

出國報告（出國類別：實習）

參加 2017 UTC 年會研習智慧電網及保護電 驛相關通信技術之解決方案

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：王威翔 工程師

派赴國家：美國

出國期間：中華民國 106 年 5 月 6 日至 5 月 14 日

報告日期：中華民國 106 年 7 月 17 日

出國報告審核表

出國報告名稱：參加 UTC 年會研習智慧電網及保護電驛相關通信技術之解決方案

出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
王威翔	工程師	電力通信處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	

出國期間：106年5月6日至106年5月15日 報告繳交日期：106年7月17日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5.建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式：

報告人：  單位主管：  主管處主管：  總經理：  副總經理：

說明：
 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參加 UTC 年會研習智慧電網及保護電驛相關通信技術之解決方案

頁數 15 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

王威翔/台灣電力公司/電力通信處/規劃分析專員/(02)2366-7590

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：106 年 5 月 6 日至 106 年 5 月 15 日 出國地區：美國

報告日期：106 年 7 月 17 日

分類號/目

關鍵詞：智慧電網

內容摘要：(二百至三百字)

近年來我國順應國際趨勢期望提升電力系統運轉效率、降低碳排放量及永續發展等目標。為使投資發揮相應的效益，持續關注國際上與再生能源併網有關法令、技術與實務上的演進至為重要。為此本人奉派出國參加公用事業技術協會(utilities technology council, UTC)舉辦的通信與科技研討會中實習，將聽聞到各國再生能源與智慧電網推行現況與未來趨勢報告與各界分享。

目錄

壹、 背景及目的說明	3
貳、 活動行程簡述.....	4
參、 過程記要	5
一、 UTC 成立背景	5
二、 Power System 101 Class 講座.....	5
三、 通信 IP 化以後對營運造成的影響	7
四、 AMI 系統的演進	8
五、 光纖資產出租市場與商業模式	9
六、 大數據分析與智能化.....	10
七、 微電網演進探討	11
八、 變電所內的大數據	12
九、 公用事業通信的 OT/IT 轉型.....	12
肆、 心得及建議.....	14

圖目錄

圖 2.1 UTC Conference 活動行程表	4
圖 3.1 愛迪生與特斯拉	6
圖 3.2 電力合作社介紹	6
圖 3.3 電信轉型的動機	7
圖 3.4 業界遭網路攻擊頻率分析	7
圖 3.5 AMI 網狀與星狀架構圖	8
圖 3.6 AMI RF Adaptive Modulation	8
圖 3.7 JEA 所在地 Jacksonville 光纜分布	9
圖 3.8 TEA 服務範圍	9
圖 3.9 公用事業關心議題統計結果	10
圖 3.10 SDN 架構圖	10
圖 3.11 太陽能板架設圖	11
圖 3.12 PV 併網導致電壓驟降圖示	11
圖 3.13 倫敦地下管道與維修纜車	12
圖 3.14 電力網路示範中心(PNDC)	12
圖 3.15 電驛同步說明圖	13
圖 3.16 可靠度計算方式說明圖	13

表目錄

表 2.1 出國實習行程表	2
---------------------	---

壹、背景及目的說明

自從 1882 年美國第一座發電站成立以來，歷經一個世紀的公用電力網路仍一直維持著原本的樣貌。由集中式的發電站經過輸電、配電線路輸送電力到用戶端。要建立這類集中式單方向的電力系統具有極高的固定成本與進入門檻，使得電力事業在特定服務區域內持續保有自然獨占的特色。對許多政策制定者而言這也意味著讓超過一家以上的電力業者服務同一塊區域將造成多餘且無效的投資。反之，讓受到法令規範的單一業者壟斷市場將有助於發展規模經濟並提升社會整體的效益。

然而，近幾十年來分散式能源(distributed energy resource, DER)出現打破了這個模式。20 世紀初為了規範壟斷市場而訂立的法令也有逐漸鬆綁與自由化的跡象，世界各地開始有電力用戶或小型發電業者為了友善環境、節省電費、能源獨立自給或是用電穩靠度等理由陸續建置了屋頂式太陽能板和風力發電站。向傳統集中發電的電業購電使用已經不再是唯一的選擇。分散式能源對電網帶來的重大挑戰包括如何建立雙向式輸配電系統、又如何能在維持系統穩定度條件下整合分散式電源的間歇性等。在種種法規、業界與民間對於再生能源與分散式電力系統的態度漸漸明朗化的環境下，智慧電網的概念亦相應而生。

我國近年來也順應國際趨勢期望提升電力系統運轉效率、降低碳排放量及永續發展等目標，在 2010 年由經濟部核定了「智慧型電表基礎建設推動方案」並在 2011 年由經濟部能源局成立「智慧電網總體規劃小組」開始進行布建智慧電網的前期規劃，截至 2015 年已完成 25 所變電所電力自動化改建工程、22,006 具配電自動化開關以及全數高壓 24,624 用戶及低壓 10,000 用戶智慧電表(Advanced metering infrastructure, AMI)的建置。

為使投資發揮相應的效益，持續關注國際上與再生能源併網有關法令、技術與實務上的演進也相當重要。為此本人奉派出國參加公用事業技術協會(Utilities Technology Council, UTC)於北卡羅萊納州夏洛特舉辦的通信與科技研討會中實習，將聽聞到各國再生能源與智慧電網推行現況與未來趨勢報告與各界分享。

