

出國報告（出國類別：實習）

智慧型電表基礎建設（AMI）  
電表技術之實習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：李信璋（電機工程師）

派赴國家：美國

出國期間：101.10.25~101.11.03

報告日期：101.12.17

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：智慧型電表基礎建設（AMI）電表技術之實習

頁數 56 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：

李信璋/台灣電力公司/業務處配電組/主管計量/(02)2366-6683

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：101.10.25~101.11.03 出國地區：美國

報告日期：101.12.17

分類號/目

關鍵詞：智慧型電表，智慧型電表基礎建設，AMI (Advanced Metering Infrastructure)，智慧電網。

內容摘要：(二百至三百字)

我國依智慧型電表基礎建設 AMI 推動方案及智慧電網總體規劃方案，已啟動低壓 1 萬戶 AMI 相關建置工作，未來在 AMI 推動方案所規劃的工作項目尚有電價制度、需量反應及效益評估等配套作業需要進行，因此，規劃考察美國推動 AMI 之研究機構、電力公司及相關協力廠商等單位，以深入瞭解美國現在 AMI 推動

方式、電表技術及未來做法，並研究未來邁向智慧電網的推動與整合方式，以作為國內建設智慧電表與電網之參考依據。

智慧型電表讀表系統的發展由 1990 年迄今已發展 20 多年，大致上 1990 到 2004 年間多以單向通訊讀表為主要的研究(自動讀表系統 AMR)，而 2004 年以後多為雙向通訊讀表的研究(AMI)。美國電表、水表、瓦斯表等公用事業高達 3,270 家之多，針對 AMR 及 AMI 進行之評估、試點及佈建等工作，依書面資料指出加州、德州、馬里蘭州等皆有百萬規模等級的示範系統在推動。

此次考察美國 EPRI、Quanta、北卡大學智慧電網研究中心、PEPCO 及 BG&E 等公司，以探究美國電力公司、研究機構、當地廠商對 AMI 推動問題與技術發展，並深入瞭解美國現在 AMI 推動方式、電表技術趨勢及未來方針，且與美方交流有關 AMI 推動經驗及台灣面臨問題後，美方對於本公司低壓 1 萬戶之推動及未來與智慧電網銜接之技術整合提供關鍵意見，此可促進本公司未來智慧電網之整合與達成總體規劃方案之目標。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 智慧型電表基礎建設（AMI）電表技術之實習

## 目 錄

壹、實習任務	1
貳、實習緣由及目的	1
參、實習行程	2
肆、實習經過及內容：	3
一、EPRI 實習	4
二、SENSUS 實習	12
三、Qunata 實習	17
四、ABB 北卡大學研發中心實習	20
五、Elster 實習	24
六、北卡大學智慧電網中心 FREEDM 實習	32
七、PEPCO 電力公司實習	36
八、美國能源部 DOE 實習	42
九、BG&E 電力公司實習	46
伍、實習心得	54
陸、結論與建議	56
附件	57
一、PEPCO 電力公司 AMI 建置人力組織	57
二、BG&E 電力公司 AMI 建置組織及人力	65

## 圖 目 錄

圖 1	EPRI 與國家實驗室及廠商合作模式示意圖	5
圖 2	EPRI 智慧電網計畫示意圖	7
圖 3	EPRI 近 5 年資訊安全研究重點與時程	8
圖 4	資訊安全及隱私研究	8
圖 5	OpenADR 2.0 參與合作廠商	10
圖 6	OpenADR 2.0 標準產出程序概述	11
圖 7	通訊系統各自建置趨向技術整合	11
圖 8	AMI 及 ADAS 相關通訊技術評估	12
圖 9	SENSUS 國際業務主要據點	15
圖 10	SENSUS 提供全系統 AMI 資訊服務	15
圖 11	SENSUS 與電力公司合作之 AMI 客服資訊服務	15
圖 12	SENSUS 電表測試平台(1)	16
圖 13	SENSUS 電表測試平台(2)	16
圖 14	SENSUS 電表測試項目	17
圖 15	Quanta 技術交流座談會(11 月 29 日)	19
圖 16	Quanta 技術交流座談會(11 月 30 日)	19
圖 17	ABB 研發中心介紹配電控制中心及智慧電網	22
圖 18	配電控制中心之 IED 及 IEC 61850 介面應用	22

圖 19	先進配電系統展示場-----	23
圖 20	與 ABB 技術交流座談會-----	23
圖 21	Elster 讀表技術發展-----	27
圖 22	Elster 讀表技術發展-----	27
圖 23	Elster 之通訊築網技術概念說明-----	28
圖 24	Elster 之通訊築網技術應用(含水表、瓦斯表等)-----	28
圖 25	Elster 讀表通訊技術實際應用-----	29
圖 26	Elster 讀表系統之資訊架構與介面-----	29
圖 27	EnergyICT 提供之 MDMS 功能-----	30
圖 28	Elster 讀表技術系統架構-----	30
圖 29	Elster 讀表技術測試情形-----	31
圖 30	Elster 讀表技術之集中器設備-----	31
圖 31	與北卡大學 FREEDM 技術交流座談會-----	34
圖 32	北卡大學 FREEDM 電動車充電站-----	34
圖 33	北卡大學智慧家庭研究展示場域-----	35
圖 34	北卡大學電動車充放電轉換器研究-----	35
圖 35	北卡大學 RDTs 電力系統 Emulation 研究室-----	36
圖 36	PEPCO 之 AMI 推動步驟-----	39
圖 37	PEPCO 之 AMI 實場測試推動規劃-----	40

圖 38	PHI 服務範圍及 AMI 規劃規模與場域 -----	40
圖 39	特拉華州(Delaware)讀表系統建置規劃 -----	41
圖 40	PHI 之讀表系統技術架構-----	41
圖 41	進入 DOE 實習 -----	43
圖 42	美國智慧電網概念 -----	44
圖 43	美國智慧電網投資補助計畫 -----	44
圖 44	美國智慧電網投資補助計畫目前執行成果 -----	45
圖 45	美國智慧電網展示計畫 -----	45
圖 46	BG&E 背景資料說明 -----	49
圖 47	BG&E Smart Energy 專案計畫說明 -----	50
圖 48	BG&E Smart Grid 推動效益預估 -----	50
圖 49	BG&E Smart Grid 推動規劃 -----	51
圖 50	BG&E Smart Grid 推動時間表 -----	51
圖 51	BG&E Smart Grid 推動專案說明 -----	52
圖 52	BG&E Smart Grid 推動預估效益 -----	52
圖 53	BG&E 時間電價 -----	53
圖 54	消費者用電資訊顯示 -----	53
圖 55	消費者用電資訊顯示 -----	54

# 智慧型電表基礎建設（AMI）電表技術之實習

## 壹、實習任務

赴美國實習「智慧型電表基礎建設（AMI）電表技術」及瞭解「AMI 發展情況」。

## 貳、實習緣由及目的

因能源短缺與各國電網逐漸老化，目前世界各國皆正進行節能減碳及改善電網老化工作，並開始進行智慧電網佈建，因此帶動智慧型電表基礎建設（AMI）的發展。

由於行政院分別於 99 年 6 月 23 日及本（101）年 9 月 3 日核定「智慧型電表基礎建設 AMI 推動方案」及「智慧電網總體規劃方案」，本公司除進行高壓 AMI 建置之外，本年也展開 1 萬戶低壓 AMI 建置作業，而 AMI 主要構成要素包括智慧型電表、通訊系統、電表資訊管理系統等，要完成具有自動讀表及電表設備資產管理等功能之 AMI，第一步就是要換裝具有雙向通訊傳輸功能的智慧型電表，第二步再藉由通訊傳輸功能使智慧型電表與電表資訊管理系統連線，由此可得知 AMI 對通訊網路依賴度高，能否結合或建構安全、可靠且便宜的通訊網路，更是 AMI 成敗之技術關鍵，因此對於一些區域網路（LAN）及廣域網路（WAN）採用之



相關通訊技術的獲得與實際建置經驗，更顯得相對重要。

此次考察美國 EPRI、Quanta、北卡大學智慧電網研究中心、PEPCO 及 BG&E 等公司，以探究美國電力公司、研究機構、當地廠商對 AMI 推動問題與技術發展，並深入瞭解美國現在 AMI 推動方式及未來方針，且與美方交流有關 AMI 推動經驗及台灣面臨問題，美方對於本公司低壓 1 萬戶之推動及未來與智慧電網銜接之技術整合提供關鍵意見，此可促進本公司未來智慧電網之整合與達成總體規劃方案之目標。

### 參、實習行程

起始日	迄止日	實習機構	所在國家城市
1011025	1011026		往程
1011026	1011026	美國能源研究院(EPRI)	美國諾克斯維爾
1011027	1011028		行程
1011029	1011030	SENSUS、Quanta、ABB 北卡大學研發中心 Elster、北卡大學智慧電網中心	美國洛利
1011031	1011031		行程
1011101	1011101	PEPCO 電力公司及美國能源部 DOE	美國華盛頓
1011102	1011102	BG&E 電力公司	美國華盛頓
1011102	1011103		返程

#### 肆、實習經過及內容：

本實習行程於 101 年 10 月 25 日（星期四）出發，11 月 3 日（星期六）返國，期間主要與美國智慧型電表基礎建設 AMI 及智慧電網相關研究機構及參與業者共同研習，實習對象包含 EPRI、DOE、Pepco、Quanta、Elster、ABB、SENSUS、北卡大學智慧電網研究中心等。透過與當地廠商與業者之訪談，以深入瞭解美國現在 AMI 電表技術及推動現況，並研究未來邁向智慧電網的推動與整合方式，以作為國內建設智慧電表與智慧電網之參考依據。

綜合研習重點，就 AMI 及智慧電網的推動問題，依研究機構 EPRI 及電力公司反應，美國電力公司對 AMI 的具體效能，僅限於讀表，而其他需量反應及配電資訊整合上，尚有通訊技術整合問題；而且在標準方面，雖然美國標準組織 NIST 已於 2010 年 1 月發佈 Smart Grid Interoperability Standard 1.0 版，隨後在 2012 年 2 月又發佈 Smart Grid Interoperability Standard 2.0 版，可知智慧電表/智慧電網的標準在美國也是持續在討論的一個議題，故有許多標準協會及相關廠商皆在進行技術標準的交流，如 SGIP、Grid Wise、OpenADR...等廠商及學研單位都有參與討論。故未來推動 AMI 及智慧電網的工作上，仍有許多配套

制度及互通標準需要整合推動。

實習的過程中，各單位也都精心準備相關簡報資料，報告該單位之發展重點，並與我方交流推動經驗，茲整理各單位簡報重點、技術現況及交流重點摘錄如下：

## 一、EPRI 實習

### (一)實習行程

1. 時間：10 月 26 日
2. 地點：Knoxville EPRI 研發中心
3. 主席：Brian K. Seal
4. 交流議程摘要：
  - Overview of EPRI' s Collaborative Research Model
  - ITRI and Taiwan Power - Project Overview
  - EPRI - Overview of Potential Projects
  - EPRI Smart Grid Lab Tour
  - EPRI - Renewables and Power Quality Research
  - Discussion and Next Steps

### (二)實習簡介

EPRI 於 1973 年成立，召集電力公司、研究機構及相關業者整合相關資源，以厚植電網問題之解決方案資料庫建立，減少電力部門技術開發的成本，並尋求更具價值的衍生

服務，其合作模式如圖 1 所示。由於 EPRI 本身不做技術產出，故可充份協助整合業界技術及國家實驗室之研發技術，將具體成果供電力公司參考，並尋求相關電力部門支持採用，以募集 EPRI 永續發展之資金需求及相關合作伙伴對 EPRI 的認同。

EPRI 藉由諸多先進的研究發展計畫的進行，促進節能減碳及經濟永續發展，目前已有 23 個公用電力事業組織參與，近四年來已有 13 個專案計畫在執行。

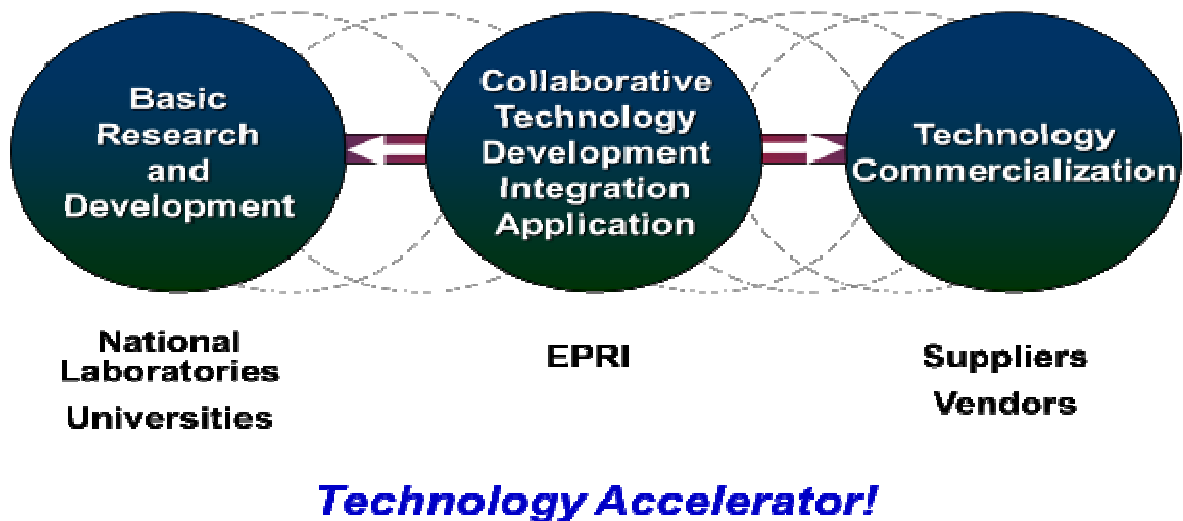


圖 1 EPRI 與國家實驗室及廠商合作模式示意圖

針對智慧型電表基礎建設 AMI 及智慧電網的部分，EPRI 認為目前電業及相關產業面臨到下列問題：

1. 互用整合(Interoperability)測試：

產業間缺乏測試標準及程序，進行互用整合測試。

## 2. 通訊技術：

通訊技術不斷的進步，而且電業對於通訊技術的需求不斷的增加。

## 3. 資料管理：

經由 AMI 所蒐集的資料增加，電業需要一個有效的工具來管理及運用這些資料。

## 4. 智慧電網建置及規劃：

電業需要一個好的策略及工具，以便有效的建置規劃智慧電網。

EPRI 針對上述及目前較被重視及關心的幾個議題，進行了包含電網感知資訊的有效利用、先進配電網路示範及 OpenADR 之資訊整合等研究，並整合電網相關研究稱之為 IntelliGrid Program (代號 P161)，如圖 2 所示，分成智慧電網(PS161A)、輸電(PS161B)、配電(PS161C)、用戶端(PS161D)等，主要也是將電網引入資通訊技術(ICT)，達成智慧電網應用功能，換句話說也就是透過 ICT 技術達成智慧電網功能。

## IntelliGrid Program (P161)

Information & Communication Technologies (ICT) to Enable.....

