

國科會  
「智慧結構、材料與生活空間」  
出國考察報告

2005 年 11 月 20 日至 12 月 1 日

報告人：

1. 楊永斌 臺灣大學土木系教授、國科會土木學門召集人
2. 郭耀煌 成功大學資訊系教授、國科會資訊學門召集人
3. 江哲銘 成功大學建築系教授
4. 李有豐 台北科技大學土木系教授兼主任
5. 劉華昌 臺灣大學醫學系教授、臺大身心殘障輔具中心主任
6. 郭茂坤 臺灣大學應力所教授、臺大研發會企畫組組長
7. 李漢銘 臺灣科技大學資訊系教授
8. 曾惠斌 臺灣大學土木系教授兼副主任
9. 曾仁杰 交通大學土木系教授、交通大學副總務長
10. 溫琇玲 中國文化大學建築及都市設計學系副教授
11. 唐又新 國科會土木學門承辦人

編輯者：楊永斌

2006/1/23

## 目 錄

一、	前言.....	2
二、	參訪行程簡述.....	4
三、	英國諾汀漢大學 UNIMAT 參訪心得.....	5
四、	英國瑞汀大學 ICRC 參訪心得.....	6
五、	奧地利科學院 AAS 參訪心得.....	15
六、	維也納科技大學 VUT 參訪心得.....	16
七、	荷蘭愛因荷芬科技大學(EUT)參訪心得.....	18
八、	芬蘭技術研究中心 VTT 參訪心得.....	20
九、	赫爾辛基大學 HUT 參訪心得.....	23
十、	芬蘭公共老年照顧中心參訪心得.....	25
十一、	芬蘭 Model Home 參訪心得.....	25
十二、	Paatela & Paatela 建築事務所參訪心得.....	26
十三、	參訪活動整體感想.....	26
十四、	建議事項.....	28
十五、	參考文獻與資料.....	30
附錄一:	「智慧結構、材料與生活空間研討會」議程表.....	31
附錄二:	參訪活動行程及紀要.....	32
附錄三:	雷汀大學參訪行程.....	36
附錄四:	智慧建築研究團隊 IBRG 研究領域及內容.....	36
附錄五:	智慧建築碩士學程核心課程名稱與內容.....	37

## 一、前言

世界各國在追求永續發展的前提下，所面臨的三個課題就是：環境(Environment)的退化、生態(Ecology)的失衡、與能源(Energy)的枯竭，多數的先進國家還要加上人口老化(Ageing)的問題。在另一方面，人類近二十年來，在材料和資訊科技方面，則有突飛猛進的進展。因此，當今的重要課題便是：如何運用創意的思維，以永續化與人性化為主軸，將材料與資訊方面的技術整合應用於土木、建築與環境工程產業上，以有效的減緩資源和能源的消耗，確保生活環境品質之健康、舒適，並建構一個安全、效率、舒適、健康且永續居住的建築型態。

從積極的角度來看，我們期待能同時解決上面所提到的 3E1A 的問題，並且創造出具智慧性的健康生活空間，以提升居家的生活品質和職場的工作效能，同時帶動另一波生活科技產業的發展。

行政院於 2005 年 8 月假台北福華飯店召開產業科技策略會議(Strategy Review Board meeting, 一般簡稱 SRB 會議)，其會議目的在於根據社會發展現況，訂定產業與科技發展策略。其會議主題為「便利新科技、智慧好生活」，並規劃了六大關鍵研討課題，其一為智慧化居住空間發展策略。國科會工程處因應整體社會發展之需，於同年度籌辦了優質生活環境科技專案計畫，籌辦時間雖然短促，但仍然收到學界熱烈回應，一共規劃了四大主題(e-health/smart living space/energy and environment/super human senses)，目前執行中的整合型計畫計 22 群，執行期限至 2008 年 10 月底止。

國科會跨領域研究整合型計畫係於 2004 年開始規劃，其目的在於促進跨領域間的合作，因智慧生活空間發展議題需結合不同領域專長學者共同合作，國科會亦將其列為 2006 公告主題之一，此為智慧生活空間科技跨領域專案計畫之肇始。有鑑於此一領域在國內上屬萌芽階段，為掌握歐洲先進國家在此一領域之發展，特委由土木學門召集人、臺大土木系楊永斌教授，率領一 11 人的跨領域訪問團，成員涵蓋土木、建築、營建、環境、資訊、醫學等，以「智慧結構、材料與生活空間」為主題，於 11 月 20 日至 12 月 1 日前往英國 Nottingham 大學及 Reading 大學、奧地利國家科學院、維也納技術大學、荷蘭 Eindhoven 技術大學、芬蘭工業研究中心、CUBE 建築服務技術計畫、老人社區設計大師 Paatela 建築事務所、公共的老人安養照護中心、以及老人 Model Home 等機構進行訪問。

此行的目的，在於掌握歐洲先進研究單位在相關領域的研究方向，以作為國內研究及產業定向之參考。經由實地的考察，除可瞭解各項研發所需之人員、經費規模，避免研究人力和經費之重複投入外，亦可促進彼此的良性互動，為未來的雙邊或多邊合作奠下基礎。

基於整合的需要，本次參訪團的成員專長涵蓋土木、建築、營建、環境、資訊、醫學等各個相關領域，委請土木學門召集人楊永斌教授擔任團

長，以下是所有團員的名單：

1. 楊永斌 臺灣大學土木系教授、國科會土木學門召集人
2. 郭耀煌 成功大學資訊系教授、國科會資訊學門召集人
3. 江哲銘 成功大學建築系教授
4. 李有豐 台北科技大學土木系教授兼主任
5. 劉華昌 臺灣大學醫學系教授、臺大身心殘障輔具中心主任
6. 郭茂坤 臺灣大學應力所教授、臺大研究發展委員會企畫組組長
7. 李漢銘 臺灣科技大學資訊系教授
8. 曾惠斌 臺灣大學土木系教授兼副主任
9. 曾仁杰 交通大學土木系教授、交通大學副總務長
10. 溫琇玲 中國文化大學建築及都市設計學系副教授
11. 唐又新 國科會土木學門承辦人

本訪問團回國後，並曾於 2005 年 12 月 23 日，假臺大工學院綜合大樓國際會議廳，舉辦為期一日的「智慧結構、材料與生活空間」研討會，議程如附錄一，由各參訪團成員，將其所見所聞，以最快的速度，完整的呈現給國人。參加研討會的人員非常踴躍，除建築師、工程師外，也有學者和學生，直至傍晚的綜合討論，氣氛還是非常熱絡，大家都認為「智慧化」應是未來土木、建築、環境為來的發展方向，只要繼續朝此一方向努力，未來土木建築產業的榮景是可預期的。此一研討會並曾將演講人員的 PowerPoint 檔案列印成冊，內涵甚多精美的圖片，甚具參考的價值。

此一報告是將各參訪團成員的報告彙集而成，在訪問過程中，每位參訪成員皆曾分配一受訪單位，以詳細記錄其所見所聞，另者，參訪成員在整體訪問過程中，也會有自己的心得、感想、和建議，這些也都一併彙整編排在此一報告中，希望此一報告能為此次為期兩週的歐洲之旅，留下一完整的歷史紀錄。也希望此一報告，能成為十一位參訪團成員，在緊湊而又寒冷的北國之旅中，留下一段難忘的共同記憶。

誌謝：本次參訪承蒙我國駐外單位幫助甚多，參訪過程之得以順利進行，首先得感謝下列諸位的協助：1. 國科會駐英台北代表處科技組組長胡昌智博士，2. 駐奧地利文化組王湘月組長，3. 駐芬蘭代表處商務組徐炳勳組長。我們還要另外感謝駐芬蘭代表處劉祥璞代表，在離歐的最後一晚，設宴款待所有參訪團的成員，及芬蘭受訪單位的首長，讓大家對芬蘭之旅，留下極為深刻的印象。

本次參訪的事先規劃與作業，有賴曾惠斌和曾仁杰兩位教授的主動協助，旅途中曾仁杰教授並且擔任我們的財務長，負責所有的收支工作，貢獻極大。另者，劉華昌教授夫人自費隨團參加，因為她的專長是護理，行程中對大家的照顧無微不至，我們得以健康的回到台灣，劉夫人功不可沒。值得一提的是，在芬蘭的訪問行程需要很多的護理知識，劉夫人發揮所長，幫我們問了很多重要的問題。

## 二、參訪行程簡述

參訪團的時程從 94 年 11 月 20 日到 12 月 1 日，總共參訪歐洲四個國家（英國、奧地利、荷蘭、芬蘭）的十個研究著名單位，以下是參訪行程的簡述：

### 11 月 20 日（週日）

- 台北至維也納航程：搭乘長榮航空班機

### 11 月 21 日（週一）

- UNIMAT (University of Nottingham Institute of Materials), University of Nottingham, UK
- Nottingham Innovative Manufacturing Research Centre, University of Nottingham, UK
- School of Civil Engineering, U. of Nottingham, UK

### 11 月 22 日（週二）

- ICRC (Innovative Construction Research Centre), The University of Reading, UK

### 11 月 23 日（週三）

- Austrian Academy of Sciences, Vienna, Austria

### 11 月 24 日（週四）

- Department of Building Physics and Building Ecology, Vienna University of Technology, Vienna, Austria
- Laboratory for Micro- and Nano-mechanics of Biological and Biomimetic Materials, Vienna University of Technology, Vienna, Austria
- 維也納至阿姆司特丹航程：搭乘荷蘭航空班機

### 11 月 25 日（週五）

- Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands

### 11 月 26 日（週六）

- 工程文化參觀

### 11 月 27 日（週日）

- 週日、阿姆司特丹至赫爾辛基航程：搭乘荷蘭航空班機

11 月 28 日 (週一)

- TEKES (The National Technology Agency), Helsinki, Finland
- CUBE Technology Program, VTT Technical Research Center of Finland, Helsinki, Finland
- Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland

11 月 29 日 (週二)

- Public Elderly Care Center, Helsinki, Finland
- Paatela-Paatela & Co. (Architect), Helsinki, Finland
- Model Home for Senior, Helsinki, Finland

11 月 30 日 (週三) -12 月 1 日 (週四)

- 返航、搭乘芬蘭、長榮航空班機

有關此一參訪團之活動行程及紀要，請參考見附錄二。

### 三、英國諾汀漢大學 UNIMAT 參訪心得

訪問團尚未出發前就和我國駐英辦事處胡昌智博士取得聯繫，因此在英國期間，不論是租車、代訂旅館、買火車票、甚至是晚間抽空觀賞歌劇表演，都因胡博士的安排，得以順利的完成整個的參訪任務。

UNIMAT 全名為 University of Nottingham Institute for Materials Technology，為虛擬的研究中心，由 Mechanical, Materials, Manufacturing Engineering (M3)、Civil Engineering、Biological Sciences、Built Environment (含 urban planning, sustainable technology, building technology, and architecture 四研究所)、Human Development、Biomedical Sciences 等 14 個系所共同組成的整合型虛擬研究單位，成立於 2000 年，成員約 120 位，每年研究經費約新台幣 6 億元，有 20% 之經費是由相關產業界所贊助，而其相關研究成果則可提供作為相關產業界之發展與應用時之參考依據，並促進校內、外及國際相關材料科學之跨領域整合、研究，探索產業需求，及增加合作機會。

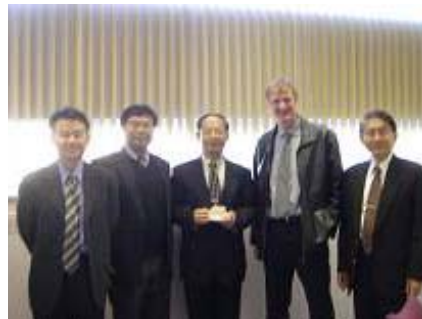


圖 1 參訪成員與 Prof. David Grant 合影

參訪團一行於 2005 年 11 月 21 日(星期一)赴 UNIMAT 訪問，由該中心主任 David Grant 教授負責接待(見圖 1)，並有 K. S. Elliott 博士等多位機械、材料、製造、建築等領域專家出席共同研討(圖 2)。首先由 UNIMAT 人員進行簡報，我方也由楊團長說明參訪目的及成員之研究。

