

RFID 系統之讀取器通道配置之研究

黃永發、洪勝偉

朝陽科技大學 網路與通訊研究所
yfahuang@cyut.edu.tw

沈培輝

國立中興大學 電子商務研究所
pfsum@nchu.edu.tw

摘要

本文探討無線射頻識別系統之讀取器碰撞問題，因為頻率通道若沒做適當的安排，會導致讀取器之間傳輸時的干擾，以及讀取器與電子標籤的干擾碰撞，因此在本文中我們將探討讀取器子通道的配置，以減少干擾，並在二維空間下分別探討基本的三邊形、四邊形、六邊形的網路拓樸之子通道配置，並說明如何規則性的部署在大範圍的配置，使得 RFID 系統無碰撞產生。

關鍵詞：無線射頻辨識系統、讀取器、通道配置。

Abstract

This paper presents a few elegant but efficient methods for channel assignment in four different structural RFID networks including a small scale linear array, a large scale hexagonal grid, a large scale rectangular grid and a large scale triangular grid. For linear array network, a value function is proposed to measure the collision effect and then apply to obtain a collision free channel assignments. While for the structural networks, three greedy algorithms are proposed and they are able to generate the assignments with small number of channels: 2 for hexagonal grid, 2 for rectangular grid and 3 for triangular grid.

Keywords: Radio Frequency Identification、Channel Assignment、Reader.

1. 前言

無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification, RFID)，是最近幾年來非常熱門的技術，在國際社會上已被廣泛的應用且應用層面遍及各行各業，也有愈來愈多技術與應用不斷的開發[1-3]。受到世界先進國家的重視列

為國家發展重點。並投入大量人力及經費參與EPC、ISO 甚至 UID 國際標準的修訂，希望能主導未來市場的動向[4-5]，它是一種不用接觸物體而利用射頻訊號及空間偶合或微波的方式來實現能量與訊號的非接觸式傳輸及辨識，因而有效地解決接觸式智慧卡使用機械電氣觸點，所產生的靜電擊穿、機械磨損、易受污染和潮濕環境影響等問題，普遍被認為是身份識別、物流等方面的重要替代技術。但是 RFID 先天的無線傳輸特性[6-7]，雖提供作業上的便利與快速，卻也出現讀取器碰撞(Reader Collision) 的問題並造成 RFID 系統嚴重癱瘓的問題存在。

針對 RFID 干擾碰撞的問題來說，其問題可切割為二大類[8-9]，一為標籤之間的碰撞(Tag collision)[10-11]，二為讀取器之間彼此的碰撞(Reader Collision)[12-13]。前者已有許多國內外學者提出的文獻來做其技術的解決參考方案及其技術也不斷成長偏向成熟的階段，因此我們將針對第二點(Reader Collision)來做出研究，雖然目前國內外有許多學者提出文獻來做解決的參考依據，但尚有不足之處因此我們決定提出一個多通道配置[14]的方式來做解決。

基本的 RFID 系統有三個部份：標籤(Tags)、讀取機(Readers)和中介軟體(Middleware)。當標籤進入磁場區域後，接收的讀取器發出信號，憑借感應電流所獲得的能量發送並儲存在於芯片中的晶片(Passive 電子標籤，無電源標籤或稱被動標籤)，或主動發送某一頻率的信號(Active 電子標籤，有電源標籤或稱主動標籤)；讀取器讀取信息並譯碼後，送至中央信息系統進行有關處理[6]。

此系統具備非接觸式讀取，資料可以更新，可重複使用，可同時讀取多個電子標籤及資料安全性佳等優點。現今 RFID 已被廣大的國際社會廣泛地應用，不論是早期的門禁管制、人員追蹤、倉儲管理與物流業、零售流通業，甚至是現今的醫療管理、生物晶片等等。

