

格網資源服務與計費系統

A Grid Resource Service and Costing System

陳秋男 李冠璟 柯春榕

靜宜大學資訊管理學系 平行與分散式處理中心(PDPC)

E-mail: {cnchen, kuancli, g923401}@cs.pu.edu.tw

Abstract

The goal of our research is to develop an efficient and economical Costing system to advance the usability and management of Grid resources. We integrate Technology Cost and Deadline Scheduling in our Cost Model, and build a web interface for user to setup their requests easily. Differ from the usual models that allow provider define their cost only, we involve user's demand to improve the cost policy and gain the price balance. Besides the budget, the deadline of processing can be a user's demand in our system; we use Deadline Scheduling Algorithm to minimize the number of unfinished job before deadline.

Keywords : Cost Model, Deadline Scheduling, Grid Computing, Grid Economic .

摘要

本研究的目標是發展一套經濟有效的計費系統 (Costing System) , 以促進格網 (Grid) 資源的充分運用與有效管理. 在本系統的計費模式中, 我們整合了技術計費模式 (Technology Cost) 與最後期限排程 (Deadline Scheduling); 另外我們也建立了一個網頁介面, 讓使用者可以輕易的透過它傳送工作與設定預算等需求

到格網系統中. 不同於以往的計費模式僅單方面的由供給方決定價格, 我們將使用者的各種需求引進計費系統中, 以改善定價策略. 在我們的系統中, 使用者除了可以依據預算來交付工作之外, 也可以依據對工作執行時間的期望做設定.

關鍵詞 : 計費模式、最後期限排程、格網、格網經濟學。

一、簡介與研究動機

在網路技術的推波助瀾之下, 將各處的計算資源藉由網路集結成一個大型計算平台的格網計算 (Grid Computing) 技術, 已日漸受到關注. 相對於十分昂貴的超大型電腦, 格網技術提供更經濟的運算資源, 而其無限擴展的特性, 使得格網更適合於需要龐大運算能力的科學計算, 例如生物資訊、醫藥設計、天文物理等等. 格網技術的精神, 就在於資源分享與充分利用, 個別的電腦資源不僅無法擔負艱鉅的運算任務, 閒置的時間也是一種無形的浪費. 格網技術不僅將各個電腦資源整合在一起, 充分發揮它們的運算能力, 並以便宜的運算成本來提供高效能的計算服務, 實實在在發揮了普及計算 (Pervasive Computing) 的精神.

由於格網是一個透過網路高度整合的系統, 各個運算資源可以分散在各處沒有地域的限制, 所以為了要發揮整個格網的最大功效, 有效的管理是不可或缺的. 格網資源管理的目

標就是要發揮格網技術的精神，資源分享與充分利用，從經濟學的角度來看，就是供需平衡。也就是說，在格網中所有參與分享的資源（供給面），都能夠充分的被運用（需求面）。在經濟學上，最能夠發揮供需平衡的機制，就是透過計價與收費。供給者分享資源並獲得合理的收益，可以促使供給增加，可服務的資源就會更高；而消費者依據他們的預算條件，選擇合適的資源來滿足需求，並付出低廉的費用。

計費系統是格網資源管理的延伸，如何讓資源有效的被運用，並符合經濟學上的供需平衡，是我們發展這套系統的目標。特別是在這樣複雜的格網環境裡，傳統採用集中式觀念的計費系統是不適合的。集中式的管理以系統為中心，所有供給與需求都是由中央系統制定，無法動態的反映使用者即時的需求變化，很難達成供需平衡的目的。所以相對的，也無法達成格網資源充分發揮的目標。格網計算的資源管理與計費系統需要的是分散式的協調能力，我們以經濟模式中的供需機制來設計格網資源管理與計費系統，即可以滿足這樣的目標。

