

MC-CDMA系統工作於直線與三角式排列天線環境中之效能研究

王士承、陳雍宗

E-mail: 9600648@mail.dyu.edu.tw

摘要

本論文旨在研究多載波分碼多重近接(multi-carrier coded-division multiple-access, MC-CDMA)系統的位元錯誤率(bit error rate, BER)與使用者容量之效能表示式，其中應用了包括三角式(triangular)與線性式(linear)結構的天線配置；除此之外，亦假設通訊通道分支是工作於呈現具有相關性之Nakagami-m分布的衰落環境之中。系統位元錯誤率(bit error rate, BER)的推導過程中，採取計算隨機過程的特徵函數(characteristic function, CF)方式，以避開利用其他複雜的分析方法，藉以求得接收端輸出訊雜比(signal-to-noise, SNR)的機率密度函數(probability density function, pdf)。最後經由數值分析之結果顯示，MC-CDMA系統之效能確實會受制於不同之天線的配置方式與衰落通道的相關性所影響，依此，本論文所分析的結果，值得提供即將進入第4代無線通訊系統的參考依據，此乃本文之貢獻。

關鍵詞：多載波分碼多重近接系統，相關性Nakagami-m分布，特徵函數，三角式天線，線性式天線

目錄

封面內頁 簽名頁 博碩士論文暨電子檔案上網授權書	iii
中文摘要	iii
英文摘要	iv
誌謝	v
目錄	vi
圖目錄	vii
表目錄	x
符號說明	xii
第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的	1.1.1
1.2 論文綱要	1.1.2
第二章 訊號衰落	4
2.1 訊號衰落的介紹	4
2.2 多重路徑及多重衰落簡介	4
2.3 多重路徑衰落所造成的效應	6
2.4 衰落的形式分類	6
2.4.1 小尺度衰落	7
2.4.1.1 時間延遲擴散	7
2.4.1.2 時域上的變動性	7
2.4.2 大尺度衰落	8
2.4.2.1 路徑損耗	10
2.4.2.2 遮蔽效應	10
2.5 衰落通道的數學模型	14
第三章 CDMA系統簡介	17
3.1 前言	17
3.2 DS-CDMA系統	17
3.3 MC-CDMA系統	19
3.4 多載波直序式(MC-CDMA)系統	22
3.5 Multicarrier(MT)-CDMA系統	24
第四章 常用通信波道統計分佈介紹與比較	27
4.1 前言	27
4.2 Normal(Gaussian)衰落分佈	27
4.3 Rayleigh衰落分佈	30
4.4 Rice衰落分佈	32
4.5 Nakagami衰落分佈	36
第五章 在相關性Nakagami衰落通道下MC-DS-CDMA系統效能之研究	40
5.1 工作環境說明	40
5.2 不同的天線配置架構下MC-CDMA系統效能之分析	41
5.3 MC-CDMA的系統模型	42
5.3.1 通道模型	44
5.3.2 接收機模型	46
5.3.3 性能分析	49
5.3.4 數值結果	50
5.4 MC-CDMA之系統架構	54
5.4.1 發射器架構	54
5.4.2 接收器架構	56
5.5 MC-CDMA效能分析	59
5.5.1 多使用者	63
5.5.2 單使用者	65
5.5.3 數值分析結果	66
第六章 結論	73
參考文獻	74
圖目錄	74
圖 2.1 電磁波傳輸之三種主要物理現象	5
圖 2.2 自由空間路徑損耗模型	10
圖 2.3 多路徑傳輸衰落效應	15
圖 3.1 DS-CDMA系統發射機架構圖	18
圖 3.2 DS-CDMA系統發射信號頻譜圖	19
圖 3.3 DS-CDMA系統RAKE接收機架構圖	19
圖 3.4 MC-CDMA發射器架構圖	20
圖 3.5 MC-CDMA發射信號頻譜圖	21
圖 3.6 MC-CDMA接收器架構圖	21
圖 3.7 修正型的MC-CDMA發射器架構圖	21
圖 3.8 修正型的MC-CDMA發射信號頻譜圖	22
圖 3.9 Multicarrier DS-CDMA發射器架構圖	23
圖 3.10 Multicarrier(MC)-DS-CDMA發射信號頻譜圖	23
圖 3.11 Multicarrier(MC)-DS-CDMA接收器	23

