

寬頻無限通訊技術發展與應用解析

◎廖建興

1. 前言

近些年來，無線行動通訊技術發展及應用可謂發生了革命性地變化及進展，人手一機（2G/2.5G）是目前幾乎可見之景象；而一股以第三代3G通訊網路為首的無線行動通訊新勢力正在崛起，3G實驗網與商用化服務陸續在日本及韓國等地啟動了；與此同時喊聲震天、光芒畢露、前景粲然可期的4G無線寬頻通訊技術亦正如火如荼地展開中。

而另一股以Wi-Fi（Wireless Fidelity forum）論壇之無線區域網路（WLAN）為首之無線固網更在世界迅速崛起，拜WLAN大量被應用在筆記型電腦（Notebook）所賜，談論許久的公眾無線區域網路（PWLAN）也逐漸從理論化為現實。事實上，目前已有愈來愈多的旅館、機場、連鎖餐飲店等場合架設了WLAN接取點（Access point），以服務配備了WLAN功能的筆記型電腦和PDA使用者；與此同時有Intel資訊大廠所強力主導領軍之所謂全球互操作性微波接取技術-WiMAX（World-wide Interoperability for Microwave Access forum）無線都會網路（WMAN）亦異軍突起，終極目標亦是希望能提供可攜式行動通訊（Mobile communications）功能，頗有與3G競逐天下之勢。

以此推之，未來通訊市場的主流，將取決於能否提供客戶便捷之全球資訊擷取（Global Information Access）服務能力。而此服務內涵應具寬頻（Broadband）、全球性（Globaliza-

tion）、即時性（Immediacy）與行動性（Mobility）等特性，而實現此服務內涵之最佳技術，無疑地即為寬頻國際網路技術與無線通訊技術之結合。故為掌握最新之發展脈絡，本文擬就寬頻無線通訊技術之目前及未來最新發展應用趨勢，就技術面及應用面等進行探討回顧及解析。

2. 通訊網路系統之板塊競逐

在探討寬頻無線及有線通訊技術之目前及未來發展應用之前，吾人應不勞煩贅，先針對整體通訊網路板塊競逐景況再作一探討，以不失全貌梗概及未來發展脈絡。[1-2]

2.1 通訊網路構成及發展因素

通訊網路生存發展因素係與社會經濟環境及國家政策有關，而規模則與經營面、技術面及業務面有關。一般而言，社會經濟愈富裕，國家政策愈開放，經營資金投入愈多、技術支援程度愈高，以及業務面需求愈多（如寬頻多媒體等），則資訊網路規模便愈大也愈多樣化；反之便蕭條單調。進一步而言，在一定之資訊電信發展規模下，其相應能提供出之技術面貢獻、經營面效益及業務面服務亦將更多更廣。

而任何國家傳統資訊網路皆由電信網（Telecommunication Network）、電視電纜網（Cable TV Network）及電腦網（Computer Network）此等三大網路系統構築交疊而成（參圖1），大凡所謂電信網路是指在兩個或多個點間能提供連接，以便在這些點間建



立電信業務節點與鏈路之集合，如電話、傳真及電報等，其為一般發展最早且規模最大者，而其發展亦係由其先開始的；而電腦網路發展最新也最富變化（即最豐富），毋庸置疑地即泛指以PC為主體，並透過如乙太網路等銜接而成之資訊電腦網路，可謂網際網路技術（InterNet）最早即根基於此；而電視電纜網，顧名思義即指所謂「第四台」之有線電視網，技術上一直停留在單向傳送服務上。往昔此三大網路系統可謂涇渭分明，如今拜寬頻市場需求及技術革新，這宛如三國鼎立之三大系統已開始進行市場之相互跨足，使得原本沒有交集的三個集團已有了廣泛深層之交集，而且交集愈來愈大。

以有線寬頻技術為例，根基於傳統電信網路之ADSL技術與根基於電視電纜網路之CM(Cable Modem)技術，互相競逐網際網路應用功能，即是顯例。無線寬頻上網，標榜著無視界限制、無死角及行動上網等響亮口號，但其畢竟是「無線寬頻、有限頻寬(Wireless Broadband-Limited Bandwidth)」上網，因此有線寬頻業者標榜之「無限寬頻、有線頻寬(Unlimited Broadband-Wired Bandwidth)」上網，正是其優勢所在！

更進一步而言，如圖一虛線範圍所示，傳統電信網路範疇正從2G而漸擴及4G；而資訊電腦網路正從Wi-Fi漸漸擴及至WiMAX網路，如一言以蔽之，前者正朝向「行動無線寬頻化」發展，而後者正朝向「固定寬頻無線行動化」發展，其合縱連橫及交互跨足之勢，可謂愈形激烈！

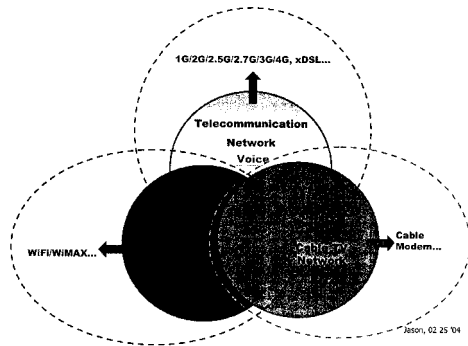


圖1 傳統三大資訊網路競合關係示意圖

過去幾年來，屬性為電信網路業的無線通訊系統與屬性屬於電腦資訊網路之無線網路技術各自發展，看似兩條平行線互不相關；然而，隨著可承載大量數據傳輸之寬頻無線技術的日漸普及，各種無線技術間的跨網路整合方案也陸續問世。整合性之WLAN服務，如「GPRS+WLAN」方案、「CDMA 1x+WLAN」方案；「WLAN+GPRS」雙網漫遊方案等，為各網之電信業者提供了跨入具有龐大利益的寬頻上網市場的機會，同時也意味著新技術應用的競爭及相互跨足將持續呈現白熱化發展趨勢。

2.2 無線寬頻系統發展

IEEE電機及電子工程師協會綜合數百名業內之專家學者意見，以含括之區域大小為基準，訂出了無線通訊標準發展層次示意圖，如圖2所示。該圖含括了從個人區域網PAN (Personal Area Network) 的IEEE 802.15標準到本地區域網LAN (Local Area Network) 的IEEE 802.11標準、都市區域網MAN (Metropolitan Area Network) 的IEEE 802.16標準，直至提議中的廣域網WAN (Wide Area Network) 的IEEE 802.20標準。

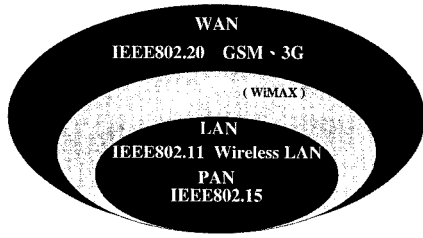


圖2 無線通訊標準發展層次示意圖[6]

我們可以發現，WiMAX是用在都市區域網(MAN)上，而3G則是一種無線廣域網(WAN)，它們並不同屬一個範疇內。從3G到Wi-Fi之WLAN再到WiMAX，從廣域到區域再到城網，從語音到數據，各種無線技術的融合、發展、再發展、再融合，以及新標準的提出將是今後數年最受人矚目的話題。WLAN和WiMAX是基於電腦資訊網路平台與網際網路進行非同步高速數據交換的無線接取技術，3G則是設立在現有行動電信網基礎上的技術，可以實現即時之語音、視訊通訊和無線寬頻數據服務。

