智慧計算學門

WEB 技術與資訊系統領域規劃

參與規劃教授(按姓氏筆劃序排列):

國內學者：

林守德

林志敏

吳庭育

袁賢銘

梅　興

張玉山

蔡尚榮

楊竹星

羅孟彥

國外學者：

李雁航

張鴻洋

Web 技術領域-

領域概述

Web 技術由早期強調網際網路技術帶來方便的資訊共享與資料搜尋、Web 應用程式執行以及電子商務之應用，已演變到以內容共享與網路社群為主的 Web 2.0。網際網路已不只是資訊網路，含豐富的資訊與應用服務，它已是人類一個重要的虛擬世界。凡是提供給人們在網路上取得的服務，有很高的比例是透過 Web 平台，現在各種雲端服務很多是透過 Web 平台呈現，現在人們透過 Web 瀏覽器，就可輕易建立虛擬電腦， 建立網站，及建立多種應用及服務。

Web 技術自九零年代被引入之後就一直持續演進至今，電腦及手持裝置各平台之 Web 瀏覽器一直有新版及新技術出現，最基本的 Web 技術，如 HTML、HTTP、瀏覽器端的技術、Web 伺服器端的技術等，大部分多已相當成熟，然而因應新裝置、新科技及新需求，Web 技術演進及新 Web 技術仍陸續出現，未來 Web 伺服器端的技術仍會有新的發展，HTML5 試圖改進並統一化瀏覽器端的技術。此外，利用 HTML5 用於手機應用開發之 PhoneGap 亦是一個值得注意之手機應用開發平台。種種新的 Web 技術之出現，凸顯 Web 技術有持續演進之需求及必要性。

Web 相關技術研究之規畫除較基本之核心技術外，尚可包括以 Web 延伸而出之相關研究，負責制定 Web 標準規格之 W3C 機構將 Web 標準規劃區分成 Web Design and Applications、Web Architecture、Semantic Web、XML Technology、Web of Services 、 Web of Devices、Browsers and Authoring Tools 等七部分， 每一部分又有一些分項，W3C 機構之 Web 標準規劃應可做為我們研發 Web 技術之參考，有些規格標準之規劃已成熟，有些仍在討論規畫之中。ACM 有關 Web 之重要國際會議 Hypertext and Social Media conference 就簡單將主題分成三個 Track: Linking people (Social Media)、Linking data (Semantic Data)、及 Linking documents (Adaptive Hypertext and Narrative Connections)，可見 Web 之功能除傳統文件互聯外已延伸更多更進階的思考。

在 Web 技術研究主題子領域之規劃上，我們檢視近幾年國內外相關領域的最新研究概況，以及斟酌相關科技的演進，以 Web 較新之核心技術及 Web 延伸而出之相關研究為主軸，分「Web 基礎設施（Web Infrastructure）」、「Web 智慧(Web Intelligence)」、「社群網路(Social Network)」、「新興 Web 技術與應用（Emerging Web Technologies and Applications）」、「Web 上的隱私與安全問題（Privacy and Security on Web）」等五個子領域。

我們各節描述關鍵研究課題，並提供關鍵研究課題，這些研究議題有相當大的發展空間，並具有創新性及研究價值。一般性研究課題，其議題及研究上已經累積相當的經驗及成果，較不易突破其已有的範圍，不過，若能找出新的理論延伸或應用，也能提高其研究價值。已發展成熟之研究議題，其領域之研究主題已達到成熟階段，其發展可轉向重視實作、應用及產學合作等方向著手。

資訊系統領域-

領域概述

有電腦之後，資訊系統就一直是人類需要且重要之應用，資訊系統中所涵蓋之技術相當廣闊，資料庫即是資訊系統中常引用的技術，資訊安全也是一個資訊系統必考慮的部分，資料探勘及知識庫等是資訊系統中被引用相對較新之技術。管理資訊系統(Management Information System， MIS) 是在資訊系統領域常被提及的一詞，它是研究組織如何有效的利用資訊科技及管理技術來管理資訊，以達到提升「經營效率與策略目標」的一門學問及一套技術。一般而言，MIS 包含「決策支援(Decision Support)」、「企業資源規劃 (Enterprise Resource Planning，ERP)」、「企業效能管理(Enterprise Performance Management，EPM)」、「供應鏈管理(Supply Chain Management，SCM)」、「客戶關聯管理(Customer Relationship Management，CRM)」、「計畫管理(Project Management) 」及「資料庫管理及應用」等。資訊系統的發展可謂一日千里，從早期應用於辦公室自動化系統，資訊系統已有巨大的進化。隨著全球資訊網的盛行及小型化行動裝置的普及，資訊已互相連結成一個虛擬全球化的世界，進化到 Web 2.0 的時代後，各式資訊更以前所未見的方式形成繁密的連結，這些新的模式也正在改變我們的生活方式甚至是商業行為，當然也影響資訊系統之發展。

針對資訊系統領域的規劃，我們從管理資訊系統、各式應用系統之建置與開發等不同層面進行探討，檢視近幾年國內外相關領域的最新研究概況，以及斟酌相關科技的演進、社會結構變化及全球化等趨勢，本規劃擬出「資訊系統規劃與管理(Information System Planning and Management)」、「雲端運算與行動資訊系統(Cloud Computing and Mobile Information Systems)」、以及「商業智慧與知識管理系統(BI and KM Systems)」等三大重點子領域研究主題。在本規劃報告中將分別就各重點子領域的主題概述、國內外發展現況與世界發展之趨勢加以闡述，並提出關鍵性與一般性的研究課題，讓從事資訊系統相關領域研究的同仁們得以掌握資訊系統領域的發展趨勢及世界主流研究團隊及其主要研究課題；而一般性研究課題領域，可以作為領域內同仁在轉換新研究課題時的參考。

重點子領域一、 Web 基礎設施（Web Infrastructure）

主題概述

隨著硬體的發展以及網路的普及，在近年來的 Web 技術發展當中，從早期單純的超媒體(Hypermedia)文件存取平台，逐漸擴展成為以使用者、多媒體平台之間的互動關係。而在以 HTML 的基礎架構當中，更因為 HTML 5 的到來，提供了更多和使用者間互動的方式，在 HTML 5 的架構當中，新增了許多 API 協助開發者達到網頁與使用者間的互動關係，例如：繪圖、多媒體影音播放、離線儲存資料庫...等，藉由這些新增的 API，可以讓所設計呈現於瀏覽器當中的網頁，更加的貼近一般使用者於桌上型電腦使用的習慣。而在近年來，由於硬體設備的進步以及網路的普及逐漸升高，Google、Mozilla Firefox...等，先後推出了以網際網路為基礎的作業系統，其底層為 Linux 然而在所有的相關應用當中，都以 Web 的形式呈現，成為一個透過網路進行存取與使用應用程式，分別為 Chrome OS[1]以及 Firefox OS[2]。然而在 Chrome OS 的推廣當中，受到的諸多的限制，其中最大的原因在於除了硬體、有線/無線網路設備的普及率之外，更重要的是使用者的使用習慣。然而在 Firefox OS 當中，則是以 HTML 5[3]為基礎進行呈現，主要可以讓使用者方便的透過 HTML 5 以及相關 API 來設計這些 Web APP，而與 Chrome OS 的差異點在於 Chrome OS 以筆電的使用者為主，而 Firefox OS 以智慧型手機使用族群為主。隨著 HTML 5 的標準即其相關 API 的發展，可窺見在這個技術演化的過程，逐漸的從個人端，發展到以網際網路為主的架構，透過網際網路存取硬體裝置、存取文件資料...等等。藉由 HTML 5 的標準所延伸的技術主要有：(1) WebGL(Web Graphics Library)[4]：為了能讓瀏覽器可以具備繪圖能力。(2) WebRTC(Web Real-Time Communication)[5]：支援瀏覽器具備 Network Stream、RTC Peer Connection、Peer to Peer Data Transfer。再者，隨著雲端計算(Cloud Computing)的發展，越來越多以網路為基礎的服務應用程式相繼而出，也漸漸的改變使用者的對於 Web 的使用習慣。而這些以 Web 為基礎的應用程式，除了有著便於使用的優點之外(例如：免安裝)，更有著跨平台的優點，意味著只要是個人電腦、智慧型手機...等，皆可以使用這些應用服務，不會受到執行著何種作業系統，使用哪種電腦裝置而影響使用。再者，隨著數位匯流的興起，網際網路的存取，不再是個人電腦的權利，在 W3C[6]當中，其中也定義了 Web of Devices[7]，可以得知，對於存取網路的各種資源，再也不是個人電腦所俱備的權利之一，任何裝置，皆有可以存取網路。綜合以上，可以將這些新興技術與應用，大致分為下列三大方向：

- 跨平台：對於所發展的 Web 應用程式必須能夠為不同平台間進行使用。
- 隨意存取：在以 Web 為基礎的應用程式，應能俱備在任何地點以及任何裝置所取得的

內容以及所使用的狀況應具資料一致性。

- 即時資料傳遞：能夠以 Web 的形式進行即時的資料傳輸，例如：即時影音視訊資料傳輸、Peer-to-Peer 資料傳輸...等。

所以如何在使用者以及系統層面上，讓使用者與 Web、Web 與 Device 以及 Web 與 Web 之間的溝通、特性以及應用實作等，研究與發展各種技術與應用是本領域的主要重點。

國內外發展現況

目前 WebSocket 提供了瀏覽器能與遠端主機建立連線的功能，然而隨著 WebOS 的發展，這樣已經無法滿足未來的趨勢，Raw Socket API 以及相關實作將開始進行，將能夠提供 UDP Socket、TCP Client 與 TCP Server Socket[8,9]。然而隨著智慧終端的興起，各種不同的裝置都能夠存取 Web，但開發者也發現在各個裝置的輸入方式不同，針對某些設計方式將導致不同的裝置之間難以使用與存取 Web，為解決此一問題，Independent User Interface (IndieUI)的概念被 W3C 提出，能將各種不同的裝置的操作方式對應到同一個事件，使得開發者能夠針對這些標準化的事件進行開發，而簡化設計複雜度[10]。而為了讓 Web 開發者更容易提升使用安全性，Web Cryptography API 也被 W3C 提出，未來服務認證、文件簽署、通訊驗證與資料完整性檢驗都能夠很方便的運用。除了透過 W3C 所提出的標準之外，WEBML (Web Modeling Language)係由義大利米蘭工業科技大學(Politecnico di Milano) Stefano Ceri 教授的團隊發展，WebML 提供了結構化的設計方式，適用於設計複雜的 data intensive 網站，自 2000 年被提出以來，於 2013 年被延伸為 Interaction Flow Modeling Language (IFML)。IFML 支援了多種形式的 Application，包含 HTML+HTTP based Web applications、Rich Internet Applications as supported by the forthcoming HTML 5 standard、Mobile applications、Client-server applications、Desktop applications、Embedded Human Machine Interfaces for control applications 及 Multichannel and context-aware applications。在近年來台灣大學、交通大學、成功大學、台灣科技大學與政治大學也都有團隊進行相關的研究。在 Framework 發展方面，美國辛辛納提大學 Dharma P. Agrawal 教授提出了針對 mobile device 的 security Web framework[11]。為加強人類與事物的互動，義大利研究者亦提出了 WebIoT 的 Web Application Framework[12]，而在近年來，台灣大學、交通大學、成功大學、台灣科技大學也都有團隊開始這領域的研究。而近來隨著雲端與虛擬化技術逐漸成熟，開始出現將現有 Application 轉移到雲端上的趨勢，而最讓人關心的議題就是如何找到適合自己的雲端服務並節省開支，因此出現了 Web server cloud migration decision support 的相關研究[13]，以及探討在雲端上，當面對服務需求增加，如何動態自動擴增運算資源的相關研究[14][15][16]。此外，由於資

料已逐漸被擺到雲端上，因此，也出現針對 Web Storage 的安全性分析相關研究[16]。

世界發展之趨勢

隨著智慧型裝置的增加，智慧型電視變得越來越普及，在未來，Web 與 TV，將是一個重要的發展趨勢，相關的議題包含 Web and TV test framework, TV metadata and Web, Broadcast content and Web application synchronization, 3D video on the Web, Interaction between Human, TV and Web 等等[20]。在 Web 上，隨著時間的發展，已累積了相當多的資源，在未來為了能夠更有效的取得與運用這些資源，Linked Data Platform 將逐漸發展成形，運用 HTTP 通訊協定，存取、更新、建立與刪除這些互相連結的資料將變得非常容易，也因此，未來如何建立、運用與支援 Linked Data Platform 的 Web site 將是重要發展方向[21]。而隨著 WebOS 相關技術的發展，瀏覽器的能力將持續被擴展，目前發展中的 Web Storage 技術，能夠在客戶端儲存 key-value 的資料，而未來，更將發展出 Web simple database，在客戶端能夠具有資料庫的功能，結合 WebSocket，將使得具有瀏覽器的智慧裝置能提供更多樣化的運算功能[22][23]。除了運算能力外，Web 的表現能力也將變得更為強大，Web Animation 技術將讓 Web 與使用者的互動能具有更多動畫效果，此外，也能用動畫來呈現像故事般的內容以及讓動畫內容與使用者互動[24]。而隨著智慧型手機的普及，Web 提供與手機更密切結合的方式，例如運用 Telephony API 播打電話，或是使用 vibration API 讓手機震動以及更進階的觸控事件提供更多元與便利的互動方式[25][26][27]。存取 Web 的裝置隨著智慧型系統的增加，已經十分的多樣化，除了個人電腦、行動裝置，家電例如電視，甚至是數位相機都具有各自的瀏覽器能夠存取 Web application，然而這些裝置的瀏覽器對網頁內容的支援能力卻不相同。Web developer 必須去注意到這些裝置的差異。因此亦有研究者在 Web application 上發展 context aware 的技術[28]。再者，隨著 Social Network 的興起以及社群網站的普及，使得 Web application 與社群網站的結合變得比以往更為重要，透過使用 Oauth(Open Authorization) Protocol，Web application 能夠存取使用者存放於社群網站上的資料。近來則開始出現 Oauth 與固有 Web Service 安全技術例如 WS-Security、SAML、WS-Trust 等等進行整合的相關研究[21]。而除了以 Web 的方式存取 application 外，由於行動裝置的普及，許多的 Application 除了提供 Web 版本，也提供了 Android 與 iOS 版本，在這些裝置上的資料，需要進一步運用雲端運算的技術將其同步整合使用。

關鍵研究課題

- 基於 Web 之 2D、3D 繪圖技術(Web-based 2D and 3D graphics technology)
- 多樣化網路應用程式(Rich Internet Application)

- 網路服務之安全與隱私(Security and privacy for Web services)
- 雲端合作(Cloud collaboration)
- 複製之一般化模式(General model of replication)
- 全球資料之分置及快速存取(Global Data Deployment and Access)

一般性研究課題

- 網路服務架構及應用(Web services architecture and applications)
- 網路服務品質(Quality of service for Web)
- 可用性及容錯能力(Availability and fault-tolerance)
- 快取及複製(Caching and replication)
- 資源供應(Resource provisioning)
- 負載平衡及資源配置(Load balancing and resource allocation)
- 點對點計算(Peer-to-peer computing)
- 以 Web 為基礎之點對點資料傳輸(Web-based Peer-to-Peer file transfer)

已發展成熟之研究議題

- Web 開發元件架構(Web framework)
- 傳統瀏覽器之開發發展(Browser and their development)
- 無線行動 Web 與行動瀏覽器(Wireless Web & Mobile browsing)
- 互動設計與動態介面技術(Interaction design, Dynamic interfaces: Ajax, SVG, Flash)
- 已成熟之 XML 相關標準(E.g., XML , XML Schema, XQuery , RELAX NG , Wiki languages, etc.)
- 已成熟之 Web 通訊協定(HTTP, SOAP, WSDL, REST, etc.)