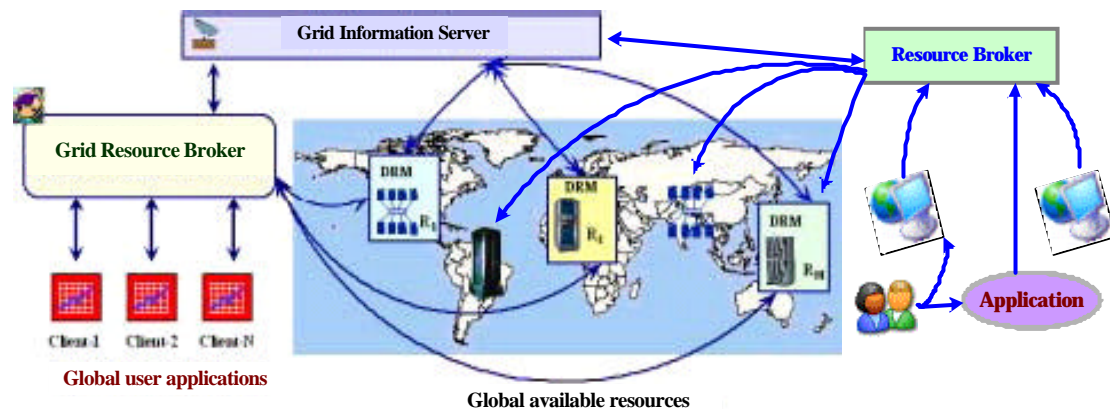
二、 研究背景與相關技術

我們將在這個部份分別介紹格網技術與經濟模式的計費策略。

(一) 格網技術

格網計算的概念最早出現 1998 年，由美國 Argonne 國家實驗室的 Ian Foster 和 Carl Kesselman 研究員[3]所提出。格網技術[1,2,3,8]是要利用網路把分散在不同地理位置的電腦、硬體設備、軟體、資料等資源組織成一個虛擬巨大的計算資源。格網環境的組成大致分成四個部分：架構(Fabric)、核心中介軟體(Core Middleware)、用戶階層中介軟體(User-level Middleware)、和應用程式(Applications)[1,6]。在一般格網計算的環境下如圖一，架構可以包括個人電腦、大型工作站、叢集電腦、網路設備、儲存裝置與科學儀器等。核心中介軟體提供遠程資源服務，包括安全、格網的管理和遠端作業的提交、貯存。用戶階層中介軟體提供一些工具，例如：資源中介者、應用開發系統服務和提供適合工作運行的時間環境。格網應用程式包括格網訊息庫與一些應用軟體，例如透過瀏覽器介面，使用者可以遠端接收或傳送有關工作任務的資訊。

由於終端使用者和資源提供者也許分布在不同地區，在像這樣複雜的格網環境中，資源管理很難達到接近集中化管理最佳效能。對於分散資源的有效利用，需要一個聰明的資源管理系統，而支撐這整個在管理資源運作的重要關鍵，就是經濟層面的供需機制。也唯有一個完整的經濟模式，才能讓資源管理和格網計



圖一、格網運作模式

算運作部分發揮其效能,但是目前一般經濟行為的市場模式中並沒有針對格網環境的經濟模式標準。

(二) 經濟模式的計費策略

多重代理人負責服務使用者,在格網環境準備工作執行所需的資源,包括從工作任務的指派到傳輸結果回覆給使用者,它中介使用者與機器設備之間傳遞程式、資料。本研究希望提供如同代理人一般的簡單功能,還加上整合資源環境服務,在給予這些抽象服務的時,並能搭配對需求者合理的索費機制輔助,讓格網環境的經濟供需模式進一步發展。另一方面資源提供者在這種經濟架構運轉下,貢獻自己一些資源設備,還能從中得到回饋,相信在這機制下,一定還會有更多未有效利用的資源被供應出來。這對於那些有大量資料問題的顧客,若能在期限時間內,藉由整合的資源環境,來解決大量運算的工作任務,減少因運算資源缺乏而延誤的工作流程進度、更不用負擔設備器材的成本,也不用擔心管理維護方面,真是一舉多得。這些對於需求者與資源供應者,都帶來很多因資源有效利用的經濟效益。

2.1 Nimrod

澳洲的摩納史大學 (Monash University) 在 1994 年開始的計畫[7],是開發一個工具分散計算參數的模組,例如把類似的計算,如飛行器翅膀在不同仰角時的效能,分散到區域網路上的許多電腦上。

Nimrod-G[5,15,16,20]是 Nimrod[7]延伸出來的軟體系統,提供一個簡單的說明性參數語言 (Declarative parametric language) 來表示參數的執行,這系統顯示了基於電腦的經濟構造 (Economic Principles) 下新的資源管理和工作排程演算法,這其中一套的資源軌跡服務 (Resource trading services) 就稱作 GRACE (Grid Architecture for Computational

