

## 以 RFID 技術為基礎之飛彈組測管理系統開發

林世崧<sup>1</sup> 洪敏雄<sup>1</sup> 賴丁榮<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國防大學理工學院電機電子工程學系

<sup>2</sup>國防部軍備局中山科學研究院

### 摘要

本研究依據國軍武器研發之實際需求，運用無線射頻識別技術(Radio Frequency Identification, RFID)開發一個『飛彈組測管理系統』，以提升其製程效率與資料品質。本系統含多個網路服務型態的功能元件，設計中介軟體來擷取貼附 RFID 電子標籤之飛彈組段資訊，並使用延伸標記語言(Extensible Markup Language, XML)訂定資料傳輸格式，經過 XML 簽章與加密後，可確保資訊傳輸的安全性。我們將系統建置於研發中心，依實際場景分析影響 RFID 讀取率之因素，進行最佳讀取率實測，實驗結果提供本系統最佳化之參數資料。最後，再依據作業需求擬訂了『組段出入庫』、『新增全新組段』、『更新組段資訊』、『組段查詢』等腳本進行效能評估並驗證其可行性，其結果顯示可達到飛彈組段資訊管控自動化之目的。

**關鍵字：**無線射頻識別技術、飛彈組測、自動化、延伸標記語言

## Development of a RFID-based Missile Assembly and Test Management System

Shih-Sung Lin<sup>1</sup>, Min-Hsiung Hung<sup>1</sup>, and Ding-Rong Lai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Electrical and Electronic Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University*

<sup>2</sup>*Chung-Shan Institute of Science and Technology, Armaments bureau, M.N.D.*

### ABSTRACT

An information management system for missile assembly and test with RFID technology is constructed in this paper. Many functional components, such as Assembly Management, User Management, and RFID Middleware, are developed into a server to serve as the information management platform. The system allows the user to easily create, update, and query missile assembly information on demand. Also, the system can wirelessly manage missile assemblies that enter into and depart from the storeroom through RFID technology. Several operating scenarios have been conducted to test the proposed system both in the digital control lab of NDU and the factory in CSIST. The testing results demonstrate that the proposed system can effectively improve the operating efficiency and accuracy of the current missile assembly information management.

**Keywords:** RFID, missile assembly and test, automation, XML

文稿收件日期 97.6.20; 文稿修正後接受日期 97.10.20.  
Manuscript received June 20, 2008; revised October 20, 2008

## 一、前言

目前國軍現役武器系統大都是透過武器研發中心進行研發，其中飛彈系統亦是國防軍備重要的一部分。各式飛彈系統的功能組段在完成新建出廠或入廠維修更新後都須透過縝密且有效率的組測流程進行測試，將其效能提升至最佳化，在國軍講究裝備妥善率的趨勢之下，完備且有效率的組測流程便顯得更加重要。

目前各式箱組飛彈製程管制與檢驗測試之作業流程如圖1所示，說明如下：

- (1) 顧客定期向研發中心提出需求，研發中心由產管組按照軍種需求，協調各專業單位擬訂生產項量及時程，據以執行生產規劃與採購相關零組件。
- (2) 品保組應在各分段交運至組測單位前備齊品質履歷資料，經組測單位查證符合文件及包儲要求後始可懸掛合格標籤，並進行組測工作。
- (3) 組測單位必須先將合格標籤置換成工作流程卡，按標準作業程序(SOP, Standard Operation Procedure)進行組測與檢驗，並將其結果記載在「全彈工作流程卡」及「測試記錄審查表」上。組測過程若發現品質異常時，則懸掛不合格標籤，置於不合格區，並要求在未獲得改善前嚴禁進行下一個程序。
- (4) 在測試階段，組測單位按各型飛彈之相關標準作業程序(SOP)進行飛彈進箱作業，並執行測試。在測試合格後，組測單位填寫測試記錄審查表並懸掛合格標籤，並進行飛彈驗交、發射箱驗交、箱組飛彈驗交等三份品質履歷清單之蒐集與彙整，以作為交運顧客之品質履歷資料；若測試不合格，則懸掛不合格標籤。在『驗交測試』階段，當箱組飛彈備便後，即通知顧客辦理驗交測試，有關檢核項目與規格依雙方協議辦理。最後在『品質履歷與驗交文件建檔管制』階段，當完成上述所有流程後，品質履歷清單依規定建檔管制，保管期限至該彈除役為止。

然而，檢視此複雜的飛彈組測程序，可以發現三個問題：

- (1) 人力需求依賴度太高

該作業從產管組相關作業到運交顧客的過程中都須耗費許多的人力及工時按照標準作業程序(SOP)去逐一完成相關的驗證，耗費龐大人力資源。

- (2) 資料的登錄易出現錯誤

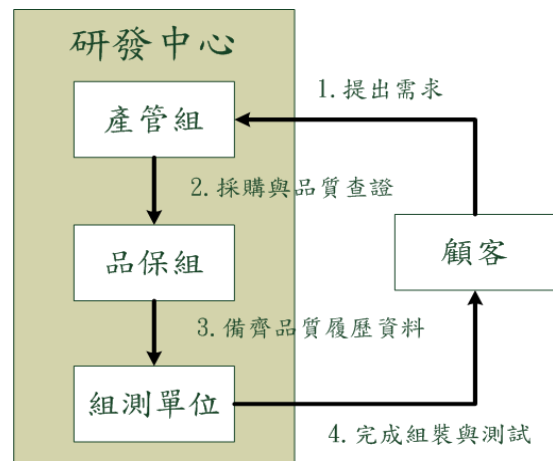


圖 1. 飛彈製程管制與檢測流程圖。

在飛彈組測及交運工作流程中的需要填寫許多品質履歷清單，作為交運顧客之品質履歷資料，而組測單位現行是以人工方式依序記錄過程中的各式表單，因此容易發生分段檢測資料在登載時的錯誤及缺漏。

- (3) 資料缺乏即時性及安全性

目前，研發中心完成檢測的功能組段將會投入國軍各單位的武器系統編裝，而功能組段在配合各例行任務完成操演後，必須在律定時間內透過研發中心進行相關驗證測試，確保其使用妥善率。但現行的作業方式是將飛彈各項組件的資訊記載於表單，因此，無法隨著飛彈抵達研發中心時進行即時的更新，亦即資訊流無法與物流同步，如此，不僅延誤了時程，也導致顧客在整體成本的浪費。

