

# 智慧建築

鄭泰昇

國立成功大學建築系系主任・國立成功大學建築系教授



什麼是「智慧建築」？智慧建築與一般建築有何差異？智慧建築應該具有哪些功能？什麼是智慧建築的核心價值？智慧建築與綠建築的關係為何？哪一些是智慧建築的創新議題？本文將從智慧建築的幾個案例，探討智慧建築的核心價值、發展歷程與時代性意義，從功能性、使用性與政策面，探討智慧建築的創新議題，台灣政府目前推動的智慧建築的挑戰。

## 智慧建築的崛起

什麼是『智慧建築』(Smart Buildings)？簡單的說，就是將資通訊(ICT)科技整合到建築物，擴增建築物管理的效能與使用者居住的品質，從大方向來說，就是以科技擴增建築的智慧(Augmented Intelligence)，目標可以分為二大方面：「人」與「環境」；在「人」的方面，乃是利用網路科技提供智慧化服務，裨益於提供安全、健康、便利與舒適的生活輔助功能；在「環境」的方面，則是善用感測科技與自動化設備，提昇永續節能、安全防災與設施管理的效能。很顯然的，智慧建築的發展與資通訊(ICT)科技產業息息相關，但是如此的連結關係，很容易讓人誤解智慧建築就等於是資通訊(ICT)產業的實驗平台，過去產官學界一直缺乏智慧建築本體的論述，如今我們有必要從現代建築運動的角度來審視過去智慧建築的發展。

回顧過去的歷史，在1933年，美國芝加哥

主辦了一個以建築、科學、科技與交通為主題的世界博覽會，博覽會主題為「進步的世紀」(The Century of Progress)，世界博覽會中有一個「明日屋」特展(Homes of Tomorrow)，揭開發表當時的明日科技，包括預鑄房屋及太陽熱能等房屋科技，這個展覽也揭櫫了新科技建築的整合目標，而就在同一年間，1933年芝加哥科學與工業博物館(Chicago Museum of Science and Industry)開幕啟用，立即成為北美州最大的科學博物館，強調真實的體驗，博物館陸續將二次大戰德國潛水艇U-505、聯合航空客機波音727、行駛過丹佛與芝加哥間的拓荒者號火車、真實煤礦坑等，整個生活科技搬進館內讓民眾參觀體驗，直到2008年，博物館剛好慶祝開館75週年，延續1933年「明日屋」特展(Homes of Tomorrow)的生活科技主軸，博物館策劃一個新世紀的未來屋，展示新科技、新材料對未來的影響，特展主題定為：『智慧住宅=綠色+連線』(Smart Home=Green + Wired)，一個新型態的智慧住宅，從此定調成為綠色與網路的整合平台，揭櫫了21世紀智慧住宅的新時代運動。

芝加哥科學與工業博物館的『智慧住宅=綠色+連線』，主要是將一幢造價超過五十萬美元的二層樓建築物，以預鑄的方式實體搭建在博物館的內部中庭，透過建築師的設計概念，永續健康、節能減碳的特殊設計構思與構築，建築物的電力、雨水處理都有智慧型的監控設備，自動化



圖1 作者於2008年攝於芝加哥科學與工業博物館的『智慧住宅=綠色+連線』

設備配合博物館周圍的自然生態庭園，在博物館的內部中庭塑造一個小型自己自足的生態圈；智慧住宅內部，搭配有光纖網路、遠端遙控、自動化設備、以及不同尺寸的LCD螢幕，可以監控能源損耗，並且遠端遙控住家的電器設備，這一個策展，揭開了新世紀兼具綠色與科技智慧的新世代智慧住宅運動的序幕。

2011年世界建築盛會WAF(World Architecture Festival)於西班牙舉辦，世界建築盛會是全球建築最大的盛會，每年會票選當年全球最好的建築，頒發WAF獎，2011年票選揭曉答案是：西班牙巴塞隆納Media-ICT建築物，由Could9建築師Enric Ruiz-Geli所設計，Media-ICT位於西班牙的巴塞隆納的一個特定區，西班牙政府針對一個老舊工業區轉型成智慧綠能的新興發展區，特地成立22@Barcelona計畫，園區內充滿了各式各樣的實驗性建築，Media-ICT就是一棟運用最新科技建造的建築物，相當於台灣的創意育成中心，內容包括

