

使用無線射頻辨識技術建構醫療物品管理系統

Construct Medical Cabinet Management System using RFID technology

祝鈞毅

工業技術研究院系統中心

AchillesChu@itri.org.tw

李建斌

工業技術研究院系統中心

lgyver@itri.org.tw

張志振

工業技術研究院系統中心

Chang0395@itri.org.tw

李雅萍

工業技術研究院系統中心

ErinLee@itri.org.tw

羅永志

工業技術研究院系統中心

yclo@itri.org.tw

摘要

本研究目的在於使用無線射頻辨識技術建置一個能自動監控與紀錄醫護人員取用醫療物品之管理系統，並於建置過程中探討射頻辨識技術於應用時所遭遇之阻抗匹配與互耦效應限制，並選擇其他之備選方案。實作系統完成後之測試結果能提供未來進一步研究射頻辨識技術於應用上所會遭遇之天線設計問題與可行方向。

關鍵詞：無線射頻辨識、醫療物品管理系統、阻抗匹配、互耦效應

Abstract

This paper proposed the construction of a Medical Cabinet Management System which can automatically record the action of the user by using RFID technology. During the development we have to deal with the impedance matching and mutual coupling's limitations and find suitable alternatives. The system testing after implementation discusses some problems that future RFID applications might encounter and the possible solution by changing the antenna design.

Keywords : RFID, Medical Cabinet Management System, Impedance Matching, Mutual Coupling

一、緒論

從病患體溫感測、病歷管理、居家照護乃至於用藥管制，無線射頻辨識（RFID）技術在國內醫療界所掀起的應用風潮，明顯較物流、零售或製造等領域旺盛許多。由於91年間醫院接連出現打錯針、給錯藥等情事，從而衍生醫療糾紛，使得「病人安全是醫療不可妥協的重要議題」概念深植各界人心，於事件發生後追查原因，常發現有藥品不按規定放置而導致錯拿事件，但要查出是誰錯放或誰錯拿，在釐清人員責任歸屬之工作常發生口說無憑，不容易提出確切證據之情形，此外，部分醫療物品已超過有效期限，卻未及時處理等種種問題也屢見不鮮。在此前提下，舉凡輸血錯誤、手術病患身份或部位錯誤、給錯藥或引用高危險藥物而導致傷害...等人為疏失，皆亟待由SOP、工具、科技3方環節的輔助，以求減少過失發生率；鑑於以上醫療物品管理之需求[1]，本研究設計存放醫療物品之容器(如冷藏櫃、冷凍櫃、冰箱、保溫箱、除濕箱等)結合RFID系統，提供醫療物品存取控管並自動監控記錄之方法[3]。

二、RFID 技術背景

RFID(Radio Frequency Identification)系統可以設計成主動式(Active)或被動式(Passive)系統；是一種以無線方式，用來取代現有的接觸式或固定式的辨識技術。特徵是將一極小具有IC晶片的電子標籤貼附於物品上，利用射頻技術將IC內儲存之辨識資料傳遞至系統端作為識別。

RFID使用不同的頻段會影響到訊號發射的距離、容量以及速度，依據ABI Research 整理分析，目前國際上不同頻段的應用有著不同的標準，

其大略有以下幾項[4]：

■ 低頻(Low Frequency)：

頻段範圍在10KHz~1MHz，主要規格有125、135KHz。此頻段幾乎Tag都是被動式且依賴感應耦合(Inductive Coupling)的方式轉換資訊，做轉回到讀取器的動作，此外低頻之Tag在靠近金屬或液體的物件上能夠較有效發射訊號，而較高頻率Tag的訊號會被這些物質反射回來。低頻缺點是低資訊容納量，因此難以同時讀取很多物件，產品可應用在動物追蹤晶片、門禁管制和汽車防盜器。

■ 高頻(High Frequency)：

頻段範圍在1MHz~400MHz，主要規格有13.56MHz。最主要優點是全球有許多元件都以此段頻率設計，而Smart Card是此最廣泛之應用。高頻Tag依賴感應耦合之方式產生電力操作，高頻帶在追蹤多重Tag時提供較多頻寬且速度較快。可應用在產品細項追蹤、smart card、圖書館管理。

