

普及運算下的情境感知架構之研究探討與實作

張宇西* 羅乃維 史朝陽

國立台灣科技大學資訊管理系

D9509101@mail.ntust.edu.tw*

摘要

生活在今日這樣一個高科技的時代，高科技產品不斷的推陳翻新，固然帶給人們很大的便利，但是高科技產品的使用或設定，對大部份的人而言，卻不是那麼容易上手。如果能有一個無所不在、無時無刻提供人們心想則事成的智慧型空間(Smart Space)，對很多人來說，將是一大福音。

本文將探討實現這個願景的一些基本技術，並利用這些技術實作一個智慧型教室系統做為我們未來研究發展的平台。

關鍵詞：普及運算，情境感知，語意網，本體論，情境推理，多代理人系統。

Abstract

In today's hi-tech era, high-tech products bring a lot of convenience to people, but it's not trivial for most of users to use or configure these products. If one day, we can live in a smart space and such a place can automatically provide any service we have in mind, then that will be fantastic.

This paper will survey the technologies needed to realize this vision and implements an intelligent classroom system based on those technologies as a platform for our future research.

Keywords: pervasive computing, context-aware, semantic web, ontology, context reasoning, multi-agent system.

1. 前言

生活在今日這樣一個高科技的時代，人類日益倚賴電腦運算及通訊技術的協助來提高生活品質，因此希望能建置一個無所不在、無時無刻提供便利生活的智慧型空間(Smart Space)，來取代現在大部分電子設備提供的服務需由使用者預先手動設定的方式，成為一個新的研究目標與方向。為達到此目標我們將利用情境感知架構實作一個智慧型教室系統中。

而在情境感知架構中將使用多代理人系統(Multi-agent System)的方式結合語意網(Semantic Web)中本體論(Ontology)知識表現及推理的技術來實現普及運算(Pervasive Computing)及情境感知計算(Context-aware Computing)中知識分享(Knowledge Sharing)、情境推理(Context

Reasoning)和異質性溝通(Interoperability)的目的。

2. 研究背景

2.1 普及運算(Pervasive Computing)

普及運算(Pervasive Computing) [17] 或稱無所不在的運算(Ubiquitous Computing)，這個概念是由 Mark Weiser [21] 於 1991 年首先提出的。這個概念的願景則是打造一個隨時隨地根據使用者需求而自動提供相關服務的智慧型環境。而此概念獨特處在於此架構以使用者為中心，使用者只需專心於他要做的事上，其餘與技術相關(如周邊及通訊設備的設定)的部分，將在使用者不知不覺中由提供普及運算的環境所完成。也就是說普及運算環境要能夠自動了解使用者到底到這裏空間要做什麼事，然後普及運算環境要如何幫使用者達成他要做的事。

情境感知運算(Context-aware Computing)是普及運算的重要技術之一，而所謂的情境資訊(Context)，即是使用者所在環境中，人、事、時、地、物等相關資訊。情境感知系統(Context-aware Systems)藉由認知使用者所在的環境，自動地提供合適的資訊與服務，以達成普及運算的願景。

2.2 語意網(Semantic Web)

網際網路的出現，改變了人與人溝通的方式及商業模式。現今大部分網頁上的內容是設計給人們閱讀的，而無法讓電腦有智慧地理解網頁內容和進行操作。

解決這個問題的其中一個方法，就是將網頁以電腦程式可以處理的型式來表示，而且用一些智慧的技術來了解網頁。二十一世紀初期，由網際網路的創始人 Tim Berners-Lee 提出了語意網的概念和體系結構 [2]，如圖 1 所示，W3C 這個組織更進一步制定相關標準。語意網基本上是電腦間根據一些標準來交換電腦能懂的資訊。而在語意網的技術中，利用 XML 撰寫可表達語意的網頁內容，並利用本體論(Ontology)建構領域中的概念、物件及相互間的關係等整體知識概念，最後再以邏輯推理，推理出網頁的語意。

