

一窺社群網路後的網路科學

Introduction to Network Science behind Social Networks

國立台灣大學電信工程學研究所／鄭欣明
 國立台灣大學電信工程學研究所碩士生／沈佳瑩
 國立台灣大學電機工程學系、電信工程學研究所教授／陳光禎

簡介

各式各樣透過網際網路發展的應用帶領我們的生活進入資訊社會，成為另一項產業和社會的革命。特別是在廣泛部署Web 2.0後，網路使用者的交互行為成為在網際網路時代重要的成功因素之一，如Facebook等應用。而許多研究也著重在讓使用者產生交互行為的各種線上技術，例如電子商務等。

根據維基百科，社群網路可視為一種由被稱為「節點」的個人（或組織）而建構的社會結構，這些個人透過一個或多個特定類型之相互依存

而形成關係（連接），如友誼、親情、共同利益、金融交易、性關係，或是意志上的存在如信念、知識、反感或威望。

I. 傳統的社會網路

近年來，隨著 Web 2.0的來臨，以人為中心的網路社群已經成為網際網路的主要應用之一。在美國存在1.47億的成年網路用戶中，有91%利用上網與現實生活中的朋友、親戚及同事保持聯繫 [1]。在2005年至2007年期間，突然出現一種新型的網路社群，被稱為社會網路網站（Social Networking Site; SNS）。這些社交網站是一種虛



圖一：Facebook 的登入畫面；根據 Facebook 的統計資料顯示，每一刻有超過 5 億人次的使用者出現在登入畫面上，請注意這個頁面中有趣的圖，其表示數個使用者（視為節點）和關係（視為連結）形成一種新型態的網路，我們稱之為社群網路。

擬的線上社群，裡頭的用戶可以建立書籤，分享照片或影片而進而建立特性資料（**profile**），並建立一個連接用戶與其他人的個人網路。本文章提供了關於社會社群網路的最新相關調查研究，包涵了其定義、模型以及有潛力研究領域。我們尤其著重於新興的社群網路：社會網路網站之上，並詳述目前社會網路網站的相關研究方向。

1.1. 歷史定義

早在1993年，Rheingold就已經從社會的角度定義線上社群[2]，其被定義為「社會關係的聚合」，當足夠多的使用者在網上進行公開討論的時間夠長，使用者就會產生人類的情感並在此網路空間上建立個人關係網。而Hagle與Armstrong [3]則定義線上社群為「電腦為介面的空間」，其整合了使用者之間的溝通與產生的內容。最近在社會心理學研究中，Lee等人[4]指出，網路社群是「由電腦資訊技術支援、透過參與者之間的溝通與互動產生的內容與相互關係而建立的網路空間」。這個定義反映了線上社群的複雜性，並強調出線上社群中應該進行更一步研究的部分。

關於社會網路網站的定義，Boyd 與Ellison在[5]明確定義其為「一種網站服務，其允許個人（1）建立一個公開的特性資料；（2）清楚地條列出與此用戶有連結的其他用戶以及（3）可查看他人的連結循環線而來的關係。」若拿這個定義與既有的線上社群 [2-4] 來比較，我們觀察到社會網路網站是獨特的，因為社會網路網站主要是由現實生活中的既有關係映射到網路所擴展而出的。

1.2. 網路架構和模型化

透過目前既有於傳統社會網路上的研究，研究人員已經開發出多種技術和模型，以幫助我們了解或預測社群網路的行為。例如路徑長度與連結分佈等統計特性可以描述網路的架構與行為。而網路模型可以幫助我們瞭解這些屬性的含義：

例如節點之間如何互動，與量測的架構屬性上，網路系統會有怎樣的行為表現等。目前主流的建模工具為隨機圖模型（**random graph model**），此模型具有下述的優點。

- 第一個原因是網路規模的變化（例如從幾十或幾百個點到以百萬計的點）。我們感興趣的是連結圖型的大規模統計特性，而非針對個別點或連接。
- 第二個原因是，人類的眼睛是一種只適用於小型網路的分析工具。在這類大型網路，統計方法（隨機圖模型）可以發揮眼睛的效用。
- 第三個原因是我們感興趣的問題，由「要在這個網路中移除哪一個點才能讓此網路的連接性（**connectivity**）消失？」變成「多少比例的點需要被移除才會根本性地影響此圖的連接性？」

