

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 精密機械產業敏捷與彈性之製造執行系統(2/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-029-011-

執行期間：93年08月01日至94年08月31日

執行單位：東海大學工業工程與經營資訊學系

計畫主持人：黃欽印

共同主持人：張育仁

計畫參與人員：賴穎傑

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 9 月 29 日

# 精密機械產業敏捷與彈性之製造執行系統(2/2)

黃欽印<sup>1</sup> 張育仁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東海大學 工業工程與經營資訊學系

<sup>2</sup>東海大學 資訊管理學系

## 摘要

精密機械產業的特性之一在於綿密的分工體系，由企業獨力生產全部零組件與最終產品之可能性與經濟性已愈來愈低，同時產業間或企業間分工合作也日形重要。供應鏈網路本身為一個分散式環境，然而分散式環境相對於集中式而言，在資訊與資源的取得會變得更複雜與困難，且分散的獨立個體皆各具自主性，也增添了不確定性。本研究利用代理人技術結合現有先進規劃與排程技術，針對供應鏈中多階多廠區生產環境，設計出整合性訂單確認機制，並根據上下游企業間網路與代理人之特性設計企業間協同合作之協定。

本研究以規劃中心代理人作為供應鏈網路中的企業實體，以區域廠區代理人作為企業內的生產單位，並結合i2 Technologies Inc.發展的Factory Planner形成一個整合性多階多廠區生產規劃系統。

**關鍵字**(3~5 個字)：供應鏈網路、多廠區生產規劃、多重代理人、協定、先進規劃與排程。

## 1. 結論

在現今全球化競爭以及資訊科技快速發展的世代中，企業面臨之挑戰與日劇增。以往生產體系的製造過程是由企業本身主導所有生產過程，從顧客下單、產品設計、物料採購、製程規劃、生產製造、物流配送、交貨至售後服務，整個流程環節皆由企業一手主導。這樣的生產體系在過去大量生產的時代中，靠著少樣多量之製造模式，以及利用存貨水準支撐或許可頗具競爭優勢。但面臨大量客製化時代，顧客需求愈來愈多變，產品生命週期愈來愈短。若以傳統製造模式來因應環境變化，企業會面臨時間壓迫，只因生產出的產品可能永遠趕不上顧客需求。為了要在「大量客製化」環境中生存，整個產品生命週期，從設計、製造、配銷、上市甚至到停產，都必須由供應鏈上的企業同步參與。在此同步化體系中，講求的是整個供應鏈品質、交期，甚至於整個供應鏈成本。同時，在企業間的競爭模式也不僅是企業個體間的競爭，也逐漸邁向供應鏈的網路競爭，是由相同產業不同供應鏈的企業相互競爭。由於是「鏈」的競爭，所以鏈上的每一個個體

都必須相互合作，所以企業間的協同合作關係是影響整個鏈的關鍵。

供應鏈網路本身就是一個分散式環境，然而分散式環境相對於集中式而言，在資訊與資源的取得會變得更複雜與困難，且分散的獨立個體皆各具自主性，同時也增添了不確定性。面對供應鏈之競爭壓力，與分散式環境複雜與不確定因素的雙重衝擊下，更顯現出企業間協同合作之重要性。

現今生產規劃已經由單一企業單一廠區的規劃方式演變成供應鏈上各重要節點的協同規劃方式。

本研究利用代理人技術結合現有生產規劃技術，針對多階多廠區生產環境，設計出整合性訂單確認機制，並根據企業間網路與代理人之特性設計企業間協同合作之協定 (protocol)。

## 2. 文獻探討

### 2.1 供應鏈網路與多廠生產規劃

根據Arnold[1],Bermudez[2]與Lambert[6][7]等文獻整理出供應鏈與供應鏈規劃的特性如下：

- 供應鏈本身為一個分散式的環境，對於集中式的環境而言，在分散的環境中充滿更多複雜與不確定因素。一個供應鏈可以視為一個整合性的系統，它使得一連串相關的商業流程的實行同步化。
- 供應鏈規劃的主要目的，平衡整條供應鏈中的一些企業外部與內部被重視的因子。外部因子包括了供應商的產能，銷售需求的觀點，運送貨物的替代道路等。內部因子生產能力的發展、配銷點的位置配置等。Bullinger[3]等學者認為多廠區生產的意義，藉著處理一組共享的儲存單位，來促使各個工作與工作站之間的合作。而在一個多廠區生產規劃的目標在於決定兩件事：一、由誰來生產。二、在什麼時間內必須製造出哪一類產品或零件[5]。

在多廠區生產規劃的架構上，通常會分成兩層層級，一部份為處理多廠區規劃，就是處理訂單，並決定負責訂單由誰來生產以及何時生產。一部份為生產單位的生產規劃，此部份會根據多廠區規劃的結果進行詳細規劃與排程。Sauer[10]等人將一個多廠區的架構可以分為兩個層級，全域排程 (global)

與區域排程 (local)。在多廠區層級主要是規劃中間產品的製造，要分配至哪一個個別的廠區，而區域層級的規劃是將所需的加工指派到機器上。

## 2.2 多重代理人

在一個多重代理人系統 (Multi-Agent System, MAS) 中，是由多個代理人 (Agent) 所組合而成的，每一個代理人負責特定的事務，並與其他的代理人透過訊息傳遞來合作，來完成共同的目標。在本研究中，透過代理人間的互動方式、所使用的合作協定、共同溝通的語言以及代理人的應用四個方向來分析一個多重代理人系統的結構特性。

在應用層面上，代理人技術應常被用於企業系統整合，企業間或企業內部資訊系統包含了許多不同部分的應用軟體，包含了規劃、排程與執行流程等不同部分。但是隨著企業所發生問題過於複雜，這些系統也只能處理其中一部份的問題。此時企業就會面臨要購置新系統來處理所發生的問題或是藉著現有系統的整合來增加系統能力。Peng[9]等人對於製造環境中所使用的許多系統彼此間並無法有效的溝通，所以提出利用透過多重代理人的溝通與合作方式，來傳遞資訊與知識，藉此來做到企業資訊系統的整合。

