

應用於 EPCglobal 網路之中介軟體的設計

The Design of Middleware for EPCglobal Networks

郭家旭、李明麟*

國立虎尾科技大學 資訊工程學系

*E-mail: minglin.le@gmail.com

摘要

RFID 在最近幾年陸續提出許多的應用，例如：台北捷運悠遊卡，使用頻段為 13.56MHz 和 ISO1444-3 的通訊協定。本篇論文，以 EPCglobal 為基礎，主要應用在供應鏈及物流管理上，藉由 EPCglobal Network 中 Reader Protocol、Reader Management 與 ALE 三個介面完成 Middleware 軟體的設計，藉以探討 EPCglobal Network 使用 Middleware 整合多樣化的 Reader 的應用與資料蒐集和過濾的問題，並提出解決方案[1]-[7]。為模擬 Reader 實際架設的環境時，因為受限於現有 Reader 的數量，以至於難已評估銜接數十台 Reader 時可能會發生的狀況。因此設計一個 RFID Reader 模擬器以解決此問題，並藉以測試 Middleware 的資料處理能力與效能。在未來，希望能夠進一步探討 Middleware 中 ALE 介面部分；探討 Middleware 的應用與實現方法；或將 Middleware 置入嵌入式系統等小型裝置，以降低複雜度與成本。

關鍵詞：EPCs, EPCglobal Network, ALE, Middleware.

1. 簡介

傳統上為了方便識別包裝內容物，會

將相關內容註記在外部，為達自動辨識，減少人工輸入，而採用二維條碼，透過讀卡機獲取條碼，依條碼編號查詢資料，此以概念稱之為『標記』。無線射頻辨識也是以此概念為基礎來發展，不同的是，無線射頻辨識使用無線傳輸，解決了讀取時，須近距離接觸或讀取器可視範圍的局限。

無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, RFID) 為近幾年積極推廣與應用的新型態辨識技術，使用射頻電波為資料的傳遞載體，RFID Reader 送出無線射頻電波，標籤(Tag)經由轉換電波能量推動內部晶片 (Chip) 經由編碼調變原訊號回應讀卡機(Reader)，完成資料傳遞。讀取時較不受障礙物影響，可依需求調整頻段或功率以延伸讀取距離，內部具非揮發性記憶體，容量大小由 1k bits 至 4k bits，具回收使用(Reuse)等特性，相關的應用在未來極具發展潛力。RFID 最早可追溯到二次大戰的敵我辨識系統；最早出現的商業化應用，是由德州儀器公司設計開發，使用於人員進出管制的門禁管理系統。在美國最大的物流供應商沃爾瑪(Wal-Mart)先導測試中，RFID 確實能減少因人員疏失所產生的損失，因而降低營運成本。在決策者能及時掌握商品銷售狀況下，配合資料探勘等商業決策技術，具有及時修正營運方針的彈性與優勢。爾後獲得 MIT Auto-ID (自動辨識研究小組) 採用，並研究如何達成物品的自動辨識，與相對應的資訊系統。在 Auto-ID 完成階段性的研究後，為推動

其商業化，將相關的研究成果與技術轉移至 EPCglobal 組織代以推廣與應用。

在台灣推動 EPC 的權責單位為 EPCglobal Taiwan [9] 歸屬財團法人中華民國商品條碼策進會 EAN Taiwan [10] 管理，提供 EPCglobal 標準的軟體認證或教育訓練。其中，EPCglobal 標準包含 EPCs 與現行編碼的互換格式。目前 EPCglobal Network 在台灣尚未導入提供服務，其主要原因莫過於架設成本過高，軟體開發進度過慢和相關領域人才缺乏。若在小型的應用領域中，雖無需結合 EPCglobal Network 的必要性，但需結合 Middleware，來整合多台 Readers 的資料，構成一虛擬的 Reader 以降低管理/控制上的複雜度，因此 Middleware 實屬最基礎的軟體元件。因此我們以 EPCglobal 為基礎，Middleware 為目標 [1]-[7]，藉以探討 EPCglobal Network 使用 Middleware 整合多樣化的 Reader 的應用與資料蒐集和過濾的問題，並提出解決方案。

