

# 應用陣列天線的劃碼多重接取無線系統之效能分析

謝昔恩、李金椿

E-mail: 9419717@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本文在於探討當線性與圓形陣列天線部署在CDMA基地台時，並根據陣列天線所產生的波束場型來分析其對於CDMA系統效能的改善程度，其中我們使用細胞內部干擾降低因子、細胞間干擾增加因子與所接收到在位元能量對干擾功率密度比( $E_b/I_0$ )的改善增益作為評估指標。我們發現當陣列天線元子數目增加時，細胞內部干擾降低因子會減少，而細胞間干擾增加因子則會增加，亦即當陣列天線元子數目增加時，細胞內部干擾會減少而細胞間干擾則會增加。因此，並非元子數目越多，其 $E_b/I_0$ 的改善增益會越好，而是元子數目有一個最佳值，其中線性陣列天線元子數目為12，而圓形陣列則為16。就三項評估指標而言，線性陣列天線都優於圓形陣列天線，其中線性至少會比圓形陣列天線的增益好7dB，但是線性陣列元子數目需比圓形陣列天線元子數目多50%的數量才可涵蓋細胞全區。

關鍵詞：CDMA、線性陣列天線、圓形陣列天線、細胞內部干擾降低因子、細胞間干擾增加因子

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	
. . . . .	iv	英文摘要 . . . . .	v
. . . . .	vi	目錄 . . . . .	vii
. . . . .	x	第一章 緒論 . . . . .	1
. . . . .	1	1.1 簡介 . . . . .	1
. . . . .	1	1.2 研究動機與文獻探討 . . . . .	3
. . . . .	5	第二章 行動通信系統概述 . . . . .	6
的演進 . . . . .	6	2.1 行動通訊系統的 . . . . .	6
. . . . .	11	2.2 蜂巢式細胞概念 . . . . .	8
. . . . .	14	2.4 無線通道 . . . . .	13
. . . . .	14	2.4.2 遮蔽效應 . . . . .	15
. . . . .	15	2.4.3 多重路徑衰弱 . . . . .	15
. . . . .	15	第三章 陣列天線原理 . . . . .	18
3.2 智慧型陣列天線系統基本模組與原理 . . . . .	22	3.1 天線系統種類 . . . . .	18
. . . . .	24	3.2.1 天線陣列(Antenna Array) . . . . .	23
. . . . .	24	3.2.1.1 一維 . . . . .	23
. . . . .	28	3.2.1.2 一維均勻線性陣列的信號處理 . . . . .	25
. . . . .	28	3.2.1.3 操縱向量(steering vector) . . . . .	28
. . . . .	30	3.2.1.3.1 一維線性陣列的操縱向量 . . . . .	28
. . . . .	30	3.2.1.3.2 圓形陣列的操縱向量 . . . . .	29
. . . . .	30	3.2.1.3.3 平面陣列的操縱向量 . . . . .	30
. . . . .	31	3.2.2 Beamforming technique . . . . .	31
Beamforming Network . . . . .	35	3.2.2.1 Spatial filter . . . . .	31
. . . . .	37	3.2.2.2 . . . . .	31
. . . . .	40	3.2.3 適應性陣列處理器(Adaptive Array Processor) . . . . .	36
. . . . .	40	3.2.4 智慧型陣列天線總評 . . . . .	37
. . . . .	40	第四章 CDMA系統基本原理 . . . . .	39
. . . . .	42	4.1 展頻概念與技術 . . . . .	39
. . . . .	42	4.1.1 展頻(spread spectrum)基本概念 . . . . .	41
. . . . .	42	4.1.2 展頻(spread spectrum)技術 . . . . .	41
. . . . .	44	4.2 DS-SS展頻技術 . . . . .	46
. . . . .	44	4.3 CDMA系統架構 . . . . .	47
. . . . .	49	4.4 遠近效應(Near-Far Effect) . . . . .	49
. . . . .	50	4.5 功率控制(Power Control) . . . . .	50
. . . . .	50	4.6 劃碼多 . . . . .	50
. . . . .	50	4.7 CDMA系統 . . . . .	52
. . . . .	52	4.7.1 單細胞系統 . . . . .	52
. . . . .	52	4.7.2 多細胞系統 . . . . .	55
. . . . .	57	4.7.3 單細胞與多細胞系統的 $E_b/I_0$ . . . . .	55
與訊號位元錯誤率 $P_o$ . . . . .	57	第五章 線性與圓形陣列天線的效能分析 . . . . .	67
. . . . .	67	5.1 陣列天線佈置圖與電波涵蓋範圍 . . . . .	67
. . . . .	68	5.1.1 陣列天線佈置圖 . . . . .	68
. . . . .	68	5.1.1.1 線性陣列天線佈置圖 . . . . .	68
. . . . .	68	5.1.1.2 圓形陣列天線佈置圖 . . . . .	70
. . . . .	70	5.1.2 電波涵蓋範圍 . . . . .	71
. . . . .	72	5.2 細胞內部干擾 . . . . .	71
. . . . .	72	5.3 細胞間干擾增加因子 . . . . .	76
. . . . .	76	5.4 $E_b/I_0$ 效能的改善 . . . . .	76
. . . . .	78	第六章 結論與未來研究方向 . . . . .	81
. . . . .	78	參考文獻 . . . . .	81
. . . . .	82	圖目錄 圖1.1 虛擬片斷與實際的線性陣列場型 . . . . .	5
圖2.1 六角形細胞頻率規劃 . . . . .	9	圖2.2 CDMA系統之六角形多細胞系統 . . . . .	9
. . . . .	11	圖2.3 蜂巢網行動通訊系統的架構 . . . . .	12
. . . . .	11	圖2.4 無線通道示意圖 . . . . .	12
. . . . .	13	圖2.5 多重路徑示意圖 . . . . .	17
. . . . .	13	圖3.1 切換波束系統 . . . . .	17
. . . . .	20	圖3.2 自適應型天線系統 . . . . .	21
系統 . . . . .	20	圖3.3 智慧型陣列天線 . . . . .	21
. . . . .	23	圖3.4 均勻線性陣列模型 . . . . .	24
. . . . .	23	圖3.5 窄頻 . . . . .	24
信號之解調變系統 . . . . .	25	圖3.6 圓形陣列模型 . . . . .	29

