

分散式環境下之搬運途程控制—以多迴圈 多向輸送帶系統為例

王 孔 政 陳 澤 右

中原大學工業工程學系
台灣省中壢市普仁 22 號

(Received: January 15, 2000 ; Accepted: September 28, 2000)

摘 要

為因應快速變遷之市場環境，力求加快反應速度、提高彈性、與降低系統複雜度，已為製造業不可避免之趨勢。本文闡述分散式輸送帶搬運途程控制系統之建構方法，以期達成上述之需求。本文根據物件導向構模原則，並定義決策點做為系統分割準則，將搬運系統分解為多代理人系統。以往復式網絡協調機制，進行分散式環境下代理人間之溝通協調，達成搬運途程之控制。並舉例在分散式製造架構下，雙向多迴路輸送帶之搬運途程控制。

關鍵詞：分散式搬運途程控制，智慧代理人系統，協調機制。

壹、前 言

為應付現今快速變遷的市場環境，生產系統有三項待解決的核心問題：「加快反應速度」、「降低複雜度」與「提高彈性」。比爾蓋茲在“數位神經系統”中提到公元兩千年後的關鍵就是“速度”，即企業須以數位化的快速反應系統取得商機。再者，隨著商業與貿易不斷發達，產業規模亦隨之擴大，其結果是系統的複雜度與日俱增，亟需採用如分散式系統等方法以求有效降低設計複雜度。此外，現今生產系統多具高度脆性（所謂脆性表示當生產系統需要重新規劃或加入新單元時，系統調整困難），無法應付即時性的變化。為因應前述高度動態與彈性化之需求，產學界均積極研發新的生產控制架構。

據此，本文針對高度複雜的輸送帶搬運途程控制系統，探討完全分散式控制架構之施行方法與對其協調機制之設計進行研究，以期使此類系統具備高反應速度、低複雜度、與彈性的優點。

所謂分散式控制架構，係將生產與搬運系統分解成多個獨立之代理人(Agent)，每一代理人具備獨立決策制訂之能力，代理人間藉由既定之通訊協定交換訊息，以期在有限的時間內，達成生產控制的目的。採用分散式協調機制可以大幅簡化系統設計複雜度、提升生產計畫求解效率(Dilts, et al., 1991)。

本研究採用分散式搬運途程控制模型之動機如下：

一、當搬運速度極快，時間為關鍵因素時，分散式搬運途程控制可縮短反應時間。例如在快速刀具車的運送問題中，如何讓高速行駛的刀具車在分歧路網中快速且安全地抵達目的地，亟需路徑轉換器之間迅

速的溝通協調來達成。

- 二、當加工時間與搬運時間相當時，運送時間的延遲往往造成產品生產時間的顯著增加，採用分散式搬運途程控制可縮短週期時間。
- 三、當搬運系統複雜度很高時，採用分散式搬運控制，可以降低系統設計複雜度，減少設計誤差，降低系統脆性，並使系統更具彈性。
- 四、當系統需要加入新的搬運單元，甚至重新規劃時，採用分散式搬運途程控制能有較好的擴充性與重組性。

本文探討之主要議題包括：

- 一、如何分解傳統搬運途程控制模式，使成為分散式搬運途程控制？
- 二、在分散式環境下，如何遂行輸送帶搬運途程控制？

本文以物件導向技術建構分散式輸送帶搬運途程控制模式。首先設計多迴圈、多向輸送帶分散式控制架構，包括輸送帶搬運途程控制之決策點設計、與代理人之物件化。接著應用代理人間往復式協調機制於搬運代理人之間的協調，以此網絡協調機制為基礎，遂行雙向多迴路輸送帶之分散式輸送帶搬運途程控制。

本文第二節為分散式控制系統之文獻探討；第三節為分散式輸送帶搬運控制系統之構模；第四節介紹代理人間之往復式網絡協調機制，並以多途程工件與多迴圈、多向輸送帶搬運系統為例，建構以此網絡協調機制為基礎的分散式輸送帶搬運途程控制系統。



表一 生產與搬運系統控制架構優缺點比較

控制架構	特性	優點	缺點
集中式	-單一主機電腦 -在單一位置作全部控制決策 -以全域資料庫記錄系統活動	-使用全域資料 -多有全域最佳解 -系統狀態資訊僅有一來源	-回應速度慢且不一致 -依賴單一控制單元 -很難變更控制軟體
完全階層式	-具有多台且多種類的電腦 -在決策制訂層中，具有嚴格的主/從關係 -管理者負責所有下屬活動的溝通	-減少軟體發展問題 -增加額外控制 -較快速的回應時間	-局部控制單元有其計算限制 -增加層級之間互相溝通的連結數 -很難處理動態之最適控制 -不便於未來系統之變更
改良階層式	-具有多台且多種類的電腦 -在決策制訂層中，具有鬆散的主/從關係 -管理者啟動下屬活動的排序 -下屬之間以合作完成排序	-具有完全階層式全部的優點 -局部系統具有局部自主的能力	-具有大部分完全階層式的缺點 -低層級控制單元的限制 -增加控制系統設計的困難
分散式	-具有多台但少種類的電腦 -不具主/從關係 -全為局部性自主 -以分散式決策制訂進行活動協調 -多需局部性資料庫	-全面局部性自主 -減少軟體複雜度 -隱含容錯 -較好的重組性與適合性 -資訊可快速散佈	-控制單元的技術限制 -溝通、通訊協定或操作系統沒有一定的標準 -大多只有局部最佳化 -需要高度的網路能力 -缺乏有效可使用的軟體

貳、文獻探討

一、控制架構之演進

傳統生產與搬運系統大多採集中式或階層式控制架構，階層式控制架構又可概分為完全式與改良式兩種，近年來因應高度動態與彈性化需求，發展出分散式控制架構(Duffie *et al.*, 1988; Dilts, *et al.*, 1991; Agre, 1994)。

集中式控制架構僅有一個集中的統一管理者，面對複雜度與不確定性高的問題時，往往系統績效受到限制與影響。非階層式控制架構受到的影響較小，但各個型態均有其優缺點，如表一所示。改良階層式控制架構演化自完全階層式控制架構，其差別在於改良階層式控制架構在中間層能互相傳遞訊息，較之完全階層式控制架構有更大的彈性與自主性。

面對現今高度複雜且需高度彈性的產業環境，分散式生產與搬運控制給予系統更大的彈性，當面臨突發狀況(急插件、工件衝撞)，分散式控制能夠快速反應，解決問題。此外，當系統進行重新規劃或加入新單元時，採用分散式控制能夠降低系統複雜度，使各單元對系統有更好的相容性。

二、分散式系統中資源分配之問題求解方法

分散式代理人系統源自於經濟學中 Principal-agent 理論。Principal-agent 理論係假設一主體(如企業主、資產擁有者)對另一主體(如經營者、管理者)進行工作之委託或資源之分配，此一活動藉由契約(Contract)規範之。由於契約形式欠缺效率，主體間資訊又為非對稱

(informational asymmetries) (主要源於資訊不全、主體對資訊認知不同、或資訊延遲傳遞所造成)，遂使代理人系統決策難以最佳化(Ma, 2000)。本節即針對分散式系統中資源分配之問題求解方法進行探討。

近年來在分散式生產領域，許多學者嘗試使用分散式人工智慧(Distributed Artificial Intelligence; DAI)的方法解決分散式生產規劃與控制問題。其中尤以群體代理人系統(Multi-Agent Systems; MAS)為代表。MAS 是將系統內各個子系統分為不同的獨立代理人，採取完全分散式設計。系統控制乃至效能好壞完全基於代理人定義與協調機制之設計。幾種典型之分散式 MAS 系統在設計與操作之比較在王孔政與周崇皓(1999)乙文已有說明。

『協調機制(Negotiation Mechanism)』是分散式人工智慧研究領域中主要研究主題之一(Smith, 1980; Malone, 1987; Conry, *et al.*, 1991)。分散式人工智慧之研究分為兩大部分:分散式問題解決(Distributed Problem Solving; DPS)及群體代理人。DPS 研究偏向將協調機制視為一重要的溝通機制，應用在數個方面:工作指派(Task Assign)、資源分配(Resource Allocation)及決定選用何種方法解決工作。在此類系統中之目標通常為最大化一系統全體效用。具合作性之代理人(Cooperative Agents)系統即屬此類(Lesser, 1998)。另一類之代理人稱為自我滿足式之代理人(Self-Motivated Agents)，主要研究各自具有不同目標之代理人群集中進行之協調(Sycara, 1988; Zlotkin and Rosenschein, 1989; Kraus *et al.*, 1995)。此類系統中之代理人具有各自之效用函數(Utility Function)，而不考慮系統之整體效用(Global Utility)。代理人為求達到有利的協議而進行之訊息交換等交互作用，即為協調。