2. 相關研究

2.1. EPCglobal Network 簡介

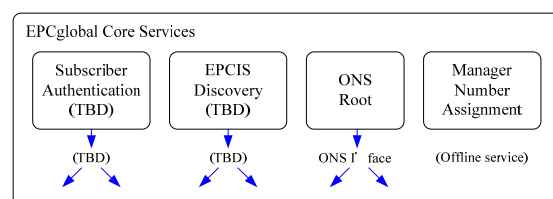
EPCglobal Network 系統為主從式 (Client - Server) 架構，分為兩大部分，其中 EPCglobal Core Services 扮演中立角色，並未存放 EPC 碼相關的物件描述資訊，類似 Internet 中 ISP 的角色，僅提供管理 EPCglobal Network 網路中的成員/用戶 (Subscriber) 與身分驗證；EPCglobal Subscriber 為網路中的成員，以 RFID Reader 提供資訊來源，將商品的實際生產過程呈現在 EPCglobal Network 中，換言之，其扮演將現實世界的變化過程，與資

訊世界的資訊相互結合的角色。

在 EPCglobal 全部的規範中，僅定義通訊介面與資料格式，並未提及元件設計或運行環境，因此能夠依使用者需求設計，其中延伸出一些需深入探討的問題。例如：提升資料流通量 (Throughput) 的問題、精簡的建置方法、可靠度與安全性的問題。

2.2. EPCglobal Core Services

在圖一中，EPCglobal Core Services 包含四個服務/程序，Management Number Assignment 管理成員與角色定位；Root ONS，為最上層的轉址查詢，類似 Internet 中 DNS 的角色；EPCIS Discovery，EPC 碼快取，類似 Internet 中搜尋引擎的角色與查詢；Subscriber Authentication，提供驗證 EPCglobal Network 中 Subscriber 驗證 Partner Subscriber 身分的服務。在圖中以 (TBD) 標記，則是尚未定義的部分。



圖一、EPC Network 核心服務(Core Services)架構圖[3]

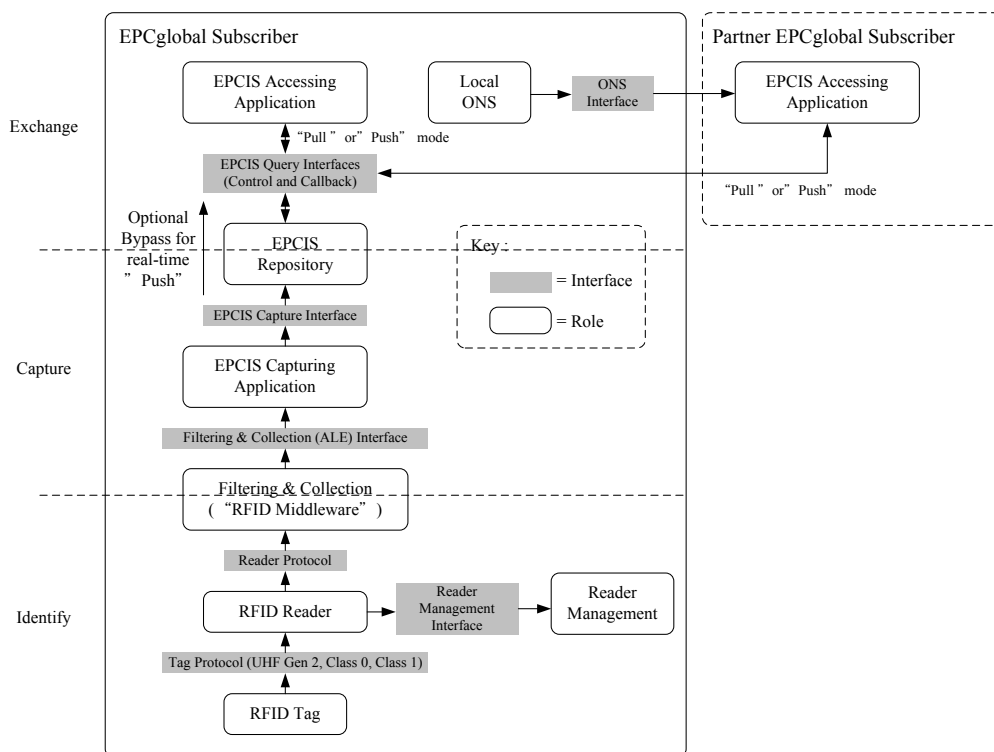
2.3. EPCglobal Local Services

在圖二中，EPCglobal Subscriber 為使物件表示資訊化的程序。區分為三階層，包含辨識層 (Identify Layer)、中間層 (Capture Layer) 與資料交換層 (Exchange Layer)。辨識層 Identify (RFID Tag → RFID Reader → RFID Middleware) 以事件驅動方

