

無線通信通道特性的模擬、量測與分析 - 子計劃三：無線通信系統 傳輸錯誤率及統計特性的分析

The analysis and calculation of the BER performance and statistical characteristics for wireless communication system

計劃編號：NSC 89-2213-E-032-015

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計劃主持人：丘建青

淡江大學電機系教授

一、中文摘要（關鍵字：多重路徑、符元干擾、位元錯誤率、失效率、遺傳演算法則、圓弧陣列天線、扇形天線）

在室內環境，由於無線電波很容易受到遮蔽物的影響，這些遮蔽物如：牆壁、天花板及傢俱等，使得無線電波將經由多重反射、繞射等路徑而到達接收天線，此現象稱之為多重路徑效應。由於此效應造成的符元干擾，使得通訊位元錯誤率及失效率增加，造成通話品質變差的主要原因。本計畫的目標是希望利用天線場型的調整，使得位元錯誤率能夠最低。這樣的問題可以看成一種最佳化的問題，由於基因法則的好處在於不須列出變數和因變數的明顯數學關係亦能找出最佳解，因此使用基因法則作為最佳化的工具。和一般以天線場型為目標函數所不同的地方是，本計畫擬以降低室內通信傳輸位元錯誤率為目標函數，再利用基因法則作最佳化的調整，尋找出滿足最低傳輸位元錯誤率時的天線場型，此種場型最能滿足通訊的需求。

英文摘要（keyword: multipath, intersymbol interference, bit error rate, outage probability, genetic algorithm, circular arc array antenna, sectored antenna）

Radio wave is easily effected by obstacles in indoor environments. The obstacles are walls, ceilings, furniture in indoor environment. These obstacles will cause multiple reflection and diffraction of the radio waves and the phenomenon is called as multipath effect. Due to this multipath effect, the intersymbol

interference which increases the bit error rate and outage probability of the communication system occurred. As a result, the quality of communication becomes worse. The goal of this project is to synthesize the antenna pattern to decrease to bit error rate (BER) of the communication system. Based on the topography of the antenna and the BER formula, the synthesis problem can be reformulated into an optimization problem and solved by the genetic algorithm. The main advantage of the genetic algorithm is that the relationship of the independent variable and dependent variable is not necessary to express explicitly in mathematics formula. The main feature of this approach is choosing BER as the object function instead of the antenna pattern.

二、計畫緣由與目的

由於目前將基因法則運用在天線方面之研究大多數僅限於波束合成的應用[1], [2], [3]，或是應用在室內無線通訊通道上的統計特性分析[4], [5]。然而以波束合成作最佳化的天線輻射場型並不能夠滿足在高速室內無線通訊的環境下有更好的通訊品質。因此在本計畫中提出一種真正最佳化的天線輻射場型的方法，根據已知的室內環境以及所選定的調變系統，再利用基因法則以降低室內通信傳輸位元錯誤率為目標函數作最佳化的調整，尋找出滿足最低傳輸位元錯誤率時的天線輻射場型，此種場型最能滿足通訊的需求。

三、研究方法及成果

(一) 通道模型與系統描述

(A) 通道特性的計算

電波傳播以等效的基頻脈衝響應 (baseband impulse response) 表示式為：

$$h_b(f) = \sum_{k=0}^N S_k e^{i\tau_k} u(f - f_k) \dots \dots \dots (1)$$

在此，彈跳式射線追蹤法被用來計算該環境的通道脈衝響應[6]。

(B) 系統方塊圖

如圖 1 所示，考慮一具有脈波整型 (pulse shaping) (rolloff factor 為 0.5)、相位回復 (phase recovery) [7] 以及時序回復 (timing recovery) [8] 電路的二位元相移鍵 (Binary phase shift keying, BPSK) 的系統，為一以等效基頻通道模型為基礎的調變解調機制。其中位元錯誤率之表示式為：

$$P_e = \sum p(a_n) \cdot \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{\sqrt{E_b} |a_n|}{\sigma} \right]$$

$$= \sum_n p(a_n) \cdot \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{\sum_n a_n \operatorname{Re} \{ [h_i(t_d - nT) \otimes h_b(t_d - nT) \otimes h_r(t)] \cdot e^{-i\omega} \}}{\sigma} \right]$$

