

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

整合 PDA 與無線電通訊技術構建 無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2211-E-216-009-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

計畫主持人：蘇昭銘

計畫參與人員：游文松、薛雅方

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學交通與物流管理學系

中 華 民 國 九 十 三 年 十 月 二 十 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

整合 PDA 與無線電通訊技術構建無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統之研究

Integrating PDA and Wireless Communication Technologies for Products Delivering Decision Support System on Wireless Vending Machines

計畫編號：NSC92-2211-E-216-009-

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：蘇昭銘 中華大學交通與物流管理學系

計畫參與人員：游文松、薛雅方

一、中文摘要

自動販賣機 (Vending Machine) 的發展實現了無店鋪的商品銷售方式，大幅節省傳統店鋪設置成本與人事成本，但由於販賣機內存貨空間有限，使得商品配送成本常佔總營運成本的 30% 以上。本研究旨在配合新進開發的無線電自動販賣機設備，整合地理資訊系統(GIS)、管理資訊系統及路線排程等相關技術建立自動化配送系統，系統之主要功能乃在於透過車輛路線排程模式的構建，規劃合理之例行性及即時性配送路線，以滿足不同特性之配送需求，經實例研究發現該系統將可迅速規劃合理配送路線，有效降低自動販賣機商品之配送成本。

關鍵詞：自動販賣機、車輛路線排程、商品配送

Abstract

Development of vending machine saves the setup and labor cost of traditional stores, but distribution cost usually exceeds 30% total cost because of its limited inventory space. The purpose of this research is to integrate geographic information system, management information system, vehicle routing technology, and wireless vending machines to develop the products distribution system for wireless vending machines. The core of this system is to plan routine and real-time dispatching routes to satisfy various distributed demands by configuring the various vehicle routing models. This study uses a main vending machine operator in HsinChu area for implementation of the system. Results indicate that the system can plan reasonable routes efficiently and reduce distribution cost for vending machine operators

Keywords: wireless vending machine; products distribution system; vehicle routing

二、緣由與目的

無店鋪的販賣為一種商品銷售的行銷方式，該種定點無人看管的交易模式可大幅節省人工成本及固定成本，及管銷成本，由於其設置容易，使得許多飲料商品紛紛藉此通路進行販賣。然而由於每台自動販賣機容量有限，若未在安全存量內完成補貨作業，將因缺貨而造成銷貨損失。現今的自動販賣機存貨管理係以人工作業為主，每次商品配送數量由業務員以估計方式決定，此法無法準確估計每次商品配送數量，並且也無法因應突發事件導至需求激增或需求銳減。

近年來隨著資訊與無線通訊技術的進步，在自動販賣機中結合無線通訊系統之自動販賣機(Wireless Vending Machine)在世界各國以如雨後春筍般的出現，而 PDA(個人數位助理器)的多樣功能與其輕便的特性，使原本裝設於車機(On-Board Unit, OBU)內之 GPS 與無線通訊模組等週邊設備亦發展出與 PDA 結合之相關套件，使 PDA 具備通訊與定位之加值功能。美國 Isochron 公司[1,2]曾針對無線電自動販賣機開發一套決策支援系統，該系統包含軟體設備及通訊模式，提供自動販賣機經營者一整合性的解決方案，其可每日回報販賣機之庫存數量，使經營者知道那些販賣機該進行配送服務，並且可處理緊急事件。同時亦可預防販賣機異常狀況的產生，進一步的避免消費者對販賣機喪失信心。而依據該公司所進行之評估[1]利用該

決策支援系統後，產品之配送量增加 59%；販賣機缺貨比例由原先之 28% 下降至 5%；配送人員可負責隻販賣機機台數可由 125 台增加至 238 台，此顯示決策支援系統的導入將可提升作業效率。

因此，本研究旨在透過對自動販賣機產品配送作業特性之探討與分析，同時導入 PDA 及無線通訊等科技技術，建立一套先進之自動販賣機商品配送決策支援系統，以提升國內自動販賣機產品配送作業之效率，同時做為未來國內發展全方位物流管理系統之基礎。

三、研究方法與結果

3.1 傳統自動販賣機現況作業

目前自動販賣機商品配送作業可如圖 1 所示，配送人員至各自動販賣機設置點後，除補足販賣機存貨外，尚需利用掌上型電腦儲存商品銷售資料，並列印其營業資料報表，待回到配送中心後，再將掌上型電腦上營業資料傳回至配送中心之資料庫中，以做為經營與物流管理相關分析之基礎。綜合上述採訪，可歸納現行自動販賣機之商品配送方式存在下列缺失：