也因為以本體論表現知識的型式，易於達成知識分享(knowledge sharing)的需求，且知識以本體論

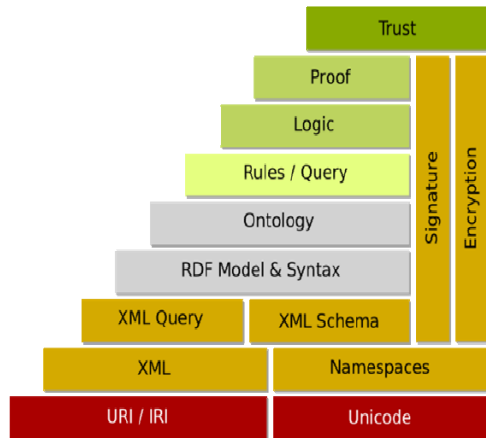


圖 1 語意網的概念和體系結構

表現，可由較原始的資訊利用邏輯推理(logical inference)的技術，推論出更進一步有價值的資訊。所以近年來，許多情境感知系統 (Context-aware Systems)利用本體論來為情境資訊建模(Context Modeling) [18]，以表達情境資訊間的關係及利用建立好的規則(rules)和事實(facts)對 ontology 進行情境推理(Context Reasoning)。目前在 W3C Semantic Web 的標準中，是以 Web Ontology Language (OWL) [8] 來定義知識領域的本體論及詞彙(vocabulary)。

2.3 多代理人系統 (Multi-Agent Systems)

多代理人系統(Multi-Agent System)是近幾年來分散式人工智慧領域中的研究焦點，著重於研究包括多個實體的系統構建原則，以及實體之間的協調機制。多代理人系統可看成是一種由下而上設計的系統，首先定義出分散自主的代理人，然後研究如何完成多個代理人的任務求解。研究出發點是系統的行為立足於每一個代理人的局部資訊與目標，在有限的知識與資源的基礎上通過多代理人的交互協調達到系統的總體目標。

FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [7] 是一個非營利組織，於 1996 年成立於瑞士日內瓦。為了提高異質代理人系統之間的交互性，使代理人之間的交流能通過融合言語行為(Speech Act)理論、謂詞邏輯(Predicate Logic)及公共的本體論去實作而制定技術規範。

FIPA 定義的代理人平台的標準模型如圖 2 所示：

其中代理人管理系統 (Agent Management System) AMS 是一個代理人，它管理控制對代理人平台的存取和使用。在一個平台中僅有一個代理人管理系統。代理人管理系統提供白頁 (White Page) 和生命週期服務，維護每一個代理人身份識別目錄 (Agent Identifier) AID 和代理人狀態。

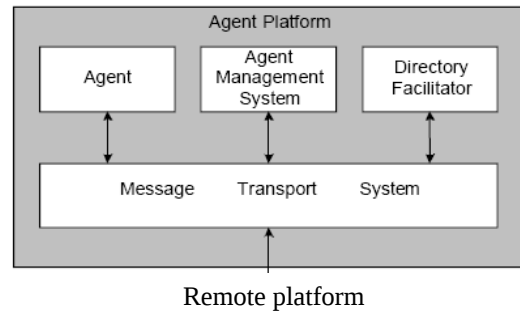


圖 2 代理人平台結構

目錄幫助代理人 (Directory Facilitator) DF，提供該平台預設的黃頁服務。訊息傳輸系統 (Message Transport System) MTS 也叫代理人通訊通道 (Agent Communication Channel) ACC，它是控制平台內所有交換訊息的軟體元件，包括從其他平台接收和發送的訊息。

JADE(Java Agent DEvelopment Framework)[9]是遵循 FIPA 定義的多代理人開發平台，以中介軟體的架構並於除錯及開發階段提供圖形介面以簡化多代理人系統的開發。

2.4 情境感知架構(Context-aware Frameworks)

早期的情境感知系統，大部份是提供特定功能的系統，多數依據位置情境資訊做處理。這類的 location-aware systems 如 Active Badge Location System [19]，偵測使用者目前所在位置，而自動地將使用者來電，轉到使用者目前所在位置附近的話筒以方便使用者接聽。

然而，開發情境感知的應用程式是一件繁複的工作，故近年一些研究則提出情境感知的架構 (Context-Aware Framework)[1]，提供各式各樣功能情境感知系統的開發平台。

如 Harry Chen 提出的 EasyMeeting [4] 架構中，將多代理人系統(Multi-agent System)結合語意網(Semantic Web)、本體論(Ontology)等技術建構成一個擁有知識共享、情境推理及異質性溝通的架構。其架構核心 Cobra (Context Broker Architecture)，如圖 3：

