

智慧物聯網技術及應用

羅乃維*、朱宇倩**

摘要

物聯網技術不斷發展並與人工智慧、5G 網路技術等科技相結合，建立智慧物聯網的應用環境成為可實踐的目標，因此許多突破性的創新應用因應而生。隨著連網技術趨向成熟與普及，物聯網設備連接數逐年攀升；根據麥肯錫全球研究院發布的分析報告預測，2025 年，智慧物聯網將在九大領域中每年產出總共 3.9 至 11.1 兆美金的價值；由此可知，智慧物聯網市場的潛能巨大，將成為經濟發展中重要的產業。

本文首先討論智慧物聯網的定義與建構這個應用概念的框架及相關的重要技術，接著針對企業、政府公部門、農業及一般消費者等四大領域，進行物聯網的應用案例介紹，分析這四大領域的物聯網技術與相關科技的應用模式。在工業領域，企業為提升競爭力，傳統製造業建造智慧工廠，提升效能及產品品質；零售業應用智慧零售技術，以自動化方式管理貨架與庫存，並洞悉消費者心理，獲得更精確的商業決策判斷；智慧物流為物流業、交通運輸管理及零售商的供應鏈管理等帶來加值效果，也為零售商推展智慧零售帶來影響力。政府部門引入智慧物聯網，致力於推展智慧城市，為市政管理及人民的生活品質帶來效率與便利。農業領域的技術與管理，透過智慧物聯網，能運用更精準的資源與能量進行生產照料，優化農業工作的整體流程。在消費者市場中，智慧家居及智慧健康照護的應用，增強居家安全性與生活便利性。

關鍵詞：智慧物聯網、人工智慧、大數據分析、雲端運算、虛實整合系統、邊緣計算、數位孿生、智慧製造、智慧電網、智慧農業

*國立臺灣科技大學資訊管理系教授。

**國立臺灣科技大學資訊管理系副教授。

壹、智慧物聯網概論

物聯網 (Internet of Things, IoT) 是一個概念，原先的想法是由 Peter T. Lewis 在 1985 年於美國華盛頓舉行的一場研討會中所提出。這個概念是構想經由可以相互連結的裝置與感測器，實踐遠端的設備狀態與環境監控、事件處理與即時系統控制，進而達到整合使用者／操作者（人）、系統流程與系統技術的整合，對各種應用環境或產業產生在生產力、效能、即時性、可用性等各方面大幅提升的綜效。近年來，各國政府與企業皆對物聯網這個概念有自己的定義^{1,2,3}，雖然用詞不同，但意義上沒有太大的差別。

近年來，人工智慧領域在運用資料建立模型解決實務問題方面，有一些重大進步，以所需用的資料量多寡而言，可粗略分為使用較少量資料的機器學習 (Machine Learning) 與需要大量資料的深度學習 (Deep Learning)，這兩大類技術。當獲取更多新的資料時，企業可以運用這些資料重新運算而得到更精準有效的新模型來部署至系統上。構成物聯網的各種感測裝置與各種連結裝置的無線網路技術與協定，加上經由網際網路連線的後端邊緣計算伺服器及雲端環境伺服器，形成一個可即時獲取大量各種型態的資料的生態系統架構，這正好構成深度學習技術所需要的大量資料來源，造就物聯網加入

¹ Cloud Architecture Center “Technical overview of Internet of Things”, last update on 2021/07/15, <https://cloud.google.com/architecture/iot-overview>

² Computer Security Resource Center, NIST “Internet of Things (IoT) Trust Concerns”, 2018/10/17, <https://csrc.nist.gov/publications/detail/white-paper/2018/10/17/iot-trust-concerns/draft>

³ Wikipedia “Internet of Things”, last update on 2021/07/15, https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things

工智慧技術的綜效，以人工智慧產生的大數據分析模型來動態部署至物聯網架構下的各種應用系統上，創造新興的應用解決方案。大數據、人工智慧和物聯網的興起與發展，帶來創新性的科技應用。在物聯網技術上導入人工智慧（Artificial Intelligence, AI）系統，就成為智慧物聯網（Artificial Intelligence of Things, AIoT）。結合 AI 人工智慧之後，IoT 從數據中獲取資訊，並透過數據累積不斷進化，具備智慧學習的能力，可以提供客製化服務的最佳體驗。

