

國立交通大學

土木工程學系

博士論文

**智慧空間中機能與元素的新交互關係系統：以提出個人化的
智慧起居空間與用餐空間為例**

The new inter-relationship system of smart space between functions and elements:
a personalized smart living and dinning space

研究生：黃郁鈞

指導教授：劉育東

中華民國一〇一年十二月

智慧空間中機能與元素的新交互關係系統：以提出個人化
的智慧起居空間與用餐空間為例

The new inter-relationship system of smart space between functions
and elements: a personalized smart living and dining space

研 究 生：黃郁鈞

Student : Yu-Chun Huang

指導教授：劉育東

Advisor : Yu-Tung Liu



Submitted to Department of Civil Engineering
College of College of Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Doctor of Philosophy
in
Architecture

December 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇一年十二月

智慧空間中機能與元素的新交互關係系統：以提出個人化的智慧起居空間與用餐空間為例

學生：黃郁鈞

指導教授：劉育東

國立交通大學土木工程學系 (研究所) 博士班

摘 要

綜觀建築歷史，其建築形態會隨著文化、時代背景、科技而改變，當然建築最基本的元素、機能、與人之間的互動關係也不斷地在改變。20 世紀末，電腦科技的蓬勃發展下讓傳統建築產生巨幅的轉變，不但間接影響了建築外部的造型，也改變了內部配置方式，而遍佈式運算概念 (ubiquitous computing)、人機互動 (human-computer interaction/HCI) 技術也讓傳統上靜態的建築空間轉變為可感知人、與人互動的「智慧空間」(smart space)，然而，HCI 出現似乎改變了原有元素的特性且間接讓空間元產生更多的機能性，因此本研究探討的方向是：在 HCI 的影響下，其智慧空間中的機能和元素是否產生了變化？且其機能和元素之間所產生的新交互關係 (new inter-relationship) 為何？

且在智慧空間研究中，多著重在以數位科技的角度探討其系統的組織與運作的流程，為了以更全面的角度探討智慧空間構成，本研究將就「建築」與「HCI」雙向的觀點對現有智慧空間作分析評估，並以建築的基本構成 (機能和元素的關聯性) 來做為分析的基礎，以及建構出一個新智慧空間系統架構，在藉由系統實作 (system framework) 測試其可行性。因而本研究步驟分為三個部分：HCI 角度分析評估、建築角度分析評估、系統架構推論、系統雛形建立。

而研究結果的部份，所推論出的新系統架構中可發現，相較傳統建築空間，智慧空間中所產生的新元素—「虛擬元素」在未來會和「實體元素」擁有相同的重要地位，因而本研究提出的系統雛型 (system prototype) – 「Personalized Smart Living + Dinning Space」著重在個人化情境轉換的智慧空間。而透過系測試中則可清楚傳達，元素、機能、使用者、空間彼此的關係，且也為智慧空間的研究帶來新視野，同時更也空間設計者與資訊者能以雙向的觀點理解智慧空間的機能構成、系統架構、以及元素和空間的連結性。

關鍵字：人機互動 (human-computer interaction)、智慧空間 (smart space)

The new inter-relationship system of smart space between functions and elements: a personalized smart living and dinning space

Student: Yu-Chun Huang

Advisor: Yu-Tung Liu

**Department (Institute) of Civil Engineering
National Chiao Tung University**

Abstract

In architecture history, architectural form is constantly affected by culture, society, human and technology. Therefore, the interaction of basic architectural elements, functions and human beings has been evolving in different era. In the 20th century, with the development of computational technology, architecture underwent dramatic transformation. Human-computer interaction (HCI) transformed architectural space into a smart space which was able to provide interaction between human and living environment. However, most smart space cases focused on the point of computational technology (such as system efficiency). Thus this research intends to stand on views of both architecture and HCI to explore the new inter-relationship of smart space by using “elements” and “functions”.

The methodology and steps of this research can be divided into four parts: the first step, case study of smart space based on architectural view; the second step, case study of smart space based on HCI view; the third step, combining previous two steps to derive the new inter-relationship system framework of smart space (based on element and function) and the forth step, system prototype implementation.

As a result, within the new system framework, compared to traditional architecture, the emerging new element—“digital element” (such as digital message, digital photos or digital music) will become as important as physical elements in smart space. Future smart space has to take into account how digital elements are presented and arranged onto to physical elements. My system prototype—“ Personalized Smart Living + Dinning Space” demonstrated how to adequately merge digital and physical elements in the living environment and how to create a personalized adaptable scenario according to different user’s mobile phone. Also, this research brought in a novel point of view which provides mutual communication between architectural designer and computational designer to understand the organization of smart space, including the relationship between functions, element, system and space.

Keywords: human-computer interaction (HCI), smart space

誌謝

首先要謝謝我的指導教授 Aleppo (劉育東老師) 對我在各方面的指導，沒有他就沒有今天的我，從 2004 年進交大的那一刻起，二年的碩士生涯、六年的博士生涯，無論是學術上、工作態度上、待人處世上的教誨與無私的幫助都讓我萬分的感謝，尤其在 2009 年我決定離開學校去 UC Berkeley 就讀，老師仍然是在百忙之中抽空撥越洋電話並給予我任何所需的協助，在此要致上最大的感謝之意。老師，你是我生命中最重要、且永遠的第一名老師 ^_^。

也謝謝君昊老師，謝謝你在碩士時帶領我進入各式各樣的電腦世界裡，讓我在碩士和博士的論文裡皆能愉快做互動相關的研究。再來要感謝交大裡所有老師：基義老師 (不好意思總是不厭其煩的幫我寫各式各樣的推薦函)；李華老師；以及在博士資格考、以及論文口試答辯給予指導的老師們：David 老師、君昊老師、倍銜老師、書章老師、怡成老師、郁靈老師，謝謝你們在百忙之中讀完我這冗長的論文並且給予我這麼多寶貴的意見與指導。以及曾經幫助過我的老師們，羅佩禎、張靜芬、Linda 老師。以及一直為所上盡心盡力的助理們，鄭姊、雅米、菁芳，謝謝你們。

另外，要感謝我在美國加州柏克萊大學的指導老師 Yehuda E. Kalay，謝謝你願意收我讓我有機會能夠和來自於世界不同的學生體驗、探索不同於台灣的世界，雖然最後沒能完成學業，但我還是很珍惜很感謝這一年您給予的指導。另外是 iSchool 的老師 Kimiko Ryokai，謝謝你在 Tangible User Interfaces 課程中紮實的教導我一切互動、實作、機械的基礎技能，這給予我博士論文的實作中非常大的幫助也讓博士論文得以順利完成。

此外，最感謝的就是陪伴我一起度過這段冗長而充滿未知數的的博士日子的同學們，謝謝姿汝總是給予我很多精神上、以及多方面的支持跟幫助，以及在柏克萊念書期間的好朋友們 Rosie、Sandie、Sharon。還有我的博士班共同打拼的同學們家合、Jeanne、凱翔、唯晏、宏賓。以及曾經協助我的學長姊、同學們，楚卿、元榮、聖智、大師兄、賴得、淳鈺、彥良、宛育、婉寧、慶倩、小路；以及和我工作過、陪我一起吃吃喝喝的學弟妹們，Jacko、柳吟、周董、達齊、Gungo、聖荃、Gallon、Near、John。以及所上曾經是基本設計課的小朋友們，還有中華的小朋友們，謝謝你們帶給我多采多姿生活讓我在念博士的日子裡一點也不孤單。以及曾經一起打拚出國的 GRE 團朋友，高個、醫生、阿達、佑欣、羿伶、Luke、郁潔、Bike。以及許多其他要感謝的人，謝謝你們的幫忙，也很抱歉無法一一的把你們的名寫上。

再來感謝群傑，從我們認識開始到現在我一直處在博士生的階段，感謝你總是支持我做每一個決定，無論是在台灣的日子或是在美國的日子，謝謝你給予我精神上、生活上、研究上的一切鼓勵與照顧。

最後要感謝我最摯愛的家人爸爸、媽媽、姊姊、弟弟、多多 & Kirin，謝謝你們陪伴、支持我走過這麼冗長的博士生涯，尤其是我的母親總是在經濟上、生活上給我衣食無缺的完全支柱，好險，我沒有讓你們失望，謝謝你們，我終於畢業了！

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III

1 緒論 01

1.1 研究背景	01
1.2 研究問題	03
1.3 研究目的	04
1.4 研究方法與步驟	05

2 先前研究 10

2.1 建築的機能與元素	10
2.1.1 建築的機能	10
2.1.2 建築的元素	15
2.1.3 機能和元素的交互關係	20
2.2 HCI與智慧空間的發展	34
2.2.1 HCI的發展史	34
2.2.2 HCI的介面發展	36
2.2.3 HCI對於建築空間影響	38

3 建築角度分析評估 50

3.1 案例選擇	50
3.2 一般研究者的智慧空間案例	54
3.2.1 智慧住宅空間 Case 1: AR kitchen	54
3.2.2 智慧辦公空間 Case 2: AmbientROOM	61
3.3 交大建築所的智慧空間案例	68
3.3.1 智慧住宅空間 Case 3: Time Home Pub	68
3.3.2 智慧辦公空間 Case 4: BCI studio	74
3.4 小節	79

4 HCI角度分析評估 82

4.1 案例選擇	82
4.2 一般研究者的智慧空間案例	83
4.2.1 智慧住宅空間 Case 1: AR Kitchen	83
4.2.2 智慧辦公空間 Case 2: AmbientROOM	89
4.3 交大建築所的智慧空間案例	99
4.3.1 智慧住宅空間 Case 3: Time Home Pub	99
4.3.2 智慧辦公空間 Case 4: BCI studio	107
4.4 小節	115

5 系統架構推論 118

5.1 核心系統選擇	118
5.1.1 Case 1: MR-based的智慧空間系統	119
5.1.2 Case 2: 環境感知的智慧空間管理系統	121
5.1.3 Case 3: Human-System Interaction 智慧空間系統	123
5.1.4 核心系統架構 (core system framework)	125
5.2 系統架構整合	126
5.2.1 建築角度分析評估	128
5.2.2 HCI角度分析評估	129
5.2.3 新交互關係系統架構 (system framework)	131

6 系統雛型建立 135

6.1 空間、元素、情境設定	137
6.1.1 空間設定	137
6.1.2 元素設定	137
6.1.3 情境設定	138
6.2 軟硬體設備與互動機制判斷	143
6.2.1 軟硬體設備	143
6.2.2 互動機制判斷	144
6.3 實體空間整合與系統測試	163
6.3.1 實體空間整合	163
6.3.2 系統測試	167

7 結論 174

7.1 結論與建議	174
7.2 研究限制	176
7.3 研究貢獻	178
7.4 未來研究	178

參考文獻	180
------	-----

個人履歷	193
------	-----

第一章 緒論

1.1 研究背景

Mies 曾說：「建築物的機能是常常改變的，但我們卻不能把建築物拆解，因而將 Sullivan 的口號「形隨機能」(Form follows functions) 倒反過來，並建構一個實用而經濟的空間，讓機能去適應它。」(Norberg-Schulz, 1968)，由此可見就單一的建築來看，建築的形式是固定的，但建築內部的機能卻是常常在改變的。綜觀建築歷史，其建築形態會隨著文化、時代背景、科技而改變，當然建築最基本的元素、機能、與人之間的互動關係也不斷地在改變 (Frey, 1946; Norberg-Schulz, 1968)。就建築實體的架構來看，Durand 提及建築最基本的構成單元為牆、柱、梁、樓板、開口等「無法再分解的基本元素」(Villari, 1991; Madrazo, 1994)，但就建築的機能性來看，它是一個為了滿足人類需求的構造物，也是「真理的實踐」(exercise in truth)、「敘事的實踐」(exercise in narrative)，其意謂著建築是真實的表現其機能、元素以及述說歷史、反映我們日常生活的舞台 (Frederick, 2007)。因此由建築的組成元素 (牆、梁、柱、板、窗、樓梯) 來看建築歷史的變化，我們本研究發現在科技的影響下人類的需求也跟著變化，其空間、及元素的機能性也隨之改變。

希臘雅典衛城、日本的天守閣，因為保衛的因素而有厚實、高聳、且具有防禦性城牆出現 (Andronicos, 1981, 2003; 傅朝卿, 2005; 夏紓, 2007; Masayuki, 2009)；為了彰顯基督教崇高精神的哥德式建築，透過華麗的裝飾、大片的彩繪玻璃窗及高聳的建築技巧也流露出當時社會的繁榮富庶的景象 (Schittch, 2001; 傅朝卿, 2005)。其中科技的因素對於建築形式的影響最為遠大，西元前 27 年 Etruscane 的拱形工法讓羅馬工程得以建造十分沉重且堅固持久的拱橋以及拱頂的發明。建築工法的進步也讓原本承重的實牆上得以開起大片玻璃窗，這也讓原本黑暗的教堂轉變為充滿光線的寬敞的教堂 (Kalay, 2006)；原本連結建築物垂直方向的結構性元素—樓梯也在 19 世紀文藝復興時期展現其裝飾性的外觀，此時建築所強調的是必須兼顧實用性與美感的；同時布拉曼特 (Donato Bramante) 所修復的聖薩蒂羅教堂 (San Satiro) 也藉由牆面上的巨幅的透視壁畫手法營造出視覺上寬闊且逼真的唱詩堂 (Summerson, 1966; 夏紓, 2007)，由此可看出科技、文化的演進影響人們對空間機能的需求改變。

21 世紀數位科技出現，建築外部形式已不受垂直水平結構的禁錮，藉由電腦數位媒材的輔助，建築形體得以自由的在空間中解放 (Liu et al., 2002; Lim, 2004 and

2007; 李元榮, 2005), 例如 Ali Rahim 的上海 Reebok 旗艦店 (Rahim and Jamelle, 2005); Thomas Heatherwick 在紐約的 Longchamp 旗艦店 (La Maison Unique Longchamp) (Heatherwick & Rowe, 2012) 等, 其牆、梁、柱、板的界線已不像從前那樣清晰可辨, 結構性的表皮隨著空間的流動轉變成適當機能的元素, 牆的延伸可變為空間的支撐、亦或是連結垂直空間的介面元素如樓梯。大型的 3D 投影立面 (3D projection façade) 也改變了原本牆面的機能, 它不再只是一個呈現靜態建築語彙的元素, 它是一個在視覺上可完全變形、扭曲、崩解的建築體, 以及傳達動態資訊的介面 (Raskar et al., 1998; Lee, 2004)。此外法國建築團隊 dECOi 所設計的 Aegis Hyposurface, 更利用聲音與機械的感應裝置創造出可動的建築皮層 (Liu and Lim, 2006), 其也打破了原本靜態的建築印象。

就建築內部空間而言, 電腦科技已不自覺的遍佈在我們生活中, Weiser (1996) 所提出的「遍佈式運算」概念也間接反映出被數位科技影響下的新空間的浮現。其意謂著我們所處的環境會隨著這些數位資訊流動方式產生形體上的改變, 而這些遍佈在空間中的數位資訊也漸漸的依循傳統的建築形式溶解並重組排列, 例如哥倫比亞大學的圖書館在 1990 年開始不再使用實體的分類查詢索引卡, 取而代之的是一台電腦, 而空間中原有的實體索引櫃台也在空間中消失, 因此空間的配置也漸漸的在改變 (Mitchell, 1996)。人和空間中資訊的互動方式也衍生出人機互動 (human-computer interaction / HCI) 的研究, 而 HCI 的出現也對傳統建築空間產生了變化, 因此為了提供一個更方便、舒適、有效率且能符合居住者需求的生活環境, 而有智慧空間 (smart space) 的研究產生 (Gross, 1998; Kidd et al., 1999; Orr and Abowd, 2000; Kientz et al., 2008; Huang, 2006)。1998 年 Rasher 等人所提出的未來辦公室 (office of the future) 中也強調了那些數位化的資訊將不用侷限在制式的電腦螢幕中, 而可以藉由投影的方式將訊息、影像、3D 空間藉由虛擬實境的方式呈現在牆、桌面、地板、走廊等介面上; Bonanni 等人 (2005) 所提出的擴增實境廚房中, 藉由資訊投影的輔助改善廚房不友善的介面以提出一個便利性及安全性的廚房空間等; Taylor 等人 (2007) 所提出的整合現有的科技產品數位磁鐵及 HomeNote, 藉由手機結合家庭的資訊佈告欄而構成的資訊介面; 以及 Takeuchi (2010) 所提出的虛擬牆面 (virtual wall), 透過無線射頻與感測裝置的技術圍塑出一個無牆面的會議空間; 以及藉由腦波介面 (brain-computer interface, BCI) 與空間的結合提出一個不同於以往互動方式的娛樂休閒空間 (Olson, 2006; Yoh et al., 2010) 等, 這些案例中也可看出人們所處的環境和這些遍佈式數位資訊已經密不可分, HCI 對我們所處環境的影響已成為目前重要的議題, HCI 不但改變了人在空間的生活方式, 也間接地表達出人和科技的關係已經從「如何使用它」轉變成「被動的存在在我們生活中」(Hallnas and Redstorm, 2002)。

1.2 研究問題

就建築的機能性來看，智慧空間的發展隨著時代的變遷變得更聰明、經濟且講求效率，但此種空間型態的出現其實是由於人們對於機能需求的改變，而機能的改變其實是由於科技、人文背景影響下所導致的結果，例如構築技術的進步讓歌德式教堂撐起高聳的迴廊並可在牆面上開啟大片的彩繪玻璃窗 (Schittch, 2001; 傅朝卿, 2005; Kalay, 2006); 文藝復興時期為了營造出視覺上更寬敞的空間感受而發展出的透視壁畫 (Summerson, 1966; 夏紓, 2007); 以及巴洛克時期裝飾主義的大型濕壁畫 (傅朝卿, 2005); 鋼鐵時代為因應使用空間需求而提出兼具實用與美觀的玻璃帷幕高層建築 (Summerson, 1966; Zevi, 1994; 夏紓, 2007); 以及 21 世紀藉由 CAD/CAM 數位媒材輔助而產生的自由形體建築等 (Liu et al., 2002; Lim, 2004 and 2007; 李元榮, 2005)。以更小尺度的機能性空間來看，在辦公空間機能系統架構圖中 (圖 2-9) 可看出，為了滿足人類的需求，同一種空間涵蓋許多連結複雜的機能系統，且不同的機能也是由許多不同元素所構成的，如 Klein (1982) 對辦公空間的組成機能、及建築設計資料編輯委會 (1999) 對住宅空間機能組成，而隨著科技的進步其元素的機能性也隨之提高，因此本研究希望可以藉由空間機能架構 (如圖 2-9)、元素的變化、以及元素與機能的互動關係來探討智慧空間的發展。

就元素來看機能的變化，可發現建築的結構性元素 (牆、梁、柱、樓板) 從過去為了抵禦惡劣天氣、防止野獸的接近等機能所建立的圍層 (Semper, 2001; Schittch, 2001)，演化為因保衛機能而產生的防禦性城牆 (Andronicos, 1981, 2003; 傅朝卿, 2005; 夏紓, 2007)，又因為宗教機能需求，而產生哥德式建築高聳且能夠開啟大片玻璃的結構物 (Schittch, 2001; 傅朝卿, 2005)，以及現代主義建築因為工業革命導致空間大量的需求，而產生的輕薄、高瘦而光滑的結構體的高層建築 (Summerson, 1996)，以及數位時代的自由形體建築 (Liu et al., 2002; Lim, 2004 and 2007; 李元榮, 2005)，其結構性的表皮隨著空間的流動轉變成適當機能的元素，例如牆的延伸可變為空間的支撐、亦或是連結垂直空間的介面元素如樓梯等 (Rahim and Jamelle, 2005; Heatherwick & Rowe, 2012)。

而就不同的機能空間來看元素，如最早的辦公空間其實源自於廚房的一個小角落，演變為有著辦公室和住家雙重機能的建築，但隨著工業革命，科技的高度發展，人對於辦公空間的需求也由原本住宅內的一隅轉變為完全以辦公為主的建築 (Leffingwell, 1926; Mumford, 1970; Klein, 1982)，由此可看出由於空間機能需求不同，其現代的辦公空間的元素組成和早期的辦公空間則有很大的不同。而住宅空間的組成其機能組成大致相同 (如圖 2-10)，但隨著社會的變遷，以及從過去的

大家庭到現今社會的小家庭，其空間的需求和以往也有很大的差異，因此其空間的元素組成也有所不同 (建築設計資料編輯委會, 1999)，因而建築元素與機能的關係也是本研究所要探討的重點。

而本研究希望就建築的組成方式來探討浮現的智慧空間中元素機能變化，例如 HCI 的影響下產生了不同於傳統介面的溝通方式，如：可聯絡情感的 Lumitouch 相框 (Chang et al., 2001)，藉由可觸式的感應器及內嵌的無線通訊的技術讓原本傳統相框轉變為同時兼具「可放置相片」、「與家人情感互動」等二種機能的元素；而 smart floor system (Kidd et al., 1999；Orr and Abowd, 2000；Kientz et al., 2008) 也讓原本的樓梯元素同時兼具「連結樓層」、「辨識使用者經過」、「與空間情境系統連結」等多種機能介面元素；利用實體環境裝置反映數位資訊流動的 AmbientROOM，透過原本空間中的燈光、牆面、環境音效，呈現電腦裡資訊的流動「email 的數量」、「同時間使用者流量」、「遠方家人的思念」、以及「無線網路的流量速」等多種機能 (Ishii, 1998) 等，以此可看出 HCI 出現讓原有的空間元素擁有更多的機能性，因此本研究的問題是在 HCI 的影響下，其智慧空間是否產生了建築機能與元素的新交互關係 (new inter-relationship)？且其機能與元素的新交互關係為何？

1.3 研究目的

然而，過去對於智慧空間的研究多是以電腦科學 (computer science) 的角度去分析其空間裝置系統的架構、運作效率、提出一種新功能，例如提出一種新的 HCI 介面擴大空間中原有的互動方式 (Wellener, 1991; Chang, 2001; Crabtree, 2003; Ruyter, 2003; Trumler et al. 2003; Ruyter and Aarts, 2004; Kim et al., 2004)、又或者是探討空間中的新情境等 (Raskar et al., 1998; Ruyter, 2003; Ruyter and Aarts, 2004; Lee et al., 2006; Jeng, 2008; Takeuchi, 2010) 等，但單以 HCI 的觀點來分析智慧空間只能了解到系統層面中的介面元素與其機能的交互關係、或是所帶出的新功能等，而透過建築的角度可就空間組成與配置探討不同層級的機能組成關係，例如實質系統、子系統等架構 (Simon, 1981; Dennett, 1987; Mitchell, 1990)，且透過此種分析方式可更清楚的看出使用者、機能、元素、以及空間環境四者之間的交互關係，以及 HCI 在其中所扮演的角色，且更能透過建築角度觀察傳統建築與智慧空間的差異性。因此本論文目的將透過「建築」與「HCI」的兩種角度分析評估智慧空間的構成以推論出「新交互關係系統架構」(system framework) 並實作出一個「新交互關係系統雛型」(system prototype) — 「Personalized Smart Living + Dinning Space」，而在「系統實作」(system implementation) 部分，本系統目標將基於先前分析的理論基礎、及改善現有智慧空間限制等提出以下幾個概念：「多人辨識的情境轉換空間」、「合理的配置連結空

間中實體與虛擬元素」、以及「跨空間系統控制」而執行的，最後再藉由情境的演練方式測試本研究系統的可行性。

1.4 研究方法與步驟

因此，為了以較全面的觀點探討智慧空間其元素和機能的交互關係並提出「智慧空間新系統」，本研究首先以「建築」與「HCI」雙向觀點針對不同類型的智慧空間案例進行分析與評估，其中包含有智慧住宅空間、智慧辦公空間，以提出一個智慧空間的「新交互關係系統架構」(system framework)，並藉由「系統實作」(system implementation) 來測試其可行性。其步驟如下：

第一步驟 建築角度分析評估：就建築的觀點分析相較於傳統建築的智慧空間，其「就機能看元素變化」、「就元素看機能變化」、及「機能和元素的交互關係」。

第二步驟 HCI 角度分析評估：就 HCI 觀點探討智慧空間中，其「就機能看元素變化」、「就元素看機能變化」、及「機能和元素的交互關係」。

第三步驟 系統架構推論：將第一步驟與第二步驟分析的結果推論出新交互關係的新系統架構。

第三步驟 系統雛型建立：最後將整合情境的新系統藉由「系統實作」(system implementation) 方式來測試其可行性。

第一步驟：建築角度分析評估

此步驟說明本研究的智慧空間案例選擇，以及如何就建築的角度（空間中元素與機能的構成）分析並探討相較於傳統建築的智慧空間，其「就機能看元素變化」、「就元素的看機能變化」、及「機能和元素的交互關係」。

1.1 案例選擇

因為智慧空間的研究大約出現於 2000 年，其至今發展約僅有十年左右時間，因此案例多屬於實驗性的初期研究、或以展覽為主的系統雛型，而鮮少大量應用在我們實際的生活中，因此本研究在案例的選擇上將以展覽為主等較成熟的案例作為分析的對象。且在案例的選擇上區分為兩個部分，「一般研究者所提出的智慧空間案例」以及「以空間情境導向的智慧空間案例」(表 1-1、1-2)。

表 1-1 一般研究者所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2005	Augmented Reality Kitchen	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的廚房 • 多重元素連結 • 實際測試文獻報告 	Bonanni et al.

智慧辦公	1998	AmbientROOM	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的實體智慧辦公室 • 透過實體元素表達虛擬元素的狀態 	Ishii et al.
------	------	-------------	--	--------------

表 1-2 交大建築所所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2007	明日建築展—Time Home Pub	<ul style="list-style-type: none"> • 案例實際建構在展覽中 • 多重元素連結 • 多元情境轉換 	Huang et al.
智慧辦公	2006	腦波介面的工作空間 BCI studio	<ul style="list-style-type: none"> • 另類的腦波互動介面 • 多元情境的轉換 	Huang

1.2 就機能看元素變化

將所挑選出各類型智慧空間進行分析，並以建築的觀點比較傳統空間與智慧空間的機能需求變化，以了解新興的智慧空間其機能的組成關係與傳統建築的差異，並藉由 Freeman and Newell (1971) 所提出的圖形表示方法 (圖 1-1) 分析出每個空間機能組成關係，及所構成元素組織架構。

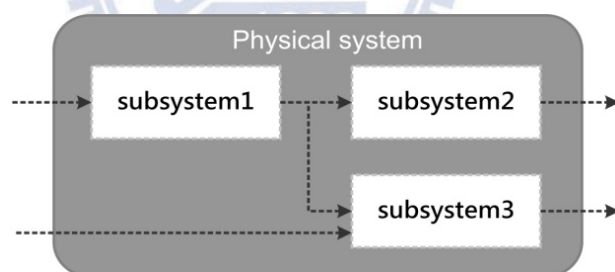


圖 1-1 機能系統關係圖 (Freeman and Newell, 1971)

1.3 就元素看機能變化

為了證明 HCI 的科技是否讓元素本身的定義超脫既有的束縛，因而此步驟將探討每一個單一的「傳統空間元素」與「HCI 影響下的智慧空間元素」其機能之變化，Huang (2010) 也提出 HCI 是傳統建築與智慧空間的催化劑，因此本步驟將推導出傳統建築空間與智慧空間中其元素的變化。舉例來說：Augmented Reality Kitchen (Bonanni et al., 2005) 系統所繪製的元素看機能的變化 (圖 3-7)，且透過此步驟可看出新舊空間元素的變化。

1.4 機能與元素交互關係

因此將前兩部分 (就機能看元素變化、就元素看機能變化) 分析結果推論出，在 HCI 所影響下的智慧空間，其元素在傳統建築空間與智慧空間之間的轉換過程，以及其彼此之間的新交互關係。

第二步驟：HCI 角度分析評估

此步驟將以 HCI 的觀點對智慧空間進行分析 (以元素與機能的構成)，並探討相較於建築觀點分析中，其「機能看元素變化」、「元素看機能變化」、及「機能和元素的交互關係」。

2.1 案例選擇

此部分將如同步驟一樣選取三種不同類型的智慧空間—「智慧住宅空間」、「智慧辦公空間」、「智慧娛樂空間」等進行分析，並以 HCI 的角度對步驟一所選取的六個相同案例分別進行深入的探討與比較 (如表 1-1、1-2)。

2.2 就機能看元素變化

此部份將就電腦科學的領域來看機能組成即是整個系統運作的概念 (system concept)、系統架構 (system framework)，分析其系統運作的流程及所涵蓋的機能為何，以及系統機能背後所組成的裝置元素，例如：AmbientROOM (Ishii et al., 1998) 系統架構 (圖 4-10) 及裝置表 (表 4-4)。

2.3 就元素看機能變化

此部分將以 HCI 的角度分析每一個元素的技術面和介面互動的方式做深入的探討，並依據藉由 Huang (2006) 所提出的「人體感應介面」與「非人體感應介面」的(表 1-4、1-5) 來探討其介面互動的變化。

表1-4 非人體感應互動介面 (Huang, 2006)

控制介面(元素)		互動模式(機能)	感應方式	是否需學習
非 人 體 感 應	手機 / PDA	有意圖 + 有動作	使用者透過手機或 PDA 控制遠端空間。	是
	遙控器	有意圖 + 有動作	使用者使用遙控器透過紅外線去控制開關，例如開關電視、冷氣等等。	是

網路	有意圖 + 有動作	使用者藉由網際網路遠端的控制空間的系統或裝置，例如遠端遙控家電。	是
手套	有意圖 + 有動作	使用者需戴上手套，並做某些動作與空間互動。	是

表1-5 人體感應互動介面 (Huang, 2006)

控制介面	互動模式	感應方式	使否需學習	
人體感應	手勢	有意圖 + 有動作	特定的手勢動作並藉由影像辨識，控制空間中的開關。	是 (使用前需做訓練，讓系統紀錄使用者特定手勢代表的動作)
	眼球追蹤	有意圖 + 有動作	利用攝影機偵測瞳孔軌跡來追蹤所要控制的東西。	是(需侷限在特定範圍內)
	腳步	無意圖 + 有動作	利用感應的地板，去偵測使用者是否經過特定空間。	否
	表情	有意圖 + 無動作	藉由影像辨識去辨識使用者的表情，並給予回饋。	是(使用前需做訓練，讓系統紀錄特定表情代表的動作)
	聲控	有意圖 + 無動作	利用聲音去做空間裝置的控制。	是(使用前需做訓練，紀錄聲音)
	動作感應器	無意圖 + 有動作	藉由前後不同影像的改變去偵測是否有人經過，例如戶外的節能照明，人經過即亮燈，離開則關閉	否
	腦波主動控制	有意圖 + 無動作	藉由腦中想像手或腳的移動去控制游標、或實體空間的裝置，例如殘障者藉由此腦波控制系统去做簡易的文字溝通。	是 (使用前需做訓練，讓系統紀錄使用者特定腦波代表的執行動作)

	腦波被動控制	無意圖 + 無動作	本研究中所提出的，不需刻意的想像或特定的動作，藉由腦波辨識，環境會主動去察覺使用者的生理狀態並讓環境給予適當的回饋，例如使用者感覺勞累時，環境會自動調節燈光的強弱並提供適當的背景音樂給予使用者自然的提醒。	否
--	--------	-----------	--	---

2.4 機能與原素交互關係

此部分將前兩部分 (就機能看元素變化、就元素看機能變化) 分析結果推論出，藉由 HCI 觀點看智慧空間中元素與機能的交互關係 (就機能看元素變化、就元素看機能變化)，以及使用者與介面的關係及介面之間的互動連結關係 (如圖 4-26)，例如智慧空間中產生的新介面、新連結、新互動、又或者是新情境的轉換。

第三步驟：系統架構推論

在系統架構推論上，本研究首先挑選現有的三個智慧空間架構案例 (Lee et al., 2008; Son et al., 2011; Wu and Fu, 2012) 做為核心系統架構的依據，並比較其組織架構因子其相異性、及相同的邏輯性，並選擇出一個較適當的核心系統架構 (章節 5.1.1)，再將前二步驟 (第三章建築角度分析評估、第四章 HCI 角度分析評估) 分析結果進行整合、修改以提出一個兼顧 HCI 與建築角度觀點的智慧空間系統架構 (如圖 5-1)。

第四步驟：系統雛型建立

在系統實作部分，為了驗證第三章推論出的新交互關係的系統架構可行性，本研究將提出一個與實際空間結合的系統雛型，並以情境演練方式提出「Personalized Smart Living + Dinning Space」來測試其可行性。其實作的步驟包含有：「空間、元素、情境設定」、「軟硬體設備與互動機制判斷」、「實體空間整合與系統測試」。

第二章 先前研究

2.1 建築的機能與元素

2.1.1 建築的機能

西元前 1 世紀，古代羅馬建築家 Marcus Vitruvius Pollio 所著的歷史上第一本建築理論書籍《建築十書》(Vitruvius: Ten Books on architecture) 中闡述一切建築物都應考慮「實用 (utilitas)、堅固 (firmitas)、美觀 (venustas)」等特質，且為了實現這些特點，建築應同時考量藝術及科學的觀點 (Vitruvius, 2001)。也證明了建築十分講求其機能性。

機能的定義

「機能」(function)一詞在韋氏式字典中的定義有二種：數學中函數的意義，功能、以及起了...作用等意義。就建築來說，其機能的本質 (functional essence) 被定義為「元素從事某動作的能力」以及「設計者如何在建築上有效的使用」所共同建構的 (Mitchell, 1990)。亞里斯多德的《De Anima》一書中指出，我們不僅可藉由形式與材料來描述一個實質的物體，也可利用他的「機能」來描述 (Rosenblueth et al., 1943 ; Zurko, 1957)，且他認為房子的本質 (the essence)—即是「可對抗風、雨、熱所引起毀壞的遮蔽物」(Mitchell, 1990)。且 Mitchell (1990) 也提及，形式的描述 (description of form) 告訴我們一個物體是什麼，而機能的描述 (description of function) 則告訴我們這個物體可以達成什麼，機能的描述即闡明了我們感興趣的動作和效率。因此在用詞上，我們也常使用動詞來描述物體的機能，且物體所取的名稱通常來自於動詞且扼要的機能描述，例如：「橡皮擦」(eraser)、「電腦」(computer)、「浴室」(bathroom)、「起居室」(living room) 等，這也意謂著這些物件、空間賦予了什麼樣的機能性 (如圖 2-1)。

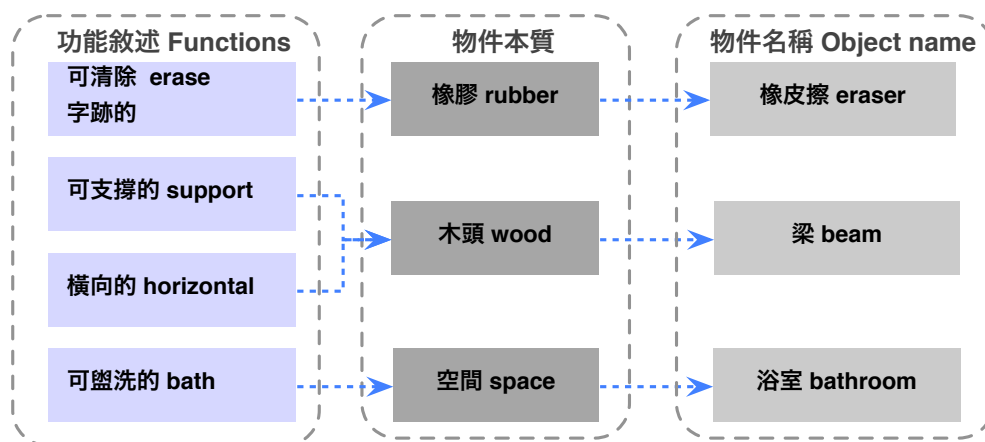


圖 2-1 物件與功能組成概念圖

而建築的機能又不單只是表達建築本身的特定的功能性，他會依循「供給」(Affordances)、「機能」(Functions)、「邊際效應」(Side Effects)。對於一項機能的描述，並非只是狹義的針對某一物體所能從事的任意動作，事實上我們會依循自己的經驗、特定的範圍等給予物件機能的說明，換句話說一個機能性的描述，它必須是在特定的脈絡 (particular context) 中，那個物體所從事有意義的動作。且這個物件所在的脈絡尚未確定時，它的機能是定義不良的 (ill-defined)，而建築語言中的元素也是如此，例如一根細長中空的圓柱體置於梁下則可稱之為柱子，但置於樓梯旁則可形成樓梯扶手 (Gibson, 1977, 1979; Norman, 1988; Mitchell, 1990)。傳統對於建築機能的標準即是創造出一個可支撐的建築結構，但心理學家也指出，人們對物質和精神的渴求也間接地反映在建築本身，因此人類希望建築能提供的是一種不但能夠不受風吹日曬雨淋的保護、看報紙有足夠光線、滿足空間平衡感、牆面和地板的顏色等，以及所有「感官精神」與「物質」上的需求機能 (Amheim, 1977)。因此空間中任何物件的機能都是依循特定的脈絡紋理而表達的，並非其本身單純的功能而已。

機能的組成關係

日本建築師安藤忠雄曾說「建築是生活的容器」，說明了建築與生活之間相互依存也相互影響的密切關係，也強調了建築十分講求其實用性。在《101 Things I learned In Architecture School》書中 Frederick (2007) 提到建築是一種「真理的實踐」(exercise in truth)、「敘事的實踐」(exercise in narrative)，也意謂著建築是真實的表現其功能和建材以及說故事的工具，且能夠反映我們日常生活的舞台亦即表達建築的功能性。此外，在劉育東 (1996) 提及建築的機能、美感與涵義雖可以分別描述和分析，但其實是一體的考慮因素，例如一扇完全透明的門的設計，必須同時考量到美感中「自由進出的意象」卻也必須考量到實質使用上的機能性

(手把的位置、方向等)，因此也強調了建築的機能、美感、構造三者的相互關係。

我們要得到易於瞭解的機能性敘述 (functional description) 的能力，是需要基於將一個系統以適當的方式分解為不同元素與不同子系統的能力而來的，簡言之，他們彼此連結的方式是有一定邏輯在的，例如我們想像將建築物分割成細薄的垂直細片，要對其每一細片所能提供的機能分別敘述是不可能的，我們必須依循著其機能的連結上的邏輯進行拆解，並對其每一個部分做機能性的敘述。也就是建築的機能性關係並不能用簡單的對等層級的關係 (simple hierarchy) 來做分析，而必須以相互鏈鎖的重疊系統關係 (overlappoing hierarchy) 而組成的。同樣層級下，「不同變數物件」連結「不同變數的功能」也會產生出不同的物件名稱，如圖 2-2 重疊系統關係圖：

可支撐的、縱向的 (功能) + 木頭 (本質) → 柱
 可支撐的、橫向的 (功能) + 木頭 (本質) → 梁

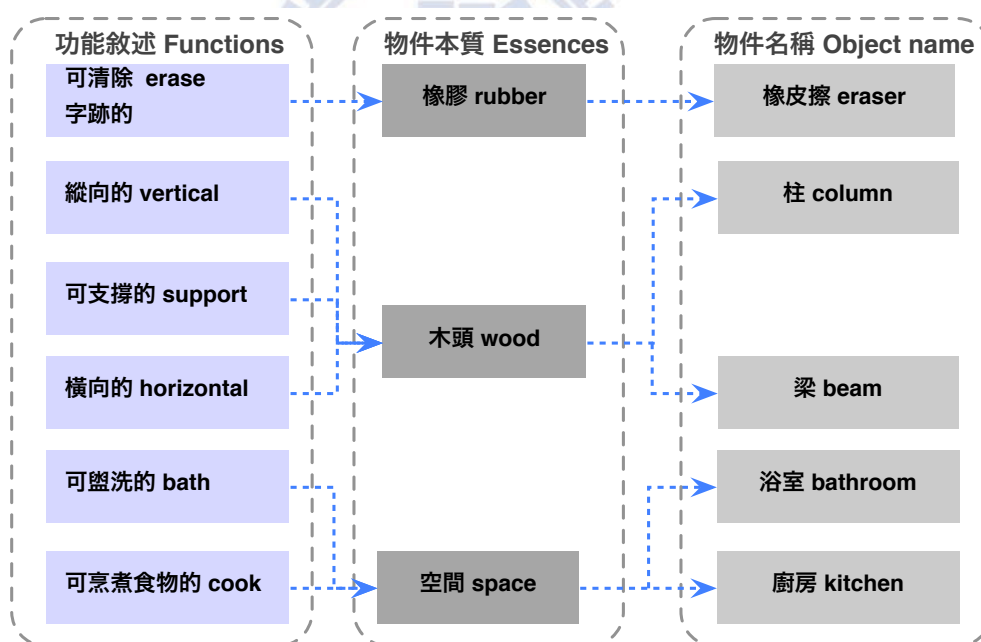


圖 2-2 重疊系統關係圖

建築機能連結

且同樣的物質放在不同的配置上也有不同的機能結果產生，例如：同樣一塊材質的透明玻璃鑲嵌在牆面的開口上則會變成和室外連結、產生光線的窗戶，當放置在空間與空間連結上，則變成一扇門。因此一個物件機能必須要依循不同的種類、尺度、層級以及複雜的重疊系統關係來做敘述的，而一般對於建築機能來說，會依不同的組成、種類、系統而有不同的敘述，當提及建築最基本的構造元素時，

其包含了柱子、梁、牆、樓板、窗、門等名詞；而提到空間時，我們使用臥室、廚房、起居室等名詞；而談到整棟建築時，則使用住宅、神廟等名詞 (如表 2-1)。

表 2-1 建築構成與其機能敘述名詞

建築構成尺度 (Scale)	機能敘述名詞 (Functions)
建築的構造元素	梁、柱、牆、樓板、窗、門、樓梯等
建築的空間	臥室、廚房、浴室、起居室等
建築體	住宅、神廟、辦公大樓、體育場等
建築群	住宅區、商業區、郊區等

一般來說，我們所認為的建築物的本質機能為提供人類遮風避雨的遮蔽物，但在《建築十書》(Vitruvius: Ten Books on architecture) 提及「建築物的多樣性源自人體狀態的多種分類」，因此人類對於建築的機能的需求也和社會、文化、經濟有關。舉例來說，建築物可為投資者製造財富、提供人們精神寄託的神社等，但這些看似重要建築機能卻不是建築實質的機能，19 世紀隨著工業革命與快速都市化 (urbanization) 的發展，許多新機能也不斷的產生，例如：火車站、展覽館、以及百貨公司等，20 世紀則有加油站、機場、汽車旅館、郊區購物中心、錄影帶店等等 (Mitchell, 1990)。因此不同的時代都會因為人類活動的模式、風俗習慣、環境需求而有不同機能性的建築產生，Argan (1963) 也提出建築形式上的型態是源自於傳統象徵意義的轉化。因此建築的實質機能是須考量到社會運作 (人們遷徙與聚集的模式) 中的「實質活動系統 (physical activity communication)」、個體與群體經濟傳輸的「經濟系統 (economical communication)」、人與人之間訊息傳達的「文化系統 (culture communication)」，Malinowski (1936) 也提及：

「在任何類型的文明中，每一個習俗、物質物體 (material object)、意念、與信仰，均成就了某個具有活力的機能，並且要完成某項任務以及在運作整體中成為不可缺少的構件。」

因此我們可將此社會學概念縮小在建築空間來看，一個實質的系統 (physical system) 其實是由許多機能上相互連結 (functionally interconnected) 的實質物件組成的。例如：人體為許多器官組成的實質系統、汽車引擎為機械零件的實質系統等。因此，拿 17 世紀 Laugier 所描述的茅屋 (primitive hut) (Kisacky, 2001) 來說明實質系統的關係 (如圖 2-3)，一個具有支撐力的屋頂形成了遮蔽物→屋頂下方有著一根樑傳達了支撐力給屋頂→梁的下方又有兩個柱子傳達了支撐力給梁→地面又傳達支撐力給柱子 (如圖 2-3)。整體而言這個茅屋是由「屋頂、架構、與地面」所組成的遮蔽物系統；就機能觀點來看，建築是一個「能夠對抗由風、雨、熱所引起毀壞的遮蔽物」(Mitchell, 1990)。



茅屋 (屋頂 (梁 (柱子 (地面))))
 茅屋 (屋頂 (梁 (支撐))) →
 茅屋 (屋頂 (支撐)) →
 茅屋 (遮蔽物)

圖 2-3 Primitive hut 機能連結示意圖(George, 1759)

而在《The Architecture of Complexity》中也說明子系統的界定方式是希望能夠找到子系統中最緊密的機能連結，且兩個子系統間彼此有著最小的連結 (Simon, 1981)，就好比建築是由結構系統、通風系統、排水系統、照明系統等組成的，其個體有著複雜的組織架構，但彼此卻有最小的連結 (Mitchell, 1990)，例如浴廁中的通風和排水系統是區隔的但彼此卻有關連性。Dennett (1987) 的「設計立足點 (design stance)」概念中說明「建築物是能夠滿足某些機能的物體，且我們可推導出那些機能為何」，因此建築的機能是由「實質系統」、多個「子系統」、以及「有效的機能連結」組合而成的 (Mitchell, 1990)。舉「辦公建築」為例，辦公建築就機能概念來看可拆解為一個可讓處理公務機能的構造物 (如圖 2-4)：



圖 2-4 辦公建築的機能組成

就機能的組成來看，此建築的實質系統為辦公，且實質系統又可包含「可工作的子系統 1」、「可開會、討論的子系統 2」、「可泡茶的子系統 3」等 (如表 2-2)，因此就機能概念來看，建築他是一個賦予某些能力的物質體，且它是由許多複雜機能系統所構成的，每個次機能也代表著某個物質體的能力。

表 2-2 辦公建築機能的構成

系統架構	建築空間系統	機能細項
實質系統	辦公空間主要機能	Ex:遮風、避雨、隔熱、採光、辦公
子系統 1	可工作的	Ex:辦公、互動討論、影印、輸出
子系統 2	可開會、討論的	Ex:開會、簡報、討論、隔音
子系統 3	可泡茶的	Ex:煮咖啡、社交、休息

2.1.2 建築的元素

在建築的論述中，我們會依循不同尺度、層級、類別而有不同的稱謂方式，當提及建築最基本的構造元素時，其包含了柱子、梁、牆、樓板、窗、門等名詞；而提到空間時，我們使用臥室、廚房、起居室等名詞；而談到整棟建築時，則使用住宅、神廟等名詞 (Mitchell, 1990)。建築型態學的理论家 JNL Durand 在所著的《Précis des leçons d'architecture》提及建築的最基本的構成元素，其包括牆、柱、梁、樓板、開口等「無法再分解的基本元素」(Villari, 1991; Madrazo, 1994)，因此就建築的最小單元來看，建築元素是一種被明確界定的建築單元 (unit)，且這些單元皆為建築物整體的一部分 (Norberg-Schulz, 1968)。但元素的劃分是暫時性的，因為不同的觀點、尺度，元素可被拆解為更次級的元素，例如一棟建築物在都市的脈絡中可被視為一個建築的元素，但建築物又可被拆解成更小的建築元素 (Norberg-Schulz, 1968; Liang, 2009)。就建築單元體而言，其元素的組成又可區分為以下兩種分類方式：抽象的建築元素分類、實質的建築元素分類。

抽象的建築元素分類

Klee (1961) 的《The Thinking of Eye: The Notebooks of Paul Klee》中提到：

「所有的圖片形態，皆是由運動狀態的點 (point) 開始的...這些移動的點形成了線 (line)，即構成了一個向度 (dimension / 1D)。許多移動的線則構成了面 (plane)，我們就得到了二個向度 (2D)，許多連續的面則形成了三個向度 (3D) 的量體...總而言之，利用運動的能量，把點變成線，把線變成面，把面變成空間中的量體。」

因此就建築幾何角度來看，建築形體的組成要素是由點、線、面、及量體 (Ching, 1996) 產生的。而就建築平面圖來看，空間的基本幾何形體大致可區分為：矩形、三角形、圓形及自由形，且這些幾何形體又可藉由以下的六種方式在做形體的變化 (Krier, 1983)：

加成 (Addition)：此為最基本的組成方式。藉由不同的基本元素加以聯集成一個群體或集合。

貫穿 (Penetration)：兩個不同的幾何空間重疊再一起，如差集。

彎折 (Buckling)：將一個完整的幾何形體彎折，但彼此還連結再一起而形成的新的形體。

擷取部分 (Segmentation)：擷取部分的幾何形體。

透視性變形 (Perspective)：將原本的幾何形體做透視的變化。

扭曲性變形 (Distortion)：將基本幾何形體做扭曲變形。

就建築形體的觀點來看，建築平面的組成其實是由基本幾何形狀變形、集合、或者是截取某個形體的部分而產生的。且不同建築空間元素組成可讓人們有不同的空間感受，通常人們對於空間的品質並不容易用特殊的度量工具來描述，而人們所描述的方法不外乎有：大、小、高、低、壓迫感、親切、舒適、冷色調、暖色調等等來形容。其往往空間所營造的氣氛也並不是建築的幾何元素所能表達的 (Krier, 1983)，而是空間內元素彼此的連結關係所圍塑出來的。

Corbusier (1923) 在《Vers une Architecture 邁向建築》的建築的平面錯覺的章節中也提及，建築的根本是由平面開始的，建築的元素包含了「陽光」、「陰影」、「牆」、及「空間」，且平面包含內部與外部的秩序 (order)，事實上外部只是內部的結果而已。由此也可看出 Corbusier 所認為的建築最小單元是由實體的牆、空間、以及抽象的陽光、陰影所構成的。

Norberg-Schulz (1968) 對於建築構成元素的概念也和 Corbusier 是類似的。Norberg-Schulz 在《Intentions in Architecture》中說明了「元素」是有特色的單元，它構成建築造型的一部分，建築元素也包含了「量體 (mass-element)」、「空間 (space-element)」、「表層 (space-element)」等種類，而表層可以是量體與空間的邊界。所謂的「量體元素」即是指任何的三度體，而光線、色彩和質感也是影響量體元素的重要因素，如哥德教堂 (光線可塑造量體的形狀)；空間元素和量體不同，量體重視「側面」，且不重視「頂面」，而空間則不同，它由牆以及天花板同時決定；而介面元素它又為量體與空間的元素的次級元素，它可以是裝飾性的如同塑形的飛扶壁 (flying buttress) 以及可穿透性的窗和門洞。其三者的關係就如同建築的「實虛理論」(solid-void theory) (即 3D 的圖底理論 figure-ground theory)，藉由實體物件所交錯、排列所圍塑的量體空間，甚至比物件的本身還來的重要 (Frederick, 2007)。

此外 Tschumi (1987) 也就使用者的觀點將建築元素拆解為三類：使用者活動的區域—空間 (space)；使用者在空間中的運動—運動 (movement)；使用者在建築中的故事與使用方式—事件 (event)。而就設計者的觀點而言而，Kalay and Marx (2001, 2003) 也將建築元素區分為空間 (space)、活動 (activities)、概念 (conception)，他們認為影響活動的有兩個重要的因素：空間與時間。

實質的建築元素分類

1851 年 Semper 所提出的《The Four Elements of Architecture》(建築四元素) 中提及反對功能主義的觀點，Semper 認為結構作為建築基本是將建築被束縛在制

式的結構框架內，他也強調建築的自然性，並提出建築的四個基本元素：基礎 (mound)、壁爐 (hearth)、屋架 (roof)、以及輕質圍蔽 (enclosure) (Semper, 1989)。此一概念也間接反對了新古典主義初期建築學者 Laugier 在 1753 年提出的原始茅屋 (Primitive Hut) 理論 (如圖 2-3) (Laugier, 1753/1977)；Semper 認為建築結構可分為：圍封體的符號性與基本結構體的技术性兩種層面，而非 Laugier 提出的完全技術性結構 (施植明 et al., 2009)。

在 Guadet (1894) 的《建築理論元素》(Elements Et Theorie de L'Architecture) 中藉由 beaux-arts 設計概念將建築元素區分為兩類：「組合元素 (elements of composition) (即主要的量體元素)」與「構造元素 (elements of construction) (即實質的組成分子)」，且 Guadet 也把牆、門、窗、壁柱 (pilasters)、柱子、拱頂 (vaults)、天花板、與樓體等描述為建築的兵工廠 (the arsenal of architecture)，也就是建築物系統化的構成目錄，亦即所謂的建築元素。

Krier (1983) 也認為，若要談論建築的構成必須要就建築最小單元——「室內空間」談起，而界定內部空間的元素又包含：牆、柱、天花板、地板，門、窗則是和外界聯繫的媒介，且這些構成的元素直接影響空間的機能，因為空間可供人居住、配置家具以及舉行特定活動。因此他在《Elements of Architecture》中將建築元素分為三類如下表：

表 2-3 Krier (1983) 定義的建築元素

元素分類	細項
元素 I: 室內	門、窗、樓梯、柱、天花板、地板、裝飾
元素 II: 正面	入口、大門、陽台、屋頂
元素 III: 平面與造型	角隅、庭園、戶外梯

Thiss-Evensen (1988) 提出「創造力與某些基本形式的綜合體與變化最有關」，且我們不能考慮個體或文化 (individual or culturel)，而得到一套有關形式的一般語言，因此 Thiss-Evensen 將建築元素區分為三個寬度等級：地板 (floor)、牆 (wall)、與屋頂 (roof)，因此圓頂 (barrel vault)、圓拱頂、斜屋頂、平屋頂都屬於屋頂的等級，而樓梯也是屬於一種特別的地板變形 (Mitchell, 1990)。

而在《New Tectonics》書中提及古典構築思考的七項古典因子，其中的「物件」(object) 因子是建築的基本單元，也就是建築體是由許多基本單元 (parts) 所構成的，其包含有柱、梁、板、門、窗等 (Botticher, 1852；Liu and Lim, 2009)。

傳統上來說，建築元素包含：牆、門、柱、梁、樓板、房間、窗戶、拱、裝飾等 (Atkinson

and Bagenal, 1926 ; Virtrusius, 1973 ; Krier, 1983) , 其中柱、梁、牆板是屬於結構性元素，這些結構性元素構成了「室」，而建築也是由這些主、次元素所構成的 (Mitchell, 1990 ; Coyne, 1988 ; Cha and Gero, 1999 ; Liang, 2009) 。

因此就建築物的物質組成概念來看，無論是具有承載力的樓板跟天花板；結構系統的柱、樑、牆及拱；又或是讓空間、造型更為流暢所產生的細部設計及裝飾等，每個元素彼此可以不同的功能做區分，在此也將建築機能元素的細項彙整為 (Durand, 1802; Atkinson and Bagenal, 1926; Gao, 2004; Liang, 2009): 牆 (wall)、樑 (beam)、柱 (column)、樓板 (floor)、拱 (arch)、窗 (window)、門 (door)、樓梯 (stair)、通道 (path)等 (如表 2-4)。

表 2-4 建築基本元素分類

元素分類		元素細項	
抽象建築元素	幾何元素	點、線、面、量體	(Ching, 1996)
	實虛元素	空間、牆、光線	(Corbusier, 1923; Norberg-Schulz, 1968)
		空間、活動、事件	(Tschumi, 1987; Kalay and Marx, 2001, 2003)
實體建築元素	機能元素	牆、梁、柱、樓板、拱、窗、門、樓梯、通道	(Durand, 1802; Botticher, 1852; Atkinson and Bagenal, 1926; Virtrusius, 1973 ; Krier, 1983)

不同機能性建築的組成元素

但建築並不是單純的物質組合，Sir Henry Wotton 曾說「建築的目的必須滿足必須性(commodity)、堅實性(firmness)、與喜樂 (delight)」(Mitchell, 1990)。此段敘述也說明了建築必須考量到實用性、環境的脈絡、與人的因素。因此就不同功能性建築，又可將組成元素細分為「辦公空間建築元素」、「住宅空間建築元素」、「娛樂空間建築元素」、以及各式各樣公共空間建築元素等。其中 Klein (1982) 也將辦公空間的機能性區分為以下的幾個建築元素 (如下表 2-5)。我們也在此將 Klein 的辦公空間元素細項歸類為：建築基本元素、照明元素、傢俱元素、設備元素、附屬元素等。

表 2-5 辦公空間建築元素 (Klien, 1982)

元素種類	元素細項
建築基本元素	天花板
	牆：玻璃牆、自立式分隔牆
	地板：彈性地板、木材石材地板、磁磚地板
	窗戶：視野景觀、窗戶遮蔽物

	門
照明元素	燈具
傢俱元素	辦公桌：支架是辦公桌、主管辦公桌、會議桌
	收納櫃與儲藏空間
	椅子：辦公椅、訪客椅、沙發椅
設備元素	電話、電子設備
附屬元素	裝飾：植物、藝術品、畫
	附屬設施

而就《建築資料集 III》中也提及，住宅的空間配置及組成單元又和辦公空間有所不同，其所考慮的是個人、或家庭的所生活的公、私密空間，因此除了建築基本元素外，在機能的需求上會先考量到家庭成員以及居住空間的基本配置如：起居/用餐、休憩、家務、衛生、閱讀空間等，其元素細項如下表 2-6：

表 2-6 住宅空間建築元素

元素種類	元素細項
建築基本元素	天花板
	牆
	地板：彈性地板、木材石材地板、磁磚地板
	窗戶：視野景觀、窗戶遮蔽物
	門
起居/用餐元素	桌子：茶几、餐桌、吧檯
	椅子：沙發、餐椅、高腳椅
	電視
休憩空間元素	床
	梳妝台
	衣櫥
家務空間元素	廚具：爐子、冰箱、水槽、儲物櫃
	洗衣：洗衣機、烘衣機
衛生空間	盥洗：洗手台、馬桶、浴缸
閱讀空間元素	書櫃
	書桌
	椅子

2.1.3 機能和元素的交互關係

Mies 曾說：「建築物的機能是常常改變的，但我們卻不能把建築物拆解，因而將 Sullivan 的口號「Form follows functions」倒反過來，並建構一個實用而經濟的空間，讓機能去適應它。」(Norberg-Schulz, 1968)，就單一的建築來看建築的形式是固定的，但建築內部的機能卻是常常在改變的，但綜觀建築的歷史，其建築形式會隨著文化、時代背景、科技而改變，當然建築最基本的元素、機能、與人之間的互動關係也不斷地在改變，但「建築機能」的分析若只針對「元素」而不考慮其相關聯性是毫無用處的 (Frey, 1946；Norberg-Schulz, 1968)，由此可看出建築十分強調其機能的連結性。因此以下小節將以雙向的方式去觀察機能與元素的交互關係：「就元素看機能的變化」、「就機能看元素組成關係」。

2.1.3.1 就元素看機能的變化

牆、梁、柱、板

牆在韋式字典中的定義為：抵禦敵人的城堡 (rampart)、圍籬 (masonry)、以及承重 (support)、隔間 (partition) 的結構。Semper (1989) 認為最初牆面的形式是由樹枝編織的畜欄構成的，而有「建築空間」的產生 (Schittch, 2001)，由此可見最早的牆面的機能是為了能圍塑出一個保衛、且安全的空間。但在西元前 2500 年的埃及古王朝帝王的墳墓—基沙 (Giza) 金字塔中並無法清楚的判別牆面的機能為何，因為金字塔本身就是個巨大的建築量體，其牆面與頂面整合成一個錐形的量體由外觀上很難判別出一般建築體構成的元素牆、梁、柱、頂面 (傅朝卿, 2003)，其主要的機能是作為宗教、祭祀等用途。而西元前 2000 年位於英格蘭所發現的史前建築遺跡—巨石聚落 (stonehenge)，它反映出建築最基本的素材：樑、柱以及柱列所圍成的牆的形式，也十分簡單地反映出建築最基本的形式 (劉育東, 1996)，建築學家 S. Kostof 認為巨石群建築結合了機能性與儀式性的構造物 (傅朝卿, 2003)。此外在機能上的意義，牆除了可以為塑出空間，他也是一個可以顯示資訊、傳達某種精神意念的元素，例如西元 366 年位在中國的敦煌石窟—莫高窟 (俗稱千佛洞) (如圖 3-4 B) 他是一個佛教藝術的石窟，內有藏經的洞穴、禪窟、僧房窟以及牆面上大佛像的雕塑壁畫等，石窟內牆壁上的壁畫、佛經雕刻也傳達了當時人們對宗教虔誠的信仰 (徐秀榮, 1981)。由此也不難發現，遠古時期的建築壁面並沒有太多的裝飾，多半是土造或石塊所堆積而成的建築物，也因為當時構築的技術限制，而建築物的外觀沒有太多開窗，只有一些通風的小洞 (Schittch, 2001)。

牆、梁、柱除了可圍塑空間外也有保衛、防禦之義，例如西元前 480 年由 Callocrat 等人所建造的雅典衛城以及衛城上的帕特農神廟 (Parthenon)，其建築功能一來是為了抵禦強敵，二來是樹立崇高的宗教精神象徵；此外此時的梁柱結構系統，除了有支撐的機能外，也隱含著希臘古典建築美學的涵義，如希臘古典柱式：多利克柱式 (Doric Order)、愛奧尼克 (Ionic Order)、柯林新柱式 (Corinthian Order)。而 1610 年由德川家康所建立的名古屋城也有相同的機能建築產生。而此時的保衛因素，也讓建築的機能元素一牆演化成厚重而有高度且具防禦性的厚實牆面，我們也發現建築的元素會因應時代背景、文化、及科技的不同而有不同建築機能的需求 (Andronicos, 1981, 2003；傅朝卿, 2005；夏紓, 2007)。

到了歌德時期，為了凸顯美學及神學上的特色，以及營造出教堂內部宗教崇高信仰的氛圍，建築工法的進步讓原本承重的實牆上開起了大片玻璃窗，這也讓原本黑暗的教堂轉變為充滿光線的寬敞的教堂 (Kalay, 2006)，其歌德建築的三大特徵：尖拱 (pointed arch)、肋筋 (vault rib) 和飛扶壁 (flying buttress) (Schittch, 2001；傅朝卿, 2005)，以及描繪著聖經故事的彩繪玻璃光牆，讓此時的建築結構性元素不再只有保衛、抵擋日曬雨淋的遮蔽物，藉由牆面上的雕刻、彩繪的聖經故事傳達出不同宗教精神概念，如法國歌德建築—「沙特爾大教堂」(Chartres Cathedral, 1194-1220) (Schittch, 2001；傅朝卿, 2005)。而文藝復興時期牆面上的大幅的裝飾性壁畫不但豐富了建築內部的空間氛圍，也擴大了建築內部空間尺度感受，而受到達文西 (Leonardo da Vinci) 影響的布拉曼特 (Donato Bramante) 所修復的聖薩蒂羅教堂 (San Satiro)，利用精湛的繪畫技巧—「透視法」，將壁畫繪製在祭壇的後方，藉由 2D 的壁畫營造出視覺上更寬闊且有透視感的唱詩堂，以此可縮減實際建造所需的空間，而牆上逼真的巨幅壁畫也是文藝復興時期的特色之一 (Summerson, 1966；夏紓, 2007)。

到了 20 世紀初，功能主義為主的現代建築和以往古典建築形式有很大的改變，現代建築的意義不僅和 19 世紀 20 世紀的建築大師有關連，它與建築歷史中反對神話的教條、清規戒律、風格樣式的理論有關係 (Zevi, 1994)，建築形式無不是採用輕薄、高瘦而光滑的結構體，混凝土柱與平坦的表面上挖洞作的窗戶等作為當時建築的典型的代表 (Summerson, 1966)，例如聖路易斯的 Wainwright Building 以及芝加哥的 Carson Pirie Scott Building，他展現了高層建築美學的典範，也讓建築基本的元素 (牆、梁、柱、板) 完全的凸顯在建築的表皮中。而 Le Corbusier 的 Villa Savoy 案例中可看出，其機械美學概念，他認為產品的外型不應該受任何傳統形式的拘束，應完全按照其功能的需求而設計 (Corbusier, 2007；王岳川, 2004)。以功能主義為主的建築案例還包含有：反對裝飾主義且建築外型的單調樸

素的 Adolf Loos 的所設計的高曼拉次公寓 (The House of Michaelerplatz, 1911) ; Mies Van Der Rohe 利用大片玻璃的牆面創造空間與空間的流通性、以及虛實共構的空間感的巴塞隆納世博會的德國館、Farnsworth House (1945, USA) (王岳川, 2004)。屏除了中世紀華麗裝飾的外表，建築的牆面不再像從前一樣只有特定的功能性存在，透過不同的材質如玻璃、鋼筋混凝土系統而表達出簡潔純粹的建築美感，例如的大片玻璃材質的牆面也擴大了空間與空間的流通性，以及虛實共構的空間感。

