

國立交通大學

土木工程學系 博士論文

設計營造協同作業之研究—

以實際案例探討「分散式社群合作設計營造系統」之應用

Design-Build Collaborative Process Research —

Distributed Social Collaborative Design-build System Application on Real Project

研究生：施勝誠

指導教授：劉育東

中華民國九十八年七月

設計營造協同作業之研究—以實際案例探討「分散式社群合作設計營造系統」之應用

Design-Build Collaborative Process Research — Distributed Social Collaborative Design-build System Application on Real Project

研究生：施勝誠

Student：Cheng-Sheng Shih

指導教授：劉育東

Advisor：Yu-Yung Liu

國立交通大學
土木工程學系
博士論文

A Thesis

Submitted to Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Doctor

in

Architecture

July 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

設計營造協同作業之研究—
以實際案例探討「分散式社群合作設計營造系統」之應用

學生：施勝誠

指導教授：劉育東

國立交通大學土木工程學系博士班

摘要

本研究將探討電腦輔助分散式社群合作設計營造專案之合作溝通過程。主要研究合作設計營造專案中各種不同專業之概念知識如何能藉由溝通過程將其擷取、儲存、以及再利用。同時，在分散式溝通運算環境中分享給合作團員，達到加乘的合作目的。近年來，大部分的研究均指出合作式設計的主要問題圍繞在設計溝通這個議題上，同時，越來越多的相關研究，已經逐漸釐清要能發揮協同作業的效能，必須藉由設計知識的分享，經過積極正面地分享設計知識才能達到「分享共識」。因此，如何拆解設計過程中各個不同領域的專家知識，以及如何快速傳遞資訊與設計概念，則成為大家矚目的研究標的。許多建築資料建模與設計知識再現的研究陸續被提出，這些研究也都成功地解決部分設計溝通的問題。

本研究總共分為三大步驟：第一是回顧主從架構合作系統、以網頁為基礎溝通平台的合作系統以及利用代理員程式技術作為溝通介面的分散式溝通環境等大三合作系統的先前研究。以建立分散式建築營造的雛型架構；第二是著重於資料模型的分析與推導，由單機運算模型、個人網頁瀏覽模型、單機網頁瀏覽與在地儲存模型、代理員程式模型等模式，第三是推導獲得最適用於分散式合作系統的分散式社群代理員程式模型；第四是以實作系統程式；第五則以實際建築營造合作案例作為系統應用之資料來源，同時探討實際合作過程中的溝通問題。針對案例一的分析結果，討論系統相關缺失，擬定系統修正策略。再以案例二的資料作為驗證修正系統的資料來源，以確認系統的有效性。

研究結果指出，案例一的應用分析係藉由資訊間關聯之同質性計算，結合 GraphicVIZ 之視覺呈現方式，有效地呈現相對溝通頻繁的單位，理解到雙方已經達到設計概念共享的目的。相反的，如果團隊間，其相似熟悉度群聚分布圖上，都呈現相互背離的現象，則表示應該採取積極交換資訊以外的溝通方式，才能解決其漸行漸遠所引發不良溝通等問題。在應用分析過程，本研究也發覺許多

實際案例應用的挑戰。首先，由於業主資料相對太少的情況下，資料的表現上極為分歧，原因是資料不可能全數納入計算，只能靠隨機取樣得到的結果來計算。這個統計上的系統限制，與本研究之系統設計，屬於分散式社群代理員程式之本質是相符的。

本研究所提出之「分散式社群代理員程式」系統藉由實際案例的應用分析結果顯示，系統確實能以社群對話方式擷取溝通訊息、轉化成自己的概念知識，用以適應環境做出回應，即以「原始資料」紀錄資訊；以「概念知識」創造共識；以「概念記憶」監督管理，顯示成功解決部分之設計營造協同作業的溝通問題。



Design-Build Collaborative Process Research — Distributed Social
Collaborative Design-build System Application on Real Project

Student: Cheng-Sheng Shih

Advisor: Dr. Yu-Tung Liu

Department of Civil Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

This study examined the intensity of a collaborative communication process in a computer supported and distributed social collaborative design-build project. It focused on how different design-build professional's concept knowledge can be saved, retrieved, and reused from their local computer system. It also centered on how these concepts can be shared in a virtual distributed social communication environment to enhancement the effect of the multi-professions collaboration. Extensive prior research has revealed that the communication process is the most important collaboration study problem. The design-build stakeholders jointly form a shared understanding through a process of defining the problem, exploring the space of solutions and searching for information. Much research has concluded that a shared understanding is a critical element in successful, collaborative design.

This paper describes a distributed computation (agent-based) approach for identifying shared understanding in design-build communication process by analyzing communication data. By mining the relationship between collaborative participants of a shared understanding, specifically a common interest of document reference and a similar voice, a shared design-build concept knowledge and relationship of the design can emerge. Communication support tools built around shared understanding would be more effective in directing and alerting the design-build team to relevant information.

The result of this paper was that not only the design data itself emphasized the value of communication but also the hidden relationships among data which generated shared understanding. We constructed the distributed social communication

data model to support user to save, retrieve, and analyze among the communication process in a design-build project. We also implemented an exhaustive recommender data mining model as the clustering engine to exposing the hidden relationships among communication data. This communication data relationship also can be regarded as a user's familiarity index with the design concept, which can be shared with others in the design-build collaborative team.

Two real world design-build projects were used to test, validate, modify, and confirm the function of distributed social collaborative design-build system, implemented by this paper. In conclusion, the distributed collaborative system turned out to be highly collaborative in respect of design concept and was utilized intensely in organizing the design-build process.



誌 謝

由衷感謝劉育東教授的諄諄教誨

以及所有一路支持我的家人



目錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	iii
誌謝	.....	v
目錄	.....	vi
表目錄	.....	viii
圖目錄	.....	ix
第一章	緒論.....	1
1.1	研究問題.....	2
1.2	研究目標.....	3
1.3	研究方法與步驟.....	4
第二章	先前研究.....	6
2.1	電腦輔助建築設計.....	6
2.2	設計數位資訊模型.....	9
2.3	網路科技支援建築設計營造之協同作業.....	14
2.4	分散式電腦輔助協同設計營造作業.....	16
第三章	分散式合作設計營造系統的分析與模型建構.....	21
3.1	以主從架構為基礎的合作式設計系統模型.....	21
3.1.1	合作設計系統中，不同階段之合作行為.....	21
3.1.2	專案定義活動之概念模型.....	23
3.1.3	家具組裝設計溝通模型.....	25
3.1.4	主/從架構的典範.....	26
3.1.5	三模型的分析與整合.....	28
3.2	網站資訊技術基礎的合作式設計營造系統.....	29
3.2.1	網站資訊技術輔助建築設計的發展.....	29
3.2.2	網路為基礎的溝通平台輔助設計營造系統.....	31
3.3	分散式設計營造系統模型.....	32
3.3.1	分散式媒介設計與合作式設計之比較.....	33
3.3.2	智慧型分散式設計之內涵.....	34
3.3.3	智慧型分散式設計之特性.....	35
3.3.4	分散式設計營造系統模型之挑戰.....	37
3.4	分散式合作設計營造系統離型.....	38
第四章	系統模型建構與實作.....	40
4.1	分散式社群代理員程式溝通資料模型.....	40
4.1.1	單機資料作業之資訊模型.....	41
4.1.2	個人全球資訊網資訊站之資訊模型—缺乏用戶端資料.....	42

4.1.3	個人全球資訊網資訊站之資訊模型—增加單機資料.....	46
4.1.4	代理員程式全球資訊網資訊站.....	49
4.1.5	分散式社群代理員程式溝通資料模型.....	52
4.2	分散式社群代理員程式溝通資訊站之用戶端資料群集之實作....	57
4.2.1	全球資訊網的資訊處理模型規範.....	58
4.2.2	用戶端資料群集之實作.....	63
4.3	分散式社群代理員程式溝通資料模型之實作.....	76
4.3.1	社群代理員程式模型.....	76
4.3.2	概念知識擷取模組.....	79
第五章	實際案例之應用與分析.....	85
5.1	案例一—科學園區大鵬廠室內裝修工程為例.....	85
5.1.1	案例一基本資訊.....	86
5.1.2	系統應用程序與結果分析.....	87
5.1.3	綜合分析與系統修正方案.....	99
5.2	案例二—以屏東日盛證券商業大樓新建工程為例.....	102
5.2.1	案例二基本資訊.....	102
5.2.2	系統應用程序與結果分析.....	103
5.2.3	綜合分析與討論.....	113
第六章	結論與後續研究.....	115
6.1	結論.....	115
6.2	研究貢獻.....	117
6.3	研究限制.....	118
6.4	後續研究.....	119
參考文獻	.....	121
學術簡歷	.....	128
附錄一	矽導竹科研發中心建築更新工程.....	129
附錄二	屏東市商業辦公大樓新建工程.....	159
附錄三	程式原始碼.....	180
程式碼 3.1	單機資訊群集之程式實作原始碼.....	181
程式碼 3.2	單概念知識擷取之程式實作原始碼.....	192
附錄四	INTEROPERABLE CO-DESIGN SYSTEM.....	204
附錄五	A web-based agent framework for collaborative design-build communication, . . .	217
附錄六	Web-based Situated Communication Model for Construction Management,	230

表目錄

表 3.1	設計營造合作系統之合作行為.....	23
表 3.2	多專業合作團隊形成共識的影響因子.....	36
表 4.1	土木工程師(C) 顯著從屬設計溝通 Φ_i 列表.....	56
表 4.2	串聯式列表範例.....	60
表 4.3	單機資訊群集之程式邏輯.....	67
表 4.4	關聯的資料串排名值矩陣表.....	80
表 5.1	室內工程範圍.....	87
表 5.2	案例一工程資料種類數量彙整表.....	89
表 5.3	在地端資料庫概念資料表欄位.....	90
表 5.4	案例一之熟悉相對關聯指標，抽樣分類與數量.....	93
表 5.5	專案一早期合作團隊成員之積差相關值計算.....	94
表 5.6	專案一早期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	94
表 5.7	專案一中期合作團隊成員之積差相關值計算.....	96
表 5.8	專案一中期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	96
表 5.9	專案一晚期合作團隊成員之積差相關值計算.....	98
表 5.10	專案一晚期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	98
表 5.11	案例二工程資料種類數量彙整表.....	106
表 5.12	案例二之熟悉相對關聯指標，抽樣分類與數量.....	108
表 5.13	專案二早期合作團隊成員之積差相關值計算.....	109
表 5.14	專案二早期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	109
表 5.15	專案二中期合作團隊成員之積差相關值計算.....	111
表 5.16	專案二中期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	111
表 5.17	專案二晚期合作團隊成員之積差相關值計算.....	112
表 5.18	專案二晚期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算.....	113

圖目錄

圖 2-1	解構模型.....	10
圖 2-2	案例推理模型.....	10
圖 2-3	轉換模型.....	10
圖 2-4	層級解構法概念結構圖.....	11
圖 2-5	複合式推理系統架構圖.....	13
圖 2-6	規則基礎推理程序圖.....	13
圖 2-7	案例基礎推理程序圖.....	13
圖 2.8	DAI 近年來研究發展統計圖.....	17
圖 2.9	分散式合作之知識庫架構圖.....	17
圖 3.1	專案定義活動模型.....	24
圖 3.2	主從架構與關聯資料庫系統.....	25
圖 3.3	室內家具設計 3D 設計圖.....	26
圖 3.4	室內空間與家具之整合模擬彩現圖.....	26
圖 3.5	主/從架構溝通模型.....	27
圖 3.6	主從架構合作運算模型.....	29
圖 3.7	跨國企業合作概念模型.....	30
圖 3.8	社群網站基礎之合作運算模型.....	32
圖 3.9	(a) 左圖：傳統合作設計架構, (b) 右圖：分散式媒介設計架構....	34
圖 3.10	分散式設計之主從協調關係圖.....	34
圖 3.11	基本代理人程式設計架構圖.....	35
圖 3.12	合作式代理人程式與外界互動介面程序架構圖.....	35
圖 3.13	分散式代理員程式合作運算模型.....	38
圖 3.14	分散式社群合作設計運算模型.....	39
圖 4.1	單機運算單元之資料模型.....	41
圖 4.2	個人全球資訊網資訊站之資料模型.....	43
圖 4.3	個人全球資訊網資料模型.....	47
圖 4.4	代理員程式全球資訊網資料模型.....	49
圖 4.5	從屬候選網頁配對分配曲線圖.....	50
圖 4.6	分散式社群代理員程式溝通資料模型.....	53
圖 4.7	從屬候選設計溝通配對分配曲線圖.....	55
圖 4.8	分散式社群代理員程式溝通資料實作模型.....	63
圖 4.9	Gears API 資料安全信任查詢視窗.....	65
圖 4.10	使用者運算單元以離線模式在地端資料群集之查詢結果.....	70
圖 4.11	使用者運算單元以上線模式在全球資訊網之查詢結果.....	70
圖 4.12	使用者選擇三項重要網路資訊.....	71
圖 4.13	儲存使用者選擇之重要網路資訊於在地端資料群集.....	71

圖 4.14	使用者運算單元自由決定資訊再利用之方式.....	72
圖 4.15	代理人程式單元採用 aJax instant message 系統圖.....	78
圖 4.16	代理員程式系統程式執行畫面.....	79
圖 4.17	統計之積差相關值計算.....	82
圖 4.18	使用者資訊熟悉程度之相關矩陣.....	82
圖 4.19	預測值計算.....	83
圖 4.20	程式自動化產生群聚圖指令.....	83
圖 4.21	相似概念群聚分布圖.....	84
圖 5.1	廠區工程範圍平面圖.....	87
圖 5.2	分散式社群代理員程式設計營造系統作業程序圖.....	91
圖 5.3	分散式社群代理員程式在地端資訊群集之資訊關聯式意圖.....	92
圖 5.4	專案一早期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	95
圖 5.5	專案一中期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	97
圖 5.6	專案一晚期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	99
圖 5.7	屏東商業大樓平面圖.....	103
圖 5.8	專案二早期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	110
圖 5.9	專案二中期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	111
圖 5.10	專案二晚期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖.....	113



第一章、緒論

建築、營造、工程(Architecture/Construction/Engineer, ACE)之設計理論研究，大多支持「設計可被視為一種作業」(design as a task) 或「設計可被視為一種程序」(design as a process)，其中將設計視為「解決問題的程序」(design as problem solving process) 最廣受討論與研究(Alexander, 1964; Archer, 1970; Bijl, 1987; Chandrasekaran, 1990; Maher, 1990)。

當設計可以被視為一連串問題的發掘與解決的交互過程時，設計需求本身即可被定義成「設計問題空間」(design problem space)與符合設計需求之「設計目標空間」(design goal space)，如此便可進一步利用資訊科技尋求問題之解決(Simon, 1969)。Simon 更清楚指出以「設計之尋找法則」(search in design)作為資訊科技解決設計問題；換句話說設計是從問題空間到目標空間之尋找過程(design as search process from problem space to goal space)，連結了設計與運算的研究。

近年來，大型的建築營造專案，常見的問題是，地區性的營造團隊已經無法單獨勝任，面臨設計營造專案的挑戰時，越來越多的大型計畫以當地的建設公司為基礎，結合跨國專業設計團隊的專長，以相互協同作業方式來共同完成計畫。這樣分散式的協同作業模式，有其專業分工的優勢；然而，也可能同時產生複雜的管理問題。因此如何利用資訊科技，以數位運算輔助來建構增進溝通與強化知識共享的合作模型，實為目前分散式協同作業系統最受矚目的課題之一。如 Konda *et al.* (2004) 曾針對不同專業提出分散式知識庫的系統架構，企圖消除分散式合作團隊中，成員彼此間的專業落差。

分散式合作設計溝通的系統相關研究在資訊科技領域已發展相當一段時間，首先在 1980 年代專家系統的研究中，以人工智慧 (artificial intelligence, AI) 領域為主導的同時，即出現了代理人程式的初期研究，雖然隨後人工智慧的研究曾遭逢低潮期，然而，分散式人工智慧(distributed artificial intelligence, DAI) 終究還是在 90 年代廣受學者專家所喜好(Wooldridge, 2002)。目前分散式人工智慧方法廣泛應用於機器人合作解決相關問題的研究，繼 2000 年的國際機器人足球大賽(Robot cup)之後讓分散式人工智慧方法的研究漸趨成熟，且當年國際機器人足球大賽亦發起另一個研究主題：機器人救災計畫(Robot cup rescue)，主要應用在研究地震颱風等天然災害之災後搜救任務中所需的龐大運算能力。

以分散式人工智慧技術為基礎之研究議題，非常廣泛而多元，主要有擁有

基礎知識的軟體 (knowledge-based software)、代理人程式(software agent)、機器人(robot)以及智慧型偵測器(smart sensor)等，經由多個主體單元獲得指派擁有共同問題目標 (global goal) 後，各個單元依據自己的區域目標(local goal) 獨自推理演譯，再透過相互溝通的協同作業，進而協助使用者解決問題。

因此，本研究將探討電腦輔助溝通系統應用於分散式社群合作設計營造專案之合作溝通過程。主要研究合作設計營造專案中各種不同專業之概念知識如何能藉由溝通過程將其擷取、儲存、以及再利用。同時，在分散式溝通運算環境中分享給合作團員，達到「分享共識」的加乘合作目的。其中，系統的應用、檢核、修正與確認等作業係分別採用兩個實際的設計營造案例。

1-1 研究問題

合作式設計 (collaborative design) 的相關研究，一直是建築設計理論相關研究領域的重要議題 (Kalay, 1998; Gross et al., 1998; Schuckmann et al., 1999)。其中，以電腦輔助合作式設計的子議題則集中在三個主要面向：以電腦為設計呈現工具、電腦作為設計資料庫、以及將電腦視為設計溝通的平台。近年來，大部分的研究均指出合作式設計的主要問題圍繞在設計溝通這個議題上，同時，越來越多的相關研究，已經逐漸釐清要能發揮協同作業的功效，則必須藉由設計知識的分享，經過積極正面地分享設計知識才能達到「分享共識」(share understanding) 之成功合作模式(Valkenburg, 1998)。因此，如何拆解設計過程中各個不同領域的專家知識，以及如何快速傳遞資訊與設計概念，則成為大家矚目的研究標的。許多建築資料建模 (product and building modeling) 與設計知識再現 (design knowledge represent) 的研究陸續被提出(Kalay, 1999)，這些研究也都成功地解決部分設計溝通的問題。

隨著經濟發展與科技進步人類生活逐漸獲得明顯的改善，在住的品質方面，人類將不斷挑戰對新空間的想像。因此，不但建築規模日益擴大，對建築複雜度、品質、時間的要求也愈來愈嚴苛。如今，逐漸顯著的問題是，單一組織的小團隊人力、物力在同一時期僅能以線性方式處理設計營造等問題，已經無法滿足複雜又嚴峻的建築設計營造需求。大型建築營造專案以當地的建設公司為基礎，結合跨國專業設計團隊的特殊專長，以相互協同作業方式來共同完成艱鉅的任務，則越來越普遍。這樣的分散式協同作業模式，確實有其專業分工的優勢。然而，也同時產生複雜的管理問題。如文化差異大所造成的顯著隔閡，從未合作過的生疏工作夥伴以及實體位置上相對較遠的遠距服務等，在在都顯示未來主要的建築營造組織方式，必將同時伴隨著複雜的溝通管理問題，這些均有待解決。

因此如何利用資訊科技之數位運算輔助功能來增進溝通與強化合作，促使

大型營造專案得以順利完成，實為目前分散式協同作業最需解決的課題。因此有越來越多的研究報告，紛紛趨向近來蓬勃發展的網路技術尋求解答，針對在地域上分散的合作團隊，所面臨的溝通問題，則提出透過網站型式為基礎的資訊分享技術，企圖解決其中各成員間的資訊落差等問題 (Clayton et al., 1999; Shih and Chang, 2002; Clayton et al., 2002; Shih, 2003; Skibniewski and Abduh, 2000)。

然而，同時也有研究指出，網站型式為基礎的合作設計系統，除有資料多樣性，存取方便等優勢外。以伺服器為中心的集中資訊處理架構，也有部分傳統資料庫的問題，如集中式資料庫，首先必須面對資料正規化等問題，並非所有資訊都適合正規化，如多媒材資訊、人機互動的資訊等。其次，資訊格式與資料本身的維護作業往往由單一組織擔當，新增、搜尋與再利用資料的成本將與日俱增，直到無法負荷。最後，對資料庫技術不熟悉的現場工程人員，往往要耗費時日與系統為伍，嚴重降低工作效能。由於不同專業領域，對其他設計知識不熟悉，而導致資訊難以搜尋等相關問題亦尚待解決。

此外，合作式設計之研究，多以假擬資料或學校課堂授課學生的設計討論作為實驗資料來源，配合一般實驗為之。少有採用實際設計營造專案作為研究系統評估與檢核。

因此，本研究針對上述問題，提出採用「分散式社群代理員程式」系統外在數位通訊以及社群對話能力、擷取溝通訊息、轉化成自己的概念知識，用以適應環境做出回應，即以「原始資料」紀錄資訊；以「概念知識」創造共識；以「概念記憶」監督管理，企圖解決設計營造協同作業的溝通問題。

1-2 研究目標

本研究針對建築營造專案長久的特性—多專業跨領域合作，共同執行一個計畫。不但專業分工繁雜綿密，各專業的專業知識也越來越專精，個別專業團隊之間鮮少有使用相同的知識。因此，在合作過程中，常見的現象是，團隊之間溝通有限，大部分的情形都是單獨團隊的作業，告一段落後再交給下一個團隊。這種接力賽式的共事模式，並不真正發生合作的人力加乘作用(Kalay, 1999)。

近年來，隨著經濟的快速發展，促使都會區域發展更為集中，連帶的效應造成都會型的建築物不斷挑戰更高、更特殊的建築物。如此不斷地技術追求，意味著越來越多的專業要繼續加入，專業領域的種類也不斷擴增。專案管理由於專業複雜度的增加而呈指數型增加。因此，建築設計的合作過程中，如何做好合作溝通，又能兼顧管理成本的支出，將成為嚴峻的挑戰。

建築設計領域中，有關合作式設計的相關研究，大都已經發覺類似的溝通難題，所提出的解決對策也大致相同，大都指出在合作過程中，專業知識的相互傳遞與協商，讓團員間先在行動上逐漸產生默契，在慢慢地擴展到專業知識的共享，分享共識 (share understanding)(Valkenburg, 1998; Kleinsmann, 2008)，如此就有機會，相互協同作業，互補互助，完成人力、智慧、團隊能力等加倍的效果。因此，如何能讓合作團員相互理解，消弭歧見，就成為大部分相關研究主要的研究目標。

綜合上述，本研究之研究目標為，依據合作式設計系統模型推理，擬定適用於實際案例之「分散式合作設計營造系統」，作為促進合作團員相互理解，消弭歧見的輔助溝通工具。企圖在資料傳遞方面，由系統所提供的功能，提升資訊往返的頻率。同時提供各種媒材的資訊，增加認知速度，誘導團隊成員，主動溝通，提升創造共識的機率。

此外，這樣的分散式合作系統，更能透過分散式概念知識的傳遞協助熟悉其他專業知識以及利用系統預測歧異認知的視覺警示機制，事先建立好溝通管道有效制止誤會的蔓延。如此即可在設計知識層級上發揮促進溝通之功能，也能藉由學習機制降低傳統資料庫處理資訊的負擔。

1-3 研究方法與步驟

近半世紀以來的設計運算與電腦輔助建築設計(CAD aided architecture design, CAAD) 之相關研究，其中歷經三個主要階段，由電腦輔助設計繪圖到專家/智慧系統輔助設計再到合作式設計等。電腦輔助建築設計的發展由初期單純探討如何利用電腦產生測繪與繪圖的研究，主要著重於電腦圖學理論與技術發展；其次，結合心理學、認知心理學等社會學科理論，探討個別設計師的思考行為，試圖建立設計專家的思考模式，進而研究如何利用電腦模擬專家的設計知識；最後，近年來因應複雜設計需求而產生的多元專業設計團隊協同作業，這時期則著重於如何利用數位運算的輔助來增進溝通與強化合作等研究。這些相關的研究已經有相當豐富的成果，同時也逐步開始解決許多實務上的問題。縱觀這些研究，電腦輔助建築設計領域明顯受到電腦輔助設計技術的發展、設計知識的專家系統的研發以及網路溝通技術由簡而繁的演變之影響，發展出符合當今高複雜性之設計營造的協同作業之需求。

本研究主要著重於分散式合作設計系統應用於設計營造協同作業之溝通議題，尤其針對專案合作團隊之成員，來自各個不同專業與不同地域時，其合作模式不只是面對面的會議討論，將參雜不同時間同地區、同時不同地區以及不同時間不同地區等非同步溝通模式。為了解決分散且非同步溝通問題。本研究將廣泛回顧

電腦輔助建築設計相關文獻，以及設計數位資訊模型之相關研究，探討建築設計與運算理論之相關文獻，並綜觀有關網路科技支援建築設計、營造等之協同作業之相關研究與影響，分散式電腦輔助協同設計營造作業的方向。除對建築設計與運算在理論架構上做較全面性的整理與探究外，並提出本文主要研究主題—如何利用分散式資訊技術建立合作式設計營造系統，其次提出本文之研究方法與步驟，並說明如何擬定系統雛型、運用實際設計營造合作案例一的資料進行系統雛型評估、擬定系統評估準則並說明如何經由評估發現的謬誤修正系統雛型，接著，再利用實際設計營造合作案例二的資料進行系統檢核，經最後修正後成為正式系統。

本論文的主要章節安排如下：第二章主要基於主/從架構溝通系統、網頁基礎溝通運算環境、代理員程式技術輔助之溝通系統等三大方面進行文獻回顧。第三章則進入系統模型的推導，同樣採用主/從架構溝通系統、網頁基礎溝通運算環境、代理員程式技術輔助之溝通系統等作為主要三大分類依據，探討各類型模式的優缺點；並推導「分散式社群合作設計運算單元架構」，作為建立本研究溝通系統的雛型架構。

第四章則基於系統雛型架構，深入分析各種不同的分散式資料模型(distributed data model)，進而了解分散式溝通環境在資料層級上所要面臨的考驗，同時提出明確的解決對策，作為分散式設計營造協同作業系統的主要資料模型。

第五章則採用由第四章利用 aJax 軟體編程技術實作的系統，應用於兩個建築營造的實際案例，加以分析討論。首先以案例一的資料說明系統之資料輸入/輸出的程序，同時檢驗各專業成員如何利用分散式設計營造協同作業系統，分析異質資料傳遞效能，是否能夠面對建築設計營造協同作業過程中的挑戰，有效提升設計「異質資料」之處理效能以及分析「概念知識」的能否促進分享共識等兩大主要問題。經由分析結果顯示，雖然資料挖掘技術確實能呈現資料的相關性。然而由於案例一的資料產生時並未加入傳遞溝通資訊，資料來源係由人工整理方式逐筆輸入資料庫再利用系統分析判斷，使得資訊的關聯運算結果與資料本身的屬性稍有不符的情況。因此，針對資料本身，以加注大量的屬性訊息，模擬系統資料溝通過程中所產生的結果，修正資料傳遞模型。並分析修正模型之系統應用情形。

最後，第六章綜合本研究系統應用分析之結果，敘明系統應用性之優、劣，同時，指出系統之主要貢獻以及後續研究方向—協同作業過程之「概念知識」，如何更清楚突顯與驗證其所隱含的價值。

第二章、先前研究

回顧人類發展史，共經歷兩次重大的變革：工業革命與資訊革命，這兩次的大變革都起因於機器—蒸汽機與電腦。以對人類生活的影響力而言，資訊革命時期所發明的電腦絕不亞於工業革命時期出現的蒸汽機。蒸汽機對人類所產生的影響主要有兩方面：首先是交通革命，不但連通各國東西南北以及各個城市，快速轉運生產所需要的人員與原物料，擴大經濟規模；其次是生產革命，將當時最重要的紡織工業，從原有的耗時費工的手工藝，變成省時省力的機械工業生產，大量高品質的快速生產，急速降低產品價格。

不同於蒸汽機時代，當今資訊技術的研究與發展，對人類生活的影響則是更全面性，首先，藉由電腦的輔助，有效縮短了人與人間的實際距離。目前，我們不僅僅靠發明更快速的交通工具來縮短實體距離的移動時間，更憑藉人類資訊科技的研究，尤其是利用網際網路等資訊技術產生數位溝通平台，更有效地縮短人與人的溝通距離。同時，生產力的再提升，而這次並非只是再提升機器製造的能力與速度，而是憑藉電腦的高運算能力與遠距溝通平台，以及人工智慧等資訊技術，解構、推理與轉換專家知識，建立起數位專家知識網絡，在世界各地快速的傳遞適切的生產知識，讓低成本的生產地區能藉由高設計能力的生產知識來補足其生產品質，從此我們所處的世界已經是平的了，我們正式進入國際統合競爭的時代。

以建築設計領域的發展而言，我們也能清楚察覺到資訊科技對建築設計營造產業的實質影響。不但在早期將我們設計呈現的媒材全部翻新。更進一步地能讓我們有機會逐步探討設計本質與運算的關係(Akin, 1993)。茲針對本研究相關文獻回顧如下：

2.1 電腦輔助建築設計

電腦輔助設計(CAD)的研究與發展已經超過半個世紀，在各個領域中均造成非常大的影響，回顧電腦輔助設計的發展，不但能讓我們清楚了解過去幾個重要里程碑，更能描繪出未來的發展方向。最早的電腦輔助圖形設計系統出現於 1950 年代中葉，由美國空軍發展的空戰防衛系統，稱之為「半自動地理環境」(semi automatic ground environment, SAGE)。

以電腦科技應用於建築工業而言，則較晚於其他產業，而最初的 CAD 工具也是因應機械產業與航空產業的需求而發展與應用，直到 60 年代後期電腦科技

才出現幾個重要的建築應用與可能的需求。然而早期的 CAD 工具並非針對建築設計專業的需求而設計，並且發展 CAD 工具的設計師並沒有建築設計知識。這些一般性功能導向的 CAD 工具僅能視為簡單繪圖工具。

早期 CAAD 整合系統出現於 70 年代後期，由少數政府機關發起針對建築設計規範與營建資訊的需求，結合專業電腦工程師設計出整合建築營造專業系統。典型的案例有 OXSYS 系統(Hoskins, 1977)，專為建造 Oxford 醫院設計的營造整合系統以及發展於愛丁堡的 SSHA 建築設計系統(Bijl et al., 1979)。這些大型的整合設計系統，為滿足特定建築設計與獨特的營建工法的需求量身訂製，開啟了建築工業在 CAAD 的專業應用。由於特定的目標與需求，加上當時的電腦設備仍屬少數人的工具，因此這些系統只能停留在少數政府機關或研究單位的應用層面，未能普及。

作業模擬(performance simulation)與系統分析(system analysis)的應用，開啟於建築科技的發展與營建技術的研究與發展。1980 年代因為出現較低成本的電腦工作站(workstation)，並搭載高運算效能的 UNIX 作業系統，許多數值分析的相關研究大量使用電腦作為運算的工具。同時，營建工業的工程師也成功地利用這些數學運算式預測建築物的物理特徵，進而模擬建築整體效能。如建築與環境熱能的流動與保持，此在寒帶地區的建築設計相當重要。另一個重要的分析模擬的應用則為建築物的自然光與照明的研究，同樣先建立照明的數學模式再利用電腦進行模擬(Clarke, 1985)。然而，建築中非科學的設計部分，由於無法利用數學模式描述，也就無法利用相同的分析模式，模擬設計過程。

專家系統(expert system)也在 80 年代隨著電腦成本逐漸降低與資訊科技的演進而浮現。專家系統結合許多設計評論知識與設計生成法則，成為整合的建築設計模型。這個新型態的設計應用，主要來自於學校的研究成果，如卡內基大學運用專家系統程式技術、使用者介面知識與資料庫程式技術整合(Rehak, 1985)並整合建築設計環境(Schmitt, 1990)之應用。專家系統的發展主要受到人工智慧研究領域的影響，主要目標希望發展出具有設計專家的智慧系統，能模擬人類解決設計問題。此以知識為基礎的設計系統，主要將設計視為一個「設計空間」(design space)，而設計問題的求解就是在設計空間中尋找(search)可能的解答。由於人工智慧的研究成果中，針對人的設計知識與行為仍屬初步階段，設計專家的知識又不易取得，且所謂專家知識的認定也相當分歧，同時專家知識無法涵蓋所有設計問題只能侷限於知識本身的設計領域，無法像設計師一樣針對截然不同的設計問題，其評判標準與設計行為能有明顯的差異(Luger and Stubblefield, 1999)。

案例基礎推理系統(case-based reasoning system, CBS)在 90 年代初期以專家系統為基礎，進一步發展出以專家知識判斷為基礎的案例索引系統(Kolodner,

1993)。藉由設計案例與專家的分類法則，系統適時提供設計者遭遇設計問題時相關的設計案例，透過案例資訊的提供，希望能協助設計者引發相關設計的解決方案。案例基礎推理系統主要仰賴案例資料庫的內容與其分類(索引)準則，其中資料庫的內容收集不易，致使提供的建議案例無法切合設計問題，同時設計案例很難描述設計過程，使得設計者無法推理設計過程中設計問題的解決方案(Akin, 2002)。其次，大部分案例的分類(索引)準則尚未獲得設計師的認同，依然難有效模擬設計師對設計問題的認知與關聯(Luger and Stubblefield, 1999)。

3D 圖形模型(graphic modeling)與彩現(rendering)系統，無疑是 90 年代後期建築營造 CAAD 工具發展最重要的里程碑。許多商業的繪圖軟體如 AutoCAD, MicroStation, MiniCAD, ArchiCAD, 3Dmax 以及 formZ 等都具有實體尺寸與相片式擬真彩現模擬的繪圖能力。藉由這些 3DCAD 工具中繪製立體電腦模型的功能，設計師能完全展現不同細膩程度的設計概念，呈現傳統 2D 圖形與實體草模無法呈現的擬真情境(Tan et al., 2001)。同時，3D 圖形模型與彩現系統也逐漸應用在營建建造流程的模擬作業，取代傳統平面 2D 的剖面圖，以實際尺寸與空間定位，檢測各種可能的空間衝突，讓不同工種的設備在實際安裝前即可準確模擬。此外，工程排程的 3D 模擬，可取代長久以來難以理解的 CPM 文字與概念性圖表(Clayton et al., 2002)。

多媒體(multimedia)的建築呈現，為建築師展現建築設計的另一個有利的工具。90 年代後期，使用 3D 立體模型並配合多媒體呈現建築設計已廣被建築師所接受，不但有利於與建築營造專業團隊成員間的溝通，並共有利於與非專業的業主溝通(Coyne, 1995)。在大尺度的都市規劃模擬中，3D 立體模型與多媒體資訊豐富了都市尺度的設計知識與呈現，讓複雜的空間關係擬真呈現(Dave and Schmitt, 1995)。

虛擬實境(virtual reality)與虛擬環境(virtual environment)之應用，虛擬環境是以電腦虛擬的技術創造而成的環境。透過頭戴設備或全域顯示設備如 CAVE 等，能讓使用者彷彿身歷其境的感受，而輔以其他回饋式裝置更能與虛擬環境的內容互動，加強使用者對設計目標的認知。透過虛擬環境的模擬，建築營造的專業知識能以更實際更擬真的形式呈現與他人溝通 (Whyte, 2000; Maher, 1999)。然而，目前的 3DCAD 工具並無法直接支援虛擬實境的內容與互動機制的製作，使得在建築營造的應用實力仍大多處於學校的研究階段，產業的應用實例則仍屬初期發展階段。

基於以上的回顧，可以了解到早期的建築領域中電腦輔助設計(CAAD)系統的發展，由文字與語意的輔助設計而後持續發展出數值分析、作業模擬與系統分析、專家系統、案例基礎推理系統、3D 圖形模型與彩現系統、多媒體(multimedia)

的建築呈現以及虛擬實境與虛擬環境的模擬與呈現等，大多著重於個人設計過程的輔助與設計成果的呈現，少有針對群體合作模式發展出相對應的輔助溝通與設計工具(Peng, 2001)。

2.2 設計數位資訊模型

半個多世紀以來有關建築設計的研究非常多，各有許多不同面向的設計模型甚至設計理論被提出。這些設計模型與理論大多支持「設計可被視為一種作業」(design as a task)或「設計可被視為一種程序」(design as a process)，其中將設計視為「解決問題的程序」(design as problem solving process) 最廣受討論與研究(Alexander, 1964; Archer, 1970; Bijl, 1987; Chandrasekaran, 1990; Maher, 1990)。

當設計可以被視為一連串問題的發掘與解決的交互過程時，設計需求本身就有機會被定義出「設計問題空間」(problem space)與符合設計需求之「設計目標空間」(goal space)，如此便可進一步利用資訊技術加以尋求解決(Simon, 1969)。Simon 更清楚指出以「設計尋找法則」(search in design)作為資訊技術解決設計問題；換句話說設計是從問題空間到設計目標空間之尋找過程 (design as search process from problem space to goal space)。

除了認知將設計行為視為尋找目標的問題解決過程外，Macher (1990) 之研究希望能探討設計的求解過程，人類是如何運用設計師知識與策略來尋求設計問題與解答；該研究利用人工智慧的相關技術以及配合 Simon (1969) 提出之設計尋找法則等方法，提供了解「設計是求解問題的過程」一個的新方向—以當時資訊科技發展較完整的專家系統技術之「規則為基礎之推理法」(case-based reasoning methodology)，作為基礎發展技術，讓設計師不單只是認知行為上了解設計過程與求解策略，而是實際提供作為設計求解的實質法則模型，即為解構 (decomposition)、案例推理 (case-based reasoning) 以及轉換 (transformation) 等三大模型，相對應的圖示詳見圖 2.1, 圖 2.2 以及圖 2.3。至此開拓了資訊技術在建築設計理論研究領域中，三個重要理論模型。分別說明如下：

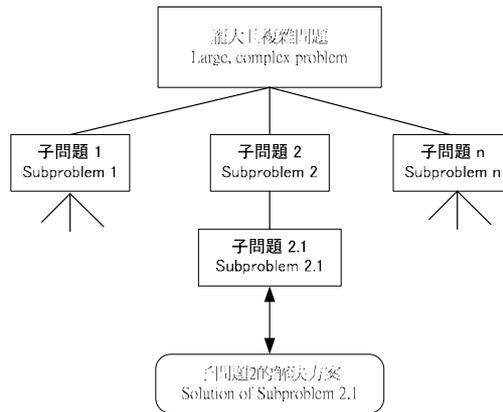


圖 2.1 解構模型 (decomposition model, from Maher, 1999)

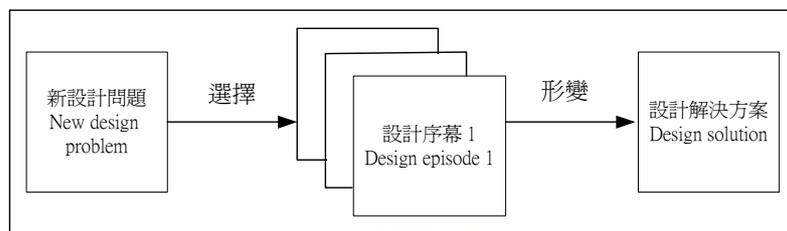


圖 2.2 案例推理模型 (case-based reasoning model, from Maher, 1999)



圖 2.3 轉換模型(transformation model, from Maher, 1999)

(1) 解構模型(decomposition model)

以解構模型探討設計問題應屬應用最為普遍的選擇，有許多成功的案例顯示將複雜設計問題與規範，以層級方式加以解構成平行層級與垂直層級的小問題 (Netinant et al., 2001)，藉以簡化設計問題的目標空間，有效地讓合作團隊成員專注自己負責的層級問題，加速解決方案的搜尋。層級的規劃原則乃依據各層的「功能」與「介面」是否異同而定，概念結構圖詳如圖 2.4，上層的介面系由下層來實作，在各自階層中能獨立發展，同時又層層連結相互關聯，最後能達成總體目標。層級式解構法能有效地切割各層級的複雜關聯，讓設計發展者真正能專注於自己的知識範圍，依靠層級間的介面相互串連溝通，在資訊科技發展過程中，早已廣為運用，如運用於網路堆疊通訊協定等相關複雜通訊之研究(Dijkstra,

1968)。因此，建築設計相關研究也逐漸熟悉解構的分析方法(Akin, 1993; Ho, 2001)，利用設計問題的解構策略(design problem decomposition strategies)來探討專家與生手在不同策略運用下，尋找設計結果(design solution search strategies)的策略之異同。

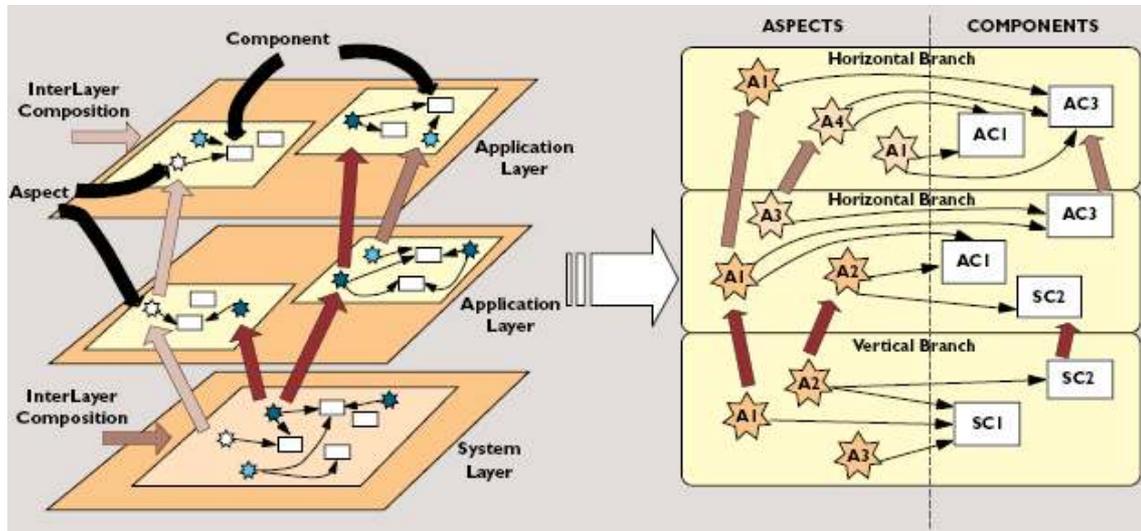


圖 2.4 層級解構法概念結構圖 (layering decomposition approach) update from (Netinant et al., 2001)

然而，層級化解構複雜問題同樣引發層級間常見的缺點；如介面複雜，此等溝通介面的維護有可能成為系統新的難題，因為介面誤差導致溝通延遲甚至誤解的情況。尤其在建築設計營造合作專案中，不同專業間無法理解各自貢獻的設計知識，介面設計誤差是其主要原因之一(Valkenburg, 1998)。

因此，Kalay (2001) 研究中指出，建築設計營造專案中不同專業如建築師與結構工程師之間常存在的專業相互牽制的溝通難題，即屬層級介面溝通問題。建築師的設計層級目標常與結構技師的物理結構問題相互抵觸，往往不容易分享共識 (share understanding)，Kalay 更進一步指出，這些誤解的產生不單是不同專業的看法(the nature of reference)所造成，更有複雜系統經由層級化後，層級間各自的系統參照(multi-frame-reference)不同，完全取決於決策者採用自身區域利益或站在整體觀立場，而會有迥然不同的決策方向。因此，是否有解決這些專業領域、區域層級以及整體系統溝通問題的介面。讓合作團隊成員間除能突顯各自不同的專業外，同時也能讓專案整體目標清楚呈現，以增強共識，是重要的研究議題。

(2) 案例推理模型 (case-based reasoning model)

設計案例推理模型係參照先前成功的案例或執行過程，作為參考基礎並產

生設計的方法模型。這種推理方法著重於成功且能移植於適用的案例收集工作，較不直接採用一般性的設計知識。此模型先前的相關研究也很多(Kolodner, 1993; Akin, 2002; Flemming, 1994)。

Flemmin (1994) SEED 計畫，以案例推理為基礎，利用系統程式產生出設計後會回存到系統資料庫內，作為將來可以參閱的設計案例。而做設計的時候，回答系統詢問如基地條件、樓高、面寬、臨馬路之路寬等類別問題，則系統會依照內容計算與資料庫中的案例比對後之相似度指標，符合使用者期望的相似案例將會以平面圖與文字內容顯示，供作設計參考。

Dzeng and Lee (2004)為解決營造公司與現場工程人員的訓練問題：提出讓新進人員（較熟知電腦操作，而相對較無實際工程經驗者）以及舊有的工程夥伴（非常熟知工地事務與豐富工程經驗，但較無電腦操作的相關知識者），都能以工程慣用的方式，即利用先前工程知識（經驗）來針對新的工程問題作推理，進而獲得工程新知識或新的工程經驗。研究指出傳統工程規劃與時程管控作業，每家營造公司都有自己文化下的標準作業流程，包括作業程序手冊、國家相關法規與施行細則以及大量的電子檔案如 Word、Excel 及 MsProject 等專案管理檔案。研究顯示，這些資料除生產資料者清楚以外，其他人實在很難理解更無從參考。因此，常見的現象是所有的人經常對同一份資料重複生產。甚或發生無資料可參考的窘境。因此，Dzeng 提出以綜合規則推理與案例為基礎的複合式推理系統 (schedule coach)，系統架構圖、規則基礎推理程序圖以及案例基礎推理程序圖詳如圖 2.5、圖 2.6 及圖 2.7。

