



財團法人
資訊工業策進會
數據科技應用研究所

CSSI-D4RN0810-RP-002

桃園國際機場股份有限公司

機場出境旅客服務系統調查研究案

機場出境旅客服務系統設計文件

V1.0

版權所有
請勿翻印

財團法人資訊工業策進會
數據科技與應用研究所

中華民國 104 年 5 月

修改紀錄

版本	修改日期	修改人	修改原因及說明
V1.0	104／5／28	劉仲祥	新制定

目 錄

1. 專案簡介	1
1.1. 專案概述	1
1.1.1. 專案緣起	1
1.1.2. 問題分析	2
1.1.3. 專案目標	2
2. 現有系統與新興技術盤點	3
2.1. 國內外機場尋找登機旅客發展現況	3
2.1.1. 倫敦希斯洛機場 (Heathrow Airport)	3
2.1.2. 哥本哈根機場 (Copenhagen Airport)	5
2.1.3. 邁阿密國際機場 (Miami International Airport)	6
2.1.4. 辛辛那提/北肯塔基國際機場 (Cincinnati/Northern Kentucky International Airport)	7
2.1.5. 芬蘭赫爾辛基機場 (Helsinki Airport)	8
2.1.6. 各國方案比較	9
2.2. 航班資訊、登機門路徑查詢服務發展現況	10
2.3. 室內定位相關技術	12
2.3.1. RFID	14
2.3.2. AGPS	17
2.3.3. Wi-Fi	19
2.3.4. Bluetooth / iBeacon	22
2.3.5. ZigBee	24
2.3.6. 紅外線	27
2.3.7. RFID與Bluetooth技術比較	28
2.3.8. 結論與建議	29
3. 室內定位場測結果	31
3.1. 被動式RFID方案	31
3.1.1. 量測目的	31
3.1.2. 量測工具	31
3.1.3. 量測方法	31
3.1.4. 量測結果	31
3.1.5. 結論及說明	32
3.2. 主動式RFID方案	32
3.2.1. 量測目的	32
3.2.2. 量測工具	32
3.2.3. 量測方法	33

3.2.4. 量測結果	33
3.2.5. 各區域規劃設備建議數量	36
3.2.6. 訊號干擾測試	40
3.2.7. 補充說明	41
4. 各單位需求訪談調查	42
4.1. 問題設計	42
4.2. 受訪單位	42
4.3. 訪談結果整理	43
4.3.1. 航空公司訪談結果	43
4.3.2. 航警局訪談結果	44
4.3.3. 移民署訪談結果	45
5. 找尋登機旅客系統規劃	46
5.1. 出境旅客動線分析	46
5.2. 系統架構圖	49
5.3. 樣式概念設計圖	51
5.4. 設備數量規劃	55
5.5. 成本分析	57
5.6. 營運模式建議方案	58
5.7. 現金流量分析	62
5.8. 效益分析	64
6. 參考資料	65

表目錄

表 1 各國室內定位方案比較	9
表 2 各式RFID優點	16
表 3 RFID標籤相關規範標準	17
表 4 WiFi各項傳輸標準	20
表 5 RFID與Bluetooth比較	28
表 6 依特定目的之各項定位技術比較	30
表 7 訊號干擾測試結果	40
表 8 定位設備卡收發機制比較	48
表 9 設備數量規劃	55
表 10 優先性高設備成本估算表	57
表 11 優先性高與中設備成本估算表	57
表 12 優先性高中低設備全購成本估算表	58

表 13 營運模式方案比較.....	58
表 14 方案一營收試算.....	59
表 15 各方案營收比較.....	60
表 16 不考量初期建置成本(不含增購Tags)之方案營收比較	60
表 17 現金流量分析.....	62
表 18 現金流量分析(不考量初期投入的建置成本).....	63

圖目錄

圖 1 乘客在進入安檢前掃描登機卡	4
圖 2 系統寄送航班時間與登機門訊息給乘客	4
圖 3 PASS 自助服務登機	4
圖 4 哥本哈根機場旅客Gatecaller卡	5
圖 5 透過Beacon傳送提醒訊息.....	6
圖 6 Oslo機場的顯示器告知平均排隊時間	8
圖 7 航班資訊提供方式.....	10
圖 8 航班資訊APP	11
圖 9 機場地圖及指標.....	11
圖 10 各種無線傳輸技術標準比較圖	12
圖 11 主動式RFID系統架構示意圖.....	14
圖 12 AGPS運作原理.....	18
圖 13 ZigBee網狀家用控制示意圖	26
圖 14 主動式RFID系統架構示意圖	32
圖 15 量測方式示意圖.....	33
圖 16 機場出境旅客動線圖.....	47
圖 17 找尋登機旅客系統架構圖.....	50
圖 18 旅客自助式查詢系統.....	50
圖 19 安全檢查卡整體外觀.....	51
圖 20 安全檢查卡配戴狀態.....	51
圖 21 安全檢查卡使用方式一.....	52
圖 22 安全檢查卡使用方式二.....	52
圖 23 RFID裝置本體	53
圖 24 牆掛式充電模組.....	53
圖 25 桌上式充電模組.....	54

1. 專案簡介

1.1. 專案概述

1.1.1. 專案緣起

隨著全球化興起，機場不再僅僅是提供飛機起降的基礎建設，而成為全球化經濟活動的核心，更是一個整合人潮、資訊、購物、洽公、物流、娛樂的重要據點。同時，世界各國為極力推廣觀光產業，均十分重視航站的擴建及機場內外設施的改善，無不期望能提供一個整潔、安全、便捷及舒適又現代化的機場，以服務國民並吸引各國旅客前往。此外，全球占領先地位之國際機場仍不斷精益求精，藉由引進先進資訊系統，以期掌握機場整體營運情況，提升經營管理效率。

桃園國際機場亦積極持續進行設施更新改善，在全球機場評比網站「世界機場獎」(World Airport Awards)及英國國際旅遊調查和諮詢機構「Skytrax」二〇一五年全球機場評選中，台灣桃園國際機場在「最佳機場服務人員」項目中勇奪世界冠軍，並在「最佳機場」項目中獲得第十七名，顯示桃園機場在各個面向服務都已受國際肯定。然隨旅客量持續成長，如何持續進行改善，實為重要的議題。

目前對於起飛前尋找已報到卻未登機的旅客仍以廣播尋人為主，尚無有效的尋人方法。為確保飛行安全，起飛前仍有未登機旅客，需將此旅客之行李卸載後，方能執行飛航任務。對於此問題，桃園國際機場已有行李再確認系統，可查詢此行李所在之集裝箱，減少找尋行李的時間，但仍會造成班機延誤，進而使旅客滿意度下降，若能在起飛前通知所有旅客登機，讓班機順利起飛，將對旅客、航空公司、及機場皆有所助益。

另外，機場對旅客所提供服務項目日益增加，再加上航廈內腹地廣大，為能有效提供旅客即時、有效的資訊，桃園國際機場已建置互動導覽系統，以提供各項分類設施內容，及路線指示功能。若能再提供出境旅客個人化的資訊，例如航班、登機門位置及路徑、其他設施路徑指引等，將有助於旅客找到所需的服務，並能增加滿意度。

1.1.2. 問題分析

機場在處理未登機旅客時，會牽涉到的單位有航空公司、航警局、移民署與機場公司相關部門，可能衍生的問題與成本如下分析：

- 一、相關單位因尋人與班機延誤需額外投入行政資源處理臨時事故
- 二、航空公司、航警、移民署、機場公司動員人力尋找未登機旅客
- 三、班機延誤需臨時調度機場設施（例如登機門），對旅客造成困擾
- 四、因班機延誤，增加旅客時間成本。以下試算，若以本國 GDP \$23,374 USD 來計算平均每人每小時所得為\$11.69 USD ($\$23,374 \text{ USD} / 250 / 8 = \$11.69 \text{ USD} / \text{小時}$)，即約新台幣 356.5 元。假設一班機延誤 30 分鐘，乘客 200 人，一班架次飛機乘客的總時間成本為 35,650 元。依據桃園機場 104 年 4 月離場延誤架次為 742，假設其中有 4% 為旅客未登機造成，得知平均每月因未登機旅客造成的班機延誤進而形成對旅客的時間成本為新台幣 1,058,100 元，累計每年約為新台幣 1,270 萬元。

五、因班機延誤而增加航空公司營運成本

- (一) 地勤人員卸載行李之額外作業
- (二) 因來機晚到，造成後續航班連鎖性延誤
- (三) 旅客抱怨造成商譽損失
- (四) 因班機延誤而被扣點
- (五) 因班機延誤造成停機坪不敷使用，導致空中延滯或地面延滯

六、因無法有效掌握未登機旅客狀態，可能引發安全議題。

1.1.3. 專案目標

- 一、規劃設計找尋登機旅客系統：提供航空公司以旅客資訊於查詢旅客目前在於第一、二航廈出境管制區內可能之所在位置，以便在航班起飛前，儘快找到尚未登機之旅客，減少因旅客晚登機延誤班機起飛。
- 二、規劃設計旅客自助式個人化航班、登機門及路徑查詢系統：提供旅客自助式航班、登機門及路徑查詢服務，導引旅客登機，提昇機場整體服務品質。

上述目標著重於出境旅客，本專案在進行規劃時，將考量出境旅客的動線以及相關單位之業務與活動，例如機場公司、航空公司、航警、移民署、免稅商店...等單位，以提出可行的方案。

2. 現有系統與新興技術盤點

2.1. 國內外機場尋找登機旅客發展現況

2.1.1. 倫敦希斯洛機場 (Heathrow Airport)

倫敦希斯洛機場(英語:London Heathrow Airport, IATA:LHR; ICAO:EGLL),通常簡稱為希斯洛機場,位於英國英格蘭大倫敦希靈登區,離倫敦中心有 15 英里(24 公里)遠。此機場由BAA負責營運,為英國航空和維珍航空的樞紐機場以及英倫航空的主要機場,擁有兩條平行的東西向跑道及五座航廈,為倫敦最主要的聯外機場,也是全英國乃至全世界最繁忙的機場之一,在全球眾多機場中排行第三,次於美國的亞特蘭大機場和中國的北京首都國際機場。由於機場開出眾多的跨境航班,因此以跨境的客量計算,希斯洛機場的客流量是最高的。截至 2004 年,希斯洛機場是全歐洲最繁忙的機場,比巴黎戴高樂機場及法蘭克福國際機場的客量還要高出 31.5%,但航班數目則比該兩個機場的總和少三分之一。2012 年 10 月 除去英國機場管理局名稱,改名希斯洛機場控股

倫敦希斯洛機場為減少班機延誤,使遲到的旅客可以準時登機,在 2013 年導入技術追蹤乘客在機場中的位置。智能登機卡系統(The smart boarding cards system)提供「積極登機」(positive boarding)服務,協助航空公司預先處理未登機旅客行李及提供旅客找到正確的登機航廈,減少旅客與行李最後搜索(last minute searches)的延誤。它還提供旅客更準確的訊息,幫助他們順利地通關。其被廣泛試用,維京大西洋航空公司(Virgin Atlantic Airways)成為第一個在 3 號航站樓採用該技術的航空公司。

當乘客進入管制區前,需在自動門前出示機票上的一個條碼,若通過驗證,自動門就會打開,以便乘客通過。當乘客秀出登機卡時,將會比對班機訊息並秀出為乘客量身訂製的訊息。如果乘客走錯航廈,則會顯示如何到正確的航廈之訊息,或是直接到登機門的路線。若乘客抵達安全閘門的時間離班機起飛時間少於三十分鐘,他會被要求返回 check-in 並尋求航空公司協助。這個旅客即時定位訊息讓航空公司可以在乘客沒有如時登機時,即時卸下他的行李。此服務至今已有 35000 人使用,其中有 44%的乘客是原本可能會無法如期登機的卻都成功搭到了飛機。



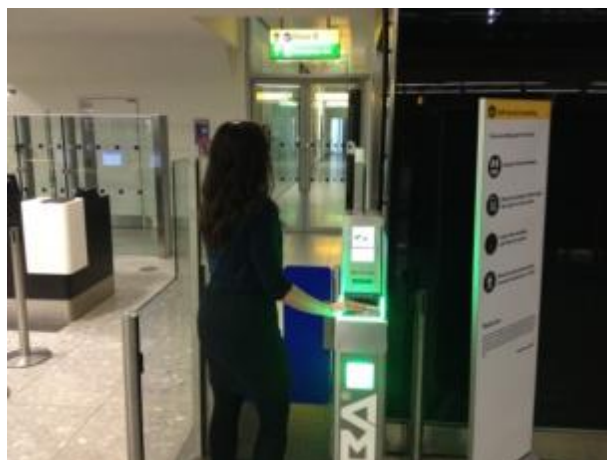
資料來源：Heathrow Airports Limited

圖 1 乘客在進入安檢前掃描登機卡



資料來源：Heathrow Airports Limited

圖 2 系統寄送航班時間與登機門訊息給乘客



資料來源：Heathrow Airports Limited

圖 3 PASS 自助服務登機

2.1.2. 哥本哈根機場 (Copenhagen Airport)

哥本哈根凱斯楚普機場（丹麥文：Københavns Lufthavn, Kastrup）（IATA 代碼：CPH；ICAO 代碼：EKCH）是丹麥王國首都哥本哈根的國際機場，位於阿邁厄島上的小鎮凱斯楚普，在哥本哈根市中心以南 8 公里，是該國最主要的機場，也是斯堪的納維亞最大的機場。哥本哈根機場有四個航站樓，最新的是廉價航空使用的航站樓 CPH Go，2010 年十月底正式啟用。

在哥本哈根機場，約 4% 的航班延誤是由旅客遲到造成的。為緩解此問題，並幫助機場內商家行銷策略規劃，2008 年機場做了 pilot 計畫，導入結合主動 RFID 和藍牙技術以追蹤航廈內旅客的位置。若班機即將起飛而旅客所在位置遠離登機門時，會透過手機通知旅客班機起飛與登機時間。該系統被稱為 Gatecaller，採用信用卡大小、電池供電的 RFID 標籤，發射的頻率為 433.92 MHz。乘客在 check-in 的時候拿到這卡片，然後在登機時退還。



資料來源：本計畫整理

圖 4 哥本哈根機場旅客 Gatecaller 卡

在航班準備登機時，系統代碼會呈現有紅色、黃色或綠色標誌，根據乘客距離登機門的遠近與步行距離來提醒乘客。在電腦地圖上，那些距離正確登機門附近的乘客顯示為綠點。黃色圓點表示乘客距離登機門有一些距離，但是只要立即前往，應可搭到飛機，所以系統呼叫或發送短信警告他們即將起飛。紅色的乘客表示他們將不太可能能

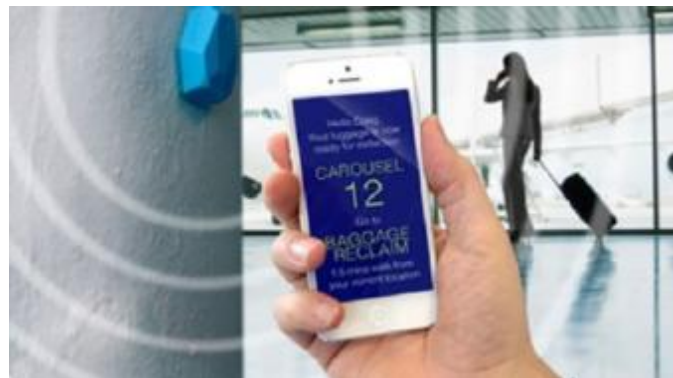
夠及時到達登機門，如果有必要，航空公司人員可以卸下這些客戶的行李，並重新預訂。

Gatecaller 是由一個集團共同開發，包括 Lyngsoe Systems、哥本哈根機場(Copenhagen Airport)、IT University of Copenhagen、Blip Systems 和 Riso National Laboratory，此為 2008 年時的開發案，為期三年，由丹麥政府資助 270 萬美金進行開發。

2.1.3. 邁阿密國際機場 (Miami International Airport)

邁阿密國際機場(Miami International Airport, IATA: MIA; ICAO: KMIA; FAA LID: MIA)，也稱 MIA 和歷史上稱 J·馬克威爾科克，位於美國佛羅里達州邁阿密市中心西北 13 公里的國際機場，在整個南佛羅里達大都市區中，是一座重要的國際機場。邁阿密國際機場是美國連接美洲、歐洲（甚至是加那利群島）的客運樞紐，也是美國連接亞洲的貨運樞紐。由於機場鄰近的旅遊景點、地區經濟發展、大量本地的拉丁美洲和歐洲人、以及優越的地理位置去處理轉機航班往來北美洲、拉丁美洲和歐洲，使邁阿密國際機場是美國連接拉丁美洲的最大樞紐，以及全美國中最大的航空交通樞紐之一。

在 2010 年，邁阿密國際機場為全美國佔最多國際航班的機場，第二名為紐約約翰·菲茨傑拉德·甘迺迪國際機場。在 2009 年，機場處理了 33,886,025 名乘客，在全球排第 25 名，比上年下降 0.5%。機場被評定為全美機場每年客運吞吐量第 12 名和佛羅里達州最大的機場，以少少的距離超越奧蘭多國際機場。機場比其他美國國際機場處理更多國際貨運航班。



資料來源：iBeacon News Everyday

圖 5 透過 Beacon 傳送提醒訊息

2014 年邁阿密國際機場率先採用 Beacon 技術，在機場所有入口安裝了 270 個 Beacon，包括值機櫃檯、門、行李認領裝運轉盤，甚至停車區域都有裝。這些 Beacon 可追蹤旅客的流動、彙總訊息並將該訊息由行動 APP 呈現。通過在整個機場安裝 Beacon，旅客能接收航班延誤、航班抵達、登機時間和更精確的訊息。乘客在檢查他們的行李後，將從手機自動收到一份機場地圖，顯示所需到達的登機門、路徑及行走時間。

2.1.4. 辛辛那提/北肯塔基國際機場 (Cincinnati/Northern Kentucky International Airport)

辛辛那提／北肯塔基國際機場（英語：Cincinnati/Northern Kentucky International Airport）是一座位於美國俄亥俄州辛辛那提的民用機場。辛辛那提國際機場是達美航空公司的第三大樞紐，及 Comair 的最大樞紐。然而，2005 年在達美航空公司破產後，機場的航班數目受到了影響。在減少航班以後，CVG 現在提供每天的 512 次飛行到 121 個不停站的目的地。另外，機場是美國第三重要國際樞紐，提供航班前往巴黎、倫敦、法蘭克福等城市。機場有 3 座客運大樓。第一航廈已在 2007 年 1 月 16 日關閉，目前其為機場之行政辦公室。美國航空、聯合航空所有航班均在第二航廈停泊及辦理旅客之登機手續。

