

國立台灣大學
網路與多媒體研究所
指導教授：朱浩華博士

碩士學位論文

利用無線射頻辨識技術輔助之
物品位置追蹤系統

**RFID-assisted Physical Object
Location Tracking System**

研究生：吳欣展 撰

學 號：R93944021

中華民國九十五年七月



誌謝

感謝在這碩士班二年來，台大資訊工程學系及網路與多媒體研究所提供理想的研究環境，這裡擁有專業的教授、傑出的同學及充足的研究資源，使我在研究的路上獲益良多、順利克服困難。

我的指導教授 - 朱浩華教授所給予我的指導 知識及技術都是讓我能夠完成這成功研究最大的助力，我也從他的研究態度上學習到耐心及專注，感謝老師細心的指導，在研究方向上給予我的建議讓我受惠良多。

同學間的相互支持及鼓勵是我前進的動力，過程中彼此間的互動、共同解決困難、腦力激盪，讓我的論文更有系統及組織。

我也感謝台大電機系核磁共振影像光譜實驗室，提供了硬體上及技術上的支援，讓我得以突破在實作上的限制與困難。過程當中，感謝林胤藏學長的協助，在我偏向實作的研究中，工具的使用方法是我最感棘手的一環。

感謝父母提供我經濟上及情感上的支持，讓我在無後顧之憂的情況下進行我的研究及渡過這兩年的碩士生活。總之，謝謝所有幫助我的人，感謝你們，感謝天。



摘要

隨著 RFID 技術的演進，RFID 技術漸漸地成為普及計算 (ubiquitous computing) 不可或缺的一項技術。它的物品辨識功能，廣泛的應用在各種領域裡，例如：倉儲管理、物流管理、票卷系統等等。室內的人員定位系統也漸漸地成熟，各種新技術，新方法一直在學術界、產業界的合作下推陳出新。經由這樣的定位系統為基礎，可以發展出很多的應用，來改進我們的生活品質，例如：老人看護、小孩看管等等。

本論文描述一個物品定位追蹤的系統，是利用前述的 RFID 技術，以及利用人員定位系統來追蹤日常的生活用品。論文裡描述我們想要解決的問題外，並敘述如何實作出實際可以用的追蹤系統。先套用一個簡單的情境模擬，再討論此系統的設計哲學，最後詳細列出實作步驟，並討論時作時的困難，以及問題點，還有需要注意的地方，以期日後有相關的研究，做為參考之用。



Contents

Chapter1	緒論.....	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	問題描述與動機.....	1
1.3	章節組織.....	2
Chapter2	相關研究.....	3
2.1	物品辨識.....	3
2.2	定位系統.....	5
Chapter3	情境.....	9
Chapter4	系統設計.....	13
4.1	構成要素.....	13
4.1.1	物品辨識.....	13
4.1.2	定位系統.....	14
4.2	重要觀察.....	14
Chapter5	系統實作.....	17
5.1	穿戴裝置.....	17
5.1.1	RFID 讀取器.....	17
5.1.2	戒指天線.....	18
5.1.3	無線模組.....	22
5.1.4	電位轉換器.....	24
5.2	回饋介面.....	26
5.3	背景伺服器.....	27
Chapter6	限制.....	31
Chapter7	應用.....	33
7.1	物品提醒系統.....	33
7.2	人員暨環境安全警告系統.....	33
7.3	日常生活行為推論系統.....	33
7.4	物品位置機率分佈圖.....	34
7.5	行為修正系統.....	34
Chapter8	結論.....	35
Bibliography	37

List of Figures

FIGURE 1: 天線電路.....	19
FIGURE 2: 未裝飾保護的戒指天線.....	20
FIGURE 3: 戒指天線完成品.....	20
FIGURE 4: 天線實驗曲線圖.....	21
FIGURE 5: 穿戴裝置電路圖.....	25
FIGURE 6: 電位轉換器.....	25
FIGURE 7: PDA 螢幕圖.....	26



List of Tables

TABLE 1：相關研究比較表.....	5
TABLE 2：TAROKO 韌體程式列表.....	24
TABLE 3：回饋介面的 C# 程式列表.....	27
TABLE 4：OLT 程式列表	29
TABLE 5：OLT.CRICKET 程式列表	29
TABLE 6：OLT.EKAHAU 程式列表	29
TABLE 7：OLT.TAROKO 程式列表.....	30





Chapter 1

緒論

1.1 研究背景

近十幾年來，嵌入式系統（embedded system）的發展漸漸地將電腦強大的計算能力，從傳統的桌上型電腦環境，推進生活周遭的電器裝置。內嵌系統程式的電器裝置不再只是由簡單的電路所構成，而是演變為具有計算能力、有智慧，甚至可以幫使用者做出最佳選擇的智慧裝置。

由於這樣的演進，學術界裡發展了一支新興的研究方向——普及計算（ubiquitous computing）正方興未艾且如火如荼地發展。它不僅將系統內嵌於裝置中，亦將計算能力隱藏於居住環境中，如：建築物、日常生活用品等，打破使用電腦計算能力和自然使用計算能力的藩籬，讓使用者在不知不覺中自然地使用這些計算能力，讓使用者不再畏懼跟不上新科技的腳步，而更能親切地貼近使用者的需求。

普及計算的研究常常專注在解決人們的日常生活問題，以人為中心，貼近使用者的生活經驗，確實了解人的需求，配合技術的演進，提升人們生活的品質與便利。

1.2 問題描述與動機

在人們的日常生活當中的用品，種類眾多，如：茶杯、搖控器、皮夾、鑰匙串等等。對於一個生活習慣不良的人來說，缺少擺放在固定位置的習慣，往往會讓人在短時間內或有緊急需求時，因為找不到而產生情緒，甚或危及生命，例如：臨時要出門卻找不到車鑰匙、有心血管疾病者在病症發作時找不到個人藥物 等。

另外，在公物的使用上，多人共用的結果常導致物品遺失，又或在尋找的過程中總要詢問其他人，不僅在使用前常需花費多餘的時間和心力在尋找上，也難免造成其他人的困擾，例如：辦公室裡重要的參考資料、年鑑、錄音筆 等，尤其當物品是每天必須使用且貴重、稀少時，有一個可以追蹤物品位置的系統是極為重要的，不僅可減少物品的遺失率、增加多人共用的便利性，亦能降低物品擁有者或保管者所需承擔的心理壓力。

曾經有個笑話，人老了所有的東西都會離你遠去，包括朋友、金錢、健康和記憶力在內，儘管是個 20 來歲的年輕人，要記憶並隨時追蹤如此種類繁多的物品亦是非常困難且難以做到的，也因此，若是擁有一個可以追蹤物品位置的系統，或是透過系統得以查詢物品的位置時，將省去人們生活中花費在尋找上的時間、也減少人與人在共用物品時所產生不必要的誤會及衝突。

1.3 章節組織

本論文 Chapter2 介紹一些和物件追蹤的相關研究。Chapter3 簡述一個簡單的情境來說明本系統的使用。Chapter4 說明本系統的設計哲學。Chapter5 深入並檢視本系統的實做。Chapter6 條列本系統的限制。Chapter7 提出可利用本系統的應用。Chapter8 為結論。