架構圖	24	圖 3.12 MT-CDMA發射器架構圖	25	圖 3.13 MT-CDMA發射信號頻譜圖	25
.	25	圖 3.14 MT-CDMA接收器架構圖	26	圖 4.1 單變數Gaussian衰落信號包封機率密度函數	28
封機率密度函數	28	圖 4.2 單變數Rayleigh衰落信號包封機率密度函數	31	圖 4.3 單變數Rice衰落信號包封機率密度函數	35
.	35	圖 4.4 單變數Nakagami衰落信號包封機率密度函數	38	圖 5.1 MC-CDMA 系統的傳送模型	52
圖 5.2 m=3和 N=3時訊雜比和誤碼率為線性陣列時的圖形	52	圖 5.3 m=3和 N=3時訊雜比和誤碼率為三角形陣列時的圖形	53	圖 5.4 m=3和 N=3時訊雜比和誤碼率為不同陣列時的圖形	53
圖 5.5 N=3, and K=32時訊雜比和誤碼率三角形陣列結構跟不同的衰減參數	58	圖 5.6 單載波的頻寬	58	圖 5.7 多載波的頻寬	55
.	55	圖 5.8 發射器架構圖	57	圖 5.9 接收器架構圖	57
圖 5.10 偏頻干擾頻譜圖	58	圖 5.11 單使用者情況下,在不同的衰落係數下的效能	67	圖 5.12 多使用者情況下,在不同的衰落係數下的效能	68
圖 5.13 多使用者情況下,在不同長度的展頻碼下的效能	68	圖 5.14 在不同的衰落係數下的使用者數量對位元錯誤率	69	圖 5.15 不同的使用者數量下的,相關係數改變後的效能	69
圖 5.16 不同的衰落係數下的,相關係數改變後的效能	70	圖 5.17 單載波下,不同干擾功率對信號功率的比值	70	圖 5.18 多載波下,不同干擾功率對信號功率的比值	71
圖 5.19 在多載波和單載波下,偏頻干擾對位元錯誤率	71	圖 5.20 多載波下,有無偏頻干擾及不同相關係數下之效能	72	圖 5.21 單載波下,有無偏頻干擾及不同相關係數下之效能	72
表目錄 表2.1 不同環境下路徑損耗指數值	13	符號說明 : 訊號延遲時間	8	符號說明 : 符際區間	8
.	8	符號說明 : 展頻碼片週期	8	符號說明 : 發射天線平均功率	9
.	9	符號說明 : 接收天線平均功率	10	符號說明 : 發射天線增益	10
.	10	符號說明 : 接收天線增益	10	符號說明 : 發射天線到接收天線距離	10
符號說明 : 載波波長	11	符號說明 : 載波頻率	11	符號說明 : 載波頻率	11
.	11	符號說明 : 發射端與接收端的距離	11	符號說明 : 平均路徑損耗	11
.	11	符號說明 : 零平均值的高斯隨機變數	12	符號說明 : 零平均值的高斯隨機變數的標準差	13
.	13	符號說明 : 接收信號功率	13	符號說明 : 接收信號功率	13
.	13	符號說明 : 取dB值之後的變異數	14	符號說明 : 區域平均信號功率	14
.	14	符號說明 : 接收信號強度的平均值	14	符號說明 : 接收信號的平均功率	14
.	14	符號說明 : 接收信號的電壓有效值	14	符號說明 : 輸出信號	15
.	14	符號說明 : 接收信號的平均功率	14	符號說明 : 通道的脈衝響應	15
.	15	符號說明 : 傳送信號	14	符號說明 : 高斯白雜訊	15
.	15	符號說明 : 迴旋積分	15	符號說明 : 脈衝函數	15
.	15	符號說明 : 第i條路徑的振幅或衰落係數	16	符號說明 : 第i條路徑的路徑延遲	16
.	16	符號說明 : 第i條路徑的相位	16	符號說明 : 第i條路徑的相位	16
.	16	符號說明 : 多重路徑之總數	16	符號說明 : 第K個使用者的第i個展頻碼	18
.	16	符號說明 : 第K個使用者的第i個展頻碼	18	符號說明 : 第k個使用者展頻碼	18
.	18	符號說明 : 展頻碼長度	18	符號說明 : 第N個載波頻率	19
.	18	符號說明 : 相關係數	20	符號說明 : 相關係數	20
.	20	符號說明 : 為零階第一類修正貝氏函數	29	符號說明 : Rice衰落因子	33
.	29	符號說明 : Rice衰落因子	33	符號說明 : Marcum-Q 函數	33
.	33	符號說明 : 訊號的功率頻譜密度	34	符號說明 : 訊號的功率頻譜密度	35
.	33	符號說明 : 第i個路徑所接收到信號之平均功率	37	符號說明 : 第i個路徑所接收到Nakagami衰落係數	37
.	35	符號說明 : 第i個路徑所接收到Nakagami衰落係數	37	符號說明 : 伽瑪(gamma)函數	37
.	37	符號說明 : 位元單位能量	37	符號說明 : 滾輪因子	37
.	37	符號說明 : 頻寬	54	符號說明 : chip能量	54
.	54	符號說明 : 代表實數的部份	55	符號說明 : 隨機載波相角	55
.	55	符號說明 : 每一個通道的複數低通脈衝響應	56	符號說明 : 第i通道的衰落因子	56
.	56	符號說明 : 第i通道的相角偏移量	56	符號說明 : 白高斯雜訊	57
.	56	符號說明 : 白高斯雜訊功率頻譜密度	57	符號說明 : 偏頻干擾	57
.	57	符號說明 : 偏頻干擾功率頻譜密度	57	符號說明 : 偏頻干擾功率頻譜密度	57
.	57	符號說明 : JSR : 干擾功率對信號功率的比值	57	符號說明 : L : 多重路徑的數量	57
.	57	符號說明 : 偏頻干擾自相關函數	65	符號說明 : 雜訊自相關函數	61
.	61	符號說明 : 傅利葉轉換	61	符號說明 : 第i個分支的增益	61
.	61	符號說明 : 多重存取干擾自相關函數	62	符號說明 : 單載波展頻碼長度	63
.	61	符號說明 : 單載波的能量	65	65