3.行動無線通訊網路技術發展

行動無線通訊技術之發展趨勢，套句Nokia之一句廣告語：「科技的發展，始終來自於人性。」，故分工和合作愈顯緊密和複雜，而受新技術的影響亦愈來愈大，特別是與網際網路的融合成為主流趨勢。技術發展趨向如下：

- * 數位化/寬頻化/小型化。
- * 綜合化/智慧化/全球化。
- * 高速化/精密化/尖端化。
- * 細分化/個性化/個人化。

以下擬就發展沿革及脈絡發展、目標技術特性、關鍵技術、及發展現況等進行進一步之無線行動通訊網路技術發展探討及解析。[10-14]

3.1 發展沿革及脈絡

有關無線行動通訊標準發展沿革參後之表1所示，其包括舉列說明設計起始年代、實現、服務類別、標準、資料頻寬、多工方式及核心網路之比較等，其基本技術脈絡係從第一代1G類比系統發展至目前最新之2G、3G及4G系統。

3.1.1 2G到3G升級的過渡

為了順利過渡至3G系統及獲取最大經營利基，當今之兩大2G通訊系統又陸續推動及發展2.5G等過渡的無線通訊系統。在逐步升級規劃上，兩大打動通訊系統採TDMA之GSM與採CDMA之 cdmaOne，其完整的升級途徑 (Roadmap) 如下述：

(1)GSM升級路線為：GSM→GPRS→EDGE→WCDMA。

GPRS (2.5G) 之建置較為直接容易，大部分的GSM系統皆選擇其作為升級至3G的過渡系統。EDGE (有人亦稱之為2.5G之升級版即2.7G) 也是以GSM為基礎採用分封交換 (Packet Switch) 來傳輸資料的無線傳輸技術，可作為GPRS的升級方案。透過調變技術，EDGE可將資料傳輸速度再提高到384Kbps，已達WCDMA的初期水準，故又稱為2.7G，以和2.5G的GPRS有所區別。EDGE提供接近3G的傳輸速度，卻使用GSM的頻譜，這一點可讓想提升速度又暫時無法取得3G頻段的企業或用戶，選擇EDGE作為3G的替代方案。

(2)cdmaOne的升級路線：IS-95A→IS-95B→cdma2000-1x(IS-95C)→cdma2000-3x。

IS-95C資料傳輸速度最高可達144Kbps，平均速率為70K~80Kbps。雖有人將其稱為3G，但嚴格來說，應

為2.5G。如與2.5G之GSM相比，IS-95C技術較GPRS要成熟。

2G、2.5G與3G最大的差別，除了無線資料傳輸速度外，資料交換方式也有不同。2G採用電路交換（Circuit Switching），2.5G採用分封交換（Packet Switching）。前者用戶常會處於「閒置」狀態，形成資源浪費；後者則把資料分成一個個「封包（Packet）」，再將這些封包獨立傳送。

至於4G之技術特徵容後再探討解析，然簡言（參表1）之其特徵乃為單

一之標準規範、更高之容量及資料頻寬、全IP趨向及採Internet核心網路等。

3.2 4G？

4G是什麼？4G本來應該是針對3G系統在使用中無法克服的困難和問題的。但現在3G的商用規模還沒有全面展開，4G就被炒得沸沸颯颯。這個事實說明一個問題，即人們從一開始就對3G不那麼滿意。3G仍有其局限性也！由於受到多用戶干擾，CDMA難以達到很高的通訊速率。由於空中介面（Air Interface）標準對核心網的限

表1 無線行動通訊標準發展沿革[10]

Technology	1G	2G	2.5G	3G	4G
Design Began	1970	1980	1985	1990	2000
Implementation	1984	1991	1999	2002	2010?
Service	Analog voice, synchronous data to 9.6 kbps	Digital voice, short messages	Higher capacity, packetized data	Higher capacity, broadband data up to 2 Mbps	Higher capacity, completely IP-oriented, multimedia, data to hundreds of megabits
Standards	AMPS, TACS, NMT, etc.	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE, 1xRTT	WCDMA, CDMA2000	Single standard
Data Bandwidth	1.9 kbps	14.4 kbps	384 kbps	2 Mbps	200 Mbps
Multiplexing	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA?
Core Network	PSTN	PSTN	PSTN, packet network	Packet network	Internet

Legend:

1xRTT = 2.5G CDMA data service up to 384 kbps
 AMPS = advanced mobile phone service
 CDMA = code division multiple access
 EDGE = enhanced data for global evolution
 FDMA = frequency division multiple access
 GPRS = general packet radio system

GSM = global system for mobile
 NMT = Nordic mobile telephone
 PDC = personal digital cellular
 PSTN = public switched telephone network
 TACS = total access communications system
 TDMA = time division multiple access
 WCDMA = wideband CDMA



制，3G所能提供服務速率的動態範圍不大，不能滿足各種業務類型要求；分配給3G的頻率資源已經趨於飽和。

因為當初ITU制定IMT-2000標準的時候，希望得到的是一個能夠提供高速資料接取的全球統一的行動通訊標準。但是標準制定在各方自身利益的驅動下互不相讓，最後折衷成了以WCDMA和CDMA2000系列為首的5個大標準。從而使得ITU制定IMT-2000標準的初衷並未實現。此外，用戶在使用中的速率要求也沒有得到很好的滿足。

IMT-2000要求3G用戶在慢速行動和靜止狀態下的資料接收速率在2M以上，而現有3G系統的實際接收速率只有幾百K。此外還有手機問題、網路相容問題等，所有這些都增加了人們對3G的不滿，從而也就相對增加了對4G的期待。那麼4G究竟是什麼呢？用一句不甚精確的話解釋，4G或許是能夠解決上面3G系統種種問題的下一代行動通訊系統吧！

3.2.1 發展目標

無線世界研究論壇（WWRF）組織的主要目標係邀請有興趣的各方一起研究未來行動通訊系統的發展趨勢。4G定義的目標資料傳輸速率為在2010年左右，在高速行動環境支援最高約100 Mbps的速率，在低速行動環境達到1 Gbps速率。4G系統的目的就是將上述各種網路融為一體，並針對不同場所和用途分別使用；同時必須考慮到已投入使用之既有系統及考慮如何發展與繼承現有之技術。

對於4G行動通訊未來的目標遠景發展，歐洲ETRI把它分成4個環節，依次如下：

*形成蜂巢式系統，採用非對稱式接取

模式、利用智慧型天線、資料傳輸速率可以達到100Mbps以上。

*發展具有自動調整能力的模組化編碼、動態的頻譜分配和軟體無線電的功能。

*以分封交換技術為中心，以最低的成本達到最好的通訊服務。

*具有支援串流媒體服務的能力。

*提供無線區域網路、固定無線接取和數位傳輸系統，形成綜合業務能力。

3.2.2 技術特性

4G系統技術特性，如與3G等既有的數位行動通訊系統相比，應具有更高的資料率、更好的業務品質（QoS）、更高的頻譜利用率、更高的安全性、更高的智慧性、更高的傳輸品質、更高的靈活性；同時應能支援非對稱性業務及支援多種業務；應能體現行動與無線接取網和IP網路不斷融合的發展趨勢。因此4G系統應當是一個全IP的網路，以下係具體的技術目標特性：

(1)系統容量（Capacity）：4G系統的容量至少為3G系統的10倍，下行通道的最高速率將達100Mbps，因此行動終端下載文件的速度將比3G系統快得多，也可把高清晰度的視訊圖像即時地傳送給行動終端用戶，從而使用戶產生身臨其境的感覺。除了適應資料和多媒體業務不斷增長的需求外，4G系統自然應具有更高的容量，但所能分給4G系統的頻譜仍然是有限的，因此4G系統的頻譜效率應當為3G系統的5到10倍。4G系統目標速率為對於大範圍高速行動用戶（250km/h），資料速率2Mbps；對於中速行動用戶（60km/h），資料速率20Mbps；對於低速行動用戶（室內或步行者），資料速率100Mbps。