辛辛那提/北肯塔基國際機場在旅客等待通過運輸安全管理局的檢查站時，追蹤旅客的手機，此機場每年大約有 570 萬旅客。辛辛那提機場已與 Lockheed Martin 公司達成協議，利用自己的 BlipTrack 系統，透過旅客通過安全檢查哨時，監測旅客的流量。

旅客的智慧型手機和其他有 Wi-Fi 通訊的設備可在此機場利用 BlipTrack 系統，以迅速查明擁擠的區域，並顯示等待時間。此系統可幫助機場取得旅客在機場內移動情形，以了解旅客動線，讓機場可主動規劃以改善服務。BlipTrack 是一個使用行動設備的信號通過機場測量點之間實時監控旅客流量的技術，且是採完全匿名的方式。BlipTrack 不發送或跟踪任何個人訊息；它在給定的區域中，簡單地監視移動電話的信號。這個訊息隨後被用於提供機場客流的即時圖像。該 BlipTrack 技術優勢在於提供乘客和機場團隊即時訊息，包括潛在的隊列和壓力點，讓機場可主動規劃以改善服務。

2.1.5. 芬蘭赫爾辛基機場 (Helsinki Airport)

赫爾辛基-萬塔機場（芬蘭語：Helsinki-Vantaan lentoasema；瑞典語：Helsingfors-Vanda flygplats；英語：Helsinki-Vantaa Airport，IATA：HEL，ICAO：EFHK），是赫爾辛基地區、乃至芬蘭全國最主要的機場。該機場坐落在赫爾辛基的衛星城萬塔，與萬塔和赫爾辛基市中心的距離分別為 5 千米和 18 千米。2007 年旅客吞吐量為 1310 萬人次，起降飛機 18 萬架次。

赫爾辛基機場在 2011 年推出藍牙乘客追蹤(Bluetooth-based passenger tracking)，提供即時更新以讓乘客知道在安全檢查站(security checkpoints)還須等候多久。位於安全搜索區域(security search area)的入口和出口處裝設了感應器(sensor)，從支持藍牙的移動設備(Bluetooth-enabled mobile devices)抓取信號，系統將計算乘客須花多少時間以通過安檢，乘客可在安全控制顯示器上看到平均排隊時間。類似的系統已經在英國倫敦的希斯洛機場(London Heathrow Airport)、挪威奧斯陸(Oslo Airport)和丹麥哥本哈根機場(Copenhagen airport)成功實施。



資料來源：Bloomberg

圖 6 Oslo 機場的顯示器告知平均排隊時間

2014 年赫爾辛基機場又導入「旅客追蹤系統」(passenger tracking system)，對所有開啟 WiFi 的手機進行追蹤，以識別旅客的行蹤，作即時監測。機場共布建約無線網路路由器大小的 150 個白盒(white box)，散佈在機場中。該追蹤技術來自芬蘭的零售分析公司 Walkbase。乘客可以登錄到航空公司的 App 或零售商店的 App，從機場的 35 家商店和 32 家餐館及咖啡廳接收消費或是有關航班的訊息。想要使用無線網路的乘客，將在登錄 WiFi 網絡前被通知有此監測系統。

2.1.6. 各國方案比較

表 1 各國室內定位方案比較

	倫敦希斯洛機場	丹麥哥本哈根機場	美國邁阿密機場	美國辛辛那提/北肯塔基國際機場	芬蘭赫爾辛基機場
機場簡介	倫敦主要聯外機場，全球機場中排行第三。	該國主要的機場，也是斯堪的納維亞最大機場。	美國連接美歐的客運樞紐，也是美國連接亞洲的貨運樞紐。	達美航空第三大樞紐，Comair 最大樞紐，美國第三國際樞紐。	芬蘭最主要的機場。
年吞吐量	7000 萬人次	2100 萬人次	3900 萬人次	570 萬人次	1310 萬人次
航廈數量	5 (5 座航站大廈及 1 座貨運大廈)	4	3	3 (1 航已關閉)	2
旅客追蹤方法	智能登機卡系統(預先處理未登機旅客行李及提供旅客找到正確的登機航廈，不包含旅客追蹤)。	旅客追蹤系統可定位航廈內旅客的位置。透過手機通知班機起飛的訊息。	追蹤旅客的流動、彙總訊息並將該訊息由行動 APP 呈現(航班延誤、航班抵達、登機時間、機場地圖)	提供旅客查詢壅擠區域，使機場了解旅客動線，以主動規劃改善服務。	以藍牙技術推估等候時間，旅客追蹤系統對所有開啟 WiFi 的手機進行追蹤，以識別旅客的行蹤，作即時監測與廣告推播。
追蹤目的	降低乘客/行李搜尋時間，減少班機延誤，使遲到旅客可準時登機。	降低乘客遲到登機的情形，緩解航班延誤問題。	使旅客能接收航班延誤、抵達、登機時間和更精確的訊息。	監測旅客的流量，迅速查明擁擠區域，並顯示等待時間。	減少航班延誤與刺激消費。
使用技術	Barcode、mobile	Active RFID、Bluetooth	Beacon	WiFi	WiFi

2.2. 航班資訊、登機門路徑查詢服務發展現況

目前桃園國際機場在提供航班資訊、協助登機門路徑查詢方面有下列方法：

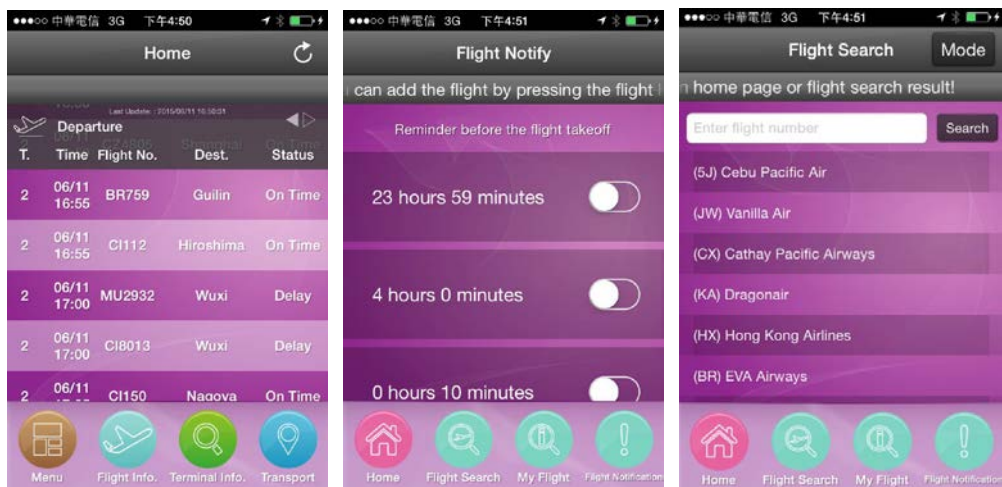
一、航班資訊看板：機場大廳各處、候機室的航班資訊系統看板都有清楚的顯示當下所有的航班資訊。



資料來源：桃園國際機場、本計畫整理

圖 7 航班資訊提供方式

二、桃園機場航班時刻表 APP：google play 以及 app store 上都有提供航班起降資訊查詢的 app 可以免費下載，且機場公司已開發之智慧機場 app 亦可取得航班資訊。



資料來源：桃園國際機場、本計畫整理

圖 8 航班資訊 APP

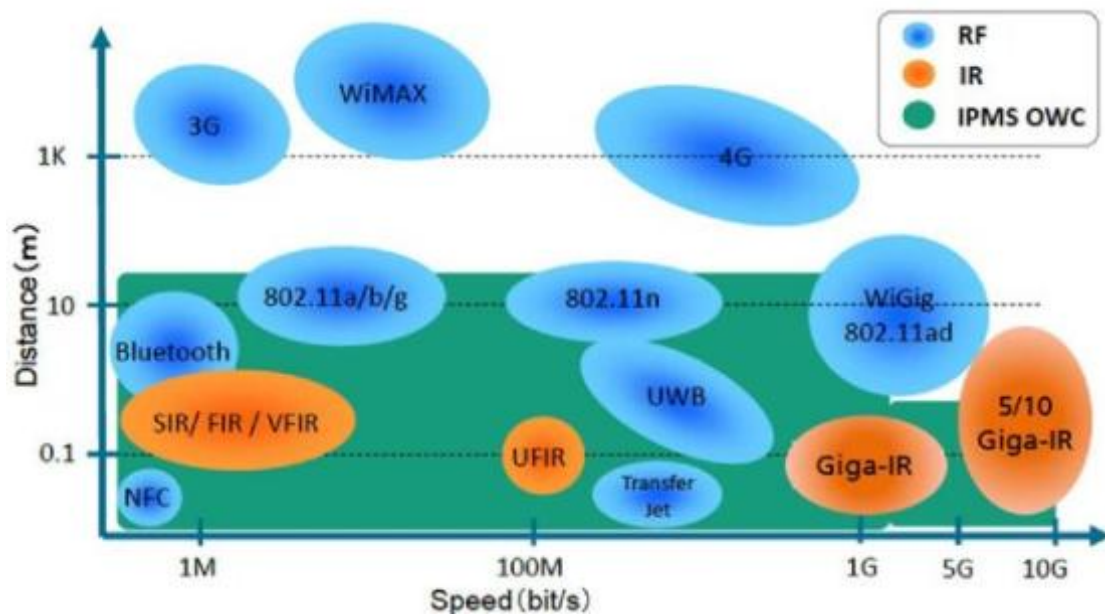
三、機場地圖、指標：機場中的地圖以及指標會告訴旅客現在的位置以及如何到達目的地。



資料來源：桃園國際機場、本計畫整理

圖 9 機場地圖及指標

2.3. 室內定位相關技術



資料來源：DIGITIMES

圖 10 各種無線傳輸技術標準比較圖

根據Digitimes，以傳輸速度與距離為兩軸，將各式定位技術整理如上圖，其中 802.11a/b/g/n/ad是屬於WiFi的標準，SIR/FIR/VIR是紅外線通訊技術。UWB(Ultra-wideband，超寬頻)是一種無載波通信技術，利用奈秒（ns）至皮秒（ps）級的非正弦波窄脈衝傳輸數據，而時間調變技術令其傳送速度可以大大提高，而且耗電量相對地低，並有較精確的定位能力。與常見的通信使用的連續載波方式不同，UWB採用極短的脈衝信號來傳送數據。這些脈衝所佔用的頻寬甚至達到幾GHz，因此最大數據傳輸速率可以達到幾百Mbps。因為使用的是極短脈衝，在高速通信的同時，UWB設備的發射功率卻很小，僅僅只有目前的連續載波系統的幾百分之一。超寬頻的傳輸距離都是在十公尺之內，它的傳輸速率高達 480Mbps，是藍芽的 159 倍，是Wi-Fi標準的 18.5 倍，非常適合多媒體訊息的大量傳輸。

隨著科技迅速發展，行動定位服務越來越受到人們的重視。目前廣為人知的行動定位服務以全球定位系統(GPS)為代表，也已廣泛應用於許多領域。而室內定位服務存在龐大市場商機，然而要提供此項服務須利用不同於戶外定位的技術，而方興未艾的即時定位系統正符合室內環境成熟技術的需求。

GPS 技術最大的限制在於須與衛星系統保持視線可及(Line of Sight, LOS)環境，若於室內或是建築物中，由於無線訊號不能直接與用戶端設備直接傳遞，即無法達到既有的定位準確度，甚至失效。雖然有人嘗試將全球定位系統使用於室內定位，但都必須花費昂貴的成本。而室內定位(Indoor Positioning System, IPS)有幾種不同的技術發展，如紅外線(Infra-red)定位技術、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)、射頻(Radio Frequency, RF)定位技術及射頻辨識(Radio Frequency Identification, RFID)定位系統。

紅外線定位技術是以紅外線發射器為定位單元(Beacons)，利用行動單元(如 PDA)接收的紅外線訊號進行位置的判定。技術上的瓶頸在於紅外線的發射與接收受到物體干擾，無法精準定位；而全球定位系統乃利用 24 顆衛星同時發送訊號封包，利用訊號時間差計算物體位置，其精確度會受天候影響，誤差約在 5 公尺內。

至於射頻定位技術則是以行動單元發送訊號，利用定點接收器同時所接收訊號的不同來定位。利用 RFID 技術來做定位，其發展背景即是來自於射頻定位技術。RFID 利用無線網路架構，先將平面空間畫分成許多子空間。在系統架設階段，量測在不同位置、四個方向所接收不同 RFID 讀取器的訊號，並由各個訊號的強度建立無線電索引地圖(Radio Index Map)。當系統定位使用者從 RFID 讀取器所接收到的使用者訊號強度與無線電索引地圖裡的資訊進行比對，選出符合的使用者位置而完成定位。

以下針對 RFID、AGPS、Wi-Fi、Bluetooth、Zigbee 與紅外線技術作介紹，再比較各類技術的優缺點，進而推薦適用於本案的定位技術作為結論。

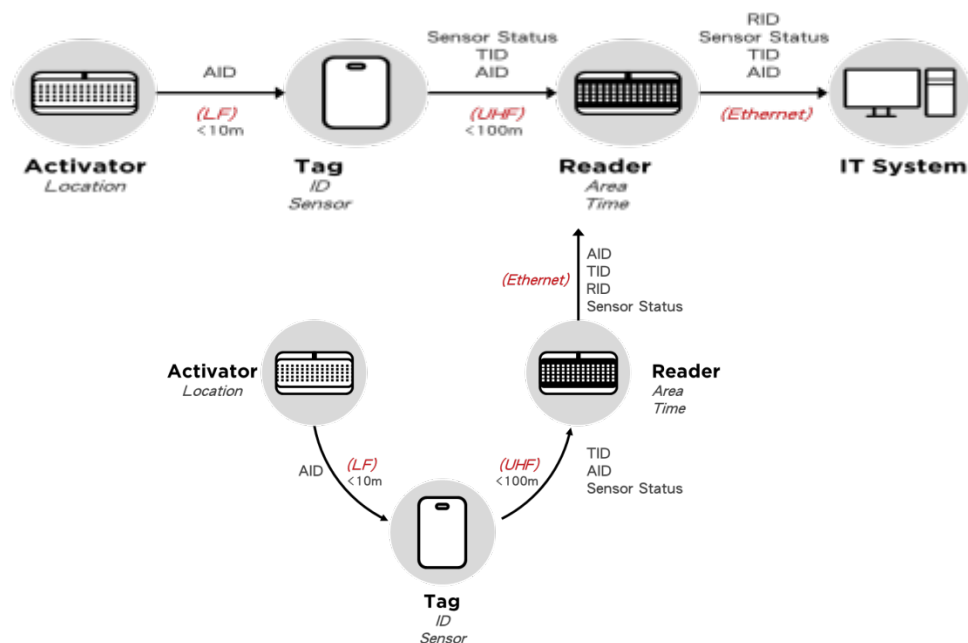
2.3.1. RFID

RFID 是一種先進的無線辨識技術，亦即透過無線射頻自動感應、擷取、記錄電子標籤訊息之技術，讓存在於現實環境中的人員、物品、空間，在資訊系統中可視，實現「虛實整合」之應用，是 21 世紀十大重要技術之一。

RFID(Radio Frequency Identification)是在微小的 IC 晶片(MCU)中整合無線射頻辨識功能，將要辨識的資訊透過無線電磁波訊號 RFID 晶片傳送至後端資訊系統，可以在免實體接觸的情境下，自動感應目標，實現即時追蹤、查核、結帳等等的處理，以是一種非接觸式辨識技術。

RFID 技術依標籤(Tag)有無內建電池概略可分為無內建電池之被動式，有內建電池之主動式與半主動式三種形式。現今被動式 RFID 多用於距離小於 10 公尺之短距離之電子標籤、讀卡機與系統應用。

RFID 應用層面廣，幾乎每一種產業與應用情境均有著力之處。透過人或物貼上的微晶片「標籤」，將資訊連至電腦網路裡，用以辨別、追蹤與確認人或物的狀態。每一個標籤都有獨特的 ID 碼，提供資訊透過讀取器取得每一個晶片的狀態，以辨別、追蹤、排序和確認各式各樣的人、車或物品等現況。下圖說明主動式 RFID 系統架構。



資料來源：本計畫整理

圖 11 主動式 RFID 系統架構示意圖

以驅動能量來源區別，RFID 標籤可分為主動式及被動式；被動式 RFID 技術主要是透過無線電磁波傳輸之方式來識別商品資訊的條碼，其運作原理是利用感應器發射無線電波，觸動感應範圍內的 RFID 標籤，藉由電磁感應產生電流，使 RFID 標籤晶片運作並回應感應器，然而因為被動式的標籤本身並沒有電池，所需電流全靠感應器的無線電波電磁波感應產生；而主動式 RFID 技術標籤是指標籤有內建電池之形式，可以加強標籤之訊號傳送距離，訊號傳送範圍遠優於被動式標籤，在自由空間中約可達 100~300 公尺。主動式 RFID 一般均會搭配低頻觸發器(LF Activator)使用。低頻觸發器訊號範圍約在 5~10 公尺以內(可依需求設定)，可作為位置資訊之訊號來源；而且因 Tag 接收到觸發器訊號後才會發射訊號，故 Tag 平時均將處於睡眠狀態而達到節省電池電力消耗之目的功能。當 Tag 接收到低頻觸發器訊號後，Tag 即透過超高頻(UHF)頻段發射一帶有該低頻觸發器所在位置訊息之資料至讀取器，資訊系統即可利用該位置資訊得知目標所在位置區域，例如：停車場。在這些區域的適當地點(例如：關鍵出入口)設置射頻感應設備，系統即可就可以檢測到帶有 RFID Tag 的物體處於什麼位置(有效距離須保持 5 到 10 公尺以內)。

被動式電子標籤之電力來源主要來自接收外部感應設備所發送的電磁波能量，透過標籤裡的感應天線產生感應電流，不需要外加電池即可動作。系統應用則是藉由電子標籤所接收的能量，可供 RFID 使用，讓 RFID 本身可以實現全自動化的功能，可用於安全監視系統。

而主動式 RFID 技術標籤是指標籤有內建電池之形式，可以加強標籤之訊號傳送距離，訊號傳送範圍遠優於被動式標籤，在自由空間中約可達 100~300 公尺。主動式 RFID 一般均會搭配低頻觸發器(LF Activator)使用。低頻觸發器訊號範圍約在 5~10 公尺以內(可依需求設定)，可作為位置資訊之訊號來源；而且因 Tag 接收到觸發器訊號後才會發射訊號，故 Tag 平時均將處於睡眠狀態而達到節省電池電力消耗之目的功能。當 Tag 接收到低頻觸發器訊號後，Tag 即透過超高頻(UHF)頻段發射一帶有該低頻觸發器所在位置訊息之資料至讀取器，資訊系統即可利用該位置資訊得知目標所在位置區域，例如：停車場。在這些區域的適當地點(例如：關鍵出入口)設置射頻感應設備，系統即可就可以檢測到帶有 RFID Tag 的物體處於什麼位置(有效距離須保持 5 到 10 公尺以內)。