『合約式網路(Distributed Contract Net Cooperation and

Coordination)』由 Davis 與 Smith 提出(Smith, 1980; Smith and David, 1981; Davis and Smith, 1983), 用於解決分散式系統中溝通及節點控制的問題。合約式網路以任務公告(Task Announcement)、投標(Bids)及合約裁定(Awarded Contract)三個程序為基礎。於整個協商過程中, 發出任務公告者為管理人, 接受任務公告者稱為可能的承包商。可能的承包商可同時接收不同的管理人發出的任務公告, 再從中選擇一最適當的任務, 對管理人提出投標單(Bid); 同理, 管理人也可能同時收到來自不同可能的承包商的投標單, 繼而從中選擇最佳者, 並正式建立合約關係, 直至任務結束。當面臨複雜且分解困難之任務時, 合約式網路無法確保整體績效的最佳化。

『競局理論』是另一可行的協商程序, 主要討論一群分散環境下的參賽者如何達到協議(Deals) (Nash, 1950; Luce and Raiffa, 1957; Roth, 1979)。

『市場機制』係透過淨利(Profit)=收入(Income)-成本(Cost)的概念, 將生產系統問題轉換為經濟問題, 其目標在於使生產系統的淨利最大(Bond and Gasser, 1988)。舉例而言, 將訂單收入、機器生產成本轉換成相同單位貨幣價值, 則淨利等於訂單收入減去機器生產成本。Malone (1987)定義四種一般性的合作(Coordination)結構: 生產階層式(Production Hierarchies)、功能階層式(Functional Hierarchies)、集中式市場(Centralized Markets)及分散式市場(Decentralized Markets), 並將系統中的成本分為三種: 生產成本(Production Costs)、合作成本(Coordination Costs)及弱點成本(Vulnerability Costs), 利用三種成本對四種架構作績效衡量。Mullender (1989)以供給與需求的相對效力關係為基礎, 提出一合作式銀行(Bank)模式, 控制電腦作業系統的資源分配, 調整主從間的預算以確保在有限的資源下作公平的分配。Baker (1991)結合市場機制與合約式網路的概念, 提出分散式市場導向合約式網路(Distributed Market-Driven Contract Net): 計算個別產品的生產成本, 實行即時現場排程, 其目標為在滿足顧客有形及無形需求的條件下, 生產成本最小化。市場機制的特色在於運用價格機制作為資源與任務間協議、協商的基礎, 但如何決定資源或任務的現值卻是一大難題。

大型分散式系統由於其複雜度高, 很難求得系統全域最佳解, 往往需發展『分散式協商啟發解』, 用以解決此高複雜度問題。運用啟發解的好處為計算方便且快速, 但其解不見得為最佳解。Sycara 等人(1991)提出一個名為分散式限制式搜尋啟發解(Distributed Constraint Heuristic Search; DCHS), 其焦點在於個別代理人的搜尋空間, 以便求得全域性可行之搜尋空間, 並以一個零工式生產(Job-Shop)系統, 說明以此啟發解如何解決資源衝突造成的排程問題。Wang(1997)為因應多階段製程工件需求下、同時存在多工件、多部平行機的生產系統排程問題, 發展了一個分散式啟發解。Tsukada 和 Shin (1996)為解決分散式環境下再排程問題(Rescheduling), 提出 POL-NEG1、POL-NEG2 與 POL-NEG3 三個通訊 POL-NEG3 三個通訊協定, 其求解目標為當系統單元發生中斷(Disruption)時, 找出造成最少中斷之排程。Tsukada 和 Shin (1998)為解決突然不可預期之刀工具需求, 提出了一個名為優雅(Polite)的通訊協定, 以優先權評比方式進行刀工具需求的排程,

最後以模擬的方式與其他通訊協定比較, 發現利用優雅排程方法以及再排程方法, 只需利用局部的資料即可獲得和利用全域資料相差不遠的績效, 其排程成本亦較小, 甚至所需要的溝通次數亦較少。

『分散式最短路徑法』已用於求解網路中閘道(Gateway)之間最短路徑問題。由於網路環境為一典型分散式環境, 各閘道之間並無其他閘道之資訊, 故需經由相鄰閘道依特定通訊協定傳遞訊息才可求得最短路徑(Bertsekas and Gallager, 1992; Ondich, 1994)。將網路閘道之間最短路徑問題應用於生產系統中, 即為求取工件之最短完工時間, 可用於多階段製程之工件生產排程。傳統集中式生產環境下要求得最短路徑(最短完工時間)十分單純, 系統資料為全域性, 只需簡單計算, 即可求得工件網圖之最短路徑; 但在分散式生產環境下, 系統資訊變為局部性, 分散於各站之間, 故站與站之間需經由特定通訊協定進行溝通, 以達成最後最短路徑之收斂。(Wang, 1997)

分散式製造系統之實作發展亦極為重要。必須考慮通訊協定與多工問題。採用異質化環境、平行與分散式計算以及訊息傳遞概念, 方符合分散式之要求, 並宜配合物件導向語言以實作(或模擬)。McGehee 等人(1994)以 OMT 技術發展一個分散式 MMST (Texas Instruments Microelectronics Manufacturing Science and Technology) CIM (Computer Integrated Manufacturing)系統架構。Cheng 等人(1999)亦採 OMT 與 CORBA (Common Object Request Broker Architecture) 標準介面建構製造執行系統(Manufacturing Execution System: MES)。IBM 先進製造發展部(Advanced Manufacturing Solutions Development Department)對通訊架構提出幾項解決的建議, 包括訊息傳遞軟體、CORBA、COM (Common Object Model)、CABS(Agent Builder Service)、以及 XML (Extended Markup Language) / Server (1999)。王孔政與周崇皓(2000)提倡以 Java 物件導向語言發展, 以訊息傳遞軟體 PVM (Parallel Virtual Machine) (1997)為分散式環境下訊息傳送與平行計算之工具, 以 Jpvm (1999)作為 Java 與 PVM 之間的傳呼橋樑 (Calling/Called Bridge), 採用多 CPU 方式執行多代理人程式。Shen 與 Norrie (1999) 在其文中則探討各種可能的有效實現分散式製造系統的工具與標準, 惟仍莫衷一是。

三、分散式搬運途程控制

製造業搬運系統種類眾多, 典型者如輸送帶、無人搬運車(AGV)等。傳統製造系統控制架構多以集中式或階層式架構為之, 對於搬運途程系統的控制亦復如此, 多利用可程式邏輯控制器(Programming Logic Control; PLC)或其它監控方式作集中式或階層式控制。

而分散式搬運途程控制經由各個獨立搬運代理人溝通協調後進行排程派車, 當面臨突發狀況, 系統能即時反應環境的變遷, 作快速的回應。現有的分散式搬運途程控制多以無人搬運車或半導體廠中的搬運梭車作為分析與實作的對象。

茲將幾篇典型之分散式搬運途程控制論文整理如表二。以目標與範圍言, 除了 Gou 等人(1994)探討以機器人

表二 分散式搬運途程控制模型

作者	目標與範圍	溝通機制	代理人定義	代理人分類	解決方法
Fischer and Kuhn, 1993	解決配銷系統中之卡車派送問題，期望達成系統整體利益最大	合約式網路通訊協定	Holon and Agent	-Broker agent -Shipping company agent -Truck agent	整數規劃和分散式人工智慧(知識庫)
Fischer, et al., 1996	卡車派送中資源分派與發生衝突時之問題解決，並建立成本計算模式	延伸合約式網路通訊協定	Agent	-Cooperation component(CC) -Plan-based component(PBC) -Behaviour-based component(BBC)	整數規劃和分散式人工智慧(知識庫)
Burckert, et al., 1997	將搬運系統加以分析並模組化，期望達成系統整體利益最大與增加系統的擴充性	延伸合約式網路通訊協定與資源分派通訊協定	Holon	-Company agent -PnEU -Truck -Driver -Trailer	分散式人工智慧
Gou, et al., 1994	以機器人為搬運的裝配線排程，其目標為降低在製品庫存與提高交期日準確性	合約式網路通訊協定	Holon	-Machine Type -Operation -Product -Part -Coordinator	限制式滿足模式

為裝配線搬運工具之系統排程問題，大多探討配銷體系中物流搬運的問題（多指卡車）。以溝通機制言，多採用合約式網路通訊協定(Contract Net Protocol)或延伸合約式網路通訊協定，後者是以前者為基礎延伸改良而來。Burckert等人(1997)較為特別，其溝通機制有兩種通訊協定，延伸合約式通訊協定負責對外和公司代理人(Company Agent)進行通訊，對內則由資源分派通訊協定進行之。以代理人定義來看，目前研究多以 Holon 或 Agent 為代理人定義(Christensen, 1994; Mukherji et al., 1995)，兩者定義不盡相同。兩者不同點在於 Agent 多為獨立單元，不如 Holon 可互相合併或動態聯盟。Holon 可定義為製造系統中具自組性與合作能力的基本構造單元，通常由資訊處理與實體處理兩部分所組成，且 Holon 可為另一 Holon 的一部份。而 Agent 則為透過感測器察覺本身環境，可用行動影響環境的任何實體（周崇皓與王孔政，1998）。以代理人分類來看，Burckert 等人(1997)將計畫執行單位、Truck、Trailer、Driver 合併為一代理人，每個代理人具有相同四個單元，同一單元分屬不同代理人。而 Fischer 與 Kuhn (1993)在其代理人分類中有所謂仲裁代理人(Broker Agent)，此代理人是當其餘代理人溝通協調產生衝突無法一致時，作一仲裁的單元。就解決方法言，多數研究採用分散式人工智慧，而 Gou 等人(1994)採用限制式滿足模式，將系統分解為機器型態(Machine Type)、操作(Operation)、產品(Product)、零件(Part)與協調者(Coordinator)五組不同的限制式，經由溝通協調找出滿足這些限制式之最後排程。

