

# 應用於 RFID 網路有效避免覆蓋衝突之讀取器佈置方法

黃辰詠<sup>1</sup> 葉宇桓<sup>2</sup> 林岳賢<sup>3</sup> 劉炳宏<sup>4</sup>

國立高雄應用科技大學 電子工程系

<sup>1</sup>E-mail: tysf3479@gmail.com

<sup>2</sup>E-mail: lakers3215@hotmail.com

<sup>3</sup>E-mail: skybill@hotmail.com.tw

<sup>4</sup>E-mail: bhliu@kuas.edu.tw

## 摘要

近年來無線射頻辨識(RFID)針對各種應用已有了迅速的發展，例如國防安全、醫療保健、身分辨識以及倉儲管理等，在技術層面上皆有進一步的發展。在典型的無線射頻辨識系統中，標籤(tag)常被使用來辨識物品資訊，附著於物品上的標籤可藉由讀取器來獲得其資訊，而讀取器(reader)則負責週期性地查詢讀取可讀範圍內之標籤。在現行研究中，大部分研究著重在如何讓讀取器讀取區域內之所有標籤，甚少考慮到讀取器本身的能力，然而讀取器本身通常有一定的讀取能力，因此在本論文中，我們的問題為如何使用區域內最少讀取器去讀取大量的標籤，且每個讀取器有其讀取標籤之上限，在此論文中，我們提出啟發式演算法來解決此問題，並且利用實驗模擬來分析此方法之優劣。

**關鍵詞：**RFID 網路、覆蓋衝突、讀取器佈置。

## Abstract

Recently, many applications have been developed for radio frequency identification (RFID), such as defense security, health care, personal verification, and warehouse management. In typical RFID system, tag is often used to identify items' information. In addition, the tag on an item can be read by a reader. The reader can periodically read the tags in its sensing range. Most researches focus on the problem of reading all tags in the field without considering the ability of the reader. However, the reader has limited readability. In this paper, we consider the problem of reading maximum tags such that the number of readers is minimized, where the number of tags sensed by the reader is limited. We propose a heuristic in this paper to solve this problem. In addition, a simulation is conducted to show the performance of the proposed method.

**Keywords:** RFID network, Coverage collision, Reader deployment.

## 1. 前言

無線射頻識別 (RFID) 系統是一種可以透過無線電訊號，用以識別某一特別目標的一種自動化辨

識系統，有相當多產業及應用而生，例如在醫療照顧應用、物流產業、製造產業以及身分辨識等相關應用服務[6][7][8][9]。在 RFID 系統中，讀取器和標籤為兩大組成元件，在此系統中，讀取器能發出無線電波以讀取其自身感測範圍內標籤的訊息，另一方面，標籤可以用來儲存訊息及回覆自身的辨識訊息。一般而言，標籤可分為被動式和主動式兩種，被動式標籤本身沒有電源，必須經由讀取器發出電波後得到能量，才可回傳自身的訊息給讀取器，而主動式標籤則是擁有自身的電源，能夠主動發出訊息給讀取器。由此可知，讀取器與標籤的位置往往決定提供服務品質的優劣，因此讀取器的佈置成為相當重要的討論議題，在此論文中，我們著重於研究如何佈置讀取器以增加 RFID 系統應用品質。

由於無線電波訊號很容易受到其他電波干擾而產生雜訊，即所謂碰撞衝突[1]，因此，在 RFID 系統中即因為讀取器與標籤皆利用無線電波傳遞訊息而有所謂的讀取器碰撞衝突[4]，讀取器碰撞衝突是發生在不同讀取器的讀取範圍有互相重疊，當在重疊區域內有標籤時，則當讀取器同時傳遞無線電波訊號給標籤時，則會造成碰撞衝突以致於標籤收到錯誤的讀取訊息。因此如何避免讀取器碰撞衝突為是 RFID 系統中相當重要之研究[2]。

近年來有許多專家學者提出佈署 RFID 讀取器和標籤的方法，如在[3]的研究中，該論文作者提出演算法，期望以最少讀取器來覆蓋環境內所有的標籤，以降低區域內讀取器的使用數量。然而此篇研究只著重於如何使用讀取器讀取所有標籤，卻沒有考慮到訊號的碰撞衝突，因此佈置完後的網路可能會因為碰撞衝突而引起資訊讀取相關問題。

