

CDIOT物聯網工程教育模式可行性分析

林正敏*

摘要

本文引進CDIO工程教育模式，教導學生從構思、設計、實現、和運作來將物聯網技術導入產品或服務，稱此方法為CDIOT物聯網工程教育模式。共有四個步驟：一、用5W2H以心智圖來構思產品／服務的關鍵數據；二、用設計方法找出「條件／動作」的服務流程；三、實現產品／服務的物聯網系統；四、運作產品／服務的商業模式。其內容包括：CDIO工程教育模式、物聯網工程教育模式、教學方法與實作、和討論與發表。本文以兩個實作範例：魚菜共生物聯網系統以及智慧工藝——淨（物之靜），來實踐CDIOT教學方法，有系統地學習將物聯網技術導入產品或服務。

關鍵詞：CDIO、工業4.0、社會5.0、物聯網、智慧生活科技



DOI : 10.6870/JTPRHE.201806_2(1).0002

投稿日期：2018年3月25日，2018年7月6日修改完畢，2018年7月26日通過採用

*林正敏，南開科技大學數位生活創意系教授，E-mail: lcm@nkut.edu.tw

壹、前言

人類發展歷程從農業社會轉變到工業社會，人們生活也由農村變成以城市為主要的居住及工作場所，因此如何運用「智慧生活科技」來讓現代城市更有智慧化、便捷、安全、有效率成為不可或缺的因素（經濟部，2013）。所謂智慧生活科技就是以資通訊技術（information and communication technology, ICT）來發展智慧化城市，由此可見如何發展安全而有效率的資通訊相關產品是非常重要的。常見的智慧生活科技有物聯網（internet of things, IoT）、行動裝置（mobile device）、雲端服務（cloud computing）、大數據（big data）、以及人工智慧（artificial intelligence, AI）等。物聯網是小鎮或城市要變成智慧小鎮或智慧城市（smart city）最基礎的網路設施，可以把安裝在小鎮或城市內的感知器數值傳送到雲端伺服器提供雲端服務，常見的感知器有溫度、溼度、PM2.5等，人們可以藉由隨身帶的行動裝置（如：智慧型手機）來讀取感知器，進而下達命令，經由物聯網來控制致動器，如：電動看板、電動窗簾、機器人等。當感知訊號經由控制器轉換成資料，再經物聯網傳送到雲端伺服器儲存起來，經過長時間的累積，這些資料就形成大數據，經由資料挖掘（data mining）技術找出有用的資料，讓生活變得更方便、更便利，若機器本身具備機器學習（machine learning）等人工智慧技術，佈建在小鎮或城市中的機器（如感知器、伺服器等），就能擁有自我學習能力，透過新的資料形成，就能有新的決策或執行新的命令。總而言之，機器本身像人類一樣能不斷地自我學習成長，為人類不斷地提供更好的服務，創造更好的生活品質。

日本政府在2016年批准通過超智慧社會或稱為社會5.0（Super Smart Society or Society 5.0）的概念。超智慧社會或社會5.0是指：一個社會的各種需求可以被精細的掌控，在有需求的情況下，提供必要的產品和服務給需要的人（王吟方，2017）。依照日本政府對社會的演變可分成：狩獵社會、農耕社會、工業社會、資訊社會、以及超智慧社會。超智慧社會對於人們生活上的需要可以經由物聯網系統達到的精細掌控，主要是用來預防自然災害、善用匱乏的能源與資源、因應少子高齡化的問題、預防和治療傳染病以及減少恐怖攻擊等，而這些的應用都離不開

智慧生活科技中的物聯網技術。

在人類歷史上發生了四次工業革命。首先，人類在1760年代開始懂得使用水力及蒸汽作為機器的動力來源，我們稱它為第一次工業革命，從1760年一直持續到1840年代的歷史時期，我們稱為機器時代（the age of machines），而這個時期最具代表性是在1769年英國人瓦特改良蒸汽機，突破人力與獸力的限制，蒸汽機的發明讓以人工勞力轉向機器動力。人類第二次工業革命是指在1870年至1914年期間，人類開始使用電力做為大量生產的動力來源，人類進入「電氣時代」，其最具代表性的產品就是電燈的發明。三次工業革命則是使用電子裝置及資訊技術（IT）來消除人為影響，以增進工業製造的精準化、自動化，電腦的發明是這個時代最具代表性的產品。工業4.0（Industry 4.0）有時又稱為生產力4.0，但它並不等於第四次工業革命，而是一個由德國政府所提出的高科技計畫。工業4.0的核心是智慧型整合感控系統和物聯網，除了德國提出的工業4.0，在臺灣的生產力4.0、中國製造2025和美國製造業振興計畫也都提到。目前實現第四次工業革命的時間，各界說法不一，應該會落在2020年。當物和物間能運用物聯網技術相互彼此通訊，將現有的工業相關的技術、銷售與產品體驗整合起來，智慧製造、無人工廠、無人車以及智慧商店就變得可行。

從以上的討論不管是工業4.0或社會5.0都離不開物聯網技術，物聯網是智慧生活經常使用到的科技，而如何培育善用智慧生活科技的未來人才是目前大學的當務之急，在2011和2015年我國教育部分別啟動智慧生活整合性人才培育計畫（I）和智慧生活整合性人才培育計畫（II）各四年期計畫，積極培育善用智慧生活科技的T型人才。T型人才是指除了自己本身的專業能力外，更要培養跨領域的能力，經由「科技X設計X場域」教學模式，就是在培養跨領域的T型人才，本文的重點將放在物聯網的人才培育上。2000年起由麻省理工學院和瑞典皇家工學院等四大學建立CDIO工程教育理念，推動從構思（conceive）、設計（design）、實現（implement）和運作（operate），期待能培育出創新的工程人員。雖然CDIO為常見的工程教學模式，但目前技職教育體系中，工程相關系所在實施物聯網課程大多強調實作和操作，缺乏構思與設計，設計類系所又缺乏物聯網相關實作課程，如何運用CDIO工程教育模式導入物聯網課

