

修平技術學院

資訊網路技術系

畢業專題

**第四代行動通訊網路 LTE 與 Femtocell
之研究**

指導教師：張瑞淇老師

學生姓名：BN95049 楊志隆

BN95039 徐得維

BN95024 王聖文

中華民國九十九年三月

修平技術學院

資訊網路技術系實務專題報告

第四代行動通訊網路 LTE 與 Femtocell 之研究

組長： BN95049 楊志隆

組員： BN95039 徐得維、 BN95024 王聖文

指導老師： _____ 老師

口試老師： _____ 老師

_____ 老師

_____ 老師

民國 99 年 3 月

目 錄

摘要	4
第一章 行動通訊網路之演進	5
1.1. 1G (第一代行動通信標準; FIRST GENERATION)	5
1.2. 2G (第二代行動通訊技術規格, 2ND GENERATION)	5
1.3. 2.5G (第二點五代行動通訊技術規格, 2.5 GENERATION)	6
1.4. 3G (第三代行動通訊技術; 3RD-GENERATION)	7
1.5. 3.5G (第三點五代行動通訊技術; 3.5 GENERATION)	7
1.6. 4G (第四代行動通訊技術; 4TH-GENERATION)	7
第二章 LTE 網路技術與架構	8
2.1 LTE 的主要技術特徵以及特點	8
2.2 LTE 的網路結構和核心技術	10
2.3 LTE 的技術優勢	12
2.4 4G 網路系統有以下幾個關鍵技術:	13
2.5 4G 網路系統的幾個技術標準:	15
2.6 各國在 4G 的發展情況:	15
2.7 三大標準介紹及比較	17
2.8 LTE 技術的市場前景與挑戰	22
2.9 技術標準廠商佈局動態	22
第三章 FEMTOCELL 之研究	25
3.1 FEMTOCELL 之介紹	25
3.2 FEMTOCELL 的基本概念	25
3.3 目前行動通訊發展的趨勢	26
3.4 FEMTOCELL 的關鍵技術	26
3.5 FEMTOCELL 的優點	27
3.6 FEMTOCELL 之架構	28
3.7 FEMTOCELL 和 MACROCELL 如何共存以降低干擾	30
第四章 結論	31
參考資料:	34

摘要

隨著個人通信技術在 20 多年中不斷發展成熟，人們在生活中對無線通信的依賴越來越強，目前，全球的移動語音用戶已超過了 18 億戶。同時，眾多的使用者也對個人通信技術的發展提出了新的要求：通信設備的微型化、低功耗、高帶寬、快速接入和多媒體化。而最關鍵的是能被廣大用戶負擔得起的廉價終端設備和網絡服務。

雖然 3G 網絡的無線性能已經有了較大的提高，但由於 IPR 的製約，在應對市場挑戰和滿足用戶需求等方麵還是有很多局限性；同時，昂貴的授權費用也製約了 3G 技術的發展，因而受到了技術簡單、價格低廉的 WiFi 和的強烈挑戰。用戶的需求和市場的挑戰迫切需要傳輸速率更快、時延更短、頻帶更寬以及運營成本更少的網路誕生。

第一章 行動通訊網路之演進

1.1 1G (第一代行動通信標準; First generation)

早期的類比通訊系統算是第一代的行動通訊系統(1G)，類比通訊系統採用類比式 FM 調變的無線傳訊，可將一般的語言頻率轉換到高頻載波頻率，以 FDMA 多重存取的方法做頻段的利用。

第一代的無線通訊技術以類比訊號為主，訊號再重建與傳送的過程中，很容易失真，在加上干擾等問題，將使訊號品質受到很大的影響。

1G 的網路以語音通訊為主，無法支援一般資訊網路所需要的數據通訊服務。類比通訊的保密性不好，而且無法傳輸數據資料，台灣以前的 090 還 091 號碼是採用 AMPS 系統

1.2 2G (第二代行動通訊技術規格，2nd generation)

第二代的無線通訊技術與第一代無線通訊技術比較起來，最大的差別是第二代無線通訊技術使用數位訊號，由於重送與轉送的是數位訊號，訊號重建時誤差小，跟類比訊號的效果好得多了！

第二代的行動通訊系統(2G)以數位調變為主，歐洲電信標準協會(ETSI)制定了 GSM 通訊系統，後來成為 2G 主流，但仍然有些國家自己發展行動通訊系統的標準，例如日本 PDC、美國的 D-AMPS(IS-95)跟窄頻 CDMA(IS-95)不過由於 GSM 發展的早，商業化的速度快，在 2G 的市場上佔有率有 50% 以上。主要的發展 2G 標準有 3 個，即為 GSM、D-AMPS、cdmaOne

GSM:

基本的 GSM 系統使用 900MHZ 的頻段，DCS-1800(Digital Cellular System - 1800)與 DCS-1900 都是從 GSM 衍生過來的。使用 1800MHZ 的頻段大幅提升了系統的容量，在人口稠密的地方很受歡迎。不過 1800MHZ 的涵蓋範圍比 900MHZ 要小，因此有所謂的雙頻手機，在兩個頻段範圍內都可以使用。由於 GSM 的資料傳輸速率僅有 9.6Kbps

或 14.4Kbps，系統廠商開發 GPRS 來彌補這個缺點，GPRS 採用封包交換技術，能在 GSM 原有的無線電頻道上有效地傳輸資料與控制訊號。

以單一頻道傳輸 9.05Kbps-21.4Kbps 的速率來看 GPRS 可使用 8 個通道，因此最高速率可達到 171.2 Kbps

1.3 2.5G (第二點五代行動通訊技術規格， 2.5 generation)

2.5G 位於 2G 與 3G 之間，在技術上有時候很難定出 2G 跟 2.5G 的差別，2.5G 的技術所支援的資料速率可以達到 100Kbps，2.5G 與 3G 的技術對於行動商務將有極大的推升作用。以下有幾種系統一般歸屬於 2.5G 的通訊系統。

- (1) HSCSD:採用電路交換，加強 GSM 網路並且將資料速率增加到 115Kbps，HSCSD 使用的存取技術是 TDMA 與 HSCSD 類似的技術為 EDGE 與 GPRS。
- (2) GPRS:可以加入現有的 GSM 網路，提高效能與傳輸速率，GPRS 支援的資料速率可達到 168Kbps，GPRS 使用所謂的資料封包通道在網路上傳輸資料。
- (3) EDGE:EDGE 可以在 GSM 網路中與 GPRS 和 TDMA 並用，資料速率可達到 384Kbps。
- (4) CDMA2000:國際電信聯盟 ITU 的 IMT-2000 標準認可的無線電介面，也是 2G cdmaOne 標準的延伸。CDMA2000 與另一個 3G 標準 WCDMA 不兼容。由 3G CDMA2000 標準延伸的 4G 標準為超行動寬頻 (UMB)。CDMA2000 是美國通訊行業協會 (TIA-USA)的註冊商標，並不是一個像 CDMA 一樣的通用術語。TIA 也註冊了他們的 2G cdmaOne 標準 (AKA IS-95) 對應 CDMA1X。

CDMA2000有多個不同的類型。下面按照複雜度排列：

CDMA2000 是 TIA 標準組織用於第三代 CDMA 的名稱。適用於 3G CDMA 的 TIA 規範為 IS-2000，該技術本身被稱為 CDMA2000。

1.4 3G (第三代行動通訊技術; 3rd-generation)

3G 的發展目標在支援更多元化的網路應用與更高的資料傳輸速率，3G 服務能同時傳送聲音(通話)及數據資訊(電子郵件及即時通訊等)。3G 的代表特徵是提供高速數據業務，速率一般在幾百 Kbps 以上。3G 的規格是由國際電信聯盟(ITU)所制定的 IMT-2000 規格的最終發展結果。原先制定的 3G 遠景，是能夠以此規格達到全球通訊系統的標準化。目前 3G 發展出的標準有