■ 超高頻(Ultra High Frequency)：

頻段範圍在400MHz~1GHz，主要規格有433、868-950MHz。超高頻RFID 一般讀取距離可達3~4公尺左右，資訊傳輸速度也較高頻快，隨Wal-Mart、DoD推動UHF之頻段應用，在供應鏈管理上的Pallet、Item之應用，在貨架管理裝箱追蹤及在製品管理都成為重要應用項目。超高頻的頻段目前有許多規格，其代表著目前高頻市場處於高度競爭的狀態，標準有MIT EPC UHF(Passive)、EAN/UCCGTAG (Passive and Active) 及ISO 18000系列，主要應用於Item 管理，GTAG 已併入ISO-18000-6 討論，因此目前主流的規範以EPC 及ISO 為主。

■ 微波(Microwave)：

頻段範圍在1GHz以上，主要有2.45、5.8GHz。微波帶的競爭情況相似於超高頻帶，一般讀取距離約2公尺，理論上微波帶所提供的讀取速度會較其他頻段快，但對於環境的敏感性較高，行李追蹤和醫療管理是此型產品的主要應用。

三、系統架構與設計考量

3.1 系統架構

本研究使用 RFID 技術所設計之醫療物品管理系統架構如圖 1:

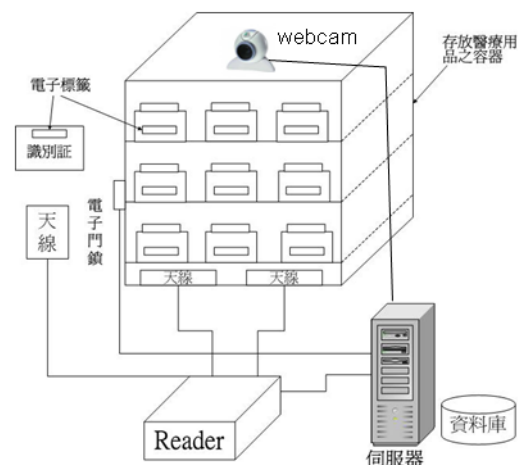


圖 1 醫療物品管理系統架構

架構各元件功能設計說明如下:

存放醫療用品之容器(藥箱) [2]: 藥箱材質為金屬，尺寸為 60cm * 50cm * 40cm(寬*高*深)。藥箱內設置有至少一個以上之藥品識別天線，該藥品識別天線可偵測辨識藥品上之電子標籤。

Reader: 經由藥品識別天線發射射頻信號收集藥品之資料，再經由一伺服器資料庫完成藥品取出或置入之新資料與現有資料比較之工作。

Tag: 分為人員使用與藥品使用兩種，分別儲存人員資料以及藥品資料。經由 Reader 發射無線電波能量可啟動 Tag 將 Tag 內儲存之資料以 RF 方式傳給 Reader 接收，供作人員識別以及藥品檢查使用。

人員識別天線: 經由一人員識別天線發射之一射頻信號藉以辨識人員之識別證，並將人員識別資料傳送至一伺服器資料庫。

電子控制鎖: 該藥品箱設置有一電子控制鎖，以控制該藥品箱之箱門開關，電子控制鎖係可以人員之識別證加以辨識開啟。

電腦主機: 主機安裝管理程式以及資料庫軟體，接收經由 Reader 所讀取之藥品資料作檢查與比對之工作。

Webcam: 負責捕捉取用醫療物品之使用者影像，供未來查詢時確認使用。

系統功能模組規劃如圖 2:

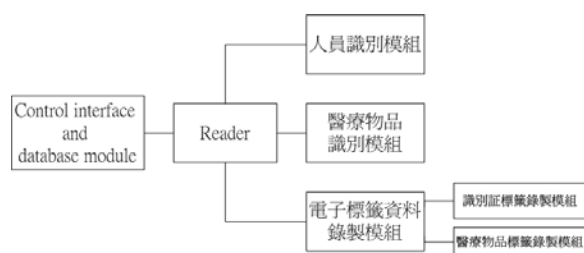


圖 2 系統功能模組

人員識別模組：

人員識別：判斷人員是否有權限取用藥箱內之物品，以及新增、修改及刪除存取人員資料之功能。

門禁管制：控管藥箱門之電子鎖開關，偵測人員之識別資料，判斷是否可將藥箱門鎖開啟，以及當藥箱門關閉時將之上鎖。

人員取用藥品紀錄：藉由比對資料庫中前次物品清單與現有物品清單，可比對出此次人員取出或放入之藥品資料，並記錄於藥品取用紀錄檔中以供日後查詢或稽核使用。

醫療物品識別模組：

藥品數量檢查：當藥箱門關閉後，執行對藥品掃描之動作，檢查於藥箱內存放之藥品資料及數量。

藥品使用期限檢查：於每次藥品數量檢查時一併檢查藥品使用期限；當發現有過期藥品時，將藥品資料列出以警告使用者需處理這些過期藥品，避免使用過期藥品造成傷害。

藥品即將逾期檢查：列出將於一個月內將逾期之藥品資料，以提供早期預警之效果。

電子標籤資料錄製模組：

識別證標籤錄製：於初始人員領証時必須將使用者 ID 寫入識別 Tag。

醫療物品標籤錄製：將藥品識別之資料寫入 Tag 中，如 barcode 與有效日期。

3.2 設計考量

本研究採用被動式 (Passive) RFID 系統來實作，有兩款頻段(UHF 與 2.45GHz)設備可供開發選擇。對於該使用 UHF 頻段或是 2.45 GHz 頻段來實作開發，系統設計依據兩個方向作選擇考量：1. impedance matching (阻抗匹配) 2. Mutual Coupling (互耦效應)。

1. Impedance matching

傳統上，天線是在電磁 (EM) 模擬器中設計的，而在電路的設計中則會用到 S 參數檔。運用史密斯圖方法，可以讓天線埠與 IC 匹配，但匹配電路很可能會因線材之等效 R、L、C 相互作用與終端阻抗不同之情形下，會在終端處產生反射波 (射頻反射信號) 來回震盪，此反射波於會影響發射端的正常波形，導致反射信號影響標籤回覆訊號的解調能力，也就是影響到 IC 的 rail 電壓及標籤透過調變的反向散射與讀取器通訊的能力，一般以反射耗損(Return Loss, R.L.) 式(1)表示：

$$R.L.(S_{11}) = 20 * \log \frac{\text{反射功率}}{\text{輸入功率}} \text{dB} \quad (1)$$

為了比較可實作之 915 MHz 與 2.45 GHz 讀取器設備之天線於密閉金屬容器(藥箱)中之讀取效能，進行實際量測，比較其在密閉空中間之反射耗損。測試結果得到下表 1:

表 1 R.L.比較表

R.L.	915 MHz	2.45GHz
無干擾環境	-23.215dB	-22.72dB
密閉金屬容器內	-10.862dB (見圖 3)	-21.764dB (見圖 4)

由上表明顯得知 915MHz 讀取器設備於密閉金屬藥箱內之 return loss 明顯變差，而 2.45GHz 之讀取器設備於密閉金屬藥箱內之 return loss 不差，很適合系統實作使用。實測畫面見圖 3 及圖 4。

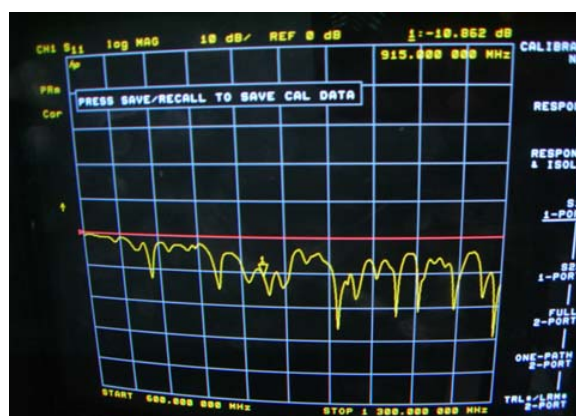


圖 3 915MHz 天線於密閉金屬醫療箱中 R.L.