由於 RFID 在應用中存在不可避免的碰撞問題，因而造成了數據讀取的不可靠及不確定因素。近年來，學術界對此問題也更加正視的著

手研究，因而提出了許多解決 RFID 碰撞的理論和方法，其方法有許多例如麻省理工學院所提出的著色演算法 (Color-wave-Algorithm)[15]，階層式 Q 學習演算法 (HiQ-Algorithm)[16]，以及 D.KUNZ 所提出的多通道配置類神經網路 (Neural network)[17]，模擬退火演算法 (Simulated-annealing)[18]，基因工程演算法 (Genetic-Algorithm)[19] 等許多的方法，而這些方法都是需要用到許多的演算法且都是高複雜程度的，歸類為 NP-Complete 的問題所以我們將試著去將複雜的問題利用簡單的方法做改善。

本文將分為五個節次，第二節將探討讀取器碰撞網路拓撲的問題，第三節中說明，目前一些防碰撞的相關研究，在第四節中首先假設圖中為等邊三邊形、等邊四邊形以及等邊六邊形、在說明如何規則性的拓展到大面積下的部署方法，最後將在結論中做出本文的總結。

2. 讀取器碰撞問題

讀取器會有干擾甚至碰撞的問題在於頻率之間的相互干擾，所以我們深入探討並提出一個多通道分配的方法，將一個頻率通道切割為多的子通道，再以快速方法，將各子通道適當的安排給每一個讀取器使用，在非模擬環境中，因 RFID 系統屬於短距離無線傳輸，所以讀取器的部署也較為密集，而在超高頻(UHF)時更有多路徑(multiple path)的問題存在，因此在多讀取器的傳輸信號過程中，就會受到一個或多個鄰近讀取器的干擾甚至是碰撞，因而造成 RFID 系統判斷上的錯誤，而造成傳輸失敗的結果。所謂干擾與碰撞指的是讀取器與電子標籤在做信息傳輸，在相同的時間點上如有二筆以上的資料做傳輸，造成讀取器之間的頻率干擾碰撞破壞了傳輸時的完整性，造成傳輸信號的判斷錯誤，導致無法判讀的結果。

RFID 產生信號的干擾碰撞有兩種情況：

第一種是讀取器與讀取器之間的干擾碰撞，這是說明電子標籤向讀取器發出的信號受到別的讀取器信號的干擾，導致標籤訊號判斷錯誤，造成傳輸過程失敗，這種情形大部分發生在讀取器的傳輸範圍沒有覆蓋，如圖 1 中標籤 T1 傳送訊息給讀取器 R1，傳輸的過程中受到讀取器 R2 的干擾距離所干擾，最後有可能導致誤判的結果，造成讀取器 R1 與標籤 T1 間的傳輸失敗。

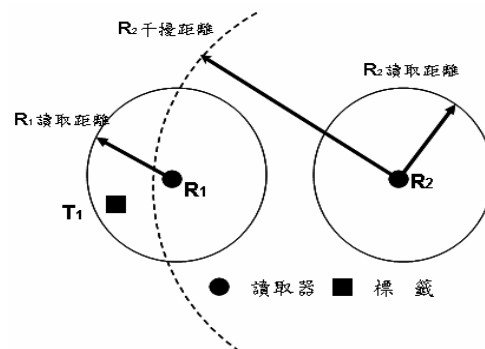


圖 1 讀取器與讀取器之間的干擾碰撞[12]

第二種情況為多讀取器(Multiple reader)對電子標籤的干擾碰撞[12]，當一個電子標籤在二個讀取器或二個以上的讀取器之讀取範圍內，電子標籤同時接收多筆的控制指令(command)，會造成電子標籤受到多個讀取器頻率的干擾，以及讀取器之間的頻率影響[21]，因而造成電子標籤無法判別，導致傳輸失敗的因素在於讀取器之間的讀取距離重覆所產生的碰撞干擾問題。如圖 2 所示，當 2 個以上的讀取器同時讀取到相同的電子標籤，而讀取器之間的讀取範圍重覆時，造成電子標籤無法判別，因此，當 R1 與 R2 同時讀取 T1，而造成 T1 無法判別，而造成彼此之間信號的干擾，甚至碰撞，而造成傳輸失敗，雖其它不在重疊範圍內的電子標籤仍可正常讀取，但卻是一個傳輸時的盲點，在通訊過程中這種錯誤是不被允許的。

