

# Beacon 微定位技術應用於行動載具驗票系統之研究

## Mobile Ticketing Validation System with Micro-location Based Beacon Technology

鄭逸民

國立臺北科技大學

Yi-Min Cheng

Email: future801113@gmail.com

陳英一

國立臺北科技大學

Ing-Yi Chen

Email: ichen@mail.ntut.edu.tw

### 摘要

Beacon 為低功率藍芽(Bluetooth Low Energy)訊號發射器, Beacon 的出現使智慧型手機能快速與生活周遭進行互動, 手機應用程式可透過接收 Beacon 訊號即可做出各式各樣的線上或線下回應。Beacon 擁有唯一且加密過的應用參數, 包含 UUID、Major、Minor, 使應用程式能精準且安全的呈現收到 Beacon 訊號後的對應行為。

本研究應用 Beacon 於數位票證的驗證上, 除了探討票券的數位化外, 更透過 Beacon 的特性實現數位票證自動化且安全的驗證, 主要運作模式是透過 Beacon 傳送加密的 Key 至手機, 程式藉由此 Key 與手機中的數位票證進行比對, 以完成數位票證的驗證。目前本研究結果已應用於主要電影院中, 且每個月有 10% 的用戶透過 Beacon 進行數位票證的防偽驗證。

本研究遵循軟體工程的規範發展, 從最初的需求分析、軟體架構到最後的軟體測試、維護等都依照基本的軟體工程架構發展。更以 Scrum 方式快速迭代以控管需求變更及快速發展。

**關鍵字：**Bluetooth Low Energy、Beacon、Mobile Ticketing

### 一. 序論

隨著智慧型手機的盛行, 越來越多的行為與手機離不開關係, 但也有些行為無法輕易改變, 無法快速達到資訊化的成果, 主要原因在於現有設備無法符合資訊化的需求及使用者已經習慣原有的使用行為, 若要改變原來的習慣, 必定要經過一番腥風血雨。

但由於物聯網設備的盛行及舊習慣的不便利性, 票證數位化也漸漸出現, 但現行數位票證多數都只做了第一步, 也就是只有線上購票系統或 App 購票機制, 但最終都需要使用者親自到現場領取紙票, 且在使用紙票時都需要人工依依核對, 這樣根本無法做到票證完全數位化。從購票、領票到最後的驗票過程相當繁瑣, 若又加上人山人海的人潮勢必會造成非常多的不便利。

為了要使票證完全數位化, 除了要有完善的 App 購票機制外, 還需要有精準且安全的驗票機制。而驗票的行為是為了防偽, 目前使用人工的方式驗

證票的資料進而證明票的真偽, 若能將防偽、驗證的行為交給 App 即可將票證完全數位化, 達成無紙票的目的。

目前為了解決購票排隊的問題, 也已經出現很多解決方案, 例如(1)使用網頁購票系統, 購票完成後將票務的資料以 Mail 或簡訊的形式寄到使用者手上, 使用者再至 7-11 進行領票或至現場領票(2)直接於 7-11 ibon 系統或現場購票機器購票並領取紙票, 但這些行為這無法做到票證數位化。

目前有越來越多的技術能讓手機與現場環境進行互動, 包含 Quick Response Codes(QR Code)、Near Field Communication(NFC)、Bluetooth Low Energy(BLE、Beacon)[1], 而目前台灣高鐵以 QR Code 做到票證完全數位化, 於 App 買票後產生驗票 QR Code, 驗票時透過掃描 QR Code 進行防偽、驗證。本論文將著重在近年火紅的 Beacon 設備, 將 Beacon 用在數位票證的驗票上面, 並比較三種技術的優缺點。

### 二. 技術分析

票證數位化後的驗票流程可以用很多種方式達成, 主要都是以手機與各種感知技術整合的應用以下分別針對三種技術 QR Code、NFC 及 Beacon 作分析比較[2]:

#### (1) Quick Response Codes(QR Code)

QR Code 是二維條碼的一種, 英文字面上的意思為快速反應, 即 QR Code 能輕易且快速的讀取到內容。此外 QR Code 的產生也相當容易, 主要使用四種標準化編碼格式, 包含數字、字母數字、字節(二進制)及漢字, 也就是說 QR Code 能快速儲存各種文字形式。此外 QR Code 能輕易被讀取, 只要使用手機的相機對準 QR Code 即可馬上讀取 QR Code 內的資訊, 進而做進一步的應用。