Economy)。GRACE 提供關於 QoS (Quality-of-Service) 參數的協商、最後期限 (Deadlines)、計算的價格 (Computational Cost) 的辦法,我們可以看到基於使用者的 QoS 需求,透過資源代理人 (Resource Brokers) 依據資源的價格 (Cost)、品質 (Quality) 和可利用的 (Availability) 動態的去租用格網 (Grid) 服務的運轉時間。

Nimrod-G 在使用資源軌跡服務 (Resource trading services) 管理資源的供給及需求讓使用者的需求更清楚容易去執行。其中幾個 Nimrod-G 比較重要的排程規則:

1. 價格最佳化 (Cost optimization): 選擇較便宜價格的資源來使用。
2. 時間最佳化 (Time optimization): 期望能有工作平行 (parallel) 執行的結果。
3. 先價格最佳化後時間最佳化 (Cost-time optimization): 就像是當價格最佳化,但許多工作任務的使用價格差異不大,進而在使用時間最佳化來分派工作任務的執行。
4. 傳統時間策略 (Conservative time strategy): 相似於時間最佳化,但是保證那些未執行過的工作任務能有最小的預算來執行。

但 Nimrod-G 工具和資源代理人這些服務,受到中介軟體 (Middleware) 的很大影響,這些中介軟體包括 Globus、Legion、GRACE、Condor 等等。由 Nimrod-G 使用的一些例子來看,雖然策略選擇結果符合使用者要求,但沒有考慮將花費最小化,像是給予時間因素,像是期限時間 (Deadline), Nimrod-G 會選擇在時間限制內最接近期限時間的服務資源,沒有考慮到就算先選擇最接近期限時間的服務資源反而會造成花費比較貴。

2.2 計費模式 (Cost Model)

在格網 (Grid) 系統裡, 要考慮該如何計算收費價格, 以及有哪些資源元素該付費使用。使用不同的應用程式資源需求, 當然收費也跟著使用到不相同的資源而有所差異, 像是不同需求下用到計算平台和用來解決問題的演算法也有所分別, 也就是說不同應用程式所要求使用的資源也不盡相同, 如同有些應用程式偏向於使用 CPU 需求為主的, 也有些是偏向於 I/O 要求的, 還有介於兩者中間的應用程式; 當然這些都是計費收費[9,11,12,13,14]的考量, 以下說明一些會列入計費考量的資源:

1. CPU: 包括使用者應用程式使用到的時間 (User Time), 還有系統服務應用程式所花的時間 (System Time)。
2. 記憶體 (Memory): 需要用到記憶體部分多寡。
3. 最大常駐程式的位置大小: 以分頁 (Page Size) 大小來計算。
4. 記憶體使用的總和。
5. 分頁失敗 (Page Faults)。
6. 儲存器 (Storage) 的使用。
7. 網路頻寬 (Network Bandwidth) 的消耗。
8. 本文交換 (Context Switches) 和信號 (Signals) 的送達。

9. 處理用到的軟體和函式庫 (Libraries)。

Nimrod-G 使用的是 G-commerce[9]分配資源給格網使用者的收費策略, 利用的是價值商品市場 (Commodities Markets), 這市場模式是基於:

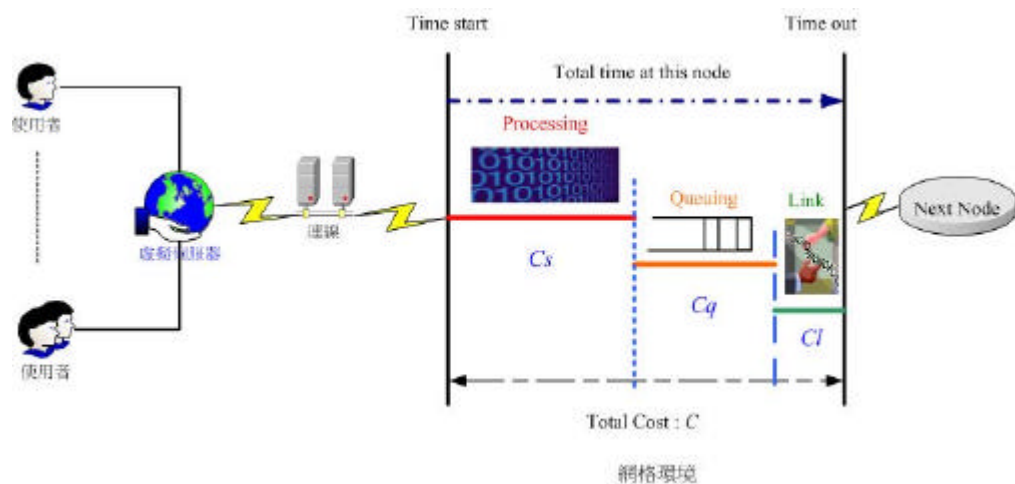
1. 同樣的服務費 (Flat Fee)
2. 使用的持續時間 (Usage Duration): 計時方式
3. 預定 (Subscription)
4. 根據供需機制 (Demand and Supply)

Nimrod-G 是根據資源提供者來預定它們資源收費標準, 然後再利用 GMD (Grid Market Directory) 格網市場位址服務來進行資源分派準則。

除了本身提供資源的成本收費, 如上文提到的不同應用程式所收費計價的標準必定也所不同, 所以接下來要研究關於應用程式使用資源時的計費模式 (Cost Model)。

2.2.1 經濟模式 (Economy Model):

一般簡單經濟計費模式 [12,13,17,18,19,20] 大概可以分類成交換 (Switching) 部份、佇列



圖二、簡單收費模式

(Queuing) 部分和排程 (Scheduling) 部分，這端點 (node) 的使用花費還要加上抽象的連結 (Link) 從這端點傳送到下個端點的計算：

$$C = C_s + C_q + C_l \quad (1)$$

C 代表使用系統總共的花費， C_s 、 C_q 、 C_l 分別代表的就是排程 (Scheduling)、交換 (Switching) 和佇列 (Queuing) 以及連結 (Link) 的花費。如圖二，儘管這計費模式看似簡單，但是在一般網路架構下，提供有效預先計畫，例如可以用來依據選擇最短路徑安排 (Shortest Path Routing)，可以發現從起點到目的地最小傳送花費的路徑。

但在這簡單的花費模式下，往往最後考慮選擇的都是距離使用者較近的資源來使用。可是格網系統下總和收費大多決定性的影響在於，資源本身的定價、及資源發現選擇的花費；所以加入這些主要因素，新的經濟計價模式大致又可以分為三個部份：發現資源的花費 C_f 決定使用資源的花費 C_d 和資源排程的花費 C_s ：

$$C = C_f + C_d + C_p + C_t \quad (2)$$

架構如圖三，其中 C 代表總共花費包括 C_f

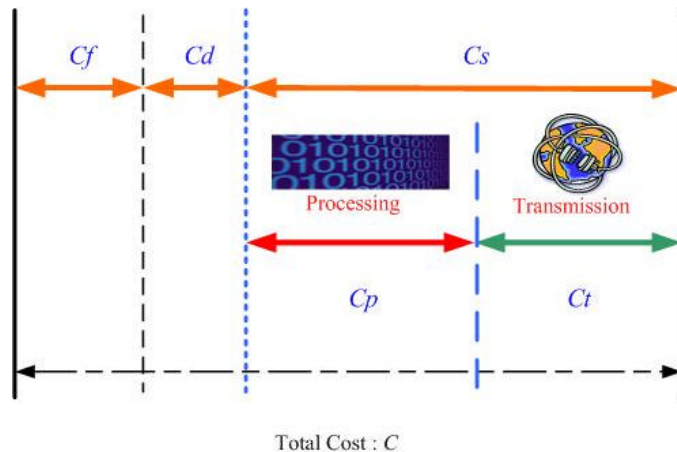
C_d 、 C_p 、 C_t 、 C_s 的花費部份大致又分為 C_p 處理花費、 C_t 端點之間傳送的花費。這些計費，是依據使用到之前提到的資源收費幾個变量的部份。

上面計費模式關於發現資源的花費和決定使用資源方面，希望能發展成更符合目前的格網計算 (Grid Computing) 下，可以被廣泛使用的計價模式，就現階段而言本研究比較傾向於資源有效管理，不讓使用者還要考慮到要去尋找發現資源的花費，另外讓顧客在系統提供的資源設備資訊下，自己有權去決定選擇要使用哪些資源。