20 世紀末期，數位科技的出現也逐漸的改變傳統的建築方式，隨著電腦科技的蓬勃發展，電腦輔助設計/電腦輔助製造(Computer-aided Design / Computer-aided Manufacture, CAD/CAM) 的技術也漸趨成熟，也讓建築形式擺脫過去垂直水平的結構束縛，跳脫傳統建築的風格，而有自由形體產生。例如：1990 年利用數位媒材做為輔助設計思考的建築師 Frank Gehry 所設計的「畢爾包古根漢美術館」(Bilbao Guggenherm Museum)，藉由數位媒材的輔助，解決了以往為了設計自由形體所面臨的複雜及困難的設計過程，且設計者更能夠創造出自由形體並解放空間 (林楚卿, 2007)。其牆、梁、柱、板的界線已不像以往那樣清晰可辨，結構性的表皮隨著空間的流動轉變成適當機能的元素，也就是牆的延伸可變為空間的支撐、亦或是連結垂直空間的介面元素如樓梯，其案例包含有：台灣自由形體設計團隊 AleppoZONE 的公信大廳、深圳大連電子大廳設計案 (Liu et al., 2002; Lim, 2004 and 2007; 李元榮, 2005)；以及英國籍的建築師 Thomas Heatherwick 的 Longchamp 旗艦店 (La Maison Unique Longchamp) 利用緞帶造型版從建築物核心處洩下，構成走道、樓梯、樓梯平台，將一二樓的旗艦店連結起來 (Heatherwick & Rowe, 2012)；Ali Rahim 的上海 Reebok 旗艦店 (Rahim and Jamelle, 2005) 等等。21 世紀大型的 3D projection façade (3D 投影立面) 也改變了原本牆面的機能，他不再只是一個遮風避雨呈現靜態內容的建築元素，他是一個可與人互動在視覺上可完全改變外在建築形體、並傳達動態資訊的介面，例如 NuFormer 公司所做的 Samsung 商業廣告 (façade of Beurs van Berlage, Amsterdam) (如圖 2-5)。法國的建築團隊 dECOi 的建築師 Mark Goulthirpe 也利用聲音與機械的感應裝置創造出可動的建築皮層 (shell) (Liu and Lim, 2006)，由此可看出建築物的造型逐漸擺脫傳統制式型態的束縛，慢慢的從靜態的建築中解放，如圖 2-6 可看出牆梁柱的機能在歷史脈絡中的演化。



圖 2-5 3D 投影立面

窗

窗戶之餘牆壁，窗是一個能夠開啟或關閉的外部表皮，其為建築學的重要主題之一，也是一個與外界聯繫的媒介，他能引進光線，讓室內賦予生命力，另一方面窗也是營造視野的溝通元素，簡言之光的機能包括光的穿透、對室內的影響、光的品質、開窗的位置、視野等(Krier, 1983)。牆體上的開洞不僅僅須取決於傳統建築風格的建造方法，在最初的建築中，因為要在巨大的石塊和泥土結構組牆壁上開一個很大的窗口是十分困難的，且牆原本的用意在於保衛和庇護等機能，因此古老建築的並沒有很多的窗口或者只是一些小洞 (Schittch, 2001)。

隨著時代的變遷、建築構築技術的演化、工藝技術的日新月異，人們對於內部的空間的光線的需求也提高。而歌德時期的教堂建築更是建築工程的轉換點，他們崇尚美學與神學上的精神而開始強調光線，且在高聳的牆面開出大片的彩繪玻璃窗，這也是第一個將「牆」與「窗」元素放置在相同種要角色的開始，而彩繪玻璃上所描繪的聖經故事也凸顯當時社會對宗教信仰的崇高敬意，例如 13 世紀的著名法國歌德建築—「沙特爾大教堂」(Chartres Cathedral, 1194-1220) (Schittch, 2001；傅朝卿, 2005)，以及 Le Corbusier 的廊香教堂 (Chapel of Norte-Dame-du-Haut, Ronchamp, 1951)—透過不同深度的牆面開洞加上彩色玻璃窗的光暈，營造出類似中世紀教堂建築莊嚴肅穆的氛圍 (Corbusier, 1956；Herbert, 1992)。

到了 20 世紀初現代主義的建築，其特色是講求其機能性、並屏除不必要的裝飾，其混凝土柱與平坦的外牆挖洞作的窗戶則是當時建築的典型代表 (Summerson, 1996)。極簡主義代表 Mies Van der Rohe，所提出的著名宣言「少即是多 (Less is more)」，也是首先使用鋼柱結構、大片玻璃帷幕牆等新型樣式的現代建築材料的始祖。1929 年的作品—巴塞隆納世博會的德國館中，他把牆體從過去單純的承重作用中解放出來，並創造出「流動空間」的概念，他認為空間不再是不可改變的封閉量體，此外還有另一個著名的作品 Farnsworth House (1945, USA) 也可表達出此概念 (王岳川, 2004)。

到了數位時代，有設計者將高樓的外牆當作是資訊傳達的介面，例如時代廣場 (Time square)開始用超大型的電視螢幕 (Jumbotron)，Robert Venturi 也將 LED 燈比喻為現代的馬賽克 (Liu and Lim, 2009)。近幾年來也有人利用外牆上同樣大小的玻璃板作為顯示器的構成像素，藉此外牆上的帷幕玻璃除了有採光、通風的功能外，也有資訊傳達的功能。



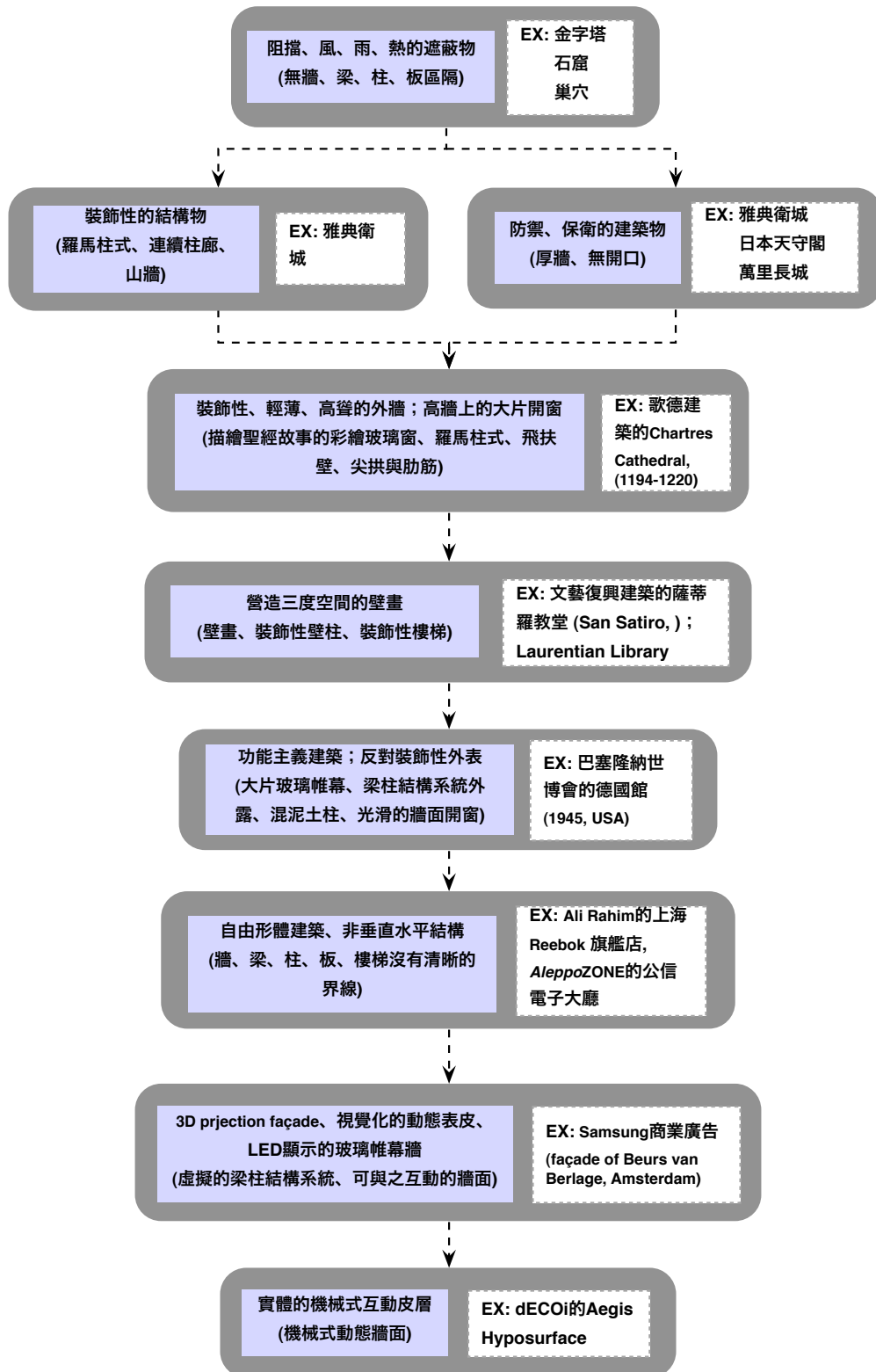


圖 2-6 牆、梁、柱、板的機能變化

樓梯

就樓梯而言，在 Laugier (1753) 所提的最基本的架構物—茅屋(primitive hut)中並沒有提及樓梯的元素，但也有研究者將樓梯定義為空間元素的一種，他其實是建築元素—「樓板」的一種變形 (Thiss-Evensen,1988)。而樓梯是一種極富有功能性的一種結構，他是建築中垂直的溝通元素，且樓梯本身的功能決定了它的形狀。中世紀以前，樓梯一般設置於建築物隱蔽的角落，直到文藝復興，才有裝飾性的樓梯出現，如米開朗基羅 (Michelangelo Buonarroti) 所設計的聖勞倫圖書館 (Laurentian Library)。19 世紀樓梯的設計也是裝飾極致的藝術品，並為人們交流的重要場所，但戰後因為經濟的因素，空間變小了，大尺度的樓梯也被犧牲了，在現代建築中只能看到功能性的樓梯，且他被擺在空間中較暗、較不好的角落，且更像是不同樓層間的附加物，而此時的樓梯也忽略了從前人們交流的重要場所 (Krier,1983)。由圖 2-7 可看出樓梯機能變化的過程，因此建築的元素是會隨著不同時代背景、科技影響、以及人們的需求轉化為附有特定機能的空間元素。

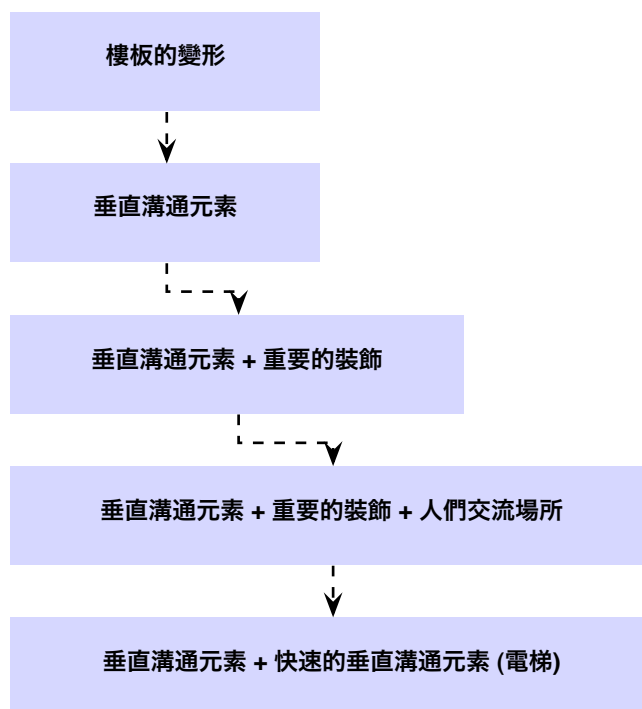


圖 2-7 樓梯的機能變化

2.1.3.2 就機能看元素組成關係

建築物的機能乃取決於屋牆內所發生的各種活動，因此本小節將就不同的建築物

空間機能來看元素的變化。Norberg-Schulz (1968) 在建築物機能架構中提及：「由歷史來看，人們對環境的期求會隨著時間而改變，機能則反而比較不變，只有我們這個時代，機能才逐漸成為問題，因為生活方式有了根本的改變」。

因此對於建築機能主題不能單獨的探討，建築機能是有連結性且必然與環境機能有相關性，由最小的家庭器具、家具、到外部的地理環境皆是如此 (Norberg-Schulz, 1968)，就整棟建築來看即是探討其建築計畫 (architecture programs)，因此不同空間中的活動就必須要以機能性的方式連結在一起 (functionally connected) (Mitchell, 1990)。舉例來說，Vitruvius 所提及的住宅建築計畫書，浴室和冬季餐室必須面向冬季日落方位，以得到黃昏採光之須及落日餘暉的溫暖；臥室和圖書室宜朝東，因為他們需要早晨的陽光，圖書館的書也不易腐壞等，以上的內容即可看出計畫書必須提供的鄰接性(adjacencies)及接近性(proximities) (Alberti, 1955) 亦即所謂的「機能架構」，而「機能架構」也就是「活動的複體」(action-complexes)，例如：備食—服務—消費；睡覺—盥洗—穿衣等 (Norberg-Schulz, 1968)，其空間所發生的不同活動的行為則可組織為機能架構。

在建築歷史的發展中，因應不同的時代、文化、科技等背景下，機能也隨之變化，在過去各個建築單元、甚至空間單元有極高的自主性，彼此的連結關係較單純且顯得不重要；但工業革命後，相互聯繫變為重要，新科技如機車、汽車、飛機、電話、收音機、電視等都打破了單元本身的獨立性 (Norberg-Schulz, 1968)，同樣的一個空間所需的機能性也更多元了，例如：住宅除了既有的起居空間、臥室、廚房、浴室等還必須賦予停車場的機能需求、電梯的機房空間等。因此以下部分將就不同的機能建築：「住宅」、「辦公」空間來探討其的實質系統 (機能組成架構)、以及子系統 (元素組成)、以及機能與元素間的交互關係。

辦公空間

最早的「辦公室」可追溯自人們蹲著互相交換貨物的形式交易，在農村經濟時期，辦公室很可能是廚房的一角，雇主在角落發放工錢或交易物品，這些早期的辦公室其實就在住家當中 (如圖 3-7 A) (Klein, 1982)。在《A History of Building Types》中也提及 The Uffizi (1560~1571, 佛羅倫斯) 為世界最早的辦公建築，他是佛羅倫斯最早的都市公設的行政辦公廳 (Pevsner, 1979)。在 Mumford (1970) 的《The Cultures of Cities》中也提及最早定義的「商業辦公室」則是出現中世紀晚期德國東部的 Lubeck，其住宅有著辦公室和住家雙重功能，樓下為商業用途，樓上為家庭起居場所 (如圖 2-8 B)。

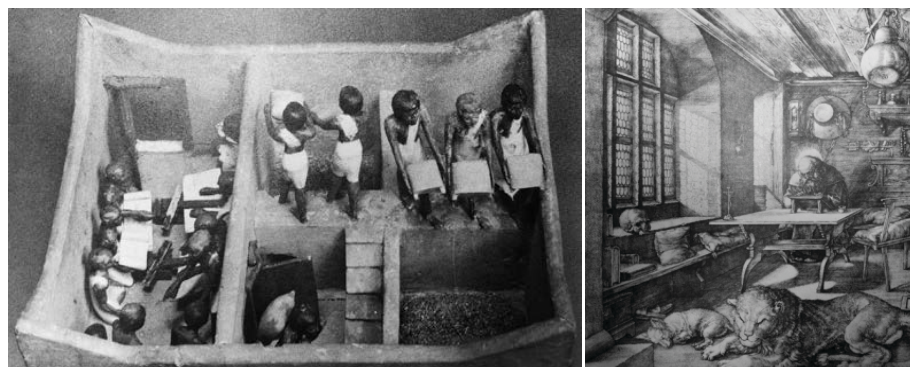


圖 2-8 (A)最早的辦公室；(B) Albrecht Durer 所描繪 St. Jerome 在書房讀書的情形

辦公空間的大量出現其實和工業革命有關，18 世紀末 19 世紀初，辦公空間終於走出了家庭，一反過去以皇宮、農莊、商店、住宅、私人企業為主的社會，在《Office Manage, Principles and Practice》中也提到工業的成長需要更多的辦公室，新機器需要新的文書作業而導致了文書工業，在 1880 至 1920 年間，美國文書職員也增加了十倍，而辦公空間的機能需求也比以往多了很多 (Leffingwell, 1926)。通訊設備—電報、電話的發明，以及打字機發明等等，其導致了資訊快速的傳遞，需要更多的設備空間、打字的人員、紙張、裝訂等，辦公空間的機能需求改變了，其空間中的元素、機能、以及與人的互動關係也產生了新變化。

就傳統辦公空間機能而言，除建築物本身的機能：阻擋風吹、日曬、雨淋所引起毀壞的遮蔽物外 (Mitchell, 1990)，在《The Office Book》中 Klein (1982) 將辦公空間組成區分為以下幾種空間單元會議室、主管辦公室、一般辦公室、廁所、茶水間廚房、衣帽間、接待廳、入口、走廊、資料室、圖書室、機電設備室、事務機器室等 (在此將其繪製成表 2-6)。由此也可看出辦公空間的機能大致包含有以下幾類：會議的機能、可供文書工作的機能、衛生的機能、社交機能、資料收集機能、設備機能等，而不同的機能項目也可組合成不同的空間單元，例如可供文書工作以及私密性的空間則組成主管辦公室，而可供文書工作的開放式空間則組成一般辦公室。

表 2-7 辦公空間建築機能與元素構成

機能分類	機能項目	空間單元	元素的組成
會議	開會 紀錄 簡報	會議室 meeting	Blackboard, meeting table, chair, window, lighting, telephone
文書工作	文書工作 秘書工作	主管辦公室 executive office	Desk, chair, photo frame, bookshelf, lighting, window, telephone, sofa, tea table,

	私密性的 開放式的	一般辦公室 office	Desk, chair, photo frame, bookshelf, lighting, window, telephone
衛生	盥洗 梳妝	廁所 restroom	Toilet, washbasin, mirror, window, lighting
社交	泡茶 備餐 接待 資訊公告 詢問 等待	茶水間/廚房 kitchen	Coffee machine, storage, refrigerator, stove, lighting
		衣帽間 dressing	Closet, mirror, lighting
		接待廳 reception	Front desk, chair, guest table
		入口 entrance	Door
		走廊 path	Photo frame, bulletinboard, tree, sculpture
相關資料	查資料 資料儲存 資料建檔	資料室 documentation	Storage, bookshelf, table
		圖書室 library	Bookshelf, table, chair, lighting
設備	影印 輸出 空調控制 燈光控制 打卡	機電設備室	Control panel, machine
		事務機器室	Printer, copy machine

就辦公空間的機能連結系統架構圖中 (圖 2-9) 更可看出辦公空間是由許多不同特定的機能需求所構成的，而每個機能又可再細分為更小的子系統機能，例如：辦公空間中的社交機能還包含了可備餐飲的「茶水間/廚房」，而茶水間/廚房又是由許多更細項的次元素所構成的，其每個空間中的元素都是為了滿足某些機能而構成的。由以下的架構圖可看出一個建築的構成是先有空間計畫的機能需求而推演出來的，即建築物的實質子系統，便是提供建築計畫中所需的空間支撐、內部空間、動線連接、光、熱、以及其他機能的項目(Mitchell, 1990)。

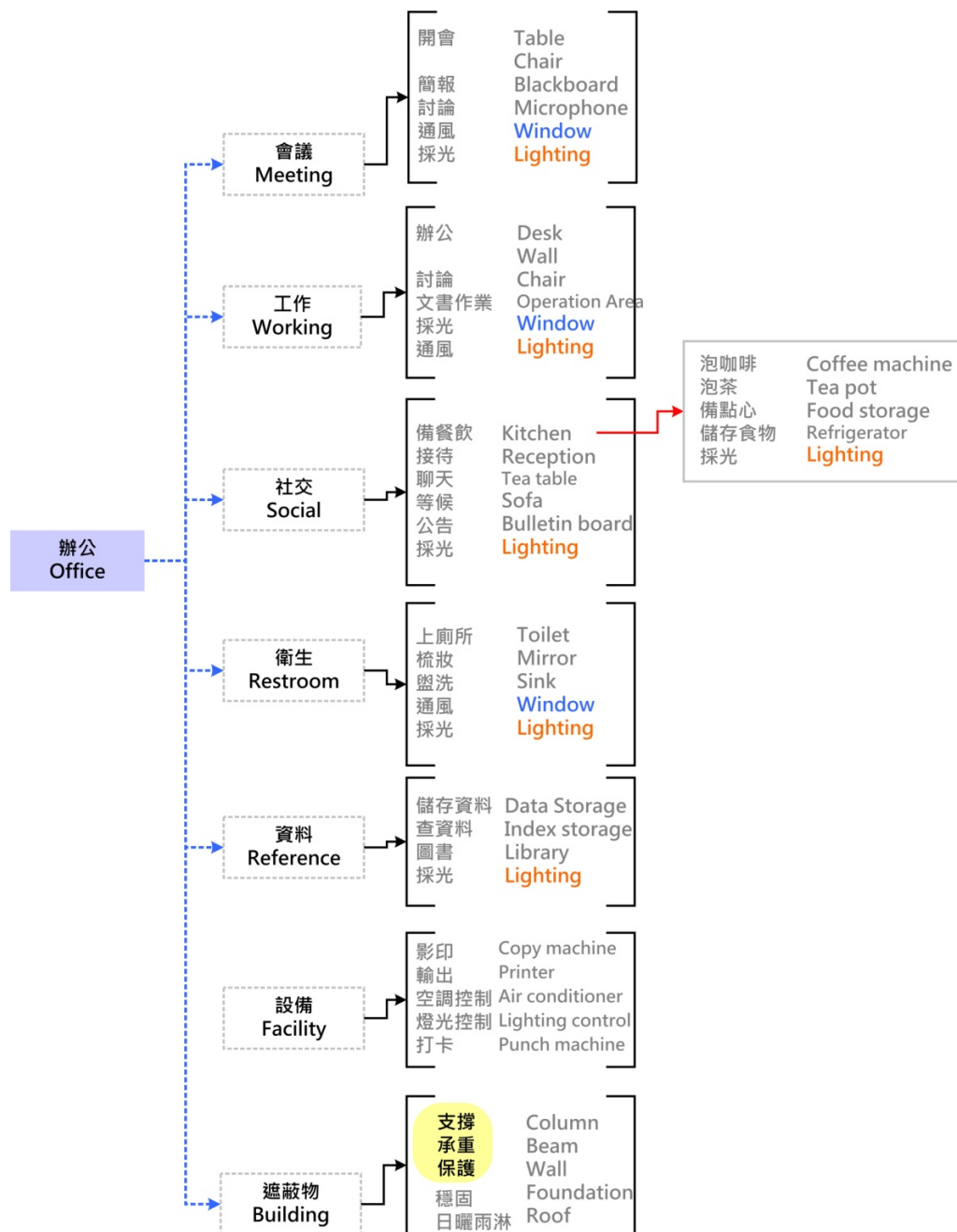


圖 2-9 辦公空間機能系統架構圖

住宅

相較於辦公空間，住宅空間的單元組成就單純多了。自從人類發明遮蔽物以來，住宅即是人類第一個建築機能需求，也是一直以來人類所關注的問題 (Liman, 1978)。住宅的涵義是「供家庭日常居住使用的建築物，他是為了滿足家庭生活需

要，利用既有的物質技術創造出來的人造環境」。因此藉由《建築設計資料集成 III》中住宅類，其建築機能的組織與元素的構成關係在此將其歸納為下表 2-8 (建築設計資料編輯委會, 1999)，其機能的分類包含有起居、飲食、休息、學習、家務、衛生、交通等：

表 2-8 住宅空間機能與元素組成

分類	機能項目	機能空間	元素的組成
起居	團聚 會客 視聽 娛樂 運動	起居室 陽台 庭院	Sofa, TV, tea table, Bar, door, window, photo frame, lighting
飲食	進餐 宴請	餐廳	Stove, dining table, chair, storage, refrigerator, lighting
休息	睡眠 小憩 養病	臥室	Bed, dressing table, chair, mirror, window, lighting
學習	閱讀 工作	書房	Bookshelf, desk, chair, window, lighting
家務	縫紉 煮飯 洗曬 貯藏	廚房 貯藏室 陽台	Stove, storage, refrigerator, lighting, cabinet room, balcony
衛生	盥洗 浴廁	浴室	Bath tub, toilet, shower, sink, mirror, window, lighting
交通	通行 出入	出入口 玄關 停車場	Door, path, corridor, parking space, parking path, shoes cabinet

而其住宅空間的實質系統為提供使用者居住休憩生活的空間，就其機能連結部分，此部分將上表機能項目分類再簡化為六項子機能系統，並繪製為機能系統的架構圖（如圖 2-10）：

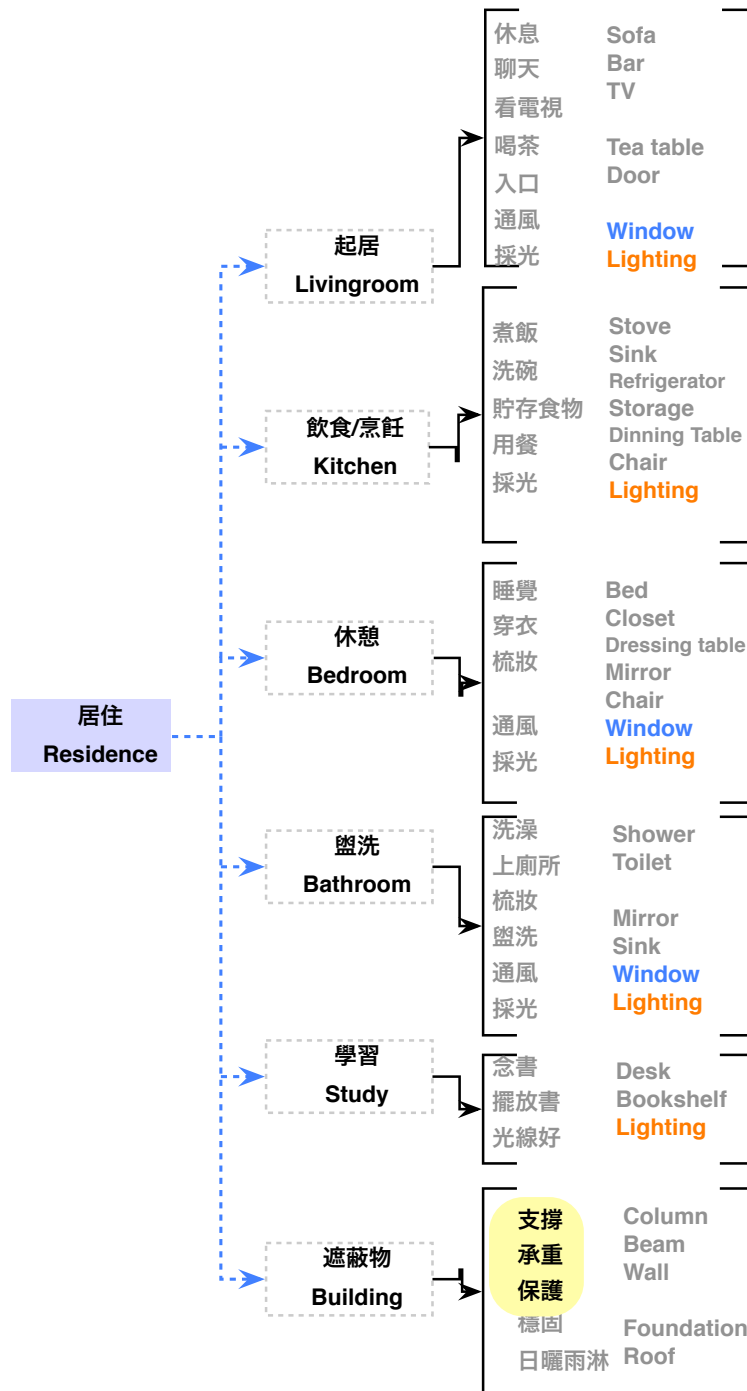


圖 2-10 住宅機能系統架構圖

簡言之，建築是由眾多的複雜機能系統所組成的，就單純的建築構造物，其本身必須「能夠對抗風、雨、熱所引起毀壞的遮蔽物」的機能要求；而對於「住宅建築」、「辦公建築」、「教堂建築」、「娛樂休閒建築」等，除了前面所述的機能外又須提供居住、辦公、禱告、娛樂等機能的構造物，而 Mitchell (1990) 也提及一個實質系統內，是由許多複雜的子系統所構成的。以此可推論，不同機能的建築也可各自成為一個實質系統：例如「住宅建築」、「辦公建築」、「娛樂建築」，且每個實質系統又是由不同且複雜的機能子系統組織而成，而每個機能也代表著一個實質的元素（例如：客廳），每個實質元素又是由許多不同的次機能構成的，且每個次機能又是由不同的次元素構成的，而每個次元素又擁有不同的機能，例如：可以喝茶聊天的「客廳」中的「茶几」可以喝茶、擺放裝飾、書寫桌面等，以此類推。

例如：一個可以「起居生活」+「感情互動」的空間 = 客廳

→ 客廳 = 可以「看電視」+「喝茶聊天」+「休息」+「採光」的空間

(次機能)「可以看電視」= 電視

(次機能)「喝茶聊天」= 茶几

(次機能)「休息」= 沙發

(次機能)「採光」= 落地窗戶

而元素的機能也會隨著科技的日新月異而產生更多的可能性，例如許多桌子拼組在一起會變成一張會議桌，「複合式烤箱」因為科技的因素同時擁有「烤箱」+「微波爐」的功能。此外元素和機能的互動方式也由過去的「單向」(input or output) 轉變為「雙向」(input + output) 的，例如過去只能單向的看電視播放的節目，因為錄影機的發明，藉由錄影機把節目錄製下來再透過電視播放出來，如圖 3-11 電視播放 (output) 的節目透過錄影機把它紀錄 (input) 下來，再經由電視把節目播放 (output) 出來。

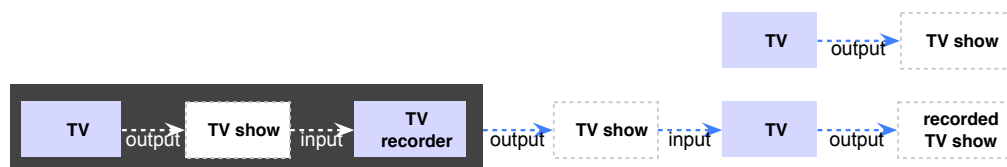


圖 2-11 TV+TV recorder 流程圖

2.2 HCI 與智慧空間的發展

本小節藉由人機互動 (human-computer interaction, HCI) 的角度探討智慧空間的發展，以及分別就 HCI 對於智慧家庭類、智慧辦公空間類、智慧娛樂空間類的影響進行討論。

2.2.1 HCI 的發展史

而智慧空間的發展可就 HCI 的浮現來探討。HCI 的領域大約發展於 20 世紀的 70 年代，HCI 是以人為中心，且 HCI 所探討的方向是如何藉由新科技來輔助人類的需要 (Fitzpatrick, 2005)，HCI 領域也被廣泛定義，包含人機互動的設計、系統評估與製造，以及所有人機互動周遭相關的現象等 (Hewett et al., 1996)。HCI 所要探討的重點即是「人」和「電腦」之間的互動關係，因此就人類來說，HCI 所探討的是溝通的理論、圖形與工業設計、語言學、社會科學、認知科學以及使用者接受度等等；而就電腦科學來說 HCI 著重在人與電腦或多個電腦間的互動，一般來說 HCI 就像是一個人坐在桌上電腦前操作繪圖軟體 (Hewett et al., 1996)，Myers (1996) 也說明了在 HCI 的發過程中，有很多人在討論心理學上、設計上、人因工程、人體工程學上的貢獻。

HCI 的研究和第一個電腦繪圖軟體的出現有關，1963 年 Sutherland 的博士論文所提出的 Sketchpad 也是最早的 CAD/CAM 系統 (Hewett et al., 1996)。同時也有相關的人機互動研究出現，例如：Licklider (1960) 所提出的人機共生 (man-machine symbiosis)；人工智慧 (Engelbart, 1963)；Dynabook (Kay and Goldberg, 1977)等。

Myers (1996) 也提出 HCI 的最基本互動可分為以下幾種：

(1) Direct Manipulation of graphical objects 直接操控的電腦圖形物件

1963 年由 Sutherland 所提出的 Sketchpad 繪圖軟體，藉由光筆 (light-pen) 操作抓取、移動、放大縮小螢幕上的物件 (Sutherland, 1963)。1975 年 David Canfield Smith 在史丹佛的博士論文中所創造的新名詞“icons” (Smith, 1975)。1977 年由 Xerox PARC 發明的直接的操作介面—Dynabook (Kay and Goldberg, 1977)。以及第一個商業系統的直接操作介面 (Direct Manipulation) 出現：Xerox Star (1981)，the Apple Lisa (1982)，Macintosh (1984)等。

(2) The Mouse 滑鼠

1965 由史丹佛研究室 (Stanford Research Laboratory, 現為 SRI) NLS 計畫中發展出的滑鼠。1970 年由 Xerox PARC 將滑鼠創造成可輸入的裝置。以及的一個商業用途的滑鼠 Xerox Star (1981), the Three Rivers Computer Company's PERQ (1981) (Myers, 1984), the Apple Lisa (1982), 蘋果麥金塔 Apple Macintosh (1984)。

(3) Windows 視窗

1968 年由 Engelbart's NLS 發展出的多重的拼貼視窗顯示介面，史丹佛研究室創造的 COPILOT (1974) (Swinehart, 1974), MIT 的 EMACS text editor (1974) (Stallman, 1979)。1969 年由 Kay 在 University of Utah 的博士論文中所創造的可重疊的視窗顯示介面，以及 1974 年出現在 Xerox PARC 的 Smalltalk system。1979 年再 MIT 的 AI 實驗室計畫中，第一個發展出的商用視窗介面在 Lisp Machines Inc. (LMI) and Symbolics Lisp Machines。主要的商用視窗系統則開始於 Xerox Star (1981), the Apple Lisa (1982), the Apple Macintosh (1984), MIT 所發展的也是目前最廣泛使用的 X Window System (1984)。

其中 HCI 的互動方式廣泛的來說也包含 (Myers, 1996) :

- (1) Gesture Recognition 手勢辨識、姿勢的辨識
- (2) Multi-Media 多媒體系統 (包含視窗、文字、圖形整合性應用等等)
- (3) 3-D 三度空間模擬
- (4) Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) 虛擬實境和擴增實境
- (5) Computer Supported Cooperative Work 電腦輔助合作式工作
- (6) Natural language and speech 自然語言和語法

一直到 1982 年個人電腦大量普及化所導致人與電腦間的溝通介面問題，如藉由鍵盤滑鼠等硬體控制電腦中的視窗，因此研究者與設計者開始有一系列對 HCI 的研究與探討 (Hewett et al., 1996)。而在 Hewett et al. (1996) 中認為，HCI 他是一個人和機器的轉換介面因此 HCI 的研究未來是希望能夠符合以下幾個重點的：

- (1) Ubiquitous communication 遍佈式的溝通能力
- (2) High functionality systems 高度的機能性系統
- (3) Mass availability of computer graphics 電腦圖形的高度相容性
- (4) Mixed media 多樣化的媒體
- (5) High-bandwidth interaction 多種類的互動
- (6) Large and thin displays 大而且輕薄的顯示介面
- (7) Embedded computation 可嵌入式的運算方式
- (8) Group interfaces 整合性的介面

(9) User Tailorability 使用者擴充性

(10) Information Utilities 資訊的實用性

因此未來的 HCI 介面將會邁向手勢辨識、語音辨識、智慧代理人、可適性介面、影片以及整合性的科技等等 (Reddy, 1996)。

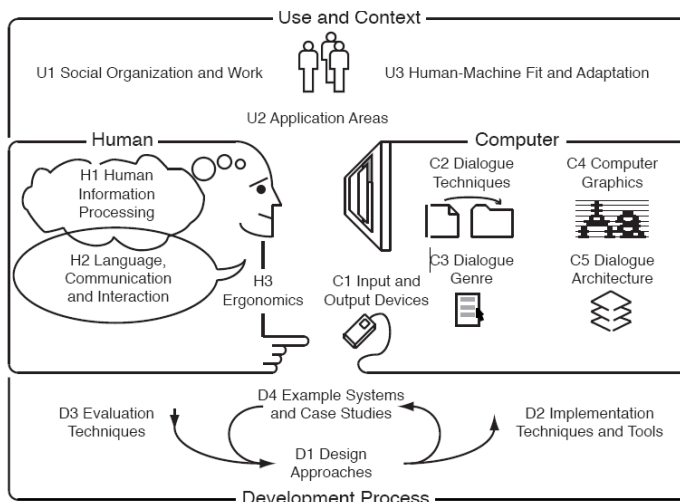


圖 2-12 HCI 關係圖 (Greenberg, 1992)

2.2.2 HCI 的介面發展

1982 年，微電腦開始普及，個人電腦大量進入學校和家庭，1990 年，微軟發佈第一代多媒體個人電腦 (Multimedia PC, MPC) 大量侵入也對我們的生活產生巨幅的改變，電腦已變成我們生活中無所不在的輔助工具，因此 1991 年「遍佈式運算」(Ubiquitous computing)—新名詞的浮現，其意味著那些藉由管線、無線訊號等連接著的裝置、軟體等電腦科技組成的元素已經不自覺地遍佈在我們所生活的環境中 (Weiser, 1996)。

HCI 的介面發展也面臨了另一個問題，就是使用者必須透過學習如使用鍵盤、滑鼠等介面來與電腦互動，因此為了改善傳統不人性化的鍵盤、滑鼠介面讓使用者能夠更直覺地與電腦互動，研究者開始就 HCI 的介面上去做深入的探討 (Essa, 2000; Huang, 2006)。為了提出一個更直覺的介面，Kuno et al. (1999) 也就 HCI 的行為上區分為有意圖 (intentional) 的人機互動行為與無意圖 (unintentional) 的人機互動行為，而黃郁鈞 (2006) 也將 HCI 的介面研究分為二類：(1)非人體感應的介面；(2)人體感應介面。

(1) 非人體感應的介面：包含了可移動式的控制介面，藉由手機的遠端控制介面與家中的電子消費產品的整合，透過可移動式的手機控制介面，以提供

一個可以簡易、快速管理居家環境的管道的家庭自動化系統 (Essa, 2000 ; Barkhuus and Vallgarda, 2003 ; Huang, 2006)。手套控制介面，這種 HCI 介面最常被應用於虛擬環境中，DataGlove 則利用光學纖維技術去偵測手指彎曲度及磁性感應與空間做連結 (Zimmermann et al., 1987)(如圖 2-13)。

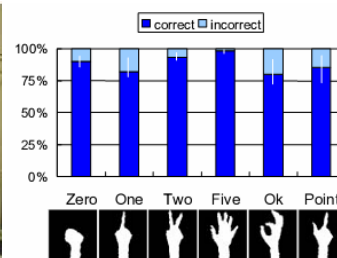
- (2) 人體感應介面：為了擺脫手套的介面以提出一個更自由的控制介面而有手勢控制介面研究出現 (Pavloic et al., 1997 ; Sato et al., 2001 ; Yi et al., 2001) (如圖 2-14)。有研究者希望提出一個自然且直覺的人機互動方式而有眼球追蹤介面 (Gaze, eye-contact) (Sibert, 2000)，Heylen (2009) 認為眼球的追蹤介面就好比是電腦螢幕的游標一樣，可以創造出一個自然的 HCI 介面，因此研究者利用人的眼球追蹤與輪椅做互動 (Kuno et al., 1999) (如圖 2-15)。且在 Georgia Tech 的 Aware Home 計畫中，他們也利用腳步來作為互動的介面，藉由這個計畫中所提出的 smart floor system 可利用使用者步伐的輕重、頻率等形式來辨識使用者是否經過此空間。此外，近幾年來為了提出更自然的方式與電腦視窗互動，研究者在人機互動的介面中提出一個有別於傳統的圖形介面 (Graphic user interface / GUI) 的可觸式的介面 (tangible user interface / TUI) (Ishii, 2008) (如圖 2-17)。而為了讓使用者更直覺的操作，提出了整合桌面的手指觸控的多觸點介面 (Quigley and Bodea, 2009)，此介面可以讓使用者不用透過學習用並套用使用者經驗自然的操縱電腦螢幕(如圖 2-16)。此外也有研究者藉由投影的方式來擴大實體物件的功能性 (如圖 2-18)，讓使用者可以以更直覺的方式與實體環境互動，透過擴增實境 (Augmented Reality / AR) 的技術，使用者可以用觸控的方式達到與這個物件輸入與輸出 (input and output) 的功能 (Molyneaux and Gellersen, 2009)。此外，也有研究者為了提出更直覺且自然的介面，而提出了腦波的控制介面 (brain-computer interface / BCI)，在 Huang (2006) 的研究中也藉由 BCI 技術提出一個可讓使用者維持清醒的智慧工作空間，此空間可感知人的狀態適切的給予燈光、溫度調節等環境氛圍的回饋 (如圖 2-19)。



圖 2-13 手套控制介面
(Zimmermann et al., 1987)



圖 2-14 (A) 手勢控制介面



(B) 手勢的 2D 影像辨識

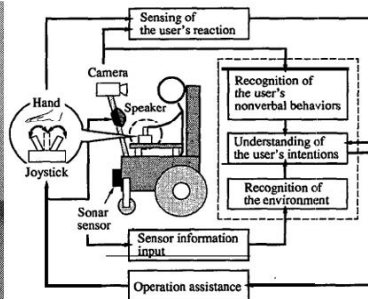
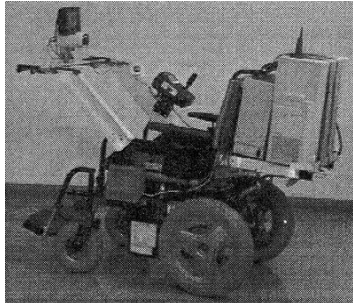


圖 2-15 眼球追蹤介面的輪椅控制

圖 2-16 觸控式桌面

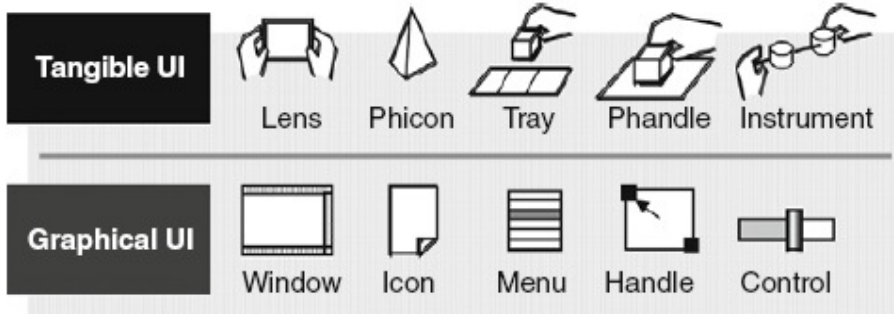


圖 2-17 可觸式介面與圖形介面 (TUI / GUI) (Quigley and Bodea, 2009)



圖 2-18 AR 的 smart objects (Molyneaux and Gellersen, 2009)



圖 2-19 BCI 智慧工作空間 (Huang, 2006)

2.2.3 HCI 對於建築空間影響

此外人與空間的介面也逐漸的改變，電腦軟體也毫無自覺地在取代實體的裝置，1990 年哥倫比亞大學 (Columbia University) 的圖書館不再使用實體的分類查詢索引卡片，他們開始將所有書籍建立電腦的資料庫，因此使用者只需要輕鬆的在電腦上查詢相關的關鍵字就可以找到索引的號碼，因此原本放置查詢索引卡片的實體櫃子就在圖書空間中消失了，而這也隱含著現今的建築不再只是由家具、隔間所組成，他必須考量到溝通的通信網路系統以及電腦軟體，且漸漸的這些數位、

電子、虛擬的需求會使我們從實體環境中慢慢抽離，例如：書籍、唱片等 (Mitchell, 1996)，因此空間中的實體配置也漸漸的改變。而 1999 年有研究者提出了一種「ambient media」(環境媒材) 的概念，此概念希望可以藉由 ambient media 透過實體的環境的元素來有效的傳達資訊可使用者，即透過安靜的、且有效率的環境變化來傳達重要的訊息給使用者 (Pousman and Srasko, 2006)。而這種在 HCI 影響下所產生的智慧空間也改變了人們在傳統空間的互動方式，以下部分會就不同的空間種類：家庭、辦公空間、休閒娛樂空間等分別探討 HCI 對其的影響與改變。

HCI 對住宅空間影響 (smart home)

就建築的設計、製造而言，電腦科技的興起，CAD/CAM 電腦輔助設計媒材的出現對建築設計造成重大的影響 (Liu, 1996)。就生活模式而言，隨著電子新科技以及與新舊建築整合，智慧住宅的已經逐漸的實現在我們的生活中，「智慧住宅」定義是可以提供給居住者一個更安全、舒適、有效率的生活環境 (Gross, 1998)。

1998 年 Georgia Tech 的「Aware Home」計畫中，他們實際的建造出一個實驗性的智慧的住宅雛型，在這個研究中他們以兩個方面為主軸：(1) 以科技為中心的研究；(2) 以人為中心的研究。在 Aware Home 中，他們鋪設智慧感應的地板 (smart floor system)，藉由使用者的步伐、輕重以及頻率來作使用者的辨識；數位家庭的相框 (digital family portrait) (圖 2-20 AB)，藉由牆上傳統的畫框顯示出住在同一個屋簷下或在遠的工作的家人的彼此狀態的肖像；記憶鏡子 (memory mirror) 可記錄 24 小時內人的使用經驗，並可藉此裝置查看之前遺忘的物品；以及可以提醒輔助老人的教學技術輔導員 (technology coach)；裝置在廚房的輔助烹飪顯示器 (cook's collage)，此裝置也整合了電話通訊、資訊傳遞的功能 (圖 2-20 CDE) (Kidd et al., 1999 ; Orr and Abowd, 2000 ; Kientz et al., 2008)。



圖 2-20 (A)數位家庭相框

(B)智慧感應地板



(C)記憶鏡子

(D)教學技術輔導員

(E)輔助烹飪顯示器

也有研究者希望可以彌補虛擬網路空間中的不足，因此希望可藉智慧空間的顯示來擴大實體與虛擬空間的隔閡。Ishii 所提及的 *tangible bits* 的概念中，他認為個人機互動介面所產生的問題即是，數位資訊的世界裡完全忽略了實體空間環境的特質，因此在 *ambientROOM* 的計畫中 Ishii 希望可以藉由實體建築空間的既有的裝置、家具、建築元素來做為表達電腦資訊的流動，*ambientROOM* 中，使用者不但有個人化的 HCI 介面環境，實體空間藉由情境式的鳥叫聲、瀑布聲 (*ambient sound*) 來代表電腦訊息中 *email* 的數量及未讀取的數量，天花板的水波投影 (*water ripples*)，也代表著遠方的家人給予的思念，牆上的投影燈光 (*light patches*) 也代表著這間實驗室當時的使用者人數，牆上的時鐘更可讓使用者倒轉隨意查看一天當中使用情形與資訊的流動 (如圖 2-21) (Ishii et al., 1998)，也就是藉由實體空間的情境轉換來表達電腦數位資訊傳遞的現象，例如：藉由 *Water Lamp* 的流動速度以及風車陣列的轉動素來表達無線網路的流量速度 (Dahley et al., 1998)。因此建築空間中的實體素材家具、裝置、結構元素也賦予了更多的機能性，他擴大了資訊呈現的方式，就由 HCI 的科技讓資訊的流向更有效且適當的傳達給使用者。且透過 *AmbientROOM* 的輔助也讓實體環境的控制能與虛擬環境做更直覺的互動。

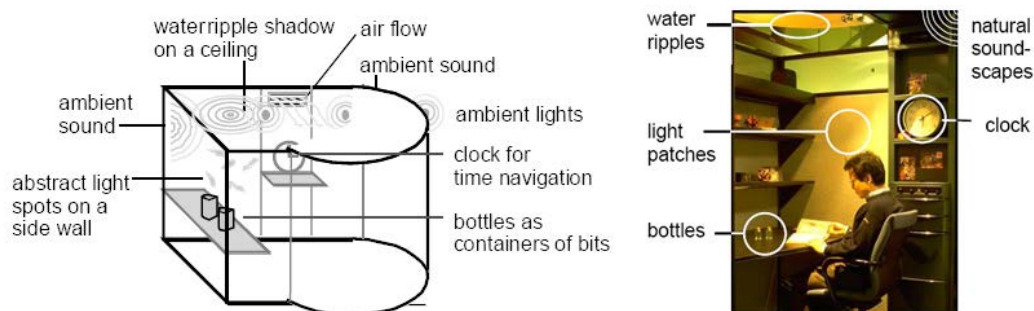


圖 2-21 AmbientROOM 計畫 (Ishii, 1998)

2002 年由 Philips 沿用了 Aarts and Appelo (1999) 的出的 *Ambient Intelligence* 概念中，他們所執行的計畫—*HomeLab* 中也同時利用了 *Wesier* 相同的概念去建立一個實驗性的智慧住宅，這個計畫的概念是希望能藉由科技提供一個更便利的

未來想像，而「家」被定義為與家人生活的一種習慣形式，例如一起共進早餐，睡前的晚安故事等等。因此 HomeLab 計畫中，他們提出了三個概念，(1) 一個可以與居住在一起、分散各地家人的交流分享的溝通平台，且這個平台是可以超越實體住宅的範圍 (如圖 2-22 A)；(2) 當家人分散各，能夠提供一個和家人在一起的感覺，利用社會存在感 (social presence) 的概念讓使用者有同在一起 (being together) 的感覺 (如圖 2-22 B)；(3) 情境式燈光 (Living lighting)，此概念是希望能夠整個空間的音樂或正在播放的電影，提供給使用者更能夠沉浸在不同的經驗中 (如圖 2-22 C) (Ruyter, 2003 ; Ruyter and Aarts, 2004)。

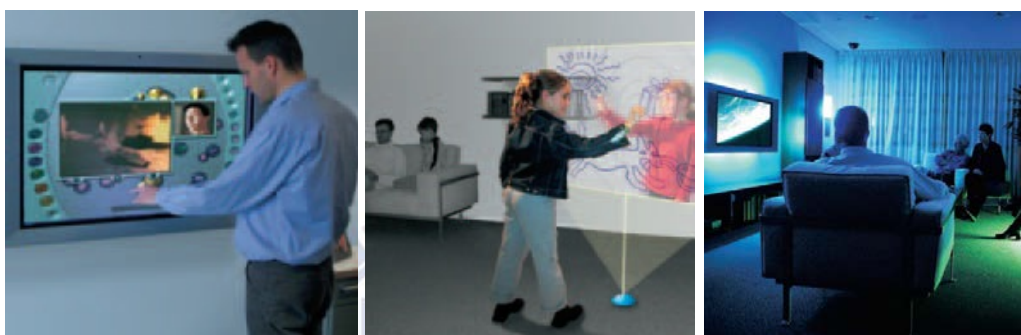


圖 2-22 (A)家庭溝通平台 (B)讓家人有存在感的平台 (C)情境式的燈光

Crabtree (2003) 認為空間中的顯示介面其實是不同的種類片段資訊的集合，不同的顯示器也提供了不同的溝通、合作、以及實際運作的方式。且有研究者也指出，這些原本是屬於空間元素的材 (例如：冰箱上的紙條、數位相框)，為何能夠成為家庭裡溝通的介面。且他們也發現冰箱上的空間也轉變為整個家庭裡的顯示介面，他更進一步可以傳達一個家庭部分的過去活動的歷史，因此他希望能夠讓這個冰箱有擴充更多的功能性，因 Taylor 等人 (2007)提出了一個數位的磁鐵 (如圖 2-23 A)，這個磁鐵包含有三種功能：reminding magnets、fridge-glance、talking magnet，也就是這個磁碟同時可以做為提醒、資訊呈現、訊息的傳達等功能；此外 Taylor 等研究者 還提出了一個家庭布告欄的 HomeNote 裝置 (如圖 2-23 B)，此裝置可結合手機的功能，並將訊息傳達給家庭成員；以及 Whereabouts Clock 裝置，顯示家庭成員所在的區域位置 (例如：在家、工作中、上學中) (如圖 2-23 C) 等等。

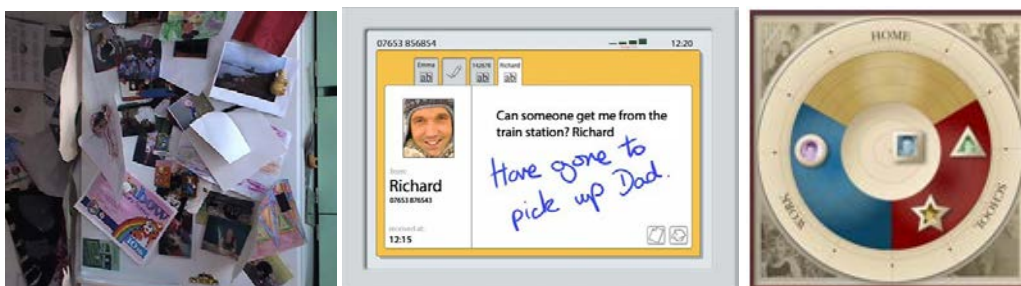


圖 2-23 (A)冰箱布告欄 (B)HomeNote (C)Whereabouts clock

為了維繫家人間、朋友間的情感，Chang 等人 (2001) 提出了一對可遠距離感應的相框，原本是住宅空間的元素透過 HCI 的輔助讓傳統的相框轉變成一種能夠聯絡彼此情感的溝通工具，當一方使用者觸摸相框時，另一方的親友即可透過相框的光暈來了解對方所想傳達的思念之情，例如：想念對方、“good luck to you”、“goodbye”等 (如圖 2-24)。



圖 2-24 聯繫情感的相框 (Chang et al., 2001)

此外也有研究者探討智慧家庭中的溝通媒材，Kim 等人 (2004) 認為資訊的傳遞、溝通是人類產生所有的社會行為的中心，溝通介面在智慧空間中佔很重要的角色，且通常人們必須要透過一個共同的媒介而產生的互動行為，因此人們能夠透過一種想徵性的物件傳達資訊、交換概念、以及彼此的情感等等，因此他們提出了一系列的概念希望可以藉此提供一給家庭更好的溝通傳達方式，例如：可交換資訊 (相片、電影、音樂、檔案) 的 Home media pond、呈現不同資訊的 Media frame 等 (如圖 2-25)。



圖 2-25 (A)Home media pond

(B)Media frame

為了提出一個更安全且以使用者為中心的智慧廚房，Bonanni 等人 (2005) 實際的創造出一個擴增實境的智慧廚房 (Augmented Reality intelligent kitchen)，利用投影顯示的方式來改上一般實體廚房環境所容易面臨的危險問題，且這些投影的

資訊會重疊在既有的廚房設備中且不會影響每個廚房元素原本的功能性，例如：將冰箱內部的狀況投影在冰箱外部，藉由紅外線偵測食物烹煮的情況及時間投影在瓦斯爐周圍的檯子上，藉由藍色、紅色的 LED 燈光來呈現視覺化的水龍頭溫度(如圖 2-26)。



圖 2-26 擴增實境的智慧廚房：(1)冰箱內部儲存的投影；(2)正在烹煮食物的溫度、時間顯示；(3)儲存櫃內部的投影；(4)LED 色彩輔助冷熱水的顯示；(5)提示的 LED 顯示抽屜 (Bonanni et al., 2005)

智慧化的空間的能夠藉由模擬各種情況來改善使用者的經驗，且通常這種空間他能夠將實體的空間轉化成能夠給予適當回應的智慧環境 (Lee et al., 2006)。Lee 等人 (2006) 所提出的整合性的廚房網路平台—KitchenSense 可簡化廚房的控制介面並且提高人與廚房的互動的可行性，他能夠預測使用者的行為並給予更安全且有效率的提醒跟回饋，例如：當使用者打開冰箱，拿出 Pizza 走到微波爐前，則 KitchenSense 即感應到使用者可能需要加熱食物，於是微波爐的門自動打開，且廚房的面板即投影顯示「加熱食物」等字樣，也給使用者更適切的提醒。由此研究中可看出，藉由整合性的資訊系統及投影顯示的輔助，來簡化、改善使用者在過去傳統廚房的空間經驗的限制面，且其並沒有增加額外的功能性，但卻將廚房空間的機能性更符合人性化的需求。

由成功大學所發展所建構的「愛麗絲夢遊仙境」的庭園空間情境—「智慧化互動庭園」(如圖 2-27 ABC)，他們將人性化的多媒體互動科技融入於實體的造景庭園中，並利用感測科技創造人與電腦多媒體的互動效果，此研究的概念是希望能將虛擬童話故事的情境實現再個實體的智慧家庭以提出一個情境式的互動環境，例如庭園內鋪設的白色石頭同時兼具有三種不同的功能—造景的擺飾、庭園的座椅以及照明等，當使用者坐下時則會驅動燈光亮起且會記錄坐著的時間 (如圖 2-27 AB)；以及可改變透明度的玻璃框架，當使用者推動玻璃框架關閉隔間時，玻璃則會瞬間切換成不透明以區隔空間；以及利用擴增實境技術創造的環境元素的智慧地板連節資訊驛站(如圖 2-27 C) (鄭泰昇, 2008；Jeng, 2008)。此研究則是希望建築物不但提供居住的庇護且能作為內外空間、情境轉換的介面。

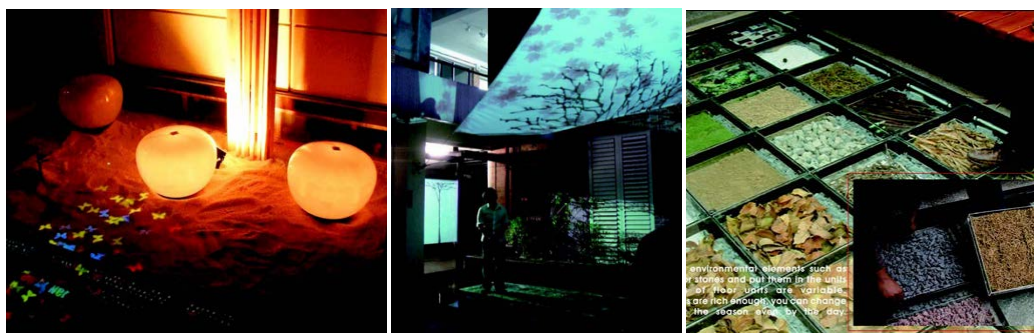


圖 2-27 智慧化互動庭園(A)情境 (B)智慧玻璃區隔內庭園
式石頭座椅 空間 (C)環境元素的智慧地板

由交大建築所所提出的 Time Home Pub (Huang, 2009)，其概念是希望可以創造出一個境隨心轉智慧空間，使用者不再需要刻意的透過實體物件裝飾營造空間的情境，藉由 HCI 的輔助起居空間可依循使用者的行為動作切換為三種情境：「一般模式」、「Bar 模式」、「音樂模式」，且透過不同空間元素的連結，使用者可透過移動桌面的 Whiskey 酒杯 (如圖 2-28B) 與互動茶几、時光杯印 (如圖 2-28A)、數位相框、空間環境做間接的互動，此一設計也提出了一種特別的溝通連結方式，讓人、空間、記憶情感、老照片、聲音達成緊密的連結，此種人跟空間及情感的互動方式也是其他案例中所難看到的部分。



圖 2-28 Time Home Pub (A) 互動茶几、時光杯印 (B) Whiskey glass

HCI 對辦公空間影響 (smart office)

Meeting room

而 Rasher 等人 (1998) 也提出了未來辦公空間的概念，他利用 CAVE™ (Cruz-Neira et al., 1993) 的概念藉由多重投影的技術，將虛擬空間的影像擬真的投影在連接的牆上，創造出一個有沉浸感且能即時的顯示資訊的會議空間，因此空間中的天花板及燈光會由智慧的投影機 (smart projector)、攝影機 (Webcam) 所取代，藉由攝影機所擷取的影像進行影像的校正且準確的投影在牆面、地板、會議桌等等。Rasher 認為隨著電腦科技的發展，資訊的呈現方式不用限制在小小

的電腦螢幕中，反之，這些數位資訊可以輕易地顯示在空間中的任何一個部分，例如：牆、桌子、辦公室、走廊等等皆可成為資訊傳遞的介面 (如圖 2-29)。

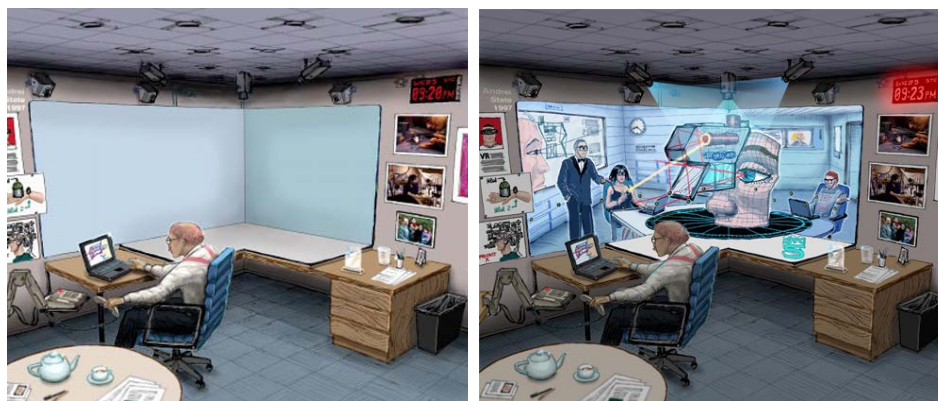


圖 2-29 (A)Audiopad 裝置

(B)旋轉移動實體控制圓盤

Sony 的 CSL 實驗室也提出一個「無實體牆面 (weightless wall—virtual wall)」的未來辦公室的新概念，他認為辦公空間中常常是需要有很多不同的會議空間，且空間與空間中都不應該被彼此所干擾，因此在這個未來辦公室中，行動運算技術 (mobile computing)、無線的空間感應技術 (wireless communication) (如圖 2-30 A)，讓配戴識別耳機的使用者們可隨時在空間透過虛擬牆面的技術創造出一虛擬的會議空間，且會議中的人不會被其他使用者所干擾。如圖 2-30 使用者可透行動裝置隨意的窗選分隔會議的區域 (如圖 2-30 B)，尤其在展覽空間中導覽者可以很輕鬆的介紹作品給特定的參觀訪客，也可在吵雜的環境中進行會議 (如圖 2-30 C) (Takeuchi, 2010)。此研究中也發現，這些新的數位科技除了改變傳統環境工作經驗，其牆面隱形 (invisible wall) 的概念也間接的創造出新的建築形式。

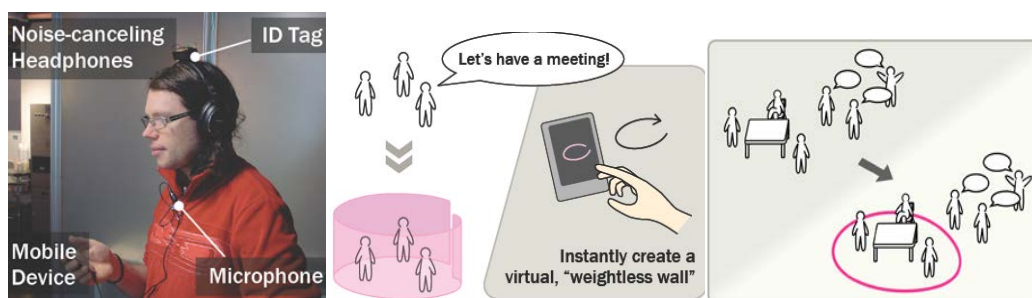


圖 2-30 Virtual wall 的未來辦公室 (A)使用者的裝置

(B)隨意窗選會議的範圍

(C)在吵雜的環境中進行會議

Information display

此外，智慧空間強調遍佈式運算應用的重要性，且通常智慧空間多探討在智慧住宅的部分，而 Trumler 等人(2003) 所提出一個智慧型的門牌顯示 (smart doorplate)

是能夠顯示辦公室內部使用者目前的狀況，也就是所謂的間接的透明門 (semi-transparent door)，且此智慧型門牌主要是提供給訪客適切的導引方向與資訊，例如：智慧型門牌可變為指示方向的箭頭，他會結合拜訪者的識別證來給予資訊；當辦公室的主人正在開會或是講話中時，門牌會呈現「會議中」、「電話中」等指示。因此這個智慧門牌也擴大了原有門的功能，他不但可以傳達訊息，還可讓使用者與之互動（如圖 2-31），此外這種會議的互動顯示布告欄也曾在 (Hupefeld and Beigl, 2000 ; Fitton, 2002 ; Bagci et al., 2007) 的研究中討論過。



圖 2-31 智慧型門牌 (Trumler et al. 2003)

而 Danninger and Stiefelhagen (2008) 也提出一個虛擬秘書 (Virtual Secretary) 的智慧空間，他們希望可以透過此環境感知的智慧空間，來改善人在辦公空間中常常發生的狀況：會議中的打擾、電話中的干擾。而透過攝影機及影像辨識技術的智慧辦公室，他可以偵測及監控使用者的工作情形、並可辨識其是否在會議中或電話中等等，他讓使用者以及辦公空間的拜訪者可以依循虛擬秘書的訊息來選擇適當的時間來對談。且藉此系統的時間軸，也可觀察此工作空間中使用者的時間使用情形，以及會議中是否有其他的拜訪者前來、或會議中未接的電話等 (如圖 2-32)。

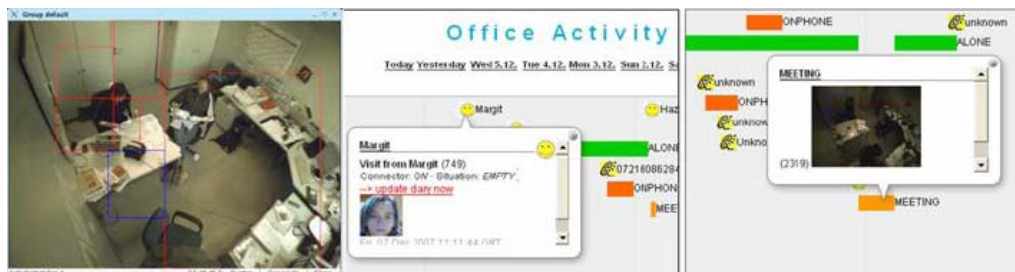


圖 2-32 virtual secretary (Danninger and Stiefelhagen, 2008)

Documents filing system

過去在辦公空間中，我們利用實體的標籤、資料夾對不同的文章、資料做分門別類，但數位化資訊的出現也改變了傳統索引資訊的方式，數位資訊可透過關鍵字、

來源資訊取得資料相關的背景，但建檔分類時又相對的困難，例如相片的歸納分類等等，因此 Kim 等人 (2004) 為了解決分類索引虛擬文章、數位相片的困難他提出的智慧辦公空間可透過攝影機及虛擬空間中的資料庫進行實體與虛擬資訊的整合步驟 (Video-Based Document Tracking)，使用者可利用實體環境中整理照片同時將虛擬相片歸納到不同的相簿中，也可藉由此系統做論文資料的整理動作，且使用者也可隨意點選擷取影像中重疊的論文，即可快速的連結到索引的數位論文中(如圖 2-33 AB)。

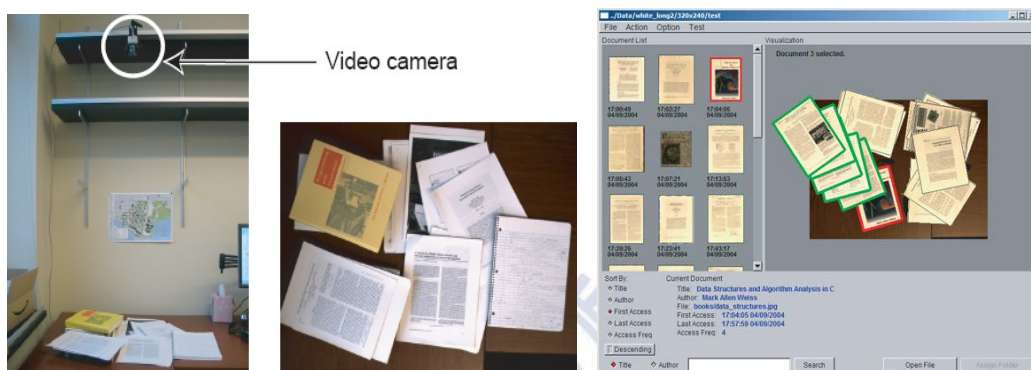


圖 2-33 (A)實體與虛擬資訊整合系統裝置

(C)視覺化的虛擬資料庫

在另類的互動介面上，2006 年 Huang (2006) 將腦波訊號控制介面 (BCI) 應用在建築的空間環境中，此案例 BCI studio 希望可以提出一個更直覺且自然的互動環境給使用者，因此希望可藉由直覺得腦波介面來偵測使用者的狀態在給予情境的氛圍的回饋，當使用者感覺疲勞的時候空間環境會辨識使用者是否為勞累的狀態並給予適切的光線回饋、溫度控制，此環境燈光可切換為 0~4 等五個等級，當環境偵測使用者為勞累的狀態且需要休息的同時，環境燈光會自動切斷燈光的電源讓使用者好好休息 (如圖 2-34,35)。



圖 2-34 BCI Cap (Huang, 2006)

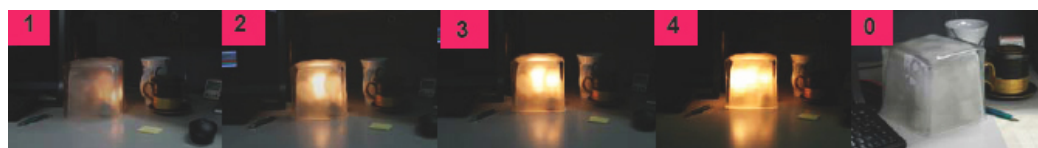


圖 3-35 Peripheral Lighting Alarm (Huang, 2011)

HCI 對娛樂空間影響 (smart entertainment space)

MIT 多媒體實驗室 (tangible media group) 中也探討了許多 HCI 應用的研究並提出了許多不同互動方式的裝置。而為了提出一個更人性化的 HCI 介面，2002 年所提出的 Audiopad 特殊的音樂演奏器中，他藉由嵌入 RF 感應器的控制圓盤，即時的旋轉調節音效，並和投影在桌面的圖像介面與之互動，其所提出的操作介面，比傳統的鍵盤、滑鼠、視窗等介面更容易上手且直覺 (如圖 2-36 ABC) (Patten et al., 2002)。



圖 2-36 (A)Audiopad 裝置 (B)旋轉移動實體控制圓盤 (C)RF 感應器

此外也有人將人的腦波、情緒的表現結合在娛樂空間中，2005 年由瑞典公司 Interactive Productline (IP) 所發展的 Mindball (圖 2-37)，透過 BCI 儀器的偵測，他讓兩個遊戲者藉由專注與放鬆意念將遊戲的球吸引過來，遊戲者越放鬆球就離自己越近，因此遊戲者必須和自己的心情做抗衡。以及 2005 年台灣的科技藝術家林書民的所創作的展覽「內功」(inner force) (圖 2-38)，他讓兩位參觀者坐在正投影的虛擬池塘兩端，透過腦波儀器偵測來比賽彼此的內功，其中一方越放鬆 (也就是 BCI 所偵測到的 α 波越強)，池塘中的魚而們就會游進那一方的竹簍 (Olson, 2006)。2010 年的 NeuroWander 藉由腦波介面偵測遊戲者的專注與放鬆的程度來增加其傳統鍵盤滑鼠操作的遊戲介面(Yoh et al., 2010)。而以上的這些案例中也可發現，研究者希望能夠找到一種更新、自然且直覺的方式來與我們環境互動，也證明了科技跟人的關係已經從使「如何使用它」轉變成「被動的存在在我們生活中」(Hallnas and Redstorm, 2002) (圖 2-39)。



圖 2-37 mindball

圖 2-38 內功

圖 2-39 NeuroWander

此外也有研究者創造出情緒的花朵 (Emotional flowers)，藉由攝影機偵測電腦前使用者的情緒變化—喜、怒、驚訝、厭惡、害怕 (happy, angry, sad, surprised, disgusted, scared) 與空間感知系統做連結，因此透過使用者的表情可讓 Emotional flowers 長得更茁壯或凋謝，且透過這個情緒的偵測的環境感知系統 (如圖 2-40 ABC)，而這些代表著不同使用者的 Emotional flowers 也會顯示在公開的資訊布告欄上 (Bernhaupt et al., 2007)，此外也有人將表情的變化作為操縱線上遊戲方式 (Zhan et al., 2007)。透過這些不同於以往的 HCI 介面，人和空間的互動方式也逐漸的由主動轉換成被動的方式。



圖 2-40 Emotional flower (A)不同表情作為 input

(B)虛擬的花朵

(C)代表著不同使用者心情的 Emotional flowers 布告欄

第三章 建築角度分析評估

Mitchell (1996) 在《City of Bits》一書中提及建築的組成不再只包含建築構造體本身以及空間中可移動的家具等，還包含有電信系統以及電腦軟體等，且數位化、虛擬、電子的產品及裝置也逐漸佔據了建築物本身。此一敘述也傳達出電腦科技的存在讓傳統建築形式漸漸轉換為「智慧空間」，因此在智慧空間的構成上這些數位虛擬的元素也成為構成空間所考量的要素之一。而在過去的智慧空間案例，多著重在以電腦科技運算的角度分析其系統運作的架構及效率，較少從建築組成的觀點分析其空間的構成，例如：智慧住宅案例中的智慧樓板系統 (smart floor system) (Kidd et al., 1999 ; Orr and Abowd, 2000 ; Kientz et al., 2008) 、Rasher 等人 (1998) 所提出的未來辦公空間、以實體空間介面傳達虛擬資訊流動的 AmbientROOM (Ishii et al., 1998) 等。因此，為了以較客觀的角度對新興的智慧空間進行探討，本章節將就不同角度，以建築基本構成觀點「元素」、「機能」對所挑選出的智慧空間案例進行研究，並分別就以下三個部分分別進行探討：

1. 就機能看元素變化
2. 就元素看機能變化
3. 機能和元素的交互關係

3.1 案例選擇

因為智慧空間的研究大約出現於 20 世紀末 21 世紀初，其至今發展約只有十年左右的時間，因此案例多屬於實驗性的初期研究、或是以展覽為主、又或是功能尚未完全的系統雛型，且目前的案例皆鮮少應用在實際建築案例中。因而本研究在案例的選擇上將以曾公開展覽、以及人和空間的互動性較成熟、並可實際運作的案例作為案例分析的對象。然而，就目前現有的智慧空間案例來說，其空間機能類型上大致以「智慧住宅空間」、「智慧辦公空間」等二類型為居多，因此在步驟上將就建築的觀點對上述類型的智慧空間各選取二個案例進行深入的分析與研究 (如表 3-1、3-2)。

表 3-1 一般研究者所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2005	Augmented Reality Kitchen	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的廚房 • 多重元素連結 • 實際測試文獻報告 	Bonanni et al.