物聯網市場預計未來五年內將在所有行業領域快速成長。根據 2020 年 6 月發布的愛立信移動報告⁴ 和 2020 年 6 月 GSMA（全球通訊協會）發布的物聯網連接預測報告⁵，預計到 2025 年，所有物聯網市場的設備將超過 240 億台，相當於全球每人平均有 3 台物聯網設備。就經濟規模而言，IEEE 物聯網白皮書指出⁶，到 2025 年，物聯網在全球經濟產出中，估計占 2.7 至 6.2 兆美元。麥肯錫全球研究院（McKinsey Global Institute）研究報告則預測，在 2025 年，物聯網將在九大領域中每年產出總共 3.9 至 11.1 兆美金的價值（如圖 1）。由此可知，物聯網在全球經濟中將扮演越來越重要的角色。

⁴ Ericsson Mobility Report “COVID-19 impact shows networks’ crucial role in society”, 2020/06, <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2020/6/ericsson-mobility-report---june-2020>

⁵ GSMA (2020), “IoT connections forecast: the impact of Covid-19”, 2020/06, <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2020/06/2020-06-GSMaI-IoT-Connections-Forecast-The-Impact-of-Covid-19-Executive-Summary.pdf>

⁶ IEEE (2018), “Internet of Things for Telecom Engineers: A Report on Current State and Future Technologies”, 2018, <http://forms1.ieee.org/rs/682-UPB-550/images/IEEE-IOT-White-Paper.pdf>

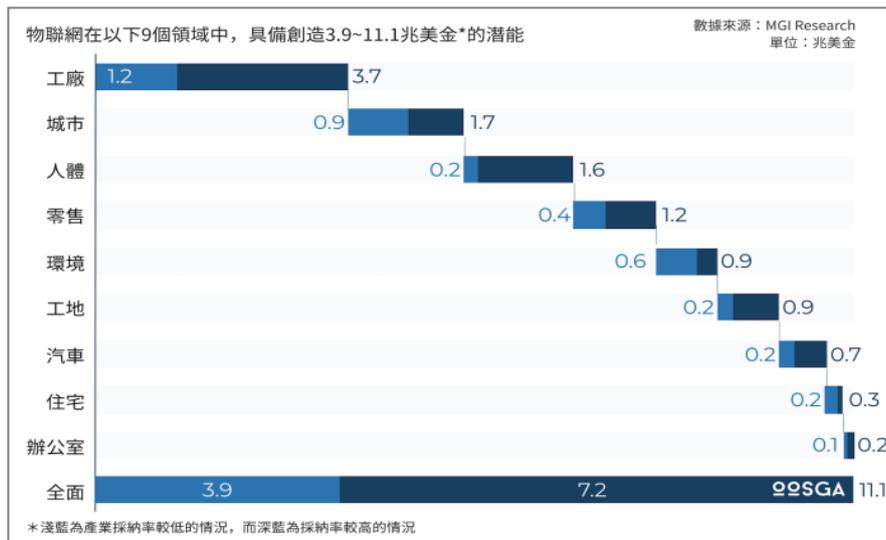


圖 1 物聯網在九大領域中的每年產出潛能

資料來源：麥肯錫全球研究院。

全球通訊協會的物聯網連接預測報告⁷指出，消費者物聯網增長的主要來源預計將來自智慧家居、穿戴設備和智慧汽車。報告預測，在企業及政府物聯網市場中，增長的關鍵領域是智慧建築、零售、智慧城市、智慧製造和健康。以下我們將先就智慧物聯網的架構與相關技術進行介紹，然後介紹智慧物聯網在四大主要應用領域：企業、一般消費者、政府部門及農業的發展。