貳、活動行程簡述

日期	地點	工作內容
106年5月6日	台灣台北-美國舊金山	啟程，搭機前往美國舊金山
106年5月7日	美國舊金山-夏洛特	搭機前往美國夏洛特
106年5月8日	北卡羅萊納州 夏洛特	報到領取識別證 參加 Power System 101 講座
106年5月9日	北卡羅萊納州 夏洛特	參加 Work Force 講座
106年5月10日	北卡羅萊納州 夏洛特	參加講座 What's IP Doing to Operations ? SCADA Communication Convergence Fiber Leasing Business Models
106年5月11日	北卡羅萊納州 夏洛特	參加講座 Utility Data Analytics Substation and Smart Meters Making Data Distribution Energy Resource & the Grid
106年5月12日	北卡羅萊納州 夏洛特	整理會議資料
106年5月13日	美國夏洛特-舊金山	返程，搭機前往美國舊金山
106年5月14-15日	美國舊金山-台灣台北	搭機返回台灣

表 2.1 出國實習行程表

PROGRAM-AT-A-GLANCE

MONDAY, MAY 8
 8am – 5pm UTC Fiber Training Level 2 (Westin) NERC CIP Low Impact Entities Training (Westin)
 8am – 1pm UTC Committee Meetings (Westin Meeting Rooms)
 12pm – 5pm Registration Open at the Westin (badge pick up only)
 1pm – 4pm Power Systems 101 class (Westin) Telecom 101 class (Westin)

TUESDAY, MAY 9
 8am-5pm UTC Fiber Optic Training Kilowatts vs. Kibble
 9am-11am Continuing Education
 9am-12pm Concurrent Workshops: Workforce Development
 2pm-5pm Concurrent Summits: Wireless Summit (Sponsor: 4RE) Wireless Summit (Full Spectrum & Select Spectrum)

WEDNESDAY, MAY 10
 8am-9am Breaking Free from Teleco Leased Lines
 9:15am-10:15am OPGW Life Cycle Study
 10:30am-11:30am Packet Network Use Cases

THURSDAY, MAY 11
 9:45am-10:45am Communications for the Modern Age
 3:15pm-4:15pm Deploying Fiber to the Meter
 4:30pm-5:30pm Real-time Edge Computing Leverages LTE

FRIDAY, MAY 12
 8am-12pm Duke Energy Mount Holly Microgrid Facility Tour (Utilities Only)
 12pm UTC Telecom & Technology 2017 Adjourned

EXPO HALL HOURS:
 Wednesday – 2:00pm-5:30pm
 Thursday – 11am-3pm

GENERAL SESSIONS:
 Wednesday – 11:45am-1:45pm
 Thursday – 7:45am-9:30am

SPECIAL EVENTS:
 UTC Foundation Golf-Tuesday 7am
 Awards Dinner-Wednesday 7pm
 After Party-Wednesday 9pm
 Gala NASCAR HoF-Thursday 7pm
 Cigars Under the Stars-Thursday 9:30pm

TRACKS:
 TELECOM TRACK, WIRELESS TRACK, IT/OT TRACK, DATA ANALYTICS TRACK, SECURITY TRACK, BROADBAND TRACK, UTILITY TRACK, EMERGING TECH TRACK, SECURITY TRACK, UTILITY TRACK

SPONSORS: AT&T COMMUNICATIONS, Google fiber, SIEMENS, Graybar, CISCO, BROWN CASTLE

SEE YOU IN PALM SPRINGS, MAY 7-11, 2018

CHARLOTTE MOTOR SPEEDWAY

圖 2.1 UTC Conference 活動行程表

參、過程記要

一、UTC 成立背景

UTC 成立於 1948 年，起初是以協助不同電業分配無線電使用頻段為目的，爾後陸續有電力、瓦斯、水利以及相關天然氣管線及重大公共建設公司加入為其會員，今日的 UTC 已經成為一個全球化的重大公共建設交流與貿易的促進協會，藉由推廣、教育與合作創造出適合電信系統供應與維護技術發展的環境。

UTC 舉辦的 Telecom & Technology 研討會是各界加入其他數以千計的 ICT(Information & Communication Technology)專業夥伴們共同交流的學習機會。研討會主題豐富涵蓋 Wireless、Telecom、IT/OT、Security、Broadband、Emerging Technology、Data Analytics 及 Utility Asset Commercialization，其中與本公司智慧電網及通信相關講題如 OPGW 生命週期、光纖出租商業模式及無線 AMI 配電自動化 (Distribution Automation) 等更就各領域提供廣泛與宏觀的資訊。除此，也可在展場與知名廠家就展示的實務與技術交流了解 MPLS、光纖通信、封包微波及 SDN 等多項技術的現今發展，並可以幫助與會者參考其他國家公用事業於不同通信技術間的優劣比較與取捨，進一步評估各種技術在未來應用的可行性。