式向上層傳遞，由 RFID Reader 透過 Tag Protocol 的通訊方法，詢問場域內標籤，於收到標籤號碼(Tag ID / EPC code) 以標籤 ID 為目標，進行初階的過濾/群聚或資料統計，透過 Reader Protocol 向上傳遞訊息；RFID Middleware 的作用在於將一同性質/同區域的 Reader 群集，再依應用環境加以過濾/統計資料。**中間層 Capture** 由 EPCIS Capturing 以商業邏輯為導向，進行資訊擷取，藉由 ALE Interface 蒐集來自多台 RFID Middleware 中各個標籤的描述，透過 EPCIS Capture Interface 儲存在 EPCIS Repository。在某些需及時回報的資訊，例如：狀態查詢，此層將略過儲存，直接回覆狀態。**資料交換層 Exchange** 包含 ONS Interface 與 EPC Query Interface 兩個介面，前者為 Partner EPCglobal Subscriber

中 EPCIS Accessing Application 查詢 Local 端 EPCIS 位址的介面，後者則找到 EPCIS 位址後，進行資料查詢的介面。此層具備三個角色 EPCIS Accessing Application 存取內部 EPCIS 或 Partner EPCIS 的應用程式、EPCIS Repository 標籤資訊資料庫與 Local ONS 提供查詢本地 EPCIS 伺服器位址。

在 EPCglobal Network 中，各界面使用的通訊格式分為兩類，第一類，為可延伸標記語言(Extensible Markup Language, XML)標準為基礎，並使用延伸出的實體標記語言(Physical Markup Language, PML)來表示，第二類，以 Message 形式傳遞，詳細內容均記載於 EPCglobal 的標準文件中[4][5][6][7]。



圖二、EPC Network 區域服務(Local Services)架構圖[3]

3. 問題描述

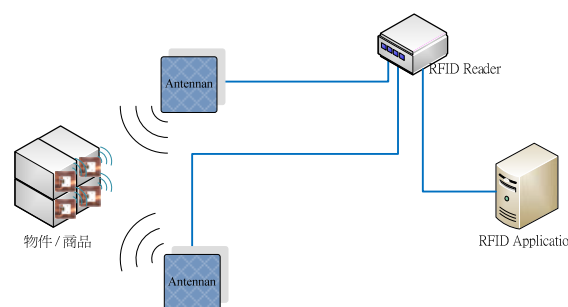
在 EPCglobal Network 的架構上，定義 Middleware 的角色為隔離應用端與讀卡機端，並能簡化控制流程，主要的工作為初階的資料過濾與擷取，隨著管控的 Reader 數量需求增加，將導致加重 Middleware 處理大量標籤過濾的負載加重 (Over Loading)。在 RFID Reader 讀取過程中產生多餘的資料，其部分原因歸咎於 RFID 先天設計上的缺陷；設計上為使標籤能夠得到足夠的能量，以驅動標籤內 chip 且需長距離的讀取範圍(約數十公尺)，因此在標籤 chip 中無法使用複雜的運算電路，便無法在讀取過程中，排除不需要的 Tag-ID。在讀卡機的讀取範圍中，可能有非相關的 Tag-ID 被讀取，因此必須排除此類的資訊。

此外，為增加讀取範圍、加速讀取速度或作為 Double Check 等需求，因而必須在同場域內增加讀卡機數量，導致產生多餘的 Tag-ID，(例如:相同的 Tag-ID，可能被相同讀卡機讀取多次或同群組的讀卡機，讀取到重複的 Tag-ID)。此過程會導致嚴重的延遲問題，為減少標籤過濾中可能產生的延遲，在使用 Socket 接收資料過程中，同時檢視接收的位元組，比對過濾表 (Filtering Table) 相對應位址的位元組，依照 Filtering Table 的過濾策略(為黑名單或白名單策略)，濾除不需要的 Tag-ID，簡化後續處理。在下一節中，將敘述標籤過濾預處理的方法。

