



農業 e 化的行動—案例介紹

蘇美惠

淡江大學企業管理學系 兼任助理教授編譯

摘要

隨著更高速的寬頻連接、物聯網的興起、電腦分析運算能力的增強，以及成本快速降低的聯網設備，提供了農業部門應用這些技術創造農業 e 化的商機；近年來資通訊技術在農業所扮演的角色，無論在應用的規模和適用的範圍，都快速增加。因此，2017 年「G20 農業部長宣言」指出：運用資通訊技術，對於提高糧食供應鏈的效率、提高農業生產力、農業永續性、改善畜牧業作業，以及因應氣候變遷的調適與減緩策略等，深具發展潛力，且其重要性日益增加。

聯合國農糧組織在 2015 年出版「農業和農村發展信息與通信技術成功案例」報告獲得好評後，於 2017 年與國際電信聯盟共同出版「農業 e 化的行動」報告，彙編各類物聯網應用在農業的案例研究，內容涵蓋食品生產、供應鏈管理、諮詢服務、智慧水管理和溯源管理等。本文將分別介紹其中三個案例，包含：泰國食物溯源系統的解決方案、孟加拉資通訊技術應用於農業水資源管理，及中國物聯網在農業的應用。

第一個案例介紹泰國 OpsSmart 公司的溯源系統解決方案，提供一家大型農企業可追蹤從原材料到最終產品的每個關鍵控制點；以及泰國大型食品零售商 Tesco Lotus 透過溯源系統，確保其向供應商所採購的產品是安全且符合品質標準；在該溯源系統中，農企業和零售商作為共享供應鏈生產數據的合作夥伴，以確保最終遞交到消費者的食品是安全的。第二個案例為孟加拉水資源管理運用資通訊技術，建構智慧卡預付費計量供水系統，並說明政策對該技術應用的引導、對農民供水服務的變化，及該技術對資源利用的影響。最後，則是針對中國在不同農業領域，結合自動化、感測器與電子量測，將物聯網技術應用在農業生產智慧化與遠程無線遙控之案例介紹。

關鍵詞：食物溯源(Food Traceability)、智慧水資源管理(Smart Water Management)、物聯網(Internet of Things)、農業 e 化(E-agriculture)





農業 e 化的行動—案例介紹

壹、前言

近年來資通訊技術(Information and Communication Technologies, ICT)在農業中所扮演的角色，在規模和範圍上都大大增加。更高速的寬頻連接、物聯網(Internet of Things, IoT)的佈建、增強的分析運算能力、經濟實惠的聯網設備以及創新性的應用，建構了數位化社會的基礎。這樣的浪潮，也提供了農業部門應用這些技術創造農業 e 化的商機，克服全球 2050 年以前必須增產 60% 以上糧食之挑戰，同時實現可永續發展的目標。2017 年「G20 農業部長宣言」(The G20 Agriculture Ministers' Declaration)¹指出：運用資通訊技術，對於提高糧食供應鏈的效率、提高農業生產力、農業永續性、改善畜牧業作業，以及因應氣候變遷的調適與減緩策略等，深具發展潛力，且其重要性日益增加。

聯合國農糧組織(Food and Agriculture Organization, FAO)在 2015 年出版的「農業和農村發展信息與通信技術成功案例」報告獲得廣泛好評後，認為有必要出版更新版本，以進一步記錄這些案例中，因使用創新性的資通訊技術，幫助人們參與農業活動、提高作業效率，並且提高生產力和收入。因此，FAO 與國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)於 2017 年 3 月份出版「農業 e 化的行動」報告，收錄各類物聯網應用在農業的案例研究，內容涵蓋食品生產、供應鏈管理、諮詢服務、智慧水管理和溯源管理等。希望這系列的出版品，可以推動永續性的資通訊技術用於農業和農村發展。

本文將分別介紹「農業 e 化的行動」報告中的三個案例，包含：泰國食物溯源系統的解決方案、孟加拉 ICT 應用於農業水資源管理，及中國物聯網在農業的應用。

¹ G20 農業部長會議在 2017 年 1 月 22 日德國柏林召開，「農業與水資源利用之創新與永續性發展」為此次會議主題，並針對 2030 永續發展議程、巴黎協定、農業與水資源、農業資訊與通訊 ICT 技術、抗生素抗藥性(AMR)、農業貿易與投資進行討論。



貳、泰國--OpsSmart® 食物溯源系統解決方案

食源性疾病對全球構成嚴重的健康威脅。根據世界衛生組織統計，全球約有 10% 人口因為食用受污染食物而死亡，每年死亡人數達 42 萬人。而美國農業部(United States Department of Agriculture, USDA)也估計，食源性疾病對美國的經濟影響每年超過 156 億美元，其中包含生產力損失、醫療費用甚至死亡相關的成本。而目前食品產業在食品安全、純度、成分和來源等問題，都面臨著信心危機。除了食品污染，包含：基因轉殖食品(Genetically Modified Organism, GMO)、抗生素使用、有機和無機產品、猶太和清真食品等食品來源的問題，都受到消費者關注。因此，食品的可追溯性和消費安全，已成為重要課題。

