提昇通訊頻寬並提高 RF 之選擇範圍，如圖 3.9-1 所示。

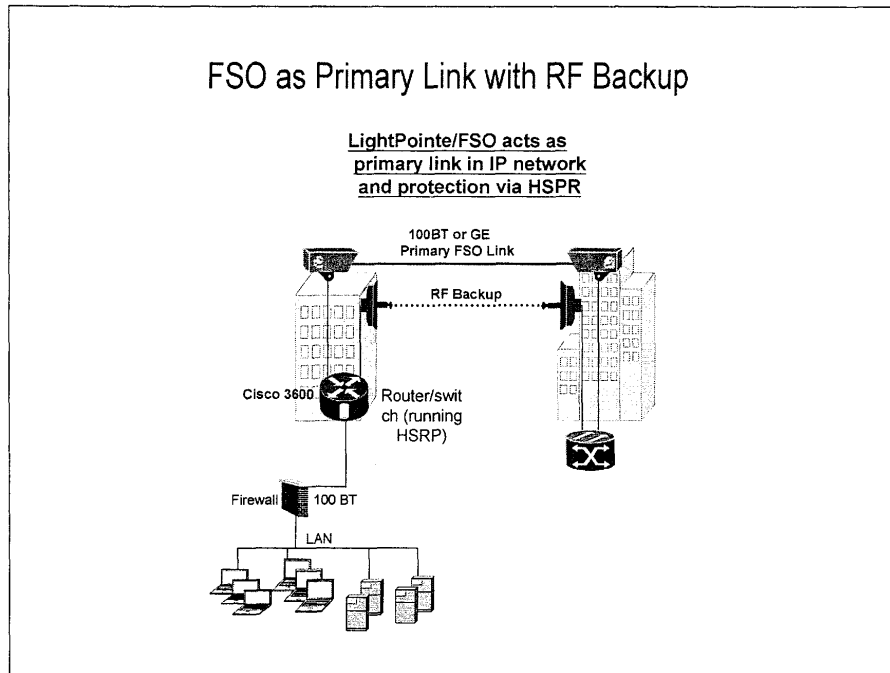


圖 3.9-1 FSO 加 RF 之應用

## 四、站台查勘與系統安裝

### 4.1 準備查勘工具與測試儀器

以下為查勘時可能用到的設備工具：

- ① 地圖或相對草圖：可估算兩安裝點的大致相隔距離。
- ① 全球衛星定位儀(GPS)或雷射測距儀：可量測準確的距離。
- ① 指北針：可量測相對點的方位角。
- ① 皮尺：可量測粗估所需光纖與電源佈線長度及繪製草圖紀錄。
- ① 望遠鏡：協助定位相對點的安裝位置。
- ① 數位相機：拍下預計安裝點的環境資料，以降低需往返確認其他細節的可能。
- ① 環境評估指導手冊。

### 4.2 查勘步驟及注意事項

**步驟—1:** 確認下列之項目以符合兩端系統的需求及提供實際安裝標準。

- ① 資料傳輸率及協定
- ① 應注意實際兩傳輸安裝端點的距離，是否在系統最大可工作範圍(一般應用在 2000m 內)
- ① 光或電傳輸介面(光介面的波長、單模/多模光纖、光接頭

型式為 SC 或 FC/PC)

- ① 傳輸及電源纜線可傳送之長度
- ① 電源種類(AC 110/220V 或 DC12~48V)

**步驟—2:** 確認兩站台是否視線一直線可到達，以免造成妨礙或中斷系

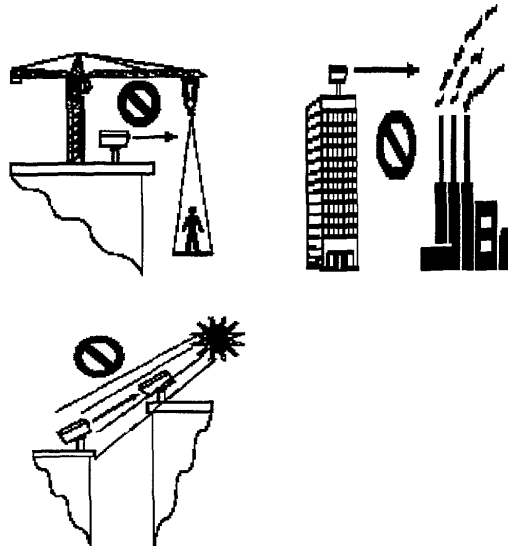
統連線。環境潛在的影響因素如下：

- ① 注意有無任何的移動設備或人員工作活動於此空間可能影響到光傳輸路徑



- ◆ 避開吊車，洗窗機器等可移動機器

- ① 注意避開排氣孔及工廠的煙囪在中間



- ① 設備接收頭避免直對太陽光
- ① 霧氣
- ① 是否有空調熱氣發散裝置
- ① 避免暴露在日曬雨淋之下
- ① 樹木成長可能性或未來其他障礙物在視線直距中間

