

大型基地台天線於場域應用下之效能模擬

Performance Simulation of Macro Base Station Antenna under Suburban Environment

方士豪 鄧榕修 許仁源 許毓佳 楊昌霖
Shih-Hao Fang, Jung-Hsiu Teng, Jen-Yuan Hsu, Yu-Chia Hsu, Chang-Lin Yang

中文摘要

隨著行動裝置(Mobile Device)數量的大幅成長，未來頻寬(Bandwidth)與資料量(Data Rate)的需求將會持續增加，而第四代行動通訊技術標準 (The Fourth Generation of Mobile Phone Mobile Communication Technology Standard; 4G)，如LTE/LTE-Advanced系統，將會成為近幾年內，各家電信營運商(如中華電信、遠傳、台灣大哥大)所使用之主流無線通訊傳輸標準。為了達到高資料傳輸率之需求，基站佈建與基站天線之設計將成為其中之關鍵因素；此論文將會利用類工研院場域環境來討論大型基站(Macro Base Station)天線之設計參數於對於整體無線通訊系統之影響。此外，藉由工研院所開發之大型基站天線軟體模擬平台，並且搭配WINNER II之通道模型，此論文將模擬與分析不同基地台與使用者佈建參數之系統效能。

Abstract

The high requirements of bandwidth and data rate become the trend since the number of mobile devices are growing significantly. Therefore, the fourth generation of mobile phone mobile communication technology standard, such as long term evolution (LTE) or LTE-Advanced (LTE-A), will become the main mobile communication standards in the near future for telecommunication operators, such as Chunghwa Telecom (CHT), Far EasTone Telecommunications (FET), and Taiwan Mobile (TWM). However, to reach the high data rate demand, the deployment of base stations (BSs) and the corresponding antenna design will be the key point. In this paper, we will discuss the impact of system performance by different antenna designs for macro BSs. Additionally, this paper will also show the simulation results with different deployment parameters between BSs and users by using WINNER II channel models and software simulation platform developed by ITRI.

關鍵詞(Key Words)

行動通訊(Mobile Communication)

大型基站(Macro Base Station)

多頻帶天線(Multi-Band Antenna)

多波束天線(Multi-Beam Antenna)

多輸入多輸出系統(Multi-Input Multi-Output Systems ; MIMO Systems)

場域測試(Field Trial)

系統容量(System Capacity)

1 · 前言

由於目前行動裝置(Mobile Devices)大幅成長，因此使用者對於行動通訊之網路頻寬需求將會大幅增加[1]-[7]。台灣目前總共有五家提供4G LTE訊號之電信營運商，分別為中華電信(Chunghwa Telecom; CHT)、遠傳電信(Far EasTone Telecommunications; FET)、台灣大哥大(Taiwan Mobile; TWM)、亞太電信(Asia Pacific Telecom)、台灣之星(Taiwan Star Telecom; T Star)，其中各家廠商擁有不同的LTE頻帶；以台灣的分類代號而言A1~A4是屬於700MHz頻帶、B1~B3屬於900MHz頻段、C1~C5屬於1800MHz頻段、D1~D6屬於2600MHz頻段；台灣4G LTE/LTE-A各電信營運商各使用之頻帶如表1與表2所示，其中C5頻帶是中華電信最早開台的頻段，且2600MHz的頻段(D1~D6)，各家廠商也將陸續開台，其中遠傳所標到的D6 (LTE Band 41)頻段與亞太電信所標到的D5 (LTE Band 38)皆為時分雙工(Time Division Duplex; TDD)的傳輸模式，其他頻帶則為頻分雙工(Frequency Division Duplex; FDD)的傳輸模式。

表 1 台灣4G頻譜使用現況

Operator	LTE Band	DL Frequency	UL Frequency	Bandwidth	台灣頻帶代碼
中華電信	Band 28 (FDD)	940-950	895-905	10MHz	B2
	Band 3 (FDD)	1820-1830	1725-1735	10MHz	C2
	Band 3 (FDD)	1850-1865	1755-1770	15MHz	C5
	Band 7 (FDD)	N/A	N/A	20MHz	D2
	Band 7 (FDD)	N/A	N/A	10MHz	D4
遠傳電信	Band 28 (FDD)	768-778	713-723	10MHz	A2
	Band 3 (FDD)	1830-1840	1735-1745	10MHz	C3
	Band 3 (FDD)	1840-1850	1745-1755	10MHz	C4
	Band 7 (FDD)	N/A	N/A	20MHz	D3
台灣大哥大	Band 41 (TDD)	N/A	-	25MHz	D6
	Band 28 (FDD)	788-803	733-748	15MHz	A4
	Band 3 (FDD)	1805-1820	1710-1725	15MHz	C1
亞太電信	Band 28 (FDD)	758-768	703-713	10MHz	A1
	Band 28 (FDD)	778-788	723-733	10MHz	A3
	Band 8 (FDD)	950-960	905-915	10MHz	B3
	Band 38 (TDD)	N/A	-	25MHz	D5
台灣之星	Band 28 (FDD)	930-940	885-895	10MHz	B1
	Band 7 (FDD)	N/A	N/A	20MHz	D1

