

以 RFID 為主的 IoT 之研究—以 N 博物館文創商品管理為例

姜國輝¹ 翁瑞聲²
^{1,2} 國立政治大學資訊管理學系
¹jkchiang@nccu.edu.tw
²kendisogmail.com

Keywords: RFID, Internet of Things, DNS, ONS

摘要

IoT 被各國視為未來發展的目標，RFID 已廣泛被各界應用且被視為實現 IoT 的關鍵技術。而 IoT 的定義不明確一直是 RFID 與 IoT 發展的阻礙。本研究藉由探討 IoT 和 RFID 系統組成，賦予 IoT 明確的定義，並進一步以資訊服務觀點建立以移動式 RFID 為主的 IoT 服務架構，以實現人啟動服務、設備啟動服務及物件啟動服務。其中，移動式 RFID 設備上的軟體可將唯一識別碼轉換成 DNS 系統查詢的完整網路名稱(FQDN)，然後依循 DNS 系統查詢方式，找到特定 ONS 伺服器，ONS 伺服器回傳 FQDN 所對應的服務網址以啟動服務。本研究並以 N 博物館為個例，利用此一 IoT 服務架構設計文創基金商品設計、銷售、管理的 IoT 服務。

關鍵詞: RFID，物聯網(IoT)，DNS，ONS，服務

Abstract

While Internet of Things (IoT) is considered as the most important technological development by the most countries, RFID technology is widely applied and becomes the key mechanism for IoT implementation. However, the unclear definition of IoT is a barrier to the aggregation of RFID and IoT. Through an investigation by means of literature review on the evolution of IoT and RFID, this paper at first clarifies the definition of IoT and further constructs a RFID-based IoT service framework from the information service perspective. This paper classifies the IoT services into three categories, viz. human-enabled service, device-enabled service and object-enabled service. To realize aforementioned services, the software on mobile RFID devices has to translate the unique ID into the FQDN in the form of DNS URL and then finds the specific ONS server according to the DNS URL. After that, the ONS server feeds back the URL of the service corresponding to the FQDN to activate the service. Last but not least, this paper presents the IoT service framework for solving problems in the field of creative-cultural product management with examples from the N museum and shows the potential IoT applications.

1. 前言

無線射頻辨識(Radio Frequency Identification, RFID)技術起源於二次世界大戰，戰機的敵我識別(Identification, Friend or Foe, IFF)系統用來偵測並確認飛向機場的飛機是否為己方所有，是為最早的 RFID 技術運用(Banks et al. 2007)。在 2008 年後 RFID UHF 標籤價格降至 5 美分，使得 RFID 技術被大量導入企業的相關應用領域(高志中 2009)。

隨著無所不在的聯網(Ubiquitous Network)之概念的發展，在 2005 年國際電信聯盟(ITU)將物件的概念加入無所不在的聯網中。也就是在網路化的時代，在任何時間與地點，人跟人之間得以透過網路相互聯繫、人透過網路取得物件的資訊，以及物件和物件之間相互通訊，形成一個未來網際網路的新概念，物聯網(Internet of Things, IoT)(Chaouchi 2010)。

在 RFID 被廣泛的應用下，不難理解其具有達成 IoT 的優勢，然而 RFID 該如何與 IoT 作結合，以及結合後又該如何應用？要回答這兩個問題，必須要先了解 RFID 組成、IoT 概念與 IoT 物件為何，以及資通訊設備間如何做溝通與互動。

2. 主要內容

2.1 RFID

2.1.1 RFID 系統組成

RFID 系統由標籤(Tag)、天線(Antenna)、讀取器(Reader)、中介系統(Middleware)，和資訊系統(Information System)等五個單元所組成，讀取器利用電磁波的方式與標籤溝通，在一問及一答間達到辨識標籤上的資訊(高志中 2009)。RFID 系統組成可參考圖 1，以下分述之：

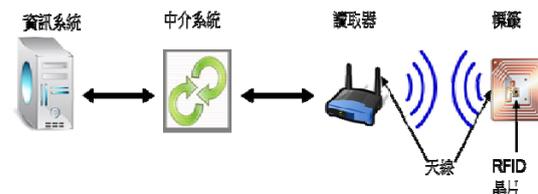


圖 1 RFID 系統組成 [2]