The IntelliGrid Program conducts research, development and demonstrations on the Information and Communications Technologies (ICT) that Enable Smart Grid applications



圖 2 EPRi 智慧電網計畫示意圖

再者，由於大量引入資通訊技術，故電網資訊安全、資訊處理及實際測試與應用將是未來討論的重點，現階段 EPRi 與美國能源部 DOE 對資訊安全所規劃之最近 5 年研究重點方向主要在於進行配電網路資訊及控制工作(如圖 3 及圖 4 所示)，即 2012 年規劃重點在工業節能應用(含 ISO 50001 服務)、AMI 標準化的討論、配電站遠端資料管理、輸電系統上的資訊安全研究；2013 年重點在於配電系統上的資訊安全、資訊及電網安全測試工具開發及測試場域實際驗證、系統安全監控與評估；而 2014 年以後 3~5 年將延續系統安全監控與評估外，更規劃了系統保護、資訊測試、系統上線及

電網安全回復測試。

## P183: Cyber Security and Privacy: Planned Research Direction

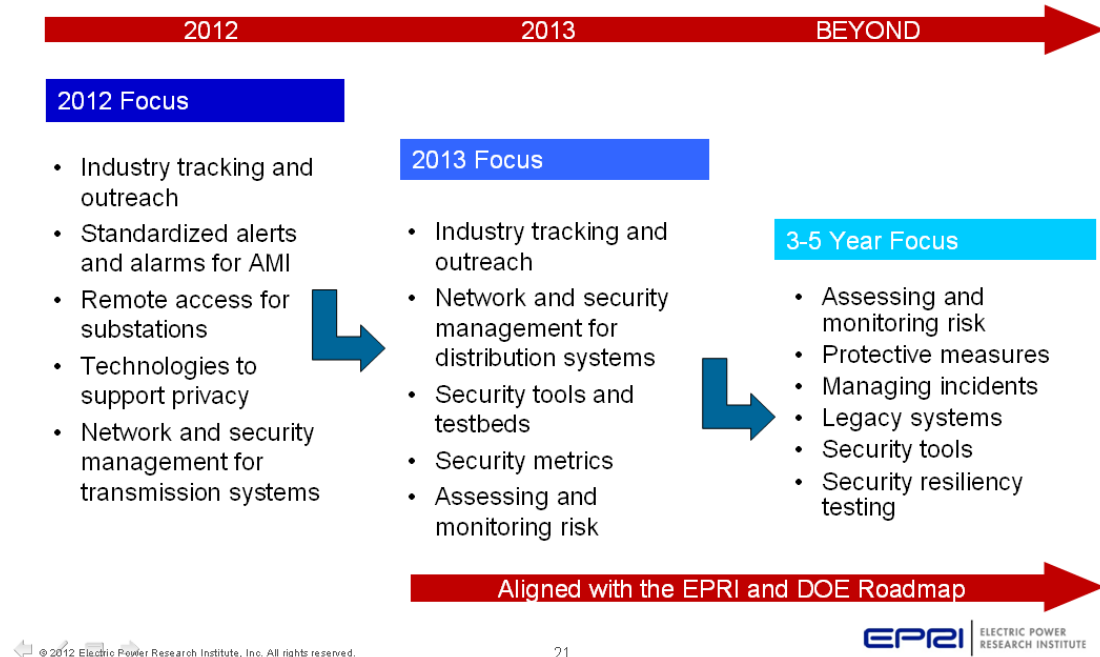


圖 3 EPRI 近 5 年資訊安全研究重點與時程

## P183: Cyber Security and Privacy Summary

### Objectives:

- Create enabling technologies for securing the electric sector
- Develop tools for security testing and technology assessment
- Create risk assessment methodologies and security architectures
- Build awareness of cyber security activities landscape



圖 4 資訊安全及隱私研究

在討論的過程中，EPRI 也特別提到幾個智慧電網的展示與研究方向，包含巨大資料量的處理應用、自動化需量反應研究(OpenADR)、通訊系統實地測試/驗證展示、資訊安全測試研究等重點。其中巨大資料量的處理應用主要在於AMI推動後，讀表資訊及配電端資訊量相當龐大，如何有效整體利用將是未來研究重點之一；自動化需量反應研究(OpenADR)部份，過去 OpenADR 1.0 主要是學校單位進行的研究工作，而在 OpenADR 2.0 主要是 EPRI、相關廠商(包含 SIEMENS、ASTOM、ACLARA、CISCO、Honeywell)及電力公司共同研究開放性標準及標準化介面研究如圖 5 所示，而細部需量反應標準討論過程如圖 6 所示，於 2012 年 8 月公佈 OpenADR 2.0a 版標準開放給會員討論，並在 2012 年 9 月發佈該標準測試準則，同時也公佈相關介面標準包含冷凍空調設備及 ANSI/CEA-2045 通訊介面，可支援電業提供建議能力。

另外，現今美國推動 AMI 系統及配電自動化系統，目前皆為各自計畫性的執行(如圖 7 所示)，且採用多種不同的無線通訊技術，相關網路技術包含 IEEE 802.11 標準下的築網式網路(Mesh) 2.4G、5G、900MHz 等非授權使用頻段及 WiMAX、LTE 等授權使用之電信頻段(如圖 8 所示)，未來將



透過試點研究出最可靠、最具商業價值的通訊技術及資訊互通的整合方式，以強化 AMI 與配電系統的綜效，進而推廣到全美電力公司。簡單的說需再經由一段磨合期，並利用標準化的過程及實際場域測試的驗證，評估可適性，再將成功案例逐步推廣，故 EPRI 規劃了一系列的研究及示範系統建置時程，向 DOE 及各電力公司提出具體規劃工作。

## New OpenADR Certified Products

OpenADR Alliance Announced on September 12, 2012

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Server's (VTN's)</b></li> <li>– Honeywell (Akuacom)</li> <li>– EnerNOC</li> <li>– IPKeys</li> </ul>	<p><b>Honeywell</b></p>   	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Clients (VEN's)</b></li> <li>– EnerNOC</li> <li>– IPKeys</li> <li>– Universal Devices</li> </ul>
---	---	--

• EPRI developing Open Source Server & Client for Research  
– We can do that - it's an Open Standard!

–Other Vendors developing products

































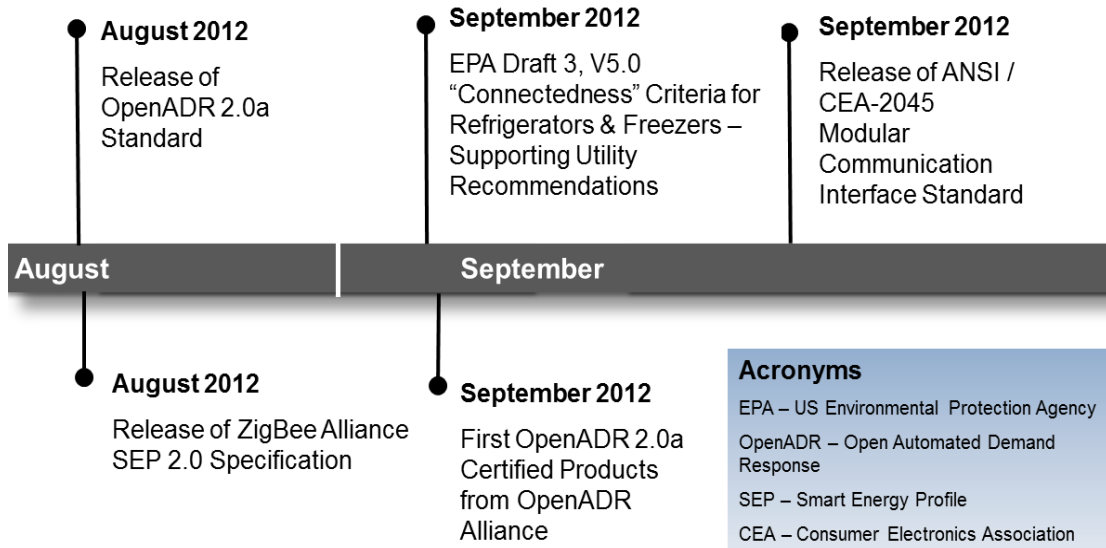
© 2012 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

32



圖 5 OpenADR 2.0 參與合作廠商

# Significant Demand Response Standards Activities In August and September 2012



© 2012 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

31

**EPR** | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

圖 6 OpenADR 2.0 標準產出程序概述

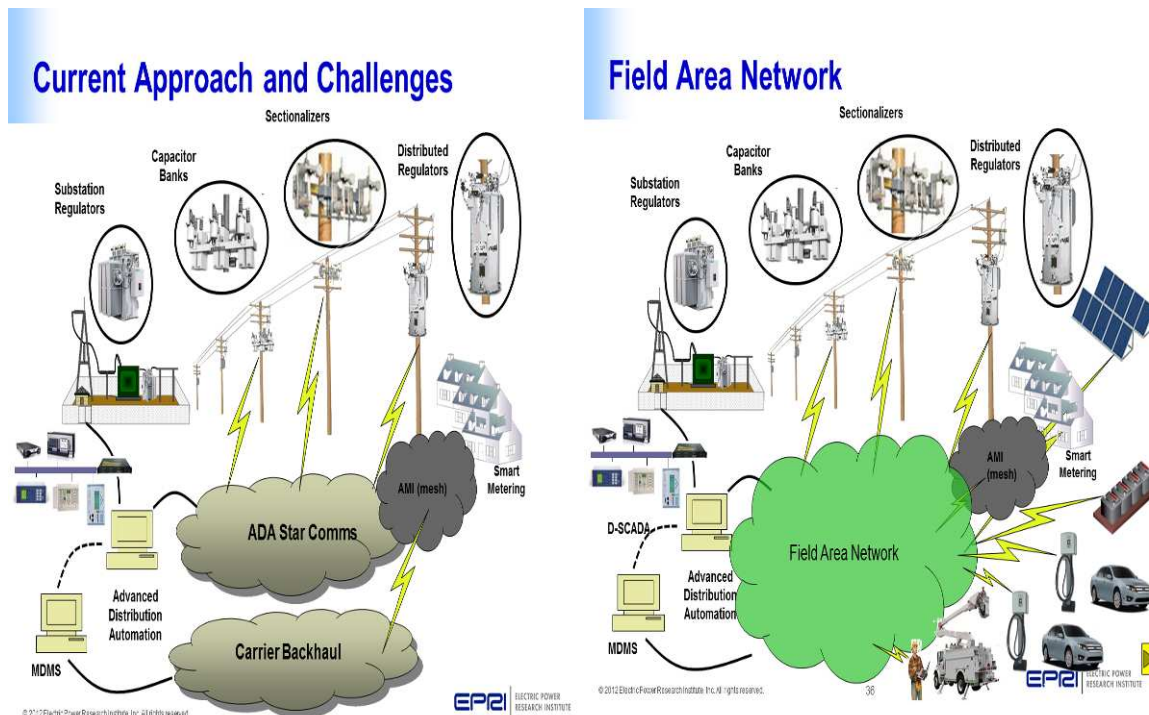
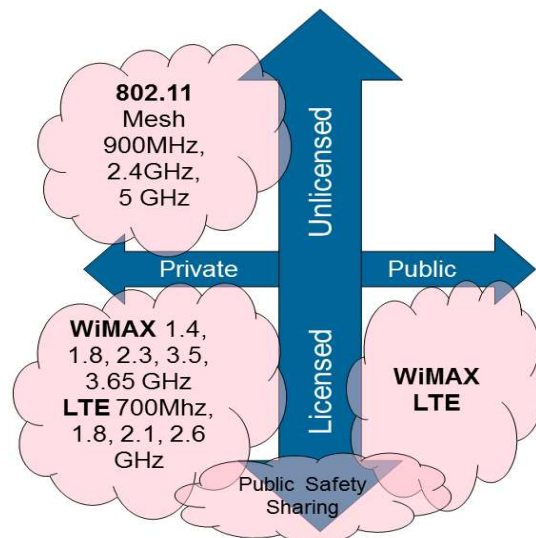


圖 7 通訊系統各自建置趨向技術整合

## Open Questions

- What is the reliability and performance of various technology options?
  - Private cellular architecture
  - Unlicensed (mesh or point-to-point)
  - Lightly licensed
- What is the reliability and performance of commercial carriers?



© 2012 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

37

EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

圖 8 AMI 及 ADAS 相關通訊技術評估

## 二、SENSUS 實習

### (一)實習行程

1. 時間：10 月 29 日上午
2. 地點：SENSUS in Raleigh
3. 交流議程摘要：
  - SENSUS 之 AMI 業務簡介交流
  - 參觀 SENSUS 電表技術測試工廠

### (二)實習簡介

SENSUS 公司是全球性的智慧計量讀表系統及能源專案管理公司，自 2004 年創立，主要傳承 Meinecke、Spanner

Pollux、Socam、Premex、Eurometer、UGI、Contagua 及 BTR 等公司，已累積計量經驗約 150 年，業務範圍包含系統設計、製造和提供能源計量解決方案等，其計量裝置遍佈水、電、氣體(瓦斯、蒸氣)等日常計量裝置，如圖 9 所示目前已與歐洲、美州(南美洲和中美洲)、墨西哥、非洲及亞太(統稱 ESAAP) 等約 20 個國家有業務往來，公司目標為追求高品質、高可靠度及創新的服務等，提供水電瓦斯等公用事業及旗下客戶最佳之相關服務。

SENSUS 公司在 AMI 的角色主要是以通訊系統商的角色切入市場，發展高品質、高可靠度、高創新性的通訊技術 FlexNet™ communications network，以提供客戶更滿意的需求服務。該公司近年來也積極與電力公司合作，推動智慧讀表系統(AMI/AMR)，圖 10 所示為技術支援水、電及瓦斯等公用事業，並提供用戶網頁查詢功能，與一般 AMI 系統技術服務相同，但該公司因直接協助電力公司系統建置經驗，故整合客服人員提供用戶技術諮詢服務(如圖 11 所示)。而在推動智慧電表系統的推動過程，用戶最常反應的問題也就是電表通訊問題，因為用戶只要在入口網站系統查不到該有的用電資訊，將會直接的反應或客訴，為解決這類通訊問題，

各智慧電表公司皆設有讀表通訊測試平台(如圖 12 所示)，進行通訊互通性的測試，並藉由各種環境模擬設備，測試通訊系統的耐候性；圖 13 為電表測試平台，主要是電力公司關心電表供貨問題，所以也會要求系統商提供不只一家電表供貨商，故 SENSUS 也與多家電表商合作，進行電表互通性的測試，同時提出產業標準供業界參考，並參與標準制定組織(如 SGIP 或 GridWise…等)共同研提 NIST 之國家標準。

SENSUS 公司藉由與各電表商密切的合作外，更投資 i-Con 電表公司生產電力公司需要的電表，其工/商用計量表及家庭用計量表精度範圍可達 0.2 級的要求，並可與其他電表商資訊互通，其電表功能包含時間電價(TOU)、電力品質回報、需量功能、負載曲線記錄等，透過該公司所發展的 FlexNet 通訊介面，可與水表、瓦斯表等技術整合，故如圖 14 所示羅列許多電表測試項目，包含功因、濕度、溫度、過載、電池、振動…等 35 項；因此 SENSUS 公司已有充份的電表整合經驗，以及與電力公司服務經驗。



- Brazil
- Canada
- China
- Czech Republic
- France
- Germany
- Italy
- Japan
- Mexico
- Poland
- Portugal
- Russia
- Slovak Republic
- Spain
- United Kingdom
- United States



圖 9 SENSUS 國際業務主要據點

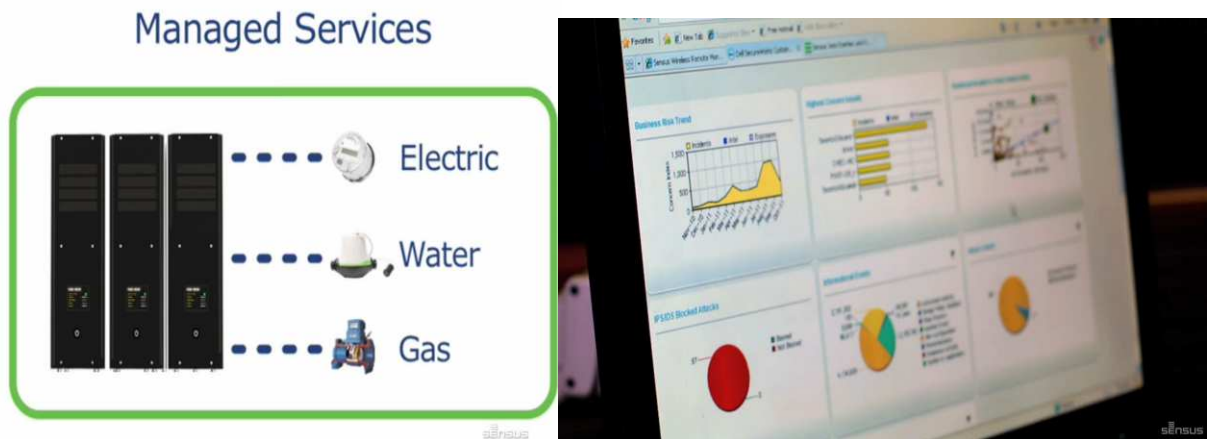


圖 10 SENSUS 提供全系統 AMI 資訊服務

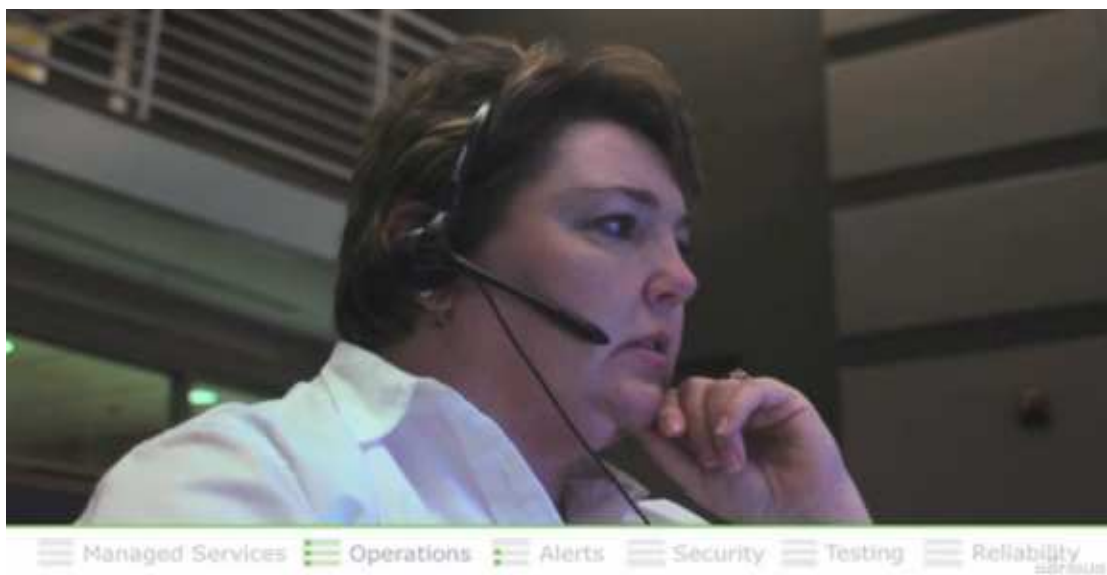


圖 11 SENSUS 與電力公司合作之 AMI 客服資訊服務





圖 12 SENSUS 電表測試平台(1)



