

出國報告（出國類別：考察&實習）

英國曼徹斯特大學工業 4.0 實務研習

服務機關：國立高雄第一科技大學

姓名職稱：徐偉智 教授

派赴國家：英國

出國期間：民國 105 年 9 月 3 日~~民國 105 年 9 月 25 日

報告日期：民國 105 年 10 月 5 日

一、目的

「工業 4.0」一詞自從在德國 2011 年漢諾威工業博覽會上出現後，即蔚為世界各國爭相推動的風潮。由於本人在第一科技大學所教授的一門課程「物聯網科技與服務創新」，在收集資料與準備課程內容時，已深刻體認智慧服務才是物聯網的重點。另外，也體認到物聯網可以說是工業 4.0 的關鍵科技。

這一次的出國研習目的有二：

1. 觀察英國在工業 4.0 的推動上之策略性作法為何？
2. 針對「物聯網科技與服務創新」這個議題收集實際案例與研究題材。

二、過程

這一次實務研習是由英國曼徹斯特大學(曼大)的校級的單位 CPD (Continuing Professional Development)承辦，主要授課師資由 School of Mechanical, Aerospace and Civil Engineering 的工學院主導，再由曼大的商學院、電機學院的師資支援。研習的方式主要有 3 種，分別是講授、討論、參觀。

以下是 2016 年 9 月 5 日至 2016 年 9 月 23 日的每日研習主題與方式的列表。

日期	主要活動	方式
2016 年 9 月 5 日(一)	1. 曼徹斯特大學工學院 研究實驗室參觀 2. 介紹 CPD 工業 4.0 研 習課程	參觀、講授
2016 年 9 月 6 日(二)	1. 工業 4.0 簡介 (Dr Carl Diver) 2. 參觀科學與工業博物 館	講授、參觀
2016 年 9 月 7 日(三)	加法製造與工業 4.0 (Prof. Paulo Bartolo)	講授
2016 年 9 月 8 日(四)	參觀 Jaguar Landrover 汽 車自動化製造廠	參觀
2016 年 9 月 9 日(五)	1. 業界專家演講 (Prof. Paulo Bartolo 主	講授、討論

	持) 2. 分組討論	
2016年9月10日(六)	星期六自由活動	
2016年9月11日(日)	星期日自由活動	
2016年9月12日(一)	參觀農業機械大廠 JCB	參觀、討論
2016年9月13日(二)	1. 工業4.0 專家演講 (Dr Andrew Weightman) 2. 工業4.0 與 Robots (Dr Andrew Weightman)	講授
2016年9月14日(三)	1. 工業4.0 製造 (Dr James Methven) 2. 工業4.0 製造流程 (Dr James Methven)	講授、討論
2016年9月15日(四)	1. 工業4.0 製造供應鏈 (Dr James Methven) 2. 工業4.0 與自動機器人 (Dr Andrew Weightman)	講授
2016年9月16日(五)	1. 工業4.0 與通訊技術 (Dr Nikolay Mehandjiev) 2. 工業4.0 與大數據 (Dr Nikolay Mehandjiev)	講授
2016年9月17日(六)	參觀第一次工業革命之紡織廠	參觀
2016年9月18日(日)	參觀曼徹斯特運河	參觀
2016年9月19日(一)	1. 工業4.0 與網際空間 資訊安全 (Cybersecurity) 2. 工業4.0 與 Standardisation (Dr Richard Kirkham)	講授
2016年9月20日(二)	1. 工業4.0 與 設備監測 (Dr Jyoti Sinha) 2. 工業4.0 與 智慧維護 (Prof Paulo Bartolo & Dr Carl Diver)	講授

	3. 工業 4.0 與醫學 (Prof. Paulo Bartolo)	
2016 年 9 月 21 日(三)	1. 參觀智慧物流公司-- Hermes UK Limited 2. 西門子工程師演講 3. 工業 4.0 與化學工業 (Dr Peter Martin)	參觀、講授、討論
2016 年 9 月 22 日(四)	參觀小型精密軸承製造公 司 NR Automatics (Engineering) Limited	講授、討論
2016 年 9 月 23 日(五)	1. 專案管理及財務與工 業 4.0 (Dr. Paul Chan) 2. 參觀 Manchester City Football Club	參觀、講授

