

# 格網系統中基於競價模式之彈性比例資源分配策略

賴冠州\* 伍朝欽 黃振維 馮士丞 林士傑 吳勇均  
 臺中教育大學資訊科學學系\* 彰化師範大學資訊工程學系  
 kclai@mail.ntcu.edu.tw

## 摘要

近年來格網技術蓬勃發展，各種格網系統陸續開發建置；為有效率地應用格網資源，適當的資源管理及分配策略極其重要。以往電腦運算系統的管理方式偏重於提高資源使用率的最大化而忽略使用者的需求。因此，讓使用者可依照自己的需求，有彈性地選擇資源完成工作，為本研究之重點。本研究以市場經濟模式應用於格網系統中資源分配策略，結合競價模式和比例分配模式，讓使用者在符合個人目標下，分配格網資源完成工作。模擬實驗證實本研究的演算法確實能讓使用者在預期時間內完成工作，並節省更多的金錢。

關鍵字：格網經濟、經濟模式、競價模式、比例分配系統

## 1. 前言

格網系統(Grid System)利用網際網路連結動態、多個虛擬組織及不同管理者資源，形成分散式的電腦系統，用以解決工業、科學以及分子運算等需要大量計算或是產生龐大資料的應用問題。格網系統提供的服務與分享的資源包含計算能力，檔案傳輸、遠端電腦的軟體、資料以及其他利用網路存取資源。透過適當的分配策略，分享並整合使用這些分散在不同地域由不同組織擁有的超級電腦、儲存系統和其他裝置的資源。

一般而言，格網系統管理調度資源的方式可分成 system-centric 和 user-centric 兩種。System-centric 是比較傳統的方法，資源提供者以效能優選的觀點管理資源企圖提升 resource 的使用效益，這

是以往電腦運算系統追求的目標；而 user-centric 策略則根據使用者的 QoS 選擇資源，例如 deadline、budget 等。如同真實世界中交易買賣的供需法則，依照使用者需求的高低調整 resource cost。如此看來，以 user-centric 的角度管理 Grid resource 較為符合使用者的需求，而不是只著眼於 resource 高效率的應用而已。因此，本研究希望以 user-centric 的觀點設計符合市場經濟原則的演算法，以解決工作排程的問題。

現在已有多種經濟模式 [3, 4, 6, 7] 應用在格網系統做為資源分配的策略，它們各有優點也都需要改善的空間，若能結合不同經濟模式的優點發展出更有效率且經濟的資源分配演算法，必定更能符合使用者的需求。我們以競價模式結合比例分配系統設計出資源分配演算法，希望可以針對，每位使用者有多個獨立的 task(稱為 "bag-of-task") 的環境下，在 deadline 內完成工作，同時盡可能省下更多的 budget。

## 2. 文獻探討

### 2.1 Grid Economy and Grid Architecture for Computational Economy (GRACE)

符合市場經濟原則的格網系統必須有一個工具提供給使用者以及資源提供者表示他們的需求和目標，使用 Grid Economy 模型的優點有 [3]：幫助建立大型格網系統讓資源提供者遵循此交易模式提供資源；第二是讓使用者有個標準藉以評估本身需求強度，deadline 越短表示需要越多資源在短時間內完成工作；此外 Grid Economy 模型幫助建立 high-scalable 的決定機制讓不同地理位置的使用者

和資源提供者都可參與；最後，當此市場經濟行為模式建立之後，便產生一個標準，標準化使得商品能夠多樣化，不同的資源種類都可利用相同的經濟模式分享，因此除了計算資源，所有類型的資源都可藉由此模型進行交易。

Dr. Buyya 根據 Grid Economy 模型發展 Grid Architecture for Computational Economy (GRACE) [3]。資源提供者利用 GRACE 定義資源價格及管理策略；使用者則依賴 GRACE 的 Broker 與資源提供者互動。

## 2.2 Economic Models

根據 Grid Economy 模型有許多 Economic Models 用在格網系統上做為工作排程的策略。Economic Models 分為兩種。在 non-price-based -model 中使用者互相分享擁有的資源達到目標；price-based-model 則有貨幣制度，使用者根據不同需求支付貨幣。Economic models 多種交易制度 [1, 3, 5, 6]。