二、Power System 101 Class 講座

講者介紹：

Charles Plummer

Power System Engineering, Inc 通信公共建設部門主管

威斯康辛大學 EE 學士

電力事業顧問資歷 25 年

Jeff Selman

Tri-State 發電&輸電協會電力通信、系統保護及系統量測領域資深經理

UTC 2007-2008 年 董事會主席

賓州大學 EE 學士、科羅拉多大學 EE 碩士

科羅拉多大學丹佛分校 EE 助理教授

內容概述：

UTC 大會舉辦此講座是為了在活動開始前提供與會者快速了解或更新美國公用電力事業的歷史、結構與現況的機會，同時間也正舉辦另一場 Telecom 101 Class 介紹通信產業相關內容。

會中介紹了從 1880 年代開始的電業歷史，由愛迪生通用公司初步在紐約建立的直流系統架構與 Westinghouse 公司的交流配電系統，中間又經過自動復閉式斷路器、完全自保護(CSP)變壓器及 XLPE 電纜等傳輸設備的發明，一直到最近工業電腦的發明增進負載偵測精準度以及分散式能源與智慧電網的出現，現今值得探討的問題即是如何穩定整合分散式各種能源。

由於美國幅員廣闊人口較為分散，政治上聯邦、州與城市的概念也同樣反映在各種公共建設的法規與運作層面上。自 1978 年聯邦政府制定「公用事業管制政策法(Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA)」及 1992 年國會通過「能源政策法案(Energy Policy Act, EPA)」開放發電、代輸業以來電力事業相應產生了電力躉售與零售等概念並且分別由 FERC(Federal Energy Regulatory Commission)及各州政府或 PUC(Public Utility Commission)管理。

同時也因為地域性的市場區隔加上各州法令對電業市場的開放程度不同，美國除了有與本國類似的公營電力公司(Public/Municipal)以外還有民營的電力公司(Investor-owned)。更特別的是在區域規劃效益與商業利潤皆不足的鄉下地方為了引進電力而由用戶選舉組成的電力合作社(Cooperative)。

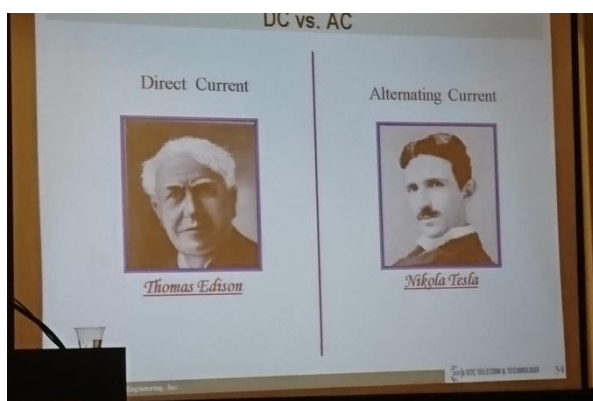


圖 3.1 愛迪生與特斯拉



圖 3.2 電力合作社介紹

三、通信 IP 化以後對營運造成的影響

講者介紹：

Scott Wilkinson

ECI 市場分析資深經理

內容概述：

近年來因為分散式能源的興起使得智慧電網對於背後通信網路服務變得更多元，世界各地的公用事業紛紛出現以封包網路取代或補足傳統 TDM 網路架構的趨勢。在這樣的趨勢下，系統轉移的技術與經驗也變得至關重要。本場講座即是講者協助許多客戶進行通信 IP 化的經驗分享。大部分公用事業推行通信網路 IP 化的原因可以分為以下幾類，從電信產業的角度而言 SDH/SONET/ATM 網路的供應鏈已經逐漸式微，且在新的封包網路技術日趨成熟之際其維轉運護成本也顯得較高，另外對於提供新服務也較無效率。從智慧電網的角度除了頻寬的利用率較好之外，許多智慧電網元件與分散式能源的通信方案也都設計成 IP Base 介面，包含 AMI、IED 與 SCADA 等，也因此電力調度上封包網路有更簡單直接的自動化方案、視訊監看等安全管控的優勢。

在面對電信網路越來越複雜的情況下，IT/OT 整合必然會成為未來的營運模式，例如 SDN(software defined network)將有效簡化網路管理操作，而 NFV(network functions virtualization)則可以讓各層級的軟硬體開發商有相容依據，能大幅度降低各界跨足智慧電力系統的門檻。另外在電力調度層面的 IT/OT 整合也將是實現調度自動化、仰賴大數據分析提升效率、預判調度等的最基本要求。

