

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

在無線射頻辨識系統中順序穩定的行動標籤辨識方法

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 101-2221-E-216-011-
執行期間：101年08月01日至102年07月31日
執行單位：中華大學資訊管理學系

計畫主持人：李之中

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：鍾遜彰
碩士班研究生-兼任助理人員：洪乙丹
碩士班研究生-兼任助理人員：林立凡
其他-兼任助理人員：吳宇達

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 102 年 10 月 31 日

中文摘要：在過去數年間，為了處理 RFID 標籤辨識的碰撞問題，學者們提出了許多辨識 RFID 標籤的反碰撞方法，但是這些反碰撞方法僅有少數是以有效率的辨識行動標籤為方法的設計目的。由於行動標籤是隨著標籤持有人或隨附物品而移動，因此行動標籤的辨識相對於靜態標籤的辨識較為複雜，如何有效率的辨識行動標籤已經是一個重要的議題。除此之外，現存的標籤辨識反碰撞方法，多數以最佳化整體系統效能為目標(例如辨識效率的提升)，而非以最佳化個別標籤效能為目標(例如個別行動標籤接受辨識所需要的時間或是個別行動標籤接受辨識的順序)。在服務經濟時代的現今，關心個別使用者所接受的服務品質，已經與關心系統整體服務品質同等重要。為此已有學者提出個別標籤接受讀取器辨識所花費的時間是一個使用者關心的指標，同時設計了一個以減少個別標籤接受讀取器辨識所花費的時間的標籤辨識反碰撞方法。本計畫認為從使用者角度出發對個別標籤提供標籤到達順序與接受辨識的順序相同的公平服務也同樣為使用者所關心。因此本計畫以如何進行順序穩定的行動標籤辨識為目的。在本計畫中的行動標籤辨識，如果標籤到達的順序與標籤接受辨識的順序完全相同，此標籤辨識被稱為順序穩定(order stabilization)。為了達到本計畫的目的，本計畫提出使用順序維度(order stabilization degree)作為衡量標籤辨識穩定程度的指標，研提以 Adaptive Binary Splitting (ABS)方法為基礎的具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法— Adaptive Binary Splitting with Order Stabilization (ABS-OS)方法。本計畫已經完成 ABS-OS 方法的設計工作，同時使用系統模擬對 ABS-OS 方法進行效能評估，實驗結果顯示 ABS-OS 方法的辨識效率與 ABS 方法相同，但是 ABS-OS 方法的較 ABS 方法穩定，同時 ABS-OS 方法標籤接受辨識的時間相對 ABS 方法的辨識時間也比較短。因此 ABS-OS 方法的效能較 ABS 方法的效能優異。

中文關鍵詞：無線射頻辨識、行動標籤辨識、順序穩定

英文摘要：With the advance of RFID technology, many mobile tag applications have been realized in our daily life. The applications may be a passenger who holds a RFID ticket to pass a gate on a MRT system or a car with RFID tag to pass a tollgate on a free way. In these applications, mobile tags move into an RFID reader field in a short period and then leave the reader field after they are successfully identified. These applications are all expected to serve fairly, that

is, RFID tags are identified not only efficiently but also in sequence. From the RFID technology viewpoint, the fairness of this service is regarded as the order of tags recognized complies with the order of tags arriving. If these two orders are the same, the present research says that tag identification is in order stabilization, that is, stable. However, the issues of finding a metric to measure order stabilization and how to make mobile tags identification stable have not been explored in the existing mobile tag identification research. This project, therefore, proposed the order stabilization degree as a metric to measure the order stabilization and proposed the Adaptive Binary Splitting with Order Stabilization (ABS-OS) method to recognize mobile tags. This project, finally, evaluated the performance through simulations. The results showed that the performance of ABS-OS outperformed that of ABS.

英文關鍵詞： RFID, mobile tag identification, order stabilization

一、前言

無線射頻辨識 (Radio Frequency Identification, 簡稱 RFID)[1] 是新一代用於資料辨識的技術，相對於傳統使用條碼 (barcode) 每次接觸僅能辨識一筆資料的方式，RFID 具有以非接觸的方式同時辨識多筆資料的特性，因此使用 RFID 進行資料辨識顯得簡便又有效率。在現今，RFID 技術已經廣泛使用於日常生活中的資料辨識作業。舉凡車輛自動識別管理、道路自動收費管理、航空行李包的自動管理、健保 IC 卡、生產線產品加工、動物識別晶片、物流業和倉儲自動管理等[1]。

RFID 系統主要包含二大部分，分別為讀取器 (Reader)與標籤 (Tags) [2]。讀取器負責辨識與操作其運作範圍內的標籤，必要時取得標籤中的資料，提供給 RFID 系統進行資料處理。讀取器的運作範圍稱為辨識空間(interrogation zone)。標籤內含一個唯一的辨識碼(Electronic Product Code, EPC)[3](在本計畫中，我們也稱此辨識碼為標籤辨識碼(tag identifier))。由於 RFID 應用系統在運作之前，必須先掌握系統中目前各個標籤的辨識碼。因此，RFID 系統在運作之前需要由讀取器進行標籤辨識。一個簡單的讀取器對辨識空間的未知數量標籤進行辨識的過程為：首先由讀取器發出一個訊息要求辨識空間中的標籤回傳標籤辨識碼，辨識空間中的標籤在接收到訊號之後，各自回傳標籤辨識碼，在標籤之間未發生兩個或兩個以上的標籤同時回應辨識碼給讀取器的情形下，讀取器取得回傳訊號標籤的辨識碼，而完成該標籤的辨識[4,5]。然而，當兩個或兩個以上的標籤同時回應辨識碼給讀取器時，此時這些標籤即發生撞碰(collision)。發生碰撞的標籤，因為回應訊息的互相影響，而導致讀取器無法辨識任何一個發生碰撞的標籤。為了完成碰撞標籤的辨識，讀取器因而必需在下一個辨識週期(cycle)繼續辨識這些發生碰撞的標籤。標籤辨識過程將逐週期的進行，直到所有的標籤完成辨識為止。讀取器在標籤辨識過程中所發生的標籤碰撞直接影響讀取器辨識標籤的效率。因此為了處理標籤碰撞的問題，學界提出了許多的反碰撞方法(anti-collision method)來解決讀取器在標籤辨識過程中所發生的碰撞問題[4,5]。

RFID 標籤辨識的反碰撞方法從所運用的資訊技術進行分類的話，可分為兩類：第一類方法為 tree-based 方法[15-29]，此類方法將辨識過程中的所需的操作(operation)結構化成樹狀結構(tree structure)進行標籤辨識；第二類方法為 ALOHA-based 方法[6-13]，此類方法以 ALOHA 協定為基礎，辨識過程中主要以隨機方式執行操作進行標籤辨識。在 tree-based 方法中，研究者常用的樹狀資料結構為二元樹(binary tree) [15-21, 24-25, 27-28]或是查詢樹(query tree)[21-23, 26]。在使用二元樹的反碰撞方法中，讀取器首先發出一個訊號要求未被辨識的標籤回傳辨識碼，如果回傳辨識碼的標籤僅有一個則標籤辨識完成；如果二個以上標籤回傳辨識碼則碰撞發生，此時讀取器要求發生碰撞的標籤隨機分成兩組。讀取器接著依序辨識此兩組標籤。如果讀取器辨識在辨識此兩組標籤的過程中，再次發生碰撞，則讀取器再次將此時甫發生碰撞的標籤隨機分成兩組，接著再分別予以辨識，辨識將以遞迴方式持續進行，直到辨識完所有標籤為止。在 ALOHA-based 方法中，把傳輸期間(transmission period)分割成多個時槽(time-slots)，當讀取器發出開始進行標籤辨識的訊號後，在讀取器辨識空間內收到此一訊號的標籤就會隨機的選擇一個時槽回傳它的辨識碼。在 ALOHA-based 反碰撞方法中，最常被學界所提及與使用的基礎方法為框架時槽式 ALOHA 反碰撞方法 (Framed-Time Slotted ALOHA) [14]，簡稱為 FSA 方法。FSA 方法由讀取器預定一段長度固定的時間，同時將此時間切割成若干個時間長度相同的時槽(time slot)，其中每個時槽預留足夠的時間供讀取器和標籤完成進行一次標籤辨識。而時槽的集合稱為框架(frame)。一個框架中所包含的時槽數量則稱為框架大小(frame size)。讀取器使用一個框架進行標籤辨識的過程稱為讀取週期(cycle)。

為了完全辨識讀取器辨識空間中的所有標籤，辨識將逐週期進行，直到所有標籤完成辨識才停止。

另一種 RFID 反碰撞方法的分類方式，則是根據標籤的行為進行分類。此種分類同樣也是分成兩類：一類為靜態標籤辨識(static tag identification)[6-16, 29]，另一類則為行動標籤辨識(mobile tag identification)[17-28]。在靜態標籤辨識中，顧名思義，意味著辨識空間中的標籤是不變動的，此部分的研究主要著重於在如何在最短時間完成標籤辨識，以提升辨識效率。而在行動標籤辨識[17-28]中，標籤不再是固定不動而是隨著標籤持有人或隨附物品而移動，因此讀取器可能需要隨時辨識進入辨識空間的新標籤，若有必要也需要掌握已經離開的辨識標籤，或是仍然停留在辨識空間內的已辨識標籤。因此，行動標籤辨識相對於靜態標籤辨識較為複雜。在現今 RFID 研究領域中，大多數的研究都著重在靜態標籤的辨識，此部分的研究工作也已經獲得豐碩的成果[2,3]。然而，在行動標籤的辨識的討論，目前投入的探討此一議題的學者並不多。根據本計畫有限能力的調查，僅發現少量的文獻[17-28]報告如何進行行動標籤辨識。儘管學界當前對行動標籤辨識的研究工作進行的較為有限，但是對於未來智慧城市的公共運輸系統[31]或是物聯網(the internet of things)[30]中的應用，行動標籤辨識將扮演重要的角色。