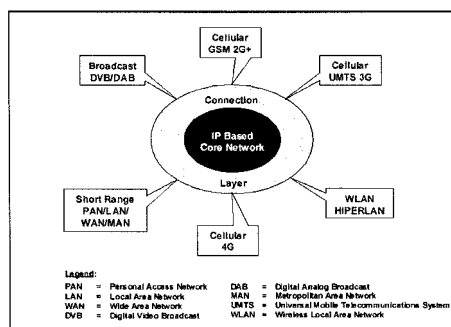


圖3 以IP為核心之4G系統無縫網（Seamless Network）示意圖[10]

- (2)無縫網（Seamless Network）：
4G系統應能實現全球範圍內多個行動網路和無線網路間的無縫漫遊。無線通訊領域的一個發展趨勢是行動網路和無線接取網路的融合，係一行動網路和無線接取網的融合體，應能實現與無線LAN系統等的無縫連接（參圖3）。無縫特性包含系統、業務和涵蓋等多方面的無縫性。系統的無縫性指的是用戶既能在WLAN中使用，也能在蜂巢等系統中使用；業務的無縫性指的是對語音、資料和圖像的無縫性連結；而涵蓋的無縫性則指能在全世界提供服務。因此4G系統應當是一個綜合系統，如蜂巢部分提供WAN廣域行動性，而WLAN提供熱點（Hot Spots）地區的高速服務，同時也應當包含家庭和辦公室的個人WPAN服務。
- (3)良好的涵蓋（Coverage）性能：
4G系統應具有良好的涵蓋，並能提供高速可變速率傳輸。對於室內環境，由於要提供高速傳輸，因此小區的半徑更小。
- (4)一個基於全IP（All IP）的核心網路：3G系統並非基於IP的，如

CDMA2000係基於ANSI-41，而WCDMA係基於GSM-MAP核心網路。4G應係一基於IP的行動網路，故又被稱為「基於IP的第四代無線網路（the Fourth Generation IP-based wireless network）」。全IP的4G網路與既有的行動網路相比具有根本性的優點。IP與多種無線接取協定互相相容，因此在設計核心網路時就具有很大的靈活性，而不需要去考慮究竟採用何種無線接取方式和協定。一個採用IP的核心網路可以採用多種無線接取方式，比如IEEE 802.11、WCDMA、Bluetooth、HyperLAN等，對於固定電話網、2G以及沒有實現全IP的3G網路等則透過特定的閘道連接。全IP的核心網可與無線行動接取方式獨立發展，IPv6將會是主要選項。

- (5)能實現不同QoS的服務：4G系統透過動態頻寬分配和調節發射功率來提供不同品質的服務。

事實上，4G通訊技術並沒有脫離以前的通訊技術，而是在傳統通訊網路技術的基礎上不斷提高無線通訊的網路效率和功能。與3G相比，4G通訊技術的優勢在於資料通訊速度及與通訊網路間之互通性。實際上，4G的網路即是在現有網路升級基礎上，透過4G核心網路統一起來，如前圖3所示。

3.2.3 關鍵技術

3G標準的不統一使3G網路之間的漫遊成了問題，而3G的核心技術－CDMA技術，在提供行動高速資料傳輸方面的能力也有不足，因此，4G網路在核心關鍵技術上和3G也有很大的不同。WWRF認為3G採用的是CDMA，4G則應該採用OFDM作為其核心技術。目前WWRF設想的4G包含很多現有的以及新興的無線技術。

4G所採用的無線技術不僅是利用新頻段和新興技術的行動通訊系統，還包括現行的行動通訊（2G及3G）、WLAN以及藍牙等近距離通訊技術，還包括數位廣播電視技術等。核心技術在4G行動通訊系統中可能採用如下幾種技術。

(1) 正交分頻多工技術（OFDM）

：幾個主要的3G技術標準都是以CDMA為核心技術。但是，CDMA技術在高速資料傳送時，隨著碼片長度減小，碼片間干擾增加，硬體的複雜程度也迅速增加。由於CDMA干擾受限的性質，用戶間的干擾也就減少了系統容量。OFDM係一種多載波數位通訊調變技術，選擇相互之間正交的載波頻率作為子載波，利用多個子載波平行傳輸。這樣，儘管總的通道可能是非平坦的，但是每個子通道相對平坦，並且在每個子通道上進行的是窄帶傳輸，信號頻寬小於通道頻寬，因此就可以大大消除信號間（Inter-symbol Interference）的干擾，增強對抗頻率選擇性衰落或窄帶干擾的能力。此外，由於OFDM系統中各個子通道的頻譜可以相互重疊，提高了頻譜利用率。所以說，OFDM技術能夠克服CDMA在支援高速率資料傳輸時信號間干擾增大的問題，並且有頻譜效率高、硬體實施簡單等優點。日本NTT DoCoMo提出的4G行動系統方案的無線接取方式：VSF-OFCDM。VSF表示可變擴頻因數（Variable Spreading Factor），而OFCDM則表示正交分頻及分碼多工（Orthogonal Frequency and Code Division Multiplexing）。VSF-OFCDM屬於多載波CDMA技術（MC-CDMA），

這種無線接取方式可以提高頻譜利用率，並且不受多重路徑干擾的影響。

(2) 軟體無線電技術（SDR）：在4G中利用軟體無線電技術實現單一終端在各個不同系統之間的漫遊。軟體無線電是把標準化、模組化的硬體功能單元，利用一通用硬體平臺，透過軟體載入來實現各種的無線電通訊系統具開放式結構的技術。透過下載不同的軟體程式，在硬體平臺上實現不同功能，實現在蜂巢行動、寬頻無線接取等不同系統中利用單一的終端進行漫遊目標。核心思維係在盡可能靠近天線的地方使用寬頻A/D和D/A轉換器，並儘可能多地用軟體來定義無線功能，各種信號處理功能都儘可能用軟體實現。

(3) 智慧型天線（Smart Antenna）及MIMO多天線技術：智慧型天線具有抑制信號干擾、自動跟蹤以及數位波束調節等智慧功能，天線波束形成能在空間內抑制交互干擾，增強有用信號，既能改善信號品質又能增加傳輸容量。可提高容量和涵蓋範圍的MIMO多天線技術為分集（Diversity）技術，如透過空間分集、時間分集（通道編碼）、頻率分集和極化分集等方法來獲得最好的分集性能；多天線技術，如採用2或4天線來實現發射分集，或者採用多輸入多輸出（MIMO）技術來實現發射和接收分集。基站對各個用戶可形成一個定向波束，因此既可降低來自小區內其他用戶的多址干擾，也可降低對基站發射功率的要求。

(4) 調變與編碼技術：4G系統將會採用多載波調變（MCM）技術，如



多載波分碼多址 (MC-CDMA) 和正交分頻多工時分多址 (OFDM-TDMA)。一般MC-CDMA採用QPSK調變，而OFDM-TDMA採用高階調變，如M-QAM (M從4到256)。對於M-QAM，提高系統的性能，一般認為需要採用適應性調變，按照實際測量的參數來確定QAM的階數和符號速率。

- (5) 多用戶檢測技術 (MUD)：隨著多用戶檢測技術的不斷發展，多用戶檢測器將會在4G系統的基站和終端中得到應用。多用戶檢測器可以提高系統的容量，因此將是4G系統必然採用的技術。隨著多用戶檢測器研究的不斷深入，各種高性能但演算法不是特別複雜的多用戶檢測器演算法不斷提出來，因此在實際系統中採用多用戶檢測技術將是切實可行的。