Chapter2

相關研究

與物品追蹤相關的研究依技術的不同，細分為物品辨識系統和人員定位系統兩種分類，分別描述如下：

2.1 物品辨識

系統要能夠辨識出物品間的不同，才能夠追蹤物品。可以辨識不同物品的相關研究有：

- ◆ CyberCode[1]

這篇是在西元 2000 由日本人所發表。運作原理是將長得像一維條碼的二維條碼貼上所要追蹤的物品，然後在整個天花板上部署若干攝影機，藉由攝影機辨識二維條碼，和系統裡的資料庫比對出物品的 ID 資訊，就可得知物品的位置資訊。透過影像辨識和演算法，可算出攝影機所拍攝到物品的實際位置，這樣就可以追蹤物品的位置。此方法的缺點是被追蹤的物品不能被其他東西所阻擋，這樣使得攝影機看不到物品上的二維條碼，攝影機就無從辨識二維條碼，於是無法追蹤物品。

- ◆ Magic Touch[2]

這篇論文發表於西元 2001 年。它提出一個物件追蹤的系統雛形，應用於辦公室的環境。首先將辦公室裡的物品貼上 RFID 標籤，例如：書、雜誌等，並在手指上裝置 RFID 讀取器及 motion 追蹤器，當手指上的 RFID 讀取器讀到物品上的 RFID 標籤時，此時 motion 追蹤器記錄下此

手的位置，當作物品所在的位置。這方法的缺點是穿戴在手指上的裝置不是很方便。

◆ iGlove[3]

由 Intel 所提出，一套用來辨識物品的系統。其原理為將 RFID 讀取器裝置於手套上，當穿著手套的手接觸已貼上 RFID 標籤的物品時，系統記錄下物品的 ID 資訊，只要摸過的物品 ID 資訊，按照順序地存入系統裡。研究者認為日常生活中的行為，是一連串使用者和日常生活用品的連續互動所組成，所以，人的一些特定行為一定是和一些特定的物品互動，例如：刷牙一定得擠牙膏到牙刷上，絕不會擠沐浴乳或是使用馬桶刷來刷牙。所以想藉由這樣和物品互動的順序紀錄，得以推論出使用者的日常行為，作為更進一步的應用，例如：老人、幼兒的看護。

◆ ReachMedia[4]

由 MIT 於西元 2005 年所發表，將 RFID 讀取器建立在手環上，並連結自行研發的 MITes 感應器平台，平台上還裝置有發射 RF 的無線模組，加速度器感測器。一般使用者在使用瀏覽器瀏覽網際網路時，常常可以透過連結得知他所感興趣事物的資訊。那在我們實體的世界裡是否也可以透過類似這樣方便的方式來獲得實體物品的相關資訊？因為一般人感興趣的物品一定會想摸一摸、看一看，所以基於此，就在這些物品上貼上 RFID 標籤，手帶手環裝置，當使用者接觸了這些物品，手環上的 RFID 讀取器讀到 RFID 標籤，辨識出使用者摸了哪一個物品，繼而用語音的方式，說出這個物品的相關資訊，例如：書的簡介等等。

綜合觀察相關研究，可歸納成表格如下：

	Method	Object Identification	Location Data	Disadvantage
Active transmitter	Wireless RF	✓	✓	expensive, need battery
CyberCode	Vision	✓	✓	line-of-sight problem
Magic Touch	RFID	✓	✓	
iGlove	RFID	✓	✗	
ReachMedia	RFID	✓	✗	

Table 1：相關研究比較表

觀察上述表格中相關研究可以發現，它們都有物品辨識 (object identification) 的功能，能夠透過系統知道手上或所關注的是什麼樣的物品，而且近年來這些研究皆採用 RFID 作為物品辨識的技術。

我們也可以觀察這些相關的研究得知可以追蹤物品的系統會透過一些額外的裝置來獲得位置的資訊，比如說 CyberCode 利用攝影機；MagicTouch 利用 motion 追蹤器等。不過這些還是存在一些缺點，例如：CyberCode 有 line-of-sight 的缺點。

2.2 定位系統

在室內的環境要得知一個人的位置的系統稱為位置察覺 (location-aware) 系統，所以不管系統要追蹤定位的目標是否為生物，都需要位置察覺系統的輔助才能達到定位追蹤的目標。近十幾年來，許多的位置察覺相關的研究陸續發表，我們可以分門別類如下：

- ◆ 紅外線輔助定位：Active Badge[5] 來自 Olivetti 研究實驗室。
- ◆ 超音波輔助定位：Active Bat[6] 來自 Olivetti 研究實驗室及 Cricket[7] 來自 MIT.
- ◆ WiFi 輔助定位：RADAR[8] 來自 Microsoft Research 以及 Ekahau[9]
- ◆ 壓力輔助定位：Load-sensing Table[10] 來自 Lancaster University 與 Smart Floor[11] 來自 Georgia Tech Aware Home project.
- ◆ 攝影機輔助定位：EasyLiving[12] 來自 Microsoft Research, CareMedia[13] 來自 CMU, 以及 ORION[14] 來自 INRIA
- ◆ 主動式無線射頻輔助定位：臺北醫學大學附設醫院[15]
- ◆ 被動式無線射頻輔助定位：SHARP[16] 來自 Intel Research 以及 Object Reminder[17] 來自 University of Washington.

使用紅外線和超音波輔助的定位系統，例如 Active Badge[5]，Active Bat[6] 以及 Cricket[7]，需要在部署的環境中，安裝紅外線或超音波的發射器在固定的位置，比如說天花板或高的牆面上。為了得到位置高正確性以及廣泛的涵蓋率，系統的基礎建設需要在環境裡部署大量的發射器或是接收器。這已超越一般人可以負擔、操作或維護基礎建設的能力。更甚者，Active Badge, Active Bats, 及 Cricket 的標籤是設計給人帶在身上使用的，並不適合貼在小的日常生活用品上。換句話說，這些主動式的標籤比小巧的被動式 RFID 標籤尺寸大很多而且單價很高，並且它們不適合貼在小的日常生活用品。

WiFi 輔助的定位系統，例如：RADAR[8]，Ekahau[9]，以及其他許多的系統，在想佈建定位系統的環境需要一個已存在並佈建好的 WiFi 網路。Ekahau 提供了相當小巧的 WiFi 標籤，可貼於貴重的器材（例如：醫療器材）上，並進行追蹤定位此器材。然而，Ekahau 建議一個 WiFi 標籤應該至少可以接收到三、四個 WiFi 無線發射基地台的訊號，以獲得誤差三公尺左右的定位。這樣高密度無線發射基

地台的要求，在實驗室以外的環境是達不太到的。除此之外，大部分的 WiFi 輔助定位系統需要手動地量測環境中不同地點的 WiFi 訊號強度，以建立訊號強度分佈圖（radio map）來作為 WiFi 標籤測到訊號強度的比較圖。這形成了另一個部署的障礙。

