

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

供應網絡之總體生產規劃—以專業電子代
工產業為例

研 究 生：黃貞翔

指 導 教 授：黃欽印 博士

陳武林 博士

中 華 民 國 一〇一 年 六 月

**Aggregate production for supply network - a case of
electronics manufacturing services industry**

By
Chen-Hsiang Huang

Advisor : Prof. Chin-Yin Huang
Prof. Wu-Lin Chen

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise
Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2012
Taichung, Taiwan

供應網絡之總體生產規劃-以專業電子代工產業為例

研究生：黃貞翔

指導教授：黃欽印 博士

陳武林 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

專業電子代工產業有低技術門檻、高勞工需求以及市場需求起伏大等特性，當市場景氣變化時，常會造成人力閒置或短缺的問題；過去研究較少探討人力策略且採用單期生產規劃模式，無法有效回應市場變化。因此，本研究提出符合專業電子代工產業的總體生產規劃模式，考慮物料供給限制、原物料採購價格、各廠區產能限制、生產及運輸前置時間等特性，並針對多期訂單的需求變化，提出相關人力增聘、解雇、訓練以及支援限制式，得以求出每期產品人力需求與各廠人力支援量，解決人力上的問題。

針對本研究數學模型的 NP-Complete 問題，採用分散式平行計算求解，並以比較各求解組合的上下界，建立加速求解的機制。實驗設計與結果分析分為兩部份，大小規模實驗均採用先旺季後淡季與先淡季後旺季需求水準，來模擬多期的訂單需求變化。首先為建立小規模模型，目的為驗證模型與平行計算的可行性；結果顯示平行計算的最佳解與單機全域最佳解相同，且平行計算僅花 10% 的單機求解時間就找到最佳解。其次則是設計大規模模型，目的為驗證模型與平行計算的實用性；結果顯示針對單機已求解 80 小時仍無法求得最佳解的模型，平行計算卻能在約 11 小時內求得近似最佳解。

本研究實驗結果顯示，總體生產規劃模型可以有效因應 EMS 產業需求多變的特性，降低產品製造成本；且採用分散式平行計算的方式相較於其他數學模型求解，可在較短的時間內達到較佳的人力與訂單配置。

關鍵字詞：多廠生產規劃、專業電子代工、總體規劃、平行計算、Java RMI

Aggregate production for supply network - a case of electronics manufacturing services industry

Student: Chen-Hsiang Huang

Advisor: Prof. Chin-Yin Huang

Prof. Wu-Lin Chen

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Owing to the characteristics of low technique threshold, high labor demand and huge fluctuation of market demand, the low efficiency of human resources allocation for the Electronics Manufacturing Service (EMS) industry is often induced with changing economic climate. Previous research rarely addressed the policy of human resources, and mostly developed production planning for only a single period. This causes the weakness of a low reaction to the variation of the market. Thus, our study proposes an aggregate production planning model as a better solution for EMS. Under satisfying the following conditions: material supply constraints, raw material prices, capacity limitation of each plant and the lead time of production and transportation into consideration, the model proposed contains many issues regarding human resource issues which includes labor hiring, discharge, training and cross-department labor transfer. We also develop a method to solve the model in order to figure out the accurate HR demand of every production period and the needed amount of backup HR.

Because the model proposed is the NP-Complete problem in this study, the distributed and parallel computing method is exploited. To speed up the convergence of the solving procedure, both the upper and lower bounds for each solution scheme are found. There are two parts of Design of Experiments (DOE) as well as results analysis: For each part of the experiments, the levels of demand are arranged in the order of “rush- off” or “off- rush” to simulate multi- periods order variation. First, a small scale model is built to clarify the accuracy of our model and the feasibility of our solving procedure (distributed and parallel computing). According to the results, both distributed and parallel computing and single-machine computing generate the same optimal solution, but the former takes only one-tenth of the time to obtain the solution compared to the latter. In the final part, we design a large scale model in order to illustrate the advantage and the feasibility of distributed and parallel computing. The results show that distributed and parallel computing can obtain the approximate optimal solution in 11 hours, while it takes more than 80 hours for single

machine computing.

As a conclusion of this research, aggregate production planning not only effectively responds to the high variation of demand for the EMS industry, but also decreases the production cost. In addition, compared to other methods in the literature, distributed and parallel computing can approximate the optimal HR and order allocation much faster.

**Keywords : Multi-plant Production Planning, Electronics Manufacturing Services,
Aggregate Production Planning, Parallel Computing, Java Remote Method
Invocation**

誌謝

一眨眼兩年就過去，不論是在課業上或是做人處事的態度，都讓我成長了許多。特別是在黃欽印老師以及陳武林老師用心指導下，每周的開會時，都會給我許多的啟發與收穫；經由不斷的腦力激盪與報告，同時也不斷的修正錯誤的觀念，一點一滴成為我未來成長的基石，使我更有系統的思考事情，我想這才是念研究所最重要的事情。

此篇論文的完成，主要感謝兩位老師的細心指導，還有歷屆學長姊所留下智慧結晶，使我可以站在巨人的肩膀上思考做研究。兩年的研究所生活中，承蒙多位系上老師以及振誠、光甫、詩彥、玠孝、容慈等學長姐的帶領及指教，還有思翰、芸甄、康硯等研究室夥伴們的互相討論及勉勵，柏棟、振鈺、乃菱及銘哲等學弟妹們所給予的幫助與支持，使我在研究的過程中能夠事半功倍。

最後特別要感謝我最愛的家人與女友姿儀，以及親愛的朋友們，大家一起經歷過無數個充滿歡笑與淚水的日子，如果沒有你們的關心與支持，就無法成就今天的我，謝謝你們。

謹將這份成果獻給所有幫助過我的貴人，有你們支持與鼓勵，才能完成此論文。

黃貞翔 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

製造執行系統研究室

中華民國一〇一年六月

目錄

摘要.....	II
ABSTRACT.....	III
誌謝.....	V
目錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	2
1.3 研究目的.....	3
第二章 文獻探討.....	4
2.1 EMS 產業.....	4
2.1.1 EMS 之定義與特性.....	4
2.1.2 EMS 之產業現況.....	5
2.2 供應網絡之相關研究.....	6
2.3 總體生產規劃.....	9
2.3.1 總體規劃之定義與特性.....	9
2.3.2 總體規劃之相關研究.....	10
2.3.3 總體規劃之決策變數.....	11
2.4 平行計算.....	13
2.4.1 平行計算架構.....	14
第三章 供應網絡生產規劃模式.....	22
3.1 供應網絡結構.....	22
3.2 供應網絡之數學模型.....	24
3.2.1 假設條件.....	24
3.2.2 變數與參數說明.....	25
3.2.3 圖形化說明供應網絡.....	26
3.2.4 數學模型目標式.....	27
3.3 分散式平行計算架構.....	33
3.3.1 平行化計算的演算法.....	33
3.3.2 循序程式的平行化.....	35
第四章 實驗與分析.....	42
4.1 實驗說明.....	42
4.1.1 實驗環境.....	42
4.1.2 實驗因子及參數設定.....	42
4.2 實驗分析.....	46
4.2.1 小規模數學模型的全域最佳解.....	46
4.2.2 小規模之平行計算的最佳規劃結果.....	48

4.2.3 小規模之平行計算與全域最佳解比較	50
4.2.4 大規模之平行計算的最佳規劃結果	52
4.2.5 大規模之平行計算與區域可行解比較	55
第五章 結論與未來發展方向	58
5.1 結論	58
5.2 未來發展方向	59
參考文獻	60

圖目錄

圖 2.1 全球及台灣之 GDP 成長率變化圖.....	5
圖 2.2 全球 OEM/ODM 產業之市場規模變化.....	5
圖 2.3 多種品項、多廠及多期之供應網絡圖.....	7
圖 2.4 共享式記憶體多處理器系統架構圖.....	15
圖 2.5 分散式記憶體多處理器系統架構.....	16
圖 2.6 採用 JAVA RMI 建構的分散式物件系統.....	18
圖 2.7 JAVA RMI 的運作架構.....	19
圖 2.8 基於 JAVA RMI 分散式物件系統的架構.....	20
圖 2.9 利用 SOCKET 傳送實數.....	20
圖 2.10 利用 JAVA RMI 傳送實數(呼叫方法).....	21
圖 3.1 EMS 產業供應網絡架構.....	22
圖 3.2 產品別.....	23
圖 3.3 供應網絡圖形定義.....	26
圖 3.4 LINGO 上界與下界的計算趨勢.....	34
圖 3.5 平行計算流程.....	36
圖 3.6 資料的平行處理.....	37
圖 3.7 伺服器端的計算流程.....	39
圖 3.8 節點端的計算流程.....	41
圖 4.1 多階多廠生產環境.....	42
圖 4.2 小規模高需求水準的全域最佳規劃結果.....	47
圖 4.3 小規模低需求水準的全域最佳規劃結果.....	48
圖 4.4 小規模高需求水準之處理器數目和計算時間的比較.....	50
圖 4.5 小規模低需求水準之處理器數目和計算時間的比較.....	51
圖 4.6 小規模之處理器數目和計算時間的比較.....	52
圖 4.7 大規模高需求水準的處理器數目和計算時間變化.....	53
圖 4.8 大規模低需求水準的處理器數目和計算時間變化.....	54
圖 4.9 大規模平行計算之處理器數目和計算時間的比較.....	55
圖 4.10 大規模高需求水準之全域規劃結果.....	56
圖 4.11 大規模低需求水準之全域規劃結果.....	56

表目錄

表 2.1 國內 EMS/ODM 廠商營收獲利概況.....	6
表 2.2 供應網絡生產規劃相關研究整理.....	9
表 2.3 自製與外購問題分類	12
表 3.1 本研究考量生產規劃之特性與限制.....	24
表 4.1 控制因子.....	43
表 4.2 數學模型之參數設定(小規模).....	44
表 4.3 數學模型之參數設定(大規模).....	45
表 4.4 環境因子組合表.....	49
表 4.5 小規模高需求計算結果.....	49
表 4.6 小規模低需求計算結果.....	49
表 4.7 小規模高需求水準之總淨利和計算時間的比較.....	50
表 4.8 小規模低需求水準之總淨利和計算時間的比較.....	51
表 4.9 大規模高需求環境組合結果.....	53
表 4.10 大規模低需求環境組合結果.....	54
表 4.11 大規模高需求水準之總淨利和計算時間的比較.....	57
表 4.12 大規模低需求水準之總淨利和計算時間的比較.....	57

第一章 緒論

1.1 研究背景

傳統代工廠是被動的依據客戶需求提供製造服務，由於服務內涵屬於較單純的組裝代工；因此競爭者較多且容易被替代，營運方式大多透過與品牌大廠進行合作，僅需將受委託代工的產品，準時交付給品牌業者即可，從出貨後、銷售至消費者之過程及隨後的售後服務等，全由委託製造之品牌業者自行負責。

以往品牌業者在銷售產品時，一手包辦了產品開發、生產製造、行銷配送乃至於售後服務的工作。後來在產業微利化的影響下，品牌業者開始將生產製造、售後維修及產品開發等工作外包(Outsourcing)，更要求將服務延伸至市場前線，利用當地市場的分公司，進行當地組裝、出貨與提供後勤服務；並將其接觸端延伸至配銷商、零售商及顧客，以達到專業分工及降低成本的目的。因此造就專業電子代工廠商（Electronics Manufacturing Services，EMS）快速成長，其核心競爭力和重要價值，就在於工廠遍布全球，透過投資廠房與雇用大量人力即可快速投入生產，但其所負擔的責任與風險因此而增加。

就 EMS 產業而言，其供應網絡結構可簡化為由供應商、製造廠及配銷中心所組成，即為“多階層”的環境，每階層都有超過一個以上的廠區，形成“多廠”的環境，而“多階層”及“多廠”的結合，便形成“供應網絡”的生產環境，而各供應網絡還可細分成不同區域顧客或產品別，如圖 1.1：

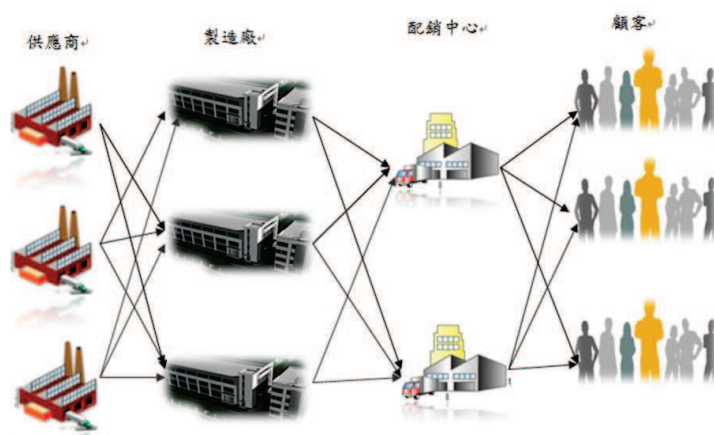


圖 1.1 EMS 產業供應網絡圖

在競爭白熱化與產業微利化現況下，EMS 產業為了爭取訂單求生存，紛紛在世界各地擴廠並大量雇用勞工來達到規模經濟，造成許多企業的生產模式紛紛從傳統的單廠生產模式，逐漸轉變成跨國多廠的生產模式。故在原料供應商、製造廠與配銷中心分散各地的情況下，需考量的因素與相依性越來越複雜，一個廠區的決策可能會影響整體供應網絡的劇烈變化。

由於生產規劃週期內各廠區的各项成本不盡相同，當顧客訂單需求變化大時，可能會產生大量的閒置人力或是產能不足的問題。因此如何在有限的規劃時間、供給數量、產能與人力決策下，分配多期訂單至各個廠區以達到最佳規劃結果，為生產規劃時所需考量的重點。

總結以上，EMS 產業進行供應網絡生產規劃時，須要考量到以下幾點：

- 1.淡旺季需求變化的人力規劃
- 2.多階多廠供應網絡生產環境
- 3.各階層的成本與供需限制
- 4.各階層的存貨、運輸及生產前置時間

1.2 研究動機

過去針對 NP-Complete 的供應網絡生產規劃問題，有許多學者提出不同的求解方法，但對於利用平行計算以達到最佳規劃結果的研究卻非常的稀少。

現行求解供應網絡問題的方法中，其解決方法多以模擬方法、數學模型以及啟發式演算法來解決相關問題，而這些方式可能會存在下列問題：

- 1.模擬為評估式模式，第一步先分析問題，其次提出模擬的假設與系統模型概念，最後為分析系統績效，根據各種不同的績效指標，來找出欲改善的指標，再針對其所重視指標進行改善，從中得到改善的方法與結論。優點為不干擾現場、較容易找出關鍵的問題點，但其缺點為耗時、昂貴、模擬結果為估計值難以驗證，得到的可能是局部最佳解，而不是整體最佳解。
- 2.採用數學模型求解時，規劃人員往往會根據本身重視的因素建構數學模型，如訂單或是廠區優先順序，但受限於時間，可考量的因子較少，只能針對局部性問題作求解，故所求的結果也不太可能是整體最佳解。

3.啟發式演算法是利用邏輯判斷法則，反覆進行演算來求出結果，優點在於運算時間比數學模式減少許多；而其缺點為所得結果不一定是最佳解，而且每一種啟發式演算法所適用的環境不盡相同。常見的啟發式演算法有蟻群演算法、模擬退火法（Simulated Annealing）、塔布搜尋法（Tabu Search）、基因演算法（Genetic Algorithms）等。

故本文探討以 EMS 產業在面對景氣波動的情況下，採用總體生產規劃的架構下，如何建構出有效分配訂單、運用各廠區資源與人力規劃，進行最有效率且利潤極大化的生產模式，提供生產規劃人員參考。

1.3 研究目的

基於研究背景與動機所述，過去的供應網絡問題較少考慮人力規劃與多期的問題，本研究將針對 EMS 產業進行分析，提出符合其供應網絡之總體規劃模式。總結而言，本研究主要目的如下：

- 1.針對 EMS 產業的特性，提出較佳的供應網絡之總體規劃數學模型。
- 2.求得較佳規劃結果：透過分散式平行計算的技術，可考量較周全的生產條件，結合數學模型與 LINGO 數理規劃軟體，可求得最佳規劃結果供規劃人員參考。
- 3.降低求解時間：透過精確的資料分割以及加速求解的機制，降低求解時間。

第二章 文獻探討

2.1 EMS 產業

以下將針對 EMS 產業進行介紹，分別就定義與特性以及產業現況說明。

2.1.1 EMS 之定義與特性

EMS 有超過一個以上的同義詞，從最初的 CM(Contract Manufacturing，簡稱 CM)中文譯稱為契約製造；又因此種業務型態普遍出現於電子產業而有 CEM(Contract Electronic Manufacturing；簡稱 CEM)的名稱，中文譯稱為電子產品契約製造。一直到為了將電子業的經營模式區隔出來並尋求專業形象而發展出 EMS(Electronics Manufacturing Service；簡稱 EMS)，中文譯稱為專業電子製造服務的名詞(林耿弘，2000)。

然而，俞玉敏(2001)認為 CEM 應該予以一般化的擴充，以「契約設備製造」(Contract Equipment Manufacturing)的新名詞表示，較能符合其專業契約代工的精神，強調的是全程之生產製造服務與產品管理，最後交予客戶為指定成品，可以讓客戶能專注其核心競爭力，集中在產品設計及行銷推廣的領域。

綜觀 CM、CEM、EMS 這些不同的名詞，其實都是指同一種業務型態。EMS 的運作模式是成為 EMS 顧客的虛擬工廠，協助買主生產部分組件或整體系統組裝；因此，可說是從事與買主所需產品之上游零組件生產、採購、成品組裝、運輸倉儲等與產品製造相關的所有製造與生產管理活動。

EMS 廠商的崛起，是由於提供製造外包之廠商，其製程技術及管理技能之提升，所能提供的服務增加；以及市場競逐之主要策略轉向為低價競爭、以及藉由低價位產品擴張市場規模，而尋求專業製造代工服務以降低產品成本、和專注於市場擴張。

2.1.2 EMS 之產業現況

由 IMF 報告指出，08 年全球受累於金融風暴，GDP 成長率快速下滑，使得 08 及 09 年成長率將分別降至 3.2%及-1.3%水準。展望未來，預估全球景氣可望於 2010 年起逐漸擺脫衰退，2010 年全球 GDP 成長率亦將回升至 1.9%。若要回復到金融風暴發生前穩定成長的水準，仍須等待到 2011 年以後。各國的 GDP 成長率如圖 2.1：

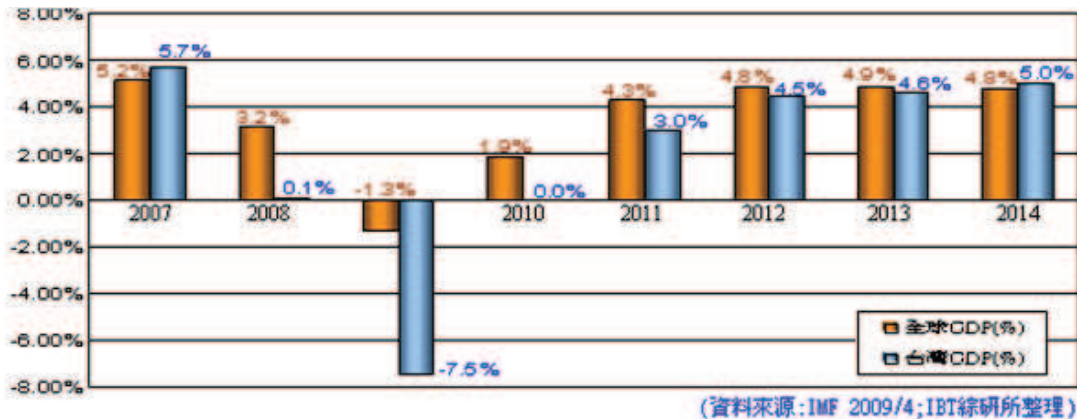


圖 2.1 全球及台灣之 GDP 成長率變化圖

此次金融風暴對於已處於代工釋出比率高的情況，EMS/ODM 產業雖然仍將於 2010 年隨景氣復甦而擺脫衰退，但展望未來，恐將揮別過去快速成長的年代。全球市場變化如圖 2.2：