Dzeng 的研究指出 Schedule coach 系統之主要優點在於，其複合式推理系統乃藉由規則與案例資料的推理，可以有效地找出現場規劃與時程管控人員的潛在錯誤。該系統的規則與案例資料來源係參考政府法規、工程規劃顧問公司專家的訪談資料以及實地記錄三個工地的操作資料。其研究所提出的兩個推理程序 (rule-based and case-based reasoning)，經由營造專案之實際資料模擬測試結果，確實能夠正確檢核出潛在操作錯誤，同時系統具有容易更新規則與案例的使用者介面等優點。

此外，Schedule coach 之所以能檢核潛在錯誤，主要的依據基礎在於管理人員日常的專案報表，並不增加原有工作內容，同時推理系統的使用介面能激勵使用者免去翻閱大量手冊的沉重負擔，能較有效鼓勵現場管理人員隨時補充新的工程知識。另外，系統依據專家知識與政府法令規則與實際案例推理的建議，能符合目前工程特性，同時藉由系統的建議，明顯減輕管理人員檢核作業的工作負擔。

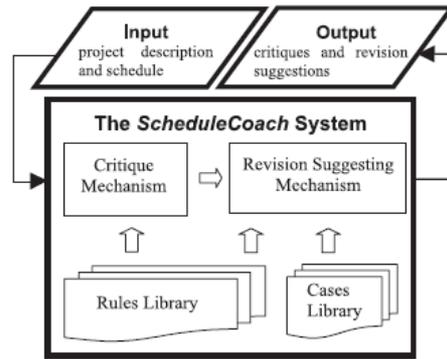


圖 2.5 複合式推理系統架構圖 (from Dzeng and Lee,2004)

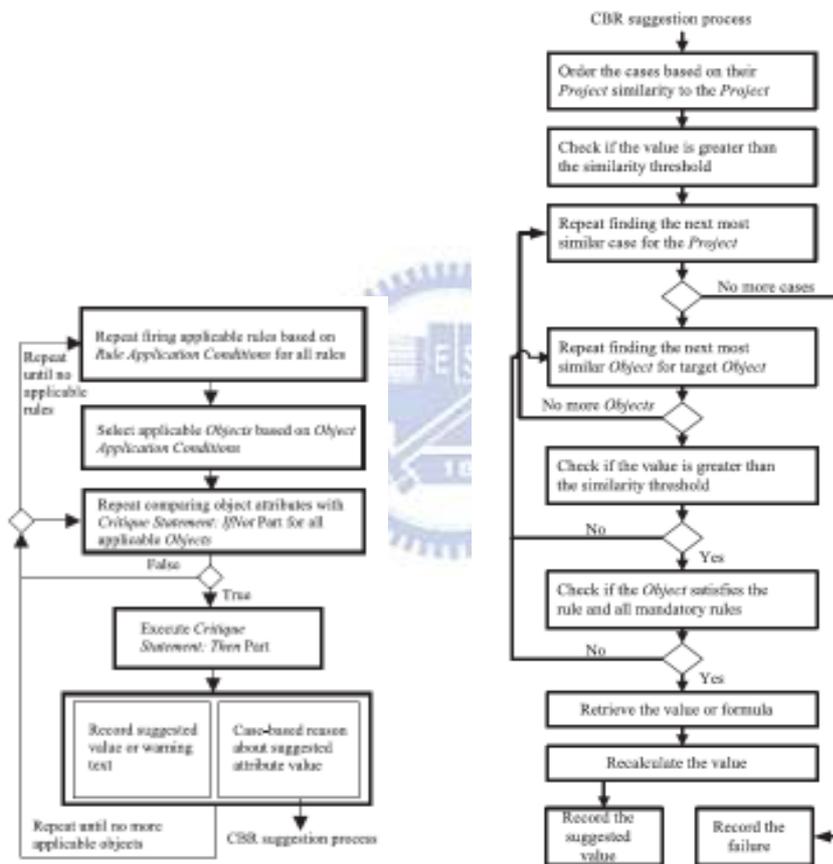


圖 2.6 規則基礎推理程序圖 (from Dzeng and Lee, 2004)

圖 2.7 案例基礎推理程序圖 (from Dzeng and Lee, 2004)

整合上述研究結果，設計案例推理模型解決設計問題，首先必須要有一個適切的先前案例資料庫或規則資料庫用以檢核與推理。這類問題與一般性資料庫的維護問題一樣，已經困擾資訊工程研究領域很久了，不論資料庫的資料面向 (aspect of data) 為何，屬於循序資料或是較符合自然資訊特性的物件導向資料，此二種者資料庫的維護始終需要大量人力與物力。

其次，設計案例推理模型應用的難題，源自於設計專家知識與西洋棋的專業知識或醫學問診知識不同，設計知識並非定義良好的規則(design is ill-defined knowledge)，不容易產生制式規則滿足整體案例一體適用。同時，同前所述之「解構難題」，各自對專業知識的認知不同(the nature of reference)，解讀更難有共識，因此不易對設計專業知識有一致的擷取與分類標準。因此，要建立完善的設計專業知識庫作為規則基礎推理引擎，頗具挑戰性。

(3) 轉換模型 (transformation model)

設計轉換模型即依據初期設計需求轉換為設計成果的方法模型。在轉換過程中，如何產生轉換成為首要問題。以資訊科技來輔助設計轉換，主要有三種方法，即形的文法、規則基礎推理以及專家系統等。

Stiny (1980) 提出「形與形的文法」(shape grammar) 作為設計轉換所依循的創作模型。以形的文法作為轉換模型的設計，係將設計當成一般文字創作，採用語言慣用的文法概念，將抽象概念化為文字般的文法規則，再用這些規則自動產生設計創作。

就設計實作而言，以文法規則(grammar rule)作為設計的轉換機制，與利用規則基礎推理法 (rule-based reasoning) 來產生設計，其二者的設計運算方式十分相似(Maher, 1990)。同時規則基礎推理法也是設計轉換模型常用的運算法則之一。理由很單純，當某類的設計知識能夠有效被解構成一條一條明確的規則後，即可完成一個既精簡又十分有效的規則基礎設計系統(rule-based design system)。使用者甚至不需要有任何相關知識，經由簡單的介面引導即可獲得系統的建議，進而完成設計結果。最常見的例子，即為購屋的決策擬定輔助系統，由於各家房屋銷售公司均能列舉尋找理想房舍的思考規則，如單位面積的售價、區段、屋齡、居住成員等等，這類的系統已足以商業化了。

如果將上述的設計知識規則經由專家的知識轉化而來，將規則變為專業知識，再配合系統的智慧搜尋機制—啟發法或近似法(heuristic and approximate methods)，即成為 1980 年代，資訊科技領域最活躍也最重要的研究議題：專家系統 (expert system)。

2.3 網路科技支援建築設計營造之協同作業

自 1971 年由 Ray Tomlinson 發明 Email 應用(Zakon, 2002)以來，網際網路的技術即不斷地迅速發展。目前，網際網路的技術發展與變革，在各主要產業均造成極大的震撼與影響。相同的情況，建築工業尤其受到網路資訊存取技術的影響，明顯改變了建築設計資訊的傳遞模式與建築工程的營運與管理。早期網際網

路在營建工業的相關應用，大多為建築師將設計作品或供應商將材料型錄等資料，由原來公司內部資料庫的資料，有限度地開放網路存取，提供線上查閱等簡單的資料陳列(Padjen, 1997; Coyne et al., 2001)。

隨著網路資訊科技的進步與發展，營建工業在網際網路的應用已經由簡單的資料陳列，轉變為資訊管理與增進溝通的平台。愈來愈多建築專案相關的設計與營建資料，直接建置在企業內部的網路 (extranet) 上，業主與所有專案的參與者均能依照個人的需求，透過網際網路直接存取專案資料 (Mays, 1998)。有別於傳統企業內封閉的資料庫，網路化的專案資料庫主要的差異在於網路專案資料庫是該專案設計、營造過程的總和，其中除了最後的設計與建造成果資料外，更重要的是過程中各種衝突與妥協、問題與解決方案等相關資訊的紀錄。專案完成後，這些營造過程的資料庫，不但能成為建物與設備管理之重要基礎資訊，更可以提供未來營運發展之重要參考依據 (Clayton et al., 1999)。

此外，建築輔助設計 (CAAD) 工具也逐漸網路化 (Regli, 1997)。原本散處各地的建築文件能透過網路資訊科技相互連結，利用 VRML 或 Java3D 等網路 3D 模型描述語言，能將專案的圖形資料以三度空間的資料格式分發於網路上，提供專案成員直接在網路上與設計內容與建造程序互動，以利即時溝通。不同於製作成本高的虛擬環境技術，程式語言 Java 提供網路合作式設計環境的互動機制，藉由 Java 豐富的網路技術開發套件 (API) 能有效降低網路合作式設計環境的開發成本。

由於網路擁有大量開放的資訊，這些資訊當中包括文字、圖像以及多媒體等，持續不斷地迅速增加，使得網路上的相關資訊已逐漸成為建築設計知識的重要來源之一(Ehrhardt and Gross, 2000)。建築營造專業設計師與工程師不但經常利用網路資訊作為設計、分析等知識獲取的主要來源。學校教導設計的老師也同時注意到網路在輔助設計教育方面的潛能(Montagu and Bermudez, 1998)。網路在建築輔助設計領域的應用大致可分為兩類，首先是以網路作溝通雙方之資料交換平台，其次為網路是提供自我學習機制的虛擬設計工作室(Mitchell, 1995)。藉由網路的媒介，不但設計師之間可以交換設計知識與經驗，設計師與其他建築專業甚至業主也都可以交換需求與設計概念彼此相互溝通(Kvan, 2001)。

網路在設計教學的應用上，主要是提供學生或設計師一個強有力的搜尋與參考工具，網路上豐富的設計文件與多媒體的互動能力能有效鼓勵學生學習活動，使得學習者不再被動地接受資訊或設計知識，而是能以更積極探索的方式自我學習。因此，以網路為基礎的建築設計資料庫，不再是傳統資料庫或建築設計作品集只提供單向的資料查詢，而是設計知識的記憶集合，不但補足個人記憶的限制，進一步提供自我學習機制，協助產生設計概念，成為設計師與虛擬設計記

憶互動的虛擬設計工作室(Leglise, 2001)。

2.4 分散式電腦輔助協同設計營造作業

建築營造專案之設計過程往往需要各種不同專業領域的組織或專家居間協同合作，這種現象雖然是業界常態，然而因應全球化競爭愈來愈激烈以及專業分工越來越細的趨勢，舊有專案常見的合作關係屬於單一水平合作關係—業主與建築師，以及單一垂直合作關係—建築師與工程師(結構技師等)，已無法充分滿足業主需求。因此，建築師在這種合作型態中扮演設計營造統籌角色，其中係以建築師為首的內部團隊來滿足外部業主的需求。此種組織與單一組織(或公司)服務市場需求的型態較為相似，稱為「集中型合作組織」。

企業組織的改變，舊有的合作方式必然要隨之調整，「分散型合作組織」將會逐漸取代原有「集中型合作組織」。不同於以往，分散型合作組織將更趨向自然社會的鬆散組織型態，由於專業、地域、生活習慣與文化等因素差異，都將成為分散型合作組織中潛在溝通障礙的放大因子(Kvan, 2000; Kalay, 2001)。

然而，世界經濟體正快速扁平化，強烈的全球化競爭下，國內建築營造市場明顯出現國外來的競爭者。相同地，國內的企業廠商也將全球視為發展場域，不再侷限於國內市場。這樣的影響促使組織形態與成員方式都起了決定性變化。由原來的文化相似度高且合作穩定的夥伴以及實體位置上相對較近的服務距離，轉變成為因應專案位置的不同，組織內部的成員將有部分由當地的專家與工程人員來取代，因此，文化差異大且從未合作過的工作夥伴以及實體位置上相對較遠的服務距離，都將成為未來主要的建築營造組織方式。毫無疑問，建築工作屬社會文化產業，建築師都想蓋出能凸顯當地人文與社會氛圍的代表性作品。然而如果專案地點與統籌建築師距離太遠，文化與習慣迥異，當地法規與建築技術落差等，都會是明顯阻礙組織合作與專案成功的關鍵問題，執行這樣的建築專案必然會遇到不少該建築師未曾經歷的難題 (Fussell et al., 2000)。

當前重要的電腦科技發展，除了上節所述的網路發展與應用之外，另一個同等重要且愈來愈受重視的發展，應屬分散式人工智慧(distributed artificial Intelligence, DAI)的發展成果，而不同以往專家系統的是，分散式人工智慧的研究係依據社會組織型態的典範並採用「解構模型」，將複雜問題適度拆解分散給網路系統中各個不同專業知識庫的單元來合作解決問題。

有關分散式合作設計的研究大多集中於資訊科技領域—分散式人工智慧(DAI)。分散式人工智慧源自於資訊科技領域—人工智慧(artificial intelligence)，主要係採用社會組織型態的典範來探討針對複雜問題如何依據分散(不同個體

entities)的智慧協同作業，進而合作發展「分散式解決方案」(distributed solution)。近年來分散式人工智慧的相關研究正快速增加當中，根據 Parker (2008) 初步調查結果顯示，2003 年以來每年最少有 700 的相關研究，並逐年增加至近 1000 篇的研究報告，與 2002 年之前每年均未超過 300 篇的研究比較，有相當明顯的差異，顯見「分散式人工智慧」之發展與成果已受到普遍重視的趨勢，並非仍楚於初期嚐試研究階段，近年來分散式人工智慧之研究發展統計圖則詳見圖 2.8。

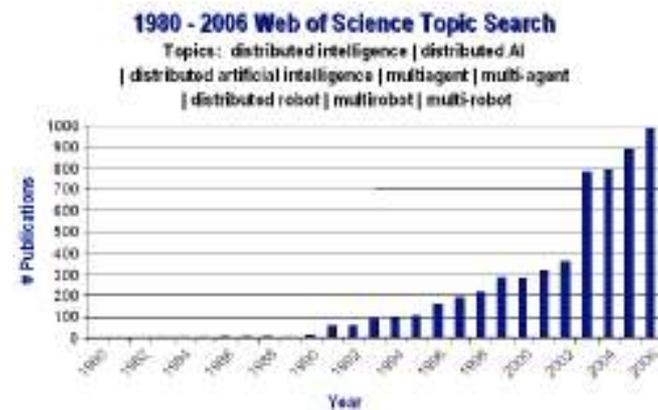


圖 2.8 DAI 近年來研究發展統計圖 (from Paraker, 2008)

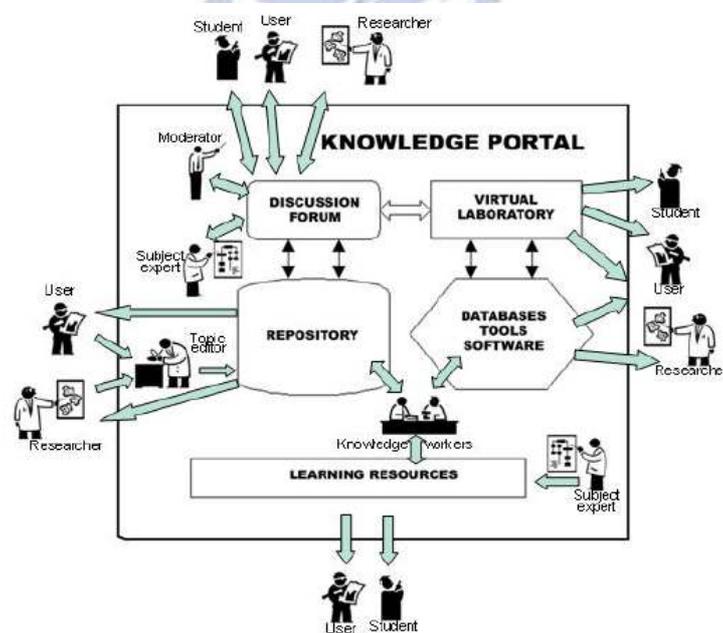


圖 2.9 分散式合作之知識庫架構圖 (from Kondratova and Goldfarb, 2004)

此外，經濟的快數發展，建築物的規模愈來愈大，單一建築專案的投入成本也急速攀升。為因應大型且複雜的建築專案，經常發現的問題是當地的建築團隊也已經無法單獨勝任，越來越多的建設案以當地的建設公司為基礎結合跨國專

業設計團隊的特殊專長，以相互協同作業方式來共同完成。這樣分散式的協同作業模式有其專業分工的優勢，然而，也同時產生複雜的管理問題。因此如何利用電腦科技—數位運算的輔助來增進溝通與強化合作等研究，實為目前分散式協同作業最需解決的課題。因此 Kondratova and Goldfarb (2004) 則針對不同專業(業者、老師、學生等) 提出分散式知識庫的系統架構，企圖解決分散合作團隊中專業落差的問題，其架構圖詳見圖 2.9。

分散式人工智慧的基本構想來自於希望電腦科技能更真實地模擬人類社會的生活型態，讓分散式人工智慧擁有人類群體組織的記憶與學習模式，藉由分散運算元之間的相互合作，達到輔助人類解決繁雜問題之目的。其中，尤其是電腦科技所引發資訊過載 (information overload) 的問題，希望能由電腦新科技來解決(Bradshaw, 1997)。

近 5 年來，以分散式人工智慧基礎的應用系統逐漸躍居資訊科技之主要研究領域之一。不但已成為獨立發展領域—人工智慧之主要研究發展議題，更成為目前最重要的軟體技術。分散式人工智慧之所以能如此受到廣泛的注意，網際網路的分散式運算環境、大量的分散資訊急待處理以及成熟的分散式運算物件技術，如 CORBA 等是主要原因 (Luck and d'Inverno, 2001)。

如同近半個多世紀發展的人工智慧研究，分散式人工智慧研究中之「智慧運算單元」(intelligent entity)發展至今已經非常多元，主要的有，擁有基礎知識的軟體 (knowledge-based software)、代理人程式 (software agent)、機器人 (robot) 以及智慧型偵測器 (smart sensor) 等等，經由多個單元獲得指派，擁有共同問題目標 (global goal) 後，各個單元依據自己的區域目標 (local goal) 獨自推理演譯，再透過相互溝通的協同作業，進而協助使用者解決問題。分散式人工智慧所具備的主要特性為：「自動化」、「學習性」與「溝通、合作能力」。

首先，自動化能力，係指分散式人工智慧技術可以根據管理者的行為選擇較佳的運作模式，而不需要使用者介入；其次學習性則是「智慧運算單元」擁有部分能力能從其他「智慧運算單元」學習自己所欠缺的知識與經驗 (記憶)，或者由使用者指定的新法則，來改變自己原有的行為；最後，合作能力係指「智慧運算單元」擁有尋找其他「運算單元」的能力，彼此溝通、相互影響，並能要求或接受共同解決問題的能力。

利用分散式人工智慧技術來呈現與管理知識，是近年來人工智慧研究領域最主要研究議題。經由許多不同實作方法的探討與研究，分散式人工智慧技術之代理人程式為基礎 (software agent-based) 的群組溝通支援系統，確實得以滿足各類合作型態的需求(Peng, 2001)。隨著網路與行動通訊技術的快速發展，代理

人程式技術也隨著不斷精進。使得代理人程式成為一個理想的協同作業過程中重要的成員(Brazier et al., 2001)。

分散式人工智慧與設計領域相關的研究中，相較於資訊科學領域則較為保守，有關「智慧運算單元」的研究則多專注於「代理人程式」之建構機制(agent's ontology)，大多探討該單元如何擁有設計資訊、如何呈現設計知識以及如何自動解決部分設計問題的能力 (Brazier et al., 2001)。而代理人程式之間則著重於如何解決合作過程中溝通協調等社會性議題 (Findler and Elder, 1995)。以鋼結構協同設計為例(Aunmba et al., 2002)，結構設計規範(context)即為定義代理人程式建構機制與代理人程式之間協商策略的依據，如此不但將大量的建築桿件結構拆解成單一構件之代理人程式，更能透過代理人程式之間協商快速獲得求解。因此，代理人程式運算架構非常適合用以建構分散環境的協同設計作業系統(Aunmba et al., 2002; Han and Zukerman, 1997; Nolan et al., 2001; Rosenman and Wang, 2001)。

代理人程式更能輔助資訊收集，於建築設計過程中常需要參考大量資訊，以協助設計決策的擬定，如設計前期於建築材料的選定；建造工法的選擇與設備資源的可及性等等。面對日益繁雜的資訊，設計者如何有效取得資訊，加速設計決策擬定，實為建築營造協同作業之一大挑戰。因此，針對建物材料型錄，Richard Coyne 提出企業內網路產品型錄助理系統(PLAid system)原型，目的藉由網際網路的搜尋所得的建材資訊，作為設計決策參考資料庫。此外，此計畫仍嘗試連結 CAD 圖形資料內的物件，以網路超連結(hyper-link)的方式，連結到網路產品資料庫，成為具有網路意識(network-aware)的 CAD 工具(Coyne et al., 2001)。以網路資訊技術角度而言，已經有許多研究指出，以網路超連結(Hyper-link)作為網路多媒體資料庫之基本單元，建立資訊非線性的關聯，不但消弭資料格式紛雜無法納入單一資料庫的困難，更有助於網路資料之整合與應用(Clayton et al., 2002; Coyne et al., 2001)。

利用代理人程式技術輔助管理設計案例資料庫，非常類似案例基礎推理系統的發展，藉由學習設計專家對設計案例的分類法則，代理人程式能在日後設計師遭遇相關設計問題時，適時提供設計者相關的設計案例，透過案例資訊的提供，協助設計者引發相關設計的解決方案。以代理人程式為基礎之案例基礎推理系統，主要仰賴設計團隊自己的設計案例，累積資料庫的內容，克服案例資料庫內容收集不易的困難。此外，擬定設計團隊之分類(索引)準則，交由代理人程式作為案例的基礎知識，同時藉由代理人程式的學習能力，隨時加入新的分類準則，以改變代理人程式先前的行為，如此即可克服案例難描述的困難。以 google 為首的網路搜尋技術即為此類的研究成果。

代理人程式輔助設計團隊之溝通協調，在電子商務(e-commerce)應用領域中

代理人程式扮演自動買賣協商角色，已經有許多成功應用實例 (Nwana et al., 1998)。相對地，在建築營造協同作業相關領域，其應用仍屬少數。Shih and Chang (2002) 提出以角色代理人為基礎之分散式設計環境架構，該架構主要利用分散式代理人程式運算 (agent-based computing) 技術，實作系統代理人程式，同時以目標基礎腳本作為代理人程式基礎設計知識，用以建構協同作業之角色代理人設計環境，系統架構如圖 2.9。系統主要分為「控制層」、「角色扮演參與設計層」、「溝通服務層」以及「設計資料層」等四層：控制層主要擬定合作設計之目標基礎腳本，作為各個角色之行為準則，提供合作設計之基本共識，建立有效的合作機制；角色扮演參與設計層則分別為設計者(Human agent)實際參與設計以及設計角色代理人一起互動，協助設計，同時使用設計知識代理人紀錄設計過程；透過溝通服務將設計知識交給設計知識代理人，作為設計案例資料並儲存於設計資料層。

綜合以上研究結果，與 Arentze and Timermans (2003) 嘗試利用代理人程式技術，輔助都市規劃之研究之結論相近。這些研究共同指出，如何充分利用資訊技術的分散運算智慧能解決複雜的建築營造問題，在當今設計營造產業的專業營運特性下，實為重要的研究方向。



第三章、分散式社群合作設計營造系統分析與模型建構

近代設計運算(design computation, DC)與電腦輔助建築設計(CAD aided architecture design, CAAD)之相關研究，大致可往前追溯至1950年代初期。至今歷經三個主要階段，首先，只為了滿足單純繪圖需求所產生「電腦輔助設計」的繪圖應用；其次，當電腦運算器的運算能力不斷快速成長，人們企圖將人類部分的思考方式移植到電腦應用領域，進而發展出「專家系統」輔助設計，企圖由個人建立的設計法則交由電腦依據預設情境協助設計師解決部分設計問題；最後，由於電腦等運算設備的成本不斷下降同時網際網路基礎建設高度普及到每一個個人，讓遠距合作式設計運算成為可能。

電腦輔助建築設計的發展，由初期單純探討如何利用電腦產生測繪與繪圖的研究，主要著重於電腦圖學理論與技術發展；其次，結合心理學、認知心理學等社會學科理論，探討個別設計師的思考行為，試圖建立設計專家的思考模式，進而研究如何利用電腦模擬專家的設計知識；最後，近年來因應複雜設計需求而產生的多元專業設計團隊協同作業，這時期則著重於如何利用數位運算的輔助來增進溝通與強化合作等研究。這些相關的研究已經有相當豐富的成果，同時也逐步開始解決許多實務上的問題。

縱觀這些研究，電腦輔助建築設計領域明顯受到電腦輔助設計技術的發展、設計知識的專家系統的研發以及網路溝通技術由簡而繁的演變之影響，發展出符合當今高複雜性之設計營造的協同作業需求。

為擬定分散式合作設計營造系統，本研究分別採用以主從架構為基礎的合作式設計、以網站資訊技術為基礎的設計營造系統以及分散式合作設計系統等三個系統模型作為研究基礎，逐一分析各個模型的優缺點，最後推導出本研究的系統雛形。

3.1 以主從架構為基礎的合作式設計系統模型

由於早期關聯式資料與主從架構型態之封閉式網路系統等資訊工程的發展，連同影響了合作式設計系統的演變，其初期的發展即以主從架構為基礎。

3.1.1 合作設計系統中，不同階段之合作行為

大多的研究均支持「設計可被視為一種作業」(design as a task)或「設計可被視為一種程序」(design as a process)。其中將設計視為「解決問題的程序」(design

as problem solving process) 最廣受討論與研究(Alexander, 1964; Archer, 1970; Bijl, 1987; Chandrasekaran, 1990; Maher, 1990)。

當設計可以被視為一連串問題的發掘與解決的交互過程(interactive process)時，設計需求本身就有機會被定義出「設計問題空間」(Problem space)與符合設計需求之「設計目標空間」(goal space)，如此便可進一步利用資訊技術加以尋求解決(Simon, 1969)。Simon 更清楚指出「設計尋找法則」(search in design)作為資訊技術解決設計問題；換句話說設計是從「問題空間」到設計「目標空間」之尋找過程 (design as search process from problem space to goal space)。

在設計過程中，以「搜尋問題空間」為主要研究焦點時，普遍為選擇以「解構模型」來探討設計問題。有許多成功的案例顯示將複雜設計問題與規範，以層級方式加以解構成為平行層級以及垂直層級的小問題 (Netinant et al., 2001)。藉以簡化設計問題的目標空間，能有效地讓合作團隊成員專注自己負責的層級問題，加速解決方案的搜尋。

而多專業合作式設計系統，主要利用各自不同的專業相互整合、合作進而完成複雜挑戰。要平順地完成合作設計，需要長時間的溝通協調，才有實質幫助。如果能夠清楚了解合作式設計之溝通行為，建立研究合作系統資料的處理模型。則將更有助於釐清合作團隊架構模型，讓合作的部份溝通作業，透過清楚的系統規範，各司其職，則合作障礙即可有效降低 (Peeters et al., 2007)，因此 Peeters and Tuijl 分析大量合作式設計過程，其研究結果主要獲得設計營造合作系統中，不同階段主要合作行為之分類與整理，各合作行為分類詳見下表 3.1。

表 3.1 設計營造合作系統之合作行為 (from Peeters et al., 2007)

主要分類	次分類
設計階段	擬訂設計目標 資料收集、設計概念發想及其解決方案 解決方案的分析與綜合，形成設計概念 動手作設計 由初期、細部到設計完成的階段發展 設計過程中的各專家知識回饋到目前的設計方案 基於回饋資訊修正設計方案
規劃階段	專案時程規劃 各專業分工計畫 程時管控 時程計畫與分工計畫的檢討 基於檢討修正時程與分工計畫
設計營造合作階段	安排合作計畫 實際分工合作 分工效能之評估與檢討 修正合作分工計畫 溝通 文件資訊輔助決策 決策擬定

3.1.2 專案定義活動之概念模型

Whelton *et al.*, (2002) 基於顧客需求，提出多專業團隊合作系統概念模型(即主從架構)，不但有效解決早期設計創意產出的需求，同時提出以「集中專案」(project-centric) 為主的學習與創造機制。Whelton 將合作系統視為一種專案，同時將專案定義為合作式決策擬定程序 (collaborative decision-making process)，用以提供新興設計概念的機遇。同時強調「主從架構」之團隊合作系統管理技術，能作為創意知識合作所需的有效管理機制。

Whelton 的專案定義活動概念模型 (詳見圖 3.1)，主要強調不同專業合作的參與者如何能有效提供專業知識，同時能在一個有效率的管理機制下合作，提出最大創意可能性的同時又能取得龐大知識管理效率的平衡。

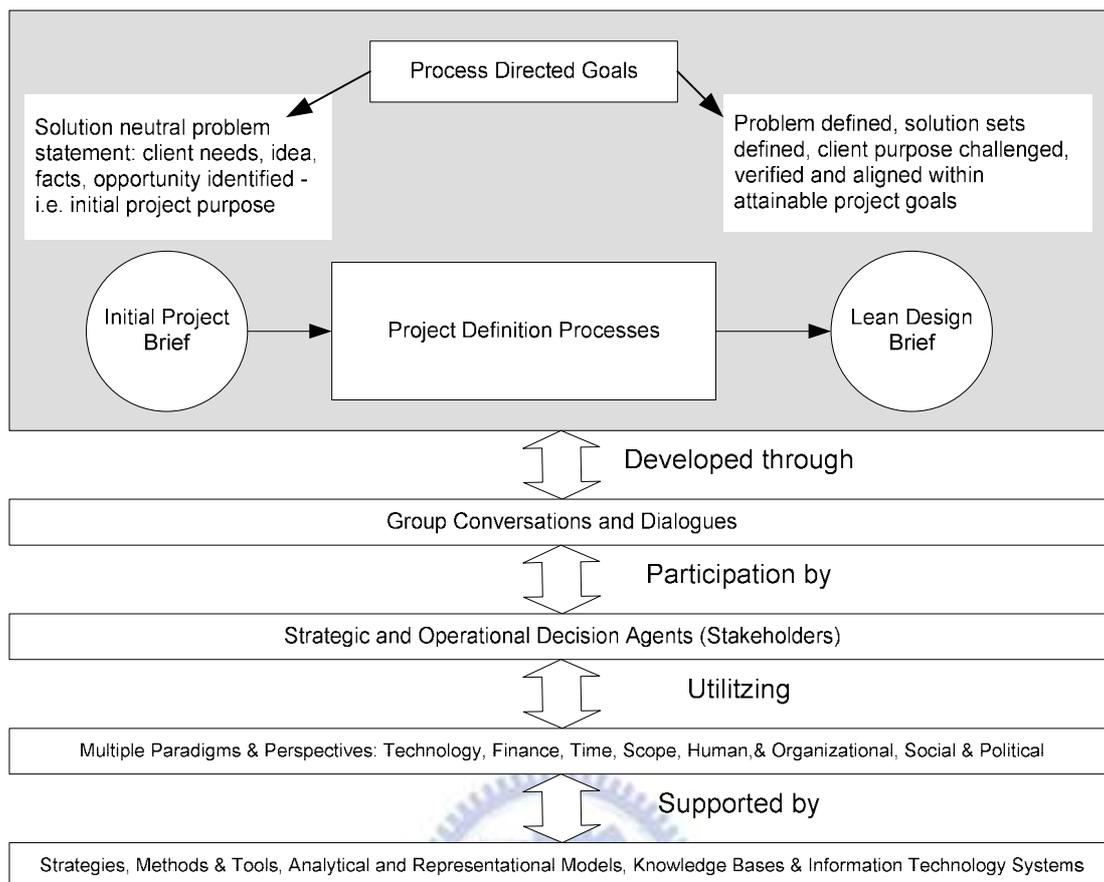


圖 3.1 專案定義活動模型 (from Whelton et al., 2002, pp:204)

以專案定義活動的概念模型首先由多專業的合作參與者，基於各自知識的認知，利用各自熟悉的資訊科技呈現專業知識 (knowledge representation)，相互提出不同創意構想或解決問題的策略。其次，這些設計創意與解決問題的策略將分別依據技術、財務、時程、範疇、個人、組織、社會以及政策等面向分門別類。再其次，分類後的資訊將由決策單位依據總策略目標加以分析擬定最後有用的設計知識或解決問題的方法。再其次，當缺乏清晰總策略目標時，藉由多方對話的過程也能達到意見統合的目的，進而擬定決策。

大部分合作系統的程序之所以不容易成功，Whelton 認為主要關鍵在於專案活動中設計需求或稱之為問題定義 (problem formulation) 的環節上。許多研究均指出，多專業合作式設計最常出錯的問題定義，直指合作團隊的成員習慣作「廣泛性案例的探索與分析」(exploratory case study analysis)。因此，Whelton 提出以「集中式的系統管理策略」取代各自為政的且相互衝突的專業知識。以顧客需求為設計問題的引發器，利用系統決策管理的機制，提供系統層級的管理服務，提供總體決策目標或專業對話共決的協議機制，統合資源，相互共享專業知識，減低歧見，提高決策效率。

3.1.3 家具組裝設計溝通模型

家具組裝設計師經常需要往返於業主與材料商之間，以獲取最豐富的家具組裝材料資料，才足以滿足日益精明的業主。然而，家具組裝材料如同雜貨店裡的商品，材料、品項、規格、顏色、安裝工資、運費以及庫存量等都是影響設計成果的重要因素。

傳統的家具材料商，大都分季整理列印材料型錄，不但印在型錄上的材料不及整體可用材料的十分之一，更無法清楚有多少現貨庫存可供選擇。因此，設計料庫成為設計過程中不可或缺的重要資訊運算工具。

關聯式資料庫 (relational database) 可建立清楚結構邏輯的資料表 (data table)，配合索引鍵值的運算可以快速尋找大量資訊中的目標資料。然而，資料庫建立之前，系統資料需要全盤正規劃作業，即將所有可能的資料型態以及可能的數值值域(最大、最小值，甚或未知)等資料特性一一蒐集並加以整理。資料正規化的處理作業，將佔去系統規劃作業的大部分人力與時程。因此，許多資料庫在日後發生資料異常現象，而無法儲存於資料庫之錯誤，則是前項資料正規化的作業內容有所疏失導致而成。

家具設計長久以來即為時尚設計領域，其採用的材料、尺寸、顏色等設計元素，受到時下風尚流行因素的影響十分明顯。Clayton *et al.*, (1999) 認為利用較具彈性的全球資訊網路之整合環境，可以符合變動快速的資料需求，當資料集中至網頁伺服器端資料庫，詳見圖 3.2 主從架構與關聯式資料庫系統。所有用戶端都能及時查閱資料的最新動態。例如，家具中盤商，將部份家具材料的資訊委由下游的家具小盤商來維護其經銷的項目，即可適度減輕伺服器資料維護的成本與時間壓力，更能做到及時反應的嚴格要求。

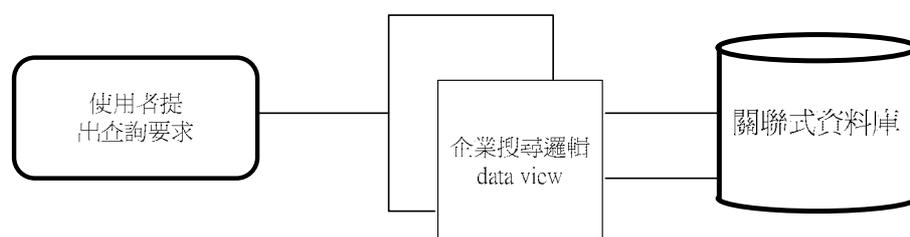


圖 3.2 主從架構與關聯資料庫系統

如前所述，一個穩定的資料庫系統，必須事前規劃得宜，全盤掌握資料型態與值域。然而，實際的資料格式與特性並不會一成不變。隨著時尚的轉變，家具設計的風格與挑戰，並不會因為資料格式的限制而停止。因此，資料本身的特性與設計的本質相同——持續推陳出新，不停地挑戰新可能。此外，新的資料型態

也會不斷地出現。傳統家具材料的資訊，除了大量規格說明文字資料外，大都以平面細部設計圖為主。



圖 3.3 室內家具設計 3D 設計圖(資料來源：本研究整理)



圖 3.4 室內空間與家具之整合模擬彩現圖(資料來源：本研究整理)

由於遊戲產業、電影電視場景模擬的需求殷切，促使 3D 數位模型技術快速發展。家具設計的發展也受到 3D 數位模型技術的直接影響。此外，家具設計的走向也朝向少量、精緻的客製化方向發展。傳統單線平面的家具設計圖，逐漸被室內家具設計 3D 設計圖(詳見圖 3.3)所取代。3D 設計圖提供在虛擬空間中快速進行設計，甚至可以藉由一般筆記型電腦運算單元，即可在業主溝通會議中，直接修改設計，並可及時進行室內空間與家具之整合模擬彩現圖之繪製，如圖 3.4。

因此，格式嚴謹的資料庫系統，如何因應不斷變動的資料個性，以及新的資料型態也陸續出現，都是考驗傳統或網路伺服器資料庫對資料格式的適應性。為了因應高變動性的資料特性，較具彈性的網頁資料格式—超文本標記語言(hyper text markup language, HTML)，則有逐漸取代傳統資料庫的趨勢。

3.1.4 主/從架構的典範

地理資訊系統係以點、線、面等圖像資訊的運算方式，處理空間相關的問題，如交通、都會發展區位、山區土石流警戒區建測、洋流溫度差異等監控等等相關研究，都大量仰賴地理資訊系統的技術，提供監測資料儲存、危險預警計算等空間數值運算作業。

然而早期的地理資訊系統，如 Arc/Info, Arc/View, GRASS, Papyrus 等等，均採用關聯資料庫作為地理資訊的儲存實體，主要的問題是，資料庫系統的資料，係以紀錄為最小單元，單元間以一個或多個索引相互串聯排列，非常適合互不隸屬的串列型資料。例如，商品銷售紀錄、都市居民的居家門牌地址資料等。因為這些資料，沒有複雜的從屬關聯，沒有相互交叉引用的情形。因此，這些資料的應用系統均屬於關聯資料庫。

DeWitt, et. al., (1994) 卻主張地理資訊系統，分別有向量式資訊以及點陣圖式的資訊，同時兩種型式的資訊會相互疊加，相互隸屬。並不適用於合善於處理串列資料排列的關聯資料庫。

另主從架構典範的研究，主要提出以 Sql-server 為基礎的遠端伺服器服務，用戶端則必須安裝影像或圖像呈現引擎，方便圖像式資料的討論與呈現。此在在顯示單純利用關聯資料庫並不能解決所有問題。

DeWitt 進而指出，將傳統單機服務的地理資訊系統程式，改採主/從架構之兩段式服務。一方面，將文字型態的屬性資料，儲存於遠端的伺服器資料庫，擅用其索引搜尋的高效率優勢，適合高運算性、高容量的運算設備，用以處理較為串聯式的文字資料。另一方面，用戶端需要圖形運算介面，以及空間相關的疊加運算，比較適合單機運算環境，如圖 3.5 主/從架構溝通模型所示。

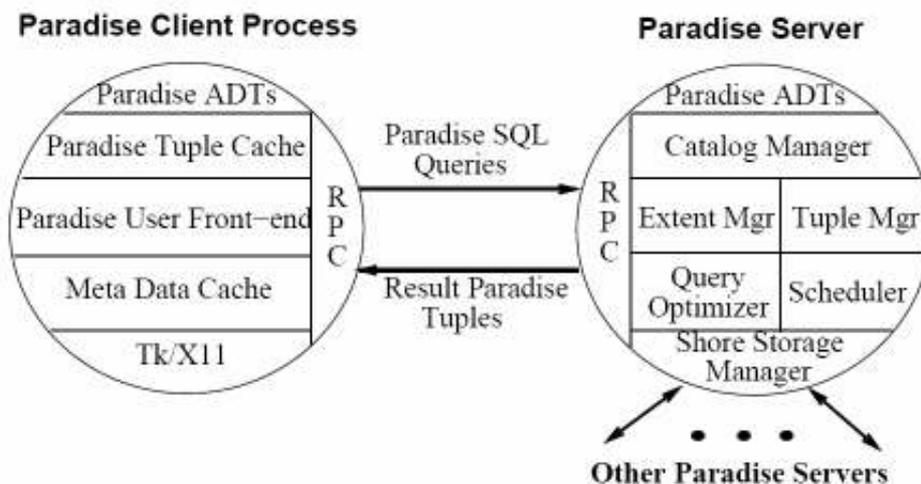


圖 3.5 主/從架構溝通模型 (from DeWitt et al., 1994)

3.1.5 三模型的分析與整合

以上就合作設計系統演進之三個重要模型—專案定義經驗模型、家具組裝設計溝通模型以及主從架構溝通模型，加以說明。目前以主從架構為基礎的合作式設計系統，常依據合作專案的特性，採用相對較為封閉的系統，確實能針對專案資料特型，參與的成員量身訂做特有的資料結構。因此，可以非常有效解決設計營造過程中溝通資訊相互傳遞的需求，同時也能封閉系統提供安全的資訊環境，滿足多專業各自的不同資訊安全需求。然而，綜合上述的研究結果，仍可發現以主從架構為基礎的合作式設計系統，也有許多優缺點。分述如下：

優點：

- 集中管理，樂於重覆使用系統即時更新的設計資訊與圖說，用以協助施工人員能即時修正工作項目與細節，節省無謂的錯誤施作與補救成本。
- 資訊完全集中，沒有分處各地的片段資訊需要溝通等問題。
- 具有豐富經驗的使用者能運用專業知識有效提高搜尋效率，降低使用成本。
- 主從系統的資訊維護集中，使用者需完全遵守系統規範，資訊安全牢靠。

缺點：

- 封閉系統的訓練集中在少數開發公司或授權訓練中心，其訓練成本，較一般開放系統高出許多。
- 新進人員的系統學習時程，要比開放系統來的長。
- 臨時支援的團隊，多半不願意修改自己熟悉的設計資料格式，來配合主從架構的封閉系統
- 最常見的資料擷取行為是探索式搜尋，需要大量與資訊系統的互動。
- 一般工程人員普遍是缺乏資訊專業技術知識的使用者，最常使用簡單關鍵字搜尋方式尋找資料，因此經常找不到所需資料。對他們而言，營建專案資訊系統等同於網際網路的資訊海，無從找起。
- 前線工程人員，需要大量有效的協助人力，才有能力使用適切的欄位搜尋自己所需的資訊。
- 被動的人經常使用簡短關鍵字，同時也無法有效找到所需資訊。

以上主/從架構合作式設計系統模型 (diagrammatic models of collaborative design system) 之合作式設計系統主要強調「資源整合」的合作模型，其架構如

圖 3.6 所示。

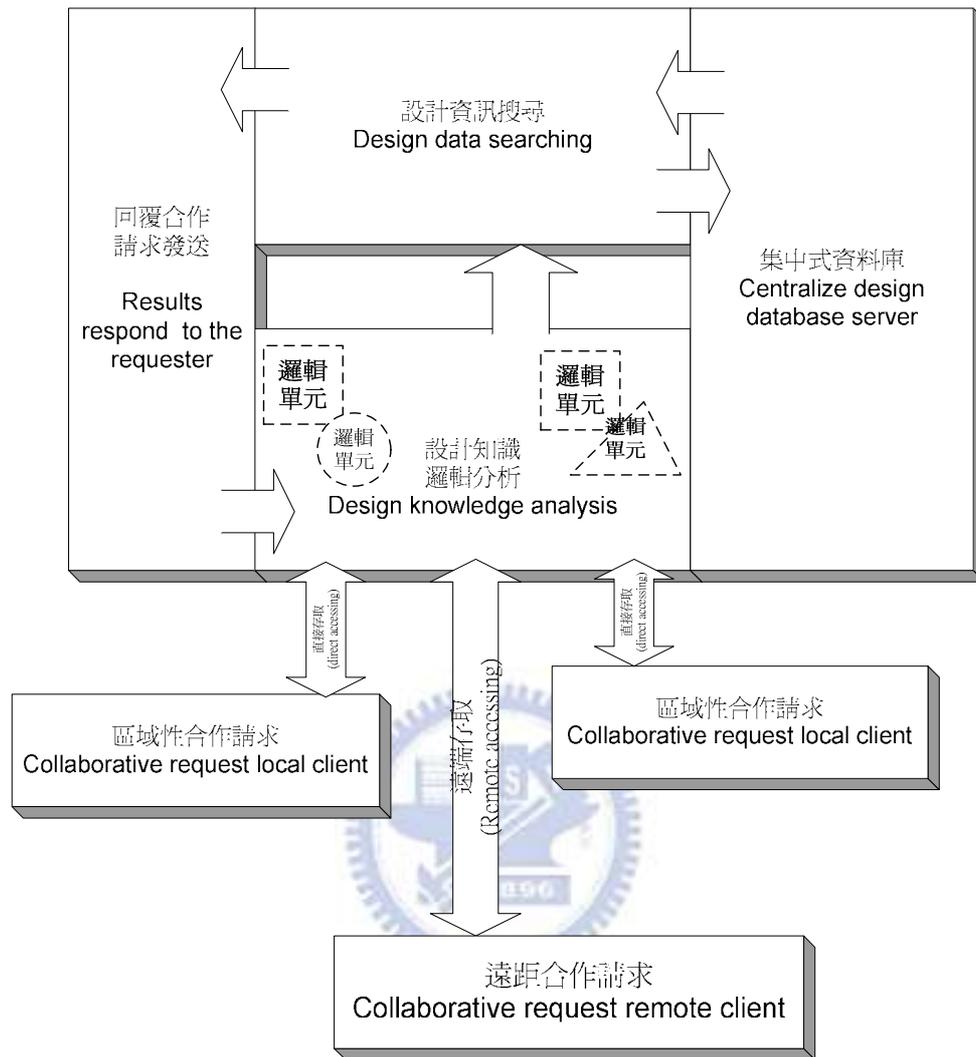


圖 3.6. 主從架構合作運算模型 (Client/Server collaboration computation model)

