

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告  
(出國類別：實習)

赴法國實習  
「雷射光通信系統技術」  
出國報告

服務機關：中華電信股份有限公司  
                  行動通信分公司

出國人：工程師、副工程師  
                  洪金灶          黃伯霖

出國地區：法國

出國期間：民國 92 年 12 月 13 日至  
                  民國 92 年 12 月 26 日

報告日期：民國 93 年 2 月 25 日

系統識別號:C09205222

公務出國報告提要

頁數: 42 含附件: 否

報告名稱:

實習「雷射光通信系統技術」

主辦機關:

中華電信行動通信分公司

聯絡人/電話:

陳月雪/(02)3316-6172

出國人員:

洪金灶 中華電信行動通信分公司 工務處 工程師  
黃伯霖 中華電信行動通信分公司 工務處 副工程師

出國類別: 實習

出國地區: 法國

出國期間: 民國 92 年 12 月 13 日 -民國 92 年 12 月 26 日

報告日期: 民國 93 年 02 月 25 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: FSO,光無線,雷射光通信

內容摘要: 為配合第三代行動電話建設計畫，儘速完成網路涵蓋以滿足客戶高速寬頻之行動通信需求；預先規劃可靈活調度、低成本及高可靠度之基地台傳輸系統，以符合未來講求時效、成本及多樣性之通信環境需求為當務之急。為達成上述目標，故引進新興雷射光通信(Free Space Optics，簡稱FSO)系統，FSO特色為具有大容量、安裝簡單，快速提供服務、彈性高、不須申請執照及頻譜使用費、無頻率干擾等優點，然而台灣地屬亞熱帶地區，氣候變化大，常有颱風、大雨及濃霧，對於高頻微波或光無線通信設備的應用有所影響，宜須審慎規劃。本報告書簡介TereScope 4900設備、系統設計、鏈路分析及系統應用，相信對未來光無線系統的規劃設計及維運同仁，有所助益。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 目 錄

1. 目的 .....	1
2. 過程 .....	1
3. TERESCOPE 4900 光無線設備 .....	1
3.1 雷射通信簡介.....	1
3.2 TERESCOPE 4900 光無線設備介紹 .....	5
3.2.1 收發訊機.....	6
3.2.2 乾接點(DRY CONTACT)單元 .....	8
3.2.3 遠端狀態監視單元(RSM).....	8
3.2.4 MEGAVISION 網管系統 .....	10
3.2.4.1 TereScope SNMP IP 設定 .....	10
3.2.4.2 監控功能.....	16
3.2.4.3 TereScope SNMP MIB 功能 .....	19
3.3 TERESCOPE 雙模組態 .....	23
4. FSO 系統設計及鏈路分析 .....	24
4.1 FSO 系統設計 .....	24
4.2 FSO 系統鏈路分析 .....	28
4.2.1 鏈路主要損失.....	28
4.2.2 衰落餘裕計算.....	30
5. 光無線通信系統應用.....	33
5.1 概述.....	33
5.2 網路拓撲結構.....	34
5.3 連結建築物間的網路應用 .....	35
5.4 機動、臨時性的網路應用 .....	37
5.5 基地台天線延伸系統應用 .....	38
6. 心得及建議 .....	41

## 1. 目的

職等依中華電信股份有限公司九十二年十二月四日信人二字第 92A3502144 號函核准，赴法國巴黎實習雷射光通信系統技術，此行主要目的為了解：

- (1)光無線傳輸系統軟、硬體設備。
- (2)光無線傳輸系統規劃、設計及維運技術。

MRV 公司為本公司「基地台光無線傳輸試用系統」採購案之設備製造商，藉由本次的實習，除學習光無線傳輸系統軟、硬體設備性能及維護事項，並吸取相關規劃、設計技術，期使對日後規劃、設計及維運工作，有所助益。

## 2. 過程

日期	地點	行程
92/12/13 ~14	台北-法國巴黎	去程
92/12/15 ~24	法國巴黎	參加雷射光通信系統技術實習
92/12/25 ~26	法國巴黎-台北	回程

## 3. TereScope 4900 光無線設備

MRV TereScope 4900 (TS4900)光無線設備，是以視線內傳輸(Line of Sight)做點對點全雙工通信，傳輸速率可達 34~155.52 Mbps，此型設備可應用於開放式協定(Open Protocol)、透通性協定(Transparent Protocol)之網路介面。此外 TS4900 可附加設備作雙模組態(Fusion)，利用備援微波來提升系統穩定度，在介紹 TereScope 4900 設備、TereScope 雙模組態(Fusion)前，先行對雷射通信做簡單的介紹。

### 3.1 雷射通信簡介

雷射 LASER 為 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 的簡稱，具高指向性、高單色性、高功率密度等特性，已普及應用於軍事、醫療、工業、通訊、資訊等領域。

雷射通信使用近紅外線(Near Infrared)波長(如圖 1A)，使用頻段約為數百 THZ(Tera Hertz)以上(如圖 1B)。

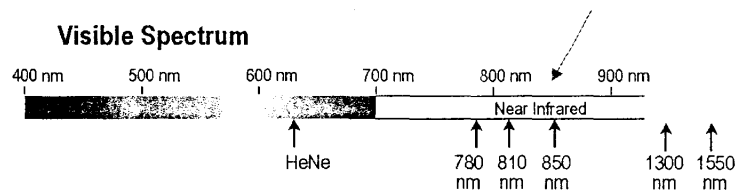


圖 1A 可見光波譜  
Electromagnetic Spectrum

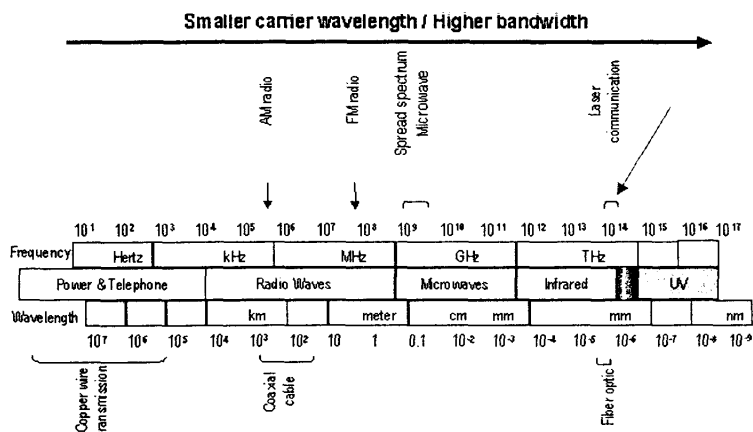


圖 1B 電磁波頻譜

雷射光通信通稱自由空間光通信 (Free Space Optical Communication, 簡稱 FSO), 採光電技術將數據信號調變, 利用雷射二極體 (Laser diode)、發光二極體 (LED) 等元件將光信號激發、放射, 在空氣中以近紅外線波長做為視線 (Line of Sight)、點對點雙向傳輸, 通常也以 FSO 稱之。

有關雷射光通信傳輸特性、參數、氣候因素影響等, 例舉如下:

(1) 擴散角度 (Divergence Angle):

指雷射光束於發射點 1 公里處擴散範圍的直徑對 1 公里之比值, 擴散角度以 mrad (milliradian) 為單位; 如圖 2 所示: 距發射點 1 公里處之擴散直徑為 2.5 公尺及 1 公尺時, 其擴散角度分別為 2.5mrad 及 1 mrad。

雷射光源發射波束小、高指向性, 不易檢測、截收信號, 因此光鏈路的對準 (Alignment) 及追蹤極為重要, 目前 FSO 設計已有部分機型具自動追蹤 (Auto Tracking) 的功能做校準, 可有效提

高通信品質。

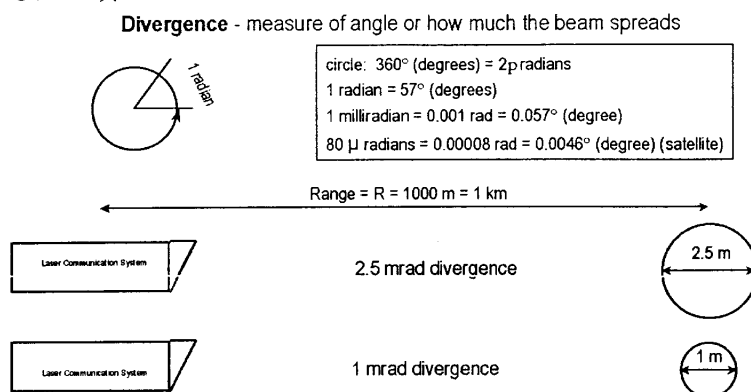


圖 2 擴散角度

(2) 雷射光通信傳輸受空氣粒子(Turbulence Cell)影響

由於大氣的流動，空氣中產生不同溫度、密度的空氣粒子，這些粒子因移動、混合不斷地變化，致使傳輸路徑上的雷射光波束擾動影響接收品質，其產生之影響決定於空氣粒子與雷射波束直徑之大小，可分為兩種：

- (A) 雷射波束漫步(Laser Beam Wander)：指空氣粒子較雷射光波束直徑大者，使雷射波束擾動(如圖 3A)。雷射波束漫步對 FSO 傳輸影響較小。
- (B) 雷射波束閃爍(Laser Beam Scintillation)：指空氣粒子較雷射波束直徑小者，使雷射光波束擾動(如圖 3B)。雷射波束閃爍對 FSO 傳輸影響極大。

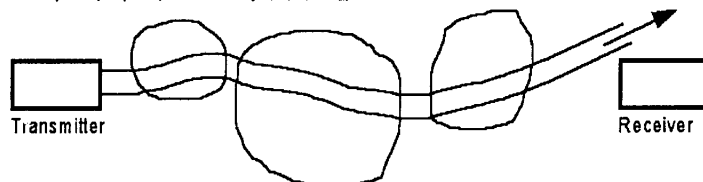


圖 3A Laser Beam Wander

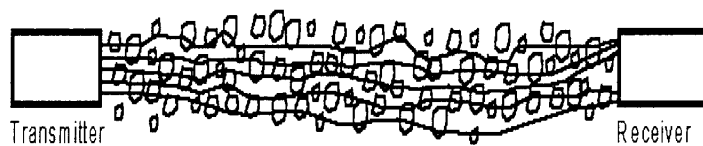


圖 3B Laser Beam Scintillation

雷射光通信發射波束因 Wander 及 Scintillation 影響，使接

收器所接收的波束變動(如圖 4A 所示)，如變動過大致所接收的訊號低於臨界值時，將產生誤碼(如圖 4B 所示)。

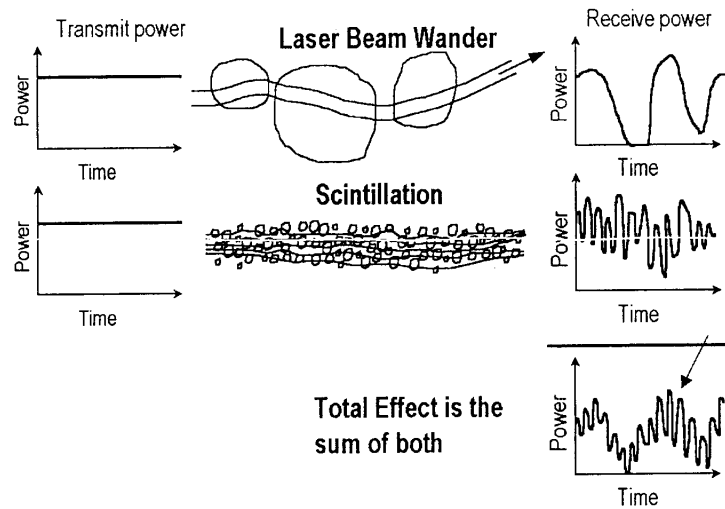


圖 4A Wander、Scintillation 的影響

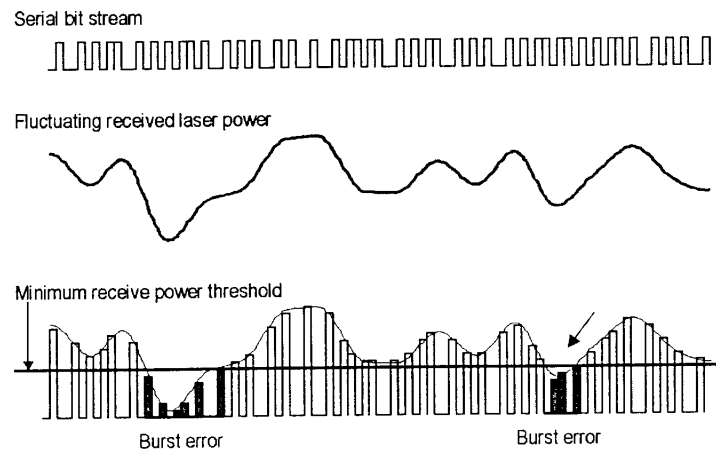


圖 4B 接收訊號產生誤碼

### (3) 能見度影響

雷射光通信傳輸對天候非常敏感，晴天對雷射傳輸品質的影響最小，其他如雲、雨、雪、霧、沙、塵等造成能見度不良，將使光信號造成衰減，影響雷射光傳輸品質，尤以濃霧所造成衰減最為嚴重。因天氣影響所引起的衰減，可以參考能見度衰減表(如第 4.2.1 節表 D)，或以下列經驗值概估：晴天(5~15 dB/km)、雨(20~50 dB/km)、雪(50~150 dB/km)、霧(50~300 dB/km)。