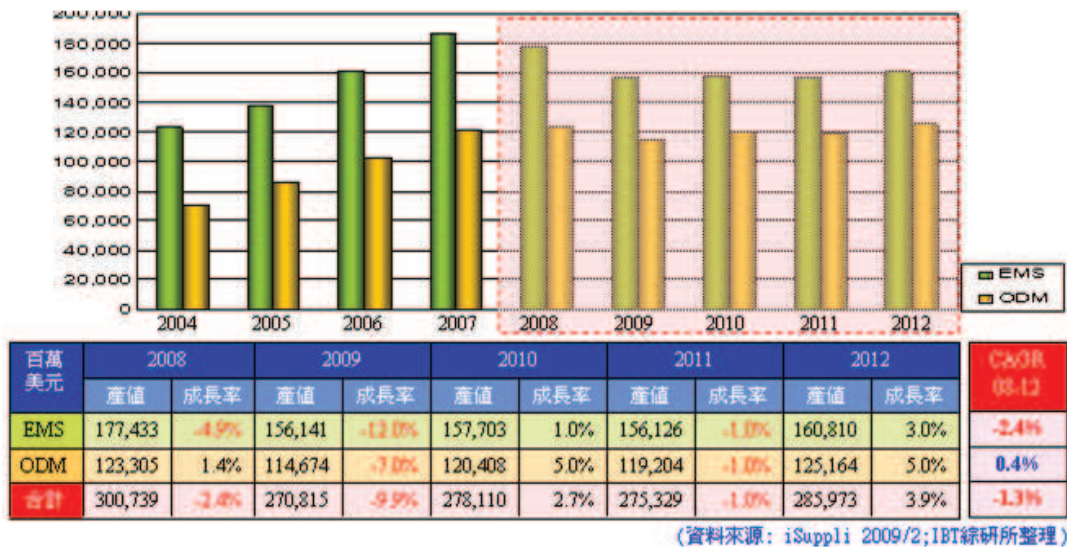


圖 2.2 全球 OEM/ODM 產業之市場規模變化

EMS/ODM 廠的競爭力在於規模經濟，營收規模小的廠商未來發展較具隱憂，在全球製造業微利化的趨勢下，EMS/ODM 廠商的毛利率普遍降低至 10%以下。營收規模較大的廠商，可透過許多策略來提昇競爭力，如聯合進料以降低材料成本、在地生產以壓低關稅壁壘、全球運籌以提昇各地工廠產能利用率等。目前國內 EMS/ODM 廠除鴻海外，其餘則以 NB 代工廠的營運情況較佳，如廣達、仁寶、華碩、緯創及英業達等，國內大廠營收如表 2.1：

表2.1 國內EMS/ODM廠商營收獲利概況

廠商 (營收:億元)	96 營收	96 毛利率	96 營益率	96 EPS	97 營收	97 毛利率	97 營益率	97 EPS
鴻海精密	17,027	9.8%	5.5%	10.4	19,505	8.8%	3.8%	7.32
廣達電腦	7,774	5.2%	2.5%	5.14	8,187	5.5%	2.6%	5.29
華碩電腦	7,554	9.9%	3.8%	6.33	6,676	12.4%	2.8%	3.54
仁寶電腦	4,983	6.3%	4.0%	3.27	4,787	6.9%	3.6%	2.96
緯創資通	2,868	6.4%	2.8%	4.39	4,451	5.6%	1.9%	4.15
英業達	2,623	4.8%	1.2%	2.20	3,792	3.6%	0.7%	2.05
光寶科技	2,619	12.4%	4.0%	3.36	2,307	13.6%	2.7%	2.00
佳世達科技	1,674	9.3%	-2.3%	2.84	1,695	7.6%	-1.8%	-1.70
微星科技	962	10.6%	3.2%	2.88	1,019	11.0%	2.3%	1.80
環隆電氣	651	10.7%	3.5%	1.80	648	9.8%	2.2%	0.32
神達電腦	902	15.9%	5.4%	3.60	644	12.0%	-1.3%	0.25
雅新實業	179	-5.5%	-21.6%	-2.39	4	-20.8%	-127%	-7.91

(資料來源:各公司財報;IBT綜研所整理)

EMS 廠商目前朝向知識管理邁進，追求成為客戶的虛擬工廠，除了品牌與行銷業務外，還可以提供高附加價值的系統化服務；這樣的營運模式可讓品牌業者與代工業者發揮所長，各司其職，兩者的合作可將資源有效運用且互蒙其利。

2.2 供應網絡之相關研究

近年來，有許多的研究使用不同的方法(包含線性規劃、模擬、代理人或啟發式演算法等)解決供應網絡生產規劃之訂單分配問題，整理的供應網絡文獻如下：

Arntzen et al.(1995) 提出利用混合整數線性規劃法建構全球供應網絡模式；此模式為多產品、多階層級及多期，整合製造廠與配銷中心之規劃，目標在求解生產、運輸與存貨等最小成本。

Jayaraman and Pirkul(2001)探討多階層供應網絡生產模式，並考量工廠及零售商的產能限制提出混合整數線性規劃及運用拉式鬆弛法(Lagrangian Relaxation)為基礎的啟發式演算法來解決供應網絡多廠生產的問題。

Wu(2004)提出以有向圖形建立供應網絡環境，表達多種品項、多廠及多期等因素，如圖 2.3 所示，將不同的廠區、不同的品項及不同的期數都區分為不同的節點，考量多品項於多階多廠環境，利用拉式鬆弛法進行生產規劃，以滿足各時期的需求節點(D)，然而，此研究並未考量運輸前置時間及原物料供給限制。

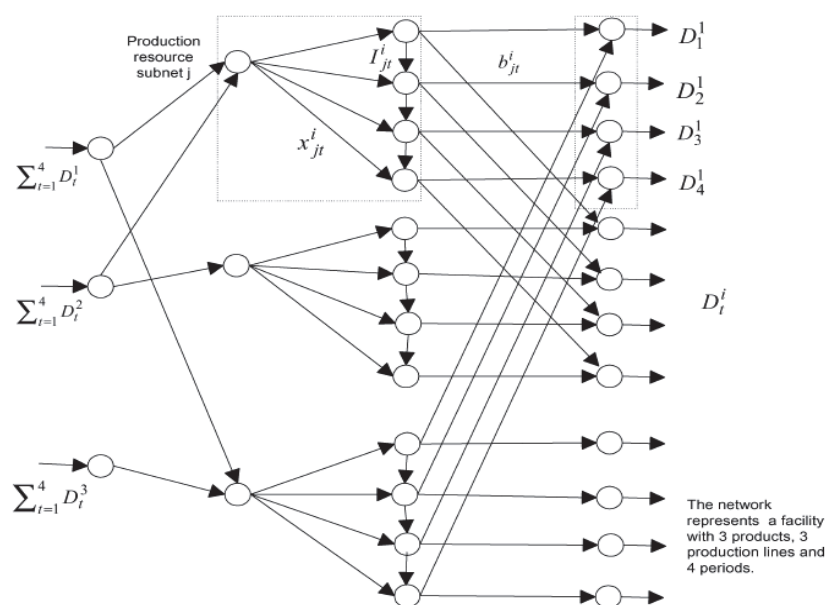


圖 2.3 多種品項、多廠及多期之供應網絡圖 (Wu,2004)

Wu(2004)更進一步證明，即使為單一品項、多廠、多期、無限產能且無運輸成本的供應網絡生產規劃問題下，將會是個 NP-Complete 的問題；因此，作者進而提出可利用最短路徑法 (Shortest Path Algorithm)，搜尋成本最低的路線，便能有效解決此模式的問題。以 EMS 產業之供應網絡生產規劃而言，屬於多階多廠、多品項及多期之環境，並且需考量產能及生產/運輸前置時間，相較於 Wu(2004)學者所研究的供應網絡問題要複雜許多，故亦屬於 NP-Complete 的問題。

Yeh(2005)提出了混合整數線性模型，並且結合貪婪策略(Greedy method)和區域搜尋法(Local Search method)求解，此研究考量多階多廠生產環境訂單分配問題，但並未考量作業的前置時間。Yeh(2006)再次提出以結

合基因演算法、貪婪啟發式和區域搜尋法的彌集演算法(Memetic algorithm, MA)，解決多階多廠生產環境訂單分配問題，但作業的前置時間依然沒有考量到。

Lim et al.(2006)提出全面性考量的供應網絡數學模型，並以模擬的方式解決多階多廠訂單分配的問題。

Chern et al.(2007)利用有向圖形描繪供應網絡環境，提出一多目標主排程演算法(Multi-objective Master Planning Algorithm, MOMPA)，在多種品項之基礎下，解決供應網絡主排程問題，然而，此研究以逐筆訂單滿足的方式，進行訂單分配，無法達到整體最佳解。

Aliev et al.(2007)利用模糊規劃(Fuzzy Programming)來建立數學模型，並且結合基因演算法來尋求最佳解。Lin and Chen(2007)利用混整數規劃方法，提出一多階多廠訂單分配模式，但此研究並未考量原物料供給限制。

Kanyalkar and Adil(2010)提出一線性規劃模式，考量多種品項於多階多廠生產環境，解決訂單分配問題。

葉斯暢(2010)提出利用分散式平行計算方法應用於供應網絡網絡規劃，平行計算結果可明顯降低運算時間，後續又有林詩彥(2011)以製造廠為中心進行分散式平行計算，提出供應網絡生產規劃模型。

總體而言，上述相關研究都各自提出其求解的方法，但較少考慮到人力規劃，整理文獻如表 2.2。特別在求解 NP-Complete 的問題時，求解時間會隨著模型規模呈現指數的上升；因此在一定的時間內，採用數理規劃求解只可求得近似解。

EMS 產業在市場景氣變化時，常會造成人力閒置或短缺的問題；故本研究針對其產業特性提出總體生產規劃模式，解決多期的人力規劃問題。考量人力的總體生產規劃在求解難度上，又比以往的未考慮人力的生產規劃更難在一定時間內求得最佳解；因此本研究透過分散式平行計算的技術，來克服求解時間的難題。

表2.2 供應網絡生產規劃相關研究整理

文獻	求解工具	規劃範圍	規劃特性			
			物料供給 限制	訂單 交期	產能 限制	運輸 前置 時間
Jayaraman et al.(2001)	混整數線性 規劃	多階多廠	✓		✓	
Yeh(2006)	啟發式演算法	多階多廠	✓		✓	
Lin & Chen(2007)	混整數線性 規劃	多階多廠		✓	✓	✓
Kanyalkar & Adil (2010)	線性規劃	多階多廠		✓	✓	✓
葉斯暢(2010)	非線性整數 規劃+分配式 平行計算	多階多廠	✓	✓	✓	✓
林詩彥(2011)	非線性整數 規劃+分配式平 行計算	多階多廠	✓	✓	✓	✓

2.3 總體生產規劃

以下將針對總體規劃之定義與特性、相關研究以及決策變數等部分進行說明。

2.3.1 總體規劃之定義與特性

Liang(2007)定義總體生產規劃(Aggregate production planning)是一種針對中期事前規劃的模型，時間為2至18個月左右，目標著重在於市場需求變化下，對各種的產品制訂生產方針，常見考量的因素如：正常和加班生

產、外包、存貨、缺貨水準和人力調度等；因此，總體生產規劃可視為生產作業管理中最重要之依據之一，影響企業產銷和競爭力之重要決策活動。

2.3.2 總體規劃之相關研究

根據文獻將總體生產規劃研究整理為以下五大類：參數生產規劃、管理係數法、搜尋決策法則、線性決策準則及運輸法，以下將介紹此五點常見之總體生產規劃求解方法。

1. 參數生產規劃

Jones(1967)所提出之參數生產規劃為一種啟發式求解方法，首先評估實際情況後，藉由參數在勞動力和生產設定回饋準則，利用電腦模擬結果求解出近似值，可視為一種幫助管理者制定符合經濟環境之決策之工具，而非特定之公式。

2. 管理係數法

Bowman(1963)提出架構之生產規劃分析，由管理者根據實務經驗策來建立系統準則，再利用多元迴歸分析做決策上調整，作者認為此模型所產生之係數比傳統分析產生之係數更能符合實際需求狀況，是一種可因應環境變化而快速修正決策之模型。

3. 搜尋決策準則

Taubert(1968)所提出之總體生產規劃模型，相較於共軛梯度法(conjugate gradient search)和參數衡量法(variable metric search)，模式搜尋法(pattern search)最適合應用在總體生產規劃模型，不但研究之範圍更加廣泛，更消除以往成本為線性二次函數之假設，將產能和加班狀況納入限制條件內，加上外包決策可供管理者運用，可解決更複雜之生產和人力規劃問題，但由於決策變數增加，比起線性決策準則所耗費之時間和成本也更多。

4. 線性決策準則

最早由 Holt et al.(1955)所提出之總體生產規劃求解模型，假設當銷售量和市場價格為可掌握之參數，各相關成本為二次函數，加總所有成本後採用微分法，可求得最小總成本之決策法則。在此，所謂之相關成本包含了正常薪資、雇用及解雇成本、加班成本和存貨成本，由於關鍵因子間彼此具有複雜之交互關係，藉由成本控管之觀點，考慮一段週期內生產、增

解雇人力、存貨等問題，提供生產管理者做出最佳規劃決策。

5.運輸法

運輸方法為 Bowman(1956)所提出，是一種特殊線性規劃問題求解，保留較傳統線性規劃中方便計算的優點外，同時可從單產品發展至多種產品規劃，對於產品需求的波動可做調整，但是此方法限制的假設很多，如成本為線性、產能為同質性、需求為穩態，對於實際應用上稍嫌不足。

前三種方法屬於啟發式演算法，可供決策者彈性運用，並更貼近外在環境變化，但所求的解為近似解；後兩種方法屬於數理規劃，結果為最佳解，但研究假設相當多如成本和生產函數為線性，無法有效滿足多變的環境，兩種類型的方法有其優劣之處，依決策者的需求而用。

2.3.3 總體規劃之決策變數

依據上述文獻總結，總體生產規劃並不只考量企業所能製造的產品數量，管理者可藉由改變部分關鍵因素，達到彈性運用生產資源以達成企業追求目標，以下將對這些決策變數加以討論介紹：

1.外包

Holcomb and Hitt(2007)認為外包決策是以資源利用觀點與交易成本為基礎，當供應商提供價格更具競爭力、顧客訂單超過企業所提供的數量，或商品無法滿足市場多元化的需求時，許多企業便轉由委外生產；因此，外包視為降低成本、提升企業核心競爭力與增加對環境應變能力的一種管理模式。

外包決策可與自製外購相互對應，過去有許多學者指出自製與外購所扮演的重要角色，一般而言，可以區分為成本和非成本因素觀點，成本觀點可視為定量分析，在滿足客戶需求的前提下，選擇總成本最小的方式；而非成本觀點則視為定性分析，注重在利潤以外的關鍵因子如：品質、售後服務、投資風險、和企業核心競爭力等，定性分析通常用在有定量分析的前提下，定量分析可使外包決策更具有合理的依據，兩者相輔相成，管理者可針對決策環境狀況做出較佳的總體目標。

Padillo and Diaby(1999)將自製與外購問題分為六個領域：(1)企業組織、(2)商業策略、(3)採購或供應管理、(4)策略管理、(5)作業研究、(6)成本會計與管理經濟，由表 2.3 可比較出個別差異。

表2.3 自製與外購問題分類 (Padillo and Diaby, 1999)

領域	術語	觀點	考慮要素	完整方法	數量模型	範例
企業組織	垂直整合	組織現象研究	代理人行為、市場動態、交易成本、外包關係形態、外包風險	否	否	Williamson(1981), Ellram(1991), Walker(1988), Brynjolfsson et al.(1994)
商業策略	垂直整合	策略規劃 競爭優勢	產業發展階段、產業架構、公司商業策略目標	否	否	Harrigan(1985), Porter(1980), Buzzell(1983)
採購或供應管理	內製與外購 外包	供應網絡管理內所有的內製或外購	成本/作業基礎	否	是	Cammish and Keough(1991), Dobler et al.(1984), Dale and Cunningham(1983)
策略管理	垂直整合演變至今 為策略外包或策略 內製或外購	製造、行動策略、核心競爭力 和技術管理	技術競爭定位、技術成熟度、技術對競爭優勢的重要性、成本、外包關係與風險	是	否	Ford and Farmer(1986), Venkatesan(1992), Probert et al.(1993), Welch and Nayak(1992), Grover and Teng(1993)
作業研究	內製或外購	經濟分析	成本/作業基礎	否	是	Gambino(1980), Tucker(1980), Yoon and Naadimuthu(1994)
成本會計與管理經濟	內製或外購 外包	產能擴充、生產規劃和單元式製造設計的內製或外購選擇	成本/作業基礎	否	是	Roe(1972), Erlenkotter(1997), Uyar and Schoenfeld(1973), Lee and Zipkin(1989), Shafer et al.(1992)

2.存貨

生產規劃模型的存貨代表前幾期所生產的產品在其他時期售出，但客戶需求難以有效預測，故會採特定水準的存貨量，不但在銷售上擁有較大的彈性，更可讓存貨成本和缺貨造成的損失降到最低，因此，存貨管理可視為一項重要的營運目標。對一般企業而言，存貨成本的多寡嚴重影響企業的營收，而存貨管理的模型至今也發展出各種假設與學說，如當庫存不足產生缺貨時，是否允許缺貨後補等方式。

3.人力資源

現今企業想要永續生存，人力資源為企業需謹慎投資的要素，在企業體中扮演關鍵角色。以往傳統生產模型，行使雇用或解雇工人決策時，可能會造成許多成本如招募成本、新手訓練成本及資遣費等，故企業會偏好一定水準的人員雇用率，採用較高的加班費用，藉此提高產能來解決供給不足的問題；但長期下來容易造成員工生產力下滑、品質低劣、工安意外與離職率增高等；因此，完善的人員規劃決策，對於總體生產規劃有極大的影響。

過去更有許多學者將此擴充於其他規劃問題，如：Mazzola et al.(1998)將學習曲線的影響，透過成本函數加入整體生產規劃中。Barbarosoglu(2000)強調和供應商之間建立合約，成為長期供應網絡伙伴，建立價格和生產決策之模型。Porkka et al.(2003)認為整備時間過長造成產能瓶頸，在生產期間內應納入成本內作為考量。Kanyalkar and Adil(2007)提出一完整模型，把生產計畫、採購計畫和分配計畫在同一目標函數中運算，改善多供應商和多廠製造的混合問題。

2.4 平行計算

面對現今越來越複雜的問題下，以往的單一處理器可能無法滿足計算的需求，為了更有效率的解決科學、工程等各方面的需求，所以開始有了叢集電腦的產生。叢集電腦藉由中介軟體來連結多部電腦，可發揮以下三大特性：高效能、高可靠度以及簡易操作；而透過叢集電腦的概念，利用平行化的技術，解決需要每台電腦裝置中介軟體的困擾，並可以大幅降低求解所需時間，產生單一處理器無法獲得的效果，本節將對平行算架構及

Java RMI 作介紹。

2.4.1 平行計算架構

Flynn(1972)在早期的文獻提出計算機系統結構的分類法，Hwang and Briggs(1984)也提出早期平行處理計算機的論述，Bell(1992)亦介紹了多處理器的分類法，使得平行計算和處理開始被廣泛討論。而在平行處理的趨勢發展以及 Message-Passing System 的成功下，MPI(Message Passing Interface)會議 1992 年召開，目的是制定標準的訊息傳輸規格，以提供在叢集電腦上進行分散式平行計算的程式規格。