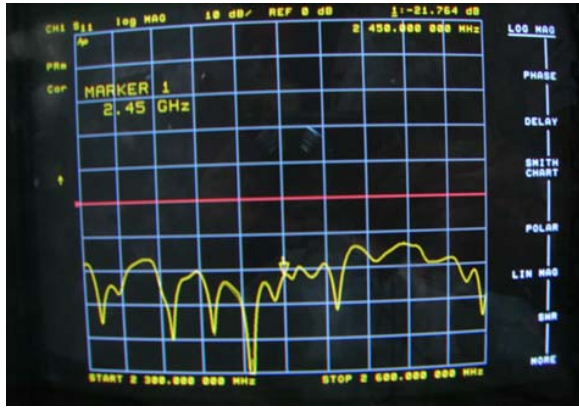


圖 4 2.45 GHz 天線於密閉金屬醫療箱中 R.L.

2. Mutual Coupling

互耦效應是一複雜的現象，而且會隨天線形狀、空間與頻率等因素變動。圖 5 與 圖 6 顯示兩個偶極 (dipoles) 天線平行擺放與垂直擺放時耦合阻抗之變化[5]。

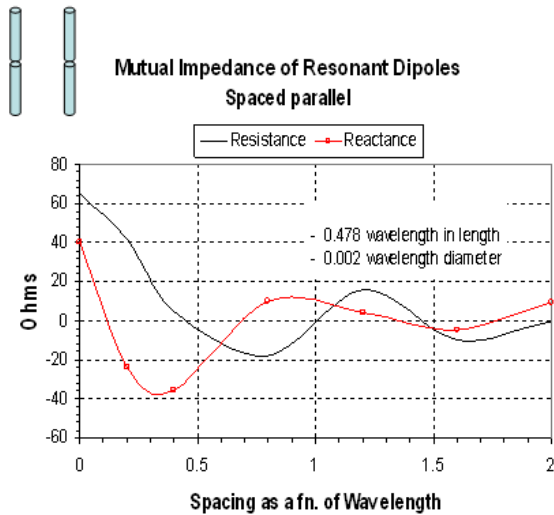


圖 5 parallel 放置之 Mutual impedance

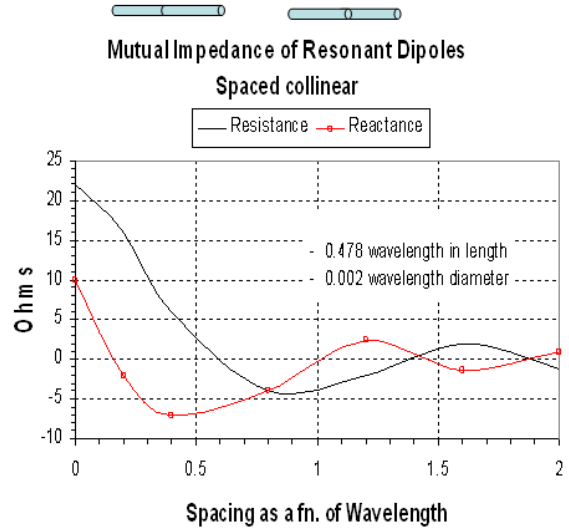


圖 6 collinear 放置之 Mutual impedance

因此可知由於互耦效應之因素，Tag 最小擺放間距應該為波長的一半($\lambda/2$)。若 Tag 間擺放位置小於此距離，將會發生阻抗變動太大，可讀取距離縮短之問題。Tag 最小擺放間距於三維空間的上下左右各方向都適用(見圖 7)。