智慧辦公	1998	AmbientROOM	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的實體智慧辦公室 • 透過實體元素表達虛擬元素的狀態 	Ishii et al.
------	------	-------------	--	--------------

表 3-2 交大建築所所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2007	明日建築展—Time Home Pub	<ul style="list-style-type: none"> • 案例實際建構在展覽中 • 多重元素連結 • 多元情境轉換 	Huang et al.
智慧辦公	2006	腦波介面的工作空間 BCI studio	<ul style="list-style-type: none"> • 另類的腦波互動介面 • 多元情境的轉換 	Huang

而本論文中所挑選的案例著重在其互動性較強、提供多元機能、以及與空間連結性較強、且較新的案例作為研究的對象，以此可觀察出智慧空間的元素組成脈絡以及元素變化的過程，以對其機能與元素的交互關係有深入的了解。而在現有的智慧空間案例中多以單方面 HCI 的觀點、或使用者介面、空間的使用效率等議題進行分析研究，此種分析所得的結果往往無法以空間性的概念思考機能與元素的關聯性、以及 HCI 對於建築空間的影響與改變。

例如以 HCI 應用為主的智慧空間案例，單就單一物件元素的互動案例—Lumitouch，藉由空間中的相框作為人與人跨越空間的溝通互動布告欄 (Chang, 2001)；Smart Doorplate，藉由門版上顯示器作為人與空間、人與人之間溝通的介面等 (Trumler et al., 2003)；以提供新的互動介面的智慧空間案例，例如改變家具元素機能的 Smart Furniture (Tokuda, 2004)、Sweet-Home 中的聲控智慧住宅 (Lecouteux, 2011)、手勢和表情控制等的智慧空間案例 (Chen et al., 2008)。

以空間實用性、效能為主的智慧空間案例，例如：與住宅安全性、能源監控相關的智慧空間案例 (Bos et al., 2007；Golzar and Tajozakerin, 2010；Xu et al., 2011)、智慧科技輔助永續住宅研究 (Schoch, 2006)；以提供老人、居家照護的智慧住宅等案例 (Noury et al., 2000；Sixsmith and Johnson, 2004；Demiris et al., 2004)；以及強化人與人之間情感的智慧空間案例研究等 (Kim et al., 2004；Bernhaupt et al., 2007；Bhömer et al., 2011)。

因此就前述的案例中可看出，現有的智慧空間案例多著重在使用者介面互動、效能、安全、便利等議題上，且大多數的案例以 HCI 的觀點提出一個智慧化的系統，卻鮮少看到就建築的概念對空間組成和配置上進行分析研究，且就單一個面向探

討智慧空間的科技性、實用性、效率性等是不足的，由上述的案例中可看出其往往強調了「智慧科技」的部份而忽略「空間」的部份，而智慧科技與實體空間的關聯性即是本研究所探討的建築層面，且為了以更全面且客觀的方式探究智慧空間對於建築空間演化的關連性，在案例的選擇上區分為兩個部分，「一般研究者所提出的智慧空間案例」以及「以空間情境導向的智慧空間案例」。

因此第一部分所選擇案例是以目前較普遍的 HCI 研究觀點所提出的案例作為分析對象；而第二部分則是以概念上基於空間性、情境為考量所提出的案例為主，而在案例的選擇上藉由二類型的案例分析方式可比較出「HCI 角度」與「非 HCI 角度」所提出的案例空間組成關係的差異性，且能夠避免過去單方面藉由電腦運算科技角度探討智慧空間所產生的盲點。此外，第一部分所選擇的案例雖為智慧空間案例中重要性較高的案例，且其發展的時間屬於較早期的案例，而第二部分則選擇交大建築所所做的案例，又因為交大建築所的案例屬於比較近期的案例，因而此二類型發展的時間點也有所不同，而科技的發展也會隨著時代演化變得更精進，因此透過這種比較方式也間接可以對映出人們對於智慧空間的機能需求變化、實質環境設計的演進、以及在不同時期不同科技發展下所創造出不同型態的智慧空間等。

此外，交大建築所所提出的案例中，其概念上所強調的空間情境轉換為智慧空間設計的重點。就建築觀點而言，建築師安藤忠雄曾提及「建築是生活的容器」，因此空間規劃是為了滿足使用者需求而成立的，而 Mies 則將 Sullivan 的口號「形隨機能」(Form follows functions) 倒反過來，他認為建築物的機能是常常在改變的，因此建構一個實用而經濟的空間，讓機能去適應它 (Norberg-Schulz, 1968)，此一敘述也說明了空間建造時的規劃與實際機能需求時常是有出入的，因此提出一個情境的轉換空間也是數位時代空間機能需求的重點之一，因而在第二部分的案例選擇上，則以交大建築所所提出的案例為分析的對象，而交大建築所的案例不僅僅以情境轉換為重點更以空間組成概念為基礎，且非單就單一元素、單一功能進行探討，而是透過多種元素連結所創造出的智慧空間。

而透過此二類型案例分析，更可清楚的對比出就不同切入點「科技角度」、「建築情境角度」所創造出的案例，其元素和機能組織關係為何，兩種觀點下所提出的案例中元素、機能變化是否有相似之處。

因而在本研究步驟中將案例分析區分為兩個部分，第一部分：分析一般研究者所提出的智慧住宅空間、智慧辦公空間案例（如表 3-1）；第二部分：分析交大建築所所提出的智慧住宅空間、智慧辦公空間案例（如表 3-2）。：

一般研究者的智慧空間案例

智慧住宅空間 Case 1: Augmented Reality Kitchen

在智慧住宅類將選取 MIT Media Lab 在 2005 年所實際建構出的實驗性智慧廚房 (Augmented Reality Kitchen / AR Kitchen) 做為案例 (Bonanni et al., 2005)，其系統的設計上十分完整，並不只提供一個單一的互動介面，其整個系統連結了廚房裡多種的元素，因此元素所擁有的機能變化也較傳統來的複雜，因而較容易看出與傳統之間的差異性，且在文獻中也可看出許多實際測試的評估報告，以此也可對其有更深入了解 (如圖 3-1)。

智慧辦公空間 Case 2: AmbientROOM

此部分將選擇 MIT Media Lab 的 tangible media 實驗室中，Ishii 等人 (1998) 利用 tangible bits 的概念中所實際創造出的 AmbientROOM 案例進行研究，此案例的概念提及「空間中的實體元素和虛擬元素是同時存在的」，而案例中藉由空間中實體的元素自然的表達出數位資訊流動狀態，因此其虛擬數位元素、實體空間元素、以及空間機能之間的關係則是分析此案例的重點 (如圖 3-2)。



圖 3-1 Augmented Kitchen (Bonanni et al., 2005)

圖 3-2 AmbientROOM (Ishii et al., 1998)

交大建築所的智慧空間案例

智慧住宅空間 Case 3: Time Home Pub

而另一個案例將選擇 2007 年曾在台北市立美術館展出「明日建築展—Time Home Pub」(Huang et al., 2009)，此案例將未來空間的概念實際建構在展覽中，讓參觀者可親身體驗多樣化的情境轉換，藉由參觀者實際體驗的過程、評估報告中可看出此案例的可適性及對於未來空間的可行性，且此空間情境與元素的連結性也十分強，且為了提出一個更適切的居住空間，此案例所強調的空間可主動的感知使用者的行為並給予適當的回饋，這也是其他傳統案例中較少看到的 (如圖 3-3)。

智慧辦公空間 Case 4: BCI studio

關於智慧辦公類，本研究將以 2006 年 Huang 所提出的讓人維持清醒的工作空間 (BCI studio) 作為分析的對象，此案例概念是希望可以讓使用者和空間提出一個更直覺且自然的互動關係，因而提出一個可偵測使用者腦波的工作空間並給與適切

的空間情境回饋，而此種自然的互動方式 (natural interaction)、隱藏式介面 (invisible interface) 也是許多智慧空間案例探討的重點 (Abowd and Mynatt, 2000; Van de Sluis et al., 2001)，因此透過此案例所提出的另類腦波介面的互動方式可看出使用者對於空間機能需求改變，以及不同於以往的介面操作方式，以此可進一步比較出傳統介面與智慧空間的介面的差異性與優劣性，並可看出腦波控制介面對於未來空間的可適性 (如圖 3-4)。



圖 3-3 Time Home Pub (Huang et al., 2009)

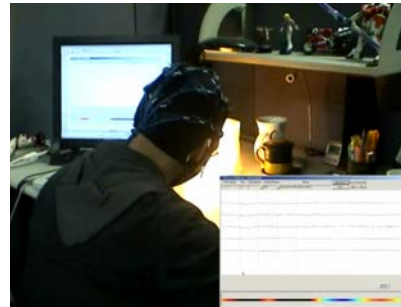


圖 3-4 BCI studio (Huang, 2006)

3.2 一般研究者的智慧空間案例

3.2.1 智慧住宅空間 Case 1: AR Kitchen

此案例是由 MIT Media Lab 的 Bonanni 等人 (2005) 所做出的實驗性案例—擴增實境廚房 (AR kitchen)，此案例的概念提及我們處在一個遍佈式運算 (ubiquitous computing) 的環境，但整個世界並非是一個電腦的螢幕，因此希望可以藉由電腦科技的輔助—擴增實境 (augmented reality/AR) 技術—來提昇廚房空間操作功能及安全性，並改善現有廚房空間的使用上不足的部份，再藉由智慧的科技探討廚房空間視覺專注力、廚房空間的多重功能使用情形、食物備料及干擾等等。

3.2.1.1 就機能看元素

而廚房空間為住宅的一部分，是生活所需的重要空間，就傳統建築中的廚房空間來說，它是一個提供人們食物補給的場所，就機能來看，此空間需要滿足人們以下的幾種功能：「準備食物」、「烹飪」、「分享」、「儲存食物」、「同時多重使用」等功能，因此在實質的空間配置上必須結合多種不同的工具、設備、以及空間來達成上述的功能性，而每個機能都是由不同的元素所組成的，例如圖 3-7 中，烹煮的機能是由瓦斯爐、烤箱、微波爐等更小的元素所組成的，但每個機能是沒有相關性的，例如「儲存食物」的櫃子和「可供清洗」功能的流理台是沒有直接的關

連性的。而 Bonanni 等人 (2005) 所提出的擴增實境廚房，除了可滿足上述的功能外還提出了幾項新功能，而主要功能是將各種電腦感應裝置結合在廚房中既有的設備、介面上，以提出一個中央系統平台以輔助使用者在烹飪過程中的各種步驟，例如視覺化的烹飪流程輔助系統等。

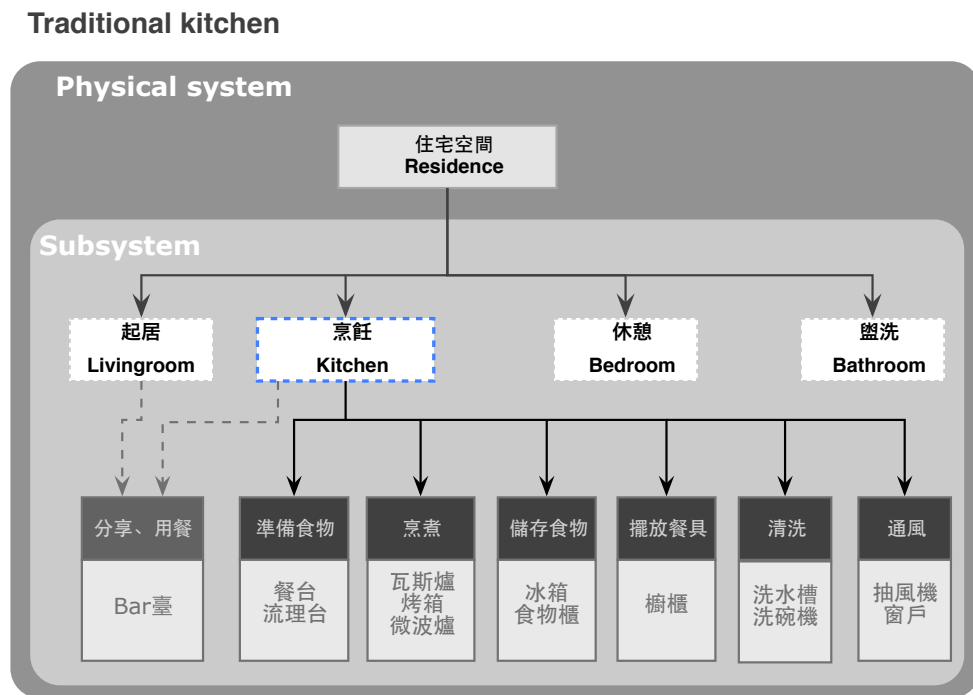


圖 3-5 傳統廚房空間機能架構圖

由此機能架構 (如圖 3-6) 中可看出，Bonanni 等人 (2005) 所提出的擴增實境廚房並未改變原有空間家具的配置方式，但透過擴增實境的科技輔助分別擴大了元素的機能性並強化了每個次元素彼此間的連結性，以及烹飪流程的指引與廚房個元素的相關性，如圖 3-6 中的整合式系統 (combination system) 將「儲存食物」、「準備食物」、「烹煮」、「食譜提示」等機能結合一起，例如藉由整合系統中的「食譜提示」可讓使用者可依據虛擬的食譜指示操作各個不同的項目，而其每個不同的步驟又是由不同元素機能所連結而成。

就「實質空間」機能性來看，此案不但提出了一個新功能—虛擬食譜，更提出一個整合性的系統來串連既有的空間設備；而就廚房的「運作」上此案例除了提出一個更完善的烹飪空間，也提昇烹飪過程的效率與安全性。

AR kitchen

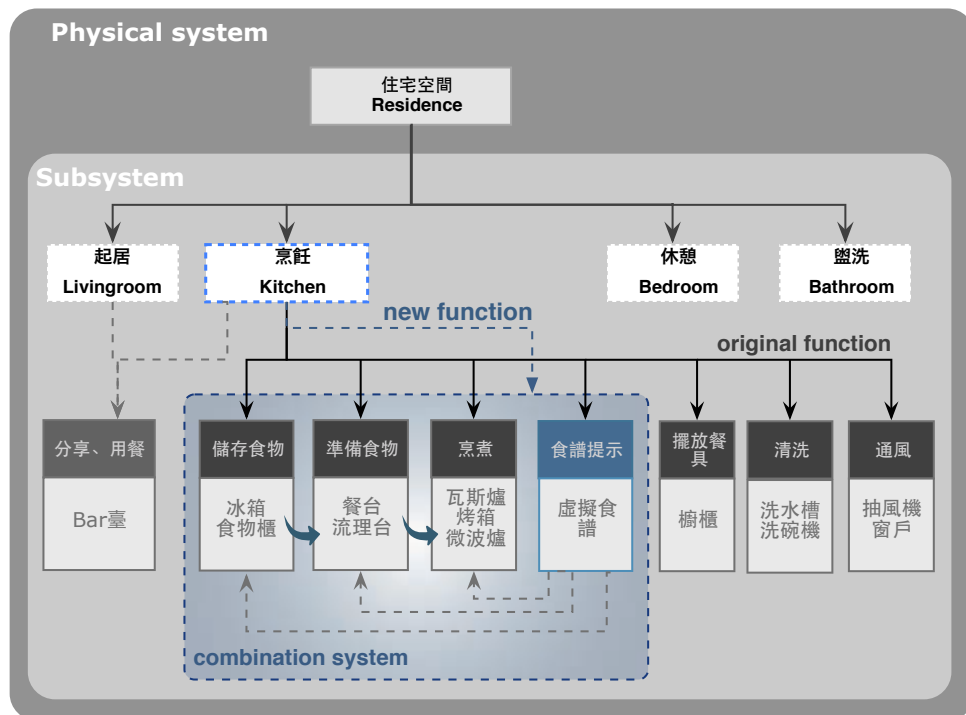


圖 3-6 AR 廚房空間機能架構圖

3.2.1.2 就元素看機能

在觀察一般廚房空間在使用的過程中，他其實有多重的任務在同一時間或不同時間被執行著，而使用者往往都需要運用判斷力去決定什麼時間可以進行下一個步驟。因此 Bonanni 等人 (2005) 所提出的擴增實境廚房，藉由整合系統的提醒來減少使用者在操作廚房工具的反應時間。因此 Bonanni 等人 (2005) 藉由投影的技術擴大廚房空間元素的使用介面及顯示資訊，也就是說在 HCI 科技的輔助之下，使空間中的元素除了具有原本的機能外還擁有不一樣的機能產生。

而廚房空間中的組成元素如圖 3-6 中可看出包含有冰箱、餐台、流理台、洗水槽、瓦斯爐、儲物櫃、抽風機、洗碗機等等，因此就前述的幾項元素分別來看 Bonanni 等人 (2005) 所提出的擴增實境廚房的機能變化 (如圖 3-7)：

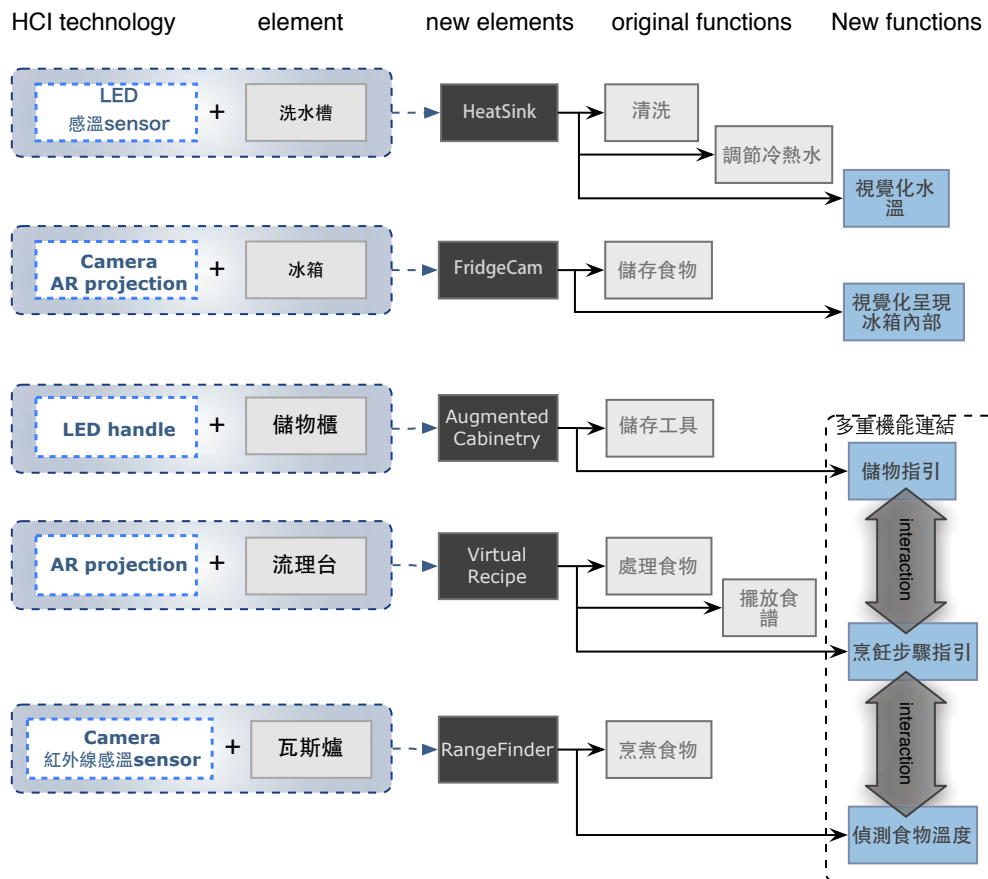


圖 3-7 AR 廚房就元素看機能變化

1. 「感知溫度的洗水槽」(HeatSink)：為了減少使用者在使用水龍頭時判斷水溫的反應時間、降低燙傷的可能性，藉由投影紅、藍色的燈光來視覺化目前的水溫以減少藉由使用者手測試溫度以調整水龍頭冷熱所耗費的時間 (如圖 3-8)。
2. 「反應內容物冰箱」(FridgeCam)：將設置在冰箱內部的攝影機與外部的投影機坐連結，並將冰箱內擺放食物的影像投射在冰箱門上，以此可讓使用者不用太頻繁的開啟冰箱，可減少常開關門所導致的能源浪費 (如圖 3-9)。
3. 「擴增實境櫥櫃」(Augmented Cabinetry)：藉由投影在流理台上的指示箭頭與儲物櫃把手的 LED 提醒，讓儲物櫃除了具有儲存功能還具備有給使用者指引的功能 (如圖 3-10)。
4. 「虛擬食譜系統」(Virtual Recipe)：透過擴增實境的技術讓儲物櫃轉變為可讓使用者與之互動的虛擬食譜，且透過不同的手勢可控制烹飪過程的步驟，且此虛擬食譜的整合系統還可與 RangeFinder 作連結 (如圖 3-11)。

5. 「感知熟度瓦斯爐」(RangeFinder)：利用紅外線的感溫裝置輔助偵測瓦斯爐上正在烹煮食物的溫度 (如圖 3-12)。

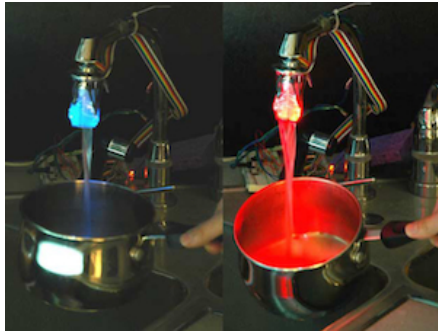


圖 3-8 感知溫度洗水槽 (Bonnani et al., 2005)



圖 3-9 反應內容物冰箱(Bonnani et al., 2005)



圖 3-10 擴增實境櫥櫃 (Bonnani et al., 2005)



圖 3-11 虛擬食譜系統 (Lee et al., 2006)



圖 3-12 感知熟度瓦斯爐 (Bonnani et al., 2005)



圖 3-13 AR Kitchen 配置 (Bonnani et al., 2005)

因此由圖 3-7 中可看出，就元素來看，AR 廚房中的元素配置的位置和傳統空間相同，但其機能變化和傳統空間並不相同，其元素不但保留原本的機能外，為了讓提昇烹飪過程中的安全及效率又添加了新的機能，例如：保鮮食物的冰箱，透過內部攝影機的輔助讓使用者減少開起關閉冰箱門的次數，且讓使用者可更清楚的得知冰箱內部食物儲存的種類與數量；而除了元素的新機能外，由虛擬食譜

(Virtual Recipe) 的新功能中更可整合現有的幾種不同機能的，更強化元素間的連結與使用效率。

3.2.1.3 機能和元素交互關係

就建築的觀點來看，由上述兩個部分的分析可得，狹義的來說，空間中的元素隨著時代的不同會漸漸轉化為更符合時代的新元素，而此種新元素則是源自於舊元素的變體，例如：廚房空間舊有的「磚造爐灶」對應現代的「瓦斯爐、烤箱」等設備；「通風窗戶」對應現代的「抽風機」等。而由 Bonanni 等人 (2005) 所提出的 AR 廚房即可清楚的看出便利性、效率、安全性是現今使用者所期望更好的廚房空間，以及所提出 21 世紀的智慧空間概念—如何將不要的元素去除，並提出更精簡且具有多功能的元素，而就建築中的元素組成概念來說此智慧空間的特色即為「簡化空間元素」以及「增加元素的機能性」，而新元素的出現也會改變空間內部的配置，因此也讓空間產生了也別於傳統的「新配置」。

而在傳統建築空間與智慧空間中使用者與空間的互動上也有些微的改變，例如：AR 廚房中所提出的 FridgeCam 讓使用者會先確認食物在冰箱上的配置再開啟冰箱門以減少開關冰箱所浪費的能源；HeatSink 藉由顏色的辨認讓使用者可藉由視覺的判斷去偵測目前的水溫以進行下一個步驟；Virtual Recipe 的整合性系統藉由投影在櫥櫃上的烹飪步驟連結流理台上的步驟指引與瓦斯爐上的感溫偵測裝置，讓使用者可依循步驟配合空間的配置提醒準確、快速且安全的完成烹飪流程，以減少過去在烹煮過程中找尋工具、食材等依據經驗直判斷所耗費的時間。因此由圖 3-10 中更可看出透過 HCI 的輔助之下讓元素可將輸出 (output) 的狀態轉換為可被辨識資訊，免去了許多步驟也提昇了烹飪過程中準確、效率與安全性。

就機能與元素的關係來看 (如圖 3-14)，可發現 AR 廚房的元素包含有兩個種類：1) 源自於舊有元素的變形，2) 全新的元素。而另一方面也可看出空間中的元素不僅包含了「實體元素」，還遍佈著輔助資訊流動的「虛擬元素」。且這些虛擬元素在 HCI 的輔助之下，讓元素不僅保有其原本的特性還具有轉化、傳遞不同資訊的能力，例如：HeatSink、RangeFinder 以及 FridgeCam 等，其中的 RangeFinder，它藉由紅外線感熱裝置，讓原本只有加熱功能的瓦斯爐 (stove) 可遠端的監視瓦絲爐上的食物熟度，也就是如圖 3-14 中，不需要在像傳統瓦斯爐一樣需用使用者經驗判斷食物烹煮的狀態，也就是瓦斯爐在 HCI 的輔助之下轉變為可傳達訊息裝置。也因此透過此元素和機能的交互關係中可觀察出在 HCI 所影響下的智慧空間，實體元素與虛擬元素是同等存在的，此外資訊的傳遞也是其機能和元素所產生交互關係重點。

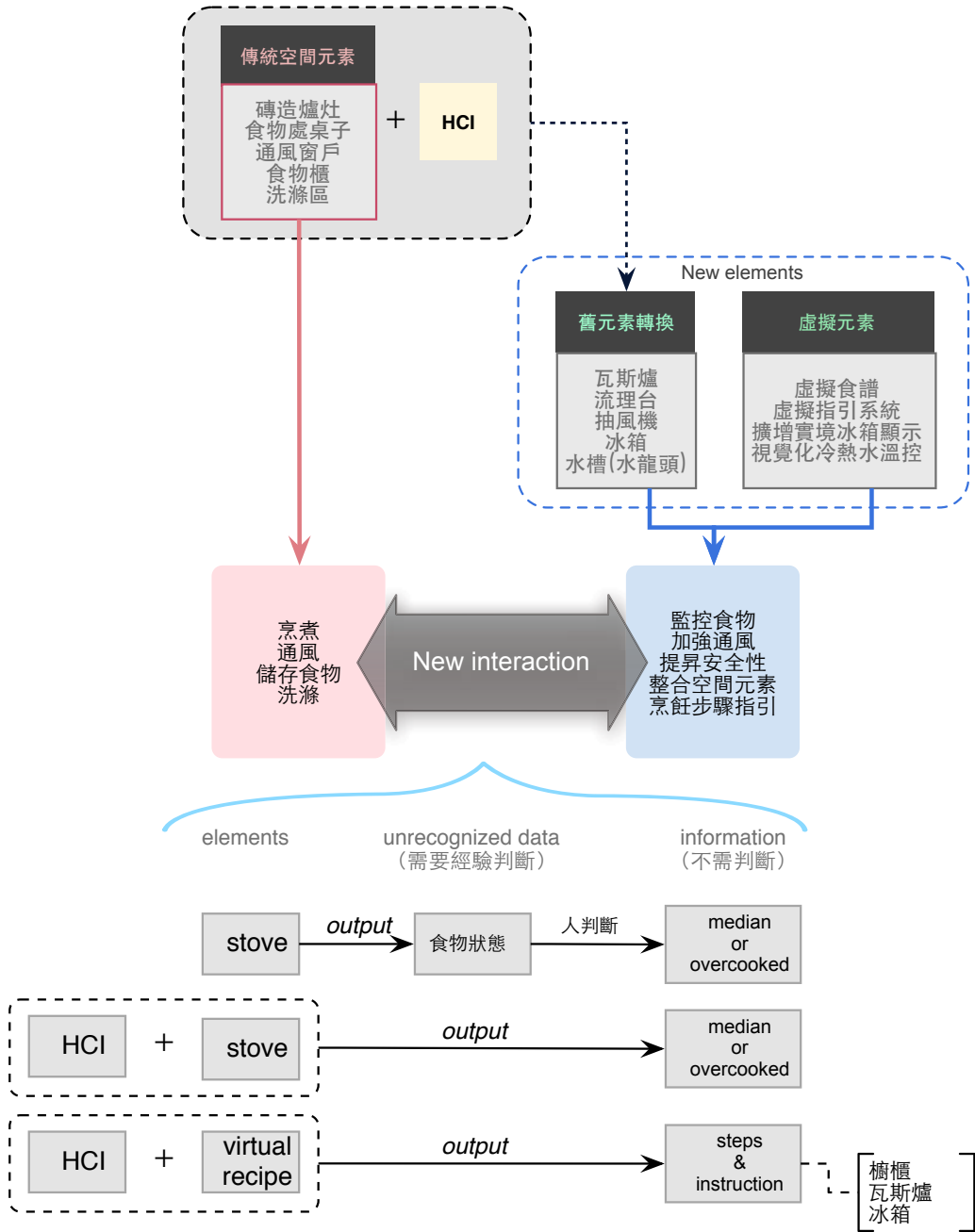


圖 3-14 AR Kitchen 的機能與元素交互關係

3.2.2 智慧辦公空間 Case 2: AmbientROOM

AmbientROOM 是由 MIT Media Lab 的 Ishii 等人 (1998) 所提出的實驗性案例，此案例的概念是提出一個「人」和「虛擬數位資訊」(human and online digital information) 的新介面 (new interface)。因而 Ishii 等人實際創造出一個個人化的工作空間稱之 Personal Harbor™，希望藉此空間作為一個可以表達數位訊息流動的平台，且此平台可藉由擴增實境的技術擴大實體空間環境 (physical space) 讓使用者彷彿置身在電腦環境中，其意謂著將虛擬環境的元素表達在實體環境媒材中，例如：環境燈光、音樂、風的流動、實體的移動等作為使用者注意力之外的背景顯示 (Wisneski et al., 1998)。

3.2.2.1 就機能看元素

本研究先從辦公空間機能開始探討，辦公空間隨著時代的演化由原本「廚房一隅」轉變為「住宅的一樓」，到 19 世紀工業時代才正式的走出住宅而開始有「獨立的辦公建築」產生 (Klein, 1982; Pevsner, 1979; Mumford, 1970)。而辦公空間是一個需要同時處理多元事務的場所，就前一章節中的先前研究圖 2-9 可看出辦公空間組成機能即包含有：「會議機能」、「工作機能」、「社交機能」、「衛生機能」、「處理資料機能」、「設備機能」等 (Klein, 1982)。辦公建築中的「工作空間」來說其機能的組成又可大致細分為：「可文書作業」、「可資料整理」、「安靜」、「採光」、「可通風」、「可擺設裝飾、提醒便條」等複合式機能的空間 (如圖 3-15)。且不同規模的辦公空間其工作空間的大小也不盡相同，例如較小的的工作室，其含蓋有大型辦公空間的大致機能，且上述所提及的機能皆能夠濃縮在這小型的工作是當中。

而就建築空間的機能角度來看，Ishii 等人 (1998) 所提出的 AmbientROOM 中，其空間機能組成和傳統的工作空間幾乎相同，但其提出了一個有別於傳統的機能，是將實體空間的元素作為呈現虛擬元素的溝通介面 (如圖 3-16)，也就是說 Ishii 等人 (1998) 將虛擬資訊的流動以視覺化方式表達整合在實體空間中的燈光、空間音響等，且透過此系統將空間的元素連結在一起，因此就機能來看此案例提出了一個「另類傳達虛擬資訊流動」的新機能，但其構成的元素卻是原有傳統空間所配置的元素；反之可看出其元素所擁有的機能和傳統空間就不盡相同了，例如：工作室的燈光，除了有照明功能外還可以藉由不同的投影型態來表現 email 的數量。

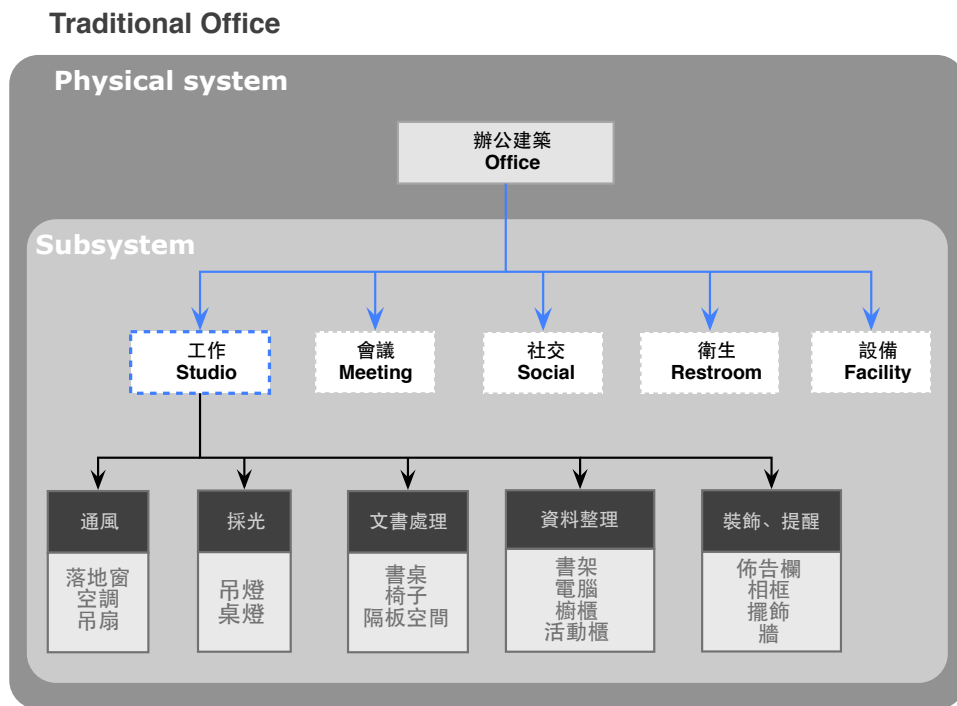


圖 3-15 傳統辦公空間機能與元素交互關係

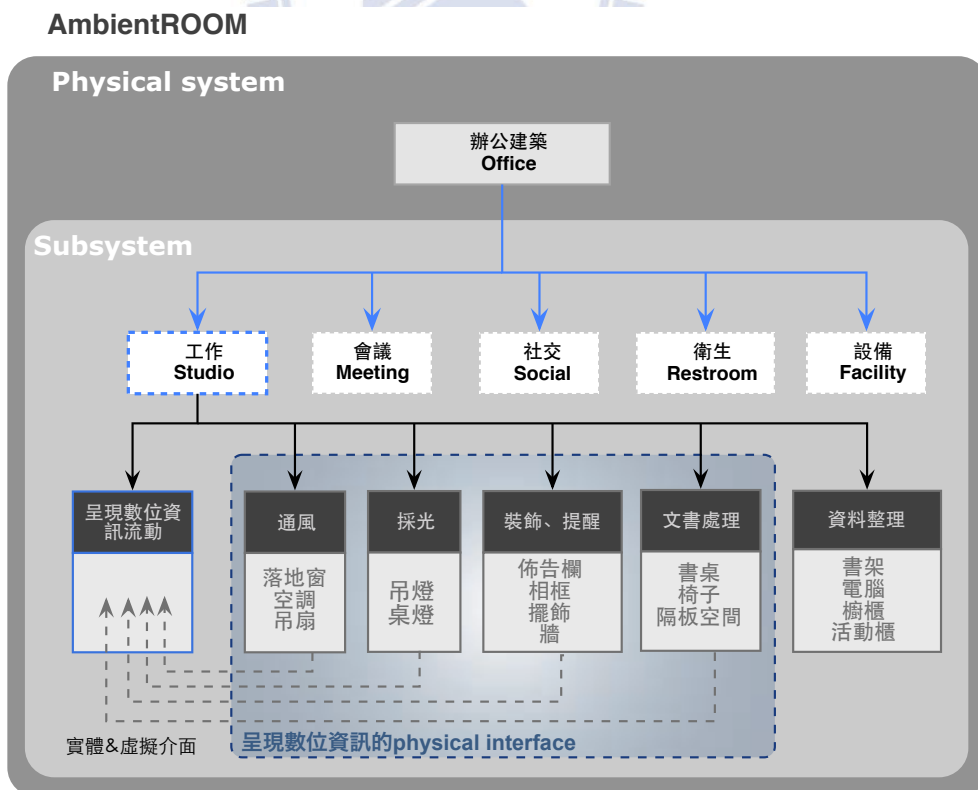


圖 3-16 AmbientROOM 的機能與元素交互關係

3.2.2.2 就元素看機能

就元素來看，此案例 AmbientROOM 的概念是希望可以提出一個人和實體空間和虛擬空間的新介面，Ishii 等人 (1998) 認為人們看不見的虛擬環境和現實環境是並存且同時在進行的，但使用者卻只能透過電腦等 HCI 方式與虛擬資訊做連結，因此此案例的目的是希望可以將虛擬的資訊狀態以自然的方式呈現在環境的氛圍，就像是人們在專注在工作時也同時可以察覺到環境的冷熱變化、氣候等等 (Ishii and Ullmer, 1997)，其所提出的很重要的概念是希望可讓空間中流動的數位訊息 (bits) 轉變為可觸式的訊息 (tangible bits)。因此就此案例所包含的元素來看機能的變化，元素的種類如下：

1. 「情境式天花板」(Water ripple)：藉由 HCI 的輔助讓辦公室內的環境燈光轉變為可顯示遠距離親友的動態情形的投影水波紋，以此可透過天花板的紋路了解到對方的近況且進而予以關心等 (如圖 3-17)。
2. 「工作人數顯示牆面」(Light patches)：藉由 HCI 的輔助，讓隔板牆面上投影的人形圖示動態 (active wallpaper) 顯示並對應出 (mapping) 目前公司裡其他人員的即時的工作數量，因而此牆面除了作為阻隔空間外還可以表達公司人員活動的狀態 (如圖 3-18)。
3. 「環境音效」(Natural soundscapes)：將自然界的聲音雨林、鳥叫聲做為室內空間環境音效，並將此音效與網路資訊中的電子郵件做對應，讓使用者依據雨聲的大小判斷出目前有多少信件、簡訊尚未被讀取。此外，當辦公室中的白板被使用同時，環境音效會將書寫白板筆的聲音低音量播放在空間的背景音效中，以此可對正在工作的使用者給予適當的提醒。
4. 「數位資訊容器」(Bottle)：透過實體玻璃瓶呈現許多虛擬資訊流動的狀態，並藉由打開瓶蓋所產生的交通環境音效來反應、了解到目前網路的流量速度等 (如圖 3-19)。
5. 「情境記錄時鐘」(Clock)：此牆上的裝飾時鐘可記錄空間中環境的變化情形，讓使用者可自由的調整到某個時刻去觀察當時所有情境狀態，例如中午時間工作的人數、email 的數量等等 (如圖 3-20)。



圖 3-17 情境式天花板 (Wisneski, 1997)

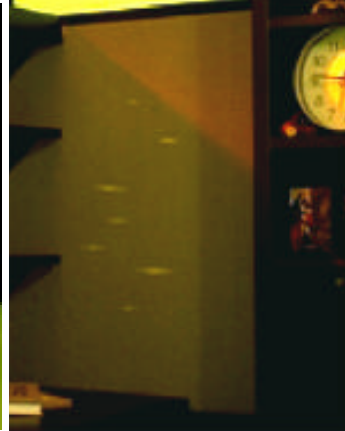


圖 3-18 工作人數動態顯示圖案 (Wisneski, 1997)



圖 3-19 資訊容器 (Ishii et al., 1998)



圖 3-20 情境記錄時鐘 (Ishii et al., 1998)

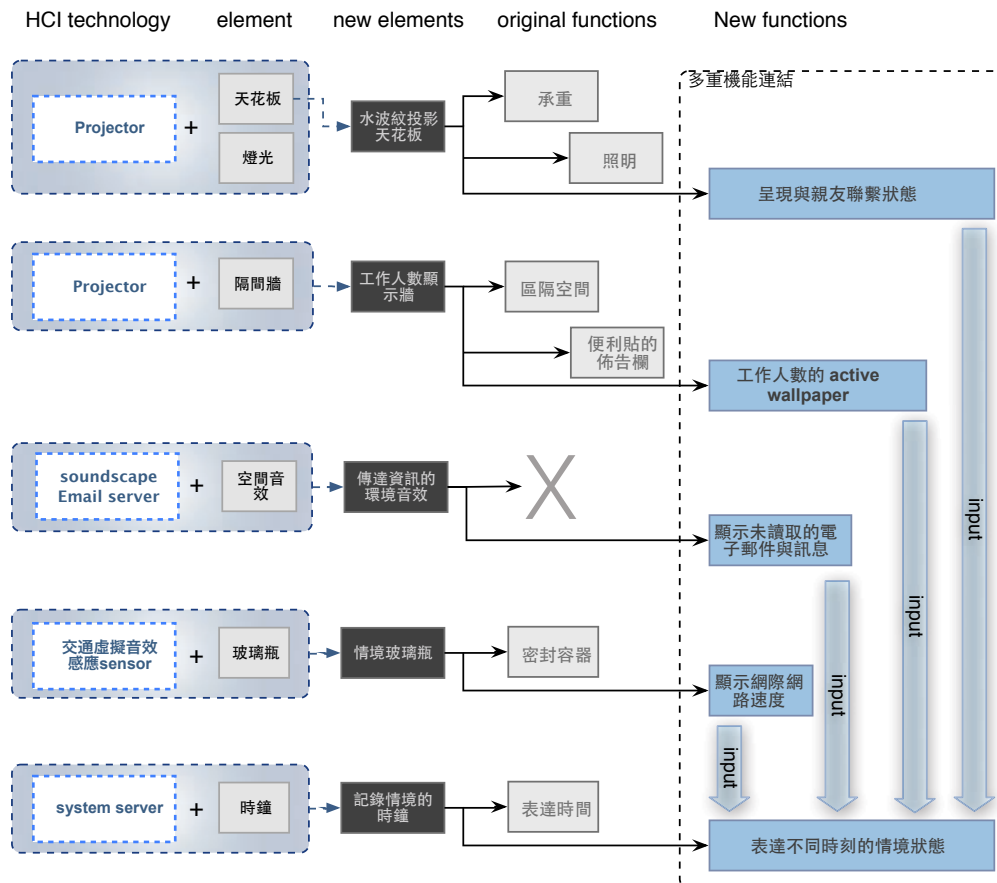


圖 3-21 AmbientROOM 的元素看機能變化

如圖 3-21 中可看出此案例中元素除了清楚的表達其原本的機能外，還可呈現虛擬數位資訊狀態，而有別於一般辦公空間的是，此案例透過巧妙的組合將「非實體的元素」自然的音效（雨聲、鳥叫聲等）與辦公空間重要的訊息和情境做連結，此外又透過時鐘與系統的連結，可藉由手動控制實體的時鐘時間去呈現過去時間軸上辦公空間的情境（訊息流動的狀況）。以此也可看出透過 HCI 的幫助，實體的空間元素不但擁有本身的機能外還可接收、轉譯、並表達虛擬訊息給使用者，簡言之，空間的流動元素可透過實質的空間元素來傳達語彙，且其元素間有著複雜的連結關係存在，例如圖 3-21 中的牆面所傳達公司員工即時的動態人數花紋、玻璃瓶所裝載的即時網路速度、以及辦公空間的即時水波投影等情境都被記錄在強上的時鐘裡，即可看出牆面時鐘除了可表達時間外還可與牆面、玻璃瓶、以及空間音效做互動。

3.2.2.3 機能和元素交互關係

由前兩小節來看機能和元素的關係，可就二個部分分別進行探討：1) 就元素和機能的觀點；2) 就元素間的互動（即機能間的互動）來觀察其交互關係。而就元素和機能的觀點來說，由本案例可看出其所產生的新元素皆源自於傳統空間的舊元素轉換，且其元素不但具有原本的機能外，還能表達虛擬資訊流動的狀態，而此案例所產生的新元素包含有：「可表達工作人數的即時牆面」、「與客戶聯繫的天花板投影」、「對應 email 數量的情境音效」、「敘述即時網路流量的玻璃瓶」、「記錄著歷史情境的時鐘」。

此外辦公空間是一個同時要處理多重任務 (multi-tasking) 的場所，其任務種類包含有書面的、會議的、語音的 (電話)、以及電腦內部的電腦郵件資訊等，因此對於辦公空間的設計上必須創造出一個同時兼具公開以及私密的空間情境，且能同時接受不同來源訊息的工作空間，因此 Ishii 等人 (1997) 所提出的 AmbientROOM，讓空間中的實體元素與虛擬元素整合在一起，將來自不同管道的訊息依據「不同級別」、「優先順序」以最適切的方式表達在實體元素中，以此也顛覆了傳統建築對於實體元素的既定機能及配置，換句話說，如圖 3-22 就可清楚的看出，在過去隔間牆具有阻隔、圍塑空間的機能但卻無法表達任何的訊息給使用者，而透過 HCI 的幫助之下使其轉換為可輸出即時使用者人數的動態投影牆面，而這些顯示在牆面的動態花紋也可以較安靜、不被打擾的方式讓使用者察覺到，因而此案例透過這種有別於以往的對應方式 (mapping)，即可提出一個更有效率的工作情境。

在元素間的互動上，也可發現透過 HCI 的輔助下空間中的實體元素除了轉化為具有傳達虛擬訊息的介面，且可讓虛擬元素傳遞在不同實體元素中，而空間中表達時間的時鐘元素又可將空間情境 (虛擬訊息流動) 記錄下來，因此時鐘元素有別於其他空間元素，除了能夠輸入多種資訊能力還可與空間中其他元素產生間接的互動。

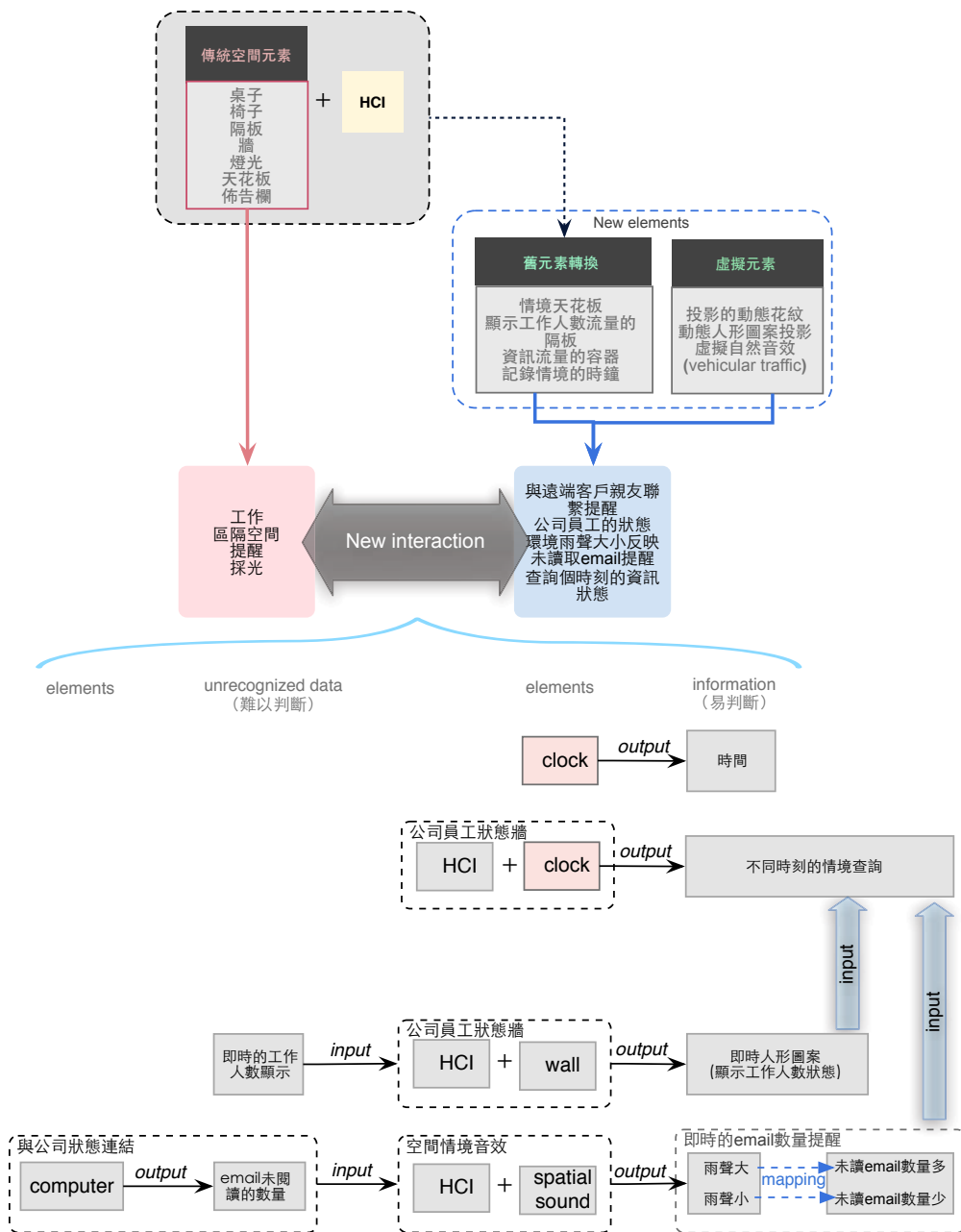


圖 3-22 AmbientROOM 的機能和元素交互關係

3.3 交大建築所的智慧空間案例

3.3.1 智慧住宅空間 Case 3: Time Home Pub

此案例為 2007 年於台北市立美術館所展覽的智慧空間案例，其為明日建築展的其中一個展區，概念是希望能夠提出一個能夠隨著使用者的心境、行為所改變的空間情境，且此空間提出一個有別於傳統的溝通介面，讓使用者可以透過家具、空間的裝飾的與過去的記憶作互動，透過 HCI 的輔助將空間中元素的連結在一起 (Huang et al., 2009)。

3.3.1.1 就機能看元素

就機能來說，住宅空間雖是屬於私密的空間，但其中的起居空間卻是一個屬於私密與半私密的公共空間，他是家人、親友間社交、談天、休閒的場所，因此我們常稱之為接待客人的「客廳」，而相較整個住宅空間來說，他就是一個公共場所，一般來說起居空間的機能組成包含有：「採光通風」、「環境氛圍」、「收藏裝飾」、「電視影音」、「看書報」、「喝茶聊天」、「休憩」等。而由圖 3-23 可看出傳統起居空間的機能組成其彼此並沒有太多的連結性，例如：可提供看書報、喝茶聊天、休憩等生活場所，且其機能組成的元素為沙發、茶几、書報等，此三種元素雖為構成此空間的重要元素，但其彼此間卻沒有實質的連結性。

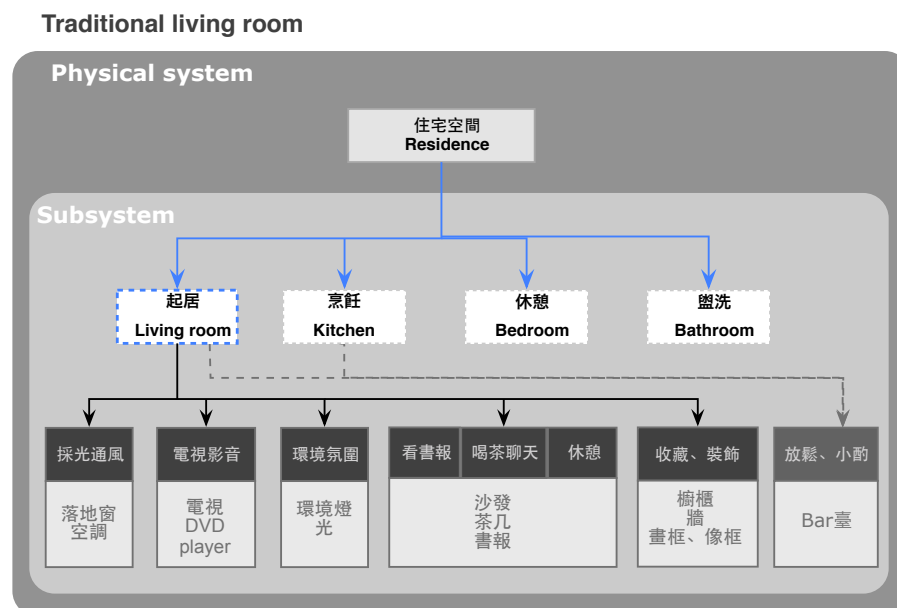


圖 3-23 傳統起居空間的機能組成

但 Huang 等人 (2009) 所提出的 Time Home Pub 卻將許多空間的元素包含實體的空間元素、可移動的家具、以及生活日用品等連結在一起，如圖 3-24 可看出透過 HCI 的輔助讓茶几轉換為可與空間元素連結的主要互動介面，其不但可與空間中牆面上的裝置桌上的像框等互動，Time Home Pub 的系統還可依循使用者的動作、狀態給予適當的情境回饋，例如：環境燈光、音樂等。因此就空間機能來看，傳統空間與此智慧空間的訴求並無太大的不同，但透過 HCI 的輔助讓更強化了空間元素彼此的連結性，另一方面也提供給使用者更人性化的空間介面，而這種人性化的介面是過去傳統空間所無法表達的。

Time Home Pub

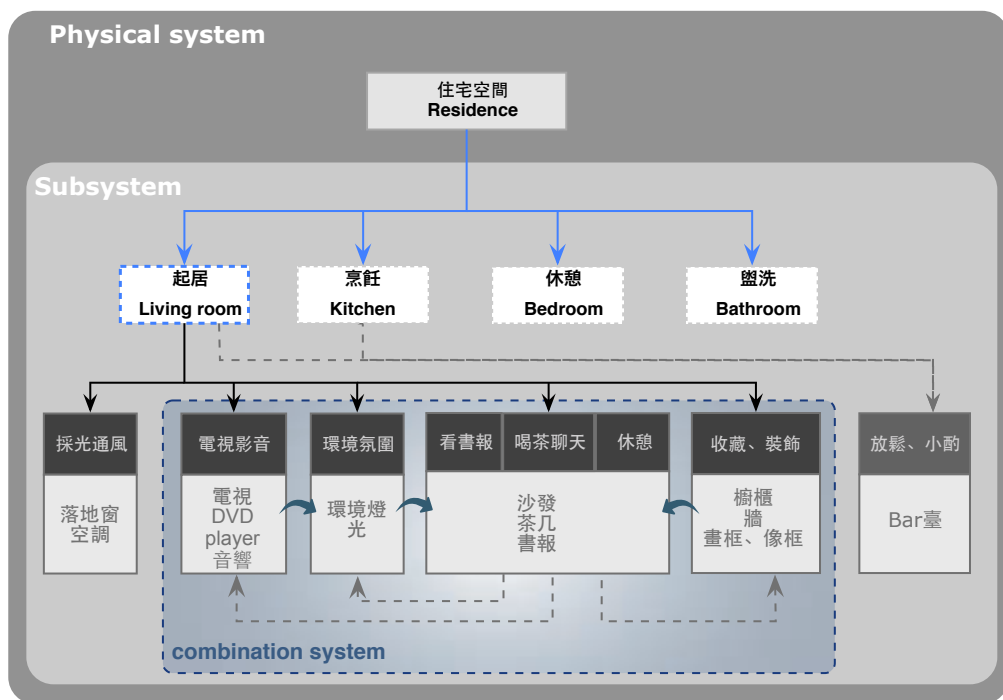


圖 3-24 Time Home Pub 空間機能組成

3.3.1.2 就元素看機能

就元素來看機能，Huang 等人 (2009) 所提出的智慧起居空間，是希望可以藉由 HCI 的輔助營造出符合使用者狀態的情境轉換，起居空間是一個可以提供使用者休憩、招待賓客、休閒娛樂的公共、私密的場所，而此案例則提出一個會依據不同使用行為而改變空間情境氛圍的智慧空間，且透過 HCI 讓空間中實體和虛擬的環境氛圍彼此緊密的連結在一起。因此就空間中單一的元素來看機能變化：