- [1] Matthias Paetzold, " Mobile Fading Channel ", Wiley, pp.3-7, 2002.
- [2] S. Bernard, " Digital Communications Fundamentals and Applications ", pp. 962-966, Prentice Hall International, Inc, 2001.
- [3] T. S. Rappaport, " Wireless Communications Principles and Practice ", Prentice Hall PTR, New Jersey, 1996.
- [4] B. Sklar, " Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems Part 1: Characterization ", IEEE Commun. Magazine, pp. 90-100, July 1997.
- [5] B. Sklar, " Digital Communications: Fundamental and Applications. " Prentice-Hall PTR, New Jersey, 1988.
- [6] K. Feher, " Wireless Digital Communications: Modulation and Spread Spectrum Applications ", Prentice Hall PTR, New Jersey, 1995.
- [7] J. G. Proakis, 1995, " Digital Communications ", 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
- [8] Prasad, R. Hara, S. " An overview of multi-carrier CDMA ", 1996 IEEE 4th International Symposium, Vol. 1, pp. 107-114, 22-25 Sept. 1996.
- [9] Hara, S. Prasad, R. " Overview of multicarrier CDMA ", IEEE on Commun. Mag., Vol 35, Issue. 12, pp. 126-133, Dec. 1997 [10] Hara, S. Prasad, R. " DS-SS, MC-SS and MT-SS for mobile multi-media communications ", IEEE 46th Vehicular Technology Conference, Vol. 2, 28 April-1 May 1996.
- [11] Xiang Gui, Tung Sang Ng, " Performance of asynchronous orthogonal multicarrier CDMA system in frequency selective fading channel ", IEEE Trans. on Commun. Vol. 47, Issue. 7, pp. 1084-1091, July 1999.
- [12] Shi, Q. Latva-aho, M., " Performance analysis of MC-SS in Rayleigh fading channels with correlated envelopes and phases ", IEE Proc. Commun. Vol. 150, Issue. 3, pp. 217-220, June 2003.
- [13] Sourour, E.; Nakagawa, M., " Performance of orthogonal multi-carrier SS in a multipath fading channel ", IEEE Global Telecommunications Conference, Vol. 1, pp. 390-394, 28 Nov.-2 Dec. 1994.
- [14] Sourour, E. Nakagawa, M., " Performance of orthogonal multi-carrier SS in nonfading and nonselective fading channels ", IEEE ISSSTA '94., IEEE Third International Symposium, Vol. 1, pp. 203-207, 4-6 July 1994.
- [15] Lie-Liang Yang Hanzo, L., " Serial acquisition performance of single-carrier and multicarrier DS-SS over Nakagami-m fading channels ", IEEE Trans. on Wireless Commun., Vol. 1, Issue. 4, pp. 692-702, Oct. 2002.
- [16] Lie-Liang Yang Hanzo, L., " Performance of generalized multicarrier DS-SS over Nakagami-m fading channels ", IEEE Trans. on Commun., Vol. 50, Issue. 6, pp. 956-966, June 2002.
- [17] Lie-Liang Yang, Hanzo, L., " Multicarrier DS-SS: a multiple access scheme for ubiquitous broadband wireless communications ", IEEE Commun. Magazine, Vol. 41, Issue. 10, pp. 116-124, Oct. 2003.