參考文獻

[1] Chrome OS: http://www.chromium.org/chromium-os
[2] Firefox OS: http://mozilla.com.tw/firefox/os/
[3] HTML 5: http://zh.wikipedia.org/wiki/HTML5
[4] WebGL: http://www.khronos.org/Webgl/
[5] WebRTC: https://sites.google.com/site/Webrtc/home
[6] W3C: http://www.w3.org/
[7] Web of Devices: http://www.w3.org/standards/Webofdevices/
[8] The Web Sockets API, http://www.w3.org/TR/2009/WD-Websockets-20091222/
[9] Raw Socket API, http://www.w3.org/TR/2013/WD-raw-sockets-20130514/
[10] IndieUI Overview, http://www.w3.org/WAI/intro/indieui
[11] Muneer Malik and Dharma P. Agrawal, Secure Web Framework For Mobile Devices, GC'12 Workshop: The 4th IEEE International Workshop on Management of Emerging Networks and Services, 2012.

[12] Castellani, A.P.; Dissegna, M.; Bui, N.; Zorzi, M., "WebIoT: A Web application framework for the internet of things," Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW), 2012 IEEE , vol., no., pp.202,207, 1-1 April 2012 . doi: 10.1109/WCNCW.2012.6215491

[13] Michael Menzel and Rajiv Ranjan. 2012. CloudGenius: decision support for Web server cloud migration. In Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web (WWW '12). ACM, New York, NY, USA, 979-988. DOI=10.1145/2187836.2187967 , 2012.

[14] Luis M. Vaquero, Luis Rodero-Merino, and Rajkumar Buyya. Dynamically scaling applications in the cloud. SIGCOMM Comput. Commun. Rev. 41, 1 (January 2011), 45-52. DOI=10.1145/1925861.1925869 http://doi.acm.org/10.1145/1925861.1925869, 2011.

[15] Moreno-Vozmediano, Rafael, Ruben S. Montero, and Ignacio M. Llorente. "Elastic management of Web server clusters on distributed virtual infrastructures." Concurrency and Computation: Practice and Experience, Vol.23 No.13 pp.1474-1490, 2011.

[16] Bansal, Chetan, et al. "Keys to the cloud: formal analysis and concrete attacks on encrypted Web storage." Principles of Security and Trust. Springer Berlin Heidelberg, pp.126-146, 2013.

[17] Web Cryptography API, http://www.w3.org/TR/2013/WD-WebCryptoAPI-20130625/

[18] Reed, C.; Botts, M.; Davidson, J.; Percivall, G., "Ogc® sensor Web enablement:overview and high level achhitecture.," Autotestcon, 2007 IEEE , pp.372-380, Sep. 2007

[19] Yu-Ju Hong, Jiachen Xue, and Mithuna Thottethodi. Dynamic server provisioning to minimize cost in an IaaS cloud. In Proceedings of the ACM SIGMETRICS joint international conference on Measurement and modeling of computer systems (SIGMETRICS '11). ACM, New York, NY, USA, 147-148. DOI=10.1145/1993744.1993799 , 2011

[20] Web and TV Interest Group, http://www.w3.org/2011/Webtv/wiki/Main_Page#Task_Forces

[21] Linked Data Platform 1.0, http://www.w3.org/TR/2013/WD-ldp-20130730/

[22] Web Storage, http://www.w3.org/TR/2013/REC-Webstorage-20130730/

[23] Indexed Database API, http://www.w3.org/TR/2013/CR-IndexedDB-20130704/

[24] Web Animations, http://www.w3.org/TR/2013/WD-Web-animations-20130625/

[25] Web Telephony API, http://www.w3.org/TR/2013/WD-telephony-20130620/

[26] Vibration API, http://www.w3.org/TR/2013/CR-vibration-20130723/

[27] Touch Events, http://www.w3.org/TR/touch-events/

[28] Jordán Pascual Espada, Rubén González Crespo, Oscar Sanjuán Martínez, B. Cristina Pelayo G-Bustelo, Juan Manuel Cueva Lovelle, Extensible architecture for context-aware mobile Web applications, Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 10, pp. 9686-9694, ISSN 0957-4174, http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.151, August 2012.

[29] Elena Torroglosa-García, Antonio D. Pérez-Morales, Pedro Martinez-Julia, Diego R. Lopez, Integration of the Auth and Web Service family security standards, Computer Networks, Vol.57 No.10, pp. 2233-2249, ISSN 1389-1286, http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2012.11.027, 2013.

重要期刊

- ACM Transactions on the Web
- ACM Transactions on Internet Technology
- IEEE Transactions on Services Computing
- IEEE Internet Computing magazine
- International Journal of Web Services Research
- Journal of Web Engineering

重要會議

- International World Wide Web Conference (WWW)
- IEEE International Conference on Web Services (ICWS)
- Asia-Pacific Web Conference (APWeb)
- International Conference on Web Engineering (ICWE)
- International Conference of Software Engineering (ICSE)
- IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD)
- ACM Symposium on Cloud Computing (SOCC)

重點子領域二、 Web 智慧（Web Intelligence）

主題概述

網際網路智慧(Web Intelligence: WI)是由 Ning Zhong、Jiming Liu、Yiyo Yao 及 Setsuo Ohsuga[1] 在 2000 年於所提出的一個觀念，主要是運用人工智慧及進階的資訊技術於 Web 上，以便發展先進的 Web 技術及以 Web 為基礎的智慧型資訊系統。要達到此目的，Ning Zhong、Jiming Liu、Yiyu Yao [2]於 2002 勾勒出以智慧型網際網路為基礎的商業(Intelligent Web-based Business)為核心，所需的相關技術及領域包含網際網路探勘及經營(Web Mining and Farming)、網際網路資訊檢索(Web Information Retrieval)、無所不在計算及社群智慧(Ubiquitous Computing and Social Intelligence) 、智慧型人-網路交談(Intelligent Human-Web Interaction)、網際網路代理人(Web Agents)、知識網路及管理(Knowledge Networks and Management)、新興的網際網路技術與基礎建設(Emerging Web Technology 及 Infrastructure)、網際網路資訊管理(Web Information Management)等相關技術。 由此可見，在 WI 所需的核心技術包含「**Web 資訊檢索(Information Retrieval)**」、「**Web 資料探勘(Data Mining)**」、「**語意網(Semantic Web)**」及「**智慧型代理人(Intelligent Agents)**」等，以這些核心技術應用於 Web 上資訊處理與系統的發展，已經有多年的研究成果。

在 Web Information Retrieval 領域的研究上，從早期的爬行(crawling)、索引(indexing)、全文搜尋(full-text search)、搜尋引擎與中介搜尋引擎(search engine and meta-search engine)及關聯模型(relevance model)的建立到後來 query 的 reformulation、link 的分析及 XML 的檢索、意見性網頁的搜尋、多媒體的檢索等，以至於近年來的 合作式的過濾與推薦(Collaborative Filtering and Recommendation)、 混合式推薦(Hybrid Recommendation)、網際網路資訊分類及排序(Web Information Categorization and Ranking)、代理主機與快取技術(Proxy and Cache Techniques)等都是重要的研究課題。

在 Web Mining 領域的研究上，早在 1997 年 Bamshad Mobasher 等學者就希望由 Web 的交易(transaction)中找到所要的內容，因此這方面的研究則從早期的本文探勘(text mining)、Web content mining、Web structure mining、Web log 及 usage mining，到 Clustering, classification, and summarization of Web data 等就形成一個重要的研究課題。而最近這些年來更有很多學者致力於鏈結式資料探勘(Linked Data mining)、資料串流探勘(Data Stream Mining)、多媒體資料探勘(Multimedia Data Mining)等相關的研究，也突顯了在這個領域的重要。

至於在語意網(Semantics Web)領域的研究，則是近年來讓 Web 具有 intelligence 主要

的研究領域之一，由於一般的 Web 內容都是給使用者看的，要從人類可讀(human readable)進階到機器可處理(machine-processable)，需要用一些智慧型的技術來表達這些 Web 的內容，以便於機器可以容易的去處理 Web 的內容。這早在 1980 年代末期，Tim Berners-Lee 就開始推動這方面的研究，這方面的研究也受到美國國防部的重視，開始著手於 DARPA Agent Markup Language(DAML)的研究，近而有很多網際網路中介資料(Web metadata)及本體論(ontology)的建立，讓 Web 上原本是資訊的搜尋、擷取進化為知識的搜尋與擷取。這方面的研究從語意及本體論工程(semantic and ontology engineering)、語意網平台(semantic Web platform)的建立、語意為基礎的資訊擷取與檢索(Ontology-Based Information Extraction and Retrieval)、語意資料的 crawling 及 indexing、語意資料的搜尋與排序(Semantic Data Search and Ranking)及其基礎建設等，可見這個領域研究之重要性。

Web 資訊檢索、Web 資料探勘及語意網等各主要領域的研究依然是重要的課題，需要持續有先進的研究成果，而統整這些領域以使 Web 具有智慧型的環境與平台，以建構下一世代的網際網路則是未來所追求之目標。

國內外發展現況

WI 是近年來新興的研究主題之一，如同前面所述，所包含的領域很廣，在此僅能就一些方向概略說明。在國內各大專院校及研究單位皆有相關計畫進行中，包括台大、清大、交大、成大、政大、中研院、中央、台科大、中興、東華、…。所包含的研究領域從資訊檢索技術、資料探勘方法論、語意網工程等基礎研究到這些方法的應用等，都有很多研究團隊進行個人型或整合型之研究計畫(詳見科技部學術補助獎勵)。這些研究有多數為應用這些領域相關技術於醫學及生物資訊、社群資訊、雲端巨量資料之資料檢索、探勘、與語意工程之建模、分類、分群、分析、系統建構與技術開發等，僅 102 年所通過之研究案就超過 40 件；像是成大研弓團隊的「異質性生醫資料之文字探勘技術探討與知識庫建立」、台大研究團隊的「巨量使用者照片中的照片搜尋及人群相關活動探勘技術與應用」、東華研究團隊的「以社會性標籤為基礎之意見句擷取與意見性標記方法與研究」、中研院研究團隊的「以集體智慧運算探勘疾病知識之研究」、…等；可見這個領域在國內學術單位已形成非常重要之研究團隊。另外，在國內由相關的研究領域人員所組的「台灣網路智能學會」，主要的任務為促進網路智能及相關領域之研究、發展、應用、認證與交流，可見此一領域已然形成一個研究主流。

在國外的發展上，有一個主流的國際研究會「The 2013 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence」[3]，這是由 IEEE 的 Technical Committee on Intelligent Informatics (TCII)、ACM 的 SIGART、及 WIC(Web Intelligence Consortium)所共同合辦的

國際研討會。在這個研討會中收錄了來自世界各國在 WI 領域研究相當不錯的論文。我們分析這個會議所收錄的論文後，發現所收錄的論文含各種推薦系統(recommendation systems)及混合推薦系統(hybrid recommender)、關聯規則探勘(association rule mining)、鏈結資料(linked data)、各種應用的分析與預測、情感分析(sentiment analysis)、意見探勘(opinion mining)、各種應用的建構(modeling)、本體論工程(ontology engineering)、相關應用的 ranking、user behaviors prediction 及 mining、entity annotation、text summarization、及 WI 相關的技術等等。從以上的分析我們可以發現這方面的研究所包含的現況、主題與方向。

另外，ACM SIGIR 2013[4]是一 information retrieval 主流的研討會，我們可以再由 ACM SIGIR 2013 來發現目前國外的發展現況。在這個會議中，邀請了幾位在 IR 領域的專家來給一些 Tutorials，包括美國 National Institute of Standards and Technology (NIST)的 Dr. Ian Soboroff 講授「Building test collections」，主要是介紹一些建構與驗證 IR 的測試的程序；Yahoo! Research 的研究科學家 Dr. Edgar Meij 講授「Entity linking and retrieval」，介紹何謂 entity linking，及如何有效的去 retrieving；Johannes Kepler University 的 Computational Perception 系的 Peter Knees 教授講授「Music Similarity and Retrieval」，主要介紹 music information retrieval (MIR) 的最新發展，特別是在 music similarity estimation 上，這是音樂檢索的一個重要元件；新加坡的 Singapore Management University 的 Information Systems School 的 Dr. Jialie Shen 教授講授「Multimedia Recommendation: Technology and Techniques」，主要介紹在各種領域及多媒體內容上多媒體推薦技術及其應用；QCRI 資深研究員及 University of Trento 的資訊系教授 Dr. Alessandro Moschitti，講授「Kernel-based Leaning to Rank with Syntactic and Semantic Structures」，介紹 Support Vector Machines 的重要內容及簡化的理論及 KM，用來設計實際的應用； 以及其他應用的多位專家學者精闢的介紹在 IR 領域之研究成果。

世界發展之趨勢

各領域依舊需要更先進的方法論以處理各種不同應用所需的問題，全世界的研究都期待在各領域找出最佳的方法以解決所面臨的問題，因此各個領域都需要回歸基本的問題與找出其解決方法。

在資料探勘與網路探勘領域中，傳統的本文探勘(text mining)、簡單的網頁內容的探勘(Web content mining)與基本的 Web log 與使用的探勘已經不足以應付各種領域所延伸出來的問題，因此為了找到各種領域所要的資料，在資料探勘的技術上除了傳統的分類(classification)及分群(clustering)技術外，像是頻繁樣式探勘(Frequent Pattern Mining)，用

來探勘資料庫中經常出現的樣式/模式，以便於找出一些關聯規則。而對於大型的空間的(Spatial)及時間的(Temporal)有關的資料，像是由 GIS 所得到的資料或是 Web 的流量所產生的資料，這些資料都會增加資料探勘上的複雜度，因此需要更複雜的演算法來找尋這方面的資料。

另外，由於資料種類愈來愈多，近年來也有一些連續且快速產生的資料需要去找尋所需要的圖樣(pattern)，這種資料串流是一種有順序的資料，而且可能就只有產生一次，這種資料的探勘只允許在一小段的時間內用有限的計算資源或儲存空間去找出所需要的知識，像是電腦網路的流量、電話的交談等，要從這些串流資料中去擷取所要的資訊是一個相當複雜的程序，因此這方面的資料探勘也是目前世界的發展趨勢之一。而有一些所要找尋的資料或是知識可能並沒有特定的圖樣，像是入侵偵測(intrusion detection)、欺騙偵測(fraud detection)、 錯誤偵測(fault detection)、系統健康監控(system health monitoring)等，這些應用在事件產生時可能沒有特定的圖樣去探勘，此種所謂異常(Anomaly)或 局外(Outlier)偵測，這方面的偵測根據資料的型能又可以分成三類，分別是未監督的異常偵測(Unsupervised anomaly detection)、監督的異常偵測試(Supervised anomaly detection)及半監督的異常偵測(Semi-supervised anomaly detection)等，這些都是近年來的一種發展的重點之一。

還有多種不同資料型態的資料探勘也一直是這個領域很受歡迎的議題，像是多媒體資料探勘(Multimedia Data Mining)、圖型資料探勘(Graph Data Mining)、半結構式資料探勘(Mining Semi Structured Data)、複雜資料集探勘(Mining Complex Datasets)、具特定限制的資料探勘(Mining with Constraints)、及資料清除與預處理(Data Cleaning & Preprocessing)等，這些都是目前資料探勘領域有趣的研究議題與方向，這些議題與方向都存在一些可以應用的領域與可能的問題，有待研究人員加以發掘與克服。

另外，由於最近雲端運算的興起，海量資料(Big Data)來自於各地的雲端設備，如何在雲端設備中找尋所要的知識或是如何在海量資料找尋所要的資料將是一個新的研究議題，近來很多研究都以資料探勘技術各種資料雲來執行資料探勘[8]，而且有些資料雲以非 SQL(NonSQL) 的方式儲存，此種方式更提高了原來資料探勘的複雜度。在 2013 年的 KDD 國際研討會就有「2nd International Workshop on Big Data」專門探討在海量資料中資料探勘的技術。英國倫敦 Imperial College 的數學系也在 2013 年針對這個主題舉辦一個研討會 。由此可見，這個議題已經漸漸的受到重視。