為了解決上述飛彈組測之製程管制、檢測的流程中的問題，必須開發一個可以將飛彈履歷資訊化、作業流程自動化並具備資訊安全傳遞機制的管控系統。

近年來，在美國零售業Wal-Mart與美國國防部之大力推動下，無線射頻識別(RFID)[1]技術的相關應用與日俱增，其應用領域相當廣泛，包含工廠自動化[2]，供應鏈自動化[3]，建築材料管理與追蹤[4]，食品管理[5]等。鑒於RFID的種類及應用範圍眾多[6]，本研究基於成本及讀取範圍考量，採用UHF頻段之RFID被動式電子標籤，製作飛彈組段之電子履歷，達到飛彈資訊管理自動化之目的。另外，我們設計了一個RFID中介軟體(Middleware)，用來管控系統中不同功能之RFID讀取器，使系統可以進行各類飛彈的識別，以加速組段資訊整合。接著，我們以XML[7]訂定系統之資料傳輸格式，並運用XML簽章[8]及加密[9]技術強化網路傳輸安全。此外，我們將

系統中各項功能元件以網路服務(Web Services)[10]型式建構，增加系統維護之方便性及擴充之彈性。

本論文其餘內容組織如下：第 2 章介紹飛彈組測管控資訊平台之需求分析與設計；第 3 章為本研究之 XML 之資料交換機制；第 4 章說明系統軟硬體需求；在第 5 章，我們將該系統實際運用於廠庫進行驗證，依據訊息腳本完成系統整合與測試，並進行效能調校與評估；第 6 章是本論文之結論。

## 二、飛彈組測管控資訊平台之分析

### 2.1 功能需求之分析

在分析目前組段管控作業流程與現有新興技術能量之後，我們發現可以藉由導入無線射頻識別技術來提高整個作業的效能，同時在瞭解目前國軍組測作業流程後，我們訂定了系統主要的功能需求作為開發之依據：

#### (1) 具備即時管理組段出入庫之能力

目前研發中心在完成全彈組裝測試，進行出庫或入庫更換損壞組段等工作時，必須由現場工程師以人工方式將組段的相關資訊(包括組段序號、出入時間以及組段製造日期等)記錄在工作記錄簿，此一工作方式並無法有效率的將全彈或相關組段的出入庫動作做立即性的管制。因此，本系統應用 RFID 技術，發展即時性的組段出入庫系統，除了可嚴密管制組段進出庫房的動作記錄並可減少危安情事發生。

#### (2) 具備資料同步新增及更新之能力

研發中心之作業流程並無相關機制來有效地將物流與資訊流做同步，無法確認系統資訊與飛彈實際狀況是否相符，因此本系統應具備有新增全新組段及同步更新資訊的功能，並建立組段物流和資訊流一致性的整合管控機制，進而提高相關資訊的可視性。

#### (3) 具備即時查詢資訊之能力

研發中心執行飛彈組段檢整勤務時，必須先在該組段存放之實際位置記錄其組段建置編號，才能逐一在組段資料中進行資料查核，此作業方式無法針對特定功能分段作立即查詢資料的動作，導致組段檢整勤務無法有效落實。因此本系統建立即時查詢組段資訊的功能，協助管理者針對相關組段的資訊進行即時地查詢，同時在完成查詢動作後也能夠將『飛彈品質履歷清單』等相關表單作列印，以供查察稽核之用。

#### (4) 具備資料數位化及傳輸安全之能力

現行飛彈組段管控的整個作業流程中，均是以傳統的人工方式執行相關資訊(如組件序號、製造日期等)的記錄，此種方式相當耗費人力及時間，導致工作效率不彰。因此本系統應具有資訊數位化功能，來協助管理者提升組測整體效率、減少資料登載錯誤的機率。而為了使飛彈資訊在網路傳輸時，不容易遭有心人士竊取，需具備資訊傳輸之安全機制。

### 2.2 系統架構設計

我們依據上述之需求分析，提出一個以無線識別辨識(RFID)與網路服務(Web Services)技術 [11] 為基礎，且能夠即時管控組段的『RFID-Based之飛彈組段資訊管控平台』系統，其架構如圖 2 所示。

管控平台伺服器(MPS, Management Platform Server)是由飛彈組測管控資訊平台(MPMA, Management Platform for Missile Assembly)與管控平台資料庫(MPD, Management Platform Database)所組成。而飛彈組測管控資訊平台(MPMA)是整體運作的核心，其中區分為「組段管理」、「使用者管理」、「讀取器測系」三個子系統，共具備八項功能，包含組段出入庫功能(ADE, Assembly Departing and Entering)、新增全新組段功能(INA, Insert New Assembly)、更新組段資訊功能(UAI, Update Assembly Information)、組段資訊查詢功能(AIQ, Assembly Information Querying)、帳號管理功能(IM, Identification Management)、管理人員出入系統功能(PM, Personnel Management)、出入庫讀取器測試功能(RDE, Reader of Departing and Entering)、及作業區讀取器測試功能(ROA, Reader of Operation Area)。

首先，組段出入庫(ADE)負責即時管理出入庫動作，並嚴密管制組段進出庫房的動作進而減少危安情事發生；新增全新組段(INA)則負責建立新增組段及管控其資訊，提高資訊的可視性，而更新組段資訊(UAI)具備同步更新維修完成組段之資訊的功能；組段資訊查詢(AIQ)則可即時查詢組段資訊，並透過列印履歷清單進行裝備稽核，有效的落實檢整勤務；而帳號管理、人員出入(IM、PM)等功能主要是協助管理系統使用者的帳號、密碼，並依照不同使用者給予不同的權限；出入庫讀取器及作業區讀取器測試(RDE、ROA)則分別負責出入庫區(Area of Departing and Entering)及作業區(Area of Operation)的讀取器進行讀取功能的測試，使管理者了解不同區域讀取器的運作情形；管控平台資料庫(MPD)中儲

