

公用運算環境下資源提供者與運算提供者之價格競爭

Abstract

公用運算業者依客戶的需求提供一定品質的運算能力，為應付不確定的客戶需求，業者必須配置相當規模的 IT 設備資源，但完全自行建置設備將負擔較重的 IT 建置成本，若採用網格運算架構之資源定位機制將資源委外，可降低 IT 建置之固定成本。但此時又將面臨網格環境中資源不確定因素與維持運算品質的問題。故本文針對業者為確保公用運算品質之價格策略進行探討。

對業者來說，必須符合客戶合約上的服務需求(QoS)，若符合，則可以得到一定比例的利潤，若無法符合(違約)，則業者必需付給客戶固定比例的罰款。

業者於公司內建立提供服務的設備需要建置與維護成本，雖成本較高，但可得到較穩定的運算能力輸出；若公司採用外部的資源所提供的運算能力，需要付出定位成本與運算能力購買成本，不用負擔建置成本與維護成本，定位成本+運算能力購買成本小於設備建置與維護成本。

對外部資源提供者來說，設備的建置目的並非為了提供運算資源，故設備建置與維護成本被忽略，而提供資源的成本包含電力+使用者機會成本，電力為固定費率成本，使用者機會成本，例如：網路使用機會成本、運算資源使用機會成本…等，為隨機產生之 normal distribution model $[0, 1]$ 。

外部資源提供者追求利潤最大化，當使用機會成本大於利潤時，外部資源提供者會將資源收回，將影響業者的 QoS 產出，故業者為了保持運算能力避免受到客戶罰款，須對資源提供者提供 incentive。若資源提供者在合約期間依約提供足額資源，則給固定比例之正向 incentive；若資源提供者在合約期間未依約提供足額資源，則利潤為 0 且施與固定金額之負向 incentive。

1. 研究目的

「公用運算」從 2003 年起成為 IT 業界的熱門話題，它既不是一種技術架構，也不是一個產品名稱，更缺少業界共通的標準。當資訊大廠各自表述自己的 IT 運算願景的時候，「公用運算是什麼？」就成了市場上一團混亂的雜訊。

公用運算走進科技產業的當時，市場上出現一堆新的科技詞彙，包括隨選 (On demand)、敏捷性企業 (Agile enterprise)、適應性架構 (Adaptive infrastructure)；還包括研究機構 Gartner 定義的「即時化企業」(Real-time enterprise)、以及 Forrester 的「有機資訊技術」(Organic IT)，全都是廠商或研究機構用來描述各種未來企業願景的說法。

雖然首度達成共識，視公用運算為 IT 演化的下一個重大進程，但是每家 IT 廠商各自推出不同的名稱，客戶又把它誤解成只是另一種的省錢之道，公用運算的真正意涵還是在模糊狀態中。

若根據公用運算官方網站定義，「公用運算是一種廣泛存在的 IT 架構，可傳遞所有的運算需求」，企業可部署遠少於現在的 IT 運算資產，改採付費方式得到某一公用運算架構下的 IT 服務，且「用多少、付多少」，就像電力供應一樣，而 IT 資源對外供應的狀態如同一項公用設施。這類運算架構可實現在企業之內，或者是服務供應商提供的隨選服務（就像選擇衛星電視節目）。

電影製作不管從那方面評估，都是一項高風險的事業。因此，對於電影製片廠來說，製作與設備的支出能免則免。這正是為什麼電腦動畫特效製作公司 Threshold Digital Research Labs 與 IBM 簽約，委其處理勞力密集的電腦動畫的呈像 (rendering) 工作的原因。Threshold 不打算在公司內做這件事，反而交付 IBM 位於紐約 Poughkeepsie 資料中心的 2000 顆伺服器處理器擔綱演出。

在這筆合約下，位於加州 Santa Monica 的 Threshold，只支付所使用到的電腦運算流量。換言之，這家製片廠可以在尖峰時段取得額外的運算效能，而不會受到手邊設備數量的限制。如此一來，不僅可以節省寶貴的製作時間，還能降低金主不願支援遲遲未能完工的製作的風險。

Threshold 技術暨動畫長 George Johnsen 表示，「所有的處理工作都在區域端 (local basis) 進行，並無多大意義。」他預估，公司因為這種依照使用量付費的資訊投資，將能節省大約 20% 的成本。這個合約，「真的改變了我的業務模式，而且幫我卸去了腳鐐手銬。」

這是公用運算 (utility computing) 的最佳實例。供應商經由網際網路將應用軟體及電腦處理能力傳送給客戶；然後客戶依照每個月所消費的運算量付費。基本上，就像使用水、電或天然氣服務一樣。