代理人技術也常被運用生產規劃範疇，Ferber[4]提出的以代理人為基礎的生產規劃系統。他認為一個生產規劃代理人必須能感應現場環境的變化並根據這些變化以本身的能力來運作。而Lu與Yin[8]設計一個以代理人為基礎的協同生產控制的架構，這個機制能夠在協同製造環境下，有能力去利用一些生產因素來產生排程與派工的結果。

Sauer[11]認為多重代理人的特性可以滿足動態、分散的生產型態與運籌的後勤網路。Swaminathan[12]等人利用多重代理人技術建立動態供應鏈模型，但所建立的模型侷限於供應鏈上企業與企業間 (平面) 的關聯。而Sauer更進一步的將分散式生產網路的組織結構擴大，將一個供應鏈分成五個層次。分別為企業、廠區、工作站、資源群組與資源，認為在進行生產規劃時，不應該僅考量單一層次的情況，而是需要多個層次有次序的考量。最後根據多重代理人系統的方式來將這種分散式多廠區生產網路的結構進行生產規劃與排程。

## 2.3 先進規劃與排程

先進規劃與排程 (Advanced Planning and Schedule; APS) 是運用了先進的管理規劃技術，例如基因演算法 (Genetic Algorithms, GA)、限制理論 (Theory of Constraints, TOC)、作業研究 (Operation Research, OR) 及限制條件滿足技術 (Constraint Satisfaction Technique, CST) 等，在整體考量企業資源限制之下，對企業間與企業內的採購、生產與配

銷運籌管理作最佳的供需平衡規劃。Bermudez[2]認為APS是運用先進的規劃與排程技術來產生一個最佳化的生產計劃，先進的技術是結合了較大範圍的限制條件來進行規劃，而所需考慮的限制範圍有：可獲得的物料能力、機器與人員的產能、顧客的服務水準 (due date)、安全存貨水準、成本、配銷的需求與前置整備有效率的排序。在APS中最佳化的意義為衡量限制條件與一些商業規則，來對物料可用性與工廠產能作最佳的應用。

## 3. 多階多廠區生產規劃模式

### 3.1 供應鏈生產網路上多廠區生產環境

供應鏈是一種企業間的網路關係，供應鏈連結了上游供應端 (Supplier) 與下游需求端 (Customer)，整合了上下游的資源，創造出產品或是服務的價值給供應鏈上每一個企業。一個供應鏈可以視為一個整合性系統，它使得一連串相關商業流程實行同步化。而現今的供應鏈已經由單純面對單一階層供應商與顧客的供應鏈連結演變成一個供應鏈網路架構體系。

而在一個供應鏈環境中，企業一般在面對顧客需求以規劃企業本身生產規劃時，常常忽略上游供應商的生產資訊，通常是使用歷史資料來估計上游企業的交貨時間。此種的規劃方式會造成一些規劃上的誤差以及上下游企業認知上的差異，而造成供應鏈規劃上規劃的盲點。例如在面對顧客需求訂單時，要決定是否能承接，根據歷史資料可以估計供應商可以在三天後將所需要的零組件送達，加上確認本身生產單位的產能可以滿足訂單後，而承接了這筆訂單。但是供應這零組件製造商卻因為某些原因 (產能不足或是備料不及)，而延遲了零組件的交貨時間。當發生這種情況時，不但造成企業這筆訂單的延遲，而付出訂單延遲的成本，同時也會影響到企業內其他訂單以及供應鏈整體的規劃。而在一個企業間的生產網路型態，每一階上下游的供需問題已經逐漸複雜，不再是以單一企業體可以滿足的，而供給的對象也會變的多元化。所以在相同零件的供應上，已經逐漸朝向由多個廠商或是多個工廠 (multi-plants) 來共同提供的模式。

本研究將一個供應鏈生產網路中，上下游供需關係利用階層的關聯來表示。最接近需求的企業，也就是直接面對顧客的企業稱為第零階企業，而提供零件及物料供應給第零階企業的上游製造商 (或是供應商) 稱為第一階企業，而第一階企業的上游供應商則是第二階企業，依照這種原則一直到整個生產網路最終階層。

一般多廠區生產規劃的問題範圍通常是被定義在一間擁有多個不同生產單位的企業。但是隨著企業行銷全球化以及企業間供應鏈的發展，不能只有

在考慮到單一廠區或是單一企業之規劃，而須面對的是分散的生產單位以及運籌的後勤網路的整體規劃。所以一個只規劃單一企業內的多廠區生產規劃已經不足夠，必須要再加入與供應商的同步規劃分散的生產單位，在一個企業間供應鏈中形成一個多階多廠區的規劃型態，如圖 1。

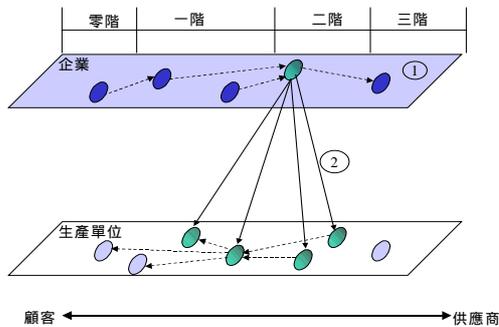


圖 1. 生產網路中的多廠區生產環境

### 3.2 多階多廠區生產規劃

本研究之目的為探討供應鏈生產網路中多廠區生產環境，並針對此類的生產特性，設計一套訂單確認機制。在供應鏈多廠區的環境中，由於包含了上下游企業的供需關聯，所以稱為多階多廠區生產環境。對於這類的特性，所設計的訂單確認機制分為兩部分。一、企業間的跨階層協定。二、企業內部協定。藉著這兩部分協定，達到供應鏈上下游的協同合作與同步規劃。

首先，根據多廠區規劃方式，本研究整理出一個一般性單階多廠區生產規劃系統邏輯架構，即為根據單一企業的規劃架構。根據功能別區分可以分成三個功能模組，整體生產規劃模組、通訊模組與區域生產規劃模組，見圖 2。

