以新的信賴模型提昇分散計算環境之整體計算品質
Improving Overall Quality of Distributed Computing with a Novel Trust Model

彭士爵　李蔡彥
國立政治大學資訊科學系
adventurer77@msn.com, li@nccu.edu.tw

摘要

在龐大且開放的分散式計算環境中，傳統信賴模型由於缺乏完善的信賴更新機制，很容易出現節點間推薦效能低落、服務熱點產生、甚至無法有效排擠詐欺服務，因而導致額外成本的付出。本論文利用社會學行動理論與人際環境關係理論，設計了一個新的信賴模型，發展節點之間的「合作」、「競爭」以及「同業公會」等橫向關係，以提升節點間信賴度的更新效率，進而增進信賴模型的穩定性。我們設計了一個有視覺化介面的分散式計算環境動態模擬器，以測試此信賴模型在面對動態環境中無法預期的服務變化時的應變能力。模擬實驗證實，我們的信賴模型在整體任務成功率及計算成本等指標上，均有較佳的表現。

關鍵詞：分散式計算網路、社會學、信賴模型、視覺化模擬。

Abstract

In a large and open distributed computing environment, the traditional trust model among computing nodes often lacks a good update mechanism. Consequently, it is inevitable to have problems such as inefficient service recommendation, service hotspot, and deception. In this paper, we adopt the theories of sociology and inter-person relations to design a new trust model for distributed nodes featuring more effective lateral relations such as cooperation, competition, and peers in a guild in order to improve the stability of the trust model. We have designed a dynamic simulator for distributed computing with a visual interface for testing the stability of the proposed trust model when facing contingent service changes. The simulation experiments reveal that this new trust model has good performance on the overall success rate and cost.

1. 導論

分散式運算架構（如 GRID 網格技術與 P2P 對等網路技術）近年來逐漸廣為應用。Grid 和 P2P 都致力於提供良好的公用運算服務來協助完成計算任務，各有其優缺點。由於可以截長補短，從事分散式運算技術的學者開始研究 Grid&P2P 混合式計算模式的可能性[1]。但截至目前，Grid 以及 P2P 分享網路均未具備完善的信賴模型機制，因而讓分散式架構下的服務取用，容易遭受劣質服務欺騙的風險。本論文嘗試將基礎信賴機制[8]融入分散式分享網路中，藉以降低發生節點詐欺的機率及詢問任務所花費的成本，並有效的讓整體參與計算任務的節點發揮趨良逐劣的功效，提升整體的服務品質。

本研究的目標在提出一套新的信賴模型，並以此為基礎模擬整體服務品質或是整體公共生產力是否可經由此機制自我提升。我們的信賴模型將著重在以下幾個重點：第一、改善尋得服務提供者之「信賴路徑」的速度與品質，以得到小世界[7]中優良的評價或口碑。第二、在服務提供者暫時無法完成計算任務時，可將任計算任務讓渡給其他評價優良的友好節點。此過程我們稱為「轉手路徑」。第三、當一個懷有惡意的節點，出現在計算的小世界時，能迅速的被孤立於任何被詢問服務之外，以達「排擠效應」的目的。第四、我們希望能設計計算社會「公共生產力」的模型，以評估上述機制的效用。

本文概略分成以下幾節：第二節裡，我們將介紹本文所提出之新信賴模型跟目前相關研究的不同處。在第三節中，我們將探討本論文所引用的社會學的觀點。在第四節中，會詳細描述以社會學觀點為基礎所設計的演算法與公式。而在第五節中，我們會概略介紹所實作出來的信賴模型模擬器。最後在第六及第七節中我們將說明及分析相關信賴度實驗的結果以及未來研究的目標。

2. D-S 證據推論信賴模型

演繹統計法(The Deductive-Statistics method, the D-S method)，是統計學中針對研究的主題，提供一種對於經驗現象的系統化理解，且將這些現象放在符合法則的模式中來理解現象之間的關係。這種推論的方法在 1976 年由 G.Shafer 定義為證據理論(Evidence theory)[11]。以過去的經驗做為往後抉擇的依據，並以之做為準則的系統，這便是所謂的 D-S 證據推論理論(Dempster-Shafer evidence theory)。

朱俊茂等人在 2003 年曾提出了 Grid 與 P2P 混

合計算環境下基於推薦證據推理的信任模型[1]，其主要的目標是在解決Grid跟P2P兩種不同分散式分享網路混合運作時信賴度認定方式不一致的問題。在 Grid&P2P 混合環境中，一般仍是讓 GP 節點(Grid Point)充當運算資源以及任務的註冊與調配；PP 節點(P2P Point)擔任葉節點的角色，處理被指派的計算任務。由於 Grid 與 P2P 的基本信任制度不同，所以當 GP 需要指定一個計算任務時，或是 PP 請求一個計算任務或要求資源時，就很容易發生詐欺或是沒有法則可以作為任務指派的依據。

我們認為 D-S 證據推論信賴模型在 Grid&P2P 混合運算環境中，尚有以下幾點可以改進：

1) 信賴機制的改良：D-S 信賴模型透過賦予 GP 節點權值的方式，挑選權值較高的 GP 節點來執行計算任務。嚴格說來，D-S 證據推論信賴模型僅建立了信賴模型的詢問制度以及信譽值的賦予。我們認為，一個好的信賴機制，應該善用現實社會中所謂的「口耳相傳」，加上其他友好節點的層層推薦，才能讓即使是不認識的優良節點也可以有機會提供它的服務。
2) 懲罰值的賦予：我們認為懲罰值的賦予應當如信譽值的賦予相同，具有推移性以及遞減性。在經過了一連串 的推薦之後，不論最後計算任務成功或是失敗，責任都應該依照比例分攤在信賴路徑上的每一個節點，而非平均分攤。
3) 避免熱點的產生：D-S 信賴模型從權值的分配方面著手，隨機挑選服務節點來避免熱點的產生或飢餓現象。我們認為，當一個好的節點無法再負荷更多要求時，為了保有自身良好的信譽，可以將無法完成的任務「轉手」給其他友好節點。我們認為可以設計轉手與同業公會的機制，協助將過量的計算任務很快地轉到其他閒置的節點手上，降低熱點產生的可能性。