參、分散式輸送帶搬運途程控制系統之構模

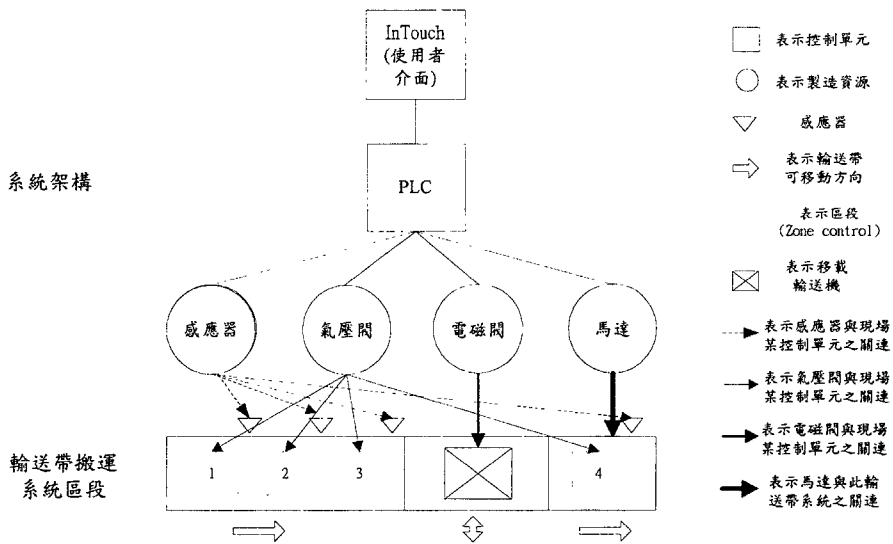
物件導向技術有易於程式開發的特性，亦能提供程式元件化、模組化，減少重覆開發的成本浪費，提高物件的

重用性。物件導向方法包含了分析、設計及程式設計三個層面，是相當成熟的理論。80 年代末期至 90 年代是物件導向分析與設計(Object Oriented Analysis and Design, OOA&D)方法浪潮的高峰期，而統一化模式語言(Unified Modeling Language, UML)則為其中典範。OOA&D 之具體方式較著名的有 Shlaer 與 Mellor 的遞迴設計方法(Recursive Design Approach)、Coad 與 Yourdon、Coad 與 Nocola 等人提出之輕量型方法與雛型導向式方法、Smalltalk 組織發展出責任驅動設計方法(Responsibility-Driven Design)、類別-責任-合作卡(Class-Responsibility-Collaboration, CRC)；Jacobson 提出的使用案例(Use Case)概念、與 Rumbaugh 提出之物件模式技術(Object Modeling Techniques: OMT)。OMT 技術為統一化模式語言(Unified Modeling Language: UML)之重要骨幹。Object Management Group (OMG)在 1994 年提出標準化的要求。經過 Grady、Rumbaugh 和 Jacobson 三位大師的整合，發展出 UML。OMG 於 1997 年 11 月通過了標準認證程序，正式成為新一代的標準模式語言。

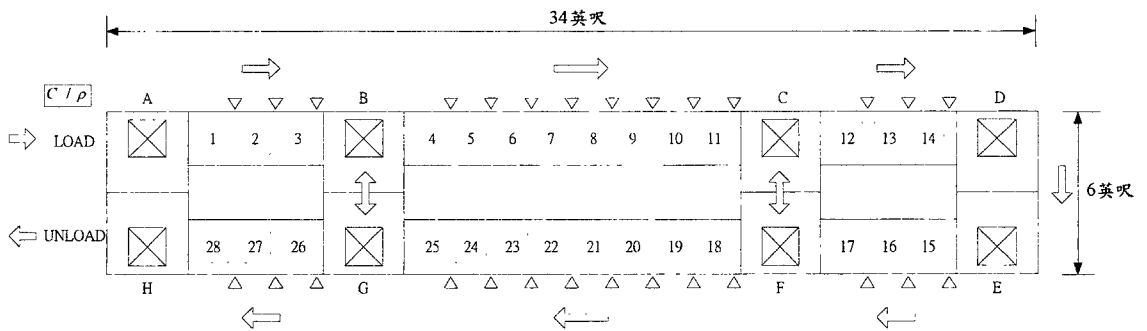
一般模式建構之方法，需包括模式語言及程序(Process)兩部分。模式語言是表達設計結果之表示式，本文以 UML 為模式語言表達設計結果，再針對代理人式與分散式製造系統之特殊需求，結合 UML 之設計結果，建立其發展程序與實作方法。本文首先利用分散式構模方式與物件導向分析技術，將一輸送帶搬運系統加以分解成獨立之若干代理人，同時設計分散式環境下之通訊協定，俾各代理人遂行整體輸送帶搬運控制與協調。並以 Java 程式語言進行系統雛型模擬，期望提升整體搬運系統的彈性。

傳統搬運途程控制多以一集中發佈命令的機制，進行全系統的控制。以最常見的可程式邏輯控制器而言，經由可程式邏輯控制器分別連接至系統各單元監控台，使用者藉由監控軟體，對這些單元下達命令(Jones and McLean,

分散式環境下之搬運途程控制—以多迴圈多向輸送帶系統為例



圖一 集中式輸送帶區段控制架構



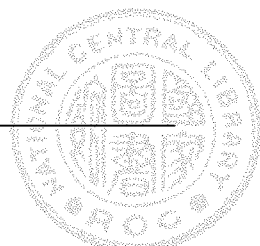
圖二 中原大學精密射出成型自動化實驗室輸送帶系統

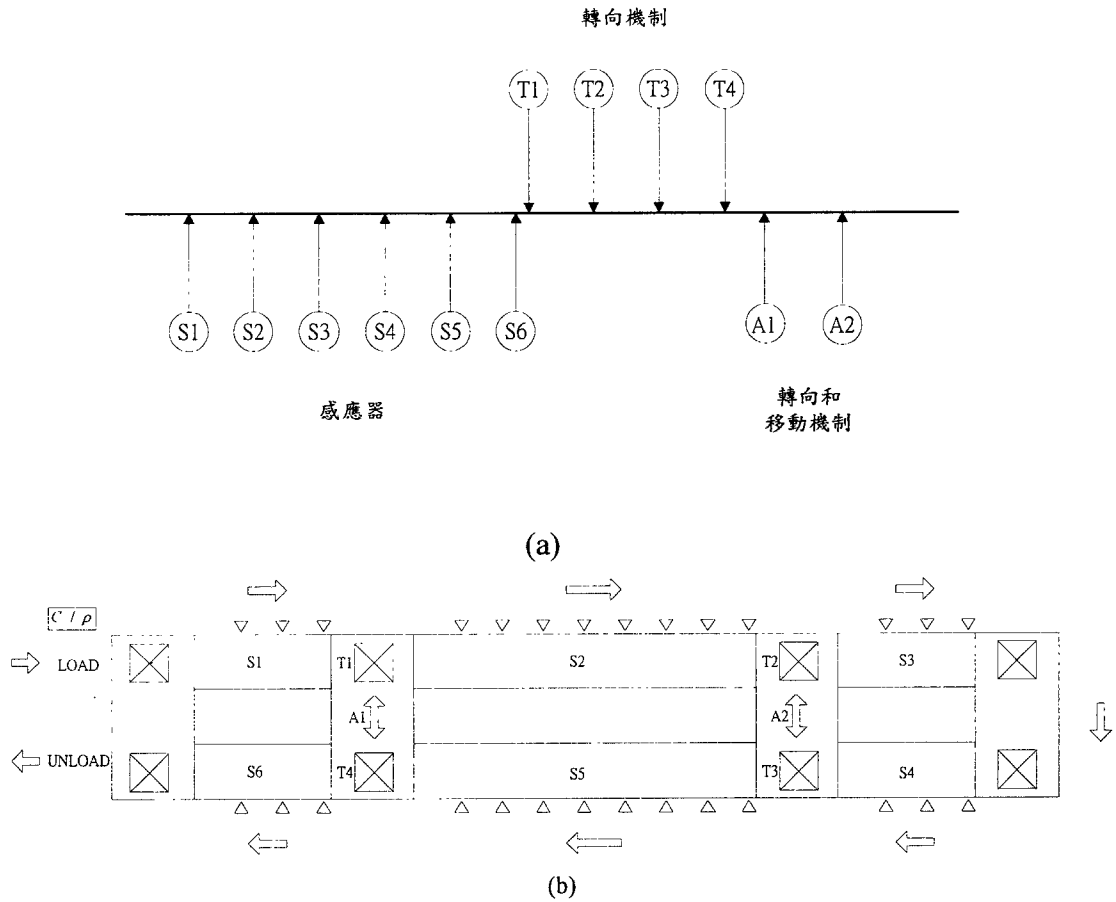
系統圖素說明如下：

1. 表移載輸送機。進行工件之轉向判別，當移載輸送機上升表示工件直行，反之，表示工件轉向。
2. A.B.C.D.E.F.G.H.共 8 個定點移載位置。
3. 表示感應器感應位置，共 28 點。進行偵測工件位置。
4. 表滾輪輸送帶(Live Roller Conveyor)。進行搬運工件。
5. 表控制箱。放置 PLC。
6. 表示輸送帶可移動方向
7. 輸送帶總長度：80 英尺(24.38M)。
8. 流程運作時間：上載後 292~584 秒，獨立工作件可復歸至卸載位置。

