

由人機互動介面理論探討智慧空間設計

陳嘉懿

建築系

摘要

本計畫由電腦人機介面學發展，探討智慧建築空間中數位媒體資訊與建築實質空間互動的介面設計。基於開發智慧空間的需求，鑑於過去以設備為中心的建築自動化概念，未能達到智慧服務以使用者為中心的互動要求，本研究以「普及運算」(Ubiquitous Computing; Weiser, 1991)所強調物質運算與空間運算的理念為基礎，嘗試探討智慧空間或稱「優化空間」(u-space)中，具涵構察覺能力的非固定構造及電器設備在配合使用機能而動作時的互動機制，資訊介面與空間整合是目前「優化空間」設計急需探討的問題。本研究期結合資訊界與工業設計界原有的「人機互動」(Human-Computer Interaction)理論的整理，藉由相關理論與應用實驗發展現況的研究，作為智慧空間設計中，整合使用者智慧應用、普及運算資訊技術與建築實質空間的根據。

壹、緒論

一、研究背景

基於開發智慧空間的需求，鑑於過去以設備為中心的建築自動化概念，未能達到智慧服務以使用者為中心的互動要求，本研究以「普及運算」(Ubiquitous Computing; Weiser, 1991)所強調電腦運算與物質及空間結合的理念為基礎，其特色如下：

1. 反映個人化、客製化的時代

工業時代，建築被稱為「居住的機器」，即工業化、標準化大量生產的居住產品。資訊時代，建築應成為「生活的媒介」，使人類透過客製化生活空間，反映個別需求，並透過網路多媒體拓展生活經驗。資訊時代來臨，越來越多的設備透過有線無線網路加以整合並促成運算能力的進步，呈現另一種智慧的生活型態，不同於工業時代，採用一般化標準規格的生產，以建築設備整合為目的，單向服務居住者，智慧空間可以透過學習，與使用者產生雙向互動，因此介面設計將成為空間設計的重點。

2. 感知使用情境的智慧生活需求

基於智慧生活中以使用者為中心的需求，空間與使用者必需產生即時性的互動，設置於空間中的「環境涵構察覺」(context-aware)運算系統，可感測到使用者在現有空間範圍中各種可能的環境要素，並回應使用者的需求。運算設計結合涵構觀念(因時因地制宜的情境概念)之後，使系統更能回應各種不同的社群環境需要，不會讓使用者只能按照預設的指令腳本來操作，而是經由環境涵構察覺智慧推理機制加以判斷。「環境涵構察

覺」代表遍佈於空間中一種廣義的輸入介面模型，輸入的內容可包含隱性與顯性的類型，且幾乎適用於各種應用。(Dey et al., 2001; Abowd et al., 2002)

3. 空間原有定義的改變

網路發展帶來建築空間關係的衝擊，分割建築空間的隔間牆體原為空間的邊界，但藉著網路的發展，促成了各隔間之間新的連結媒介。未來建築探討的重點，將不再只是光影與量體，而是空間中的數位資訊。以博物館空間設計為例，早期(19世紀到20世紀前期)，博物館是收集、陳列、研究文物的空間，「物」是空間的主體；到了20世紀後期，博物館的理念轉而成為觀賞者與陳列品互動的空間。空間設計的目的不僅需兼顧人與物，甚至更需重視人。智慧空間中的數位科技成為「人」與「物」的仲介者，分別扮演了場所中「參觀者」、「管理者」、「研究者」、「愛好者」、「義工」的互動媒介。空間因應互動對象的多樣化，如何呈現各樣機能定義及服務介面的改變，衝擊著未來的空間設計。(Mitchell, 1999)

4. 一個走向資訊設計、機電設計、工業設計與建築設計跨業整合的創意時代

隨著運算速度與網路頻寬的提昇，日常生活上各種數位媒體的應用也日趨頻繁，各種支援平臺的陸續出現，距離「普及運算」的構想也越來越近，然而空間中的相關設備卻經常是缺乏整體的配套與互用性考量，原來電腦中扮演「輸入-運算-輸出」的各部份單元，被拆解到空間中成為「感知-運算-動作」，其各樣不同的面貌與操作的方式有待重新思考，原有一部電腦的輸入端介面與輸出端顯示的一對一直接對應關係亦必然改變，空間中現有的材料及建築單元(門窗、天花、地板、傢俱...等)勢必要被在資訊化過程中賦予新的應用，(如：玻璃窗必要時兼為訊息顯示之介面，開關兼具個人身份偵測之功用...等)。因應上述需求，本研究以智慧空間設計為出發，期導入人機介面領域知識加以整合。