(1) 標籤

EPCglobal 將 RFID 標籤分成主動和被動式兩種(Armenio et al. 2010)。EPC 編碼系統中的通用識別碼(General Identifier, GID)，可因應不同產業需求調整編碼設計，使得商品物件能有全球獨一無二的編碼；GID 編碼格式分成四個區塊分別為 EPC 標頭(Header)、通用管理者代碼(General Manager Number)、物件類別(Object Class)，和序號(Serial Number)(EPCglobal 2011)。

EPC 標頭定義 EPC 的長度、識別類型和標籤的編碼結構；通用管理者代碼為組織代號或公司代碼，需向 EPCglobal 註冊取得；物件類別用來辨識物件的商品與類型，共有 24 bit 可區分 16,777,216 種商品；序號賦予特定物件類別每個物件一個唯一序號，有 36 bit 代表同種類商品，最多可賦予 68,719,476,736 個商品全球唯一代碼。

(2) 讀取器與天線

讀取器通常包含無線通訊模組(RF Module)和控制模組(Control Module)。而讀取器主要的功能就是透過無線通訊模組，以電磁感應或射頻共振的方式，與標籤通訊並取得資料，再透過控制模組以有線或無線的方式將取得的資料傳輸給主控制器。通常讀取器必須具備與標籤通訊、防碰撞、透過標準介面與後端系統連接傳遞資訊、讀取的標籤相關資訊與時間、識別固定或移動中的標籤等。

根據使用的場合不同讀取器可分為固定式和手持式兩種。固定式讀取器通常設置於停車場入口、倉庫出入口及門禁入口等受管制的開門，讀取通過出入口貨品、人員、車輛…等上面的標籤。手持式讀取器因機動性高移動性佳之特點，方便倉儲管理人員做行動式物品清點與盤點作業。

(3) 中介軟體

中介軟體的用處在於橋接前線設備與應用程式或系統間的接口，其功能主要有二；其一是做為從應用系統傳達指令給前線設備的命令轉譯器，其二係做為整理從前線設備取得的資料，並轉譯成對應用系統有意義的資料之轉換功能。通常可以分為三個模組，分別為讀取器介面、標籤訊息處理，和應用系統介面(高志中 2009)。以下則分述：

(3.1) 讀取器介面

提供讀取器硬體中介軟體通訊的介面，透過這個介面可以設定參數(讀取器參數、天線參數)、讀寫標籤編號，並透過有線或無線的方式聯結遠端監控讀取器。

(3.2) 標籤訊息處理模組

a. 標籤訊息過濾：過濾無法辨識、無關聯、多

餘或重複的標籤資料。

- b. 事件資料整合：接收來自不同讀取器的標籤資料，並利用演算法群組、歸類或分析統計成事件。
- c. 自動控制：監控事件變化，並且致動其他設備進行自動控制，例如：商品 RFID 標籤未消磁通過開門則觸發警報器。
- d. 資料轉換：依照後端資訊系統需求，將資料轉換成不同格式。

(3.3) 應用系統介面

提供後端資訊系統取得經過過濾、整合和轉換後的標籤資料。

(3.4) 資訊系統

資訊系統例如企業資源系統、供應鏈系統、顧客關係管理系統、庫存管理系統…等，接收與處理讀取器取得的資料，透過使用 RFID，使得資訊系統能夠與實體世界連接，對於事件發生能快速的知覺並且做出反應，增進現存資訊系統能力。

2.2 IoT

2.2.1 IoT 的定義

由於 IoT 涵蓋領域甚廣，IoT 的定義目前並沒有有一個統一的觀點，相關 IoT 定義整理如表 1。

表 1 IoT 相關定義

定義	作者
IoT 可被概念地定義為：擁有自我配置能力的動態全球網路基礎設施，且利基於標準和可互相運作的通訊協定，讓實體和虛擬的物件(Things)有身份、實體屬性，和虛擬人格，並且利用智慧界面無縫地整合進資訊網路中。	Vermesan et al. (2011)
未來的 IoT 使得可唯一識別的物件與其虛擬表示形式，透過網際網路作連接，或連接物件的身份、狀態、位置到額外資訊，或連接物件任何其他商業、社交或私人相關資訊。無論是否有財務支付，這樣的連接形式超過原本提供資訊的成果，並提供預先定義以外的參與者存取資訊。在正確的數量、條件、時間，和地點，提供準確和適當的資訊存取，並要求合適的價格。IoT 不是無所不在/普式運算(Ubiquitous/Pervasive Computing)的代名詞，它包含了 IP 協定、通訊科技、內嵌設備、應用程式、人聯網(Internet of	Uckelmann et al. (2011)