貳、智慧物聯網架構與技術

智慧物聯網的架構大致分為三個層次，由上而下依次為：應用層、網路層、感知層。若是考慮到實際技術層面的實施，則以圖 2 的基本架構來討論。

⁷ 同註 7

感知層也稱為實體層或裝置層，主要是代表實體的物聯網裝置，這些裝置通常尺寸都不大、重量也很輕，內建一種或多種的感測器（Sensor）以偵測或感知裝置所部署環境的周遭即時狀況。物聯網裝置本身的資訊儲存能力通常不佳，所配置的記憶體或硬碟空間十分有限，所以一般都會以配置的無線傳輸晶片將所蒐集的即時資訊，經由無線技術與網路，回傳至後台的應用伺服器。依據環境與應用情境的不同，物聯網裝置配備的無線通訊能力與相對應的技術（或協定），也會因而有異。圖 2 的網路層即是代表物聯網裝置需要使用網路進行資訊的傳遞。實務上，這個網路多為實作某個標準協定的無線網路，用以保證資料的傳輸能穩定到達後台伺服器。考慮到物聯網的實體環境中，物聯網裝置會大量部署在一定廣闊的實體空間裡；如何有效率地傳輸資訊、可大幅節省傳輸能源損耗、確保傳輸的資訊之安全、確定傳輸的資訊可以及時且完整地到達目的地（通常是後台伺服器或中繼邊緣伺服器），會是整個智慧物聯網系統管理的重要議題。所以，加入圖 2 的軟體定義裝置層，可以比較有效地在遠端監控、管理、即時發出指令給整個物聯網應用系統下的個別感測裝置。此外，物聯網應用系統的後台伺服器，也需要確保伺服器的可靠性（Reliability）、可用性（Availability）、可持續性（Sustainability），這時，引進雲端運算的虛擬機器（Virtual Machine）環境，就非常有必要了。所以，我們看到在圖 2 的雲端層，就是代表實務上物聯網的應用系統是需要以虛擬機器的形式執行於雲端環境上。當物聯網應用系統需要進化成為可以自

行判斷目前應用環境的狀況並進行回應的智慧系統時，這個智慧物聯網系統通常需要將旗下物聯網裝置所蒐集的資料進行人工智慧的大數據分析，以判斷情況並即時做決策送出回應指令給相關的物聯網裝置。然而，要進行大數據分析運算，通常需要許多計算資源，所以這裡也需要運用到雲端運算環境來動態地提供大數據分析所需的計算資源。當需要運算分析的資料量愈大的時候，所需的計算資源也會相對地提高，否則，大數據分析的運算時間會變長，而影響到系統能否及時回應情況並加以處理的能力。



圖 2 智慧物聯網的基本架構⁸

在智慧物聯網系統環境中，最重要的議題就是如何能長時間、低功耗、穩定地保持物聯網裝置傳輸感測資料至應用系統後台伺服器。為解決這個議題，目前實務上有許多不同的無線傳輸技術與協定可以支援智慧物聯網系統

⁸ Ali Nauman, Yazdan Ahmad Qadri, Muhammad Amjad, Yousaf Bin Zikria, Muhammad Khalil Afzal, and Sung Won Kim, "Multimedia Internet of Things: A Comprehensive Survey", IEEE Access, Vol. 8, pp. 8202-8250, Jan. 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2964280

環境。這些網路層的技术都有不一樣的優點與缺點，建置智慧物聯網系統的企業或組織，需要仔細評估所要部署的場域環境，來決定適用的無線傳輸技術。在實務面而言，更有可能是在物聯網裝置上，配置一種以上的無線傳輸能力以應付實際環境的網路傳輸之不穩定性。表 1 列出目前在智慧物聯網實作時，主要採用的 5 款無線傳輸技術：SigFox、LoRa、ZigBee、Wi-Fi、NB-IoT。SigFox 是一家法國的網路服務公司所發展出的技術，這個無線傳輸技術使用工業、科學及醫療用的 ISM 頻段通訊，其所需的功耗很低，也不需要連結其他既有的電信網路或區域網路。這個技術適合連接大量的低功率的裝置。LoRa 是另一個低功耗的無線傳輸技術，這個技術須配合使用專用的 LoRa 閘道器，因為 LoRa 使用自行開發的展頻調變技術。且沒有定義網路層的協定，所以需要其他網路層協定來確保應用系統層能確實接收完整有順序的資料流。例如，LoRaWAN 就是 LoRa 聯盟發展出的網路層協定，以支援 LoRa 技術將硬體裝置所蒐集的資料，經由網路層協定傳輸出去。ZigBee 技術相對於 SigFox 與 LoRa 而言，屬於短距離、低功耗的無線傳輸技術。ZigBee 採用 AES 加密機制，所以其傳輸資料的安全性較高。ZigBee 的每個實體裝置可以同時連接最多約 240 個節點（裝置）。Wi-Fi 無線傳輸技術使用的無線頻譜頻段更高，所以資料傳輸的速率遠大於表 1 的其他技術，但同時這也使 Wi-Fi 技術的實際資料傳輸範圍大幅減少，理論上只有 100 至 200 公尺左右。Wi-Fi 技術也易受各種干擾，導致其實際傳輸範圍更為低落。Wi-Fi 技術也比較耗費電力，使用