在此，本計畫提出兩個行動標籤辨識的應用個案，說明行動標籤辨識於未來在日常生活可能運用的情形。

(1) 個案一：上班日早晨通勤族至捷運站搭乘捷運通勤至公司上班。

現行場景：上班日早晨通勤族持電子票卡(RFID 標籤)依序通過捷運站的閘門(RFID 讀取器)，當電子票卡被閘門上的讀取器辨識之後，進入捷運系統，搭乘捷運通勤至公司上班。在此場景中通勤族依照捷運公司的規定依序通過捷運閘門。此一行為對於位於閘門上的 RFID 讀取器而言，標籤以循序的方式進入辨識空間接受辨識，標籤在完成辨識後，隨即離開辨識空間。在此場景中讀取器顯然並未充分發揮其辨識效能。

未來場景：捷運站中不在設置閘門，取而代之的是一個開放形式計費區標籤辨識區域，任何一位需要搭乘捷運的上班族，只要持捷運票卡通過捷運站中此一計費區開放形式標籤辨識區域即可搭乘捷運至公司上班。上班日早晨的尖峰時間通勤族們可以持捷運票卡(RFID 標籤)同時通過捷運站的計費區進入捷運系統(無須於閘門前等候)，搭乘捷運通勤至公司上班。

(2) 個案二：上班日的早晨通勤的上班族抵達目的捷運站之後，持票卡(RFID 標籤)通過捷運站的閘門離開捷運系統，並於捷運站旁轉乘接駁公車至公司上班。抵達公司需要經過多個公車站，每個公車站都有乘客上車或下車。當公車抵達該上班族的公司所在的公車站時，該上班族離開公車，步行至公司上班。

現行場景：為了付費每位上班族需於上車或下車時持票卡(RFID 標籤)依序至裝置於公車上的讀卡機(RFID 讀取器)接受辨識。

未來場景：上述的每一輛接駁公車上配置了一部 RFID 讀取器，其讀取範圍可以涵蓋整個公車車廂。因此，當該上班族進入接駁公車車廂時，讀取器立即進行標籤辨識(辨識該上班族的票卡)，並進行紀錄。在抵達該上班族的目的公車站前，每次公車靠站讀取器將監測該上班族是否仍在車廂中(標籤是否仍在讀取器的讀取範圍中)，如果發現該標籤已經不在讀取範圍中，即表示該標籤已經離開，再次進行紀錄。

從上述的兩個例子中，我們認為行動標籤辨識在日常生活中，特別是在智慧城市的公共運輸系統上，有其實際應用的需求與價值，這個議題在現今應有深入研討的必要。

二、研究目的

在現存標籤辨識的研究中，不管是靜態標籤辨識或是行動標籤辨識，多數的研究均以最佳化整體系統效能為發展辨識方法的目標。但是若以使用系統者的角度，而非管理者的角度而言，與使用者個人相關的事物更為使用者關心，例如使用者關心自己接受服務所需要的花費時間或者是否接受一個公平的服務(使用者到達順序與使用者接受服務的順序是否相同)，在服務經濟已經來臨的現今，關心系統針對個別使用者所提供的服務品質，已經與關心系統整體服務品質同等重要。因此，以最佳化整體系統效能所發展的辨識方法，在此一想法下已經無法滿足現今使用者的需求。顯然，我們需要一個非僅考量整體系統效能同時也考量個別效能的標籤辨識方法。在考量個別標籤效能的辨識方法中，學者 Wang 等人[13]認為個別標籤接受讀取器辨識所花費的時間是設計標籤辨識方法的重要的考量。而本計畫則認為對個別標籤提供一個公平的服務順序也是一個設計標籤辨識方法的重要考量。例如，在個案一的未來場景中，當通勤上班族通過捷運的收費區時，不但希望能夠盡可能的快速通過收費(意味讀取器要盡快完成標籤辨識)進入月台搭乘捷運，縮短通勤所花費的時間。同時，也希望受到一個公平的服務，也就是通勤上班族們到達收費區的順序在能夠與離開收費區的順序相同。因此，在個案一中本計畫將通勤上班族通過收費區(讀取器的辨識空間)的所進行的驗票視為標籤辨識，而通勤上班族到達與離開的順序視為標籤到達與離開的順序，因此驗票的公平性則可以使用標籤到達的順序與標籤離開的順序之間的差異來衡量。標籤到達的順序與標籤離開的順序愈接近，我們說此標籤辨識為順序穩定(order stabilization)。在本計畫能力所及所進行的行動標籤辨識研究工作的調查[17-28]，並未發現任何報告具有順序穩定特性的行動標籤辨識研究結果的文獻。因此，本計畫當前惟一進行具有順序穩定特性行動標籤辨識研究工作。因此，本計畫的目標為

1. 研提一個衡量標籤辨識順序穩定程度的指標。
2. 研提具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法。

三、文獻探討

在 RFID 標籤辨識的研究工作中，絕大多數的研究工作都是針對靜態標籤辨識議題進行討論，其中重要的討論議題包含如何進行辨識空間中未辨識標籤數量的估計[8]，以及如何提升標籤辨識的辨識效率(throughput)。學者 Klair 等人[5]於 2010 年在期刊 IEEE Communications Surveys and Tutorials 發表了一篇名為「A Survey and Tutorial of RFID Anti-Collision Protocols」的論文。該論文以 2008 年之前學界所發表的 RFID 反碰撞方法進行了一個非常優異的調查與介紹。另外，在 2006 年國立雲林科技大學施東河教授等人[4]也曾在期刊 Computer Communications 發表了一篇名為「Taxonomy and survey of RFID anti-collision protocols」的介紹與調查論文。該論文針對 2005 年之前學界所發表的 RFID 反碰撞方法進行了方法的分類與調查。上述兩篇有關 RFID 標籤辨識問題的調查文獻，所調查的對象都為靜態標籤辨識的文獻，並未包含任何討論行動標籤辨識議題的相關文獻。考量篇幅有限，在接下來的相關研究與文獻探討中，我們將只報告與本計畫所討論主題—「行動標籤辨識」直接相關文獻的調查結果。

與本計畫更為相關的行動標籤辨識方法文獻調查，根據本計畫能力範圍內所進行的調查結果，本計畫發現行動標籤辨識文獻[17-28]相對靜態標籤辨識文獻在數量上顯得非常有限。行動標籤辨識議題的研究最早由韓國大學的學者 Myung 與 Lee 等人於 2006 年 ACM MOBIHOC 2006 研討會所發表的文獻[18]中提出。在這個研究中 Myung 等學者將行動標籤區

分為 3 種狀態，分別是到達(arriving)、停留(staying)和離開(leaving)。當標籤到達讀取器的辨識空間內而且讀取器還沒成這個標籤的辨識，這個標籤被稱為在到達狀態(arriving state)。當標籤已經被辨識且停留在辨識空間內則稱這個標籤在停留狀態(staying state)。而當在停留狀態的標籤離開讀取器的辨識空間，這個標籤則是在離開狀態(leaving state)。在到達狀態的標籤為到達標籤，停留狀態的標籤為停留標籤，而離開狀態的標籤為離開標籤。在此篇論文[18]中，標籤只有在每個週期開始之前批次到達辨識空間，而在每個週期結束之後批次離開，其應用場景類似本計畫 2.1 節中通勤上班族搭乘轉乘公車的場景。為了辨識此種場合的行動標籤，這篇論文提出了兩個方法，分別為 adaptive binary splitting 方法(簡稱為 ABS) [17-21]與 adaptive query splitting 方法(簡稱為 AQS)[21-23]進行行動標籤辨識。

在此本計畫先行介紹 ABS 方法[17-21]。在 ABS 方法的每一個辨識週期，因為讀取器需要掌握辨識空間內的所有標籤，因此讀取器需要辨識剛到達辨識空間內的未辨識標籤，以及確認當前辨識空間中的停留標籤。為了達到此一目的，ABS 方法使用三個計數器(counter)，分別為 progressed-slot counter (PSC)、allocated-slot counter (ASC)與 total slot counter(TSC)，控制行動標籤辨識的進行。其中 PSC 表示在當週期辨識中已經確認位於辨識空間的標籤個數，TSC 表示上一週期最大的 PSC(上一週期讀取器所辨識的標籤總個數)，而 ASC 表示標籤在週期中的辨識順序，在辨識過程中當標籤的 ASC 與讀取器所播出的 PSC 相同時，標籤將回傳它的識別碼。在這三個計數器中，讀取器使用計數器 TSC 與計數器 PSC，而標籤使用計數器 PSC 與計數器 ASC。當讀取器開始一個辨識週期時，每個標籤首先決定標籤中的 ASC 值，停留標籤的 ASC 為上一辨識週期的辨識次序，而到達標籤的 ASC 則隨機從 0 到 TSC-1 之間所選擇一個數字。接著讀取器逐時槽進行標籤辨識。在每個時槽的辨識中，讀取器首先廣播 PSC 給辨識空間內的標籤。當標籤的 ASC 與讀取器廣播的 PSC 一樣時，標籤便回傳識別碼給讀取器。如果這個時槽僅有一個標籤回傳識別碼，此時這個時槽是可讀的(readable)，讀取器便將 PSC 加 1，繼續下一個時槽的辨識。如果這個時槽沒有標籤回傳識別碼，此時這個時槽是閒置的(idle)，讀取器將廣播一個訊息給尚未辨識的標籤，要求它們將 ASC 減 1。如果兩個或兩個以上的標籤回傳識別碼，此時這個時槽中發生碰撞(collision)，讀取器便會廣播一個訊息給尚未完成辨識的標籤，要求它們將 ASC 加 1；同時，時槽中發生碰撞的標籤將隨機選擇 0 或 1。當發生碰撞的標籤選擇 1 時，就將自己的 ASC 加 1，反之，當發生碰撞的標籤選擇 0 時，標籤則不做任何的動作。此時此一時槽的辨識結束，繼續下一個時槽的辨識。辨識將逐時槽持續進行，直到 PSC 大於 TSC 時為止。這時候，每一個已辨識完成的標籤均成為停留標籤且擁有唯一的 ASC。同時，讀取器準備開始下一週期的標籤辨識。在有關 ABS 方法的論文發表方面學者 Myung 與 Lee 在 ACM MOBIHOC 2006 研討會發表之後[18]，後續對 ABS 方法進行完整的延伸與效能分析，後續三篇論文分別發表於期刊 IEEE Communications Letters (2006 年)[19]，期刊 ACM/Springer Mobile Networks and Applications (MONET)(2006 年)[20]，以及在與淡江大學施國琛教授合作之後發表於期刊 IEEE Transactions on Parallel Distributed Systems (2007 年)[21]。

