

# 智慧型天線系統測驗平台之建構與實測

胡明雄、張道治

E-mail: 9315057@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

隨著行動通訊系統的日益發展，目前系統的通道容量和通訊品質已逐漸不敷需求，所以在IMT2000標準制定中，WCDMA、CDMA2000等皆提出智慧型天線技術，第三代無線通訊已將智慧型天線系統(smart antenna system, SAS)納入關鍵組件之一。但是，傳統的天線量測方法，如微波暗室量測法、脈衝時域量測法和室外遠場量測法，皆不能夠測試智慧型天線系統的優越通訊品質。有鑑於此，本論文提供了一新型態的測試平台，此平台可以用來測試各種智慧型天線系統，實際產生不同通訊環境下的通道狀況，例如多重路徑效應、同頻干擾...等。這一套測試平台可在室內或室外進行量測，克服了天線量測環境、天氣、時間等因素的限制，即使在複雜的環境亦可進行測試；另外，此測試平台無需微波暗室和微波吸收體，大大降低了測試天線的成本，這實在是提供了一種簡易且正確、有效的天線測試方式。測試平台可對所有的天線進行測試，包括智慧型天線系統和傳統型天線。此外，對於通訊業者最重視的通話品質，如何降低通訊系統的BER(bit error rate)，此測試平台提供了最佳的測試方法，它可實際使用數位調變訊號進行測試，並利用天線轉台的轉動模擬行動台相對於基地台的水平角度位置移動，藉以了解整體通訊系統包含天線的通訊效能，此為除了量測天線場型外的另一種實際的天線測試方法。本論文的重點著重於測試平台軟硬體的建構和實測案例分析，此測試平台已建構完成，對於測試軟體也已設計完善，目前此測試平台已具有測試所有種類天線的能力，我們已對大葉大學無線通訊實驗室所研發的各種智慧型天線系統進行測試，測試結果將會在論文內文中進行介紹與分析。藉由與傳統基地台天線測試結果進行比較，證明智慧型天線系統的確能有效的減少多重路徑及同頻干擾所造成的通訊品質影響；並對WLAN 802.11b角度分集天線進行測試，得知角度分集天線會較空間分集天線具有更佳通訊品質。

關鍵詞：智慧型天線系統；誤碼率；誤差向量幅度

## 目錄

目錄 封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii
中文摘要 . . . . .	iii
iv 英文摘要 . . . . .	vi
誌謝 . . . . .	vi
viii 目錄 . . . . .	ix
ix 圖目錄 . . . . .	ix
xiii 表目錄 . . . . .	xiii
xvii 第一章 緒論 1.1 研究動機與目的 . . . . .	1
1.1.2 無線通訊通道之傳播現象 . . . . .	1
1.1.2.1 路徑損失 . . . . .	2
1.1.2.2 多重路徑衰落 . . . . .	2
1.1.2.3 同頻干擾 . . . . .	4
1.3 智慧型天線系統之優點 . . . . .	5
1.4 各種天線量測法之特性分析 . . . . .	8
1.4.1 微波暗室量測法 . . . . .	8
1.4.2 脈衝時域量測法 . . . . .	9
1.4.3 室外遠場量測法 . . . . .	11
1.4.4 各種天線量測法之特性比較 . . . . .	11
1.5 論文架構 . . . . .	14
第二章 智慧型天線系統測試平台之設計 2.1 測試平台之設計理念 . . . . .	15
2.2 測試平台之實作方式 . . . . .	15
2.3 誤碼率(BER)與誤差向量幅度(EVM)之關聯性 . . . . .	17
2.4 Friis傳播方程式 . . . . .	23
第三章 智慧型天線系統測試平台之系統介紹 3.1 硬體架構 . . . . .	25
3.1.1 發射端 . . . . .	25
3.1.2 接收端 . . . . .	26
3.2 軟體架構 . . . . .	28
3.3 威爾金森功率分配器 (Wilkinson power divider) . . . . .	34
3.3.1 研究動機 . . . . .	34
3.3.2 單節威爾金森功率分配器之設計 . . . . .	34
3.3.3 模擬與量測結果分析比較 . . . . .	35
3.4 水平角度全向性天線(omni-directional antenna) . . . . .	41
3.4.1 研究動機 . . . . .	41
3.4.2 天線結構 . . . . .	41
3.4.3 實作與量測結果分析 . . . . .	42
3.5 同軸傳輸線傳輸特性彙整 . . . . .	44
3.6 系統發射端功率傳輸損耗分析 . . . . .	47
第四章 智慧型天線系統測試平台的驗證與實測結果分析 4.1 測試平台量測結果的驗證 . . . . .	50
4.1.1 WLAN 802.11b之八個波束智慧型天線系統 . . . . .	50
4.1.2 測試結果與驗證 . . . . .	53
4.2 實測一：1800MHz GSM之傳統基地台天線 . . . . .	57
4.2.1 天線傳播特性 . . . . .	57
4.2.2 . . . . .	57