Wi-Fi 技術的裝置不可能只靠電池，長久執行資料傳輸功能。但在表 1 的其他幾種技術，可以只用電池就能支持裝置長時間運行並傳輸資料。Narrow Band Internet of Things (NB-IoT) 是基於電信網路的無線傳輸技術，主要是支援 3GPP 組織所訂定的低功率廣域網路(Low-Power Wide-Area Network, LPWAN) 無線電標準。NB-IoT 技術的目標是加強第四代電信網路(Long Term Evolution, LTE) 在室內的訊號覆蓋率，降低使用此技術的裝置（或設備）的成本與功耗，並使一個基地台能提供更多的同時間裝置連接數。全球許多國家的電信商皆已部署 NB-IoT 的網路服務。

表 1 智慧物聯網常用的無線傳輸技術

技術名稱	使用頻段	傳輸範圍	最大資料傳輸速率	通道頻寬	制定標準的組織
SigFox	868MHz、 915-928MHz	20+km	100 kbps	250 KHz 或 500KHz	與歐洲電信標準協會 (ETSI) 合作
LoRa	915-928MHz	15 km	50 kbps	100 Hz	LoRa 聯盟
ZigBee	902-928MHz、 2.4GHz	小於 1 km	250 kbps	2 MHz	ZigBee 聯盟
Wi-Fi	2.4-60GHz	100 m	10 mbps	20 MHz 或 40 MHz	IEEE 802.11
NB-IoT	700MHz、 800MHz、 900MHz	1 km (城 市)、10 km (郊區)	200 kbps	200 KHz	第三代合作夥伴計 畫 (3GPP)

資料來源：Chettri & Bera⁹

⁹Lalit Chettri and Rabindranath Bera, "A Comprehensive Survey on Internet of Things (IoT) Toward 5G Wireless Systems", IEEE Internet of Things Journal, Vol. 7, No. 1, pp. 16-32, Jan. 2020. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2948888

參、企業領域的應用

GSMA 預測到 2025 年，企業智慧物聯網裝置數將達到 130 億台。以下我們將從智慧製造、智慧零售及智慧物流三個方面介紹智慧物聯網裝在企業中的應用。

一、智慧製造

工業物聯網藉由雲端運算和邊緣運算的創新，正在改變製造規則，加速智慧工廠的發展，提高營運績效。將物聯網技術與特定工業應用領域的專業知識相結合，可以實現更好的協作，更快地解決問題和獲得更高的生產效率。以下逐一針對目前智慧工廠及智慧製造各環節與物聯網結合的應用，進行簡要的介紹：

（一）企業智慧資產管理

企業可使用物聯網傳感器從資產中蒐集實時數據。智慧資產管理系統主要應用在資產密集性行業，如物流業、零售業和製造業，利用物聯網資產監控，提高資產的實時可見性，幫助企業優化資源，同時提高運營效率、更好地控制銷售生命週期、達到更有效的安全和合規檢查及建立更靈敏的智能環境。

（二）預測性機台維護

進行預測性機台維護不但比日常或定期進行維護更能節約成本，也可以大幅減少系統停擺時間，提高生產率、達成精實生產。舉例來說，目前有新創公司正在開發物聯網機台，利用歷史資料以及演算法計算元件故障的機率及剩餘的元件壽命，去預測什麼時候零件會發生故障，而能在發生故障前，提醒工廠人員。

（三）工業過程自動化／優化

企業可以使用物聯網和 IP 網路實時記錄工廠內所有機器的數據。製造商可以使用這些數據進行自動化工作流程並優化生產系統。自動化和優化能幫助工業公司降低成本並提高產量和品質。

（四）數位孿生

數位孿生是實際設備的虛擬分身，可幫助企業做出模型驅動的決策。在物聯網傳感器的幫助下，企業可以蒐集建立數字孿生所需的數據。數位孿生使企業能夠更深入地瞭解現實世界的情況，以便對其產品和服務進行必要的調整。例如數位孿生倉庫利用 IoT 追蹤和模擬貨品狀況與庫存水平，可實現平穩且不間斷的物流管理，提高倉庫的撿貨效率，並且將數據導入數位孿生系統中，將

