



# 為什麼「智慧建築」比「聰明建築好」？

交通部中華技術服務社 顧問 劉時森老師  
兼台灣區電信工程工業同業公會 技術諮詢顧問

智慧建築 (Smart Building) 這個概念存在已久。直到近代，概念裡的運作才被落實。2016年RCR無線新聞網 (RCR Wireless News) 刊出一篇由科學家菲利普崔西 (Philip Tracy) 所寫的「智慧建築是什麼？帶給你什麼好處？(What is a smart building and how can it benefit you?)」<sup>1</sup>一文裡定義智慧建築：是利用任何自動化流程控制建築物運作的結構，包括暖氣、通風、空調、照明、安全、及其他系統。

## 壹、資通訊產業發展史

菲利普崔西定義智慧建築時，資通訊業已經歷一場技術發展一段如下述的歷史：

### 一、數位革命

1940年代末，電晶體為數位化通訊鋪上了革命的道路。1951年世界第一台電腦問世，是後來建築智慧化不可或缺的因素之一。接著1960年代中期出現ARPANET<sup>2</sup>，從軍事用途演變成今天的網際網路。

1. <https://www.rcrwireless.com/20160725/business/smart-building-tag31-tag99>

2. Advanced Research Projects Agency Network由美國國防部高等研究計畫局 (ARPA) 於1960年代末期開發。



## 二、1970年代的環境變遷

1960年代末期，加州海岸發生漏油事件<sup>3</sup>，民眾開始注意環境生態，心態變得很“環保”。美國政府隨後推出相關立法，推動生態基礎建設，稱為“綠色建築”運動。70年代，能源危機油價大幅上漲，環境問題日益嚴重。智慧建築就是在這種思維的轉變下，奠定了一個基石。

## 三、1980年代的重大進展

環保觀念與技術的進步促成建築系統自動化的誕生。1981年，聯合科技建築系統公司（United Technology Building Systems）<sup>4</sup>將其命名為「智慧建築」，主要用於控制暖氣、通風和氣流（暖通空調系統），能耗極低且建築效率更高。80年代也帶來了其他重大科技進步，例如手機和個人電腦，這些都成為未來智慧建築的重要面向。

## 四、房地產熱潮

1980年代全球出現了房地產熱。新建築的需求相當高，智慧建築發展正逢其時。不過，這時期的建築是「自動化」，僅包含一些建築智慧化的核心元素而已，只能稱為“聰明建築（Intelligent Building）”，談不上是真正現代可以連網互動的「智慧建築（Smart Building）」。

## 五、90年代與世界廣域網路（World Wide Web，WWW）

1991年網際網路從軍用開放給民眾使用。改變了人們許多的生活面向，如上班方式、溝通方式、生活方式、與科技互動…。企業與客戶產生數位連結，關係更為緊密。辦公場所開放，人與人之間積極互動。不知不覺與房地產相呼應：節能。

## 六、21世紀的智慧建築

隨著網際網路的普及，前述的「聰明建築」在2000年代被昇級成為「智慧建築」。人們強烈的環保意識趨使下，建築物漸漸的引入智慧運用，帶來不少環保的好處，越來越多的智慧建築在市場出現。

智慧建築的主要優點之一是其適應變化的能力。例如，許多智慧建築利用雲端運算，能大幅降低建築的碳足跡。隨著科技進步，智慧建築將持續善用這些發展。

3. [https://www.bing.com/search?pglt=393&q=1969+CALifornis+Oil+Leakage&cvid=af5cfae734a9412abc215c5441d3bbe4&gs\\_lcrp=EgRIZGdIKgYIABBFgDkyBggAEEUYOdIBCTE1ODIlyajBqN6gCALACAA&FORM=ANSPA1&PC=SCOODB&source=chrome.ob](https://www.bing.com/search?pglt=393&q=1969+CALifornis+Oil+Leakage&cvid=af5cfae734a9412abc215c5441d3bbe4&gs_lcrp=EgRIZGdIKgYIABBFgDkyBggAEEUYOdIBCTE1ODIlyajBqN6gCALACAA&FORM=ANSPA1&PC=SCOODB&source=chrome.ob)

4. 聯合科技公司（United Technology Corporation, UTC）是一家美國跨國企業集團，總部位於康乃狄克州法明頓。該公司在多個領域研究、開發並製造產品，包括飛機引擎、航空航天系統、暖通空調、電梯與手扶梯、消防與安全、建築自動化及工業產品等。