接著介紹 AQS 方法[21-23]。AQS 方法主要由讀取器向未辨識標籤發出包含長度為 n 位元字串(bit string)的查詢進行標籤辨識。當標籤收到由讀取器所播出的位元字串時，標籤將此位元字串與標籤辨識碼前 n 個位元進行比較，如果比較的結果為相同，標籤回應辨識碼給讀取器。如果發生碰撞讀取器就將此長度為 n 的位元字串的尾端加上一個位元，此時讀取器得到兩個長度為 $n+1$ 的位元字串，其中前 n 個位元內容相同，第 $n+1$ 個位元的值則分別令為 0 與 1。讀取器接著再分別使用這兩個長度為 $n+1$ 位元字串作為查詢字串進行標籤辨識。讀取

器同時使用佇列 Q 與佇列 CQ 維護查詢位元字串。當一個辨識週期開始時，讀取器將上一個週期結束時查詢樹中的可讀葉節點與閒置葉節點的查詢位元字串，加到佇列 Q 中，讀取器依序使用佇列 Q 中的位元字串進行標籤辨識。在每次讀取器自佇列 Q 中取出位元字串進行標籤辨識時，如果該次辨識為成功或是閒置，則將該次辨識的查詢位元字串加到佇列 CQ 中，如果該次辨識為碰撞，則將該次辨識所使用的位元字串擴展成兩個位元字串，並將擴展後的位元字串加到佇列 Q 中。辨識將持續進行直到佇列 Q 為空集合為止。當佇列 Q 為空集合時，讀取器將佇列 CQ 複製到佇列 Q 中，並清空佇列 CQ，開始新週期的辨識。在有關 AQS 方法的論文發表方面學者 Myung 與 Lee 在 IEEE INFOCOM 2005 研討會[22]發表之後與淡江大學施國琛教授合作對 AQS 方法進行完整的延伸與效能分析，後續二篇論文分別發表於期刊 IEEE Transactions on Multimedia (2006 年)[23]以及 IEEE Transactions on Parallel Distributed Systems (2007 年)[21]。

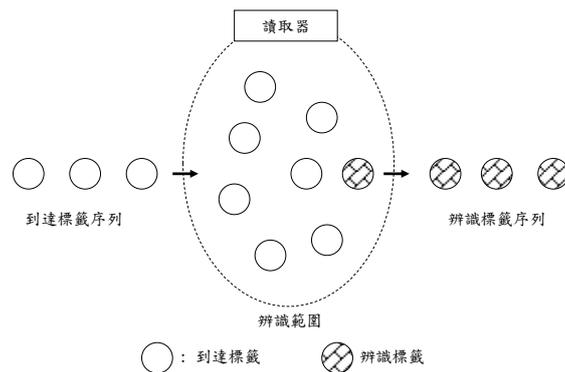
儘管 ABS 與 AQS 方法都能夠有效能的進行行動標籤辨識，但是 ABS 與 AQS 方法在效率上仍有改善空間。國立台灣科技大學賴源正教授因此提出 Pair-Resolution Blocking 方法[24,25](簡稱 PRB 方法。PRB 方法有兩篇期刊論文，分別發表於期刊 IEEE Communications Letters (2008 年)[24]與期刊 IEEE/ACM Transactions on Networking(2009 年)[25]。PRB 方法使用阻斷(blocking)和配對(pairing)兩項技術改進 ABS 方法[24,25]。在 ABS 方法中到達標籤與停留標籤需共同競爭時槽以回傳辨識碼。因此，造成停留標籤和到達標籤同時競爭相同時槽而導致碰撞發生進而導致效率不佳。為了防止停留標籤和到達標籤發生碰撞，PRB 將辨識週期分成兩階段。在每個回合辨識週期開始時，讀取器首先廣播讀取器的編號給在辨識空間內的所有標籤。辨識空間內的每一個標籤在收到讀取器廣播的讀取器編號後，先行比對所標籤中暫存的讀取器編號與新收到的讀取器編號是否相同。如果新收到的讀取器編號與所存取的讀取器編號相同，這個標籤就是停留標籤，反之，標籤是到達標籤。之後，讀取器開始進行第一階段的標籤辨識，並在這個階段辨識停留標籤，第一階段完成之後，接著進行第二階段的標籤辨識，第二階段辨識到達標籤，這種將停留標籤與到達標籤分在兩個不同階段分別進行辨識，以避免停留標籤和到達標籤競爭同一時槽而發生的碰撞的技術即為阻斷技術。此外，PRB 還運用配對技術辨識停留標籤。辨識停留標籤最簡易的方法即為逐一辨識辨識空間中的停留標籤，在這種方法下，如果辨識空間中有 n 個停留標籤，就需使用 n 個時槽進行停留標籤辨識。PRB 方法則使用配對方法(pair resolution scheme)進行停留標籤辨識。PRB 的配對方法使用一個時槽同時辨識一對(兩個)的標籤，來取代逐一辨識的方法。在使用配對方法進行停留標籤辨識時，如果時槽發生碰撞表示兩個標籤都仍然在辨識空間中，如果僅有一個標籤回應，則該回應的標籤仍然為停留標籤，另一個標籤則已經離開進行當時槽發生，如果沒有標籤回應，這表示兩個標籤都已經離開辨識空間。當 PRB 方法的第二階段結束時，所有當回合中的到達標籤擷取當前讀取器編號，這些辨識標籤在下一週期將成為停留標籤。在 PRB 的後續研究中，為了加強 PRB 方法中辨識停留標籤的效率，學者 Yeh 等人提出了 Adaptive n -Resolution (AnR) [27]方法。 AnR 方法只需使用 3 個時槽便可完成 n 個停留標籤的辨識。

實際上，AQS 方法在效率上也有改進的空間，在賴源正教授的另一個研究中提出 couple-resolution blocking (CRB) 與 enhanced couple-resolution blocking (ECRB) 兩個方法[26](已經為期刊 IEEE Transactions on Mobile Computing 接受，目前出版中)改進 AQS 方法的效率。CRB 方法與 ECRB 方法使用阻斷(blocking)和成對解析(couple-resolution)兩項技術改進 AQS 方法。CRB 方法與 ECRB 方法與 PRB 方法相似，將辨識空間中的標籤區分成到達標籤與停留標籤，接著將辨識過程分成兩個階段，在第一階段中辨識停留標籤，而在第二階段中

辨識到達標籤。這種將停留標籤與到達標籤分開辨識的即為阻斷技術。在 CRB 方法中讀取器使用一次傳送兩個查詢位元字串的方式辨識停留標籤。不同於 CRB 的方法，ECRB 方法使用結合操作(Combination operation)將兩個相似的查詢位元字串結合成一個可以同時讓兩個停留標籤回應的查詢位元字串，讀取器即可以送出一個查詢位元字串的方式，辨識兩個停留標籤。在 CRB 方法與 ECRB 方法發出查詢位元字串後，如果此時槽發生碰撞表示兩個標籤都仍然在辨識空間中；如果僅有一個標籤回應，則該回應的標籤仍然為停留標籤，另一個標籤則已經離開；如果沒有標籤回應，這表示兩個標籤都已經離開辨識空間。

四、研究方法

在此介紹本計畫的研究方法。本計畫首先介紹系統模型、接著定義順序穩定維度，最後介紹說明本計畫設計行動標籤辨識方法的概念，與本計畫所提出的行動標籤辨識方法。



圖一、系統模型

1. 系統模型

本計畫所使用的系統模型(system model) 由一個讀取器和數個標籤組成，如圖一所示。系統中的標籤以連續方式依序到達讀取器的辨識空間，接受讀取器的辨識。當標籤為讀取器辨識之後，標籤隨即離開辨識空間。本系統模型為第 1 節個案一中未來場景通勤上班族於捷運站持票卡通過收費區進入捷運系統搭乘捷運的抽象化表示。

2. 順序穩定

本節將介紹本計畫衡量辨識行動標籤穩定程度的指標—順序穩定維度(order stabilization degree)[28]。為了方便順序穩定維度的定義。在此首先假設系統中存在 n 個標籤並且以連續方式到達讀取器辨識空間，同時這些標籤都有一個編號屬性(以符號 id 表示)作為標籤的識別。

定義一(到達序列)：吾人定義到達序列(arrival sequence)為每個標籤到達讀取器辨識空間的次序所構成的集合。若以符號 S_a 表示到達序列，則 $S_a = \{o_a(id) \mid id = 0, 1, 2, \dots, n-1\}$ ，其中 $o_a(id)$ 表示標籤 id 到達讀取範圍時的次序。

定義二(辨識序列)：吾人定義辨識序列(identified sequence)為每個標籤被讀取器辨識後，離開讀取器辨識空間的次序所構成的集合。若以符號 S_i 表示辨識序列，則 $S_i = \{o_i(id) \mid id = 0, 1, 2, \dots, n-1\}$ ，其中 $o_i(id)$ 表示標籤 id 被讀取器辨識後，離開讀取器辨識空間的次序。