### 4.3 安裝工具與測試儀器

以下為安裝工程時可能用到的設備工具：

- ① 標準電工工具組，如鉗子，十字起子，小一字起子，斜口鉗等。
- ① 無線電對講機或手機作為兩傳輸端對準校調時人員可互相溝通。
- ① 光纖接頭清潔器於插入接頭至傳輸頭時先作清潔動作。
- ① U型固定環可於線路導管佈置時作固定。
- ① 6號六角扳手放置於傳輸頭內，供調整鎖緊時取用。
- ① 電氣膠布作固定及端點處理捆緊。
- ① 水平垂直測量器確認安裝點為平坦表面。
- ① 光產生器或光纖測試器可確認光纖效能(非必要)。

## 4.4 設備安裝前之準備

### 4.4.1 檢查安裝點空間需求

- ⌘ 一個以上多傳輸設備可以安裝在同一個安裝點共站。多傳輸設備中如有同波長同指向同一共站點方向的傳輸設備應該間隔至少 2.7 米，對於不同方向的傳輸設備則沒有限制。

### 4.4.2 架設前確認安裝地面或牆面

- ⌘ 檢查安裝表面示為可鑽孔裝門的實心固體材。
- ⌘ 確認安裝表面於無其他嚴重破裂或損壞。
- ⌘ 檢查表面確認是堅固的。

### 4.4.3 檢查可用的電力供給

- ⌘ 確認電源延伸線路足夠長度。
- ⌘ 使用標準的線徑等級的線材。
- ⌘ 需了解該棟建築規範需求。

### 4.4.4 檢查網路介面

連接依據對方系統型態與備份需求提供不同的連接路由數量。通常會牽比實際需求線路一倍的數量。

- ⌘ 決定光纖型態 (單模或多模)。
- ⌘ 如果備份需求考量,最少放置 8 芯線路。
- ⌘ 光網管介面 OMI 是使用多模光纖。

#### 4.4.5 檢查光纖纜線路由

系統可使用單模或 50/62.5  $\mu\text{m}$  的多模光纖。

- ⌘ 確認使用正確的光纖。
- ⌘ 傳輸設備網路介面連接終端為 SC 接頭。
- ⌘ 傳輸設備網路介面皆有標示(Data IN, Data OUT, and OMI)。

#### 4.4.6 使用光纖纜線測試儀檢查

- ⌘ 量測傳輸設備網路介面與光網管介面的光纖衰減值損失以確保可接受的傳輸效能。



## 4.5 安裝步驟及注意事項

當決定安裝點之位置及完成安裝前之準備工作後，即可開始進行設備安裝之工作；雖然大部分之安裝可由一人完成安裝上之所有需求及傳輸頭對準程序，但是由兩個人協同安裝則能更有效率且安全的完成工作。

**步驟一**：設備安裝點之選擇，確認傳輸的安全，防止資料被外洩及

竊取。由於傳輸的波束狹窄且為不可見光，雖不容易被分接，但為防止資料被外洩及竊取，在不中斷波束路徑的情況下，請確認無其他設備安裝位置於傳輸頭後方，以期使攔截傳輸波束源者不易隱藏，增加傳輸的安全。

**步驟二**：依據現場狀況，評定基座固定方式。

- ① 直立式：樓板 R/C 的可靠度，考慮是否需加強水泥基座。
- ① 倒掛式：需注意是否會受陽光強射及加強系統的遮蔽保護。
- ① 側掛式：需注意是否會受陽光強射及加強系統的遮蔽保護。

**步驟—3:** 評定環境架設狀況，基座平台是否穩定。

- ① 基座安裝位置是否不易受到環境震動、溼度及溫度影響  
(如頂樓水塔或空調)。
- ① 能鑽孔固定，使用不易把屋頂穿裂的安裝金屬配件
- ① 屋頂屋凸表面，評估是否有避雷保護裝置需求
- ① 可將基座安裝水泥牆面、窗戶後內牆或地面

**步驟—4:** 評定系統使用時之架設位置。

- ① 容易操作系統界面
- ① 穩定的平台式的架設位置
- ① 對系統安裝者與維護者有安全考量
- ① 人員雷射安全考量

**步驟—5:** 評定架設位置在運作上的完善性。靠牆邊可避免傳輸阻礙、

可降低溫度或其他屋頂廣告閃光燈具的影響，也較能避免惡劣天氣之影響。

**步驟一6:**管線的配置，首先著重於路徑選擇，以安全、美觀、牢固為

優先考量，須考慮到入屋路徑的選擇。

- ① 估計所需使用的材料，及入屋路徑需要的工具及填補材料。（如：切玻璃用的鑽石刀、洗洞機…）
- ① 管線配置中，須同時考慮到防水及雨水的排水。（如：管路配置的傾角）
- ① 拉光纖時需小心光纖的特性，不能硬拉。（光纖跳線彎角不得小於直徑 10cm）