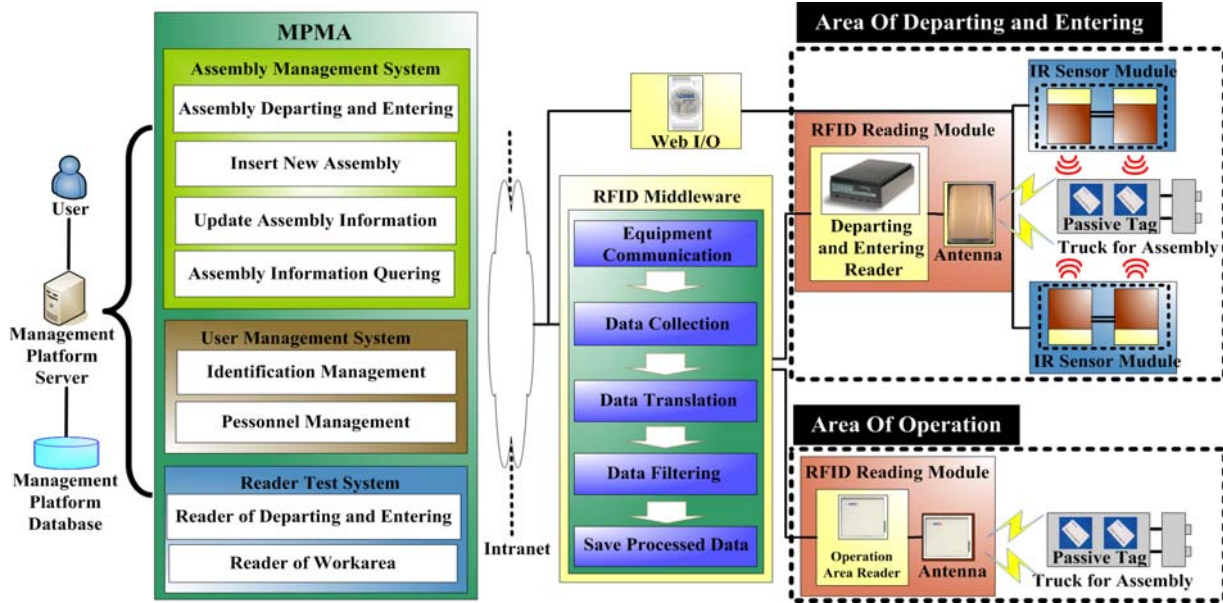


圖 2. 系統架構圖。

存各式組段的重要資訊(例如：組段出入庫時間、組段製造日期、組段序號及卡號資訊等)以及系統管理者、使用者的相關資訊(例如：帳號、密碼及權限等)。

其次，考慮飛彈之各性能組段在進行組測工作時，是在不同的場景進行組段相關功能驗證，所以在此設計了一個可透過網路進行資料交換之中介軟體(Middleware)，其扮演管控平台伺服器(MPS)與 RFID 讀取模組(RRM)之間資料傳遞的角色，具有設備連線(EC, Equipment Communication)、資料收集(DC, Data Collection)、資料轉換(DT, Data Transformation)、資料過濾(DF, Data Filtering)及儲存資料(SPD, Save Processed Data)等功能。透過它可即時處理不同區域之讀取器所讀取的資訊，當 RFID 讀取模組將出入庫區或作業區讀取的資訊傳送給中介軟體時，可將讀取之資訊做即時的收集、轉換、過濾等資料處理，再將資料包裹為 XML 文件，經過簽章及加密後回傳給管控平台伺服器。

另外，在組測作業之硬體設備是由 RFID 讀取模組(RRM)、被動式的電子標籤(Passive Tag)、紅外線感測模組(IRSM)及網路式輸出/輸入(Web I/O)模組所組成。考量組段出入庫區及作業區相關管控作業的需求，我們利用兩套 RFID 讀取器職司不同的工作，其中出入庫區讀取器負責組段出入庫(ADE)功能，而作業區讀取器則負責新增全新組段(INA)、更新組段資訊(UAI)及組段查詢(AIQ)等功能，該兩套 RFID 讀取器皆透過乙太網路(Ethernet)與中介軟體交連，中介軟體收集讀取的電子標籤資訊後，再提供給管控平台伺服

器作相關功能的運用。

被動式的電子標籤貼附於彈箱上適當的位置，其中僅儲存其電子辨識碼，利用出入庫區或作業區的讀取器進行觸發的動作，當受到讀取器觸發時電子標籤會將其內存之電子辨識碼回傳，提供給中介軟體作後續處理；而紅外線感測模組(IRSM)由於具有反應快速且易於建置的優勢，搭配 Web I/O 模組具備數位輸入(Digital Input)的功能，可即時擷取感測訊號，兩者結合運用立即判斷組段出庫或入庫之動作，達到組段自動化出入庫的功能。

## 2.3 組段管控系統之設計

組段管控系統中包括組段出入庫元件、新增組段元件、資料更新元件與查詢元件等，其設計方法分別說明如下。

### 2.3.1 組段出入庫元件

在出入庫區的工作場景中，各式飛彈組段在出入庫時，工作人員無法即時的掌握相關資訊，亦無法判斷台車出入庫情形，因此我們設計了一個自動化的機制，可判斷通過閘門的組段為出庫或入庫，並即時管理其相關資訊。在此，以組段自動化入庫為例作說明，其場景設計如圖 3 所示。我們將電子標籤置於載車側邊之適當位置，在閘門處部署兩組紅外線感測器及 Web I/O 模組，並於兩組紅外線感測器中間，架設 RFID 天線，以讀取載車上之電子標籤資訊。其設計方法如表 1 所示，當入庫載車進入閘門時，1 號感測

模組(Sensor\_1) 被觸發，並啟動 RFID 讀取器，此時記錄感測模組之觸發時間(Time\_1)，載車通過開門觸發 2 號感測模組(Sensor\_2)時，記錄通過時間(Time\_2)，當進入與通過的時間差小於 10 秒鐘，則完成組段自動化入庫動作。