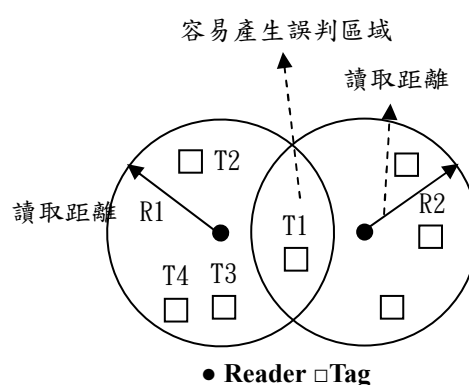


圖 2 多讀取器對電子標籤的干擾碰撞[12]

以上兩種情況是目前較普遍的碰撞模型，可以清楚理解到，讀取器碰撞的問題，最直接的解決方法就是避免頻率之間的彼此干擾，因此，我們將設法找出在有限的頻率資源，並做出一個適當的配置，因此本文中主要針對取器

之間的碰撞或干擾做探討，在一個可使用的頻道比讀取器還少時，如何配置子通道，以減低這種干擾，達到較理想之讀取器網路拓樸的部署環境。

3. 相關之研究

3.1 EPC Global Class1 Generation 2

在 EPC global class 1 Gen 2 的標準中，是利用分頻多工的方式，其技術是利用不同的頻率通道，作讀取器與電子標籤的傳輸，已達到有限頻率通道的配置，主要的目的是為了避免 RFID 系統中讀取器之間的干擾及碰撞問題[4-5]，雖然在歐洲標準擁有 15 通道，韓國有 25 通道，北美有 50 個通道，但還是不足以應付的，因為雖然在這個標準中利用了分頻多工的技術，使用不同的頻帶作為讀取器與標籤的傳輸媒介，因此，彼此之間不會有干擾，但當兩個讀取器對相同標籤發出訊號時，因為標籤不會特別選擇某個頻帶的信號做回應，因而發生碰撞，所以這個標準中多讀取器對標籤的干擾問題依然存在。

3.2 ETSI EN 302 208 (Listen Before Talk)

Listen Before Talk(LBT)是建立在 CSMA 協定的一種 RFID 讀取器的延伸標準，每一個讀取器在傳送前，要先令全部讀取器達到同步的狀態，才能執行 LBT 的標準[12]，並由天線上 RF 的能量得知接收訊號的強度，如果訊號強度低於門檻值，則表示此通道可以傳輸資料，反之訊號強度高於門檻值，則認定通道為忙碌狀態，所以資料的傳送必須延後，等待至下一個傳送時間才能作傳送的動作，因此，如果通道持續維持在忙碌的狀態，則會造成資料無法傳送而遺失，因為在標準中資料傳送等待時間必須於 4 秒完成，所以這個標準中，無法解決在密集環境下的部署。

3.3 著色演算法

這是一種分時多工(TDMA)為基礎的分散式 TDMA 的演算法[6]，在讀取器的 Timeslot 中隨機選擇一個顏色作傳送，如果發生碰撞，則在新的 Timeslot 中選擇一個新的顏色，並傳送 kick 的封包給所有鄰近的讀取器，如果與鄰近的讀取器顏色相同，鄰近讀取器必須改變通道顏色並回傳 kick 的封包，這種方式必須在讀取器作時間上的同步，假設在 RFID 系統中可以偵測碰撞，然而，若使用讀取器偵測標籤的碰撞是不實際的，除非把標籤也加入於碰撞的偵測中，但如果有移動式的讀取器也在相同環境中，會造成無法再讀取器時間上的同步，導

致 RFID 系統無法使用。

4. 規則性部署

在[12]中探討了線性陣列的讀取器部署，在這部分我們將進一步的探討在二維空間環境下，如何建立部署規則性的三邊、四邊及六邊的讀取器網路拓樸(topology)的架構，我們將針對三種不同的讀取器網路拓樸(topology)：三邊形(triangular)、四邊形(格子狀)(grid)及六邊形(hexagonal)，探討其子通道之部署(deployment)，以及說明如何配置在大範圍的環境下。