需求訂單 (Demand Order) 是將訂單資訊傳遞至規劃模組，為多廠區生產規劃的驅動。而訂單資訊包含了訂單屬性 (一般可以分為緊急、一般、預測) 也可稱作訂單的優先權 (priority)、交期 (Due Date)、成品品項、需求數量以及顧客資料。整體生產規劃是接受訂單需求，並將訂單分配到各個個別生產廠區的初始規劃。系統在接受訂單資訊後，進入到「訂單規劃」階段。在此階段，系統會先針對訂單需求，根據訂單交期、數量以及成品品項，配合成品物料清單 (Bill of Materials; BOM)、途程資料 (Routing) 以及所使用機台資源 (Resource)，針對訂單的物料需求作一個粗略規劃。所獲得的結果主要為在哪些時間範圍內需要生產多少成品或半成品數量。完成規劃後，對規劃結果進行「評估與調整」，以確認計劃合理可執行，因此必須考量製造現場的一些限制條件。產能負荷，是通常被用來評估的一個指標，不過在此不作

詳細產能規劃，通常是針對製造系統中部分關鍵或瓶頸資源設備之產能負荷情況進行評估。若是多廠區內關鍵資源的總產能大於需求，則初步認定計劃是可執行，反之，則需要尋找調整方案來滿足訂單，如替代性資源或是以排定訂單移動的方式。當確認計劃可執行後，接下來進行訂單分配的階段。「訂單分配」主要的目的是根據所設計的準則將訂單分配到個別單獨的廠區加工，最後將訂單分配的結果，也就是哪筆訂單必須由哪一個廠區來生產的訂單資訊交由通訊模組來傳遞訊息。

區域生產規劃是承接整體生產規劃的規劃結果來進行，由個別的工廠根據所接收訂單資訊，包含品項、交期與數量各自進行詳細的生產規劃 (物料與產能規劃) 與排程，並確認計劃合理可執行後，將計劃結果交由現場執行。

「通訊模組」除了擔任整體生產規劃與區域生產規劃之間訊息傳遞的媒介外，也是一個訊息溝通的橋樑。當區域生產規劃模組無法根據整體生產規劃的計劃來產生可執行的計劃時，此時就需要將資訊透過通訊模組回饋至整體性生產規劃模組，使得訂單重新規劃並重新分配。或是當現場生產環境發生不預期延誤時，如關鍵機台故障，使得訂單延誤，或是產能下降，都需要回饋至整體生產規劃模組。而在整體生產規劃模組進行訂單規劃時的物料與粗略產能規劃，也需要透過通訊模組來對區域工廠獲取現場產能負荷的資訊。

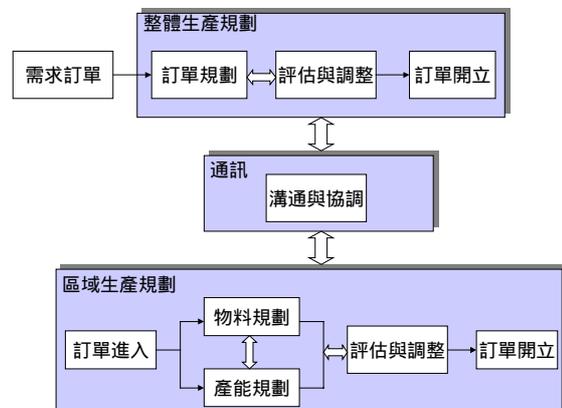


圖 2. 多廠區生產規劃邏輯架構

本研究將單階多廠區生產規劃的實體架構分成兩個層級，一為負責整體性規劃的規劃中心，另一部分則為分散獨立生產單位 (也被稱作為廠區) 內的區域規劃系統。整個架構是由一個規劃中心來管理與規劃多個生產單位。將多廠區生產規劃結合與供應鏈中上下游供應商同步規劃的概念，本研究提出一個多階多廠區生產規劃系統架構如圖 3。並將多階多廠區規劃流程設計為，當訂單需求進入規劃系統時，首先要對單規

劃，針對訂單數量、交期作初步規劃，主要是要確認企業本身所有的生產單位各項資源可以滿足訂單需求如圖 3之箭號1。確認本身資源足夠之後，向上游發出採購的需求如圖 3之箭號2，而不是接著進行訂單分配的動作。在取得上游企業的規劃結果後，確認上游有足夠能力供給後，見圖 3之箭號3與4。才進行訂單分配的階段。分配訂單到各個獨立的生產單位後，才進行區域生產規劃細部規劃如圖 3之箭號5。

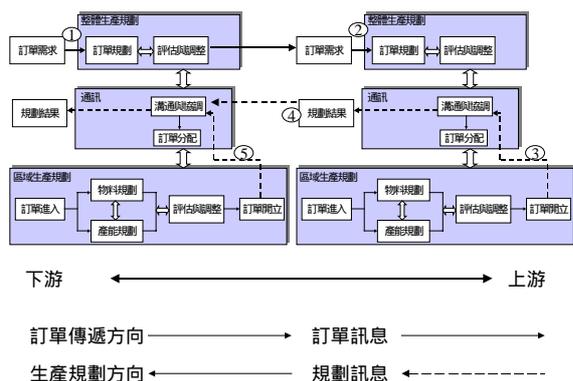


圖 3. 多階多廠區生產規劃邏輯架構

本研究所要探討的多階多廠區生產規劃鎖定在總體生產規劃與通訊兩大功能模組的設計，透過訊息傳遞的方式，建立一個多階多廠區訂單確認協定，來連結生產網路中的上下游生產規劃系統。而根據規劃流程可以分為跨階層上下游企業間規劃與企業內多廠區規劃。

