



工業4.0與產業革命

國立臺灣科技大學 周碩彥教授
物聯網創新中心 主任
工業管理系 特聘教授

關鍵技術與工業革命

FIRST
MECHANICAL PRODUCTION

Steam Engine

SECOND
MASS PRODUCTION

Electricity and Division of Labor: Production Line

THIRD
AUTOMATION

Information Technology: PLC, MES, ERP

FOURTH
INTELLIGENT FACTORY

INDUSTRY 4.0
• Cyber Physical System (CPS)
• Internet of Things (IOT)
• Internet of Services
INDUSTRIAL INTERNET PRODUCTIVITY 4.0





INDUSTRIAL REVOLUTIONS

社會經濟動因



消費物聯 / 工業物聯

消費物聯網：消費者物件聯網

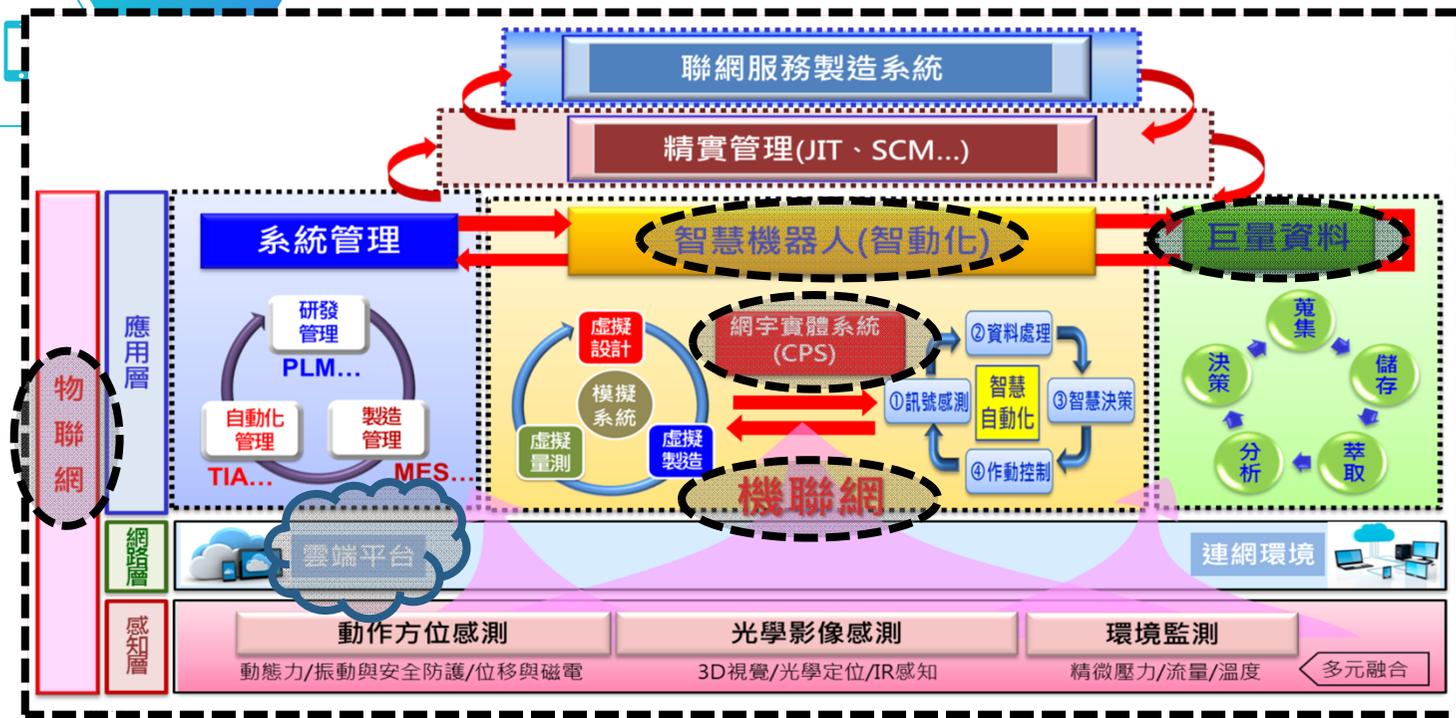
- 具革命性的
- 大量新機會
- 由多個孤立發展演化

工業物聯網：工業物件聯網

- 並非新的發展
- 在豐富的自動化傳統上建構
- ...然而，却是爆發性的



台灣生產力4.0架構



主要產業

- 資訊電子
- 金屬運具
- 機械加工
- 紡織
- 食品
- 農業
- 服務 / 物流

Source : 工業局



工業4.0和工業互聯網聯盟

	INDUSTRY 4.0	INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM
主要作者	德國政府	大型跨國公司
關鍵利益相關者	政府、學術界、企業	企業、學術界、政府
革命的分類	四次革命	三次革命
支持平台	政府工業政策	開放會員非營利聯盟
重點行業	工業	製造、能源、運輸、醫療、公用事業、城市、農業
技術專注	供應鏈協調、嵌入式系統、 自動化、機器人	裝置溝通、資料流、裝置控制和整合、 預測性分析、工業自動化
全面性的專注	硬體	軟體、硬體、整合
地理區域專注	德國和其公司	全球市場
企業專注	中小企業SMEs	各種大小的公司
最佳化專注	生產最佳化	資產最佳化
標準的投注	在工作排程中	建議至標準組織
經濟性模式	規範經濟學	實證經濟學
整體業務模式	回應性	主動性

無線感測、網絡化的智能環境



無線網路自動化



自我學習狀況監測

關鍵議題：

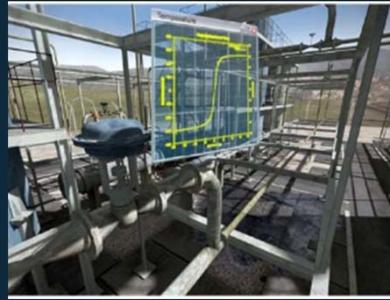
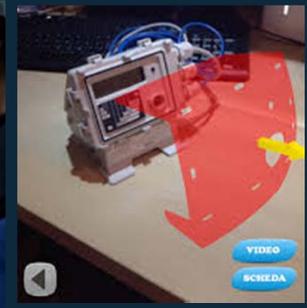
- 辨識
- 感測或資料獲取
- 無線通訊
- 低耗能
- 能量採集
- 頻寬
- 互動和控制 (Ux)
- 智慧
- 互用性
- 分析 / 大數據
- 安全 / 隱私