Hwang and Xu(1998)進一步提出「Phase Parallel Model, PPM」將平行計算分成三個階段，包括 Parallelism Phase、Computation Phase 和 Commutation Phase 三個部分。以下針對此三階段做簡短敘述：

- 1.Parallelism Phase：此階段主要功能是在做前置處理，將欲求解之問題切割成許多部分，並且分散到各個處理器上。
- 2.Computation Phase：此階段為主要計算過程，透過前階層將問題分割成許多部分分散至多台處理器上進行運算。
- 3.Commutation Phase：此階層為主要計算過程中進行資料交換、處理資料同步以及資料整合的部分。

綜合上述，作者指出應降低第一階層以及第三階的出現的頻率以及時間，為了使整體的計算效果達到最好，所以應盡可能降低非運算階層的時間。

平行處理有兩種應用層面：

- (1)多個處理器去分別執行不同的工作，不同的工作可以丟給不同的處理器去執行，讓多功執行效率提高，這樣的電腦又可稱為 Open Mosix。
- (2)多個處理器去執行一個工作，這就是所謂的平行計算，透過多個處理器來分擔工作，降低解決問題所花費的時間；不過也因為這個狀況是將一個程序讓多個處理器去執行，因此必須將程式改寫成可支援平行化的功能。

Wilkinson and Allen (1999)將目前的平行電腦依記憶體的配置分為兩大類：

- 1.共享式記憶體平行電腦(Shared memory multi-process system)

2.分散式記憶體平行電腦(Distributed memory multi-process system)

共享式記憶體就是一台電腦中有多個處理器，而他們都共用一個記憶體，所有的處理器都可以存取記憶體的任何位置；比如 SGI Origin 2000 或是 Sun HPC servers 都是共享式記憶體架構的電腦，這又稱為對稱式處理器 (Symmetric Multiprocessor, SMP) 系統。

其作業系統的核心會動態分配工作至各處理器，進而平衡各處理器之間的負載，無論是循序程式或是平行程式都可以同時執行；只要實際的記憶體足夠，所有執行中的程式都可以得到它們所需要的記憶體。所以在過多處理器執行時，龐大記憶體需求會成為共享式記憶體平行電腦的瓶頸；共享式記憶體多處理器系統的架構如圖 2.4 所示：

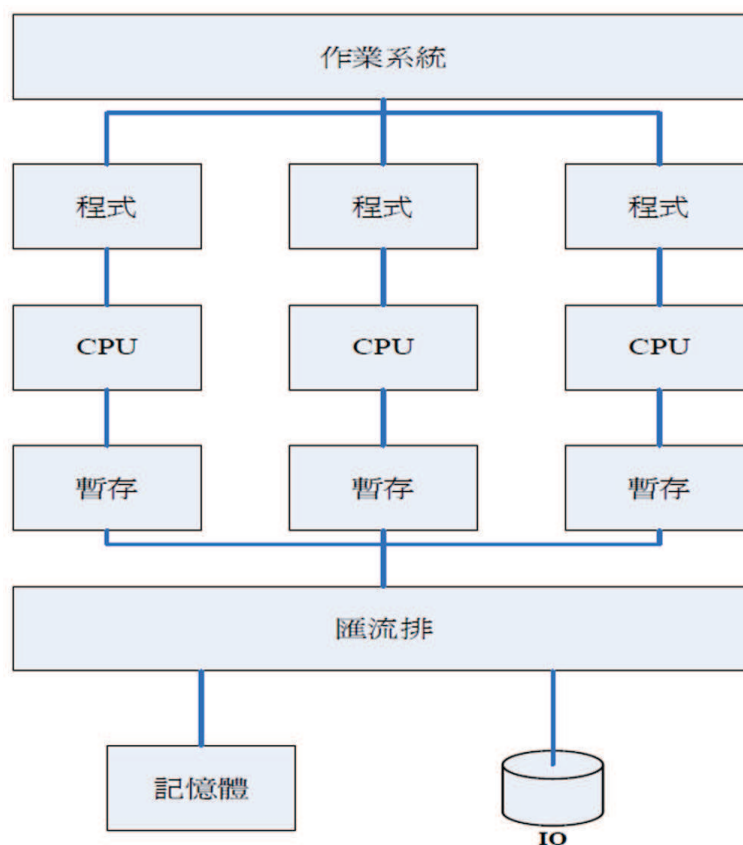


圖 2.4 共享式記憶體多處理器系統架構圖 (林詩彥，2011)

分散式記憶體平行電腦系統為每一個處理器都有各自的記憶體和系統，也就是由多個獨立電腦所組成的集合體，當使用者需要存取其他處理器的資料時，必須透過訊息傳遞介面網路(Message Passing Interconnection Network)，此介面網路並非一定是實體之線路，另外它也無法自動完成處理器之間的負載平衡，通常訊息傳遞的機制是利用中介軟體來達成，如常

見的 PVM(Parallel Virtual Machine)或 MPI。

由於此類電腦利用介面網路作為傳輸介面，所以不會因為硬體限制其平行處理器的數目，所以此類電腦又稱為大量平行系統(Massive Parallel Processors, MPP)，分散式記憶體多處理器系統的架構如圖 2.5 所示。而分散式記憶體架構的電腦又可以分成兩類：

- 1.商用分散記憶體平行電腦：像是 IBM SP2、Cray T3E。
- 2.將個人電腦或工作站藉由網路串連而成的叢集電腦系統：例如以 Linux 作業系統搭配個人電腦的 Beowulf cluster。

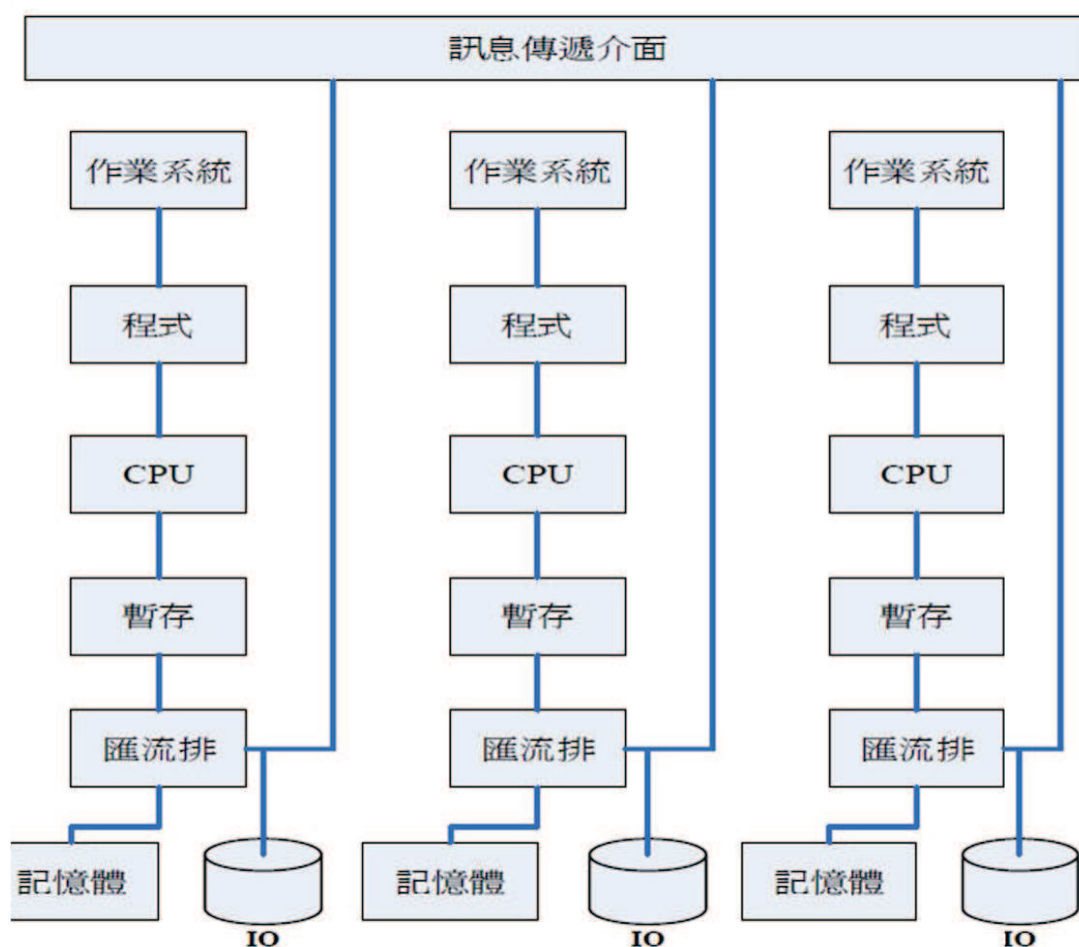


圖 2.5 分散式記憶體多處理器系統架構 (林詩彥，2011)

個人叢集電腦系統一般都屬於分散式記憶體平行電腦系統，各項工作指令是透用網際網路連結在一起，比如訊息傳遞和資料處理。在訊息傳遞模式中，一個平行程序可拆解成多個子平行之任務，來提高工作的效率；各平行任務間數據的交換是透過呼叫訊息交換的語法來完成，常見的訊息傳遞模式有兩個，即為 PVM 和 MPI。

PVM 是由美國 Tennessee 大學、Oak Ridge 國家實驗室等研製的平行程式開發環境；它可以把不同環境下的電腦組織成一個易於管理、可擴展及易編譯使用的平行計算系統。PVM 的成功導致 MPI 的出現，PVM 與 MPI 所提供的功能大致相同，只是兩者重點方向略有不同，幾乎所有平行計算系統都支援 PVM 和 MPI；PVM 特色在異質環境下的可攜性和互操作性，程式間可以互相通信，且支援動態的資源管理和容錯；MPI 則是更強調性能，不同的 MPI 間缺乏互操作性，本身也不支持容錯(可透過專門的容錯軟體來支援)。就一般而言，PVM 比較適合異質性的叢集系統，而 MPI 因有較高的通訊效能，比較適合於開發在同質性的系統。

在現今程式語言蓬勃發展下，大部分的程式語言都可以寫出一個透過網際網路連線的系統，而此系統通常都採用 Client/Server 的架構，伺服器負責向跟它提出請求的客戶端提供服務，因此需要存在著一種機制來建構、維護和擴充系統。

目前來說，為了解決上述的問題，「分散式物件」技術變得越來越重要，此方式是處理 Client/Server 兩端物件之間的關係，將單一的 Client/Server 系統切割成許多單一且易於管理的物件，讓分散環境中不同地方的物件能像在同一台電腦中相互通訊，如此可以建立更有彈性的 Client/Server 系統。由於物件是在網路上分散執行的，因此，這樣的系統稱為分散式系統。

主從架構發展的趨勢為分散式物件技術，常被使用的技術如 Java 中的 RMI 機制、由 OMG(Object Management Group)所制定的 CORBA 規格和微軟所制定的 DCOM 架構與網路服務(Web Service)等，以下將針對本研究所採用的 Java RMI 做詳細的介紹。

2.4.2 Java RMI

許良政(2008)說明 Java RMI 是 Java 語言中的遠端程序呼叫(Remote Procedure Call, RPC)機制，Client/Server 可以分散於不同電腦，各物件之間經由網路來進行資料交換的一種資料結構。Java RMI 可使在不同機器上執行的各 Java 物件之間能像在同一台機器上執行一樣進行通訊；再採用 Java RMI 的分散式物件系統中，執行於不同的 Java 虛擬機器(Java VM)上的 Java 物件之間可以自由的進行資料交換，如圖 2.6 所示：

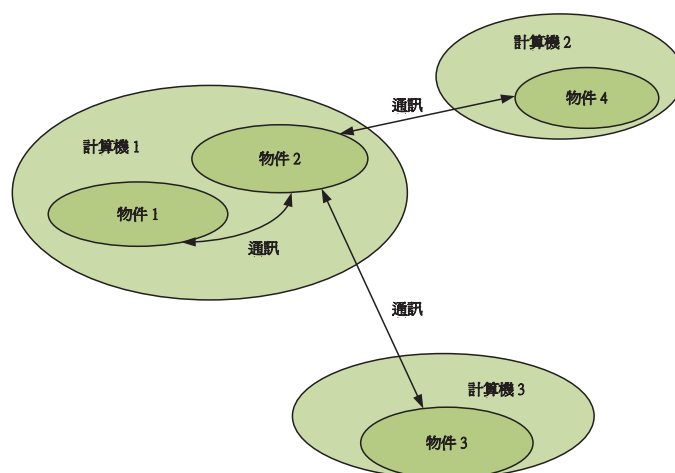


圖 2.6 採用 Java RMI 建構的分散式物件系統 (葉斯暢，2010)

郭尚君(2008)指出 Java RMI 跟以往呼叫遠端呼叫程序技術的基本觀念相同，但 Java RMI 能夠將執行於遠端電腦的程式視為遠端物件(Remote object)，因此，更能符合物件導向觀念。應用上，可以將需要大量運算的程式封裝為遠端物件的方法，然後置於運作效能較佳的伺服器上，透過 Java RMI 呼叫，並取得執行結果。Java RMI 的運作架構如圖 2.7 所示。

顏春煌(2008)指出遠端程序呼叫式開發網際網路應用成是常用的方法，主要是因為使用 socket 介面撰寫網路應用程是時常需考慮各種通訊的細節，例如資料行是與結構的轉換、連線的管理等。假如我們能將這些細節簡化，則程式設計者可以把時間轉移到應用系統的需求上，這才是使用者最關心的。遠端程序呼叫的基本原理，是把網路的通訊看成是程式中的程序(procedure)，當程式需要遠端程序提供某種服務或接受訊息時，直接呼叫一個程序，而這個程序有相對應的遠端程序，可以在呼叫後於遠端的電腦上被執行。

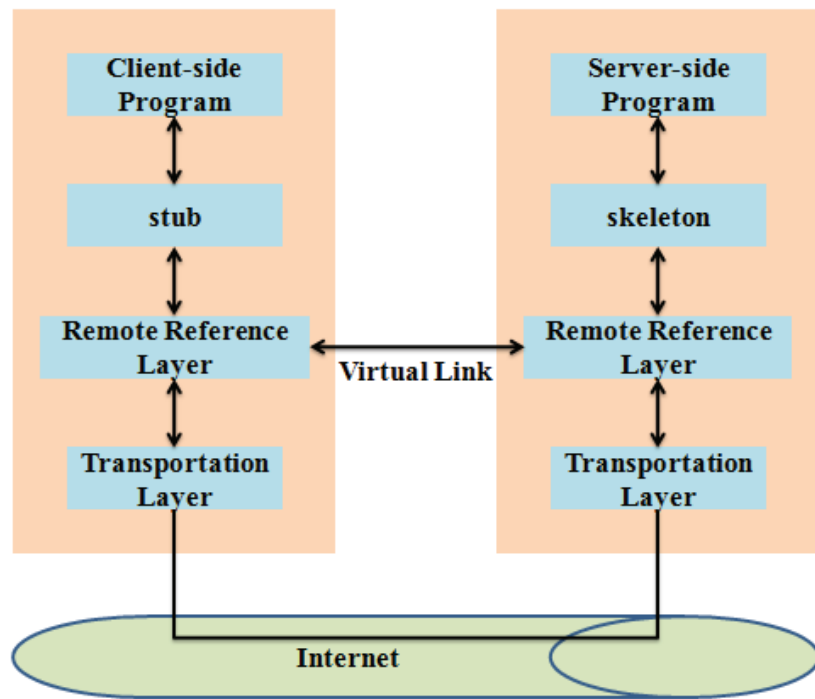


圖 2.7 Java RMI 的運作架構 (葉斯暢，2010)

Java RMI 的主要運作核心為 stub 和 skeleton 程式，當客戶端程式呼叫遠端物件的方法時，stub 將封裝傳入方法的參數，然後透過網路傳輸給伺服器端，然後由 skeleton 程式拆解參數，呼叫物件的方法；完成執行後，再封裝回傳值，並送回客戶端，由 stub 程式拆解回傳值。因此，程式設計師並不需要處理連接伺服器端、傳遞資料與處理等瑣碎工作，只需要專注於程式邏輯的開發。

在客戶端程式內，將以介面參考引用遠端物件，這個參考將連接至本機的(客戶端)的 stub 程式，由該程式處理網路通訊的相關問題；因此，客戶端必須取得遠端物件所時做的介面。

圖 2.8 顯示以 Java RMI 為基礎的分散式物件系統之架構，在應用 Java RMI 建構系統時，程式設計師要是先對客戶端和伺服器端進行分工，接著在 Java RMI 中以下面的三種功能支援分散式物件程式設計：

- 1.遠端物件的配置：應用 Java RMI 進行分散式物件設計時，物件時計分散在網路上甚麼位置是由 RMI 系來管理的，因此，應用程式需要向 RMI 登陸物件所存放的位置。在 RMI 中，經由 RMI Registry(RMI 命名註冊器)結構，為程式的執行提供必要且與物件配置相關的訊息。
- 2.遠端物件之間的通訊：應用 RMI 時，不必刻意區分使用應用程式內部的

物件和網路上其他不同計算機的物件。因此，RMI 要代理應用程式進行詳細的網路處理工作。

3.物件自身的互動：在 Java RMI 中，不僅是對資料，同時也是針對物件的位元組碼提供了在分散式系統內部的互動方式。

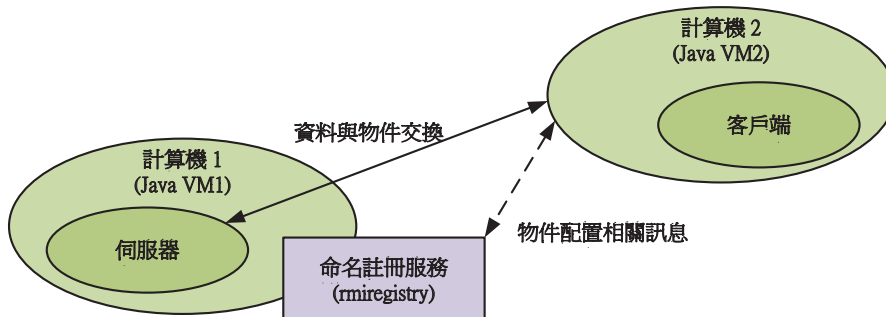


圖 2.8 基於 Java RMI 分散式物件系統的架構 (葉斯暢，2010)

使用 Java RMI 於物件導向的分散式系統中時，網路通訊的細節會被隱藏。換句話說，與使用 socket 進行通訊的情況相較，使用 Java RMI 不必詳細描述網路細節，故可以進行較高層次的抽象程式設計。當然在分散式物件系統中，仍可以採用 socket 進行通訊。但是採用 socket 進行通訊時需要準備許多與網路使用相關的工作，而且 socket 通訊的基本原則是每次只能發送一個字元。因此，當需要傳送整數、實數或要傳送具有一定結構的資料時，須要將這些資料調整轉換成以字元為單位的形式，如圖 2.9 所示。

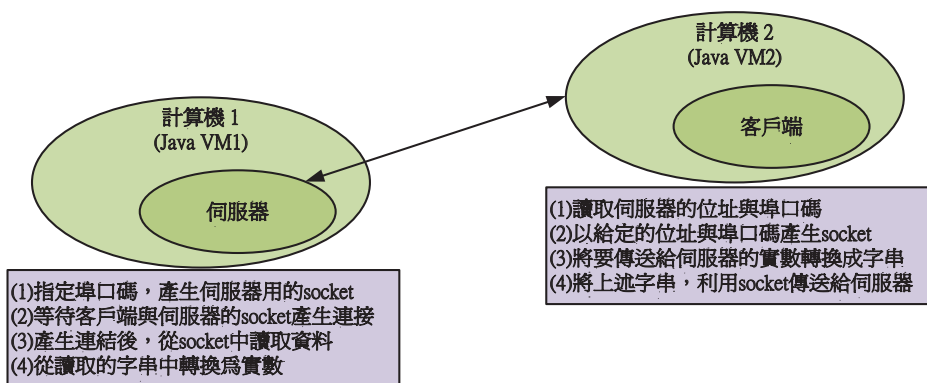


圖 2.9 利用 socket 傳送實數

在上述的過程中不僅要處理網路位址及埠口碼等網路的詳細訊息，還必須在 Java 程式終將使用的資料型態由實數轉換為字串，同時還包含字串的反轉。如果在客戶端與伺服器間利用 Java RMI，則傳送實數時的處理如下。首先，在伺服器端除了要啟動伺服器類別外，只要先執行 RMI Registry，就可以提供伺服器的功能。客戶端的處理程序也很簡單，如果指定它使用