接下來，我們說明一些的社群網路的重要性質：

- 小世界效應 [6]：在大多數社會網路中，絕大部分的一對節點可以透過很短的路徑彼此連接。路徑長度 l 是以 $\log n$ (n 是節點個數) 的規模成長。
- 交換性／群集性：您朋友的朋友也很有可能成為您的朋友。
- 連結分佈（**degree distribution**）：節點的連結呈現右偏態（**right-skewed**）。其概率密度函數右側的尾部比左側的長（例如冪次分佈）

由於社會網路網站的行為提供了豐富的數據

來源，例如使用者的特性資料與使用者之間的連接關係等，透過收集這些資料，網路分析人員可以研究交友關係的大規模模型，例如，Golder等人研究在Facebook中362萬條交換訊息以研究信息觀察活動 [7]。此外，研究人員也研究了社會網路網站的友誼網路（Friendship network）結構，如地理位置的重要性[8]，社群的使用者拓撲（topology） [9]，與加入社群的動機 [10]等。

1.3. 不同領域的研究

根據文獻[11]，線上社群的相關研究在下述的學科中發展，包涵計算機科學、社會學、管理學、心理學和資訊系統等。表一列出了詳細的學科和研究的概念。

在1990年代初期，計算機科學技術貢獻了促進線上互動的各種技術，包括了網際網路和網站等，其成為開發社群的平台。在隨後的幾年，許多應用程式，如電子郵件、討論區、聊天室、部落格和維基百科的蓬勃發展 [12]。

社會學率先視網路社群為一種新的社會現象，因為其可能會修改社會內互動的行為模式。相對於實際社群，社會學家指出網路社群亦存在的

各種與現實社會社群有關的概念，諸如社會聚合 [13]、身份辨識[14]、社會網路和關係 [15]、社會的集體行為 [16]、與社會隔離 [17]。

大約在 1996年，管理研究人員開始分析網路社群中資料對於商業組織的價值。例如，如[3]所示，線上社群被認為成一個可行的商業模式，其可能吸引已經對產品有興趣的消費者。此外，Wegner等人則認為商業組織中的線上社群是員工對於組織知識的儲存空間。從心理學的角度來看，研究人員著重於線上社群的成員關係，例如，Blanchard在文獻[19] 確定「社群意識」的理念，包括在社群中歸屬感、影響力以及被其他會員的支持等特性。

最後，資訊系統開創了線上社群的實證研究，包含成員的需要和要求，支援線上社群的開發和實作工具等。此外，他們提出成功發展線上社群的平台框架 [20]。透過實際的測試，Leimeister等人[22] 建議，信任鼓勵可以促進持久的關係。接下來，我們根據資訊系統的角度討論社會網路網站中兩個重要的研究課題，即「支援線上和離線互動 [21]」和「信任和匿名[22]」。

表一：不同學科的研究重點（[11] 中表三）

學科	偏重	相關議題
電腦科學	媒介技術和機制	網際網路、網站、電子郵件、論壇、網路聊天、維基百科、部落格和影片[12]
社會學	實際和虛擬社群的比較	社會聚合[13]、身份辨識[14]、社會網路和社會關係 [15]、社會的集體行動 [16]、社會孤立[17]
企管	用戶所衍生的內容之價值	市場營銷和客戶服務組織 [3] 組織智慧[18]
心理學	社群成員的依附關係	社群意識 [19]
資訊系統	線上社群的開發，實踐，成果和應用	參與設計和政策的行為 [20] 在線和離線的互動支持[21] 信任和匿名[22]

1.4. 在線和離線的社群網路之橋梁

如前所述，現有的研究顯示，大多數社會網路網站主要支援預先存在的社會關係，我們定義為離線的社群。以Facebook為例，在建立好友名單時，大部分是搜尋離線社會關係中已有連結的人為主，而比較少是透過瀏覽毫不認識的陌生人來選擇 [23]。因此，如[24]所示，Facebook的使用者可以使用網站與在現存社會已經認識的朋友互動或結交這些現存社會已認識的朋友的其他友人。

