

國立台東大學資訊管理學系
碩士論文

整合 EPC 網路與無線感測網路之異質網路閘道設計
**Integration of EPC Network and Wireless Sensor Network
for Heterogeneous Network Gateway Design**

研究生：鄭淳瀚 撰

指導教授：張耀中 博士

林育珊 博士

中華民國九十八年七月

國立台東大學
學位論文考試委員審定書
系所別：資訊管理學系

本班 鄭淳瀚 君

所提之論文 整合 EPC 網路與無線感測網路之
異質網路閘道設計

業經本委員會通過合於 碩士學位論文 條件

論文學位考試委員會：

李官陵

(學位考試委員會主席)

林育珊

張耀中

(指導教授)

論文學位考試日期：98 年 7 月 15 日

國立台東大學

附註：1. 本表一式二份經學位考試委員會簽後，送交系所辦公室及註冊組或進修部存查。

2. 本表為日夜學制通用，請依個人學制分送教務處或進修部辦理。

博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之論文為授權人在 國立臺東大學 資訊管理學系碩士班 _____ 組 98 學年度第二學期取得 碩士 學位之論文。

論文題目：整合EPC網路與無線感測網路之異質網路閘道設計

指導教授：張耀中

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文（含摘要），非專屬、無償授權國家圖書館及本人畢業學校圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

1 讀者基非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關規定辦理。

授權人：鄭淳瀚

簽名：_____

鄭淳瀚

中華民國 98 年 07 月 28 日



博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為本人在 國立臺東大學 資訊管理 系(所)

組 97 學年度第 2 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：整合 EPC 網路與無線感測網路之異質網路開道設計

本人具有著作財產權之論文全文資料，授權予下列單位：

同意	不同意	單 位
☐	☒	國家圖書館
☐	☒	本人畢業學校圖書館
☐	☒	與本人畢業學校圖書館簽訂合作協議之資料庫業者

得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或其他各種數位化方式重製後散布發行或上載網站，藉由網路傳輸，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印。

☐同意 ☒不同意 本人畢業學校圖書館基於學術傳播之目的，在上述範圍內得再授權第三人進行資料重製。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請

文號為：_____，請將全文資料延後半年再公開。

公開時程

立即公開	一年後公開	二年後公開	三年後公開
			☒

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：張耀中 (親筆簽名)

研究生簽名：鄭淳瀚 (親筆正楷)

學 號：9601305 (務必填寫)

日 期：中華民國 98 年 7 月 27 日

1.本授權書(得自 <http://www.lib.nttu.edu.tw/theses/> 下載)請以黑筆撰寫並影印裝訂於書名頁之次頁。

2.依據 91 學年度第一學期一次教務會議決議:研究生畢業論文「至少需授權學校圖書館數位化,並至遲於三年後上載網路供各界使用及校內瀏覽。」

授權書版本:2008/05/29

誌 謝

人生中總是有許多的奧妙與選擇，想當初在填寫志願卡時，因為自己是台東的小孩子，又加上雙親較年長而哥哥也在外地唸書，讓我毅然決然地將台東大學列為志願序的首先選擇，而我也順利地考上台東大學資訊管理學系，之後也進一步考上台東大學資管研究所，雖然唸到碩士卻未曾到外面的世界探索過，但我也學到了許多人生以及研究的意義，在台東大學的六年光陰中，讓我從一個小孩轉變為成熟的大人，讓我學到了研究與人生相同的意涵，因為時間不會重來，在相同的時間點或許每個人都有每個人學習到的成長經驗，但重要的是無論人生與研究的路上遇到多少挫折，它都能伴你成長讓自我更有勇氣邁向下一個人生階段。

父母與家人的支持是我能順利完成碩士學業最大的動力來源，雙親總是以嚴以律己寬以待人的原則來教導我，再加上兄長一路上在學業以及人生的陪伴讓我獲益良多，也讓我體會到家人是最可貴的一件寶藏，希望在未來也能秉持著雙親的尊尊教誨在人生的路上乘風破浪一路過關斬將功成名就。

在研究的路上是辛苦且孤獨的，所幸在一路上有我的指導老師以及實驗室的夥伴與我互相扶持，在這兩年的時間很感謝張耀中老師，老師的諄諄教誨讓我獲益良多，對於研究以及人生上的醍醐灌頂也對我有極大的影響，也同時要感謝東華大學的李官凌老師不辭辛勞地給予學生口試指導與建議，也謝謝林育珊老師在學生的論文寫作上的細心指導。在實驗室的兩年光陰中多虧有實驗室的學弟妹陪伴讓我可在研究閒暇之餘能放鬆心情，感謝蔡頭、范姜、吉米、敏敏、小嫻以及麵包，一路上不管在研究、作計畫、比賽甚至學業上都能互相提攜與成長，希望未來各自在人生的旅途上都能大放異彩。

努力的人，為了不是他人的掌聲，而是一個肯定的眼神。這兩年的研究生涯讓我成長許多，也讓我能夠驕傲地說：我做到了！

鄭淳瀚 謹識於國立台東大學資訊管理學系
民國九十八年七月

整合 EPC 網路與無線感測網路 之異質網路閘道設計

作者：鄭淳瀚

國立台東大學 資訊管理學系碩士班

摘 要

無線射頻辨識系統(RFID)和無線感測網路(WSN)為在此波 U 化網路浪潮中最重要的兩種技術，其兩者無論在研究的擴張性以及應用的普及性上均相當豐富，不過目前在兩者結合之應用上仍舊缺乏普遍性的計算與有效的資料關聯架構，並且整體性的全面架構始終沒有一個整合性的設定與協定。本篇研究主要目標是結合無線辨識系統(RFID)與無線感測網路(WSN)架構，希望利用無線感測系統的及時性，再配合 RFID EPC 網路的一致性與便利性，建造一個多功能的複合系統(Compound System)，以其提供一個便利的環境讓使用者能選擇所需功能來做設計。而在另一方面，面對數位家庭的來臨，家庭及中小企業裡所使用的網路相關設備也相對與日俱增，本研究爾後也計畫結合 OSGi (Open Services Gateway Initiative) 技術來建構一個 OSGi Gateway，透過 OSGi Framework 來執行此工作，以加速對於數位家庭內異質網路(Heterogeneous Network)技術之整合。

關鍵詞：無線射頻辨識系統(RFID)、無線感測網路(WSN)、複合系統(Compound System)、異質網路(Heterogeneous Network)

Integration of EPC Network and Wireless Sensor Network for Heterogeneous Network Gateway Design

Cheng Chun Han

Abstract

The most critical technologies in the third wave of computing called ubiquitous network are RFID and Wireless sensor network. Both of them not only have high research expansion but also wide application popularity. Although we have the high popularity of RFID and WSN, yet the insufficient welcome calculation and effective data framework lead to disintegrated setting and protocol. This thesis aims at the integration of RFID and WSN, which is the combination of features of the instantaneity of WSN and the consistency and convenience of RFID EPC. This groundbreaking combination can create a compound system to provide a convenient environment for users to choose what they need for their works. On the other hand, facing the upcoming of digital family, the internet and its peripheral equipments are more crucial to families and firms. We also plan to adopt OSGi to build an OSGi Gateway in the future. We can execute this process through OSGi Framework in order to accelerate the integration of heterogeneous networks in digital family.

keyword : RFID 、 WSN 、 Compound System 、 Heterogeneous Network

目錄

摘 要.....	3
ABSTRACT.....	4
目 錄.....	5
圖目錄.....	7
表目錄.....	9
第一章 緒論.....	10
1.1 研究背景與動機	10
1.2 研究問題與目的	12
1.2.1 現階段RFID與無線感測網路現況與應用	12
1.2.2 整合RFID與無線感測系統分析	14
1.2.3 OSGi數位家庭研究	15
1.3 研究流程	16
1.4 論文架構	17
第二章 文獻探討.....	18
2.1 無線感測網路(WSN).....	18
2.1.1 無線感測網路介紹.....	18
2.1.2 無線感測網路應用.....	21
2.2 無線射頻辨識技術(RFID).....	27
2.2.1 無線射頻辨識技術介紹.....	27
2.2.2 無線射頻辨識技術應用.....	37
2.3 EPCGLOBAL網路	41
2.3.1 EPCglobal網路介紹	41
2.3.2 EPC系統網路技術	44
2.4 OSGi	49
2.4.1 OSGi系統規範與介紹	49
2.4.2 OSGi技術與架構	50
2.5 WiMAX	55
2.5.1 WiMAX技術介紹	55
第三章 研究方法.....	57
3.1 情境模擬	57
3.1.1 RFID/EPC情境模擬.....	57

3.1.2 EPC/WSN情境模擬	58
3.1.3 RFID/EPC/OSGi情境模擬.....	59
3.2 系統流程與架構	61
3.2.1 RFID/EPC系統流程與架構.....	61
3.2.2 EPC/WSN系統流程與架構	62
3.2.3 RFID/EPC/OSGi系統流程與架構.....	64
第四章 系統設計與實作.....	66
4.1 軟硬體規劃	66
4.2 系統設計與實作	70
第五章 效能分析與測試.....	74
5.1 系統測試	74
5.2 效能分析	76
第六章 結論.....	80
6.1 研究結論	80
6.2 未來計畫及建議	81
參考文獻.....	82

圖目錄

圖 1.1：家庭異質網路互連通訊技術.....	11
圖 1.2：研究流程圖.....	16
圖 2.1：無線感測網路示意圖.....	18
圖 2.2：CODEBLUE 緊急通報架構.....	23
圖 2.3：整合感測功能之智慧塵晶片.....	25
圖 2.4：智慧之塵感測概念.....	26
圖 2.5：RFID 工作原理圖.....	26
圖 2.6：RFID 與 RFID READER 架構圖.....	27
圖 2.7：歐、亞、美主要國家 UHF 運用狀況.....	29
圖 2.8：各種樣式的 TAG.....	31
圖 2.9：各式讀取器.....	32
圖 2.10：EPC 64 位元的三種編碼版本.....	34
圖 2.11：EPC 96 位元編碼.....	35
圖 2.12：WAL-MART 導入 RFID 情境.....	38
圖 2.13：VERICHIP 晶片.....	39
圖 2.14：EPCGLOBAL 標準架構.....	40
圖 2.15：EPCGLOBAL 物聯網架構.....	41
圖 2.16：ONS 系統.....	46
圖 2.17：PML 功能模組.....	47
圖 2.18：OSGi 服務架構標準.....	49
圖 2.19：OSGi 架構.....	51
圖 2.20：OSGi 的框架與介面規格.....	53
圖 3.1：智慧型行動採購系統流程.....	61
圖 3.2：RFID/EPC 系統架構.....	61
圖 3.3：EPC/WSN 系統架構.....	63
圖 3.4：EPC/WSN 系統架構(使用 WiMAX 傳輸).....	64
圖 3.5：RFID/EPC/OSGi 系統架構.....	65
圖 4.1：Root ONS 資料庫資料.....	69
圖 4.2：無線感測網路系統資料表.....	70
圖 4.3：閘道器系統網路介面.....	71
圖 4.4：無線感測網路與 EPC 網路運作流程.....	73
圖 4.5：結合 EPC 與無線感測網路之生態監測系統介面.....	73
圖 5.1：讀取 1000 筆資料每一筆資料所需時間(EPC Network).....	75
圖 5.2：讀取 1000 筆資料每一筆資料所需時間(結合閘道器).....	75

圖 5.3：EPC、WSN與閘道器系統綜合比較	76
圖 5.4：EPC系統網路流量	77
圖 5.5：WSN系統網路流量	77
圖 5.6：閘道器系統網路流量	78
圖 6.1：複合式整合服務應用資訊平台架構.....	81



表目錄

表 1.1：RFID相關應用範疇.....	12
表 2.1：Barcode與EPC之比較.....	29
表 2.2：RFID在各頻段的應用.....	31
表 2.3：RFID 標籤主動式與被動式比較.....	32
表 2.4：EPC碼資料基本結構.....	36
表 2.5：UCODE資料結構.....	36
表 2.6：802.16 主要標準比較.....	55
表 2.7：WLAN及WiMAX之比較.....	56
表 5.1：各種系統比較分析表.....	79



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

資訊科技的演變時至今日已有突破性的發展，各種不同類型的資訊技術隨著科技的進步如同雨後春筍般出現，大量的資訊系統、軟體或是硬體都提供人們相當多的助益，也因為資訊科技對於人們在處理事情上面有輔助的效果，因此導入資訊科技於產業中也遂成趨勢，藉此以達到縮短作業時間、決策支援提供或是系統整合…等目的。基於電腦運算的第三波潮流，也就是科學家馬克魏瑟所提出的『無所不在的電腦運算(Ubiquitous Computing)』，馬克魏瑟也認為在這波的浪潮中資訊科技應退居於幕後，他強調電腦運算應該是看不見的，不應該以任何形式存在於某些特定的個人裝置上，反而是應該無所不在地運作在人類生活之後，呈現一種無聲無息的存在。而在此波 U 化時代下最重要的兩個技術即為無線感測網路(WSN)與無線射頻辨識技術(RFID)，因為它們都具備即時性、便利性以及實用性的特點，而且最重要的是這兩種的技術其應用層面都非常的廣，但一般來說這兩者的應用範疇是不盡相同的，大部分的無線感測技術是應用在實體環境的監測，而無線射頻辨識的技術在最早是應用在供應鏈的管理上。雖然當前無線射頻辨識系統和無線感測網路的普遍性已相當高，但總是缺乏普遍性的計算與有效的資料關聯架構，在目前許多的研究中，大部分的重點都放在兩者的資料彙整方式與網絡連結方式，整體性的全面架構始終沒有一個整合性的設定與協定。本研究主要目標是結合無線辨識系統與無線感測網路架構，希望利用無線感測系統的及時性，再配合 RFID EPC 網路的一致性與便利性，建造一個多功能的複合系統，以其提供一個便利的環境讓使用者能選擇所需功能來做設計，並藉由情境的模擬來讓使用者能夠體會兩套系統結合後所能提供的效益，因此本研究將針對 RFID 技術之 EPC 網路架構實作與 WSN 結合之系統。

而在另一方面，面對數位家庭的來臨，家庭及中小企業裡所使用的網路相關設備與日俱增。資訊家電 (Information Appliance) 的概念興起，具有「易用、方便、資訊化」以及「可連網」的家電用品將大量出現在家庭及中小企業網路之中。除此之外，多樣化且異質的互連通訊技術也必然的會在數位家庭中共存(圖 1.1)，例如：Bluetooth、IEEE 1394、USB (Universal Serial Bus)、HAVi (Home Audio Video Interoperability)、IrDA (Infrared Data Association)、IEEE 802.3、IEEE 802.11、Jini、UPnP (Universal Plug and Play)、Power Line over Ethernet、Sensor Network、RFID Network、Home Plug 與 HomePNA 等。

藉由上述情境的描繪，可以預見在未來的數位家庭裡將會有一整合性的介面產生，以管理如此多樣化的異質網路通訊技術。畢竟，使用者只對他所能使用的服務感到興趣，而不會在意通訊協定是如何運作的。為了能夠完全實現並達到在數位家庭裡各種不同類型設備能互相通訊的好處，每種設備必需能夠自動的去發現在同一家庭裡面的其它裝置並且與其做通訊，以利提供一個能夠跨不同技術的整合性服務。為了達到對家庭異質網路技術的有效控管，智慧型的管理協調者必需擔任這樣的工作，本研究也計畫分析 OSGi (Open Services Gateway Initiative) 技術來建構一個 OSGi Gateway，透過 OSGi Framework 來執行此工作，以加速對於數位家庭內異質通訊網路技術之整合。

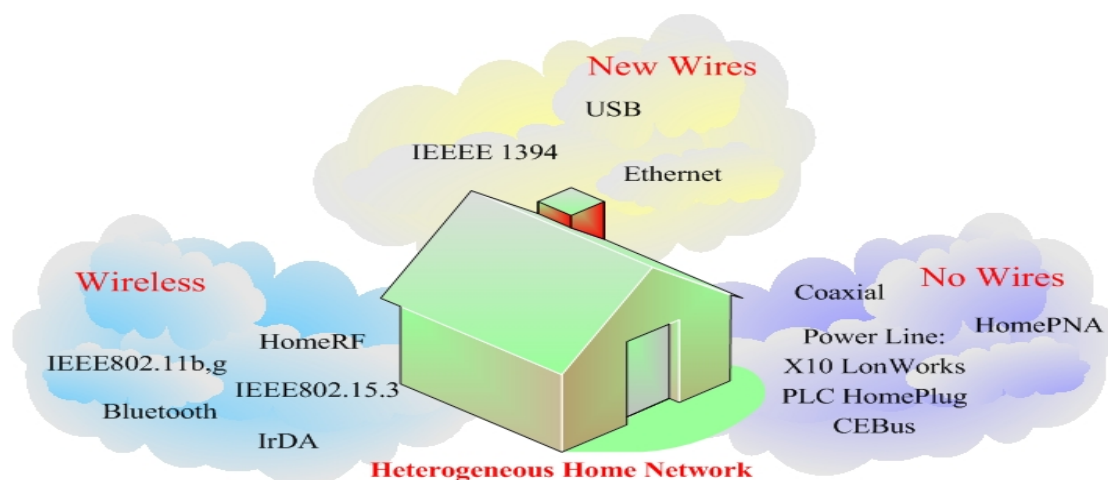


圖 1.1：家庭異質網路互連通訊技術

1.2 研究問題與目的

基於前述背景與動機，本研究主要的研究問題如下：

1. EPCglobal 網路架構研究。
2. 無線感測網路架構研究。
3. OSGi 架構研究。
4. 異質網路應用效益與設計。

而為了研究上述問題，本研究必須深入探討 EPCglobal 網路、RFID 系統、無線感測網路以及 OSGi 等系統規範，進行相關研究與分析，再透過系統的設計與實作來呈現整體架構。至於本研究的目的則有以下分述：

1.2.1 現階段RFID與無線感測網路現況與應用

近年來由於無線射頻物件辨識(RFID)技術快速之發展，使低成本、可大量涵蓋的與可佈署大面積的無線射頻物件辨識器有突破性的進展。RFID 系統主要是由讀取器(Reader)、感應器(Transponder)與中介系統(Middleware System)三者串聯而成的無線射頻物件辨識架構，由這三者串聯而成之無線射頻物件辨識架構形成未來生產線自動化、物料管理與物流業新興架構以及應用(表 1.1)。

表 1.1：RFID 相關應用範疇

	RFID應用範疇
安全	人員管制、車輛出入之管理
防盜	汽、機車保全
醫療	病歷資料、門禁管理、藥物追蹤、居家與安養老人看護與醫療廢棄品管理等
運輸	貨物運送、定位
工作追蹤	倉儲配送與管理、製程管理
車輛識別	電子收費停車場、電子收費路段
畜牧	牲畜或寵物之管理

另一方面，由國際組織 EPCglobal Inc.所倡導的 EPC Network 為 RFID 應用之標準科技，目前世界各大零售通路如 Wal-Mart、Tesco 及 Metro、P&G、Gillette 等皆積極參與電子商品條碼(Electronic Product Code, EPC)之應用。由於 RFID Tag 與 RFID Reader 之間的傳輸通常依各家硬體廠商設計而各有不同，當 RFID Code 被讀取之後，傳遞至 RFID Middleware 進行後續管理運作，EPC Network 則負責 Middleware 對外網路之溝通介面。雖然 RFID 發展至今已慢慢走向漸趨成熟與穩定的協定與規格，但還是脫離不了三個發展的問題，分別是國際標準規格的制定、技術瓶頸上的突破以及最重要成本的降低，而這些因素也相對地影響到其日後發展與應用上的困難，本研究也將針對現行 RFID 的各種規格與協定做詳細的分析，以利日後應用與規劃上的考量。

而至於無線感測網路則是以佈署大量的無線感測節點(Wireless Sensor Node)在監測之環境，來組成一個具有低電量消耗(Low Power Consumption)、低成本(Low Cost)之無線感測網路(Wireless Sensor Network)，而目前較常見的應用則有：

- 醫療照護
- 軍事和災難感測
- 橋樑安全監控系統
- 環境監控
- 工廠管理
- 日常生活監視保全應用
- 農業

無線感測系統在目前的應用中主要都是用來偵測溫度、溼度、光線(照度)等等的資訊，再將資料傳回做進一步的分析與參考，因為普遍需要長時間的偵測過程，所以有下列事項必須注意：

- 電池待機的壽命
- 因氣候因素所需要的應變措施
- 主機端維護的考量
- 資料量的擷取與時程的安排

雖然無線感測系統能提供相當多的資訊與功能，但其缺點也是必須注意之事項，而資料的正確性、即時性與環境因素的考量性也將是日後研究與應用上所需不斷維持與改善的重點。

1.2.2 整合RFID與無線感測系統分析

在現今的研究當中，有許多的技術都朝向 RFID 與無線感測網路的整合，然而，由於 RFID 與 WSN 之間有很多不同的特徵與特性，所以常被區分為不同的技術且在開發上也南轅北轍，根據 RFID 的設計架構來看，目前要支持更高等的主動式標籤或是智慧型的感應裝置則有一定的難度，也就是因為如此原因才讓 RFID 技術目前還只是停留在辨識物件的功能上。而另一方面，無線感測網路的應用在目前還是存在於比較小型且較封閉式的環境中，而且無線感測網路在目前要達到較巨觀且大規模的網路也相對困難，雖然有研究指出將感測網路的感應器作為新一代 RFID 的標籤來應用，但因其牽扯到硬體方面的技術與成本上的考量，且無線感測網路在目前也還無法與大量異質的感測網路做資料交換。

基於上述原因且其相關研究也都只專注於單一技術，使得目前在於 RFID 與無線感測網路的整合上還未能有一個標準的基本架構，且目前國內外針對無線感測網路以及 RFID 整合性系統的研究尚未成熟，多數的研究大半在硬體的協定配合或是離型化的設計，相較於真正用於計算的巨觀整體架構則鮮少所見。由於許多的規格界面是由不同廠商所生產的裝置，如何整合與管理不同系統所構成的複