圖 13 SENSUS 電表測試平台(2)

ANSI Test Number	ANSI Test Description	Meter SN's Tested	ANSI Test Number	ANSI Test Description	Meter SN's Tested	ANSI Test Number	ANSI Test Description	Meter SN's Tested
1	No Load	1, 2, 3	15	Insulation (HiPot)	This test is not applicable.	27	Radiated/Conducted Emissions FCC Part 15	1
2	Starting Load	1, 2, 3	16	Voltage Interruptions	1, 2, 3	28	Electro Static Discharge (ESD)	1, 2, 3
3	Load Performance	1, 2, 3	17	High voltage Line Surges	1, 2, 3	29	Effect of Storage Temperature	The Storage and Operating Temperatures of the meter are the same. Therefore, it is not necessary to repeat the same test conditions twice. This test is combined with test #30.
4	Variation of Power Factor	1, 2, 3	18	External Magnetic Fields	1, 2, 3	30	Effect of Operating Temperature	1, 2, 3
5	Variation of Voltage	1, 2, 3	19	Variation of Ambient Temp.	1, 2, 3	31	Effect of Relative Humidity	1, 2, 3
6	Variation of Frequency	1, 2, 3	20	Temporary Overloads	1, 2, 3	32	Mechanical Shock	1, 2, 3
7	Equality of Current Circuits (Balance)	1, 2, 3	21	Ground Current Surge	1, 2, 3	33	Transportation Drop	1, 2, 3
8	Meter Losses	1, 2, 3	22	Superimposed Signals	This test is no longer required.	34	Mechanical Vibration	1, 2, 3
9	Temperature Rise (center of BB at Class Amps)	1, 2, 3	23	Back-up Battery - Voltage Outage	Not applicable. The iCon A meter is designed to not require a Battery.	35	Transportation Vibration	1, 2, 3
10	Effect of Register Friction	This test is not required for solid-state meters	24	Back-up Battery - Amb. Temp.	Not applicable. The iCon A meter is designed to not require a Battery.	36	Weather Simulation Test	1, 2, 3
11	Effect of Internal Heating (200A for 1 hour)	1, 2, 3	25	Electrical Fast Transients (EFT)	1, 2, 3	37	Salt-Spray Test	1, 2, 3
12	Effect of Tilt	This test is not required for solid-state meters	26	Radio Frequency Inteferece (RFI)	1, 2, 3	38	Rain Tightness	1, 2, 3
13	Stability of Performance (Roofs Tests)	1, 2, 3						
14	Independence of Elements	This test is only required for poly-phase meters. This test will be repeated for the 12S iCon, but no other iCon or iCon A meter forms as they are all single-phase						

圖 14 SENSUS 電表測試項目

### 三、Qunata 實習

#### (一)實習行程

1. 時間：10月29日中午及30日中午
2. 地點：Qunata Headquarter in Raleigh
3. 交流議程摘要：
  - 10月29日電動車發展情況交流
  - 10月30日北卡 Progress Energy 建置AMI情形交流

#### (二)實習簡介

Quanta Technology 是一間技術服務顧問公司，整體技術服務團隊聘請在各領域公認的領導者及業界專家整合而成，其客戶群主要在北美和國際市場，提供包括能源輸送的



電力公司、大型工/商業企業、能源供應商、區域輸電運營商、獨立系統運營商（RTOS 或 ISOS）和能源行業等客戶群研究和顧問諮詢。

Quanta 公司係本公司 AMI 顧問團隊之一，本次實習的行程，也是透過該公司與當地業者及電力公司連絡及邀約，29 日的參訪行程主要由該公司 Morrow 副總、胡所長接見，表達 Quanta 對美國推動 AMI 現況看法，並與我方介紹 Raliagh 地區產業聚落特性，且由該公司徐博士為我方簡報電動車研究狀況，30 日經由該公司安排與北卡 Progress Energy 電力公司 AMI 專案前任負責人 Becky Harrison 小姐（現任 GRIDWISE ALLIANCE 的 CEO）進行 AMI 發展交流，Becky 提到 Progress Energy 建置 AMI 主要係為降低抄表人工成本及減少冬天的尖峰負載（因北卡冬天的天氣寒冷，住戶皆會使用熱水器而產生尖峰），而其效益主要在於獲得電表資料進行分析及完成 AMI 與停復電管理系統 OMS 的整合，是否有其他效益仍待觀察。



圖 15 Quanta 技術交流座談會(11 月 29 日)



圖 16 Quanta 技術交流座談會(11 月 30 日)

#### 四、ABB 北卡大學研發中心實習

##### (一)實習行程

1. 時間：10 月 29 日下午
2. 地點：北卡大學 in Raleigh
3. 交流議程摘要：
  - ABB Research and Design Central information sharing
  - ABB 研發系統展示

##### (二)實習簡介

ABB 美國合作研發中心設於北卡洛利及瓦爾康辛溫沙，主要進行電力及自動化事業之技術與創新解決方案研究。目前規劃重點包含「未來輸電網系統設計、運轉與控制技術研究」、「智慧配電網研技術研究(含低壓、中壓與直流等系統效率提升、可靠度提升、控制性提升/調度性提升及資產管理)」、「電機機械及變速運轉控制(應用風機與併網設備)」、「資訊工程整合技術開發」、「ABB 產品效能展示與推廣」、「智慧化終端用戶服務」及「強化 ABB 設備及感測技術應用」等，目前 ABB 已與麻省理工學院(MIT)、普渡大學(Purdue)、瓦爾康辛大學(Wisconsin)、田納西大學(Tennessee)、日本東京海洋大學、美國維吉尼亞大學(Virginia Polytechnic)

及英國倫敦學院等學校技術合作。在北美研發業務主要長駐在北卡大學，藉由學校資源協助降低研發投入之人力及物力等資源問題，這同時也是解決美國智慧電網人才問題的辦法之一。

圖 17 為 ABB 北卡研發中心的簡介代表，其為 ABB 研發中心的見習生，向我方介紹 ABB 發展方向及控制中心展示室，該展示室包含電網電力潮流、地理資訊系統(GIS)及資訊控制操作系統等系統展示。圖 18 為 ABB 公司製造之智慧型電子保護設備(IED)展示，其支援近年來國際推動之配電系統資訊標準 IEC 61850，以加速整合各設備之相關資源應用。圖 19 為 ABB 配電設備展示場域，由於電力事業多要求實際建置實績或技術展示，因此 ABB 公司藉由與北卡大學合作機會，取得低價及長達 50 年的場地租約，並提供學校教學資源，促使 ABB 將研發中心設於北卡大學，提供教授及學校相關的合作機會及實習機會，以降低 ABB 研發成本並進行技術展示，達到產學雙贏的合作模式。圖 20 為雙方技術經驗交流之會談照片，主要交流我方 AMI 及配電系統現況問題，ABB 也提供許多美式的做法及 ABB 現有技術提供參考。





圖 17 ABB 研發中心介紹配電控制中心及智慧電網



圖 18 配電控制中心之 IED 及 IEC 61850 介面應用



圖 19 先進配電系統展示場



圖 20 與 ABB 技術交流座談會



## 五、Elster 實習

### (一)實習行程

1. 時間：10 月 30 日上午
2. 地點：Elster Design centre in Raleigh
3. 交流議程摘要：
  - Elster 之 AMI 發展情形交流
  - 參觀 Elster 技術測試工廠

### (二)實習簡介

Elster 集團是世界計量量測裝置的領導品牌，主要生產計量裝置包含電表、水表、瓦斯表等，相關業務遍及全球 130 個國家，在過去 10 年間全球銷售實績已有 200 萬具以上，協助推動綠能產業發展及有效管理地球資源。而電表業務在 Elster 集團中，已有超過 170 年的業務經驗，近年來由於 AMI 快速發展，Elster 公司也提供包含電表、通訊、集中器(concentrator/Elster 稱之為 Gatekeeper)、資料伺服器及資訊作業系統(energy ICT)等 AMI 全系統解決方案，其業務遍佈 38 個國家，包含北美、南美及歐亞等地。圖 21 為 Elster 公司自 1990 年以來不斷發展 AMI 及配電自動化(DA)的概況，Elster 公司最終會將兩系統整合為配電資訊

管理系統供電業使用，以達成更有效率的電網快速檢修及自我保護等功能；圖 22 為 Elster 公司 Buster 處長為我方介紹智慧電表全系統解決方案；圖 23 為讀表通訊系統，支援無線通訊之自動築網機制，可向下支援 16 層通訊網路的自動築網功能，故可拓展讀表服務範圍，適合美國分散型住宅之電表資料讀取需求；圖 24 為該讀表通訊技術同時可支援水表、瓦斯表等讀表技術服務，並可協助需量反應管理制度的落實；圖 25 為 Elster 公司提供之無線(RF)技術的技術能力及 Ontario 應用案例，所採用的頻段為 902~918MHz 之免授權頻段，一般 16 層的網路支援技術通常可達 5800 碼左右，一般單一讀表的反應時間為 200ms，若基本 3 層式築網約需 500ms 的時間，且可支援通訊系統軟體更新功能。

elster 公司亦整併了 energyICT 資訊公司提供 MDMS 的資訊整合業務，建立全系統資訊整合生態鏈，促進電表廠商深入瞭解全系統技術需求，建立廠商自主的全系統標準化及標單制定能力，並增加跨廠商技術整合共同投標的談判空間。圖 26 為 Elster 公司不但提供本身讀表技術外，同時嘗試向其他客戶服務業者提供技術服務，此方式係許多 AMI 業者未來發展的方向之一；圖 27 為目前 EnergyICT 公司的 AMI



技術經驗，曾參與 DTE 公司的 280 萬戶電表及瓦斯表等，並應用 MV90 之資訊整合技術進行管理，在大型賣場也都有設置需量反應 DR 計畫試點用戶，在 MDMS 部份強化客戶端的技術服務及電力公司內部資訊整合問題。圖 28 為 Elster 公司所應用之 AMI 系統之全系統解決方案之技術，包含電表、水表、瓦斯表及集中器等技術整合，並支援各種高階系統技術應用與整合之功能，如 CIS、SCADA、Billing、OMS 等系統；圖 29 為參觀 Elster 公司實驗室之電表技術測試，由該照片不難看出，美國 AMI 系統開發應用的過程，通常都是設計完成後，採用大量的測試方式，進行功能、效能及可靠度等技術測試，以確認電表功能及通訊功能是否異常；圖 30 為 Elster 公司開發之集中器 Gatekeeper 實體照片，除通訊模組之外，也帶有電源、多功能電表、微控制器以進行資料處理及轉發的作業，其耐候性也是該公司測試重點之一。

# Elster Technology Strategy

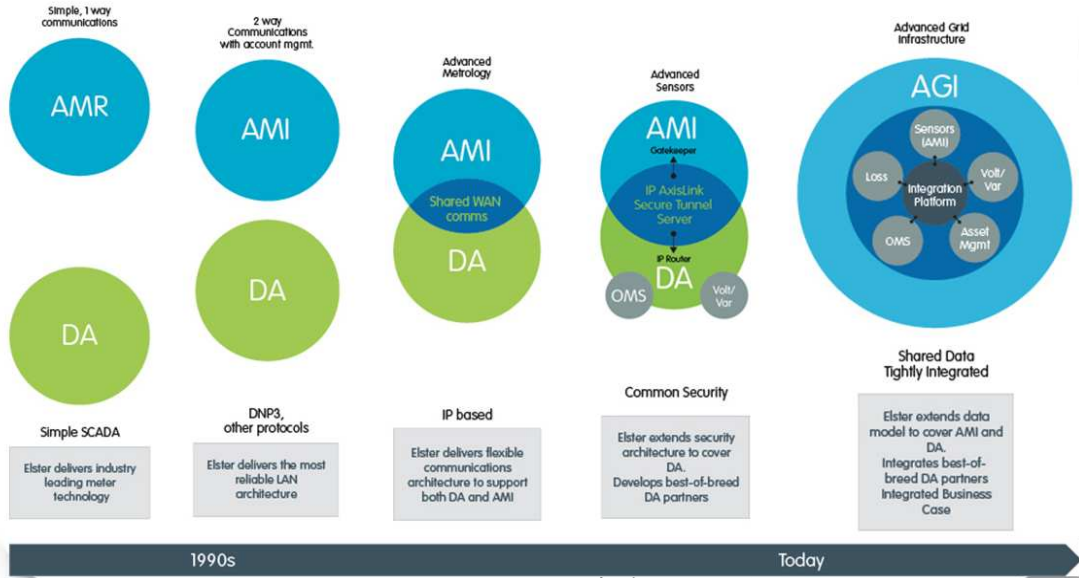


圖 21 Elster 讀表技術發展

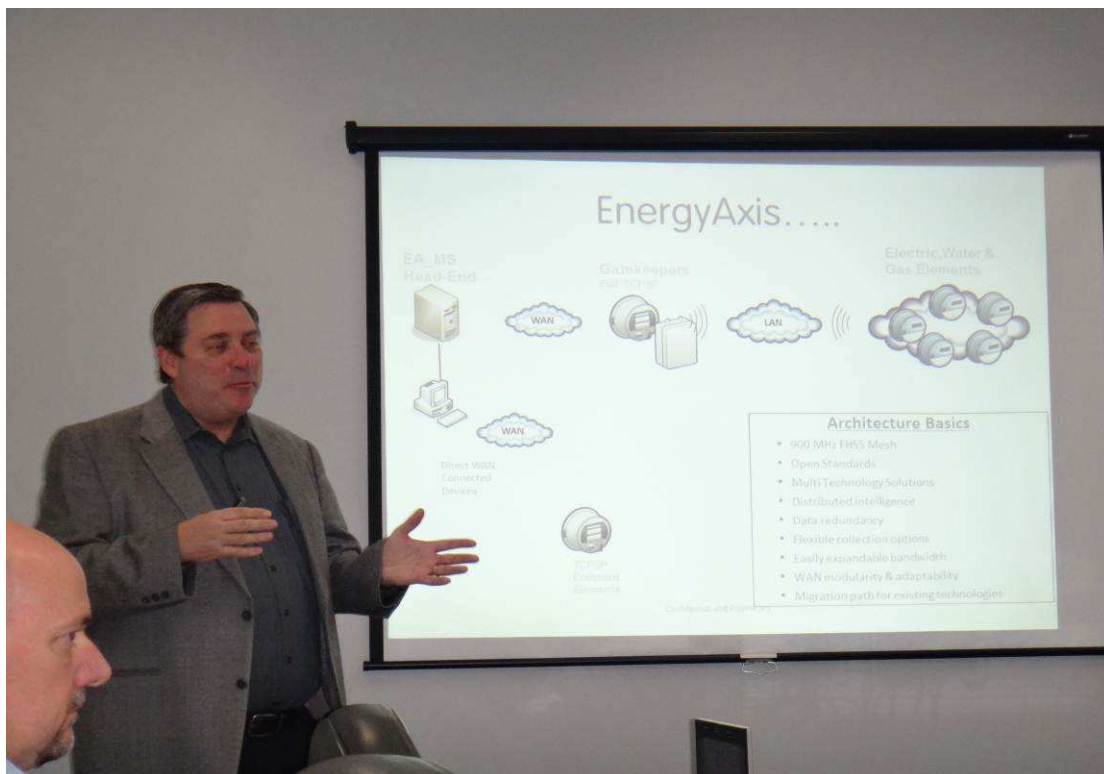


圖 22 Elster 讀表技術發展

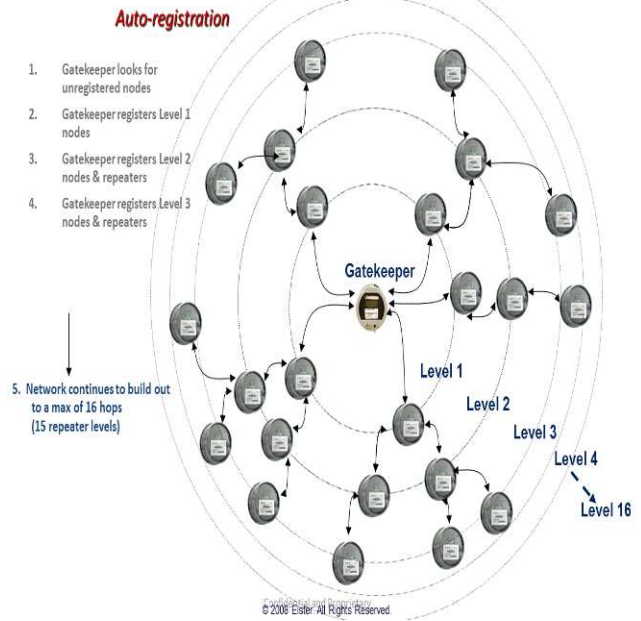
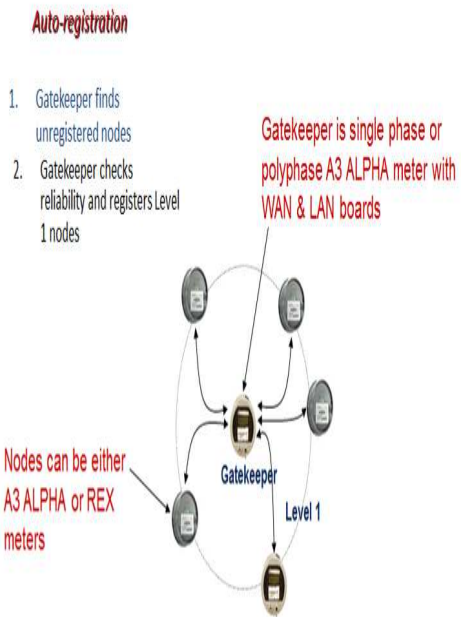


