經濟部智慧財產局一〇四年度委託研究計畫

智財經營扎根計畫-通訊產業專利趨勢與專利訴訟分析研究期末報告

微觀分析報告

主辦單位：經濟部智慧財產局

執行單位：財團法人國家實驗研究院

中華民國 104 年 12 月 10 日

計畫編號：10418000060
契約編號：10418000060

經濟部智慧財產局一○四年度委託研究計畫

智財經營扎根計畫-通訊產業專利趨勢與專利訴訟分析研究期末報告

計畫主持人：國研院科技政策研究與資訊中心　莊裕澤主任

共同主持人：國研院科技政策研究與資訊中心　羅於陵研究員

協同主持人：國研院科技政策研究與資訊中心　李森堙副研究員

研究者：國研院政策中心 張小玫、賴明豐、洪文琪、許家豪、林品華、陳冠嘉、林彥廷、鄭凱仁、林倞、王惠瑜、朱子亮、張韶庭、盧韻尹

中華民國 104 年 12 月 10 日

目錄

前言 1

第一章　小型基地台市場發展趨勢 2

第一節　小型基地台應用 2

第二節　小型基地台市場趨勢 6

第二章　小型基地台技術發展與挑戰 18

第一節　3GPP 小型基地台介紹 18

一、　Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) 之 HNB 19

二、　Long Term Evolution (LTE)之 HeNB 27

第二節　小型基地台技術挑戰 45

一、　小型基地台布建模型 (Small Cells Deployment Model) 46

二、　回程傳輸(Backhaul)應用 48

三、　訊號干擾管理 (Interference Management) 49

第三節　小型基地台未來發展重點 53

第三章　小型基地台專利與技術布局趨勢 67

第一節　小型基地台專利篩選方式 67

第二節　SEP 技術報告撰寫 69

第三節　小型基地台專利地圖及分析 77

一、　專利布局趨勢分析 77

二、　專利技術趨勢分析 96

第四節　SEP 技術報告比對結果分析 147

第四章　結論與建議 163

前言

下世代通訊系統的發展自 2013 年開始逐漸發酵,經過兩年的醞釀期,在 2015 年各種技術態樣逐漸浮出檯面，各種賦能與演進技術大量的被討論與驗證，實現 2020 年的 5G 通訊系統的步伐將穩健邁進。在這全球趨勢下，台灣更不能缺席，在本計畫中觀察多種下世代通訊系統的賦能技術中,小型基地台是整體下世代通訊系統發展的重要基石，然而綜觀目前標準參與活動與專利技術發展趨勢，台灣在小型基地台技術發展相較其他技術趨勢是較具潛力，因此，本報告將針對小型基地台技術的市場與專利技術提供目前發展現況與技術趨勢報告,同時也加入標準必要專利比對，以利建立具經濟價值與技術價值的專利布局策略建議。

第一章　　小型基地台市場發展趨勢

在本章節中將透過觀察市場了解小型基地台技術發展的需求與應用，讓讀者初步了解小型基地台在下世代通訊系統中所扮演的角色，與技術發展的重要性與迫切性。

第一節　小型基地台應用

由於現今的無線通訊系統架構設計原則是以大型基地台為主，大型基地台的服務範圍提供室外通訊品質並減少通訊時干擾。但目前的通訊市場發展趨勢發現行動通訊數據流量與行動裝置將會以倍數增長，而其中因在室內用戶量占大多數，如果以擴建大型基地台數量方式解決將會不符成本效益，因為大型基地台的架設必須評估種種的外在因素；例如地理環境、干擾因素、電源供應等；此外，之後的維護也是一大筆龐大的費用，對於營運商是極大的負荷。

在這樣的趨勢下，異質網路 (Heterogeneous Network)的概念在無線通訊系統開始被思考如何用來解決以上的問題，見圖 1。在異質網路當中同時涵蓋各類型的基地台，不同大小的基地台依照用途、傳輸功率、覆蓋範圍、支援用戶等條件可以分類成 macro-、pico-、femto-基地台與 Relay，可參考表一了解各類型小型基地台間的差異性，以及其在異質網路架構下所扮演的角色。

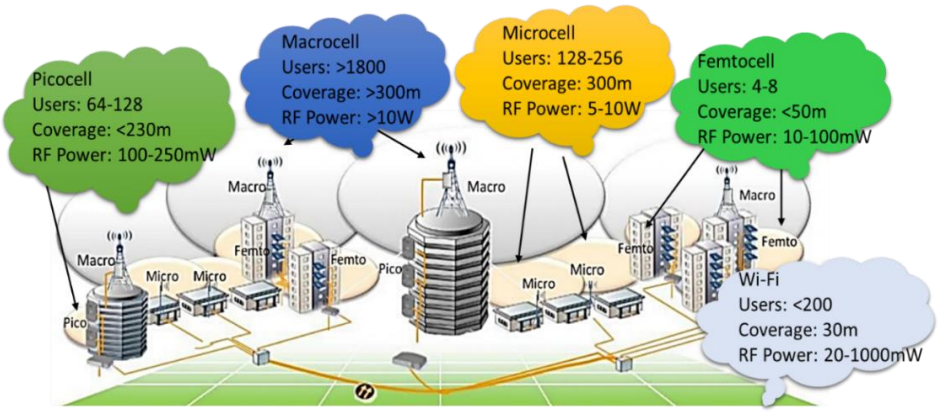


圖 1、異質網路使用各類小型基地台示意圖(資料來源: 4G Americas)

表一、各類小型基地台分類: 佈建應用、服務範圍與輸出功率[1]

Type	Typical deployment	# concurrent users supported	Typical power range		Range
			Indoor	outdoor	
Femto	Primarily residential and enterprise environments	Residential Femto: 4-8 users Enterprise Fento: 16-32 users	10-100mW	0.2-1W	tens of meters
Pico	Public areas (indoors/outdoors; airports, shopping malls, train stations)	64-128 users	100-250mW	1-5W	tens of meters
Micro	Urban areas to fill macro coverage gaps	128-256 users	-	5-10W	Few hundreds of meters
Metro	Urban areas to provide additional capacity	>250 users	-	10-20W	hundreds of meters
Wi-Fi	Residential, office and enterprise environments	<50 users	20-100mW	0.2-1W	Few tens of meters

各類型小型基地台的應用環境與系統規格介紹如下:

Macro-BS (Macro Base Station)：如一般目前的基地台提供中央控制，提供大範圍的戶外服務，覆蓋範圍可以達到好幾公里，可以同時服務上千位的使用者,傳輸功率可以發送大約 48dBm (63W)。在 LTE 的系統中，又可以稱為 enhanced NodeBs (eNBs)，利用 S1 介面回傳訊息至核心網路。

Pico-BS：相較於 Macro-BS，Pico-BS 體積小且功率低(約 23-30dBm)。Pico-BS 可架設於室內或是室外。Pico-BS 利於增加室內覆蓋率與增加使用者容量。當提供戶外服務時，Pico-BS 可以調整輸出功率介於 1W(30dBm) 到 5W(~37dBm)間。當在室內模式時，Pico-BS 調整輸出功率約 100mW(20dBm)到 250mW(24dBm)。Pico-BS 可提供約百人使用者的服務，利用 X2 介面連接至 Macro- BS。

Femto-BS：一般認為是 home BSs 或是 home eNBs，是一低功率低價位的小型基地台，主要提供一般居家室內服務與地下室訊號較差的地方。

Femto-BS 傳輸功率約介於 10mW (10dBm)與 100mW(20dBm)間，服務範圍約 50 公尺以內。Femto-BS 可以連接 DSL、cable 或是 fiber 以網路連結回傳資訊。依照不同服務模式 femto-BS 可以操作在公開環境或是封閉型環境，即 Closed Subscriber Group(CSG)的模式下。

Relay：不同於其他基地台，Relay 一般以無線傳輸的方式與大型基地台連接並回傳訊息，再藉由大型基地台後端處理訊息。Relay 有助於解決大型基地台訊號不佳或是訊號死角地區(基地台邊緣或隧道裡)，並提升熱點(hot sport)容量，提供較高的傳輸速度及較好的使用經驗。

圖 2 是將全球電信商分為四個群組，並調查各群組電信商認為佈建小型基地台主要需求，分別是以下議題如：增加用戶量、降低資料處理成本、提供新服務與 Wi-Fi 服務整合是主要佈建小型基地台的誘因，調查的結果很明顯是小型基地台的布建是依據電信運營商的商業模式與成本效益做規劃。

未來異質網路佈建逐漸成熟，小型基地台的建置將是關鍵，從布局的角度來看，低功率小型基地台可以減少大型基地台涵蓋範圍的通訊死角，相較於大型基地台的布局方式，小型基地台佈建可以因時地制宜，不需像大型基地台一樣複雜，佈署相對容易也具有彈性。當數據流量大時，3G/4G 大型基地台可以藉由小型基地台分流，減少大型基地台的訊務壓力。

從成本效益角度而言，Femto- BS 是將佈建成本轉移到用戶端上；即用戶端需要負擔設備、電力、有線網路的費用。對於電信商而言，小型基地台資本性支出(Capital Expenditure)與營運成本(Operating Expenditure)相較於大型基地台來的低，更顯示小型基地台的優勢。

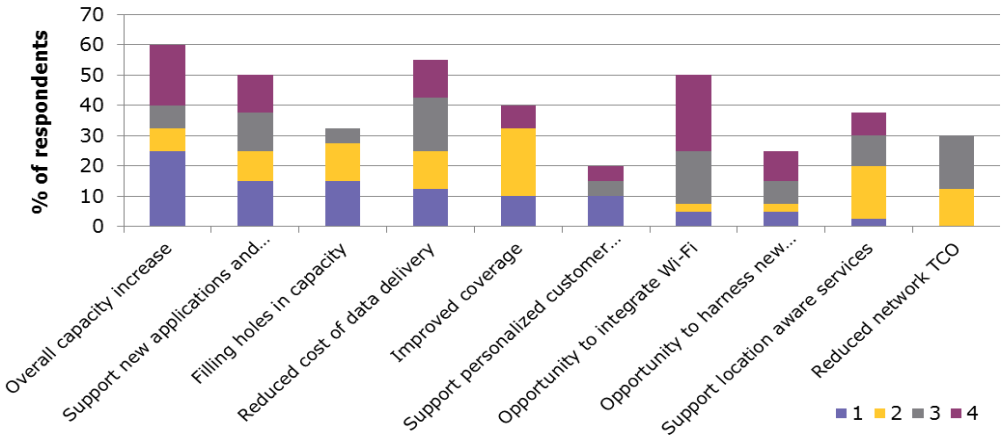


圖 2、全球電信營運商認為佈建小型基地台的主要誘因(資料來源:Small Cell ForumMobile World Congress, February 2014，不同顏色代表不同群組的電信商)

第二節　小型基地台市場趨勢

通訊系統每一世代的發展，目的是希望提供更好的系統，並且永續發展。以現在第四代無線通訊系統為例，分為 LTE-Advanced 與 Wi-Fi 兩大主流。LTE-Advanced 系統的進化提升行動通訊品質，帶給行動用戶許多新的服務與感受，例如提供高達 75 Mbps 傳輸速率能夠讓用戶體驗快速無線上傳/下載服務；降低連線品質與減少通話延遲的次數，讓用戶享受不間斷的無線通訊服務，獲得更棒的行動智慧生活。種種的優點讓全球 4G LTE 用戶量逐年增加，據 4G Americas[2]資料統計，2014 年到 2015 年間全球 4G LTE 用戶增加 141%，總共 6.349 億用戶，佔全球用戶約 9%，圖 3 統計 4G LTE 區域用戶的表現，北美地區行動通訊用戶中，4G LTE 用戶占約 47.5%，為 4G LTE 市場用戶最多的區域。

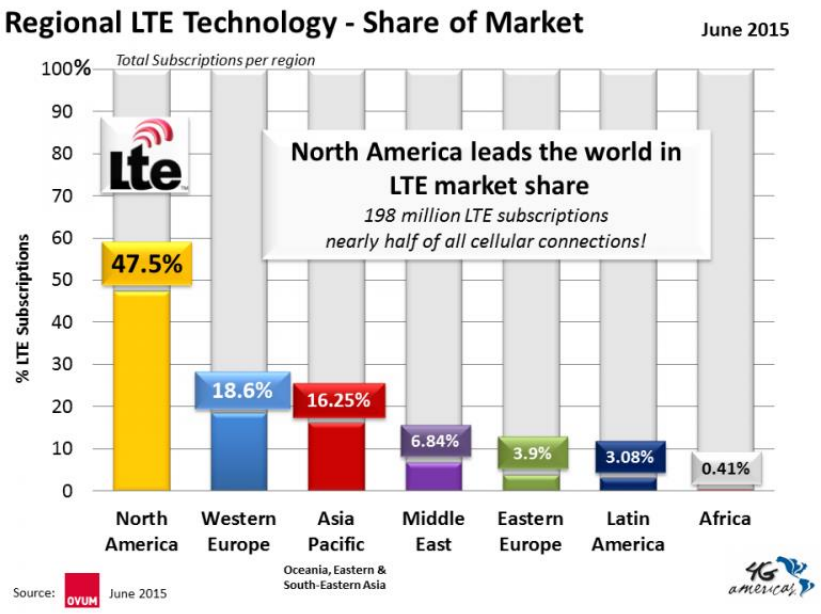


圖 3、區域 LTE 市場發展現況(資料來源: 4G Americas)