- (1) WCDMA:WCDMA (Wide band Code Division Multiple Access 寬頻分碼多工) 是一種3G蜂巢式網路。WCDMA使用的部分協議與2G GSM 標準一致。具體一點來說，WCDMA是一種利用分碼多工復用(或者CDMA 通用復用技術，不是指CDMA標準)方法的寬頻擴頻3G行動通訊空中介面。
- (2) IMT-2000:3G領域裡常聽到IMT-2000是所有3G系統的總括規格，原本ITU只想發展出一個全球大家公認的3G規格，但在技術與政治性的因素下才會形成目前的局面。

1.5 3.5G (第三點五代行動通訊技術; 3.5 generation)

3.5G 所指的技術是 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) ，HSDPA 可以支援比較高的行動電話資料下載速率，包括 1.8Mbps、3.6Mbps、7.2Mbps，以及 14.4Mbps 等。

1.6 4G (第四代行動通訊技術; 4th-generation)

4G 原本也被看成是 3G 以後的發展，但是一直沒有辦法明確的定位，因為目前可見的技術還沒有達到 4G 所要求的目標。所謂 4G 的應用包括無線寬頻、多媒體簡訊、視訊對話、數位視訊廣播等。4G 希望達到的資料傳輸速率是 100Mbps 和 1Gbps，主要發展是 WiMAX、WiFi、LTE。

第二章 LTE 網路技術與架構

LTE (Long Term Evolution, 長期演進) 項目是 3G 的演進, 它改進並增強了 3G 的空中接入技術, 採用和 MIMO 作為其無線網絡演進的唯一標準。在 20MHz 頻譜帶寬下能夠提供下行 100 Mbit/s 與上行 50 Mbit/s 的峰值速率, 改善了小區邊緣用戶的性能, 提高小區容量和降低係統延遲。

2.1 LTE 的主要技術特徵以及特點

3GPP 從係統性能要求、網絡的部署場景、網絡架構、業務支持能力等方面對 LTE 進行了詳細的描述。與 3G 相比, LTE 具有如下技術特徵:

- (1) 通信速率有了提高, 下行峰值速率為 100 Mbit/s、上行為 50 Mbit/s;
- (2) 提高了頻譜效率;
- (3) 以分組域業務為主要目標, 係統在整體架構上將基於分組交換;
- (4) QoS 保證, 通過係統設計和嚴格的 QoS 機制, 保證實時業務 (如 VoIP) 的服務質量;
- (5) 係統部署靈活, 能夠支持 1.25~20 MHz 間的多種系統帶寬, 並支持“Paired”和“Unpaired”的頻譜分配, 保證了將來在系統部署上的靈活性;
- (6) 降低無線網絡時延: 子幀長度 0.5 ms 和 0.675 ms, 解決了向下兼容的問題並降低了網絡時延, 時延可達 U-plan < 5 ms, C-plan < 100 ms;
- (7) 增加了小區邊界比特速率, 在保持目前基站位置不變的情況下增加小區邊界比特速率;
- (8) 強調向下兼容, 支持已有的 3G 係統和非 3GPP 規範係統的協同運作。與 3G 相比, LTE 更具技術優勢, 具體體現在高數據速率、分組傳送、延遲降低、廣域覆蓋和向下兼容。

4G 系統的網路特點：

目前對於 4G 的主要描述有以下幾個重點：

- (1) 建立在新的頻段(比如 5~8GHz 或更高)上的無線通信系統，基於分組資料的高速率傳輸(50Mbps 以上)，承載大量的多媒體資訊，具有非對稱的上下行鏈路速率、地區的連續覆蓋、QoS 機制、很低的比特開銷等功能；
- (2) 真正的“全球統一”(包括衛星部分)通信系統，基於全新網路體制的系統，或者說其無線部分將是對新網路(智慧的、支援多業務的、可進行移動管理)的“無線接入”，能使各類媒體、通信主機及網路之間進行“無縫”連接，使得用戶能夠自由的在各種網路環境間無縫漫遊；
- (3) 將不是單純的傳統意義上的“通信”系統，而是融合了數位通信、數字音/視頻接收(點播)/和網際網路接入的嶄新的系統，用戶能夠自由的選擇協定、應用和網路。讓應用業務提供商及內容提供商能夠提供獨立於操作的業務及內容。

在 4G 的網路結構上，可分為三層：物理網路層、中間環境層、應用網路層。物理網路層提供接入和路由選擇功能，中間環境層的功能有網路服務品質映射、位址變換和完全性管理等。物理網路層與中間環境層及其應用環境之間的介面是開放的，使發展和提供新的服務變得更容易，提供無縫高資料率的無線服務，並運行於多個頻帶，這一服務能自適應於多個無線標準及多模終端，跨越多個運營商和服務商，提供更大範圍服務。

2.2 LTE 的網絡結構和核心技術

3GPP 對 LTE 項目的工作大體分為兩個時間段：2005 年 3 月到 2006 年 6 月為 SI (Study Item) 階段，完成可行性研究報告；2006 年 6 月到 2007 年 6 月為 WI (Work Item) 階段，完成核心技術的規範工作。在 2007 年中期完成 LTE 相關標準製定 (3GPP R7)，在 2008 年或 2009 年推出商用產品。就目前的進展來看，發展比計劃滯後了大概 3 個月[1]，但經過 3GPP 組織的努力，LTE 的系統框架大部分已經完成。

(1) LTE 網絡結構和空中接口協議：

LTE 採用由 Node B 構成的單層結構。這種結構有利於簡化網絡和減小延遲，實現了低時延，低複雜度和低成本的要求。與傳統的 3GPP 接入網相比，LTE 減少了 RNC 節點。名義上 LTE 是對 3G 的演進，但事實上它對 3GPP 的整個體系架構作了革命性

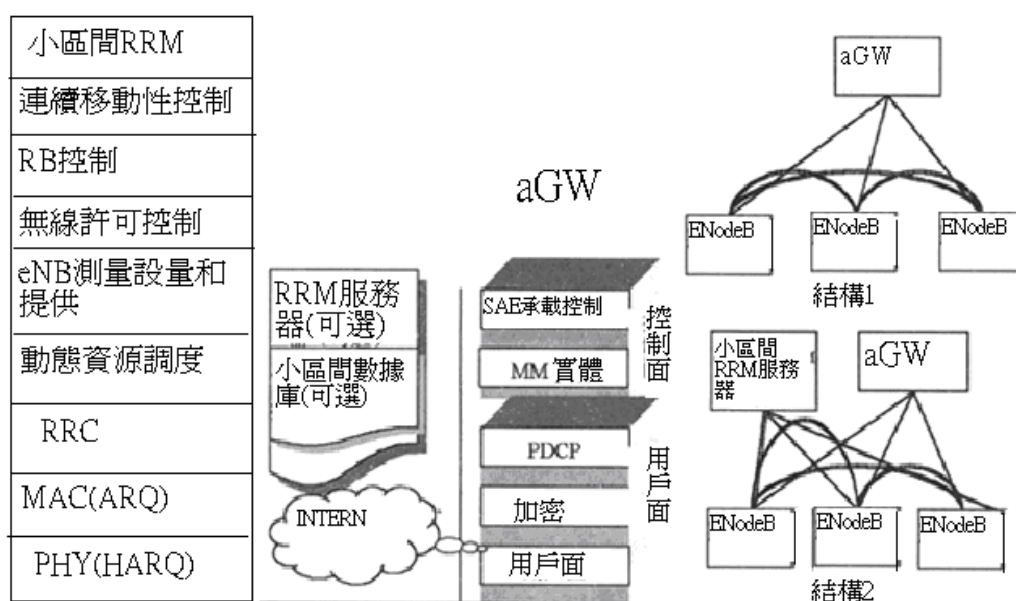


圖 1：LTE 網路架構與協定

3GPP 初步確定 LTE 的架構如圖 1 所示，也叫演進型 UTRAN 結構 (E-UTRAN) [3]。接入網主要由演進型 Node B (eNB) 和接入網關 (aGW) 兩部分構成。aGW 是一個邊界節點，若將其視為核心網的一部分，則接入網主要由 eNB 一層構成。eNB 不僅具有原來 Node B