壓力輔助定位系統，例如：Load-sensing Table[10] 以及 Smart Floor[11]，部署壓力感測器於地板下方，或桌子上，形成一個可以感測重量的平面。此平面可以追蹤人或物品在此感測平面上方的移動。Smart Floor 藉由偵測與辨識踩在地板的不同磁磚上，一個人獨特的步伐，來追蹤使用者的位置。負載感測桌子則是在桌子的四角落各安裝一個負載感測器，來偵測計算出放在桌子上任一物品的位置中心。這些壓力輔助的方法的優點是藉由人們以及物品的獨特唯一的重量來追蹤它們的位置。所以，人和被追蹤的物品不需要貼上額外的標籤。然而，缺點是建造這個壓力輔助的平面花費很高，相當貴的基礎建設。

攝影機輔助定位系統，例如：EasyLiving[12]，CareMedia[13]，及 ORION[14]，藉由分析從架設在環境裡的攝影機陣列擷取而來的影像資料，來追蹤定位人和物品。除了位置追蹤外，分析影像的技術已經發展到可以推論高層次的人類行為，以及如何和物品互動，比如吃東西、沖洗物品、睡眠、以及走路等等。雖然分析影像技術的發展有顯著地前進，而且很成功地應用在很多的領域，不過還是有些複雜而且困難的挑戰需要克服。這些研究還是需要複雜的人工建立人類行為的模型，來辨別特定的人類行為。除此之外，還需要建立和維護一定數量的基礎建設（1）為了涵蓋環境的大量攝影機陣列，以及（2）專用的高頻寬網路和計算設施來處理和分析大量的影像資料。這樣的基礎建設的要求使得再真實環境的部署顯得無法執行，尤其在我們所關注的日常生活環境，因為日常生活中可沒有足夠的金錢，以及專家來安裝和執行這樣的系統。除此之外，攝影機有 line-of-sight 的問題，也就是說至少要有一個攝影機要看得所追蹤的物品。還有隱私權的

問題，通常影像資料所包含的資訊不只有物品的位置而已。

主動式 RFID 輔助定位系統，有一個系統佈建在臺北醫學大學附設醫院[15]，可以藉由裝設在天花板的主動式 RFID 讀取器來追蹤手腕上帶主動式 RFID 標籤的病人位置。因為這方法的運作原理和 WiFi 與超音波輔助的系統相似，所以它也面臨相似的問題，有著高成本的基礎建設。除此之外，主動式 RFID 標籤需要電池電力的供應，所以也需要有週期的去更換電池，以維持正常運作。標籤尺寸和單一成本皆高於被動式的 RFID 標籤，因為這些缺點，使得主動式標籤不適合用在日常生活用品。

被動式 RFID 的方法，有 Intel Research 和 University of Washington 提出的 SHARP[16]。他們研究日常行為推論的系統。他們使用數以千計的被動式 RFID 標籤貼在居家長者的日常生活用品（例如：茶壺、水龍頭、）上，來推測使用者的行為。RFID 讀取器就隱藏在長者所穿戴的手套上，只要長者碰到有被貼 RFID 標籤的物品，讀取器就會讀到標籤。基於接觸過物品的順序，推論引擎可推論長者的日常生活行為。來自 University of Washington 的 Object Reminder[17]使用了被動式 RFID 標籤和讀取器來產生警告，當使用者離開他們的隨身物品。運作原理是 RFID 讀取器裝置在家和辦公室的出入口，當使用者出入時，讀取器會掃描使用者身上的隨身物品，看看使用者是否忘了帶該帶的物品。

Chapter3

情境

先透過以下圖表的一個簡單情境說明本系統的運作使用方式，左邊欄位是整個情境的文字說明，描述整個情境；中間欄位是情境故事的示意照片，可由圖中的人物看出本系統如何使用；右邊欄位是以 PDA 螢幕顯示的結果圖，顯示使用本系統時的即時結果，藍點是人的位置，紅點是物品的位置。

阿展想要追蹤他的水杯，因為他的生活習慣不佳，水杯會亂丟。於是他穿上本系統的穿戴式裝置如下情境圖所示，裡面裝置 RFID 讀取器；並在他的水杯貼上 RFID 標籤。環境中也正運行著一個室內定位系統。

文字說明	情境圖	結果圖
阿展正在工作，有點口渴，正要拿起水杯喝水。（此時 RFID 讀取器讀到標籤資訊，並在 PDA 顯出水杯的位置）		

阿展工作累了，起來走動休息。（手上 RFID 讀取器一直讀到標籤，所以水杯的位置資訊一直更新，如右圖所示）



阿展看見同學，想找他聊聊。



阿展放下並放開杯子（此時 RFID 讀取器已經讀不到標籤）



阿展和友人聊得很開心（系統就以最後讀到標籤的位置為水杯的最終位置，也不再更新）



阿展聊完離開時，忘了拿水杯。



阿展回到工作崗位工作，一會兒，又口渴想喝水，但水杯不知道亂放在哪裡。



阿展檢視 PDA，察看系統水杯在哪裡。



阿展按圖索驥，找到他的水杯了。





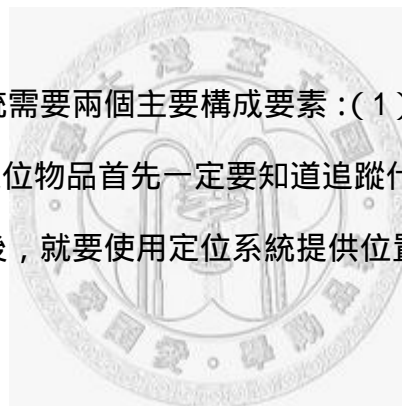
Chapter4

系統設計

系統的設計會依循一些原則，觀察或由相關的研究歸納出應該遵守的通則和選擇。本章探討並說明本系統的設計哲學，解釋本系統的構成要素，還有一些重要的觀察等，並進一步說明本系統技術上的選擇。

4.1 構成要素

設計追蹤物品位置的系統需要兩個主要構成要素：(1)系統辨識物品的能力(2)定位系統的使用。追蹤定位物品首先一定要知道追蹤什麼物品，所以就要辨識物品為何？知道瞭解物品後，就要使用定位系統提供位置資訊來定位要追蹤的物品。



4.1.1 物品辨識

最直覺的追蹤物品位置方法是在所有要追蹤的物品上裝置主動式發射器，並在使用者身上或是環境中裝設接收器，由發射器主動發射出包含物品辨識或位置資訊之訊號，使用者藉由讀取這些資訊就可以知道物品的位置。但此方法之缺點在於發射器的價格通常都不便宜，如果要應用在大量的物品上，則首先需花費一筆可觀之費用；另外，發射器通常使用電池做為其電力的供應來源，一旦電池沒電，接收器將失去功能，必須時常更換電池帶來使用上許多的不便；再者，發射器的尺寸通常都不會太小，也因此貼附主動式發射器不是本系統的最佳選擇。