2.2.2 技術計費 (Technology Cost):

$$P = \sum_{i=1}^N k_i \times (p_i \times u_i) \quad (3)$$

這價格策略是要讓標準的技術上的花費轉換成通貨上的計費，價格策略是依照經濟模式 (Economic model)；簡單的計算使用是 $p \times u$ ， p 代表是效能的因素， u 代表資源元素的使用總計，例如 p 關於 CPU 能力， u 就代表這工作任務使用到的總 CPU 時間，這在 [10] 稱作技術花費 (Technology Cost)，然而 k 代表的是常態係數來反應特定資源的價值。所以每個資源元素都有其使用價格， i 就是標示使用哪



圖三、改良的收費模式

些資源元素(像是 CPU, RAM, Disk 等等) 但不管是價格策略還是經濟規則, 必須另外再加以考量的是使用者的需求, 增加這個因素考量讓整個價格策略能更完善一點。

$$Br = f(D, Pu, R, L, Pp) \quad (4)$$

在這價格函數 Bu 裡面的考量, 包括 D 是對資源使用的需求, Pu 、 Pp 分別代表顧客期望的價格策略機制和資源提供者所期望的價格策略, R 是在這市場裡供需的關係, L 即考慮現在資源提供的負載, 期望透過這些因素的考量來修正對於資源計價的準確性。

$$Cp = P \times Br \quad (5)$$

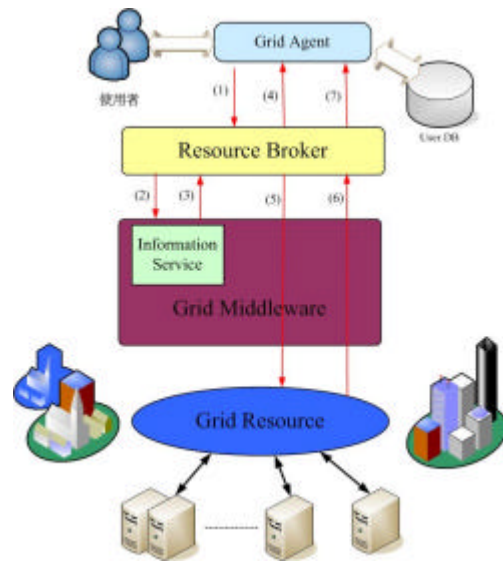
所以加以推導出來的計價模式 Cp , P 就是技術花費 (1), 而 Br 是預先計畫的變數 (2), 這個計價模式 (Cost Model) 能在使用者預期, 和資源服務提供者間, 提供較平衡的收費標準。例如, 使用者提供對於資源收費的預期, 和資源提供者的預期, 這計價模式就先納入 Br 考慮收費標準, 當根據工作任務使用的資源來計費 P 時, 便將兩邊不論資源提供者或使用者之間盡量去取得收價標準的平衡。

三、系統架構

圖四是我們的系統架構圖, 考慮到方便讓使用者使用系統, 在系統外圍是網頁介面, 見圖五 [23], 讓使用者連上網路輕易就可操作, 透過像代理人 (Agent) 的網頁服務, 瞭解使用者需求, 包括預期花費 (Budget)、期望執行工作的最後期限 (Deadline) [21,22,24,25], 也希望藉由網頁讓線上使用者, 即時看到系統目前資訊, 如記憶體 (Memory) 使用或網路傳輸情形, 提供給使用者運用格網計算資源的參考

依據。下面詳加描述系統需求和運作流程：

- (1) 顧客經由系統介面, 呈遞要求格網資源服務的工作任務, 這網頁系統介面我們叫它格網代理人 (Grid Agent), 給予它一些參數, 讓系統經由瞭解使用者需求來做資源管理分派; 包括預算花費和最後期限。