表 2 台灣各LTE頻帶與電信營運商整理

頻帶	中華電信	遠傳電信	台灣大哥大	亞太電信	台灣之星
700MHz	X	Band 28 (A2)	Band 28 (A4)	Band 28 (A1/A3)	X
900MHz	Band 8 (B2)	X	X	Band 8 (B3)	Band 8 (B1)
1800MHz	Band 3 (C2/C5)	Band 3 (C3/C4)	Band 3 (C1)	X	X
2600MHz	Band 7 (D2/D4)	Band 7 (D3) Band 41 (D6)	X	Band 38 (D5)	Band 7 (D1)

在LTE的頻段中，700MHz與900MHz等小於1GHz的訊號是屬於低頻訊號(Low Band Signal)，在此頻段的訊號中，其無線電波具有功率傳送增益較大、繞射能力強、覆蓋能力高、訊號較無方向性等特性，故此頻段之訊號即使在室內環境下，使用者收訊也會比較佳，但其最大的缺點在於單一個基站的承載量無法太高；相對的，若訊號大於1GHz，如1800MHz與2600MHz的訊號，其訊號特性具有穿透力強但衰減大之特性，且繞射能力較低頻訊號差，訊號覆蓋能力也較弱，因此在室內環境下，會有多處訊號較差，但高頻訊號其最大的優勢在於可讓基站的承載能力提高，支援更多的LTE使用者。整體而言，低頻頻段有利電信營運商增加覆蓋率(Coverage)，而高頻頻段有利電信營運商增加用戶數。另一方面，訊號頻寬(Bandwidth)則會影響資料的傳輸量，故電信營運商若要提高使用者的資料傳輸率，則必須要支援更高頻寬的訊號才能有效提高資料傳輸率。由於目前各家電信營運所持有的頻段較分散，為了讓使用者能夠同時享受的高頻寬的好處，在3GPP LTE Release 10 (LTE-Advanced)的標準中有提出載波聚合(Carrier Aggregation; CA)的概念來將不同頻段的訊號聚合起來，如此一來使用者端所享受到的資料傳輸率也可隨之提高。

從上述的討論可得知，單一電信營運商通常會擁有多個LTE訊號頻段，但為了符合電信營運商多頻段(Multi-Band)之需求，在基地台建置上，多頻段的大型基站天線設計扮演了很重要的關鍵角色；此論文將會利用類工研院場域環境來討論大型基站(Macro Base Station)天線之設計參數於對於整體無線通訊系統之影響，主要是討論1L2H與2H多頻段天線之系統效能。此外，藉由工研院所開發之大型基站天線軟體模擬平台，並且搭配WINNER II之通道模型，此論文將模擬與分析不同基地台與使用者佈建參數之系統效能影響。本篇論文的摘要如下：首先第2部分會先介紹WINNER II通道模型，並且說明通道模型之特性與支援的環境，而第3部分將會說明工研院所開發之天線效能模擬器。第4部分則是模擬大型基站天線參數於類工研院場域之系統效能。最後第5部分將會總結此論文。

2 · WINNER II通道模型

無線通訊系統中，不同的應用環境會對應至不同的通道模型(Channel Model)，而通道模擬平台可針對不同的應用環境，產生相對應之通道模型與通道參數，進而分析出不同應用環境之系統效能，如系統容量(System Capacity)，其中主要影響系統容量的因素為通道響應(Channel Response)的大小(Magnitude)與相位(Phase)，其中通道模型主要是由三種特性所組成：(a)路徑衰減(Path Loss)、(b)遮蔽效應(Shadowing)、(c)多重路徑(Multipath)，其中路徑衰減與遮蔽效應可稱之為大規模衰減(Large Scale Fading)，而多重路徑可稱之為小規模衰減(Small Scale Fading)；除此之外，基站傳送到使用者端為直射路徑(Light of Sight; LOS)或非直射路徑(Non-Light of Sight; NLOS)也會直接影響使用者端之效能。以室內辦公室環境為例，由於此環境內的辦公室隔板與牆面較多，因此不容易有直射路徑的存在，環境內的使用者大部分都是藉由基站訊號的反射(Reflecting)或繞射(Scattering)而到達使用者端，故受到多重路徑的影響也比較大；相對的，若是考慮室外郊區環境，由於建築物較稀疏，訊號不容易受到建築物反射或繞射的影響，所以使用者能看到直射路徑的機率也大幅提高，反而受到多重路徑的影響較小。因此，為了得到準確的大型基站天線之模擬結果，除了要考慮天線參數的影響之外，適當的通道模型在模擬與分析過程中是必要的，因為通道模型對於無線通訊傳輸系統之效能有顯著的影響，特別是當資料傳輸率(Data Rate)、通道頻寬(Channel Bandwidth)、移動速率(Speed of Mobility)等參數變化時影響更劇烈。