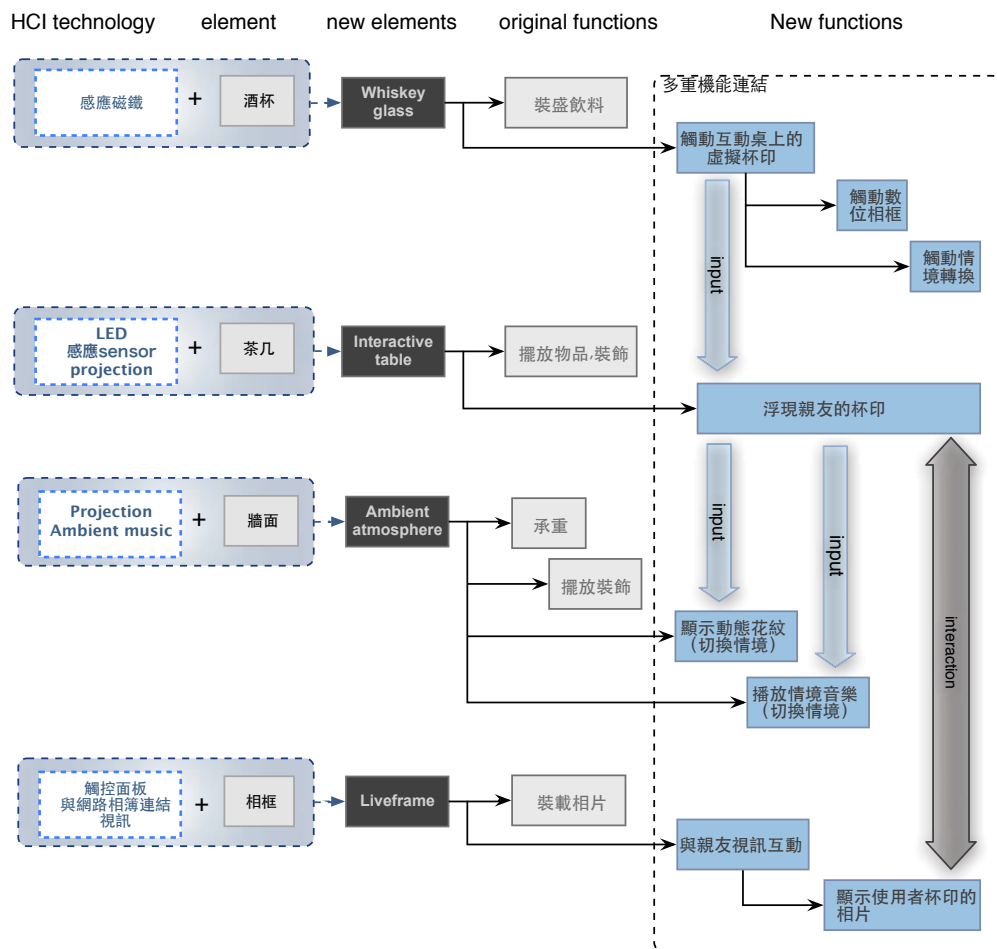


圖 3-25 Time Home Pub 的元素看機能變化

1. 「互動茶几」(Interactive table): 此互動茶几具有和一般茶几相同的功能, 但透過 HCI 的輔助他可與桌面上的像框、以及空間情境做連結, 且此互動桌面又可呈現使用者記憶的軌跡與像框中朋友的聯繫情形, 透過此互動桌使用者與空間、人的情感有更緊密的連結 (如圖 3-26)。
2. 「可感應酒杯」(Whiskey glass): 此 Whiskey 酒杯他有一般酒杯的功能之外, 還可喚起桌面上曾到訪過的朋友留下的杯印 (如圖 3-27)。
3. 「數位相框」(LiveFrame): 此數位像框和傳統相框一樣能夠呈現實體的相片, 但透過與互動桌面、酒杯連結, 將酒杯移動到特定的杯印上更可觸動像框呈現親友間的相片 (如圖 3-28)。
4. 「情境式牆面」(Ambient atmosphere): 此空間牆面, 在一般模式 (normal mode) 下與一般牆面相同, 但此牆面情境又與互動桌面連結在一起, 也就是說當使用者使用互動桌面時, 此桌面又會依據使用者的行為改變空間情境給予適當的回饋 (如圖 3-29)。



圖 3-26 互動茶几 (Huang et al., 2009)

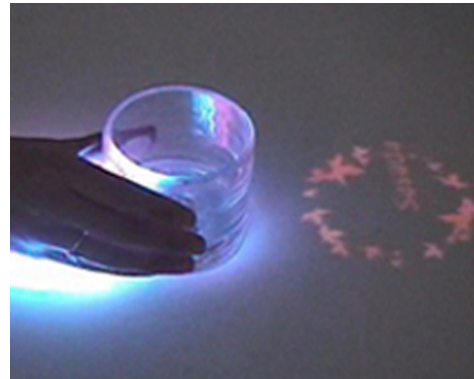


圖 3-27 可感應酒杯 (Huang et al., 2009)



圖 3-28 數位相框 (Huang et al., 2009)



圖 3-29 環境氛圍 (Huang et al., 2009)

就圖 3-25 中可清楚的得知就元素來看其機能變化，此案例藉由 HCI 的輔助其空間元素轉換為具備有連結功能的物件元素，實體的空間中如上述所提的元素雖彼此無相關連性，但透過互動桌面的平台則可牽動整個空間的可動與不可動的元素，例如：原本用來承重的牆面可藉由偵測使用者的動作而轉變為與空間情境呼應的動態花紋，如 Bar 模式中的動態投影等。因此此案例就建築組成來看，其與一般住宅的機能相同，但透過不同情境的切換，則可看出傳遞在不同元素中的虛擬數位訊息連結了整個實體建築的結構。

3.3.1.3 機能和元素交互關係

由前兩小節來看機能和元素的關係，可就二個部分分別進行探討：1) 就元素和機能的觀點；2) 就元素間的互動（即機能間的互動）來觀察其交互關係。而就元素和機能的觀點來說，由本案例可看出其所產生的新元素皆源自於傳統空間的舊元素轉換，這些元素（牆面、茶几、酒杯、相框等）和傳統元素一樣具有相同的外觀

及機能，卻又分別具有各自的新機能，例如：由茶几所轉變的互動桌面，其可顯示酒杯的軌跡、時光的杯印，還可與空間環境、數位相框做互動等機能，因此所產生的新元素可歸納出「互動茶几」、「可轉換的情境燈光與音樂」、「可與之對談的數位相框」、「作為情境切換的酒杯」。

就其元素間互動關係來看，可發現如圖 3-30，住宅空間在 HCI 的影響下強化元素間彼此的互動性，而元素間彼此的互動上即是透過一種「虛擬資訊元素」流竄在不同元素之間，而這種虛擬的資訊元素即是因為 HCI 科技出現後所產生的新元素，例如：原本起居空間的「茶几」無法傳達任何資訊，但透過 HCI 輔助使其擁有輸出虛擬資訊的能力—互動桌面（例如：時光杯印）；而原本作為結構機能的元素—「牆」透過 HCI 的輔助也轉換為可輸出虛擬資訊的情境牆面，且此情境牆面又可依循不同的狀況轉換空間情境與互動桌面產生連結性，其兩元素之間的互動性即是虛擬資訊元素流動所產生的互動性。由此也可看出傳統空間與智慧空間最大的不同則是智慧空間中存在著許多訊息的流動，而透過這種訊息流動(input/output)讓空間配置漸漸的產生的連結性，而這些流動的虛擬資訊元素也成為設計者不可迴避的重要元素之一。



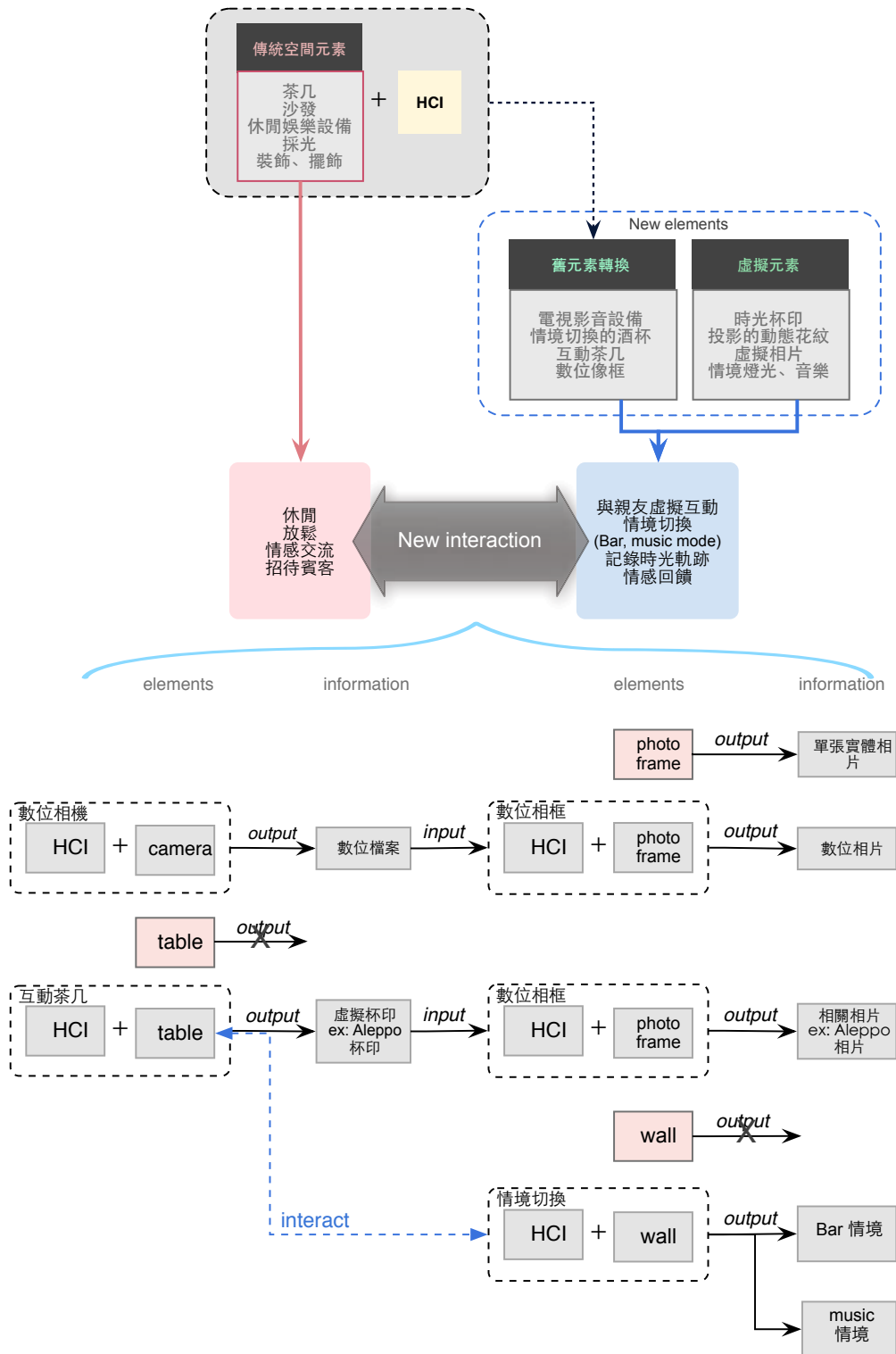


圖 3-30 Time Home Pub 機能與元素交互關係 (Huang et al., 2009)

3.3.2 智慧辦公空間 Case 4: BCI studio

工作室 (studio) 在韋氏字典中被定義為：「一個提供給藝術者創作的工作空間，又或者是研究藝術的地方」，在 Huang (2006) 所提出的 BCI studio 中希望可以藉由腦波介面的輔助以提出一個較直覺且自然的工作空間，且此工作室會依照使用者的狀態改變空間情境 (如：燈光、溫度、背景音樂等等) 來滿足使用者需求，此案例提出了一個讓人維持清醒的工作室，當使用者覺得眼睛疲勞感到勞累的同時，此空間環境會調整燈光的亮度給予適切的回饋，讓使用者恢復清醒的狀態。

3.3.2.1 就機能看元素

如前小節 3.2.2.1 所述辦公空間的機能是要能夠提供給使用者一個可以處理公務的工作環境 (圖 3-15)，其機能組成包含有：「工作」、「會議」、「社交」、「衛生」、「設備」等多重的機能組成，且這些機能組成雖是在同一個建築空間環境卻要能彼此區隔，且能夠營造出公共、私密與半私密空間來滿足以上的空間機能。而其中較小單元的工作室其空間規模雖較一般辦公空間較小但其組成又含蓋有一般大規模公司的機能組成細項，其機能包含有：「通風」、「採光」、「文書處理」、「資料整理」、「裝飾與提醒」等。

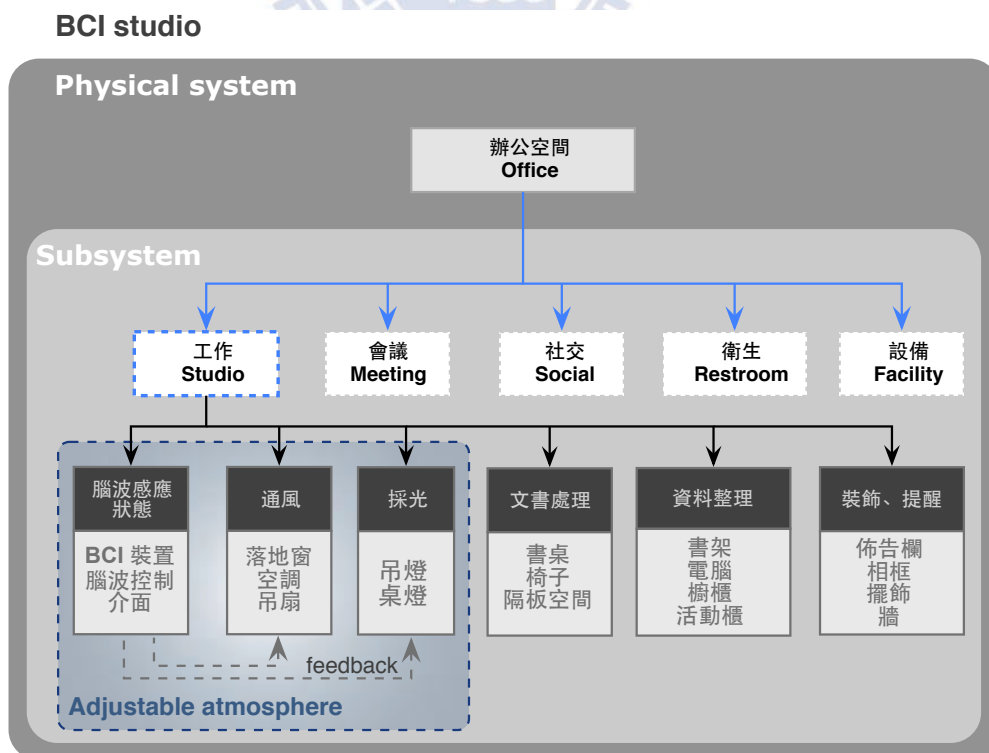


圖 3-31 BCI studio 就機能看元素

而 Huang (2006) 所提出的 BCI studio 中，其機能組成和傳統辦公空間最大的不同即是提出了一個可感應使用者狀態的腦波裝置，且此腦波感應器又與空間氛圍的主要控制系統相連結，也就是說此空間除了可提供一個可提供使用者工作的環境外，且空間環境還可依循使用者的狀態給予適切的環境氛圍回饋，此空間氛圍的構成又與空間顏色、燈光亮度、環境音樂、以及溫度有關，因此從圖 3-31 中可看出，腦波感應的系統機能又與通風、採光機能有關連性。

3.3.2.2 就元素看機能

就元素來看，Huang (2006) 所提出的 BCI studio 中，是希望能藉由 HCI 的輔助提出一個更自然且直覺的工作空間，且此案例為系統雛型，因此其實際空間裝置上即沒有太複雜的元素之間的連結，而概念上其主要是藉由腦波的感應裝置與空間元素燈光、空調、環境音樂做自然的互動。當使用者在工作中感覺勞累時，環境燈光會依據使用者腦波的狀態調節光線強弱、並降低溫度以提供給使用者適切的工作環境，因此就空間的元素來看，此案例包含有以下幾個項目：

1. 「腦波感應帽子」(BCI cap)：為了能夠偵測使用者的腦波狀態，藉由裝置在帽子上的電極點以取得使用者的腦電波 (EEG) 並藉由系統判別以得知使用者的身心狀態 (圖 3-33)。
2. 「情境式燈光提醒」(Peripheral lighting alarm)：此情境的燈光藉由 HCI 的輔助將環境的光線亮度依照使用者狀態轉換為五個等級的亮度以給予使用者適切的背景光線回饋 (圖 3-34)。
3. 「環境溫度」(Ambient temperature)：此空間的溫度、通風也會影響使用者的工作情形，因此在 Huang (2006) 所提的概念中即提出除了光線亮度外，也可藉由 HCI 的輔助讓環境的溫度、通風予以適當的調節以提出最舒適、有效率的工作環境。

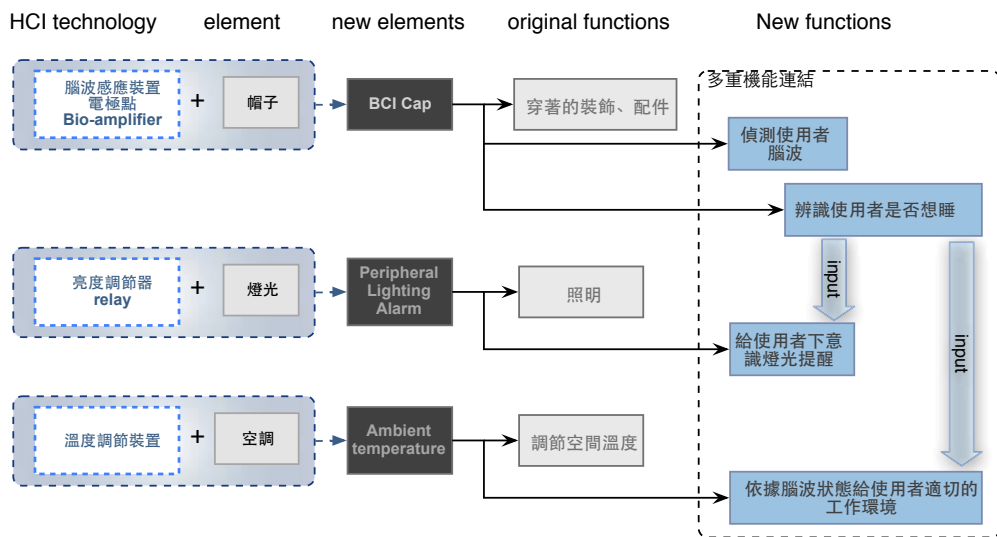


圖 3-32 BCI studio 元素看機能變化



圖 3-33 腦波感應帽子 (Huang, 2006)

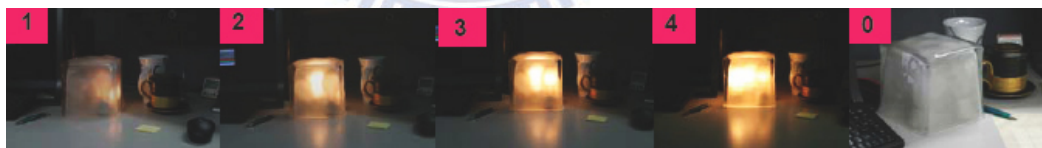


圖 3-34 環境燈光提醒 (Huang, 2011)

如圖 3-32 中可發現，此空間的元素燈光、空調在 HCI 的輔助下，除了保有原來的機能外，還轉變為可與環境氛圍結合的情境元素、以及可給予使用者提醒的燈光控制，這些情境元素的改變都會依循著使用者的目前腦波狀態而作調整，反之，腦波介面的 BCI 電極帽會藉由所取得的腦波狀態而控制 (input) 周圍燈光、以及環境溫度。以此可看出此智慧空間使用者不需要主動的控制空間環境，而空間環境會主動的依照使用者狀態改變情境給予最適切的回饋。

3.3.2.3 機能和元素交互關係

由前兩小節來看機能和元素的關係，可就二個部分進行探討：1) 就元素和機能的觀點；2) 就元素間的互動上（即機能間的互動）來觀察其交互關係。而就元素和機能的觀點來說，可發現此空間並沒有太多全新元素產生，其新元素皆為擴大原有機能的舊元素，而腦波的元素則屬於全新的元素，但卻又是連結整個空間系統的主要元素，因此可歸納出此空間所包含的新元素有：「腦波感應的帽子」、「周圍的環境燈光」、「環境溫度控制」。

由 BCI studio 的案例中可看出，此空間主要的概念是提出一個可以隨著使用者改變空間情境的智慧空間，而使用者不必去主動的調節溫度、燈光等等，也就是此空間可以在不打擾使用者的狀況下去主動察覺使用者的狀態而給予回饋。因此就使用者與元素間的互動來看（如圖 3-35），帽子原本的機能為使用者穿著的裝飾配件等，但在 HCI 的結合下轉變為可偵測腦波並可與空間元素產生互動的新元素，且此案例中所提及的空間元素雖只有環境燈光、以及溫控等等，但其概念是希望能夠與構成空間環境的所有元素產生連結性，這也是此研究所強調的重點。

而由此案例也可觀察出，智慧空間中元素已由過去「被動 (passive) 的與人互動」轉變為能夠「主動的與人互動」的新型態元素，舉例來說，Ishii (1998) 所提出的 AmbientROOM 中，其空間中的窗戶的開口就不再是構成空間的必要元素，藉由虛擬投影牆所則可顯示窗外目前的狀態、桌上的玻璃瓶也可傳達氣候的狀態 (Ishii, 2004)，因此空間中則存在實體元素與流動的虛擬元素，而任何的實體元素都可作為傳達虛擬元素流動的介面，且每個元素間都能產生巧妙的關聯性。

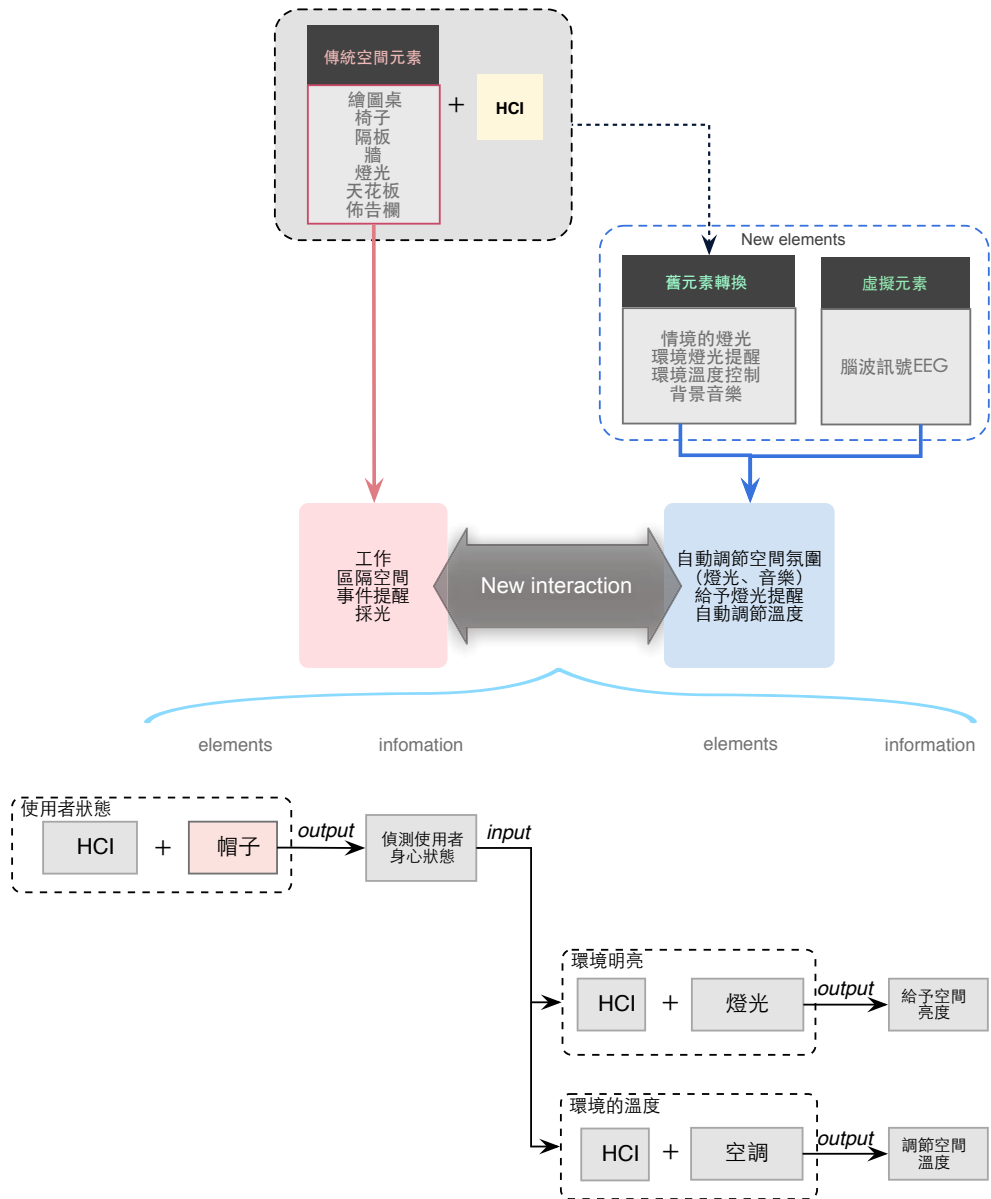


圖 3-35 BCI studio 機能和元素交互關係

3.4 小結

就建築的角度觀察不同時期的建築，可發現建築形式的改變是由於使用者對於不同的空間機能需求所發生的：人們需要更安全的居住環境而有圍籬、城牆的建築形式產生；為了追逐宗教崇高的信仰，而有高聳而華麗的歌德式建築產生；為了因應工業革命後大量的文書作業而有獨立的辦公建築產生；因此，為了提供給使用者更安全、舒適、便利、有效率的生活環境而有智慧空間的產生，而就建築更小的組成分子來看，其空間機能的改變也影響建築元素在空間中的組成與配置。

而就前述的四個案例中 (Bonanni et al., 2005; Huang et al., 2009; Ishii et al., 1998; Huang, 2006) 則可發現其元素的組成在不同時期的機能空間中有些微的改變 (如圖 3-7、3-21、3-25、3-32)，舉例來說，牆、樑、柱等結構性元素隨著時代從原有的結構性元素轉變為兼具支撐與裝飾性的元素如 20 世紀初的現代主義建築 (Summerson, 1966)。而 20 世紀末電腦數位科技影響下建築的外部形體與內部配置裝飾也產生變化，除此之外空間中也產生了不可迴避的流動性元素—「虛擬元素」，而這種新元素也間接讓空間的實體元素間產生了緊密的連結性 (connection)，既有的實體元素在 HCI 的輔助下轉變為可顯示/輸出 (display/output)、記錄/輸入 (record/input) 數位資訊的介面。由此可歸納出，在 HCI 影響下的智慧空間中產生了二種新元素：「虛擬元素」、「轉換實體元素」，且虛擬元素的特色是能夠恣意的穿梭在實體的元素、建築之間、又或整個城市之間，但實體元素則必須限制在建築結構的框架內 (如圖 3-36)。

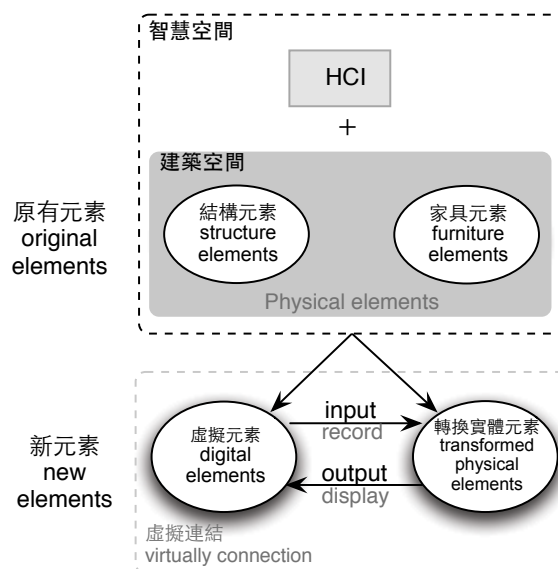


圖 3-36 建築案例分析中元素的變化

構成建築空間的最小單元為建築元素，而每個元素所擁有的能力則為機能，而智慧空間的構成也如是，由圖 3-37 的元素和機能的關係架構中可看出，傳統建築中的元素在 HCI 的影響下產生了如前所述的兩種新元素「轉換的實體元素」、「虛擬元素」，而智慧空間中則同時存在著新舊等四種不同類型的元素，且在不同類型的元素交錯連結下則使空間產生了以下四種不同的新機能（可參考圖 3-37）：

1. 舊的結構性元素 + 新的數位元素：它讓傳統的牆、樑、柱、板等轉變為可展示輸出 (output) 訊息的元素，如 Huang 等人 (2009) 所提出的時光 Home Pub 的背景牆面，隨著使用者行為轉變牆上的動態花紋，以及 Ishii 等人 (1998) 所提出的投影水波紋的天花板，由此可知此智慧空間的牆面、天花板不但具有支撐結構、圍塑空間的機能外，還可以輸出不同的情境。
2. 舊的家具元素 + 新的數位元素：它讓家具轉變為具有顯示 (display) 功能的元素，如 Ishii 等人 (1998) 提出的 AmbientROOM 中的隔間牆面，透過投影的效果讓其呈現即時的工作人數動態，由此可看出此智慧辦公空間的隔板除了具有區隔工作空間的機能外，還具有顯示資訊等佈告欄的功能。
3. 新的數位元素：此種元素基本上來說即是全新的元素，在電腦科技出現時並未存在，例如網際網路中流動的訊息、電子郵件、音效等等，而如同 Ishii 等人 (1998) 所提出的 AmbientROOM 中透過此種環境音效元素也可與網際網路中的電子郵件提醒做連結；以及 Huang 等人 (2009) 在時光 Home Pub 中利用音樂來營造空間的氛圍以提出一個隨著使用者行為而變換的智慧住宅空間。
4. 轉化的舊元素 + 新的數位元素：智慧空間中許多實體的元素在 HCI 的輔助下轉化為兼具舊有機能與新的溝通機能的新元素，換句話說，智慧空間中的某些實體元素在 HCI 的影響下轉變為可輸出和輸入資訊的介面元素，它可將毫無相關的元素連結在一起，例如 Huang (2009) 所提出的互動桌，透過 HCI 科技的輔助讓其與酒杯、相框、以及空間情境連結在一起，且此桌面還能記錄下虛擬的時光杯印，在音樂模式下互動桌更可轉變為傳達音樂律動的花紋；而 Bonanni (2005) 等人所提出的 AR 廚房中，其將虛擬食譜整合在廚房空間的懸吊的櫥櫃上，即在 HCI 的輔助下櫥櫃可轉變為使用者能與之互動的虛擬食譜，且使用者可對其做輸入和輸出的動作。

另一方面，在建築的觀點來說，智慧空間中所產生的「新配置」也為新交互關係的重點，建築計畫為設計過程中重要的步驟之一，其所代表的是使用者對空間的機能要求，因而建築師為了滿足業主的需求則提出一套建築計畫，而這些擁有新機能的新元素也慢慢的改變原有建築計畫的組織結構，也就是說這些賦與新機能的元素會漸漸的改變與其他元素的關聯性，而讓建築的產生「新配置」，例如：因

為空調的發展，建築配置上則出現了完全無窗戶的密閉空間，以及原有的壁爐也逐漸消失；隨著超薄的液晶電視的發展，傳統的電視櫃則空出了許多置物的空間；而本論文所分析的案例之一 Time Home Pub (Huang et al., 2009)，也讓住宅起居空間轉變成複合式機能的空間 (Bar、影音室、客廳)，因而這種複合式機能的空間在配置規劃上也相較以往有更多的彈性；以及 BCI studio (Huang, 2006)中所提出的腦波控制介面出現，是否所有的開關裝置都將永遠消失在空間中？從上述分析結果中也漸漸闡明智慧空間中其數位元素與實體元素間彼此連結的重要性。

因此在建築的研究觀點下，本研究納出機能和素的交互關係中浮現了「新元素」、「新機能」、以及逐漸改變的「新配置」(如圖 3-37)。

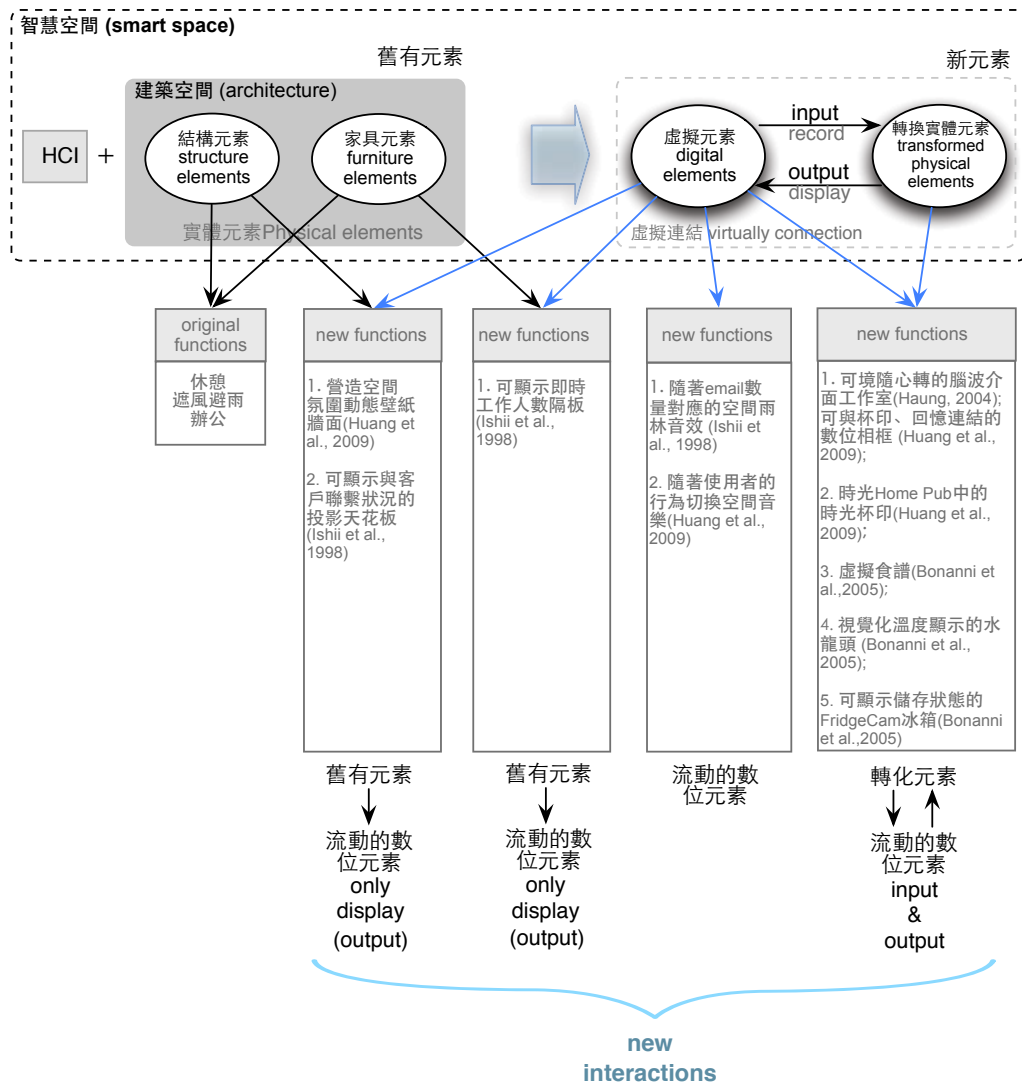


圖 3-37 建築案例分析中元素和機能的變化

第四章 HCI 角度分析評估

本論文中除了藉由建築的觀點 (第三章建築角度分析評估) 對所挑選出的案例進行案例分析外,為了以更客觀的方式藉由不同的角度去看新興的智慧空間的構成,本章節則利用 HCI 的觀點對相同的案例進行分析評估,也就是藉由 HCI 角度分析智慧空間的系統架構、互動介面等,並基於元素和機能的組成概念下進行分析。一般來說目前的智慧空間案例和傳統建築空間的差異,在於智慧空間涵蓋了硬體與軟體運作的系統介面,因此每個案例中皆有所謂的「系統架構圖」(system framework)、「系統概念圖」(system concept) 等,因此經由系統架構或系統概念中則可看出 HCI 角度中的元素和機能的關係,並可比較出與建築角度中元素和機能的差異性。因此在案例的分析上分別就以下三個部分分別進行探討:

1. 就機能看元素變化
2. 就元素看機能變化
3. 機能和元素的交互關係

4.1 案例選擇

在案例的選擇上如同前一章 (章節 3.1 案例選擇) 所述,並分別對「智慧住宅空間」、「智慧辦公空間」類型案例進行研究 (如表 4-1、4-2)。而分析的順序上也如同前章節 (章節 3.1 案例選擇) 所述區分為二部分:「一般研究者所提智慧空間案例」、「交大建築所所提智慧空間案例」。

表 4-1 一般研究者所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2005	Augmented Reality Kitchen	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的廚房 • 多重元素連結 • 實際測試文獻報告 	Bonanni et al.
智慧辦公	1998	AmbientROOM	<ul style="list-style-type: none"> • 實驗性的實體智慧辦公室 • 透過實體元素表達虛擬元素的狀態 	Ishii et al.

表 4-2 交大建築所所提智慧空間案例

類型	時間	案例名稱	案例特色	設計者
智慧住宅	2007	明日建築展—Time Home Pub	<ul style="list-style-type: none"> • 案例實際建構在展覽中 • 多重元素連結 • 多元情境轉換 	Huang et al.
智慧辦公	2006	腦波介面的工作空間 BCI studio	<ul style="list-style-type: none"> • 另類的腦波互動介面 • 多元情境的轉換 	Huang

4.2 一般研究者的智慧空間案例

4.2.1 智慧住宅空間 Case 1: AR Kitchen

此案例是由 MIT Media Lab 的 Bonanni 等人 (2005) 所做出的實驗性案例—擴增實境廚房 (AR kitchen)，就 HCI 的觀點來說，此案例為了提昇廚房的使用經驗，Bonanni 等人 (2005) 利用五個不同的數位擴增實境的系統 (augmented reality/AR)—「複合式的投影技術」來達到成目標，以提出一個更直覺的人和空間互動的介面，並以 AR 的技術擴大 GUI 技術並應用在廚房提高廚房空間的安全性、功能性。

4.2.1.1 就機能看元素

為了以 HCI 的角度探討其機能看元素的變化，本論文將依據案例中所提供的系統概念、系統架構圖探討其系統運作的流程及所涵蓋的機能為何。如圖 4-1 中的系統架構圖中，可發現此案例含有多重的輸入和輸出的系統介面以及一個獨立的新元素 HeatSink。輸入的裝置包含有三種 (如表 4-3)：「櫥櫃上的虛擬投影按鈕，且有攝影機以進行辨識」、「可偵測冰箱內食物儲存狀態的攝影機」、以及「瓦斯爐上的紅外線以偵測食物烹飪的狀態」。輸出的裝置包含有二種 (如表 4-3)：「冰箱上顯示儲存狀態的影像的投影」、「以及依據虛烹飪的狀態給予指引的櫥櫃、流理台、會自行發光的抽屜把手」。因此就 HCI 的介面來看，此案例將空間的許多物件轉變為可輸入、輸出的介面，除此之外 HCI 也改變了人和空間互動的方式。

表 4-3 AR Kitchen 的系統裝置表

Input/output	HCI	Functions	Elements
輸入 input	攝影機 攝影機 紅外線偵測器	1. 櫥櫃上的虛擬按鈕投影，且有攝影機進行辨識 2. 可偵測食物儲存狀態的冰箱攝影機 3. 紅外線偵測食物烹飪狀態。	櫥櫃上的虛擬按鈕 冰箱 瓦斯爐
輸出 output	投影機 投影機 LED chips	1. 冰箱上顯示儲存狀態的影像投影 2. 依據虛烹飪的狀態給予指引的櫥櫃、流理台、會自行發光的抽屜把手	冰箱 流理台、抽屜把手
其他	LED chips 感應器	獨立的 HeatSink，可藉由燈光顯示以視覺化辨識水溫	水龍頭

就機能看元素方面，為了提昇廚房空間的機能，此案例則提出了幾個新功能，可節省能源的冰箱、可避免烹煮失誤的虛擬食譜、食材偵測裝置、以及可提昇安全性的水龍頭等。為了達成此目的，此案例則產生了許多新介面，(如圖 4-1 的系統圖中)，此空間除了既有的實體裝置「流理台」、「冰箱」、「櫥櫃」、「櫥櫃把手」、「水龍頭」外，又多了許多 HCI 的元素：「一台電腦」、「四台投影機 (校正投影、顯示冰箱食材儲存狀態、虛擬按鈕、流理台指引投影等功能)」、「瓦斯爐上紅外線感測裝置」、「色彩辨識的水溫裝置」等，而這種透過複雜的輸入輸出步驟則可進一步提昇廚房的實用性，且這些元素卻又和傳統的元素外觀相同，亦即這些新介面可在智慧空間環境中被隱藏起來，因此單就建築角度來看並無法得知其複雜的實體元素和 HCI 元素連結狀態，但透過系統架構圖則可看出其中複雜的關連性。

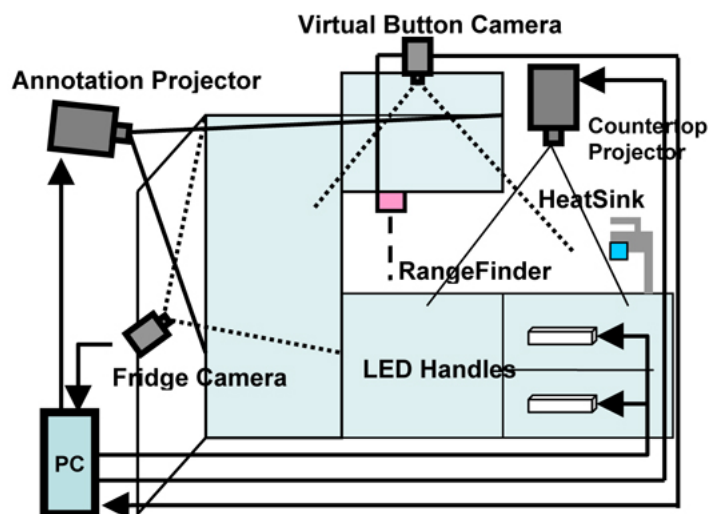


圖 4-1 系統架構圖 (Boananni et al., 2005)

4.2.1.2 就元素看機能

而就元素來看，本研究步驟除了探討系統的輸出和輸入以及元素連結方式，希望就 HCI 的角度分別探討每一個新元素其互動的方式，也就是相較傳統空間，其「介面互動」方式有何不同，並藉由 Huang (2006) 所提出的「人體感應介面」及「非人體感應介面」比較表中逐一分析每一個介面操作的方式。因此 AR kitchen 案例中，可就前一章節建築角度分析所得的「新元素」(包含實體元素、虛擬數位元素)分別探討如下：

實體介面

感知溫度的洗水槽 (HeatSink)：

[技術]：為了減少使用者在使用水龍頭時判斷水溫的反應時間、降低燙傷的可能性，藉由裝置出水口下的感溫裝置以判斷目前的水溫，並以裝置在出水口的 LED 燈直覺顏色顯示方式反應在目前的流水上，也就是冷水則呈現藍色，熱水則呈現紅色，且當水溫過熱時紅色的 LED 燈則會呈現閃爍的模式，以此可減少藉由使用者的手測試溫度以調整水龍頭冷熱所耗費的時間，以及降低測試水溫時燙傷的可能性 (如圖 3-8)。

[介面互動]：就 Huang (2006) 所分類來看，此系統為非人體感應的介面，使用者還是需要透過操縱旋扭、開關來控制水溫，但此 HeatSink 和一般水龍頭一樣可調節水溫，而一般傳統上的水溫調節顯示版 (如圖 4-2A) 藉由顏色強弱來調節水溫，但需藉由手或身體來測試水溫，而數位化的實際溫度調節讓使用者可更直覺的調節到符合使用者慣用的特定水溫 (如圖如圖 4-2B)，而 HeatSink 所提出的水溫顯示則雖沒有改變原本開關水龍頭的方式，但藉由 HCI 科技的輔助讓水龍頭更安全且可被直覺的使用。



圖 4-2 (A)類比水溫調節器，(B)含有感溫 sensor 裝置的數位水溫調節器，(C)含有 sensor 裝置的 Heatsink，除了可辨識水溫還可藉由視覺化水流表現目前水溫

反應內容物冰箱 (FridgeCam) :

[技術]：在 FridgeCam 的部份也同樣利用擴增實境的技術將冰箱內部的影像投影在冰箱外部的門板上，可減太頻繁的開關門所導致能源浪費，在裝置上此系統利用廣角的 CCD 攝影機利用每次開啟冰箱門的同時擷取內部的影響以顯示目前儲物的狀況 (如圖 3-9)，且此系統也與虛擬食譜相連結；此外在未來的研究上也希望能夠與行動電話及 PDA 相連結，以作為使用者購買食材時的輔助。

[介面互動]：在介面的互動上此物件，它並不屬於人體互動介面、非人體互動介面，它是一種顯示介面，但他透過輸入影像與輸出影像的方式將物件的資訊透過直覺的方式顯示在物體本身上以達到冰箱節能功能性。

虛擬介面

虛擬食譜系統 (Virtual Recipe) :

[技術]：整合擴增實境整合投影的技術、以及攝影機影像辨識系統提出一個手勢輸入跟顯示觸碰介面，並提供虛擬按鈕讓使用者可藉由長壓、觸碰的方式與此系統進行互動 (如圖 4-4B; 4-5)。

[介面互動]：在介面的感應方式，此系統屬於較自然且直覺的人體感應介 (Huang, 2006)—手勢控制介面 (如圖 4-4B)，需透過意圖加上動作去給予命令的執行，因為廚房空間是一個同時擁有多個任務在處理的空間，且需要手的技巧去做處理食物、烹煮的動作，因此手勢控制介面在此則成為自然且直覺的互動介面，也取代了傳統實體食譜使用上的不足 (例如：翻頁、查詢前後步驟...等等)。

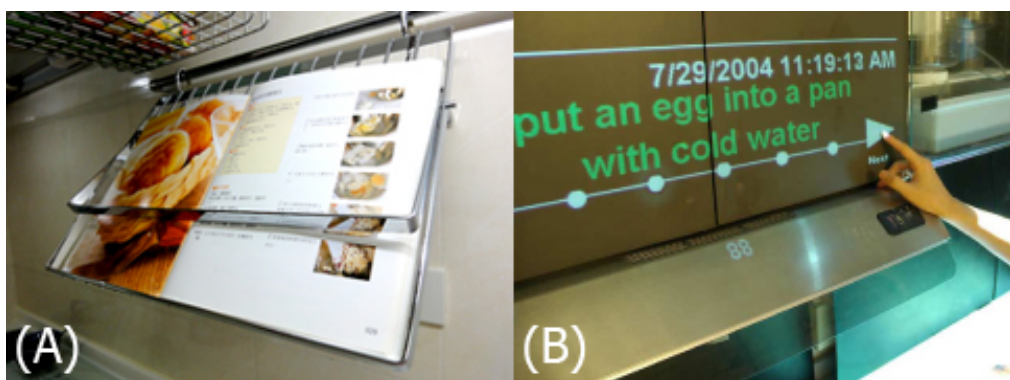


圖 4-4 (A)傳統的食譜介面；(B)AR kitchen 的虛擬食譜介面

擴增實境櫥櫃 (Augmented Cabinetry)

[技術]：儲物吊櫃、抽屜式的廚櫃在儲放空間中屬於收納工具、用品、食材的空間，而往往容易忘記每個物品擺放的位置，因此 AR kitchen 建立一個整合的指引系統藉由實體的網路與虛擬食譜相連結 (如圖 4-6)，透過 AR 技術以及投影的技術將指

示投射在適切的工作流理台上、廚櫃上，並將指引系統與會發光的抽屜把手結合，也就是說當指引系統指向抽屜式廚櫃時，某一個廚櫃把手就會發光以指示使用者所需的工具、用品的位置，以節省以往翻找用具、食物所耗費的時間，且未來的版本可將 RFID 無線射頻辨識科技整合在此系統中，以此可更簡易、精準、且彈性的運用此儲物櫃的收尋系統。

[介面互動]：而擴增實境的廚櫃介面，它並不屬於人體感應的介面或是非人體感應的介面，它是輔助上述的虛擬食譜的輸出裝置，系統將虛擬譜輸入的指令在藉由此裝置輸出顯示在廚房的空間中。

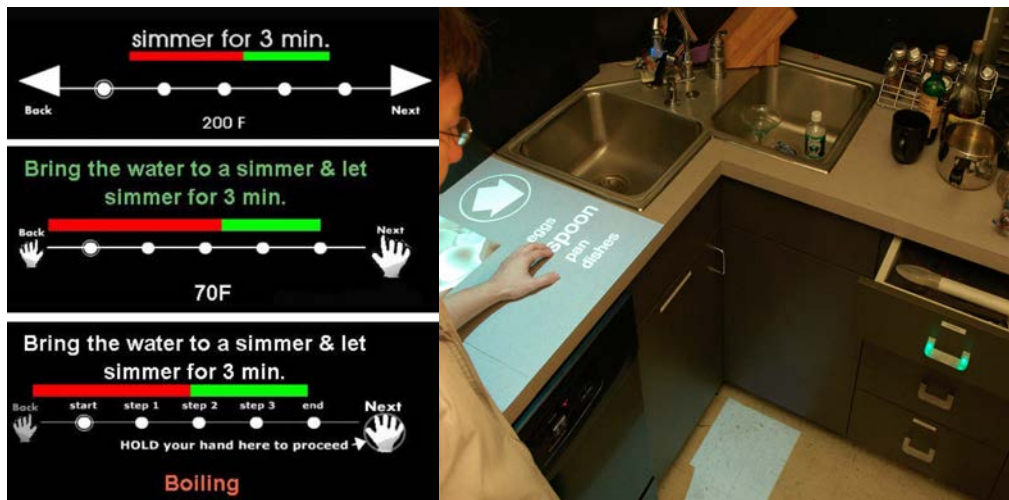


圖 4-5 Virtual recipe 的輸入介面

圖 4-6 結合 virtual recipe 的廚房指引系統

感知熟度瓦斯爐 (RangeFinder)：

[技術]：利用紅外線的感溫裝置輔助偵測瓦斯爐上正在烹煮食物的溫度，且此裝置透過微型處理器與系統運行的虛擬食譜相連接，因此可遠端的有效偵測目前食物的溫度狀態，且此系統誤差值約為 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

[介面互動]：此介面也是一個廚房中提示的訊息介面，其雖未改變使用者一般的烹飪中的互動方式，但此介面也是將溫度偵測的裝置所接收到的資訊輸入至虛擬食譜系統中，在經由系統給予判斷及訊息顯示的回饋。

4.2.1.3 機能和元素交互關係

而此案例的機能與元素交互關係上，本研究將就系統運作的流程架構探討其交互關係，KitchenSense 為 AR Kitchen 的一個後端系統平台，因此此系統運作的邏輯是依循以下的概念所設置的：

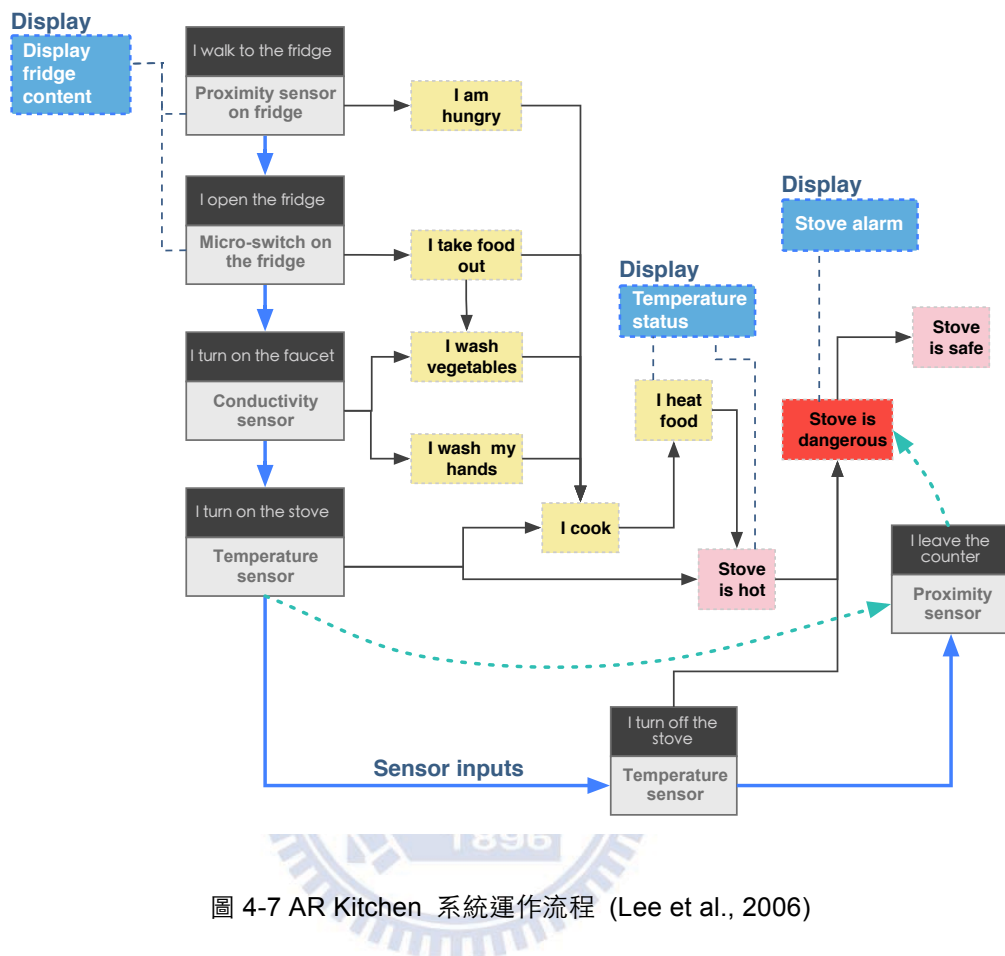


圖 4-7 AR Kitchen 系統運作流程 (Lee et al., 2006)

因此藉由圖 4-7 系統運作流程中依循藍色箭頭可推論出一般傳統空間中，其使用者在空間中與元素和機能的交互關係敘述，以及 AR Kitchen 中所提出的新情境，其兩者之間的差異性。

傳統廚房的情境假設

使用者走到冰箱不確定冰箱內儲存食物的情形，主動的打開冰箱查看食材，接著拿出食材，打開水龍頭測試水溫調節到所需的溫度，洗手、並清洗食材，打開瓦斯爐開始烹煮食材，目測、或以各種方法測試食物的熟度（烹煮食材的溫度計），關掉瓦斯爐，離開流理台。

AR Kitchen 的情境敘述

使用者走到冰箱，藉由冰箱上外部投影查看冰箱上內部食物的儲存狀況，確認烹煮的食材，打開冰箱拿出食材，走到流理台，打開水龍頭藉由流水的顏色判斷目前的水溫，洗手、並清洗食材，打開瓦斯爐開始烹煮食材，判斷食材熟度的紅外

線偵測溫度的裝置判斷開始判斷食物的狀態，食物已煮熟，在食物偵測器的提醒下關掉瓦斯爐，離開流理台。

由上述的情境中可發現傳統廚房與 AR Kitchen 最大的差異即是 AR Kitchen 除了提昇了廚房的機能性、改善了廚房安全性，透過 HCI 的輔助讓每個元素變得更容易與使用者溝通，也就是元素本身傳達訊息的能力增強了，而因此元素和機能之間的交互關係就整個空間來說其所改變的其實是提出了一個新的情境給使用者，例如圖 4-7 中的黃色方框、及粉紅方框中，其所代表廚房中的實體元素和使用者的意圖、經驗、判斷等發生的情境，可透過 HCI 幫助讓元素擁有部分判斷的能力，在透過系統的判斷給予使用者適切的回饋，而這些輔助的顯示方式（如圖 4-7 藍框）對於整個空間來說即是給予使用者一個輔助的「新情境」。

4.2.2 智慧辦公空間 Case 2: AmbientROOM

AmbientROOM 是由 MIT Media Lab 的 Ishii 等人 (1998) 所提出的實驗性案例，此案例的概念是希望可以將電腦等實體的裝置隱藏在我們生活的環境中，因而提出了另一種 HCI 的介面，稱之為可觸式的人機互動介面 (Tangible User Interfaces/TUIs)，如圖 4-8 可看出其概念上 HCI 轉換的過程，其希望藉由傳統的電腦中的 GUI 介面轉變為空間中可觸式的 TUI 介面，也就是藉由空間環境中本身的實體裝飾、物件作為轉換的媒介。因而 AmbientROOM 是將前述概念實際應用在辦公空間中。

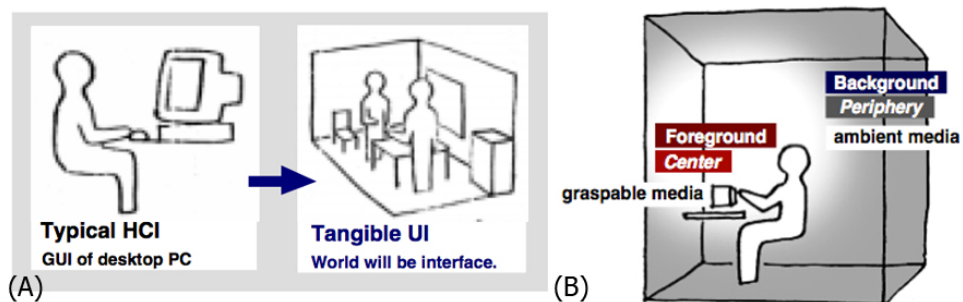


圖 4-8 (A) HCI 介面的轉換，從電腦中 GUI 介面轉換為空間中 TUI 介面；(B) 藉由周圍環境媒材（背景）、可觸摸的物件（前景）呈現虛擬資訊流動。

4.2.2.1 就機能看元素

AmbientROOM 中特別的環境顯示方式是利用環境光、聲音來傳達電腦資訊。因此為了以 HCI 的角度探討其機能看元素的變化，本論文將依據案例中所提供的系

統概念、系統架構圖探討其此系統運作所涵蓋的機能為何，如圖 4-9 中的系統概念圖中，本研究發現此案例將空間性質區分為二類：「實體空間」、「虛擬的網際網路空間」，在實體的空間中又可包含：「可抓取的媒材」(graspable media)、「實體的物件」(physical objects)、「情境媒材」(ambient media)，因此希望可藉由前景的實體物件、及背景的情境氛圍來表達網際網路流動的訊息。

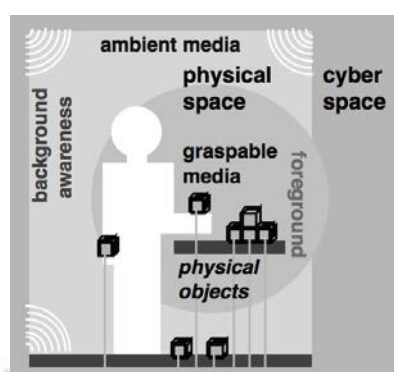


圖 4-9 AmbientROOM 系統概念

為了實踐前述的概念，藉由實體環境作為虛擬數位資訊的顯示媒介，因而在此案例中利用多重的輸入和輸出的系統介面達成此效果。其輸入的裝置包含有二種：可隨時查看不同時刻環境狀態的時鐘、可查看目前外在環境天氣狀況的玻璃瓶 (如表 4-4)；此外輸出裝置包含有四種：天花板上投影的水波紋、隔板上使用者數量的人形圖案投影、反應電子郵件流量的環境音效、可傳達外界天氣的實體玻璃瓶。

表 4-4 AmbientROOM 的系統裝置表

Input/output	HCI	Functions	Elements
輸入 input	與系統情境連結 + 網路	1.可隨查看任何時間情境的導覽時鐘	時鐘
	感應裝置 + 標籤 + 網路	2.可打開瓶蓋查看天氣狀況的玻璃瓶	玻璃瓶塞
輸出 output	網路 + 電腦控制的螺線管 + 水盤 + 燈泡	3.天花板上的水波投影代表著與客戶親友聯繫的狀態	天花板立燈
	投影機 + 網路	4.可顯示工作人數狀態的人形圖案	隔板
	喇叭 + email	5.可顯示電子郵件狀態的自然音效	自然雨聲
	讀卡機 + speaker	6.可傳達外在環境天氣、交通狀況音效玻璃瓶	玻璃瓶

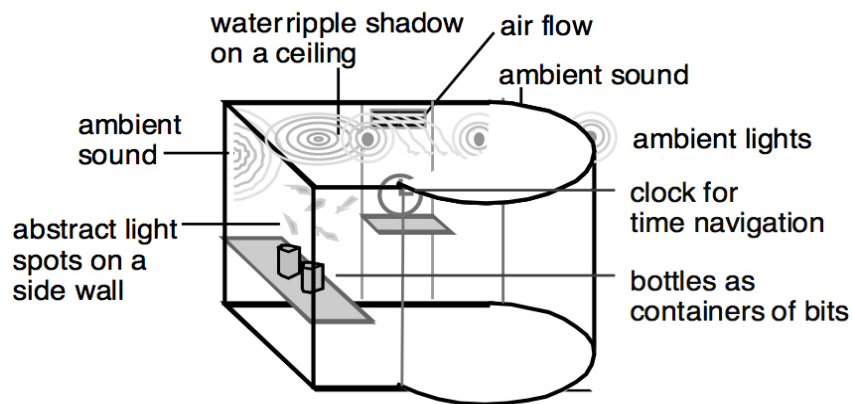


圖 4-10 AmbientROOM 系統架構圖

就機能看元素方面，為了讓辦公空間繁雜的資訊有效的顯示且以不打擾工作者的方式，此案例提出了一個相較傳統上更好的資訊傳達方式，透過這種方式更可提昇使用者的工作效率以及即時訊息分類與接收的機能性，也就是說傳統上辦公空間複雜的訊息（使用者人數、布告欄資訊、email 數量、目前室外的天氣狀況等等）必須透過更多的人力或是藉由電腦、網際網路中獲得其資訊。因此透過 AmbientROOM 的系統架構圖中（圖 4-10），也可看出此案例產生了許多新介面：例如可表達天氣狀況的玻璃瓶、可隨時查看空間不同時刻環境狀態的時鐘。

另一方面就空間來看，此案例空間除了既有的實體裝置「桌子」、「隔板」、「時鐘」、「牆」、「天花板」外，又多了許多 HCI 元素：「與網路連結的投影立燈」、「投影機」、「環境音效裝置」、「可發出聲音玻璃瓶」等，透過這種輸入和輸出的步驟可實質上提昇原有空間的機能，且這些新介面讓空間的元素擴大本身的機能性，一樣的牆、一樣的隔板、一樣的時鐘、一樣的玻璃瓶，但卻擁有的新功能，而單就建築角度來看並無法得知其複雜的實體元素和 HCI 元素連結狀態，但就 HCI 的觀點來看則可了解其系統間運作、連結的狀況。

4.2.2.2 就元素看機能

而就元素來看，本研究步驟除了探討新介面中的輸出和輸入以及元素連結方式外，本研究就 HCI 的角度分別探討每一個新元素的「技術」與「介面互動」的方式，也就是相較傳統空間，其「介面互動」方式有何不同，並藉由 Huang (2006) 所提出的「人體感應介面」及「非人體感應介面」比較表中分別探討每一個介面操作的方式。

以下部分將就前一章節建築角度對於 AmbientROOM 分析所得的「新元素」(包含實體元素、虛擬數位元素) 個別探討如下：

實體介面

情境式天花板 (Water ripple)：

[技術]：水盆中藉由電腦控制螺線管線圈依據資訊狀態擾動水盆以產生水波紋，再藉由透明水盆下的燈泡將水波紋投射至天花板以營造出情境式的空間氛圍。

[介面互動]：就 Huang (2006) 所提出的分類來看，此系統為間接的人體感應介面，也就是整個互動情境會依據使用者與朋友聯繫的狀況反應在空間的環境燈光中，室內的情境氛圍就如同外在環境一樣受到氣候大環境的影響而改變天色、雲的形狀等，因此使用者與空間情境改變是漸變的，且不會直接干擾打斷使用者目前正在執行的任務。