然而，若僅在整體食品供應鏈中某一部份實施新作業程序，例如危害分析關鍵控制點(Hazard Analysis Critical Control Points, HACCP)、遵循 ISO 作業、良好農業規範(Good Agricultural Practice, GAP)、良好生產規範(Good Manufacturing Practice, GMP)或良好分銷實踐(Good Distribution Practice, GDP)等，仍無法有效解決食安問題，因為整個供應鏈中任一關鍵控制點的問題，都可能導致食源性疾病。因此，一個良好的食品供應鏈管理系統，必須跨越供應鏈的長度和寬度，即時連結供應鏈中所有接觸點的特定關鍵資料，包含產品、副產品、原材料製程或業務活動等，以便識別風險領域、及早發現問題，避免汙染擴散甚至導致疾病，一旦出現問題，也可快速進行撤回和召回。

過去供應鏈管理傳統的做法是透過紙張記錄，不但費時、資訊不夠準確，並且在整個系統中缺乏無縫的訊息流。為確保食品供應鏈的安全，每個供應鏈合作夥伴都應建置有效的「內部溯源」制度；同時，與供應鏈中的合作夥伴還必須能夠分享食品安全與品質的相關資訊。

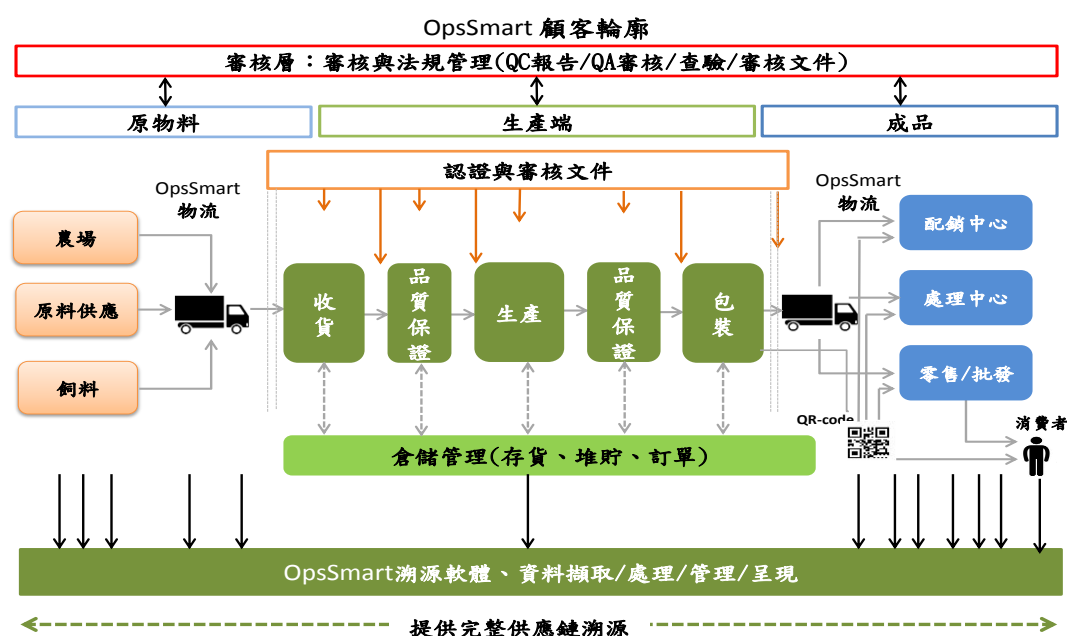
本案例將介紹泰國 OpsSmart 公司的溯源系統解決方案在一家大型農企業的應用，追蹤從原材料到最終產品的每個關鍵控制點(Critical Control Point, CCP)以及泰國大型食品零售商如何使用 OpsSmart 溯源系統，確保其向供應商所採購的產品是安全且符合品質標準；在該溯源系統中，農企業和零售商作為共享供應鏈生產數據的合作夥伴，以確保最終遞交到消費者



的食品是安全的。

一、OpsSmart 食品溯源管理解決方案

OpsSmart 科技公司是一家軟體開發公司，提供創新的食品全供應鏈追蹤和品質保證解決方案。OpsSmart 食品溯源管理解決方案，會追蹤原材料的來源、整體製造流程、配銷到零售點和終端消費者，便於追蹤企業內部的 CCP 以及整個供應鏈(如圖 1)，為食品供應鏈帶來透明度；一旦供應鏈出現任何問題，也能快速準確地回溯到問題的根源，並提供可能受到影響的其他食品線之側向追蹤。同時，通過高效的文件管理能力，加強內部和外部對於供應鏈記錄的審核能力。此外，該系統供應鏈合作夥伴除了擁有自己的數據外，也可以與合作夥伴協議分享他們的數據。



資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study D: Opssmart® Traceability Solutions。