程，來補足工程或設計領域教學不足地方是一個值得研究的議題之一。本文融合CDIO工程教育與物聯網專業，提出CDIOT教學方法，讓工程領域教師在準備教學時，多考量構思和設計教材的準備以及教學活動設計，讓設計領域教師因為有CDIOT教學模式的協助也能輕輕鬆鬆地在設計課程導入物聯網實作實驗，工程類學生也因為多了構思和設計的體驗學習，更能瞭解物聯網的相關應用，設計類學生也因瞭解物聯網技術而勇於設計可以聯網的作品。本研究的目的以CDIO工程教育模式為基礎，提出CDIOT物聯網工程教育模式可行性分析，發展出構思、設計、實作、以及操作等四個體驗式教學工具，使用心智圖、流程圖、以及商業模式圖等技術，經過我們測試及驗證，證明這個方法是可行的，成功地引導學生在構思、設計、實現和運作等四個階段，以動手做方式教導學生如何設計物聯網的產品，並用兩個實例：魚菜共生物聯網系統以及智慧工藝——淨（物之靜）分享CDIOT的創新理念。由於我們所設計四個體驗式教學工具都是以物聯網應用來發想，使本研究限制在物聯網產品／服務設計上，不適用於非物聯網相關產品與服務。

貳、課程設計理念與理論基礎

一、教學方法設計理念

「智慧科技與產業創新跨校教學聯盟」，簡稱「智創聯盟」，是教育部智慧生活整合性人才培育計畫（II）分項計畫一智慧生活人才培育重點聯盟推動計畫的七個整創聯盟之一（智創聯盟，2016）。智創聯盟是以「文化導向生活科技」重點領域為基礎，以「智慧科技改善弱勢場域，融入在地社區常民生活，以深度旅遊活化在地特色與產業創新」為目標，整合中、南及東部的大專院校師生與地方性團體，將各校系所特色結合智慧生活科技，深入場域進行教學與探究，透過年輕人的創意與活力，由一個一個點狀的場域，逐步串連成線與面，找出臺灣智活文創旅遊的新方向。

（一）智慧創新

智創聯盟計畫以友善旅遊、行銷旅遊、特色旅遊、以及永續旅遊為四年分年目標，前兩年透過智慧科技凸顯場域的旅遊特色，彙整場域的旅遊導覽資訊，建構旅遊資訊平台作為行銷推廣管道，並結合網路社群、網路行銷、整合設計等智慧科技與產品設計技術行銷推廣場域的特色。自2017年為建立特色旅遊，提出智慧創新的教學模式，分成：智慧產品、智慧旅遊、以及智慧社區等三個方向，分別以課程發展、場域經營、以及配套措施，來促使智慧創新三軸的教學模式可以均衡發展，民國106以及107年度計畫規劃分別如圖1、圖2所示。



圖1 智創聯盟第三年特色旅遊計畫規劃

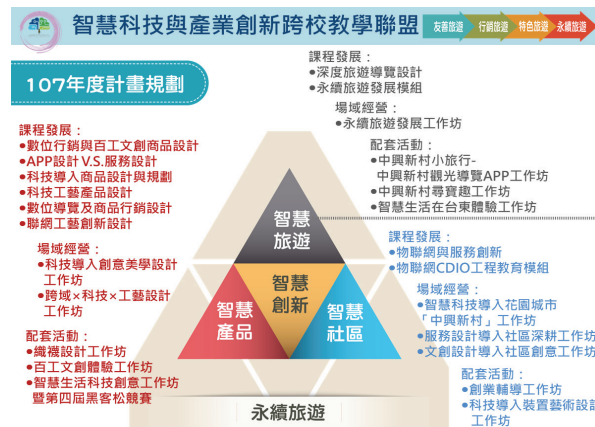


圖2 智創聯盟第四年永續旅遊計畫規劃

（二）雙層三明治課程培育模式

為引導學生由淺入深地進行智慧生活跨領域學習，教育部智慧生活整合性人才培育計畫（I）、（II）首創「雙層三明治式課程」人才培育模式。雙層三明治式課程是由五個層次的課程所組成，由初階至高階分別為：服務學習課程、跨領域基礎課程、中階核心課程、高階實作專題課程與產業應用場域實習課程。其中「開放創新外層」為產業應用場域實習課程及服務學習課程，主要作用為結合外部資源，擴充創新課程與學習歷程的深度與廣度，提升學生的學習主導權，增強學生學習意願，並透過產業應用場域實習課程達到學以致用之成效。其次，「核心內層」組成為：跨領域基礎課程、中階核心課程、高階實作專題課程，首先著重於引發學生學習興趣，強化學生先備知識以提升學習準備度，進而循序漸進增加專業知識的深度與廣度，最後再透過專題實作課程，促進學生活用並轉化已習得之專業知識，同時兼顧學習興趣與達成學習成果之雙重效用（智慧生活人才培育計畫，2014）。

（三）從STEM到STEAM

STEM教育（維基百科，2018）主要是培養學生具備動手做、發明、以及創新的能力，而STEM是科學（science）、技術（technology）、工程（engineering）及數學（mathematics）等四個單字的第一個字母所組成，後來又因美學的重要，加入藝術（art），發展出STEAM教育模式，期待學生能具備美學、關懷等素養，如圖3所示。

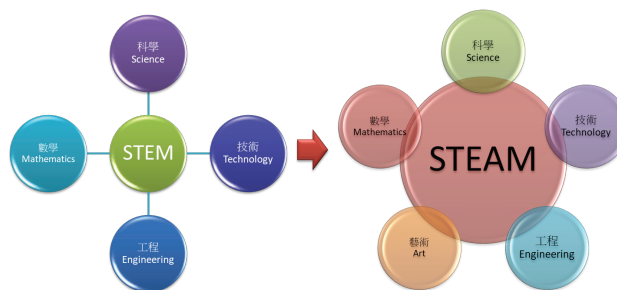


圖3 從STEM轉變為STEAM

在這個世代，機器人已經應用在許多的場合，逐漸地取代人類的工作，例如：無人工廠、自動駕駛、掃地機器人等，如何培養學生具備全人、超越改變的能力，而不被機器所取代就格外變得非常重要，而且未來有許多的工作，科學、技術、工程、藝術及數學等領域相關，這也就是為何要推動STEAM的原因。STEAM教育包括：跨領域、動手做、生活應用、解決問題、五感學習等五大精神（親子天下，2017）。