辦公、展覽與工作坊，是一棟視聽傳播與資訊技術交流中心，除了拿到2011WAF世界建築獎，同時也獲得歐洲網結構大獎，以及LEED綠建築金獎，目前已經成為西班牙巴塞隆納的地標建築。

Media-ICT最大的特色，乃是帷幕牆隔熱系統，外牆看似一棟充滿會呼吸的充氣薄膜組成，充氣薄膜表面是一層塗有鐵弗龍(ETFE)的透明薄膜，鐵弗龍(ETFE)學名為聚氟乙烯，具有抗壓、保溫、隔熱、會呼吸、自潔、鍍點節能的功能，鐵弗龍膜材的厚度通常小於0.20mm，是一種透明膜材，2008年北京 奧運會國家體育館水立方立面材質就是鐵弗龍材料。Media-ICT立面的充氣薄膜具有三層的材質，第一層是透明薄膜，第二層與第三層剛好是互補的形狀，本身是可以膨脹的，內部裝置有感應器，當夏天戶外溫度升高，感應器啟動表層ETFE膨脹，第二層與第三層合而為一，創造出一個氣囊，隔絕外部光線產生室內陰影，阻擋紫外線的穿透及戶外熾熱的陽光，有效減少55%的二氧化碳；冬天則相反，ETFE薄膜會展開吸收太陽光，並藉以保暖提高室內溫



圖2 2011世界最智慧、最綠的建築Media-ICT (WAF 2011: World's Best Building of the Year) (作者攝於2010年施工中)



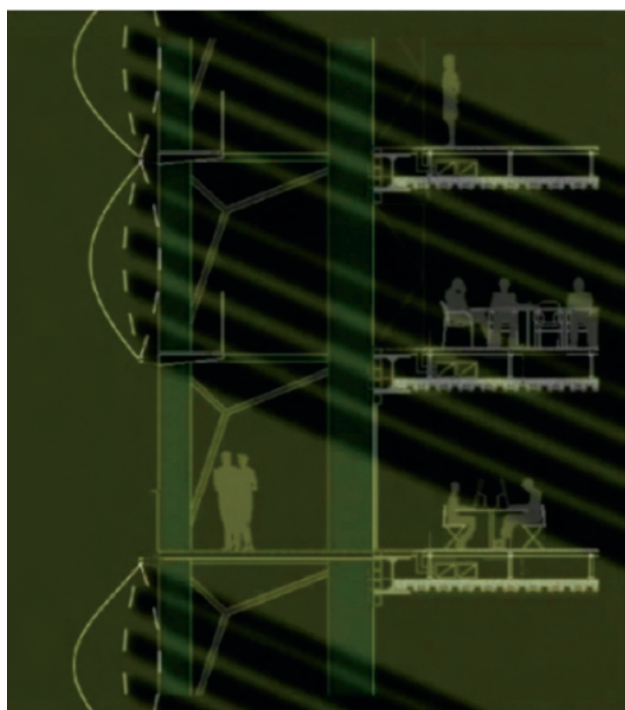


圖3 鐵弗龍(ETFE)充氣薄膜創造出一個具有可調適、自主反應的建築皮層(<http://www.ruiz-geli.com/>)

度，這種具有可調適、自主反應的建築皮層，既是創新性的智慧建築，也是符合歐洲規定的綠建築規範，重新定義建築表層的材料與構造型式。

除了立面材質的革命之外，Media-ICT建築體的大型空間內部裝置有300顆感應器，可以根據人潮、自然採光狀況來開啟與關閉，減少用電量，預期節省75%的照明用電，建物裡外都塗上特殊的螢光綠，仿水母一般，讓建築物在夜晚時可發光，降低照明使用量，另外還有太陽能發電系統、海水冷卻系統回收循環利用，減少建築物耗能，降低室內排碳量，Media-ICT不僅得到LEED綠建築金獎，也形塑造當代智慧建築融合綠建築革命的新典範。