圖四、系統架構圖

- (2) 格網代理人大約詢問訊息服務 (Information Service) 關於可利用的格網服務 (Grid Service) 有哪些資源來源。
- (3) 訊息服務立即提供格網服務資源的現況資訊, 回覆給格網代理人。
- (4) 格網代理人透過網頁介面, 讓顧客選擇在他預期花費或希望的執行期限下, 加上一些格網服務的資源系統資訊為主要考量, 來讓顧客自行選擇格網資源。
- (5) 知道顧客需求所給予的一些參數後, 格網代理人控制資源分派中介 (Resource Broker) 提交工作任務到使用者需求期望下的資源。
- (6) 當工作任務被分派到同地域範圍或非同一地域範圍的資源運作, 各個資源設備運算處理完成時, 要整合結果回覆到格網代理人, 也一併將工作任務所用的花

費算出，並呈報所有價格花費給予格網代理人。

(7) 最後回報工作任務和所有執行用到的花費給顧客。

四、 實驗方法與結果

使用者所需計算處理的程式上傳到格網環境處理，往往在未知的程式大小及難以估計其所需運算時間下，使用者更難以去選擇在預期的預算花費及預期時限裡的所需side數及程式計算所需的CPU個數。藉由這模擬系統透過實驗下給予動態的程式檔案大小、所選擇的side和程式需要的CPU個數等參數，來實驗分析預期使用者輸入的程式所需的花費及運算時間。

我們利用矩陣相乘的平行處理程式來測試模擬系統的成效。矩陣相乘中若矩陣大小越大相對的所需計算的時間也越久，然而計算矩陣相乘的過程中有許多程序彼此不相依，因此用於平行計算更能節省其計算的時間。透過利用平行處理計算各種大小的矩陣，觀察其在模擬系統中相對於side和使用CPU個數的計算時間變化，加上預期出大約收費價格。這樣一來透過模擬系統結果，可以檢視出平行程式的計算大小與使用機器、CPU個數所需的時間和收費。

我們分別進行以下不同方式的實驗，來觀察系統的效能：

(1) 單顆 CPU 運算

用每個side對應到單顆CPU去做矩陣相乘的運算，等於像是利用格網內每個side內只使用到一個電腦一個CPU的資源去做運算。

(2) 多個 CPU 位於多 side 的運算

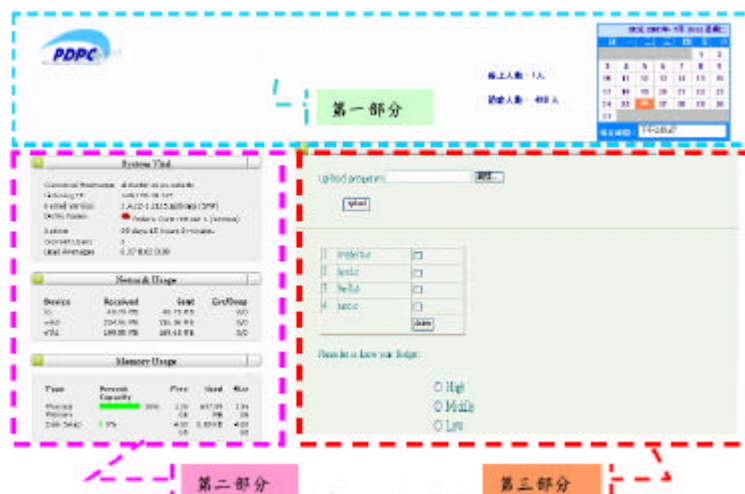
進一步了解程式與CPU選擇與位於side的影響，也就是進一步試驗參數M、P、S之間的變化影響，是否能更藉由這模擬系統模擬出在格網環境下執行程式（M）與選擇CPU（P）以及side數量（S）之間的關聯影響。

以上是在同質性平台環境下實驗，所以可能無法很明確的看出價格與效能的變化差異，因為在同質性的平台下，增加CPU個數或side數都無須去考量選擇增加價格較便宜的side或是選擇整體速度較快的side。

接下來是異質性平台實驗

(3) 以 Deadline 為優先考量

當執行期限（Deadline）為優先考量，代表選擇增加S變數時即選擇增加 side 資



圖五、系統介面

源數量時，會優先考慮其具備運算能力較好的 side。

(4) 以 Budget 為優先考量

也就是在做選擇資源考量時，會優先考慮價格較低的 side，代表選擇增加 S 變數時即選擇增加 side 資源數量時，會優先考慮其價格花費較低的 side 做為優先加入的選擇。