設施的 3D 模型與庫存和運營數據結合起來，使其能夠高效部署貨品，並能夠做出有關庫存或出貨的預測以及自動執行貨物調配。

二、智慧零售

越來越多的零售商意識到企業可以透過創新的物聯網應用來降低成本和提升店內客戶體驗。Walmart 採用機器人系統和電子貨架標籤，進行貨架掃描，管理貨架上的商品和庫存產品，還能自動進行價格調整。Walmart 設立一個智慧零售實驗室，透過一系列傳感器、攝影鏡頭和處理器蒐集商店內發生的事情的資訊，以利管理產品庫存和可用性，讓員工更瞭解何時該進行補貨，確保上架商品的新鮮度。零售商對商店數位化和創建更智慧流程的興趣日益濃厚，採用物聯網解決方案並應用於零售產業中的占比，已從 2018 年的 5% 提升至 2020 年的 9%。

零售商和物流業面對日益複雜的訊息，需要透過更適當的方案來克服流程上的複雜性。物聯網技術應用於供應鏈包括資產追蹤、狀況監控（如冷鏈、醫療品）、庫存／儲存管理、自動導引車、作業人員連網協作等；新冠疫情更加彰顯整個供應鏈中追蹤的價值。物聯網設備改變供應鏈管理。連接到儲存容器或產品本身的傳感器可以跟蹤物品移動速度，使用 GPS 顯示貨物的位置，為貨物提供準確的預計到達時間，及監控倉

庫條件，如溫度、濕度、光照強度和其他環境因素。商店中的傳感器蒐集語音、圖像或影片等數據，可以幫助店家更瞭解客戶的習慣和偏好。零售商可以獲得洞察力來重新設計他們的商店布局以促進銷售。物聯網傳感器使零售商能夠控制貨架和倉庫上產品的輪流、替換，以達到自動化銷售決策。

三、智慧物流

智慧物流中最核心的物聯網技術為「車聯網」。車聯網增加車輛和設備的正常運行時間，為用路人帶來更高的安全性及減少碳排放。交通運輸與物聯網技術結合的典型應用，包含車隊追蹤、編號等解決方案，這些解決方案與汽車內的操作系統連接，以進行車輛診斷／監視，例如電池監控、輪胎壓力監控、駕駛監控或簡單的車輛追蹤等。

物聯網車隊追蹤系統提高安全性，並提供準確和完整的報告，使車隊經理能完整掌握車隊的活動。通過 GPS 監控和地理定位工具，公司可以追蹤其卡車的位置、優化路線並詳細監控其車隊利用率。美國利用無線車隊追蹤平台來協調路線並保持公共汽車按時運行。這樣的實時車隊監控提供對公共汽車在任何給定時刻的位置的可見性，傳感器追蹤停車槳和應急燈，發動機故障代碼警報自動解碼，以便團隊立即確定故障

的嚴重程度，並使用完整的路線歷史來構建更智慧的路線，同時計劃車隊的擴張。

車聯網系統為駕駛員提供道路上其他車輛和路邊基礎設施的有用資訊，幫助駕駛員做出更安全與明智的決策。例如，啟用 GPS 的位置檢測功能可幫助檢測交通擁塞的情況。雖然物流業還沒有廣泛使用自駕車，但此項應用指日可待。芬蘭一間長途巴士服務公司以連網的車輛與系統平台的結合，構建更加精簡和可持續的交通運營，利用實時運營數據優化重型設備的運營並降低油耗。

除車輛的追蹤，物流車隊管理系統也可以進行車隊監控並追蹤駕駛員的行為。車隊儀表板會顯示駕駛員的診斷報表，使他們對自己的行為完全負責，並在發生任何異常活動時發出警報。

國家文官學院

肆、政府部門的應用

雖然智慧政府相關政策的支出因 COVID-19 疫情而減緩，但不斷下降的端點和連接成本使智慧城市計畫變得更可行。Gartner 估計，2020 年全球政府物聯網（IoT）端點電子和通訊市場總額達到 150 億美元。Gartner 統計出前五名政府物聯網應用和對應的收益，如表 2 所示：

表 2 政府物聯網端點電子與通訊的前五大使用案例收益 2019-2021（10 億美金）

應用案例	2019	2020	2021
戶外安全監控	6.2	6.7	7.6
道路收費和交通管理	1.9	1.6	2.0
街道戶外照明	2.0	1.7	1.9
城市資產追蹤	1.4	1.6	2.0
警方取證	0.6	0.9	1.3
其他	1.9	2.1	2.5
總體市場	13.9	14.7	17.4