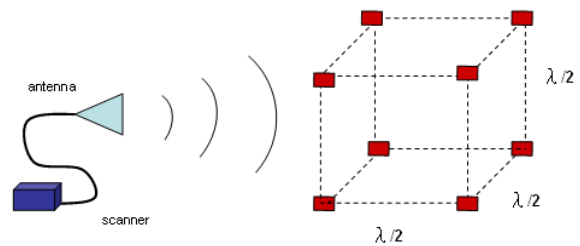


圖 7 三維空間 spacing rule

因此分析若有 20 件瓶裝藥品(寬 5cm)放於尺寸為 60cm * 50cm * 40cm(寬*高*深)的醫療箱中，以上下兩層方式擺放，每層 10 瓶以前後各 5 瓶規則擺放，各個藥瓶可於 60cm 面寬處以每瓶 5cm 之間距擺放，也就是 Tag 間距為 5cm。而根據式(2)，

$$C = \lambda \times f \quad (2)$$

(C 為光速 $3 \times 10^8 \text{m/s}$, λ 為波長 m, f 為頻率 Hz)

得到

$$915\text{MHz 頻段之 } \lambda/2 \approx 16\text{cm}$$

$$2.45\text{GHz 頻段之 } \lambda/2 \approx 6\text{cm}$$

顯示利用 2.45GHz 之頻段實作系統比較不會受到互耦效應而影響讀取效能。

四、系統實作與測試

系統控制流程設計如圖 8:

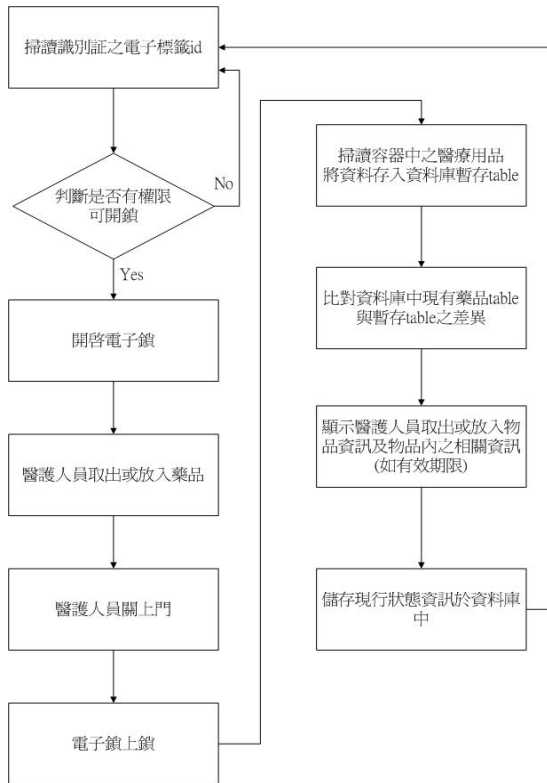


圖 8 系統流程圖

硬體製作完成如圖 9，箱內裝設 4 支 2.45GHz 天線作為掃讀醫療物品使用。



圖 9 RFID 醫療箱

系統功能方面提供兩項管理介面，一為 Local

管理系統，另外還透過 RPC 提供遠端(Web-based)即時管理功能。Local 管理系統提供三項功能選擇，分別為 1.主控畫面 2.使用期限檢查 3.取用記錄檢查。並於右下方區域顯示藥箱門之開啟狀態以及門禁檢查之訊息。

4.1 Local 管理系統

主控畫面

主控畫面提供當人員門禁檢查功能，當認證通過後藥箱門會自動開啟，並且啟動照相功能，記錄下當時使用者影像，當取用完畢藥箱門關閉後執行對藥品掃描之動作，檢查於藥箱內存放之藥品資料及數量，將檢查結果顯示於上方。接著藉由比對資料庫中前次物品清單與現有物品清單可比對出此次人員取出或放入之藥品資料，記錄於藥品取用紀錄檔中，並顯示於中間。系統會一併檢查藥品使用期限，當發現有過期藥品時，將藥品資料列於下方以警告使用者需處理這些過期藥品，避免使用過期藥品造成傷害(圖 10)。