1. 現行傳統人工之作業方式，配送人員在配送作業時，由於商品配送需求量未知，因此常必須載運遠超過實際配送量的商品數量。其將加重配送人員負擔，也間接增加車輛的損耗。同時依經驗法則預測每日商品配送數量之方式，會因人員異動頻繁，而發生經驗無法傳承的情況。
2. 透過人工方式規劃商品配送路線，附作業效率偏低外，尚可能會過度依賴配送人員之經驗。
3. 傳統週期性商品配送作業方式無法反應銷售點短期間內之銷量變化，如學校舉辦運動會時，既會造成銷售量短時間內大幅增加。
4. 若自動販賣機之銷售商品會受季節影響時，則週期性之商品配送方式將無法滿足因季節變化所產生的變化。

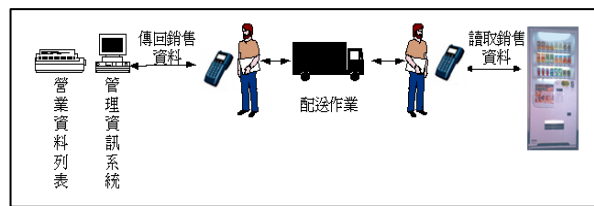


圖 1 自動販賣機商品配送作業現況圖

3.2 應用 PDA 與無線電通訊技術構建無線電自動販賣機之特點

無線電自動販賣機主要結合了管理中心的資訊系統、商品配送系統，販賣機設置點的機台管理系統，配送車輛的資訊處理系統，三者之間可透過通訊技術達到相互傳遞即時資訊的目的，主要架構如圖 2 所示。管理資訊系統包含存貨管理、機台管理、車輛管理、人員管理等等，為業者所需具備之控制管理系統。商品配送系統主要功能為商品配送路線的排程工作，包含了例行性商品配送作業與即時性商品配送作業。例行性商品配送作業係處理每日之商品配送排程作業，當管理系統取得設置點之銷售資訊後，系統依據銷售策略得出當次所需配送之設置點，再經由商品配送系統進行分析與路線規劃作業；最後依所規劃出的路線進行實體配送。即時性作業係為解決現行配送作業無法滿足即時需求的缺失，當實體配送作業進行中，若無法預期之即時需求產生時，藉由無線通訊立即將需求資訊回傳管理中心，並由商品配送系統依照當時配送狀態得出最佳之即時配送路線。販賣機中的機台管理系統屬於監控系統，記錄販賣機營運狀態，如存貨數量、溫度控制、故障訊息等。在配送車輛方面必須具有 GPS (Global Positioning System) 與通訊功能等功能以便使管理中心能掌握配送車輛載運存量與車輛位置之即時資訊，進而能使管理中心依據即時需求進行配送作業的調度規劃。通訊系統是無線電自動販賣機管理系統中不可或缺的子系統之一，肩負著資訊傳遞與交換的責任。隨著法令的開放與市場的需求，現今的通訊技術走向無線化發展，如人手一機的 GSM 行動電話 (Mobile Phone)，行動數據 (Mobile Data) 的蜂巢式數

位分封資料(CDPD ;Cellular Digital Packet Data)、整合封包無線電服務技術(GPRS; General Packet Radio System)與 Data TAC 系統,及中繼式無線電話 (Tracking Radio) 等,均使得無線電自動販賣機管理系統訊息溝通管道更為完善。

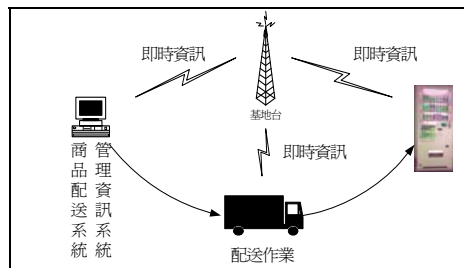


圖 2 無線電自動販賣機配送模式示意圖

經由上述分析可知,傳統自動販賣機導入無線通訊系統後,將對自動販賣機業者之現行管理架構產生重大影響,以下分別就人員管理、配送效率、及營運策略三方面討論之。

1. 無線通訊的導入,使配送模式也隨之改變,直接衝擊到配送人員的管理排班制度。新型配送模式之每日配送路線與配送人員數目將隨每日配送需求量變化而有所增減,因此管理者必須改變配送人員傳統排班方式,以因應新配送模式所帶來人力資源重分配的問題。如何將剩餘人力有效使用在市場開發、機台維護等等之非配送作業,將是管理者與配送人員所需面對的重要課題。
2. 由於可確知每日配送需求,因此可預期的配送效率將有大幅改善。並且新系統所提供之即時性配送模式,可有效降低缺貨時間,並可提高對顧客的服務效率且符合未來客戶導向之市場趨勢。
3. 無線電自動販賣機系統的特色為即時資訊的快速傳遞,使得管理人員能進一步的掌握各項細部資訊,如販賣機各時點之銷貨數量、暢銷商品品名、機台故障即時排除作業等等。並可藉由通訊業者與販賣機業者之合作所提供遠端銷售方式,進一步擴展販賣機