三、心得

3.1 前言

本心得係研讀在研習期間講師所提供的內容包括投影片與論文內容，再針對關鍵詞再上網搜尋，並思考後整理所得到。以下以分節方式整理所獲得的心得。

3.2 Industry 怎麼翻譯?

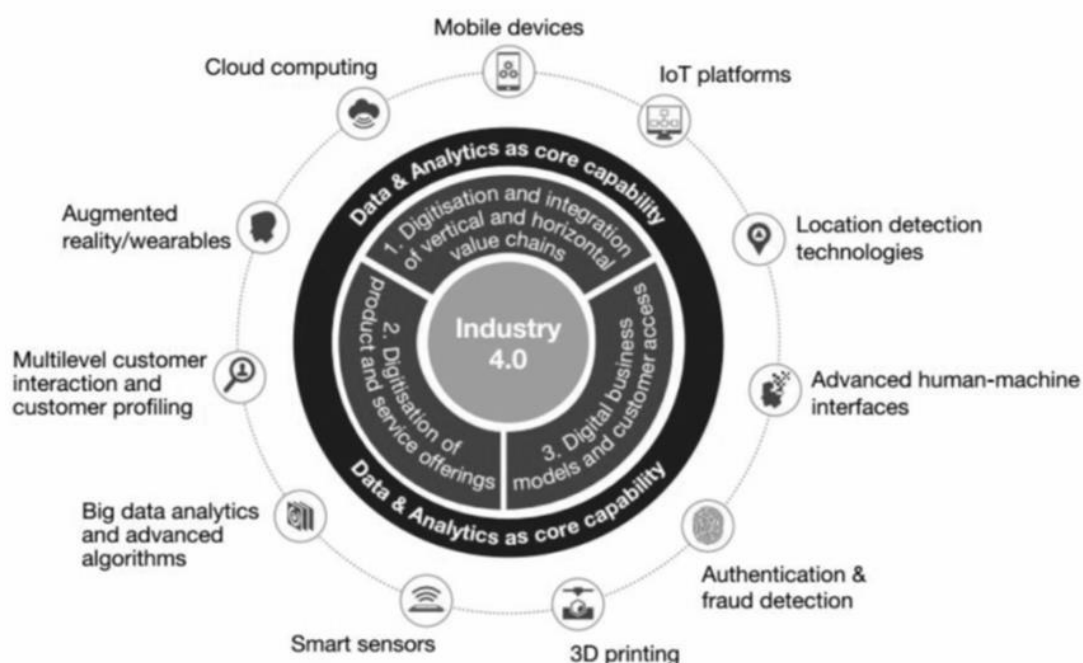
工業的英文是 Industry，翻譯成產業也很普遍。英國工業 4.0 的推動策略應該視為「產業 4.0」，這與台灣的「生產力 4.0」，以及「5+2 新產業」有異曲同工之妙。簡言之，就是在各領域前加上「智慧」2 個字，例如「智慧城市」、「智慧農業」、「智慧機械」、「智慧交通」、「智慧醫療」、「智慧建築」、「智慧物流」... 等。

這可以從曼徹斯特大學針對這次研習所規劃的課程內容可以得到印證，課程內容涵蓋工業物聯網、智慧電網、3D 列印(分子材料)、智慧城市、無人機、智慧物流、工業 4.0 與化學工業、專案管理及財務與工業 4.0... 等。

3.2 Evolution 還是 Revolution?

另外，有一個心中的疑惑，到底工業 4.0 是完成式，還是現在進行式，還是未來式？研習期間，專案管理及財務與工業 4.0 的授課教授 Dr. Paul Chan 所引用的一句話破除了我心中的疑惑。“The journey towards implementing the Industry 4.0 vision will involve an evolutionary process that will progress at different rates in individual companies and sectors.” 也就是工業 4.0 的社會目的是強調演進而不是革命(Societal purpose of Industry 4.0 and emphasizing evolution rather than revolution.)

3.3 Industry 4.0 Framework



上圖是 Industry 4.0 的基礎架構。第二圈分別是(1)數位化與垂直及水平價值鏈的整合(2)產品與服務的數位化(3)數位商業模式與消費者方便性。第三圈是作為核心能力的資料及資料分析。最外圈則分別是(1)行動裝置(2)IoT 平台(3)位置偵測技術(4)進階人機互動介面(5)身分認證與假冒偵測(6)3D 列印(7)智慧感測器(8)大數據分析與進階演算法(9)多階消費者互動與消費者描繪(10)擴增實境與穿戴式裝置(11)雲計算。

這個架構圖傳達了工業 4.0 在推展時之 3 個重點：(1)要能為組織創造與發現價值(Value) (2)要重視資料的力量(3)終端使用者的腳色很重要(4)必須思考數位商業模式。從講師的講義內容：「While Industry 3.0 focused on the automation of single machines and processes, Industry 4.0 focuses on the end-to-end digitisation of all physical assets and integration into digital ecosystems with value chain partners. Generating, analysing and communicating data seamlessly underpins the gains promised by Industry

4.0, which networks a wide range of new technologies to create value.」
可以得到印證。

「What data do we know about these end-users? Where can we go to find out about such data? And to what extent is 'data' used and useful?」
既然要重視資料的力量，但誰擁有你的資料，有一段影片說明我們在提供個人資料時要特別小心「Who Owns Your Data?