## 4.6 標準安裝固定組件

基本安裝固定組件可用於『地面直立桿型標準安裝』或『垂直牆面 L 型橫桿型安裝』。

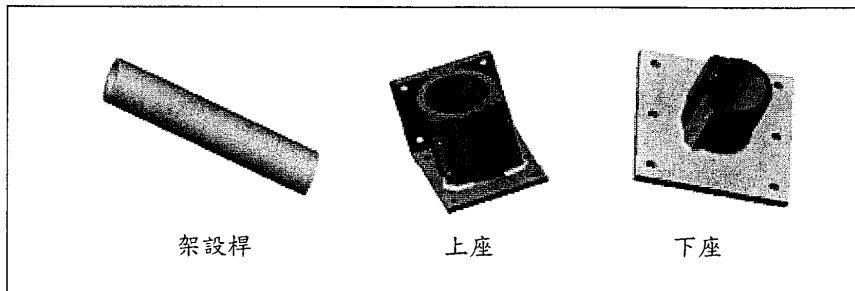


圖 4.6-1 標準安裝固定組件

標準旋轉座組件可提供傳輸頭作方位及仰角的初調。

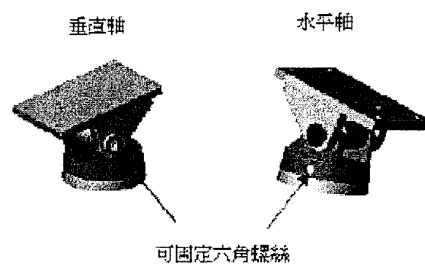


圖 4.6-2 標準旋轉座組件

## 4.7 不鏽鋼交接箱

不鏽鋼交接箱內含電源供應盒組件及四芯光纖配線收容箱，同時備有突波吸收器以防止異常電力干擾。

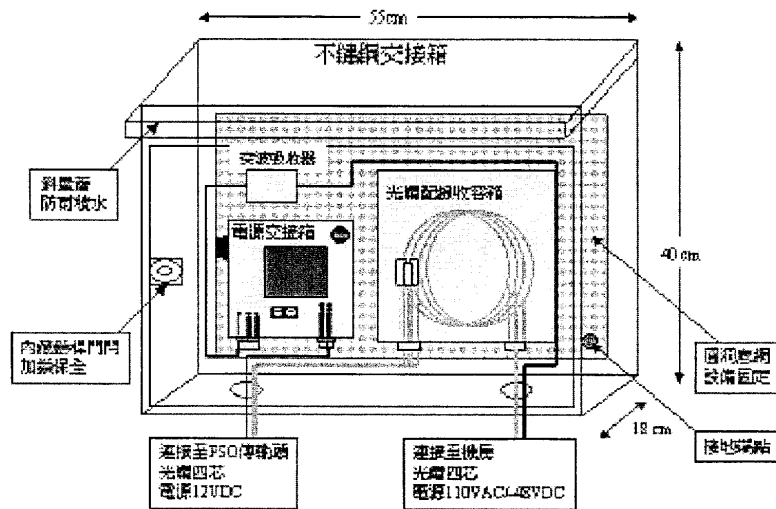


圖 4.7-1：不鏽鋼交接箱內部

## 4.8 電源供應盒組件

外置電源盒本身即耐風雨，可附掛於傳輸頭架設桿或放置於不鏽

鋼交接箱內，此組件提供：

- ⌘ 電源12VDC輸出端子
- ⌘ 電源110VAC輸入端子
- ⌘ 電源-48VDC輸入端子
- ⌘ 可上鎖之緊急電源切斷開關(於按下後需鑰匙才可復電)
- ⌘ 供電電源LED指示燈