分兩群: Civil & Built Environment 及 M3, EEE & Physics 進行實驗室參訪。土木系主要是針對預鑄施工之構件進行力學研究，他們的研究成果曾經應用到馬來西亞、新加坡等地並與當地學校合作。另外一組教授，利用碳纖維貼布來作 RC 梁構件的補強，目前國內對於此技術已經相當成熟，在國際上也發表相當多的文章，產業界也普遍使用。值得一提的是在英國有很多大學都有離心機，離心機是從事土壤力學還有土壤結構的互制，這裡也有一套離心機。



圖 2 UNIMAT 相關研究議題之介紹

UNIMAT 整合型虛擬研究所之研究議題，包含：Biomaterials, Composites and Textiles (圖 3)，Construction Materials, Electronics and Photonics, Glasses, Ceramics and Catalysis, Alloy Processing and Manufacture, Materials Analysis and Modelling, Nanotechnology and Particulates, Surface Engineering

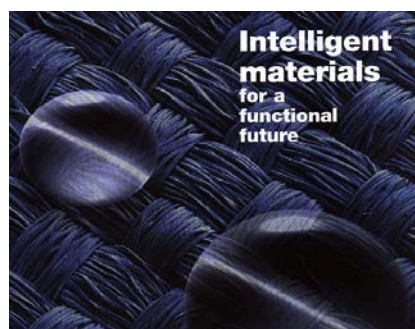


圖 3 UNIMAT 碳纖維材料的研究

營建領域相關的研究案包含 Simulation of pre-cast factory process all the way to the erection, Simulation of construction for education purpose, Built environment: sustainable research building, eco-experimental house, Glass failure prediction model based on fracture mechanics, Post-breakage performance of safety glass in buildings。另外，Dimitris 則專攻歷史建築的保存技術，如“Structural aspects of architectural conservation, historic construction techniques and structural behavior”。

#### 四、英國雷丁大學 ICRC 參訪心得

2005年11月22日(星期二)參訪團一行於倫敦國王十字站(King's Cross Station)搭乘前往雷汀大學(The University of Reading)的火車，於雷汀大學站下車後轉搭計程車抵達參訪目的地-營建管理及工程學院(School of Construction Management and Engineering)的創新營建研究中心 Innovative Construction Research Centre (ICRC)，途中因遇到火車司機遲到小插曲，造成抵達時間較預定的 10:30 晚了 10 分鐘，抵達後由 Prof. Derek Clements-Croome 於該學院大樓 Room 2S26 熱誠接待(圖 4)。本站參訪行程與內容如附錄三。



圖 4 Prof. Clements-Croome 介紹創新營建研究中心 (ICRC) 研究議題

雷汀大學的火車站是在工業革命時代所興建的，建材以鋼鐵為主。它的屋頂都是鋼架支撐外，他們也採用很多漂亮的雕飾，雖然材料上多花的錢不多，但它的漂亮程度效益蠻大的。

雷汀大學位於倫敦的西方距倫敦約2個半小時的火車行程。共有三個校區，校園幅員廣闊白騎士校區（Whiteknights campus）佔地約130公頃，校園內有湖泊與叢林。本次參訪對象即是位於白騎士校區（Whiteknights campus）的營建管理及工程學院中的智慧建築研究團隊 IBRG (Intelligent Building Research Group)。雷汀大學的營建管理研究是歐洲地區首屈一指，其智慧建築研究團隊IBRG更是歐盟地區此一領域的先驅者。

智慧建築研究團隊IBRG由Prof. Clements-Croome領導，共有研究成員15人，大多來自營建管理學系與系統工程學系，研究領域包含智慧建築、資訊學與創新性等跨領之研究，項目內容如附錄四所示。

Reading大學對於營建管理之相關議題研究，在歐洲地區算是首屈一指，而其創新營建研究中心(ICRC)對於智慧型建築、工作場所設計、環境控制、建築物低耗能等相關研究成果，更是值得我們加以學習。ICRC也強調跨領域的整合，但並不是以材料為主，而是強調碩士學位畢業社會變遷環境變遷及人類需要。他們所訓練的學生是希望能夠提供一些技能，它對於社會環境的變遷有能力因應，他也希望他們的學生在上課到工作中間沒有間斷，即畢業就可以馬上就業，無需訓練期以增加競爭力。

Prof. Clements-Croome的研究範圍包含：智慧化建築、工作場所設計、邏輯支援分析、個體環境控制、低耗能建築研究、室內空氣品質、建築空調設備和換氣效率、創新科技與建築產業環境等議題，而該研究中心之研究範圍則包含：Sustainable urban environments, Inclusive environments, Sustainable technologies, Construction management。針對智慧建築科技議題，未來將會朝向：室內健康環境、低耗能與再生能源、仿生學、奈米技術研發及智慧感知生活空間等方向發展。

Prof. Clements-Croome是歐洲智慧建築的領導先驅者，他擔任過歐盟智能建築聯盟（EIBG）的主席，也是2005年行政院SRB會議受邀的講員，曾出版三本與智慧型建築相關的教科書。其所主持的計畫眾多，且多涉及多個領域，同時還會指揮管弦樂團，其領導能力和多才多藝很是令人佩服。

在座談過程中，George Jeronimidis教授介紹仿生學與智慧材料；Derek教授介紹21世紀建築服務的挑戰與機會。現場並貼有海報，介紹多項研究成果，雙方在中間休息時，曾針對不同主題進行熱絡的互動討論。

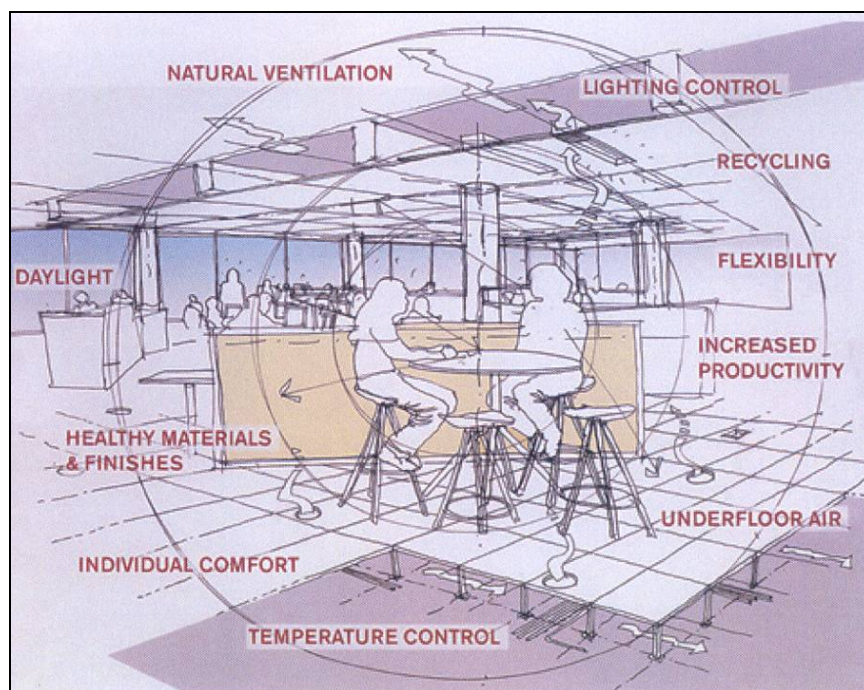
智慧建築研究群成立的目標為“研究、教學並發展全國性與國際性的智慧建築知識庫”，研究經費約新台幣1億1仟萬元。研究主題包括室內健康環境、低耗能研究、再生能源研究、生物模仿學、奈米技術、感知建築。

雷汀大學智慧建築研究團隊IBRG並開設智慧建築在職碩士學程，提供



在職人士進修，其課程的設計強調與產業的合作以期滿足產業的需求。由於智慧建築乃一跨領域的學程，因此雷汀大學在智慧建築課程上的設計包含了各領域學門的課程，主要修習課程包含建築學工程、房屋工程、材料工程、結構(構造)/土木工程、營建管理和場所安全、建築物服務工程、創新照明設備、管理資訊系統、資訊科學、符號學、心理學、統計學、仿生學、人工智慧等14學門，並將附錄五中之課程列為核心必修課程。

除上述核心課程外尚開設設備管理、永續的設計建造和維護、IT 和方案管理、資訊應用科學、研究方法、設計管理和簡報介紹以及方案管理的原則等選修課程，作為修習智慧建築碩士學程的輔助課程。由上述的核心課程及選修課程的多元化可以了解，智慧建築的設計、建造及使用管理乃是跨領域整合資訊通信產業與高科技設備技術於建築的學門。我國大學法剛修訂通過同意各校得設置學程並授予學位之規定，此次參訪之IBRG智慧建築碩士學程資料可作為未來我國開設智慧建築學程之參考。



(資料來源: Challenges and Opportunities for Building Services in the 21 by *Clements-Croome*)

圖 5 良好的室內環境所應具備的條件

以下特就雷汀大學的兩個研究主題進行探討：

#### A. 雷汀大學的智慧建築科技主題

智慧建築研究團隊針對智慧建築科技提出以下幾項主題，作為未來研究發展的方向：

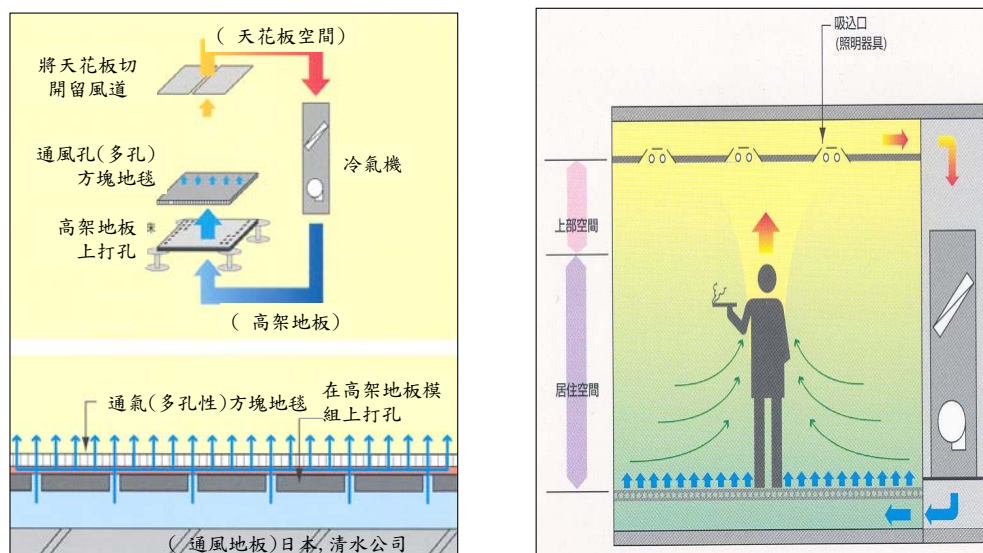
##### (a) 室內健康環境

IBRG 提出良好的室內環境所應具備的條件應包括：自然通風的室內

空氣品質、書是與節能的照明控制、可循環再利的資源、可靈活適應組織改變的空間、可增加生產力的辦公環境、地板下通風設施、自動的溫度控制、個別化舒適性的考量、健康的材質與塗裝材料以及利用晝光以達能源的節約等項目如圖 5 所示。

對於室內環境的通風系統 Prof. Clements-Croome 以日本清水建設的通風系統概念提出說明，室內通風運用多孔隙高架地板設計及利用地板下部空間送風使室內空氣產生對流並調節室溫，如圖 6 所示。

目前我國在健康建築方面的研究亦有不錯的成效，對於綠建築標章之室內空氣品質指標有詳盡的規範，而對於健康舒適指標中亦有明確的基準項目可供參考。綜觀 IBRG 所提出的室內健康環境條件應與我國智慧建築評估指標之健康舒適指標精神一致，除採用主動式的通風換氣設計手法外，更積極的以優質的設施管理方式達到提升室內環境品質的目的。



(資料來源: Challenges and Opportunities for Building Services in the 21 by Clements-Croome)