銷售模式。上述之改變,衝擊傳統販賣機業者之營運策略,販賣機業者需改變營運策略,如何有效運用通訊系統增加營運收益亦是重要課題之一。

另一方面, PDA 整合了 3C (Computer、Communication、Consumer electronics)等技術, PDA 為嵌入式系統 (Embedded System)的應用,嵌入式系統特色「穩定度」與「速度」,嵌入式系統係將作業系統由傳統磁碟機,嵌入電子式元件 (ROM 或 RAM)中,消除傳統磁碟機震動、潮濕等因素,造成系統損毀。PDA 應用嵌入式系統,體積小、不受震動影響,提高 PDA 行動力。PDA 主要特色為提供使用者不受地域與時間之限制,處理事務工作。PDA 架構可分為封閉性與開放性架構兩種,其中封閉性架構除了內建的應用軟體外,無法增加額外的功能及軟體、而且跟 PC 的資料交換有所限制;開放性架構則除了內建的應用軟體外,可以依使用者需求,增加應用軟體,真正達到「量身打造」。目前開放性架構平台有 Plam、WinCE、EPOC 與 Linux 等,其中以 Plam OS 與 Win CE 為最廣泛的兩大系統;封閉性架構 PDA 一般為低階 PDA,具有簡單記事功能。一般作業系統分為 Plam OS 與 Microsoft Win CE 兩類平台,其中以 Win CE 具有強大週邊應用支援,對於 IA 設備整合性高。由於 WinCE 採用於 Windows 相同之作業環境,利用圖示介面溝通,使用者容易上手,另外在系統整合上也較 Plam OS 較高,因此本研究係以 Win CE 作業系統進行相關程式之開發作業。

3.3 決策支援系統

由於無線電自動販賣機商品配送系統包含即時資訊的傳遞、配送需求的分析、配送路線的建構及即時資訊的回覆,其過程繁雜,且車輛路線問題屬 NP 問題[3],亦無法於短時間內完成求解過程。因此本研究構建一套無線電自動販賣機商品配送決策支援系統,將販賣機商品配送作業以自動化處理方式,完成從即時資訊的取

得、分析、路線排程到資訊回覆等各階段作業。該系統主要結合資料庫、模式庫與人機介面，透過 PDA 提供操作人員簡化及實用之作業環境，以滿足提高路線排程效率之需求。

由前 3.2 小節所述可知傳統自動販賣機配送方式缺乏有效率的路線規劃模式，並且無法處理即時性的配送需求。因此本研究提出例行性商品配送模式與即時性商品配送模式以改善傳統配送方式之缺失。例行性商品配送模式主要針對每日所需進行配送服務之販賣機設置點，規劃商品配送路線；即時性商品配送模式主要改善傳統配送方式無法處理即時需求的缺失，當即時配送需求產生時，即時性商品配送模式會依據需求產生時的實際狀態，規劃滿足即時需求之配送路線。以下分別就例行性商品配送模式及即時性商品配送模式詳述說明。

3.3.1 例行性商品配送模式

以往的自動販賣機研究中，無法確知每日之實際配送需求，因此皆以週期性車輛途程規劃（Periodic Vehicle Routing Problem：PVRP）方式，運用歷史資料處理自動販賣機配送路線問題（卓裕仁[4]）。但由於本研究加入無線通訊系統，使例行性商品配送需求成為一已知確定需求，使其成為典型的 VRP 問題。在以往國內外均有相當多的文獻加以探討，本研究不多加敘述。由於車輛路線排程問題，其所牽涉層面甚廣，因此本研究在構建模式與求解演算法時進行下列之假設及限制：

1. 例行性路線規劃假設

- (1) 配送中心只有一處，所有車輛皆由配送中心出發，完成所有服務後，回至原配送中心。
- (2) 每日進行商品配送作業前，需先統計銷售資料，並依據資料決定商品配送點；再進行路線規劃。
- (3) 商品種類 1 種，暫不考慮多種商品。
- (4) 每日所服務之商品配送點，會因為各販賣機設置點之存量多寡需有所不

同。並且每一商品配送點由一部車輛服務。

- (5) 配送車輛容量固定(即單一車種)。
- (6) 配送車輛除載運例行性商品配送數量，需載運預備存貨，以供即時需求；但總數量不超過車輛容量。
- (7) 暫不考慮時間窗限制與配送固定成本。

2. 例行性路線模式建構

(1) 車輛及顧客集合：

- K : 既有使用之車輛集合， $K=\{1,2,\dots,k\}$ 。
- K_0 : 新加入服務車輛及既有已使用之車輛集合， $K_0=K \cup \{k_0\}$ ，其中 $\{k_0\}$ 表示為服務新需求點而自場站指派之新車。
- N : 既有需求點集合， $N=\{1,2,\dots,m\}$ 。
- N_0 : $N_0=N \cup \{0\}$ ，其中 $\{0\}$ 表示發車場站。
- N_1 : 表示新需求點加入時，尚未服務之需求點集合。
- N_n : $N_n=N \cup \{n\}$ ，其中 $\{n\}$ 表示新需求點。
- Nn_0 : $Nn_0=N_0 \cup \{n\}$ 。