在 Web retrieval 領域中，經常的研究課題是 Web 資訊的分類與排名(Web Information Categorization and Ranking)與快取技術(Proxy and Cache Techniques)，雖然這是相當成熟的技術，但應用於各種領域的 Web 資料檢索還是會有各種問題有待克服。在這領域中目

前很熱門的是各種不同的推薦的方式(recommendation scheme)與演算法，像是註記(tagging)推薦系統、合作式過濾與推薦演算法(Collaborative Filtering and Recommendation)、混合式推薦(Hybrid Recommendation)、 及使用本體論來協助的推薦系統等。這些方法與技術可以被應用到各種領域上，也會有各式的問題延伸出來需要去解決，有待研究者需要加以發掘與克服。

另外，多媒體的資訊檢索也是一直以來熱門的議題，在這個議題中，影像及視訊內容的索引(indexing)、搜尋(search)、檢索(retrieval)與瀏覽(browsing)等是熱門的議題。而在多媒體的檢索方面，各種不同的查詢模式(Query models),查詢的方式(paradigms)及支援的語音都是在多媒體檢索的基本課題，這些都需要去分析與理解多媒體之內容(Multimedia content analysis and understanding)，因此在多媒體進階描述子(Advanced descriptors)用來描述聲音與影像內容及相似性的評估方式都是重要的議題。

多形式媒體的查詢與搜尋(Multimodal media search)[9]也是這些年來熱門的議題之一，主要是用來查詢多種型態的媒體，像是影像、3D 物件、視訊、聲音、本文及其組合。在這方面的研究上相當著名的是由 EU 所贊助的計劃 I-SEARCH ，它主要是提供一個新且齊一的框架來執行多形式內容的索引、搜尋與檢索。其所含蓋的研究範圍包含多媒體的搜尋與檢索、相關性的回饋(relevance feedback), 多形式物件的交談(multimodal interaction),個人化與視覺分析(personalization and visual analytics)等。此外，近年來以人為本之多媒體資料檢索也是重要的研究議題，所以人類感覺為基礎的多媒體檢索(Human perception based multimedia retrieval)，這方面所延伸出來的研究議題與多形式多媒體檢索雷同，所包含的研究議題也很多。

另外，在資訊找尋中使用者個人的行為也會因人而異，了解每一個人的行為，以進一步了解其所需，也是資訊檢索的另一個熱門議題。因此在多媒體檢索中，人機介面的議題(HCI issues in multimedia retrieval)，情感交談與其介面(Affective/emotional interaction or interfaces for image/video retrieval)都是重要的議題。

另外一主流的研究領域是語意網(Semantic Web)，這個領域也是達成 WI 重要的領域之一。這個領域主要是將 Web 的內容可以具有意義，以便於機器可以處理這些原本由人類可讀的本文變成機器可讀且可處理的內容，因此這是前進 WI 重要的技術。在傳統的語意網中主要的研究在於如何將 Web 的內容具有其意義，一般的做法是利用 metadata 或則是本體論(ontology)的技術來註記 Web 內文所具有的意義，常見的 ontology 的語言有 DAML+OIL、Ontology Inference Layer (OIL)、Web Ontology Language (OWL)、Resource Description Framework (RDF)、DF Schema (RDFS)等。

因此讓 Web 具有意義的語言、工具、方法論等基本的語意網及本體論工程成為語意網最基本的工程。這些工程也包含了本體論的模組(ontology modularity)、對應(mapping)、合併(mapping)、及排列(alignment)等[10]。讓 Web 的內容具有意義後，如何在語意網上處理，包含搜尋、查詢、整合、分析、及評估就是基本的問題了。

由於語意網的出現後，Tim Berners-Lee 在 2009 年 的演講中提出了鏈結資料(linked data)的概念，接著 W3C 接著推動一個計劃(W3C Semantic Web Education and Outreach group's Linking Open Data community project)，而歐盟也提出了一些有關於鏈結資料的計劃。因此語意網與鏈結資料成為現在熱門的研究主題之一，像是語意網資料及鏈結資料的管理、整合、資訊的視覺化、雲端環境之語意網及鏈結資料等。

另外，將語意網的技術應用於各種不同的領域也是熱門的研究領域，例如將語意網應用到社群網路上(Social networks and processes on the Semantic Web)、語意網應用於感測網路(Semantic Sensor Web)、應用於行動平台上(Semantic technologies for mobile platforms)等。這些也都是目前熱門的研究議題之一。

在 WI 的研究領域中，也有很多重要的研究議題，像是 WI 的基本(WI foundation)中的將 WI 應用於腦資訊學(Brain Informatics for WI)、WI 應用於複雜網路(Complex Networks for WI)、個人化的控制(Cyber Individual and Personalization)、WI 應用於雲端運算平台(WI on Cloud Computing Platform)等。另一個熱門的研究議題是全球資訊智慧網(World Wide Wisdom Web (W4))，在這方面近年來有很多的研究議題，包括中介知識找尋與表示(Meta-Knowledge Discovery and Representation)、服務自我聚集(Service Self-Aggregation)、網頁推論引擎(Web Inference Engine)、知識物聯網頁(Wisdom Web of Things (W2T))等。

關鍵研究課題

- Classification
- Clustering
- Frequent Pattern Mining
- Graphical Models
- Spatial & Temporal Mining
- Data Stream Mining
- Anomaly & Outlier Detection
- Feature Extraction, Selection and Dimension Reduction
- Mining with Constraints
- Data Cleaning & Preprocessing
- Ontology-Based Information Extraction and Retrieval
- Ontology-Based Web Mining
- Web-Based Ontology Learning
- Web-Scale Reasoning
- Automatic Cataloguing and indexing
- Clustering-Based Recommender Systems
- Collaborative Filtering and Recommendation
- Hybrid Recommendation
- Web Information Categorization and Ranking
- Trust Models for Web Agents
- Semantic agent systems for collaborations
- Ontology Learning and Reasoning
- Opinion Mining and Sentiment Analysis
- Semantics and Ontology Engineering

一般性研究課題

- Opinion mining and sentiment analysis
- Collaborative Filtering and Recommendation
- Hybrid Recommendation
- Web Information Categorization and Ranking
- Proxy and Cache Techniques
- Clustering, classification, and summarization of Web data
- Opinion mining and sentiment analysis
- Multimodal data mining
- Ontology-Based Information Extraction and Retrieval
- Ontology-Based Web Mining

- Web-Based Ontology Learning

已發展成熟之研究議題

- Web Content Mining
- Text Mining
- Keyword-based Query Interfaces
- Web Log and Usage Mining
- Distributed Web Search
- Web Crawling Systems
- Search Engines and Meta-search Engines
- Mediators and Middlewares

參考文獻

[1] N. Zhong, J. Liu, Y.Y. Yao, S. Ohsuga, "Web Intelligence (WI)," The 24th Annual International Computer Software and Applications Conference, (COMPSAC 2000), pp. 469-470, Oct. 2000.

[2] Ning Zhong, Jiming Liu, Yiyu Yao, "In Search of the Wisdom Web," IEEE Computer, pp. 27-31, Nov. 2002.

[3] The 2013 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, http://cs.gsu.edu/wic2013/wi, 2013.

[4] ACM SIGIR 2013, http://sigir2013.ie/index.html, 2013.

[5] The 7th ACM International Conference on Web Search and Data Mining, http://www.wsdm2013.org/, 2013.

[6] Ning Zhong, Jeffrey M. Bradshaw, Jiming Liu, John G. Taylor "Brain Informatics," IEEE Intelligent Systems, pp. 16-20, Sep. 2011.

[7] SDM 2014 : SIAM International Conference on Data Mining, http://www.siam.org/meetings/sdm14/, 2014.

[8] Alexandros Labrinidis, H. V. Jagadish "Challenges and opportunities with big data," Proceedings of the VLDB Endowment, Vol. 5, Issue 12, pp. 2032-2033, August 2012.

[9] P. Daras, S. Manolopoulou, A. Axenopoulos, "Search and Retrieval of Rich Media Objects Supporting Multiple Multimodal Queries," IEEE Transactions on Multimedia, Vol.14, No. 3, pp. 734–746, 2012.

[10] The 10th ESWC(European Semantic Web Conference) 2013, http://2013.eswc-conferences.org/important-dates/call-papers

重要期刊

- ACM Transactions on Information Systems (TOIS)
- IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering (TKDE)

- Information Processing and Management (IPM)
- Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)
- Information Retrieval
- Journal of Web Semantics (JWS)

重要會議

- World-Wide Web Conference (WWW)
- ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR)
- ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)
- IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)
- ACM International Conference on Web Search and Data Mining
- SDM 2014 : SIAM International Conference on Data Mining

重點子領域三、 社群網路（Social Networking）

主題概述

隨著網絡普及以及 Web 2.0 時代的開啟，現代人際間交流得以不再為時間因素或空間地域所侷限；亦拜電腦資訊流通之賜，網絡上大規模的社群行為得以被觀察，相關實驗得以被實現。使得以往研究受限於範圍的社會學研究終有了新的突破與進展，現今社群網路分析已成為重要的跨領域研究方向。

社群網路分析研究如何利用相同或不同類型個體之間的社交關係，來進行個體、群體行為分析。重要的應用除了可以改進網路搜尋技術的準確率，結合人際關係的網路也可實現個人化網頁搜尋；也能利用線上人際關係網路之資訊傳播分析達成病毒式網路行銷(Viral Marketing)；或是偵測線上網路社群用以促進

社交媒體網站的進化；而利用社群網路之人際關係來進行空間中人群模擬(Crowd Simulation)，則可應用於賣場空間設計、逃生路線規劃等議題。在社群網路中找尋歧異點(Social-based Outlier Detection)，對於國家安全以及犯罪偵測也有幫助。這些技術隨著社交網站(如 Facebook 與 Twitter) 廣為大眾採用而有相當廣泛的應用，並使得社群網路探勘之研究同時兼具高度學術與實用價值。

經由 John von Neumann 於 1928 年所創賽局理論（Game Theory，也稱對策論或博弈論）分析發現社群網路使用者的社群網路在同一社群網路中具有較高的信賴度，並且具有相似的空間與時間特性，上網活動的時間相似，地理位置也相近，同時對於感興趣的檔案類型也大致相同，因此在這個社群網路系統中使用者必須透過貢獻與分享自身資源，長時間的經營自己的社群網路來換取更好的系統報酬，因此便可以有效的抑制 Free-riders 的發生，如果使用者不願貢獻自身的資源，社群網路會自動將其孤立，產生排擠效應。

近幾年 ACM 相關重要會議，如 SIGKDD、WWW、SIGIR 接受社群網路探勘之論文比例大增。同時 ACM 與 IEEE 兩大計算機學會也開始舉辦了幾個和社群網路直接相關的會議，如 Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM)與 IEEE Social Computing (Social-Com)等會議。此外， AAAI 也成立 International Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM)會議，來促進相關研究人員的學術交流。另一方面，IEEE 和 ACM 的一些期刊如 IEEE ToM 於 2012 年的 special issue “Social Media as Sensors”，ACM TIST 於 2012 年的 special issue: “Social Web Mining”和 “Linking Social Granularity and Functions”，都可見近年來社群網路研究之重要性。

國內外發展現況

社群網路分析為一新興研究方向，雖然早期國內在這方面投入相對較少的人力，但近年來已經有不少團隊開始積極投入，在網路資訊摘要、微型網誌分析、人群模擬、網頁搜尋準確率之提升、電子佈告欄之社群網路分析等研究課題都已有不錯的成果。

自 Wasserman 以及 Faust1994 年合著專書 "Social Network Analysis: Methods and Applications" 之後，相關領域漸漸被研究者重視，此書在 Google Scholar 也

有超過 16000 次引用。於國內外已有眾多研究團隊開始投身研究於社群網路探勘領域中，社群網路相關的論文陸續發表在 WWW、SIGIR、SIGKDD、ICML 等一流國際會議上，尤以 SIGKDD 最為顯著。同時許多社群網路探勘的指導課程 (tutorial)也現身於許多知名國際會議中，自其中我們可理解到該領域的理論、技術與應用的發展。以下便舉數個近兩年內所舉辦的指導課程為例。

Qatar Computing Research Institute 的 Carlos Castillo 博士，Microsoft Research Asia 的 Wei Chen 博士，及 University of British Columbia 的 Laks V. S. Lakshmanan 教授，也在 KDD 2012 Tutorial 中講授 "Information and Influence Spread in Social Networks" 主題，內容包含了關於社群網路中資訊流通的數個面向，例如 mathematical sociology, technology and availability of large real data sets, tools (both mathematical and software) for purposes of analysis, algorithms for analyzing information propagation 等。而此課程主要討論演算法的部份。

在 WWW 2012，Microsoft Research Asia 專長於 Urban Computing 的 Yu Zheng 博士，在 WWW 2012 所講授的 "Tutorial on Location-Based Social Networks" ，內容包括如何結合地理資訊與社群網路結合的網路來探勘重要的資訊，以及在 Location-based social media 中探索新的應用與問題和透過 user mobility 去了解 Location 或推薦旅遊行程。

最後，台灣大學的 Shou-De Lin 教授，中央研究院的 Mi-Yen Yeh 博士，及台灣大學的 Cheng-Te Li 博士在 PAKDD 2013 以及 SDM2013 所講授的 "Sampling and Summarization for Social Networks" 的課程，介紹了對於 online social network 如何 sample 與 summarization 的議題，顯示社群網路及圖形探勘領域更趨熱門之方向。

除了上述團隊之外，密西根大學統計物理學家 M.E.J. Newman 教授研究團隊自 1991 年迄今，已於 Physical Review 科學期刊上發表 70 篇餘相關論文，其主要著手於分析資訊網路或複雜網路之結構與作用；其他如 Yahoo! Research 的 Duncan Watts 研究團隊、亞歷桑納州立大學的 Hari Sundaram 教授的研究團隊等等都在相關的議題上有成

果。

世界發展之趨勢

過去數年社群網路探勘研究領域主要在針對各種常見問題的設計演算法：如個體重要度評估(如 Centrality Theory)、社群偵測(Community Detection)、影響力傳播模型建置(Social Influence Model)等議題。然而隨著社交服務平台(Social Network Services)的普及運用，平台所提供的服務對象不僅大幅度的增加，而且接收的使用者訊息累積的速度也呈現指數成長。現今的我們所擁有的資料量早已遠大於早期研究時的資料量，若單純沿襲既有演算法進行分析或解決問題，勢必出現嚴重的效率問題。因此如何修改並延伸既有分析演算法，並整合雲端運算技術(Cloud Computing)，以體現於大型線上社群網路，是目前社群網路探勘研究一項新的課題。

另一方面，因應打卡資料的興起以及各種 blog 與社交軟體皆可提供定位服務，地域性社群網路探勘在近 1~2 年興起，不同新的問題與需求因應而成，舉凡如何在利用軌跡數據 infer 現實社群網路關係，利用過去打卡資料來推薦旅遊行程，或是結合社群網路與地域性社群網路去做更有效的地點推薦，以及透過探勘 user mobility 分析 location 或特殊 event，都是非常有趣的應用與待解的問題。

最後，由於快速且大量 social media 應用產生的 big data，內含豐富巨量的社群網路文章、標記與主題，如何 summarization 以及探討資訊傳播也成為重要的議題，社群網路與資訊檢索(Information Retrieval)的結合也為必然趨勢。而在使用網際網路帶給使用者便利性的同時，也發現並非所有的使用者都願意自發性的遵守所有的網路使用規範，也因為人類利己的天性，造成網際網路資源分配不均，因此如何分析網路使用者的行為，制訂完善的使用機制，借此提升網際網路的效能也是一個重要的議題。近年來賽局理論除了被廣泛的運用在各個領域分析博弈的相互作用外，也被運用在網際網路中分析使用者的策略選擇與報酬模型，因為網路中使用者的競爭或對抗行為，賽局理論可以適當的預測並分析網路中使用者的個體行為。

關鍵研究課題

- 大型線上社群網路探勘演算法設計 (Design of Large-scaled Mining
- Algorithm for Online Social Network Analysis)
- 社群網路文章摘要及主題模型 (Social Content Summarization and Topic Model)
- 資訊傳播模型與分析 (Information Diffusion Model and Analysis)
- 社群網路意向分析 (Opinion Analysis in Social Networks)
- 利用異質性社交關係進行個人化推薦 (Recommendation in Heterogeneous Social Relationships)

- 社群網路文章標記及分類 (Social Content Tagging and Classification)
- 利用賽局理論(Game Theory)方法解決社群網路分析問題

一般性研究課題

- 線上網路社交行為模型 (Models for Online Social Interactions)
- 大型線上社群網路之摘要(Summarization of Large-scaled Online Social etworks)
- 社群網路之影響力最大化 (Influence Maximization on Social Networks)
- 社群網路之個人資訊隱藏 (Anonymizing Social Networks)
- 雲端運算在社群網路上之應用（Cloud Computing on Social Networks）
- 由線上使用者行為建置社群網路（Social Network Construction from Online User Interactions）
- 基於社群網路之人群模擬（Social Network-based Crowd Simulation）

已發展成熟之研究議題

- 線上網路社群之偵測 (Community Detection in Online Social Networks)
- 個體重要性排名 (Individual Importance Ranking on Networks)
- 線上網路資訊視覺化 (Visualization for Online Social Networks)
- 偵測詭異個體與行為 (Outlier and Anomaly Detection for Social Networks)
- 同質性網路上的中心化演算法（Centrality Theory on Homogeneous Networks）
- 同質性網路上的連結偵測（Link Prediction on Homogeneous Social Networks）
- 小世界網路搜尋（Search in Small-world Social Network）

參考文獻

[1] E. Cho, S. A. Myers, and J. Leskovec. Friendship and Mobility: User Movement in Location-based Social Networks. In ACM KDD 2011.