在[5]的研究中，作者考慮到衝突碰撞問題，並提出有效演算法來降低讀取器的使用，以覆蓋大量的標籤。然而，在實際的應用當中，讀取器的本身能力有其限制，即每個讀取器有其讀取標籤之上限[4]。

在本篇論文中，我們考慮到 RFID 系統的實際應用，除了讀取器的本身能力限制之外，讀取器的感測範圍也可因需求而有所調整[2]，在有讀取器碰撞衝突情況下，如何使用最少讀取器去覆蓋大量的標籤為本篇所研究之問題，在此論文中，我們根據所參考範例性質，提出此問題之相對應啟發式

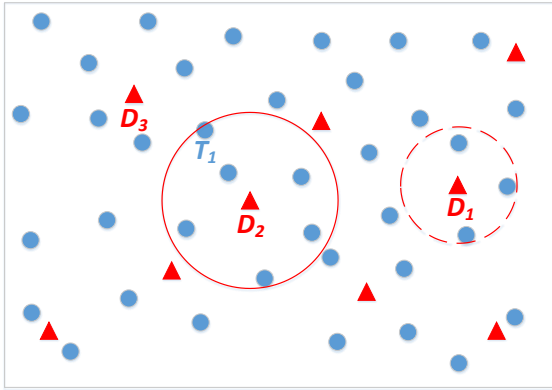


圖 1. 網路模型。其中圓形代表標籤，三角形則代表讀取器可佈置位置，虛線為讀取器感測範圍  $r$ ，實線則為讀取器感測範圍  $R$ 。

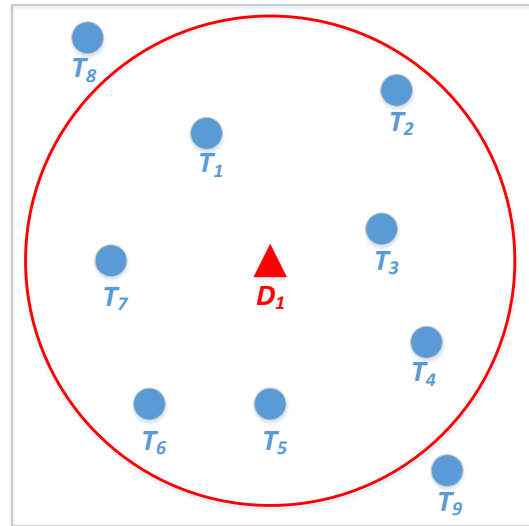


圖 2. 讀取器讀取標籤之上限範例。

演算法，最後並以實驗模擬來做相關分析比較。在接下來的第二章節中我們描述 RFID 網路模型及其問題定義。在第三章節中我們提出啟發式演算法來解決此一問題，在第四章節中我們以實驗模擬來比較分析所提方法，最後在第五章中提出結論。

## 2. 網路模型與問題定義

在 RFID 網路中，標籤任意散佈在一區域中，假設讀取器的可佈置位置為已知，另外也得知現存標籤位置，則我們可以根據讀取器的讀取範圍以及相關位置資訊來得知可讀取的標籤為何，在此論文中，我們假設讀取器的感測範圍可調整，可調整至  $r$  或  $R$ ，其中  $r < R$ ，另外假設讀取器的能力有限，即最多可以讀取範圍內  $k$  個標籤，則即使有大於  $k$  個標籤位於某一讀取器讀取範圍內，最多也只能讀取  $k$  個標籤，如圖 1 所示，在圖 1 中，每個讀取器可選擇其感測範圍，讀取器  $D_1$  使用感測範圍  $r$ ，讀取器  $D_2$  則使用感測範圍  $R$ ，假設每一個讀取器最多只能讀  $k=5$  個標籤。則可以從圖中得知讀取器  $D_2$  頂多只能讀其範圍內 5 個標籤。

在被動式 RFID 中，由於標籤本身沒有能量來驅動訊號的傳遞，所以必須位於讀取器的感測範圍內，然而，因為 RFID 讀取器本身硬體上的能力，在讀取標籤之數量上會有所限制，即若讀取器覆蓋過多標籤，則在讀取標籤過程中可能會有錯誤的發生。如圖 2 所示，當讀取器  $D_1$  發出訊息給感測範圍內的標籤時，這些收到訊號的標籤 ( $T_1, T_2, \dots, T_7$ ) 會回傳資料給讀取器，但是，讀取器可同時處理的標籤數量是有限的(最多  $k$  個)，所以在這情況下，某些標籤的回傳資料可能會無法接收，造成整個系統上的錯誤，這是必須避免的狀況。

