

# 臺灣軌道工程機電系統的挑戰與精進

張辰秋博士  
2020年8月24日



1

## 個人經歷介紹（一）



張辰秋 博士 (Dr. C.C. Chang)

### 現職

- 執行長, 中華大學智慧運輸暨軌道系統研究中心
- 客座教授, 福建工程學院
- 兼任教授, 淡江大學運輸管理學系
- 兼任教授, 中華大學運輸科技與物流管理學系
- 專案委員, 交通部
- 專案委員, 新北市政府捷運工程局
- 專案委員, 台中市政府交通局
- 技術總監, 辰一軌道科技股份有限公司
- 資深顧問, TYLin International Group
- 特聘專家, Eos Rhea Metis, Ltd.



2

## 個人經歷介紹（二）



### 學歷背景

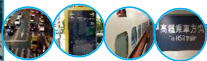
- 工學博士 (Ph.D.), 土木工程學系交通組, 國立台灣大學
- 高階工商管理碩士 (EMBA), 香港中文大學(CUHK)
- 高階工商管理碩士 (EMBA), 國立中山大學
- 工程專士 (Engineer's Degree), 電機工程學系, 國立臺北科技大學
- 工學碩士 (MSc), 運輸與物流管理學系, 國立交通大學
- 工學學士 (BSc), 系統工程暨造船學系, 國立海洋大學

### 工作經驗

- 常務董事總經理, 桃園大眾捷運股份有限公司
- 副總經理暨公司發言人, 高雄捷運股份有限公司
- 總工程司兼任系統整合經理, 臺北市府捷運工程局機電工程處
- 理事長, 香港中文大學商學院臺灣校友會
- 客座教師暨兼任研究生指導教授, 南京大學MBA
- 微型課程教授, 中原大學
- 資深專案顧問, 中興工程顧問股份有限公司
- 專案顧問, 財團法人中華顧問工程司
- 專案顧問, 中華民國管理科學學會



3



# 臺灣軌道之路—智慧型軌道系統？

4

# 智慧型鐵道運輸系統產業發展



- 臺灣在資通訊科技( Information Communication Technology, ICT) 硬體設備市場佔有率世界第一
- 臺灣高度的 ICT 服務涵蓋率及網路普及率與豐沛的 ICT 產業鏈及人力資源是我們智慧運輸發展的溫床

~交通部2015-2019智慧運輸規劃報告書~

5

## 大綱



- 前言
- 臺灣軌道交通現況
- 臺灣軌道交通興建市場與商機
- 軌道機電系統的內容
- 台灣軌道機電系統的優勢
- 智慧鐵道運輸特性
- 智慧型鐵道運輸的趨勢
- 臺灣軌道之路-智慧型軌道系統
  - 智慧型鐵道系統展現
  - 智慧型鐵道運輸系統產業發展
- 結語

6



# 前言

- **全球都市化的趨勢**，都市交通頻繁，需求量提升，具有準點、舒適和安全特性的**軌道運輸**，已是交通運輸不可或缺的重要主角。
- 軌道運輸建設已成為全球積極推動的基礎建設。
- 臺灣2018年在**軌道運輸建設**部份再增加，**編列新臺幣1兆9千7百億經費**。
- **軌道運輸產業**正大步邁向數位化、電腦化和智慧化的生活高科技的發展方向。
- 智慧軌道運輸在“互聯網+” “智慧城市”的相輔相成下，是軌道交通系統必然推動的基石。

7



## 軌道發展歷程

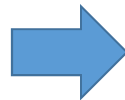
- 1950年全球30%人口住在城市
- 2018年全球55%人口(約42億)

居住在城市

- 2050年全球2/3以上人口(約50億)

居住在城市

- 2050年臺灣90%人口住在城市地區



解決都市行的順暢問題，  
凸顯都市軌道交通的大量需求

-2018年聯合國人口司-

8





# 臺灣軌道發展歷程

## 台鐵(城際鐵路)

- 1891 基隆-臺北
- 1992 環島路網
- 林口線、東勢線、中和線...支線拆除、淡水線改建捷運
- 2011 內灣線、沙侖線銜接高鐵
- 都會立體化/捷運化/東部電氣化

## 產業鐵路

- 1906~糖鐵、林鐵
- 鹽鐵、礦鐵
- 目前僅存 阿里山森林鐵路
- 糖鐵(遊憩為主)

## 捷運

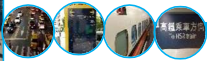
- 台北捷運 1996木柵線 目前路網已形成
- 高雄捷運 2008紅橋路網 2015輕軌
- 2017機場捷運
- 2018淡海輕軌
- 興建中 台北捷運環狀線

台中捷  
參考資料：  
鐵道局(2017)

## 高鐵

- 2007 臺北左營全線通車 臺北等8個車站 (365Km)
- 2015 增加苗栗、彰化、雲林3站
- 2016 增加南港站

## 臺灣軌道工程機電系統的成長



### • 臺灣軌道系統的成長

- 起源於臺灣鐵路的建置與營運
- 系統化於臺北捷運的建設與營運
- BOT的方式引進了國外的高速鐵路機電系統
- AI、互聯網、預測性維修優於計劃性維修、大數據、雲端  
(規劃設計置入智慧機電系統，營運維修成本低、效率高)  
(提升自動化%(無人駕駛GoA4))(CBTC)

## 臺灣軌道機電系統的思維



- 任何脫離了國情的政策討論，都是沒有多大效益的，適合自己的才是最好的(台灣面積小(兩個北京大)軌道市場內需有限，主要引進世界知名機電系統為原則)。
- 人才培育
  - 軟體人才的整合
  - 系統整合能力的建置
- 不是咱們的政策不好，而是要真正學到好
- 想要借用別人的藥方，你得需要和別人一樣的體質才行(因地制宜)(因材施教)