物聯網 架構

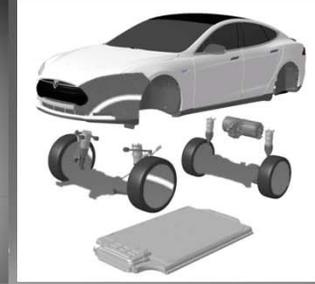
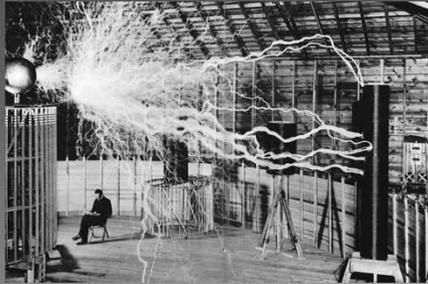
LPWAN
MEMS



擴充實境 虛實整合 應用情境



機械設備還是資訊設備？



THEY'RE HERE. WE DID IT!

COMPLEX COMPUTER ON FOUR-WHEELS

軟體於工業4.0的應用模式

現階段工業3.0



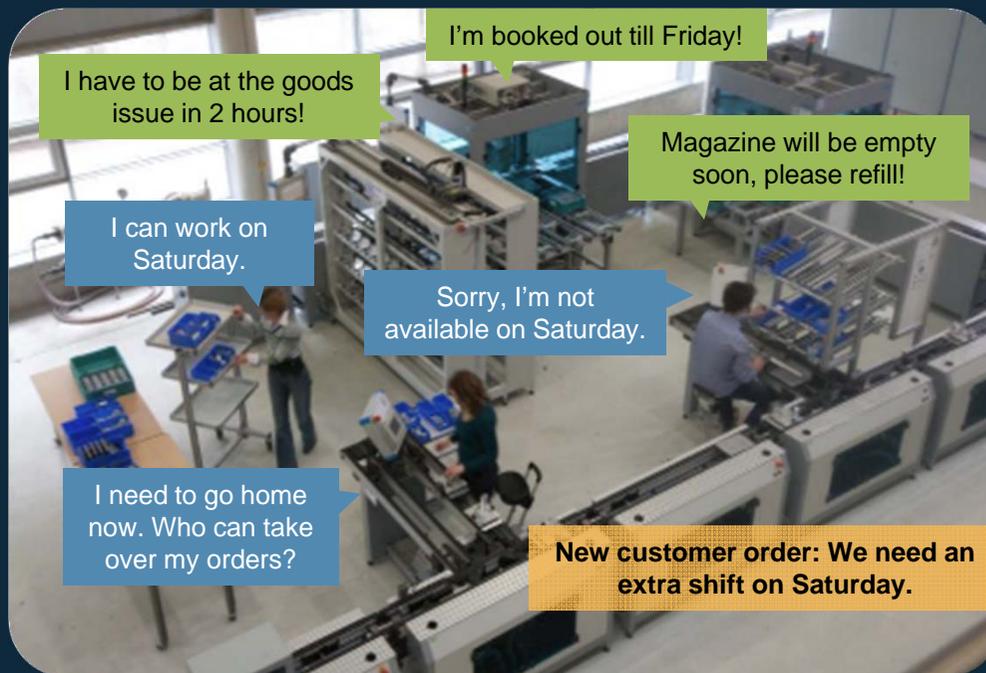
未來工業4.0



智慧工廠的APP STORES



CPS和分散式控制的智慧製造



解決方案單元

- CPS
- 自我配置
- 虛擬表示
- 情境感知
- 資訊管理

優點

- 增加彈性與敏捷
- 處理複雜度

霧計算架構

物聯網應用與解決方案

軟體定義的資源管理

雲端服務與資源

網路

感測器、終端裝置、閘道器等



Flow and Task Placement

Knowledge Base

Performance Prediction

Raw data Management

Monitoring

Profiling

Resource Provisioning

Security



霧計算應用



智慧城市

霧計算協助收集如從交通到水電的城市活動資訊以確保每件事都有效的運作中。



航空旅行

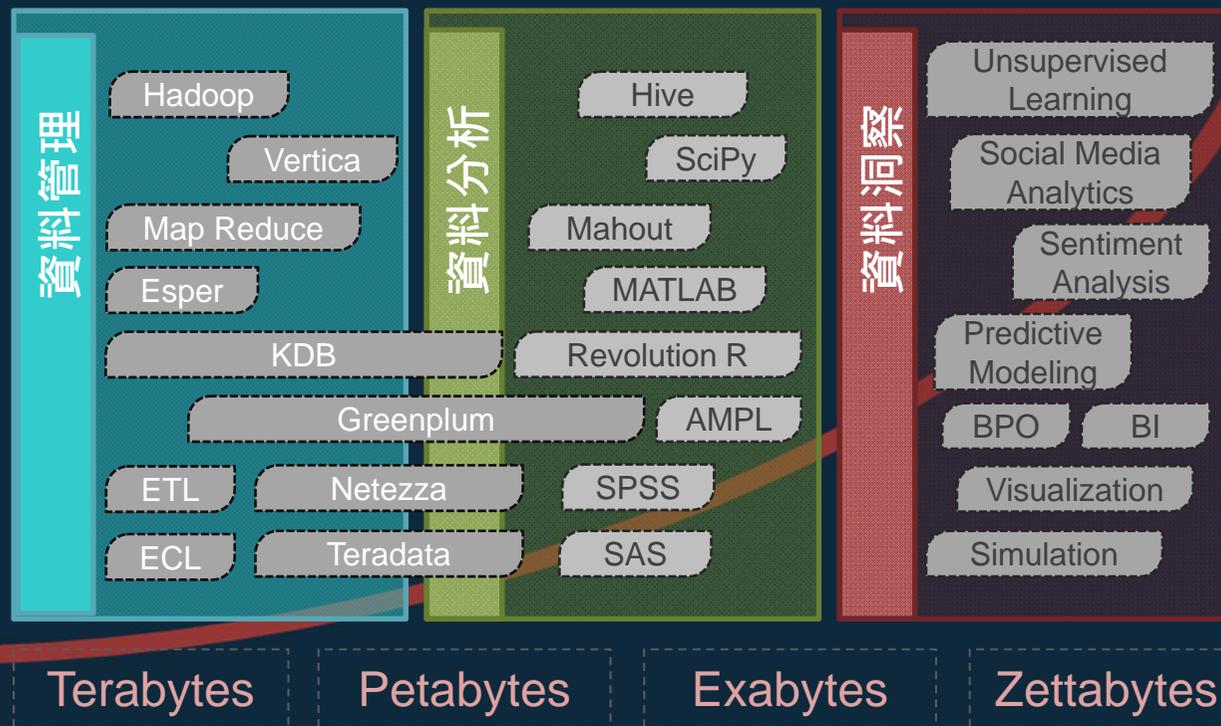
波音747的每個引擎會產生0.5TB的資料；霧計算可在地處理該資料，並僅傳送最重要的資料到必須要看到這些資料的人。