圖 6 室內健康環境通風系統

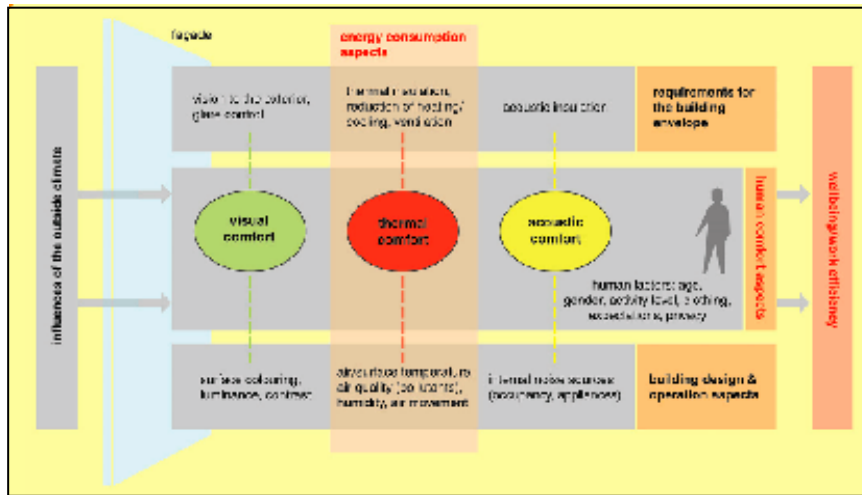
### (b) 室內舒適度與低耗能外殼研究

IBRG為了追求室內環境的健康與舒適並同時兼顧節能的效益，提出了 IDCOP (Innovation in Design, Construction & Operation of Buildings for People)的計畫，計畫的重點乃是著眼於建築外殼對都市環境與室內環境的影響，其研究目的是將新的發現運用在整棟大樓生命週期間外層性能的運用，以提升人們在室內的舒適性，同時帶給都市環境更高的外觀品質，以達成節能永續的都市環境。提出的概念包括人對舒適的感覺在建物使用與建物外殼及能源消耗上的相互作用、理想的建物外層以及外殼種類。

1、在「人對舒適的感覺在建物使用與建物外殼及能源消耗上的相互作用」

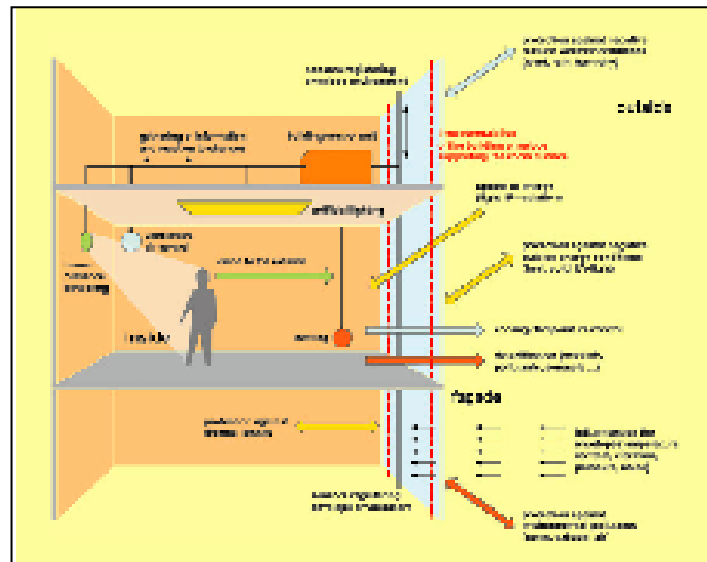
研究中提出兩種解決新建物外殼的想法（如圖7）：

- (1) 發展永續性的立面技術和方法，提供建物外牆處理。
  - (2) 發展出經濟上可行且為社會所接受的減少非再生能源損耗的方法。
- 2、在「理想的建物外層」研究中提出將感應器加入建築外層的構想，以防止戶外惡劣環境因子並保護室內溫度調節氣候（如圖8）。
  - 3、在「建物外殼種類」研究中提出三種外殼概念（如圖9）。



（資料來源：IDCOP-Consortium-Poster of The University of Reading）

圖 7 人對舒適的感覺在建物使用與建物外殼及能源消耗上的相互作用



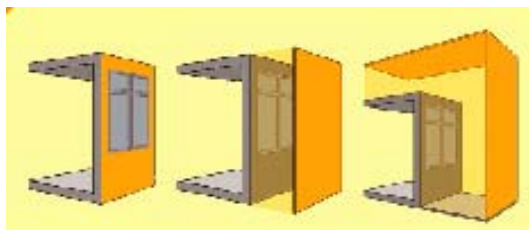
（資料來源：IDCOP-Consortium-Poster of The University of Reading）

圖 8 理想化的智慧建築外層

### (c) 再生能源研究

雷汀大學智慧建築研究團隊IBRG的Prof. Clements-Croome在「21世紀

建築服務設施的挑戰與機會」中提出對再生能源使用的重要性，並舉了兩個整合型再生能源的應用案例，如圖10及圖11所示。

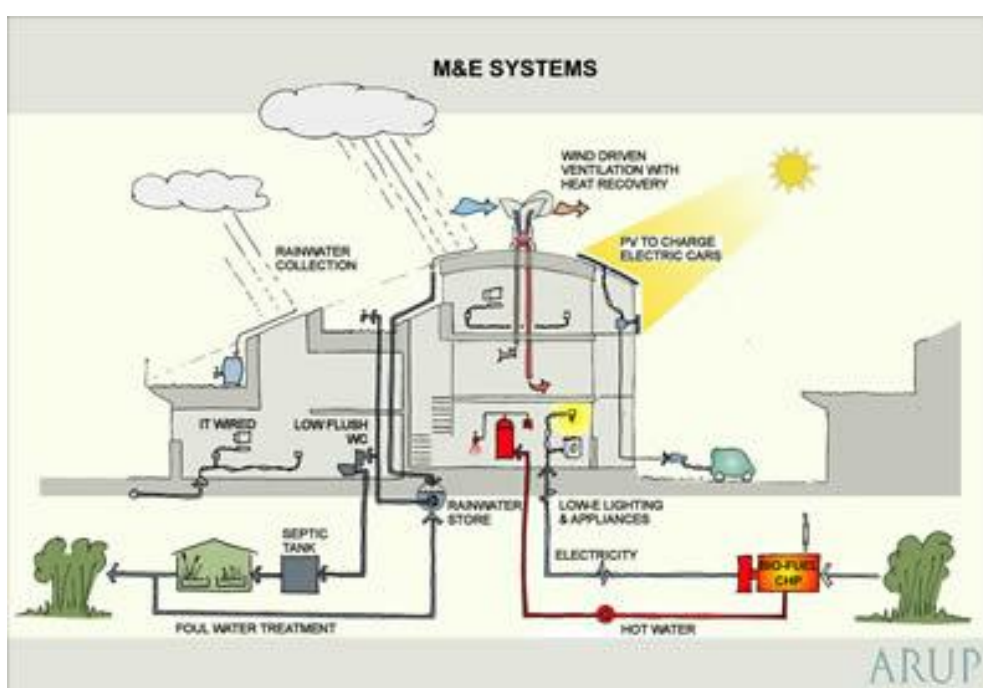


IDCOP 的三種建築外殼類型：

- 單一建築外殼
- 多重複合建築外殼
- 建築外殼內氣候

(資料來源: IDCOP-Consortium-Poster of The University of Reading)

圖9 IDCOP的三種建築外殼類型



(資料來源: Challenges and Opportunities for Building Services in the 21 by *Clements-Croome*)

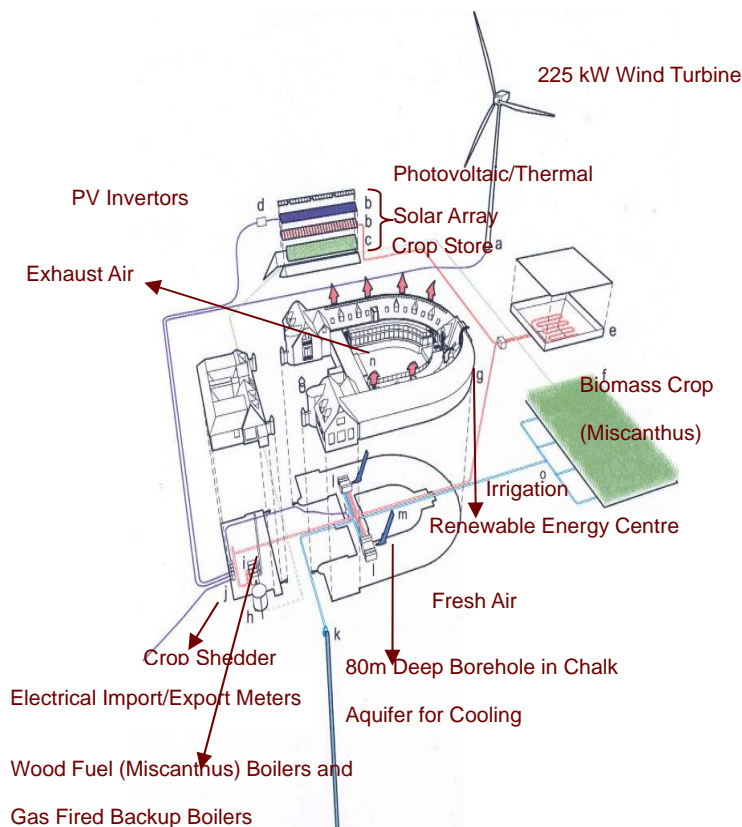
圖10 再生能源系統的運作

#### (d) 仿生學研究

雷汀大學仿生學中心 (Centre for Biomimetics) 由 Prof. George Jeronimidis 領導，其研究理念為從自然中萃取出好的設計，也就是效法自然界的優良設計理念，從自然界的生物獲得啟發。該中心目前的研究主題包括：合成材料的抗衝擊抵抗力、鋼盔的設計、智慧材料、創新的感知器、食品工程、巢狀材料等。

仿生學乃是人類藉由生物與植物的構造取得靈感，進而開發出新的構想與理念。例如：利用植物的形狀、構造，昆蟲的觸角感應以及複眼的視覺等。

譬如說以Stuttgart的機場結構為例(如圖12)，其支撐做的像樹幹與樹枝的形狀一樣，樹幹樹枝分遍在整個機場空間，感覺非常自然，這個是應用新的材料和新的工法的案例。另外，他們在山區裡面比較靠近自然的生態地區之高速公路旁邊，大哥大的基地台也做的跟一棵樹一模一樣的形狀造型(如圖13)，這樣可以維持環境景觀的一致性。



(資料來源: Challenges and Opportunities for Building Services in the 21 by *Clements-Croome*)

圖 11 整合型再生能源應用案例



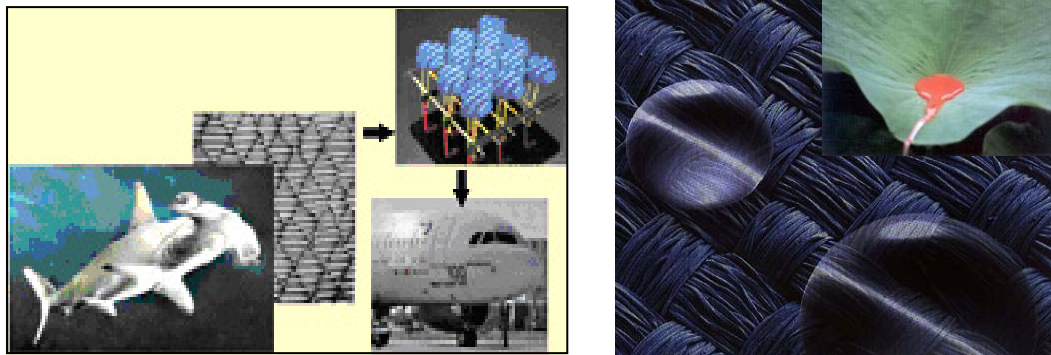
手機發射基地台利用樹形與環境融合



Stuttgart機場大廳樹狀的支撐結構

圖12 模仿生物形狀的案例

仿生學研究中心也提出來自蟋蟀的感知器靈感，如圖14所示。而藉由此靈感鎖應用的領域包含：1. 大樓的通風系統 2. 精準的科學裝置 3. 血液監測 4. 微小氣流感應等。如圖15及圖16所示。