- [18] Rahman, Q.M., Sesay, A.B., " Performance analysis of MT-SS system with diversity combining ", IEEE MILCOM 2001, Vol. 2, pp. 1360-1364, 28-31 Oct. 2001.
- [19] Rahman, Q.M., Sesay, A.B., " Data sequence detection for MT-SS signals ", IEEE CCECE 2002. Vol. 3, pp. 12-15, 12-15 May 2002.
- [20] Rahman, Q.M., Sesay, A.B., " Non-coherent MT-SS system with diversity combining ", Electrical and Computer Engineering, 2001. Canadian Conference, Vol. 2, pp. 1351-1356, 13-16 May 2001 [21] Yacoub, M. D., " Foundations of Mobile Radio Engineering ", CRC Press Inc, 1993.
- [22] D. Middle, " An Introduction to Statistical Communication Systems and Techniques ", New York: McGraw-Hill, 1966.
- [23] Suzuki, H., " A Statistical Model for Urban Radio Propagation ", IEEE Trans. on Commun., Vol. 27, No. 4, pp. 657-670, April, 1979.
- [24] Nakagami, M., " The m-distribution – A Formula of Intensity Distribution of Rapid Fading in Statistical Methods in Radio Wave Propagation, " W. G. Hoffman Ed., Oxford, England: Pergamon Press, 1960.
- [25] I. S. Gradshteyn and I. M. Ryzhik, " Table of Integrals, Series, and Products, 5th ed. " New York: Academic, 1994.
- [26] M. K. Simon and M.-S. Alouini, " Digital Communications over Generalized Fading Channels: A Unified Approach to Performance Analysis, " Wiley, New York, 2000.
- [27] C. C. Tan and N. C. Beaulieu, " Infinite Series Representation of the Bivariate Rayleigh and Nakagami-m Distributions. " IEEE Trans. on Commun, Vol. 45, pp. 1159-1161, Oct. 1997.
- [28] R. Prasad, and S. Hara, " Overview of Multicarrier SS ", IEEE Trans. on Commun. Mag. pp. 126-133, Dec. 1999.
- [29] L. Hanzo, et. Al., " Single- and Multi-carrier DS-SS Multi-user Detection, Space-Time Spreading, Synchronization, Standard and Networkin, " IEEE press-wiley, June 2003.
- [30] N. Yee, J. – P. Linnartz, and G. Fettweis, " Multi-carrier SS in Indoor Wireless Radio Networks ", IEICE Trans. on Commun., Vol. E77-B, No.7, pp. 900-904, July 1994.
- [31] S. Kondo, and L. B. Milstein, " Performance of Multicarrier DS-SS System ", IEEE Trans. on Commun Vol. 44, No. 2, pp. 238-246, Feb. 1996.
- [32] Q. Shi, and M. Latva-aho, " Performance Analysis of MC-SS in Rayleigh Fading Channels with Correlated Envelopes and Phase ", IEE Proc. on Commun, Vol. 150, issue. 3, pp. 210-214, June 2003.
- [33] T. Kim, Y. Kim, J. Park, K. Ko, S. Choi, C. Kong, and D. Hong, " Performance of an MC-SS System with Frequency offset in correlated fading, " 2000 IEEE International Conference on, Vol. 2, pp. 18-22, June 2000.