根據 Ericsson Mobility Report 預測 2020 年，行動寬頻用戶將超過全球人口數，其中全球 4G LTE 用戶將佔全球手機用戶的 40%以上，超過 30 億用戶，如

圖 4。4G LTE 市場在接下來的幾年將毫無疑問地會蓬勃發展，連帶的行動上網用戶將取代固定網路(fixed service)用戶而成為網際網路的主要使用者。在這股趨勢下將會造成未來無線通訊系統開始轉型去迎合未來市場新需求，例如多重無線接取系統與異質網路架構等。

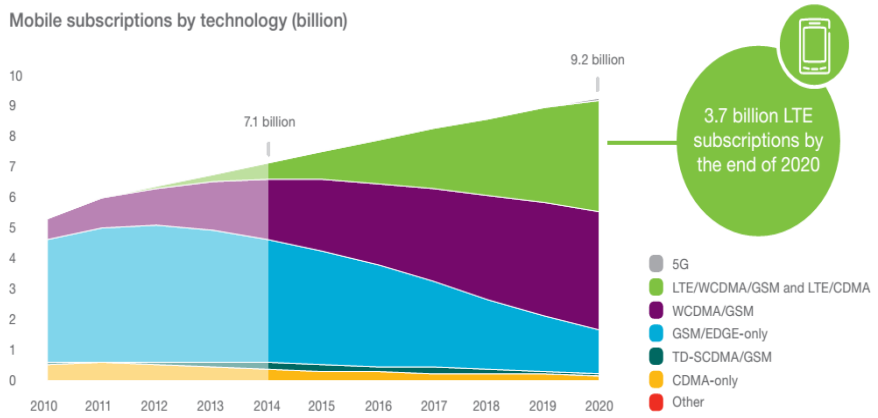


圖 4、Ericsson Mobility Report 2015 年預測 2020 年各通訊系統的用戶量

根據市場的調查，行動用戶習慣的改變，行動瀏覽網路資訊、欣賞串流影片、社群分享照片與檔案分流已成為目前使用者在手機上最常使用的功能與應用。在圖 5 中，Ericsson 針對 2014 年到 2020 年全球行動通訊訊務分析分為資料(data)與語音(voice)，用戶使用電子產品的習慣已經從平板或電腦轉移到行動裝置上，同時也拜電子商務的發達之賜，許多事情都可以在智慧型手機上完成，因此預估在 2020 年 80%的訊務是來自智慧型手機。

手機的功能應該是提供通話服務，產生的訊務應該是以語音為主，但根據[3]統計結果，在全球總體訊務中 70%是資料訊務，在 2010 年前後資料訊務為主流的趨勢已經出現，當時資料訊務全球總訊務已經為語音訊務的兩倍，之間的差距仍不斷增加。資料訊務總量以每季 15%成長，每年則是 55%成長。

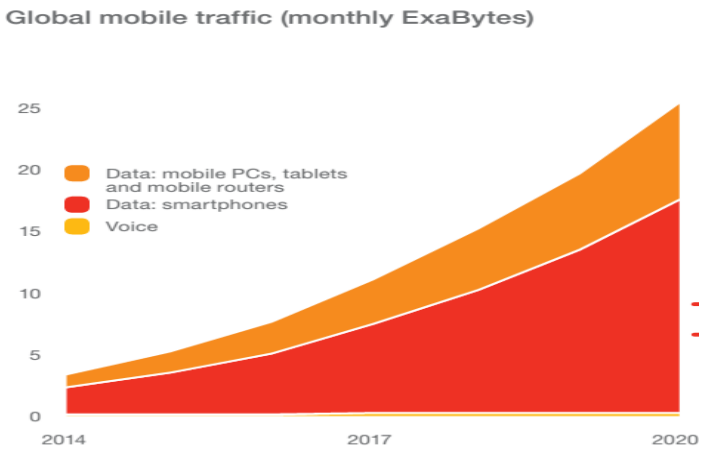


圖 5、Ericsson 預測 2020 年全球行動通訊訊務總量[3]

造成資料訊務為主流趨勢的主因是行動視頻(Video)相關服務的增加，例如用戶在行動瀏覽的活動中觀看影音訊息例如 Youtube、網路電視或是視頻如 iPhone FaceTime, Skype 等。圖 6 中顯示來自行動視頻比率約佔資料訊務的 45%，每年則以 55%持續成長，預計 2020 年將會成長 13 倍。因此，電信營運商的營運策略也跟著調整，將訊務維運作為行動通訊服務的核心，不過新趨勢的出現使電信營運商也開始面臨一些新的挑戰，例如當 4G LTE 用戶增加時，如何去升級現有的系統(2G/3G)、如何提供高速度與低延遲的通訊品質、如何擴展電信服務範圍等。

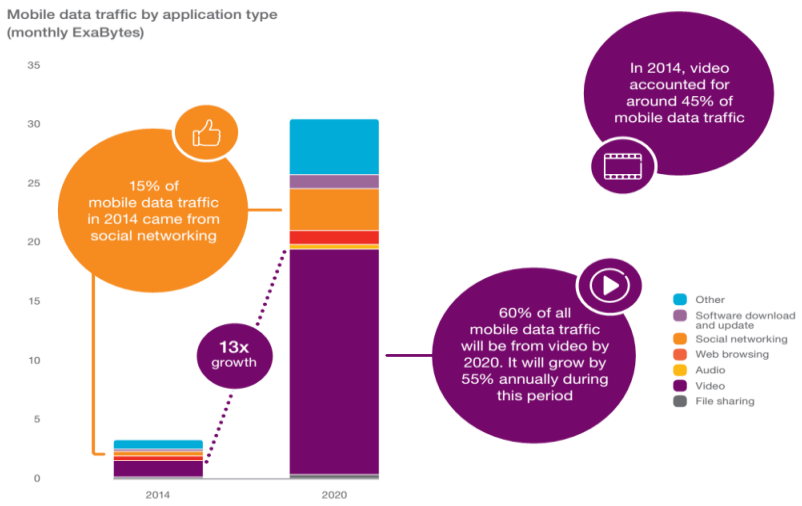
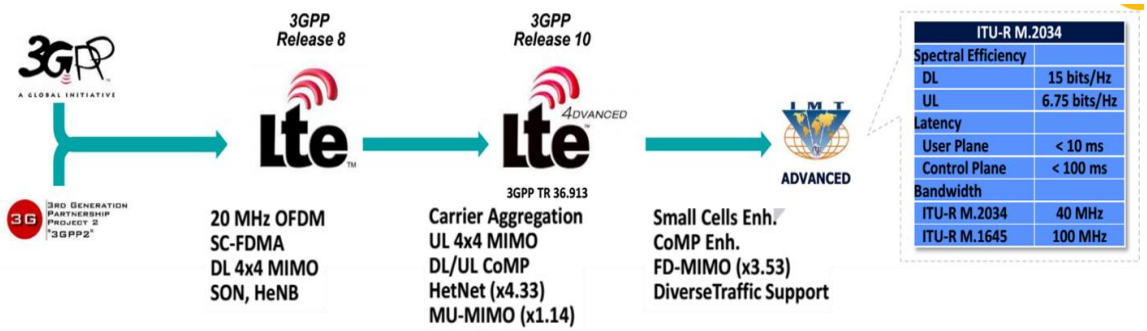


圖 6、Ericsson Mobility Report 分析行動通訊訊務分析[3]

對於系統商或是設備商而言，在新的趨勢下要面對的問題又不同，因為用戶的增加最終會達到系統的瓶頸，例如當使用高階手機瀏覽高解析度影音服務的用戶增加時，兩相影響造成資料暴增，造成系統服務品質(QoS)與容量(capacity)嚴重下降，同時用戶分布的使用範圍或是資料接取方式不一致會造成覆蓋(coverage)與訊務(traffic)等方面不足與不理想的狀況。因此，提升或是改良目前系統是當務之急。

ITU-R 是推廣全球統一通訊系統規格的國際組織，例如 3G 的 IMT-2000，4G 的 IMT-Advanced，對於下世代通訊 ITU-R 也希望依循前例廣邀全球產官學研機構、區域標準組織等提出方案，會員共商後一起訂定 IMT-2020 的規格。在這些會員組織中 3GPP 的動態是最值得關注的。如圖 7 GPP 所推廣的 LTE 系統已經成為全球通訊系統的主流，下一步的發展洞見觀瞻。為達到 ITU-R 的規格需求，在每一版本的討論都會關注在特定技術上，而在最新的版本 Rel-13 中討論包含小型基地台規格提升、CoMP、FD-MIMO 發展等皆是 2015 年重要的議題。其中小型基地台的推廣一直是 3GPP 標準制定一個重要課題。自第三代通訊系統中便已經開始討論小型基地台建置與大型基地台共存等問題。基於未來 5G 系統發展願景與需求，未來將更彰顯小型基地台在 5G 系統的重要性。



Base Station Virtualization: Advantages and Challenges Network Technology Strategy Department, Alberto Boaventura, 2015-04-05

圖 7、3GPP 標準發展進程

在小型基地台市場面上，美國是最早布局小型基地台的市場，自 2008 年開始提供 2G/3G 服務。在全球其他市場也開始陸續布局小型基地台，如圖 8 是 2010 年全球提供 3G 小型基地台服務的電信營運商分布情況，可以參考附錄 5 內容包含系統開通時間服務時間、可容納用戶人數與服務主要客群。2010 年期間的市場觀察，小型基地台產品非常時的市場主流，小型基地台主要局限於家庭用戶，為補足室內通訊品質不佳的解決方案之一，因此小型基地台能服務的用戶約是 4-6 名為限，以 femto 系列的小型基地台為主。

圖 8、全球 3G 小型基地台電信營運商分布

不過隨者市場的需求增加，根據 Gartner 2014 年[4]對於小型基地台的報告發現以下四種小型基地台市場新趨勢，在上述趨勢造成訊務量大增的情況下，小型基地台將會成為分流大型基地台訊務壓力的重要利器，Gartner 預估 2018 年將近 26%的訊務會經過小型基地台分流；故，小型基地台的需求將上揚，預估 2018 年在公共場域的大型基地台將會與有四個小型基地台搭配(見圖 9)，屆時的異質網路將布局如表一所提的各類小型基地台並搭配 Wi-Fi，大大舒緩電信商覆蓋不

足的問題；電信商將提升小型基地台的效能的技術，考慮例如授權頻段與非授權頻段使用與不同系統接取協定，或 Cloud-based radio access networks (C-RANs)、Software-Defined Networking (SDN)與 Network Function Virtualization (NFV)技術強化異質網路系統的靈活性與彈性，並運用在資料庫與 over-the-top (OTT)的應用；不過目前的佈建市場仍以 Wi-Fi 小型基地台為主(見圖 10)，LTE 小型基地台則是未來市場的重要產品。

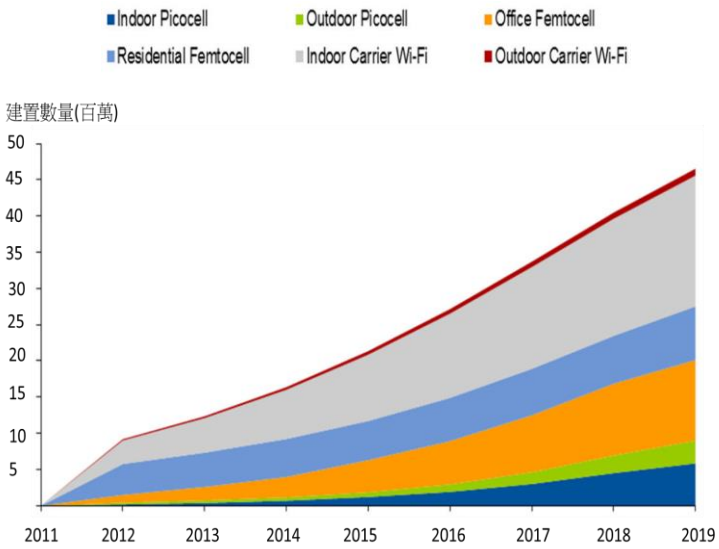


圖 9、小型基地台全球建置預估(資料來源: Gartner)

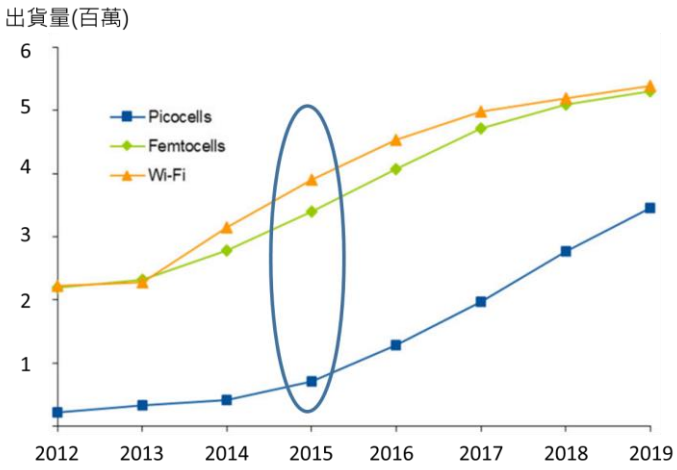


圖 10、小型基地台全球出貨量預估(資料來源: Gartner)