資料來源：Gartner¹⁰

智慧城市應用範疇的主要領域包括智慧交通（如智慧停車、交通管理）、公共事業（如智慧照明）、公共安全（如安全監視）和環境監控（如空氣污染），以下我們將逐一說明。

一、智慧電網

隨著對氣候變化和碳排放的日益關注，公用事業公司專注於減少能源消耗。物聯網正澈底改變能源產業的各個環節，例如：從發電到傳輸再到配電，遠端資產監控和管理，預測性維護等，皆改變能源公司和用戶的互動方式。對於公用事業公司而言，物聯網能支援遠端數據管理和監控功能，以更好管理進出電網的電力流，並為用戶提供瞭解其能源基礎設施投資所需的洞察力。

¹⁰ Gartner (2020), "Gartner Says Government IoT Revenue for Endpoint Electronics and Communications to Total \$15 Billion in 2020", 2020/10/05, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-10-05-gartner-says-government-iot-revenue-for-endpoint-electronics-and-communications-to-total-15-billion-in-2020>

二、安全監控

當物聯網閉路電視攝影機與人工智慧和機器視覺相結合時，政府可以透過監視器自動監控街道。由於物聯網能夠即時記錄和分析影片數據，可為警察提供重要資訊。但是戶外安全監控會涉及個人資料，有侵犯個人隱私的疑慮。政府需要在此類系統中實施適當的制衡，以確保個人資料不被濫用，同時將犯罪風險降至最低。

三、智慧照明

根據 Gartner 2018 年物聯網週期報告，智慧照明是第四大成熟的物聯網技術應用。智慧照明由帶有傳感器的街道照明組成，旨在優化能源管理。傳感器蒐集有關交通和行人狀況的數據以提供最佳照明規劃。智慧路燈系統可以節省最高達 80% 的能源。

四、交通管理

中央交通管理中心的智慧系統可分析來自傳感器的數據，優化全天候的紅綠燈時間設定。這有助於在交通量有所波動時，更合理地規劃道路交通，減少交通壅塞。

五、智慧停車

尋找停車位會導致大量時間和金錢的浪費，根據 USA Today 的報告估計，紐約駕駛平均每年花費 107 個小時尋找停車位，造成龐大的燃料費和碳排放量，並造成紐約生產力約 43 億美元的損失。智慧停車利用傳感器檢測停放的汽車，並將測量值由微控制器定期發送到雲端。用戶可以用手機應用程式使用雲端數據來識別空車位。德國某家感應器公司為停車問題提供智慧停車位管理平台，透過物聯網的技術隨時偵測並搜集可用停車位，呈現給有需要的駕駛們。平台搭配的感測器安裝在路燈或建築物上，能有效減少環境影響和駕駛苦尋停車位的壓力。

六、環境監測

在智慧城市中，環境監控系統可以監控環境指標，如噪音水平或空氣、水品質並監控有可能影響環境品質的公司，同時幫助其管理排汙水平。

七、建築結構健康監測

物聯網可以蒐集橋樑、建築物、體育場、船舶、飛機數據，以監測振動和材料條件變化，預測結構損壞。結構健康監測可和智慧汽車進行應用結合，創造情境感知自動化和決策優化的效果。智慧汽車的自動安全雷達系統與圖像處理相機相結合，幫助汽車對前方的危險做出反應。

這可以讓車輛接獲它剛剛從橋樑上的傳感器接收到的結構健康監測結果的訊息，如果橋樑有坍塌危險，可引導汽車轉向不同的路線。

八、智慧建築

智慧建築在能源、管理、服務等方面透過與建築內部各個系統的協作來提升生產和效率，降低營運成本。智慧建築應用包含建築系統（如冷暖空調、照明、電梯、煙霧報警器、滅火器等）的設施自動化和監控，能提高建築利用率和安全性（如房間使用、訪客來訪、監視等）。

九、水資源管理

水資源管理是城市的一項關鍵課題。水資源管理系統是基於傳感器蒐集的實時數據進行管理。系統可以利用傳感器檢測水箱中的水位，並在水位低於水閾值時發出警報；物聯網傳感器可以檢測水箱中的溫度變化、漏水、化學品洩漏和壓力水平。物聯網傳感器還可以協助辨認水中的化學物質種類，並能統計總溶解固體（TDS）、細菌、氯、電導率等指標，有效地進行水質管理。

臺灣工研院（ITRI）與環保署、新竹市政府攜手全臺縣市環保局共同啟動「臺灣智慧水聯網」，結合 5G 資通訊及人工智慧技術，針對不同應用場域，使用固定式、移動式、手持式等 3 項水質感測器，進行全天