二、研究目的

因應上述各點為智慧空間設計所帶來的新挑戰，本研究目的旨在藉由人機介面領域相關研究整理，經由空間情境劇本實例實驗模擬，探討空間中「感知-運算-動作」(即「輸入-運算-輸出」)的介面單元的議題，包含：

1. 感知(輸入): 建築空間角色與訊息產生方式。
2. 運算: 網路帶來空間之間的串連，對於建築空間介面設計的影響。
3. 動作(輸出): 空間中數位元資訊與媒介的運用，例:顯示裝置與擴增實境(Augmented Reality)、可攜式及電動裝置的運用。

藉由上列議題探討，本計畫之目的期針對智慧空間設計的部份，結合資訊界與工業設計界原有的「人機互動」(Human-Computer Interaction)理論與應用實驗發展現況，作為資訊技術(i.e.普及運算)與應用端(i.e.使用者、智慧空間)整合的根據，期就智慧空間

中構材介面可配套定義的智慧情境、應用屬性及提供服務內容加以模擬，並提出智慧空間中，介面設計之互動理論模型。

三、研究範圍

1. 人機互動理論研究。
2. 介面設計研究與先趨實例。
3. 智慧空間生活情境劇本與介面實驗及相關結論。

貳、人機互動介面(HCI) 相關文獻探討

一、由工業設計史思考智慧空間設計

1984年蘋果麥金塔個人電腦以親和的視窗介面設計重寫了人機互動的新頁，從此突顯電腦設計產業中軟體比硬體重要的事實。從此也呈現工業設計中物質化(硬體之外形及其真實顯像)與非物質化(軟體之數位介面及虛擬實物的顯像)兩部份結合的需要。80年代廣為提倡的產品語意學(Product Semantics; Klaus Krippendorff, 1980)提出對現代主義大量生產導致產品千篇一律的質疑，主張產品應具自我表達能力及象徵特質，設計者利用生活中的符號及象徵對於設計內容編碼。同時，因應增進產品與使用者溝通的需求，認知心理學知識大量為設計界所運用，強調「以使用者為中心」的設計。電子時代微處理器的嵌入，傳統現代主義強調「形隨機能」的設計重點，產品外形也因機能的靈活多變而難以拿捏，90年代設計重點轉移到與使用者間資訊的溝通(即介面與互動式設計)，外形以符合人與產品互動需求為主，即得以反映其智慧機能的隱喻，資訊理論、傳播理論、認知心理學、記號論已積極介入當今的設計知識中。以智慧空間設計而言，過去熟捻於處理物質化(造型與機能)部份的建築及室內設計者，也面臨同樣的趨勢，空間中各處將出現越來越多的非物質化虛擬介面，並隱藏於各處，智慧裝置如何自我表達引導居住者了解其用法，同時空間設計者或維護者普遍缺乏軟體介面設計的能力，難以與空間硬體構件間整體設計，是目前亟待思考的議題。

二、人機介面系統發展給予智慧空間設計的啟示

人機系統中資訊處理的流程包含(1)「機器」部份：操作→控制→回饋(顯示)，以及(2)「人」的部份：感知(reception)→資訊儲存(記憶, encoding)→資訊處理與決策→行動(啟動控制及溝通活動)→輸出等程序。狹義的人機介面(軟體人體工學)主要包含「顯示」與「輸入」，人機介面(HMI: human-machine interface)的發展由傳統介面(註1)過渡到不受面板範圍限制、可變換頁面的數位式介面，許多電腦通訊相關產品更以圖形化使用者介面(GUI)為主(註2)，引用直接操作(Direct Manipulation; Shneiderman, 1983)與直接互動介面的觀念，強調視覺導向、圖形隱喻、基本操作一致性、邏輯化使用者為中心的互動設計方法學...等，使互動性更強，甚至加入圖像式觸控面板的幫助，使操作更直接，動態介面的提供加入了「時間」的要素，也使設計工具需加入時間模擬的能力(例如透過腳本、故事板、介面模擬等程序)，而非僅透過傳統的3D繪圖或模型製作可以達成。上述介面

均以視覺溝通為主，近年來的研究更進步到探討接近人類五官感覺並用的「自然介面」與「多模式互動介面」（註 3），除上列顯性(explicit)互動的溝通方式外，隨著各種介面及可攜裝置充斥在空間中的同時，介面呈現勢必要因應使用情境需求來決定，涵構察覺(context-aware)的概念應運而生，隱性互動(註 4)、主動提供輔助訊息及合乎人認知心理的介面環境成為更成為目前熱門的課題，也值得作為智慧空間動態介面的設計方法之依據。