跨領域是指不同專業的組合創作，例如：竹編QR CODE就是結合資訊及工藝所創作出來的智慧工藝產品，如圖4所示。目前竹編QR Code在南投竹山鎮被用來當作智慧看板，提供旅人到當地旅行的店商網站資訊。動手做已成為目前學生最喜愛的學習方式之一，也就是目前正在推動的創客精神，透過動手做進而瞭解產品的原理，啟發學生學習的興趣。生活應用是最直接的學習，讓學生透過生活中常見的應用，進而瞭解學科專業的應用。不管是任何學習，解決問題能力一直都是學生最重要的能力之一，解決問題能力不就是要面對未知的問題提出方法來解決眼前的問題的能力。五感學習就是利用人類五種感官來進行學習，包括：眼、耳、鼻、口、手等感官，利用視覺、聽覺、嗅覺、味覺、觸覺來進行體驗式的學習。



圖4 竹編QR Code

二、理論基礎

（一）工程教育模式

CDIO是一種工程教育模式，全名是構思（conceive）、設計（design）、實現（implement）和運作（operate），2000年起由麻省理工學院和瑞典皇家工學院等四大學建立CDIO工程教育理念。這個模式是以產品研發到產品運作的生命週期做為教學方法，讓學生能以主動性的實作方式來進行學習，其目標是想培養工程領域畢業生具備工程基礎知識、個人能力、團隊合作和系統工程等四項能力。CDIO的教學法很適合用於創客能力培養上（沈揚庭、戴沛吟，2016），以動手做來訓練產品設計力。

為了更有系統地培養具有可操作性的能力，易於全面實施及檢測，CDIO組織制訂了12條標準（CDIO.org, 2014），分述如下：

1. 基本環境（the context）：第一條為討論學校使命和專業目標如何反應CDIO的理念，就是採用產品（product）、過程（process）、系統（system）生命週期的發展與佈署地來建立構思、設計、實作和運行作為工程教育的環境。
2. 學習目標（learning outcomes）：從具體學習成果來看學生基本的個人能力、人際關係能力以及對產品、過程和系統的構建能力，有多大程度上滿足課程的專業目標。
3. 整體性教學計畫（integrated curriculum）：透過一個整體性教學計畫來建構學生個人能力、人際能力和對產品、過程和系統的製成等能力。
4. 工程導論（introduction to engineering）：工程導論在提供一個動手作的工程框架學習，可以激發學生在相應核心工程領域應用方面的學習興趣以及學習動力。
5. 設計——實現經驗（design-implement experiences）：培養計畫應該包含至少兩個以上的設計和實現的歷程，其中一個為基本水準，另一個為進階水準。利用在課內外活動中，讓學生或多或少有機會參與產品、過程和系統的構思、設計、實施和運行。

6. 工程實作場所（engineering workspaces）：實作場所和其他學習實驗環境能支持學生動手做和直接經驗的學習。學生利用工程實作場所發展其從事產品、過程和系統建構的知識、能力和態度的學習。實作場所是以學生的學習為中心，方便學生進入並且提供易於交流的環境。
7. 整合學習經驗（integrated learning experiences）：整合學習經驗能幫助學生取得學科知識以及基本個人能力、人際社交能力和產品、過程和系統構建能力。
8. 主動學習（active learning）：在CDIO環境下讓學生能主動體驗式學習方法能促進專業目標的達成。教學和學習的方法是設計學生自己的思考和解決問題的活動。
9. 教師能力的提升（enhancement of faculty competence）：運用一些措施來支持用於提升教師基本個人能力和人際能力以及產品、過程和系統構建能力。
10. 教師教學能力的提高（enhancement of faculty teaching competence）：運用一些措施用來提高教師在整合學生學習經驗、運用主動體驗式學習方法以及學生考核等方面的能力。
11. 學習考核（learning assessment）：考核學生的基本個人能力和人際能力、產品、過程和系統構建能力以及學科知識。
12. 專業評估（program evaluation）：針對CDIO提出的12條標準進行系統化評估。將評估結果反饋給學生、教師及其他利益相關者以促進持續改進。

（二）物聯網

若是我們把電腦比喻成人腦，那物聯網就是讓許多物體能像一群人聚集在一起，透過溝通和討論，決定要如何完成一件事任務的基礎網路建設。從字面上來看聯網就是網際網路，也就是互聯網，而「物」就是我們日常中可以看到的東西或事物，例如：電燈、自行車、機車、汽車、工藝品、鐵槌、椅子、桌子、雨傘、拐杖、藥盒等。我們可以試著想想看，當所有的東西都內嵌一個微控器（microcontrollers）或微電

腦（microcomputers）時，再經由無線／有線通訊可以相互彼此溝通協調，讓物品與物品之間能交換訊息，這就是所謂的物聯網。

物聯網就是以網際網路為基礎，讓所有物體都能經由網際網路相互溝通。例如：當咖啡沖好，就用訊息通知您的手機或寄一封信給您。物聯網架構目前區分成三層：應用層、網路層、和感知層，如圖5所示。應用層可以提供許多服務，而網路層由提供資訊的交換與設備的連網，感知層則由許多感知器或致動器所組成，感知器可以把環境的訊號轉換成電的訊號，例如：煙霧偵測器、火災偵測器、人體感測器等，而致動器則泛指所有的轉出設備，例如：電燈或馬達等。



圖5 物聯網的三層架構

物聯網有別於網際網路或互聯網是因為它可以聯接數百萬顆的感測器或致動器，物聯網的感知層讓物聯網可以跟現實的世界相連在一起。以冷氣機為例，感知層有溫度感知器、紅外線接收器（接收遙控器發射出來的訊號）、繼電器或固態電驛等。在感知層的節點我們稱它為智慧感知器，其主要的元件包括：微控器、感知器、致動器、通訊單元。

（三）心智圖

心智圖（mind map）又稱腦圖、概念地圖、腦力激盪圖、或思維地圖，是一種常用的圖式思考的工具，也可以用來促進學生學習策略的新工具（許麗齡、章美英、謝素英，2008）。心智圖可以用手繪，也可以利用圖像式思考輔助工具來表達研究者的思維，例如：XMind。心智圖會先以一個主題或中心觀念，然後再把次要的主題以輻射線方式展開。

XMind也是屬於一種綠色軟體，那什麼是綠色軟體，通常是小型軟體，大部份是免費軟體，最大特點是軟體無需安裝便可使用，可存放於

可移除式儲存媒體中，方便攜帶使用，直接將該目錄移除後，也不會在其他目錄中留下任何相關的檔案，沒有登錄檔會留在本機電腦上。因此在下載時可以選擇ZIP檔，解開來就可以直接使用。圖6說明我們使用XMind軟體引進5W2H方法進行用心智圖規劃CDIOT中的構思物聯關鍵數據。5W2H分析法就是利用場合（where）、使用的對象（who）、使用的時機（when）、可以創造什麼價值（what）、要解決什麼問題（why）、如何使用（how）、多少量（how much）等七個面向，提出問題來進行思考。在思考階段利用心智圖有助於圖像思考，並以主題以放射線引導構思，搭配5W2H更能引導構思物聯網系統中會使用到的感知器，進而推斷出關鍵的數據。