因氣候影響傳輸品質，在裝設 FSO 設備前，要先分析當地氣候條件，做妥善的評估。目前國外廠商為解決光無線設備因氣候影響及增加傳輸距離，已採用多光束、自動追蹤(Auto-tracking)、提高雷射功率、接收零敏度等技術，使 FSO 設備能更有效的應用。

(4)雷射光通信與微波通信比較：如表 A

表 A 雷射光通信與微波通信比較

項目	微波通信	雷射光通信
使用頻率	較低(約 0.1~60GHz)	較高(THz 以上)
使用波長	較長	較短(近紅外線)
傳輸特性	Line of Sight	Line of Sight
波束擴散	較大	較小
旁波束	有(註 1)	無
發射元件	射頻半導體、行波管	Laser diode、VCSEL、LED
接收元件	射頻接收器	Pin、Si-APD Detector
波束收發	天線	透鏡
濃霧影響	不影響	有影響(註 2)
雨衰影響	有影響(註 3)	微影響
太陽光影響	不影響	微影響

註：

- 1.微波通信射頻信號經天線傳輸，除了主波外，會產生副波瓣(Side Lobe)，與自由空間其他相近路由，相互干擾的機率較大；雷射光通信波束極為聚集、窄化，不會產生旁波，不易造成的干擾。
- 2.霧的大小約為 5~15 $\mu\text{m}$  與雷射所使用之近紅外線波長(750~900 nm、1500 nm~1600 nm)接近，霧會改變光的特性或因吸收、散射、反射等混合作用，阻擋光的傳播，尤其濃霧，對雷射光通信所造成影響極為嚴重。
- 3.雨滴的大小約為 200~2000 $\mu\text{m}$  與微波所使用之波長相近，對微波傳播造成衰減，尤其對 11GHz 以上之微波通信影響極大。

### 3.2 TereScope 4900 光無線設備介紹

MRV TereScope 4900 光無線設備主要單元包含收發訊機、乾接點(Dry contact)、遠端狀態監視(RSM)及 MegaVision 網管系統四個部分。



### 3.2.1 收發訊機

TS4900 光無線設備收發訊機單元，包含裝設於設備正面的一個接收鏡頭及四個發射鏡頭，其設計採多重發射，除具冗餘保護 (Redundancy) 功能外，更能有效降低因光束被阻隔及閃爍 (Scintillation) 致鏈路耗損而無法使用之機率，提升電路可靠度。

TereScope 4900 光無線設備正面及背面，如圖 5A 及圖 5B 所示：

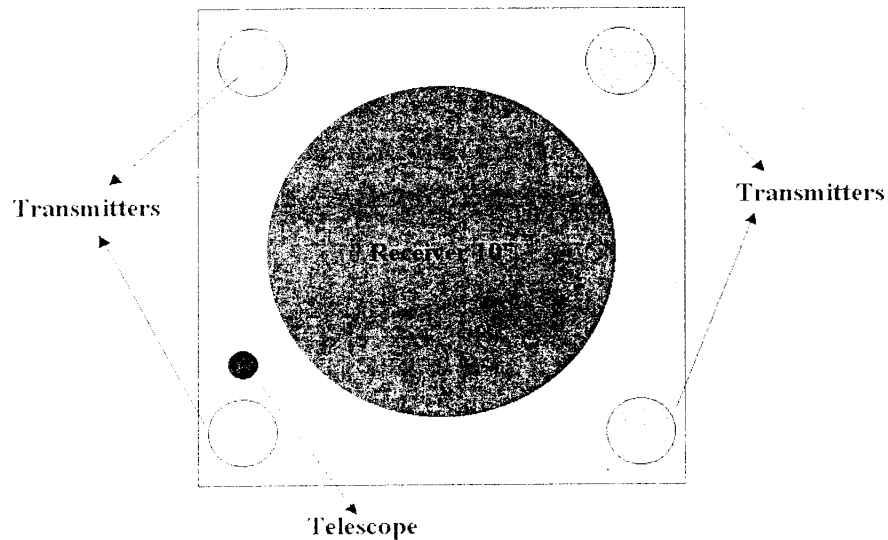


圖 5A TereScope 4900 光無線設備正面圖

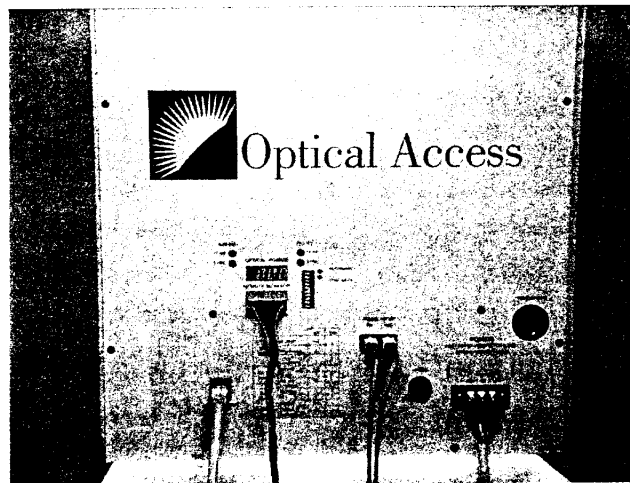


圖 5B TereScope 4900 光無線設備背面

發射模組採通用之面射型雷射(VCSEL-Vertical Cavity Surface Emitting Laser)方式，經由四個透鏡均勻發射，每一發射機之發射功率為 25mw。

光束經由一個直徑 10 吋接收透鏡、Sun noise filter 及 APD (Avalanche Photo Diode)至接收模組。

發射模組及接收模組接至輸出入介面卡，由單模光纜銜接至傳輸終端設備，TS4900 光無線設備方塊圖詳圖 6。

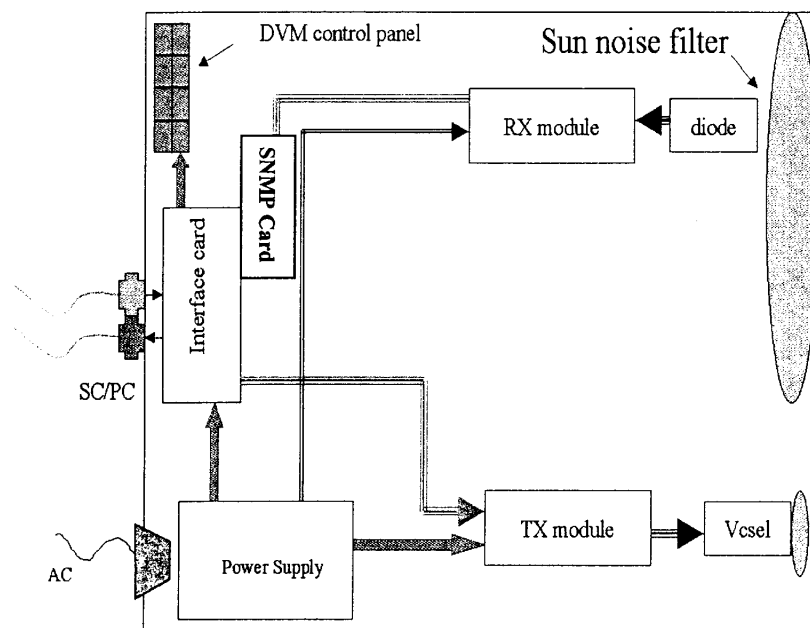


圖 6 TS4900 雷射光設備方塊圖

- (1) Sun Filter：是過濾太陽光波長的濾鏡，防止太陽光進入感應 diode。
- (2) Diode：是 APD (Avalanche Photo Diode) 形態的紅外線(IR)感應元件。
- (3) 接收模組(RX module)：將 Diode 所感應的接收光訊號轉換成電訊號。
- (4) 發射模組(TX module)：將電訊號輸入 VCSEL，發射光訊號。
- (5) 介面卡(Interface Card)：將接收的訊號做 Reclock 處理及連結後端輸入、輸出訊號。
- (6) DVM：是控制面板，將 RSSI level 由 dBm 轉換成 mV 讀數顯示，並能以開關(Dip Switch)控制 Terescope 之各項設定。

(7)SNMP Card：提供 SNMP V1 agent 接取介面，MegaVision 網管軟體經由介面來控制本設備。

### 3.2.2 乾接點(Dry contact)單元

乾接點(Dry Contact)單元為 TereScope 光無線設備告警裝置，用於監控雷射光設備告警並提供外接告警之乾接點，乾接點設備詳圖 7，其顯示告警訊息如下：

- (1)AirLink LED：顯示 AirLink flag 狀態。
- (2)DataLink LED：顯示 DataLink flag 狀態。
- (3)Low RSSI LED：此 LED 發亮時，表示收訊信號 RSSI 值低於臨界值以下。
- (4)Power LED：顯示 FSO 設備電源狀態。

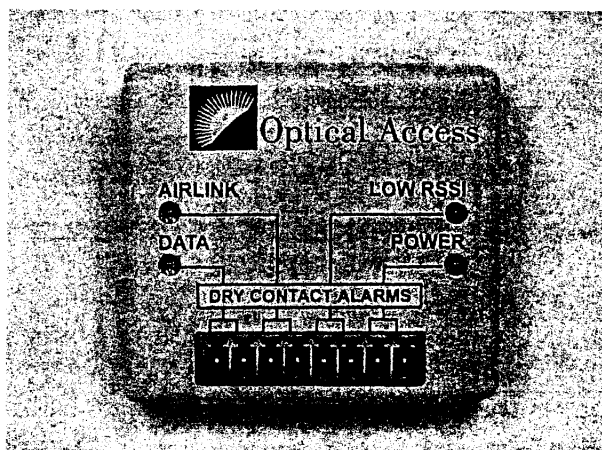


圖 7 乾接點設備

### 3.2.3 遠端狀態監視單元(RSM)

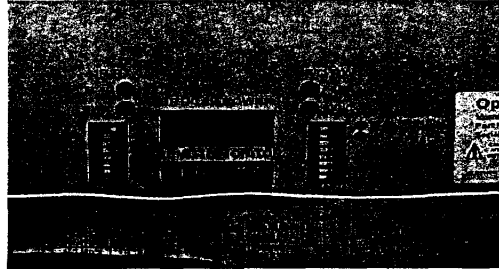
遠端狀態監視單元(RSM：Remote Status Monitor)為室內設備，以七芯線纜銜接 TereScope 設備做遠端監控，接線如圖 8 所示，連接線纜之 7-Pin 連接器(Connector)各端子銜接訊號如圖 9。

RSM 與 TereScope 設備銜接距離，依線纜線徑不同而異，可使用之最長距離如下表：

Cable Distance (m)	50	70	120	185	300	470
Wire Gauge (AWG)	28	26	24	22	20	18

RSM CONNECTING DIAGRAM

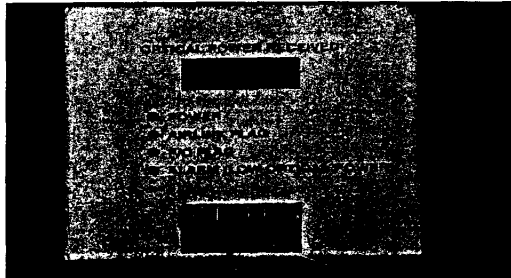
Out Door Unit TereScope



Example: CAT5 UTP/STP Cable direct connection  
any 7 wire cable will be suitable

7 Pins supplied connector

In Door Unit RSM



7 pins supplied connector

圖 8 TereScope 設備與 RSM 接線圖

Dry Contacts Phoenix connector Voltage outputs

RSM CONNECTOR PIN - OUT

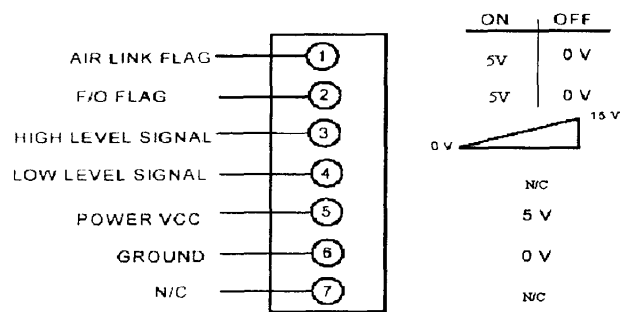


圖 9 7-Pin 連接器各端子銜接訊號

RSM 監視燈訊顯示設備狀況如下：

- (1)Power：LED 亮紅燈時表發射狀態。
- (2)Air Link Flag：LED 亮綠燈時表 FSO 鏈路處連線狀態。
- (3)F/O Flag：LED 亮黃燈時，表示連線至 FSO 介面電路正常工作。
- (4)Alarm：LED 亮橙色燈且閃爍時，表收訊機接收空中訊號不正常。
- (5)Optical Power Received：顯示由空中鏈路所接收的光功率值。