(註 1) 傳統介面: 或稱「硬式」面板，產品操作的方式常侷限於面板上的按鈕、按鍵、黑白顯示器，介面遵循著「操作→控制→回饋」的模式。

(註 2) 圖形化使用者介面(GUI)，70 年代由全錄公司 Xerox Star 首先提出，後由蘋果電腦將其商品化(Lisa,1984)，目前為微軟 Windows 廣泛採用，介面元素包含視窗、圖示、功能表、指向設備等，簡稱 WIMP (window, icon, menu, pointing device –mouse)等，在顯示器視窗中，藉著指向設備的控制，可令所選擇的圖示物件彈出相關的功能表，進行控制。

(註 3) 自然介面(Natural UI)與多模式互動(Multimodal Interaction)介面的運用，包含: 語音介面、擴增實境(Augmented Reality)、運算感知(Computational perception)、手寫辨識(Pen-based or free-form interface)、可觸控的介面(Tangible or graspable user interface)

(註 4) 隱性互動以情境涵構為啟動要件，介面系統需加入環境感知與人工智慧推理的能力，自動判斷何為有意義的輸入，讓使用者在不知情或無意間與智慧服務系統產生互動，由上列介面發展趨勢亦給予智慧空間介面設計明確的方向。

三、以認知心理學思考智慧空間中的互動行為

認知心理學用訊息處理的觀點來說明人們的心理和行為之關係，依 Herbert Simon 等人的看法，人在完成認知活動時對訊息產生下列過程: (1)感知(解碼、資訊接收); (2)資訊儲存(記憶、編碼); (3)資訊處理(推理)與決策，之後進而產生行動(啟動控制及溝通活動); 其中與人機互動系統較相關的認知心理學知識如下: 視覺感知、注意力、記憶(註 5)、學習、人類資訊處理方式...等。上列研究結論已應用在現今的介面設計中，包含: (1)提供選項(menu)而非輸入(input); (2)介面提供可預知的行為模式; (3) 介面引發主動參予(active involvement) 的學習，例:由實作及錯誤中學習、類比學習、漸進輔助式學習(Training Wheel)等; (4) 利用現實世界的隱喻(metaphor)。依設計心理學家唐納諾曼(Donald A. Norman)的說法，人類大腦對環境的反應可分為本能、行為、反思三個層次(參考本計畫申請書中之圖 6)，設計者透過「系統意象」來將「設計概念模型」傳達給使用者，使產生「心智模型」來與設計成品產生互動，所利用的認知相關手法如附表 1；當上述認知要素應用於智慧空間設計時，必需充分考慮科技切合人類認知心理的特性，如同觀看街上的招牌，不需要刻意透過閱讀的動作即能瞭解其中的訊息，因人們已下意識地將文字招牌當作生活環境的一部分(註 6)。上述觀點透露了一個訊息：就是科技必需符合使用者可以不假思索、全心投注於工作目標的要求，而不需專注在電腦本身複雜的指令。要達到此境界，建築空間中的資訊互動(輸入與輸出)介面設計除應符合介面設計相關要點外，資訊的輸入將由原來“外顯與直接”的方式轉為“內隱與間接”(參考本計畫申請書之圖 1)，使用者對實質空間中部件構材與物品的操作，也將在其原有意義及用途外，更獲得相關的資訊功能的提示或協助，使原有的電腦構件嵌入空間中時，因應各種情境下的涵構需求，即

時重組周遭可連結的資訊互動介面及感測單元，達到即時提供智慧空間中資訊應用服務的目的。

表 1 - 介面設計要點與人類認知相關性

認知相關要素	介面設計要點
視覺設計	<ul style="list-style-type: none"> • 主題與背景、視覺深度(3D 立體介面應用) • 資訊階層(hierarchy)的運用 • 選擇性注意力的自然限制 • 視覺標記的運用 • 隱喻的應用
介面的侷限性 constraints	<ul style="list-style-type: none"> • 物理的侷限 • 意義與文化的侷限 • 邏輯的侷限
可視性 visibility	<ul style="list-style-type: none"> • 所見即所得(WYSWYG) • 自然配對:以物環境、空間、文化線索作類比，例: 駕駛方向盤
回饋(來自神經機械學) feedback	<ul style="list-style-type: none"> • 立即適當的回饋 • 方法: 聲音、圖像、訊息 • 錯誤預防