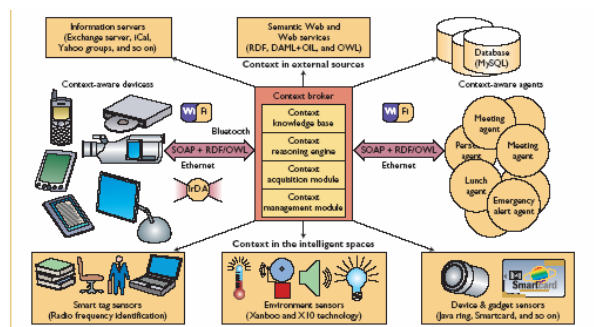


圖 3 The Context Broker Architecture (CoBrA)

CoBrA 是由四大模組所構成，分別為情境知識庫 (Context Knowledge Base) 儲存情境知識，情境推理引擎 (Context Reasoning Engine) 利用規則判斷模式來推理情境知識及狀態，情境獲取模組 (Context Acquisition Module) 收集所有情境資訊，與策略管理模組 (Policy Management Module) 判斷使用者是否有足夠的權限可以使用知識庫的資訊來以保護其他使用者的隱私。

CoBrA 使用 OWL 語言建立本體論，使得各個分散的代理人可以輕易的分享知識和推理情境狀態。而 CoBrA 的本體論 (Cobra-Ont) 中也引用 (import) SOUPA (Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications) 的字彙，用來表示時間、空間與策略等知識。

而 CoBrA 除了對本體論做邏輯推理，也開發出一個基於假定 (assumption-based) 的推理方法 [5] 來解決資訊的不一致性。在這個方法中，推理引擎通過衡量各個代理人用於得出他們結論的假定之可信度來得出最可靠的假定。

CoBrA 在隱私權保護方面，則引用 SOUPA 的 policy ontology 來制定個人資料被存取的規則。

在同一時期，由新加坡大學 X. H. Wang 開發出一個和 EasyMeeting 核心相似的架構稱之為語意空間基礎建設 (The Semantic Space Infrastructure) [20] 如圖 4，

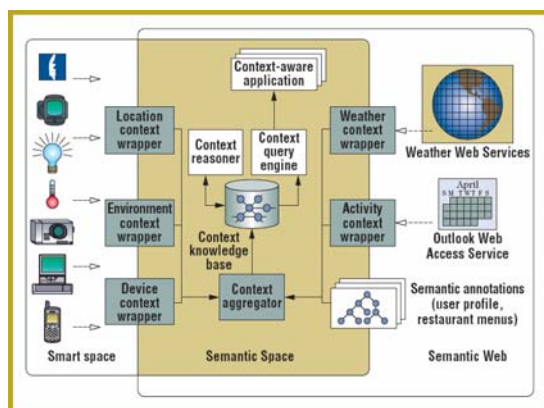


圖 4: Semantic Space context infrastructure

其中 context wrappers 負責將環境中的各種情境資訊轉成統一格式，而 context wrapper 和 context aggregator 則利用 UPNP 的技術來公佈或發現大環境中任何服務的改變。context knowledge base 則儲存大環境的情境資訊本體論 (ontology) 供 context reasoner 和 context query engine 來操作。context query engine 則是提供一個界面給 context-aware applications 來獲取知識庫內的情境資訊，而 context reasoner 則是利用 Jena (A semantic web framework for Java) [10] 的規則引擎，將知識庫中原本的情境資訊推論出更進一步的情境資訊。

為了改善推理引擎的效率，X. Lin 等人提出了

ACMR 系統 [12]，其方法是在情境知識庫和情境推理器之間加入過濾器，並提出 CV (Concerned Value) 演算法來分析情境資訊的重要性同時給與 CV 值。過濾器依據 CV 值判斷某特定的情境知識是否需要參與推理。作者利用此機制減少推理引擎在進行推理時所需要分析的情境知識的量，因此也提升了推理引擎的效率。同年作者又提出了 WCV (Weighted Concerned Value) 演算法 [13]，其原理與 CV 演算法相近，不同的是在不同的情境資訊給與不同的權重例如：對於所在位置的推理，使用者在登入時其情境資訊內的地點所佔有的權重會比其他資訊高。

3. 系統實作

3.1 智慧型電腦教室系統簡介

為了能深入了解體會情境感知運算相關研究議題及建立情境感知運算平台以供未來研究發展。在現階段研究初期，我們利用現存的情境感知架構 CoBrA [6] 為核心系統，並於 CoBrA 之上，實作一個智慧型電腦教室系統。