在圖 11 中比較小型基地台裝置製造商之間的差異，包含擴展市場通路，產品服務差異化及提升功能與應用三個主軸。觀察全球 16 家小型基地台製造商，分成四個分類：領先者、挑戰者、探索者與觀望者。屬於領先者的公司皆是技術提早佈局的公司，在小型基地台的產品多元，同時也提供相關專業小型基地台布建與支援服務，在產品選擇與售後服務較為完整。

屬於挑戰者區的公司群勇於挑戰用戶對於新興產品功能的接受度，積極區別與其他市場產品服務的差異化，強化自我小型基地台產品的功能與應用能力，進而在通訊市場中開拓出新的通路模式。

觀望者與探索者區的公司群在技術上與客戶上的限制，在市場上佔有的比例不大，這些公司比較適合區域性或小的市場模式，經營模式主要是集中某些專長技術與特定市場，滿足特定用戶需求。

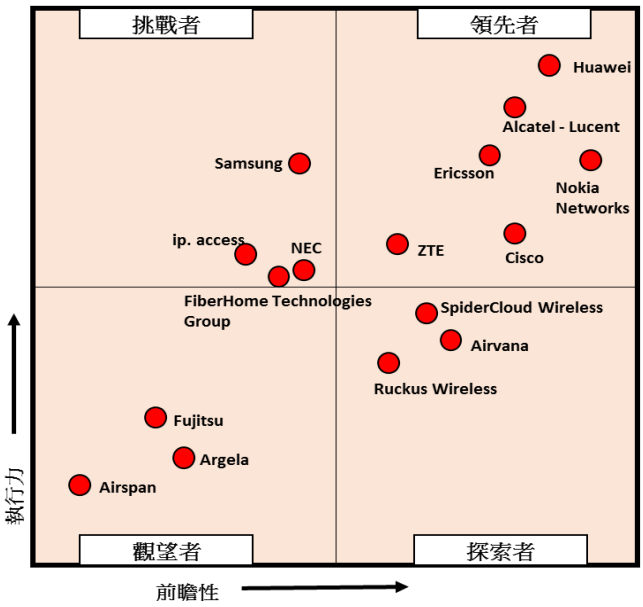


圖 11、全球小型基地台裝置製造商趨勢比較(參考資料: Gartner Magic Quadrant 2015)

表二與表三列出目前全球與台灣小型基地台廠商的最新動態與產品，以供讀者參考。為提升布建數量，目前所看到的布局策略是電信商替用戶架設小型基地台或是以優惠方案租借小型基地台給用戶，藉此提高用戶使用的意願。

表二、全球小型基地台廠商最新動態與產品介紹(本中心整理,2015)

公司	產品	動態
Airvana (http://www.airvana.com/)	Public Space and Enterprise : OneCell™ System, OneCell™ Architecture Home and Small office: S1000 4G SMB Small cell, 3G Residential Small Cell	提供 3G/4G 小型基地台解決方案，Small Cells 產品已出貨超出 1.5 百萬台，2014 年發表的 OneCell 系統適用於例如運動場、機場、購物中心或是辦公室，高性能表現 Peak 66 Mbps download speeds achieved consistently throughout the coliseum (in a 10 MHz LTE channel)；99.7% connection setup success rate; 0.5% connection drop rate；100% macro handover success rate 快速受到市場關注；除此之外，Airvana 也發表適用於室內居家環境的 S1000 產品。市場主要於美國與日本。
Alcatel-Lucent (https://www.alcatel-lucent.com/)	9962 Multi-Standard Enterprise Small Cell, 9764 Compact Metro Cell Outdoor, 9361 Home Cell, 9961 Multi-Standard Home Cell, 9360/9760 Small Cells	Alcatel-Lucent 依據應用如家用、戶外與企業提供不同解決方案，小型基地台產品系統規格包含整合 3G/4G/802.11，支援不同系統漫遊功能；結合 Self-optimizing Networks (SON)提升布建優勢: 50% lower cost per bit for video delivery 80% reduction in handover failures 20% CAPEX savings with SON 50% OPEX savings with SON 2015 年發表企業小型基地台方案，使用 Qualcomm 晶片 FSM9955，可同時支援 3G/4G 系統下，企業小型基地台可支援 64 位 4G LTE 用戶和 32 位 3G 用戶。或是 128 位 LTE 用戶。根據 Frost & Sullivan 近期研究顯示，在拉丁美洲市場，Alcatel-Lucent 為領先廠商，提供超過 13 個國家營運商小型基地台產品，市場占有率約 40%。 預計將領先其他競爭者推出 LTE-License-Assisted Access (LAA) and LTE Wi-Fi aggregation (LWA) 功能產品。
Cisco (http://www.cisco.com/c/en/us/index.html)	Universal Small Cell (USC) Solution: 3000 系列 (Home, Office), 5000 系列(HotSpot), 7000 系列(Small Medium Business), 8000 系列(Larger Enterprise, public space)	屬於全球布局公司，將小型基地台產品分為四種系列，服務不同族群用戶。其產品整合不同系統規格 third-generation (3G), Long Term Evolution (LTE), and carrier-grade Wi-Fi with self-organizing network (SON) technologies and backhaul for an efficient and secure heterogeneous network (HetNet)。在 2015 年在 Mobile World Congress (MWC)年會中，Cisco 宣布英國電信公司 EE 將使用 Cisco 小型基地台，提升覆蓋率。

		由於 CISCO 直接切入小型基地台市場，在大型基地台市場未有其它產品,因此要說服電信營運商使用其小型基地台是一大挑戰。
Ericsson	64 系列 RB6401 RB6402	Ericsson Radio Dot System 是 Ericsson 的小型基地台解決方案，包含以下優勢 • Complete end-to-end integrated Small Cells and carrier Wi-Fi product portfolio • Planning, deployment and optimization services • Integrated Small-Cells-as-a-service managed services offering Ericsson 的通訊系統是點對點(end-to-end)的模組化解決方案，模組產品多元包含 macro and small cells, antenna systems, IP transport, microwave nodes, rails 等。在面對不同各戶的需求時，以不同模組的滿足用戶所需。小型基地台 RBS6402 服務範圍約 5000 平方公尺，低功率消耗、高安全性與容易使用特性，產品銷售全球，其產品特點如下: • The first indoor Pico Cell with carrier aggregation that doubles capacity and delivers 300 Mbps LTE speed in a tablet-sized footprint. • 10-bands, 3- technologies multi-standard (LTE, WCDMA and Wi-Fi) as well as mixed-mode capabilities, the most flexible on the market. • Remote software activation of frequency bands for future spectrum and refarming opportunities. • A live network in 10 minutes with plug-and-play installation leveraging SON features. Flexible and easy to deploy with Power-over-Ethernet. 2015 年巴西電信商 TIM 與 Ericsson 簽訂三年計畫，使用 Ericsson Radio Dot System, 3G, 4G, small cells and antenn 技術提升 TIM 用戶室內外通訊品質。
NEC	iPASOLINK 系列 Microcell MB4300 FP813 FP1624 FMA1630	NEC 小型基地台的解決方案包含 LTE Micro Cell, Enterprise Radio Access Network(E-RAN), Residence Femtocell。FP813 Residence Femtocell，又稱 "zero touch"，主要標榜快速安裝，隨裝隨用與簡易安裝，可支援 8 個用戶同時使用。
Nokia (https://networks.nokia.com/ie)	Flexi Zone 系列	Nokia 的 Flexi Zone 最大優勢是他的小型基地台管理機制，藉由區域控制中心(local controller)管理在一小範圍內的所有小型基地台，其優勢如下: • 10x data rate improvement • Virtually unlimited capacity scaling • Up to 50% cost saving compared to cell site splitting or traditional Pico/Micro

		• Save up to 80% of transport and mobile packet core cost via local Internet offloading 在市場訊息方面，2015 年四月公布與中國移動合作在上海布建全球第一個 TD-LTE 異質網路，使用 Nokia Flexi Zone small cells 可以同時服務 600 名 TD-LTE 行動用戶。2015 年三月 Nokia 在哥倫比亞布建第一個具備 VoLTE 功能的 Flexi Zone small cell，以提供 HD 影音服務。
Ruckus Wireless (http://www.ruckuswireless.com/)	Flexi Zone Indoor and Outdoor 系列	Ruckus 是 WLAN 設備製造商，因此，Ruckus 的小型基地台以 Wi-Fi 為主，與 Nokia Networks 合作將 IEEE 802.11ac Wi-Fi 技術整合到他的小型基地台 Flexi Zone 系列產品中，其小型基地台特點如下: • Reliable wireless connectivity without which nothing else really matters. • Standards-based integration, which involves the incorporation of key industry standards around Wi-Fi cellular integration and roaming. • An agile design that is scalable, flexible, and extensible is required to address the rapid changes in both technology and business models. This would include support for Wi-Fi enabled value added services. Ruckus 的小型基地台具備可靠、可擴充、價格低廉及易於安裝的輕巧外型設計等優點，成為高密度區域中卸載數據流量的替代解決方案。然而，目前市場的主流是整合 3G and LTE, FDD and TDD, Wi-Fi 及 LTE-A carrier aggregation，Ruckus 要開拓市場必須增加其產品多元性。
ZTE (http://www en.zte.com.cn/en/)	Femto/Pico Base Stations: ZXSDR BS8102, Compact Micro eNodeB: ZXSDR BS8912 LTE Small Cell Products: micro BS8912, indoor Pico BS8102, outdoor Pico BS8202 and femto BS8002	中興的 Qcell 解決方案是世界第一個 4G 分散式(distribution)室內小型基地台解決方案，支援多頻多模(GSM/UMTS/LTE or CDMA/LTE)。此解決方案包含 pRRU (Pico Remote Radio Unit with n*50mw), P-Bridge, BBU (BaseBand Unit) and MAU (Multi-Access Unit, optional)，可以有效減少 60%的成本支出。其他小型基地台方案例如 • Micro for outdoor blind coverage; • Indoor Picos for enterprises, fast deployment and cost effective; • Outdoor Pico for public areas, blind and hot spot coverage; • Femto for families, ADSL/fiber as backhaul, beautiful appearance, easy installation, configuration and management. 然而，中興的小型基地台市場侷限於中國市場，將會影響到公司產品的國際性。

表三、台灣小型基地台廠商最新動態與產品介紹(本中心整理,2015)

公司	產品	動態
正文科技 Gemtek	**LTE Small Cell - Enterprise Small Cell (Indoor/Outdoor)/ - Residential Small Cell (Indoor)** 3GPP Rel-9 Specification Compliance Support FDD/TDD Support 5/10/15/20MHz Bandwidth Support 16~32 Users Support 2Tx2R MIMO Support Tx Power:17dBm~24dBm Support GPS/PTP/NTP Synchronization Support SNMP/TR-069 Remote Control Support SON/RRM/Scheduler Mechanism Support IPSec ESP Tunnel Support X.509 Certificate/EAP-AKA	正文科技 LTE 終端設備於上海 MWC 亮相：正文深耕 Small Cell 領域多年，在 LTE 推出一系列包含 TDD／FDD／管理系統／核心網單元的完整解決方案，以因應從營運商／企業用戶／行業市場用戶的彈性組網需求。並在軟、韌體與硬體的整合開發能力表現卓越，以完整的客製化解決方案協助客戶佈建基礎建設，拓展加值服務領域，為電信及系統服務商之最佳合作夥伴。
盟創科技 Mitrastar	家用 Femtocell、企業用 Femtocell、Metro Femtocell、Picocell 等	盟創科技本次於 2015 上海 MWC 展出三大解決方案：家用戶外型 LTE 路由器、小型基地台 Pico Cell 與智慧生活相關設備。第二類的小型基地台 Pico Cell，可以強化無線訊號涵蓋率，解決室內訊號死角或使用流量限制的問題。
中磊 SERCOMM	1. WCDMA Small Cell： -UMTS operating and network listen band: band 1 (2100MHz) -GSM network listen band: Band 3 (1800MHz) & Band 8 (900MHz) 2. TD-SCDMA Small Cell -TD-SCDMA band: band 34 (2010Mhz--2025Mhz) & band 39 (1880Mhz--1920Mhz) 3. FDD-LTE Small Cell -MIMO support -LTE operating and network listen band: band 1 (2100MHz) 4. TD-LTE Small Cell -MIMO support -LTE operating and network listen band: band 41 (2496MHz - 2690MHz) 5. Multi-mode Small Cell -TD-SCDMA band: band 34	首台（TDD-LTE Small Cell F200-GD）符合 NCC 無線寬頻接取設備之完整測試規範，將提供電信商 TDD-LTE/ FDD-LTE 完整的解決方案。正文科技積極參予 2015 上海 MWC 展會，展會上充分展現運營商需求的全系列 LTE 產品、整體解決方案和 Macro、Small Cell 基站雙向佈局