定義三(順序函數)：對任兩個編號分別為 i 與 j 的到達標籤，其順序函數 $r(i, j)$ (order function) 定義如下：

$$r(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } o_a(i) < o_a(j) \text{ and } o_i(i) > o_i(j) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

在這個定義中，如果標籤 i 與標籤 j 的到達次序與辨識次序相反則辨識函數 $r(i, j)$ 的回傳值為 1，否則，辨識函數 $r(i, j)$ 的回傳值為 0。

定義四(相反順序量)：行動標籤辨識中的相反順序量(the number of reverse order)為所有到達標籤中任兩個到達標籤(令為標籤 i 與標籤 j)順序函數 $r(i, j)$ 的總和。因此相反順序量 N_r 定義為：

$$N_r = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^{i-1} r(i, j) \quad (2)$$

在系統中有 n 個到達標籤的條件下，相反順序量 N_r 將介於 0 與 $n(n-1)/2$ 之間。

定義五(順序穩定維度)：行動標籤辨識中的順序穩定維度(order stabilization degree)為行動標籤辨識中的相反順序量除以所有兩兩標籤配對的總數量 $(n(n-1)/2)$ 。因此順序穩定維度 R 定義為：

$$R = \frac{2N_r}{n(n-1)} \quad (3)$$

引理一：在行動標籤辨識中，如果辨識序列與到達序列完全相同，則順序穩定維度 R 為 0。

證明：如果標籤辨識的次序與標籤到達的順序完全相同，對任意兩個標籤，令為標籤 i 與標籤 j ，如果標籤 i 的到達次序 $o_a(i)$ 小於標籤 i 的到達次序 $o_a(j)$ 時，此時標籤 i 的辨識次序 $o_i(i)$ 亦小於標籤 i 的辨識次序 $o_i(j)$ ，因此標籤 i 與標籤 j 的順序函數 $r(i, j)$ 為 0。因此，此一個行動標籤辨識的相反順序量 N_r 為 0。根據定義五，順序穩定維度 R 為 0。

引理二：在行動標籤辨識中，如果辨識序列與到達序列完全相反，則順序穩定維度 R 為 1。

證明：如果標籤辨識的次序與標籤到達的順序完全相反，對任意兩個標籤 i 與 j ，如果標籤 i 的到達次序 $o_a(i)$ 小於標籤 i 的到達次序 $o_a(j)$ 時，此時標籤 i 的辨識次序 $o_i(i)$ 將大於標籤 i 的辨識次序 $o_i(j)$ ，因此標籤 i 與標籤 j 的順序函數 $r(i, j)$ 為 1。此一個行動標籤辨識的相反順序量 N_r 為

$$N_r = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=0}^{i-1} r(i, j) = \frac{n(n-1)}{2} \quad (4)$$

將相反順序量 N_r 代入式(3)可以得到順序穩定維度 R 為 1。

事實上，根據以上的定義，順序穩定維度是一個介於 0 與 1 之間的值。當行動標籤辨識中的到達序列與辨識序列愈接近時，順序穩定維度將愈接近 0。當行動標籤辨識中的到達序列與辨識序列差異愈大時，順序穩定維度將往 1 靠近。

3. Adaptive binary splitting with order stabilization

本節將介紹具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法，此方法被稱為 Adaptive binary

splitting with order stabilization (簡稱為 ABS-OS)。在此將依序說明 ABS-OS 方法的設計概念，ABS-OS 的框架結構，以及 ABS-OS 方法中讀取器和標籤的辨識程序。

A. 設計概念

在現有的行動標籤辨識方法中，造成到達序列與辨識序列產生差異的主要原因是辨識方法中以隨機方式進行的操作。以 ABS 方法為例，如果在辨識過程中發生標籤碰撞，此時對讀取器而言，讀取器僅能察覺該次辨識發生標籤碰撞，無法得知哪些標籤發生碰撞。在無法掌握碰撞標籤資訊的情形下，ABS 方法僅能以隨機方式進行將這些碰撞標籤分成兩組，接著再繼續進行隨機分組後的標籤辨識。顯然參與此處隨機分組操作的標籤，經過隨機分組後，標籤接受辨識的順序不太容易仍然與標籤的到達順序相同。另一個 ABS 方法必須使用隨機方式進行操作的案例為當讀取器開始一個新的辨識週期時，此時所有的未辨識標籤需要決定它的 ASC 值，藉此決定回傳標籤識別碼的時槽。ABS 方法此時要求標籤隨機自 0 到 TSC-1 之間選擇一個數字作為標籤的 ASC。這個以隨機方式決定辨識操作將在哪個時槽進行的操作，也將造成標籤的到達順序與碰撞標籤接受辨識後離開辨識空間的順序的差異。

為了使得 ABS 方法中的標籤辨識的辨識序列能夠盡可能與到達序列相同，本計畫認為在設計具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法中，應該避免進行造成標籤的到達順序與辨識順序不相同的辨識操作，特別是以隨機方式進行的操作。本計畫因此將 ABS 方法中，決定 ASC 的方式由隨機方式調整為內插方式。為了便於說明內插方式如何進行，在此先定義幾個後續說明中將被使用的符號。首先，令 $LastTSC$ 表示上一辨識週期的框架大小， $TagArrivePSC$ 表示標籤於上一週期到達時的時槽編號，而 TSC 表示當前辨識週期中的框架大小。請注意此處的 TSC 所表示的意義與 ABS 方法中的 TSC 不同，在 ABS 方法中， TSC 表示上一辨識週期所辨識出的標籤總數，而此處 TSC 表示當前辨識週期中的框架大小。因此決定未辨識標籤 ASC 的內插式可以表示為

$$ASC = \left\lfloor TSC \times \frac{TagArrivePSC}{LastTSC} \right\rfloor \quad (5)$$

在具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法中，當讀取器開始一個新的辨識週期時，未辨識標籤不再使用隨機方式決定 ASC，而是透過式(5)使用內插的方式決定 ASC，因此於上一週期到達的未辨識標籤順序能夠保留至本週期，進而使得未辨識標籤的到達序列能夠與辨識序列儘可能相同。值得注意的是由於標籤碰撞所造成的到達序列與辨識序列之間的差異，仍然等待後續的研究工作進行討論。

以上即為本計畫進行行動標籤辨識時的設計概念。接著，我們將介紹 ABS-OS 方法的讀取器和標籤的辨識程序。

B. 辨識程序

ABS-OS 方法的辨識程序可以分成兩個部份。第一個部份的程序提供給讀取器執行用以進行標籤辨識的讀取器程序(reader procedure)，第二個部份的程序則是提供給標籤執行用以進行標籤辨識的標籤程序(tag procedure)。

在說明 ABS-OS 方法的讀取器程序與標籤程序之前，由於 ABS-OS 方法是利用 ABS 方法進行延伸與改良之後發展而成。為了避免 ABS-OS 方法與 ABS 方法上的混淆，在此說明 ABS-OS 方法與 ABS 方法之間的二個主要差異。第一個差異為 ABS-OS 方法與 ABS 方法中

所使用的計數器，儘管 ABS-OS 方法與 ABS 方法都需使用計數器 TSC 與計數器 PSC，但是計數器 TSC 與計數器 PSC 在兩個方法中的計數的對象並不相同。在 ABS 方法中，計數器 PSC 記錄了已經被讀取器辨識的標籤個數，而計數器 TSC 則是上一週期被讀取器辨識的標籤總數。然而在 ABS-OS 方法中，計數器 PSC 則是紀錄當前辨識操作進行時槽的編號，而計數器 TSC 則是紀錄當前週期框架的大小。第二個差異為 ABS 方法使用辨識進行過程中完成辨識標籤的個數控制辨識方法的進行，而 ABS-OS 使用辨識操作時的時槽編號控制辨識方法的進行。實際上，ABS-OS 方法的時槽編號是一個從 1 開始間隔為 1 且不重覆的單調遞增整數。

B.1 讀取器程序

ABS-OS 方法的讀取器程序如圖二所示。為了方便程序的說明，ABS-OS 方法首先於程序中定義兩個常數變數，變數 N 表示讀取器起始框架大小，變數 $lamda$ 表示標籤的到達率。因此，當讀取器的程序開始時，讀取器將變數 $LastTSC$ 與計數器 TSC 的值設為 N ，同時將計數器 PSC 的值設為 0。在每一個辨識週期開始時，讀取器首先廣播上一個辨識週期的框架大小 ($LastTSC$) 與當前週期的框架大小 (TSC) 給辨識空間中的未辨識標籤。接著讀取器與標籤開始以逐時槽的方式進行標籤辨識。在每個時槽中，讀取器首先比較計數器 PSC 的值與計數器 TSC 的值；如果計數器 PSC 的值小於計數器 TSC 的值，則讀取器廣播 PSC 值給所有未辨識標籤，並等候 ASC 值與 PSC 值相同的標籤回應標籤的辨識碼，讀取器根據標籤回應結果將回應結果區分成閒置 (IDLE，沒有標籤回應)、可讀 (READABLE，只有一個標籤回應) 以及碰撞 (COLLISION，兩個或兩個以上標籤回應) 等三種結果；如果回應結果為碰撞，讀取器需將計數器 TSC 加 2，並進行下一個辨識操作，否則 (回應結果為閒置或可讀)，讀取器直接進行下一個辨識操作。接著讀取器將辨識結果廣播給所有的未辨識標籤，完成後將讀取器中的計數器 PSC 加 1；如果計數器 PSC 的值大於或等於計數器 TSC 的值，則讀取器結束此辨識週期。接著將計數器 TSC 的值儲存到變數 $LastTSC$ 中，並重新設定下一週期的 TSC 值為 $0.88 * LastTSC * Lamda$ [29]，用以準備下一辨識週期的開始。

```

01. Define  $N, Lamda$ 
02.  $LastTSC = N, TSC = N, PSC = 0$ 
03. For every read cycle do {
04.   Broadcast  $LastTSC$  and  $TSC$  to all tags
05.   For every slot with  $PSC < TSC$  do
06.     Broadcast  $PSC$  to all tags
07.     Wait and receive Identifier from tags
08.     If this slot is idle then
09.        $ACK = IDLE$ 
10.     ElseIf this slot is readable then
11.        $ACK = READABLE$ 
12.     ElseIf this slot is collision then
13.        $ACK = COLLISION$ 
14.        $TSC = TSC + 2$ 
15.     EndIf
16.     Broadcast  $ACK$ 
17.      $PSC = PSC + 1$ 
18.   EndDo
19.    $LastTSC = TSC$ 
20.    $TSC = LastTSC * Lamda * 0.88$ 
21. EndDo