Auction Model 分為 One-to-Many、Many-to-Many 兩種。One-to-Many 模式有 English auction，Dutch auction，first-price Sealed-bid auction 及 Vickrey auction 等。在 English Auction 策略中資源提供者接受多位使用者參與競標，價高者得，拍賣結束後，出價最高獲得資源使用權。在 First-price sealed-bid auction 策略中使用者在彼此不知道競標價格的情況下進行競價，最高價者得到資源使用權。Vickrey (Second-price sealed-bid) auction [8] 策略則類似 First-price sealed-bid auction，使用者在不知道其他人出價的情況遞交自己的價格，競價結束後出最高價的使用者獲得資源，但所要支付的實際金額是次高的價錢。而 Dutch Auction 策略和 English Auction 相反，資源提供者首先初始一個資源價格，若使用者認為價格合理並出價即獲得資源使用權，若無使用者出價購買，資源提供者會在下個時間點降低價格再次詢問，在競價時間內重複動作等待使用者出價獲取資源，若競價時間結束沒有使用者出價則競價結束。在 Many-to-Many 模式中，則有 Proportional

Resource Sharing Model，每位使用者分到的資源和所提出的價格成正比，若使用者需要較多的資源執行工作，則必須出較多的價格獲得更高比例的資源 [4]。

資源提供者以及使用者有時候會混合不同模式使用達到高經濟效益，本研究即利用 First-price sealed-bid auction model 混合 Proportional Resource Sharing Model 建構交易模式。每一次競標期間使用者會出適當的價格以獲取比例資源，資源提供者根據每位使用者出的價格，利用比例分配模式計算資源比例，若使用者希望得到更多的資源，便出更高的價格達到目的。

## 3. Proposed Algorithm

本研究基於 time optimization algorithm [7] 設計基於競價模式之彈性比例資源分配策略 (Auction-based Flexible Proportional Resource Allocation algorithm, AFPRA)，目的在於讓使用者在 deadline 內完成工作，同時盡可能省下 cost，其整體架構如圖 3.1，運作流程如下：

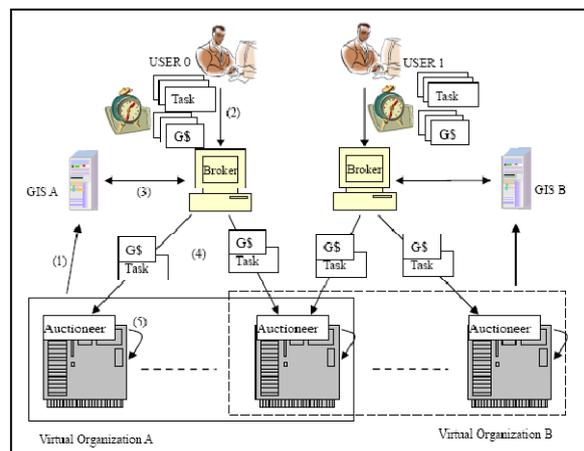


圖 3.1 基於競價模式之彈性比例資源分配系統

1、Resource 首先傳送機器名稱、計算資源數量以及價格等資訊給 GIS (Global Information System) 進行註冊。

2、每位使用者都有專屬的 user broker 負責調度所有事務，使用者遞交要執行的 task、deadline 以及

budget給user broker，user broker負責調配執行工作以及和resource溝通協調等底層的動作。

3、User broker接收使用者的工作及需求後，向GIS索取可用訊息藉以採取最佳策略選擇適當資源安排工作。

4、User broker決定策略後將各個獨立的task送給選定的resource執行，在每個競價時間 $P$ 內，user broker持續觀察執行狀況變更資源價格以增加或減少資源比例。

5、Auctioneer和user broker溝通競價完後，根據比例分配模式分派資源比例執行工作，若Auctioneer在 $P$ 時間內接收到由user broker傳來新的資源價格，則在下個 $P$ 重新分配資源比例，最後resource執行完畢將結果回傳。

#### 4. 實驗環境設計

本研究以 P/C 值(performance/cost)為標準比較 time-optimization scheduling 以及 AFPRA algorithm 兩種策略，P/C 值較高代表每個單位價格能完成較多的工作，換句話說，P/C 值高的策略能以較少的價格完成所有的工作。

本研究模擬實驗環境以 java 語言撰寫，模擬實驗在 windows 平台執行，為模擬資源不足時，資源競爭之情況，假設整體環境只有 5 個 resource，resource 特徵如表 4.1。模擬實驗的使用者數量為 2 或 10，task 數量為 10 或 100，工作執行之指令個數則以 random 方式產生，指令數量於 9000~11000 MI(million instructions)之間；工作之 deadline 為 1000 或 4000 MI。用以觀察使用者以相同競價策略在不同 deadline 的表現，以及多位使用者使用相同競價策略的情況下是否因為利己原則產生互相排斥的情形。

表 4.1 Resources characters

Resource	R1	R2	R3	R4	R5
MIPS	500	1000	1200	1400	1600
Budget Cost	1~100	5~500	6~600	7~700	8~800