依據相關的研究得知，物品的辨識系統幾乎是選擇被動式的標籤，然後用外在的辨識器去辨識，雖然二維條碼擁有價錢更便宜、且由列表機就可進行產出之特性，但其 line-of-sight 的問題大大的限制及降低其應用性，相較之下，RFID 標籤擁有價錢便宜、不需要供給電源及擁有少數記憶體空間可供利用的優點，因此，本系統選擇 RFID 作為辨識物品的技術。

4.1.2 定位系統

由相關研究一章得知各式各樣的人員定位系統，其中有些系統已具有研究成果並發行商業產品，所以作為物品定位追蹤系統的選擇是非常多樣的，因此，系統可以依據使用者所要部署的環境，選擇所需要的定位系統。無線網路覆蓋率高的地方，比如實驗室，可以選擇 WiFi 做為基礎的定位系統；假若使用者必須將物品精準定位而且不用考慮花費的成本時，則可選擇 Cricket mote。

本系統中撰寫了 Ekahau, Taroko, 以及 Cricket mote 的接收程式，只要簡單的修改描述檔，就可以選擇所要使用的定位系統。本研究選擇 Taroko 作為用來說明的例子。

4.2 重要觀察

除前一節的兩個構成要素外，尚需要額外的原則以整合所有的系統構成元素，而成為本系統的設計哲學。而我們在日常生活中有兩個重要觀察，加入這些觀察所歸納出的原則，整個系統才得以完整。

根據研究者觀察一般人的日常生活發現，一般人在使用物品前，幾乎都是用手去抓取物品並移動物品，故大部分物品位置的改變原因，多是由使用者的手所造成，因此本研究設計將 RFID 讀取器裝置於使用者的手部位置上。

由相關研究一章也可以得知有系統將 RFID 設計在手上，只不過型態不同。Magic Touch 設計在手指上；iGlove 設計成手套；ReachMedia 設計成手環。不同的設計，穿戴性也就不同，考量使用者必須要接觸物品才得以辨識物品資訊的特性，且又能夠融入使用者的日常生活，使本系統設計以生活中常在使用的物品型態呈現，最精簡就是戒指。它比手套，手環更具有穿戴性，也不會很突兀。

另外一個觀察就是，當使用者在使用物品，將物品帶在身上時，物品與人的距離不會超過一個手臂，人和物品是靠近在一起的，因此將使用者的位置視為物品的位置是一個合理的方式。

綜觀前述構成要素及觀察，本系統把 RFID 讀取器做成戒指的形狀，在 RFID 讀取器讀取標籤的同時，把人的位置視為物品的位置，再紀錄下物品和位置的關聯性，以達到追蹤物品的目標。




Chapter5

系統實作

本章將詳細的檢視本系統如何實做，以及有哪些困難點需要注意。秉持系統設計一章的設計原則，歸納並實做出此系統有三個大的構成部分，(1) 穿戴裝置，主要功能為讀取 RFID 標籤，以及無線地回傳標籤的 ID 資訊；(2) 回饋介面，主要的功能為即時呈現定位的結果；(3) 背景伺服器，主要的功能為關聯位置和 ID 資訊並存入資料庫，並無線地傳送定位結果給回饋介面。

5.1 穿戴裝置



依最原始的構思，穿戴裝置的輪廓就是戒指本身，但由於目前的技術，還沒有如此的硬體，只有天線部分為戒指形狀，相信未來技術可以做小到符合戒指大小的硬體的尺寸。穿戴裝置又可細分四個部分(1) RFID 讀取器，讀取 RFID 標籤；(2) 戒指天線，RFID 讀取器的外接天線；(3) 無線模組，無線傳輸標籤 ID 資訊；(4) 電位轉換器 (level shifter)，連接 RFID 讀取器和無線模組的電路。實做細節如下：

5.1.1 RFID 讀取器

RFID 運作原理是電流訊號流經讀取器的天線線圈，因為電磁效應，使得讀取器的天線平面產生磁場，當讀取器靠近 RFID 標籤到一定的距離時，此磁場通過 RFID 標籤的天線線圈，由於磁通量的變化關係，RFID 標籤的天線線圈裡會產生電流

訊號，RFID 標籤裡的晶片接收並產生回應的電流訊號，RFID 標籤的天線亦產生磁場，經由相反方向傳回 RFID 讀取器的天線，並產生電流訊號，最後讀取器裡的晶片再將這些訊號解碼。

因為 RFID 技術的成熟，所以有商業產品可供選擇，本系統選擇了 SkyeTek M1-5-232 作為 RFID 讀取器。其規格條列如下：

- ◆ 38 公釐 x 40 公釐的尺寸
- ◆ 共振頻率 13.56MHz
- ◆ 使用 ISO-15693 (Tag-It HF-I) RFID 標籤
- ◆ 使用 TTL 連接周邊
- ◆ 電壓 5V
- ◆ 電流 45mA

選擇考量為尺寸夠小，所使用的 RFID 標籤規格也為業界所廣泛使用。



5.1.2 戒指天線

戒指的外型是本系統設計的初衷，加上預設的內部天線不符合需求，所以要設計並製作成外部的戒指天線。

天線的製作需要一個金屬線圈做為電感線圈，因為要做成戒指形狀大小，於是就選用了 16 號漆包線來纏繞電感線圈。線圈完成後，需要並聯電容，並調整電容大小來匹配 RFID 讀取器所需的阻抗值。下圖為天線的電路示意圖。

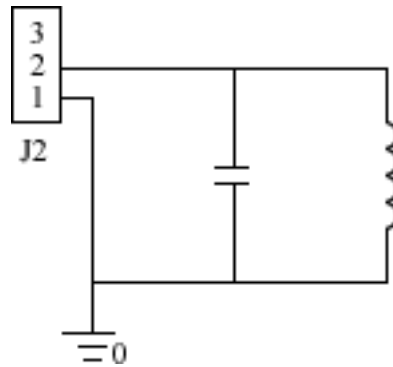


Figure 1: 天線電路

一個迴圈天線是一個調諧的 LC 電路，以諧振 (Resonance) 產生出一個特別的諧振頻率；當感應阻抗和電容阻抗相等時，這個天線將產生諧振。公式如下表示：

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

我們可以看出頻率 (f) 不變，電感值 (L) 和電容值 (C) 是成反比的關係。

而我們所選用的 RFID 所需的總阻抗值是 50 歐姆。製作的步驟如下：

1. 將 16 號漆包線平行纏繞在 26 公釐的圓柱體上，纏繞出彈簧外型的線圈，纏繞三圈後，完成電感。
2. 將可以匹配成 50 歐姆阻抗的理想電容值，並聯地銲上電感。
3. 使用網路分析儀或頻譜儀量測其共振頻率是否為 13.56MHz？不是的話重新調整電容值，嘗試錯誤的方式嘗試，因為電感值已經固定，所以共振頻率和電容值是成反比的關係，所以當量測出比 13.56MHz 還大的量測值，就必須把電容值降低，反之，量出比 13.56MHz 小的量測值，就把電容值升高，一直重複動作，直到共振頻率為 13.56MHz 為止。而最後的電容值為 539 pF。
4. 銲上連結 RFID 讀取器的訊號線。