流程說明：有三條生產線流程

- (1) A->B->C->D->E->F->G->H
- (2) A->B->C->F->G->H
- (3) A->B->G->H





圖三 (a)分解後的輸送帶搬運代理人; (b)搬運代理人配置

1986)。以中原大學精密射出成型自動化實驗室為例，全權由可程式邏輯控制器直接下命令（萬能工程有限公司，1998），系統共有感應器、氣壓閥、電磁閥與馬達等四項製造資源（如圖一所示），感應器與氣壓閥均裝置於輸送帶各區段(Zone)，電磁閥裝於移載輸送機上。

就功能言，感應器偵測自身區段是否存在工件，氣壓閥控制工件的移動或停止，電磁閥控制移動輸送機上工件的轉向，馬達則保持輸送帶持續移動。系統中的命令統一由最上層主控台發佈，若基部環境發生改變（如急插單、或工件衝撞），主控台不易作即時反應。舉例說明，當感應器偵測到自身區段有工件且需要停止工件移動時（如滿載），感應器需告知 PLC，由 PLC 告知氣壓閥停止工件移動。由此可知，製造資源間要傳遞訊息，均需透過 PLC 的媒介，可能造成通訊時間的延遲，不易做出即時的反應。

為釐清定義，本文所使用之專有名詞解釋如下：

- 一、代理人：每一個具有獨立決策制訂能力之搬運或加工單元。
- 二、分散式環境：系統具有多個不同代理人，需經由代理人之間相互溝通協調達成共識。
- 三、往復式網絡協調機制：一種以網路為構模方式，經

由搬運代理人間不斷往復傳遞最近期之訊息，以期達成系統全域最佳解之協調機制。

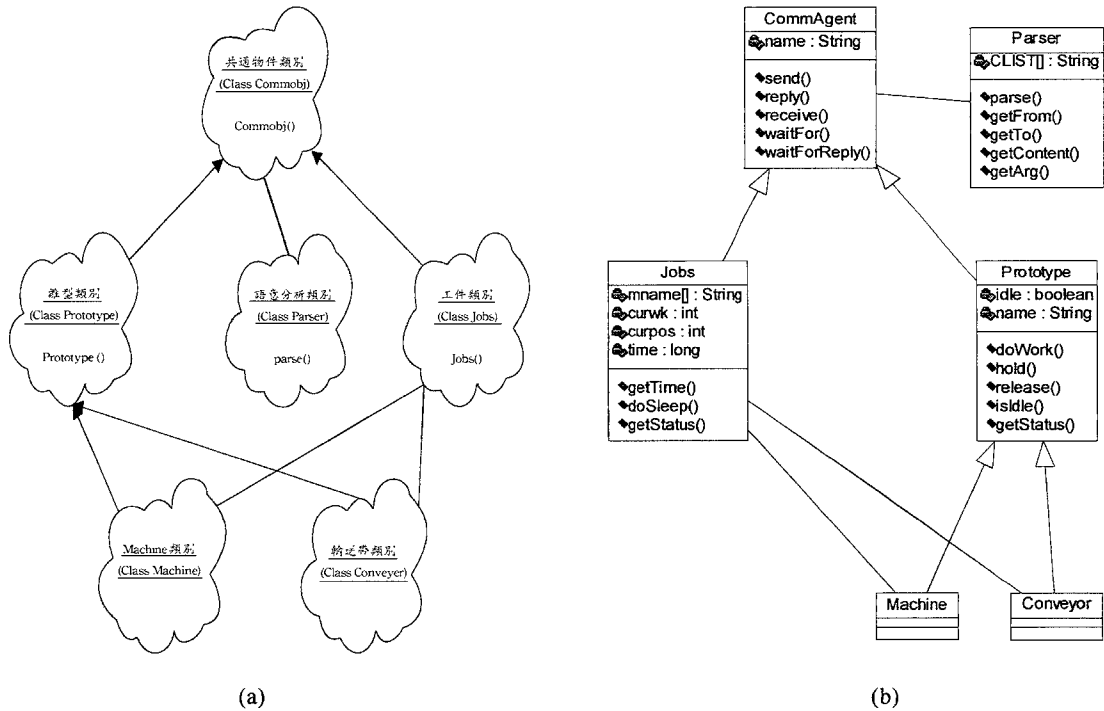
本文所發展的搬運途程控制架構，假設工件知道本身途程之起迄點，輸送帶各搬運代理人則按照工件製程需求，進行協調，執行「搬運」、「轉向」、或「停止」決策，達成工件途程起迄點之要求。有關製造系統之分散式控制架構於王孔政與周崇皓(2000)乙文中探討。

一、分散式輸送帶搬運控制架構

本文以中原大學精密射出成型自動化實驗室之輸送帶搬運系統作為研究的對象，以分散式控制觀念，將此輸送帶系統分解成具備獨立決策能力之搬運代理人，代理人間經由既訂的通訊協定進行溝通，以達快速反應與高度彈性的目的。系統結構如圖二所示。

分散式輸送帶架構係以決策點為分割準則，以分散式理念分解系統，首先找出何者為系統中之『決策點』（即具獨立決策制訂能力之代理人）。所謂『決策點』表示具有「搬運」、「轉向」與「停止」三項決策能力中任一項的代理人。根據這項分解原則，可將系統分解如圖三(a)





圖四 雜型系統的類別關係: (a) 代理人類別關係 (b) Rational Rose UML[®] 工具所產生的類別關係

之代理人架構。所對應的搬運代理人配置如圖三(b)所示，共分為「轉向機制」(A1 和 A2)、「感應器」(S1、S2、S3、S4、S5、S6)、與「轉向與移動機制」(T1、T2、T3、T4)三種代理人。

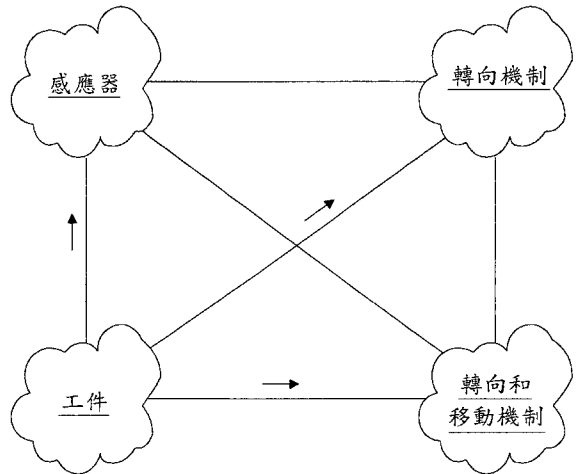
分解後的系統說明如下：

- (一) A1 和 A2 為兩個同類的輸送帶代理人，可進行方向與是否佔住判別。
- (二) S1、S2、S3、S4、S5、S6 為六個同類的輸送帶代理人，可進行是否佔住工件的判別。
- (三) T1、T2、T3、T4 為四個同類的移載代理人，可進行工件轉向的判別。系統中共有八個移載運輸機，能分解為代理人的只有中間的 T1、T2、T3、T4 四者，只有這四者在『決策點』上，其餘移載輸送機並無判斷或作決策的必要，故不構成獨立代理人。

二、分散式輸送帶搬運途程控制系統之物件導向模型

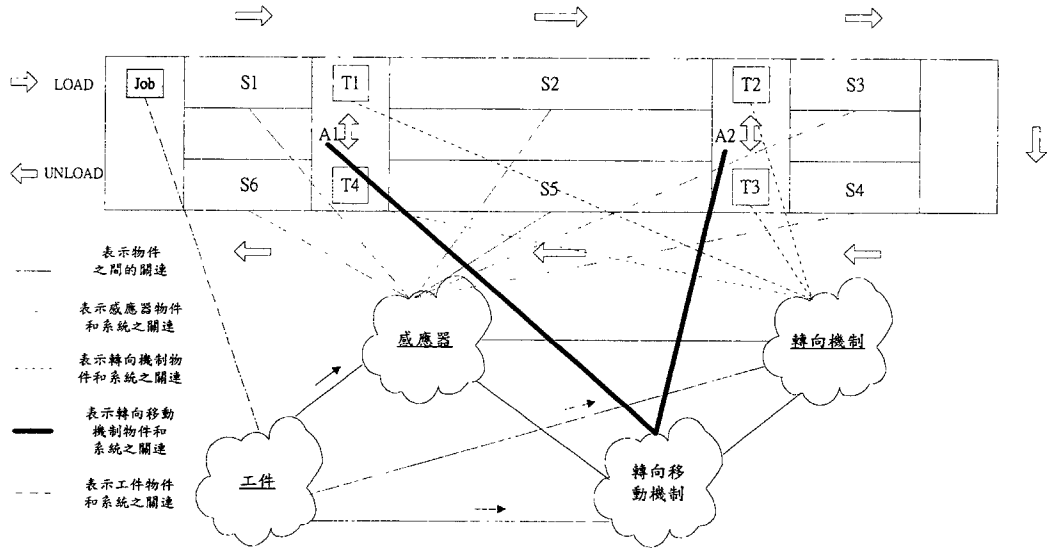
在物件導向的設計中，開始的元素是物件，然後把具有共同特性的物件歸納成類別，並組成類別庫。在應用時，則是在類別庫中選擇所需要的類別，實例化以後得到物件，針對特定應用，把類別組合在一起的類別庫，即為系統架構。根據此設計步驟，進行類別分析與物件分析。