的功能外，還能完成原來 RNC 的大部分功能，包括物理層、MAC 層、RRC、調度、接入控制、承載控制、接入移動性管理和 Inter-cell RRM 等。Node B 之間將採用網格 (Mesh) 方式直接互連，這也是對原有 UTRAN 結構的重大修改。

引入一個 RRM Server 進行集中式管理 (圖 1 中結構 1)，還是採用完全分散的管理結構 (圖 1 中結構 2) 來解決小區間干擾協調、負載控制等功能，目前還未確定[3]。另外，在空中接入技術方面，LTE 的信道數量將比 WCDMA 系統有所減少。並取消了專用信道，不再保留廣播媒體控制層和 UTRAN 的公共業務信道，減少了 MAC 層的實體類型。

(2) LTE 核心技術 LTE 不僅通過簡化結構，還採用以下幾個關鍵技術來實現其優異性能：

- a. 傳輸技術與多址技術： 3GPP 選擇了大多數公司支持的方案，即下行，上行 SC-FDMA。大多數公司支持採用“頻域”方法來生成上行 SC-FDMA 信號。這種技術是在 OFDM 的 IFFT 調製之前對信號進行 DFT 擴展。這樣，系統發射的是時域信號，從而可以避免 OFDM 系統發送頻域信號帶來的 PAPR 問題[4]。
- b. 宏分集： 由於存在難以解決的“同步問題”，對單播 (uniCast) 業務不採用下行宏分集。至於對頻率要求稍低的多小區廣播業務，可採用較大的循環前綴 (CP) 來解決小區之間的同步問題。考慮到實現網絡結構扁平化、分散化，LTE 不採用上行宏分集技術[4]。
- c. 調製與編碼： LTE 下行主要採用 QPSK、16QAM、64QAM 三種調製方式。上行主要採用 BPSK、QPSK、8PSK 和 16QAM。信道編碼 LTE 主要考慮 Turbo 碼，但若能獲得明顯的增益，也將考慮其他編碼方式，如 LDPC 碼。
- d. 多天線技術： MIMO 技術是 LTE 最核心的技術，它是提高傳輸率的主要手段，LTE 系統將設計可以適應宏小區、微小區、熱點等各種環境的 MIMO 技術。LTE 已確定 MIMO 天

線個數的基本配置是下行 2×2、上行 1×2，但也在考慮 4×4 的高階天線配置。具體的 MIMO 技術尚未確定，目前正在考慮的方法包括空分複用 (SDM)、空分多址 (SDMA)、預編碼、秩自適應、智能天線等。上行單用戶 MIMO 天線的基本配置，也是在 LTE 有兩個發射天線，在基站有兩個接收天線。通常是 2×2 的虛擬 MIMO，兩個 UE 各自有一個發射天線，並共享相同的時一頻域資源[4]。

除上述技術以外，3GPP 也對 MBMS、同步、小區間干擾抑製、切換、小區搜索、空中接入等技術作了相應的規定。雖然這些規範還未最終確定，但經過仿真測量，目前這些基本概念可以滿足或接近 TR25.912 中的系統需求。相信這些技術規範的最終確定指日可待。

2.3 LTE 的技術優勢

面對非傳統運營商紛紛加入移動通信市場及“其他無線通信標準”的競爭，3GPP 啟動了 LTE 項目。針對“低移動性寬帶 IP 接入”的定位以及適用於在辦公室和家庭中使用的短距離無線技術 WiFi，LTE 提出了相對應的需求，如相似的帶寬、數據率，強調 MBMS 等[3]。LTE 與 WiMAX、WiFi 在各方面的性能比較如表 1 所示。

表 1 LTE、WiMAX、WiFi 主要性能對照表

技術指標	LTE	WiMAX	WiFi
傳輸速率(Mbit/s)	下行 100,上行 50	75	1, 2, 5, 11
支持最高移動速率 (km/h)	350	120	應用於是內和移動速率較低的室外
帶寬支持(MHz)	1.25~20	15~20	窄於 WiMAX
覆蓋範圍(km)	小區半徑 100	小區半徑 7~10,最大 50	100~300(英尺)
費用	專利費用,網路建設成本高	不需專利費,網路建設成本低	無須布網線,成本低

LTE、WiMAX 與 WiFi 都有各自的特點，或數據速率高，或費用成本低，或安全性高。它們的適用範圍也各不相同，WiMAX 解決的是無線城域網的問題，而 WiFi 解決的是無線局域網的接入問題。從表 1 中可看出，盡管 LTE 費用較高，但在靈活性、數據速率、穩定性方面它更具技術優勢。

- (1) 靈活性： LTE 能夠支持 1.25，1.6，2.5，5，10，15，20 MHz 等多種系統帶寬，WiMAX 支持 15~20 MHz 的幾種帶寬，WiFi 解決的是無線局域網問題，僅適用於有因特網的地區，因而在系統部署的靈活性上 LTE 更具優勢。
- (2) 數據速率： LTE 增強了 3G 的空中接入技術，信號的覆蓋範圍大幅延伸，在 20 MHz 的帶寬下，能達到下行 100 Mbit/s、上行 50 Mbit/s 的峰值速率；WiFi 與 WiMAX 所能達到的最高速率僅為 11 Mbit/s 和 75 Mbit/s，且 WiFi 採用的無線電信號易受環境影響[6]，可能一個用戶與帶寬為 11 Mbit/s 網絡聯網，但是其兌現的網速可能隻有 1 Mbit/s。
- (3) 穩定性： LTE 能在 350 km/h 的高速移動的情況下達到良好的接收效果，WiMAX 所能支持的最高移動速率隻能達到 120 km/h[5]，WiFi 則僅限於局域網的低速率移動。與 WiMAX 和 WiFi 相比，在高速移動的環境下，LTE 的信號更穩定。

2.4 4G 網路系統有以下幾個關鍵技術：

(1) OFDMA 技術：

未來無線多媒體業務既要求資料傳輸速率高，又要保證傳輸品質，這就要求所採用的調製解調技術要有較高的信元速率及較長的碼元週期，OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 技術正滿足這一需求。OFDMA 是一種無線環境下的高速傳輸技術。無線通道的頻率響應曲線大多是非平坦的，其主要思想就是在頻域內將給定通道分成許多正交子通道，在每個子通道上使用一個子載波進行調製，各子載波平行傳輸，這樣儘管總的通道是非平坦的，但每個子通道是相對平坦的。且在各子通道上進行的是窄帶傳輸，信號

帶寬小於通道帶寬，大大消除信號波形間的干擾。OFDMA技術的最大優點是能對抗頻率選擇性衰落和窄帶干擾，從而減小各子載波間的相互干擾，提高頻譜利用率。

(2) 軟體無線電 (Software Radio)：

軟體無線電是將標準化、模組化的硬體功能單元經一通用硬體平臺，利用軟體載入方式來實現各類無線電通信系統的一種開放式結構的技術。通過不同軟體程式，在硬體平臺上實現在不同系統中利用單一終端漫遊。其核心思想是在盡可能靠近天線的地方使用寬頻A/D和D/A變換器，盡可能多地用軟體來定義無線功能。其軟體系統包括各類無線信令規則與處理軟體、信號流變換軟體、調製解調演算法軟體、通道糾錯編碼軟體、信源編碼軟體等。軟體無線電技術主要涉及數位信號處理硬體(DSPH)、現場可編程器件(FPGA)、數位信號處理(DSP)等。

(3) 智慧天線(Smart Antenna)

智慧天線具有抑制信號干擾、自動跟蹤及數位波束調節等功能，被認為是未來移動通信的關鍵技術。智慧天線成形波束可在空間域內抑制交互干擾，增強特殊範圍內想要的信號，既能改善信號品質又能增加傳輸容量。其基本原理是在無線基站端使用天線陣和相干無線收發信機來實現射頻信號的收發，同時，通過基帶數位信號處理器，對各天線鏈路上接收到的信號按一定演算法進行合併，實現上行波束賦形。