圖 23 Elster 之通訊築網技術概念說明

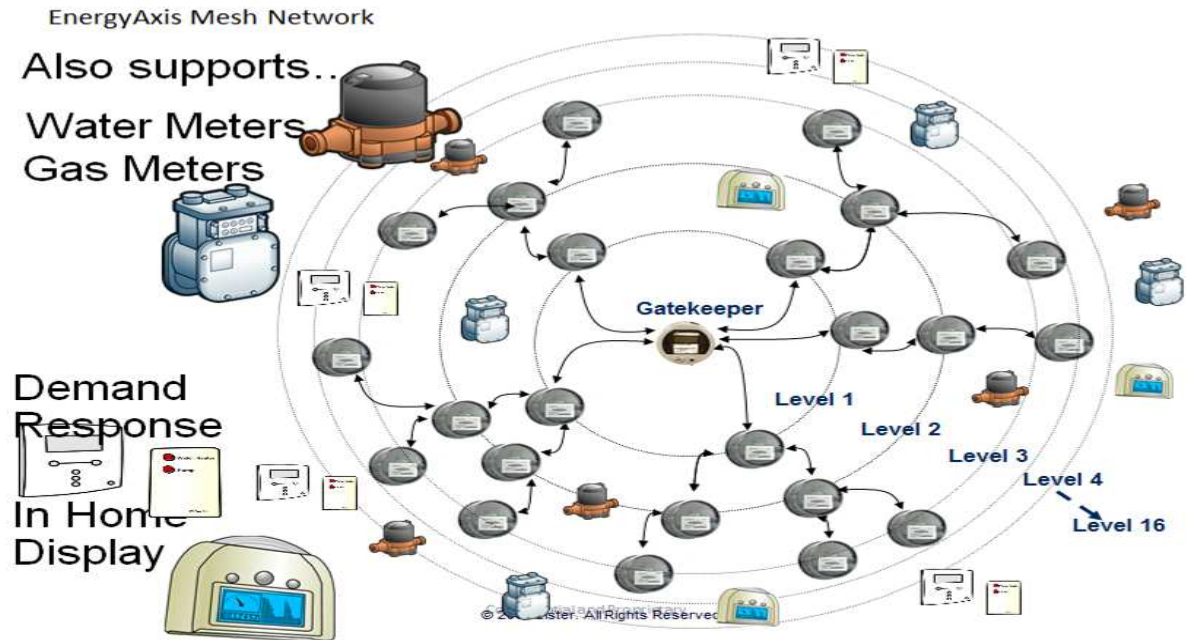
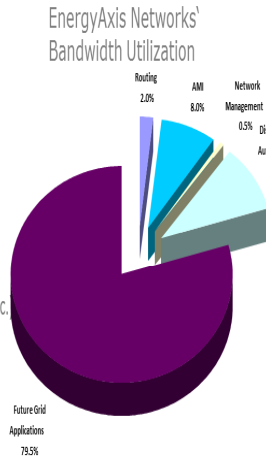


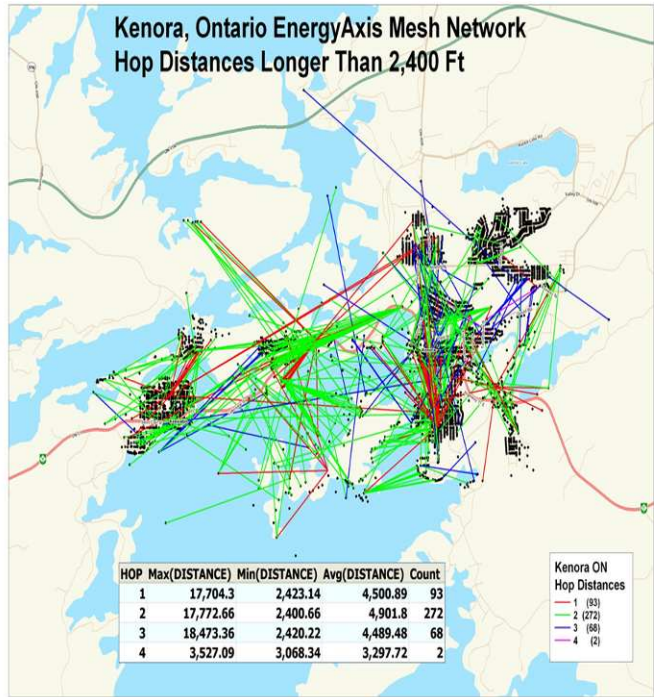
圖 24 Elster 之通訊築網技術應用(含水表、瓦斯表等)

# Elster RF Mesh

- 900 MHz FHSS
  - 902 – 928MHz Unlicensed
- Open standards based solution
- A set of multi-technology solutions
- Modeled for 5800 feet per hop (16 hops)
- Load Profile Reads
  - ✓ Only 10% Network Capacity
- 80% of Network Available
  - ✓ For Future Applications
- 1-3 second per On-Demand Reads (includes all data: register, interval, status, instrumentation, etc.)
- Single packet – Single Hop
  - ✓ Less than 200ms
- 500ms Round-Trip Scheduled Read
  - ✓ Based on 3 Level Avg. Mesh Hop
- Close monitoring all element health
- OTA firmware upgrades



# Hop Distance Distribution Sample

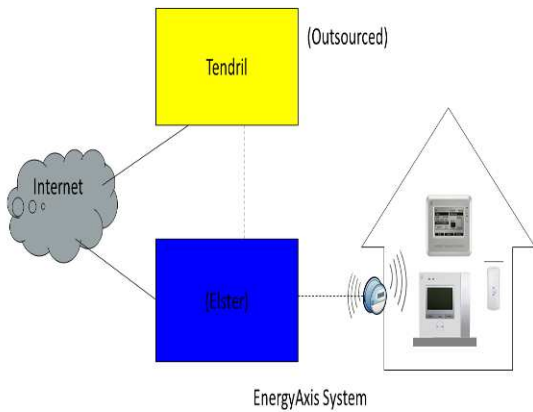


Confidential and Proprietary

圖 25 Elster 讀表通訊技術實際應用



# System Architecture



# Tendrill Demand Response Portal

Confidential and Proprietary

圖 26 Elster 讀表系統之資訊架構與介面





# EnergyICT Experience:

## Two Verticals of Experience:

### Smart Grid MDM

- Delivering MDM systems (EIServer) to Gas, Water and Electric Utilities
- Delivering Data Collection systems (EIServer) to Utilities (MV-90 replacement)
- Delivery services and expertise, full service integration or utilization of S-Integrator
  - DTE (2.8M gas and electric customers and MV90 replacement)
  - OGE (850k electric customers)
  - Hydro Quebec (4M electric customers)
  - Hopkinsville Electric, KY (Elster AMI system)
  - EDF (35M electric customers)
  - IMServe (replaced MV90 with 95k C&I per night)

### Energy Management, end customers

- EnergyICT hardware for EM and DR (IP data loggers with IO's)
- Wal-Mart (3,000+ stores managing energy)
- ComEd (providing DR hardware for small commercial program)



Elster EnergyICT

# MDM Product Summary

## EIServer provides utility-specific business logic to:

- EIServer "platform" Integration Capabilities:
  - Multiple AMI systems including: Elster EnergyAxis, Itron Openway, SilverSpring, L&G, Tantalus
  - Multiple CIS system integration via web-services strategies to CIS providers or ESB's
- Centralized Intelligence Implement corporate-wide "best practice"
- Use CIM data model within EIServer and CIM for data delivery/exchange
  - IEC 61968 Part 9 Common Interface Model interoperability testing
  - Currently have three utilities utilizing the CIM standards for data management (Hydro Quebec, SRP and Westfield G&E)
- Versioning of data/audit trails for SOX compliance and security
- Message two-way commands such as outage alarms, tamper alarms and demand response events
- Two way integration platform to 3<sup>rd</sup> party systems such as CIS, WOM & OM
- Calculate Complex Billing Determinants for CIS if needed
- EIServer is also a C&I Data Collection Tool (No MV-90 necessary)

圖 27 EnergyICT 提供之 MDMS 功能



# Architecture

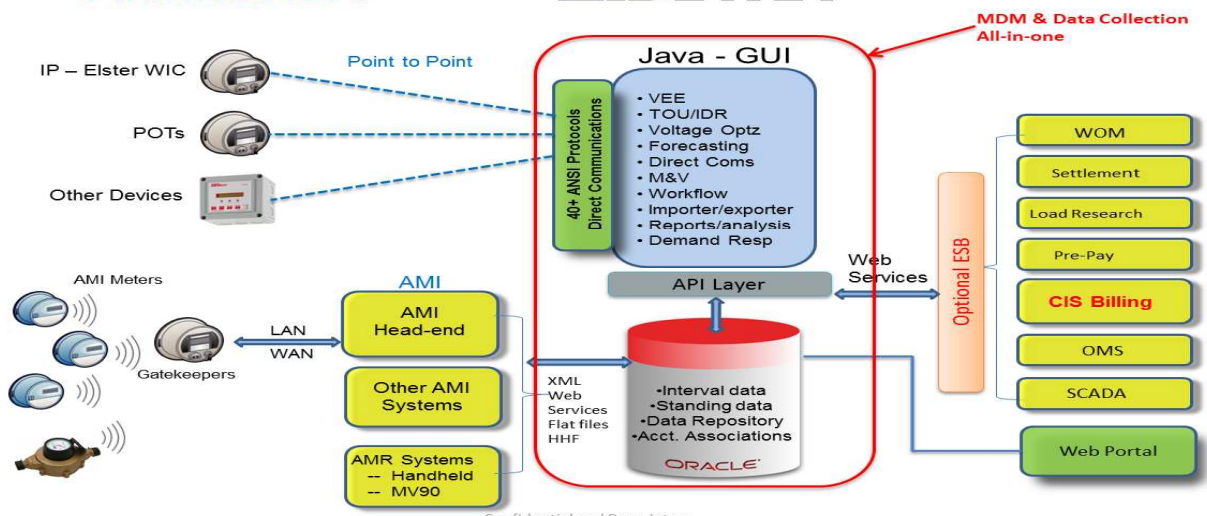


圖 28 Elster 讀表技術系統架構

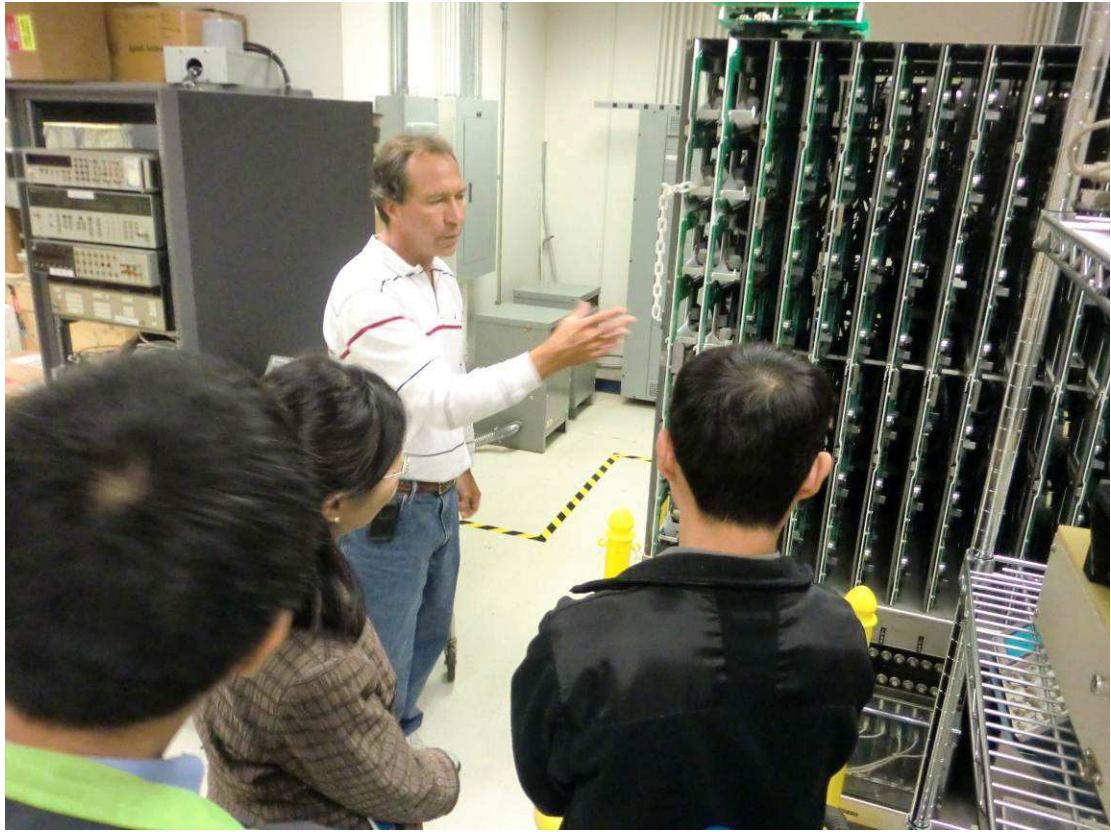


圖 29 Elster 讀表技術測試情形

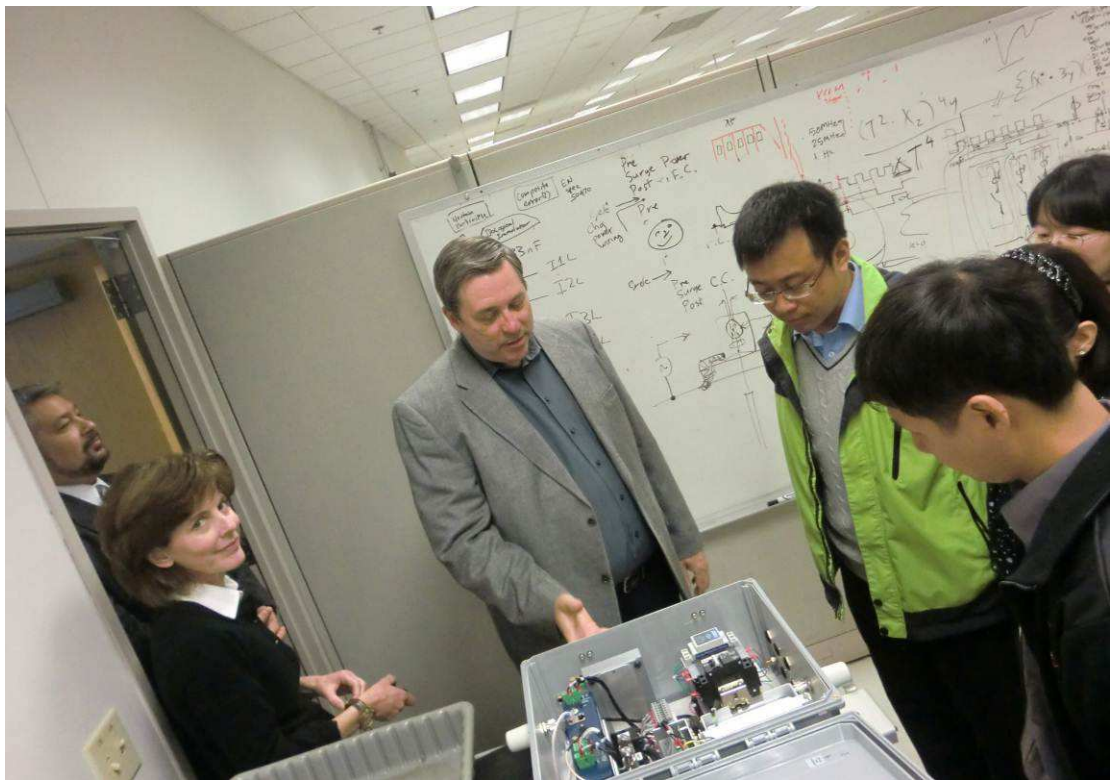


圖 30 Elster 讀表技術之集中器設備

## 六、北卡大學智慧電網中心 FREEDM 實習

### (一)實習行程

1. 時間：10 月 30 日下午
2. 地點：北卡大學 in Raleigh
3. 交流議程摘要：
  - 北卡大學智慧電網研究中心意見交流並參觀研發成果

### (二)實習簡介

此實習行程係了解北卡大學智慧電網中心 FREEDM (Future Renewable Electric Energy Delivery and Management, FREEDM) 之實驗室與研究生的研究情形，該中心 Pritchard 博士十分熱心介紹近年來研究成果及相關經驗，圖 31 為 Pritchard 及 Crossno 等為我們介紹 FREEDM 中心成立於 2008 年，由美國國家科學基金會 (National Science Foundation) 以五年 18,500,000 美元補助成立 FREEDM，該中心主要優勢在於地理位置設於全國最大的智慧電網的樞紐之一，鄰近有 60 個智慧電網公司在該地區中(包括 ABB)，因此促使 FREEDM 為北卡大學的智慧電網研究中心。