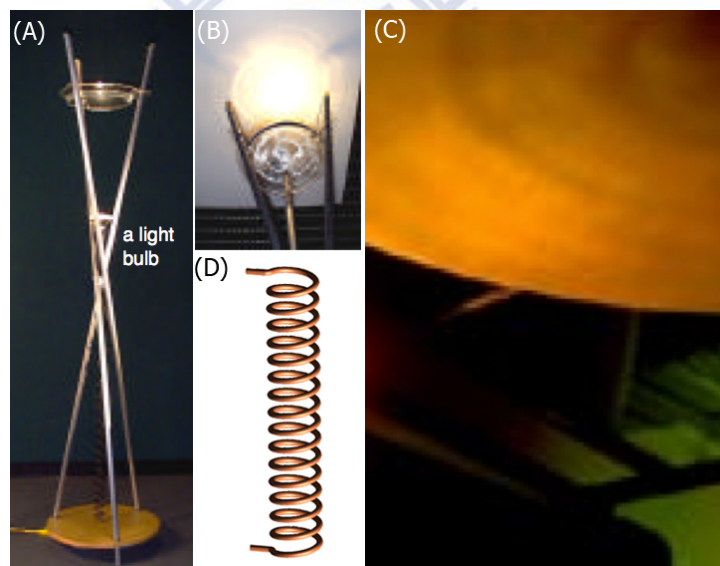


圖 4-11 Water ripple 裝置 (A)(B) water ripple 裝置架構；(C)投影在空間中情境水波紋；(D)水盤中電腦控制螺線管線圈以產生水波紋

工作人數顯示牆面 (Light patches)：

[技術]：此裝置也是如同前一個裝置，屬於相同類型的使用者動態的感知裝置，技術上連結系統中工作人數情況，並藉由投影機將工作人數的狀況以不同的動態人形符號顯示在工作的牆面上，其有別於上述不同之處則是 Water ripple 的水波紋動態是透過實體的機械方式擾動水波以投影出動態的水波紋，而此 Light patches 是直接藉由投影機投射出不同的動態的影片以表達即時的工作人數動態。

[介面互動]：此裝置的介面互動與前述相同，就 Huang (2006) 所提出的分類來看，

此系統雖不是人也不是非人體感應介面，但可歸納為間接的人體感應的介面，使用者不會直接的操縱此介面，但環境系統會主動的偵測使用的行為並反應在環境氛圍中，其好處是此介面不需要透過學習來操縱，也不會改變使用者的行為但卻提出一種另類的環境氛圍顯示方式。

環境音效 (Natural soundscapes) :

[技術]：此裝置與 Water ripple、Light patches 與同前一個裝置屬於相同類型的使用者動態的感知裝置，也是如同前一個裝置屬於相同類型的使用者動態的感知裝置，但此裝置與前二種裝置不同之處為，其情境氛圍的改變是透過環境的音效來表達，也就是此系統會偵測使用者信件聯繫狀況將其透過空間的音響傳達出環境氛圍—雨聲。

[介面互動]：此裝置的介面互動與 Light patches 相同，就 Huang (2006) 所提出的分類來看，此系統雖不是人也不是非人體感應介面，但可歸納為間接的人體感應的介面。

虛擬介面

數位資訊容器 (Bottle) :

[技術]：此裝置利用玻璃瓶頸上的電磁共振器與磁鐵作為透明瓶口開關的裝置 (如圖 4-12 右側)，並在瓶內裝置不同的電子標籤，並利用桌面上不同的標籤讀取裝置來辨識不同的玻璃瓶 (如圖 4-12 右下)。因此 AmbientROOM 中的一部分區域規劃為感應區，將裝有不同標籤的玻璃瓶放置在桌上，其可讓使用者透過可觸式的物件得知有效的資訊。

[介面互動]：此裝置的介面互動，就 Huang (2006) 所提出的分類來看屬於非人體感應介面，透過抓取不同物件元素，執行日常生活的動作，例如拿起玻璃瓶鹽罐，打開瓶蓋拿取鹽放入烹飪食材中，又或者拿起水壺旋開瓶蓋喝水等，透過這些平常所必須執行的動作，整合在此裝置中。因而此裝置雖為非人體感應的裝置，被認為是較不直覺需透過學習的互動介面，但透過這種整合對應的方式，將玻璃瓶對應為可裝載資訊的容器，可讓使用者在進一步了解訊息的同時透過此直覺、自然的動作來與之互動。

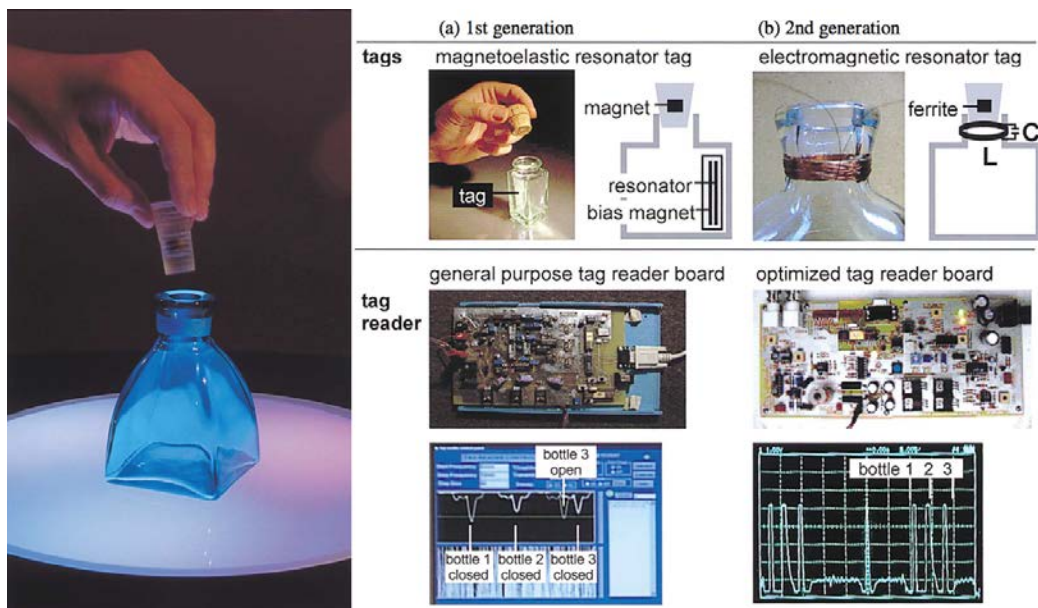


圖 4-12 玻璃瓶裝置圖，(左) 玻璃瓶放置在桌面的感應區內；(右) 玻璃瓶組成設備 (Ishii, 2004)

情境記錄時鐘 (Clock)：

[技術]：此裝置利用玻璃瓶口上的電磁共振器與磁鐵以及瓶塞作為啟動開關的裝置 (如圖 4-12 右側)，而瓶內裝置不同的電子標籤，再利用桌面下裝置的標籤讀取裝置來辨識不同的玻璃瓶 (如圖 4-12 右下)。因此 AmbientROOM 中的一部分區域規劃為感應區，將裝有不同標籤的玻璃瓶放置在桌上，其可讓使用者透過可觸式的物件得知有效的資訊。

[介面互動]：此裝置的介面互動而言，就 Huang (2006) 所提出的分類來看，此系統屬於非人體感應 (如表 1-3)，而此介面互動特別之處則是，時鐘介面雖可以傳達即時的時刻，且又能與整個空間的情境互動，也就是透過時鐘介面可與更多其他的介面連結，因此此系統互動模式則必須要透過學習再透過動作來完成整個互動的流程，但其所使用的元素則是空間中本來就有的舊有元素。

4.2.2.3 機能和元素交互關係

在機能與元素的交互關係上，本研究將就系統運作的流程架構探討其機能對應每個元素組件的交互關係，而其概念是希望可以提出一個更自然且直覺的使用者介面，提出一個擴增實境的實體環境，進而「將使用者放進電腦世界裡」(Ullmer, 1997)，因而此系統運作的邏輯與架構都是依循以下的概念所設置的 (圖 4-13、4-14)。而藉由圖 4-13、4-14 系統運作流程中即可推論出其複雜的元素和機能的交互關係，

本研究也歸納出 AmbientROOM 的系統架構包含有兩個類型：(1)重要的訊息顯示裝置 (圖 4-13)；(2)次要的訊息顯示裝置。

圖 4-13 的重要訊息顯示的系統運作流程中：此實驗藉由偵測倉鼠在輪軸上的轉動作為公司中與客戶間的聯繫狀態模擬，倉鼠轉動輪軸的數量對應為即時的工作人數狀態的模擬，以及將系統與 email 伺服器做連結，而這三種類的訊息透過 AmbientROOM 的系統可自然的表達於空間情境中。

圖 4-14 的次要的訊息顯示的系統運作流程中：藉由可觸摸、抓取的玻璃瓶作為數位資訊裝載的容器，也就是藉由使用者透過打開玻璃瓶的動作將虛擬數位元素的動態呈現在環境裡。另一介面則是藉由轉動實體時鐘的指針回溯工作空間的情境狀態，例如使用者在離開工作空間二小時中，空間所發生的狀態可逐一回溯，如幾點幾分的信件、訊息、客戶來電等等。

因而透過這種訊息顯示的介面，此智慧空間相較傳統工作空間的機能性有很大的不同。其二者不同之處將以情境模擬的方式來敘述 AmbientROOM 與傳統工作空間情境互動的差異性。

傳統辦公空間的情境假設

使用者來到辦公室開始了一天的工作，在工作同時突然想起必須確認與客戶的聯繫狀況，於是詢問了秘書客戶是否有給予電話的聯繫，並打開電腦確認從昨天至今天是否有來自對方的網路訊息。另一方面，想確認今天上班的人數，想知道等會開會是否有同事沒人能夠參與，於是確認了打卡機上實到人數。午休過後，打開了郵件伺服器才發現了大量未讀信件湧入，並開始一一回復信件，以及彙整待處理的事項，並將檔案逐一傳送給客戶，突然發現不知是電腦硬體的問題或是網路故障、又或者是郵件伺服器出問題，檔案無法傳遞成功，於是再三的多方確認後才發現是網路速讀突然變慢，必須即時的請 IT 人員處理。下午二小時會議結束之後，回到工作空間中，想確認二小時內網路問題是否已經解決、並打開電子郵件信箱確認是否有緊急事件需處理，再詢問秘書是否有重的電話需即刻回復等。

AmbientROOM 的情境敘述

使用者來到辦公室開始了一天的工作，工作空檔抬頭看著天花板上的水波紋，使用才者意識到有許多客戶正在與公司進行密切的聯繫，隔板牆上的人形圖案投影反應著今日工作者工作的動態，同事的今日的出席狀況似乎很不錯，也許是期待著未來九天的年假。到了下午，午休過後突如其來的雨聲與鳥叫聲提醒著使用者有許多新的未讀信件湧入，使用者即刻打開電子郵件確認信件，並一一回復信件

以及傳送檔案，同時又想確認網路速度是否正常，於是打開桌上的玻璃瓶，空間瞬間充滿著交通壅塞的環境音效，使用者發現網路有問題例可請IT人員進行搶修。下午二小時會議結束之後，回到工作空間中，想確認二小時內網路問題是否已經解決，於是打開桌上玻璃瓶再次確認網路速度，並調整空間牆上的時鐘確認二小時內發生的事情。

就前述的兩種新舊情境敘述中可看出，傳統的建築空間中因為有了電腦電信的設備加入，而迫使空間中的使用者必須分散部分的注意力來接收來自不同管道的訊息，也因此使用者必須接受這充滿訊息的工作空間，電腦網際網路的影響下，使用者除了需要學習如何與介面互動，還必須適應多元訊息的生活環境，而這也是新科技帶給使用者便利性外的負面影響。而就傳統空間的情境對於這種介於傳統與新科技共存的空間中，使用者無法像以往一樣專注在目前的任務上，他必須分散注意力在確認是否有「新進的電子郵件」、「新訊息」、「是否有未接的行動電話」、「網路傳輸的狀態」等等，而這些新訊息顯示在傳統上卻又必須侷限在電腦螢幕裡。因此在 AmbientROOM 所提出的智慧空間中，這些多元的新訊息可以更自然的方式分散、解構、並融合在新的建築環境中，而這種融合多元訊息的智慧環境相較於傳統空間來說則是提供給使用者一種複合式的「多重情境」。

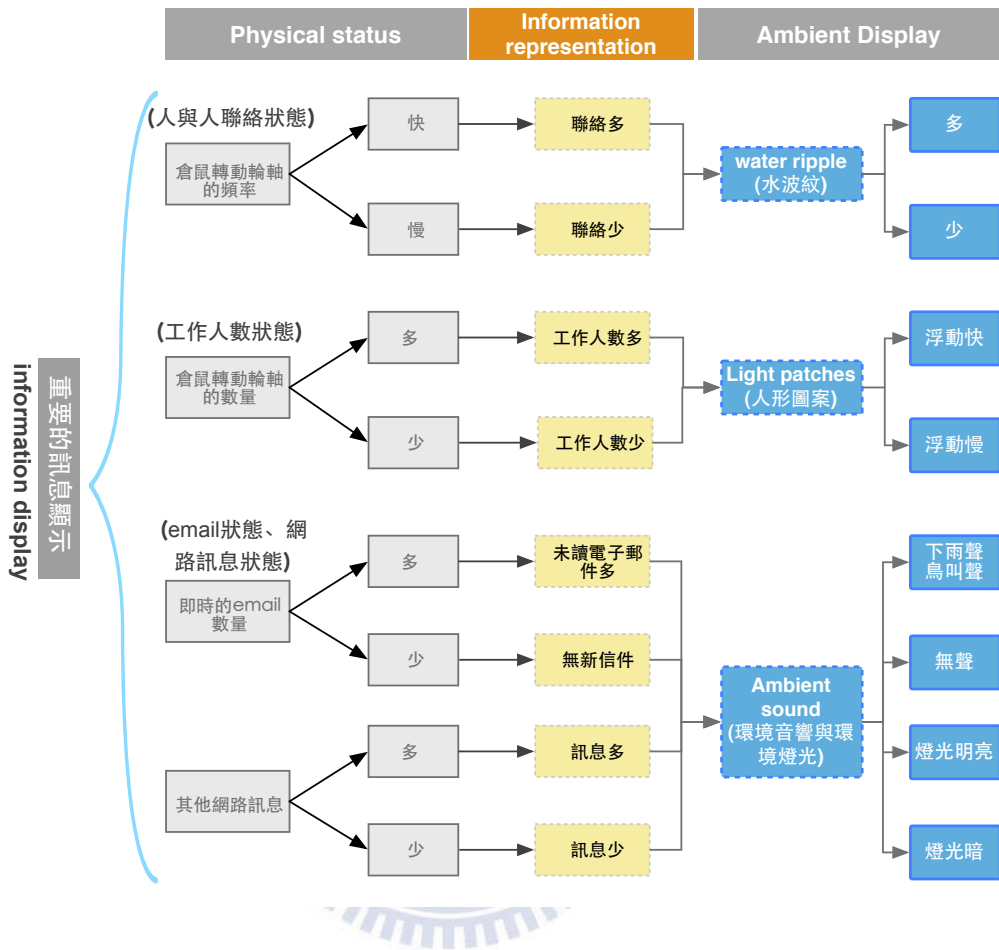


圖 4-13 AmbientROOM 系統運作流程 1

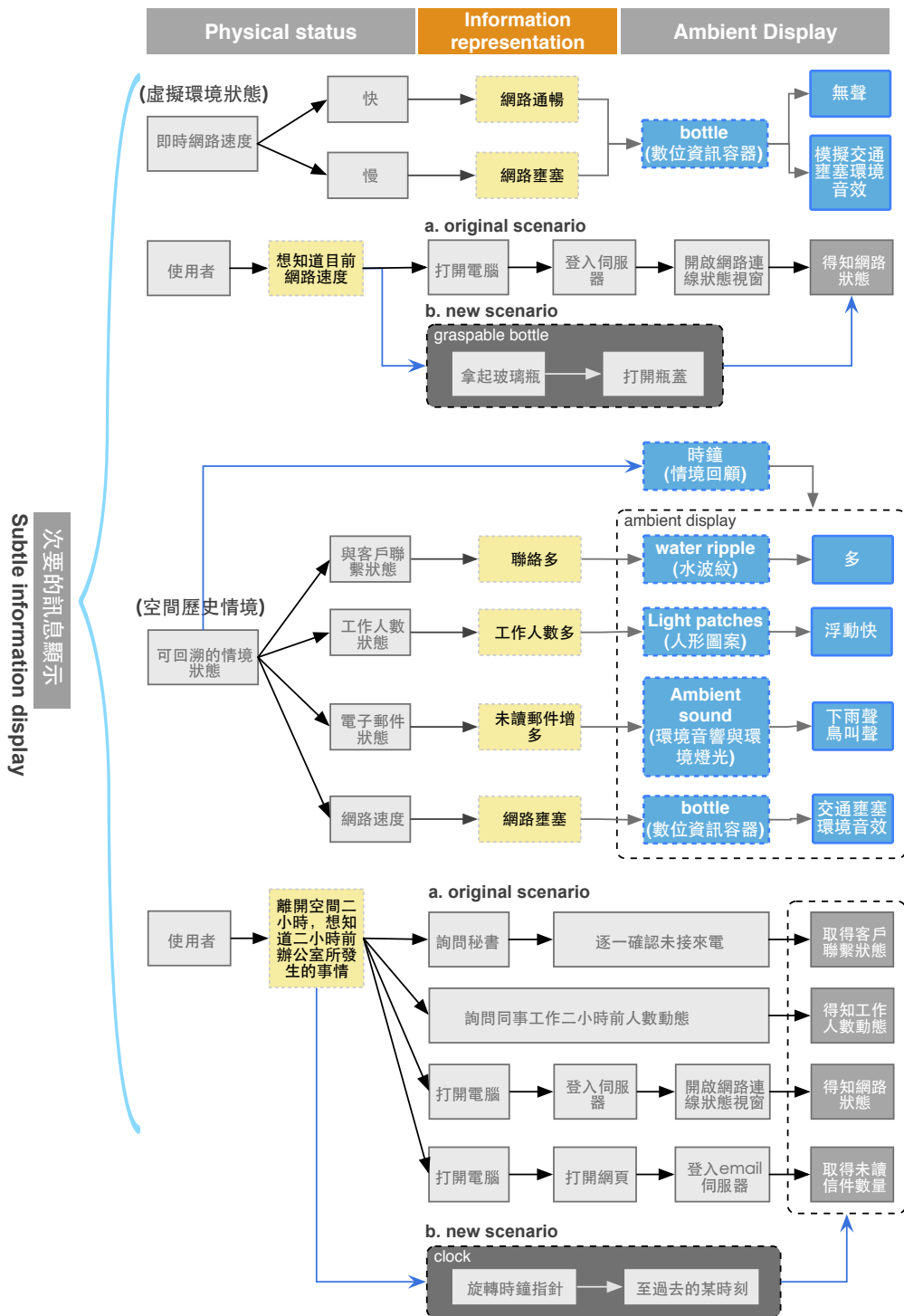


圖 4-14 AmbientROOM 系統運作流程 2

4.3 交大建築所的智慧空間案例

4.3.1 智慧住宅空間 Case 3: Time Home Pub

此案例為 2007 年於台北市立美術館所展覽的智慧空間案例，其為明日建築展的其中一個展區，概念 (圖 4-15) 是希望能夠提出一個能夠隨著使用者的心境、行為所改變的空間情境，且此空間提出一個有別於傳統的情感溝通介面，讓人與人之間的情感、記憶、影像能夠透過空間中實體的裝置傳達給使用者，且使用者也能構與之互動 (Huang et al., 2009)。

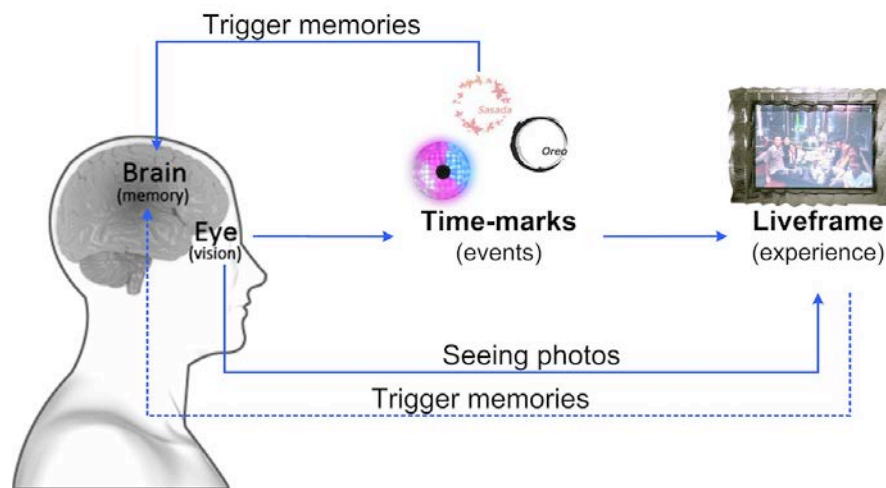


圖 4-15 Time Home Pub 系統概念 (Huang et al., 2009)

4.3.1.1 就機能看元素

就空間機能而言，此案例概念是希望能提出一個可隨意變換情境的住宅空間，以因應這個充滿變動的時代。而 Time Home Pub 的概念中也可看出，為了滿足以上的條件 Huang 等人 (2009) 提出了多種可以快速轉換空間氛圍的智慧空間並給予使用者適切的回饋。而這些新機能有別於其他案例不同之處，則是 Time Home Pub 所提出的並不是強調其裝置的效率、或是一種新介面的互動，而是透過日常生活元素 (茶几、相框、茶杯、書本等等) 來與使用者做情感的互動。

而就 HCI 的觀點來說，此案例利用多重的輸入和輸出的系統介面達成此效果。其輸入的裝置包含有二種 (如表 4-6)：可觸動情境轉換的 whiskey 杯、可觸動時光杯印與數位相框中老照片連結；此外輸出裝置包含有四種：可追蹤 whiskey 杯的

杯印、可記憶時光杯印的桌子、可瀏覽照片的觸控式數位相框、可隨使用者行為轉換的空間情境 (燈光、音樂)。

表 4-6 Time Home Pub 的系統裝置表

Input/output	HCI	Functions	Elements
輸入 input	磁簧開關陣列、磁鐵	1.可觸動情境轉換的 whiskey 杯	Whiskey 杯、互動茶几
	PC1 sever、投影機 01、數位相框、PC 2、RS232	2.可觸動時光杯印與數位相框中老照片連結	Whiskey 杯、互動茶几 Liveframe
輸出 output	磁簧開關陣列、磁鐵、LED chip 陣列、PC1 伺服器	3.可追蹤 whiskey 杯的杯印	Whiskey 杯、互動茶几
	PC1 伺服器、投影機 01	4.可記憶時光杯印的桌子	互動茶几
	PC2、網路、觸控版 I	5.可瀏覽照片、觸控的數位相框	Liveframe
	PC3、投影機 02、網路、PC1 伺服器	6.可隨使用者行為轉換的空間情境 (燈光、音樂)	牆、燈光、動態壁紙

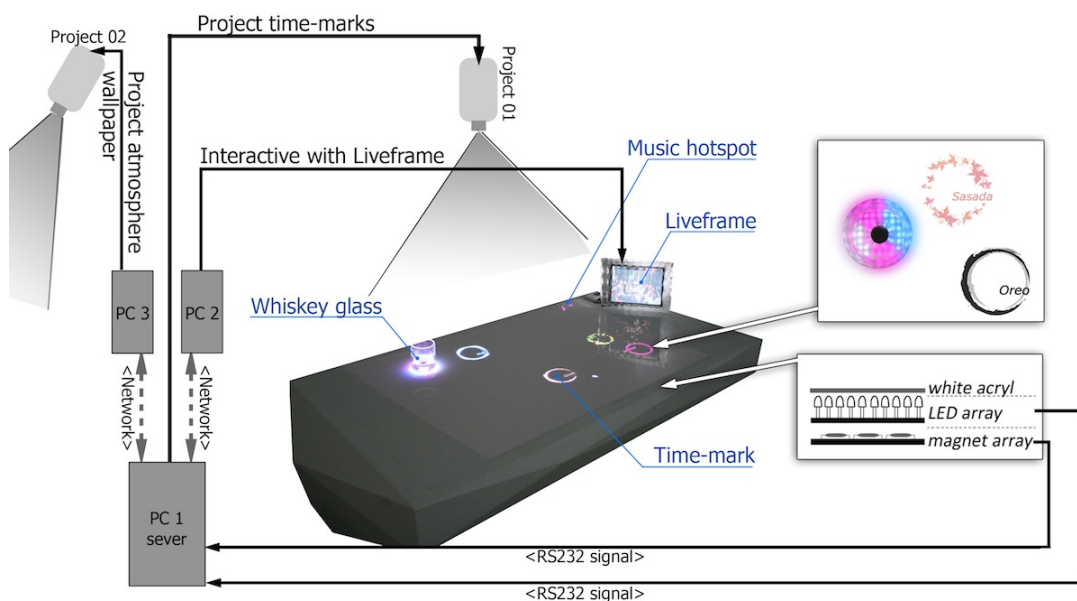


圖 4-16 Time Home Pub 系統架構

就機能看元素方面，為了提出一個賦與情感、且能夠境隨心轉的機能空間，Time Home Pub 藉由 HCI 的輔助讓空間中原有的家具、裝飾元素轉變為使用者情感溝通的介面，例如傳統的數位相框只擁有瀏覽照片、顯示相片的功能，但透過與互動茶几的連結，其可與曾經來家裡作客的朋友的杯印連結在一起，也就是透過酒杯、杯印、老照片觸動使用者與情感、記憶、影像的回饋，而這種擁有多重感官（視覺、聽覺、記憶）連結的系統是在其他智慧空間中較少談論到的概念。為了滿足上述的機能，其整個系統架構（如圖 4-16）以及系統裝置表（表 4-6）中也可看出許多新介面：原本為擺放物的茶几轉變為可偵測使用者行為的互動茶几，且此新介面又可作為切換環境氛圍的新介面；以及可觸動使用者記憶的新相框介面，且此相框介面又可與移動的酒杯、桌面上的虛擬杯印做互動。

就系統面來看，此空間的物件彼此的連結性提高了。而在建築角度所無法看到的連結關係，透過整個系統架構（如圖 4-16）以及系統裝置表（表 4-6）中更可發現「相框」、「桌面」、「杯子」、「牆面」、「燈光」、「杯印」、「老照片」、「記憶」其彼此具有強烈的連結性，且其連結的物件中包含有實體結構元素、家具元素、虛擬元素等，本研究也發現我們將每一個元素抽離來看，其各自擁有其本身的機能存在，但透過系統的連結將原本毫無相關的物件連結在一起，這也是電腦科技對於無論是空間的配置上或是實用機能上的重大影響與改變。

4.3.1.2 就元素看機能

而就元素來看，本研究將以 HCI 的角度分別探討每一個新元素的「技術」與「介面互動」的方式，也就是相較傳統空間，其「介面互動」方式有何不同，並藉由 Huang (2006) 所提出的「人體感應介面」及「非人體感應介面」比較表中分別探討每一個介面操作的方式。

以下部分將就前一章節建築角度對於 Time Home pub 分析所得的「新元素」，以及其所包含的虛擬數位元素分別探討其「技術」層面與「介面互動」方式：

實體介面

互動茶几（Interactive table）：

[技術]：為了創造出一個可與桌面上杯子互動的互動桌面，其桌面分為三層，最底層為磁簧開關、第二層為 LED 燈陣列、最上層為白色可透光的白色壓克力，因此藉由底層磁簧開關陣列作為杯子位置的定位，並藉由桌面下 LED 燈陣列作為桌面杯印的呈現，使用者移動杯子時底下追蹤的杯印也會隨著杯子移動著。

[介面互動]：就介面互動來看，依據 Huang (2006) 所提出的分類其屬於非人體感應介面，透過移動桌面上的物件，執行日常生活的動作，例如將酒杯放置在桌面、移動桌面上的酒杯等，此系統藉由偵測這些動作將其整合在系統中。換句話說，此介面雖屬於非人體感應的互動，但此種互動的方式又是人們在日常生活中熟悉的動作，因而透過這種整合對應的方式，可讓使用者與所處的環境產生自然互動外還可得到適切的回饋。

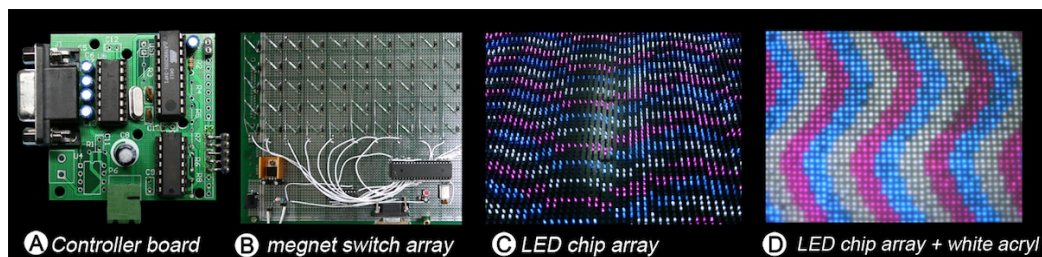


圖 4-17 互動桌的裝置設備：a) LED 燈陣列的單元控制器；b) 磁簧開關陣列；c) LED 燈陣列；d) LED 燈陣列上面覆蓋白色壓克力版效果

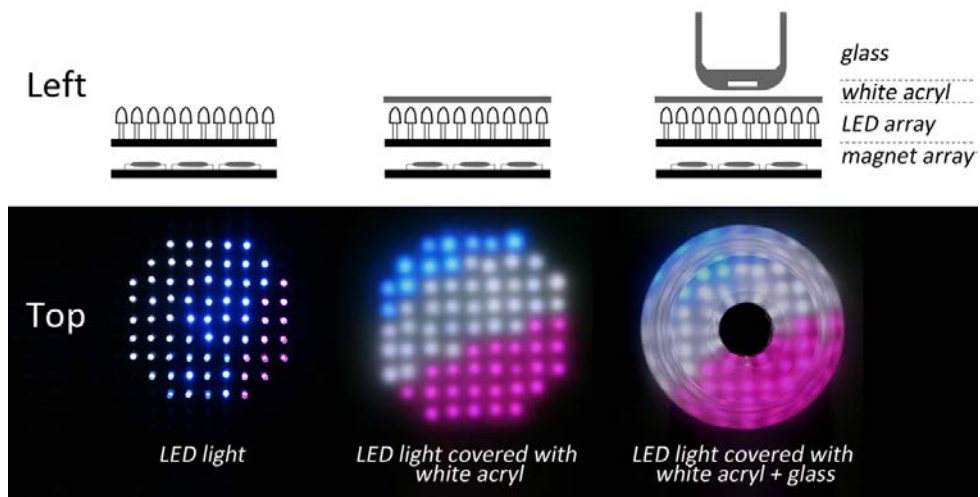


圖 4-18 互動桌的剖面與對應的上視圖

可感應酒杯 (Whiskey glass)：

[技術]：為了讓酒杯與上述的互動桌面產生互動，因此將酒杯的底部放置了強力磁鐵，當酒杯移動到桌面的任一位置，其底部的磁鐵就會觸動桌面下的磁簧開關陣列進而透過 RS232 將訊號傳送至 PC1 伺服器給予位置的判別，再將訊號傳送至桌面的特定位置 LED 陣列給予杯印傳達。

[介面互動]：此裝置的介面互動上應與前述的互動桌面來整合說明，單就酒杯而言，

其本身所提供的機能為裝盛固體及液體的實用容器，而透過不同的造型容器又可提供更細層次等不同機能的使用，因而此酒杯雖擁有其本身的機能外，放置在桌面的同時又可作為與空間情境轉換的裝置，因而其介面的互動上雖屬於非人體感應的互動，但透過抓取酒杯、放置酒杯等日常生活的動作則可與空間環境產生自然的互動行為。

數位相框 (LiveFrame) :

[技術]：此數位相框與一般數位相框不同之處則是其搭配了觸控的面版，且其相框本身也與獨立的 PC 2 連結在一起，且 PC 2 透過網路又與 PC 1 伺服器連結在一起，也就是數位相框透過網路的連結也與桌面的時光杯印 (參考虛擬介面中的時光杯印) 產生互動，藉由上述的酒杯移到桌面上任意的時光杯印上，即可觸動相框顯示和杯印主人相關的照片。

[介面互動]：此裝置的介面互動上，就 Huang (2006) 所提出的分類其屬於人體感應介面，即透過使用者的手直接操作相框介面，且如同技術所示此數位相框為整個 Time Home Pub 的一部分，但在實體的配置上相框和桌面是沒有實質的連結關係，而虛擬上其兩個元素又可透過網路而連結在一起，且其桌面上的時光杯印、相框中的老照片雖與使用者無任何的非人體或人體的互動關係，但這杯印的圖像、老照片也會讓使用者透過視覺來接收這些影像進而觸動使用者的記憶，因此相框對於使用者的介面互動而言有這複雜的互動關係。

虛擬介面

「時光杯印」(Time marks)

[技術]：此時光杯印雖為虛擬的介面，但其在智慧住宅中顯示為使用者曾經來家裡作客的印記，也就是說曾經來家裡作客的家人、朋友透過互動桌面會將其杯印烙印在桌面上，而當使用者將酒杯放置桌面上時則切換置 Bar 模式，此時的 time-marks 也會逐一的浮現出來。而這些杯印的構成是利用 Projecter01 將烙印的杯印投影在互動桌面上，其與互動桌面上的追蹤杯印不態相同，追蹤杯印是透過桌面下的 LED chips 陣列顯示出來的，時光杯印是透過投影的方式顯示出來的，但這兩者皆是由 PC 1 伺服器控制著。此外，這個時光杯印又與數位相框連結著，當酒杯移到任意的 time-mark 上時，則會觸動相框，使其顯示出使用者杯因印相關的照片。

[介面互動]：此裝置介面是透過實體的桌面將虛擬的時光杯印顯現出來，其本身沒有和使用者有直接的互動關係，需透過酒杯的輔助去觸動整個互動的流程，因此其介面的互動需參考「酒杯」中所述的介面互動關係。

「空間情境氛圍」(Ambient atmosphere)

[技術]：此空間情是藉由 Projecter02 將虛擬動態壁紙投影在實體的牆面，此且可藉此控制空間的顏色、壁紙花紋等，而此 Projecter02 連結著 PC 3，且 PC 3 也透過網路與 PC 1 sever 連結著，因此當酒杯放置在桌面時就會觸動空間情境的轉換，原本白色的牆面轉換為白底黑色花紋的動態壁紙，當酒杯不再桌面時，其又切換為一般模式，則牆面轉變為原本的白色。

[介面互動]：此裝置介面為一個輸出的顯示介面，使用者無法直接去控制空間情境氛圍，因此相對的此介面互動可參考「酒杯」來探討其互動方式，此空間情境氛圍就整個智慧空間來說，其空間情境的轉換則是依據使用者的行為而改變的，而透過不同的顯示方式來給予使用者視覺的回饋。

4.3.1.3 機能和元素交互關係

Time Home Pub 的主要概念是希望可以創造出一個更適切的空間環境給使用者，因而提出一個可自動切換三種情境的智慧住宅 (如圖 4-19 的紫色方框)，因而在探討其機能與元素的交互關係上，本研究將依據系統運作流程的架構探討其元素之間與使用者意圖動作的互動關係。而在圖 4-19 的系統流程中可看出，整個系統運作是由酒杯、互動桌、數位相框、環境背景所構成的，而圖中藍色的箭頭意謂著實體元素的連結，黃色方框、粉紅色方框代表著使用者的意圖與實際的動作，而橢圓方框代表著空間情境模式 (一般模式、Bar 模式以及音樂模式) 的切換。

因此藉由圖 4-19 系統運作流程中可推論出一般傳統空間中，其使用者在空間的情境演練敘述，以及相較 Time Home Pub 中所提出的新情境，其二者新舊情境間的差異性。因此以下的部份將就傳統的情境演練與新情境演練的敘述來探討 HCI 角度中元素和機能的交互關係。

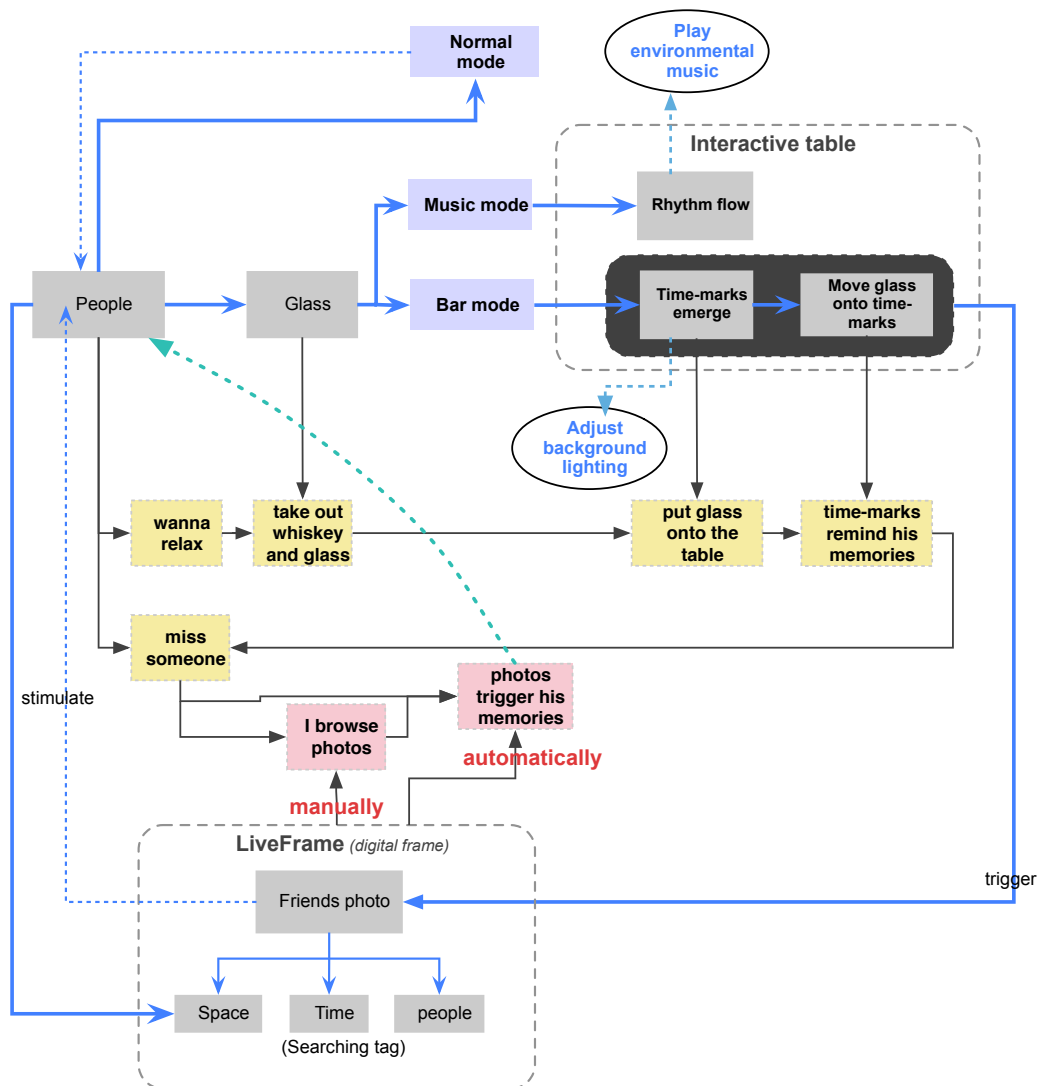


圖 4-19 Time Home Pub 系統運作流程

傳統居住空間的情境假設

下班回到家的 Sean，癱坐在客廳沙發上，拖著疲憊的身軀想要好好放鬆一下，深夜以無 bar 可以去，於是將燈光調暗、開啟客廳的音響放入最喜愛爵士樂，並拿出 whiskey 以及酒杯酒杯，並將酒杯放置在茶几上，心中想著如果現能有幾個好友陪伴該有多好，看著桌上的相框、回憶起好久不見的老朋友 Sasada，遠在地球另一端的他不知過得好嗎？心中一幕幕曾一起發生過的回憶反覆的浮現在 Sean 的腦海裡。是時候睡覺了，趕忙收拾著桌面的酒杯，熄了燈回到臥室裡。

Time Home Pub 的情境敘述

下班回到家的 Sean，癱坐在客廳沙發上 (圖 4-20a)，拖著疲憊的身軀想要好好放鬆一下，深夜以無 bar 可以去，於是拿出 whiskey 以及酒杯，並將酒杯放置在茶几上，同時空間系統偵測到 Sean 想要小酌一番，於是將客廳情境切換為 Bar 模式 (圖 4-20b~c)，牆上的壁紙轉變成動態的黑底白色的花紋，空間也響起 Sean 最愛的爵士樂，緊接著桌面上浮現出曾幾何時來家裡作客親友的時光杯印，突然 Sean 意識到某個好友的杯印忽明忽滅，仔細一看原來是遠在日本的好友 Sasada，因為太久沒有聯繫其杯印幾乎都要消失了，於是將酒杯輕輕挪到 Sasada 杯印上 (圖 4-20d)，而桌上的相框也不斷重戶播放著和 Sasada 相關的照片 (圖 4-20e)，Sean 彷彿回到了當時 Sasada 相聚的情景，而這所有的事情好像剛剛才發生一樣歷歷在目。過了許久，Sean 意識到該睡覺了，收拾桌面的酒杯，此時空間則切換惟一般情境的模式，牆面也轉變成原本的水泥牆。

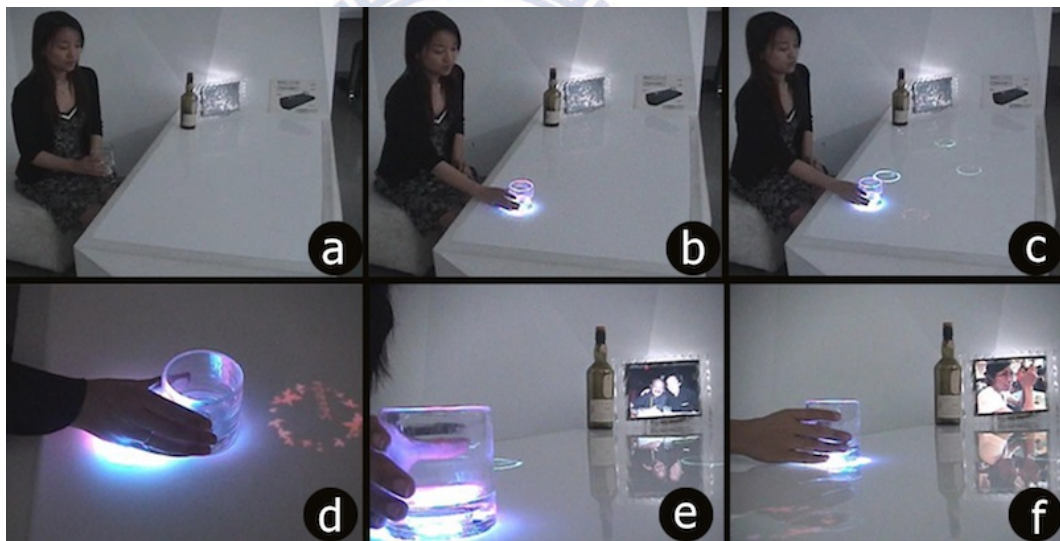


圖 4-20 Time Home Pub 情境演練步驟 (Huang et al., 2009)

由上述新舊情境的敘述中可看出，傳統空間中的元素彼此是沒有相互關連性的，例如茶几、酒杯、相框彼此是沒有關連性的，且其建築空間環境本身也只是提供一個讓使用者居住生活的場所，但 Time Home Pub 提出的智慧住宅中，他讓空間具有適應不同內在或外在環境的機能，換句話說，空間能夠主動調節室內空間情境而給予使用者適切的回饋，如上述情境敘述中的使用者，當他將酒杯放置在茶几上的同時，環境就察覺到使用者想要小酌一番，於是自動的切換到 Bar 模式，當酒杯移動到時光杯印上時，就可連結相簿瀏覽相片。因而在系統中的元素和機能的交互關係中，透過 HCI 的輔助下，此空間能夠藉由情境變換自然的與使用者

產生互動 (圖 4-19 中的紫色方框)、並給予視覺和情感與記憶的回饋 (圖 4-15) , 而這種不同於以往的空間互動方式則是提供給使用者一種多元情境轉換的空間。

4.3.2 智慧辦公空間 Case 4: BCI studio

BCI studio 的案例概念與前一個案例的概念上很類似, 因為現有的智慧空間案例多著重在 HCI 的介面互動上, 因而 BCI studio 案例是希望可以在使用者和空間中提出一個更自然的互動方式。因此此案例所探討的重點是傳統智慧空間中, 使用者需主動的控制所處的環境, 例如遙控的手機介面、紅外線感應介面、手勢介面、眼球追蹤介面等與空間的開關坐互動, 但此案例希望可以創造出一個可偵測使用者行為、意圖狀態而給予適切的回饋的空間, 例如: 溫度調節、燈光控制、環境音響等等, 因此 BCI studio 提出了一個可讓人適切工作環境, 藉由偵測使用者腦波判斷其狀態再給予適當的溫度、燈光等環境的回饋 (如圖 4-21)。

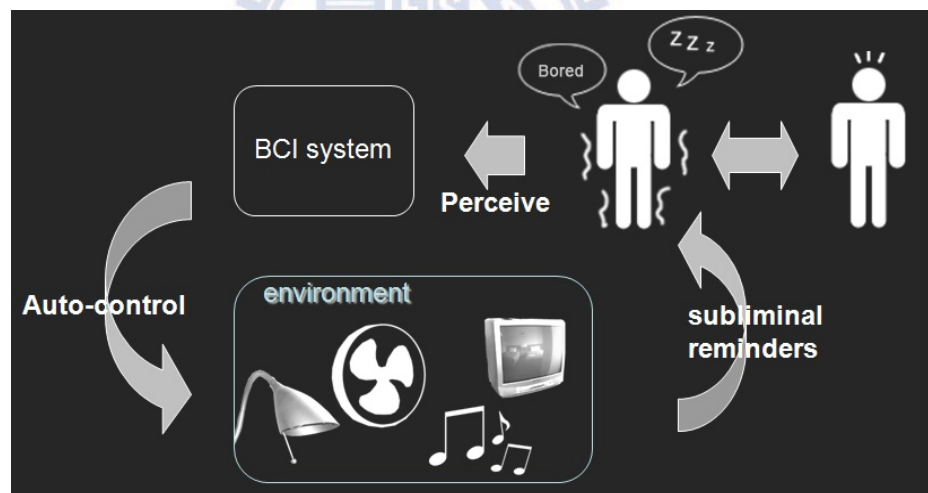


圖 4-21 BCI studio 的系統概念圖

4.3.2.1 就機能看元素

因此 HCI 的觀點來看, 此系統包含有以下幾種機能: 判斷使用者是否為清醒狀態、疲勞狀態、睡著狀態; 以及給予不同程度的燈光回饋 (Level 0~4)、溫度的調節。另一方面, 藉由輸出輸入的方式來看, 此系統的輸入裝置包含有一種 (如表 4-7): 可判別使用者清醒或睡著的腦波訊號控制介面; 此外輸出裝置包含有三種: 可調節燈光亮度給予使用者適時的環境燈光提醒、以及依據使用者狀態調節空調溫度給予適切的環境回饋、依使用者感覺勞累時給予音樂的舒緩與提醒。

表 4-7 BCI 的系統裝置表

Input/output	HCI	Functions	Elements
輸入 input	生物訊號擴大、二頻道的 EEG 訊號擷取裝置、數位訊號處理、電腦	1.可判別使用者清醒或睡著的腦波訊號控制介面	帽子
輸出 output	控制版、燈具	2.可調節燈光亮度給予使用者適時的環境燈光提醒	檯燈
	控制版、空調	3.依使用者狀態調節空間環境溫度	冷氣
	控制版、音樂播放器	4.依使用者感覺勞累時給予音樂的舒緩與提醒	環境音響

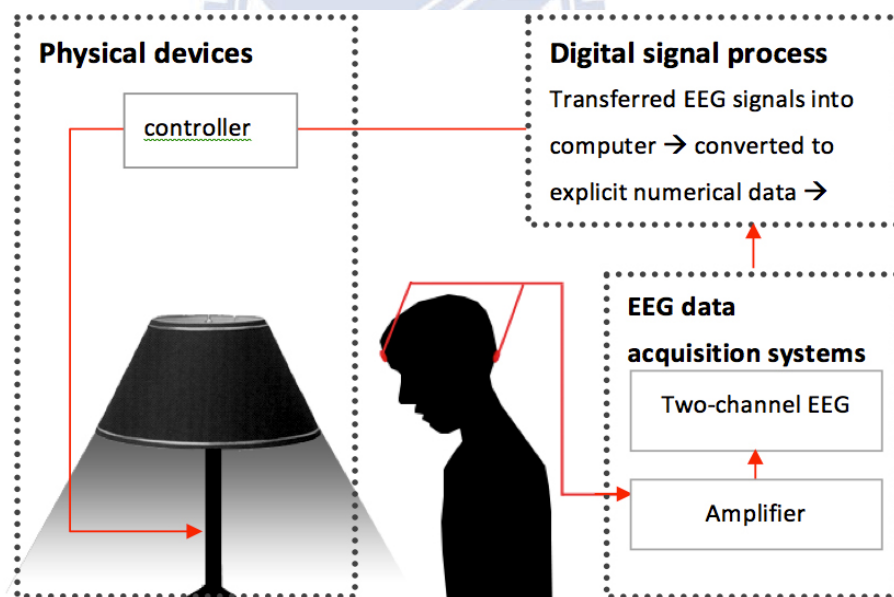


圖 4-22 BCI studio 的系統架構圖

就 HCI 的角度來看元素的變化，可就介面的角度來觀察其變化，圖 4-22 的系統架構圖以及表 4-7 的系統裝置表中可發現，此案例相較之前的案例來說介面的組成結構較單純，但此案例的重點則是強調其特殊的介面互動，圖 4-22 系統架構可清楚的看出，使用者與空間並沒有直接的互動，而是空間透過腦波介面取得使用者的狀態再給予使用者燈光的提醒，也就是此智慧環境會自動的察覺使用者的狀態

而給予適當的回饋。而相較建築的角度來看其元素的變化，此案例的空間配置組成和一般工作室相同包含有「桌子」、「椅子」、「檯燈」、「空調」等，但透過 HCI 的觀點，則可發現原本為穿著裝飾一部分的帽子也轉變為偵測使用者腦波的新介面，而就系統面來看，其元素還包含有「腦波訊號放大器」、「以及訊號擷取器」、「腦波訊號處理軟體」等；而原本需要主動開關的檯燈則轉變為可給予適當燈光提醒的新介面，其元素包含有「繼電器開關陣列」、「控制版」、「檯燈」、「空調等」。

另一方面，就系統組成概念來看，因為 HCI 的輔助也讓空間中的元素彼此產生了新連結，例如當使用者頭昏感到勞累時空間會判斷使用者是否是因為外在的環境燈光太過昏暗、或是室內溫度過高而造成使用者精神不濟，而系統進而判斷其狀態再給與空間環境的亮度與環境溫度回應，也就是使用者不需要直接調控燈光亮度、冷氣溫度，而使用者本身的意念、身體狀態就可以間接的與檯燈、冷氣產生新的連結性，而這種透過腦波與空間的連結也是過去案例中所沒有的「新連結」。

4.3.2.2 就元素看機能

而就元素來看，本研究將以 HCI 的角度分別探討每一個新元素的「技術」與「介面互動」的方式，也就是相較傳統空間，其「介面互動」方式有何不同，並藉由 Huang (2006) 所提出的「人體感應介面」及「非人體感應介面」比較表中分別探討每一個介面的運作方式。

以下部分將就前一章節建築角度對於 Time Home pub 分析所得的「新元素」，以及其所包含的虛擬數位元素分別探討其「技術」層面與「介面互動」方式：

實體介面

腦波感應帽子 (BCI cap)

[技術]：為了提出一個更直覺化的互動空間，因而使用腦波的感應介面作為與空間互動的媒介，但現階段腦波訊號還是太過複雜難以去解析，因此研究者無法單就腦波圖去了解使用者所想表達的意思，但可透部分可辨識的腦波進而對應出使用者的感受，例如：當 α 波增強時，代表著使用者正在放鬆或是閉眼的狀態 (如表 4-8)。因此本案例中，Huang (2006) 利用腦波介面偵測 α 波的強弱來判斷使用者是否為清醒狀態的，以提出一個更有效率的工作空間，因此將腦波擷取裝置的電極貼片裝置在一般帽子上，當使用者帶上帽子的同時，即可擷取腦波訊號，接著由腦波訊號放大器將微弱的腦波訊號放大，再透過訊號處理器以及軟體辨識使用者的當時的腦波是否為清醒或想睡的狀態。

[介面互動]：因而就介面互動來看，依據 Huang (2006) 所提出的分類其屬於人體感應介面的一種，此介面藉由偵測使用者的腦波狀態，讓使用者本身不需要有意圖及動作，直接藉由腦波以被動的方式與空間做互動，相較腦波主動控制介面，使用者需先透過學習訓練，才能達成互動行為 (Krepki et al., 2004 ; Leeb et al., 2004) (如表 4-9、表 4-10)，因此此裝置介面較傳統的腦波介面來的直覺且自然，而本案例所提出的概念，使用者不需主動的控制環境，反之空間可以適應不同的使用者狀態給予適時的環境回饋，因而環境直接偵測使用者腦波狀態給予最直接且精確的回饋也是此案例探討概念的重點。

表 4-8 腦波頻率波段 (Krepki, 2004)

Band	Frequency [Hz]	Occur while / Indicate
δ	0.5 – 3.5	Movement preparation
θ	3.5 – 8	Memory
α (μ)	8 – 13	Relaxation, sensory idling
β	13 – 22	Motor idling
γ	22 – 40	Feature binding

表 4-9 BCI 系統介面操作方式比較

	Krepki et al. (2004) 提出的BCI系統	Leeb et al. (2004) 提出的BCI系統	Huang (2006) 提出的BCI studio
腦波種類	EEG	EEG	EEG
訓練 (training)	是	是	否
應用環境	電腦遊戲介面	VR	實體空間
如何操作	想像右手移動、想像腳移動	想像右手移動、想像腳移動	人在放鬆時或感到勞累或疲倦時，Alpha波會出現，藉由Alpha波控制
主要對象	一般人、殘障	一般人	一般人
互動方式	主動	主動	被動
電極點位置	All	C1、C4	C4
特色	用大腦意志玩遊戲 如：走迷宮、電腦賽車遊戲等	藉由腦中動態的想像去操控虛擬空間 (向前走、向右走)	空間會主動感知人的狀態，並自動調節環境給予人適當的回饋

表 4-10 人體感應—腦波介面 (Huang, 2006)

控制介面(元素)	互動模式(機能)	感應方式	是否需學習
腦波主動控制	有意圖 + 無動作	藉由腦中想像手或腳的移動去控制游標、或實體空間的裝置，例如殘障者藉由此腦波控制系統去做簡易的文字溝通。	是 (使用前需做訓練，讓系統紀錄使用者特定腦波代表的執行動作)
腦波被動控制	無意圖 + 無動作	本研究中所提出的，不需刻意的想像或特定的動作，藉由腦波辨識，環境會主動去察覺使用者的生理狀態並讓環境給予適當的回饋，例如使用者感覺勞累時，環境會自動調節燈光的強弱並提供適當的背景音樂給予使用者自然的提醒。	否

情境式燈光提醒 (Peripheral lighting alarm)

[技術]：此裝置藉由四個繼電器作為調節燈光亮度的輸出裝置，即當系統判斷使用者為發呆、感覺疲勞的狀態時，會調節桌面燈光的強弱，給予不同等級燈光亮度提醒 Level 0~4，當系統判斷使用者太過疲勞的時候需要好好休息時，其會主動的關掉電源給予適當的回饋。

[介面互動]：因此裝置情境式燈光、環境溫度、環境音響等三個輸出裝置與上述的腦波感應帽子為一體的互動裝置，且整個系統的互動流程只有一種，因而其介面的互動方式可參考前述 (BCI Cap) 的介面互動。

環境溫度 (Ambient temperature)

[技術]：此裝置藉由一個繼電器作為開啟電扇輸出裝置，即當察覺使用者為發呆、感覺疲勞的狀態時，此系統會判斷使用者也許是因為空氣不流通進而調節空間溫度開啟電扇，使空間通風，當系統判斷使用者太過疲勞的時候需要好好休息時，其會主動的關掉電源給予適當的回饋。

[介面互動]：因此裝置情境式燈光、環境溫度、還靜音響等三個輸出裝置與上述的腦波感應帽子為一體的互動裝置，且整個系統的互動流程只有一種，因而其介面的互動方式可參考前述 (BCI Cap) 的介面互動。

4.3.2.3 機能和元素交互關係

在機能與元素的交互關係上，我們可藉由系統運作流程架構 (圖 4-23) 中得知，此案例所想要提出的概念即是希望能夠提出一個更簡化的介面讓使用者與空間產生更自然的互動，如圖中使用者的情緒 (發呆、頭暈、感覺勞累、想睡等狀態) 會即時的被空間環境所察覺，因此使用者和環境控制之間的介面除去了，使用者最直接的情緒狀態也會即時的被空間的 BCI 系統偵測到，並給予適切的回饋，且系統會依據不同使用者狀態而給予不同的燈光亮度提醒。

例如圖 4-23 系統流程中，使用者發呆的時候，環境會察覺到使用者狀態並適時的調整燈光的亮度給予提醒，同時環境的空調也會啟動讓此空間的空氣更加流通，若系統還是偵測使用者的狀態還是勞累的狀態 (如圖 4-23 紅色箭頭)，則系統就會以此類推的將燈光亮度開至最大 Lighting Level4，若使用者還是十分的勞累，則系統會將電源自動關閉，將燈光調至 Lighting Level0；相反地，當使用者回復很有活力的狀態，系統也會關閉燈光及空調。

在此案例中雖只有實際做出一個互動的流程，但其概念上是希望此智慧空間中的每個元素都能透過 HCI 的輔助讓彼此有緊密的連結性，且空間系統可主動的察覺使用者想法，並適時的調整空間中每個元素的狀態以提出一個更舒適、便利智慧環境給使用者。

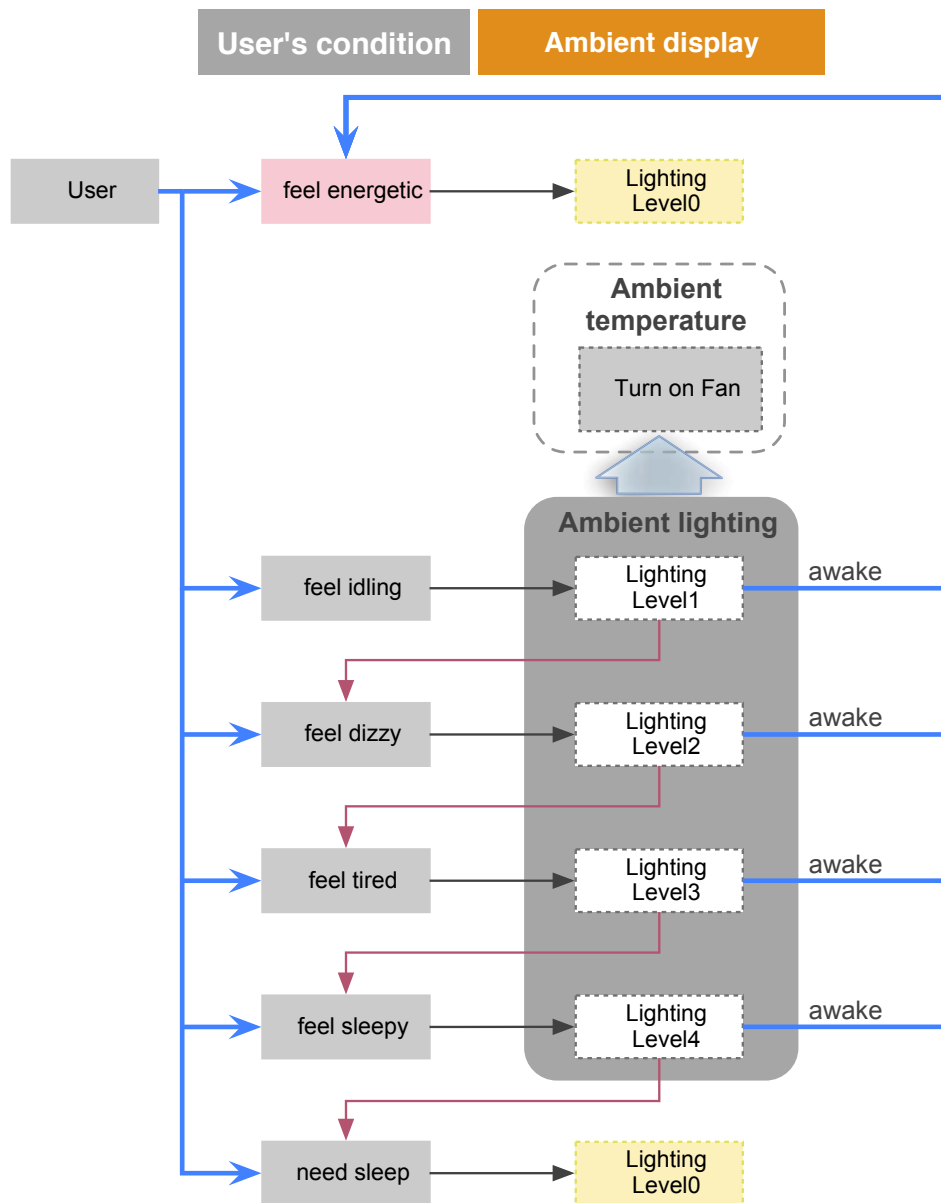


圖 4-23 BCI studio 系統運作流程

此外，藉由圖 4-23 系統運作流程中可推論出一般傳統空間中，其使用者在空間的情境演練敘述，以及相較 BCI studio 中所提出的新情境，其二者新舊情境間的差異性。因此以下的部份將就傳統的情境演練與新情境演練的敘述來探討 HCI 角度中元素和機能的交互關係。

傳統工作室的情境假設

Tom 進到工作室裡，連著幾夜沒能好好睡一覺，因為目前手邊的設計案的截止日快到了，因此拖著勞累的身軀開始趕圖，過一陣子 Tom 覺得燈光好像太過昏讓他

工作效率變得很差，因此將桌面的檯燈也打開，勉強提起精神繼續趕工，過了半小時，Tom 還是覺得很疲累，他將房間的空調打開以及音樂打開，心想也許是因為空間中的二氧化碳濃度過高，而導致他昏昏欲睡，又勉強再工作一會兒，還是敵不過疲憊的身軀，因此他放掉手邊的筆，躺在一旁的沙發上小睡片刻。

BCI studio 的情境敘述

Tom 進到工作室裡，帶起腦波的感應帽子，連著幾夜沒能好好睡一覺，因為此案的截止日快到了，因此拖著勞累的身軀開始趕圖，過一陣子 Tom 覺得燈光好像太過昏讓他工作效率變得很差，因而桌面的檯燈以及空調也自動的開啟，Tom 始終覺得非常的疲憊，因而發呆了片刻，系統察覺使用者非常勞累因而將燈光調至 Level 2，此時 Tom 好像察覺了桌面的燈光提醒，打起精神又再度趕圖，此時系統察覺使用者稍微清醒，因次將燈光調整至 Level 1，又過了半小時，系統突然察覺 Tom 精神狀態十分不好，因此將燈光調至 Level 2~4，但 Tom 還是沒有醒過來，因次系統判斷使用者可能太過勞累需要好好休息一番，因次將系統自動關閉讓使用者能夠好好的休息。

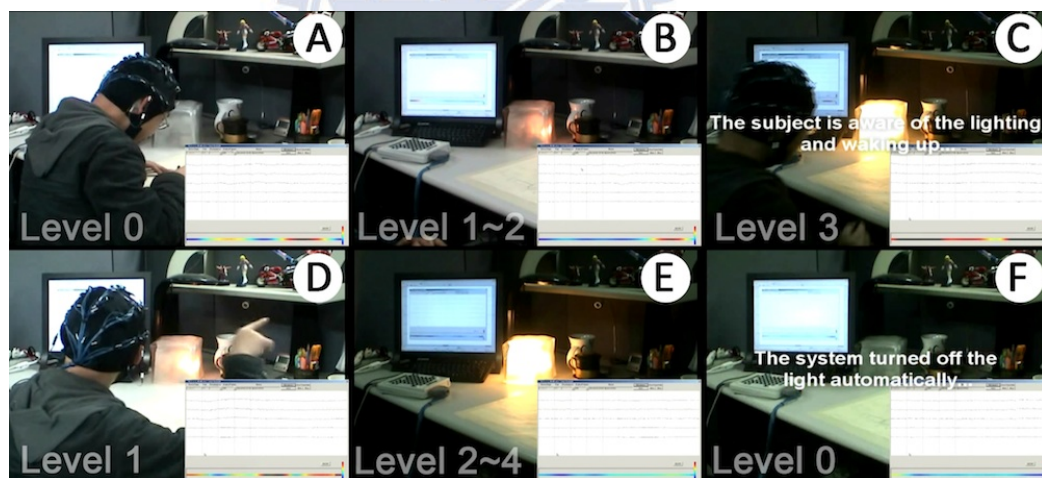


圖 4-24 BCI studio 系統演練

由上述兩個情境的比較敘述中本研究也發現，傳統工作空間中的元素（檯燈、空調、桌椅等等）與使用者之間彼此沒有關連性，使用者必須主動的去調節空間的情境以提出一個最舒適、符合需求的環境給自己；反之，在 BCI studio 的情境敘述中也發現，空間元素彼此有很強的連結性，且會隨著使用者的狀況去改變，且環境變換與使用者間是透過最直覺的腦波偵測而達成的互動關係。因此就系統層面來說，透過 HCI 的輔助之下，此空間元素從傳統上作為照明機能的檯燈進而轉變為同時兼具「照明」、「燈光提醒」等多功能的元素，且藉由這種自動的情境偵測與轉換，也提供使用者與空間的新互動方式，且相較先前所分析的案例可看出，這種「新