使用者只需走進電腦教室，選定一個位置坐下，智慧型教室系統會利用指紋辨識器收集所需的情境資訊，推理並提供使用者所需的服務與資訊。

以下利用一個真實情境來描述系統的功能：

在上課鐘響之前，小明進入電腦教室坐定後，使用該電腦所配置的指紋辨識器作登入。智慧型教室系統確認了小明的身份後並依據小明個人資訊及課程資訊，推理出他進入電腦教室是因為下一節有課。因此系統透過網路服務，自動將小明家鄉台中的天氣及昨晚中華職棒熊對牛的比賽結果載入，同時將下一節課所需使用的投影片和小明的個人行事曆自動呈現在桌面上，並記錄小明出席該堂課，如圖 4 所示。如果小明只是旁聽生，系統一樣會載入個人喜好、上課投影片，但不做出席記錄。最後，如果小明只是在下課時間使用電腦教室，系統將不會載入任何課程相關資訊。

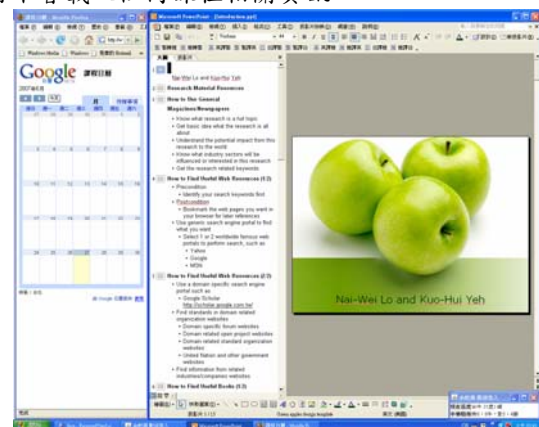


圖 5 智慧型教室系統登入完成畫面

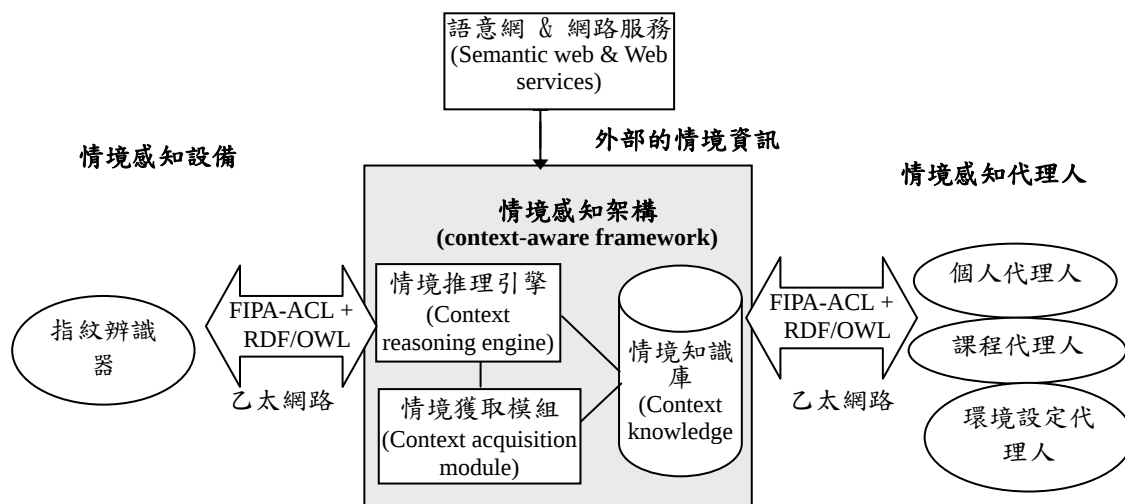


圖 6 智慧型教室系統架構圖

3.2 智慧型教室系統架構

智慧型教室系統的系統架構圖，如圖 6 所示，本系統以 Java 語言開發，在智慧型電腦教室中利用指紋辨識器辨認使用者身份並產生情境資訊，再透過情境感知架構將情境資訊根據 Ontology 做推理，於 JADE 多代理人平台[9]架構透過代理人間的合作，使電腦螢幕依不同使用者顯現客製化的電腦桌面及環境設定，以實現普及運算下的情境感知運算。