### 3.3 企業間協定

企業之間供需的互動，是一種流程式互動方式，如圖 4，稱為「跨階層訂單確認協定」。而根據規劃方式與順序的不同，可以將整個規劃流程分為三段規劃階段。由訂單進入第零階企業開始，一直到最上游供應商的規劃稱為「訂單規劃階段」，。訂單規劃（Order Plan）階段目的是為了確認訂單是否可承接，將需求傳遞至上游企業，進行另一階企業的訂單規劃。當第n階企業（供應鏈網路中最上游企業）完成訂單規劃後，訂單規劃階段結束。接著是「訂單分配階段」，訂單分配（Order Allocation）階段是由最上游供應商（第n階企業）的規劃中心開始將訂單分配至區域生產單位，並根據生產的現況，規劃出訂單的預計完成時間，直到第零階企業的訂單分配完成，才結束訂單分配階段。最後是「訂單確認階段」，當每一階企業都將訂單分配至生產單位後，可以知道訂單最終預計完成時間，並實際確認訂單可以承接，從第零階企業開始往上游企業進行訂單確認，直到最上游企業結束。

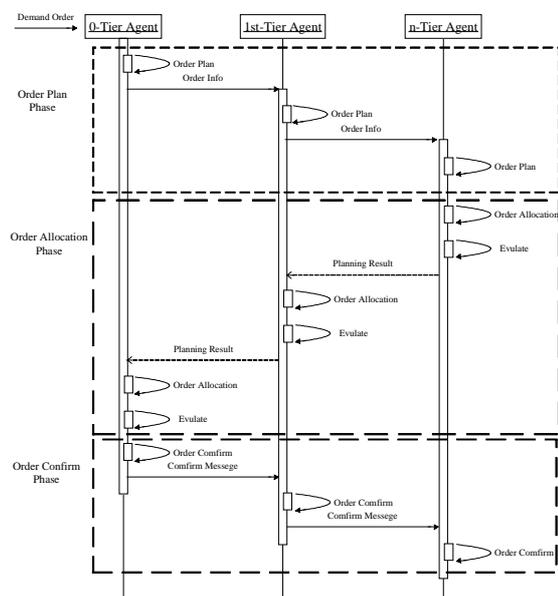


圖 1. 訂單確認協定

當需求訂單進入最下游企業（第零階企業）的規劃系統，也就是整個供應鏈網路中的核心企業。首先，針對訂單進行規劃，進行訂單規劃階段（Order Plan Phase）。訂單規劃階段分成兩個步驟，「訂單規劃」與「有限產能評估」。訂單規劃主要目的是要確認企業在無產能限制下是否能夠承接訂單，也就是單純考量時間限制。而有限產能評估就是再加上機台資源產能限制下，估計本身的產能是否足夠來滿足訂單需求。訂單規劃階段，由第零階企業一直往上游企業規劃，直到第n階企業為止。第n階企業的定義為直接向初始供應商（Initial Suppliers）採購物料或零件的企業，也就是這一階的企業在規劃上可以不需要在考慮上游供應商生產能力。當規劃訊息傳遞至第n階企業時，並完成規劃後，表示供應鏈上每一個階企業都初步認定此訂單需求是可以滿足的，就完成訂單規劃階段。

當第n階企業完成訂單規劃後會進入訂單分配階段。此階段將訂單依據企業內各個獨立分散生產單位的能力來分配，而訂單分配階段分為兩個步驟，「訂單分配」與「區域生產規劃」。訂單分配是將訂單分配至所生產單位，而訂單分配方式是屬於企業內規劃中心與區域生產單位的互動。各個生產單位在分配到訂單後會進行區域生產規劃，區域生產規劃流程包含訂單進入、物料規劃與產能規劃、規劃結果評估以及訂單開立，最後將訂單加入排程，產生區域生產規劃結果。將第n階企業區域生產規劃的規劃結果，傳遞至n-1階企業，作為n-1階企業在的訂單開始時間，而新的訂單開始時間會取代

在訂單規劃階段所規劃的訂單最早開始時間（而第n階企業訂單開始時間的初始值為訂單進入時間）。接收上游企業的規劃結果後，得到訂單開始時間的初始值來，進行訂單分配，並產生規劃結果，並將規劃結果傳遞至下游企業。訂單分配階段由第n階企業開始，進行訂單分配、區域生產規劃結果直至第零階企業，此階段的目的是要將訂單發放至生產單位，並產生訂單的規劃結果，來達到與下游企業進行同步協調規劃的目的。

在訂單分配階段，訂單狀態都是在「預計」的狀態，也就是在上下游之間只是一個查詢的關聯，並未實際儲存在規劃系統內的資料庫。當第零階企業完成訂單分配與區域生產規劃後，訂單分配階段結束，這也表示這筆需求可以在供應生產網路中被滿足。此時由第零階企業開始往上游企業進行訂單確認，當每一階企業接收到訂單確認訊息，則得知確定訂單在可以在生產網路中被承接。

這三個階段也可以依據規劃方向來區分，訂單規劃階段是由下（游）往上（游）規劃，訂單分配階段則是由上（游）而下（游）規劃，而最後的訂單確認階段，又回到由下（游）往上（游）的規劃方式。

當在生產網路中有任何一階企業發生現有產能不足時，此時需要一個協調機制來與上下游企業訂單協調與更新規劃結果。而協調的目的為試著移動現有排程結果來尋找是否可空出產能來滿足新進入之訂單，不過移動單階企業已排定訂單排程的方式會影響到下游企業的規劃內容，所以同時也需要與下游企業進行協調。當在訂單規劃階段中有某一階企業發生現有產能不足的情況，首先，企業計算本身產能寬放值，確認本身廠區可以藉著移動以排定訂單來空出產能時。再與下游溝通協調，傳遞一個訂單協調的訊息至下游，如圖 5。訂單協調訊息會一直傳遞到第零階企業為止，再由重第零階開始找尋每一階企業中，已經排入排程的訂單中，有多少數量可以被移動，當訂單預計完成時間早於訂單交期表示訂單可以被移動。而訂單預計完成時間與交期的差即成為一個「訂單寬放值」。而寬放值的計算完成後，再往上游企業傳遞結果，在傳遞的過程中，每一階企業所算出來寬放值有所差異，而寬放值小的會取代數值大的寬放值，所以最終的寬放值是由每一階的寬放值中最小的。當訂單寬放值與產能寬放值大於訂單需求量，則訂單認定可以承接，但是區域生產單位的排程會被移動，來插入新訂單。