的腦波互動方式」與「多重情境」的切換則是此案裡所想要表達的重點。而 HCI 角度中機能與元素的交互關係上，此案例強調的則是給予使用者一種被動的控制環境，其空間機能上似乎變得較傳統建築空間來的有智慧，且能夠依據使用者的需求給予適時回饋（調節空間溫度、燈光、播放音樂等等），但實際上其系統則是利用另一種較直覺的 HCI 介面—BCI 介面來達成的「境隨心轉」的多元情境空間。

4.4 小結

而為了以較全面的觀點探討智慧空間的構成，本研究在第三章（建築角度分析評估）中先以空間性的角度探討智慧空間中元素和機能的交互關係的變化，而此章節則再以 HCI 系統架構角度探討元素和機能交互關係，而對於 HCI 來說，其主要探討的範疇則侷限在電腦科技影響下「使用者」、「物件元素」之間的互動關係。

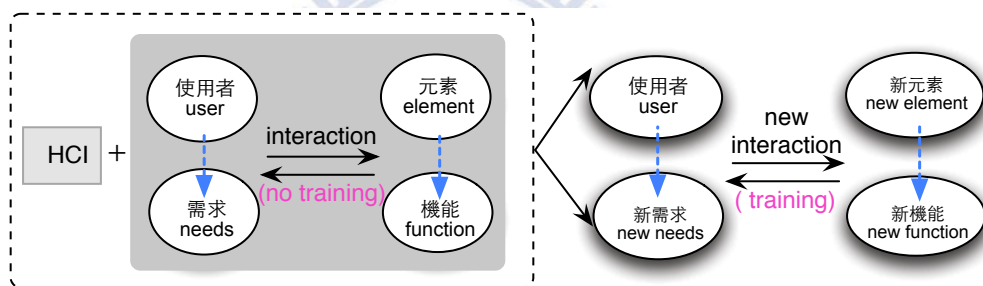


圖 4-25 智慧空間中元素和機能的變化

而元素和機能的交互關係則可參考圖 4-25，「元素」的構成以及其所擁有的「機能」都是為了滿足「使用者」的「需求」所存在的，因此「使用者」與「元素」間有著密不可分的「互動關係」，「使用者」學著如何去操作這些物件並與這些「元素」共存著。隨著「HCI」的出現「使用者」與空間「元素」關係產生了變化，因為人們的需求改變了，空間中產生了「新元素」，而「新元素」所擁有的「新機能」則是為了回應使用者的「新需求」，而這些使用者與新元素間的互動關係則衍生出另一個問題，在舊有的環境中如何學習、適應與新元素產生互動，因此關於傳統互動方式（需學習、且不直覺）與新互動方式（不需學習、且直覺）也是目前智慧空間所研究的議題之一。

再將使用者與元素間的互動放大來看（如圖 4-26），在傳統建築中使用者與元素間的互動關係可透過傳統的介面或是直接與物件本身做互動（如圖 4-26 粉紅色方框），例如過去的廚房空間我們需要燒材以取得火源，但我們現在只需要接天然瓦斯的瓦斯爐轉開即可取得火源，然而單就廚房的機能來說它解決了烹飪過程中加熱的

步驟，但物件本身在安全上、食物的烹飪狀態上等卻無法提供有效的回饋給使用者。而新興的智慧空間中，在 HCI 的輔助下，使用者與新元素之間能夠透過一種較直覺的新介面產生互動關係，因此有些研究者希望可藉由其他數位資訊的輔助讓物件本身賦與能力，且使用者又可直接透過原本的物件達成自然的互動，例如：AR Kitchen 中的冷熱水視覺化顯示、瓦斯爐上的溫度提醒等；以及 AmbientROOM 中的多種訊息的狀態顯示 (Ishii et al., 1998)、Time Home Pub 酒杯與互動茶几等 (Huang et al., 2009)，因而使用者可直覺的與新元素做互動而不需透過一個特殊的裝置或介面，且新元素本身也會有效的藉由各種方式回饋給使用者，而這種新的回饋方式 (新的顯示方式、新輸入、新互動) 也是提供給使用者多元情境的顯示或是情境的切換。

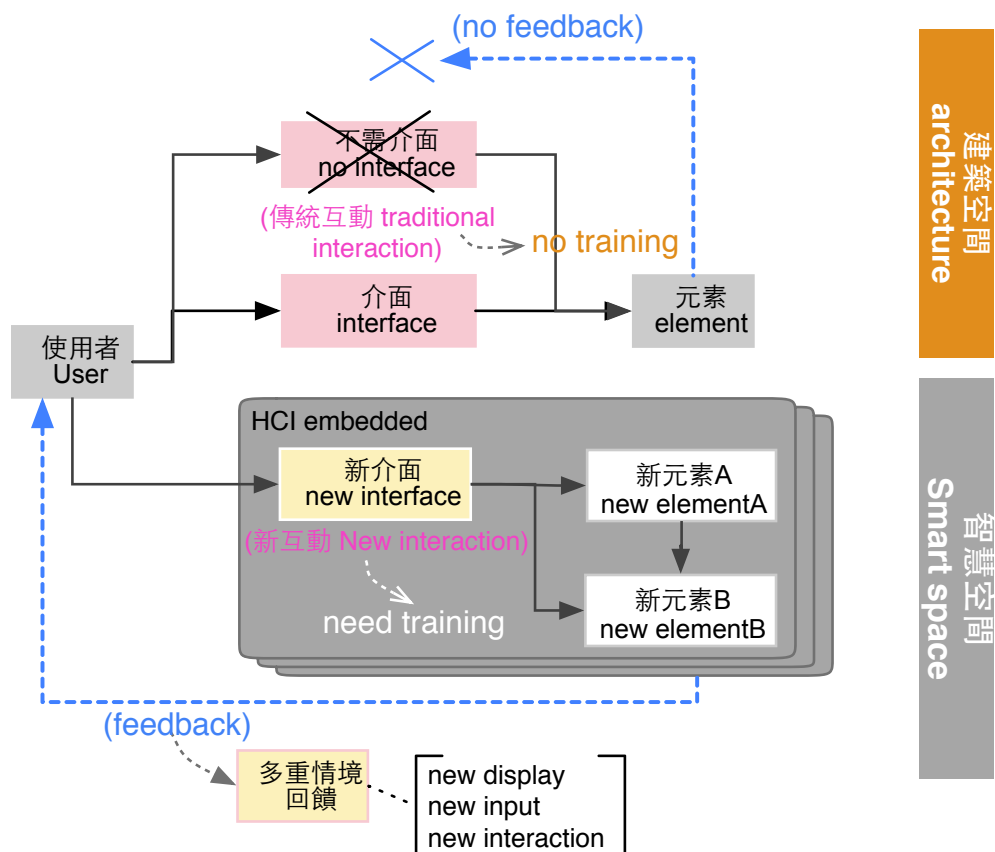


圖 4-26 智慧空間中使用者與元素間的互動關係

因此就 HCI 角度看智慧空間「機能和元素交互關係」分析中，可就每個案例的系統架構圖：AR Kitchen (圖 4-1)、AmbientROOM (圖 4-10)、Time Home Pub (圖 4-16)、BCI studio (圖 4-22) 等看出其系統「設備組成」、「介面之間的連結」、「系統運作流程」等等，因此元素和機能的交互關係上透過不同層級 (建築角度、HCI

角度) 的探討即可對映出不同的交互關係,以建築的空間觀點可以了解到使用者對於空間機能及空間所產生的新元素及元素彼此之間的關係 (如圖 3-37); 相對的,在 HCI 的觀點上則可清楚的了解到使用者與這種系統元素間彼此的關係 (包含設備的組成、連結、如何運作等等)。

因此在 HCI 的研究觀點下,本論文也歸納出智慧空間中機能和素的交互關係中浮現了「新介面」、元素之間的「新連結」、以及為了滿足使用者需求改變的「新情境」。



第五章 系統架構推論

本步驟可區分為二個部分，第一個部分：將藉由前二步驟（第三章、第四章）推論的結果並整合現有的智慧空間系統架構予以修改，以較全面的角度（兼具 HCI 與建築角度）提出機能和元素新交互關係的系統架構。

智慧空間是科技發展後所產生的新建築形式，而為了滿足使用者對於生活模式的需求改變，智慧空間的相關研究者多以電腦科技的角度去探討其構成，其概念簡單來說是希望可藉由數位科技的輔助提出一個更聰明、更適應使用者的生活環境，但往往過去的智慧空間案例多源自於電腦科技的角度去探究其系統裝置連結、系統運作的流程、及效能等等 (Son et al., 2011; Wu and Fu, 2012)。因此本研究將以前二步驟（第三章建築分析評估、第四章 HCI 角度分析評估）分析的結果，並挑選出適合的核心系統架構加以整合、修改並提出智慧空間中機能和元素的新交互關係系統架構。

因此本論文挑選現有的三個智慧空間架構案例 (Lee et al., 2008; Son et al., 2011; Wu and Fu, 2012) 做為核心系統架構的參考，並比較其組織架構的因子其相異性、及其相似的邏輯性選擇出一個較適當的核心系統架構，再將前二步驟（第三章、第四章）的分析結果進行整合、修改以提出一個兼顧 HCI 與建築角度觀點的智慧空間系統架構（如圖 5-1）。



圖 5-1 系統架構推論

5.1 核心系統選擇

因而在智慧空間系統架構的推論上本論文將挑選智慧空間系統架構研究為主的三個案例作為核心系統的參考：包含有 Lee 等人 (2008) 所提出的「擴增實境為基礎 (MR-based) 的智慧空間」、Son 等人 (2011) 所提出的「智慧空間管理系統」、

Wu 和 Fu (2012) 所提「人系統互動 (Human-System Interaction) 智慧空間系統 (表 5-1)」。

表 5-1 以元素和機能的角度來看智慧空間系統架構分類

案例 (Case)	1. MR-based 的智慧空間系統 (圖 5-1) (Lee et al., 2008)	2. 環境感知智慧空間管理系統 (圖 5-2) (Son et al., 2011)	3. Human-System Interaction 智慧空間系統 (圖 5-3) (Wu and Fu, 2012)
使用者 (User)	使用者 (User)	--	使用者 (User: ID, Group, Privilege)
機能 (Function)	服務層級 (Service layer)	服務 (Service)	服務 (Service: Privacy, Priority)
元素 Element	元件組織層級 (Resource layer): 資料庫 (Database), 3D 元件 (3D object), 標記(Markers)	裝置 (Device)	軟硬體設備 (HW/ SW/ Resources)
	擴增實境層級 (MR layer): 介面模組 (Interface Module), 追蹤模組 (Tracking Module), 表現模組 (Rendering Module)	網路 (Network)	
實體空間 Physical space	擴增實境測試場景 (MR-based testbed)	實體環境 (Physical Space)	實體空間 (Space: Name, Services Area, Topology)

5.1.1 Case 1: MR-based 的智慧空間系統

此案例藉由擴增實境的科技 (Mixed Reality based/MR-based) 以虛擬的物件模擬、並呈現在實體的環境中，以此可測試現有遍佈式運算的智慧空間其實行的可能性。因而此架構的目的是藉由空間的脈絡(空間物件、所發生事件) 與虛擬物件、及其可觸式的行為的連結來提供給使用者服務 (如圖 5-2)。而此系統架構區分為「元素組織層級」(Resource Layer)、「擴增實境層級」(MR Layer)、「服務層級」(Service Layer)、「使用者」(User) (其解釋可參考如下)：

1. 元素組織層級 (Resource Layer)：實體空間物件、配置。
2. 擴增實境層級 (MR Layer)：其可增加實體物件能力以提供「服務」給使用者。
3. 服務層級 (Service Layer)：如圖中的「擴增實境的模場景」(MR-based Scene) 即是此智慧空間所提供給使用者的模擬場景。

而擴增實境層級 (MR Layer) 本身又涵蓋了三個層級：「介面模組」(Interface Module)、「追蹤模組」(Tracking Module)、「表現模組」(Rendering Module)。

- a. 介面模組 (Interface Module)：和使用者連結與之互動的介質，
- b. 追蹤模組 (Tracking Module)：追蹤使用者所在的位置也就是 Wu 和 Fu (2012) 所指的實體空間的配置 (topology) 是相同的。
- c. 表現模組 (Rendering Module) 則屬於系統後端的部份，也就是處理訊息過濾、辨識、以及給予適當的判斷，而最後判斷的結果會將訊號傳至「服務層級」(Service Layer) 的後端，再將模擬影像呈現在擴增實境的模場景中 (MR-based Scene) 裡。

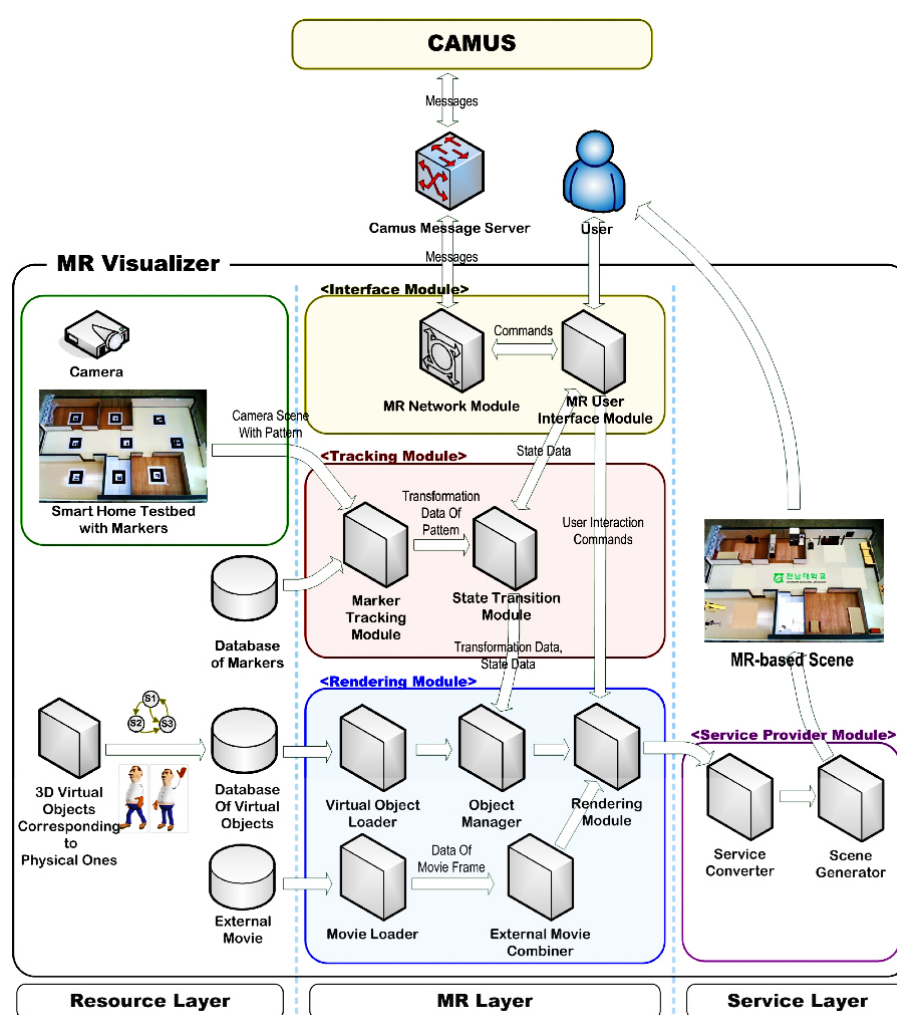


圖 5-2 擴增實境技術 (MR-based) 的智慧空間模型架構 (Lee et al., 2008)

相較其他兩個案例，其結構、元素、系統流程中相同與相異的部份如下：

相同部分

1. 系統結構關係：基本上與其他二個案例相同，包含有三個層次「物件組織層級」

(Resource Layer)、「擴增實境層級」(MR Layer)、「服務層級」(Service Layer)，其可對應為本研究所對應的建築角度分類，「元素」(element)、「機能」(function)。

相異的部份

2. 元素的組成關係：整個系統建構在「人」(human)、「實體空間」(physical space)、「網路」(network)、「軟體」(software)、「硬體的設備」(devices) 等上面，其系統架構組織層次相較 Wu 和 Fu (2012) 要來的完整。
3. 系統運作流程：此案例探討的部分為較細部的系統組成，例如：先前所提的「擴增實境層級 (MR Layer 層級)」下所包含的介面模組、定位追蹤模組、辨識模組。因此在流程的部份強調了系統演算邏輯及流程。

5.1.2 Case 2: 環境感知的智慧空間管理系統

此案例希望可提出一個整合性的環境感知系統架構（相較過去案例限制：多以個別的感應裝置系統架構為研究主軸，鮮少有整合性系統的相關案例研究），並藉由階層式的智慧空間管理系統架構，可清楚看出物件與物件之間的關聯性，以及其在空間中與其他元素、環境之間的配置。因而此系統架構重點如下（如圖 5-3）：

1. 依照階層式的智慧空間管理系統藉由架構出一個「元素裝置關係圖」(resource relation graph) 以提出一個居住的知識系統。
2. 架構上區分為：「服務」(Service)、「裝置」(device)、「網路」(network)、「實體空間」(physical space)。

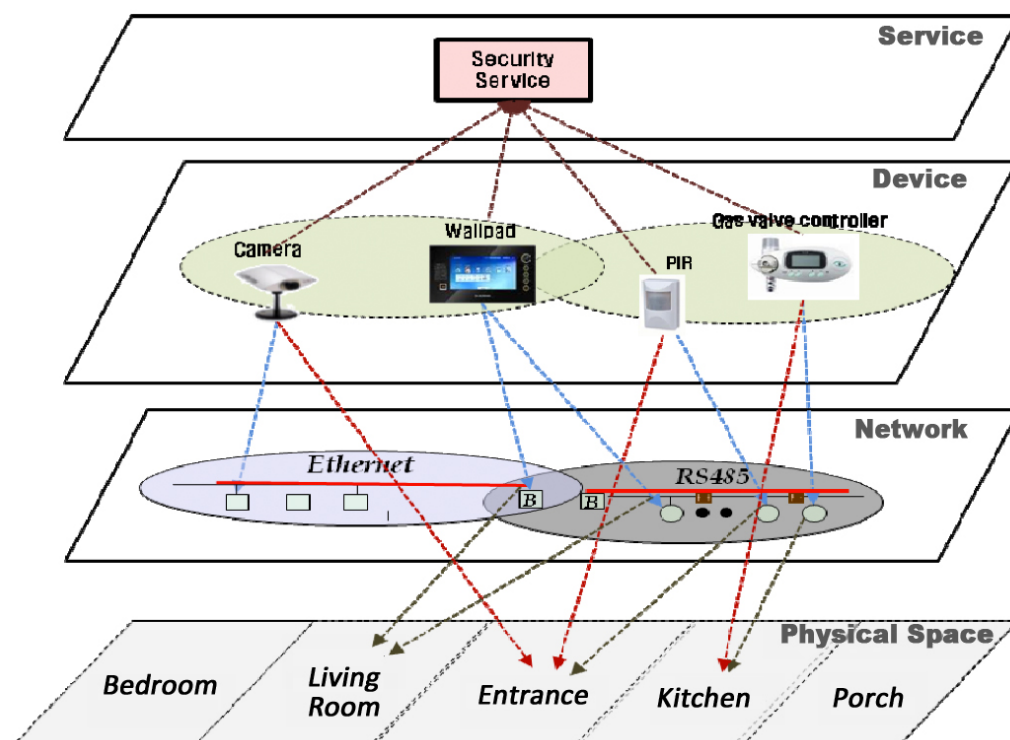


圖 5-3 智慧空間管理系統 (Son et al., 2011)

相較其他兩個案例，其結構、元素、系統流程中相同與相異的部份如下：

相同部分

1. 系統結構關係：其結構上分類基本上與其他二個案例幾乎相同，其包含有四個層次「服務」(Service)、「裝置」(device)、「網路」(network)、「實體空間」(physical space)，其可對應為本研究所對應的建築角度分類，「機能」(Function)、「元素」(Element)、「實體空間」(physical space)。

相異的部份

2. 元素的組成關係：在圖 5-3 的架構中其「裝置」(Device) 所強調的是每一個裝置組成單元與網路系統的連結，相較相較 Lee 等人 (2008) 與 Wu 和 Fu (2012) 提出的系統架構中，所強調複雜的軟硬體設備、系統運作的演算法有很大的不同。

3. 系統運作流程：在整體的架構中，Son 等人 (2011) 所提的架構中可更清楚的看出每一個元素和空間連結的配置關係以及所提供給使用者服務項目為何，透過這種層級、分類架構方式可更清楚呈現築角度中機能和元素的交互關係為何。

5.1.1.3 Case 3: Human-System Interaction 智慧空間系統

此案例所提的智慧空間架構中，是由「使用者」(User)、「人機介面」(HCI)、「後端平台/判斷」(Backbone platform / inference mechanism) 等三個層次組成的。Wu 和 Fu (2012) 提及智慧空間系統中目的是強調以「人機互動系統」(Human-System Interaction) 為中心並提出一個富有舒適、便利、保全的機能給使用者 (如圖 5-4)。整個系統是以架構中的後端平台 (backbone platform) 為主軸連接著整個系統所有的物件，整個系統運作的方式是藉由：「智慧感應裝置」(intelligent sensing)、「軟體設備」(HW/SW devices) 取得環境跟使用者資訊；以及「智慧的人機介面」(Smart HCI) 取得使用者的訊息。

接著將所得的訊息做互動的「機制判斷」(inference mechanism) 並給予適當的服務 (service)。關於判斷的結果是依據「透過介面與使用者之間的互動」、「使用者周圍的裝置操縱」系統架構 (如圖 5-4 中的紅色框線) 而來的；且其住宅環境調節也是依循此自動化控制系統的整合控制來處理的以給予使用者最適切的回饋。

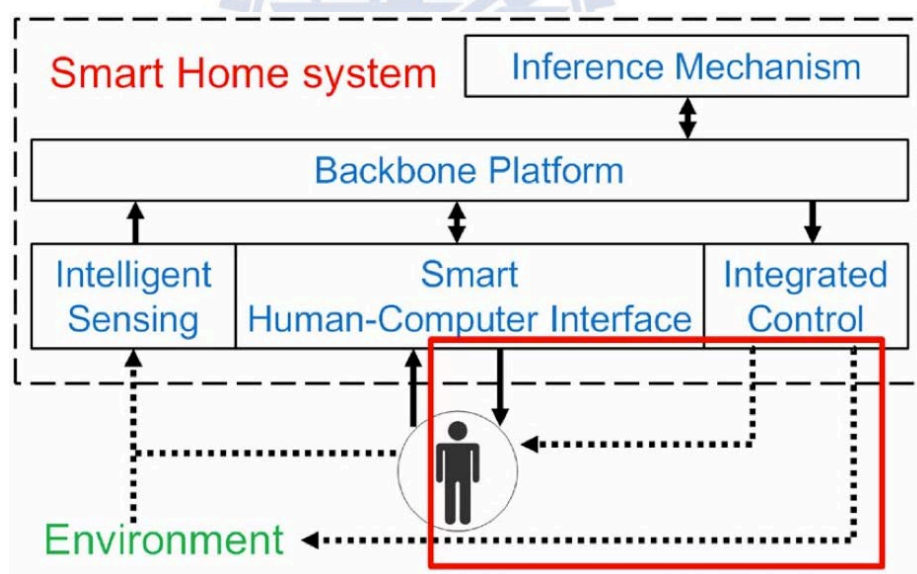


圖 5-4 Human-System Interaction 智慧空間系統 (Wu and Fu, 2012)

因此相較其他兩個案例，其結構、元素、系統流程中相同與相異的部份如下：

部分相同

1. 系統結構關係：此系統架構與其他二個案例有部分相同，其架構為「機制判斷」(inference mechanism)、「使用者」(user)、「人機介面與後端平台與判斷」(HCI / Backbone platform)，可對應為本研究所提出的建築角度分類，「服務 (Service)」、

「使用者」(User)、「元素」(Element)，但此案例缺乏了實質環境「空間」(Space)的部份。

相異的部份

2. 元素的組成關係：此系統架構雖與其他二個案例類似，但組成上有些許不同，其強調的是人與機器之間的相互關係，其包含有：後端訊息處理與判斷、使用者與系統的介面等，也就是比較系統面的架構關係上。

3. 系統運作流程：如前所述此案例強的是使用者與系統後端訊息處理的流程關係，也就是使用者與後端系統間的互動與回饋的過程，因而相較 Case 2.，在描述人、空間物件、實體環境等三者之間的關係上較為薄弱。因此也較不適合作為核心系統架構的依據。

因此就前述的推論中可看出 (表 5-2)，就系統結構關係、元素組成關係、系統運作流程等，Case 2. 環境感知智慧空間管理系統」(Son et al., 2011) 所提出的系統架構較適合作為核心系統，藉由不同層級元素、種類來做為系統的架構，再透過與不同空間的連結架構可清楚的表達元素之間、元素與空間之間等彼此的流動性與關聯性，也讓人們更容易以空間角度了解到其系統運作流程以及使用者、元素、空間彼此的關聯性，而相較「Case 1. MR-based 的智慧空間系統」(Lee et al., 2008) 案例其探討特定 HCI 系統 (擴增實境技術) 以及較細部的系統判斷，因此較不適合作為系統的核心架構，而「Case 3. Human-System Interaction 智慧空間系統」(Wu and Fu, 2012) 其所探討的範圍又太偏重於使用者與系統運作間的關係，而未提及了實質空間環境的部分，也因此無法看出使用者、元素與空間的配置關係，因此由表 5-2 中可清楚的推知「Case 2. 環境感知智慧空間管理系統」(Son et al., 2011) 的系統架構較適合作為核心系統的依據。

表 5-2 核心系統比較

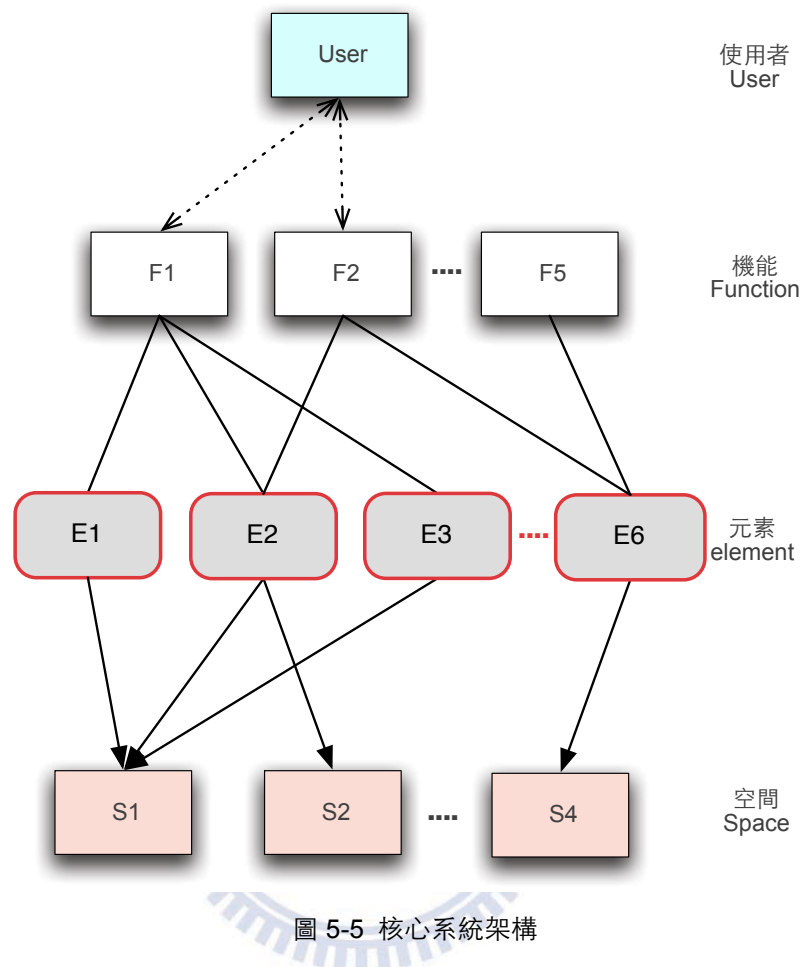
案例	Case1. MR-based 的智慧空間系統 (Lee et al., 2008)	Case2. 環境感知智慧空間管理系統 (Son et al., 2011)	Case3. Human-System Interaction 智慧空間系統 (Wu and Fu, 2012)
系統結構關係	相同 使用者→使用者 服務→機能 裝置→元素 空間→空間	相同 服務→機能 裝置→元素 網路→新元素 空間→空間	部分相同 -使用者→使用者 -機制判斷→機能 -背後平台→新元素 -智慧介面→新元素

元素組成關係	相異 -較細部元素組成 Interface(人機互動) Tracking(追蹤定位) Rendering(後端判斷) -探討特定的 HCI 介面(MR-based)	相異 -裝置的架構 -網路架構 -空間架構	相異 -強調 human-system interaction，因而組成上著重在： 後端訊息處理與判斷 使用者與系統的介面
系統運作流程	相異 -與 Case 2. 架構類似，但此架構談論過於複雜且 detail 的系統介面，例如：系統演算法，等軟體設備	相異 -不同層級、分類架構方式可清楚呈現每個元素在每個層級所扮演的角色為何 -以及與空間關係的連結	相異 -使用者與整個智慧空間後端系統間的互動與回饋的過程 -此案例僅描述的人、系統間的互動過程，並沒有提及與空間關連性
核心架構依據	不適合	適合 (並加入使用者部分)	不適合

5.1.1.4 核心系統架構 (core system framework)

而在 Son 等人(2011) 所提出的智慧空間管理系統架構圖中(圖 5-3)，其元素種類的層次就 HCI 角度來說區分為：「服務」(Service)、「裝置」(Device)、「網路」(Network)、「實體空間」(Physical Space)，而此分類方式也可以建築觀點中元素和機能的角度將「服務」(Service) 看作為空間的「機能」(function)；而「裝置」(Device)、及「網路」(Network) 看作空間的「新元素」(new element)，而「網路」(Network) 又可解釋為空間中虛擬元素流動的通道 (如圖 5-5)。

就建築觀點中元素和機能的架構來看此智慧空間的組織架構 (表 5-1)，可發現其所提及的服務層級 (service layer) 即是空間所提供給使用者的「機能」，而那些物件、裝置介面則可視為建築觀點中的「元素」、「新元素」，而這些架構、所提給使用者的場所則是實體的空間環境。此外此核心架構中並未提及「使用者」部分，這也是此系統架構較不足的部份，因此本論文除了採用「Case 2. 環境感知智慧空間管理系統」(Son et al., 2011) 作為核心架構依據外，將整合其他二個案例所提及「使用者」部分，因而此核心架構會包含有：「使用者」(user)、「機能」(function)、「元素」(element)、「實體環境」(physical space) 等四個層次 (如圖 5-5)，而透過此架構方式不但可看出元素與空間的配置連結性也可看出使用者與空間的互動流程、以及環境所給予的回饋關係。

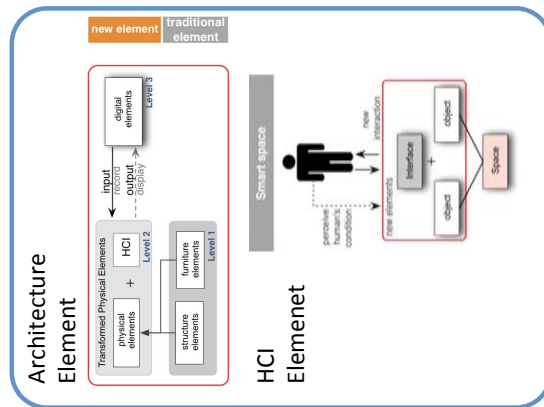


5.2 系統架構整合

在章節 1.2、1.3 的問題與目的論述中也提及，建築的機能與元素隨著不同文化背景、科技而產生改變，且元素會隨著不同機能需求而變形、重組配置在空間中，因此空間機能也會因應不同元素的組成而使使用者生活產生變化 (Frey, 1946；Norberg-Schulz, 1968)。而為了以更全面的角度 (建築、科技角度) 探討 21 世紀智慧空間的構成，此系統架構推論中將以章節 5.1 中所選出的系統架構「Case 2. 環境感知智慧空間管理系統」(Son et al., 2011) 作為核心系統依據，並整合前二章節所得的案例評估結果「第三章建築角度分析評估」與「第四章 HCI 角度分析評估」以提出智慧空間中新交互關係的系統架構 (如圖 5-6)。



CH3+CH4



Core system

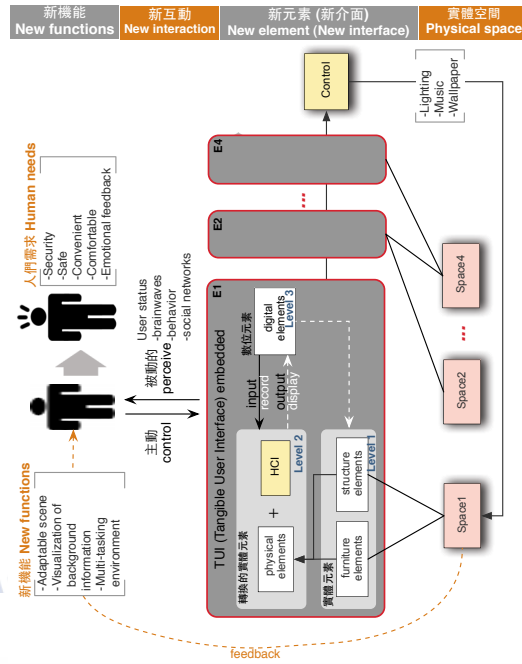
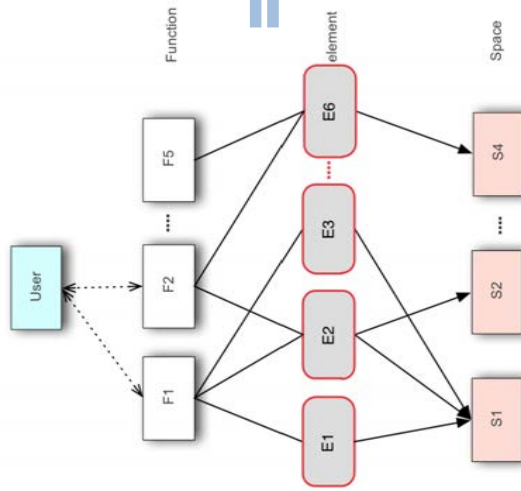


圖 5-6 系統架構整合

5.2.1 建築角度分析評估

在「第三章建築角度分析評估」中發現，相較傳統建築中，元素從原有的結構機能、圍塑空間機能演變為兼具結構與裝飾機能的空間單元，而 21 世紀電腦數位科技影響下，智慧空間出現了不可迴避的流動性元素—「虛擬數位元素」，而這種新元素也間接讓空間中的實體元素彼此產生了緊密的連結性 (connection)，且既有的實體元素在 HCI 的輔助下又轉變為可顯示/輸出 (display/output)、記錄/輸入 (record/input) 數位資訊介面，在此也稱之為「轉換的實體元素」，因此智慧空間的元素在本研究中可歸納為三種層次：「虛擬數位元素」、「轉換的實體元素」、「舊有實體元素」(如下表 5-3)。

表 5-3 智慧空間的元素分類與層級

層級	種類	可觸摸到	說明	Ex:
Level 1	舊有的實體元素	可以	空間構成基本元素	結構性元素、傢俱元素
Level 2	轉換的實體元素	可以	原有實體元素外表，但卻有輸入和輸出 (input/output) 數位元素功能	Time Home Pub 的互動桌  AR Kitchen 的資訊顯示冰箱 
Level 3	虛擬數位元素	No	流動在空間中的數位元素	虛擬影像投影環境音樂、燈光 

而就建築的觀點來看，由 17 世紀 Laugier 所描繪的茅屋 (primitive hut) (Kisacky, 2001) 的組織概念來對照智慧空間元素組成架構，元素在新的智慧空間中的構成方式又和以往傳統建築有些許不同，由表 5-3 可清楚看出空間原有架構是由 Level 1 實體元素構成的，而 Level 2 轉換的實體元素又是建構在舊有的實體元素之上，而不具形體的數位虛擬元素 (Level 3) 則可透過網路介面流動在不同的實體元素、轉換的實體元素之中，且不受任何層級、材質的限制。

因此「第三章建築角度分析評估」所得的結果如下：圖 5-7 可清楚說明傳統的「實體元素 (結構性元素、家具元素等)」透過 HCI 的輔助產生了「轉換的實體元素」，而「虛擬元素」則是連結不同實體元素又或者實體空間的流動性元素，且其可依附、顯示、流動在不同實體元素之上，而轉換的實體元素除了可表達 (display)、輸出 (output) 虛擬元素外，還可記錄 (record)、接收 (input) 訊息等，而這些新元素架構則是就建築角度對於智慧空間所分析出來的結果。

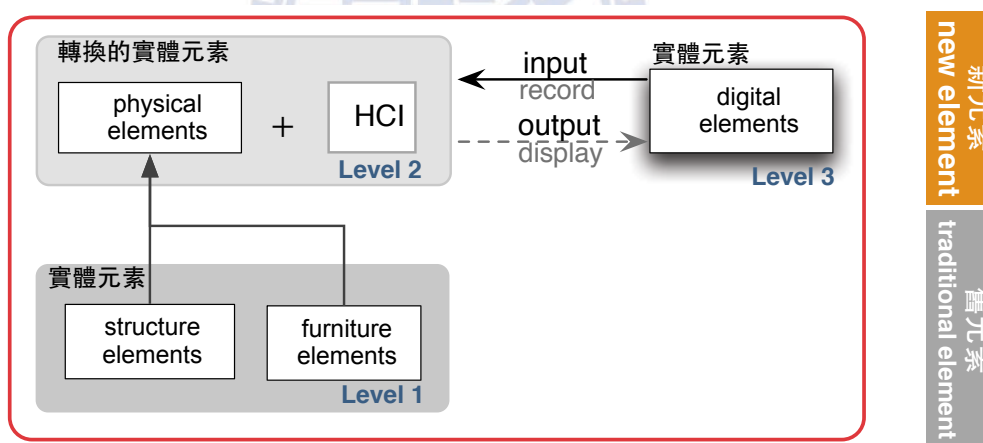


圖 5-7 元素架構圖

5.2.2 HCI 角度分析評估

「第四章 HCI 角度分析評估」中，元素和機能的交互關係則可參考圖 5-8，「元素」的構成以及其所擁有的「機能」都是為了滿足「使用者」的「需求」所存在的，因此「使用者」與「元素」間有著密不可分的「互動關係」，「使用者」學著如何去操作這些物件並與這些「元素」共存著。隨著「HCI」的出現「使用者」與空間「元素」關係產生了變化 (圖 5-8 右)，因為人們的需求改變了，空間中則產生了「新元素」，而「新元素」所擁有的「新機能」則是為了回應使用者的「新需求」所產生的，因而使用者必須學著如何去適應、操作這些新元素，因此使用者與元素之

間的互動關係也是智慧空間所探討的重點。而相較「第三章建築角度的分析」,「第四章 HCI 的角度分析」則可以科技、人機互動的角度探究使用者與空間元素、機能的互動關係。

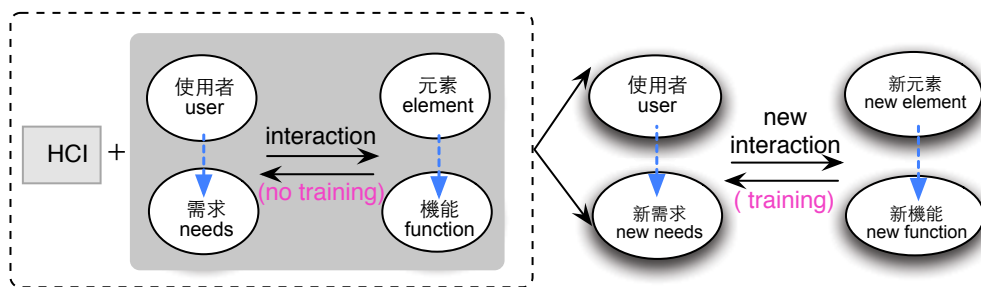


圖 5-8 智慧空間中使用者需求與元素機能互動關係

因此在「第四章 HCI 角度分析評估」中可看出,傳統建築中為了滿足使用者需求,使用者必須需主動的控制、調節、適應所處的空間環境以得到適當的環境回饋(如圖 5-9 左),而在 HCI 輔助下的智慧空間其空間機能變得更有彈性,它能夠適應不同使用者、主動察覺使用者的狀態並給予適當的情境回饋,又或者使用者不需透過特定的介面而可直接與整合介面的物件元素產生直接的互動(如圖 5-9 右虛線方框部分),例如:AR Kitchen 的擴增實境的儲物櫃與冰箱 (Bonanni et al., 2005)、Time Home Pub 的互動茶几及可調整的空間氛圍 (Huang et al., 2009)。

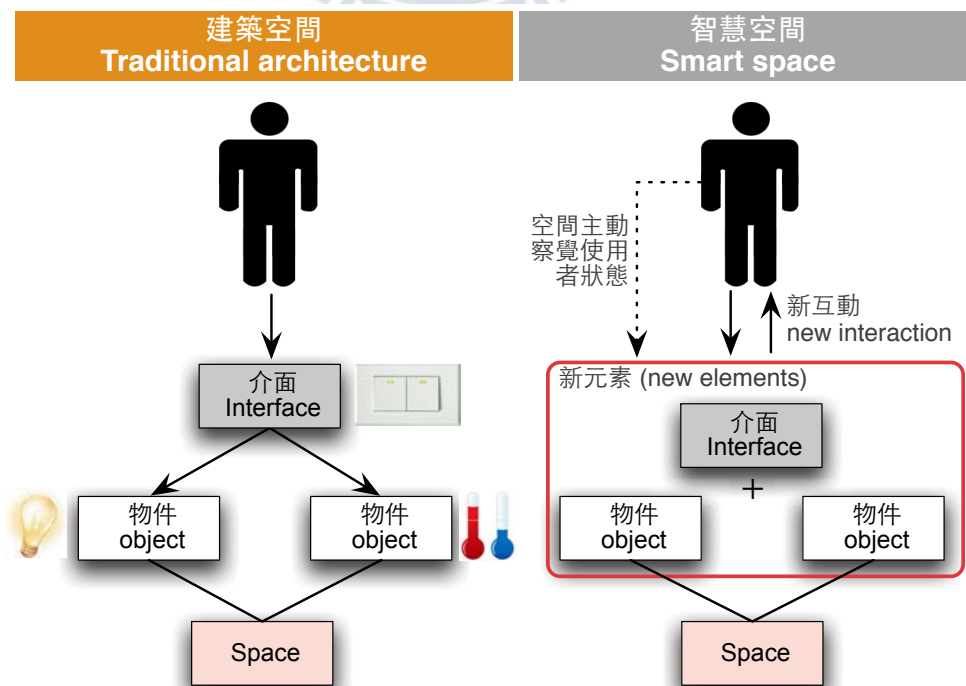


圖 5-9 傳統建築與智慧空間中使用者與空間的關係

因此「第四章建築角度分析評估」所得的結果如下：相較傳統建築中的介面，使用者藉由遙控、遠端、特殊的感應訊號得以調節空間中的物件元素，而智慧空間中這些介面元素：開關、遠端遙控等不友善的介面，也逐漸隱藏在傢俱元素、或整個空間結構中，且為了讓使用者能夠直覺的與所處的環境產生互動，在案例中也發現藉由嵌入可觸式介面 (Tangible User Interface/ TUI) 元素，使空間元素包覆蓋更多的機能彈性，也增加元素之間彼此的連結性，且部分轉換的實體元素也能夠接收或傳達訊息、並能有效的控制空間環境給予使用者適切的回饋。

5.2.3 新交互關係系統架構 (system framework)

因此本研究將前二步驟 (第三章建築角度分析小節與第四章 HCI 角度分析小節) 整合在一起並依據所選出的核心架構 (如圖 5-3、5-5) 的組成方式加以修改並提出智慧空間新交互關係系統架構，此系統架構組成可說明如下 (圖 5-10)：其架構是依照所選出的核心架構智慧空間管理系統 (圖 5-3) (Son et al., 2011) 所推論出來的架構再予以修改所繪製而成的，本論文將「服務」(Service)、「裝置」(Devices)、「網路」(Network)、「實體空間」(Physical Space) 等分類對應為「新機能」(New Functions)、「新元素」(New Elements)、「實體空間」(Physical Space)，其中「新機能」(New Functions) 為所提供給使用者的機能，因此「新機能」(New Functions) 與「新元素」(New Elements) 之間則產生了互動關係，稱為「新互動關係」(New Interaction relationship) (圖 5-7 右側)。

整個系統架構的流程可說明如下：由圖 5-10 最下方說起，實體空間的組成元素為「結構元素」與「家具元素」等，而這些空間的「實體元素」在 HCI 的輔助之下變成「轉換的實體元素」，而轉換的實體元素又可輸出/顯示 (output/display) 及輸入/記錄 (input/record) 空間中流動的「虛擬數位元素」，也就是說空間中的「虛擬數位元素」可以流動、轉換在不同的實體元素當中；而使者和空間中元素間的互動，則由過去的主動控制環境轉變為，被動的感應使用者的狀態、腦波、行為、社群網路的資訊，且這些元素可透過控制裝置調節環境的狀態、氛圍以給予使用者適當的回饋 (如圖 5-10 左上角的新機能) 也就是空間中的新機能，而這些新機能則是能夠滿足使用者對於智慧空間中的新需求 (如圖 5-10 右上人們需求)。

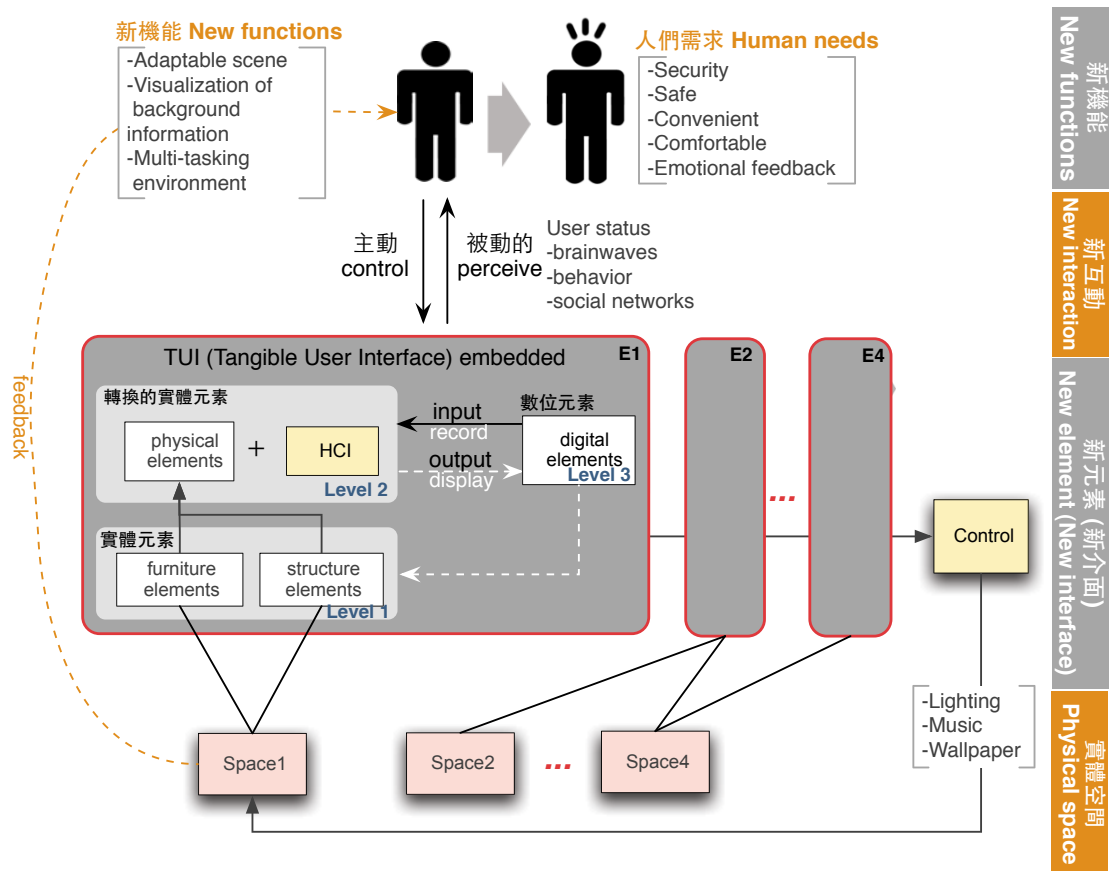


圖 5-10 智慧空間中機能與元素的新交互關係系統架構

其中新元素的連結部分 (圖 5-11 中間灰色部分) 可說明如下：構成實體空間要素為結構性元素、與傢俱元素，藉由 HCI 元素的輔助讓實體的元素演變成「轉化的實體元素」，其可與空間中流動的「虛擬元素」做輸入和輸出的動作，且為了讓使用者更自然的與空間元素產生互動，藉由 TUI 整合在空間元素之中讓使用者可直接的與之互動，以改善傳統不直覺的 GUI 介面，因此空間元素不但可讓使用者直覺的與之互動還能夠主動察覺使用者的狀態、偵測使用者行為、社群網路的資訊、網際網路的背景資訊等，進而藉由環境的燈光、投影圖案、音樂給予使用者適時的提醒與回饋，以提出一個讓使用者安全、舒適、便利、且的情感回饋的智慧空間。

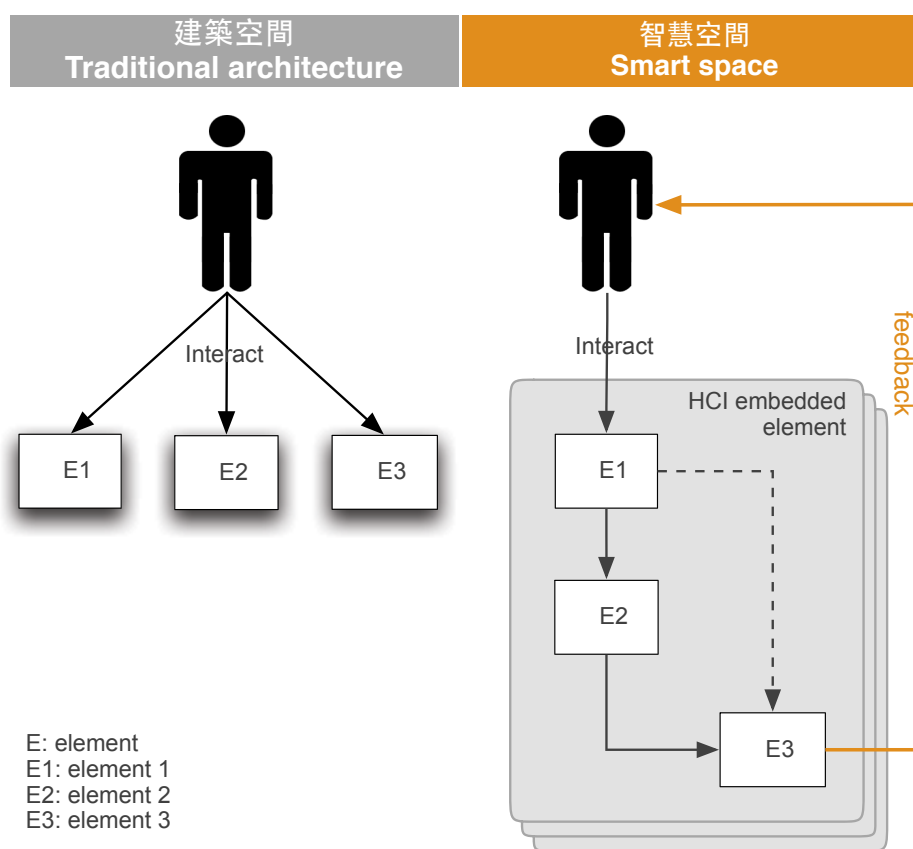


圖 5-11 智慧空間中元素的「新連結」(new connection)

系統架構中的新元素、新介面又可說明如下：圖 5-10 灰色部分(E1, E2, E3...) 元素間的新連結可參考圖 5-11，傳統建築中元素的組成關係是以物理性的方式配置在空間中，使用者可單獨的對每一個元素做互動，而智慧空間中其元素如前所述(表 5-3 Level 2 轉換的實體元素) 雖保留原有的外在形體、機能外 (Schmidt et al., 2002)，如 Molyneaux 和 Gellersen (2009) 所提出的智慧可觸摸式物件 (Smart Tangible Objects) 等，它與其他元素間又有複雜的連結關係，舉例說明：圖 5-11 的右側 (smart space)，使用者首先與賦予 HCI 科技的新物件 E1 產生互動，但 E1 又與 E2 產生連結，E2 又與 E3 連結，因此使用者透過這種新連結的關係，在與 E1 產生互動時，空間即可判斷使用者的狀態、行為給予最適切的回饋，相較傳統建築的單一互動方式有很大的不同之處。

因此透過建築觀點 (機能與元素基礎) 所提出的新交互關係系統架構推演中，可看出此架構較先前研究所提的系統架構有部分的差異，因而藉由本論文所提出的系統架構中可看出使用者與元素間的複雜交織的互動關係，透過主動控制 (control)

或被動 (perceive) 傳達給空間元素的介面，空間元素介面在判斷使用者的動作、狀態並與其他的元素 (實體元素、轉換的實體元素、虛擬數位元素) 產生連結互動，且藉此系統架構來說明，也可看出每一個案例其「HCI 觀點上的系統組織架構」與「建築觀點上環境配置關係」，也就是以建築的概念 (元素、機能) 去探究智慧空間與其系統的架構組成，這也是在傳統 HCI 角度的系統架構中所難被看到的，如圖 5-2 的智慧空間管理系統 (Son et al., 2011)，其單就系統的服務層級、裝置層級、網路層級、實體空間等做為系統上的分類是不足的，因為除系統之外，建築本身也擁有複雜的元素組織邏輯，因而透過此新系統架構可更清楚看出這交織著科技元素的智慧空間如何滿足每一個使用者的需求，以及使用者、元素、和空間三者的互動關係，這是在過去的智慧空間系統架構中較難看到的部分。



第六章 系統雛形建立

因此為了回應先前所提出的系統架構概念，本研究將著重在整合「跨空間」、「多人使用」、「個人化環境」、「實體與虛擬元素配置」等的智慧空間觀點作為系統雛型概念的出發點；並以第五章所提出的系統架構為基礎實作出一個系統雛型來驗證此新系統的可行性，而本研究所提的新系統稱之為「Personalized Smart Living + Dinning Space」，因而本系統實作步驟流程將區分為以下三個部分（圖 6-1）：

- 第一部分，空間、元素、情境設定；
- 第二部分，軟硬體設備與互動機制判斷；
- 第三部分，實體空間整合及系統測試。



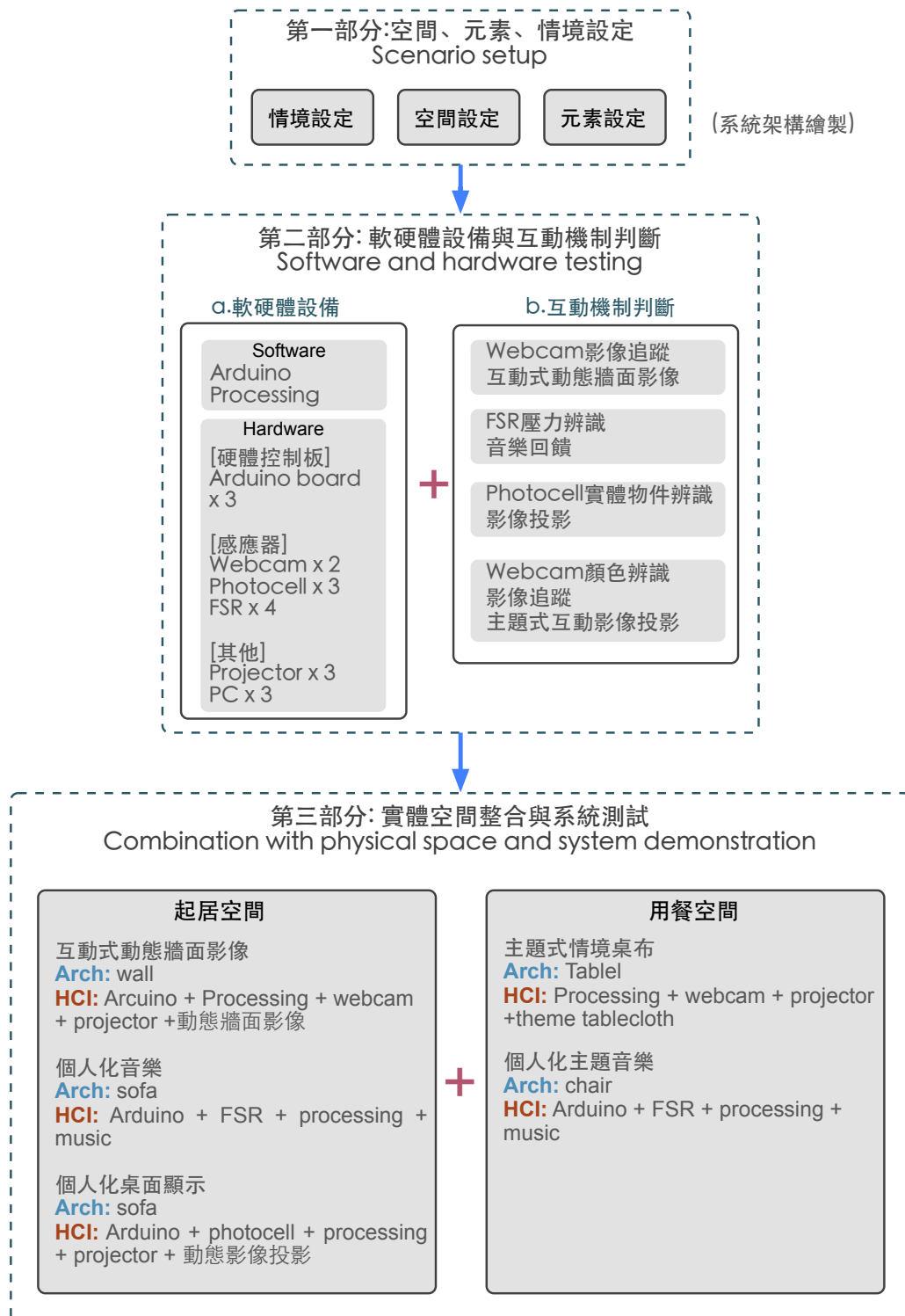


圖 6-1 系統雛型實作流程

6.1 空間、元素、情境設定

6.1.2 空間設定

在過去的智慧空間上鮮少發現單一空間以上的系統實作案例，因此在本研究所提出的「Personalized Smart Living + Dining Space」的空間設定上將結合住宅中的「起居空間」與「用餐空間」，且此空間的使用上可辨識二個不同的使用者。

6.1.3 元素設定

此外，在第五章所提及的新交互關係的系統架構 (圖 5-10) 中也發現，未來的智慧空間「虛擬元素」的定位會和「實體元素」擁有相同的重要地位，也就是此二種元素會融合在一起且漸漸的變得無法被區隔開來，且除了實體元素外，虛擬元素也可恣意的被使用者抓取、操控、放置在空間環境中，也就是提出一個可自由流動、轉換的智慧空間介面，換句話說則是將空間中的虛擬元素和實體元素以更合理的方式安排、重組、呈現在空間。例如：手機中的虛擬元素 (訊息、音樂、照片) 等屬於私密的個人化的資訊，而這些訊息是隨時存在網際網路的雲端資料庫中，但住宅空間也同樣屬於私人的空間環境，當使用者回到家裡，手機則存在於住宅空間中時，因而如何讓過去僅能存在於網際網路、電腦、行動裝置的資訊以重新排列的方式整合於實體空間中，也就是說虛擬元素 (個人化訊息) 的轉換、傳遞、顯示方式與實體空間元素的合理配置關係將則是本系統雛型呈現的重點。

舉例來說，未來的起居空間若能透過判斷不同手機辨識出不同使用者存在於空間中，並合理的將其個人化訊息以更自然、適切的方式顯示在桌面，則可讓使用者以更舒適的方式取得所要的資訊，也就是說空間將能夠整合實體元素與虛擬訊息以更合理的方式呈現在實體的環境中 (如圖 6-1)。

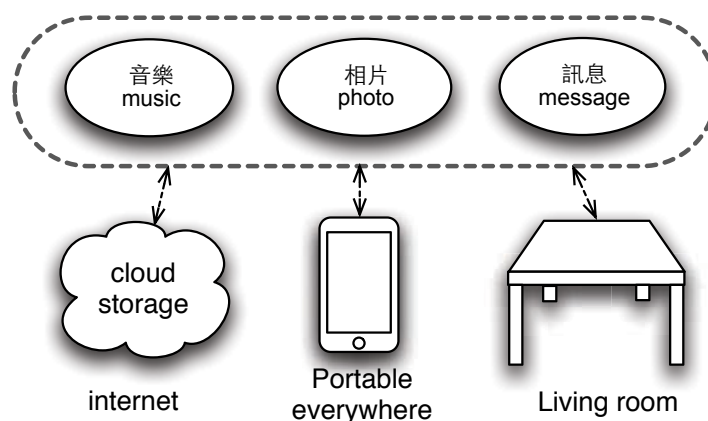


圖 6-1 手機中的個人化虛擬元素

因而，本系統雛型 Personalized Smart Living + Dinning Space 的元素設定上可參考表 6-1 的設定。而其中的個人化音樂 (含個人化主題音樂)、個人化訊息、個人化相片等虛擬元素是會隨著使用者所處的位置存在在在不同的空間環境中。

因而在起居空間中，實體元素設定上包含：牆、沙發、茶几、手機；而虛擬元素設定上包含：互動式動態牆面影像、個人化訊息、個人化相片、個人化音樂。而用餐空間的中，實體元素的設定上包含：餐桌、椅子、餐盤；虛擬元素設定上包含：主題式桌布、個人化主題音樂。

表 6-1 實體與虛擬元素設定

空間	元素種類	元素細項
起居空間 Living room	實體元素 physical element	牆 wall
		沙發 sofa
		茶几 table
		手機 cellphone
	虛擬元素 virtual element	互動式動態牆面影像 interactive wallpaper
		個人化訊息 personalized message
		個人化相片 personalized photos
個人化音樂 personalized music		
用餐空間 Dinning room	實體元素 physical element	餐桌 table
		椅子 chair
		餐盤 plate
	虛擬元素 virtual element	主題式桌布 theme tablecloths
		個人化主題音樂 personalized music

6.1.3 情境設定

在情境的設定上將使用者設定為二個不同的使用者在相同的起居空間與用餐空間中，其空間情境的演練如下：

6.1.3.1 情境一：使用者 Saori

當 Saori 回到家裡之後立即放下手邊的公事包，癱坐在沙發上，沙發則立即辨識出是使用者 Saori 回來了，牆面的互動式背景也轉變為普普風的圖樣，隨著 Saori 的坐姿空間也似乎感受到 Saori 想好好放鬆一般，立即從 Saori 手機裡隨機選擇一首 Saori 喜愛的日本歌曲輕輕的播放在空間環境中。此時 Saori 想看看今天所拍攝的

照片，她將手機隨意放在桌面上，而桌面隨即辨識出是 Saori 並將其切換至最喜愛的相瀏覽模式，並隨機播放著今天所拍攝的照片，休息片刻，Saori 隨即起身回房休息 (如圖 6-2)。



圖 6-2 Saori 的個人化顯示桌面「相片瀏覽模式」

6.1.3.2 情境二：使用者 Scottie

當 Scottie 回到家裡，倚靠著沙發的右側，沙發隨即辨識出此時的使用者為 Scottie，牆面的普普風背景似乎也呼應著他的壓力，隨即轉換成忽大忽小的圓圈圖案，同時空間也隨之播放 Scottie 手機裡最近愛聽的音樂「Maksim 鋼琴協奏」。此時 Scottie 將手機順手放置桌面上，而桌面則浮現出一些未讀的重要訊息提醒：「明早會議提前至 9:00」；以及來自母親的留言：「冰箱有準備你愛吃的壽司」，接著 Scottie 起身走向餐廳 (如圖 6-3)。



圖 6-3 Scottie 的個人化顯示桌面「訊息提醒模式」

她將盛著壽司的盤子放置在餐桌上，此時餐桌偵測到是日式的料理，隨即將桌布主題轉換成日式風格的和式圖樣，且隨著餐盤的移動，盤子上的花紋投影也隨之移動（如圖 6-4），Scottie 坐下來開始享用壽司，用餐空間隨即辨識出是使用者 Scottie，並配合著今日用餐的主題響起 Scottie 喜愛的日本樂。