3. 植基於社會科學的理論基礎

3.1 以社會學理論來提升分散式網路計算環境運算品質的構想

觀察分散式網路計算環境與人類社會環境，我們發現，若將分散式網路中任一個單一節點視為人類社會中的個人，而將節點之間的網絡連結視為人類社會中的人際關係互動，則整個分散式網路所形成的「社群(Group)」便可以視為一個小世界。我們將觀察所得到的現象，用表一來說明兩者之間的相似之處，並預期我們可以在分散式計算環境中找到類似人類互動的社會行為。

一般而言，「信賴問題」可以由許多不同的層面來看，而所應用的理論包含常見的經濟學模型[3]、決策理論[6]以及因兩人以上互動決策而形成的賽局理論[3]。本論文嘗試將信賴問題的層面簡化，假設小世界中的每一個節點均存在「期望使用到優良服務」以及「希望本身所擁有的服務可以被廣泛使用」的簡單慾望。任何節點的服務均是無償提供，且任一節點出現的詐欺行為是從小世界形成開始便一直存在，且不隨時間及外在環境而改變。

表一、人類社會環境與分散式網路計算環境的相似處

	人類社會環境	分散式網路計算環境
個體	個人	單一節點
群體	社會	Cluster、 Group
關係互動現象	人際關係環境	Network
行為	口碑、合作、競爭、倚賴朋友、自我揭露、相似與互補、努力符合社會期望、期望生活更好 …	?

3.2 信賴關係模型的理論基礎

本論文所賴以建立新信賴模型的「社會方法論/行動理論」，乃是「韋伯學」的其中一個領域，專門研究探討個體自身、個體與個體間、以及個體與社會之間的行為。本論文著重在個體的行動(Action)形成社會行動，而最終成為社會關係的過程；簡單的說，就是電腦節點間因為彼此的信賴程度不同，表現出來的合作與競爭關係。合作是個人或團體合諧的一起工作，以達個別或是集體目標的行為模式。本論文最為關心的合作模式是「非正式合作關係(Informal Cooperation)」，又稱為「互助」。相對而言，競爭是一種反對的交互作用。本論文採用社會科學中較狹義的競爭方式-非私人的競爭，電腦節點之間將為彼此所提供服務的好壞以及在小世界中聲望的高低，而將其他節點視為競爭對象。

基於上述的合作與競爭原則，我們了解個體與個體之間的信賴模型不再是單一事件，而是一種互動關係。個體在小世界中的作為，會因為群體的評價而影響小世界的其他個體對此行為個體的優劣觀感，決定了日後對此個體的信賴程度及所採取的互動策略。因此我們認為，信賴關係的建立是一種社會關係互動的結果，服務要求者以及服務提供者因為本身的行動誘因而產生了社會行動，並且影響著整個模型。對服務要求者而言，誘因便是如何在短時間內取得良好的服務完成計算任務；對於服務提供者來說，則是如何在同業之間取得優勢，讓服務要求者可以長期的信賴並委託任務，並讓推薦人可以在被詢問時優先推薦自己；而推薦人則是希望可以藉由好的推薦來維持本身的信譽。

在人類的社會中，信賴關係的形成是倚賴建立口碑與口耳相傳。嚴格說來可以看作是一種訊息的傳遞與交換，個體與個體之間存在著一種因為認識、互動、繼而信賴的步驟建立起來的「口碑型」社會網路關係，也就是所謂的人際環境

(Inter-personal environment)網路[12]。根據社會學的六度分離理論，服務優良的節點會因小世界越活絡而更容易被發現並使用，也可以因節點之間的橫向聯繫，而有效地避免服務熱點或飢餓情況的發生。

3.3 虛擬人際關係的發展

我們希望能找到一套由社會學角度出發的評量標準，來檢視最後所實做出來的信賴模型與其他傳統的信賴模型的差異性。社會學中的「關係發展理論(Communication theories)」[10]提出了兩個理論取向，說明虛擬的人際關係之所以比實際社會中的人際關係來得複雜且發展迅速的原因：「降低不確定性理論(Uncertainty Reduction Theory)」與「社會滲透論(Social Penetration Theory)」。

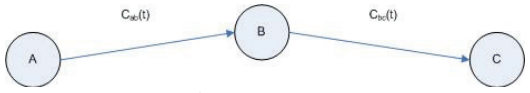
降低不確定性理論將注意力放在人際關係的進入階段(Entry phase)，主張當陌生人相遇時，主要關心的就是如何從自己和別人的互動行為中，去降低不確定性和增加可預測性[10]。在虛擬計算社會裡，降低對於陌生人的不確定性端賴信賴模型推薦機制的效率，因此我們可以用這樣的指標來評量不同的信賴模型在信賴度更新效能上的優劣程度。另一方面，社會滲透論聚焦在人際關係的發展過程，強調社會關係的發展、維持和解除，並用以說明兩個個體間信賴關係(或稱為親密度)不斷增加的過程。其中，「自我揭露(Self-disclose)」是一個關鍵，也就是進行互動的雙方藉由增加溝通討論，來達成對彼此更廣深的理解，進而增加彼此的信賴程度。我們期望能利用這兩個社會學上的指標性理論，在模擬實驗結果中驗證本文所提出的新信賴模型的功效。