穿戴式科技

有虛擬介面的穿戴式裝置必須在其環境中處理資料提供給使用者；霧計算容許該計算幾乎在即時完成，改善了使用者體驗。

不同的分析工具的架構



維修制度



預測性維修 - 軸承故障診斷

數據採集

- 加速規於軸承座
- 現存於伺服主軸馬達的感測器
- 數據採集硬體
- 多項計算功能和服務的廠內軟體系統

特徵擷取和挑選 (FFT)

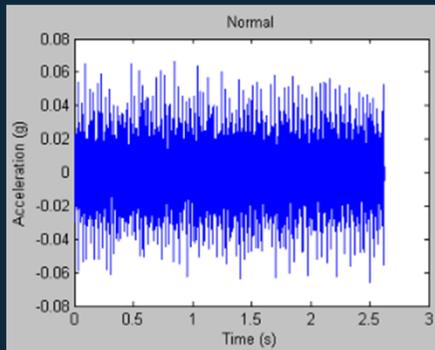
- 震動信號經由FFT轉換
- 幅度頻譜分割成特定數目的子頻段

健康判斷和故障診斷(SOM)

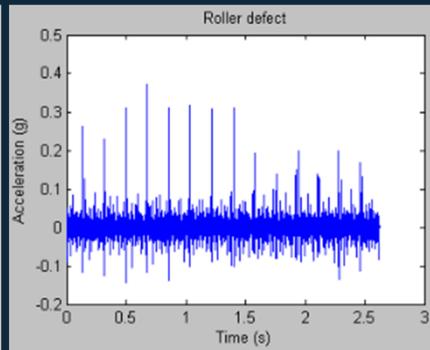
- 採用SOM產生一個健康圖
- 健康圖將不同軸承故障狀況分群

預測性維修 - 軸承故障診斷

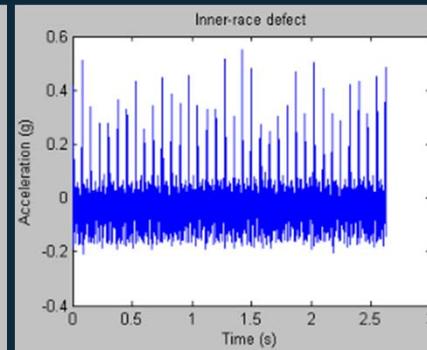
正常



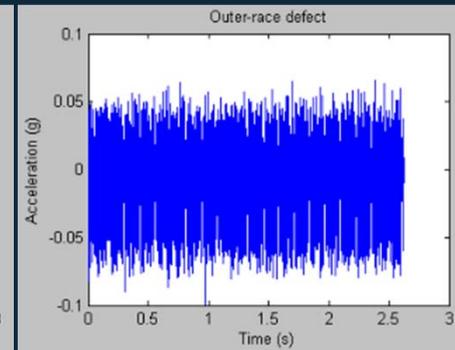
滾筒



內座圈

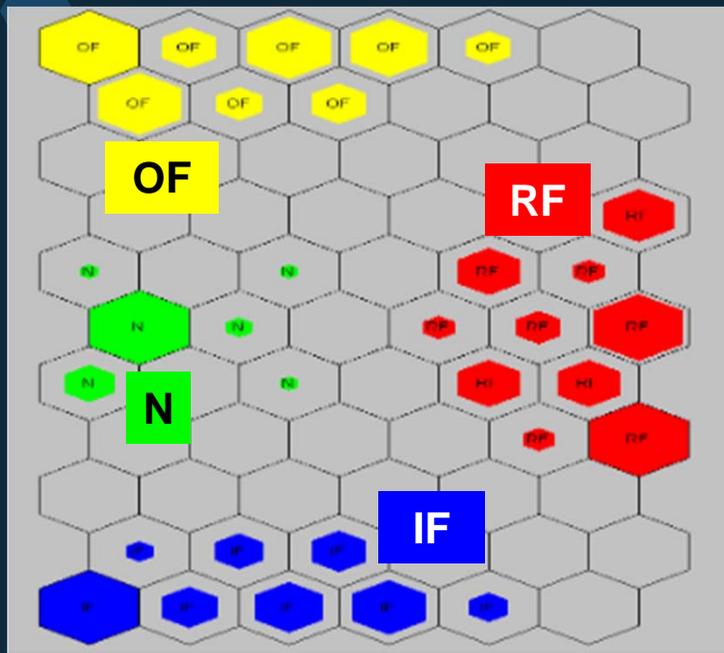


外座圈



不同軸承故障的震動信號

預測性維修 - 軸承故障診斷



- 健康圖呈現了四個不同的區塊
 - 區域代表軸承故障種類
- N:** Normal / 正常
OF: Outer-race defect / 外座圈
IF: Inner-race defect / 內座圈
RF: Roller defect / 滾筒