11

## 加速軌道工程機電系統發展思維



- 不斷地打破限制
- 向市場釋放更多資源與權力
- 讓軌道產業自由發展

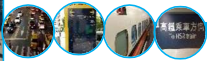
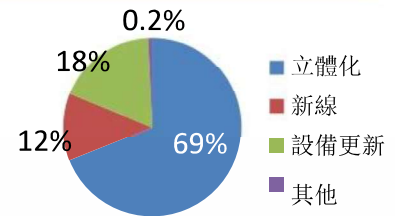
12

# 推動中軌道建設計畫

分類	可行性研究		綜合規劃		興建中		總件數	總經費 (億元)	平均每案 經費 (億元)
	件數	預估經費 (億元)	件數	預估經費 (億元)	件數	經費 (億元)			
鐵路	17	3,593	3	2,012	8	2,236	28	7,841	280
捷運	6	3,243	5	3,988	9	3,867	20	11,098	555
輕軌*	6	893	1	198	3	515	10	1,606	161
<b>總計</b>	<b>58項 20,544億元</b>								

參考資料：  
鐵道局(2017)

軌道建設  
經費分佈



2024全球智慧軌道產值US \$ 300億元

臺灣智慧軌道市場NT \$ 500億元

~臺灣工業研究院，2020年~

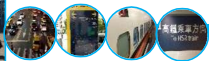
## 推動



- 成立鐵道科技產業聯盟(R-TEAM)
  - 成員來自鐵道相關行政、營運、學研機構以及關聯產業和公協會
- 成立鐵研中心
- 商機剖析
  - 全球鐵道市場商機約6.9兆元
  - 臺灣鐵道建設商機近2兆元
  - 未來維修商機619億元

15

## 研發



- 初期：政府負擔費用
- 開始有利潤：企業+政府負擔研發費用
- 產品優化：企業負擔費用，讓產品具備更高的競爭力。  
(臺灣積體電路公司是最好的案例)  
(工研院研發成功，成立台積電公司生產，現在是全球第一的半導體晶片製造公司)

16

## 產品



- 系統單純化
- 技術專精化
- 成為全球的供應鏈
- 軟體替代硬體

(例如：通訊式列車控制系統，電纜節省30%的費用)

17

## 智慧軌道運輸系統特性



- 結合資訊、通信、電子、控制及管理等技術。
- 運用於各種軌道運輸軟硬體設施。
- 提高軌道運輸之營運管理自動化程度。
- 提升軌道運輸服務品質。

18



- 善用資通科技，導入感測元件，進行狀態監控與大資料搜集分析，做出正確決策，提升軌道系統效能。
- 達成鐵道系統更安全、更高效率、更高品質、更友善。

## 智慧型軌道運輸系統發展趨勢



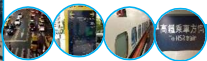
- 朝向自動化發展
- 提升運營效率
- 加強確保安全性
- 應用互聯網+
- 滿足迅速、安全、環保、節能及舒適等需求
- 與時俱進，系統架構相容、更新，資訊持續、完整互聯





- 融入人工智慧及物聯網技術。
- 更高程度的自動化。
- 提供更舒適的服務。
- 降低建設及營運的成本。

## 智慧軌道



### 政府端

- 政策及架構之制定
- ✓ 法令、規範及標準之增修訂
- ✓ 發展指標之建立

### 營運端

- ✓ 盤點基礎設備數位化程度
- ✓ 擬訂發展策略
- ✓ 通用資料庫建置

### 產業端

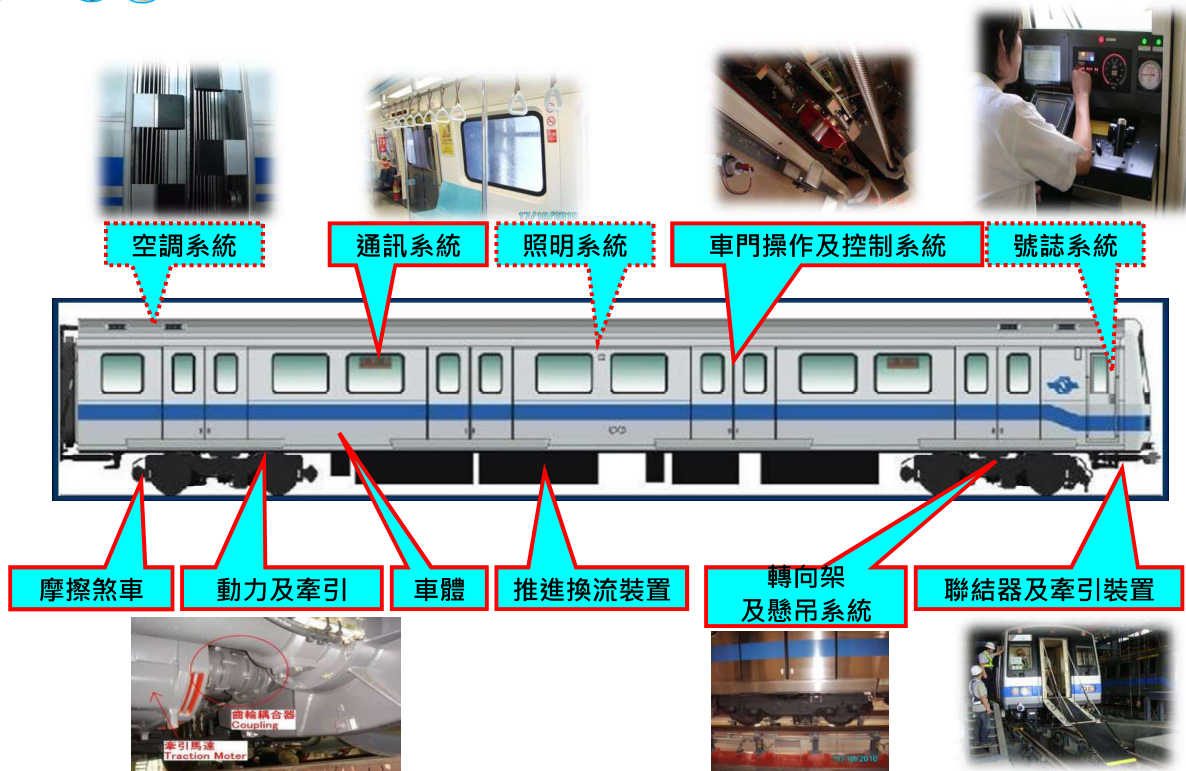
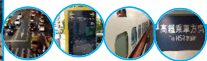
- ✓ 軟硬體技術規格及標準
- ✓ 導入 ISO/TS 22163 標準