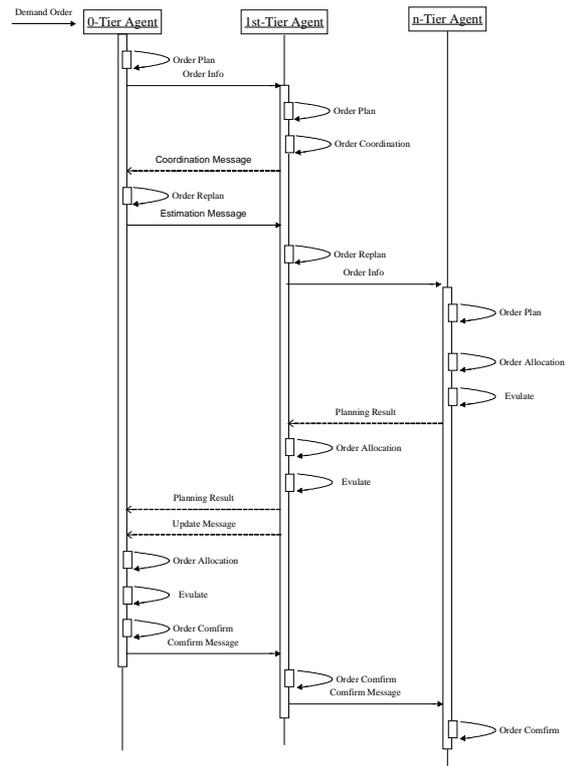


圖 5. 訂單協調確認協定

當訂單需求量超過訂單寬放值與產能寬放值其中一項指標時，則訂單被認定不可承接，因為這表示在訂單協調的機制下，將訂單與排程作了最大可能的移動，所移動空出的產能，還是不足以滿足訂單需求量。此時，訂單需要被取消，所以進入了訂單取消協定，見圖 6，在訂單取消後，也對上下游企業送出訂單取消的訊息。

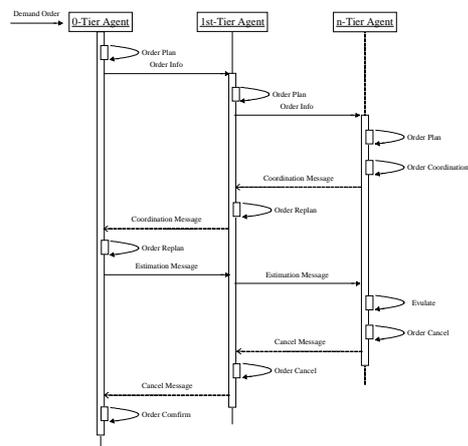


圖 6. 訂單取消協定：情節一

當訂單被認定無法承接時，生產網路上的下游企業，也會因上游企業的影響（因為上游某一階企業無法提供零件）使得整個生產網路無法承接訂單，而導致這一筆訂單所帶來的需求都必須取消。另一種訂單取消狀況，發生在訂單分配階段，當某一階企業將訂單分配至生產單位，進行區域生產規劃，所產生的規劃結果晚於預計的交期，此時也會進入訂單取消協定，見圖 7。

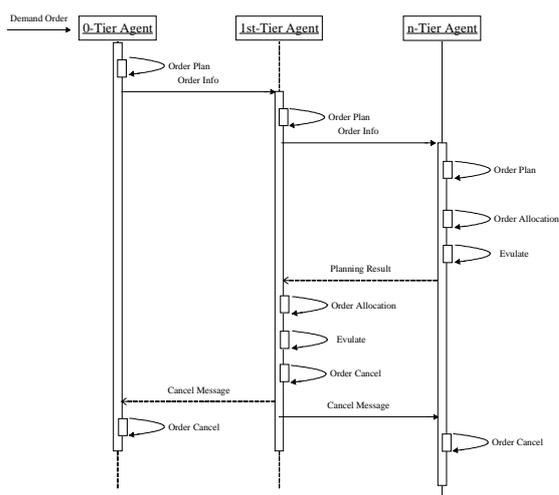


圖 7. 訂單取消協定：情節二

所敘述的企業間訂單確認互動流程，本研究將設計企業間傳遞訊息種類與內容，見表 1。所定義的訊息將配合協定方式，在企業間傳遞，並達到訂單確認目的。

表 1. 企業間互動訊息列表

訊息名稱	Type of Message	訊息內容
訂單資訊	Order_info	訂單編號 / 產品品項 / 顧客 / 需要數量 / 訂單屬性 / 交期
規劃結果	Planning Result	訂單編號 / 產品品項 / 訂單預計完成時間
訂單確認	Confirm Message	訂單編號
訂單協調	Coordination Message	訂單協調通知
協調評估	Estimation Message	協調評估值
訂單更新	Update Message	更新訂單編號 / 新的訂單預計完成時間
訂單取消	Cancel Message	訂單編號

### 3.4 企業內協定

企業內協定，是生產單位與規劃中心的互動，目的為規劃中心將訂單分配至生產現場。訂單分配模式是利用規劃中心與區域生產單位之間的協商方

式來達到一致的分配結果。本研究在訂單分配上利用類似 CNP (Contract Net Protocol) 招標機制，是由一個管理者 (Manager) 來發布工作訊息，也就是招標者，而接受工作訊息者為競標者。招標者發布訊息，讓競標者進行競標，最後由招標者決定的競標結果。在訂單分配中，規劃中心將扮演招標者角色，而獨立生產單位則是競標者。在本研究的多廠區生產環境中，由於一次流程僅處理一筆訂單，所以在訂單分配會產生三種結果。

