

摘要

寬頻網路(Broadband Networking)及無線接取(Wireless Access)是目前科技產業及市場需求的主要發展重點及潮流。本文係介紹目前廣受矚目的高載容量的系統 - LMDS(Local Multipoint Distribution System)。由於 LMDS 具有高頻寬、高傳輸品質、低成本、建構容易迅速的優勢，且用戶也不需花費太多的維修費用，應可符合台灣近年來資訊傳輸發展的需求。

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)

**赴德國實習「無線寬頻網路(Local Multipoint
Distribution System) 應用之研究」
報告書**

行政院研考會/省(市)研考會
總號欄

服務機關：交通部電信總局
出國人員：電波管理處李專員宸宇
出國地點：德國
出國日期：89年11月12日至
89年11月25日
報告日期：90年2月日

目 錄

壹、	前言	1
貳、	行程紀要	2
參、	德國 L&S 公司背景介紹	3
肆、	德國 Siemens 公司.....	6
伍、	實習重點報告-無線寬頻網路技術之探討.....	8
一、	無線寬頻網路簡介	8
二、	LMDS 系統概述	10
三、	LMDS 系統架構	11
四、	無線鏈路與接取方式	11
五、	LMDS 調變方式	14
六、	系統容量	14
1.	資料傳輸容量 (data-rate capacity) - FDMA 接取	14
2.	最大用戶數 - FDMA 接取.....	15
3.	資料傳輸容量 - TDMA 接取	15
4.	最大用戶數 - TDMA 接取	15
七、	傳播特性	16
八、	頻率重複使用	17
陸、	LMDS 之應用	19
柒、	結語	20
附件一	德國 L&S 公司 PMP 分析工具	21
附件二	全球 LMDS 頻率規劃概況	32
附件三	交通部電信總局核准之 LMDS 系統測試案	38

壹、前言

隨著資訊化社會的快速轉變，寬頻網路(Broadband Networking)及無線接取(Wireless Access)是目前科技產業及市場需求的主要發展重點及潮流。電信服務業者一直為有線網路提出寬頻的可行技術方案，如：xDSL, CABLE Modem, FTTC 等，以提供高速、寬頻及雙向的資訊傳輸，惟在價格上仍昂貴且服務範圍有限、建設費時。

由於無線科技的發展，目前廣受矚目的 LMDS(Local Multipoint Distribution System)係為高載容量的系統，以供影像、聲音及資料的傳送。具有高頻寬、高傳輸品質、低成本、建構容易迅速的優勢。LMDS 網路包括全方向的天線及區域化的基地台、用戶天線及 Set-top Box，以及一些網路設備，如連接器到中央辦公室(Central Office)、或 CATV 頭端設備。用戶端不需花費太多時間即可裝設完畢，且用戶也不需花費太多的維修費用，應符合台灣近年來資訊傳輸發展的需求。

然而在高頻微波訊號傳輸時，必須考慮訊號的可靠度及傳輸的品質，如：霧、雨、植物與建築物等環境對訊號的影響，以及多重路徑及基地臺間干擾問題，目前，這些因素應可以藉由調整傳輸功率之大小且使用較好的調變技術獲得改善，使基地臺間信號的干擾能達到最小且有效地重覆使用頻率而不受影響。

LMDS 並不視為取代如 GSM 之數位行動通訊的產品。雖然，LMDS 可提供遠高於 GSM 系統的資料傳輸率，但 LMDS 傳輸設備昂貴、體積較大，而 GSM 行動手機輕便易攜帶。一般而言，GSM 用於行動低速傳輸，LMDS 則用於區域內高速傳輸。

貳、行程紀要

日期 (台灣)	地	點	行	程
89 年 11 月 11 日~12 日	台灣→德國史圖佳特 (Stuttgart)		啟程	
89 年 11 月 13 日~17 日	德國史圖佳特 L&S 公司		實習 LMDS 技術	
89 年 11 月 18 日~19 日	德國史圖佳特		資料整理 (假日)	
89 年 11 月 20 日~22 日	德國史圖佳特 L&S 公司		實習 LMDS 技術	
89 年 11 月 23 日	德國慕尼黑		行程	
89 年 11 月 24 日	德國慕尼黑		參觀 Siemens 公司總部	
89 年 11 月 25 日	德國史圖佳特→台灣		返程	

參、德國 L&S 公司背景介紹

L&S Hochfrequenztechnik GmbH 是由 Dr. Manfred Lebherz 及 Dr. Georg Schone 兩個博士於 1991 年成立的無線電通信軟體公司，總公司位於德國南部 Lichtenau，包括在南非、中國大陸辦公室及世界各地代表，員工約八十位。由於在電信服務軟體極為成功，在 1998 年時，更名為 L& S Radio Communication。

L&S 公司擅長設計高複雜度而易操作的應用軟體，尤其在無線網路設計及頻譜管理領域頗富盛名，其服務範圍包括：廣播業務(FM, TV, T-DAB,DVB-T)、行動通信業務 (trunked radio, Tetra, GSM, UMTS/3G) 微波鏈路 (point-to-point, point-to-multipoint/WLL/LMDS) 等；服務項目包括：網路設計施工、頻率規劃、頻率協調分析、無線網路分析及最佳化等，提供網路業者與電信規劃者頻譜管理系統及相關技術分析軟體作為，並贏得許多國家（包括我國交通部電信總局）的採用。