[2] H.-P. Hsieh, C.-T. Li and S.-D. Lin, Recommending Time-Sensitive Routes by Exploiting Large-Scale Check-in Data. In ACM UrbComp 2012.

[3] S. Scellato, A. Noulas, R. Lambiotte, and C. Mascolo. Socio-spatial Properties of Online Location-based Social Networks. In ICWSM 2010.

[4] Y. Baba and H. Kashima, “Statistical quality estimation for general crowdsourcing tasks,” in KDD, 2013.

[5] S. Lacoste-Julien, K. Palla, A. Davies, G. Kasneci, T. Graepel, and Z. Ghahramani. Sigma: Simple greedy matching for aligning large knowledge bases. In KDD, 2013.

[6] M. Gomez-Rodriguez, J. Leskovec, and B. Sch okopf. Structure and dynamics of information pathways in online media. In WSDM '13, pp. 23-32, 2013.

[7] X. Hu, L. Tang, J. Tang and H. Liu, “Exploiting Social Relations for Sentiment Analysis in Microblogging,” in WSDM, 2013.

[8] Maha Alabduljali, Xun Tang, and Tao Yang. Optimizing parallel algorithms for all

pairs similarity search. In Proc. of 6th ACM Inter. Conf. on Web Search and Data Mining (WSDM), 2013.

[9] Dawei Yin, Shenbo Guo, Boris Chidlovskii, Brian D. Davison, Cedric Archambeau and Guillaume Bouchard. Connecting Comments and Tags: Improved Modeling of Social Tagging Systems. In Proceedings of 6th ACM Conference on Web Search and Data Mining (WSDM 2013), Rome, Italy, Feb 2013.

[10] Das, S. and Kramer, A. 2013. Self-censorship on Facebook. Proc. of ICWSM 2013, pp.120-127, 2013.

[11] Ellison, N.B., Gray, R., Vitak, J., Lampe, C. and Fiore, A.T. 2013. Calling all Facebook friends: Exploring requests for help on Facebook. Proc. of ICWSM 2013, pp.155-164, 2013.

[12] Yizhou Sun, Jiawei Han, Charu Aggarwal, Nitesh V. Chawla, "when Will It Happen? Relationship Prediction in Heterogeneous Information Networks", WSDM'12, Seattle, Washington, USA, pp. 663-672, 2012.

[13] Marshall, C.C. and Shipman, F.M. Saving, reusing, and remixing web video: using attitudes and practices to reveal social norms. Proc. WWW'2013.

[14] D. Quercia, L. Capra, and J. Crowcroft. The social world of Twitter: Topics, geography, and emotions. In Proceedings of the 6th International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, 2012.

[15] E. Ferrara, M. JafariAsbagh, O. Varol, V. Qazvinian, F. Menczer, and A. Flammini. Clustering memes in social media. In Proceedings of the 2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, 2013.

[16] K. Y. Kamath, J. Caverlee, K. Lee, and Z. Cheng. Spatio-temporal dynamics of online memes: A study of geo-tagged tweets. In Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web, pages 667-677, 2013.

[17] J. Kulshrestha, F. Kooti, A. Nikravesh, and K. P. Gummadi. Geographic dissection of the Twitter network. In Proceedings of the 6th International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, 2012.

[18] J. Lehmann, B. Goncalves, J. Ramasco, and C. Cattuto. Dynamical classes of collective attention in Twitter. In Proceedings of the 21st International Conference on World Wide Web, pages 251-260, 2012.

[19] Sharma and D. Cosley, "Do social explanations work? A studying and modeling the effects of social explanations in recommender systems", In WWW, 2013.

重要期刊

- ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data
- IEEE Internet Computing
- ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology

- IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
- Social Network Analysis and Mining
- Social Networks
- International Journal of Social Network Mining
- Data Mining and Knowledge Discovery
- Knowledge and Information Systems
- ACM Transactions on the Web
- Data and Knowledge Engineering

重要會議

- ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SIGKDD)
- World Wide Web Conference (WWW)
- International ACM SIGIR Conference on Information Retrieval (SIGIR)
- International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM)
- International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining (ASONAM)
- IEEE International Conference on Social Computing (Social Com)
- AAAI International Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM)
- ACM International Conference on Web Search and Data Mining (WSDM)
- ACM International Conference on Online Social Networks (COSN)

重點子領域四、 新興 Web 技術與應用

（Emerging Web Technologies and Applications）

主題概述

在 Web 從一個內容交換平台演化為應用服務的平台過程中，開發與呈現技術持續的演進和創新，其中 XML 的資料表達和 Web2.0 的觀念提出更讓 Web 技術與平台成為現今網路世界的中流砥柱[1]。而 Web 應用已經由早期的桌面個人電腦向下延伸到手機與平板。Web 應用也向上延伸到 TV 與大型展示設備。使用 Web 技術開發的應用包括：家庭生活、娛樂社交、醫療健康、安全監控、教育學習、交通建築、電子商務等，涵蓋了大部份生活和工作的領域。Tim Berners Lee 在 90 年代提出的 HTTP 協定和 HTML 是 Web 技術的基本核心，在被廣泛接受後就很難再修正[2]。現今被普遍使用的 Cookie、SSL、JavaScript 等機制都是在 Web 剛出現時的產物，成為 Web 核心後就只能做部份的擴充延伸。新興資通訊技術的開發，如雲端、智慧聯網、擴充實境、展示科技等，也都和 Web 相關。近年 Web 新興技術變化相當快速，追溯根源，SPDY 協定和 HTML5 影響最大。

SPDY：針對 HTTP 網頁載入時間過長和安全的考量，Google 在 Chromium 中提出了 SPDY 協定。SPDY 是在 TCP 之上增加一個傳輸層，現有的瀏覽器端程式不需做任何修改。SPDY 的封包(Frame)分為 Control 與 Data 兩種型態，多個 HTTP Request Message 和 Response Message 將會被轉譯為 SPDY Frames 在同一個 TCP Connection 下運作。SPDY 的主要設計包括：(1) TCP 連結的 Multiplexing，瀏覽器端可同時發出多個 HTTP Request，並設定優先順序；(2) 伺服器端的推播(Server Push)與提示(Server Hint)；(3) Header 的編碼與壓縮，(4) 強化安全以 SSL 傳輸。雖然目前伺服器端尚未全面支援，僅就 SPDY 縮短網頁平均下載時間 50%的目標來看，就已吸引主要網路服務提供者紛紛規畫使用[3][4]。

HTML5： 傳統的 HTML 不能和硬體直接溝通，硬體進展的優勢(如多核心處理器、高階顯示卡等)在 Web 上無法發揮。尤其是沒辦法存取本地端資料，更限制了 Web 的應用與瀏覽器的發展。2004 年，Apple,Mozilla,與 Opera 成立了 WHATWG 組織，啟動制定 HTML5 規格，促使 W3C 放棄 XHTML，2008 年 W3C 公佈了第一份的 HTML5 草案。目前各主要瀏覽器的最新版本都隨著 HTML5 的演進而更新，這也解決了長期困擾著 Web 應用的開發者的瀏覽器相容問題。除了電腦外，迄今有超過 10 億個行動裝置支援 HTML5。和傳統在瀏覽器端執行的 HTML/CSS/Javascript 組合相比較，HTML5 主要特點有：(1) HTML 標籤的改良，(2) CSS 及 JavaScript 的整合，(3) 多樣的 API(包括硬體支援，多媒體，網路等)。HTML5 已成為開發 Web 前端應用的標準，包含的 API 相當廣泛(如：Canvas,

Web Socket, Web Storage 等)，還有更多的在規畫中(如：Index DB, Open Font 等)[5]。其中與 Web Infrastructure 相關的 Web OS (如：Chrome OS, Firefox OS)部分如 Web Socket 等，在 Web Infrastructure 子領域中已介紹。HTML5 與在應用開發部分的主要議題如下：

(1) 2D/3D 繪圖與多媒體應用

行動裝置上的 2D 互動 Flash 已完全的被 HTML5 的 Canvas 2D 取代。WebGL 基於 OpenGL ES 2.0，提供了 3D 繪圖的程式介面。HTML5 Canvas 並允許利用 DOM 以 Javascript 實作自動記憶體管理。使用 HTML5 的 Audio/Video 應用不但開發標準化，還可穿透防火牆，對多媒體服務提供者同時提供了開發平台及輸送通道[6]。

(2) 離線服務

HTML5 開發的離線服務，最適合行動裝置，無論有沒有網路都可以瀏覽與執行。Chrome 應用商店、Google Map、Google Calendar 是目前已開發被廣泛使用的離線服務，沒有網路時，使用者仍可以繼續操作。在 HTML5 的 manifest 中，可將要離線流覽或執行的檔案設定為快取。再配合 Web Storage，離線應用的開發就可用標準化方式完成[7]。

(3) 混成式 APP(Hybrid APP)

傳統行動裝置 APP 多是以 Native APP 方式開發，每一個平台都有自己的開發與延和工具。混成式 APP(Hybrid APP)以 HTML5 技術為核心，目前已提出的技術有 Phonegap，Tatanium，Intel XDK 等。開發出 APP 可在不同平台上架成為 APP。跨平台設計的相容性與效能有很多研究與發展的空間[8][9][10][11]。

(4) 響應式設計(Responsive Web Design, RWD)

RWD 是一種使用 HTML5 中 CSS3 Media queries 的網頁設計方法，開發者可以同時設計網站在不同裝置（含桌面電腦，平板，到行動電話）上瀏覽。響應式設計所能達到的效果相當廣泛，配合上 Javascript 還可以偵測裝置狀態，執行不同的 Javascript ，達到更多功能上的延伸。進一步也可以和人機互動(HCI)與使用者經驗(User Experience)領域研究整合[12][13]。

(5) Web Client API and Framework

為處理 Web 應用的複雜性，程式庫(Library)軟體框架(Framework)已成為 Web 應用開發者必備的工具。過去的 MVC(Model-View-Controller) Framework 多以 Web 伺服器端開發語言為基礎(如: Django, RoR 等) 。隨著 HTML5 的發展，在瀏覽器端運作的程式日趨複雜，Javascript 的工具 (如：jQuery, Angular.js 等)陸續出現。開發者使用 Javascript Libray

和 MVC 的架構來設計開發前端應用，不但可增加生產力，還能降低維護成本。Web 前後端軟體框架也成為軟體工程研究的重要議題之一[14][15][16]。

國內外發展現況

和資訊及智慧計算的各領域多由學術界啟動研發不同，新興 Web 技術與應用主要都是由產業界開始，初步的研究成果散佈在眾多不同領域的國際會議中，SPDY 和 HTML5 的發展都是如此。自從 HTTP1.1 推出後，改善效能與安全的研究相當多，直到 Google 提出 SPDY，才被公認為迄今唯一可能的 HTTP 2.0 的提案。目前主要瀏覽器，如 Firefox、Chrome、及 Opera 均已支援 SPDY；大約有 1%網站在開發時就直接利用 SPDY 降低網頁下載時間。目前國外研發主要集中在業界，以效能分析比較為主。國內尚未有學術團隊從事 SPDY 相關的研究。

HTML5 的研發雖然正式版本尚未確認，草案持續在修訂中，不但所有瀏覽器都保持著跟上最新版本，各種加值程式庫和開發工具也快速的被開發出來。Opera 的主要收入來自於由 HTML5 行動裝置與 TV Store 所創造的營運模式。國內各廠商也大力投入，尤其以鴻海在以 HTML5 為基礎之 Firefox OS 投入的資源最另人注目。在國內各項資訊網路應用競賽中，都可以看到許多公私立大學的參賽隊伍使用 HTML5 為主要開發技術。科技部(原國科會)102 年度的研究計畫標題名稱內雖僅有兩件包含 HTML5，但包括交通大學在內的多所大學的網路、軟體工程、作業系統、多媒體、編譯器領域團隊，也都已經開始將過去研發的成果與 HTML5 及 Web OS 結合。

世界發展之趨勢

Web 新興技術的是一個動態發展的過程，過去現在未來均如此。雖然 SPDY 和 HTML5 對過去 HTTP 和 HTML 的缺點做了修正，提供了功能更強大的 Web 平台，SPDY 和 HTML5 也都在持續發展中。SPDY 目前為第三版，網路協定需要瀏覽器和伺服器的配合才能推廣，伺服器端的廣泛支援後，還需要開發環境配合，才可能全面快速的被採用。SPDY 的長期目標是與 HTTP 完全整合。HTML5 預計在 2014 年正式版推出後，每兩年將有一個新的擴充版本，因此發展的腳步是不會停止的。尤其在行動裝置(手機與平板)及互動電視兩類平台的發展最為快速。HTML5 支援的終端裝置和雲端應用整合的服務，已經是未來發展的主要趨勢。

關鍵研究課題

- 以 SPDY 為基礎的伺服器與應用開發技術(SPDY-based server and application design)

- 以 HTML5 為基礎的瀏覽器強化技術(HTML-based browser enhancement)
- HTML5 為基礎的 Web OS 技術(HTML-based Web OS related technologies)
- Web 前端應用軟體框架技術(Web Front End Software Framework Technologies)
- HTML5 瀏覽器端與雲端協同運作(Collaboration between HTML5 terminals and Cloud)

一般性研究課題

- SPDY 協定分析與效能評估(SPDY Protocol Analysis and Performance Evaluation)
- 離線 Web 應用技術(Offline Web Application Technologies)
- 跨平台響應式設計(Cross-Platform Responsive Web Design)
- 以 HTML5 為基礎的混成式 APP 技術 (HTML5-based Hybrid APP Technologies)
- 以 Canvas/WebGL 為基礎的多媒體技術(Canvas2D and WebGL-based Multimedia Technologies)
- Web 程式庫與軟體框架技術(Web Library and Software Framework Technologies)

已發展成熟之研究議題

- 已成熟之 Web 協定與標準(e.g., HTTP, XML-based technologies)
- 已成熟之 Web 伺服器端開發技術(e.g. PHP, ASP.NET, RoR, Django, etc.)