.....(2)

(二) 當位元錯誤率最低時的天線輻射場型

(A) 圓弧陣列天線

如圖 2 所示，假設總共有 M 根天線，天線與天線之間間距為 $\lambda/2$ 等距離依序地排列在半徑為 R 的圓型陣列上。考慮啟動 (turn on) 在部分弧形範圍內的 N 根天線，並調整在天線上的激勵電流，由[9]可以寫下弧形陣列天線的輻射場型為：

$$F(\theta, \omega) = \sum_{n=1}^L I_n e^{j\tau_n} e^{jSR \sin \theta \cos(\omega - \omega_n)} FE(\omega - \omega_n)$$

.....(3)

在此，考慮各向異性的單元因子[10]為：

$$FE(\theta, \omega) = \frac{1}{3} \sin \theta \left[1 + 2 \max \left(\cos \omega, -\frac{1}{2} \right) \right]$$

.....(4)

(B) 遺傳演算法則

遺傳演算法則的流程圖如圖 3 所示，首先，將欲搜尋的參數範圍進行編碼 (encode)，將每個參數值編碼成一串有限位元的字串 (即每一字串代表一個參數值)。接著根據問題的需要，隨機地抽取一定數目的物種，作為母代的初始族群 (population)，將初始族群經過編碼 (decode)，根據問題要求的目標定義一適應函數 (fitness function) 藉以評量每個物種的適應特性及表現行為，判斷此物種是否該生存下去，然後根據每個物種的適應度 (適應函數值) 大小來複製較佳的物種。完成複製之後，將產生的新族群根據交配率，隨機性的把一族群中兩兩物種的部份位元相互交換，接著根據突變率隨機性的改變一族群中某些字串 (物種) 的部份位元值，以產生新的子代。然後從資訊交換生產池中挑選最佳的字串解碼成真正的數值。如此一代接著一代的進化，猶如生物界中的自然演進，直到找到符合要求的最佳解。

(C) 適應函數的定義

考慮一個室內無線通訊環境，發射天線為一圓形陣列天線，只要將通訊環境的各種參數固定之後，再以發射天線激勵電流的振幅大小與相位為基因演算法則所要搜尋的變數，將等效的基頻脈衝響應與天線輻射場型作結合後，再代入位元錯誤率的計算。由於目的在於求得當接收點位置的位元錯誤率最低時，發射天線的輻射場型，因此可定義適應函數為：

$$SF = P_e^{-1} \dots \dots \dots (5)$$

(三) 數值結果

考慮一個長×寬×高為 11m×12m×4m 的

典型房間，如圖 4 所示。假設牆壁、天花板、地板的厚度皆為 25 公分厚的水泥，且其材質係數是在 57.5GHz 為 $\nu_r = 6.5 - 0.43j$ [11], [12]。發射天線為考慮一個落在 xy 的平面上，半徑為 $R = 2.392j$ 以及有 $M = 30$ 個輻射單元的圓形陣列天線，接收天線是垂直極化半波長偶極天線。發射天線所擺的位置是在建築物的中央，為座標(5.5m, 6m, 3.5m)的位置；接收天線的高度固定在 1.5 公尺，且均勻的分佈在建築物中，大約有 2000 個左右的接收點。

圖 5 與圖 6 分別是接收點 2 位置，當發射天線為全向性天線與圓形陣列天線時的等效基頻脈衝響應。而圖 7 是此時圓形陣列天線的輻射場型。由脈衝響應的結果可以得知，經由遺傳演算法則所得陣列天線的輻射場型，有效地改善無線通道的多路徑效應。此外，由天線的輻射場型可以得知，只要針對干擾大的波束予以抑制即可。另外值得注意的是，原先該接收點位置的位元錯誤率為 10^{-3} ，經改善後，可得位元錯誤率為 10^{-7} 。