WINNER II通道模型[8]-[11]是目前公認較準確的通道模型之一，主要可產生多點對多點(Multi-Point to Multi-Point)的通道資訊，即代表多個基站與多個使用者的通道資訊，而其中單點對單點(Single-Point to Single-Point)的通道資訊可利用圖1來表示。圖1代表單一基站與單一使用者之通道狀況，圖中的大圓可視為反射物，而對應道通道響應代表會有一個主要的路徑(path)從基站到達使用者端，而每個大圓中皆有20個小圓，代表著有20條子路徑(Subpath)，而此20條子路徑將會組合成一個叢集(Cluster)，代表一主要路徑。WINNER II通道模型可包含許多種不同通道環境，包含室內辦公室環境(Indoor Office)、都會區環境(Urban)、郊

區環境(Suburban)等，而不同的通道環境搭配不同的基站與使用者位置則會產生不同的通道響應。WINNER II通道模型所產生通道資訊之步驟如圖2所示，主要可分成三大步驟；第一步驟主要是根據使用者預先選定的通道環境來產生預先設定好的通道特性，並且產生其相對應之量測資料(Measurement Data)，第二步驟再把這些資料經過後處理後(Post-processing)，將相關參數其相對應之機率密度函數(Probability Density Function; PDF)計算出來，最後步驟三再根據這些參數之PDF去產生相對應的通道矩陣來提供給使用者。