RMI Registry，只要以呼叫伺服器端的方法就可以利用伺服器所提供的服務，如圖 2.10 所示。

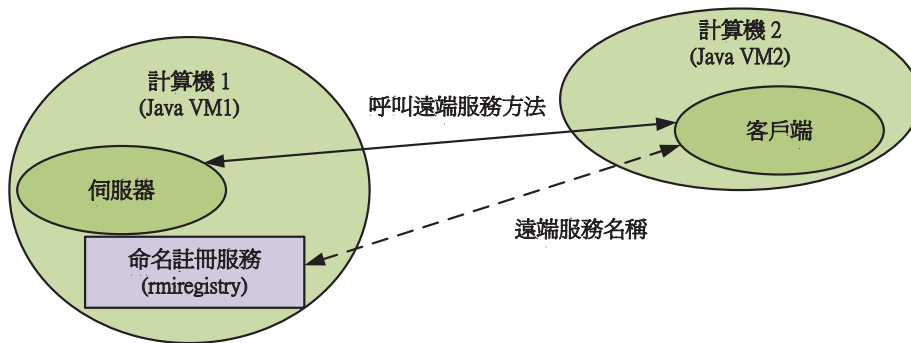


圖 2.10 利用 Java RMI 傳送實數(呼叫方法)

第三章 供應網絡生產規劃模式

3.1 供應網絡結構

EMS 產業之供應網絡生產規劃主要分為三個階層，如圖 3.1 所示。第一階層為供應商供給原物料至製造廠；第二階層為製造廠接收原物料，並將其製造成品；第三階層為製造廠運送成品至配銷中心，進行配銷以滿足訂單需求。

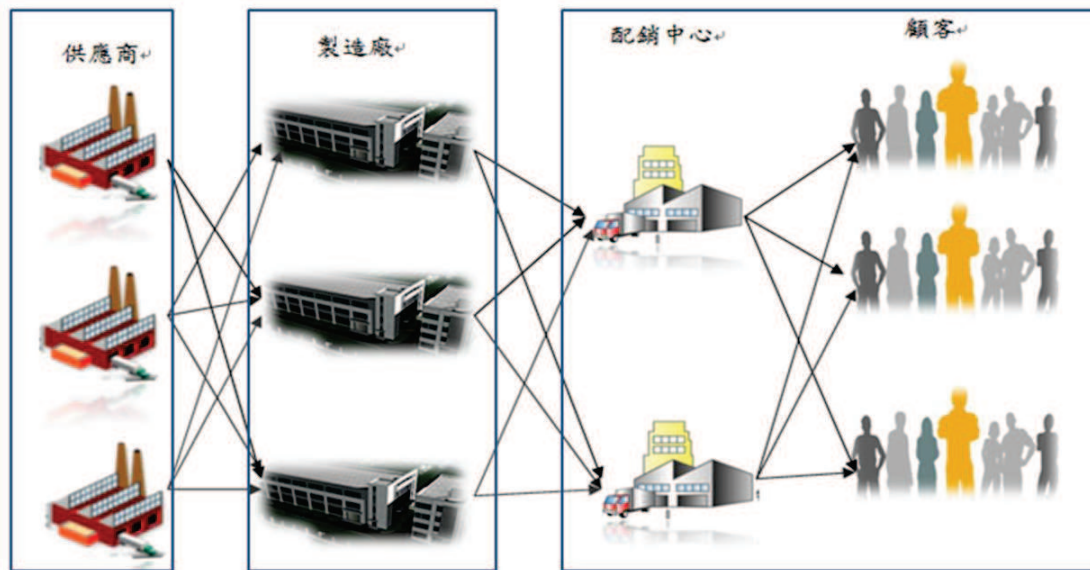


圖 3.1 EMS 產業供應網絡架構

針對此三階層，每個階層在進行供應網絡生產規劃時，皆有其必須考量的特性及限制，接下來將進行詳細說明。

第一階層：供應商供給原物料至製造廠

1. 供給限制：各種原物料在不同的週期，其可供給的數量可能會有所異。因此，進行供應網絡生產規劃時，必須考量各個物料供給的數量。
2. 前置時間：進行供應網絡生產規劃時，必須要考量各個供應商的作業前置時間，包含由供應商運輸至製造廠的生產前置時間及其運輸的時間，避免規劃出不合理的交期。
3. 各項成本：考量各種供應商相關的成本，包含供應商採購成本及供應商運輸至製造廠運輸成本，以求最低總生產成本。

第二階層：製造廠製造成品，並送至配銷中心

1. 製造廠產能限制：各製造廠皆有其產能限制，在此限制下，即使有足夠

的物料，但超過產能上限，亦無法利用此製造廠進行生產活動。

2.作業前置時間：進行供應網絡生產規劃時，必須要考量各製造廠的作業前置時間，包含生產的前置時間及其運輸至配銷中心的運輸前置時間，避免規劃出不合理的交期。

3.考量各項成本：考量各製造廠相關的相關成本，包含製造廠生產成本、製造廠運輸至配銷中心運輸成本、製造廠存貨持有成本、外包成本，以求最低總生產成本。

第三階層：配銷中心出貨給顧客

1.交期時間：衡量供應商與製造廠所需的各種時間，決定何時運送成品給顧客，避免規劃出不合理的訂單交期。

2.售價：考量訂單的單位售價，決定如何將有限的資源分配給各筆訂單，以達最大獲利。

3.各項成本：考量配銷中心相關的各项成本因素，包含配銷中心存貨持有成本，以求最低總生產成本。

4.產品別：本研究數學模型的兩個配銷中心，分別代表產品一與產品二的配銷中心，每個產品有各自的售價與交期，如圖 3.2 所示：

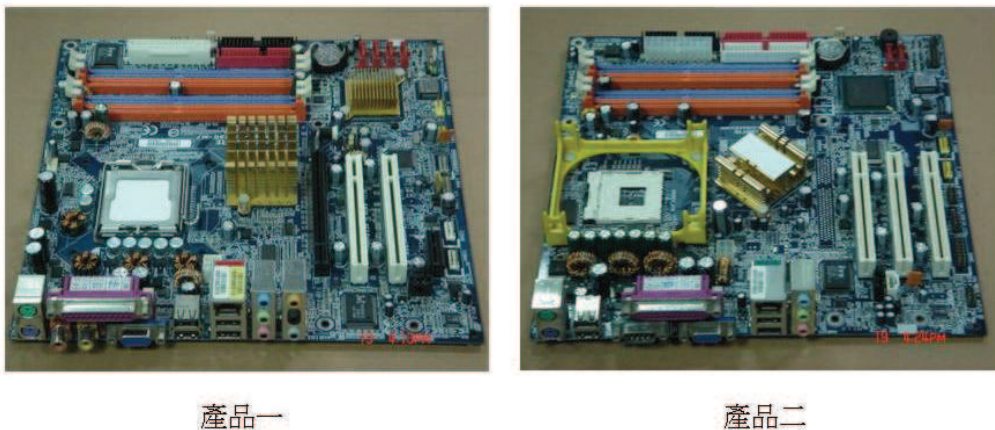


圖 3.2 產品別

承上述，EMS 產業在進行供應網絡生產規劃時，必須考量許多的生產特性及限制條件，然而在實務上，要考慮所有限制有其一定程度的困難，而且求解所需的時間也讓人難以接受。因此，本研究沒有考量所有特性及限制，而是以總體規劃來考量 EMS 產業的特性與限制，整理如表 3.1：

表3.1 本研究考量生產規劃之特性與限制

二階三層	生產特性及限制條件
第一層：供應商	供給限制
	作業前置時間(生產/運輸時間)
	運輸批量
	考量各項成本(原料/運輸/運輸批量成本)
第二層：製造廠	製造產能限制
	相關人力限制
	作業前置時間(生產/運輸時間)
	運輸批量
	考量各項成本(人力/生產/存貨/運輸/運輸批量成本)
第三層：配銷中心出貨給顧客	訂單交期時間
	配銷產能限制
	產品售價
	運輸批量
	考量各項成本(外包/存貨/運輸/運輸批量成本)
	多期需求變化
求解型態	整體最佳解

3.2 供應網絡之數學模型

供應網絡生產規劃的現行方法並未考量所有的生產特性及限制條件，且大多以逐筆訂單進行規劃的方式，無法得到整體的最佳規劃。本研究以總體規劃為基礎建立供應網絡之數學模型，雖然考量更多的條件與限制，但透過分散式平行計算可快速求解，所以無求解時間過長的問題。

3.2.1 假設條件

在進行 EMS 產業的生產規劃模型建立前，必須先確定其生產假設條件，詳細說明如下：

1. 配銷中心產能無上限
2. 外包產能無上限
3. 各製造廠間不進行產品調撥
4. 供應商僅提供原物料
5. 製造廠將原物料製造為成品

6. 不考慮各廠區安全庫存水準
7. 規劃週期內，各項單位成本不會改變
8. 不考慮生產良率或機台故障率
9. 訂單需求皆為完成品
10. 不考慮產品組成結構
11. 人力可以互相支援，但有其支援上限
12. 訂單需求為已知

3.2.2 變數與參數說明

在各符號的定義過程中，英文字母大寫的變數為決策變數，小寫則為已知參數，本節將進行詳細介紹。

下標

- t 各期數編號 ($t= 1, \dots, T$)
- i 供應商節點編號
- j 製造廠節點編號
- m 被支援的製造廠標節點標號
- k 配銷中心節點編號($k = 1, \dots, K$)

時間

- t_i^{SP} 供應商節點 i 之生產前置時間
- t_i^{SI} 供應商節點 i 之存貨時間
- t_{ij}^{SM} 供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的作業前置時間
- t_{jk}^{MD} 製造廠節點 j 運輸至配銷中心節點 k 的作業前置時間
- t_{tk}^D t 期之配銷中心節點 k 的訂單交期時間
- T_{ti}^S t 期之供應商節點 i 的出貨時間
- T_{tj}^M t 期之製造廠節點 j 的出貨時間

數量

- m 為一個極大的係數
- l^M 單位產品製造所需人力
- q_i^{SL} 供應商節點 i 的供給量上限

- q_j^{ML} 製造廠節點 j 的產能上限
- q_j^{PL} 製造廠節點 j 的人力雇用上限
- $help_{tj}$ t 期之製造廠節點 j 支援人力上限
- q_{tk}^D t 期之配銷中心節點 k 的需求數量
- Q_{tij}^{SM} t 期之供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的運送數量
- Q_{tjk}^{MD} t 期之製造廠節點 j 運輸至配銷中心節點 k 的運送數量
- Q_{tk}^{OUT} t 期之配銷中心節點 k 的外包數量
- SP_t t 期之製造廠節點 j 的人力雇用量
- ADD_t t 期之製造廠節點 j 的人力增聘量
- $FIRE_t$ t 期之製造廠節點 j 的人力解雇量
- $AP_{tj,m}$ t 期之製造廠節點 j 支援至 m 廠的人力數量
- B_{tij}^{SM} 為 0 或 1 的整數變數, 代表著供應商節點 i 至製造廠節點 j 的運輸是否存在(0 為不存在, 1 為存在)
- B_{tjk}^{MD} 為 0 或 1 的整數變數, 代表著製造廠節點 j 至配銷中心節點 k 的運輸是否存在(0 為不存在, 1 為存在)

3.2.3 圖形化說明供應網絡

本研究透過圖式化表達數學模型之供應網絡架構, 使各階層的關聯性易於理解, 各符號所對應的節點以及連接線, 節點所包含的資訊有: 1. 節點編號 2. 廠區 3. 相關時間(前置、出貨、交期與製造) 4. 產能上限與可供給量 5. 相關成本(存貨、製造) 6. 相關人力成本(雇用、增聘、解雇、訓練) 7. 上期產品人力雇用量; 而連接線所包含: 1. 運輸數量 2. 各廠運輸時間 3. 單位運輸成本, 如圖 3.3 所示:

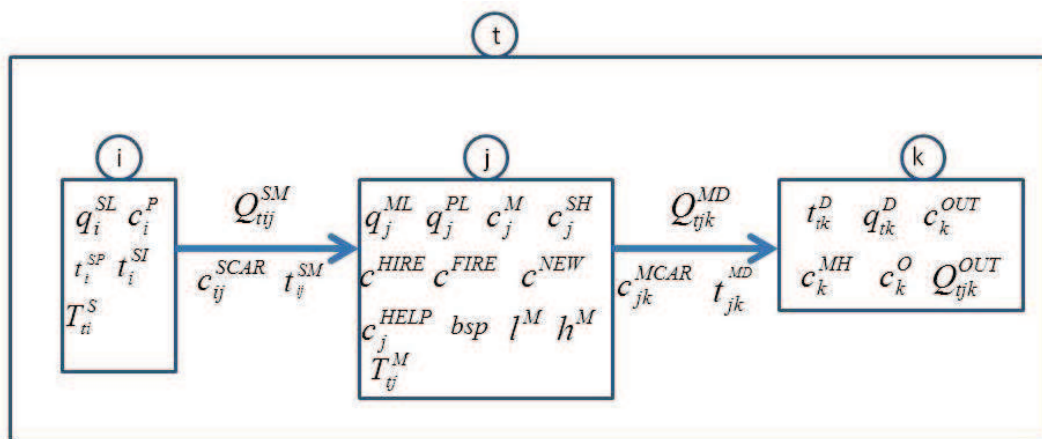


圖 3.3 供應網絡圖形定義

3.2.4 數學模型目標式

影響總淨利的元素有：總收入及總成本，目標式定義如下：

MAX 規劃週期內總淨利(Gross Profit) =

規劃週期內總收入(Order Revenue)－規劃週期內總成本(Total Cost)

以下將進一步針對規劃週期內總利潤及總成本兩部分，分別作詳細說明，假設今規劃周期有 T 期，供應商節點有 I 個，製造廠節點有 J 個，配銷中心節點有 K 個，被支援製造廠有 M 個：

總收入

= 配銷中心節點的訂單需求數量 × 配銷中心節點單位售價

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K (q_{tk}^D \times c_k^O) \quad (1)$$

總成本：

在總成本部分，區分為採購成本(Purchase Cost)、生產成本(Production Cost)、存貨持有成本(Inventory Holding Costs)、運輸成本(Transportation Cost)、外包成本(Outsourcing Cost)及人力成本(Labor cost)，如下：

1. 採購成本

採購成本 = 供應商節點運送原物料數量 × 供應商節點的單位採購成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Q_{ij}^{SM} \times c_i^P) \quad (2)$$

2. 生產成本

生產成本分為製造廠製造成本及配銷中心配銷成本兩部分：

製造廠之製造成本 = 製造廠節點製造數量 × 製造廠節點單位生產成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Q_{ij}^{SM} \times c_j^M) \quad (3)$$

配銷中心的配銷成本 = 配銷中心節點配銷數量 × 配銷中心節點的單位配銷

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{jk}^{MD} \times c_k^{SALE}) \quad (4)$$

3.存貨持有成本

存貨持有成本分為製造廠的存貨持有成本及配銷中心的存貨持有成本兩部分：

製造廠的存貨持有成本 = 製造廠節點存貨數量 × 製造廠節點存貨週期 × 製造廠節點的單位存貨持有成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [Q_{ij}^{SM} \times (T_j^M - T_i^S - t_{ij}^{SM}) \times c_j^{SH}] \quad (5)$$

配銷中心之存貨持有成本 = 配銷中心節點存貨數量 × 配銷中心節點存貨週期 × 配銷中心節點的單位存貨持有成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_k^K [Q_{jk}^{MD} \times (t_{jk}^D - T_j^M - t_{jk}^{MD}) \times c_k^{MH}] \quad (6)$$

4.運輸成本

運輸成本分為供應商至製造廠之運輸成本及製造廠至配銷中心之運輸成本兩部分：

供應商至製造廠的運輸成本 = 供應商節點運送至製造廠節點之數量 × 單位供應商至製造廠的單位運輸成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Q_{ij}^{SM} \times c_{ij}^{SCAR}) \quad (7)$$

製造廠至配銷中心之運輸成本 = 製造廠節點運送至配銷中心節點之數量 × 製造廠節點至配銷中心節點的單位運輸成本

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{jk}^{MD} \times c_{jk}^{MCAR}) \quad (8)$$

5.外包成本

外包成本 = 配銷中心節點的外包數量 × 配銷中心節點的單位外包價格

$$= \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^K (Q_{tk}^{OUT} \times c_k^{OUT}) \quad (9)$$

6.人力成本

這邊所提的所需人力為產品所需人力，而非總人力需求，因為該廠可能還會生產其他產品，故在計算人力成本時，只考慮該產品的所需人力變化。

人力成本=雇用成本+解雇成本+訓練成本+支援成本

$$\begin{aligned}
 & SP_t \quad \text{為當期產品人力需求} \\
 & = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times I^M) \\
 & ADD_t \quad \text{為當期產品增聘人力} \\
 & FIRE_t \quad \text{為當期產品解聘人力} \\
 & bsp \quad \text{為上期人力雇用量}
 \end{aligned}$$

為了避免非線性限制式過多的情況，當非線性限制式過多時，容易產生如造成程式不穩定與求解時間過長等問題，因此建立此數學關係式來減少非線性限制式數目：

$$ADD_t - FIRE_t = SP_t - bsp$$

前期人力雇用量為已知，故只要計算出當期產品人力需求量；即可推算出當期人力決策為增聘或是解雇人力。

$$\text{雇用成本} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times I^M) \times c^{HIRE} \quad (10)$$

$$\text{解雇成本} = \sum_{t=1}^T FIRE_t \times c^{FIRE} \quad (11)$$

$$\text{訓練成本} = \sum_{t=1}^T ADD_t \times c^{NEW} \quad (12)$$

$$\text{支援成本} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M (AP_{ijm} \times c_j^{HELP}) \quad (13)$$

因此，結合式子(1)~(13)，EMS 產業之供應網絡生產規劃模式目標函數式為：

MAX=

$$\begin{aligned}
 & \text{銷貨收入} \quad \text{採購成本} \quad \text{製造成本} \quad \text{配銷成本} \\
 & \sum_{i=1}^I \left\{ \sum_{k=1}^K (q_{ik}^D \times c_i^O) - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Q_{tij}^{SM} \times c_i^P) - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{tij}^{SM} \times c_j^M) - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times c_k^{SALE}) \right\} - \\
 & \text{原料運送成本} \quad \text{成品運輸成本} \quad \text{外包成本} \\
 & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Q_{tij}^{SM} \times c_{ij}^{SCAR}) - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times c_{jk}^{MCAR}) - \sum_{k=1}^K (Q_k^{OUT} \times c_k^{OUT}) - \\
 & \text{原料存貨成本} \quad \text{成品存貨成本} \\
 & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [Q_{tij}^{SM} \times (T_{ij}^M - T_{ii}^S - t_{tij}^{SM}) * c_j^{SH}] - \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K [Q_{ijk}^{MD} \times (t_{ik}^D - T_{ij}^M - t_{ijk}^{MD}) \times c_k^{MH}] - \\
 & \text{僱用成本} \quad \text{解僱成本} \quad \text{人力支援成本} \quad \text{訓練成本} \\
 & \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times c^{HIRE}) \times c^{HIRE} - FIRE_i \times c^{FIRE} - \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M (AP_{jm} \times c^{HELP}) - ADD_i \times c^{NEW} \}
 \end{aligned}$$