雜網路環境，以及如何提供跨平台異質網路之整合管理技術，將會是本研究中必需面對的重要研究課題之一。

1.2.3 OSGi數位家庭研究

OSGi 起源於 1999 年三月，是由一些家用閘道器相關產業廠商所組合而成的組織，目前約有八十餘家廠商加入。目前最新的標準是 OSGi Specification 4.0，而根據 OSGi 規格所實作出來的產品則有 SUN JES2.0(Java Embedded Server)、IBM Websphere、Oscar 等系統。OSGi 定義了一個開放性的平台，透過這個開放性的平台，不同廠商所開發出的服務軟體及設備都能互相溝通及搭配使用。OSGi 架構主要由三種元件所組成：Framework、Bundle 和 Service。Framework 架構在 Java VM(Java Virtual Machine)上，Bundle 則是執行於 Framework 上的應用程式，而 Service 是 Bundle 所提供(Export)或所需(Import)的介面服務。從遠端下載的 Bundle 會在 OSGi Framework 上自動安裝、執行，並跟 OSGi 平台註冊 Bundle 所提供分享或所需要的服務(Service)。OSGi 規範的主要目的是制定一個開放的標準介面，讓廣域網路的服務可以和家庭網路中的設備相互溝通。目前 OSGi 已獲得上百家廠商支持，而 OSGi 4.0 的標準已在 2005 年 10 月公佈，除了支援眾多的廣域網路傳輸技術以及區域網路或家庭網路標準外，OSGi 還具備了遠端控制、網路安全、網路零管理及平台獨立等特性。OSGi 為一開放性的平台，使得遠端軟體服務供應商所提供的應用程式及加值服務，能視使用者需求，隨時下載至靠近用戶的閘道系統上，並且自動安裝執行。透過這個開放性的平台，不同廠商所開發出的服務軟體及設備都能互相搭配使用。目前 OSGi 組織的標準是基於以 Java 技術為基礎，並且於網路上即可取得 Open Source，對於 OSGi Gateway 系統設計，有極大的助益。透過 OSGi 系統，數位家庭內的各種家電設備，皆能輕易的連上網路。

1.3 研究流程

本研究流程分為六個部份，說明如下：

1. 研究背景與問題確認，分析目前研究領域上的現況，提出更完善之改進與研究動機。
2. 針對 RFID、無線感測網路、EPC 網路、WIMAX 以及 OSGi 等等技術進行探討，整理文獻以作為本研究之理論與技術基礎。
3. 透過情境的描繪與需求的設計，針對異質網路做深入的分析與研究，再藉由架構的設計來了解其運作流程。
4. 分析不同情境下不同系統之設計需求與技術，接著再挑選適合之軟硬體設備逐一實作。
5. 根據實際實作之系統進行資料的搜集與分析，歸納出不同系統之效能與測試結果，提出可行之架構。
6. 針對本研究統整出結論與建議，並提出未來發展方向之探討。



圖 1.2：研究流程圖

1.4 論文架構

本論文架構共分為六個章節，各章之大要分別敘述如下：

第一章緒論：說明研究背景與動機、研究問題與目的以及研究流程，旨在表達異質網路系統的意義與內涵，以及目前 RFID 與無線感測網路技術的發展情形，進而分析異質網路結合設計的概念。

第二章文獻探討：這個章節首先介紹了無線感測網路，以及其目前發展應用之現況，接著介紹無線射頻辨識技術(RFID)之架構與原理以及目前應用情形，而後介紹 EPCglobal 以及 EPC 網路架構，其目的為整合 RFID 相關資訊，並透過此架構概念來做為整合異質網路資訊中的一部份，最後再藉由 OSGi 以及 WiMAX 的介紹，以其在日後充滿異質網路的數位家庭中闡述其重要性。

第三章研究方法：因目前對於 RFID 與無線感測網路之結合架構尚無較明顯之標準，而在此章節中，本研究將會逐步建構每個系統架構，從最基本的 RFID/EPC 網路架構開始，再逐步加入無線感測網路、OSGi 以及 WiMAX 系統，針對每個系統提出情境的設計與系統的流程。

第四章系統設計與實作：在這個章節中主要針對系統之設計與實作，針對不同系統的需求從軟硬體的選擇與規劃開始分析，接著依照其流程設計與實作系統。

第五章效能分析與測試：本章根據前述幾章內容的分析與系統實作，歸納出異質網路所能提供之性能與其效能，藉由異質網路結合後所能提供的效益，整理出往後在於異質網路結合上之參考依據。

第六章結論：本章將整體的分析與實作結果指出其中之意義價值、重要研究成果以及後續改進與加強之建議，並進一步探討本論文在研究上的限制以及未來可能的研究發展方向，有助於本論文與相關有興趣之研究者之延伸及提供後續相關研究之參考。

第二章 文獻探討

2.1 無線感測網路(WSN)

2.1.1 無線感測網路介紹

無線感測網路的發展，最早是美國加州柏克萊大學(UC Berkeley)，David Culler 教授主持的一項研究計劃，稱之為「智慧灰塵(Smart Dust)」。此項計劃由美國國防部研究計劃單位(DARPA)所支助，原先的構想是應用在軍事上，例如：戰場監控、敵情監控等功能。感測器本身就像是一台小型電腦，並配備了簡單的感測、運算、無線傳輸等裝置可以針對環境中事物(如溫度、光源等)做偵測，並將所收集的資料先進行簡單運算處理後，再透過無線傳輸裝置將資料傳回。感測器的設計以省電、價格低廉、體積小、且具有感應環境裝置為目標。

近幾年來，由於製造的技術、通訊技術以及嵌入式處理技術與電池技術的提升，再加上其體積也能越做越小，而促使這類微小的感測器(SensorNode)可具有感應聲音、光線、電、磁、溫度、溼度、運動以及無線通訊及處理資訊的能力，此類感測器不但能夠感應及偵測環境的目標物，並且可以無線方式相互通訊，更能將蒐集到的資訊透過無線通訊的功能將資料傳回至後端的伺服器系統，形成無線感測器網路(Wireless Sensor Network)，也就因為無線感測網路具有如此優勢的技術，使得近年來眾多研究單位以及產業界人士相當看好這類微小裝置的未來前景以及其所能夠發展之應用，而其中也就屬無線感測網路最受大家注目。

由於感測器的硬體設計以成本、體積與耗電為主要考量，因此在無線感測器網路中，裝置節點本身所配備之電源、記憶體以及運算能力均受到極大的限制，因此無線感測器網路是被歸類為一個以任務導向的應用網路型態。

一般無線感測器網路系統架構如圖 2.1 所示，首先將大量的感測器散佈在待感測區域來蒐集各種環境資料，再藉由無線網路將蒐集特定之資訊透過無線資料蒐集器傳回給管理者或使用者手中。由於感測器可能在任意散佈的環境下使用，每個感測器並不知道自己與其他感測器的相對位置，因此感測網路必須使用自我組態(Self-Organization)的協定，將感測器之間自動組織出一個通訊網路，使得所有感測區域中的感測資料皆能透過自我組態所建立的網路，將資料送到無線資料蒐集器。

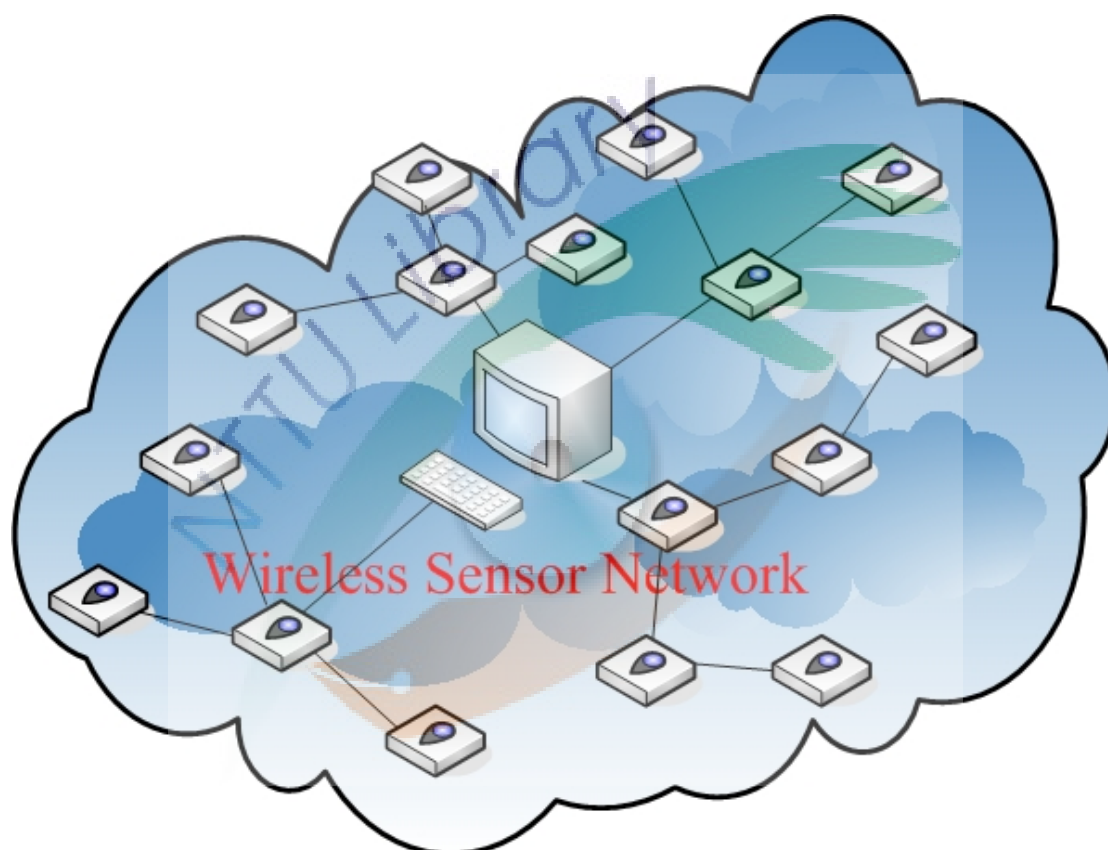


圖 2.1：無線感測網路示意圖

為了達到如此廣泛的應用，大量、小型且相互合作、分散運行的感測器必須具備網路通訊與計算的功能，而與傳統網路不同的是，整個無線感測網路是由大量具有資源限制的感測器所佈署架構而成，因此一些傳統網路或無線網路上需要較高計算能力或儲存容量的機制便無法直接運用至無線感測網路中。無線感測網路乃是在一個待感測區域內分佈高密度之感測節點設備，每個節點依其特定要求

偵測該區域之數據(例如溫度、濕度、壓力等)，再經由無線傳輸技術將所感測收集到之數據傳送至一特定資料匯集設備後，再進行資料分析或做出相對應之行動。在無線感測網路中，各節點之間可以直接通訊，它具有自我組織能力，一方面不但可以簡化網路中的管理，提高其強韌性和彈性，另一方面，當處於動態的狀況下，如位置移動、不確定的連結，和無法預測的流量負載的既定基礎結構下，還是可以作最理想的資源有效使用。

感測網路中的感測器多為微小及便宜的裝置，因而可大量放置於環境中形成一個無線感測器網路以便進行監控任務，其放置的密度端看所需的應用何，可大可小。由於感測器網路的節點個數從數百至數十萬皆有可能，使得網路的管理較為困難，每個感測器都是獨立的個體，形成一個複雜的分散式環境(Distributed Environment)，加上 sensor 的電池可能無法置換，且感測裝置大多是由電池供應能量，往往會因為節點的移動使得路由遭到損壞，再加上感測器為嵌入式系統的裝置，其故障的機會相形提高，所以如何在有限的電量下維護及更新提高網路的路由效能，使得資訊能完整且正確地監測及回報，以及容錯(Fault Tolerant)機制於感測器網路的設計及管理，這些都是無線感測網路中很重要的議題。

目前現有的 wireless Ad-Hoc network 的架構是為最接近感測網路的架構，雖然它們同為無固定基礎結構(infrastructure)型的網路，但現有的 wireless ad hoc 網路協定及演算法大多無法直接應用到感測網路之上，其中導致此結果最主要的幾個原因如下：

- Sensor network 的節點數常是 ad hoc 網路的數十倍至數千倍
- Sensor network 的 sensor node 密度高，sensor node 十分容易故障
- Sensor network 的網路型態(topology)時常改變
- Sensor node 主要使用廣播通訊(broadcast communication)而大部份 ad hoc 網路使用點對點(point-to-point)通訊

- Sensor node 的能量、運算能力及記憶體受到限制
- 由於 Sensor node 數非常大且很多 node 可能進行同樣的偵測及任務，因此 sensor 沒有類似 IP network 中的 IP address 作為共通的識別證 (identification)

近年來的網路發展已逐漸走向行動化，台灣也從原本的 M 化台灣(Mobile Taiwan)逐漸走向 U 化台灣(Ubiquitous Taiwan)，無所不在的網路環境，使得傳統的連線上網方式已經無法應付新生活型態所帶來的挑戰，而無線通訊技術的蓬勃發展，更帶動了無線感測網路的研究，無線感測網路是未來發展的趨勢，也是目前各國的軍事及學術研究單位爭相投入的熱門題目，無線感測系統能提供相當多的資訊與功能，但其缺點也是必須注意之事項。或許在未來數位平台的評估中也能加入視訊功能達到即時觀測的機制，而資料的正確性、即時性與環境因素的考量性將是日後計畫所需不斷維持與改善的重點。

2.1.2 無線感測網路應用

無線感測網路在現今尚未有完整的規範，而在目前的協定架構上是 IEEE 802.15.4 (Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN)為主，其具有低速率、傳輸距離短、低功率、架構較簡單、成本較低廉、體積略小等特性。隨著現今需求及應用不斷的更新，為了符合特殊的環境使用目的，因而有更多特殊規格的感測裝置陸續被開發出來。

在目前較常見的無線感測網路應用有：

- 軍事和災難感測
- 醫療照護
- 建築安全監控系統
- 環境生態監控

- 工廠管理
- 日常生活監視保全應用
- 農業觀測

目前的應用中是以環境監測的應用為最廣且早，而軍事應用則是政府單位所積極重視與推行的，對軍方而言，應用在軍事戰略上，無線感測器可以對敵軍的部隊作偵測並掌握敵軍部隊的位置、同時也可以幫助友軍作偵測與聯繫並達到較有效和較快速的支援；在偵查敵軍方面，無線感測器可以經由地面的震動就可以判斷敵軍在該感測器的附近出沒；在追蹤我方軍隊方面，友軍可以攜帶一個無線電的裝置，固定時間廣播訊息。當數個無線感測器偵測移動物體存在的時候或是移出自己的感測範圍時，就可以定位出其座標；此外，在我軍不容易進入的地形中，亦可以藉由無人飛機在欲監測的區域撒下大量的磁性無線感測器進行監測的任務，感測器則透過無線傳輸的方式將監測資料回報給基地台或控管中心。因此，無線感測網路對於作戰空間可發揮之效益極為可觀，不但可使決策者快速產生作戰空間認知，更可將太空、空中、海上、地面、電磁頻譜與資訊環境的作戰行動同步化。

而至於在一般日常生活的應用中，無線感測網路可用來對周遭的環境做監控，例如：偵測居家或辦公區域內是否可能會發生火災或感測區域內的溫度或溼度是否如預期正常，若是有溫度偏高的地方，代表有可能會發生火災，即可立即回報控管中心，而控管中心也可以直接啟動視訊裝置查看現場狀況，進而判斷是否需要啟動滅火裝置或是通報消防局等應變措施。而在醫療照護的應用方面，可以利用系統的前端作為附著於或植入於人體的醫療感測器，這些感測器透過無線通訊的方式，傳送至位於醫院等醫療單位的後端伺服器系統，然後再由後端系統根據前端醫療感測器所回傳之生理訊號，快速且自動地做決策處理並建議安排所應提供的醫療服務。例如：對病人身體健康狀況的一些相關數據，包含心跳、血

壓、體溫等做遠端監控，一旦有任何異常狀況，即可發出警報通知醫療人員。

以下就針對上述在各領域的應用中舉相關案例作為說明：

1. 居家照護方面：CodeBlue

CodeBlue 為美國哈佛大等與其他研究單位共同合作開發出來的平台，其主要是利用無線感測網路技術達到遠距醫療看護的系統，無論病患在醫院內或在家中，都能達到醫療照顧的功效。CodeBlue 整合 PDAs、PCs、以及其它可以用來監控病患的醫療設施，更透過無線感測網路利用無線感測器來感測資料並回傳，進一步將蒐集的資訊傳回醫院的資料蒐集端，使病患有一完整的醫療記錄，達成長期醫療資料收集與觀察。CodeBlue 研發團隊已開發出極小且可穿戴的無線感測器，這些感測器可以收集心跳速率(heart rate)及氧氣飽和率(oxygen saturation)等資訊，利用 CodeBlue 系統所提供的路徑(routing)及命名(naming)，透過無線感測器網路，將蒐集的資料傳回到 PDAs 等終端機。如此，這些資訊便能即時地顯示於終端機上，並即時地和病患醫療記錄做整合。當這些感測器量測到脈搏、呼吸、體溫、血壓等讀數不正常時，會自動引發警告事件，發出聲響，並將這些不正常的讀數變化通報臨近的醫療單位做出適當的因應措施。而下圖即為 CodeBlue 緊急通報系統的架構。

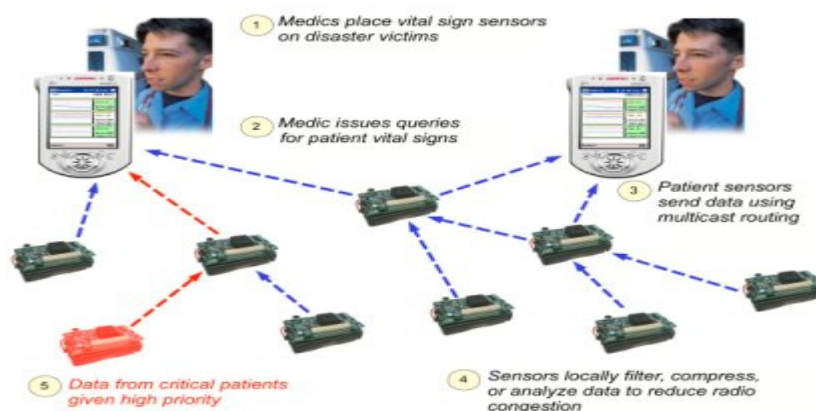


圖 2.2：CodeBlue 緊急通報架構

資料來源：哈佛大學, 2008

2. 環境監控方面：SmokeNet

美國加州柏克萊大學正在進行一個 Fire Information and Rescue Equipment 的專案計畫，此專案為一套改善現今消防救災系統的平台，利用無線感測器網路回報所感測的資訊，搭配其自行開發之 FireEye 防火面罩，能動態地得知火場蔓延狀況，並自動地計算出正確且安全疏散路徑。此專案主要由三個子專案所組成：FireEye、SmokeNet、及 eICS。其中 SmokeNet 主要由無線感測網路所組成，以下對 SmokeNet 做進一步介紹。

SmokeNet 為一個動態的無線感測網路，由四種不同的無線模組所組成：煙霧感測器(smoke detector)、探照燈(spotlight)、消防隊員(firefighter)、和 eICS，而其中 eICS 為硬體部分。每種不同的模組都有不同的功能：煙霧感測模組可以偵測室內的溫度變化及火場濃煙情形，由煙霧及溫度感測器所組成；探照燈模組為三個 LED 燈所組成，主要裝設於房間的出入口或出口通道，當消防人員或居民要進入時，能以視覺上的訊號來通告緊急訊息；消防隊員是具備有行動能力的，每位消防隊員上都攜帶有一個 Telos Mote、一個小型可穿戴的電腦、及一個 FireEye 消防員防火面罩。當消防隊員進入一個裝設有 SmokeNet 的大樓時，SmokeNet 能提供識別及位置資訊給消防隊員，且能經由無線感測網路傳達其他消防隊員的位置資訊及火場位置資訊。而消防隊員身上所穿戴之無線感測器更能隨時監控消防隊員的心跳速率及救災現場的氧氣濃度，並且將此資訊傳達給其他的消防隊員。這些透過無線感測網路傳達至消防隊員的訊息，或者由消防隊員身上穿戴的感測器所感測到的訊息，都能被呈現在 FireEye 防火面罩上，藉此能讓消防人員更正確地掌控救災現場，除了加速救災確保居民安全外，同時也能維護救災人員的安危。

3. 自然觀測方面：田間監測伺服器

在自然觀測方面，台灣大學對於使用無線感測網路方面有許多著墨於自然生態觀測之研究，例如台大森林環境學系利用無線感測網路技術來進行森林氣溫與相對濕度的研究，也有生物產業機電工程學系針對環境監控使用田間伺服器來做相關監測。

田間監測伺服器系統為密集型、低成本、多用途的網路自動化農產品生產監測與田間資料收集系統，其單一伺服器可以太陽電池或一般電力運作，並能依農業場合應用需求的不同，選擇安裝不同的感測器，包括光線、土壤與環境溫濕度、導電度、喇叭、麥克風、CCD 攝影機、紅外線等。並具有無線網路功能，使用乙太網路傳輸協定，傳輸距離約一公里，因此數個田間伺服器能自行連成網路，並從任一點就近直接連線到網際網路，因此使用者可透過網際網路，從遠端操控，做農業生產之即時田間監測、資料收集與管理。儲存之資料在收穫後可提供消費者上網瀏覽瞭解栽培過程之田間狀況與氣象。

4. 軍事監控方面：智慧之塵(Smart Dust)

美國國防部為了建構下一代的軍事規劃，在美國國防部的贊助下，由加州柏克萊大學進行的一項名為『智慧之塵』的計畫，研究人員利用微機電系統技術，開發出一種鈕釦大小的感測器，稱之為『智慧塵(Smart Dust)』。



圖 2.3：整合感測功能之智慧塵晶片

資料來源：柏克萊大學, 2003

智慧塵在戰場上，主要是用來警示與監控敵軍行蹤，其使用方法是利用無人駕駛的飛機，將數百萬個偽裝過的無線感測器，灑在偵察區域進行蒐集資料任務，經過一段時間之後，再派遣無人駕駛飛機到偵察區域，將感測器蒐集得資料，透過無線網路記錄到飛機上，並帶回基地加以分析。軍隊使用無線感測網路，可節省大量偵察兵力，得到更即時有效的資訊，並且因為感測器數量龐大，敵軍不易清除。美國國防部在 2006 年初公布的新年度國防白皮書，仍將利用電子設備代替人力偵察的無線感測網路技術列為重點發展項目。