#### 3.2.4 MegaVision 網管系統

MegaVision 網管軟體可以透過網路連結到 Terescope 上的管理介面 (Management Port) 使用 SNMP(Simple Network Management Protocol)來管理 Terescope，此軟體是 MRV 專用 SNMP 軟體，具有下列特點：

- (1)自動偵測並且監視任何具有標準 SNMP MIB 功能的 SNMP 或 TCP/IP 相容設備，可管理 MRV 通信設備及具有 SNMP 管理介面之其它廠牌設備。
- (2)具有告警/事件之條件設定、監視及記錄功能，告警時除即時於控制螢幕顯示外亦可發出 E\_mail 通知管理者。
- (3)使用極有親和性 WEB-based GUI 使用者介面可以 map 方式顯示端對端網路及設備，便於操作。
- (4)可運作於使用 Microsoft 作業系統之電腦系統，相容於 HP OpenView NMS，与其它網管系統整合容易。
- (5)使用 Java-enabled Web browser 易於經由網際網路作遠端管理。

##### 3.2.4.1 TereScope SNMP IP 設定

TereScope SNMP card 於原廠已預設的 IP 位址，請按下列步驟來設定 IP 位址：

- (1)將“網管 IP 位址設定”開關(dipswitch-8)，設定為 “Software IP ON”位置。
- (2)使用互交的網路線(Cross cable)，連結 SNMP card 到 PC，並啟動 MegaVision 軟體(如圖 10A)。

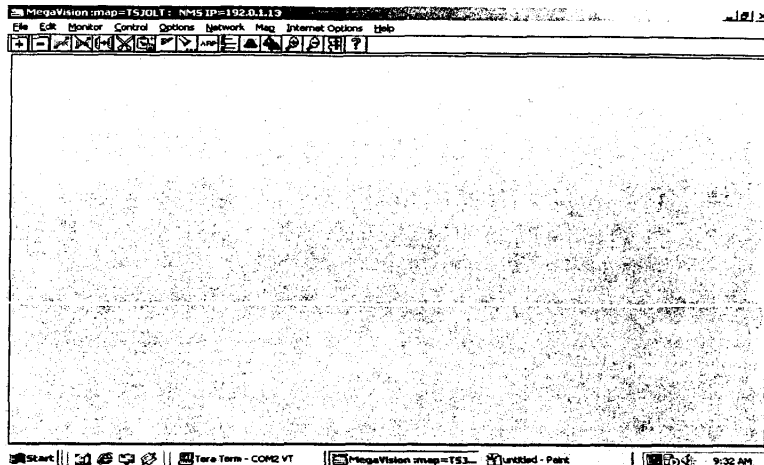


圖 10A MegaVision 主畫面

- (3)因 SNMP card 只提供 10BaseT 的通訊介面，請確認所使用 PC 的網路介面卡(NIC)是否為 10/100Base T。
- (4)要將 TereScope 加入 MGV(Mega vision)地圖，在此軟體中選擇“Add device”(+) 圖形位於左上角)，並從產品選單中選擇 TSJ 型號(如圖 10B)。

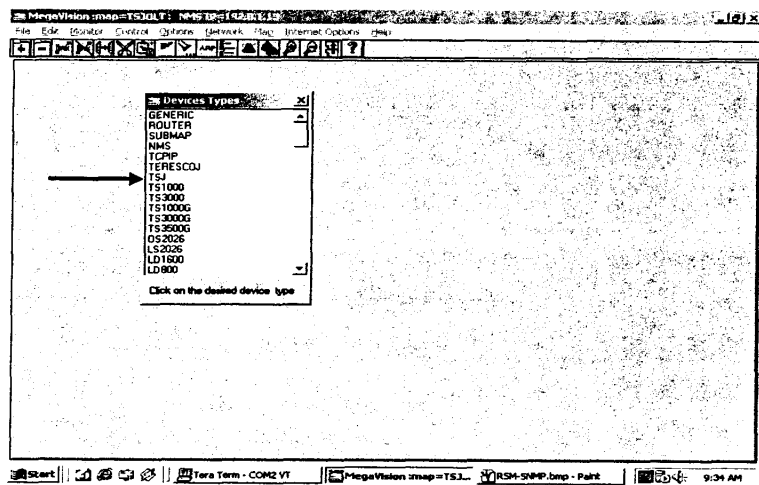


圖 10B 選擇設備畫面

- (5)選擇 TSJ 型號後，畫面上會出現 TereScope 圖案，點選此圖案，將會出現圖 10C 畫面，在此將“Name for SET”改為 Public 並為 TereScope 輸入名稱。

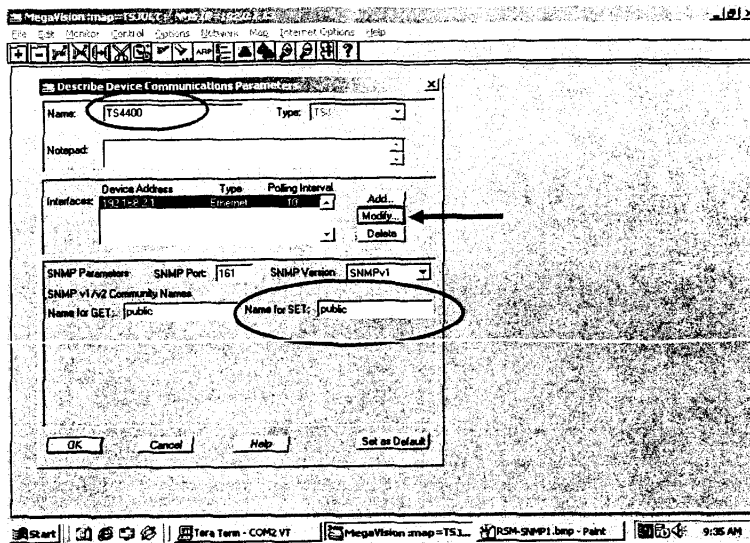


圖 10C Name for Set 改為 Public 畫面

(6)點選“Modify”按鈕(如圖 10C 藍色箭頭處)，將會出現下一畫面，  
參照圖 10D 做設定：

- 輸入預設的 IP(標記貼在背板上)
- Polling interval 設定為 20。
- Time - out 設定為 10。
- Retries 設定為 1。
- 選 O.K。

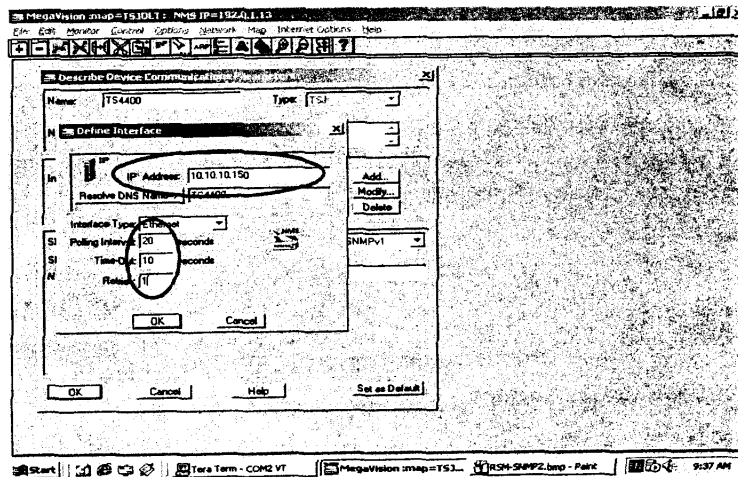


圖 10D 介面定義畫面

(7) 為使 PC 與 SNMP card 可以連線，須於 IP PC "command" 模式設定一個新路由，指令為：[ route add [TereScope factory default IP address] mask 255.255.255.255 [P.C address]]，按下 Enter 鍵(如圖 10E)。

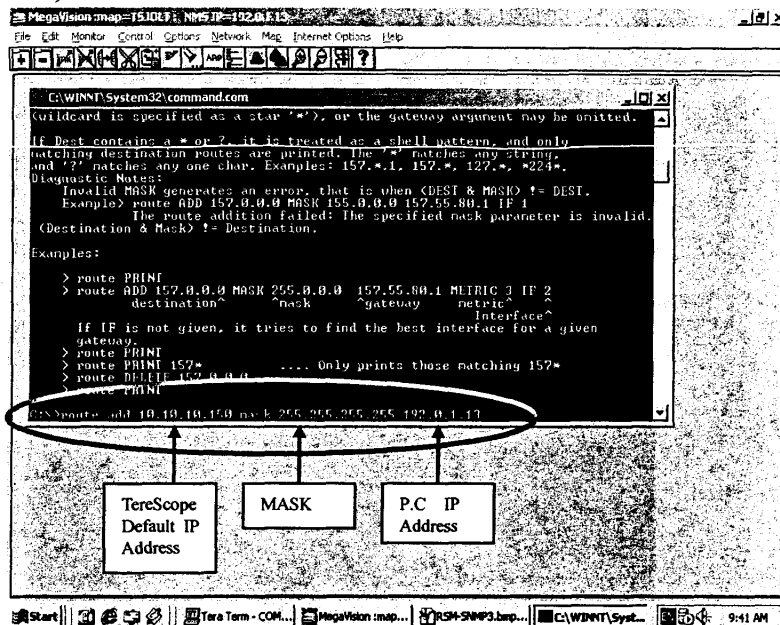


圖 10E Command 模式 “route add” 畫面

(8) 結束“command”模式後，MegaVision 主畫面會顯示綠色的 TereScope™圖案，綠色表示 PC 與 TereScope 通線正常(如圖 10F)。

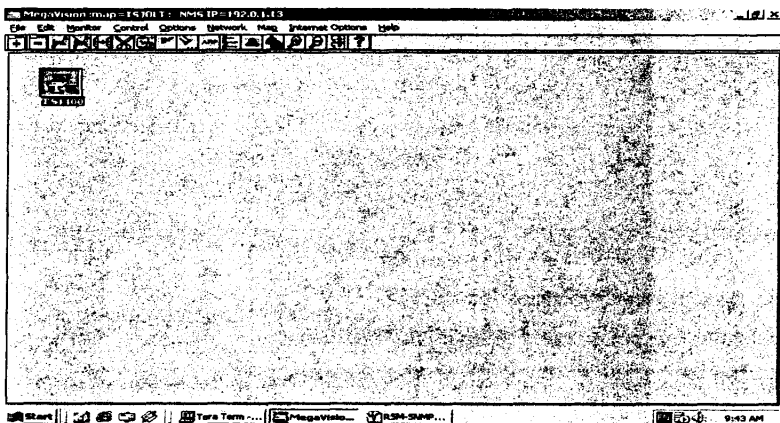


圖 10F MegaVision main screen 畫面



(9) 點選綠色 TereScope 圖案，於畫面上點選“Device Parameter Configurations”來開啟圖 10G 畫面，畫面所顯示的 IP 為原廠預設值，參照下列方法設定：

- (A) 輸入新的 TereScope IP 位址(網路上的 IP)
- (B) Communication mode: “LAN\_Mode”
- (C) 輸入 GateWay 位址
- (D) 選 O.K

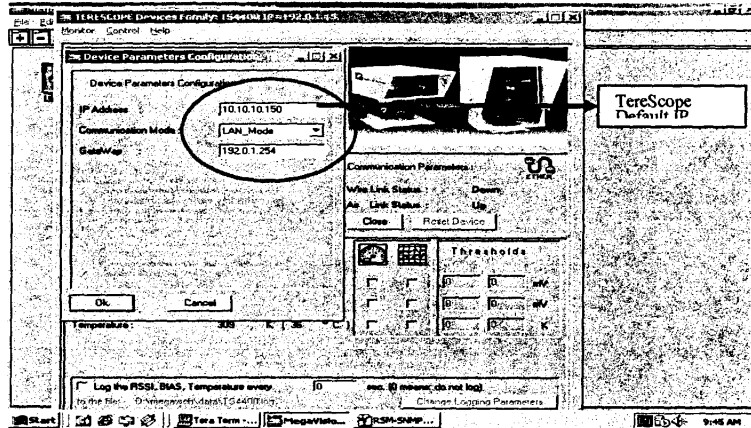


圖 10G 新 TereScope™ IP 位址設定

(10) 當再次進入上述畫面時，檢查所設定 IP 是否正確(如圖 10H)