<p>People) , 或組織內 / 跨組織 (Intranet/Extranet)物聯網等所有方法。</p>	
<p>IoT是未來Internet不可分割得一部份。可被定義成擁有自我配置能力的動態全球網路基礎設施,且利基於標準和可互相運作的通訊協定,讓實體和虛擬的物件(Things)有身份、實體屬性,和虛擬人格,並且利用智慧界面無縫地整合進資訊網路中。在IoT中,物件(Things)被期許成為在商業、資訊,和社交等流程中的主動參與者;它們能彼此互動溝通,透過交換資料和感應(Sensed)環境資訊,在有人或無人的介入下,自動的反應真實世界中的事件,甚至藉由執行觸發動作和創造服務影響事件。介面以服務的形式促進與智慧物件(Smart Things)在Internet上互動(查詢、改變狀態,以及任何與其相關的資訊)並考慮安全和隱私問題。物聯網是一套讓真實世界中的任何物體隨時連結的網絡,透過網際網路技術讓各種實體物件、自動化裝置彼此溝通和交換資訊。...讓任何物體可以隨時和其他物體溝通...交換資訊,達到控制和通訊的目的。</p>	<p>CERP-IoT (2009, 2010) IoT-EUROPE (2009)</p>
<p>一個全球網路基礎設施,透過開發資料捕捉和通訊能力,連接實體和虛擬物件。這基礎設施包含現存且發展中的Internet與網路建設。它會提供特定的物件識別、感測器,和連接能力,作為發展獨立合作服務和應用的基礎。具有高度自動化資料捕捉、事件傳遞、網路連接性,和互相運作性等特性。</p>	<p>CASAGRAS (2010)</p>

2.2.2 IoT 中的物件

ITU (2005)認為IoT的發展有賴於四個關鍵技術的進步,分別是RFID、感應器(Sensor)、內嵌智能(Embedded Intelligence)、奈米科技(Nanotechnology);物件要能被識別,使物件的資料能被收集和處理,RFID在這方面是關鍵技術;物件要能感測實體環境的改變、資訊,或狀態,這要依靠感應器的發展;內嵌智能技術能更進一步的賦予物件網路通訊和資訊處理能力;另外為使資訊科技物件體積更小增加可攜性,需仰賴奈米科技;結合這些關鍵技術的發展可以創造IoT世界。

2.2.3 RFID 技術於IoT的應用

使用RFID技術使標示物成為所謂的智慧物件是否就是IoT應用,這其實可以從RFID技術如何被應用來看,Chiang et al.[2007]認為RFID的應用遷移可分做四個階段:

- (1) Proprietary: 企業或政府組織使用RFID,設計特定系統追蹤特定資產,這些追蹤資訊通常只被使用和保留於企業和政府組織內部。
- (2) Compliance: 企業為配合重要的合作顧客或符合監管機構要求,而使用RFID技術,但通常企業內並未使用RFID相關資料。
- (3) RFID-Enabled Enterprise: 企業使用RFID資訊改善企業內部流程;此階段使用RFID的企業會與其他夥伴,在穩固的標準、安全與穩固的網路上分享RFID資訊。
- (4) Internet of Things: RFID技術使用將要邁向的階段;RFID技術和其他能達成IoT的技術,與高度標準化和顧客所需求的獨特產品相結合,在這個基礎上會使人們對資訊、實體物件,和地點之間所認知的關係,產生巨大的改變。