- (一) 類別分析：類別圖將各個類別之間的關係以流程圖的方式表現出來，每一虛線雲狀物表示一個類別。

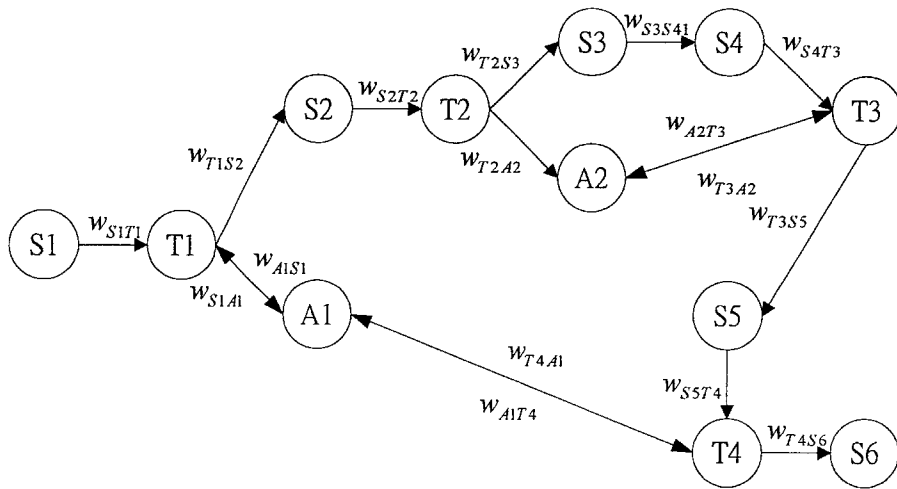


圖五 系統物件圖

本研究所採行之輸送帶類別物件分為共通物件 (Commobj)、雜型 (Prototype)、工件 (Jobs)、輸送帶 (Conveyor)、機器 (Machine)、語意分析 (Parser) 等五個，如圖四。箭頭表示類別間繼承關係，而連接線段表示類別間具有關連。亦即，輸送帶類別繼承於雜型類別，雜型類別與工件類別繼承於共通物件，共通物件類別則繼承於 Java 語法內建 Thread 類別，以便執行多工緒。



圖六 物件和實體輸送帶系統之關連



圖七 輸送帶代理人網圖

(二) 物件分析：在分析類別及其間的關係後，即可進行物件分析。圖五表示類別實例化的物件，圖中每一虛線雲狀物代表一個物件。其間以箭頭表示各物件之間的觸發先後順序。物件圖為能將系統流程清晰地敘述的一項工具，係依據特定之作業劇本(Scenario)發展。針對通訊協定之作業劇本，有「工件」、「感應器」、「轉向機制」和「轉向和移動機制」四個物件代理人(例如其中「轉向和移動機制」即前述 A1 與 A2 代理人)。每一物件都和其餘物件有相關連，系統通訊協定由工件開始。

運用物件導向分析，可以明確定義出系統中各個單元。綜合上述向分析結果，可將輸送帶實體系統對應至物

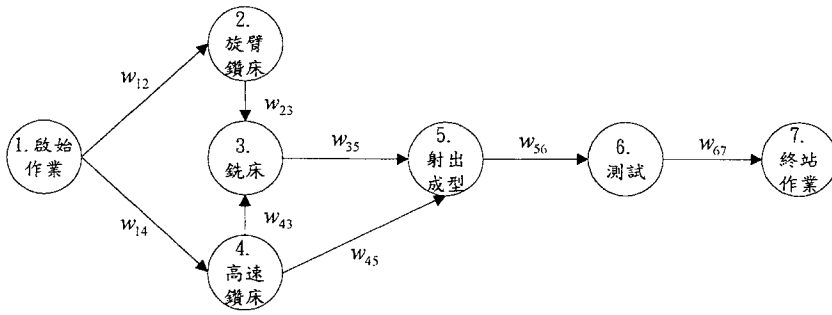
件代理人。如圖六所示，系統中 S1、S2、S3、S4、S5、S6 相對於「感應器物件」，T1、T2、T3、T4 相對於「轉向機制物件」，A1、A2 相對於「轉向移動機制物件」，工件則相對於「工件物件」。

肆、以往復式網絡協調機制為基礎之分散式輸送帶搬運與加工控制系統

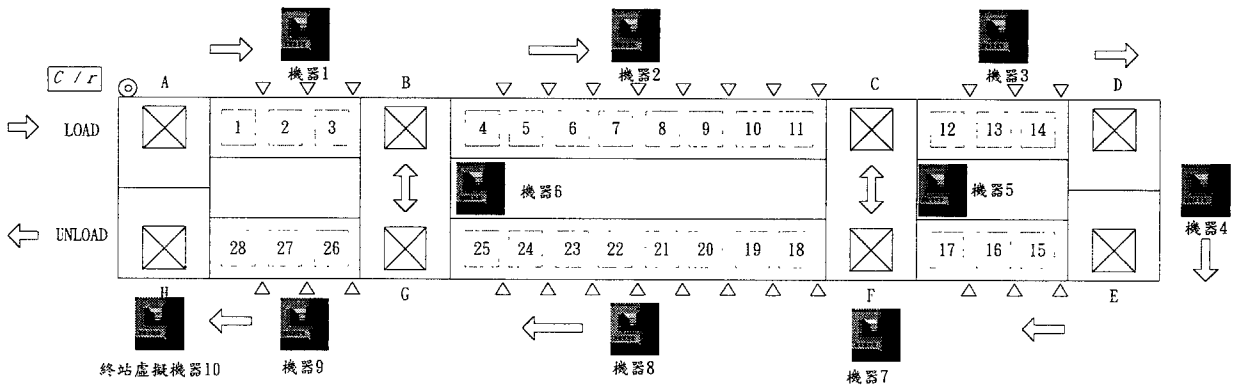
本節介紹往復式網絡協調機制，再闡述如何將協調機制運用於輸送帶搬運途程控制邏輯，並提出搬運代理人間之通訊協定。最後以範例說明。