<https://www.youtube.com/watch?v=y1txYjoSQQc>」

3.4 工業4.0的組織議題

工業4.0不僅是技術問題，還包括了社會問題。工業4.0時代，工作組織必須要重新設計，所以會引發員工的不安與不適應。「Work organisation and design: In smart factories, the role of employees will change significantly. Increasingly real-time oriented control will transform work content, work processes and the working environment. Implementation of a socio-technical approach to work organisation will offer workers the opportunity to enjoy greater responsibility and enhance their personal development. For this to be possible, it will be necessary to deploy participative work design and lifelong learning measures and to launch model reference projects.」

3.5 User Profile

在工業3.0時代，我們太聚焦供應面，而忽略了需求面。所以要重視終端使用者，但誰是終端使用者。課程講師舉的例子很有啟發性「

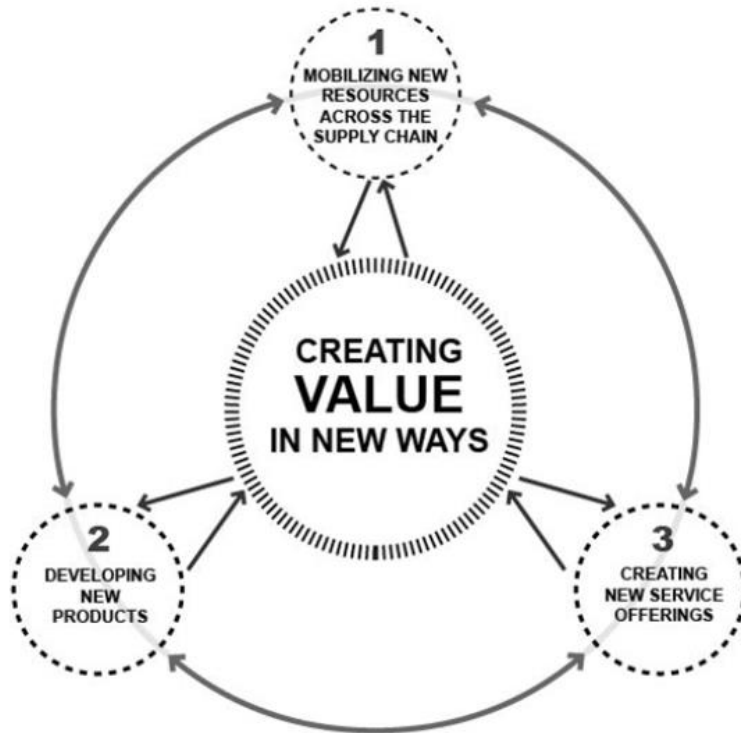
- (1) Consider a case of helping patients with diabetes and diabetic foot ulcerations
- (2) Diabetes is the 5th leading cause of death worldwide.
- (3) Temperature monitoring can be effective at predicting and preventing diabetic foot ulcerations.
- (4) What would you do? How would Industry 4.0 help address the needs of patients living with diabetic foot ulcerations? What products and services?」

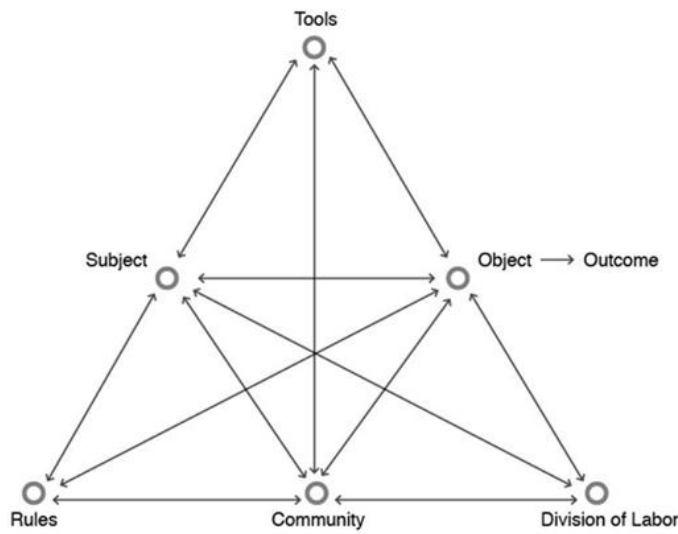
另外，如何得到 user profile，Ethnography 是一個好方法。ethno 是人的意思，而 graphy 是繪圖、畫像的意思，顧名思義 ethnography 是為人類畫像。Ethnography 原為社會人類學者以參與觀察的方法，對特定文化及社會搜集製作資料、記錄、評價、並以社會或文化人類學的理論來解釋此類觀察結果的一種研究方法，所以一般稱為人種誌或民族誌法。Ethnography 屬發現性及探索性的研究，其目的不是理論或假設驗證，知名的民族誌學者，Margaret Mead (1901-1978)

說：「What people say, what people do, and what people say they do are entirely different things」。(參考自 <https://www.youtube.com/watch?v=nV0jY5VgymI>。)