# 軌道機電系統內容

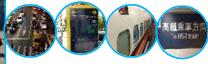



- 車輛
- 號誌系統
- 供電系統
- 通訊系統(廣播、閉路電視...)
- 自動收費系統
- 水電設施
- 環境控制系統(空調、通風)
- 消防系統
- 軌道
- 電梯、電扶梯
- 機廠(維修、駐車、訓練、材料庫存...)
- 通路(電信、物流...)

# 精進作為



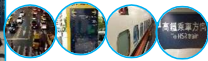
## 捷運電聯車設計施工與精進(2/21)





信義松山線電聯車	既有路網電聯車(371型)
	
<p>環型扶手與多柱式立柱；在不影響通道動線前題下，可提供站立於車門通道區域乘客更加充分的握持機制及抓握的空間，提高舒適性。</p>	<p>一字型扶手與單柱式立柱；站立於車門通道區域乘客的握持涵蓋範圍受到限制(371型)。註：早期301型僅設置單柱式立柱。</p>

25

## 捷運機電系統設計施工之精進(12/21)



信義松山線電聯車	既有路網電聯車(371型)
	
<p>車間外部防墜落裝置：由4塊裝設於車端的防墜落元件所組成(橡膠及鋁材)，構成一層保護乘客墜落的安全裝置。</p>	<p>無設計防墜落裝置：註：另委由捷運公司辦理防墜落裝置標案；係由4組鍊條外覆紅色塑膠套連接2車端而成。</p>

26



## 致謝

台北市捷運工程局章前總工程司  
提供相關資料，僅此致謝！

27



# 臺灣軌道之路— 智慧型軌道系統

28

## 工業4.0 VS. 軌道4.0



- 自動化 – 全自動無人駕駛軌道運輸系統
- 軟體化 – 通訊式列車控制系統(CBTC Communication Based Train Control)
- 精實化(Lean Thinking) – 精實重複性、繁冗工作，取代軌道電路系統

29

## 軌道智慧化專案



- 適合國情
- 審時度勢
- 因地制宜
- 短、中、長期策略→走向全球
- 智慧鐵道系統要見樹(組件)也要見林(子系統)

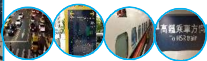
30



# 全自動無人駕駛系統



- 臺北捷運文湖線提供GOA4等級UTO無人駕駛系統。
- 臺北捷運文湖線使用通訊式列車控制系統 (CBTC, Communication Based Train Control)。
- 臺灣目前及未來建設專用路權捷運系統，均採用CBTC，GOA4，UTO無人駕駛系統。