如此應用係為區域定位概念，偵測到物體是否通過位於設備感應範圍內；此方式就像在關鍵位置安排看守人員，對經過的物品進行登記，當要尋找特定物體的時候只要查閱看守人員的登記紀錄即可，而無法確切知道此特定物體所處的精準座標位址。現有半主動式標籤，是採用被動式喚醒、主動式回報之 RFID 技術，使電子標籤之電池壽命大幅延長，亦可保有長距離偵測之功能，相較於被動式產品可即時控管更大之區域範圍。下表比較三種 RFID 的優點。

表 2 各式 RFID 優點

類別	主動式標籤	被動式標籤	半主動式標籤
優點	◆ 內建電池，可加強訊號傳輸距離。利用自有電力在標籤周圍形成有效活動區 ◆ 可依需求搭配各式感測器，提供更多附加資訊。主動偵測周遭有無讀取器發射的呼叫信號，並將自身資料傳送給讀取器	◆ 價格便宜、體積小 ◆ 壽命長、數位資料可攜性	◆ 內建電源，可使用內部能量監測周圍環境，需要讀取器發出射頻喚醒標籤後才回送信號。 ◆ 半主動和被動的區別是半主動系統中有電力，標籤能夠發揮其他作用，例如監測周圍環境的溫度，震盪情況等，同時，半主動式標籤讀取距離較長、抗干擾能力更強。

資料來源：本計畫整理

國際主要推動 RFID 標準組織有 EPC Global, ISO 及 uID，說明如下表：

表 3 RFID 標籤相關規範標準

類別	主要推動組織	標籤標準	說明
標籤內的 ID 編碼	EPCglobal	EPC G1,G2	全球商品電子代碼(96 位 ID)。
	Ubiquitous ID Center	uID	全球商品電子代碼(128 位 ID)，可提供更多商品資訊與服務，主要適用於日本現有代碼體系。
標籤和讀取器之間的無線電頻率	國際標準組織 ISO	ISO 14443 A/B	規範 13.56MHz RFID 的通訊協定(尤其用於 Tag 需有安全性的票證應用)。
		ISO 15693	規範 13.56MHz RFID 的通訊協定。
		ISO 18000	規範自 125KHz(LF)到 2.4GHz(微波) RFID 的通訊協定

資料來源：EPCglobal、Ubiquitous ID Center、國際標準組織 ISO

2.3.2. AGPS

簡稱 AGPS，是一種在一定輔助配合下進行 GPS 定位的運行方式。它可以利用手機基地臺的信號，配合傳統 GPS 衛星信號，讓定位的速度更快。一般 GPS 使用太空中的 24 顆人造衛星來進行三角定位，以獲得經緯度坐標，通常需要一個可視天空的開放環境和至少 3 顆 GPS 衛星信號才能進行 2D 定位。AGPS 則利用手機基地臺的信號，輔以連接遠程伺服器的方式下載衛星星曆(英語：Almanac Data)，可再配合傳統的 GPS 衛星接受器，讓定位的速度更快。

普通的 GPS 系統是由 GPS 衛星和 GPS 接收器組成，與普通的 GPS 不同，AGPS 在系統中還有一個輔助伺服器。在 AGPS 網路中，接收器可通過與輔助伺服器的通信而獲得定位輔助。在蜂窩移動通信系統中，AGPS 系統通過手機定位伺服器作為輔助伺服器來協助 GPS 接收器（通常是手機）完成測距和定位服務，輔助定位伺服器有比 GPS 接收器強大得多的 GPS 信號接收環境和能力，在這種情況下，

輔助定位伺服器通過網路與手機的 GPS 接收器通信而提供定位協助。通常情況下，一個標準的 GPS 接收器需要至少 4 顆 GPS 衛星才能進行 2D 定位。另外，還需要有足夠的處理能力來把衛星的數據轉換成坐標，使用 AGPS 定位方式，定位的計算任務都由輔助定位伺服器完成。



資料來源：維基百科

圖 12 AGPS 運作原理

如上圖 AGPS 運作原理示意圖所示，透過 AGPS 伺服器接受 GPS 衛星訊號，再利用網路快速傳送到手機，可節省很多 GPS 的定位時間。原本的 GPS 定位是直接透過 GPS 衛星和 GPS 手機兩者間的結合完成定位動作。AGPS 則是藉由這個輔助伺服器(Location Server)的協助，先將定位所需要的衛星星曆資訊下載到伺服器，接著伺服器再經由手機基地台協助，透過基地台發送信號，找出手機位置，將資訊透過網路傳送至手機，完成定位。這樣的方式，和原本直接透過 GPS 衛星連線定位的途徑，時間確實縮短不少，原本該由 GPS 手機所處理的前置作業，有大部份已經先被輔助伺服器處理完畢，因此取得衛星星曆資料的時間便能大幅縮短，另外，透過手機基地台的通訊網路，取得資料更為方便，不用一定要在空曠處才能進行定位，只要手機訊號夠強即可。

2.3.3. Wi-Fi

Wi-Fi 是 Wi-Fi 聯盟製造商的商標做為產品的品牌認證，是一個建立於 IEEE 802.11 標準的無線區域網路裝置。Wi-Fi 聯盟 (Wi-Fi Alliance) 在 Wi-Fi 的發展上一直擔當著主導的角色，Wi-Fi 聯盟是一個非營利組織，會員包括很多著名的無線產品生產商及無線服務供應商，現在有超過 200 個會員，其主要任務包括鼓勵生產商在生產無線產品時採用 802.11 技術以推廣 Wi-Fi、把 Wi-Fi 技術推廣至家庭用戶、SOHO 用戶及企業市場、測試及驗證 Wi-Fi 產品的互通性。

WiFi 根據傳輸速率由慢而快可以分有以下幾種規範，IEEE 802.11a、IEEE 802.11b、IEEE 802.11g、IEEE 802.11n。不過，因為 Wi-Fi 的傳輸距離較短，大都運用在無線區域網路(Wireless Local Area Network)，無線區域網路利用了無線電頻率(Radio Frequency, RF) 的技術，使電腦用戶可以無線的方式，透過電磁波於空氣中傳輸資料。供個人及公司內部人員使用的私人無線區域網路或是供大眾使用的公用無線區域網路熱點(Hotspot)，台北市推行的 Wifly 熱點，就是透過 Wi-Fi 衍生而來的。

在 WiFi 應用當中常常需要使用無線存取點，在電腦網路用語中，無線接入點或無線接收盒或無線網路基地台 (Access Point 或 Wireless Access Point，縮寫為 AP 或 WAP) 是一種連接無線網路，亦可以連接有線網路，即乙太網的裝置。它能當作中介點，使得有線與無線上網的裝置互相連接、傳輸資料等。當數個無線接收盒運行時，將傳送的資料藉由一個存取點連接至另一個存取點，使得這個無線網路擴大，稱為「漫遊」。反之，整個無線網路沒有任何接收盒就成為一個點對點的 ad-hoc 網路。無線存取點亦具有 DHCP 之動態配置 IP 位址功能。一個符合 IEEE 802.11 協定的無線存取點可與大約 30 個位於半徑 100 米之內使用者端聯絡。可是，無線存取點受到室內或室外設置、距離地面高度、附近的阻礙物、使用相同頻率電子裝置、天線、天氣、使用頻道和裝置的功率等因素影響，致使通訊範圍變化很大。

表 4 WiFi 各項傳輸標準

無線傳輸技術								
	Wi-Fi (IEEE 802.11系列)				3G行動通訊系統			WiMAX
	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n	WCDMA (3G)	HSDPA (3.5G)	HSUPA (3.75G)	IEEE 802.16e
媒介	無線電波	無線電波	無線電波	無線電波	無線電波	無線電波	無線電波	無線電波
最大傳輸率	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	300 Mbps	2 Mbps	3.6/7.2/14.4 Mbps	3.6/7.2/14.4 Mbps	10/30/70 Mbps
傳輸距離	100 公尺	100 公尺	100 公尺	100 公尺	3~12 公里	3~12 公里	3~12 公里	3~12 公里
優點	硬體建置成本低，一般民眾也可架設，電磁波較低。				傳輸距離長，可進行移動式的數據傳輸。			傳輸速度快。
缺點	連線速度受到有線Internet影響，且傳輸距離短。				硬體建置的成本高，電磁波較強。			建置的成本高。
應用	無線區域網路				行動無線寬頻			可攜式無線寬頻

資料來源：ChinaTimes

如上表，採用不同標準的無線網絡，會使用不同的頻譜，所支援的最高傳輸速度也會不同，更不保證兼容。所以用戶在選購用戶端接收裝置時，亦應注意到該裝置和相連之無線網絡在傳輸規格上的兼容性。由於無線網路便利地可攜式的存取，只要透過筆記型電腦和無線網路卡使用即可達成。舉個例子來說，當使用者外出到各個地點如機場、餐廳、高速公路或者是城市中人潮較多的地方，皆可透過共用基地台所提供的無線網路連接環境，進行網際網路的存取。甚至，當工作得到遠方目的地，仍可透過無線區域網路連結到自己的公司網站來進行資料的存取，相當便利。

新一代 Wi-Fi 標準 802.11ac，不管是在傳輸速率、訊號的穩定性、廣度、可連網裝置數上，都有優於前一代的表現。

特色 1：採用更高 5 GHz 頻段取代舊有 2.4 GHz 頻段，提供更快的傳輸速率和更穩定的訊號，與現有常用的 IEEE 802.11n 標準不同的是，新一代 Wi-Fi 標準定義於更高的 5 GHz 頻段，過去舊有 802.11n/b/g 等標準採用的 2.4 GHz 頻段，屬於較低頻段。同一功率，頻率較低的 2.4 GHz 頻段雖然所打出的距離較遠，但相對的，傳輸量也較少。在現有 2.4 GHz 頻段上，僅有 20 MHz、40 MHz 等兩個傳輸頻寬可用，但在新一代 Wi-Fi 標準上，採用的是 5 GHz 頻段，可提供包括 20 MHz、40 MHz、80 MHz、160 MHz 等更寬的傳輸頻寬，這也就是新一代

Wi-Fi 標準傳輸速率可達 6.93Gbps 的原因。另外 2.4 GHz 頻段並非 Wi-Fi 無線網路專用，包括藍牙和一般家用遙控器等各類射頻技術，都是採用 2.4GHz 附近的頻段。因此在過去，採 802.11n 標準的 Wi-Fi 訊號干擾也比較多。新一代 802.11ac 標準所用的 5 GHz 頻段，使用此頻率的其他射頻技術較少，較不易受到干擾。

特色 2：改採 256 QAM 的調變技術，單一封包可負載量增加除了 5 GHz 更高頻段的使用之外，新一代 IEEE 802.11ac 改採 256 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 的調變技術，單一封包可負載的資料量更多。過去在 IEEE 802.11n 標準下，不管是無線網路基地臺或是一般手機、平板裝置，採用的都是 64 QAM 的調變技術。新一代 Wi-Fi 改採 256 QAM 調變技術，此技術代表著是單一封包可負載的資料量，數值越高傳輸量更大，以同樣的高速公路車道舉例說明，同樣的車速，但單一車子上所運送的貨物量從原有的 3 件增加至 6 件，同樣的時間可運貨運變高了，傳輸速率同樣等同於提升。

特色 3：波束技術標準化，各家廠商技術通用第三項特色是 802.11ac 標準納入了通用的波束技術 (BeamForming)。BeamForming 技術會加強單一天線的訊號發射強度，以避免訊號因為接收裝置的距離太遠，而造成訊號發散，甚至發生訊號降低的情形。最新 802.11ac 標準不同的是，在 802.11n 標準之下，BeamForming 技術並未納入標準規格內，各家廠商有不同的專屬演算技術。這些技術彼此不相通，各家廠商的作法也不盡相同。新一代 802.11ac 標準中，IEEE 聯盟將 BeamForming 技術納為標準規格之一，不同廠商之間都可以採用通用的 BeamForming 演算法，Beam Forming 成為 Wi-Fi 應用的標準技術之一。

特色 4：新標準從現有支援 4 根天線擴增至 8 天線除了訊號頻率上的調整之外，新一代 IEEE 802.11ac 標準也增加可支援的天線數量。最早在 IEEE 802.11 a/b/g 標準之下，各類裝置的設計，僅支援單一收發器 (Single-input Single-output, SISO) 模式，因此不管是在無線網路基地臺、手機、筆記型電腦的設計上，都僅支援單一天線。而在新一代 IEEE 802.11ac 之下，空間流從原有的 4 通道，擴增到 8 空間流，意指單一裝置最多可搭載 8 組收發器設備和天線。天線越多，可傳輸的資料量也越高。在 802.11ac 標準之下，1x1 規格的設備，傳輸量最高可達 433 Mbps、2x2 最高可達 867Mbps，以此類推，在最高 8x8 的

天線規格下，就可創造 8 個傳輸空間流，最高 6.93Gbps 的理論傳輸速率。

特色 5：支援同時多裝置連網的 Multi-user MIMO 技術現身除了可支援多收發天線的 MIMO 技術之外，802.11ac 與現有 Wi-Fi 技術最大的不同是，新標準新增了 Multi-user MIMO 的新技術規格。此技術規格，可讓多天線的空間流狀態下，同步支援多裝置的上傳與下載。

各項技術規格的調整，都可預期 IEEE 802.11ac 不管是在頻寬速率、訊號穩定度、多裝置連網等要求上，都會有更優於前一代的表現。其中多裝置的同步存取技術，也有助於抒解大量裝置在單一場所同步連網的需求。

2.3.4. Bluetooth / iBeacon

藍芽（英語：Bluetooth），是一種無線技術標準，用來讓固定的裝置或行動裝置，在短距離間交換資料，以形成個人區域網路(PAN)。其使用短波特高頻（UHF）無線電波，經由 2.4 至 2.485 GHz 的 ISM 頻段來進行通訊。1994 年由電信商易利信（Ericsson）發展出這個技術。它最初的設計，是希望建立一個 RS-232 資料線的無線通訊替代版本。它能夠連結多個裝置，克服同步的問題。藍芽技術目前由藍芽技術聯盟（SIG）來負責維護其技術標準，這個聯盟擁有超過 20,000 間公司成員，其成員的領域分布在電信、電腦、網路與消費性電子產品上。

Bluetooth 技術始於易利信公司的 1994 方案，用於行動電話與其他配件間的溝通，以解決使用者間互不相容的行動電子裝置。將資料透過 Bluetooth 可加密再進行傳輸。藍牙適合用於連結單一裝置，最適合的應用包括在 9~18 公尺的範圍內共享印表機、同步化 PDA、將手機當作數據機，甚至作軟體程式的相互無線連結。

藍芽的標準是 IEEE 802.15.1，藍芽協定工作在無需許可的 ISM（Industrial Scientific Medical）頻段的 2.45GHz。最高速度可達 723.1kb/s。為了避免干擾可能使用 2.45GHz 的其它協定，藍芽協定將該頻段劃分成 79 頻道，（頻寬為 1MHz）每秒的頻道轉換可達 1600 次。

藍芽技術則提供電腦之間的聯繫，替代原有的纜線、傳輸線或紅外線傳輸。現今藍芽傳輸的最遠距離大約只 10 公尺，而 IEEE 802.11b(WiFi)最遠可達 100 公尺，藍芽技術主要在建構一個無線的通訊網路，其優勢在於：

1. 晶片成本較低：對無線通訊裝置使用的晶片而言，單一晶片 (One Chipset) 為降低成本的主要方法，相較於 IEEE 802.11 及 Hone RF 而言，將藍芽晶片製成單一晶片的門檻較低。原因是藍芽為一種短距離的傳輸技術，所消耗的電力較小(發信時 20~30mW，待機時則低於 0.3Mw)，且最低收訊靈敏度，僅僅 -70dBm，故單一晶片技術製作較其它系統容易。
2. 通訊頻帶最一般化：藍芽傳輸使用不須額外申請許可的 2.4GHz ISM 頻帶，故通訊頻帶最一般化，且在全世界幾乎皆可通，故較易製造此收發通信模組，大大地增加藍芽的發展性。
3. 藍芽技術可以設定加密保護，每分鐘變換頻率一千六百次，因而很難截收，也不受電磁波干擾。藍芽比一般傳統式紅外線傳輸更快，且不用點對點的成一直線，即可有高效的無線傳輸效果。這就是藍芽科技在傳輸方面的好處，它能夠允許兩個裝置，在不排成一直線的狀態下，還能夠以無線的方式傳送資料。不像紅外線傳輸，你必須對準兩個傳輸埠成一直線才有辦法傳送資料。

藍芽技術劣勢：

1. 易受其它頻率干擾：在一般家用電器中，有些產品的電波頻率與 2.4GHz 相近，可能會和藍芽的應用產品發生干擾的問題。雖然針對此一困難，藍芽將整個頻寬範圍割成 79 個頻道，並使用每秒跳躍 1600 次的頻道跳躍技術，只要某一頻率遇到干擾立刻會切換到另一頻道。但是如果無線電波頻率過多，難保仍會有相互干擾的問題。
2. 傳輸速度慢：藍芽為無線通訊的網路傳輸技術，因此對於建構一個良好的區域網路可能有著速度上的問題。藍芽系統的主機最多可連接 7 台從屬裝置，最高傳輸速度為 712kbps。

但事實上可能僅達 200~400kbps，相對於目前有線環境(LAN) 下 10/100Mbps 的傳輸速率還有不小的差距。如果此些劣勢無法在未來解決，可能造成藍芽的應用僅僅為短距離的傳輸。

表 6 簡介藍芽各版本之間的演進，而最新的藍芽 4.0 也稱為低功耗藍芽 BLE (Bluetooth Low Energy)，Bluetooth® 低功耗技術是自藍芽 v4.0 起的藍芽核心規範的組成部分。藍芽低功耗使得藍芽無線連接可以在低成本、低容量電池且電池壽命需能運作數月甚至數年的設備上使用。藍芽低功耗可使大量新的擴展應用能夠從藍芽無線技術中獲益，包括手錶、近距離感應牌、運動和健身感測器、醫療保健感測器和遙控器。根據藍芽 SIG 指導原則，藍芽低功耗技術可歸為藍芽智慧標籤類別。