參考文獻

[1] Tim O'Riely, and J. Battelle, "Web Squared: Web 2.0 Five Years On." Web2.0 Summit, 2009. http://www.web2summit.com/web2009/public/schedule/detail/10194

[2] R. Fielding, J. Gettys, J. et al., "Hypertext transfer protocol–HTTP/1.1.", 1999.

[3] Belshe, Mike, and Roberto Peon. "SPDY Protocol.", 2012. http://tools.ietf.org/html/draft-mbelshe-httpbis-spdy-00

[4] T. Sochor, "Anonymization of Web Client Traffic Efficiency Study." Computer Networks, Springer Berlin Heidelberg, pp. 237-246, 2012.

[5] R. Berjon, I. Hickson, et al., "HTML5.1 Nightly.", November, 2013. http://www.w3.org/html/wg/drafts/html/master/

[6] WebGL http://www.khronos.org/webgl/

[7] Offline Web Application http://www.whatwg.org/specs/web-apps/current-work/multipage/offline.html

[8] R. Budiu, "Mobile: Native Apps, Web Apps, and Hybrid Apps" http://www.nngroup.com/articles/mobile-native-apps/

[9] Phonegap http://phonegap.com/

[10] Tatanium http://www.appcelerator.com/titanium/

[11] Intel XDK http://software.intel.com/en-us/html5/tools

[12] Responsive Web Design http://en.wikipedia.org/wiki/Responsive_web_design

[13] Ethan Marcotte, “Responsive web design.”, A List Apart, May, 2011. http://alistapart.com/article/responsive-web-design
[14] L. Lei, and Ian Horrocks, "A software framework for matchmaking based on semantic web technology." International Journal of Electronic Commerce, Vol. 8, No.4, pp. 39-60, 2004.
[15] jQuery http://jquery.com/
[16] AngularJS http://angularjs.org/

重要期刊

- ACM Transactions on the Web
- ACM Transactions on Internet Technology
- ACM Transactions on Information Systems (TOIS)
- IEEE Internet Computing magazine
- Journal of Web Engineering
- Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web
- International Journal of Web Services Research
- Computer Networks
- International Journal of Electronic Commerce

重要會議

- International World Wide Web Conference (WWW)
- International Conference on Web Engineering (ICWE)
- International Conference of Software Engineering (ICSE)
- ACM Symposium on Cloud Computing (SOCC)
- ACM Symposium on Cloud Computing (SOCC)
- IEEE International Conference on Cloud Computing (IC2E)
- IEEE International Symposium on Mobile Cloud, Computing and Service Engineering
- IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)

重點子領域五、Web 上的隱私與安全問題

（Privacy and Security on Web）

主題概述

隨著網際網路的驚人成長，Web 技術已不斷的快速發展並廣泛地被運用在資訊化社會的許多層面，Web 不僅是某些技術的集合，在與網際網路結合後已成為一個資訊流通的媒介、與應用程式的新平台，因此如線上搜尋、電子商務、線上遊戲、遠距教學、線上出版…等無數新的應用不斷出現，不僅在我們日常生活中扮演重要的角色，更帶動商業模式的革命，由於 Web 界面的親和力與無須安裝額外軟體的便利性，Web 技術也已經廣泛的被運用於開發各式資訊相關系統，提供高互動性的界面與豐富的資訊呈現方式，因而改變資訊蒐集與閱讀的習慣、甚或改變訊息與內容的發佈方式；傳統的商業行銷與交易方式也因 Web 技術而以數位化方式互連產生變化；Web 2.0 以後的技術更提供平台與互連機制，讓資訊系統間、人們日常生活的互動間，有一個全新的形態與溝通方式…，Web 的觸角正持續積極的向資訊社會的每一個層面延伸。正由於 Web 技術運用的廣泛性，其安全的問題不僅會影響到人們日常生活以及商業交易;許多知名 Web 應用與高使用者量的網站更已成為散播惡意程式給非特定的受害者的溫床; Web 技術也由於是許多資訊系統互連與訊息交換的機制，其弱點便成為入侵其他系統的跳板或入口…因此 Web 技術的安全性與隱私保護便是一個重要的研究議題與技術發展方向。

Web 技術與相關應用是典型的分散式主從式架構，Web 架構通常包含瀏覽器、伺服器、伺服器端應用程式、資料庫等系統的互連，因此其安全性問題存在於不同層面。在使用者端的瀏覽器方面，瀏覽器本身的漏洞以及外掛（plug-in）程式即存在可能的安全弱點 [1][2]，近年來由於許多在瀏覽器端的程式架構(例如 JavaScript[3]與 AJAX[4]等等)被提出與大量運用，這些程式架構的安全弱點與防範機制也開始被持續關注。此外由於瀏覽器與網站大量運用如 cookie 等狀態儲存機制[5]，瀏覽器通常都有機制產生使用者的瀏覽過程所構成的歷史紀錄，這些機制便可能成為資訊隱私洩漏 (Information/Privacy Leakage)的潛在漏洞 [6]。

在伺服器端方面的常見安全威脅有：伺服器設定資料洩漏(Information Leakage)、服務阻斷(Denial of Service)、遠端越權讀取(Remote File Read)、以及獲得管理者權限(Web Administrator’s Shell)、Insecure Cryptographic Storage 等，雖然這些安全威脅在過去數年已被深入分析與研究，但是由於架設 Web 伺服器的門檻不高，以及 Web 應用部署的需求極廣，因此網路常存在為數甚多的 Web 伺服器是非專業人士所架設或管理，這些伺服

器系統安全性是堪慮且容易被利用來作為網路攻擊的跳板，因此，如何能夠系統化的有效找出這些脆弱的系統，並透過有效的方式加以自動防範或是阻絕其安全問題，仍是一個值得研究的領域。

在 Web 內容與應用開發技術方面也存在許多可能的安全問題[7]，目前已知的有植入式漏洞攻擊(Injection Flaw)[8]、跨網站的入侵攻擊 (Cross-Site Scripting Attack)[9]、跨網站的偽造要求 (Cross-Site Request Forgery)[10]等。攻擊者會以各種排列組合去利用這些弱點，並結合惡意程式碼、網路釣魚[11]等攻擊等手法，藉由攻擊受信任、或是知名網站，藉此間接影響或是攻擊更多的使用者。再加上近年來由於 Web 技術已成為資訊系統溝通、行動通訊平台、或是社群網路的重要機制，或是透過混搭(mashup)[12]的方式將多個 Web 應用系統的內容結合成為新的服務，這些都使得 Web 內容與技術上的脆弱性議題成為影響整體資訊架構的重要問題。

國內外發展現況

由於 Web 技術的快速演化以及服務的日趨多元化，Web 的架構也變的相當複雜，不僅如前所述的各個層面均有可能遭受攻擊，新的漏洞也不斷出現，既有攻擊方式也不斷變形或組合，國內外均有許多研究單位與學者投入相關的研究，國內除了個別研究計畫與小規模整合計畫外，國家科學委員會與網路通訊國家型科技計畫於 2005 年起成立資通安全研究與教學中心 (Taiwan Information Security Center，簡稱 TWISC)，整合國內各大學及研究機構的資源與相關專家學者，來強化我國資通安全之研究與發展，並促成政府、學術機構以及民間企業間合作管道的建立。TWISC 計畫已發展一個測試平台(Testbed@TWISC)，提供一個大規模，用戶可獨立控制的測試環境，可供進行網頁技術安全測試與研究的環境，Web 安全性議題研究人員可以藉由其建立隔離的研究實驗，例如進行 Web 應用程式漏洞掃描、包括 SQL injection，cross-site scripting 的攻擊或是內容檢測。其他如財團法人資訊工業策進會、工業技術研究院、以及國家高速電腦與網路中心都有投入相關的研究，例如建立惡意網頁偵測機制與資料庫，藉由搜集惡意網址和惡意軟體，研發能判斷出欲檢測的網址或軟體是否帶有惡意行為的系統，警示使用者並預防惡意程式所帶來的破壞。

國外對於 Web 技術的安全性與隱私議題的研究更是蓬勃發展，這可從如 ACM CCS、SERE、IACR Crypto、Eurocrypt、NDSS、USENIX Security、與 WWW 等一流國際會議的投稿與發表情況，可以一窺相關議題在國際頂尖學術研究殿堂中的影響與需求，上述所列的各種議題均有研究團隊進行相關研究。由於 Web 技術的普及與其資安議題影響甚廣，因此也早已是國內外產業界積極投入的領域，不僅 Web 技術與內容的巨擘(如 Google、Yahoo 等)早已積極投入相關研究，相關組織如 Open Web Application Security Project

(OWASP)[13]也不斷蒐集並研究分析各種 Web 安全問題，並就其滲透性與威脅性進行排行以提醒各界關注。此外，由於全世界網站與 Web 應用數量極為龐大，而且一般 Web 安全漏洞的產生多是由於開發者的疏忽而導致，不僅要從瀏覽器端或是伺服器端去防治有其困難與侷限性，傳統的網路資安設備例如防火牆與入侵偵測系統也力有未逮，因此許多網路大廠也投入與 Web 安全防範相關的機制研發，各式深層封包檢測(Deep Packet Inspection)技術與相關晶片因此應運而生，藉由快速比對封包內容中是否含有針對 Web 應用攻擊、或是隱私洩漏的特定字串來防禦可能的威脅。另外，針對惡意網站或是網頁連結的分析、蒐集、與資料庫建立，並據以發展各式 URL 過濾(URL Filtering)技術，也是國內外資安廠商過去幾年致力發展的領域，在國內業界有趨勢科技與中華電信長期地在進行相關的蒐集工作，國研院國網中心也有佈建分散式的誘捕系統與惡意程式資料庫。

世界發展之趨勢

早期 Web 安全方面的研究從瀏覽器、伺服器端、通訊協定、網頁技術等各個不同層面開始著手研究其安全威脅，諸如植入式漏洞攻擊(Injection Flaw)、惡意檔案偵測(Malicious File Detection)、不安全的物件參考(Insecure Direct Object Reference)、連線攔截(Clickjacking vulnerabilities)、跨 site 攻擊(Break of same origin policy)等議題均已有十分成熟的研究，然而對於日新月異的網頁技術發展，例如 HTML 5.0、Mobile Web、Web X.0 等等新興技術是否衍生新的威脅，或是惡化先前的安全漏洞，從瀏覽器安全議題、跨網站的入侵攻擊、跨網站的偽造要求(Cross-Site Request Forgery)、資訊揭露與錯誤處置、遭破壞的認證與連線管理、Web 元件間的通訊保密性等各個面向，仍是值得持續投入關注的一般性研究課題。

由於 Web 安全漏洞的產生許多是由於開發者的疏忽而導致，例如沒有做好輸入驗證及目錄存取控制等，透過弱點檢測方法或工具(如 Paros, WebScarab, JBroFuzz 等)可以找出潛在的安全風險，因此如何發展自動化的程式分析與檢測技術[14][15]，或是從根本的面向(如使用者行為分析[16]、或是瀏覽器的資源管理)來進行安全防制，仍是值得重視的研究趨勢。此外如何在網路中對於 Web 安全議題的監控與防止也是需要持續投入的議題，網路上的 Web 應用程式防火牆與入侵偵測系統都需要持續更新特徵資料庫，方能有效偵測並防止網路流量中潛藏的 Web 攻擊，然而就現今網路的規模與網站增加速度，惡意程式相對的以極驚人的速度滋生，如何能快速且有效地蒐集到最新惡意程式、如何動態產生新的特徵字串等仍然是困難的問題，不管在蒐集方式、策略、部屬方式等各方面都亟待創新的做法，我們也希望國內能夠發展 Web 安全的測試平台，讓研究者得以透過實際執行（或模擬）惡意程式或 Web 應用來觀察其動態行為並進行研究。

值得注意的是 Web 技術與其他資訊系統的混搭、行動與智慧型終端裝置的發展、雲端系統(如 Amazon 的 AWS)、Web 社群網路的發展等新興趨勢，這些演變對於安全問題的影響或是演化是亟待學界與業界共同投入的新興議題。此外，面對行動智慧型裝置與社群網路的快速發展，Web 以前所未見的速度與方式快速連結人與人、人與系統，系統因此也以各種方式蒐集個資資料，並運用於人與人關係連結的分析、消費者行為分析、商業模式的建立與管理等等面向，但這無異也對於隱私的侵害與洩漏提供了全新且未設防的管道，面對未來巨量資料(Big Data)相關應用的需求與發展，如何兼顧並防止個資或隱私資料的保護是一個有待開發的領域。特別是我們也期待跨領域的整合，希望科技與法律或是人文領域學者的對話與結合，共同對於法律層面應該如何因應新科技與可能的隱私破壞等問題，前瞻性的提出分析以及因應之道。

關鍵研究課題

- 跨網域與應用混搭之資安議題(Security for Cross-Domains and Mashups)
- 行動 Web 應用的資安議題 (Security issues of Mobile Web)
- 雲端應用程式與平台資安議題 (Security for Web Applications over Cloud Platforms)
- Web 應用安全性測試工具與平台 (Web Application Vulnerability Testing tools and Platforms)
- 社群網絡之資訊隱私洩漏與保護機制 (Information Leakage and Protection for Online Social Network)
- 新興 Web 架構與技術之資安議題與對策(Security and Countermeasures of new/emerging Web technologies/paradigms/languages/frameworks)
- Web 科技與法律層面的跨領域研究(Privacy law and Web IT requirements)

一般性研究課題

- 瀏覽器安全議題 (Security of Modern Browsers)
- 跨網站的入侵攻擊 (Cross Site Scripting Attack)
- 跨網站的偽造要求 (Cross-Site Request Forgery)
- 深層封包檢測(Deep Packet Inspection)
- 資訊揭露與錯誤處置(Information Leakage and Improper Error Handling)
- 遭破壞的認證與連線管理 (Broken Authentication and Session Management)
- Web 元件間的通訊保密性(Secure Communication between Web Principals)

已發展成熟之研究議題

- 植入式漏洞攻擊(Injection Flaw)
- 惡意檔案偵測(Malicious File Detection)
- 不安全的物件參考(Insecure Direct Object Reference)

- 連線攔截 (Clickjacking vulnerabilities)
- 惡意網站過濾(Filter of Malicious Websites)
- 入侵偵測系統 (Intrusion Detection System)

參考文獻

[1] C. Reis, A. Barth, and C. Pizano, "Browser security: lessons from Google Chrome," Queue, vol.7, p.3, 2009.

[2] A. Barth, C. Jackson, and J. C. Mitchell, "Securing frame communication in browsers," Communications of the ACM, vol.52, pp.83-91, 2009.

[3] D. Yu, A. Chander, N. Islam, and I. Serikov, "JavaScript instrumentation for browser security," in ACM SIGPLAN Notices, pp.237-249, 2007.

[4] L. D. Paulson, "Building rich Web applications with Ajax," Computer, vol.38, pp.14-17, 2005.

[5] C. Jackson, A. Bortz, D. Boneh, and J. C. Mitchell, "Protecting browser state from Web privacy attacks," in Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web, pp.737-744, 2006.

[6] E. W. Felten and M. A. Schneider, "Timing attacks on Web privacy," in Proceedings of the 7th ACM conference on Computer and communications security, pp.25-32, 2000.

[7] D. Scott and R. Sharp, "Abstracting application-level Web security," in Proceedings of the 11th international conference on World Wide Web, pp.396-407, 2002.

[8] W. G. J. Halfond and A. Orso, "AMNESIA: analysis and monitoring for NEutralizing SQL-injection attacks," in Proceedings of the 20th IEEE/ACM international Conference on Automated software engineering, pp.174-183, 2005.