而 EMS 產業之供應網絡生產規劃模式所需考量的限制式如下所示：

1. 供需平衡

在規劃週期內，由於供應商的原物料供給數量有限，且各製造廠亦有其產能限制，因此，各個製造廠節點供給至配銷中心節點的數量（ $\sum_j Q_{jk}^{MD}$ ），可能無法滿足該配銷中心節點之需求（ q_{tk}^D ），而產生外包數量（ Q_{tk}^{OUT} ）。其限制式如下所示：

$$\sum_{j=1}^J Q_{ijk}^{MD} + Q_{tk}^{OUT} = q_{tk}^D \quad \forall k=1, \dots, K \quad (1)$$

2. 供應商原物料供給限制

在規劃週期內，供應商在各週期的原物料供給數量有其限制，因此，供應商節點供給至各個製造廠節點的數量（ $\sum_{j=1}^J Q_{ij}^{SM}$ ）必須小於等於該供應商節點可供給的原物料最大限制（ q_i^{SL} ），其限制式如下所示：

$$\sum_{j=1}^J Q_{ij}^{SM} \leq q_i^{SL} \quad \forall i=1, \dots, I \quad (2)$$

3. 製造廠產能限制

在規劃週期內，製造廠在各週期的產能有其限制，因此，製造廠節點

供給至各個配銷中心節點的數量($\sum_{k=1}^K Q_{ijk}^{MD}$)必須小於等於該製造廠節點的最

大產能限制供(q_j^{ML})，其限制式如下所示：

$$\sum_{k=1}^K Q_{ijk}^{MD} \leq q_j^{ML} \quad \forall j=1, \dots, J \quad (3)$$

4. 流量守恆

供應商提供原料給製造商的數量必須等於製造商提供成本給配銷中心的數量，如此才滿足流量守恆限制式，如此可避免供需數量不合理的問題產生，本研究不探討各個廠區之安全庫存，因此，各供應商節點運送原料至製造廠節點以生產為半成品的數量($\sum_{i=1}^I Q_{ij}^{SM}$)必須等於製造廠節點運送

至配銷中心節點以生產為完成品的數量($\sum_{k=1}^K Q_{ijk}^{MD}$)，其限制式如下所示：

$$\sum_{i=1}^I Q_{ij}^{SM} = \sum_{k=1}^K Q_{ijk}^{MD} \quad \forall j=1, \dots, J \quad (4)$$

5. 人力限制

製造廠每期產品需要人力總量($\sum_{k=1}^K (Q_{ijk}^{MD} \times l^M)$)必須小於等於人力支援上限($help_j$)，人力支援上限等於人力雇用量上限(q_j^{PL})加上各廠人力支援量(AP_{jm})；而(AP_{jm})小於等於乘以特定比率的總人力雇用量(q_j^{PL})，rate=0.5 是假設每家製造廠不可能把人力都全支援出去，至少保留一半人力來自行生產，詳細限制式如下所示：

$$\sum_k (Q_{ijk}^{MD} \times l^M) \leq help_j \quad \forall j=1, \dots, J \quad (5)$$

$$help_j = q_j^{PL} + \sum_{m=1}^J AP_{jm} \quad \forall j=1, \dots, J; \forall m=1, \dots, M$$

$$\sum_{m=1}^J AP_{jm} \leq rate \times q_j^{PL} \quad \forall j=1, \dots, J, \forall m=1, \dots, M$$

6. 供應商出貨時間限制

供應商節點 i 的原料出貨時間(T_i^S)大於等於運輸存在的供應商作業前置時間($B_{ij}^{SM} \times t_i^{SP}$)，小於等於供應商節點 i 的生產前置時間(t_i^{SP})加上存貨時間

(t_i^{SI}) ，如果供應商節點 i 的運輸完全不存在時($\sum_{j=1}^J B_{ij}^{SM} = 0$)，供應商節點 i 的出貨時間為 0($T_i^S = 0$)，其限制式如下所示：

$$B_{ij}^{SM} \times t_i^{SP} \leq T_i^S \quad \forall i=1, \dots, I \quad \forall j=1, \dots, J \quad (6)$$

$$T_i^S \leq t_i^{SP} + t_i^{SI} \quad \forall i=1, \dots, I$$

$$T_i^S \leq m \times \sum_{j=1}^J B_{ij}^{SM} \quad \forall i=1, \dots, I$$

7. 製造廠出貨時間限制

製造廠節點 j 的成品出貨時間(T_j^M)大於等於運輸存在的供應商節點 i 出貨時間(T_i^S)加上運輸至製造廠節點 j 的作業前置時間(t_{ij}^{SM})；並且製造廠節點 j 的出貨時間(T_j^M)加上運輸至配銷中心節點 k 的作業前置時間(t_{jk}^{MD})小於等於配銷中心節點 k 的訂單交貨時間(t_k^D)，如果製造商節點 j 的運輸不存在時($\sum_{k=1}^K B_{jk}^{MD} = 0$)，製造商節點 j 的出貨時間為 0($T_j^M = 0$)，其限制式如下所示：

$$T_j^M \geq (T_i^S + t_{ij}^{SM}) - m \times (1 - B_{ij}^{SM}) \quad \forall i=1, \dots, I \quad \forall j=1, \dots, J \quad (7)$$

$$T_j^M \leq m \times \sum_{k=1}^K B_{jk}^{MD} \quad \forall j=1, \dots, J$$

$$t_k^D \geq (T_j^M + t_{jk}^{MD}) - m \times (1 - B_{jk}^{MD}) \quad \forall j=1, \dots, J \quad \forall k=1, \dots, K$$

8. 運輸批量限制

運輸路徑分為兩段，一為供應商運送原料至製造廠；二為製造廠運送成本至配銷中心，以下將分別進行說明：

(1) 供應商至製造廠之運輸

當供應商節點 i 運輸原料至製造廠節點 j ，若此兩節點間的運輸存在時，數量必須大於或等於 10，如果兩節點間沒有運輸存在時則數量為 0，故限制式中必須要加入等於 0 或 1 的整數變數(B_{ij}^{SM})；批量設定為 10 是考量訂單需求量的 10%而來，其限制式如下所示：

$$10 \times B_{ij}^{SM} \leq Q_{ij}^{SM}$$

$$Q_{ij}^{SM} \leq m \times B_{ij}^{SM}$$

$$\forall i = 1, \dots, I \quad \forall j = 1, \dots, J \quad (8-1)$$

(2) 製造廠至配銷中心之運輸

當製造廠節點 j 運輸至配銷中心節點 k ，若此兩節點間的運輸存在時，數量必須大於或等於 10，如果兩節點間沒有運輸存在時則數量為 0，故限制式中必須要加入等於 0 或 1 的整數變數(B_{ijk}^{MD})；批量設定為 10 是考量訂單需求量的 10%而來，其限制式如下所示：

$$10 \times B_{ijk}^{MD} \leq Q_{ijk}^{MD}$$

$$Q_{ijk}^{MD} \leq m \times B_{ijk}^{MD}$$

$$\forall j = 1, \dots, J \quad \forall k = 1, \dots, K \quad (8-2)$$

以上為本研究考量 EMS 產業特性所建立的總體規劃之數學模型，利用數理規劃軟體進行求解，但其計算時間會隨著模型規模變大而呈指數上升，因此求解時間過長將會導致規劃結果無法使用，故採用平行計算的方法，可兼具降低求解時間以及求得最佳解之目的。

3.3 分散式平行計算架構

如之前所介紹供應網絡生產規劃的現況方法，無法得到整體的最佳規劃；於是本研究建立總體規劃之供應網絡的數學模型，針對此數學模型進行平行計算求解，此節將介紹平行化計算的演算法及循序程式的平行化。

3.3.1 平行化計算的演算法

在 LINGO DLL 中提供了 LSgetCallbackInfoDoubleLng(int nLngEnv, int nObject, double dCBInfo[])的方法，此方法可以提供 LINGO 在計算過程中的上界(Upper Bound)和下界(Lower Bound)資訊，將以上兩種隨時間變化的結果記錄下來，整理結果如圖 3.4(橫軸為時間(秒)、縱軸為值)：

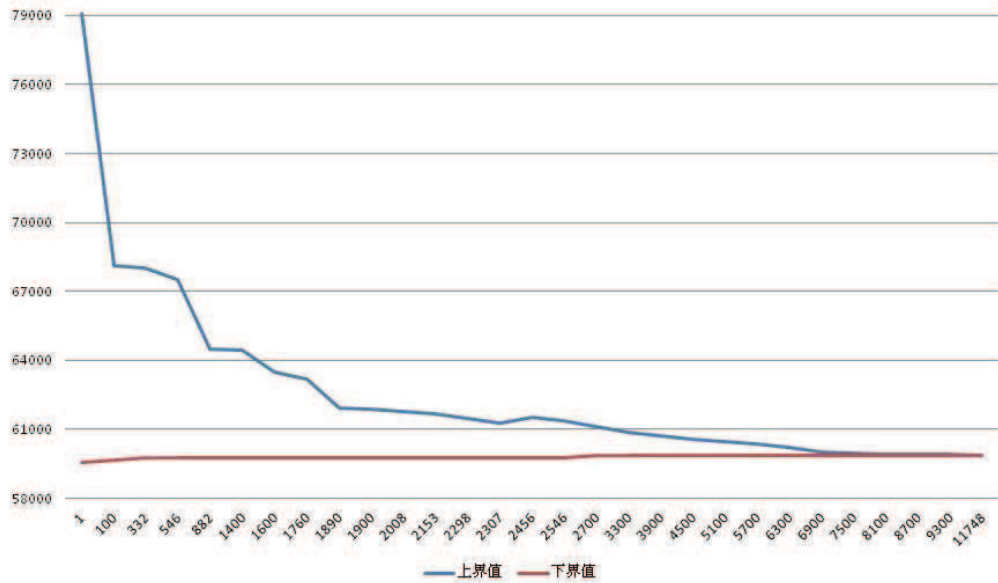


圖 3.4 LINGO 上界與下界的計算趨勢

上圖中上界和下界交會的地方即為所求解問題的最佳解，如果要從上界的收斂程度來停止計算的話，那可能會拒絕掉很多有意義的解；假使要從上界和下界的差距來停止計算時亦是如此。

因此本研究提出加速求解的機制，此機制為將先求解完成的各組合計算結果回傳給伺服器，不斷的從中選取更好目標值(假設為極大化)；後續出現規模比較大的數學模型在進行平行計算時，其中有幾組數學模型計算出來的子集合上界已經小於伺服器端中的現存的最大目標值時，代表這些組合即便運算後，其最佳目標解一定也小於伺服器的現存最大目標值；因此這些組合就沒有求解的意義，節點端將停止對於這些組合的計算，藉此提高平行計算上的效率。

根據上述的演算法概念，在節點端所執行的界面中，增加一個方法物件負責接收子集合的最佳規劃結果之目標值，並將此種演算法寫入節點端的程式中；其介面中所定義的方法物件如下所示：

1. void parameterTransfer(String fName, byte[] fByte)：此方法物件主要功能為伺服器傳送數學模型的參數給計算節點端，本研究所採用的方式為數學模型的參數寫在文字檔內，以文字檔的方式傳送。參數 fName 為文字檔的檔案名稱，fByte 為文字檔轉換成的位元陣列。

2. void modelConstruct(int nI, int nJ)：此方法物件的主要功能為計算節點端

根據伺服器傳送的參數建立數學模型，本研究所採用的方式為利用 JAVA 建立 LINGO 所需要讀取的 lng 文字檔。參數 nI 為供應商的數量，nJ 為製造廠的數量。

3. void UBLimit(double PREV_Obj)：此方法物件的主要功能為計算節點端根據伺服器傳送的參數來限制上界。參數 PREV_Obj 為子集合的最佳規劃結果之目標值或者是平行計算中所得到的更佳目標值。

4. void combinationTransfer(String COMBI_IJ)：此方法物件的主要功能為計算節點端接收伺服器所分配的組合，計算節點端將會依照此組合的組合方式進行計算。參數 COMBI_IJ 為依照組合方式所轉換成的字串。

5. byte[] modelSolve(int cCount)：此方法物件的主要功能為伺服器呼叫此物件並且傳送參數給計算節點端後，計算節點端針對所接收到的組合進行數學模型的求解，求解完得到的結果寫入文字檔，轉換成位元陣列並且回傳給伺服器。參數 cCount 為組合的編號，為用來建立文字檔的檔案名稱的參數。

3.3.2 循序程式的平行化

本節將針對前述之數學模型進行平行化，利用數理規劃軟體 LINGO 所提供的動態連結資料庫 (Dynamic Link Library, DLL) 的功能，搭配 Java RMI 套件，將數學模型進行問題切割、平行求解以及回饋等動作求得找出最佳解。平行計算流程如圖 3.5：

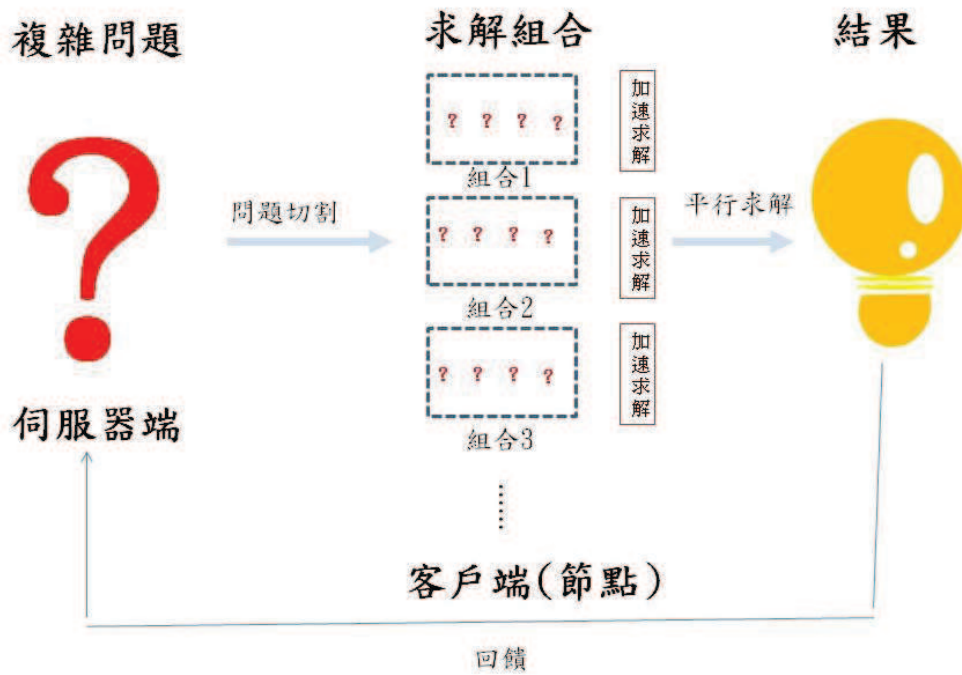


圖 3.5 平行計算流程

本研究的平行計算採用遠端程序的方法，透過 Java RMI 將分割完的資料，以物件的方式分配給各節點端，各節點端在接收伺服器端所傳送的資料後進行計算，並且將計算結果回傳給伺服器端，再進行下一組資料的計算，從所有計算結果中找尋最佳的規劃結果。

而在平行計算前必須先作資料切割，使用者於伺服器端輸入欲選擇的模型規模，在模型規模必須考量資料分割的組合數，分割後的組合如無法滿足需求，則求解結果會跟全域規劃之目標函數值有差異；本研究的切割組合是針對需求進行設計，將全域供應網絡分割為多個較小規模的供應網絡組合，其資料分割方式如圖 3.6 所示，使得求解的時間下降幅度會比過去研究更多，過去研究只是確定可以滿足需求，並不會細微到最小限度的供應商與製造廠家數。



圖 3.6 資料的平行處理

圖 3.6 中假設供應網絡中第一階和第二階的供應商及製造廠分別有 3 家，而資料分割的方式採用供應商選 2 家和製造廠選 2 家，因此會產生出 $9(C_2^3 \times C_2^3 = 9)$ 種組合方式的區域供應網絡。

完成組合數設定後，伺服器端將進行呼叫節點之動作，採用的方式為多執行緒的設計，如此可以不用等待前一個節點端計算完成後，才能呼叫第二個節點端進行計算；以類別方法回傳之布林值作為判斷計算節點是否為閒置的依據，若回傳值為 true，表示節點目前進行運算中，伺服器端則不分配分割組合之資料；若回傳值為 false，表示該節點處於閒置狀態，可以進行資料傳遞並進行運算，此針測節點是否為閒置動作持續至所有組合數皆計算完畢，即所有節點回傳值皆為 false；節點計算完畢時，其結果會保留於節點，並且將複製回傳一份至伺服器端。

節點端的類別檔執行介面後，伺服器端的程式才能利用 RMI 的方式進行物件上的呼叫，即為先前在介面中所定義的演算法之物件；接著開始說明伺服器端的計算流程，如圖 3.7 所示，詳細說明如下：

1. 規劃者輸入最小選取的供應商家數 nI 與製造廠選取家數 nJ ，並且輸入初始規劃目標函數值，一般設定為 0。
2. 根據實際供應商(I)、製造廠家數(J)與規劃者輸入之 nI 、 nJ 產生所有排列組合數，共有種組合。
3. 宣告節點 i 繼承執行緒類別物件，其中 $i=0,1,\dots,I-1$ 。

4. 各計算節點存在著 `indexTransfer (fName,fByte[])` 物件，作為傳遞進行運算時所需之參數，伺服器端透過呼叫各節點 `indexTransfer fName,fByte[]` 物件，傳遞所需參數給計算節點 i 。
5. 各節點存在著 `modelConstruct (nI,nJ)` 物件，作為建立數學模型功用，伺服器端呼叫各計算節點，將數學模型傳遞給計算節點並要求 LINGO 讀取。
6. 呼叫各節點的 `UBLimit(PREV_Obj)`，傳送初始設定或截至當前所有組合最佳規劃結果給各個計算節點 i ，以此 `PREV_Obj` 的值來限制住上界的值。
7. 初始化，設定 $i=0$ 。
8. 根據步驟 2 所運算出之排列組合，伺服器端判斷是否存在尚未進行運算之組合，若結果為是，則進行步驟 9 動作，反之則進行步驟 15。
9. 判斷類別方法回傳值是否為 `false`，若回傳值為 `false` 代表該節點目前處於閒置狀態則進行步驟 10，反之代表該節點正在進行計算，則進入步驟 12。
10. 呼叫節點 i 的 `combinationTransfer(COMBI_IJ)` 方法物件，分配尚未進行計算的組合給計算節點 i 。
11. 呼叫計算節點 i 的 `modelSolve(cCount)` 方法物件，並針對步驟 9 所接收到的組合進行分散式平行計算。
12. 對 i 進行累加， $i=i+1$ ，作為找尋下一個閒置節點之依據。
13. 判斷 $i=I$ ，若為是，表示節點 I 也處於計算狀態，則進行步驟 14；若為否，則回到步驟 8，找尋尚未計算的組合。
14. 伺服器端對目前所接收到的結果進行判斷，判斷各目標函數值是否較原始控制上界值好，若是，進入步驟 15，反之則進入步驟 16。
15. `PREV_Obj` 由較佳的目標函數值所取代，伺服器端呼叫每一個計算節點 i 的 `UBLimit(PREV_Obj)` 物件，傳送更佳的目標值給各個計算節點 i ，作為新的控制上界值。
16. 因所有的節點都已經計算過任一組合或仍處於計算狀態，故檢查各節點是否都處於閒置狀態，若是，則進入步驟 17；反之，則回到步驟 7。
17. 判斷所有組合皆已計算完畢，若是進入步驟 18；反之，則回到步驟 7。
18. 根據各節點計算各組合後回傳至伺服器端之結果，找尋最佳的規劃結果。