```

圖二、讀取器程序

B.2 標籤程序

```
01. TagArrivePSC = 0
02. If TagArrivePSC == 0 then //tag is new then
03.   Receive LastTSC and PSC from Reader
04.   Store PSC to TagArrivePSC
05. EndIf
06. At the beginning of next read cycle, if TagArrivePSC <> 0 then //tag is not new
07.   Receive LastTSC and TSC from Reader
08.   Store  $\left[ TSC \times \frac{TagArrivePSC}{LastTSC} \right]$  to ASC
09. EndIf
10. For every slot do
11.   Receive PSC from Reader
12.   If ASC == PSC then
13.     Transmit identifier of the tag to Reader
14.   Else
15.     No action
16.   EndIf
17.   Wait to Receive ACK from Reader
18.   Receive ACK
19.   If ACK == READABLE then
20.     Tag is identified
21.   Endif
22.   If ACK == COLLISION and ASC == PSC then
23.     ASC = ASC + random(1, 2)
24.   Endif
25.   IF ACK == COLLISION and ASC > PSC then
26.     ASC = ASC + 2
27.   Endif
28.   If ACK == IDLE then
29.     No action
30.   Endif
31. EndDo
```

圖三、標籤程序

ABS-OS 方法的標籤程序如圖三所示。首先，ABS-OS 方法先行宣告變數 *TagArrivePSC* 紀錄標籤到達讀取器辨識空間時的時槽編號，並令其初始值為 0。接著標籤使用 *TagArrivePSC* 的值判斷是否為新標籤。如果標籤是新標籤(*TagArrivePSC* 的值為 0)，標籤將接收到由讀取器播出的 *PSC*，並將 *PSC* 儲存到 *TagArrivePSC*，接著等待下一個辨識週期的開始。當讀取器通知新的辨識週期開始時，標籤將檢查 *TagArrivePSC* 的值是否為 0，判斷標籤是否為新標籤。如果標籤是新標籤(*TagArrivePSC* 的值為 0)，則標籤接收讀取器所廣播的 *LastTSC* 與 *TSC*，並使用 *LastTSC* 與 *TSC* 與式(5)求得標籤的 *ASC*。在辨識週期中，標籤配合讀取器的程序逐時槽的進行標籤辨識。在週期中的每個時槽，所有的未辨識標籤均接收讀取器所廣播的 *PSC* 值；如果標籤的 *ASC* 大於讀取器所廣播的 *PSC*，此時標籤不採取任何行動；然而，如果標籤的 *ASC* 與讀取器所廣播的 *PSC* 相同，標籤回傳它的辨識值給讀取器，並等待讀取器回應結果。如果讀取器的回應的結果是可讀(READABLE)，則於此一時槽中回傳辨識值的標籤已經為讀取器辨識；如果讀取器的回應結果是閒置(IDLE)，表示沒有標籤參與此一時槽的辨識；在讀取器的回應的結果是可讀或閒置時，所有標籤都無需進行任何操作。如果讀取器的回應結果是 COLLISION，對於在此一時槽中發生碰撞的標籤(標籤的 *ASC* 值等於讀取器所廣播的 *PSC*)，其 *ASC* 值調整為 *ASC* 加上隨機於 1 與 2 之間所選擇的數字；對於其它仍在此辨識空間中的未辨識標籤(這些標籤的 *ASC* 值大於讀取器所廣播的 *PSC*)，標籤的 *ASC* 值將調整為

ASC+2。將辨識空間中未辨識標籤的 ASC 值加上 2 的目的為在辨識過程中插入兩個時槽，用於於下兩個時槽中立即辨識本時槽發生碰撞的標籤。並等待讀取器進行下一個時槽的辨識。標籤辨識將逐時槽進行，直到標籤辨識完成為止。

五、結果與討論

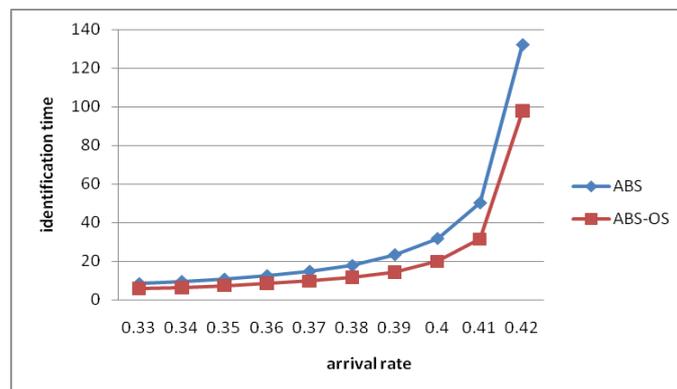
為了說明我們所提出的 ABS-OS 方法有可以在保持一定的辨識效率的條件下，提供穩定次序的標籤辨識。本計畫使用系統模擬方式進行了實驗，該實驗的目的為對 ABS-OS 方法進行效能評估，實驗中的比較對象為 ABS 方法[21]。實驗的系統環境為系統中存在一個讀取器針對陸續到達辨識空間的標籤進行標籤辨識。標籤到達的過程假設為到達率為 λ 的卜瓦松過程(Poisson process)。為了便於實驗的進行，本計畫假設讀取器與標籤間的通訊頻道是理想沒有干擾。實驗中的效能指標為辨識效率(讀取器在單位時間內完成辨識的標籤個數)、辨識時間(標籤進入讀取器辨識空間後到標籤完成辨識離開辨識空間所經過的時間)與順序穩定維度(如 3.1.2 節中的定義五)。模擬程式使用 JAVA 語言撰寫並在作業系統為 Windows XP Professional 的 PC 上執行。

根據實驗的說明，本計畫進行了三個實驗，分別探討到達率對 ABS-OS 方法與 ABS 方法對辨識效率、辨識時間與順序穩定維度的影響。

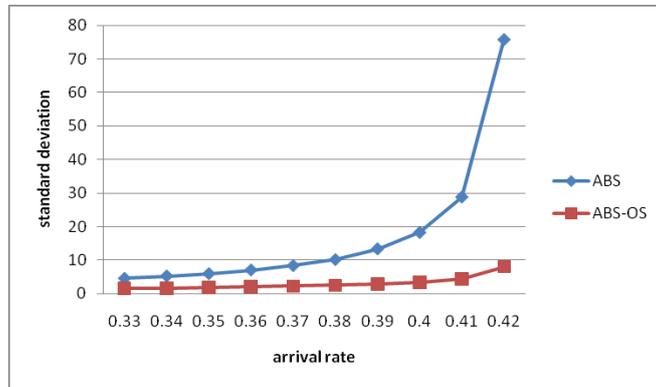
1. 到達率對辨識時間的影響

在這個實驗中，本計畫探討了到達率對 ABS-OS 與 ABS 方法辨識時間的影響。在實驗中，標籤的到達率從 0.33 開始以每次 0.01 的間隔變化至 0.42。在圖五與圖六中 X 軸表示到達率而 Y 軸分別表示辨識時間的平均值與標準差。實驗的第一個結果顯示，ABS-OS 方法的平均辨識時間小於 ABS-OS 方法的平均辨識時間，同時，ABS-OS 方法辨識時間的標準差小於 ABS-OS 方法辨識時間的變異數。造成這樣結果的原因是 ABS-OS 方法使用內插的方式取代隨機的方式選擇時槽回應它的標籤編號。由此之故，在當前讀取週期前段到達的標籤，在下一讀取週期仍可在週期的前段進行辨識。這個結果不僅使得標籤得辨識得以公平的進行，同時也減低了辨識時間的標準差。

ABS-OS 方法相較於 ABS 方法具有較小的辨識時間的平均值與標準差，這意味著 ABS-OS 方法相較於 ABS 方法不僅有相對較短的辨識時間，同時 ABS-OS 方法相較於 ABS 方法擁有更穩定的辨識時間。本計畫認為絕大多數的標籤在 ABS-OS 方法中，都接受了一個公平的服務。因此，這個實驗的結果顯示在辨識時間的評估上 ABS-OS 方法優於 ABS 方法。



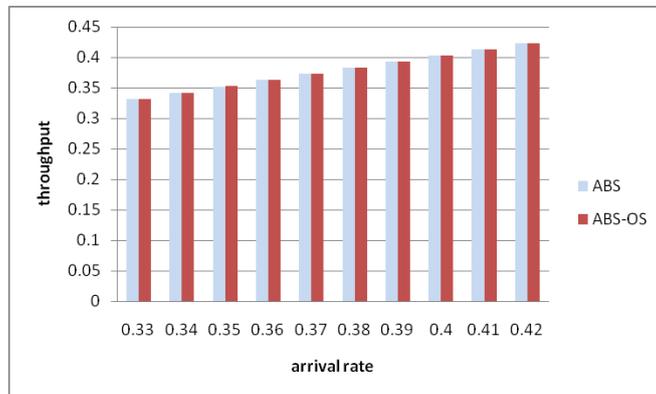
圖四 標籤到達率對辨識時間平均值的影響



圖五 標籤到達率對辨識時間標準差的影響

2. 到達率對辨識效率的影響

在這個實驗中，本計畫探討了到達率對 ABS-OS 與 ABS 方法辨識效率的影響。在實驗中，標籤的到達率從 0.33 開始以每次 0.01 的間隔變化至 0.42。針對辨識效率進行的實驗結果使用長條圖呈現。圖六中的 X 軸為標籤的到達率，Y 軸為辨識效率。實驗結果顯示 ABS-OS 方法與 ABS 方法的辨識效率幾乎相同。