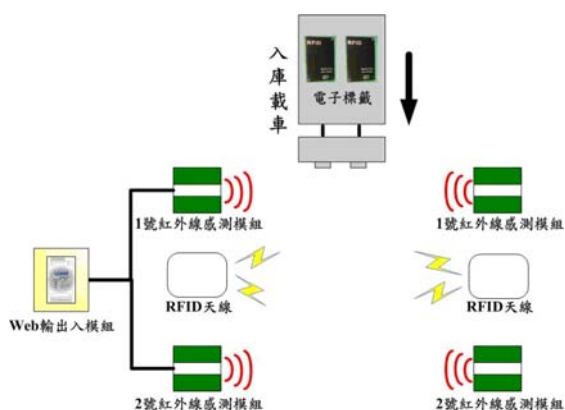


圖 3. 自動化入庫場景示意圖。

表 1. 組段自動化入庫設計方法

<b>Inputs :</b> (1)Sensor_1triggered : 1 號感測模組被觸發。 (2)Sensor_2 triggered : 2 號感測模組被觸發。 (3)Time_1 : 1 號感測模組被觸發之時間。 (4)Time_2 : 2 號感測模組被觸發之時間。
<b>Output :</b> AssemblyImmediatelyState : 飛彈組段之即時出入庫狀態。
<b>Algorithm :</b> If (Sensor_1 triggered)- Activate RFID Reader- Time_1=TimeNow- If(Sensor_2 triggered)- Timer_2= TimeNow- if((Time_2- Time_1) <= 10 seconds)- AssemblyImmediatelyState = SuccessfulEntering ; end if- end if- end if- end if-

### 2.3.2 新增組段元件

本元件設計之運作流程如圖 4 所示，依序說明如下：

Steps 1-3：當欲新增之組段已進入作業區時，系統伺服器呼叫 RFID 中介軟體，取得組段之電子標籤資訊。

Steps 4：在系統的組段表中輸入該新增組段的相關資訊(如組段序號等)。

Steps 5：在啟動新增卡號機制時，會先判組段表的必要資訊欄位是否有空白，若是，則要求重新輸入資訊。

Steps 6：將該組段資訊新增至資料庫中，完成新增全新組段動作。

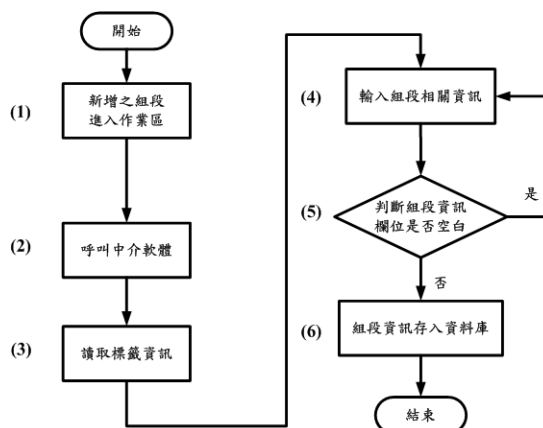


圖 4. 新增組段元件之運作流程圖。

### 2.3.3 資料更新元件與查詢元件

資料更新元件與查詢元件之設計方法與新增元件之設計類似，當飛彈組段資訊需要更新或工作人員需查詢組段資訊時，使用者可以操作上述兩個元件與資料庫連線，進行資料更新與查詢之功能。

### 2.4 RFID 中介軟體設計[13,14]

在EPCglobal網路之運作模式中[15]，讀取器與後端應用程式中包含中介軟體、EPC資訊服務系統及物件名稱解析服務等構成，其主要目的是為了滿足商品於物流供應鏈各種繁雜且龐大資料交換之需求，因此，其中有些規範尚未標準化。本研究為了簡化讀取器與應用程式之溝通方式，針對飛彈組段資料交換之需求，參考EPC網路運作模式，以確實擷取RFID標籤資訊並安全地傳輸為目的，設計了符合本研究功能需求之中介軟體。

本研究中設計之 RFID 中介軟體，可將讀取器所讀取到的電子標籤資訊安全地回傳至伺服器應用程式運用，其架構如圖 5 所示。系統應用程式向中介軟體要求電子標籤資訊，中介軟體透過乙太網路向讀取器要求電子標籤資訊，讀取器發射電磁波致能電子標籤，電子標籤再將資訊回傳給讀取器，由於電子標籤之卡號資料為 2 進位，因此，中介軟體需將讀取之資訊進行卡號資料處理，處理過後之資料再以 XML 文件方式回傳給系統應用程式。

在卡號資料處理部份，包含設備通訊、資料

收集、資料轉換、資料過濾與儲存資料等流程，其運作機制流程圖如圖 6 所示，依序說明如下。  
Steps 1-2：透過中介軟體設定相關的通訊參數，包括 Reader 的位址(IP Address)及埠號(Port)等，系統下達連線命令後，藉由回傳之資料判斷連線動作是否成功，若已成功連線，則進一步送出讀取命令，否則將持續連線直到成功連線為止。  
Steps 3-4：在確定與讀取器連線後，下達讀取之命令，此時接收到的資料是未處理過的二進位資

料，為了相容於管控伺服器之資料格式，因此按照每 Byte (8 Bits)依序轉換成 16 進制，例如：「00000110」、「00111101」轉換為「06」、「3D」。  
Steps 5-6：將完成轉換的資料存入暫存區中，並且判斷暫存區中的卡號是否重覆，若是，則刪除重覆之資訊並結束流程。  
Step 7：將暫存區卡號資訊，依照本研究訂定之 XML 的文件格式儲存，並且經過簽章及加密[16]後回傳至伺服器。而其 XML 文件格式的設計，將在下一節說明。