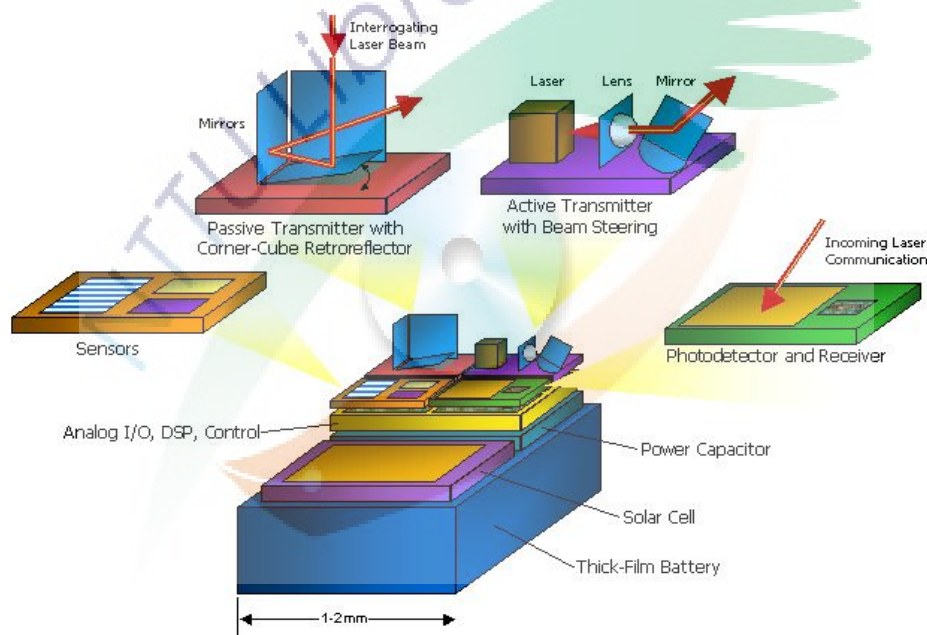


圖 2.4：智慧之塵感測概念
資料來源：柏克萊大學, 2003

2.2 無線射頻辨識技術(RFID)

2.2.1 無線射頻辨識技術介紹

RFID 全名為『Radio Frequency Identification』，中文稱為無線辨識系統，其發展歷史可以追溯到二次世界大戰的時候，當時的應用只要在於辨識敵方與我方的戰機，然而雖然其發展的歷史已經有數十年的時間，但在最近幾年來，才開始逐漸獲得大眾的青睞。RFID 崛起的原因主要在於晶片技術生產的突破，生產成本驟降，使 RFID 可以達到大量使用的成本範圍之內；另外，由於 RFID 無線辨識的特性可以加速整個企業供應鏈的作業流程，進而促使企業界也開始重視並積極投入研究這項技術。

RFID 的工作原理大致上可以分成 3 個部份，主要是由讀寫器(Reader)、感應器(Transponder)以及中介系統設計整合(Middleware System Integration)三者串聯而成的架構。(圖 2.5 所示) 其工作原理是由 Reader 發射特定頻率之無線電波給 Transponder，用以驅動標之電路將晶片內部之資料傳回，Reader 便可以接收到資料，再將所連接得到的資料傳輸到後面作業的 Application，藉此來做各種的應用。

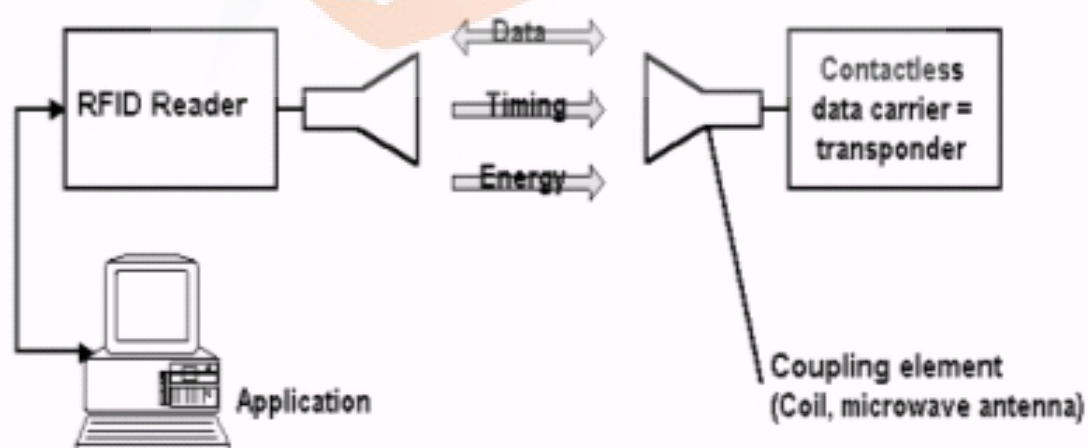


圖 2.5：RFID 工作原理圖
資料來源：RFID-Handbook.com

目前 RFID 系統所使用的頻率主要為高頻(HF-High Frequency)和超高頻(UHF-Ultra highFrequency)兩種，無線射頻識別系統之運作，通常由讀寫器(Reader)在一個區域內發射射頻能量形成電磁場，此時，作用距離大小取決於發射的功率，標籤通過此一電磁場區域時會被觸發，進而發送儲存在標籤內的資料，或根據讀寫器的指令改寫儲存在標籤中的資料。讀寫器(Reader)可接收標籤發送的資料或向標籤發送資料，並能通過標準介面與電腦網路進行資料的傳輸或是進行後端的應用及處理。

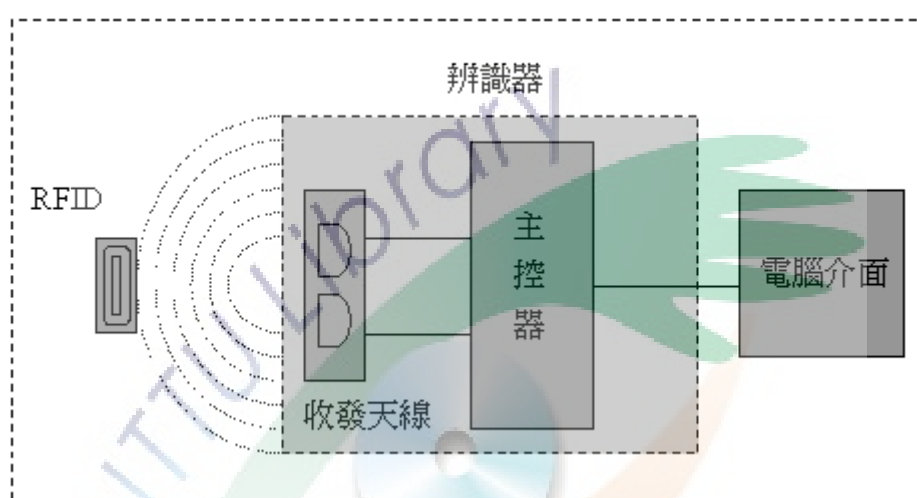


圖 2.6：RFID 與 RFID Reader 架構圖

資料來源：EPCglobal Taiwan

RFID 系統裡最重要的設計為電子商品條碼(EPC, Electronic Product Code)，因為每個 EPC 碼都是唯一的，是物件唯一在資訊系統中的代號，藉此跟物件相關的資訊得以在散佈全球的 EPC 網路中存取，以獲得相關應用，進而建立訊息交換標準。在目前的應用方面，EPC 碼最有機會成為下一代條碼，編碼結構延伸自現行的傳統條碼，在物件訊息描述上，更為豐富、詳細，並更具時效優勢。

現行最主要的條碼為傳統條碼(Barcode)，但是 Barcode 與 EPC 各有各的優缺點存在(表 2.1)：使用 Barcode 成本較低，EPC 較昂貴；條碼需要以人力操作，容易產生人為錯誤，而 EPC 屬於自動辨識科技，不需人為操作。EPC 碼的標示

對象除了使用傳統條碼的物品之外，小至單一物件、盒子，大至貨櫃、貨車等，甚至擴及服務項目的物品都合適使用 EPC 碼，提供這些實體或虛擬的物件全球唯一的編號。

如同 Barcode 一般，RFID 也有許多相關標準，較重要的包括頻率 (Frequency)、標籤(Tag)種類、讀取器以及編碼方式，以下就針對這三點作更細部之說明。

表 2.1：Barcode 與 EPC 之比較

功能	RFID標籤的特性	條碼的特性
資料容量	數據容量大(最大約10kb)	數據容量小
遠距讀取	不需光線就可以讀取或更新，通訊距離長	需要光線且通訊距離短
讀取數量	集體讀寫容易	一次只可讀寫一筆
安全性	非法複製困難	非法複製容易
堅固性	抗老化、抗雜質污染	易老化、易污染
讀寫能力	可重複寫入	不能重寫或更新
讀取角度	閱讀準確度高(沒有角度問題)	讀取準確率不如RFID
高速讀取	可進行高速讀取	移動中讀取有所限制
穿透性	中間可有障礙物	不能有障礙物

1. 頻率

頻譜圖主要分為以下七段：

- 30 Hz to 3 GHz—無線電(Radio Waves)
- 3 GHz to 300 GHz—微波(Microwaves)
- 300 GHz to 428 THz—紅外線(Infrared Radiation)
- 428 THz to 750 THz—可見光(Visible Light)
- 750 THz to 30 PHz—紫外線(Ultraviolet Radiation)

- 30 PHz to 30 EHz—X 射線 (X-Rays)
- 30 EHz to 3000 EHz—伽瑪射線 (Gamma Rays)

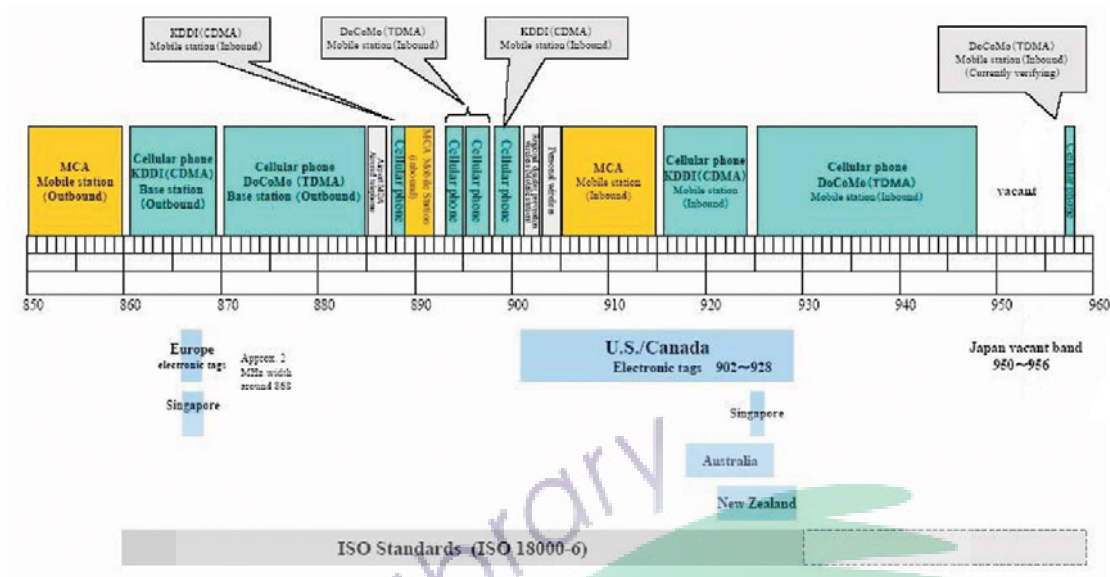


圖 2.7：歐、亞、美主要國家 UHF 運用狀況

資料來源：regalscan.com

RFID 主要運用無線電波段和微波波段的底層部分(表 2.2)，其中主要以 125/134KHz(LF—低頻，Low Frequency)、13.56MHz(HF—高頻，High Frequency)、433MHz(UHF—超高頻，Ultra High Frequency)860M~960MHz(UHF)、2.45GHz(UHF)以及 5.8GHz(SHF—極高頻，Super High Frequency)為主。125/134KHz 這個頻帶在多數的國家屬於開放頻道，然而資料傳輸速度慢，主要使用在寵物、門禁管制和防盜追蹤。13.56MHz 的最佳傳輸距離為 1 公尺以下，主要應用於生產管理、會員卡、識別證、飛機機票和建築物出入管理。860M~960MHz 最遠可達近 10 公尺的傳輸距離，通訊品質佳，適合供應鏈管理，然而各國頻率法規不一，跨區應用必然會成為現階段運用的障礙。2.45GHz 的最佳傳輸距離為 100 公尺，穿透性較差，適合電子收費系統 (ETC, Electronic Toll Collection)、及時定位系統 (RTLS, Real-Time Locating System)。

表 2.2：RFID 在各頻段的應用

Frequency	LF	HF	UHF
傳輸距離	0.2-2m	1m以上	3m以上
成本	相對上最高		相對上最低
記憶體	64 bits	2048 bits	96 bits
穿透能力	最佳 <-----> 最低		
讀卡機成本	最低		最高
一次讀取多個 TAG 的能力	最弱		最好
資料速率	慢 <-----> 快		
應用方面	飛機航安系統、 寵物晶片。	門禁系統、物品 確認系統。	物品確認系統、 大型貨物供應鏈 系統。

由於各频段之間有其特性可交替運用，以 Wal-Mart 為例，美、加使用 UHF 915MHz 频段（902~928MHz），製造廠商雖然以美、加為主，這些廠商的製造廠卻遍佈世界。由於各國 UHF 可使用频段不同，以現有生產之 RFID 讀取器及 Tag 勢必造成問題。解決方式之一，如 EMS（Escort Memory Systems）所預計生產之 RFID 多频段讀取器（Multi-Frequency Reader），涵蓋 860~960MHz 频段；解決方式之二，製造可接收多频段 Tag，允許以 868MHz 在新加坡寫入後，在美、加以 915MHz 讀出，然而這勢必增加 Tag 成本。

2. 標籤(Tag)

Tag 中文譯為電子標籤，簡稱標籤(圖 2.8)。主要功能為接收讀取器信號後，再以另一種頻率將 Tag 內的資料傳送出來，此傳送的數位信號必須使用不同的頻率，來避免干擾所接收的微弱信號。除了利用頻率與造型區分，一般又可依電池的有無分為主動式和被動式兩種，而這兩種也各有其優缺點

(表 2.3)。主動式標籤內含電池，提供資料可以被讀寫的電力，若產品貼上主動式標籤，可對讀取機發出指令，主動式標籤傳送距離長，儲存容量大，但價格高且干擾較被動式標籤多。而至於被動式標籤的電力則由讀取器提供，當標籤感應讀取器提供的微電流時，再利用電波將其資訊傳回讀取器，被動式標籤傳送距離短，但體積小、價格便宜、壽命長且干擾較主動式少。



圖 2.8：各種樣式的 Tag
資料來源：Litenon

表 2.3：RFID 標籤主動式與被動式比較

	Active	Passive
優點	主動式的電子標籤是以電池為動力來源，擁有比被動式的電子標籤更遠且更廣的有效傳輸距離，主要應用於比較需要距離的技術上，例如飛機航安系統。	其動力來源來自Reader，利用Reader所回應的電磁波訊號，提供Tag所需的動力。比起主動式來說，其壽命更長、價格便宜，就體積上來說，也相對的較小，例如門禁系統、寵物晶片等等...
缺點	價格比較昂貴，而且因為是以電池為動力來源，所以有固定的生命週期。	傳輸距離較短。

3. 讀取器(Reader)

在射頻識別系統中，射頻讀取器利用無線射頻技術將標籤中的相關資訊讀取出，或將標籤所需要儲存的資料寫入標籤的裝置。讀取器讀出的標籤資料通過電腦及網路系統進行管理以及資訊傳輸，無線射頻讀取器的結構一般由天線、射頻模式、讀寫模式組成。



圖 2.9：各式讀取器
資料來源：Litenon

EPC 無線射頻讀取器配合 EPC 標籤所使用，EPC 無線射頻讀取器與 EPC 標籤間資料交換的相關標準，包括載波頻率和通信協定已陸續被發佈，目前 EPCglobal 正與各界共同研究開發第二代規格，EPC 讀取器必須具有以下特徵：

- 相容性：讀碼器必須相容 EPC 系統通信協定，單一的讀碼器必須能夠與所有 EPC 標籤進行通信。
- 適應性：讀碼器無線傳輸界面與網路傳輸界面可根據通信傳輸量進行適當改變，以適應不同通信速率。
- 擴充容易：讀碼器在現存網路結構中必須非常容易安裝與設定，因此，讀碼器最基本的網路界面以 TCP/IP 乙太網路為基礎。
- 維護方便：透過群組內組織成員的控制訊息，讀碼器能夠從遠端進

在 EPC 架構系統中，無線電波由讀取器所發射，為了讀取 EPC 標籤內資料，EPC 天線規格目前可支援 13.56MHz 與 860-930MHz 兩種不同頻段。目前 EPC 規格讀取器設計配合被動式 EPC 規格標籤，利用電力耦合作用，使雙方間產生一種電力磁場，此時標籤內的天線利用磁場中的能量，反射 EPC 電子貨品代碼給讀取器，此一通訊方式稱之為誘導耦合(Inductive Coupling)。讀取器讀取範圍也隨頻率的高低呈現正向變化，一般來說低頻時 Reader 僅能辨識一尺內物品；超高頻辨識距離可達 10 到 20 尺之間的距離，但有相對的優缺點，頻率較低較省電，但高頻所能讀取的距離較遠。

4. 編碼

目前 RFID 電子編碼的標準主要有兩個國際組織，一個是美國為主的 EPC，另一個則為日本的 Ubiquitous ID Center。EPCglobal 是由美國麻省理工學院以及產業界所結合的一個組織，其主要是訂定國際性的電子編碼標準以及推廣其應用，早期也稱為 Auto-id center；EPC network 一開始是由 Auto-id center 所發展出來的一套標準，目前是由 EPCglobal 進行管理。其發展的目標是要讓物流能夠在網路上流通，所有物品都能夠經由網路連結。

EPC 是一種擴充性極佳的編碼系統，為了因應各種不同產業在需求上，可以作編碼上的調整設計，以方便給予物品獨一無二的編碼。由目前已公佈的 EPC 標籤規格得知，標籤容量有 64 位元(圖 2.10)與 96 位元(圖 2.11)兩種編碼方式，未來也將因應市場需求，而可能有 256 位元的出現，視使用者需要選擇標籤編碼方式。隨著標籤容量大小的不同，調整其編碼結構。其基礎編碼方式(General Identifier)可將 EPC 碼結構分為四塊(表 2.4)，分別為：標頭(Header)、EPC 管理者(公司)代碼(General Manager Number)、物件(產品)

類別碼(ObjectClass)以及產品序號(Serial Number)，其中公司碼及產品碼均可與現行的 EAN 編碼系統結合，減少重新編碼的工作。

- 標頭：為 EPC 碼的第一部份，主要定義部份有 EPC 碼的長度、識別類型以及該標籤的編碼結構。
- 一般管理者代碼：為一個公司代碼或是組織代號，並負責維護結構中最後兩組連續號碼，具有獨一無二的特性。
- 物件類別碼：在 EPC 編碼結構的角色，為辨識物件的類型以及形式，具有獨一無二的特性。
- 序品序號：同樣也是具有永遠單一且獨一無二的性質，賦予物件類別中物件的最後一層，使得同一種物件具備得以區分為不同個體的特性。

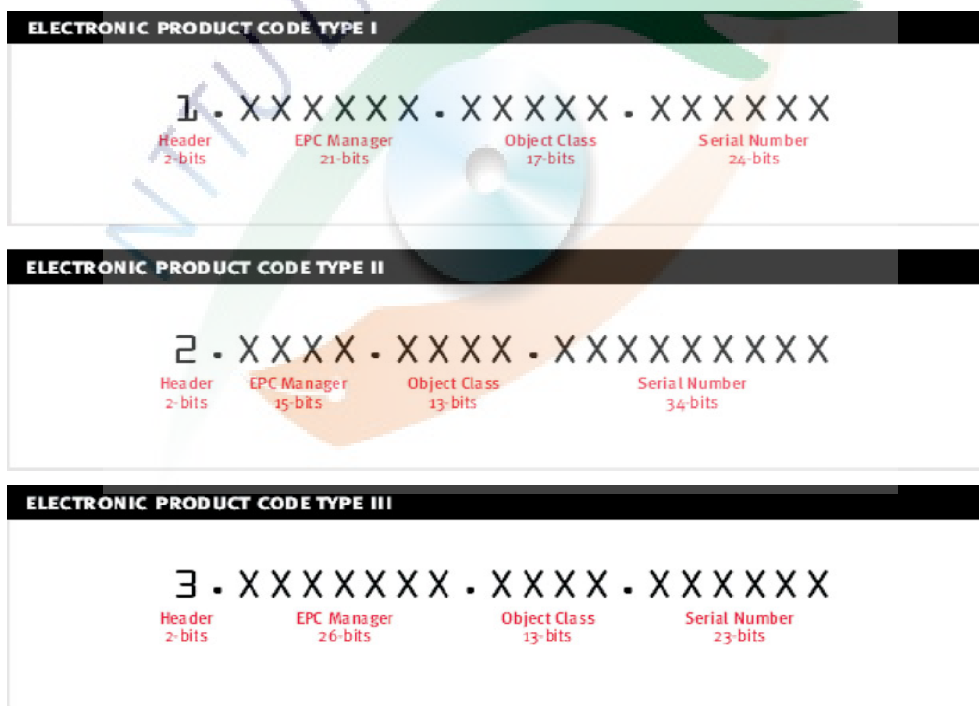


圖 2.10：EPC 64 位元的三種編碼版本

資料來源：EPCglobal

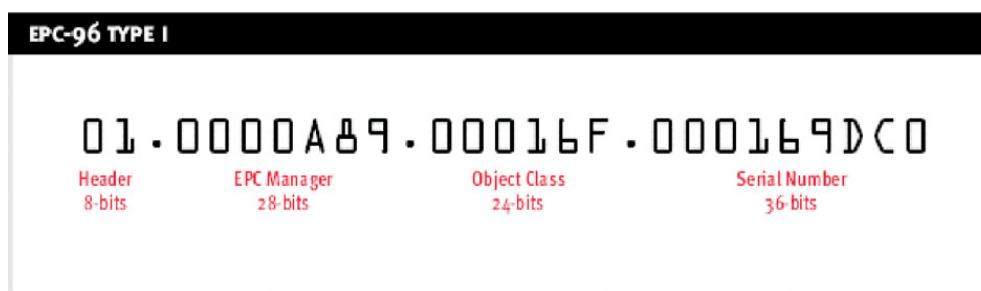


圖 2.11：EPC 96 位元編碼
資料來源：EPCglobal

表 2.4：EPC 碼資料基本結構

Header	General Manager (Manufacture)	Object (Product)	Serial Number
8bits	28bits	24bits	36bits
Binary Value	Decimal capability	Decimal capability	Decimal capability