圖 1 OpsSmart 全供應鏈溯源解決方案示意圖

二、雲端溯源軟體在農企業 Betagro 的應用與效益

Betagro 集團為泰國農產品和食品業的主要供應商，市場遍及泰國本地和海外，產品線有鮮雞肉、冷凍雞肉製品、新鮮豬肉、香腸、雞蛋和加工冷凍食品；事業體包括孵化場、飼料廠、母畜場、養殖場(公司自有與契作農場)、屠宰場、畜禽用藥、健康食品、製造工廠和加工廠等將近 6,000 個工廠。由於 Betagro 在食品業多元化的發展，部分業務皆已建置可追溯系



統；但由於不同系統的格式差異、軟體應用平臺和環境差異，甚至還需要連結紙本記錄的系統，造成整體系統整合性相當差。

Betagro 集團選擇 OpsSmart 作為其企業溯源和食品品質保證追蹤解決方案，以管理其整個業務的可追溯性需求；導入 OpsSmart 所開發的軟體即時服務(Software as a Service, SaaS)解決方案，可以快速、無縫的調閱 Betagro 整體企業個業務部門溯源資料。

OpsSmart 解決方案第一階段首先在 Betagro 的家禽業務導入，依照業務類型分為七個關鍵部門，包含繁殖場、孵化場、飼料廠、製藥廠、肉雞場、屠宰場和加工設施等。在這套系統中，每個部門可以依其運作模式，將上下游相關的機器號碼、農場位置、生產時間予以標註與配置。其中解決方案中的電子數據交換(Electronic Data Exchange, EDE)模組，大幅簡化了 Betagro 的傳統數據交換系統；同時這套溯源系統，可以在不修改原有系統或原有企業資源規劃系統(Enterprise Resource Planning, ERP)的情況下運作。OpsSmart 的溯源模組「TraceItSmart®」為多維運作模式，可以在整體供應鏈中的任何一個操作點，透過項目識別或項目屬性(如機器編號、農場位置、生產時間、生產線號碼等)，追蹤過濾資料。因此，除了操作介面簡易外，該解決方案讓 Betagro 的管理階層、作業人員和貿易夥伴，可以在快速在整個供應鏈中檢視與追蹤資料。

透過 OpsSmart 雲端溯源解決方案，Betagro 公司能夠準確地追蹤整個供應鏈中的食品安全、品質和原始資訊；家禽和豬肉從進貨到成品、配送到零售店皆可溯源。成品導入二維條碼(QR-code)後，也為 Betagro 公司供應鏈帶來透明度，提高消費者對品質和食用安全的信心。除了增強消費者信心、進而提高品牌忠誠度外，透過行動裝置，Betagro 即可取得供應鏈、營運單位和製程的即時信息，可在短時間內做出對人員、製程和設備等相關的營運決策，增強運營效率。

此外，在泰國食品行業，Betagro 需要隨時準備內部審計、第三方審核及政府審計。導入 OpsSmart 溯源解決方案，每個關鍵控制點(CCP)的記錄和檔案都以電子方式儲存；每個記錄和數據管理元件皆有一個不可更改日期的時間戳章，確保數據完整性以符合審計規範。同時，整個供應鏈中的數據和記錄在各個 CCP 都可單獨查閱；讓 Betagro 的審計作業更為快速、



有效和準確，從過去勞動密集型時間流程，轉變依照需求流程的審計模式。

三、溯源軟體對零售業 Tesco Lotus 的影響

Tesco Lotus 集團於 1994 年進入泰國食品零售業市場，擁有 1,700 多家分店，泰國市場為該集團在全球的第二大國際業務。Tesco Lotus 集團希望開發一個單一系統，建立高效和快速的審核機制和流程，確保其所有供應商能符合食安和品質標準；並透過在零售店提供有關產品的安全和品質訊息，增強消費者的購買體驗，藉此提高消費者對其品牌及產品的信心，增加競爭優勢。

於是 Tesco Lotus 集團與 OpsSmart 公司合作，構建一套供應鏈雲端溯源系統，讓供應商依照要求直接在系統上傳食品安全、品質和供應鏈來源的資料。目前 OpsSmart 溯源系統，包括 Tesco Lotus 集團在泰國生鮮農產品包裝廠和農場、肉類和禽類加工設施、以及雞蛋生產設施等供應體系。Tesco Lotus 的溯源系統，為根據供應鏈中每種產品和生產商相關的風險，開發了客製化產品溯源版本，以準確地收集和管理供應商品質；而單一溯源系統入口機制，也使 Tesco Lotus 能夠以統一和標準化的格式，強制上傳和收集供應商的資料，同時供應商無論何時何地，都可以在線上上傳數據。

Tesco Lotus 集團同時導入食品 QR-code，消費者可以針對想購買產品，快速的連結與追溯到農場，查看食品中的所有成分，大幅提升品牌忠誠度與品牌價值；同時，也建立了供應鏈的透明度和責任歸屬制。溯源系統也讓 Tesco Lotus 集團有效進行品管與庫存管理，送達配送中心的食品可以迅速地驗證，並發送到正確的零售店以減少庫存滯留。而審計過程的簡化也大量減少紙張作業，提高準確性與資料的完整性，大幅地減少審計人員審核供應商品質所花費的時間。