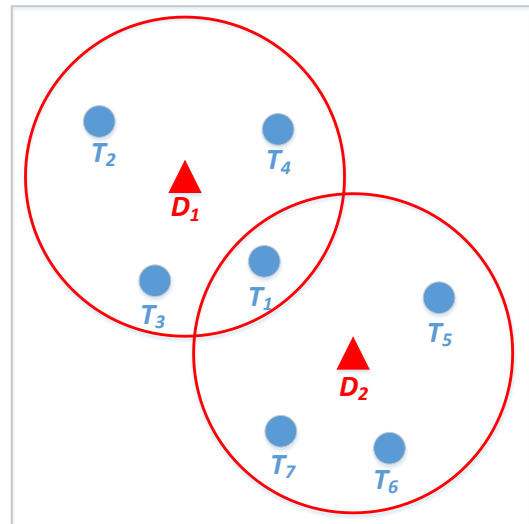


圖 3. 讀取器碰撞衝突範例。

因為 RFID 讀取器的設計方式，在某些情況下會有讀取器碰撞衝突，發生的原因為讀取器之間的感測範圍互相重疊所造成的問題。如圖 3 所示，讀取器  $D_1$  覆蓋標籤  $T_1, T_2, T_3, T_4$ ，讀取器  $D_2$  覆蓋標籤  $T_1, T_5, T_6, T_7$ ，由圖可知，讀取器  $D_1$  可正確取得標籤  $T_2, T_3, T_4$  的資訊，讀取器  $D_2$  可正確取得標籤  $T_5, T_6, T_7$  的資訊，然而標籤  $T_1$  位於讀取器  $D_1$  及  $D_2$  的重疊感測範圍內，在此情況下，如果兩個讀取器同時發出訊息時，就會導致標籤  $T_1$  接收到受干擾的訊息而無法回傳資料給任一讀取器，這種錯誤稱為讀取器碰撞衝突。

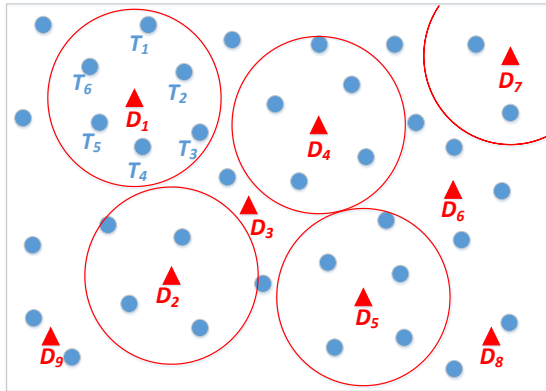


圖 4. 啟發式讀取器佈置方法( $R$ )範例。

由於 RFID 網路本身存在著讀取器碰撞衝突，當讀取器可調整其感測範圍時，且最多僅能讀取其感測範圍內  $k$  個標籤限制下，本論文研究如何選用最少讀取器去覆蓋大量的標籤。以圖 1 為例，當選用讀取器  $D_1$  及  $D_2$  來覆蓋標籤時， $D_1$  選用感測範圍  $r$ ， $D_2$  則選用感測範圍  $R$ ，此外，我們也可將讀取器佈置在  $D_3$  的位置，然而如果將讀取器  $D_3$  的感測範圍選用  $R$  時，則將會與讀取器  $D_2$  共同覆蓋到標籤  $T_1$ ，進而造成讀取器碰撞衝突，因此讀取器  $D_3$  的感測範圍可選用  $r$  或者不佈置讀取器到此位置。

### 3. 啟發式讀取器佈置方法

由於在 RFID 網路中存在著讀取器碰撞衝突問題，因此在選擇佈置讀取器的過程中，要盡量避免這問題的發生，因此除了考慮佈置位置以外，還需考慮讀取器所使用的感測範圍大小，當設定較大的感測範圍時，可以覆蓋較多的標籤，然而由於讀取器其能力有限，最多僅能讀取範圍內  $k$  個標籤，因此並非感測範圍越大越好，主要因為越大範圍雖能覆蓋越多標籤，但實際上多數標籤因讀取器能力限制問題而不能被讀取。另外，若讀取器範圍較小時，則其範圍內的標籤數目較小，因此需用較多的讀取器來佈置，才可以覆蓋較多的標籤。因此在我們的方法中，將以這些觀察結果當作依據，作為佈置讀取器演算法的特性參考。