量測結果與分析 . . . . .	58	4.3 實測二: GSM與WCDMA頻段之八個波束智慧型天線系統 . . . . .	60
. . . . .		4.3.1 天線傳播特性 . . . . .	60
60 4.3.2 量測結果與分析 . . . . .	63	4.4 實測三: 1800MHz GSM之4*8陣列智慧型天線系統 . . . . .	66
. . . . .		4.4.1 天線傳播特性 . . . . .	66
. . . . .		4.4.2 量測結果與分析 . . . . .	69
. . . . .		4.5 實測四: WLAN 802.11b角度分集天線 . . . . .	70
. . . . .		4.5.1 天線傳播特性 . . . . .	70
. . . . .		4.5.2 量測結果與分析 . . . . .	70
. . . . .	71	第五章 結論 5.1 整體研究討論 . . . . .	73
. . . . .		5.2 未來改進空間 . . . . .	73
. . . . .	74	參考文獻 . . . . .	75
已投稿之研討會論文、期刊與專利 . . . . .	79	附錄二 應用於傳呼機之930MHz環型天線之設計與模擬 . . . . .	
93 圖目錄 圖1.1 多重路徑傳播示意圖 [2] . . . . .	3	圖1.2 細胞分裂示意圖 [1] . . . . .	
. . . . .		圖1.3 傳統基地台寬波束示意圖 [1] . . . . .	6
. . . . .		圖1.4 智慧型天線波束示意圖 [1] . . . . .	6
. . . . .	7	圖1.5 適應性智慧型天線系統和切換波束智慧型天線系統[18] . . . . .	8
. . . . .		圖1.6 微波暗室天線量測場 . . . . .	8
. . . . .	9	圖1.7 室內脈衝時域天線量測場 . . . . .	10
脈衝時域天線量測場 . . . . .	11	圖1.8 室外	
圖2.1 智慧型天線系統測試平台硬體架構圖 . . . . .	16	圖2.2 智慧型天線系統波束的可切換性示意圖 [18] . . . . .	16
. . . . .		圖2.3 EVM定義示意圖 [19] . . . . .	17
. . . . .		圖2.4 EVM信號擷取示意圖 [19] . . . . .	19
. . . . .	20	圖2.5 星狀圖上所表示接收到的symbol位置 [23] . . . . .	21
vs. [23] . . . . .	22	圖2.6 Bit error rate	
平台之硬體架構(發射端) . . . . .	26	圖2.7 發射天線與接收天線的幾何方位 . . . . .	23
圖3.1 測試平		圖3.2 測試平台之硬體架構(接收端) . . . . .	27
圖3.2 測試平台量測環境 . . . . .	28	圖3.3 智慧型天線系統測試平台之測試流程圖 . . . . .	
. . . . .		圖3.4 各個儀器的控制設定視窗 . . . . .	31
. . . . .		圖3.5 量測參數的設定視窗 . . . . .	31
. . . . .	32	圖3.6 圖示表示各個水平角度的RMS EVM與功率層級 . . . . .	33
森功率分配器之設計圖 [29] . . . . .	35	圖3.7 四路輸出之威爾金森功率分配器 [29] . . . . .	35
圖3.10 1對4威爾金森功率分配器結構圖 . . . . .	36	圖3.8 模擬的反射係數和順向傳輸係數 . . . . .	
. . . . .	37	圖3.9 1對4威爾金森功率分配器實	
作圖 . . . . .	39	圖3.10 量測的反射係數和順向傳輸係數 . . . . .	39
. . . . .		圖3.11 量測的相位 . . . . .	40
圖3.12 發射天線之實體圖 . . . . .	43	圖3.12 發射天線之結構圖 . . . . .	42
. . . . .		圖3.13 發射天線之E-plane場型 . . . . .	43