目前，智慧天線的工作方式主要有全自適應方式和基於預多波束的波束切換方式。全自適應智慧天線雖然從理論上講可以達到最優，但相對而言各種演算法均存在所需資料量，計算量大，通道模型簡單，收斂速度較慢，在某些情況下甚至可能出現錯誤收斂等缺點，實際通道條件下，當干擾較多、多徑嚴重，特別是通道快速時變時，很難對某一用戶進行即時跟蹤。

在基於預多波束的切換波束工作方式下，全空域被一些預先計算好的波束分割覆蓋，各組權值對應的波束有不同的主瓣指向，相鄰波束的主瓣間通常會有一些重疊，接收時的主要任務是挑選一個作為工

作模式，與自適應方式相比它顯然更容易實現，是未來智慧天線技術發展的方向。

(4) MIMO技術(Multiple Input/Multiple Output)

MIMO是指在基站和移動終端都有多個天線。MIMO技術為系統提供空間複用增益和空間分集增益。空間複用是在接收端和發射端使用多副天線，充分利用空間傳播中的多徑分量，在同一頻帶上使用多個子通道發射信號，使容量隨天線數量的增加而線性增加。空間分集有發射分集和接收分集兩類。基於分集技術與通道編碼技術的空時碼可獲得高的編碼增益和分集增益，已成為該領域的研究熱點。MIMO技術可提供很高的頻譜利用率，且其空間分集可顯著改善無線通道的性能，提高無線系統的容量及覆蓋範圍。

2.5 4G 網路系統的幾個技術標準：

目前4G系統以LTE、WiMAX及UMA三大標準為主，其中WiMAX(IEEE802.16)近年來在Intel的大力推廣下頗受重視，尤其在ITU宣佈批准WiMAX成為ITU移動無線標準後，更是備受看好成為4G主要標準；至於LTE(Long Term Evolution)在獲得GSM協會的宣佈支持下，加上美國電信業者AT&T及Verizon相繼宣佈4G採用此技術後，未來前景後勢看漲；UMB(Ultra Mobile Broadband)則是由高通(Qualcomm)主推，本來認為在CDMA為主的美國市場可望居於領先地位，但在Verizon宣佈以LTE為主後，發展落於WiMAX及LTE之後。有關這三大標準的技術規格及後續發展，以下將有更詳細的說明。

2.6 各國在4G的發展情況：

目前全球各國在4G的推動皆不遺餘力，其中亞洲國家更是勇往直前，僅與歐美4G競賽不相上下，南韓計劃於2007年展開4G測試，台灣則將首次4G測試訂在2008年第三季，不過，由於全球3G商用尚未站穩，台灣電信業者3G商用化亦不到1年時間，電信業者對於推動4G的必要性高度存疑。

(1)日本：

日本NTT DoCoMo很早就開始進行4G的測試，目前其4G測試已成功以5Gbps的速度進行資料傳輸，較前一次的2.5Gbps成長一倍，並超越韓國三星電子在2006年8月寫下的3.5Gbps記錄。此次實驗將天線數量由6支倍增為12支，接收資料時的訊號處理技術也經過改良，因而得以將傳輸速度推升至5Gbps。

(2)台灣：

目前由工研院資通所及電信國家型科技計畫(National Science and Technology Program for Telecommunications, NTP) TW4G工作小組所主導台灣4G技術研發，已有明確進程計畫，最快將在2008年第三季首度進行雛型系統測試，2010年進行第二次測試，若一切順利，台灣自行發展的TW4G技術不僅可望在2012年商用化，並有希望成為國際標準的一部份。

據了解，TW4G系統核心技術為3GPP的Long-Term Evolution、行動式WiMAX(IEEE 802.16e)，以及802.16j的Mobile Multi-hop Relay(MMR)作為台灣4G系統發展技術標準，同時TW4G技術亦將參與國際標準組織技術提案，台灣可望成為制訂及參與寬頻接取技術國際標準的一份子。

不過近年來台灣在WiMAX上的著力非常深，7月份甫發佈6家得標廠商，預計明年下半年就會有商用開台，加上政府的助力及設備廠也強加佈局下，預計WiMAX在台灣將脫穎而出。

(3)美國：

美國目前在4G的佈局，主要以Sprint、AT&T及Verizon為主。Sprint在2006年時宣佈以WiMAX作為其4G技術標準，預計在2010年之前將投資大約50億美元構建基於新興高速無線WiMax技術的4G服務網路；AT&T及Verizon Wireless則將採LTE技術，其中AT&T已推出了4G Access網路，它能配合目前的EDGE技術進行上傳，並利用寬頻OFDM技術進行下載。目前AT&T的4G Access網路升級分為兩個階段，第一階段是移動電話基地台的軟體構建，第二階段則估計在兩年後進行智慧型天線的硬體構建；Verizon則是與Vodafone進行合作，預計於明年開始測試。

(4)大陸：

中國大陸雖然尚未來推出3G服務，但卻早在4G上做動作。大陸政府早從2001年便展開「未來通用無線環境研究計畫Future Technology for Universal Radio Environment；Fu TURE)」，共有大陸10多所大學、研究所和企業參與。其中明定2001~2003年為Fu TURE第一階段，著重開發關鍵技術；2003~2006年為第二階段，主要從事系統及應用展示；2006~2010年則為第三階段，亦即實地測試和商用化準備。

今年初大陸在上海市長寧區展開4G行動通訊技術實地測試，總測試費用約人民幣1.5億元(約1,930萬美元)；在行動測試項目中，無線下載速度最高可達90Mbps，該項技術預計2010年商用化。此次實測係在上海延安西路上進行，試驗車輛以時速50公里在真實路況中行駛，所測得資訊下載速度為20~90Mbps，上傳速度則高達80Mbps；此外，上海崇明島也在利用4G技術佈建無線寬頻網路，期望達成全覆蓋目標，並為商用化預作準備。

1.7 三大標準介紹及比較

在4G技術標準中，主要行動WiMAX、LTE及UMA這三個陣營，以下將就這三個標準說介紹及比較。

(1)行動WiMAX(802.16e)

行動WiMAX指的是WiMax全名為Worldwide Interoperability for Microwave Access，於2001年6月由WiMax Forum提出，2004年6月IEEE 802.16-2004固定式標準制定完成，並於世界各國開始針對頻譜分配進行審核，一些國家也開始進行佈建。2005年12月IEEE 802.16e-2005標準制定完成，這也就是所謂的行動WiMAX，隨著標準的底定，加上WiMAX Forum中的網路工作群組(Network Working Group)於2007年3月底完成1.0.0版網路架構(Network Architecture)文件，使得支援行動性功能的都會寬頻無線網路儼然成形，讓WiMAX技術朝向行動式邁進。

在行動WiMAX中，WiMAX Forum在兼具模組化、彈性、擴展性與延伸性，並滿足安全性、行動性、服務品質(QoS)與服務應用等功能的考量下，定義WiMAX端對端的網路系統架構，以網路關聯模

組(Network Reference Model, NRM)作為邏輯上的呈現。在 NRM 中定義功能元件(Functional Entities)及關聯點(Reference Points, RP)，功能元件藉由關聯點來達成互動式的溝通。

功能元件包括有用戶端(SS/MS)、存取服務網路(Access Service Network, ASN)及連接服務網路(Connectivity Service Network, CSN)，基準關聯點 R1-R5 將分別描述各元件間的通訊協定與程序，用戶端可以透過 ASN 或 CSN 享受無線寬頻服務或是與另一用戶端進行通訊。CSN 大多屬於電信系統業者提供的 IP 網路，分別與使用者認證伺服器(AAA Server)、網路管理系統(Network management System, NMS)、Foreign Agent(FA)及 Home Agent(HA)等系統介接提供相關功能，內部實體元件不在 WiMAX 論壇的定義範圍內。

ASN 內部則包括有 ASN-Gateway 以及基地台兩種實體元件。基地台具備完整的 802.16 標準 WiMAX MAC 與 PHY 的能力，透過單點對多點的模式與建構在企業和住家中的用戶端進行通訊，並負責無線資源配置，以及與 ASN-Gateway 進行通訊和傳收資料的重要任務。ASN-Gateway 為多個控制功能所組成，負責監控與命令所屬基地台、ASN 內部封包的轉送，以及與 CSN 和其他 ASN 之間的連結溝通，也可能具有備用或平衡負載的能力。