3.2.4 發展現況

第四代 (4G) 行動通訊系統與技術是目前行動通訊領域的研究重點。目前全球範圍內有多個組織正在進行4G系統的研究和標準化工作，如IPv6、SDR、3GPP、WWRF (the Wireless World Research Forum)、IETF (The Internet Engineering Task Force) 和MWIF (the Mobile Wireless Internet Forum) 論壇等。然世界各國對4G的研發和試驗情況，仍存在分歧及差異。一般認為4G是一種可以有效地使用頻譜的資料通訊技術，並且一定是以IPv6基礎的，網路上的所有單元皆有自己的IP地址。透過在行動通訊網路中引入IPv6把現有的各種不同的網路融合在一起。4G網路將會融合衛星和平流層通訊系統、數位廣播電視系統，各種蜂巢和準蜂巢系統，無

線本地環路 (WLL) 和無線區域網 (WLAN)，並且可以和2G、3G相容。

4. 固定無線通訊網路技術發展[7-9,12-14]

4.1 發展沿革及脈絡

表2簡易表示固定通訊網路技術發展沿革，寬頻有線技術仍以DSL為主，而寬頻無線技術主要以Wi-Fi論壇聯盟及新興之WiMAX論壇聯盟所分別主導之IEEE 802.11x及IEEE 802.16x標準為主，如前所述，兩造之應用範疇分為WLAN及WMAN。而表3條列了802.11x及802.16x兩大標準之重要參數比較。

表2 固定通訊網路技術發展沿革[5]

Application	Accociation/Forum	Technology
BWA /WDSL	→ WiMAX	→ 802.16/HiperMAN
WLAN	→ WiFi	→ 802.11
Broadband Wireline	→ DSL Forum	→ DSL

IEEE 802.11之制定無疑為WLAN主流標準及無線區域網發展的里程碑，其定義了單一的MAC層和多樣的實體層，隨後相繼推出了802.11b、802.11a和802.11g的實體層標準。802.11g標準採用OFDM技術，和802.11a一樣資料傳輸速率可達54Mbps。另外，它工作在2.4GHz頻段上，與802.11b標準相容，提高了網路的適用性，降低了無線區域網升級成本。

儘管802.11g在技術上有多種創新，但仍未能完善地解決行動和漫遊的問題。而最新之IEEE 802.11n標準計劃將WLAN的傳輸速率從802.11a和802.11g的54Mbps增加至108Mbps以上，最高速率可達320Mbps (參表3)，成為802.11b、802.11a、802.11g之後的另一個重要標準。和以往的802.11標準



表3 802.11x及802.16x等標準參數比較表 [4]

Technolog	WiMAX 802.16d	WiMAX 802.16a	Wi-Fi 802.11x	BWA 802.20	Gigabit Ethernet over Fiber	Free Space Options
Protocol	802.16d	802.16a	802.11...	802.20	802.3	Laser
Disance	Up to 30 miles; typical cell radius 3-5 miles	typical cell radius 1-3 miles	300 ft indoor; 1500ft outdoor	Up to 10 miles	Up to 120 miles	1-2miles
Data rate	Up to 70Mcps in a 20MHz BW	Up to 15Mcps in a 5MHz BW	108-320Mcps (.11n)	> 1 Mcps	1000 Mcps	Up to 125Mcps
Licensing	Licensed & Licensed exempt	Licensed & Licensed exempt (future)	Licensed exempt	Licensed	Licensed exempt	Licensed exempt
Target Market	Enterprise, WISPs, Service Providers, carriers	WISPs, Service Providers, carriers	Enterprise, Service Providers	Service Providers	Enterprise, Service Providers	Enterprise, Service Providers
Frequencies	2-66GHz	< 11GHz	2.4 & 5GHz	< 3.5GHz	N/A	N/A
Usage Characteristic	Broadband Standard, deterministic, Point-to-point, and Point-to- multipoint	Designed for Portability, Point-to-multi- point	Internal building, and public hot spot deployments	Mobility connectivity at up to 200mph	Scalable data rates, reliability	Point-to-point bridging across short distance
Drawbacks	Not yet avail- able	Not yet avail- able	Management and Security, complexities, QoS standards not ratified	Slow standards process	Lack of flexibility, higher cost	Limited distance, performance impact in poor weather

不同，802.11n協定為雙頻工作模式（包含2.4GHz和5.8GHz兩個工作頻段），保障了與以往的802.11a/b/g標準相容之彈性。

WiMAX可謂Wi-Fi之802.11焦點的延伸，可當作無線T1線的商用替代品，以便為用戶提供網際網路接取功能，而且有朝一日可與802.11一起整合在筆記型電腦中。IEEE 802.16a標準工作在2GHz-11GHz頻帶（支援NLOS非視距性能），提供了靈活的最後一哩

無線接取選擇，這使其成為面臨諸如樹木和建築物之類的障礙物，或需要將基站安裝在屋頂和建築物上（而不是塔架在山上）等最後一哩應用的理想之選。

支援一種可贏利的服務模式，營運商和服務提供商需要維持高利潤商業用戶與高流量用戶的平衡搭配。802.16a系統可支援不同的服務級別，因此可幫助滿足這一要求。例如，基站可以同時支援60多名使用T1連接的



商業用戶和數百名使用DSL連接的家庭用戶。802.16a系統的標準小區半徑有望達到46哩，這一新標準將有助於業界提供跨多種寬頻應用的接取解決方案。

對於本地無線資料網路市場來說，為某標準起一個新的名字可能是再好不過的事情。當初802.11改稱為「Wi-Fi」以後，消費者更容易記住該技術和瞭解其特色；而IEEE 802.16更名為「WiMAX」後，亦預期將有同樣效果。Wi-Fi和WiMAX等皆是從消費者角度來命名的術語，代表的是一些嚴格的標準。正是這些標準，推動了通用技術、介面和協定的發展，並促使元件和設備的價格不斷下降。而WiMAX面臨的一個問題是，該標準實際上包含三種協定，這種情況可能會阻礙它走向市場。而且，在行動寬頻無線接取領域，可能遇到IEEE 802.20設備的競爭，此外WiMAX 802.16e亦是針對這個領域的標準，並計畫賦予無線行動通訊功能。

4.2 5G/60GHz雙模

因為大量的頻譜空間（5GHz）在全世界被分配給密集無線本地通信。因此討論如何利用60GHz豐富的頻

寬資源以用於短距離通信，甚至作為4G系統的一部分便受到很大的關注。60GHz頻段由於與氧（O₂）共振耗能現象，實際上不適合室外長距離通信，故可以全部分給室內短距離通信。對室內距離而言（小於50m），10~15dB/km的衰減影響不大。在以60GHz為中心的10%頻寬範圍內。因此，密集無線本地區域通信有6GHz的頻寬可用，應是迄今為止所可能分配的最大連續無線頻段。

5/60GHz雙波段雙模式操作架構（參圖4）亦被提出，以利解決關於無線接入和無線LAN系統設計和開發中的基本高速寬頻接取等問題。一個5/60GHz的WLAN雙模系統。事實上，在任何情況下都可以做到與5GHz系統互操作。在這種雙模式操作情況下，系統首先試著在60G系統接入用戶。當通道條件一旦變差，由於陰影（Shadowing）效應，或者用戶到了60GHz系統涵蓋不到的區域內，便連接轉至5G系統，作為60GHz的一個選擇。RF轉換（RF Switcher）可以基於通道條件、通道可用性、用戶愛好和連接參數等條件進行選擇。5G的WLAN RF可當成60G中頻使用；同時為了減小基帶的複雜性，兩個系統的