FREEDM 的願景在研究住宅用戶採用太陽能、風力渦輪機和電動/氫燃料電池車充電的能源需求，而其他新技術研

究也成為 FREEDM 培育創新技術的能量。

FREEDM 目前研究方向包含：即插即用的任何能源或存儲設備、分散式能源和分散式智慧的存儲設備、可靠和安全的通信骨幹網路、完善的電能管理系統、高效率電力轉換器等；透過基礎研究的突破（系統理論，先進的存儲和矽功率器件）和智慧技術開發（安全的通信，分散式智慧電網，高頻率，高電壓電源轉換，並實現其願景分散式能源存儲設備），以達成願景的實踐。圖 32 為 Pritchard 博士帶我們參觀校園中的電動車充電站，並說明目前與 ABB 的合作情形；圖 33 為智慧電庭的研究，包含家電負載及相關通訊技術與標準的研究；圖 34 為高效率電力轉換器之研究，並結合有限元素法進行馬達特性分析，此為一般最常見之學術研究案例；圖 35 為近年來電力系統最常見的即時數位模擬系統 RTDS，該系統主要進行電力系統硬體模擬(emulation)工作，也就是說將電力系統各元件特性透過資訊化，產出各元件(發電機、變壓器、輸配電網、負載及電力補償器)模組，進行實際系統特性的模擬(quasi-real systems emulation)，此系統在台灣清大、台科大…等學術單位皆有引進，對電力系統元件特性的確認有實質幫助。





圖 31 與北卡大學 FREEDM 技術交流座談會



圖 32 北卡大學 FREEDM 電動車充電站



圖 33 北卡大學智慧家庭研究展示場域

**FREEDM SYSTEMS CENTER** A Bi-Directional DC-DC Converter with V2G and G2V Energy Transfer Capability  
**NSF**  
 Mehnaz Akhter Khan, Iqbal Husain

**Objective:**

- ❖ Design of a bi-directional DC-DC converter with overlapping input and output voltage ranges
- ❖ Improve the transient performance of the converter by varying the intermediate voltage
- ❖ Integration of the traction machine and inverter for power transfer with no additional power components

**Challenges:**

- ❖ Prototype converter design and testing
- ❖ Implementation of the algorithm in the DSP controller
- ❖ Transfer power without extra power elements
- ❖ Experiment with the traction machine to transfer power

**Activity & Accomplishments:**

- ❖ Simulation and analysis of the cascaded buck-boost converter topology
- ❖ Hardware implementation of the cascaded buck-boost converter
- ❖ Testing at low power levels
- ❖ Coupled simulation with traction machine winding as converter inductor

**Next Steps:**

- ❖ Testing the converter topology at high power levels
- ❖ Analysis with the use of traction machine windings
- ❖ Experimental set-up development of the integrated converter topology

**Potential Impact:**

- ❖ DC-DC converter topology with input-output voltage overlapping suitable for V2G and G2V
- ❖ An integrated machine-converter topology and reconfiguration method
- ❖ Interleaving technique to reduce the switching stresses
- ❖ Power transfer capability between a vehicle battery and either a DC or an AC grid.

**Fig. 1: Proposed cascaded buck-boost converter**

**Fig. 2: Simulation result of cascaded buck-boost converter (9kW prototype converter)**

**Fig. 3: Geometry of the traction machine in FEA**

**Fig. 4: Proposed Converter capable of transfer power to DC or AC grid**

Vehicle Battery → Converter → Traction Machine → Relay → AC or DC Grid

Logos: NC STATE UNIVERSITY, ASU ARIZONA STATE UNIVERSITY, FLORIDA A&M UNIVERSITY, S&T, FLORIDA STATE UNIVERSITY, RWTH AACHEN UNIVERSITY, ETH

圖 34 北卡大學電動車充放電轉換器研究



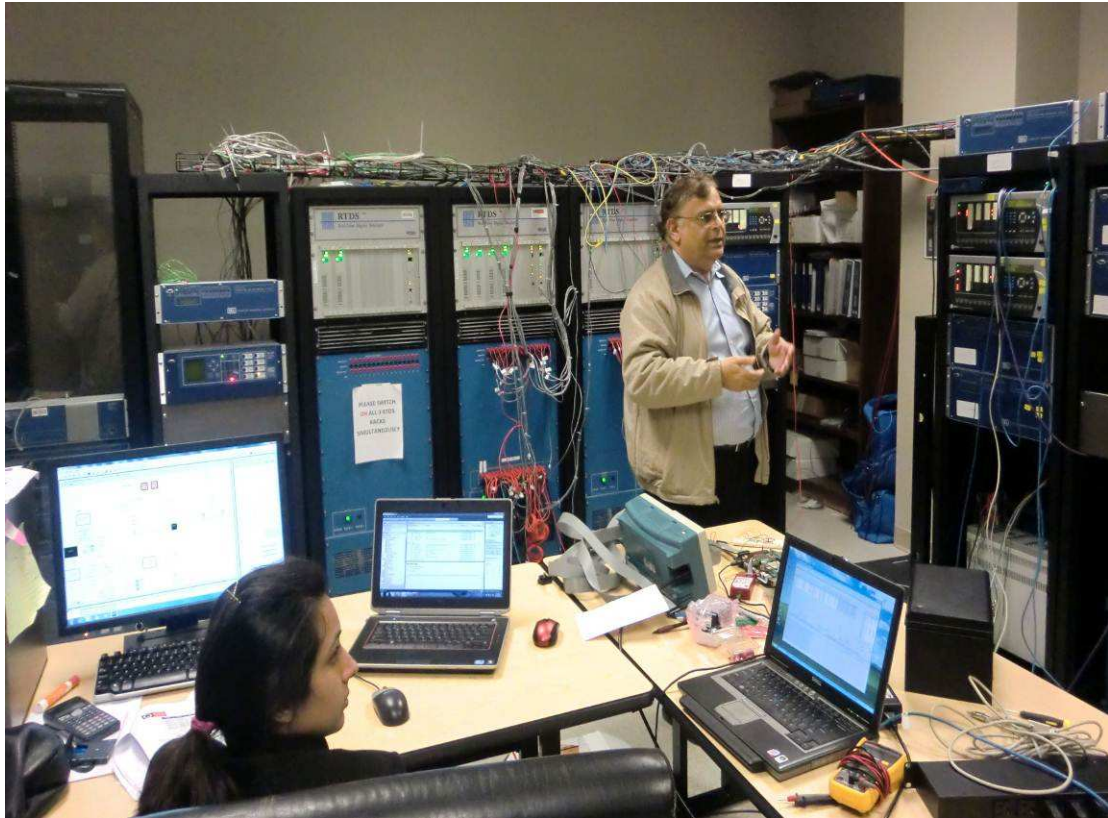


圖 35 北卡大學 RDTs 電力系統 Emulation 研究室

## 七、PEPCO 電力公司實習

### (一)實習行程

1. 時間：11 月 1 日上午
2. 地點：PEPCO in Washington D.C.
3. 交流議程摘要：

- PEPCO 電力公司 AMI 建置情形及組織人力介紹

### (二)實習簡介

PHI 為美國中西區最大的一家能源輸送公司，提供美國特拉華州 (Delaware)、哥倫比亞特區 (District of

Columbia)、馬里蘭州(Maryland)和新澤西州(New Jersey)等區約 200 萬客戶之能源服務。PHI 的子公司 PEPCO 公司是一個穩定的電力傳輸、配送、服務和應用的公司，提供在馬里蘭州和哥倫比亞特區安全、可靠的電力，約有 80 萬家客戶，PHI 還透過 PEPCO 提供用戶能源效率和再生能源服務。

PEPCO 在推動智慧電表 (AMI) 的歷程如圖 36 所示，分為廣納需求規範、規格調整及實地測試等三個推動步驟，以務實推動並在實地測試過程中逐步驗證規格的適切性，修正相關規格以利擴大佈建準備，圖 37 為 PHI 在 2007~2009 之間推動 AMI 的實地測試經驗，其時程規劃係配合圖 36 步驟進行，其中花 9 個月蒐集廠家 AMI 技術規格，整併為需求規範書(RFP)，再花 1 年進行標單技術協商，最後再花 1 年進行實地測試與評估。在廠商選擇部份，通訊商為 Silver Spring 提供電表及瓦斯表通訊系統，IBM 公司提供系統整合，GE 及 Landis+Gyr 提供表體，Itron 提供電表資料管理系統服務，PA Consulting 提供系統建置諮詢。PHI 建置的 AMI 系統為雙向通訊系統，在家庭網路(HAN)部份採用 Zigbee 通訊介面技術進行家庭空調及電熱裝制之能源管理，電表採用 15 分鐘紀錄一筆資料，瓦斯表每小時紀錄一

次，系統軟體具有可以遠端更新等功能。

圖 38 為整個 PHI 集團規模，服務約 200 萬電力及瓦斯用戶(瓦斯用戶約 13 萬)，包括 44 萬在 Delmarva DE、30 萬在 Delmarva MD、25 萬在 Pepco DC、50 萬在 Pepco MD 及 Altantic City 也有 50 萬戶。而 PHI 集團對 AMI 推動上以 60 萬戶開始建置，規劃中的也有 70 萬戶，就系統示範層面是在特拉華州(Delaware)做實測系統，先選 7 千個電表及 500 個瓦斯表做為測試系統，隨後再建置 31 萬戶電表及 13 萬戶瓦斯表的建置規模，採用 GE 及 Landis+Gyr 的電表，而瓦斯表的採用 Silver Spring Networks 的模組，當然也需要一些資料中繼器及資料接收器，建置用戶資訊取樣平台的建立，而具體的時間表如圖 39 所示，其主要時程在 2010 年到 2011 年間先進行商業用戶的建置，並著重於通訊系統測試與驗證，由於該系統仍在測試中，所以沒有太多資訊可以提供，但可以看到 Itron 在其中參與角色很特別，沒有提供電表反而提供資訊系統。另外如圖 40 為 PHI 整體規劃之 AMI 系統應用範疇，不但提供電表、瓦斯表的讀表服務外，也提供家庭端的溫控設備用透過 Zigbee 的整合應用，在資訊系統上也需支援相互的連結，以強化 AMI 系統之應用性。

而在建置人力組織部分，分別有 AMI 建置專案、AMI 專案管理、AMI 末端技術、AMI 工程技術、AMI 場地管理、母公司 PHI 支援、資訊系統支援、變動管理、帳務流程、客戶關懷、擴大客戶服務及事務法務等 12 個部門，共有約 37 人專責人員進行 AMI 專案建置。

本次實習因礙於珊蒂颶風之天候問題，PEPCO 電力公司忙於緊急事故搶修，故僅禮貌性訪談，未能深入交流實為可惜。

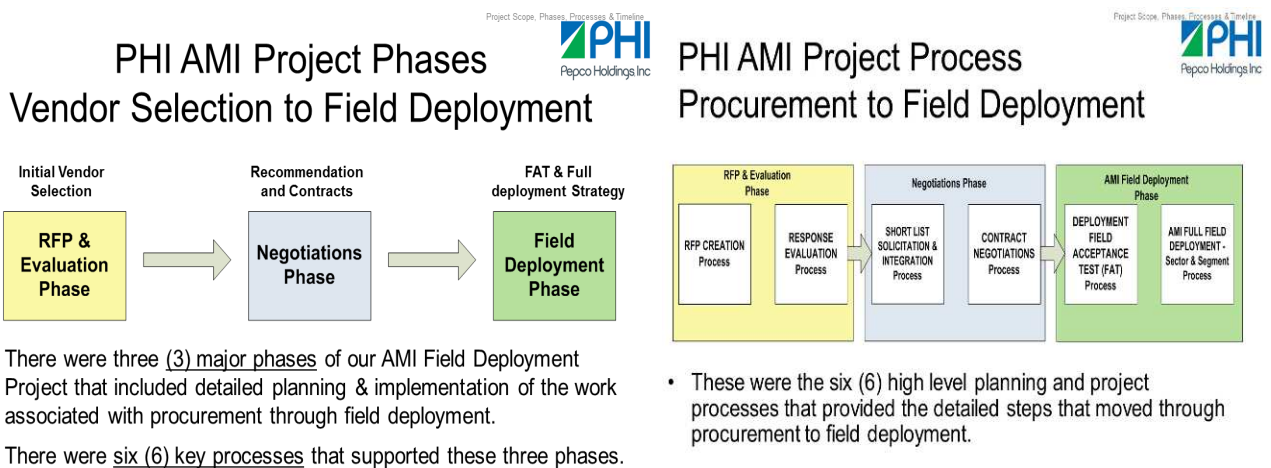


圖 36 PEPCO 之 AMI 推動步驟

# PHI AMI Project Integrated Timeline Procurement through Initial Field Deployment

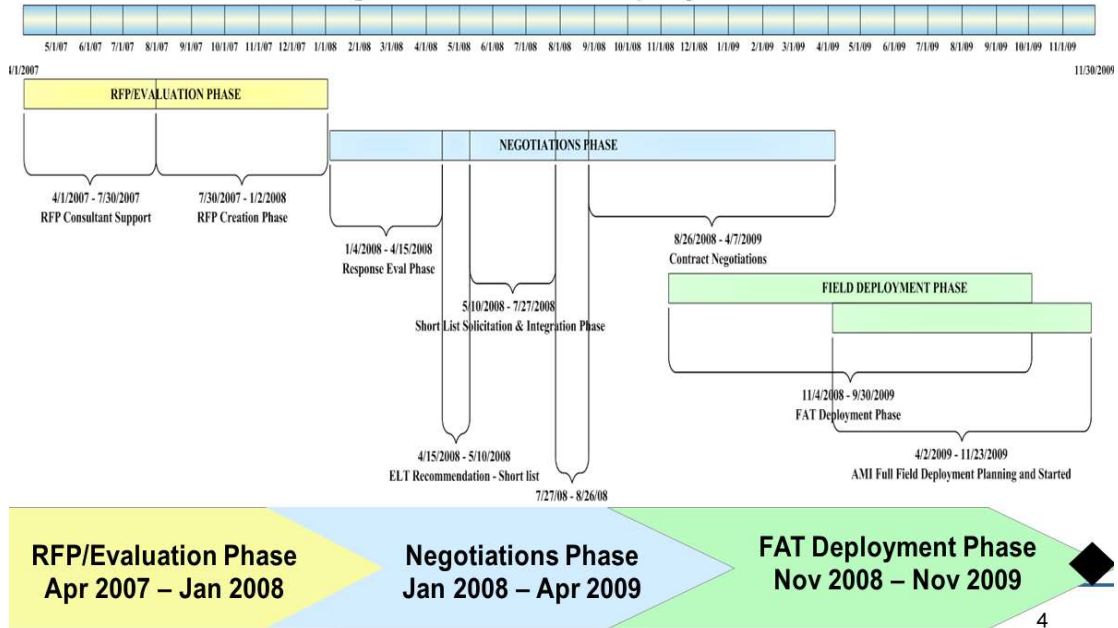


圖 37 PEPCO 之 AMI 實場測試推動規劃

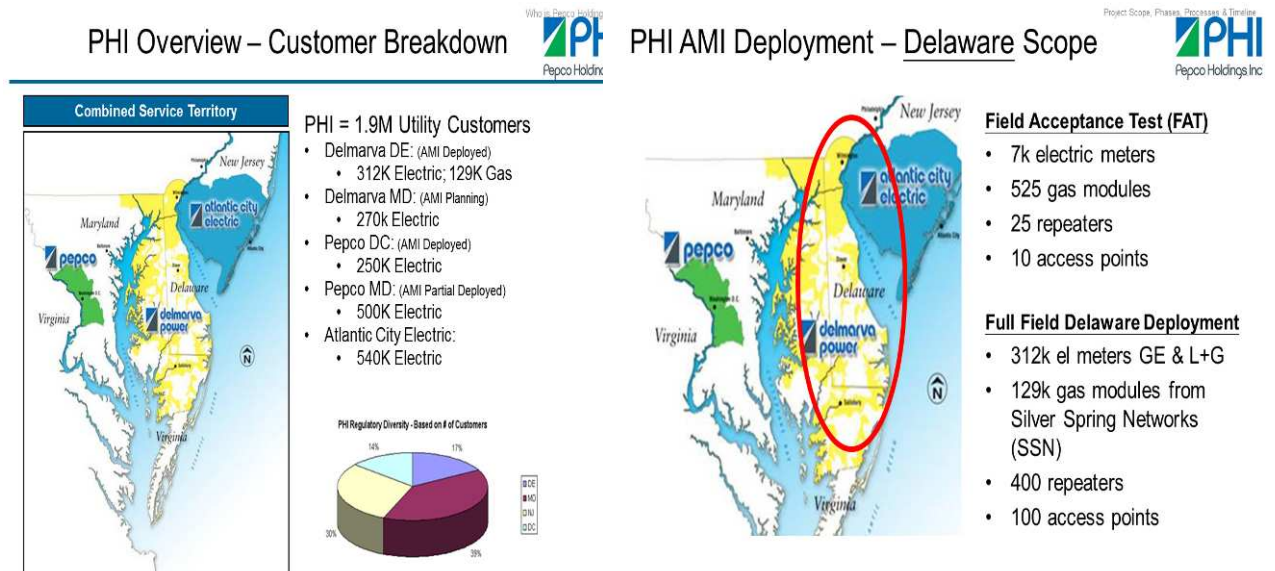
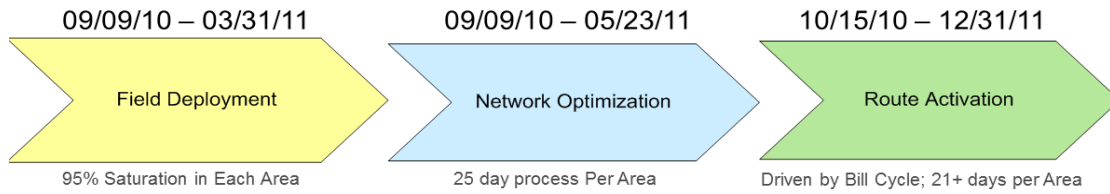