3.2 網站資訊技術基礎的合作式設計營造系統

網站資訊技術為基礎的合作式設計營造系統，較之主/從架構為基礎的合作式設計，乃在合作方式配合全球資訊網的技術發展，達到更多面向、更具彈性的資訊連結與溝通。

3.2.1 網站資訊技術輔助建築設計的發展

網站資訊技術(web-based information technology)的快速發展的同時也逐漸影響傳統營建產業的各個面向，尤其繁雜的營造專案資訊，捨棄傳統單一封閉型資料庫，改由利用網路資訊技術來整合與管理之變化最為明顯(Clayton, 1999)。

近年來，國內建設與營造廠商不斷朝整併為國際土地開發商等的大企業方向發展，以擴展國際競爭力。企業不但對內所屬子公司之工地分處各地，卻同時進行工程的情況則越來越普遍，對外結合各建築專業團隊的合作機會也日益頻繁 (Kazi et al., 2001)，形成跨國企業合作團隊，如圖 3.7。設計營造專案如何利用網路資訊技術，使得不論在內部的聯繫考核或外部橫向的技術支援溝通等均能因應不同服務對象，即時提供不同需求的資訊服務，進而能順利進行營建施工規劃與控管 (Sriprasert and Dawood, 2003)、營建專案公共安全管理 (Castro-Lacouture and Skibniewski, 2005) 與以生產製造商或專家營建知識等為知識基礎的專家整合系統，對工程進行診斷、諮詢與運作 (Pakanen et al., 2001) 等各個面向的服務，圖 3.7 顯示跨國企業合作多面向整合之概念結構，此領域持續有許多重要研究不斷提出，顯見網站資訊技術確實能解決部分企業資訊、溝通等問題。

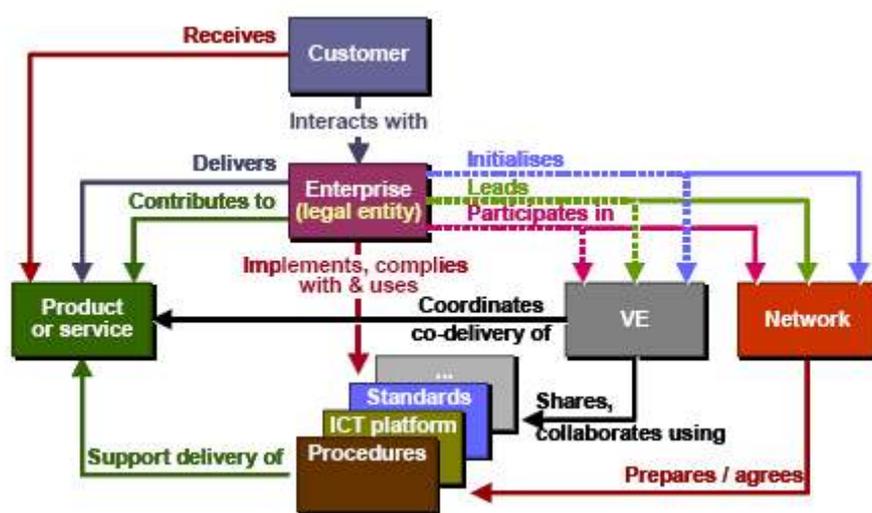


圖 3.7 跨國企業合作概念模型 (from Kazi et al., 2001)

建立以網站資訊技術為基礎的設計營造資訊溝通平台，其內容首先涉及一般設計原有規劃項目，如早期規劃設計、整體設計、細部設計以及施工規劃、監督到最後階段的維護作業等全面的設計與營造資訊。這樣複雜且多元的資訊服務系統，將包含大量的圖文資料，於系統規劃之初就需要針對規模作嚴謹的評估與設計，讓系統更能具有全面服務品質(full quality)的資訊平台功能。

其次，網站資訊技術規劃項目，針對傳統資料庫的封閉性與資料性質提出較開放多元資訊的解決方案，但同時也容易產生鬆散的資料結構。因此，企業網路資訊系統不再只是廣納大量且互不相關的資料管理技術 (Paynter and Pearson, 2008)，應該要更重視技術服務面的整合，提升資訊呈現的親合力，讓專業資訊能提供給最前線的工作人員容易執行查詢、瀏覽、甚至再利用等作業，成為解決資訊短缺、錯誤或過時等常見的營造資訊問題。此外，當資訊量迅速成長

後，系統本身的維護馬上面臨嚴酷的考驗，及時資訊的更新率、使用的方便性、界面的適用性、內部的工作性與存取權限等，都是網路資訊技術所要面臨的主要問題。

3.2.2 網路為基礎的溝通平台輔助設計營造系統

在 Szykman *et al.*, (2000) 的研究中提出網路為基礎的設計營造系統應該包含以下之系統規範：

及時動態資訊的呈現：配合企業內部的資料庫中寶貴的營造知識配合目前的動態網頁技術來取代靜態頁面的資訊呈現。

以多媒體資訊方式來呈現：在文字型資料方面：應避免產生靜態手寫資訊，如果無法避免，至少應盡量減短扼要，讓使用者最短時間取得最重要資訊。

空間資訊：視覺型資料能有效聯結空間資訊，增加有效資訊的獲得。

即時互動型資訊：由使用者在接收資訊的同時，就能模擬作業流程，能有效增加程序性的認知，避免作業流程的操作誤差。

資料層級式安全管控：即時有效的資訊首重的是資訊本身的正確性與時效性。然而，也因為時間與資訊成本的壓力不斷攀升，資訊安全就常被忽略了。

目前常見企業內所使用之以網路為基礎的資訊管理系統，確實有效解決部分設計營造過程中溝通資訊的問題，同時也能藉由網路多媒體的能力提供多元資訊，滿足多專業的不同需求。然而，綜合上述的研究結果，仍可發現以網路為基礎的資訊管理系統尚存在多寡不一的優缺點(McKechnie and Lockley, 2003)。分述如下：

優點：

- 集中管理，樂於重覆使用線上即時更新的圖說，用以協助施工人員能即時修正工作項目與細節，節省無謂的錯誤施作與補救成本。
- 有效解決分處各地的資訊溝通問題。
- 具有豐富經驗的使用者能運用專業知識有效提高搜尋效率，降低使用成本。

缺點：

- 最常見的資料擷取行為是探索式搜尋，需要大量與資訊系統的互動。
- 針對一般工程人員，普遍是缺乏資訊專業技術知識的使用者，

最常使用簡單關鍵字搜尋方式尋找資料，因此經常找不到所需資料。對他們而言，營建專案資訊系統等同於網際網路的資訊海，無從找起。

- 前線工程人員，需要大量有效的協助人力，才有能力使用適切的欄位搜尋自己所需的資訊。
- 被動的人經常使用簡短關鍵字，同時也無法有效找到所需資訊。

以上網站資訊技術為基礎的設計營造系統模型(diagrammatic models of web-based collaborative design system)，其架構整理如圖 3.8 社群網站基礎之合作運算模型。

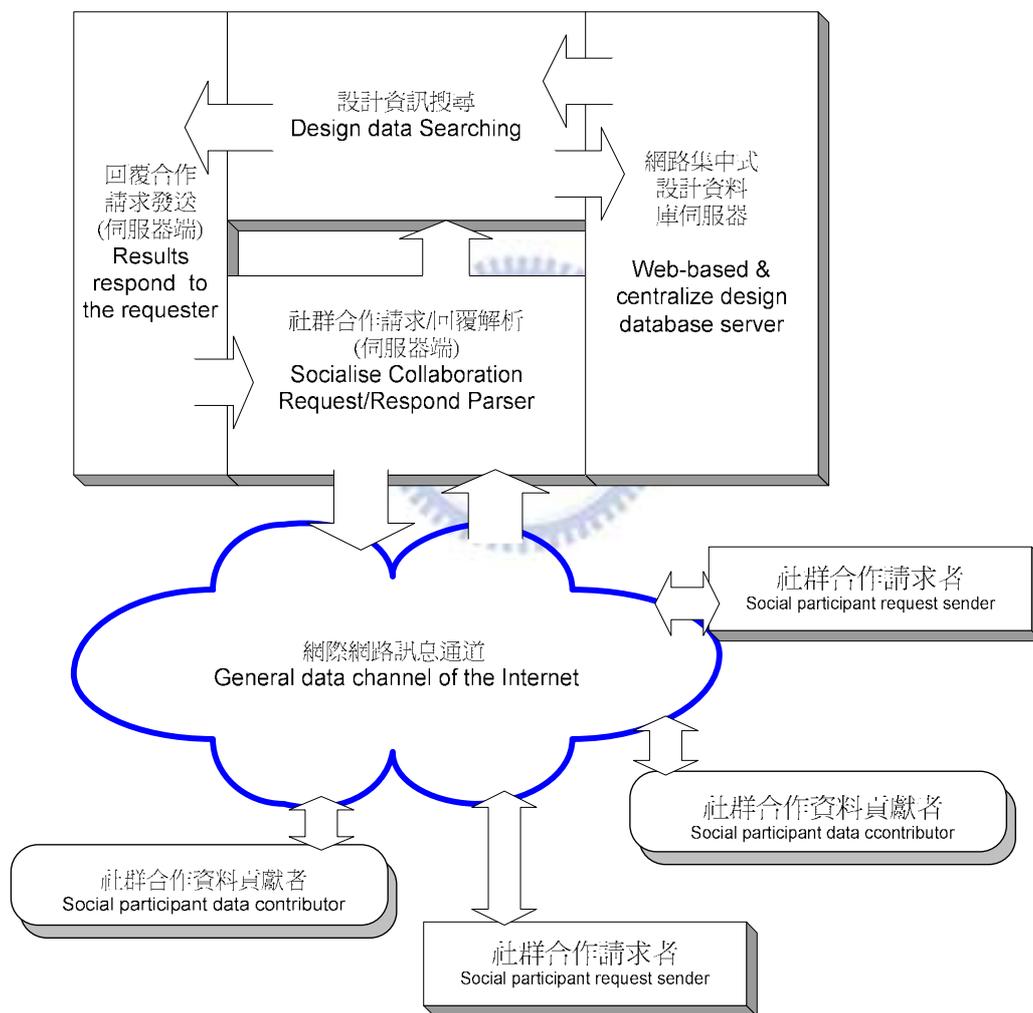


圖 3.8 社群網站基礎之合作運算模型 (web-based collaboration computation model)

3.3 分散式設計營造系統模型

因應當今愈來愈明顯的「分散型組織」的發展，建築設計研究也逐漸開始

向其他領域如社會學、認知心理學以及電腦科學等學科取經，學習如何解決分散型合作團隊所將面臨的合作/溝通等問題 (Busseri, 2000; Valkenburg, 1998; Stempf, 2002)。

在資訊科技領域中，我們不會把網路運算架構中常見伺服程式 (daemons) 視為代理員程式 (agent)，當然更不是智慧運算單元。到底應擁有那些特性的程式單元，才會被認為該單元具有基本智慧型式？智慧運算單元的基本系統模型主要由 Wooldridge and Jennings (1995) 提出，內容包含三大部分，首先是回應性 (Reactivity)：智慧運算單元應可以感知(或偵測)到環境(可以是資訊空間或為實體空間)的變化，在一定時程內做出回應，來符合該單元的短期或長期目標；其次為一致的行動性(proactiveness)：智慧運算單元將依據目標導向來決定自己的行為(goal-directed behaviour)；最後應具有社會性的能力(social ability)：單元間或單元與外界(包含人)會相互溝通，以滿足該單元自身的行為目標。

分散式人工智慧的知識模型 (knowledge model)是智慧運算單元能夠執行推理程序的主要基礎。人工智慧過半世紀的研究所累積的顯著成果，主要仍集中在單一個體的知識模型與推理程序的研究範圍。基本代理人程式的相關研究指出，成功的應用有很多，其中最受矚目的是獲得 The Loebner Prize 2007 國際圖靈測試獎的 Ultra Hal Assistant 計畫就是在自然語言方面，建立單一語言知識庫即可利用英語這種人類語言與人自然對話的研究。因此，以代理人程式為基礎的分散設計架構則為本節討論的主軸。

3.3.1 分散式媒介設計與合作式設計之比較

Haymaker (2000) 認為傳統合作架構多為主從架構的集中式管理機制。然要因應當今合作團隊普遍存在的現象，即合作團隊中人力、資源相互分散。如何能有效協調合作，顯然需要分散式的管理架構，傳統集中式架構與分散式架構之比較，如圖 3.9 所示。分散式媒介設計架構改善了設計者與媒介者之間的協調關係(如圖 3.10 所示)。進而達成共識，有利於設計的發展。

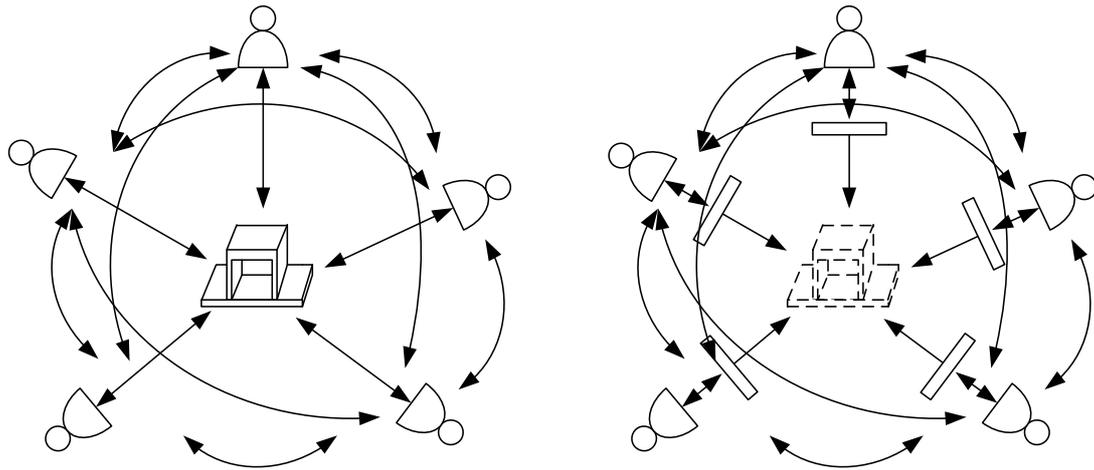


圖 3.9 (a) 左圖：傳統合作設計架構, (b) 右圖：分散式媒介設計架構 (from Haymaker et al., 2000, p.208)

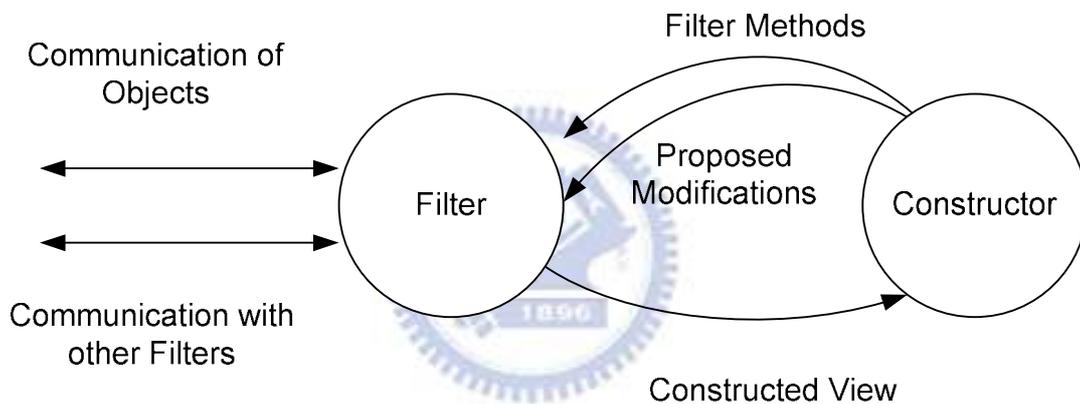


圖 3.10 分散式設計之主從協調關係圖 (from Haymaker et al., 2000, p.215)

3.3.2 智慧型分散式設計之內涵

Brazier et al., (2001) 研究指出分散合作設計系統，必須讓每個單元間彼此能夠有「回應式推理」(reason reflectively) 的能力。因此，研究提出分散式智慧型運算單元的知識層級模型，使得各單元間能相互推理對方的知識、經驗與設計結果。同時，提出合作設計過程中所必須具備的互動形式，即為智慧型分散式系統模型。

為了讓「智慧運算單元」能夠和其他單元相互判斷推理與互動，則該單元必須具備三種關於「分散情境」(distributed situated) 的判斷能力；分別為：(1) 擁有分散設計情境之「知識」與「資訊」；(2) 能夠推理出目前處於分散設計情境；(3) 能夠依據來自分散設計情境而來的知識和自己的資訊相互整合推理，詳見圖 3.11。

模型中與原生代理人程式 (agent) 設計模型主要差別在分散式智慧運算單元必須要與其他單元或外界溝通互動。因此在單元內的推理程序加入三個子程序，用以產生與外界溝通的設計資訊，包括(1)設計協商 (design process coordination, DPC) 互動程序；(2)需求檢核集檢定 (equirement qualification set manipulation, RQSM) 互動程序；(3)擬定設計目標敘述(design object description manipulation, DODM) 互動程序，詳見圖 3.12。

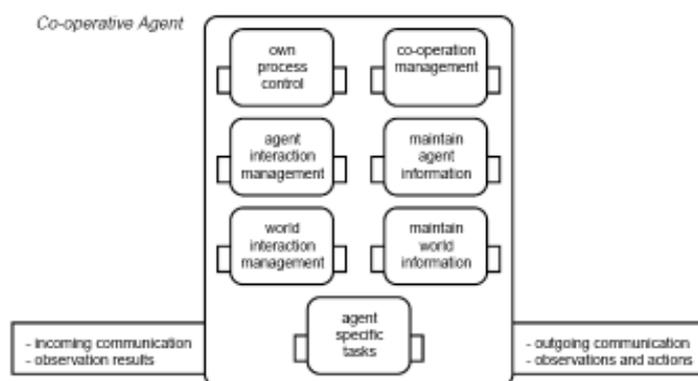


圖 3.11 基本代理人程式設計架構圖 (from Brazier et al., 2001)

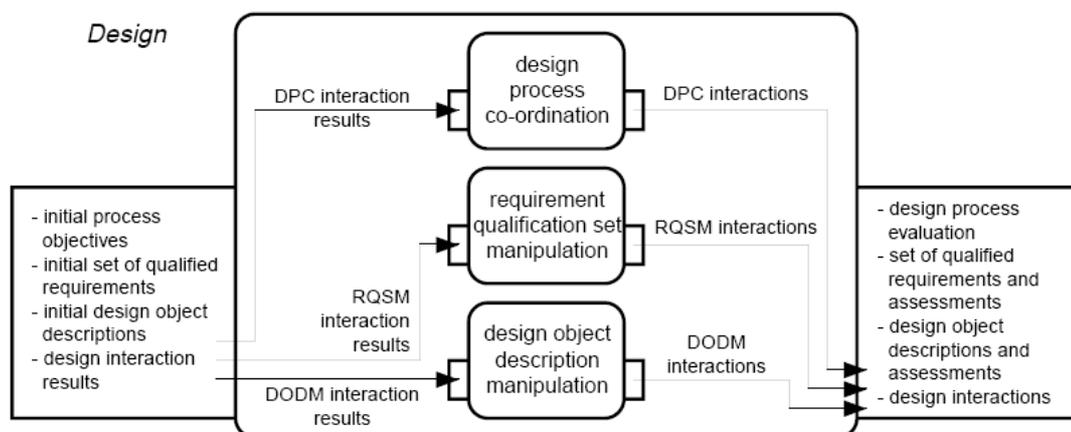


圖 3.12 合作式代理人程式與外界互動介面程序架構圖 (from Brazier et al., 2001)

3.3.3 智慧型分散式設計之特性

為了提供更深入了解分散式設計中智慧型運算單元可以扮演的角色與性質，針對智慧型運算單元的障礙(barriers)與可行性(enables)，(Kleinsmann, 2008) 將其以兩種不同的方式探討。首先，將分散式合作團隊的成員分為三級組織：合作成員之個人層級，專業設計項目之專業層級和企業組織之團隊層級。結果表明，不論是障礙還是可行性的群集，均聚焦於各種不同類型之溝通介面上。同樣的在每個溝通介面上的三個不同的組織，各層級存在各自的障礙與可行性。這意味著合作創造的效率的共同理解，不僅是依賴於高頻率的訊息溝通，而且也應著

重於對項目管理和項目組織的要求。

Kleinsmann 的研究主要貢獻在於，依據分散式合作團隊的成員分為三級組織中，各層級所遭遇的溝通介面，同時提出合作式設計中「創造共識」過程中的障礙與可能。如表 3.2 所示，分散式合作系統所提供的效能在團隊層級中最大，其次是專案層級最後才是個人層級。

表 3.2 多專業合作團隊形成共識的影響因子 (from Kleinsmann, 2008)

個人層級	專案層級	團隊層級
資料(設計知識)的呈現能力	資訊處理效能	團隊資源
合作經驗	專案資訊品質	設計團隊的組成
聆聽(empathy)的能力	專案規劃的嚴密程度	工作的分派與責任歸屬
設計觀點	品質控管的能力	團隊內專業知識的可及性
語文溝通能力	生產人力的效能	
處理設計知識的能力	設計工作的自由度	
設計知識的可用性	預算的彈性控管能力	
專業設計知識與工作的相關性	設計變更的控管能力	
對工作程序的看法		
對共享知識的看法		
對別人的期望		
使用不同溝通工具的能力		

然而，綜合上述的研究結果，仍可發現分散式合作環境之研究，大部分成功的範例仍著重於智慧型運算單元的本體論、資訊溝通、協商機制等基礎資訊工程的研究範疇。其應用性的研究範例依然存在多寡不一的優缺點(Parker, 2008)。分述如下：

優點：

- 集中管理，樂於重覆使用線上即時更新的圖說，用以協助施工人員能即時修正工作項目與細節，節省無謂的錯誤施作與補救成本。
- 有效解決分處各地的資訊溝通問題。
- 具有豐富經驗的使用者能運用專業知識有效提高搜尋效率，降低使用成本。

缺點：

- 最常見的資料擷取行為是探索式搜尋，需要大量與資訊系統的互動。

- 一般工程人員普遍是缺乏資訊專業技術知識的使用者，最常使用簡單關鍵字搜尋方式尋找資料，因此經常找不到所需資料。對他們而言，營建專案資訊系統等同於網際網路的資訊海，無從找起。
- 前線工程人員，需要大量有效的協助人力，才有能力使用適切的欄位搜尋自己所需的資訊。
- 被動的人經常使用簡短關鍵字，同時也無法有效找到所需資訊。

3.3.4 分散式設計營造系統模型之挑戰

綜合上述各分散式合作系統架構模型，本研究認為分散式設計營造系統主要的挑戰有(1) 資訊的流通與傳遞是否容易與順暢；(2) 合作團隊的歧異專業知識如何「創造共識」。

成功的分散式合作，關鍵不僅止於提供容易處理資訊的「資訊模型層級」。其他因素如資源充足性與否，亦影響分散式合作之成敗，不論以團隊組織或個人單打獨鬥的方式解決問題時，都要面對資源越來越窘迫的現實情況。以社群/組織的團隊力量，盡可能地豐富可用的資源是其合作成功的要素之一(Pomeroy, 2007; Adams, 1967)。

越來越多的社會性合作研究成果(Dong, 2005; Cross and Cross, 1994; Fitzpatrick et al., 1996)，指出他們確實找到了「積極性的設計產出」(積極作設計)與「在設計階段中具有一致性之各種不同形式語義溝通」(積極溝通)，這樣的社會性對話行為之間有著明顯的正相關。因此，社會性的對話機制在比較順利之合作過程中扮演著舉足輕重的角色。

分散式代理員程式合作運算單元架構中，資訊處理單元已經足以解決分散的資訊整合。然而，代理員程式除了作為資訊管理介面外，應該可以參考 Dong (2005) 的研究結果，讓合作系統成為社會性的適宜環境，以鼓勵溝通。

因此，賦予「社群代理員程式」(social agent, which acted and communicated as a social entity) 的社會角色，建構「分散式社群代理員程式溝通資訊站模型」(模型架構詳見圖 3.13)，在分散式網路資訊環境中，協助團隊的成員相互之間能「知識共享」，弭平歧見，提高合作效能。

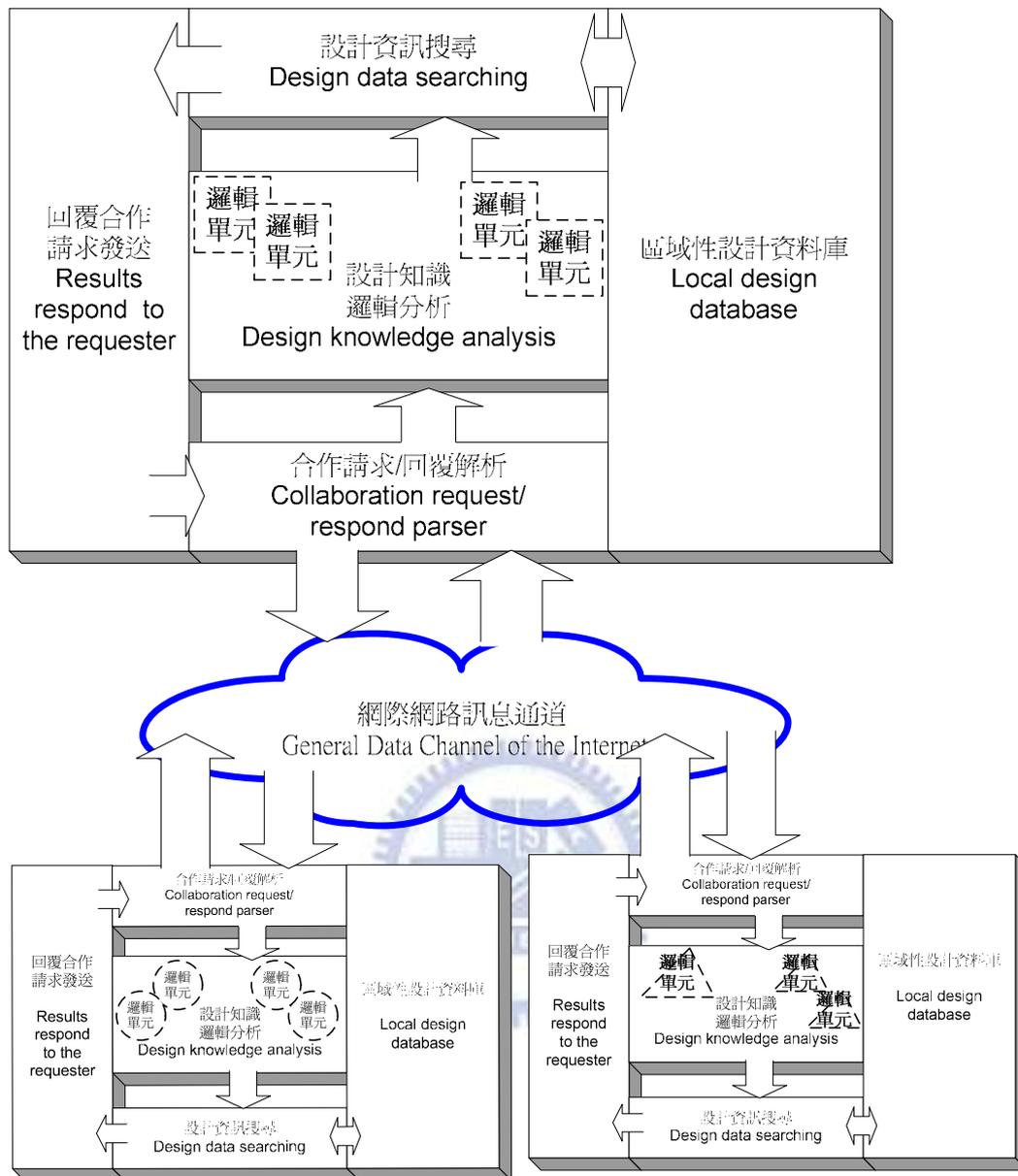


圖 3.13 分散式代理員程式合作運算模型 (Distributed agent-based collaboration computation model)

3.4 分散式合作設計營造系統雛型

基於上述各主要合作溝通系統架構所分析之優缺點，可以歸納出分散式合作設計營造環境之主要挑戰，首先為合作過程中「異質資訊」有無積極溝通與傳遞，其次設計「概念知識」能否分享共識。同時這兩大問題也成為本研究所提出之合作設計系統，主要討論的焦點。因此，經由本章前三節之分析與推論，逐步修正系統模型後，提出本研究之分散式合作設計營造系統雛形——「分散式社群合作設計運算模型」。

此系統主要有五個運算單元，包括社會性代理員程式單元、合作請解析與回饋單元、資料存取介面單元、在地端設計概念資料庫、以及社群合作資料庫等，系統架構，詳見圖 3.14。

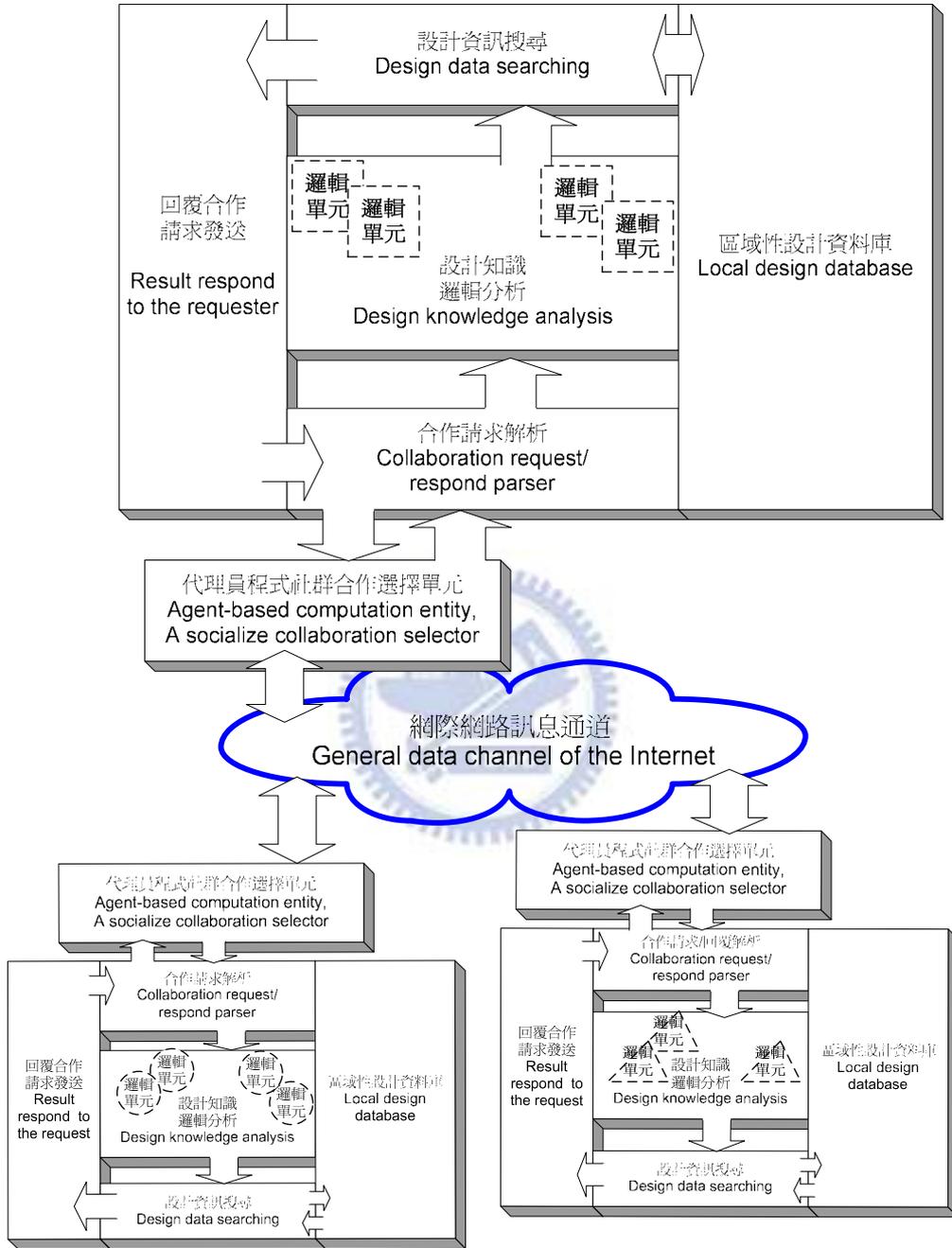


圖 3.14 分散式社群合作設計運算模型 (Distributed social-collaboration computation model)

第四章、系統模型建構與實作

本研究主要提出「分散式合作建築設計營造系統」，用以解決建築設計營造過程中之兩個主要問題—合作過程之多媒材資料以及不同設計專業合作過程中設計概念知識如何相互傳遞溝通並提出資料模型系統的解決方案。首先，以多專家設計知識相互合作時，如何利用系統適度促進設計知識層級間的溝通，成為「資料與概念共享」的合作環境。其次，本研究將利用實際的建築案所產生的資訊，作為檢測系統的資料來源，避免傳統建築溝通模型的相關研究，大多採用實驗或假擬的資料數據，而簡化的資訊往往無法仔細檢驗溝通模型的優劣。因此，本研究針對網路型分散資訊環境中，如何提供設計團隊成員，建構一個相互共享設計資料與設計概念知識的合作環境，提出「分散式合作建築設計營造系統」(distributed collaborative design-build system, DCDs) 之分散合作架構概念模型，作為其解決方案。

4.1 分散式社群代理員程式溝通資料模型

本節主要目的在於詳細勾勒出應用於「分散式合作建築設計營造系統」(DCDs) 的資訊架構 (information architecture) 中最重要資料模型 (data model)，本研究稱之為「分散式社群代理員程式溝通資料模型」。藉由資料模型的推導與討論，可以清楚了解分散式合作設計營造系統在資料層級上所面臨的問題與挑戰。同時，本節也將在最後 4.1.5 節中，提出相對應的解決策略與方案。

首先由單一個體資料作業 (personal data-set manipulate) 需求開始。針對早期規格化的電腦資訊結構，雖然能解決相對簡單格式的建築文本 (text) 與設計繪圖 (design drawing) 等、簡單資訊存取與作業標準化等問題，然而由於電腦技術進步與需求的擴增，資訊型態隨之大量推陳出新，多媒體取代了純文字成為現今主要溝通過程中的主要資訊型態。因此，有別於文字，需要加入 meta-data 等資訊技術 (information technology) 來試圖解決當今建築營造過程中常見的多媒材異質資料的處理需求。

其次，溝通、合作是分散式合作設計營造過程中最常見的問題之一，在團隊合作過程中需要與多人 (multi-users) 多時 (synchronization and/or asynchronization) 以及多種不同專業之跨領域/學門 (inter-discipline) 溝通，經由繁複的資訊往返與協商進而取得共識後，始能順利相互合作。同前章所述，本研究認為建築營建的合作專案，應以社會合作行為模式為借鏡，建構一個能符合分散式社群合作環境，以期能適時分享概念與知識。為達到此一目的，本研究則提

出以代理員程式軟體社群架構雛型來模擬社群合作機制，促進合作效能。

最後，為能確實探討「分散式合作建築設計營造系統」DCDs 之適用性，將採用實際案例資料導入系統，並與傳統集中式之專案資料庫營建管理系統相比較，探討其優缺點。

4.1.1 單機資料作業之資訊模型(the data model of singular data-set manipulate)

20 世紀最後一個十年是個人電腦技術發展最顯著的十年，不只是資訊業，各個行業的人對資訊處理的需求，大都以「單機運算單元」或「個人電腦」為之，單機運算單元的資料模型則詳見圖 4.1 單機資料模型。

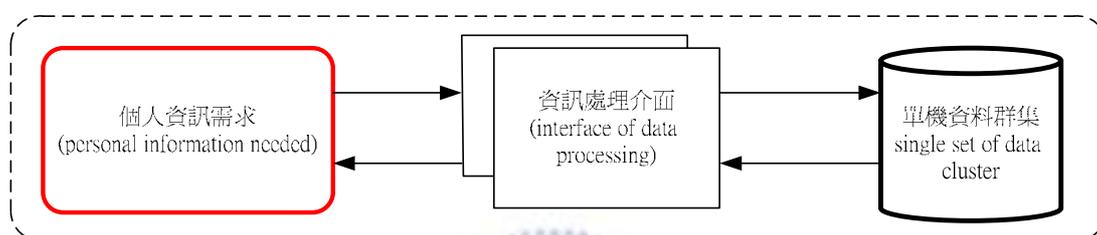


圖 4.1 單機運算單元之資料模型

以整體運算效能與應用而言，單機運算(個人電腦)之所以輕易取代印刷鉛字版、電報以及傳真等同期發展的溝通技術。除了硬體所提供的運算效能，一直依循著摩爾定律—即為積體電路上可容納的電晶體數目以及運算效能，約每 18 個月便會倍增，使得當今個人電腦的運算效能，除已經趕上早期的迷你級工作站(mini-workstation)外，甚至也能與高級工作站(main-frame workstation)的運算能力不相上下。目前的個人電腦已經輕易的在每秒鐘運行 30 億次的浮點運算作業。不但如此，個人電腦更由 2006 年開始加入單機多核心 CPU 的內部平行運算架構，因此，人類溝通所需的資訊運算相關作業，個人電腦都能完成。

另一個決定性的因素則是資訊工程之應用性研究也已有了顯著的突破，相對於硬體發展而言一點也不惶多讓。個人電腦，從早期的文書處理以及表格式數據試算作業等，單純的取代實質的紙筆書寫形式。一路發展不論在資訊處理理論的研究逐漸出現由統計學快速分類、篩選與檢核大量的數據(mess data cluster and filter)；人工智慧之相關研究累積多位專家學者的專業知識，以啟發式搜索資訊(heuristic search)，成就許多學門的專業條例知識庫(expert rules and/or knowledge database)。在資訊工程與語言學方面的應用，則由語言學與修辭學的發展中找出語意結構推論模型，再結合資訊結構(data structure)，發展出綿密的語義文字本體(WordNet as lexical ontology)，不但單字的語意解釋有更詳細的說明，重要的是，更清楚掌握了各個相關性高的單字間的連結關係。由於資訊工程的協助，分析大

量的文章內的語意脈絡，使得文字間的連結，能獲得更有系統性的結構關係。這樣的資訊工程的應用，有別於以往電腦只單純作數字的運算，而讓我們有機會能利用個人電腦層級的運算單元進行人類自然語意(natural language)表達的分析與應用等，都在成功地展現了單機運算針對資料存取的資訊應用已逐漸改變人類對電腦只能文書處理以及數字運算的傳統侷限。

單機運算的資訊處理介面的發展，早期主要的個人資訊需求在解決其小量多樣的出版需求。個人的一般資訊，由書寫油印到鉛字打字機的出現，將重要資訊以油印或打字在紙面上的方式相互流通，大大擴展了資訊的傳播。然而，不論書寫或打字，都有一但錯誤發生時修改非常不容易，以及相同資訊不易重複使用等共通的缺點。因此，這個時期以單機運算為主要架構的個人電腦便以鍵盤為主的輸入介面，參照純文字的打字機作業型態作為文字介面的發想源頭，順理成章地取代打錯就必須重來的傳統書寫或打字機等傳統形式，成功地移轉人們對出版需求的慣用輸入介面。同時，提供螢幕作為出版前的檢閱輸出介面取代紙張印刷，讓錯誤修正不再需要重新輸入，直接以虛擬的出版螢幕來檢閱並更正所發現的錯誤。此外，配合圖 4.1 單機資料模型中的單機資料群集，讓已經存在的資訊有了再利用的契機，也快速提升資訊產生的效能。

針對資料型態的發展來看，人們在相互溝通時，除了對文字的基本需求外，影像資訊也扮演重要的角色。因此，隨著資訊型態的多元化，如 2D、3D 影像、動畫或視訊影音等資訊處理技術的進度。也同時不斷激勵相對應的輸入介面設計的改變，如滑鼠就是最成功的多媒體輸入介面設計。讓個人電腦成功地轉換成多媒體資訊處理單元。

綜觀單機資料作業架構，雖然藉由軟硬體資訊工程的協助，滿足單機運算單元的多媒體資訊處理需求。但可明顯看出，一但需求逐漸增加，使用者所需的資料建立與介面學習的人力付出就越來越沉重。因為，單機資料作業架構只解決資料修改與刪除的便利性與多元的資料處理能力。所有新增的資訊還是得由使用者自行建立或由磁碟等儲存媒材作為搬運資訊的管道，極為費時、耗工。此外，由圖 4.1 單機資料模型中的資訊處理介面可以清楚了解，針對不同格式的資訊會採用截然不同的應用程式作為資訊處理的介面。如純文字處理程式常用 notepad，文章出版則常用 Word，影像處理程式則以 Photoshop 最為普及等等。

因此，單機資料作業架構的主要問題，即為有限的資訊來源與繁雜的資訊處理介面，很難滿足資訊處理的廣度以及存在多元介面將不利學習等難題。

4.1.2 個人全球資訊網資訊站之資訊模型—缺乏用戶端資料

個人電腦除了需要處理大量又多元的資訊外，還有人與人之間及時或非及時遠距溝通的需要。為了滿足遠距溝通，資訊處理技術的發展歷程，由戰爭資訊傳遞需求開始，資訊傳遞的安全、迅速、確實即為重要的關鍵因素。相關技術也歷經不少變革，主要的有電報、有線電話、傳真以及無線電話等技術相繼出現與成功的應用與發展。然而，截至目前為止，這些通訊技術大都只適用單一資訊形式的通訊功能，如電報係藉由電訊傳遞資訊再經機器或人工轉譯成文字達到溝通的目的，以訊號的安全性與及時性為最主要的考量因素；其次，如傳真通訊技術則提供遠距影印的資訊溝通模式，以書寫文字或圖畫影像為主要訊息形式；最後，如電話通訊技術則提供聲音訊息作為相互傳遞訊息的唯一形式。除了電報業務已經逐漸被傳真取代外，傳真與有線電話已逐漸整合在同一機器上。然而，這樣的異質資訊的整合，係採功能疊加的方式合併，在功能與資訊的處理架構上並非實質整併成一個新的處理單元。

相對於傳真、電話的遠距溝通技術，電腦則發展出截然不同的溝通架構——全球資訊網(Internet)。而全球資訊網的普及則完全改變了人們對個人電腦只能作為單一運算單元的概念，其所能處理的資訊不再只由個人來負責輸入或生產。同時，針對網路資訊的查詢、瀏覽均採用相同的使用者介面——網路瀏覽器(Internet browser)，個人電腦開始朝向分散資訊查詢的應用方向研究與發展，其運算架構如圖 4.2 個人全球資訊網資訊站之資料模型。

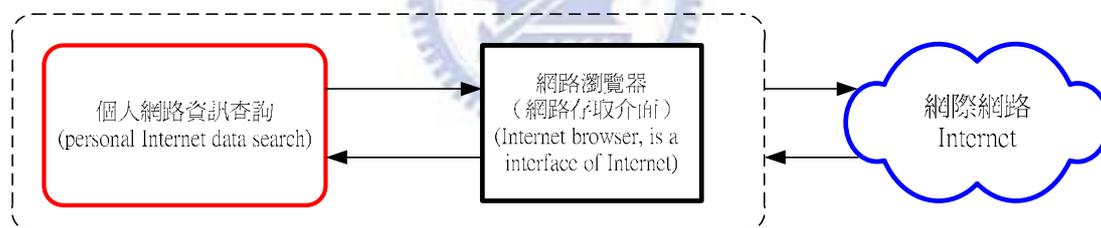


圖 4.2 個人全球資訊網資訊站之資料模型(缺乏用戶端資料處理層)

以單純的數位相框網路資訊應用為例，個人桌面上的數位相框，作為前 4.1 節所述的單機資訊處理的單元時，其所能展示的資訊全由單機資料群集來提供。換句話說，使用者在數位像框之儲存單元裡存有多少影音資訊，即為其所能展示的全部。如需更新或刪減，只能由使用者自行新增或刪除對應的影音資訊，一樣會遭遇前 4.1 節相同的問題：「有限的資訊來源與單一的處理資訊介面，很難滿足資訊處理的廣度與介面的多元需求」。而如果以圖 4.2 所示的個人網路資訊站架構來修改其數位相框的應用功能，則具有網路存取能力的數位相框，除了原有單機上的有限影音資料的儲存與展示之外，便可成為全球資訊網擁有豐富影音資訊的存取窗口(image-based accessing port of Internet)。不但能依據網路上所能授權獲取的內容，在這些相互授權之運算單元間，數位像框也能成為及時或非及時影音傳遞的介面，達到多元溝通應用的通訊目的。

再以個人電腦之網路資訊瀏覽應用為例，在圖 4.2 個人全球資訊網資訊站的架構下，個人電腦運算單元所能扮演的角色就更具有運算性。當個人電腦與全球資訊網上授權獲取內容的其他運算單元，如網路伺服器 (Web-server) 或電子郵件伺服器(E-mail server)等，在這些相互授權之運算單元間，個人電腦的資訊來源開始大量往外擴展。同時，實體運算單元在全球資訊網的連接下，正快速擴增當中。依據台灣網路資訊中心的網頁統計程式(財團法人台灣網路資訊中心, 2009)顯示，台灣地區網路 IP 申請數由 2000 至 2009 年成長 4.2 倍，擴增到 2 千 2 百萬個。同時，使用全球資訊網應用的人口數，由 2000 至 2009 年成長了 1.6 倍，突破 1580 萬人，已近七成的全國總人口數。當今，以全球資訊網的資訊通道向外連結，已經可以獲取龐大資訊。藉此，可明顯地免除資訊必須自我產生的侷限。