[9] P. Vogt, F. Nentwich, N. Jovanovic, E. Kirda, C. Kruegel, and G. Vigna, "Cross Site Scripting Prevention with Dynamic Data Tainting and Static Analysis," in Network and Distributed System Security Symposium (NDSS), 2007.

[10] A. Barth, C. Jackson, and J. C. Mitchell, "Robust defenses for cross-site request forgery," in Proceedings of the 15th ACM conference on Computer and communications security, pp.75-88, 2008.

[11] R. Dhamija, J. D. Tygar, and M. Hearst, "Why phishing works," in Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, pp.581-590, 2006.

[12] P. De Ryck, M. Decat, L. Desmet, F. Piessens, and W. Joosen, "Security of Web mashups: a survey," in Information Security Technology for Applications: Springer, pp.223-238, 2012.

[13] “Open Web Application Security Project”, https://www.owasp.org/.

[14] Y.-W. Huang, F. Yu, C. Hang, C.-H. Tsai, D.-T. Lee, and S.-Y. Kuo, "Securing Web application code by static analysis and runtime protection," in Proceedings of the

13th international conference on World Wide Web, pp.40-52, 2004.

[15] A. Kieyzun, P. J. Guo, K. Jayaraman, and M. D. Ernst, "Automatic creation of SQL injection and cross-site scripting attacks," in IEEE 31st International Conference on Software Engineering, pp.199-209, 2009.

[16] Y.-W. Huang, S.-K. Huang, T.-P. Lin, and C.-H. Tsai, "Web application security assessment by fault injection and behavior monitoring," in Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web, pp.148-159, 2003.

重要期刊

- ACM Transactions on the Web
- ACM Transactions on Internet Technology
- IEEE Internet Computing magazine
- IEEE Security and Privacy Magazine
- International Journal of Information Security and Privacy
- Journal of Web Engineering
- Web Security Journal

重要會議

- ACM Conference on Data and Application Security and Privacy
- ACM Conference on Computer and Communications Security
- International World Wide Web Conference (WWW)
- International Conference on Web Engineering (ICWE)
- IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing
- IEEE Symposium on Security and Privacy
- International Conference on Security and Privacy in Communication Networks

重點子領域六、資訊系統規劃與管理

(Information System Planning and Management)

主題概述

由於企業經營環境的全球化與複雜化，現今的資訊系統已不再僅是支援企業基本的作業管理或輔助管理階層的決策支援，現今的資訊系統在企業中已逐漸提昇為策略性重要的角色，並必須具備支援全球化的能力，以服務來自於世界各地的使用者，因此現今一個稱職的資訊系統必須能同時滿足「高品質」、「高效能」、「高安全性」、「高可靠性」、「高延展性」與「高可及性」的要求。面對龐大的網路人口、異質化的網路架構、複雜多變的服務需求，如何規劃一個符合企業經營策略所需的資訊系統架構，並能同時滿足資訊系統使用者對品質、效能與安全等的要求，便成為一個很重要的課題。同樣地，如何規劃適合的資訊系統開發流程模式與方法，並能量化管理資訊系統開發流程與專案，以能持續改善流程績效與提昇資訊系統品質，亦是另一個重要的研究課題。

國內外發展現況

資訊系統的發展已不再僅是支援企業基本的作業管理或輔助管理階層的決策支援，現今的資訊系統在企業中已逐漸提昇為策略性重要的角色。策略資訊系統規劃(Strategic Information System Planning; SISP)[1][2]的研究開始於 1980 年代，主要是探討如何應用資訊系統來支援或創造企業的策略機會，以幫助企業能獲取競爭優勢或滿足企業的策略目標。早期探討的議題包含有企業常用的競爭策略(例如成本領導策略、差異化策略、全球化策略、結盟策略、創新經營模式策略等)、策略資訊系統的架構、策略資訊系統的規劃流程、如何尋找策略資訊系統的機會、策略資訊系統的成本效益分析與使用風險與影響等議題，目前較新的發展是整合知識管理(KM)[3]、商業智慧(BI)[4][5]與資料探勘(Data Mining)[6]技術等。雖然策略資訊系統規劃是一個重要的議題，然而在國內學術的研究卻未受到應有的重視。在 SISP 此領域的主要學術期刊為“Journal of Strategic Information Systems”，目前仍是由美國 Bentley University 的 Bob Galliers 教授擔任主編。

資訊系統效能的評估(Information System Performance Evaluation)[7]亦是資訊界一直受到重視的議題。隨著資訊科技的不斷推陳出新，傳統的效能評估方式也必須做改革，針對不同的資訊技術所開發出來的資訊系統去做更有效與準確的評估。資訊系統效能的評估一般可分成直接評估及間接評估兩種方式。前者是直接分析與計算系統的效能，例如所耗用的記憶體資源、演算法的複雜度等，而後者則是評估由資訊系統所帶來的利益，

例如藉由資訊系統的引進使得組織營運績效提昇或顧客滿意度提高等。國外較著名的資訊系統效能評估機構或研究中心，諸如美國維吉尼亞州的 Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)、美國麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology; MIT)的 Center for Information Systems Research (CISR)等，對資訊系統效能直接與間接評估皆有相關議題的研究與論文的發表。

資訊系統的控制與安全(Information System Control and Security)[8]對任何類型組織而言亦是一個重要的議題。駭客入侵與資訊外洩等資訊安全事件會衝擊組織的營運與商譽。資訊系統安全研究範疇包含密碼機制與協定設計、系統安全、網路安全等議題。目前國外較著名之資訊系統安全研究機構或研究中心，諸如日本由 Hideki IMAI 教授領軍的資訊安全研究中心(Research Center for Information Security; RCIS)、美國加州柏克萊大學(University of California at Berkeley; UCB)、卡內基美隆大學(Carnegie Mellon University; CMU)的 CyLab、英國倫敦大學資訊安全研究群(Information Security Group; ISG)等。而我國亦於 2005 年由中央研究院資訊所李德財院士領軍，並由中央研究院、台灣科技大學、交通大學、成功大學等校聯合成立台灣資通安全研究與教學中心(Taiwan Information Security Center; TWISC)致力於資通安全相關議題的研發與國際合作交流。

資訊系統的品質與可靠度(Information System Quality and Reliability)[9]亦是目前所有軟體開發者與使用者所共同重視的議題，特別是對那些攸關安全性與牽涉到國家與人身安全保障的資訊系統(Safety-Critical Information Systems)[10]。軟體品質保證(Software Quality Assurance; SQA)[11]也如同傳統製造業一樣，從品質管制、品質確保到目前的全面品質管理(Total Quality Management)[12][13]。SQA 是對資訊系統的品質進行完整的規劃、執行、監控、評估與改善，以提升軟體品質的水準。而軟體品質又可分為軟體流程品質(Software Process Quality)[14]與軟體產品品質(Software Product Quality)[15]。軟體流程品質是指軟體開發流程的效率或能力(Capability)，軟體開發流程的效率或能力會影響流程工作產出與最終資訊系統的品質。目前此領域主要的研究議題包含軟體流程模式、軟體開發方法、軟體流程評估、軟體流程改善、軟體可靠度評估、軟體品質度量與分析等。在軟體流程改善模式目前在國內主要是採用美國卡內基美隆大學(CMU)軟體工程學院(Software Engineering Institute; SEI)所制訂的能力成熟度整合模式(Capability Maturity Model Integration; CMMI)[16][17]為主要導入模式。我國目前主要是由教育部科技顧問室委託中央大學所成立的全國性軟體工程聯盟中心在負責推動軟體工程與管理領域的人才培訓與學程推廣活動等。

資訊系統開發常常會面臨無法準確掌控時間、成本與品質等問題，而產生重大的損失或甚至造成專案的失敗，因此如何有效地管理資訊系統開發專案便成為一個很重要的議題。軟體專案管理議題包含有管理主題、作業流程與開發程序三大構面，涵蓋一般性

議題有人力資源管理、品質管理、成本管理、時程管理、採購管理、風險管理等。又國內資訊軟體產業目前在積極推動「提昇資訊軟體品質 CMMI 計畫」，大多數導入公司僅達到第三成熟度等級，但目前也有許多軟體廠商在努力達到高成熟度等級已量化管理(Quantitatively Managed)與最佳化(Optimizing)的要求，因此在已量化管理等級下之組織流程績效(Organization Process Performance, OPP)、量化專案管理(Quantitative Project Management, QPM)、組織績效管理(Organization Performance Management, OPM)三個流程領域，與最佳化等級下之原因分析與解決方案(Causal analysis and Resolution, CAR)[18]與組織創新與推展(Organizational Innovation and Deployment. OID)二個流程領域是目前國內軟體工程學術界與資訊軟體產業界需要共同努力合作的重要議題。

世界發展之趨勢

由於全球化經營與資訊經濟的發展，資訊資源的管理是目前重要的研究方向，包含的議題有資訊部門的組織與人事管理、資訊設備的容量管理、資訊系統的委外管理、跨國際資訊系統網路的規劃與管理、資訊科技對組織與人性面的影響等議題。在一項對美國資訊部門主管的調查研究報告(2009 年)中指出，資訊部門主管關心的主要課題包含有：資訊科技基礎建設的建立、企業流程的改造、分散式系統與資訊架構的規劃與管理、軟體開發效能的評估與提昇、資訊人才能力的培訓與提昇、資訊系統的策略性規劃等，上述議題亦是資訊系統未來研究的發展趨勢。

隨著雲端運算的時代來臨，在使用者應用端強調行動化、輕量化(Lightweight)的資訊系統平台與裝置，而伺服器端則強調整合型服務應用系統。因此，在資訊系統控制與安全的研究議題上，除資料保護、密碼學應用協定、入侵偵測、防火牆網路與系統安全等議題外，研發輕量化的資訊安全機制與平台亦是重要的議題。另為確保資訊系統可靠度，軟硬體安全系統驗證、可信賴平台等議題亦逐漸重要。隨著資訊系統與網際網路的高度應用，資訊系統安全議題亦涉及到社會科學應用領域，包含資訊安全管理、數位鑑識(Digital Forensics)[19]、隱私權保護(Privacy Protection)、法令規範與政策等議題。

資訊系統規劃與管理的早期研究議題大都是從工程角度來探討，包含資訊系統的需求分析、系統設計與分析、程式設計、測試與維護等塑模方法與開發流程模式。目前的研究議題則擴展到軟體開發的專案管理、組織構面及支援性構面的流程管理與改善。專案管理的研究議題涵蓋系統發展生命週期的啟始、規劃、執行、監控、結案等五個階段；組織構面的研究議題包含基礎建設、管理、改善與訓練；支援性構面的研究議題包含建構管理、品質管理、風險管理、文件化管理、驗證與確認、審查與稽核等。另外以敏捷式(Agile)觀點為主的軟體開發流程亦是目前的研究趨勢，包含極限規劃(Extreme

Programming)[20]、迭代式增量軟體開發(Scrum)、 敏捷式模式、適應性軟體發展、動態系統發展方法等。在軟體專案管理上的發展趨勢則包含有分散式多專案管理、跨國專案管理、專案管理成熟度模型、專案的量度與分析等。

另外在CMMI之軟體流程改善議題的發展趨勢是往量化管理與最佳化高成熟度等級邁進。SEI在最近即將出版的1.3版中，就可以發現在高成熟度等級部分有許多著墨。在量化管理目前較新的研究議題包含有：如何制訂合理的組織流程績效與基準、如何運用管制圖來發現流程績效的差異、如何製訂合理的流程績效目標、如何發展流程績效模式、如何進行量化的專案管理等重要議題。在最佳化目前較新的研究議題則包含有：如何瞭解流程中變異的共同原因、組織如何採用創新的策略或模式來持續改善流程績效。另外CMMI自V1.2版增加了CMMI-ACQ(籌獲者)與CMMI-SVC(服務)，因此在軟體籌獲者的流程改善與資訊科技服務流程的改善亦是未來研究發展的趨勢。

關鍵研究課題

- 策略性資訊系統規劃(Strategic Information System Planning)
- 資訊系統控制與安全(Information System Control and Security)
- 資訊系統品質與可靠度(Information System Quality and Reliability)
- 資訊系統效能評估(Information System Performance Evaluation)
- 資訊系統開發量化管理(Quantitative Management of Information System Development)
- 資訊系統開發流程模式與改善(Information System Development Process Model and Improvement)

一般性研究課題

- 使用者自建系統(End User Computing Systems)
- 決策支援系統(Decision Support Systems)
- 專家系統(Expert Systems)
- 群體決策支援系統(Group Decision Support Systems)
- 辦公室自動化(Office Automation)
- 軟體複雜度(Software Complexity)
- 特定資訊系統(Specific Information Systems)

參考文獻

[1] Ward, John L., and Joe Peppard. Strategic planning for information systems, Vol.28, Wiley.com, 2007.

[2] Lederer, Albert L., and Vijay Sethi. "The implementation of strategic information systems planning methodologies." Mis Quarterly, pp. 445-461, 1988.

[3] Alavi, Maryam, and Dorothy E. Leidner. "Review: Knowledge management and

knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues." MIS quarterly, pp.107-136, 2001.

[4] Liautaud, Bernard, and Mark Hammond. e-Business intelligence: turning information into knowledge into profit. McGraw-Hill, Inc., 2000.

[5] Negash, Solomon. "Business intelligence." Communications of the Association for Information Systems, Vol.13 No.1, pp.177-195, 2004.

[6] Berry, Michael J., and Gordon Linoff. Data mining techniques: For marketing, sales, and customer support. John Wiley & Sons, Inc., 1997.

[7] Hamilton, Scott, and Norman L. Chervany. "Evaluating information system effectiveness-Part I: Comparing evaluation approaches." MIS quarterly, pp.55-69, 1981.

[8] Baskerville, Richard. "Information systems security design methods: implications for information systems development." ACM Computing Surveys (CSUR), Vol.25 No.4, pp.375-414, 1993.

[9] Pitt, Leyland F., Richard T. Watson, and C. Bruce Kavan. "Service quality: a measure of information systems effectiveness." MIS quarterly, pp.173-187, 1995.

[10] Knight, John C. "Safety critical systems: challenges and directions." Software Engineering, 2002. ICSE 2002. Proceedings of the 24rd International Conference on. IEEE, 2002.

[11] Buckley, Fletcher J., and Robert Poston. "Software quality assurance." Software Engineering, IEEE Transactions on, Vol.1 pp.36-41, 1984.

[12] Besterfield, Dale H., et al. "Total quality management." New Jersey: Person Prentice Hall, 2003.

[13] Porter, Leslie J., and Adrian J. Parker. "Total quality management—the critical success factors." Total quality management, Vol.4 No.1, pp.13-22, 1993.

[14] Kan, Stephen H. Metrics and models in software quality engineering. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.

[15] Dromey, R. Geoff. "A model for software product quality." Software Engineering, IEEE Transactions on, Vol.21 No.2, pp.146-162, 1995.

[16] Team, CMMI Product. "Capability Maturity Model® Integration (CMMI SM), Version 1.1." Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University/SEI-2002-TR-012. Pittsburg, PA, 2002.

[17] Chrissis, Mary Beth, Mike Konrad, and Sandy Shrum. CMMI Guidlines for Process Integration and Product Improvement. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2003.

[18] Fakharzadeh, Cyrus. "Causal Analysis and Resolution," 2000.

[19] Casey, Eoghan. Digital evidence and computer crime: Forensic science, computers, and the internet. Access Online via Elsevier, 2011.

[20] Beck, Kent, and Cynthia Andres. Extreme programming explained: embrace change. Addison-Wesley Professional, 2004.