- [34] W. Xu, and L. B. Milstein, " Performance of Multicarrier DS-CDMA System in the Presence of Correlated Fading, " Vehicular Technology Conference, Vol. 3, pp. 2050-5054, 4-7 May 1997.
- [35] Joy I. Z. Chen, and Reger K. S. Mio, " Performance Evaluation of MRC for MC-CDMA Communication System over Nakagami-m Channels, " Proceeding of 4-th International Symposium on CSNDSP, pp. 180-283, July 2004.
- [36] Joy I. Z. Chen, " Performance Evaluation of MC-DS-CDMA in Nakagami Fading Channels including Partial Band Interference, " Journal of Science and Tech. Vol. 14, Science and Tech. No. 1, pp. 27-37, Jan. 2005.
- [37] Chen, Joy I. Z. and Roger K. S. Miao, " Performance evaluation of MRC for MC-CDMA communication system over Nakagami-m channels " , Proceeding of 4-th International Symposium on CSNDSP, 180-283,2004.
- [38] Efthymoglou, G. P., V. A. Aalo and H. Helmken, " Performance analysis of coherent DS-CDMA systems in a Nakagami fading channel with arbitrary parameters " , IEEE Transaction on Vehicular Technology, 46(2), 289-297,1997.
- [39] Gradshteyn, I. S. and I. M. Ryzhik Table of Integrals, Series, and Products, 6th Ed., Academic Press, New York, NY,2000.
- [40] Lee, W. C., Mobile Communications: Design Fundamentals, 2nd Ed. 202-211. Wiley, New York, NY,1993.
- [41] Nakagami, M., The m-distribution- a general formula of intensity distribution of rapid fading. In: Statistical Methods in Radio Wave Propagation, 3-36. Pergamon, Oxford, U. K.,1960.
- [42] Proakis, J., Digital Communications, 3rd Ed., McGraw Hill, New York, NY.,1995.
- [43] Schwartz, M., W. R. Bennett and S. Stein, Communication Systems and Techniques, vol. 4, McGraw Hill, New York, NY.,1996.
- [44] Zexian, Li and M. Latva-aho, " Analysis of MRC receivers for asynchronous MC-CDMA with channel estimation errors " , IEEE 7th International Symposium. on Spread-Spectrum Technology. & Application, Czech Republic, (2) 343 – 347,2002.
- [45] Zexian, Li, and M. Latva-aho, " Error probability for MC-CDMA in Nakagami fading channels using equal gain combining " , IEEE International Conference on Communications, 1, 227-231,2002.
- [46] Zhang, Q. T., " Maximal-ratio combining over Nakagami fading channels with an arbitrary branch covariance matrixk " , IEEE Transaction on Vehicular Technology, 48 (4), 1141-1150,1999.
- [47] Zhang, Q. T., " A generic correlated Nakagami fading model for wireless communications " , IEEE Transaction on Communication, 51(11), 1745-1748,2003.