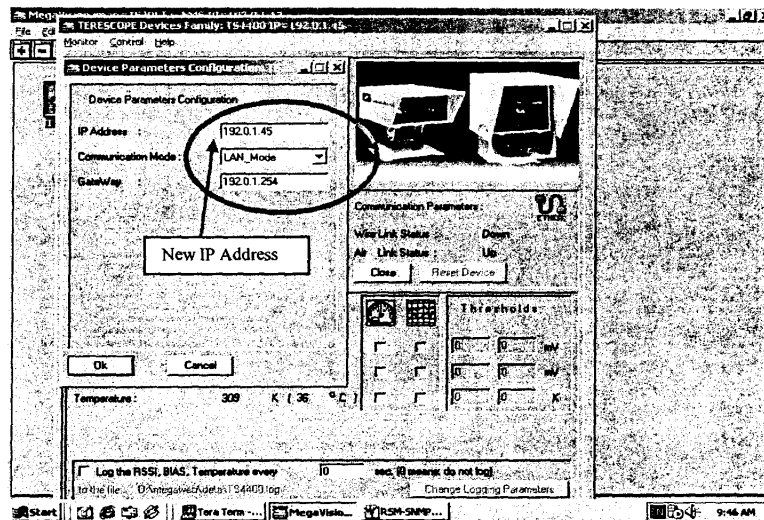


圖 10H 新 TereScope™ IP 位址設定

(11) 點選“Reset device”重新啟動 TereScope™，會有確認的畫面出現，請按 O.K 鈕(如圖 10I)。

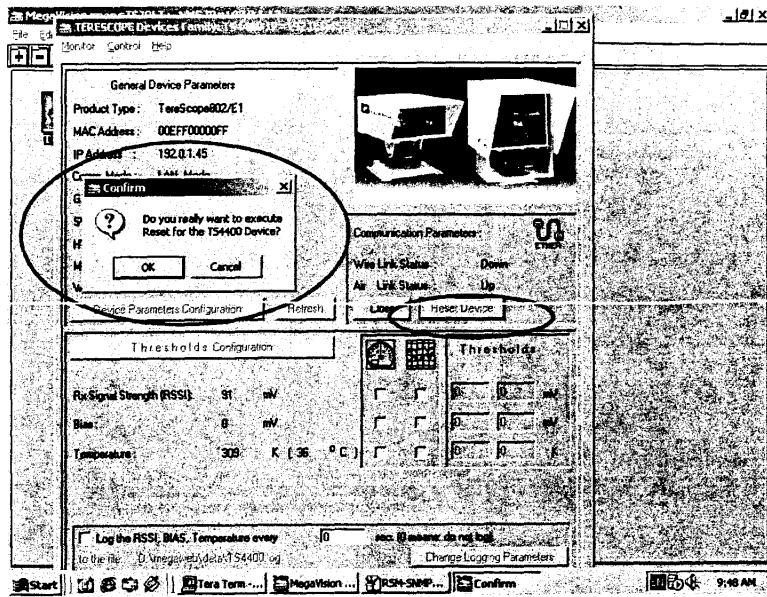


圖 10I 重新啟動 TereScope™ 畫面

(12)當重新啟動 TereScope 後，通訊參數(communication parameter)圖案會轉成紅色，表示 TereScope 重新啟動，且將自動運作(如圖 10J)。

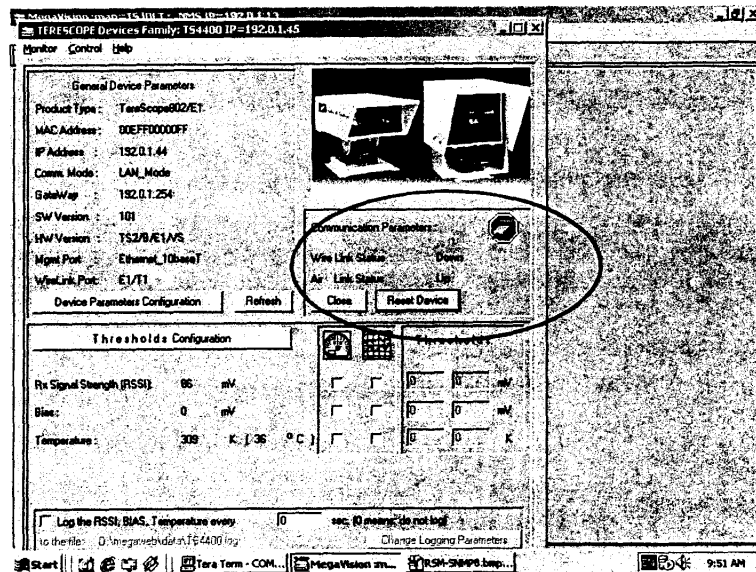


圖 10J TereScope 重新啟動畫面

(13)SNMP card 將以新設定的 IP 位址運作。  
如果遺忘原設定 TereScope SNMP 的 IP 位址，而無法利用

MegaVSION 軟體來連結設備時，可執行下列步驟：

- (A) 將 software IP 開關設為 off 位置(預設的 IP)。
- (B) 執行本節步驟第(4)及第(5)項。
- (C) 執行本節步驟第(6)項，IP 設定為 10.0.0.101(原廠預設 IP 位址)。
- (D) 執行本節步驟第(7)及第(8)項。
- (E) 在執行本節步驟第(9)項步驟前，將 IP 開關(dipswitch) 設為 On 位置，並執行步驟第(9)至第(12)項，執行完成後，務必確認新的 IP 設定是否無誤。

#### 3.2.4.2 監控功能

(1) 設備設定顯示：如圖 11A

- (A) 設備參數顯示：包括設備型號、MAC 位址、IP 位址、通訊模式、閘道(Gateway)位址、軟體版本、硬體版本、網管連接埠形態(LAN 或 Com port)及傳輸協定形態(E1、T1、Ethernet 或 STM-1 等)。
- (B) 連線參數顯示：網管連線狀態顯示(紅色表 Down、綠色表 Up)，空中連線(Air Link)狀態顯示(Up or Down)及後端連線狀態顯示(Up or Down)。
- (C) 設備重啟動(Reset Device)：使用此功能鍵可重新啟動 TereScope。
- (D) 接收值、偏壓值與溫度顯示：
  - (a) 接收值：表 APD Diode 接收值(Rx Signal Strength, RSSI)，以毫伏(mV)顯示。
  - (b) 偏壓：表雷射單體偏壓值(Bias)可對應為發射值，以毫伏(mV)顯示。
  - (c) 溫度：表機內溫度(Temperature)，以攝氏表示。

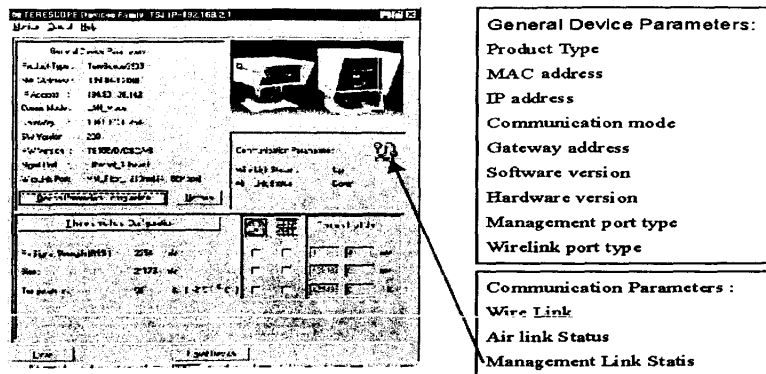


圖 11A

(2)設備圖形化狀態顯示：光收發訊機之 APD Diode 接收值(RSSI)、雷射單體偏壓值(Bias)、機內溫度(Temperature)等均以圖形化方式表示，如圖 11B 所示。

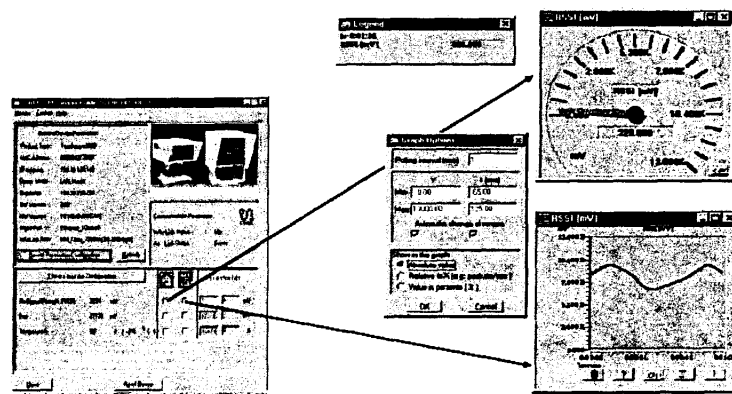


圖 11B

(3)設備狀態臨界點設定：臨界值參數(Threshold Parameter)包括 APD Diode 接收值(RSSI)、雷射單體偏壓值(Bias)及機內溫度(Temperature)，可透過此功能畫面設定這些參數的最高臨界值(Max Threshold)及最低臨界值(Min. Threshold)，來做為告警之用，如圖 11C 及圖 11D 所示。

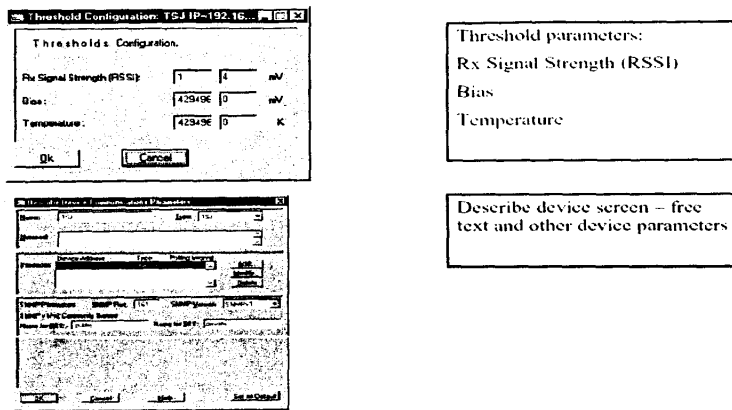


圖 11C

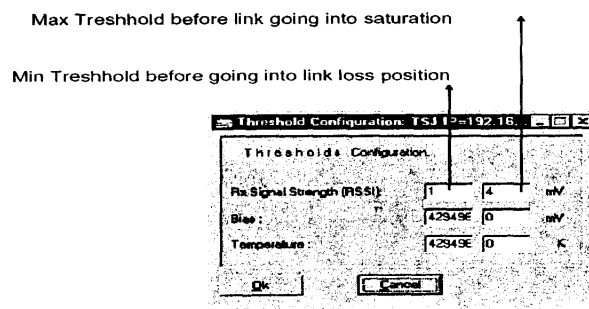


圖 11D

(4)告警處理及顯示：透過此功能畫面，可設定告警嚴重程度 (Severity)、告警方式(Reporting)、紀錄方式(Log)及與 E-mail 連結等，當參數值超出使用者設定的臨界值時除了告警的顯示亦可觸發 E-mail 的傳送來達到及時通知的效果，如圖 11E 及圖 11F 所示。

- Alarm Logged for each Device
- Alarm Configuration (Severity, Action) & Reporting
- E-Mail (Paging) Configuration and filtering by device

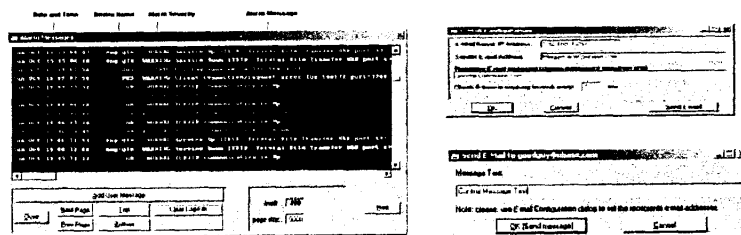
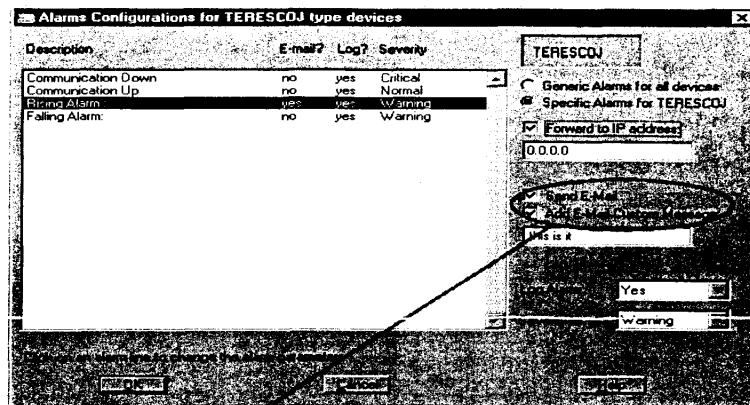


圖 11E



Can send Emails when Threshold exceeds

圖 11F

### 3.2.4.3 TereScope SNMP MIB 功能

#### (1) SNMP MIB 簡介

簡易網路管理協定(Simple Network Management Protocol-SNMP)是一標準的 TCP/IP 網路管理協定，SNMP 標準/RFC 定義了一個介於 SNMP 網管主機及網路設備端上 SNMP 代理單元(Agent)之間的管理訊息交換的協定，此協定定義了客戶端及伺服器端間交換訊息的意義及格式還有名稱及位址型式，SNMP 並不定義網路設備上的存取資料。

另外並定義可以被管理的資料，也就是與特定的設備連結的部分。這些 RFC 定義了資料的項目及特定設備所須具備的介面，還有這些項目的名稱及表示這些名稱的文法，這些標準就是所謂的管理資訊基礎(Management Information Base-MIB)。把 MIB 及網路管理協定分開來處理，這對於廠商及使用者皆有好處，因為廠商可以把 SNMP 代理單元軟體包含在他們的產品，且此產品將會依據 SNMP 標準來發展，即使新的項目會持續加入 MIB 中也沒有問題；同時使用者可以使用同一網管工具中不同的 MIB 來管理不同版本的同一產品，這些 MIB 可分成三類：