4. 系統設計

4.1. 系統架構

在 RFID 辨識系統中，由三種元件所組成，如圖三所示，左方為標記物件/商品的 RFID Tag/標籤、中間 RFID Reader(包含 Reader 和 Antenna)，藉以讀取場域內標籤和右方的 RFID Application，用以控制 RFID Reader 並回應處理狀況。為達生產流程監控或生產自動化，所需的 Reader 不僅止於數台甚至更多，而 Reader 又因應用場合、頻段與通信協定等差異，造就 Reader 多樣化的規格。因此 Middleware 須具有增加新型 Reader 彈性的功能。



圖三、RFID 系統組成元件圖

■ 讀卡機讀取流程

在 UHF(Ultra High Frequency)等較高頻的標籤 Tag，Reader 的讀取範圍較遠，約數公尺~數十公尺。其中，場域內存在多數的標籤，在需讀/寫標籤的應用中，依防碰撞的機制，隨機選擇其中一個標籤進行標籤讀/寫，待流程完成後，排除該標籤，並選擇其他標籤。以使用者的角度而言，RFID Reader 共有四種狀態[8]，如圖四所示。

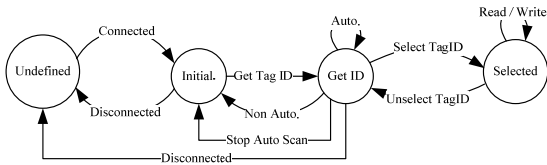
Undefined Phase：表示目標 Reader 尚未

連線或意外中斷連線而無法確定其狀態。

Initial Phase: 連線成功並等待更進一步的操作。

Get ID Phase: 獲取目標 Reader 場域內標籤編號(亦稱 Tag-ID)，包含一次性讀取和自動讀取兩種操作模式。

Selected Phase: 進入此狀態後，對於所選取的標籤 讀取或寫入的操作。



圖四、RFID Reader 狀態圖[8]

■ Reader 封包格式

Reader 封包格式如圖五，分為五個區段。**Length**: 為封包長度，包含 Checksum 欄位，共 1 byte；**Type**: 表示此命令類別，為讀卡機命令或標籤讀寫命令，共 1 byte。**CMD**: 為 TYPE 下的子功能命令，如讀卡機類別下的設置讀寫速率或標籤命令下的讀寫操作，共 1 byte。**Data**: 寫入標籤、設定讀卡機等資料段，共 0~30 bytes。**Checksum**: CRC-16 檢查碼(不同的 CRC Polynomial 而有所差別)，共 2 bytes。

Length (1 byte)	Type (1 byte)	CMD (1 byte)	Data (0<=30 byte)	Checksum (2 byte)
--------------------	------------------	-----------------	----------------------	----------------------

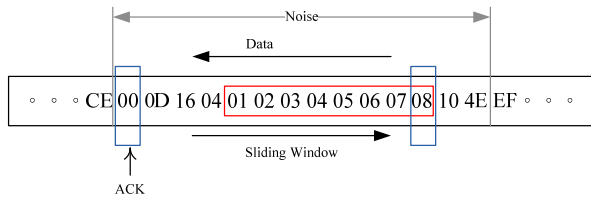
圖五、Reader Command 封包格式[8]

4.2. 標籤過濾流程

在標籤 ID 過濾中，依產生原因不同，將分成兩類說明。第一類，單一標籤過濾，當讀卡機接收到非相關的標籤 ID；第二類，群組 Reader，所產生單一標籤重複讀取，或群組中重複標籤 ID，此兩類需過濾的標籤 ID，統稱為 Tag-ID Noise。以下的 Filtering Table 策略，單一標籤過濾將使用白名單策略，而群組 Reader 標籤過濾將使用黑名單策略。