藍芽的室內定位已發展一段時間，但過去並未受重視，直到 2014 年開始，Apple 所提出的 iBeacon 技術受到相當大的關注，因為它是以低功耗藍芽 (Bluetooth Low Energy, BLE) 為基礎的室內定位技術應用，主要提供基於精確地理位置的一項訊息推播。在藍芽規格上，BLE 是屬於 Bluetooth 4.0 的一部分，它的最大特色是很省電，一顆鈕釦大小的鋰電池便能維持藍芽運作一年以上，而且藍芽訊號發射器可以做的較小，只是它的傳輸速度也較慢。2014 年底，Apple 開始在自家 254 個零售實體店面部署 iBeacon 系統，他們在店裡各個不同位置裝上許多體積小巧的 Beacon 藍芽發射器，或是直接將 iPad、iPhone 當成 Beacon 發射器，一旦人們進入訊號區域時，iBeacon 裝置就能夠透過手機上的專屬 APP，向 iPhone 傳輸各種訊息，像是推送折價、優惠、商品建議等資訊。

2.3.5. ZigBee

ZigBee 是一種短距低功耗的無線通訊協定標準，最早係由美國 Honeywell 公司所提出，於 1998 年開始構思與發展，推出一種能夠自我組網(Self Organization)的無線點對點(ad-hoc)網路標準，其所成立的 ZigBee Alliance 商業組織，於 2001 年向電機電子工程師學會(IEEE)提案納入 IEEE 802.15.4 標準規範之中，並於 2005 年正式發布 ZigBee 1.0(又稱 ZigBee 2004)的工業規範，自此 ZigBee 漸漸成為各業界共通的低速短距無線通訊技術之一。ZigBee 發展到 1.2 版，將應用標準向

外擴及，延伸到家庭娛樂與控制、無線感測網路(WSN)、工業控制、嵌入式感測、醫療數據蒐集、煙幕與擅闖警示，與建築自動化等領域，並有各式各樣的應用層標準(Profile Class)，當物聯網(IoT)時代來臨，ZigBee 聯盟推出 2.0 版，主打智慧能源規範。更將於 2015 年正式推出 3.0 版，將過去各裝置的不同 ZigBee 標準統一，讓應用之間具備高度互通性、傳輸安全，同時維持其低功耗的優勢，為物聯網提供最到位的產業標準。

ZigBee 聯盟是由全世界各大公司組成的如下圖所示，他們致力推廣可靠度高、低成本、低功耗、無線網路多節點監控及控制產品，形成世界通用的應用標準，目前 ZigBee 聯盟已有 210 成員，TI 是 ZigBee Alliance 最高級會員(Promoter)；Wireless Control That Simply Works – ZigBee 的口號，希望用 ZigBee 之後開發無線多節點應用會變的很簡單。

Zigbee 技術即 IEEE802.15.4 (ZigBee)，適用於家電、電腦、感測器、遊戲和玩具。2.4GHz、868MHz (歐洲) 以及 915MHz (美國)，傳輸距離規格值 75 公尺，傳輸速率介於 20kbps~250kbps 之間，低功耗待機模式下使用電池可驅動 6 個月~2 年，強調低成本、低功耗、雙向傳輸、感應網路功能。

ZigBee 基於 WPAN(Wireless Personal Area Network；無線個人區域網路)的應用，其底層採用 IEEE 802.15.4 標準規範的媒體存取控制層(Media Access Control Layer；MAC)與實體層(Physical Layer；PHY)。支援多種網路拓撲(如 Star 星狀、Cluster Tree 簇樹狀、Mesh 網狀)。由於 ZigBee 的網路拓撲跟網際網路一樣，具有多種傳輸途徑，每個 ZigBee 節點本身可以擷取資料，或傳遞來自其他節點的資料。因此當一個 ZigBee 網路節點被移除或是斷訊，其周遭的 ZigBee 裝置能夠透過 ZigZag(蜿蜒曲折)的傳輸方式、如同大黃蜂那樣的連接到其目的地(Zigzag like a Bee)，這也就是 ZigBee 的名稱由來。更是被業界視為智慧建築(Smart Building)、物聯網(IoT)最廣泛的協定之一。當今的家電控制、物件辨識、醫療照護、建築自動化、WSN 等 IoT 應用，很多都不需用到高耗電的 Wi-Fi 傳輸協定，而藍芽的成本又較高，因此業界大都選擇低功耗的 Zigbee 技術，來建構該領域專屬的 WPAN 網路。

ZigBee 的目標市場有幾個大項目標，第一項為高樓大廈建築物內控制使用市場，第二項為綠色節約能源使用市場，第三項生理健康儀

器設備控制市場，第四項為家用電器控制市場，第五項為電信通訊使用市場，這幾個市場主要使用 ZigBee 的目的在於，ZigBee 可做到多節點間的無線通訊控制，因此傳統的控制方法，每個被控制個體上都需要連接上訊號控制線，便可被 ZigBee 無線通訊控制取代，而省下繁雜且漫長的電線佈置。在圖 4 中的各項設備系統中，都會連接 ZigBee 模組，由 ZigBee 模組做電器電子系統的控制動作，並且在所接受控制訊息的遠方 ZigBee 模組，都會由 ZigBee 模組群當做訊息交換的媒介，傳遞訊息至欲接收控制的 ZigBee 模組上，而完成控制訊息轉移交換控制的目的。



資料來源：南台科技大學

圖 13 ZigBee 網狀家用控制示意圖

ZigBee技術優勢：

1. 省電：傳輸速率低、傳輸資料量亦少，所以訊號的收發時間短。在非工作模式時ZigBee處於睡眠模式，而在工作與睡眠模式之間的轉換時間，一般睡眠啟動時間只有15ms，而設備搜索時間為30ms。透過上述方式，使得ZigBee十分省電，電池則可支援ZigBee長達6個月到2年左右的使用時間。
2. 可靠度高：ZigBee之MAC層採用talk-when-ready之碰撞避免機制，當有資料傳送需求時則立即傳送，每個發送的資料封包都由接收方確認收到並進行確認訊息回覆，若沒有得到確認訊息的回覆就表示發生了碰撞，將再傳一次，以此方式大幅提高系統資訊傳輸之可靠度。
3. 高擴充性：一個ZigBee的網路最多包括有255個ZigBee網路節點，

其中一個是Master設備，其餘則是Slave設備。若是透過Network Coordinator則整體網路最多可達到65000個ZigBee網路節點，再加上各個Network Coordinator可互相連接，使整體ZigBee 網路節點數目將十分可觀。

2.3.6. 紅外線

紅外線通訊技術利用紅外線來傳遞數據，是無線通訊技術的一種。紅外線通訊技術不需要實體連線，簡單易用且實現成本較低，因而廣泛應用於小型移動設備互換數據和電器設備的控制中，例如筆記本電腦、個人數碼助理、移動電話之間或與電腦之間進行數據交換（個人網），電視機、空調的遙控器等。由於紅外線的直射特性，紅外線通訊技術不適合傳輸障礙較多的地方，這種場合下一般選用無線電通訊技術或藍牙技術。紅外線通訊技術多數情況下傳輸距離短、傳輸速率不高。為解決多種設備之間的互連互通問題，1993 年成立了紅外數據協會（IrDA, Infrared Data Association）以建立統一的紅外數據通訊標準。1994 年發表了 IrDA 1.0 規範。紅外線通訊技術包含下列規格：IrPHY、IrLAP、IrLMP、IrCOMM、Tiny TP、OBEX、IrLAN、IrSimple 以及 IrSimpleSlot。

紅外線通訊屬於無線光通訊中應用最廣、歷史最悠久的短距通訊技術。當今的許多家電遙控器，仍採紅外線遙控設計。而在數據傳輸部份，其專屬協會 IrDA 於 1993 年成立，制定紅外線傳輸工業標準，SIR (Serial Infrared)模式速度在 9.6K~115.2K bps，而 FIR (Fast Infrared) 模式則達 4M bps，傳輸距離在 1 米內，對傳角度在 30 度以內。早期的筆記型電腦、PDA、行動裝置，均內建 IrDA 紅外線技術，來進行資料同步與傳輸。

由於紅外線傳輸速度較慢，雖說新的 VFIR、UFIR、甚至 Giga-IR(可達 1Gbps)等標準已經發表，但光通訊技術易受障礙物遮蔽而導致傳輸中斷，再加上更多先進的短距射頻通訊技術被開發之後，紅外線通訊在主流 ICT 產品的應用上，已經逐漸式微。如今許多新款的智慧型手機，已改用(NFC, Near Field Communication, 近場通訊協定)，來做為資料傳輸、電子支付等應用。

2.3.7. RFID 與 Bluetooth 技術比較

表 5 RFID 與 Bluetooth 比較

	RFID	Bluetooth
最遠距離	0.1~300 公尺	0~30 公尺
頻率	120 到 150 千赫(低頻) 13.56 百萬赫(高頻) 433 百萬赫(特高頻) 868 到 870 百萬赫(歐洲) 902 到 928 百萬赫茲(北美) 特高頻 2450 到 5800 百萬赫(微波) 3.1 到 10 百萬赫(微波)	2.4GHZ
用途	低頻：動物識別 高頻：小卡片 特高頻：國防應用（主動式標籤） 歐洲、北美：歐洲商品編碼 微波：802.11WLAN(無線局域網)	手機、遊戲機、PC、手錶、體育和健身、醫療保健、汽車、家用電子、自動化和工業等。
加密	每個 RFID tag 都有一個唯一的序號	限軟體
技術	UHF 頻帶，因傳輸距離較低頻長且抗干擾性佳	由版本 0.7 進步到 4.0
電池壽命	被動式：標籤電力來源由感應天線產生，無電池壽命問題。 主動式：依使用模式可達數月至數年不等。	從幾小時到幾天都有
成本	被動式：大約為 3 元新台幣 主動式：依功能而定。	依功能而定
瓶頸	成本問題	距離短且速度較慢
優點	被動式： (1) 小型化的外觀 (2) 重複使用性(可以回收且可再次使用) (3) 可以一次讀取多個資料 (4) 耐環境性(具有較強的抗污性) (5) 數據的記憶容量大 主動式： (1) 重複使用性(可以回收且可再次使用)。 (2) 可以一次讀取多個目標資料。 (3) 耐環境性(具有較強的抗污性) (4) 可依需求整合各式感測器，擴增標籤無線感測功能。	(1) 價格便宜：為無線數據與語音通訊的開放性全球規範以及無線通訊的技術標準。 (2) 操作容易：可在範圍能直接連線，而且在有效範圍內可以穿過牆壁等屏障。 (3) 功率較低：由於藍牙應用的是低功率，對人體傷害較小。 (4) 安全度高：傳輸時跳頻 1600 次/分，不易受環境干擾且可加密檔案。 (5) 標準協議：應用範圍廣諸多應用模式規範都被定義在藍芽規格內。

	(5) 訊號傳輸距離長，自由空間中可達 100~300 公尺。	
缺點	i. 安全考量：由於 RFID 技術可以不需要接觸就可進行，就只要持有相同設備即可以輕易取得對方側錄標籤資訊，如此一來，就極有可能會侵犯隱私權議題，就現今來說，仍無完整的法律條約可以規範其使用方法。 i. 易受干擾：含有金屬的環境或物件，會對 RFID 產生遮蔽或反射干擾。 i. 成本較高：RFID 標籤、發射器和讀取機，設計與生產將會耗費極大的成本較高。	(1) 距離較短：傳輸範圍約 10 到 30 公尺。 (2) 速率較慢：傳輸速度 720kbps，Wi-Fi 為 11mbps，速度上已有明顯差距。

資料來源：本計畫整理

2.3.8. 結論與建議

依前章節之定位技術規格資訊，以及機場公司建置定位目的乃基於登機旅客協尋，在定位技術上較建議採用 RFID 或 Bluetooth 兩種方案。以 Bluetooth/iBeacon 而言，較適合智慧型手機之訊息推播服務，對於無智慧型手機者即無法達到旅客協尋目的。相較於 Bluetooth/iBeacon，RFID 技術已趨成熟，可確實達成旅客協尋的目的，唯 RFID 非智慧型手機之標準配備，在未來性與服務擴充面將較不及 Bluetooth/iBeacon。表 7 比較各種技術依本計畫之目的與場域要求做分析，從分析結果可知，紅外線與 AGPS 不適用於室內定位，而 Wi-Fi 及 Bluetooth 皆須搭配智慧型手機使用，還需安裝軟體，亦不適用於本案。RFID 相較其他技術，感知距離最遠，亦可整合至各類物件，建置數量越多，精確越高，就便利性來說，是最適合本案之需求。

表 6 依特定目的之各項定位技術比較

場域要求	RFID	Bluetooth	Wi-Fi	紅外線	AGPS
(室內定位) 通過檢查哨 後之候機空 間定位	(可行)	(可行)	(可行)	(不可行) 使用紅外線 定位多屬於 個別廠商專 利裝置。	(不可行) 本項定位技 術多用於室 外定位，作為 GPS 定位前 之快速定位 用途。
(感知距離) 30 米以上	(符合) 最大 300M	(符合) 最大 30M	(符合) 100M	(不符合) 1M 以內	—
(精確性) 尋人目的僅 需中等以上 之定位精密 度	(符合) 建置數量 越多，精確 越高。	(符合) 建置數量越 多，精確越 高。	(符合) 建置數量越 多，精確越 高。	—	—
(搭配設備)	特定裝置	智慧型手機 或特定裝置	智慧型手機， 無智慧型手機 者即無法參與 定位服務。	—	—
(便利性)	可整合至 各類物件。	須安裝軟體	—	—	—

資料來源：本計畫整理

3. 室內定位場測結果

無線射頻訊號之傳遞路徑易受現場環境影響，造成程度不一的衰減或增強，因此須對現場環境進行了解，以得知適當的設備佈建位置與數量。

被動式 RFID 是遠近皆可的讀取技術，讀取範圍 15 公尺以內都能有效讀取，國道 Etag 就是採用此一技術；然而在技術方面，由於讀取器具有方向性，且 RFID 射頻訊號容易被金屬及水等物體阻斷；相較被動式 RFID，主動式 RFID 的讀取範圍較大，且受環境的影響程度較小。

為了解兩種方式的適用性，並使本案 RFID 設備佈建時，設備數量預估更具可靠度，故安排量測人員於 2015 年 4 月 9 日與 4 月 10 日前往桃園國際機場現場進行訊號量測作業。

3.1. 被動式 RFID 方案

3.1.1. 量測目的

關鍵路徑(如出境大廳、貴賓室、出境長廊、免稅店、候機室等)觀察記錄旅客擺放登機證之方式，進行模擬 RFID Tag 被擺放的位置，依此量測被動式 UHF Tag 之讀取率，以為本計畫規劃研究之參考。

3.1.2. 量測工具

- (1) RFID 讀取器(UHF Reader)
- (2) 被動式 UHF 標籤(Tag)

3.1.3. 量測方法

設置 UHF Reader，並依據旅客持登機證之方式，模擬旅客擺放被動式 UHF Tag 的情境，紀錄讀取數據。

3.1.4. 量測結果

旅客擺放登機證方式可能有以下四種情形：(1)拿於手上、(2)置於衣服前方口袋、(3)置於褲子口袋、(4)置放於隨身包包。以下模擬擺放登機證方式，進行被動式 UHF Tag 讀取率測試。本測試於空曠空間進行，不考量人潮與其他環境因素之干擾，設置 Reader 與 Tag 的讀取距離為 15 公尺以內。測試數據如下：

- (1) 拿於手上：76%
- (2) 置於衣服前方口袋：48%
- (3) 置於褲子口袋：37%
- (4) 置放於隨身包包：18%

3.1.5. 結論及說明

以量測結果進行分析，被動式 UHF Tag 擺放在手上之讀取率最高 (76%)，但依據觀察記錄，旅客通過移民署出境證照查證時，登機證多半擺放在手上，若於此區域設置讀取器，較能確認旅客通過此區域。然旅客通過移民署證照查驗後，多半會把登機證放到包包中，依據測試結果，讀取率只有 18%，對於本計畫規劃目的登機前之尋人效果不顯著。惟可建議用固定佩戴方式，例如提供吊繩或吊牌，請旅客吊掛於胸前(方式同於衣服前方口袋)，可提高讀取率；然仍須考量衛生問題及旅客接受度。

被動式 UHF Tag 價格便宜，然依前述測試結果，被動式 UHF Tag 感應效果會因環境因素及旅客擺放方式，導致讀取效果不彰，因此增加讀取器設置數量以提高讀取率，是考量之方式，但相對增加讀取器或天線的成本。或將讀取器埋於必要路徑地板，當旅客通過時，進行讀取，為可行的方式之一，仍需考量讀取器被埋在地板時如何增加其讀取效果，避免其他因素干擾；地板埋置讀取器施工可行性及施工風險須探討。

3.2. 主動式 RFID 方案

3.2.1. 量測目的

確認現場環境對於射頻訊號傳遞之影響程度，於桃園機場預計建置 RFID Reader 之場域進行訊號涵蓋範圍量測作業(Tag to Reader)，作為後續 Reader 規劃、佈建之依據。

3.2.2. 量測工具

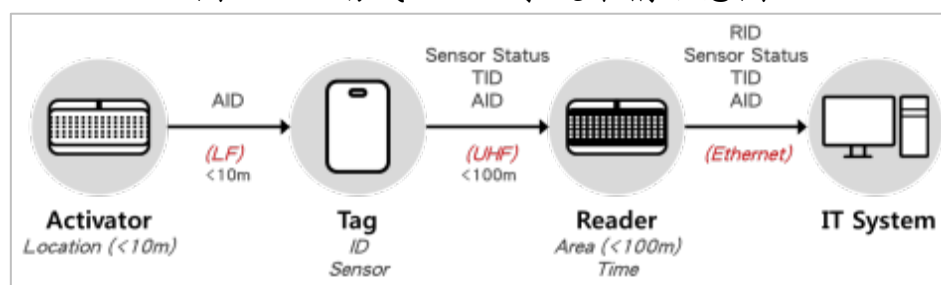
主動式 RFID 設備：

(1) 主動式 RFID 讀取器(Reader)

(2) 主動式 RFID 標籤(Tag)