以電腦輔助資訊出版的應用，反映全球資訊網資訊技術的發展。早期全球資訊網的資訊形式，的確還是以資訊出版的樣式存在。大家將原本存在個人資訊站裡的資訊，以書籍頁面的方式重新發布到網路上，再藉由相互授權存取的機制，有一定限度地開放給其他運算單元，能夠經由網路通道來瀏覽這些資訊。當新興的網頁資訊愈來愈普及的時候，相對有用的資訊也越來越多，為大眾所應用的需求也逐漸明顯。而首當其衝的傳統產業，即屬文字出版業，如報紙、雜誌、期刊等，甚至是公司行號的文本宣傳品，更是由不斷印刷傳送的紙本廣告單，轉型為全球資訊網的特定網站，同樣以頁面為單元作為公司宣傳的主要媒材。此外，處理全球資訊網資訊的方式也以傳統的瀏覽書籍雜誌等方式為之。這也是全球資訊網處理資訊的主要存取介面，稱之為瀏覽器的重要原因之一。

與個人電腦運算單元的視窗操作介面 (window-based interface) 不同，利用網路瀏覽器以及網路中的搜尋引擎所瀏覽的資訊，其操作介面係以網頁形式為之 (webpage-based interface)，如同閱覽書籍頁面一樣。同時，網路瀏覽器所提供的頁面內容係以多媒體的形式呈現，非常適合文字以外如影音、動畫、圖像等資訊的瀏覽。

此外，雖然目前網路瀏覽器有多家不同公司所推出的產品可供選擇，如 Internet explorer (IE)、Mozilla Firefox、Apple Safari、Google Chrome 等，然而這些瀏覽器大都以超文本標記語言 (hyper text markup language, HTML) 作為網頁的標準資料規範，並以「檔案」(file)為最小儲存單元 (與傳統資料庫中的紀錄 record 作為資料庫之最小單元，有明顯差異)。HTML 的網頁資料規範，其內容主要分為本文文字(content text)、利用串聯式列表層(或稱為疊樣式表) (cascading style sheets, CSS)、以及腳本語言程式碼(scripting language code)三部分組合而成。

其中本文文字依循 HTML 結構化的文字描述，將所需傳遞的資訊結構化—例如標題、段落和列表等等，也可用來在一定程度上描述文檔的外觀和語義以

(1996 年前的 HTML 3.2 版較為常見，以後的版本則強調文本與外觀格式，應分別以不同的檔案儲存為宜)。原始定義由物理學家 Tim Berners-Lee 在 1980 年所製定，1996 年後逐漸成為國際標準，由全球資訊網聯盟 (W3C) 維護。其次，串聯式列表 (CSS) 則為網頁外觀呈現與頁面排版格式的結構化語言，重要元素則包含描述文字字型、顏色、大小、位置、邊界、邊框等文字排版屬性，此外 CSS 也針對網頁文稿段落(以標籤<DIV>與<DIV>實作段落的定義)，將段落位置、底圖、顏色、以及顯示／隱藏等頁面排版所需的屬性，提供物件結構化的排版功能。

由於近年來網頁編寫格式經由各方非營利組織，如開放源碼協會(open source association)的努力與進步，逐漸將網頁資料格式往更結構化，更容易數位方式處理的方向發展，部分的發展已經明顯地超越單純頁面資訊的瀏覽需求。其中最明顯的改變是將網頁資訊中的本文文字(HTML 文稿)與串聯式列表 (CSS) 作嚴格地分隔，以獨立檔案的儲存方式各自獨立開來，讓網頁出版更具彈性。因此，不同的網站內容可以共用同一種串聯式列表的排版格式，呈現家族一致性的外觀樣式。相反的，一樣的入口網站與固定的文稿內容，可以依據個人的喜好，將串聯式列表作客製化的設定，呈現個人的獨特風格。這些針對網頁多媒體形式的資訊處理彈性，正是特定專業資訊管理系統比較欠缺的部分。雖然，也有不少專業資訊系統改採類似的 HTML 資料格式規範作為系統資料模型，但由於這些系統所針對的使用對象，比較專一，因此只要系統功能符合特定專業需求，系統並不會積極修改系統的資料模型來符合新的 HTML 規範。當然，也造成部分網路資訊與專業系統資料溝通的困難度。

最後，腳本語言程式碼，主要目的為提供 HTML 網頁的文稿內容，增加動態功能，如回應使用者點選超連結、表格資訊的輸入時的即時資料檢核、依據使用的選擇動態載入網路相對應的資訊等各種互動性操作。不但讓文稿的呈現有更多元的變化，更能適時解決網頁過於複雜冗長，在網路頻寬不高的情況下，改善網頁載入的效率。

以瀏覽書籍頁面為主要資訊處理機制的網頁資料格式而言，其著重的是文稿內容與外觀呈現之資訊性與閱讀性，主要目的在服務人的閱讀需求。因此，網頁內容並不適合作為資訊處理所需的運算來源。此外，由於資訊安全的考量，來自公眾網路的資料，並未經過嚴謹篩選，很容易在網頁內容中夾帶惡意攻擊運算單元的蠕蟲程式，進而危及單機資訊處理的安全問題。因此，網頁瀏覽器在大部分的情況下，並不允許使用者直接將網頁文稿中的資訊留存在用戶端，甚至是以網頁資訊來改變單機資訊架構中之資料群集當中的資訊內容(見圖 4.2)。

此外，由於網路瀏覽介面之瀏覽器程式所使用的共通資訊格式—超文本標

記語言 (HTML) 不斷因應多媒體資訊需求推出相對應資訊的處理能力，常見的資料型態已經包括文字 (text)、影像 (still imagery)、動畫 (image-based and vector-based animation)、拍攝錄製的影音資料(video and audio) 等多媒體格式。將這些多媒體資訊整合在同一個資訊操作介面，不但能有效地運用多元資訊提升溝通效能，同時也讓資訊處理的學習負擔顯著降低。

然而，也正因為全球資訊網快數擴增資訊，以及網路資訊的存取介面單一化為單一格式的網路瀏覽程式，所有資訊都必須藉由網路介面程式來搜尋與瀏覽。雖然單一使用介面，讓使用者的學習容易許多。但也同時，使得網路資訊的取得方式失去原有單機資訊處理的彈性。尤有甚者，由於任何單機聯網的運算單元都無法擁有整體的全球資訊網資訊，亦無法直接處理這個龐大的資訊網絡。因此，全球資訊網的資訊工程逐漸發展出搜尋引擎(search engine)，代為編撰全球資訊網的資訊索引，提供搜尋網路資訊的功能。

受限於各大網路公司搜尋引擎的限制，單一的運算單元在搜尋網路資訊的過程，無法像單機查詢自己的資料庫方式一般，任意編排與處理所需資訊，因此侷限了資料處理的彈性。同時，也因為不同搜尋機制其所回應的資訊格式不同。因此，同樣在全球資訊網中查詢到的資料，若採用不同搜尋引擎，則得到的資料結果與格式無法直接整合並與之融合，導致資訊再利用的效率大大地降低。

4.1.3 個人全球資訊網資訊站之資訊模型用戶資料集—增加單機資料

比較圖 4.1 與圖 4.2 所示的個人全球資訊網資料模型，可以發現網路型的個人電腦在擷取網路資訊過程中是缺少用戶端資料的處理層(local data access layer)。由於用戶端利用網頁瀏覽器來瀏覽網路資訊時，並沒有任何「資訊群集的儲存實體」(data store entity)提供使用者儲存瀏覽過程中的重要資訊。因此，每一次使用者閱覽各網路主機資訊時，都必須重新載入所有資訊。換句話說，網頁瀏覽的資訊架構是將「資訊群集」定義在遠端的伺服器端，靠網路通道將資訊搜尋後傳送回用戶端的瀏覽器來呈現。這樣的網頁瀏覽資料模型，即為大眾所熟知的「主／從架構」(client/server architecture) 網路資訊模型。

以主／從的資訊架構為主的資訊處理模型，的確能成功地解決大部分用戶端資訊不足的問題。同時用戶端也無需準備大量資訊儲存空間，能有效降低用戶端的設備支出，符合用戶輕量化(thin client)的使用者需求。

然而，主／從架構的主要問題在於，資訊處理權掌握者在遠端的伺服器，一般的資訊瀏覽應用尚非常適用。但除此之外，當使用者想進一步將辛苦搜尋到的資訊進一步作處理時，則窒礙難行，甚至沒有解決方案。以企業內部的資訊站

為例，當使用者連上全球資訊網，欲搜尋公司內部的企業同儕的聯絡方式資訊時。常見的狀況是，企業網站會依據組織架構細分部門分支，分別建立不同部門的員工基本資訊網頁，類似以電信公司黃頁形式的資訊提供瀏覽。使用者除非非常熟悉組織架構，否則將耗費相當的時間，遊走在不同部門的網頁，人工地逐一瀏覽，以尋找目標資訊，其所需消耗的人力之高，可見一斑。

為掌握更多資訊處理的自主權，以解決如相同資訊避免重複下載等常見之主／從架構資訊問題，在瀏覽網頁的架構中增加「單機網路資料群集」，作為全球資訊網的訊息在地資料集(local dataset)或稱為用戶端網路資料集 (dataset of client side)。如此即可建構具有單機網路資訊群集之「個人全球資訊網資料模型」，詳見圖 4.3。

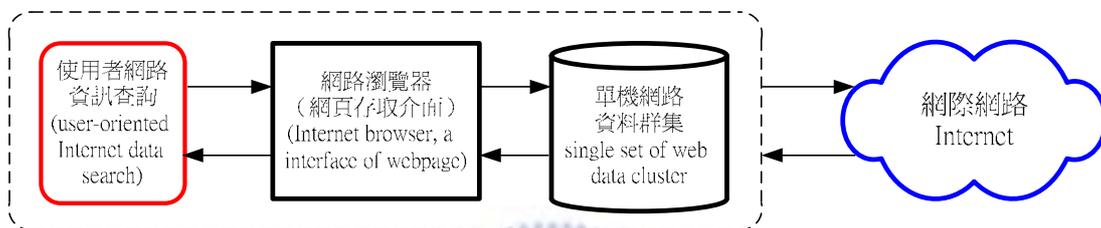


圖 4.3 個人全球資訊網資料模型(增加單機網路資料處理層之定義)

在圖 4.3 個人全球資訊網資料模型架構中，明顯將遠端的資訊擁有者的目標需求資訊載入用戶端的「單機網路資料群集」中。有效地避免常用的資訊不斷地向遠端伺服器要求重新載入，掌握有效率的資訊擷取機制。更重要的是，一旦使用者的目標資訊能成為用戶端的資訊群集，就相當於本地資訊(local dataset)，使得資訊重新組合、排列、串聯、篩選等資訊再利用成為可能，不再依賴遠端伺服器的資料權限亦不受篩選機制的限制。

同時擁有遠距網路資訊站與單機網路資料群集的資料模型，雖然並不完全符合目前 HTML4.0 的資訊規範文件(Raggett et al., 1998)。然而，我們也的確能找到類似的應用實例。如跨網頁之全球資訊網的身分認證，依據 HTML 的規範，每一個網頁都是獨立的資料存取「截點」(access section)，而不同網頁存取截點間並不提供資訊溝通。因此，當遠距網站要求使用者輸入帳號密碼作為身分認證時，伺服器之運算單元必須將認證通過與否的結果回傳用戶端，此時為了不產生每一網頁都重新產生輸入帳號密碼的認證程序，用戶端可確實將伺服器之認證結果直接儲存在用戶端的運算單元裡。HTML 的規範稱之為特例的「截點 cookie 機制」(section cookie mechanism)。也因為有了這樣的網頁認證需求，網頁瀏覽的資訊模型開始將部分資訊存放在用戶端，提供連續造訪某特定網站的方便門。

另一個網頁瀏覽過程中留下伺服器資料足跡的範例為，大家熟悉的網頁標

籤與瀏覽歷史。當用戶辛苦搜尋到的網路資訊，使用者可以決定製作標籤用以紀錄網頁的統一資源定位符 (universal resource locator, URL)，類似單機資訊作業中的「捷徑」，紀錄單機程式或檔案之完整目錄路徑，以提供日後快速重新造訪的連結。此外，網路瀏覽歷史(history of browsing)更直接將最近的造訪網頁所有資訊檔案直接儲存於瀏覽器設定的特殊目錄中。提供網頁瀏覽用戶方便查閱過去的習慣，更能在下一次的瀏覽程序中事先比對資料是否未過期，如果伺服器判斷該網頁資料並無不同(未過期)，會通知瀏覽器直接載入預存於用戶端的歷史網頁資料，完全取代重新載入的程序。

上述的三個直接將伺服端的資訊儲存於用戶端的獨特案例，其資料模型仍以網頁瀏覽的資訊處理機制而設，如連續瀏覽認證、網頁標籤以及瀏覽歷史等。但由於其資料實體確實完整地儲存在用戶端，用戶端的瀏覽器甚至該運算單元上的程式都能輕易對這些資訊再加以利用。最熟悉的應用當然是瀏覽器針對網頁標籤與瀏覽歷史的列表與查詢。

更進一步的加值應用，應屬 2008 年新發表的瀏覽器- Google chrome，chrome 除了也提供傳統網頁標籤與瀏覽歷史頁外，它更分析瀏覽歷史的資料內容，運用簡單的分析統計模式，計算使用者最常造訪的網頁，並以小圖示的方式呈現稱之為「造訪歷史縮圖」(thumbnail history)。不但簡單明瞭地呈現使用者造訪的網頁圖示，加速使用者選擇再次造訪的效率。更重要的是，瀏覽歷史確實更具加值應用，不在是單存的資訊紀錄，「造訪歷史縮圖」在某種程度上，可以分辨使用者的網路使用習慣等個人行為與認知相關的資訊。

只要使用者有需要，藉由近年來發展十分快速的資訊技術—資料挖掘(data mining)，即可針對儲存於用戶端的資訊，作任何面向的同值叢集分類等更進一步的資訊分析。這些針對用戶格人的行為資訊，也不再受限於各大網路資訊公司的搜尋引擎對非針對性的資料分類。因為，前者往往不會是使用者想要的結果。

當然，在圖 4.3 的個人全球資訊網資料模型當中，馬上呈現出個人資訊安全的問題。首先，本研究將刻意剔除「資訊安全」相關議題的研究，如第一章所述，「資訊安全」是資訊產生後就馬上面臨的問題，如何在分享網路資訊，甚或只想瀏覽網路資訊的同時，自身的資訊不至於暴露在全球資訊網的通道上，讓所有人都有機會閱覽，是一個非常重要且議題獨立的資訊安全問題。

然而，在下一節「代理員程式網路資訊站資料模型」中，本研究也將以資料模型的角度試圖探討，如何有限度地解決「資訊安全」的問題。需要再強調的是，代理員程式網路資訊站資料模型的解決方案，並非針對「資訊安全」而設計，也不認為它會是一個百密不疏的資安系統架構。

4.1.4 代理員程式全球資訊網資訊站 (web-based agent information system)

整合「個人資訊站架構模型」與「網路資訊站架構模型」而成的「個人化網路資訊站」模型架構。經由上 4.1.3 節的討論，已經能清楚了解，不論是個人或網路資訊站，「資訊模型」架構均為其主要考量的重要因素，而非僅單純針對資訊本身的存取能力來考量。

「使用者」、「資訊通道」、「資訊存取介面」、以及「用戶端資料實體」、以及「全球資訊網遠端的資料實體」等單元，為構成「個人化網路資訊站」的主要元素。唯有各元素間順利串聯互動，目標資訊即有機會順利取得。同時，也說明了網路資訊站在使用全球資訊網上的資訊時，並沒有掌握十足的「資訊主控權」。對單機使用者而言，能否將資訊實體儲存於用戶端，是決定資訊是否有機會再利用，進而掌握資訊主控權的關鍵因素。

本節所要探討的主要議題為「資訊再利用」及其應用問題。首先將說明資訊再利用的意義與其重要性，其次將基於資訊模型層級，討論在分散式資訊處理環境中，為滿足「資訊再利用」之應用可能遭遇的問題。最後提出以「代理員程式」(software-agent)技術為基礎的網路資訊架構，作為解決網路型分散資訊溝通平台的解決方案，本研究將稱之為「代理員程式全球資訊網資訊站」，其中最重要的資料模型，則詳見圖 4.4 代理員程式全球資訊網資料模型架構圖。

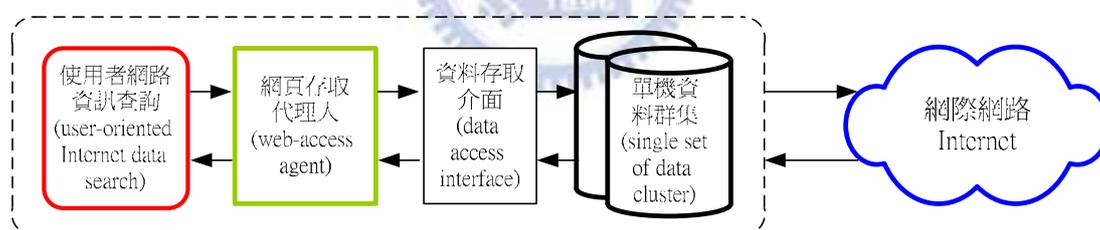


圖 4.4 代理員程式全球資訊網資料模型

資訊的價值，一方面由資訊本身的訊息獲得，另一方面則可藉由釐清資訊間的相互關係，獲取更具結構性的資訊意涵。因此，由上 4.1.3 節的討論可知，利用自行產生或收集而累積的網頁瀏覽歷史資訊，配合統計運算以及資訊挖掘等資訊工程技術，有可能從看似雜亂無章的羅列資訊(一連串造訪網頁位址的列表)，篩選或分析這些串列式資料成為「等值叢集資訊」(equivalent clustering data)，進而獲得使用者的網路好惡、需求等行為資訊。

以下將以「瀏覽時間」與「網頁位址」兩項資訊，利用統計運算與資料挖掘技術，以數學運算式說明求解「網頁從屬關係」的運算法則。運算法則的步驟 1：利用網頁瀏覽器常見的造訪網頁紀錄 $\{W\}$ ，以瀏覽日期(web-page visited

date-time)作為排序的鍵值(sorting key value)，進行排序運算。步驟 2：選取前後相鄰的網頁配對 $\Phi\{W_i, W_{i+1}\}$ (adjacent data pair)，同時，在集合 Φ 中確實存在高從屬相關的網頁配對的前提假設下，計算其重覆出現的頻率。即可決定前後相鄰的網頁，是否具有從屬關係，並將其定義為「候選網頁配對 Φ_i 」。步驟 3：定義 Φ_i 相對頻率函數為 $f(\Phi_i)$ ，計算頻率函數 $f(\Phi_i)$ 的結果，將其結果定義為 $\{R_i\}$ 數列，並以 $\{R_i\}$ 為排序的主要鍵值，執行降冪排序運算。步驟 4：將排序後的結果繪製成分布圖，即可獲得從屬候選網頁配對之頻率分配曲線圖。步驟 5：計算 $\{R_i\}$ 數列的統計變異數(variance)，選取一定的門檻值，即可篩選出具有從屬意義的網頁。

結合以上所見：從屬網頁計算式如下：

計算式 1: 「從屬網頁計算式」計算式如下：

- (1) 設造訪紀錄的集合為： $\{W\} = f_{asc(date)}(W_i)$ ，依據瀏覽日期升冪排序。
- (2) 定義緊鄰的網頁配對為： $\Phi\{W_i, W_{i+1}\}$ 。
且若且唯若 集合 $\{\Phi\}$ 中確實存在從屬網頁配對 Φ_i 。
- (3) 定義頻率函數 $f(\Phi_i)$ ，計算頻率數列為 $\{R_i\}$ 。
- (4) 繪製降冪排列之數列 $\{R_i\}$ 即為從屬候選網頁配對分配曲線(如圖 4.5) ，
 $f_{desc(date)}(R_i)$ 。
- (5) 依據 $\{R_i\}$ 數列的變異數，選取曲線顯著特徵值作為網頁從屬門檻值 R_{it} ，
所有 Φ_i (if $R_i \geq R_{it}$)即為從屬網頁。

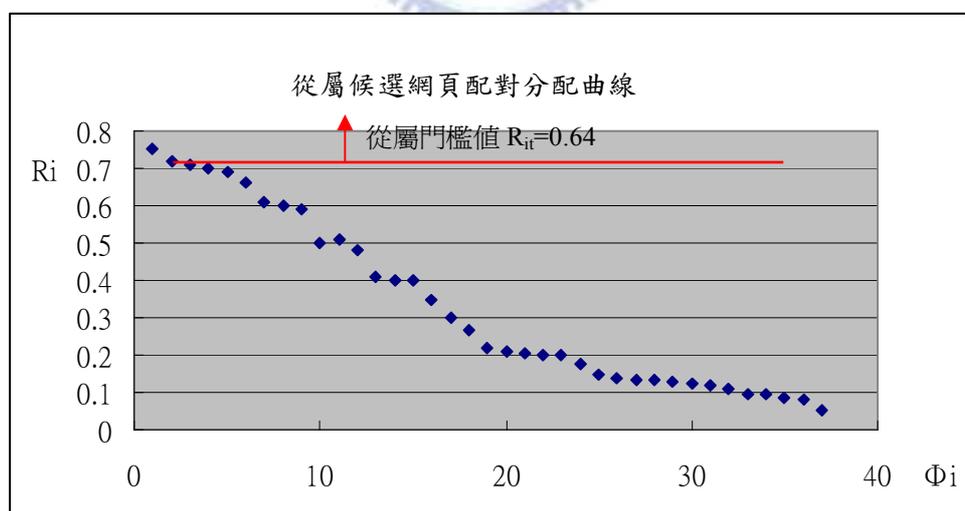


圖 4.5 從屬候選網頁配對分配曲線圖(本研究之假擬資料)

由上述從屬網頁的演算過程中，可以清楚分辨資訊關係式的建立必須建立在客觀且存在的事實假設上。這裡即為前後相連續的網頁造訪經驗(使用者實際造訪網站的行為事實)如果經常出現，且明顯高出其他隨機出現的網頁造訪紀錄

時，則吾人即可認定該使用者確實存在「造訪從屬網頁的顯著經驗」。這些經驗認定的強度，相較於直接計算單一網頁的出現頻率高低所得的結果，顯然是前者優於後者。

此外，這些資訊挖掘出來的「從屬網頁」仍有更進一步討論個別從屬網頁之間相互關係的價值。逐一的評估這些經驗與網頁資訊的關係，即可歸納出使用者明顯造訪具有從屬網頁的企圖與好惡。例如，使用者有顯著造訪「地圖網頁」如 google map 等與成屋銷售的網頁如信義房屋等房仲網，兩者在資料屬性方面，更顯的相互隸屬，直指「購屋需求」的概念。這個「從屬網頁」可以推論出該使用者積極注意成屋市場的動態，同時在乎成屋的物理位置的好壞。同時，也可推論出該使用者，比一般只有顯著造訪房仲網的使用者而言，在一定時間內購買成屋的高機率是顯著的。這個案例清楚說明，以顯著關聯的資訊與資訊本身的訊息相關聯，即可顯現該使用者單純造網紀錄所隱藏的「概念知識」(conceptual knowledge)(Stumme et al., 1998)。

以上說明展示了「資訊再利用」的定義與價值，經過適當的資訊挖掘技術，可以在看似雜亂的資料堆中，理出頭緒，獲取使用者的某種行為經驗。而這些資訊的挖掘工作，單靠閱覽使用者瀏覽網頁歷史紀錄是無法達成的。主要的理由在於，圖 4.4 代理員程式全球資訊網資料模型中的資訊存取介面，為一般的網頁瀏覽器。它的主要功能只是扮演單一的瀏覽資訊介面，期望使用者不論瀏覽什麼形式的資訊都能有強烈的熟悉感，以便有效降低介面學習成本，因此，瀏覽介面並不具有資料挖掘的功能。在此，本研究針對網路分散的資訊環境，引用資訊技術中，針對分散環境常見的「代理員程式技術」(soft-ware agent technology)(Wooldridge and Jennings, 1995; Jennings and Wooldridge, 1998)作為個人的資料挖掘引擎 (data mining engine)介面。

同時，因為增加了代理員程式的資料挖掘介面，其所獲得的資訊(如使用者的概念知識)可以另闢新的資料群集，如圖 4.4 中之單機資料群集所示。如此，資料雖然同為單一資訊模型架構，然而資訊儲存的群集不必然在相同資料集中，即可能不同檔案實體。因此，將高相關的資料分散儲存，再利用代理員程式技術將之整合。使用者能藉由代理員程式資料挖掘引擎，理解複雜的概念知識。但其他運算單元，如網路遠距的伺服器等，只能藉由瀏覽介面(瀏覽器)的造訪，獲的鬆散且極為有限的造訪紀錄。

在資料模型層級，有關「資訊安全」的問題即可藉由圖 4.4 所示的代理員程式全球資訊網資料模型，有效地將較為有價值或私密的資訊，如使用者概念知識等，利用代理員程式技術作資料挖掘的運算，同時將其結果與網路造訪紀錄區隔開來。其結果不但避免有價值或私密的資訊與網路造訪紀錄等資訊在同一資訊實

體中，直接暴露在全球資訊網的通道上，隨意由全球資訊網上的其他運算單元存取，增加其他運算單元發覺資訊的困難度。同時，更能藉由逐漸累積的網路造訪紀錄等資訊，不斷強化使用者之使用「經驗挖掘」，或發覺使用者之新的「概念知識」。

代理員程式全球資訊網資料模型中的代理員程式介面，除了作為「經驗挖掘」引擎與新的「概念知識」的擷取介面外，更能扮演單機運算單元的管理者的角色。回顧單機運算單元所面臨的問題，單機運算單元中的資訊常為使用者自行產生的資訊片段，同時常以獨立檔案的形式存在，檔案間並未建立任何關聯，單純僅靠文字語義的搜尋與比對，才有機會逐步建立相互的關聯。

然而，許多研究均指出，不同專業領域的知識，其語義表達方式也極為不同，很難以語義方式進行溝通，進而達成共識(share understanding){Chaig, 2002 #16; Valkenburg, 1998 #27; Caneparo, 2001 #38; Suchman, 1998 #99}。來自不同專業知識所建立的檔案，其間採用的語義文字，常有明顯差異。因此，應用於不同專業資訊，依據語義連結的自動化聯結/關聯運算成效並不顯著。

本研究提出「以分散式社群代理員程式溝通資料模型」，企圖解決上述難題，以同質分析技術獲取各專業的概念知識用以取代部分因為純語義差異所造成的溝通問題，將說明如下節。

4.1.5 分散式社群代理員程式溝通資料模型

因應面對面合作溝通成本越來越高的趨勢，全球資訊網的溝通模式就愈來愈分散，用以彌補物理距離的隔閡，網路分散合作環境的建立也愈來愈重要。在前 4.1.4 節中已經說明網路「分散型的資料模型」足以兼顧合作者的資訊與概念知識的傳遞與溝通需求。而本節將進一步說明提供「具有共識對話的社會性溝通機制」，在團隊合作環境中，與「分散型的資料模型」一樣具有同等的重要性。

亦即，成功的合作，關鍵不僅止於提供容易處理資訊的「資訊模型層級」。其他因素如資源，不論組織團隊或個人單打獨鬥的方式解決問題時，都要面對資源越來越窘迫的現實情況。以社群/組織的團隊力量，盡可能地豐富可用的資源是其合作成功的要素之一 (Pomeroy, 2007; Adams, 1967)。

越來越多的社會性合作研究成果指出，他們確實找到了「積極的產生設計成果」(積極作設計) 與「在設計階段中具有一致性的各種不同形式之語義溝通」(積極溝通) 之社會性對話行為間有著正相關之關係 (Dong, 2005; Cross and Cross, 1994; Fitzpatrick et al., 1996)。也就是說，發生越來越多的與語篇連貫週期

的分歧在設計過程中出現的，與迭代擴大和縮小設計的可能性，並在反覆核對設計方面，各自存在著各自的利益和衝突，存在著一套共享的協議。因此，社會性的對話機制在成功合作過程中扮演著舉足輕重的重要性。

相同情況，在分散式合作資訊處理環境中，亦可視網路中憑藉著互通的資訊通道相互串聯，但卻隔著一定的物理距離，彼此以一個相同工作目標而相互合作。這樣的合作架構，也必須仰賴互信互諒之社群組織活動，才能共享資源，截長補短。

因此，除了在系統中增加代理員程式之資訊管理介面外，再賦予「社群代理人」(social agent, which acted and communicated as a social entity) 的角色，使代理員程式成為系統內外溝通的主要介面，有關「分散式社群代理員程式溝通資料模型」架構圖請詳見圖 4.6。期望在分散式網路資訊環境中，代理員程式能扮演分散溝通的介面角色，藉由交換來自團隊其他成員的概念知識，再與自己的概念經驗相互協調，進而達到協助團隊的成員相互「知識共享」的目的，彌平歧見，提高合作效能。

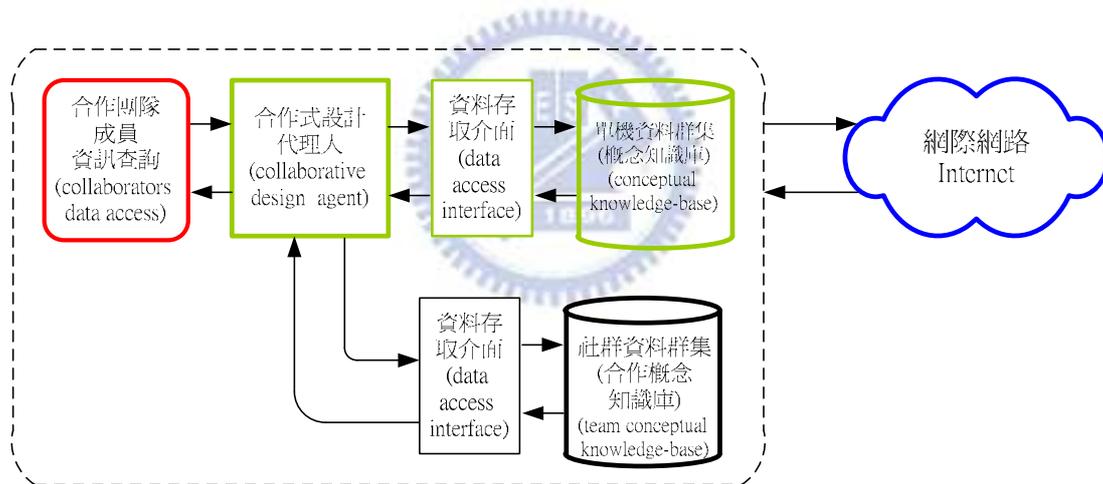


圖 4.6 分散式社群代理員程式溝通資料模型

「軟體代理員程式／代理員程式」一詞為一種抽象的、概念性的辭彙。代理員程式與「物件導向程式」(object-oriented programming, OOP)一詞之概念相同，彙集程式物件(object)、資訊處理方法(information processing method)、以及行為函數(behavior function)等軟體工程概念。代理員程式的簡單定義係以軟體程式為研究對象，屬於電腦科技的研究領域，主要目的在研究，代理員程式與使用者間的行為或代理員程式與其他程式間的關係。代理員程式的概念，同時提供了一個方便，功能強大的方式來描述一個複雜的軟件實體。有一定能力代理具有一定程度的自主權，代表其使用者(human entity)與物體(object entity)完成任務。

代理員程式運算的環境本質即以網路為基礎的分散運算(web-based distributed computing)，主要執行自動解析與社群對話等運算行為。這裡的社群在軟體工程領域而言，係指代理員程式物件本身以及網路可及的環境內所能進行溝通的軟體實體所形成的群體。本研究將其擴展至合作式設計團隊的全體，包括不同設計專業的設計師、工程師以及分散式合作溝通環境中的軟體實體。

如同圖 4.6 所示，說明了分散式合作溝通環境中的「軟體實體」(代理員程式)、「設計成員」(合作式設計環境的使用者)、以及「資料群集」三者之間的資料模型。在這個模型當中，特別指出兩種不同的資料群集，首先是前 4.1.4 節所提之『代理員程式全球資訊網資料模型中的代理員程式介面，主要作為「經驗挖掘」引擎與新的「概念知識」的擷取介面外，同時扮演單機運算單元管理者的角色』，另外新增「社群管理人」所需的社群資料群集。

社群管理人的社群資料群集，主要賦予儲存使用者自己與合作團隊之社群溝通資訊與經驗的能力，本研究稱之為「團隊合作經驗／團隊合作之概念知識庫」。

延續上節，單機運算單元所收集的「網頁造訪紀錄」，藉由資料挖掘技術轉化成「概念知識與經驗」的例子。依據計算式 1 (從屬網頁計算式) 相同的推導方式，將「網頁造訪」轉換成代理員程式與合作設計團隊的「設計溝通紀錄」。的運算法則。其運算法則的步驟 1：利用「設計溝通紀錄」 $\{C\}$ ，以溝通發生的日期 (communication date-time) 作為排序的鍵值 (sorting key value)，進行排序運算。步驟 2：選取前後相鄰的「設計溝通配對」 $\Phi \{C_i, C_{i+1}\}$ (adjacent data pair)，同時，在集合 Φ 中確實存在高從屬相關的設計溝通配對的前提假設下，計算其重覆出現的頻率。即可決定前後相鄰的網頁，是否具有從屬關係，並將其定義為「候選設計溝通配對 Φ_i 」。步驟 3：定義 Φ_i 相對頻率函數為 $f(\Phi_i)$ ，計算頻率函數 $f(\Phi_i)$ 的結果，將其結果定義為 $\{R_i\}$ 數列，並以 $\{R_i\}$ 為排序的主要鍵值，執行降冪排序運算。步驟 4：將排序後的結果繪製成分布圖，即可獲得從屬候選設計溝通配對之頻率分配曲線圖。步驟 5：計算 $\{R_i\}$ 數列的統計變異數(variance)，選取一定的門檻值，即可篩選出具有從屬意義的「設計溝通」資訊。

以上說明為計算式 2：「從屬設計溝通」，計算式整理如下：

- (1) 設「設計溝通紀錄」的集合為： $\{C\} = f_{\text{desc}(\text{date})}(C_i)$ ，依據瀏覽日期升冪排序。
- (2) 定義緊鄰的設計溝通配對為： $\Phi \{C_i, C_{i+1}\}$ 。
且若且唯若 集合 $\{\Phi\}$ 中確實存在從屬設計溝通配對 Φ_i 。
- (3) 定義頻率函數 $f(\Phi_i)$ ，計算頻率數列為 $\{R_i\}$ 。
- (4) 繪製降冪排列之數列 $\{R_i\}$ 即為從屬候選設計溝通配對分配曲線(如圖

4.6), $f_{desc(date)}(R_i)$ 。

(5) 依據 $\{R_i\}$ 數列的變異數，選取曲線顯著特徵值作為網頁從屬門檻值 R_{it} 。所有 Φ_i (if $R_i \geq R_{it}$) 即為「從屬設計溝通配對」。

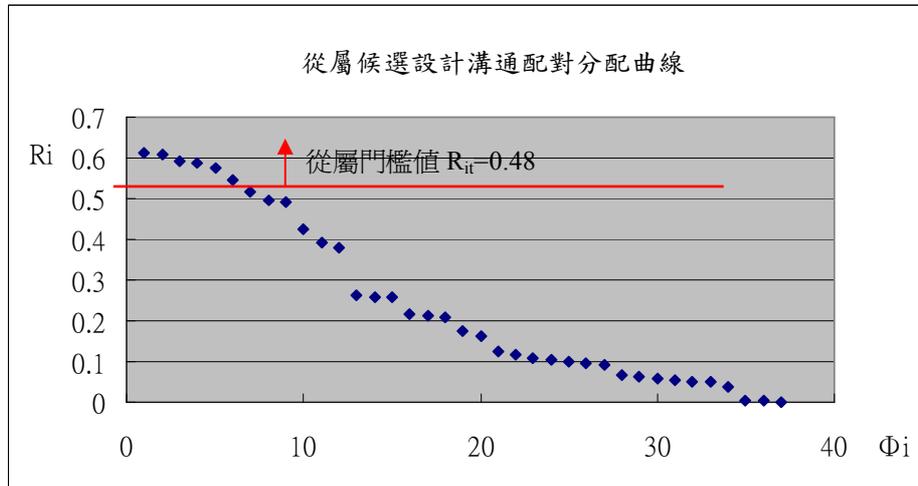


圖 4.7 從屬候選設計溝通配對分配曲線圖(本研究實際案例一之資料)

由上述「從屬設計溝通」的演算過程中，同樣可以清楚分辨資訊關係式，仍舊建立在客觀且存在的事實假設上。這裡即為前後相連續的設計溝通經驗(使用者實際與設計團隊溝通的行為事實)，如果經常出現，且明顯高出其他隨機出現的設計溝通資訊交換紀錄時，則吾人即可認定該使用者確實存在「造訪從屬設計溝通的顯著經驗」。這些經驗認定的強度，相較於直接計算單一溝通資訊交換的出現頻率高低，所得的結果，顯然是前者優於後者。

與上節之假擬資料範例不同，本案例係採用實際的建築案例資料一(詳細案例之基本資料將於 4.5 節中說明)，係屬大型國家型建設計畫，建築內容為舊廠房更新為 IC 設計辦公空間，主要合作的設計單位有建築師(負責專案管理業務)、設計規劃單位(負責整體工程之設計規劃)、建築設計師(負責施工細部設計)、土木技師、室內設計師、土木技師(負責監造業務)以及工程師(分別負責機電消防、土木、室內裝修等主要營造施作業務)，屬於典型的多專業設計合作之建築設計營造專案。

有關圖 4.7 從屬候選設計溝通配對分配曲線圖之資料來源，係由建築師 A(設計規劃單位)、建築師 B(專案管理)、土木技師 C(監造單位)以及土木工程師 D(土木營造工程單位)等四個主要合作單位，在工程進行的前期各單位產生並相互溝通的設計文件，其中以設計營造過程中之工程會議紀錄、Email、傳真、以及設計圖說等資料為主。

此外，這些資訊挖掘出來的「從屬設計溝通」仍有更進一步討論個別從屬設計溝通之間相互關係的價值。逐一評估這些經驗與網頁資訊的關係，即可歸納出使用者明顯造訪具有從屬設計溝通議題的重要性與使用者所關注的設計議題。

以土木技師 C 之溝通設計經驗/概念知識為例，其顯著從屬設計溝通 Φ_i 列表詳如表 4.1 所示。其中， Φ_1 表示土木技師 C 有顯著與建築設計師 A 溝通「立面設計」圖同時與土木工程師 D 溝通「玻璃帷幕設計」(兩者文件產生的時序相鄰，即可表示兩者為候選從屬溝通配對)，同時兩者不斷出現在土木技師 C 之 Email 資料檔中。則不但兩者在資料屬性關聯上，更顯得相互隸屬，直指「玻璃帷幕立面設計」的概念。這個「從屬設計溝通」可以推論出土木技師 C 積極注意「玻璃帷幕立面設計」的進程，同時在乎「建築立面」與「材料」的適宜性。同時，由相對頻率值 R_i 高達 0.61，是所有相對頻率值中最高的。因此，可推論出土木技師 C，比一般只有顯著關注「建築立面」圖的其他團隊成員們而言，在一定時程內解決「玻璃帷幕立面設計」之迫切需求是非常顯著的。這個設計案例再一次清楚說明了資訊關聯的重要性。以及顯著關聯的資訊與資料本身的訊息相互緊密相關時，即可顯現土木技師 C 單純溝通資料所隱藏的「概念知識」(conceptual knowledge)。

表 4.1 土木工程師(C) 顯著從屬設計溝通 Φ_i 列表

項目	從屬設計 溝通 Φ_i	C_i	C_{i+1}	相對頻率 值 R_i (註 2)
1	C1	A(立面設計)	D(玻璃帷幕設計)	0.61
2	C2	A(拆除設計)	D(出工率統計)	0.61
3	C3	D(復工申請)	D(工安改善計畫書)	0.59
4	C4	A(隔間拆除設計)	A(結構設計)	0.58
5	C5	A(室內設計)	D(材料送審)	0.57
6	C6	A(拆除設計)	D(新舊管線整併)	0.54
7	C7	D(開工申請)	D(假設工程)	0.51
8	C8	A(平面設計)	A(進駐廠商需求)	0.49
9	C9	D(戶外消防管線設計)	D(植生工程)	0.49

資料來源：本研究實際案例一

註 1：A:建築師(設計規劃單位)、B:建築師(專案管理)、C:土木技師(監造單位)、D:土木工程師(土木營造工程單位)

註 2：相對頻率值門檻值=0.48，即 R_i 值大於 0.48 者為顯著從屬設計溝通

有關分散式合作建築設計營造系統之資料模型，已經於本章 4.1 節中依序由單機運算單元對資訊存取的需求與網路環境之單機運算單元對資訊存取的需求說明中，了解資料模型架構之詳細推導過程，同時，在 4.1.4 節中獲得最佳的系

統資料模型，如圖 4.5。在此模型中同時定義了(1)「單機資訊群集」(概念知識庫)、(2)「分散型網路」、(3)「代理員程式」、(4)「社群」以及(5)「社群資訊群集」(合作設計概念知識庫)等元素，作為成就多專業團隊合作時不可或缺的重要溝通元素(essential features)(Kalay, 1998; Schuckmann et al., 1999; Kalay, 2001)。同時，也說明最後獲得本研究之系統核心資料模型，詳如圖 4.5 分散式社群代理員程式溝通資料模型。

本節亦已說明如何利用「分散式社群代理員程式溝通資料模型」解決建築設計營造過程中之兩大主要問題—即設計「異質資料」與「概念知識」的共享。因應多專家設計知識相互合作需求，本研究利用「分散式社群代理員程式溝通資料模型」以促進設計知識層級間的溝通，成為「設計概念共享」的合作環境。

本研究首先利用「代理員程式全球資訊網資料模型」之全球資訊網通用之多媒體資訊交換格式 HTML 來滿足「異質資料」的合作設計溝通需求。其次，利用社群代理員程式、社群資料群集以及資料挖掘技術等，實作「設計概念知識」的挖掘。本節列舉一個網頁造訪歷史的假擬資料，用以說明「分散式社群代理員程式溝通資料模型」除了能相互傳遞傳統溝通資訊之外，更重要的事，確實能夠產生使用者的「概念知識」，在合作網路相互授權下相互共享，進而達成共識，成就成功的合作專案。

最後，本節利用本研究收集的實際建築設計營造案例，展示「分散式社群代理員程式溝通資料模型」如何利用實際的設計溝通資訊(會議資料、Email 等)，挖掘設計者的合作設計概念。結果說明確實能夠，獲得顯著的「從屬概念知識」。不但說明系統資料模型的有效性(validity)，更提供「設計概念知識」為多專家合作環境中，彼此之間能夠「分享共識」(share understanding) 之重要知識來源。

4.2 分散式社群代理員程式溝通資訊站之用戶端資料群集之實作

本研究之所採用系統「資料模型」(data model)的推導與建構，在本論文第 4.1 節已經作了詳細的說明。除了獲得「分散式社群代理員程式溝通資料模型」如圖 4.5 之完整的資料處理程序以及重要資料元件外。依據推導過程亦可顯示出「分散式社群代理員程式溝通資料模型」與一般網頁瀏覽應用最大的差別，在於「分散式社群代理員程式溝通資料模型」在用戶端擁有兩個新定義的資料群集(dataset)，本研究分別稱之為「單機資料群集」(local dataset)與「社群資料群集」(social dataset)。這兩種資料群集，在分散式合作設計營造溝通系統中分別扮演「概念知識庫」(conceptual knowledge)以及「合作式設計概念知識庫」(team conceptual knowledge-base)的角色，其主要功能在於儲存合作過程中，經過辛苦溝通傳遞的資訊，實為本系統之資料模型，最重要的兩個元素。

如前所述，合作式設計營造的合作團隊，大多有不同專業之設計知識與對資訊處理方式有明顯差異等特性。為了能適度解決不同專業知識所產生的異值資訊，以及不同形式的資料溝通等問題。本節將以「概念知識庫」以及「合作式設計概念知識庫」的實作企圖解決上述問題。於此，本研究將主要焦點只放在解決合作式設計環境中「資訊再利用」的問題上。

在營造作業的合作過程中，成員各自產生的資訊與設計知識，由於過於繁雜而難以理解，常造成相互難以達成共識等問題。除了專案成立之初，採用相互訂定常見的資訊規範外，大多靠密集地舉行面對面的溝通會議，在大量資訊前相互呈現自己的想法，再藉由相互協調與妥協，才有機會解決資訊間的歧見，達成共識，順利完成合作式設計與營造作業。

4.2.1 全球資訊網的資訊處理模型規範

在推導分散式社群代理員程式溝通資訊站之「用戶端資訊群集」的資料模型與實作之前，必須先了解，目前一般熟知的網頁資訊瀏覽的資訊處理規範，才能針對其限制加以擴充，達到分散式合作設計營造的實際需求。

由於全球資訊網資訊技術的快速進步，其資訊處理介面也經由各大網路公司的競爭或合作的過程，不斷容納新的多媒體資訊的處理能力。然而，主要的網路資訊處理架構，均以超文本標記語言 (hyper text markup language, HTML) 作為網頁主要的資料儲存架構，同時以「檔案」(file)為最小儲存單元(非傳統資料庫中的紀錄 record)。內容主要分為本文文字(content text)、利用串聯式列表／層疊樣式表(cascading style sheets, CSS)、以及腳本語言程式碼(scripting language code)三部分組合而成。

(1) 超文本標記語言

超文本 (hypertext) 又稱為超媒體 (hypermedia) 是將各種資訊節點鏈結在一起的一種網狀邏輯結構。標記語言 (markup language, ML) 又叫置標語言，是一套標識文檔的內容、結構和格式的語法規則，源於出版印刷部門對文檔格式的排版標注。