三種技術相比, QR Code 的成本最低也最容易使用, 只需將 QR Code 印出來或是呈現上手機上即可, 無須任何額外的硬體支援, 因為幾乎所有手機都有相機功能, 但 QR Code 的缺點就是掃描太慢, 每一次使用都需要打開相機並對準 QR Code 掃描, 且容易受環境影響, 若環境太亮或太暗都有可能掃描不到。

## (2) Near Field Communication(NFC)

近場通訊(NFC)又稱近距離無線通訊，運用短距離的高頻無線通訊技術進行傳輸，有效距離大概為 20 公分，NFC 裝置能進行非接觸式的點對點資料傳輸，例如通訊錄、音樂、影片、資料等，NFC 的最大資料傳輸量是 424 kbit/s，雖然 NFC 傳輸距離短但也因此較能作私密通訊，且不易受干擾，所以常用在行動支付的應用[3]。

NFC 技術常見的應用還有 NFC Tag，NFC Tag 含有 NFC Chip 使支援 NFC 的手機能快速從 Tag 中取得資料，能做到類似 QR Code 的應用，但 NFC 具備雙向傳輸及寫入資料的能力，所以能比 QR Code 有更廣泛的應用。但成本相對 QR Code 就高許多，因為 QR Code 只需透過軟體就能產生，但 NFC 需有一個個獨立的硬體，且 NFC 有個致命的缺點，目前大多數的智慧型手機不支援 NFC。

## (3) Bluetooth Low Energy(BLE、Beacon)

低功耗藍芽(BLE)是一種無線傳輸技術，最遠距離可達 30 公尺，耗電量相當低且幾乎所有的手機都支援 BLE。

本論文主要著重在使用 BLE 技術的裝置 Beacon，Beacon 如其名為一座燈塔，主要能隨時單向廣播藍芽訊號，除了訊號外也將預先設定的資訊發射出去，使支援 BLE 的設備能搜尋到並取得資料加以應用。Beacon 還能做到室內精準定位，能運用 Beacon 算出手機與 Beacon 的距離及方位，稱為 Ranging；也能隨時偵測手機是否進入或離開 Beacon 場域，稱作 Monitoring，最重要的是 Beacon 擁有唯一的 Key 可作為加密資料使用，以做更進一步的應用[4][5]。另外 Beacon 不需與手機進行配對互動，單純只作為發射訊號使用，且使用距離遠大於 QR Code 及 NFC。

下表 1 比較三種技術的特性：

表 1：技術比較表

	Beacon	NFC	QR Code
連線方式	廣播	點對點	相機
支援度	高	低	高
速度	快	快	慢
距離	遠	近	近
訊號穩定度	中	高	X

綜合以上比較，數位票證的驗票機制若使用 Beacon 實現，擁有較安全且友善的使用行為，因為 App 可於背景自動接收 Beacon 訊號進行驗票，無須進行任何配對工作，接下來將針對 Beacon 的應用做進一步的介紹。

## 三. Beacon 基本原理

Beacon 為低功耗藍芽訊號發射器，訊號最遠可達 100 公尺，電量平均可長達三年，又依廠牌、參數設定有所不同，圖 1 可見各廠牌的 Beacon。



圖 1：各廠牌的 Beacon

各廠牌的 Beacon 也會有不同的附加功能，如 SENSORO 的雲子 Beacon 可依環境明亮度傳回光度的資料、Estimote 的 Accelerometer 可回傳加速度資料。

## 四. Beacon 應用參數

Beacon 主要的應用參數包含 UUID、Major、Minor、RSSI、Proximity Zones，次要的參數包含 Broadcasting Power、Advertising Interval、Temperature、Accelerometer、Brightness、Battery，以下分別對主要應用參數做進一步介紹[6]：

- UUID – Beacon 唯一識別碼
  - 550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000
  - 32個16進位數字
  - 位元大小  $16^{32}=2^{128}$  (16bytes)
- Major、Minor – 1 - 65535 的整數數字
  - 用來作為AP的應用參數，例如A分店Major為1，B分店Major為2；A分店又裝了很多Beacon，可再分別以Minor作為劃分
  - 位元大小  $2^{16}$  (2bytes)
- RSSI – 訊號的強度
  - 可以用來估算設備與Beacon的距離 (公尺)
  - 通常使用多顆Beacon計算，來做到精準定位
- Proximity zones – 設備與Beacon的大略距離
  - Immediate
  - Near (1 – 3m)
  - Far
  - 使用多顆Beacon可用來判斷設備與Beacon的相對方位