3.2.1 情境感知架構

智慧型電腦教室系統的情境感知架構，以 CoBrA 為主，由三個模組組成：

1. 情境知識庫

情境感知系統以 MySQL 資料庫做為儲存情境知識(ontology)的空間，透過 Jena API 實作關於資料庫存取資訊的部份。當系統啟動時程式會將本體論依設定好的位置及關係以 RDF 三元組 (triple) 的模式載入資料庫。當知識需要被更新或是被查詢時，系統可以利用該 Jena API 對知識庫進行相關的動作。

2. 情境獲取模組

本模組以 JADE 代理人為核心，主要功能是當接收到其他情境感知代理人傳送的情境資訊時，將其轉換成為符合系統的 OWL 檔案，並利用 Jena API 將 OWL 檔傳送給推理引擎。目前在此智慧型電腦教室系統，只利用 OWL 來建立知識，故只需叫用 Jena 中所提供的 OWL 推理引擎即可。若有任何新的情境感知設備加入智慧型電腦教室系統時，則需通知情境獲取模組，以利情境資訊之格式轉換。

3. 情境推理引擎

智慧型教室系統的情境推理主要也是使用 Jena 的規則推理引擎及 Jena API [10]為達到情境推理與檢查情境資訊是否一致的目的。例如情境資訊顯示此時此刻小明在日本，但另一情境資訊又顯示此時此刻小明在歐洲，則推理引擎將發現這兩個情境資訊並不一致。

3.2.2 智慧型教室系統的本體論

設計一個適合智慧型教室系統的本體論 (ontology)，對有效的情境推理及知識分享，是很重要的。設計一個合適的本體論並不需要從無到有，可以引用 (Import) 其他已建置完成的本體論為藍本來加以改良。此智慧型電腦教室系統引用 FOFA (Friend-Of-A-Friend Ontology) [3] --用來表示個人資料和推理出社交狀況，DAML-Time & the Entry Sub-ontology of Time [14]-- 用於呈現時間和推理出事件發生順序，OpenCys Spatial Ontologies [11] & RCC (Regional Connection Calculus) [16] --用於位置的表示和空間的推理，並再以 OWL 定義其它與智慧型教室系統相關之本體論與詞彙，包含：

- 空間本體論：描述了有關空間和地理位置的關係，可藉此確認是否為相鄰或是包含的關係。
- 個人本體論：描述使用者的基本資訊、喜好及對電腦桌面的一些特殊需求。
- 行程本體論：描述使用者的行程規劃，或所觀賞的節目如球賽的時間表，利用此本體論推論出時間與事件間所需的安排。
- 課程本體論：描述課程資訊及選修者，可藉此獲得課程資訊外及確認教室使用者的角色。

3.2.3 情境感知設備及情境感知代理人

除了核心系統外，在智慧型教室中有許多情境感知設備用來蒐集情境資訊，例如：溫度感測器、RFID 讀取器、及指紋辨識器等等，而針對不同的使用者需求，則會有一個或多個情境感知代理人負責收集處理相關情境感知設備所得到的情境資訊。

在本智慧型教室中，我們利用指紋辨識器來蒐集情境資訊。

在 JADE 多代理人平台完成初始化之後，「環境設定代理人」將會向 JADE 多代理人平台的「目錄幫助代理人」進行註冊，註冊完成後「環境設定代理人」會進入等待模式，等待使用者登入。

當使用者使用指紋辨識器進行登入時，指紋辨識器系統首先比對使用者指紋，確定使用者身份後，再通知「環境設定代理人」有關使用者的姓名 ID，登入地點及時間等情境資訊。情境獲取模組接收到「環境設定代理人」傳來的情境資訊後，再加以轉換及利用 Jena 提供的 OWL 推理引擎，更新知識庫的內容並檢測是否有不一致性資訊存在。

4. 結論與未來研究方向

情境感知是普及運算的主要研究議題之一。藉由可理解的情境資訊，計算系統不再要求使用者給出明確的指令，而能自動地隨時隨地提供使用者相關的服務和資訊。

透過 JADE 平台，我們實作了一個以情境感知運算為核心技術的智慧型電腦教室系統，以 OWL 語言來表達情境資訊、並用邏輯推理引擎來實現情境資訊的推理

當使用者走進智慧型教室，如何讓他的手機自動連上教室內的印表機印出手機上的簡訊，而不需使用者做任何設定。在過去幾年，業界已發展出一些發現服務(Service Discovery)的協定，如昇陽的 Jini 或微軟的 UPnP 等，但如何將發現服務(Service Discovery)的功能有效地運用於情境感知運算中，將是我們未來研究的議題之一。