防毒軟體廠商趨勢科技執行長張明正指出[23]，隨著 IT 基礎架構的轉變，公用運算將是防毒的下一浪潮。張明正在菲律賓防毒應變中心展示病毒爆發 (outbreak) 解決方案對媒體記者指出，隨著寬頻網路普及，網路攻擊的平台，已不限於 PC、伺服器，而是擴展到網路。

他認為，全世界 IT 架構正處於公用運算的轉折點上；IT 從大型主機、迷你電腦、Client/Server、Internet、Intranet，現在新的 IT 平台是結合網路與應用將結合在一起，而無所不在的網路基礎架構，”安全”也必須和 IBM 提出的”On Demand”一樣，是提供一個基礎架構，再提供另一個元素，即服務。

公用運算的最後障礙：計價

在 Web 2.0 概念的推波助瀾下，SOA(Service Oriented Architecture)與 Web Service 又再度掀起熱潮，造就了軟體系統服務委外的新模式。然而，各式各樣不同性質的服務，對於運算能力與其他相關資源品質的需求，如：儲存量、記憶體、網路頻寬等均不相同。因此，目前廣泛被使用於資訊產品或是資訊服務之計價模式，如：cost-plus pricing model，將無法適用於公用運算的經營模式。

公用運算業者依客戶的需求提供一定品質的運算能力，為應付不確定的客戶需求，業者必須配置相當規模的 IT 設備資源，但完全自行建置設備將負擔較重的 IT 建置成本，未來公用運算業者，將如同供應鏈中的物流運輸業者一般，身處於運算供應鏈的底層，本身面臨到大規模 IT 設備建置成本、合約期間縮短以及客戶流動性增高的問題，勢必將壓縮獲利空間。若採用網格運算架構之資源定位機制將資源委外，可降低 IT 建置之固定成本，但此時又將面臨網格環境中資源不確定因素與維持運算品質的問題。故本文針對業者為確保公用運算品質之價格策略進行探討。

2. 模型

對業者來說，必須符合客戶合約上的服務需求(QoS)，若符合，則可以得到一定比例的利潤，若無法符合，則業者必需付給客戶固定比例的罰款。業者於公司內建立提供服務的設備需要建置與維護成本，雖成本較高，但可得到較穩定的運算能力輸出；若公司採用外部的資源所提供的運算能力，需要付出定位成本與運算能力購買成本，不用負擔建置成本與維護成本，定位成本+運算能力購買成本小於設備建置與維護成本。

對外部資源提供者來說，設備的建置目的並非為了提供運算資源，故設備建置與維護成本被忽略，而提供資源的成本包含電力+使用者機會成本，電力為固定費率成本，使用者機會成本，例如：網路使用機會成本、運算資源使用機會成本…等，為隨機產生之 normal distribution model $[0, 1]$ 。外部資源提供者追求利潤最大化，當使用機會成本大於利潤時，外部資源提供者會將資源收回(違約)，將影響業者的 QoS 產出，故業者為了保持運算能力避免受到客戶罰款，須對資源提供者提供 incentive。若資源提供者在合約期間依約提供足額資源，則給固定比例之正向 incentive；若資源提供者在合約期間未依約提供足額資源，則利潤為 0 且施與固定金額之負向 incentive。

2.1 模型假設與限制

假設一：業者若達成合約之服務需求，業者向客戶收取服務費用 π ，若無法符合，則業者必需付罰款 b 給客戶。

假設二：業者使用公司內建立的設備提供服務，須花費成本 c ，而獲取外部資源的運算能力，需要付給外部資源提供者 ω 。

假設三：這裡我們假設公司以採用外部資源所提供之運算能力為主，若實施稽查發現外部資源未能提供足額之運算能力時，轉而採用內部資源以維護服務品質，期間之轉換成本略而不計。

假設四：就資源提供者而言，假設其提供運算之成本為 k ，而機會成本為 v 並伴隨機率 $\theta [0, 1]$ 。業者為了持續提供足量的運算能力避免受到客戶罰款，須對資源提供者提出懲罰金的政策。若資源提供者在合約期間依約提供足額資源，且受到業者稽查屬實，將獲得報酬 s ；若資源提供者在合約期間內發現未依約提供足額資源，則報酬為 0，但若未受到業者稽查且發生違約情事則施與固定金額之懲罰金 s 。

根據上列假設，在業者與外部資源提供者間之競爭模式如下所示：

- Step 1. 公用運算業者對新加入的外部資源提供者宣告若於合約期間未能提供足額運算，將對資源提供者施以罰款，公用運算業者為避免影響系統運算效能，以機率 α 來對資源提供者實施抽驗，若發現違約情事則立刻取消合約，並列入黑名單永不合作。
- Step 2. 若抽測結果未發現違約情事，則公用運算業者對受到抽測的資源提供者施以獎勵，並繼續與該資源提供者合作。
- Step 3. 若公用運算業者於合約期間發生因外部資源未提供足額運算造成無法達成 QoS 標準，資源提供者報酬歸零，並對其施以罰款。