而對供應商而言，只要能符合 Tesco Lotus 公司所設立的要求，提供食品安全、品質和來源訊息，即可進入泰國前幾大的食品零售商通路，讓產品有機會與廣大消費者接觸。並且供應商可以精細到各批量和批次，輕鬆且精準的追蹤自家產品的產出；而透過與 Tesco Lotus 集團共享精確資訊，亦可有效控管自身的原料、物流、時程與庫存，大幅提高了供應商的作業效率。



四、小結

食品供應鏈中的所有利害關係人，對於確保食物食用安全都扮演重要角色。從原料生產到產品地送到消費者手中，供應鏈中的任何一個關鍵控制點發生問題，都可能導致致命的結果。完整的供應鏈溯源能力，讓供應鏈中的所有參與者，可以追蹤收貨的材料的來源及其運營中的所有關鍵控制點。透過與貿易夥伴共享溯源資料，一旦發生問題，將可快速檢測其來源，並召回任何可能受影響的產品；同時，溯源系統還可精準提供召回產品的來源與規模，以便迅速有效的控制損害。

參、孟加拉--智慧型水管理

本案例是由孟加拉環境與地理信息系統中心(Centre for Environment and Geographical Information System, CEGIS)，針對孟加拉西北部 Barind Tracts 地區應用 ICT 技術在地下水管理的案例研究。負責該地區農業發展的「Barind Tracts 多功能發展局(Barind Tract Multipurpose Development Authority, BMDA)」已經在該地區安裝超過 14,000 個深層供水管井，正在逐漸轉變為使用智慧卡預付費計量供水系統，且用戶數迅速擴大中；目前使用電動幫浦抽取地下水的地區，有機會全國性採用此一技術。本案例將介紹孟加拉水資源管理在引進 ICT 技術後的影響，並說明政策對該技術應用的引導、對農民供水服務的變化，及該技術對資源利用的影響。

一、個案背景

地下水資源是孟加拉農村經濟的支柱，儘管農業對孟加拉國內生產毛額的貢獻逐年下降，但農業就業人口仍佔全國最高的比例。除季風季節外，孟加拉的農業主要取決於地下水灌溉；大約 70% 的地下水從淺管井中抽出，其餘 30% 為深管井；深管井主要由政府機構安裝和管理，大部分的淺井則是由私人經營管理。在 Barind Tracts 地區抽取地下水供應農業活動，在社經面的影響相當大，已有超過 150 萬個農民從供水管井計畫中受益。

儘管 Barin Tracts 區域的供水管井計畫具有社經效益，但地下水資源的永續性卻受到財務和環境面威脅。由政府所經營的供水管井成本回收不



佳、能源消耗增加、地下水資源過度抽取、用水效率差及農民灌溉成本上升等因素，皆使得地下水部門績效表現不佳。過去幾年曾針對這些問題採取了幾項財務、管理和行政管控措施，但皆未有顯著成效。

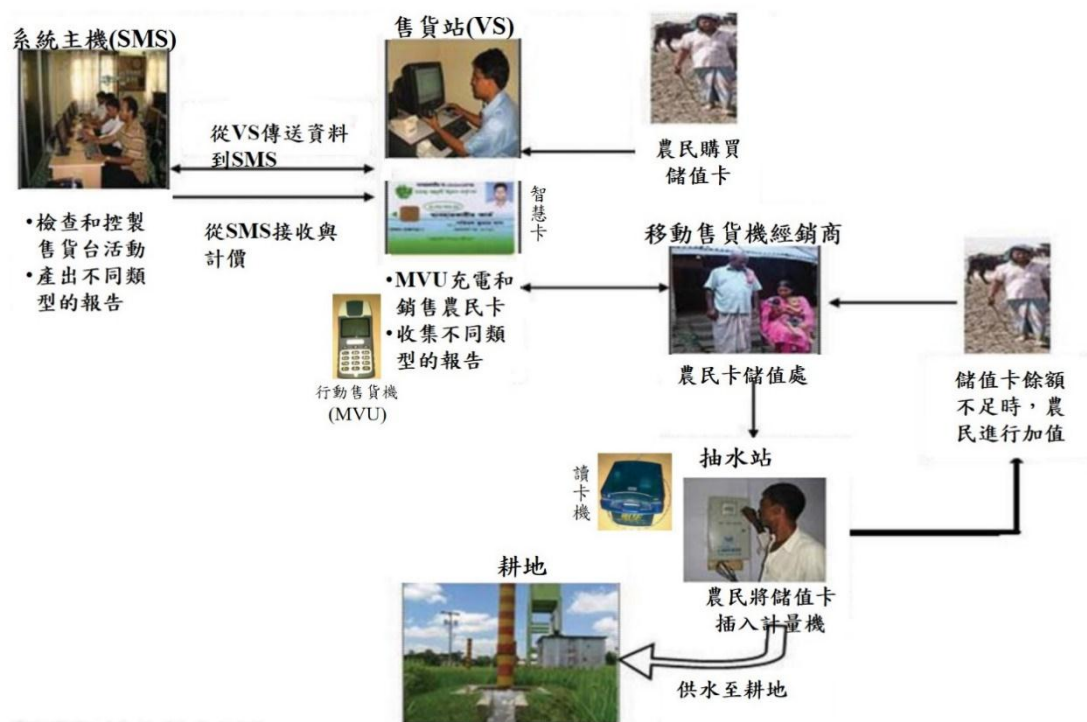
孟加拉在 2009 年通過了 ICT 政策，鼓勵 ICT 在環境管理中應用，以有效利用資源、改善服務、提高透明度與問責制；此舉鼓勵了水資源管理應用這些技術。此外，農村地區的電力供應改善，也有助於 ICT 技術在這領域的廣泛應用。