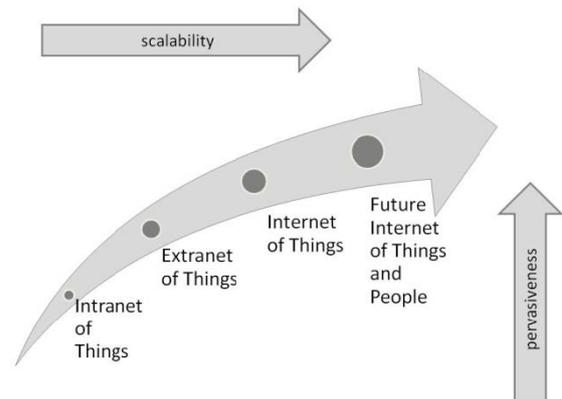


圖 2: 從IoT至未來IoT願景的階段區分 [21]

另外可以從IoT的角度來看其發展如圖2所示,大致上可分成三個階段 Intranet of Things、Extranet of Things,和 Internet of Things [Uckelmann et al., 2011; Zhou, 2012],概念上與RFID使用型態的遷移相類似,像是企業使用RFID技術,追蹤定位產品或資產等物件,和改善企業流程等,將RFID技術應用於組織內部管理屬於 Intranet of things,而進一步擴大RFID技術應用,串連企業上下游甚至整個供應鏈,將RFID資訊分享於企業間屬於 Extranet of Things,再進一步延伸既有應用支援開放 Internet 架構就可達IoT的範疇。

2.3 服務架構

Michael (2007)認為服務領域有三個重要的角色,分別為物件(Thing)、設備(Device)、人(Human),並認為移動式RFID服務(Mobile RFID Services)依

照其啟動型態作區別可分為三種，分別是人啟動服務(Human Initiated Services, HIS)、設備啟動服務(Device Initiated Services, DIS)，和物件啟動服務(Thing Initiated Services, TIS)等，以下分述：

- (1) 人啟動服務：通常使用者利用裝載 RFID 讀取器的手機(Mobile RFID)，啟動在手機裡的應用程式，讀取物件上的 RFID 標籤並獲取相關資訊。
- (2) 設備啟動服務：網路內的 Mobile RFID 或其他設備啟動的服務，而非透過人或物件啟動服務。
- (3) 物件啟動服務：在無人為介入的情況下，行動設備讀取到標籤所啟動的服務。例如當保全人員帶著 Mobile RFID 手機經過貼有 RFID 標籤的門，Mobile RFID 手機裡的服務會啟動，並識別門上的 RFID 標籤，作為保全人員的巡察紀錄。

2.4 IoT 與 RFID

ITU 對於 IoT 物件所描述的相關能力包括被識別、資料傳輸(通訊)、感應環境資訊、資訊處理等，此節探討 RFID 相關限制與如何架構 RFID 為主的 IoT 服務架構。

2.5 RFID 標籤應用上的限制

本研究將 RFID 與 IoT 作結合，RFID 標籤可附加在物件上，然而 RFID 技術應在 IoT 中有些限制整理如表 2 所述：

表 2 RFID 標籤在 IoT 應用中的限制

	被動式 RFID 標籤	主動式 RFID 標籤
識別	具備	具備
資料傳輸(通訊)	有限能力 說明：標籤需靠讀取器的電波獲取所需電源，才能回應標籤資訊，為被動通訊能力和與其他物件通訊的能力。	有限能力 說明：無法與其他物件直接通訊，需透過中介媒體如讀取器、中介軟體，或後端資訊系統等輔助。
感應環境資訊	不具備 說明：根據 EPCglobal 定義，不具備此能力。	有限能力 說明：根據 EPCglobal 定義，此功能為選擇性具備。
資訊處理	說明：受限於電源，標籤內晶片資訊處理能力有限，無法執行複雜運算。	說明：電源的使用為支援長距離與主動通訊，標籤內晶片資訊處理能力有限，無法執行複雜運算。

2.6 RFID 為主的 IoT 應用

綜合上述，要設計 RFID 為主的 IoT 應用需具備三個要素，如下分述：

- (1) 智慧系統(Smart System)：RFID 標籤需要智慧系統支援。
- (2) 物件命名服務(Object Name Service, ONS)：為了要在 RFID 標籤離開企業資訊系統範圍時，能將標籤裡的 EPC 與服務作對應。
- (3) 記錄標籤被讀取器讀取的資料：像是標籤 X 被天線 Y 在時間 T 讀取到，並轉換成高階事件資料，再利用如 EPCglobal 架構中定義的伺服器如 EPCIS(EPC Information System)，捕捉、儲存和提供查詢，透過事件資料啟動相關的程式或服務。