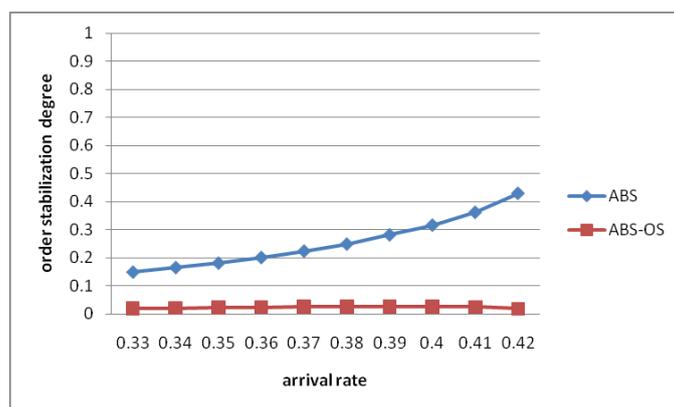


圖六 標籤到達率對辨識效率的影響

3. 到達率對順序穩定維度的影響

在第三個實驗中，則探討到達率順序穩定維度的影響。實驗結果以折線圖呈現於圖七。圖七中的 X 軸為標籤的到達率，Y 軸為順序穩定維度。實驗的結果顯示 ABS-OS 方法的順序穩定維度相較 ABS 方法的順序穩定維度比較接近零，意即，ABS-OS 方法具有較佳的順序穩定。在本報告的第四節中，曾說明當順序穩定維度愈接近 0 表示標籤辨識順序的維持愈穩定，當順序穩定維度愈接近 1 表示標籤辨識順序的維持愈混亂。在 ABS-OS 方法中，只有極少數的標籤在標籤辨識過程中改變順序。標籤辨識順序改變的情形發生於兩個待辨識的標籤在當週期中分別於相鄰的時槽到達，但是在下一讀取週期中，卻在同一時槽再次進行標籤辨識。不過發生此一情形的機率非常低(約 0.06)，遠小於 ABS 方法的 0.5。

在圖六中 ABS-OS 方法的順序維度不但是一個常數，同時非常接近 0。另一方面，ABS 方法的順序穩定維度隨著到達率的增加而增加。在這期間，ABS 方法的順序穩定維度由 0.149(到達率為 0.33)變化至 0.429(到達率為 0.33)。這顯示 ABS-OS 方法在順序穩定維度上優於 ABS 方法。而造成 ABS-OS 方法在順序穩定維度上優於 ABS 方法的原因是 ABS-OS 方法使用內插的方式取代隨機的方式選擇時槽回應它的標籤編號。內插法讓 ABS-OS 方法較為穩定。



圖六 標籤到達率對順序穩定維度的影響

根據以上實驗的結果，本計畫所提的具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法(ABS-OS 方法)，相對於 ABS 方法具有相同的辨識效率、較短的辨識時間，以及較佳順序穩定性質。

六、論文發表成果

感謝國科會的資助，本計畫執行期間(自計畫申請日起至結案截止日止)共發表四篇論文，這四篇論文包含兩篇期刊論文[32,33]以及二篇國際學術研討會論文[34,35]。期刊論文兩篇論文與發表的期刊名稱與卷期如下所示。

1. Ming-Cheng Lee and Chi-Chung Lee, "Stable Tag Identification in Mobile RFID Systems", *Journal of Convergence Information Technology*, Vol. 7, No. 7, pp. 312 -322, 2012. (EI)
2. Yunho Leu, Hsin-Chang Lin, Chi-Chung Lee, An Energy Conserving Cooperative Caching Policy for Ad Hoc Networks, *Journal of Software*, Vol. 8, No 9, pp.2127-2233, 2013. (EI)

國際研討會論文兩篇，論文與研討會議論文集的名稱如下所示。

1. Chi-Chung Lee and Sheng-Yue Lin, "A double blocking dynamic framed slotted ALHOA anti-collision method for mobile RFID systems", in *Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC 2012)*, August 25-28, 2012, Kitakyushu, Japan. (EI)
2. Chi-Chung Lee and Yang Xia, "Top-k Monitoring Queries for Wireless Sensor Database Systems: Design and Implementation," *Proceedings of 5th FTRA International Conference on Information Technology Convergence and Services (ITCS 2013)*, July 7-11, pp 547-555, 2013. (EI)

另外，計畫主持人於計畫執行期間，另有兩篇論文[36,37]獲得期刊接受，目前正等待出版。此兩篇論文與發表的期刊名稱如下所示。

1. Kun-Ming Yu, Chi-Chung Lee, Hung-Nien Hsieh, Hsin-Wen Chang, Jiayi Zhou, Cheng-Yan Yu, Jian-Yuan Liu, Ming-Gong Lee, "A wireless navigation and healthcare system for Group Recreational Cycling", *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, In Press. (SCI)
2. Yunho Leu, Chi-Chung Lee and Jyun-yu Chen, "Robust Indoor Sensor Localization Using Signatures of Received Signal Strengths", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, In Press. (SCI)

七、結論

在這個計畫中，本計畫提出使用順序穩定維度衡量行動標籤辨識時的順序穩定程度，同時也提出如何進行穩定標籤辨識的方法—Adaptive Binary Splitting with order stabilization (ABS-OS)。ABS-OS 方法使用內差的方式決定標籤辨識所使用的時槽，因而減少了 ABS 方法使用隨機的方式決定標籤辨識所使用的時槽而造成的順序不穩定。本計畫也針對 ABS-OS 方法與 ABS 方法在效能上進行分析。我們的比較指標有辨識時間、辨識效率，以及順序穩定維度。結果顯示，ABS-OS 方法的辨識效率與 ABS 方法幾乎相同，但是 ABS-OS 方法的辨識時間較 ABS 方法來的短，同時 ABS-OS 方法的順序相較於 ABS 方法也更穩定。因此，本計畫認為 ABS-OS 方法優於 ABS 方法。

在服務經濟已經來臨的現今，關心系統針對個別使用者所提供的服務品質，已經與關心系統整體服務品質同等重要。因此，以最佳化整體系統效能所發展的辨識方法，在此一想法下已經無法滿足現今使用者的需求。顯然，我們需要一個非僅考量整體系統效能同時也考量個別效能的標籤辨識方法。在考量個別標籤效能的辨識方法中，已有學者認為個別標籤接受讀取器辨識所花費的時間是設計標籤辨識方法的重要的考量。而本計畫則認為對個別標籤提供一個公平的服務順序也是一個設計標籤辨識方法的重要考量。因而提出具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法。本計畫所提出的具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法可以做為未來服務經濟體系中，智慧城市的公共運輸系統或是物聯網系統中發展標籤辨識服務時的參考。

參考文獻

- [1] 曾煜棋，潘孟鉉，林致宇編著，無線區域及個人網路，知城圖書出版社，2006。
- [2] K. Finkenzerler, RFID handbook: Fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2003.
- [3] EPCglobal standard, Specification for RFID air interface: EPCTM radio frequency identify protocol class 1 generation 2 UHF RFID protocol for communications at 860 MHz – 960 MHz, version 1.2.0, 2008.
- [4] D. Shih, P. Sun, D. Yen and S. Huang, "Taxonomy and survey of RFID anti-collision protocols," Computer Communications, vol. 29, pp. 2150-2166, January 2006.
- [5] D.K. Klair, Kwan-Wu Chin; R. Raad, "A survey and tutorial of RFID anti-collision protocols," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol.12, no.3, pp.400-421, Third Quarter 2010.
- [6] Weilian Su, N. Alchazidis, T. T. Ha, "Multiple RFID Tags Access Algorithm," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol.9, no.2, pp.174-187, Feb. 2010.
- [7] T.F. La Porta, G. Maselli, C. Petrioli, "Anticollision Protocols for Single-Reader RFID Systems: Temporal Analysis and Optimization," IEEE Transactions on Mobile Computing, vol.10, no.2, pp.267-279, Feb. 2011.
- [8] Wen-Tzu Chen, "An Accurate Tag Estimate Method for Improving the Performance of an RFID Anti-collision Algorithm Based on Dynamic Frame Length ALOHA," IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol.6, no.1, pp.9-15, Jan. 2009.
- [9] Y. Maguire, R. Pappu, "An Optimal Q-Algorithm for the ISO 18000-6C RFID Protocol," IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol.6, no.1, pp.16-24, Jan. 2009.
- [10] J. Park, M. Chung and T. Lee, "Identification of RFID tags in Framed Slotted ALOHA with Robust Estimation and Binary Selection," IEEE Communications Letters, vol. 11, issue 5, pp. 452-454, May 2007.
- [11] J. Eom, T. Lee, R. Rietman and A. Yener, "An efficient framed slotted ALOHA algorithm with pilot frame and binary selection for anti-collision of RFID tags," IEEE Communication Letters, vol. 12, issue 11, pp. 861-863, November 2008.