L&S 公司產品介紹：*Spectrum Management System*

1. MULTIlink：微波鏈路之規劃及指配。
 - (1) 資料內容：地點、鏈路、點對多點、接收設備、發射設備、天線、設備規格。
 - (2) 計算因素：饋線損失、自由空間損失、大氣吸收損失、雨衰、air fading、障礙物損失。
 - (3) 場強涵蓋範圍預測及最佳化(最少干擾之最佳化分析)。
 - (4) 衛星地球電台頻率協調。
2. CHIRplus_LM：陸地行動之規劃及指配。

- (1) 資料內容：地點、發射設備、天線規格、頻率表、lattices 等。
- (2) 網路規劃：涵蓋範圍最佳化。
3. CHIRplus_BC：類比及數位廣播之規劃及指配。
 - (1) 場強預測：ITU-R P.370。
 - (2) 多種傳播模型：Epstein Peterson, Okumura Hata ...
 - (3) 等值線、多重訊號干擾分析。
 - (4) 支援 T-DAB 及 DVB-T。
4. CHIRplus_SAT：衛星通訊。
 - (1) Uplink 及 downlink 預測。
 - (2) 干擾分析。
 - (3) 地面頻率分享計算。
5. CHIRplusSW：LF/MF 頻率指配。
6. SPECTRAplan：頻率分配管理。
 - (1) 主機部分：ITU 規範，頻率指配之程序、表格等。
 - (2) 工作站部分：頻率指配之建立，編輯，存取等管理。
 - (3) 監測資料分析。
7. MONITORplus：頻譜管理系統與監測系統介面。
 - (1) 支援基地台電波路徑剖面圖，點、線、面或等值線之涵蓋圖、通信區域衰減計算。
 - (2) orbit avoidance verification：ITU-R Rec.P.765., P.452.,ITU-T Rec.P.452-6
 - (3) Interference：ITU-R Rec. P530
8. MULTIlink/ADMINlink：人身健康安全距離計算。

9. MULTIlink/ADMINlink：微波鏈路與同步衛星鏈路間干擾分析。
10. 各頻段之分析模型：提供 20-25 種 propagation models。
 - (1) 500kHz to 2MHz：CHIRplus_SW
 - (2) 2 to 30MHz：CHIRplus_SW, using ITU-R P.533
 - (3) 30 to 1,000MHz：ITU-R P.529-2, SM.329-7
 - (3.1) 點對點通訊：CHIRplus/MULTIlink,
 - (3.2) 基地台涵蓋範圍：CHIRplus_LM/ADMIN_LM
 - (3.3) 行動台及呼叫器通訊範圍：CHIRplus_LM/ADMIN_LM
 - (4) 87-108MHz, 108-137MHz, DAB, DVB：
CHIRplus_BC/ADMIN_BC with LEGBAC
 - (5) 1 to 40GHz
 - (5.1) 點對點通訊：MULTIlink/ADMINlink
 - (5.2) 增益及 Power Flex Density: CHIRplus_SAT/ADMIN_SAT

此行，L&S 公司提供之課程概述如下：

- 一、LMDS 簡介。
- 二、LMDS 系統架構。
- 三、頻率重複使用。
- 四、LMDS 系統分析軟體（MULTIlink-PMP）介紹與操作。

肆、德國 Siemens 公司

Siemens 是德國一家跨國的電機暨電子工程公司，其業務涵蓋甚廣，包括：行動通訊、工業自動生產設備、大眾運輸系統、生物醫學、電力系統等事業。

此行，參觀行程包括位於德國慕尼黑的 Siemens 總部，並瞭解該公司有關無線通信系統實際相關產品，如：TransXpress WALKair 等。

WALKair 產品簡介如下：

基地臺 (BS)

- Capacity of up to 64Mbit/s per sector
- Services: leased lines, frame relay, IP, ISDN-PRA, ISDN-BA, POTS, and ATM
- Interfaces: G.703 (EI full or fractional) V.35, V.35, X.21, 10 Base T
- Signaling: V5.2
- Serves up to 256 terminal stations per sector
- Antenna options for four, six, eight and twelve sectors