由於在社會網路網站中促進人與人之間的連結已非罕見，這已經成為生活中的一部分。Lenhart 與Madden發現91%的美國青少年使用社會網路網站的概念與朋友連繫[25]。根據 Alexa的網站 [26]，Facebook是全球訪問量第二大的網站，QQ聊天室在中國排名第10，而微軟MySpace排名第11位。Boyd在[27]表明MySpace和Facebook使美國青年與他們的朋友之間的社交活動，即使在無實體社群媒介的情況仍得以進行。

1.5. 信任和匿名

線上社群上相關隱私取決於可獲得的訊息程度。正如我們所知道的，大多數社會網路網站揭露他們的用戶的身分，因此，網站成員的隱私和安全問題是一個非常重要的議題。Gross和Acquisti [28]分析了4000個卡耐基大學Facebook的註冊情況，評估了他們披露的訊息數量，並研究其使用網站的隱私設置。Facebook可能受到以下潛在威脅。

- 人肉搜尋：一個潛在的敵人利用可得的特性資料中的資訊，可以決定目標一天當中絕大部分時間的所在的可能位置，例如透過居住區域的資訊、課程安排的資訊以及上次登入社群網站的資訊等。
- 重新鑑定：惡意使用者可以透過共同的屬性

(例如生日、行業、學校、朋友)來將有定義的符號代碼(例如使用者登入ID)映射到沒有明確定義的符號代碼(如姓名或社會代碼)。

- 身份盜用：揭示了生日、家鄉、現住地，和目前的電話號碼可以被用來估計一個人的身分證字號，並公然盜用。

即便許多隱私威脅存在，社群中成員的實際行為仍然對此不引以為意，如同在[29]中描述的「隱私悖論」所示，青少年沒有察覺到公開的網路可能暴露他們的個人資料和使他們面臨潛在的風險。這個問題也可視為傳播信息[30]的一種，即來自世界各地的人們碰面並分享彼此想法。然而，人們總是缺乏任何對公開的聊天記錄可能揭露的實際訊息之警覺性。請注意，和陌生人相較，個人資料更容易暴露給朋友來自由存取個資[31]。因此，特性資料不應該公開給所有網路用戶和各界朋友知道，否則至少應包括一些虛假的訊息[25]。

在分析社會網路網站的信任程度的相關研究中，Dwyer在文獻[32]中認為Facebook的用戶和MySpace用戶相較之下存在更大的信任度，因而也更願意在網路上彼此分享訊息。

II. 行動社群網路

行動社群網路的特徵明顯不同於以網站為基礎的社群網路。例如，一個行動智慧型手機，除了提供存取電信網路外，也可以允許短距離之點對點對等連接(例如，使用藍牙)。在這些行動智慧手機上開發應用程序和軟體也很方便，故這些種智慧型設備能夠實現無縫的訊息傳播 [33]。也就是說，行動電話提供了一個越來越重要的溝通管道來促進社會關係。大部分的研究探討了手機通話和簡訊對先前存在的社會關係之影響

[34-36]。有些學者認為，手機會促進用戶之間的電子化和私有化溝通，並減少在城市中的實際面對面對話 [37-38]。

行動電話的新型服務已經被開發出來，旨在讓人們建立、發展和加強社會關係。 MySpace和 Facebook已分別與無線運營商合作，開發出他們自有的服務[39]。此外，手機的軟體明顯地被設計成通過以網路為中心的互動來幫助人們。例如， Dodgeball的[40]是一個行動服務，其將用戶的位置訊息散佈使得人們可能透過此資訊在城市中遇到真命天子。

II.1. 案例分析：人本都會遙測網路

接下來，我們介紹一個以人類為中心的新型行動通訊網路，稱為人本都會遙測（human-centric urban sensing） [41]，其利用使用者身上的行動裝置來偵測與人類活動相關的訊息。這樣的系統利用了既有大規模分佈的手機，故可以減少偵測器散佈以及維護的額外負荷花費。由於人本遙測網路目的是支援與公眾相關的應用程式 [42]，其遙測功能則包括感測人類和周圍環境特點的能力，並能夠檢測人際之間互動和人與環境間的相互作用之相關數據。為了提高遙測資訊的回傳品質，偵測器彼此之間要能夠代為傳送與遞送（relay）彼此的訊息，這意味著通訊系統和網路之間需要緊密的合作與相互支援。下面是一些目前在這塊領域的研究工作：