### 智慧建築的三個時代性意義

從建築學術理論上來說，智慧建築的發展，經過了三個時代的變遷：

#### 1. 自動化=智慧建築

智慧建築的發展，最早的研究可以推到1960

年代，美國學者Nicholas Negroponte 首先提出將自動控制學(Cybernetics)應用到建築上，主張應該將電腦的運算能力與建築設計整合，於是1967年在MIT成立建築機器小組(Architectural Machine Group)，1985年正式成立MIT Media Lab，雇用大量跨領域的學者，從事創新設計科學的研究，但是此階段的研究，主要是人機介面與設計過程自動化的研究，以The Architecture Machine為代表作；另外一位美國學者Charles Eastman教授接續在1970年代，提出可調適建築(Adaptive-Conditional Architecture)的概念，認為建築應該必須根據使用者的即時回饋調適空間的功能；接續的學者John Frazer教授延伸Cybernetic Architecture的主張，提出建築的進化論(An Evolutionary Architecture)，第一個將電腦科技從設計過程應用到建築體，最有名的例子是將每一個磚塊，做成為一個具有電腦晶片的連接體。不管如何，這個階段的研究，將建築視為一部機器，利用電腦擴增建築的自動化，這一時代的智慧建築就等於一部機器，強調的是自動化與電腦的運算能力。

#### 2. 物聯網=智慧建築

1990年代初期，美國學者Mark Weiser在科學人雜誌(Scientific American)提出「遍佈運算」(Ubiquitous Computing)的概念，主張電腦應該退居幕後，無所不在的遍佈在生活的每一個層面，於是近二十年來，電腦開始以各種不同的形式、尺寸進入生活中，從都市、建築、空間、產品都開始出現嵌入式電腦的影子，當各種電腦物件以網路互相串連，建築空間的自動化系統，於是進入了「物聯網」的時代，智慧建築演變成感測器與空間物件相互串連的網路，這一時代的智慧建築就等於是物聯網，強調的是建築設備與網路的連動關係。

#### 3. 永續互動=智慧建築

當21世紀永續成為建築的主流價值，智

慧建築開始朝向永續的方向發展，一個因地制宜、能自主調適、主動反應氣候變遷的智慧建築體，成為學界研究的方向。美國學者Michael Fox教授適時在此時提出「互動建築」(Interactive Architecture)的概念，強調電腦可以擴增建築物的主動反應機制，達到綠建築節能的目標，在這一階段性的發展，開始重新探索智慧住宅、智慧辦公室、智慧學校等不同應用領域的可能性，因此可以說這一時代的智慧建築就等於是永續互動，強調的是建築空間的永續節能、創新材質與介面互動設計。

## 智慧建築，台灣的未來？

在電子通訊科技產業與生活空間整合的智慧型平台逐漸成型之際，『智慧建築』的研究，從自動化、物聯網、到永續互動的發展歷程，願景目標從自動化控制、安全監控感測、智能家居服務、到智慧城市，瞬間成為全世界學術界與工業界朗朗上口的產業研究課題，台灣政府也於2006年行政院科技會議後推出『智慧台灣』成為整體施政的目標，內政部順勢推動『智慧建築』標章，找來一堆的資通訊廠商推出Living3.0智慧生活體驗屋，接著IBM即時喊出『智慧星球』(Smarter Planet)的願景，突然之間大家語不驚人死不休，好像掛上智慧二個字，就彷彿建築與生活問題就立刻得到解決，但是不管是提出什麼樣的願景，大家要問的是：為什麼是『智慧建築』？

最近流傳一個笑話，就是一個行政院高階顧問獲邀到一棟獲得內政部智慧建築標章的建築物訪視，從頭到尾巡視過一遍之後，突然發問：『我怎麼感覺不到智慧在哪裡？』這事件凸顯了一個基本問題：智慧建築，人民無感！不管是『智慧生活』、『智慧建築』、『智慧台灣』、『智慧城市』、『智慧星球』，大家只聽到不同