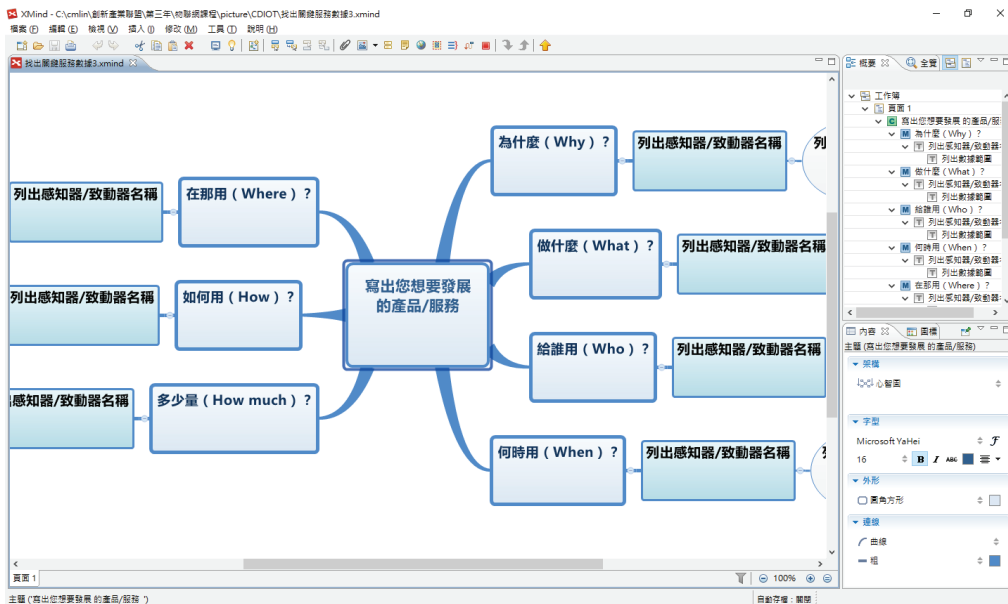


圖6 用心智圖規劃CDIOT中的構思物聯關鍵數據

（四）商業模式圖

CDIO工程教育分成構思、設計、實作、操作等四個階段，也就是瞭解從創新概念到產品化的過程，最終就是能經過商業的試鍊，才能驗證這個產品／服務是可行的，在CDIO操作的階段除了體驗親手設計出來的產品／服務外，我們建議可以用商業模式圖（business model canvas）來設計創新產品的商業模式，才能瞭解產品／服務是否具備永續營運的殺

手級應用（killer application）。

所謂的商業模式指的就是一個組織如何運用創造、傳遞以及獲取價值的手段與方法。商業模式圖是利用構思繪圖方式，畫出您的商業模式，商業模式圖如圖7所示，可以區分成下列九個重要的元素：

1. 目標客層（customer segments）：一個新創公司、企業、或組織所要服務的對象，可以是一個或數個顧客群。
2. 價值主張（value propositions）：以各式各樣的價值主張來解決顧客群的問題，以滿足顧客群的需求。
3. 通路（channels）：所提出的價值主張要經由溝通、配送、和銷售的通路，傳送給顧客們。
4. 顧客關係（customer relationships）：組織必須要能和每個目標客層都能維持或建立良好的顧客關係。
5. 收益流（revenue）：當顧客得到價值主張後可以取得的收益。
6. 關鍵資源（key resource）：想要提供前述各項元素所需要的資產或資源。
7. 關鍵活動（key activities）：運用關鍵資源來執行的活動，以達到我們的目標主張。
8. 關鍵夥伴（key partnerships）：仰賴組織外部的資源或活動。
9. 成本結構（cost structure）：各個商業模式元素的成本。

關鍵夥伴 (Key Partnerships)	關鍵活動 (Key Activities)	價值主張 (Value Propositions)	顧客關係 (Customer Relationships)	目標客層 (Customer Segments)
	關鍵資源 (Key Resource)		通路 (Channels)	
成本結構(Cost Structure)			收益流(Revenue)	

圖7 商業模式圖

參、教學設計與實施

一、CDIOT教學設計理念與步驟

STEAM教育可以培養跨領域的T型人才，有別於傳統教育只重視單一專業的I型人才培育方式。而CDIO教育則可以提供從構思、設計、實現、到運作一連貫性的工程產品／服務設計流程，產品是有形的物品，服務則沒有固定形體，可以提供生活中更便利的服務，如圖8所示，其中說明如下：

- (1) 構思階段著重於分析顧客需求，文獻探討，以發散性思維來考量所面臨之問題與需求，找出使用者的核心需求。此階段最常使用方法是分組討論，透過訪談方式來尋找需求，規格書是此階段很重要的文件。
- (2) 設計階段則以使用者導向來進行需求設計，尋找出跨領域的設計解決方案，透過不同背景專長的人相互合作，提出解決問題的方法。這個階段可以使用腦力激盪法、5W2H分析法或是情境故事法。流程圖、3D圖檔及電路圖也是此一階段很重要的文件。
- (3) 實現階段是指將設計轉換為產品原型的過程，包括：方案確認與原型製作，利用現有的資源來收斂及製作產品／服務的原型。可以利用3D列印來製作原型；製作電路板實作硬體；設計軟體來實現服務。
- (4) 運作階段則根據產品／服務實際運作的經驗，來改進所遭遇的實際問題，透過不斷地修正以及反覆地測試，尋找受試者來體驗產品／服務，使該工程產品／服務達到最佳狀態。可以透過作品展覽和簡報來呈現作品，訓練學生思考其商業模式以及進行SWOT分析，瞭解產品／服務的內外部優勢及劣勢、機會與威脅等，以便進行修訂。