- (A)標準(Standard)：這些 MIB 由 IETF 的工作小組來發展，MIB 中 Object Identifier 指派任務的字首是屬於 mgmt 次項(subtree)。
- (B)實驗(Experimental)：當一個工作小組在發展一個 MIB 中，會被指定一個暫時的 Object Identifier，且屬於

experimental 次項，當這些 MIB 完成且標準化後，就會被指定一新的字首且歸屬於 mgmt 次項。

(C)企業特定(Enterprise-specific)：功能並不被包括在標準 MIB 中的個別產品則屬於這一類廠商，可在 enterprise 次項下發展自己產品獨有的 MIB。

SNMP 協定定義了 5 種訊息：

(A)get-request=從一變數(variable)中取回數值(value)

(B)get-next-request=取回數值而無須知道它實際的名稱

(C)get-response=回應取回的動作

(D)set-request=儲存一數值於特定的變數中

(E)trap=由一事件觸發的回應

(2)TereScope MIB 功能介紹

oaATersc MIB 功能描述 TereScope 可用的 MIB 功能及可讀取的資訊，每一 MIB 對應了一個數值(如表 B)，表 B 所列功能、臨界值、告警會依據不同的設備型號而有所不同。

表 B MIB 功能描述

型式(TYPE)	名稱(NAME)	說明
功能 (Function)	OaATerTxUserDataStatus	使用者資料(User Data Status)：此功能表示了發射機模組在使用者介面端，是否接發射信號。如果此參數為'off'，則表示發射機模組未發射任何訊號。
	oaATerTxTemperature	溫度：以攝氏表示 [oaATerTxTemperature / 100]表示收發機的溫度。
	oaATerTxTotalLaserPower	總雷射功率：以mW 表示 [oaATerTxTotalLaserPower / 100]表示發射模組的總雷射功率。
	oaATerTxBoardType	發射模組型式，讀取實際的型式以字串表示。
	oaATerTxBoardSerialNumber	發射模組序號，是組裝時分配的實際序號，以字串表示。
	oaATerTxLasersNumber	此設備使用的正在發射的雷射單體數目
	oaATerTxLaserIndex	設備所具有的雷射單體數目，從1到最大雷射單體數目。 [oaATerTxLasersMaxNumber] 的指標值

表 B MIB 功能描述(續)

型式(TYPE)	名稱(NAME)	說明
功能 (Function)	OaATerTxLaserSetStatus	雷射單體設定狀態：此參數表示每一雷射單體是否已從遠端關閉。為了近距的傳輸操作，每一雷射單體可以獨立的開啓或關閉，off 表示雷射單體已被關閉，當此參數為 on 時，表示雷射單體已開啓。
	oaATerTxLaserPower	雷射單體功率： $[oaATerTxLaserPower / 100]$ 此參數(mW)表示每一雷射單體的發射功率，如此參數為 0，則表示雷射單體處於關閉狀態。
	oaATerTxLaserBias	雷射偏壓電流： $[oaATerTxLaserBias / 100]$ 此參數(mA)表示偏壓電流。
	oaATerTxLaserModulation	雷射調變電流： $[oaATerTxLaserModulation100]$ 此參數表示調變電流(mA)。
	oaATerRxUserDataStatus	使用者資料狀態，此參數表示接收模組是否接於使用者介面並收到訊號。
	oaATerAPDCurrent	APD 電流： $[oaATerRxAPDCurrent / 100]$ 此參數表示實際通過 APD(Avalanche Photo Diode)的電流，APD 電流也表示了接收訊號的強度及品質。
	oaATerRxPower	接收功率：以 mW 表示 $[oaATerRxPower / 100]$ 此參數表示接收功率。
	oaATerRxTemperature	溫度：以攝氏表示 $[oaT1000GTxTemp / 100]$ 此參數表示接收模組的溫度。
	oaATerRxBoardType	接收模組型式，此參數表是實際接收機的型式並以字串表示。
	oaATerRxBoardSerialNumbe	接收模組序號，是產品組裝時賦予的實際序號。



表 B MIB 功能描述(續)

型式 (TYPE)	名稱(NAME)	說明
臨界值 (Threshold)	OaATerTxTotalLaserPower ThresholdMin	最小總雷射功率： [oaATerTxTotalLaserPowerThresholdMin / 100] 此參數表示雷射功率(mW)，此參數是由使用者透過SNMP瀏覽器所設定的值,預設值為0,其範圍為0.0到655.35 mW，且雷射功率是所有雷射的總合。當總雷射功率低於所設定的臨界值時，告警會被觸發，trap 將會傳送出去。
	oaATerRxAPDCurrentMin	最小 APD 電流： [oaATerRxAPDCurrentMin / 100] 此參數為臨界電流值(uA)，此參數是由使用者透過 SNMP 瀏覽器所設定的值，預設值為 0，其範圍為 0.0 到 655.35Ua。APD 電流可直接對應接收訊號的強度也是訊號品質的指標，當 APD 電流低於此臨界值時，告警會被觸發，trap 將被傳送。
	OaATerRxTempMax	最大接收機溫度： [oaATerRxTempMax / 100]此臨界參數值以攝氏表示，此參數是由使用者透過 SNMP瀏覽器所設定的值,預設值為70，其範圍為-50.0到80，當接收模組溫度超過此臨界值時，告警會被觸發，trap將會傳送。
	OaATerTxTempMax	最大發射機溫度：[oaATerTxTempMax / 100]，此臨界參數值以攝氏表示。此參數是由使用者透過 SNMP 瀏覽器所設定的值，預設值為 70，其範圍為-50.0 到 80。當發射模組溫度超過此臨界值時，告警會被觸發，trap 將會傳送。

表 B MIB 功能描述(續)

型式 (TYPE)	名稱(NAME)	說明
告警 (Alarm)	OaATerLastTrapSent	企業特定(enterprise-specific)的產品 OID 值(Object Identification)，是由 SNMP 代理單元傳送。
	oaATerLastTrapAlarm	當代理單元觸發企業特定(enterprise-specific)的告警時，此 trap 將會被傳送，可於 MIB 瀏覽器中選擇 on/off 模式，i.e.，0 = off，1 = on
	oaATerTxTotalLaserPowerAlarm	此 trap 的產生是當總雷射功率低於使用者設定的最小值時。
	oaATxUserDataStatusAlarm	此 trap 的產生是當使用者資料介面無任何訊號時。
	oaATerRxAPDCurrentAlarm	此 trap 的產生是當 APD 電流低於使用者設定的最小值時。
	OaATerRxTempAlarm	此 trap 的產生是當接收模組溫度高於使用者設定的最大值時。
	OaATerTxTempAlarm	此 trap 的產生是當發射機溫度高於使用者設定的最大值時。

### 3.3 TereScope 雙模組態

TereScope 光無線設備可透過一標準的轉換器來連接到任何的交換器(支援 10/100Mbps)，而這轉換器必須連接到 TereScope 上標有“Redundant”的連接埠，且備援的微波系統也連接於相同的交換器上。除此 TereScope 也可直接使用 10/100 Mbps TX 轉 100 FX 型式的介面轉換器(如 MRV's 介面轉換器 MC102F)，當 TereScope 光無線通信系統中斷運轉時，來自主要光模組的空中傳輸會停止，切換至備援微波系統，使用的第二光模組來傳輸，在任何天氣情形下提供最佳的可靠度。

TereScope 雙模型是設計結合光無線及微波兩種傳輸媒介，在網路設備間形成“Redundancy”通訊鏈路，利用這種技術，可以提供網路所要求的 99.999%可靠度，此系統微波使用 ISM 頻段做為 TereScope 光無線系統的備援。

TereScope 雙模系統具備無線光傳輸連結，可提供快速乙太網路(Fast Ethernet)的速率為主要連結，並具有乙太網路(Ethernet)的微波連結做為備援鏈路。這樣的系統幾乎可在任何的天氣狀況下運作，包括在大雨、下雪及霧中達到近 100%的可靠度；安裝佈建容易及無須申請微波執照，TereScope 雙模系統架構如圖 12。

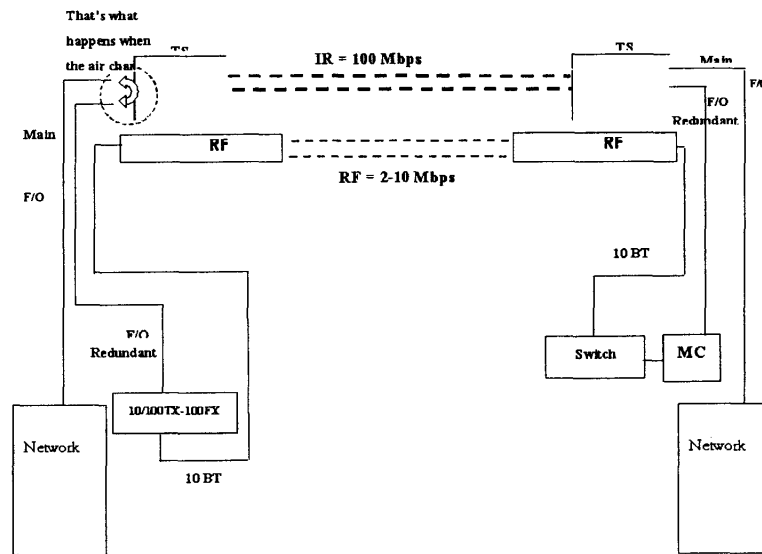


圖 12 TereScope 雙模系統架構圖

#### 4. FSO 系統設計及鏈路分析

光無線系統規劃時，站台裝設位置選擇設計及鏈路分析 (Link Analysis) 極為重要，分述如下：

##### 4.1 FSO 系統設計

光無線系統設計須考量及注意項目如下：

###### (1) 視線內 (Line of Sight) 傳輸路徑

站台點對點間不可有障礙物，如成長中的植物、構建中之建物(如新建築物是否遮擋、施工吊車移動等)、煙囪(排出的煙可能會不時阻斷傳輸)、路徑下方 15 呎內是否有移動的車輛或熱氣表層(如金屬屋頂)等，這都會影響光無線通信的傳輸品質。

###### (2) 方位 (Orientation)

當陽光直接照射可能會造成接收機達到飽和 (Saturation) 狀況，要

避免安裝於東西向位。假使這種情形無法避免，可以利用環境及建物來遮蔽直接的陽光照射，否則數分鐘的中斷，是隨時可能會發生的(要視一年中的那一段時間及太陽的角度而定)。當太陽離開接收可視範圍後，系統會完全恢復運作。

### (3) 站台地點及距離

收發機的安裝必須很嚴謹且須注意下列事項：

- (A) 支架配件必須安裝堅固，如安裝於堅硬的建物結構混凝土或混凝土加強的表面女兒牆、建物的柱子或牆面；老舊或軟性材料(如瀝青)、不均勻的木質表面、鐵性材質等結構體，均不適合安裝。
- (B) 安裝地點附近應避開高壓電、無線電天線，並留意周遭有色的窗戶，對光無線傳輸是否產生影響，以上因素均須考慮在內。
- (C) 須注意裝設地點風速，如達 120 KM/H 以上，須加裝堅固的遮蔽物阻擋。

### (4) 安裝環境及穩地性

當裝設區間確定後，光無線設備裝設位置須考慮安裝環境及其穩地性；裝機位置後方應避免高反光的表面(如白牆壁等)及避開震動來源(如空壓機、電梯、馬達等)，如此可減低對光訊號的干擾；若於屋頂上裝設，其位置的擇選極為重要，以圖 13 說明如下：

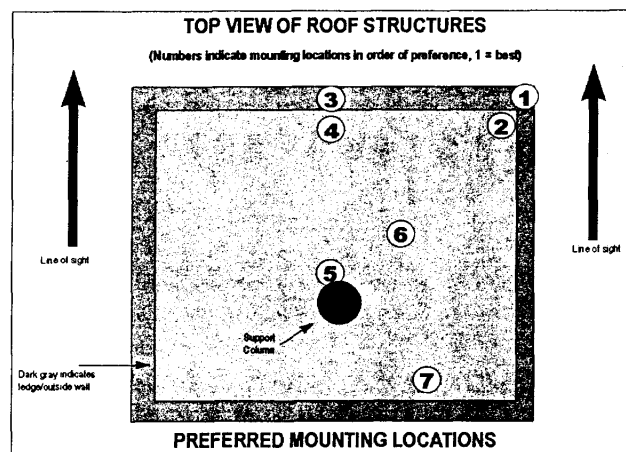


圖 13 光無線設備屋頂裝設位置

於圖 13，光無線設備於屋頂所裝設位置，第 1、2 點位於屋

頂邊緣，不易遭遮擋，其位置最佳，第 3、4 點位置次之，第 5、6 或 7 點位置於屋頂中央，易因人員走動致遮擋傳輸及 Scintillation 效應而影響傳輸品質，故較不適宜裝設，如果必須利用該點裝設時，則雷射光設備安裝高度，至少須高於屋頂表面兩公尺，如此可避免人員走動遮擋傳輸及減低 Scintillation 效應所造成的影想。