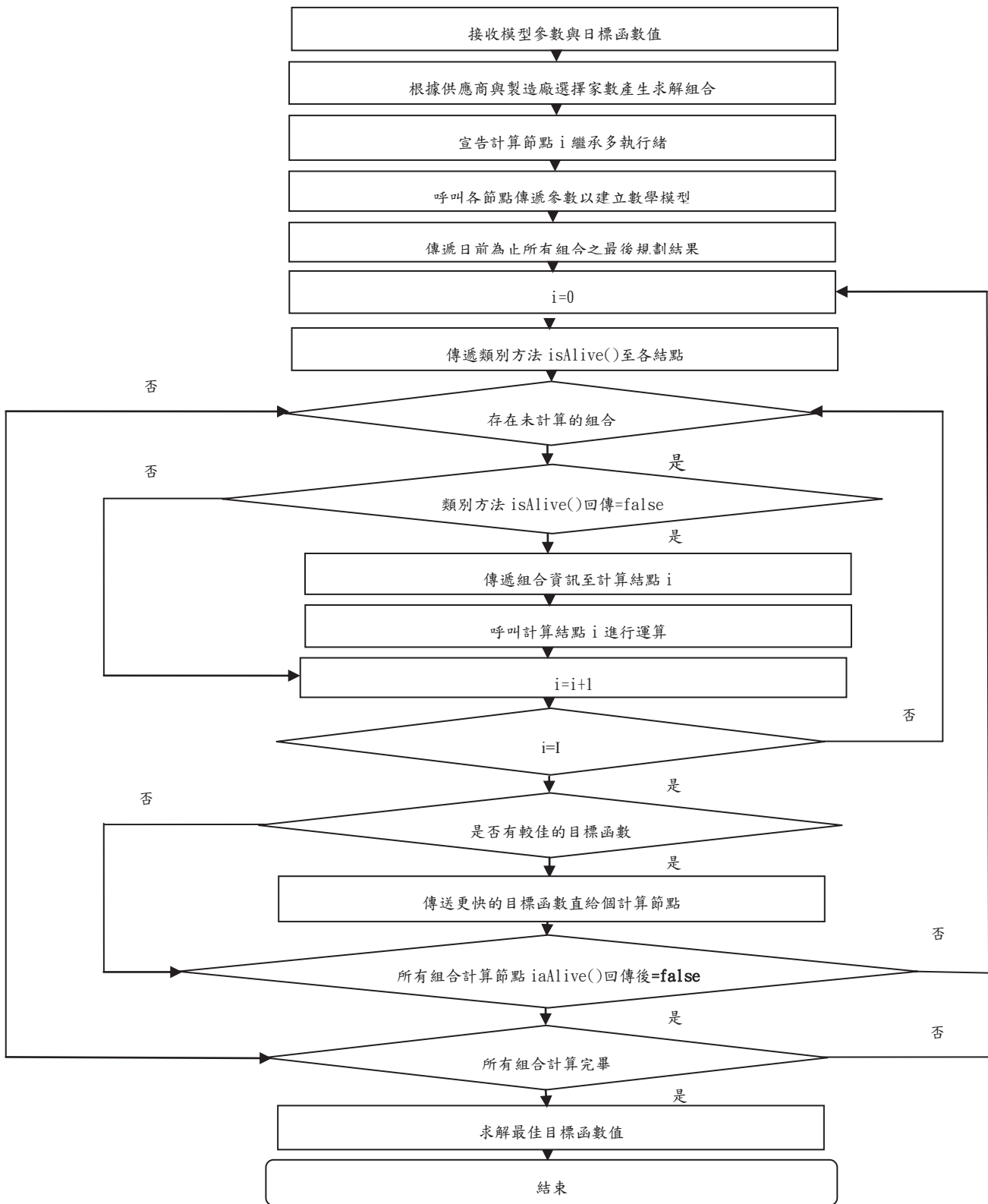


圖 3.7 伺服器端的計算流程

接下來將說明各節點端的計算流程如圖 3.8，計算節點自伺服器取得較佳目標函數值後，取代原始控制上界值之計算目標值，說明如下：

1. 接收數學模型所需參數乃利用 `indexTransfer(String fName,byte[] fByte)` 方

法物件接收自伺服器傳送之參數文字檔。

2. 建立數學模型乃利用 `modelConstruct(int nI, int nJ)`方法物件接收自伺服器端所傳遞 `lng` 檔案格式之數學模型供計算結點端 LINGO 讀取。

3. `UBLimit(double PREV_Obj)`物件接收從伺服器傳送的參數限制 `Upper Bound`。

4. 利用物件方法 `combinationTransfer(String COMBI_IJ)`方法物件接收伺服器所分配之組合資訊，並且依照分配之組合讀取對應之參數值。

5. 建立所求結果之文字檔檔案，其檔案名稱以 `cCount` 組合編號參數作為命名依據。而步驟 6 與步驟 7 為同步進行。

6. LINGO 增加疊代(Iterations)求解數學模型，接著進入步驟 9。

7. 結點 `UBLimit(double PREV_Obj)`物件判別是否有接收伺服器傳送更佳的目標值，若是，則進入步驟 8，若否，則進入步驟 6。

8. `PREV_Obj` 的值由原始之控制上界值改變為步驟 7 所接收的更佳目標值接著回到步驟 6。

9. LINGO 是否計算完畢或者上界的值小於 `PREV_Obj` 的值時，判別結果為是的話，進入步驟 10，反之則進入步驟 6。

10. 利用 `modelSolve(int cCount)`方法物件將計算結果寫入文字檔並回傳至伺服器端。

12. 結點計算完畢，等待伺服器指令。

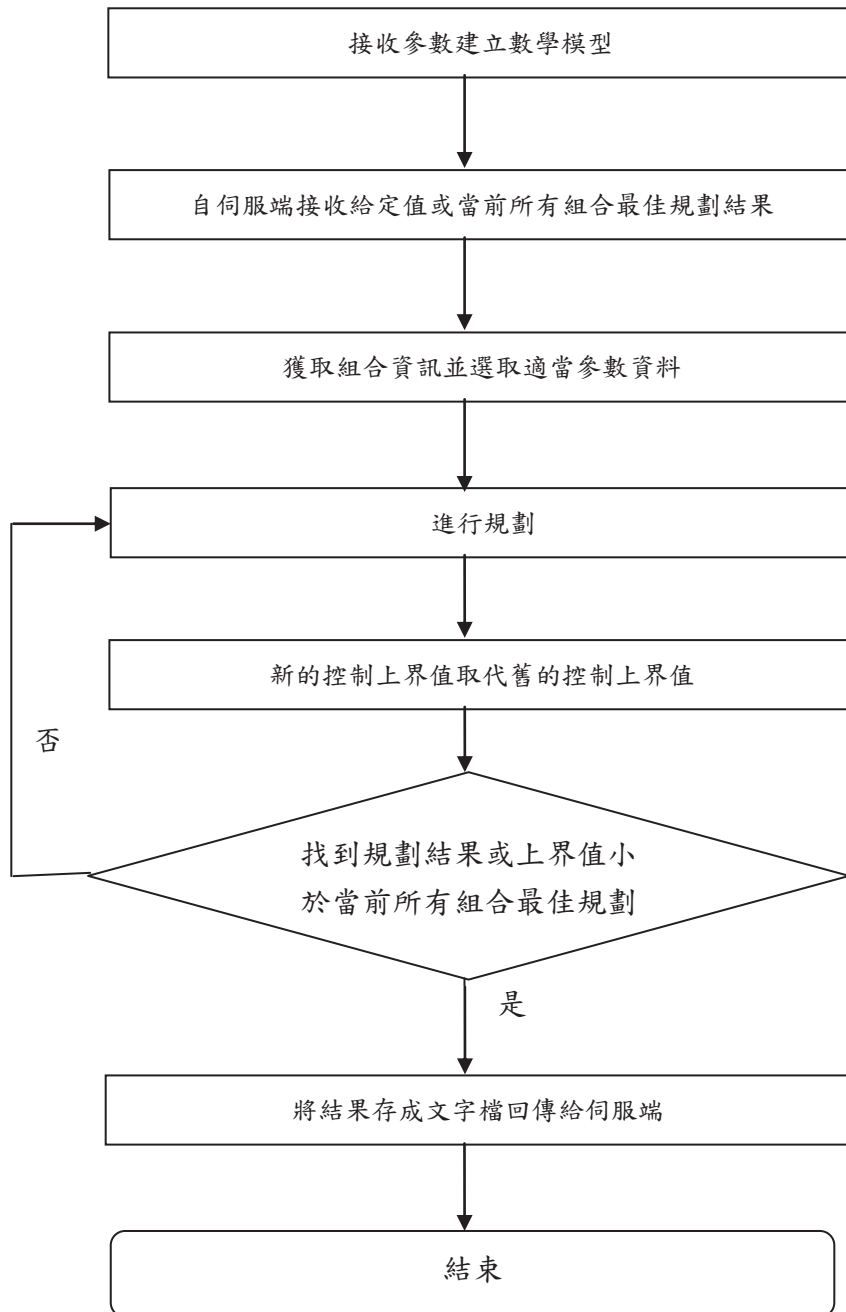


圖 3.8 節點端的計算流程

第四章 實驗與分析

本章節針對實驗方式與環境建構做出說明，包含了實驗環境的說明，以及實驗參數的設定；之後將進行實驗設計及實驗結果進行分析，分析分散式平行計算的結果與全域最佳解進行比較，以及處理器數量改變對於計算時間的影響。

4.1 實驗說明

4.1.1 實驗環境

1. 訂單需求資訊：需求根據淡旺季作變化。
2. 規劃時間：每期的訂單交期時間不同，每期生產規劃時間長度為 1 個週期時間。
3. 多階多廠生產環境：本研究探討之多階多廠生產環境如圖 4.1 所示，包含多個供應商、多個製造廠及配銷中心。

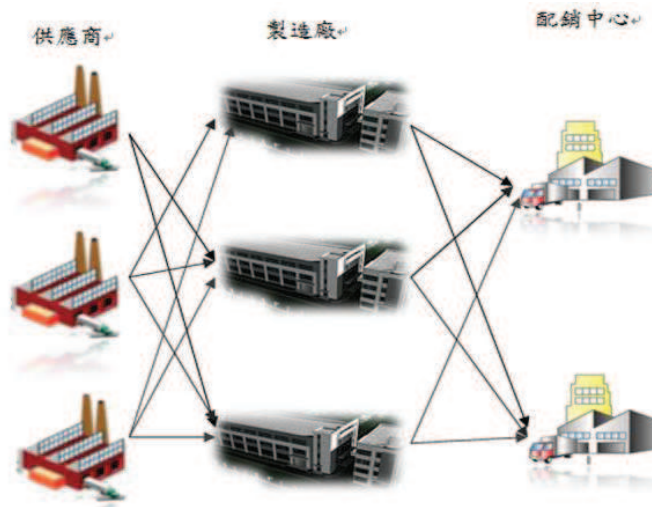


圖 4.1 多階多廠生產環境

4. 實驗系統環境：本實驗之作業系統為 Windows XP Professional SP3，CPU 為 Pentium 4 3.4 G，1G RAM，求解工具為 JAVA 和 LINGO 10.0 版本。

4.1.2 實驗因子及參數設定

實驗因子可分為環境因子及控制因子，環境因子為供應網絡規模；而

控制因子包含需求水準和處理器數目。以分散式平行計算而言，其參數設定為伺服器端一開始的數學模型所需輸入的參數，以下將詳細說明各種因子及參數。

1.環境因子：供應網絡規模因子區分為小規模及大規模兩個水準。小供應網絡規模中則有 3 個供應商、3 個製造廠以及 2 個配銷中心；大供應網絡規模中 4 個供應商、6 個製造廠以及 2 個配銷中心。

2.控制因子：

(1)需求水準因子：需求水準可區分為先旺後淡季和先淡季後旺季。

(2)處理器數目因子：小規模的處理器數目可以分為 4 顆、6 顆、8 顆。大規模的處理器數目可以分為 8 顆、16 顆、32 顆。

各個環境因子及其水準整理如表 4.1：

表4.1 控制因子

控制因子	因子水準	說明
需求水準	高	先旺後淡季的需求變化
	低	先淡後旺季的需求變化
處理器數目	高	小規模為 8 顆、大規模為 32 顆
	中	小規模為 6 顆、大規模為 16 顆
	低	小規模為 4 顆、大規模為 8 顆

數學模型參數：數學模型參數為 LINGO 中數學模型所需讀取的已知變數，包含了各個節點的基本資訊以及訂單資訊，其參數設定分為小規模和大規模，如下表 4.2 和表 4.3：

表4.2 數學模型之參數設定(小規模)

參數代號	參數說明	數值設定				
Bsp	前期產品人力雇用量	200				
q_i^{SL}	供應商節點 i 的供給量上限	i = 1	i = 2	i = 3		
		256	266	257		
c_i^P	供應商節點 i 的單位採購成本	i = 1	i = 2	i = 3		
		11	13	18		
t_i^{SP}	供應商節點 i 的作業前置時間	i = 1	i = 2	i = 3		
		4	2	9		
t_i^{SI}	供應商節點 i 的庫存週期時間	i = 1	i = 2	i = 3		
		5	0	4		
q_j^{ML}	製造廠節點 j 的產能	j = 1	j = 2	j = 3		
		200	230	250		
c_j^M	製造廠節點 j 的單位生產成本	j = 1	j = 2	j = 3		
		15	69	67		
c_j^{SH}	製造廠節點 j 的單位庫存成本	j = 1	j = 2	j = 3		
		3	9	5		
q_j^{PL}	製造廠節點 j 的總人力雇用量	j = 1	j = 2	j = 3		
		100	200	250		
c_k^{SALE}	配銷中心節點 k 的單位配銷成本	k = 1		k = 2		
		10		20		
c_k^{MH}	配銷中心節點 k 的單位存貨持有成本	k = 1		k = 2		
		14		27		
q_{tk}^D	t 期之配銷中心節點 k 的需求數量	需求水準 \ K	t=1		t=2	
		高	k=1	k=2	k=1	k=2
		低	60	40	20	30
			30	10	70	20
t_{tk}^D	t 期之配銷中心節點 k 的訂單交期時間	需求水準 \ K	t=1		t=2	
		高	k=1	k=2	k=1	k=2
		低	32	34	33	36
			32	34	33	36
c_k^O	配銷中心節點 k 的售價	k = 1		k = 2		
		550		501		
c_k^{OUT}	配銷中心節點 k 的單位外包成本	k = 1		k = 2		
		370		350		
c_{ij}^{SF}	供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的單位運輸成本	i \ j	1	2	3	
		1	6	2	4	
		2	4	9	3	
		3	5	5	7	
c_{jk}^{FD}	製造廠節點 j 運輸至訂單節點 k 的單位運輸成本	j \ k	1		2	
		1	10		6	
		2	3		7	
		3	8		9	
t_{ij}^{SM}	供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的作業前置時間 (包含製造及運輸)	i \ j	1	2	3	
		1	9	10	8	
		2	7	10	14	
		3	10	6	15	
t_{jk}^{MD}	製造廠節點 j 運輸至訂單節點 k 的作業前置時間 (包含組裝及運輸)	j \ k	1		2	
		1	5		10	
		2	10		11	
		3	9		12	

表4.3 數學模型之參數設定(大規模)

參數代號	參數說明	數值設定						
Bsp	前期產品人力雇用量	200						
q_i^{SL}	供應商節點 i 的供給量上限	i = 1	i = 2			i = 3		
		256	256			257		
c_i^P	供應商節點 i 的單位採購成本	i = 1	i = 2			i = 3		
		11	13			18		
t_i^{SP}	供應商節點 i 的作業前置時間	i = 1	i = 2			i = 3		
		4	2			9		
t_i^{SI}	供應商節點 i 的庫存週期時間	i = 1	i = 2			i = 3		
		5	1			4		
q_j^{ML}	製造廠節點 j 的產能	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6	
		200	230	250	300	280	240	
c_j^M	製造廠節點 j 的單位生產成本	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6	
		15	19	17	20	16	21	
c_j^{SH}	製造廠節點 j 的單位庫存成本	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6	
		3	9	3	5	7	8	
q_j^{PL}	製造廠節點 j 的總人力雇用量	j = 1	j = 2	j = 3	j = 4	j = 5	j = 6	
		100	110	120	140	180	120	
c_k^{SALE}	配銷中心節點 k 的單位配銷成本	k = 1			k = 2			
		10			14			
c_k^{MH}	配銷中心節點 k 的單位存貨持有成本	k = 1			k = 2			
		14			20			
q_{tk}^D	t 期之配銷中心節點 k 的需求數量		t=1	t=2	t=1	t=2		
		需求水準 \ K	k=1	k=2	k=1	k=2		
		高	120	80	60	30		
		低	50	30	160	40		
t_{tk}^D	t 期之配銷中心節點 k 的訂單交期時間		t=1		t=2			
		需求水準 \ K	k=1	k=2	k=1	k=2		
		高	32	34	32	34		
		低	32	34	32	34		
c_k^O	配銷中心節點 k 的售價	k = 1			k = 2			
		550			501			
c_k^{OUT}	配銷中心節點 k 的單位外包成本	k = 1			k = 2			
		370			350			
c_{ij}^{SF}	供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的單位運輸成本	i \ j	1	2	3	4	5	6
		1	6	2	4	5	4	3
		2	4	9	3	5	7	8
		3	5	5	7	4	7	9
c_{jk}^{FD}	製造廠節點 j 運輸至 訂單節點 k 的單位運輸成本	j \ k	1			2		
		1	6			2		
		2	3			7		
		3	8			9		
		4	5			5		
		5	5			6		
		6	4			5		
t_{ij}^{SM}	供應商節點 i 運輸至製造廠節點 j 的作業前置時間 (包含製造及運輸)	i \ j	1	2	3	4	5	6
		1	9	10	8	5	4	3
		2	7	10	14	6	3	2
		3	4	8	9	5	8	10
t_{jk}^{MD}	製造廠節點 j 運輸至訂單節點 k 的作業前置時間 (包含組裝及運輸)	j \ k	1			2		
		1	6			5		
		2	10			11		
		3	9			2		
		4	5			6		
		5	8			5		
6	6			7				

4.2 實驗分析

此節將先說明單機計算結果，然後再比較與平行化的差異，最後進行實驗分析。

4.2.1 小規模數學模型的全域最佳解

本節針對小規模數學模型的全域最佳解作說明，首先會依照 LINGO 所求之結果做圖形化的生產規劃說明，其次則介紹總淨利、各項成本以及計算時間等。

1. 小規模高需求水準

此實驗是按照表 4.2 的數據進行求解，透過計算多期訂單需求在先旺季後淡季的變化時，找出最佳生產規劃模型，其規劃結果的總淨利、各項成本及計算時間如下：

- (1) 總淨利：59870
- (2) 總收入：79070
- (3) 採購成本：3750
- (4) 製造成本：4450
- (5) 製造廠之存貨持有成本：750
- (6) 配銷中心之存貨持有成本：3080
- (7) 運輸成本：1970
- (8) 外包成本：0
- (9) 人力雇用成本：3000
- (10) 人力訓練成本：0
- (11) 人力解雇成本：2000
- (12) 人力支援成本：200
- (13) 計算時間：11748

由於本實驗是先旺季再淡季，在人力成本方面，第二期由旺季轉為淡季產生人力過剩，因此會產生 2000 的解雇成本；透過人力支援模型的特性，規劃會將人力集中派往總生產成本較低廉的製造廠進行生產，生產規劃結果如圖 4.2 所示：