	(2010Mhz--2025Mhz) & band 39 (1880Mhz--1920Mhz) -LTE band: band 41	
耀登	支援 TDD／FDD 的 4G LTE 小型基地台	經濟部工業局協助輔導下，與工研院合作開發此產品相關技術。此產品能支援 4G 全頻段，也是具備智慧型天線功能波束切換功能的首款 4G 小型基地台室內寬頻波束控制天線模組。
合勤 ZyXEL	UMTS Femto Access Point(FMT3211)： -Operation band: Band 1 (2100 MHz) Wireless AC UMTS Small Cell CPE(FMT3251)： -Operation band: Band 1 (2100 MHz)	
智易	Femto Standalone (APMAF9001A)/ Enterprise Small Cell AP(MAE110A)/ Enterprise Small Cell AP(MAE110A)： ⇒Frequency (Band 1): WCDMA / UMTS Band- UL:1920~1980MHz; DL:2110~2170MHz 2G Sniffing- GSM 900 Band -DL: 925~960MHz GSM 1800Band -DL: 1805~1880MHz Outdoor LTE Modem(MML3061A)： ⇒ Standard: 3GPP Rel. 8 LTE Compliant 3GPP Rel. 9 LTE Compliant via S/W upgrad ⇒ Frequency Band: Band 7, 38, 40, 41, etc. ⇒ Duplex Mode: FDD / TDD selectable	
明泰科技 Alpha Networks	LTE & WIFI DUAL MODE SMALL CELL (BLT-FAP03)： -Operating Band & Frequency : Band 3 or 7 or 38 or 40 -LTE Throughput : 150/50 Mbps -WiFi support 802.11 a/b/g/n/ac -Maximum Transmit Power : -WiFi: 20 dBm / 2x2 MIMO -LTE: 23dBm/ 2x2 MIMO	

第二章　　小型基地台技術發展與挑戰

小型基地台在 3GPP 標準制定工作是一重要發展項目，在這章節中會介紹小型基地台相關的架構與功能，以利讀者了解已制定為標準的小型基地台技術。同時也會介紹在發展小型基地台會面臨的挑戰與小型基地台未來在規格的發展，在最後一節將介紹小型基地台為達到未來 5G 需求的新功能與研發方向。

第一節　3GPP 小型基地台介紹

3GPP 分別在第八版(Rel-8)與第九版(Rel-9)的標準規範中介紹 Home NodeB(HNB)與 Home eNodeB(HeNB)。在這章節中將針對 3GPP 的小型基地台進行網路功能、無線接取與介面、管理與安全等方面做介紹，以幫助讀者了解 LTE 系統架構下的小型基地台系統。

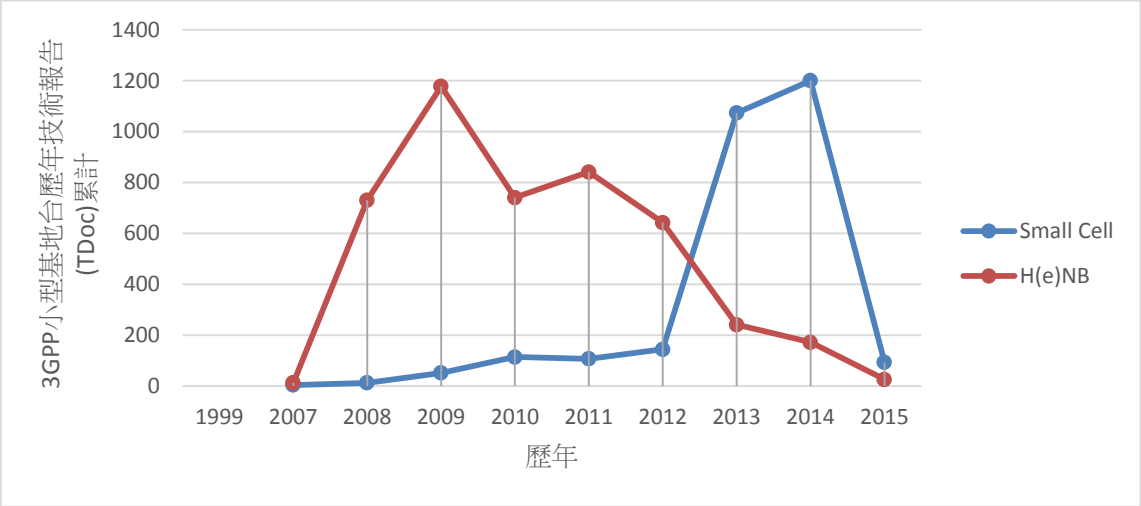


圖 12、小型基地台在 3GPP 發展歷年現況

圖 12 是自 1999 年到 2015 年間，歷年有關 3GPP 小型基地台技術報告(TR)發表篇數統計，從圖 12 可觀察小型基地台歷年發展情況。小型基地台適用於 UMTS/LTE 系統中的小型基地台分別稱為 HNB/HeNB，圖 12 中以紅線表示

H(e)NB 技術報告歷年累計結果。3GPP 的小型基地台最早出現於 2008 年，係 Rel-8 中 UMTS 系統的 HNB，接著為 Rel-9 中 LTE 系統的 HeNB。之後的標準規格或是技術報告是屬於 HNB/HeNB 技術的延伸，但在 2012 年後出現的技術報告逐漸針對下世代通訊情境中的小型基地台技術進行相關研究，為圖 12 中的藍線。本技術報告比對標的是以 3G/4G 的小型基地台標準範圍為主。

一、 Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) 之 HNB

首先，3GPP 的 UMTS 系統中分為核心網路(Core Network、CN)與地面無線接取網路(Terrestrial Radio Access Network、UTRAN)[10], [11]。UMTS 架構中包含分封交換網路(Packet switching、PS)與電路交換式網路(Circuit Switched、CS)，CS 負責大部分的音訊與簡訊服務，PS 負責數據資訊傳遞。UTRAN 架構中可以放入小型基地台 HNB 或稱其為 3G HNB。在圖 13 中，UTRAN 中 HNB 與大型基站(Node B、NB)共同服務終端用戶(UEs)，並分別藉由 lu-h 與 lu 介面與核心網路連結。而在 CN 中與 HNB 有關的核心網路實體(network entities)包含 Security Gateway(SeGW)、HNB Gateway(HNB-GW)與 HNB Management System (HMS)。

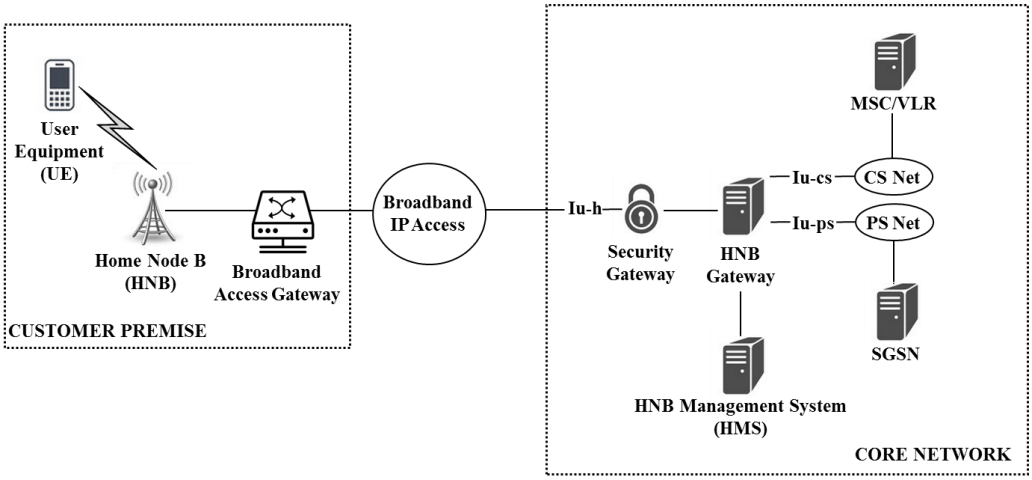


圖 13、3GPP UMTS 系統之小型基地台架構

為達到系統架構的一致性，在 Rel-8 中初期基本 HNB 的建置需求、接取程序與功能服務等標準制定皆基於 UMTS 的基本架構上，因此部分 UMTS 的協定與功能將與 HNB 架構共存或是移至 HNB 中的網路實體實現，表四與表五分別是 3G HNB 在核心網路與 UTRAN 實現的功能[12]。在表四與表五中的所有功能是 HNB 在 Rel-12 中應具備的功能，其中紅色部分是 HNB 在 Rel-8 初期所訂定基本功能。3G HNB 中的簡單的分工是 HNB 小型基地台負責無線接取(radio access)的部分，HNB-GW 負責與核心網路連結的工作。

UMTS 小型基地台關聯無線介面介紹如下[13]:

Uu: 介於 UE 和 HNB 之間的標準 **Uu** 介面。

Iu-CS: 介於 HNB-GW 和電路式交換(Circuit Switching、CS)核心網路之間的標準 Iu-CS 介面。

Iu-PS: 介於 HNB-GW 和封包式交換(Packet Switching、PS)核心網路之間的標準 Iu-PS 介面。

Iuh: 介於 HNB and HNB-GW 之間的介面。在控制層(Control Plane)上，Iuh 使用 HNBAP 協定提供 HNB registration、UE registration 和 error handling 功能。在用戶者層(User Plane)上，Iuh 提供使用者傳輸乘載管理(transport bearer handling)。

UMTS 小型基地台關聯功能實體(function entities)介紹如下

HNB: HNB 在 UTRAN 無線接取網路中與 NB 一起提供室內室外無線通訊服務，藉由 Iuh 介面與核心網路的連結支援，大部分 NB 與

Radio Network Controller (RNC)[1]的協定流程，包含 HNB-GW discovery、HNB authentication、HNB registration、UE registration、Interfeence management 和 UE Access Control/Membership Verification 等。

HNB-GW: HNB-GW 為 HNB 進入核心網路的接口並利用 Iu-PS 或 Iu-CS 介面連結外部網路，因此 HNB-GW 在 UMTS 小型基地台中作為外部與內部網路的數據集中器。相較於 CN 或是其他裝置而言，HNB-GW 被視為 RNC，HNB-GW 負責的功能包含 HNB registration、UE registration、UE Access control、Membership verification、lurh connectivity 等。

SeGW: SeGW 負責 HNB 與核心網路間的網路安全，避免潛在的安全威脅與網路攻擊。SeGW 為邏輯實體(logical entity)可以整合於 HNB-GW 中或是獨立一個網路實體中。

HMS: 提供網路營運商可以控制與管理小型基地台的裝置，包含 HNB-GW discovery、HNB provisioning 和 HNB location verification。

表四、3G H-NB 在 UTRAN 與 CN 功能(一)

Function	**UTRAN**		**CN**
	HNB	**HNB-GW**	

[1] The Radio Network Controller (or RNC) is a governing element in the UMTS radio access network (UTRAN) and is responsible for controlling the Node Bs that are connected to it.

RAB management functions:			
RAB establishment, modification and release	X	X Note 1	X
RAB characteristics mapping I_u transmission bearers	X	X	
RAB characteristics mapping U_u bearers	X		
RAB queuing, pre-emption and priority	X		X
Radio Resource Management functions:			
Radio Resource admission control	X		
Broadcast Information	X	X Note 2	X
Iu link Management functions:			
Iu signalling link management	X	X	X
ATM VC management		X	X
AAL2 establish and release		X	X
AAL5 management		X	X
GTP-U Tunnels management	X	X	X
TCP Management		X	X
Buffer Management	X	X	
Iu U-plane (RNL) Management:			
Iu U-plane frame protocol management			X
Iu U-plane frame protocol initialization	X		
Mobility management functions:			
Location information reporting	X		X
Handover and Relocation			
Inter RNC hard HO, Iur not used or not available	X Note3	X	X

Serving RNS Relocation (intra/inter MSC)	X Note3	X	X
Inter system hard HO (UMTS-GSM)	X Note3	X	X
Inter system Change (UMTS-GSM)	X Note3		X
Paging Triggering	X		X
Paging Optimization		X	
GERAN System Information Retrieval	X		X
Security Functions:			
Data confidentiality			
Radio interface ciphering	X		
Ciphering key management			X
User identity confidentiality	X		X
Data integrity			
Integrity checking	X		
Integrity key management			X
Service and Network Access functions:			
CN Signalling data	X		X
Data Volume Reporting	X		
UE Tracing	X		X
Location reporting	X		X
Positioning	X	X	
Iu Co-ordination functions:			

Paging co-ordination	X		X
NAS Node Selection Function		X	
MOCN Rerouting Function		X	X
SIPTO at the Local Network with Standalone GW	X		X

Note 1: This function could be needed for TNL address translation in the HNB-GW when there is no user plane direct transport connection between HNB and CN

Note 2: HNB-GW is able to perform the filtering of SABP messages i.e. determines from the SAI list to which HNB the SABP message needs to be sent and then distributes the SABP messages to the appropriate HNBs. This is an optional function in HNB-GW.