- 訂單由單一廠區承接生產，訂單不拆解的情況。
- 訂單由多個（兩個廠區或兩個以上）廠區共同承接，訂單需要拆解。
- 無任何一個廠區可以承接訂單。

在規劃中心收到訂單分配的訊息（訂單計劃開始時間）後，就開始進入訂單分配流程，圖 8。規劃中心收到訂單分配訊息後，向區域廠送出工作通知訊息，也就是通知競標者競標，區域廠收到工作通知後，會依據本身的能力及訂單分配準則制定競標內容，而規劃中心在收集各廠區競標資訊後會根據訂單分配準則來挑選出一個規劃中心認定的最佳方案，並將訂單分配至廠區生產系統中。

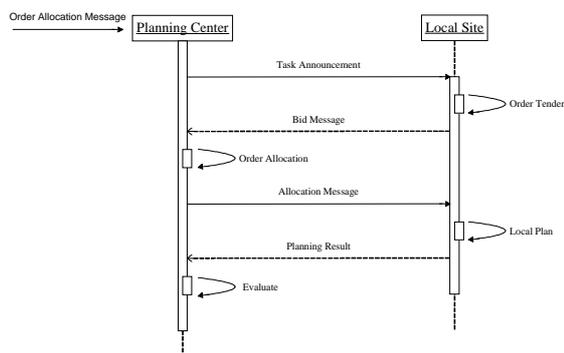


圖 8. 訂單競標協定

若各個區域廠區回應的競標內容，都是放棄競標情況下，表示訂單無法由單一廠區承接。由於在訂單規劃階段結果，得知所有廠區總剩餘產能是大於訂單需求，所以這時候需要拆解訂單才能分配至各個生產單位。圖 9 就是顯示在第一次招標後，規劃中心發現沒有競標者來參與競標，導致流標。流標之後則會進行第二次招標，規劃中心向區域送出要求取得區域廠區內關鍵性資源使用率與剩餘產能訊息。區域廠彙整資料後回傳至規劃中心，規劃中心會根據生產目標定出指標值進行優先權排序，將訂單由優先權高的廠區開始分配。

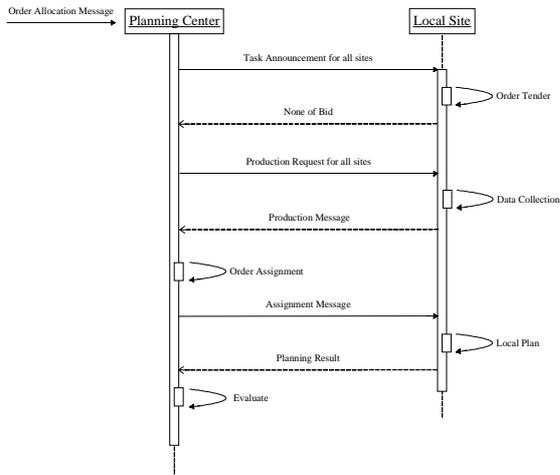


圖 9. 訂單反競標協定

而在拆解訂單方面，以拆解量愈少愈好，所以每一次分配的數量以填滿廠區剩餘產量的分配方式為原則。與第一次招標不同的是，第一次招標是由廠區（競標者）為主，以哪一個廠區競標內容為最佳得標者。而第二次競標則是以規劃中心為主，規劃中心利用所獲得資訊選擇得標者。根據訂單分配準則的內容，以及訂單競標與訂單反競標協定，定義出規劃中心與區域生產單位互動所需要的訊息與內容，見表 2。

表 2. 規劃中心與生產單位互動訊息列表

訊息名稱	Type of Message	訊息內容
工作通知	Task Announcement	瓶頸資源作業的 EPST/LPST / 訂單數量
競標內容	Bid Message	廠區 / 關鍵資源使用率 / 訂單預計完成時間
訂單分配	Allocation Message	訂單編號 / 產品品項 / 顧客 / 需要數量 / 訂單屬性 / 交期
規劃結果	Planning Result	生產廠區 / 訂單編號 / 產品品項 / 訂單預計完成時間
生產需求	Production Request	生產資訊要求通知
生產資訊	Production Message	廠區 / 關鍵資源使用率 / 剩餘可用產能
競標放棄	None of Bid	放棄競標通知
訂單指派	Assignment Message	訂單編號 / 產品品項 / 顧客 / 需要數量 / 訂單屬性 / 交期

#### 4. 以代理人結合先進規劃與排程系統之多階多廠區生產規劃系統

本研究提出一個應用於多階生產網路的多階多廠區生產規劃架構。在概念層級，單階多廠區規劃可以分為總體生產規劃與區域生產規劃，各自負責不同規劃。而在實體層級，規劃單位可以實際分為規劃中心與區域生產單位，規劃中心負責總體性總體生產規劃，而區域生產單位則詳細處理區域生產規劃。

本章是利用代理人 (agent) 技術落實先前所定義多階多廠區生產規劃系統架構以及訂單確認機制，說明代理人在系統中扮演的角色。而在區域生產單位內部的詳細生產規劃，將利用生產規劃工具 (先進規劃與排程系統) 建立區域生產單位的生產規劃系統，並利用代理人與規劃系統建立起一個整合性生產環境。

本研究運用代理人技術配合實際生產規劃工具，整合分散式生產網路多廠區生產環境。其整合架構分成三個階層，如圖 10，分別為企業 (company)、生產單位 (site) 與生產規劃系統 (production planning system)。在企業層，各個節點各自代表供應鏈生產網路上各個企業，同時，每一個節點就是一個規劃中心代理人。在多廠區生產環境下一個企業都會擁有多個廠區，所以生產單位層中的節點都是生產網路中所屬某一企業的生產單位，生產單位則利用區域廠區代理人來表示。而每一個生產單位都各自擁有獨立生產規劃系統來進行生產規劃，所以在每一個區域廠區代理人都會搭配一個生產規劃系統。