而在另一方面由日本 Ubiquitous ID Center(uID Center) 所提出的編碼體系稱為 Unique Ubiquitous Identification code(ucode)。Ucode 的最大優勢是能包容現有編碼體系的原編碼設計，可以相容多種編碼，包括 Japanese Article Number code (JAN code)、通用產品代碼(Universal Product Cod ; UPC)、國際標準書號(International Standard Book Number; ISBN)、IPv6 地址、甚至是電話號碼，標準資料長度為 128 bits，視需求可擴展至 256、384 或 512 bits 等長度，主要採用的頻段為 2.45GHz 與 13.56MHz。以日本 JAN code 為例(表 2.5)，其資料長度為 128bits ucode 資料結構，包含了 12bits 的 code identifier、52bits 日本國內所使用的編碼(JAN code)、與 64bits 的 unique Identification(unique ID)。

表 2.5：Ucode 資料結構

code identifier	JAN code segment	unique ID
12bits	52bits	64bits

2.2.2 無線射頻辨識技術應用

目前 RFID 較主要的應用還是在於物流倉儲以及安全監控上，因為這兩種應用都具備有較單純、較易導入等優點，不過其他方面的應用例如醫學、農牧等在近幾年以來也有顯著地成長。

以下就針對目前在各領域的應用中舉相關案例作為說明：

1. 安全控管應用

RFID 在目前已可大量應用於門禁管理，RFID 門禁保全系統採用非接觸式整合卡片，可應用於多重領域，包含影像保全管理、門禁差勤薪資管理及停車場管理。透過網路式管理架構，使用者可輕易使用遠端管理監看系統使用情形。應用 RFID 於安全管控之系統其內容大約可分成四大區塊，分別為 RFID 門禁辨識系統、CCTV 監視錄影系統、電話與簡訊警報系統與安全監控網站，其系統功能分別說明如下：

- RFID 門禁辨識系統功能
 - a. 多人同時進出門禁管理功能
 - b. 門禁系統驅動 CCTV 進行影像擷取與錄影
 - c. 影像圖檔存入資料庫歷史資料查詢
 - d. 門號、卡號等參數設定
 - e. 報表輸出
- CCTV 系統功能
 - a. 門禁驅動錄影
 - b. 影像預覽
 - c. 影像存檔、錄影
 - d. 影像基本參數調整
- 語音與簡訊警報系統

- a. 語音警報、錄音
 - b. 電話按鍵鑑別與控制
 - c. 簡訊警報
 - d. 多人發送語音與簡訊
- 安全監控網站
 - a. 入口網站
 - b. 遠端門禁管理設定
 - c. 遠端影像監看

2. 農牧應用

由於 RFID 的技術發展相當迅速，已逐漸解決原來受環境限制的影響，例如 RFID 無法耐受農產品物流處理所需的低溫冷凍或高溫蒸熱處理，或是應用動物檢疫管理上的動物體內移動或導致發炎等情形發生，近年來已有相關產品問世。一般農業上使用 RFID 的主要用途通常是在物流處理或動物檢疫管理上，提供產品追蹤用途所使用，因此在特別重視食品安全的國家或地區，也對 RFID 的發展相對的重視。

3. 物流倉儲應用

目前應用 RFID 技術於物流方面最有名的莫過 Wal-Mart，Wal-Mart 透過 AutoID Center 進行供應鏈流程的分析，主要針對兩項關鍵點導入 RFID 技術進行驗證。第一個情境重點在於 Wal-Mart 的物流倉儲中心，主要目的在於解決物流倉儲中心透明度的問題，供應商的貨物在進入物流倉儲中心之前，由放置於大門的 Reader 讀取貨箱或貨板資料進行倉儲管理，並在貨箱或貨板離開物流倉儲中心時由另一組 Reader 讀取並記錄；另一個驗證重點在於實際的商店中，包含貨物進入商店後場的管理與上架的管理，分別佈建一組 Reader 以記錄貨物的資訊，透過上述兩個情境的驗證，以計算導入 RFID 技

術的投資報酬率。

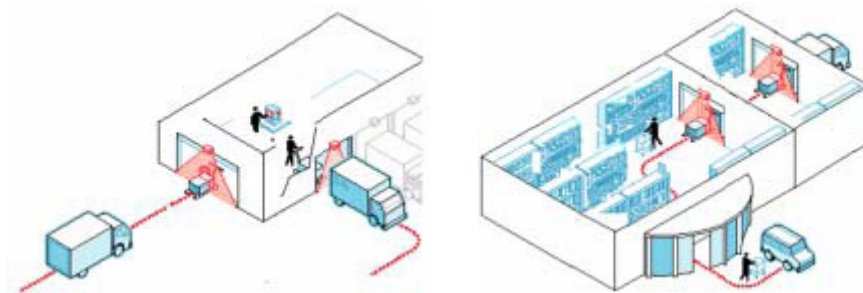


圖 2.12：Wal-Mart 導入 RFID 情境

資料來源：AutoID Center

4. 醫療產業應用

目前應用在醫療方面主要是以醫療器材與製藥工業之管理兩者，在醫療器材方面主要是將具備有 RFID 功能之晶片植入身體，美國食品藥物管理局 (U. S. Food and Drug Administration, FDA) 在 2004 年 10 月公布一個新的分類規則，於 12 月生效，依據該分類此種 RFID Chip 如果用於識別病人身份，讀取醫療訊息則可歸類在第二類，即特殊控制類。因此，美國 FDA 在 2004 年 12 月批准 ADS(Applied Digital Solution)公司銷售醫療 RFID Chip 的申請，正式上市。

美國 ADS 公司之子公司 Verichip 所生產的 Verichip 晶片其體積約為米粒之大小(如圖 2.2.9)，可用注射方式植入人體上臂皮下，整個過程只需數分鐘，亦不需縫合。使用時，從專用掃描儀發送無線電波穿過皮膚到達已植入體內之晶片，在晶片獲得接收到的能量之後，就發出植入者之資訊，經網路掃描儀將資料送至 ADS 的數據中心。數據中心登錄客戶的各種個人資料，如血型、過敏反應、以往的病史等，ADS 接到指令後，就對客戶進行全球定位同時向醫療機構發送客戶位置、身份和醫療數據，以利醫院迅速展開醫療救援。目前在美國 Verichip 晶片植入人體的費用約為美金 150~200 元，每

日的使用費約美金 10 元，這是 RFID 技術應用於醫療方面相當大的一個突破。



圖 2.13：Verichip 晶片

資料來源：VeriChip

而在製藥工業方面，RFID 主要作為一種加密、防偽的保護方法，包括優化包裝及強化防盜功能，給製藥廠商及經銷商提供一個品質、病人用藥安全及產品確保的方法。

2.3 EPCglobal網路

2.3.1 EPCglobal網路介紹

EPCglobal 網路(EPCglobal Network)指的是結合 EPC 碼(Electric Product Code)、RFID(Radio Frequency Identification)與資訊網路等科技所建立成的一個 RFID 全球標準架構。在台灣推動 EPC 的專責單位稱為『EPCglobal Taiwan』，歸屬財團法人中華民國商品條碼策進會管理。EPCglobal 網路為一全球標準架構(圖 2.14)，為供應鏈自動化、追蹤與追溯管理要求下增進資訊能見度，提供高效率和資訊準確性的物件資訊交換。同時，也因為這些科技的應用，EPCglobal 網路使得交易夥伴間達成加速訂單的處理，快速反映顧客需求，同時也在物品的收取、計算、分類以及運送過程增進效率。

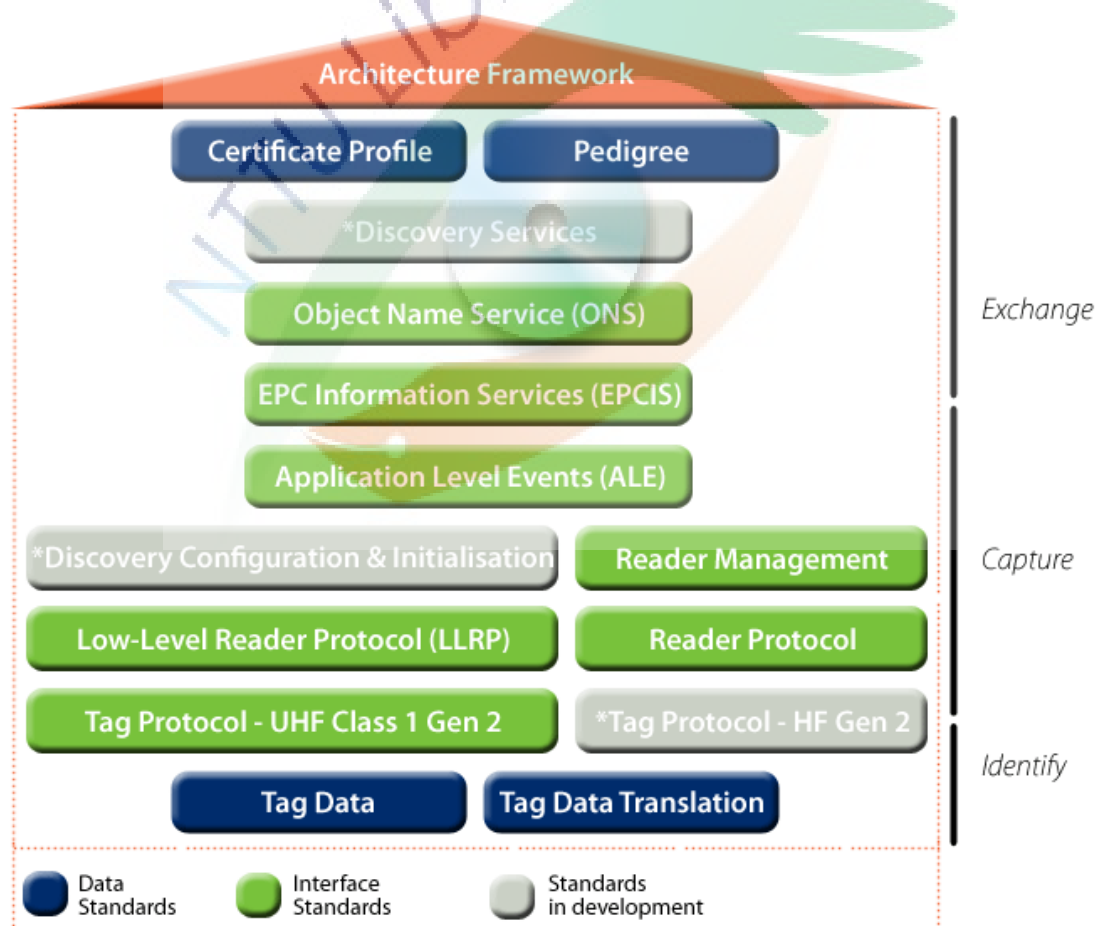


圖 2.14：EPCglobal 標準架構

資料來源：EPCglobal

EPC 是 Electronic Product Code 的簡稱，在台灣以『產品電子編碼』稱之，它可以是任何物件(Objects)的標準編碼，適合以 RFID 標籤來承載，結合網際網路的環境與資訊科技，連接物件與電腦成一網絡，促成雙方相互溝通(圖 2.15)。EPC 科技的實際操作起於將 EPC 碼存放在標籤中，隨著物品的移動，沿途讀取器(Reader)發射無線電波感應物品上的標籤，後端系統便展開資料的查詢與存取。整個機制運行有賴於整個系統的完善建置，所傳輸的物件資訊，不只物件的基本資料、外觀、重量、材質、包裝等，還可追溯至上游原料生產，下至終端的配送，詳述物件活動路徑與生產過程。

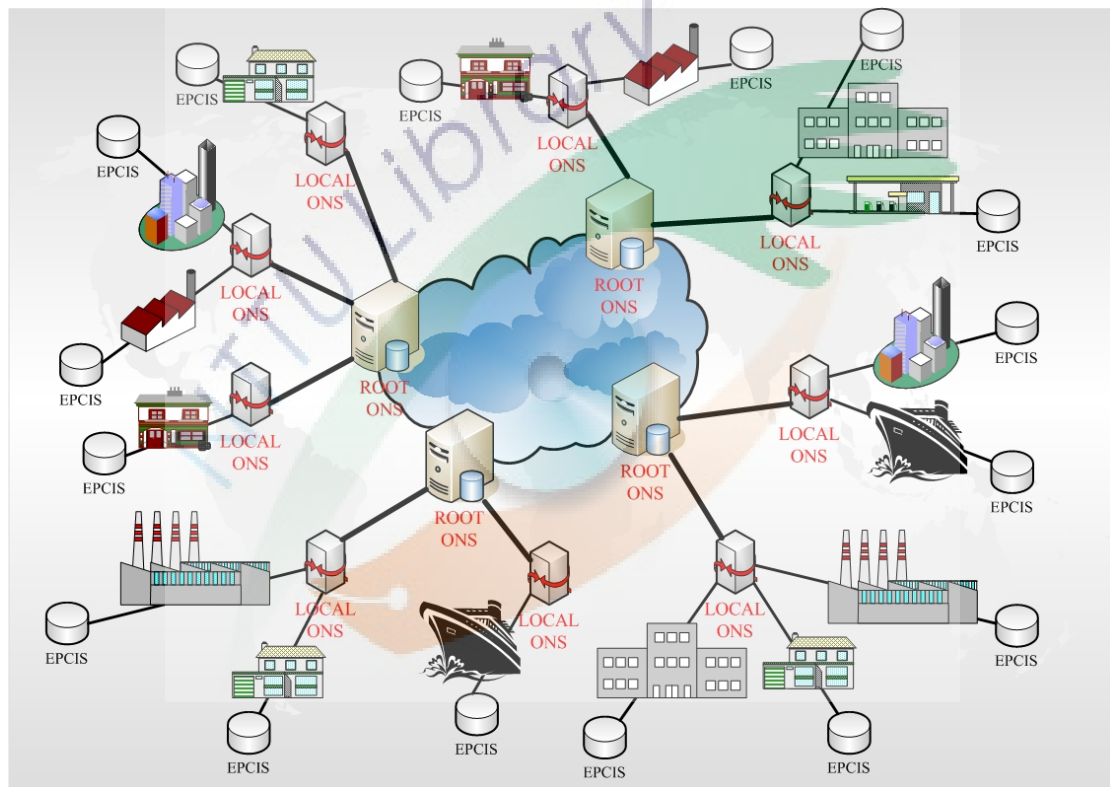


圖 2.15：EPCglobal 物聯網架構

EPCglobal 的 RFID 技術初階段著重在供應鏈的應用，因此須建構傳遞物件資訊的整體網路，網路主要構成有產品電子碼、標籤和讀取器、EPC 中介軟體、物件名稱服務以及 EPC 資訊服務。

因前兩項在前面段落已介紹過，所以底下簡述後三項的內容：

1. EPC 中介軟體 (EPC Middleware)

主要是用來收集前端各台 Reader 的資訊，過濾讀取到的 Tag 資料有無重複讀取的情形發生，可說是連接後端 ONS 跟前端 Reader 相當重要的工具，因為現在的資料庫還沒有辦法在一秒鐘之內存取同時百萬筆的資料，所以有賴 EPC Middleware 先收集整理由 Reader 讀取的資料，進而減少資料的傳輸量，減輕網路負荷，同時減輕後端資料庫的負擔，以及減少傳輸時可能會有錯誤，利用演算法去修正，除了接收和傳遞訊息之外，如何保持資料的正確性以及安全性，是 EPC Middleware 最重要的課題。

2. 物件名稱服務 (Object Name Service, ONS)

ONS 分為 RootONS 跟 LocalONS 兩類。RootONS 由 EPCglobal 負責維護，提供全球的 EPC 搜尋目錄，當廠商在 Root ONS 詢問某項商品時，RootONS 會告知製造商的 LocalONS 在何處。而 LocalONS 則是負責製造商端的商品 EPC 碼登錄記錄，並提供查詢服務，會告知商品資訊放置何處。這兩種服務主要是用來在 EPC Network 中來查詢 Tag 上的 EPC 在何處，其功能很像一般我們常見的 URL 跟 DNS 的關係，URL 透過 DNS 去反查該地址上的 IP，回傳給查詢端的電腦，該電腦在透過該 IP 去找到網頁上的資訊，完成 Web 的傳輸服務，而 ONS 也是一樣的道理，首先他先在自己附近的 Local ONS 上查詢有沒有該 EPC 的資訊，如果沒有的話再往上一層 ONS 查詢，最上層的 RootONS 會紀錄所有 LocalONS 的資訊，回傳給查詢端該筆 EPC 詳細資料位址，最後我們可以藉由回傳的位址去取出我們所要的資訊。

3. EPC 資訊服務 (EPC Information Services, EPCIS)

EPCIS 主要儲存的是該商品貨物更為詳盡的資訊，例如：生產日期、原料、製造商名稱、商品分類等等。當消費者透過查詢端來查詢該商品資訊，

會先搜尋該製造商內的所有 EPC IS，沒辦法找到相符合資料的時候再往上一層的全球資料庫查詢，EPCIS 會將資料以 PML 的格式傳輸，以提高資料的共用性以及快速性。實體標記語言(PML)其主要的功能在節點與節點之間的溝通，以及資訊在整個 EPC network system 的傳輸，讓每個元件都可以藉由 PML 轉換成自己能夠理解的表達方式；因此有了 PML 之後，EPCIS 才能運作，當使用者需求從系統輸入以後，經過 PML 轉成其他系統能夠理解的表達方式，待執行之後，再透過 PML 轉碼，回傳資訊給使用者。

2.3.2 EPC系統網路技術

EPC 系統網路技術組成 EPC 系統最重要的部份，主要目的在於實施相關資訊管理與貨物流通功能。EPC 資訊網路系統基於 Internet 互聯基礎，透過 Savant 管理軟體系統，以物件名稱解析服務系統(ONS)，實體標記語言(PML)實現全球的『實物互聯網路』。

以下就針對 Savant、ONS 與 PML 說明各自的功能：

1. Savant 系統

Savant 是一個介於 Reader 與應用程式的中介軟體，Savant 負責傳導應用程式的要求向 RFID Reader 反應，或是將感應器讀到的資料透過 Savant 傳到 RFID 應用程式。Savant 為一軟體技術，處理大量的資料及過濾掉不必要數據。在 EPC 網路裡，讀碼器將收集之 EPC 電子貨品代碼傳送至 Savant，Savant 再根據相關資訊向散落各處 ONS 提出詢問，由 ONS 搜尋對應符合此項 EPC 電子貨品代碼之產品資料位址，回傳答覆資料給 Savant。由此 Savant 可找到物件資訊並傳遞至相關單位資料庫或供應鏈之應用系統，主要目的是管理並傳遞資訊，防止企業和共用網路的超載。歸納其主要任務有：

(1) 資料校對

處在網路邊緣之 Savant 系統，直接與讀碼器進行相關資訊交流，進行資料校對。並非每個標籤每次都會被讀到，且當標籤資訊可

能被誤讀時，由 Savant 系統進行運算以校正錯誤，降低判讀錯誤訊息機會發生。

(2) 擔任讀碼器間協調的工作

若標籤被兩重疊區域的讀碼器所讀取信號，有可能讀取來自同一個標籤的資料，產生了相同且多餘的產品電子代碼，而這時 Savant 其中一個任務為分析已讀取過的標籤資訊，一旦發現即刪掉多餘產品代碼。

(3) 資料傳送

在同一個層次上，Savant 系統必須決定相關的資訊在供應鏈傳送，並且決定向上傳遞或向下傳遞。例如，在冷藏工廠的 Savant 系統可能只需要傳送它所儲存之商品溫度資訊。

(4) 資料儲存

Savant 系統另一個任務是維護儲存事件資料庫，系統取得立即產生的產品電子代碼並且有效率地將資料儲存，其他企業管理應用程序具備權限查詢相關資訊，並確保資料庫不會超過負荷，維持網路正常運作。

(5) 任務管理

所有 Savant 系統具有一套獨具特色之管理系統，這個系統使得它們可以確實利用客戶自己所定義任務來進行資料管理和監控。例如，商店的 Savant 系統通過程序編寫產生功能，當貨架上的產品降低到一定水平時，發送警示訊號給倉庫管理員，以便進行補貨的動作。

Savant 會因設計的不同提供了許多功能，最主要的功能有：資料過濾、資料整合和資料計算這三種，藉由這些功能來取得使用者想要的資料。另外，Savant 有 2 個介面，一個是 Reader interface，用來連接 Reader；一個是 Application interface，用來連接應用程式。Savant 也可以透過串接的方式，

每個 Savant 提供一些獨特的功能，再加以串接起來。此外，Savant 也能和其他的 service 裝置進行互動。

2. 物件名稱服務(Object Name Service, ONS)

EPC 標籤對於開放式且全球性追蹤物品相關資訊的網路，需要特殊網路結構以查詢 EPC 標籤。由於標籤中僅儲存產品電子代碼(EPC code)，必需將產品電子代碼符合正確相對應之商品資訊機制，此機制稱為物件名稱服務(ONS)。ONS 是自動化的網路服務系統，類似區域名稱解析系統(DNS)，而 DNS 主要目的是將一台電腦定位到 Internet 的某一具體地點。