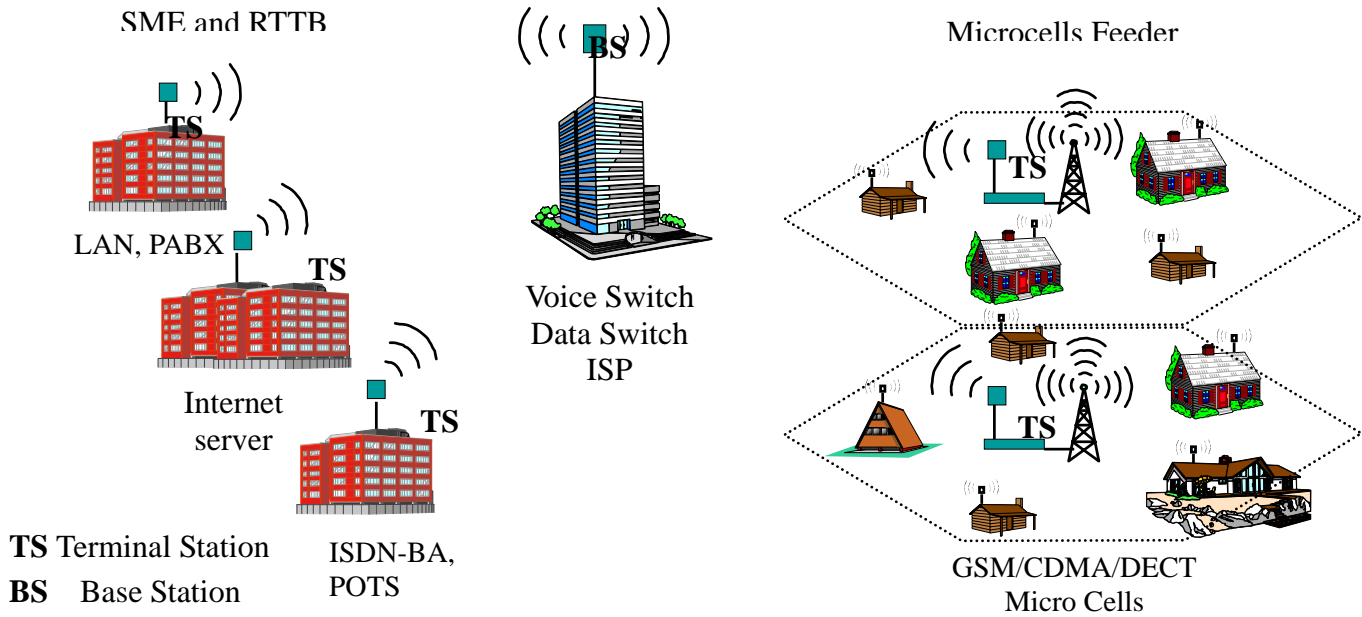
終端臺 (TS)

- Bandwidth: 64Kbit/s to 4Mbit/s per TS
- Interface: G.703, V.35, V.36, X.21, 10Base T
- Signaling: V5.2
- Modular and fault-torlant architecture

無線電頻率規格

- Operating frequency: 3.5GHz, 10.5GHz, 26GHz
- 3Km range for 26GHz

- TDMA/Multi Carrier/FDD technology
- 64QAM Trellis coding modulation
- Spectral efficiency with 2.5bit/s/Hz
- Frequency reuse

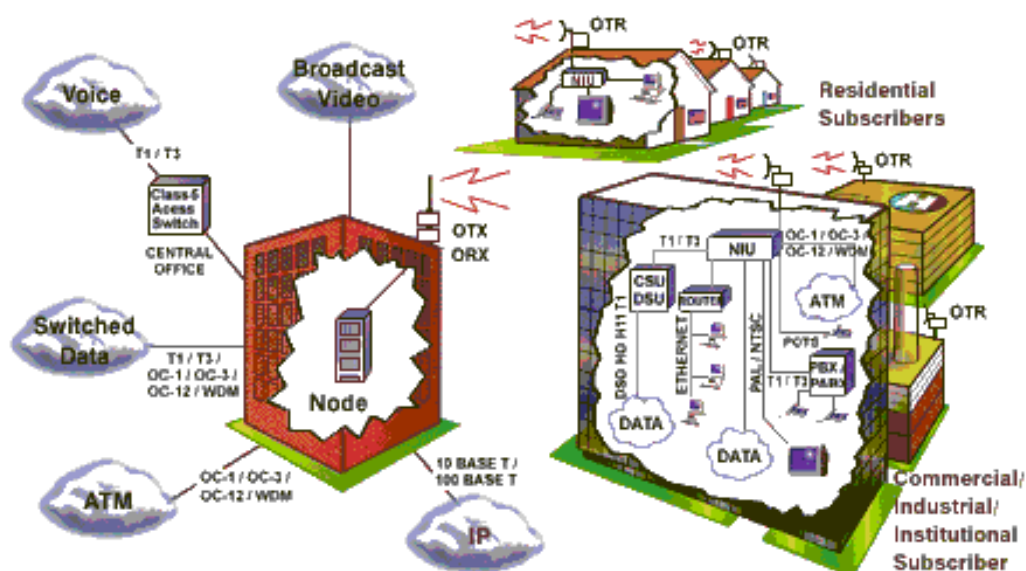


WALKair: The PMP wireless access system for different applications

伍、實習重點報告-無線寬頻網路技術之探討

一、無線寬頻網路簡介

無線寬頻網路 (LMDS Local Multipoint Distribution System) 係使用 24GHz 以上頻段之無線寬頻技術，運用類似細胞 (或稱蜂巢式) 網路架構，佈建固定基地臺以點對點、點對多點、點對面之數位雙向方式，播送傳送語音、數據、網際網路及影像資訊，提供寬頻多媒體電信服務 (如附圖一)。



附圖一 無線寬頻網路系統

LMDS 的意義

L (Local) 表示因該頻段之訊號傳播特性，限制了單一基地臺涵蓋範圍。如使用 28GHz 頻段，其視線 (Line of Sight) 通訊範圍可達 3-5 公里。