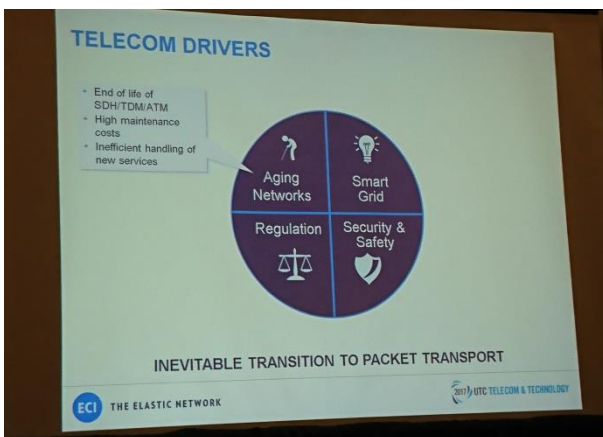


圖 3.3 電信轉型的動機

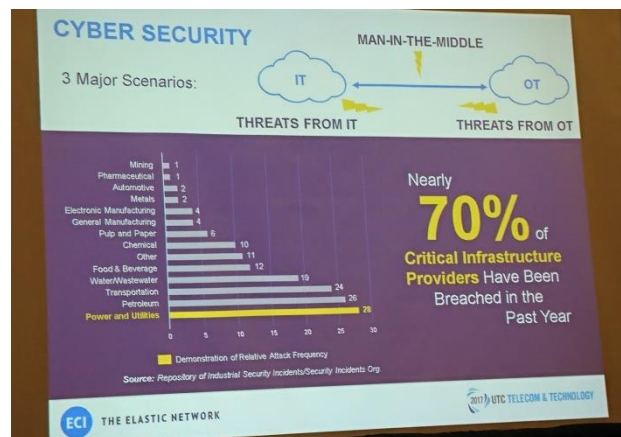


圖 3.4 業界遭網路攻擊頻率分析

四、AMI 系統的演進

講者介紹：

Rick Schmidt

Power System Engineering, Inc. (PSE)

公用事業自動化及通信部副總

內容概述：

根據講者服務許多公用事業的經驗，建置 AMI 系統的市場近年來激烈競爭，廠商越來越著重於降低成本。在規劃一個區域 AMI 系統的無線通信網絡時，電表的數量是相對固定的，廠商規劃的著力點通常在資料收集站、信號重塑設備、網路靈活性和備援強度的配置。另外，有很多 AMI 標案的投標資格沒有寫明性能要求標準(如通信跨距數量、時間延遲或數據回傳率等)或是性能未達標準的後續處置，而更多的標案沒有寫明自動化設備、可供管理負載(如溫控設備和路燈)的裝設數量和位置。面對未載明的設計要求，大部分廠商會以 75%的電表少於 10 個通信跨距、每小時回傳數據(分成 4 組每 15 分鐘輪流回傳)為原則提供客戶做參考。但是講者還是建議客戶探討其建置 AMI 的目的，例如配電自動化或負載管理等並將完整情境的每個環節經過實測後取得適當的性能要求。

AMI 的架構大致可以分成兩類：網狀與星狀。網狀的架構利用電表(或重塑器)之間可以互相通信的功能創造出網狀的連路回到資料收集站，而星狀即是所有電表都必須與至少一資料收集站通信。最近 3 年有些 AMI 廠商也引入 RF Adaptive Modulation 無線通信連路可以依據天氣狀況自動調整頻寬的技術。另外，對許多 AMI 系統建置案最成本分析可以得到用戶電表建置佔成本約 83%、第三方電表建置佔 8%以及 AMI 背後的骨幹網路建置佔 8%，講者認為增設數據收集站和信號重塑器能有效強化系統穩定度，而且不會對總預算造成太大的負擔，骨幹網路建置成本是值得增加投資的項目。

建置 AMI 系統要點總結：考慮該地區全部可能的天氣情況、應用的時間延遲與可靠度要求、重要設備要經由有電源備援的路徑回傳、骨幹通信要足以應付尖峰時刻的流量、預留未來應用的擴充性。

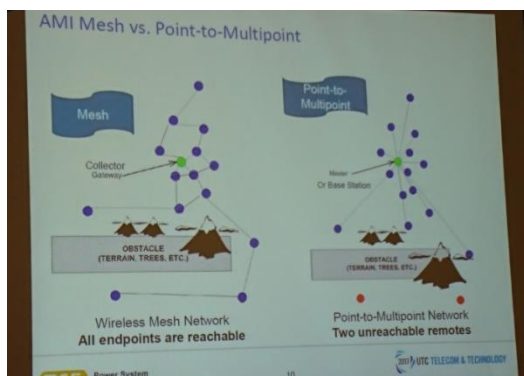


圖 3.5 AMI 網狀與星狀架構圖

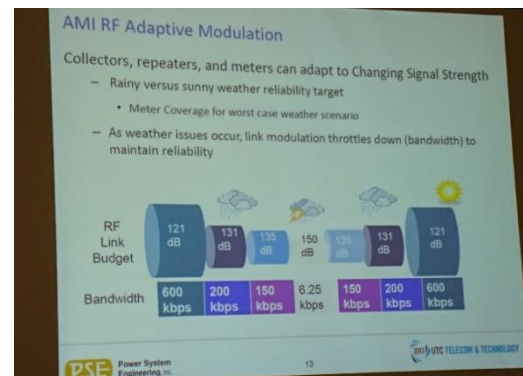


圖 3.6 AMI RF Adaptive Modulation

五、光纖資產出租市場與商業模式

講者介紹：

Gary Vondrasek

JEA(Jacksonville Energy Authority)電信銷售及服務部門經理

Kristie Goodson

TVA(Tennessee Valley Authority)光纖供應事業暨客戶管理資深顧問

內容概述：

JEA 為公營公用事業公司，從 1980 年代開始為了保護電驛通信目的開始建置使用光纖系統，目前擁有光纖總長度達 880 公里。JEA 在 1993 年開始了光纖出租的業務，負責營運的科技服務團隊同時也有將通信鐵塔、配電系統以及街燈電桿空間出租給無線通信和電視服務業者的項目。光纖市場受到無線(5G)通信、智慧城市、工業物聯網及自動駕駛等新科技產業的驅動，預計在 2022 年全世界將有 5.5 億 5G 用戶、180 億個物聯網裝置並創造 12.3 兆美元的商機。