工業物聯效益

產業別	節約類別	年度影響
 航空	節省1%燃油	\$2 – 3 B
 醫療	改善1%系統低效	\$4 – 5 B
 能源	節省1%燃油	\$5 – 7 B
 火車	改善1%系統低效	\$4 – 5 B
 油氣	改善1%系統低效	\$5 – 7 B

數位製造演化

高
數位泛在性程度
低



數位製造與設計創新



DMDII

數位代理與產品設計



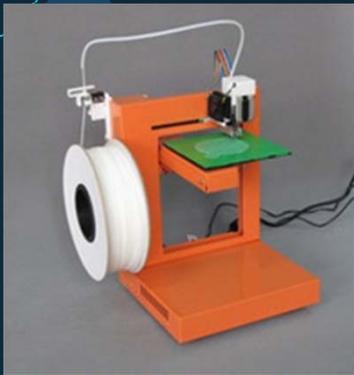
- Digital Twin
- Avatar

數位製造虛實整合



- 虛擬模擬
- 擴充實境

平民化3D列印



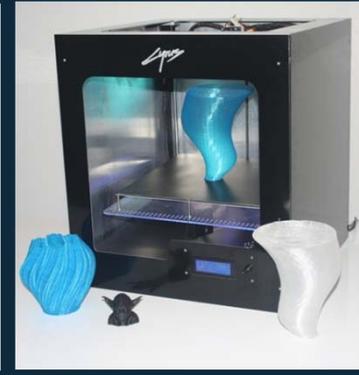
Source: Fabbaloo



Source: RS Components



Source: M3D



Source: Cyrus 3D



Source: MakerBot

- 快速驗證概念
- 實現開發產品雛形
- 維修零件自製化
- 個人物品 / 零配件客製化
- 自主設計藝術品
- 自製工具、用具

3D列印產品範例

牙科應用



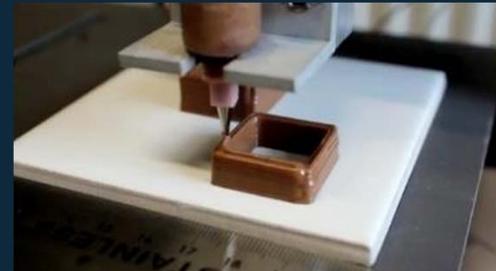
Source: stratasys.com

Formula 1



Source: wohlersassociates.com

食物列印



Source: 3d-expo.ru

鼻腔分析



Source: wohlersassociates.com

引擎件



Source: 3dprinting.com

助聽器



Source: forbes.com

義肢



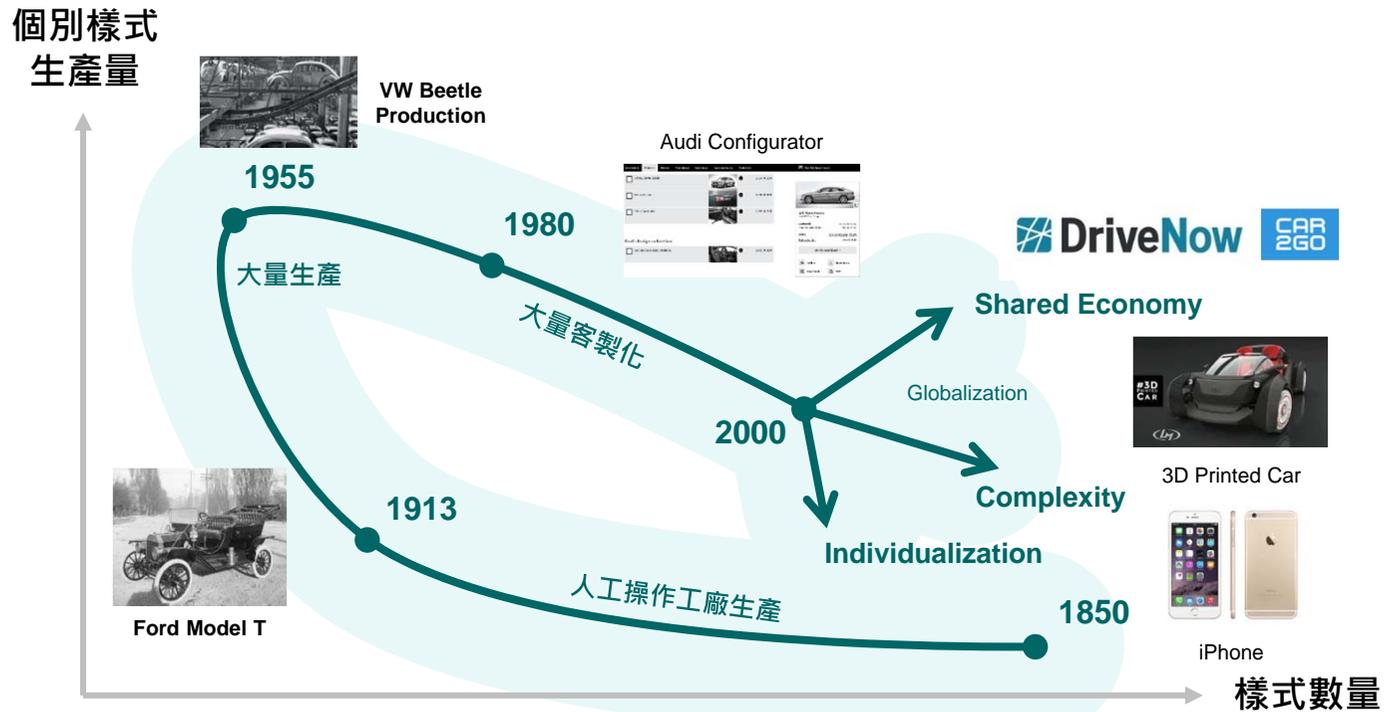
Source: 3dprints.com

植入式醫用



Source: 3dprints.com

生產和供應鏈程序的意涵



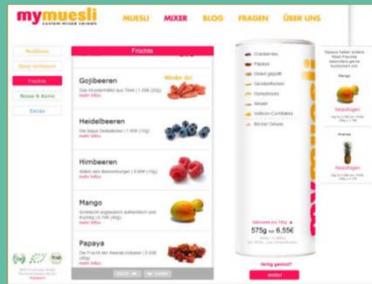
單件生產的數位製造