AI.VR/AR



IOT

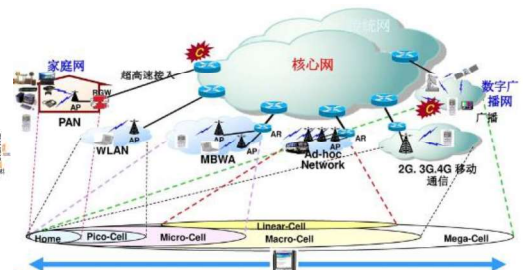


## ICT技術的演變

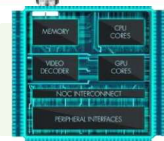
Networking



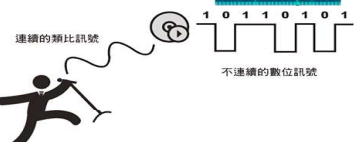
Computerization



Digitization

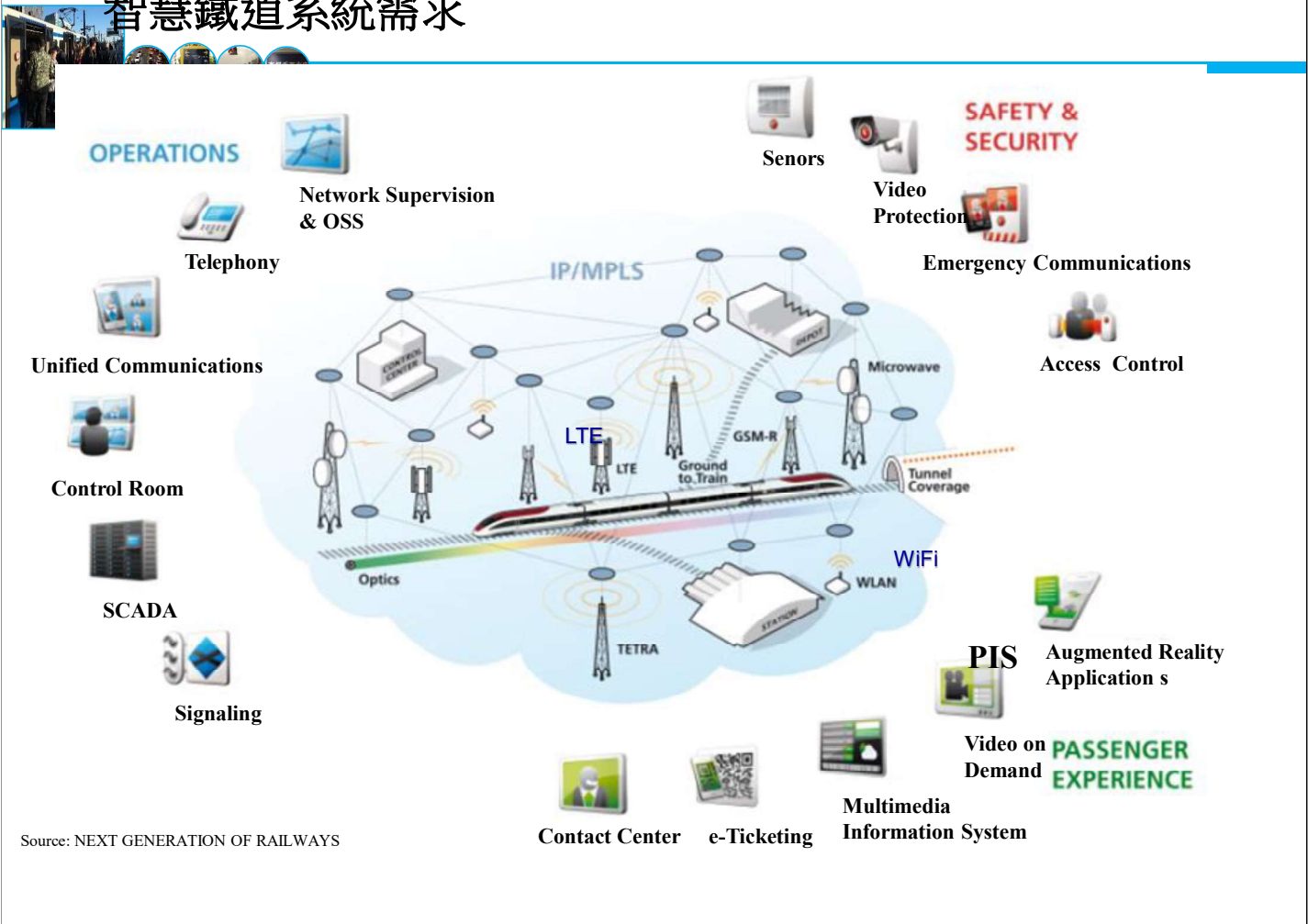


Analog Signal → Digital Signal



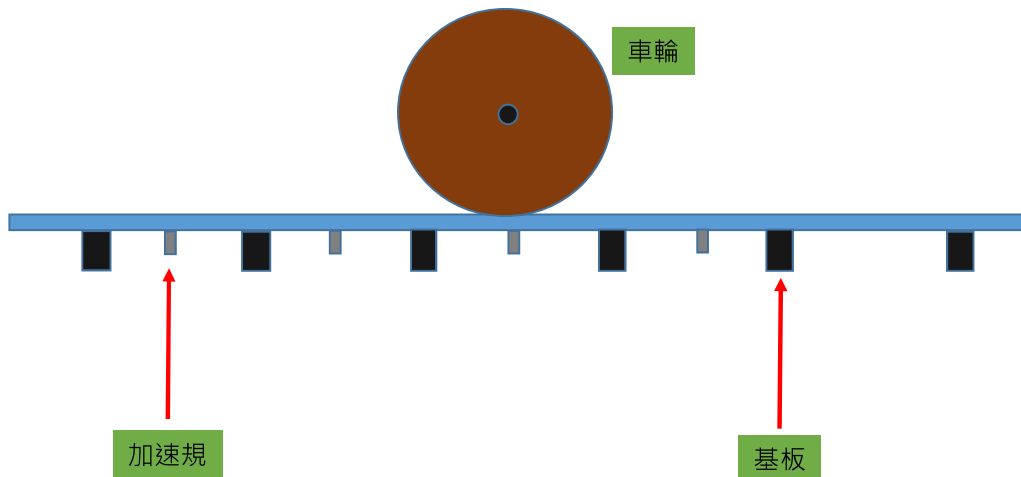


# 智慧鐵道系統需求

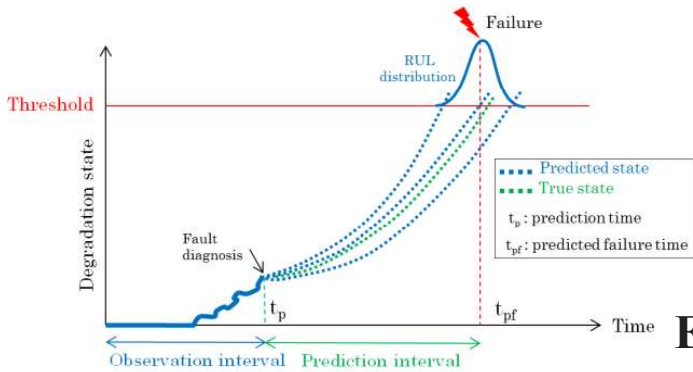
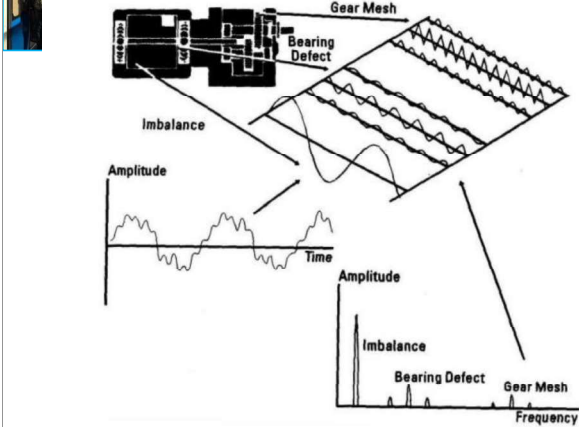