這套智慧卡預付費供水系統是由 BMDA 負責推動，並由孟加拉 Weishing Electronics 公司和當地代理商 Sanakosh Associates 參與合作；孟加拉農業發展公司 (Bangladesh Agriculture Development Corporation, BADC) 則為另一家開始迅速導入此一系統的經銷商。該技術的主要用戶是在 Barin Tracts 地區使用深井管灌溉的農民，系統操作非常容易；依需求量體積供水和付費機制，對農民非常有吸引力。

二、智慧卡預付費計量供水系統運作模式

由 BMDA 所推動的這套智慧卡預付費供水系統，運作模式如圖 2 所示，整體設備需求與推行要件包含：

- (一) 選定軟硬體的供應商。
- (二) 選定自動儲值卡供應商，安裝所需軟硬體：包含預付費計費器、行動售貨站 (Vending Stations, VS)、行動售貨機 (Mobile Vending Unit, MVU) 和系統主機 (System Master Station, SMS)。行動售貨站將與系統主機連線，把從售貨臺所收集的訊息，包含付款、取水、運行時間等，傳回系統主機儲存。
- (三) 重力式開放式渠道配水系統需轉變為加壓埋管系統，以確保依農民需量供水。
- (四) 與農民交流預付費系統相關知識和訊息。
- (五) 與政府和其他合作夥伴的協調。



資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study H: Smart Water Management in Bangladesh。

圖 2 水管理系統運作示意圖

預付費計費系統中(如圖 2)，農民在收到嵌入其照片、姓名和電話號碼與其他詳細個人資料的用戶智慧卡後，可以在經銷商自動充值機充值。每個 BMDA 當地辦事處都設有一個售貨站，自動充值機的經銷商與當地 BMDA 辦事處的售貨站相連；經銷商設有一臺行動售貨機來讀取農民的智慧卡。農民將智慧卡插入行動售貨機後，可選擇灌溉時間，及所需購買的灌溉水量。或者，農民可以從 BMDA 辦事處或其經銷商處購買購水券(享有 5%折扣)，並將購水券交給水井幫浦操作員，幫農民依所購買的供水時數供水；整個過程將由 BMDA 定期監測和管理。

BMDA 在抽水站使用 LCD 顯示螢幕的預付費計量錶，每個抽水站都需安裝預付費計量錶、空氣閥和啟動控制單元；每隔一兩天 BMDA 官員會至抽水站，在儀表槽中插入檢查卡，此時，儀表會自動上傳與上一次幫浦操作相關的所有資訊。

為了持續更新和監測所收集的數據，所有售貨站都需連接到位於 BMDA 總部的系統主機，總部自動接收所有的售貨訊息。系統主機可產出每日與每週銷售報告、經銷商銷售報告及抽水量等，並透過系統主機進行



售貨站的整體監控。系統主機會存儲所有數據，包含：用戶資料、收費情況、智慧卡計費與付費等；並建置「支付管理系統(Payment Management System, PMS)」資料庫軟體，該伺服器設於 BMDA 的總部。

三、智慧卡預付費計量供水系統的成效

按需求供水不但確保農業生產並提高生產力，使得農民收入增加；另一方面，農民經濟能力提升，又增加了農民支付灌溉水費的能力，有助於 BMDA 回收這套系統的設置成本。在孟加拉 Barin Tracts 地區推行這套智慧卡預付費計量供水系統後，耕作密度已超過 225%，冬米的平均產量高於 4.5 噸/公頃；如此成功的農業轉型，為導入 ICT 水管理系統提供了最佳的示範。其他效益還包含：

- (一) 對於典型的冬米作物，每英畝灌溉成本約為 2,000 塔卡(1 美元約兌換 0.013 塔卡)；沒有推行智慧卡的管井成本約每英畝 3,000 塔卡，使用柴油抽水機灌溉成本更高達 5,000 塔卡。因此，該技術的應用降低了農民的總生產成本。
- (二) 導入智慧卡預付費系統減少了總抽水量，減少地下水資源的過度提取，有助於防止鹽水入侵地下水層。
- (三) 有效降低能源消耗，確保地下水經濟的財務和環境永續性。