- MetroSense [41]包括行動裝置的偵測工作分派，相鄰的遙測器資訊共享，與使用智慧型手機建立大型的人本遙測網路。
- BikeNet [43]是一個模組應用，旨在單車騎士分享行進中的遙測數據。因此，自行車可配備多個遙測器以透過網路基礎設施來與相鄰的單車相互溝通。

- CenceMe [44] 從行動電話收集相關數據，像是有關用戶在其活動範圍的行動（坐下、走路、還是正與朋友聚會），感受（高興、悲傷、或無感），習慣（在健身房、咖啡廳、或正在工作）和環境（噪音、炎熱、或明亮）以跟彼此的朋友分享資訊。
- Nericell [45]監控人類的生活環境品質（如室內空氣溫度或噪音污染）。透過此點，我們也可以看到遙測環境所描述的字義是非常重要的：因為是在人身上，而不是掛在牆上。

II.2. 信任度和隱私

因為在人本都會遙測網路這類的行動社群網路中，當用戶直接與對方接觸並交換資訊時，許多的個人資訊可能會被揭露，因此匿名性成為格外重要的議題。

• 信任和名聲

在這類網路中，對手不再僅僅是一個惡意的外部使用者，而是任何用戶皆可透過適當的設備來偽造數據。Dellarocas [46]和Resnick等人[47]提出了在社交環境中名聲系統。一般來說，一個名聲系統常常與「服務差異化」作整合。例如，在Kazaa 文件共享網[48]中，名聲的分數是建立於是否上傳檔案給他人，而名聲高的人則是會得到從其他地方下載文件的優先權的獎勵。在另一方面，擁有不良名聲的使用者很難從其他使用者那下載文件，除非他透過貢獻自身資源給他人來提高自己的名聲。

• 隱私性

由於行動通信通常包括時間和位置的感測數據，通訊會不經意透露用戶在特定時間的位置。地點的確認是透過內部設備或外部的系統和網路與該裝置互動所定位出來，且由此產生的位置訊息可能在各種條件下被儲存，使用和披露。而使

用者的行為模式、習慣、政治觀、健康狀況、專業與社會互動有可能透過時間空間等資訊進而暴露出來而被一些有心人士（如廣告業者）所使用。因此，隱私問題所衍生的問題應被重視 [49]。

故關於人本行動偵測模型，新的挑戰是在行動通信系統的安全性之設計 [50]：保護使用者的隱私同時，又希望其設備能提供高品質（例如詳細的時間地點等）數據給應用程式。一般來說，我們應該要保證攻擊者沒有辦法將誰(who)、何時(when)、在哪裡中(where)的任何兩點連接起來。我們可以透過各種匿名性的技術來達到。

· 完整性

在傳統都會遙測網路統中，遙測的工作是分發給各個遙測器，且結果是透過遙測器各自回報。在保證匿名性的前提下，訊息的完整性很難保證，因為每個遙測器不知道其他遙測器的回報內容。在完整性沒有辦法保證的前提下，我們很難分辨遙測器是否偽造數據 [51]。

· 可用性

行動社群網路先天上就具有被各種阻斷服務（Denial of Service ; DoS）攻擊的風險，其最大的原因是因為攻擊者可位於社群網路當中。在高連結的網路中（即用戶通過各種無線接取，如藍