## 車輪振動量測系統佈置

**儀器**：四顆高頻加速規及訊號記錄器  
**加速規擺放位置**：選擇一段軌道於連續四個軌枕間，于鋼軌正下方布放加速規，並記錄車輛通過時鋼軌之振動訊號一整天

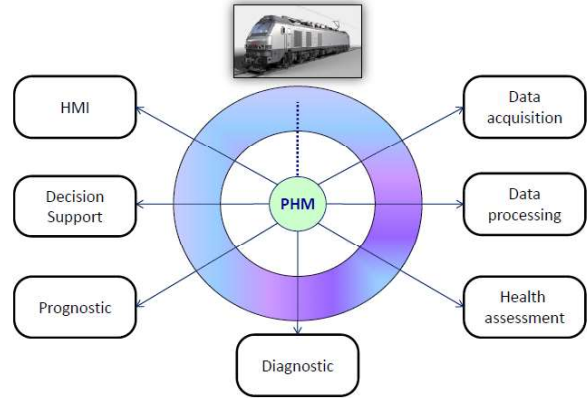


# 軌道4.0



Prognosis process scheme

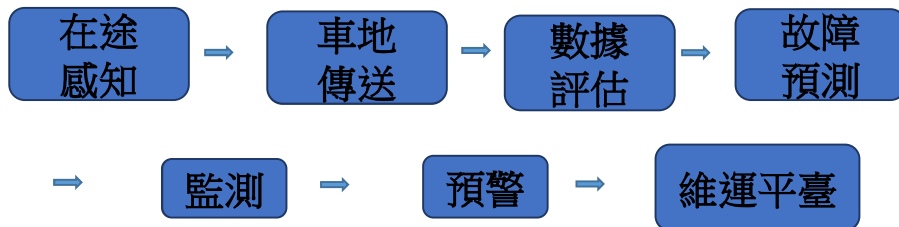
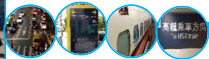
## Prognostics and health management (PHM)



EN-13306 defines any activities, performed either manually or automatically, intended to measure at predetermined intervals the characteristics and parameters of the actual state of an item,

**Early Detection, Avoid False Alarm**

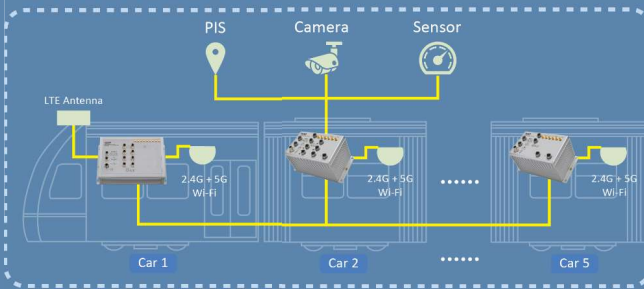
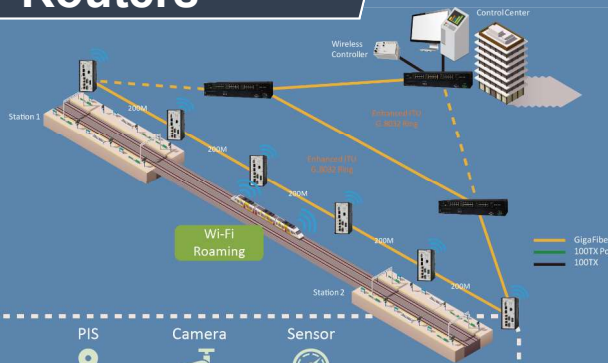
## 臺灣高鐵轉向架即時(Real time)監控系統



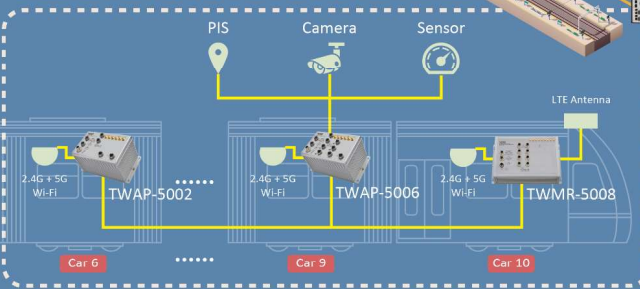
# Lantech™



# Multifunction Routers



First 5 cars as VLAN1

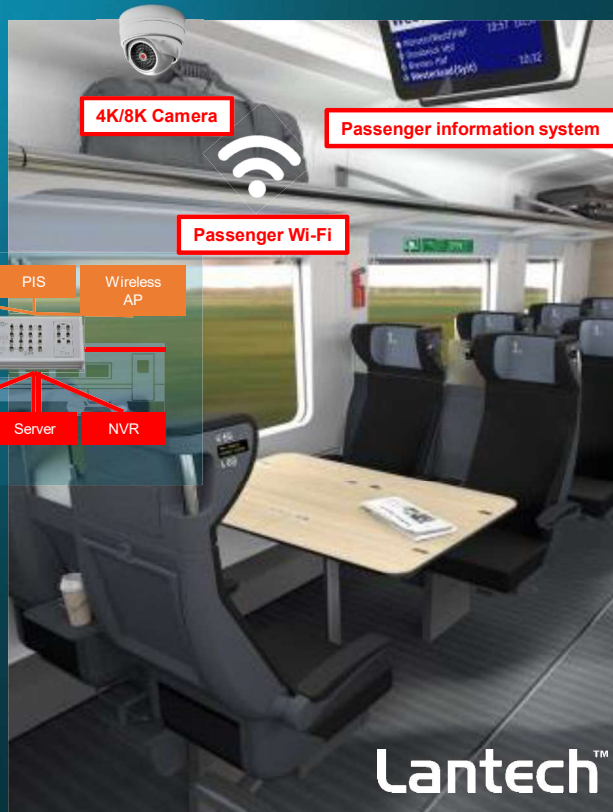
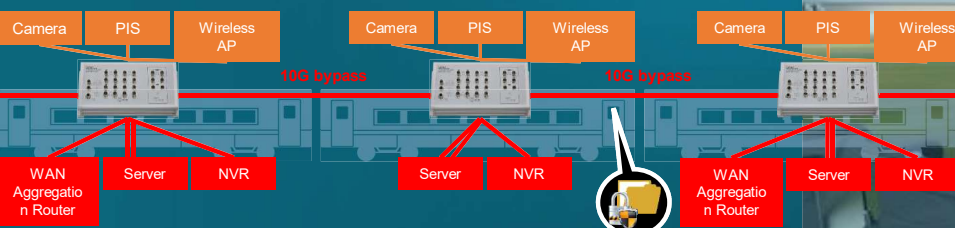