(2) 決策變數：

- X_{ijk} : 為 0 或 1 之整數變數，若車輛 k 經由需求點 i 至 j，則其值為 1；否則為 0。
- Y_{ik} : 為 0 或 1 之整數變數，若需求點 i 由車輛 k 服務，則其值為 1；否則為 0。
- Y_k : 為 0 或 1 之整數變數，若車輛 k 之使用狀態為使用中，則其值為 1；否則為 0。

(3) 相關參數：

- C_{ij} : 表示車輛從需求點 i 至需求點 j 之行駛成本。
- C_k : 表示使用車輛 k 之固定使用成本。
- M : 表示任一極大之數值。
- q_i : 表示需求點 i 之需求量。
- Q_k : 表示車輛 k 允許之容量限制。
- Q'_k : 表示車輛 k 允許之預備容量限制。
- s_i : 表示車輛在需求點 i 之服務時間。
- t_i : 表示車輛到達顧客 i 之時間。
- t_{ij} : 表示車輛自需求點 i 至需求點 j 之行車時間。
- T_k : 表示車輛 k 之最長服務時間限制。

(4)目標函數：

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K_0} \sum_{j \in N_n} \sum_{i \in N_n} c_{ij} X_{ijk} + \sum_{k \in K_0} C_k Y_k \quad (1)$$

本研究目標函數分為二部份，第一部份為配送商品的旅行成本，第二部份為配送車輛之固定成本，包含人事成本、車輛成本等。亦即每次例行性配送路線考慮使用車輛與旅行成本最小化。

限制式：

$$\sum_{i \in N_n} q_i Y_{ik} \leq Y_k (Q_k - Q'_k) - \forall k \in K_0 \quad (2)$$

式(2)表示車輛容量限制，目的為限制每一服務車輛之服務量不得超過車輛例行性服務之容量。 $Y_k=1$ 表示k車為例行性配送服務車輛；服務車輛需預儲容量以服務即時性需求，亦即例行性配送容量 $(Q_k - Q'_k)$ 不為車輛之總容量限制。

$$\sum_{k \in K_0} Y_{ik} = \begin{cases} K & i=0 \\ 1 & \forall i \in N_n \end{cases} \quad (3)$$

式(3) $Y_{i0}=K$ 時表每一使用車輛必須由配送中心($i=0$)出發進行配送作業，完成配送作業後必須回至配送中心， $Y_{ik}=1$ 則為每一需求點均有車輛提供服務。

$$\sum_{i \in N_n} X_{ijk} = Y_{jk} \quad \forall j \in N_{no}, k \in K_0 \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N_n} X_{ijk} = Y_{ik} \quad \forall i \in N_{no}, k \in K_0 \quad (5)$$

$$X_{ijk} = \{0,1\} \quad \forall i \in N_{no}, \forall j \in N_{no}, k \in K_0 \quad (6)$$

$$Y_{jk} = \{0,1\} \quad \forall j \in N_{no}, k \in K_0 \quad (7)$$

$$Y_k = \{0,1\} \quad k \in K_0 \quad (8)$$

式(4)與式(5)為車輛巡迴限制式，表示每一需求點唯有一車輛提供一次服務。式(6)、式(7)與式(8)為二元決策變數限制， $X_{ijk}=1$ 表示車輛k由需求點i至j， $X_{ijk}=0$ 則否。 $Y_{jk}=1$ 表示需求點j由k車服務， $Y_{jk}=0$ 則否。 $Y_k=1$ 表示k車為配送車輛， $Y_k=0$ 則否。

$$t_j \geq t_i + s_i + t_{ij} - M(1 - X_{ijk}) \quad \forall i \in N_{no}, \forall j \in N_{no}, k \in K_0 \quad (9)$$

式(9)為車輛到達需求點時間先後順序限制式，車輛k至需求點j之到達時間須大於車輛k至需求點i之到達時間，加上i點之服務時間與i、j點間之車輛行駛時間，而式中之 $M(1 - X_{ijk})$ 為車輛k未行駛ij需求點間時，該限制式即因 X_{ijk} 為0，而使該限制式永遠成立。

$$\sum_{k \in K_0} \sum_{j \in N_n} t_{ij} X_{ijk} + \sum_{i \in N_n} s_i Y_{ik} \leq T_k \quad k \in K_0 \quad (10)$$