藉由兩個實驗結果來看，若要增加 side 來提高效率、減少執行時間或減少執行花費，必須衡量所要加入 side 的效能，當能提高許多效能時，可以減少許多執行時間，這時就需要使用者自己去衡量可能需要增加的一點執行費用，如果是增加效能差異不大或較低的 side，這樣一來不但能降低執行時間，還可能降低不少執行花費。

五、 結論

本文先研究在格網環境下的經濟供需模式，從簡單的計價、計費模式開始，考量如何將抽象的資源服務計價量化。在參考目前 Nimrod-G 的相關研究後，我們增加許多考量點，包括將技術上的花費轉換成通貨計費的價格策略，建構經濟模式下的模擬系統。這模擬系統區別以往模擬系統只用歷史軌跡數據或參數設定再進行測試，而是利用與格網平台相似用網路連接的機器去模擬格網平台，而實地測試執行使用者上傳程式，希望藉此模擬出更接近格網實體平台結果，還能找出幫助使用者分析實際格網平台時，有利於增加預期效能的因素。

從實驗結論就可以發現利用模擬格網系統，在單純的同質性平台實驗，太小的應用程式在利用較大資源的格網環境，其實效能並非如預期增加 CPU 個數效能也就會更好，反而可以經由模擬測試結果，來考慮使用那些在預算及預估

執行期限的需求下且效能較好的資源，一方面減少使用者多付費使用較多資源卻未能達到預期效能的結果，一方面也能增加資源使用的效能。相對於在異質性的平台實驗下，發現對於每個使用者預期的預算和執行期限等需求差異，這時選擇 sides 來執行程式時，可能會由於每個 side 彼此之間 performance 差異的影響，造成應用程式在平行執行時的限度，且可以看出在異質性的格網環境下選擇 side 的重要性。這些都是使用者可以透過本模擬格網系統，模擬在同質性高的或者異質性高的經濟模式格網環境下，幫助使用者預先了解自己程式的執行成效，還可以做為實地選擇格網資源服務的依據參考。

未來還希望加入最後期限排程等演算法的預測方法，希望發展出更成熟的經濟計價、計費模式，讓格網環境下的經濟模式能有效的發揮作用，達到如預期的效果，也希望強化模擬系統，幫助使用者使用經濟模式的格網平台，讓使用者不會再後悔經由在實際格網平台下的執行經驗才發現，可能原本想要犧牲執行時間效能讓執行成本降低，結果發現其實有更符合預期效能卻又成本最低的選擇，可以直接利用模擬系統幫助使用者找到最符合預期的效能。

六、 參考文獻

- [1] Amhar Abbas., *Grid computing : A practical guide to technology and applications*. Charles River Media, Hingham, Massachusetts, 2003, pp. 31-97.
- [2] Joshy Joseph, Craig Fellenstein, *Grid computing*. Prentice Hall Professional Technical Reference, Upper Saddle River, N.J., 2004, pp. 3-57.
- [3] Foster and C. Kesselman, *The GRID: Blueprint for a New Computing*