■ 單一標籤過濾

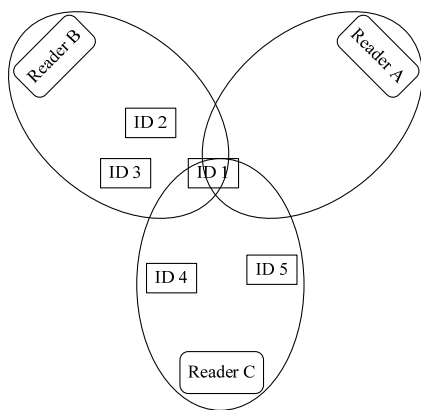
一般而言，Reader 送回的封包，由 Length 欄位註記的封包長度，切割與分段接收，識別封包類型後取出 Tag-ID 暫存，並且比對 Filtering Table 過濾 ID。為簡化流程，本論文使用 Sliding Window 的技術，對 Tag-ID 預作處理，略過分割封包與暫存的處理流程，直接針對 Socket 輸入的資料流處理。相對於圖十一軟體架構中 Reader Communication Component 中 Reader Communication Adapter 的部分。過濾 Tag-ID 所需的時間複雜度為 $O(1) \sim O(n)$ ， n 為標籤 Byte 數。圖六為某次讀取資料的片段實例，由右至左輸入；左邊藍色方框為目前預覽的指標，經判斷為 ACK 訊號(命令傳送成功)，後續資料為封包內容；隨著 Sliding Window 移動至右方藍色方框，發現紅色框線內標示的 Tag-ID(01 02 03 04 05 06 07 08)，符合標籤過濾規則清單，採取忽略策略，達到降低 Middleware 過濾標籤的 Loading。



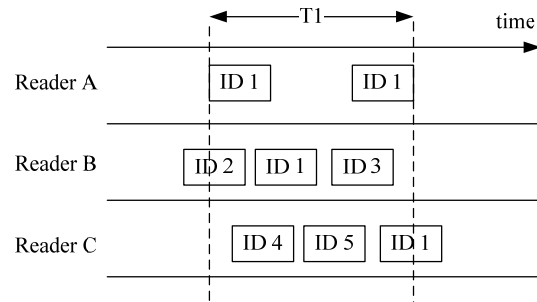
圖六、標籤過濾實例

■ 群組 Reader 標籤過濾

在特殊應用場合中，為延伸讀取範圍或加速讀取速率，須將數台 Reader 群組，如圖七所示。產生多餘的 Tag-ID，如圖八，其中多餘的 Tag-ID 分為時序雜訊和相依雜訊兩種。**時序雜訊**：為單一 Reader 本身，因讀取時序性的關係，產生重複讀取的 Tag-ID。**相依雜訊**：因相依性關係，屬同一群組中的 Reader，群組內含有重複的 Tag-ID。因此，定義一時間區間 T1，為 Reader 讀取的單位時間，在此單為時間內，任何重複的 Tag-ID，皆視為 Noise。每一群組皆建立群組過濾表 (Group Filtering Table)，設定該群組過濾表有效的存活期，配合使用上述單一標籤過濾規則，剔除標籤雜訊。



圖七、群組 Reader 讀取示意圖



圖八、Reader 的讀取週期

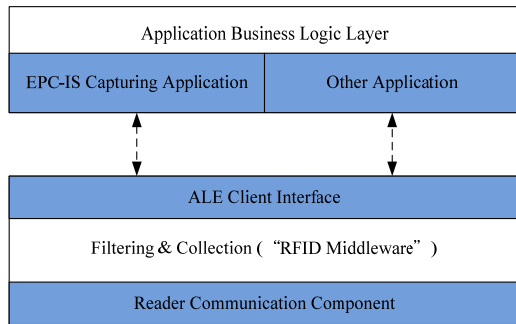
4.3. 軟體元件架構

RFID Middleware 主要作用在於隔離應用端與控制端，如圖十一所示，在軟體元件架構中，依功能及特性不同而加以區別，包含 Reader Communication 元件、ALE Service Processing 元件與 GUI 和 ALE Client Interface 元件三種元件。Reader Communication Component 屬於 ALE Service Processing Component 的資料來源與控制方法。以下將說明 Reader Communication Component 子功能元件：