圖8 CDIO各階段的主要任務

如何利用CDIO來發展物聯網商業模式，我們稱此教學方法為CDIOT物聯網工程教育模式，如圖9所示，其四個主要的步驟如下：

- (1) 構思（conceive）：以使用者為中心，透過使用者經驗或服務設計方法找出要發展的產品／服務，本研究以心智圖搭配5W2H來引導構思物聯網的應用，再把要發展的產品／服務找出關鍵性的數據。
- (2) 設計（design）：把儲存在雲端上的關鍵性的數據用垂直時間軸心智圖方法找出「條件／動作」的流程變成可行的產品／服務
- (3) 實現（implement）：用物聯網相關工具把可行的產品／服務具體化，以心智圖先找出「條件／動作」的對應感知器／致動器，再利用視覺化的元件，建構出使用者人機介面以及具體可行的服務。
- (4) 運作（operate）：把實作出來的產品／服務轉變成可行的商業模式，透過利害關係人的實際體驗，修訂產品／服務，並採用商業模式圖發展出以物聯網為基礎的可行商業模式。

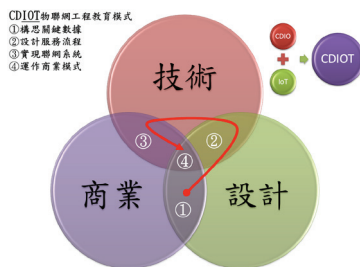


圖9 CDIOT物聯網工程教育模式

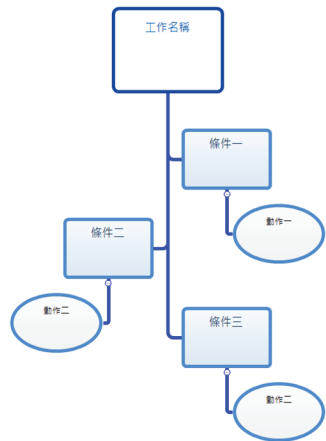
圖10說明CDIOT物聯網工程教育模式的實施步驟，步驟一：構思——採用5W2H心智圖，引導使用者利用心智圖來找出我們想開發的產品／服務，找出產品／服務會用到那些感知器／致動器，首先在圖中主題填上要開發產品／服務的名稱，然後我們利用5W2H分析法等七項主要關鍵因素，讓使用者能快速地掌握到產品／服務的主要關鍵因素，再發展出次要的關鍵因素，成功地找出產品／服務會用到那些感知器／致動器。步驟二：設計——採用垂直時間軸心智圖來讓使用者填寫工作的服務流程，首先在步驟一中選擇一個工作，填寫工作名稱後，依時間次序填寫條件／動作的配對項目，何種條件下要執行那種動作，這部份時間次序也可以忽略，重點在於訓練為物聯網工作設計條件／動作的配對項目。步驟三：實現——用心智圖來協助使用找出感知器／致動器要放置在控制器的那一支接腳上以及連網的基本設定。步驟四：操作——用商業模式圖來找出物聯網產品／服務的商轉可能性，找出價值主張、目標客層、通路、顧客關係、關鍵資源、關鍵活動、關鍵夥伴、成本結構、和收益流。

CDIOT 工程教育模式

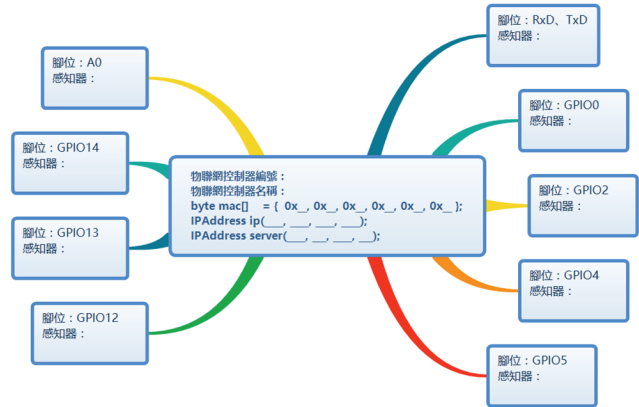
步驟一、用 5W2H 心智圖構思(Conceive) 產品/服務的關鍵數據。



步驟二、用時間軸來設計(Design) 工作的服務流



步驟三、用心智圖來實現(Implement) 物聯網



步驟四、用商業模式圖(Business Model Canvas)來運作(Operate) 商業模式。

關鍵夥伴 (Key Partnerships)	關鍵活動 (Key Activities)	價值主張 (Value Propositions)	顧客關係 (Customer Relationships)	目標客層 (Customer Segments)
	關鍵資源 (Key Resource)		通路(Channels)	
成本結構(Cost Structure)			收益流(Revenue)	
小組名稱： 小組成員： 設計日期：			設計成員： 智慧科技與產業創新跨校教學聯盟、南開科技大學民生學院 逢甲大學資電學院、耕雲智慧生活科技股份有限公司	

圖10 CDIOT工程教育模式

二、教學內容

物聯網是目前熱門科技之一，也是各行各業都會用到的智慧生活科技，但有些人一聽到物聯網，總感覺它是困難的，需要設計電路？需要寫程式？這點也是往往成為臺灣創新的絆腳石，要創新需要懂得時代發展的潮流，不管是物聯網（IoT）、雲端服務（cloud service）、大數據（big data）、人工智慧（AI），都需要用到能夠掌握環境的資訊，來進行判斷，做出良好的決策及適當的反應，以無人車為例：車子本身要能判斷前方是否有障礙物，目的地在什麼地方？這些都需要經由感知器（sensor）才能做到，這也就是為什麼物聯網很重要，因為物聯網是繼網際網路（Internet）或互聯網的下一代的網路基礎建設，網際網路／互聯網讓全世界所有的電腦都能聯上網路，彼此之間可以交換資訊，造就現在數位爆炸的時代，未來當萬物都能聯網，每個物品都能彼此交換資訊，這又會是什麼樣的時代呢？

表1說明CDIOT教學方法及教學內容，大致上區分成4個區塊，分別是CDIO工程教育模式、CDIOT物聯網工程教育模式、CDIOT教學方法與實作、和討論與發表。CDIOT物聯網工程教育模式除了介紹方法外，也說明兩個實作範例，其中CDIOT教學方法與實作有安排實作課程。

表1

CDIOT教學方法及教學內容

上課主題	講授內容	實作
CDIO 工程教育模式	何謂CDIO工程教育？ CDIO組織制訂的12條標準 何謂STEM教學方法？ 從STEM轉變為STEAM 從構思與設計到實作與運作 服務體驗工程方法（SEE） 使用者經驗和使用者介面的差異 UI & UX 差別是什麼？	
CDIOT 物聯網工程 教育模式	CDIOT物聯網工程教育模式四個主要 CDIOT物聯網工程教育模式 步驟	