## 貳、什麼是智慧建築？

智慧建築是整合多種系統，以協調方式有效管理資源，把技術效能、投資與營運成本節省、建築運作彈性最大化。

你可能聽過「某人聰明到不行」這句話，但你很少聽過「某人智慧到不行」這句話，是因為聰明與智慧之間有明顯的差別：聰明對“事”，智慧對“事和人”。

「聰明建築」與「智慧建築」的差異在於，聰明建築只會依照使用者的意圖設定系統運作。然而，智慧建築除了適當的感應與處理能力之外，還能自行感測並自行編程執行其認為最適合人生存的最優行為。

為達成此目標，建築必須具備相關的感測能力，儘可能的吸收外部環境數據，透過適當的資通訊路徑將資料傳回建築物的「控制室（大腦，可設於現場或雲端）」，藉由大腦中的機器學習演算法處理，再決定最佳行動。接著，行動指令透過相同的通訊路徑傳回相關系統執行。

### 一、智慧建築的現況

我們要如何透過智慧建築來庇護人類？可以透過數位化來實現新、舊建築的智慧化，將影響建築運作與維護的因素即時測量，轉化為數位訊號，傳回控制室的大腦進行分析並納入管理，使建築物更節能永續。

討論智慧建築時，四個關鍵領域需要考慮：

1. 健康與安全—空間的設計是否提升居住者的福祉狀態？如果住戶感到安全，且環境設計能提升他們的心情與生活品質，他們的生產力將更高。COVID-19過後人們重返辦公室，這點更為重要。
2. 永續性—空間是否達到減少碳足跡所需的效率？這是個利人利己的主題，不僅節能且降低維護成本，提升建築業主的生活，也為廣泛的民眾帶來環境、經濟、及社會上的益處。
3. 韌性—空間設計是否考量未來？經得起時間的考驗？現今的建築設計壽命可達150年以上。我們不知道未來還有哪些創新或技術被發現，但我們可以規劃一個可以處理建築物未來資通訊基礎架構，能夠處理未來資訊流量也可以搜尋IP位址。
4. 經濟學—沒錢很難做事。對建築物而言金錢就是價值，而建築物透過本身的“聰明”可以獲得價值。不過，需要投資才能收穫利，需要創新的融資讓建築業主能將建築升級為“智慧”建築。

以上四個領域可以透過建築自動化（Building Automation）來解決。問題是，現今的建築自動化主要建置在封閉且孤立的系統，包括暖通空調、照明、門禁控制、火災警報、電梯、及入住偵測等。各自獨立運作，不相互影響或驅動其他系統。形成“孤島系統”，效率低下導致碳足跡增加。

## 二、為什麼我們需要智慧建築？

就從全球的宏觀趨勢（Macro Trend）談起，也就是都市化和氣候變遷。

都市化是指全球人口，為了更好的生活方式而從農村地區遷移到城市。城市不僅提供就業機會，還能方便地取得商品、服務、醫療、和教育。估計到2050年，全球超過65%的人口將居住在都市環境中。預計全球建築樓板面積將於2060年翻倍，相當於每月新增一個紐約，持續40年。

氣候變遷是指全球或區域氣候模式的變化。從20世紀中後期氣候變化開始明顯，主要歸因於化石燃料的使用導致大氣層的二氧化碳濃度增加。國際能源署（International Environment Association）估計全球40%的二氧化碳排放可歸因於建築物，其中28%是來自建築物的運作與維護。更糟的是，目前建築使用的能源中有50%被浪費。近年來，建築中的能源消耗及二氧化碳排放隨著越來越多建築物啟用而增加。除非提升能源效率，否則建築對環境的影響只會每況愈下。

全球各國政府都提出因應氣候變遷政策。台灣國家發展委員會於2022年3月30日會同環保署、經濟部、科技部、交通部及內政部，召開「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」聯合記者會，正式對外公布臺灣「2050淨零排放路徑及策略」，其中淨零建築階段里程碑如下（圖2）：

- 2030 年：公有新建建築物達成建築能效1級或近零碳建築；
- 2040 年：50%既有建築物更新為建築能效1級或近零碳建築；
- 2050 年：100%新建建築物及超過85%建築物為近零碳建築。