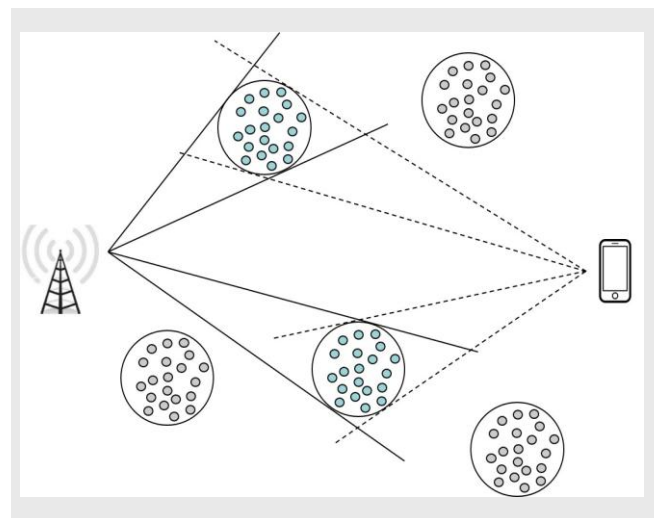


圖 1 單一基站與單一使用者之通道狀況

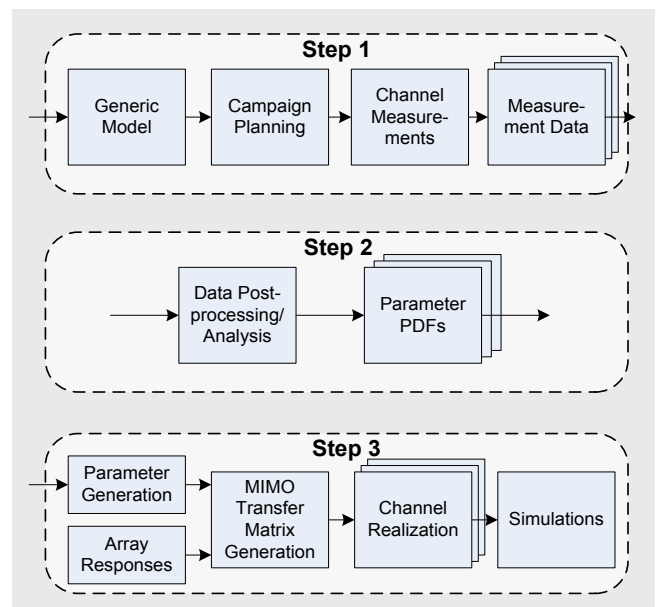


圖 2 WINNER II通道資訊產生步驟

3 · 天線效能模擬器

為了讓天線設計者在設計階段就能得知不同天線場型(Field Pattern)對於整體系統效能之影響[12]-[20]，工研院開發了一天線模擬器，其運作區塊圖如圖3所示。此天線效能模擬器可模擬出不同天線參數(Antenna Parameters)、不同基站數目(BS Number)、不同使用者分佈(User Distribution)、不同系統參數(System Parameters)等變因所對應之系統效能。以多波束天線(Multi-Beam Antenna)為例，天線設計者在天線設計階段無法明確得知系統考量上，到底要設計是2個或3個波束才能符合系統效能，這些都要透過系統效能模擬才能夠得知。此模擬器主要是藉由輸入之系統參數，並且搭配基站與使用者位置，來產生相對應之通道矩陣(Channel Matrix)，之後再藉由此通道資訊計算出最後之系統效能。此處之系統效能主要是利用系統容量(System Capacity [bps/Hz])來表示。以下我們利用此開發之天線效能模擬器來比較900MHz、1800MHz、2400MHz三種中心頻率(Center Frequency)下且搭配全向性天線(Omni Antenna)之系統效能，後續第4部分再考慮基站天線在1L2H與2H設計下之系統效能比較。

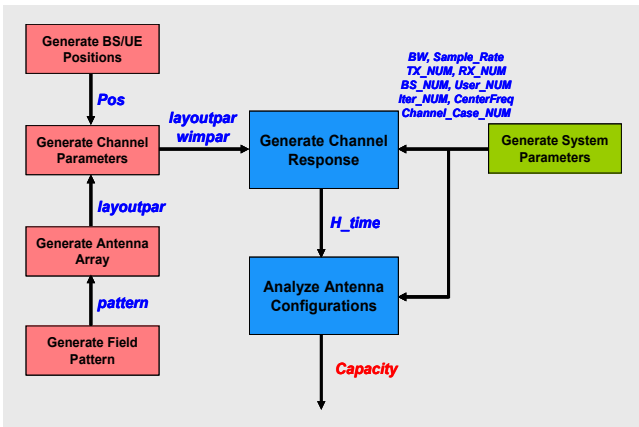


圖 3 基站天線效能模擬器運作區塊圖