由於智慧卡預付費系統非常成功，孟加拉地表水灌溉系統也開始應用此計費系統。孟加拉 Dhaka 供水和污水管理局(Dhaka Water Supply and Sewerage Authority, DWASA)則率先展開飲用水智慧卡系統；此外，亞洲開發銀行也已採用這類的技術，協助孟加拉水資源開發委員會(Bangladesh Water Development Board, BWDB)修復 Muhuri 灌溉計畫(Muhuri Irrigation Project, MIP)。

四、創新與關鍵成功因素

雖然 ICT 技術在其他領域已廣泛應用，但應用於水資源管理相對屬於較新的應用。地下水供水系統建置成本的回收，一直是政府部門的重大挑戰，ICT 技術在這方面提供有效的助益。ICT 導入水管理方面的應用，包含了若干創新，它允許以計量為基礎的需求導向送水系統與付款機制連結，且系統操作透明化，確保農民在水資源使用權益的保護，建立公平的



水價制度。同時，基於成本回收原則來設計收費費率，也確保整體系統的財務永續性。其他促成本案例成功的關鍵因素還包括：

(一) 有利的政策和體制環境

2009 年孟加拉通過國家訊息通訊技術政策，鼓勵 ICT 在各個經濟部門的應用，有助於 BMDA 採用 ICT 進行地下水管理。

(二) 高相容性的技術

使用技術操作簡單、維護方便，即使是文盲農民也能夠在簡單說明後使用這個系統。

(三) BMDA 的承諾

由 BMDA 負責推行該系統，提供有效率的服務和監控體系，並負責系統建置成本的回收。

(四) 社會接受度

根據調查約 44% 的農民認為這項技術非常好，高度的社會接受度是成功推行該技術的關鍵因素。

五、推行限制

除了灌溉電力供應外，並無其他影響推廣的因素；但是，在供水配送至田間的設計，仍缺乏靈活性。目前配送網絡僅適用於大量的供水，原系統設計應該依農民支付的水費配送定額的水量，但管井的排放通常高於每秒 30 公升，所以即使是一小塊土地，也會在短時間內收到大量的供水。目前這種配送水的方式，僅適用於淹水灌溉和溝渠灌溉的水稻、甘蔗或玉米等作物；對於旱地作物、水果與蔬菜，仍需更多創新技術的導入才能適用，對於滴灌和灑水系統的農場也不適用。孟加拉正在進行農業快速轉型，高經濟價值作物需求日增，未來的供水控制勢必將配合此一需求進行研發。

六、小結

ICT 應用於水資源管理在孟加拉正穩步成長。案例研究顯示，ICT 應用對於節水、節能、降低農民成本、及減少地下水的抽取等方面發揮重要作用。透過改善灌溉供水控制，可增強地下水對於農民生產力的影響；從長遠來看，亦可降低農業的碳足跡。簡易友善的操作系統，對於識字率



較低的農村易於推廣使用。資通訊技術在水管理方面的應用，顯示該技術不僅可促進農民生計和減輕貧困，也有助於改善治理和社區參與。而技術創新也需要伴隨制度創新，導入新技術需要有相關政策措施的支持。行動通訊與付款系統整合，將進一步改變水資源管理，未來農民透過手機遠程監測，即可控制偏遠地區農作物的澆灌作業。