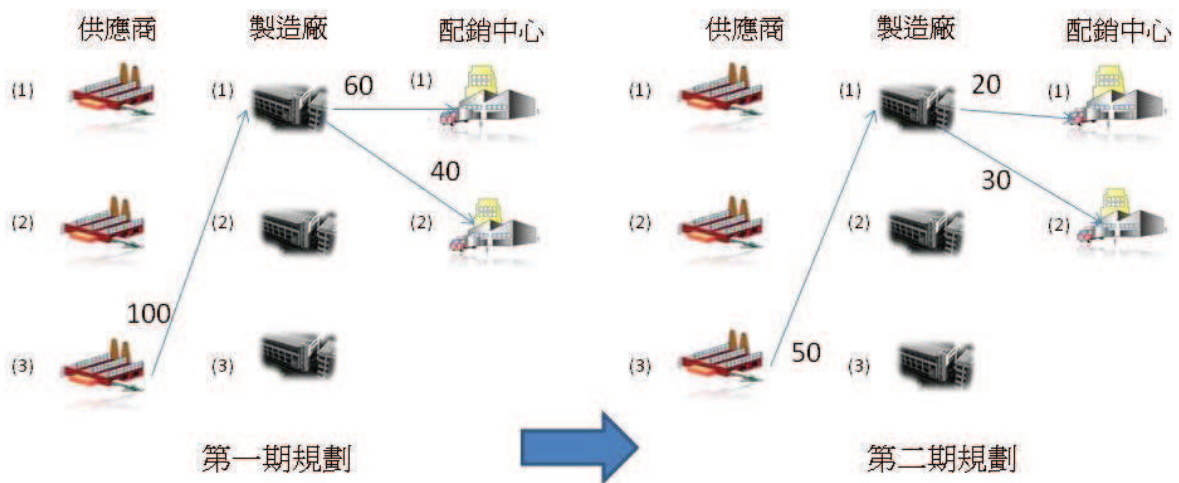


圖 4.2 小規模高需求水準的全域最佳規劃結果

2. 小規模低需求水準

此實驗是按照表 4.2 的數據進行求解，透過計算多期訂單需求在先淡季後旺季的變化時，找出最佳生產規劃模型，其規劃結果的總淨利、各項成本及計算時間如下：

- (1) 總淨利：52280
- (2) 總收入：70030
- (3) 採購成本：2130
- (4) 製造成本：5110
- (5) 製造廠之存貨持有成本：2710
- (6) 配銷中心之存貨持有成本：0
- (7) 運輸成本：2020
- (8) 外包成本：0
- (9) 人力雇用成本：2600
- (10) 人力訓練成本：700
- (11) 人力解雇成本：2400
- (12) 人力支援成本：80
- (13) 計算時間：3941

由於本生產規劃是先淡季再旺季，在人力成本方面，第一期淡季呈現人力過剩，因此有解雇成本 2400，但到了第二期時，旺季則人力不足，因此需要增聘人力並進行教育訓練，故會產生人力訓練成本 700；透過人力支援模型的特性，規劃會將人力集中派往總生產成本較低廉的製造廠進行

生產，生產規劃結果如圖 4.3 所示：

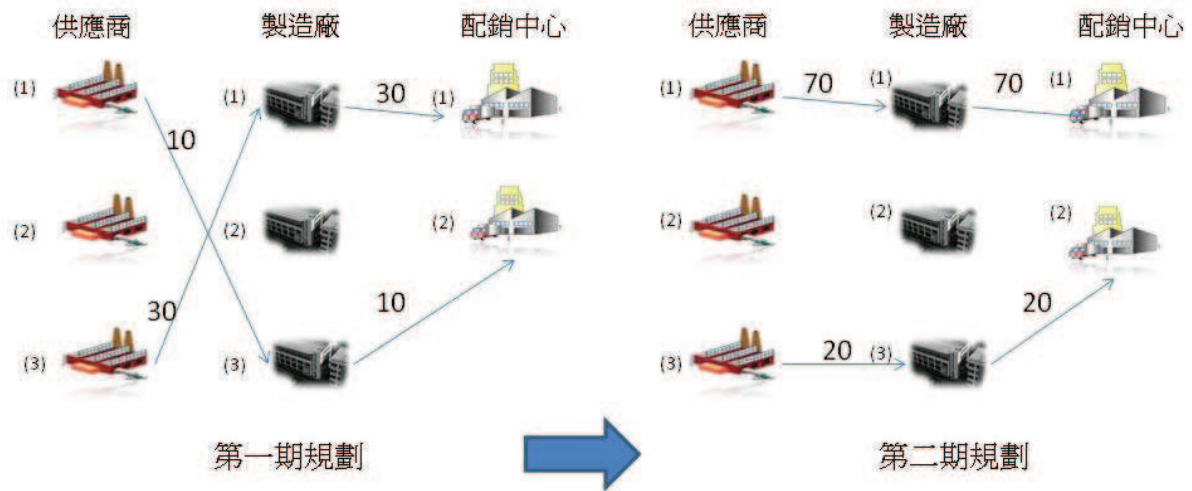


圖 4.3 小規模低需求水準的全域最佳規劃結果

因為在演算法的決策流程中涉及了供應商和製造廠的改變，因此需注意的部分為全域最佳解的供應商數量、製造廠數量、總淨利和計算時間；如此在執行分散式平行計算所產生的規劃結果中，有個明確的比較依據。

4.2.2 小規模之平行計算的最佳規劃結果

本節中將先說明各環境因子組合，再以分散式平行化的方式依照這些組合進行計算，求出最佳規劃結果以及總計算時間，以利之後與全域最佳解的比較。首先將先說明所有的環境因子組合如表 4.4 所示，因子組合編碼的第一碼規模代號：S 為小規模、L 為大規模，第二碼需求代號：F 為低水準、H 為高水準，第三碼的數字就代表處理器數量；舉例來說如 SH4 則代表小規模(S)、高需求水準(H)與處理器數量(4)。

表4.4 環境因子組合表

環境因子組合	供應網絡規模	需求水準	處理器數量
SH4	小規模	高	4
SH6	小規模	高	6
SH8	小規模	高	8
SF4	小規模	低	4
SF6	小規模	低	6
SF8	小規模	低	8
LH8	大規模	高	8
LH16	大規模	高	16
LH32	大規模	高	32
LF8	大規模	低	8
LF16	大規模	低	16
LF32	大規模	低	32

依照上述的環境組合進行計算，求得總淨利和規劃時間，其小規模計算結果如表 4.5 及 4.6。

表4.5 小規模高需求計算結果

	SH4	SH6	SH8
供應商數量	2		
製造廠數量	2		
總淨利	59870	59870	59870
計算時間(秒)	334	267	173

表4.6 小規模低需求計算結果

	SF4	SF6	SF8
供應商數量	2		
製造廠數量	2		
總淨利	52880	52880	52880
計算時間(秒)	256	197	135

由上述兩表可知，處理器數目的改變對於目標值和計算結果並沒有任何的影響；在計算時間方面，透過處理器數目的增加下，計算時間有趨緩的趨勢，因此根據此實驗能夠預期處理器數目增加到一定的數目時，對於計算時間的改變並不會太大，甚至可能會到一定的極限值而無法再下降，因為受限某些組合需較長時間求解。

4.2.3 小規模之平行計算與全域最佳解比較

此小節中將以小規模模型之平行計算的結果，比較全域最佳解規劃方式之規劃結果和計算時間，並在此以圖形比較處理器數目的改變對計算時間的影響與全域最佳解計算時間的差距。

1.小規模高需求水準之總淨利和計算時間的比較：

表4.7 小規模高需求水準之總淨利和計算時間的比較

	全域最佳解	SH4	SH6	SH8
處理器數目	1	4	6	8
總淨利	59870	59870	59870	59870
計算時間(秒)	11748	334	267	173
淨利差異	-	0%	0%	0%
占全域求解時間	-	2.8%	2.3%	1.5%

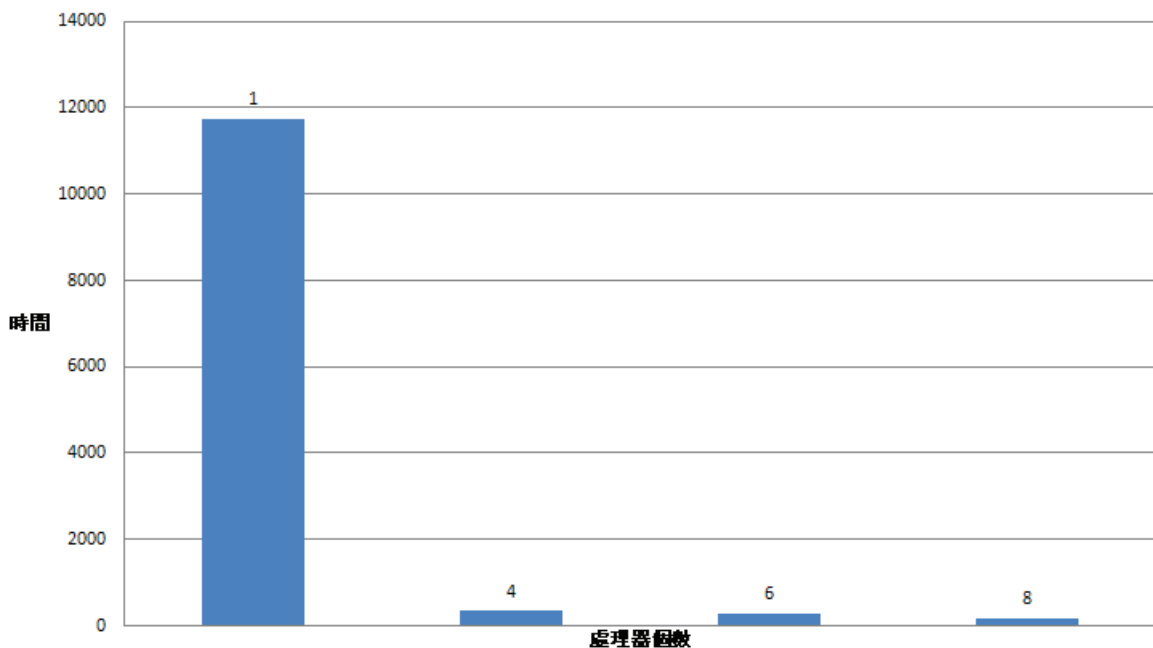


圖 4.4 小規模高需求水準之處理器數目和計算時間的比較

經由環境組合 SH4 到 SH8 與全域最佳的比較可知，依照演算法的決策流程所進行之平行計算，其計算結果在供應商與製造廠數量達到全域最佳解所規劃出來的結果時，平行計算所計算出來的目標值與規劃結果皆與全域最佳解相同；而平行計算與全域最佳解的計算時間上，平行計算明顯的大幅降低計算時間，在採用 4 顆處理器時省下了 97.2%的計算時間，在處理器數目增加到 8 顆時，甚至與全域最佳解的求解時間差異到 98.5%，由

此可知平行計算在求解上的可行性與時間上的差異性。

2.小規模低需求水準之總淨利和計算時間的比較：

表4.8 小規模低需求水準之總淨利和計算時間的比較

	全域最佳解	SF4	SF6	SF8
處理器數目	1	4	6	8
總淨利	52880	52880	52880	52880
計算時間(秒)	3941	256	197	135
淨利差異	-	0%	0%	0%
占全域求解時間	-	6.5%	5%	3.4%

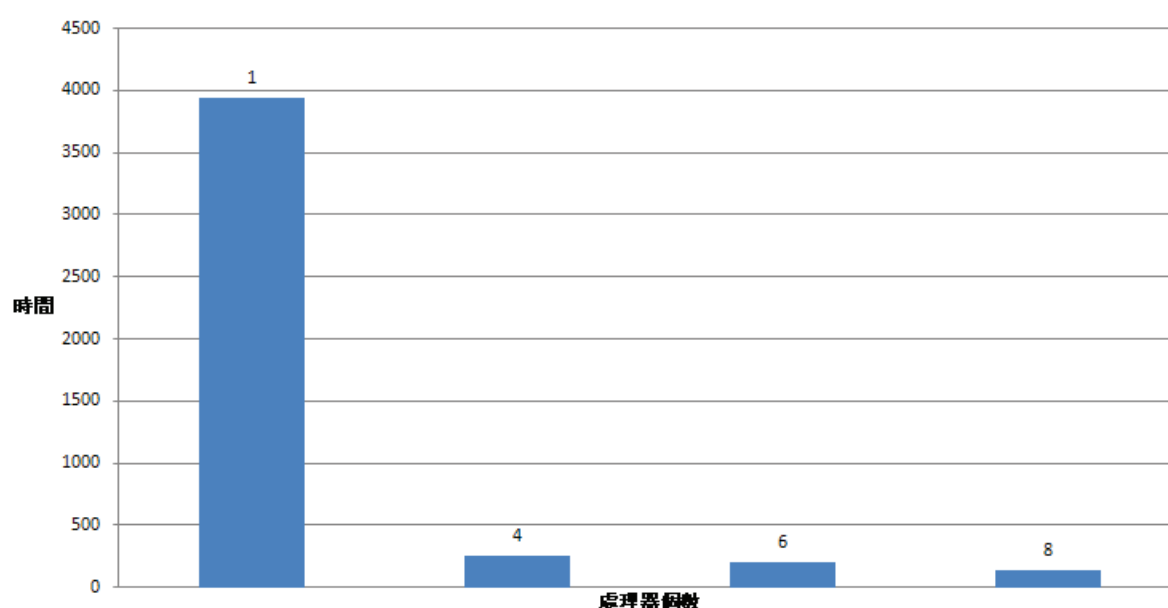


圖 4.5 小規模低需求水準之處理器數目和計算時間的比較

經由環境組合 SF4 到 SF8 與全域最佳的比較可知，依照演算法的決策流程所進行的平行計算，其計算結果在供應商與製造廠數量達到全域最佳解所規劃出來的結果時，平行計算所計算出來的目標值與規劃結果皆與全域最佳解相同；而平行計算與全域最佳解的計算時間上，平行計算明顯的大幅降低計算時間，在採用 4 顆處理器時省下了 93.5% 的計算時間，在處理器數目增加到 8 顆時，甚至與全域最佳解的求解時間差異到 96.6%，由此可知平行計算在求解上的可行性與時間上的差異性。

小規模各需求水準之計算時間比較，以 4 台電腦平型化計算的數學模型時間為基準，計算時間下降百分比如圖 4.6：

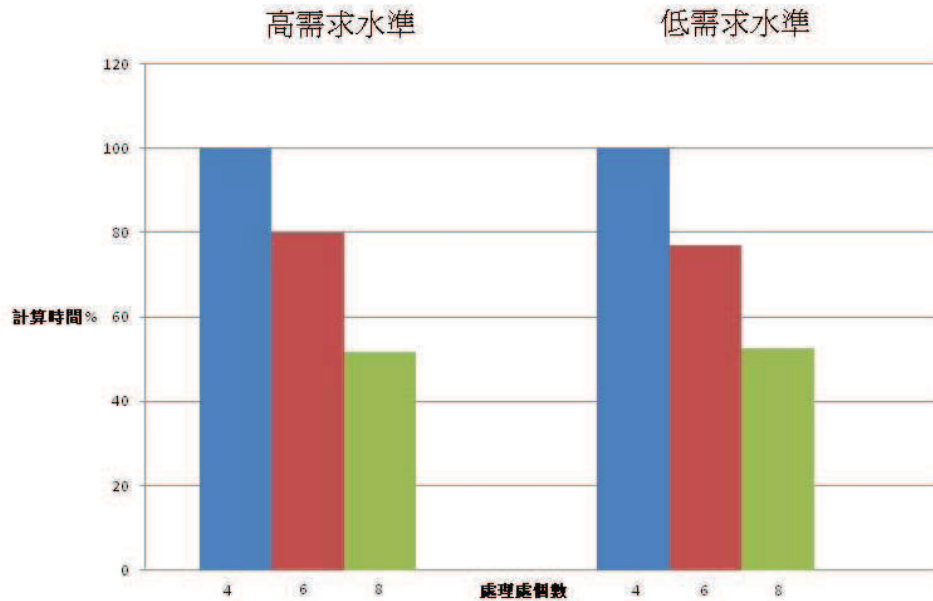


圖 4.6 小規模之處理器數目和計算時間的比較

由上述各圖表可知，小規模的環境下，平行計算的最佳解與全域最佳解相同；而在平行計算與全域最佳解的計算時間比較上，計算時間得到明顯的降低。小規模高需求的數學模型在採用 4 顆處理器時僅用 2.8% 的時間完成求解，到處理器數目增加到 8 顆時，甚至只需要 1.5% 的求解時間即完成求解。另外一方面，在小規模低需求的數學模型採用 4 顆處理器時僅用 6.5% 的時間完成求解，到處理器數目增加到 8 顆時，甚至只需要 3.4% 的求解時間即完成求解。

小結，上述實驗結果證明平行計算在求解上的可行性與時間上的差異性，故在接下來的大規模求解時；對於未知的全域最佳解的狀況下，是可以採用分散式平行計算在短時間內求解出近似全域最佳解的可行解。

4.2.4 大規模之平行計算的最佳規劃結果

一般來說，較複雜的數學模型在求全域最佳解時，求解時間會隨著規模遞增而成指數增加，面臨 NP-Complete 的情況。因此在本小節中將採用分散式平行計算來快速求解大規模的 NP-Complete 問題，並比較處理器數目的改變對於計算時間的影響；而全域最佳解的部分，本研究將採用 LINGO 軟體計算 80 個小時後(兩班制的一個禮拜平均上班時數)，所求得之上界和下界的區域可行解與平行計算的結果做比較。

1.大規模高需求環境組合求解結果如表 4.9，以及處理器的數量對於計算時間的改變如圖 4.9：

表4.9 大規模高需求環境組合結果

	LH8	LH16	LH32
供應商數量	2		
製造廠數量	4		
總淨利	115888	115888	115888
計算時間(s)	46860	42924	41060

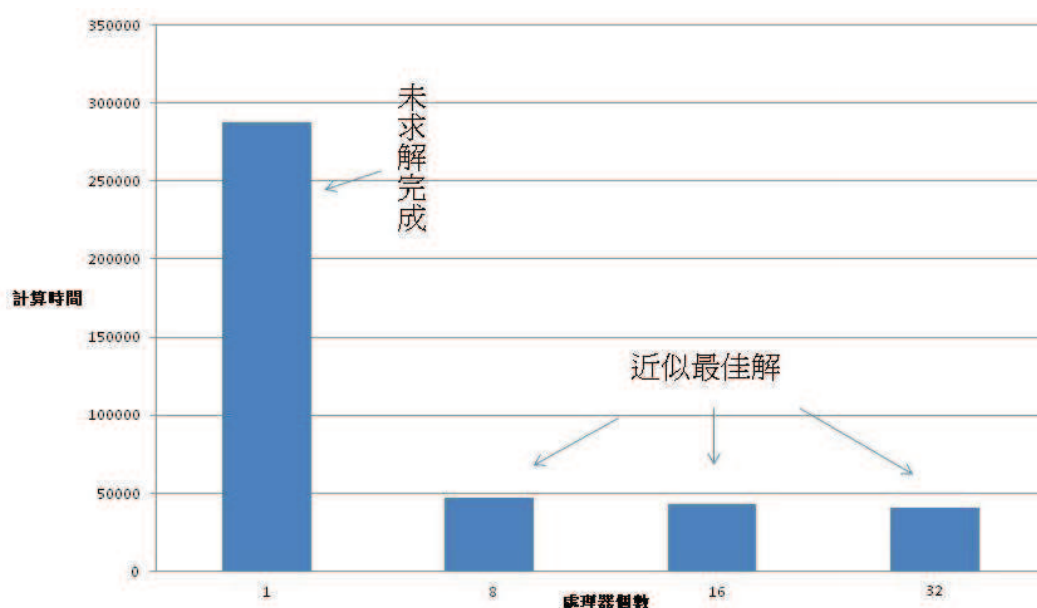


圖 4.7 大規模高需求水準的處理器數目和計算時間變化

由上表 4.9 與圖 4.7 可知，處理器數目的改變對於目標值和計算結果並沒有任何的影響；在計算時間方面，處理器數目的增加下，明顯的降低平行計算所需要的計算時間。