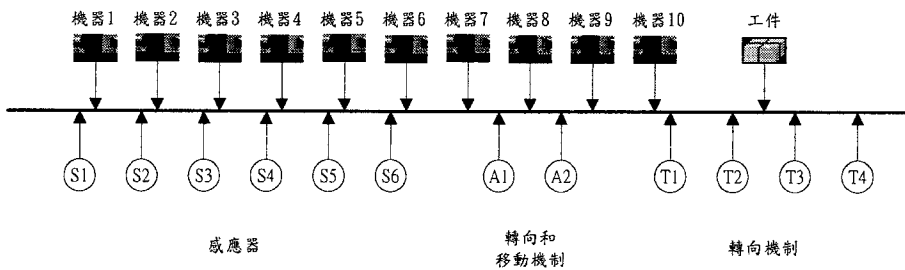
分散式環境下之搬運途程控制—以多迴圈多向輸送帶系統為例



圖八 工件代理人網圖

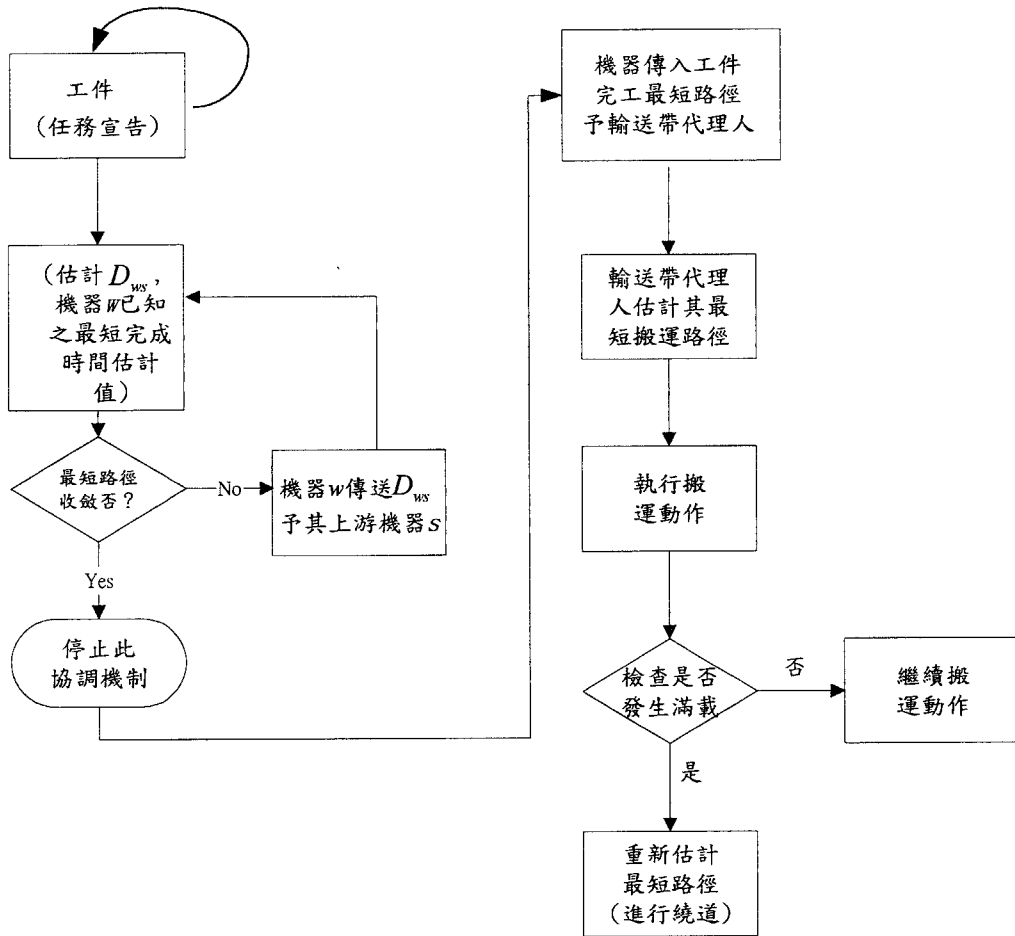


圖九 假設之多迴圈多向搬運系統



圖十 組合之分散式控制架構





圖十一 利用網絡協調機制之輸送帶搬運途程控制邏輯

一、往復式網絡協調機制

在分散式環境下，搬運代理人僅知道局部性資訊，透過往復式網絡協調機制進行溝通，在經過一段時間後，代理人之間可達成共識(亦即最短搬運途程)。

往復式網絡協調機制中，將代理人分為兩類：工件與資源。工件進行任務宣告的散播，資源則進行自身最短路徑的估計。此機制主要由三個步驟構成：工件進行任務宣告、資源進行最短路徑估計、資源傳送目前自身到終站估計之最短距離予其上游資源。首先，工件觸發機器進行第一次最短路徑估計與更新，接著資源會不斷依據其下游資源傳來之最短路徑，進行自身最短路徑之估計；並且會不斷傳送自身估計最短路徑予其上游資源，直到達成最後全域最佳解(最短路徑)的收斂。有關該網絡協調機制之演算法細節、收斂性分析、與效能評估，於陳澤右(1999)中另有探討。

輸送帶代理人範例網圖(圖七)，可參照第三節所述輸送帶代理人之組成與圖三(b)輸送帶系統繪製出來，係由代理人之集合和其輸送帶連結關係所組成。其中網圖之

弧上權重代表「在先作業」的需求時間，即為搬運時間。

工件係由一個可選擇搬運途程的作業集合和在先限制式所組成之網圖。其中工件網圖之弧上權重代表「在先作業」的需求時間。每一工件可有多种途程，工件範例如圖八。

工件可有(1)啓始作業→旋臂鑽床→銑床→射出成型→測試→終站作業、(2)啓始作業→高速鑽床→射出成型→測試→終站作業、與(3)啓始作業→高速鑽床→銑床→射出成型→測試→終站作業等可選擇加工之途程。其中「終站作業」為一虛擬加工站，並無真正加工作業機器，因其需求時間為零，只是代表工件到此站時加工完成； w_{35} 代表作業3(銑床)到作業5(射出成型)之加工時間。

協調機制之目標為分別找出分散式環境下工件加工與輸送帶搬運之最短路徑。網圖中的節點就工件網圖而言代表一個製程，就輸送帶網圖而言代表一個搬運決策點。

此機制主要由兩個步驟構成：工件進行任務宣告、搬運代理人進行最短路徑協調。首先，工件觸發搬運代理人進行最短搬運路徑估計與更新，接著各搬運代理人會不斷依據上游搬運代理人器傳來之最短路徑訊息，進行最短路

徑之估計；並且會不斷傳送估計最短路徑值予其上游機器，直到達成最後全域最佳解(最短路徑)的收斂。

二、以往復式網絡協調機制為基礎之多迴圈多向輸送帶搬運途程控制系統

依據第三節所述之分散式輸送帶搬運途程控制架構與 4.1 節往復式網絡協調機制，本節加以整合成一「網絡協調機制為基之分散式多迴圈多向搬運途程控制系統」。

(一) 多迴圈多向搬運系統架構

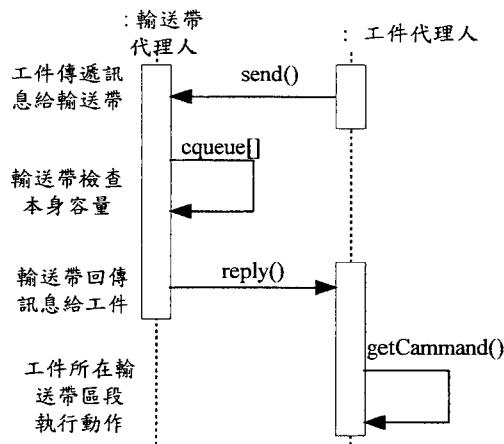
以中原大學精密射出成型自動化實驗室輸送帶搬運系統為例，加入假設之機器佈置如圖九所示。此系統分為硬體(輸送帶搬運系統、工件、加工機器)與軟體(通訊協定)。假設每一工件具有可選擇性之多種途程。系統具多種功能加工機器，每種機器僅一台。搬運系統為多迴圈、多方向性之輸送帶。輸送帶有多種不同搬運路徑可供選擇，其中 B 與 G、C 與 F 之間為雙向。以工件最短逗留時間為目標進行搬運途程規劃。代理人之間以網絡協調機制決定工件最短搬運途程。搬運系統控制與生產排程組合之控制架構如圖十所示。

(二) 以往復式網絡協調機制為基礎之輸送帶搬運途程控制邏輯

當輸送帶發生滿載情形，輸送帶搬運控制系統需調整自身之搬運路徑，以避免延宕工件完工時間。因此，本文建構以網絡協調機制為基礎之輸送帶搬運途程控制邏輯，步驟有三：

1. 步驟一：首先工件公布加工需求，機器視當時機上擁塞程度調整弧上權數，機器之間以往復式網絡協調機制估計該工件之最短加工途程(此時並不考慮輸送帶搬運途程問題)，並將此最短加工途程訊息傳予輸送帶代理人。
2. 步驟二：各輸送帶代理人利用此加工途程(起訖站)訊息，視輸送帶當時線上擁塞程度調整弧上權數，亦以網絡協調機制計算該工件之最短搬運路徑。
3. 步驟三：當每一搬運需求產生時，不斷重複上述(1)-(2)步驟，直至輸送帶搬運系統將工件送至最終站機器。

此一整合之協調機制流程如圖十一所示。當機器之間達成最短加工時間之共識後，將其最短加工途程傳予輸送帶代理人，此時輸送帶代理人利用往復協調機制進行最短搬運路徑之估計，估計完成即執行搬運動作，若在搬運過程中發生輸送帶滿載情形(即許多工件於同一輸送帶搬運區段上壅塞)，則將滿載之輸送帶代理人視為不可使用(Unavailable)，令其弧上權數為極大數。再利用往復式網絡協調機制求出新的最短搬運路徑。有關網絡協調機制之演算法、收斂性分析、與效能評估，於陳澤右(1999)乙文中探討。



圖十二 通訊協定中各代理人交互作用關係圖

(三) 代理人間通訊協定

為遂行工件所賦予的搬運任務，搬運代理人在即時狀態下，對工件進行轉向、移動、停止之決策，此等決策是經由各輸送帶區段代理人間以通訊協定溝通決定之。在搬運過程中如發生輸送帶滿載情形，將滿載之輸送帶代理人視為不可使用，再利用往復式網絡協調機制求出新的最短搬運路徑，進行繞道。經由此控制機制，能動態有彈性的隨外來變化即時反應。此通訊協定中各代理人在時序上的相互關係，以物件交互作用流程圖表示之，如圖十二。

就狀態轉移言，系統分為三個狀態模組，即「工件傳遞訊息狀態」、「輸送帶檢查本身容量狀態」與「工件是否停頓狀態」，如圖十三。工件傳遞訊息狀態作為系統開始的第一個狀態，接著工件會傳遞佔住訊息給下一即將經過的輸送帶代理人(區段物件)，輸送帶代理人檢查本身是否有足夠的空間放置工件，若有，傳回閒置訊息；反之，傳回停止訊息，要求工件暫停運送，搬運代理人重新協調搬運路線，將滿載之輸送帶代理人視為不可使用，進行繞道。