接下來我們將利用圖4中之基站與使用者位置分佈圖來計算出不同中心頻率所對應之系統效能，且使用之系統參數如表3所示。圖4中代表1個基站的環境下，且30個使用者分佈於100x100平方米(m²)大小的環境內，且使用之通道模型為都會環境，訊號頻寬為20MHz。圖5~圖7分別呈現了在圖4與表3的系統參數下之前6個使用者所對應之通道響應，其中圖5代表900MHz下之模擬結果，圖6代表1800 MHz下之

模擬結果，圖7代表2400MHz之模擬結果。從圖5~圖7可看出，頻率越低時，其所模擬出之通道響應強度越強；相反的，頻率越高時，其所模擬出之通道響應強度越弱，這是由於頻率低時，訊號穿透性較佳所得到的結果。圖8中比較了三種不同頻率所對應之累積分佈函數(Cumulative Distribution Function, CDF)系統效能，從結果可得知，在相同環境下，900MHz所對應之系統效能會比1800MHz與2400MHz之系統效能來的佳，此結果與通道響應之強度可互相對應。另外圖8中CDF接近1處有平坦處，此部分代表有一群系統效能特別好的使用者出現，因此才會把系統效能拉高，而這一類使用者主要出現在靠近基站的位置，因為這群使用者所對應到的通道資訊是屬於較佳的通道狀況，而其他使用者由於分散在基站周圍，因此通道狀況各有好壞，所對應到的系統效能也會有所不同。

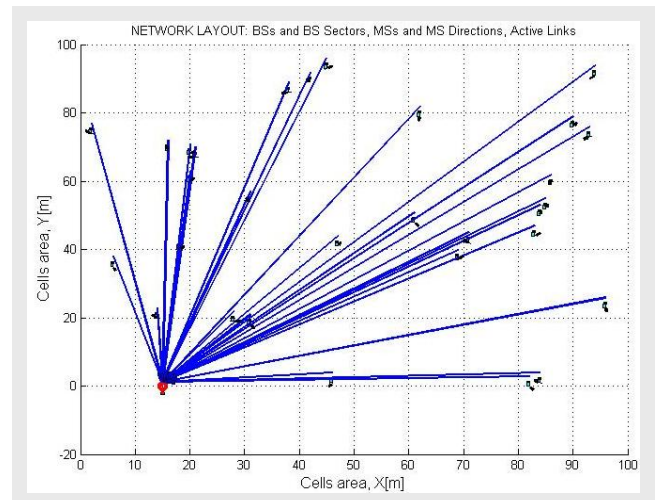


圖 4 單一基站與30個使用者分佈圖

表 3 模擬參數表

Parameters	Value
Channel Model	Urban
Channel Bandwidth	20MHz
Range Size	100m x 100m
BS Antenna Number	2
UE Antenna Number	1
BS Number	1
User Number	30
Iteration Number	10
Center Frequency	900MHz, 1800MHz, 2400MHz