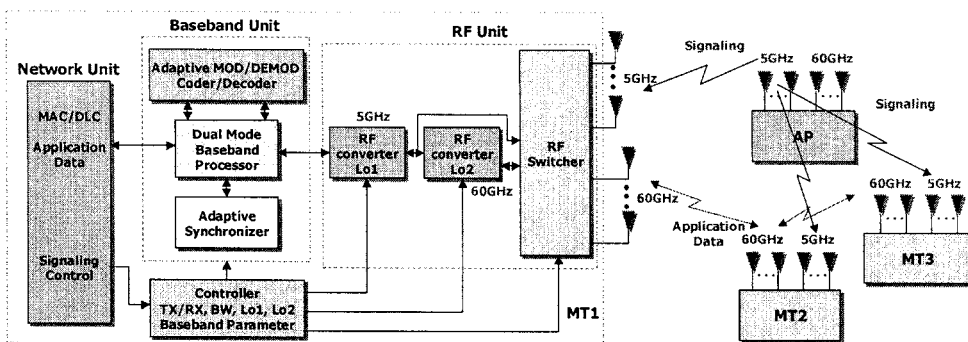


圖4 5G/60GHz雙模式接取架構示意圖

功能儘可能相同，用以提供共容性及節省成本。

為了有效地利用60GHz波段，應該制定一個總的網路結構及標準，予工業界一個產品區分範圍及提供諸如可支援性、模組性、可測量性、擴展性、互操作性、60GHz高頻影響性，和人因工程學等相關60GHz系統設計方向指導。

4.3 WiMAX ?

何謂WiMAX？雖然IEEE 802.16與之後陸續的修正版本意在解決寬頻無線通訊第一層與第二層的互通性，但IEEE無法保證大家都用這套標準，也不能保證產品與產品之間的完整互通性。為了解決這層落差，所有IEEE 802.16的產品經WiMAX論壇確認符合IEEE 802.16的統一規範，就會獲頒WiMAX認證標籤。採用IEEE 802.16標準的產品，頻段介於2GHz至66GHz，讓擔任IEEE 802.16媒體接取控制器（MAC）介面的實體層有更多元的種類。實體層的多元性有助於增加應用面，支援企業用戶與服務供應商。

如與Wi-Fi進行比較認識。Wi-Fi是一項無線區域網接取技術，其信號傳輸半徑只有幾百米遠。而WiMAX是一項無線都市區域網接取技術，其信號傳輸半徑達到50公里，基本上能涵蓋到郊外。正是由於這種遠距離傳輸特性，WiMAX將不僅僅是解決無線接取的技術，還能作為有線網路接取（Cable、DSL）的無線擴展，方便地實現偏遠地區的網路連接。WiMAX之所以能掀起大風大浪，顯然是有自身的許多優勢，而各廠商也正是看到了WiMAX的優勢所可能引發的強大市場需求才對其抱有濃厚的興趣，其基本

優勢如下：

- (1)實現更遠的傳輸距離：WiMAX所能實現的50公里的無線信號傳輸距離是無線區域網所不能比擬的，網路涵蓋面積是3G發射塔的10倍，只要少數基站建設就能實現全城涵蓋，使得無線網路應用的範圍大大擴展。
- (2)提供更高速的寬頻接取：WiMAX所能提供的最高接取速度是70Mbps，這個速度是3G所能提供的寬頻速度的30倍，的確是一個驚人進步。
- (3)提供優良的最後一哩網路接取服務：為一種無線都市區域網技術，可將Wi-Fi熱點連接到網際網路，也可作DSL等有線接取方式的無線擴展，實現最後一哩的寬頻接取。WiMAX可在50公里線性區域內提供服務，用戶無需線纜即可與基站建立寬頻帶連接。
- (4)提供多媒體通訊服務：由於WiMAX較之Wi-Fi具有更好的可擴展性和安全性，從而能夠實現電信級的多媒體通訊服務。

4.3.1 發展目標

有關WiMAX特定之用途仍續定義中，以下用途為寬頻無線解決方案所能獲得之最大優勢及好處：

- (1)私人企業(Private Enterprise)：WiMAX與現有的固網無線解決方案可用來銜接企業擴散在大都會的多個據點，避免或降低要和多家通訊企業合作的不便，也可省去架設私人光纖的昂貴費用，作為主要或備用的連網渠道。WiMAX與Wi-Fi結合為單一的無線接取設備後(Access Point)，企業可以讓WiMAX充當中繼連線，提供遠端建築物或特設的辦公據點連網之用。這尤其適



用於需要讓不同據點連網但又缺上網基礎設施的組織，諸如營造、緊急救援服務、石油瓦斯公司等。

(2)骨幹網路 (Backhaul)：服務供應商很有可能善用點對點微波解決方案(如LMDS、MMDS)，作為骨幹網路以供語音傳輸之用。WiMAX的出現有助於服務供應商降低骨幹網路的成本，並具省時之效，不但節省服務供應(Service Provisioning)時間，同時也節省變換新據點服務層級的時間。傳統電信企業對無線骨幹網路的用途多半圍繞在擴大蜂巢服務打轉，不過WiMAX在快速布建Wi-Fi服務方面，佔有一席之地。一如Wi-Fi與WiMAX整合之後對企業應用帶來的革命與好處，無線熱點供應商也會從Wi-Fi 與WiMAX 整合得到極大的好處，讓他們可以在不需要固定的DSL或T1專線，就可以啟動熱點和任何據點連網。

(3)寬頻無線網際網路服務 (Broadband Wireless Internet Services)：WiMAX另一個應用面是客戶與中小型企業據點可享有的網路傳輸服務。這類服務至今發展依舊受限，主要是因為CPE客戶端設備 (Client Premise Equipment)、基地台設備、以及供應服務的成本居高不下的原因。WiMAX可以降低硬體設備的成本，不過短期內降低服務成本的可能性微乎其微，因為CPE仍是不可少的先決條件。WiMAX進入家庭成為寬頻連網技術，在郊區與住宅區的成功率指日可待，畢竟這些地區目前能選擇的寬頻上網渠道少之又少。WiMAX的傳輸速率是纜線或DSL的五至十倍。長期而言(2008)，當客戶對寬頻的需求愈來愈高，佈建率也會跟著上升，畢竟

隨著視訊隨取需求的到來，服務供應商必得想辦法提供更多元的高速寬頻上網服務。

(4)可攜式寬頻無線 (Portable Broadband Wireless)：WiMAX 最後一個可以用武之地是內建於筆記本電腦等行動設備。Intel表示，計劃在2006年左右，將WiMAX直接嵌入口筆記本電腦裡。雖然WiMAX不會取代Wi-Fi (而是兩者並存)，內建WiMAX 技術將可大幅提升寬頻無線服務的多樣性，供在家或出外的行動用戶選擇。

4.3.2 技術特性

WiMAX之IEEE 802.16x標準與IEEE 802.11x系列標準在技術特徵上有很多相同點，如都是用於寬頻無線接取，都可傳輸無連接 (Connectionless) 服務，都採用相同的實體層技術，如正交分頻多工 (OFDM)，可工作於相同頻段等。但802.16a被視為是比802.11更進一步的技術，它特別適合廣域網路的寬頻服務、固定與行動服務，因其業已包含802.11標準之眾多成果，如高安全性、較高的資料傳輸、Mesh網路技術，以及可以有效利用頻譜的智慧型天線技術。