在圖 4 中為三邊形的網路拓樸的子通道配置方式，每一個圓代表一個讀取器而與圓點連接之黑色實線為其鄰近讀取器，因此可知在三邊形中讀取器 R 的鄰近讀取器有六個，其部署方式在圖接近中心點紅色的 R 點為主，其鄰近讀取器的子通道配置由 R 的右側鄰近節點部署子通道 B 順時鐘分別為 G-B-G-B-G，以此方式部署，可以推出整個面積的子通道配置的網路拓樸，由此可知在三邊形的子通道配置只需要三個子通道即可解決其讀取器碰撞的問題。

在這邊也簡單的定義碰撞的問題，我們假設讀取器網路拓樸中，與鄰近鏈結的節點若使用不同的子通道，則假設為沒有碰撞，反之若與鄰近節點子通道相同，則為碰撞。

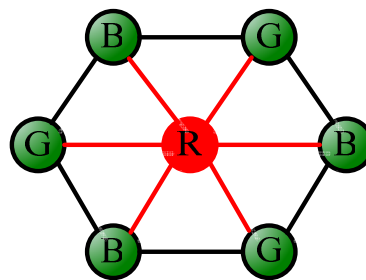


圖 3 三邊形基本配置方式

圖 4 是說明如果三邊形網路拓樸，拓展到大面積的環境下該如何部署，以圖 5 來說明，一個基本的三邊形網路而言單點與另外鄰近兩個節點須為不同的子通道，因此每一個節點向外延伸，判斷是否與鄰近節點為不同之子通道，若為不同，即可避免通道之間的碰撞問題，或依照圖 4 的綠色節點的中心，紅色 R 的子通道固定在中心依序如圖 3 向外配置，就可以形成如圖 4 或更大的網路拓樸，且避免碰撞問題的發生。

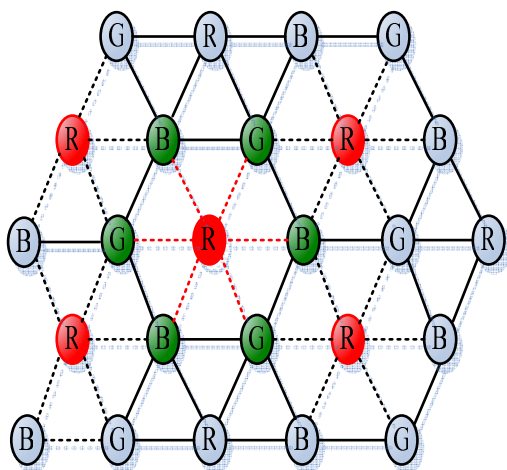


圖 4 三邊形固定網路拓撲佈置方式

從圖 5 及表 1 中可以得知，圖 5 由左上角為讀取器 1，依此由左至右分別為 1-9 的讀取器，依序的部署其子通道即可完成防碰撞的子通道配置如表 1 所示。

表 1 是說明基本四邊形讀取器間，所依序產生不同的子通道，並且考慮鄰近讀取器之間所配置的網路拓撲之間的子通道都不相同，已達到讀取器之間沒有碰撞。

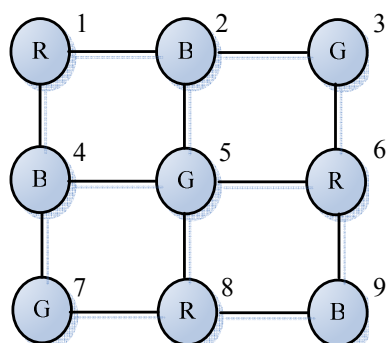


圖 5 四邊形基本配置方式

表 1 四邊形之步驟

1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	-	-	-	-	-	-	-	-
R	B	-	-	-	-	-	-	-
R	B	G	-	-	-	-	-	-
R	B	G	B	-	-	-	-	-
R	B	G	B	G	-	-	-	-
R	B	G	B	G	R	-	-	-
R	B	G	B	G	R	G	-	-
R	B	G	B	G	R	G	R	-
R	B	G	B	G	R	G	R	B