表五、3G H-NB 在 UTRAN 與 CN 功能(二)

Function	**UTRAN**		**CN**
	HNB	**HNB-GW**	
HNB Registration Note 1			
HNB Registration Function	X	X	
HNB-GW Discovery Function	X		
HNB de-registration Function	X	X	
UE Registration for HNB Note 1			
UE Registration Function for HNB	X	X	
UE de-registration Function for HNB	X	X	
Iuh user-plane Management functions			
Iuh User plane transport bearer handling	X	X	
Functions for multiplexing CS user plane on the Uplink	X	X	
Traffic Offload Functions			

LIPA	X		X
SIPTO at the Local Network with Collocated L-GW	X		X
Enhanced Interference Management			
Mitigation of Interference from HNB to Macro	X		
UE Access Control / Membership Verification			
IDLE mode	X[Note2]	X	X
Connected mode (inbound relocation to HNB cells)		X	X
CSG ID validation	X	X	
CSG Subscription Expiry	X	X	X
Iurh Connectivity Functions			
Iurh Establishment	X	X[Note 3]	
Exchange of Iurh Connectivity data for neighbour HNBs	X	X	
Fixed Broadband Access network Interworking			
CS sessions	X	X	X
PS sessions	X		X

Note 1: Protocol support for this group of functions is provided by the HNB Application Protocol.

Note 2: Access control or membership verification at the HNB are optional.

Note 3: If the HNB-GW is involved in Iurh Establishment for Iurh connectivity option 2, it acts only as pure relay for this signalling.

表六、相關 HNB 標準規格:

TS 22	.220	Service requirements for Home Node B (HNB) and Home eNode B (HeNB)
TR 23	.830	Architecture aspects of Home Node B (HNB) / Home enhanced Node B (HeNB)
	.832	IP Multimedia Subsystem (IMS) aspects of architecture for Home Node B (HNB); Stage 2
TS 25	.367	Mobility procedures for Home Node B (HNB); Overall description; Stage 2
	.467	UTRAN architecture for 3G Home Node B (HNB); Stage 2
	.469	UTRAN Iuh interface Home Node B (HNB) Application Part (HNBAP) signalling
	.423	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); X2 Application Protocol (X2AP)

二、 Long Term Evolution (LTE)之 HeNB

3GPP 的長期演進技術(Long Term Evolution、LTE)採用 IP 為主的資訊傳遞協定，延續 GPRS/UMTS 中的分封交換網路(Packet Switching、PS)取代電路交換式網路(Circuit Switched、PS)。圖 14 以標準版本的進展為時間軸，呈現各版本通訊標準的架構，架構演化趨勢朝向”flat”架構，也就是平扁式的架構減少多餘節點以增加訊務處理效率與降低佈建成本。Rel 8/10/11/12 演進式 LTE 封包系統(Evolved Packet System、EPS)將架構分成控制層(control plane)與用戶層(user plane)或資料層(data plane)由各裝置專責處理，這樣的架構概念主要是實現 LTE 的「長期演進」理念，LTE 持續演進的過程中新的功能或技術能較容易相融合於既有 LTE 的系統架構並有助於 LTE 系統的優化。因此，LTE 的優勢是增加資料量、降低延遲，提升不同系統間的相容性，例如歷代 3GPP 系統如(GERAN 或 UTRAN)與非 3GPP 系列的 Wi-Fi 或 CDMA2000。

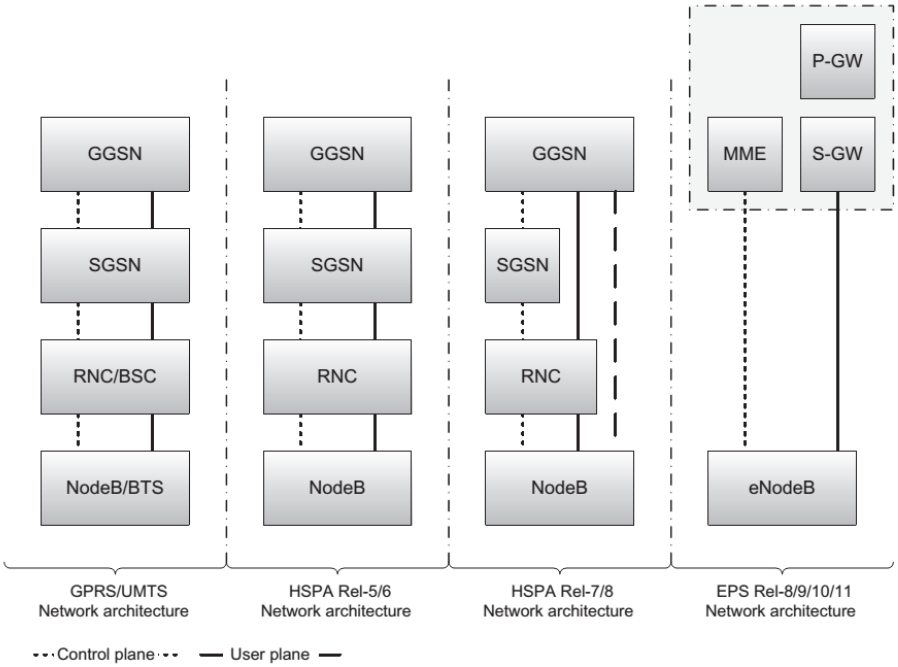


圖 14、3GPP 各世代系統架構[14]

3GPP 的 EPS 架構包含演進封包數據核心網(Evolved Packet Core Networks、EPC)與演進地面無線接取網路(E-UTRAN)。EPC 包含移動管理實體(Mobility Management Entity、MME)、Packet data network GateWay (P-GW)、Serving GateWay(S-GW)。E-UTRAN 包含 eNB 與終端用戶。

MME: MME 是 LTE 系統架構中最重要的核心實體，其整合 RNC 與 NB/Base Transceiver Station(BTS)控制層的行動管理功能並確保 4G 系統與 2G/3G 世代系統相融。當 MME 接收到終端用戶提出的接取網路服務要求時，MME 會啟動一連串的安全認證，例如 mutual authendication 與 Non Access Stratum (NAS)安全設定，以確保網路安全;當通過安全認證後，MME 會註冊合法使用的用戶並向 HSS(Home Subscriber Server)要求相關用戶的註冊資料，MME 可以藉由上述資料決定提供何種服務給用戶，例如選擇 P-GW 與 S-GW 和建立 EPS(Evolved Packet System)承載。其他的 MME 功能列於在 3GPP TS 36.300 中[15]，如下

- Inter CN node signalling for mobility between 3GPP access networks;
- Idle mode UE Reachability (including control and execution of paging retransmission);
- MME selection for handovers with MME change;
- SGSN selection for handovers to 2G or 3G 3GPP access networks;
- Bearer management functions including dedicated bearer establishment;
- Support for PWS (which includes ETWS and CMAS) message transmission;

S-GW S-GW 可以視為核心網路與 E-UTRAN 間的設備，主要負責用戶層資料傳遞工作(routing 和 forwarding)。S-GW 提供用戶在 eNBs

間的交遞，又稱為 local mobility anchor。S-GW 如錨一般藉由 S1-U 介面與 eNBs 聯繫，執行用戶在 E-UTRAN 中各 eNB 的交遞。同時，S-GW 也可以藉由 S4 介面將 2G/3G 訊務移至 2G/3G 系統中傳遞，提供其他系統間的交遞與訊務傳遞，達到不同系統相容的目的。S-GW 也可作為當終端用戶處於休眠狀態(idle mode)時的下行資料暫時儲存的緩衝器(buffer)。其他相關 S-GW 功能也包含如下[15]

- Lawful Interception;
- Transport level packet marking in the uplink and the downlink;
- Accounting on user and QCI granularity for inter-operator charging;
- UL and DL charging per UE, PDN, and QCI.

P-GW　　P-GW 可以視為 LTE 網路與外界網路(如 Internet)連結(SGi 介面)的出口。為了讓終端用戶連接到外界網路，當用戶要求連接網路時，P-GW 會分配一個以上的 Packet Data Network (PDN) address 給終端用戶，因為終端用戶一般會需要連接多個不同外界網路，即一個 PDN address 是一個外界網路、兩個 PDN address 是兩個不同外界網路，以此類推。其他相關 P-GW 功能也包含如下[15]

- Per-user based packet filtering (by e.g. deep packet inspection);
- Lawful Interception;
- UE IP address allocation;
- Transport level packet marking in the uplink and the downlink;
- UL and DL service level charging, gating and rate enforcement;
- DL rate enforcement based on APN-AMBR;

除了這些網路實體外，核心網路也包含其他實體例如付費管理機制(Policy and Charging Rules Function，PCRF) 負責 Quality-of-Service (QoS)操作和 charging。而 Home Subscriber Service(HSS) 是用戶註冊資料的資料庫。

在可塑性高的 LTE 架構中加入小型基地台可以增加 LTE 網路的完整性，以下將介紹 LTE 的小型基地台功能與架構。小型基地台的發展有其重要性，補足以大型基地台為主要佈建的無線通訊系統缺點。根據[15]中提到小型基地台的使用情境，小型基地台最主要滿足室內用戶的需求例如小型基地台可以做為家庭多媒體伺服器，並連接多種家用電子產品如影音播放器、音響、電視、印表機等；在小型基地台的覆蓋下擁有權限的用戶(closed access 模式)可以享受高傳輸率與低延遲的影音服務，實現智慧住宅或智慧家電的願景。

同時，小型基地台可限制用戶使用權限以提供不同網路服務(例如漫遊與交遞功能)。對於企業而言，可以建立新的商業模式，藉由小型基地台對於用戶權限的限制，可以提供不同用戶產品訊息提高廣告效益或是增加企業網路安全。由於小型基地台布建成本較低，對於營運商而言可以減少為了改善大型基地台覆蓋率不足的地方如住家、商場、捷運等或是大型基地台訊號較弱區域如山區、海邊、人潮壅擠的場所所增加的營運與維護成本。同時，小型基地台可以分擔部分訊務壓力，改善當訊務突然增加時，大型基地台負載過多與訊務壅塞的問題。

Local IP Access(LIPA)見圖 15 與 Selected IP Traffic Offload(SIPTO)見圖 16 便是實現資料分流減輕核心網路壓力[16], [17]。簡單而言，在網際網路(IP 網路)架構中，具有連網功能的終端用戶在 LIPA 的技術幫助下，終端用戶的 IP 資料從小型基地台分流且不經過營運商的核心網路直接導入區域 IP 網路，但控制訊號仍會進入營運商的核心網路，如此一來既能減少資料傳遞時延，也能減少核心網路

的負荷。終端用戶的資訊流在 HeNB 的幫助下不經由營運商的核心網路選擇最佳路線縮短資料傳輸路徑，同時也能降低延遲。

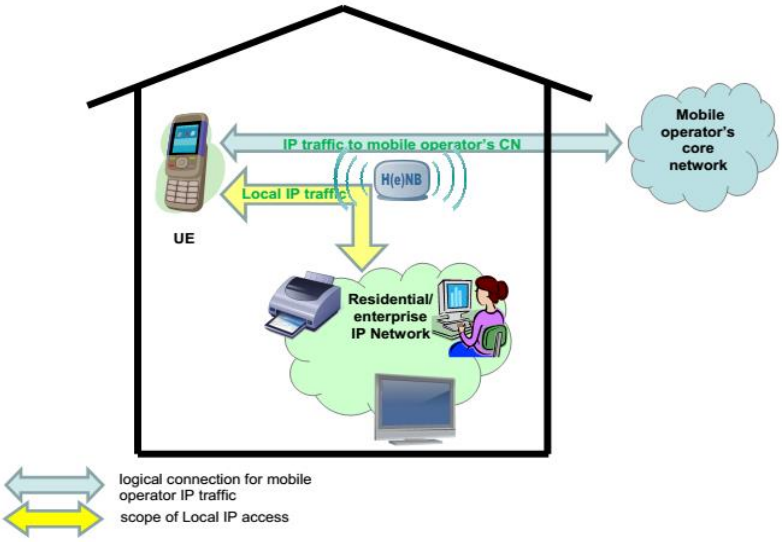


圖 15、利用 HeNB 實現 LIPA 流量卸載[15]

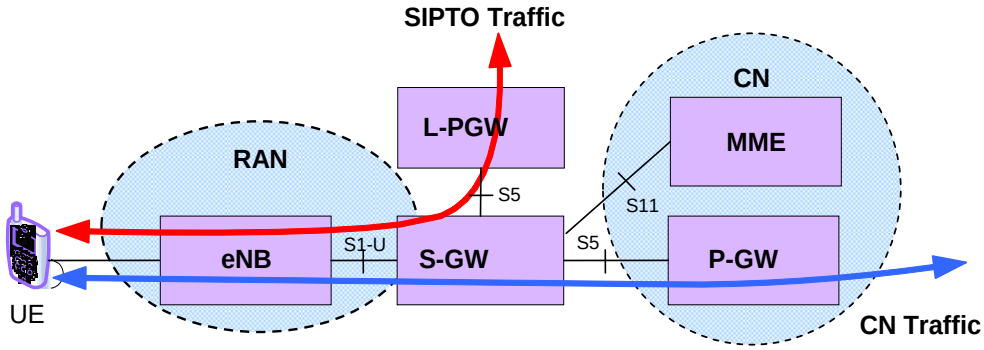


圖 16、利用 HeNB 上的本地閘道器實現選擇 IP 流量卸載[16]