(3) PEPS (Passive Entry, Passive Start) 主動式 RFID 系統架構示意圖：

圖 14 主動式 RFID 系統架構示意圖

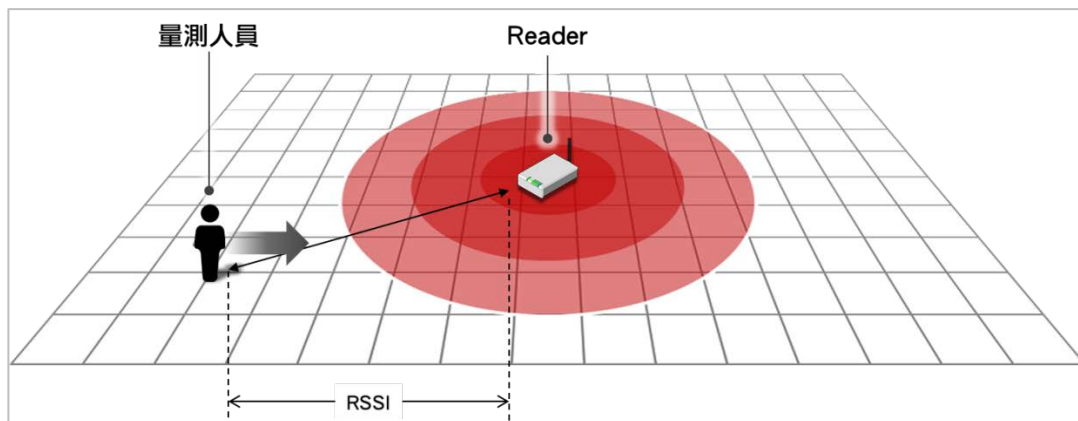


資料來源：本計畫整理

3.2.3. 量測方法

- 一、選擇數個預計建置系統之環境，並將 Reader 配置於預計架設位置。
- 二、設定 Tag 之工作模式為定時連續發報訊號，量測人員配戴主動式 RFID Tag，於環境中各位置移動，並記錄 Reader 所接收到 Tag 在各個位置之接收訊號強度(RSSI)數值，如圖 15 所示。

圖 15 量測方式示意圖



資料來源：本計畫整理

3.2.4. 量測結果

- 一、訊號強度指數大於 10，Reader 接收訊號狀況穩定；若訊號強度指數低於 10(含)，Reader 接收到之 Tag 資料已呈現顯著斷斷續續的現象，表示已達訊號接收最佳範圍之臨界區域。
- 二、將各主要場域之 RSSI 數值依量測結果繪製訊號分佈熱區圖 (heat map)。

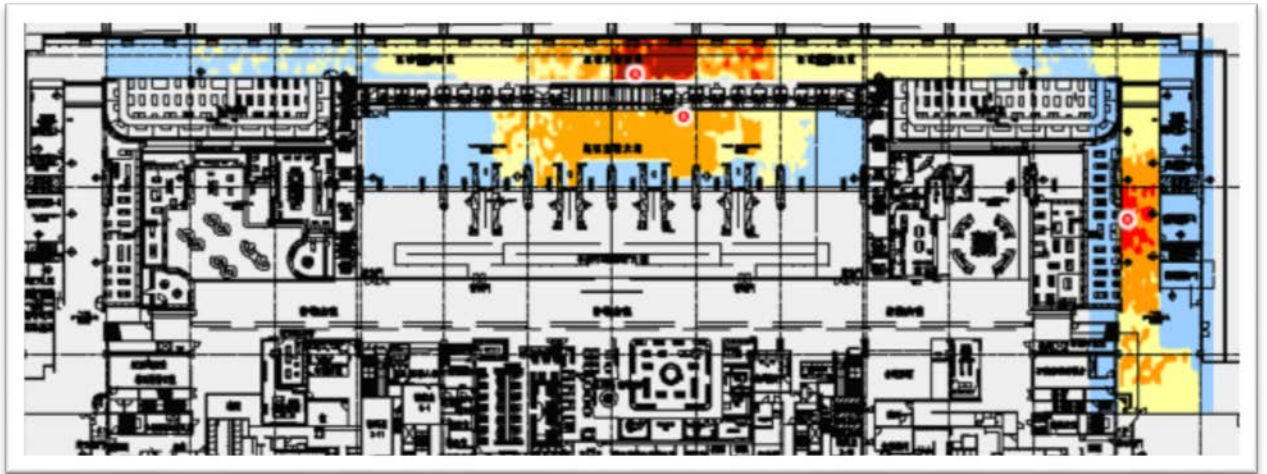
圖示說明：

- RSSI : 31~63，訊號強度最佳
- RSSI : 21~30，訊號強度佳
- RSSI : 11~20，訊號強度中等
- RSSI : 0~10，訊號強度微弱

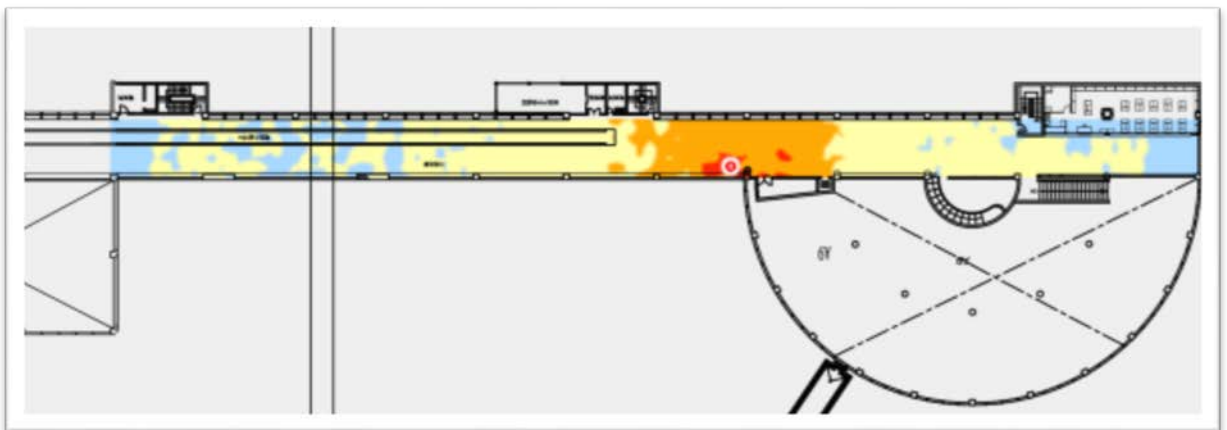
※RSSI 數值範圍：0~63。

(一) 第一航廈

1. 三樓出境大廳與商店區



2. 三樓 A9 候機室前走道



3. 四樓貴賓室走道

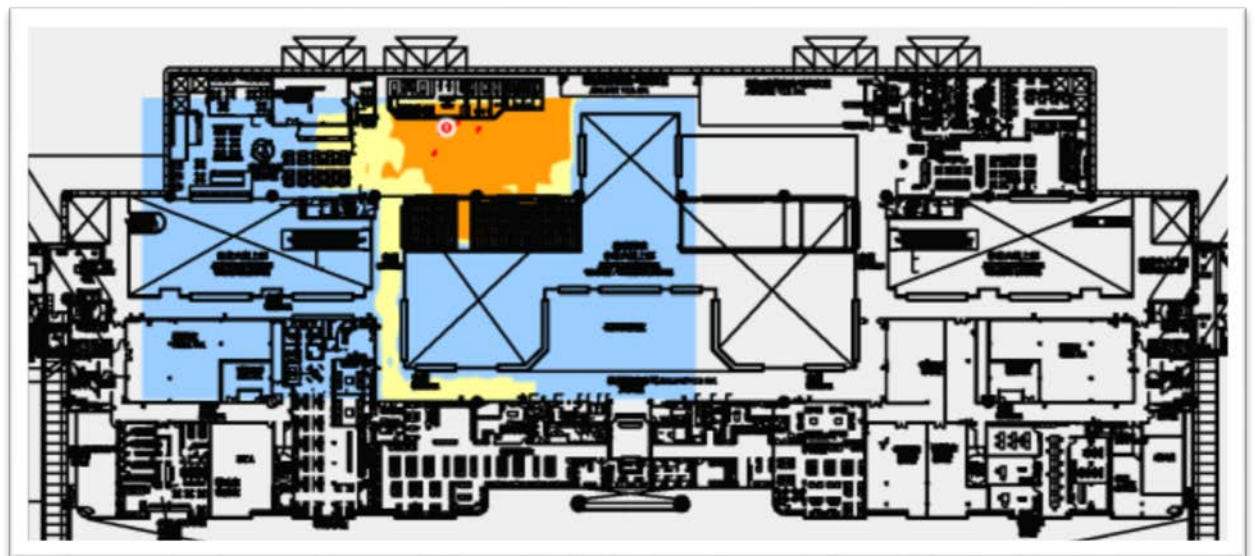


(二) 第二航廈

(一) 三樓出境大廳與商店區一



(二) 四樓商店區與貴賓室前走道



3.2.5. 各區域規劃設備建議數量

一、設備規劃原則說明

【Reader】

- (一) 依量測結果取 RSSI 大於 10 之半徑為 Reader 有效訊號接收範圍。
- (二) 依 Reader 之有效訊號接收範圍配置於各個區域，各個區域須能完整涵蓋。
- (三) 由測試得知，每一 Reader 一秒內約可接收 80 筆 Tag 資料。若該區域出現之 Tag(配戴人員)數量經常大於 100 個，則該區域除了須考量訊號涵蓋範圍外，另需依同時間之平均 Tag 數量增加 Reader 數量。各 Reader 訊號涵蓋範圍內，若平均 Tag 數量大於 100 個，則建議每超過 100 個 Tag 即需增加一部 Reader。

【Activator】

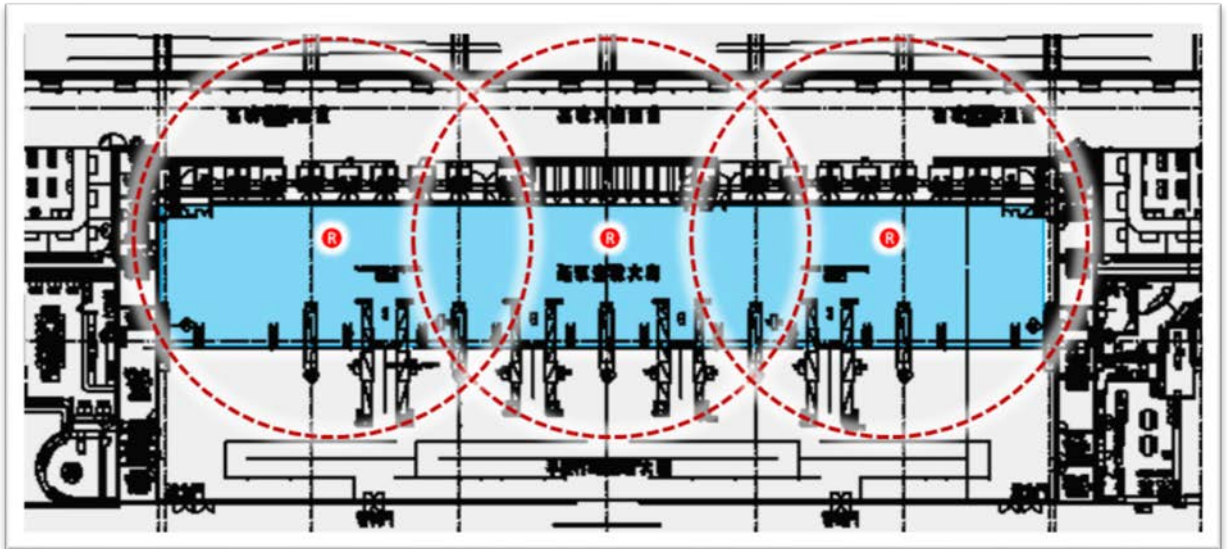
- (一) Activator(觸發器)之訊號範圍約為 0~10m，一般均作為提供「位置資訊」之角色，故 Activator 之架設位置，一般均設置於欲監控區域之出入口。
- (二) Activator 之有效觸發訊號範圍約為 5 公尺(取最大訊號距離 10 公尺之一半)，數量與配置方式，須視各區域之關鍵出入口數量、施工限制、截面積寬度和高度而定。例如：
 - 若某區域之出入口寬度為 5 公尺，則該出入口應配置一部 Activator，即可涵蓋該出入口。
 - 若某區域之出入口寬度為 8 公尺，則該出入口應配置兩部 Activator，以確保觸發訊號範圍可完整涵蓋該出入口。

二、桃園機場設備規劃建議

(一)第一航廈出境大廳，證件查驗處前之區域。

Reader 建議配置數量：6 部

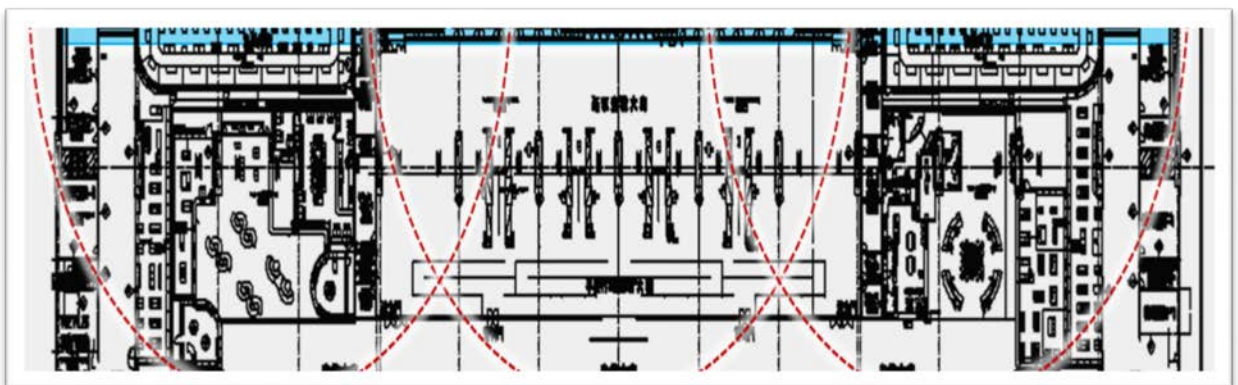
說明：預估此區域人員停留時間較長，評估經常存在之 Tag 數量約可達 500 人，故建議配置 6 部 Reader 以確保訊號範圍可涵蓋此區域與分散各 Reader 之流量。



(二)第一航廈出境大廳，證件查驗處後方通道。

Reader 建議配置數量：3 部

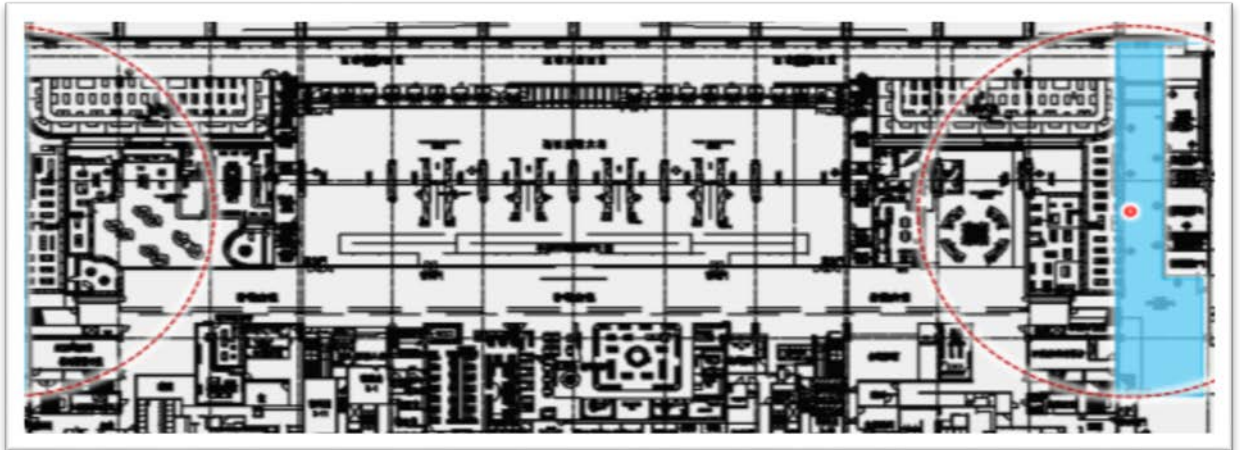
說明：此區域均為無遮蔽之直線通道，人員通過證件查驗處後，即分別往 A、B、C、D 候機室移動，停留時間短，故 Reader 之配置數量僅以訊號範圍可涵蓋此區域為主要考量。