肆、中國--物聯網在農業的應用

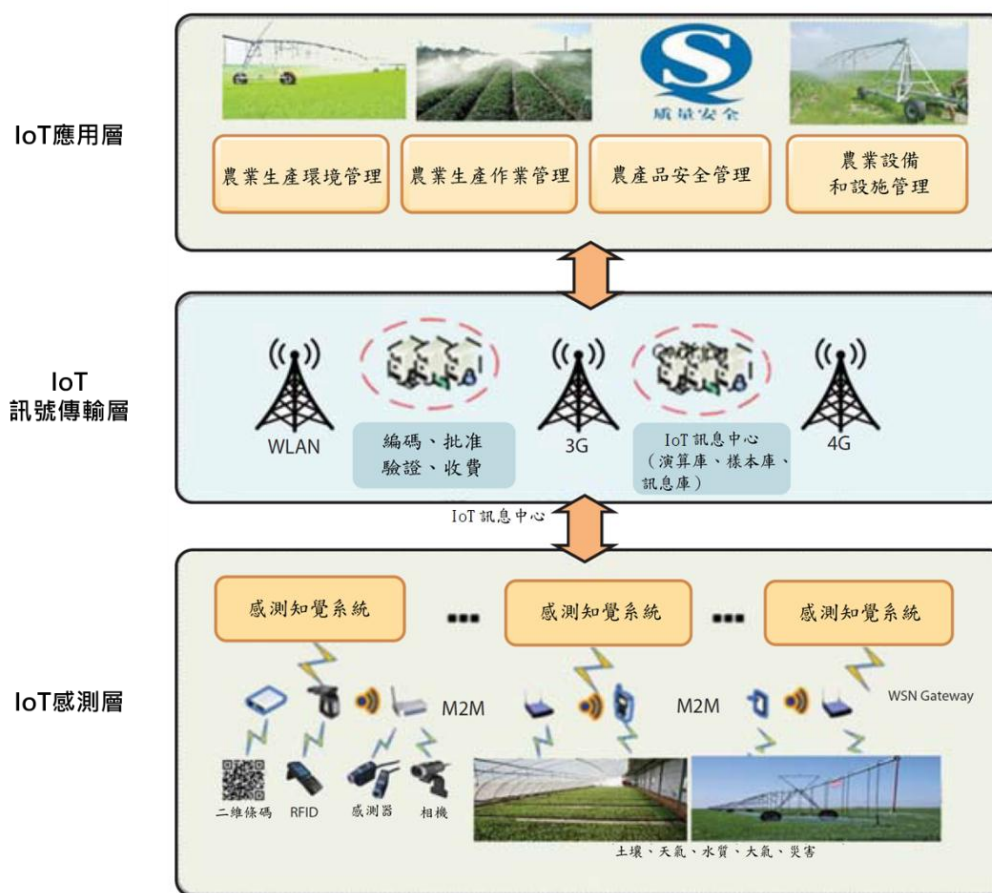
物聯網(IoT) 技術是一種基於無線傳輸感測網絡的系統，近年來被認為應用在農業、水產養殖業和家禽業，將可降低成本，提高農村勞動力工作效率；對於降低人力成本，甚至規避大規模生產可能產生的風險有所助益。物聯網最重要的應用之一是「智慧」農業，所應用的技術重點在於自動化、感測器與電子量測，以及整個生產過程的智慧化與遠程無線遙控。本案例將針對物聯網技術在中國不同農業領域的應用進行介紹。

一、技術合作夥伴

本案例係由中國深圳市睿海智电子科技有限公司(簡稱睿海智公司)、雲南郵電規劃設計院有限公司及中國電信(雲南分公司)共同出資展開農業物聯網研究與應用。睿海智公司為新一代無線智慧傳感網路系統開發、製造與銷售公司，其技術可用於開發智慧環境、農業、教學、城市、家庭和其他物聯網領域。雲南郵電規劃設計院主要承接各類通信工程勘察設計、網路規劃與優化、可行性研究及技術諮詢等業務；中國電信則為中國主要的通訊服務營運商之一；中國電信的大型計算系統，可針對農業訊息平臺提供適應性網路基礎設施服務，同時先進可靠的雲端計算平臺，大幅降低資料處理的投資成本。

二、農業物聯網系統設計

睿海智公司透過與當地政府和企業合作，已經在中國主要農業區完成六個先導計畫。所設計的系統包括無線感測網絡(Wireless Sensor Networks, WSN)、信號傳輸、數據處理和應用層，如圖 3 所示。此一智慧系統尤其適用於灌溉、施肥和噴灑作業，並可提供進行數據分析。



資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study I: Application of the Internet of Things in Agriculture。

圖 3 農業智慧系統與感測網絡結構圖

(一) 感測層

在無線感測網路層中，所有環境參數將透過感測器量測設備即時監測與收集，例如溫度、濕度、光照條件、氨氣密度等。

(二) 信號傳輸層

在信號傳輸層中，所有參數數據都被採集、分類和整合為一個封包，並透過低速短距離傳輸的 Zigbee、無線區域網路(Wireless LAN, WLAN) 或行動 3G / 4G 系統等無線網路進行傳輸。在這個案例中，是以 Zigbee 及 Wi-Fi 進行資料傳輸。

(三) 數據處理和應用層

經由傳輸層所收集的大量數據和參數，透過處理和分析後，即可進行智慧型農業控制；分析後的數據，將做為決策之用，並啟動自動控制措施。



三、創新與關鍵成功因素

(一) 環境數據採集系統

該系統有兩個版本，現場版提供客戶可進行調查、設置和控制現場所有的參數與設備；遠程遙控版，則提供客戶可以在遠端執行相同作業。

(二) 自動生產系統

所擷取的數據由專業農業系統進行處理，這些參數不僅可用於生產自動化作業，並可透過大數據處理與分析以建置生產模型，作為提高生產力和農作物品質的決策建議參考；此外，透過智慧化參數控制，亦可有效降低水資源與肥料等投入。一旦任何一個參數超過標準值，系統會發出預警，以確保農業生產安全。以智慧型灌溉為例，在智慧農業系統中，只須設定系統所需的參數，系統在分析感測器檢測到的數據後，會在適當的時間執行適量的灌溉作業。

(三) 單點對多點的無線視頻監控系統

遠端監控系統可提供客戶可隨時隨地從電腦或手機，觀測農田或溫室的即時訊息。

(四) 農產品溯源系統

溯源系統可追蹤農產品從農場到餐桌的流動，監測不同生產供應鏈中農產品的品質。消費者可以透過掃描 QR-code，輕鬆查看整個過程，做為購買決策參考；因此，亦可確保食品品質與安全。