圖 38 PHI 服務範圍及 AMI 規劃規模與場域



## AMI Delaware Deployment – Field Deployment to Activation



**Mass/Commercial Deployment:** (07/12/10 – 03/31/11)

- Bay Region – 98% Saturated 09/09/10; clean up September/October 2010 – DPL deployment of remaining Jan – Mar 2011
- New Castle Region Saturated – by 03/31/10 with clean up in Apr/May 2011
- Gas Areas targeted end of February 2011 – Optimistic – Meter accessibility
- Commercial Meters (non-MV90, etc) finish 12/31/10

**Network Optimization:** (09/09/10 – 05/23/11)

- Identify and remediate network communication deficiencies within each area of meters
- Verify network performance parameters fall within acceptable ranges
- Verify that the network is resilient to handle localized failures
- Create a performance baseline for the network

**Route Activation:** (10/15/10 – 12/31/11)

- Start Route Activation in first Bay Region area 10/15/2010
- Finish Route Activation in Bay Region 12/31/2010
- Continue to saturate the NC Region, Network Op and Route Activation - Finish NC Route Activation – Dec 2011

圖 39 特拉華州(Delaware)讀表系統建置規劃

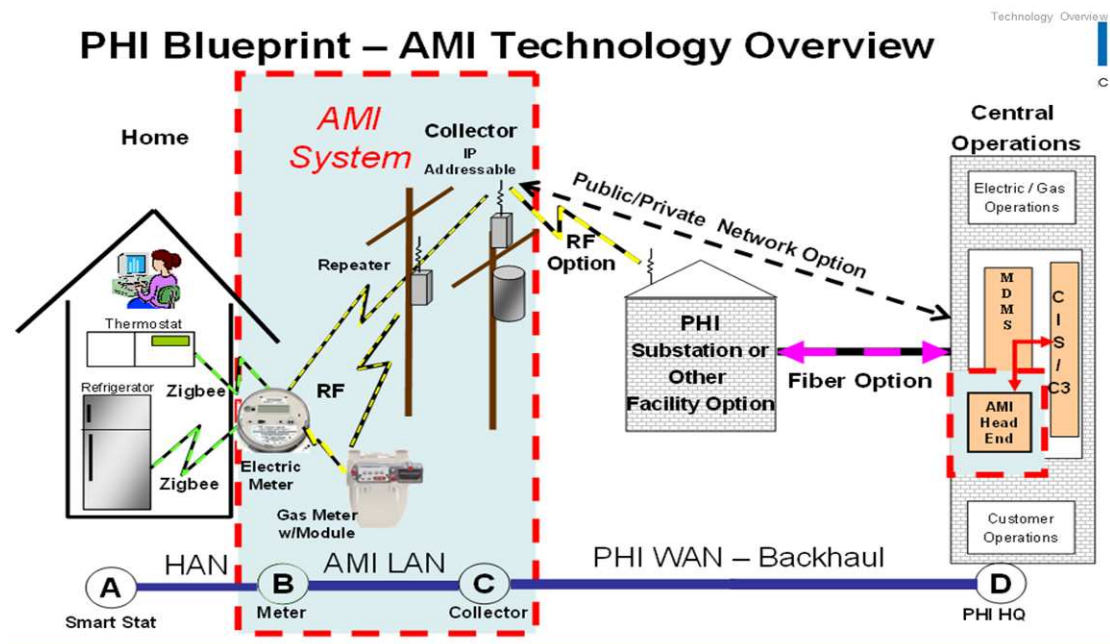


圖 40 PHI 之讀表系統技術架構



## 八、美國能源部 DOE 實習

### (一)實習行程

1. 時間：11 月 1 日下午
2. 地點：DOE in Washington D.C.
3. 交流議程摘要：
  - DOE 介紹美國 AMI 及 SMART GRID 專案計畫

### (二)實習簡介

美國能源部 DOE 就是台灣的能源局，該部門係美國智慧電網專案的主要補助機構。歐巴馬上任後提出 8,000 億美元振興經濟方案，其中智慧電網也是項目之一，擬投入 45 億美元規劃項目包含電網先進輸電技術、智慧型電表系統建設、家庭能源節能政策與時間電價方案、先進配電自動化、電網感測系統建設及強化與工業的互動。圖 42 為 DOE 對於智慧電網的概念，比較特別的是美國將智慧電網人才培育及民眾教育也放在智慧電網重要的一環，這是值得我國參考的地方。

DOE 對於智慧電網及 AMI 的目標是在於降低尖峰負載、提高電力品質(含諧波、電壓降…等)、提高輸電彈性等，圖 43 為目前 DOE 的 99 個投資補助計畫，所投資 78 億美元由

DOE 補助 34 億美元，也就是由政府補助了將近一半的建置費用，另外投入的經費中，有 51%是建置 AMI；圖 44 為該 99 個投資補助計畫目前執行成果，有關 AMI 的部分已完成約 1 千萬具電表裝設。

除了投資補助計畫外，如圖 45 所示，DOE 也補助了 32 個智慧電網展示計畫，展示計畫共投入 16 億美元，由 DOE 補助 6.2 億美元，該展示計畫著重在智慧電網先進技術及儲能技術的展示。



圖 41 進入 DOE 實習

**What is a Smarter Grid?**  
*A smarter grid uses digital technologies to improve the reliability, security, and efficiency of the electric system.*

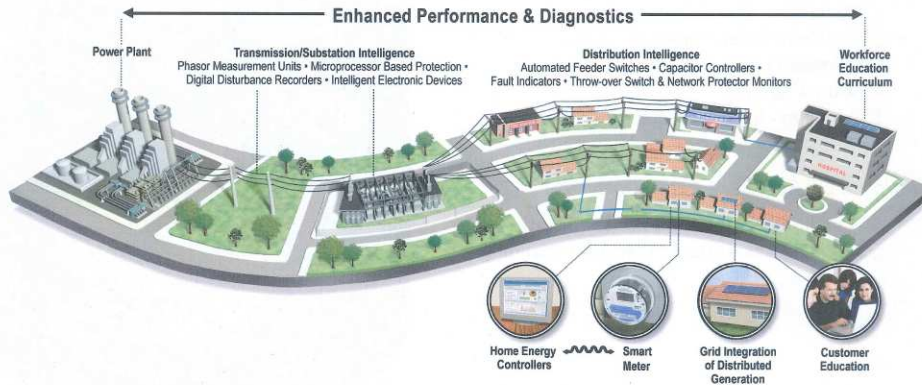


Image used courtesy of Florida Power and Light

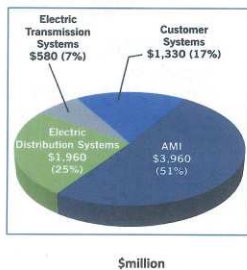
圖 42 美國智慧電網概念

**The Smart Grid Investment Grant (SGIG) Program**  
*Seeks to Accelerate the Transformation of the Nation's Electric Grid by Deploying Smart Grid Technologies and Systems*

**TOTAL 99 SGIG PROJECTS**

SGIG Total Project Funding = \$7.8 billion including \$3.4 billion in Recovery Act Funds

**SCOPE**



**PROGRESS**



圖 43 美國智慧電網投資補助計畫

**Total Investment in 99 SGIG Projects**  
(combined federal and recipient expenditures)  
as of March 31, 2012

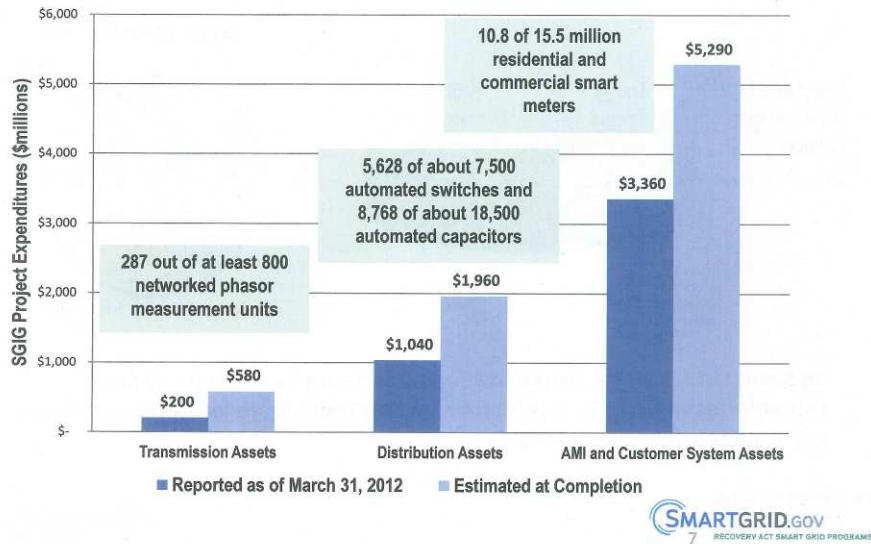
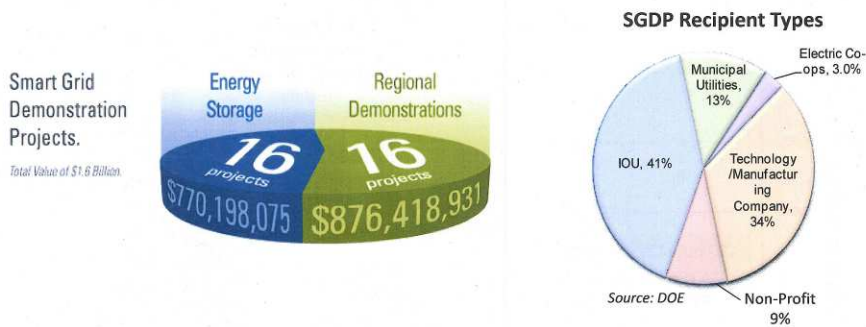


圖 44 美國智慧電網投資補助計畫目前執行成果

**32 SGDP Projects with \$1.6 Billion Budget**  
Federal Share \$620 Million/Private Share \$980 Million



16 Smart Grid Regional Demonstration projects are focused on advanced technologies while 16 Energy Storage Demonstrations are focused on grid-scale applications of energy storage

Source: www.smartgrid.gov

圖 45 美國智慧電網展示計畫



## 九、BG&E 電力公司實習

### (一)實習行程

1. 時間：11 月 2 日上午
2. 地點：BG&E in Baltimore
3. 交流議程摘要：

- BG&E 電力公司 AMI 建置情形及組織人力介紹

### (二)實習簡介

BG&E 為美國 Exelon 集團下的一個子公司，如圖 46 所示，該集團所屬之 Exelon 核電公司有 17 個座核能發電機組，總發電量超過 17GW，該公司也提供核能電廠的建置顧問工作；Exelon 電力公司包含水力、火力及生質能等 186 個電廠及 2 個 18MW 的太陽光電廠總輸電量超過 15.5GW；而輸配電公司為 ComEd、PECO 及 BG&E 等公司。

BG&E 公司起於 1816 年，現在約有 2000 名員工，250 個變電站，1300 英里的輸電線，2 萬英里的配電線路，提供 120 萬個電力用戶及 60 萬個瓦斯用戶等高品質的電力及瓦斯服務。為維持供電之可靠度，BG&E 也致力於電網的研究案，圖 47 為 BG&E 規劃的智慧節能專案(Smart Energy Savers Program)，主要提供智慧電表建設 (AMI)、尖峰負載補償

(Peak)、智慧能源補償專案 (Smart Energy Rewards) 及提高能源效率等服務，以進行節能工作推動；圖 48 為 BG&E 公司對智慧電網推動的效益評估，其主要亦分為用戶、電網、調度及社會等層面討論，用戶端主要提供透明化的帳單資訊、自動停電回報系統增加系統可靠度、提供家庭節能服務等；電網層面係為電力公司提供高度的資訊系統整合機會、分散式發電控制管理及自動化的遠端控制，以提高供電的品質與效率；調度層面則期望能降低 500MW 的需量機會、減少行政資源耗費及增加系統的可監控性等；社會面主要在節能減碳及增加再生能源(風力、太陽光電等)。

圖 49 係 BG&E 先採用系統化的組織邏輯定義系統需求，進行組織分工、預算評估及專案執行等工作，故 BG&E 的智慧電網專案包含了 AMI 推動組、智慧能源管理組、智慧能源補償機制(配套推動組)、工/商電表推動組、電表合作(應用)組及專案執行組等 14 個部門，共 197 位專職人員負責建置作業；圖 50 為整體推動時程之時程表規劃，其中 AMI 計畫已於 2010 年底開始討論建置試點，並於 2011 到 2012 年初完成 AMI 的準備與建置，且於 2012 年起進行配套措施、研究工作、工/商業用 AMI 建置及停電資訊系統整合工作，部



份工作預計 2016 年完成。圖 51 為 BG&E 在試點時採用之尖峰補償(PeakRewards)配套作法，主要係進行空調負載的需量反應控制工作，由於控制到民眾的用電，故電力公司提供了網路線上資訊查詢功能，以利民眾更瞭解其參與狀況，減少非預期的誤會而產生客訴事件，目前執行上也有初步成果，如圖 52 所示為 6、7、8、9 月參與需量反應控制(Thermostat control)的用戶 5 年來節約的情形，設定 50% 循環時合計節約 590 美元，設定 100% 循環時合計節約 890 美元，但因人文、氣候不同，故這些數據僅供參考。圖 53 為用戶之時間電價表，其他亦有許多配套管理辦法或服務項目，如 Heating & Cooling、Home Performance with ENERGY STAR®、Lighting & Appliances、Limited Income Energy Efficiency Program、ENERGY STAR for New Homes、PeakRewardsSM、Quick Home Energy Check-up、Refrigerator and Freezer Recycling 等與家庭/用戶端相關的配套專案。

由於是在用戶端的使用變革，故 BG&E 在整體推動過程也相當用心，如圖 54 所示，除了提供專線諮詢電話並製作了許多宣導短片，且透過能源服務團的方式深入有興趣的用

戶家中，主動提供能源使用諮詢工作；如圖 55 所示，BG&E 也提供用戶方便的線上設定與查詢功能，並提供用戶更多元化的服務及更智慧化的用電生活。

## Exelon Generation

### • Exelon Nuclear

- 17 reactors at 10 sites
- More than 17,000 MW of clean generation
  - *CENG remains an independently managed joint venture*

### - Exelon Nuclear Partners

- Nuclear power development and consulting

### • Exelon Power

- More than 15,500 MW of diverse generation
  - 188 hydroelectric, fossil, biomass and landfill gas units
  - 18 megawatts from two solar plants
  - Nearly 900 megawatts across 38 wind projects



## Exelon Utilities



- 3.8 million electric customers
- Service Territory: 11,300 square miles
- Peak Load<sup>(1)</sup>: 23,753 MW



- 1.6 million electric customers
- 494,000 gas customers
- Service Territory: 2,100 square miles
- Peak Load<sup>(1)</sup>: 8,983 MW



- 1.2 million electric customers
- 700,000 gas customers
- Service Territory: 2,300 square miles
- Peak Load<sup>(1)</sup>: 7,236 MW



*Exelon's group of utilities is the largest in the nation, serving more than 6.6 million electric and 1.2 million gas customers.*



圖 46 BG&E 背景資料說明

## BGE Smart Energy Savers Program<sup>SM</sup>



## BGE Smart Energy Savers Program<sup>SM</sup>

- AMI
  - A remote two-way communication system to all BGE meters
  - A Meter Data Management System (MDMS) that centrally stores and validates all meter data; system interfaces to several BGE applications
- PeakRewards<sup>SM</sup>
  - Deploy next generation technology - smart thermostats and A/C load control switches
  - Targeting over 600 MW of peak load control-tripling the existing 210 MW of capacity
- Smart Energy Rewards (SER)
  - Hourly electric consumption data via AMI meters enables new rate structures to reduce peak load demand
  - Variations of time-of-use rates coupled with peak load reductions
- Energy Efficiency Program
  - Provide customers with energy efficiency/conservation choices that help them save energy and money while improving the environment



圖 47 BG&E Smart Energy 專案計畫說明

## Smart Grid Benefits

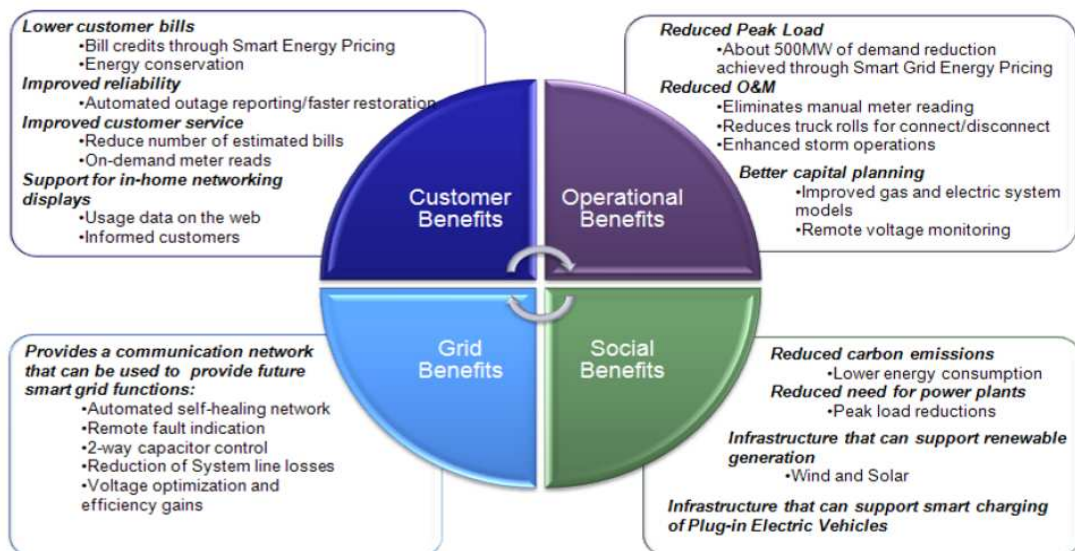


圖 48 BG&E Smart Grid 推動效益預估

# Organization Chart sent as separate attachment

The SGI is organized by functional responsibility, but each project will be managed by a single project manager.