另一方面，802.16e-2005 與 802.16-2004 相同，仍然提供 SC、SCa、OFDM 以及 OFDMA 等四種實體層的選擇。不過 WiMAX Forum 所選擇的主要實體層技術，卻不同於固定式 WiMAX 所採用的 OFDM 技術，改採用 OFDMA 的實體層作為行動式 WiMAX 的主要方案。同時為強化行動式 WiMAX 性能，開始將標準中選擇性功能增列為必要，並且規畫於 Wave 2 的測試項目，例如 AAS(Adaptive Antenna System)、MIMO 及 HARQ 等。

目前 WiMAX 技術的標準化及商用化進程均出現重大突破，支援行動性功能的 802.16e-2005 標準已逐步修改完善，並成為主導，配合正在制定中支援行動性功能的 802.16j 無線中繼站標準(Multi-hop Relay, MR)，大大增強行動式 WiMAX 網路的布建優勢；而位於產業鏈前端的晶片研發發展迅速，目前已有 Intel、意法半導體、Runcom、Beceem、Picochip 及 Sequans 等公司陸續提供支援 802.16e-2005 的 OFDMA 技術晶片組，且大部分晶片組都將支援 MIMO 及 AAS 技術。

值得注意的是，MIMO 及 OFDMA 是其重要發展趨勢。MIMO 技術的核心概念主要是利用多根發射天線與多根接收天線所提供的多重傳輸途徑，以提昇傳輸速率與改善通訊品質，與傳統的 AAS 天線相較，不僅傳輸速度增加，其成本也大幅下降。而 OFDMA 則是指同時利用多個窄頻傳送數位訊號之技術，可同時支援多個使用者傳輸資料，有利多媒體資料傳輸，使無線傳輸流量更大、更快速。除此之外，OFDM 技術能有效抑制無線訊號經 NLOS 路徑傳輸時，因多徑因素而產生的干擾問題，因此對 WiMax 來說，使用 MIMO-OFDMA 技術，將有助於 WiMax 之通訊品質達到未來 4G 所要求的「優質、寬頻、高速、高頻譜效率」之通訊品質。

(2) LTE(Long Term Evolution)

LTE 全名是 Long Term Evolution，是由 3GPP 組織所制訂的規格，是從 GSM、GPRS、EDGE、WCDMA、HSPDA、HSUPA、MBMS 一脈相承的技術體系，符合 3GPP Release 8 的技術規範。LTE 的研究項目(study item)是於 2004 年底在 3GPP 中提出的，當時的目標和關鍵特性還不是很清楚，爭論也比較多，但在 2005 年 6 月的魁北克會議上最終確立了系統目標(requirement)，到此 LTE 的概念正式確立，具體內容如下表：

LTE 標準的發展過程可分為研究項目(study item)和工作專案(work item)兩個階段。

* 研究項目(study item)階段在 2006 年中結束，主要完成目標需求的定義，明確 LTE 的概念等，然後徵集候選技術提案，並對技術提案進行評估，確定其是否符合目標需求。對有可能融合的提案進行討論，甚至還可能對某些技術的優越性進行辯論，最終選擇出適合未來 LTE 的技術方案。

* 工作專案(work item)階段在 2006 年中以前建立，並著手標準的建立。該階段將對未來 LTE 標準細節的各個方面展開討論和起草，並一直持續到 2007 年中。

LTE 在技術提案徵集上有 6 個選項，按照雙工方式可 FDD 和 TDD 兩種，而按照無線鏈路的調製方式或多址方式主要可分為 CDMA 及 OFDMA 兩種。

隨著 LTE 標準化工作的不斷推進，業界也提出了 WCDMA、TD-SCDMA 等現有 3G 技術標準向 LTE 演進的明確路線。

(a) WCDMA→LTE 演進路線

從 WCDMA 向 LTE 的演進，首先是實現 HSDPA(P1)，上行和下行速率分別達到 1.8Mbit/s 和 3.6Mbit/s。HSDPA(P1)技術已經在 2005 年開始商用，2006 年開始進入大規模商用部署階段；其後是實現 HSDPA(P2)和 HSUPA，上行和下行速率分別達到 8Mbit/s 和 14.4Mbit/s，商用時間將在 2007 年~2008 年。1tSPA+是 HSDPA(P2)和 HSUPA 技術向 LTE 的中間過渡方案，其上行和下行速率分別達到 10Mbit/s 和 40Mbit/s，並開始採用 OFDM 技術，其商用時間將在 2008~2010 年之間。最後從 HSPA+演進到 LTE。

(b) TD-SCDMA→LTE 演進路線

從 TD-SCDMA 向 LTE 的演進，首先是在 TD-SCDMA 的基礎上採用單載波的 HSDPA 技術，速率達到 2.8Mbit/s；其後採用多載波的 HSDPA，速率達到 7.2MMbit/s；到 HSPA+階段，速率將超過 10Mbit/s，並繼續逐步提高它的上行接入能力。最終在 2010 年之後，從 HSPA+演進到 LTE。

業界對於演進路線還存在一些爭議，主要的爭議點在於是否需要經歷 HSPA+這樣一個階段來過渡到 LTE。有一部分廠商認為可以不必經歷 HSPA+，直接從 HSPA 升級到 LTE。

而根據 3GPP 對 LTE 所規畫的時程表，LTE 原型系統預計在 2007 年底出現，並於 2008 年底進行實地測試，最快在 2010 年初就會展開實際網路布建。

由上可以發展，LTE 的規格目標是下行傳輸速率達 100Mbps 以上，上行傳輸速率 50Mbps，足以與現在的 WiMAX 及 ADSL 相提並論，尤其在存取時間、頻譜效率及資料傳輸量都有改善，網路投資成本也能因此降低，一般預期 2009 年底將可正式商業營運。

目前國際電信設備大廠與電信業者均積極佈局 LTE，其中易利信、Nokia-Siemens、北電及 LG 電子都已公開展示，日本 NTT DoCoMo 與 NEC、富士通、Panasonic 及摩托羅拉合作開發 LTE 系統，而由阿爾卡特朗訊、易利信、諾基亞、Nokia-Siemens、北電、法國電信／

Orange、T-Mobile 及 Vodafone 聯手發起的 LTE/SAE Initiative，則是業界第一個推動 LTE 的正式組織。

(3) UMB(Ultra Mobile Broadband)

UMB 是 CDMA2000 系列標準的演進升級版本，可以在 1.25MHz 和 20MHz 間以約 150KHz 的頻率增量靈活部署，支援頻段包括 450MHz、700MHz、850MHz、1700MHz、1900MHz、1700/2100MHz、1900/2100MHz(IMT)和 2500MHz(3G 擴展頻段)，主要由 CDMA 業界所主導，其可與現有的 CDMA20001X 和 1xEV-DO 系統相容，但在資料傳輸速率、延遲性、覆蓋度、移動能力及布建彈性等方面都更具優勢。

UMB 是 CDMA2000 標準家族中的最新成員，屬於 OFDMA 解決方案；該標準使用先進的控制與信令機制、無線電資源管理(RRM)、適應性反向鏈路(RL)干擾管理和先進的天線技術，如 MIMO、SDMA 和波束形成技術。UMB 解決方案可提供先進的行動寬頻服務，在頻譜的一端提供經濟、低潛伏時間的語音業務，而在另一端提供潛伏時間敏感、寬頻的資料通訊。而為支援普遍存在和流行的接入，UMB 支援不同技術間的接入切換功能和與現有 CDMA20001X 和 1xEV-DO 系統的無縫操作。

另外 UMB 也能夠帶來更大的頻寬、頻段和波段選擇範圍，以及網路的可升級性和靈活性，並能使純 IP 以及各類可變包長的資料傳輸速度達到比目前商用系統更高的數量級，能夠從根本上提高用戶體驗和增強運營商的贏利能力。