4. 信任模型設計

4.1 設計目標

本信賴模型有幾項主要的設計目標：

1) 建立合理的懲罰制度：合理的懲罰制度應該依照人際關係環境中節點的距離遠近來按照比例給予懲罰值。選定一個節點當作自身節點並要求服務，則懲罰值應該由服務提供節點沿著「信賴路徑」(由推薦的節點連結而成的路徑)，按比例遞減並分配給路徑上的節點。
2) 建立轉手制度：當小世界中某一服務提供者因不可預期的因素而無法完成時，可以向外尋找轉手的對象，以期其他擁有相同服務且信譽良好的節點可以提供協助，完成此一計算任務。從被賦予計算任務的節點開始，到可提供運算協助且信譽良好的節點為止的路徑，我們稱為「轉手路徑」。
3) 建立同業公會(Guild)制度：本文所謂「同業公會」指的是電腦節點所記錄之認識的相同服務節點。新加入的節點採取「主動且隨機」的方式認識小世界裡的節點，並藉機建立起同業公會名單。在根據行動理論所建立的信賴制度中，每一個參與節點均有爭取計算任務並提高自身節點的信譽值的欲望，以進入好友的同業公會之中，增加自身節點的曝光率。



圖一、簡單的信賴路徑範例

4.2 新信賴模型的設計

一條信賴路徑至少包含三個不同身分的節點：服務提供者、為服務要求者介紹優良服務的掮客節點(Broker node)、以及服務要求者。假設在時間點 t 服務要求者 A 被賦予一個新的計算任務 X 並產生服務需求，則節點 A 透過可信賴節點 B(即節點 B 為節點 A 的好友之一)，詢問可提供公用計算服務 X 的電腦節點。我們假定信賴度為一個小於 1 大於 0 的非負浮點數 c：$0.00 \leqq c \leqq 1.00$。假設此時恰有一節點 C 可提供計算服務 X，而 B 對其信賴度為 $C_{bc}(t)=0.85$，A 對 B 的信賴度為 $C_{ab}(t)= 0.76$，則我們可以知道 A 對 C 的信賴度(如圖一)$C_{ac}(t)$可以下列數學式計算：

$$C_{ac}(t)=C_{ab}(t)\times C_{bc}(t)=0.76\times 0.85=0.65。$$

所以任一節點 i 對節點 j 的信賴度公式為：

$$C_{ij}(t)=C_{i1}(t)\times C_{12}(t)\times\ldots\times C_{(n-1)n}(t)\times C_{nj}(t)\ldots \quad (1)$$

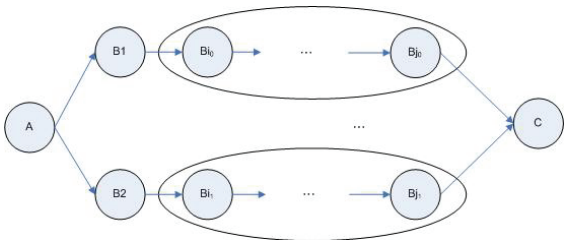
其中，節點 $1\cdots n$ 為節點 i 到 j 的信賴路徑上所經過的節點。

兩節點之間的信賴路徑可能有一條以上。我們定義 A 對 C 的綜合（平均）信賴度為 $C_{avg}(t)$：

$$C_{avg}(t) = 1/n[C_{ij1}(t)+C_{ij2}(t)+\ldots+C_{ijn}(t)]$$
$$= 1/n\Sigma_{k=1\ldots n} C_{ijk}(t)\ldots \quad (2)$$

其中，$C_{ijk}(t)$代表 n 條信賴路徑中第 k 條信賴路徑上節點 i 對節點 j 的信賴度。我們假設信譽值的變化是目前的信賴值加上因此次事件而增加的信賴量。假設節點 j 在時間 t_0 時對 i 而言信賴度為 $C_{ij}(t_0)$，合作結果所造成的信賴量變化為$\pm\delta$，在時間 t_1 的信賴度 C_{ij} 可以用以下的數學式更新：$C_{ij}(t_1) = C_{ij}(t_0) \pm \delta$。

如前所述，一個提供計算服務的節點有可能因為不可抗拒的因素(例如負載過重、關機維修等等)而必須以轉手方式向外尋求援助。計算任務的轉手，通常意味著額外工作成本的增加。我們假設以節點 P_1 為起點的轉手路徑，當 P_1 轉手給 P_2，P_1 便會受到一次信賴增量打折率的效果；當 P_2 轉手給 P_3，P_2 就會受到一次信賴增量打折率的效果，而 P_1 則會再受一次信賴增量打折率的效果，依此類推。