超文本標記語言規範 (HTML) 是 SGML (standard generalized markup language) 的一種應用，符合國際標準 ISO 8879，是全球資訊網中公認的標準語言。SGML 則是一種描述標記語言的定義語言(只有語言規範，並未有直接的實作語言)，特別是作為電子文件交換，文件管理與文件發布語言的通用規範。超文本標記語言規範 (HTML) 即為 SGML 定義之語言中的一個實作範例。SGML 出現在 80 年代中期，一直保持於相當穩定的狀態。原因來自它具有豐富的特徵

和彈性。但是具有彈性會帶來一定程度的複雜性代價，限制了它在多樣化環境下的適應性，如全球資訊網環境。

HTML 最初的構想，是提供給非出版專業之科學及其它的技術文件交換所使用的語言。HTML 針對 SGML 複雜性的問題，規範了一組較少的結構化語義標籤，適合用於撰寫較簡單的文件。除了可簡化文件結構，HTML 增加了超文本 (hypertext) 的功能，隨後又增加了對多媒體資訊處理的能力，如動畫影音格式、向量型動畫格式等。這些修正都朝向兩個主要的目標：(1) 數學與技術報告之線上出版，(2) 人類的聯想型思維之應用。

超文本是一種由許多相關聯的資訊節點所組成的邏輯語義網路，符合人類的聯想型思維方式。超文本有節點、鏈和網路三種組成要素，其中關鍵的是連結各個節點的鏈。超文本是由存儲、結構和介面構成的一種三層模型，可以用來表示知識、連接推理系統和進行資訊檢索。

傳統的資料（圖書、文章、檔案等）所採用的都是（層次型）線性的順序結構（如章、節、段落、分項要點等等），然而真實世界的實際資訊則是非線性網狀結構（如建築設計營造團隊成員以及相對應的合作關係等）。同樣的，建築設計營造的思維方式屬於聯想型，是一種互聯的交叉網路，具有典型的非線性網狀結構特型。

例如：

(1) 建築設計：

建築工程→設計圖→平面設計→動線規劃→走道設計→消防栓→規格書→消防材料規範→漏水試驗→防水材料→……

(2) 結構設計：

建築工程→結構→載重規劃→主要結構系統→次要結構系統→結構桿件→材料→H 型鋼→鋼材料降服強度→材料試驗→降服強度測試→非破壞式檢驗→應力應變器→可變電阻→材料微變形與電荷組抗→最大應變容許量→監測→材料破壞前預警→……

如上例在合作式設計營造環境中所有資訊都可能互相關聯，在合作團隊中的專家成員，他們的設計思維更是綿密的網狀結構。所以，具有網狀邏輯結構的超文本，非常類似合作式設計營造的聯想型思維方式，這也正是全球資訊網之所以廣為應用的原因。

此外，由於設計營造資訊型態不斷地隨著資訊技術而擴增，超文本逐漸發

展成為超媒體 (hypermedia)，可以包含各種媒體資訊「節點」(HTML tag)，因應這樣的需求，HTML 也逐漸新增各種不同的多媒體資料模型。超文本正在朝網路型、智慧化與超媒體方向發展，相關的應用也越來越廣泛。

(2) 串聯式列表

串聯式列表是由許多「樣式名稱」和「樣式指定值」所組成的字串(範例如表 4.2)，我們可以利用設定好的樣式表，指定給某一種 HTML 標籤，或某一組 HTML 標籤來使用。而被套用的 HTML 標籤，將會依據所套用的 CSS 定義來呈現它的排版外觀。

表 4.2 串聯式列表範例

串聯式列表	說明
body {color:red}	整體文稿字以紅色呈現
h1 {color:#00ff00}	標頭段落 h1 文稿字以綠色呈現
p.ex {color:rgb(0,0,255)}	段落 p 樣式 ex 之文稿字以藍色呈現

資料來源：本研究整理。

CSS 利用各式的排版樣式來輔助 HTML，其簡潔的語法可以很容易的控制 HTML 標記，而且最主要的功能是将資料與顯示格式分開處理 (以 .CSS 為副檔名儲存成一個獨立的文字檔)，使網頁檔案管理更具結構性與可讀性。此外，將 CSS 檔獨立的優勢在於，網頁外觀呈現的方式，可以讓使用者自行選擇不同 CSS 檔案，用以使網頁呈現的個人的風格。

CSS 提供了與 JavaScript 物件模型相互支援的機制，在 CSS 設定完成後，在瀏覽器載入網頁檔案與 CSS 檔案時，還可以利用 JavaScript 重新指定不同的值給元件，而達成動態改變外觀的效果 (JavaScript 動態改變的功能 IE 已完全支援，但 NC 只支援極少部份)。試想我們利用 CSS 將一段文字設為紅色，再利用 JavaScript 將它改變為藍色，這就是一種動態網頁呈現「請注意」(highlight) 的效果。

CSS 除了負責網頁文稿的呈現方式的定義，還能利用 CSS 達成部分動畫效果，因此可以減少影像載入的需求。此外，集中管理樣式，當修改時只需針對樣式修改即可。同時，許多網頁需要共享樣式設定時，可將其另存獨立檔案，再套用於每一個網頁，增加其共享的效能。

網頁套用 CSS 的最大優勢是提供了 HTML 所不支援的屬性。例如 HTML 的文字標籤屬性 中只可設定文字前景顏色，但 CSS 可指定背景顏色、背景圖形甚至將此文字畫上外框。因此，CSS 的使用，將使網頁整體外觀，可以

運用更多不同的屬性，同時也更具運算性。

此外，採用 CSS 將加速網頁設計效率。我們經常針對許多不同段落，套用到許多完全相同的標籤。例如，以 HTML 來設定文字外觀時，可能重複採用到數次參數設定一樣的 標籤，造成 HTML 之內容不斷重複的情形。但如果用 CSS，情況可大為改觀，我們可以指定一群 HTML 的標籤都套用某個 CSS 的設定，有效提升屬性套用的效能。在資料量方面，讓許多網頁套用同一份 CSS，可有效減少網頁體積，同時也可以減低網路傳輸的負荷。

(3) 腳本語言程式碼

當全球資訊網最早成立於 20 世紀 90 年代初期，當時所有網頁大都是以靜態方式呈現有限形式的資訊。當使用者瀏覽網頁，網頁顯示的內容即為其設定的內容，並沒有任何方法可以讓使用者與該網頁互動。為了讓網頁能夠與使用者互動，即網頁能夠適時回應使用者的要求。需要增加某種形式的編程語言，以「指示」該網頁應如何應對使用者的行為。為了讓網頁立即作出反應，而不需要再重新載入，因此，這種語言需要能夠運行在同一台運算單元，並且運行在同一個瀏覽器顯示的網頁上。

當時有兩個最常使用的瀏覽器—網景公司的 Netscape Navigator 和微軟公司的 Internet Explorer。網景首先發展出一種編程語言，稱為 Livescript，使網頁擁有基本的互動機制。而另一種以瀏覽器插件作為中介的編程語言 Java (不能直接於瀏覽器上執行 Java 語言程式)，提供更為彈性與效能的程式開發能力，快速地成為全球資訊網最受矚目的編程語言。促使網景公司嘗試重新命名為 Javascript，同時將該編程語言直接內置到 Netscape 瀏覽器中，企圖以更方便的編程語言執行環境，重新獲取使用者的喜愛。值得注意的是，雖然有些 Java 和 JavaScript 的源代碼可能類似，但它們本質上兩個完全不同目的與服務的語言。

歷經不斷的競爭與改進，1996 年的 Javascript 被移交給一個國際標準的機構—「歐洲計算機製造商協會(ECMA)」負責後續的發展。該編程語言被正式更名為歐洲計算機製造商協會 ECMAScript-262，但大多數人仍稱此編程語言為 JavaScript。

逐漸地，JavaScript 已被採用在大多數的網頁上，除了改進 HTML 的設計、提供使用者認證形式、偵測使用者的瀏覽器、建立及使用 cookies 等早期互動所需基本功能外，近年來由於各大網路公司如 Amazon、Google、Yahoo 等，採用 JavaScript 互動介面應用程式集(API)的形式，陸續提出功能更便利，更直觀的使用者介面開發機制，促使網頁瀏覽器的角色由多媒體資訊的出版，逐漸成為

Javascript 編程語言的開發平台，提供非常豐富的資訊處理功能，甚至直接取代部分以往單機專業程式才能處理的功能。

例如購買 Amazon 書籍，以往需要使用者直接瀏覽 Amazon 網頁並實際購買書籍後，Amazon 分析所有的瀏覽與購買紀錄，將其分析結果轉化成未來建議購買的指標，方便使用者再次瀏覽的過程中，能夠即時推薦精確的目標產品，節省使用者採購時間，同時也達到產品促銷的目的。類似的網頁互動形式，由於所有使用者的行為資訊均儲存於遠端的伺服器，用戶端的運算單元並不擁有相關資料的儲存、分析能力，因此，屬主/從架構之網路伺服器端的程式應用。

由於 Amazon 推出伺服器端的 JavaScript 互動介面應用程式集(API)，讓一般大眾的網誌(internet blog)引用簡單的 API 即可成為 Amazon 虛擬商場的延伸，配合網誌的討論主題，Amazon 即可適時地推薦瀏覽該網誌的使用者相關產品資訊。經由網誌轉介成功的交易，網誌也能獲得相當的報酬，因此網誌也會主動積極經營該主題的內容以吸引更多的網路使用者造訪。另一方面，使用者也不需要再造訪 Amazon 的網站，就在瀏覽網誌的過程即可獲取相關產品資訊，更進一步地節省瀏覽多個網站的時間。一經交易完成，最後當然 Amazon 也達到產品銷售的目的。由於新型態的 JavaScript 互動介面應用程式集，使得達到三贏的行銷策略得以實現。

用戶端只單純瀏覽資訊，所有使用者的行為資訊均由網誌的伺服器上的 Javascript API 程式集負責擷取、儲存或傳送回 Amazon 網站、再進行下一步的分析。因此，憑藉大量全球資訊網中廣大的網誌群以及造訪這些網置的使用者。Amazon 可以快速獲得相當可觀且主題明確的消費行為資訊，再藉由統計分析即可建立大眾，針對各主題下的喜好知識庫。

因此，即便是首次造訪任一網誌的新使用者，該網站利用 Javascript API 即可依據網誌主題，以及使用者瀏覽少數幾個頁面的行為，與 Amazon 之大眾喜好知識庫交叉比對，進而提供該使用者最感興趣產品的建議。值得注意的是，網誌上的 Javascript API 在這裡扮演了「分散式合作處理資訊」的角色，適時分擔 Amazon 網站原有應該付出的運算效能。相對的，Amazon 網站與該網誌的 Javascript API 分享其大眾喜好知識庫，讓網誌也能正確分析使用者的行為模式。這個分散式合作機制造就合作團隊(Amazon 與合作網誌) 十分成功的商業獲利模式。

綜合上述，針對超文本標記語言(HTML)資訊架構規範的討論，可以發現，HTML 非常適合應用於分散式多媒體資訊的呈現。然而，全球資訊網的資訊蒐集與分析大都集中在主/從架構下伺服器端的運算單元。HTML 規範並不考慮用戶

端的「資料再利用」等問題，使用者除了少數如網頁造訪列表等資訊外，鮮少有網路瀏覽的其他資訊可以儲存下來，提供日後分析應用的可能性。然而，將分散式合作建築營造團隊成員，相互溝通的資料儲存在自己運算單元中的資料群集，卻可作為溝通過程資料庫，為供使用者日後溝通之重要的概念經驗。

藉由上述 Amazon 利用伺服器端的 Javascript API 聯結網誌相互合作機制之啟發。本研究認為利用單機運算單元之瀏覽器，結合 Javascript API 中用戶端資料庫函數(作為用戶端資料群集的資料庫引擎)的支援，即可實現分散式點對點的合作溝通環境，滿足溝通資訊再利用的需求。

4.2.2 用戶端資料群集之實作

本節主要目的在利用網路瀏覽器整合 Javascript API 函數庫，建構並實作用戶端的資料群集(user-side dataset)或稱在地端資料群集(local dataset) — 其整體資料模型請參考本論文圖 4.6。有關資料存取介面，本節將說明如何採用 2007 年 5 月 Google Code 首次發布之 Gears database API，用以聯結在地端資料庫(local database, implement by SQLite)，實作之資料存取介面與資料群集如圖 4.8。有關 Gears API 的架構說明以及如何實作用戶端之資料存取介面與資料群集，將詳述如下：

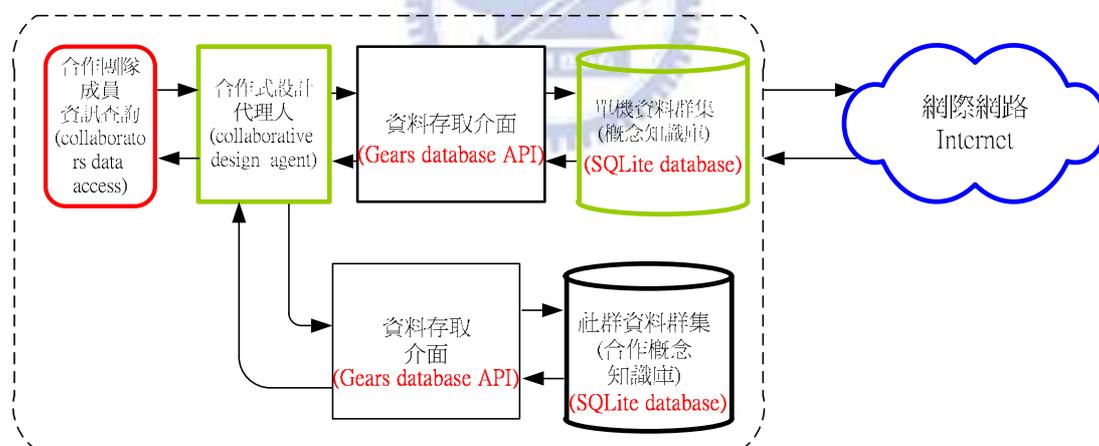


圖 4.8 分散式社群代理員程式溝通資料實作模型(主要實作資料存取介面與資料群集)。

(1) Gears API

Gears API 的相關研究與發展，係屬於開放源碼 (open source) 專案，可擴增更多新功能至網頁瀏覽器，以增強網路應用程式的功能。Gears API 函數庫，主要實作 Javascript API 函數庫，作為瀏覽器的擴增函數，內容包括用戶端資料庫、

用戶端伺服器、以及 workpool 等函數庫與網頁超本文描述語言 (HTML)，文檔也必須採用 Javascript 語言撰寫使用者運算程式，才能擴增瀏覽器的資料存取介面。由於這種擴增形式，並非 HTML 語言規範的修訂，因此並不是所有瀏覽器都會同步支援。目前，常見的瀏覽器有 FireFox、Google Chrome 與 IE 等，支援 Gears API 開發用戶端資料庫之應用。

採用 Gears API 開發用戶端資料庫應用，主要與網路資訊瀏覽的差別在於，用戶端可以就地 (local side) 將資料儲存在可擴充關聯式資料庫 (extendable relational database) 中。使用者只要在網頁瀏覽器閱覽含有 Gears database API 函數庫的網頁，再配合相關的 Javascript 程式所撰寫的資料邏輯 (data logic)，即可順利在用戶端儲存 SQLite 資料庫的實體，作為日後「資料再利用」的基礎資料來源。

為了實作資料再利用的機制，達到累積使用者經驗的目的。藉由 Javascript API 技術可以擴增網頁瀏覽器針對用戶端的資訊運算能力，網路資訊的運算方式則由遠端資訊的瀏覽擴充到用戶端資訊儲存，讓使用者擁有網路資訊之控制權。然而，網路資訊的本質存在著資訊品質的不確定性，這樣的資訊儲存於用戶端也有其資訊危害的風險，網路資訊的安全問題也隨之產生。

同樣的，Gears API 之資訊安全問題，也是網路使用者擁有在地資料庫的同時，需要面對的重要問題之一。由於含有 Gears database API 函數庫的網頁，就有能力存取用戶端的資料群集，因此，Gears API 採用三種主要網路資訊安全機制來維持資訊安全。

首先，Gears 網頁會在使用者第一次載入網頁時詢問，是否信任該網頁的安全性，如圖 4.9 所示，適時提醒使用者作最基礎的資料安全把關。其次，Gears 網頁只能讀取網頁所在的運算單元所開啟的資料庫以及讀取該資料庫的相關內容。換言之，Gears 並不能跨網站讀取其他網站所建立的資料庫與資料 (跨網站資料庫必須遵從主/從架構模式，透過伺服器認證機制與伺服器端程式間接讀取跨網站之相關資料，這部分的資料模型請參考本論文第 4.1.2 節「個人全球資訊網資訊站之資訊模型」，架構圖請參考圖 4.2)。

最後，Gears 提供的在地伺服器 (local server) 只能儲存經由合法網頁位址 (universal resource locator, URL) 所獲得的網頁多媒體資訊 (HTML 文稿、影像、以及動畫影音等資料)。因此，所有資訊安全仍然遵循 TCP/IP 或 UDP 網頁訊號通訊協定中的安全規範。



圖 4.9 Gears API 資料安全信任查詢視窗

網路型應用系統之資訊安全，除訊號層級的供訊協定安全規範外，還必須考慮系統程式等級的安全機制，才能確保資料使用權限的適當保障。然而，如同本論文的研究目的所述，本研究的主要目標在探討建築營造協同作業之研究，且探討的主要的焦點在於「分散性合作設計營造系統」之資料模型於分散式環境中的應用。針對資料模型層級，主要處理「單機用戶端資訊」與「分散於全球資訊網的運算單元」之間（即分散式合作團隊成員間）的資料溝通—傳遞、篩選、關聯、以及整合等問題。因此，本研究針對系統層級的資訊安全管控機制，僅以最基本的使用者帳號密碼之認證方式為之，而其他系統相關的資料傳輸(data transaction)之資訊安全的討論與實作，並未列入本論文研究範圍內。雖然本論文實作的系統並未提供資料傳輸之資訊安全檢驗機制，但並不影響本研究在分散環境中研究合作式設計營造之異質資訊溝通與概念知識的傳遞與創造共識等主要問題之探討與應用。

Gears API 開始發展至今即將屆滿兩年，主要在網頁離線資訊系統的發展與應用有許多成功的案例。而離線系統係以全球資訊網中，將主/從架構為基礎的線上網頁應用(online web-page application) 改為離線的網頁資訊應用(offline web-page application)。

最成功的離線系統應用，當屬 Google mail 的離線作業系統，使用者可以在網路通訊正常的情形下，瀏覽儲存於遠端 Email 伺服器的電子郵件內容，一般情形下，結束作業後，並沒有任何郵件資料會留下來。相對的，離線版本則是利用網路通訊正常時將存於遠端 Email 伺服器的電子郵件內容，下載至用戶端的資料庫內，其資料實體形式與遠端並無不同。因此，當用戶端失去網路通訊時(如遠離城市或搭飛機)，使用者仍然可以利用瀏覽器相同的介面，瀏覽預先下載的電子郵件資料，甚至撰寫回郵，等到恢復網路通訊後，介面程式會自動發送該電子郵件。

其他相關的 Gears API 為主要資訊技術的研究與應用，則可參考 Kilani (2007) 在網路上所發表的研究成果。與線上網頁應用相同，離線資訊系統的資料型態，均以「網頁」為其資料來源的主要形式，鮮少有以網頁瀏覽器為資訊介面平台，而以整合網路資訊瀏覽與單機資訊群集兩種資訊模型，作為分散式合作溝通環境的資料儲存介面之相關研究與應用。接下來本研究將針對分散式合作環境中的「單機資訊群集」程式模組，如何進行實作加以說明。

(2) 單機資訊群集之程式邏輯

繼上節說明如何採用 Gears API 建構「單機資訊群集」之原理與應用後，本小節將說明如何利用相關技術來實作單機資訊群集的介面實體。

有關 Gears database API 函數庫即為實作本研究之單機資訊群集的主要參考函數集。以下將簡要說明重要資料庫處理函數之編程規則：

宣告資料庫物件變數

```
var db = google.gears.factory.create('beta.database');
```

作為連接 Javascript 程式與資料庫的物件變數，

這個程序會再使用者第一次載入網頁時，詢問網頁安全信任問題，

只有使用者選擇信任，程式才會繼續執行

開啟資料庫(database)

```
db.open('database-p101');
```

執行資料庫行為函數.open()，開啟在地端的資料庫

'database-p101'：為資料庫的名稱，因此使同一個網頁事實上可以開啟個資料庫與資料表(table)

執行 SQL 簡單查詢語言，存取資料表相關資料

```
db.execute('create table if not exists '+ tableName + fieldDef);
```

利用行為函數.execute()即可執行 SQL 簡單查詢語言，對資料表進行新增(insert into)、修改(update by)、刪除 delete by、以及查詢(select from)的作業。

詳細的 SQL 簡單查詢語言，則可參考 SQLite 網路相關說明(Hipp, 2000)。

為了能清楚說明實作法則。首先，以實作範例程式(程式邏輯, pseudo code 見表 4.3)，展示瀏覽一般相片網站的過程中，提供使用者能利用關鍵字搜尋全球資訊網之建築營造之分散式資訊。瀏覽過程中使用者可以決定，將部分重要資訊儲存至單機資訊群集內，其操作介面係遵循網頁瀏覽經驗(滑鼠點選)方式為之。儲存於單機資料群集內的資訊則可作為使用者自己的概念知識，提供日後參考所

需。其次，有關詳細的程式內容請參考本論文附錄三之程式 3.1 單機資訊群集之程式實作原始碼。最後以程式執行範例說明執行結果。

表 4.3 單機資訊群集之程式邏輯(pseudo code)

```
1. declare HTML header section.
2. include "Gears API" (Javascript API) and run
   initial process.
2.1 check if user trusts this page to access user's
   local data/database.
2.2 if (trust == true)
   then
   redirect web page into "Google Gears" home page for
   further information.
3. create local database object variable(=db, for
   example) as a SQLite database instance.
4. open table: declare variable: $table_name =
   "user_concept".
4.1 executing SQL statements to create table for
   further data access.
5. if (Not exists $table_name)
   then
   create a new blank table.
6. distributed information retrieved by concept
   string from internet.
6.1 follow aJax programming model, call flickr feed
   API to search imagery by tags (metadata).
6.2 provide a check list table as a user interface.
6.3 check which interest data are by user interactive
   process.
7. if (interest data record >= 1)
   then
   append data into table:(executing SQL statements)
   insert into table_name values (fldName, fldName2,
   value array)
8. browse whole table's records (select * from )
9. close table and database
10. print them out as a table list format
```

資料來源：本研究整理

上述表 4.3 單機資訊群集的實體介面程式中，實作瀏覽器程式與資料庫之間的實體介面主要程序如下：(a)如表 4.3 中之步驟 2 為資料庫的連結：程式邏輯中指出的引用(include)程序，係先載入“Gears API” (Javascript API)函數庫，再採用函數庫中的 `google.gears.factory.create('beta.database')` 函數。(b) 步驟 3：建立一個變數實體(variable instance) db。有關 Gears API 的安全認證（參考上節所述），經過使用者「信任」通過之後，db 即可作為瀏覽器平台中 Javascript 程式與在地端運算單元(local computation unit)的資料庫實體 (SQLite database) 聯結的主要端口。(c) 步驟 4 依據變數 `table_name` 的內容“user_concept”開啟資料表，如果資料表先前並不存在，則採用標準 SQL 指令集之 `create table` 指令，建立一個空白資料表。(d) 步驟 7：說明經由使用者選擇後的重要網頁瀏覽資料記錄(record)，同樣利用標準 SQL 指令集之 `insert into` 指令，將所有重要記錄寫入步驟 4 所開啟的資料表。

(3) 單機資訊群集之程式實作

上述主要說明單機資訊群集之程式邏輯，然而要真正轉換成可執行的系統，還需要選擇編程語言以及資料格式規範等。本研究實作的系統程式，係採用全球資訊網常見的 aJax 軟體編程技術。如前所述，由於分散式合作環境，普遍存在異質資料之傳遞與概念資訊溝通之需求等問題，提供解決方案。因此，系統決定採用全球資訊網所通用的網頁瀏覽器作為程式執行的主要平台。為求最大相容性，資料格式則遵循超文本標記語言 (HTML) 規範，作為資料呈現、傳遞、以及儲存等資料處理的文稿規範。此外，採用大部分網頁瀏覽器均能相容執行的 Javascript 編程語言，實作所有的系統程式。

aJax 軟體編程技術 (Garrett, 2005)，又稱為非同步 JavaScript 和 XML 軟體編程技術(Asynchronous JavaScript and XML,aJax)，是一種建構互動式網頁應用的網頁開發科技。根據 aJax 提出者 Jesse James Garrett (2005) 建議，aJax 採用 XHTML+CSS 來呈現資訊，以 JavaScript 操作 DOM (Document Object Model) 進行動態顯示及提供互動機制，運用 XML 和 XSLT 等非結構化資料格式進行資料交換及相關操作，用 XMLHttpRequest 物件與網頁伺服器 (web server) 進行非同步資料交換，採用 JavaScript 將所有的物件元素繫結在一起，採用 SOAP 以 XML 的格式來傳送方法名和方法參數。

由於 aJax 的軟體編程技術，使得系統使用著不必安裝傳統封閉型系統程式，可以面對熟悉的瀏覽器介面。如此能有效提高不同專業的合作團隊成員使用系統的學習效率。更讓資料有最高的網路通透性，非常有利於異質資料的傳遞。此外，由於 JavaScript 軟體編程技術，為當今網路最常見的編程語言之一，不但語言簡潔，容易學習，且會使用 JavaScript 軟體編程技術的軟體工程師也有愈來愈

愈多的趨勢。

另一個更客觀的觀察指標，可作為 aJax 的軟體編程技術頗具未來性的例證——即觀察位居網路搜尋應用龍頭的 Google 公司，長久以來所支持的開放源碼專案——Google Data APIs (其中包含許多子計畫如 Google Apps, Blogger, Google Base, Google Book Search, Google Calendar, Google Code Search, Google Spreadsheets, Google Notebook, and Picasa Web Albums.等)。正大量將原有採用 java 編程語言的應用系統，逐漸轉換成以 aJax 的開發環境。顯見，aJax 的軟體編程技術，確實是開發分散式網路溝通系統的重要技術之一。

因此，以系統的維護的角度而言，aJax 軟體編程技術之資料通透性高，程式人力容易尋找。相較於建築或土木類的專業管理系統，大都以 Java 或 C 語言建構專用環境，本系統擁有較高彈性、易用、易學等優勢。有關詳細的程式原碼內容，請參考本論文附錄三，第 3.1 節所列之「單機資訊群集之程式實作原始碼」。

(4) 單機資訊群集實作程式執行結果

本小節將展示部分有關用戶端資料群集之程式執行成果，同時討論系統開發過程的問題與解決方案。

有關用戶端資料群集之程式執行成果，如圖 4.10 即為使用者以離線方式查詢在地端資料群集的結果畫面，使用者查詢關鍵字 architecture，結果有七筆資料在資料庫中被搜尋出來。圖 4.11 則顯示使用者透過全球資訊網瀏覽相同關鍵字所查詢的新資料。使用者決定其中三筆重要資訊，如圖 4.12，儲存於在地端資料群集，如圖 4.13。新增資料後的單機資訊群集，使用者則擁有全然的主控權，不論在線或離線模式，使用者可自由決定該資料群集再利用之方式，如圖 4.14 使用者運算單元自由決定資訊再利用之方式。

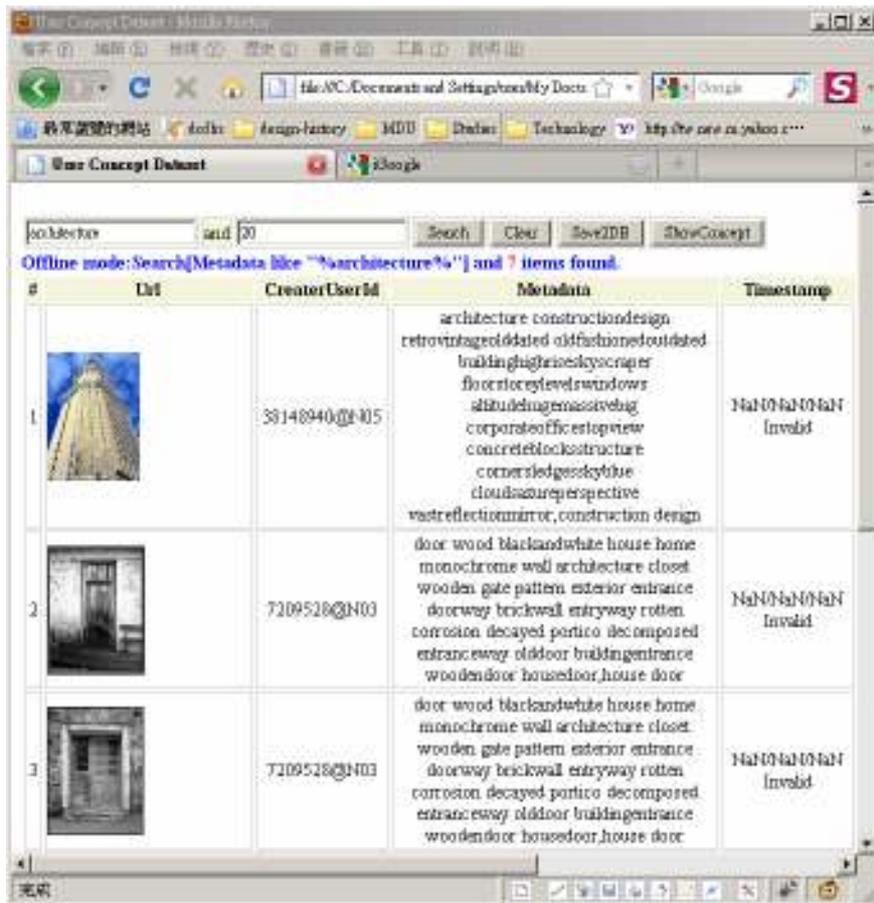


圖 4.10 使用者運算單元以離線模式在地端資料群集之查詢結果

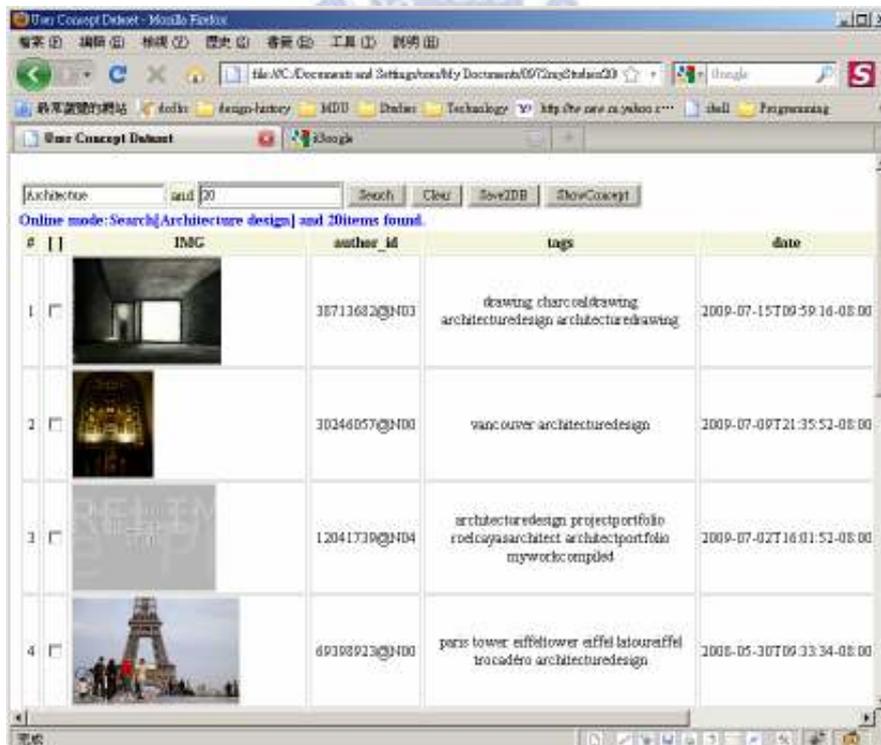


圖 4.11 使用者運算單元以上線模式在全球資訊網之查詢結果

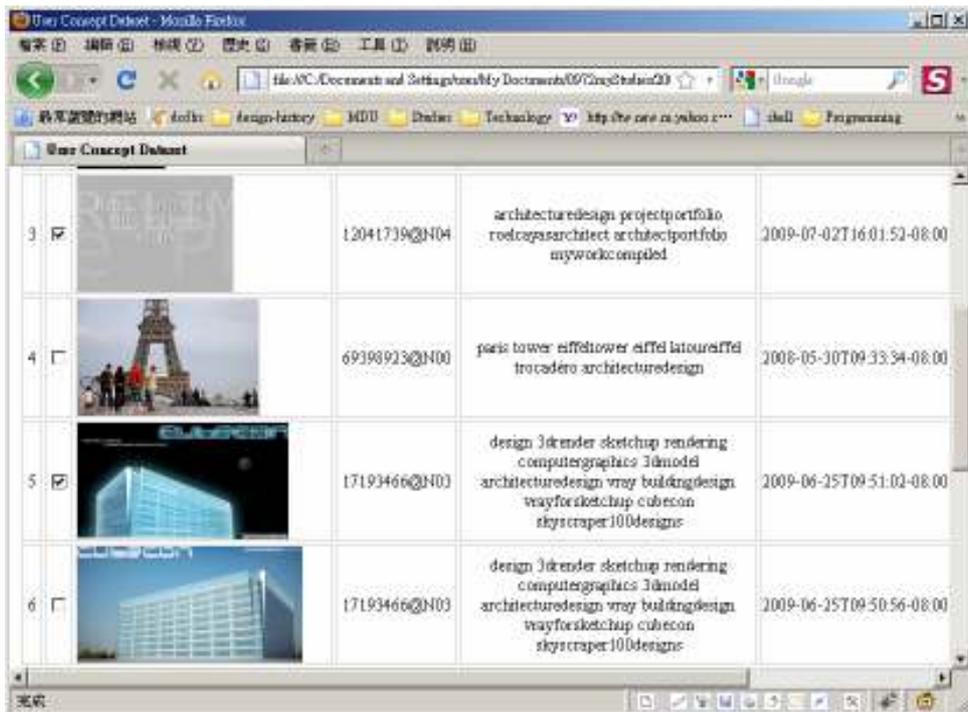


圖 4.12 使用者選擇三項重要網路資訊 (資敘擷取之互動介面)

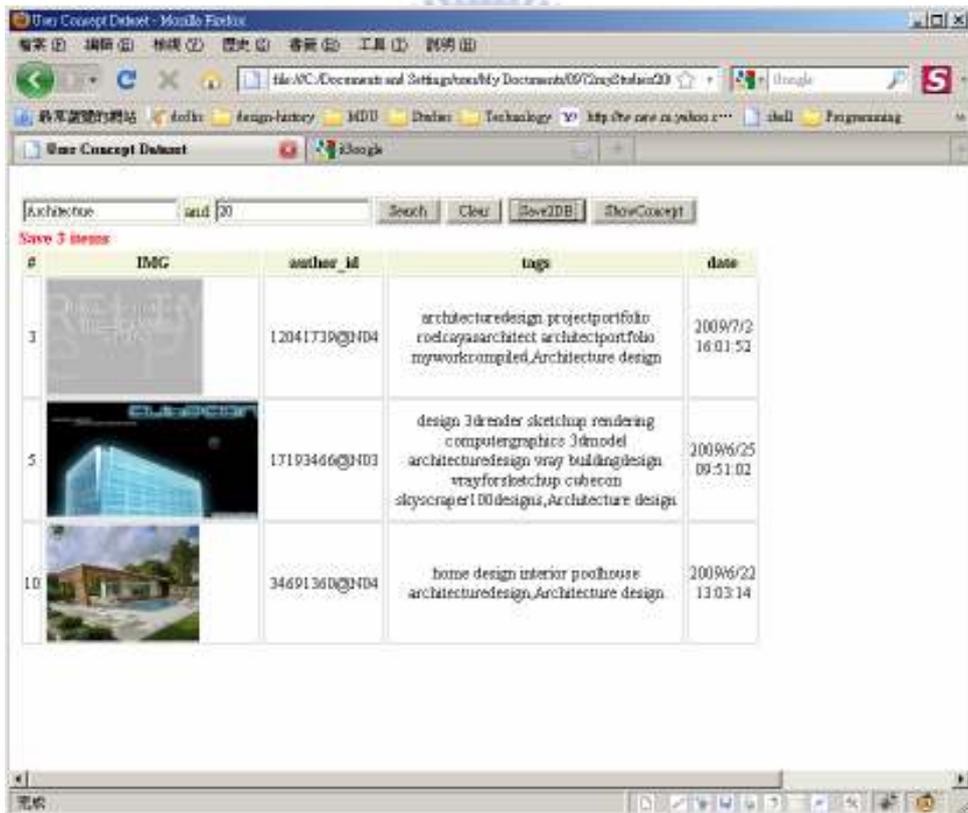


圖 4.13 儲存使用者選擇之重要網路資訊於在地端資料群集

#	Url	CreatorUserId	Metadata	Timestamp
1		38148940@N05	architecture constructiondesign retrovintageolddated oldfashionedoutdated buildinghighriseskyscraper floortoreylevelowindows altitudehugeasavrebig corporatedificestopview concreteblckstructure cornerledgeskyblue cloudsazareperspective waterreflectionmirror,construction, design	NaN-NaN-NaN-Invalid
2		7209528@N03	door wood blackandwhite house home monochrome wall architecture closet wooden gate pattern exterior entrance doorway brickwall entryway rotten corrosion decayed portico decomposed entranceway olddoor buildingentrance woodendoor housedoor,house door	NaN-NaN-NaN-Invalid
3		7209528@N03	door wood blackandwhite house home monochrome wall architecture closet wooden gate pattern exterior entrance doorway brickwall entryway rotten corrosion decayed portico decomposed entranceway olddoor buildingentrance woodendoor housedoor,house door	NaN-NaN-NaN-Invalid
4		23367599@N04	sf sanfrancisco street blue windows architecture lookingup tallbuilding grawarren grasscode	2009/7/4 04:57:03
5		12041739@N04	architecturedesign, projectportfolio roelsgasarchitect architectportfolio myworkcompiled,Architecture design	2009/7/2 16:01:52
6		17193466@N03	design 3drender sketchup rendering computergraphics 3dmodel architecturedesign vray buildingdesign vrayfor sketchup cubecon skyscraper1.00designs,Architecture design	2009/6/25 09:51:02
7		34691360@N04	home design interior poolhouse architecturedesign,Architecture design	2009/6/22 13:03:14
8		9596199@N07	city architecture evening la losangeles downtown publictransit dusk style atmosphere historic southerncalifornia station urbanism traindepot buildingdesign spanishfestival alameda corridor	2009/3/27 07:54:41
9		14369438@N02	building architecture towerbuilding, Taiwan building	2008/5/28 16:56:30
10		9596199@N07	city community louisiana unique distinct balcony south neworleans style atmosphere architectural frenchquarter jacksonsquare nola ferns brickbuilding hangingplants historicneighborhood buildingdesign southernarchitecture wroughtiron 7monthafterlatria	2006/2/3 11:34:51

圖 4.14 使用者運算單元自由決定資訊再利用之方式

本研究實作之「資訊群集」的程式，主要分為五大模組：(1) 全球資訊網之分散資訊搜尋引擎；(2) 用戶端資料群集之存取介面；(3) 用戶端資料庫實體；(4) 使用者瀏覽經驗擷取介面；(5) 資料再利用之搜尋介面。將簡述各部分實作內容如下：

(1) 全球資訊網之分散資訊搜尋引擎

網路瀏覽器用於網頁瀏覽作業時，係以網頁形式作為遠端伺服器與瀏覽器之間資料傳遞的主要形式，而網頁的通用資料語言為超文本標記語言 (HTML) 作為網頁的標準資料規範，使用者很難針對網頁中部分有興趣的內容擷取出來，進而儲存於在地端之資料群集，以提供再利用的可能性。

因此，針對解決 HTML 非結構化的資料傳輸，難以再利用的問題，全球資訊網逐漸出現許多新的資訊服務，提供結構化的資訊方便通訊與運算。其中「簡易資訊摘要」(rich site summary, RSS) 即屬這一類型的新服務。簡易資訊摘要是一種消息來源格式規範，用以發佈經常更新資料的網站，例如部落格文章、新聞、音訊或視訊的網頁摘要。雖然名稱為摘要，事實上設計者只要熟悉 RSS 格式，即可以將網頁的所有內容依據 RSS 的資料規範重新發布，並不會損失網頁中的任何資訊。因為，RSS 只是改變資料安排的格式，所有 HTML 所支援的多媒體資料形式，如文稿、影像、以及動畫影音等均可以由 RSS 格式重新編排與發佈。

本研究即採用 Javascript 編程語言實作了 RSS 資訊解析器(RSS parser)，來實作「全球資訊網之分散資訊搜尋引擎」。由於 RSS 的資訊結構屬於階層式串列結構(layer list structure)，類似吾人熟知的檔案目錄形式，因此搜尋引擎所獲取的資料可以依據 RSS 文件中載明的資料屬性與內容對(name/attribute pair)，理解文稿資訊的內涵。因此，當使用者藉由本搜尋引擎找到的資訊，都可以屬性名稱與內容作為最小資料單元，進行儲存或再利用的基礎資料格式。

(2) 用戶端資料群集之存取介面

主要負責實作單機資訊群集之代理員程式與資料庫之間的資料存取介面，架構關係圖請參考圖 4.8 分散式社群代理員程式溝通資料實作模型。主要採用的函數庫有負責 HTML DOM 處理的 jquery API，負責資料存取介面的 Gears API 等。

資料群集之存取介面主要的挑戰並不在於程式技術，而是在於如何無縫地連結代理員程式與資料庫。因此，系統選擇的運算平台(本研究為網頁瀏覽器)、系統採用的編程語言(Javascript)、資料格式(HTML)、以及資料庫的選用等系統開發策略都是顯著影響資料存取介面，最後是否能正確運作、資料能否順暢存取

的重要因素。

(3) 用戶端資料庫實體

用戶端資料庫實體，主要負責實作系統在地端的資料儲存位置。本系統採用開放源碼專案 SQLite 資料庫系統。SQLite 係針對個人運算單元在地端的資料庫需求發展，採用 IBM 1992 年發布的簡單查詢語言(simple query language 92, SQL-92) 之關聯式資料庫資料處理指令集，係接近簡單英文語句方式，操作資料的存取作業。

依據本研究之系統開時程顯示，採用 SQLite 資料庫系統，配合 Gears API 等函數庫，能提供 Javascript 程式簡便地資料存取機制，有節省發發人力、降低系統開發時程等優勢。以系統雛型 (system prototype) 的開發作為考量，SQLite 資料庫相較其他資料庫如 DB2, Oracle 等大型資料庫，相對較有競爭力。

(4) 使用者瀏覽經驗擷取介面

為解決分散式合作建築營造協同作業過程的溝通問題，系統依據圖 4.8 分散式社群代理員程式溝通資料實作模型，在代理員程式單元中實作「溝通資料模型」(本模型之建構與實作將於本論文第 4.3 節詳細說明)。其資料的來源必須靠使用者於團隊合作互動過程中產生，如同本節的範例—瀏覽網頁的過程中，使用者與瀏覽器互動過程中，由使用者經由瀏覽、判斷、以及儲存等程序(如圖 4-10, 圖 4-11, 圖 4-12, 圖 4-13 等程式執行範例)，所留下有用的資訊即為本研究所稱之「概念知識」。

本介面主要採用最簡單的滑鼠點選 (mouse click) 互動介面，讓使用者所熟悉的網頁超連結之點選行為繼續延續。因此，使用者完全不用在學習新的認知介面，同時大量的資訊也可以藉由這樣簡潔的程序，快速完成。相較於文/數字資料，藉由鍵盤設備做為輸入的介面，在效率上明顯較快，同時資訊錯誤擷取的機率也會明顯降低。

(5) 資料再利用之搜尋介面

資料再利用之搜尋介面主要負責針對儲存於使用者在地端的資料，如何再利用的互動介面，程式執行結果範例如圖 4-13，屬於系統最具應用性的單元。由於分散式合作建築營造協同作業的過程中，使用者會不斷累積溝通溝通資訊，透過資料同質性運算 (於第 4.3 節有詳細說明) 則將累積成寶貴的溝通經驗。

除此之外，配合資訊挖掘技術，則更能夠將隱含在資料間的訊息挖掘出來。

由於研究篇幅，這部份將作為重要的後續研究。藉由上述實作資訊群集之五大模組的說明與討論，可以發現本研究所提的「分散式社群代理員程式溝通資料實作模型」，擁有以下幾項優勢，整理如下：

(1) 資料格式

系統模型所採用的資料格式為超文本標記語言 (HTML) 與全球資訊網相同。使用者可輕易搜尋與擷取網際網路的重要資料，對於設計營造協同作業經常需要蒐集的設計重要知識如設計規範、營造法規、材料規格、大地資訊等等，至為重要。

(2) 介面環境

網頁瀏覽器就是系統模型所採用的介面環境，也是全球資訊網的唯一介面。主要的作業型態都與網頁瀏覽經驗相同，可大大降低新使用者的學習負擔。此外，藉由各大網路資訊技術公司不斷地競爭與合作，網頁瀏覽器也快速地擴增對新資訊型態的支援。其中最值得注意的有已經納入 HTML 5 規範當中的影音檔的播放支援，新的標註<video></video>將提供於單張影像標註一樣方便的呈現 (render) 支援，直接用 autoplay 等新屬性，來控制動畫的播放等。滿足上述這些功能，目前所有的網頁瀏覽器都需要另外加掛影音檔的解碼程式插件 (video/audio plug-in)，再加上複雜的程式控制，才能順利播放動畫檔，明顯增加系統安裝的複雜度與資料呈現的效能。