（續下頁）

CDIOT 範例2：魚菜共生物聯網系統			
C D I O T 教 學 方 法 與 實 作	創意構思與 思考方法	卡片分類法 世界咖啡館 腦力激盪法 心智圖（mind map）	實作一： 用5W2H心智圖構思 （conceive）產品／ 服務的關鍵數據
	常用的設計 方法	統一塑模語言 何謂人物誌？ 程式流程圖 時間軸心智圖	實作二： 用時間軸心智圖設計工 作流程，找出工作的條 件／動作的配對關係。
	物聯網工具 與實作	不會寫程式也能掌握物聯網 從麵包板到印刷電路板創意不間斷 用Tinkercad進行3D設計 心智圖	實作三： 設計物聯網控制器，用 心智圖來指定感知器／ 致動器的腳位對應關係
	物聯網操作 與測試	物聯網的三角戀情 MQTTBOX 何謂價值主張？ 何謂商業模式圖？	實作四： 以商業模式圖探討物聯 網產品／服務的商轉機 會
	討論與發表	每組學生用3分鐘上台發表，教師講評	

學習物聯網要設計電路？需要寫程式？這個答案是「要」，也可以是「不要」，能夠設計電路和軟體這當然很好，但擁有物聯網專業知識，透過構思、設計、實作、操作的CDIO模式，把物聯網作品設計出來，這才是最重要的。這個時代是講究分工，設計電路和寫程式就留給電子、電機、資工領域的人，他們會設計出最穩定的硬體，最棒的軟體，而對於管理、工程、民生等非電子電機專業的人士，懂得掌握物聯網技術，經由瞭解使用者需求或市場需求，運用正規的設計方法，以及好用的實作工具，將產品快速地打造出，這就是物聯網自造者（IoT makers）的精神。因此，不管您的專業是什麼？都要更認真地學習物聯網。

CDIOT以設計思考方式，在構思、設計、實作、操作四個階段，分別設計不同的服務設計表單，讓不同領域的學生，透過小組討論方式，完成物聯網產品的設計，為了降低學生在實作上的門檻，我們採用不用寫程式的UrsaIoT Makers，UrsaIoT Makers是由國內耕雲智慧生活科技股份有限公司，也是智創聯盟輔導的創業團隊以及合作單位，於2017年

推出，是一款不用寫程式，只需要接簡單線路就可以實作物聯網工具，您可以從網站：<http://www.ursapictor.com.tw>，下載安裝完成後，執行AppBuilder.exe，就會出現圖11的畫面。



圖11 UrsaIoT Makers

接下來我們來說明如何利用物聯網來進行智慧創新商業模式實作體驗活動，本活動事前準備工作：

- (1) 思考如何運用服務設計的方法來發現場域經營上的各種問題。
- (2) 思考如何使用物聯網導入場域經營達到微型創業的目的。
- (3) 思考如何運用現有資源協助學生成立團隊進行先期的微型創業訓練。

當您畫出物聯網創新產品／服務的商業模式圖，其方法和步驟如下：

- (1) 思考物聯網可以為顧客帶來那些價值主張？
- (2) 想像物聯網所設計的產品或服務，有那些目標客層？
- (3) 您要用那些通路來提供物聯網相關的產品／服務給目標客層？
- (4) 您要如何建立與目標客層的顧客關係？
- (5) 您有那些關鍵資源來發展物聯網相關的產品／服務？
- (6) 以這些關鍵資源為基礎，您用那些關鍵活動來達到所提出的價值主張？
- (7) 您有那些外部夥伴？協助您完成所提出的價值主張。

- (8) 當顧客得到我們提供的價值主張後，我們可以獲那些收益？
- (9) 完成上述所有項目，所需要的成本有那些？
- (10) 別忘了！大家要和自己所設計的物聯網相關的作品來張大合照。

肆、CDIOT教學方法模式實例分享

本節以兩個實作範例來說明如何引導學生進行CDIOT的創作，分別是魚菜共生物聯網系統以及智慧工藝——淨（物之靜）。最後再說明如何將CDIOT應用在課程上。

一、魚菜共生物聯網系統

CDIOT教學方法講究是從構思、設計、實作、到操作來設計物聯網的系統。最近幾年臺灣興起了魚菜共生系統，希望經由魚來協助種菜。換句話說，利用魚的排泄物，經由過濾、硝化後轉換成氮肥提供給菜食用。在構思階段，我們考慮到都市化及高齡化，如何讓生活在都市中的長輩重拾兒時的樂趣，因此我們想到利用LED燈來代替陽光，經由計時器設計來提供日夜作息的燈光控制；在設計階段，我們勾勒出整個系統架構，上面三層用來種菜，最下層則用來養魚，我們利用宜瑪工業所製造的組合式棚架來設計出室內型魚菜共生種養組合架：在實作階段，我們採用MQTT來實現我們的物聯網，在感知端我們採用ESP8266用Arduino整合工具來設計控制軟體，並利用平板撰寫數值呈現以及命令控制的APP；最後實作完成的系統曾在2016年在臺中中友百貨的創客嘉年華以及2016臺北國際發明暨技術交易展中展出，學生也在展出期間充份地和參觀者交換魚菜共生系統的實作心得（Lin, Wang, Lai, & Clode, 2017）。