ONS 運作過程分幾個步驟，說明如下(圖 2.16)：

- (1) 從標籤上讀入一資料字串符合 EPC 電子貨品代碼規定。
- (2) 讀碼器將此字串 EPC 電子貨品代碼發送到本地端伺服器進行處理。
- (3) 本地端伺服器對 EPC 電子貨品代碼資料進行適當排序且過濾不必要資訊，將 EPC 電子貨品代碼發送到本地端 ONS 進行下一步處理。
- (4) 本地 ONS 利用格式化轉換字串將 EPC 位元編碼轉變成 EPC 網域名稱前置編碼，再將 EPC 網域名稱前置編碼與 EPC 網域名稱後置編碼結合成一組完整的 EPC 網路區域名稱，經由 ONS 再進行一次的 ONS 查詢，將 EPC 區域名稱發送到指定的 ONS 伺服器基礎架構，以獲得所需要的資訊。
- (5) 本地 ONS 伺服器傳回 EPC 網域名稱，對應一個或多個 PML 伺服器對應 IP 地址。
- (6) 本地 ONS 再將 IP 地址傳回本地端伺服器。
- (7) 本地端伺服器根據 IP 地址，聯繫正確 PML 伺服器，以獲取所

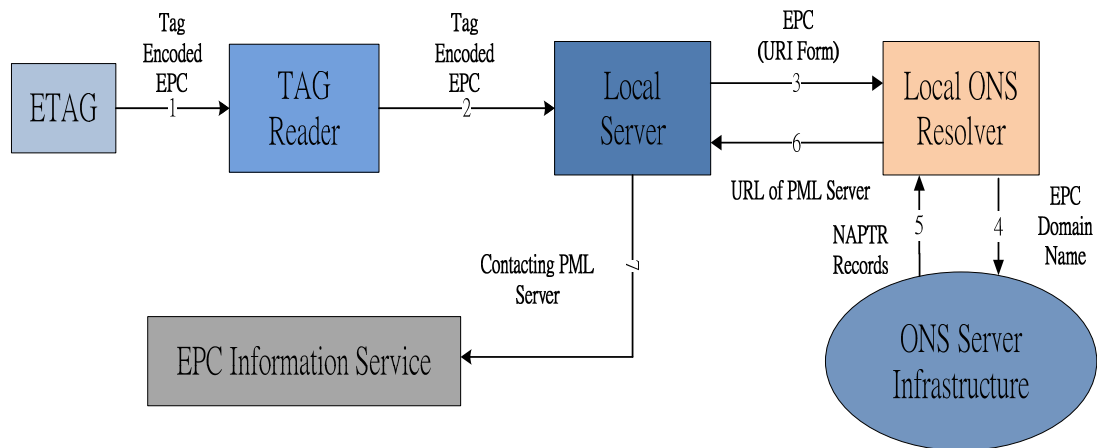


圖 2.16：ONS 系統

3. 實體標記語言(Physical Markup Language, PML)

PML 是以 XML(eXtensible Markup Language)為基礎所發展的標準電腦網路語言，為現今通用標準，而 PML 的目標為提供一種物理實體的遠程監控和環境監控通用的簡單描述語言，可廣泛應用在倉存貨品監控、自動化處理事務、供應鏈管理、機器控制以及商品對商品通訊等應用。

- PML 中所描述的資訊類型

直接從 EPC 網路基層組織中搜集的資訊作為實體標記語言的一部分，產生模組化的功能。舉例來說，這些資訊包括位置資訊、遙測資訊、組成資訊、產品相關資訊。

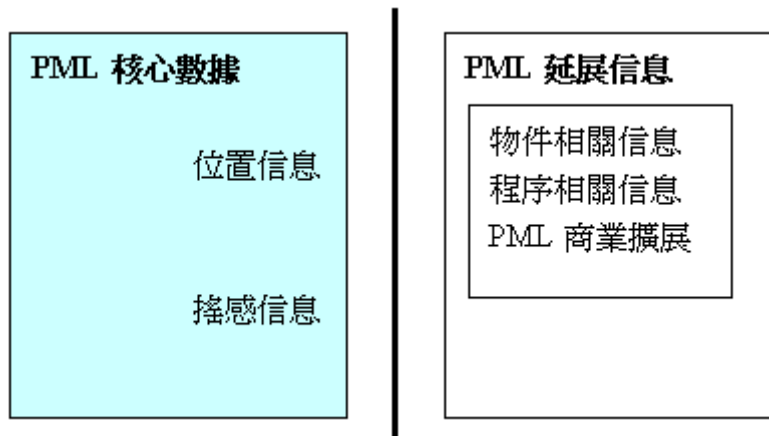


圖 2.17：PML 功能模組
資料來源：EPCglobal Taiwan

- PML 語言在整個 EPC 系統中的作用

PML 在 EPC 系統中主要充作為不同 Component 部分의 共同溝通介面，例如在第三方應用程式以及 PML 伺服器之間的資訊交換介面。

簡單來說，PML 其主要的功能節點與節點之間的溝通，以及資訊在整個 EPC 網路系統的傳輸，讓每個元件都可以藉由 PML 轉換成自己能夠理解的表達方式；因此有了 PML 之後，EPCIS 才能運作，當使用者需求從系統輸入以後，經過 PML 轉成其他系統能夠理解的表達方式，待執行之後，再透過 PML 轉碼，回傳資訊給使用者。

2.4 OSGi

2.4.1 OSGi系統規範與介紹

OSGi 組織於一九九九年三月成立。當初制定 OSGi 標準的最主要的目的，是要為遠端的 Service Provider 與本地端的 Device 之間提供完整的點對點服務傳送解決方案。因此，OSGi 定義了一個開放性的平台，使得遠端軟體服務供應商所提供的應用程式及增值服務，能視使用者需求，隨時下載至靠近用戶的 Gateway 上，並且自動安裝執行。開道系統通常指的是連接 Home Network、Office Network 與廣域網路之間的一個裝置，例如 Set-top Box(STB)、ADSL 數據機、Cable Modem、Residential Gateway 等。

在 OSGi 標準中(圖 2.18)，開放服務開道系統(Open Service Gateway; OSG)是構 OSGi 網路最重要的元件，對外藉由廣域網路埠(WAN Port)可和 Service Provider 相連，對內藉由區域網路埠(LAN Port)和家庭網路相連。應用如下述的場景：使用者可從遠端透過 OSG 去控制家庭網路中的家用設備；當使用者購買新的設備連接至家庭網路時，只要選擇符合 OSGi 規格之產品，將其安裝起來，接著上網註冊資料，在二十四小時之內廠商就會把 Bundle 由遠端載入用戶的 OSG 中，在任何地方只要用 Web 瀏覽器連上家裡的 OSG，所有設備的狀態就會一目了然。只要透過滑鼠的點選，所有設定的結果會很詳細地回報在網頁之中，若有錯誤信息，OSG 就會將這些信息 E-mail 給服務人員，服務人員會再透過 OSG 對設備進行診斷，並根據診斷結果來處理。

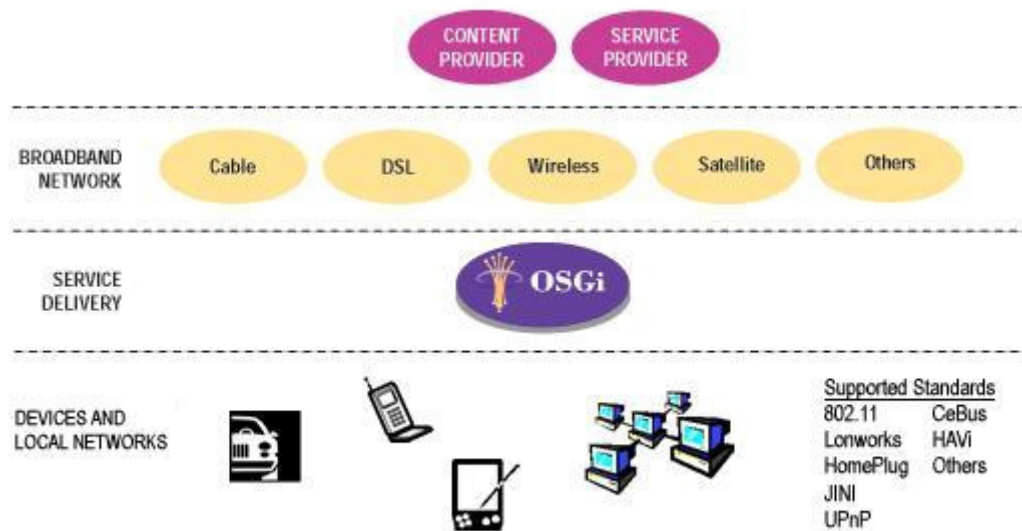


圖 2.18：OSGi 服務架構標準

2.4.2 OSGi技術與架構

OSGi 之目的在於訂定一個開放式標準的服務平台，所謂的『開放』是指所有的人都可參與標準之制定，並且據以遵循或開發符合規範的產品。在這種開放性的架構下，不同廠商所開發出的服務軟體及設備才能互相溝通及搭配使用，而 OSGi 在設計上則有下列特點：

1. 作業平台獨立(Platform Independent)

OSGi 應用程式開發介面(API)可在各種的硬體平台及作業系統中實作來，目的是讓 OSG 的設計能滿足使用不同硬體平台及作業系統市場之需求。在傳統開道系統上所能提供的服務均侷限在該作業平台上，在 A 平台所提供的服務難以直接放到 B 平台來提供服務，因此廠商要花人力、物力在不同平台上開發重覆的服務，而 OSGi 則避開了這個問題。

2. 應用程式獨立(Application Independent)

OSGi 提供標準的應用程式介面，使軟體開發商可藉此提供多樣化的應用服務。雖然 OSGi 一開始的重點是放在『家用開道系統(Residential

Gateway)』的市場上，但是 OSGi 規格中定義的開放 OSG 應用並不侷限於此，可以應用在電信服務產品、內嵌至 PDA 及行動電話中，或配合個人電腦與其他消費性電子產品一起使用。

3. 多重服務(Multiple Services)

在一個具有 OSGi 規格功能的開道系統上，使用者可以依據個別需要，安裝來自不同廠商所提供的服務，使得開道系統具有提供多重服務的特性。

4. 多重區域網路技術(Multiple Local Network Technologies)

網路的技術不斷進步，許多有線、無線網路的規格及資料影音傳送等標準也相繼出現，像 Bluetooth、語音及影像互動標準(HAVi)、家庭電話線網路聯盟(HomePNA)、家庭無線網路(HomeRF)、IEEE 1394、USB、Power Line 等。雖然區域網路的標準很多，但不可否認，這些各式各樣的網路標準也都還有各自的限制及缺點。OSGi 規格制定的另一目的，在於補充這些標準之不足，以及強化並整合這些標準的特性。

5. 多重設備存取技術(Multiple Device Access Technologies)

OSGi 規格的設計也從其他平台的裝置存取觀點來考量，因此 OSGi 的裝置存取開發介面(Device Access API)就把 UPnP 跟 Jini 整合進來，UPnP 跟 Jini 可以讓用戶從不同的地方透過不同的終端設備，像 PDA、GSM 手機、筆記型電腦、個人電腦等，來控制家庭網路中的其他設備。OSGi 標準與上述這些設備存取技術相輔相成，可以讓使用者能更方便地存取網路設備。

6. 與既有標準相容(Co-existence with other Standards)

制定 OSGi 規格之目的並不是想要推翻既有的通訊標準，相反的，其目的在於輔助現有的標準，促進區域網路設備的連通性，以及使廣域網路的存

取及應用更加廣泛。OSGi 可以應用在各種網路存取協定上，不論是高速或低速，有線或無線的網路架構均可適用。而在應用程式方面，服務供應商可以開發與其他標準相容，例如像符合 RFC 規格的 SNMP 網管功能等服務。

如前所述，OSGi 標準制定主要目的在提供一個開放性平台，使得在遠端軟體服務供應商所提供的應用程式及增值服務軟體，能視使用者需求隨時下載至近端靠近用戶的閘道系統上，接著自動安裝執行。為了達成這個目的，軟體服務供應商必須要根據 OSGi 所制定的規格去開發服務軟體，而靠近用戶端的閘道系統也必須要將 OSGi 的功能整合至其中。根據 OSGi 規格開發出的服務或軟體稱之為 Bundle，而具有 OSGi 功能的閘道系統稱為 Service Gateway。Bundle 要在 Service Gateway 上執行，而 Service Gateway 可以透過廣域網路從軟體服務供應商處下載不同的 Bundle。Bundle 是由許多各自獨立且功能互異的軟體模組所組成，在 OSGi 標準中將這一個個獨立的軟體模組稱為基本服務，相同的基本服務可以出現在不同的 Bundle 中，也就是說基本服務是可以被重覆使用的，而一個具有特殊服務功能的 Bundle 通常是由許多基本服務所組成。

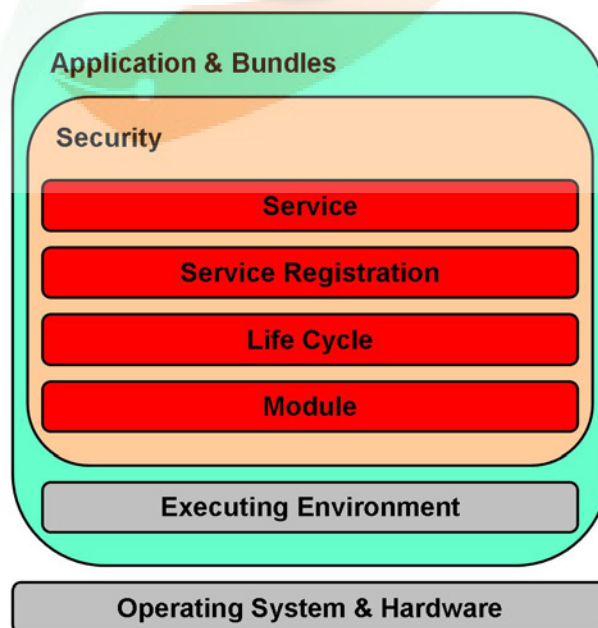


圖 2.19：OSGi 架構

Service Gateway 連結的是家庭網路與廣域網路，它除了提供家庭網路對外連線的功能外，也可讓使用者從不同地方透過它去存取控制家庭網路中的一些裝置。和傳統家用路由器最大不同是，當家庭網路中增加了新的裝置時，Service Gateway 要能自動偵測，並且將這個裝置的 Device Driver Bundle 下載安裝至其中。

OSGi 的規範主要分為三大部份(圖 2.20)，其描述如下：

1. 服務閘道系統架構規範(Service Gateway Framework Specification)

此規範是 Service Gateway 之基本架構，任何設備只要根據此標準去實作出架構規格的功能，即可稱為 Service Gateway。在 OSGi 的標準中，架構規格的定義是以 Java 語言描述完成。另外，架構規格的設計是以 Java 虛擬機器(Virtual Machine)為基礎，這樣設計的好處是程式具有跨平台及可攜的特性。根據架構規格所設計出的 Service Gateway，不同廠商所開發的 Bundle 均可在其上執行，不會有介面不相容的問題。架構規格基本上定義的就是一些應用程式標準介面，這些介面包含了如何讓 Service Gateway 開啟與執行 Bundle。

2. 服務閘道系統應用程式介面規範(Service Gateway API Specification)

其規範 Bundle 所應遵循的介面，不同廠商所開發出的 Bundle，只要依據此介面設計，就能在所有的 Service Gateway 上執行。從實作上而言，Bundle 實際就是一個 Java 程式語言中的 jar 壓縮檔，這個 jar 檔包含了許多的 Java 類別(Class)，除了為服務本身所設計的類別外，還有一個特別的類別稱為啟動類別(Activator Class)，Service Gateway 中的架構程式可透過此類別來啟動 Bundle。另外，在 jar 壓縮檔中還會包含另一個特殊的檔稱為描述檔(Manifest File)，這個檔案是用來描述 Bundle 的功能及特性。除此之外，Bundle 在

Service Gateway 中的生命週期可分為下列四個狀態：已安裝、等待啟動、啟動、取消安裝。Bundle 要先經過安裝與啟動後才能在 Service Gateway 中執行，安裝之後的 Bundle，其狀態會自動進入等待啟動，而要將 Bundle 從 ServiceGateway 中移走，要經過取消安裝的步驟。

3. 裝置存取規範(Device Access Specification)

其主要規範是『裝置自動偵測(Device Automatic Detection)』與『驅動程式 Bundle 下載(Device Driver Bundle Download)』兩個功能。當有新的設備連接至家庭網路時，Service Gateway 要有能力偵測到，並且分辨出是什麼樣的設備連接上來，接著要能夠自動到網路下載正確的驅動程式。

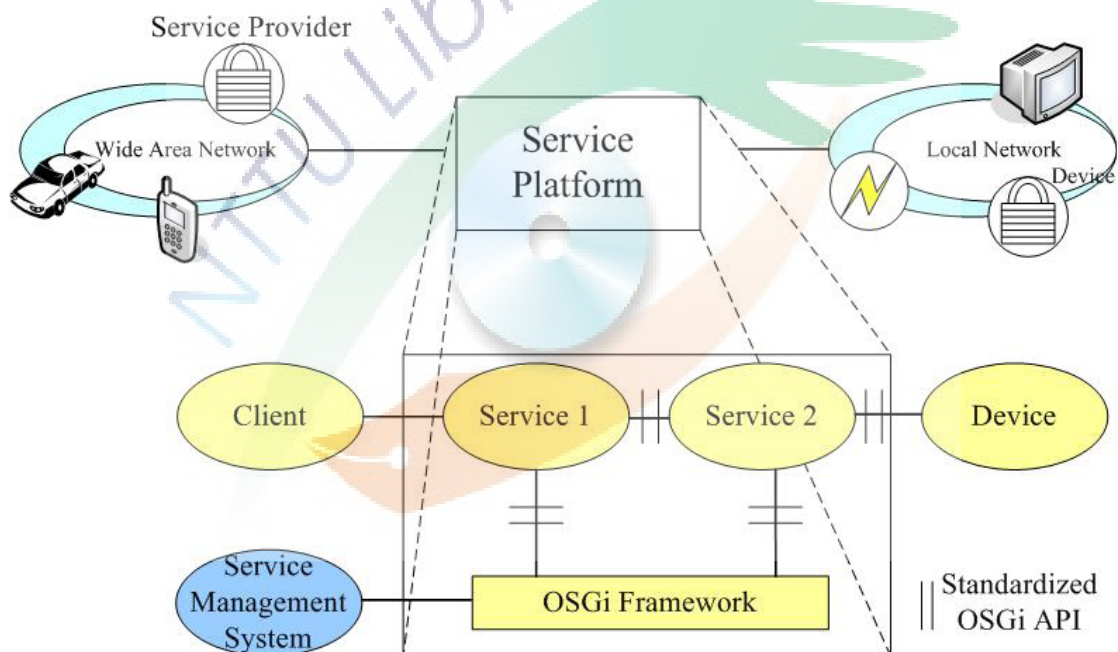


圖 2. 20：OSGi 的框架與介面規格

2.5 WiMAX

2.5.1 WiMAX技術介紹

WiMAX 全名 Worldwide Interoperability for Microwave Access，中文譯名為『微波存取全球互通』，是一項新的無線寬頻技術。具有遠距離、傳輸量大，可隨時隨地都連網，讓通訊、資訊都能即時掌握。WiMAX 也是近年熱門的無線新技術，也稱為 802.16(表 2.6)，它提供更強大的無線資料通訊服務，可在 2~11 GHz 間的頻率範圍下運作。

WiMAX 目前應用的領域大略有下列幾個地方：

- 私人企業：大都會多個據點，避免或降低和多家通信業者合作的不便
- 寬頻網路服務
 - 客戶與中小型企业據點的傳輸服務
 - 家庭，郊區，住宅區
 - 視訊隨取需求的到來
- 攜帶式寬頻無線：行動用戶的選擇

表 2.6：802.16 主要標準比較

standard	802.16	802.16a	802.16-2004	802.16e
應用模式	固定式應用(取代寬頻設備)			移動式應用
應用方向	Last Mile & Backhaul			Mobile Device
頻段	10~66GHz	2~11GHz		2~6 GHz
傳輸條件	LOS	NLOS		NLOS
傳輸速率	32~134Mbps	75Mbps		15Mbps
調變技術	QPSK、16QAM、64QAM	QPSK、16QAM、64QAM (採256 Subcarrier OFDM)		QPSK、16QAM、64QAM (採257 Subcarrier OFDM)
移動性	固定性	固定性		移動性
傳輸距離	1~3 Mile	4~6Mile(最大30Mile)		1~3 Mile

WiMAX 依頻譜區分為固定式與移動式兩大類，固定式主要以 3.5G 及 5.8G 頻譜為主，這種固定式的傳輸速度超過 1Mbps，但不具有移動的優勢，目前尚無法威脅到 3G。而移動式主要以 2.5G 頻譜為主，具有行動上網的優勢，未來汽車也將全面配備 WiMAX 連網設備，以便在行駛間能接收網路訊息。

而在本研究中 WiMAX 的導入比較算是附加型的系統，是對於比較針對性需求的環境考量而多加入的設計，目的是用來在於訊號較不易傳輸或是環境較為困難下的觀測，或是實體路線無法到達以及訊號能量不夠等等情形，此時則可藉由 WiMAX 機制來作為訊號之傳遞，也是因為 WiMAX 在各方面都能有較佳的表現(表 2.7)，所以才會考慮加入 WiMAX 技術。

表 2.7：WLAN 及 WiMAX 之比較

	WLAN(802.11標準)	WiMAX(802.16標準)
頻寬	固定,20MHz52個子載波	可變,1~28MHz256個子載波
保護間隔	固定為符號時間的1/4	可變,符號時間的1/32~1/4
頻帶效率	2.7Mbps/MHz	3.1~3.8Mbps/MHz
EVM要求	-25dB	-31dB
接收訊息通道的噪音係數	最大為10dB	最大為7dB
雙工方式	TDD	TDD,FDD,H-FDD
頻帶	未授權	授權&未授權
發送動態範圍	發送功率固定	50dB範圍
最大傳輸速率	54Mbps(每通道佔用頻寬20MHz)	70Mbps(每通道佔用頻寬20MHz)