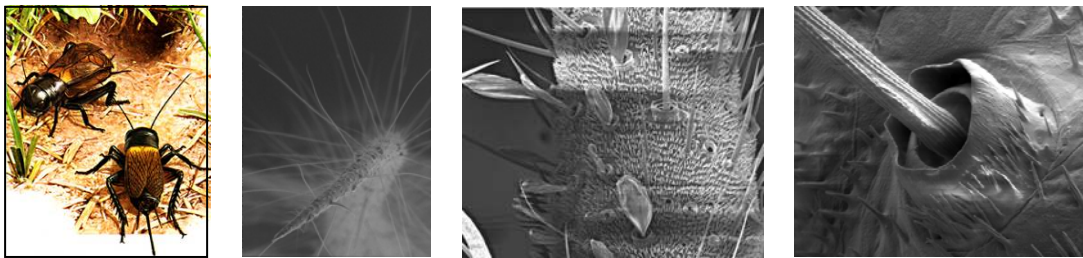


仿鯊魚皮膚表面減少阻力，並應用到飛機的機體設計

利用荷葉表面張力的物理原理自我清潔構想運用於紡織結構

資料來源：Biomimetics and Smart Materials by Prof. George Jeronimidis of The University of Reading

圖13 現代仿生學應用實例



從蟋蟀尾部的感知纖毛中得到靈感運用於現代的感應器

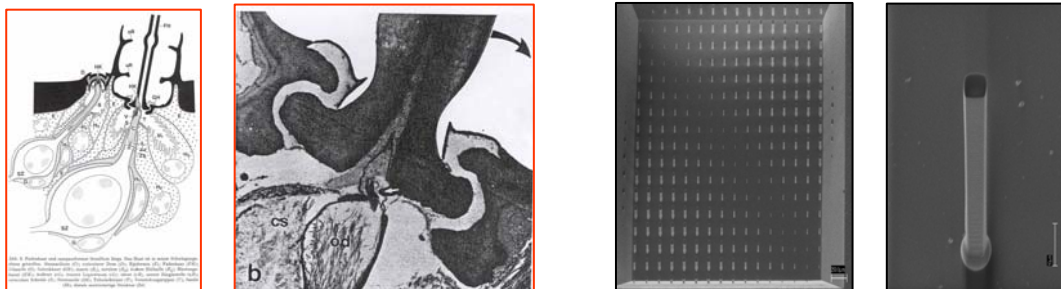
長度變化在200-2000 $\mu\text{m}$ 之間。察覺頻率在20和2000Hz之間。敏感性：0.05的撓度，相當於位移不到1奈米。

蟋蟀尾部器官(大約2mm長)佈滿大約2000根感知纖毛其感知功能包括空氣流動感知、化學感知、重力感知、變形感知、接觸感知

感知纖毛嵌入細部構造蟋蟀尾端的預警系統感知纖毛長度在100 $\mu\text{m}$ 和1500 $\mu\text{m}$ 之間

資料來源：Biomimetics and Smart Materials by Prof. George Jeronimidis of The University of Reading

圖14蟋蟀的感知器靈感



(Gnatzy and Schmidt 1971)

(Keil 1997)

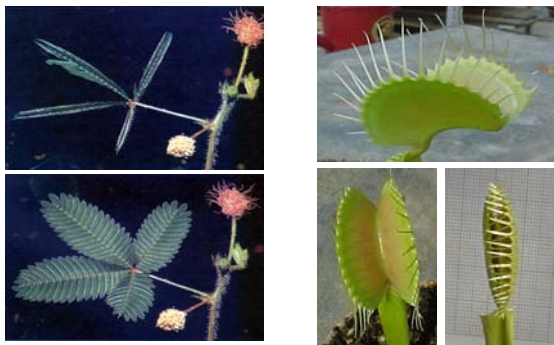
(MESA, University of Twente 2004)

資料來源：Biomimetics and Smart Materials by Prof. George Jeronimidis of The University of Reading

圖15 應用氣流傳感器架構

圖16 微電子機械系統裝置仿生感知纖毛

仿生學研究中另一有趣的主题乃是利用植物叶片功能的形状改变和传动原理来作为致动器之设计启发如图17，其原理与步骤如图18所示。



含羞草的叶片闭合运动 捕蝇草叶子迅速地地开闭运动

图 17 利用植物叶片功能及形状改变的启发

膨胀压力  
+  
纤维状的细胞壁  
+  
细胞形状  
+  
细胞间相互作用  
+  
成长发展

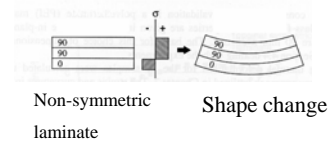
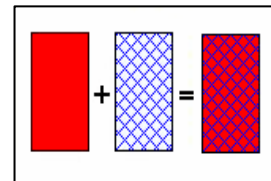


图 18 形状改变的原理与步骤

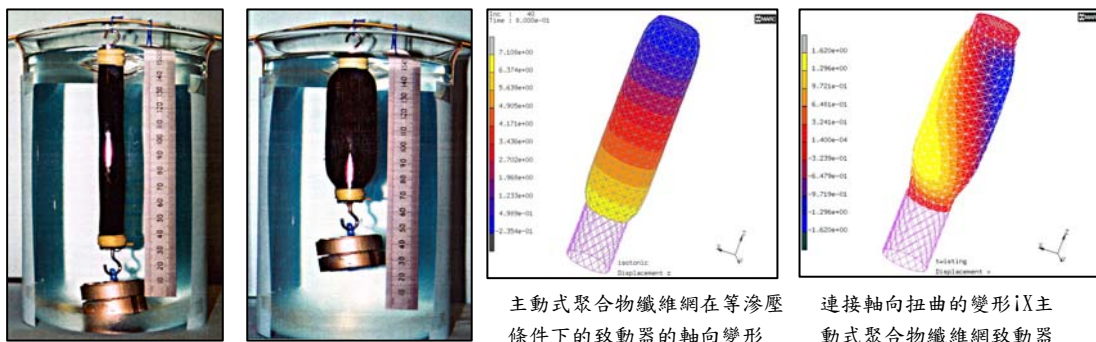
资料来源：Biomimetics and Smart Materials by Prof. George Jeronimidis of The University of Reading

上述利用植物叶片功能与形状改变的原理，启发了复制植物运动的灵感，科学家们发现主动式聚合物凝胶 (Active polymer gels) 拥有如下的独特性质，成为致动器发展的重要构想 (如图19)。

- 1、大体积的膨胀 → 大的变形
- 2、可因应多方面的刺激(如温度，酸鹼值，压力，电场等)多功能，多用途
- 3、低密度
- 4、相对低成本



活躍的聚合物凝膠+ 纖維網 = 致動器



主動式聚合物纖維網在等滲壓條件下的致動器的軸向變形 連接軸向扭曲的變形ix主動式聚合物纖維網致動器

资料来源：Biomimetics and Smart Materials by Prof. George Jeronimidis of The University of Reading

图19 由植物形状改变启发产生致动器构想的仿生科技案例

目前为许多科学家均积极投入仿生学的研究，希望藉由效法自然法则，模拟各种生物的机制，以发展出更多有助人类生活的科技。我国也有多所大学从事此方面的研究，例如人工内耳、电子鼻以及人工肌肉等均是

模擬感官接收、傳遞、運作的方法與機制，為人類創造更多的福祉（房礪、蘇嘉弘、蔡偉博，2005）。因此，雷汀大學的仿生學研究中心也特別提出仿生學是「簡單的物理、智慧的應用」概念，並強調仿生科技乃是橫向思考與創造性的，是啟發而不是模仿以及強調功能的整合。未來仿生科技結合奈米材料及生物技術，將可發展出更多對人類生活有所助益的科技。

### (e) 21世紀建築科技的關鍵技術

雷汀大學的智慧建築研究團隊IBRG提出21世紀建築科技的關鍵技術應包含以下幾個重點：

- 1、能源--發展用在能源儲存、生成和運輸上的資材→為提供更乾淨、更低廉及永續的能源。
- 2、安全--新材料和量測裝置將成為對抗恐怖主義和犯罪行為的保護措施→用於檢測危險物品和生物體。
- 3、住所--可使用在大規模住宅的永續性新資材的製造。
- 4、醫療保健--發展處理的處方和步驟作為對目前方法的徹底改善發展自我組合的方法來合成和製造複雜的材料。
- 5、通訊--為個人通訊系統和健康的監控制造電子零件。

### B. 迎向21世紀的挑戰

雷汀大學智慧建築研究團隊IBRG的領導者Prof. Clements-Croome最後提出迎向21世紀的挑戰，應具備下列幾項特質，這也是未來建築產業必須面對的課題：

- 1、跨領域的學習
- 2、整體生命的價值
- 3、當一位創新的實踐者
- 4、永續的健康環境設計
- 5、考慮環境，經濟和社會的價值
- 6、製程、產品(系統)與人的整合
- 7、建物維護工程師將成為建物使用管理的重要角色

## 五、奧地利科學院 AAS 參訪心得

我們在出發之前，就與我國駐奧辦事處的王湘月小姐取得聯繫，幫我們代訂旅館，因此11月23日（週三）下午抵達機場後，王小姐即前來接機，並代我們安排交通工具和住宿，並協助與兩個受訪單位保持即時的聯繫，晚上甚至也帶我們在零度的溫度之下，去逛耶誕市場，讓我們大開眼界，而第二天中午王小姐更請大夥兒們吃麵，我們此行在維也納的訪問，能夠如此順利，首先得感謝王小姐的幫忙。

我們11月23日下午抵達維也納機場後，即由辦事處的王小姐陪同，兼



程趕往奧地利科學院(Austrian Academy of Sciences)，由院長Prof. Herbert Mang教授親自接待（圖20），該院相當於我國的中央研究院，計有90位院士及250通訊會員，分屬兩個領域：數學與自然科學領域、人文與社會科學領域，每個領域除55位選自奧地利本國外，其餘則選自國際學術社群。另設有榮譽院士，以24位為限。該院領域包括：Biology & Medicine & Environment、Physics & Space Research、Earth Sciences、Exact Sciences、Social Sciences、Linguistics and Literary Studies、Culture Studies及Historical Sciences等八大學門之相關研究。此次參訪該單位可謂獲益良多，並藉此了解歐洲地區工程領域之未來發展方向。



圖 20 拜訪奧地利科學院 Herbert Mang 院長

Prof. Mang的研究領域為土木工程，包含：構造力學、聲學與電腦模擬及各種場域、尺度分析等。Prof. Mang與本團的楊永斌教授是舊識，因為研究領域接近，過去十餘年來，曾經在不同的會議場合見過很多次面，特別是結構穩定和計算力學有關的會議，兩人可謂交情很好，2005年夏天楊教授赴維也納訪問時，就已和Mang院長取得連續。

在拜訪的過程中，Mang院長仔細地向考察團說明國家科研究院之組織、任務、研究現況，氣氛相當熱絡。另外，我們也注意到科學院會議廳看起來就像博物館一樣的漂亮莊嚴。他們的辦公室的燈光是往上照，採用間接照明，所以感覺格外柔和。當天下午，他請我們到科學院的頂樓Sun Room去喝個下午茶，從那裡可以瞭望整個城市，在寒冬的夕陽餘暉之下(可以看到天邊一輪圓圓的大太陽，即將下山，非常難得)，氣氛非常的典雅，邊喝茶邊聽Mang院長細說他們科學院最近所從事的一些研究，雖然整個參訪時程只有兩個多小時，但是大家都可以感覺到Mang院長的誠意。

此行亦促成Mang院長夫婦於95年1月9日至15日接受中華工程教育學會的邀請赴台訪問，他們拜會了中研院李遠哲院長、國科會吳茂昆主委、教育部杜正勝部長，並且參觀了工業研究院。此外，Mang院長也在台灣作了三場專題演講。最重要的是，他與中研院李院長和國科會吳主委，達成了簽訂合作備忘錄的意願，將促成雙方人員的交流。