. . . . .	43	圖3.14 發射天線之H-plane場型 . . . . .	44
. . . . .		圖3.15 測試平台傳輸線損耗(發射端)	
. . . . .	45	圖3.16 測試平台傳輸線損耗(接收端) . . . . .	46
段之智慧型天線系統 . . . . .	51	圖4.1 WLAN 802.11b頻	
. . . . .		圖4.2 WLAN 802.11b智慧型天線系統之水平波束場型合成圖(2.4GHz) . . . . .	52
. . . . .		圖4.3 WLAN 802.11b智慧型天線系統的RMS EVM量測結果(=9dBm)	
. . . . .	54	圖4.4 WLAN 802.11b智慧型天線系統的量測結果(加上功率層	
級功能) (a) RMS EVM , (b) 最小EIRP值 . . . . .	55	圖4.5 WLAN 802.11b智慧型天線系統	
的RMS EVM量測結果(=13dBm) . . . . .	56	圖4.6 待測的1800MHz GSM傳	
統基地台天線 . . . . .	57	圖4.7 1800MHz GSM傳統基地台天線之水平波束場型圖 . . . . .	58
1800MHz GSM傳統基地台天線的量測結果(加上功率層級功能) (a) RMS EVM , (b) 最小EIRP值 . . . . .	60	圖4.8	
. . . . .		圖4.9 GSM和WCDMA頻段之八個波束智慧型天線系統 . . . . .	61
. . . . .		圖4.10 GSM和WCDMA頻段智慧型	
天線系統之水平波束場型合成圖(1.8GHz) . . . . .	62	圖4.11 GSM	
和WCDMA頻段智慧型天線系統之垂直波束場型圖(1.8GHz) . . . . .	63	圖4.12 量測環境(沒有同頻干擾源) . . . . .	64
圖4.12 量測環境(沒有同頻干擾源) . . . . .	64	圖4.13 量測環境(具有同頻干擾源) . . . . .	64
. . . . .	64	圖4.14 GSM和WCDMA頻段智慧型天線系統之量測結果 . . . . .	65
. . . . .		圖4.15 GSM和WCDMA頻段智慧型	
天線系統之量測結果(加上功率層級功能) (a) RMS EVM , (b) 最小EIRP值 . . . . .	66	圖4.16	
1800MHz GSM之4*8陣列智慧型天線系統 . . . . .	67	圖4.17 1800MHz智慧型天線系統之水平波束場型合成	
圖(1.8GHz) . . . . .	68	圖4.18 1800MHz智慧型天線系統之垂直波束場型	
圖(1.8GHz) . . . . .	69	圖4.19 1800MHz智慧型天線系統之RMS EVM量測結果 . . . . .	70
. . . . .		圖4.20 WLAN角度分集天線的	
測試情形(具有角度反射器) . . . . .	71	圖4.21 WLAN空間分集天線的測試情形(沒有角度反射器) . . . . .	72
. . . . .		圖4.22 WLAN	
角度分集天線和空間分集天線的RMS EVM測試結果 . . . . .	72	表目錄 表1. 各種天線量測法之量測特性與限制分析 . . . . .	13
表目錄 表1. 各種天線量測法之量測特性與限制分析 . . . . .	32	表2. GSM通訊系統行動台之輸出功率層級規範	
[22] . . . . .	32	表3. 1對4威爾金森功率分配器量測之介入耗損 . . . . .	40
. . . . .		表4. 行動台發射天線之天線增益	
. . . . .	44	表5. 測試平台傳輸線損耗彙整 . . . . .	47
. . . . .		表6. 測試平台發射	
端之功率傳輸損耗整理(1.8GHz) . . . . .	49	表7. 測試平台發射端之功率傳輸損耗整理(2.4GHz) . . . . .	49
. . . . .		表8.	
WLAN 802.11b智慧型天線系統之天線增益表 . . . . .	52	表9. 1800MHz GSM傳統基地台天線之天線增益 . . . . .	