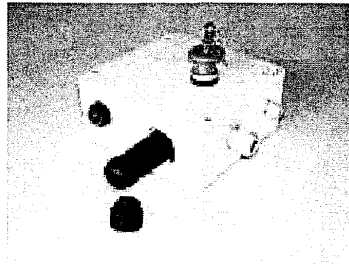


圖 2-2：電源盒組件

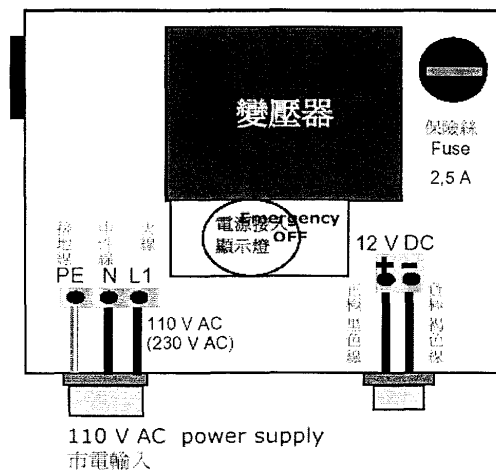
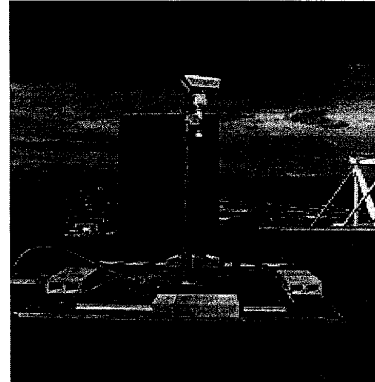


圖 4.8-1 電源盒內部

## 4.9 安裝實例

不鑽洞固定法一：

- ⌘ 需佔地 10 呎平方
- ⌘ 炮管高度可達 10 呎
- ⌘ 用空心磚於四周圍  
穩固的壓住

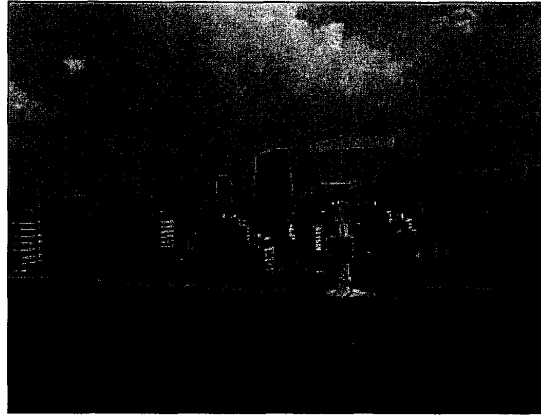


不鑽洞固定法二：

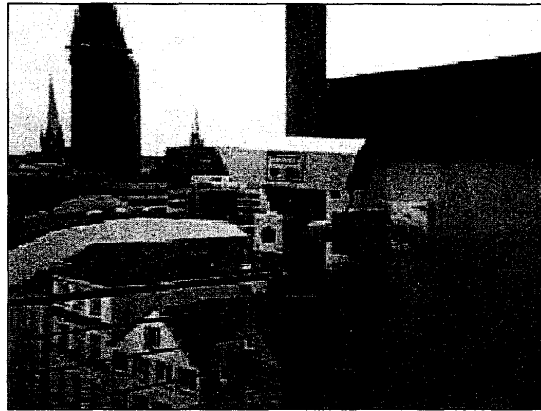
- ⌘ 需佔地 10 呎平方
- ⌘ 底座為直徑約 7 呎的容器
- ⌘ 炮管高度約為 8 呎
- ⌘ 容器內需裝滿水以穩固設備
- ⌘ 一般安裝一台 FSO 需要一個  
裝滿水的容器