牙、無線網路、簡訊、多媒體簡訊等而經常相互接觸的網路），病毒、蠕蟲、惡意軟體更容易被散播而影響使用者還有網路的正常運作。

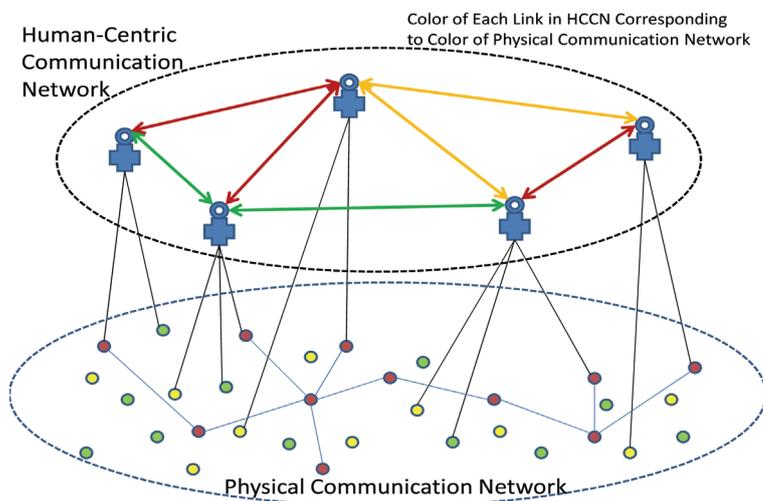
III. 人本通訊和網路

由於大量使用網際網路和行動通信（如手機上網），廣泛部署行動網路及其應用／服務，使「資訊社會」的梦想成真。然而，以行動網際網路資訊社會為基礎的資訊傳輸，在本質上是與目前數據資料網路上的數據封包傳輸不同的。我們可以從網路科學觀察到一些根本性的分歧，因此，我們引入「人本通信和網路」之理念：

· 數據資料網路中的節點為現用戶或個體（或在數學模型中的代理人）

· 數據資料網路中的節點是以設備為主的，其相關於一個IP地址。但是在以網際網路為主的使用者可能沒有唯一（固定）的身份，且可能是匿名的。

· 在數據資料網路中傳輸的單位是封包（packet），但是在以網際網路為主的使用者之間傳輸的是訊息（message）（註記：這裡的訊息定義不是數據資料網路中的定義，即不是由數個封包所組成）



圖二：現實社會的通信網路，形成人本通訊網路

- 在數據資料網路中兩個節點之間連接是清楚地被定義，然而在以網際網路為主的使用者之間的連接並不是如此，且具有複雜的行為，其需要進一步的研究調查。
- 在數據資料網路中對交通（traffic）的定義是清楚明確的，然而在網際網路使用者之間的交通是基於使用者的智慧以及感知行為（感知心理學是一種在人類知識中最为廣泛的開放領域）。

結論

如文獻[52]所指出，社會網路成為網路科學的一個重要分支，且與傳統的以設備為主的通訊網路與其上的理論有某些相似之處，也有不同之處。本文不只單就於討論近來吸引人的線上網站，透過本篇文章的介紹，我們也可以知道社會網路為網路理論與資訊理論開啓了新的一頁，也創造了一個可造福人類生活模式的嶄新產業。

參考文獻

[1] H. Inaltekin, N. E. Ozgencil, H. Xu, M. Chiang, and H. V. Poor, "Online content trading: Sharing Mart System and Auction experiments", IEEE ICC Workshop on Social Networks, Cape Town, 2010.

[2] H. Rheigold, *The Virtual Community. Homesteading in the Electronic Frontier*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA.

[3] J. I. Hagel and A. G. Armstrong, "Net Gain: Expanding Markets through Virtual Communities," Harvard Business School Press, Boston, MA.

[4] F. S. L. Lee, D. Vogel, and M. Limayem, "Virtual community informatics: A review and research agenda," *J. Inform. Tech. Theor. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 47-61.

[5] D. M. Boyd and N. B. Ellison, "Social network sites: Definition, history, and scholarship," *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 13, no. 1, 2007.

[6] S. Milgram, "The small-world problem," *Psychology Today*, vol. 2, pp. 60-67, 1967

[7] S. Golder, D. Wilkinson, and B. A. Huberman. "Rhythms of Social Interaction: Messaging within a Massive Online Network," In *International Conference on Communities and Technologies*, pp. 41-66, June 2007

[8] D. Liben-Nowell, J. Novak, R. Kumar, P. Raghavan, and A. Tomkins, "Geographic routing in social networks," In *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Aug 2005.