市面上常見的光纖供應合約有 3 種：保證使用權合約，買賣合約及租用合約。保證使用合約多半是大公司或政府機構客戶要求，訴求為穩定長期(10年以上)的使用權且不需要自行維護。買賣合約比較少見，通常是提供給希望持有資產或者對資安要求較嚴格的客戶，使用買賣合約要考慮客戶的維護能力、長期規劃等，儘管買斷聽起來很直接簡單實則卻是光纖供應業者不偏好的模式。租用合約是給研究計畫、新投資者等客戶短租使用，對供需兩方都保有很方便的彈性。發展光纖供應事業可以創造額外收入或是稅收，滿足自用通信需求而不需增加電業用戶的費用、帶領科技發展、吸引工業進駐與就業機會，其必要性、發展性、活絡經濟及創造多元收入等特性不一而足，在 21 世紀光纖就如同 20 世紀的電力一樣重要。

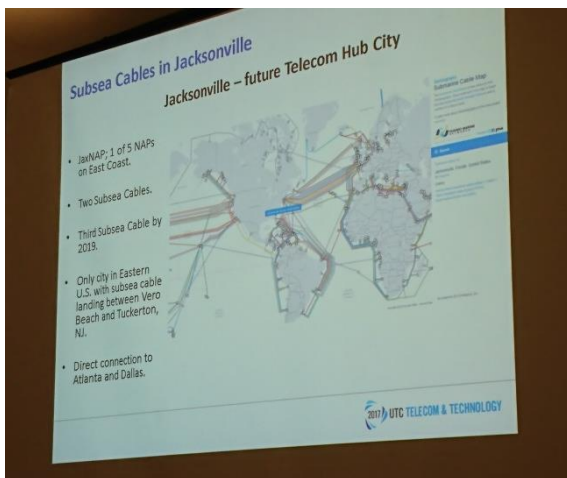


圖 3.7 JEA 所在地 Jacksonville 光纖分布

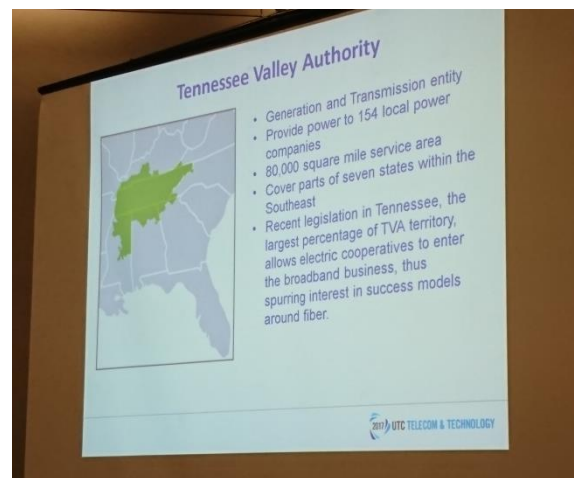


圖 3.8 TEA 服務範圍

六、大數據分析與智能化

講者介紹：

Mitch Simcoe

Ciena 市場開發與技術諮詢資深顧問

內容概述：

在今日智慧城市的發展與日漸複雜的網路服務已經是可以明顯被觀察到趨勢，對於大眾電信服務業者而言系統智能化與大數據分析無疑的是一項顧客服務導向的決定。同樣的進程也發生在公用事業的營運系統上，但是動機卻不盡相同。根據 2016 年 Black & Veatch 所做的一份電業調查報告，電業主管們認為今日幾個重要的議題包括穩靠度(4.56)、網路安全(4.37)、老化的基礎設施(4.36)以及大量的屆退人力(4.08)，佔了前 7 項的其中 4 項。因應此類市場需求 Ciena 成立了藍星計畫(Blue Planet Project)致力於簡化客戶提供服務時需要跨過許多平台的設定步驟、端對端服務自動化、DevOps 彈性管理、減少平台區隔與營運成本。講者解釋 SDN 的架構如圖 3.9 所示分為基礎層、控制層與應用層，各廠商的設備網管訊號(基礎層)經過 Resource Adaptor 進入 SDN 控制軟體(控制層)整理後再輸出給應用程式分析(應用層)。控制層的設計保留了未來的擴充性，要加入新的系統相容時只需要設計相應的 Resource Adaptor 即可。在應用層方面除了需要高度客製化的數據導向決策以外，系統健檢與物料管理是目前最成熟的應用。系統健檢是以自動化的網路監控系統輔助或取代傳統定檢維運模式，健檢軟體透過運算分析發現即將產生的劣化與破壞，取得更完整的資訊不僅能減少維運資源虛耗還能預先處理避免服務中斷。物料管理則是將以往零散的不同廠牌的物料管理系統整合成自動且易於操作的單一介面。