第三章 研究方法

3.1 情境模擬

在此章節中將會針對系統的需求與設計的架構加以敘述，先以情境模擬的方式模擬系統劇本，接著再針對其系統之功能性與需求設計，實地分成三個部份來逐一實作，第一個部份以最基本之 RFID 與 EPC 網路系統結合實作出一套智慧型採購系統，在第二個系統中則為本研究最重要之異質網路轉換閘道器設計，藉由以生態觀測做為系統設計的情境，實作出 WSN/EPC 網路轉換閘道器，而之後將計劃結合以上兩種系統與轉換閘道器，配合 OSGi 之導入，以期完成複合式且提供多元服務之資訊平台。

3.1.1 RFID/EPC情境模擬

在結合 RFID 與 EPC 網路的首先步驟中，本研究提出一智慧型採購系統，並且搭配上 Moblie RFID Smart Phone 來使用，而在此系統下的情境如以下敘述：

Scenario1：使用者於商場中以具有 RFID Reader 之智慧型手機進行採購，Content Web Server 與 ODS Server 負責記錄 EPC Code 之商品資料，透過 EPC 網路之 Object Tracing 功能將商品直接運送到使用者家中。

Scenario2：當使用者於賣場中購買商品時，運用 Smart Phone 查詢家中冰箱或儲存室中是否已有相關商品之數量與保存期限資料，由家中之 RFID 冰箱或儲存室主動通知使用者所需採購訊息，傳送至智慧型手機進行採購，完成電子交易。

3.1.2 EPC/WSN情境模擬

本研究最主要所提出的架構為結合無線感測網路與 RFID/EPC 之網路架構，藉此以達到結合無線感測網路與 EPC Global 異質網路。在 WSN/EPC 網路轉換閘道器建立之後，接著可針對特別需求導入 WiMAX 等系統，以期完成多元服務之資訊平台，而在結合 RFID、EPC 與無線感測網路的架構中，為了展示 WSN 與 EPC 網路兩系統結合所提供之優勢與服務，藉由下列三項創新應用服務情境說明整合 WSN 與 EPC 網路系統之功能性，以作為農場或生態之觀察與監測應用，此情境說明如下：

Scenario1：對於特定觀測之物件(可為動、植物或是自然生態環境)給予一個含有唯一 EPC 碼之晶片，並在附近周圍部署負責觀測之無線感測網路節點。紀錄其初始資料或是其他附註，例如養殖地點、植物學名或是目前氣候等等資料，在初始觀測時就先將相關資料紀錄於資料庫。在日後的觀察中，觀察人員可定時監控即時環境情況，利用 PDA 或具備 RFID 讀取器之手持設備擷取出當下之環境參數。

Scenario2：上述情境一是針對即時環境回報情況，另一種情境則是長期對於環境改變的長時間觀察。系統與硬體部署方式與情境一相同，觀察人員可以使用讀取器取得此株植物生長環境下特定時間區間中的環境變化量，藉此來分析對於植物生長的最佳環境。

Scenario3：針對數位化生活而設計，重點是在上述情境之中加入 OSGi 以及 WiMAX 的機制。透過 OSGi 的平台在情境一的情況中，觀測人員使用讀取器得知物件資訊之後可以透過 OSGi 的 Bundle

傳送訊息給農場主人、牧場主人等，而負責人接收到此資訊時便可做決策的判斷，例如要買多少的飼料、植物是否需要加蓋雨棚等等情境下的決策，再透過 OSGi 平台將決策送達給觀測人員。

3.1.3 RFID/EPC/OSGi情境模擬

在現代的資訊科技下，已有許多高科技家電的出現，讓使用者們用起來輕鬆且便利，甚至也有將網路與家電做結合的產品出現，像是已問世的網路冰箱，除了基本保鮮食物的功能外，其他內容服務也包括：天氣預報、宅配購物、即時股市、生活資訊、休閒旅遊、熱門網站等多元化的資訊服務。在未來之研究中也期望利用 RFID 技術之 EPC 網路架構與 OSGi 服務平台結合而成之行動居家網路系統，透過 OSGi 架構與 EPC 網路，並運用 RFID 技術，即使使用者在外，也能透過此系統查詢家中冰箱及儲藏櫃內的物品資訊，以利使用者查詢，此情境說明如下：

Scenario1：當使用者在家想要為三餐的烹煮做準備時，或是小朋友們回到家想知道家裡冰箱有什麼喝的或吃的點心，而是不是又在冰箱內翻來翻去，尋找看看到底有什麼呢？透過具有 RFID Reader 之冰箱或儲藏櫃讀入商品之 EPC Code，並透過 EPCNetwork 查詢相關商品之數量與保存期限等資料，可以輕鬆連結至冰箱的資料庫而能詳細的知道冰箱的庫存情況跟商品的數量和保存日期。在家甚至可藉由裝有液晶螢幕的智慧型家電來顯示所有資訊。

Scenario2：不管是家庭主婦或家中其他人在外時，也一樣可以透過手持行動設備來顯示家中冰箱或其他儲藏櫃的庫存情形，這樣在購物

或是買菜的時候，而使使用者能方便的購物。這些使用者藉由 Smart Phone、PDA 與 NB 等設備，經由無線網路、Satellite、電信網路等行動寬頻網路技術並透過家庭環境之 OSGi Gateway 整合平台，連結至冰箱資料庫，以了解家中商品數量與狀態(保存日期)，讓使用者知道所需要購買的商品為何。



3.2 系統流程與架構

針對上一節中所提出的情境模擬，本研究各別提出三種系統之架構，配合不同情境所會遇到之需求做設計，以下就對各種系統做架構上的說明。

3.2.1 RFID/EPC系統流程與架構

在此架構中共有三部機器，分別扮演 Root ONS (一台)及 Local ONS &和 EPCIS (兩台)，運用 Web Service 達成 ONS 與 EPCIS 間之連線實作。客戶端使用 Mobile RFID Smart Phone 操作訂購流程，以下簡介客戶端如何由商場訂購商品資料，並藉由 EPC Network 提供相關訂購資料由廠商將訂單的配送之流程(圖 3.1)。

1. 使用者以 Mobile RFID Smart Phone 之 RFID Reader 讀入商場之 EPC Code。
2. 由 EPC Network 查看本地 Local ONS，以 EPC Code 中產品代碼部份查詢是否有 EPCIS 主機符合所需的相關資料，若存在傳回擁有資料的 EPCIS 主機的 IP。(商場有足夠的產品庫存)。
3. 若無(商場無足夠的產品庫存)，連線至 Root ONS 以 EPC Code 中廠商代碼部份查詢所屬的 Local ONS 主機(查詢產品存貨地區與存貨量)。
4. 在至新查詢的 Local ONS 中，再以 EPC Code 中產品代碼部份查詢擁有所需商品資料的 EPCIS 主機。
5. 最後，連線至 EPCIS 主機，取得商品相關資料(生產日期、生產地、配送商、配送日期等資訊)，同時將商品配送至使用者家中。

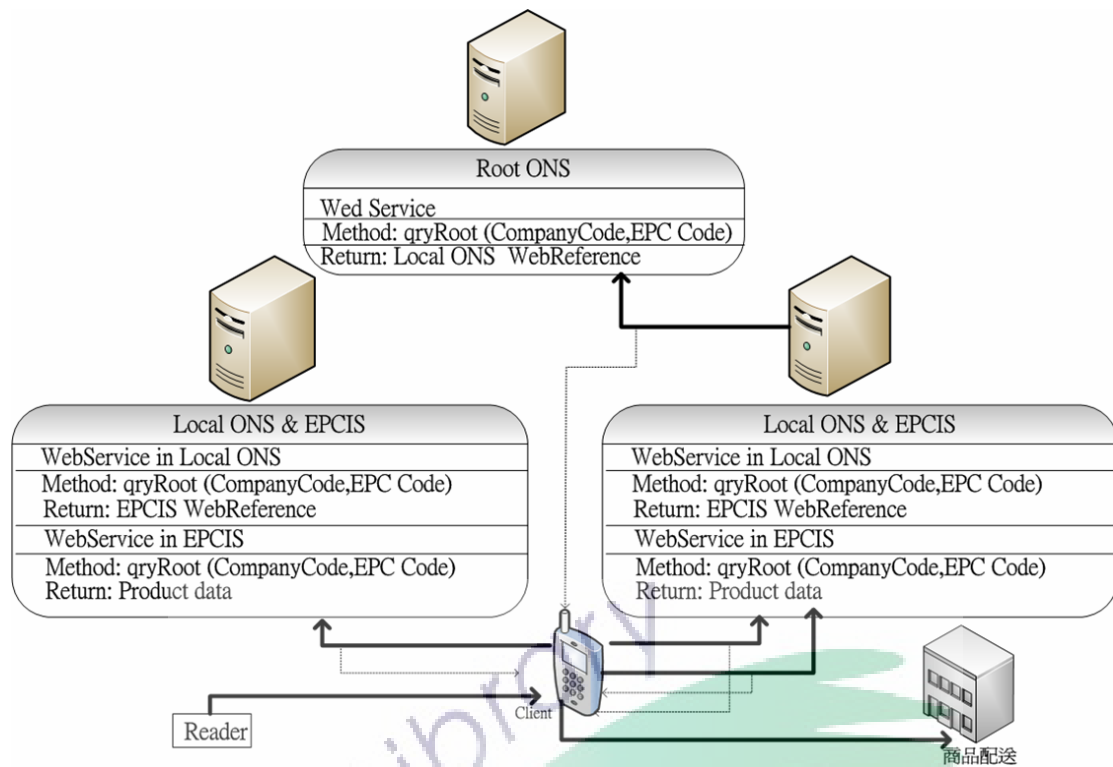


圖 3.1：智慧型行動採購系統流程

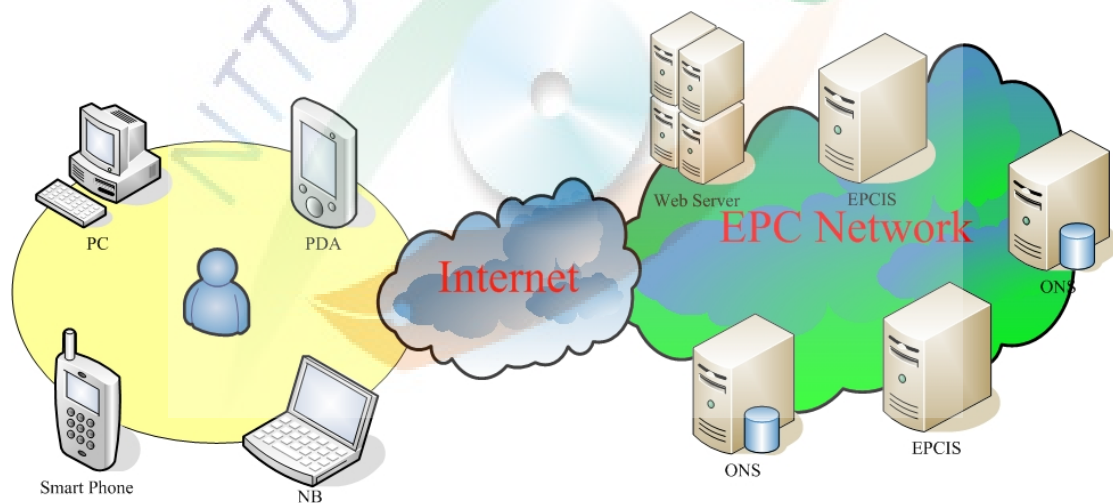


圖 3.2：RFID/EPC 系統架構

3.2.2 EPC/WSN系統流程與架構

在此架構中，RFID 與 EPC 之系統並無太大之更動，最主要是加入無線感測網路系統之資料，讓後端的應用程式能夠同時呈現 EPC 系統與 WSN 系統之個別資料。此系統與前者系統不相同的地方在於資料的整合，因為兩種不同系統整合之前最重要的步驟即為資料庫系統整合，也由於無線感測網路與 EPC 網路使用

各自獨立之資料庫系統，因此本計畫設計網路介面程式(圖 3.3)將無線感測網路資料庫節點資料定時擷取，並在同時間將數據存入 EPC 網路中的 Root ONS 伺服器。當使用者使用讀取器讀取 EPC 碼時，經由 EPC 網路察看本地 Local ONS，以 EPC 碼中的物品代碼部分查詢是否有 EPC-IS 主機符合所需的相關資料。若無相關資料，則連線至 Root ONS 以 EPC Code 中代碼部份查詢所屬的 Local ONS 主機。再至新查詢的 Local ONS 中，再以 EPC 碼中物品之代碼部分查詢含有相同 EPC 碼的資料庫欄位，比對成功之後再將 EPC 碼與無線感測網路數據結合，最後將資料傳回。

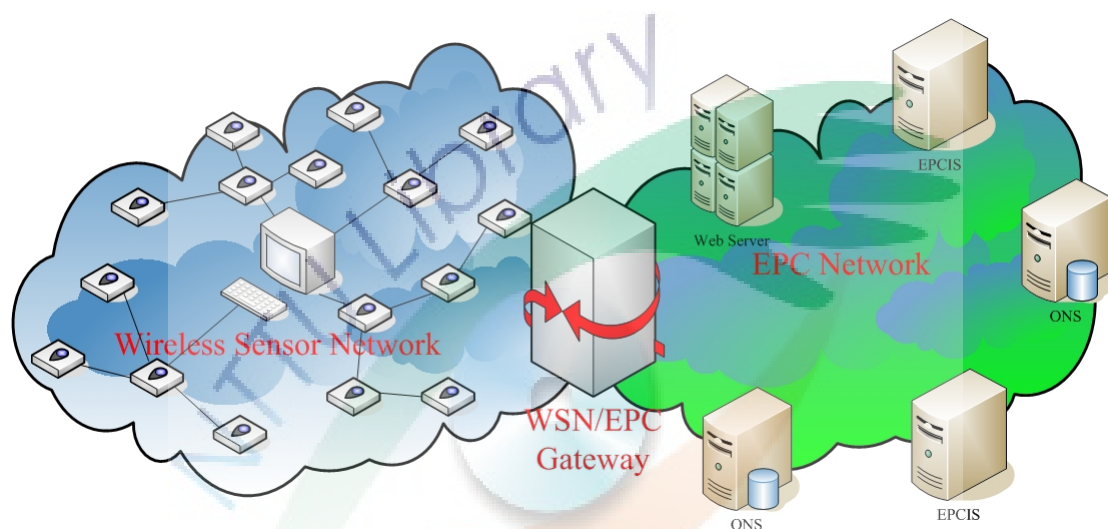


圖 3.3：EPC/WSN 系統架構

因為此系統是針對生態監測情境所開發，所以若是遇到感測系統的監測地點位居通訊不良或是實體線路無法到達的地區，例如山區、氣候不穩定之地區等，此時可藉由 WiMAX 設備作為兩者間的通訊(圖 3.4)。其可以分成兩種情況來考慮：

- 第一種情形為感測系統居於較偏遠或是難以到達之地區，例如山區、有危險性區域等等，可以藉由結合 WiMAX 來做兩者間的資料傳遞，既可以克服環境的限制亦能提供穩定的傳輸速率。
- 第二種情形為後備方案，假如實體線路因天災人禍等等因素中斷時，亦

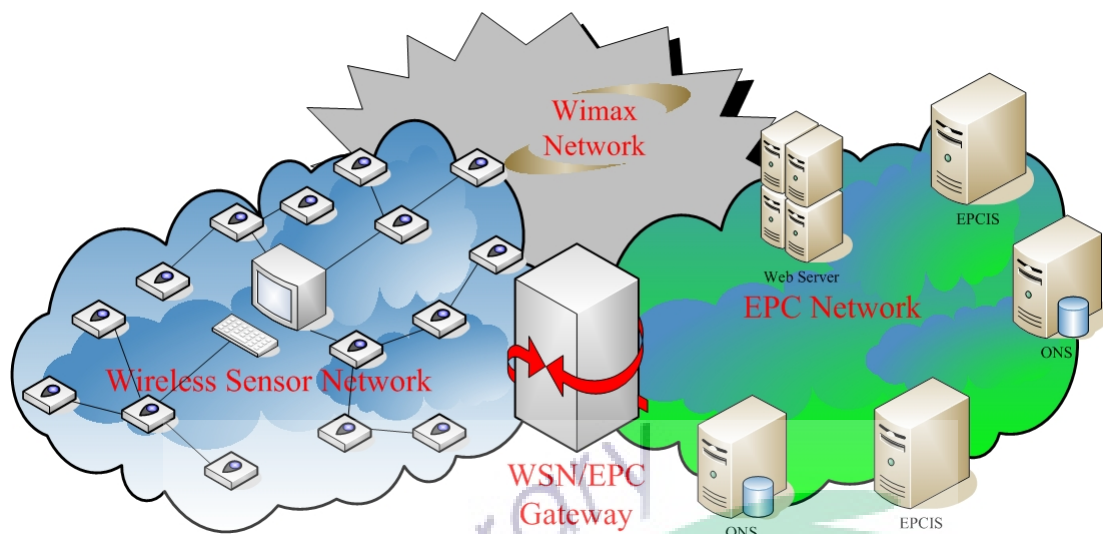


圖 3.4：EPC/WSN 系統架構(使用 WiMAX 傳輸)

3.2.3 RFID/EPC/OSGi系統流程與架構

本研究也計畫實作結合 EPC 網路與 OSGi 架構之智慧型行動居家網路系統，系統架構包含客戶端、廠商端、EPCIS 主機、OSGi 平台主機及家中庫存專用的資料庫。客戶端使用手持行動裝置等來操作，以下簡介使用者使用 RFID 技術之 EPC 網路架構與 OSGi 服務平台結合而成的智慧型行動居家網路系統流程，述說使用者在外如何透過此系統查詢家中已具有的商品：

1. 廠商業者或大賣場對商品對應其 Tag 的 EPC Code 來編輯與新增相關商品資料而儲存至 EPCIS 主機中。
2. 而每次商品放入或拿出冰箱或儲藏櫃時，會經由所裝設的 RFID Reader，讀入商品的 EPC 碼，透過 EPC Network 將對應到的商品資訊存至庫存商品的資料庫中，等待使用者查詢。
3. 使用者以手機、PDA 和電腦等手持行動裝置透過網路連至家中 OSGi 主機。

4. 連線至 OSGi 平台後，下載與啟動 Bundle 服務，而找尋到庫存商品的資料庫，來獲取商品的資訊(保存期限、數量等)。
5. 此時使用者的手機、PDA 和電腦等手持行動裝置可經由網頁得知智慧型 RFID 家電中的商品庫存情形，以便在第一時間知道其庫存情況。
6. 相同地，家中的其他 RFID 智慧型家電也可藉此顯示家中具有的商品項目，讓使用者知道應購買些什麼，藉由啟動 OSGi 的 Bundle 服務，最後透過網路傳送給位於商場中的手機、PDA 等手持行動設備顯示。

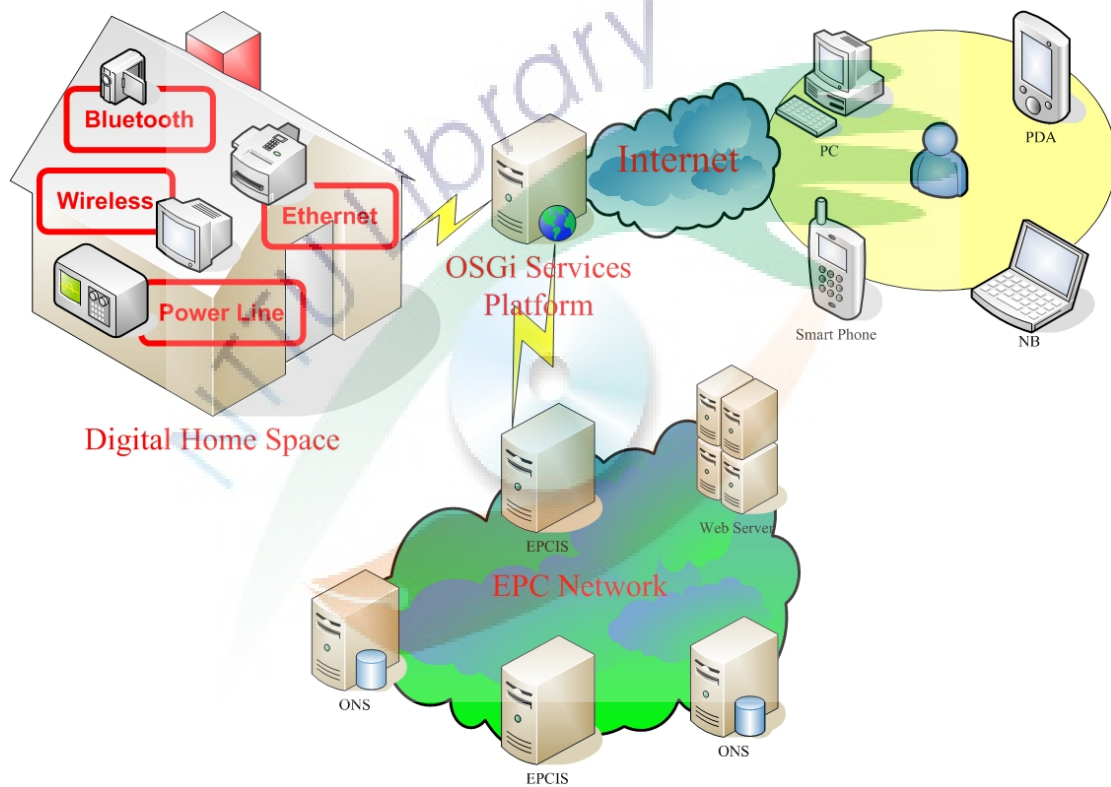


圖 3.5：RFID/EPC/OSGi 系統架構

第四章 系統設計與實作

在本章中，首先將進行軟硬體之規劃，針對本實驗室現有之設備分析其功能，再藉由 RFID 系統介面之設計整合無線感測網路系統，以一致性的介面呈現嵌入開道功能之複合系統。