重要期刊

- ACM Transactions on Software Engineering and Methodology
- Annals of Software Engineering
- Annual Review of Information Science and Technology
- Automated Software Engineering
- Empirical Software Engineering
- European Journal of Information Systems
- IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing
- IEEE Transactions on Engineering Management
- IEEE Transactions on Reliability
- IEEE Transactions on Software Engineering
- IEICE Transactions on Information & Systems
- Information & Management
- Information and Software Technology
- International Journal of Project Management
- Journal of Cryptology
- Journal of Informetrics
- Journal of Management Information Systems
- Journal of Software Maintenance
- Journal of Strategic Information Systems
- Journal of Systems and Software
- MIS Quarterly
- Project Management Journal
- Quality and Reliability Engineering International
- Reliability Engineering and System Safety
- Software Quality Journal
- Software Testing, Verification and Reliability
- Software—Practice and Experience
- The Software Engineering Journal

重要會議

- Annual Reliability and Maintainability Symposium
- International Conference on Computer Software and Applications
- International Conference on Practice and Theory in Public Key Cryptography
- International Conference on Quality Software
- International Conference on Reliability, Maintainability and Safety

- International Conference on Software Engineering
- International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering
- International Conference on Software Maintenance
- International Conference on Software Quality
- International Conference on Software Testing, Verification and Validation
- International Conference on the Theory and Application of Cryptology and Information Security
- International Conference on the Theory and Applications of Cryptographic Techniques
- International Cryptology Conference
- International Symposium on Software Reliability Engineering
- Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems

重點子領域七、商業智慧與知識管理系統

(Business Intelligence and Knowledge Management System)

主題概述

商場環境的快速變動，資訊科技的進步與企業競爭加劇，使得產品的生命週期越來越短，為了創造出持續性的競爭優勢，商業智慧(Business Intelligence, BI)[1][2]與知識管理(Knowledge Management, KM)[3]已經是個人及企業脫穎而出，維持競爭優勢的不二法門。企業必須能夠有效的界定、蒐集、分析、整合企業內的高價值知識與商業智慧，再配合良好的資訊科技運用，讓知識與商業智慧快速且有效率的在組織內流通。除了管理策略及組織文化層面等問題外，也須要運用各種資訊科技來輔助商業智慧與知識管理的活動。因此，知識的創造、推薦、分享與學習已成為重要的研究課題。面對龐大而複雜的資料，以及日新月異的服務需求，如何利用萃取、整合及分析潛在的商業智慧，以及如何利用商業智慧強化公司的策略發展，業已成為另一個重要的研究課題。另外，近年來社交媒體迅速竄起，藉由社交網路平台，企業可尋求將手機、行動裝置、網路和現實生活進行無縫切換與無地域界限的解決方案。如何分析社交媒體以得到有用的知識，如何利用社交網路平台規劃新的產品，以及如何創造社交媒體的意義和價值，均是值得深入探討的研究方向。

國內外發展現況

在知識創造與學習系統(Knowledge Creation and Learning Systems)[4]方面，知識創造可藉由知識管理系統提供知識文件化、問題提問與答覆，以及關聯規則分析等功能，協助將個人或企業內的知識具體的文件化，並將內隱知識透過文件的方式描述出來，進而轉換成顯性知識。關於知識創造機制的分析與設計，知識創造系統的開發，以及如何去分析使用者瀏覽知識文件的行為，進行資料探勘以產生關聯法則，提供使用者瀏覽文件的建議等，均是重要的研究課題。

在知識推薦與分享 (Knowledge Recommendation and Sharing)[5][6] 方面，知識分享系統協助組織內使用者的知識分享與交流。當使用者遇到問題時，透過系統所提供的搜尋引擎可以快速地找到所需的知識文件，而提供良好的問題提問與回覆界面，也是知識管理系統的重點之一。搜尋檢索、專家顧問回覆與討論區的互動機制介面設計，以及可以提升知識推薦與分享的方便性及效果的機制，都是知識推薦與分享系統的潛在研究課題。而知識推薦可依過去使用行為，主動的將使用者所需要的知識推薦給使用者，讓使用者可以更方便的得到所需的知識而不必完全依靠自己搜尋。因此，如何瞭解、定義使

用的對於知識的需求，並對待推薦的產品或內容做適當的分類與推薦，將是重要的研究方向。目前在這方面的研究上通常是藉由資料探勘的技術，去找出使用者的輪廓，或者是開放給使用者自行定義需求等方法，但目前仍然有許多的瓶頸尚待突破。

在商業智慧化系統(BI-Enabled Systems)[7][8]方面，商業智慧化系統藉由資料的萃取、整合及分析，可以找出資料背後潛在的商業智慧，並將這些商業智慧轉為有助於企業決策的輔助資料。可以協助企業統計、挖掘與分析隱含在數據資料背後的商業智慧，將相關數據資料轉化為有助於企業決策的有用商業智慧。讓競爭策略及流程可做適時的修正或調整，提供企業預測未來的趨勢，以強化企業利基點，改善業務的營運，進而增加生產與競爭力，與企業利潤的獲得，因此，商業智慧已成為業界熱門的名詞。目前，已有許多行業陸續加入商業智慧化系統建置的行列，如：金融服務業、製造業、零售業、電信業、製藥業及政府機關等等。如何利用萃取、整合及分析潛在的商業智慧，以及如何利用商業智慧強化公司的策略發展，都是值得深入探討的研究課題。

在社交媒體分析(Social Media Analysis)[9][10]方面，在這個社交媒體的領域中，企業可尋求將手機、行動裝置、網路和現實生活進行無縫切換與無地域界限的解決方案。社交網路平台可將相關的活動、產品、服務和人聚合在一起。在未來的幾年中，社交媒體將吸引更多的用戶，而成為主流應用。社交媒體的也將帶來大量的獲利的機會，它將創造出一系列的相關產品和用戶體驗，這些將貫穿人們整個生活，包括網路、手機和現實生活。每個用戶都可以通過工具和應用程序創建自己的體驗。人們可以對信息進行無縫切換，而這些都不會受到地點和時間的限制。因此，如何分析社交媒體以得到有用的知識，如何利用社交網路平台規劃新的產品，以及如何創造社交媒體的意義和價值，均是重要的研究課題。

國內外對於商業智慧與知識管理進行研究之團隊相當的多，國內包含了台灣大學、政治大學、成功大學、交通大學、中央大學、中山大學等研究團隊從事各類相關的研究。研究課題則包含了知識創造與學習、知識推薦與分享、商業智慧化策略發展、商業智慧化系統、社交媒體分析等。國外著名的商業智慧與知識管理研究團隊與其主要代表研究則有：美國亞利桑納大學陳炘鈞教授團隊、美國伊利諾大學蕭正平教授團隊、美國紐約大學 Vasant Dhar 教授團隊、加拿大多倫多大學 John Mylopoulos 教授團隊等等。

世界發展之趨勢

企業的資料正以指數型式不斷增加，根據加州柏克萊大學資訊與系統管理中心的研究，人類在未來三年內將會產生比過去三十萬年累積起來更多的資訊量。隨著資料量不斷攀升，商業分析的進行也隨之遇到更多阻礙與瓶頸。而這些資料大都以半結構性

(Semi-Structured)與非結構性(Unstructured)的方式呈現，如新聞、財務報表、電子郵件、備忘錄、語音訊息及其它非結構性資料，往往是企業最豐富的資訊來源。如何從半結構性與非結構性的資料中擷取有用的知識與商業智慧，以及如何開發更先進的技術以創造、整合、分享、推薦知識與開發商業智慧化系統，都是頗具挑戰性的研究課題。

隨著資訊科技的進步和企業競爭加劇，為了維持持續性的競爭優勢，企業必須利用有效的分析工具與敏銳商業嗅覺，決定如何延伸與擴展商業智慧化系統，以便企業因應複雜多變的商場環境，隨時調整企業流程、拉忙商業階層架構、改善客戶黏性、掌握蘊藏的商機、強化決策支援系統與規劃具競爭優勢的發展策略。因此，如何有效地建置商業智慧化系統，以及如何在商業智慧化系統上規劃具競爭優勢的發展策略，都是值得深入探討的研究課題。

近年來，社交媒體蓬勃發展，如：Facebook[11]、Twitter[12]、LinkedIn[13]等，社交媒體可打破地域的界限，影響客戶評估與選擇商品、品牌知名度、企業流程與工作環境。而這些社交媒體以相當快速的方式成長，如 Facebook 已累積五億個用戶。因此，社交媒體影響的層面將日益擴大，企業利用如何社交媒體進行更有效的廣告，如何利用社交媒體開發更好的產品與服務，如何利用社交媒體增添企業的價值，都是相當重要的研究課題。

商業智慧與知識管理毫無疑問的是知識經濟時代最重要的研究議題，藉由商業智慧與知識管理系統的研發，將可有效的界定、蒐集、分析、整合企業內的高價值知識與商業智慧，讓知識與智慧快速且有效率的在組織內流通，以強化企業的競爭優勢，這已成為企業未來發展的重要趨勢。

關鍵研究課題

- 知識創造與學習 (Knowledge Creation and Learning)
- 知識推薦與分享 (Knowledge Recommendation and Sharing)
- 商業智慧化系統 (BI-Enabled Systems)
- 商業智慧化策略發展 (BI-Enabled Strategic Development)
- 社交媒體分析 (Social Media Analysis)

一般性研究課題

- 虛擬社群/組織系統(Virtual Community/Organization Systems)
- 知識訂閱系統(Knowledge Subscription Systems)
- 個人化知識管理系統(Personal Knowledge Management Systems)

參考文獻

[1] Liautaud, Bernard, and Mark Hammond. e-Business intelligence: turning information into knowledge into profit. McGraw-Hill, Inc., 2000.
[2] Negash, Solomon. "Business intelligence." Communications of the Association for Information Systems, Vol.13 No.1, pp.177-195, 2004.
[3] Alavi, Maryam, and Dorothy E. Leidner. "Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues." MIS quarterly, pp.107-136, 2001.
[4] Argote, Linda. Organizational learning: Creating, retaining and transferring knowledge. Springer, 2013.
[5] Ricci, Francesco, Lior Rokach, and Bracha Shapira. "Introduction to recommender systems handbook." Recommender Systems Handbook. Springer US, pp.1-35, 2011.
[6] Carmeli, Abraham, Roy Gelbard, and Roni Reiter-Palmon. "Leadership, Creative Problem - Solving Capacity, and Creative Performance: The Importance of Knowledge Sharing." Human Resource Management, Vol.52 No.1. pp.95-121, 2013.
[7] Weng, Pu-Dong. IT enabled Strategic Renewal: From Design to Management Control Systems Transformation. Diss. 2012.
[8] 商業智慧，國立中央大學管理學院 ERP 中心著(2010)，滄海
[9] Berger, Arthur Asa. Media analysis techniques. Sage, 2011.
[10] Hansen, Derek, Ben Shneiderman, and Marc A. Smith. Analyzing social media networks with NodeXL: Insights from a connected world. Morgan Kaufmann, 2010.
[11] Facebook , https://zh-tw.facebook.com/ , 2011.
[12] Twitter, https://twitter.com/, 2012
[13] LinkedIn, https://www.linkedin.com/, 2012

重要期刊

- ACM Transactions on Information Systems
- Communications of the ACM
- Data and Knowledge Engineering
- Data Mining and Knowledge Discovery
- Decision Support Systems
- European Journal of Operational Research
- IBM Systems Journal
- IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
- Information Systems
- International Journal of Electronic Commerce
- Journal of Information Technology

- Journal of Intelligent Information Systems
- Journal of Management Information Systems
- Journal of Service Research
- Knowledge Engineering Review
- Knowledge-Based Systems
- MIS Quarterly
- Personal and Ubiquitous Computing
- Technovation

重要會議

- Hawaii International Conference on System Sciences
- IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications
- IEEE RFID Conference
- IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology
- International Conference on Human Factors in Computing
- International Conference on Information Systems
- International World Wide Web Conference

重點子領域八、雲端計算與移動式資訊系統

(Cloud Computing and Mobile Information Systems)

主題概述

雲端運算(Cloud Computing)[1][2]，是一種基於 Internet 的新運算方式，透過 Internet 為個人和企業使用者，提供隨選(On Demand)的服務。由於資源是在 Internet 上，而在電腦流程圖中，Internet 常以一朵雲圖來表示，因而此類服務稱為「雲端」服務。雲端運算的資源是屬於動態性、易擴充、虛擬化。終端使用者不需要了解「雲端」的細節、不必具有相對應的專業知識、也無需直接進行控制，只需關注自己真正需要的資源以及如何透過網路來得到相應的服務。雲端運算的服務可包括軟體即服務(Software as a Service; SaaS)、平台即服務(Platform as a Service; PaaS)以及基礎建設即服務(Infrastructure as a Service; IaaS)等三類。軟體即服務可打破以往大廠壟斷的局面，軟體開發人員或公司都可以自由揮灑創意，提供各式各樣的軟體服務，參與者主要為世界各地的軟體開發人員或公司。平台即服務可打造程式開發平台與作業系統平台，讓開發人員可以透過網路撰寫程式，參與者主要如 Google、微軟、蘋果、Yahoo!、亞馬遜等大公司。基礎建設即服務將基礎設備如資通訊設備、網路頻寬、資料庫等，整合起來，提供給個人、公司、機構等租用，參與者主要如 Google、微軟、蘋果、Yahoo!、IBM、戴爾、昇陽、惠普、亞馬遜等大公司。

雲端的基本概念是透過網路將龐大的處理工作自動拆成無數個較小的子工作，再由多部伺服器所組成的龐大系統搜尋、運算分析之後，將處理結果回傳給使用者。透過這項技術，遠端的服務供應商，可以在數秒之內，處理數以千萬甚至數億的資訊，達到和超級電腦同樣強大效能的網路服務。如 Google 的搜尋功能，是將使用者於螢幕所輸入的關鍵字，分派給數萬部電腦同時進行該關鍵字搜尋後，再將搜尋結果整合到使用者螢幕。

隨著網路科技的快速發展，資訊系統已不再僅止於單機版系統，甚至在各種型態的網路連線已成熟普及的今日，資訊系統亦不受限於有線的網路平台。因應使用者的移動需求，以及雲端計算技術越加成熟的現代化資訊環境，有愈來愈多的資訊系統建置在雲端與無線網路環境中，因而造就資訊系統雲端化、行動化、與個人化的新應用趨勢。行動資訊系統是資訊系統在任何型態的無線網路技術支援下，讓使用者可以在任何時間(Anytime)及任何地點(Anywhere)，使用資訊系統提供的任何服務(Any Service)。在隨時隨地可連接的網路環境(Pervasive Networking)支援下，陸續有不同類別的行動資訊系統成為研究重點，包括行動智慧家電資訊系統(Mobile Intelligent Appliance Information

Systems)[3]、行動數位學習系統(Mobile Digital Learning Information Systems)[4]、行動商務資訊系統(Mobile Commerce Information Systems)[5]、智慧型車載系統 (Intelligent Telematics)[6]等；另外，有關行動情境認知資訊系統設計與應用(Design and Application of Mobile Context-aware Information Systems)[7]，及電子書(e-Book)[8]等，都是重要的議題。上述行動資訊系統的研究與開發，除了可以對使用者帶來許多的好處外，企業組織若能導入並適當的運用，絕對可以大幅度提高營運績效及獲利能力。除此之外，資訊系統與行動網路的配合，不僅可以豐富國內資訊系統的應用品質與使用水準，還能促進人類福祉的提昇；因此，上述相關課題都是很值得開發與研究。

國內外發展現況

所謂行動智慧家電資訊系統(Mobile Intelligent Appliance Information Systems)，是指數位化的家庭管理資訊系統，讓家庭成員不管在室內(Indoors)或室外 (Outdoors)，都可以透過家庭資訊系統管理家庭環境，或遠端監控家庭狀況。除此之外，行動智慧家電資訊系統更需考慮使用者之使用環境，擴大即時提供家庭成員照護或緊急醫療功能。因此，行動智慧家電資訊系統在重視家庭隱私與正確管理的資訊內容外，更多的家庭管理功能需要研究與發展。