每次競價時使用者  $i$  提供競價價格以及競價資源的時間長度  $P_i$  給 resource  $r$ ，本研究假設 time-optimization scheduling 的  $P_i$  固定為 100 秒。AFPRA algorithm 的  $P_i$  則根據每次競價資源比例動態調整。在初始競價的預設價格設定上，time-optimization scheduling 預設最壞情況假設只以計算效能最差的 resource 完成工作為標準；AFPRA algorithm 則以平均工作長度除以所有可用資源的平均計算能力做為預估標準初始競價價格。

#### 5. 實驗結果

我們發現以 AFPRA algorithm 進行競價無論 task 數量多少都能在 deadline 內完成；而 time-optimization algorithm 在 task 數量較小以及 deadline 時間增加時才能夠完成。除此之外也可以觀察到 AFPRA algorithm 展現較高的 P/C 值，說明使用者用少量的價格即可完成工作。

採取 time-optimization algorithm 有時會將過多的 task 集中在某一個 resource 計算造成效率的降低。由比較表 5.1 及 5.2，可以看到隨著 deadline 減少、task 數量增加時，P/C 值的表現會有下降的趨勢；當 deadline 增加或 task 數量減少時 P/C 值才會上升，這個現象符合一般競價結果。

表 5.1 當 deadline 為 1000 時，2 位使用者採取 time-optimization scheduling 參與競價結果

number of task	10		100	
	user1	user2	user1	user2
turnaround time	371	425	1989	1987
Finishing ratio	100%	100%	74.82%	75.09%
P/C	10.75	12.17	2.19	2.19

表 5.2 當 deadline 為 4000 時，2 位使用者採取 time-optimization scheduling 參與競價結果

number of task	10		100	
	user1	user2	user1	user2
turnaround time	371	427	4003	4002
Finishing ratio	100%	100%	99.93%	99.95%
P/C	17.51	18.13	4.92	4.92

表 5.3 是 user1 使用 time-optimization algorithm 分配 100 個 tasks 的情形，user1 根據 resource 的計算效能和價格從計算能力最差、價格最低的 resource 開始分配。當 deadline=1000，user broker 分配 48 個 task 給 R1，分配 52 個 task 給 R2，這時 user2 也採取相同的方式分配 task。如此一來 R1 沒有足夠的資源可以負擔龐大的工作量，當 user1 和 user2 在每次競價過程發現無法獲取足夠的資源在 deadline 內完成時，下個競價時間便提高價格，企圖得到更多資源而產生惡性競爭，但依舊無法得到足夠的資源數量，同時浪費更多的金錢。

我們利用 AFPRA 演算法，以第一次競價獲取的資源比例做為分配標準，如此可確保分配 task 後不會因為之後的競價過程得不到足夠的資源造成逾時的現象，表 5.4 及 5.5，分別是兩個使用者在不同 deadline 時，執行 10、100 個 tasks 的情況，P/C 值都比 time-optimization algorithm 的表現好。

表 5.6 是 user1 使用 AFPRA algorithm 在 deadline=1000 的情況下分配 100 個 tasks 給 resource 的結果。

表 5.3 5 位使用者競爭，user1 採取 time-optimization algorithm 分配 100 個 tasks

	Task#	cost	time	Finishing ratio
R1	48	193841.9	1989	50.29%
R2	52	261985.4	1009	99.16%

表 5.4 當 deadline 為 1000 時，2 位使用者採取 AFPRA algorithm 參與競價結果

number of task	10		100	
	user1	user2	user1	user2
turnaround time	381	426	990	988
Finishing ratio	100%	100%	100%	100%
P/C	18.60	20.67	4.13	4.07

表 5.5 當 deadline 為 4000 時，2 位使用者採取 AFPRA algorithm 參與競價結果

number of task	10		100	
	user1	user2	user1	user2
turnaround time	410	410	3980	3980
Finishing ratio	100%	100%	100%	100%
P/C	40.84	40.32	6.35	6.33

表 5.6 5 位使用者競爭，user1 採取 AFPRA algorithm 分配 100 個 tasks

	Task#	cost	time	Finishing ratio
R1	24	33355.9	969	100%
R2	49	191135.5	990	100%
R3	27	17318.8	441	100%

Time-optimization algorithm 分配 task 時忽略有其他競爭者出現使得資源瓜分而無法完成原本預估的工作量。而 AFPRA algorithm 適當地分散工作量給各個 resource，雖然在 R2~R5 執行計算的價格比 R1 高，但能夠準時完成工作，且因為不會有惡性競爭的情況產生，使得總計算的 P/C 值高於集中在 R1 執行計算，若集中在 R1 執行雖然價格較為便宜，但無法承擔龐大的計算量讓所有使用者都逾時完成。