4.1 軟硬體規劃

在本小節中將會介紹此研究所使用之軟、硬體設備以及其規格說明。

1. 硬體設備：

Smart Phone	
	OS : Microsoft Windows Mobile 5.0 for Pocket PC、Premium Edition CPU : Intel® PXA270 Slot : Compact Flash Type II (CF) and Secure Digital (SDIO)

Compact Flash RFID Reader



Standard : ISO 15693
Operating Frequency : 13.56MHz
Operating Temperature : -10°C to +65°C
Operating Distance : Up to 14 cm
Host Communication Baud Rate : Up to 115.2 kbps
Power Source : 3.3V
Current Consumption : 90 mA (Max RF on), 48mA (Idle RFOff)
Antenna : Built-in
RF modulation index : 10% 100%
Dimension : Approximately 50 mm x 103mm
FCC Certification : Part 15

RFID Antenna



Operating Frequency : 13.56MHz
Storage Temperature : 0°C to +60°C
Operating Temperature : 0°C to +50°C
Operating Distance : Up to 10cm max. (depend on type of RFID Tag when used with A9230-D family readers)
Antenna Connector : Male SMA with 2 meter cable
Enclosure : ABS Plastic
Dimension : 85mm(W) x 65mm(L)

Wireless Sensor Network System



Sensor Type : Sensirion SHT1 I

Channels : Humidity/Temperature

Range : 0 to 100% / -40°C to 80°C

Accuracy : $\pm 3.5\%$ RH (typical) / $\pm 2^\circ\text{C}$

Operating Range : 3.6 to 2.4 volts

Interface : Digital interface

RFID Tag



可讀寫高頻電子標籤(符合 ISO 15693 規格)

WiMAX



Sensor Type : Sensirion SHT1 I

Channels : Humidity / Temperature

Range : 0 to 100% / -40°C to 80°C

Accuracy : $\pm 3.5\%$ RH (typical) / $\pm 2^\circ\text{C}$

Operating Range : 3.6 to 2.4 volts

Interface : Digital interface

2. 軟體設備：

系統開發軟體	Microsoft Visual Studio 2005
資料庫軟體	Microsoft SQL Server 2005 (EPC 系統資料庫)
	Postgre SQL 8.0.0-rc1 (WSN 系統資料庫)
無線感測系統軟體	Crossbow MoteView 2.0F
感測系統資料庫管理軟體	pgadmin3-1.8.4

3. 工作平台：

中央處理器	Intel Pentium 4 3.6GHz 雙核心
記憶體	DDR 256 MB*2
硬碟	160 GB, 7200 RPM, SATA-II
顯示卡	Intel(R) 82915G/GV/910GL Express Chipset Family (128 MB)
作業系統	Microsoft Windows XP Professional Service pack2

4.2 系統設計與實作

在此小節中會針對在 3.1.2 以及 3.2.2 節中，也就是本研究最重要之閘道器系統設計進行實作，利用在 3.2.2 節中所設計的情境劇本，本研究設計出結合 EPC 網路與無線感測網路運用在生態觀測的整合系統，藉由 EPC 以及感測系統技術讓使用者可以透過整合後的介面進行生態觀測。

RFID/EPC 與無線感測網路之生態監測系統結合了 EPC 網路與無線感測系統，而本實驗室之 EPC 網路系統為自行開發之軟體，使用的開發工具是 Microsoft Visual Studio 2005，而無線感測網路系統則為套裝軟體 Crossbow MoteView 2.0F，在資料庫方面我們選擇 Microsoft SQL Server 2005 來搭配 Microsoft Visual Studio 2005 作為開發 EPC 系統的資料庫，藉此獲得較佳的相容性與效能，而套裝軟體 Crossbow MoteView 則是使用 Postgre SQL 作為資料庫系統，圖 4.1 為 EPC 系統中 ONS 之資料表，圖 4.2 則為無線感測網路系統資料表。因為無線感測系統是使用套裝軟體，其程式碼與資料庫設計皆無法更動，所以閘道器的設計主要原則在於如何從外部擷取 Postgre SQL 之資料，因此除了閘道器本身程式碼的設計之外還得搭配各自的驅動程式與 ODBC 的驅動程式。閘道器系統本身定位為後台系統，其程式設定為定時擷取 Postgre SQL 資料到 Microsoft SQL，如圖 4.3 所示，目前閘道器系統由一簡單的網頁介面顯示，內含的錯誤回報機制也可以讓使用者藉由網路的查詢做第一時間的檢查。

資料表 - dbo.wsn 摘要						
	goods_sn	nodeid	prtemp	humid	light	info
	00FFFFFFF0000...	4675	24573	1739	65501	白蝴蝶蘭(台灣...
	0000000049534...	4726	22768	1695	65486	細葉蘭花參 Wa...
	NULL	4616	24972	1987	65491	NULL
	NULL	5394	26524	1546	65495	NULL
	NULL	5417	26480	1481	65492	NULL
	NULL	5445	26816	1728	65482	NULL
	NULL	5411	26331	1440	65490	NULL
	NULL	5432	27043	1396	65494	NULL
	NULL	4704	23712	1612	65491	NULL
	NULL	5396	26041	1501	65496	NULL
▶*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

圖 4.1：Root ONS 資料庫資料

	oid	result_time timestamp v	epoch integer	nodeid integer	parent integer	voltage integer	humid integer	humtemp integer	prtemp integer	press integer	taosch0 integer
1	380077	2007-12-09 1		4675	0	463	1739	6400	24573	17974	65501
2	380085	2007-12-09 1		4726	0	392	1695	6632	22768	18395	65486
3	380089	2007-12-10 1		4616	0	398	1987	6651	24972	17965	65491
4	380180	2008-01-28 1		5394	0	402	1546	6401	26524	18706	65495
5	380253	2008-01-28 1		5417	4704	398	1481	6753	26480	19000	65492
6	380318	2008-01-28 1		5445	0	407	1728	6579	26816	17864	65482
7	380359	2008-01-28 1		5411	0	398	1440	6606	26331	18327	65490
8	380473	2008-01-28 1		5432	0	402	1396	6671	27043	18526	65494
9	380475	2008-01-28 1		4704	0	426	1612	6340	23712	18354	65491
10	380477	2008-01-28 1		5396	0	396	1501	6431	26041	18149	65496

圖 4.2：無線感測網路系統資料表

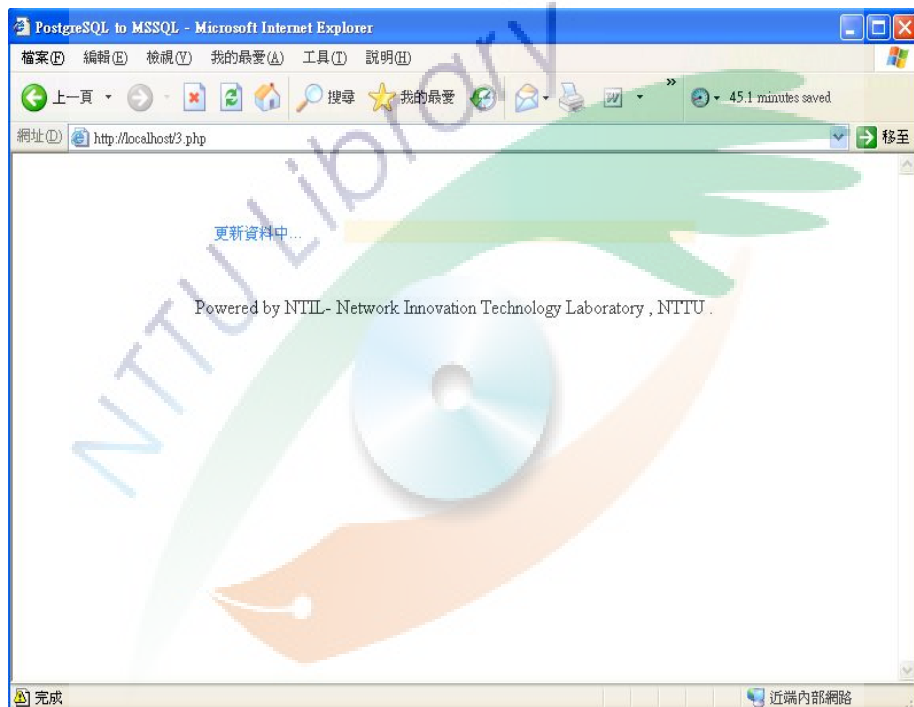


圖 4.3：閘道器系統網路介面

因為兩者資料庫不同且使用者以具有 RFID Reader 或是智慧型感測裝置來讀取被觀測之植物數據，而藉由閘道器的轉換，使用者可以透過同一個系統介面得知感測網路的資料與 EPC 網路中的資料，而在本情境之系統中(圖 4.5)，使用者可透過感測系統得知植物的溫度、溼度以及照度的資料，也同時透過 EPC 網路可得知植物的編號以及相關資訊，。

兩者系統資料轉換步驟如圖 4.4 所示，以下就針對資料轉換的過程做一描述：

- 無線感測網路將紀錄之數據資料存入感測系統之資料庫。
- 經由 PHP 網頁程式將無線感測網路資料庫中預先設定好的資料欄位資料擷取出來，並寫入到 EPC 網路資料庫預先設計好的欄位中。
- 當使用者使用讀取器來讀取 Tag 時，EPC 網路會先查詢 Local ONS 中是否存在這筆 EPC 碼的資料，若無則無法查詢，或者再到 Root ONS 中查詢。
- 若有符合的 EPC 碼表示這筆資料存在，則 EPC 網路會繼續在 Local ONS 中比對先前感測網路資料存入欄位中 EPC 碼相同的欄位資料。
- 若比對不成功(有 EPC 碼且物品存在但無感測網路資料)，則可能是感測網路發生錯誤或是這筆紀錄(感測網路數據)不存在。
- 若比對成功，(有 EPC 碼且物品存在也有無感測網路資料)，則系統會自動組合兩者因 EPC 碼相同所產生的新資料表。
- 最後再回傳給系統含有 EPC 碼資訊與感測網路資訊的組合數據。

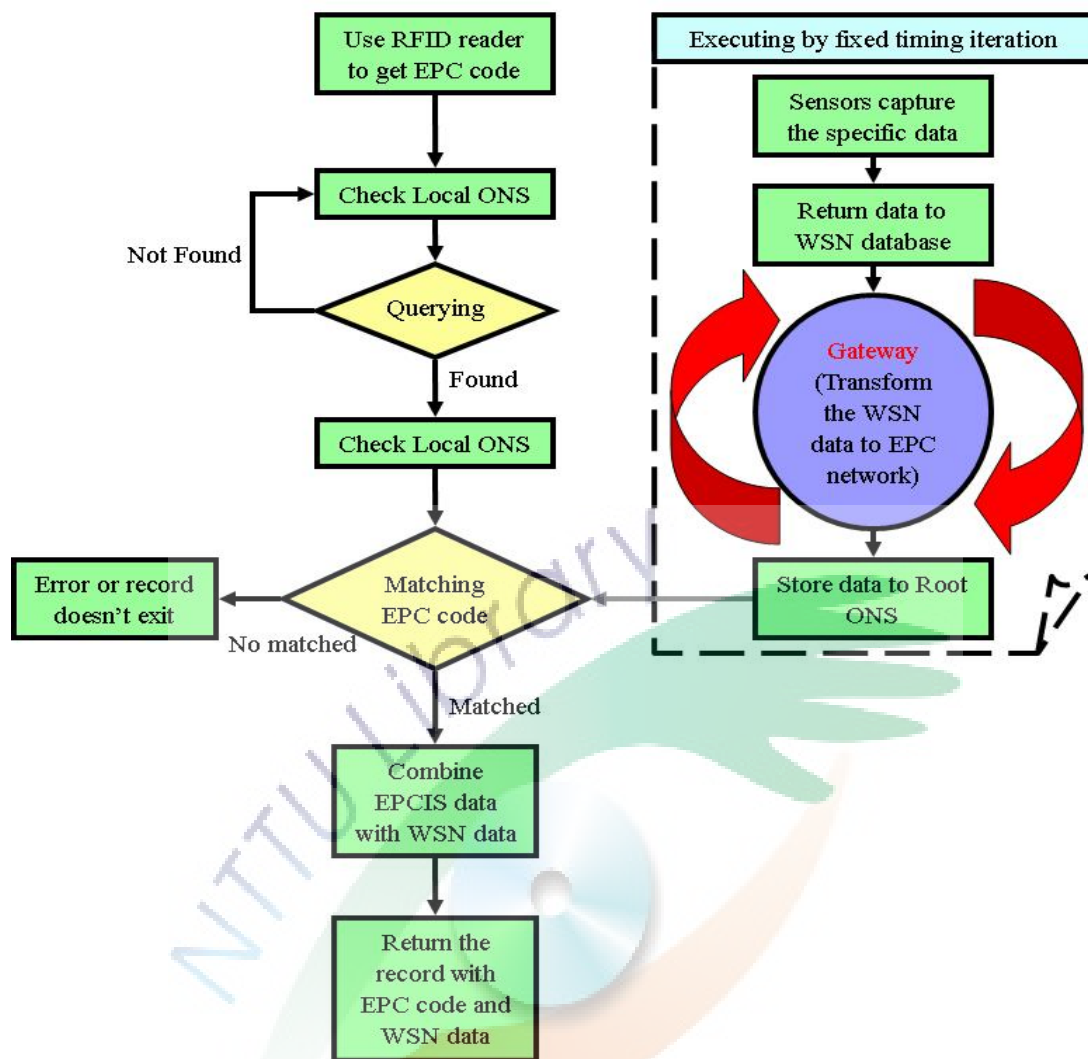


圖 4.4：無線感測網路與 EPC 網路運作流程

Device

Open
Close

Code

GetCode

植物編號：

觀測節點：

目前溫度：
度C

目前溼度：
%

目前照度：
Lux

簡介：

細葉蘭花參 *Wahlenbergia marginata* (Thunb.) A. DC.
TAIWAN(台灣), TAITUNG HSIEN(台東縣), Haituan Hsiang(海端鄉)
2008.8.17日種植

圖 4.5：結合 EPC 與無線感測網路之生態監測系統介面

第五章 效能分析與測試

在本章中將會針對第四章中各個系統的實作進行測試與效能分析，針對閘道器的導入所能提供之效益進行研究，以其作為未來在異質網路結合上的參考依據。

5.1 系統測試

藉由本研究設計的閘道器導入，成功地將 EPC 網路與無線感測網路整合，同時也透過一致性的系統介面提供使用者一個完善的功能服務，透過第四章所設計出的系統，使用者不但可以體會如同在第三章所提及之情境功能，更可依照不同環境、設備做彈性的變化運用，而在本小節中將會針對整個系統進行測試以檢驗系統之穩定度。

首先使用 802.11b 的無線網路環境中進行單獨 EPC 網路讀取實驗，流程為以 CF Card based RFID Reader 取得 EPC Code，並且將 EPC Code 傳至 EPC Network 中查詢商品資訊作為一次完整測試，而本實驗針對同一個 Tag 進行讀取 1000 次的測試，因為每一筆資料量皆相同所以可單純檢驗系統讀取速率，在圖 5.1 中可以發現每次讀取所需要的時間大約在 400 ms 左右，可確定 Mobile RFID Reader 可穩定且成功讀取 EPC 編碼。

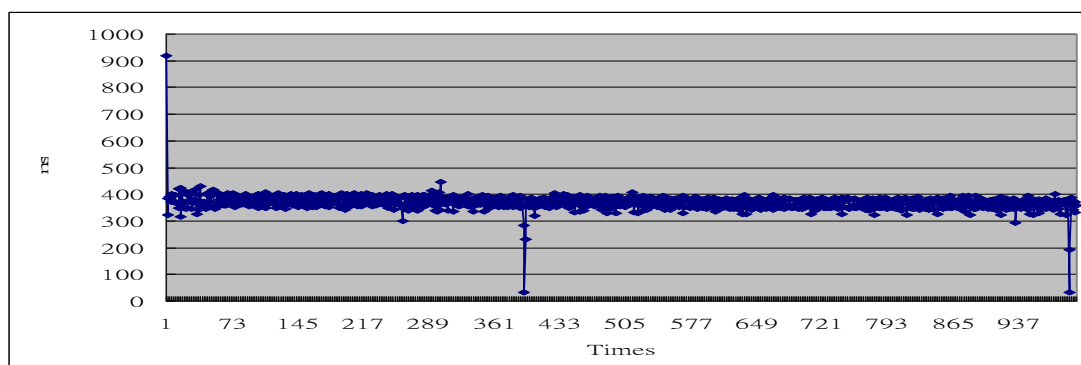


圖 5.1：讀取 1000 筆資料每一筆資料所需時間(EPC Network)

接著我們將閘道器系統連線且同時讓無線感測網路同步運作，流程為以 RFID Reader 讀取 EPC Code，並且將 EPC Code 傳至 EPC Network 且透過閘道器系統與感測系統資料做結合，最後再經由系統介面呈現作為一次完整之測試，此測試也同樣重複以同一個 Tag 進行讀取 1000 次的測試，結果如圖 5.1.2 所示，每次讀取所需要的時間在 600ms 上下，此結果不只可確定 RFID Reader 可穩定讀取 EPC 編碼，而更能證明此研究中所設計之異質網路閘道器的成功。

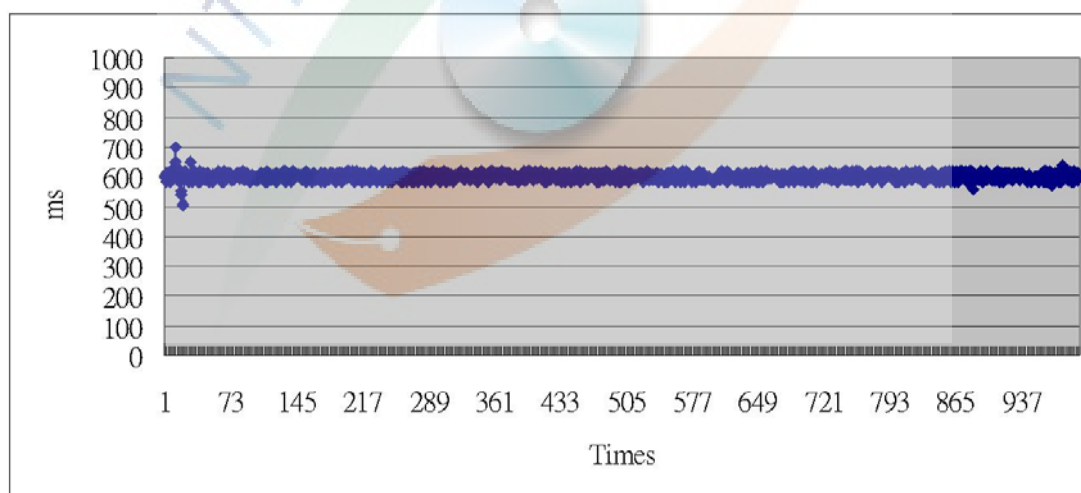


圖 5.2：讀取 1000 筆資料每一筆資料所需時間(結合閘道器)

5.2 效能分析

針對在 5.1 中所測試而得的結果，本研究發現在讀取 1000 次之實驗中，導入閘道器後雖然在讀取每筆 EPC Code 上平均比單獨 EPC 網路中的讀取時間約多出 200ms，但整體穩定度卻有良好的表現並且更重要的是能一併呈獻感測系統中的資料。圖 5.3 呈現了單獨 EPC 網路、感測網路以及導入閘道器的複合系統讀取速率，藍色線條(圖 5.3 中間)為 EPC 網路、黃色線條(圖 5.3 最下)為感測網路，而粉色線條(圖 5.3 最上)即為結合 EPC 與感測網路之系統，在 5.1 節的測試中，EPC 網路與含有閘道器之系統讀取速率分別為 400ms 與 600ms，這是使用相同 EPC Tag 讀取 1000 次的平均數字，而在感測網路方面，因為感測網路為單純的套裝軟體，無法進程式碼的修改或是系統的設計改變，因此改為使用閘道器從感測系統資料庫轉換 1000 筆同一項資料的時間，而這個測試的平均時間約在 300ms 左右。

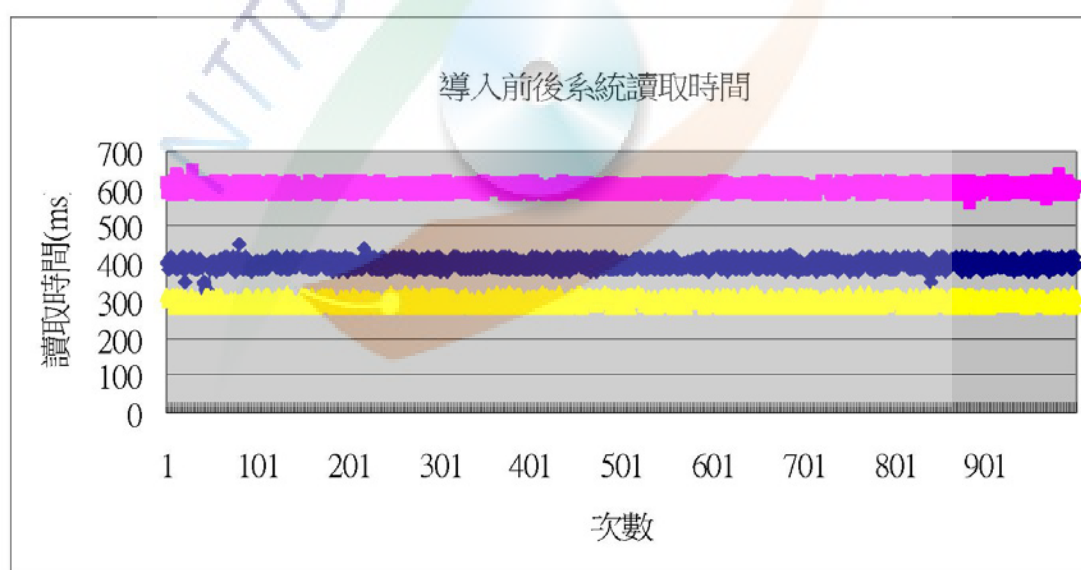


圖 5.3：EPC、WSN 與閘道器系統綜合比較

至於在系統網路流量方面，本研究使用流量監控軟體測試針對單獨 EPC 系統、WSN 系統以及閘道器系統進行網路流量的監控，圖中紅色的部份代表下載的流量，綠色代表上傳，而黃色則代表同時含有上傳與下載的流量。在單獨 EPC