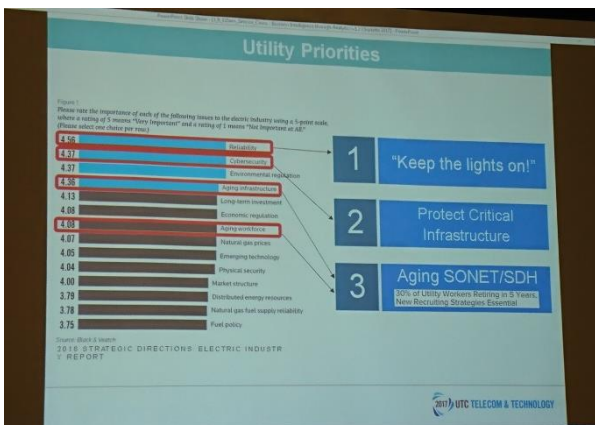


圖 3.9 公用事業關心議題統計結果

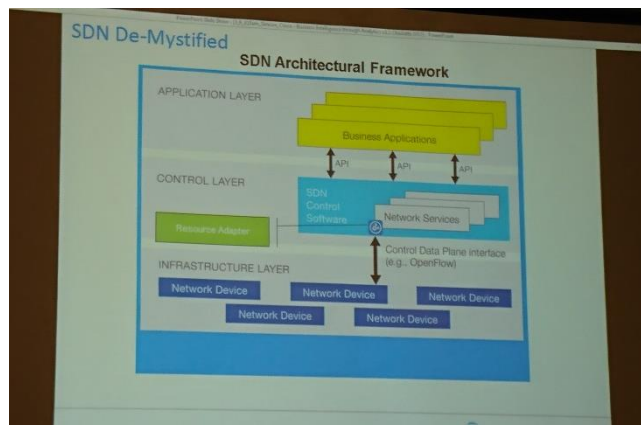


圖 3.10 SDN 架構圖

七、微電網演進探討

講者介紹：

Doug Young

Black and Veatch 公用事業自動化計畫總工程師兼經理

內容概述：

微電網的概念來自於分散式能源(DER)對地區的能源自給率的貢獻，講者把 DER 併網的過程細分為五個循環階段。

1. 發現 DER 的潛勢
2. 評估對輸配網路的影響
3. 評估對整體電力供應的影響
4. 分析需要對應的電價調整與法規修改
5. 規劃策略並營運

電力系統由集中式演進到分散式的過程中也隱含了許多局部的轉變，除了最常提到的雙向式配電系統、過去以變電所主體為布建的 SCADA 系統也將進一步延伸到饋線甚至 DER，在應用方面也需要擴增許多故障隔離回復(FLISR)、停電管理(OMS)與功率優化(VVO)以輔助系統。這些轉變最終的目的都是要能夠有效的管理整個系統，小至所有個發電及儲能設備的容量管理、voltage/VAR 監控等，大至區域負載管理及天氣預測。

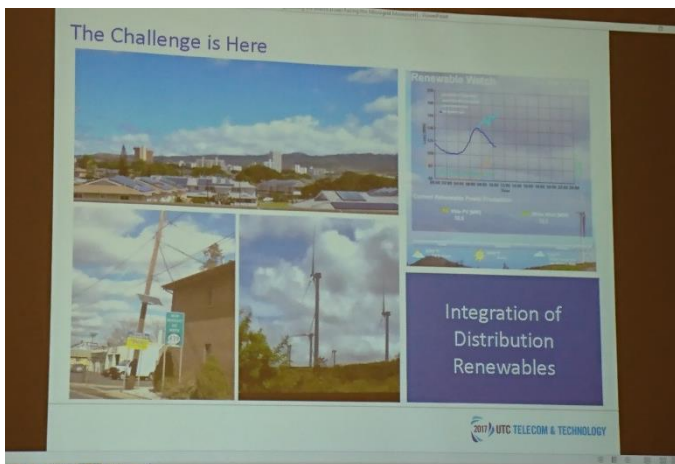


圖 3.11 太陽能板架設圖

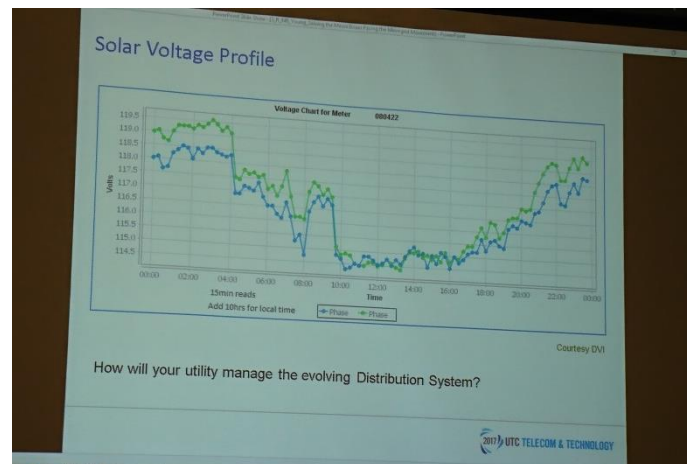


圖 3.12 PV 併網導致電壓驟降圖示

八、變電所內的大數據

講者簡介：

Adrian Grilli

JRC(Joint Radio Company, London) 總經理

內容概述：

JRC 是英國公用事業的無線電頻寬管理單位。面對近年許多新的無線技術似乎都有機會改善營運效率，卻困於各種技術針對不同應用的適用性尚不明朗。鑑此，JRC 發起了 2 個進行中的試驗計畫，其一是與英國國家電網公營公司合作，嘗試在倫敦利用 400MHz UHF 頻段建置的 LTE 經由 10km 的地下隧道連接 2 座 400kV 的變電所。另外是由英國最大的配電公司 WPD(Western Power Distribution)進行 140 MHz VHF 的 Digital Mobile Radio 初期測試同步蒐集 8,000 個電網監控站資料，預計最終目標為 18,000 站。另外還有在 2014 年由產官學界在蘇格蘭聯合成立的電力網路示範中心(PNDC)，裡面有配有獨立研究使用的 5MVA 發電機組、11kV 電網(含架空/地下饋線)。