圖二、複數信賴路徑。圖中兩段用橢圓形圈起來的路徑區段可以完全不重複、部分或全部重複

信賴增量打折率的累乘表示即使此計算任務最終在轉手路徑上的第 n 個節點完成，此時轉手路徑上第 m 個節點 P_m 也只能得到 $\delta\times$(信賴增量打折率)$^{(n-m)}$ 的信賴增量，而非完整的 δ，只有完成任務的第 n 個節點有資格得到 δ 的信賴增量。我們定義信賴增量打折率為 Δ，則我們可以得到公式(3)：

$$\delta_{Pm} = \delta \times \Delta^{(n-m)} \tag{3}$$

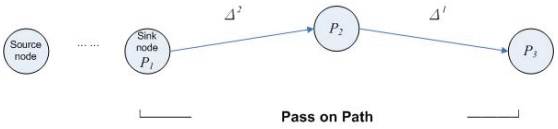
其中，n 表示轉手路徑上成功完成計算任務的第 n 個節點。$1 \leqq m \leqq n$。同樣地，若計算任務在第 n 個節點宣告失敗，第 n 個節點亦應負起計算失敗的全責，失去一個完整的信賴增量，而轉手路徑上的任一節點 m 亦因任務的失敗，受到失去 $\delta\times(\Delta)^{(n-m)}$ 信賴量懲罰。是以，要求服務節點 i 對任一轉手路徑上的節點 j 的信賴關係可以用以下公式表示：

$$C_{ij}(t_1) = C_{ij}(t_0) \pm \delta_{Pm} \tag{4}$$

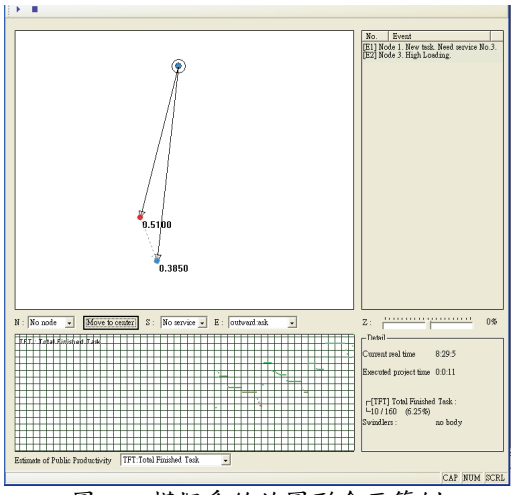
5. 系統設計

有別於一般網路模擬器（如 NS2），為了能透過客製化的視覺化介面進行動態模擬，以觀察小世界關係的變化，我們設計了一個動態模擬器來驗證本論文所提出的新信賴模型。我們期望觀察到的信賴關係是由一連串不斷合作與競爭建立起來的，也就是每一個加入小世界的個體都會不斷的與其他同樣在小世界中的個體發生互動，接受被評價或是評價他人，而這些評價最後將對整體小世界的公共生產力產生影響。

我們的模擬器有三個重要的設計目標：第一、計算事件必須能被彈性地賦予指定的節點；第二、節點之間的信賴關係必須有效地被更新；第三、小世界演化的過程必須更容易地被觀察。*事件引擎*(Events engine)、*節點引擎*(Node engine)以及*顯示引擎*(View engine)是本研究所設計的動態模擬器達到上述目標的三個重要元件。使用者透過將定義好的事件傳遞給事件引擎分析，來模擬真實世界中可能會發生的狀況，待節點引擎依照新信賴模型計算出信賴度關係後，再經由顯示引擎將模擬過程顯示在模擬器介面上。事件引擎主要的任務為接受來自使用者定義的事件、分析事件的目的與觸發時間、及



圖三、轉手路徑



圖四、模擬系統的圖形介面範例

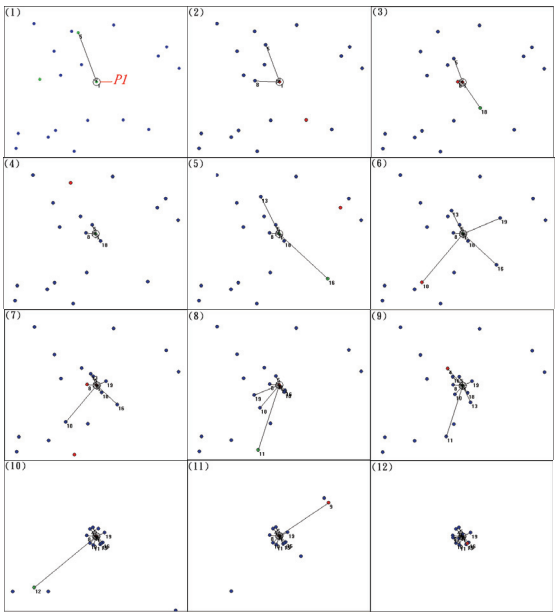
正確地執行事件的觸發。節點引擎接受來自事件引擎觸發的事件，正確地執行事件所描述的動作，並且依照信賴度更新原則維護小世界信賴度正確性。顯示元件則負責呈現來自節點引擎的計算結果及模擬過程，以及提供控制項讓使用者選擇觀察面向。我們所設計的模擬器的使用者介面如圖四所示。圖中每一端點均代表一個計算節點，節點之間的距離代表它們之間的信賴度，使用者可選擇以不同的節點為中心（以較大圓圈註，如最上方之節點）觀察此計算網絡，系統會自動調整各節點之位置，以方便清楚觀察。

6. 信賴度變化之模擬實驗

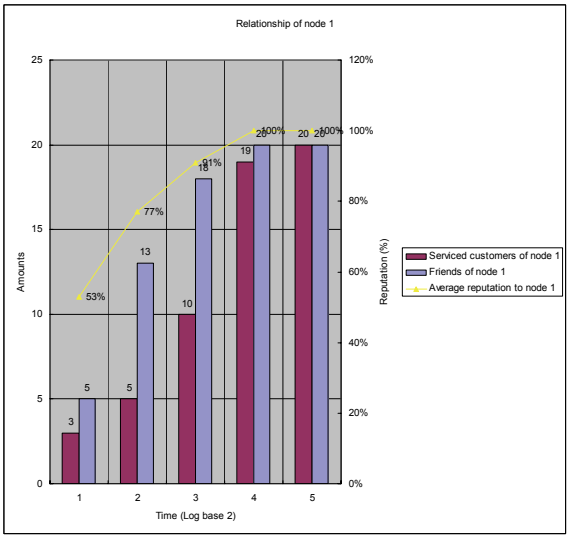
我們期望能定義出一個具代表性的測試案例(Test case)做為信賴度實驗模擬的基準，並且利用第五節所設計的動態模擬器，實驗本文所提出的新信賴模型與 D-S 證據推論信賴模型。