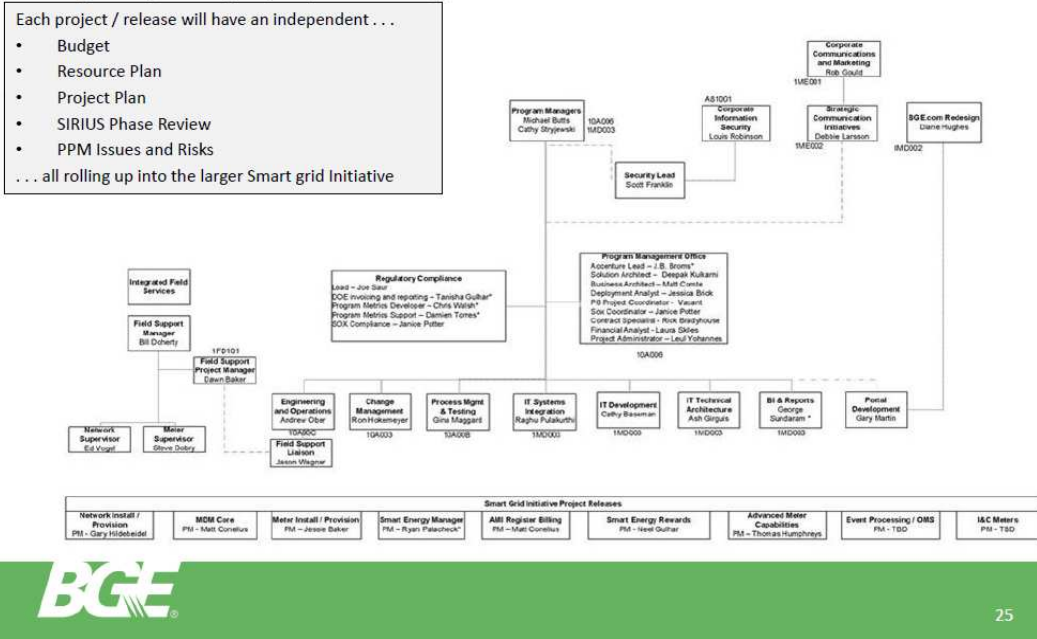


圖 49 BG&E Smart Grid 推動規劃

## Smart Grid Timeline

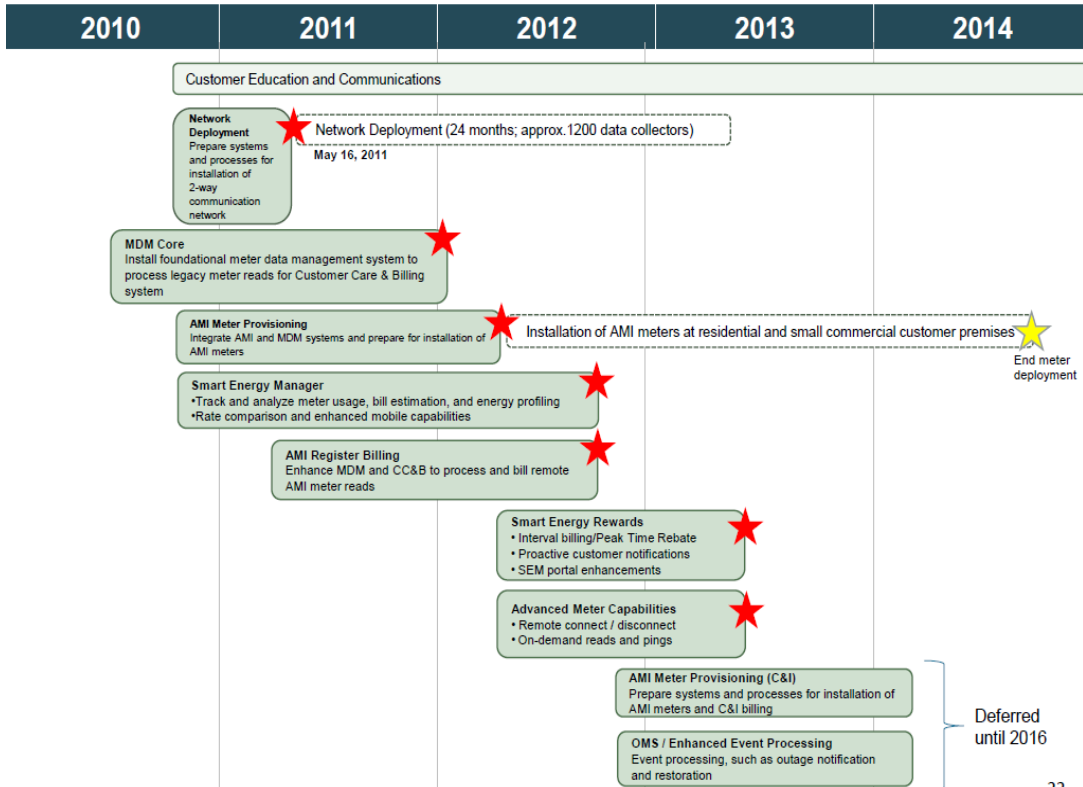


圖 50 BG&E Smart Grid 推動時間表

## What is PeakRewards?

- ▶ The PeakRewards A/C program is designed by BGE to help ease the "peak" demand for electricity in the Mid-Atlantic region. It is part of the BGE Smart Energy Savers Program®, which helps customers conserve energy, save money and protect the environment.
- ▶ When you participate in the program, you will help offset air conditioning demand during periods of "peak" electricity usage, thus helping to reduce the likelihood of power outages. As a reward for joining, you can save with bill credits every summer during which you remain enrolled in the program.
- ▶ **Call 1-888-309-PEAK(7325) or Visit: [BGESmartEnergy.com/PeakRewards](http://BGESmartEnergy.com/PeakRewards)**



3

圖 51 BG&E Smart Grid 推動專案說明

## Five Year Savings with the Programmable Thermostat

	50% Cycling	75% Cycling	100% Cycling
Year 1 total bill credits & bonus	\$100	\$150	\$200
Year 2 total bill credits	\$50	\$75	\$100
Year 3 total bill credits	\$50	\$75	\$100
Year 4 total bill credits	\$50	\$75	\$100
Year 5 total bill credits	\$50	\$75	\$100
<b>Subtotal</b>	<b>\$300</b>	<b>\$450</b>	<b>\$600</b>
Thermostat & Install No out-of-pocket expense	\$290	\$290	\$290
<b>Total Savings</b>	<b>\$590</b>	<b>\$740</b>	<b>\$890</b>

*Bill credits are paid June-July-August-September. The value of the thermostat and installation varies according to market pricing. \*Savings vary.*

圖 52 BG&E Smart Grid 推動預估效益



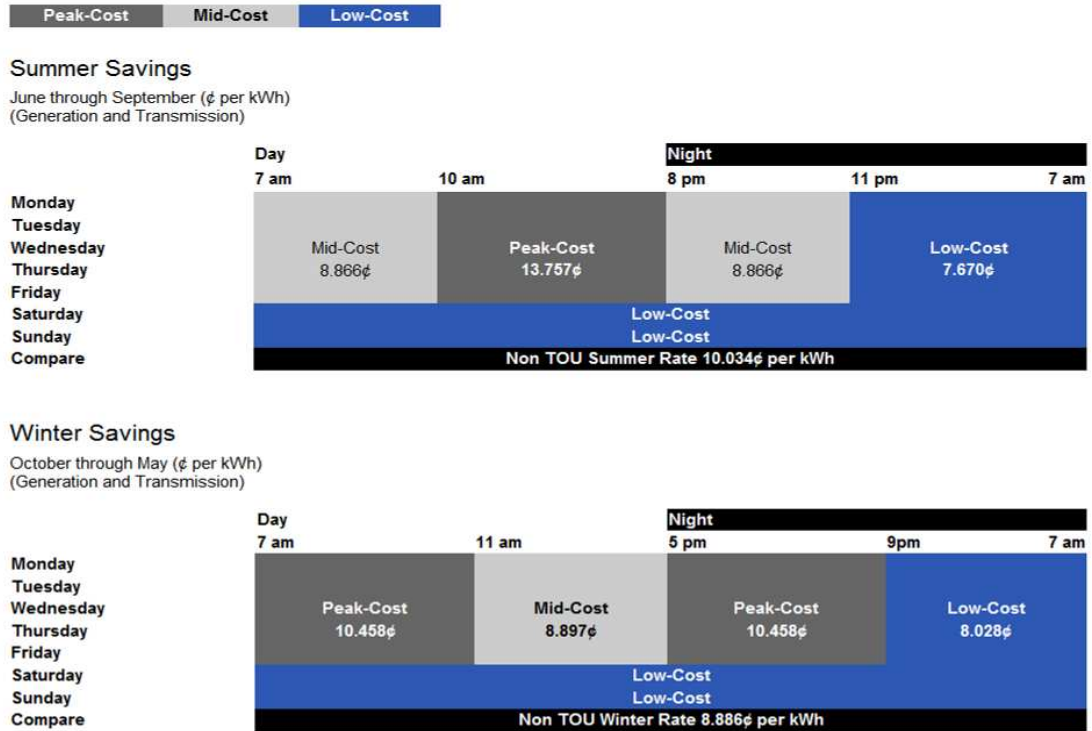


圖 53 BG&E 時間電價



圖 54 消費者用電資訊顯示



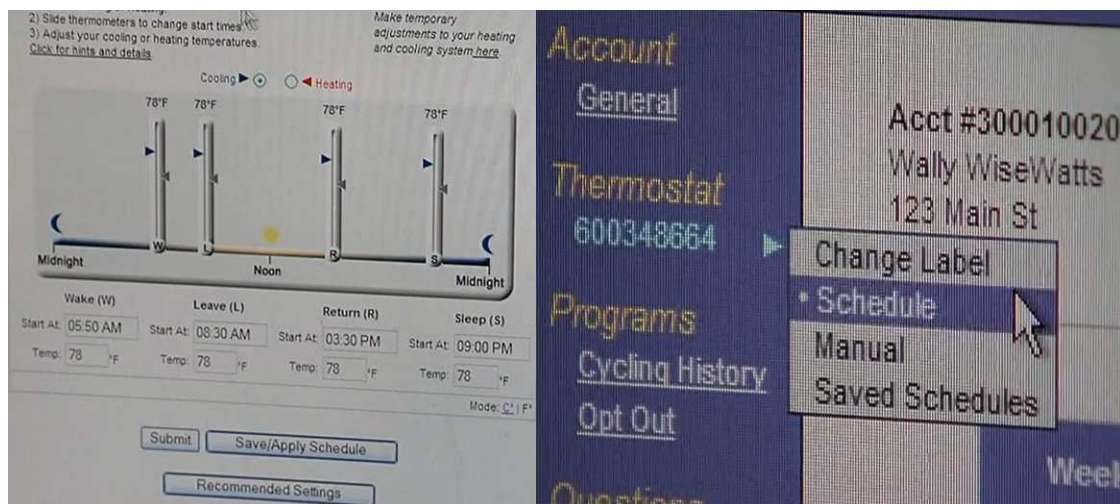


圖 55 消費者用電資訊顯示

## 伍、實習心得

- 一、由 EPRI 的實習過程中，可以得知目前美國電力公司雖已大量建置 AMI，惟因通訊技術不斷進步、互用性測試未完成、資料管理經驗不足及建置 AMI 的策略不夠完善等因素，面臨到很大的困難，而且針對資料運用、資訊安全、通訊整合等層面，研究機構才開始進行相關研究，各電力公司若未充分考量而建置，不一定能夠達到 AMI 合理效益及導入新的營運模式。
- 二、在 SENSUS、Quanta、ABB 北卡大學研發中心、Elster 及北卡大學智慧電網中心等廠商及單位的實習，可以了解到目前各設備商皆積極開發 AMI 及智慧電網設備，但皆是電力公司的需求各自發展技術，雖已開始考量互用性議題，惟因彼此間的競爭，使得相關介面之標準訂定緩慢且不完整，倘若電力公司選擇私有的 (proprietary) 技術，對於未來必須再變動這件事必須心裡有底，而且不是每種技術的升級都是十分便利的，都

將造成電力公司建置時的負擔。另外在於人材培育部分，充分利用學校資源，以建教合作的方式，讓廠商可以便宜的租用場地建置研發中心，並且可以有充足的新進人力可以運用，同時學校本身也設置專門的智慧電網研究中心，供產、官、學、研共同使用，達到智慧電網人材培育的目標。

三、在美國能源部 DOE 的實習，了解目前美國電業十分盼望早日完成互用性測試，而建置智慧電網及 AMI 對於電業的好處在於透過資通訊技術作為用戶端（電表）與電業（控制中心）的橋樑，蒐集用電資訊及快速判斷故障地點等；而針對電業在智慧電網及 AMI 的投資，美國政府補助了近一半的經費，可有效舒解電業在建置過程的財政壓力，這是十分值得我國借鏡的。

四、在 PEPCO 及 BG&E 電力公司的實習，可看出美國電力公司雖在近年內大量建置 AMI，惟在大量佈建前已花了很多時間進行相關技術研究、規範研討及通訊測試等先前步驟，並利用這事前作業的時間，規劃出相關的配套措施，且具有專責組織及足夠的專職人力進行建置，與我國現有作法不一樣。

五、經由這一次實習，充分了解到美國智慧型電表基礎建設 AMI 及智慧電網相關研究機構及參與業者技術發展情況，也了解政府部門對於這方面的重視，且給予電業實質的建置補助，同時也了解到電力公司的建置進度，實習的相關經驗可供我國建置規劃智慧電網及 AMI 的參考，不要只看到別人現在豐碩的成果，而忽略了事前慎密的規劃與努力，事前工作的這個部分不是可以一下子就跳過的。

## 陸、結論與建議

### 一、持續關注國際上互用整合測試的結果：

目前由於AMI相關技術標準皆未完整，各技術皆各自發展，雖有一些技術聯盟在推動標準，但互用性測試仍在持續進行，本公司應持續關注其結果，以便適時調整AMI建置進度，避免投資的浪費。

### 二、應積極思考電表資料的管理及運用：

本公司已開始建置高、低壓AMI，將來會蒐集到大量的電表資料及用電資訊，如何進行有效的管理及運用是個重要的課題，借由這些資料可以讓本公司提供相關的用戶服務，提升供電可靠度，進行電網管理。