由於讀取器本身可調整其感測範圍至  $r$  或  $R$ ，因此在我們的啟發式演算法設計中，我們先使用  $r$  或  $R$  來當作基本的讀取器感測範圍，在選定佈置讀取器的考量方面，由於讀取器之間存在著讀取器碰撞衝突，因此在我們的方法中要避免不同的兩個讀取器覆蓋同一個標籤，如此即不會發生讀取器碰撞衝突。再者，讀取器有其能力上的限制，一個讀取器最多僅能覆蓋  $k$  個標籤，因此覆蓋範圍內的標籤應少於等於最大容忍限度。就以上觀察，我們的啟發式方法將隨機選取可佈置讀取器的位置，在此位置上考量將感測範圍設定為  $r$  (或  $R$ )

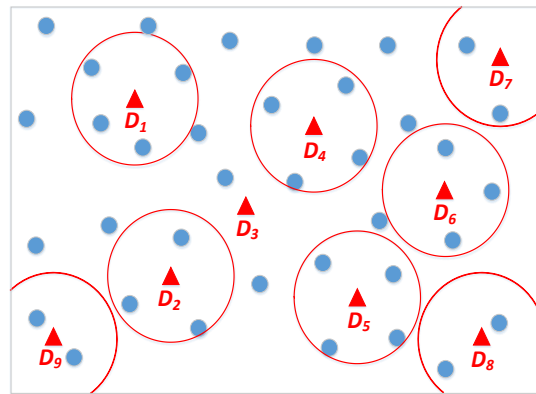


圖 5. 啟發式讀取器佈置方法( $r$ )範例。

的讀取器佈置於其上時，若確定不會造成讀取器碰撞衝突時，則確定此讀取器佈置位置及感測範圍，若造成碰撞衝突時，則不佈置讀取器至此位置，依此方法不斷選取可佈置讀取器位置並作適當考量，無衝突即可佈置，發生衝突即不佈置的策略下，直至所有可佈置位置皆考量過為止。在接下來文中，若在啟發式方法中以感測範圍  $R$  為基本考量決策，則稱為啟發式讀取器佈置方法( $R$ )，另外，若在啟發式方法中以感測範圍  $r$  為基本考量決策，則稱為啟發式讀取器佈置方法( $r$ )，

以圖 4 為例，假設每個讀取器最大覆蓋標籤數  $k=5$ ，我們以啟發式讀取器佈置方法( $R$ )來在此圖上選出適當之讀取器佈置位置。首先，我們先隨機取出一可佈置讀取器之位置  $D_1$ ，並確認是否有衝突發生，由於是第一個可佈置讀取器之位置，表示尚未有任何讀取器被選擇佈置，因此不會有讀取器衝突發生，所以  $D_1$  可被選擇佈置讀取器。接下來選擇  $D_2$  位置，由於  $D_2$  不會造成讀取器衝突，因此可將讀取器佈置於  $D_2$  之上，接下來假設所選的點為  $D_3$  位置，則我們發現如果將讀取器佈置於  $D_3$  位置上，則存在位於  $D_1$  及  $D_2$  內的標籤被置於  $D_3$  位置的讀取器所覆蓋，則造成讀取器碰撞衝突，因此， $D_3$  位置不放置讀取器，依此規則選取讀取器佈置位置，我們可發現最後可將讀取器佈置於  $D_1, D_2, D_4, D_5, D_7$  上，並可覆蓋標籤數目 21 個。

以相同圖為例，我們套用啟發式讀取器佈置方法( $r$ )來選擇佈置讀取器，最後結果如圖 5 所示，可發現到最後可使用 8 個讀取器來覆蓋 24 個標籤，由此可看出當感測範圍較小時，讀取器間的感測範圍重疊機會較小，因此可以蓋住較多的標籤。

### 4. 模擬與效能分析

在我們的實驗模擬環境中，標籤和可佈置讀取器的位置為隨機設定於  $200 \times 200$  區域中，可佈置讀取器位置的數量為 150，且讀取器最大覆蓋標籤數為 5，詳細的實驗參數如表 1 所示。