WiMAX明顯之技術特性優勢如下：

- (1)傳輸容量 (Throughput)：透過使用強健的調變方案，IEEE 802.16a能夠以較高的頻譜效率 (可容許信號反射) 提供較大的長距離傳輸容量。基站還可犧牲傳輸容量來提高傳輸距離。例如，如果不能使用64 QAM (正交振幅調變) 建立穩定的連接，那麼改為16 QAM便可提高有效距離。
- (2)可擴充性 (Scalability)：方便全球



需照頻譜 (License) 及免需照頻譜 (License-Exempt) 內的小區規劃，802.16a 支援靈活的通道頻寬分配。例如，如果營運商分到 20MHz 頻譜，它可以將之分為兩個 10MHz 的頻譜。

- (3) 涵蓋範圍 (Coverage)：除支援強健、動態的調變方案外，IEEE 802.16a 標準還可支援其他用以提高涵蓋服務的技術，例如網狀拓撲和「智慧型天線」技術。
- (4) 服務品質 (QoS)：IEEE 802.16a 標準包括服務品質特性，可支援諸如語音與視訊等需要低延遲網路的服務。802.16a 語音服務可以是傳統的時分多工 (TDM) 語音或 IP 語音 (VoIP)。
- (5) 安全性 (Security)：802.16a 標準還包括保密性和加密特徵，可用以支援安全傳輸，並提供鑑定 (Authorization) 與數位加密等功能。

另如以寬頻無線存取應用 (Broadband Wireless Access Applications) 觀點而論，其具有下列特性 (參圖 5) 及滿足 NLOS 非視界之無線點對多點及 LOS 視界範圍內之骨幹應用需求 (參圖 6)：

- (1) 蜂巢系統骨幹網路 (Cellular Backhaul)：由於 802.16a 穩定強健之頻寬，使其成為諸如商業企業體之骨幹網路優秀選項，如所謂熱點 (Hot Spots) 及點對點 (point-to point) 骨幹配置等。

- (2) 寬頻隨取功能 (Broadband On-Demand)：802.16a 無線技術使服務提供商在短期間內便可完成網路部署與配置，並以可與有線解決方案相媲美的速率來供應服務，從而節省大量成本。它還可以支援針對固定或臨時性之熱點或商業需求活動 (例如展覽會) 即時配置「按需隨取」之連接功能，像是 T1、部份 T1 或是超過 T1 線之高速連接能力。
- (3) 住宅區寬頻化 (Residential Broadband)：由於實際存在的許多限制使得有線 Cable 和 xDSL 等寬頻技術仍不能及於許多潛在的寬頻用戶，這一涵蓋空隙景況將隨著 802.16a 的標準化系統問世而得以填補及改變。
- (4) 低人口密度區涵蓋 (Underserved Areas)：根基於 IEEE 802.16 標準先天之無線遠距寬頻特性及無線網際網路技術，仍將是如農村地區與人口密度較低的偏遠地區的自然選擇。
- (5) 最佳無線連線服務 (Best-connected)

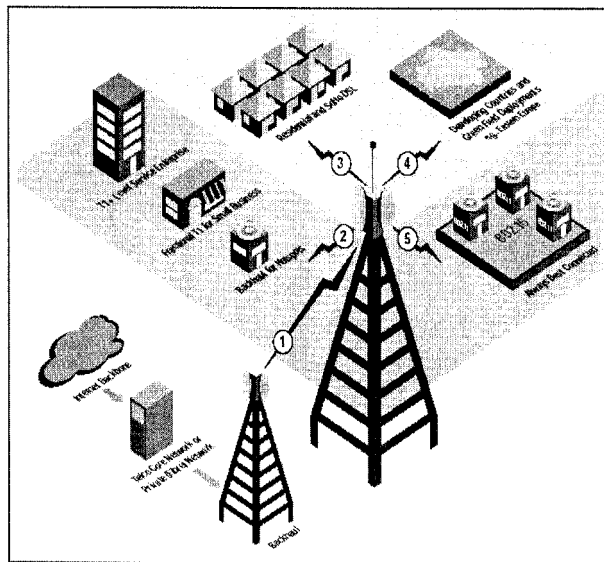


圖 5 WiMAX 標準能滿足各種不同之寬頻存取應用需求 [6]

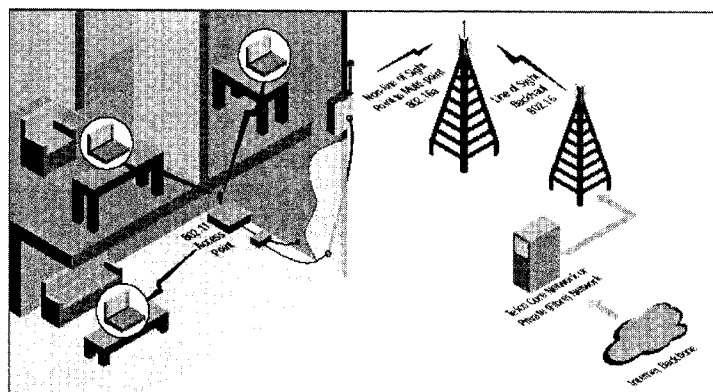


圖6 WiMAX標準能滿足NLOS無線點對多點及LOS骨幹應用需求[6]

Wireless Service)：隨著802.11x熱點之普及擴散，用戶自然想到無線連接之需求。IEEE 802.16e基於802.16a的擴展，引進了遊牧（nomadic）能力，使用戶在離家漫遊時仍能保持全時連接於無線網際網路提供者ISP（WISP）接取點。

借助現成的802.16a標準，供應商將可實現更大的通訊規模效益。更重要的是，對於全球數億無法透過Cable和xDSL享受寬頻連接的人來說，新型IEEE 802.16a無線技術為他們提供了家庭、公司、公共802.11熱點等連接的「第三條道路」，使他們能夠縱情遨遊於網際網路精彩世界。

4.3.3 關鍵技術

WiMAX應採用按需分配多工—分時多工（DAMA-TDMA）技術，能提供的服務包括數位語音/視訊廣播、數位電話、ATM非同步傳輸模式、網際網路、電話網路中無線中繼和訊框中繼等應用，頻寬根據應用和環境動態調節。WiMAX尚需努力滿足服務供應商的要求，因為它們需要能夠支援可攜設備和漫遊的低成本系統。有關WiMAX所採用之關鍵技術如

OFDM、SDR、MIMO等技術內涵概與前述4G類同，因之以下擬就802.11x與802.16x間之技術異同，進行探究：

- (1)多工方式和用戶數：802.11按載波檢測多工（CSMA）模式實現多址通訊，而802.16a則採用時分多址（TDMA）方式。由於多工方式的不同，一個802.11接取點只能同時接取數十個用戶，而802.16a的一個基站可以同時接取數千個遠端用戶站。
- (2)差異化服務和QoS：802.11的CSMA多工方式，適合資料業務的傳輸。而802.16a的TDMA多工方式，可以滿足多路、多類傳輸服務的需求，如數據、視訊、語音（VoIP）業務。視訊、語音等業務需要傳輸網路的QoS支援。802.11不提供QoS，而802.16a提供QoS，提供服務等級，實現差異化服務。電信業務分無連接業務和面向連接業務兩類。802.11只適用於無連接業務，建立在TCP/IP協定基礎上。802.16a作為最後1哩接取手段的提供者，能同時滿足兩類業務的傳輸需求，既可以用於無連接業務，也可以運用QoS性能保證面向連接業務的傳輸。