四、結論與討論

藉由遺傳演算法則配合通訊環境與調變解調系統，求得當位元錯誤率為最低時，圓形陣列天線的輻射場型。根據結果顯示，只要系統環境參數確定，給定發射、接收的位置，利用遺傳演算法則求出的天線輻射場型，將是該接收位置保證通訊的最佳近似解。換句話說，只要該接收位置有電波能量進來，利用本文所提方法所設計的輻射場型，可以用來降低多路徑效應的影響。

五、參考文獻

[1] F. Ares, S. R. Rengarajan, J. A. F. Lence, A. Trastoy and E. Moreno, "Synthesis of antenna patterns of circular arc arrays," *Electronics Letters*, vol. 32, pp. 1845-1846, Sept. 1996.

- [2] Y. C. Jiao., W. Y. Wei, L. W. Huang, and H. S. Wu, "A new low-side-lobe pattern synthesis technique for conformal arrays," *IEEE Trans. Antenna Propag.*, Vol. 41, pp. 824-831, June 1993
- [3] 林志信，利用基因法則最佳化弧形陣列天線場型，私立淡江大學電機工程研究所碩士論文，中華民國八十七年六月。
- [4] Kaveh Pahlavan and Allen H. Levesque, *Wireless Information Networks*, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [5] C. H. Chen and C. C. Chiu, "Synthesizing Sectorized Antennas by the Genetic Algorithm to Mitigate the Multipath of Indoor Millimeter Wave Channel," *IEICE Transactions on Fundamentals to Electronics, Communication and Computer Science*, Feb. 2000
- [6] S. H. Chen and S. K. Jeng, "An SBR/Image approach for radio wave propagation in indoor environments with metallic furniture," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 45, pp. 98-106, Jan 1997.
- [7] J. Greenstein and B. A. Czekaj-Augmn, "Performance comparisons among digital radio technologies subjected to multipath fading," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 30, pp. 1184-1197, May 1982.
- [8] J. C. Chuang, "The effects of multipath delay spread on timing recovery," *IEEE Tran. Veh. Technol.*, vol. 35, pp. 135-140, Aug. 1987.

[9] F. Ares, S. R. Rengarajan, J. A. F. Lence, A. Trastoy and E. Moreno, "Synthesis of antenna patterns of circular arc arrays," *Electronics Letters*, vol. 32, pp. 1845-1846, Sept. 1996.

[10] Y. C. Jiao., W. Y. Wei, L. W. Huang, and H. S. Wu, "A new low-side-lobe pattern synthesis technique for conformal arrays," *IEEE Trans. Antenna Propag.*, Vol. 41, pp. 824-831, June 1993

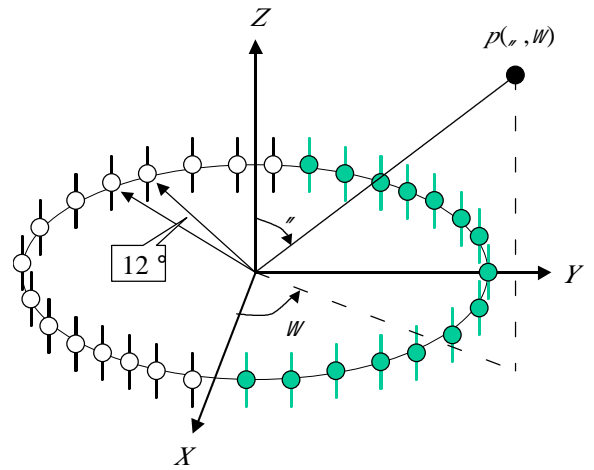


Fig. 2

[11] T. Manabe, Y. Miura and T. Ihara, "Effects of antenna directivity and polarization on indoor multipath propagation characteristics at 60 GHz," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, pp. 441-448, April 1996.