Reader Communication Adapter，統整來自不同通訊協定的 Reader，控制並讀取 Tag-ID 和內含資料。Simple Filter / Event Generator，提供非應用面的 Tag-ID 過濾，請參閱第 1 節，依預設讀取週期，觸發 Readers 讀取或依 Report 設定，與回傳資料。Reader Management / Monitor，將實體 Readers 轉換成邏輯 Reader 表示，提供與 Reader 通訊協定無關的，Readers 管理方法和狀態監控。

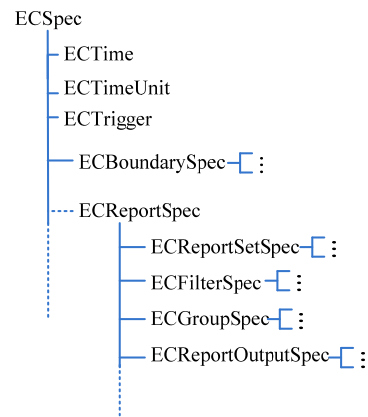
經由 Reader Communication Component 元件，自 RFID Reader 讀取到的 raw Tag Data 中，包含 ReaderName、讀取時間、地點、Tag-ID 與額外註記等資訊，尚未與其他資料結合(Combination)之前，並不具任何意義。實際應用上，需藉由後

端應用系統，如圖九的 EPC-IS Capturing 或 Other Application，藉由 ALE Client Interface 取得 raw Tag Data，經處理後，改變物品或物件目前的狀態，例如：物品進/出狀態。如此，才具實質應用效益。

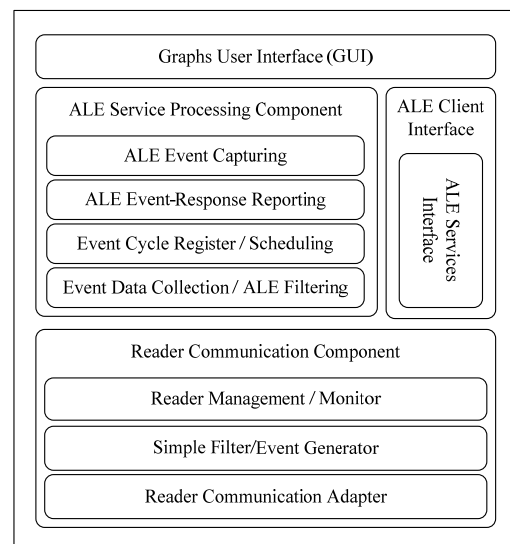


圖九、RFID Middleware 系統架構圖[3][4]

ALE Service Processing Component 依照每一個 ALE Client (EPC-IS or Application) 的要求，定義 ALE 元件中回傳路徑與方法，讀取週期與排程，資料選擇與過濾等參數。在 ALE 文件中[4]以 XML 為標準，定義 ALE Client 要求的訊息格式。如圖十所示，ECSpec 表示一個 ALE Client 要求的集合，包含 ECBoundarySpec 和 ECRReportSpec 兩個子集合與 ECTime、ECTimeUnit 和 ECTrigger 等屬性描述。ECBoundarySpec 為設定 Event Cycle Registry/Scheduling 子元件的 Event Scheduling。ECRReportSpec 為回覆的主機位址與方法，包含 ECRReportSetSpec 紀錄一個讀取事件週期中，哪些標籤被增加或排除的紀錄。ECFilterSpec 需過濾的 Tag-ID (EPCs 或稱 EPC 碼) 清單。ECGroupSpec 定義 EPCs 群組的規則，例：相同產品為一群或相同生產商為一群。ECRReportOutputSpec 完成蒐集 EPCs 後，EPC 碼的表示格式為 Hex. 或 Dec.。完成 Event Cycle 後，以 (Simple Object Access Protocol, SOAP) 方法回應。



圖十、ECSpec 集合



圖十一、RFID Middleware 軟體架構 [3][4][6][7][11]

整體來看，RFID Middleware 下層功能，著重在透過不同的 Reader Protocol 完成蒐集 Tag-ID 或產生物品的事件觸發 (Event Generating)；而上層功能，依要求不同 (ECSpec Request)，而有不同的回應或提供所需的 SOAP 服務。因此，RFID Middleware 用來銜接兩端不同需求的系統，更突顯 RFID 中介軟體在 EPCglobal Network 中的角色與地位。