- [12] Chun-Yi Wang, Chi-Chung Lee, "A Grouping-Based Dynamic Framed Slotted ALOHA Anti-Collision Method with Fine Groups in RFID Systems," in proceeding of 2010 5th International Conference on Future Information Technology (FutureTech), 21-23 May 2010.
- [13] Chun-Yi Wang, Chi-Chung Lee and Ming-Cheng Lee, "An Enhanced Dynamic Framed Slotted ALOHA Anti-Collision Method for Mobile RFID Tag Identification," *Journal of Convergence Information Technology*. vol. 6, no. 4, pp. 340 ~ 351, 2011.
- [14] F. S. Schoute, "Dynamic frame length Aloha," *IEEE Transaction on Communications*, vol. 31, no. 4, pp. 565-568, April 1983.
- [15] M. Yeh, J. Jiang and S. Huang, "Adaptive splitting and pre-signaling for RFID tag anti-collision," *Computer Communications*, vol. 32, issue 17, pp. 1862-1870, November 2009.
- [16] Tsan-Pin Wang, "Enhanced binary search with cut-through operation for anti-collision in RFID systems", *IEEE Communications Letters*, vol. 10, no. 4, 2006.
- [17] J. Myung and W. Lee, "Adaptive Binary Splitting: A RFID Tag Collision Arbitration Protocol for Tag Identification," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Broadband Networks (BROADNETS 2005)*, pp. 375-383, Boston, USA, Oct. 2005.
- [18] J. Myung and W. Lee, "Adaptive Splitting Protocols for RFID Tag Collision Arbitration," in *Proceedings of the 7th ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC 2006)*, pp. 202-213, Florence, Italy, May 22-26, 2006.
- [19] J. Myung, W. Lee, and J. Srivastava, "Adaptive Binary Splitting for Efficient RFID Tag Anti-collision," *IEEE Communications Letters*, vol. 10, no. 3, pp. 144-146, Mar. 2006.
- [20] J. Myung and W. Lee, "Adaptive binary splitting: A RFID tag collision arbitration protocol for tag identification," *Mobile Networks and Applications 2006*, pp.711-722, 2006.
- [21] J. Myung, W. Lee, J. Srivastava and T. Shih, "Tag-splitting: Adaptive collision arbitration protocols for RFID tag identification," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 763-775, June 2007.
- [22] J. Myung and W. Lee, "An Adaptive Memoryless Tag Anti-collision Protocol for RFID Networks," the 24th IEEE Annual Conference on Computer Communications (INFOCOM 2005), Poster Session, Miami, USA, Mar. 2005.
- [23] J. Myung, W. Lee, and T. Shih, "An Adaptive Memoryless Protocol for RFID Tag Collision Arbitration," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 8, no. 5, pp. 1096-1101, Oct. 2006.
- [24] Y. Lai and C. Lin, "A pair-resolution blocking algorithm on adaptive binary splitting for RFID tag identification," *IEEE Communications Letters*, vol. 12, no. 6, 2008.
- [25] Y. Lai and C. Lin, "Two blocking algorithms on adaptive binary splitting: Single and pair resolutions for RFID tag identification," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 17, no. 3, pp. 962-975, June 2009.
- [26] Y. Lai and C. Lin, "Two Couple-resolution Blocking Protocols on Adaptive Query Splitting for RFID Tag Identification," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, in press.
- [27] K. Yeh, N.W. Lo, Y. Li and E. Winata, "An Adaptive n-Resolution Anti-Collision Algorithm for RFID Tag Identification," *IEEE 24th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, pp. 335 – 338, 2010.
- [28] Ming-Cheng Lee and Chi-Chung Lee, "Adaptive Binary Splitting with Order Stabilization for mobile RFID tag identification," in proceeding of the 7th International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management (NCM 2011), pp. 335 – 340, 2011.
- [29] J. Eom and T.-J. Lee, "Framed-slotted ALOHA with estimation by pilot frame and identification by binary selection for RFID anti-collision," in *Proceeding of International Symposium on Communications and Information Technologies*, pp.1027-1031, 2007.
- [30] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, Issue 15, pp. 2787-2805, October 2010.
- [31] Ho-Lee Sang, Hoon-Han Jung, Taik-Leem Yoon, and Yigitcanlar Tan, "Towards ubiquitous city : concept, planning, and experiences in the Republic of Korea," In Yigitcanlar Tan, Velibeyoglu Koray and Baum, Scott (Eds.) *Knowledge-Based Urban Development : Planning and Applications in the Information Era*. IGI Global, Information Science Reference, Hershey, Pa., pp. 148-169, 2008.

- [32] Ming-Cheng Lee and Chi-Chung Lee, "Stable Tag Identification in Mobile RFID Systems", *Journal of Convergence Information Technology*, Vol. 7, No. 7, pp. 312 -322, 2012. (EI)
- [33] Yunho Leu, Hsin-Chang Lin, Chi-Chung Lee, An Energy Conserving Cooperative Caching Policy for Ad Hoc Networks, *Journal of Software*, Vol. 8, No 9, pp.2127-2233, 2013. (EI)
- [34] Chi-Chung Lee and Sheng-Yue Lin, "A double blocking dynamic framed slotted ALHOA anti-collision method for mobile RFID systems", in *Proceedings of the Sixth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC 2012)*, August 25-28, 2012, Kitakyushu, Japan.
- [35] Chi-Chung Lee and Yang Xia, "Top-k Monitoring Queries for Wireless Sensor Database Systems: Design and Implementation," *Proceedings of 5th FTRA International Conference on Information Technology Convergence and Services (ITCS 2013)*, July 7-11, pp 547-555, 2013.
- [36] Kun-Ming Yu, Chi-Chung Lee, Hung-Nien Hsieh, Hsin-Wen Chang, Jiayi Zhou, Cheng-Yan Yu, Jian-Yuan Liu, Ming-Gong Lee, "A wireless navigation and healthcare system for Group Recreational Cycling", *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, In Press. (SCI)
- [37] Yungho Leu, Chi-Chung Lee and Jyun-yu Chen, "Robust Indoor Sensor Localization Using Signatures of Received Signal Strengths", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, In Press. (SCI)

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

101 年 09 月 12 日

附件三

報告人姓名	李之中	服務機構及職稱	中華大學資訊管理學系 助理教授
會議時間 地點	101 年 8 月 25 日至 8 月 28 日 (August 25-28, 2012) 日本九州北九州市 (Kitakyushu, Japan)	本會核定 補助文號	NSC 101-2221-E-216 -011
會議名稱	(中文) 第六屆國際基因與演化計算研討會 (英文) The Sixth International Conference on Genetic and Evolution Computing		
發表論文題目	(中文) 在行動無線射頻系統中雙重阻斷動態時隙框架時槽 ALOHA 反碰撞方法 (英文) A Double Blocking Dynamic Framed Slotted ALOHA Anti-Collision Method for Mobile RFID Systems		

報告內容應包括下列各項：

一、參加會議經過

個人於 101 年 8 月 24 日於桃園國際機場搭乘華航 CI116 班機到日本福岡(Fukuoka)，班機當日上午 12 時出發，並於當日當地時間下午 15 時抵達。並於 8 月 27 日晚上 19 時參加 ICGEC 2012 於北九州市 Rihga Royal 飯店 29 樓所舉行的晚宴。隔日 8 月 28 日早上 8 時 30 分，則到與 Rihga Royal 飯店數步之遙的北九州會議中心(Kitakyushu International Conference Center)參加由大阪府立大學(Osaka Prefecture University) Hisao Ishibuchi 教授以「Hot Issues in Evolutionary Many-Objective Optimization」為題的 Keynote Speech。並於 10 時 30 分根據大會所排定的議程至議程場地進行論文發表。論文發表完成後，於 101 年 8 月 29 日 16 時 10 分於日本福岡國際機場搭乘華航 CI117 班機回到桃園國際機場。



參加晚宴



參加 Keynote Speech



論文發表

二、與會心得

這是個人第一次離開台灣至國外參加國際研討會。能夠在國科會的資助下在異地與同鄉或是其他國家的學者分享研究成果，或是交換彼此間的文化與風土民情，的確是大大的開啟了個人眼界。例如，晚宴為了促進與會者互動，因此僅在會場中放了幾張桌子，供與會者臨時放置飲料或是食物。個人在此之前很難想像一個正式的宴會竟然會以此種方式進行。另外也對不同文化使用不同方式款待客人留下深刻印象，本次晚宴的飲食頗為精緻但是準備的分量並不多，經過其他與會者的說明，才知道日本人招待客人在食物上是重質不重量，不若台灣主人在晚宴過後都會問候客人：「喫飽嗎？」台灣與日本兩相對照，真是有趣。

在 8 月 28 日早上的 Keynote Speech 中，Hisao Ishibuchi 教授以「Hot Issues in Evolutionary Many-Objective Optimization」為題，對使用演化(Evolutionary)方式解決多目標最佳化問題的研究現況進行了精闢的介紹。儘管個人對此一領域所知有限，但是在這個 Keynote Speech 中還是有相當的收穫，至少對使用演化方式解決多目標最佳化問題的目的以及使用傳統使用數學解決多目標最佳化問題的差異，以及兩種方式的目標，有進一步的了解。

三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

無考察參觀活動

四、發表論文摘要

In recent years, the issue of tag identification in mobile RFID systems has gradually received attention. Some effective methods have been proposed to make mobile tag identification. Differing from the existing mobile tag identification methods, such as PRB, which only blocks arriving tags and staying tags to avoid collision in the tag identifying, this research proposes double blocking dynamic framed slotted ALOHA anti-collision (DBDFSA) to identify the mobile tags. DBDFSA not only blocks arriving tags and staying tags but also blocks the arrival tags and waiting tags to avoid collisions. This study compared DBDFSA with two other methods, ABS and PRB, in terms of throughput and service time. The results show that DBDFSA has the best performance in comparison with PRB and ABS.