## 參考文獻

- 參考文獻 [1]Theodore S. Rappaport, "Wireless Communication," Prentice Hall PTR, pp.177-248, pp.57-96, 2002.
- [2]Simon R. Saunders, "Antennas and propagation for wireless communication systems," JOHN WILEY & SONS, INC., 1999.
- [3]Michael Chryssomallis, "Simulation of Mobile Fading Channels," IEEE Antennas and Propagation, Vol.44, No.6, pp.10-22, December 2002.
- [4]Raymond Steele, Chin-Chun Lee, and Peter Gould, "GSM, cdmaOne and 3G System," JOHN WILEY & SONS, INC., pp.154-167, 2001.
- [5]M. Chryssomallis, "Smart antennas," IEEE Antennas and Propagation, Vol.42, No.3, pp.129-138, June 2000.
- [6]Fuhi, J and Molisch, A.F, "Capacity enhancement and BER in a combined SDMA/TDMA system" Vehicular Technology Conference, Mobile Technology for the Human Race., IEEE 46th , Volume: 3, 1996.
- [7]J. L.I. Winters, "Smart antennas for wireless systems," IEEE Personal Communications, Feb 1998, pp. 23-27.
- [8]J. S. Thompson, P. M. Grant, and B. Mulgrew, "Smart antenna arrays for CDMA systems," IEEE Personal Communications Vol.3, No.5, pp.16-25, Oct. 1996.
- [9]J. E. Padgett, C. G. Gunther, and T. Hattori, "Overview of wireless personal communications," IEEE Commun. Mag., vol. 33, pp. 28-41, Jan. 1995.
- [10]S. C. Swales, M. A. Beach, D. J. Edwards, and J. P. McGeehan, "The performance enhancement of multibeam adaptive base-station antennas for cellular land mobile radio systems," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 39, pp. 56-67, 1990.
- [11]D. Shim and S. Choi "Should the smart antenna be a tracking beam array or switching beam array?" Proc. IEEE Veh. Tech. Conf., Ottawa, May 1998.
- [12]H. J. Xing, J. R. Cruz, and Y. Wang. "Fixed multibeam antennas versus adaptive arrays for CDMA systems," IEEE VTC, 1999, pp. 27-31.
- [13]S. Choi, D. Shim, and Tapan K. Sarkar, "A comparison of tracking-beam arrays and switching-beam arrays operating in a CDMA mobile communication channel," IEEE Antennas and Propagation, Vol.41, No.6, pp.10-22, December 1999.
- [14]M. Mahmoudi and E. S. Sousa, "Sectorized antenna system for CDMA cellular networks," Proc. IEEE Veh. Tech. Conf., Phoenix, May 1997.
- [15]Mahmoudi, M.; Sousa, E.S.; Alavi, H. "Adaptive sector size control in a CDMA system using Butler matrix" Vehicular Technology Conference, Vol.2 , pp.1355 —1359, 1999.
- [16]Constantine A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design," JOHN WILEY & SONS, INC, pp.84~88, pp.841-844, 1938.
- [17]John D. Kraus, and Ronald J. Marhefka, "Antennas for All Applications," McGraw-Hill Higher Education, pp.36-37, pp.838-840, 1910.
- [18]Joseph C. Liberti, JR. & Theodore S. Rappaport, "Smart Antennas for Wireless Communication," Prentice Hall PTR, pp81~98, 1999.
- [19] "Using Vector Modulation Analysis in the Integration, Troubleshooting and Design of Digital RF Communication Systems, Compact and Broadband Microstrip Antennas," HP Product Note, 89400-8, January 1994.
- [20] "10 Steps to a Perfect Digital Demodulation Measurement," HP Product Note, 89400-14A, July 1997.
- [21]Simon Haykin, "Communication Systems," JOHN WILEY & SONS, INC., pp.309-337, 2001.
- [22] "Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception (GSM 05.05 version 8.5.1 Release 1999)," ETSI EN 300 910 v8.5.1, November 2000.
- [23]Dr. Adam Schwartz, "Metrics of Signal Quality for Digital Communication," February 6, 2002.
- [24]Heung-Jae Im, Seungwon Choi, Jin Ho Ahn, and Kwang Chul Lee, "Implementation of a Smart Antenna Test-Bed for Wide-Band CDMA WLL Channel," Vehicular Technology Conference Proceedings, Vol.1, pp.341-345, 2000.
- [25]Heung-Jae Im and Seungwon Choi, "Performance Analysis of Smart Antenna Test-Bed Operating in a Wide-Band CDMA Channel," IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, VOL.49, NO.11, pp.2142 — 2146, NOVEMBER 2001
- [26]Yong-Hoon KIM, and Ki-Seok YANG, "60GHz Millimeter-Wave Test Bed for High Speed and Wide Band Communications," IEICE TRANS. ELECTRON., Vol.ES2-C, NO.7, pp.1301-1306, JULY 1999.
- [27]Perry F. Wilson, Peter B. Papazian, Michael G. Cotton, and Yeh Lo, "Advanced Antenna Test Bed Characterization for Wideband Wireless Communications," Larry Irving, Assistant Secretary for Communication and Information, August 1999.
- [28]David M. Pozar, "Microwave Engineering," JOHN WILEY & SONS, INC., pp.301-318, 2002.
- [29]張盛富, 戴明鳳, "無線通信之射頻被動電路設計," 全華科技圖書股份有限公司, pp.6.1-6.36, 2003.