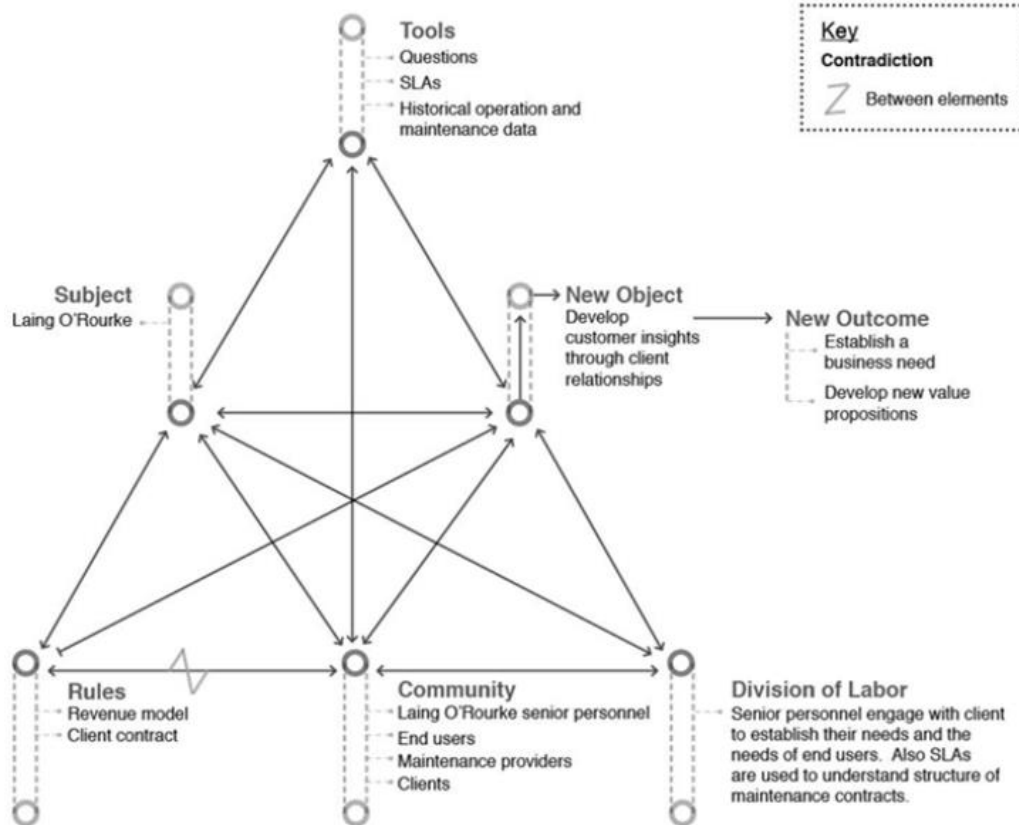
3.6 工業 4.0 潮流下發展新 Product 或 Service 之思維模型

必須平衡需求、供給、以及內在能力。底下3個圖就是一種思維模型：





Method of Analysis
 Define Desired Outcome → Identify Contradictions → Identify Actions Taken



(資料來

源:<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>)