直立式

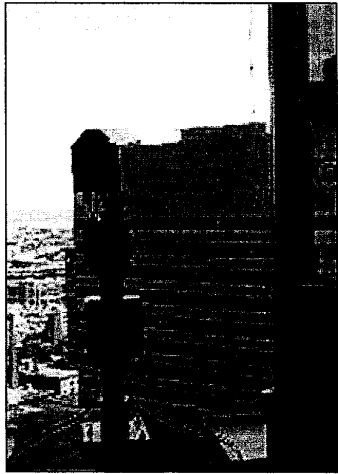


側掛式

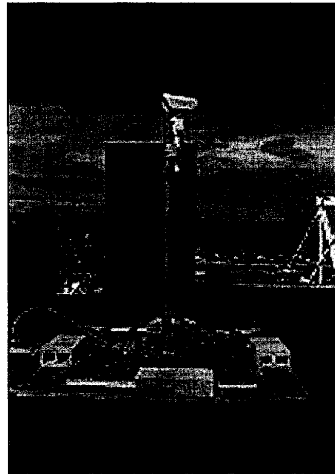




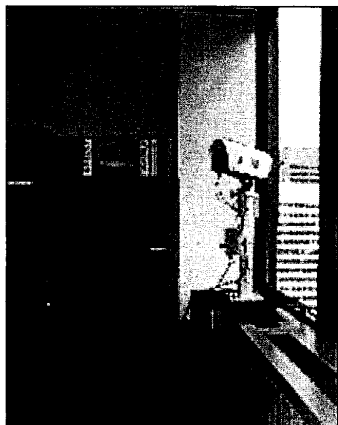
窗戶對屋頂



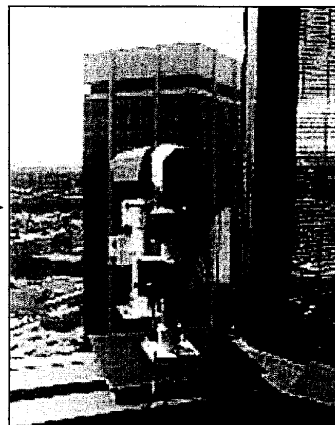
窗戶對屋頂



窗戶對窗戶



窗戶對窗戶



## 五、系統設備之維護與網管

### 5.1 維護

無線光通訊設備之維護須注意兩件重要事項，一為定期清理傳輸頭之前窗，維持前窗之乾淨；另一則為定期檢視傳輸頭傳輸的前方區域是否有新的障礙物，以保證光傳輸路徑之暢通。

### 5.2 網管

#### 5.2.1 光網管介面 (OMI)

光網管介面為提供從遠端監控及測試無線光通訊系統的工具，從傳輸頭所擷取到之資訊可用來監控系統運作之效能及診斷故障的參考。光網管介面之連接方式，如圖 5.2.1-1 所示。

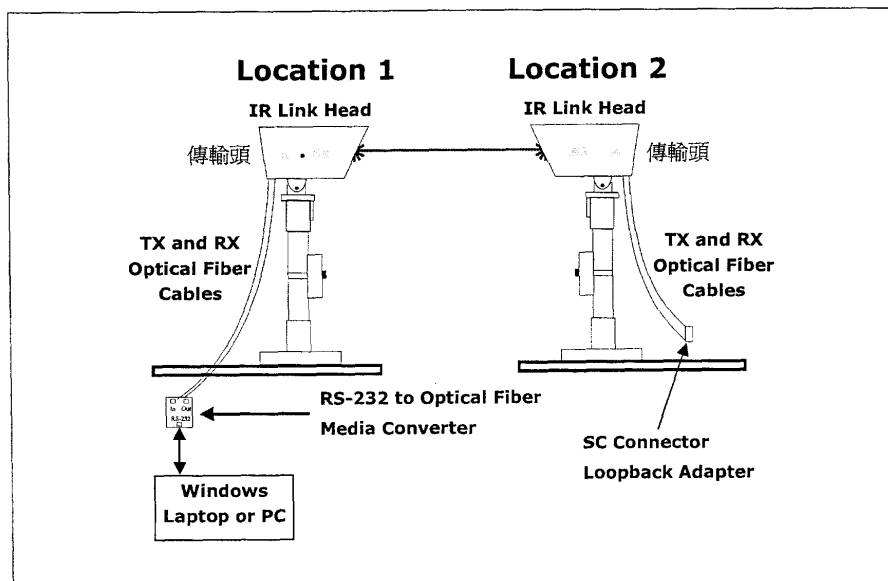


圖 5.2.1-1 光網管介面系統診斷測試接線

### 5.2.2 連接方式

透過一對多模光纖纜線從傳輸頭傳達到個人電腦平台。再經由雙向 V.24 轉換器將光訊號被轉換成 RS-232 電訊號，接入電腦 RS-232 通訊埠(沒有 25 pin 通訊埠，則需要轉接頭)。設備到網管電腦間之光纖長度最長可到 2 公里。

### 5.2.3 光網管介面 OMI 軟體

光網管介面軟體於安裝的電腦上可以監測兩個傳輸設備的狀況。安裝視窗環境可以是 Windows 3.1 或 Windows 95/98 含有 TCP/IP 網路驅動環境。當安裝軟體在 Windows 95/98，要確認檔案路徑及檔名相容於 DOS。

### 5.2.4 統計資料庫

光網管介面軟體查每秒查詢並顯示傳輸設備連線狀態。此外會在程式執行背後產生一個統計資料庫，每筆設備狀態及電腦統計連線資料都會儲存於資料庫。

### 5.2.5 SNMP 網管介面

傳輸設備也可以連接到 SNMP 監控系統，採用設備為 LightPointe 的網管盒取代上述的 RS-232 光電轉換器。

## 六、心得與建議

網路接取技術日新月異，各類技術之應用環境各不相同端視客戶之需求不同而定，並無單一技術可以涵蓋所有網路環境，往往是各類的接取技術之結合後才能提供整合性的全方位服務，因此對於一個網路提供者的我們在引進各類的整體服務時，接取技術之應用是重要考量的因素。

傳統的線路建設多鋪設光纜於地下，以局端機房間的中繼光纜為主體，再經由用戶光纜環路將芯線引進客戶端建物之傳輸設備，最後再由終端設備提供客戶所需的電路服務。

在環路上的客戶端建築物需求不盡相同，往往客戶端所需求的電路容量高低不一，若頻寬需求不高，引進光纜芯線就是種浪費，再來引進光纜芯線數一旦固定後，需求沒有那麼多時要再改接光纜不僅費時費工也不經濟。這種方式的缺點是環路光纜芯線引進光纜芯線規劃缺乏彈性、引進光纜的成本高(路權申請與道路使用費)，並且有時因地形地物及法規的限制無法鋪設光纜。