UUID、Major及Minor為Beacon的識別參數，每一顆Beacon皆可透過管理程式對此三個參數做修

改，以符合商業應用，但由於製作Beacon的廠商非常多，在管理上也會有所不同，例如有些Beacon是在出廠時就將的UUID燒死在設備中，也就是無法透過軟體修改參數而變得彈性較低，但近年來的新產品皆直接提供管理介面，包含App及後台管理程式，使開發人員能快速因應應用直接修改Beacon的參數，也便於管控部署於各地的設備。如圖 2 April Brother的Beacon提供管理App，使開發人員可以快速針對過廠商的App修改參數，而不需要自己拿SDK再額外寫一個管理程式；而後台管理程式，如圖 3，可以用來快速查核所有Beacon設備的使用狀況，包含電量、是否正常運作等，而電量及運作資訊主要在使用管理App時將必要資訊更新到後台，以便於隨時更新Beacon狀態[7]。



圖 2：April Brother App 管理介面

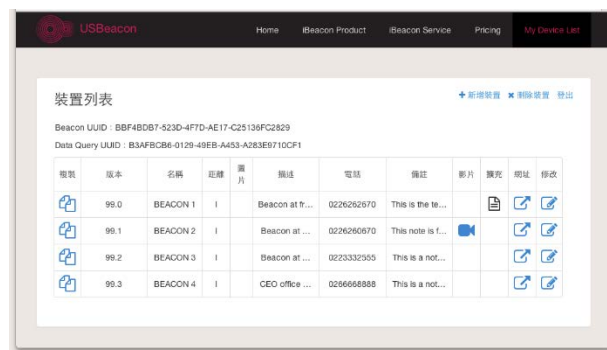


圖 3：USBeacon 後台管理介面

以下分別對次要應用參數做進一步介紹：

- Broadcasting Power – 發射功率
  - Beacon 訊號的強度
  - 功率越高、訊號越強，發射到較遠的距離
  - 此值與耗電量成正比關係
- Advertising Interval – 廣播頻率
  - Beacon 訊號發射的頻率
  - 範圍介於 100~2000ms
  - 此值與耗電量成反比關係

- 電量、亮度、溫度

與 UUID、Major、Minor 一樣，發射功率及廣播頻率可透過管理 App 進行調整，這兩個值較常用在一個場域中若有許多 Beacon 就需要特別設定，例如使用 Beacon 做美術館的藝術品導覽，就須將發射功率降低，以讓 App 能更精準地偵測到正確的裝置。

## 五. Beacon 應用架構

透過應用參數 Beacon 可以被應用在各式各樣的場域，例如商家導航、特約店行銷廣告、數位票驗證等，以下將進一步說明如何使用到各場域。如圖 4 當手機處於不同位置，可以針對場域呈現不同的應用，例如當使用者一踏入電影院，進到 Beacon 的範圍(Far)，立刻可以推播最新一檔期的電影資訊給使用者；再進一步走到美食區(Near)再推播一則爆米花優惠的資訊給使用者；最後若 App 中存有數位票證，靠近影廳後(Immediate)再自動叫起 App 快速完成驗票程序[8][9]。



圖 4：App 依 Proximity zones 給予不同回應

另外 App 再依 Beacon UUID、Major、Minor 的不同給於更豐富的體驗，其中這些 App 應用包含線上作業(圖 5)及線下 O2O 作業(圖 6)。



圖 5：收到 Beacon 訊號線下作業



圖 6：收到 Beacon 訊號線上作業

Beacon 實際的應用流程大致上為：當手機進入 Beacon 場域，會開始收到藍芽訊號，且可能會同時收到很多 Beacon 的訊號，這時再依 UUID、Major、Minor 判別屬於自己 App 的 Key，再拿此 Key 與雲端服務或 App 進行比對，確認 Key 沒有問題後立刻給予適當回應。

主要分為五大步驟(如圖 7)：

- (1) App 收到 Beacon 訊號
- (2) App 取得 Beacon 的 Key (加密)
- (3) App 將 Key 傳到雲端驗證 (防偽)
- (4) 雲端將應用資訊傳回 App
- (5) App 給予應用回應

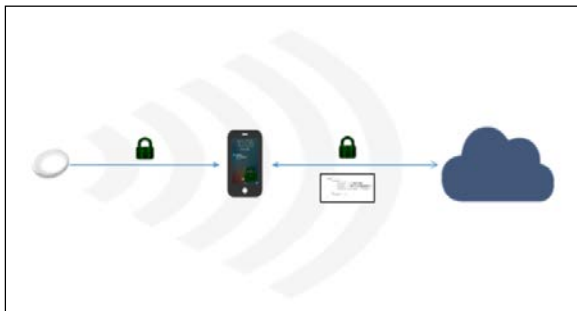


圖 7：App 與 Beacon 實際互動流程

## 六. 系統分析

目前雖然智慧型手機非常盛行，但在票券方面還是需要使用紙票，紙票不僅不環保還造成使用者相當不便利，因為都已經可以於網站或 App 購買票，但卻還需要領紙票，且還有可能需要排隊領票，若能將紙票數位化，透過手機 App 做到目前紙票的行為，及可減少大量印票及人力的成本，更進一步還可追蹤所有票券的使用行為，進而做各式各樣的統計分析。