(三)第一航廈出境大廳，商店區。

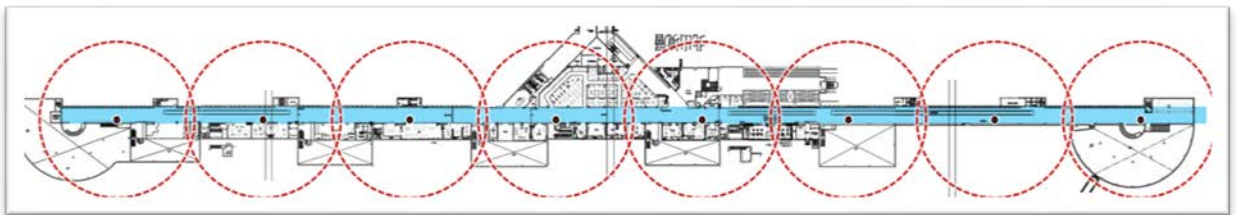
Reader 建議配置數量：2 部。

說明：此區域之人員停留時間短，評估左、右側通道之中間位置處，僅需配置一部 Reader 即可。



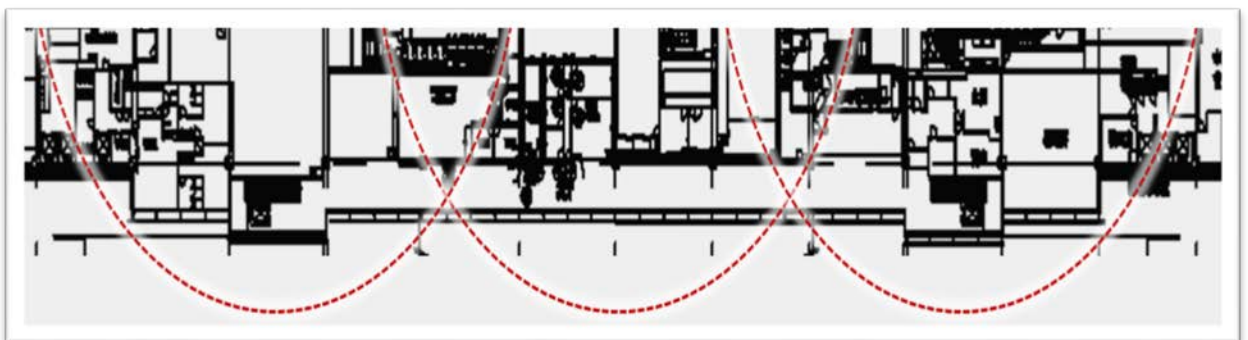
(四)第一航廈候機室(A1~A9)前方通道。

Reader 建議配置數量：8 部。



(五)第一航廈四樓貴賓室走道。

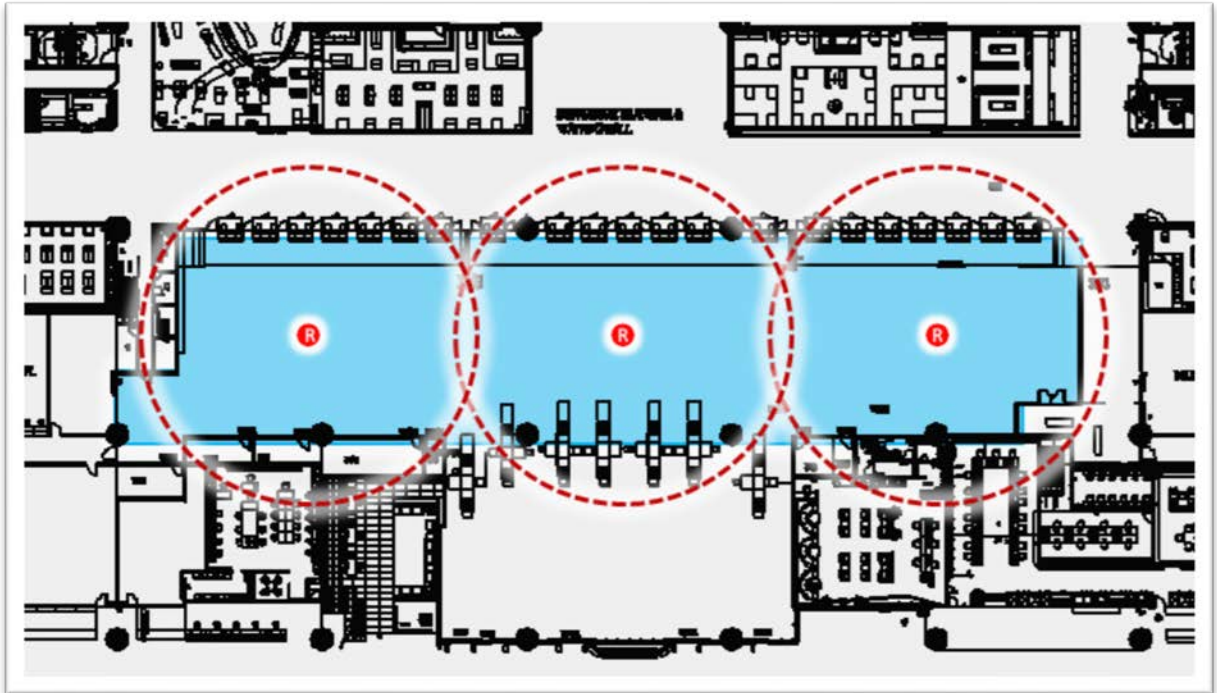
Reader 建議配置數量：3 部。



(六)第二航廈出境大廳，證件查驗處前方區域。

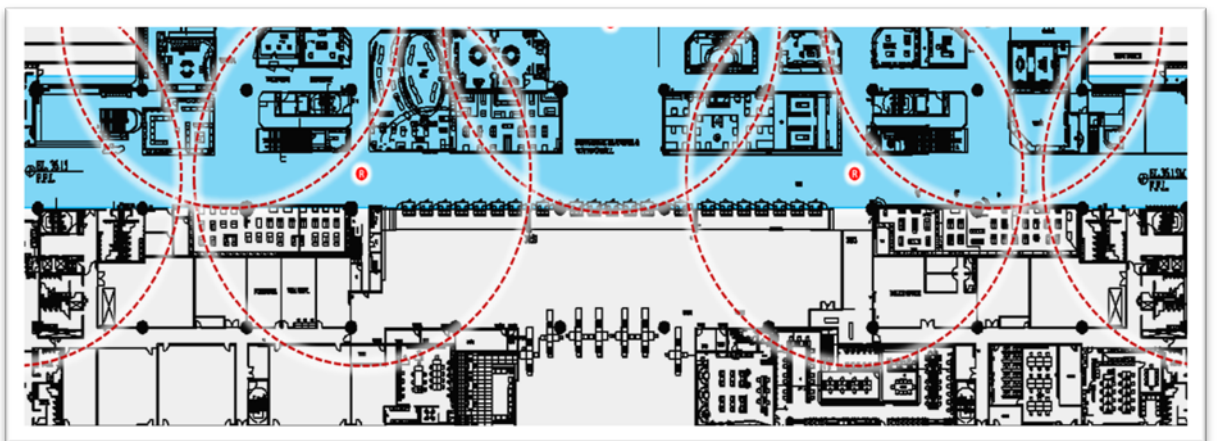
Reader 建議配置數量：6 部。

說明：預估此區域人員停留時間較長，評估經常存在之 Tag 數量約可達 500 人，故建議配置 6 部 Reader 以確保訊號範圍可涵蓋此區域與分散各 Reader 之流量。



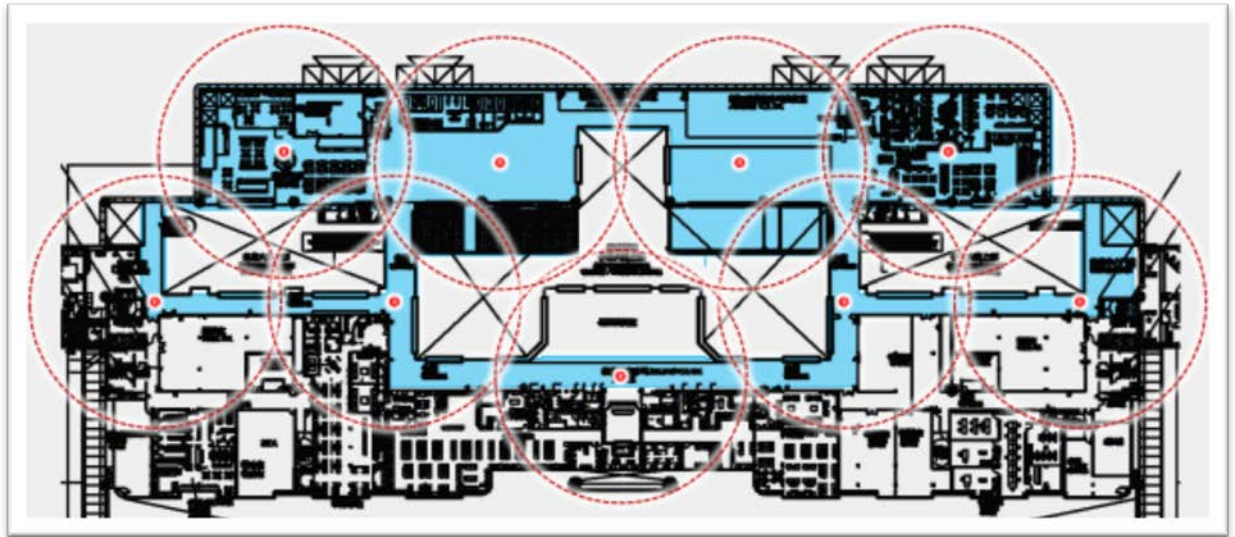
(七)第二航廈出境大廳，商店區。

Reader 建議配置數量：7 部。



(八)第二航廈四樓商店區與貴賓室前方通道。

Reader 建議配置數量：9 部。



3.2.6. 訊號干擾測試

為了與被動式 Tag 訊號強度相比，我們將 Tag 逐一放在使用者的正面、側面與背面，並依據 Tag 擺放位置，即手持、背包裡、褲子口袋與衣服口袋，量測並記錄由 Reader 所傳回之數據。為了便於比較，將所有數據與「手持正面」的數據做了百分比轉換。由表中數據可以觀察到，各種場景 LF RSSI 由大到小分別為手持> 衣袋> 褲袋> 背包，且正面> 背面> 側面。而 UHF RSSI 則各種場景差異不大。

表 7 訊號干擾測試結果

手持	Tag 位置	LF RSSI	UHF RSSI	與正面手持相比之LF RSSI比率	與正面手持相比之UHF RSSI比率
	正面	19	25	N/A	N/A
	側面	13	25	68.4%	100.0%
	背面	13	24	68.4%	96.0%
背包	Tag 位置	LF RSSI	UHF RSSI	與正面手持相比之LF RSSI比率	與正面手持相比之UHF RSSI比率
	正面	17	24	89.5%	96.0%
	側面	13	24	68.4%	96.0%
	背面	13	23	68.4%	92.0%
褲袋	Tag 位置	LF RSSI	UHF RSSI	與正面手持相比之LF RSSI比率	與正面手持相比之UHF RSSI比率
	正面	17	23	89.5%	92.0%
	側面	13	22	68.4%	88.0%
	背面	15	22	78.9%	88.0%
衣袋	Tag 位置	LF RSSI	UHF RSSI	與正面手持相比之LF RSSI比率	與正面手持相比之UHF RSSI比率
	正面	19	27	100.0%	108.0%
	側面	13	23	68.4%	92.0%
	背面	15	19	78.9%	76.0%

資料來源：本計畫整理

3.2.7. 補充說明

本次量測僅為取得主要監控區域內 Reader 之訊號強度分佈概況，以作為 Reader 規劃之初步依據。然而實際之 Reader 與 Activator 等設備數量與佈建位置仍需視欲監控區域，以及現場是否有相關施工限制等條件而有所增減或位置調整。監控區域與施工限制尚需待業主提供確切之資料，後續方可再進行設備數量與佈建位置調整規劃。

4. 各單位需求訪談調查

4.1. 問題設計

為了解現行航空公司對於尋找未登機旅客的流程、處理機制以及未登機旅客和轉機旅客的特性，設計以下問題供訪談之用：

- 一、現在尋找未登機旅客的流程是什麼？何時會啟動這個過程？要找多久才會放棄？找不到人時如何處理？
- 二、在尋找未登機旅客時，最困擾的問題是什麼？
- 三、你覺得有沒有什麼更好的尋人方式？
- 四、曾經遇過未登機旅客的抱怨是什麼？
- 五、未登機旅客的類型有哪些？（例如性別、年齡、旅行目的、國籍、未登機原因等）
- 六、現有一個新的尋人服務，是否有什麼建議？需要協助發卡的可行性為何？
- 七、轉機旅客有哪些路徑？是否有可能有改善的空間？

4.2. 受訪單位

為全面了解機場各相關單位在推動找尋登機旅客系統及配套措施的接受度與建議，特安排以下各單位受訪：

- 一、航警局 T1 保安大隊
- 二、中華航空公司機場本部桃園機場辦事處
- 三、長榮航空公司地勤服務處桃園運務部
- 四、移民署國際業務隊

4.3. 訪談結果整理

4.3.1. 航空公司訪談結果

- 一、長榮未登機機率：一天大概有五組左右的旅客沒有搭到機。華航未登機機率：一個禮拜可能會有兩到三個案例沒有搭到飛機。
- 二、現在尋人都透過機場公司的系統作廣播，接收到旅客的抱怨比較多是說「你沒有廣播我的名字」，而且台灣人要用英文名字呼叫，辨識度不佳。
- 三、長榮轉機高峰：早上五點到六點半和下午四點到六點是轉機旅客高峰，早上大概近千人，下午大概五、六百人，早上是美國線到東南亞，下午就是東南亞線要到美國的，目前皆在同一航廈(T2)
- 四、華航轉機量最多大概是在晚上的時候，以高峰來看大約會有七到八班，約五六百人。
- 五、未登機旅客有哪些？
 - (一) 家裡有事
 - (二) 依依不捨
 - (三) 買東西忘了時間
 - (四) 走錯登機門
 - (五) 慣性誤導：有時旅客自己有刻板印象，可能常坐的航線就走到習慣的登機門，不知道已經換了登機門。
 - (六) 登機門臨時被更改
 - (七) 標示不清：例如 C5 跟 C5R 登機門常被混淆，在 C5R 的客人找不到路，會到 C5 問就又耽誤時間。
 - (八) 時差：有外籍人士記錯時間，或手錶未調整時差。建議要多設一些當地時間的時鐘。
 - (九) 睡著：有旅客戴耳機睡著沒有聽到廣播，也有旅客在有躺椅休息區睡著，而未登機。
 - (十) 旅行團：團客以為導遊會來找，結果就遲到了。
 - (十一) 女性比較多一點
 - (十二) 年齡沒有特別差異
 - (十三) 港澳和東南亞國別的旅客比較會遲到或未登機
 - (十四) 購物
 - (十五) 改登機門(廣播聽不清楚)
- 六、現有一個新的尋人服務，是否有什麼建議？需要協助發卡的可行性為何？
 - (一) 考量逐一發卡：團體櫃檯不適宜協助發卡，團體櫃檯是前一天就刷登機證，這不是 one-by-one 的。

- (二) 考量批次發卡：現在劃位櫃檯皆開"通櫃"，並無區分航班，所以不知道那一疊卡要先放在哪個櫃檯，到時候還要跑來跑去找卡，不可行，不如一張一張寫入。
- (三) 考量**遺失率**：登機證都有可能丟掉，一天也有一、兩個個案。
- (四) 考量**發放套子**：客人自己都有護照套，以前票套的接受度也不高；如為透明套子並完全服貼登機證或可行，惟並非所有旅客皆須 one-by-one 臨櫃取得實體登機證，尚需考量。
- (五) **發送建議**：於出境航警查驗哨發送。考量並非所有旅客在進入管制區前都會接觸航空公司，而出境查驗哨是所有旅客必經之處；通過該查驗哨後進入安檢及出境證照查驗臺的等待區，如於出境查驗哨發送，是否造成出境旅客排列動線向管制區外擁擠、及公單位(航警局)是否同意配合此為航空公司需求的作業，需再研討。
- (六) **位置卡回收**：建議要有個地方讓客人去投遞回收，或成本許可將位置卡視為**消耗品**。
- (七) 因涉及個資、及除旅遊證件外需多持位置卡，旅客接受度預期不佳。
- (八) 位置卡發放的**接受度與使用率**都要列入考量。
- (九) 位置卡顯示訊號須具即時性；位置卡辨識度需透明。
- (十) 原以為可以是像 barcode 的貼紙可以整合到登機證。但聽起來，若還會花更多的人力去執行這個新服務，又要執行原本公司的 SOP，可行性有待商榷。
- (十一) 另外，如果由航空公司協助回收，但由航警發送，這樣**跨單位在交接上，會不會有合作上的困難**。
- (十二) **團體報到櫃臺**，通常是領隊先拿登機證，再發給團員，他拖了行李就走了，不會到傳統的櫃臺報到。像這樣子，我們就沒有辦法將卡片發給他們。
- (十三) **發卡機制是每個禮拜配合給多少張，是只限於某航班還是都可以？**要有個人或有個團隊先把這個卡的資料灌進去，再發給旅客，這個立意是好的，但作業面可能會有問題。

4.3.2. 航警局訪談結果

- 二、提示卡發放執行面：可能要另外派人手，在安全檢查哨掃描完登機證之後，再進行該手續。
- 三、未登機旅客尋找機制：針對未登機旅客，當航空公司在起飛前發現有未登機旅客時，會先通報各單位協尋，移民署、安檢、保安大隊便會出動尋找。

- 四、未登機旅客類型：通常都是延遲或走錯，故意不登機或蓄意留在管制區內要做壞事的很少。
- 五、尋找未登機旅客人力安排：第一批會先派 2~4 個人支援，一個航廈約 5~6 人去尋找，若一直找不到，則會再動員，讓每個崗哨只留下一人，其他人都去尋找。
- 六、提示卡的發放建議：若有需要航警來執行，仍會配合，但不宜讓同一個掃描檢查登機證的人來做，應再多派一人專責，以避免讓旅客等候線過長。

4.3.3. 移民署訪談結果

- 一、移民署接到航空公司通報未登機旅客名單，回報旅客是否已確實查驗並進入管制區，或是已辦理 check-in 但未進入管制區。航空公司若找到旅客，而班機不及安排，旅客無法出境，則由移民署刪除紀錄，重新辦理 check-in 與出境作業。
- 二、移民署證照查驗國人單人檢查每位約 30 秒，外國人約 55 秒。出境排隊尖峰時間約 25 分鐘，離峰時間約 5 分鐘。
- 三、這部分會有困難，單純要做蠻難配合。移民署作業流程繁雜，過去也有其他單位來找，要協助發放物品，但都拒絕。只要是跟查驗程序(證照辨識、人員查核)無關的事情，都一併拒絕，以免影響原來的業務。
- 四、T1 出境證照查驗人工櫃台有 24 台，自動通關有 6 台。T2 尖峰時間人工櫃台有 25 台，自動通關有 11 台。國人自動通關約有四成旅客。
- 五、建議：可考量在保全進入管制區的關卡，進航警的保安窗口，T2 進安檢前門禁部分有三個窗口可以使用。
- 六、成本效益考量：只針對未登機旅客協尋服務而進行大規模 RFID 建置恐不敷成本效益。建議思考未來其他應用，例如資料動態分析，機場可再運用，以加強服務。

5. 找尋登機旅客系統規劃

5.1. 出境旅客動線分析

目前機場出境流程為辦理報到、託運行李、安全檢查、證照查驗與登機，旅客需持機票與護照到所要搭乘之航空公司報到櫃檯辦理報到手續，並辦理劃位及託運行李。完成報到手續後，領取各項證件、登機證及行李託運卡。另航空公司也提供自助報到機台服務，讓旅客可以自行透過機台選擇座位並列印登機證。目前有提供自助報到櫃檯服務之航空公司包括：中華航空公司(CI)、長榮航空公司(BR)、國泰航空公司(CX)、復興航空公司(GE)、達美航空公司(DL)、聯合航空公司(UA)、荷蘭航空公司(KL)、港龍航空公司(KA)、全日空航空公司(NH)與夏威夷航空(HA)。

為了解如何能有效推動「找尋登機旅客系統及配套措施」，必須先了解出境旅客之動線，以設計規劃適當的時機發放與回收找尋登機旅客系統訊號卡(RFID Tag)。以下分析機場出境旅客的種類與各類旅客在登機前的動線。

機場出境旅客依報到方式分為一般旅客與團體旅客至櫃檯報到、自助報到、網路報到、手機報到與沒有行李的旅客，以及轉機旅客。各式旅客在出境的動線上，有所不同，有些會經過地勤人員，有些則不會。而轉機旅客又分為已持有登機證與未持有登機證兩類，持有登機證的旅客在下機後便可直接前往安全檢查然後順利登機，未持有登機證的旅客須先至指定航空公司櫃檯辦理報到後，順利取得登機證再前往安全檢查。圖 1 顯示各類出境旅客動線