M (Multipoint) 意指以點對多點或廣播之方式傳送訊號。但從用戶端回傳鏈路則為點對點。

D (Distribution) 指包括語音、數據與影像話務的分配。

S (Service) 指業者與其用戶間之服務形態。業者透過 LMDS

可提供多媒體影像、聲音、及資料等電信服務。

LMDS 的優點

一般而言，固定式點對點無線網路用以佈建網路內專用高速鏈路，費時且成本高。對於新的網路服務者，LMDS 提供比佈放光纖同軸有線網路較低的成本、較快速的佈建及更多樣性的服務之高容納區域網路鏈路。另一方面，LMDS 也是現有網路服務者提供用戶端寬頻需求的有效解決方案，單一基地臺約可提供 80,000 用戶語音與數據服務。

以下就 LMDS 優點，說明如下：

- 較低的網路建設費用：約為光纖同軸有線網路 1/4~1/5 的投資金額，進入市場時程較短，投資回收也較快。
- 頻率重複使用：使用類似細胞網路架構，頻率可重複使用。在服務人口較多的都會區內，使用較多天線及縮小每個天線服務範圍，並妥善規劃頻率重複使用，以滿足使用頻寬之需求；反之，在人口較少的郊區，使用較少的天線及加大每個天線服務範圍，使用者仍分配到足夠的頻寬。
- 與現有網路架構的相容性：LMDS 提供包括語音、影像及數據等服務，同步傳輸模式（ATM）及網際網路協定（IP）兩種傳輸方式將更實用化。

LMDS 與其它產品之比較表

項目	LMDS	HFC (數位光纖)	MMDS	SATELLITE
網路建設時間	快	慢	快	慢
網路建設費用	低	很高	低	高
用戶成本	\$350	\$250	\$300	\$200
資訊頻寬	<1GHz	250MHz	220MHz	36MHz
回返頻道	~300MHz	40MHz	無	很低(市話)
互動能力	優	佳	無	差
頻率重複使用	優	優	差	無

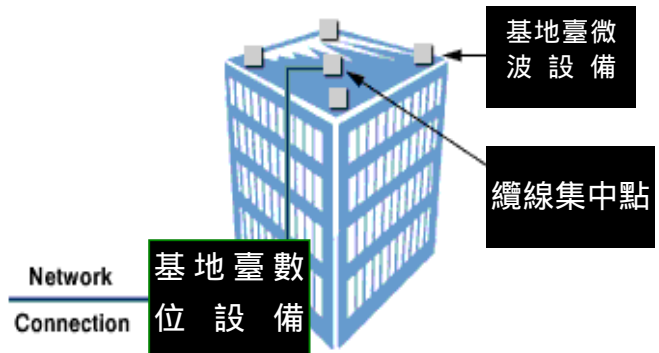
二、 LMDS 系統概述

LMDS 網路架構包含四主要部份：

- (1) **網路管理中心(NOC)**：包含負責用戶網路管理的網管系統 (NMS)。多個 NOCs 間可彼此互連。
- (2) **光纖骨幹網路 (fiber-based infrastructure)**：典型架構包括，同步光纖網路 (SONET) optical carrier (OC) -12，OC-3 及 DS-3 鏈路、中央設備、ATM 及 IP 交換系統，用以連接網際網路、公眾電信網路 (PSTNs) 及其他公共或專屬網路。
- (3) **基地臺 (Base station)**：光纖網路與無線網路訊號轉換介面，設備包括光終端機、調變與解調變器及置於基地臺頂端的微波收、發信器。如基地臺具交換設備，同一基地臺的用戶可直接互連而不需經由光纖網路，換句話說，基地臺應包括計費、頻道接取、登錄及認證等功能。
- (4) **用戶終端設備 (CPE)**：依用戶需求而異，主要設備包含室外之微波接收設備及具有調變、解調變、控制、介面功能的室內數位設備。CPE 可使用分時多工接取 (TDMA)、劃頻多工接取 (FDMA)、劃碼多工接取 (CDMA) 連接網路。CPE 介面須能執行 level 0 (DS0)、舊式電信服務 (POTS)、10BaseT、DS1 (unstructured or structured)、frame relay、ATM25、serial ATM (over T1, DS-3, OC-3, OC-1) 等數位信號。

三、 LMDS 系統架構

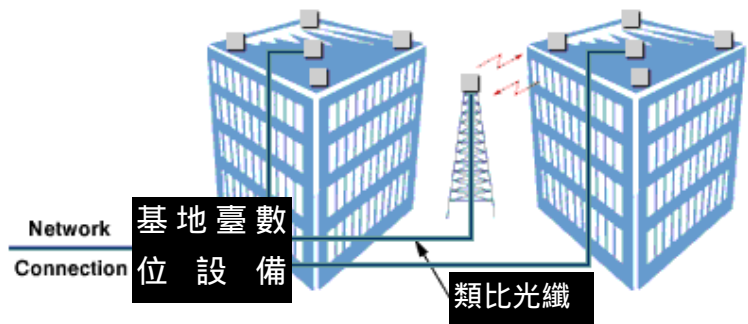
LMDS 系統業者因所經營的業務形態以及舊有系統設備包袱、投資合夥人及商業策略等因素，不同業者的系統網路架構也有所差別。最常見的架構是同地點多基地臺 (Co-