- (3)無線頻寬按需分配：802.16a在TDMA多工方式下工作，按用戶需要靈活分配傳輸頻寬，可在多用戶、多業務的情況下提高頻譜和設備的利用率。802.16a可以採用FDD TDD兩種雙工方式中的一種。當802.16a工作在TDMA TDD模式下，可以根據上下行業務的實際頻寬需求分配上下行頻寬，以提高頻譜利用率。實際應用中，上下行的頻寬需求往往有很大差別，如視訊點播業務下行的視訊頻寬要求很寬，而上行的控制資訊傳輸頻寬則很窄。
- (4)鏈路層ARQ（自動重發請求）機制：802.16a與針對語音業務而設計的現行無線通訊體制不同，寬頻無線接取系統必須面對日益增長的IP資料業務。支撐IP資料業務的TCP/IP協定對通道的品質穩定性有較高要求，這和無線通訊通道的不穩定特點是相違背的。在品質不穩定通道上運用TCP/IP協定，其效率將十分低下。802.11用於室內短距離通訊，在這種條件下，無線傳播的衰落和多重路徑效應的影響並不明顯，傳輸品質相對可以滿足TCP/IP協定的要求。而802.16a用於室外遠距離通訊，衰落和多重路徑效應的影響非常顯著。因此，標準在鏈路層加入了ARQ機制，減少到達網路層的資訊差錯，提高了系統的業務傳輸容量。
- (5)適應性參數調整：保證無線傳輸的品質，802.16a系統在工作中可對實體層多個技術參數進行適應性調整，如數據機參數、FEC（前向糾錯）編碼參數、ARQ參數、功率位準、天線極化方式等，以保證系統的最佳通訊品質。
- (6)多重路徑時延處理和NLOS非視距

傳播：802.11的傳播距離短，多重路徑時延小，它不需要處理大的多重路徑時延，以保證NLOS條件下的信號傳播。802.11可處理的最大多重路徑時延為0.8秒。而802.16a傳播距離遠、傳播環境複雜，需要對大的多重路徑時延進行處理，保證NLOS傳播。802.16a可處理高達10秒的多重路徑時延。

- (7)通道頻寬可調：802.11佔用較寬的固定通道頻帶，如802.11a通道頻寬為20MHz。而802.16a的通道頻寬可根據實際需求進行調整，以利迴避干擾、節省頻譜資源及易規劃頻譜等。
- (8)頻譜效率更高，容量更大：802.11系列中，802.11 a的資訊容量最大，可達54Mbps，佔用頻寬20MHz，頻譜效率約為2.7bps/Hz。而802.16a的資訊容量更大，通道頻寬20MHz時，資訊速率可達100Mbps，頻譜效率約為5bps/Hz。

4.3.4 發展現況

WiMAX認證的背後動機是希望企業透過較低廉的價格、更高水準的表現、更快速的創新隨時隨地上網，擴大寬頻無線連網的市場，進而帶動硬體製造商與服務供應商的榮景。服務供應商與企業享有設備與設備之間的互通性。硬體供應商可以減少產品規範的差異性，降低生產成本。WiMAX的到來意味著網路將更為普及，不僅在家或辦公室可以上網，連在路上也可以隨時上網遨遊。WiMAX認證產品問世將降低佈建寬頻無線解決方案的成本。

故IT組織應該深究WiMAX的應用面，以求降低成本，提高可以上網的機會。無線解決方案可改善跨企業據



點、跨用戶類型接取訊號，因此可提高產能、降低成本，降低設備成本則是促進技術進步的關鍵因素。

另據研究認為，未來WiMAX最大的領域將是住宅市場，它將依賴這項技術完成寬頻連接的功能，其後則是中小型企業市場。實現上述預測，關鍵在於採用WiMAX技術的設備成本將低於其他廠商擁有自主知識產權的寬頻無線接取技術。WiMAX將會在今後數年裡逐步普及。同時將逐步在戶外使用，其基站將與行動電話基站同時設置。然後俟生產出小型基站後，還將能在室內使用，最後其小型化程度將會達到可用於可攜終端的水準(.16e標準)。

5. Wi-Fi/WiMAX與3G/4G之競合

正當手機營運商投入巨資的3G網路剛有點眉目的時候，電腦產業界支援的一種被稱為WiMAX的全新無線技術出來攪局了！當行動電話公司已斥資逾1000億美元取得3G網路執照，目前還繼續斥資數百億美元部署3G相關網路系統之同時，可免費使用頻譜且業者所需的基地台數目比較少之WiMAX技術可謂半途殺出的程咬金，對固網業者而言是天賜良機。因為尚無行動網路的營運商能夠開始建立一個「低成本」的行動網路，於是可以用現有的固定電話網路系統將無線流量傳送到網際網路上，冀望以WiMAX奪回多年來被行動通訊蠶食的市場。

行動電話工業擁抱3G的原因，是因為3G可提供媲美固網電話的語音通話品質，且具備高速資料連線功能，讓業者能提供影像、電子郵件下載、音樂和互動式遊戲等多媒體服務。WiMAX則專為資料傳輸設計，而不是

為語音加資料。但現在這變得無關緊要，因為電信公司和電話製造商熱衷於把語音電話服務搬上網際網路，運用網路電話（VoIP）技術進行通話，以大幅降低成本，把所需系統簡化為單一的網際網路協定（IP）網路。如3G拖得愈久，Wi-Fi及WiMAX服務吸引的用戶應該就會愈多。[12-14]

5.1 Intel力推WiMAX

由於半導體巨頭英特爾公司正在全力支援WiMAX，數百億歐元的手機通訊營業額就危如累卵了。WiMAX是一種功能強大的無線技術，將是固定電話營運商還擊行動通訊的有力武器。長期以來，行動通訊一直在蠶食固定電話業務。WiMAX還得到了許多公司奧援，能夠在長達50公里半徑內提供高速的無線數據服務。

一項命名為「Radio Free Intel」的願景目標，主要即是將無線電元件整合至每個矽元件中，開發出所謂的「無線電矽元件(Silicon Radios)」，並研發各種彈性化的無線電平臺，和加速建置各種無線寬頻建設。Intel認為未來十年內全球大多數使用者將採用無線通訊並逐漸滲透到日常生活，此過程稱為「無線電革命」，而「無線電矽元件」，則是推動「無線電革命」的重要關鍵。未來所有的無線通訊將建構在各種產業標準上，Intel的晶片與技術元件將支援這些標準。除了「無線電矽元件」，Intel的另一個主要目標是改善現有的無線寬頻技術，支援Intel Centrino行動運算平臺的無線網路產品如802.11b/g網路元件，以及將802.11a/b/g無線網路元件，同時預估採用802.16a標準的WiMAX網路將支援30哩的通訊距離。Intel認為WiMAX將成為網路行業下一個熱門的技術，



由於其無線網絡技術進展很快，將在未來兩年成為無線通訊協定主要標準，呈現出爆炸性發展；同時對於目前地球上還有數十億未上網的人來說，WiMAX將可以使他們也享受到網際網路帶來的好處，與世界真正相連，因此大力提倡及主導此項計畫。

5.2 亦競且合之關係！？

Wi-Fi/WiMAX/3G此三項技術發展趨向，我們可以這樣簡單地進行理解 and 區分（參表4）：Wi-Fi是區域網(LAN)的無線接取標準，用於解決「最後100米」的通訊需求，如企業組織網；WiMAX是都市區域網(MAN)的無線接取標準，用於滿足大都市範圍內的業務點、資訊彙聚點之間的資訊交流和網際接取，用於解決人們通常所說的「最後1哩」的通訊需求；而3G等蜂巢行動通訊系統構成了廣域網(WAN)的無線接取標準，則解決了超出一個城市範圍的資訊交流和網際網路接取需求。

