圖 6 是說明如果四邊形網路拓撲，拓展到大面積的環境下該如何部署，以圖 5 來說明，一個基本的四邊形部署而言，只需由第一個節點的行與列，分別向左右與上下拓展，即可在大環境下配置一個大型的網路拓撲，且可以避免與鄰近節點的碰撞，因此在大型網路下可以有效的避免其讀取器碰撞問題。

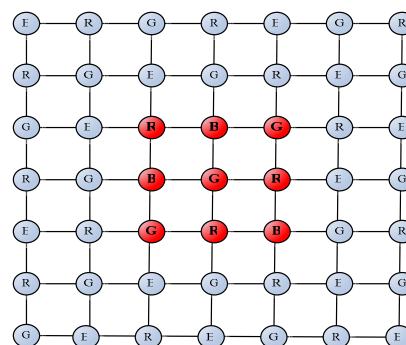


圖 6 四邊形固定網路拓撲佈置方式

在圖 7 中為六邊形固定網路拓撲的子通道配置方式，每一個圓代表一個讀取器而與圓點連接之黑色實線為其鄰近讀取器，因此可知再六邊行中的每一個讀取器的鄰近讀取器有 3 個，其部署方式如圖 7 中，將六邊行中間連接點移除其部署方式即為六邊行的子通道配置，其子通道用量只需要兩個子通道即可解決其讀取器碰撞的問題。

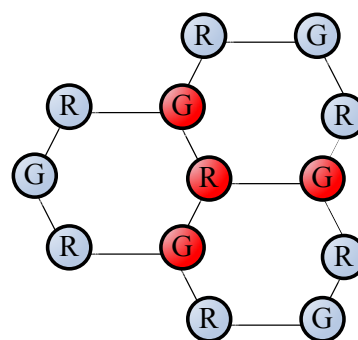


圖 7 六邊形基本配置方式

圖 8 是說明如果六邊形網路拓撲，拓展到大面積的環境下該如何部署，一個基本的六邊形網路拓撲而言單點與另外鄰近三個節點須為不同的子通道，以圖 7 來說明，中心點紅色的 R，向外鏈結的鄰近的節點與 R 的通道都不相同，因此每一個節點向外延伸鏈結數，可以為三個均相同的子通道，鏈結鄰近節點為中心向外延伸，如此不斷的向外拓展，方可部署出

大面積的六邊形網路拓撲，因此，基本的網路拓撲只須兩個不同的子通道，及可配置出大規模的網路拓撲，且避免碰撞問題的發生。

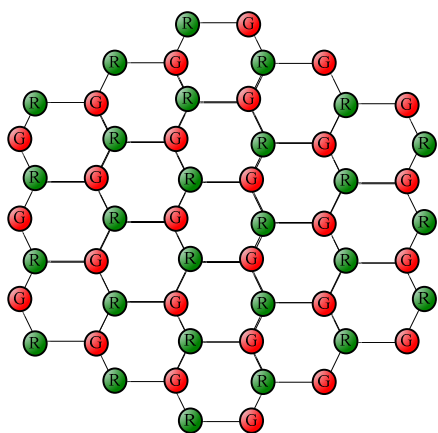


圖 8 六邊形固定網路拓撲佈置方式

從圖 3-8 中可知若是在規則的環境中三邊、四邊及六邊的讀取器網路拓撲的規則部署讀取器時最多僅需 3 個不同的子通道即可解決，不同的多邊形部署也可有效的解決讀取器網路拓撲碰撞的問題。

5. 結論

本文基於之前探討的一維線性陣列中[20]提出的子通道配置，進而延伸到二維環境，分別探討基本的三邊形、四邊形、六邊形的子通道配置方法，並且進一步說明如何拓展到大面積下的配置讀取器網路拓撲，從中我們得知在規則的配置中，最多只需要三個不同的子通道，就可以滿足，在不同二維多邊形的讀取器網路拓撲的子通道配置，且有效解決了在靜態的環境讀取器網路拓撲的碰撞問題。