圖 6-4 日式風味的主題式桌布情境

6.1.3.3 情境三：多人使用

當 Saori 與 Scottie 同時回到家中，兩人癱倒在客廳沙發上，空間隨即辨識出有 2 人同時在空間中，則牆面上互動式的普普風壁紙則呼應著空間熱鬧的氣氛（如圖 6-5 其圓形的圖示也隨著放大）。隨著二人揮動的雙手，背景也呼應著使用者並與之互動。此時，兩人決定到餐廳小酌並享用下酒小菜，於是將剛買回來的台啤、小菜餐盤放置桌上，桌面隨即切換成熱炒店的紅色桌布（如圖 6-6），且空間響起了富有台灣味的流行歌曲「被遺忘的時光」。



圖 6-5 多人使用時的互動式情境牆面



圖 6-6 台灣味的主題式桌布情境

6.1.3.4 小節

因此以先前小節 5.1 中所提出的系統架構為基礎，並配合系統情境繪製出符合此系統雛型 Personalized Smart Living + Dining Space 的系統架構如下（圖 6-7），透過此系統架構可清楚的看出二個不同的使用者與空間元素互動的關係，以及元素之間（實體元素、轉換的實體元素、虛擬元素）互動連結關係，例如空間環境透過實體元素手機取得個人化的資訊（個人化相片、個人化訊息、個人化音樂）並透過資訊茶几將個人化訊息以個人習慣的呈現方式呈現在桌面上。且透過此架構更可清楚的呈現其空間情境如何透過不同的元素連結給予使用者適切的情境回饋（例如：個人化主題音樂、視覺化的用餐主題、互動式的動態牆面壁紙等）。也就是使用者不再僅侷限在手機裡取得私人訊息，可藉由配合空間情境的轉換適切的將個人化訊息整合在居家的私人空間環境中。

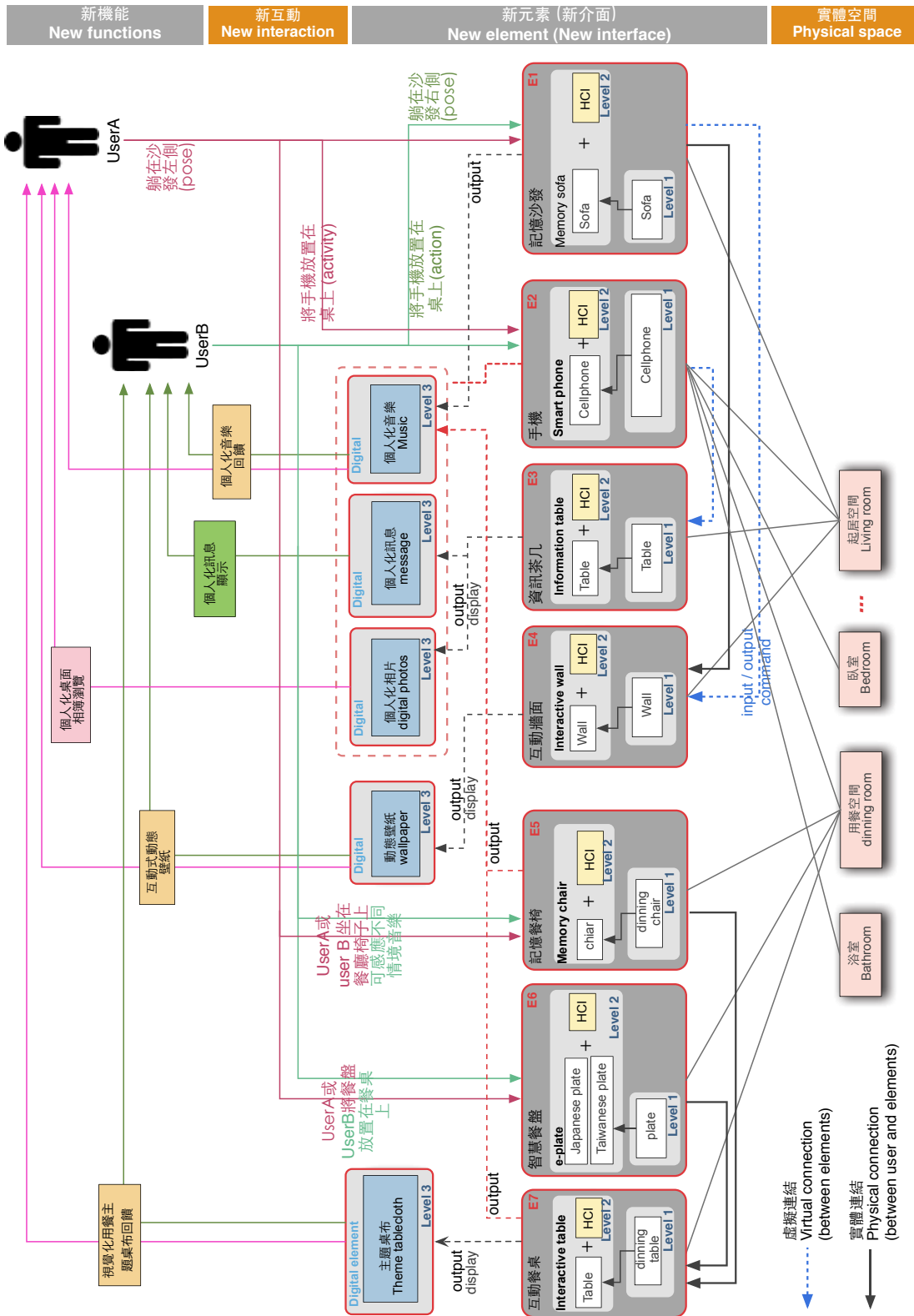


圖 6-7 套用情境設定的系統架構圖

6.2 軟硬體設備與機制判斷

6.2.1 軟硬體設備

而在系統硬體設備的設定上，本研究結合 Arduino (I/O 介面) 控制板作為系統大部分的實體控制介面，並藉由 Processing 作為視覺化的輸出介面以及 Webcam 的影像辨識處理。

軟體部分

1. Arduino：因此在軟體的應用上採用 Arduino 的開放原始碼軟體平台作為實體環境控制的軟體，且此 Arduino 還可與 Processing 作結合。
2. Processing：在視覺化影像輸出部分，透過由 MIT Media Lab 設計出的 Processing 開放原始碼的程式語言及開發環境作為本系統中的影像、動畫、聲音輸出的控制軟體，透過程式編寫方式將讀取 Arduino 的類比訊號加以演算作為系統視覺影像輸出的訊號。

硬體部分

硬體部分包含有三種：硬體控制板、感應裝置、其他：

1. 硬體控制板：採用 Arduino (I/O 介面) 控制板 (Duemilanove 版本，ATmega 328P 微型處理器) 作為接收感應器類比訊號、以及與電腦 Processing 連結的介面 (圖 6-8)。此外，透過簡易的編寫 Arduino 程式並燒錄在 Arduino 的微型處理器 (Microchip) 上並透過 USB 序列埠的連結以達到接收 (input) 來自感應器的訊號 (如下表 6-2)，並可輸出 (output) 數位訊號以控制實體裝置例如：開關 (switch)、直流馬達 (DC motor)、伺服器馬達 (servo motor) 等。

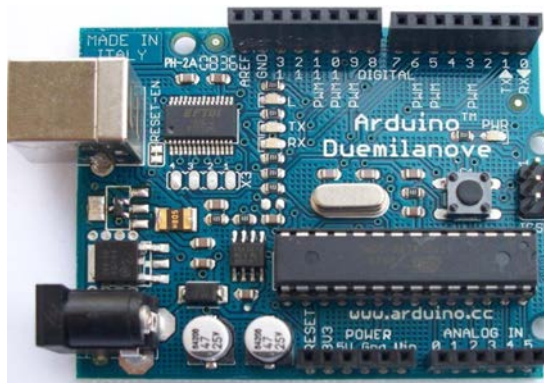




圖 6-8 Arduino 硬體控制版

2. 感應器：藉由電阻式的壓力感應器 (Force Sensing Resistor / FSR) 作為辨識不同使用者的壓力訊號、光感應器的光敏電阻 (Photocell Resistor / Photocell) 感測手機位置、網路攝影機 (Webcam) 做即時影像辨識與追蹤 (如表 6-2)。

表 6-2 感應裝置

壓力感應器 Force Sensing Resistor (FSR)	光敏電阻/光感應器 Photocell Resistor (Photocell)	網路攝影機 Webcam
		
連結至 Arduino 的 analog input 腳位	連結至 Arduino 的 analog input 腳位	經由 USB 與電腦連接

3. 其他：投影機、電腦等。

6.2.2 互動機制判斷

為了滿足 Personalized Smart Living + Dinning Space 系統中的幾項機能：可呼應空間使用者及人數及動態的空間牆面、可依據不同使用者給予適切訊息顯示及個人化音樂回饋的起居空間、可依不同使用者用餐種類而改變空間情境主題的用餐空間，因而本系統的機制判斷將分為以下幾個項目：「Webcam 的影像追蹤及、即時動態互動影像投影」、「FSR 壓力辨識感測與音樂回饋」、「Photocell 實體物件辨識及影像投影」、「Webcam 顏色辨識、主題情境桌布投影」。

6.2.2.1 Webcam 的影像追蹤、互動式的動態牆面影像

在 Webcam 的影像追蹤與即時動態互動影像投影可分為二個部分 (如圖 6-13)：

第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值

第二部分：藉由 Processing 做即時影像辨識與處理

第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值 (參考圖 6-13 的 part1)。首先將 Arduino 控制版透過 USB 序列埠與電腦相連接 (如圖 6-9)，接著將 FSR 連結在類比輸入訊號 (Analog input) 的 A0 腳位以取得來自 FSR 的壓力訊號。

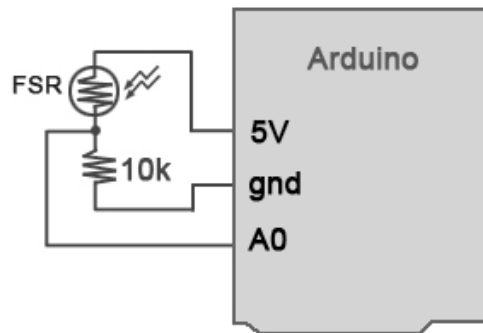


圖 6-9 Arduino 與 FSR 連結示意圖

接著編寫 Arduino 的程式碼：首先宣告 FSR 類比訊號輸入腳位為 0，並宣告 val 感應變數初始為 0，接著再作 Serial.begin(9600) 串列訊號初始化設定。其設定的程式碼參考如下：

```
int sensor0Pin = 0;
int val = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
```



圖 6-10 Arduino 藉由 serial monitor 所測得的壓力數值 val (因本論文將所測得訊號值 0~1024 除以 4，因此單一 FSR 所測得壓力值為 0~255)

接著將所寫好的編碼上傳至 Arduino 控制版，其中編碼中的 Serial.println(val) 可將來自壓力感應器 FSR 的類比訊號透過序列埠監視器 (serial monitor) 顯示出來，因此當其中一個 FSR 接收到壓力時，序列埠監視器中則會出現大於 0 的壓力數值 (如圖 6-10)，壓力越數值越大。此外，由於 Arduino 本身具有 10bit (2 的 10 次方=1024)解析度的 ADC 轉換，也就是 A (類比) 轉 D (數位)，

因此可以將 0~5V 的類比電壓值，轉換成 0~1023 的數位數值，方便程式作運算。其設定的程式碼參考如下：

```
void loop() {
  val = analogRead(sensor0Pin)/4;
  Serial.println(val);
  delay(50);
}
```

因此執行程式後，當使用者坐在壓力感應 FSR 薄膜時，此時的使用者的壓力變大，電阻變小，因此輸出的電壓較大，因而可將 0~5V 的類比電壓值轉換成 0~1023 數位數值以方便程式運算。因此 Arduino 的類比接腳 (FSR) 接收到電壓值越高，從電壓轉換數位數值越高 (表 6-3)。

表 6-3 Arduino 連結的 FSR 壓強度與類比、數位訊號對應表

壓力設定	數位數值(Digital)	類比電壓值(Analog)	Val = 數位數值 / 4
高度壓力	1024	5 V	255
中度壓力	512	2.5 V	128
無壓力	0	0V	0

第二部分：藉由 Processing 做即時影像辨識與處理 (參考圖 6-13 的 part2)。使首先將 Webcam 透過 USB 與電腦連結，接著開啟編修 Processing 程式碼。在此部份起居空間的互動式的動態牆面影像參考並修改了 Processing 內建的範例 (Standard example /Video / Mirror) (圖 6-11)。

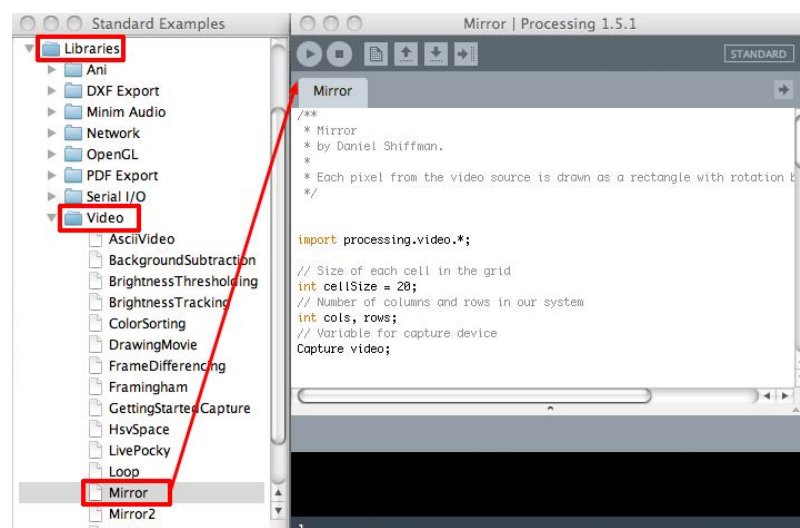


圖 6-11 Processing 動態擷取影像範例參考

為了使 Processing 可藉由 webcam 擷取影像的變化，並透過 Arduino 的 FSR 壓力感應器去調節像素中每個元素的大小，因而影像處理程式編寫的部份為：首先在 Processing 中藉由 import processing.video.* 輸入 Processing 以影像讀取 webcam 的影像，並透過所擷取的影像作即時的影像處理與判斷，接著設在本研究中定將元素 cell 的起始大小為 80，以及擷取 webcam 的影像。其設定的程式碼參考如下：

```
import processing.video.*;
int cellSize = 80;
int cols, rows;
Capture video;
```

同時藉由 import processing.serial.* 來輸入序列阜的程式資料庫 (library) 以取得來自 Arduino 中的 FSR 的轉換的訊號，接著設定「port」的名稱，並且宣告一個「叫作 port 的 serial」。其設定的程式碼參考如下：

```
import processing.serial.*;
String portname = "/dev/tty.usbserial-A800GLKC";
Serial port;
String buf="";
int cr = 13; // ASCII return == 13
int lf = 10; // ASCII linefeed == 10
```

由 X 軸與 Y 軸的陣列對每個像素做影像判斷，並取出每個 cell (大小為 40x40 pixel) 平均像素色彩作為接下來繪圖的單元 cell 的顏色 (如下列的程式碼)，並藉由 void draw() 將動態影像繪製出來，且透過 ellipseMode(CENTER) 畫圓的方式將每個 cell 以圓圈方式顯示在螢幕上，另外將第一部分來自於 Arduino 的序列阜訊號 val 壓力數值作為改變每個 cell 的直徑大小，以此動態投影牆面的影像則可依據使用人數即時的放大縮小背景普普風的圓形圖示且依據人的移動去改變每個圓形的顏色 (如圖 6-12)，也就是當使用者人數越多時壓力也越大，則普普風背景會即時反應人數並同時放大圓型圖案 (圖 6-12 multiple user、圖 6-32BCD)。其設定的程式碼參考如下：

```
pushMatrix();
translate(x+cell/2, y+cell/2);
rotate((2 * PI * brightness(c) / 255.0));
ellipseMode(CENTER);
fill(c);
noStroke();
ellipse(0, 0, cell-2, cell-2);
popMatrix();
```



圖 6-12 互動式的動態牆面影像—即時普普風背景

因此在 Webcam 的影像追蹤與互動式的動態牆面影像運作可參考如下的流程圖 (圖 6-13)，第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值，再將所測得的壓力訊號透過 USB 傳送到電腦的序列阜中。第二部分：開啟 Processing 將序列阜輸入進來如前所述 import processing.serial.*，接著即可在 Processing 中讀取來自 Arduino 的壓力訊號，此外藉由 Processing 中所連結的 webcam 來抓取即時的動態影像，再將其以圓形的馬賽克圖案處理，因此隨者使用者移動變化，即可看出圓形圖示的顏色變化，並藉由序列阜中的壓力訊號 val 來控制每個單元 cell 的大小。舉例說明，本系統將 3 個 FSR 所取得 val 值除以 6 作為每個圓形單元 cell 的直徑大小，因而當一個使用者時其 val 值會落在 80~255 之間，則每個互動式背景的牆面的單元大小則落在 13~42 之間 (如表 6-4)，此顯示方式也代表著當使用者人數越少時，背景則會呼應空間中的使用人數而顯示出較小的圓形單元，反之，使用人數多時，背景則會呼應空間熱鬧的情境而顯示出大而鮮明的圓形普普風背景 (如表 6-4 cell 單元圖示模擬)；因此二個使用者或二個以上的使用者則以此類推如下表所示。

表 6-4 FSR 壓力數值與互動式背景牆面單元 cell 對照表

使用人數	FSR 的 Val 值	Cell 單元直徑 = Val 值/6	Cell 單元圖示模擬
1	80~140	13~42	
2	~510	55~85	
>3	>560	>93	

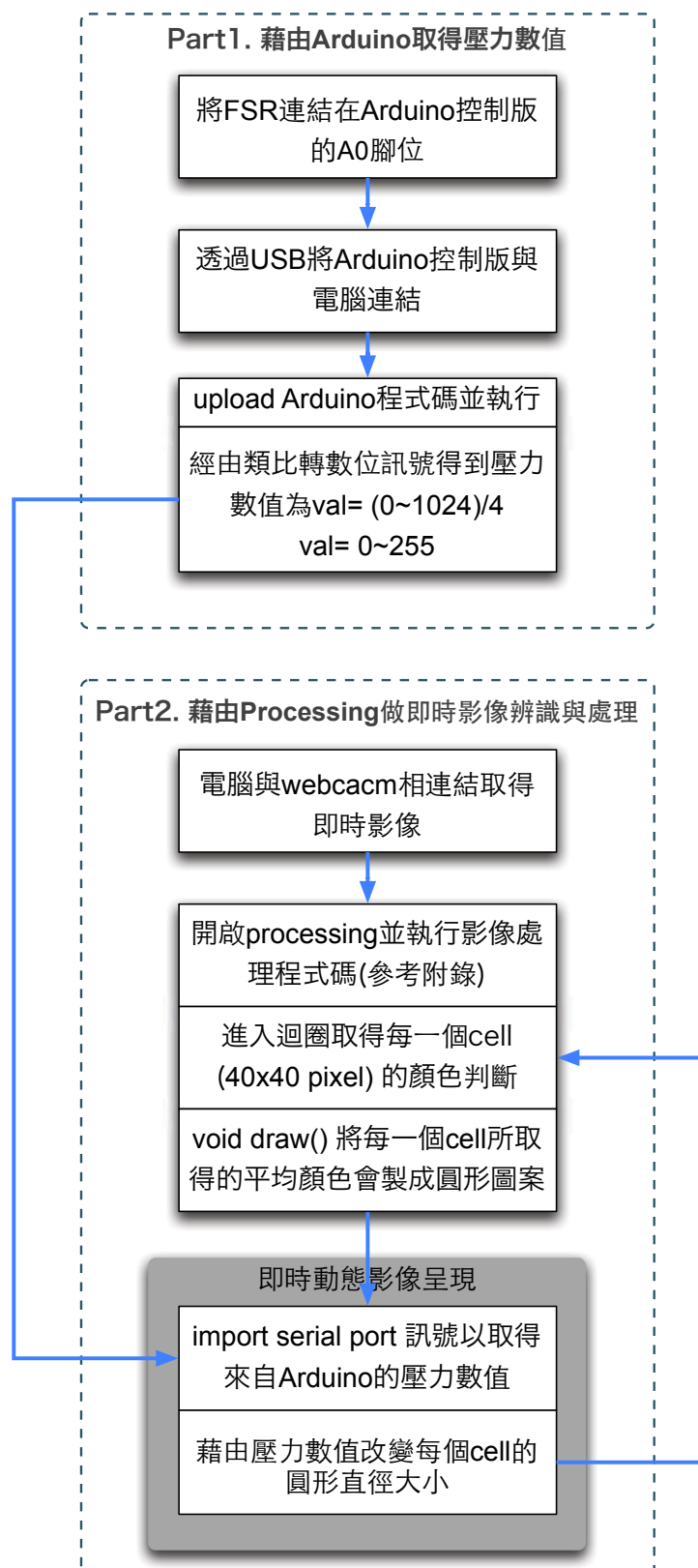


圖 6-13 Webcam 的影像追蹤、即時動態互動影像投影的機制判斷步驟

6.2.2.1 FSR 壓力辨識感測與音樂回饋

在 FSR 的壓力辨識感測與音樂回饋的部份可分為二個部分 (如圖 6-15) :

第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值

第二部分：藉由 Processing 互動判斷以播放 (output) 個人化音樂

第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值 (參考圖 6-15)。其運作的步驟如同前一個機制判斷 (Webcam 的影像追蹤與即時動態互動影像投影的第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值) 的設定相同，且 Arduino 的硬體連結方式也如同圖 6-9。設定 Arduino 的流程可參考圖 6-10。

第二部分：藉由 Processing 播放 (output) 個人化音樂。在音樂回饋的部份為了讓空間提供個人化音樂，藉由整合 FSR 的壓力感測並透過 Arduino 的連結來做為不同使用者的判斷。因此首先將 FSR 裝置在空間的座椅上，接著依據使用者在沙發上的重量、習慣的位置、坐姿等不同壓力的數值 val 來對應出不同的使用者。

因此首先將電腦連接喇叭，接著在 Processing 的程式碼編輯中，首先 import ddf.minim.* 將播放音樂的 library 輸入進來。其設定的程式碼參考如下：

```
import ddf.minim.* ;  
Minim minim;  
AudioPlayer au_player1, au_player2 ;
```

同時藉由 import processing.serial.* 將序列埠的資料庫套件 (library) 輸入進來以取得來自 Arduino 中的 FSR 的轉換的訊號。其設定程式碼與之前的機制判斷 (Webcam 的影像追蹤、互動式的動態牆面影像的第二部分：藉由 Processing 做即時影像辨識與處理) 設定相同。

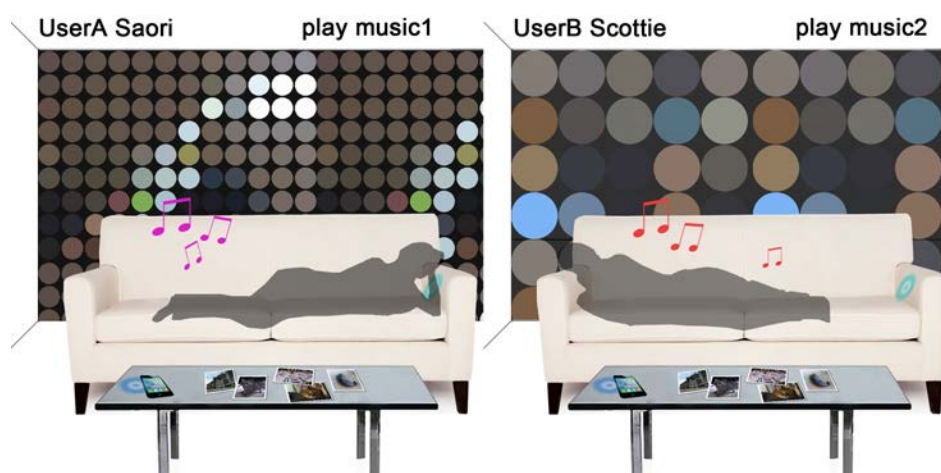


圖 6-14 FSR 壓力辨識感測與音樂回饋情境模擬

因此在設定上將 1 個 FSR (設置在沙發左側) 作為辨識使用者 User A Saori，另外 2 個 FSR (設置在沙發右側) 作為辨識使用者 User B Scottie。而單 1 個 FSR 所測得的最大值為 255，因此 2 個 FSR 所測得最大值為 510，因而理論上所測得的數值大於 10 且小於 255 則可辨識為 Saori；反之若 val 的數值大於 255 且小於 510 則可辨識為使用者 Scottie；另外若測得的 val 數值大於 500 小於 765 則可判斷為多人模式的狀態。

表 6-5 FSR 壓力 val 值範圍與使用者對應表

使用者		FSR 數量	Val 數值範圍			播放音樂
			Min Val	Max Val	實際設定 Val	
單人使用 Single user	User A: Saori	1	> 0	< 180	$80 \leq \text{Val} < 140$	Music 1
	User B: Scottie	2	> 255	< 240	$160 \leq \text{Val} < 240$	Music 2
多人使用 Multiple users	2 users	3	>510	< 765	$240 \leq \text{Val} < 765$	Music 3

但實際的 FSR 的 val 互動判斷上則有些許不同，因為每次使用者的坐姿、重量、位置都有些微的改變，因而在使用者對應音樂播放的互動判斷上 (則可參考表 6-5 以及下列程式碼)：當 val 數值介在 80~140 之間時則可辨識為 User B Saori 在使用因而播放 music1 的音樂，同時將 music2 靜音；

又 val 數值介在 160~240 之間時則可辨識為 User B 在使用因而播放「Music2 的音樂」；又 val 數值介在 240~765 之間時則可辨識為多人使用模式，因而播放「Music3 輕音樂」；而當 val 數值介在 上述的兩個間隔之外時則不播放任何的音樂。其設定的程式碼參考如下：

```
if (val <= 140 && val > 80 ) {  
    au_player1.play();  
} else if (val > 160 && val <= 240) {  
    au_player2.play();  
} else if (val > 240 && val <= 765) {  
    au_player3.play();  
} else {  
    au_player1.mute(); au_player2.mute(); au_player3.mute();  
}
```



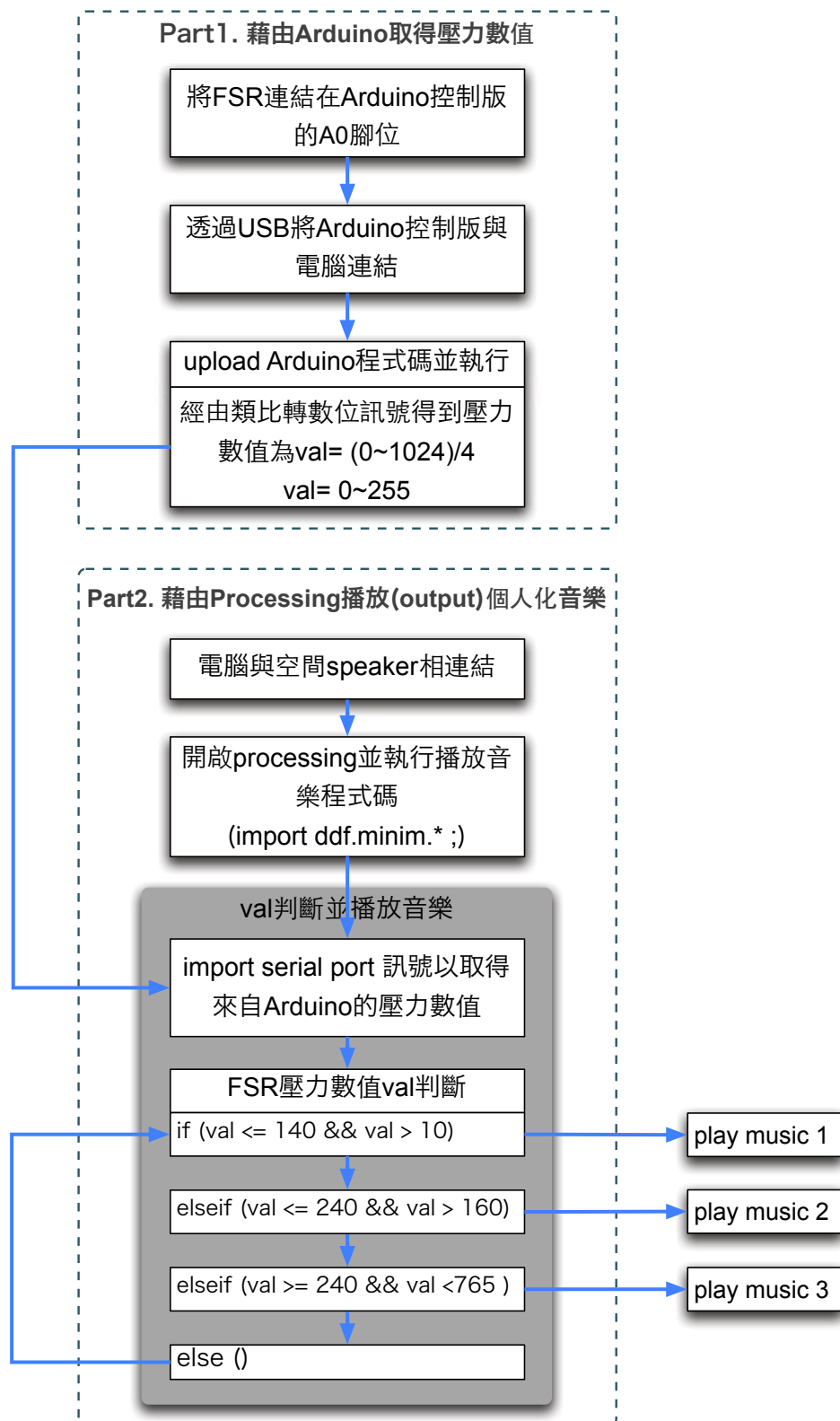


圖 6-15 FSR 壓力辨識感測與音樂回饋的機制判斷步驟

6.2.2.3 Photocell 實體位置辨識及影像投影

在 Photocell 實體位置辨識及影像投影的部份可分為二個部分 (如圖 6-20) :

第一部分：藉由 Arduino 取得光敏電阻 Photocell 數值

第二部分：藉由 Processing 做訊息顯示桌面投影

第一部分：藉由 Arduino 取得光敏電阻 Photocell 數值 (參考圖 6-20)。首先將 Arduino 控制版透過 USB port 與電腦相連接 (如圖 6-16), 接著將 Photocell 一端連結在類比輸入訊號 (Analog input) A0 的腳位, 另一端接在 5V 的位置以取得來自 Photocell 的光線強度的訊號。

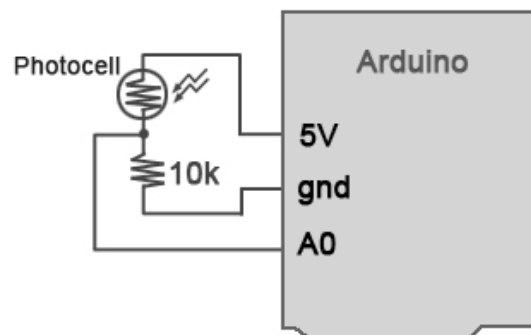


圖 6-16 Arduino 與單一個 Photocell 連結示意圖

接著編寫 Arduino 的程式碼：首先宣告 Photocell 類比訊號輸入腳位為 0，並宣告 val 感應變數初始為 0，接著再作 Serial.begin(9600) 串列訊號初始化設定。其設定的程式碼參考如下：

```
int sensorOPin = 0;
int val = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
```

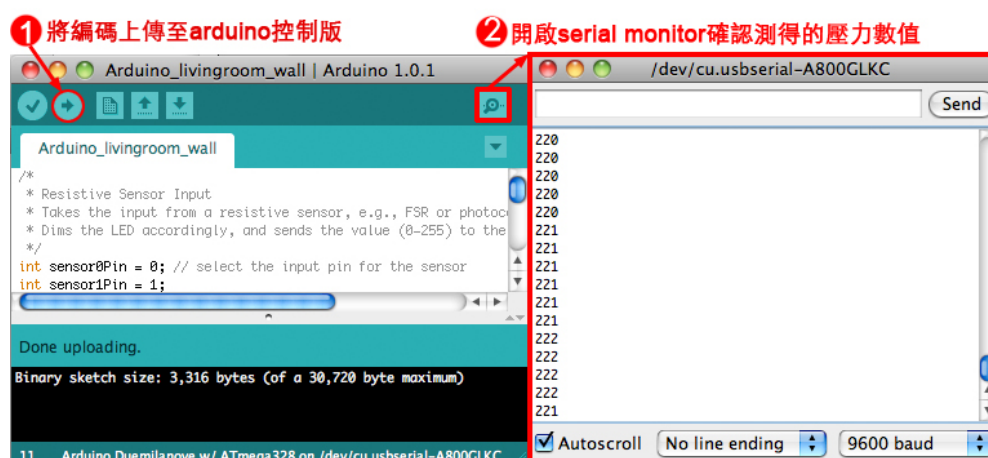


圖 6-17 Arduino 藉由序列埠監視器 (serial monitor) 所測得的 Photocell 的光線強度數值 val (因本論文將所測得訊號值 0~1024 除以 4，因此單一 Photocell 所測得壓力值為 0~255)

接著將所寫好的編碼上傳至 Arduino 控制版，其中編碼中的 `Serial.println(val)` 可將來自光敏電阻 Photocell 的類比訊號透過序列埠監視器顯示出來，因此當空間中單一的 Photocell 在充滿光線的房間時，序列埠監視器則會出現大於 0 的光線強度數值 (如圖 6-17)，光線越強數值越大。此外，由於 Arduino 本身具有 10bit (2 的 10 次方 = 1024) 解析度的 ADC 轉換，也就是 A (類比) 轉 D (數位)，因此可以將 0~5V 的類比電壓值，轉換成 0~1023 的數位數值，方便程式作運算。而本論文將類比訊號所取得的光線強度訊號除以 4 作為亮度的訊號數值 val。其設定的程式碼與先前的機制判斷 (Webcam 的影像追蹤、互動式的動態牆面影像的第一部分：藉由 Arduino 取得壓力數值) 的設定相同。

因此執行程式後，Photocell 上方若被放置物件時，其 Photocell 所取得的光線變小，因而電阻變大，因此輸出的電壓較小，因而可將 0~5V 的類比電壓值轉換成 0~1023 數位數值以方便程式運算。因此 Arduino 的類比接腳 (Photocell) 接收到電壓值越高，從電壓轉換數位數值則越高 (如表 6-6)。

表 6-6 Arduino 連結的單一 Photocell 的光線強度與類比、數位及 val 訊號對應表

光線強度	數位數值(Digital)	類比電壓值(Analog)	Val = 數位數值 / 4
光線強	1024	5 V	255
光線弱	512	2.5 V	144
無光線	0	0V	0

第二部分：藉由 Processing 做訊息顯示桌面投影。在個人化訊息顯示桌面上此部份要做的部分為藉由 Processing 作播放二種不同使用者的動畫，並依據 Photocell 的亮度強度來辨識不同的使用者，再給予不同動畫的桌面投影。

首先，在檔名 Processing_tableGIF_Animation.pde 的程式碼中涵蓋了一個 Animation.pde 的檔案，前一個檔案負責播放執行二個不同的影片，而另一個檔案 class Animation 則是宣告 Animation 動畫的序列播放程式碼，也就是本研究所製作好的動畫圖片會依序列方式播放，如下圖 6-18。

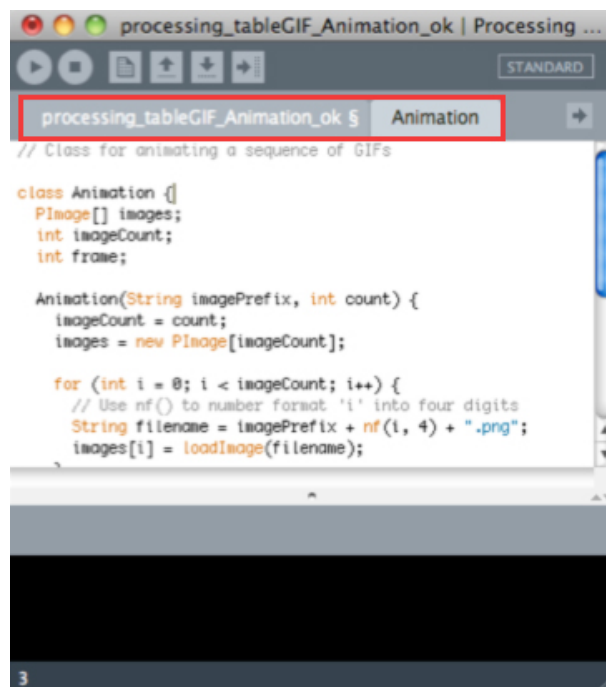


圖 6-18 Processing_tableGIF_Animation 檔案截圖

因而在 Processing_tableGIF_Animation.pde 再將二段已經製作好的序列式動畫影像宣告近來，再將待播的二段動畫利用 Animation 設定為 animation1 和 animation2 二個不同動畫的名稱，並且將二個動畫指定為檔名 ("QT2_A_", 47) 與 ("PT_B_", 17)，47 代表動畫的序列張數，也就是說：若動畫張數為 47 則序列的影像檔名則起始從 0 開始，則 QT2_A_00 到 QT2_A_46。其設定的程式碼參考如下：

```
Animation animation1, animation2;
Void setup()
animation1 = new Animation("QT2_A_", 47);
animation2 = new Animation("PT_B_", 17);
```

此外，同時藉由 `import processing.serial.*` 來輸入序列埠的程式資料庫 (library) 以取得來自 Arduino 中的 Photocell 的轉換的訊號。其設定的程式碼參考如下：

```
import processing.serial.*;
String portname = "/dev/tty.usbserial-A800GLKC";
Serial port;
String buf="";
int cr = 13; // ASCII return == 13
int lf = 10; // ASCII linefeed == 10
```



圖 6-19 動畫序列：(A) animation1 為使用者 Saori 喜愛的顯示模式 (相片瀏覽)；
(B) animation2 為使用者 Scottie 喜愛的桌面顯示模式 (訊息提醒)

為了辨識不同使用者，本研究藉由不同數量的 Photocell 裝置在桌面二側，以辨識不同使用者，本研究依據不同使用者習慣坐的位置、手機擺放的位置設定裝置感應器 (Photocell) 的位置，例如：使用者 Saori 習慣坐在沙發左側，因此將一個 Photocell 裝置在桌面的左側；而使用者 Scottie 習慣坐在沙發右側則將二個 Photocell 裝置在桌面的右側。

因此，假設在光線充足的地方，三個 Photocell 所測得的光線強度 `val` 值為 765 (如表 6-7 單一 Photocell 在光線充足的地方可測得最大值為 `val = 255`)，而當使用者 Saori 將手機放置在感應範圍內時一個 Photocell 會遮蔽著，因此光線所測得最大值為 `val = 510`；而當使用者 Scottie 將手機放置在桌面的感應範圍時，則 2 個 Photocell 會被遮蔽，因而此時的光線強度的最大值 `val = 255`。

表 6-7 Photocell 光線強度感應 val 值範圍與使用者對應表

使用者	Photocell 數量		Val 數值範圍			桌面動態影像投影
	被遮住(off)	未被遮住 (on)	Min	Max	實際設定 (Val)	
			(Val)	(Val)		
光線強度最強時	0	3	> 580	< 765	580<=Val <765	N/A
User A: Saori 桌子左側	1	2	> 280	< 510	280<=Val <510	Animation1
User B: Scottie 桌子右側	2	1	> 50	< 255	50<= Val <255	Animaition2

但在實際的設定上都會依照當時的光線再重新定義範圍，本研究所設定的時間為晚上無窗外的自然日照，僅有空間中的日光燈源，因而當 val 值大於 580 小於 765 時則可判斷為桌面無任何人的手機在上面；而當 val 值小於 510 但大於 280 時則可判斷為 Saori 的手機被放置在桌上，因而播放相片瀏覽的桌面投影 (Animation1) (如表 6-7 的 User A: Saori)；且若 val 值小於 255 但大於 50 時則可判斷為 Scottie 的手機被放置在桌面，因而播放 Scottie 習慣的訊息提醒桌面投影 (Animation2) (如表 6-7 的 User B: Scottie) (圖 6-19)。而其判斷的部份為，當 val 值介在 280~510 或 50~255 之間時，則不投影任何東西在桌面。其設定的程式碼參考如下：

```

if (val >= 280 && val < 510) {
    animation1.display(0, 0);
}
else if (val >= 50 && val < 255 ) {
    animation2.display(0, 0);
}
else {
    background(255,255,255);
}

```

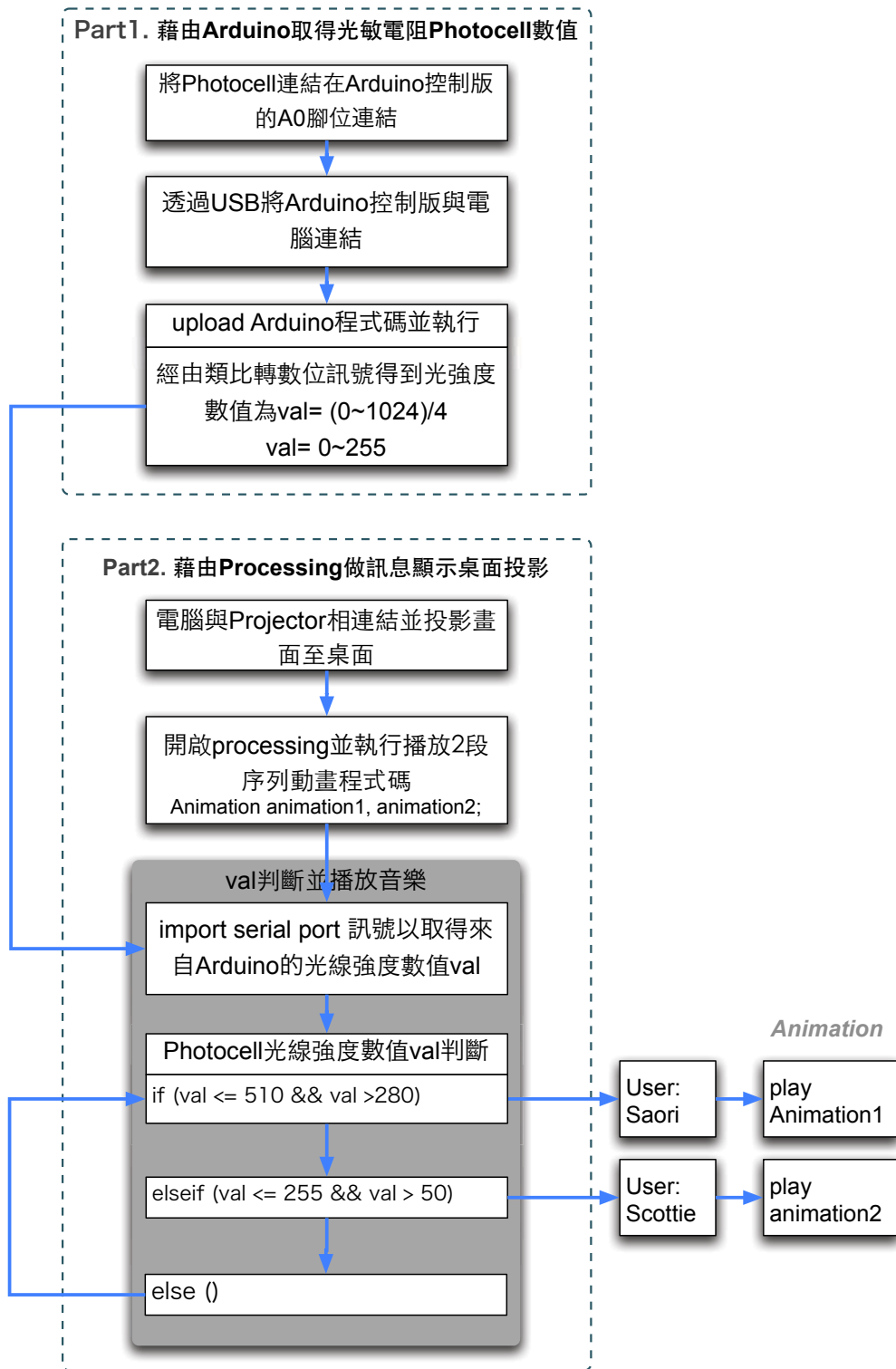


圖 6-20 Photocell 實體位置辨識及影像投影機制判斷步驟

6.2.2.3 Webcam 顏色辨識、主題情境桌布投影

此步驟可藉由 Processing 完成 Webcam 顏色辨識與主題情境桌布的投影，機制判斷的步驟可參考圖 6-21：

首先將 Webcam 透過 USB 與電腦相連接以取得桌面的即時影像，接著開啟 Processing 程式編碼，如同之前「Webcam 的影像追蹤、即時動態互動影像投影的第二部分：藉由 Processing 做即時影像辨識與處理」的設定相同以取得即時的影像。其設定的程式碼參考如下：

```
import processing.video.*;
Capture video;
```

取得即時影像之後，接著做辨識桌面餐盤的 RGB 值與，因而在 Processing 的設定上首先必須要定義追蹤的餐盤的色彩，如表 6-8 本研究將日式餐盤深咖啡色的 RGB 值 (33,34,28) 設定為被追蹤的顏色 findColorB；而草綠色的台式餐盤的 RGB 值 (162,191,98) 設定為被追蹤的顏色 findColorG。其設定的程式碼參考如下：

```
video = new Capture(this, width, height, 30);
findColorB = color(33, 34, 28);
findColorG = color(162, 191, 98);
```

接著定義變量「difference」代表兩個像素比較的色差值，另外定義即時的影像像素為「videoColor」。接著做即時的影像辨識，進入迴圈比較「定義追蹤的顏色」與「即時影像像素顏色」色差，並藉由 dist() 比較二點座標的位置距離來計算顏色的色差值，因而可將當前即時影像的 R、G、B 值設定為：r1=red (videoColor); g1=green (videoColor); b1=blue (videoColor); 而被追蹤的咖啡色餐盤定義為，r2=red (findColor_B)、g2=green (findColor_B)、b2=blue (findColor_B)。接著比較即時影像像素色彩 (videoColor) 與被定義的咖啡色餐盤像素色彩 (findColorB) 為 d_B = dist (r1, g1, b1, r2, g2, b2)，以及比較即時影像像素色彩 (videoColor) 與被定義的綠色餐盤像素色彩 (findColorG) 為 d_G = dist (r1, g1, b1, r3, g3, b3)。其設定的程式碼參考如下：




```
int loc = x + y*video.width;
color videoColor = video.pixels[loc];
float r1 = red (videoColor);
float g1 = green (videoColor);
float b1 = blue (videoColor);
float r2 = red (findColor_B);
```

```

float g2 = green (findColor_B);
float b2 = blue (findColor_B);
float r3 = red (findColor_G);
float g3 = green(findColor_G);
float b3 = blue (findColor_G);
float d_B = dist (r1, g1, b1, r2, g2, b2);
float d_G = dist (r1, g1, b1, r3, g3, b3);

```

表 6-8 Processing 中定義追蹤顏色 (日式餐盤、台式餐盤)

	桌布主題 1	桌布主題 2
餐盤	日式餐盤	台式餐盤
顏色	深咖啡色 RGB(33,34,28) 	草綠色 RGB(162,191,98) 
Processing 中 定義顏色	findColorB	findColorG
對應的桌布主 題投影	日式風格桌布 (bg1) 	台式熱炒桌布(bg2) 

接著做互動的判斷，藉由顏色色差值 d_B 與 d_G 判斷是否日式餐盤或是台式餐盤被放置在桌面上，而其互動的機制可為：當 d_B 的差異值小於 15 時則可辨識為日式深咖啡色的餐盤此時被放置在桌面上因而播放桌布主題 1 (日式風格的桌布)；而若 d_G 的差異小於 15 時則可辨識為台式綠色的熱炒盤此時被放置在桌面上因而播放桌布主題 2 (台式熱炒的紅色桌布) (如表 6-8)。其互動的程式碼可參考如下：

```

if(d_B < 15) {
  image (bg1, 0, 0)
}
else if(d_G < 15) {
  image (bg2, 0, 0);
}
else {
  background(255, 255, 255)
}

```

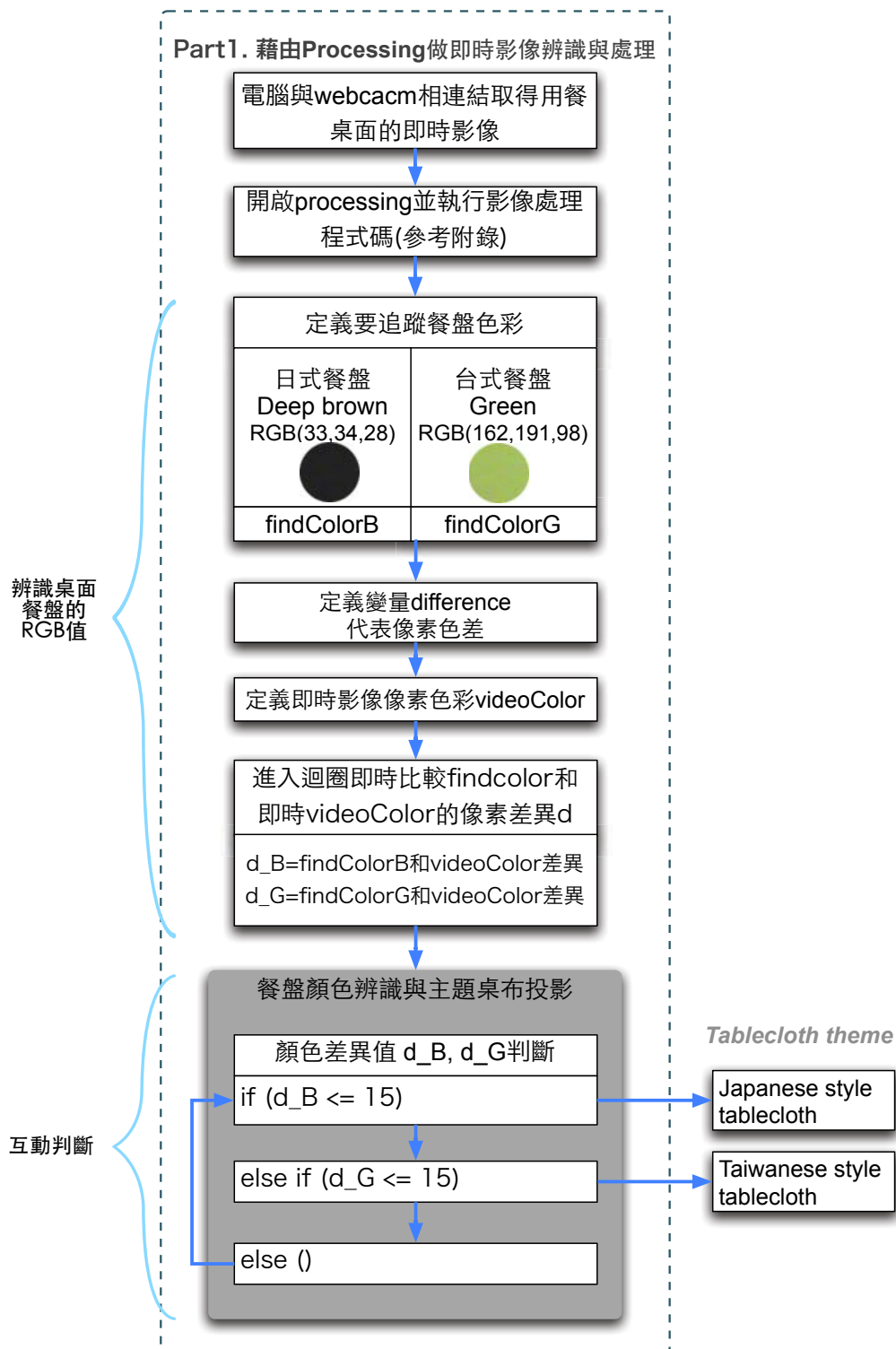



圖 6-21 Webcam 顏色辨識、主題情境桌布投影機制判斷步驟

6.3 實體空間整合與系統測試

6.3.1 實體空間整合

因而在實體空間整合的部分，將前一小節中的系統的互動機制判斷整合在本研究所提出的 Personalized Smart Living + Dining Space 實體空間，其可分類為以下二部分來分別說明：

第一部分，起居空間 (圖 6-22 A): 包含有「互動式動態牆面影像」(interactive wallpaper)、「個人化音樂」(personalized music)、「個人化桌面顯示」(personalized table display)。

第二部分，用餐空間 (圖 6-22 B): 包含有「主題式情境桌布」(theme table clothes) 與「個人化主題音樂」(personalized music)。

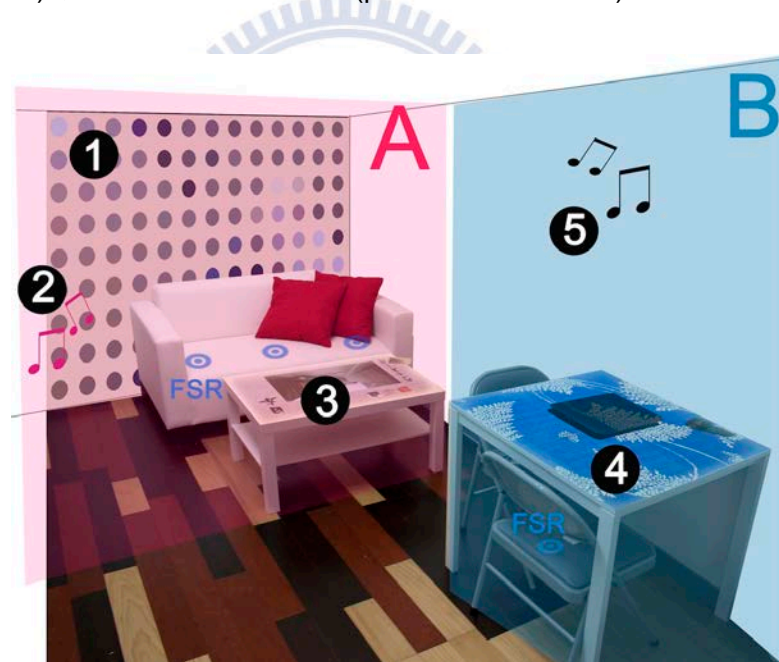


圖 6-22 Smart Living+Dinning Space 系統互動機制判斷與實體空間配置說明圖，「A 起居空間」：(1)互動式動態牆面影像、(2)個人化音樂、(3)個人化桌面顯示。「B 用餐空間」：(4)主題式情境桌布、(5)個人化主題音樂。

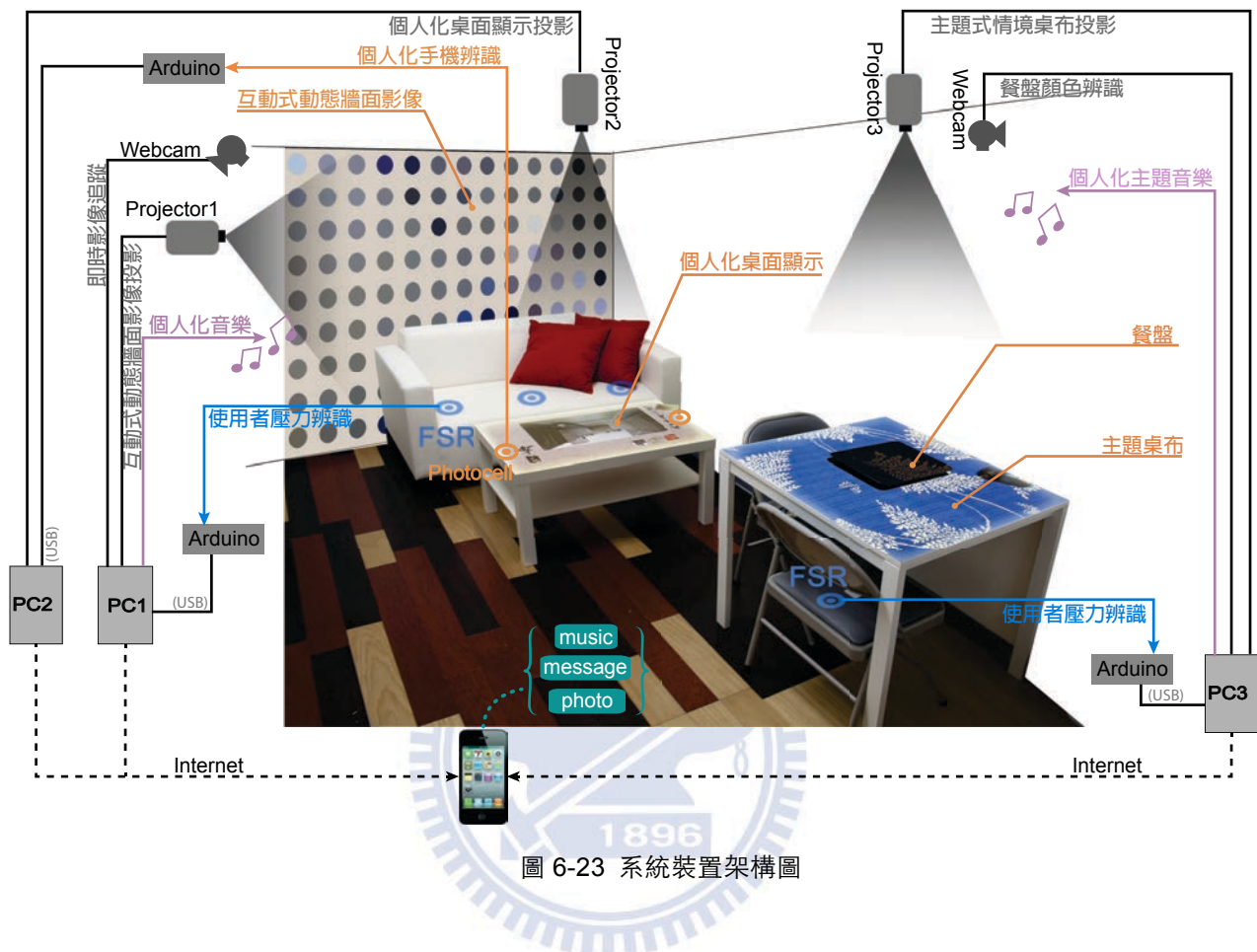


圖 6-23 系統裝置架構圖

起居空間

1. 互動式動態牆面影像 (interactive wallpaper)

Architecture 元素：牆面、沙發

虛擬元素：動態牆面影像

HCI 元素：Arduino、Processing、Webcam、投影機 (Projector 1)、電腦 (PC1)

在起居空間中包含有牆面、沙發、桌面、及地板等。為了讓空間牆面可與使用者做即時的互動，本系統藉由裝置在天花板的 webcam 擷取即時的動態影像，並將影像經由 USB 輸入至電腦 (PC1) 中；並將 FSR 壓力感測裝置再沙發的左邊與右邊，並藉由 Arduino 將壓力值傳送到 PC1 中，再經由 Processing 做將所擷取的畫面做圓形馬賽克處理並藉由投影機 (Projector1) 將互動式動態影像的投影在牆面上，而如前小節 6.2.2.1 所述藉由使用者的坐姿、使用人數都會改變互動牆面的圓形圖案大小，也就是空間環境會適切的改變樣式反應不同的使用者 (如圖 6-12)。

2. 個人化音樂 (personalized music)

Architecture 元素：沙發

虛擬元素：音樂

HCI 元素：Arduino、FSR、Processing、電腦 (PC1)

同時，裝置在沙發上不同位置的 FSR 壓力感測裝置可辨式不同的使用者，本研究裝置二個 FSR 裝置在沙發的右側，以及一個 FSR 裝置在沙發的左側，以辨識不同使用者 Saori 和 Scottie 或二個使用者同時在沙發上的狀態，且 FSR 會將感測值傳藉由由 Arduino 傳送置電腦 (PC1)，並藉由 Processing 做判斷辨識不同使用者並播放不同的環境音樂。因而當空間辨識出是習慣坐在左側的 Saori 做在沙發上時，空間隨即透過網路去抓取並播放 Saori 手機裡最近愛聽的紓壓音樂「日式古典音樂」；且當空間辨識出是習慣坐在沙發右側的 Scottie 在沙發上時，空間隨即透過網路去抓取並播放 Scottie 手機裡最近愛聽的紓壓音樂「Maksim 的鋼琴演奏曲」；此外，當空間辨識出是多人使用的狀況下，空間隨即播放「Bossa Nova」的輕音樂。

3. 個人化桌面顯示 (personalized table display)

Architecture 元素：桌面

虛擬元素：動態影像投影

HCI 元素：Arduino、Photocell、Processing、投影機 (Projector2)、電腦 (PC2)

隨著不同使用者所習慣坐的沙發位置也會影響了使用者手機擺放的位置，個人化桌面顯示的部份，本研究將二個 Photocell 光感應器裝置在桌面的左側，以及一個 Photocell 裝置在桌面的右側，因而當手機放置在桌面並遮住 Photocell 的同時則所測得的光線數值就會降低，且光線數值可透過 Arduino 傳送到電腦 (PC2) 中，並藉由 Processing 作判斷 (如小節 6.2.2.3 機制判斷的 Photocell 實體位置辨識及影像投影)，並透過投影機 (Projector2) 投影不同使用者所習慣的桌面顯示方式。

用餐空間

4. 主題式情境桌布 (theme tablecloths)

Architecture 元素：餐桌

虛擬元素：主題式桌布

HCI 元素：Processing、Webcam、投影機 (Projector3)、電腦 (PC3)

為了依據不同餐盤的種類形式而給予不同情境主題的桌布，此部份裝置藉由電腦 (PC3) 所控制，藉由裝置在餐桌正上方的 Webcam 擷取即時的影像，並透過 Processing 作影像辨識以偵測不同種類的餐盤 (日式餐盤、台式餐盤)，隨著放置在桌面上不同的餐盤，Processing 並透過投影機 (Projector3) 給予不同情境桌布

的投影 (圖 6-23)，例如：當偵測為日式餐盤時則播放日式風格主題桌布，而當偵測為台式餐盤時則播放台式熱炒的主題桌布。

5. 個人化主題音樂 (personalized music)

Architecture 元素：椅子

虛擬元素：主題音樂

HCI 元素：Arduino、FSR、Processing、電腦 (PC3)

為了配合主題式情境桌布，用餐空間也會依據使用者的人數、餐盤的顏色來播放主題的音樂。因此配合主題式情境桌布的裝置，並將 FSR 裝置在用餐空間的作以上以便式不同的使用者與人數。也就是說，如前所述當使用者放置餐盤在餐桌時，空間隨即會將桌布改變成適當的主題桌布，且當使用者坐下開始用餐時空間的情境音樂才會開始播放，也就是透過 FSR 壓力的感測將壓力值藉由 Arduino 傳送至電腦 (PC3)，再藉由 Processing 來最終的判斷並給與適當的音樂回饋。舉例來說，當 Scottie 將日式餐盤放置在桌面時，桌布隨即轉變為日式桌布的主題，且空間隨即響起 Scottie 所喜愛的日式風格音樂；而當 Saori 和 Scottie 將熱炒盤放置在桌面時，空間會先判斷餐盤的種類以轉變桌布主題為台式熱炒桌布，且空間並藉由 FSR 的壓力數值依據使用人數播放適切的台灣熱門音樂以營造用餐空間的氛圍 (圖 6-23)。

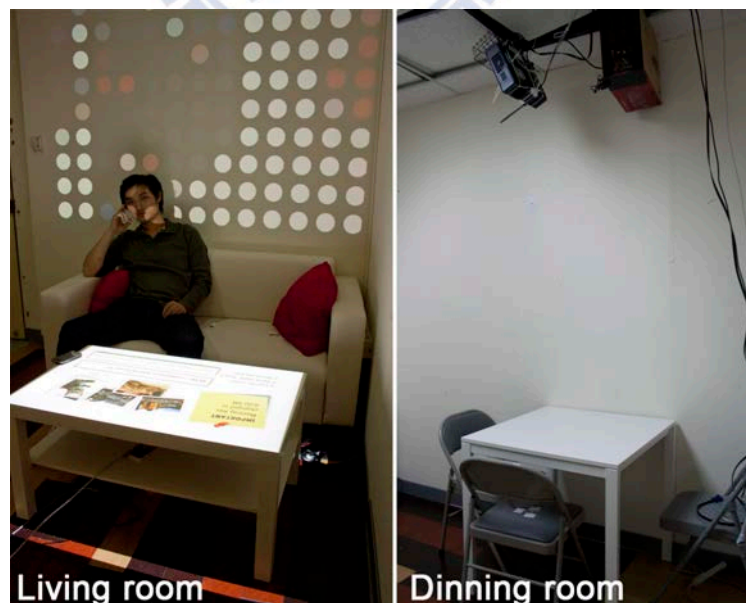


圖 6-24 系統與實體環境設置

6.3.2 系統測試

由章節 5.1 中所推論出的機能和元素的新交互關係的系統架構中也發現，未來的智慧空間「虛擬元素」的定位會和「實體元素」擁有相同的重要地位，也就是此二種元素會融合在一起且漸漸的變得無法被區隔開來，且除了實體元素外，虛擬元素也可恣意的被使用者抓取、操控、放置在空間環境中，也就是提出一個可自由流動、轉換的智慧空間介面，且新的智慧空間相較過去的智慧空間不同的地方為，他能夠辨識不同的使用者並給予不同的情境回饋。因此藉由本研究所提出的 Personalized Smart Living + Dinning Space 中，本研究讓二個受測者實際使用這整個空間系統，並測試此系統可行性。因而此系統情境測試可分為以下三個部分：