式(10)為最服務時間限制式，限制每一車輛k之總服務時間不得超過每日之最長服務時間(T_k)。

本研究以啟發式演算法規劃例行性商品配送路線，演算法分為兩階段，第一階段為路線建構(route construction)階段，以先途程再分群(route first - cluster second)的方式，建構當日配送之最短路徑，再依車輛容量限制劃分各車配送路線，即可得啟始解。第二階段為路線改善(route improvement)階段，利用禁制搜尋法(Tabu Search)改善起始路徑。禁制搜尋法是Fred Glover[5]所發展出之啟發式解法，主要以移步方式避免搜尋解的範圍落入區域最佳化中，期望在搜尋解時能跳出區域最佳解的範圍，找到更佳的解。茲就例行性路線規劃詳細步驟如圖3所示，說明如下：

第一階段：

步驟1：計算各販賣機設置點之存貨數量，由各個販賣機設置點回傳銷售數量到配送中心，即可得到各設置點存貨數量。

步驟2：分析配送點，依各個設置點存貨量分析是否符合配送需求，若存量少於安全存量即為配送點，並將配送點加入至配送集合內。

步驟3：以配送中心為原點，進行TSP路線分析。

步驟4：依據上述所得路徑之配送點順序進行分群，將配送點依順序加入第一台車輛配送集合；若超過車輛例行

性配送容量時，新增配送車輛，將配送點加入至下一車配送集合中；每輛車載運容量不超過例行性配送容量。

步驟 5：依上述所得之各車輛需求點集合，個別加入配送中心後進行 TSP 路線分析，其解即為第一階段起始解。

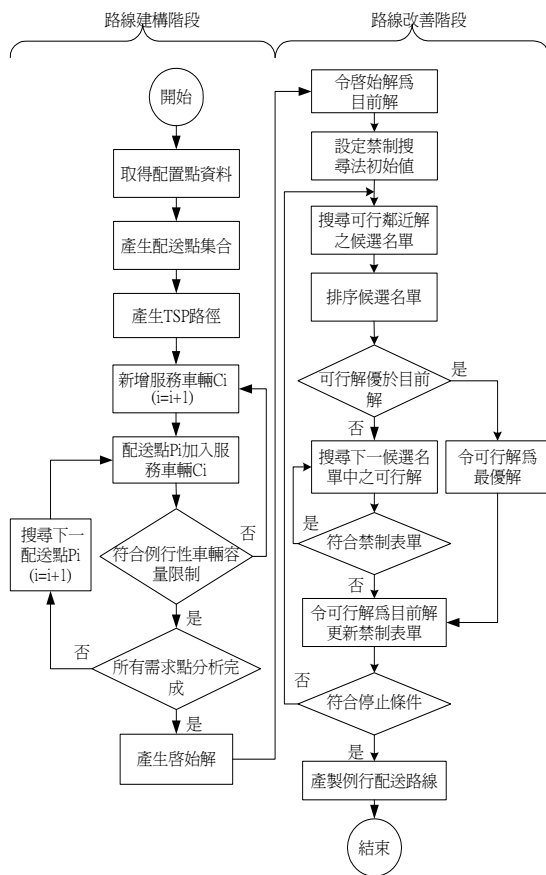


圖 3 例行性商品配送流程圖

第二階段：

由第一階段所得之起始解以禁制搜尋法進行改善，本研究主要以二種移步交換方式。計算各需求點所對應符合鄰域範圍之集合 $N(R)$ ， R 表目前的路線解，利用 $N(R)$ 在不違反容量限制下進行交換移步。

1. 路線間 Swap Exchange，此法為各別路線間之販賣機設置點一對一的進行互換。此移步為將第 i 部車輛所行駛的路線 A 中需求點 A_2 ，與第 j 部車輛所行

駛的路線 B 中需求點 B_2 相互對調所形成路線之改變。其移步成本如下：

$$X = C(A_1, A_2) + C(A_2, A_3) + C(B_1, B_2) + C(B_2, B_3) - C(A_1, B_2) - C(B_2, A_3) - C(B_1, A_2) - C(A_2, B_3) \quad (11)$$

2. 路線內 2-Opt Exchange，此法將路線內任意單一販賣機設置點插於路線中任兩點連續販賣機設置點間。以不超過車輛容量限制為條件，進行改善作業。此移步為將路線內需求點任意插入各節點中，以得最佳路徑。其移步成本如下：