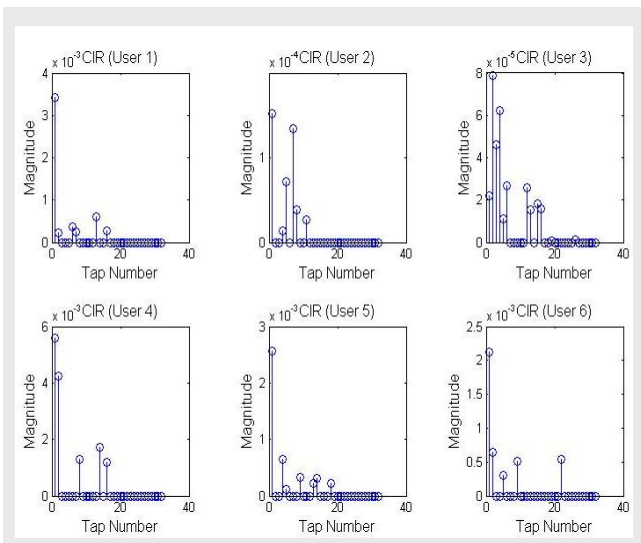


圖 5 900MHz下之使用者之通道響應

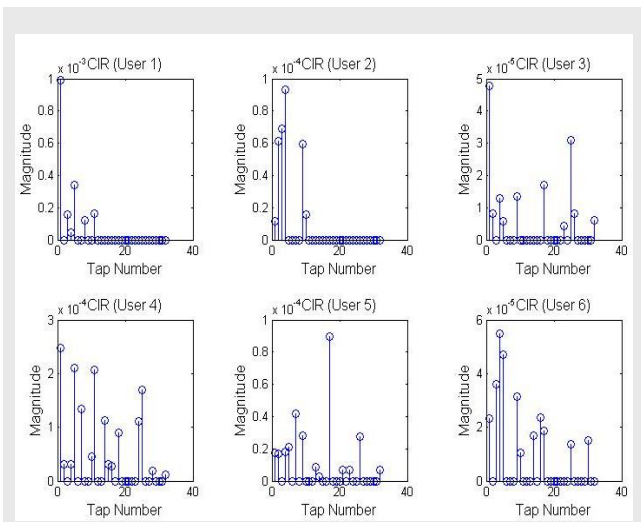


圖 6 1800MHz下之使用者通道響應

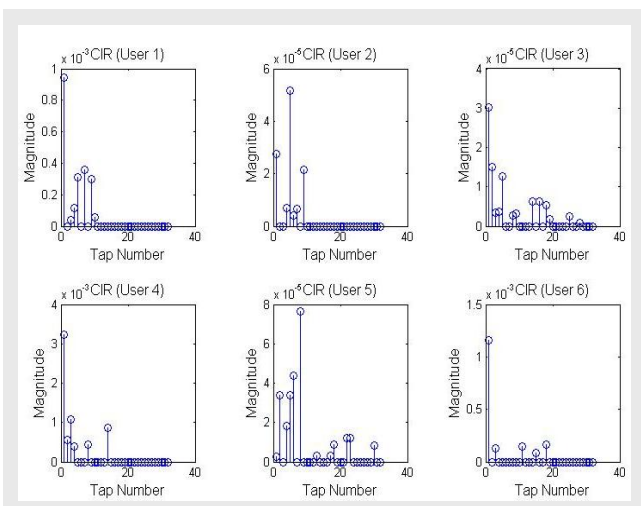


圖 7 2400MHz下之使用者通道響應

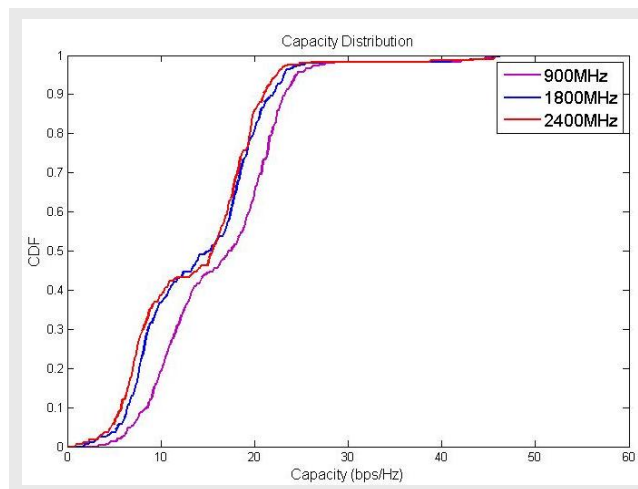


圖 8 不同頻帶之系統效能CDF比較圖

4 · 大型基站天線參數模擬結果

此部分將討論1L2H與2H兩種大型基站天線對於整體系統效能之影響，並且利用第3部分所介紹的天線效能模擬器來做分析。在大型基站天線設計中，若設計1L2H的基站天線代表可支援1個低頻帶(Low Band)且2個高頻帶(High Band)的天線，此種大型基站天線的設計方式可提供客戶較多頻帶的選擇性；但是相對的，在1L2H天線中的2H天線部分，可能會受到1L2H中1L天線的影響，因此1L2H天線其高頻帶部分的效能表現上可能會比單純的2H基站天線設計來的差一些，因此要選擇1L2H天線或2H天線，必須跟需求結合才能論定。以下的天線模擬我們將呈現1L2H與2H的天線模擬結果，並且比較兩者之間在類工研院場域環境下(Suburban環境)之效能之差異。

表 4 1L2H與2H天線系統模擬參數表

Parameters	Value
Channel Model	Suburban
Channel Bandwidth	20MHz
Range Size	100m x 100m
BS Antenna Number (Ports)	1L2H Antenna: 6 2H Antenna: 4
UE Antenna Number	1
BS Number	1
User Number	100
Iteration Number	8
Center Frequency	1L2H: 900MHz, 1805MHz, 2400MHz 2H: 1810MHz, 2400MHz