(註 5) 關於記憶的研究包含: (1)記憶具有感知、儲存、提取三階段;人類記憶系統可分為三個分離的系統: 感官記憶、短期記憶(STM)、長期記憶(LTM);以基模理論(Schema theory)為主的記憶結構:又稱框架理論(frame theory)、語意網路(semantic networks)、命題編碼(propositional encoding)，記憶結構具邏輯綱目架構及連鎖性。

(註 6) 此現象司馬賀(Herbert Simon)稱為: 編譯(compiling)，哲學家麥可稱為: 隱藏向度(tacit dimension)，心理學家吉普森(J.J. Gibson) 稱此為: 視覺恒常性(visual invariants)，全錄研究中心的布朗博士(John Seely Brown)稱此為: 周邊訊息(periphery)。

四、普及運算範型下的人機介面思潮及研究案例

帶動介面設計的代表性思潮及研究案例包含: (1)顯像科技與擴增實境(AR-Augmented Reality)的應用: 以視訊投影及雷射投影產生資訊呈現與互動，作為資訊與空間結合的有效工具，提供數位 3D 即時影像與物質材料疊合的新建築形式。例: 「數位桌」(Digital Desk) (Wellner et al. 1993; Buxton, 1997)、「影音空間」Videoplace 及 HyperMirrors (Krueger)、遠距虛擬餐桌 Virtual Dining(IBM)、ALIVE 虛擬寵物系統(Blumberg)、IBM 的隨處顯像(Everywhere Display)技術...等。(2)物質運算(Physical Computing)的發展: 以物質原子與虛擬位元介面整合的「可觸摸的位元」(Tangible Bits)及實體介面(Tangible User Interface)的想法(Ishii, 1997)，將電腦的桌面圖示(icon)直接由真實物體來取代，透過感測技術，使具有現實隱喻的虛擬圖示重回現實的物質世界，也使日常生活的實體物件附加數位資訊功能，用資訊技術擴增的實體物件，比桌上電腦圖像化介面更直接，讓使用者能將注意力更平順地在環場媒體(背景)與實體觸控介面(前景)間做移轉。例: Clearboard 系統及 metaDesk 系統 [12] (參考本計畫申請書之圖 3)。(3)自然

介面與多模式互動的強調：由人文關懷的角度出發，強調嵌入直覺式介面於各種生活物件中，使運算系統適應日常生活作息，如依照與人的對話、動作、手勢、目光、坐位...等來判定使用者意向，飛利浦研究中心與麻省理工學院活氧計畫(Oxygen)聯盟的智慧住宅實驗計畫 HomeLab (Philips, 1998~)主張「環場智慧」(Ambient Intelligence)，強調以自然介面控制各樣電器設備，以無線連網、語音與設計為基礎，透過互動電視機上盒及無線射頻通訊技術帶動，結合個人化環境，為家庭帶來普及、透明的智慧科技。相關計畫如：「無形的運算」(Unremarkable Computing)及「消失的運算」(Disappearing Computing)等。(4)環境涵構察覺(Context-aware)系統的發展(Dey and Abowd, 2000): 任何可作為描述情境特性的實質要素包含: 地點、人員身份、活動狀態、實質物件或資訊物件都均屬「涵構」範圍。「環境涵構察覺」代表一種廣義的輸入介面模型，輸入的內容可包含隱性與顯性的類型，且幾乎適用於各種應用。「涵構察覺系統」是一種設置於空間中的運算系統，可感測到使用者在現有空間範圍中各種可能相關利用的環境要素，並回應使用者的需求。總結上列思潮，智慧空間的介面應具備如下的人本互動(Human-Centered Interaction)系統架構模型(Winograd, 1999)，以統合空間多種異質(heterogeneous)電腦系統，來達成多人多模式(multimodal)的互動溝通，同時系統需符合下列設計目標 1)隨身資訊設備的使用 2)具備大型顯示裝置的資訊環境控制及空間設計 3)沉入的感覺 4)多人工作環境 5)藉助手勢及聲音而非特殊設備的自然互動及多模式整合之代理系統。