5. 系統實作

系統實作中分為兩個部份，第一部份，實作圖十一中 RFID Middleware 軟體架構規劃的功能模組。第二部份，依照現有的 RFID Reader 通訊協定，設計實作一個虛擬 Reader 的軟體，如圖十三所示，彌補 Reader 數量上的不足。

5.1. Middleware 軟體

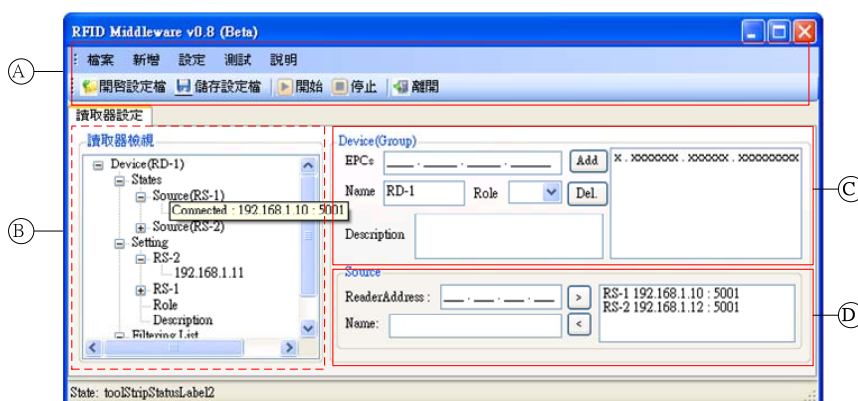
RFID Middleware 軟體以 Device(Group)代表一個群組，以 Source 代表一台 Reader 與實體相對應，在相同群組中可能包含數個 Source 實體的情形。可依需求將具有相同特性或應用的 Source 設定為同群組，以群組 Reader 過濾重複 Tag-ID 的方式，降低資料量。

在圖十二中，(A)檔案標籤包含開啟設定與儲存設定或離開，新增、設定與測試標籤，為新增 Reader 或測試時使用。檔案下方開啟設定檔等標籤為快捷列，(B)為檢視當前設定或 Reader 連線狀態。選擇(B)任一群組後顯示對應設定於(C)(D)中，方便

修改設定檔，各個詳細功能說明如表一所示。

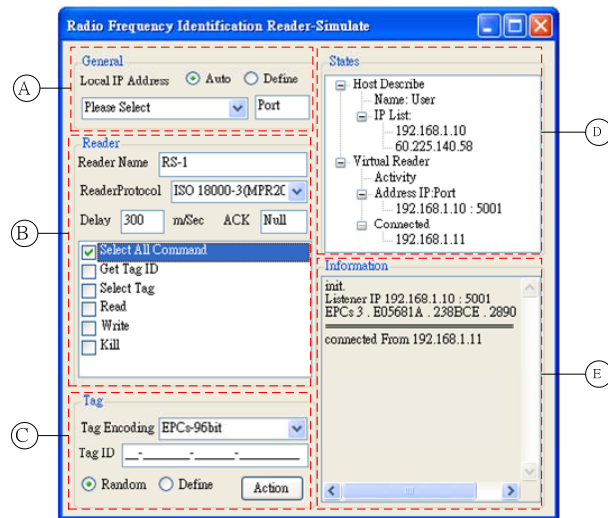
表一、Middleware GUI 功能說明表

編號	功能說明
(A)	檔案開啟、關閉、系統開關或 Reader 新增、設定、測試等功能表標籤。
(B)	Device 左方(括弧內為群組識別名稱 子樹包含 States 目前 Reader 連線狀態 Setting 群組的相關設定 Filtering List Tag-ID 過濾清單
(C)	Name : 群組識別名稱 EPCs 為 Tag-ID 過濾規則(x 表示忽略) Role 群組角色定位 Description 群組說明
(D)	ReaderAddress 為 Reader 位址，右方為列表 Name 為各個 Source 的識別名稱



圖十二、RFID Middleware 主視窗

5.2. 虛擬 Reader



圖十三、虛擬 Reader 主視窗

如圖十三所示，為 RFID Reader 的模擬器，支援 Get Tag ID、Select Tag、Read、Write 與 Kill 五種指令。當接收到 Middleware 端 Get Tag ID 命令後，立即傳回 EPCs，尚未考慮隨機化等問題。在圖十三中，分為 General、Reader、Tag、States 與 Information 五項功能部份，詳細說明如表二所示。