的網路流量測試中，利用同一個 EPC Tag 以每兩秒的間隔做讀取的動作，觀測的流量情形如圖 5.4 所示，整體網路效能呈現非常平穩的狀態，上傳與下載都非常固定(下載平均為 0.6kb/sec，上傳平均為 0.9kb)。而在感測網路方面，觀測的流量情形如圖 5.5 所示，目前本實驗室所使用的感測網路節點為 10 個，而每個節點回傳資料的時間點皆不相同，且感測網路本身也會更新資料，因此在整體的網路流量上是呈現一個較無規律的狀態(下載平均為 18.9kb/sec，上傳平均為 11kb)。最後在閘道器系統的網路流量上，同樣使用同一個 EPC Tag 以每兩秒的間隔做讀取的動作，其呈現的觀測流量如圖 5.6 所示，在上傳的流量上是呈現較為固定的情形，但下載的情形卻有間歇式的爬升(下載平均為 26kb/sec，上傳平均為 17.5kb)，在這一點上從本實驗可證實閘道器系統其網路效能的確會受到資料更新與碰撞之影響。

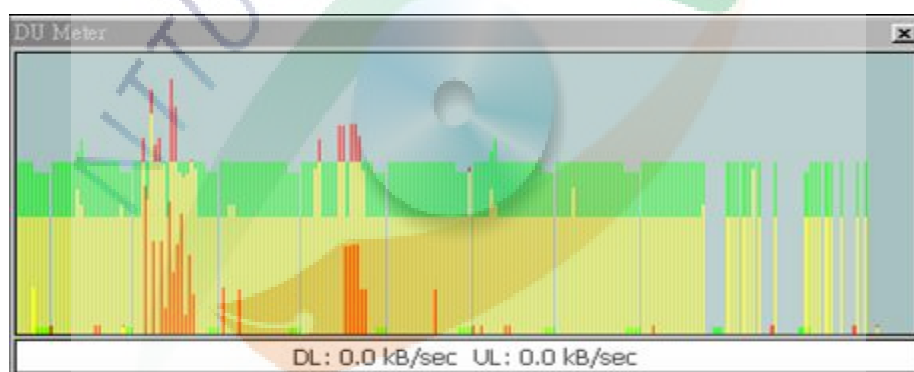


圖 5.4：EPC 系統網路流量
(DL:0.6kb/sec UL:0.9kb)

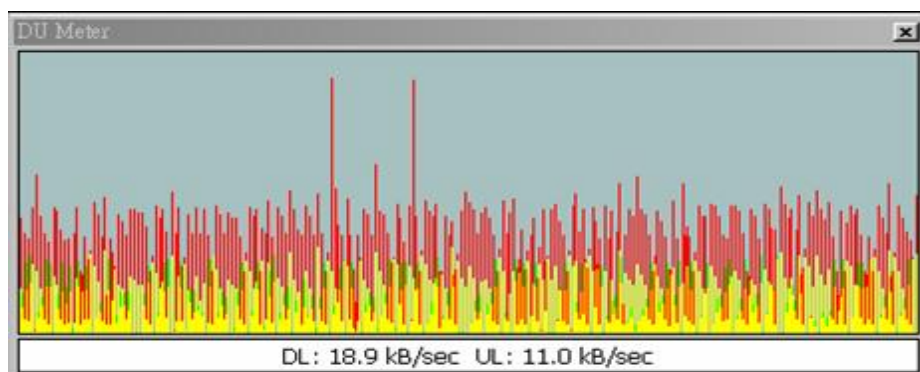


圖 5.5：WSN 系統網路流量
(DL:18.9kb/sec UL:11kb)

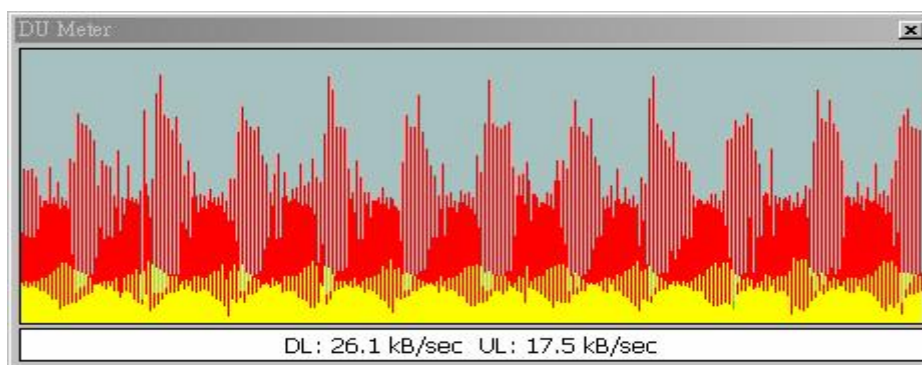


圖 5.6：閘道器系統網路流量
(DL:26kb/sec UL:17.5kb)

一般來說，一個設計良好的 RFID 系統較佳的讀取速率平均約在半秒鐘左右，也就是 500ms，而本系統測試之後的速率約在 600ms 左右，其原因分析有下列幾點：

1. 一般 RFID 系統多為獨立系統或是針對單一功能設計的系統，其軟硬體搭配皆有規劃，導致在讀取速率上能相對提升。
2. 為了研究異質網路在整合上可能出現的問題，本研究特別使用兩種不同的系統資料庫，分別為 MS SQL 與 Postgre SQL，兩者的資料格式與轉換上相對比一般單純 RFID 系統資料格式複雜。
3. 閘道器在轉換每筆資料過程中產生的資料碰撞(Data Collisions)會降低讀取速率以及使用較多的頻寬。

目前市面上針對異質網路整合所設計出的系統非常缺乏，因為不同系統的廠商為數眾多且其協定也多半不盡相同，這也間接造成整合上的困難，因此多半專業整合的系統仍停留在針對特殊需要而開發之特定套裝軟體，此類系統也多半為特定使用者或是廠商在使用，對於一般使用者或是學術研究上較為不易，同時其相容性與通用性上皆較低，而其相對的成本與開發時程也較高。表 5.1 中分別就針對導入閘道器系統與個別系統以及客製化整合系統三者，在成本、相容性以及

其他系統特性上進行分析。

表 5.1：各種系統比較分析表

	開道器系統	EPC網路系統	無線感測系統	客製化系統
成本	低	中	中	高
相容性	高	中	中	低
系統升級性	易	中	中	較難
應用性	高	中	中	高
維護性	易	易	易	易

在客製化系統中其特色即為將不同的系統都包裝在一起，一但日後遇到版本更新的時候，就必須要做整體系統的更改，但開道器系統並不需要更動本身，只需要更新個別的子系統版本即可，所以相對在系統升級性上能較有彈性，也因為客製化系統必須從個別子系統的程式開始設計，且使用者無法選擇自己想要使用的軟體，例如有些使用者需要使用功能較為特殊的感測系統等因素，因此在這方面客製化系統所面臨到的成本考量將會提高，且相對子系統的相容性也會降低。

針對表 5.1 的分析，開道器系統對於客製化系統最強的優勢即在於成本的耗費，而成本又可分為有形成本(硬體、軟體等)與無形成本(開發時程)兩種。在系統開發的初期，開道器系統必須要先有兩套個別的子系統，這個時候成本會相對較高，但到開發中後期的成本只需耗費在個別子系統的更新上，而這個部份的成本並不高，反觀客製化系統，初始雖然在於整體系統的設計上不需花費太多的成本，但到開發中後期隨著硬體設備的購置與系統的更新其成本會逐漸增加，而這樣的情形也與整體的開發時程相呼應，到了後期的維護與更新上將會比開道器系統還更花費時間。

第六章 結論

6.1 研究結論

本研究之研究貢獻與結論，如以下所述：

1. 在 U 化時代的網路環境中，電腦運算不應該以任何形式存在於某些特定的個人裝置上，反而是應該無所不在地運作在人類生活之後，呈現一種無聲無息的存在，透過本研究希望將此精神傳遞與應用。
2. 藉由 EPC 網路與無線感測網路此兩大目前應用最為廣泛之系統，進行實作設計並且測試，利用市售套裝無線感測網路系統與自行開發之 EPC 網路系統結合閘道器整合。
3. 異質網路的整合發展總是會遇到有關資料格式與協定等等相關分歧，藉由對於異質網路提出架構性的規劃與閘道器的導入設計，希望在未來閘道器的觀念能成為研究與實作中的設計重點。

本研究主要重點在於異質網路整合與閘道器設計，也同時因為 EPC 網路與感測網路皆為目前 U 化網路時代下最具競爭力與發展潛力的兩種技術，所以本研究選定此兩種技術作為發展異質網路閘道器之平台基礎，而目前在市面上普遍與此類相關的系統多處於單獨封閉系統或是廠商設計好之套裝系統，但 EPC 網路系統與無線感測網路系統在目前算是百家爭鳴的狀態，不同廠商所開發設計出的系統與他者在相容性上嚴重不足，因此其相關設計成本也將因而提升，也希望在未來藉由閘道器的導入能降低成本的花費。

6.2 未來計畫及建議

在本研究中目前是以本研究室所使用的設備系統作為閘道器設計之環境，這部份在第四章的 4.1 中已有做介紹，而我們知道，一個系統的成功與否除了本身能順利運作之外，後續的效能分析、維護評估等等，這些都是針對系統是否完整所要參考之重點。本研究分析了目前 RFID 與無線感測系統的發展現況與設計限制，而在異質網路整合上最重要的幾個重點分別為資料的格式、協定以及整體性的應用介面，本研究提出的閘道器系統不只在資料格式上提供了統整的功能，而更設計出統一的使用介面，在未來將會針對 Tag 讀取之速率以及閘道器設計的效能進行更深度的評估與探討，而在本研究中所開發出來的異質網路轉換閘道器，若是在日後此技術漸趨成熟後，多樣化的異質網路必定會相互共存，而在此研究中所提到的各種系統也能做整合式的結合，以期完成複合式之整合服務應用資訊平台閘道器設計，因此在第三章所提到之 OSGi 平台在未來的研究中也將導入(圖 6.1)，希望在未來數位家庭蓬勃發展的網路時代中，透過異質網路閘道器來加速家庭中的各種網路設備。

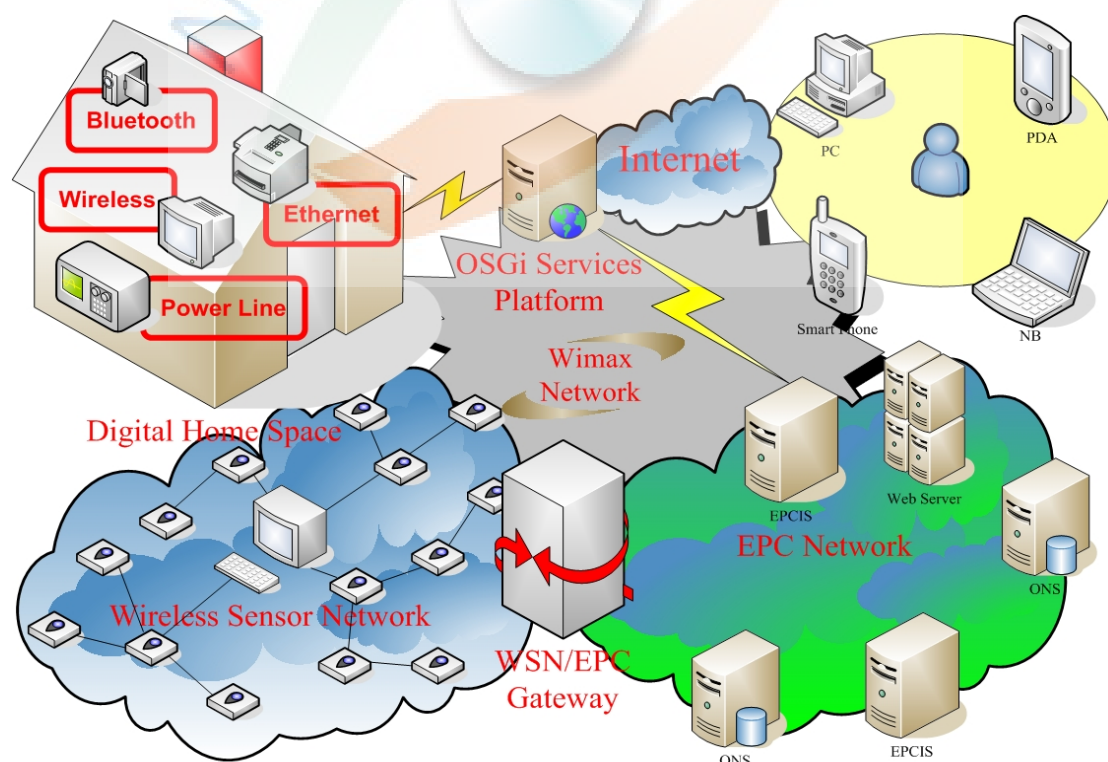


圖 6.1：複合式整合服務應用資訊平台架構

參考文獻

【中文部分】

- [1] 蔡佳宏、曾煜棋(2006.1)。無線感測網路之通訊協定與應用前景，電信國家型科技計畫，第七十七期。
- [2] 徐愛蒂(2007.12)。網路新應用-無線感測網路的興起，工研院 IEK-IT IS 計畫。
- [3] 婁德權、羅序仁(2008.1)。從無線網路發展與應用探討新興網路安全與威脅，國防大學理工學院電機電子工程學系，資通安全專論 T96014。
- [4] 賴彥任、邱祈榮、魏聰輝、沈介文、林清儒(2007.10)。無線感測網路技術進行森林氣溫與相對濕度觀測之先驅實驗，臺灣大學實驗林管理處、臺灣大學森林環境暨資源學系。
- [5] 方煒、林詠勝(2005.9)。田間伺服器與無線路應用於環境監測與控制。

【中文網站】

- [1] EPCglobal TAIWAN, <http://www.epcglobal.org.tw/epcg/jsp/a11.htm>
- [2] GS1 TAIWAN, <http://www.gs1tw.org/twct/web/index.jsp>
- [3] WiMAX 介紹, <http://zh.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- [4] 識方科技股份有限公司-電子報, <http://www.bandwavetech.com/ePaper/200706.htm#download>
- [5] 無線感測網路運用於台灣不同林分微氣候觀測, http://www.bandwavetech.com/c_microclimate.htm

【英文部分】

- [1] A. Brown, M. Kolberg, D. Bushmitch, G. Lomako and M. Ma, "A SIP-based OSGi device communication service for mobile personal area networks," *Proceedings of the 3rd IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2006)*, vol. 1, pp. 502-508, Jan. 2006.
- [2] C. Bae, J. Yoo, K. Kang, Y. Choe and J. Lee, "Home server for home digital service environments," *Proceedings of the IEEE International Conference on Consumer Electronics*, vol. 49, no. 4, pp. 1129-1135, Nov. 2003.
- [3] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," *Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp.56-67, Boston, MA, Aug. 2000.
- [4] C. Ngo, "A Service-oriented wireless home network," *Proceedings of IEEE Consumer Communications and Network Conference*, pp.618-620, Jan. 2004.

- [5] D. Estrin, R. Govindan, J. Heidemann, and S. Kumar. "Next Century Challenges: Scalable Coordination in Sensor Networks," *Proceedings of the Fifth Annual International Conference on MobiCOM*, pp.263-270, August 1999.
- [6] D. Marples and P. Kriens, "The Open Services Gateway initiative: an introduction overview." *IEEE Communication Magazine*, vol. 39, no. 12, pp.110-114, Dec. 2001.
- [7] H. Cervantes and R. S. Hall, "Automating Service Dependency Management in a Service-Oriented Component Model," *Proceedings of the 6th Workshop on Component-Based Software Engineering (CBSE2003)*, pp. 91-96, May 2003.
- [8] H. Lu, H. Tzeng, M. Chen and J.L. Chen, "Design of a residential gateway for tele-homecare systems," *Proceedings of the Ninth International Symposium on Consumer Electronics*, (ISCE 2005), pp. 291-295, Jun. 2005.
- [9] I.D., I. Jalaly "RFID Tagging Explained" *IEE Communications Engineer*, pp.20-23, Feb. 2003.
- [10] I. Hill, R. Smvcryk, A. Wm, S. Hollar, D. Culler, and K. Pister. "System Architecture Directions for Networked Sensors," *Proceedings of ACU ASPLOS*, pp.93-104, November 2000.
- [11] I. Kulik, W.R. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation-based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," *Wireless Networks*, Vol.8, No.2, pp.169-185, 2002.
- [12] J.C. Duenas, J.L. Ruiz and M. Santillan, "An end-to-end service provisioning scenario for the residential environment," *IEEE Communications Magazine*, vol. 43, no. 9, pp. 94-100, Sep. 2005.
- [13] J. Jeong, D. Shin and D. Shin, "An XML-based Automated Authentication Profile for Home Network based on OSGi (Open Service Gateway Initiative) Framework," *Digest of Technical Papers of International Conference on Consumer Electronics (ICCE '06)*, pp. 99–100, Jan. 2006.
- [14] J. Kong, P. Zerfos, H. Luo, S. Lu, and L. Zhang. "Providing Robust and Ubiquitous Security Support for Mobile Ad-Hoc Networks," *Proceedings of IEEE Ninth International Conference on Network Protocols*, pp.533-547, 2001.
- [15] Jongwoo Sung, Tomas Sanchez Lopez, Daeyoung Kim, "The EPC Sensor Network for RFID and WSN Integration Infrastructure" *Proceedings of the Fifth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, 2007.
- [16] K. Kang, J. Lee and H. Choi, "Management System for OSGi-based Infrastructure," *Digest of Technical Papers of International Conference on Consumer Electronics (ICCE '06)*, pp. 53–54, Jan. 2006.
- [17] Lee, D. Nordstedt and S. Helal, "Enabling Smart Spaces with OSGi," *IEEE*

- [18] M. Tubaishat and S. Madria. "Sensor Networks:An Overview," *IEEE Potentials*, Vol.22, No.2, pp.20-22, April/May 2003.
- [19] M.K. Lee, R.E. Newman, H.A. Latchman, S. Katar and L. Yonge, "HomePlug 1.0 powerline communication LANs – protocol description and performance results," *International Journal of Communication System*, Vol. 16, Issue 5 , pp. 447-473, 2003
- [20] Marcel Offermans, "Automatically managing service dependencies in OSGi," *the OSGi Alliance 2005 World Congress*, 2005.
- [21] P. Dobrev, D. Famolari and C. Kurzke, "Device and service discovery in home networks with OSGi," *IEEE Communication Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 86-92, Aug. 2002.
- [22] P.P.S. Narayan, Y. Brietbart, M. Garofalakis, S.K. Iyer, C. Martin, G. Prabhakar, R. Rastogi and A. Silberschatz, "Physical and service topology discovery in heterogeneous networks: the NetInventory system," *Proceedings of the 11th International Conference on Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium*, pp. 279-284, Jun. 2004.
- [23] S. Naghian and J. Tervonen. "Semi-Infrastructured Mobile Ad-Hoc Mesh Networking," *Proceedings of IEEE Conference on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Vol.2, pp.1069-1073, Sept. 2003.
- [24] S. Zhao, I. Seskar, and D. Raychaudhuri, "Performance and Scalability of Self-Organizing Hierarchical Ad Hoc Wireless Networks," *Proceedings of IEEE Conference on Wireless Communications and Networking*, Vol.1, pp.132-137, March 2004.
- [25] T. Okugawa, H. Masutani and I. Yoda, "A Home Network Service Environment for Wide-Area Communications," *Proceedings of the 2005 Asia-Pacific Conference on Communications*, pp. 14-18, Oct. 2005.
- [26] X. Li and W. Zhang, "The design and implementation of home network system using OSGi compliant middleware," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 50, no. 2, pp. 528-534, May 2004.
- [27] Y.I. Kim, J.S. Park, T.S. Cheong, "Study of RFID Middleware Framework for Ubiquitous Computing Environment," *International Conference Advanced Communication Technology*, Vol.2, pp.825-830, Feb. 2005
- [28] Z. Cai, M. Lu, and X. Wang, "Distributed Initialization Algorithms for Single-Hop Ad Hoc Networks with Minislotted Carrier Sensing Parallel and Distributed Systems," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, Vol.14, No.5, pp.516-528, May 2003.

【英文網站】

- [1] Bluetooth, <https://www.bluetooth.org/>
- [2] CodeBlue: Wireless Sensor Networks for Medical Care, Division of Engineering and Applied Sciences, Harvard University,
<http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/codeblue/>.
- [3] EPCglobal Inc™, <http://www.epcglobal.org>
- [4] FIRE, “Fire Information and Rescue Equipment,” <http://bmi.berkeley.edu/fire/>.
- [5] HomePlug AV White Paper,
<http://www.homeplug.org/en/products/whitepapers.asp>.
- [6] IBM Websphere, <http://www-306.ibm.com/software/info1/websphere/index.jsp>
- [7] IEEE1394,
http://standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/description/busarch/1394-1995_desc.html.
- [8] Java Embedded Server 2(JES 2),
<http://www.sun.com/software/embeddedserver/index.html>.
- [9] Jini, <https://www.sun.com/software/jini/>
- [10] Open Services Gateway Initiative, “Specification Overview,”
http://www.osgi.org/resources/spec_overview.pdf.
- [11] Open Services Gateway Initiative, “Device Access Specification,”
http://www.osgi.org/resources/docs/spec_overview.pdf.
- [12] Open Services Gateway Initiative, Device Expert Group,
http://www.osgi.org/about/eg_overview.asp#deg.
- [13] Oscar, <http://oscar-osgi.sourceforge.net>.
- [14] Ubiquitous Computing, <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [15] UPnP, <https://www.upnp.org/>
- [16] USB, <http://www.usb.org/home/>
- [17] Verichip , <http://www.verichipcorp.com/>