的名詞，到底核心價值是什麼？這是基本上必須要面對的問題。

目前有必要重新審視『智慧建築』的幾個基本概念與未來研究課題，包括：

智慧建築的定義？智慧建築與一般建築之差異？

目前智慧建築設計預期性能與實際使用之檢討比較(如何讓使用者有感？)。

規劃國內未來智慧建築研究之方向與創新課題。

## 台灣推動智慧建築標章的挑戰與問題

內政部建築研究所編列的『智慧建築解說與評估手冊』(2011年版)，開宗明義說明『智慧建築標章』設置目的，包括(1) 節能、節約人力、降低建築營運費用、(2)生活科技與建築產業異業結盟，提昇產業與國家競爭力、(3)優質居住空間品質的保障。針對這三個目的，我們審慎評估當代智慧建築標章以及評定執行方法，發現政府推動智慧建築將近十年來，有幾個潛在問題與挑戰：

1. 缺乏核心價值：基本上推動智慧建築或是執行評定建築標章，應該要先了解智慧建築的核心價值，一些基本的問題：包括推動智慧建築的目的是為了提昇資訊產業、還是建築產業？還是為了台灣的資通訊科技產業尋找升級出路？如果是要提昇資通訊產業，建築本體的價值何在？如果目的要提昇建築產業，只是將資通訊設備置入現有建築物，如何算是智慧建築？

本研究探討智慧建築的核心價值，應是：

- 因地制宜營造環境永續
- 創意研發驅動智慧生活
- 智慧生活提昇生活品質
- 智慧載體提昇產業研發能量

簡單來說，如果智慧建築無法達到因地制

宜、環境永續、生活品質提昇、以及創新產業研發，只是一味地將資通訊設備置入現有建築物，非但無法達到民眾的需要，只是虛耗成本，無法達到智慧建築的核心價值。

2. 產業無法升級：過去因為缺乏對於智慧建築的核心價值的了解，以致於在智慧標章的制定上，缺乏對於產業升級的要求與誘因，例如現有的智慧建築配備有多項的智慧型設備，卻都是資通訊市場現有的產品，更甚者是業者逐步引進或是購買外國的技術設備，直接安裝在完成的建築體上，目前普遍所有的智慧建築申請案，大多是仿照過去通過的案例設備大部分照單全收，缺乏創新研發的結果，導致全部的智慧建築都安裝相同或類似的設備，即使智慧建築標章勉強達成異業整合的初步階段性目標，台灣的產業轉型依舊停留在原點。

3. 智慧建築標章偏重設備項目，缺乏創新設計應用：目前的智慧建築標章，包括八大項：綜合佈線指標、資訊通訊指標、系統整合指標、設施管理指標、安全防災指標、健康舒適指標、便利貼心指標、節能管理指標，超過三分之二的指標是指向設備應有的項目，可以理解的是，從標章制定評定建築設備項目，是最客觀、最容易執行的方式，但是如果仔細檢視目前智慧建築標章執行的方法，發現有許多設備是原本現代建築就應該要做到的，例如自動化消防設備、防災設備等，卻有些是原本不需要的資訊設備，為了通過智慧建築標章，業者硬加上去的，例如網路Netmeeting，這些資訊設備的建置，都缺乏以『使用者為中心』的創新應用與設計，只是虛耗成本，根本達不到因地制宜的目標。

4. 標章規定太細項，評定作業繁瑣，廠商缺乏創新的誘因：主持人曾經參與智慧建築標章的現場評定作業，大部分的時間都是在檢視建築申請案是否有配置申請的設備項目？所有的標章

評定項目，都是列舉清單（Checklist），有就打勾，沒有就打差，甚者，裝配有某特性功能品牌的設備，因為功能較多，可以自動化連動，所以分數較高，不然分數較低，因為標章審核缺乏因地制宜、因使用者而異的概念，可想而知在未來十年內，政府大力推動智慧建築標章之後，所有的智慧建築申請案，會變成都是用同一家廠商的設備規格、產品與服務，因為只有這樣最容易通過審查，如果是這樣的情況，絕對不是當前政府推動智慧建築標章所樂意見到的結果，如果我們今天預知未來可能發生的問題，就應當要回頭過來，重新審慎評估目前的智慧建築標章與審查機制。