### 三、XML 資料擷取機制之設計

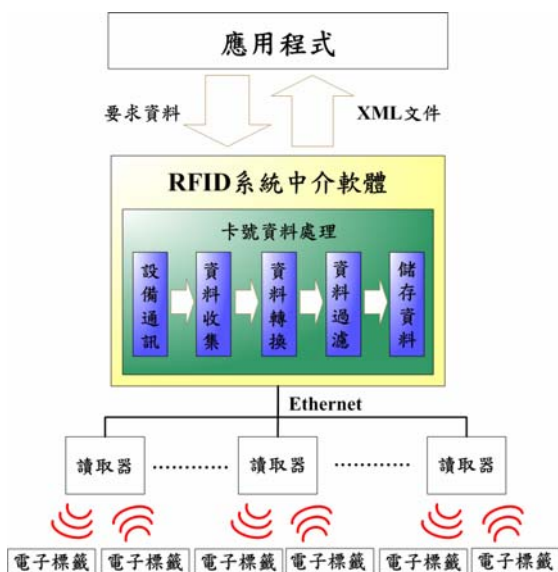


圖 5. 中介軟體架構圖。

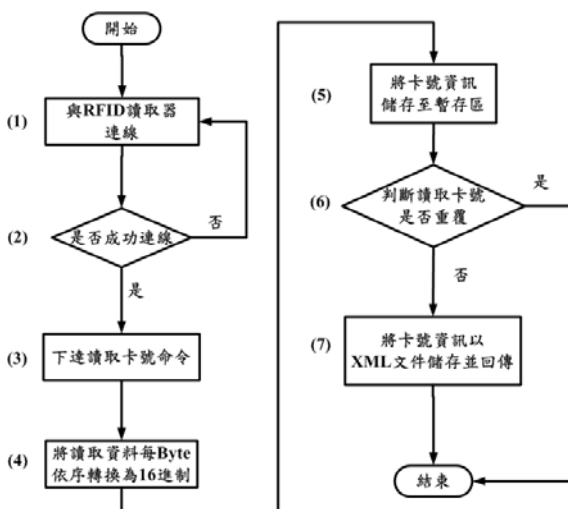


圖 6. 卡號資料處理運作機制流程圖。

XML 是一種可以讓使用者自行定義文件架構的標記語言，任何人只要依照所訂定的規格撰寫 XML 文件，在通過 XML 驗證的機制後，就可以在不同的系統間進行資料的交換。為了建立系統伺服器與中介軟體間資料交換的標準，我們訂定一個 XML 文件架構 RFID 標記語言(RML, RFID Markup Language)，其 XML 驗證機制採用 XML Schema，如圖 7 所示，<RFIDDATA>為根元素，其中包含四個子元素，依序為讀取器種類 <ReaderClass>，資料型態為 String，讀取器 IP 位址 <ReaderIP>，資料型態為 String，讀取器埠號 <ReaderPort>，資料型態為 double，電子標籤卡號 <TagID>，資料型態為 String，且不限發生次數。依據本研究設計之 Schema 驗證機制，其 XML 文件範例如圖 8 所示。

本系統之 XML 資料擷取的流程如圖 9 所示。其運作流程說明如下：

Steps 1,2：使用者透過系統的使用者介面送出讀取卡號的命令，並且啟動 RFID 中介軟體進行連線與讀取 RFID 電子標籤卡號的動作。  
Step 3：RFID 中介軟體在成功接收到讀取資訊後，啟動卡號資料處理機制以轉換並過濾接收的讀取資訊。

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<xs:schema xmlns:xs="RFIDxsd">
  <xs:element name="RFIDData" Type="RFID" />
  <xs:complexType name="RFIDData">
    <xs:sequence>
      <xs:element name="ReaderClass" type="xs:string" />
      <xs:sequence>
        <xs:element name="ReaderIP" type="xs:string" />
        <xs:element name="ReaderPort" type="xs:double" />
        <xs:element name="TagID" type="xs:string" maxOccurs="unbounded" />
      </xs:sequence>
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:schema>

```

圖 7. RML 之 XML Schema。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
- <RFIDDATA xmlns:xsi="RFIDxsd" xsi:noNamespaceSchemaLocation="RFID.xsd">
  <ReaderClass>IF5</ReaderClass>
  <ReaderIP>140.132.23.100</ReaderIP>
  <ReaderPort>2189</ReaderPort>
  <TagID>HEF0402000136B0D4</TagID>
  <TagID>HEF0402000136E558</TagID>
  <TagID>HEF0402000136C730</TagID>
  <TagID>HEF0402000136AC85</TagID>
  <TagID>HEF0402000136B965</TagID>
  <TagID>HEF0402000136B0D0</TagID>
</RFIDDATA>
```

圖 8. 經過 Schema 驗證之 XML 文件範例。

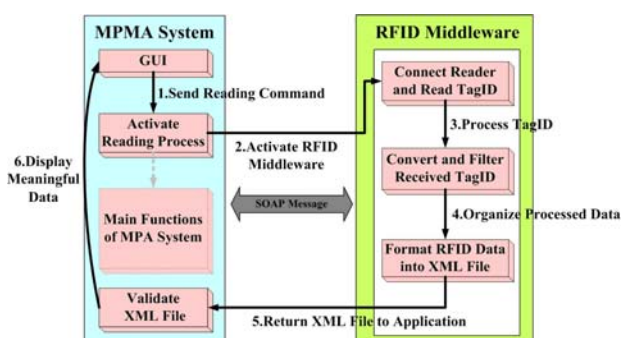


圖 9. XML 資料擷取流程。

人電腦，一部為管控系統伺服器，另一部用來開發中介軟體。另外，還包含「出入庫區讀取器」，「作業區讀取器」、「被動式電子標籤」、「紅外線感測模組」及「Web輸出模組」等五個部份，如圖 10，在本研究中分別採用Intermec[16]之IF5 網路式RFID讀取器、AWID[18]之網路式RFID讀取器、Cimtrac[19]之被動式金屬用RFID電子標籤，FOTEK[20]之紅外線感測器及研華[21]之ADAM-6060 網路式I/O模組。

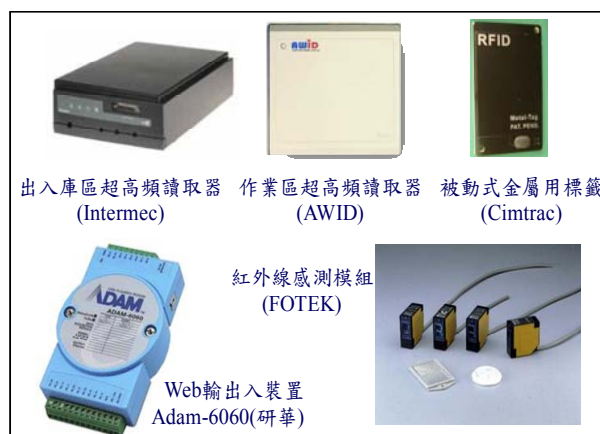


圖 10. 系統硬體組成圖。

Step 4：在讀取資料處理完成之後，進行整合資料，將處理完之 RFID 回傳訊息(讀取器類別、網路位址、埠號、卡號等)，依據系統訂定之 Schema 建立 XML 文件。