## 六、維也納科技大學VUT參訪心得

此段行程主要為參訪維也納技術大學(Vienna University of Technology) 建築物理與生態系(Department of Building Physics and Building Ecology)，該系主要研究方向包括：建築物性能與應用技術相關研究、建築物控制與診斷、建築生態學與人類生態學相關研究、與建築物資訊化及電腦輔助設計…等議題，希望能藉由建築物性能，如：溫熱環境、空氣環境、音環境及光環境…等室內環境因子模擬，將研究結果實際運用於建築物之設計規

劃。為了達到此一目的，在他們的實驗室中安裝了很多的感應子，甚至是在大樓的屋頂，也有設備可以量測每天從早到晚上的雲量變化（代表環境氣溫的變化），其最終目的則是在於探討人、建築物與環境之相互影響，並為促成全球朝向永續發展與創造適合居住環境而努力。

11月24日（週四）的參訪主要由系主任 Prof. Ardeshir Mahdavi 負責說明(圖21)，Prof. Mahdavi 是 Dept. of Building Physics and Building Ecology 系主任，其研究領域為 Building physics and technology, building ecology, human ecology, and building information。該校建築系每年有500位學生，其中MS in Building Science & Technology是新的學位。目前最主要的研究著重在感知建築（Sentient Building）。



圖 21 Prof. A. Mahdavi 針對其相關研究議題進行介紹

感知建築之要義在於建築物本身的自我表達（self-representation, knowing itself, 須要建立building model）、自我表達的自動更新（automatic update of representation）和控制機制（control method）之建立。

目前建築過度著重在營建成本、能源耗費（約佔建物生命週期總成本5%），維護與更新（!0%），但事實上大多的費用卻是花在使用者之人事成本，因此瞭解建物環境對使用者效率（生產率）的影響是更為重要。



圖 22 奧地利維也納技術大學相關研究單位參訪

最大的收穫是瞭解歐洲對建物生命週期的管理已從降低整體生命週期的總成本移至創造更多的價值。即興建費用低、維護便宜的建物，若因設計不當而影響建物使用者之工作效能，其所損失的價值遠超過所節省的成本。

此外，我們也聽取該系生物與仿生材料微米與奈米力學實驗室 (Laboratory for Micro- and Nano-mechanics of Biological and Biomimetic Materials) 的主持人 Prof. Josef Eberhardsteiner, Prof. Zysset 與電腦科學系 (Institut für Computergraphik und Algorithmen) 的 Prof. Werner Purgathofer, Prof. Günther Raidl, Dr. Wimmer 進行相關研究成果之簡報(圖22)。從報告中，我們觀察到，他們把微觀力學與奈米力學結合在一起，另外也把從奈米、微觀一直到了宏觀的力學連結起來，應用到混凝土材料或是瀝青材料等。

維也納是個相當漂亮的都市，它的建築都是有上百年的歷史，內部得裝修看不出是很老的建築，他們利用建築的技巧把新的材料科技引進，譬如說我們的旅館裡面，就有非常新穎的電梯與無線通訊等。另外在市街的

路面部分，有多處是採用透水性鋪面（圖23），這透水性鋪面水滴下來很快滲到土壤裡面，它也不會造成積水和走路不方便。另外有水涵養在大地裡面也不會造成溫室效應，讓整個夏天的溫度升高，而增加冷氣空調電力之使用量。我們在現場有拍了一些照片，發現他們的鋪面做工非常的仔細，假如透水磚之透水性鋪面有受損可以把它拿起來，底層整平後再放上去即可恢復舊觀，是非常環保的材料。



圖 23 城市中的透水性鋪面

## 七、荷蘭愛因荷芬科技大學(EUT)參訪心得

11月25日（週五）我們搭乘租來的巴士，從阿姆斯特丹往南走了兩個多小時，才抵達Eindhoven科技大學(Eindhoven University of Technology)，此處已經離比利時的邊界不遠了。此行主要是參觀EUT的設計系統實驗室(Design System Lab.)與結構設計實驗室(Structural Design Lab.)。由EUT設計系統實驗室負責人Prof. Bauke de Vries接待（圖24），並由他及其團隊成員介紹多項建築科技相關研究。參觀其開發之虛擬實境系統。此系統可用於室內設計及房屋銷售。參觀結構設計實驗室。



圖 24 Prof. de Vries(右)與楊永斌教授合影

設計系統實驗室(Design System Lab.)之研究方向主要為：設計與評估系統 DDSS(Design and Decision Supporting System)、人類行為模擬、4D CAD及虛擬實境人員滿意度量測等。該實驗室主要利用一座4D虛擬實境系統，藉由使用者於VR投影空間中之實際操作及對應非建物結構元件之改變，以評估人員使用滿意度（圖25）。



圖 25 荷蘭 Eindhoven 科技大學設計系統實驗室 (Design System Lab) 4D CAD 虛擬實境系統參訪與操作

值得一提的是DDSS充分運用RFID的技術，在設計還有預鑄施工跟現場

吊裝用 RFID來確認構件的編號，運至工地後把構件放到適當的位置再進行組合，即所謂身分的確認，以避免施工錯誤發生，增加精確度與效率。另外EUT的土木結構實驗室，也從事了一些磚牆、RC牆、隔板木牆的一些力學實驗，研究成果也相當豐富。他們把論文發表成書，不像我們都以國際期刊發表。

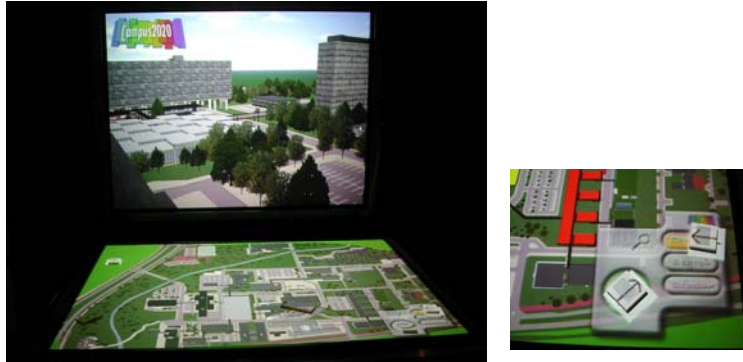


圖 26 校園展示系統

在 EUT 的行政大樓有一座校園展示系統 (Virtual Marquette) (圖 26)，此系統除尺寸較大外，配置與上述系統類似 (三垂直投影面及一水平投影面)，唯水平投影面改以實體之校園館舍配置模型代替。模型中有貼有晶片的紙牌，透過以手持紙牌的操作 (如翻面) 或移動，垂直投影會顯示紙牌所在模型位置之對應虛擬實境或是當地之即時監視影像。在虛擬實境中，系統亦可以不同顏色顯現校園各館舍之年齡及預計整修時程和預算資訊。對於校園之規劃及預算決策者可以不用至校園現地會勘，並使決策者間的討論因有具體之參照而更有效率。

EUT 的空間設計非常良好，不管是研究室、討論室或餐廳，整個空間的安排都很有有創意，學生們都可以很舒服的找到他們讀書和做實驗的空間，這一點是臺灣多數的學校所做不到的 (圖 27)。

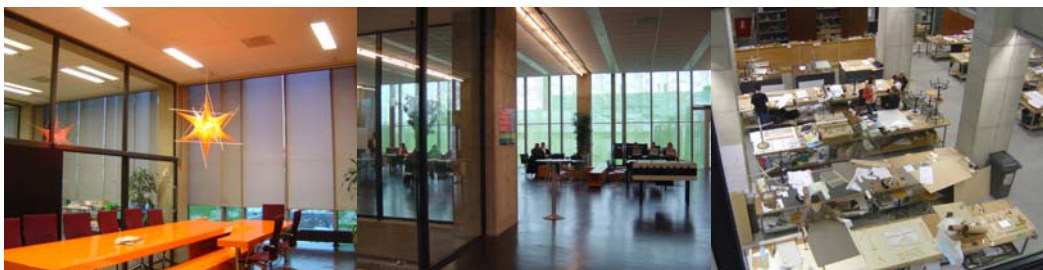


圖 27 EUT 的空間布置非常良好

最令人難忘的一件事，是我們在參訪完畢回到阿姆斯特丹的旅途中，竟然碰到了超級的大風雪，原本不錯但接近攝氏零度的天氣，竟然在短短的幾個小時內驟變成雪花紛飛，視線朦朧 (圖 28)，到最後整個高速公路

幾乎到了寸步難行的地步，原本兩個多小時的車程，竟然花了二、三倍的時間才得以完成。

在荷蘭發現他們的風力發電非常的多（圖 29），他們大部分都在採用替代能源來進行，風力發電是一個非常好的替代能源。基本上成本算便宜，也可以使用非常的久。



圖 28 旅途中遇到大風雪



圖 29 到處都可以看的風力發電

## 八、芬蘭 VTT 技術研究中心參訪心得

整個芬蘭的訪問行程，是由駐芬代表處的徐炳勳組長協助安排的，包括旅館和交通車，因此讓訪問團能於短促的時間內，順利的密集拜訪諸多單位，代表處的協助可謂居功闕偉。

芬蘭科技研究中心(VTT Technical Research Centre of Finland) 建立於 1942 年，在北歐是最大的研究組織，員工大約有 2,700 人，每年研究經費約 1.08 億歐元，其角色十分類似於國內的工研院。有趣的是正如同國內的工研院正面臨重大組織重組，無獨有偶的，VTT 也訂於今年初改組。去年底訪問時，VTT 底下共有：a.電子；b.資訊；c.工業系統；d.能源；e.生物技術；f.建築物與交通六大部門，前五個部門大約分別與國內改組後之工研院的 a.電子與光電所；b.資訊與通訊所；c.機械與系統所；d.能源所及材料與化工所；e.生技與醫藥所相當。與國內的工研院最大的差別，大概就是多了一個泛土木領域的建築物與交通部門。該中心與芬蘭國內各相關企業皆有相當密切之合作關係，且藉由結合不同的技術與透過國際科學和技術網路，以確保技術知識升級，並將相關研究成果與新技術提供給產業界，用以開發新產品，進而提升產業全面升級。

改組後的 VTT 則變成七大部門，分別是：a. 資訊、通訊與電子；b. 機械、材料與系統；c.運輸與交通；d. 生技、食品與醫藥；e.化工與環境；f. 建築物與建築環境；g.能源。基本上將原本泛電資領域的兩個部門合成一個，而化工與環境由原本的能源部門獨立出來，同時更將原本泛土木領域的建築物與交通部門，分成兩大獨立的部門。可見芬蘭對泛土木領域

的重視。

以下就當天 VTT 的幾個報告，擇要介紹如下：

### A. 增廣實境(Augmented Reality)

增廣實境是 VTT 資訊、通訊與電子部門中，多媒體研究群所進行的一項研究工作。增廣實境與大家熟知的虛擬實境(Virtual Reality)兩者之間，有些差異。在虛擬實境中，所有的東西都是虛擬的；而在增廣實境中，則是虛擬的東西與實際的東西同時並存（圖 30）。



圖 30 真正實境與增廣實境

圖 30(a)內的東西都是真正實境內的東西，而地上的三張紙，在圖 30(b)的增廣實境內，就變成了桌子、椅子和沙發。由於僅有部分東西為虛擬，因此在計算上大為簡化，使得技術上變得簡易可行。而運用於室內裝潢設計時，因為所有的家具變得十分輕盈（因為僅是一張張的紙），可輕易的嘗試各種可能，看到各種不同家具、不同位置等的擺設效果。目前，這方面的研究，已成功的運用在室內設計、營建規劃、互動的電腦遊戲等。

### B. 建築物服務設施的智慧與整合控制(Smart & integrated control of building services)

此為VTT建築物與建築環境部門所進行的一項研究工作，基本上他們發現在辦公室環境下，傳統的HVAC控制元件及其使用介面仍有缺陷，因而令使用者往往無法完全滿意室內環境的品質，甚或覺得控制介面或方式仍不夠理想。本項研究則希望能建立技術系統與使用者間之更合情合理的溝通橋樑（圖31）。例如：辦公室環境中基本的照明、冷暖氣以及通風的控制中，應同時量測室外及室內的溫度、亮度、使用者是否在受控制的環境內以及使用者的活動狀態等；再配合各種可能的感應器、智慧型的適應控制、以及使用者介面，才可能做到較好的控制系統。