參考文獻

- [1] R. Weinstein, "RFID: A Technical Overview and Its Application to the Enterprise," *IEEE Journal Information Technology Professional*, Vol. 7, No. 3, pp. 27-33, 2005.
- [2] R. Want, "An Introduction to RFID Technology," *IEEE Journal Pervasive Computing*, Vol. 5, No. 1, pp. 25-33, 2006.
- [3] A. Chamarti and K. Varahramyan, "Transmission Delay Line-based ID Generation Circuit for RFID Applications," *IEEE Journal Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 16, pp. 588-590, 2006.
- [4] "EPC radio-frequency identity protocols class-1 generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz - 960 MHz version 1.0.9," *EPC-global Standard Specification*, 2004.
- [5] "EPC Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz Version 1.0.9," *EPC Global, Tech. Rep.*, 2005.
- [6] K. Finkenzeller. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contact-less Smart Cards and Identification* Chichester: John Wiley, Leipzig, Second edition, 2003
- [7] R. Want, *RFID Explained: A Primer on Radio Frequency Identification Technologies*, Morgan and Claypool, First edition, 2007.
- [8] D. H. Shih, P. L. Sun and D. C. Yen, "Taxonomy and Survey of RFID Anti-Collision Protocols," *Computer communications*, Vol. 29, No. 11, pp. 2150-2166, 2006.
- [9] S. Sarma, D. Brock and D. Engels, "Radio Frequency Identification and the Electronic Product Code," *IEEE Journal Computer Society*, Vol. 21, No. 6, pp. 50-54, 2001.
- [10] C. Law, K. Lee, and K. Y. Siu, "Efficient Memory-less Protocol for Tag Identification," *Proceedings of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications*, Boston, Massachusetts, ISA, pp. 75-84, 2000.
- [11] H. Vogt, "Multiple object identification with passive RFID tags," *Proceedings of IEEE International Conference Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, pp. 6, 2002.
- [12] S. M. Birari, "Mitigating the reader collision problem in RFID networks with mobile readers," *In Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Networks*, 2005, Vol. 1, pp. 16-18, 2005.
- [13] J. Waldrop, D. W. Engels, S. E. Sarma, "Colorwave: an anticollision algorithm for the reader collision problem," *Proceedings of IEEE International Conference on Communications, ICC '03.*, Vol. 2, pp. 1206-1210, 2003.
- [14] C. F. Lin, and Y. S. Frank, "A Simulated Annealing Algorithm for RFID Reader Networks," *Proceedings*

- of IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC07* pp. 1669-1672, 2007.
- [15] J. Waldrop, D.W. Engels, S. E. Sarma, "Color-wave: A MAC for RFID reader networks," *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC03* Vol. 3, pp. 1701-1704, 2003.
- [16] J. Ho, D. W. Engels, and S. E. Sarma, "HiQ: A Hierarchical Q-Learning Algorithm to Solve the Reader Collision Problem," *International Symposium Applications and the Internet Workshops, SAINT06*, pp. 88-91, 2006.
- [17] D. Kunz, "Channel assignment for cellular radio using neural networks," *IEEE Transactions Vehicular Technology*, Vol. 40, pp. 188-193, 1991.
- [18] M. D. Anton, D. Kunz, B. Ruber, "Channel assignment for cellular radio using simulated annealing," *IEEE Transactions Vehicular Technology*, Vol. 42, pp. 14-21, 1993.
- [19] W. K. Lai, and G. G. Coghill, "Channel assignment for a homogeneous cellular network with genetic algorithms," *Proceedings of the 1994 Second Australian Conference*, pp. 263-267, 1996.
- [20] 黃永發, 洪勝偉, 沈培輝, C. S. Wong, "應用RFID於醫療院所之讀取器通道配置之研究," *國際資訊醫學研討會, MIST07*, pp. 479-484, 2007.