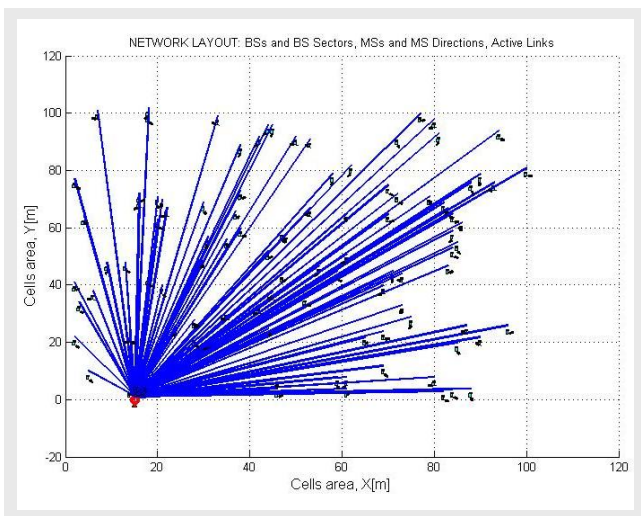


圖 9 單一基站與100個使用者之分布圖

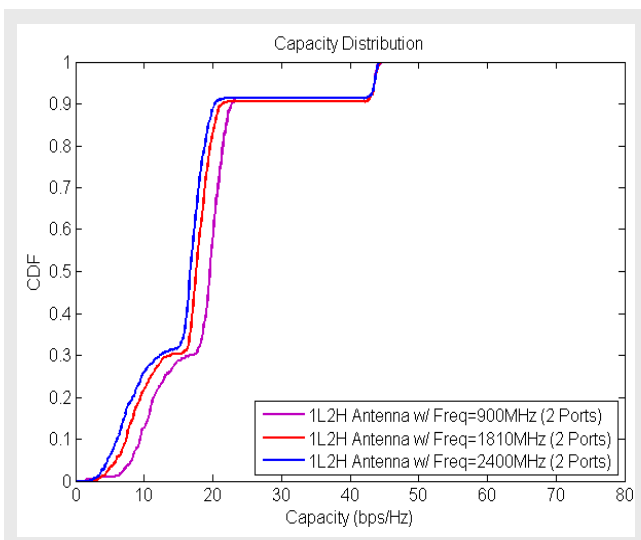


圖 10 1L2H天線系統效能模擬圖

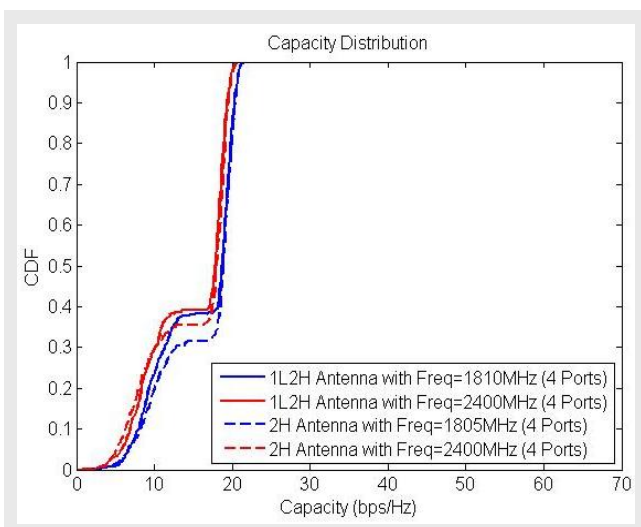


圖 11 1L2H與2H天線系統效能模擬比較圖

表4中列出了1L2H與2H天線之系統模擬參數，而其基站與使用者的分佈狀況如圖9所示。圖10中顯示了1L2H天線在不同頻率下所模擬出的系統效能。由於1L2H的天線中包含左右各一個2-port 1H高頻天線與一個2-port 1L天線，此處的模擬是利用左側2-port 1H模擬1800MHz頻率，且右側2-port 1H模擬2400MHz天線之模擬結果；此外1L天線的部分是模擬900MHz的情況。從圖中可看出，當使用的頻率越低時(900MHz)，由於模擬出之通道響應強度越強，因此對應到的系統效能也會較佳；相反的，頻率越高時(2400MHz)，其模擬出之通道響應強度越弱，因此對應到的系統效能會比低頻的天線來的差，而整體的系統效能分佈範圍大約會落在10~45[bps/Hz]。最後圖11中呈現了2H高頻天線(4 ports)在不同頻率下的系統效能，並且與1L2H之系統模擬結果加入比較。為了比較之公平性，此處中的1800MHz的天線模擬是將左右兩側之1H天線皆使用1800MHz來做傳輸，並且組成一4-port天線；另外在頻率2400MHz也是利用1L2H之左右兩側1H天線來組成4-port天線來做模擬。從圖上可清楚看到，2H高頻天線的系統效能結果比1L2H天線中高頻天線的模擬結果來的好一些，這主要的原因在於1L2H中的高頻天線會受到低頻天線的影響，因此整體的效能會比較差一些，但1L2H可支援更多的LTE頻段，因此兩種天線之間的選擇必須依照客戶的需求而定。

5 · 結論

本文中首先介紹了台灣目前的4G頻譜的使用狀況，並且說明了目前工研院所開發之天線效能模擬器，最後第4部分利用類工研院場域環境來探討大型基站天線之設計參數對於整體無線通訊系統之影響；藉由工研院所開發之大型基站天線軟體模擬平台，搭配WINNER II通道模型，此論文模擬與分析了1L2H與2H兩種基站天線在不同基地台與使用者佈建參數所對應之系統效能。從模擬結果可得知，雖然1L2H天線可支援較多的LTE頻段，但是其所對應之系統效能跟單獨的2H基站天線相比，其效能並不會比2H天線來得好，這是由於1L2H中的高頻天線會受到1L2H天線中低頻天線的影響，進而影響整體效能，因此最後電信營運商要選擇1L2H天線或單獨使用2H天線，除了考慮本身擁有的頻譜外，系統效能的因素也是考量的因素之一。

因應下世代5G行動通訊系統資料傳輸率提高10-100倍之需求，現階段第四代行動通訊標準，如LTE/LTE-Advanced系統，勢必無法滿足此資料傳輸率，而巨量天線(Massive MIMO)技術則是達成此高傳輸率目標之可能通訊技術之一；後續我們將利用工研院開發之天線基站天線效能模擬器搭配可能之巨量天線架構，例如使用2H的天線架構為基本單元組合出512根天線以上之巨量天線，並且模擬出不同巨量天線架構所對應之系統效能，藉此來設計出較佳之天線架構。