3.7 破壞性創新的代表：智能手機的發明



另外，我們是否過度設計了？洗衣機的功能，你有多少沒有用到？



3.8 服務創新之流程分析法

基於物聯網之服務創新的做法之一（創新, innovation）可以依照以下的 3 個步驟。

步驟一：結合活動圖與 swim Lane 繪出目前(AS-IS)的服務流程。針對要導入物聯網的那些服務個案進行流程分析

步驟二：思考物聯網服務系統的通用架構是否有導入的機會。

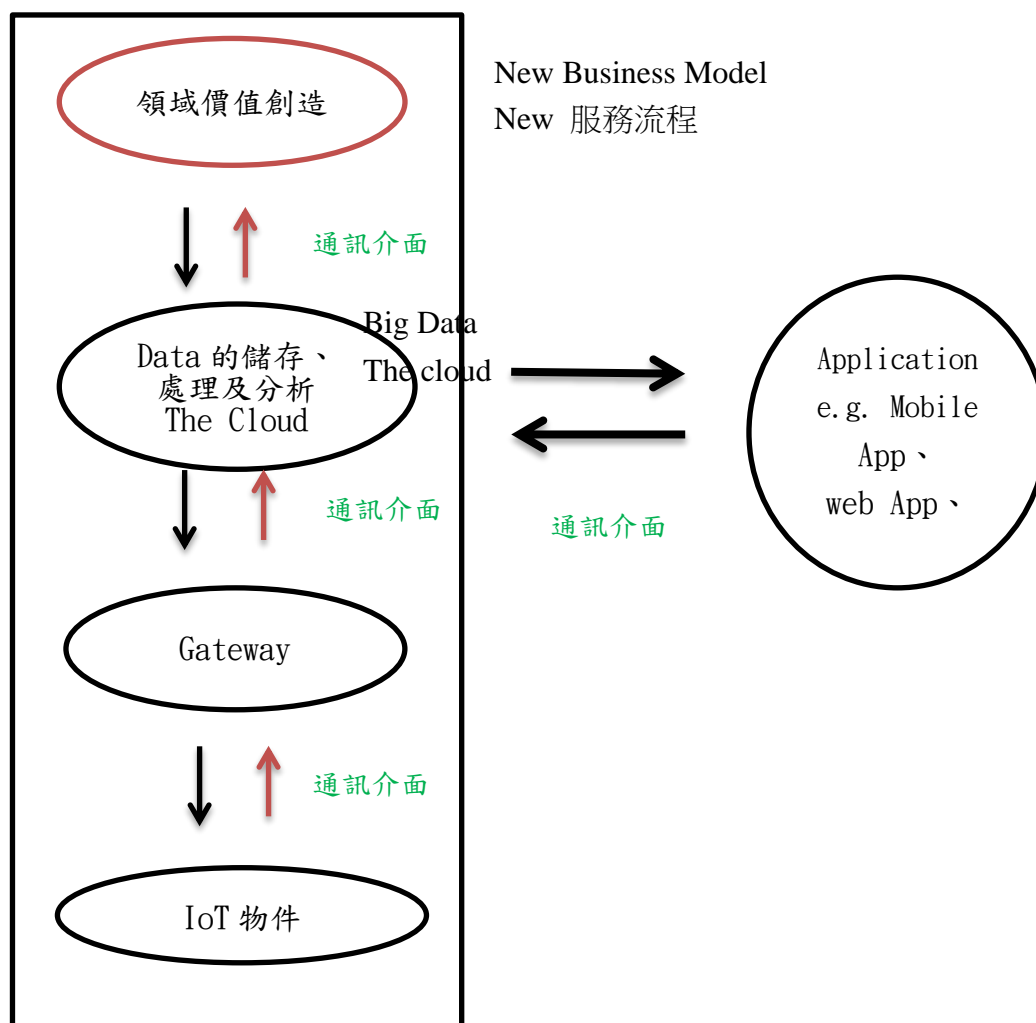
思考方式是針對各 action 是否有會使用到 IoT 物件進行創意思考。也針對各 action 是否會用資料分析的結果。

可以跟腦力激盪結合在一起。

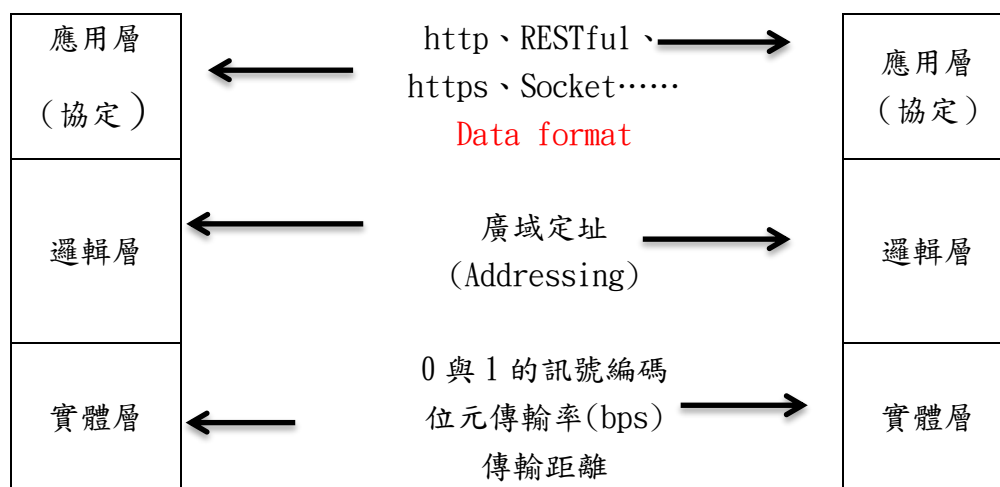
步驟三：重繪未來導入物聯網服務架構之服務個案的活動圖（To-Be）

另外,在思考導入感測器時,要特別留意感測器的靈敏度。而在導入智慧科技時,要特別留意技術的特性之適切性(fitness)。

物聯網服務系統的通用架構圖如下圖所示:



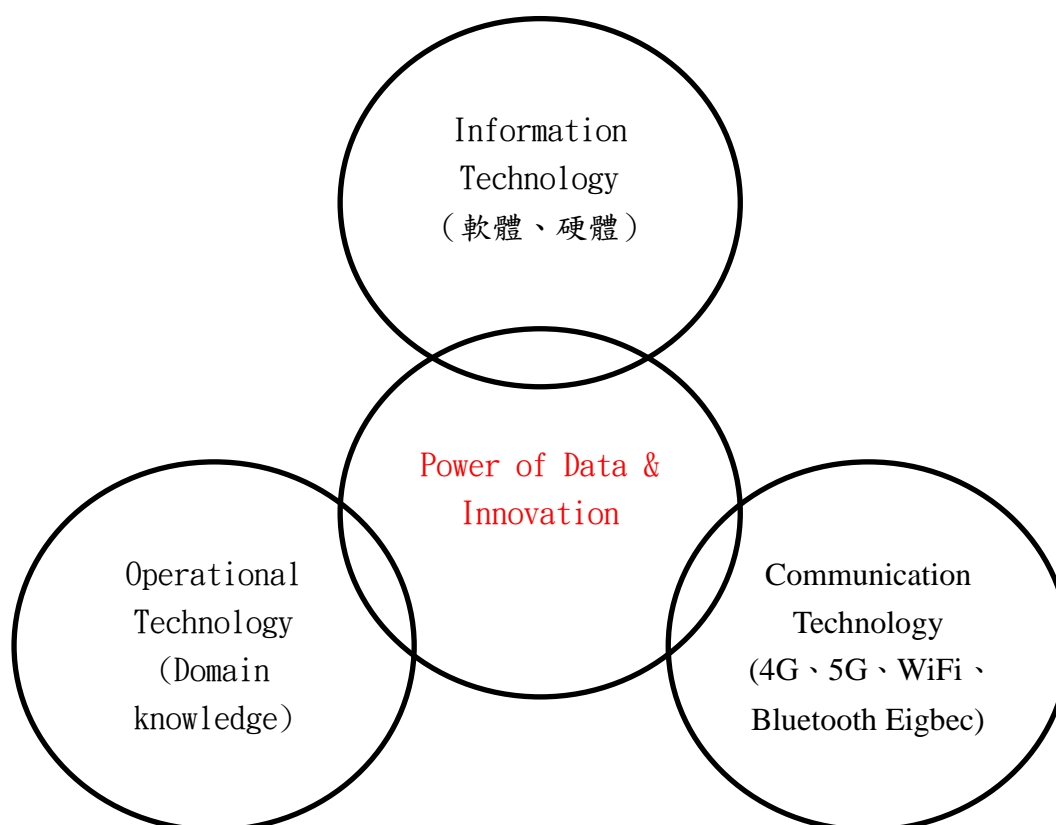
通訊介面至少可以分3層來看待，當然可以再細分。



在物聯網服務系統，不同的元件之間會有不同的通訊界面的需求。例如：

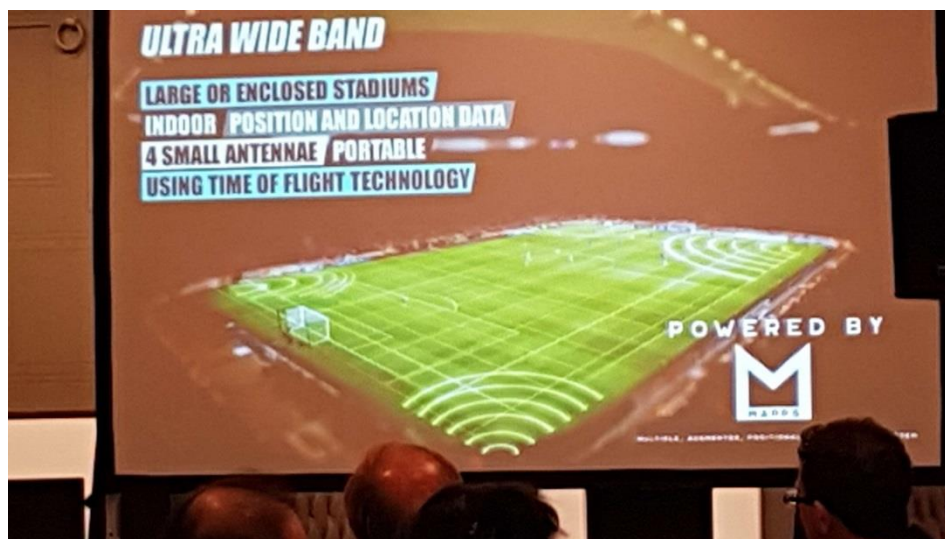
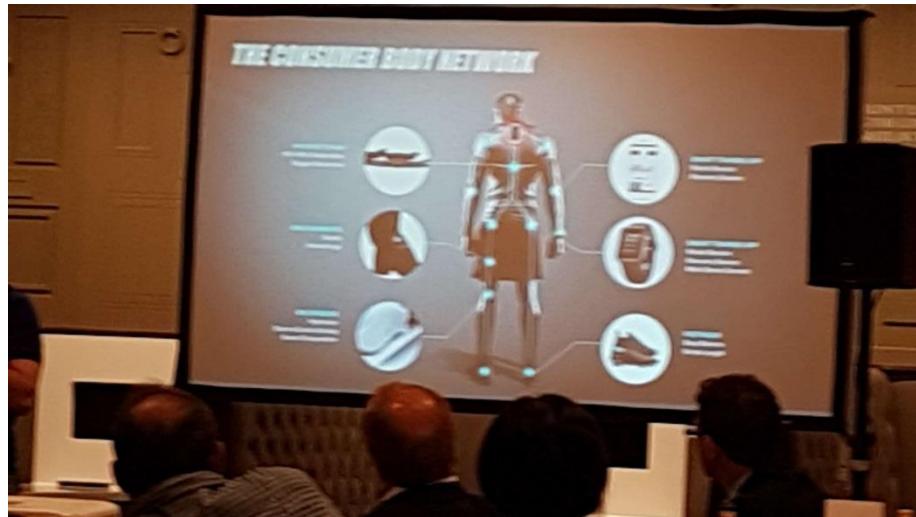
1. 在 Application 與服務系統之間會使用 http, 或 https, 或 RESTful (實際上又基於 HTTP)
2. IoT 物件與 Gateway 之間會使用 Bluetooth 或 WiFi
3. Gateway 與 The Cloud 之間會使用 HTTP、HTTPS、Socket 等，它們又基於 TCP/IP (TCP/IP 又可能基於 WiFi)
4. The Cloud 與領域價值創造之間大部分都是城市內或城市間的溝通