$$X = C(A_1, A_2) + C(A_2, A_3) - C(A_1, A_3) - C(A_3, A_2) \quad (12)$$

改善解步驟如下：

步驟 1：令起始解為最佳解，禁制表單 (Tabu list) 的空集合。

步驟 2：依鄰域範圍得候選名單 (Candidate list)，並計算移步成本。

步驟 3：依移步成本排序候選名單。

步驟 4：分析候選名單並評估移步成本，若所求新解優於目前之最佳解，則變更最佳解、移動路徑與車輛最佳路線，更新禁制名單，否則進行下一步驟。

步驟 5：搜尋候選名單中下一個可行解，若此解不屬於禁制表單內之可行解，並變更移步路徑，更新禁制名單。若此解已屬於禁制表單內則尋找下一解。

步驟 6：判斷是滿足結束條件，若滿足結束條件則停止，否則回步驟 2。

步驟 7：當結束條件產生時，其目前路線即為例行配送路線。

3.3.2 即時性商品配送模式

由於即時性商品配送模式問題複雜，本研究將模式進行以下假設：

1. 即時性路線規劃假設

(1) 當臨時性的存貨不足產生，需在最短時間內補足存貨，避免過長的缺貨時間造成銷貨損失，必需具備線上型處理能力。

(2)針對已排定之工作不予以變動，以免因工作重組造成業務員的不適應。

2. 即時性路線模式構建

目標函數：

$$\text{Min } Z = (\sum_{k \in K_0} \sum_{j \in N_1} \sum_{i \in N_1} C_{ij} X_{ijk} - \sum_{k \in K_0} \sum_{j \in N_1} \sum_{i \in N_1} C_{ij} X_{ijk}) + \sum_{k \in K_0} C_k Y_k \quad (13)$$

即時性路線規劃之目標函數表示當即時需求加入後，所增加的旅行成本與使用車輛最小化。其限制式除上述例行性限制式(2)至(10)外，需增加下列二式

$$X_{ink} + X_{njc} \leq 2X_{ijk} \quad \forall i \in N_1, \forall j \in N_1, k \in K \quad (14)$$

$$X_{ink} = X_{njc} \quad \forall i \in N_1, \forall j \in N_1, k \in K \quad (15)$$

式(14)表示限制新需求點(n)不得插入原先未連接之節線，當 $X_{ijk}=0$ 表示 k 車未使用需求點 i 至需求點 j 之路線，新需求點 n 亦不得插入需求點 i 至需求點 j 之路線， X_{ink} 與 X_{njc} 均為 1 時才能確保路線之連接。式(15)表示 X_{ink} 與 X_{njc} 為新需求點時不得改變即有車輛排程。

即時性路線規劃主要採取 n-NN 搜尋法進行插入與交換工作，並考量已行駛車輛之載貨量，其分析流程如圖 4 所示，茲就詳細步驟說明如下：

步驟 1：當即時需求產生，利用 GIS 處理需求點位置資訊與車輛即時資訊，包含車輛即時位置、載運容量。

步驟 2：搜尋滿足即時需求點所需容量之車輛集合，此時若配送中心尚有未服務車輛，將其一併加車輛集合中。

步驟 3：以 n-NN 搜尋法搜尋各車輛已排入路徑但尚未服務，並且距即時需求最近之 n 個需求點，其搜尋成本為行駛距離為行駛成本。

步驟 4：各車輛所符合之需求點集合依成本值遞增進行排序，並以最近車輛之最小成本需求點開始進行插入交換分析。

步驟 5：將即時需求依順序插入前述所得需求點之前方與後方，並計算插入需

求點前與需求點後之額外繞行時間。

步驟 6：以成本值遞增方式排序前述需求點集合之個別繞行時間，得一最小繞行時間，其解即為即時產生之需求解。

步驟 7：若使用者要求產生即時解，則其解即為所求之即時最佳解；若否，則回步驟 4 繼續分析並比較可行解，直到所有車輛完成分析，便可得最佳解。

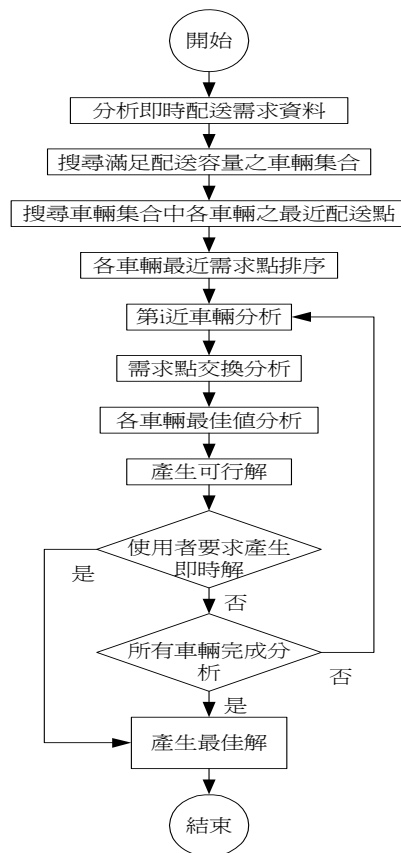


圖 4 即時性商品配送流程圖

3.4 人機介面

本系統場站派遣功能介面如圖 5 所示，當每日實體配送前，系統將主動藉由無線通訊系統要求各設置點回傳銷售資料，系統依據各設置點之銷售資料選擇該日所需進行配送之設置點，並自動規劃排程配送路線，其結果以文字或圖形方式顯示之，且可選擇傳送之類別給與 PDA。其