既有標準規格中依據小型基地台需求做修正的標準規格包含以下:

TS 22.011　Service accessibility

TS 25.104　Base Station (BS) radio transmission and reception (FDD)

TS 25.141　Base Station (BS) conformance testing (FDD)

TS 36.300 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2

TS 36.413 Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP)

TS 23.060 General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2

TS 23.401 General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access

專屬於小型基地台(H(e)NB)的標準包含以下，

TS 22.220 Service requirements for Home Node B (HNB) and Home eNode B (HeNB)

TS 23.232 IMS aspects of architecture for Home Node B (HNB)

TR 23.830 Architecture aspects of Home Node B (HNB) / Home enhanced Node B (HeNB)

TS 25.367 Mobility procedures for Home Node B (HNB); Overall description; Stage 2

TS 25.467 UTRAN architecture for 3G Home Node B (HNB); Stage 2

TS 25.468 UTRAN Iuh Interface RANAP User Adaption (RUA) signalling

TS 25.469 UTRAN Iuh interface Home Node B (HNB) Application Part (HNBAP) signalling

TR 25.820 3G Home Node B (HNB) study item Technical Report

TR 25.967 Home Node B (HNB) Radio Frequency (RF) requirements (FDD)

TS 32.581 Telecommunication management; Home Node B (HNB) Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P); Concepts

and requirements for Type 1 interface HNB to HNB Management System (HMS)

TS 32.582 Telecommunication management; Home Node B (HNB) Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P); Information model for Type 1 interface HNB to HNB Management System (HMS)

TS 32.583 Telecommunication management; Home Node B (HNB) Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P); Procedure flows for Type 1 interface HNB to HNB Management System (HMS)

TS 32.584 Telecommunication management; Home Node B (HNB) Operations, Administration, Maintenance and Provisioning (OAM&P); XML definitions for Type 1 interface HNB to HNB Management System (HMS)

在 LTE 系統的小型基地台的小型基地台稱為 HeNB，雖然在 HeNB 中包含 ”Home”，但不表示限制其用於家庭，HeNB 也可以用於戶外、大型建築物中，因此，Home 這個名稱或許更適合用於區別與大型基地台之間的不同。見圖 17。

因應以上的服務需求，小型基地台 HeNB 須具備接取終端用戶的能力，依據營運商對用戶接取設定，判斷用戶接取身分(open、hybrid、closed)決定是否提供服務，在這過程中也需隨時更新用戶名單；HeNB 也應具備 OAM (Operation, Administration, and Maintenance)功能例如讓營運商可遠端設定，軟體更新、回報錯誤與關閉等。

參考圖 17，E-UTRAN 網路架構中，HeNB Gateway(HeNB-GW)是一選配裝

置(optional)，架設於 HeNB 與核心網路(MME/S-GW)之間，HeNW-GW 如 HNW-GW 為 HeNB 進入核心網路的接口設備，即 LTE 小型基地台的外部與內部網路數據集中器。對於核心網路而言，HeNB-GW 如 HNW-GW 被視為 MME。更多的 HeNB GW 功能定義於[15]。在 LTE 架構中 HeNB-GW 的布建未必是必需的，布建情境解釋如下。

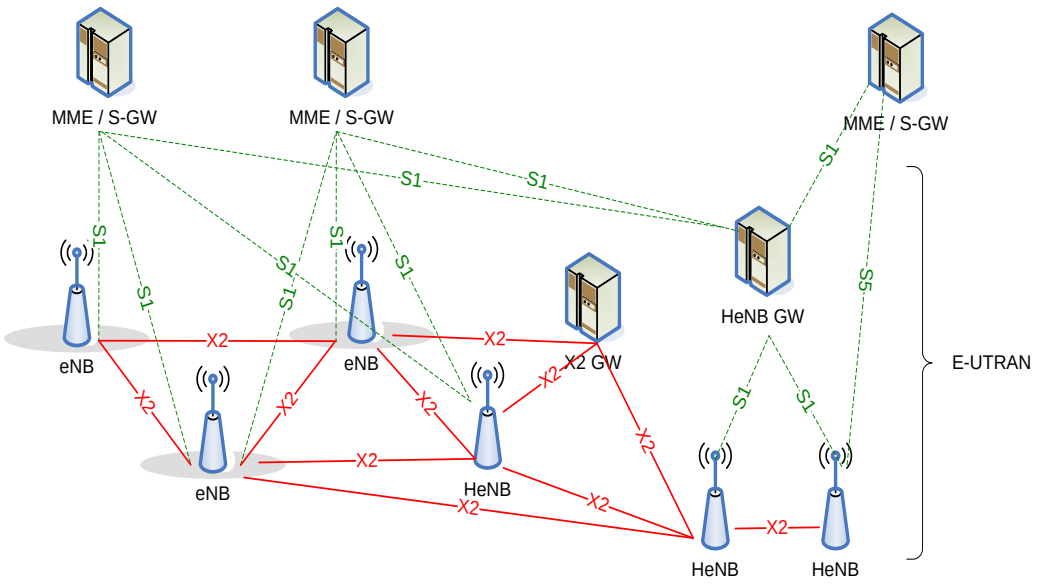


圖 17、3GPP 融合於 LTE 系統之小型基地台架構[18]

S1 介面作為多項網路設備之間的連接介面，例如為 HeNB-GW 與 HeNB、HeNB 與核心網路、eNB-GW 與核心網路，S1 的功能與定義仍不變，見圖 18 與圖 19。接下來將討論此架構的優勢。

HeNB-GW 可連接多個 HeNBs，但每個 HeNB 只能連接一個 HeNB-GW 與 MME，即不具有所謂的 S1-Flex 功能(允許一個 eNB 連接多個 MME/S-GW)，如此的限制可以減少過多 S1 介面連接產生過多訊息交換的負載。布建 HeNB-GW 的好處是容易整合於既有的 LTE 架構，無須大規模的改變既有的功能或是設備

便可以實現小型基地台，且營運商在布建小型基地台時，只需要一個 HeNB-GW 便可以連接數個 HeNBs，裝置布建相當簡單(參考圖 20)。

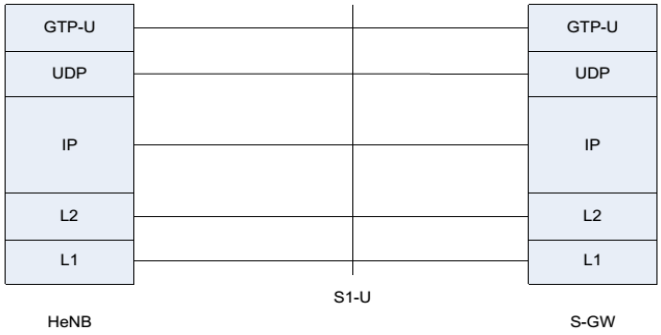


圖 18、HeNB 與 S-GW 間用戶層協定[18]

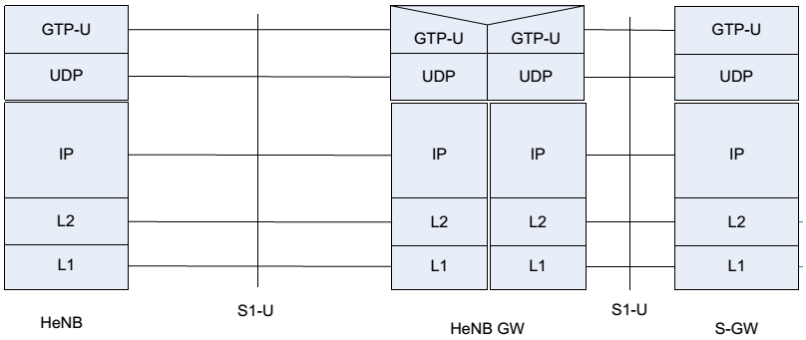


圖 19、HeNB 與 S-GW 之間包含 HeNB GW 的用戶層協定[15]

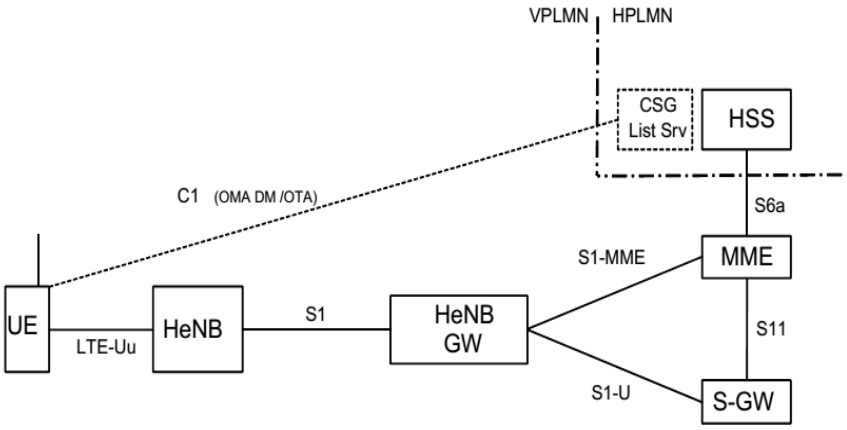


圖 20、LTE 小型基地台包含 HeNB GW[13]

HeNB-GW 做為核心網路與 HeNB 間的緩衝有許多好處，例如增加網路安全，HeNB-GW 可以保護核心網路，類似防火牆監測與過濾訊息功能；或是實現裝置間切換的優化，裝置間進行資料傳遞之前都必須完成一連串安全認證的工作，HeNB-GW 處理小型基地台間切換訊息(例如登入認證)達成減少核心網路訊息交換的次數；除此之外，HeNB-GW 也可以達成小型基地台系統優化效果，處理 HeNB 故障訊息或是當支援上述的 SIPTO/LIPA 功能時，IP 訊務的選擇或是分流可以藉由 HeNB 完成，並同時減少裝置間切換的時間與核心網路的負載。

從邏輯結構來觀察小型基地台架構(參考圖 21)的優勢，S1 介面分為 S1-U 與 S1-MME，分別是負責用戶層傳遞資料與管理層傳遞控制訊號。HeNB-GW 連接 S1 的管理層(S1-MME)而 HeNB 的資料直接連接到核心網路中(S-GW)。訊息分層處理可以簡化布建程序與優化資源分配，如上所述，在核心網路端減少 MME 的管理負載，S1-U 不經由 HeNB GW，故可降低資料傳遞的延遲。

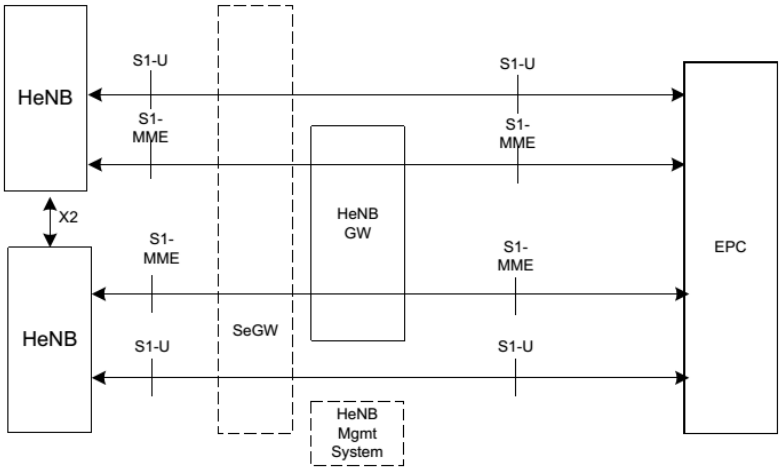


圖 21、E-UTRAN 小型基地台邏輯結構[18]

小型基地台(HeNB)架構也可以不需要 HeNB-GW(見圖 21 架構)，利用 S1 介面直接與核心網路(MME/S-GW)連接，好處是隨插即用無需購買(HeNB-GW)或改

變其他裝置。HeNB 可以實現上述的 S1-Flex 功能，一個 HeNB 可以連接多個 MME/S-GW。此架構適用於小規模 HeNBs 數量的應用，因為增加 HeNBs 便可能需要增加 MME/S-GW 改變既有網路架構；另外，過多的 HeNBs 開關(on/off)會產生大量控制訊號(SCTP)的連結與釋放，增加 MME 的負荷，同時過多的 HeNB 也會產生大量的資料傳遞會增加用戶與 S-GW 間的 GTP-U 與 UDP 訊息操作，導致 S-GW 的負荷。因此，不需經過 HeNB-GW 方式架設小型基地台只適用於在小規模與分散的 HeNBs 應用。