- Infrastructure*. Elsevier, Amsterdam, 2004, pp. 2-50.
- [4] A. Natrajan, M. A. Humphrey, A. S. Grimshaw, "Grids: Harnessing Geographically-Separated Resources in a Multi-Organisational Context," in *Proceedings of the 15th Annual Symposium on High Performance Computing Systems and Applications (HPCS 2001)*, Ontario, Canada, June 18-20, 2001.
- [5] Abramson, Rajkumar Buyya, and Jonathan Giddy, "A Computational Economy for Grid Computing and its Implementation in the Nimrod-G Resource Broker," *Future Generation Computer Systems (FGCS) Journal*, Volume 18, Issue 8, pp. 1061-1074, Elsevier Science, The Netherlands, October 2002.
- [6] M. Baker, R. Buyya, D. Laforenza, "The Grid: International Efforts in Global Computing," intl. Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet, Italy, 2000.
- [7] David Abramson, Nimrod: Tools for Distributed Parametric Modelling. Available: <http://www.csse.monash.edu.au/%7Edavid/nimrod/index.htm>
- [8] R. Wolski, J. Plank, J. Brevik, and T. Bryan, "Analyzing Market-based Resource Allocation Strategies for the Computational Grid," *International Journal of High-performance Computing Applications*, Volume 15, Number 3, Sage Publications, USA, Fall 2001.
- [9] Kazem Najafi and Alberto Leon-Garcia, "A Novel Cost Model for Active Networks", *Communication Technology Proceedings 2000*, Volume 2, pp. 1073-1080.
- [10] Zhengyou Liang, Ling Zhang, Shoubin Dong, and Wenguo Wei, "Charging and Accounting for Grid Computing System," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004*, pp. 644-651.
- [11] Keith D., Walter B., "An Analysis of the Cost Effectiveness of an Adaptable Computing Cluster," *Kluwer Academic Publishers*, Netherlands, 2004, pp.357-371.
- [12] Thomas Weishäupl, Erich Schikuta, "Towards the Merger of Grid and Economy," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004*, pp. 563-570.
- [13] Jun-yan Zhang, Fan Min, and Guo-wei Yang, "Integrating New Cost Model into HMA-Based Grid Resource Scheduling," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004*, pp. 652-659.
- [14] Atsuko Takefusa, Henri Casanova, and Satoshi Matsuoka, and Francine Berman, "A Study of Deadline Scheduling for Client-Server Systems on the Computational Grid," *10th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC-10'01)*, San Francisco, California, August 07 - 09, 2001, pp. 406-415.
- [15] Buyya R., Abramson D. and Giddy J, "Nimrod/G: An Architecture of a Resource Management and Scheduling System in a Global Computational Grid," *HPC Asia*

- 2000, Beijing, China, May 14-17, 2000, pp 283-289.
- [16] Rajkumar Buyya, David Abramson, and Jonathan Giddy, "Nimrod-G Resource Broker for Service-Oriented Grid Computing," *IEEE Distributed Systems Online*, in Volume 2 Number 7, November 2001.
- [17] Buyya R., Giddy J. and Abramson D, "An Evaluation of Economy-based Resource Trading and Scheduling on Computational Power Grids for Parameter Sweep Applications", Workshop on Active Middleware Services (AMS 2000), Pittsburgh, USA, Kluwer Academic Press, August 1, 2000.
- [18] Buyya R, Abramson D., and Giddy J., "A Case for Economy Grid Architecture for Service Oriented Grid Computing", *10th Heterogeneous Computing Workshop*, San Francisco, California, April 23, 2001.
- [19] Buyya R., Stockinger H., Giddy J. and Abramson D., "Economic Models for Management of Resources in Peer-to-Peer and Grid Computing", *Technical Track on Commercial Applications for High-Performance Computing, SPIE International Symposium on The Convergence of Information Technologies and Communications (ITCom 2001)*, Denver, Colorado, USA, August 20-24, 2001.
- [20] Abramson D, Buyya R. and Giddy J. "A Computational Economy for Grid Computing and its Implementation in the Nimrod-G Resource Broker", *Future Generation Computer Systems*. Volume 18, Issue 8, Oct-2002.
- [21] Buyya R., Abramson D. Giddy J. and Stockinger H., "Economic Models for Resource Management and Scheduling in Grid Computing", *Journal of Concurrency: Practice and Experience, Grid computing special issue* 14/13-15, 2002.
- [22] Buyya R, Murshed M., and Abramson D., "A Deadline and Budget Constrained Cost-Time Optimization Algorithm for Scheduling Task Farming Applications on Global Grids", *The 2002 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications*, Las Vegas, Nevada, USA, June 2002.
- [23] 靜宜大學平行與分散式處理中心(PDPC) <https://www.pdpc.cs.pu.edu.tw/>
- [24] Atsuko Takefusa, Henri Casanova and Satoshi Matsuoka, and Francine Berman, "A Study of Deadline Scheduling for Client-Server Systems on the Computational Grid," *10th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC-10'01)*, San Francisco, California, pp. 406-415, August 07-09 2001.
- [25] C.T. Yang, C.L. Lai, P.C. Shih, and K.C. Li, "Resource Broker for Computing Nodes Selection in Grid Computing Environments", in *GCC' 2004 The 3rd International Conference on Grid and Cooperative Computing*, LNCS 3251 Springer-Verlag Heidelberg, H. Jin, Y. Pan, N. Xiao, J. Sun (Eds.), Wuhan, China, 2004.