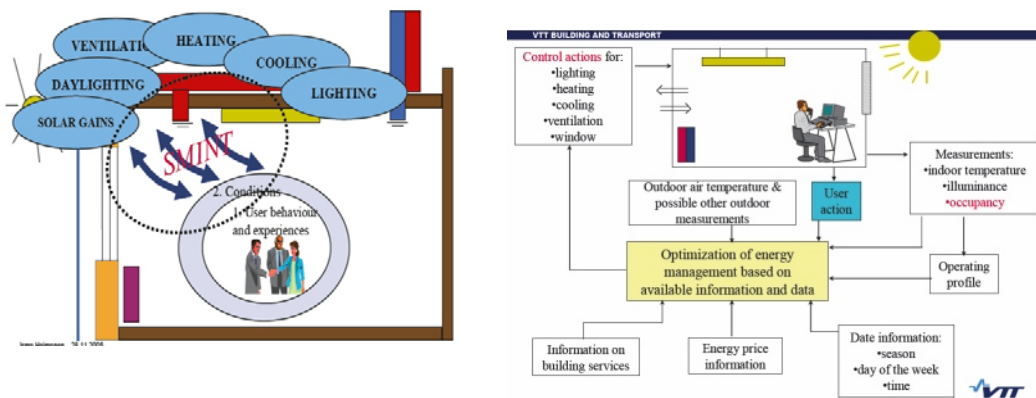


圖 31 建築物內設施的智慧整合控制

事實上，光有硬體、軟體平台、以及數據的傳送等，還是是不夠的。因此，整個研究除了在技術層面上的改進外，更重要的是以使用者為本的設計理念之建立。因此透過針對使用者的研究及對使用者大量的訪談，以建立使用介面及使用控制的策略。

基本上，一個聰明的控制系統，除了在幕後的各種自動控制外，還要能回應使用者透過使用介面的控制指令，同時還需能對此些額外控制指令有適應學習的能力。而所有的設計，最後一定需經過實際的驗證及測試，才能確定是否真的可達到原本設計的功能及接受度。

### C. 健康與保健的遠端管理 (Remote management for well-being and healthcare)

此為VTT資訊、通訊與電子部門中，與人交互作用研究群所進行的一項研究工作。由於老年人口比率的大幅增加，以及保健管理的觀念日受重視，因此整個領域日漸重要。主要的研究工作包含：以人為本的設計、無所不在的健康科技、無線通訊、智慧環境、以及無所不在的計算等。

為達到健康與保健的遠端管理之目標，有三個主要的挑戰需克服，分別是：(a) 感應器與資訊的裝置（無所不在的計算）；(b) 智慧型能力（能夠判斷所收集的資訊）；(c) 整合裝置（能將所需的資訊傳至需要的地方）。在報告中，共介紹了三個對應到此三個課題的研究成果（圖32）：

- (a) WristCare是一個外型類似手錶的感應器，可量測配戴人的活動（包含很劇烈或及很細微的動作量）、體溫、以及皮膚的導電度；30-60公尺的無線訊號傳遞距離；電池的壽命6個月。研究顯示，此感應器可察覺配戴人睡眠／甦醒的狀態、可察覺配戴人是否無法行動等。
- (b) 麻木度的監控系統：可量測血壓、心跳、呼吸等生理狀態，同時判斷患者究竟是不省人事、喪失記憶、腦力受損而無法自我

控制、僅是無法移動、還是仍可自我控制…等。此系統已經成功的應用在開刀房內患者清醒度的判斷、抑制疼痛、以及加護病房內患者的鎮靜監測等。

- (c) 個人健康管理的健康日記系統：由認知心理學的角度出發，藉由手機建立個人的健康日記，包含飲食、活動、及運動等資訊；將此些資訊長期的儲存於日記（Nokia手機）中；而隨時透過手機內的功能分析並回饋給使用者，以達到體重管理的目的。

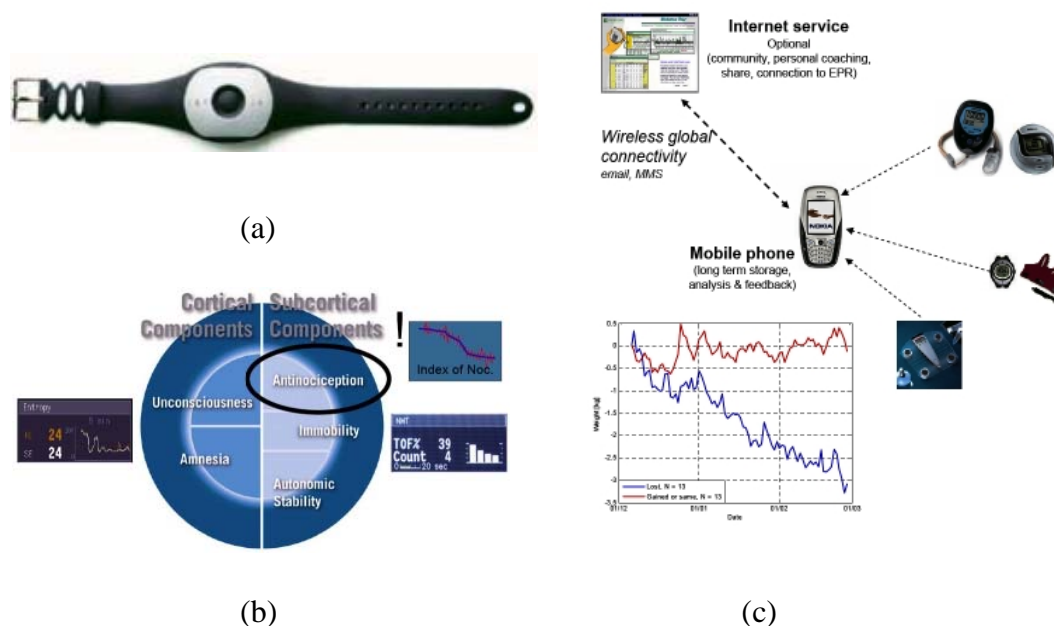


圖 32 VTT 完成的三項典型研究

目前 VTT 在遠端健康管理方面的研究，已經跳脫對於個人或室內的整合，轉至整個社區內的整合；希望使用者即使在離開室內而到社區內活動時，仍可繼續涵蓋在遠端健康管理的範圍內；更希望日後可進一步將社區推廣至整個芬蘭甚至整個歐洲，俾使個人到處旅行時，能繼續受到遠端健康管理的照顧。

## 九、赫爾辛基大學 HUT 參訪心得

HUT (Helsinki University of Technology)是芬蘭歷史最久的大學，有 240 位教授，3600 職員，10% 國際研究生，每年研究經費 2 億歐元，其中 28.8% 來自國家科技局 TEKES (the National Technology Agency)。芬蘭因為緯度甚高，幾乎有將近半年的時間日照情況不佳（雖然另大半年則又日照太多）。HUT 的電機通訊系，大部分的研究項目與台灣的相關系所大約相同，然而其底下有一個非常特別的單位：照明實驗室(Lighting Laboratory) (圖 33)。此實驗室的研究項目，從工作環境、公路、建築物等的照明，到照明對生



物、植物（溫室照明設計）等的影響，甚至目前台灣十分熱門的白光 LED 之發展等都是主要的研究目標，例如：工作環境照明的研究，可以從環境的亮度與工作效率或產生錯誤率的相關性，到光線與色彩對看見與否、以及生理上和心理上的影響，再到照明亮度、方向（直接光源或間接光源）、色彩等對個人的影響等，十分有意思。其研究之一是將辦公室的光線品質及生命週期成本，轉換成視覺化的 model。

HUT 的 Department of Electrical & Communication Engineering，共有 55 教授，目前與大陸復旦大學有研究合作，在尼泊爾也有研究計畫，旨在研究如何利用低耗能、低維護成本的電燈。

他們推估 LED (Light Emitting Diodes) 在 2010 年將會佔電燈市場的 20%，在 2020 則會達到 50% 的市佔率。營建工地可利用 LED 燈嗎？似乎值得作個探索性的研究。

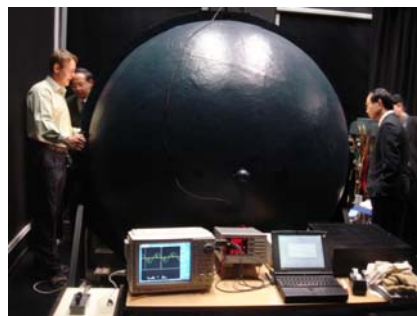


圖 33 HUT 的照明實驗室

其它記錄到的有趣計畫尚包含：LEDs in Greenhouses；Reduction of energy (using lamp technology, intelligent control, etc.)；Future Trends in Road Lighting (Marjukka Eloholma)；New model for Road Lighting Dimensioning (MOVE model)；Individual Lighting Solutions for Working environment (Henri Juslen from IDMAN, PHILIPS)。

整體而言，此系之研究非常專注於燈光，包含燈光的技術、燈光的應用、模擬，也探討燈光與工作效率的關係，目前有與 Philips 燈具大廠合作。

CUBE- The Building Services Technology Program provides，是芬蘭國家科技署主導之專案，成功地與業界共同開發未來老年住宅之智慧型科技，HUT 也參與此一研究計畫，該計畫之目的在於改善、提升建築物性能，進而提供適合使用者需求的各種建築物類型，且依據建築物生命週期各階段進行改善，包含：環保觀的管理服務、ICT、降低能源耗用和生命週期各階段性能特性評估與改善等，以確保使用者之健康、舒適與效率。

CUBE 這個計畫基本上是芬蘭政府在營建產業的遠景 (圖 34)，它叫 Vision 2010 年。過去它是用技術方式來評等它的價錢，考慮的是起始價錢，但是未來是希望看績效 (Performance)，還有看生命週期的價錢，這個是非常值得學習的地方。我想這是營建署或建築研究所可以好好來學習。後來我們到了公立的老人安養中心參觀一些老人的輔具，例如說他上廁所或是從坐要到站它的輔



圖 34 Dr. Markku Virtanen 介紹 CUBE Program

具應該做什麼來設計。

## 十、芬蘭公共老年照顧中心參訪心得

由於老人社會的來臨，芬蘭政府提供了一些公共的老人照顧中心 (Sheltered Housing and Care Service)，在這裡面有完善的設備，讓老人們可以舒適的生活在中心裡面，從食衣住行到育樂（如三溫暖、美容店、圖書館和運動設施等），都有充分的考量。想要進來的老人，都要合乎一定的標準，經過一定的程序，才可獲得同意進來。芬蘭的老人照護中心，是世界上最著名的，他們已經發展出一套成熟的管理模式，經常是他國參觀模仿得對象。

此次的參訪是由中心的主任 Ms. Malla Hintta 負責接待，地點在 Wilhelminna，我們實地參觀該中心的設施及服務內容，中午也在該中心吃午餐，實地瞭解餐飲的品質，感覺非常的不錯。

## 十一、芬蘭 Model Home 參訪心得

隨著生活資訊化及高齡化社會的來臨，不僅帶來照護服務、休閒及相關器材的需求，更由於新的資訊及通訊科技的大量運用，以促使高齡化問題獲得新的解決契機及龐大的商機，包括：安全、保全與環境控制系統、IT 平台、Design House for Healthcare、Healthcare System、健康與預防照護設備、輔助技術及數位娛樂。本日行程主要在於參訪 Toimiva Koti 老年住宅樣品屋 (Model Home for Senior)，並由藉此瞭解「芬蘭社會福利及健康照護發展現況」、「相關資通訊技術之實際應用」及「健康照護相關器材之操作解說」。

此展示屋陳列各類與老人生活相關的科技產品，是一不錯的經驗，相信對科技產品的推廣也有一定的效益。所展的各式新設備，包括窗戶、門、照明控制、健康照護設備等，由接待人員逐一介紹。較為新奇的產品包括 (圖 35)：