候即時觀測全國水質變化及分析，利於河川巡守隊感測水質，也能應用在水產養殖業、植物工廠及自來水、飲用水的檢測。

伍、消費者應用

智慧物聯網在消費者應用的方面，主要分為智慧家居與智慧醫療照護兩大部分。

一、智慧家居

(一) 智慧家電

智慧家電讓用戶可以通過應用程式遠端打開和關閉設備，以避免事故並節省能源。智慧家電可以做出自主決策，例如在識別住戶醒來時準備新鮮咖啡，有人進門時打開燈等。以智慧冰箱為例，智慧冰箱能即時透過攝影機來監控食材保鮮狀況，避免食材過期，並且能透過人工智慧分辨食材種類，來制定食譜。日本一間家電商推出能夠計算冰箱開關次數的智慧冰箱，為獨居長者的照護把關。因為每個人一天至少會開關冰箱一次，若冰箱當日未能偵測到任何開關，表示住戶可能有狀況，系統將會自動通報家人，以免意外發生。

（二）家庭入侵檢測系統

基於物聯網的家庭安全系統為用戶提供智慧鎖和安全攝影等功能，可以檢測動作並向智慧型手機發送警報，以從任何地方監控家中的安全狀況。Google 旗下的 Nest 開發出的智慧監控設備開發出其進階功能：臉部辨識與語音辨識，運用臉部辨識來辨別家人、朋友以及疑似犯罪人士；語音辨識透過自然語言分析與儲存對話內容增進使用者家中安全。

（三）智慧節能

奧盧大學的一份研究發現智慧家庭能降低 13% 的碳排放，預估透過更換智慧節能裝置將能有效減少三分之一的能源支出。消費者若能有效利用感測器所產生的數據，將可節省開銷，更能夠達到節能。智慧節能的原理是透過讓感測器連網，不斷的監控與記錄，讓使用者瞭解其使用狀況並進行調整，避免浪費。

（四）智慧穿戴型裝置

智慧穿戴型裝置為可穿戴之電子產品，主要包括智慧耳機、智慧手錶、智慧手環。智慧穿戴型裝置讓用戶對個人運動、健康資料可以即時掌握；部分廠商將硬體與所蒐集的資料加值，進一步提供健康的監控與訂閱服務，如蘋果的 Fitness +、亞馬遜的

Halo、Fitbit 的 Fitbit Premium 等健康與健身服務，預期將帶動智慧穿戴裝置的需求。隨著感測技術的不斷升級，智慧穿戴型裝置可望開創遠程臨床診斷解決方案。

二、智慧醫療照護

物聯網在醫療保健領域的成長一度趨於緩慢，因 COVID-19 疫情促成新的成長機會；與 COVID-19 疫情相關的數位醫療與健康相關解決方案正在迅速發展，例如遠端醫療諮詢、數位診斷、遠端監控和機器人協助等特定 IoT 健康應用需求快速成長。疫情的嚴峻使醫療保健產業成為眾人矚目的焦點。數據和通訊技術的結合，可以解決 COVID-19 大流行時期群聚感染與就醫不便等問題。全球有越來越多的患者正在接受遠端治療，可以預期即使在危機緩解之後，這些解決方案仍然存在需求。

醫院／診所內的典型醫療物聯網應用，包括醫療設備監控、醫療團隊協調、優化工作流程與操作。例如醫用冰箱可監控診所和保健中心的疫苗及藥物的溫度。透過物聯網傳感器，醫用冰箱提供一個可以遵守安全標準和國家法規的安全保存環境，防止藥物和疫苗變質。

以患者為中心的解決方案包括患者監控、生活輔助和止痛藥管理等。物聯網傳感器可以使用地理定位數據檢測老人跌倒並立即尋求幫助，從而減少老年人跌倒後的嚴重後果。陪伴機器人為老人和獨生子女創造夥

伴。傳感器檢測機器人周圍的物體並使機器人能夠移動。此外，統計顯示，20% 的手術患者在短短 30 天內重新入院。遠端患者監護（RPM）系統使用可穿戴設備來監控手術後在家休息的患者的狀況。RPM 可以實時蒐集患者體溫的數據，這是感染的主要指標。借助 RPM，醫生可以觀察患者的數據並提供早期診斷，而無需患者親自到醫院。