6.1 驗證模擬器觀察節點間關係變化的能力

本文所引用的社會學行動理論對於群體中人與人之間的親疏遠近關係，常用「疏離感(Sense of distance)」[4]一詞來形容。依照此定義，我們觀察人類社會行為可以發現，當群體中的兩個人之間的信賴度增加之後，距離感也會隨之遞減。將這樣的觀念落實在本文所設計的動態模擬器上，便是兩兩節點之間會隨信賴度的動態變化而有節點距離遠近的變化。我們設計了兩個簡單的例子來做說明。



圖五、動態模擬器模擬存在單一優良節點的動態軌跡連環圖



圖六、顯示節點 P_1 的朋友數目、服務過節點數目以及小世界給予的評價

在第一個例子中，我們嘗試在小世界中置入一個提供良好服務 S 的節點 P_1，並使其他節點隨機且重複發生需求服務 S。如圖五中連續的節點運動軌跡圖（依序由左而右，由上而下）所示，除了 P_1 之外的其他節點，因為請求節點 P_1 的服務並給予正面評價，使得所有節點漸漸地提升對節點 P_1 在 S 上品質的信賴度，也漸漸向 P_1 靠攏聚集，形成社會學上的「群聚現象(Industrial clustering)」[5]。

編號(1)至編號(3)的圖顯示了整體小世界在模擬的初期，因為缺乏熟識的節點可供推薦機制運用，僅少數的節點藉由主動地向外認識新朋友得知節點 P_1 的服務。隨時間經過，因為使用的次數遞增，使得節點 P_1 口碑上升，漸漸地讓其他的節點也因為口碑開始向節點 P_1 提出服務要求。我們可以從上圖五中的編號(4)到編號(9)觀察到。之後，整體小世界對 P_1 的 S 服務正面評價不斷增加，已使用服務 S 的節點，對節點 P_1 的信賴度不斷累增，與節點 P_1 之間的距離也越來愈短；其他新使用 P_1 服務的節點也因為整體小世界給予的高評價產生高度信心。最終所有使用節點 P_1 服務的節點都聚集在 P_1 四周圍，形成預期中的群聚關係。圖五中編號(10)到編號(12) 顯示了此一良性循環加速作用的過程，我們可以觀察到比編號(7)到編號(9)更快速的群聚現象。

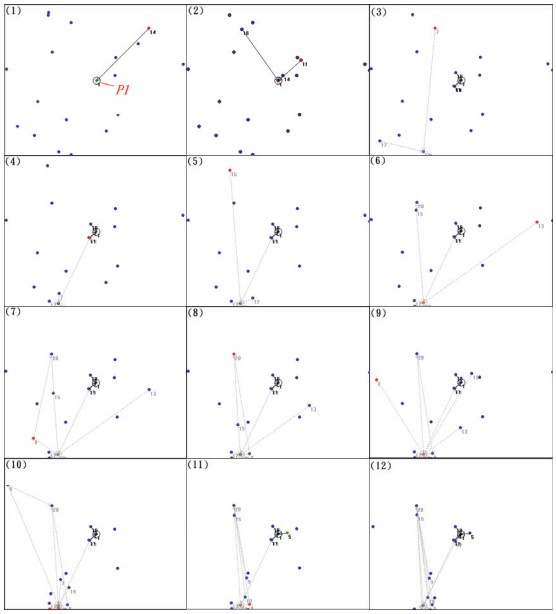
我們將節點 P_1 的朋友數目、服務的節點數目以及整體小世界對節點 P_1 的平均評價做成圖六。我們發現整體小世界對節點 P_1 的正面評價愈高，單一節點對節點 P_1 的信賴度就愈高，與節點 P_1 之間的距離也就愈短；從社會學的觀點來看，我們可以說單一節點對於節點 P_1 的信賴度提升，也縮短了對節點 P_1 的「距離感」。

在第二個例子中，我們設計了同時存在三個提供優良服務的節點（節點 P_1，節點 P_{10} 與節點 P_{20}）的狀態，使得需求節點會在這三者之間做出選擇而出現「靠攏」、「遠離或改靠向另一節點」的現象。我們同樣以社會學理論所談到的群聚現象為觀察重點。如圖七所示，在這個例子中，我們期望可以從動態模擬器觀察到當節點 P_1 計算負載飽和時，能否順利建立起本文所提出的新信賴模型描述的「轉手路徑」，進而將無法負荷的計算任務轉介給另外兩個提供同樣優質的服務節點，讓整個小世界趨於一個平穩狀態的現象。