2.7 IoT 服務架構

在了解本研究的 IoT 物件後，接著我們要了解 IoT 物件如何透過服務相互運作，基於 Michael (2007)的服務架構，我們設計了 IoT 服務架構，如圖 3 所示。

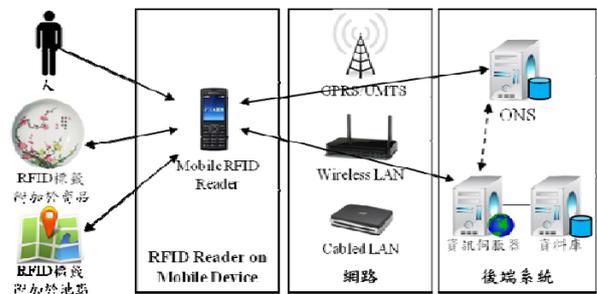


圖 3 IoT 服務架構

資料來源：本研究整理

3. IoT 服務案例設計

本研究之個案單位為 N 博物館，N 博物館典藏歷史悠久的中華瑰寶，收藏珍貴藏品總數超過六十五萬件。N 博物館各式文創基金商品(以下簡稱基金商品)，目前由文化行銷處基金管銷科(以下簡稱基金科)負責，營運基金商品進貨、出貨、儲存、經銷...等作業，基金商品材質如銅器、瓷器、塑膠、絲綢、紙張等，共計約 300 餘種，每年平均商品流通量 100 萬件，基金商品出入庫頻繁。

本研究以 N 博物館的基金商品銷售情形為個案，並以本研究 IoT 服務架構設計應用案例三種，以下分述：

3.1 物件啟動服務案例：

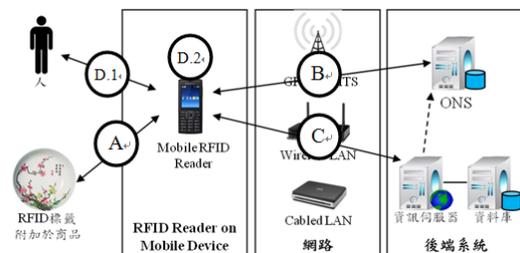


圖 3 IoT 服務架構—TIS

商品和地點有附上 RFID 標籤，消費者可以利用裝有 RFID 讀取器的移動裝置(如具有 NFC 功能的手機)感應 RFID 標籤啟動服務，本研究設計感應產品和地點等標籤的物件啟動服務案例，如下分述：

3.1.1 感應產品 RFID 標籤

(1) 參考圖 3，移動式 RFID 設備感應產品 RFID 標籤後(A)，取得產品唯一識別碼(例：urn:epc:id:gid.0614141.3.0)。

(2) 移動式 RFID 設備上的程式將唯一識別碼轉換成可透過 DNS 系統查詢的完整網路名稱(Fully Qualified Domain Name, FQDN, 例如：0.3.0614141.gid.id.onsepc.com.)，依循 DNS 系統查詢方式，找到特定 ONS 伺服器(B)，ONS 伺服器回傳 FQDN 所對應的服務網址(例：http://www.example.com/product/12345)。

(3) 得到 FQDN 所對應的服務網址後，移動式 RFID 設備上的程式會做兩件事情，以下分述：

(3.1) 開啟基金商品介紹網頁並儲存查詢紀錄
移動式 RFID 設備上的程式依此服務網址(例：http://www.example.edu.tw/product/12345)向伺服器提出請求，伺服器回傳網頁資訊(C)，其中包括基金商品相關資訊，以及所對應的文物資料(如：文物的數位圖像)，在移動式 RFID 設備上開啟(D.1)，並同時傳送查詢紀錄給伺服器。



圖 4 移動裝置開啟網頁

3.1.2 啟動移動式 RFID 設備上程式的服務

使用 FQDN 所對應的其他服務網址，購買商品網址，和使用者活動網址，移動式 RFID 設備上的程式在取得這兩個網址後，改變程式的使用者介面(D.2)；購買商品網址的使用，會在人啟動服務的部分描述，而使用者活動網址的使用，會在設備啟動服務的部分描述。