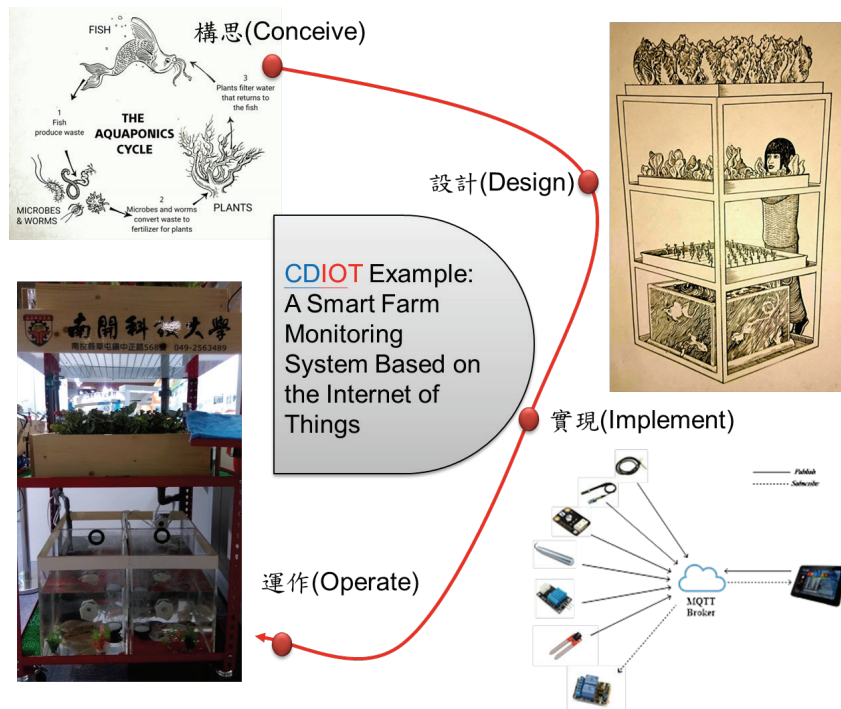


圖12 用CDIOT教學方法來設計魚菜共生物聯網的系統

二、物之靜

CDIOT第二個實踐範例是智慧工藝之淨（物之靜），如圖13所示，這是發生在2016年的暑假，我們團隊參加國立臺灣工藝研究發展中心舉辦「當工藝遇上創客」工作營，在構思階段，我們團隊有鑑於日益嚴重的空氣污染問題，希望能以智慧生活科技結合工藝創作，來設計可以成為家中擺設的工藝品，又可以兼具資通訊服務的產品，我們稱此類的作品為智慧工藝。在設計階段，我們找到ESP8266物聯網模組以PM2.5感知器，我們利用3D建模軟體，為這些零組件設計外觀。在實現階段，我們實作PM2.5讀取程式以及上傳雲端程式，並撰寫讀取PM2.5的APP，我們藝師工作團員更利用樹的種子設計一隻牛以及牛車，我們稱此項技術為樹藝。在運作階段，我們參加臺中中友百貨的2016創客嘉年華（林子淵、林正敏、李永謨、蘇博豐，2017）。

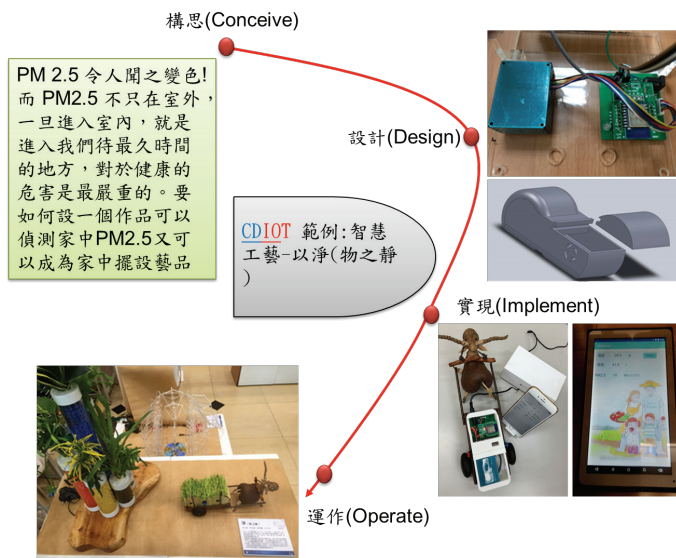


圖13 用CDIOT教學方法來設計智慧工藝——淨（物之靜）

三、CDIOT教學推廣

在2017年11月分別在逢甲大學與國立高雄第一科技大學為CDIOT進行教學實踐，首先由講師講授CDIOT，如圖14所示，教學內容如表1所示，並帶學生動手做，以做中學方式，完成四的實作，如圖15所示，從構思、設計、實現、到操作，最後讓同學上台分享設計過程。



圖14 在逢甲大學進行CDIOT的實踐過程



圖15 教師、助教、和學生討論CDIOT的實踐過程

伍、結果與討論

CDIOT物聯網工程教育模式經過兩堂實作體驗課、完整一學期2學分課程以及兩個專案實作證明是可行的，兩堂實作體驗課都只用3小時，就能實整地上完表1所列的課程以及完成4個實作體驗，然而實作部份是採用設計表單方式呈現，並沒有實際讓同學實作出來。因此，要導入實作課程需要更長的時間，在逢甲大學電資學院物聯網入門的課安排是1學分18小時，3小時物聯網概論、3小時CDIOT、最後12小時實作專題。在南開科技大學民生學院開設2學分物聯網程式，經由106學年度第二學期在課程上實施，學生來自餐管、福祉、文創、數創和應外，是屬於非電資領域的學生，不管是資電學院以及民生學院，CDIOT物聯網工程教育模式證實是可行的。

智慧工藝——淨（物之靜）CDIOT專題是由雙師共同指導學生完成，因為是在「當工藝遇上創客」工作營中完成設計，經歷約2個月，首先會安排專家分享工藝X科技的創作經驗，然後分組鼓勵跨領域組成創作團隊，團隊一段時間討論後，再進行簡報，由設計專長專家進行指導，定案後給予適當的材料費補助，最後進行成品驗收簡報，完成作品依規

定要展出，這樣作法經筆者觀察，很有教學成效，但需要專長指導以及材料費的補助。

魚菜共生物聯網系統CDIOT專題執行時間最長，約3年，從科技部計畫撰寫（構思和設計階段）到發明展的展出（實現和運作階段），這段時間也經過不同的學生，因此學生所受到的訓練也不同，這個計畫的影響力也最大，因執行計畫過程中，我們設計團隊認識不少魚菜共生實際生產的專家，這群專家也即將組成臺灣魚菜共生產業促進會，大家有志一同期能為臺灣魚菜共生產業化貢獻心力。圖17是學生帶著魚菜共生物聯網系統到2016臺北發明展中展出，因獲得亮點報導，被記者採訪的情形，經過這3年的研究與教學，我們觀察魚菜共生系統有其產業化的可能性，學生學習也有一定的成果，然而因為魚和菜都是生物，其中有更多跨領域的知識，來考驗創作物聯網的設計團隊，如何才能把種菜養魚的專業知識和物聯網技術相結合，才有辦法設計出好的智慧農場的科技產品。