參考文獻

- [1] 3GPP, TS36.211 (V8.5.0), "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation".
- [2] 3GPP, TS36.212 (V8.0.0), "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and Coding".
- [3] 3GPP, TS36.213 (V8.0.0), "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer Procedures".
- [4] E. Dahlman, S. Parkvall, J. Skold, and P. Beming, 3G Evolution: HSDPA and LTE for Mobile Broadband. Academic Press, Jul. 2007.
- [5] Sadayuki Abeta, "Toward LTE Commercial Launch and Future Plan for LTE Enhancements (LTE-Advanced)", IEEE Conference on Communication Systems (ICCS), 2010.
- [6] M. F. L. Abdullah and A. Z. Yonis, "Performance of LTE Release 8 and Release 10 in Wireless Communications", Cyber Security, Cyber Warfare and Digital Forensic (CyberSec), 2012.
- [7] A. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe, and T. Thomas, "LTE-advanced: Next-generation Wireless Broadband Technology", IEEE Wireless Commun., vol. 17, no. 3, pp. 10-22, 2010
- [8] IST-WINNER II, D1.1.2 "WINNER II channel models", ver 1.0, Sep 2007, <https://www.istwinner.org/WINNER2-Deliverables/>.
- [9] IST-WINNER II, D1.1.1 "WINNER II Interim Channel Models", ver 1.2, Feb 2007, <https://www.ist-winner.org/WINNER2-Deliverables/>.
- [10] D5.3, "Interim Channel Models", April 2005.
- [11] "Spatial Channel Model for Multiple Input Multiple Output (MIMO) Simulations" 3GPP TR 25.996 V6.1.0.
- [12] Y. Li, F. Yu, S.-L. Zheng, and C.-L. Yang, "LTE System Level Simulation with Matlab", Internet Technology and Applications (iTAP), 2011.
- [13] Y. Gao, Y. Li, H. Yu, T. Zhao, and S. Gao, "Implementation and Analysis of CoMP in 3GPP LTE System Level Simulator", Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT), 2011.
- [14] M. Wrulich, S. Eder, I. Viering, and M. Rupp, "Efficient Link-to-system Level Model for MIMO HSDPA," in Proc. of the 4th IEEE Broadband Wireless Access Workshop, 2008.
- [15] K. Brueninghaus and others, "Link Performance Models for System Level Simulations of Broadband Radio Access Systems", Proceedings of the 17th Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 2306–2311, 2005.
- [16] C. Mehlführer, M. Wrulich, J. C. Lkuno, D. Bosanska, and M. Rupp, "Simulating the Long Term Evolution Physical Layer", 17th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2009.
- [17] X. Cai and G. Giannakis, "A Two-dimensional Channel Simulation Model for Shadowing Processes," Vehicular

Technology, IEEE Transactions on, Nov. 2003.

- [18] E. Tuomaala and H. Wang, "Effective SINR Approach of Link to System Mapping in OFDM/Multi-carrier Mobile Network," in Mobile Technology, Applications and Systems, 2005 2nd International Conference on, Nov. 2005.
- [19] R. Sandanalakshmi, T. Palanivelu, and K. Manivannan, "Effective SNR Mapping for Link Error Prediction in OFDM-based Systems," in Information and Communication Technology in Electrical Sciences (ICTES 2007), 2007. ICTES. IET-UK International Conference on, Dec. 2007.
- [20] J. C. Lkuno, M. Wrulich, and M. Rupp, "System level simulation of LTE networks", IEEE 71st Vehicular Technology Conference (VTC-spring), 2010.

作者簡介

方士豪



現任工業技術研究院資訊與通訊研究所(ITRI/ICL)新興無線應用技術組(Emerging Wireless Division)基頻設計部(Baseband Design Department)工程師。2012年取得國立成功大學電機工程研究所博士學位。主要負責天線效能模擬器設計、基頻演算法設計。

[E-mail: shfang@itri.org.tw](mailto:shfang@itri.org.tw)

鄧榕修



現任工業技術研究院資訊與通訊研究所(ITRI/ICL)新興無線應用技術組(Emerging Wireless Division)基頻設計部(Baseband Design Department)副工程師。2009年中原大學電機工程研究所碩士畢業。主要負責通訊系統電子電路開發。

[E-mail: jasondeng@itri.org.tw](mailto:jasondeng@itri.org.tw)

許仁源



現任工業技術研究院資訊與通訊研究所(ITRI/ICL)新興無線應用技術組(Emerging Wireless Division)基頻設計部(Baseband Design Department)經理。1999年取得國立清華大學電機工程研究所碩士學位。主要負責無線通訊系統與基頻訊號處理。

[E-mail: jyshu@itri.org.tw](mailto:jyshu@itri.org.tw)

許毓佳



現任諱裕實業股份有限公司電信事業處研發部正工程師。2000年元智科技大學電機工程研究所碩士畢業。

[E-mail: yuga@whayu.com](mailto:yuga@whayu.com)

楊昌霖



現任諱裕實業股份有限公司電信事業處研發部正工程師。2012年元智科技大學電機工程研究所碩士畢業。

[E-mail: ryan@whayu.com](mailto:ryan@whayu.com)