另一端持 PDA 系統操作人員主要訊息分為今日例行排程、今日即時排程、歷史訊息等三大部分如圖 7 所示。歷史訊息則可查詢今日所接收的訊息包含例行性與即時性的相關訊息如圖 8 所示。而若系統執行「今日例行排程」功能後，將可清楚了解今日所需補貨地點如圖 9 所示；當販賣機存貨不足時，即時性配送功能，即產生即時性配送需求，並將需求資訊藉由無線通訊系統傳至配送中心，配送系統接收到需求資訊時，經由即時性商品配送模式分析可得即時性之配送路線，並再藉由無線通訊系統通知配送車輛執行配送決策如下圖 10。

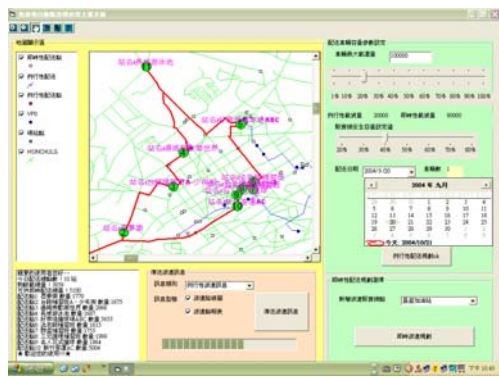


圖 5 場站派遣配送系統畫面

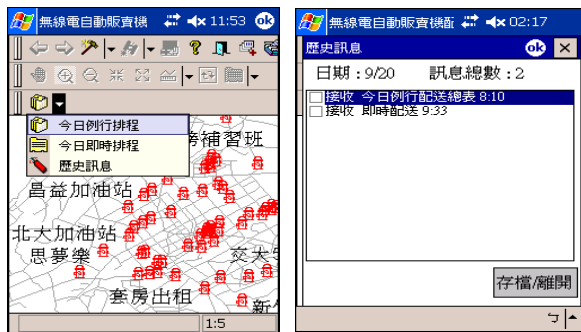


圖 7 PDA 端配送系統功能圖 圖 8 PDA 端歷史配送訊息圖



圖 9 PDA 端例行性商品配送路線及排程訊息圖



圖 10 PDA 端即時性商品配送路線及排程訊息

3.5 系統測試與評估

為了驗證本研究之之可行性與改善效益，本研究之測試資料以統一企業新竹自動販賣機直營所為研究對象，依其所提供之設置點資料與實際銷售資料進行比較分析。並利用 Mapobject2.0 地理資訊系統元件及結合 PDA 開發系統 Superpad 以新竹縣市實際路網為測試範圍進行路線排程規劃作業。測試方法以 61 個販賣機設置點之實際配送資料進行測試，並區分例行性配送模式及即時性配送模式兩部分進行測試。

3.5.1 例行性配送模式

本研究依據業者所提供之單月配送資料進行比較測試，由測試結果彙整如表 1 所示，由表中可知業者單月原始配送順序其行駛總距離為 774549 公尺，配送次數 261 次；本研究配送總距離為 724492，總距離減少 6.46% 配送次數 199 次。其結果顯示本研究在需求已知的情況下進行配送作業，比需求未知的原始配送模式將可避免許多非必要之配送次數，並且有效減少車輛行駛中所帶來之行駛成本，例如：油耗量，車輛磨損等。在總配送量方面，原始配送量 576278 元，本研究總配送量為 589877 元，增加 2.36%，表示在本研究中需求已知的情況下，可以實際掌握各設置點銷售量，並且可以避免販賣機機台存貨不足而導至缺貨成本的產生。在平均配送量方面，本研究增加幅度達 34%，顯示本研究配送模式能有效提高配送點之配送量，降低每次配送之單位配送成本。

表 1 例行性商品配送測試比較表

區分	原始配送順序	本研究配送模式 ^{註1}	
		原始值	差異百分比
配送次數	261	199	-24%
行駛總距離	774549	724492	-6.46%
總配送量(元)	576278	589877	+2.36%
平均配送量	2207	2964	+34%

註 1：本研究配送模式差異百分比=(本研究配送原始值-原始配送順序)/原始配送順序

3.5.2 即時性配送模式

由於即時性配送模式屬線上型車輛路線問題，在測試過程中並無法利用原始資料進行測試。因此本研究隨機選擇一日之例行性配送路線進行測試。經系統測試得模式分析時間均在 3 秒內完成最佳配送車輛與路線的規劃工作，其效率應可滿足即時性商品配送服務之需求。