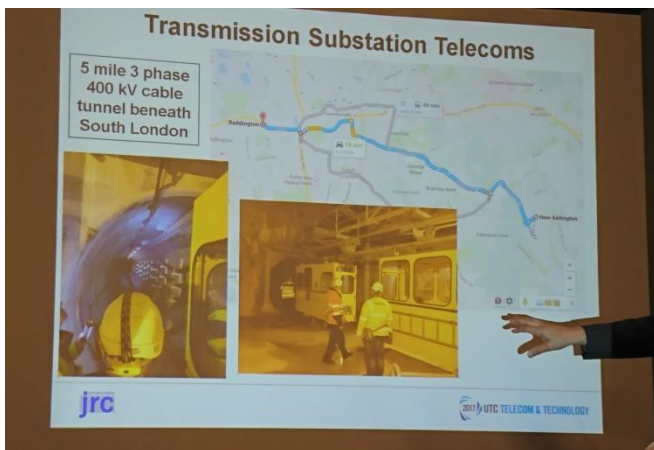


圖 3.13 倫敦地下管道與維修纜車

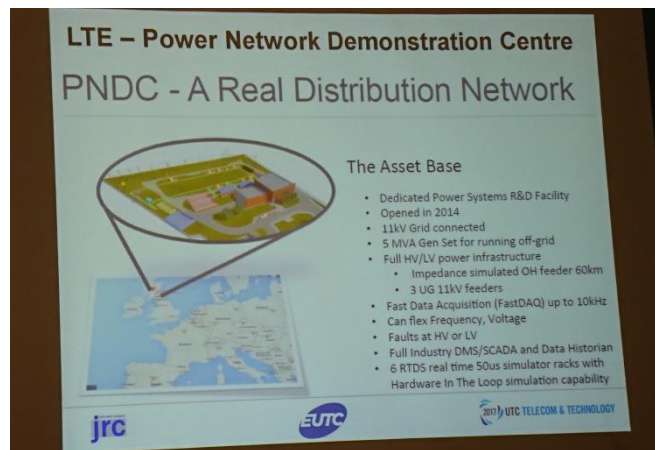


圖 3.14 電力網路示範中心(PNDC)

九、公用事業通信的 OT/IT 轉型

講者介紹：

Mark Burke

Ericsson 能源與公用事業副總

Alex Heredia

Ericsson 傳輸與微波部門工程師

內容概述：

許多傳統同步通信網路轉移到封包網路 (IP/MPLS) 後能享有到高頻寬效率與彈性，但是這些好處同時也伴隨著時間延遲與序列重組為代價。在一般的電信服務裡面這是很容易被接受的，但是在重要的輸電系統保護電驛的應用範疇下，卻是亟需面對的課題。輸電線路電驛的基本設計是由傳輸線兩端的檢流計互相通信比對電流是否同步，屬於柯西赫夫定律 (Kirchhoff's Law) 的廣義應用。由於輸電系統使用的是高壓交流電，除了電驛盤需要時間同步以外啟斷速度也有相當的要求。目前電驛信號普遍的時延要求都在 10 毫秒以下，以 60Hz 系統來計算約為 1 個週波。因此，電驛背後通信網路的同步品質也不容忽視。另外講者解釋可用度 (Availability) 的條件與計算方式如圖 3.16。

各家公用事業對系統的要求可靠度在 99.99~99.9999% 不等。在美國有些站際通信距離長達 100km，考量到傳導速度、備援路徑與建置成本等因素，微波通信是比光纖更合理的選項，Ericsson 目前的方案即是 L6GHz 微波系統。