線上購票及 App 購票已經相當盛行，但最終基本上都是需要印出紙票讓現場人員檢驗，只有少數應用使用 QR Code 驗票，而目前既然已經存在很多 App 購票的行為，本論文建立在此基礎下，試圖建立一套完整的數位票證機制並搭配 Beacon 驗票取代傳統紙票的應用，如圖 8。

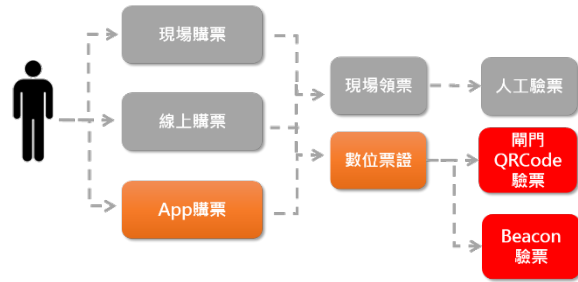


圖 8：Beacon 數位票證

## 七. 系統架構

延續前面章節介紹的 Beacon 使用流程，將 Beacon 使用在驗票分為以下流程：

- (1) App 收到 Beacon 訊號
  - 依 Major、Minor 區別影廳、票證
- (2) App 取得 Beacon 的 Key (加密)
- (3) App 將 Key 傳到雲端驗證 (防偽)
  - 辨別票證是否為真
- (4) 雲端將驗證結果傳回 App
  - 紀錄票證使用狀態
- (5) App 給予驗票完成回應
  - 系統自動完成檢驗防偽程序
- (6) 工作人員確認驗票完成畫面

為使票券 App 能快速串接以上流程，系統開發了 Beacon 模組及票夾模組，使 App 能快速打通與 Beacon 的連線及完整使用數位票證的行為，另外也發展了訊息模組，以快速用 Beacon 來進行行銷推播，以下針對三個模組進一步說明：

- (1) Beacon 模組，封裝 Cordova Beacon API
  - 透過模組快速打通應用與底層的連線
    - 快速取得底層藍芽、背景權限
    - 快速取得 Beacon 訊號監聽權限
  - 透過模組可快速與 Beacon 串接
    - 可依應用快速設定 UUID、Major、Minor
    - 可依情境快速調整收到訊號後的行為(Call Back Function)
- (2) 票夾模組，封裝票券的應用邏輯
  - 模組化通用的票券資料
    - 提供票券資訊基本欄位
    - 使用非結構化設計，可任意擴展欄位
  - 透過模組快速將票券與 Beacon 串接
    - 結構化的票券生命週期紀錄 (透過 Beacon 精準紀錄使用狀況)
- (3) 訊息模組，封裝 Local Notification (Offline Push) 及 Message Box
  - 透過模組設定收到 Beacon 訊號後的推播訊息
    - 依 Proximity zones 遠、中、近發



### 出客製化通知訊息

- ▶ 可依實際距離設定客製化訊息
- 透過模組可快速建構訊息紀錄
- ▶ 顯示並記錄所有由 Beacon 觸發的訊息 (行銷廣告)

將 Beacon 應用在數位票證除了便於驗票之外，其中的行銷應用也非常吸引人，例如當使用者透過 App 購買了電影票，到了現場進入了 Beacon 場域，即可馬上推播爆米花優惠的行銷活動給使用者，進而促進買氣；再者更可以在使用者接近影廳時，先將 App 的狀態調整為選票畫面，使整個驗票流程更加流暢；最後再以完整且自動化的驗票流程完成查核驗票，如圖 9。