一、 範例說明

共有編號 1 至 10 之 10 台加工機器，其中編號 1 為起始加工機器，編號 10 為終站虛擬機器，即其加工時間為 0。

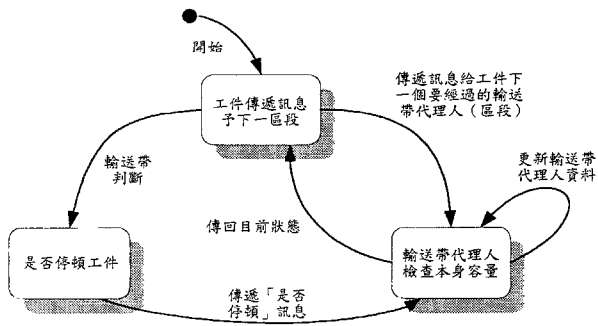
如第三節分散式輸送帶搬運系統之分解方式，將輸送帶分解為感應器(S)、轉向移動機制(A)、轉向機制(T)三種代理人。

系統起始站為機器 1，終點站為機器 10。

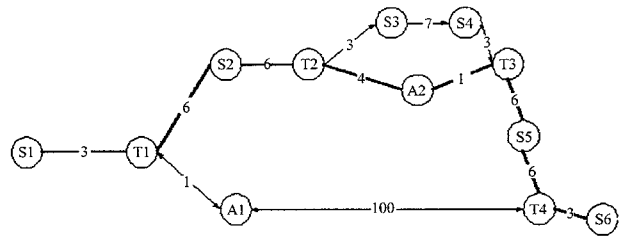
工件網圖上之權重代表機器加工時間(如圖十四)。

輸送帶代理人網圖上之權重代表代理人之間的距離(如圖十五)。

根據上述系統假設與給定之資料，系統以下列步驟完成其製造：



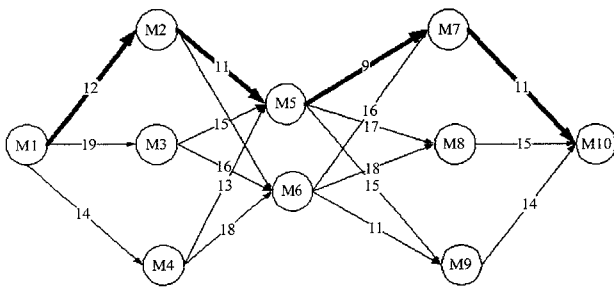
圖十三 系統通訊協定狀態轉移圖



圖十五 搬運路徑網圖

表三 分散式搬運控制和中央控制架構之比較

控制型式	分散式搬運控制架構	中央控制架構
系統特色		
理論最佳化	容易	困難
搬運規劃需求時間	較慢	較快
對改變的反應	較快	較慢
集中資料庫需求	較少	較多
重組性	容易	困難



圖十四 工件途程網圖

1. 步驟一：首先工件和機器之間以網絡協調機制估計最短加工途程(此時並不考慮搬運途程問題)，假設此時機器估計出之最短加工途程為機器 1→機器 2→機器 5→機器 7→機器 10(如圖粗線部分)，機器將此途程訊息傳予傳送帶代理人。
2. 步驟二：傳送帶代理人亦以網絡協調機制計算其最短搬運路徑，由圖十五之網圖來看，可知其估計出之最短路徑為 S1→T1→S2→T2→A2→T3→S5→T4→S6，傳送帶代理人於搬運途中會不斷與下一站要經過之代理人進行溝通，詢問其是否發生滿載；以上述例子說明，當 A2 傳回滿載訊息時，T2 會將 A2 看做當機情形，再利用網絡協調機制，將可找出另一條最短搬運途程。
3. 步驟三：不斷重複上述步驟二，直至傳送帶搬運系統將工件送至最終站機器。

二、分散式與中央型搬運控制架構之差異

本文所提出的分散式搬運控制架構與現行中央型控制架構之差異如表三，各有其優缺點。

以理論最佳化與排程需求時間來看，中央控制架構能有較好的效果，此處之理論最佳化是考慮系統是否有全域性最佳解而言。分散式搬運控制架構中由於代理人自個體立場下決策，以至結果多為次最佳解，不易求得全域最佳解。而以排程需求時間來看，分散式搬運控制要經由代理

人間溝通協調以進行搬運，相較於中央控制浪費通訊時間，故中央控制之搬運時間較快。

以對改變的反應、集中資料庫需求與重組性來看，此處所謂對改變的反應表示當製造現場有突發狀況發生時的反應(如急插件、工件衝撞等)，分散式搬運系統透過代理人的溝通協調以達成即時反應環境的改變，較中央控制能作即時的反應。而分散式搬運系統多為局部性資料庫，中央控制則多為集中資料庫。此外，分散式搬運控制由多個具有獨立決策制訂能力之代理人組成，一旦系統需要擴充或重組時，相較於中央控制有較好的彈性。

五、結語

本文闡述分散式輸送帶搬運途程控制系統之建構方式與設計代理人間之協調機制。根據物件導向構模原則，並以決策點為系統分割準則，將搬運系統分解為多個搬運代理人系統。為因應分散式環境下代理人間之溝通協調，本研究引用網絡協調機制，先將輸送帶建構成有向網圖，其中輸送帶代理人網圖係由決策點(代理人)之集合和其輸送帶連結關係所組成，利用網絡協調機制與所提之通訊協定，以儘少之距離為目標，達成搬運途程之控制。我們舉例在分散式架構下，雙向多迴路輸送帶之搬運途程控制。此系統之控制分為兩個層級：即「機器」之間與「輸送帶代理人」之間，兩者均以往復式網絡協調機制做為代理人間之通訊協定，前者為估計最短加工途程；後者則估計最

短搬運途程。

本文謹就分散式搬運途程控制提出一建構方式與雛型架構，側重觀念的說明，未探討實作問題，未來將進行實證評估與修正。針對代理人間資訊非對稱(informational asymmetries)現象，本文引用往復式網絡協調機制達到代理人間資訊分享與一致化。未來可針對資訊不全、主體對資訊認知不同、與資訊延遲傳遞所造成之衝擊，進一步研究，使代理人系統決策最佳化。

誌 謝

本研究部分經費來自國科會對作者王孔政在研究案 (NSC-872218E033013 與 NSC-882213E033020) 之補助，本研究引用中原大學「製造科技產學合作教育中心」主持人宮大川教授提供之實驗室設備相關資訊，謹此一併致謝。

參考文獻

1. Agre, J. R., Elsley, G., McFarlane, D., Cheng, J. and Gunn, B., "Holonc Control of a Water Cooling System for a Steel Rod Mill," Proceedings of the Fourth International Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology, pp.134-141 (1994).
2. Baker, A.D., *Manufacturing Control with a Market-driven Contract Net*, Ph. D. Dissertation, Rensselaer Polytechnic Institute (1991).
3. Bertsekas, D. and Gallager, R., "Data Network," Prentice Hall (1992).
4. Booch, G., "Object-Oriented Analysis and Design with Application," Addison Wesley (1997).
5. Borland, "Borland Jbuilder 程式設計手冊," Borland International, Inc., 第 21-65 頁, 台灣, (1997).
6. Burckert, H. J., Fischer, K. and Vierke, G., "TeleTruck: A Holonic Fleet Management System," Deutsches Forschungszentrum für Kunstliche Intelligenz GmbH, Europe (1997).
7. Cheng, F., Shen, E., Deng, J. and Nguyen K., "Development of a System Framework for the Computer-Integrated Manufacturing Execution Systems: A Distributed Object-Oriented Approach," Int. J. Computer Integrated Manufacturing, Vol. 12, No. 5, pp. 384-402 (1999).
8. Christensen, J., "Holonc Manufacturing Systems: Initial Architecture and Standards Directions," 1st European Conf. Holonic Manufacturing System, Germany, (1994).
9. CIIMPLEX, Consortium for Integrated Manufacturing Planning and Execution--Architecture, Version 4, Revision 4, IBM Corporation, Advanced Manufacturing Solutions Development Department, CIIMPLEX Project Office, Document can be requested from E-mail: bair@us.ibm.com (1999).
10. Conry, S. E., Kuwabara, K., Lesser, V. R., and Meyer, R. A. M., "Multistage Negotiation for Distributed Constraint Satisfaction," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 21, No. 6, pp. 1462-1477 (1991).
11. Davis, R and Smith R. G., "Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving," Artificial Intelligence, Vol. 20, No. 1, pp.63-109 (1983).
12. Diltz, D. M., Boyd, N.P and Whorms, H. H., "The Evolution of Control Architectures for Automated Manufacturing Systems," Journal of Manufacturing Systems, Canada (1991).
13. Duffie, N. A. and Prabhu, V. V., "Real-Time Distributed Scheduling of Heterarchical Manufacturing Systems," Journal of Manufacturing Systems, Vol. 13, No. 2, pp. 94-107 (1994).
14. Duffie, Neil A., Chitturi, R. and Mou, J., "Fault-tolerant Heterarchical Control of Heterogeneous Manufacturing System Entities," Journal of Manufacturing Systems, Vol. 7, No. 4, pp. 315-27 (1988).
15. Durfee, E. H., and Lesser, V. R., "Negotiating task decomposition and allocation using partial global planning," Distributed Artificial Intelligence, Vol. II, pp. 229-243. Morgan Kaufmann, San Mateo, California (1989).
16. Durfee, E. H., and Lesser, V. R., "Using partial global plans to coordinate distributed problem solvers," Proceedings of the Tenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 875-883 Milan (1987).
17. Ephrati, E., and Rosenschein, J. S., "The Clarke Tax as a consensus mechanism among automated agents," Proceedings of the Ninth National Conference on Artificial Intelligence, pp. 173-178 Anaheim, California (1991).
18. Ephrati, E., and Rosenschein, J. S., "Reaching agreement through partial revelation of preferences," Proceedings of the Tenth European Conference on Artificial Intelligence, pp. 229-233 Vienna, Austria (1992).
19. Ephrati, E., and Rosenschein, J.S., "Distributed consensus mechanism for self interested heterogeneous agents," First International Conference Intelligence and Cooperative Information Systems, pp. 71-79 Rotterdam (1993).
20. Fischer, K. and Kuhn, N., "A DAI Approach to Modeling the Transportation Domain," DFKI-Rsearch Report , RR-93-25 (1993).
21. Fischer, K., Muller, J. P. and Pischel, M., "Cooperative Transportation Scheduling: an Application Domain for DAI," DFKI-Rsearch Report (1996).
22. Gasser, L., "Social conceptions of knowledge and action: DAI foundations and open systems semantics," Artificial Intelligence, 47(1-3), 107-138 (1991).
23. Gasser, L., "Social knowledge and Social action," Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 751-757 Chambery, France (1993).
24. Gou, L., Hasegawa, T., Luh, P. B., Tamuia, S. and Oblak, J. M., "Holonc Planning and Scheduling for a Robotic Assembly Testbed," IEEE (1994).
25. jPVM - A native methods interface to PVM for the JavaTM platform, Center for Human-Machine Systems Re-search at Georgia Institute of Technology, <http://www.isye.gatech.edu/~chmsr/jPVM/> (1999).