接著將使用者人數擴大為 10 位各擁有 100 個 tasks 參與競價觀察兩種策略的績效。表 5.6、5.7 為 10 位 users 計算 100 個 tasks 的結果，可以看到使用者人數增加，使得每位使用者必須付出更多金錢取得足夠資源完成工作而讓 P/C 值減少，但 AFPRA algorithm 的 P/C 值比 time optimization

algorithm 略高且能在 deadline 內完成工作。

Time-optimization algorithm 希望利用便宜的 resource 執行計算，但分配 task 時忽略其他競爭者分享計算效能的影響造成反效果的出現。AFPRA algorithm 以第一次競價的資源比例做為分配標準排除互相競爭的情況，使得每位使用者都可彈性調整競價價格在 deadline 內完成所有工作，雖然會將部份 task 分配到比較昂貴的 resource 執行，但可保證所有工作不會逾時完成。此外分散 task 不會造成惡性競爭，反而比集中執行更有效率且經濟，total cost 降低讓 P/C 值升高表示 AFPRA algorithm 更符合使用者的期待。

表 5.6 當 deadline 為 4000 時，10 位使用者採取 time-optimization scheduling 參與競價結果

number of task	100				
	user1	user2	user3	user4	user5
turnaround time	19962	20044	20101	19966	20062
Finishing ratio	20.04%	19.93%	19.86%	20.04%	19.92%
P/C	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	user6	user7	user8	user9	user10
turnaround time	19998	20012	20022	20036	20033
Finishing ratio	20.00%	19.99%	19.97%	19.95%	19.96%
P/C	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

表 5.7 當 deadline 為 4000 時，10 位使用者採取 AFPRA scheduling 參與競價結果

number of task	100				
	user1	user2	user3	user4	user5
turnaround time	3915	3920	3919	3933	3928
Finishing ratio	100%	100%	100%	100%	100%
P/C	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94
	user6	user7	user8	user9	user10
turnaround time	3930	3939	3924	3936	3942
Finishing ratio	100%	100%	100%	100%	100%
P/C	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95

## 6. 結論與未來方向

本研究試圖找出適合應用在計算格網之資源分配演算法，嘗試結合經濟模式中的競價模式與比例分配模式，讓使用者在 deadline 內完成工作，並節省更多的金錢。我們以第一次競價結果做為分配工作給 resource 的依據，使得對於每一個 resource 而言，更有彈性地調整競價金額與時間完成計算，以 P/C (performance/cost) 做為判斷標準評估工作排程策略的執行效率。模擬實驗證實 AFPRA 演算法確實能夠更有效率地完成工作。

本研究僅針對 CPU 做資源分配，對於 memory 以及網路頻寬等因素暫時不加以考慮，未來可考慮加入思考使得排程策略更為周全；並且可嘗試加入其他經濟模式更能符合使用者需求。此外本研究以模擬器做為整體實驗環境，未來可嘗試在真正的格網環境實現，探討真實運作時所會碰到的狀況。

## Acknowledgement

This work was sponsored in part by the National Science Council of the Republic of China under the contract number: NSC 95-2221-E-142 -004 -.

## 參考文獻

- [1]Buyya, R., Stockinger, H., Giddy, J., and Abramson, D., "Economic models for management of resources in peer-to-peer and Grid computing," *SPIE International Conference on Commercial Applications for High-Performance Computing*, Denver, CO, 20-24 August 2001.
- [2]Buyya, R., Abramson, D., and Giddy, J., "Nimrod/G: An architecture for a resource management and scheduling system in a global computational Grid," *Proceedings 4<sup>th</sup> International Conference and Exhibition on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC ASIA 2000)*, Beijing, China, 14-17 May 2000. IEEE Computer Society Press: Los Alamitos, CA, 2000.

- [3]Buyya, R., Abramson, D., and Venugopal, S., “The Grid economy,” *Proceedings of the IEEE* Vol. 93, No. 3, 2005, pp. 698-714.
- [4]Chun, B., and Culler, D., “Market-based proportional resource sharing for clusters,” *Technical Report CSD-1092*, University of California, Berkeley, CA, January 2000.
- [5]Foster, I., Kesselman, C., (eds.). “The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructure,” Morgan Kaufmann: San Francisco, CA, 1999.
- [6]Pourebrahimi, B., Bertels, K., Kandru, G.M., and Vassiliadis, S., “Market-Based Resource Allocation in Grids,” *Second IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing (e-Science'06)*, 2006, pp. 80.
- [7]Sulistio, A., and Buyya, R., “A time optimization algorithm for scheduling bag-of-task applications in auction-based proportional share systems,” *Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD)*, Rio de Janeiro, Brazil, October 2005.
- [8]William, V., “Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders,” *The Journal of Finance*, Vol. 16, No. 1, Mar., 1961, pp. 8-37.