圖 9：進入 Beacon 場域事件

### 八. 系統實作

基於以上解決方案及應用模組，為電影票券實作一套 Beacon 驗票機制。基於票券模組，發展出電影票夾(如圖 10、圖 11)，當購票完成後，將數位票券直接存於 App，並且每張票券帶有唯一的識別 ID；基於 Beacon 模組，快速打通 App 與底層的服務連線，再透過簡單的設定將 UUID、Major、Minor 與影城、影廳的綁定，實現數位票證全自動化驗票機制，驗票包含以下流程：(1)透過票夾選取要驗的票種(2)開始驗票後只要進入 Beacon 場域即可自動驗票(3)最後透過現場公園人員確認驗票完成(如圖 12、圖 13、圖 14、圖 15)；最後基於訊息模組，將時(圖 16)地(圖 17)的優惠訊息透過 Beacon 精準行銷。圖 18 展現整個驗票過程。



圖 10：票券畫面



圖 11：票券展開畫面



圖 12：驗票中



圖 13：自動驗票



圖 15：完成驗票



圖 14：驗票流程示意圖



圖 16：Beacon 行銷



圖 17：實地行銷



圖 18：自動驗票實際流程

## 九. 結論

在過去，無論透過網站、APP 或任何平台購票，最終可能都需要印出紙票，浪費了許多資源及時間；現在將 App 整合 Beacon 自動驗票機制，可以取代傳統紙票的方式，再加上 Beacon 中多元且安全的應用參數，這套機制基本上可以用在各種票務平台，且這套機制除了除去了紙票外，更有加快驗票時間、降低驗票失誤率、自動紀錄票券生命週期、精準行銷等好處。在未來也有機會將 Beacon 拓展在各個場域，整個生活圈可能將會暴露在 Beacon 的領域之中(圖 19)。

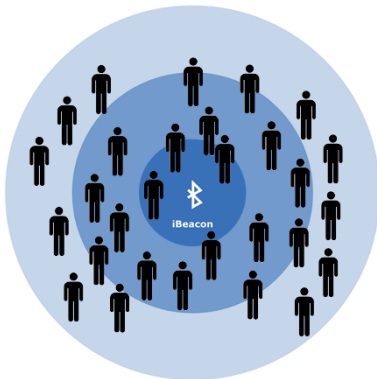


圖 19：生活中到處存在 Beacon 訊號

最後本研究已於 2016 年 04 月 06 日正式在兩大 App 平台 Google Play 和 Apple Store 上線，截至五月中，已有兩萬多人下載此 App(如圖 20、圖 21)，同時已有 5 萬張數位票證透過此機制進行防偽驗證，如表 2 可見上線第一天就有將近千張數位票證使用此自動驗票機制，四月中配合強檔上映，使用率更達到高峰，可見此機制也有一定的穩定度。



圖 20：Google Play 下載狀況



圖 21：Apple Store 下載狀況

表 2：上線後數位票證使用狀況

日期	數位票證
2016-04-06	790
2016-04-07	988
2016-04-08	1256
2016-04-09	2245
2016-04-16	2348
2016-04-17	2635
2016-04-23	7536
2016-04-24	6872

## 參考文獻

- [1] J. Leal, P. M. Costa, T. Galvão, "Exploring ticketing approaches using mobile technologies: QR Codes, NFC and BLE," *International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2015.
- [2] L. Finžgar, M. Trebar, "Use of NFC and QR code Identification in an Electronic Ticket System for Public Transport," 2011.
- [3] S. M. Nasution, E. M. Husni, A. I. Wuryandari, "PROTOTYPE OF TRAIN TICKETING APPLICATION USING NEAR FIELD COMMUNICATION (NFC) TECHNOLOGY ON ANDROID DEVICE," *International Conference on System Engineering and Technology*, 2012.
- [4] W. N. Narzt, S. Mayerhofer, O. W. S. Haselböck, N. Höfler, "Be-In/Be-Out with Bluetooth Low Energy: Implicit Ticketing for Public Transportation Systems," *International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2015.
- [5] S. Kajioka, T. Mori, T. Uchiya, I. Takumi, H. Matsuo, "Experiment of Indoor Position Presumption Based on RSSI of Bluetooth LE Beacon," *Global Conference on Consumer Electronics*, 2014.
- [6] S. Noguchi, M. Niibori, E. Zhou, M. Kamada, "Student Attendance Management System with Bluetooth Low Energy Beacon and Android Devices," *International Conference on Network-Based Information Systems*, 2015.
- [7] M. Choi, W. K. Park, I. Lee, "Smart Office Energy-Saving Service Using Bluetooth Low Energy Beacons and Smart Plugs," *International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, 2015.
- [8] M. Portnoi, C. C. Shen, "Location-Aware Sign-on and Key Exchange using Attribute-Based Encryption and Bluetooth Beacons," 2013.
- [9] J. T. Mattila, J. Kiljander, J. P. Soininen, "Advertising semantically described physical items with Bluetooth Low Energy beacons," 2013.