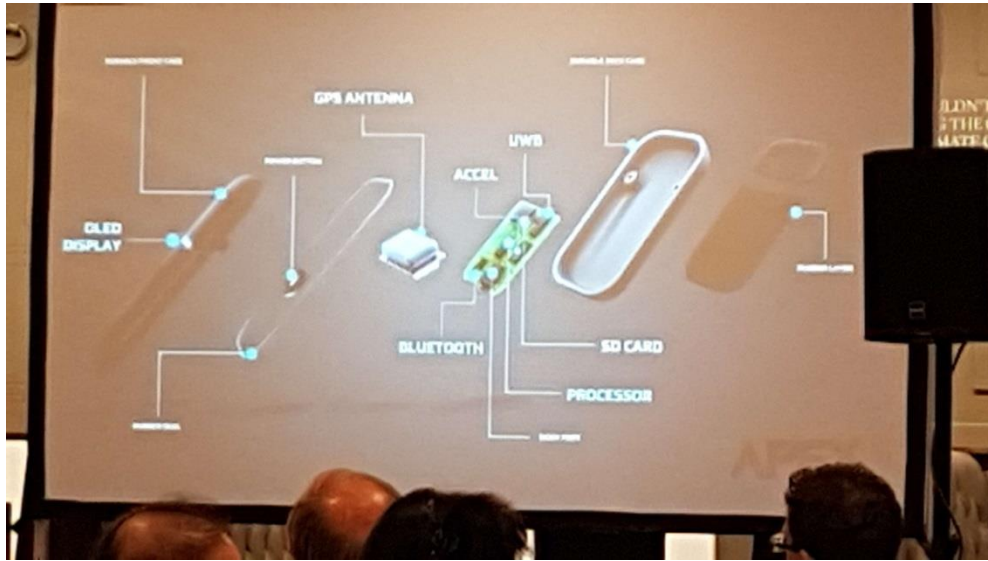
3.9 物聯網之數位科技匯流 ICOT 觀點



3.10 徹斯特足球場的 IoT 服務創新

曼徹斯特城市隊之主場館充分應用了足球(football)之物聯網科技,可以偵測球員的速度,記錄其時間與位置的變化(位移),匯集到雲端平台後,進行資料分析,以制訂下一場比賽的策略。如下圖所示:





3.11 驅動工業 4.0 的九大科技

驅動工業4.0的9大科技

BCG整理出驅動工業4.0的9大科技技術，企業應該思考如何搭配和組合，解決自家生產流程遇到的問題。



資料來源：波士頓顧問公司

工業 4.0 九大技術支柱包括工業物聯網、雲計算、工業大數據、工業機器人、3D 列印、水平和垂直整合、工業網路安全、擴增實境和人工智慧。從這九大支柱中可以產生無數的商機。工業物聯網是工業 4.0 的核心，智慧工廠無處不在的傳感器可以收集大量的數據，然後儲存在資料中心，進行數據的整理、挖掘，與價值創造。

本人非常同意李傑博士在《工業 4.0 時代 為客戶創造價值的創新服務更重要》中所提到的觀點：「工業 4.0 時代為客戶創造價值的創新服務更重要」。他也提出一個「煎蛋模型」做為服務創新的思考起點。「蛋黃」是核心產品，而「蛋白」則是真正為客戶創造價值的創新服務，是能讓企業持續性獲利的關鍵，而如何找到價值的「GAP」（需求缺口）正是企業引導創新、做大「蛋白」的核心切入點。