26. Jones, A. T. and McLean, C. R., "A Proposed Hierarchical Control Model for Automated Manufacturing Systems," *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 5, No. 1, pp. 15-25, (1986).
27. Kraus, S. and Wilkenfeld, J., "Negotiations over time in a multi-agent environment: Preliminary report," *Proceedings of the Twelfth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 56-61 Sydney (1991).
28. Kraus, S., Wilkenfeld, J. and Zlotkin, G., "Multiagent negotiation under time constraints," *Artificial Intelligence*, 75(2), pp.297-345 (1995).
29. Kraus, S., "Agents contracting tasks in non-collaborative environments," *Proceedings of the Eleventh National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 243-248 (1993).
30. Lesser, V. R. "A Retrospective View of FA/C Distributed Problem Solving," *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics*, Vol. 21, No. 6., pp. 1347-1362 (1991).
31. Lesser, V. R., "Reflection on the Nature of Multi-Agent Coordination and Its Implications for an Agent Architecture," *CMPSCI Technical Report* (1998).
32. Luce, R.D., and Raiffa, H., *Games and Decisions*, John Wiley & Sons, Inc., New York (1957).
33. Ma Albert, Department of Economics at Boston University, <http://www.dsmc.dsm.mil/r/port/m/maa4010a.htm>, (2000).
34. Malone, T.W., "Modeling Coordination in Organizations and Markets," *Management Science*, Vol. 33, No. 10, pp. 1317-1332 (1987).
35. McGehee J., Hebley, J. and Mahaffey, J., "The MMST Computer-Integrated Manufacturing System Framework," *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 7, pp. 107-115 (1994)
36. Mukherji, M., Kafura, D. and Tech, V., "Specification of Multi-object Coordination Schemes Using Coordinating Environments," (1995).
37. Mullender, S., *Distributed Systems*, ACM Press (1989).
38. Nash, J. F., "The Bargaining Problem," *Econometrica*, 28, 155-162. (1950).
39. Ondich, J., "Do You Know the Way to Vertex A?," *The Computer Science Sampler*, (1994).
40. PVM: Parallel Virtual Machine, Oak Ridge National Laboratory, http://www.epm.ornl.gov/pvm/pvm_home.html (1997).
41. Roth, A. E. *Axiomatic Models of Bargaining*, Springer-Verlag, Berlin. (1979).
42. Shen, W. and Norrie, D. H., "Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-art Survey," *Knowledge and Information Systems, An International Journal*, Vol 1, No. 2, pp.129-156 (1999).
43. Smith, R. G., "The Contract Net Protocol: high-Level Communication and Control in a Distributed Solver," *IEEE Transactions on Computers*, Vol. C-29, No. 12, pp. 1104-1113 (1980).
44. Smith, R. G. and Davis, R., "Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving," *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-11, NO. 1, pp. 61-70 (1981).
45. Sycara, K. P., Roth, S., Sadeh, N., and Fox, M., "Distributed Constrained Heuristic Search," *IEEE Transactions on System, Man, And Cybernetics*, Vol. 21, No. 6, pp. 1446-1461 (1991).
46. Sycara, K. P., "Resolving goal conflicts via negotiation," *Proceedings of the Seventh National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 245-250 St. Paul, Minnesota (1988).
47. Sycara, K. P., "Argumentation: Planning other agents; plans," *Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 517-523 Detroit (1989).
48. Trentesaux, D. Dindeleux, R. and Tahon, C., "A Multicriteria Decision Support System for Dynamic Task Allocation in Distributed Production Activity Control Structure," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 11, NO. 1, pp. 3-17 (1997).
49. Tsukada, T. K. and Shin, K. G., "Distributed Tool Sharing in Flexible Manufacturing Systems," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol, 14, NO. 3, June (1998).
50. Tsukada, T. K. and Shin, K. G., "PRIAM: Polite Rescheduler for Intelligent Automated Manufacturing," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol, 12, NO. 2, April (1996).
51. Veeramani, D., Wang, K. J. and Rojas, J., "Modeling and Simulation of Auction Based Shop Floor Control Using Parallel Computing," *IEEE Transactions on Operations Engineering*, Vol. 30, No. 9., pp. 773-783 (1998).
52. Wang, K. J., "A Demand-Driven Shop-Floor Control Model for Distributed Manufacturing Systems," *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers (Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series C: A Special Issue on Advanced Automation Technology and Production Research)*, Vol. 19, No. 6., pp. 615-623 (1998).
53. Wang, K.-J., *A Flexible Auction-Based Shopfloor Control Paradigm for Highly-Distributed Manufacturing Systems*, Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin-Madison (1997)
54. Zeuthen, F. *Problems of Monopoly and Economic Welfare*. G. Routledge & Sons, London (1930).
55. Zlotkin, G. and Rosenschein, J. S., "Cooperation and Conflict Resolution via Negotiation Among Agents in Noncooperative Domains," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 21, No. 6, pp. 1317-1324 (1991).
56. 王孔政、周崇皓，「以代理人為基礎之分散式製造系統」—建構方法之研究，*工業工程學刊*，出版中(2000)。
57. 周崇皓，王孔政，「以代理程式為基礎之製造系統」構模方法與雛型實作，87年度中國工業工程學會年會，中華民國八十七年十二月十三日(1998)。
58. 陳澤右，以往復式協調機制為基礎之分散式製造與搬運系統，碩士論文，中原大學工業工程學系，民國八十八年。(1999)。
59. 陳澤右、王孔政，「分散式製造環境下之即時詢價系統」87年度中國工業工程學會年會，中華民國八十七年十二月十三日(1998)。
60. 萬能工程有限公司，「私立中原大學自動化輸送系統維護保養手冊」，萬能工程有限公司，(1998)。



**Distributed Conveyor Transportation Control
Using Negotiation Mechanism**

KUNG-JENG WANG AND TZER-YOW CHENG

*Department of Industrial Engineering
Chung Yuan Christian University
Chung-Li, 32023, Taiwan, R.O.C.*

ABSTRACT

Industry and academia have devoted to the improvement in manufacturing productivity against rapidly changing markets since the past decades. Three objectives, of which the characteristics of distributed manufacturing systems are

particularly capable, are emphasized: quicker speed, higher flexibility, and less complexity. This paper aims to the design of distributed control architecture for manufacturing and transportation systems, and the development of the corresponding coordination mechanism among agents in the systems. An agent-based object-oriented model and a distributed shortest path algorithm based coordination mechanism are proposed to realize the distributed control for a multi-direction, multi-loop transfer-line centered manufacturing system with alternative routing workpieces. An illustration is given to show the feasibility of the proposed approach.

Key words: *Distributed Transportation Control, Negotiation Mechanism, Intelligent Agent Systems.*