附圖二 同地點多基地臺

Sited Base Station): 室內數位設備連接各個網路內，室外微波設備架設同一棟建築物的頂樓，如附圖二。一般而言，網路頻率規劃，以 90-、45-、30-、22.5-或 15-度光束寬度 (beamwidth) 之多區域 (multiple sector) 微波系統，細胞環場涵蓋範圍劃分為 4, 8, 12, 16 或 24 區段較為理想。

其他架構如，在室內資料單元 (IDU) 與室外資料單元 (ODU) 間，以類比光纖連接基地臺室內單元 (indoor unit) 至遠端多部微波發射、接收設備，這種作法可整合數位設備，減少維修費用且可增加服務範圍內資源的分享。藉由遠端微波設備，可減少區域 (sector) 的需求。架構如附圖三。



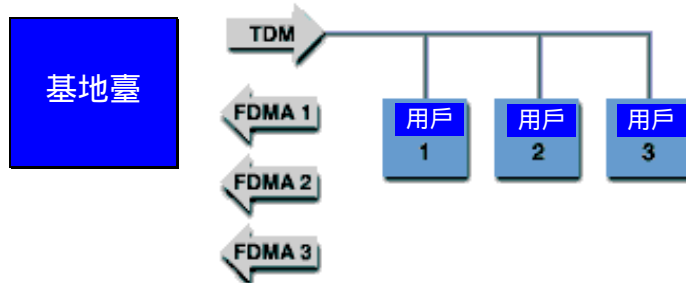
附圖三 類比光纖架構

四、 無線鏈路與接取方式

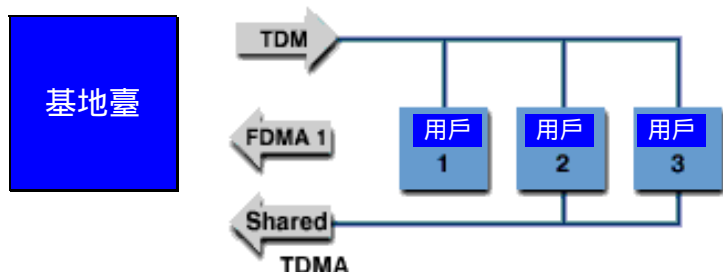
無線網路系統的接取方式主要有三種：TDMA, FDMA, CDMA ,

這三種接取方式運用在連接用戶端到基地臺的上鏈部分，目前大部分業者與較廣泛討論的標準以 TDMA 與 FDMA 二種方式為主。

基地臺到用戶端的下鏈部分，大多數業者以分時多工(TDM)架構，傳送至特定用戶(點對點)或多位用戶(點對多點)。以附圖四為例，多用戶端以劃頻多工(FDMA)方式，自基地臺傳送資訊至



附圖四 FDMA 接取



附圖五 TDMA 接取

每一用戶，每一用戶以不同頻率連接至基地臺。如附圖五，多用戶端以分時多工(TDMA)方式，與基地臺作雙向傳輸。

以 TDMA 及 FDMA 方式，不論是上或下鏈，需考慮影響使用效率與狀態的因素，以 FDMA 鏈路而言，用戶使用頻寬保持不變或變動不大時，而 TDMA 鏈路，則允許頻寬變化，某一用戶可短時間內傳輸大量資訊。因此，接取鏈路的選擇，直接地與業者業務形態、商業策略及市場目標有關。

需求較大的用戶以無線的 DS-3 或多條不特定的 DS-1 鏈路接取，需要二十四小時隨時連線的用戶，以 FDMA 方式接取。因 FDMA 方式可提供固定專用頻寬，一般而言，FDMA 鏈路使用固定 FDMA 解調電路連接基地臺。

另外，相當數量的用戶以 10BaseT 埠連接網際網路，需要下載大量資料而不太需要上載資料。此時，使用 TDMA 方式使多個低資料傳輸的用戶，共用一條鏈路（即共用基地臺的同一數據機）。

網路業者與系統設計人員需了解何時使用 FDMA 或 TDMA 方式。首先，必須從潛在用戶預估尖峰與平均話務量。第二，必須決定那些話務可以合併？如何分散尖峰話務量？如果預估能分散話務量，使用 FDMA 技術應能有效地解決上鏈話務量；反之，如尖峰話務量無法分散，應使用 TDMA 技術為佳。

其他諸如：無線設備接取控制的效率、用戶多工的效率、頻道管制的效率、頻道誤碼修正的次數、尖峰時段的最大資料傳輸率、離峰時段基地臺設備的共用、無線鏈路的封閉條件(blocking levels)、同步與非同步話務合併、不同接取方式的傳輸距離等問題都與 FDMA 或 TDMA 方式的選擇有關，說明如附表一。