3.12 物流公司 Hermes 參觀心得



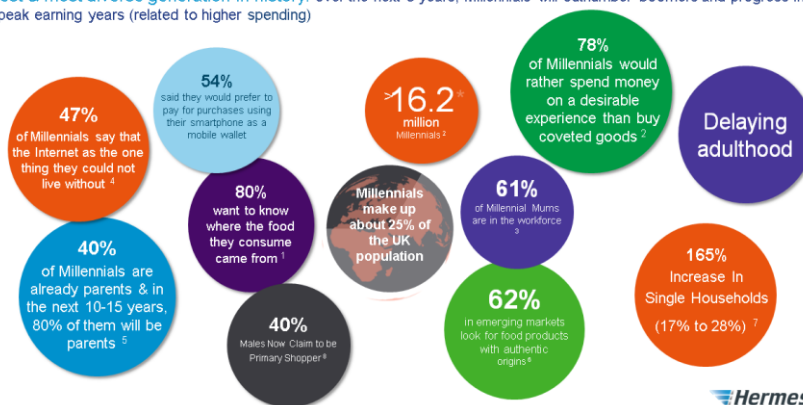


雖然已經是一家極其成功的智慧物流公司，但是仍然積極因應工業 4.0 的變化。
 「Hermes must become a technology and operations business to succeed in the digital world. “90% of the worlds data was created in the last 2 years.” We must build capacity to handle data needed in a real-time business.」

消費者圖像已大不相同了。

Consumer demographics are changing

Largest & most diverse generation in history: over the next 5 years, Millennials will outnumber boomers and progress into their peak earning years (related to higher spending)



Logistics Industry + IoT 之 2025 年的預測，「Everyday objects & experiences become digital. By 2020 over 30 billion connected things. With millions of parcels, machines, vehicles & people - logistics is the perfect match」

四、建議

4.1 善用製造業發展基於工業大數據的軟體服務平台

此建議係研習過程之體會再加上回國後閱讀相關書籍(主要是李傑博士的著作：工業大數據)之後所得到的。

以往，台灣的製造業靠技術的優勢來創造經濟價值，例如工具機產業想的是如何協助客戶解決生產問題以提高生產效率。但這樣的思維在工業 4.0 時代將難以生存。在未來，工具機產業要創造更大價值，就要能預測製造過程中會遭遇到的問題，必須要能協助客戶減低硬體出錯率，以及協助客戶做到於裝機、測試及加工中的故障預診等。

台灣面積不大本身內需市場雖然有限，但在互聯網無國界的時代，仍然有很好發揮的機會。台灣在機械設備等硬體發展上已有很好的基礎，資通訊技術及其硬體製造也有雄厚的基礎。不管硬體是在台灣製造的或買國外機器，都可以運用工業大數據概念，從設備終端使用者的角度切入，思考出如何提升使用者的附加價值，進而研發適當的軟體，這樣所研發之軟體就可以配合設備行銷到全世界。還是以工具機為例。工具機公司建立軟體加值服務平台後，等於是建立了新的營運模式。台灣工具機產業就有機會因工業大數據的運用，而持續改善，客戶也因為有後續源源不斷的技術與軟體支援，使其加工產品越來越有品質與效率，造成雙贏的結果。

4.2 積極發展 Cyber 的技術與產業。

台灣 3C 產業已具雄厚基礎，但不要只局限在 3C 領域發展，而要積極發展 Cyber 的技術與產業。物聯網是第四次工業革命的重要催化劑。物聯網使得製造系統的 5M 要素：材料、機器、方法、量測和維護，透過網路緊密相連。「虛擬網路-實體物理系統」(CPS)是第四次工業革命最重要的基礎技術。CPS 框架使得實體設備和產品在使用過程都可以產生資料並且加以智慧預測與分析，這樣就可以建立與物理世界相對應的數位化鏡像模型，可以用來對物理系統資訊和狀態進行深入對稱性管理。物聯網與 CPS 的核心則是 Cyber 技術，這部分是台灣須要急起直追的地方。

4.3 要重視主控式創新 (Dominant Innovation®) 的思維與方法

主控式創新旨在提出一種用於價值創造的商業模式設計新思維。它的原則是要為顧客的最終價值去創新，而不是單純為一個產品或者產業去創新。主控式創新可參考以下文獻

(1)Dominant Innovation™ 官方頁面：<http://www.dominantinnovation.com/english/>

- (2) Jay Lee, H. A. Kao, “Dominant Innovation Design for Smart Product-Service System (PSS) Strategies and Case Studies”, IEEE DOI 10.1109/SRII. 2014. 25
- (3) 第 71 期發展沙龍實錄-主控式創新和經濟轉型》，
http://wenku.baidu.com/link?url=BuN10G-Tm7auyqJFVAg9Yzht1NU2aHP3atqPhg2XqAOCBrbNpk3ErFce81CT2q9mMN4GsrPQ2X2xEK1IaT7Z09FplhoiQa_80PLjNwaJRI3
- (4) 文匯報，《一種可能會改變產業創新分向的新思維-從創新到創值》

4.4 導入工業 4.0 之前可探討的議題

- (1) 工業物聯網標準進程與產業發展
- (2) 工業自動化之通訊，感測器及電源系統發展
- (3) 工業 4.0 下的物聯網感測層需求與架構
- (4) 工業物聯網的物聯網生態系統設計(待確認)
- (5) 以 Co-Robot 為核心的工業 4.0 時代