5. 使用樹脂黏土將天線中金屬外露的部分包起來。

最後一個步驟是因為要防止手汗影響天線的效能，把金屬包覆起來保護，而且也有美化的效果。

最初要作天線這樣的電路非常的困難，因為資工系並沒有相關的儀器可以量測，而本人沒有電機工程的背景，對於天線的設計製作不甚瞭解。但有幸電機系有願意幫忙的老師跟傑出學長的指導，並教導我使用什麼材料作天線，以及交我如何量測匹配天線線路，最終才得以做出戒指天線。

下圖為尚未包覆黏土的天線半成品。



Figure 2: 未裝飾保護的戒指天線

下圖為最終的完成品。



Figure 3: 戒指天線完成品

製作完成後，外接天線的效能應該不能比內部天線遜色，並且要符合系統需求。於是作了一個實驗來驗證此天線。

實驗的設計為一手穿戴上戒指天線，放在尺的 0 刻度上，將貼有 RFID 標籤的物品放在 0 公分、0.5 公分、1 公分逐漸累加的距離上，以一秒 2 次的取樣頻率去算得成功讀取到 RFID 標籤的次數。其實驗結果產生了下面的曲線圖

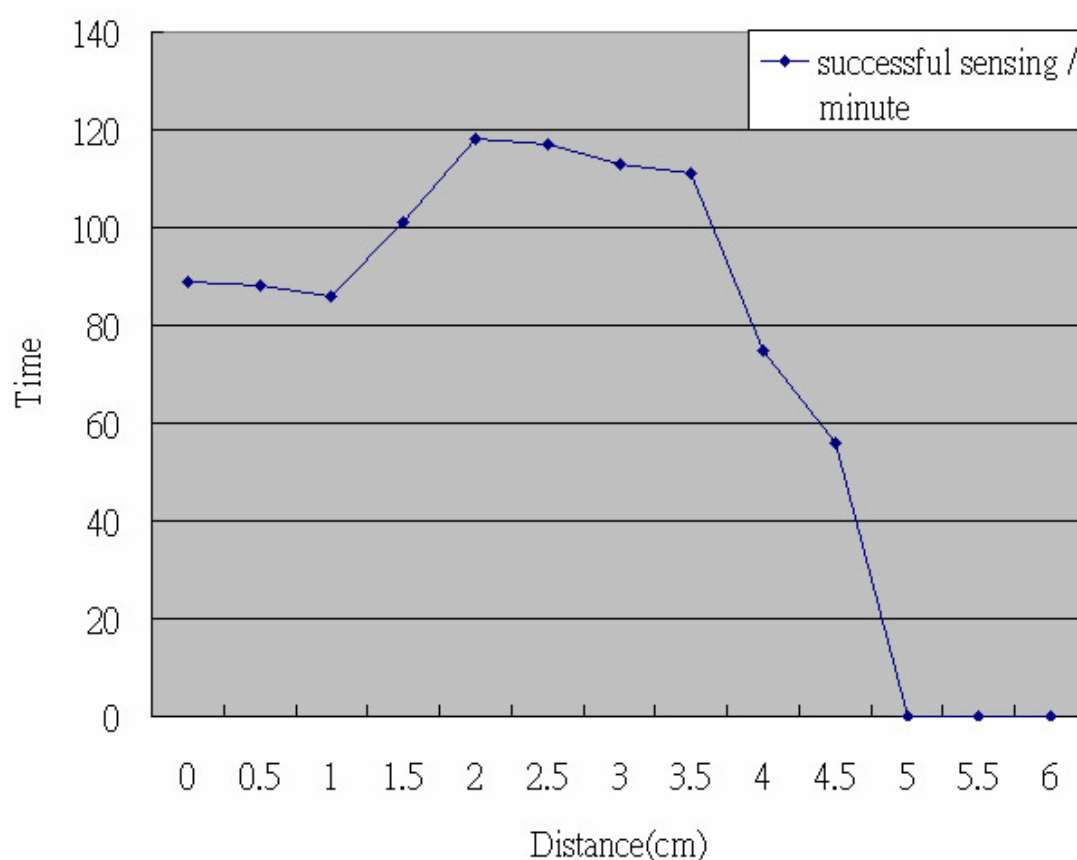


Figure 4: 天線實驗曲線圖

x 軸就是天線和物品相距的距離，y 軸是成功讀取 RFID 標籤的次數。由此實驗結果可以得知，最大的讀取距離為 4.5 公分，在 2 公分的距離效能最好。而小於 2 公分的效能可能因為角度使得磁通量不是最多，所以效能就差了一點。

這樣的實驗結果是符合預期，也符合系統所求。因為我們抓取東西來使用一定小

於 4.5 公分；如果讀取範圍太大於此數，就有可能會並沒有抓取物品，卻讀取到 RFID 標籤的錯誤產生。

5.1.3 無線模組

無線模組選用一個受到廣泛使用的硬體平台 Taroko，規格如下條列所示：

- ◆ TI MSP 430 MCU
- ◆ IEEE 802.15.4(Zigbee)
- ◆ UART 擴充介面

它的耗電量相當的低，也有各種和周邊裝置連接的介面。

因為本系統的穿戴裝置主要靠它和後端的背景伺服器作無線連結，所以它的韌體需要撰寫，以符合系統的需要。

韌體寫入 Taroko 的微處理器(micro controller)的方式目前有兩種,TinyOS[18] 有支援 Taroko 無線模組，可以透過 nesC[19] 一種類似 C 程式語言的程式語言來撰寫韌體，因為 TinyOS 已經將 Taroko 的無線傳輸部分的協定包裝成軟體模組，所以只要透過 nesC 的撰寫，經由 USB 介面燒入 Taroko，就可輕易的使用 Zigbee 無線傳輸。然而，本系統需要下指令給 RFID 讀取器，也需要接收 RFID 讀取器回傳的結果，再把結果包裝成 Zigbee 的封包傳輸出去，需要很底層的操作。TinyOS 最新的發佈版本並沒有支援前述的功能，所以我們採取另一種方式將韌體燒入 Taroko。

在 TinyOS 出現之前，傳統的韌體撰寫方式是透過專屬的燒錄硬體，撰寫組合語言或 C 語言燒入微處理器。硬體除錯是硬體發展的重大課題，為了方便硬體除

錯，發展了一套 JTAG (Joint Test Action Group) 的除錯介面，它是 IEEE 1149.1 標準，採用 Standard Test Access Port and Boundary-Scan 架構來測試電路板提供的 access ports。它現在基本上都應用於整合電路的次區塊，所以他非常適合用在嵌入式系統，提供一個方便的後門來讓我們系統除錯。Taroko 剛好也有提供 JTAG 除錯介面。

所以，我們使用 IAR[20] Embedded Workbench 工具用 C 程式語言撰寫我們所需要的韌體，透過 JTAG，以除錯模式將韌體程式燒入 Taroko，因為硬體除錯第一步驟是將韌體燒入微處理器後執行，之後才能除錯。

我們所撰寫的韌體主要功能有二 (1) 一直下指令給 RFID 讀取器讀取標籤，每秒兩次。(2) 只要一讀到標籤，即時地將標籤資料回傳給背景伺服器。程式列表如下：

	File Name	Description
1	basic_rf_init.c	This file contains the basic RF initialization function
2	basic_rf_send_packet.c	This file contains packet transmission function.
3	hal_rf_set_channel.c	This file contains a function that allows you to switch radio channels on the CC2420.
4	hal_rf_wait_for_crystal_oscillator.c	This file contains a function that ensures that the CC2420 crystal oscillator is stable.
5	hal_spi.c	This file contains a function which initializes the SPI interface on UART1.
6	hal_timerA_SoftFlt.c	This file maintains system clock at 2MHz
7	hal_TimerB.c	This file initializes the timer for keeping the sample

		rate
8	hal_uart.c	This file initializes the port3 Uart0 to receive signal from nonin Xpod. The setting is 9600 8N1.
9	hal_wait.c	This file contains a function for idle looping with millisecond resolution.
10	RFID_send.c	This file is the main function for sending packets to receiver.
11	RFID_receive.c	This file is the main function for receiving packages from transmitter.