1. 可以協助老人站立的沙發。
2. 可放不同音樂的遙控器。
3. Medication taking reminder, 超過一小時，未吃的量不能累積。若沒有吃，也會傳訊息至控制中心。
4. 手錶可與控制中心通話。
5. 手機：按一紅色大鍵即可 call 設訂的電話，並有 GPS 定位系統，所以可找到求救的人。
6. 求助訊號 locator (利用無線雷達，原本用來掛在狗上供 hunter 用)
7. 睡眠記錄器 (只是一條帶狀，可放床頭)。
8. Hearing aid: 放耳朵旁，壓按鈕即可放大聲音。

### 9. 老師與學生的對講系統（如導遊所用）。



圖 35 Toimiva Koti 老年住宅樣品屋 (Model Home for senior) 系統參訪與相關設備解說、操作

## 十二、Paatela & Paatela 建築事務所參訪心得

此建築師事務所所有百年的歷史，為家族企業。從目前主持人 Mikael Paatela 的祖父，傳至父親，再交捧給他。較為特別的是三代全都專注於醫療養護設施，也難怪能為此事務所贏的醫療養護設施美譽及國際知名度。由建築師親自招待，並介紹老人照護中心的設計理念。

## 十三、參訪活動整體感想

智慧生活空間科技跨領域整合型計畫推動的目的在於開發、建構未來 10-15 年人類生活的形貌、生活樣態以及所需發展之技術。盼望藉由跨領域研究的合作，構築社會生活的共同願景，並盼望藉此培育跨領域人才，引動相關生活科技產業的興起。

歐洲各國的發展經驗、研究成果可資借鏡，如英國諾汀漢大學的虛擬整合材料研究所 (UNIMAT) 以促成跨領域的研究合作來共同開發創新的材料及其相關的技術、荷蘭愛因荷芬科技大學在多變的氣候環境下，展現了優質的工作空間與學習環境，以及芬蘭提供了優質的老年照護醫療服務設施。本次訪問帶回了豐富的資訊，供各界參考，而跨領域研究工作的推動亦將持續。

此趟參訪歐洲多個與智慧結構、材料、生活相關之研究單位後，相對於國內之學術單位，發現歐洲研究團隊具有以下特色：

1. 此次參訪的單位都呈現了智慧生活空間研發的熱潮，且強調跨領域合作，此與本次考察的目的相互呼應，各國的規劃及經驗可做為我國規劃研究方向及重點項目時的參考。
2. 此次參訪的國家中，如芬蘭、奧地利等國家的規模都與台灣相似，但皆有堅實的科技實力，奧地利也出現過多位諾貝爾獎得主，應可做為我國之借鏡，以加強科技研發的實力。
3. 芬蘭在老人照護制度的設計及落實符合福利國家的精神，也是高齡化社會必要的措施，我國可做為參考以未雨綢繆。

4. 應用 ICT 技術於智慧生活空間研究已是國際普遍的趨勢，但國內的跨領域合作較少且不落實，應積極鼓勵相關的合作。
5. 智慧生活空間的研究其實不只是材料、結構及硬體設備的研究而已，也是軟體及服務的研究，我國的相關規劃應兼顧，不可偏廢。
6. 我國智慧生活空間的規劃應有更專業、更深入及的規劃，建議應花更充裕的時間把內涵及目標釐定清楚，再好好推動。
7. 此次參訪，同行成員雖分屬多個不同領域，但相處融洽，相信國內跨領域合作應有良好的機會。團長的事前安排及行程中的領導都讓此次參訪的收穫相當豐碩，是一次成功的考察。
8. 歐洲研究團隊主持人常聘用專任研究人員或博士後研究員作為研究主力（國內多以研究生兼職），而較少依賴研究生，基本上他們認為研究生（由其是碩士生）主要是來學習知識，而非專事研究。專任研究人員可使得他們的研究更為細膩及可靠，所得到之成果距產業應用或商業化也較為接近。歐洲研究團隊之所以能如此，與其研究案補助金額遠較國內優厚有關。國內一般之研究案補助金額（如國科會工程處）難以支付博士級專任研究人員。因此，國內之研究主力多為兼任之研究生，相較之下，研究成果較著重學術創新貢獻之部份，對於實作（implementation）部份則較為不紮實（因受限於時間與能力），最終之研究成果距離產業應用或商業化也較遠。
9. 歐洲研究成果除重學術創新外，對於實作及產業應用也做得很貫徹。研究作的很透澈，如 Eindhoven University of Technology 所作的建物維護管理之 4D 模擬，不僅考量 3D 建築、時間、與維護成本之 modeling，對於 4D 模擬之擬真影像如何減少畫面之接線痕跡，以及如何利用卡片（附晶片）直接於實體模型上操作都有很專業的著墨。
10. 歐洲研究團隊如 UNIMAT 其整合能力強，團隊成員跨許多領域，所參與之研究也涉及多個領域，他們也設立了跨領域與學程以利學生（準研究人員）作更好的準備，此點值得國內學習。
11. 歐洲研究團隊善於向國際人士介紹實驗室或團隊，會議的安排、簡報、研究成果展示及實驗室的參觀皆很有經驗。部份研究題目由博士生以英文簡報，表現亦不錯。此點值得我國學習。
12. 此次參訪之學術領域，歐洲各國（如芬蘭之土木或建築系）並無如台灣那麼多的大學或研究所，因此所獲得的政府補助、實驗室設備及空間資源都比國內各國立大學豐富，給與學生的訓練及對科技的暴露也較為充實，例如芬蘭 Edindhoven 科技大學的建築系學生便得以利用雷射切割機製作由不同曲線組合之複雜模型，使學生的創造力不再受技術的束縛。
13. 歐洲各國均強調科技整合。沒有傳統產業與高科技產業之分，只有產業生命週期長短之不同而已。
14. 歐洲是由很多小國家組成的，他們和台灣非常類似，強調新材料

與新工法之應用是值得我們學習的。

15. 大學訓練出的學生能馬上就業，並訓練學生將來能適應職場環境之變遷與衝擊，亦是值得我們學習的。
16. 歐洲各國強調永續化之觀念。他們把能源、污染、水、廢棄物等等溶入在設計、施工、營運的概念裡面，這是值得我們學習的。
17. 赫爾辛基科技大學的照明實驗室是個相當有特色的單位，照明研究顯然與芬蘭的天然環境直接關係，然其研究項目其實也與我們息息相關，只是平日不容易注意到罷了。其實更重要的是在天然環境的限制下，發展出特有的研究室的整個過程，值得我們借鏡。
18. 由本次參訪中，我們深深的體會到智慧建築已不再只是設備自動化控制的領域，而是從被動式管理系統走向主動式感知建築的領域，這樣的轉型對我國正在推動的結合高科技產業與營造建築產業，發展智慧生活空間的議題具有更積極且正面的啟發。
19. 本次赴雷汀大學的參訪行程，受到該校的重視及熱誠接待，並將本團的參訪消息公告在該院網站上 (<http://www.cme.rdg.ac.uk>，如圖 36)，他們的用心與重視可見一斑。該團隊的研究內容豐富，且不吝於提供最新的訊息與研究成果，其團隊在研究領域的專精與分享的精神著實令人敬佩，此行可謂收穫豐碩，滿載而歸。
20. 本次參訪團得以順利的完成任務，滿載而歸，應該感謝我國駐英國、奧地利、芬蘭等國辦事處事先的協助安排旅館與交通，甚至主動與受訪單位進行密切的接觸，解決了我們初到外地所面臨的許多難題。



圖 36 英國雷汀大學營建管理工程學院網站報導此行參訪紀要

## 十四、建議事項

根據調查結果顯示，台灣目前新、舊建築物所佔之比例約為 3%：97%，有鑑於此種現象，顯示目前國內營建產業正處於轉型階段，進入一循環型產業的發展型態。因此未來在新建建築物之規劃設計部分，設計者必須對應不同氣候、地理、生態、人文、歷史條件，以本土切入發展，提出因地制宜之解決對策，方能突破種種既有的窠臼，發展真正對應台灣本土氣候的永續發展策略；而對於舊有建築物的處理，則需利用綠色科技，整合建

築體、基地生態及室內環境品質，加以更新與再利用，延續舊有建築物之生命週期與價值，並以綠色科技技術來輔助產品與環境的改善，同時藉由跨領域整合—產、官、學、研、民共同努力與參與，對應本土之技術發展與產品開發，以建構出 e 世代之自然生態與高科技居住環境的共生生活模式。以下是此行的幾項建議：

1. 芬蘭 VTT 對泛土木領域的重視及其成就，值得我們的重視及借鏡。國內對應的工研院相較之下，完全沒有泛土木領域的相關單位。雖然國內另外有個營建研究院，然其規模及方向可再擴展及規劃，以發揮更大的功效。
2. 為因應全球發展趨勢，對於地球資源、能源如何能有效利用，確保生活環境之健康、舒適以及使用者之安全……等議題，應著手加以重視，藉由此次參訪英國、維也納、荷蘭及芬蘭等各國之大學、相關研究機構及單位，我們可以瞭解「以人為本」、「智慧科技」及「地球永續」這三項議題是未來全球發展之必然趨勢；學習歐洲各國之技術與經驗，促進國際交流，有效整合國內產、官、學界，提升整體研究、技術發展，建構一跨領域平台，落實新技術、新材料實際應用於日常生活中，以提升相關產業之產值，則是未來我們努力的方向。
3. 智慧建築乃是高度運用高科技產業技術的建築產業，其專業領域已非建築單一學門所能涵蓋，由本次參訪的雷汀大學智慧建築碩士學程的核心與選修課程中即可窺見智慧建築跨領域學門的多樣性與複雜性。然綜觀我國大專校院等正規教育體制中，尚無智慧建築相關系所或學程的開設，目前已開設智慧建築專題課程的學校亦是寥寥無幾，且多僅提供建築系所學生選修。因此，為發展我國智慧生活空間落實智慧好生活理念，建議應參考國外專業學程之架構，盡速研議我國在此領域的教育機制。
4. 智慧型建築的研究在國外已成熱潮，在國內著墨較少，建議應加強資源的投入。
5. 台灣即將邁入老齡化之國家，應多考慮老年人之行動需求，並研發提供安全的輔具，可降低老年人之受傷機率。如此可以減低我們健保的壓力，建議政府應注意人口老人化的問題並提早面臨提出對策老人安養應該社區化比較符合國人之風俗民情。
6. 材料科技是下一波的明星科技，影響相當深遠，此次參訪的 UNIMAT 等單位有紮實的研究成果，可加強我國與之的合作交流。
7. 照明科技可見到未來將成為重要的民生科技之一，其實也是具有潛力的產業之一，我國似甚合適發展此產業，可積極規劃相關的研究專案
8. 仿生科技已成為歐美各國熱門的研究議題，我國在此領域尚屬起步階段，尤其應用於智慧建築科技方面勢將有更大的空間，例如由人體皮膚的感官機制，如何啟發對建築物外層的智慧構想，或

是人體神經末梢系統的傳導與運作，如何應用於智慧建築的主動感知神經網絡等功能，均是未來可以投入研究的方向。

## 十五、參考文獻與資料

### A. 參訪資料

- 1、Taiwan Visit Presentation (ppt.) by Prof. Derek Clements-Croome
- 2、Challenges and Opportunities for Building Services in the 21<sup>st</sup> Century (ppt.) by Prof. Derek Clements-Croome
- 3、Biomimetics\_GJ\_Taiwan\_Nov05 (ppt.) by Prof. George Jeronimidis
- 4、IRC-introduction (ppt.) by Dr Lily Sun
- 5、MSc Intelligent Buildings Brochure
- 6、IDCOP-Consortium-Poster by Dr George Z. Chen
- 7、Ventilation Rates in Schools by Dr Zsolt Bakó-Biró & Dr Neena Kochhar

### B. 參考網址

- 1、<http://www.rdg.ac.uk>
- 2、<http://www.rdg.ac.uk/Biomim>
- 3、<http://www.cme.rdg.ac.uk>

### C. 參考書籍

- 1、” Intelligent Buildings”, Design Management & Operation, Edited by Derek Clements-Croome, Thomas Telford, October 2004
- 2、房礧、蘇嘉弘、蔡偉博，「法天地之造化—仿生科技」，科學發展，第396期，pp62~67，行政院國家科學委員會。