(5) 透過窗戶 (Window) 的傳輸

(A) 光無線設備裝設於室內，光束傳輸透過玻璃窗的入射角須介於  $0.05^\circ$  與  $45^\circ$  之間，如圖 14 所示。

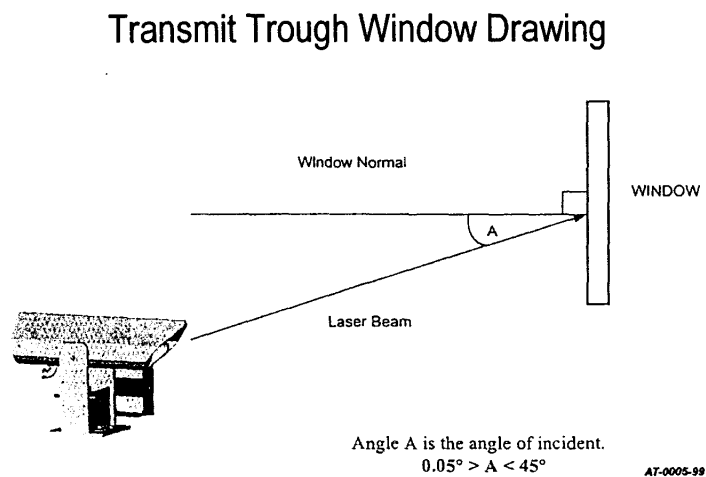


圖 14 穿透窗戶的光無線傳輸

(B) 光無線透過玻璃窗傳輸，其衰減量估算如下：

(a) 每一表面有 4% 的衰減

(b) 一個雙層玻璃窗約有 15% 的衰減

(c) 染色玻璃窗衰減的百分比視染色情形而定，通常須經測量，並考慮其所增加的衰減，是否可接受或須另以適當型號的設備替代。

(C) 衰減量估算須確認光束穿透或由反光體表面、大氣凝結物如雨、雪、雹等凝結面積致使光束產生反射的數量資料。

(D) 光無線設備安裝於室內，若能注意不遮斷傳輸(如窗戶的清潔工作等)及系統餘裕足夠，則大都可以應用。

(6)以圖 15A、圖 15B、圖 15C 及圖 15D，說明 FSO 設備的裝設位置是否恰當。

(A)圖 15A 及圖 15B 鏈路顯示，FSO 被安裝在屋頂邊緣，設備離屋頂表面有足夠的高度，且傳輸路徑下方 15 呎內無移動的車輛或熱氣表層等干擾源，是最佳的安裝位置。

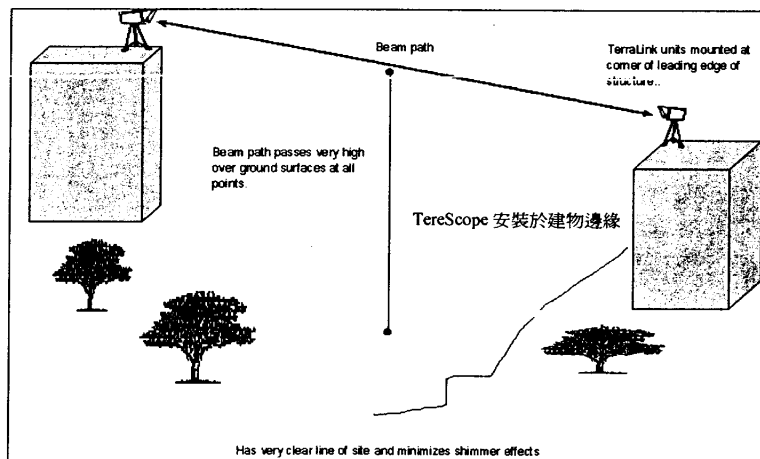


圖 15A 最佳安裝(1)－安裝在屋頂邊緣

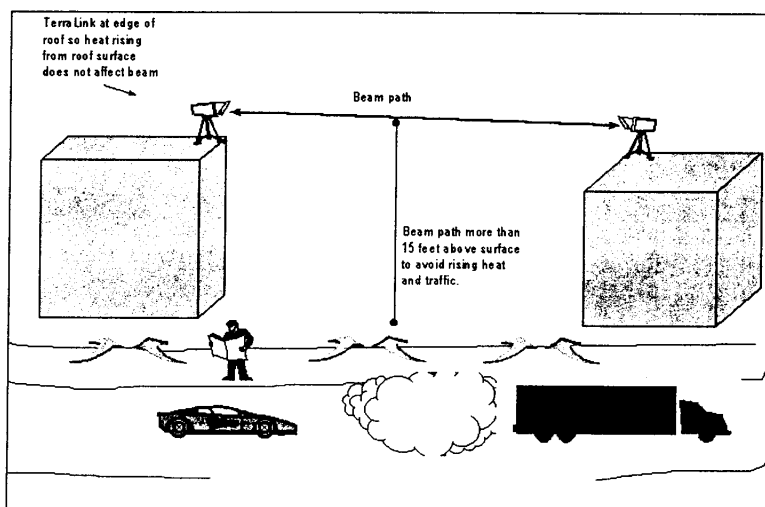


圖 15B 最佳安裝(2)－路徑下方 15 呎內無干擾源

(B)圖 15C 顯示 FSO 設備安裝位置離地高度不夠，傳輸會被經過車輛阻斷，其位置不佳，不建議安裝；圖 15D 顯示 FSO 設備安裝於遠離屋頂邊緣或太靠近地面，且傳輸路徑下方 15 呎內有熱氣表層等干擾源，其安裝位置不予考慮。

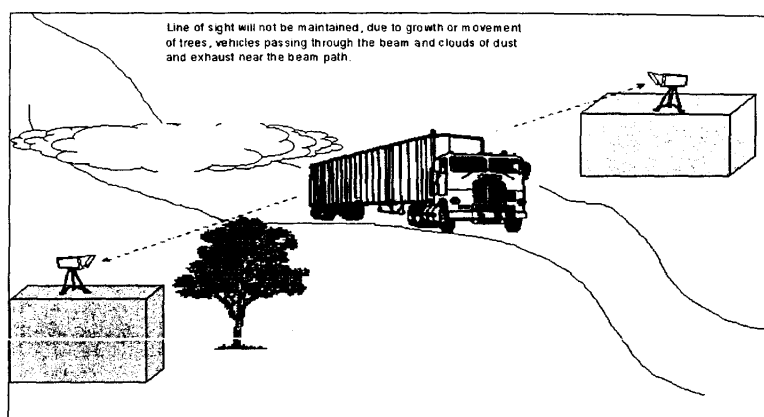


圖 15C 不建議的安裝

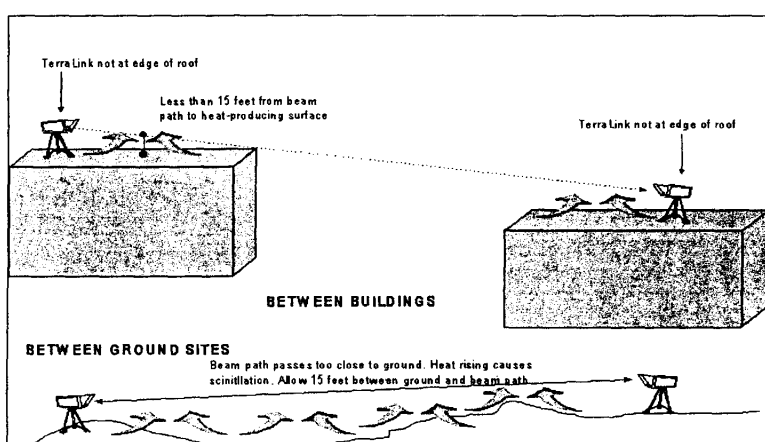


圖 15D 不予考慮安裝

## 4.2 FSO 系統鏈路分析

FSO 系統鏈路分析須依設備規格、傳輸距離、損失(Loss)加以估算，並分析天候影響因素，計算衰落餘裕(Fade Margin)來決定設備可應用程度。

### 4.2.1 鏈路主要損失

通常 FSO 系統鏈路主要損失包含：

- (1)幾何損失(Geometrical Loss):發射光束因擴散傳輸於接收端所形成之擴散面積遠大於接收鏡頭面積，而產生之損失。

$$\text{幾何損失(dB)} = 10 \log[\text{擴散面積}/\text{接收鏡頭面積}]$$

幾何損失會隨著傳輸距離的增加而加大，例如擴散角度為  $2\text{mrd}$ ，

當傳輸距離增加 1 倍時，幾何損失增加 4dB。

(2)閃爍損失(Scintillation Loss):由大氣閃爍效應對光傳輸造成的損失，每 1 公里約有 1 dB 損失。

(3)設備損失:主要由設備內鏡片、系統校準等所造成的衰減。

(4)大氣損失(Atmospheric Attenuation):雷射光束在自由空間受到環境、天候(主要為霧，兩次之)等因素影響，造成光波的衰減。雨量、能見度對 FSO 波長衰減情形如表 C(表中天候形容僅供參考)。

表 C 雨量、能見度與 FSO 波長衰減對照表

Rain rate (mm/hr)		Visibility (m)		Wavelength Attenuation (dB/km)		
				785nm	850nm	1550nm
0	晴天	20000	很清楚	-0.5	-0.5	-0.2
5	小雨	5125	薄水氣	-2.2	-2.0	-1.0
10		3575		-3.4	-3.2	-1.8
15	中大雨	2620	水氣	-4.9	-4.7	-3.0
20		2260		-5.9	-5.5	-3.6
25	大雨	1900	薄霧	-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	雷陣雨	1074	輕霧	-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
105		豪大雨		706	中霧	-22.4
110	650		-24.8	-24.5		-22.4
115	600		-27.3	-27.1		-25.5
120	556		-29.9	-29.8		-28.8



表 C 雨量、能見度與 FSO 波長衰減對照表(續)

Rain rate (mm/hr)	Visibility (m)	FSO Wavelength Attenuation		
		785nm	850nm	1550nm
125	517	-32.6	-32.6	-32.2
130	482	-35.2	-35.2	-35.2
135	451	-37.6	-37.6	-37.6
140	423	-40.2	-40.2	-40.2
145	397	-42.8	-42.8	-42.8
150	374	-45.4	-45.4	-45.4
155	353	-48.2	-48.2	-48.2
160	333	-51.0	-51.0	-51.0
165	315	-53.8	-53.8	-53.8
170	299	-56.8	-56.8	-56.8
175	284	-59.8	-59.8	-59.8
180	270	-62.9	-62.9	-62.9
185	257	-66.0	-66.0	-66.0
190	245	-69.2	-69.2	-69.2
195	234	-72.5	-72.5	-72.5
200	224	-75.9	-75.9	-75.9

#### 4.2.2 衰落餘裕計算

利用 MRV 公司所提供 FSO 衰落餘裕計算工具，進行 TereScope 4900 設備鏈路計算，評估該設備可應用之情形，本例以傳輸距離為 500 公尺及氣候為晴天(Clear Sky)的條件，計算衰落餘裕，如表 D。

(1)TereScope 4900 衰落餘裕計算說明(500M & Clear Sky)：

(A)計算幾何損失：參照 TS 4900 規格，於工具第 1、2 項輸入下列資料。

Distance : 500m

Beam divergence : 2mrad, 擴散面積(Beam area) = 7854 cm<sup>2</sup>

Rx lens diameter : 25.4cm

No of Rx lens : 1

接收鏡頭面積(Rx total area) = 506.709 cm<sup>2</sup>

由工具第 3 項可自動算出幾何損失為 -11.903 dB

\* 幾何損失 =  $10 \log(7854/506.709) = -11.903 \text{ dB}$

表 D TereScope 4900 衰落餘裕計算(500M)



Fade Margin Calculation for :

TS4900@500m

Enter values from the data sheets for the specific TereScope

Fill only the white cells

To Calculate Geometric Loss:

1 Calculate the one of the projected pattern :

distance [m]	beam divergence [mrad]	beam diam. [m]	beam area [cm2]
500	2	1.000	7854.00

2 Calculate the area of the receiver on the link head :

RX diameter [cm]	No of RXs	RXs total Area [cm2]
25.4	1	506.709

3 Convert the two areas ratio to dB using the 10 log rule :

Geometrical loss [db]	-11.903
-----------------------	---------

To Calculate Total Link Budget:

- Transmit Total Power	20.00 dbm
- Receiver sensitivity	-36.00 dbm
- Total Available System Gain	56.00 dbm

Calculate the power in dbm

power mW	dbm
100	20.00
158.4893192	22.0

To Calculate Distance Dependent Loss:

- Total Link Length	500 m@ 0.5 dB/Km	-0.25 db
- Divergence Geometric Loss	500 m	-11.903 db
- Total Link Loss		-12.153 db

To Calculate Fixed Loss:

- Equipment Loss (beam loss, mis-alignment, lenses...)		-6.00 db
- Scintillation Loss	500 m@ 1 dB/Km	-0.5 db
- Total Equipment Loss		-6.50 db

Total system losses@ 500	-18.65 db
--------------------------	-----------

Calculated Fade Margin @ 500m	37.35 db	74.69 db/Km
-------------------------------	----------	-------------

(B)系統增益：於 Link Budget 欄輸入 TS 4900 規格，可算出系統增益。

Tx Power : 100mw (自動換算為 20dBm)