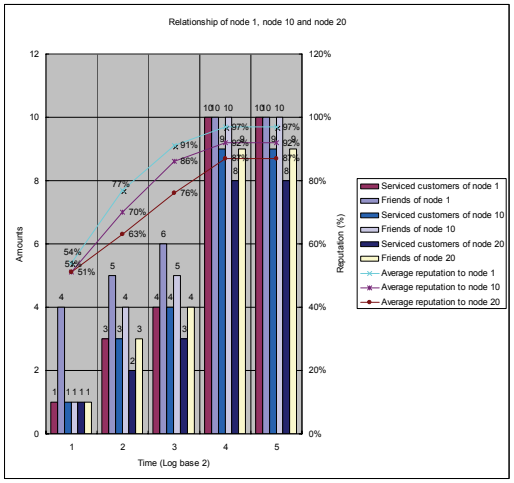
對照僅有一個優良節點的例子，我們發現在編號(3)時便已經出現同業公會的影響，使得小世界中有服務需求的節點不再只向 P_1 提出要求，而會向節點 P_1 之外的優良節點尋求協助。隨著時間經過，我們發現透過同業公會的機制，轉手路徑可以很快地被建立起來。因此我們可以觀察到節點 P_1 雖然得到小世界裡最高的評價，但是卻沒有維持在高負載的情況，而是與節點 P_{10}、P_{20} 互相輪流，消弭了「熱點」的現象。編號(4)到編號(9)記錄了有服務需求的其他節點在三個提供優良服務的節點 P_1、P_{10} 與 P_{20} 間，因為所得到的信賴度評價不同而做出不同選擇的現象。編號(10)到編號(12)顯示了群聚現象快速地在節點 P_1、P_{10} 與 P_{20} 四周出現。我們將上述的觀察過程中，節點 P_1、P_{10} 以及 P_{20} 的朋友數目、服務的節點數目與小世界給予的平均評價作成圖八，並驗證了新信賴模型對於消弭熱點發生的能力。

6.2 模擬測試案例之定義

在本測試案例中，我們定義 Θ 是節點的集合，$\Theta=\{P_1,P_2,P_3,\ldots,P_i\}$，而 i 為任意非零正整數。我們定義整個小世界在模擬的過程中，共有 j 個不同的服務在一個服務集合 ε 之中，$\varepsilon=\{S_1,S_2,S_3,\ldots,S_j\}$，其中 j 為任意非零正整數。我們隨機給定每一個節



圖七、模擬器模擬存在三個優良節點的動態軌跡連續圖



圖八、顯示 P_1、P_{10} 與 P_{20} 三者的朋友數目、服務過節點數目以及小世界給予的平均評價

點所擁有的服務內容與個數，並確保 ε 中所定義的每一項服務均會被 Θ 中一個或一個以上的節點所擁有。另外，我們定義動態模擬器所接受的「觸發事件」的事件集合 $\rho = \{E_1, E_2, E_3, \ldots, E_k\}$。其中，$k$ 為任意非零正整數。為了滿足模擬的需求，任一個包含於事件集合 ρ 中的單一事件 E_k 均必須由以下定義好的格式所組合：觸發事件編號、執行動作種類編號、要求服務種類編號、執行時間承諾以及任務擁有者編號。最後，我們定義節點集合 η 中的每一個節點所能紀錄的好友個數 $\eta = \{F_1, F_2, F_3, \ldots, F_l\}$，其中 l 為非零正整數。

我們假設一個運算任務的「完成」必須是歷經一個「交付(Hand over)」與「應答(Response)」的過程。當一個計算任務回到任務擁有者時，任務提供者所花費的計算時間大於當時的契約時間(Promised executed time)時，我們便稱此任務提供者未履行契約而有「詐欺」的行為。計算時間契約表示任務提供者給予任務擁有者的承諾，與任務提供者的實際負載(Loading)或是工作佇列是否滿溢(Full)等客觀環境條件無關。

6.3 公共生產力評比與人際關係衡量指標

我們根據第三節所提到的「公共生產力」[2][7]及「降低不確定性理論」與「社會滲透論」[10]來做為衡量，測試案例在相同的輸入及環境條件下，因為使用不同的信賴模型所產生的輸出效益。另外，本文所用的指標分數都是相對的概念，只是為了比較節點之間的信賴度變化。我們共設計了五種衡量標準：「計算任務成功比率(Success rate)」、「計算任務使用成本比(Overall cost)」、「徵詢非熟識服務次數比(Rate of searching for unfamiliar service providers)」、「誤用詐欺服務次數比(Rate of misusing deception services」及「自我揭露程度(Self-disclose)」。

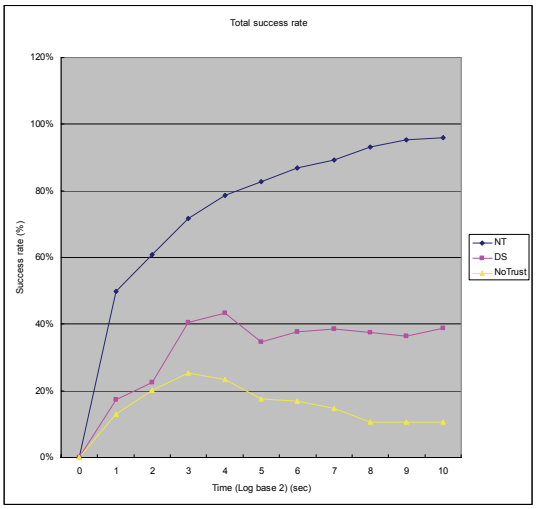
計算任務成功比率：任務的委託與完成完全仰賴節點與節點之間信賴路徑的建立。信賴路徑愈快被建立起來，則任務擁有者將會愈快得到口碑優良的任務接收者所提供的服務；同樣地，服務品質優良的任務接收者也會因為信賴路徑愈快被建立，而愈快完成接踵而來的任務委託並累積口碑。

計算任務使用成本比：我們將計算任務的成本簡化為信賴路徑的長度，也就是服務要求者在得到正確且優質的服務提供者服務之前的時間成本。我們定義計算任務每經手一個節點，其計算成本便累增一個定量，當一個計算任務累積計算成本大於或等於計算成本最大值時，此計算任務無論處於何種狀態，均將被判定為失敗。整體計算任務使用成本愈低，代表信賴模型建立信賴路徑的方式愈有效率。