圖16 雙師教學：教授和工藝師共同指導



圖17 學生報告魚菜共生物聯網系統

資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=1nCufVHbJWQ&t=18s>

陸、結論

不管是工業4.0或是社會5.0，現階段的發展都離不開物聯網的技術，隨著科技進步，資通訊零組件變得愈來愈便宜，在城市或小鎮上裝設成千上萬的感知節點已變成具有可能性，再加上智慧型手機的普及，到處可見的雲端服務，大數據以及人工智慧正如火如荼地快速成長。在推動智創聯盟計畫，我們特別重視智慧創新，特別是運用雙層三明治課程培育模式來培育跨領域人才以及使用STEAM教方法培養學生在科學、技術、工程數學及藝術等專業上的素養。本文以工程教育模式為理論基礎，探討物聯網技術的應用，並引進心智圖以及商業模式圖來發展「CDIO + IOT = CDIOT」的教學方法，其教學步驟如下：

- (1) 構思（conceive）：以使用者為中心，透過使用者經驗或服務設計方法找出要發展的產品／服務，再把要發展的產品／服務找出關鍵性的數據。
- (2) 設計（design）：把儲存在雲端上的關鍵性的數據用設計方法找出「條件／動作」的流程變成可行的產品／服務
- (3) 實現（implement）：用物聯網相關工具把可行的產品／服務具體化，先找出「條件／動作」的對應感知器／致動器，再利用視覺化的元件，建構出使用者人機介面以及具體可行的服務。
- (4) 運作（operate）：把實作出來的產品／服務轉變成可行的商業模式，透過利害關係人的實際體驗，修訂產品／服務，並發展出以物聯網為基礎的可行商業模式。

本文除了經過體驗工作坊以及正式課程的實證外，也應用在兩個CDIOT專題，分別是智慧工藝——淨（物之靜）與魚菜共生物聯網系統，經由CDIOT的方法，能讓學生更瞭解從構思、設計、實現、到操作等步驟來完成物聯網產品／服務，智慧工藝賦予工藝設計合物聯網技術來增加工藝產品的附加功能，對一件具有藝術的工藝作品而言，能夠感測它所存在環境的感知訊號，並能將訊號轉換成資訊上傳至雲端，就能經由運算提供服務，讓工藝作品也能提供智慧服務。魚菜共生物聯網系統經由物聯網的設計，讓系統知道環境的溫度、濕度、酸鹼度、水位、電導度等，經由這些數據可以反應出環境是否適合魚和菜的生長，對於新農業會有很大的助益。

未來CDIOT教學模式將朝下列幾個方向努力：

- (1) 在非工程背景的學生導入CDIOT的概念，經由有系統的服務設計表單，訓練其邏輯思考能力，進而有機會培育未來智慧旅遊、智慧照顧、智慧餐廳的管理與經營人才。
- (2) 在國高中資訊科技與生活科技中導入CDIOT的概念，培養具備生活創意以及服務創新的專業人才。
- (3) 在場域中導入CDIOT的概念，期望能使在地文化與物聯網融合設計以文化導向生活科技的智慧城市與智慧小鎮。

參考文獻

- 王吟方（2017）。智慧工藝：超智慧社會的環境智慧。取自<http://www.twarchitect.org.tw/special/智慧工藝：超智慧社會的環境智慧/>
- 沈揚庭、戴沛吟（2016）。以CDIO精神發展創客育成模式之課程設計與評估。高等教育研究紀要，**5**，81-98。取自<http://ntcuir.ntcu.edu.tw/bitstream/987654321/11605/2/5-6以CDIO精神發展創客育成模式之課程設計與評估.pdf>
- 林子淵、林正敏、李永謨、蘇博豐（2017）。使用物聯網技術發展智慧工藝——以淨（物之靜）為例。「**ITAOI 2017 第十六屆離島資訊技術與應用研討會**」發表之論文，國立金門大學，金門。
- 許麗齡、章美英、謝素英（2008）。心智圖——一種促進學生學習策略的新工具。護理雜誌，**55**(2)，76-80。
- 智創聯盟（2016）。智創聯盟。取自http://www.smartliving.org.tw/wp-content/uploads/2016/05/union_05.pdf
- 智慧生活人才培育計畫（2014）。雙層三明治課程。取自http://www.smartliving.org.tw/first-phase/?page_id=8
- 經濟部（2013）。**2013年產業技術白皮書**。取自 http://www2.itis.org.tw/pubreport/PubReport_Detail.aspx?rpno=83159609
- 維基百科（2018）。**STEM教育**。取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/STEM教育>
- 親子天下（2017）。**STEAM新素養**。取自<http://topic.parenting.com.tw/issue/2017/steamtoys100/knowsteam.html>
- CDIO.org (2014). *Worldwide CDIO initiative standards*. Retrieved from <http://www.cdio.org/implementing-cdio-your-institution/standards>
- Lin, C. M., Wang, S. E., Lai, P. Y., & Clode, A. (2017, April). *A smart farm monitoring system based on the internet of things*. Paper presented at the 2017 International Conference on Smart Science (ICSS 2017), Huis Ten Bosch, Kyushu, Japan.

Feasibility Analysis of Conceiving, Designing, Implementing, and Operating Internet-of-Things Engineering Education Model

Cheng-Min Lin*

Abstract

Despite the emergence of Industry 4.0 and Social 5.0, smart living technology remains one of the most vital elements for developing smart cities and towns. The internet of things (IoT) is also used to construct basic networks of smart residential zones. Using IoT to design new teaching methods for students and to implement smart products or services is vital for those studying information technology, electronics, business management, or livelihood. This study proposed an engineering education model based on conceiving, designing, implementing, and operating (CDIO) and taught students to introduce IoT technology into products or services. The CDIO engineering teaching model was combined with the IoT to create the CDIO - IoT engineering education model. The CDIOT teaching method consists of 4 steps: (1) mentally mapping key data of the product or service using 5W2H, (2) identifying the service flow of conditions and actions using the design method, (3) implementing the IoT system for products and services, and (4) creating a business model to operate products and services. The content of this paper includes the CDIO engineering education model, CDIOT engineering education model, CDIOT teaching methods and implementation, discussion, and presentation. This paper is based on a 3-hour course taught in 2 schools as well as 2 practical examples: IoT-based aquaponics and smart crafts. The CDIOT education model enabled students to learn systematically how to introduce IoT technologies into products or services using CDIO.

Keywords: CDIO, industry 4.0, society 5.0, internet of things, smart living technologies

DOI : 10.6870/JTPRHE.201806_2(1).0002

Received: March 25, 2018; Modified: July 6, 2018; Accepted: July 26, 2018

* Cheng-Min Lin, Professor, Department of Digital Living Innovation, Nan Kai University of Technology, E-mail: lcm@nkut.edu.tw