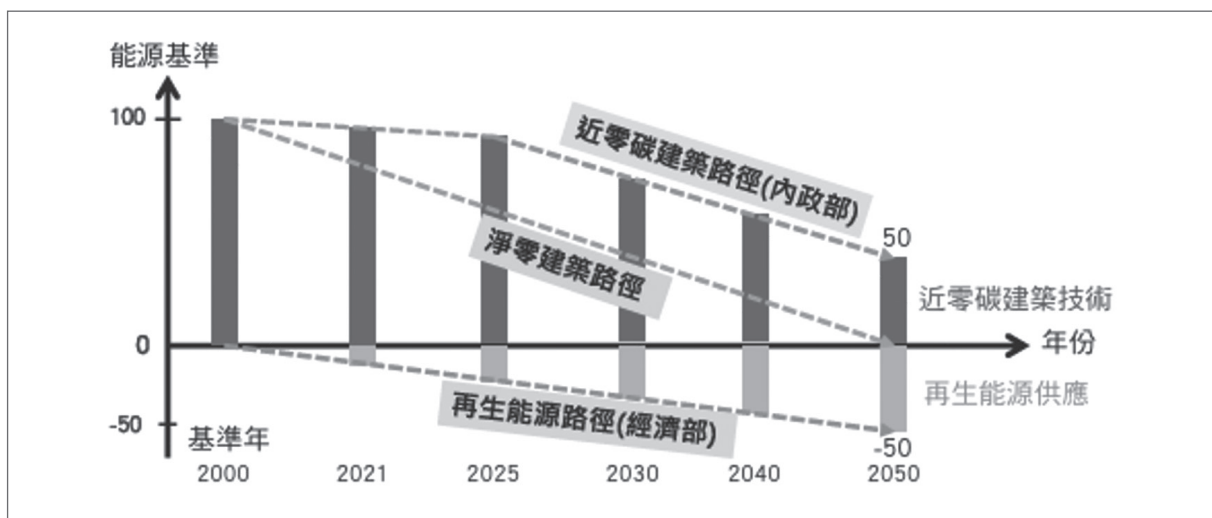


圖1 台灣淨零建築規劃概念圖

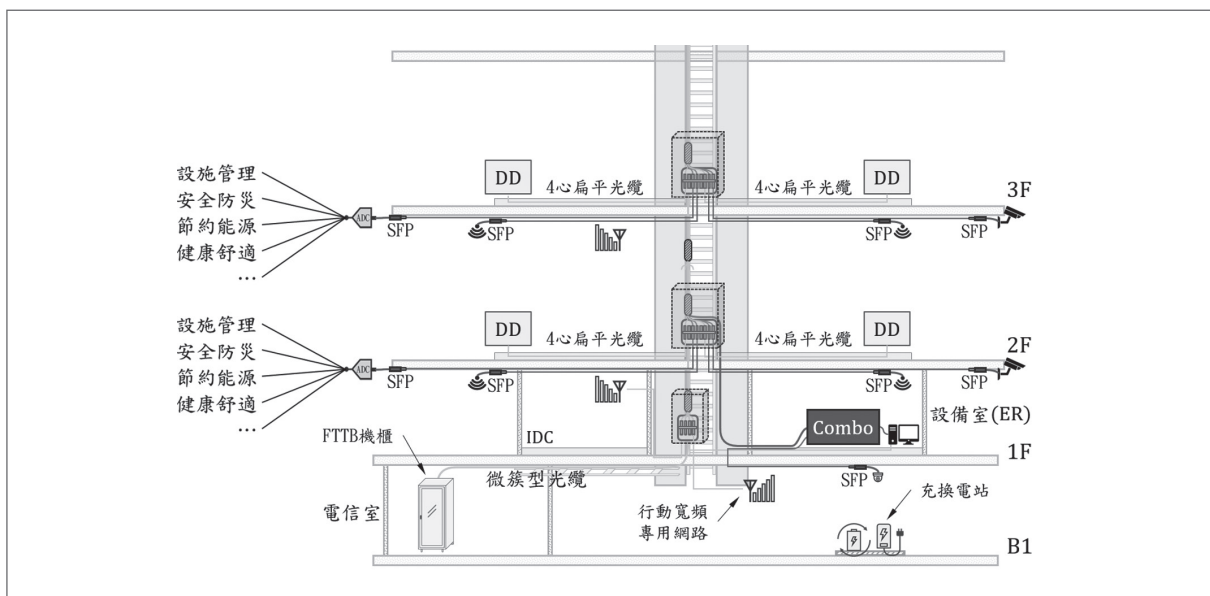
資料來源：「淨零建築路徑規劃及推動策略」內政部建築研究所

台灣的建築物的形態正在改變。為節省二氧化碳量，建設公司強調更綠色、更健康的建築，將透過大規模的建築數位化與資通訊數位化，讓智慧一路延伸到邊緣節點，收集更多智慧數據，並在多個建築系統中產生更具可行性的洞察，讓每棟建築都能微調與優化效能，確保最大能源效率與永續性。

### 三、如何實現智慧建築？

現今大多數建築都有建築管理系統（Building Management System，BMS）。這些系統包含與其功能相關的獨立子系統：照明、暖通空調、門禁控制…等皆是。要讓這些建築變得智慧，不是只把這些系統換新，還要建造新的基礎設施，成本相當高。

半導體產業也有責任推動以技術改造市場，將現有基礎設施數位化，並互連獨立建築系統。下圖是目前台灣智慧建築網路的架構示意圖，骨幹及水平已光纖化而且已上雲端，是一個很好的智慧及環保範例，已將多種技術與通訊協定把傳統BMS系統轉變為智慧建築。



圖二 台灣現在智慧建築網路架構

乙太網路是很普遍的區域通信網路，讓我們的日常生活和企業能夠傳送高速率數位資訊，但它仍有距離和網路支援結構上的限制。如果乙太網路能用簡單的電纜（例如單雙絞線）在1公里範圍內藉由結點的IP將數位信號提供到雲端無縫連接，整合IT與OT領域，則可打破前述BMS的孤島效應。



10BASE-T1L協定允許雲端無縫連接到邊緣節點，透過節點的IP可即時控制操作智慧建築裡的系統是個關鍵。因為網路簡單，資料易於彙整與解讀，安裝與維護也簡化，成本隨之降低。換句話說，現在我們可以在過去只能用簡單類比感測的地方加入智慧，藉由邊緣數位化產生智慧數據，乃至整棟建築數位化。