Second 5 cars as VLAN2

## Huge Bandwidth Capacity with High Security

Application – On-board Rolling Stock

10G Copper  
10/100TX



- ✓ Huge bandwidth for UHD video streaming & 4K/8K surveillance video
- ✓ MACsec (802.1AE based Encryption) for high data security

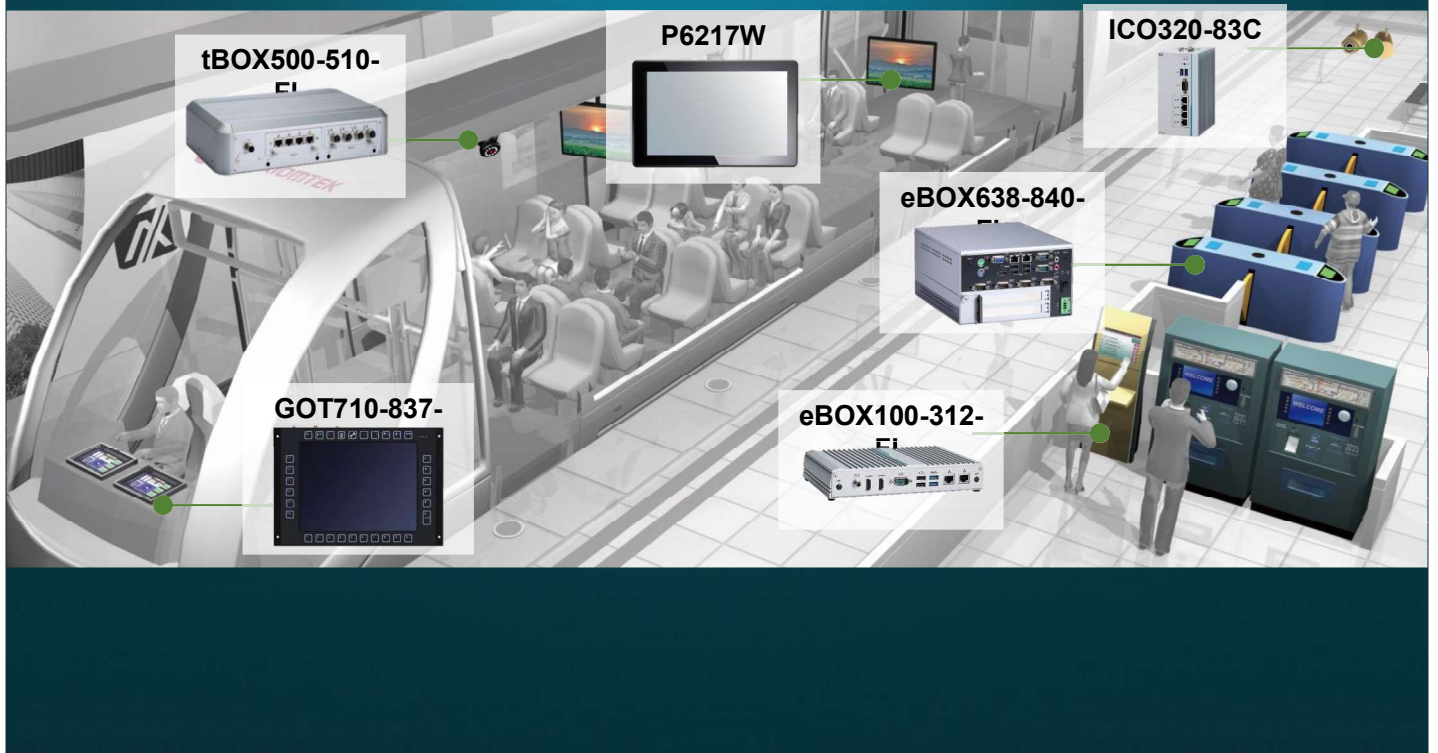


### Customer Benefits

- Protects against man-in-the-middle attacks (snooping, tampering, replay)
- Standards based frame format and algorithm (AES-GCM)
- 802.1X-2010/MKA addition supports per-device security associations in shared media environments (e.g. PC vs. IP Phone) to provide secured communication
- Network service amenable hop-by-hop approach compared to end-to-end approach (e.g. Microsoft Domain Isolation/virtualization)

Lantech™

# Railway Transportation PC Applications Overview

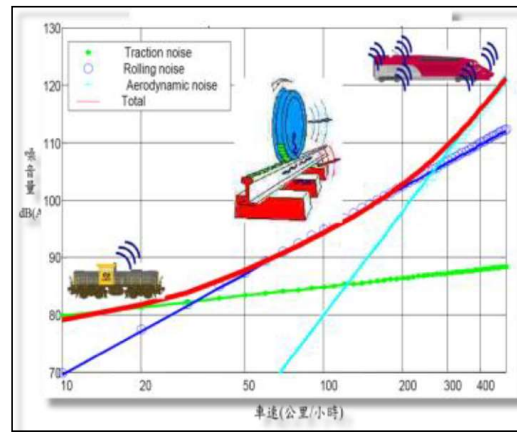
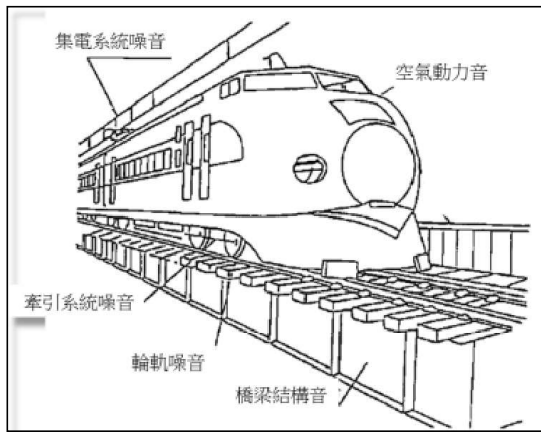