服務聯網：使用互聯網入口配置和訂購個人化產品

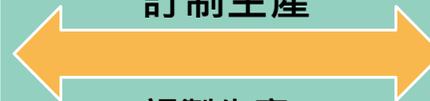


未來
計畫

智慧商店：創新零售軟體



訂制生產



訂製生產：
566B種客製混合
穀類食品



智慧工廠：智慧工廠軟體



物聯網：主動產品記憶 基於SPSS服務為基製造控制



未來
計畫



CITI
CENTER FOR IOT INNOVATION

大量客製化香水和包裝



客戶得以從百萬種可能，經由網站創造個人化香水



智慧工廠得以每日生產36,000唯一的香水包裝



透過網路訂購完成24小時後，此個性化產品已可出貨

因為自己設計該個性化產品的客戶無法接受長送貨時間，產品需於接近客戶的歐洲生產基地生產。

增加一層CPS改造傳統工廠

Raspberry PI 1
CPS as an **Active
Product Memory**
for the Emerging
Product

Raspberry PI 2
CPS for
**Processing
Sensor Data** from
the Additional
Sensor Web

WLAN路由器

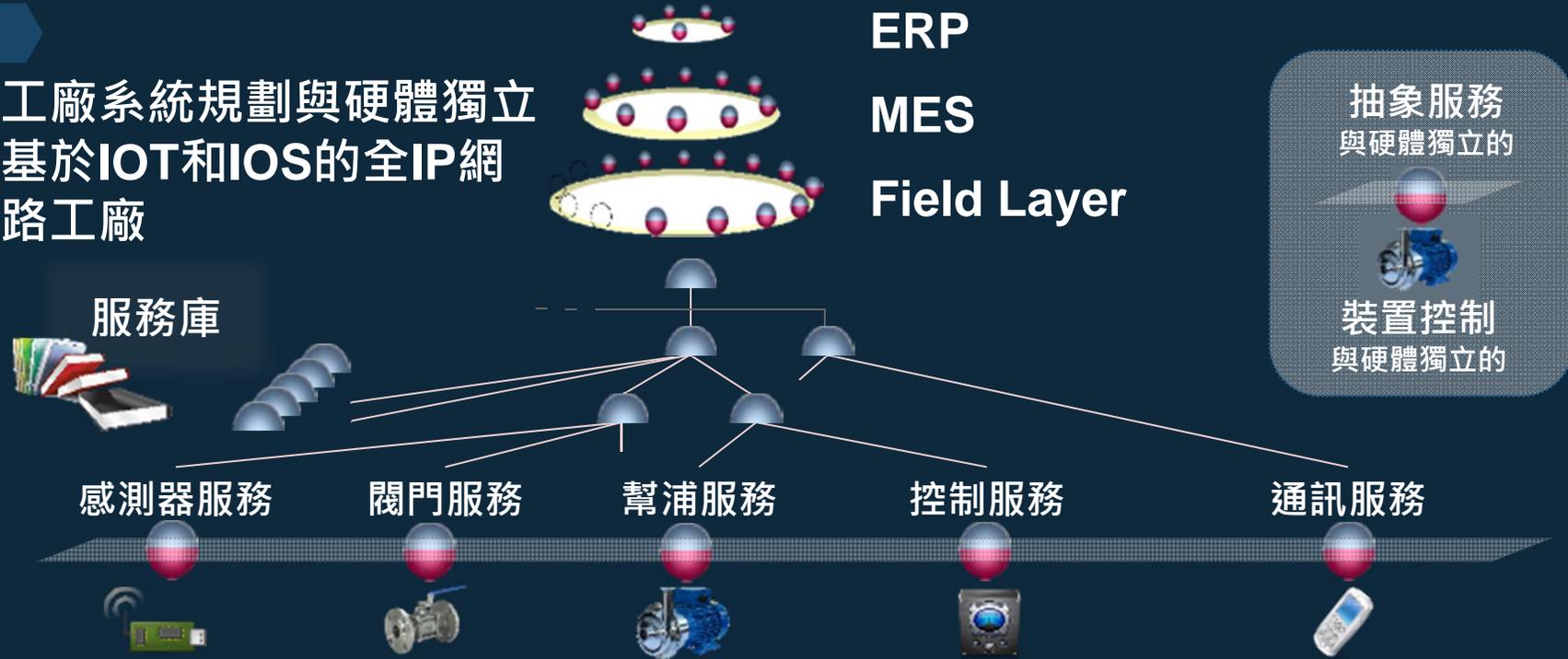
傳統的 SPS

Gadgeteer with
Sensors for
Acceleration,
Shock,
Humidity and
Temperature



服務導向規劃的工廠系統

- 工廠系統規劃與硬體獨立
- 基於IOT和IOS的全IP網路工廠



依SOA服務組成的動態規劃



隨插即用



抽象程序規格

綠色製造減
碳最佳化

輸送帶1.
(lowSpeed)

撿取與放置.
insertBottom
(AssemblyPlace4)

撿取與放置.
insertBoard
(AssemblyPlace4)

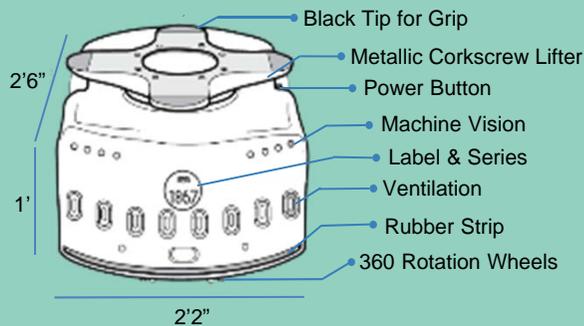
撿取與放置.
insertCap
(AssemblyPlace4)