Table 2 : Taroko 韌體程式列表

5.1.4 電位轉換器

在一般的電子元件連接，只要輸出端和正確的輸入端接合，就可以運作。前提是兩者的工作電壓必須相同。然而，本系統的無線模組是 3V 的工作電壓，而 RFID 讀取器是 5V 的工作電壓。不同電位的電子元件其輸出入的訊號範圍是不同的，取樣的電位標準也不同，相連接在一起的結果就是產生錯誤的解碼(decoding)。

所以需要一個電位轉換器來把訊號轉換成正確的電位。我們選用了 MAX 3232 這顆 IC，作為本系統的電位轉換器。而這顆是針對 RS232 作轉換的晶片，所以在轉換的過程中，電位會變成反相輸出。不過本系統的無線模組和 RFID 讀取器是同相位輸出入，所以還要再多加入一顆 7404 擁有 NOT gate 的 IC 反向器。電路圖如下所示：

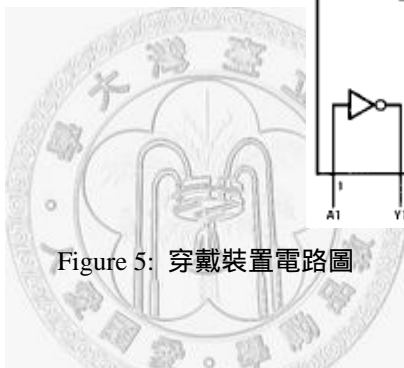
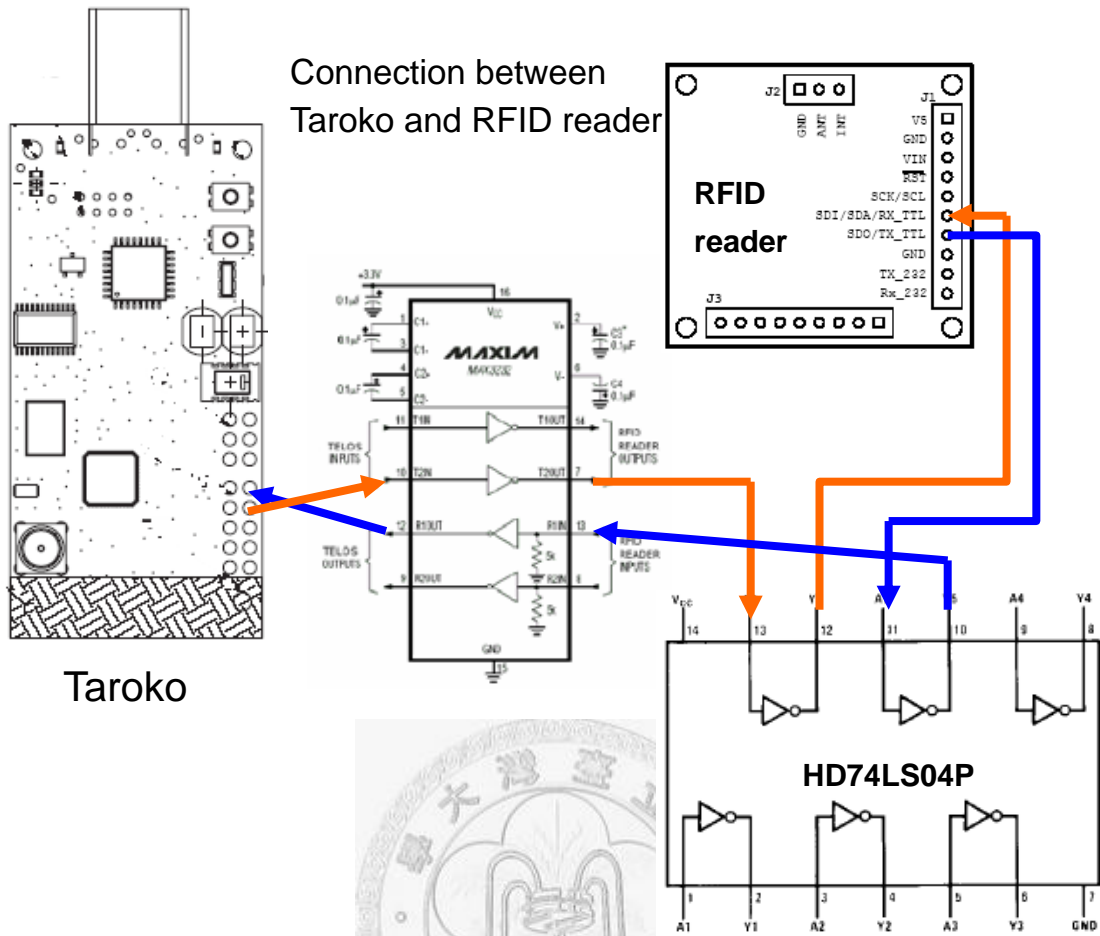


Figure 5: 穿戴裝置電路圖

最終成品如下圖所示，上面 IC 為 7404，下面 IC 為 MAX 3232，紅色的電子元件為 0.1uF 的鉭質電容。

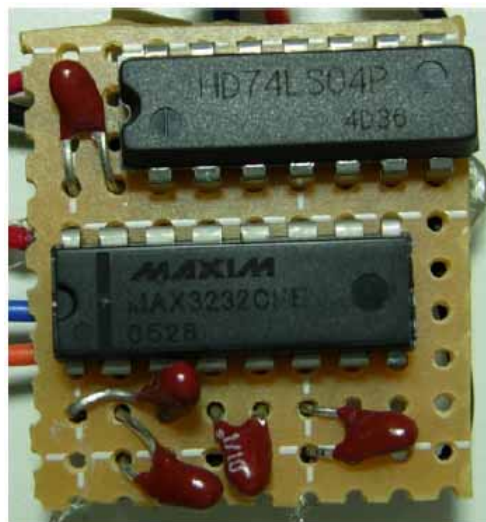


Figure 6: 電位轉換器

5.2 回饋介面

我們選擇 HP iPAQ Pocket PC 做為我們的顯示介面。在 PDA 平台中，目前還是以 Microsoft 的 WinCE 作業系統為大宗，使用 Compact .NET 開發平台也很方便開發 PDA 上的程式，所以選擇 C# 程式語言來實做前端的回饋系統。並使用有標準的 Socket 作為網路的連線。