其次，隨著數位 3D 建模技術的增進，數位 3D 模型資料的需求也不斷成長。目前並沒有任何瀏覽器可以直接瀏覽複雜的數位 3D 模型資料(如 Maya, 3D Max, XSI 等主要建模程式所產生的檔案)。與動畫播放相同，要在瀏覽器上呈現數位 3D 模型，必須另外加掛程式插件，如 VRML 以及 virtools 的撥放插建等。值得注意的新發展，也來至於 Google Code 的新計畫，稱之為 O3D API。該計畫還正處於草創階段，目標期望能發展處理通用數位 3D 模型資料格式 COLLAD 的瀏覽器加掛程式插件，以及處理該數位 3D 模型得程式集，方便系統開發。

(3) 資訊再利用

利用網頁瀏覽器搜尋網路資訊的過程，無法像單機應用程式查詢自己的資料庫方式一般具有資訊處理的高彈性。無法任意編排與處理所需資訊，因此網頁瀏覽侷限了網路資料處理的彈性。同時，也因為不同搜尋機制，導致其所回應的資訊格式不同，無法相互溝通傳遞。

因此，同樣在全球資訊網中查詢到的資料，若採用不同搜尋引擎，則得到

的資料結果與格式無法直接整並與融合，導致資訊再利用的效率大大地降低。

本研究的「分散式社群代理員程式溝通資料實作模型」，實作了用戶端在地資料群集，成為在地端的個人資料庫。因此，不但對網路蒐集所獲得的資訊，擁有全部的自主權限外，更可依據使用者的需求，適時將重要的通訊資訊儲存下來，作為日後資訊再利用的來源。

更重要的是，這些儲存在用戶端在地資料群集中的資料，可以藉由使用的對資料處理的習慣，配合同質性分析技術，產生使用者的概念知識等更加值的資訊應用，作為輔助設計溝通的重要概念知識。

本研究以「高透通性的資料結構」、「單一的瀏覽器操作介面」、以及「自主的資料再利用」，有效地解決建築設計營造過程中設計「異質資料」與「概念知識」的共享之兩大主要問題。

4.3 分散式社群代理員程式溝通資料模型之實作

分散式社群代理員程式溝通資料模型 (如圖 4.6) 之「代理員程式」運算方式與實作程式集將為本節說明與討論的住要重點。同時將著重於建立社群代理員程式模型與其概念知識的獲取機制與重要的程式實作細節。

分散式社群代理員程式溝通資料模型之實作，主要將分兩小節說明，首先第 4.3.1 節將介紹「社群代理員程式模型」架構組成之重要元件與代理員程式系統程式實作選用策略，同時將展示系統之執行結果。其次，第 4.3.2 節將介紹代理員程式的概念知識來源——以同質分析技術實作概念知識擷取模組，企圖為合作式建築營造協同作業過程中，解決部分因為純語義差異所造成的溝通問題。

最後，將展示實作的程式執行成果，同時討論系統之開發與測試過程中所遭遇的問題與解決方案。

4.3.1 社群代理員程式模型

為能有效解決溝通問題，社群代理員程式將提供兩個主要的溝通功能：一個是對內，作為用戶端之資訊管理介面，負責在地資訊(自我之概念知識)的存取；另一個是對外，作為社群管理人的角色，使代理員程式成為系統對外溝通的主要介面，如圖 4.5。在分散式網路資訊環境中，本研究企圖以代理員程式來扮演分散溝通的介面角色，藉由交換來自團隊其他成員的概念知識，再與自己的相關經驗相互協調。藉此，不但能夠獲取其他成員的新知識，更能理解其他成員相同的語義所代表的不同概念知識，消弭可能發生的誤解，進而達到協助團隊成員

「創造共識」的目的，相互彌平歧見，提高合作效能。因此，如何建構社群代理員程式系統，則是本小節的重點，將說明如下。

代理員程式 (Agent) 的發展，主要作用是提供一種易於理解和使用的操作介面，接受使用者的指令、代替使用者完成某些複雜繁瑣的工作、或為使用者提供協助。以人機工程的角度考慮，賦予電腦或程式更多人性化色彩，如支援語音合成輸出資訊、語音識別輸入指令、智慧提示、動畫等，能夠充分提高人機交互的有效性和易用性。

由於代理員程式的研究發展，受到數學與資訊科學領域長期來的重視，在代理員程式的本體論(agent ontology)、溝通機制、資訊搜尋技術之研究，以及網路通訊監控、網頁設計維護協助、商場採購協助等實作，已累積相當多的成功案例，同時也有部分的商業應用系統陸續出現，如 www.agentland.com 公司就以網站形式，展示非常多小型且獨立執行的智慧程式單元，針對上述的研究問題，提供個人化的協助。可見，代理員程式的系統實作，已漸趨成熟。

因此，本研究並不重新開發代理員程式系統，而是尋找可適用的代理員程式系統，將其系統與本研究所提的「分散式社群代理員程式溝通資料模型」相互整合。即可應用於本研究之主題「合作式建築營造協同作業」，探討合作過程中不同專業的合作團隊，各自採用自己的專業知識之結果，則經常發生的設計「異質資料」與「概念知識」的共享之兩大主要問題。

適合本研究第 4.1 節所建構的「分散式社群代理員程式溝通資料模型」架構的代理員程式系統，必須考慮系統模型與程式相容性層級等問題。因此，本研究採用部分 ajax-im 計畫的程式發展本研究的代理員程式系統。

ajax-im 計畫由 Joshua Gross (2006) 所發展的開放源碼專案(基於修正的 BSD 開放許可)，稱之為 ajax-im 計畫。系統主要開發技術係採用 aJax 軟體編程技術，以網頁瀏覽器為使用者介面，計畫的目的為藉由中介的網路伺服器，建立兩方或多方文字短訊溝通平台。讓使用者，透過網頁瀏覽器和網路訊息通道，即可建立及時文字短訊溝通媒材。

ajax-im 計畫有幾項明顯的優勢，首先與本研究所採用的系統開發技術相同，即 aJax 軟體編程技術。其次，程式運算平台也同樣以開放的網頁瀏覽器。當使用者以網頁瀏覽器登入系統伺服器後，該瀏覽器隨即成為文字通訊目的之代理員程式(text instant message agent)，有關代理員程式的溝通(文字訊息交換)、夥伴偵測 (agent detection)、以及溝通請求(communicate request) 等基本需求，均有相對應的程式可供實作。唯一不同的是，ajax-im 計畫所採用的資料格式，是封

閉的資料庫結構，並且 ajax-im 系統只支援文字類型的資料才能相互溝通。

因此，本計畫將圖 4.8 分散式社群代理員程式溝通資料實作模型稍作修正。針對合作式設計代理人則採用 Joshua Gross (2006) 所發展的 ajax-im 文字短訊基礎架構，作為「分散式社群合作建築營造系統」之程式代理人單元，如圖圖 4.15 代理人程式單元採用 aJax instant message 系統。同時，該文字短訊只作為溝通訊息，如簡單的文字對話(社會合作行為)、資訊溝通需求等。

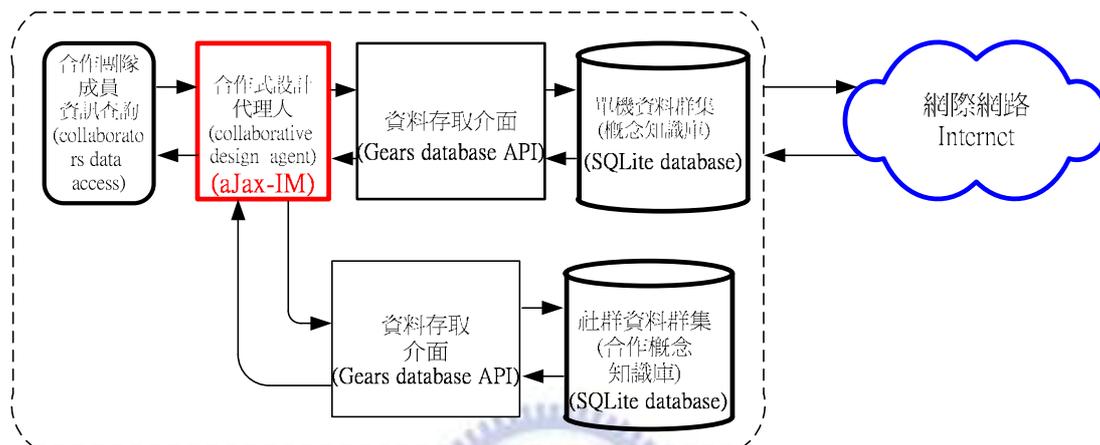


圖 4.15 代理人程式單元採用 aJax instant message 系統圖

有關「社群代理員程式模型之實作」已經說明過，本研究的代理員程式系統架構之實作，並非本研究之研究重心，本研究選擇採用相同軟體編程技術(aJax 技術)所開發的 aJax 即時文字通訊系統(aJax-IM system)。aJax-IM 系統程式，仍然採用網頁瀏覽器作為程式運算的平台程式，程式執行畫面如圖 4.16(a)所示，為成員成功登入系統後之介面程式畫面。aJax-IM 系統的主要目的，係作為文字溝通的分散式通訊工具，程式執行畫面如圖 4.16(b)。

本研究的實作代理人程式系統主要只是採用 aJax-IM 文字通訊功能，作為代理人程式夥伴查詢、溝通訊息傳送等基本通訊機制。主要的系統發展還是依據第 4.2.2 節用戶端資料群集之實作程式整合 aJax-IM 文字通訊功能模組程式。如此，應用此代理人程式系統之使用者，不但可以分處各地相互利用文字方式相互對話，同時也擁有用戶端資料群集之功能，將溝通的文字訊息或專業知識的溝通概念，全部由使用者決定是否儲存於在地端資料庫內，用以日後「概念知識擷取」的資料來源。

此外，由於整合了資料群集之實作程式，與第 4.2.2 節之實作成果相同。因此，代理員程式系統，首先，提供使用者搜尋全球資訊網的能力；其次，能處理多媒體等異質資訊如圖 4.16(c)，最後，將具有儲存於在地端資料庫中的資訊予

以再利用的可能性，如圖 4.16(d)。

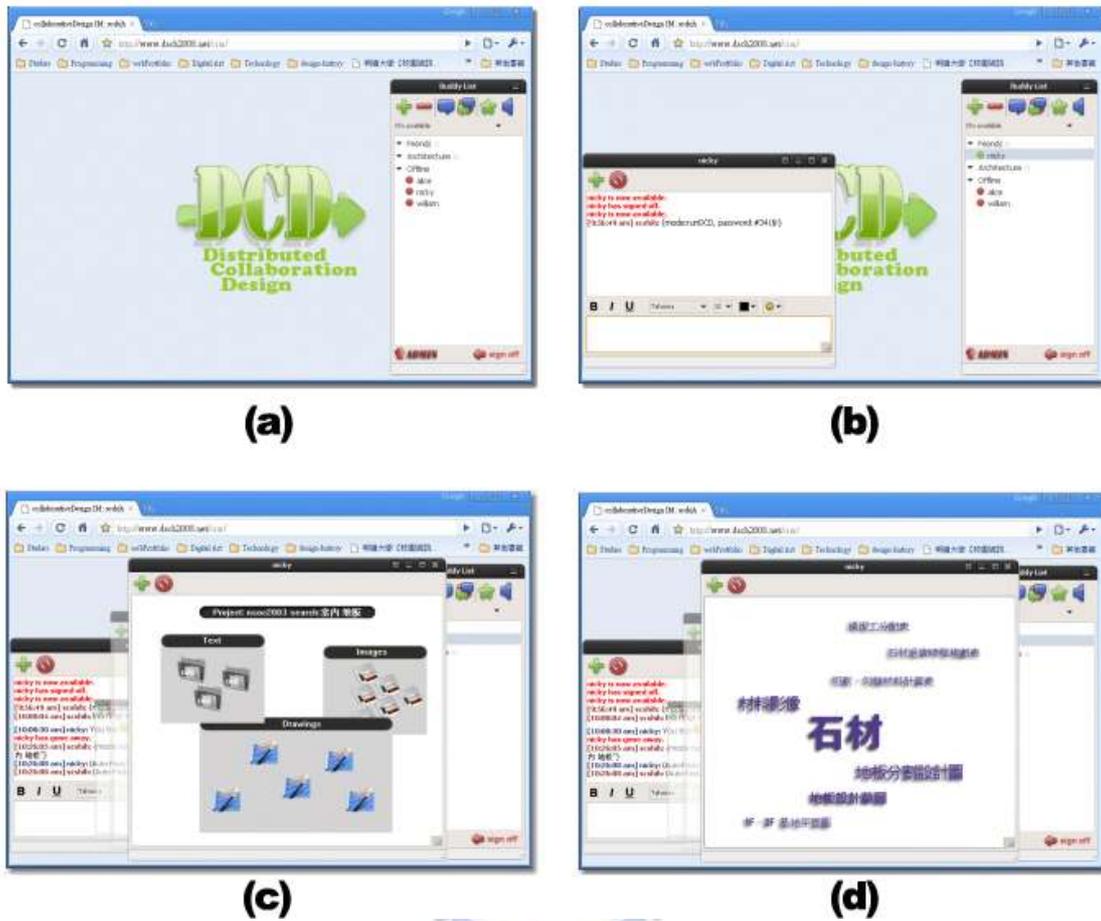


圖 4.16 代理員程式系統程式執行畫面

4.3.2 概念知識擷取模組

概念知識擷取源自於資訊分類與搜尋，而資訊分類與搜尋係屬資料挖掘技術的相關研究。資料挖掘 (data mining)，也稱為資料採礦、資料探勘。它是資料庫知識發現 (knowledge-discovery in databases, KDD) 中的一個步驟。資料挖掘之主要目的是從大量的資料中搜尋隱藏於其中的有著特殊關聯性，屬於關聯規則學習 (association rule learning) 的資訊處理過程。資料挖掘為電腦科學研究領域，透過統計運算、線上分析處理、情報檢索、機器學習、專家系統 (依靠過去的經驗法則) 和模式識別等諸多方法來實現上述目標。

本研究採用的資料挖掘技術主要參考 Herlocker (2000) 所發表的博士論文中所提出的「詳盡推薦」同質資訊運算法(exhaustive recommender, EX-CR)，本論文隨後將以 EX-CR 法稱之。有關其運算法則，分述如下。

在大量資料堆裡要是著尋找資料間的關聯，就是 EX-CR 法的主要目的。它的演算法並不複雜，但卻能非常有效地理出資訊中的可能關聯。首先，排列兩個代關聯的資料串列 U, I 之排名值的矩陣，如表表 4.4 所示。其次，依據橫排的資料串之各排行值(如 $U1=[5,x,x,2]$, $U2=[x,x,3,4]$ 等)，計算各橫排相互之間的相似度(統計之積差相關值，用以檢驗資料間是否存在線性相關的關係)，依據相似度尋找各自最高相似質之資料作為鄰座資料，應取 20 個以上的鄰座資料當成夥伴群聚。選擇自己沒有排行值的項目 ($U1=[I2]$ and $[I3]$)，依序利用夥伴群聚的相對應排行值，計算算數平均數(以 $U1$ 的 $I2$ 為例，則 $U3=5$, $U4=5$, $U5=4$, $U6=3$ ，則 $U1$ 的 $I2$ 的計算結果為 4.25)，即為該項預測值。最後，計算所有的預測值，則每一個 U 都會有高低不同的排行值，將其降冪排列，則可求得每一個 U 最推薦的項目 I 。

表 4.4 關聯的資料串排名值矩陣表

	I1	I2	I3	I4
U1	5	x	x	2
U2	x	x	3	4
U3	2	5	x	2
U4	2	5	4	2
U5	x	4	x	2
U6	4	3	4	x
U7	4	5	x	3

本研究認為，儲存於使用者在地端的資料群集內之溝通資料，係針對合作式建築營造協同作業的主題性溝通之料，有別於一般網路隨機瀏覽的資料。因此，這些資料存在時間相關與使用頻率相關的特性。亦即，資料產生的時間越相近則該對資料就越有高相關性，而該資料對 (data pair) 同時相鄰近的時間被儲存的頻率越高則，兩者也就越相關。將這種資料相關性視為上述 EX-CR 法之資料排行值，則溝通雙方的資料則可依據前段 EX-CR 演算法則，即可計算資料的相似性(統計之積差相關值)，如圖 4.17 統計之積差相關值計算所示。以及計算使用者的熟悉程度(推薦值)，如圖 4.18 使用者資訊熟悉程度之相關矩陣所示，用以獲得知識熟悉相近的夥伴列表。其次，參考最為相近的夥伴知識即可對自己不熟悉資訊給予可能的預測，如圖 4.19 預測值計算。進而對資訊獲得較全盤的認識。

另外一項重要的資訊再利用的方式，則是將前段說明之知識熟悉相近的夥伴列表轉化成為群聚圖 (graphicViz) 的繪畫指令，如圖 4.20 程式自動化產生群

聚圖指令，再利用 graphicViz 以視覺型態展示團隊成員間對資料的熟悉程度分布圖 (如圖 4.21 三種相似概念群聚分布圖所示)。藉由這種視覺關係圖，讓合作過程中各團隊成員有機會理解，相互之間的概念知識歧異度有多大，作為判斷是否應當選擇成本較高的面對面溝通方式，消弭歧見。

例如，以建築營造案為例子，設計師團隊的成員間明顯有較高的共識，然而與承包廠商的工程師認知就會有明顯的差距。而不同的設計資料之解讀，往往是造成溝通阻礙的重要原因之一。然而，如果有相關的視覺呈現指標，能適時顯示兩個團隊的差異大小。當發覺兩個團隊的差異有越來越大的趨勢時，適當的面對面溝通則可能消弭重大的歧見，如此對團隊的溝通效能則將有顯著的助益。因此，這樣的視覺呈現則可視為溝通惡化的先期指標，將溝通不良問題在朝向惡化方向發展之前，即可事先發覺，即時加強溝通。

本研究以用戶端資料群集的資料，運用資料挖掘技術 EX-CR 運算法，將溝通資訊轉再利用，轉換成溝通資訊的相似度，進而有效分類資訊，提高這些異質資訊整理的效能，當溝通資訊逐漸擴增且同性質資訊有高頻率的重複後，這些分類後的資訊關係即可作為新資料的說明資訊 Herlocker (2000)。這樣的說明資訊，對剛加入合作團隊的新成員，是非常重要的學習輔助材料，順利引導新成員將各高度相關的資訊相互參照，有效降低大量瀏覽資料所消耗時間成本，增進溝通效能。

此外，溝通成員對資料的熟悉度，還能再次運用。將不同團隊成員的概念知識，解讀為專業資訊的認知程度，是合理的。因此，成員間對專業資訊的認知差距，繪製成群聚分布圖，可以更直觀的方式理解團員間的概念知識之差異程度。進而將這些差異作為溝通會議舉辦的依據之一，將有效運用一定管理成本的限制下，達到最大的溝通效益。

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X										
U:1	x	3	3	4	1	4	3	1	3	2	1	3	4	1	2	4	3	2	2	2	1	1	4	4	4	4	4	3	2	3
U:2	2	4	x	3	x	1	x	2	1	3	3	2	3	x	x	x	x	3	x	4	4	x	3	3	x	3	1	x	4	3
U:3	3	1	2	x	x	1	2	3	x	2	x	1	4	1	x	1	4	x	4	1	x	x	x	x	4	x	1	1	1	2
U:4	3	2	3	x	4	3	4	x	2	2	2	3	3	4	4	4	4	1	x	1	1	3	1	2	3	3	1	x	4	x
U:5	2	x	1	x	3	2	4	x	1	2	4	x	4	4	2	2	x	4	x	2	2	4	4	x	4	3	4	2	1	4
U:6	1	x	2	3	3	4	3	1	x	1	x	2	4	1	1	x	x	1	1	x	x	1	x	x	4	x	4	2	2	x
U:7	x	4	2	3	x	3	4	4	1	1	3	1	3	3	4	1	1	4	4	2	1	1	x	3	3	3	4	1	x	4
U:8	3	x	2	x	x	3	4	3	3	4	2	x	2	3	4	x	1	4	1	2	x	2	3	1	1	x	2	x	x	2
U:9	2	3	4	1	1	2	3	2	4	4	3	4	4	2	3	3	3	1	2	1	4	1	3	3	2	2	2	2	1	4
U:10	2	1	4	4	4	4	3	1	3	x	3	2	3	4	x	x	x	2	1	x	2	1	2	4	1	2	1	3	1	1
U:11	4	2	x	x	x	x	1	x	1	3	2	x	x	4	x	2	4	x	4	2	x	x	4	3	x	3	2	4	4	
U:12	4	3	x	3	1	x	4	2	1	1	x	x	x	3	4	x	3	3	3	1	2	x	3	2	1	3	4	3	x	4
U:13	3	4	2	x	x	4	2	1	3	3	1	x	2	4	4	2	2	4	1	3	3	4	4	3	3	4	1	4	x	4
U:14	3	4	2	2	2	2	4	4	4	x	x	x	x	3	x	x	x	x	3	x	4	x	1	1	2	x	1	1	x	
U:15	x	x	1	x	x	1	x	2	x	x	4	1	4	x	2	x	x	x	x	2	4	x	4	x	1	4	2	3	x	1
U:16	x	1	3	1	1	4	4	3	2	x	3	4	1	1	x	3	3	4	x	4	x	x	1	4	4	4	x	1	3	3
U:17	x	4	3	2	3	1	x	x	x	4	x	3	x	4	x	2	4	2	4	x	2	2	1	x	x	1	4	x	4	3
U:18	2	4	4	x	x	3	4	4	x	2	2	4	1	1	x	x	2	3	1	4	1	3	4	4	1	3	4	x	3	2
U:19	1	4	4	2	1	3	1	2	1	2	2	3	4	4	1	4	3	3	4	1	3	4	3	2	4	3	3	x	4	2
U:20	1	2	x	1	x	4	1	1	x	x	2	4	3	2	x	4	2	2	x	2	4	x	3	2	1	2	x	2	3	2

圖 4.17 統計之積差相關值計算 (Conceptual data raking)

	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8	U:9	U:10	U:11	U:12	U:13	U:14	U:15	U:16	U:17	U:18	U:19	U:20	
U:1						1			5		4	2						3		6	
U:2					6						5		2			1		4		3	
U:3				4	1		5		6						3		2				
U:4			3							1	6	4					2			5	
U:5			3			5	1					2		6	4						
U:6	1				2		5			3										6	4
U:7			4		1	5		6			3	2									
U:8							6			4		5	2	1					3		
U:9			4							6				2			5				1
U:10	5			1		2		3			4		6								
U:11	5						2			6		3	4				1				
U:12	4			5	2		1	6			3										
U:13	6	3						1	5	5	2										4
U:14					4				5			6				2				3	
U:15		1	4		2						5		3								6
U:16	3			6			4				1								2		5
U:17		3	1	2					6					5							4
U:18	3						5	4				6		1		2					
U:19	3	2			4	6											5				1
U:20	5					3			2	6			4								1

圖 4.18 使用者資訊熟悉程度之相關矩陣(Correlation matrix)



圖 4.19 預測值計算 (Predict recommender value)



圖 4.20 程式自動化產生群聚圖指令 (create graphic commands)

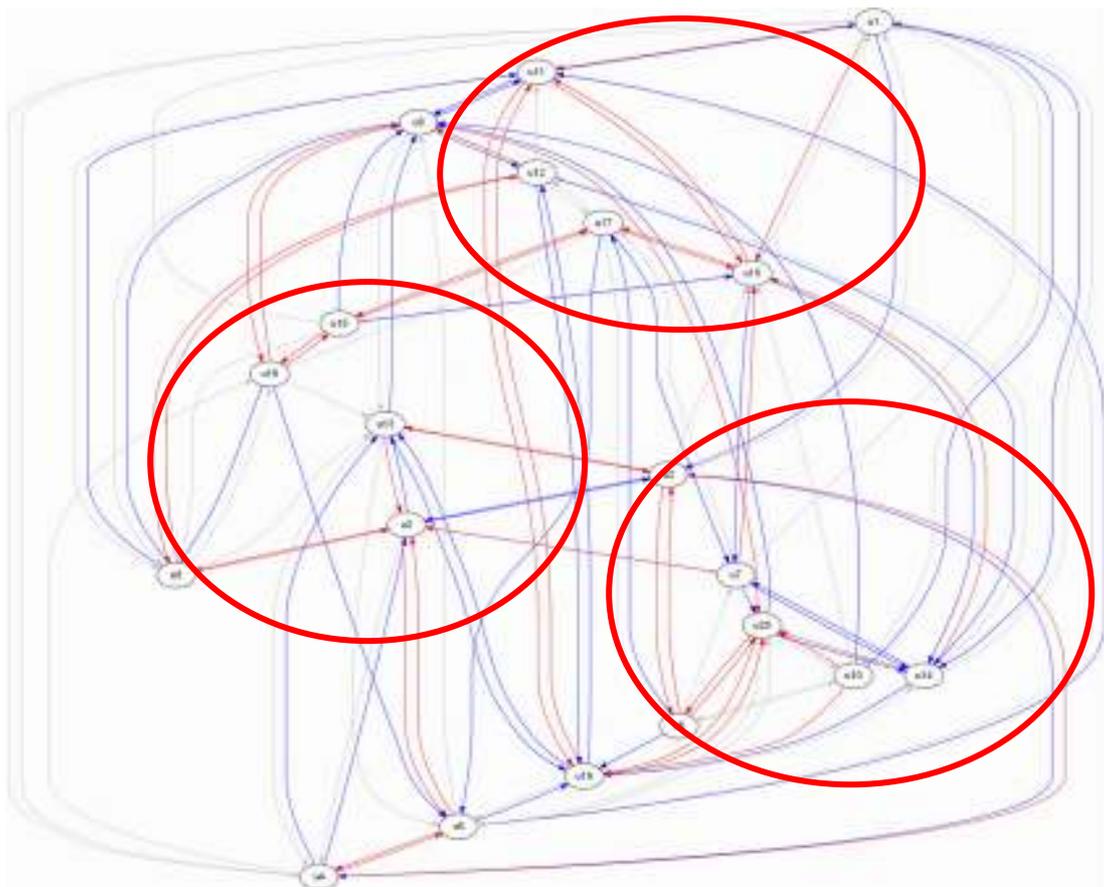


圖 4.21 「相似概念」群聚分布圖 (3 clusters of similar concept group)

第五章、 實際案例應用與分析

本研究的主要目標之一，就是希望能有別於一般合作式設計研究，直接探討實際合作式建築營造案例的溝通問題。大部分的相關研究都是將研究主力集中在溝通料型態或溝通模型上，而系統模式之驗證，則大都採用實驗資料或教學相關的資料。本研究認為，有限的實驗資料可能可以提供部分問題的解答，然而因應益競爭的建築營造業，能以實際案例資料作為應用對象，則有助於實務問題之釐清，增進合作之效能。

5.1 實際案例一：「科學園區大鵬廠室內裝修工程」

首先本研究將以室內設計營造的合作專案—「科學園區大鵬廠室內裝修工程」，作為收集整理溝通資訊的標地。並且以不同專業團隊之間的溝通資訊，作為系統應用與分析的主要資訊來源。其分析結果將用以探討「分散式合作建築營造系統」能否解決溝通問題，達成以下兩個主要目的：(1) 運用易學易用的溝通環境，降低分散式合作設計「異質資料」溝通運算的隔閡，促進不同專業間的溝通；(2) 藉由概念知識的擷取，營造分散式合作設計之「概念共享」(share concept) 環境。作為系統評估的主要基準。

本案例之工程名稱雖然為室內裝修工程，然而廠址原為傳統 CRT 的生產基地，為竹科之標準廠房。業主委託將其室內空間全數改建為適合電子業系統單晶片(system on chip, SOC) 設計公司之辦公空間。由於基地原有條件的特殊性，以致面臨的設計與工程問題遠比其他室內裝修工程複雜，實為典型多專業團隊之合作式建築營造專案。

此外，由於專案之工期實在太短，實際施工時程僅八個月，而實際完成一萬一千平方公尺的室內辦公空間的整修工程。施工期間，部份廠商為了及早啟用，工程尚未完工時，即有相關設計公司進駐使用，呈現多業主的複雜狀態。以致部份資料呈現的結果可以看出與合作設計營造過程，並不完全相關。尤其是未來的進駐廠商，各有喜好，其需求又未能被廠區主要業主所接受，也未能納入設計需求範圍內來加以滿足這些廠商的需求。造成為數不少的會議記錄，並沒有後續的相關資訊紀錄發生，導致完全無法找出關聯資訊，致使資料分析嚴重受到干擾。因此，這部分的資訊，只採用與工程時程直接相關的資訊，如完成工程發包時即發送相關公文告知即將進駐的廠商，工程合約的時程。其他，如進駐廠商的設計需求，由於並未直接納入設計規範，因此，均未納入分析。

5.1.1 案例一基本資訊

科學園區大鵬廠室內裝修工程，為國家重大發展計畫—綠色矽導的子計畫之一。受導多方的矚目，也因為如此，許多不甚合理的工程需求，都在這個前提下接受，導致設計、營造的溝通更為複雜。

廠區位於新竹科學園區內，佔地達七公頃，主要為一棟佔地約為兩萬坪方公尺(6,500 坪)之四層樓大廠房(詳細面積，見表 5.1)、一棟四層辦公樓房一間大機電設備廠房、一處廠區自設的高壓變電站。此外，廠區均為綠地與平面停車場空間，廠區平面配置圖，見圖 5.1。

本案例主要涵蓋的工程範圍有：(1)大廠房內需要更新的室內空間外；(2) 大廠房四周的玻璃帷幕牆新設工程；(3)大廠房南側入口的更新工程，包含廠區主要大門到此入口之戶外空間改善，主要工程項目為道路工程與植栽工程。其中，大廠房內部空間更新工程，包括原有廠房隔間敲除、辦公空間新設、原有內外排水整修、機電與消防等新設工程，工種非常繁雜，不亞於任何新建工程。

本案參與的人員由初期(2003 年 5 月)業主與研究單位的規劃與研究，接著廠區請原始設計師，重新評估室內機電設備的再利用採購計畫。廠區開發規劃案大致決定後，隨即進入工程設計階段，由業主提出廠區使用需求，由研究單位組織設計師與行政團隊合作進行評估與設計。由於時間壓力，本專案另由設計師組織專案管理團隊，協助設計團隊進工程細部設計與預算之審查與工程事務之協調與管理。

2003 年 12 月統包制度之工程營造團隊正式開工，由設計師規劃設計完成的規劃設計圖，則交由得標廠商接手製作施估細部圖。隨即大量的現場工程人員管理人員進駐廠區，其中包括拆除、清運、鋁門窗、玻璃帷幕、輕隔間、泥作、石材工、瓷磚工、水電、消防、機電、高壓重電等工種開始陸續進廠施作。為確保工程品質，本案另有專業土木技師執行駐地監工作業。在工程初期，由於採統包制度，因此在細部設計尚未完成前，既已開始施工，明顯增加設計與營造之間的溝通需求。由於工種繁雜，本研究僅以最大類別區分專業團隊，說明如後。A: 建築師(規劃設計單位)、B: 土木技師(監造單位)、C: 營造廠商(營造單位)、D: 業主、E: 專案管理(工程管理單位)。其中業主即為廠區所有人，非工程完工後之進駐承租廠商。

表 5.1 室內工程範圍(面積計算，單位: m²)

樓層	第一期新建	第二期新建	合計
1F	15,795.5	5,698.24	21,493.74
2F	4,033.95	150.87	4,184.82
3F	14,436.48	6,551.73	20,988.21
4F	6,238.30	2,891.23	9,129.53
1F+3F	30,231.98	12,249.97	42,481.95

資料來源：本研究整理

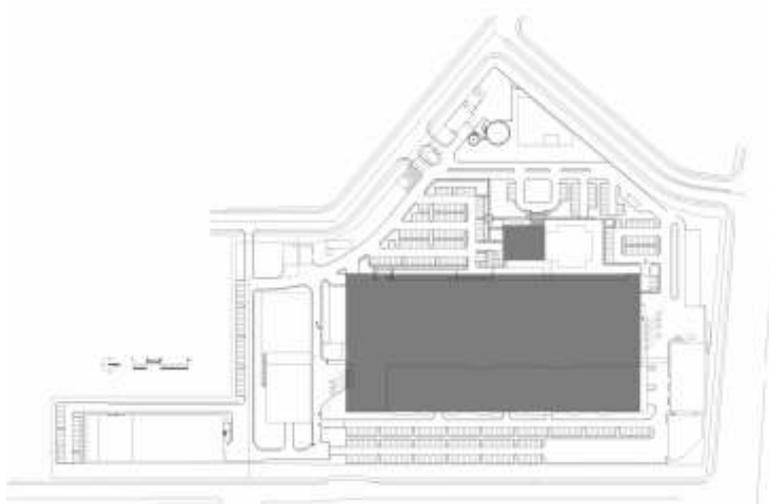


圖 5.1 廠區工程範圍平面圖

5.1.2 系統應用程序與結果分析

(1) 資料描述

本案實際參與的人數很多，專業領域與其子領域也很複雜，為求資料的分析結構清晰，本研究僅以最大類別區分 5 類專業團隊，包括 A: 建築師(規劃設計單位)、B: 土木技師(監造單位)、C: 營造廠商(營造單位)、D: 業主、E: 專案管理(工程管理單位)，其中業主即為廠區所有人，非工程完工後之進駐承租廠商。本節的所有分析、整理、同質性運算等所採用的資料均以此為分類基準，詳見表 5.2。

本專案有許多類型的資料，本研究以文字型態、圖片型態以及設計圖 CAD 型態等三個類別。這三種類別的資料在設計營造過程中分別由各個不同合作團隊產生、傳遞用以溝通協調與紀錄。其中，文字資料來自評估報告、設計溝通會議

記錄、工程協調會議紀錄、設計需求書、行政公文書(紙本與電傳郵件)、設計細部規範、工程施工規範、材料規格、估價單、材料表等等。圖片則包括設計參考案例圖檔、以及大量的施工照片。設計圖 CAD 型態的資料係工程施作的重要依據，為求傳遞之準確性與方便性本案統一採用 AutoCAD2000 版本格式，確保傳遞過程各單位都能相同的呈現結果。收集這些資料的工作本身就是耗費人力的作業，因此本案需由專人處理資料收發、紀錄、以及整合等工作，部分資料的詳細內容請參考附錄一「科學園區大鵬廠室內裝修工程—設計營造溝通資訊」。

這些資料的處理程序，除了原始負責單位產生外(如設計師產生設計需求規劃書，營造單位繪製細部施工圖等)，還必須正確且及時送達各相關單位。收受單位也會依據這些資料予以相關的回應、資料修正、或再傳遞。如此不斷往返的溝通流程，目的就在取得大家最大的共識，有這樣的共識，實體作業才能完成。因此，合作式設計營造的資訊溝通，實為能否成功完成設計營造專案的主要因素之一。

本案相關資料的收集與整理方法主要依據資料生產單位>事件>檔案格式>時間作為資料分類存放的依據。明顯的這樣的分類只能滿足資料記錄歸檔的需求，並不針對資料間的從屬關係做處理。因此，當資料數量累積到一定大小後，資料的搜尋與關聯問題就越來越大，主要的問題有：資料存放的邏輯知識只有整理資料的人員清楚；其次，所有資料均以檔案為儲存單位，個人電腦的作業系統針對檔案資料型式的資訊，只提供路徑、檔名、儲存時間等有限資訊。同時，檔案與檔案之間並不存在任何關聯性的資訊。然而這些關聯資訊卻是資料處理過程中最重要的參考資訊。如本專案經常性的工程會議，除會議記錄裡的文字資訊外(以 word 檔案型式儲存)，會議事前準備的資料如簡報檔、圖片檔、以及設計相關的 CAD 檔案，都與該會議相關。

然而，經由資料整理過後，很有可能會議資料歸類到開會路徑中存放，而圖片檔歸類為影像資訊和監工相片放在相同路徑下，最常見的情況式設計圖一定放回設計圖的路徑。如此，這些因為會議溝通後的資訊可能發生新事件，如應該參考某份文件資訊修改設計圖的內容。這樣的修改概念，只有與會負責的人才會清楚。甚至，時間一久，連修改的人都會忘記當初是哪一個會議決議修改的，除非設計師以工作紀錄單的型式，紀錄他所有的作業與作業相關資訊。會議結束後，決議的文字資訊與其他相關設計資訊，在檔案儲存的邏輯關係裡期間的關聯常少，僅止於路徑的安排。

此外，不同團隊所製造的資料細節往往不會相互傳遞與溝通。溝通會議只會呈現各自最後的結論資訊，設計發展的過程與考量則完全需要面對面溝通。然而，設計過程的資料如同設計思考一樣，是協助思考的重要資訊。因此，如何呈

現思考過程，本研究認為由資料的關聯著手是可行的方向。

本專案係於 2003 年 5 月開始規劃，至 2004 年 8 月 15 日完工，早期主要的資料來源有業主與設計規劃單位的設計需求擬定，廠區評估作業等。中期則主要以設計規劃與統包營造商之細部設計的溝通。以及施工過程的設計、品質、時程的問題的溝通與協調。完工前之後期則基於時間的壓力，主要的溝通資料均著重於完工的準備與超時趕工的協調與溝通。最後完工驗收會議，也是產生為數不少的會議記錄、完工圖說等資料。整體資料的彙整則參考表 5.2 工程資料種類數量彙整表。

表 5.2 案例一工程資料種類數量彙整表 (單位：檔案數)

專業類別	資料型態	早期*1	中期*2	晚期*3	小計
A:建築師(規劃設計單位)	文字	33	115	43	191
	影像	2,310	4,100	1,341	7,751
	CAD 設計圖	28	7	-	35
B:土木技師(監造單位)	文字	-	198	110	308
	影像	45	1,805	405	2,255
	CAD 設計圖	-	-	-	-
C:營造廠商(營造單位)	文字	15	56	27	98
	影像	-	442	1,100	1,542
	CAD 設計圖	45	137	32	214
D:業主	文字	35	15	25	75
	影像	-	-	-	-
	CAD 設計圖	-	-	-	-
E:專案管理(工程管理單位)	文字	66	-	79	145
	影像	-	-	-	-
	CAD 設計圖	-	-	-	-
合計	文字	149	384	284	817
	影像	2,355	6,347	2,846	11,548
	CAD 設計圖	73	144	32	249

資料來源：本研究整理(*1: 專案早期階段 2003 年 5 月~2003 年 12 月,*2: 專案中期階段 2004 年 5 月~2004 年 6 月,*3: 專案晚期階段 2004 年 7 月~2004 年 8 月。)

(2) 資料整理與分析統計

本研究主要目的在於，設計營造專案在分散式社群溝通過程中，如何增進溝通效能。在專案進行期間，合作團隊的成員，搜尋團隊間有意義的溝通資料，並加以儲存於使用者在地端的資料庫，當累積一定數量時這些溝通過程的資料，不但作為參考或提醒等訊息本身的價值外，更可以分析擷取資料與資料之間的關聯，用以理解其他專業知識或扮演提醒增加溝通需求的角色。

因此，本研究將整個收集整理過後篩選其中與設計營造直接相關的資訊作為分析標地，首先將整體資訊分成早期、中期與晚期等三個時期；其次，再將每個時期的資訊以專業區別為五大類的專業資料(其中包括 A:建築師、B:土木技師、C:營造廠商、D:業主、E:專案管理等)，最後，再依據資料型式區分為文字語義資訊 (檔案數量=817)、圖片影像資訊(檔案數量=11,548)以及設計圖 CAD 資訊 (檔案數量=249)等，整體資料量則有 12,614 個檔案，資料統計如表 5.2 所示，資料內容則請參考附錄一。

由於專案資訊係 2004 年整理完畢，本系統程式界面的發展在後，因此，有關資料庫的內容係以整底的資料，以人工輸入的方式逐筆建立，資料屬性包括(1)所有資料的作者所屬團隊；(2)建立日期；(3)資料完整路徑；(4)資料檔案名稱；(5)代表溝通訊息關鍵字集、以及與該檔案；(6)相關溝通單位，如表 5.3 在地端資料庫結構表。有關資料詳細內容，如附錄一所示。這些資料係儲存於，在地資料庫中「使用者概念」資料表 (user_concept table)，其欄位定義與說明，如下表 5.3 所示。

需要特別說明的是，這些人工輸入的資訊，已經盡可能減少對資料本身的干擾，如關鍵字必須出現在資料內容中，如文字檔案、試算表檔案中的文字，圖片資訊與設計圖的關鍵字集判斷，則以作者專業所及為之，儘量以能明確判斷的關鍵字表達，不確定的部分則留空白不作任何關鍵字的連結。當然，設些人工判斷的輸入資料，將造成原始資料一定程度的影響，將於分析與討論中說明。

表 5.3 在地端資料庫概念資料表欄位

	欄位名稱	資料型別	長度	備註
1	Url	text	可變長度	SQLite 採用最寬鬆的型別定義
2	CreatorUserId	text	可變長度	
3	CorrelatedUserId	text	可變長度	
4	Metadata	text	可變長度	
5	Timestamp	int	可變長度	

資料來源：本研究整理

(3)系統程序

本研究實作之「分散式社群合作系統」，其使用介面實作目的主要有兩個，首先，利用網頁通用資訊溝格式(HTML)，來涵括所有設計營造的資料類型，讓使用者沿用網頁瀏覽經驗，操作本系統。其次，實作使用者在地端的資料庫，儲存溝通資訊，作為分析再利用的資料來源。

有關使用者介面採用部分代理員程式 aJax-IM 模組程式，再加上本研究第 4.3 節所實作之「分散式社群代理員程式溝通資料模型」，程式碼則請參考附錄三之一單機資訊群集之程式實作原始碼。系統作業介面平台為係完全延續網頁瀏覽的經驗，實作出以網頁為基礎溝通平台的戴立員程式系統，其作業詳細程序如圖 5.2，主要有登入、邀請、對話、儲存等四步驟。以建築師與業主之溝通為例，當建築師團隊成員 A 進入系統完成登入認證後，即可發現其他成員是否上線等待對話，當成員 A 邀請業主團隊成員 B 對話成功後，即可進入實質對話的程序。溝通對話的過程，雙方均可自由決定是否需要儲存溝通資料，同時，也可以查詢自己在地端之先前溝通紀錄，成為提醒、追蹤、確認的重要紀錄。程式執行畫面則請參考本論文第四章之圖 4.16 所示。



圖 5.2 分散式社群代理員程式設計營造系統作業程序圖

基於這個線上對話、儲存的程序，成員 A 將累積許多非常重要的溝通資訊在自己的單機運算單元上，由於這些被儲存的資訊中所有連結到的其他資訊如實體會議記錄，設計師設計圖、設計需求書等，均有共同的關聯—即為「建築團隊成員 A 與業主團隊成員 B 的線上溝通會議」，因此。這些原本以檔案獨立存放在各地的資料，便可因為系統對話過程，以紀錄方式作聯結，此關聯示意圖，如圖 5.3 所示。

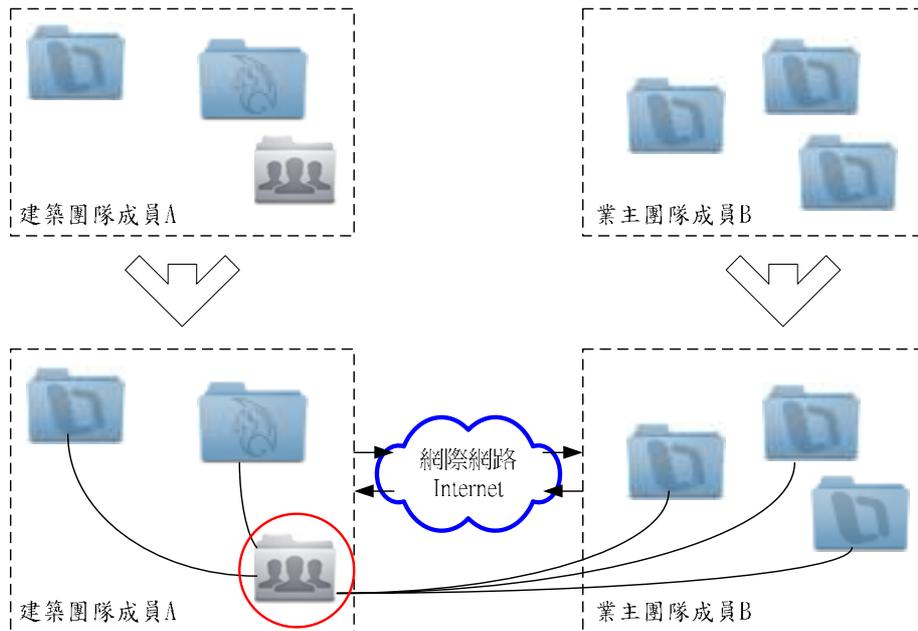


圖 5.3 分散式社群代理員程式在地端資訊群集之資訊關聯式意圖

(4) 在地端資訊群集資訊分析之分析與討論

為探討「分散式社群代理員程式在地端資訊群集」再利用之效能，擬將整體應用於本研究第 4.3.2 節實作之「概念知識擷取模組資料分析程序」，分析目的主要找出資料間的關聯性是否顯著，本節將利用同質分析法(計算法則，請參考第 4.3.2 節所示) 計算各合作團隊之同質性指標，其計算步驟與分析程序如下：