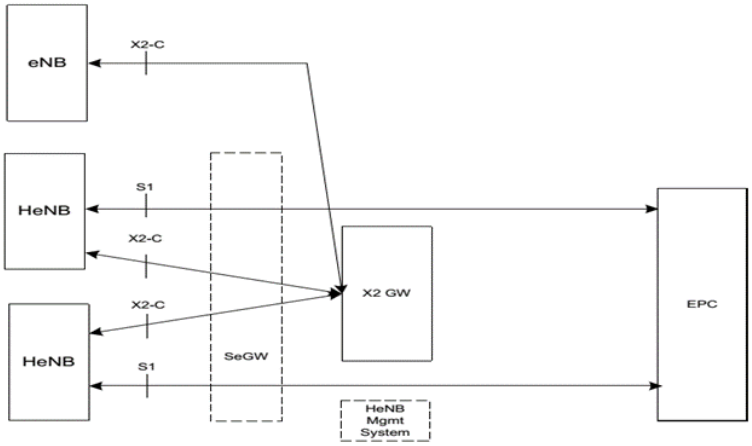


圖 22、LTE 小型基地台使用 X2 GW[18]

X2 介面是 eNodeBs 之間互相連接溝通的管道，E-UTRAN 網路中的每個 eNodeB 節點與相鄰 eNodeBs 藉由 X2 介面傳遞網路連結相關訊息，X2 傳輸介面的控制層與用戶層分別採用 SCTP 通訊協定與 GTP-U 通訊協定，控制層協定傳遞 X2AP (X2 Application Protocol)訊息，而這些訊息主要包含 Handover relative Information, load 或 interference relative information 參考 TS36.420 第 6.4 節。

在 LTE 的小型基地台架構中，見圖 17，HeNBs 間的連接仍藉由 X2 介面，也可以新加入 X2 GW。這樣的設計的好處是保留其向後兼容的能力。X2 GW 如 HeNB-GW 一樣是選配裝置，其主要的架構請參考圖 23 取自於 TS 36.300 v12.5.0，

在此版本只說明控制層的應用，未包含用戶層(X2-U)。使用的限制包含每一個 HeNB 只連接一個 X2 GW，設定於一個固定 X2 GW IP 位址。當 HeNB 註冊於指定的 X2 GW 中，X2 GW 將持續更新 Global eNB ID 的 TNL(Transport Network Layer)位址，因此方便 HeNB 要求連接到指定目標基地台。X2 GW 不限制可以連接多少 HeNBs 與 eNBs，但是只提供裝置間的訊息傳遞（如 X2 AP）。如 X2 GW 發現要求連接的終端裝置不存在，X2 GW 可以決定中止連接。

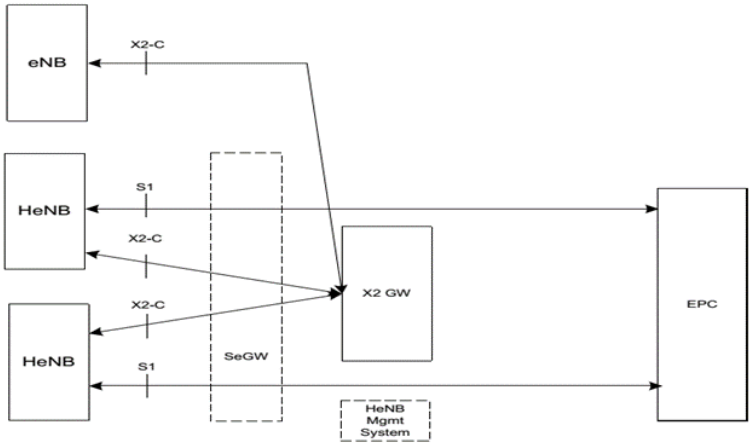


圖 23、LTE 小型基地台使用 X2 GW[18]

(一) 小型基地台接取協定

以下將介紹 LTE 系統包含小型基地台註冊 UE 的程序，可以讓讀者更了解每一個 LTE 小型基地台相關的網路實體的功能與運作，同時也發現在多種標準規範中無線通訊接取的協定是最核心的議題。3GPP 技術規格中包含接取協定的標準為 TS36.401[20]、TS36.413[21]、TS36.331[22]、TS22.220[15]、TS23.060[23]、TS24.301[24]、TS25.467[12]、TS25.367[25]、TS25.469[26]、TS29.272[27]。此章節所提到專有名可以參考 TR21.905[28]內解釋。由上述介紹的演進式 LTE 封包系統的架構特點便是將控制層(control plane)與用戶層(user plane)分開，因此，在接取的過程順序會先建立控制層，再來是用戶層。

圖 24 的 LTE 的用戶註冊程序未包含 H(e)NB GW，大概分成五個程序，前四個程序是屬於控制層的協定，依序完成控制層的每一個協定後，才開始建立用戶層或是資料層協定並傳遞訊務。而每個程序都與 LTE 協定有關，如圖 25。圖 25 是 LTE 控制層無線存取通訊協定的示意圖，細分為三層通訊協定技術，分別為第三層的 Non-Access Stratum(NAS)、Radio Resource Control (RRC)，第二層的 Packet Data Convergence Protocol (PDCP)、Radio Link Control(RLC)、Medium Access Control(MAC)與第一層的 Physical Layer (PHY)。

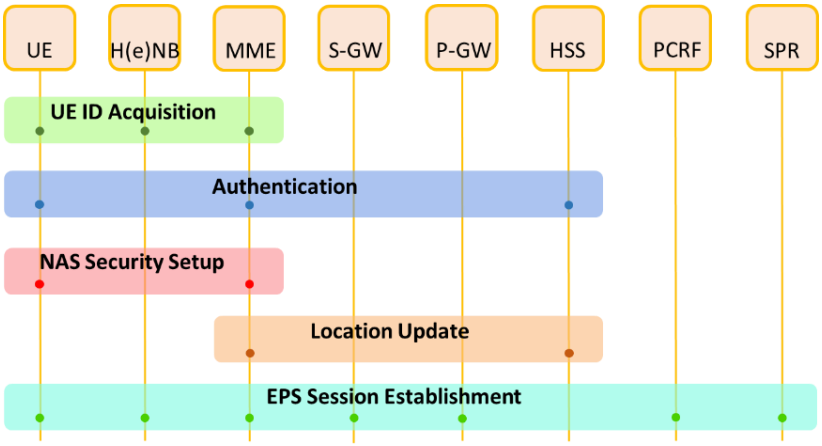


圖 24、LTE 用戶註冊程序協定[19]

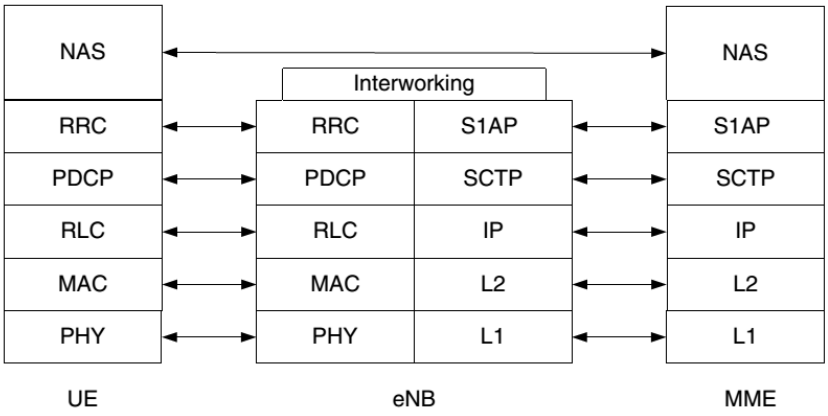


圖 25、LTE 控制層協定

以下將簡單介紹每一程序的功能，其中 UE ID Acquisition 與 EPS session Establishment 是必定會執行，而 Authentication, NAS Security Setup, Location Update 是依據用戶在要求接取時所提供的註冊訊息而定，而這個五個程序的簡單說明如下[29]:

- UE ID Acquisition: 用戶在給 MME 的接取要求(attach request)會提供用戶 ID 如 IMSI[2]或是 GUTI[3]，做為 MME 執行用戶的身分識別與認證的依據。
- Authentication: LTE 藉由 EPS AKA (Authentication and Key Agreement) 執行用戶與 MME 間的互相認證程序(mutual authentication)，用以決定是否是可授權用戶。
- NAS Security Setup: 為了確保終端用戶與 MME 間 NAS 控訊號的安全性，NAS Security Setup 執行 NAS 控制訊號的完整性保護(Integrity Protection)/完整性驗證(Integrity Verification)及加密(Ciphering)/解密(Deciphering)。
- Location Update: 為了解該提供何種服務給終端用戶，MME 會向 HSS 告知，終端用戶完成認證與註冊，並下載此用戶的相關資訊如 P-GW ID, APN[4], QoS 等。
- EPS session Establishment: EPS 承載(EPS Bearer)建立。

在這五個接取程序當中，將會討論與 CSG 機制有關的小型基地接取協定。

---

[2] International Mobile Subscriber Identity

[3] Globally Unique Temporary Identifier

[4] Access Point Name

TS 22.220[15]中，對於電信商在架設與設定具有 CSG 機制小型基地台(H(e)NB)的規範要求包含，在一個 PLMN[5]中，屬於同一個 CSG 群組的所有 H(e)NB 使用相同唯一 CSG ID[6]；在同一個 PLMN 中，可以同時支援至少 125 milliom CSG IDs；電信商可授權 H(e)NB 給用戶使用與修改 H(e)NB 設定；電信商可識別 H(e)NB 的身分與地理位置，以上如果 H(e)NB 的架設造成其它系統的干擾，根據各區域的電信法規可停止 H(e)NB 的運作。

至於 CSG 用戶的使用權限管理，營運商(TS22.220[15]稱為 CSG manager)可以增加或移除其相關的 CSG 用戶；當 CSG 用戶的狀態被改變時，應通知 CSG 用戶；對於臨時 CSG 用戶(temporary CSG users)的管理，電信業者可以給予有時間限制的使用權限；此時間設定是由電信業者決定，時間長短可以是小時或是天為單位，甚至可以是無限期使用；當使用時間屆滿或是權限被移除，臨時 CSG 用戶將不具有使用權限，除了是緊急呼叫(emergency calls)。

每一個用戶包含可以接取的 CSG 清單分別為 allowed CSG list[7]與 operator CSG list[8]，兩個清單皆存於用戶的 USIM[9]中(參考附錄 2)，差別在於可修改的權限不同。根據 TS22.220[15]標準規格，allowed CSG list 皆可以由用戶與營運商修改，operator CSG list 只允許由營運商修改。兩個清單的修改應互為獨立，即修

---

[5] Public land mobile network

[6] A CSG ID is a unique identifier within the scope of PLMN defined in TS 23.003 which identifies a Closed Subscriber Group (CSG) in the PLMN associated with a CSG cell or group of CSG cells. (TS 23.401)

[7] A list stored in the UE, under both user and operator control, containing the CSG identities and associated PLMN identities of the CSGs to which the subscriber belongs.

[8] A list stored in the UE, under exclusive operator control, containing the CSG identities and associated PLMN identities of the CSGs to which the subscriber belongs

[9] UMTS Subscriber Identity Module

改任何一個清單不會造成另一個清單改變。終端用戶可以藉由手動選擇(manual Selection)更新 allowed CSG list，細節可參考 TS 22.220[12] 第 5.54 節 Manual CSG Selection。至於核心網路中，如圖 26，CSG 相關註冊資料存在於 MME，HSS 與 CSG Subscriber Server (CSS)(參考附錄 2)。

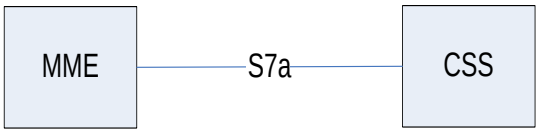


圖 26、CSS 連接於 MME S7a

終端用戶向 CSG 小型基地台要求註冊 CSG 服務的接取過程，用戶必須了解周遭有哪些基地台可以連接，經過 PLMN selection 與 cell search 過程後，用戶選定基地台，並開始傳送接取要求訊息。

為了 MME 能接收到用戶的接取要求與註冊資訊，第一步的 UE ID Acquisition 程序由終端用戶傳送初始 NAS 訊息(此訊息為接取要求)[10]開始。NAS 訊息屬於第三層協定，因此必須建立三個網路實體(UE, H(e)NB, MME)的通道建立，即建立 ECM[11] connection，這樣 NAS 訊息才能順利傳送到 MME。如圖 25 中 ECM connection 的建立依序是 UE 與 H(e)NB 間的 RRC connection 以及 H(e)NB 與 MME 間的 S1AP Connection。其程序與包含的訊息如下:

RRC connection[12]的啟動是用戶向 H(e)NB 傳送 RRCConnectionRequest 開始

---

[10] 傳送 NAS 訊息原因如 Attach Request; Detach REQUEST;TRACKING AREA UPDATE REQUEST;SERVICE REQUEST; and EXTENDED SERVICE REQUEST[24].