3.2 人啟動服務案例

基金商品銷售量多，常使得結帳櫃台大排長龍，造成營運上的困擾；此案例使用 IoT 方式解決商品購買問題，讓消費者可以透過移動裝置直接購買商品，減少排隊時間。感應過地點標籤後，如圖 5 的購買商品按鈕進入購買畫面，步驟如下分述：



圖 5 更新程式畫面

- (1) 使用者操作移動式 RFID 設備程式的使用者介面，進入自助購買基金商品使用者介面(A)。
- (2) 移動式 RFID 設備利用感應商品上的 RFID 標籤得到商品唯一識別碼(B)，移動式 RFID 設備上的程式將唯一識別碼轉換成可透過 DNS 系統查詢的 FQDN，依循 DNS 系統查詢方式，找到特定 ONS 伺服器(C)，ONS 伺服器回傳 FQDN 所對應的服務網址。
- (3) 移動式 RFID 設備的程式依此服務網址向伺服器取得商品資訊(D)，並更新使用者介面裡的基金商品清單與交易金額，第二和第三步驟會一直重複直到使用者確定欲購買基金商品清單。
- (4) 當使用者確定欲購買基金商品清單，然後點擊購買按鈕，交易的相關資訊會傳遞至伺服器(E)，並存取第三方金流服務，交易的結果會回傳至移動式 RFID 設備給使用者知道(A)，完成自助交易流程。

3.3 設備啟動服務案例

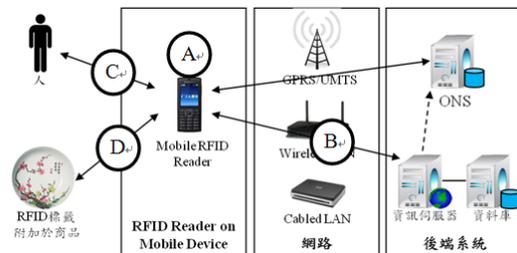


圖 6 IoT 服務架構—DIS

參考圖 6，感應過附加在地點的標籤後，移

動裝置上的程式會以定時的方式，每 10 秒向使用者事件伺服器發出請求更新事件，若有新事件會通知使用者，步驟如下分述：

- (1) 使用者操作移動式 RFID 設備程式的使用者介面，進入自助購買基金商品使用者介面(A)。
- (2) 移動式 RFID 設備的程式向後端系統請求使用者活動資料(B)。
- (3) 得到後端系統回覆後，移動式 RFID 設備更新使用者介面和活動資料，若有新事件則提醒使用者查閱(C)。
- (4) 當使用者確定欲購買基金商品清單，然後點擊購買按鍵，交易的相關資訊會傳遞至伺服器(E)，並存取第三方金流服務，交易的結果會回傳至移動式 RFID 設備給使用者知道(A)，完成自助交易流程。

4. 結論與討論

本論文整理了 IoT 相關的定義，我們發現：RFID 技術和其他能促進 IoT 的技術可以與高度標準化和用戶所需求的獨殊物件相結合；在這個基礎上 IoT 會促成人們對資訊、實體物件，和地點之間關係的認知。基於此一觀點，我們建構了一個 IoT 服務架構，它包括了人、附於地點和附於物件之 RFID 標示，行動裝置之 RFID 讀取器，網路及後端系統。其中，移動式 RFID 設備可將唯一識別碼轉換成 DNS 系統查詢的完整網路名稱，然後依循 DNS 系統查詢方式，找到特定 ONS 伺服器，ONS 伺服器回傳網路名稱所對應的服務網址。透過上述設計，我們倡議考量人、設備，以及物件間的互動方式設計相關 IoT 創新服務。

在前述 IoT 服務架構的基礎上，本研究以 N 博物館為個案，設計相關 IoT 應用，驗證架構的正確性與可行性，並解決基金商品在設計鏈、務流及銷售管理方面的問題。由於在此一個案上之成功，本研究所提出之 IoT 服務架構及相當技術實可供 IoT 的設計與服務應用做為參考，並更進一步之發展。