四、結論與建議

本研究所建立之「整合 PDA 與無線電通訊技術構建無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統」，經系統測試得知該商品配送模式能有效解決傳統自動販賣機之配送規劃問題。該系統主要整合多項資訊科技及通訊技術，並藉由地理資訊系統所提供之空間資料處理特性，以圖形方式展示販賣機設置點、配送路線及車輛位置等資訊，其目的在於提供更簡單、友善之人機介面。商品配送模式自動化不僅可減少人工作業時間，亦可因有效率之配送路線而大幅降低運輸成本。車輛定位系統亦可提供管理者隨時掌握車輛資訊，進而提供管理者執行即時調度派遣作業。由於本研究在路線規劃方面並無時間窗限制，但實際上自動販賣機設置點所在之位置有其服務時間限制，例如販賣機設置點位於有營業時間限制之場所（商業大樓、補習班等），學校考慮學生安全，限制車輛進入校園時間，或軍用地區因安全考量而有配送時間限制。因此在後續研究中亦可加入時間窗限制，使所規劃之配送路線更能符合實際需求。

五、計畫成果自評

本計畫成果與原先預期目標均相符，已成功應用整合 PDA 與無線電通訊技術構建無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統上，並陸續將研究部份結果，發表或投稿於國內外相關學術期刊或研討會中。

六、參考文獻

1. Golden, B., Assad, A., Levy, L., and Cheysens, F., "The fleet size and mix vehicle routing problem", *Computers & Operations Research*, Vol 11, pp. 49-66, 1984.
2. Semet, F., and Taillard, E., "Solving real-life vehicle routing problems efficiently using tabu search", *Annals of Operations Research*, Vol. 41, pp. 469-488, 1993.
3. 陳惠國等人，運輸網路分析，五南書局，民國 90 年。
4. 卓裕仁、蘇郁閔、羅人傑，「飲料自動販賣機補貨方式之研究：以統一新竹自販宜營所之配送為例」，中華大學交通與物流管理學系畢業專題，民國 90 年。
5. Glover, F., "Tabu Search-Part I", *ORSA Journal on Computing*, Vol 1, No. 3, 1989.
6. ArcView GIS, Environmental Systems Research Institute, Inc., 1996.

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：92年10月20日

國科會補助計畫	計畫名稱：整合 PDA 與無線電通訊技術構建無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統之研究 計畫編號：NSC 92-2211-E-216-009 學門領域：交通運輸
技術/創作名稱	無線電自動販賣機貨物配送決策支援系統
發明人/創作人	蘇昭銘、游文松、薛雅方
技術說明	<p>自動販賣機 (Vending Machine) 的發展實現了無店鋪的商品銷售方式，大幅節省傳統店鋪設置成本與人事成本，但由於販賣機內存貨空間有限，使得商品配送成本常佔總營運成本的 30% 以上。本研究旨在配合新進開發的無線電自動販賣機設備，整合 PDA、GIS、無線通訊技術及路線排程等相關技術建立自動化配送系統，系統之主要功能乃在於透過車輛路線排程模式的構建，規劃合理之例行性及即時性配送路線，以滿足不同特性之配送需求，經實例研究發現該系統將可迅速規劃合理配送路線，有效降低自動販賣機商品之配送成本。</p> <p>Development of vending machine saves the setup and labor cost of traditional stores, but distribution cost usually exceeds 30% total cost because of its limited inventory space. The purpose of this research is to integrate PDA, geographic information system, wireless communication, vehicle routing technology, and wireless vending machines to develop the products distribution system for wireless vending machines. The core of this system is to plan routine and real-time dispatching routes to satisfy various distributed demands by configuring the various vehicle routing models. This study uses a main vending machine operator in HsinChu area for implementation of the system. Results indicate that the system can plan reasonable routes efficiently and reduce distribution cost for vending machine operators.</p>
可利用之產業及可開發之產品	無線電自動販賣機業者、通訊業者
技術特點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無線通訊的導入，使配送模式也隨之改變，直接衝擊到配送人員的管理排班制度。新型配送模式之每日配送路線與配送人員數目將隨每日配送需求量變化而有所增減。 2. 由於可確知每日配送需求，因此可預期的配送效率將有大幅改善。且新系統所提供之即時性配送模式，可有效降低缺貨時間，並可提高對顧客的服務效率，符合未來客戶導向市場趨勢。 3. 無線電自動販賣機系統的特色透過 PDA 即時資訊的快速傳遞，使得管理人員能進一步的掌握各項細部資訊，如販賣機各時點之銷貨數量、暢銷商品品名、機台故障即時排除作業等等。 4. 藉由通訊業者與販賣機業者之合作所提供遠端銷售方式，進一步擴展販賣機銷售模式。
推廣及運用的價值	<ol style="list-style-type: none"> 1. 利用圖形方式展示販賣機設置點、配送路線及車輛位置等資訊，可提供更簡單、友善之人機介面。 2. 商品配送決策支援系統可減少人工作業時間，亦可因有效率之配送路線而大幅降低運輸成本。 3. 車輛定位系統亦可提供管理者隨時掌握車輛資訊，進而提供管理者執行即時調度派遣作業。