[11] EPS Connection Management

[12] 參考 3GPP TS 36.331 E-UTRA),Radio Resource Control (RRC),Protocol specification 的 5.3.3 節 RRC connection establishment。

(即建立 SRB1)，當 RRC connection 完成建立，終端用戶最後會傳送 RRCConnectionSetupComplete 訊息告知 H(e)NB 已完成 RRC 建立，H(e)NB 所接收到的 RRCConnectionSetupComplete 訊號同時也會包含 NAS 訊息。而此時的 NAS 訊息[13]包含以下四種參數 Message Type(如 HNB register,UE Register,UE De-Register,HNB De-Register), UE Identity(如 IMSI), Registration ause(emergency call, normal, UE-relocation), UE Capabilities(CSG capable,Not CSG capable)。這些參數作為下一階段通道建立的重要參考依據。

緊接著，**S1-AP Connection 建立** H(e)NB 與 MME 間控制訊號通道的 S1-MME。根據 TS 36.413[21]，H(e)NB 傳遞 S1 SETUP REQUEST 給 MME 要求建立 S1AP。除了上述用戶 NAS 訊息外，S1 SETUP REQUEST 訊息也包含其它與 H(e)NB 相關參數，請參考附錄 4。在此解釋 S1 SETUP REQUEST 訊息中有關 CSG 重要的參數，CSG-ID 與 H(e)NB Cell Access Mode 皆是屬於可選擇(optional)參數，因此如何判斷何時須提供，可參考如下:

如果 H(e)NB 可提供 CSG 服務且設定於 Closed access 模式時，應該(shall) 提供 CSG-ID 或也可(may)提供 H(e)NB Cell Access Mode；

如果 H(e)NB 可提供 CSG 服務且設定於 Hybrid access 模式時，應該(shall) 提供 CSG-ID 與 H(e)NB Cell Access Mode；

如果 H(e)NB 可提供 CSG 服務且設定於 Open access 模式時，應該(shall)提供提供 H(e)NB Cell Access Mode[26]。

---

[13] 參考 3GPP TS 25.469, UTRAN Iuh interface Home Node B (HNB) Application Part (HNBAP) signalling 的 9.1.8 節 UE REGISTER REQUEST 與附錄 3。

當 MME 接收到用戶的註冊資料後，將核對此用戶的註冊訊息，如果沒有在 CSG 中沒有此用戶註冊資料或是註冊時間已過期，MME 將會拒絕此接取請求。當收到拒絕接取回應的同時，用戶會將此 CSG ID 與其相關 PLMN 資訊從用戶端的 allowed CSG 清單中清除。相反的，如果核對此用戶的註冊訊息成功，MME 將會回覆接受接取訊號。

EPS session Establishment、Authentication、NAS Security Setup 和 Location Update 的細節可以參考 TS 23.401 中 5.3.2 節 Attach procedure。本章節只針對 UE ID Acquisition 中與 CSG 相關的部分作介紹，不過當 MME 核對用戶的註冊訊息中發現沒有會員資料時，便會激發 update location 程序，參考 TS 29.272, 5.2.1.1.1 節或 TS 23.401, 5.3.3.0 節。至於各網路實體更新 CSG 清單的標準規格可以參考 TS 23.401 5.3.9 節 HSS User Profile management function procedure、5.3.12 節 Update CSG Location Procedure 以及 5.3.13 節 CSS subscription data management function procedure。

第二節　小型基地台技術挑戰

雖然小型基地台技術有上述的需多優勢，但是布建小型基地台仍有許多因素必須考慮例如交遞(handover)、訊號干擾管理(interference management)、資源分配(resource allocation)、自我管理網路(SON)、行動性(mobility)、回傳機制(backhaul)與上下傳輸調配等。根據圖 27 Small Cell Forum 為了解全球電信商對於佈建小型基地台的挑戰所做的調查結果。回程傳輸與基地台佈建是最大的困難；其次是 monetization，即營運商擔心在商業策略是否能夠與其他公司有差異性，而產生利潤；對於管理的部分，主要是在小型基地台市場較成熟區域的電信商所擔心的問題，如美國電信商 AT&T 或是 Verizon 在美國市場都是較早提供小型基地台服務的電信商。至於其他重要議題，將持續介紹並說明。

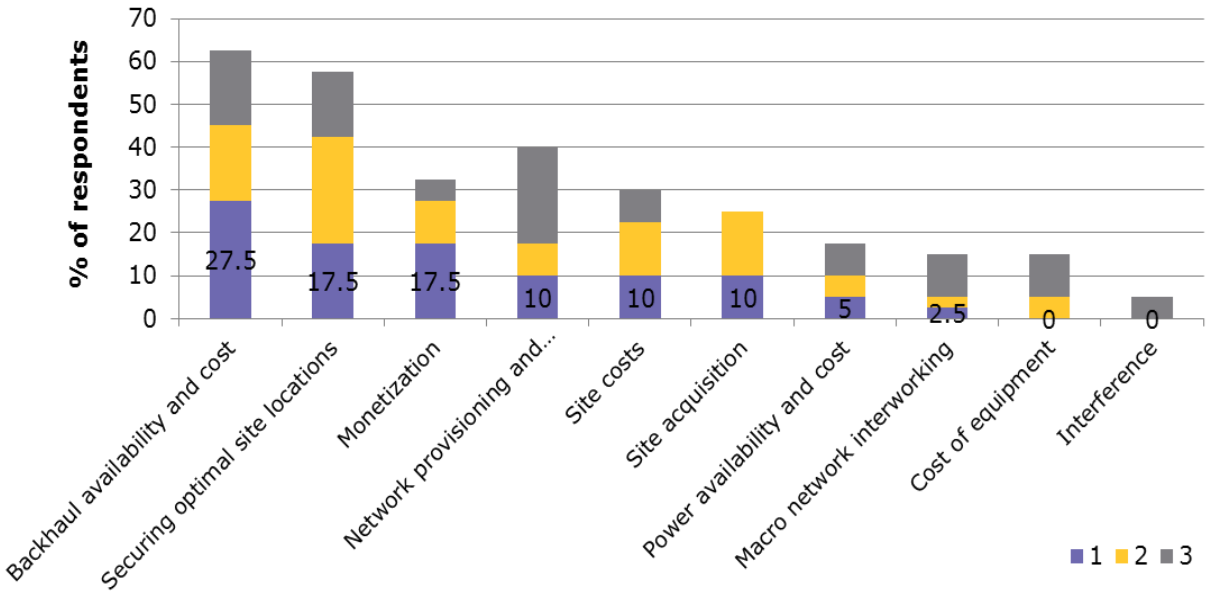


圖 27、全球電信營運商認為佈建小型基地台的挑戰(資料來源:Small Cell ForumMobile World Congress, February 2014，將全球電信商分為三群做訪談)

一、 小型基地台布建模型 (Small Cells Deployment Model)

一般大型基地台所設定的需求是希望提供最大範圍的服務範圍，高輸出功率天線以求達到較好的通話品質。相對的，小型基地台的布建與設定較為彈性，可依照使用者的需求或使用者所在的情境作機動性的改變，也就是提供接取的限制(Open、Close、 Hybrid)。以下將以應用情境介紹這些接取方式並應用條件，圖 28 依照使用情境區分，小型基地台布建情境可大略分為住宅 (Residential Deployment)、企業(Enterprise Deployment)與公共場所(Public area Deployment)。

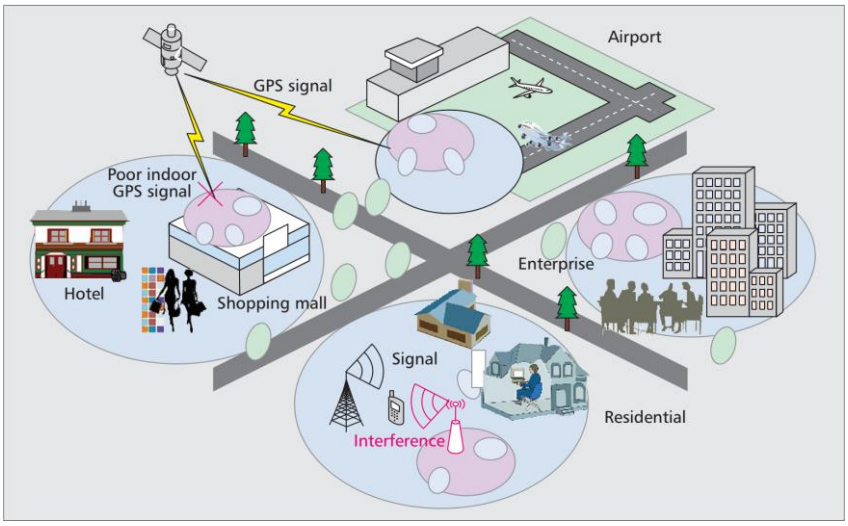


圖 28、小型基地台使用在不同情境[5]

在一般住宅內布建是希望達到較好的室內通訊品質，因此體積較小的 femto-BS 適用，使用者可以自行架設將 femto-BS 連接到家中 DSL 或網路線即可。由於只供家庭成員使用，所以小型基地台的配置以封閉式接取，亦或稱封閉型用戶群組(closed subscriber group，CSG)模式。簡而言之，Femto-BS 封閉式接取服務的範圍只限制在家庭成員中或是特定的其他會員。圖 29 所謂的封閉式接取，只有在服務名單中的使用者才可連接到相關的 femto-BS。如不在名單中，即便在 femto-BS(U_{f2})附近，如 U_{m1} 或 U_{m3}，也無法連接到 U_{f2}。

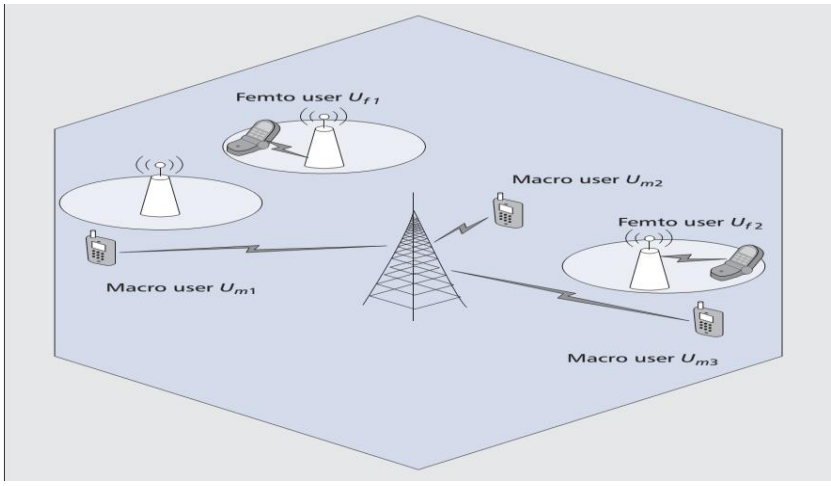


圖 29、封閉式接取(Closed Access Mode)[6]

小型基地台使用在一般企業當中,除了考慮增加資料量,可支援大量使用者,也必須考慮資訊安全。企業無線網路使用者當中可分為員工以及非員工兩者,網路安全防護必須考慮不同身分的使用者權限,企業網路擷取模式可分為 CSG 或是混和模式(Hybrid)。混和模式是當眾多會員要求接取網路時,企業員工有較高的權限接取小型基地台。除此之外,企業也希望在離峰時,小型基地台休眠以達到節能減碳的效果。

在公共場合中例如公園、百貨公司、咖啡店、機場、火車站、演唱會等,其所要覆蓋的範圍較為不一致,使用者數量會因時間,有無活動有所不同,所以可以藉由小型基地台補足訊號較微弱的區域或是突然增加的使用者。在網路接取方式可考慮開放或是混合模式,所謂開放式(圖 30)就是小型基地台所服務的使用者皆有相同的權限,此模式適合資料安全要求低的公共場所。如服務範圍增大時,需要大型基地台配合,再藉由 Pico-BSs 進行分流,提高使用者經驗與降低大型基地台負荷。

英國 Vodafone			
美國 AT&T	家庭用戶 3G MircoCell	最多能容納 4 個 3G 用戶	2009 年 9 月
法國 SFR	家庭用戶 Home 3G	最多能容納 4 個 3G 用戶	2009 年 11 月
日本 Docomo	家庭用戶 My Area	最多能容納 4 個 3G 用戶	2009 年 11 月
中國 中國聯通	家庭用戶 3G Inn	最多能容納 4 個 3G 用戶	2009 年 11 月

葡萄牙 Optimus	家庭用戶 Sinal On	最多能容納 4 個 3G 用戶	2009 年 11 月
營運商	**面向人群及品牌**	**容量**	**商用日期**
新加坡 SingTel	家庭用戶 CallZone	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 1 月
西班牙 Vodafone	企業用戶 Vor y Datos Premium oficina	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 6 月
	家庭用戶 Femtocell service	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 6 月

日本 Soft Bank			
卡達 Vodafone	公共場所用戶 Femtocell service in public areas	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 6 月 宣布推出
日本 KDDI	家庭用戶 Au Femtocell	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 7 月
希臘 Vodafone	家庭用戶 Full Signal	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 7 月
西班牙 Movistar	家庭用戶 Mi cobertura móvil	最多能容納 4 個 3G 用戶	2010 年 8 月

 英國 T-Mobile	企業用戶 Femtocell Services for business customers	2010 年 10 月