本系統的圖形使用者介面如下圖所示：



Figure 7: PDA 螢幕圖

匯入地圖作為環境的顯示，藍色圓點為使用者的位置；紅色圓點為物品的位置。

	File Name(Class)	Description
1	Feedback.cs	This file is the main starting point of feedback.
2	AskLocationClient.cs	This file is the socket client which requests location data and object name from background server.
3	MapControl.cs	This file shows the GUI part in the interface

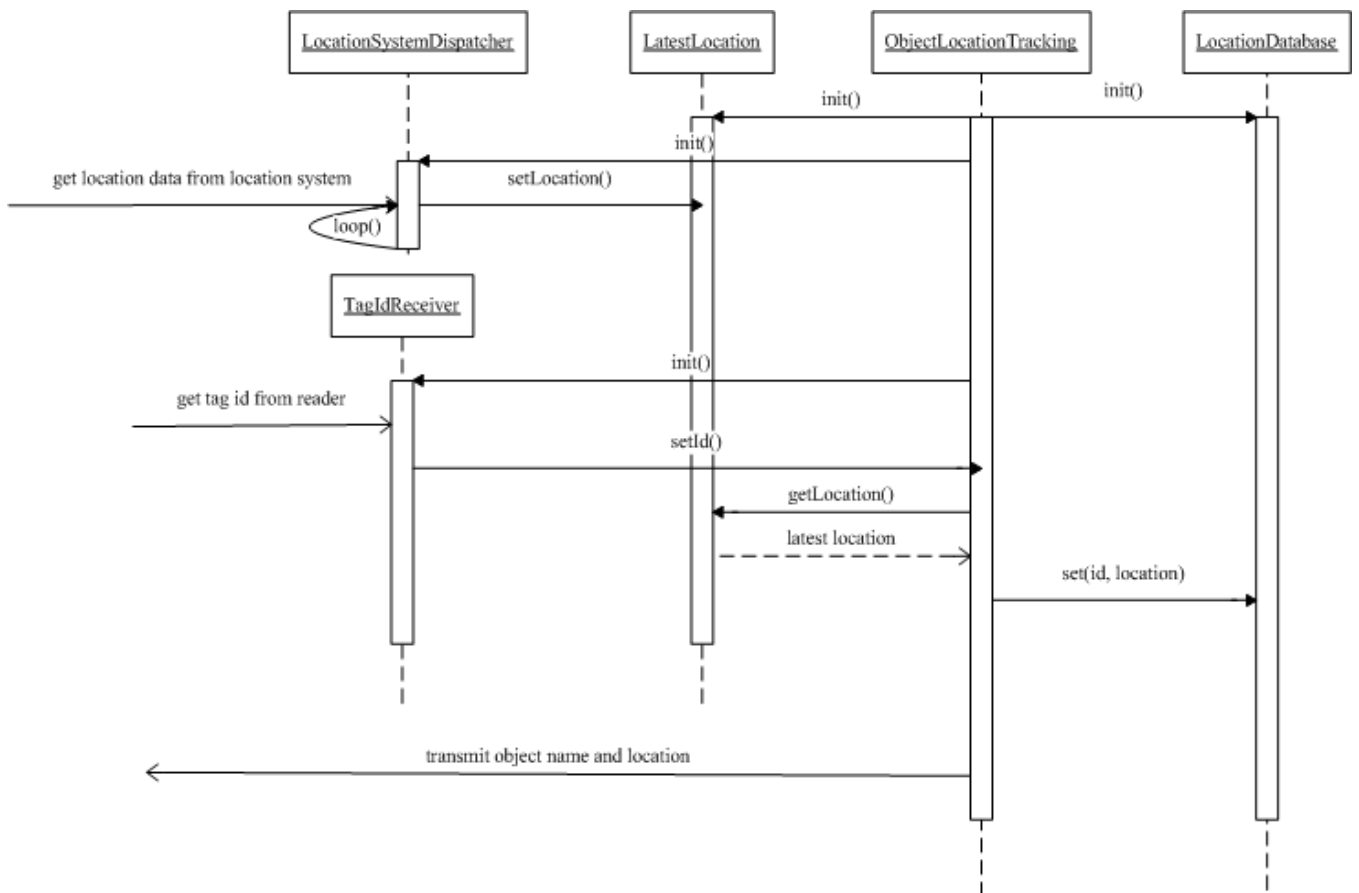
Table 3 : 回饋介面的 C# 程式列表

5.3 背景伺服器

背景伺服器主要功能是關聯位置和 ID 資訊並存入資料庫，並無線地傳送定位結果給回饋介面。我們使用 Java 實做。有五個主要的 class 條列如下：

- ◆ ObjectLocationTracking
功能為初始化其他 class，並協調控制其他的 class 的運行、合作。
- ◆ LatestLocation
作為儲存最新位置資料的資料結構。
- ◆ LocationSystemDispatcher
透過簡單修改描述檔，可選擇適當的定位系統。
- ◆ TagIdReceiver
透過串列埠和 Taroko 溝通並接收所傳來的標籤資訊。
- ◆ LocationDatabase
儲存位置和物品關聯的資料庫。

UML 的循序圖 (sequence diagram) 如下：



其執行步驟為

1. ObjectLocationTracking 初始化其他四個重要的 class , LatestLocation、 LocationSystemDispatcher、 TagIdReceiver 及 LocationDatabase
2. LocationSystemDispatcher 被初始化後，依照描述檔執行相對的定位系統，並直接接收從定位系統所傳來的的位置資訊，存入 LatestLocation
3. TagIdReceiver 會等待讀取從 Taroko 傳來的標籤資料，丟給 ObjectLocationTracking 並觸發它向 LatestLocation 要最新的位置資料，並且和標籤資料作關聯。
4. ObjectLocationTracking 將關聯資料儲存入 LocationDatabase，並回傳給回饋介面作即時的位置顯示。

以下為背景伺服器的程式列表

Package: olt		
	File Name(Class)	Description
1	Args.java	All setting parameters are collected in this file.
2	ObjectLocationTracking .java	This file is the main starting point of background server
3	LatestLocation.java	This file stores the latest location data received from the person's location system.
4	TagIdReceiver.java	This file communicates with the receiver firmware of Taroko, and it triggers the correlation function.
5	LocationSystemDispatcher .java	This file dispatches which position engine we used.

Table 4 : olt 程式列表

Package: olt.cricket		
	File Name(Class)	Description
1	CricketTask.java	This file commands the COM port directly to communicate with the Crickets.

Table 5 : olt.cricket 程式列表

Package: olt.ekahau		
	File Name(Class)	Description
1	TrackDevices.java	This file communicates with the Ekahau position engine.

Table 6 : olt.ekahau 程式列表

Package: olt.taroko		
	File Name(Class)	Description
1	PEngineLocationTask.java	This file commands the COM port directly to communicate with the Taroko.