5. 缺乏因地制宜、因人(使用者)而異的評定機制，導致虛耗成本：目前申請智慧建築標章的業者，經常因為要拿到智慧標章，至少需要四各大項合格通過，所以裝置很多使用者不需要的設備，或是設備裝在不洽當的位置使用，例如某智慧建築是出租補習班業者，將Netmeeting網路設備裝在管理階層的會議室內，展示其可以與公司管理人員連網通訊，令人懷疑的是居住在同一個城市的公司人員，為什麼要一起開視訊會議？從另一方面來想，補習班業者本身可以利用視訊會議的應用研發，開創補教業者的新型教學傳播方式，變成台灣獨特的教學產業，可惜業者卻沒有展示多少的研發成果，原因是智慧建築標章與創新研發脫節，一味地只要求業者安裝設備，評審也只根據評定準則檢視是否具有此項設備，至於如何使用或是如何的創新研發，就付之闕如無關緊要，導致智慧生活淪為空談。

6. 智慧只是噱頭？不符合使用者需求：如果智慧建築只是噱頭，用來提昇房屋的價值以招攬買主，這樣的智慧建築是不會永續的，因為消費者不需要的東西，或是不符合使用者需求的設備，用過一次不好用，以後就不會再用第二便，



所以智慧不能只是噱頭或廣告詞，必須真實符合使用者的需求。

7. 資源浪費，形成產業空轉：如果使用者不需要，卻又為了得到智慧標章而安裝一些不必要的設備，相當於資源浪費，這些設備在房屋的建築生命週期中，到底使用者會使用幾次？在什麼情況會用？下一次購屋時會不會成為考慮的因素？這些都需要經過長時間的調查。

8. 人民無感：一棟房屋如何讓人們進入後，或是在外觀上，讓人立即感受到『智慧』？『人民有感』聽起來很膚淺，卻也最直接的方式，符合市場需求的判斷法則，目前的自動化設備都是嵌入在建築物內、安置在管道間、或是在設備機房，若非經過一番解釋，很難理解智慧(或自動化)在哪裡？除非是設置一間中央控制室在大廳當中，讓人進出看到大型的監控螢幕，但是這樣的作法，並不能徹底解決智慧建築的問題，真正的智慧建築應該要讓人在空間中，立即感受到智慧化的程度，這些感受不一定是主動侵入或是各個子系統聯動，引入『智慧建材』的概念，也是一個很有效的方式，建材不一定指的是建築的材料，也可以是一種抽象概念的實驗產品，例如會呼吸的牆。

『智慧建築』到目前為止也是成效不彰，並沒有達到預期的目標，也到了該回顧檢討的地步了。

目前的問題是『智慧建築標章』的推動到現在，依舊是人民無感，建商猶豫不敢投資，學界對於智慧建築的定義也莫衷一是，現今建築界對於『智慧建築標章』的反應，多是增加設備的投資成本，卻是使用者無感，建築也沒有因此而提昇其價值，因此缺乏投資的意願；更嚴重的是，『智慧建築』與『綠建築』之間的關係模糊曖昧，導致在標章的制定上難以釐清，整體來說，欲以『智慧建築』帶動最後本文要說的是：創新是台灣唯一之路，我們必須大聲疾呼產官學界重視建築的創新研發，政府對於『智慧建築標章』設定，必須重視『使用者情境』(use scenario)，而非『設備』，以『智慧建材』取代『智慧設備』的評估準則，強調『創意研發』，取代設備或佈線項目，重訂評選機制，增加評定彈性/因地制宜的條件，同時加強智慧建築與產業創新的連結，台灣何時出現類似Media-ICT的智慧建築，就可以與世界同步接軌，創新產業的平台就形成了。



## 創新，唯一之路

因應台灣整體生活型態轉變與未來社會結構變遷的趨勢，ICT科技與智慧生活平台逐漸形成之際，政府自2006年起，積極推動『智慧生活空間』的概念，意圖以建築物為載體，導入ICT科技、與網路技術、材料及產品之生活應用，『智慧建築』於是被賦予火車頭的角色，希望藉由『智慧建築標章』的制定，提昇台灣整體產業的整合競爭力，進而加速台灣產業的轉型。但是隨著政府『二兆雙星產業』的泡沫化，民間對於政府過去嚴重浪費社會資源的聲浪應生而起，『智