若將傳統的網路建設稱其為『地下網路』，那麼利用空中的自由空間來建設無形的網路不就可稱其為『空中網路』。地下可鋪設的空間已經太擁擠且建設成本太高，空中的空間相較下顯得空曠且建設成本也遠比地下低的許多，『地下網路』與『空中網路』的相互搭配，不僅提高網路的安全度、妥善率同時也提高了網路使用率，減少許多不必要的建設投資與浪費。

以往以微波技術為主的無線網路建設，須繁複的電台執照申請與高昂頻率使用費，它給人一種困難、手續繁瑣、成本高卻傳輸可靠度低、容量不高的印象，而此時 FSO 系統就顯露出其應用的優點，正如前述 FSO 系統可提供如光纖傳輸容量的實體介質，與光纜鋪設成本比較其建設成本價位低只要 1/5 的光纖架設成本；並且 FSO 系統在無光纖引進的地區，只要數小時便可建築物頂層或窗邊完成建設，

相較於光纜挖掘路面鋪設需費時數個月，不僅可以立即提供客戶服務亦能掌握客戶商機。

FSO 系統具有“即需即建”的網路規劃彈性可視地區的需要重覆架設，對本公司光纜、XDSL 及微波的建設限制上提供一個高速與快速的取代方案。

雖然 FSO 系統具有許多的優點，但是在應用上仍然有許多的問題要克服：

- 1.本公司都會區光纜建設普及，同仁觀念上一直認為有線比無線好，尚未接受此系統之應用。
- 2.區分公司對建築物頂層空間的取得及租金支付，仍須專案申請，並未常規化。
- 3.現系統傳輸距離短(現最長只可送 4km)，長距傳送需多段銜接；傳送容量有限制與傳輸距離成反比，目前商用系統送 STM-16 訊號只有 500m 傳輸距離。
- 4.系統易受氣候影響，如雨、霧與塵霾等。
- 5.系統裝置有限制光的直線傳輸特性，收發端之間不能有物體阻隔，建築中的大樓及大樓頂排煙都是隱憂。

現階段 FSO 系統有如光纖初期型態，仍有很大的發展空間，未來 FSO 系統定會朝向傳輸距離更長傳送容量更大來發展，故如多光波長傳送技術定會是其未來發展的趨向。

對於本公司而言都會區用戶光纜建設的普及，似乎無線寬頻接取技術服務的空間較小，但筆者評估未來一定是無線寬頻接取的市場，並且其潛力無限，相訊有線與無線接取技術的相互配合下，必定能為本公司整體的營收創造更高價值。

## 七、設計之參考資料

### 餘裕度估算公式

系統餘裕度(Link Margin)=整體發射功率( $\text{dBm}_{La}$ )-接收靈敏度  
 ( $\text{dBm}_{Se}$ )-天氣耗損( $\text{dB}_{we}$ )-幾何擴散損失( $\text{dB}_{PL}$ )-系統固定損失  
 ( $\text{dB}_{SL}$ )

$\text{dBm}_{La}$	Laser Optical Power 每一個 Transmitter 的 Laser Optical Power 為 3.9mW，正常工作時系統有 4 個發射源共計 15.6mW。
$\text{dB}_{Se}$	Optical Receiver Sensitivity 接收靈敏度 -41dBm。
$\text{dB}_{we}$	Weather Related Losses 1km 於氣候 clear 時損失 0.24dB，2km 共計損失 0.48dB。
$\text{dB}_{PL}$	Laser Path Loss 為發射至 2km 處所形成之雷射面積相對於設備鏡面接收面積之 dB 值，擴散張角為 2mrad，系統於 2km 處會形成半徑 2 米的雷射擴散面積，正常工作時系統有 4 個直徑 8 公分的接收鏡面，面積共計 201.05 平方公分。
$\text{dB}_{SL}$	System Loss=4db 包括光纖連接頭損失、因光纖及玻璃等髒汙因素導致的損失、塵霾及小雨等氣候因素導致的大氣損失、這些導致 inefficiency、reflection 及 scintillation 等，合理值為 4dB。

以傳送距離 2000m 為例，詳細的計算過程如下：

$dB_{mL} = 10 \cdot \log(LOP)$ ，Laser Optical Power 的單位是 mW。

每一個 Laser 光束的光功率是 3.9mW，

所以總光功率是  $3.9mW \cdot 4 = 15.6mW = 11.93dBm$ 。

$dB_{PL}$  光束的擴散角度是 2mrad，經過一段距離時(設為 2000m)：

$$\begin{aligned} \text{Path Loss} &= 10 \log \frac{\text{LaserArea 雷射發散面積}}{\text{LensArea 鏡面接收面積}} \\ &= 10 \log \frac{\sum (DISTANCE \cdot Divergence)^2}{4 \sum R^2} \\ &= 10 \log \left( \frac{\sum (2000 \text{ m} \cdot 2 \text{ mrad} \cdot \psi^2)^2}{4 \sum 0.04^2} \right) \\ &= 27.95dB \end{aligned}$$