根據長榮人員轉述，傳統報到皆需至報到櫃檯辦理劃位拿取登機證，手機報到、自助報到(CUSS)和家裡網路報到的客人越來越多，使用手機 QR Code 或自行列印的登機證，現階段行李仍需至專屬櫃檯由航空公司人員協助托運，未來旅客可自行使用自助行李托運、或無托運行李者，皆不會於登機前接觸到航空公司人員。長榮目前仍以傳統報到為大宗，手機和網路報到占約百分之十左右；華航的傳統報到比例約 70~80%，其他則為網路報到，網路報到比例算高，因為有一些和旅行社配合推廣網路報到的業務，旅行社會鼓勵團員都用網路報到，這一類旅客可能就直接到航警所在的安全檢查哨，手機報到、自助報到與沒有行李的也會直接到安全檢查哨。

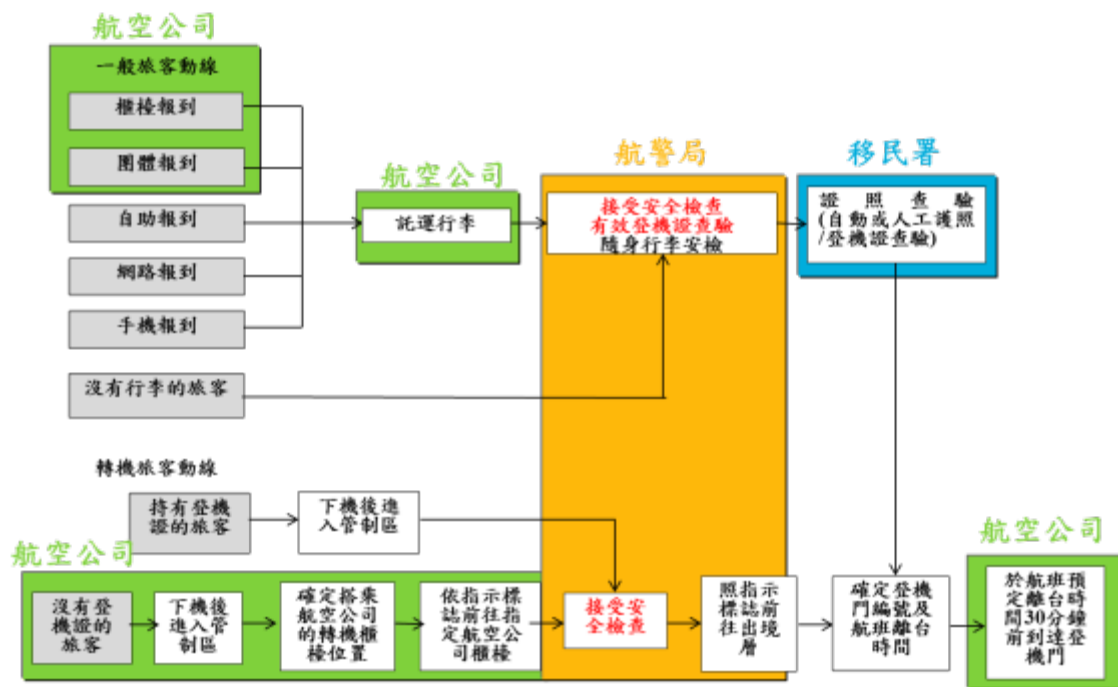


圖 16 機場出境旅客動線圖

資料來源：本計畫整理

考量並非所有旅客在進入管制區前都會接觸航空公司，而出境查驗哨是所有旅客必經之處；通過該查驗哨，進行有效登機證查驗後進入安檢及出境證照查驗檯的等待區。然而，如於出境查驗哨發送，是否造成出境旅客排列動線向管制區外擁擠，相關單位該如何配合，需再研討。以下比較各單位發放與回收位置提示卡的優缺點。

表 8 定位設備卡收發機制比較

發放單位	航空公司	航空警察局	機場公司	內政部移民署
發放時機	在辦理報到時發放	有效登機證查驗時發放	在證照查驗前加設閘口發放	在證照查驗時發放
新增流程	地勤人員製作登機證時同時製作 RFID tag	航警掃描登機證將登機資訊寫入 RFID tag	旅客自行掃描登機證由系統自動將登機資訊寫入 RFID tag	移民官掃描登機證將登機資訊寫入 RFID tag
回收時機	1. 在航空公司檢查登機證時歸還 2. 由航空公司自行整理、保管與使用	1. 在航空公司檢查登機證時歸還 2. 航空公司回收後交由管理單位處理，由管理單位交予發送單位	1. 在航空公司檢查登機證時歸還 2. 航空公司回收後交由管理單位處理，由管理單位交予發送單位	1. 在航空公司檢查登機證時歸還 2. 航空公司回收後交由管理單位處理，由管理單位交予發送單位
優點	旅客出境流程不受影響	旅客出境流程不受影響	可減少各個單位額外之人力需求	旅客出境流程不受影響
缺點	1. 須由航空公司配合使用新的系統並多一道人工手續。 2. 各個報到櫃台都需有讀寫設備，所需設備數量最多。 3. 報到櫃台需準備空間放置設備。 4. 並非所有旅客可都會到報到櫃台，針對自助報到者須另有處理方式。	1. 須由航警配合使用新的系統並多一道人工手續。 2. 目前此處為出境流程的瓶頸點，發放 tag 需額外處理時間，將使等候線過長且大幅增加旅客等待時間。 3. 需準備空間放置設備。 4. 歸還程序較為複雜。	1. 需額外設立自動化設備，建置與維運成本較高。 2. 旅客出境動線須重新安排。 3. 施工時可能影響旅客動線。 4. 歸還程序較為複雜。	1. 須由移民官配合使用新的系統並多一道人工手續。 2. 需準備空間放置設備。 3. 歸還程序較為複雜。 4. 通過 e-Gate 出境的旅客將另行處理。

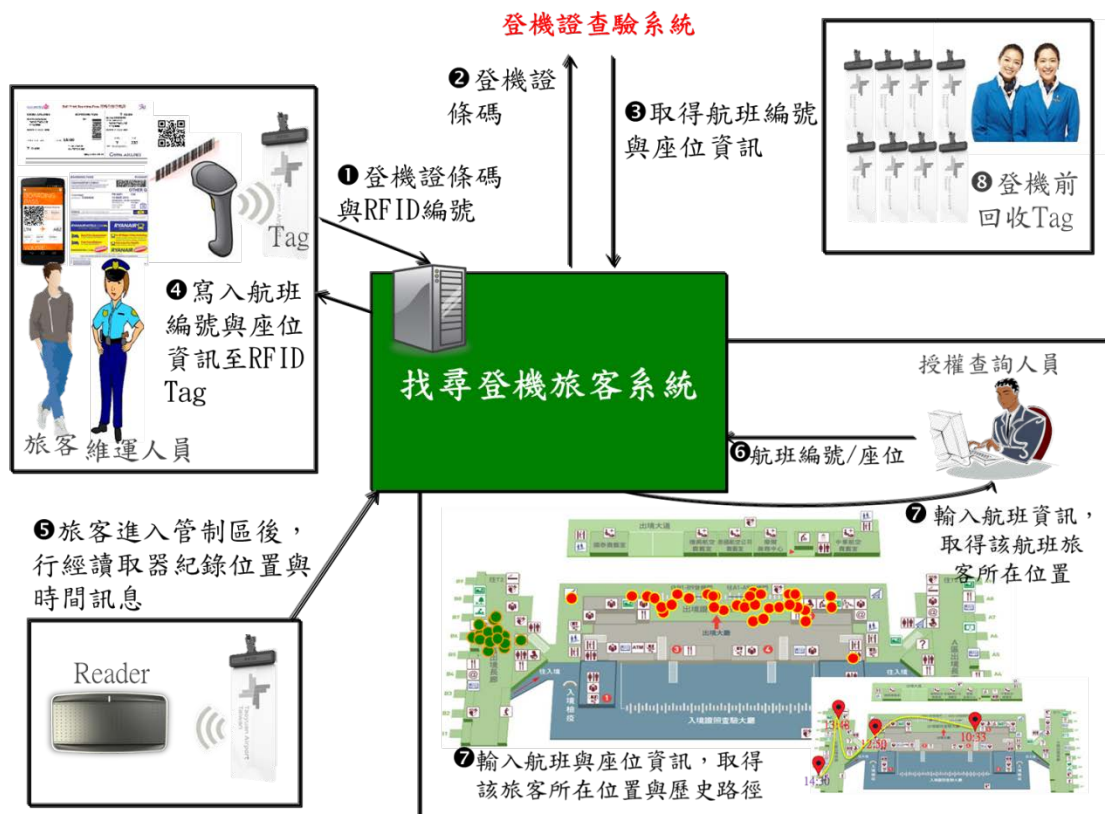
資料來源：本計畫整理

5.2. 系統架構圖

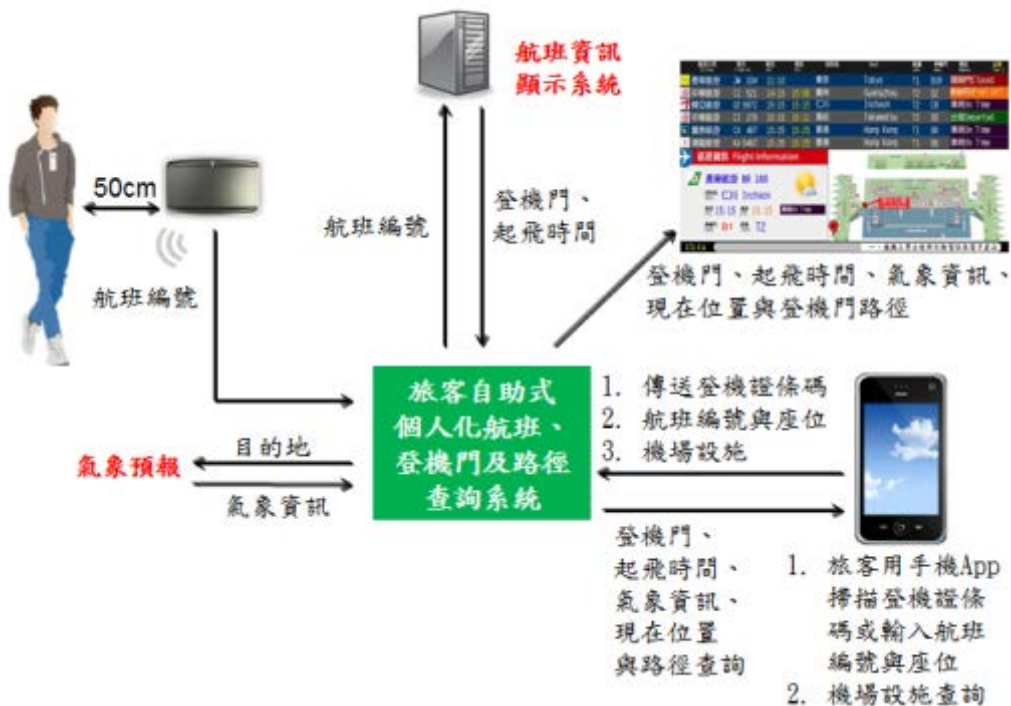
依據以上分析，為使旅客能安心使用 RFID Tag，不因受到追蹤而感到不舒服，故將此 RFID Tag 設計為「安檢證明卡」的概念。卡片規劃於安檢第一關、登機證查驗的入口，由委外廠商進行登機證掃描，並將登機證資料寫入安檢證明卡後，再將旅客登機證與安檢證明卡發還給旅客。旅客拿到此安檢證明卡表示已通過登機證查驗，並進入機場管制區。在管制區內，旅客可使用此卡片到「旅客自動化顯示系統」查詢航班資訊、登機門與抵達登機門的路徑。「旅客自動化顯示系統」是由原有的航班資訊看板加裝感測器改良而成，旅客只要靠近原有的航班資訊看板，看板上便會自動秀出旅客的所在位址、欲搭乘的航班資訊、登機門與抵達登機門的路徑。該安檢證明卡會於旅客登機前，在航空公司檢查登機證時一併回收。

透過安檢證明卡，旅客不但能查詢資訊，機場公司還能提供授權單位查詢旅客所在位置區域，方便尋找未登機旅客。旅客資訊可以儲存於系統內，但對外僅提供非機敏資料(例如航班編號與座位號碼)。授權人員操作程序設計，UI 介面亦列入考量，例如航空公司僅可查詢旅客現在所在位置，授權人員則可查詢姓名與歷史路徑。資料來源：本計畫整理

圖 17 顯示找尋登機旅客系統架構圖。圖 19 顯示旅客自助式個人化航班、登機門及路徑查詢系統。本系統建置優先考量保守穩健不影響既有動線，並可進行人流分析，且使用介面要友善，能以 3D 圖層顯示人流狀態。



資料來源：本計畫整理
圖 17 找尋登機旅客系統架構圖



資料來源：本計畫整理
圖 18 旅客自助式查詢系統

5.3. 樣式概念設計圖



資料來源：本計畫整理
圖 19 安全檢查卡整體外觀



資料來源：本計畫整理
圖 20 安全檢查卡配戴狀態



資料來源：本計畫整理
圖 21 安全檢查卡使用方式一



資料來源：本計畫整理
圖 22 安全檢查卡使用方式二

RFID裝置本體



資料來源：本計畫整理
圖 23 RFID 裝置本體

牆掛式充電模組



資料來源：本計畫整理
圖 24 牆掛式充電模組

桌上式充電模組



資料來源：本計畫整理
圖 25 桌上式充電模組

5.4. 設備數量規劃

表 9 設備數量規劃

航廈	樓層	區域	讀取器	觸發器	優先性	說明
T1	3F	出境證照查驗大廳	6	10	低	1. 此設備數量預估，係以理想情況進行預估，尚未將現場施工限制之條件納入。 2. 觸發器數量與欲監控區域有相關性，若業主對於監控區域有其他考量，則觸發器之數量將再視需求內容而有所調整。
T1	3F	出境證照查驗大廳後方通道	3	6	高	
T1	3F	商店區#1	1	7	高	
T1	3F	商店區#2	1	7	高	
T1	3F	A區出境通道#1	1	3	高	
T1	3F	B區出境通道#2	1	3	高	
T1	3F	A區出境長廊	8	21	高	
T1	3F	B區出境長廊	8	21	高	
T1	3F	兒童遊戲室	1	2	中	
T1	3F	圖書館	1	2	中	
T1	3F	祈禱室	2	4	中	
T1	3F	吸菸室	2	4	中	
T1	3F	哺乳室	3	6	中	
T1	3F	航廈電車	2	4	高	
T1	3F	男女廁所	6	12	低	
T1	4F	出境大道	3	5	高	
T1	4F	男女廁所	1	2	低	
T2	3F	出境證照查驗大廳	6	16	低	
T2	3F	商店區	7	20	高	
T2	3F	C區登機門通道	2	15	高	
T2	3F	D區登機門通道	2	15	高	
T2	3F	C區出境長廊	10	31	高	
T2	3F	D區出境長廊	10	31	高	
T2	3F	兒童遊戲室	1	2	中	
T2	3F	祈禱室	2	4	中	
T2	3F	吸菸室	2	4	中	
T2	3F	哺乳室	3	6	中	
T2	3F	圖書館	1	2	中	
T2	3F	航廈電車	2	4	高	
T2	3F	男女廁所	13	26	低	
T2	4F	4F	9	27	高	
T2	4F	男女廁所	4	8	低	
			124	330		

資料來源：本計畫整理

優先性高的區域

航廈	樓層	區域	讀取器	觸發器	優先性
T1	3F	出境證照查驗大廳後方通道	3	6	高
T1	3F	商店區#1	1	7	高
T1	3F	商店區#2	1	7	高
T1	3F	A區出境通道#1	1	3	高
T1	3F	B區出境通道#2	1	3	高
T1	3F	A區出境長廊	8	21	高
T1	3F	B區出境長廊	8	21	高
T1	3F	航廈電車	2	4	高
T1	4F	出境大道	3	5	高
T2	3F	商店區	7	20	高
T2	3F	C區登機門通道	2	15	高
T2	3F	D區登機門通道	2	15	高
T2	3F	C區出境長廊	10	31	高
T2	3F	D區出境長廊	10	31	高
T2	3F	航廈電車	2	4	高
T2	4F	4F	9	27	高
總計			70	220	

優先性中的區域

航廈	樓層	區域	讀取器	觸發器	優先性
T1	3F	兒童遊戲室	1	2	中
T1	3F	圖書館	1	2	中
T1	3F	祈禱室	2	4	中
T1	3F	吸菸室	2	4	中
T1	3F	哺乳室	3	6	中
T2	3F	兒童遊戲室	1	2	中
T2	3F	祈禱室	2	4	中
T2	3F	吸菸室	2	4	中
T2	3F	哺乳室	3	6	中
T2	3F	圖書館	1	2	中
總計			18	36	

優先性低的區域

航廈	樓層	區域	讀取器	觸發器	優先性
T1	3F	出境證照查驗大廳	6	10	低
T1	3F	男女廁所	6	12	低
T1	4F	男女廁所	1	2	低
T2	3F	出境證照查驗大廳	6	16	低
T2	3F	男女廁所	13	26	低
T2	4F	男女廁所	4	8	低
總計			36	74	

5.5. 成本分析

表 10 優先性高設備成本估算表

項目	數量	單價	小計
讀取器	70	50,000	3,500,000
觸發器	220	20,000	4,400,000
RFID Tag	60,000	600	36,000,000
找尋登機旅客系統	1	6,500,000	6,500,000
自助式服務系統	1	1,500,000	1,500,000
伺服器	2	350,000	700,000
網路施工佈建	1	3,500,000	3,500,000
網路交換器	12	15,000	180,000
DB License	2	400,000	800,000
總 計			57,080,000

資料來源：本計畫整理

表 11 優先性高與中設備成本估算表

項目	數量	單價	小計
讀取器	88	50,000	4,400,000
觸發器	256	20,000	5,120,000
RFID Tag	60,000	600	36,000,000
找尋登機旅客系統	1	6,500,000	6,500,000
自助式服務系統	1	1,500,000	1,500,000
伺服器	2	350,000	700,000
網路施工佈建	1	3,500,000	3,500,000
網路交換器	12	15,000	180,000
DB License	2	400,000	800,000
總 計			58,700,000

資料來源：本計畫整理

表 12 優先性高中低設備全購成本估算表

項目	數量	單價	小計
讀取器	124	50,000	6,200,000
觸發器	330	20,000	6,600,000
RFID Tag	60,000	600	36,000,000
找尋登機旅客系統	1	6,500,000	6,500,000
自助式服務系統	1	1,500,000	1,500,000
伺服器	2	350,000	700,000
網路施工佈建	1	3,500,000	3,500,000
網路交換器	12	15,000	180,000
DB License (2CPU)	2	400,000	800,000
總 計			61,980,000