系統測試一：使用者 Saori

當使用者 Saori 回到家裡後，想好好休息一番，於是癱坐在沙發的左側 (圖 6-26B)，此時系統藉由沙發上的 FSR (圖 6-25) 感測到是此時在沙發上的使用者為 Saori，空間隨即抓取使用者手機裡最近常聽的日本民謠，且空間的牆面透過 Processing 與 Arduino 以及 Webcam 轉變為可呼應使用者與空間關係的互動式動態背景牆面；此外，Saori 順手又將手機擺放在桌面的左側，此時系統藉由桌面的 Photocell 光線感測器 (圖 6-25) 得知使用者的手機被放置在桌面上 (圖 6-26C)，則桌面隨即切換為使用者習慣的相片瀏覽模式 (圖 6-26D)，且不斷的播放 Saori 今天所拍攝的照片。休息一會兒後，Saori 想回房休息，他起身並拿起桌上的手機 (圖 6-26E)，則空間系統中的 FSR 壓力感測器隨即辨識到此時無人在沙發上，音樂隨即停止且桌面也回復到一般模式 (圖 6-26F)。



圖 6-25 使用者 Saori 系統演測試裝置說明圖

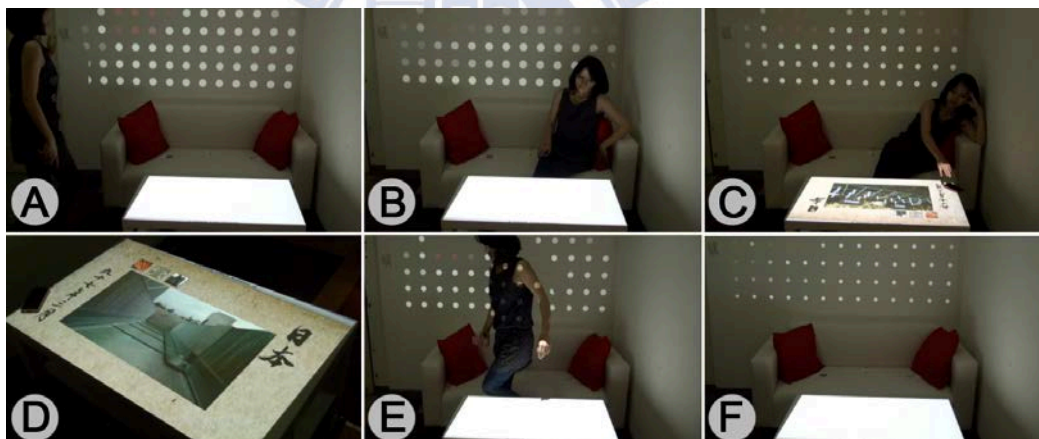


圖 6-26 使用者 Saori 於起居空間的系統測試步驟，A) Saori 回到家裡；B) Saori 想休息坐在沙發左側，並將手機放在桌上，空間隨即辨識出為 Saori，並抓取及播放 Saori 最近喜愛的日本民謠；C) 此時，使用者的壓力與動態隨即改變牆面上動態背景的圓形圖案，且桌面也抓取手機中今天所拍的照片，並將桌面為 Saori 所喜愛的相片瀏覽模式；D) 桌面以幻燈片的方式播放著今天所拍的照片；E) Saori 想回房休息，起身將手機拿起，桌面隨即轉變為一般模式；F) 空間則轉變為原本的一般模式。

系統測試二：使用者 Scottie

使用者 Scottie 回到家裡，坐在他習慣的右側沙發，此時系統藉由沙發上的 FSR 感測到此時在沙發上的使用者為 Scottie (圖 6-27)，空間隨即抓取使用者手機裡最近常聽的紓壓音樂「Maksim 鋼琴協奏」，且空間的牆面透過 Processing 與 Arduino

以及 Webcam 轉變為可呼應使用者與空間關係的互動式動態背景牆面 (圖 6-28 背景、6-28A-C 普普風動態壁紙); 此外, Scottie 順手又將手機擺放在在桌面的右側 (圖 6-28B), 此時系統藉由桌面的 Photocell 光線感測器得知使用者的手機被放置在桌面上 (圖 6-28), 則桌面隨即切換為使用者習慣的訊息提醒模式, Scottie 從投影在桌面的訊息中發現二個重要的訊息, 「明早會議提前至早上 9:00」以及來自於母親的留言「我準備了你愛吃的壽司!」(圖 6-28D)。Scottie 意識到尚未吃晚餐, 起身拿起手機走到餐廳去 (圖 6-28E), 此時空間系統中的 FSR 壓力感測器隨即辨識到此時無人在沙發上(圖 6-28), 則空間音樂隨即停止且桌面也回復到一般模式 (圖 6-28F)。

Scottie 來到用餐空間 (圖 6-29), 他拿起裝著壽司的日式餐盤, 將其放置在餐桌上 (圖 6-30B), 此時系統中的 Processing 藉由天花板上的 Webcam 藉由影像辨識出為日式餐盤 (圖 6-30), 則空間隨即將日式桌布投影在餐桌上 (圖 6-29、6-30C), 此時 Scottie 終於可以開始用餐了, 他拉開餐椅並坐下, 此時系統透過 FSR 辨識出為 Scottie (圖 6-29), 並配合他今日的日式料理餐點, 空間隨即播放著日式主題音樂。過了約莫片刻, Scottie 起身將餐盤拿起(圖 6-30E), 此時 Webcam 沒有辨識到任何物件, 主題桌布轉變為一般模式且空間音樂也隨即停止 (圖 6-30F)。



圖 6-27 使用者 Scottie 系統演測試裝置說明圖 (起居空間)

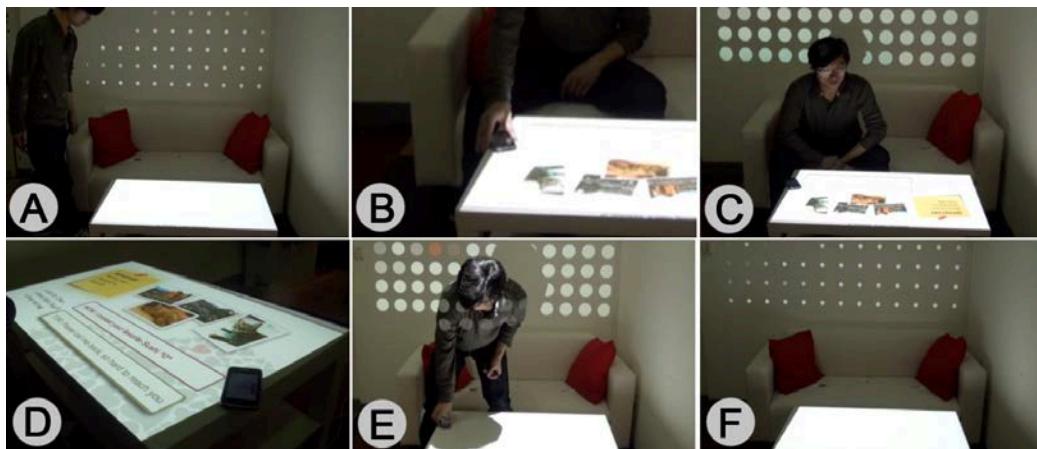


圖 6-28 使用者 Scottie 於起居空間的系統測試步驟，A) Scottie 回到家裡；B) Scottie 想休息坐在沙發右側，並將手機放在桌上，空間隨即辨識出為 Scottie，並抓取及播放 Scottie 最近喜愛的 Maksim 的鋼琴演奏；C) 此時，使用者的壓力與動態隨即改變牆面上動態背景的圓形圖案，且桌面也抓取手機中的訊息，並轉變為 Scottie 所習慣的訊息顯示模式；D) 此時桌面的訊息顯示出，「重要事情：明早會議改時間至早上 9:00」、「母親：我準備了你最喜愛的壽司，記得要去吃喔！」；E) Scottie 起身將手機拿起，桌面隨即轉變為一般模式；F) 空間則轉變為原本的一般模式。



圖 6-29 使用者 Scottie 系統演測試裝置說明圖 (用餐空間)

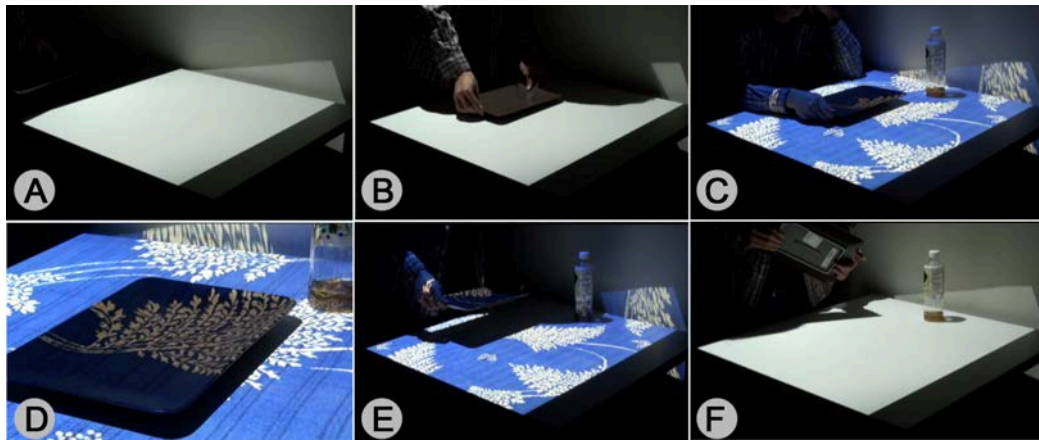


圖 6-30 使用者使用者 Scottie 於用餐空間的系統測試步驟，A) 用餐空間的一般模式；B) Scottie 將日式餐盤擺放再桌上；C) 空間隨即感應到式日式餐盤，並將其轉變為日式料理的主題桌布；D) Scottie 坐下，此時空間感應出是 Scottie 在使用，並響起 Scottie 最愛的日式主題音樂；E) Scottie 吃完壽司後將餐盤拿起；F) 空間音樂停止且主題桌布也轉變為一般模式。

系統測試三：多重使用者

Saori 和 Scottie 一起回到家裡，二人坐在沙發上 (圖 6-32B)，此時系統藉由沙發上的 FSR 感測到此時有二個使用者在空間中(圖 6-31)，空間隨即抓取多人使用模式的「Bossa Nova」較緩和的輕音樂並播放於空間中，且空間的牆面透過 Processing、Arduino 以及 Webcam 轉變為可呼應使用者與空間關係的互動式動態背景牆面 (圖 6-31、6-32C 普普風動態壁紙)，隨著使用者揮動手，牆面隨即改變顏色椅呼應使用者 (圖 6-32D)；小聊一陣子後，Saori 和 Scottie 決定去餐廳小酌一番。於是起身離開起居空間，此時空間系統中的 FSR 壓力感測器隨即辨識到此時無人在沙發上，則空間音樂隨即停止且桌面也回復到一般模式 (圖 6-32F)。



圖 6-31 使用 Saori 和 Scottie 系統演測試裝置說明圖 (起居空間)

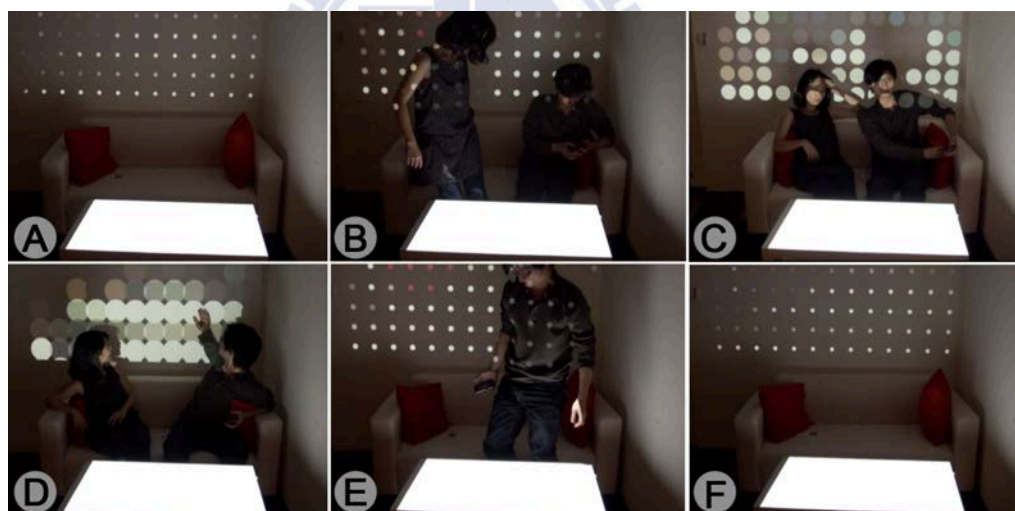


圖 6-32 使用者 Saori 和 Scottie 於起居空間的系統測試步驟，A) 起居空間的一般模式；B) Saori 和 Scottie 一起坐在起居空間的沙發上；C) 空間辨識出二個使用者並播放著 Bossa Nova 的音樂，且互動式動態牆面隨即改變動態背景並放大牆面的圓形圖示以回多重的使用者；D) Saori 和 Scottie 揮動著手，互動背景牆面也隨之改變顏色；E) Saori 和 Scottie 決定去餐廳小酌吃點下酒小菜並起身離開；F) 空間音樂隨即停止且轉變為一般模式。

Saori 和 Scottie 來到用餐空間 (圖 6-33)，Scottie 拿出裝著台式熱炒的盤子放置在餐桌上 (圖 6-34B)，此時系統中的 Processing 藉由天花板上的 Webcam 藉由影像辨識出為台式熱炒的盤子(圖 6-34 綠色餐盤)，則空間隨即將台式熱炒的紅色桌

布投影在餐桌上 (圖 6-33、6-34C)，此時 Saori 和 Scottie 拿出啤酒並坐在餐以上，此時系統透過 FSR (藉由 Arduino) 辨識出為多人模式 (圖 6-33)，並配合他今日的台式熱炒餐點，空間隨即播放著台灣經典歌曲「被遺忘的時光」。酒足飯飽之餘，Scottie 和 Saori 起身將餐盤拿起，此時系統 Processing 透過 Webcam 沒有辨識到任何物件，且餐椅上的 FSR 壓力感測器隨即辨識到此時無人在椅子上，則主題桌布轉變為一般模式且空間音樂也隨即停止 (圖 6-34F)。



圖 6-33 使用 Saori 和 Scottie 系統演測試裝置說明圖 (用餐空間)

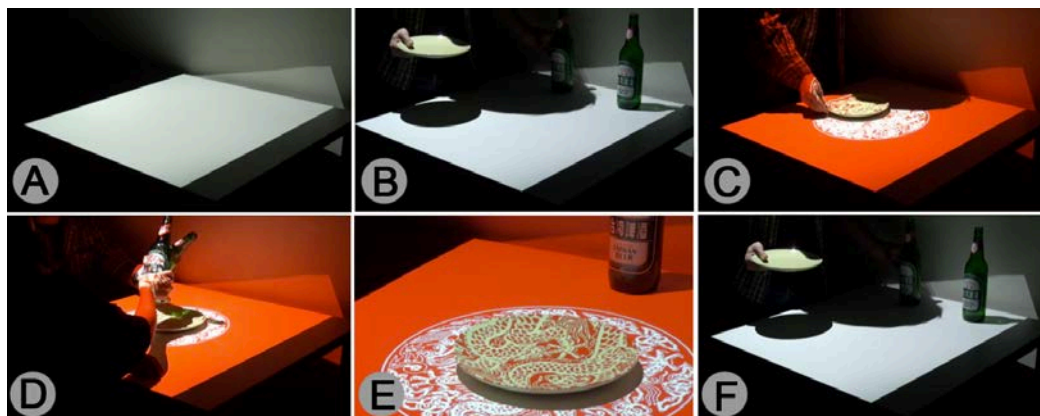


圖 6-34 使用者 Saori 和 Scottie 於用餐空間的系統測試步驟，A) 一般用餐空間模式；B) Scottie 將台式熱炒盤放置在餐桌桌面上；C) 桌面隨即轉變為台式熱炒的紅色桌布；D) Saori 和 Scottie 拿起啤酒坐在餐椅上；E) 空間辨識出有二人以上的使用者，且依據不同的餐盤主題播放著台灣經典的歌曲「被遺忘的時光」；F) 隨著使用者將餐盤拿起，空間音樂隨即停止且主題桌布也轉變為一般模式。

第七章 結論與建議

而在結論與建議的部份，本章節將依據先前的論述總結本研究結果，並分別敘述研究限制、研究貢獻、以及未來研究等四個部分。

7.1 結論

傳統建築空間與智慧空間最大的不同點在於 HCI 的加入改變了原有的空間模式，但現有的智慧空間研究多著重在以數位科技的角度探討其系統的組織與運作的流程 (Wellener, 1991 ; Chang, 2001 ; Crabtree, 2003 ; Ruyter, 2003 ; Trumler et al. 2003 ; Ruyter and Aarts, 2004 ; Kim et al., 2004)，但單就科技的角度分析智慧空間的構成是不足的，且智慧空間所探討的層面不只有智慧的裝置、軟硬體等還包含與空間的組成單元、配置、以及其機能性和可適性。因而在本研究目的是希望藉由「建築」與「HCI」雙向的觀點對智慧空間作分析評估，並以建築的構成來做為分析的基礎 (元素和機能的關聯性)，以此可讓研究者以較全面的觀點對其作完整而深入的研究，最後再藉由上述分析的結果提出「智慧空間的新系統架構」，並透過整合空間的「系統實作」來測試其可行性。因而以下部分將透過本研究步驟的「案例分析評估」、「系統架構推論」、「系統雛形建立」敘述其結論與建議。

在第一步驟建築角度分析評估中發現，相較傳統建築中，元素從原有的結構機能、圍塑空間機能演變為兼具結構與裝飾機能的空間單元，而 21 世紀電腦數位科技影響下更讓智慧空間出現了不可迴避的流動性元素—「虛擬數位元素」，而這種新元素也間接讓空間中的實體元素彼此產生了緊密的連結性 (connection)。而透過圖 5-7 可清楚說明傳統的「實體元素」(結構性元素、家具元素等) 透過 HCI 的輔助產生了「轉換的實體元素」，而「虛擬元素」則是連結不同實體元素又或者實體空間的流動性元素，且其可依附、顯示、流動在不同實體元素之上，而轉換的實體元素和原有實體元素最大的不同點則是他不但擁有實體元素的外表，且可表達 (display)、輸出 (output) 虛擬元素，以及記錄 (record)、接收 (input) 數位訊息 (虛擬元素)，也因此就建築角度分析結果則可看出智慧空間的元素包含三種類型：「虛擬數位元素」、「轉換的實體元素」、「舊有實體元素」(如表 5-3)，且透過此新元素架構 (圖 5-7) 則可清楚看出不同種類元彼此之間連結性與相關性。

在第二步驟 HCI 角度分析評估中，HCI 的意思即人與機器互動的關係，因而此步驟則是從「使用者」與「元素」的角度進行探討，而本研究步驟結果中發現元素、機能、使用者、需求四者之間的相關連性（如圖 5-8），「元素」的構成以及其所擁有的「機能」都是為了滿足「使用者」的「需求」所存在的，因此「使用者」與「元素」間有著密不可分的「互動關係」，「使用者」學著如何去操作這些物件並與這些「元素」共存著。隨著「HCI」的出現「使用者」與空間「元素」關係產生了變化（圖 5-8 右），因為人們的需求改變了，空間中則產生了「新元素」，而「新元素」所擁有的「新機能」則是為了回應使用者的「新需求」所產生的，因此使用者必須學著如何去適應、操作這些新元素。而將此互動關係套用在一般空間情境當中則可說明，傳統建築中為了滿足使用者需求，使用者必須需主動的控制、調節、適應所處的空間環境以得到適當的環境回饋（如圖 5-9 左），而在 HCI 輔助下的智慧空間中的元素轉變成可輸出或輸入虛擬訊息的介面，也因此空間機能變得更有彈性，它能夠適應不同使用者、主動察覺使用者的狀態並給予適當的情境回饋，又或者「使用者」不需透過特別的「介面」可直接與「整合介面的物件元素」產生直接的互動（如圖 5-9 右虛線方框部分）。而相較第三章建築角度分析評估，第四章 HCI 的角度分析評估則可以科技、人機互動的角度了解使用者與空間元素、機能的互動關係。

在第三步驟系統架構推論中，本研究參考了 Son (2011) 等人所提出的智慧空間做為核心系統的參考，又為了能夠回應本研究的問題與目的，了解建築空間中的機能與元素隨著電腦科技的出現而其彼此的交互關係的轉變，並整合前二步驟的結論修改而提出建築、HCI 雙向觀點的「智慧空間新系統架構」(system framework)（如圖 5-10），其系統架構組成由上而下四個層次：使用者（新機能）、新互動關係、新元素（新介面）、實體空間等，而其架構中新元素/新介面 (new element/new interface) 的部分又可清楚的表達每一個元素種類（實體元素、轉換實體元素、虛擬元素）彼此之間的連結關係，而這也是在現有的智慧空間研究中鮮少討論的觀點。

在第四步驟系統雛形建立中的系統實作 (system implementation) 部份，本研究所提出的智慧空間系統雛型(system prototype)—「Personalized Smart Living + Dinning Space」，其加入了幾個有別於過去智慧空間案例 (Ishii et al., 1998 ; Bonnani et al., 2005 ; Huang et al., 2009) 的新概念：「個人化的情境辨識空間」、

「適切的配置空間中實體與虛擬元素的連結關係」、以及「跨空間系統控制」，並藉由情境的演練方式測試其系統的可行性，而藉由情境演練測試結果中也發現，HCI 的輔助之下智慧空間中的出現了與「實體元素」共存的「虛擬元素」，其也間接影響人的生活模式，因而本研究實作出整合 HCI 元素的 Personalized Smart Living + Dining Space，其中的起居空間中，本系統可適切的將不同使用者的個人化手機資訊 (虛擬元素：個人化音樂、個人化照片、個人化訊息) 合理的整合、顯示/輸出 (display/output) 在實體空間環境中，並依據不同使用者習慣的操作方式給予適切的情境回饋 (互動牆面壁紙、個人化桌面顯示、相片瀏覽模式、個人化音樂)，且此系統還可連結二個空間 (起居空間、用餐空間)，因而當使用者在用餐空間中，系統則可依據不同使用者、餐盤種類給予不同情境的回饋 (情境桌布、個人化音樂)。因而，就此系統中則可清楚了解就建築「機能」與「元素」組成了解其 HCI 與空間的關聯性，且在系統實作中也將未來的智慧空間中同時並重的「實體元素」和「虛擬元素」合理的配置在所處的環境裡、且空間環境可因應不同使用者需求給予適切的回應，這也是本研究中所提出智慧空間系統中重要的目的。

7.2 研究限制

本研究系統雛型雖是基於先前的理論基礎所推論出的系統架構，並整合本研究設定情境、空間、元素而實際建構出來的結果，但畢竟智慧空間是幾乎近十年來才開始探討的研究領域，因而不但在分析評估或是系統實作上都有多方面的限制，因而以下將就本研究不同面向來敘述本研究的限制面：

1. 案例分析評估上：

HCI 的出現是由於 20 世紀末個人電腦大量發展，也因此智慧空間的案例則是 21 世紀初才逐漸開始被廣為討論，因而案例上只有短短的十年左右時間，智慧空間初期的案例雖有文獻上的案例可進行參考，但當時的電腦技術並不普及因而在資訊的傳遞上、表達上也較容易有限制，也就是說本研究在案例挑選部分則是以整體智慧空間案例探討較完全、且有清楚的技術報告呈現、且互動性較強的案例作為分析的對象；另一點，科技日新月異，同時也會影響智慧空間研究的成果，電腦科技的進步影響整個系統運作的速率、也因此越新的案例通常有較好的呈現效果，因此案例的選擇上較容易有盲點。但隨著資訊網路訊息普及化，在未來新舊案例的取得上相較過去來的容易的多，且案例的技術、呈現的效果也會比過去來得好，也因此案例的選擇上則會較為客觀。

此外，在現有的智慧空間案例中，多著重在強調提出直覺化互動介面、或是有別於傳統的互動方式等的技術探討，其所探討的部份屬於智慧空間的技術、效能、系統管理等等，因而較少有空間性的探討，又因為智慧空間的研究需要資訊背景基礎才、以及實作能力的研究者，因此較少有空間研究者對其做深入的探討。因而在空間性案例挑選上也是本研究所面臨限制之一。

2. 系統實作上：

而在系統實作的部分，為了在二個空間（起居空間、用餐空間）中呈現三個投影畫面（互動式動態牆面壁紙、訊息顯示桌面、情境桌布）本研究藉由三個 Arduino 控制版與三台電腦作為主要的控制系統，但系統的運作上或許可依據二個不同空間做優化處理而藉由二台電腦而達到同樣的效果。

在使用者辨識的部份，本研究藉由 Arduino 所連結的壓力感應裝置 FSR，透過使用者坐姿、壓力重量、以及位置來辨識不同使用者則還是有不足之處，因為使用者姿勢經常會被改變，因此壓力感應數據的互動判斷設定上較難調整出最準確的數據。而在未來研究或許可以在辨識上多加另一種使用者辨識感應裝置（例如：RFID 無線射頻技術、手機藍牙與空間整合配對），則可以較精準的適切的回應空間的使用者。

此外在用餐空間中的情境桌布的判斷上，藉由 Processing 透過 webcam 偵測不同的顏色的餐盤給予回饋的部份也是本研究的限制之一，也就是說本系統僅透過餐盤的形體、顏色來做互動判斷的辨識部分，因系統目前僅會依據常用的餐盤顏色來做互動的辨識，且單就 RGB 顏色辨識判斷仍會受到不同光線的改變而有些為差異，因而在未來研究上或許能改善此辨識的方式，多增加重量的感應或其他辨識方式以準確的對應出不同情境的桌布。

此外在視覺化情境顯示部分，在互動式動態牆面壁紙部分，為了讓使用者可藉由 webcam 的影像偵測追蹤而與牆面普普風圖案做直覺的互動，但因為實際架設的空間不足且高度較小，因而在投影上遇到較大的限制，也就是使用者在操作時會部分影像會被投影在使用者臉上，這技術上還需要改良的地方。

3. 情境演練：

而在情境演練的部分，本研究的設定上僅依據一般人習慣的使用方式作為設定，但使用者的心態、偏好的音樂、顯示方式也是會隨著不同其他因素而改變，也就是同樣的使用者、同樣的空間、不同的時間其所希望得到回饋的情境也會有些許

不同，因此在未來研究上或許可加入使用者自定情境的機制，讓整個情境的演練更加合理化。

7.3 研究貢獻

本研究目的是希望能夠藉由建築等空間性的觀點去探討智慧空間的構成，也因此藉由「建築」與「HCI」的角度去探討其構成方式。而本研究所提出的新智慧空間系統架構對於建築研究者與資訊研究者有雙重的貢獻，也就是說讓研究者可以藉由不同的觀點去了解不斷在改變的建築空間形式，以及建築在科技、人文背景影響中所產生的變化，就建築角度來看新興的智慧空間只能看出建築在傳統上的構築技術些微的變化及表象，並不能完全的了解其科技對於空間造成的影響，但透過建築與 HCI 的角度則可雙向的了解智慧空間、科技、和人三者之間的緊密關係。此外對於未來智慧空間設計上也提出一個新概念，在 21 世紀遍佈式運算的空間中除了需考量建築元素、管線設備等因素，更應考量到科技導入生活的規劃新思維，其機能組成的關係、元素間的互動、介面的連結以及與空間之間的關係等都是值得設計者深入思考的，智慧空間他並不是以強硬的手段在空間中嵌入一個「智慧」的裝置，他是需要考量建築基本的脈絡與人的需求關係而構成的。

另一方面，本研究所提出的系統雛型也對於智慧空間研究領域提出了新的思維模式，如 Mitchell (1996) 所提出的論述「我們所處的環境會隨著這些數位資訊流動方式產生形體上的改變，而這些遍佈在空間中的數位資訊也漸漸的依循傳統的建築形式溶解並重組排列。」也就是說本研究所歸納出的虛擬元素在未來的智慧空間其會與實體元素有著同等的地位，因此本研究實作的系統雛型概念則是依據此一理念所建置的，也就是在未來智慧空間中，電腦主機、不友善的控制介面、螢幕等等會逐漸消失，而在智慧空間設計上則應該重視的是該如何支配、有效的顯示這些流動在空間中虛擬元素，而本研究結果所提出的智慧空間心系統所探討的元素、使用者、與空間三者的配置關係也是本研究對於智慧空間的組織架構的重要貢獻。

7.4 未來研究

而在智慧空間的研究中如前所述是近幾年才逐漸討論的領域，又因為初期的研究多半以科技、運算的角度去探討智慧空間的效能、又或者是著重在 HCI 人機互動領域相關的議題，因而在未來的研究部分可就以下幾個部分進行討論：

1. 系統架構推論部分：

本研究所提出的新系統架構中，其所探討的空間設定為住宅建築的起居空間與用

餐空間，為了強化此系統合理性並讓此新系統能夠實際應用在更多元的建築中，在後續研究中可探討此系統架構在公共建築、辦公建築、娛樂空間的可行性研究。

2. 系統雛型建立部分：

而在智慧空間系統雛型建立部分，其技術的部分還有許多能夠改良的空間，因而在後續研究的部份可就系統優化的部分做更深入探討與改善，例如：互動式的動態投影壁紙或許可藉由內嵌式的有機發光二極體 (organic light-emitting diode/OLED) 嵌入式的牆面取代投影機的部份以營造類似的效果，一方面可達到節能效果，另一方面也可讓影像呈現的部份達到更佳效果；以及在偵測不同使用者的技術也可透過電腦演算的方式、或透過不同的識別化感應裝置 (例如：RFID 無線射頻技術、臉部辨識系統、腦波訊號裝置、指紋辨識、藍牙遠端控制裝置等) 來加強空間使用者辨識的準確度。

而在情境的演練部分，本研究所提出的系統雛型部分僅就客廳的茶几、沙發、牆面進行整合，在未來研究中也可擴充更多的情境回饋的可能性、及彈性，並提出更多整合空間中不同的家具元素機能性、以及探索不同元素之間的連結的可能性，例如將訊息整合在空間的花瓶、窗戶、或天花板等等以提出更多樣化的情境模擬，並創造出更適切的使用者情境。此外，也可將情境設定擴大至整個智慧住宅的空間中 (例如：起居空間、用餐空間、浴室、臥室、廚房、陽台等等)，透過實質的情境測試、與執行可對未來的智慧空間研究有更多實質論證的依據，以此也對目前智慧空間設計也有正向的參考基礎。

3. 系統測試部分：

智慧空間的構成其牽涉到的不只有技術的層面，還包含空間性的思考、與建築的配置和構成等等，本研究雖提出了一個就機能、元素角度的新系統架構及與實體空間整合的系統雛型，但因為目前的智慧空間案例多屬於實驗性質的測試報告，鮮少有真的整合於住宅生活中的測試文獻，因而在未來研究部分也許可朝著讓使用者在此空間中實際居住生活的測試報告、並透過其他研究方法來探討實際應用於住宅空間的可適性，以此所修改提出的系統架構會相對的較具有執行的可行性。

最後在使用者測試的部份可選擇不同對象的受測者進行討論，在智慧住宅的部份，就不同家庭的組成方式，找不同類型的受測者對此系統雛型進行使用者測試，最後再以問卷的方式分析評估此系統雛型的優劣部分，並整合結建議並修改以提出更好、更符合使用者需求的智慧空間系統。

參考文獻

- Abowd, G. D., Mynatt, E. D. (2000) Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Trans Comput Hum Interact (TOCHI)* Vol. 7(1). Pp29-58.
- Abowd, G. D., Mynatt, E. D., Rodden, T. (2002) The human experience. In the *Journal of Pervasive Computing, IEEE*. Pp. 1536-1268.
- Alberti, L. B. (1955) *The Books on Architecture*. Trans. Leoni, J., Ed Joseph Rykwert. London: Tiranti.
- Allen, E. (ed.) (1974). *The Responsive House*. MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- Amheim, R. (1977) *The Dynamics of Architectural Form*. University of California Press (January 1977).
- Andronicos, M. (1981) *The Acropolis—The Monuments and the Museum*. Ekdotike Athenon S. A.
- Andronicos, M. (2005) *The Acropolis—Archaeological Guides*. Ekdotike Athenon.
- Andrews, B. (2010). *Ornament and Materiality in the Work of Adolf Loos*". *Material Making: The Process of Precedent*. Pp.438.
- Argan, G. C. (ed.) (1963) *On the Typology of Architecture*, Translated by Joseph Rykwert, *From Architecture Design* no.33 (December 1963).
- Argyroudis, P. G., O'Mahony, D. (2004) Securing communications in the smart home, in: L. Jang, M. Guo, G. Gao, N. Jha (Eds.), *Proceedings of 2004 International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, EUC'04, Aizu-Wakamatsu, Japan*, in: *Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 3207, Springer-Verlag. Pp. 891–902.
- Atkinson, R., Banegal, H. (1926) *Theory and Elements of Architecture*. R.M. McBride in New York.
- Bagci, D., Schick, H., Petzold, J., Trumler, W., Ungerer, T. (2007) The reflective mobile agent paradigm implemented in a smart office environment. In the *Proceedings of Personal and Ubiquitous Computing 2007*. Vol.11, Springer-Verlag. Pp .11-19.
- Barkhuus, L., Vallgarda, A., (2003) *Smart Home in Your Pocket*, *Proceedings of UbiComp, 2003 - akav.dk*.
- Bernhaupt, R., Boldt, A., Mirlacher, T., Wilfinger, D., Tscheligi, M. (2007) Using Emotion in Games: Emotional Flowers. In the *Proceedings of ACE'07, June 13–15, 2007, Salzburg, Austria*. Pp.41-48.

- Bhömer, ten, M., & van den Hoven, E. (2011) Interaction design for supporting communication between Chinese sojourners. *Personal and Ubiquitous Computing*. doi:10.1007/s00779-011-0482-1.
- Bos, B., Chmielewski, L., Hoepmanl, J.-H., Nguyen, T. S. (2007) Remote Management and Secure Application Development for Pervasive Home Systems Using JASON. Third International Workshop on Security Privacy and Trust in Pervasive and Ubiquitous Computing (SecPerU 2007).
- Bonanni, L., Lee, C.H., Selker, T. (2005) Counter Intelligence: Augmented Reality Kitchen. CHI'05 extended abstracts on Human factors in computing systems. Pp. 1228–1231.
- Cache, B (2002) Gottfried Semper: stereotomy, biology and geometry *Architectural Design*. Vol .72. Pp. 28-33.
- Cashdan, M. (2010) Cultivation Cathedral: thomas heatherwick spreads U.K.'s seeds at the shanghai expo. *Modern Painters MAY 2010 artinfo.com*.
- Cha, M. Y., and Gero, J. S. (1999) Style Learning: Inductive Generalisation of Architectural Shape Patterns. In the *Journal of Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. Vol. 20 (3), June 2006 Cambridge University Press New York, NY, USA.
- Chang, A., Resner, B., Koerner, B., Wang, X., Ishii, H. (2001) LumiTouch: An Emotional Communication Device. CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Chen, Q., Cordea, M. D., Petriu, E. M., Whalen, T. E., Rudas, I. J., & Varkonyi-Koczy, A. (2008) Hand-Gesture and Facial-Expression Human-Computer Interfaces for Intelligent Space Applications. *Medical Measurements and Applications, 2008. MeMeA 2008. IEEE International Workshop*. Pp. 1–6. doi:10.1109/MEMEA.2008.4542987
- Ching, F. D. K. (1996) *Architecture: Form Space & Order*. John Wiley & Sons Inc.
- Collins, G. R. (1960) *Antonia Gaudi*. New York: G. Braziller.
- Cook, D. J. and Das, S. K. (2007) How smart are our environments? An updated look at the state of the art. *Pervasive and Mobile Computing Design and Use of Smart Environments*, Vol 3(2), March 2007. Pp. 53-73.
- Corbusier, L. (ed.) (1923) *Toward an Architecture*. Getty Research Institute; 1 edition. 360 pages.
- Corbusier, L. (1956) *Ronchamp*. Ronchamp: Verlag Gerd Hatje
- Crabtree, A., Hemmings, T., Rodden, T. (2003) The social construction of displays. In: O'Hara K et al (eds) *Public and situated displays: social and interactional aspects of shared display technologies*. Kluwer, The Netherlands. Pp. 170–190.

- Cruz-Neira, Carolina, Sandin, D. J., DeFanti, T. A. (1993) Surround-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE. Computer Graphics, SIGGRAPH Annual Conference Proceedings. Pp.1-10.
- Dahley, A., Wisneski, C., Ishii, H. (1998) Water Lamp and Pinwheels: Ambient Projection of Digital Information into Architectural Space. CHI'908.
- Danninger, M., Stiefelhagen, R. (2008) A Context-Aware Virtual Secretary in a Smart Office Environment. MM'08, October 26-31, 2008. Pp. 529-538.
- Demiris, G., Rantz, M. J., Aud, M. A., Marek, K. D., Tyrer, H. W., Skubic, M., & Hussam, A. A. (2004) Older adults' attitudes towards and perceptions of 'smart home' technologies: a pilot study. Informatics for Health and Social Care, Val. 29(2). Pp. 87-94. doi:10.1080/14639230410001684387.
- Dennett, D. (1987) The International Stance. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Durand, J.N.L. (1802-1805) Précis des leçons d'architecture. Nabu Press.
- Englebart, D. C. (1963) A conceptual framework for the augmentation of man's intellect. In Howerton and Weeks (Eds.) Vistas in Information Handling, Vol. 1. Pp. 1-29. Washington, DC: Spartan Books.
- Engelbart, D. and English, W., (1968) A Research Center for Augmenting Human Intellect. Reprinted in ACM SIGGRAPH Video Review, 1994. Pp. 106.
- Essa, I. A., (2000) Ubiquitous Sensing for Smart and Aware Environments. Personal Communications, IEEE, Vol. 7(5). Pp. 47-49.
- Fauli, J. (2003) La Sagrada Familia De Gaudi, Art venue, Taipei, Taiwan.
- Fitton D. (2002) CASCO: Investigating Context Aware Support for Cooperative Applications in Ubiquitous Computing Environments. Lancaster University, <http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/users/fittond/>.
- Fitzpatrick, G. (2005) Evolving HCI ...from Where to Where? OZCHI 2005, Canberra, Australia. November 23-25.
- Fogarty, J., Forlizzi, J. and Huson, S. E. (2001) Aesthetic Information Collages: Generating Decorative Displays that Contain Information. In Proceedings of UIST 2001. ACM Press, New York, NY, USA, 2001.
- Frederick, M. (2007) 101 Things I learned in Architecture School The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. St.
- Frey, D. (1946) Büschauer und Bühne. In Kunstwissenschaftliche Grundfragen: Prolegomena zu einer Kunstphilosophie. Wien (Rudolf M. Rohrer). Pp.151.
- Futagawa, Y. and Borrás, M. L. 1997. Antonio Gaudi :Casa Batllo Barcelona, Spain, 1904-06, Casa Mila Barcelona, Spain, 1905-10. GA, 17.
- Gao, W. P. (2004) Tectonics? A case study for digital free-form architecture. In the Proceedings of Computer Aided Architectural Design Reserch in Asia Yon-sei

- University Press, Seoul. Pp.519-534.
- Gibson, J. J. (ed.) (1977) *The Theory of Affordances*. In *Perceiving, Acting, and Knowing*. Erlbaum Associates.
- Gibson, J. J. (1979) *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Giedion, S. (1967) *Space, Time and Architecture—The Growth of a New Tradition*. Fifth Revised , Enlarged edition, Cambridge, Massachusetts.
- Golzar, M. G., Tajozakerin, H. (n.d.). (2010) Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation. In *2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation*. Pp. 174–180. Presented at the 2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation, IEEE. doi:10.1109/AMS.2010.46
- Gross, M. D. (1998) Smart House And Home Automation Technologies, in *Encyclopedia of Housing*, W. van Vliet (ed.), Sage, 1998.
- Greenberg, S. (1992) *A Taxonomy of Human Computer Interaction*. Section 2 of the ACM SIGCHI Curricula for HCI, ACM Press, 1992.
- Guadet, J. (1894) *Elements Et Theorie de L'Architecture*. Paris: Librairie de la Construction Moderne.
- Hagras, H., Callaghan, V., Colley, M., Clarke, G., Pounds-Cornish, A., Duman, H. (2004) Creating an ambientintelligence environment using embedded agents. *IEEE Intelligent Systems*. Vol. 19(6). Pp. 12–20.
- Hallnas, L., Redstrom, J. (2002) From use to presence: on the expressions and aesthetics of everyday computational things. *ACM Trans Comput Hum Interact (TOCHI)*. Vol. 9(2). Pp. 106–124
- Heatherwick, T., Rowe, M. (2012) *Thomas Heatherwick: Making*. Thames and Hudson Ltd (28 Nov 2012).
- Helal, S., Mann, W., King, J., Kaddoura, Y., and Jansen, E. (2005) The Gator tech Smart House: A Programmable Pervasive Space. *Computer*. Vol. 38 (3). Pp. 64-74.
- Hershberger, R. G., Clements, R. C. (1973) *A study of meaning and architecture*. [Abstract and Review] *Review of Research in Visual and Environmental Education*, Vol. 1, No. 1 (Spring 1973), pp.75-82.
- Hewett, Baecker, Card, Carey, Gasen, Mantei, Perlman, Strong, Verplank (1996) *Curricula for Human-Computer Interaction*. ACM SIGCHI, http://old.sigchi.org/cdg/cdg2.html#2_2_2.
- Huang, Y. C. (2006) *A Space Make You Lively: A Brain-Computer Interface Approach to Smart Space*. In the *Proceedings of the 11th International Conference on*

- Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2006).
Kumamoto, Japan. Pp. 303-312.
- Huang, Y. C., Wu, K. Y., Liu, Y. T. (2009) A Time Home Pub: an alternative communication of Human-Computer Interface approach to smart space. In the Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2009). Yunlin, Taiwan, Pp. 577-586.
- Huang, Y. C. (2010) How human-computer interface redefines original lifestyle in architecture. In the Journal of Advanced Materials Research, 2011 International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials (CEABM 2011). Haikou, China.
- Hupfeld, F., Beigl, M. (2000) Spatially aware local communication in the RAUM system. IIDMS, Enschede, Netherlands. Pp.285–296.
- Huxtable, A. L. (2004) Frank Lloyd Wright, Lipper/Viking; ISBN 0670033421.
- Ishii, H., (1997) tangible bits: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. CHI 97 * 22-27 March 1997.
- Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B., and Yarin, P. (1998) ambientROOM: integrating ambient media with architectural space. In CHI 98 Conference Summary on Human Factors in Computing Systems (Los Angeles, California, United States, April 18 - 23, 1998). CHI '98. ACM, New York, NY, Pp. 173-174.
- Ishii, H. (2004) Bottles: A Transparent Interface as a Tribute to Mark Weiser. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems Vol. E87-D (6). Pp.1299-1311.
- Ishii, H. (2008). The tangible user interface and its evolution. Communications of the ACM. Vol. 51(6). Pp.32–36.
- Ishii, H., Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J. B. (2012) Radical atoms: beyond tangible bits, toward transformable materials. interactions, Vol. 19(1). Pp.38–51.
- Jeng, T. S. (2008) Sentient Buildings that Sense, Think, and Adapt. NCKU BANYAN Research Express, Vol. 2(10).
<http://proj.ncku.edu.tw/research/articles/e/20080104/1.html>
- Kalay, Y. E. (2006) The impact of information technology on design methods, products and practices, Design Studies Vol. 27(3). May 2006. Pp. 357-380.
- Kay, A. and Goldberg, A. (1977). Personal dynamic media. IEEE Computer, Vol. 10(3). Pp. 31-42.
- Kidd, C. D., Orr, R. J., Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Essa, I. A., MacIntyre, B., Mynatt, E., Starner, T. E., Newstetter, W. (1999) The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. Cooperative Buildings. Pp. 1991-1998.
- Kientz, J. A., Patel, S. N., Jones, B., Price, E., Mynatt, E. D., Abowd, G. D. (2008) The

- Georgia Tech aware home. In the Proceeding of CHI '08.
- Kim, S. H., Chung, A., OK, J. H., Myung, I. S., Kang, H. J., Woo, J. K., Kim, M. J. (2004) Communication enhancer—appliances for better communication in a family. In the Journal of Personal Ubiquitous Computing. Vol. 2004 (8). Pp. 221–226.
- Kim, J., Seitz, S. M., Agrawala, M. (2004) Video-Based Document Tracking: Unifying Your Physical and Electronic Desktops. Proceedings of UIST '04. Vol. 6(2). Pp. 99-107.
- Kisacky, J. (2001) History and Science: Julien-David Leroy's Dualistic Method of Architecture History. Journal of the Society of Architectural Historians. Vol. 60 (3) Sep., 2001.
- Klee, P. (ed.) (1961) The Thinking Eye: The Notebooks of Paul Klee. Lund, Humphries;Wittenborn; First Thus edition (1961).
- Klein, J. G. (1982) The Office Book. Frederick Muller Ltd; 1St Edition edition (September 1, 1982)
- Kolarevic, B. (2001) Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age, ACADIA 2001. Pp. 10-12.
- Krepki, R. and Blankertz, B. and Curio, G. and Muller, K. R. (2004) The Berlin Brain-Computer Interface (BBCI) towards a new communication channel for on-line control in gaming applications, Journal of Multimedia Tools and Applications.
- Krier, R. (1983) Elements of architecture. St. Martin's Press.
- Kuno, Y., Ishiyama, T., Nakanishi, S., Shirai, Y. (1999) Combining observations of intentional and unintentional behaviors for human-computer interaction. In: CHI 1999. ACM Press; 1999. p. 238–45.
- Laugier, M. -A. (1977) Essai sur l'architecture, An essay on architecture. A. Herrmann, Trans. Los Angeles: Hennessey & Ingalls. (Original work published 1753).
- Lecouteux, B., Vacher, M., & Portet, F. (2011). Distant speech recognition for home automation: Preliminary experimental results in a smart home. In Speech Technology and Human-Computer Dialogue (SpeD), 2011 6th Conference on (Pp. 1–10). Presented at the Speech Technology and Human-Computer Dialogue (SpeD), 2011 6th Conference on. doi:10.1109/SPED.2011.5940728.
- Lee, J. C., Dietz, P. H., Maynes-Aminzade, D., Hudson, S. E. (2004) Automatic Projector Calibration with Embedded Light Sensors. ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), ISBN: 1-58113-957-8. Pp. 123-126.
- Lee, C. H. J., Bonanni, L., Espinosa, J. H., Lieberman, H., Selker, T. (2006) Augmenting kitchen appliances with a shared context using knowledge about daily events. In the Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces.

- Pp.348-350.
- Leeb, R., Pfurtscheller G. (2004) Walking through a Virtual City by Thought, Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA • September 1-5, 2004.
- Lee, J. Y., Seo, D., Rhee, G. W., Hong, S. H., & Nam, J. S. (2008) Virtual and Pervasive Smart Home Services Using Tangible Mixed Reality. Parallel and Distributed Processing with Applications, 2008. ISPA'08. International Symposium. Pp.403–408. IEEE.
- Liang, K.-H. (2009) Redefining Architectural Elements by Digital Media. Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5619/2009. Pp. 995-1002.
- Licklider, J. C. R. (1960). Man-computer symbiosis. IRE Transactions on Human Factors in Electronics, Vol. HFE-1 (1). Pp. 4-11.
- Liman, E. (1978) The Spacemaker Book. Pocket Books (April 1978).
- Liu, Y. T. (1996) Understanding of Architecture in the Computer Era, Taipei: Hu's
- Liu, Y. T. (ed.) (2004) Demonstrating digital architecture: 2004 Feidad Award: Birkhauser, Berlin.
- Liu, Y.-T. and Lim, C.-K. (2006) New tectonics: a preliminary framework involving classic and digital thinking. Design Studies. Vol. 27(3). Pp. 206-307.
- Liu, Y.-T. and Lim, C.-K. (2009) New tectonics. Birkhäuser Architecture; 1 edition (July 13, 2005).
- Leffingwell, W. (1926) Office management: Principles and practice. Shaw (1926).
- Leiner, B.M., Cerf, V.G., Clark, D.D., Kahn, R.E., Kleinrock, L., Lynch, D.C., Postel, J., Roberts, L.G., Wolff, S. (2003) A Brief History of Internet. version 3.31, (last revised 4 Aug 2000).
http://www.cnri.reston.va.us/leiner/brief_internet_history.html.
- Madrazo, L. (1994) Durand and Science of Architecture. Journal of Architecture Education. Vol. 48(1). Pp. 12-24.
- Mitchell, W. J. (1990) The Logic of Architecture: Design, Computation , and Cognition. Cambridge, MA. The MIT Press.
- Mitchell, W. J., (1996) City of Bits: Space, Place, and the Infobahn. August 1st 1996 by the MIT Press.
- Mitchell, W. J. (1996) Me++: The Cyborg Self and the Networked City. MIT Press, 2004 - Computers
- Mitchell, W. J., (1998) Antitectonics: The Poetics of Virtuality." In The Virtual Dimension: Architecture, Representation, and Crash Culture, ed. John Beckmann. New York: Princeton Architectural Press, 1998. Pp. 205-217.
- Molyneaux, D., Gellersen, H. (2009) Projected Interfaces: Enabling Serendipitous

- Interaction with Smart Tangible Objects. Proceedings of the Third International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'09), Cambridge, UK. Pp. 385-392.
- Mumford, L. (1970) *The Culture of Cities*. Mariner Books (October 21, 1970).
- Myers, B.A. (1984) The User Interface for Sapphire." *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 4(12). Pp. 13-23.
- Myers, B.A., et al. (1996) *The Amulet V2.0 Reference Manual*. Carnegie Mellon University Computer Science Department Report, Number, Feb, 1996. System available from <http://www.cs.cmu.edu/~amulet>.
- Myers, B. A. (1998) A Brief History of Human Computer Interaction Technology. *ACM interactions*. Vol. 5(2). Pp. 44-54.
- Negroponte, N. (1975) *Soft Architecture Machines*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nixon, P., Wagealla, W., English, C., Terzis, S. (2004) Security, privacy and trust issues in smart environments, in: D.J. Cook, S.K. Das (Eds.), *Smart Environments: Technology, Protocols, and Applications*, Wiley.
- Nonell, J. B., Levick, M. (2000) *Antonio Gaudi*, Abbeville Press.
- Norberg-Schulz, C. (1968) *Intentions in Architecture*. The MIT Press (September 15, 1968)
- Norman, D. A. (1988) *The psychology of everyday things*. New York: Basic Books (June 13, 1988).
- Noury, N., Herve, T., Rialle, V., Virone, G., Mercier, E., Morey, G., Moro, A., et al. (2000) Monitoring behavior in home using a smart fall sensor and position sensors. *Microtechnologies in Medicine and Biology, 1st Annual International, Conference On IEEE*. Pp. 607–610.
- Olson, M. (2006) *Inner Force*. Thursday Mar 2nd, 2006. RHIZOME. <http://rhizome.org/editorial/2006/mar/2/inner-force/>
- Orr, R.J., Abowd, G.D. (2000) The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking. In *Proceedings of the 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2000)*, The Hague, Netherlands, April 1-6, 2000.
- Patten, J., Recht, B., and Ishii, H. 2002. Audiopad: a tag-based interface for musical performance. In *Proceedings of the 2002 Conference on New interfaces For Musical Expression (Dublin, Ireland, May 24 - 26, 2002)*. E. Brazil, Ed. *New Interfaces For Musical Expression*. National University of Singapore, Singapore, Pp. 1-6.
- Pavlovic, V. I., Sharma, R., Huang, T. S. (1997) Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review, Pattern Analysis and Machine

- Intelligence, IEEE Transactions. Pp. 677-695.
- Pevsner, N. (1979) A History of Building Types. Princeton University Press (December 1, 1979).
- Pousman, Z. and Srasko, J. (2006) A Taxonomy of Ambient Information Systems: Four Patterns of Design. AVI '06, May 23-26, 2006, Venezia, Italy. Pp.1-8.
- Quigley, A. J. and Bodea, F. (2009) Face-to-Face Collaborative Interfaces. In: Aghajan, H., Augusto, J. C., Delgado, R. L.-C. (Eds.) Human-Centric Interfaces for Ambient Intelligence. Copyright © 2010 Elsevier Inc. Pp. 3-29.
- Rahim, A. and Jamelle, H. (2005) Reebok Flagship Store, Shanghai / CAP. In Moniteur Architecture AMC. December 2005. Pp.100-101
- Raskar, R., Welch, G., Cutts, M., Lake, A., Stesin, L., Fuchs, H. (1998) The office of the future: A unified approach to image-based modeling and spatiallyimmersive displays." In Proceedings of SIGGRAPH '98.ACM Press, 1998.
- Reddy, R., (1996) To Dream the Possible Dream (Turing Award Lecture). Communications of the ACM, 1996. Vol. 39(5). Pp. 105-112.
- Rosenblueth, Arturo, Wiener, N., Bigelow, J. (1943) Behavior, Purpose and Teleology. Philosophy of Science. Vol. 10(1). Pp. 18-24.
- Ruyter, B. D. (ed.) (2003) 365 Days Ambient Intelligent in Home. Philips Research. Royal Philips Electronics.
- Ruyter, B. D., Aarts, E. (2004) Ambient intelligence: visualizing the future. AVI '04: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces. Pp.203-208.
- Ryokai, K., Marti, S., Ishii, H. (2005) Designing the World as Your Palette. In Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2005).
- Sato, Y., Sato, M., Koike, H. (2001) Real-Time Input of 3D Pose and Gestures of a User's Hand and Its Applications for HCI, Proc. 2001 IEEE Virtual Reality Conference (VR 2001). Pp. 79-86.
- Schittich, C. (2001) In Detail: Building Skins: Concepts, Layers, Materials. Birkhauser, Berlin.
- Schmidt, A., Strohbach, M., Van Laerhoven, K. and Gellersen, H.W. (2002) Ubiquitous Interaction - Using Surfaces in Everyday Environments as Pointing Devices, 7th ERCIM Workshop "User Interfaces For All", Pp23-25.
- Schoch, O. (2006) Applying digital smart technologies for a sustainable architecture. In the Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2006). Kumamoto, Japan. Pp. 261-268.
- Semper, G. (1989). The four elements of architecture: And other writing (H. F. Mallgrave

- & W. Herrmann, Trans.). New York: Cambridge University Press. (Original work published 1851).
- Semper, G. (1989). *Style in the technical and tectonic arts; or, practical aesthetic* (H. F. Mallgrave & W. Herrmann, Trans.). Los Angeles: Getty Publications. (Original work published 1860-1863)
- Sibert, L. I., Jacob, R. J., 2000: Evaluation of Eye Gaze Interaction, CHI 2000 • 1-6 APRIL 2000. Vol. 2(1). Pp. 281-288.
- Simon, H. (1981) *The Sciences of the Artificial*. 2d ed. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Smith, D.C. (1975) *Pygmalion: A Computer Program to Model and Stimulate Creative Thought*. 1977, Basel, Stuttgart: Birkhauser Verlag. PhD Thesis, Stanford University Computer Science Department.
- Smith, D.C., et al. (1982) "The Star User Interface: an Overview," in *Proceedings of the 1982 National Computer Conference*. 1982. AFIPS. Pp. 515-528.
- Smith, R. L. (1988) *Smart House: the Coming Revolution in Housing*. Columbia, MD: GP Publishing, 1988.
- Singh, R., Bhargava, P., Kain, S. (2006) "State of the art smart spaces: application models and software infrastructure", *ACM Ubiquity*, Vol. 7(37). Pp. 2-9.
- Sixsmith, A., & Johnson, N. (2004). "A smart sensor to detect the falls of the elderly." *Pervasive Computing, IEEE*, Vol. 3(2). Pp. 42–47.
- Son, J. Y., Park, J. H., Moon, K. D., & Lee, Y. H. (2011). "Resource-aware smart home management system by constructing resource relation graph." *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*. Vol. 57(3), Pp. 1112–1119.
- Stallman, R.M., *Emacs: The Extensible, Customizable, Self-Documenting Display Editor*. MIT Artificial Intelligence Lab Report, Number, Aug, 1979.
- Sternberg, R.J. (2006). *Cognitive Psychology*. Belmont, CA: Thomson Higher Education. ISBN:0-534-51421-9
- Sullivan, L. H. (1980) *Kindergarten Chats and Other Writings*. Dover Publications
- Summerson, J. (1966) *The Classic Language of Architecture*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sutherland, I.E. (1963) "SketchPad: A Man-Machine Graphical Communication System," in *AFIPS Spring Joint Computer Conference*. Vol. 1963(23). Pp. 329-346.
- Swinehart, D.C., *Copilot: A Multiple Process Approach to Interactive Programming Systems*. PhD Thesis, Computer Science Department Stanford University, 1974, SAIL Memo AIM-230 and CSD Report STAN-CS-74-412.
- Takeuchi, Y. (2010) "Weightless walls and the future office." *CHI 2010: Writing in the Real World, Proceedings of the 28th international conference on Human factors in computing systems*. Pp. 619-628.

- Taylor, A. S., Harper, R., Swan, L., Izadi, S., Perry, M. (2007) Homes that make us smart. *Ubiquit Comput.* Vol. 2007(11). Pp. 383–393.
- Thiss-Evensen, T. (1988) *Archetypes in Architecture*. Oslo: Norwegian University Press.
- Tokuda, H., Takashio, K., Nakazawa, J., Matsumiya, K., Ito, M., & Saito, M. (2004) SF2: smart furniture for creating ubiquitous applications. *Applications and the Internet Workshops, 2004. SAINT 2004 Workshops. 2004 International Symposium*. Pp. 423–429.
- Tschumi, B. (1987) *Cin gramme folie: le Parc de La Villette, Paris, dix-neuvi me arrondissement*, Princeton University Press.
- Tzonis, A. (2000) *Le Corbusier: The Poetics of Machine and Metaphor*. Universe Publishing, A Division of Rizzoli International Publication, New York, USA.
- Ullmer, B. A. (1997) *Models and Mechanisms for Tangible User Interfaces*. MS Thesis. Media Arts and Sciences School of Architecture and Planning, at the Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- Van de Sluis, R., Eggen, B., Jansen J., Kohar, H. (2001) User interface for an in-home environment. In the *Proceedings of the conference on human-computer interaction (INTERACT 2001)*, Tokyo, Japan, July 2001. IOS Press, Amsterdam.
- Villari, S. (1991) *J.N.L. Durand, (1760-1834) Art and Science of Architecture*. Rizzoli (New York).
- Vitruvius, Ingrid D. Rowland (2001) *Vitruvius: Ten Books on architecture*, Cambridge University Press.
- Wachsmann, K. (1959) *Wendepunkt im Bauen*, Otto Krauskoph Verlag.
- Weiser, M., Brown, J.S. (1996) *The Coming Age of Calm Technology*.
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>. Revised version of:
 Weiser & Brown. "Designing Calm Technology", *PowerGrid Journal*, v 1.01,
<http://powergrid.electriciti.com/1.01> (July 1996).
- Williams, G. (1983) *The Lisa Computer System*. *Byte Magazine*, 1983. Vol. 8(2). Pp. 33-50.
- Williams, G. (1983) *The Apple Macintosh Computer*. *Byte*, 1984. Vol. 9(2). Pp. 30-54.
- Wu, C.-L., & Fu, L.-C. (2012) Design and Realization of a Framework for Human-System Interaction in Smart Homes. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, Vol. 42(1). Pp15–31.
- Xu, M., Ma, L., Xia, F., Yuan, T., Qian, J., & Shao, M. (2010) Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for Smart Homes. *arXiv.org*.
- Yi, B., Harris Jr, F. C., Wang, L., Yan, Y. (2005) Real-Time Natural Hand Gestures, *Computing In Science and Engineering*, IEEE. Pp. 92-96.
- Yoh, M. S., Kwon, J., Kim, S. (2010) *NeuroWander: a BCI Game in the Form of*

- Interactive Fairy Tale. UbiComp'10, September 26–29, 2010, Copenhagen, Denmark. Pp.389-390.
- Youngblood, G.M., Cook, G.M., Holder, L.B., Heierman, L.B. (2005) Automation intelligence for the smart environment. In the Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- Zevi, B. (1994) The Modern Language Of Architecture. Da Capo Press.
- Zhan, C., Li, W., Safaei, F., Ogunbona, P. (2007) Emotional states control for on-line game avatars. NetGames '07 Proceedings of the 6th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games ACM New York, NY, USA.
- Zimmermann, T. G., Lanier, J., Blanchard, C., Bryson, S., and Harvill, Y. (1987) A hand gesture interface device, In the Proceeding of ACM Conf. Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface. Pp. 189-192.
- Zurko, D. Robert, E. (1957) Origins of Functionalist Theory. New York: Columbia University Press.
- 徐秀榮, (1981), 敦煌藝術, 里仁書局, 台北, 台灣。
- 劉育東, (1996), 建築的涵義, 胡氏圖書出版社, 台北, 台灣。
- 建築設計資料編輯委會, (1999), 建築設計資料集第三冊居住、教育建築, 建築情報季刊雜誌社。
- 傅朝卿, (2003), 西洋建築發展史話, 吳氏圖書公司, 台北, 台灣。
- 王岳川, (2004), 100 個影響世界的偉大建築, 好讀書出版社, 台北, 台灣。
- 黃郁鈞, (2006), 腦波介面在智慧型空間的應用: 以提出一個感知人的智慧型空間為例, 國立交通大學碩士論文, 新竹, 台灣。
- 夏紆, (2007), 50 位偉大的建築師, 從古典主義到後現代看世界經典建築之美, 高談文化事業有限公司, 台北, 台灣。
- 翁千惠, (2007), 虛擬空間之空間感與存在感探討--網際空間與沉浸式虛擬空間, 國立交通大學博士論文, 新竹, 台灣。
- 林楚卿, (2007), 利用 CAD/CAM 媒材提升數位設計與建造過程之探討, 國立交通大學博士論文, 新竹, 台灣。
- 鄭泰昇, (2008), 智慧化互動庭園情境設計, 國科會科學發展月刊, 2008 年 10 月, 430 期, 台北, 台灣。
- 陣內秀信/等著, (2009), 圖說西洋建築史, 藝術叢書。
- 施植明, 黃光旭, 郭育廷, (2009), 極簡建築的構築複合性, 設計學報第 14 卷第 2 期 2009 年 6 月。
- 三浦正幸 (Masayuki, M.), (2009) 日本古城建築圖典, 詹慕如譯, 城邦文化事業, 台北, 台灣。
- 謝宗哲, (2010), 建築家伊東豐雄, 天下文化, 台北, 台灣。

敦煌莫高窟

<http://www.mogaoku.net/gaikuang/lidai.html>

3D projection

<http://www.urbanscreen.com/about>

<http://www.mxwendler.net/Home.1.0.html?&L=2>

3D 投影的自動校正技術

<http://beta.fishburn-hedges.co.uk/2011/04/a-short-history-of-3d-projection-mapping/>

A primitive hut, c.1759, William Chambers (1723-1796), Drawn for George III

<http://www.royalcollection.org.uk/eGallery/object.asp?category=294&pagesize=80&object=924812&row=1389&detail=magnify>

Arduino

<http://www.arduino.cc/>

Processing

<http://processing.org/>



個人簡歷

黃郁鈞生於 1980 年，2006 年畢業於交通大學建築研究所碩士，於碩士期間探討腦波介面 (brain-computer interface / BCI) 應用於空間設計的可能性，以提出適切的智慧空間 (smart space) 給居住者；2009 至 2010 年於美國加州柏克萊大學 (University of California, Berkeley) 建築博士班就讀，期間專研於可觸式介面設計與理與實務操作，及虛擬實境相關研究。

在個人的研究領域上著重在將人機互動等電腦科技元素適切的融入於智慧空間設計的可行性、智慧空間中使用者的測試、以及電腦輔助設計等的相關研究。在博士論文研究的部份則是藉由不同角度 (建築、HCI) 探討智慧空間構成，並藉由實體智慧空間系統雛型建立來驗證其可行性。學術著作參考如下：

國際期刊

Huang, Y. C., Wu, K. Y., Liu, Y. T. (under review) Future home design: an emotional communication channel approach to Smart Space. Submitted to Personal and Ubiquitous Computing 2012. (SCI)

Huang, Y. C. (2011) How human-computer interface redefines original lifestyle in architecture? Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.250-253.1088. In the Journal of Advance Materials Research. Vols. 250- 253 (2011) pp 1088-1097. (EI)

研討會論文

Huang, Y. C., Wu, K. Y., Liu, Y. T. (2009) A Time Home Pub: an alternative communication of Human-Computer Interface approach to smart space. In the Proceedings of the 14th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2009). Yunlin, Taiwan, Pp. 577-586.

Huang, Y. C. (2007) Three Building Cases for Taiwanese Style. Asian Architectural Youth Symposium 2007.

Huang, Y. C. (2006) A Space Make You Lively: A Brain-Computer Interface Approach to Smart Space. In the Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2006). Kumamoto, Japan. Pp. 303-312.