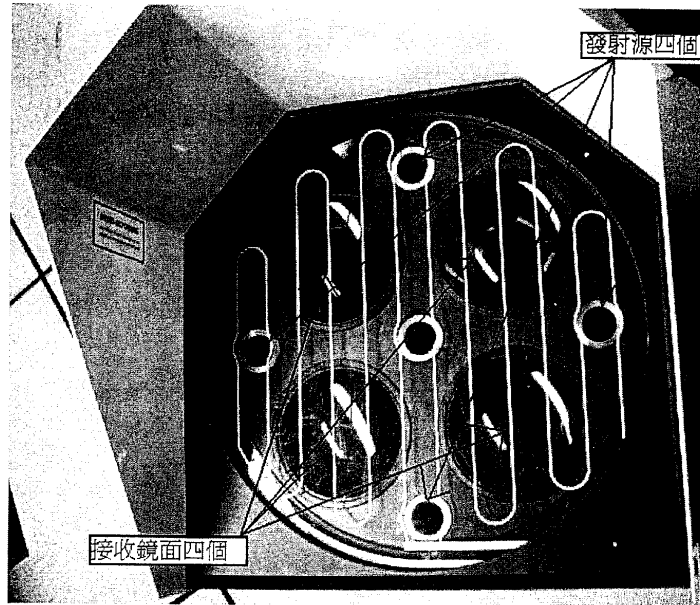
$dB_{SL} =$  定值為 4dB，每一鏈路不超過 4dB。

$dB_{Se} =$  定值為 -41dBm，機型 FS155/2000 接收靈敏度為 -41dBm。

所以在傳送距離 2000m 時，本系統餘裕度(Link Margin) =  $11.93 - (-41) - 0.48 - 27.95 - 4 = 20.5dB$ 。

## 鏡面資料

### 接收發射鏡面



接收鏡面直徑 8cm





各項參數表

項次	項目	參數
1	每一個 Laser 光束可用的光功率	3.9mW
2	正常工作時 Laser 光束的個數	4
3	laser 光束的擴散角度	2mrad
4	氣候 clear 時的損失	0.24dBm/km
5	接收端鏡面的直徑(單一鏡面)	8cm
6	接收端的面積(鏡面接收面積)	201.05 cm <sup>2</sup>
7	正常工作時接收鏡面的個數	4
8	接收端的接收靈敏度	-41dBm
9	系統其它損失	4dB

## 系統規格

	<b>FlightPath 155/300, 600</b>	<b>FlightSpectrum 155/1000, 2000</b>
<b>室外單元</b>		
系統說明	Single-beam system	Four beam system
尺寸	5.3 x 6.5 x 20 inches 13.5 x 16.5 x 50.0 cm	11.8 x 11.8 x 25 inches 30.0 x 30.0 x 64.0 cm
重量	21.1 lbs / 9.6 kg	29.7 lbs / 13.5 kg
傳輸頭電壓	12 – 16 VDC	12 – 16 VDC
電源盒電壓	110 / 240 VAC (50/60 Hz)	110 / 240 VAC (50/60 Hz)
電力消耗	Max. 10 W	Max. 20 W
工作溫度	-13° to +122° F (-25° to +50° C)	13° to +122° F (-25° to +50° C)
相對濕度	Up to 95% (non-condensing)	Up to 95% (non-condensing)
<b>自由空間路徑</b>		
傳輸率	155 Mbps	155 Mbps
建議距離	155/300 (20m to 1000m) 155/600 (110m to 1200m)	155/1000 (280m to 2200m) 155/2000 (650m to 3900m)
光發射器	VCSEL	VCSEL
發射波長	850 nm	850 nm
光束強度	6 mrad	2 mrad
雷射功率	155/300 1 mW 155/600 3.9 mW	155/1000 1 mW each beam 155/2000 5 mW each beam
接收器靈敏度	-41 dB	-41 dB
動態範圍	30 dB	30 dB
<b>網路介面</b>		
傳輸協定	Transparent	Transparent
系統介面	SC-compatible	SC-compatible
連接光纖	Singlemode: 6-9.5 μm inner core 125 μm external diameter Multimode: 50-62.5 μm inner core 125 μm external diameter	Singlemode: 6-9.5 μm inner core 125 μm external diameter Multimode: 50-62.5 μm inner core 125 μm external diameter
接收器型態	Si APD	Si APD
支援波長	SMF: 1310 nm MMF: 1260 to 1360 nm	SMF/MMF 1260-1360 nm
光接收功率	-30 to -15 dBm	-30 to -15 dBm
光傳輸功率	-20 dBm	-20 dBm
狀態顯示LED燈	Power, Data IN/OUT, LOS, Overload, Test, and Bar graph (10 Bars)	Power, Data IN/OUT, LOS, Overload, Test, and Bar graph (10 Bars)