圖3.7 平面陣列模型 . . . . .	30	圖3.8 均勻線性陣列天線模型中spatial filter的結構 . . . . .	32
圖3.9 $ P() $ 的場型 . . . . .	34	圖3.10 M根天線產生M個Beam的Beamforming Network結構 . . . . .	36
圖4.1 典型數位無線通訊系統 . . . . .	43	圖4.2 典型展頻通訊系統 . . . . .	44
圖4.3 DS-CDMA通訊系統 . . . . .	47	圖4.4 CDMA基本無線鏈路方塊圖 . . . . .	48
圖4.5 單細胞系統 . . . . .	54	圖4.6 CDMA傳輸方塊圖 . . . . .	54
圖4.7 基地台對於 個用戶解調展頻系統 . . . . .	55	圖4.8 CDMA系統之六角形多細胞系統 . . . . .	57
圖4.9 多細胞環境下細胞間干擾 . . . . .	62	圖5.1 線性陣列天線佈置圖 . . . . .	70
圖5.2 圓形陣列天線佈置圖 . . . . .	70	圖5.3 電波涵蓋範圍 . . . . .	75
圖5.4 細胞內部干擾降低因子 . . . . .	75	圖5.5 細胞間干擾增加因子 . . . . .	77
圖5.6 $E_b/I_0$ 效能比 . . . . .	80		