5. 參考文獻

- [1] 高佑嘉，2010，下一波資訊發展浪潮：物聯網時代即將降臨，資策會 FIND，Retrieved September 15, 2011。
- [2] 高志中，2009，RFID 資訊應用系統之設計實務，台北縣：博碩文化。
- [3] 陳瑞順，2009，RFID 概論與應用，台北縣：全華圖書。
- [4] 張琳一，2012，晶隼科技推出可內建手機超低價 UHF RFID 讀取器模組，DIGITIMES，Retrieved September 25, 2012，取自：
http://www.digitimes.com.tw/tw/iot/shwnws.asp?cnlid=15&cat&packageid=5920&id=0000278515_G2C4KHR02FGKXS4PQUC3Y。
- [5] 鍾曉君，2011，智慧聯網商業模式發展評析，資策會 FIND，Retrieved May 30, 2012。
- [6] Armenio, F., Barthel, H., Dietrich, P., Duker, J., Floerkemeier, C., Garrett, J., Harrison, M., Hogan, B., Mitsugi, J., Preishuber-Pfluegl, J., Ryaboy, O., Sarma, S., Suen, K., and Williams, J. "The EPCglobal Architecture Framework," EPCglobal, Dec. 15 2010 (available online at http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/architecture/architecture_1_4-framework-20101215.pdf).
- [7] Banks, J., Hanny, D., Pachano, M. A., and Thompson, L. G. RFID Applied John Wiley & Sons, New Jersey, 2007.
- [8] CASAGRAS "RFID and Inclusive Model for the Internet of Things," CASAGRAS, 2010 (available online at [http://www.grifs-project.eu/data/File/CASAGRAS%20FinalReport%20\(2\).pdf](http://www.grifs-project.eu/data/File/CASAGRAS%20FinalReport%20(2).pdf)).
- [9] CERP-IoT "Internet of Things Strategic Research Roadmap," CERP-IoT, Sep. 15 2009 (available online at http://www.grifs-project.eu/data/File/CERP-IoT%20SRA_IoT_v11.pdf).
- [10] CERP-IoT "Vision and Challenges for Realising the Internet of Things," CERP-IoT, Mar. 2010 (available online at http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Clusterbook_March_2010.pdf).
- [11] Chaouchi, H. The Internet of Things: Connecting Objects ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc., London and Hoboken, 2010.
- [12] EPCglobal "GS1 EPC Tag Data Standard 1.6," EPCglobal, Sep. 22 2011 (available online at http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal/tds/tds_1_6-RatifiedStd-20110922.pdf).
- [13] EPCglobal "EPCglobal Standards Overview," EPCglobal, 2012 (available online at <http://www.gs1.org/gsm/kc/epcglobal>).
- [14] IoT-EUROPE "Introduction," IoT-EUROPE, 2009 (available online at <http://www.internet-of-things.eu/introduction>).
- [15] ISO/IEC "Standards and projects under the direct responsibility of JTC 1/SC 31 Secretariat," ISO/IEC, May, 8 2012 (available online at http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_e_tc_browse.htm?commid=45332).
- [16] ITU "The Internet of Things," ITU, Oct. 28 2005 (available online at http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf).
- [17] Michael, M. P. "Architectural solutions for mobile RFID services for the internet of things," in: Computer Science, Helsinki, Helsinki, 2007.
- [18] NCC "認識頻率," NCC, 2012 (available online at <http://freqdb.ncc.gov.tw/Portal/NCCB01Q.aspx>).
- [19] NEC "RFID 頻段," NEC, 2012 (available online at http://tw.nec.com/zh_TW/solutions/rfid/outline02.html).
- [20] Uckelmann, D., Harrison, M., and Michahelles, F. Architecting the Internet of Things Springer-Verlag New York Inc, New York, 2011.
- [21] Vermesan, O., and Friess, P. Internet of Things-Global Technological and Societal Trends From Smart Environments and Spaces to Green ICT River Publishers, London, 2011.
- [22] Ward, M., Kranenburg, R., and Backhouse, G. "RFID: Frequency, standards, adoption and innovation," JISC Technology and standards Watch, May 2006 (available online at <http://www.rfidaa.org/upload/documents/PDF/RFID%20explained.pdf>).
- [23] Welbourne, E., Battle, L., Cole, G., Gould, K., Rector, K., Raymer, S., Balazinska, M., and Borriello, G. "Building the internet of things using RFID: the RFID ecosystem experience," Internet Computing, IEEE (13:3) 2009, pp 48-55.