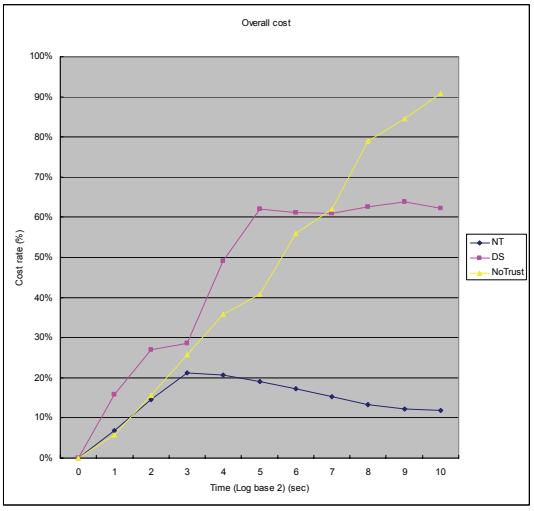
徵詢非熟識服務次數比： 除了有效地提升整體輸出產能外，我們亦關心信賴模型可能造成的「熱點瓶頸」問題，也就是服務瓶頸(Hot spots)**錯誤! 找不到參照來源。**。重新尋找服務支援累加的愈慢，代表信賴度的更新模式愈有效率，也就代表節點重新尋找其他優質的服務提供者的時間也就會愈短，甚至可以直接從朋友中取得優良服務。

誤用詐欺服務次數比：如何加速排擠詐欺節點，使詐欺節點因為受到小世界所有其他節點的公評，很快地無法接受到任務委託，對降低整體計算任務的失敗率以及避免計算任務成本浪費有很大的幫助。

自我揭露程度：最後我們希望可以從模擬結果觀察得知，運用社會學理論來實做的新信賴模型是否真的較傳統信賴模型優異。我們將利用降低不確定性理論及社會滲透理論，以「自我揭露」為主軸精神，訂定信賴模型的指標。



圖九，測試案例模擬結果之計算任務成功率



圖十、測試案例模擬結果之計算任務使用成本率

6.4 測試案例模擬結果

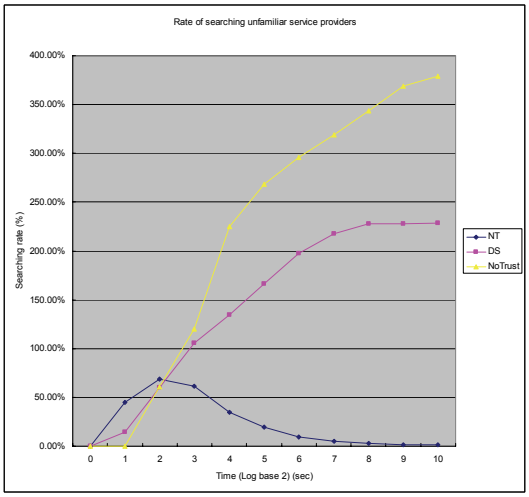
在本文將報告的測試案例中，Θ包含 20 個獨立節點，而每一個節點都有「上線(online)」、「離線(offline)」、「當機(crash)」、「重新啟動(restart)」等四種狀態，且每一個節點發生任一個狀態的時間並非完全相同。ε的服務集合中共會出現 18 種不同的服務。我們並設計了 100 件需求不同的觸發事件ρ，包含不同的觸發時間，不同的服務需求，以及不同的承諾需求。最後，我們定義每個節點僅可保留信賴度最高的 10 個好友η。

我們將前面所描述的「測試案例」在作業系統為 Windows XP 以及硬體配備為 Pentium® 4 CPU 2.8G Hz、1.00 GB Ram 的電腦上執行模擬，每個不同的信賴模型均模擬十次，以取其平均值，並從模擬過程中截取 Log2(時間)點上的數值做為記錄以及畫出曲線圖的依據。於是我們可以得到每一個公共生產力面向的評比描述如下：

計算任務成功率：如圖九所示，透過本文所提的新信賴模型的推薦制度，成功率比使用 D-S 信賴度模型及無信賴度模型的結果為高。此新信賴模型，因為有「合作」、「競爭」及「同業公會」機制的存在，使得信賴度更新率大幅地提升，強化了整體小世界面對無預警的離線或當機可以很快地找到另一個適用的服務。這也證明了新信賴模型在分散式計算環境中傳遞計算任務以及搜尋優質服務節點的能力。

計算任務使用成本比率：在圖十中，本文所提出的新信賴模型利用了同業公會制度提升了這一方面的信賴度更新速度，使曲線因為小世界中節點間來往的密集程度的提升逐漸地遞減並趨於一個平穩的狀態。