[12] K. Sato, T. Manabe, T. Ihara, H. Saito, S. Ito, T. Tanaka, K. Sugai, N. Ohmi, Y. Murakami, M. Shibayama, Y. Konishi and T. Kimura, "Measurements of reflection and transmission characteristics of interior structure of office building in the 60GHz band," *Proc. IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio*

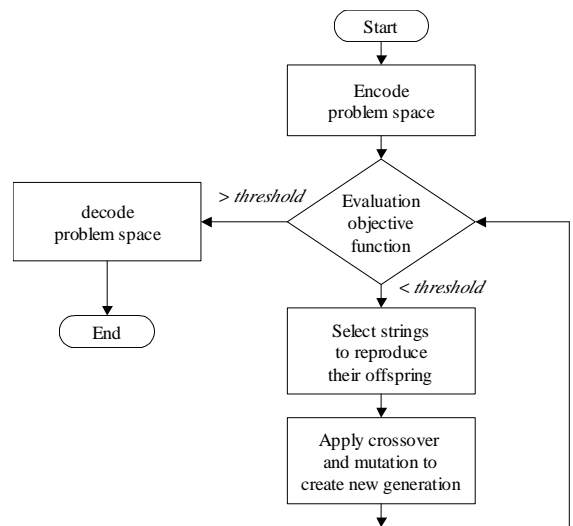


Fig. 3

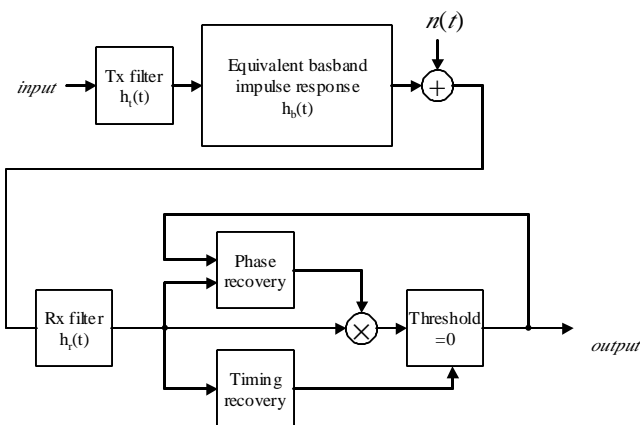


Fig. 1

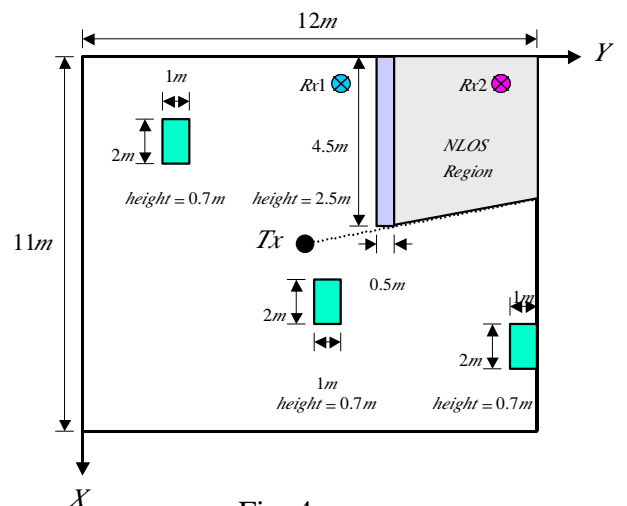


Fig. 4

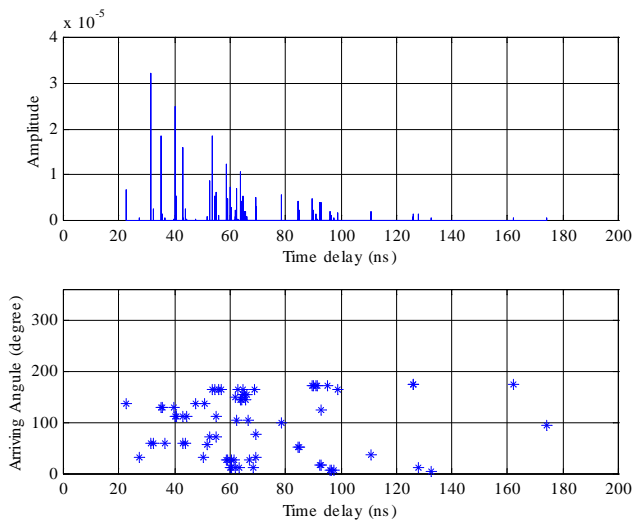


Fig. 5

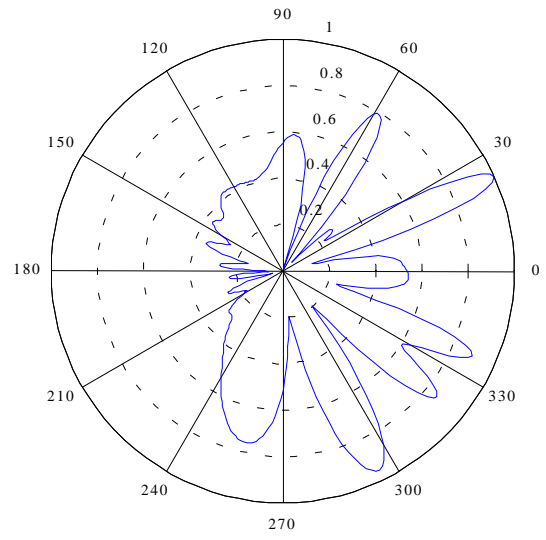


Fig. 7

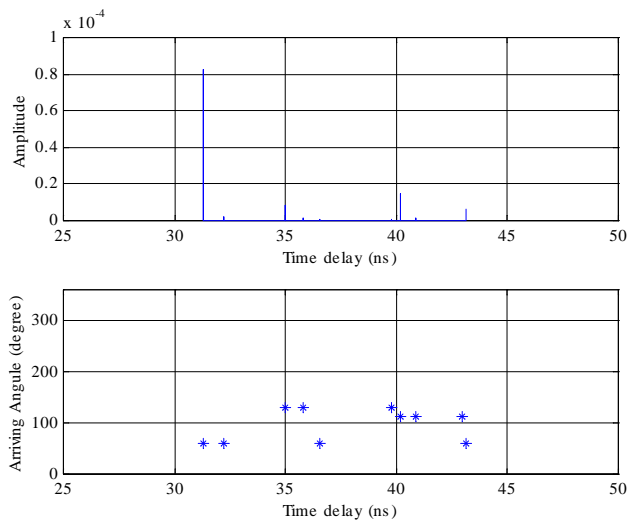


Fig. 6(a)

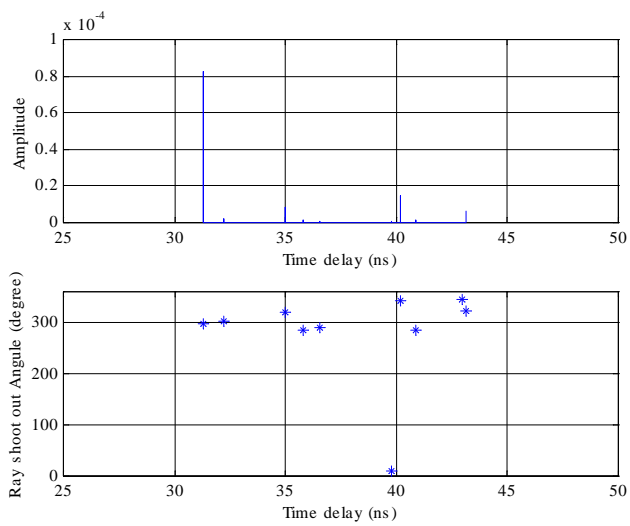


Fig. 6(b)