- (a) 首先，將所有專業之溝通資料加以收集整理，整體資訊分為早期、中期以及晚期三大部分，其次在個別時期中區分五種不同專業的資料，最後在每個不同專業中區分文字、圖片、CAD 設計圖等三項資料型態。再於每一種型態資料中，分別執行下列程序(b)-(d)。
- (b) 計算熟悉相對關聯指標：將每時期五個專業領域的資料內各隨機抽樣 2 組各 10 個文字檔案、5 個圖像檔案、以及 5 個 CAD 檔案，作為計算標地，如表 5.4 所示。其中 R1 則代表建築師 A1 之資料庫內對文字資料檔 T1 的關聯紀錄次數，作為 A1 對 T1 的熟悉關聯數 Rc_{a1} ，再將 Rc_{a1} 除以 A1 整體關聯數 Rt_{a1} ，即為 A1 針對 T1 之熟悉相對關聯指標 R1。相同的 R2 則代表土木技師 B1 之資料庫內對 CAD 資料檔 C1 的關聯紀錄次數，作為 B1 對 C1 的熟悉關聯數 Rc_{b1} ，再將 Rc_{b1} 除以 B1 整體關聯數 Rt_{b1} ，即為 B1 針對 C1 之熟悉相對關聯指標 R2。值得注意的是，如果關聯數為 0 則關聯指標應設為 x(未定義)，如表 5.4 中，B2 針對 T3 之熟悉相對關聯指標=x，代表在早期階段，土木技師並無相關的 T3 文字型資料的溝通紀錄，因為本案早期階段，

土木技師的專業勞務服務採購尚未公開招標，土木技師早期並無相關資料。

表 5.4 案例一之熟悉相對關聯指標，抽樣分類與數量(以設計早期為例)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
A 1	R 1																				
A 2																					
B 1																R 2					
B 2			x																		
C 1																					
C 2																					
D 1																					
D 2																					
E 1																					
E 2																					

資料來源：本研究整理

註 1：A1,A2=建築師，B1,B2=土木技師，c1,c2=營造廠商，D1,D2=業主，E1,E2=專案管理

註 2：T1~T10=文字型態檔案，I1~I5=影像型態檔案，C1~C5=CAD 型態檔案

(c) 基於上表 5.4 則可計算每一個人相對於其他人的統計積差相關指標，再將積差相關指標降冪排列，取前四名且相關值大於 0.6 者，則為該成員之溝通夥伴。亦即者群夥伴對相同資料熟悉度有高的同質性(代表溝通頻繁)，相反的非夥伴關係的其他成員則對相同資料熟悉度有高的歧異性(代表很少溝通)。

(d) 可將上述夥伴關係繪製成符號關聯圖(Symbolic Graphic)，繪圖程式係採用開源程式碼專案之 Graphviz 軟體繪製。其成果非常適合以視覺呈現方式解讀同質分析結果，如圖 5.4 所示。

(5) 結果與分析

(a) 設計早期

依據上述之資料計算程序所得的建築營造早期資料分析結果如後，五種專業團隊的積差相關值表如表 5.5 所示，團隊成員間的夥伴關係計算表如表 5.6 所示。

表 5.5 專案一早期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	2	4	3	3	x	2	x	x	2	x	4	2	x	2	4	2	1	x	3	3
U:2	2	1	x	1	1	x	2	x	2	2	x	4	3	3	x	x	1	2	1	x
U:3	x	1	4	x	x	x	4	4	x	3	2	x	x	1	1	3	1	2	4	x
U:4	4	1	1	3	1	x	2	3	x	4	x	x	3	x	2	4	4	4	x	x
U:5	1	4	1	4	2	2	4	4	3	1	x	2	2	2	3	x	1	1	3	4
U:6	3	4	x	x	2	3	4	x	x	2	1	3	2	x	x	x	x	2	2	1
U:7	2	4	3	2	4	1	x	4	x	4	3	4	4	1	1	3	3	1	2	3
U:8	x	1	1	x	x	3	x	x	x	4	2	x	x	1	2	3	x	2	x	2
U:9	4	2	2	x	1	4	4	3	2	2	4	2	x	x	4	2	4	3	x	2
U:10	1	2	x	4	4	4	2	3	3	3	4	x	3	x	4	1	x	1	x	1

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

表 5.6 專案一早期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

□	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8	U:9	U:10
U:1			0.02:4		0.65:1		0.08:3		-0.03:5	0.35:2
U:2				0.38:1		0.01:4	0.07:2	0.01:3	-0.04:5	
U:3	0.02:4				0.18:3	0:5	0.36:2	0.36:1		
U:4		0.38:3	-0.06:4				-0.25:5	0.84:1	0.38:2	
U:5	0.65:1		0.18:3			0.26:2	0.12:4			0.1:5
U:6		0.01:4	0:5		0.26:1		0.03:3		0.19:2	
U:7	0.08:4	0.07:5	0.36:1		0.12:3			0.15:2		
U:8			0.36:2	0.84:1			0.15:4		0.06:5	0.17:3
U:9	-0.03:5			0.38:1		0.19:2		0.06:4		0.13:3
U:10	0.35:1				0.1:4		0.01:5	0.17:2	0.13:3	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

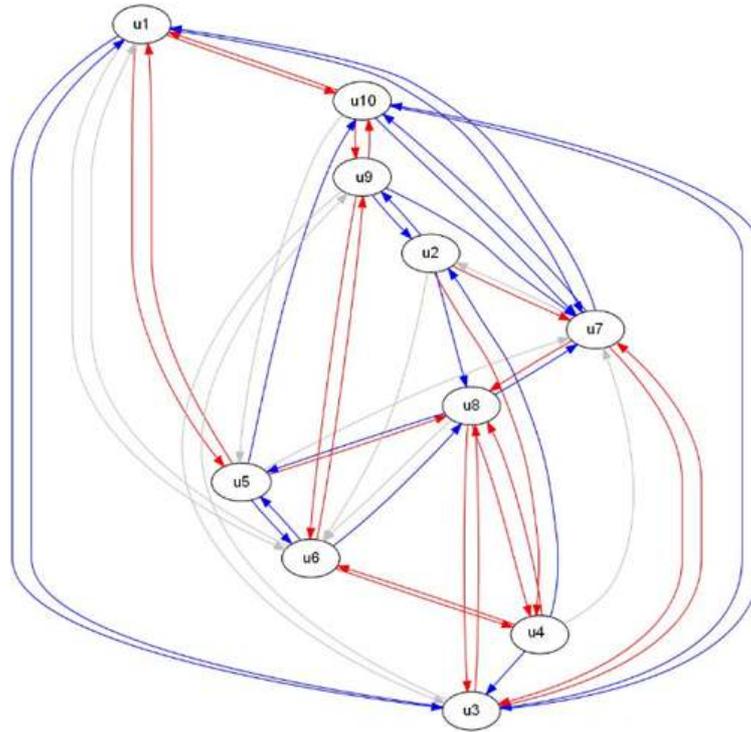


圖 5.4 專案一早期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

設計早期的工作以規劃設計為主，合作團隊集中在建築師、業主與專案管理等三個單位。因此，由圖 5.4 中可以清楚看到 U1,U2(建築團隊)與 U9, U10(專案管理團隊)以及 U7,U8(業主團隊)有較高的熟悉度。相對的 U3,U4(土木技師，監造團隊)，以及 U5,U6(營造廠商)則有較大差異，這與實際狀況明顯相符。

再進一步觀察圖 5.4 則發覺，業主團隊與設計團隊的往來，不若專案管理團隊來的密切，這與實際狀況並不十分符合，可能造成這種些微誤差的原因可能是取樣的數量與方式所造成的系統誤差。

(b)設計中期

本案例設計中期由於業主的需求已經大致底定，主要的作業已經進入細部設計與施工。因此，有關設計團隊與統包廠商之間的細部設計溝通會議開始密集舉行，而已經確定的設計工項目，即開始進行施作。因此統包廠商與駐地監工之間的工地會議，同樣也常常舉行。因此，除此之外的團隊合作機會相對減少許多。例如，業主與設計師團隊的會議由早期的每周一次，到中期以後則減少每個月不到兩次。同樣的，建築師與專案管理團隊的溝通，由設計規劃到工程預算審查，都需要大量溝通。一但這些工作告一段落後，專案管理團隊即轉向現場管理的工作，而較少與設計團隊直接往來。當然，這過程中，如果發生設計變更的需求，則各單位的相互整合又將密集展開，其團隊間的關聯可由表 5.7、表 5.8 以及圖

5.5 中清楚看出。值得注意的是，這些關聯並非一直固定不變，隨著實際溝通行為產生，則相互之間的遠近關係則隨之變化，表 5.7、表 5.8 以及圖 5.5 只代表某一小段時間片段的狀況。

表 5.7 專案一中期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	x	2	x	x	x	3	2	1	2	4	x	x	2	4	x	2	4	2	x	3
U:2	3	4	2	2	3	2	x	x	x	x	3	3	x	x	2	1	4	2	3	4
U:3	x	1	2	x	2	x	2	x	4	4	2	1	x	1	x	1	3	x	1	3
U:4	4	4	3	3	1	3	x	2	1	1	2	4	2	2	1	4	2	2	4	1
U:5	2	4	x	4	4	2	2	4	3	1	1	x	2	x	3	3	4	3	4	1
U:6	x	4	2	3	2	4	x	1	3	x	1	3	2	1	x	4	3	4	x	3
U:7	x	4	x	3	x	x	4	x	2	x	x	1	3	x	4	x	1	4	4	2
U:8	3	3	4	3	4	1	x	2	4	2	1	4	2	3	2	4	4	2	3	2
U:9	4	x	1	2	4	1	4	4	x	x	2	2	x	x	3	4	3	2	x	2
U:10	x	4	x	x	3	2	x	4	x	x	x	x	x	1	x	x	1	x	3	3

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

表 5.8 專案一中期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

U	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8	U:9	U:10
U:1		0.5:1	0.27:2	-0.29:5		-0.04:4		0.06:3		
U:2	0.5:1		0.45:2					0.04:5	0.05:4	0.16:3
U:3	0.27:2	0.45:1				0.01:3		-0.16:5	-0.16:4	
U:4					0.29:2	0.43:1	0.13:5	0.27:3		0.22:4
U:5				0.29:3		0.13:5		0.61:1	0.36:2	0.16:4
U:6				0.43:2	0.13:4		0.47:1	0.14:3		0.08:5
U:7				0.13:4	0.1:5	0.47:2			0.33:3	0.84:1
U:8	0.06:5			0.27:3	0.61:1	0.14:4			0.31:2	
U:9		0.05:5			0.36:2		0.33:3	0.31:4		0.44:1
U:10		0.16:5		0.22:3	0.16:4		0.84:1		0.44:2	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

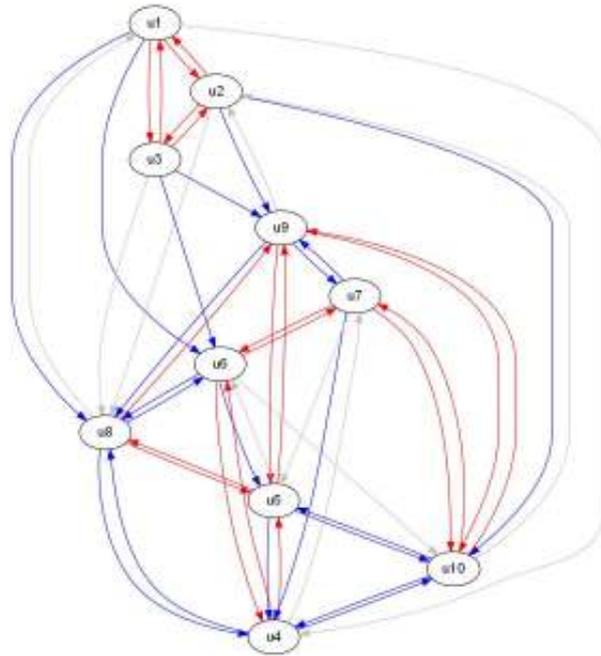


圖 5.5 專案一中期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

設計中期的工作則以細部設計、施工與監造為主，合作團隊集中在建築師、土木技師，監造團隊與營造廠商等三個單位。因此，由圖 5.5 中可以清楚看到 U1,U2(建築團隊)與 U3,U4(土木技師，監造團隊)以及 U9(專案管理團隊)以及 U7(業主團隊)有較高的熟悉度。相對的與 U5,U6(營造廠商)則有較大差異，這也大致與實際狀況相符。

而再進一步觀察圖 5.5 也能明顯發覺，同為專案管理團隊之 U9,U10 相去甚遠，顯示其資料本身的差異明顯，原因與資料量將對較少有很顯著關係。相同的，同為業主團隊之 U7,U8 也有分離的情況，然而與設計團隊的往來，不若監造團隊以及專案管理團隊來的密切，這與實際狀況是符合的。因此，綜合上述的分析，團隊間的關係仍能大致符合實際情形。

有關資料量大小懸殊的系統採樣誤差的影響，確實也可以從圖 5.5 的視覺關係圖中觀察得到。因此，資料收集、產生與紀錄的重要性，從專案中期的資料分析得到驗證。

(c)設計晚期

本案例設計晚期由於工程作業正緊鑼密鼓準備進入尾聲。主要的作業已經進入工程驗收階段。因此，有關工程建造團隊、專案管理團隊與統包廠商之間的工程檢核會議開始密集舉行，確定完工項目檢驗品質、清點數量以及製作帳冊準備移交清冊等作業與資料，開始陸續展開。建築師與專案管理團隊的溝通，由設

計規劃到工程預算審查，都需要大量溝通。一但這些工作告一段落後，專案管理團隊即轉向現場管理的工作，而較少與設計團隊直接往來。當然，這過程中，如果發生設計追加的需求，則各單位的相互整合又將密集展開，其團隊間的關聯可由表 5.9、表 5.10 以及圖 5.6 中清楚看出。同樣的，這些關聯並非一直固定不變，隨著實際溝通行為產生，則相互之間的遠近關係則隨之變化，表 5.9、表 5.10 以及圖 5.6 只代表某一小段時間片段的狀況。

表 5.9 專案一晚期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	2	4	x	4	1	1	x	4	x	1	4	2	x	2	x	4	x	x	x	x
U:2	x	4	3	3	3	x	1	3	3	x	1	x	3	3	3	1	3	4	1	2
U:3	1	1	3	3	1	2	1	4	x	4	3	1	x	4	x	1	3	x	4	3
U:4	1	2	4	4	4	x	4	x	2	x	3	2	x	2	x	4	3	2	1	3
U:5	2	4	4	4	2	2	x	3	x	x	x	x	x	x	2	2	x	x	1	3
U:6	2	2	3	x	3	4	x	2	x	1	4	2	3	1	4	1	1	3	3	4
U:7	2	2	1	1	4	4	4	4	3	2	2	3	x	4	4	x	3	x	4	1
U:8	2	1	1	1	3	3	3	4	3	4	1	1	3	1	3	2	3	3	4	x
U:9	1	1	2	x	2	x	3	x	x	2	2	1	2	4	x	2	1	4	3	4
U:10	x	4	4	3	1	4	x	3	1	x	4	2	3	3	1	x	1	x	x	3

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

表 5.10 專案一晚期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

□	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8	U:9	U:10
U:1			0.06:4	0.28:3	0.69:1	-0.07:5				0.49:2
U:2			0.05:2		0.69:1		-0.12:5	-0.09:3	-0.1:4	
U:3	0.06:5				0.08:4			0.29:2	0.5:1	0.2:3
U:4	0.28:2				0.43:1	0.09:3			0.02:5	0.07:4
U:5	0.69:2	0.69:1	0.08:5	0.43:4						0.62:3
U:6			-0.02:5	0.09:3				0.05:4	0.32:1	0.22:2
U:7		-0.12:5	-0.04:3			-0.04:4		0.57:1	0.19:2	
U:8		-0.09:5	0.29:2			0.05:4	0.57:1		0.23:3	
U:9			0.5:1			0.32:2	0.19:5	0.23:3		0.2:4
U:10	0.49:2		0.2:4		0.62:1	0.22:3			0.2:5	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)、E:專案管理(U9,U10)

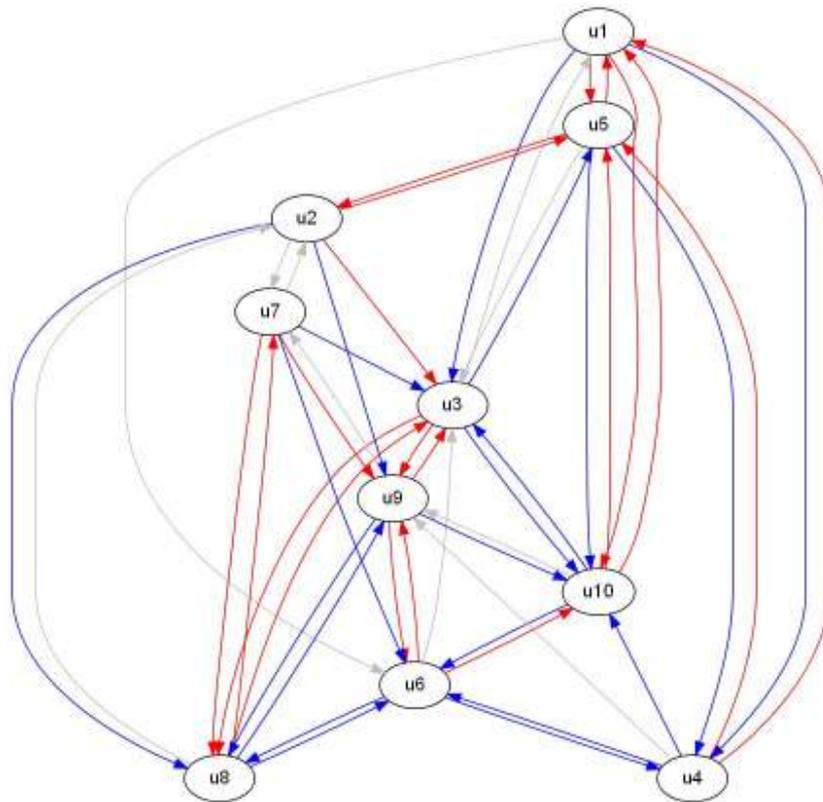


圖 5.6 專案一晚期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

設計晚期的工作則以設計與施工、驗收(專案管理、監造)工作為主，合作團隊集中在建築師、專案管理團隊、土木技師，監造團隊與營造廠商等四個單位。

由圖 5.6 中可以清楚看到 U1,U5,U2,U7 最為靠近，代表建築團隊與營造廠商、業主的溝通較為密切，這部分只有 U7 業主的關聯與實際強況不符，其他都與實際狀況非常一致。然而，圖 5.6 中也可以發現同樣代表業主的 U8 則是非常遠離設計與營造廠商等團隊，又與實際狀況一致。

建築師團隊以及業主之間的關聯，形成有緊密又疏離的矛盾的現象，在資料內容來看，如表 5.2 所示，文字資料早期有 35 件、中期有 15 件、晚期有 25 件，相對於建築師的文字資料早期有 33 件、中期有 115 件、晚期有 43 件。顯然相差太大。在統計取樣上有其實質的困難度。

5.1.3 綜合分析與系統修正方案

綜合上述分析得結果，可以看出，在專案早期建築師團隊與業主團隊之間的關聯最為密切，如圖 5.3 之 U1,U10,U9,U2 最為接近所示。而專案中期則以建築師團隊、建造團隊與專案管理團隊的關聯最為密切，如圖 5.4 之 U1,U2,U3,U9 最為接近所示。而專案晚期則以建築師團隊、營造廠商與業主的關聯最為密切，

如圖 5.5 之 U1,U5,U2,U7 最為接近所示。這些團隊之間相互關聯的結果，不但均與實際情況相符，更可以獲得以下幾點結論：

首先，為能有效在分散式合作環境中，降低溝通隔閡，本研究相信主要的問題在於系統的使用介面，它應該扮演化繁為簡的輔助角色，而不應該造成新成員的學習負擔。如前所述，國內常見的設計營造專案，大都採用專案管理企業所開發的管理系統，不但運算平台採用工作站級 (work station) 的運算單元，在其作業系統上就與個人電腦不同，屬於相對小眾的環境，一般的使用者無法靠一套介面完成個人使用與工作溝通兩種需求。原因是，不論使用介面或資訊傳遞方式均與一般個人電腦的習慣相去甚遠。

因此，本研究所提出的系統不但以個人電腦基本運算單元，先讓使用者作業系統層次統一，不但用戶端的學習成本減少一半，更可以讓企業在系統硬體維護成本，明顯降低。而系統之使用介面，則強調沿用個人瀏覽網頁的原有習慣，讓新接觸的使用者也能快速上手。因此，只要使用者容易學習，有能真正解決工作溝通與個人生活資訊兩大基本需求。則表示系統真正能夠協助使用者有效降低「使用運算單元上」的溝通隔閡，提高溝通意願。

其次，本研究也認為在資料處理問題方面，也可能是造成溝通隔閡的重要原因。例如，專為特定專案所建立之封閉型專案管理系統，主要強調系統整合與整體資料的處理效能。常見的資料處理策略則是採用一致的建築產品模型 (building product models, BPM) 或由喬治亞理工學院所提倡的建築資訊模型 (building information models, BIM)，兩者均以 Eastman (1999) 的研究為主要基本概念，認為將建築設計營造相關的知識概念，用一套標準的資料描述方法統整整個系統。主要的資料描述則以軟體工程的「物件」(屬性/方法對) 資料型態為其基本概念。然而，與前述工作站與個人電腦的硬體不相容的情形類似，各家工程管理系統對資料的描述模型均不相同，不同的管理系統之間的資訊與不同程式所產生的檔案一樣，很難直接交換。原本為了統一資料描述的目的而發展的資料模型，最後卻成為資料交換的障礙(Turk, 2001)。

例如，AutoCAD 檔案格式，由於其市場佔有率相當高，幾乎已經成為建築營造相關設計圖檔之主要傳遞格式。如同書籍，文章的文字檔案格式幾乎已經由 Microsoft Word 的 doc 格式統一，兩者的情形相同。因此，當建築營造專案開始時規範大家遵守一致的 AutoCAD 設計圖檔格式，作為設計圖的交換標準，也許不至於發生問題。然而，建築營造資料在格式上不斷地有新的需求產生，因應的應用系統也競相出現，在尚未出現主導格式 (dominate format) 前，會有一段混亂期，應用系統很多，各家選擇不同格式，最後的結果就是各自為政，無法傳遞溝通。這種混亂情況，以 3D 建築營造模型製作的格式最為典型，在平面線稿

的設計取得主導的 Autodesk 公司，也不見得在短期內能再一次統一立體物件模型的資料標準。當然，結果就是難以交換，甚至造成無法溝通。

解決之道，本研究認為，以目前而言全球資訊網的資訊流通量最大，幾乎找不到另一種不同的資訊傳遞溝通平台與之抗衡。而其通用資料格式 (HTML)，也是目前最開放的資料格式標準，由開放源碼機構(The world wide web consortium, W3C)持續管理維護，並不屬於任何商業公司，相較之下，較能以中立的角度開發通用資料格式，而比較不會落入無窮無境的商業競爭模式，而將使用者的權益放在一旁。因此，本研究的系統即採用目前，使用者最廣泛，介面最熟悉的網頁瀏覽器。

除了資料層級的溝通問題，採用網頁標準因應外，為了要解決合作式設計營造概念共享的問題，本研究結合溝通者在地端資料群集與資訊擷取技術，作為主要解決方案，這部分的推導與說明，請參考本論文第四章。其效益已經在模式推導過程中獲得初步的解答，確實成功浮現資訊間隱含性資訊。

在本節實際案例一的應用結果，也再一次，藉由資訊間關聯之同質性計算，結合 GraphicVIZ 之視覺化呈現的方式，讓合作的程成員們不用解讀繁複的統計數據，直接以圖形——「相似熟悉度群聚分布圖」來獲取概念知識，是本系統第一個優點。此外，不論在專案早期、中期或是晚期，其相似熟悉度群聚分布圖都能呈現各專業團隊合理的群聚關係，有效地指出相對溝通頻繁的單位，理解到雙方已經達到設計概念共享的目的。相反的，如果團隊間，其相似熟悉度群聚分布圖都能呈現相互背離的現象，則表示應該採取積極交換資訊以外的溝通方式，才能解決其漸行漸遠所引發不良溝通等問題。

因此，本系統在擷取概念知識的實作，經由應用分析結果，我們發現有兩種重要的功效：首先，能讓所有團隊快速理解，溝通雙方對相同資訊的熟悉度有多少差異。其次，可以依據樣的差異概念，最為溝通障礙的警訊，做到防範於未然的溝通監督作業。

然而，在應用分析過程，本研究也發覺許多實際案例應用的挑戰。首先，由於業主資料相對太少的情況下，資料的表現上極為分歧，原因是資料不可能全數納入計算，只能靠隨機取樣得到的結果來計算。這個統計上的系統限制，與本研究之系統設計屬於分散式社群代理員程式之本質是相符的。因為分散式社群代理員程式，在其團隊中任一成員不可能獲得所有資訊，每一個成員最初只有自己產生的資料，經過與他人的溝通協調，資訊相互傳遞的經驗(即為本系統之在地端資料庫儲存作業所獲得的溝通資訊)，才會獲得他人的概念與知識。逐漸累積的結果，才會對其他團隊的資訊越來越熟悉。

最後，經由社會對話行為所產生的溝通經驗，明顯地能夠協助合作式設計營造之協同作業之結果，正與 Dong(2005) 以及 Cross and Cross(1994) 所提出之論點相符。即為「積極性的設計產出」(積極作設計)與「在設計階段中具有一致性之各種不同形式語義溝通」(積極溝通)，這樣的社會性對話行為之間有著明顯的正相關。

5.2 實際案例二：「屏東市商業辦公大樓新建工程」

同樣的，本節再以作者本身實際參與設計監造的建築案例「屏東市商業辦公大樓新建工程」之設計營造溝通資訊，作為系統之應用與分析的主要資訊來源。其應用目的也相同，解決以下兩問題為主要目標：(1) 解決分散式合作設計「異質資料」溝通運算的隔閡；(2) 達成分散式合作設計「概念知識」共享環境。

不同的是，系統將先依據上節的結論，逐步修正系統，再以案例二的資訊作為「修正系統」再檢核的資料基礎。有關修正系統主要有兩個方向：(1) 因資料採樣所造成的系統誤差，必須修正；(2) 資料量大小差異太大，導致統計困難，也需要修正。前者，將以多次取樣，再求取平均數的方式來提高採樣準確度。而後者則又回到「積極溝通」的問題上，鼓勵積極收集溝通資訊，才能根本解決。

本研究接下來將以商業辦公大樓新建工程，作為收集整理溝通資訊的標地。並且以不同專業團隊之間的溝通資訊，作為系統應用與分析的主要資訊來源。其分析結果將用以探討「分散式合作建築營造之修正系統」能否解決溝通問題，達成以下兩個主要目的：(1) 運用易學易用的溝通環境，降低分散式合作設計「異質資料」溝通運算的隔閡，促進不同專業間的溝通；(2) 藉由概念知識的擷取，營造分散式合作設計之「概念共享」(share concept) 環境。作為系統評估的主要基準。

本案例為台灣最為常見之四層樓辦公空間新建工程。但是，由於基地在台灣最南端，而兩位主要的設計師來自台北與台中，讓原有單純的條件，增加許多異地溝通的複雜度，實為典型分散式多專業團隊之合作式建築營造專案。

此外，由於商業使用(證券公司)的目的，專案之工期也和案例一相同非常短，實際施工時程僅 12 個月。同時，專案尚未開始，已經確定承租廠商，因此還是有多業主需求的問題，商方將互干擾，圖增溝通困難度

5.2.1 案例二基本資訊

屏東市商業辦公大樓新建工程，為常見之四層樓辦公空間新建工程。工程基地位於屏東鬧區內，交通的干擾與施工面不足的問題，經常發生。建築基地投

影面積 280 平方公尺，作為一棟四層辦公樓房一座室內電梯、一處電力公司要求設置的高壓變電箱。此外，法規檢討需要兩個平面停車位，建物平面配置圖，見圖 5.7。

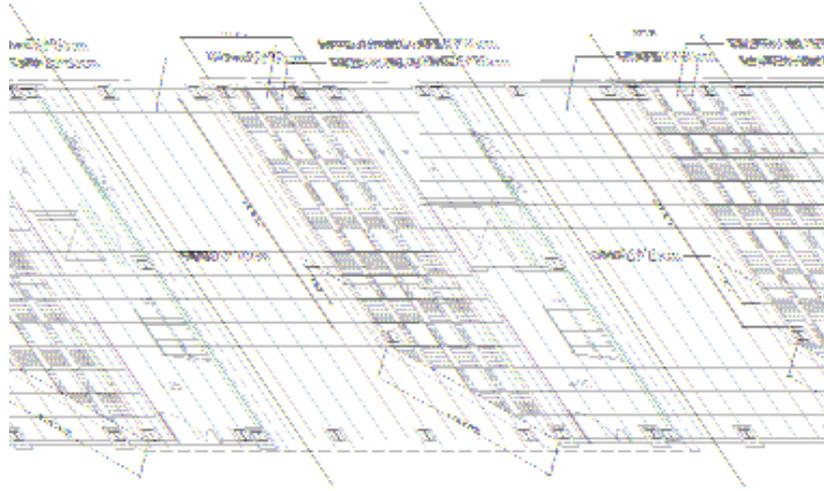


圖 5.7 屏東商業大樓平面圖

本案參與的人員由初期(2004 年 12 月)業主、承租廠商與建築師(設計單位)，評估進駐廠商的空間需求主要包括證券交易櫃檯(受證交所規範)、銀行收付櫃檯(與滿足銀行兩個職員的座位需求、保險箱背面牆厚至少 20 公分等限制)、電視牆、顧客休息區、查價電腦 10 台、無障礙空間、殘障廁所等等，由業主提出基本需求，由建築與結構技師團隊合作進行評估與設計。由於時間壓力，本專案另由兩位主要設計師組織監造團隊，協助設計團隊進工程細部設計與預算之審查與工程品質控管之協調與管理作業。

2005 年 2 月工程營造團隊正式開工，由設計師規劃設計完成的規劃設計圖，則交由得標廠商接手製作施估細部圖。隨即大量的現場工程人員管理人員進駐廠區，其中包括拆除、清運、鋁門窗、石材外牆、輕隔間、泥作、瓷磚工、水電、消防、機電等工種開始陸續進廠施作。在工程初期，高雄廠商沒有屏東當地地下包廠商的資源，每每需要遠從高雄工地調撥工人支應，明顯增加設計與營造之間的溝通需求。由於工種很多，本研究僅以最大類別區分專業團隊，說明如後。A:建築師(規劃設計單位)、B:設計師(監造單位)、C:營造廠商(營造單位)、D:業主等四大類別。其中業主除為建造代表人外還有完工後之進駐承租廠商的公務經理級其團隊。

5.2.2 系統應用程序與結果分析

(1) 資料描述

本案實際參與的人數很多，專業領域與非專業領域（證券公司總務部門）也很複雜，為求資料的分析結構清晰，本研究僅以最大類別區分 4 類專業團隊，包括 A:建築師(規劃設計單位)、B:土木技師(監造單位)、C:營造廠商(營造單位)、D:業主等。本節的所有分析、整理、同質性運算等所採用的資料均以此為分類基準，詳見表 5.11。

本專案有許多類型的資料，本研究以文字型態、圖片型態以及設計圖 CAD 型態等三個類別。這三種類別的資料在設計營造過程中分別由各個不同合作團隊產生、傳遞用以溝通協調與紀錄。其中，文字資料來自評估報告、設計溝通會議記錄、工程協調會議紀錄、設計需求書、行政公文書(紙本與電傳郵件)、設計細部規範、工程施工規範、材料規格、估價單、材料表等等。圖片則包括設計參考案例圖檔、以及大量的施工照片。設計圖 CAD 型態的資料係工程施作的重要依據，為求傳遞之準確性與方便性本案統一採用 AutoCAD2000 版本格式，確保傳遞過程各單位都能相同的呈現結果。收集這些資料的工作本身就是耗費人力的作業，因此本案需由專人處理資料收發、紀錄、以及整合等工作，部分資料的詳細內容請參考附錄一「科學園區大鵬廠室內裝修工程—設計營造溝通資訊」。

這些資料的處理程序，除了原始負責單位產生外(如設計師產生設計需求規劃書，營造單位繪製細部施工圖等)，還必須正確且及時送達各相關單位。收受單位也會依據這些資料予以相關的回應、資料修正、或再傳遞。如此不斷往返的溝通流程，目的就在取得大家最大的共識，有這樣的共識，實體作業才能完成。因此，合作式設計營造的資訊溝通，實為能否成功完成設計營造專案的主要因素之一。

本案相關資料的收集與整理方法主要依據資料生產單位>事件>檔案格式>時間作為資料分類存放的依據。明顯的這樣的分類只能滿足資料記錄歸檔的需求，並不針對資料間的從屬關係做處理。因此，當資料數量累積到一定大小後，資料的搜尋與關聯問題就越來越大，主要的問題有：資料存放的邏輯知識只有整理資料的人員清楚；其次，所有資料均以檔案為儲存單位，個人電腦的作業系統針對檔案資料型式的資訊，只提供路徑、檔名、儲存時間等有限資訊。同時，檔案與檔案之間並不存在任何關聯性的資訊。然而這些關聯資訊卻是資料處理過程中最重要的參考資訊。如本專案經常性的工程會議，除會議記錄裡的文字資訊外(以 word 檔案型式儲存)，會議事前準備的資料如簡報檔、圖片檔、以及設計相關的 CAD 檔案，都與該會議相關。

然而，經由資料整理過後，很有可能會資料歸類到開會路徑中存放，而圖片檔歸類為影像資訊和監工相片放在相同路徑下，最常見的情況式設計圖一定放回設計圖的路徑。如此，這些因為會議溝通後的資訊可能發生新事件，如應該

參考某份文件資訊修改設計圖的內容。這樣的修改概念，只有與會負責的人才會清楚。甚至，時間一久，連修改的人都會忘記當初是哪一個會議決議修改的，除非設計師以工作紀錄單的型式，紀錄他所有的作業與作業相關資訊。會議結束後，決議的文字資訊與其他相關設計資訊，在檔案儲存的邏輯關係裡期間的關聯常少，僅止於路徑的安排。

此外，不同團隊所製造的資料細節往往不會相互傳遞與溝通。溝通會議只會呈現各自最後的結論資訊，設計發展的過程與考量則完全需要面對面溝通。然而，設計過程的資料如同設計思考一樣，是協助思考的重要資訊。因此，如何呈現思考過程，本研究認為由資料的關聯著手是可行的方向。

本專案係於 2004 年 7 月開始規劃，至 2005 年 12 月 15 日完工，早期主要的資料來源有業主與設計規劃單位的設計需求擬定，預算評估作業等。中期則主要以設計監造與營造商之細部設計的溝通。以及施工過程的設計、品質、時程的問題的溝通與協調。完工前之後期則基於時間的壓力，主要的溝通資料均著重於完工的準備與超時趕工的協調與溝通。最後完工驗收會議，也是產生為數不少的會議記錄、完工圖說等資料。整體資料的彙整則參考表 5.11 工程資料種類數量彙整表。



表 5.11 案例二工程資料種類數量彙整表 (單位：檔案數)

專業團隊類別		早期	中期	晚期	小計
A:建築師(規劃設計單位)	文字	20	55	15	90
	影像	60	189	231	480
	CAD 設計圖	16	6	6	28
B:設計師(監造單位)	文字	30	30	55	115
	影像	45	188	212	445
	CAD 設計圖	-	-	-	-
C:營造廠商(營造單位)	文字	15	56	27	98
	影像	-	158	200	358
	CAD 設計圖	10	10	-	20
D:業主	文字	10	5	5	20
	影像	55	26	43	124
	CAD 設計圖	-	-	-	-
合計	文字	75	146	102	323
	影像	160	561	686	1,407
	CAD 設計圖	26	16	6	48

資料來源：本研究整理(*¹：專案早期階段 2004 年 7 月~ 2005 年 2 月，*²：專案中期階段 2005 年 3 月~ 2005 年 8 月，*³：專案晚期階段 2005 年 9 月~ 2005 年 12 月。)

(2) 資料整理與分析統計

本研究主要目的除了原有探討設計營造專案在分散式社群溝通過程中，如何增進溝通效能外，更要依據案例一的問題所作的修正系統，加以驗證。在專案進行期間，合作團隊的成員，搜尋團隊間有意義的溝通資料，並加以儲存於使用者在地端的資料庫，當累積一定數量時這些溝通過程的資料，不但作為參考或提醒等訊息本身的價值外，更可以分析擷取資料與資料之間的關聯，用以理解其他專業知識或扮演提醒增加溝通需求的角色。

因此，本研究將整個收集整理過後篩選其中與設計營造直接相關的資訊作為分析標地，首先將整體資訊分成早期、中期與晚期等三個時期；其次，再將每個時期的資訊以專業區別為四大類的專業資料(其中包括 A:建築師、B:土木技

師、C:營造廠商、D:業主等)，最後，再依據資料型式區分為文字語義資訊(檔案數量=323)、圖片影像資訊(檔案數量=1,407)以及設計圖 CAD 資訊(檔案數量=48)等，整體資料量則有 1,778 個檔案，資料統計如表 5.11 所示，資料內容則請參考附錄二。

如同案例一的檔案設定，本案例沿用相同資料屬性包括(1)所有資料的作者所屬團隊；(2)建立日期；(3)資料完整路徑；(4)資料檔案名稱；(5)代表溝通訊息關鍵字集、以及與該檔案；(6)相關溝通單位，如表 5.3 在地端資料庫結構表。有關資料詳細內容，如附錄二所示。這些資料係儲存於，在地資料庫中「使用者概念」資料表 (user_concept table)，其欄位定義與說明，如表 5.3 所示。

需要特別說明的是，針對檔案內容的資料相對較少，因此，每次分析的採樣選擇方式，改採隨機抽樣三次計算關聯數，再求其平均值，力求降低採樣的系統誤差，以避免如案例一資料呈現不穩定之乖離現象。

(3)系統程序

本研究的系統時作經由案例一的應用證明，系統介面符合簡單明瞭的要求。主要的使用介面均為網頁瀏覽器，與一般搜尋網路資料一樣。因此本小節均沿用案例一相同係同程序，請參考第 5.1.1 之(3)節內容說明。

(4) 在地端資訊群集資訊分析之分析與討論

為探討「分散式社群代理員程式在地端資訊群集」再利用之效能，擬應用於案例一應用結果與分析所實作之修正系統，其計算步驟與分析程序如下：

- (a) 首先，將所有專業之溝通資料加以收集整理，整體資訊分為早期、中期以及晚期三大部分，其次在個別時期中區分五種不同專業的資料，最後在每個不同專業中區分文字、圖片、CAD 設計圖等三項資料型態。再於每一種型態資料中，分別執行下列程序(b)-(d)。
- (b) 計算熟悉相對關聯指標：將每時期四個專業領域的資料內各隨機抽樣 2 組各 0 個文字檔案、5 個圖像檔案、以及 5 個 CAD 檔案，作為計算標地。在此每次執行三回隨機抽樣，再計算其平均數，如表 5.12 所示。其中 R1 則代表建築師 A1 之資料庫內對文字資料檔 T1 的關聯紀錄次數，作為 A1 對 T1 的熟悉關聯數 Rc_{a1} ，再將 Rc_{a1} 除以 A1 整體關聯數 Rt_{a1} ，即為 A1 針對 T1 之熟悉相對關聯指標 R1。相同的 R2 則代表土木技師 B1 之資料庫內對 CAD 資料檔 C1 的關聯紀錄次數，作為 B1 對 C1 的熟悉關聯數 Rc_{b1} ，再將 Rc_{b1} 除以 B1 整體關聯數 Rt_{b1} ，即為 B1 針對 C1 之熟悉相對關聯指標 R2。值得

注意的是，如果關聯數為 0 則關聯指標應設為 x(未定義)，如表 5.12 中，B2 針對 T3 之熟悉相對關聯指標=x，代表在早期階段，土木技師並無相關的 T3 文字型資料的溝通紀錄，因為本案早期階段，土木技師的專業勞務服務採購尚未公開招標，土木技師早期並無相關資料。

表 5.12 案例二之熟悉相對關聯指標，抽樣分類與數量(以設計早期為例)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A1	R																			
A2																				
B1																R				
B2			x																	
C1																				
C2																				
D1																				
D2																				

資料來源：本研究整理

註 1：A1,A2=建築師，B1,B2=土木技師，c1,c2=營造廠商，D1,D2=業主。

註 2：T1~T10=文字型態檔案，I1~I5=影像型態檔案，C1~C5=CAD 型態檔案

(c) 基於上表 5.12 則可計算每一個人相對於其他人的統計積差相關指標，再將積差相關指標降冪排列，取前四名且相關值大於 0.6 者，則為該成員之溝通夥伴。亦即者群夥伴對相同資料熟悉度有高的同質性(代表溝通頻繁)，相反的非夥伴關係的其他成員則對相同資料熟悉度有高的歧異性(代表很少溝通)。

(d) 可將上述夥伴關係繪製成符號關聯圖(Symbolic Graphic)，繪圖程式係採用源程式碼專案之 Graphviz 軟體繪製。其成果非常適合以視覺呈現方式解讀同質分析結果，如圖 5.9 所示。

(5) 結果與分析

(a)設計早期

本專案的設計早期經過一段很長的討論規劃時期，主要是業主與承租使用單位需求未達共識。所幸當時沒有貿然進行工程，經過設計師居中協調，使得雙方取得共識後才進行，實質設計階段。因此，早期階段，最密切溝通的單位有業主與設計師團隊。在依據上述之資料計算程序所得的建築營造早期資料分析結果如後，四種專業團隊的積差相關值表如表 5.13 所示，團隊成員間的夥伴關係計算表如表 5.14 所示。

表 5.13 專案二早期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	2	4	4	3	x	x	x	2	x	4	3	2	x	1	3	4	4	1	4	3
U:2	x	4	1	x	x	3	4	3	x	x	4	3	4	x	x	1	x	3	3	4
U:3	3	x	4	3	3	3	3	2	x	4	4	4	1	4	x	1	3	x	4	x
U:4	2	4	1	2	2	x	3	4	x	x	x	2	x	x	1	1	x	4	3	3
U:5	3	x	1	4	2	3	1	x	x	4	1	2	3	x	4	x	x	1	x	x
U:6	1	2	2	4	x	1	4	3	2	2	x	x	x	x	x	4	4	4	4	4
U:7	2	3	x	1	1	x	3	x	4	x	x	4	x	x	1	4	3	3	4	3
U:8	1	2	3	4	2	3	1	4	4	3	2	3	1	3	1	4	4	2	1	1

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

表 5.14 專案二早期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

□	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8
U:1			-0.09:5		0.3:1	-0.01:4	0.19:2	0.09:3
U:2	-0.28:5		0.08:4	0.79:1	0.22:2	0.11:3		
U:3	-0.09:4	0.08:1		0.01:3			0.01:2	-0.09:5
U:4		0.79:1	0.01:4			0.14:3	0.31:2	-0.14:5
U:5	0.3:1	0.22:2	-0.28:4			-0.31:5		0.16:3
U:6	-0.01:4	0.11:2		0.14:1			0.11:3	-0.01:5
U:7	0.19:3		0.01:5	0.31:1		0.11:4		0.22:2
U:8	0.09:3		-0.09:5		0.16:2	-0.01:4	0.22:1	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

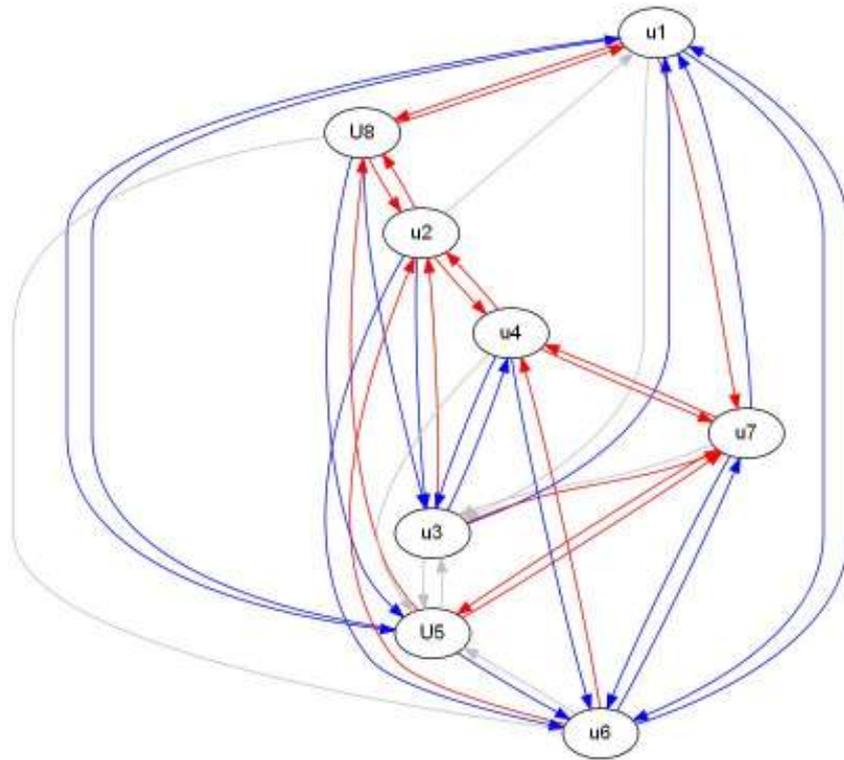


圖 5.8 專案二早期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

如前所述，早期階段，最密切溝通的單位有業主與設計師團隊。又由圖 5.8 中可以清楚看到 U1, U2 (建築團隊)與 U4 (設計團隊)以及 U7,U8(業主團隊)有較高的熟悉度，與實際狀況明顯相符。