項目	TDMA	FDMA
向前錯誤更正 (FEC) 百分比	百分之 75 到 85	百分之 91
頻道效率	在預知及變動範圍內，效率預估約百分之 88	百分之百。
用戶端混用	FDMA 及 TDMA 系統，允許高優先權用戶優先傳送。	透過相同的路徑，傳送不同系統的資料。
無線設備接取控制 (MAC)	依用戶形態及 MAC 的設計，效率自百分之 65 至 90	不需 MAC，效率預估百分之百。
用戶 burstiness 效率	TDMA 允許 bursty 要求，除非必要，不指定頻道。	不論是否有用戶傳送資料，FDMA 鏈路一直保持。
最大資料傳輸率	在適當的無線設備接取控制及用戶端混用之演算法下，TDMA 允許以最大資料傳輸率傳送。	在適當的無線設備接取控制及用戶端混用之演算法下，當 bursting 發生時，FDMA 提供固定路徑。

附表一 TDMA 與 FDMA 系統比較

五、 LMDS 調變方式

寬頻無線 LMDS 系統的調變方式，通常區分為 PSK 及 AM 兩種。TDMA 鏈路調變方式並不包括 64-QAM，FDMA 無線接取方式，如附表二。

名稱	以 2 Mbps CBR 連接之頻率需求
二進位相鍵 (BPSK)	2.8 MHz
差分四相相移鍵 (DQPSK)	1.4 MHz
四相相移鍵 (QPSK)	1.4 MHz
八相移鍵 (8PSK)	0.8 MHz
四正交幅度調變 (4-QAM)	1.4 MHz
十六正交幅度調變 (16-QAM)	0.6 MHz
六十四正交幅度調變 (64-QAM)	0.4 MHz

附表二 FDMA 無線接取方式

六、 系統容量

LMDS 系統的容量係量測資料傳輸速率與最大用戶數。

1. 資料傳輸容量 (data-rate capacity) - FDMA 接取

對於資料速率的計算，LMDS 系統的容量相當於基地臺的數量乘上基地臺的容量，基地臺容量相當於區域 (sector) 的數量乘上區域的容量。

$$\text{capacity of LMDS system} = (\text{cell site number}) \times (\text{cell site capacity})$$

$$\text{cell site capacity} = (\text{number sector}) \times (\text{capacity of sector})$$

舉例說明如下：

(1) 假設 4-QAM 的頻譜效率為 1.5 b/s/Hz。

(2) 如：使用 5-MHz FDMA 鏈路並以 4-QAM 調變，則每一用戶傳輸速率 $5 \times 1.5 = 7.5$ Mbps，而 250MHz 的頻寬可提供 $(250/5) = 50$ 條鏈路，則總傳輸速率 375 Mbps。

2. 最大用戶數 - FDMA 接取

依以上假設，FDMA 鏈路頻寬 5-MHz，總頻寬 250MHz 時，則每一區域 (sector) 的用戶數為 $250/5=50$ 。

3. 資料傳輸容量 - TDMA 接取

TDMA 系統的資料傳輸容量約為 FDMA 系統百分之 80，且 TDMA 系統無法使用 64-QAM 調變，因此，TDMA 系統無法有較高的資料傳輸。但提高訊號值 (signal levels) 時，仍可使用在較短的鏈路 TDMA 系統。

4. 最大用戶數 - TDMA 接取

當用戶需求為低資訊傳輸時，TDMA 系統是最佳選擇。例如，上鏈頻寬為 250MHz，TDMA 頻道寬為 5MHz，所提供的頻道相當於同時有 80 個 DS-0 的頻道，則 TDMA 系統每區域 (sector) 可同時提供 $80 \text{ DS0s} \times (250/5) = 4,000 \text{ DS0s}$ 鏈路。

整個細胞 (cell) 提供之 DS-0 用戶數，則依區域 (sector) 的數目而定。假設細胞分為 5 區域 (sector)，TDMA 系統則可提供 20,000 DS-0 鏈路。

如以先前 FDMA 系統而言，20,000 DS-0 鏈路的涵蓋區域。假如有 10 區域 (sector) (提供 200,000 DS-0 鏈路)，在落雨區內提供 99.99% 用戶服務時，涵蓋半徑約為 3~5 公里，在服務範圍內 200,000 鏈路則太多。

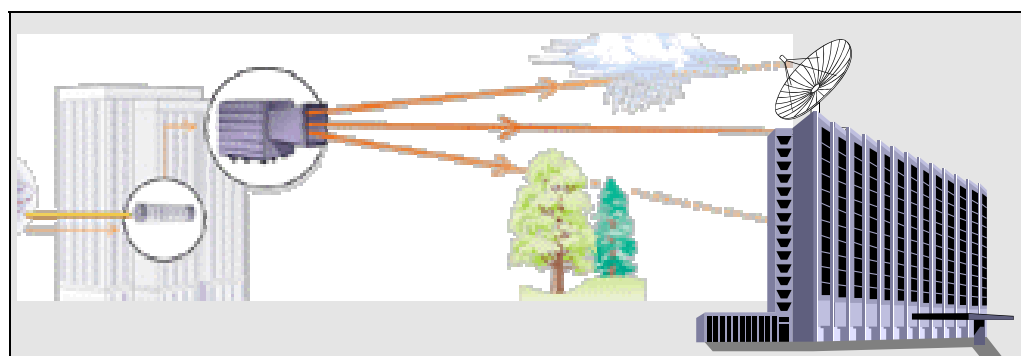
因此，整合 TDMA 及 FDMA 接取方式，以符合不同用戶的需求是極重要的課題。