組裝與放置.
compress

服務為基的CPPS關鍵元件

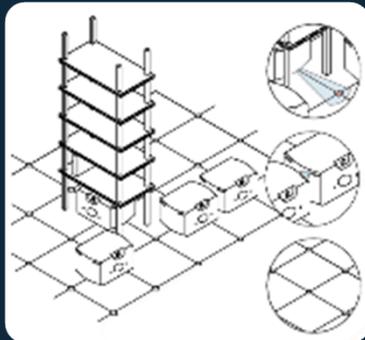


AMAZON自動搬運車：KIVA



簡單的模式

將行動存貨架(Pods)移到倉庫撿貨員的位置，替代了撿貨員過去一天要快走15英哩路的工作。消除了疲勞因素，並增加了效率、精確度和倉庫中更高度的秩序，並降低大量供給品的成本。



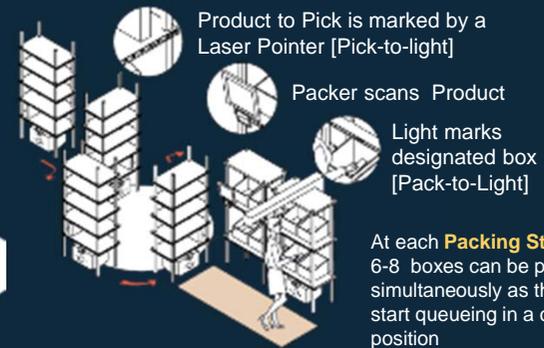
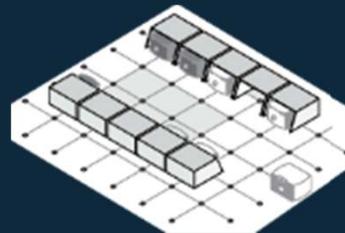
公路系統

The Kiva robots glide along the barcode gridded floor

- Camera underneath to read floor barcode
- Camera on the sides to ensure minimum distance between two robots
- Barcode sticker placed on the floor in a 40" x 40" grid

充電站

Every 2 or 3 hours, The robot get 15 minutes charging break



工業4.0促成智慧運籌



- 小型自動運輸單元取代彈性不足的輸送帶技術
- 單元式運輸系統依照自我控制原理
- 單元式運輸系統採用**群體智慧**以處理複雜運輸工作
- 自動運輸管理
- 提升：可變性、擴展性和彈性
- 提升物流績效

工業4.0提升倉儲效能



解決方案元件

- 不需升降設備且在貨架上自主導航
- 彈性配置Rack Racers
- 85%為3D列印零件



優點

- 較現有最先進的設施有功能和成本優勢
- 增加了儲存系統的彈性
- 降低固定成本
- 升降設備沒有瓶頸故縮短儲存週期時間

產品設計各程序的安全

安全設計

安全機制必須在設計階段定義和建置於軟體架構上，組織必須亦要對加密機制的建置付出特別的注意。

安全編程

若是組織可以嚴守安全編程標準和最佳實踐，顯著數目的漏洞可以被解決。如同代碼混淆的特別機制需被建置以防止對程式的逆向工程。

嚴格測試

物聯網產品須對其系統軟體元件嚴格的安全測試 - 包括應用安全測試、功能測試。

安全評估

組織必須和具有IT安全評估設施 (ITSEF) 的專業第三方安全公司保持聯繫，以確保產品經過如通用標準的正式安全評估程序。

標準化為工業4.0關鍵成功因素

經由語意描述
語言的標準化

數位企業和數位工廠層間的介面

DIN

IEC 62264



語意服務描述和語意產品記憶^{W3C}
OWL OWL-S OMM++ USDL WSDL

VDI

2860

經由互用性通訊
標準的標準化



SoA

OPC-UA



TCP/IP

RJ45, WiFi...



機電層次的標準



標準的範例

自動化標記語言 (AutomationML) 為開放、XML為基的系列標準，描述和模型化生產系統，包含他們的拓撲、語意、幾何、運動、行為和邏輯；其描述了生產資源、製造的產品和生產程序。

The AutomationML

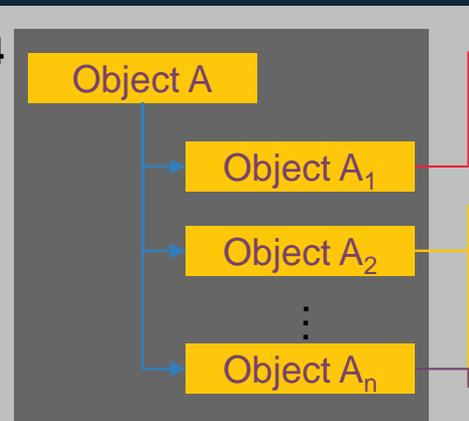
Consortium wants to implement a standardized solution for a vendor-independent data exchange. The goal of the standard is to develop a neutral data format in order to bridge the today existing gap between the digital factory and automation planning tools

Fraunhofer IOSB is one of the founders of the AutomationML e.V. and works there amongst others on the standardization concerning semantics and libraries

自動化標記語言 工程資料

CAEX IEC6424
頂層格式

- Plant
- Cells
- Components
- Attributes
- Interfaces
- Relations
- References



COLLADA
幾何、運動

PLCopen XML
行為、順序

Further XML
標準格式
更多角度的工程資訊

工業4.0基於製造KPI的效能

最大化

人均產值
實踐能力
訂單履行率
設施運營效率
資源運用
能力改進指標
服務水準

能源耗用
發展週期時間
生產週期時間
決策時間
瑕疵率
成本 / 存貨
停機次數
平均停機時間

最小化

(Source: Deloitte Review 2015; commons.wikimedia.org)