### 三、政府應補助相關建置經費：

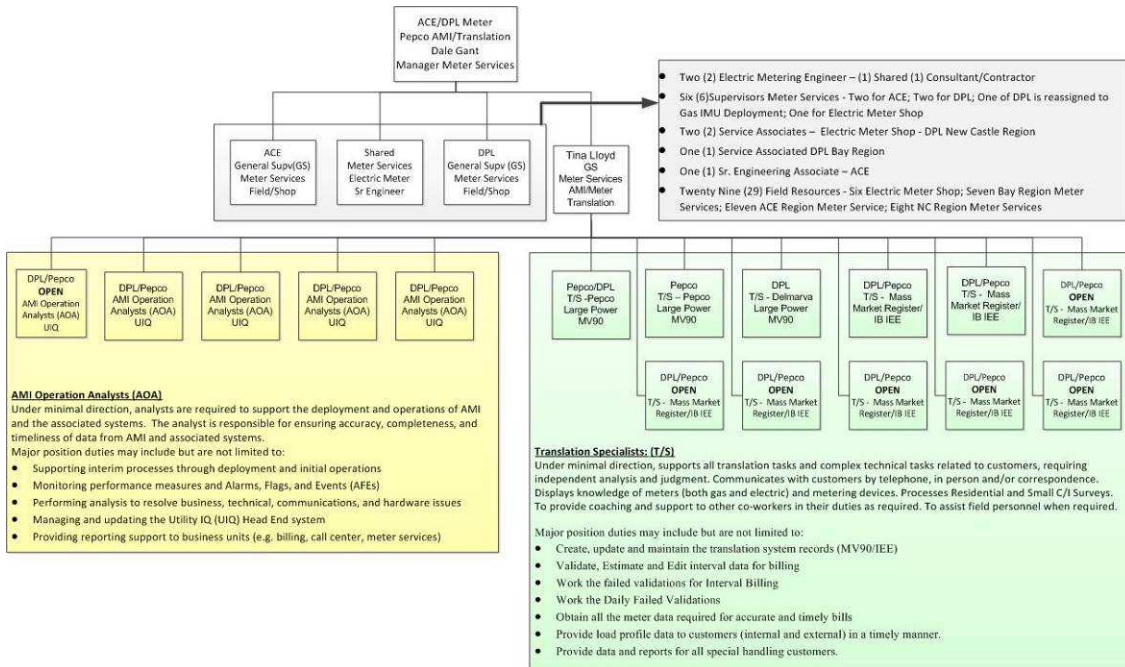
美國能源部DOE對於電力公司的智慧電網及AMI的投資，補助了將近50%的經費，反觀我國，本公司目前營運條件不佳，要進行智慧電網及AMI實在是個沈重的負擔，應考量參考美國的作法，不是只要求本公司建置進度而已，而應給予實質的建置補助才是。

### 四、設立專責部門及專職人力進行規劃及建置：

智慧電網及AMI的建置係維持國家電力供應重要一環，不論在政府部門及電力公司皆應有專責部門及人力進行規劃及建置，因為要考量及配合的事情太多了，不是少數人就可以完成的工作。

# 附件

## 一、PEPCO 電力公司 AMI 建置人力組織



### AMI Deployment Project Sponsor and Business Lead (Full time) Dale Gant (Support from Todd McGregor, Rick Conlin, Tina Lloyd, John Sneed, Russ Ehrlich, Cabot Wright, Matt Lenzini)

- Lead and direct from a business perspective the implementation of the AMI
- Provide the tactical direction
- Manage the various thread leads (technology, end-point installation, MDMS, systems integration, change management)
- Coordinating the engineering and overall performance of the AMI system, inclusive of the FAT and the overall, post deployment system performance.
- Coordinating the deployment from an overall performance perspective and ensuring it is doing what we want it to do from a day to day observation of how the meters are registering and how the data is flowing into the appropriate systems
- Ensure the project is implemented per plan/schedule.
- Provide guidance to the format/design of the project Performance Reporting dashboard
- Ensure completeness of Communication Plan to all stakeholders and authorized execution on the plan for Field Deployment.
- Raise issues/strategic direction changes to the Director for help with resolution.
- Invoice approval, Change Control, PSA management

- Report on Project Issues
- Provide updates on project status
- Ensure adherence to statements of work SSN/Scope

**AMI Project Manager - Project Controls (Full time) – Tina Lloyd (Support from Barb Dodge, Terri Michener, Dale Gant, and Leads)**

- Coordinate and facilitate the development of the Project Plan with schedule
- Receive updates to the MsProject Project Plan from Project Lead and key team members
- Document and Track the Project Plan
- Action Item and task tracking
- Maintain the AMI Project Documentation in SharePoint
- Reporting - Receive updates on the tasks within the project plan from Project Lead and key team members to Report on Project Plan and Tasks
- Track and monitor the status of reported Project Issues and ensure team leads are maintaining the Issue Reporting log.
- Support the development of the Project Performance Reporting dashboard during FD
- Gather updates on project status from leads and document the Status report and provide performance dashboard.
- Send Status report to key stakeholders
- Provide updates to the PMO
- Assist with the development & facilitation of status meetings (requirements & topics)
- Document regular team meetings and post
- Keep team informed of Budget, charging and expectations from Accounting
- Initiate and design the initial interim process design and ensure work is assigned to key folks for implementing during FD
- Assist and support the development of the customer communications of the Field Deployment.

**AMI End-Point Engineering and Procurement Manager (Full Time) – John Sneed (Support from Bob Cirtella, Meter Services, Gas/Cheryle Pringle, L+G, GE, Austin International, SSN)**

- Electric meter planning forecasting
- Meter procurement
- First Article Testing
- Meter/Module receiving, Shop testing and inventory
- Gas Module planning, forecasting
- Gas Module procurement, receiving, testing and inventory

- Meter programs, sample testing, removed meter testing
- Implement the interim process for Sample Acceptance Meter Testing during FD.
- Implement the interim process for Meter Program/Configuration during FD.
- Implement the interim process for the Legacy Removed Meter Testing during FD
- Implement the interim process for the RMA Process for End Points during FD.
- Implement the interim process for E-Waste during FD.
- Meter/Module Inventory Management process during deployment.
- Report on Project Issues using Issue Reporting Log
- Report on Project Risks
- Provide updates on project status and work plan
- Ensure adherence to statements of work L+G, GE
- Participate in users group – e.g., SSN and Utility initiated users group
- Provide input to the development of the project Performance Reporting dashboard (meters)

**AMI Engineering and Technology Lead (Full time) Russ Ehrlich (Support from Dale Gant, Glenn Ferguson, Cheryl Pringle, Cabot Wright, Martin Andzulis)**

- Network coverage support of endpoints
- HAN product development support
- Support of customer complaint handling in the field
- Continued system performance monitoring and reporting
- System performance investigation
- End to end component testing/validation
- IMU product development lead
- Support of IMU purchasing and forecasting
- Meter program development and testing, including both lab and IT environment
- Meter testing and troubleshooting
- Monitor the Installed Meter/Module in UIQ and reporting.
- Monitor the Installed Communications Infrastructure in UIQ and reporting
- Head-End / UIQ performance monitoring and reporting (UIQ Administrator/Super user?)
- Monitoring UIQ for Alerts, Flags, Events and work with the Field Support on technical issues and resolution.
- Implement the Interim Process for Approving UIQ Meter Programs during FD
- Implement the interim process for RMA process for Network Devices during FD
- Report on Project Issues using Issue Reporting Log
- Report on Project Risks
- Provide updates on project status



- Participate in users group – e.g., SSN and Utility initiated users group
- Provide knowledge transfer regarding monitor/analyze/resolve for UIQ monitoring (AFE, tech issues)
- Provide input to the development of the project Performance Reporting dashboard (system performance)

**AMI Field Deployment Manager - Rick Conlin** (Support from Glenn Hein, Ken Ferrell, SSN)

**AMI Smart Grid Network Communication Field Deployment – Rick Conlin** (Full Time)  
*Take lead on field installation of network to support AMI full deployment. Includes acting as point of contact for SSN sub-contractor (KVA).*

- ***Support the day to day field issues as the deployment begins. Coordinate the resolution of field communication issues.***
- ***Support labor relations working committee***
- Ensure Engineering standards are in place for installing AP and Repeaters.
- Ensure job packets issued, processed and closed so that the accounting goes to the right place.
- Ensure new mesh facilities are in GIS.
- AP and Repeater Make Ready work is completed so that the locations are prepared to receive the device installation
- AP and Repeater installation agreements with Joint Use, Real Estate and ROW
- AP and Repeater installation/response/etc working with SSN/SCOPE (Build)
- Implement the Interim process for network monitoring and replacement during FD.
- Report on Project Issues using Issue Reporting Log
- Report on Project Risks
- Provide updates on project status
- Provide input to the development of the project Performance Reporting dashboard (field)

**AMI End Point Field Deployment (Full Time)– Rick Conlin** (Support from SCOPE, PHI Cross Dock Supervisors, Gas/Cheryle Pringle)

- ***Take Lead on field installation of end point gas & electric equipment and perform as installation contractor Liaison.***
- ***Take lead on Managing Cross Dock support***
- Electric meter installation – PHI/Delmarva installation/response/etc

- Gas Module installation– **PHI/Delmarva** exchange/response/etc
- Implement the Interim Process for Emergency response, theft investigation, Premise Electrical Exceptions
- Implement the Interim Process for UTC during FD
- Implement the Interim Process for Meter Reading during FD to support both the HTA and the read on schedule read date.
- Implement the Interim Process for Customer key use during FD.
- Implement the Interim Process for DPL Gas and Electric Installs during FD.
- Implement the Interim Process for both Gas and Electric Periodic Testing during FD.
- Implement the Interim Process for regular Meter Work, business as usual, during FD.
- Implement the Interim Process for Field Premise Exceptions working with SCOPE Services during FD.
- Report on Project Issues using Issue Reporting Log
- Report on Project Risks
- Provide updates on project status

**PHI Field Support / Cross Dock Supervisor (Full Time) – Stan Mohn (NC) / GA Rickwood(Bay) (Support from Field Resources and Gas Operations, Field Supervisors from each District,)**

- Coordination with SCOPE Services Supervisors and resources for field response during FD.
- Field Response for Electric meter installation exception response
- Field Response for Gas exception response
- Field Response Emergency response, theft investigation, Premise Exceptions
- Field Response/support for UTC from Back Office
- Follow the Field Support Interim Processes for Emergency Response, Theft Investigation, Premise Exceptions and UTCs.
- Report on progress, issues and risks

**UIQ/MDMS/IT support and System Integration Lead –**

- **Cabot Wright/Martin Andzulis** – Application support - point person for UIQ/hosting/infrastructure issues related to UIQ. Ensuring all hosted environments for UIQ are established and then later bringing it in house.
- **Matt Lenzini** – ADSI – Automated Deployment System Integration
- **Andrea Turley**- CBSI – Customer Benefits System Integration

## **Change Management: (3 Level Components)**

### **1) AMI Change Management Lead (internal focus on employees) – Sherri Stewart (Support from Corp Comm, CRM, Noelle Robertson, Process Managers, Tina Lloyd, Jocelyn Platt, Training)**

- Communications - Internal with support from Corp Comm for external
- Business Process Changes – Organizational and Job Design implications and planning
- Business Process Changes – Labor Relations implications and planning
- Ensure that training plan is executed on a timely basis
- Report on Project Issues
- Provide updates on project status

### **2) AMI Customer Communication Management for FD – Bill Yingling (Support from Corp Comm, CRM, Noelle Robertson, Process Managers, Tina Lloyd, Jocelyn Platt, Training)**

- Communications - External with support from Project Team
- Implement and deliver on the External communications plan (e.g. Initial letter, door hangers, notifying authorities, media, etc)
- Report on Project Issues
- Provide updates on project status

### **3) AMI Training Design for FD – Jocelyn Platt (Support from CRM, Noelle Robertson, Process Managers, Tina Lloyd, Project team, and Training)**

- Design the Training materials to support the Interim Processes for FD
- Deliver the materials for the Training on the Interim Processes for FD
- Coordinate plan for training delivery
- Report on Project Issues
- Provide updates on project status

## **Billing Services / Exception Processing Lead (Full-time plus resources necessary to address 5% exceptions on a daily basis) – Steph Wright (Support from Billing Services resources assigned to the project)**

- Implementing the Interim Process for Back Office Exceptions during FD.
- Develop report of back office exceptions to support the Project Performance Reporting Dashboard
- Leading the support team working on exception processing
- Analyzing and reporting on all activities
- Follow the Interim Process for UTC's during FD

- Follow the Interim Process for Customer Refusals during FD.
- Follow the Interim Process for Field Exceptions during FD.
- Coordinating field activities with Field Support/Cross Dock Supervisors
- Report on Project Issues
- Provide updates on project status
- Provide input to the development of the project Performance Reporting dashboard (back office)

**Customer Care / Call Handling Lead – Doris Negron ( Support from CRM, Process Owners, Tina Lloyd, Field Services, Orders Processing, and Claims)**

- Implement the Interim Process for handling Claims during FD.
- Implement the Interim Process for handling Inquiries during FD.
- Implement the Interim Process for handling SLG's during FD.
- Follow the Interim process for handling Key Accounts during FD.
- Follow the Interim Process for handling back office, field and billing exceptions during FD
- Implement the Interim Call Center Integration process between SCOPE and PHI during FD. ( e.g. Transferring calls to and from call centers, etc)
- Follow the Interim Process for Call Wrap up during FD
- Follow the interim Process for handling Customer refusals during FD.
- Report on Project Performance relative to deployment impacts to the call center.
- Report on Project Issues
- Provide updates on project status

**Customer Escalation Team – Vince Jacono (Regulatory & Executive Customer Response team, Support from CRM, Process Owners, Tina Lloyd, Project Team, SCOPE, Field Services)**

- Implemented recurring meetings weekly
- Reviewed all project customer complaints and claims
- Responded to customer complaints and claims

**Procurement/Supply/Contract Management (SME – as needed only) Barb Dodge, Joe Riding? (Support from Dale Gant, John Sneed)**

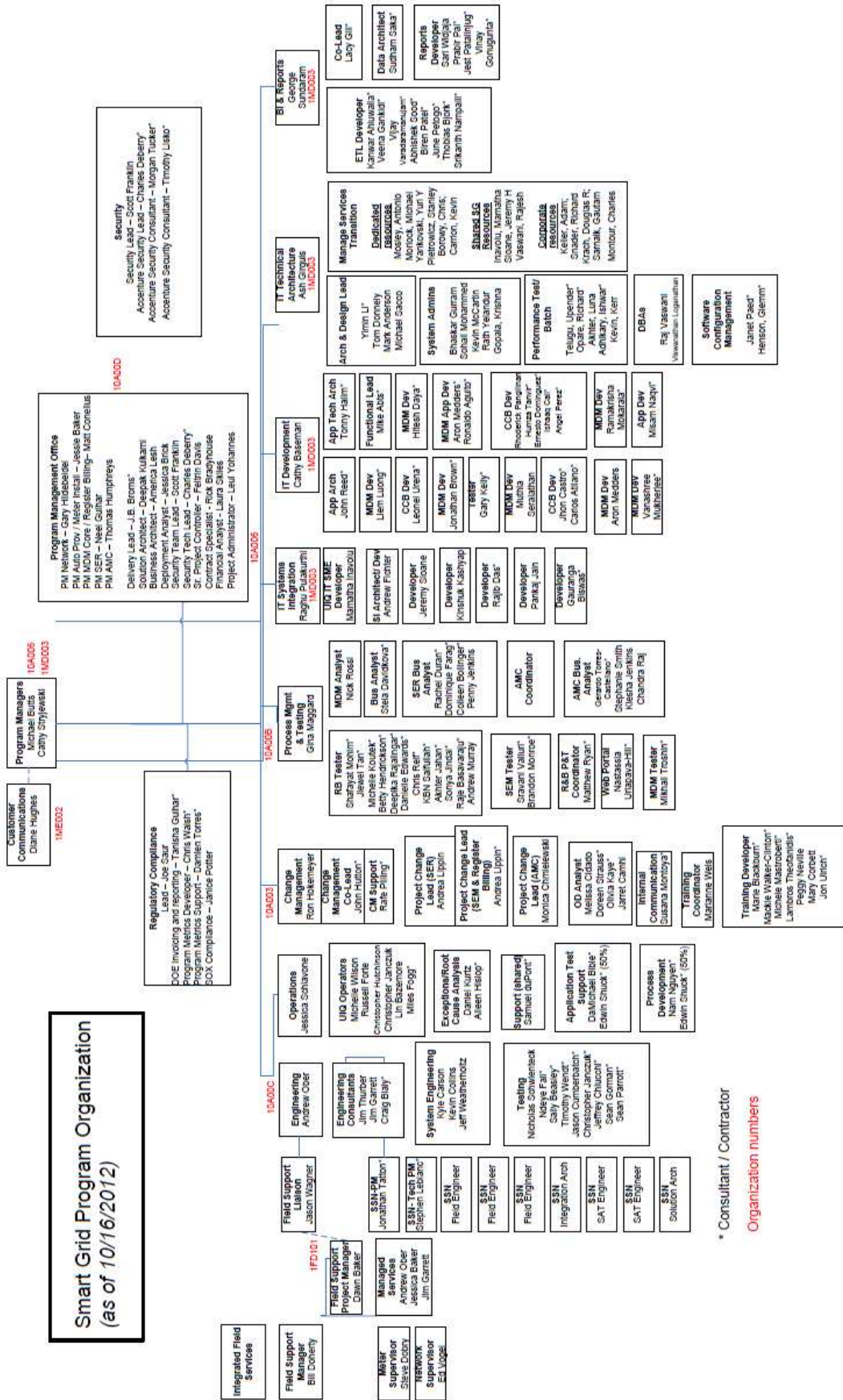
**Barb Dodge:**

- Budget tracking and monitoring
- Accounting monitoring and tracking
- Invoice processing
- Invoice and PO tracking and monitoring

- Implement the Interim Process for SLG Reconciliation during FD.
- Implement the SLG Reconciliation Process during FD.

**Legal (SME – as needed only) – Jack Strausman**

## 二、BG&E 電力公司 AMI 建置組織及人力



\* Consultant / Contractor  
Organization numbers