彙整以上的各項假設，業者與外部資源提供者於不同情況下可得到的利潤，列示如下：

		<u>外部資源提供者</u>	
		依約 ($1-\theta$)	違約 (θ)
公用運算業者	被抽查 (a)	$\pi - (\omega + s), \omega + s - (k + \theta v)$	$(\pi + s) - c, \theta v - (s + k)$
	未被抽查 (1-a)	$\pi - \omega, \omega - (k + \theta v)$	$-b, \omega + \theta v - k$

其中，**A**、**B**、**C**、**D** 各代表的意義如下：

A：表示業者抽查到的資源提供者依約提供運算能力，此時：

$$\text{業者獲利} = \pi - (\omega + s)$$

$$\text{資源提供者報酬} = \omega + s - (k + \theta v)$$

B：表示業者抽查到的資源提供者未依約提供運算能力，此時業者向資源提

供者收取懲罰金 s ，並轉換使用公司內之資源產生運算能力，所以：

$$\text{業者獲利} = \pi + s - c$$

$$\text{資源提供者報酬} = \theta v - (s + k)$$

C：表示業者未抽查到的資源提供者依約提供運算能力，業者只需支付獲取運算資源的費用，所以：

$$\text{業者獲利} = \pi - \omega$$

$$\text{資源提供者報酬} = \omega - (k + \theta v)$$

D：表示業者未抽查到的資源提供者未依約提供運算能力，使得業者無法事先作補救而造成無法達成客戶之 QoS 要求，業者需支付賠償，且由於未事先得知資源提供者違約，故無法要求懲罰金，所以：

$$\text{業者獲利} = -b$$

$$\text{資源提供者報酬} = (\omega + \theta v) - k$$

業者的預期獲利 R 為：

當選擇查核時，預期獲利

$$= (1 - \theta)(\pi - (\omega + s)) + \theta(\pi + s - c)$$

$$= \pi - \omega - s + \theta(\omega + 2s - c)$$

當選擇不查核時，預期獲利

$$= (1 - \theta)(\pi - \omega) + \theta(-b)$$

$$= (\pi - \omega - \theta\pi + \theta\omega) - \theta b$$

$$= \pi - \omega - \theta(\pi - \omega + b)$$

$$R = \alpha[(1 - \theta)(\pi - (\omega + s)) + \theta(\pi + s - c)] + (1 - \alpha)[(1 - \theta)(\pi - \omega) + \theta(-b)]$$

First order condition:

$$\theta = \frac{2\omega}{(2s + c + \pi + b)}$$

則資源提供者將採取 $\theta = \frac{2\omega}{(2s + c + \pi + b)}$ 的機率選擇作為是否違約將

資源挪做他用以賺取較高報酬的決策依據。

資源提供者的預期報酬為：

當選擇依約提供資源時，預期獲利

$$= \alpha(\omega + s - (k + \theta v)) + (1 - \alpha)(\omega - (k + \theta v))$$

當選擇違約將資源挪作他用時，預期獲利

$$= \alpha(\theta v - (s + k)) + (1 - \alpha)(\omega + \theta v - k)$$

Payoff

$$= (1 - \theta)[\alpha(\omega + s - (k + \theta v)) + (1 - \alpha)(\omega - (k + \theta v))] + \theta[\alpha(\theta v - (s + k)) + (1 - \alpha)(\omega + \theta v - k)]$$

First order condition:

$$\alpha = \frac{v(4\theta - 1)}{(v + 2s)}$$

則業者將選擇以 $\alpha = \frac{v(4\theta - 1)}{(v + 2s)}$ 的機率查核資源提供者是否提供足額資源的判斷依據。

3. 結論

對業者來說，若 θ 值較高，表示資源提供者違約可獲得利益的期望值較大，故業者應積極查核是否有違約而造成無法達成服務品質情形發生，但積極查核仍會對系統造成影響，致使運作效能降低，故應從所支付的報酬與賞罰來思考如何促使資源提供者願意依合約提供足額資源。

觀察 $0 \geq \alpha \geq 1$ 可得知，若當 s 增加時，將使 α 相對降低，表示可使業者降低查核的機率，同時亦可使 θ 降低，使資源提供者降低違約的意願。倘若業者期望單純以提高報酬的方式吸引資源提供者遵守約定，則將使得 θ 值升高，並造成 α 升高，不但使得資源提供者違約的機率增加，更需進行較多的查核作業才能確保服務品質。

故依照以上推論，公用運算業者若於追求符合客戶服務品質需求的前提下，欲採用外部資源提供運算服務以降低成本，於制定獲取外部資源之價格時，應採取「降低支付報酬，提高獎賞與懲罰」的策略方可獲致最佳的利益。