Steps 5,6：中介軟體藉由 SOAP 訊息方式，將 XML 文件回傳至 MPMA 系統，完成資料格式驗證後，並將其中<TagID>元素的資料取出，並顯示在 MPMA 應用介面中，完成 RFID 資料擷取的流程。

## 四、系統實作

### 4.1 系統軟體

本系統是以微軟的 Windows XP 為開發平台，並採用 Microsoft.NET Framework 作為開發系統的執行環境。在開發軟體方面，以微軟的 Visual Studio.NET 2005 作為開發工具，同時利用 C#程式語言來實現管控系統及中介軟體的各項功能元件，系統資料庫則採用微軟的 SQL Server 2005 來建置。

### 4.2 系統硬體

本系統在開發時所需要的硬體包含兩個個

### 4.3 實作結果

本研究以上述之軟、硬體設備，建置了飛彈組測管理系統，包含系統管理、組段出入庫、組段資訊查詢、新增全新組段及更新組段資訊等五項功能，其中組段出入庫自動化管理之操作畫面如圖 11 所示，管理人員可以從畫面中清楚的掌握目前組段出入庫的情形以及該組段之即時資訊，如組段名稱、進入時間與組段狀態等。



圖 11. 組段出入庫自動化管理之操作畫面。

## 五、系統效能評估

### 5.1 實測場景佈建

RFID 電子標籤的讀取率是影響本系統效能之關鍵因素。因此為了驗證本系統的有效性，我們利用研發中心的工作場地進行系統硬體之部署與實測，區分「出入庫區」及「作業區」，其場景示意如圖 12 所示。

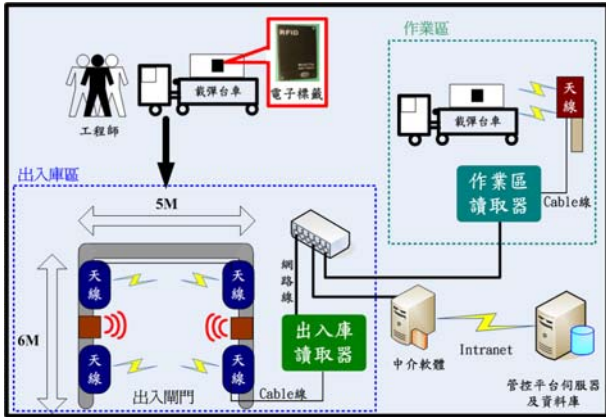


圖 12. 系統實測場景圖。

在出入庫區是利用了一部 RFID 讀取器，搭配四支 Cable 天線以執行電子標籤之讀取動作；而在作業區的部份則是透過一部讀取器以及獨立式的訊號天線去完成作業區標籤讀取的動作，而電子標籤是置於載彈台車上彈箱的適當位置，當台車通過出入庫區或進入作業區讀取器的讀取範圍時，實際測試其讀取效能，並探討天線高度、讀取角度、電子標籤位置等影響讀取的因

素。出入庫區之實測示意如圖 13 所示，閘門高度為 6 公尺，寬為 5 公尺，載車進入閘門時與天線距離為 1.9 公尺，其餘參數設定說明如下：

- (1)  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ：分別為上方、下方之 Cable 天線與門柱之垂直夾角。
- (2)  $\theta_3$ ：Cable 天線與門柱之水平夾角。
- (3) A、B：分別為下方、上方之 Cable 天線與地面之垂直擺設高度。
- (4) C：彈箱上電子標籤與地面之垂直高度。

在作業區之實測示意如圖 14 所示，工程師可在系統之『新增全新組段』、『更新組段資訊』以及『組段查詢』功能，了解電子標籤之讀取情形，並針對作業組段進行管控。由於在作業區載車處於靜止狀態，其參數僅有天線高度及其與電子標籤距離。

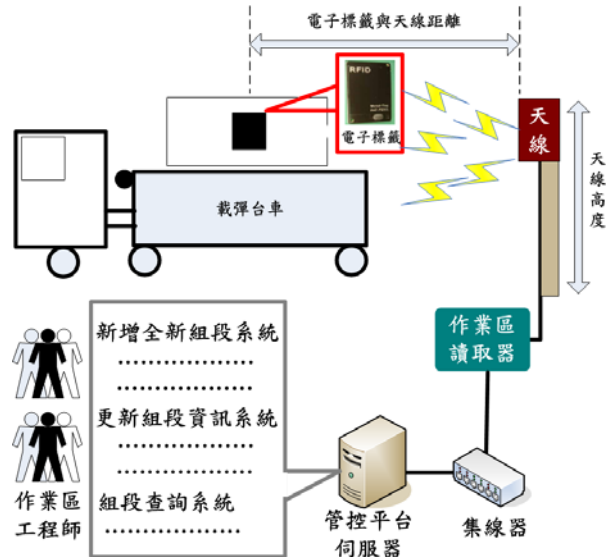


圖 14. 作業區的實測示意圖。

### 5.2 實測結果與討論

在完成相關設備裝置的佈建後，我們利用圖 12 的實測場景分別針對作業區及出入庫區的功能具體地訂定實測流程腳本，如圖 15 所示，其步驟說明如下：

Step 1：飛彈組段管控資訊平台送出讀取卡號命令至 RFID 中介軟體。

Steps 2-7：RFID 中介軟體向 RFID 讀取模組之讀取器要求資料，經由天線發出無線電波致能電子標籤，此時，電子標籤將其資料回傳並分別依天線、讀取器順序回傳至 RFID 中介軟體。