演化中的商業模式



世界最大的消費者硬體公司
僅創造少數的apps



世界最大的住宿提供者
未擁有任何房地產



世界最大的「計程車」公司
未擁有任何車輛

工業互 / 物聯網的四個階段

隨著工業互聯網更深層的融入於各個產業，終極將導致一個拉式經濟

作業效率

- 資產運用
- 降低作業成本
- 員工生產力

新產品與服務

- 根據使用付費
- 軟體為基的服務
- 資料貨幣化

結果經濟

- 根據結果付費
- 新連線生態系統
- 平台促成的市場

自主拉式經濟

- 持續需求偵測
- 端至端自動化
- 資源最佳化和降低浪費

近程

長程

系統特性為即時需求偵測和高度自動化、彈性的生產和履行網路

農業機具製造商推動全面數位農耕

精準農耕

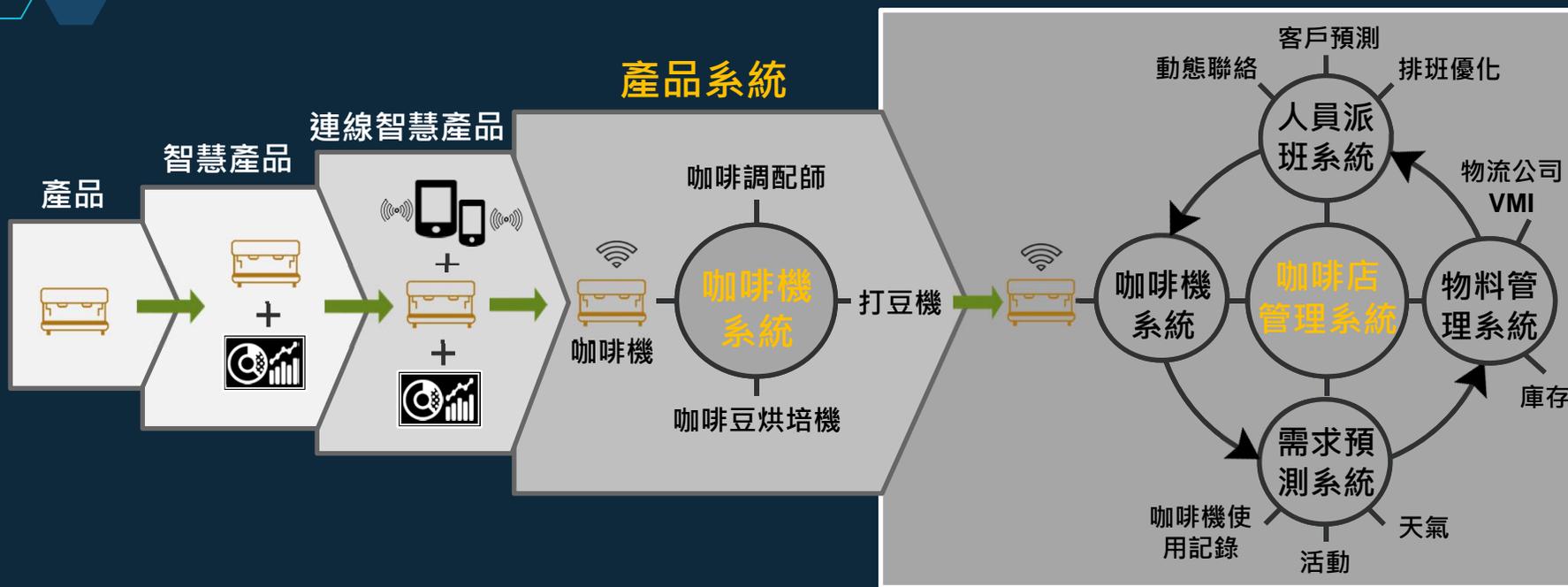


生態系統的 價值創造



從產品到系統的系統

系統的系統



以人為中心的CPS輔助系統



擴充實境工業維修應用



工業環境

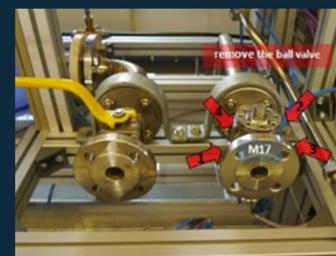


戴Google眼鏡的員工



工具

行動、互動式、情境感知式的工作引導



協同機器人：人與機器人協作



靈巧

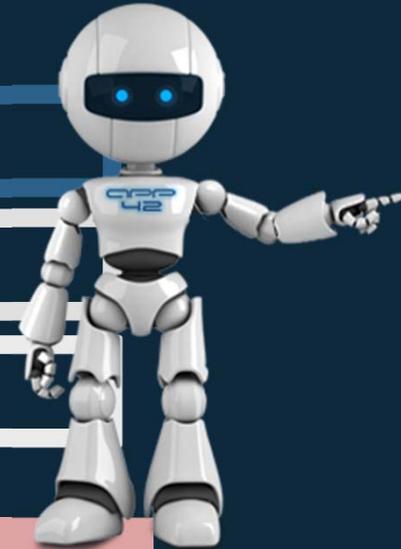
彈性

解決問題

力量

耐力

精準



人類的強處為機器人的弱處，
而人類的弱處反為機器人的強處

混合產業創造新工作及資格與技能需求

	MUST 必須	SHOULD 應該	COULD 可以
	◦ ◦ ◦ 被包含於未來技術熟練勞工的技能群中		
技術資格 與技能	IT知識和能力	知識管理	電腦程式撰寫能力
	資料和資訊處理和分析	技術與組織的跨領域 / 通用知識	對於技術的專業知識
	統計知識	製造活動和程序的專門知識	人因工程的意識
	組織和程序的了解	IT安全與資料保護的意識	法律事務的了解
	和現代化介面互動的能力 (人 - 機 / 人 - 機器人)		
個人資格 與技能	自我管理和時間管理	對新技術的信任	
	變化的調適以及變化的能力	持續改善和終身學習的心態	
	團隊工作能力		
	社交技能		
	溝通技能		