2.大規模低需求環境組合求解結果如表 4.10，以及處理器的數量對於計算時間的改變如圖 4.8：

表4.10 大規模低需求環境組合結果

	LF8	LF16	LF32
供應商數量	2		
製造廠數量	4		
總淨利	125428	125428	125428
計算時間(s)	58673	48654	44158

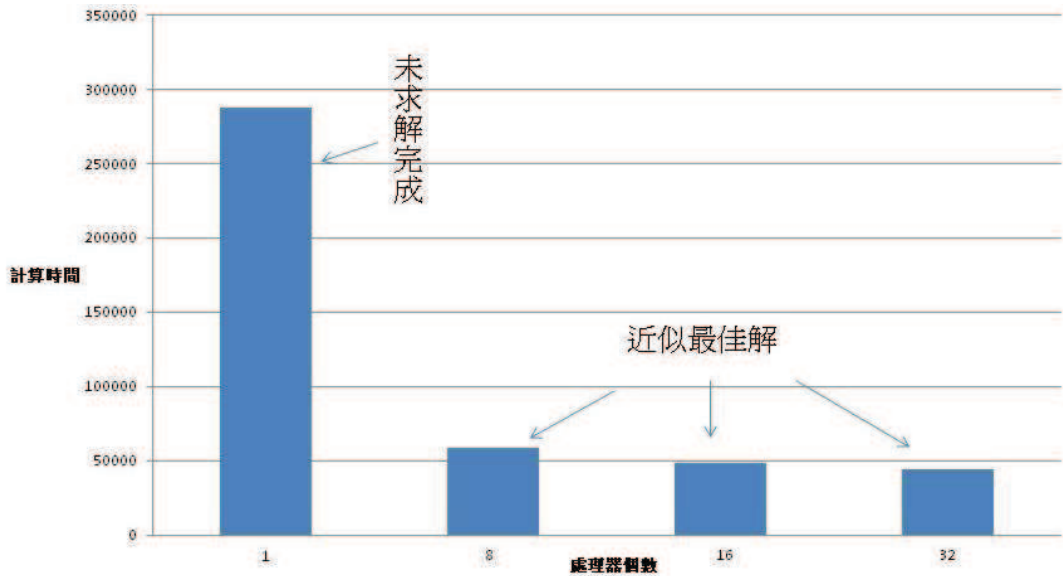


圖 4.8 大規模低需求水準的處理器數目和計算時間變化

由上表 4.10 與圖 4.8 可知，處理器數目的改變對於目標值和計算結果並沒有任何的影響；在計算時間方面，處理器數目的增加下，明顯的降低平行計算所需要的計算時間。

大規模各需求水準之計算時間比較，以 8 台電腦平型化計算的數學模型時間為基準，計算時間下降百分比如圖 4.9：

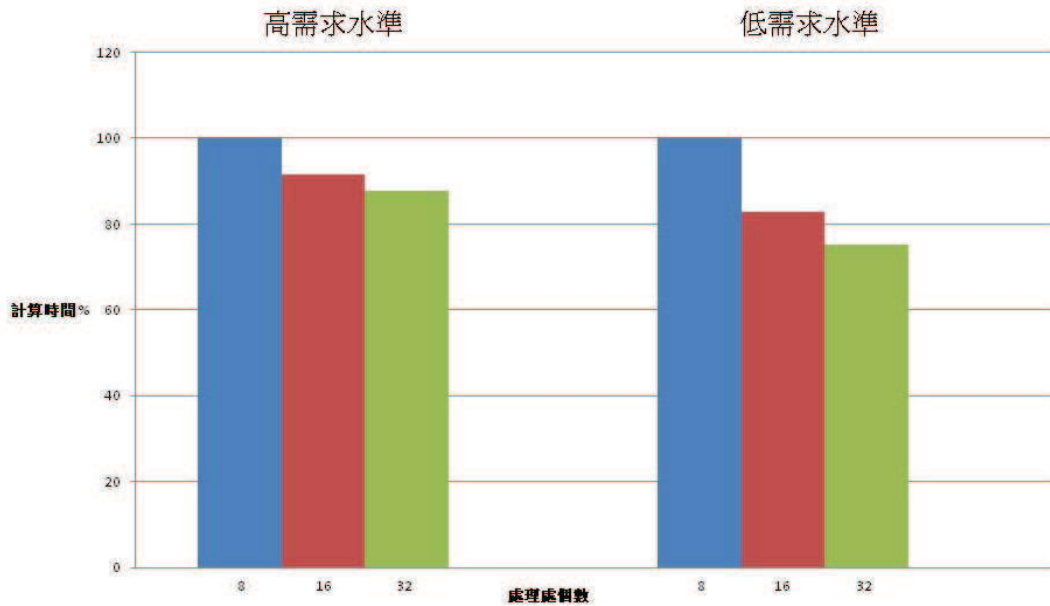


圖 4.9 大規模平行計算之處理器數目和計算時間的比較

由上述各表圖可知，即使在大規模的數學模型下，處理器數目的改變對於目標值和計算結果依然沒有任何的影響；在計算時間方面，處理器數目的增加下，計算時間仍呈現穩定性下降。不過大規模在計算時間降低的幅度沒有小規模相對明顯，因此說明平行計算時間會因為數學模型的複雜度增加。

4.2.5 大規模之平行計算與區域可行解比較

大規模全域的數學模型求解結果如圖 4.10 及 4.11，由圖中所看到的 Best Obj 即為下界，為 LINGO 針對此數學模型目前所求得的解，而 Obj Bound 即為本研究之前所提到的上界；而在大規模的兩種需求水準計算 80 個小時後，模型仍然無法收斂求得最佳解，因此本研究將採用此兩種模式的下界與平行計算的最佳規劃結果作比較。

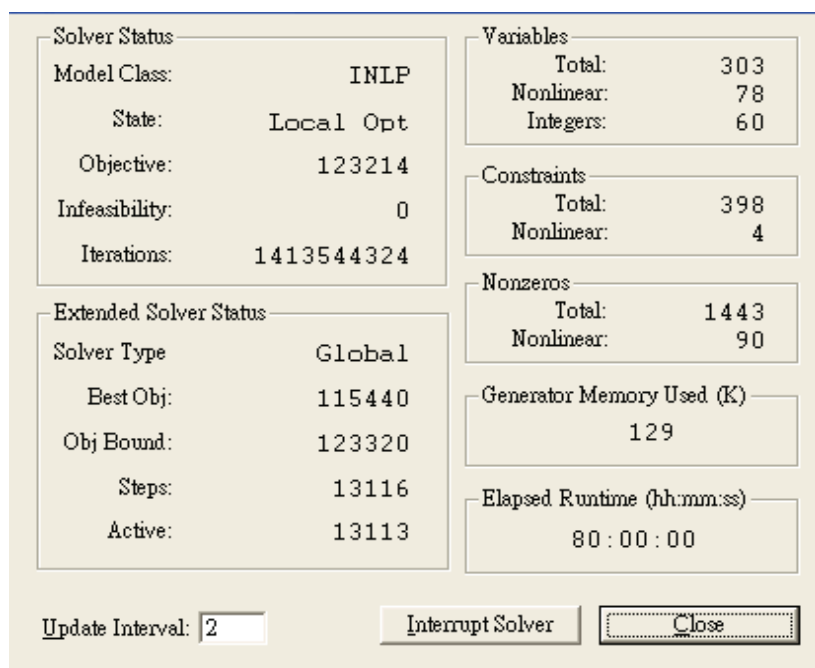


圖 4.10 大規模高需求水準之全域規劃結果

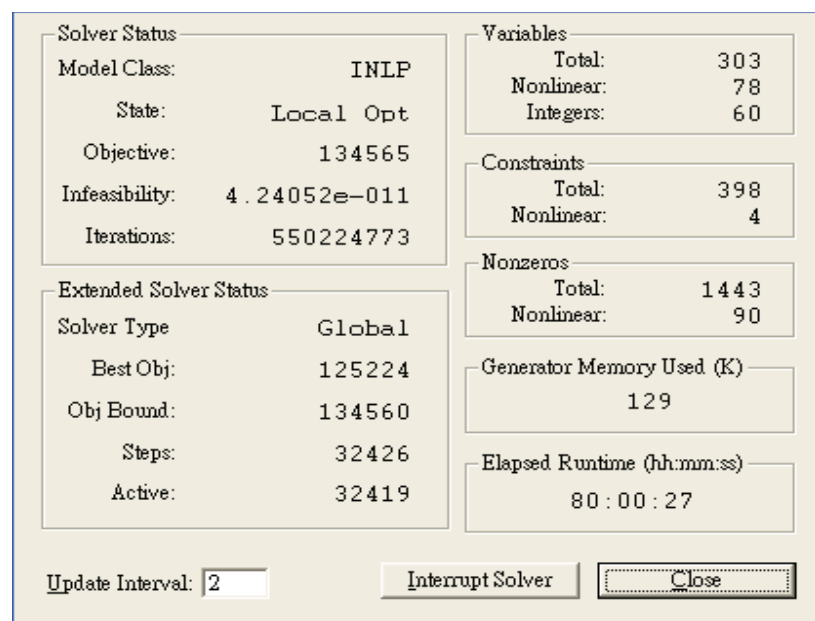


圖 4.11 大規模低需求水準之全域規劃結果

由表 4.11 及 4.12 的比較可知，大規模高需求的數學模型在採用 8 顆處理器時僅用 16.3% 的時間完成求解，到處理器數目增加到 32 顆時，甚至只需要 14.3% 的求解時間即完成求解。另外一方面，在大規模低需求的數學模型採用 8 顆處理器時僅用 19.4% 的時間完成求解，到處理器數目增加到 32 顆時，甚至只需要 15.3% 的求解時間即完成求解。雖然大規模平行計算的結果並非最佳解，但與全域規劃在 80 小時內所求得的區域解相當接近，說明此規劃結果為可行的。

表4.11 大規模高需求水準之總淨利和計算時間的比較

	全域規劃	LH8	LH16	LH32
處理器數目	1	8	16	32
總淨利	115440*	115888	115888	115888
計算時間(秒)	288000	46860	42924	41060
計算完畢	否	是	是	是
淨利差異	-	優 3.9%	優 3.9%	優 3.9%
占全域求解時間	-	16.3%	14.9%	14.3%

*為 LINGO 在此計算時間下所求得的下界，並非全域最佳解。

表4.12 大規模低需求水準之總淨利和計算時間的比較

	全域規劃	LF8	LF16	LF32
處理器數目	1	8	16	32
總淨利	125224*	125428	125428	125428
計算時間(秒)	288000	58673	48654	44158
計算完畢	否	是	是	是
淨利差異	-	優 1.6%	優 1.6%	優 1.6%
占全域求解時間	-	19.4%	16.9%	15.3%

*為 LINGO 在此計算時間下所求得的下界，並非全域最佳解。

總結，本章節針對不同規模之平行計算與全域規劃的比較，以及處理器數目對於平行計算時間的影響，可以推導出數學規模逐漸增大時，在有限的規劃時間內，部分實驗無法求得最佳規劃結果，儘管所求並非全域最佳解，但若使用更多處理器進行規劃，可以求得更好的規劃結果，如此說明了本研究對於供應網絡的 NP-Complete 數學模型，在實務上的可行性與實用性。

第五章 結論與未來發展方向

5.1 結論

EMS 產業有低技術門檻、高勞工需求以及市場需求起伏大等特性，供應商、製造廠、配銷中心以及顧客遍布全球，其供應網絡屬於多階多廠的生產環境；當市場景氣變化大時，常會造成人力閒置或短缺的問題。

過去研究大多採用單期的生產規劃模式，並未詳細考量人力因素，故無法有效回應市場變化；因此，本研究以多期、多產品與人力策略為核心考量，提出符合 EMS 產業的總體生產規劃模式。然而從研究文獻證實多階多廠的規劃環境是一個 NP-Complete 的問題，經過實驗顯示，本研究所建立的總體規劃數學模型，其時間會隨著規模擴大而增加，規劃時間呈現指數成長的現象。

現行供應網絡方法求解方法多為啟發式演算法與模擬法，兩者均無法從 NP-Complete 問題中求得最佳解；所以，本研究採用分散式平行計算求解，將原本較為複雜的數學模型切割成許多較小的模型，再利用 Java RMI 技術結合 Lingo 軟體，將各求解組合分散至各節點進行求解規劃，並建立演算邏輯來實現高速平行計算。由實驗結果顯示，小規模採用 8 顆處理器效率最佳時，只需全域求解的三十分之一的時間，節省近 97% 的時間。大規模採用 32 顆處理器效率最佳時，只需全域求解的七分之一的時間，節省近 86% 的時間。

經由平行計算與全域模型的求解結果比較可知，本研究模型對於計算時間以及規劃結果，都具有可行性與實用性；特別是在採用總體規劃生產模式下，可有效回應 EMS 產業需求多變的特性，規劃出最佳的人力策略，以提供決策人員參考。

5.2 未來發展方向

本研究所建立的數學模型有其假設前提，是針對 EMS 產業一些特性所建構，故未來可依照不同的考量需求，增減不同的假設與限制，例如增加產品調撥、庫存管理、更多期的生產規劃等，提供更多元與彈性的供應網絡生產規劃。

即使採用分散式平行計算仍有求解時間過長的情況，因此在未來的研究方向，不一定要採用 LINGO 軟體進行運算，可以改使用其他支援 JAVA API 的軟體，以及不同的資料切割法，比較計算時間的可行性以及規劃結果的合理性，來提高平行計算的效率與效果。

參考文獻

中文部分：

- [1] 林詩彥，(2011)。分散式平行計算應用於以製造廠為中心之供應網絡網絡規劃，東海大學工業工程與經營資訊研究所碩士論文。
- [2] 林耿弘，(2000)。EMS產業報，第五期，六月，高雄華泰電子-成品事業中心出版。
- [3] 俞玉敏，(2001)。台灣個人電腦產業分工至整合趨勢之研究—契約製造服務 (CEM) 廠商為例，銘傳大學管理科學研究所碩士論文。
- [4] 翁興利、林弘肯，(2001)。影響供應網絡管理應用資訊科技因素之研究，中國行政評論 (TSSCI 觀察期刊)，11(1)，117-144。
- [5] 許良政(譯)，(2008)。TCP/IP Java 網路程式設計，出版社：新文京。
- [6] 郭尚君，(2008)。Java 2 入門進階，出版社：文魁。
- [7] 陳怡璇，(2009)。考量環境成本之總體生產規劃，成功大學工業與資訊管理學所碩士論文。
- [8] 葉斯暢，(2010)。分散式平行系統應用於供應網絡網絡規劃-以記憶體模組產業為例，工業工程與經營資訊研究所東海大學碩士論文。
- [9] 顏春煌，(2008)。Java 網路程式設計，出版社：旗標。

英文部分：

- [10] Aliev, R.A., Fazlollahi, B., Guirimov, B.G., Aliev, R.R.(2007). Fuzzy-genetic approach to aggregate production-distribution planning in supply chain management. *Information Sciences*. 177(20). 4241-4255.
- [11] Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., & Trafton, L. L.(1995). Global supply chain management at digital equipment corporation. *Interfaces*. 25(1). 69-93.
- [12] Barbarosoglu, G.(2000). An integrated supplier-buyer model for improving supply chain coordination. *Production Planning & Control*. 11(8). 732-741.
- [13] Bell, G.(1992). Ultracomputers: A teraflop before its time. *Communications of the ACM*. 35(8). 27-47.
- [14] Bowman, E. H.(1956). Production scheduling by the transportation method of linear programming. *Operations Research*. 4(1). 100-103.
- [15] Bowman, E. H.(1963). Consistency and optimality in managerial decision making. *Management Science*. 9(2). 310-321.
- [16] Byrne, M. D., & Bakir, M. A.(1999). Production planning using a hybrid simulation - analytical approach. *International Journal of Production Economics*. 59. 305-311.
- [17] Chan, T. S., Chung, S. H., & Wadhwa, S.(2005). A hybrid genetic algorithm for

- production and distribution. *Omega*. 33(4). 345-355.
- [18] Chern, C.-C., & Hsieh, J.-S.(2007). A heuristic algorithm for master planning that satisfies multiple objectives. *Computers & Operations Research*. 34(11). 3491-3513.
- [19] Flynn, M. J.(1972). Some Computer Organizations and Their Effectiveness. *IEEE Transactions on Computers*. C-21(9). 948-960.
- [20] Gen, M. and Syarif, A.(2005). Hybrid genetic algorithm for multi-time period production/distribution planning. *Computers & Industrial Engineering*. 48(4). 799-809.
- [21] Holcomb, T. R., & Hitt, M. A.(2007). Toward a model of strategic outsourcing. *Journal of Operations Management*. 25(2). 464-481.
- [22] Holt, C. C., Modigliani, F., & Simon, H. A.(1955). A linear decision rule for production and employment scheduling. *Management Science*. 2(1). 1-30.
- [23] Hwang, K., & Faye, A.(1984). Computer architecture and parallel processing. *New York: McGraw-Hill*.
- [24] Hwang, K., & Xu, Z.(1998). Scalable Parallel Computing: Technology, Architecture, Programming. *New York: McGraw-Hill, Inc*.
- [25] Jayaraman, V., & Pirkul, H.(2001). Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities. *European Journal of Operational Research*. 133(2). 394-408.
- [26] John, T. Mentzer, William, Dewitt, James, S. Keebler, Soonhong, Min, Nancy, Jones, C. H.(1967). Parametric production planning. *Management Science*.13(11). 843-866.
- [27] Kanyalkar, A. P., & Adil, G. K.(2007). Aggregate and detailed production planning integrating procurement and distribution plans in a multi-site environment. *International Journal of Production Research*. 45. 5329-5353.
- [28] Kanyalkar, A.P., Adil, G.K.(2010). A robust optimisation model for aggregate and detailed planning of a multi-site procurement-production-distribution system. *International Journal of Production Research*. 48(3). 635-656.
- [29] Leung, S. C. H., Wu, Y., & Lai, K. K.(2003). Multi-site aggregate production planning with multiple objectives: A goal programming approach *Production Planning & Control*. *The Management of Operations*. 14(5). 425-436.
- [30] Liang, T. F.(2007). Application of interactive possibilistic linear programming to aggregate production planning with multiple imprecise objectives. *Production Planning & Control*. 18(7). 548-560.
- [31] Lim, S.J., Jeong, S.J., Kim, K.S., Park, M.W.(2006). A simulation approach for production-distribution planning with consideration given to replenishment policies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 27(5). 593-603.
- [32] Mazzola, J. B., Neebe, A. W., & Rump, C. M.(1998). Multiproduct production planning in the presence of work-force learning. *European Journal of Operational Research*. 106(2-3). 336-356.

- [33] Padillo, J. M., & Diaby, M.(1999). A multiple-criteria decision methodology for the make-or-buy problem. *International Journal of Production Research*. 37(14). 3203 - 3229.
- [34] Porkka, P., Vepsalainen, A. P. J., & Kuula, M.(2003). Multiperiod production planning carrying over set-up time. *International Journal of Production Research*. 41(6). 1133-1148.
- [35] Sauer, J., & Appelrath, H. J.(2000). Integrating Transportation in a Multi-Site Scheduling Environment. *Paper presented at the Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [36] Taubert, W. H.(1968). A Search Decision Rule for the Aggregate Scheduling Problem. *Man- agement Science*. Vol. 14 . B-343-B-359.
- [37] W. Nix, Carlo, D. Smith and Zach, G. Zacharia.(2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*. 22(2). 1-25.
- [38] Wilkinson B., Allen M.(1999). Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networking Workstations. *Prentice-Hall, Inc*.
- [39] Wu, D.(2004). Multi-item, multi-facility supply chain planning: models, complexities, and algorithms. *Computational Optimization and Applications*. 28. 325-356.
- [40] Yeh, W. C.(2005). The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 26(5-6). 675-685.
- [41] Yeh, W. C.(2006). An efficient memetic algorithm for the multi-stage supply chain network problem . *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* . 29(7-8). 803-813.