表二、虛擬 Reader GUI 功能說明表

編號	功能說明
①	選擇 Define 設定 Reader 的 IP 和 Port，或使用自動取得 Auto。
②	設定 Reader 識別名稱、選擇需使用的通訊協定和命令與參數設定。 Select All Command :選取全部命令。 Get Tag ID:取得 EPCs(EPC 碼)。 Select Tag :經由選取標籤後，方能針對該標籤讀寫。 Read /Write :寫入或讀取標籤內的記憶體資料。

	Kill :將標籤設為 Read Only 模式。
③	EPCs Encoding:選擇將使用編碼規格，目前 EPC 標籤定義中，包含 96bit、128bit 與 256bit 三種規格。選取使用隨機產生 Random 或自行定義 Define，決定 EPCs(EPC 碼)。
④	樹狀結構分為 Host Describe 本機的連線狀況和 Virtual Reader 為 Reader 的設定與狀態。
⑤	顯示當前的資料 送/收 流程的訊息。

6. 結論與未來研究

EPCglobal Network 在國內已持續推動中，目前尚未有實際上成熟的應用，這使我們對於未來可能的應用抱持極大的興趣。在架構上 EPCglobal 為了保持 EPCglobal Network 的彈性僅定義各元件間的介面通訊協定，在加上相關軟體配套並不成熟，本論文希望藉由 EPCglobal Network 定義的 Reader Protocol、Reader Management 與 ALE 三個介面完成 Middleware 軟體的設計，藉以探討 EPCglobal Network 使用 Middleware 整合多樣化的 Reader 的應用與資料蒐集和過濾的問題，並提出解決方案。為模擬 Reader 實際架設的環境時，因為受限於現有 Reader 的數量，以至於難已評估銜接數十台 Reader 時可能會發生的狀況。

因此設計一個 RFID Reader 模擬器以解決此問題，並藉以測試 Middleware 的資料處理能力與效能。在未來，希望能夠進一步探討 Middleware 中 ALE 介面部分；探討 Middleware 的應用與實現方法；或將 Middleware 置入嵌入式系統等小型裝置，以降低複雜度與成本。虛擬 Reader 方面，

未來規畫將加入腳本(Reader Scripting)的功能，由使用者依所需應用環境編輯腳本，以達到仿真的效果，有助於降低開發RFID 應用軟體的限制。

誌謝

本研究計劃部份成果承蒙國科會與富昱汽車材料有限公司經費補助，特此致謝。計劃編號: NSC 95-2622-E-150-041-CC3。

參考文獻

- [1] 電子工程專輯 website ,
http://www.eettaiwan.com/ART_8800422160_617723_NT_0d94c01d.HTM ,2006.
- [2] EPCglobal Website ,
<http://www.epcglobalinc.com> , 2007.
- [3] The EPCglobal Architecture Framework , EPCglobal Final Version of 1 July 2005.
- [4] The Application Level Events (ALE) Specification , v 1.0 , EPCglobal Ratified Specification , Sept 15.2005.
- [5] EPC Information Services (EPCIS) Version 1.0 Specification Retified Standard , April 12, 2007.
- [6] EPCglobal Management 1.0 , Ratified Standard , December 05, 2006.
- [7] Reader Protocol Standard , Version 1.1 , Ratified Standard , June 21 , 2006.
- [8] AWID MPR-3014 Protocol , December 09,2005
- [9] EPCglobal Taiwan ,
<http://www.epcglobal.org.tw/epcg/jsp/index.jsp> , 2007.
- [10] EAN Taiwan ,
<http://www.gs1tw.org/twct/web/f001.html> , 2007.
- [11] The RFID Middleware System Supporting Context-Aware Access Control Service , Jieun Song and Howon Kim , 2006.
- [12] 段智華, IBM Developer Works Taiwan Website,
<http://www.ibm.com/developerworks/tw/library/x-sisoap/> , 2001.
- [13] E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, S. Weerawarana, “Web Services Description Language (XML) 1.0 (Thrid Edition),” W3C Recommendation February 2004,
<http://www.w3.org/TR/xmlschema-2/> .