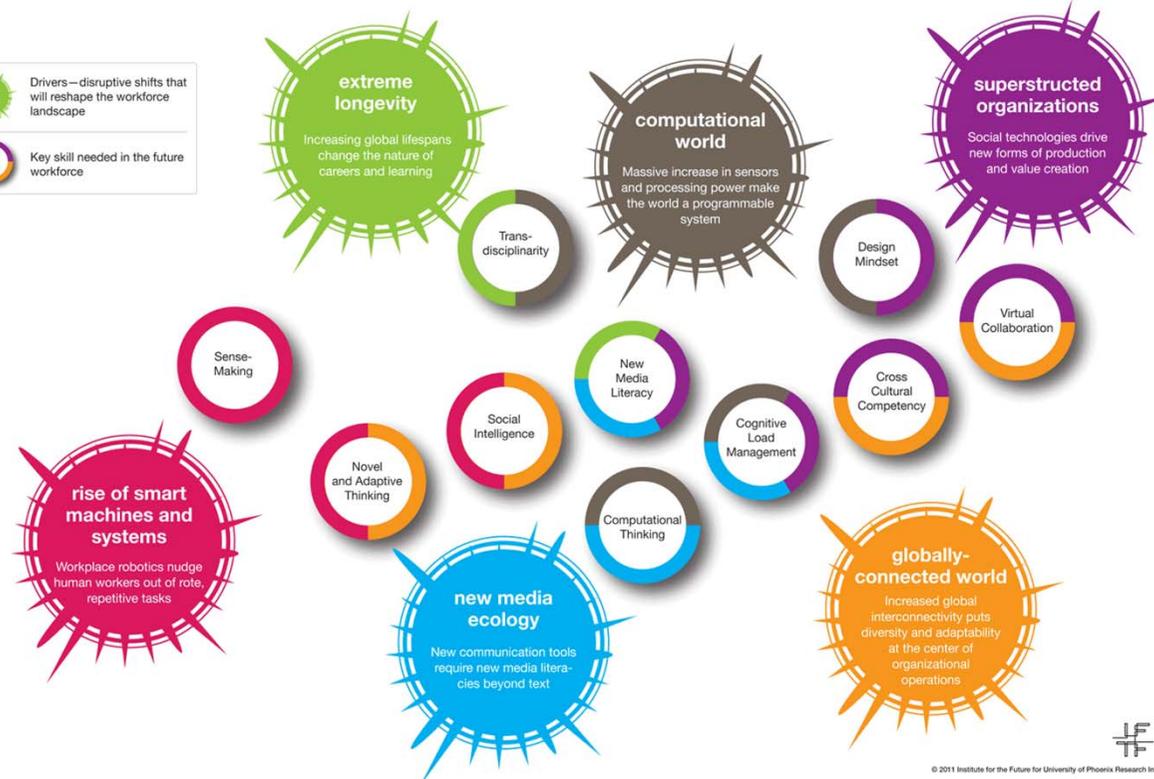
2020未來工作技能

Future Work Skills 2020

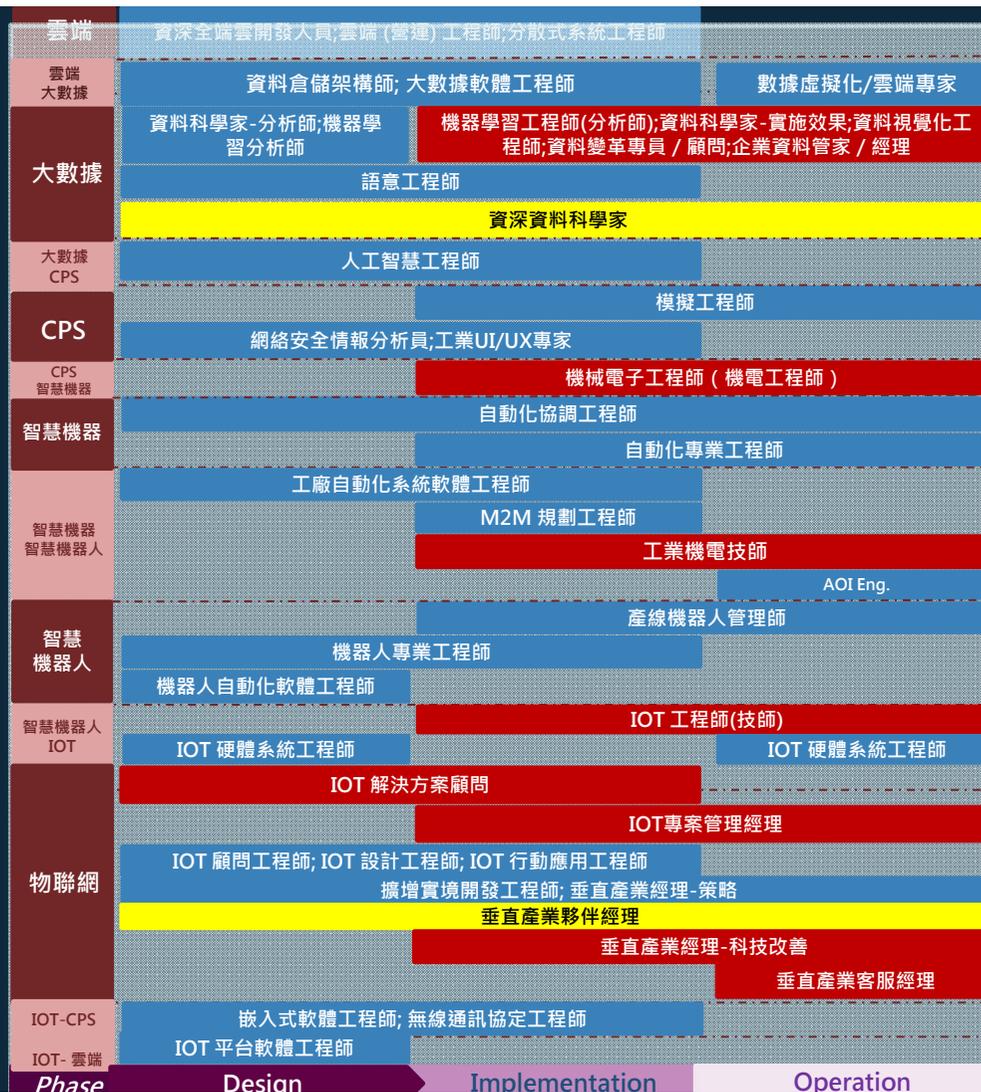
While all six drivers are important in shaping the landscape in which each skill emerges, the color-coding and placement here indicate which drivers have particular relevance to the development of each of the skills.

KEY

-  Drivers—disruptive shifts that will reshape the workforce landscape
-  Key skill needed in the future workforce



生產力4.0 未來職缺 需求



- Maker
系統開發商
- User
系統使用者
- Maker &
User



總結

- 挑戰但也是機會
- 瞎子摸象
- 整合性超過個別性技術：人 - 機 / 人 - 機器人
- 生產力的提升為重點
- 台灣產業的現況及發展步序？
- 人才培育的缺口
- 持續演化中。。