[9] L. Backstorm, D. Huttenlocher, J. Kleinberg, and X. Lan, "Group formation in large social networks: membership, growth, and evolution," In *Proc. ACM Conference on KDD*, pp. 44-54, 2006

[10] E. Spertus, M. Sahami, and O. Buyukkocuten, "Evaluating similarity measures: A large-scale study in the Orkut social network," In *Proc. ACM Conference on KDD*, pp. 678-684, 2005

[11] A. Iriberry and G. Leroy, "A life-cycle perspective on online community success," *ACM Computing Surveys*, vol. 41, no. 2, Feb. 2009

[12] M. Parameswaran and A. B. Whinston, "Social computing: An overview," *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 19, pp. 762-780, 2007

[13] C. Carver, "Building a virtual community for a tele-learning environment," *IEEE Commun. Mag.* vol. 37, no. 3, Mar. 1999, pp. 114-118

[14] S. Turkle, *Life on the Screen: Identity in the Age of the Internet*. Simon and Shuster, New York, NY, 1995

[15] B. Wellman, J. Salaff, D. Dimitrova, L. Garton, and C. Haythornwaite, "Computer networks as social networks: Collaborative work, telework, and virtual community," *Ann. Rev. Soc.*, vol. 22, pp. 213-238, Aug. 1996

[16] K. N. Hampton, "Grieving for a lost network: Collective action in a wired suburb," *Inform. Soc.*, vol. 19, no. 5, pp. 417-428, Nov.-Dec. 2003

[17] R. E. Kraut, M. Patterson, V. Lundmark, H.-W. Kim, T. Mukhopadhyay, and W. Scherlis, "Internet paradox: A social technology that reduces social involvement and psychological well being?" *Amer. Psych.*, vol. 53, no. 9, Sep. 1998, pp. 1017-1031.

[18] E. Wegner, R. Mcdermott, and W. Snyder, *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*, Harvard Business School Press, 2002

[19] A. L. Blanchard and M. L. Markus, "The experienced "sense" of a virtual community: Characteristics and processes," *ACM SIGMIS Data Base*, vol. 35, no. 1, pp. 65-79, Winter 2004.

[20] J. Preece, *Online Communities: Designing Usability, Supporting Sociability*. Wiley, 2000

[21] J. M. Leimeister and H. Krcmar, "Engineering virtual communities in health care: The case of www.krebsgemeinschaft.de," *Electron. J. Organizat. Virtual.*, vol. 5, no. 3

[22] D. C. Andrews, J. Preece, and M. Turoff, "A conceptual framework for demographic groups resistant to online community interaction," In *Procs. of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2001