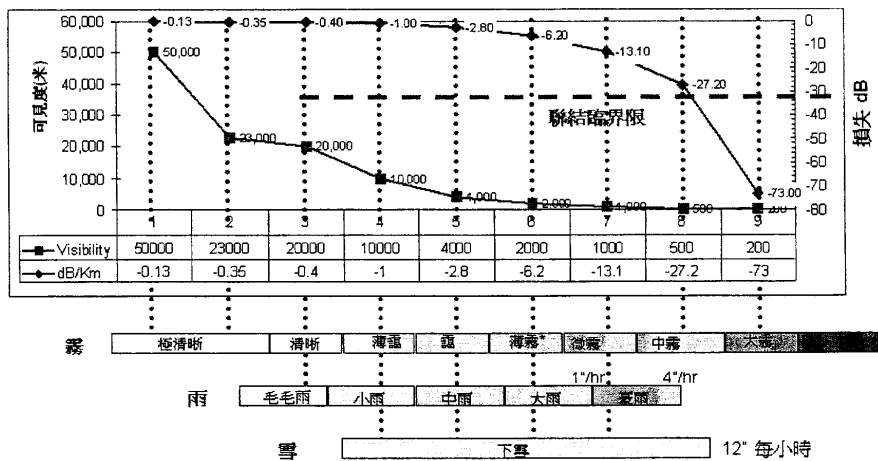
## 天氣/能見度相對衰減資料

天氣/能見度相對衰減資料 (擷錄原廠 Dr. Heinz Willebrand 與  
Baksheesh S. Ghuman 著作 *Free-Space Optics: Enabling Optical  
Connectivity in Today's Networks*)

**TABLE 3.1** International Visibility Codes for Weather Conditions and Precipitation

Weather Condition	Precipitation	Amount mm/hr	Visibility	dB Loss/km	
Dense fog			0 m, 50 m	-271.65	
Thick fog			200 m	-59.57	
Moderate fog	snow		500 m	-20.99	
Light Fog	snow	Cloudburst	100	770 m	-12.65
				1 km	-9.26
Thin fog	snow	Heavy rain	25	1.9 km	-4.22
				2 km	-3.96
Haze	snow	Medium rain	12.5	2.8 km	-2.58
				4 km	-1.62
Light haze	snow	Light rain	2.5	5.9 km	-0.96
				10 km	-0.44
Clear	snow	Drizzle	0.25	18.1 km	-0.24
				20 km	-0.22
Very Clear				23 km	-0.19
				50 km	-0.06

### 大氣耗損



### 雨量、能見度與各波長衰減對照表

雨量、能見度與各波長衰減對照表：

Rain rate (mm/hr)	Visibility (m)	785nm (dB/km)	850nm (dB/km)	1550nm (dB/km)
0	20000	-0.5	-0.5	-0.2
5	5125	-2.2	-2.0	-1.0
10	3575	-3.4	-3.2	-1.8
15	2620	-4.9	-4.7	-3.0
20	2260	-5.9	-5.5	-3.6
25	1900	-7.1	-6.8	-4.6
30	1687	-8.1	-7.7	-5.3
35	1526	-9.0	-8.6	-6.1
40	1399	-9.9	-9.5	-6.8
45	1295	-10.8	-10.3	-7.4
50	1210	-11.6	-11.1	-8.1
55	1137	-12.4	-11.9	-8.7
60	1074	-13.2	-12.7	-9.3
65	1019	-13.9	-13.4	-9.9
70	971	-14.8	-14.2	-10.7
75	929	-15.7	-15.2	-11.7
80	890	-16.6	-16.1	-12.7
85	856	-17.5	-17.0	-13.7
90	825	-18.3	-17.9	-14.7
95	796	-19.2	-18.7	-15.7
100	770	-20.0	-19.6	-16.7

#### 參考文件：

1. Kim, B McArthur, and E. Korevaar, "Comparison of laser beam propagation at 785 nm and 1550 nm in fog and haze for optical wireless communications," Optical Wireless Communications III, Proc. SPIE, Vol. 4214, pp. 26-37, 2000
2. Kim and E. J. Korevaar, "Link availability of Free Space Optics (FSO) and hybrid FSO/RF systems," Optical Wireless Communications IV, Proc. SPIE, Vol. 4530, pp. 84-95, 2001