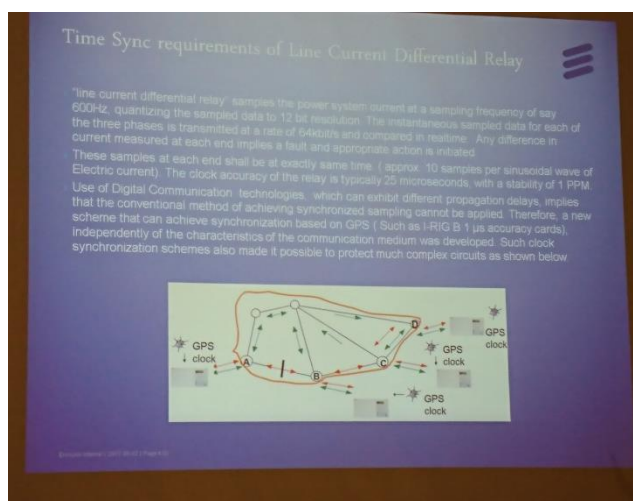


圖 3.15 電驛同步說明圖

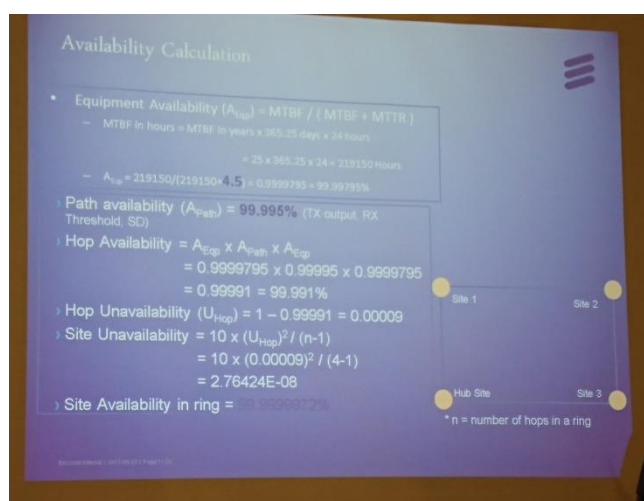


圖 3.16 可靠度計算方式明圖

肆、心得及建議

本次有幸能夠奉公司指派出國參加在美國北卡羅萊納州夏洛特舉辦的 2017 UTC conference，本人非常感謝各界長官先進的指導與栽培。雖然因為是第一次以公務身分出國實習，各項手續及行程安排上都略有生疏以致結果未盡完善，尚能有這個機會自我充實且能將所見聞帶回與各界參考仍是備感榮幸，本次實習的心得及建議如下：

1. 美國許多電業營收近年來正面臨電業自由化與負載成長停滯的衝擊，在市調公司 Utility Dive 所做的 2017 電業 1~5 重要評比的調查報告中，分別有 63%(民營)與 61%(公營)的電業主管認為重新制定費率以回收固定成本屬於重要(4)或非常重要(5)的議題，與我國目前正推行電業自由化之情境相似。
2. 另外，在該調查報告中有關「你認為目前貴電業轉型最大的障礙為何？」項目結果為：18%的受訪主管認為最大障礙是「轉型所需花費的成本(擱淺資產、電網更新等)」、也有 18%認為是「州立法機構與修改法規的阻力」以及 16%認為困難來自「事業體內部抗拒改變」。其他較票數較高的選項還有「穩定整合新一代智慧電網元件(14%)」以及「達成符合股東期待的投資、產品與服務(12%)」。
3. 建置有效的智慧電網系統需要完整的測試，包括搭配的通信架構、電表與 IED、DERs(包含發電機組與儲能設備)與小型智能家電併網後互動情形，可以仿效英國蘇格蘭的電力網路示範中心(PNDC)與美國科羅拉多州的再生能源實驗室(NREL)成立示範區讓大用戶、家用戶與自由電業更直接了解智慧電網將會帶來的貼身改變，有助於基礎建設順利推行。此外，經過完整測試亦可在制定規範時有更明確的依據。
4. 智慧電網的概念不是只有系統與裝置的改變，對營運及人力應用也有相當大的影響。包括 IT/OT 整合可以利用資訊與資料技術輔助運轉維護的工作，進而發展出更經濟更有效率的模式，讓數據不再只是留存備查的資料庫。另外 DevOps 管理要求運轉維護部門積極參與系統規劃建置的過程，透過溝通以使建置更符合實際需要。以上這兩個觀念在不同講座中都一再被提到，可見國際上對於充分發揮智慧電網功能的想法是自然而然將工作模式改變包括在內的。
5. 面對分散式能源各種新科技，大部分電業(41%)目前投資中並視之為核心計畫的項目為需量反應與需量管理相關科技，而智慧變頻器(smart inverter)與社區共享的再生能源機組尚屬於預期可能投資項目，更相對於太陽能板、分散式風力發電與儲能系統等屬於未投資項目，由此可見大多數電業對分散式電網科技的期待目前都聚焦在於弭平尖峰負載。

6. 受到 2015 年底烏克蘭電力系統疑似遭到網路攻擊以至電力停供事件影響，引起許多先進國家對於電力系統智能化後的資安隱憂。在前述的 Utility Dive 問卷調查報告中亦提到有 72% 美國電業主管認為電網安全性是 4 分以上的重要議題，為全部調查議題中關注度最高。整併系統的規劃過程中，網路攻擊與資安方面的顧慮不可輕忽。
7. 有關分散式再生能源與智慧電網的法規制定在未來將面臨兩項可預見的議題。其一為用戶個資的管理，由於智慧電網在執行負載管理的過程必然會取得用戶的用電資料，需要法令管制其使用範圍。其二為規範能源套利行為，發展智慧電網的本意為節約能源及調節尖峰負載，如何在鼓勵民間投資儲能設備的前提之下定義並禁止利用儲能進行套利行為(此舉反將造成消耗能源總量增加)，亦需要相關法令來規範。
8. 世界各地的電力事業經過幾十年的轉變，從 20 世紀初主要關注在法規與經濟等面向的考量，如增加電力的普及性、安全性與保有壟斷經濟效益，慢慢地演進到了更多元的節能、自由化、智慧化、環境保護等議題。在這些看似改變的過程中仍有一些核心價值存在，那即是穩靠度(Reliability)、可得性(Affordability)與永續性(Sustainability)。因為電力的供應屬民生資源又與經濟發展息息相關，任何的改變都需要充分的準備且不宜躁進。