[23] C. Lampe, N. B. Ellison, and C. Steinfield, "A Face(book) in

- the crowd: Social searching vs. social browsing," In Proceedings of the 2006 Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work, pp. 167-170
- [24] N. B. Ellison, C. Steinfield, and C. Lampe, "The Benefits of Facebook "Friends": Social Capital and College Students' Use of Online Social Network Sites," *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 12, no. 4, 2007
- [25] A. Lenhart and M. Madden, "Social Networking Websites and Teens: An Overview," *Pew Internet & American Life Project*, 2007.
- [26] <http://www.alexa.com> web information service (traffic ratings)
- [27] D. Boyd, "Why Youth (Heart) Social Network Sites: The Role of Networked Publics in Teenage Social Life," MIT Press, 2008
- [28] R. Gross and A. Acquisti, "Information revelation and privacy in online social networks," In Proc. ACM workshop on Privacy in the electronic society, pp. 71-80, 2005
- [29] S. B. Barnes, "A privacy paradox: Social networking in the United States," *First Monday* vol. 11, no. 9.
- [30] D. Rosenblum, "What Anyone Can Know: The Privacy Risks of Social Networking Sites," *IEEE Security & Privacy*, vol. 5, no. 3, May-June 2007, pp. 40-49
- [31] T. N. Jagatic, N. A. Johnson, M. Jakobsson, and F. Menczer, "Social phishing," *Communications of the ACM*, vol. 50, no. 10, Oct. 2007, pp. 94-100
- [32] C. Dwyer, S. R. Hiltz, and K. Passerini, "Trust and privacy concern within social networking sites: A comparison of Facebook and MySpace," In Proc. AMCIS 2007
- [33] M. Motani, V. Srinivasan, and P. S. Nuggehalli, "PeopleNet: engineering a wireless virtual social network," In Proc. Int'l Conf. on Mobile computing and networking, pp. 243-257, 2005
- [34] M. Ito, D. Okabe, and M. Matsuda, *Personal, Portable, Pedestrian: Mobile Phones in Japanese Life*. Cambridge, MA: MIT Press, 2005
- [35] J. E. Katz and M. Aakhus, *Perpetual Contact: Mobile Communication, Private Talk, Public Performance*. New York: Cambridge University Press, 2002
- [36] R. Ling, *The Mobile Connection: The Cell Phone's Impact on Society*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2004
- [37] J. P. Puro, Finland: A mobile culture. In J. E. Katz & M. Aakhu, *Perpetual contact: Mobile Communication, Private Talk, Public Performance*, pp. 19-29. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002
- [38] O. Banjo, Y. Hu, and S. S. Sundar, "Cell phone usage and social interaction with proximate others: Ringing in a theoretical model," In *International Communication Association*, June 2006.
- [39] L. Yuan and R. Buckman, "Social networking goes mobile: MySpace, Facebook strike deals with cell companies," *The Wall Street Journal*, pp. D1, Apr 2006.
- [40] L. Humphreys, "Mobile social networks and social practice: A case study of dodgeball.," *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 13, no. 1, Jan. 2007.
- [41] A. T. Campbell, S. B. Eisenman, N. D. Lane, E. Miluzzo, and R. A. Peterson, "People-centric urban sensing," In Proc. ACM/IEEE Int'l Conf. Wireless Internet Conference (WICON), pp. 18-31, Aug 2006
- [42] A. T. Campbell, S. B. Eisenman, N. D. Lane, E. Miluzzo, R. A. Peterson, H. Lu, X. Zheng, M. Musolesi, K. Fodor, and G.-S. Ahn., "The Rise of People-Centric Sensing," *IEEE Internet Computing*, vol. 12, no. 4, July-Aug. 2008, pp. 12-21
- [43] S. B. Eisenman, E. Miluzzo, N. D. Lane, R. A. Peterson, G.-S. Ahn, and A. T. Campbell, "The BikeNet mobile sensing system for cyclist experience mapping," in Proc. of Int'l Conf. on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), pp. 87-101, 2007
- [44] E. Miluzzo, N. Lane, K. Fodor, R. Peterson, S. Eisenman, H. Lu, M. Musolesi, X. Zheng, and A. Campbell, "Sensing meets mobile social networks: The design, implementation and evaluation of the CenceMe application," in Proc. of Int'l Conf. on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), pp. 337-350, 2008
- [45] P. Mohan, V. Padmanabhan, and R. Ramjee, "Nericell: Rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones," in Proc. of Int'l Conf. on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), pp. 323-336, 2008
- [46] C. Dellarocas, "The digitization of word of mouth: Promise and challenges of online feedback mechanisms," *Management Science*, vol. 49, pp. 1407-1424, 2003.
- [47] P. Resnick, et al., "Reputation systems," *Communications of the ACM*, 2000.
- [48] N. Leibowitz, et al., "Deconstructing the kaza network," in *IEEE Workshop on Internet Applications (WIAPP)*, 2003, pp. 112-120.
- [49] R. P. Minch, "Privacy issues in location-aware mobile devices," In Proc. Hawaii Int'l Conf. System Science, Jan. 2004
- [50] C. Cornelius, A. Kapadia, D. Kotz, D. Peebles, M. Shin, and N. Triandopoulos, "Anonymsense: privacy-aware people-centric sensing," In Proc. Int'l Conf. Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 211-224, 2008
- [51] P. Johnson, A. Kapadia, D. Kotz, and N. Triandopoulos, "People-Centric Urban Sensing: Security Challenges for the New Paradigm," *Technical Report TR2007-586*, Dartmouth College, Feb. 2007.
- [52] A.-L. Barabasi, "Scale-Free Networks: A Decade and Beyond", *Science*, July 24, 2009.

<本刊文章僅代表作者本人觀點，不代表計畫辦公室立場>