參、智慧空間介面設計的程序

上列研究案例均多以資訊相關應用之研究角度出發，由設計界所主導的智慧空間設計實例，除應兼顧傳統建築設計業所熟悉的機能分析、空間設計、繪圖、模型製作與圖像設計等程序外，尚需充分結合數位媒體、資通訊軟硬體設計等專長，以下茲以荷蘭建築大師 Rem Koolhaas 及其事務所 OMA /AMO 所設計的 Prada 旗鑑店為例(Koolhaas, 2001)，來探討智慧空間設計特色及其所需程序，在此案例中不僅包含一般的名牌旗鑑店面常見的空間元素(包含: 店區辨識元素、主要商品及配件實物展示區、布料材質展示、剪裁工作室、簡報演講區、服裝發表區、貴賓室、服務台、書報雜誌及目錄閱讀展示區...等)，更加入先進的資訊設計及顧客關係管理技術為智慧商店空間加入了下列創意構想: (1) 產品原型電子展示藝廊空間(含:過去到現在所有流行產品展示、電腦及採購歷史紀錄查詢); (2) 電子化個人服務空間(例: 個人身材影像掃描區、購買紀錄資料庫、提供個人化建議的電子顯像); (3) 電子化交易空間(動畫顯示簡報、數位展示、應用新科技與電子商務零售的資訊市集); (4) 電子化舞台伸展台背景幕(將包含多種異質元素的平坦表面加以程式化控制)。

為達到上列特色，相較於傳統空間設計程序，本案在設計程序中加入下列三項與互動介面相關的重要流程: (1)人與空間的互動腳本設計(scenario design)、(2)資訊設計(IT design)、(3)媒體設計(Media design)，並充分與空間細部設計流程配合。人與空間的互動腳本設計流程中，採用縮小比例的人物模型，置入各特色空間細部模型中，以模擬人在該空間中日夜各時段的動作行為，與工業設計領域運用故事板等電影工具相較，以此作

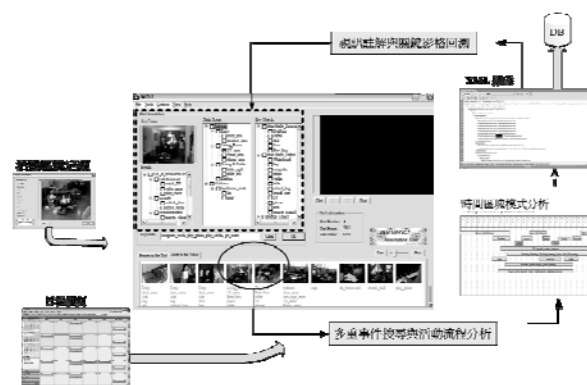
為空間中人機介面設計的動態工具，更能生動有效地溝通腳本設計內容。資訊系統設計流程中，更以下列技術來發揮智慧空間特色：(1) 藉由以客戶關係管理為核心的伺服器來連結賣場與客戶；(2) 以射頻標籤將商品資訊傳遞到客戶手中；(3) 資訊的流通腳本設計；(4) 以觸控面板操控試衣間中隨處可見的顯像設備；(5) 魔鏡、自動化光控、可調變的玻璃及通訊設備；(6) 半透明的資訊牆面鏡(具晝光下投影能力)；(7) 虛擬電梯服務生。媒體設計流程中，則透過媒體設計來提供舞台多樣性的場景，並賦予空間多重的定義。

肆、智慧空間介面設計實驗

由上列文獻與案例分析，本研究中以本系普及運算實驗室為介面研究實驗場所，與資管系 RFID 實驗室合作，發展智慧空間介面及相關研究，其步驟如下：

一、智慧空間的使用者環境分析

以資訊時代生活調查及行為分析為主，探討智慧科技的環境適用性以經驗取樣法拍攝生活現況記錄，再以 IBM Mpeg7 Annotation Tool© 關鍵影像註解工具加以分析解譯(圖一)，尋求生活中資訊運用之重點方向。本研究取樣對象以受測學生在本系普及運算實驗室的行為活動歷程為先期測驗樣本，並進一步觀察直接互動(Direct Manipulation)概念探討隨身服務介面(Personal Service Interface)的可用性，利用小型手持裝置的顯示裝置增加行動資訊呈現的可及性，資訊呈現伴隨感測裝置更將觸發進一步的互動感測，如：可觸控螢幕、攝影機、電子白板...等，將內隱的行為意向逐漸歸納為外顯的生活模式樣本。



圖一. 經驗取樣法及 IBM Mpeg7 Annotation Tool©

二、智慧空間的實質介面環境分析

以「資訊化生活模式語彙」及「資訊空間模組套件」為基本活動及設備單元，重新檢視空間單元中「可嵌入」及「可互動」的構材、表面或空間角落、陳設佈局...等，進行單元空間的探討，依不同活動模式下，所產生不同尺度的空間涵蓋範圍及資訊感測擷取範圍，進行彈性化及互用性的探討，研究資訊涵構融合(context fusion)與實質空間中中介構材(如：隔間牆、傢俱...等)的關係。作為開發資訊互動介面及空間模組的基本資料，以減少資訊元件在家居空間的突兀感，達到合乎生活情境的自然互動目標。本專題研究