## 附錄一：「智慧結構、材料與生活空間研討會」議程表

舉辦日期：2005 年 12 月 23 日

時間	演講人及講題	主持人
09:00 - 09:15	開幕式 國科會工程處李世光處長 台大工學院葛煥彰院長	張國鎮主任
09:15 - 09:40	楊永斌教授 智慧結構、材料與生活空間的發展趨勢	郭茂坤組長
09:40 - 10:05	唐又新先生 國科會智慧生活空間科技跨領域研究推動工作 概述暨赴歐參訪感想	
10:05 - 10:30	溫琇玲副教授 下世代建築的願景—智慧建築	
10:30 - 10:50	Coffee Break	
10:50 - 11:15	曾仁杰副總務長 英國 UNIMAT 整合型虛擬研究所簡介	曾惠斌副主任
11:15 - 11:40	江哲銘教授 感知建築 (Sentient Building) 的建構與實踐— 永續『健』築發展新趨勢	
11:40 - 12:05	郭耀煌主任 從資通訊技術觀點探討智慧生活空間的發展	
12:05 - 13:30	Lunch	
13:30 - 13:55	曾惠斌副主任 芬蘭 Model home 智慧型建築及生活空間之簡 介	江哲銘教授
13:55 - 14:20	郭茂坤組長 芬蘭居家照護科技研究之簡介	
14:20 - 14:45	李有豐主任 以結構觀點探討智慧結構、材料與生活空間之 未來發展	
14:45 - 15:05	Coffee Break	
15:05 - 15:30	劉華昌主任 Living environment and health	楊永斌教授
15:30 - 15:55	李漢銘教授 ICT support to the smart living space - a case study of DDSS in TU/e	
15:55 - 16:20	綜合討論 閉幕式	



## 附錄二：參觀活動議程及活動記要

Date/Time	Destination and Agenda	Subject	Contact Information
11/20 (日) 09:20	Leave from Taipei (CKS)	BR 67	Arrive at London (LHR) 11/20, 19:10
11/21 10:30	UNIMAT c/o 2Heads, Research Support & Commercialization Office, University of Nottingham University Park, Nottingham, NG7 2RD  10.30 Coffee 10.45 Brief overview of UNIMAT 10.55 Taiwan Presentation 11.15 Discussion 11.35 Tours - various groups involved with UNIMAT 13.00 Lunch & networking 14.00 Close	Key person: Professor David Grant, Director of UNIMAT, [David.Grant@nottingham.ac.uk] Dr Kim S Elliott School of Civil Engineering University of Nottingham Nottingham NG7 2RD, UK tel +44 115 951 3887 fax +44 115 951 3898	School Mechanical, Materials & Manufacturing Engineering University of Nottingham Nottingham, NG7 2RD Tel: 0115 846 7814 Fax: 0115 951 3800
11/22 10:30	Prof. Derek Clements-Cromoe Innovative Construction Research Centre (ICRC) The University of Reading, UK  Agenda: 10.30 Welcome in Room 2S26 by Professor Derek Clements-Croome 11.00 Intelligent Buildings Research Group work 11.30 Biomimetics and Smart Materials by Professor George Jeronimidis 11.50 Interaction with Informatics Research Centr by Dr Lily Sun 12.00 Discussions with Researchers 12.30 Lunch 13.30 Presentations by NSC	Univ. of Reading 之營建管理研究是 歐洲地區首屈一指，尤其是 ICRC 實驗室更是著重於 Intelligent building, design of workplace, individual environment control, low energy in building...等研究。 Derek Clements-Croome [d.j.clements-croome@reading.ac.uk]	Helen Spence Construction Management and Engineering The University of Reading P.O.Box 219 Whiteknights Reading RG6 6AW Tel: 0118 378 6753 Email: h.g.spence@reading.ac.uk
11/23 09:30	Leave from London (LHR)	OS 452	

11/23 15:30	Prof. Herbert Mang President, Austrian Academy of Sciences	Prof. Mang 是奧地利國家科學院院長(等同我國中央研究院)，其個人專長領域為土木工程，希望介這次訪問可以了解歐洲地區工程領域之未來發展方向。	Prof. Mang's secretaries at the Academy at ++43-1-51581-1203 (Mrs. Wegmann) or at ++43-1-51581-1202 (Ms. Buechinger).
11/24 9:00- 11:00	Univ. Prof. Dr. A. Mahdavi Director, Department of Building Physics and Building Ecology, Vienna University of Technology Karlsplatz 13, Vienna, Austria <a href="http://www.bpi.tuwien.ac.at">www.bpi.tuwien.ac.at</a>  9.00 Welcome and Research Presentation Department of Building Physics and Building Ecology (Prof. Mahdavi) 9.45 Research Presentation Laboratory for Micro- and Nanomechanics of Biological and Biomimetic Materials (Prof. Eberhardsteiner & Prof. Zysset) 10.30 Research Presentation Faculty of Computer Science (Prof. Purgathofer, Prof. Gröller, Dr. Wimmer) 11.00 End of Visit	Prof. Mahdavi 是 Dept. of Building Physics and Building Ecology 系主任，其研究領域為 Building physics and technology, building ecology, human ecology, and building information.	錢思程先生 Chien, szucheng Tel: 069911719570  Doctoral student Department of Building Physics and Building Ecology Vienna University of Technology Karlsplatz 13 ,A-1040 Vienna, Austria
11/24 16:30	Leave from Vienna Schwechat	KL 1846	Arrive at Amsterdam Schiphol, 11/24, 18:35pm
11/25 9:00- 16:00	Prof. Bauke de Vries, Eindhoven University of Technology  09:00 – 09:15 Reception with coffee [Meeting room floor 9] 09:15 – 09:45 DDSS Research programme (Bauke de Vries) [Design Systems Lab.] 09:45 – 10:00 Human behaviour simulation (Vincent Tabak) [Design Systems Lab.] 10:00 – 10:15 4D CAD (Bauke de Vries) [Design Systems Lab.] 10:15 – 11:30 Coffe break [Design Systems Lab.] 11:30 – 11:45 MAS in Collaborative Design (Jakob Beetz) [Design Systems Lab.] 11:45 – 12:00 Measuring user Preferences with VR (Bauke de Vries) [Design Systems Lab.] 12:00 – 12:30 Visit Virtual Maquette (Sjoerd Buma) [Main building TU/e] 12:30 – 14:00 Lunch in University Club TU/e [Main building TU/e] 14:00 – 14:30 Structural Design Research programme (Bert Snijder) Structural Design		Prof. Bauke de Vries, Eindhoven University of Technology Vries, B. de [ <a href="mailto:b.d.vries@tue.nl">b.d.vries@tue.nl</a> ]  Marlyn Aretz Technische Universiteit Eindhoven Faculteit Bouwkunde - OntwerpSystemen Postbus 513 5600 MB Eindhoven Tel.: 040-2472262 Fax:040-2450328

	Lab.] 14:30 – 15:00 Visit SD Lab. (Bert Snijder) [Structural Design Lab.] 15:00 – 15:15 Coffee break [Structural Design Lab.] 15:15 – 16:00 Discussion collaboration TU/e – NSC (Bauke de Vries, Bert Snijder) [Meeting room floor 9]	
11/26 (六) 11/27 (日) 12:30	自由活動 Leave from Amsterdam Schiphol	KL 1169 Arrive at Helsinki Vantaa, 11/27, 16:00
11/28 8:30	Recent developments of building service technologies in Finland  “CUBE Technology Program” TEKES – Dr. Markku J. Virtanen, Director of Cube Technology Program (TEKES, The National Technology Agency ( <a href="http://www.tekes.fi">www.tekes.fi</a> ) Lonix Oy – Mr. Tuomas Koskenranta, CEO of Lonix Oy ( <a href="http://www.lonix.fi/en/index.shtml">http://www.lonix.fi/en/index.shtml</a> )  Meet with experts of Technical Research Center of Finland (VTT). Meet with faculty members of Helsinki University of Technology	Dr. Markku Virtanen Markku Virtanen [ <a href="mailto:markku.virtanen@take.fi">markku.virtanen@take.fi</a> ]
11/29 9:30	Site visit of public Elderly Care Center Riistavuori, a leading public Sheltered Housing and Care Service Center( <a href="http://www.hel2.fi/sosv/vanhukset/riistavuori/index.htm">http://www.hel2.fi/sosv/vanhukset/riistavuori/index.htm</a> ) Ms. Malla Hinttala, Director	公部門老年住宅。
	Pirjo Virkkala International Affairs Manager Tel +358 9 310 43078, mobile +358 50 593 3429, fax +358 9 310 43717 e-mail: <a href="mailto:pirjo.virkkala@hel.fi">pirjo.virkkala@hel.fi</a> City of Helsinki Social Services Department, Management and Development Centre, Strategy and Communication Services P.O.BOX 7014, FIN-00099 City of Helsinki Street Address Toinen linja 4 A, 11th floor Internet <a href="http://www.hel.fi/sosv">www.hel.fi/sosv</a>	
11/29 13:00	Architect – award Sendai project design Paatela-Paatela & Co. ( <a href="http://www.paatela-arch.fi">www.paatela-arch.fi</a> ) Mr. Mikael Paatela, CEO Address: Tapiontonri, 02100 Espoo	老年住宅建築之主要設計師。

	Tel: +358 9 4520 510		
11/29 15:00	Visit to Toimiva Koti, Model Home for Senior, exhibition ( <a href="http://www.hel2.fi/sosv/toimivakoti/index.html">http://www.hel2.fi/sosv/toimivakoti/index.html</a> )		未來智慧型生活空間樣品屋。
11/30 08:15	Leave Helsinki (HEL) Vantaa	AY 841	Arrive at Amsterdam Schiphol, 11/30, 09:45
11/30 12:35	Leave from Amsterdam Schiphol	BR 76	Arrive at Taipei 12/1, 10:50

### 附錄三：雷汀大學參訪行程

時間	行程內容	備註
10:30	Welcome in Room 2S26 by Professor Derek Clements-Croome	
11:00	Intelligent Buildings Research Group work by Professor Derek Clements-Croome	
11:30	Biomimetics and Smart Materials by Professor George Jeronimidis	
11:50	Interaction with Informatics Research Centr by Dr Lily Sun	
12:00	Discussions with Researchers	
12:30	Lunch 當天適逢Prof. Derek Clements-Croome在此領域工作滿50週年紀念，大家共同為他慶祝。	
13:30	Presentations by NSC 由楊永斌院長代表簡報	

### 附錄四：智慧建築研究團隊IBRG研究領域及內容

研究領域	研究內容
智慧建築 (Intelligent Buildings)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Design of Workplaces</li> <li>• Low Energy Consumptions in Buildings</li> <li>• Individual Environmental Control</li> <li>• Ventilating and Air-conditioning of Buildings</li> <li>• Indoor Air Quality and Alternative Approaches to Heating</li> <li>• Embodied Sensor Systems</li> <li>• Life Cycle Costing</li> <li>• Knowledge-based Building Lifespan Performance Assessment</li> </ul>
資訊學 (Informatics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Information Systems</li> <li>• Intelligent Agents and Collaborative Computing</li> <li>• Computer Vision</li> <li>• Machine Learning</li> <li>• Robotics</li> <li>• Smart Sensors</li> <li>• Knowledge Management</li> </ul>
創新領域 (Innovation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Buildings Materials</li> <li>• Novel Design and Construction Technologies</li> <li>• High-efficient Logistic Support Analysis</li> <li>• Management Information Systems</li> <li>• Decision Support Systems</li> </ul>

(資料來源: Intelligent Building Research Group Brochure)

## 附錄五：智慧建築碩士學程核心課程名稱與內容

課程名稱	課程內容	備註
智慧建築的概念、策略和管理	主要探討智慧建築的發展歷程、構成部分、管理和財務過程以及智慧建築將來的範圍	
房屋系統、建築及人	人為因素、被動和主動的環境控制與大樓工程系統	
資訊技術和通信系統	於設計和建造過程實現無所不在的環境並能應用於改善建築物整體效能	
智慧建築設計	建築物的構造設計、智慧建材、建築物外殼和建物服務	
財務分析和投資估價	採購發包過程、背後財務分析與生命週期費用	

(資料來源:Taiwan Visit Presentation (ppt.) by Prof. Derek Clements-Croome)