資料來源：本計畫整理

5.6. 營運模式建議方案

表 13 營運模式方案比較

	方案一	方案二	方案三
系統建置	機場公司委託廠商開發與試行	機場公司委託廠商開發與試行	機場公司委託廠商開發與試行
RFID TAG	由機場公司採購	由機場公司採購	由得標廠商提供
營運服務	由機場公司運營	由機場公司委託廠商經營	廠商與機場分潤
優點	機場公司可全權掌握該服務，並且從中獲得所有的利潤。	專業分工	機場公司可獲得委託廠商全面的服務，並且從中獲得合理的利潤。
缺點	機場公司須負擔龐大的服務營運與軟硬體維護成本。	機場公司需負擔RFID Tag 的購置成本。	需慎選委外廠商

資料來源：本計畫整理

若以 2014 年出境旅客 17,677,895 人/年估算，每日平均出境旅客約 48,432 人，故假設每日出境旅客人數為 50,000 人。假設平均每日使用人次為 50,000，每人收取 3 元，則每年營收 54,750,000 元。但若考量建置成本、Tag 成本與營運成本，其中建置成本與 Tag 成本以五年攤還，並以三十人月薪 25,000 元作為營運成本，試算總共會產生 47,176 千元的成本，故每年盈餘為 7,574,000 元，如表 10 所列。

表 14 方案一營收試算

方案一		備註
營收 (A)	54,750,000	50,000*3*365
平均每日使用人次	50,000	2014 年出境旅客 17,677,895 人/年， 48,432 人/日
服務費/人次 (元)	3	設備、系統、tags
成本 (B)		
建置成本五年攤還 (B1)	12,396,000	設備全購、系統、tags
Tag 增購成本五年攤還(B2)	9,600,000	增購 80,000 tags
費用 (C)*	25,350,000	$\text{平均月薪} \times R \times 1.3 \times (1 + M\%) \times (1 + N\%)$
		薪資： 25000*(12+2)/12*1.3*(1+100%)
		預估 30 名作業員
		M 管理費比例=100、 公費比例=0
盈餘 (A-B-C)	7,404,000	

*採用資訊委外服務人員計價參考要點之人員計費基準公式試算

資料來源：本計畫整理

表 11 以不同的薪資、分潤比例、營運成本、tag 成本重新試算個方案之收支情形。方案二將營運委外，由得標廠商承作，可獲得較高的利潤。方案三獲得利潤雖較少，但亦可負擔較低的 Tag 成本，亦不需要承擔營運，全權由委外廠商承作，以機場分潤 35% 計算，廠商才有願意投入承作此案。

表 15 各方案營收比較

	方案一	方案二	方案三
桃園機場公司營收 (C = A*D)	54,750,000	54,750,000	19,162,500
分潤比例(D)	100%	100%	35%
桃園機場公司成本(E)	E=B1+B2 21,996,000	E=B1+B2 21,996,000	E=B1 12,396,000
桃園機場公司費用(F)			
人事費用(F1*)	24,336,000	0	0
委外費用(F2**)	0	24,092,640	0
桃機公司每年盈餘 (G = C-E-F)	8,418,000	8,661,360	6,766,500

資料來源：本計畫整理

F1 計算方式：每年薪資=平均月薪 × R × 1.3 × (1+M%) × (1+N%)，故預估員工每年薪資 24000(12+2)/12*1.3，共 30 名作業員，假設 M 管理費比例=100，公費比例=0。

**F2 計算方式：每年薪資為 24000*(12+1)/12*1.3*(1+80%)*(1+10%)，共 30 名作業員，假設 M 管理費比例=80、公費比例=10。

若不考量建置成本，則各方案試算如表 12 所示。

表 16 不考量初期建置成本(不含增購 Tags)之方案營收比較

	方案一	方案二	方案三	備註
營收 (A)	54,750,000	54,750,000	54,750,000	50,000*2*365
平均每日使用人次	50,000	50,000	50,000	2014 年出境旅客 17,677,895 人/年， 48,432 人/日
服務費/人次 (元)	3	3	3	
成本 (B)				

建置成本 (B1)	0	0	0	設備、系統、60,000 tags
Tag 增購成本 (B2)	48,000,000	48,000,000	48,000,000	增購 80,000 tags
	方案一	方案二	方案三	備註
桃園機場公司營收 (C = A*D)	54,750,000	54,750,000	19,162,500	
分潤比例 (D)	100%	100%	35%	
桃園機場公司成本 (E)	9,600,000	9,600,000	0	
	E=(B1+B2)	E=(B1+B2)	E=B1	
桃園機場公司費用 (F)				
人事費用 (F1)	24,336,000	0	0	平均月薪 $\times R \times 1.3 \times (1+M\%) \times (1+N\%)$ 薪資： $24000 \times (12+2) / 12 \times 1.3$ 預估 30 名作業員 M 管理費比例=100、 公費比例=0
委外費用 (F2)	0	24,092,640	0	薪資： $24000 \times (12+1) / 12 \times 1.3 \times (1+80\%) \times (1+10\%)$ 預估 30 名作業員 M 管理費比例=80、 公費比例=10
桃機公司盈餘 (G = C-E-F)	20,814,000	21,057,360	19,162,500	
	方案一	方案二	方案三	備註
廠商營收 (H)	0	24,092,640	35,587,500	
		(H=F2)	H=A*(1-D)	
廠商成本 (I)	0	0	9,600,000	由廠商採購 80,000 tags，五年攤還
廠商費用 (J)				
人事費	0	21,902,400	21,902,400	
廠商盈餘 (k=H-I-J)	0	2,190,240	4,085,100	方案三第五年後之所得約為 1000 萬

資料來源：本計畫整理

5.7. 現金流量分析

依據現金流量表分析，若每人收取 3 元，各方案皆可於第四年回本。

表 17 現金流量分析

方案一	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000
建置成本	109,980,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000
盈餘	-79,566,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000
累積盈餘	-79,566,000	-49,152,000	-18,738,000	11,676,000	42,090,000	72,504,000	102,918,000	133,332,000
方案二	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000
建置成本	109,980,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640
盈餘	-79,322,640	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360
累積盈餘	-79,322,640	-48,665,280	-18,007,920	12,649,440	43,306,800	73,964,160	104,621,520	135,278,880
方案三-機場	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500
建置成本	61,980,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	0	0	0	0	0	0	0	0
盈餘	-42,817,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500
累積盈餘	-42,817,500	-23,655,000	-4,492,500	14,670,000	33,832,500	52,995,000	72,157,500	91,320,000
方案三-廠商	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500
建置成本	48,000,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400
盈餘	-34,314,900	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100
累積盈餘	-34,314,900	-20,629,800	-6,944,700	6,740,400	20,425,500	34,110,600	47,795,700	61,480,800

資料來源：本計畫整理

若不考量初期投入的建置成本(不包含增購 80,000tags)，方案一與方案二則可在第二年回本。方案三可在第一年回本。

表 18 現金流量分析(不考量初期投入的建置成本)

方案一	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000
建置成本	48,000,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000	24,336,000
盈餘	-17,586,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000	30,414,000
累積盈餘	-17,586,000	12,828,000	43,242,000	73,656,000	104,070,000	134,484,000	164,898,000	195,312,000

方案二	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000	54,750,000
建置成本	48,000,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640	24,092,640
盈餘	-17,342,640	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360	30,657,360
累積盈餘	-17,342,640	13,314,720	43,972,080	74,629,440	105,286,800	135,944,160	166,601,520	197,258,880

方案三-機場	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500
建置成本	0	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	0	0	0	0	0	0	0	0
盈餘	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500	19,162,500
累積盈餘	19,162,500	38,325,000	57,487,500	76,650,000	95,812,500	114,975,000	134,137,500	153,300,000

方案三-廠商	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8
營收	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500	35,587,500
建置成本	48,000,000	0	0	0	0	0	0	0
營運費用	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400	21,902,400
盈餘	-34,314,900	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100	13,685,100
累積盈餘	-34,314,900	-20,629,800	-6,944,700	6,740,400	20,425,500	34,110,600	47,795,700	61,480,800

資料來源：本計畫整理

5.8. 效益分析

- 一、降低航空公司處理未登機旅客之行李，提升尋人效率：目前各家航空公司尋找未登機旅客多是透過人力在管制區長廊沿路詢問是否有該起飛班機的旅客尚未登機，但這樣的方式效率有待商榷，管制區長廊範圍廣大，在無法確認旅客的位置前，也只能靠運氣。而若有未登機旅客行李已被拉出後，旅客才出現在登機門，有些航空公司還是會讓旅客上機，但有可能會造成航班延遲，諸如這樣的情形，若有尋人系統，則能有效的即時找到旅客，減少不必要的拉行李並提升尋人效率。
- 二、有效掌握旅客行蹤，增進管制區安全管理，提升尋人效率：五月十三日一名女越勞在被仲介遣送出境，心有不甘企圖留下繼續打工賺錢，躲在桃園機場第一航廈管制區內出境長廊女廁所天花板，沒想到天花板無法支撐其重量轟然一聲垮下，女越勞行蹤露餒，被帶到移民署國境事務大隊留置室過夜，次日遣送回越南。四月中南方航空在起飛前一直找不到一名旅客，當時航警出動五十人在一航與二航尋找，最後才發現是鬧烏龍，該名旅客已經搭機前往目的地，此案為航空公司的疏失，導致航警出動這麼多人力協尋。諸如以上的情形，若有尋人系統，則可有效掌握旅客行蹤，增進管制區安全管理並提升尋人效率。
- 三、未登機旅客造成的航班延遲，最嚴重的就是會影響其他航班的時刻表，導致後續塞機。若有尋人系統，機場可提高機場設施使用效率及營運效率。
- 四、機場還可利用資料進行客流分析，了解機場內部旅客分布情形，以知道壅塞區所在，進而分析壅塞原因，有效排除壅塞，
- 五、客流分析可進一步有效規劃商店區區位與動線，未來對商家選定區位上，可提供不同的誘因與定價。

6. 參考資料

1. RFID Journal, 30 May 2008, Copenhagen Airport Pilots RFID Tags for Passengers <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4104> Accessed 10 Feb 2015
2. Future Travel Experience, July 2011, Helsinki's Bluetooth-based passenger tracking <http://www.futuretravelexperience.com/2011/07/helsinkis-bluetooth-based-passenger-tracking/> Accessed 10 Feb 2015
3. Bloomberg, 29 July 2014, Helsinki Airport Tracks You to Sell More, Reduce Jams,
4. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-07-29/helsinki-airport-tracks-you-to-sell-more-avoid-jams> Accessed 10 Feb 2015
5. iBeacon News Everyday, 03 Oct 2014, Miami international airport – first of its kind to become fully beaconized, <http://www.ibeacon.com/miami-international-airport-first-of-its-kind-to-become-fully-beaconized/> Accessed 10 Feb 2015
6. The Blaze, 16 Jun 2014, This Airport Is Set to Become First in U.S. to Implement 'Anonymous Tracking' of Cellphones <http://www.theblaze.com/stories/2014/06/16/this-airport-is-set-to-become-first-in-u-s-to-implement-anonymous-tracking-of-cellphones/> Accessed 10 Feb 2015
7. Business Traveler, 29/07/2013, Heathrow tracking passengers to cut delays, <http://www.businessstraveller.com/news/heathrow-tracks-passengers-to-cut-delays> Accessed 10 Feb 2015 Accessed 11 Feb 2015
8. BlipSystem, 2015, BlipTrack WiFi Traffic Sensor, <http://www.blipsystems.com/bliptrack-wifi-traffic-sensor/> Accessed 11 Feb 2015
9. 民航新聞, 2010, 国航西南地服精心组织保节后旅客出行顺畅 <http://news.carnoc.com/list/154/154079.html> Accessed 12 Feb 2015
10. Copenhagen Airport Pilots RFID Tags for Passengers <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4104>
11. RFID Journal, 30 May 2008, Copenhagen Airport Pilots RFID Tags for Passengers <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4104> Accessed 10 Feb 2015
12. Future Travel Experience, July 2011, Helsinki's Bluetooth-based passenger tracking <http://www.futuretravelexperience.com/2011/07/helsinkis-bluetooth-based-passenger-tracking/> Accessed 10 Feb 2015
13. Bloomberg, 29 July 2014, Helsinki Airport Tracks You to Sell More,

- Reduce Jams,
14. <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-07-29/helsinki-airport-tracks-you-to-sell-more-avoid-jams> Accessed 10 Feb 2015
 15. iBeacon News Everyday, 03 Oct 2014, Miami international airport – first of its kind to become fully beaconized, <http://www.ibeacon.com/miami-international-airport-first-of-its-kind-to-become-fully-beaconized/> Accessed 10 Feb 2015
 16. The Blaze, 16 Jun 2014, This Airport Is Set to Become First in U.S. to Implement ‘Anonymous Tracking’ of Cellphones <http://www.theblaze.com/stories/2014/06/16/this-airport-is-set-to-become-first-in-u-s-to-implement-anonymous-tracking-of-cellphones/> Accessed 10 Feb 2015
 17. Business Traveler, 29/07/2013, Heathrow tracking passengers to cut delays, <http://www.business traveller.com/news/heathrow-tracks-passengers-to-cut-delays> Accessed 10 Feb 2015 Accessed 11 Feb 2015
 18. BlipSystem, 2015, BlipTrackWiFi Traffic Sensor, <http://www.blipsystems.com/bliptrack-wifi-traffic-sensor/> Accessed 11 Feb 2015
 19. 民航新聞, 2010, 国航西南地服精心组织保节后旅客出行顺畅 <http://news.carnoc.com/list/154/154079.html> Accessed 12 Feb 2015
 20. Ivanek, Ferdo. Convergence and Competition on the Way Toward 4G: Where are We Going?. Radio and Wireless Symposium, 2007 IEEE. Long Beach, CA. 9-11 Jan. 2007: 265 - 268.
 21. <http://www.app01.com.tw/paper/76a6dea0-dfc2-4849-9ecc-1c5c45150e28>
 22. <http://ydhl.cena.com.cn/a/2012-06-19/134006699768921.shtml>
 23. 維基百科，輔助全球衛星定位系統 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BE%85%E5%8A%A9%E5%85%A8%E7%90%83%E5%8D%AB%E6%98%9F%E5%AE%9A%E4%BD%8D%E7%B3%BB%E7%BB%9F>
 24. AGPS加快GPS定位速度的輔助技術 <http://www.techbang.com/posts/1204-search-text-to-explain-words-agps-speed-up-gps-positioning-speed-of-assistive-technology>
 25. 行動上網大不同——Wi-Fi、3.5G、WiMAX差在哪？ <http://mag.chinatimes.com/mag-cnt.aspx?artid=1266&page=2>
 26. http://www.nordicsemi.com/chi/node_176/Bluetooth-R
 27. 蘋果光環加持 Bluetooth Beacon成室內定位應用大黑馬 <http://www.ithome.com.tw/tech/86653>
 28. 藍芽技術 - 無線通訊的最佳解決方

- 案<http://tech.get.com.tw/tech/tech-13-3.htm>
29. DIGITIMES 中文網原文網址：智慧家庭的物聯網連接：論 ZigBee 技術與應用
http://www.digitimes.com.tw/tw/iot/shwnws.asp?cnlid=15&id=0000404545_GT441V4R5OQLKZ4RU2UI0&ct=1#ixzz3TwXNMR0
30. 南台科技大學，Chapter 7 ZigBee 介紹
http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2010_6/2010_6_3e0233ac.pdf
31. 次世代 Wi-Fi 標準 IEEE 802.11ac 的 5 大技術特性
<http://www.ithome.com.tw/node/75919>
32. 維基百科：紅外線通訊技術
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%A2%E5%A4%96%E9%80%9A%E8%AE%AF%E6%8A%80%E6%9C%AF>
33. DIGITIMES 中文網原文網址：短距離無線傳輸技術分析
http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?CnID=13&packageid=8567&id=0000377870_A7O9E4NO6QED6D1AJD2KP&cat=45&ct=1#ixzz3TxeZKGuP
34. [Tech Spot] 解析室內定位五大技術
<http://www.hope.com.tw/DispNews-tw.asp?O=HJWC6A09T98SA A0MEP>
35. 行動通訊的發展與應用
<http://podcast2.fhsh.khc.edu.tw/assets/attached/313/original/2-2-%E8%A1%8C%E5%8B%95%E9%80%9A%E8%A8%8A%E7%9A%84%E7%99%BC%E5%B1%95%E8%88%87%E6%87%89%E7%94%A8.ppt?1381219979>
36. 4G / LTE 產業之發展
<http://cc.asia.edu.tw/news/1030312%E6%BC%94%E8%AC%9B%E8%B3%87%E6%96%99.ppt>
37. 維基百科，藍芽
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%97%8D%E7%89%99>
38. 無線通訊三巨頭-藍牙、RFID、NFC 之探討
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/11/2013111612364576.pdf>
39. 應用 Zigbee 無線網路進行室內定位之研究
<http://oplab.im.ntu.edu.tw/csimweb/system/application/views/files/ICIM/20120242>
40. RFID 室內定位挑戰重重結合 LBS 可望提供個人化導航服務
http://www.2cm.com.tw/coverstory_content.asp?sn=0701010882
41. 無線射頻辨識技術與即時定位系統之整合應用

- 用 http://setsg.ev.ncu.edu.tw/Portals/0/workshop/20080623_%E7%84%A1%E7%B7%9A%E5%B0%84%E9%A0%BB%E8%BE%A8%E8%AD%98%EF%BC%88RFID%E7%BC%89%E6%8A%80%E8%A1%93%E8%88%87%E5%8D%B3%E6%99%82%E5%AE%9A%E4%BD%8D%E7%BC%88RTLS%E7%BC%89%E7%B3%BB%E7%B5%B1%E4%B9%8B%E6%95%B4%E5%90%88%E6%87%89%E7%94%A8.pdf
42. RFID-電子標籤 <https://sites.google.com/site/rfiddianzibiaoqian/>
43. Lyngsoe Systems Passenger Services http://www.lyngsoesystems.com/airport/passenger_service.asp
44. 想留下躲女廁 女越勞壓垮機場天花
板 <http://udn.com/news/story/7320/901344-%E6%83%B3%E7%95%99%E4%B8%8B%E8%BA%B2%E5%A5%B3%E5%BB%81-%E5%A5%B3%E8%B6%8A%E5%8B%9E%E5%A3%93%E5%9E%AE%E6%A9%9F%E5%A0%B4%E5%A4%A9%E8%8A%B1%E6%9D%BF>
45. 全球最佳機場服務人員桃機奪
冠 <http://udn.com/news/story/7314/762045-%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9C%80%E4%BD%B3%E6%A9%9F%E5%A0%B4%E6%9C%8D%E5%8B%99%E4%BA%BA%E5%93%A1-%E6%A1%83%E6%A9%9F%E5%A5%AA%E5%86%A0>