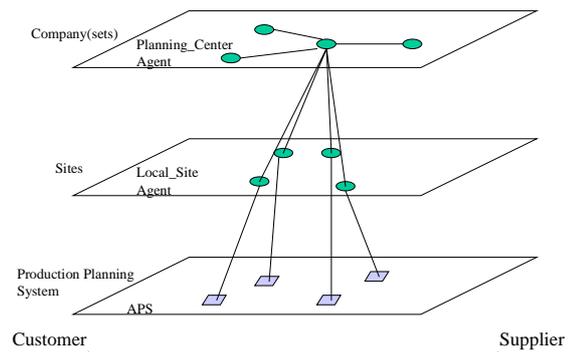


圖 10. 以代理人為主的三階多廠區生產規劃架構

在一個以代理人為主的三階多廠區生產規劃系統中，將實體系統分為規劃中心與區域生產單位，而代理人角色也同樣為兩類，分別為規劃中心代理人 (Planning Center Agent) 與區域廠區代理人 (Local

Site Agent)，其所負責的功能如下：

規劃中心代理人：具備規劃中心的規劃功能，根據與其互動之對象可將功能分為兩類，與規劃中心之間互動以及與區域生產單位互動。

- 規劃中心代理人間互動：接受下游企業（或顧客）傳遞的訂單資訊，並根據訂單資訊進行訂單規劃初步判斷訂單與本身產能是否可以滿足需求。當訂單規劃完成後，進行訂單確認階段，由下游代理人往上游傳遞確認訊息。
- 區域廠區代理人互動：進行訂單分配時，擔任訂單招標者。將訂單當成一個方案讓區域生產單位競標，並判定由何者得標（獲得訂單）。

由於規劃中心代理人，除了須具備規劃中心的規劃功能、足夠能力以達成企業內部整體生產規劃，還需要與生產網路中其他規劃中心代理人及企業內區域廠區代理人等不同對象進行合作，以期達到滿足訂單的目標。依據這些特性，將代理人內部功能模組設計成四個模組，分別為資料模組、決策模組、通訊模組與規劃模組，如圖 11。

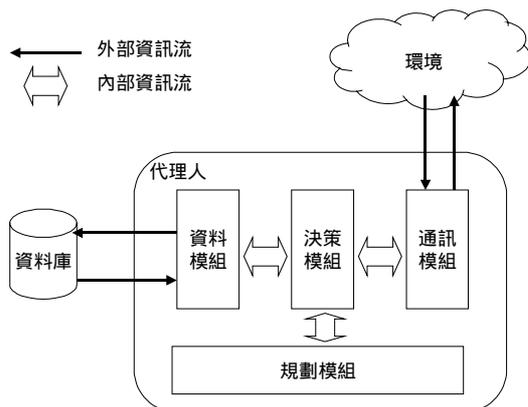


圖 11. 規劃中心代理人內部結構

「通訊模組」主要功能為當訊息進入通訊模組時，處理與其他代理人訊息交換的地方。「決策模組」為代理人的核心模組，根據訊息結構解讀通訊模組接收訊息的意義為何，並依據訊息之意義決定代理人所採取的行為。「規劃模組」為具有規劃中心的規劃能力，依照決策模組需求來進行整體生產規劃。

「資料模組」為代理人內部資料暫存區，當訊息由決策模組解讀後，先將訊息內容存於資料模組內，待代理人採取行動後，再將資料回饋至外部資料庫，而資料模組也是代理人與外部資料庫連結的媒介。

區域廠區代理人：連結規劃中心代理人與區域規生產劃系統，做為兩者之間資訊傳遞橋樑。來自規劃中心的訊息分為兩類：

- 規劃中心的資訊需求，彙整或修改生產規劃系

統資料提供規劃中心使用。如規劃中心提出產能資訊需求，區域廠區代理人需要根據需求彙整規劃系統資料回饋至規劃中心。

- 當收到規劃中心所發出的競標通知（訂單），規劃中心對於送出的訂單來評估本身廠區現有生產能力，並送出競標內容，與其他區域廠區代理人進行訂單競標與反競標過程。

區域廠區代理人主要任務為連結規劃中心代理人與區域生產規劃系統，形成一個整合性規劃環境。而區域廠區代理人目標為有效掌握生產單位資訊，並同時與區域規劃系統和規劃中心代理人協同合作。針對這些特性，為區域廠區代理人設計出三個功能模組，分別為通訊模組、決策模組與資料模組，如圖 12。

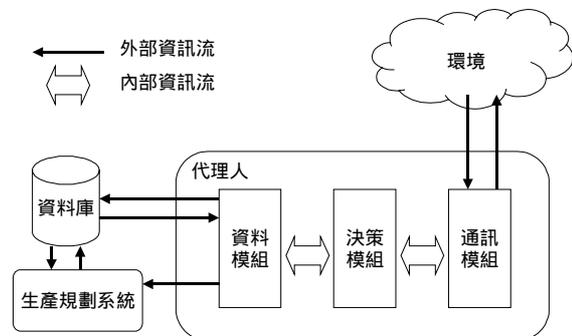


圖 12. 區域廠區代理人內部結構

「通訊模組」主要為接收與回應來自規劃中心的訊息。「決策模組」解讀所接收的訊息，並依此決定代理人的行為。「資料模組」則是代理人內部的資料暫存區。同時，資料模組也是代理人與外部資料庫和生產規劃系統連結的橋樑，代理人透過資料模組來存取外部資料庫資料，並傳遞規劃需求至規劃系統。

在區域生產規劃系統部分，利用先進規劃與排程系統（APS）來建立區域生產單位的生產規劃系統，藉著 APS 系統精確與成熟的生產規劃能力，來完成區域生產單位的詳細生產規劃。在 APS 系統部分本研究使用由 i2 Technologies Inc.發展的 Factory Planner。

根據 Factory Planner 系統架構與規劃邏輯，本研究將 Factory Planner 與代理人技術結合形成一個整合性生產系統。如圖 13 所示，區域廠區代理人為連結規劃中心代理人與 Factory Planner 系統之橋樑，且區域廠區代理人與 Factory Planner 共同使用一個外部資料庫（Data Set），藉著資料庫的更新與異動讀取廠區現況與規劃結果。而區域廠區代理人則利用 Factory Planner 內部功能之「Batch Client」述入訂單資訊並同時驅動 Factory Planner 規劃引擎，進行區域廠區的細部生產規劃。最後，規劃結果都會回