Steps 8-10：RFID 中介軟體將回傳資料作處理

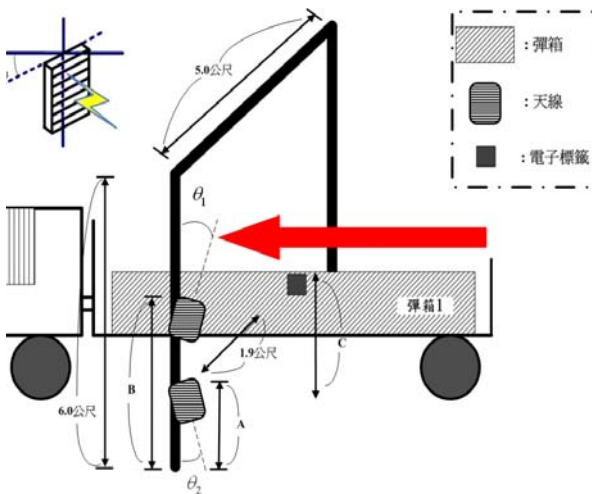


圖 13. 出入庫區實測示意圖。



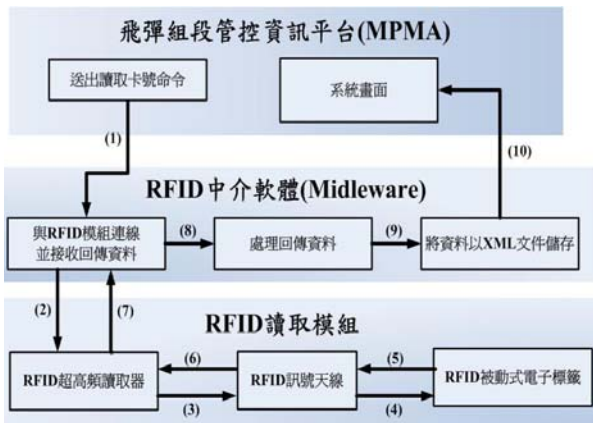


圖 15. 實測流程圖。

後，以 XML 文件格式儲存並提供給飛彈組段管控資訊平台應用。

出入庫區實測的目的是要在不同實驗狀況中，將電子標籤置於彈箱之側邊區域進行 20 次的讀取測試，且更改不同的實驗場景參數，進而找出最適合讀取彈箱上電子標籤的情境。以下將針對不同的五個狀況所得之結果作分析討論，我們根據實際場景去設定相關的參數，其實驗狀況之讀取率如表 2 所示。

在實驗狀況 1 中，我們先設定下方天線之高度(A)1.2m、上方天線高度(B)2.1m、電子標籤之高度(C)1.3m，測試結果其讀取率為 60%，讀取效率不佳。經過載彈台車多次進出入實驗觀察，發現由於下方天線之高度在較低之位置(1.2m)，因此在讀取時會被載彈台車之側隔板影響其讀取效能；因此在實驗狀況 2 中，將下方天線之高度提高至 1.6 公尺，從實測數據可知其讀取率提升至 75%。

此外，考慮到 RFID 天線發射之電波具有方向性，在實驗狀況 3 中將下方天線之角度向上稍作調整( $\theta_2=40^\circ$ )，實測結果發現其讀取率可提升至

表 2. 實測出入庫區讀取效能之參數設定

	A	B	C	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	讀取率
狀況 1	1.2 m	2.1m	1.3m	$40^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	60%
狀況 2	1.6 m	2.1m	1.3m	$40^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ$	75%
狀況 3	1.6 m	2.1m	1.3m	$40^\circ$	$40^\circ$	$0^\circ$	80%
狀況 4	1.6 m	2.1m	1.5m	$40^\circ$	$40^\circ$	$0^\circ$	85%
狀況 5	1.6 m	2.1m	1.8m	$40^\circ$	$40^\circ$	$10^\circ$	100%

80%。在實驗狀況 4 中，我們固定上、下方天線之高度(A、B)及讀取角度( $\theta_1$ 、 $\theta_2$ )等影響因素，調整電子標籤之位置則距地面(C)為 1.5 公尺的高度，實測結果其讀取率為 85%。同時，從現場實測時，我們發現載彈台車之前進速度也會影響其讀取率，若通過開門之速度大於 6-7km/h，便會導致其讀取率下降。因此，在載彈台車的前進速度也必須列入其工作規範中，以確保其讀取率之準確度。

經由前述進行之實驗狀況可分析出許多影響 RFID 模組之讀取效率的因素，包括有天線高度、角度、台車之前進速度及電子標籤高度等。因此在狀況 5 中，我們設定下方天線之高度(A)為 1.6 公尺、與門柱之垂直角度為  $40^\circ$ ，上方天線之高度(B)為 2.1 公尺、與門柱之垂直角度同樣為  $40^\circ$ ，電子標籤高度(C)為 1.8 公尺，為了增進天線讀取之涵蓋範圍，所以將天線分別向左右調整讀取角度( $\theta_3$ )為  $10^\circ$ ，並將台車前進速度控制在 4km/h。經過 30 次的實測過程，發現其讀取率可提升至 100%的最佳狀態。

經過的實驗與測試，我們歸納並整理出在圖 12 之實測場景的讀取最佳化參數設定，如表 3 所示，表中說明在實測的過程，各項影響讀取率之因素及其解決方法。

在作業區實測的部份，我們依照圖 15 之實測流程，分別針對『新增全新組段』、『更新組段

表 3. 出庫入區讀取最佳化參數設定

影響讀取效率的因素	解決方法
天線高度	將下方之天線高度提高(A=1.6 公尺)
天線角度(方式性)	將天線分別向左右約 $10^\circ$ 的方式擺置
載彈台車之側檔板	將天線分別向上下約 $40^\circ$ 的方式擺置
載彈台車之前進速度	嚴格要求載彈台車之前進速度(約 4km/h)
電子標籤高度	將電子標籤高度提高(約 1.8 公尺)

表 4. 實測作業區讀取效能之參數設定

	1~10 次 讀取效能	相關參數設定
新增 全新組段	10 次 皆讀取成功	1.天線之架設高度約為 1.8 公尺 2.天線與彈箱上電子標 籤距離約為 1.6 公尺
更新 組段資訊		
組段查詢		

資訊』以及『組段查詢』等系統功能進行 10 次的讀取測試，其結果如表 4 所示。其參數設定部份在天線之架設高度約為 1.8 公尺、彈箱上電子標籤距離約為 1.6 公尺，由表 4 可知在台車靜止情形下，且各相關參數設定皆不變的條件下，其讀取效能皆可達最佳之狀態。