UMB 主要是由高通公司所主導，日前 CDMA 發展組織(CDG) 3GPP2 計畫公佈 UMB 空中介面規範—3GPP2 C.S0084-0v2.0，預計 UMB 規範將被 3GPP2 組織夥伴迅速轉化成官方的全球標準，其中包括日本的無線電工業及商業委員會(ARIB)、中國通信標準化協會(CCSA)、美國通訊行業協會(TIA)、韓國電信技術協會(TTA)和日本電信技術委員會(TTC)。

而在廠商方面，除高通外，目前摩托羅拉、中興通訊及華為均已表態支持，另外還有阿爾卡特朗訊也投入設備的開發行列中，預計 2009 年上半年可望商用化

1.8 LTE 技術的市場前景與挑戰

目前語音業務在移動通信市場取得了巨大的成功，但這種狀況會隨著數據業務和應用的重要性與日俱增而逐漸改變。除了現有 GPRS 及 3G 網絡為用戶帶來的如 IP 電話、在線遊戲、多媒體消息、移動電視等業務外，LTE 還能為用戶帶來更豐富的服務。

LTE 系統是在充分繼承現有技術的基礎上，綜合了一部分 4G 核心技術而提出的。它不僅在技術方面極具優勢，在時間段上也有一個很好的契機。一個新的空中接口的研發通常需要 10 年時間，技術的研發已經進行了 5 年，而新的 4G 頻譜計劃於 2007 年的 ITU 世界無線會議（WRC）之後才分配，加上研究、標準化和設計產品的時間，4G 最早也要在 2015 年左右才能正式商用。2008~2015 年的這段時間，將是 LTE 產品在移動通信市場發展的春天。

雖然在技術上取得了相當的進步，但是在一定程度上並未擺脫 3G 框架的束縛。去年 3 月啟動的 HSPA（HSPDA+HSUPA）的演進項目 E-HSPA（有的公司認為它在 5 MHz 帶寬內能達到和 LTE 相似的性能）也為 LTE 帶來了嚴峻的挑戰。儘管 LTE 的性能可能比 4G 稍差，但是由於 4G 的不確定性、E-HSPA 項目的啟動滯後於 LTE，因而 LTE 目前是機遇大於挑戰，仍具有很強的競爭力，市場前景一片光明。

1.9 技術標準廠商佈局動態

LTE (Long Term Evolution) :

在去年 11 月中旬於澳門舉行的 Mobile Asia 大會上，GSM 協會 (GSMA) 宣佈其在 4G 技術競賽上將支持標準，無疑為 LTE 未來發展注入一劑強心針。目前在 LTE 陣營內，以易利信、阿爾卡特朗訊、Nokia-Siemens、Verizon、AT&T、T-Mobile 為主。

易利信、諾基亞及 Vodafone 等國際電信設備大廠與跨國電信業者，決定攜手推展次世代行動寬頻網路標準 LTE/SAE，未來該標準將可

支援 100Mbps 以上的頻寬，足以與 WiMAX 一搏，該標準預計 2009~2010 年進入商用化時程。

聯合推動 LTE/SAE 發起人會議(Initiative)的業者，包括阿爾卡特朗訊(Alcatel Lucent)、易利信、諾基亞、諾基亞西門子網路 (Nokia Siemens Networks)、北電(Nortel)等電信設備大廠，以及法國電信、Orange、T-Mobile 及 Vodafone 等歐系電信業者，將遵循 3GPP 制訂的 Release 8 規範，推動下 1 代高速行動寬頻網路的實現。

根據上述業者的規劃，LTE/SAE 技術將可提供比 3GPP Release 6 高速封包接取(HSPA)更優越的行動寬頻服務，足以達到目前固接式 ADSL 的頻寬，但能具備 GSM 網路的行動力及覆蓋度。3GPP LTE/SAE 網路可望提供營運商更低的營運成本、更高的傳輸速率、更低的延遲及更佳的使用經驗。

該組織的成員將透過一系列的聯合測試，共同展示 LTE/SAE 技術的潛能，5 月正式運作後，預計維持 18~24 個月，其中包括電波傳輸效能測試、初期互通測試、實地測試及完全客戶測試等，測試結果將會運用在未來的技術建置與標準化工作。此外，該組織也將協助推展相關生態系統的建立，包括各種設備與應用，預計 2009~2010 年能進入商用化建置的階段。

另外阿爾卡特朗訊和 LG 電子也加入 LTE 聯盟(LTSI)，並宣佈兩家公司以阿爾卡特朗訊的 LTE 解決方案，及 LG 的 LTE 實驗行動終端，成功完成 LTE 呼叫測試。上述測試中同時採用了單天線配置和多重輸入/輸出(MIMO) 2×2 配置，並透過一個 10MHz 頻道進行資料傳輸。該測試同時還是 LTE/SAE 試驗聯盟所開展的一項大型測試計畫之一。未來雙方還將致力於共同推動大型多樣化 LTE 生態系統的快速發展，以確保在 2009 年之前能夠推出商用 LTE 解決方案及服務。

在電信業者方面，美國第二大行動運營商 Verizon Wireless 日前宣佈其 4G 網路將採用 LTE 標準，並與 Vodafone 進行合作。Verizon 表示，該網路將基於 Long Term Evolution (LTE)技術。Verizon 的網路以 CDMA 為主導，而 LTE 被公認為全球最廣泛 GSM 網路的升級方向，而 Verizon 目前的態度顯然是想在未來發展到 G 網，此舉無疑是給高通一大重擊。不過，Verizon 決定朝向 LTE 技術發展將讓無線網路設備商受益，如 Nokia Siemens、Ericsson、Motorola、

Nortel Networks、Alcatel Lucent、Verizon 並未提及建構網路的時間表，但 Vodafone 表示，在可能開始使用 LTE 技術商用前預計是在 2010 年或 2011 年；而在他們基於共同平台上之前將是在 2015 年。

第三章 Femtocell 之研究

3.1 Femtocell 之介紹

以放置於家庭內的小功率超微型基地台(Femtocell Access Point；FAP)取代密集佈建戶外無線基地台(Node B)成為未來無線通訊發展的趨勢。

3.2 Femtocell 的基本概念

- (1) 由於移動通信面臨室內覆蓋的嚴峻挑戰，一種新的技術被推上台面--Femtocell，毫微微蜂窩基站，也被稱作家庭基站或 3G 接入點。
- (2) 它是一種超小型手機基站設備，外觀上與 Wi-Fi 的接入設備相似，大小差不多，適用於家庭及辦公室環境。
- (3) 如果在家庭裡設置 Femtocell，連接有線寬帶后，用戶使用手機撥打電話時，可以採用更便宜的有線通信。
- (4) 其發射功率較小，一般為毫瓦級，因此覆蓋半徑也較小，一般為 20 米~50 米。
- (5) 一個 femtocell 的接入設備一般最多可支持 4~6 個移動用戶，其空中接口符合 3GPP/3GPP2 標準，因此適用於任何現有的移動終端。
- (6) Femtocell 可在 3G 網絡上提供 Wi-Fi 功能，從而在建築物內實現可靠的 3G 連通。
- (7) 該技術通過在建築物內布置一個小型的低功率發射器/接收器，從而允許 3G 手機連接到本地蜂窩基站，並通過 ADSL 線路進行路由呼叫。
- (8) Femtocell 還能夠連接到家庭網絡，將電話上的內容分發到家中的各個設備，比如電視和立體聲系統，並讓用戶以

7.2Mbps 的速度接入到所有常規 3G 服務。一但設備普及，更多的應用也會隨之而來，例如家庭安全監控等。

- (9) 儘管 Femtocell 誕生不久，但是已經得到運營商和設備製造商的追捧，歐洲通過 Femtocell 技術增強手機信號。
- (10) 到 2010 年，Femtocell 技術將走向繁榮，而全球主要的運營商將引入新的計費和業務捆綁策略，從而提高有線傳輸的業務量，同時也有利于提高無線信號在家庭與辦公場所的覆蓋。