## 參考文獻

- [1] R. L. Peterdon, R. E. Ziemer, D. E. Borth. "Introduction to spread spectrum communications", Chap 2, Prentice Hall, 1995 [2] M. Riezenman, "Communications," IEEE Spectrum, vol. 35, pp. 29 – 36, Jan. 1998.
- [3] L. A. Gerhardt, "Spread Spectrum Communication," AGARD Lecture Series no. 58, NATO, July 1973.
- [4] D. J. Torrieri, "Performance of direct-sequence system with long pseudo noise sequence," IEEE J. Sel. Area Commun., vol. 10, no. 4, May 1992 [5] R. Steele, C. C. Lee and P. Gould, "GSM, CdmaOne and 3G Systems", ch5, John Wiley & Sons, 2001 [6] 許震唐, "The Study Of Smart Antenna System To Simplify Hierarchical Structure Of GSM System", Chapter 1&3, 大葉大學, 2003 [7] "Constantine A. Balanis. "Antenna Theory Analysis and Design", pp.3-7,39-52,1997, by John Wiley & Sons, Inc.
- [8] Joseph C., Liberti, Jr., Theodor S. Rappaport.; "Smart antennas for wireless communication: IS-95 and third generation CDMA applications", Chap 3, Prentice Hall PTR, 1999.
- [9] J.S. Bloch, L. Hanzo, "Third-Generation System and Intelligent Wireless Networking: Smart Antennas and Adaptive Modulation", pp.123-146, John Wiley, 2002 [10] L. C. Godara, "Applications of Antenna Arrays to Mobile Communications, Part I: Performance Improvement, Feasibility, and System Considerations," Proc. IEEE, vol. 85, no. 7, July 1997.
- [11] 王元鈞, "A Study on Beam Pattern Generation Method for Antenna System", Chapter 2, 大葉大學, 2004 [12] C.-C. Lee and Hsin-Hsyong Richard Yang, "Performance evaluation of employing smart antennae in CDMA systems, 1999兩岸無線電通訊研討會, 南京郵電學院, 1999年10月17~18日 [13] Song, Y.S.; Kwon, H.M.; Min, B.J.; Computationally efficient smart antennas for CDMA wireless communications, Vehicular Technology, IEEE Transactions on Vol. 50, Issue: 6, Nov. 2001 [14] Bing Wang; Kwon, H.M.; PN code acquisition using smart antenna for spread-spectrum wireless communications. I Vehicular Technology, IEEE Transactions, Volume: 52, Issue: 1, Jan. 2003 [15] J. S. Lee and L. E. Miller, "CDMA Systems Engineering Handbook". Artech House, 1998.
- [16] Cardieri, P.; Rappaport, T.S.; "Application of narrow-beam antennas and fractional loading factor in cellular communication systems", Vehicular Technology, IEEE Transactions, Vol. 50, Issue: 2, March 2001 [17] Bellofiore, S.; Balanis, C.A.; Foutz, J.; Spanias, A.S.; "Smart-antenna systems for mobile communication networks. Part 1. Overview and antenna design", Antennas and Propagation Magazine, IEEE, Vol. 44, Issue: 3, June 2002, [18] Zhang Yong; Feng Zhenghe; "Capacity analysis of CDMA networks with smart antenna"; Electrical and Computer Engineering, 2001. Canadian Conference, Volume: 2, 13-16 May 2001 [19] 陳俊男, "Performance analysis for multi-rate transmission in W-CDMA", Chapter 2&3, 大葉大學, 2002 [20] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles And Practice", Second Edition, Chapter 3, p58-61, 2002 [21] D. J. Goodman, Wireless Personal Communication Systems, Addison-Wesley, 1997.
- [22] J. L. Dornstetter and D. Verhulst, "Cellular efficiency with slow frequency hopping: Analysis of the digital SFH900 mobile system," IEEE J. Sel. Area Commun., vol. 5, no. 5, pp. 835-848, June 1987.
- [23] J. G. Proakis, Digital Communications, McGraw-Hill, 1995 [24] Chryssomallis, M., "Smart antennas", Antennas and Propagation Magazine, IEEE, Vol 42, pp 129-136, 3, June 2000.
- [25] Lewis, R.A.H.; Perrott, R.A., "Multiple beam stripline network for phased array applications", IEE Colloquium on Multiple Beam Antennas and Beamformers, Nov. 1989.
- [26] DuFort, E.C., "Optimum networks for simultaneous multiple beam antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 40, Jan. 1992 [27] L. A. Gerhardt, "Spread Spectrum Communication," AGARD Lecture Series no. 58, NATO, July 1973.
- [28] D. J. Torrieri, "Performance of direct-sequence system with long pseudo noise sequence," IEEE J. Sel. Area Commun., vol. 10, no. 4, pp. 770-781, May 1992.
- [29] P Jung, P. W. Basier and A. Steil, "Advantages of CDMA and spread spectrum techniques over FDMA and TDMA in cellular mobile radio applications," IEEE transactions Vehicular Technology, Vol. 4, pp. 357-364, 1993.
- [30] W. C. Y. LEE, "Overview of cellular CDMA," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. 40, no. 2, pp. 291-302, May 1991.
- [31] R. Cameron and B. D. Woerner, "An analysis of CDMA with imperfect power control," IEEE 41st VTS conf., Denver, pp. 47-49, 1992.

- [32] Gilhousen, K. S, Jacobs, I. M. , Padovani, R. , Viterbi, A. J., Weaver, L. A. and Wheatley, C. E., " On the Capacity of a Cellular CDMA System, " IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. 40, No. 2, pp. 303-311, May, 1991.
- [33] Lee, Chin-Chun, " CDMA for Cellular Mobile Radio Systems, " Ph. D. thesis, University of Southampton UK, November 1994.C.-C. Lee and R. Steele, Closed-loop power control in CDMA systems, IEE Proc.-commun. , Vol. 143, No. 4, August 1996. (SCI)