Receiver sensitivity : - 36dBm

Available System Gain = 56dBm

(C)距離損失：於 Distance Dependant Loss 欄自動算出 TS4900 距離損失。

$$\begin{aligned} \text{距離損失} &= \text{幾何損失}(11.903) + \text{Link Loss}(0.25) \\ &= 12.153 \text{ dB} \end{aligned}$$

(註：Link Loss 可由表 C 得知於 Clear Sky 氣候下每公里衰減 0.5 dB)

(D)固定損失：於 Fixed Loss 欄自動算出 TS4900 固定損失。  
 固定損失=設備損失(6 dB)+閃爍損失(0.5 dB)=6.5 dB  
 其中設備損失以 6 dB 計之，閃爍損失以每公里 1dB 計算。

(E)系統損失：  
 系統損失=距離損失+固定損失=12.15+6.5=18.65 dB

(F)衰落餘裕(Fade Margin)：  
 於 Fade Margin 欄自動算出 TS4900 之衰落餘裕。  
 衰落餘裕=系統增益-系統損失=56-18.65=37.35 dB

(2)分析 TS4900 設備(波長 850nm)於不同的傳輸距離可適用之天候條件極限，利用表 D 計算及參照表 C，計算數值如表 E：

表 E TS4900 衰落餘裕(Fade Margin)計算

Range (m)	Output Power (dBm)	Weather Condition		Fade Margin (dB)	Remark
		Rain Rate mm/hr	Visility (m)		
220	20	0	20000	44.9	
220	20	200	224	28.31	
500	20	0	20000	37.35	
500	20	195	234	1.35	應用極限
1000	20	0	20000	30.58	
1000	20	120	556	1.28	應用極限
1500	20	0	20000	26.30	
1500	20	90	825	0.2	應用極限
2000	20	0	20000	23.9	
2000	20	55	1137	0.26	應用極限
2500	20	0	20000	20.37	
2500	20	35	1526	0.12	應用極限
3000	20	0	20000	18.03	
3000	20	20	2260	3.03	應用極限

由表 E 可得知 TS4900 設備可應用程度，當傳輸距離 500 公尺，發射功率為 20 dB m—於 Clear Sky 氣候下之衰落餘裕 37.35 dB，為最佳狀況，於 Rain Rate 195 mm/hr (或 Visility 234m)氣候下之衰落餘裕為 1.35 dB，此為可應用極限。以此類推，傳輸距離 3000 公尺應用極限之氣候條件為 Rain Rate 20 mm/hr (或 Visility 2260m)。

由於 TS4900 設備 RX Dynamic Range 為 45dB，當傳輸距

離為 220 公尺，於 Clear Sky 氣候下之衰落餘裕 44.9dB，已達其 RX Signal 之最高限值，意即使用四個發射器時，其最短區間距離為 220 公尺；若要縮短使用區間，則須減少使用發射器數量。距離為 220 公尺於 Rain Rate 200 mm/hr (或 Visility 224m) 氣候下之衰落餘裕仍有 28.31 dB，故依此推算，當使用區間距離為 220 公尺時於 204.5dB/km 之濃霧狀況下亦可正常工作。

- (3) TS4900 設備於不同的氣候條件、傳輸距離下，計算之衰落餘裕，衰落餘裕的大小可有效預估設備可否應用，於規劃設計時須嚴謹考量當地氣候狀況、傳輸距離，做妥當的規劃。
- (4) 現台灣地區之長期能見度資料無法獲得，而影響 FSO 應用之主要因素為霧霾，故「基地台光無線傳輸試用系統」採購案將於北、中、南三大都會區試用六個月，並配合能見度儀做紀錄，以分析 FSO 於各地區之適用性，並做為未來設計及訂定採購規範之參考。

## 5. 光無線通信系統應用

### 5.1 概述

光無線通信初始是應用於國防、企業領域專用網路，但目前已擴展到公眾電信點對點、大容量全雙工通信系統，特別是寬頻的應用，由於光無線設備的製造廠商愈來愈多，性能不斷提升優化，且價格的亦逐漸降低，點對點、全雙工通信系統的光無線接取成為新的應用方向。國外電信公司如美國 QWEST、英國 BT、加拿大 NT 等已開始使用這種技術，預測今後會有極大的發展。

此外，光無線通信已發展為可將行動電話基地台的射頻信號傳送，銜接遠端的天線系統，亦即所謂“基地台天線延伸系統”，由於國內行動電話基地台建設困難，應用此技術，應有所助益。

光無線通信優點如下：

- (1) 迅速建立鏈路：FSO 設備輕巧如同保全攝像機，可迅速安裝在屋頂、屋內甚至窗外，迅速建立鏈路。
- (2) 頻寬大：點對點傳輸，FSO 能支援 155Mbps~1Gbps 的傳輸速率。
- (3) 透通協定：FSO 以光為傳輸媒介，任何傳輸協定均可輕易地疊加上，對語音、數據、影像等信號可以做到透通傳送，如通

信網路使用的 SDH、ATM、IP 等都能通過。

- (4)安全保密性高：FSO 的波束很窄，定向性非常好，非可視光，夜間也無法發現，因此無法探測到鏈路的位置，安全保密性較強。
- (5)可攜性高：當設置地點須搬遷時，不需申請許可。
- (6)無需頻譜許可證：FSO 的波束窄，不易相互干擾，毋需如微波、LMDS 通信般須申請頻率指配及付頻率使用費。

有關光無線設備的應用，敘述如下：

## 5.2 網路拓撲結構

光無線通信系統網路拓撲結構：包含點對點、點對多點(星形)、環狀連結(如圖 16A)、網狀連結(如圖 16B)網路，也可以多重組合，提供各種形態應用。

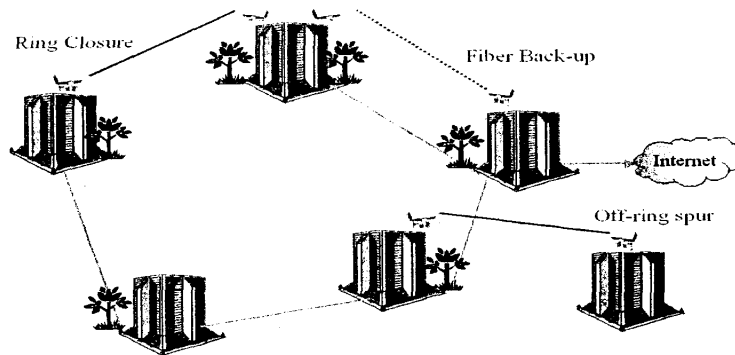


圖 16A 環狀連結

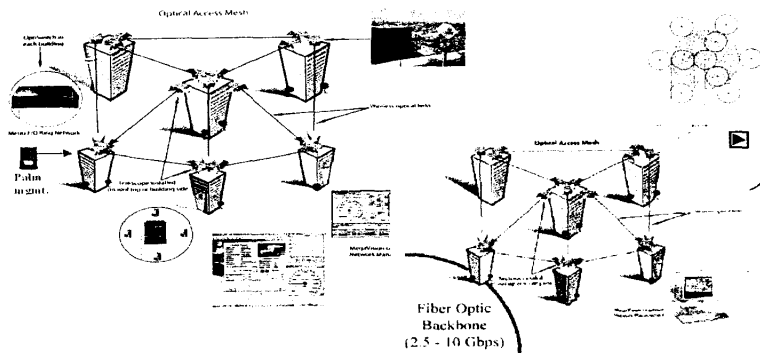


圖 16B 網狀連結

### 5.3 連結建築物間的網路應用

FSO 可連結建築物間的網路，例舉如下(如圖 17A、17B)：

- (1) 電信、網路業者於現有的網路上，可快速擴展和向外延伸，或做光纖網路的備援電路。
- (2) 電信、廣電、網路業者連結住宅商業區，提供寬頻解決最後一哩(last mile)瓶頸，如 XDSL、Cable Modem 等需求。
- (3) 企業及機關學校等，做企業網路、校園網路的連接，降低成本，而且具有高速的傳輸速率。
- (4) LMDS(Local Multi-point Distributed Service)網路備援應用(如圖 17C)，寬頻區域點對多點分散式服務，提供最後一哩大量語音專線、行動通信網路間中繼傳輸、網際網路之接取、數據傳輸、影像傳輸等多元化寬頻服務，滿足都市與郊區住家及企業用戶等大量寬頻服務之需求；利用 FSO 與 LMDS 網路連結，做點對多點備援路由。
- (5) 行動通信業者做 BSC-BS 間傳輸網路，及基地台因傳輸電路無法到達或配合開台時程 last mile 之應用(如圖 17D)。

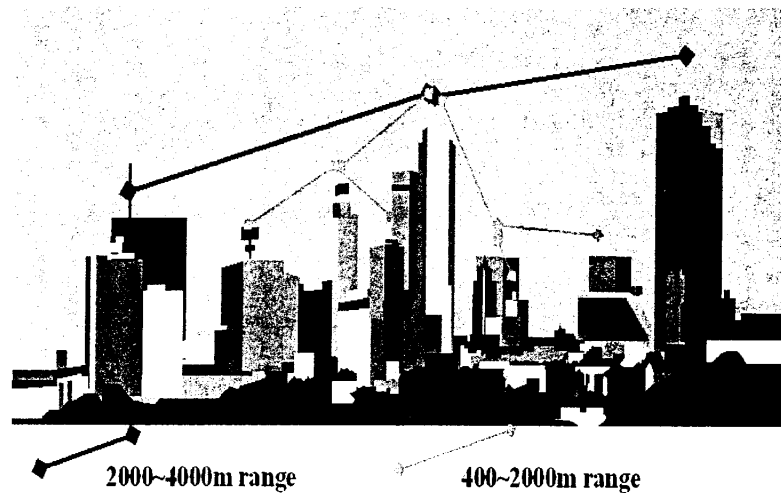


圖 17A 連結建築物間的網路(A)

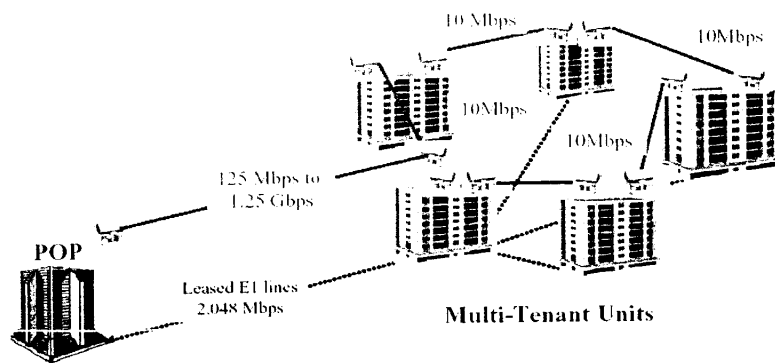


圖 17B 連結建築物間的網路(B)

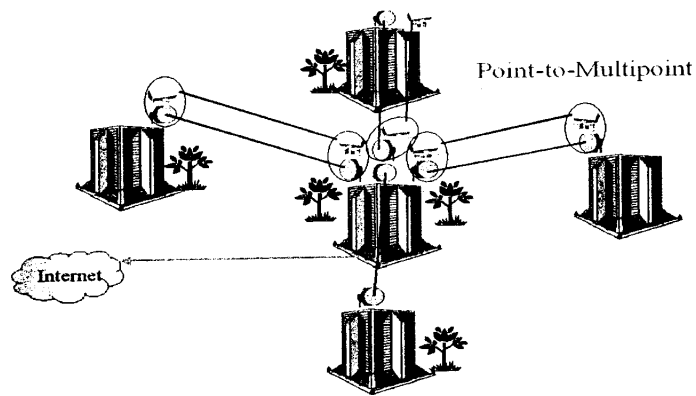


圖 17C LMDS 網路備援應用

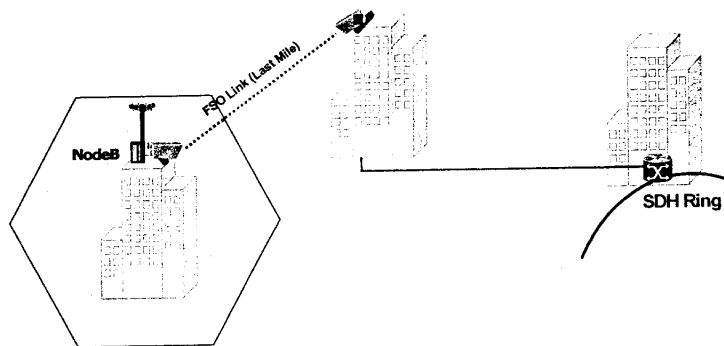


圖 17D 基地台傳輸電路之應用

#### 5.4 機動、臨時性的網路應用

機動、臨時性的網路：在災變(災害、恐怖攻擊)、臨時活動集會(球賽、演藝、節慶等活動)現場，政府機構、私人企業及媒體節目業者等可使用 FSO 傳送寬頻語音、數據、影像等訊息做緊急救難、節目轉播等應用(如圖 18A)，而行動通信業者亦可使用 FSO 傳輸電路供行動基地台提供臨時通信服務(如圖 18B)。