再進一步觀察圖 5.8 也很容易發覺，U5, U6 (營造廠商)與其他團隊溝通很少，理由是，這個時期營造廠商尚未加入。

(b)設計中期

本案例之中期已經正式開工，主要工作有申請工地水電執照、向市府建管科申報開工、假設工程、基礎工程、選擇合法棄土場、辦理工安講習、鄰屋傾斜、塌陷等非破壞監測等等，主要的團隊關聯則如表 5.15、表 5.16、以及圖 5.9 所示。

表 5.15 專案二中期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	x	x	4	x	x	2	2	3	4	x	x	x	1	2	x	3	4	x	x	x
U:2	x	4	2	x	x	x	1	4	3	1	x	x	1	x	4	x	2	3	x	x
U:3	x	x	3	2	x	x	4	4	x	x	2	4	3	x	1	3	x	4	1	x
U:4	2	4	3	x	2	4	4	x	x	1	x	x	1	2	2	2	x	x	4	2
U:5	2	1	x	4	x	x	x	x	3	x	2	3	x	2	3	3	2	3	x	x
U:6	x	1	4	2	x	1	x	x	4	3	2	1	2	x	x	x	x	2	2	x
U:7	x	1	2	4	4	x	x	x	x	2	3	1	1	x	x	1	1	x	1	2
U:8	1	x	4	x	3	x	2	2	3	x	3	1	3	x	2	1	4	2	2	2

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

表 5.16 專案二中期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

□	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8
U:1		0.55:2			0.31:5	0.86:1	0.48:3	0.39:4
U:2	0.55:1		-0.31:4	0.35:2	-0.13:3	-0.31:5		
U:3	-0.08:3			0.01:2	0.01:1	-0.11:4		-0.18:5
U:4	0.27:2	0.35:1	0.01:4				-0.26:5	0.02:3
U:5	0.31:3	-0.13:5	0.01:4			0.36:2	0.51:1	
U:6	0.86:1		-0.11:5		0.36:3		0.28:4	0.8:2
U:7	0.48:2			-0.26:5	0.51:1	0.28:4		0.32:3
U:8	0.39:2		-0.18:5	0.02:4		0.8:1	0.32:3	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

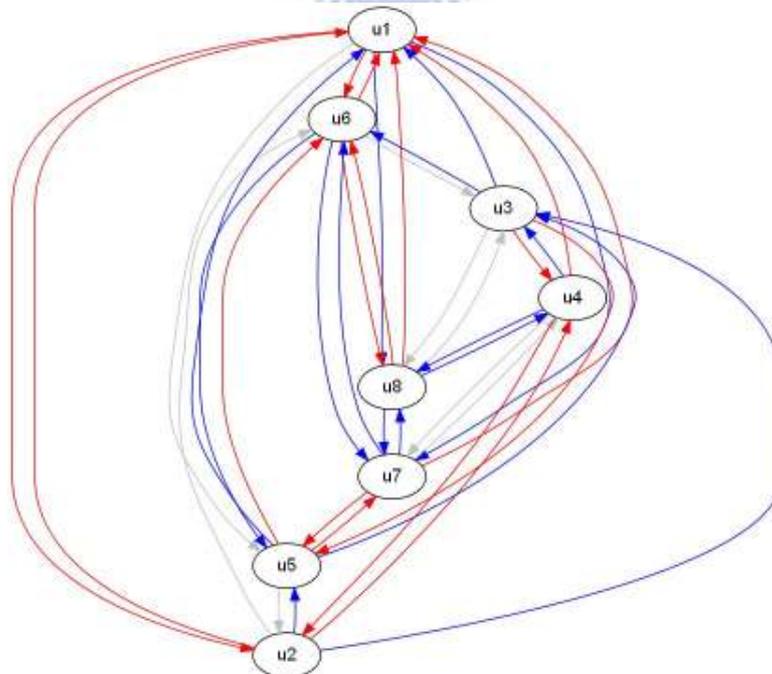


圖 5.9 專案二中期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

設計中期的工作則以細部設計、施工與監造為主，合作團隊集中在建築師、土木技師，監造團隊與營造廠商等三個單位。因此，由圖 5.9 中可以清楚看到 U1 (建築團隊)與 U3,U4(土木技師，監造團隊)以及 U6(營造廠商)則有較大關聯，這也大致與實際狀況相符。

而再進一步觀察圖 5.9 也能明顯發覺，同為建築師團隊之 U2 相去甚遠，顯示其資料本身的差異仍然顯現，原因與資料量將對較少有很顯著關係。相同的，同為業主團隊之 U7,U8 也有分離的情況，然而與設計團隊的往來，不若監造團隊以及專案管理團隊來的密切，這與實際狀況是符合的。因此，綜合上述的分析，團隊間的關係仍能符合實際情形。

有關資料量大小懸殊的系統採樣誤差的影響，確實也可以從圖 5.9 的視覺關係圖中觀察得到。因此，資料收集、產生與紀錄的重要性，從專案中期的資料分析得到驗證。

(c)設計晚期

本案例之晚期已經接近完工，主要工作有向市府建管科、申請業主驗收程序、申報完工、穿堂地板工程、式內外水電收尾工程、確定完工項目檢驗品質、清點數量以及製作帳冊準備移交清冊等作業與資料，開始陸續展開。建築師與專案管理團隊的溝通，由設計規劃到工程預算審查，都需要大量溝通。一但這些工作告一段落後，專案管理團隊即轉向現場管理的工作，而較少與設計團隊直接往來。當然，這過程中，如果發生設計追加的需求，則各單位的相互整合又將密集展開，其團隊間的關聯可由表 5.9、表 5.10 以及圖 5.6 中清楚看出。同樣的，這些關聯並非一直固定不變，隨著實際溝通行為產生，則相互之間的遠近關係則隨之變化，表 5.9、表 5.10 以及圖 5.6 只代表某一小段時間片段的狀況。

表 5.17 專案二晚期合作團隊成員之積差相關值計算

#	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X	I:1	I:2	I:3	I:4	I:5	I:6	I:7	I:8	I:9	I:X
U:1	x	4	x	1	1	4	x	2	x	1	1	1	x	1	1	3	1	2	1	3
U:2	x	4	3	4	4	1	1	1	3	x	1	1	4	2	4	x	2	1	1	2
U:3	x	1	4	1	1	x	4	4	x	x	2	1	4	x	2	x	2	1	3	x
U:4	4	2	4	2	2	3	1	4	4	4	1	2	1	x	3	4	1	2	x	x
U:5	x	x	1	1	x	3	4	2	1	x	2	1	x	1	2	x	4	2	2	3
U:6	x	1	2	2	x	2	4	3	4	4	2	1	4	x	x	3	x	3	1	3
U:7	4	1	2	x	4	2	x	x	1	1	2	4	3	x	4	x	x	3	x	1
U:8	x	x	3	4	x	2	2	4	x	3	4	2	x	4	x	3	2	3	3	2

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

表 5.18 專案二晚期合作團隊成員之同質性(夥伴關係)計算

U	U:1	U:2	U:3	U:4	U:5	U:6	U:7	U:8
U:1		-0.02:4	-0.11:5	0.29:2	0.46:1	-0.02:3		
U:2	-0.02:5			0.07:4		0.09:2	0.08:3	0.28:1
U:3	-0.11:5			0.24:3	0.29:2	0.57:1		0.01:4
U:4	0.29:1	0.07:5	0.24:3			0.15:4		0.24:2
U:5	0.46:1	-0.37:5	0.29:3			0.39:2	-0.23:4	
U:6	-0.02:5	0.09:4	0.57:1	0.15:3	0.39:2			
U:7		0.08:1	-0.19:3	-0.23:4	-0.23:5			-0.14:2
U:8		0.28:1	0.01:3	0.24:2		-0.05:4	-0.14:5	

資料來源：本研究整理

註 1: A:建築師(U1,U2)、B:土木技師(U3,U4)、C:營造廠商(U5,U6)、D:業主(U7,U8)

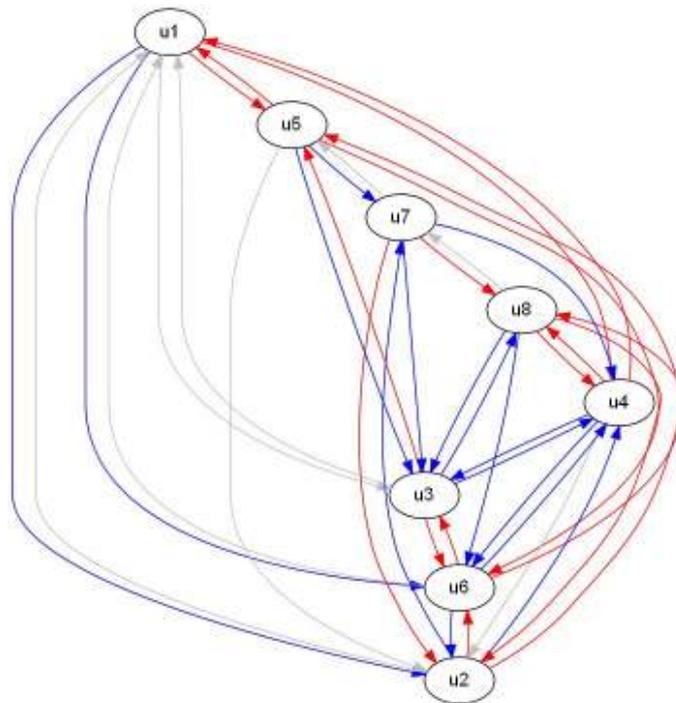


圖 5.10 專案二晚期合作團隊成員之相似熟悉度群聚分布圖

設計晚期的工作則以設計與施工、驗收(專案管理、監造)工作為主，合作團隊集中在建築師、專案管理團隊、土木技師，監造團隊與營造廠商等四個單位。

由圖 5.10 中可以清楚看到 U1,U5,U8,U7 最為靠近，代表建築團隊與營造廠商、業主的溝通較為密切，也顯現明顯的線性關聯，代表驗收過程中，先由建築師與承包商進行工程專業的履勘，工程查核無誤後，再交由業主驗收，與實際狀況完全一致。

5.2.3 綜合分析與討論

由修正系統應用成果來看，早期的成效最好，晚期次之，中期的結果稍不理想，這個結果與實際運作的情形完全吻合。檢討早期的作業內容，有一段很長的規劃設計時期，設計師、建築師、業主、與完工後即將進駐的使用單位等。由於商業運作的需要，每一個單位都需要密切地檢核對方的需求，以免造成錯誤，如果有錯誤，損失的不只是商譽，更是為數可觀的罰則。這部分，也再一次證明，經由社會對話行為所產生的溝通經驗，明顯地能夠協助合作式設計營造之協同作業之結果，正與 Dong(2005) 以及 Cross and Cross(1994) 所提出之論點相符。即為「積極性的設計產出」(積極作設計)與「在設計階段中具有一致性之各種不同形式語義溝通」(積極溝通)，這樣的社會性對話行為之間有著明顯的正相關。

本專案中期，有部分的時間式停滯沒有進度的，理由還是因為高雄營造廠商無法運用當地包商資源，人力資源一度非常吃緊，迫使營造廠商與業主協商讓工地處於半停工狀態。也因為如此，合作團隊間的溝通減少很多。而工程一但復工後，團隊相互之間的默契與概念知識，如同個人的記憶力一樣，消失大半。只能倚賴先前溝通留下的資料，逐步檢核，才能慢慢恢復正常的工程作業。

因此，在專案二的應用過程，一個寶貴的學習經驗是，本系統不但能清楚呈現合作團隊對相同資訊的熟悉度之間的關係圖。更重要的是，當工程中斷一段時間，再復工時，過往溝通概念知識已經消失，也無法從留存下來的資料本身發覺，一定要倚賴溝通過程的紀錄資訊。本研究系統正好作為溝通記憶庫的角色。

而溝通記憶庫之所以非常重要的理由是，留存下來的資料只紀錄工程進度的最後結果，並不一定會提及當時的時空背景資訊。而停工的事實容易察覺與恢復，但當時的難題，缺乏當地工人的停工因素，則會被遺忘難以及時恢復記憶。致使同樣的錯誤無法及時避免再發生。等到出工率又嚴重下降，工程進度也嚴重落後。營造的承包廠商承受最大的完工壓力，而承租廠商也因完工遙遙無期而痛苦不堪，業主的租金損失更無從追討，實為三輸之最壞結果。

人類生活越來越繁忙，工作壓力越來越重，可惜記憶力則越來越差。如何抱持一定的警覺，發現潛在的危機，過往的生活經驗十分重要。這樣的現象，在合作式設計營造協同作業過程中，尤其明顯。最常發生的是，合作團隊越多，被遺漏沒做的事情也越多。

為此，充分表明，本研究所提出的用戶端在地資料庫——「溝通概念知識庫」不但能保有資料最原始的資訊價值(data store)，又能浮現原本隱藏的團隊連結關係(share concept)，更是恢復已經遺忘的設計營造知識的重要記憶來源(concept memory)。

第六章 結論與未來研究

6.1 結論

本研究針對多專業跨領域合作，共同執行一個建築專案。不但專業分工繁雜綿密，各專業知識也越來越專精，個別專業團隊之間很少使用相同的知識。因此，在合作過程中，常見的現象是，團隊之間溝通有限，大部分的情形都是單獨團隊的作業，將自己的工程成果交接給下一個專業團體後就離開，相互之間少有互動，更沒有相互激勵、互補長短的合作機制，實為可惜。

在此同時，人類不斷挑戰對新空間的想像，建築規模也日益擴大，對建築複雜度、品質、時間的要求也愈來愈嚴苛。針對這樣的設計營造需求，單一組織的小團隊已經無法提供滿意的服務，取而代之的是少數的跨國企業。針對愈來愈大規模的建築營造專案，則以當地建設公司為基礎，結合跨國專業設計團隊的特殊專長，以相互協同作業方式共同完成複雜的任務，則為當今與未來的趨勢。這樣的分散式協同作業模式，確實有其專業分工合作的優勢。因此，建築設計的合作過程中，如何做好合作溝通，又能有效率地作好專案管理，是目前建築、營造、工程(Architecture/Construction/Engineer, ACE) 研究領域重要的研究議題之一。

成功的分散式合作，關鍵應不僅止於提供容易處理資訊之「資訊層級」的解決方案。其他如資源充足與否，亦影響分散式合作之成敗。不論以團隊組織或個人單打獨鬥的方式解決問題，都要面對資源越來越窘迫的現實情況。以社群/組織的團隊力量，盡可能地豐富可用的資源，顯然是其合作成功的要素之一。這也是為什麼，社會性合作研究指出「積極性的設計產出」(積極作設計)與「在設計階段中具有一致性之各種不同形式語義溝通」(積極溝通)，這樣的社會性對話行為之間有著明顯的正相關。換句話說，研究社會型態學的學者指出，只要在設過程中積極相互溝通，則會有很大的機會能作出好設計。這樣的研究成果說明了，社會性的對話機制與資訊一樣，在設計營造協同作業過程中，都扮演著舉足輕重的關鍵角色。

數位資訊技術經過長時間的發展，近年來，出現以人類社會為運作模式為設計基礎的智慧型運算單元—代理員程式技術(Software agent technology)，其基本運算的機制，都是以人類社群互動的行為作為借鏡，發展出在一封閉環境中，能相互理解各自的存在、主動想找到溝通的對象、感知環境的變化、收集有用的之訊、以及對環境的刺激回應自己的理解等自動化運算單元。目前除了資訊工程持續在分散式智慧運算單元之本體論的方向上持續研究外。已經有很多實際改善

人類生活的應用。例如，個人化的數位小助理。藉由觀察使用者操作電腦的程序，利用比對先前與設的行為模式，再回覆適當的反應。

這些先前的研究與應用，提供分散運算與溝通的新契機，讓原本只能靠人面對面溝通的設計協同作業，有了新的思考方向。分散式運算逐步加入合作的團隊，被視為團隊成員的一環，由人與運算單元相互合作，協助人類儲存、認知、甚至監督等作業，引領協同作業往另一個全新的方向發展。

本研究首先提出「分散式代理員程式系統架構」，同時在架構中的資訊處理單元加入用戶端的資料庫元件，提供儲存分散資訊的新可能。然而，代理員程式除了作為資訊管理介面外，可以讓合作系統成為社會性的適宜環境，扮演鼓勵溝通的小幫手。藉由賦予社群代理員程式的社會角色與功能，建構「分散式社群代理員程式溝通資訊站模型」在分散式網路資訊環境中，協助團隊成員，相互溝通，創造「知識共享」，彌平歧見，提高合作效能。

同時本研究，利用實際案例作為系統應用分析的資料來源，直接面對設計營造的複雜問題。案例一的應用結果，係藉由資訊間關聯之同質性計算，結合 GraphicVIZ 之視覺呈現方式，有效地指出相對溝通頻繁的單位，理解到雙方已經達到設計概念共享的目的。相反的，如果團隊間，其相似熟悉度群聚分布圖上，都呈現相互背離的現象，則表示應該採取積極交換資訊以外的溝通方式，才能解決其漸行漸遠所引發不良溝通等問題。

本研究也完成了「擷取概念知識」的實作，經由應用分析，研究發現擷取概念知識有兩種重要性：首先，能讓所有團隊快速理解，溝通雙方對相同資訊的熟悉度有多少差異。其次，可以依據樣的差異概念，作為溝通障礙的警訊，做到防範於未然的溝通監督作業。

然而，在應用分析過程，本研究也發覺許多實際案例應用的挑戰。首先，由於業主資料相對太少的情況下，資料的表現上極為分歧，原因是資料不可能全數納入計算，只能靠隨機取樣得到的結果來計算。這個統計上的系統限制，與本研究之系統設計，屬於分散式社群代理員程式之本質是相符的。因為分散式社群代理員程式，在其團隊中，任何一個成員都不可能獲得所有資訊。每一個成員最初都只有自己產生的資料，經過與他人的溝通協調，資訊相互傳遞的過程（即為本系統之在地端資料庫儲存作業所獲得的溝通資訊），才會獲得他人的概念與知識。逐漸累積的結果，自然對其他團隊的資訊越來越熟悉。

在實際案例二的應用分析過程，本研究獲得一個寶貴的經驗。本研究分析案例二的結果指出，所提出的「分散式社群代理員程式系統」，不但能清楚呈現

合作團隊中，對相同資訊熟悉度之關係圖。更重要的是，當合作關係中斷一段時間後，再復工時，人類以往的記憶（溝通概念知識）可能已經消失，也無法從留存下來的資料本身發覺，一定要倚賴溝通過程的紀錄資訊，才能重回當時的時空，了解彼此過去的合作關係，進而加強未來的合作。本研究實作的「資訊群集」模型正好扮演溝「通記憶庫」的重要角色。

而溝通記憶庫之所以非常重要的理由是，留存下來的資料只紀錄設計最後版本或工程進度的最後結果，並不一定會提及當時的考慮因素等資訊。如同實際案例二的經驗—停工的事實容易察覺與恢復，但當時的難題，缺乏當地工人的停工因素，則被遺忘且難以及時恢復記憶，致使同樣的錯誤無法及時避免。等到出工率又嚴重下降，工程進度也嚴重落後時。營造廠商承受最大的完工壓力，而承租廠商也因完工遙遙無期而痛苦不堪，業主的租金損失更無從追討，實為三輸之最壞結果。

人類生活越來越繁忙，工作壓力越來越重，可惜記憶力則越來越差。如何抱持一定的警覺，發現潛在的危機，過往的生活經驗十分重要。這樣的現象，在合作式設計營造協同作業過程中，尤其明顯。最常發生的是，合作團隊越多，被遺漏沒做的事情也越多。如此的說明已經充分顯示，本研究提出的用戶端在地資料庫—「溝通概念知識庫」，不但能保有資料最原始的資訊價值(data store)，又能浮現原本隱藏的團隊連結關係(share concept)，更是用以恢復已經遺忘的設計營造知識的重要記憶來源(concept memory)。

因此，本研究針對上述問題，提出採用「分散式社群代理員程式」系統外在數位通訊以及社群對話能力、擷取溝通訊息、轉化成自己的概念知識，用以適應環境做出回應，即以「原始資料」紀錄資訊；以「概念知識」創造共識；以「概念記憶」監督管理，顯示成功解決部分之設計營造協同作業的溝通問題。

6.2 研究貢獻

本研究主要的貢獻為提出「分散式社群合作設計營造系統」，建構分散式的合作環境，協助溝通行為，促使團隊成員能相互理解。不但以數位資訊技術，實作溝通系統，提供資訊傳遞溝通之協助。更在設計營造之「概念知識」層級上提出概念知識擷取的架構模型並完成軟體程式的實作，為設計營造協同作業研究領域作出實質貢獻。

針對分散式溝通環境之系統「資料模型」(data model)，為了解決合作式設計營造協同作業過程中「異質資訊」有無積極溝通與傳遞，以及設計「概念知識」能否分享共識，達成合作目的。提出「分散式社群代理員程式溝通資料模型」以

實際的設計溝通資訊(會議資料、Email等),挖掘設計者的合作設計概念。經由範例分析結果說明確實能夠,獲得顯著的「從屬概念知識」。不但說明系統資料模型的可用性(validity),更提供「設計概念知識」作為多專家合作環境中,彼此之間能夠「分享共識」(share understanding)之重要驗證。

針對分散式合作系統,本研究實作了「分散式社群代理員程式系統」作為本研究的分析運算平台,提供合作型溝通合作最佳的實驗環境。系統中主要包含兩大元件:(1)代理員程式(agent)提供溝通對話介面與儲存溝通資訊之資料庫實體。(2)實作了「概念知識擷取模組」作為代理員程式分析溝通經驗,理解環境實體的機制。為更深刻了解合作溝通的機制,本系統可以作為相關研究之開放測試平台。在這個溝通實驗平台上,最重要的是可以探討及時性的溝通行為。而「及時溝通」的研究應用目前都還是資訊與訊號工程的研究範疇,相對在建築營造相關的研究領域,尚屬未開發的研究方向。

最後,由於採用實際建築營造案例,作為系統應用與分析的資料來源,突破以往相關研究的限制,直接面對實際問題,也順利應用本系統的溝通機制,發覺實際案例在合作溝通過程的問題與挑戰。首先,本研究驗證了協同作業過程中,除了資料本身的資訊價值外,系統驗證了資料間的關聯資訊,對於設計營造合作過程之影響,與資料本身而言,同等重要。其次,溝通過程的資訊經由資訊挖掘技術,有可能將原有隱藏的訊息浮現出來,作為協助溝通的關鍵元素。最後,當有效累積溝通資訊後即有可能轉化成有用的設計知識,回饋給設計營造團隊,將有機會實現合作式輔助設計(collaborative aided design, CAD)的雛型。

6.3 研究限制

本研究主要的限制在於沿用 Simon (1969)所提之「設計可被視為一種作業」或「設計可被視為一種程序」等設計思考模型,將設計溝通視為一個封閉且可搜尋的問題空間,利用單一分散式社群溝通輔助系統,探討合作式設計營造專案之溝通問題。然而,如同先前研究所述,設計思考與設計溝通等研究,不僅止於程序模型的設計法則,其中仍有人類的設計認知行為、環境需求情境等問題,並不完全適合以單一運算系統討論之。

其次,有關案例一的資料收集在前,而模式推導與系統實作在後,致使部分的溝通行為無法直接取得,本研究以手動方式輸入的部份資料即屬此類。其造成兩個主要的影響:首先,原始溝通資料的取得不易,原因是溝通資訊的本質在於互動雙方,當資訊產生被紀錄儲存後,大量的互動資訊隨即消失,也就無法紀錄。例如,溝通雙方言詞辯論許久才作出的設計決議,其設計背景有豐富的爭論與深層的思考。然而,最後只能儲存設計的最終結果,期間的過程知識全部不復

存在。其次，利用現有儲存的資料，無法恢復全貌的溝通資訊，這在資料的分析過程中，即可清楚發覺。

此外，本研究礙於篇幅的限制，只能實作一種「概念知識」的模型，即以溝通雙方對相同資訊的熟悉度，用以擷取合作團隊間的合作關係。而團隊合作關係的好壞，其決定因素不會只有資料熟悉度，這樣單一的影響因子。當然，單一的影響因子，更無法代表所有協同作業的全貌。

6.4 後續研究

本研究完成了分散式社群代理人程式的合作系統，也完成了這個系統原始構想的初步驗證，結果證明這個系統，有顯著的應用價值。因此，未來可以利用這個系統作為分散式合作環境的測試平台，讓任何有趣的合作行為在這個系統中發生，紀錄、進而分析其影響性。其未來之影響力，可見一斑。

而本研究近期的後續研究將計畫探討如何將使用者用戶端的溝通概念知識庫擴增為「可溝通式(可交換式) 溝通概念知識庫」。本研究雖然成功地讓使用者透過資料收集、分析以及視覺呈現方式，清楚了解自己與其他團隊的溝通關係，但其資訊略嫌被動。如果兩位使用者在分散式合作環境中進行對話或資料傳遞等溝通行為時，雙方各自的「溝通概念知識庫」，彼此可以作適當的連結與交換，這正是人類合作行為由生疏到熟識的重要歷程。更重要應用是，累積(認識)越多數量的他人「概念知識庫」，就越能掌握這個合作團隊的專業能力。將有助於協助使用者尋找正確的專業成員作適時的合作協助。這種「將對的人放在對的位置上」的識明性，將是合作團隊發揮最高效能的關鍵競爭力。

此外，近十年來，有關人類自然語言與語義關聯的相關研究正風起雲湧地進行著，也產生大量的相關研究報告與成果。例如，語文、字詞間關聯性的研究計畫 WordNet，或者以研究人類常識推裡為重心的 ConceptNet，都不約而同地企圖賦予數位運算單元，擁有部分人類的特徵——語言與常識的推理能力。在資訊技術方面，這兩個重要的知識推理引擎，都是以網路服務(web-based service)形式，提供外部程式聯結使用。

因此，以本研究的分散式社群代理員程式系統為基礎，稍加修正本研究表 4.3 單機資訊群集的實體介面程式，即可透過全球資訊網路通道，聯結上述的知識推理引擎。以類似的擴增方式，則本系統之代理員程式即可擁有需多類似的「語義」與「常識」等之運算能力，協助判斷溝通過程的外在環境的狀態，則更能讓使用者於溝通過程中擷取更多有意義的訊息。此外，也可以經由使用者的喜好學習，適時協助判斷溝通回應的適宜性，真正擺脫代理員程式只能作為簡單作業小

幫手之刻板印象。

本研究所提出之「分散式社群合作設計營造系統」不但能如本研究所說明的解決設計營造專案、家具組裝設計以及辦公大樓新建案等的溝通問題。更可以在大型的規劃設計專案，如都市計畫案中扮演居民、政府以及設計規劃等參與單位之開放式論壇系統，使每一個參與者都有機會貢獻意見與想法，同樣地在系統中提供了個人的紀錄資料群集，讓使用者能夠有機會了解自己與其他團體的意見之間的關聯性，是否可能被採納，甚或自己是否能接受其他的設計規劃意見。

此外，「分散式社群合作設計營造系統」也可應用於強調客製化的商品設計領域。商品設計已經逐漸脫離工業化大量生產的設計模式，而朝向少量多樣且精緻的客製化設計。因此，設計過程中，設計師與顧客間的對話是否積極與溝通是否良善，則扮演設計成功與否的重要關鍵。將本研究的「分散式社群合作設計營造系統」當成設計師與產品消費者之間的溝通平台，設計師則可以透過系統輔助溝通過程所收集的資料加以分析，進而獲得不同族類的喜好行為。設計師直接面對不同的設計意見，讓客製化的需求採集，直接由使用者提供，而非市場調查員。如此，讓設計師有機會直接與使用者接觸，更能協助設計師理解不同樣態的喜好，與自己初期的設計思考有哪些關聯，進而設計出更能符合使用者期待的商品。相對的，使用者也可以經由直接與設計師的溝通，更了解產品的設計精神。

更遠程的研究目標則應當開始思考，當人類一般的自然語言與常識都有機會以某種運算形式存在並開始提供實質的應用時。那建築研究領域的相關知識應該採取何種路數與數位運算更緊密結合，成為可以真正為設計師所應用的知識推理工具解，決實際的設計問題。

参考文献

- Adams, B. N. (1967) Interaction theory and the social network, *Sociometry*, 30(1), pp:64 - 78.
- Akin, O. (1993) Architects reasoning with structure and functions, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20, pp:270-294.
- Akin, O. (2002) Case-based instruction strategies in architecture, *Design Studies*, 23, pp:407 - 431.
- Alexander, C. (1964) *Note on the synthesis of form* Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Archer, L. (1970) An overview of the structure of the design process, in: Gt, M.(Ed.), *Emerging methods in environmental design and planning*, MIT Press, pp:285-307.
- Arentze, T. A. & Timmermans, H. J. P. (2003) Modeling learning and adaptation processes in activity-travel choice, *Transportation*, 30, pp. 37 - 62.
- Aunmba, C. J., Ugwu, O. O., Newnham, L. & Thorpe, A. (2002) Collaborative design of structures using intelligent agents, *Automation in Construction*, 11, pp:89 - 103.
- Bijl, A. (1987) An approach to design theory, in: Yoshikawa, H. & Warman, E. A.(Ed.), *Proceedings of the IFIP WG5.2 working Conference on Design Theory for CAD*, Elsevier, pp:3-25.
- Bijl, A., Stone, D. & Rosenthal, D. (1979) The use of graphics in the development of computer aided design for two story houses., in: Kusuka, T.(Ed.), *In Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings*, pp:21 - 36.
- Bradshaw, J. M. (1997) *An Introduction to Software Agents*, AAAIPress/The MIT Press.
- Brazier, F. M. T., Moshkina, L. V. & Wijngaards, N. J. E. (2001) Knowledge level model of an individual designer as an agent in collaborative distributed design, *Artificial Intelligence in Engineering*, 15, pp:137 - 152.
- Busseri, M. A. & Palmer, J. M. (2000) Improving teamwork: the effect of self-assessment on construction design teams, *Design Studies*, 21, pp:223 - 238.
- Caneparo, L. (2001) Shared virtual reality for design and management: the Porta Susa project, *Automation in Construction*, 10, pp:217 - 228.
- Castro-Lacouture, D. & Skibniewski, M. J.:2005, Quantitative assessment of web-based construction management systems: application in rebar design and estimation, *ITCon*, (10), pp.229 - 244.

- Chaig, D. L. & Zimring, C. (2002) Support for collaborative design reasoning in shared virtual spaces, *Automation in Construction*, 11, pp:249-259.
- Chandrasekaran, B. (1990) Design problem solving: A task analysis. AI magazine.
- Clarke, J. A. (1985) Energy simulation in building design, Bristol: Hilger, pp:1 - 20.
- Clayton, M. J., Johnson, R. E. & Song, Y. (1999) Downstream of design: web-based facility operations documents, in: Augenbroe, G. & Eastman, C.(Ed.), Proceedings of the CAADFutures'99, Kluwer Academic Publishers, pp:365 - 380.
- Clayton, M. J., Warden, R. B. & Parker, T. W. (2002) Virtual construction of architecture using 3D CAD and simulation, *Automation in Construction*, 11, pp:227 -235.
- Coyne, R. (1995) Computers, metaphors and change, *Architectural Research Quarterly*, 1(1), pp:62 - 67.
- Coyne, R., Lee, J., Duncan, D. & Ofluoglu, S. (2001) Applying web-based product libraries, *Automation in Construction*, 10, pp:549 - 559.
- Cross, N. & Cross, A. C. (1994) Observations of teamwork and social processes in design, in: Proceeding Delft Workshop, Analyzing Design Activity.
- Dave, B. & Schmitt, G. (1995) Information systems for spatial data, *Automation in Construction*, 4(1), pp:17-28.
- Dewitt, D. J., Kabra, N., Luo, J., Patel, J. M. & Yu, J.-B. (1994) Client-server Paradise, in: Proceedings of the 20th VLDB Conference.
- Dijkstra, E. W. (1968) The structure of THE multiprogramming system, *Communication ACM*, 11(5).
- Dong, A. (2005) The latent semantic approach to studying design team communication, *Design Studies*, 26, pp:445 - 461.
- Dzeng, R. & Lee H. (2004) Critiquing contractors' scheduling by integrating rule-based and case-based reasoning, *Automation and Construction*, 13, pp. 665-678.
- Ehrhardt, M. A. & Gross, M. D. (2000) Place based web resources for Historic buildings, in: Proceedings of eCAADe'00.
- Findler, N. V. & Elder, G. D. (1995) Multiagent coordination and cooperation in a distributed dynamic environment with limited resources, *Artificial Intelligence in Engineering*, 9, pp:229 - 238.
- Fitzpatrick, G., Kaplan, S. & Mansfield, T. (1996) Physical spaces, virtual places and social worlds: a study of work in the virtual, in: Proceedings of the ACM 1996 conference on Computer supported cooperative work, pp:334-343.
- Flemming, U. (1994) Case-based design in the SEED system, *Automation in Construction*, 3(2,3), pp:123 - 133.

- Flemming, U. & Aygen, Z. (2001) A hybrid representation of architectural precedents, *Automation in Construction*, 10, pp:687 - 699.
- Fussell, S. R., Kraut, R. E. & Siegel, J.:2000, Coordination of communication: effects of shared visual context on collaborative work, in:Proceedings of the CSCW'00, pp.21 - 30.
- Garrett, J. J. (2005) Ajax: A New Approach to Web Applications, <http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>, Accessed on Dec. 2006
- Gross, J. (2006) aJax-IM a asynchronous javascript and xml instant messenger, <http://www.ajaxim.com/>, Accessed on Nov, 2006
- Gross, M. D., Do, E. Y., McCall, R. J., Citrin, W. V., Hamill, P., Warmack, A. & Kuczun, K. S. (1998) Collaboration and coordination in architectural design: approaches to computer mediated team work, *Automation in Construction*, 7, pp:465 - 473.
- Han, Y. & Zukerman, I. (1997) Using constraint propagation in MAGPIE: a multi-agent approach, *Computer Standards & Interfaces*, 18, pp:575 - 582.
- Haymaker, J., Keel, P., Ackermann, E. & Porter, E. (2000) Filter mediated design: generating coherence in collaborative design, *Design Studies*, 21(2), pp:205 - 220.
- Herlocker, J. L. (2000) Understanding and improving automated collaborative filtering system, Ph.D. thesis, University of Minisota.
- Hipp, D. R. (2000) SQL As Understood by SQLite, <http://www.sqlite.org/lang.html>, Accessed on May 2008
- Ho, C.-H. (2001) Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts, *Design Studies*, 22 pp:27-45.
- Hoskins, E. M. (1977) The OXSYS system, In *Computer Applications in Architecture*, pp:343 - 391.
- Jennings, N. & Wooldridge, M. (1998) *Agent technology: foundations, applications, and markets*, New York, Springer-Verlag.
- Kalay, Y. E. (1998) P3: Computational environment to support design collaboration, *Automation in Construction*, 8, pp:37-48.
- Kalay, Y. E. (1999) The future of CAAD: From computer-aided design to Computer-aided collaboration, in: Augenbore, G. & Eastman, C.(Ed.), *Proceedings of the CAADFutures'99*, Kluwer Academic, pp:13 -30.
- Kalay, Y. E. (2001) Enhancing multi-disciplinary collaboration through semantically rich representation, *Automation in Construction*, 10, pp:741-755.
- Kazi, A. S., Hannus, M., Laitinen, J. & Nummelin, O. (2001) Distributed engineering

- in construction: findings from the IMS GLOBEMEN project, *ITcon*, 6(Special Issue Information and Communication Technology Advances in the European Construction Industry), pp:129-148.
- Kilani, O. (2007) Taking Web Applications Offline with Gears, http://code.google.com/apis/gears/articles/take_app_offline.html, Accessed on March, 2008
- Kleinsmann, M. (2008) Barriers and enablers for creating shared understanding in co-design projects, *Design Studies*, 29, pp:369-386.
- Kolodner, J. L. (1993) Case-Based Reasoning, San Mateo, Morgan Kaufmann Publishers.
- Konda, S., Monarch, I., Sargent, P. & Subrahmanian, E.:2004, Creating shared information spaces to support collaborative design work, in: Petroski, H.(Ed.), *Research in Engineering Design*
- Kvan, T. (2000) Collaborative design: what is it?, *Automation in Construction*, 9, pp:409 - 415.
- Kvan, T. (2001) The pedagogy of virtual design studios, *Automation in Construction*, 10, pp:345 - 353.
- Leglise, M. (2001) Computer-stimulated design: construction of a personal repertoire from scattered fragments, *Automation in Construction*, 10, pp:577 - 588.
- Luck, M. & D'inverno, M. (2001) A conceptual framework for agent definition and development, *The Computer Journal*, 44(1), pp:1 - 20.
- Luger, G. F. & Stubblefield, W. A. (1999) *Artificial intelligence: structures and strategies for complex problem solving*, Addison Wesley longman.
- Maher, M. L. (1990) Process models for design synthesis. *AI Magazine*, North America ed.
- Maher, M. L., Skow, B. & Cicognani, A. (1999) Designing the virtual campus, *Design Studies*, 20(4), pp:319 - 342.
- Mays, P. (1998) Longer life for drawings, *Architecture*, 87(3), pp:152 - 154.
- Mckechnie, S. S. J. & Lockley, S. (2003) Modelling information seeking behaviour of AEC professionals on online technical information resources, *ITcon*, 8(Special Issue eWork and eBusiness), pp:265-281.
- Mitchell, W. J. (1995) The future of the virtual design studio, in: Wojtowicz, J.(Ed.), *Virtual Design Studio*, Hong Kong Univ. Press, pp:51 - 59.
- Montagu, A. F. & Bermudez, J. (1998) "Datarq". The development of a web site of modern and contemporary architecture, in *Proceedings of eCAADe'98*.
- Netinant, P., Elrad, T. & Fayad, M. E. (2001) A layered approach to building open aspect-oriented systems: a framework for the design of on-demand system demodularization, *Communication ACM*, 44(10), pp:83-85.

- Nolan, J. J., Simon, R. & Sood, A. K. (2001) An agent-based approach to imagery and geospatial computing, in: Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents, pp:228 - 229.
- Nwana, H. S., Roseschein, J., Sandholm, T. & Sierra, C. (1998) Agent-mediated electronic commerce: issues, challenges and some viewpoints, in: proceedings of the second International Conference on Autonomous Agents, pp:189 - 196.
- Padjen, E. (1997) Spinning your Web page, *Architecture*, 87(3), pp:168 - 172.
- Pakanen, J. E., Möttönen, V. J., Hyytinen, M. J., Ruonansuu, H. A. & Törmäkangas, K. K. (2001) A web-based information system for diagnosing, servicing and operating heating systems, *ITcon*, 6, pp:45-56.
- Parker, L. E. (2008) Distributed Intelligence: Overview of the field and its application in multi-robot systems, *Journal of Physical Agents*, 2(1).
- Paynter, J. & Pearson, M. (2008) A case study of the web-based information systems development, <http://en.scientificcommons.org/42549146>, Accessed on Feb 2009
- Peeters, M., Tuijl, H., Reymen I., Rutte C. (2007) The development of a design behaviour questionnaire for multidisciplinary teams, *Design Studies*, 28(6), pp. 623-643.
- Peng, C. (2001) Design through digital Interaction - computing communications and collaboration on design, UK, Intellect.
- Pomeroy, A. (2007) Changing the culture of contracting: funding for outcomes, *Social Policy Journal of New Zealand*, 31, pp:158 - 169.
- Raggett, D., Hors, A. L. & Jacobs, I. (1998) HTML 4.0 specification, The 24 April 1998 version is <http://www.w3.org/TR/1998/REC-html40-19980424>, Accessed on May-2nd, 2009
- Regli, W. C. (1997) Internet-enabled computer-aided design, *IEEE Internet Computing*, 1, pp:39 - 51.
- Rehak, D. R. (1985) Interfacing expert systems with design databases in integrated CAD systems, *CAD*, 19(9), pp:235 - 245.
- Rosenman, M. & Wang, F. (2001) A component agent based open CAD system for collaborative design, *Automation in Construction*, 10, pp:383 - 397.
- Schmitt, G. (1990) IBDE, VIKI, ARCHPLAN: Architectures for design knowledge representation, acquisition and application, in: Yoshikawa, H. & Holden, T.(Ed.), In *Intelligent CAD II*.
- Schuckmann, C., Schummer, J. & Seitz, P. (1999) Modeling collaboration using shared objects, in: Proceedings of the international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work, pp:189 - 198.
- Shih, S.-C. (2003) A web-based agent framework for collaborative design-build

- communication, in: Choutgrajank, A., Charoensilp, E., Keatruangkamala, K. & Nakapan, W.(Ed.), The 8th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2003), pp:55 - 65.
- Shih, S.-C. & Chang, T. W. (2002) Web-based situated communication model for construction management, in: Turk, Z.(Ed.), Proceedings of the European Conference of Product and Process Modeling (ECPPM 2002),A.A. Balkema Publishers, pp:523 - 528.
- Simon, H. (1969) The Sciences of the artificial. MIT Press, Cambridge, Mass
- Skibniewski, M. J. & Abduh, M. (2000) Web-based project management for construction: search for utility assessment tools, Implementing IT to Obtain a Competitive Advantage in the 21st Century, in: Proceedings of International Conference on construction Information Technology 2000 (INCITE 2000), pp:56-77.
- Sriprasert, E. & Dawood, N. (2003) Multi-constraint information management and visualisation for collaborative planning and control in construction, *ITcon*, 8(Special Issue eWork and eBusiness), pp:341-366.
- Stempfle, J. & Badke-Schaub, P. (2002) Thinking in design teams - an analysis of team communication, *Design Studies*, 23, pp:473-496.
- Stumme, G., Wille, R. & Wille, U. (1998) Conceptual knowledge discovery in databases using formal concept analysis methods, in: Proceedings of the 2nd European Symposium on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery, pp:450-458.
- Suchman, L. (1998) Constituting shared workspaces, in: Engestrom & Middleton(Ed.), *Cognition and Communication at Work*,Cambridge University Press.
- Szykman, S., Janusz Racz, Christophe Bochenek, Ram D. Sriram (2000) A web-based system for design artifact modeling, *Design Studies*, 21(2),pp. 145-165.
- Tan, D. S., Robertson, G. G. & Czerwinski, M. (2001) Exploring 3D navigation: combining speed-coupled flying with orbiting, in: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp:418 - 425.
- Valkenburg, R. & Dorst, K. (1998) The reflective practice of design teams, *Design Studies*, 19(3), pp:249 - 271.
- Valkenburg, R. C. (1998) Shared understanding as a condition for team design, *Automation in Construction*, 7, pp:111 - 121.
- Whelton, M., Ballard, G. & D.Tommelein, I. (2002) A knowledge management framework for project definition, *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 7, pp:197 - 212.
- Whyte, J., Bouchlaghem, N., Thorpe, A. & McCaffer, R. (2000) From CAD to virtual reality: modeling approaches, data exchange and interactive 3D building

- design tools, *Automation in Construction*, 10, pp:42 - 55.
- Wooldridge, M. (2002) An introduction to multiagent systems, Chichester, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Wooldridge, M. & Jennings, N. (1995) Agent theories, architectures and languages: a survey, in: Wooldridge, M. A. J., N.R.(Ed.), *Intelligent Agents*, Lecture Notes in AI, 890, Springer-Verlagpp:1 - 39.
- Zakon, R. H. (2002) Hobbes' Internet Timeline.
- 財團法人台灣網路資訊中心 (2009) 網路統計資料庫線上查詢系統, <http://statistics.twnic.net.tw/item04.htm>, Accessed on May-2nd, 2009



學術簡歷

施勝誠出生於 1965 年，1987 年台北工專(現為台北科技大學)土木科畢業，2000 年 6 月取得中興大學森林學系資源衛星遙測組碩士相當學歷。現任明道大學數位設計學系專任研究助理(2007-)，教授視覺程式設計、網頁特效、形與符號學、影像與資訊、數位設計方法學、畢業專題以及視覺設計創作等設計課程。1982 年至 2000 年間曾任中興大學農學院實驗林管理處土木工程技士。在碩士期間之研究主要以人工智慧方法探討衛星影像地形效應糾正之適宜性，就讀博士班期間，對於數位媒材與運算應用於合作式設計營造之協同作業有濃厚興趣。目前發表相關研究論文如下：

國際研討會論文

1. **Shih, S.C.**: 2004a, Interoperable Co-Design Supporting System - A distributed hybrid agent approach, 7th International Conference on Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning (DDSS2004), Brabant, Netherlands, pp. 241 - 251.
2. **Shih, S.C.**: 2004b, Interoperable co-design system, in H.S. Lee and J.W. Choi (ed.), The 9th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2004), Seoul, Korea, pp. 79 - 89. (見附錄四)
3. **Shih, S.C.**: 2003, A web-based agent framework for collaborative design-build communication, in A. Choutgrajank, E. Charoensilp, K. Keatruangkamala and W. Nakapan (ed.), The 8th Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2003), Patumtani, Thailand, pp. 55 - 65. (見附錄五)
4. **Shih, S.C.** and Chang, T.W.: 2002a, Web-based Situated Communication Model for Construction Management, In: Z. Turk (ed.), Proceedings of the European Conference of Product and Process Modeling (ECPPM 2002), A.A. Balkema Publishers, Poetoroz, Slovenia, pp. 523 - 528. (見附錄六)
5. Chen, S.C., **Shih, S. C.** and Chang, T. W.: 2002b, An integrated system for improving Lighting design strategy, 7th International Design Conference, Dubrovnik-Croatia, May 14-17, pp. 307 - 312.

國內期刊

1. Shih, S.C. 2009. A digital Conservation for Reconstruction and Maintain Engineering Method of JiJi Railway Station. *Journal of Cultural Property Conservation*:7 , pp. 28-36.