徵詢非熟識服務次數比：如圖十一所示，新信賴模型利用社會學行動理論的合作與競爭模式，建

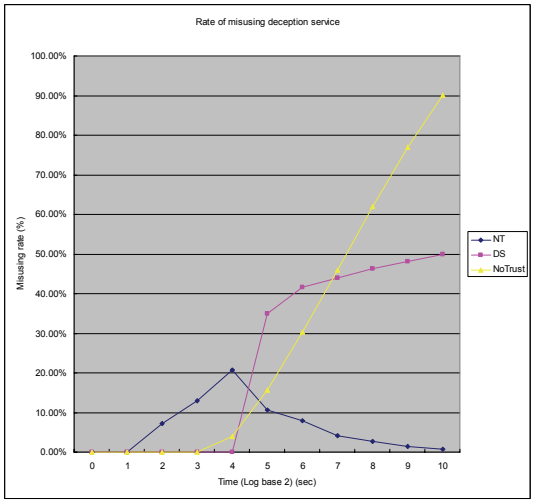


圖十一、測試案例模擬結果之徵詢非熟識服務次數比

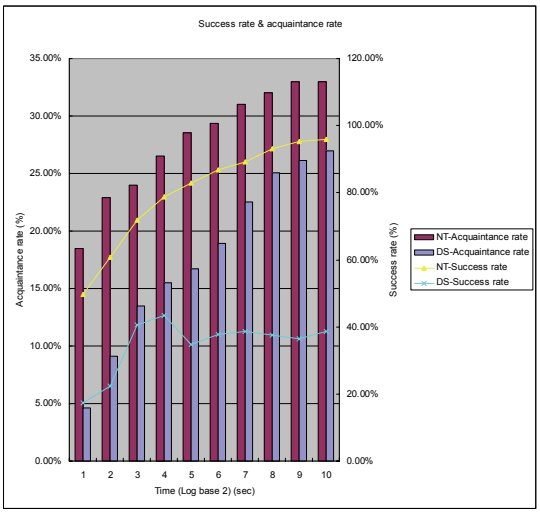
立起同業公會的人際關係環境，增加了「結識好友」的速度，使得尋找其他非熟識的節點提供服務的現象提早出現。但是當同業公會橫向聯繫的功能發揮後，所需公開徵詢非熟識節點服務的次數也隨之快速下降。

誤用詐欺服務次數：如圖十二所示，我們透過誤用詐欺服務次數曲線圖，驗證本文所提出的新信賴模型在排擠詐欺節點效率上的表現。相較於無信賴模型及 D-S 信賴模型，此新信賴模型確實有能力在短時間之內將提供詐欺服務的節點逐漸排除在外，並透過信賴度快速地更新，提升了整體小世界在分散式計算環境中的計算品質。

自我揭露程度高低：最後我們透過社會學的角度來檢視本文所提新信賴模型是否因為引用了完整的社會學以及人際環境關係的定義，而在信賴度的更新效能上有所提升。根據社會學關係發展理論的定義，人際關係的發展過程速度的快慢，取決於個體的自我揭露程度的高低。從圖十三可以看出，新信賴模型因為採用較為完整的社會學理論，所以



圖十二、測試案例模擬結果之誤用詐欺服務次數



圖十三、測試案例模擬結果之自我揭露程度

在自我揭露程度(也就是 Acquaintance rate)的成長上明顯地較 D-S 模型來得快。自我揭露度提升得快，相對的降低不確定性以及社會滲透兩方面自然比 D-S 模型來得好，信賴值更新的效率相對提高。

7. 結論

隨著分散式計算架構的普及，計算資源品質無法控制的問題逐漸浮現，使得計算任務在請求服務過程之中充滿了不可預期的變數。傳統的信賴模型利用第一區位人際關係，將 GRID 與 P2P 混合分散式計算架構下的計算資源取得方式。這樣的作法雖然可以降低了使用計算資源時的不可預測性，但單賴第一區位關係與 GRID 伺服器之間的評價，不能有效地排除被懷有惡意的詐欺節點蓄意破壞整個分散式計算網路架構，也無法有效地搜尋提供優質服務的節點，使得服務熱點與飢餓節點的現象仍舊嚴重。

我們引用社會學行動理論與人際關係環境理論所建構出來的新信賴模型，強調小世界中任意兩個節點之間的合作與競爭關係，並且基於這樣的關係發展出多個節點之間的合作競爭模式，也就是同業工會制度。我們根據社會學理論所建構的信賴度更新方式，就像是人與人之間的「口碑」一般，使得不管是優良節點或是惡意節點都能接受社會公評。我們也設計了一個視覺化的動態模擬器，進行不同信賴模型的模擬實驗與比較。實驗結果顯示，我們的新信賴模型彌補了傳統信賴模型在推薦制度上的缺口，在許多指標上均有更佳的表現。

參考文獻

[1] 朱俊茂,楊壽保,樊建平,陳明宇,「Grid 與 P2P 混合計算環境下基於推薦證據推理的信任模型」, 中國科學技術大學計算機科學技術系, 中國科學計算技術研究所, 民 94.

[2] 江明修,曾冠球,「公共生產力評估」, http://npo.nccu.edu.tw/content/section02/item03_doc/200109.pdf , 2001.

[3] 柯瑞普斯(M. D. Kreps)著,鄧方譯,「賽局理論與經濟模型」(Game Theory and Economic Modeling),台北：五南, 1996.

[4] 黃振華, 張興建譯, 「社會科學方法論：馬克斯・涂爾幹・韋伯」, 台北：三貌書齋, 時報出版, 民 81.

[5] 惠美譯, 季登斯 (Giddens，Anthony) 著, 「資本主義與現代社會理論：馬克斯・涂爾幹・韋伯」,台北：遠流, 民 78.

[6] W. Alderson, *Marketing Behavior and Executive Action*, 1957.

[7] E. M. Berman, *Productivity in Public and Nonprofit Organizations : Strategies and Techniques,* C.A. : Sage, 1998.

[8] L. Dodds, *FOAF-a-Matic,* http://www.ldodds.com/foaf/foaf-a-matic.zh-tw.html, Creative Commons License, 2003.

[9] J. Golbeck, J. Hendler, B. Parsia, "Trust Networks on the Semantic Web," *Proc. of Cooperative Intelligent Agents,* Finland, 2003.

[10] K. Miller, *Communication theories: perspectives, processes, and contexts,* pp. 153-193, Boston: McGraw-Hill, 2002.

[11] G. Shafer, *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, NJ, 1976.

[12] D. J. Watts, *Six Degrees: The Science of a Connected Age*, W W Norton & Co Inc., 2004.