本研究之場景雖然僅以一個出入口閘門為例，進行最佳化參數實測。未來，若需要增設多個出入庫閘門或作業區，依據本研究開發之系統架構，僅需於中介軟體中新增讀取器之設定，管控平台即可將之納入管理。中介軟體負責管理讀取器，資訊管控平台負責與中介軟體進行資料交換，此種架構設計可減少應用程式之重複開發，具備可擴充性與高度可移植性。

## 六、結論

首先，本文利用 RFID 技術建立一個具有即時整合能力的飛彈組段管控平台，使用網路服務技術做為訊息傳遞的方式，因此讓中介軟體可以輕易且安全地將讀取資料傳送至管控伺服器中進行應用與管理。其次，本研究文中所提出之架構是依照系統需求分析、系統架構設計、系統軟體元件設計與實現的步驟依序完成。最後，建立一個應用實例來驗證本架構的可行性，並據以評估及分析其效能，其結果顯示架構中的各項功能皆能符合先前所提出之需求，達到自動管控之目的。本系統亦具有高度的移植性，系統使用者可以依照本論文中所提的架構，輕易地建置相關武器的管控系統。

原本之組測管理系統流程，需派遣 3 位管控人員於出入庫閘門處，當有載車入庫時，管控人員需核對組段資訊並填製 10 份不同之相關表格文件，再將紙本資料送至研發中心工程師進行處理，在此作業過程中，載車必須停放於閘門處，等待相關入庫作業完成後才可進入，不僅耗費時程且作業中不易發覺人為登載錯誤資料之情事。本系統經過評估與驗證，於閘門處不必再部署管制人員，僅需 1 人於管控平台監視出入庫情形，可以降低組測流程中的人力需求，而藉由讀取器讀取 RFID 標籤資訊進行資料交換，不必人為繕寫組段資訊文件，確實減少資訊建置錯誤及提昇資訊透明程度，並且有效地將飛彈實體特性轉換成資訊流，進而加速即時資訊整合。透過自動化出入庫管控功能之設計，載車毋須停留於閘門處，大幅增進飛彈組裝測試之效率。相信本論文之成果，不僅符合科技管理的趨勢，同時可作為國防科技研究人員以 RFID 技術為基礎建構相

關資訊管控平台的有用參考。

## 致謝

作者感謝行政院國家科學委員會補助研究經費(計畫編號: NSC 95-262-7-014-020- D)，讓本研究得以順利進行。

## 參考文獻

- [1] Finkenzeller, K., RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley & Sons, England, pp.1-9, 2003.
- [2] Qiu, R. G., "RFID-enabled automation in support of factory integration," *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 23, Issue 6, pp. 677-683, 2007.
- [3] Chow, H. K. H., Choy, K. L., and Lee, W. B., "A dynamic logistics process knowledge-based system-An RFID multi-agent approach," *Knowledge-Based Systems*, Vol. 20, Issue 4, pp. 357-372, 2007.
- [4] Wang, L. C., "Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology," *Automation in Construction*, Vol. 17, Issue 4, pp. 467-479, 2008.
- [5] Ngai, E. W. T., Suk, F. F. C., and Lo, S. Y. Y., "Development of an RFID-based sushi management system: The case of a conveyor-belt sushi restaurant," *International Journal of Production Economics*, Vol. 112, Issue 2, pp. 630-645, 2008.
- [6] Domdouzis, K., Kumar, B., and Anumba, C., "Radio-Frequency Identification (RFID) applications: A brief introduction," *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 21, Issue 4, pp. 350-355, 2007.
- [7] XML Specification. <http://www.w3c.org/XML>
- [8] XML-Signature Syntax and Processing. <http://www.w3.org/Signature>
- [9] XML-Encryption Syntax and Processing. <http://www.w3.org/Encryption>
- [10] Web Services. <http://www.webservices.org>
- [11] Hung, M. H., Cheng, F. T., and Yeh, S. C., "Development of a Web-Services-Based e-Diagnostics Framework for Semiconductor Manufacturing Industry," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufactur-*

- ing, Vol. 17, No. 5, pp. 122-135, 2005.
- [12] Hung, M. H., Chen, K. Y., and Lin, S. S., "A Web-Services-based Remote Monitoring and Control System Architecture with the Capability of Protecting Appliance Safety," *Journal of Chung Cheng Institute of Technology*, Vol. 34, No. 1, pp. 385-402, 2005.
- [13] Hoag, J. E., and Thompson, C. W., "Architecting RFID Middleware", *Internet Computing*, Vol.10, Issue 5, pp. 88-92, 2006.
- [14] Feng, B., Li, J. T., Zhang, P., Guo, J. B., and Ding, Z. H., "Study of RFID Middleware for Distributed Large-scale Systems", in the proceedings of 2nd IEEE Conference on Information and Communication Technologies, Umayyad Palace, Damascus, Syria, Vol. 2, pp. 2754-2759, 2006.
- [15] EPCglobal Taiwan Inc.  
<http://www.gs1tw.org/twct/web/EPC/index.jsp>
- [16] Hung, M. H., Chen, K. Y., Ho, R. W., and Cheng, F. T., "Development of an e-Diagnostics/Maintenance Framework for Semiconductor Factories with Security Considerations," *International Journal of Advanced Engineering Informatics*, Vol. 17, Issues 3-4, pp. 165-178, 2004.
- [17] Intermec Inc.  
<http://www.intermec.com/eprise/main/Intermec/Content/home>
- [18] Applied Wireless Identifications Inc.  
<http://www.awid.com>
- [19] Cimtrac Inc.  
<http://www.cimtrac.com.tw>
- [20] FOTEK Inc.  
<http://www.fotek.com.tw/page1.htm>
- [21] Advantech Inc.  
<http://www.advantech.com.tw>
- [22] Microsoft Web Site.  
<http://www.microsoft.com/net/>
- [23] Microsoft Vstudio  
<http://www.microsoft.com/taiwan/vstudio/>

林世崧等  
以 RFID 技術為基礎之飛彈組測管理系統開發