圖 10 主控畫面

使用期限檢查

此功能會檢查一個月內即將過期之藥品資料，將之顯示於(圖 4.2)之上方，提供使用者預警之功能；此外，(圖 4.2)之下方會一併顯示已超過有效期限之藥品資料，以免使用者誤用造成傷害。

取用記錄檢查

此功能提供檢查過去所有人員取用藥品之記錄，包含取用時間、人員姓名、藥品名稱、取用狀態等資訊。

4.2 遠端(Web-based)管理系統

遠端管理系統提供醫療物品查詢、使用記錄查詢及人員標籤設定三項功能。

醫療物品查詢功能提供使用者依藥品狀態來查詢藥品資料，可以於遠端快速找出已過期之藥品。

使用記錄查詢提供以使用者姓名查詢、藥品名稱查詢或以存取期限查詢之功能。

人員標籤設定提供新增使用者、修改使用者開鎖權限或刪除使用人員權限之功能，達到遠端控管中心集中控管醫療物品之功能。(圖 11)



圖 11 遠端(Web-based)管理系統

4.3 系統測試

實際讀取效能測試也加入 915MHz 一併測試，進行之測試分為兩種 1.讀取效能測試 2.藥瓶材質與內容物質影響測試

讀取效能測試

測試醫藥箱內放置不同數量藥品時，掃描完所有 item 所需之時間，結果如表 2:

表 2 讀取效能測試比較表

	915MHz	2.45GHz
20 瓶藥品	6~10 秒	1 秒
30 瓶藥品	12 秒以上，不是每次都能掃到 30 項 item	2-3 秒

可知於 3.2 節所分析考量之結論是正確的，915MHz 頻段的確不適用於此系統之設計，2.45GHz 於讀取速率上表現良好。

藥瓶材質與內容物質影響測試

此項測試由於 915Mhz 於前項表現已知不適用，因此不作測試，只測 2.45GHz 的結果。測試設計藥瓶材質使用三種，分別為塑膠、玻璃與金屬(鋁)，分別以空瓶、裝藥丸與裝水之狀態作單獨之讀取測試，測試結果見表 3:

表 3 藥瓶材質與內容物質影響結果

	空瓶	裝藥丸	裝滿水
塑膠瓶	可讀取	可讀取	不可讀取
玻璃瓶	可讀取	可讀取	不可讀取
金屬罐	不可讀取	不可讀取	不可讀取

可以明顯發現金屬與水對電磁波之影響甚鉅，尤其 2.45GHz 頻率更容易被水所影響。

五、結論與未來工作

藉由此系統之設計與實作提供了使用 RFID 自動監控醫療物品被取用之機制，當然以同樣之概念可以作為其他應用使用 RFID 技術之參考。於實作之過程中也發現 RFID 技術的一些瓶頸，如金屬與水會干擾電磁波，影響系統之效能。未來可以進行以下幾項改善與研究之方向:

- (一) 結合病歷藥單自動檢查機制
- (二) 設計適合貼附於金屬或內部裝水材質能夠被讀取之天線，如於 Tag 背面加基板。
- (三) 就使用頻率而言，在醫療箱裝置 RFID，2.45GHz 相較於 915MHz 有較低的反射耗損，另一方面 5.8GHz 電磁波較 2.45GHz 電磁波不易為水分子吸收，因此 5.8GHz RFID 系統可建議使用於醫療箱裝置中。

六、參考文獻

- [1] 編輯部，"RFID 應用大趨勢"，IC 應用設計月刊，第 59 卷，pp.24-29, 2005.
- [2] C. Floerkemeier, M. Lampe, and T. Schoch, "The Smart Box Concept for Ubiquitous Computing Environments," presented at Smart Objects Conference, Grenoble, 2003.
- [3] D. Wan, "Magic Medicine Cabinet: A Situated Portal for Consumer Healthcare," presented at International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, Karlsruhe, 1999.
- [4] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook", New York: John Wiley & Sons, 1999.
- [5] Warren L. Stutzman and Gray A. Thiele, "Antenna Theory and Design", New York: John Wiley & Sons, 1997.