四、各種不同農業物聯網的應用

(一) 物聯網種植應用於建築屋頂

中國電信位於中國昆明市的大廈頂層，總面積 2,000 平方公尺設置了 50 個種植箱，並設置農業物聯網系統(如圖 4)。該系統可以自動監控不同種類的環境參數，例如自動收集溫度、空氣濕度和土壤含水量的數據，並將資料傳輸到控制中心進行數據分析和遠端觀測。



© Chinacosi

資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study I: Application of the Internet of Things in Agriculture。

圖 4 中國電信大樓屋頂應用物聯網進行作物種植和溯源案例

(二) APP 與網頁監控系統

睿海智公司所開發的農業務聯網系統，透過 WLAN 無線傳輸數據，農民可以透過手機 APP 和網頁進行管理和控制(如圖 5 及圖 6)。用戶可以查看農田訊息，例如：土壤含水量、pH 值、光強度、風向、風速、降雨、觀看農田的現場，以及操作灌溉系統等。系統功能包含：水肥同步、觀看即時視頻、社群通訊、用戶活動排名，以及資料存儲、管理和分析。



© Chinacosi

資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study I: Application of the Internet of Things in Agriculture。

圖 5 APP 與網頁監控系統介面



The interface of the website platform

資料來源：FAO& ITU(2017), E-agriculture in action, Case study I: Application of the Internet of Things in Agriculture。

圖 6 網頁監控平臺介面

(三) 智慧型水肥同步灌溉系統

智慧型水肥同步灌溉系統結合了物聯網相關技術，包括感測器、自動遠端控制、電腦、無線通訊等。透過電腦、智慧型手機和平板電腦，即可進行灌溉、施肥和作物管理的遠端控制與監測。

(四) 小型氣象站

該設備可以監測各種室外環境參數，如空氣溫度和濕度、光強度、風向、風速和降雨；並透過電腦、智慧型手機和平板電腦，觀測即時的情況。

(五) 智能殺蟲系統

智能殺蟲系統可根據光的強度，智慧型控制殺蟲燈的切換。

五、小結

資通訊技術、物聯網、大數據與雲端計算等科技，對於農業活動的環境、永續性和健康議題，提供先進的解決方案。中國物聯網技術在農業大規模生產應用才剛起步，後續睿海智公司鎖定三個方向發展：促進智慧型農業生產、發展農產品電子商務及開發產品質追溯系統。



伍、結論

隨著資通訊技術、物聯網、雲端與大數據等科技的發展，在農業方面的應用，不但可用於生產供應鏈進行即時觀測與數據收集，更重要的是可透過數據分析，提供農業決策參考；此外，透過科技系統的無縫性數據擷取與紀錄，可完整的留下生產紀錄，便於後續追蹤與稽核。這些應用都將使農業經過 e 化後，更加的朝向數位化、智慧化與行動化發展。

從本文所介紹的 ICT 技術在泰國食品溯源管理、孟加拉智慧卡預付費計量供水系統及物聯網在中國農業生產操作面的應用，發現這些科技對於農業從生產面、銷售面乃至管理面都提供了絕佳的 e 化應用工具。從初階的確保農業生產、精簡人力成本、用電腦取代人工進行操作，進階的串聯生產與付費系統、進行供應鏈管理，乃至透過控制中心針對所收集的數據進行模擬分析等，都提供了農業不同層面的思考與應用。

對於我國農業現階段所發展的位階而言，在生產面，透過 ICT 技術整合，可以提供農業智慧化與精準化操作，提高生產效率、有效降低無謂的生產投入，達到省工栽培、降低生產成本，並確保農業生產安全。在銷售面，農產品銷售可透過電子商務平臺，將通路從實體延伸到網路，透過網路社群平臺有效接觸目標市場，降低行銷成本；甚至可以進行計畫生產，透過網路接單後再進行農業生產規劃，有效控制產量與市場價格。至於管理面，則可串聯良好農業規範(TGAP)、生產履歷溯源系統、QR-code 等，建構安全農產品消費網；對通路商而言，則可有效管理供應鏈體系的食品安全、降低稽核成本，並透過大數據分析商品供需與市場區隔，進行行銷策略的擬定。

此外，隨著氣候變遷極端氣候發生的愈加頻繁，應用 ICT 技術搭配田間微氣候監控系統，並透過大數據模擬氣候與生產參數，可作為農作物氣候保險基礎。未來一旦發生暴雨或寒害，氣候條件達到災損參數標準，隨即進行理賠；如此一來不但有客觀性的災害損失補償機制，同時可免除龐大的勘災作業。此類的農業 e 化運用，也可納入我國前瞻農業發展規劃。



陸、參考文獻

1. FAO& ITU (2017). *E-agriculture in action*. Retrieved from <http://www.fao.org/publications/card/en/c/9de549bb-4c16-432d-8451-3c8254aac8f7/>