五、建議

個人感謝國科會的資助讓個人能有機會赴日參加 ICGEC 2012 研討會，並於會議中發表論文，以此種方式協助國內老師到過外進行學術交流，個人建議國科會能夠持續支持此類的活動。

六、攜回資料名稱及內容

1. ICGEC 2012 會議手冊
2. ICGEC 2012 會議論文光碟

七、其他

無

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

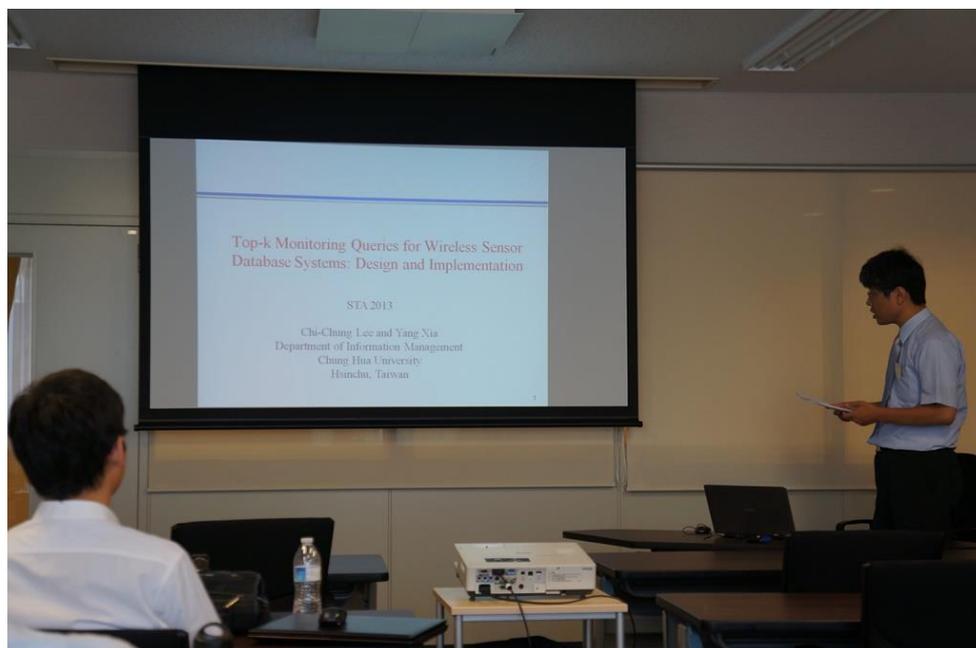
102 年 07 月 12 日

附件三

報告人姓名	李之中	服務機構及職稱	中華大學資訊管理學系 助理教授
會議時間 地點	102 年 7 月 08 日至 07 月 10 日 (July 07-10, 2012) 日本九州福岡市福岡科技大學 (Fukuoka, Japan)	本會核定 補助文號	NSC 101-2221-E-216 -011
會議名稱	(中文) 第十屆 FTRA 安全、信任計算、資料管理與應用研討會 (英文) The 10th International Conference on Secure and Trust Computing, Data Management and Applications		
發表論文題目	(中文) 無線感測資料庫 Top-k 監測查詢的設計與製作 (英文) Top-k Monitoring Queries for Wireless Sensor Database Systems: Design and Implementation		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>個人於 101 年 07 月 07 日於桃園國際機場搭乘長榮 BR2106 班機到日本福岡 (Fukuoka)，班機當日上午 10 時出發，並於當日當地時間下午 13 時抵達福岡國際機場。07 月 09 日早上自福岡車站搭乘 JR 鐵路至福岡科技大學 (Fukuoka Institute of Technology) 參加第十屆 FTRA 安全、信任計算、資料管理與應用研討會。當日 9 時至 10 時 30 分參加日本教授由神戶大學 (Kobe University) 內田和德 (Kazunori Uchida) 教授以「Ray Tracking Method for Random Rough Surfaces: Application for Wireless Communication Systems」為題的 Keynote Speech。並於 11 時起依序分別參加了 11 時至 12 時 30 分以「e-Service 與 e-Learning」以及 14 時至 15 時 30 分以「Enterprise Application」為主題的兩個議程。並於稍後根據大會所排定的「Mobile Computing and Applications」議程至議程場地以「Top-k Monitoring Queries for Wireless Sensor Database Systems: Design and Implementation」進行論文發表。論文發表完成後，於 102 年 07 月 10 日 12 時於日本福岡國際機場搭乘長榮 BR2105 班機回到桃園國際機場。</p>			



於福岡工業大學



論文發表

二、與會心得

這是個人第二次離開台灣同時也是第二次到日本參加國際研討會。與 2012 年 8 月至北九州市參加 ICGEC 2012 研討會相比，同樣是在異地與同鄉或是其他國家的學者分享研究成果，或是交換彼此間的文化與風土民情。不過 ICGEC 2012 研討會是在北九州市中心的北九州國際會議中心舉行。而這次會議(STA2012)的舉辦地點在稍微離開市中心的福岡工業大學中舉行，因此參加本次會議除了交流研究心得之外，也可以一睹日本大學校園中的環境、設備，以及同學的校園活動情形。

在 07 月 09 日早上的 Keynote Speech 中，內田和德(Kazunori Uchida)教授以「Ray Tracking Method for Random Rough Surfaces: Application for Wireless Communication Systems」為題，介紹了內田教授使用射線追蹤法(Ray Tracking Method)進行基地台佈置最佳化的研究，內田教授也介紹使用射線追蹤法對一個城市進行佈置的結果。儘管個人對此一領域所知有限，但是在這個 Keynote Speech 中還是有相當的收穫。

三、考察參觀活動(無是項活動者省略)

無考察參觀活動

四、發表論文摘要

A wireless sensor database, in comparison with a relational database, is a database system which its physics comprise a wireless sensor network (WSN) to instead of disks but its data still represent as tables. Using the wireless sensor database, end users, especially database application developers, continue to use SQL to retrieve the required sensing data and need not concern the WSN operating detail. Top-k monitoring query is an important application in the wireless sensor database and has received many attentions in the research community. The top-k monitoring query retrieves the top-k sensor readings from the wireless sensor database. This research is based on TinyDB and equips TinyDB with the top-k monitoring query. The end users finally are able to submit a top-k SQL statement to the wireless sensor database and indeed retrieve the required top-k sensing reading from the wireless sensor network in a simple way.

五、建議

個人再次感謝國科會的資助讓個人能有機會赴日參加 STA2013 研討會，並於會議中發表論文，以此種方式協助國內老師到過外進行學術交流，個人建議國科會能夠持續支持此類的活動。

六、攜回資料名稱及內容

1. STA 2013 會議手冊
2. STA 2013 會議論文光碟

七、其他

無

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/10/25

國科會補助計畫	計畫名稱: 在無線射頻辨識系統中順序穩定的行動標籤辨識方法
	計畫主持人: 李之中
	計畫編號: 101-2221-E-216-011- 學門領域: 計算機網路與網際網路
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：李之中		計畫編號：101-2221-E-216-011-					
計畫名稱：在無線射頻辨識系統中順序穩定的行動標籤辨識方法							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	2	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	1	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	3	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p style="text-align: center;">其他成果</p> <p>(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p style="text-align: center;">無</p>
---	--------------------------------------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

在 RFID 行動標籤辨識中，標籤不再是固定不動而是隨著標籤持有人或隨附物品而移動，因此讀取器可能需要隨時辨識進入辨識空間的新標籤，若有必要也需要掌握已經離開的辨識標籤，或是仍然停留在辨識空間內的已辨識標籤。因此，行動標籤辨識相對於靜態標籤辨識較為複雜。在現今 RFID 研究領域中，大多數的研究都著重在靜態標籤的辨識，此部分的研究工作也已經獲得豐碩的成果。然而，在行動標籤的辨識的討論，目前投入的探討此一議題的學者並不多。根據本計畫有限能力的調查，僅發現少量的文獻報告如何進行行動標籤辨識。儘管學界當前對行動標籤辨識的研究工作進行的較為有限，但是對於未來智慧城市的公共運輸系統或是物聯網中的應用，行動標籤辨識將扮演重要的角色。

在現存標籤辨識的研究中，均以最佳化整體系統效能為發展辨識方法的目標。但是若以使用系統者的角度，而非管理者的角度而言，與使用者個人相關的事物更為使用者關心，例如使用者關心自己接受服務所需要的花費時間或者是否接受一個公平的服務（使用者到達順序與使用者接受服務的順序是否相同），在服務經濟已經來臨的現今，關心系統針對個別使用者所提供的服務品質，已經與關心系統整體服務品質同等重要。因此，以最佳化整體系統效能所發展的辨識方法，在此一想法下已經無法滿足現今使用者的需求。顯然，我們需要一個非僅考量整體系統效能同時也考量個別效能的標籤辨識方法。在考量個別標籤效能的辨識方法中，已有學者認為個別標籤接受讀取器辨識所花費的時間是設計標籤辨識方法的重要的考量。而本計畫則認為對個別標籤提供一個公平的服務順序也是一個設計標籤辨識方法的重要考量。例如，當通勤上班族通過捷運的收費區時，不但希望能夠盡可能

的快速通過收費(意味讀取器要盡快完成標籤辨識)進入月台搭乘捷運，縮短通勤所花費的時間。同時，也希望受到一個公平的服務，也就是通勤上班族們到達收費區的順序在能夠與離開收費區的順序相同。因此，本計畫將通勤上班族通過收費區(讀取器的辨識空間)的所進行的驗票視為標籤辨識，而通勤上班族到達與離開的順序視為標籤到達與離開的順序，因此驗票的公平性則可以使用標籤到達的順序與標籤離開的順序之間的差異來衡量。標籤到達的順序與標籤離開的順序愈接近，我們說此標籤辨識為順序穩定(order stabilization)。本計畫所提出的具有順序穩定特性的行動標籤辨識方法可以做為未來服務經濟體系中，智慧城市的公共運輸系統或是物聯網系統中發展標籤辨識服務時的參考。