表 1、模擬環境數據

環境大小	200 x 200
讀取器數量	150
讀取器覆蓋範圍半徑	10、20
讀取器最大覆蓋標籤數	5
標籤數量	100~400

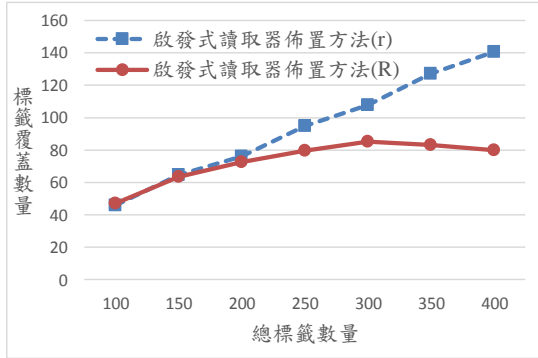


圖 6. 啟發式讀取器佈置方法( $r$ )與啟發式讀取器佈置方法( $R$ )的比較結果。

圖 6 顯示啟發式讀取器佈置方法( $r$ )與啟發式讀取器佈置方法( $R$ )在不同標籤數目下所可以覆蓋的最大標籤數目結果，由此結果可得知當標籤數目增多時，啟發式讀取器佈置方法( $r$ )能覆蓋更多標籤，主要為啟發式讀取器佈置方法( $r$ )所選用的讀取器感測範圍較小，因此可以選用較多的讀取器去佈置以覆蓋較多的標籤，另外，啟發式讀取器佈置方法( $R$ )在標籤數目增多時所覆蓋的總標籤數目沒有太大起伏，主要因為所使用的讀取器覆蓋範圍較大，較難增加新的位置以覆蓋更多的標籤。此外我們可以清楚看到啟發式讀取器佈置方法( $r$ )所蓋的標籤總數大於啟發式讀取器佈置方法( $R$ )，主要因為啟發式讀取器佈置方法( $r$ )可使用較多讀取器來覆蓋標籤且不產生讀取器碰撞衝突。

## 5. 結論

在本論文中，在有讀取器碰撞衝突情況下，我們研究如何使用最少讀取器去覆蓋大量的標籤問題，並提出啟發式讀取器佈置方法( $r$ )與啟發式讀取器佈置方法( $R$ )。在實驗結果中得知啟發式讀取器佈置方法( $r$ )比啟發式讀取器佈置方法( $R$ )有較佳的效率。

## 6. 誌謝

本研究為「應用於無線可充電式感測網路資料匯集與能量補充的一個有效率移動演算法」之計畫

(計畫編號：MOST 103-2221-E-151-002)之部分研究成果，在此謹向科技部致謝。

## 參考文獻

- [1] Shailesh M. Birari and Sridhar Iyer, "Mitigating the Reader Collision Problem in RFID Networks with Mobile Readers," *13th IEEE International Conference on Networks*, pp. 463-468, 2005.
- [2] S. Anusha, and Sridhar Iyer, "RFIDcover - A Coverage Planning Tool for RFID Networks with Mobile Readers," *Indian Institute of Technology Bombay*, vol.3823, pp.1047-1057, 2005.
- [3] Ahmed Jedda, Mazen G. Khair and Hussein T. Mouftah, "Distributed Algorithms for The RFID Coverage Problem," *IEEE International Conference on Communications*, pp. 1758-1762, 2013.
- [4] ShaoJie Tang, Jing Yuan, Xiang-Yang Li, Guihai Chen, Yunhao Liu and JiZhong Zhao, "RASPberry A Stable Reader Activation Scheduling Protocol in Multi-Reader RFID Systems," *17th IEEE International Conference on Network Protocols*, pp. 304-313, 2009.
- [5] Bogdan Carbutar, Murali Krishna Ramanathan, Mehmet Koyutürk, Suresh Jagannathan and Ananth Grama, "Efficient tag detection in RFID systems," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 69, no. 2, pp. 180-196, 2009.
- [6] S.-W. Wang, W.-H. Chen, C.-S. Ong, L. Liu, and Y.-W. Chuang, "RFID applications in hospitals: a case study on a demonstration RFID project in a Taiwan hospital," *HICSS '06 Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 8, pp. 184a, 2006.
- [7] Fisher, J. A., & Monahan, T. "Tracking the social dimensions of RFID systems in hospitals," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 77, no. 3, pp. 176-183, 2008.
- [8] Poon, T. C., Choy, K. L., Chow, K. H., Lau, C. W., Chan, T. S. and Ho, K. C., "A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 4, pp. 8277-8301, 2009.
- [9] R. Tesoriero, J. Gallud, M. Lozano, and V. Penichet, "Using active and passive RFID technology to support indoor location-aware systems," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 2, pp. 578-583, 2008.