3.3 目前行動通訊發展的趨勢

- (1) 提高傳輸效率與品質
- (2) 整合語音與數據通訊服務
- (3) 降低通訊費用是行動通訊服務
- (4) 70% 的行動通訊發生在室內

3.4 Femtocell 的關鍵技術

- 即插即用

Femtocell 所扮演的角色類似於終端設備，因此其使用方法必須簡單明確，用戶從運營商獲取 Femtocell 基站后，只要接通電源和網絡，必須能自動完成 IP 連接和 IP 分配，進行遠程的自動軟件升級、自動網絡規劃，包括最小干擾頻點的選擇、擾碼的自動分配、鄰區列表的自動創建及發射功率的自動調整。

- 接入控制

接入控制主要有三個層面。第一，接入層的 UE 接入鑒權。用戶必須可以設置 Femtocell 的接入模式，是否允許所有用戶接入？能否設置不同的接入用戶？Femtocell 信號是否可以獨享？因此 Femtocell 必須設置一個白名單編輯功能，以滿足對 Femtocell 接入終端的控制。第二，Femtocell 基站設備的接入控制。運營商要能夠監控

Femtocell 基站的使用，并控制其 IP 是否允許接入。第三，核心網 3GPP 標準的 UE 接入鑒權。Femtocell 對用戶的接入必須滿足 3GPP 對 3G 的各項標準規定。

- **切換控制**

Femtocell 必須與宏峰窩之間實現無縫切換，以提高用戶的感知度，切換主要包括三個方面：Femtocell 和 Femtocell 之間的切換；Femtocell 向宏峰窩的切換；宏峰窩向 Femtocell 的切換。

- **IP 傳輸網絡質量要求**

因為 Femtocell 是完全通過 IP 網絡實現與核心網的連接，因此如何保證業務的 QoS 服務等級，特別是語音業務的 QoS 要求非常關鍵，因此對於 IP 傳輸網絡需要有一定的性能要求。

3.5 Femtocell 的優點

(1) 低成本：

Femtocell 結構簡單，與傳統基站相比價格低廉，用戶可以自己購買。

(2) 用戶安裝：

支持即插即用，用戶可以自行安裝 Femtocell 終端，只需運營商進行激活。

(3) 寬帶接入：

Femtocell 是基於 IP 協議的，採用扁平化的基站架構，可以通過現有的 DSL、cable 或光纖等寬帶手段接入移動運營商的網路。

(4) 低功率：

Femtocell 的發射功率為 10mW~100mW，與 Wi-Fi 接入點類似。

(5) 基於蜂窩移動網絡標準：

Femtocell 可以基於任何移動蜂窩通信技術，包括現有的 3G 標準及即將成熟的 UMB、LTE。

(6) 使用單模終端：

與 UMA 技術不同，Femtocell 不需要雙模終端支持。

(7) 支持多種標準化協議：

Femtocell 獨立於網絡連接方式，支持連接運營商核心網的多種接口，如 UMA 和 SIP/IMS 協議等。

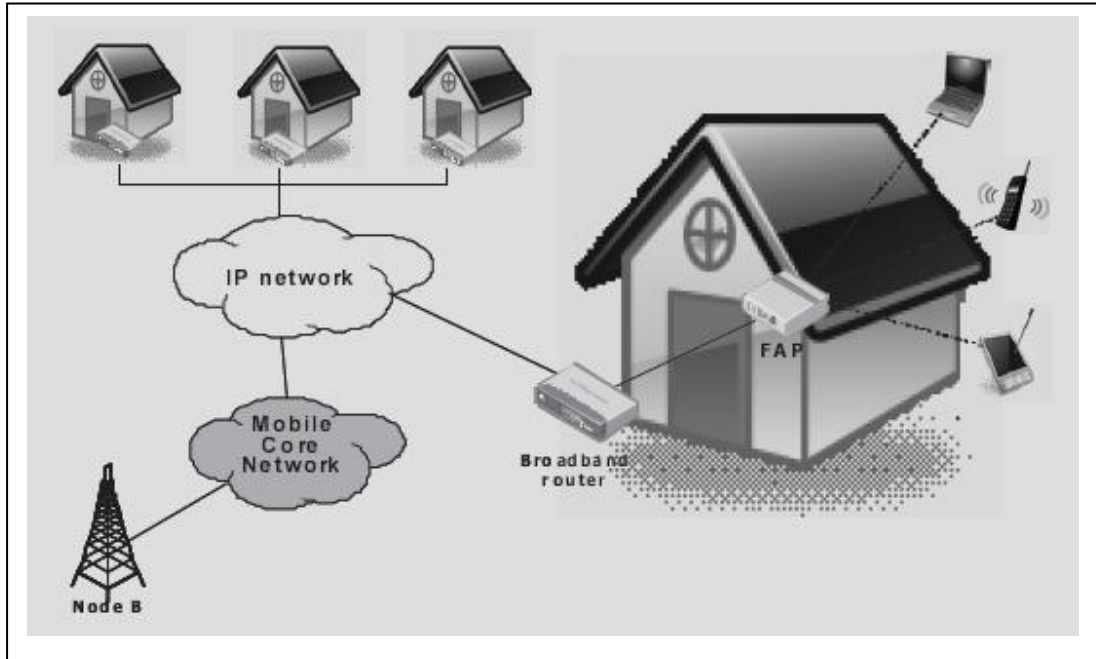


圖 2：Femtocell 網路架構

3.6 Femtocell 之架構

(1) 利用有線寬頻網路連接行動通訊核心網路(mobile core network)：

1. 搭配既有的 3G 行動網路，使用者不需更換終端設備。
2. 可以獲得更好且更便宜的行動語音與數據通訊服務。
3. 可吸引使用者經由行動網路取得網路服務，提升平均使用者貢獻度(ARPU, Average Revenue Per User)
4. 促進固接式網路與行動通訊網路整合(Fixed-Mobile Convergence; FMC)

(2) FemtoCell 尚待探討的問題：

- 如何確保有線 IP 網路路的傳輸速率、並保障可靠且即時的傳輸品質，是首要面對的議題。

- 如何解決 FemtoCell 網路與既有 3G 網路基地台(MacroCell)訊號干擾。
- 在 Femtocell 與 Macrocell 並存的網路架構下，如何讓使用者的行動通訊裝置自動優先採用 Femtocell 網路。
- FemtoCell 應是開放還是封閉的系統？
- 使用者擴充性、網路存取管理與網路安全？

(3) FemtoCell AP 的要求：

- Femtocell 網路將 FAP 佈建於室內。用於補強現行 Macrocell 網路行動通訊頻寬不足、以及室內訊號涵蓋率不佳的情況。
- 不僅要與現有行動通訊架構整合，也必須與現行的行動通訊介面相容。

(4) FAP 與通訊網路之間的聯結

目前方式有三種主要發展趨勢：

- 採既有網路架構與維運方式的 Iub-over-IP 方案；如圖 3。
- 改良既有網路架構與維運方式的 Iu-over-IP 方案；如圖 4。
- 採用全 IP 網路連結與維運的 IMS-based 方案。如圖 5。