在行動數位學習系統(Mobile Digital Learning Information Systems)方面，數位學習已日漸成為另一種非在校學習的趨勢與管道，尤其數位教材製作技術日漸成熟，數位學習系統之建置與維運已不再是遙不可及的事。目前數位學習系統使用者之客戶端設備(Client Equipment)種類日益繁多，網路連線技術亦有不同的選擇；因此，如何在不同行動網路平台下，配合使用者不同的客戶端設備，維持數位學習系統的教學能力，提昇使用者的學習成效，是一個很值得研究的課題。

在行動商務資訊系統(Mobile Commerce Information Systems)方面，商務資訊系統的建置與營運，多半配合企業經營策略，或以營利為目的；因此，行動環境下的穩定性與安全性對商務資訊系統而言，是非常重要的議題。另外，企業活動結合行動資訊系統時，適當的商業營運管理模式與合理的系統計費機制，都是需要深入探討的課題。

在智慧型車載系統方面，車載網路中 (Vehicular ad-hoc Network; VANET)的車載資訊系統多半提供道路指引功能為主；雖然路況、各種訂位、商品交易等即時資料之查詢與處理功能已逐漸提供，但仍缺乏對用路人的完整服務內容。因此，智慧型車載資訊系統如何配合用路人需求與增進行車安全，在未來的研究發展中，是很值得關注的。另一相關議題為智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System；ITS)[9]，依 ITS 學會定義，乃是應用先進的電子，通信，資訊與感測等技術，以整合人，路，車的管理策略，提供即時(real-time)的資訊而增進運輸系統的安全，效率及舒適性，同時也減少交通對環境的

衝擊。這其中涉及公共基礎建設、硬體與控制系統設計、調度管理與最佳化、營運與商業模式、付費機制等研究議題。

上述系統多半配合特定環境或目標下建置之行動資訊系統；因此，資訊系統若可以根據使用者使用情境，或透過環境地理資訊系統 (Geographic Information System; GIS)[10]的資訊提供，配合使用者不同的地理條件，提供不同的資訊系統服務內容，將可讓行動資訊系統更具彈性與發展性。所以，行動情境認知資訊系統設計與應用(Design and Application of Mobile Context-aware Information Systems)，是一個重要的研究方向。

在電子書方面，自蘋果電腦推出 iPad 後，電子書再度成為全球最熱門的數位內容呈現應用技術。電子書相關議題包含軟體或硬體的電子書閱讀器，以及電子書的內容供應。此產業鏈包含電子書內容、電子書製作、內容交易中心、傳遞機制、閱讀器之製作與關鍵零組件等。在未來發展上，若以公開規格 ePub 格式進行研發，除可不受私有格式的限制外，格式的統一可以帶來包含增加電子書技術流動，降低電子書出版費用、及快速增加出版內容與對應格式等優勢。同時，如何建立良好的數位版權管理機制(包含內容保護、定價、付費機制、流通模式、與拆帳機制)，以保護創作者的智慧財產權，以及建立知識價值創造與分享的社會發展環境，均為非常重要的議題。

2006 年 3 月，亞馬遜(Amazon)推出彈性運算雲端(Elastic Compute Cloud；EC2)服務。2006 年 8 月，Google 行政總裁 Eric Schmidt 在搜尋引擎大會(SES San Jose 2006)首次提出「雲端計算」(Cloud Computing)的概念。2007 年 10 月，Google 與 IBM 開始在美國大學校園，包括卡內基美隆大學、麻省理工學院、史丹福大學、加州大學柏克萊分校及馬利蘭大學等，推廣雲端運算的計畫。2008 年 1 月，Google 宣佈在台灣啟動「雲端運算學術計畫」，與台灣台大、交大等學校合作，將這種先進的大規模、快速運算技術推廣到校園。2008 年 7 月，雅虎、惠普和英特爾宣布一項涵蓋美國、德國和新加坡的聯合研究計畫，推出雲端運算研究測試床，推進雲端運算。該計畫要與合作夥伴建立 6 個資料中心作為研究試驗平台，每個資料中心配置 1,400 個至 4,000 個處理器。2008 年 8 月，美國專利商標局網站資訊顯示，戴爾正在申請「雲端運算」商標，此舉旨在加強對這一未來可能重塑技術架構術語的控制權。2009 年 11 月，IBM 與台灣清華大學合作引進雲端服務平台。清華大學主持的 SOIL 專案計畫將專注在服務科學的創新上。由於清華大學 SOIL 由經濟部學研計畫支持，配合政府振興六大新興產業的政策，未來會以觀光、醫療、文化、生技、農業、能源六大產業為目標。2010 年 2 月，台灣趨勢科技公司宣布子公司騰雲計算 (TCloud Computing) 正式成立。這家由趨勢科技百分之百持股的子公司將提供建置公用雲 (Public Cloud) 與私有雲 (Private Cloud) 所需的技術開發、系統整合、技術支援、教育訓練、與專業顧問等服務。2010 年 5 月，台灣中華電信提出 hicloud CaaS(Compute as

a Service) 服務，是採用雲端技術所全新開發之雲端產品。提供真實的虛擬運算環境，可以在多種作業系統上使用服務介面(Windows、Linux 等作業環境)，幫您達到穩定、安全、可靠的網路服務環境。使用者可以載入自訂的應用環境及程式，執行自己所要提供的網路服務。

美國史丹佛大學電腦科學系前教授 Sebastian Thrun 博士以及 Andrew Ng（吳恩達）博士，在 2012 年 2 月與 4 月，各自集資成立了營利性質的線上學習公司，稱為 Udacity 與 Coursera，以及在 2012 年 9 月，麻省理工學院（MIT）與哈佛大學也集資結盟類似的非營利線上學習公司 edX。Udacity、Coursera 與 edX 這三間線上學習公司的數位學習模式，符合大規模、開放式與線上的特質，被通稱為「大規模開放式線上課程」(Massive Open Online Courses，簡稱 MOOCs）[11][12]。MOOCs 線上課程吸引數萬人註冊選讀的現象，已促使世界各國教育界與企業界認真思考如何善用這個平台來提升教學或訓練的量性與質性。也因此一新型態網路經濟模式的崛起，啟發了教育界許多想像與努力的空間，我國教育部資訊科技與教育司楊鎮華司長隨即也在 2013 年 2 月宣布磨課師（MOOCs）推動計畫[13]。磨課師計畫將來勢必對於各國大學教育產生重大的影響，我國如何因應此一形勢，投入網路線上學習相關的技術，策略，影響，以及教育應用，將是一項重要的研究工作。

世界發展之趨勢

行動資訊系統的主要特點，在與隨時隨地可連接的網路環境(Pervasive Networking)相結合；目前在戶內的行動網路環境主要以 WLAN(Wireless Local Area Network)為主，戶外的網路環境則為第三代(3G)行動通訊系統為主，並即將邁入第四代(4G) 行動通訊系統。第四代行動通訊是新一代行動通訊技術的主流技術，近年來不僅全球各大電信公司積極布局，第四代行動通訊的技術研發更是我國通訊業界建立關鍵智慧財產權的契機。在 2010 年 10 月，ITU-R 正式決定採納"LTE-Advanced"網路和"Wireless MAN- Advanced"網路，作為下世代全球無線行動寬頻通信技術標準 (IMT-Advanced，也就是一般公認的 4G)，而在國內，4G LTE 行動寬頻執照則於 2013 年 10 月底完成決標，預計可於 2015 年開始服務，之後，採用 LTE 長期演進技術規格，傳輸速率可達 100 到 150Mbps。未來用行動裝置不論是看影片或是大型檔案，比起現在 3G 的最高傳輸速率 42Mbps 將快上好幾倍；用手機看 Youtube 影片不延遲，手機遊戲不卡關，同時亦可達成一機全球漫遊的好處，因此 4G 商機無限。

此外，4G 行動通訊比 3G 具有更大的訊號涵蓋範圍，及充份提供使用者移動的便利性等，都是協助行動資訊系統發展的重要因素。另外，隨著通訊技術的成熟發展，車載通訊網路已經跳脫以往僅侷限於車內的限制，逐漸向車外發展。藉由新興的無線通訊技

術，車載通訊網路除了提供與Internet連結的能力，並擴大增加車上資訊系統的服務範圍。在上述通訊技術及網路環境的支援與配合下，行動資訊系統的維護與運作將可日益穩定，相關議題的研究亦可日益繁榮發展。目前行動資訊系統的發展，可以分為通訊系統供應商提供行動資訊系統，及通訊服務的整合與提供企業行動化兩部分。通訊系統如美國AT&T 朗訊、諾基亞西門子、索尼愛利信、台灣中華電信、台灣大哥大、遠傳等電信公司都有提供對應通信服務的行動資訊系統。在提供企業行動化方面，包括 SyBase、MicroSoft、RIM、Oracle、及智盟科技等自 3G 時代以來，即提出運作方案。在學術方面，交通大學林進燈教授、卓訓榮教授、王晉源教授、成功大學胡大贏教授均積極投入智慧型運輸系統等研究。

在電子書的應用方面，美國、香港、馬來西亞、中國等學校已開始試用或使用電子書於教學課程中。在電子書軟體部分，全球電子書的格式主要的競爭者包含 Sony 和 Google 支持的 ePub 公開規格，與 Amazon 的 Kindle 規格。2009 年 8 月，Google 出版百萬份的 ePub 格式電子書，出版商現在可透過 Google 直接銷售電子書。由上述可知，電子書未來對人類社會的生活型態將產生重大的影響。

大企業會建置其私有雲：如 2007 年 IBM 的藍雲(Blue Cloud)計畫，提供導入雲端運算的工具和服務，允許企業將運算任務分成不同組件，且分派到最有效率的電腦系統執行，可解決企業尖鋒、離鋒時間的系統負荷量問題。

雲端運算會改變 IT 人員所須的技術及能力：在雲端運算環境下，IT 人員會較專注於專案管理、品質保證測試、企業流程分析、及其他較高階的思維等，而非昔日的程式編寫及開發。

可能會因使用者直接到雲端尋求服務而減少初階 IT 人員的需求：於雲端運算環境下，大部分 IT 人員會較專注管理性工作。

企業採用雲端服務時，資訊長可以減少部分資訊安全的考量：譬如可以減少穩定性、可靠性、擴充性、備份、備援、頻寬等考量，但一般企業仍然會有部分疑慮，如客戶資料或機敏資料的可能洩漏等。

雲端服務可能會提供專業性服務：譬如提供網路報稅諮詢服務、律師諮詢服務等。中小企業及大型企業皆可能使用雲端服務：中小企業一般會運用公用雲，而大型企業一般會建置其私有雲。企業會提供更客製化的雲端服務：譬如企業可以將提昇競爭優勢的重要核心應用系統建置於雲端。大企業所建置的雲端運算環境所剩餘能量，可租借給其供應商與客戶：大企業一般會建置超過其所需能量的雲端運算環境，所以可將其剩餘能量，租借給其供應商與客戶。

雲端運算將啟發更多創新思維：譬如於雲端運算下，可能會因機房空間使用的減少、電力消耗的減少、IT 人員需求技能的改變等，而啟發更多創新思維。使用者端擁有一個瀏覽器就可以使用所有雲端服務：譬如使用者端可以不要安裝文書處理軟體、不要安裝簡報軟體等軟體，因而使用者端電腦就不必購買功能強大的電腦設備。

關鍵研究課題

- 行動智慧家電資訊系統(Mobile Intelligent Appliance Information Systems)
- 行動數位學習系統(Mobile Digital Learning Information Systems)
- 行動商務資訊系統(Mobile Commerce Information Systems)
- 行動情境認知資訊系統設計與應用(Design and Application of Mobile Context-aware Information Systems)
- 智慧型車載系統 (Intelligent Telematics)
- 智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System)
- 資料中心規劃、建置與管理 (Data Center Planning, Implementation and Management)
- 安全、隱私、法律議題(Issues of Security, Privacy, and Legitimacy)
- 收費模式(Charging Models)
- 雲的彈性 (Elasticity in a Cloud)
- 虛擬裝置管理與組成(Virtual Appliance Management and Composition)
- 軟體即服務(Software as a Service)
- 平台即服務(Platform as a Service)
- 基礎建設即服務(Infrastructure as a Service)
- 儲存雲(Storage Cloud)
- 行動雲(Mobile Cloud)

一般性研究課題

- 行動付費系統(Mobile Payment Systems)
- 行動商業模式(Mobile Business Model)
- 定價與賽局模式(Pricing and Gaming Model)
- 地理資訊系統(Geographic Information Systems)
- 行動網站/網頁系統(Mobile Web-based Systems)
- 行動數位學習系統(Mobile On-Line eLearning Systems)

參考文獻

[1] Mell, Peter, and Timothy Grance. "The NIST definition of cloud computing (draft)." NIST special publication 800.145, p.7, 2011.

[2] Velte, Toby, Anthony Velte, and Robert Elsenpeter. Cloud computing, a practical approach. McGraw-Hill, Inc., 2009.

[3] Hoffberg, Steven Mark. "Intelligent electronic appliance system and method." U.S. Patent No.7974714, Jul. 2011.
[4] Motiwalla, Luvai F. "Mobile learning: A framework and evaluation." Computers & Education Vol.49 No.3, pp.581-596, 2007.
[5] Wu, Jen-Her, and Shu-Ching Wang. "What drives mobile commerce?"An empirical evaluation of the revised technology acceptance model." Information & management Vol.42 No.5, pp.719-729, 2015.
[6] Byun, Jung-sick, Woo-Suk Shim, and Won-Kee Hong. "WSN-based intelligent telematics system." Engineering of Computer Based Systems, 2006. ECBS 2006. 13th Annual IEEE International Symposium and Workshop on. IEEE, 2006.
[7] Schilit, Bill, Norman Adams, and Roy Want. "Context-aware computing applications." Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on. IEEE, 1994.
[8] Lee, Kyong-Ho, Nicholas Guttenberg, and Victor McCrary. "Standardization aspects of eBook content formats." Computer Standards & Interfaces, Vol.24 No.3, pp.227-239, 2002.
[9] Beresford, Alastair R., and Jean Bacon. "Intelligent transportation systems." IEEE Pervasive Computing, Vol.5 No.4, pp.63-67, 2006.
[10] Star, Jeffrey, and John Estes. Geographic information systems. Englewood Cliffs: prentice-Hall, 1990.
[11] Kolukuluri, Srinu. Massive Open Online Courses. Diss. Indian Institute of Technology, Bombay, 2013.
[12] Martin, Fred G. "Will massive open online courses change how we teach?" Communications of the ACM, Vol.55 No.8, pp.26-28, 2012.
[13] 楊鎮華，磨課師推動計畫，教育部資訊及科技教育司，
http://amaaa.nsysu.edu.tw/ezfiles/258/1258/img/1547/149103737.pdf, March 2013.

重要期刊

- ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications
- Ad Hoc Networks
- Annals of Telecommunications
- Canadian Journal of Communication
- Cluster Computing
- Computer Communications
- Computer Networks
- EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking
- IEEE Intelligent Systems
- IEEE Journal of Selected Areas in Communications

- IEEE Network
- IEEE Pervasive Computing
- IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine
- IEEE Wireless Communications
- IEEE/ACM Transactions on Networking
- IET Communications
- IET Intelligent Transport Systems
- IET Wireless Sensor Systems
- INFOCOMP-Journal of Computer Science
- International Journal of Communication
- International Journal of Communication Networks and Distributed Systems
- International Journal of Communication Systems
- Journal of Autonomous and Adaptive Communications Systems
- Journal of Communications
- Journal of Web and Grid Services
- Management Science
- Mobile Networks and Applications
- Operations Research
- Security and Communication Networks
- Transportation Research: A
- Transportation Research: B
- Transportation Science
- Wireless Communications and Mobile Computing
- Wireless Personal Communications

重要會議

- IEEE CLOUD Conference
- IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking
- IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications
- IEEE Vehicular Technology Conference
- INFORMS Meetings
- International Conference on ITS Telecommunications
- ITS Congress
- Proceedings of the Intelligent Transportation Systems