存至資料庫中，包含訂單規劃結果、產能使用情形與物料採購資訊。

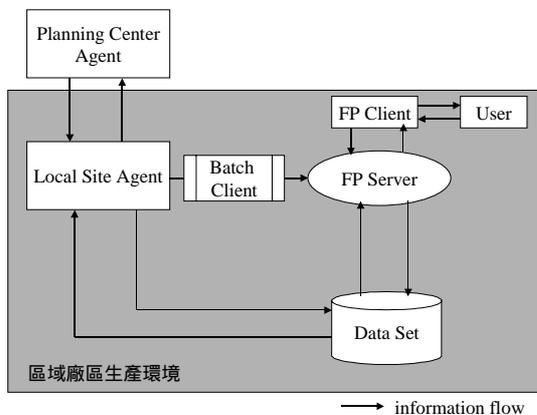


圖 13. 代理人結合 Factory Planner 示意圖

### 5. 結論與建議

本研究主要提出一個應用於供應鏈生產網路多階多廠區生產環境之訂單確認機制與合作協定，並以代理人技術結合先進規劃與排程系統建構一套適用多階多廠區環境的整合性生產規劃系統，且利用具有多階多廠區生產特性之產業進行驗證。而本研究特色歸納如下：

- 應用於供應鏈多階多廠區生產網路  
以規劃中心代理人做為供應鏈生產網路中各階企業營運實體，而區域廠區代理人則擔任各營運實體下獨立的生產單位，以形成供應鏈網路中多階多廠區生產環境。同時並探討供應鏈網路之廣度（width）與深度（depth）。
- 以代理人技術結合先進規劃與排程系統  
本研究不細部探討生產規劃演算法之研究，而是探討各生產單位實體間訊息鏈結與互動關係，以達成供應鏈生產網路中的協同規劃。在細部規劃與排程邏輯，利用既有並成熟的規劃系統來處理。最後再利用代理人結合既有生產規劃系統（APS），建構出整合性多階多廠區生產規劃系統。
- 分散式規劃  
由於生產網路中每一個生產單位都具生產與規劃上的獨立性，彼此間資料僅是有限度之透明化並不完整，且同時考量到在分散式規劃上資料必須具一致性，所以在訂單確認與協定設計上是採用伴隨協調的分散式規劃（distributed planning including coordination）。藉著階層式的分散規劃，以及藉著協調來調整上下階層間的不一致。  
對於後續研究的承接及延續上，對於未來研究的發展與建議，本研究提出兩點建議。一為針對企業間生產環境發展適用的協定機制，另一個則為往區域生產規劃發展。

協定方面的發展，提出以下幾點建議：

- 發展企業間協定，針對不同性質供應鏈網路與產業特性發展不同訂單確認機制與企業間協同合作協定。
- 發展企業內部協定，本研究中企業內部協定之訂單分配機制，是以 Contract Net Protocol 概念發展而成，此類之訂單分配方式，可由代理人間獲得一個合理解，並依據代理人規劃目標來運作，但卻無法評估訂單分配結果品質。那麼設計一組可評估結果品質之訂單分配機制可以為一個研究議題。
- 本研究之溝通機制，是以訊息型態（message-based）為主，在後續發展應該朝向以文件型態（document-based）為主。
- 在本研究協定機制中，可以達到上下游各規劃單位各自擁有生產目標，並利用循序式的多屬性單一目標決策（Multiple Attribute Decision Making, MADM）達到多生產目標（先考慮交期再考慮產能利用率）。但距離實際的多目標決策（Multiple Objective Decision Making, MODM）還有一段差距。未來可以藉著協定與多重代理人系統設計，發展出多生產目標決策機制。

### 參考文獻

1. 謝仲為，「先進規劃與排程系統應用於 TFT-LCD 產業之研究」，東海大學工業工程與經營資訊研究所，碩士論文，(2002)。
2. Arnold, J., H. M. Dudenhausen and H. Halmosi, "Production Planning and Control within Supply Chains," <http://www.nimblesite.com/xcittic/> (1997).
3. Bermudez, J. "Advanced Planning and scheduling Systems: Is It as Goods as It Sounds?" *Report on Supply Chain Management: Advanced Manufacturing Research*, (1998).
4. Bullinger, H. J., K. P. Faehrich and H. P. Laubscher, "Planning of multi-site production — an objected-oriented model," *International Journal of Production Economics*, **51**, 19-35, (1997).
5. Ferber, J., *Multi-Agent Systems – An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*, Addison-Wesley, 1999
6. Guinet, A., "Multi-site planning: A transshipment problem," *Int. J. Production Economics*, **74**, 21-32, (2001).
7. Lambert, D. M. and M. C. Cooper, "Issues in Supply Chain Management," *Industrial Marketing*

- Management, **29**, 65-83 (2000).
8. Lambert, D. M., M. C. Cooper, and J. D. Pagh, "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities," *International Journal of Logistics Management*, **19(2)**, 1-19, (1998).
  9. Lu, T. P. and Y. H. Yih, "An agent-based production control framework for multiple-line collaborative manufacturing," *International Journal of Production Research*, **39(10)**, 2155-2176, (2001).
  10. Peng, Y., T. Finin, Y. Labrou, B. Chu, J. Long, W. J. Tolone, and A. Boughannam, "A Multi-Agent System for Enterprise Integration," <http://www.csee.umbc.edu/~finin/papers/agile98.pdf>, (1998).
  11. Sauer J., "A Multi-Site Scheduling System," <http://www-is.informatik.uni-oldenburg.de/~sauer>, (1998).
  12. Sauer J., T. Freese, T. Teschke, "Towards Agent-Based Multi-Site Scheduling." Proceedings of the ECAI 2000 Workshop on New Results in Planning , (2000).
  13. Swaminathan, J. M., S. F. Smith, and N. M. Stadeh, "Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach," *Decision Sciences*, **29(3)**, 607-632, (1998).