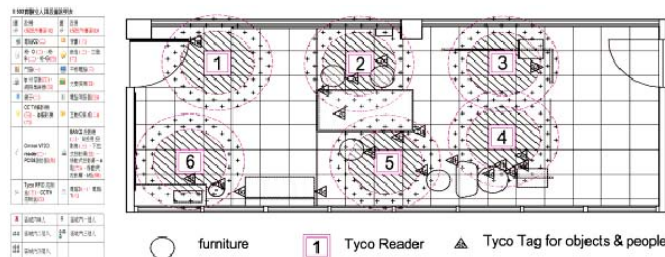
中所建置之相關實驗環境如圖二，嘗試嵌入投影及互動介面於現有生活空間中。



圖二. 環場智慧空間中的智慧服務介面

三、環場智慧環境介面系統(AIE)的開發

在以 RFID 為感測基礎設備的智慧空間實驗環境中，人員活動及家具設備物件的現況均可透過此環場智慧環境系統介面一覽無遺。(圖三)



圖三. 環場智慧空間中的人與物動態活動介面 (陳嘉懿、葉明貴，2006)

四、擬訂劇本並實驗模擬

由上列使用者資料調查結果與實質環境分析，以實驗對象環境涵構情境為主，擬定目標導向(goal-oriented)活動劇本，在整體實驗空間中以「留言回溯」、「媒體播放」、「設備控制」、「門禁開啟」等劇本為模擬目標，又在互動媒體桌介面上，以電子白板筆及射頻系統設計「手寫互動」、「物件追蹤」(對所有桌面上使用之物件)、「媒體播放」等互動劇本(圖四)(註 7)，並設定具涵構察覺智慧的服務層次，如同案例分析中所歸納之三種資訊運用類型，即「資訊呈現」、「自動服務」與「後續檢索」。



圖四. 本研究所開發之個人服務助理 PSA 及互動媒體桌相關情境劇本，(demo videos <http://www.nanya.edu.tw/archi/SSI.htm>) (陳嘉懿、葉明貴，2006)

(註 7) 應用案例脚本:

(以下場景中 □表示 tag 物件，_____表示動作)

一早實驗室還沒人來，User_A 在門外用 PSA 對著門口海報上圖片，依照設定好的指定順序掃描，PSA 取得 permit 傳送給門禁 server，鐵門開啟，並在 PSA 上 show 出 “歡迎進入 I501 Lab，請戴上識別證” → PSA 上 show 出空間設備狀態 (一切正常 or 有何異常)。

於是 User_A 進入實驗室，在 keybox 中找到個人識別證戴上。當 reader_1 讀到 User_A 進入，即啟動燈光，並依 User_A 喜好設定開啟風扇及音響，依喜好音量播放 User_A 喜好的背景音樂，並主動在 PSA 上顯示有幾筆留言，User_A 用 PSA 對著 _____ 留言板，show 出留言內容詳情，其中有一則，是老師要 User_A 看一下前天的討論板的錄影內容。

於是 User_A 走到 reader_3 位置，將 PSA 對著討論板讀取，隨即於右側的 tablet PC LCD 上即顯示出前天討論的錄影內容，又看到架上來了一本新書及新來的 _____ 建築物模型，於是用 PSA 讀取了一下，於是其相關介紹顯示於 tablet PC LCD 上。

這時正好 User_B 亦進入研究室，(空間喜好設定自動作了預設調整)，User_B 坐在 reader_2 位置，問起 User_A 正在看的是什麼，於是 User_A 用 PSA 點向大投影幕選 “on”，此時電燈自動關閉、小燈自動亮起、背景音樂停止，大螢幕投影播放 User_A 正在看的內容與 User_B 分享，看完後，User_A 用 PSA 點向大螢幕選 “off”，空間隨即回復原來的設定。