Table 7 : olt.taroko 程式列表



Chapter6

限制

和所有現存的系統一樣，本系統有許多的限制，一一描述如下：

- ◆ 無法定位追蹤不是用手抓取移動的物品，比如自行運動的物品、拖鞋等，因為本系統需要透過手的碰觸才能夠辨識物件來追蹤物品。這是本系統的特色，也是限制。
- ◆ 無法追蹤沒有貼 RFID 標籤的物品。
- ◆ 如果物品很大，RFID 標籤貼的部位大於 RFID 讀取器 4.5 公分以外的範圍，那就算接觸了此物品，也會讀取不到。
- ◆ RFID 標籤不能直接貼在金屬物上，因為金屬物表面的金屬會吸收 RFID 讀取器所發出的磁通量，使得 RFID 標籤無法感應。
- ◆ 多重標籤的問題，如果 RFID 讀取器同時不只讀到一個標籤，那會產生衝突，RFID 讀取器會隨意挑一個當作是讀到的標籤，但實際上是抓取另一個物品。



Chapter7

應用

本章節提出一些可利用本系統為基礎的延伸應用。作為未來相關的研究參考。

7.1 物品提醒系統

只要系統知道物品位置，使用者就可以透過系統查詢追蹤物品，不怕忘了丟到哪裡。



7.2 人員暨環境安全警告系統

化學工廠，病毒研究中心或是一些處理敏感物質的地方，這些東西必須小心謹慎的處理，例如：有些化學藥品不能放得太靠近，不然會起化學作用，可能會起火爆炸，產生危安事件。所以如果系統知道它們的位置，當然就可以推算哪些藥品不可以放在一起，若是有放在一起的潛在危險情況出現，系統就可以發出警告，提醒使用者這樣的危險情況。

7.3 日常生活行為推論系統

本系統不僅將物件的位置記錄下來，而且將同一 RFID 讀取器的讀取歷史紀錄記

錄下來，系統知道使用者和物品的互動，前一刻接觸使用甲物，後一刻使用乙物，則甲物與乙物有某種意義上的關聯性，再加上位置改變的資訊，系統可依這樣的資訊來推論使用者的行為，推論使用者行為是否正常。比如獨居老人的居家看護

7.4 物品位置機率分佈圖

本系統長期的使用後，可以得到大量的物品位置改變的歷史資訊，若是把所有同一件物品出現過的位置畫出來，就可以觀察此物品在各個位置出現的 probability density function.



7.5 行為修正系統

由前一節描述，知道這樣的 probability density function，可以看出物品常出現在哪些地方。如果物品常出現在它不應該出現的地方，那就可以提醒使用者已經不當的使用，進而改進使用者的行為。

Chapter8

結論

本系統未來研究與發展方向可作實體物品的搜尋系統，在回饋介面新增搜尋功能，使得更容易尋找到物品。還有可以將物品的基本資料存入標籤的記憶體裡，比如物件的體積、擁有者等，可作為物件定位時的參考資料。可使定位更精準，或過濾一些不合理的現象，比如物件穿牆而過。

人的位置很重要，物品的位置一樣重要，部署在環境中的系統，能夠知道愈多的資訊就能夠多利用這些資訊處理，推論，甚至預測我們感興趣的議題，比如人的行為等。

所以在這篇論文裡，我發展建立了一套整合 RFID 技術、人員定位系統、無線模組以及穿戴式的物品定位追蹤系統，並且驗證了他的可行性和實用性。



Bibliography

- [1] Jun Rekimoto and Yuji Ayatsuka, CyberCode: designing augmented reality environments with visual tags *Designing Augmented Reality Environments (DARE 2000)*, 2000.
- [2] Thomas Pederson. Magic Touch: A Simple Object Location Tracking System Enabling the Development of Physical-Virtual Artefacts in Office Environments. *Personal and Ubiquitous Computing*, Issue: Volume 5, Number 1 , 2001, 54 -57
- [3] iGlove. <http://seattleweb.intel-research.net/projects/guide/projects/iglove/RFIDglove.htm>
- [4] Assaf Feldman, Emmanuel Munguia Tapia, Sajid Sadi, Pattie Maes and Chris Schmandt. ReachMedia: On-the-move interaction with everyday objects. In the proceedings of the ninth annual IEEE International Symposium on Wearable Computers, ISWC2005 Osaka, Japan Oct 18 – 21
- [5] R. Want, A. Hopper, V.Falcao, and J. Gibbons. The active badge location system. *ACM Transaction on Information System*, 10:1:91–102, 1992.
- [6] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A.Ward, and P.Webster. The anatomy of a context-aware application. In *Proc. of 5th MOBICOM*, pages 59–68, 1999.
- [7] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan. The cricket location support system. In *Proc. of the 6th MOBICOM*, Boston, MA, USA, 2000.
- [8] P. Bahl and V. Padmanabhan. Radar: An in-building rf-based user location and tracking system. In *Proc. of the IEEE INFOCOM 2000*, pages 755–784, 2000
- [9] <http://www.ekahau.com>
- [10] Albrecht Schmidt, Martin Strohbach, Kristof van Laerhoven, Adrian Friday, and Hans-W. Gellersen. Context acquisition based on load sensing. *UbiComp*, 2002

- [11] R. J. Orr and G. D. Abowd. The smart floor: A mechanism for natural user identification and tracking. GVU Technical Report GIT-GVU-00-02, 2000.
- [12] J. Krumm, S. Harris, B. Meyers, B. Brumitt, M. Hale, and S. Shafer. Multicamera multi-person tracking for easy living. IEEE Workshop on Visual Surveillance, 2000
- [13] H. Wactlar, J. Yang, Y. Qi, R. Yan, J. Gao, and A. Hauptmann. Automated analysis of nursing home observations. IEEE Pervasive Computing, Special Issue on Pervasive Computing for Successful Aging, 3:2:15–21, 2004.
- [14] Frédéric Cupillard, Alberto Avanzi, François Bremond, and Monique Thonnat. Video understanding for metro surveillance. IEEE ICNSC 2004, 2004.
- [15] L. Lau. Location-based medicare service. 2005 Workshop on iCare Technology, 2005.
- [16] Kenneth Fishkin, Bing Jiang, Matthai Philipose, and Sumit Roy. I sense a disturbance in the force: Long-range detection of interactions with rfid-tagged objects. Ubicomp, 2004
- [17] Gaetano Borriello, Waylon Brunette, Matthew Hall, Carl Hartung, and Cameron Tangney. Reminding about tagged objects using passive rfids. Ubicomp, 2004
- [18] J. Hill, R. Szewczyk, A. Woo, S. Hollar, D. E. Culler, and K. S. J. Pister. System Architecture Directions for Networked Sensors. In Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, pages 93–104, 2000. TinyOS is available at <http://webs.cs.berkeley.edu>.
- [19] David Gay, Phil Levis, Rob von Behren, Matt Welsh, Eric Brewer, and David Culler, The nesC Language: A Holistic Approach to Networked Embedded Systems. Proceedings of Programming Language Design and Implementation (PLDI), San Diego, June 2003.
- [20] IAR System. <http://www.iar.com/>