臨時使用 FSO 的優點是架設迅速、傳輸不易干擾、頻寬大、不須申請頻率及頻率使用費，且應用較為廣泛；而微波須申請頻率指配及頻率使用費，且有干擾之虞。

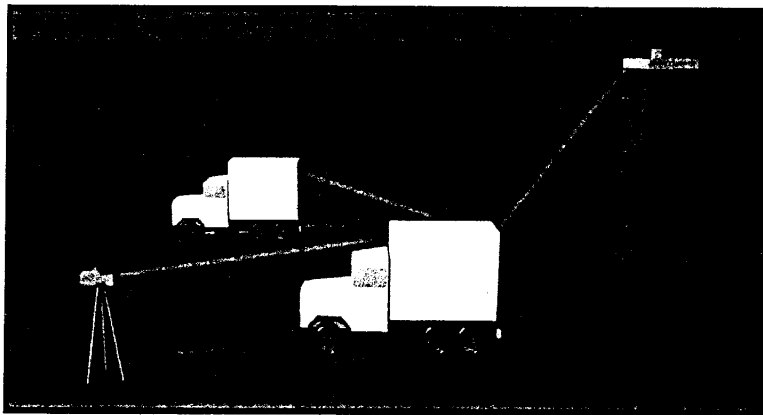


圖 18A 災變現場機動通信

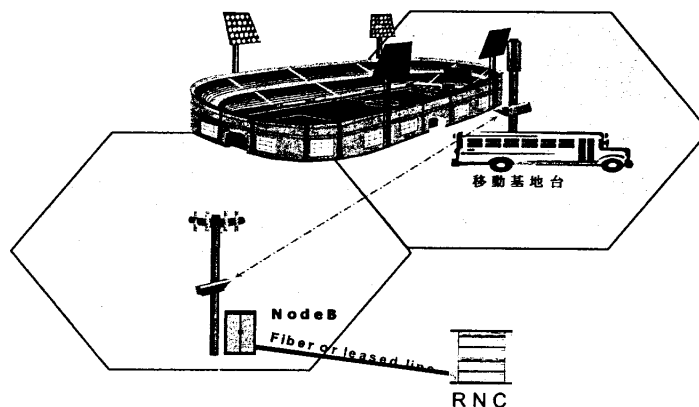


圖 18B 行動基地台臨時通信服務



## 5.5 基地台天線延伸系統應用

我國自開放行動電話業務以來，其業務蓬勃發展，迄今行動電話已是國人生活上必備的通信工具，然而基地台建設工作因住戶抗爭，日趨困難，嚴重影響進度。住戶抗爭其最主要原因，是疑慮基地台電磁波輻射對人體健康的影響，此議題雖屢經專家學者、主管機關的宣導及業者的努力協調，迄今尚無法克服。

基地台建設，往往須於高樓吊裝機件及天線設備，天線安裝後，如遭住戶注意進而抗爭，其結果往往是拆台了事，使得業者損失不貲，在住宅區、住商混合大樓尤其嚴重。目前業者採用偽裝、美化等對策配合環境景觀及化整為零的施工方式，將‘天線’隱藏起來，讓抗爭的標的物隱形，期使降低抗爭的機率。

光無線通信已發展為可將行動電話基地台設備集中於一處，其射頻信號，經光電轉換由 FSO 設備傳送，銜接遠端的天線系統，亦即所謂“基地台天線延伸系統”或“BTS Hub/distributed Antenna Systems”之概念，此種技術應用於行動電話之設台方式，因其設備體積小、施工簡易，故不易引人注意，應可有效解決基地台抗爭。

基地台天線延伸系統基本架構如圖 19 所示，在主站台 (Donor Site) 集中裝設行動電話基地台設備，由天線端引出上、下鏈射頻(RF)信號經 Local Unit 做射頻信號處理及光電轉換後，由 FSO 設備傳送到遠端站(Remote Site)，於遠端站 FSO 設備接收主站台的光信號，再經 Remote Unit 做光電轉換及射頻信號處理，接至遠端站天線系統，與行動台通信。反之，行動台之上、下鏈信號，亦經遠端站天線系統連線至主站台的基地台設備，達成通信；基地台天線延伸系統的傳輸品質，取決於主站台行動電話基地台設備天線端之上、下鏈射頻信號大小及變動與遠端站天線系統之上、下鏈射頻信號大小及變動，能否保持一致。

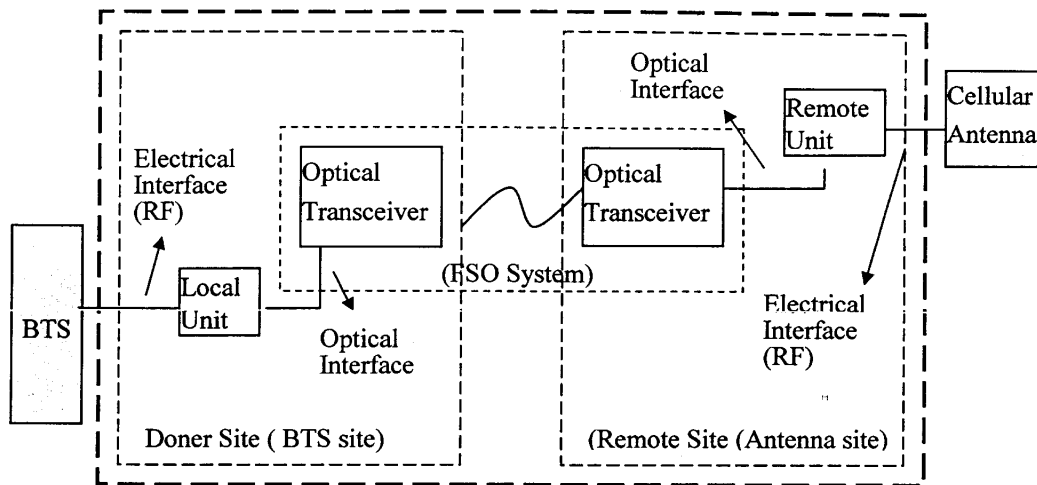


圖 19 基地台天線延伸系統

基地台天線延伸系統將基地台設備集中一處，遠端站台裝設地點僅須少許的裝機空間、引進市電、做好接地及避雷措施。必要時，配合做天線偽裝、美化等措施，有關應用方式，例舉如下：

(1) 室外涵蓋：若有下列因素於時，可於適當地點可使用基地台天線延伸系統，安裝天線做室外涵蓋(如圖 20)。

- (A) 基地台設置位址不適合無法安裝天線，必須延伸至適當建築物時。
- (B) 基地台某細胞因建築物、地形阻擋時。
- (C) 傳輸電路無法到達或配合開台時程時。
- (D) 無法租賃足夠的裝機空間時。

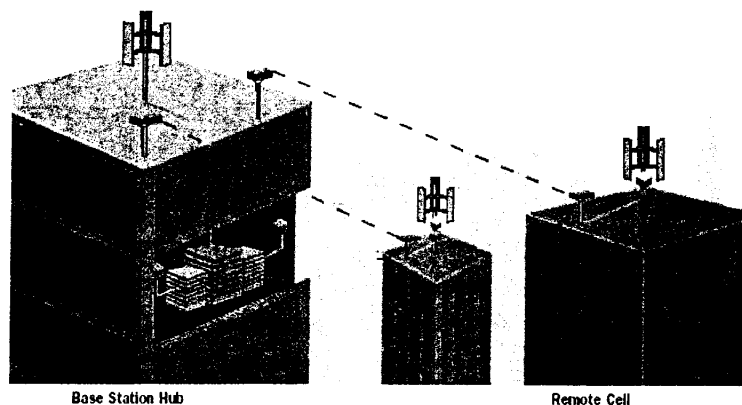


圖 20 基地台天線延伸系統室外涵蓋

(2)室內涵蓋：基地台天線延伸至有室內涵蓋需求之建物，於話務量較大之場所，安裝天線做室內涵蓋(如圖 21)，其優點為裝機空間小，施工迅速。

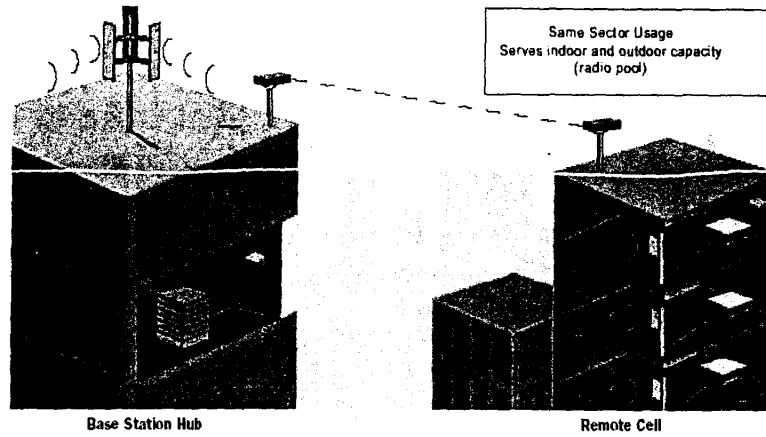


圖 21 基地台天線延伸系統室內涵蓋

(3)道路延伸涵蓋：於公路、道路某些地段適當地點涵蓋不良，而設置基地台困難時，可使用基地台天線延伸系統，天線設置地點僅須有市電及附掛天線的位置(鐵塔、支架、沿線建物等)，即可迅速提供道路涵蓋(如圖 22)。

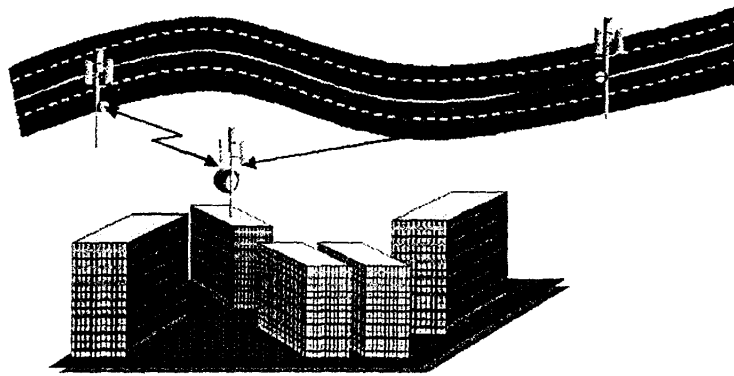


圖 22 基地台天線延伸系統道路延伸涵蓋

## 6. 心得及建議

- (1)展頻微波及 FSO 兩者均具不需申請執照、繳付頻譜使用費、易安裝快速提供服務及彈性高等優點。

展頻微波之應用在本公司已具有相當經驗及成果，然因使用 ISM 頻段，應用時需妥善規劃避免干擾。於都會地區，由於展頻微波使用密度高及其它 ISM 設備之應用，使干擾問題較不容易解決，再者展頻微波須裝設天線，民眾對於電磁波疑慮未除，也容易引起居民抗爭，故於都會地區使用受到限制。FSO 使用雷射光(近紅外線)傳輸，由於波長與霧霾的大小相近，霧會改變光的特性或因吸收、散射與反射等混合作用完全阻擋光的通過，此為影響 FSO 系統運用之主要因素，而兩所產生的衰減則影響較小。惟因 FSO 體積小、不容易被干擾、無電磁波可免除被抗爭之疑慮等優點，雖其適用區間距離較短(視能見度而定)，然只要妥善設計則可應用於都會地區短區間傳輸使用。

- (2)隨著電信自由化，新固網業者陸續加入競爭，這些業者採靈活行銷手法積極搶攻市場，如何快速提供服務滿足客戶需求，以提昇競爭力避客戶流失，為當前最重要課題。本公司擁有較完備之網路基礎建設，通常均以有線接取網路方式，為客戶提供穩定且高品質的服務，惟接取網路建設常須挖掘道路、鋪設或附掛管線，然此項申請屢因各縣市政府用地使用權或都市計畫等因素，而耗費時日，以致無法在短期內擴充管線。對於管線無法到達或以有線方式無法提供重要客戶第二路由者，若應用無線傳輸系統是非常適合的解決方案。尤其都會地區使用 FSO，可提供寬頻傳輸又可化解民眾對電磁波之疑慮。

- (3)由於行動電話業務蓬勃發展，為了滿足用戶成長，話務需要及彌補涵蓋不足，各業者近年來莫不致力於基地台的建設，其中大部分均位於都會地區，因受地理及地形因素限制，適合建設基地台且願出租之建物本就有限，再者因民眾對於基地台電磁波疑慮未除，與日俱增的居民抗爭，將導致基地台之搬遷機率增高，使得基地台裝機空間之租賃更加困難。若能改變現行天線裝設於基地台附近之做法，採取 BTS Hub /Distributed Antenna System 之概念，將數套基地台裝置於現

有機房，再將 RF 訊號經由光纖或無線(FSO)傳輸系統引接至提供訊號涵蓋之天線，如此不但可疏解租賃困難，且因共用機房設施、傳輸電路及減少維運人力，整體成本可望降低。目前台北捷運及台北 101 大樓等室內涵蓋工程，已使用經由光纖傳送 RF 訊號之系統，至於基地台與天線間無法佈放光纖之個案，則應用 FSO 系統傳送 RF 訊號是非常適當之選擇。