隨後，User_A 走到 reader_2，用 PSA 對著 calendar 讀取一下，想了解研究室當週的工作計畫，隨即在 PSA 上即出現研究室的日程進度表，再走到 reader_5 坐下，用 PSA 指向互動投影桌，選 “on”(此時桌面投影機、電腦、電子白板及 Omron reader on)，桌面隨即成為 User_A、User_B 可能一起進行活動的介面 (如: 專案討論區、歷史檔案區、喜好娛樂區、資料查詢區、攝影監控區、控制權設定區)，User_A、User_B 拿起了白板筆，此時桌面出現專案選項，兩人選擇了其中一案，用筆在桌面上彼此交換意見，並將畫面存成電子紀錄檔，同時擦去桌面的討論內容。

此時已近中午時分，桌面開啟門外攝影機畫面，看見午餐送達開門取了午餐，兩位隨即拿出餐具準備用餐，桌面上 show 出娛樂選項，兩人一邊用餐一邊看電影。看完後相約一同去參加一場研討會，於是一同上網進行報名動作。

五、智慧空間介面之整合架構想法

本研究採用電腦使用者所熟悉的視窗圖像介面(GUIWIMP，參見本報告第二章)及物件直接互動的操作方式為空間隱喻的來源(圖五)，來整合使用者所眼見的周遭環境，塑造使用者與智慧空間互動的心智模型，將空間比喻為電腦桌面(desktop)，以個人隨身設備所發展的個人服務助理，作為個人化的空間服務提示與控制工具，扮演智慧空間中滑鼠的角色，將實質設備與構件單元視為圖像(icon)及選擇區塊(selection set)，空間中物件(object)視為屬性與操控方法的載體；同時透過「個人服務助理」即空間指向設備(滑鼠)來定義其上按鈕的多樣性行為，本研究以虛擬按鈕之方式來模擬各種不同設備的控制介面，任何可作為描述情境特性的隨身「涵構」互動平台。



圖五. 視窗圖形介面中的圖示與選擇項及物件操作方式(左)本研究所對應的 WIMP

六、智慧空間介面之可行性評估

智慧空間實驗結果以影像經驗採樣工具及使用者訪談與原有經驗加以對照評估，得知在察覺機制模擬對應過程應提供更多樣的彈性與替選性，以反映出涵構察覺智慧在不同模式間的調適性。針對目前相關技術支援情形、建築空間架設環境及自然介面可達到的智慧層次，評估要項如下：

- (1) 互動式介面技術方面：公共性的互動，識別的層次、投影呈現及感測的限制、活動偵測及行為控制。
- (2) 空間機能分析與行為模式：空間機能的細分與行為定義、隱喻的運用與認同感。
- (3) 穩定性與設定簡易性：互動反應能力(interactivity)、自然操控性(naturalness)、使用穩定度(usability)及可攜性。
- (4) 評估方式包含：

- 專家診斷式(expert, heuristic) 評估：研究過程中透過研討會及多次專家訪談評估，包含：數位生活科技研討會、DAC2006、成大資訊建築研究團隊、南亞技術學院RFID實驗室、...等專家學者之診斷評估及修正。
- 觀察式評估：1. 直接觀察 2. 拍錄影帶 3. 軟體記載 (如圖4)。
- 調查式評估：訪談：結構式訪談，彈性式訪談，情境訪談(contextual interview)
- 實驗式評估：可用性工程測試(usability testing)

伍、結論

一、由“輸入-運算-輸出”到空間中的“感知-運算-動作”

隨著運算速度與網路頻寬的提昇，各種支援無線網路設備的陸續出現，空間中的相關設備與資訊呈現方式雖經本研究嘗試作整體配套與互用性考量，但原來電腦中扮演“輸入-運算處理-輸出”的各部份單元，被拆解到空間中後，經本研究重新思考其各樣不同的面貌與操作的方式，原有一部電腦的輸入端介面與輸出端顯示的一對一直接對應關係，

以本研究為例可能切換到多部電腦與多個顯示裝置的互相運用。如同第三節之 PRADA 案例中，本研究中亦以 RFID 射頻系統作為感知的介面，同時因不同感測距離的需要，有三套射頻感測系統同時動作，透過空間主機核心運算來整合，家電設備趨動上也要再透過紅外線網路系統來完成，而目前支援此多機及異質環境的運算系統及設備規劃平台仍在發展中，造成空間中設計“感知-運算-動作”機制的瓶頸。

二、建築單元及材料應用的新方向

空間中現有的材料及建築單元(門窗、天花、地板、傢俱...等)，在資訊化過程中被賦予新的應用，訊息的輸入方式也將由原來“外顯(explicit)與直接”的方式轉為兼具“內隱與間接”，使用者對實質空間中部件構材與物品的操作，也需在其原有意義及用途外，更獲得相關的資訊功能的提示或協助，以本研究為例：個人服務助理即扮演使用者隨身提示的角色、地板扮演著人及其上物件感測的角色、桌面成為物件感測與媒體顯示互動的介面、展示架上的紀念品及相框亦成為觸動媒體播放的開關、門的啟閉成為啟動燈光的開關、門口的海報可兼具成為隱型門禁的裝置，但上列案例在空間使用性評估方面，異於傳統介面設計及傳統空間設計之評估，其綜合評估之標準尚待研議。