三、智慧農業

全世界正面臨對糧食的需求不斷增長的同時，土地和農業投入卻有限的困境。根據 2019 年聯合國經濟和社會事務部人口司發布的統計數據¹¹顯示，到 2050 年，世界人口將達到 97 億，需要相應增加 70% 的食物供給。到 2030 年，供水量相較於全球用水需求短少 40%。面對人口的成長與環境、資源的改變，農業必須接受由物聯網帶來的數位轉型。透過物聯網可以幫助農民做出更佳的決策，進而減少肥料和農藥的使用，實現更高的產量與品質，並節省成本。以下將介紹典型的四大智慧農業應用，包括：精準農業、畜牧監測、灌溉管理及自動化農業機械。

（一）精準農業、農作物監測

精準農業為智慧農業發展中規模最大的應用，也帶動相關硬體與技術需求，如導引技術在農機自動化設備的應用、遙感技術

¹¹ UN (2019), “2019 Revision of World Population Prospects”, 2019, <https://population.un.org/wpp/>

在地面感測網的部署，或可變速操作系統結合施肥機具進行可調變的施肥作業等，發展出各種智慧化農作的新模式。物聯網的連通性，提供多種方法來改善作物的觀察和照護。整合天氣數據、灌溉、養分和其他系統可以通過更準確地識別和預測缺陷來改善資源利用並提高產量。例如，用於監測土壤狀況的傳感器可導引噴頭，調整水和養分的用量。傳感器還可以從田地的偏遠角落提供圖像，以幫助農民做出更合適和及時的決策，並獲得疾病或害蟲等問題的早期預警。利用 IoT 進行檢測，以智慧監控方式，不僅減少農民工作量，還能夠自動偵測溫度、土壤濕度，並且做到自動調節，提供作物最適合的生長要求，打造更精準的耕種環境。同時，還能夠幫助農民優化收割時期，透過監測作物的品質、特徵幫助農民最大限度地提高作物的收入。

（二）牲畜監測

預防疾病爆發和追蹤動物在大規模牲畜管理中至關重要。測量溫度、心跳和血壓等指標的芯片和身體傳感器可以及早發現疾病，防止畜群感染並改善品質。在歐美國家，許多農民已經開始使用「耳標技術」來監測乳牛的熱量、健康和位置，及在疾病爆發時實施全面的電子追蹤。環境傳感器可以自動調整穀倉的通風

或供應暖氣，有效地改善動物的生活條件，提供動物更人道的生活環境。

(三) 自動化農業機械

GPS、機器視覺及傳感器相結合，可以推進部署智慧自動化農業機械。農民可以同時操作各種設備，無需人工干預，從而節省時間和資源。與人工操作的機器相比，自動化機器在田地工作中更高效、更精確，可以節省燃料並提高產量。

無人機為自動化農業機械的重要應用之一。無人機能夠快速有效地蒐集農作物和畜群資訊，或者作為中繼系統將實時數據傳輸到其他設備。無人機還可以使用電腦視覺來分析田間條件，並依作物需要提供精確的干預措施，如肥料、營養素和殺蟲劑。無人機可以在偏遠地區播種，從而降低設備和勞動力成本。根據 Global Market Insights 預測，農用無人機的市場規模將於 2024 年超過 10 億美元。麥肯錫指出，通過降低成本和提高產量，無人機的使用可以產生 850 億至 1,150 億美元的價值。透過無人機的快速監測、回報，為農民節省大量成本、提高作業效率與獲利，而蒐集的數據資訊經過分析後，亦提高生產量、減少資源消耗，更改善經營者的管理決策。

(四) 智慧灌溉管理

智慧灌溉系統結合天氣狀況和土壤濕度，可以設計出適時適量的灌溉方案。德國一間的廠商提供以物聯網為架構的智慧灌溉管理系統，可以測量植物需要多少水，並提供剛好符合其需求量的水資源；不僅能滿足植物需要的水分，還能節約能源。

陸、結論

隨著物聯網技術的不斷發展，新的應用方式也日新月異，層出不窮。這些創新的應用是否能獲得市場的廣泛採用取決於兩個關鍵因素。首先，智慧物聯網的應用需要有一個明確的商業模式，並提供足夠的價值給目標的市場；其次，智慧物聯網的應用需要有架構及技術方面的可行性與互通性，並能在成本限制內開發出穩定有效的解決方案。本文中介紹的各個智慧物聯網應用，其市場接受度會因不同的國家、文化、經濟及技術發展程度不同而大相逕庭，端看每個市場的需求與問題為何。

雖然每個國家、城市、行業對智慧物聯網的採用可能大有差異，但可以確定的是，智慧物聯網所帶來的效率、創新與發展機會將對國家與企業的競爭力越來越重要。如何善加利用新興科技創造競爭優勢，是每個國家都需要思考的議題。