FAP 與通訊網路之間的聯結圖如下：

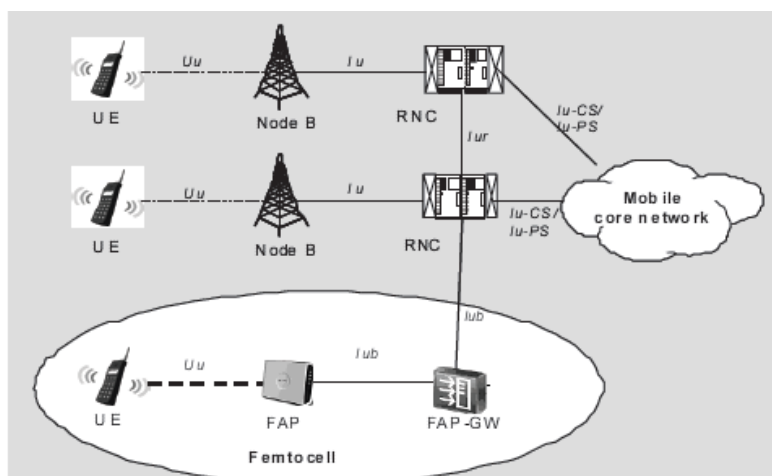


圖 3：Iub-over-IP 方案

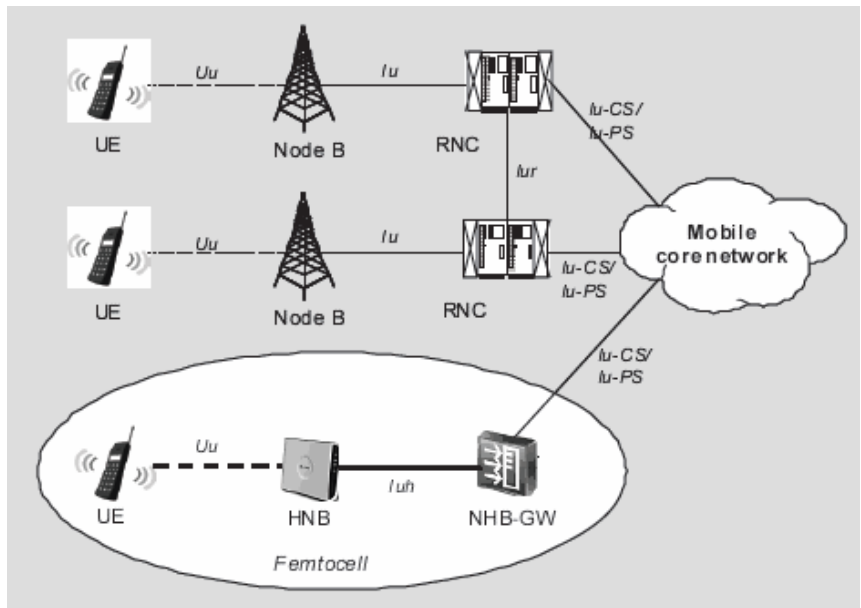


圖 4：Iu-over-IP 方案

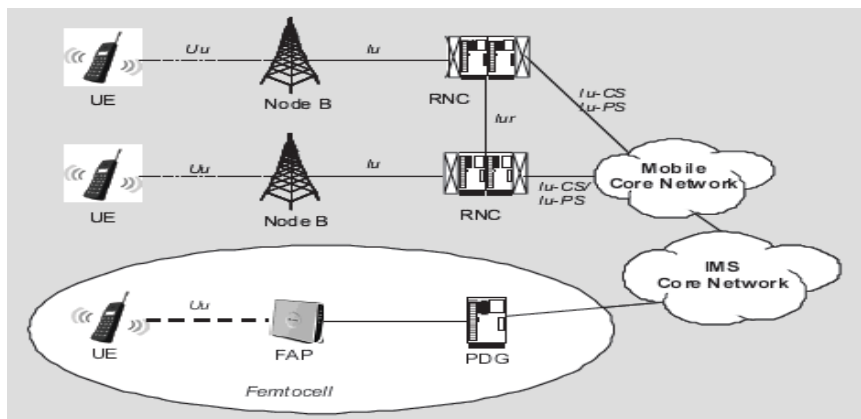


圖 5：IMS 方案

3.7 Femtocell 和 Macrocell 如何共存以降低干擾

譬如說，用戶將來會在室外的宏蜂窩小區（macro cell）和室內的 femtocell 之間漫遊。但這意味著由用戶自己管理的 femtocell 的無線電覆蓋服務必須與宏蜂窩小區的覆蓋服務相協調。而如果用戶停用、破壞或干擾 femtocell，或者因為用戶的寬帶出問題導致其無法使用，可以預料運營商會接到用戶支持電話，而這需要高昂成本。

第四章 結論

行動與無線通訊各世代之間有相當密切的關聯，有時候技術時在發展太快，有的技術普及、有的技術被淘汰，讓人目不暇給，同時也衍生出這個領域裡頭層出不窮的專有名詞。真的要追蹤行動無線通訊世代得從 0G 開始說起

世代	大約年代	主要特徵	主要發展
0G	1946-1972	行動無線電話	PTT、MTS、IMTS、AMTS
1G	1980 年代	類比式蜂巢無線電話	NMT、AMPS、TACS
2G	1982	數位式蜂巢無線電話	GSM、D-AMPS、cdmaOne
2.5G	1999	封包交換數據通訊	GPRS
2.75G	2003	加強封包交換數據通訊	EDGE、CDMA 2000
3G	2003	網際網路與視訊通訊服務	W-CDMA
3.5G	2003	加強資料傳輸速率	HSDPA
3.75G	2003 以後	加強資料上傳速率	HSUPA
4G	2003 以後	沒有正式定義，但是有預期達到的目標	WiMAX、WiFi、LTE

第三代無線數據通訊大約到 2000 年以後才慢慢成熟，到 2007 年才能達到比較能接受的資料速率，所以使用 3G 手機的人會感受到一些行動通訊在資料方面的應用，例如視訊或是多媒體資料的分享，但是資料速率太慢。因此 3.5G 對於下載速率的加強，以及 3.75G 加強上傳速率的提升，將會解決行動通訊的資料速率問題。

LTE

從前面三大標準的發展趨勢來看，三者雖然各有差別，但是也有一些共同之處，主要都採用 OFDM 和 MIMO 技術來提供更高的頻譜利用率，這也是為何阿爾卡特朗訊堅持三種標準都投入研發的關係。真的要去分析這三種標準誰會勝出，以目前的情勢來看，行動 WiMAX 雖居於領先，但 LTE 則後勢看漲。以終端設備商來看，目前雙方在通訊設備廠商的支持上大致相同，除易利信已宣佈放棄 WiMAX 全力搶攻 LTE 外，其餘如阿爾卡特朗訊、Nokia-Siemens、摩托羅拉、北電等都有投入此兩陣營的開發，而行動 WiMAX 更擁有 Intel 這全球半導體龍頭廠商的支持，若真能順利在 2008 年推出內建 WiMAX 晶片的 NB，將有助於 WiMAX 成為 4G 主力標準。

不過 LTE 亦不容小看，尤其是其在電信業者方面獲得的支持力道。舉凡全球主要的電信業者，像 AT&T、Verizon、Vodafone、T-Mobile 都將選擇 LTE 做為其 4G 技術標準，而 WiMAX 雖有 Sprint-Nextel 宣佈支持，但其近來的動向頗令人擔心，其他則多是新興市場或新崛起的電信業者，力道稍嫌薄弱。在未來由電信服務業者主導通訊規格的市場趨勢下，LTE 可算是後勢非常看好。

至於 UMB，隨著 Verizon 的改投 LTE 陣營，對此無疑是一大重擊，雖然高通可藉由之前購併的 Flarion 科技公司，可望在未來有機會收取 LTE 的相關專利費用，但預期 UMB 將在 WiMAX 及 LTE 兩大陣營的挾擊下逐漸消失，而未來 4G 技術標準更將成為雙雄鼎立的局面。

Femtocell

1. Femtocell 網路不僅可有效利用既有頻寬提供高品質高效率的傳輸服務.
2. Femtocell 網路提高網路覆蓋率並增加網路容量.
3. Femtocell 網路也具有整合內容與服務資源.
4. Femtocell 網路提供個人化服務的特性.
5. Femtocell 主要是用來彌補其它基地台無法涵蓋的區域及提升數據傳輸速率，通常用於住宅或小型商業環境
6. 未來行動通訊網路規劃朝向 Femtocell Macrocell 網路並存，並沿用原有 3G 的無線接取技術。

參考資料:

1. 《行動與無線通訊系統 第三版》顏春煌，碁峰資訊股份有限公司
2. http://www.nortel.com/corporate/global/asia/taiwan/articles/taiwan_tec02_tch.html (技術專文)
3. http://www.2cm.com.tw/zoomin_content.asp?sn=0709070011(新通訊)