三、跨領域整合的新需求

在追求普及運算與人本運算的願景實現的過程中，為達成空間個人化與客製化，為滿足情境感知的智慧生活需求，互動空間的設計與維護，較之傳統建築設計增加了資訊技術與互動行為方面所需考量的介面，如同過去水電機械設備導入建築設計一般，資訊小組(IT Group)對於整個設計案發展，如：動線管理、空間組織、材料運用及陳列物品內容之安排已具有關鍵性的影響。以本研究為例，亦需在實驗劇本設計之初即與資訊小組成員密集的討論，才得以使建築元件如：門、牆、家具...等與電腦資訊設施間整合，實現空間中新的群體人機互動型態，使人與資訊互動產生無所不在的服務架構，並重新定義空間機能，未來更希望緊密整合資訊、工設、機電、認知心理與建築設計等領域，發揮跨業創意，以迎合目前設計範型轉移(paradigm shift)的需要。

謝誌

感謝成大建築 IA Lab 鄭泰昇教授指導，林軒丞、沈揚庭對實驗室硬體架設之協助，南亞 RFID 實驗室葉明貴老師及參與同學吳宜隆、吳榮傑、黃超彥、楊傑翔、曾世昌、李雅琴、王曉琪。

參考文獻

一、中文文獻

方裕民 (民82)：人與物的對話：互動介面設計理論與實務，田園城市。
卓耀宗譯 (民77)：設計心理學，遠流出版社。

- 陳嘉懿 (民94):「涵構察覺」在智慧空間中之應用,第十七屆第一次建築研究成果發表會論文集,中華民國建築學會,中華民國94年6月18日,pp. -。
- 陳嘉懿,葉明貴 (民95):隨身服務助理:智慧空間之互動察覺介面,二〇〇六數位生活科技研討會論文集,二〇〇六年六月一、二日,成功大學國際會議廳。
- 翁鵲嵐譯 (民94):情感設計,田園城市。

二、英文文獻

- G. D. Abowd, E. D. Mynatt, T. Rodden, (2002), The Human Experience , Pervasive Computing, pp.48-57 (January - March, 2002)
- Chen, J. Y. and Jeng, T. , (2006), Using personal service assistant for direct manipulation in smart space, Proceedings of First International Conference on Digital Architecture & Construction,19 - 21 September 2006, School of Architecture & Architectural Engineering, University of Seoul, Korea
- Dey, A. K. and G. D. Abowd (2001), A Conceptual Framework and A Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, Moran, T. P. and P. Dourish [eds], Human-Computer Interaction, Vol. 16., 2001
- Fox, Armando, Brad Johanson, Pat Hanrahan, and Terry Winograd, “Integrating Information Appliances into an Interactive Space, IEEE Computer Graphics and Applications 20:3 (May/June, 2000), 54-65.
- Ishii, H. and Ullmer, B. (1997), Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits, and Atoms, Proceedings of the CHI'97 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.234-241. (<http://tangible.media.mit.edu/projects/>)
- Junstand, Koile, K., Tollmar, K., Demirdjian, D., Shrobe, H. and Darrell, T., Activity Zones for Context-Aware Computing, MIT AI Lab (Agent-based Intelligent Reactive Environments Group)
- Koolhaas, R. and OMA/AMO (2001), Project for Prada Part 1, Nava Milano spa division Press
- Laurel, B. (1993), Computer as Theatre, Addison-Wesley
http://architecture.mit.edu/house_n/web/publications/publications.htm.
- Mitchell, W. (1999), E-topia, MIT Press
- Philips HomeLab (2003)
- Shneiderman, B. (1998), Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, Addison Wesley Longman Inc.,
- Ullmer, B. and H. Ishii (2000), Emerging Frameworks for Tangible User Interface, Human-Computer Interaction in the New Millennium, J. A. Carroll (ed),
- Weiser, M. (1991), The Computer for the 21st Century, Scientific American, Vol. 265, No. 3, pp. 66-75.
- Winograd (1999), Towards a Human-Centered Interaction Architecture, Working paper for Stanford project on Interactive Workspaces.