## 低振動噪音軌道系統之設計要點

- 低噪音車輛系統
  - Steerable bogie
  - 轉向架加襯裙
  - 彈性鋼輪
- 低噪音軌道系統
  - 鋼軌減振器
  - 軌道面吸音材
- 低噪音橋樑系統
  - 浮動道床
  - 高隔振基板
  - 低振動橋樑斷面
  - 鋼箱梁貼附阻尼材
- 高效率之吸音、隔音系統
  - 耐候型吸隔音材使用
  - 新型式隔音牆吸音面
  - 高架橋耐振型隔音牆之開發



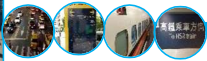
# 軌道交通噪音組成與車速關係



- ▶ 輪軌音：50 > V ≤ 250km /h，占總音量50%~70%以上，頻率範圍 800Hz~2.5KHz。
- ▶ 牽引動力音：V < 50 km/ h，來自引擎、發電機及壓縮機等，頻率與轉速有關(低頻音多)。
- ▶ 集電弓及空氣動力音：>200~250km /h，集電弓主要頻率1.6kHz ~2.5KHz。
- ▶ 結構噪音：列車引起之土建結構振動而產生的噪音，橋樑結構音訊率範圍 20~500Hz。

41

## 智慧型軌道運輸營運



### ● 智慧型車站操作。

### ● 智慧型電聯車操控。

- 滑行節能
- 再生能源
- 自動列車保護，運轉及監控

### ● 智慧型維修作業：

- 故障即時自動診斷
- 預測性維修 ← 基於風險管理的維修

(Risk Based Maintenance, RBM)