10BASE-T1L於2019年獲IEEE認可為802.3cg。此標準的關鍵是透過單一電纜提供電力與資料，傳輸速率10 Mbps。此處的電纜為單絞線，傳輸距離為1公里。也可以使用現有的雙絞線電纜。

與現有基礎設施和RS-485<sup>5</sup>相比，10BASE-T1L可以在1公里距離內以穩定的速率傳送資料，大幅提昇資料傳輸性能。此外，10BASE-T1L節點數量可無限，而RS-485則限制在256個。另一個大優勢是能在同一對雙絞線上提供最高達52W的電力，類似POE，而RS-485則僅限於所謂的“通信弱電功率”。

然而，RS-485在特定情境下仍具建築自動化的地位。10BASE-T1L提供無縫的IP連結到雲端，可與RS-485及配置的軟體並行運作，適用於舊架構。建築物也不可能一夜之間完成數位轉型，因此10BASE-T1L需要與現有系統並行運作一段時間。

標準對10BASE-T1L有1公里距離的限制，但對於使用屏蔽與非屏蔽電纜並無限制，這意味著網路線佈建後是可以改裝的。不過，能確實瞭解電纜1公里中的問題所在位置才是重點。任何BMS系統營運商都知道安裝、測試、及維護一條長達公里電纜系統所需的工作量。10BASE-T1L能實現此功能，因為它能進行合規性與鏈路品質測試，並能執行電纜安裝與維護的測試。

#### 四、結語

將建築智慧化對於減少過剩碳排放至關重要，因為全球暖化已導致地球上多種物種滅絕。再不小心，人類可能會成為下一個。智慧化的BMS提供決策所需的資料：永續與效率、通訊、建築控制與自動化、員工健康與安全，以及保全。反過來，可提升建築市場的健康與安全、永續性、韌性、及經濟效益。



5. RS-485電纜設計用於傳輸RS-485訊號，這些訊號利用差分訊號在長距離及雜訊環境中可靠傳輸資料。與依賴單端電壓參考的RS-232不同，RS-485以兩條線路間的電壓差（通常標示為A和B）傳輸資料，使其能抵抗電磁干擾並維持訊號完整性。