而在現實的世界中，情境資訊往往是不明確(uncertain)的，如室內很熱(但不確定幾度是熱)才能開冷氣。情境感知系統無法得到百分之百確定的情境資訊，這時情境感知系統則需要對不確定性(Uncertainty)做推理。如果不能對情境資訊進行有效的表達和推理，那麼系統的功能將會受到限制。因此我們將對情境感知系統中一般情境資訊的推理方法及不確定情境資訊的推理方式如 Probabilistic logic, fuzzy logic and Bayesian networks 等，做更進一步的研究。

使用者位置與私人資料的情境資訊，在情境感知系統中，是用來推理的重要因子之一。在情境感知運算中，如何避免使用者私人資料被竊取或如何控管周邊設備的使用權等安全與隱私保護的議題，也將是我們未來研究的主題之一。

參考文獻

- [1] M. Baldauf et. al., "A Survey on Context-Aware Systems", International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, Vol 2, No. 4, 2007.
- [2] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila, "The Semantic Web," Scientific Am., pp. 34-43, May 2001.
- [3] D. Brickley, and L. Miller, "FOAF Vocabulary Specification, " In RDF Web Namespace Document, , 2003
- [4] H. Chen, et al, "Intelligent Agents Meet the Semantic Web in Smart Spaces," IEEE Internet Computing, Vol.8(6), pp. 69-79. ,Nov.-Dec. 2004
- [5] H. Chen, "An Intelligent Broker Architecture for Pervasive Context-Aware Systems", PhD Dissertation, 2004.
- [6] Context Broker Architecture
<http://cobra.umbc.edu>
- [7] FIPA – Foundation of Intelligent Physical Agents,
<http://www.fipa.org/>
- [8] F. van Harmelen, J. Hendler, and I. Horrocks, "Owl Web Ontology Language Reference, " <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>), 2002.
- [9] JADE - Java Agent DEvelopment Framework,
<http://jade.tilab.com/>
- [10] Jena – A semantic web framework for Java ,
<http://jena.sourceforge.net/>
- [11] D. B. Lenat, and R. V. Guha. "Building Large Knowledge-Based Systems: Representation and Inference in the Cyc Project," Addison-Wesley, February 1990.
- [12] X. Lin, S. Li, J. Xu, and W. Shi, "A RDF-based Context Filtering System in Pervasive Environment," Proceedings of ICIC 2005, 2005
- [13] X. Lin, S. Li, J. Xu, and W. Shi, "Application-oriented Context Modeling and Reasoning in Pervasive Computing," Computer and Information Technology, The Fifth International Conference pp.495 – 499, 21-23 Sept. 2005
- [14] L. Miller, A. Seaborne, and A. Reggiori, "Three Implementations of SquishQL, a Simple RDF Query Language, " Proc. 1st Int'l Semantic Web Conf. (ISWC 2002), LNCS 2342, pp. 423-435. , Springer-Verlag, 2002
- [15] F. Pan, and J. R. Hobbs, "Time in OWL-S, " In Proceedings of AAAI-04 Spring Symposium on Semantic Web Services, Stanford University, California, 2004.
- [16] D. A. Randell, Z. Cui, and A. Cohn, "A Spatial Logic Based on Regions and Connection," Morgan Kaufmann, San Mateo, California, pp. 165-176, 1992.
- [17] M. Satyanarayanan, "Pervasive Computing:

- Vision and Challenges”, IEEE Personal Communications, 2001.
- [18] T. Strang and C. Linnhoff-Popien, “A Context Modeling Survey”, 1st International workshop on Advanced context modeling, reasoning and management, UbiComp, 2004.
- [19] R. Want, A. Hopper, V. Falcal and J. Gibbons, “The Active Badge Location System”, ACM Trans. On Information Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, 1992.
- [20] X.H. Wang, J.S. Dong, C.Y. Chin, S.R. Hettiarachchi and D.Q. Zhang, “Semantic Space: An Infrastructure for Smart Spaces”, IEEE Pervasive Computing, Vol. 3, Issue 3, pp.32-39, July-Sept. 2004.
- [21] M. Weiser, “The Computer for the Twenty-first Century”, Science America, 1991.