七、 傳播特性

LMDS 系統在 28GHz 頻帶微波傳播特性易受雨天之影響，造成信號的衰減。無線電諮詢委員會 (CCIR) 已有雨天信號衰減估算程序。降雨使信號退極化，而致信號衰減使相鄰區域 (sector) 間及細胞間之干擾增加。

在低頻帶訊號傳播主要的問題是多重路徑損失 (multipath fading)，但在 LMDS 系統，多重路徑損失不是主要的問題，首先，LMDS 頻率遠，即並不造成遮蔽及衍射效應；第二，行動通訊及個人行動通訊的用戶手機離地約六呎，而 LMDS 系統的天線架設於屋頂；第三，LMDS 天線的方向性極高，而行動通訊及個人行動通訊的天線為全向性 (omnidirectional) 或指向性低天線，使用指向性天線可減少多重路徑效應；第四，行動通訊及個人行動通訊系統的用戶行動性高，而 LMDS 系統天線的地點經選擇測試而安裝於屋頂。

LMDS 系統細胞範圍與幾個因素有關，如：雨量統計資料、基地臺與設置建築物屋頂間路徑之障礙 (如樹葉)、發射機天線的高度及用戶端天線的高度等 (如附圖六)，在細胞涵蓋範圍規劃細部



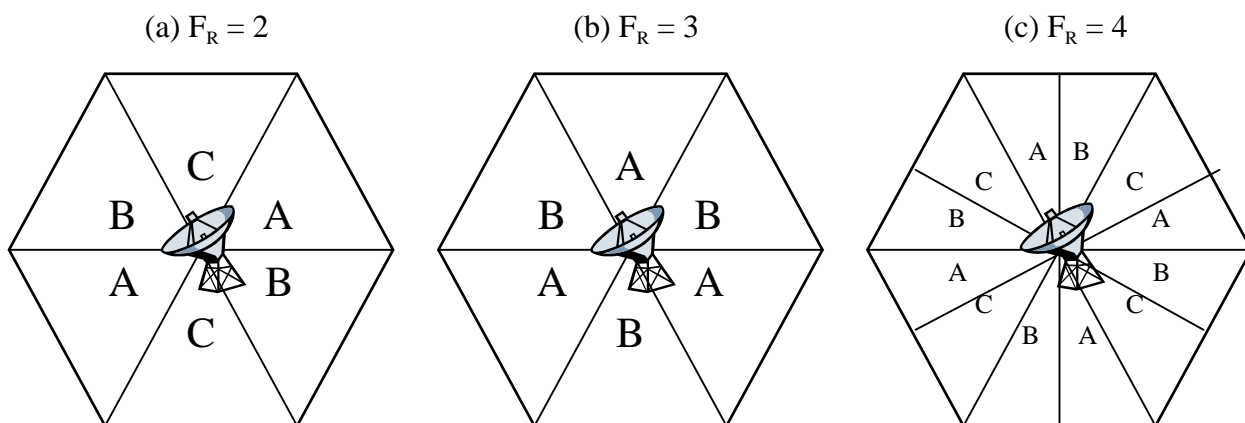
附圖六 LMDS 系統微波路徑的干擾

時須仔細考慮，原則臚列如下：

- ◇ 減少距離，增加鏈路可利用度。服務可利用度 99.9%時，涵蓋距離可達 14 公里，用戶每年接收訊號時數可能不到約為 8 小時，愈靠近細胞中心位置，用戶可利用度愈好。如系統管理者將服務的可利用度提昇到 99.99%時，涵蓋距離將縮減到 5 公里；假如提昇至 99.999%時，涵蓋距離則降為 2.5 公里。
- ◇ 選擇的調變方式，影響涵蓋距離。如 QPSK、4-QAM 涵蓋距離約 10 公里，16-QAM 則涵蓋距離約為 5 公里，64-QAM 則降至 2.5 公里。
- ◇ 降雨量影響涵蓋距離。台北、基隆地區可利用度 99.99%時涵蓋距離如為 3 公里，但是同樣的 LMDS 規劃在台中地區可能達 5 公里或更遠。