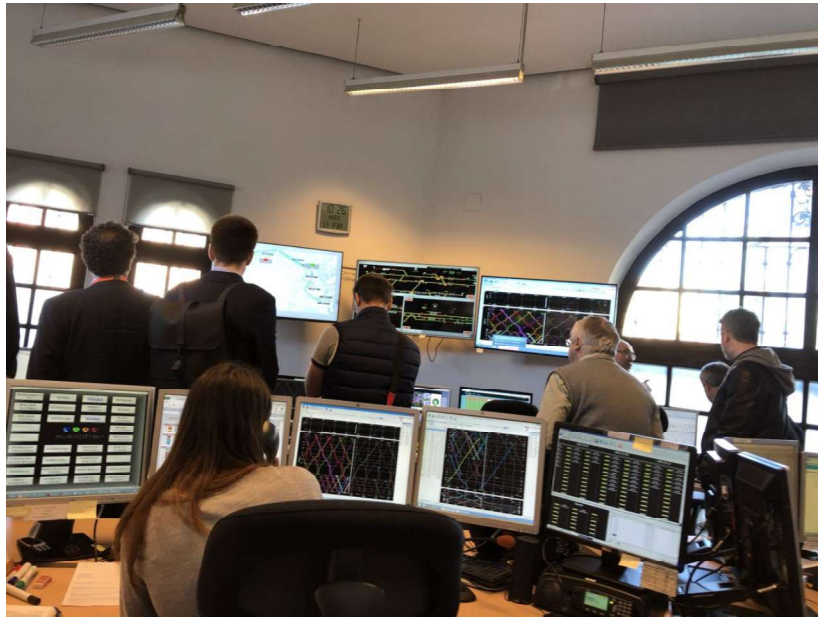
### ● 雲端管理系統

42



## 行控調度多元化

- 西班牙畢爾包輕軌行控和地鐵調度中心一體化

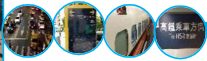


## 西班牙畢爾包維修廠多元化

- 地鐵和通勤列車共用五級維修工廠







## ▶ 高溫烤彎軌道，台鐵出軌，北捷就不會軌道彎曲嗎？



臺北捷運淡水信義線復興崗站往忠義方向軌道旁，有一根如針筒的軌道溫度計，可隨時量測軌道溫度。

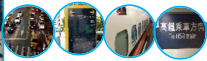
TRTC提供



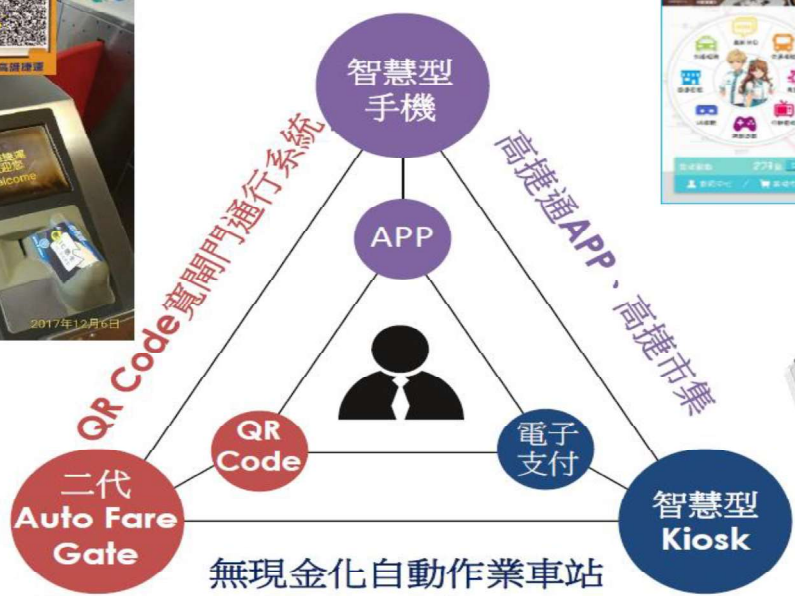
天熱防軌道變形  
北捷有軌道溫度計監測

2016.06.04台鐵651車次由台東北上莒光號列車，昨天中午行經花蓮區104公里處附近時，疑因鐵軌變形，導致列車6節車廂出軌。

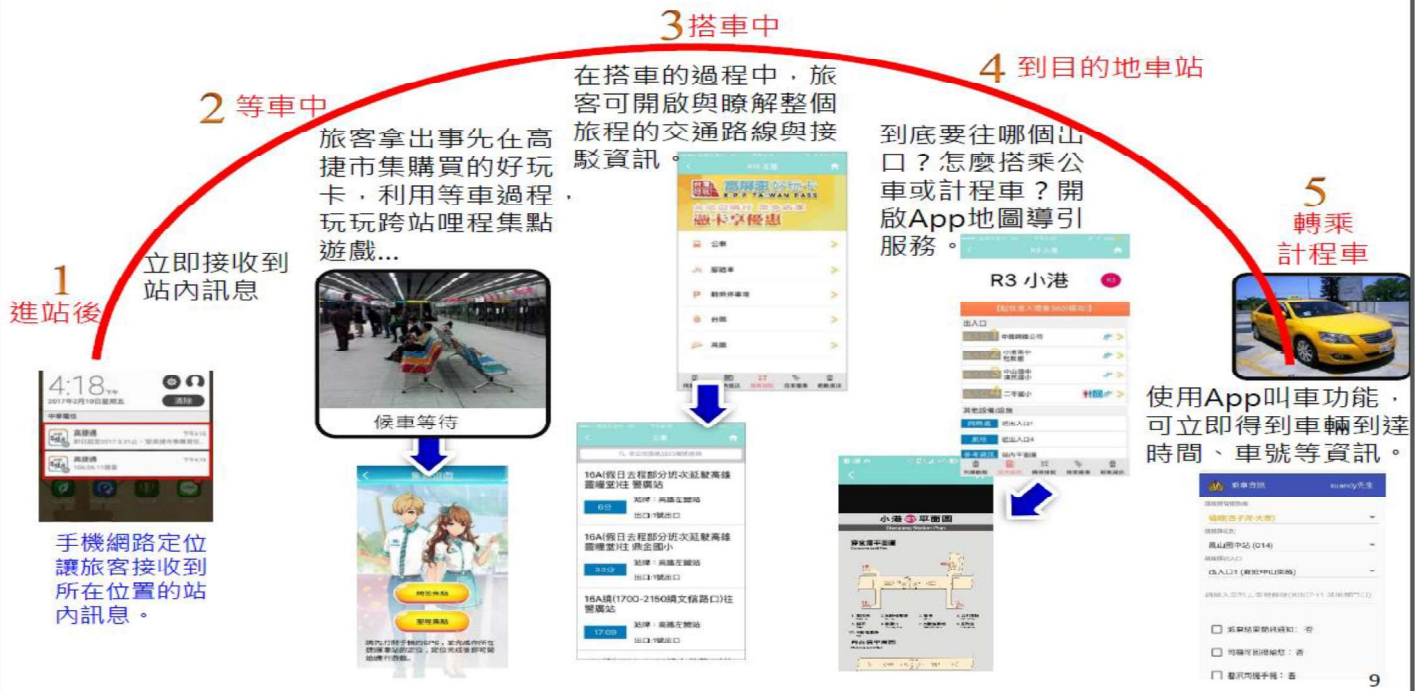
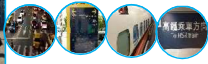
資料來源:曾昭容2016年10月



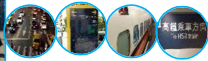
## 高捷-智能車站



# 高捷-智慧服務



# 高鐵-PIS系統數位化





# AI影像辨識技術-提供更安全的軌道運輸服務



- 車站人流計數
- 移動軌跡追蹤
- 管制區入侵偵測
- 異常事件偵測



# 智慧車站-事件偵知類型



遺留物警報: 月台2A 6車



人流密度警示: 大廳中正路



越線警報: 月台1A 6車



異常人流警報: 月台2A 3車



異常停留警報: 自動票區



電梯逆向警報: 第一月台北側



異常停留警報: 月台2A 3車

# 智慧型鐵道運輸系統產業發展



- 朝向鐵道運輸次系統發展
- 提升智慧型鐵道運輸系統軟體能力
- 加強智慧型鐵道運輸系統產品認證及驗證工作
- 臺灣在 ICT 硬體設備市場佔有率世界第一
- 臺灣高度的 ICT 服務涵蓋率及網路普及率與豐沛的 ICT 產業鏈及人力資源是我們智慧運輸發展的溫床

51

## 結語



- 面對鐵道系統的未來發展
  - 數位本無國界
  - 智慧才是王道
  - 創新才有競爭優勢
  - 品質優良才是永續

52

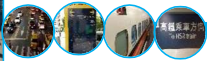
## 致謝



- 臺北市政府捷運工程局、鐵道局、台鐵局、高鐵公司、高雄捷運公司、智捷科技公司、TYLin International Taiwan、海洋大學許榮鈞博士、艾訊股份有限公司、Lantech昱樺科技股份有限公司及世曦工程顧問公司提供相關資料。謹一併致謝！

53

## 策略



- 起風VS.順風  
業主(政府主導) 合理利潤(公司)
- 善用優勢，掌握機會
- 可行性+有效性  
(得到標準的機率) (利潤的數值)

54



簡報結束 感謝聆聽  
Thanks for your attention!

張辰秋:ccchang1021@ntu.edu.tw