至於WiMAX與Wi-Fi的關係，

亦可從表4可以清晰地看出，在部署WiMAX網路之後，Wi-Fi一定會存在，因為它將充當用戶和支援WiMAX協定的設備之間的橋梁。Wi-Fi標準解決了「最後100米」，即接取區域網的問題，然而其上的業務經區域網接取都市區域網的「最後1哩」問題，還須無線都市區域網技術或其他有線接取技術來解決，這就是WiMAX標準的應用定位。

而對於如何理解WiMAX與3G的關係，主要觀點就是，3G是由語音網路發展而來，與定位在固定接取領域的WiMAX協定之間不是相互威脅關係，把它們放在一起比較有「張飛比岳飛」之嫌。WiMAX是用在都市區域網(MAN)上，而3G則是一種無線廣域網(WAN)，它們並不同屬一個範疇內。

另外，這三項技術涉及兩個領域：固定無線網和行動無線網。眾所周知，漫遊是目前固定網和行動網的最大區別，就像本文前面提到的，WiMAX的設計初衷是定位在固定無線接取領域，但由於一些場合需要

表4 主要無線技術聯盟預期發展比較表 [13]

	2004	2005 - 06	2007 +
WPAN			 Ultra Wideband
WLAN			
WMAN - Fixed Wireless Broadband	Proprietary		
WWAN - Voice			
WWAN - Mobile Data (<= 2Mbps)			
WWAN - Mobile Broadband Data (> 2Mbps)			



提供行動寬頻無線通訊，因此IEEE 802.16標準工作組正在規劃802.16e標準，該協定重點解決寬頻無線接取的行動性，會有一個比較詳細的設計和定義，可以具備一定的寬頻資料漫遊功能。如果這個子標準被核准，則會對3G有一定的衝擊。

資料、語音等資訊的融合是發展趨勢，而無線傳輸方式具備潛在的行動特徵將最大限度地將二者融合在一起，802.16e的發展或許值得我們期待。提到融合，現在的GPRS、CDMA，或者3G、3G+還有4G技術都是在努力將資料、語音融合於一個網路，並實現行動性。這個融合的趨勢在有線網路已經比較成熟，例如你打長途電話，你不會關心它是以VoIP的方式，還是透過電路交換。而在無線領域，融合也是將來的趨勢，這將是4G之未來發展重點趨向。

6. 結論

- (1)由於網際網路已被視為全球性資訊傳送的主要管道，經由網際網路所讀取的網路資訊更以指數倍數量增。主要的原因在於網際網路能提供幾乎所有非語音通訊的無遠弗屆之相聯能力（其實語音亦可透過VoIP技術達成）。網際網路的低收費架構和低進入門檻特性刺激了全球使用的風潮。因而可推斷，無線上網基本需求將是網際網路業者及無線技術發展業者等重新審視他們所擁有消費群的新契機。
- (2)到底何種所謂「殺手級」應用才能真正為新興通訊市場成長提供動力？為免限於一廂情願之迷思，這是吾人對所有通訊系統技術發展之首需詢問之問題。就如新一代採用了GSM網路之GPRS分封交換技術

2.5G多媒體炫麗照相手機一般，雖然這種手機都有著迷人的外觀，吸引眾多追逐潮流的消費者，但是由於服務供應商間無法實現互通或根本沒有跨國漫遊協議，以致大大減損了應用之價值及實用性。因此「殺手級」應用或有許多，但如果不能「即插即用（Plug & Play）」的話，滿足消費使用者之基本需求面，系統終究是很難發展擴大的。

- (3)短期而言，WiMAX將不是取代3G，而是創造一個在無線區域網WLAN和廣域網WAN間的一個結合領域，因此未來或將在市場上出現WiMAX+3G之雙模式手機，然長期而言自然仍受限於經營、業務及技術三大影響面向，以及如傳統電信、電腦及有線電纜網路間愈形激烈之合縱連橫及交互跨足變化趨勢，非常值得持續關注。
- (4)儘管各方對4G系統的設想和憧憬，使它看起來要比3G更美好、更能滿足用戶的需要，但需要確定者，有關4G研究發展，正如同3G與2G關係一樣，4G不會在一夜間取代3G及跨越3G系統而直接投入應用。發生在3G標準制定過程中的種種問題，多少在4G身上也會重現。因之，制訂全世界統一的4G標準以走向商用標準化，需要整個通訊產業繼續努力。
- (5)半導體界有所謂之摩爾定律（Moore Law），亦即約每18個月的週期，半導體裝置之容量或速度即可提高一倍！因此如半導體界巨頭Intel所提之「無線電矽元件」及「無線電革命」等願景及口號絕不可等閒視之，WiMAX也好，4G也罷，其對未來之無線通訊產業及技術發展必定影響深遠。



- (6)在這可說新一波之無線通訊產業革命發展階段，台灣的定位在哪裡？其實，台灣可說是介入WLAN設備製造、晶片設計最積極的國家之一。2002年，台灣出貨的WLAN設備甚至佔全球的80%比例，在WLAN市場打下一片天，同時也產生了多家具備WLAN射頻、基頻晶片設計能力的廠商。因此根據這些過往經驗，一旦台灣廠商鎖定某個市場並大舉投入時，該市場必然會迅速發生價格戰而降低裝備成本，直接受惠於消費使用者及市場規模之擴大，目前之WLAN如此，而未來之WiMAX及4G相關設備產品應也不例外。
- (7)傳統電信網路範疇正從2G而漸擴及3G（甚至4G）；而資訊電腦網路正從Wi-Fi漸漸擴及至WiMAX網路，一言以蔽之，前者正朝向「行動無線寬頻化」發展，而後者正朝向「固定寬頻無線行動化」發展，或許更貼近所謂之「無線寬頻、無限頻寬（Wireless Broadband-Unlimited Bandwidth）」上網之理想目標。而其愈形激烈之合縱連橫及交互跨足之最後變化趨勢應走向融合，以真正滿足消費使用者之「無限無線行動寬頻（Unlimited Wireless Mobile Broadband）」需求。

7. 參考文獻

- [1]廖建興，「全球資訊基礎建設定(GII)與三大傳統網路系統之技術發展展望」，IECQ報導，第四十期，2000，pp 23-37。
- [2]廖建興，「有線寬頻技術之發展及應用」，IECQ報導，第四十五期，2002，pp 29-36。
- [3]廖建興，「爆炸性之通訊技術—MIMO多天線技術之發展及應用」，IECQ報導，第四十六期，2003。
- [4]Chris Kozup，"The What, Where, and Why of WiMAX"，META Group originally published this article on 6 May 2004.
- [5]<http://www.alvarion.com>，"Introducing WiMAX-The next broadband wireless revolution WiMAX Forum: At-a-glance"。
- [6]"IEEE 802.16 and WiMAX-Broadband Wireless Access for Everyone"，Intel white paper.
- [7]Peter Smulders，"Exploiting the 60GHz band for local wireless multimedia access: prospects and future directions"，pp 141-147，IEEE Communications Magazine，January 2002.
- [8]Jonas Noreus, Maxime Flament, Arne Alping, and Herbert Zirath, "System Considerations for Hardware Parameters in a 60 GHz WLAN"。
- [9]Veselin Brankovic, Thomas Dolle, Tino KonSchak, Dragan Krupezevic, and Mohamed Ratni, "High data rate solution: 60/5 GHz dual frequency operation"，IEEE 2000.
- [10]Jawad Ibrahim, "4G Features"，Bechtel Telecommunications Technical Journal.
- [11]Rahim Tafazolli, "Why we need 4G?"，2001 Workshop on multi radio multimedia communications.
- [12]<http://www.eetc.globalsources.com>
- [13]<http://www.wx800.com>
- [14]<http://www.cqinc.com.tw/grandsoft>