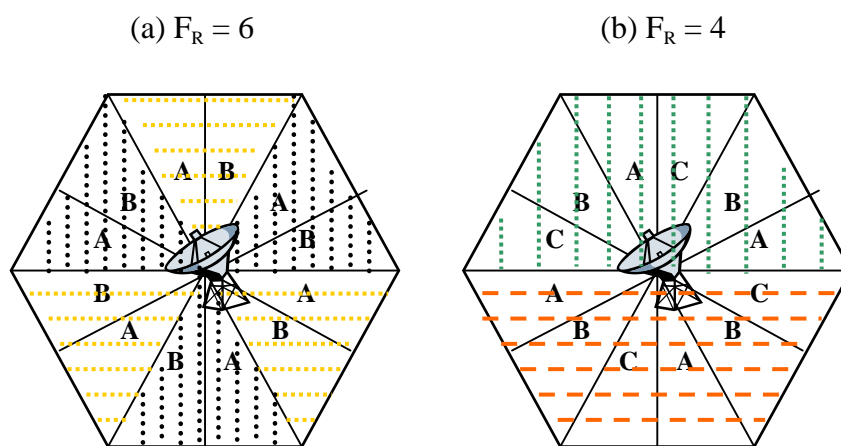
八、 頻率重複使用

為能有效運用稀有的頻率資源，頻率重複使用是 LMDS 系統重要的課題。規劃頻率重用，首先，須將核准的頻率劃分成數個頻段，使相鄰區域使用不同的頻段，如附圖七。區域(sector)的架構須依系統容量需求及 S/I 值而定 (S：發射機功率，I：interferer)。其次，頻率規劃與基地臺天線品質有關，特別是水平天線場形 (pattern) 從主波瓣 (main lobe) 到旁波瓣 (sidelobe) 起伏 (roll-off) 的陡峭 (steepness)，若旁波瓣起伏非常陡峭，同時盡可能將天線架設於置高處，使多重路徑損失降至最低並橫向極化，可使相隔的區域(sector)重用頻率，如附圖七 (b) 所示， F_R 表頻率在細胞內重用次數。最簡易的規劃是細胞中相對的區域(sector)頻率重用，如附圖七 (a) 所示。如規劃容量較高的細胞，可劃分更多區域(sector)，如附圖七 (c) 所示。(重用因子：指同一區域(sector)內同一頻率使用的次數)



附圖七 重用因子 2, 3, and 4 之細胞

使用水平 (H) 垂直 (V) 極化可提高重用因子 $F_R = 6$ ，如附圖八 (a) 所示。雖然目前天線技術可提供 30-40dB 極化的識別能力，但如果因多重路徑損失及產生退極化效應之樹葉等因素之影響，則設計重用因子 $F_R = 4$ ，如附圖八 (b) 所示，以減少干擾產生。



附圖八 頻率重用 - 水平及垂直極化

動態頻道指配 (DCA) 與空間分集 (Space Diversity)

運用動態頻道指配 (DCA, Dynamic Channel Allocation) 技術可使 LMDS 系統上鏈 (upstream) 以窄頻道群組達到高容量的效果，DCA

已廣泛應用於 DECT 及 PCS。在此之前，規劃細胞及區域(sectors)一直以固定子頻段分配給每一區域(sector)，即所謂固定頻道指配 (FCA, fixed channel allocation) 以 DCA 技術，頻道視為所有細胞及區域(sector)的共同資源，不同的基地臺運用這些頻道指配載波及時槽 (time slots) 給不同的用戶。DCA 的優點包括：

- 自行調度的網路：資源可自行從無需求的區域(sector)調度到需求的區域(sector)。
- 較佳的頻率重用：由於區域(sector)之頻道干擾率 (C/I, channel-to-interference ratios) 較佳，相較於頻率分配較不靈活的 FCA 技術，DCA 技術可達到較高的頻率重用及較大的容量。
- 更細的資源管理：FCA 技術之頻率管理，以包括頻道群組之子頻道 (subband) 劃分，而 DCA 技術則以時槽 (time slot) 或微槽 (minislot) 作規劃及資源分享。

在訊號減弱 (fading) 及干擾的環境下，與空間分集技術組合運用更能顯露 DCA 技術優點。空間分集加入多細胞環境干擾的因素，使每一用戶上鏈之 S/I 值最佳化(S：訊號載波強度，I：多細胞環境干擾)。一般而言，好的頻道選擇設計及 DCA 技術可使重用因子提高幾乎為兩倍。

陸、 LMDS 之應用

近年來，Wireless Access 技術發展迅速，隨著網際網路的興起及廣播影視多媒體的需求，高頻寬、高品質已成為網路建設基礎需求，基於價格因素且有助於電信業快速切入市場，及對於缺乏有線網路基礎建設的地區與偏遠地區電信的普及化，LMDS 成為通信網路新的解決方案。

由於 LMDS 技術可提供雙向之互動式服務，且同一基地臺內用戶可分享 1GHz 的下鏈頻寬，因此，LMDS 可應用範圍極廣，包括：

- ✓ 高速數據服務（高達 38Mbps）。
- ✓ 如視訊會議（Video Conferencing）。
- ✓ 隨選視訊（VOD）。
- ✓ 網際網路（Internet）。
- ✓ PCS 行動電話傳輸骨幹。
- ✓ 遠距離教學。
- ✓ 遠距離醫療服務。
- ✓ 視訊電話。
- ✓ 區域網路（LAN）或廣域網路（WAN）接續。

柒、結語

由於臺灣地區位處颱風地帶且多起伏的山區地形，為掌握臺灣降雨量等氣候形態及人口密集的都市形態對 LMDS 之電波傳播特性的影響，以了解其可靠性及適用性，交通部電信總局自八十七年十一月起至八十九年底陸續核准台灣大學與北方電訊公司等八件，包括學術單位及產業界的 LMDS 測試申請案（如附件三）。對於臺灣 LMDS 系統的建設，累積寶貴的經驗，並期望藉由 LMDS 等無線高速寬頻網路系統，加速我國資訊基礎建設（NII）的發展，並提昇我科技產業及經濟環境的競爭力。