

下命令要求儲能設備直接充放電至某個百分比值。其他相關資訊參數如下：

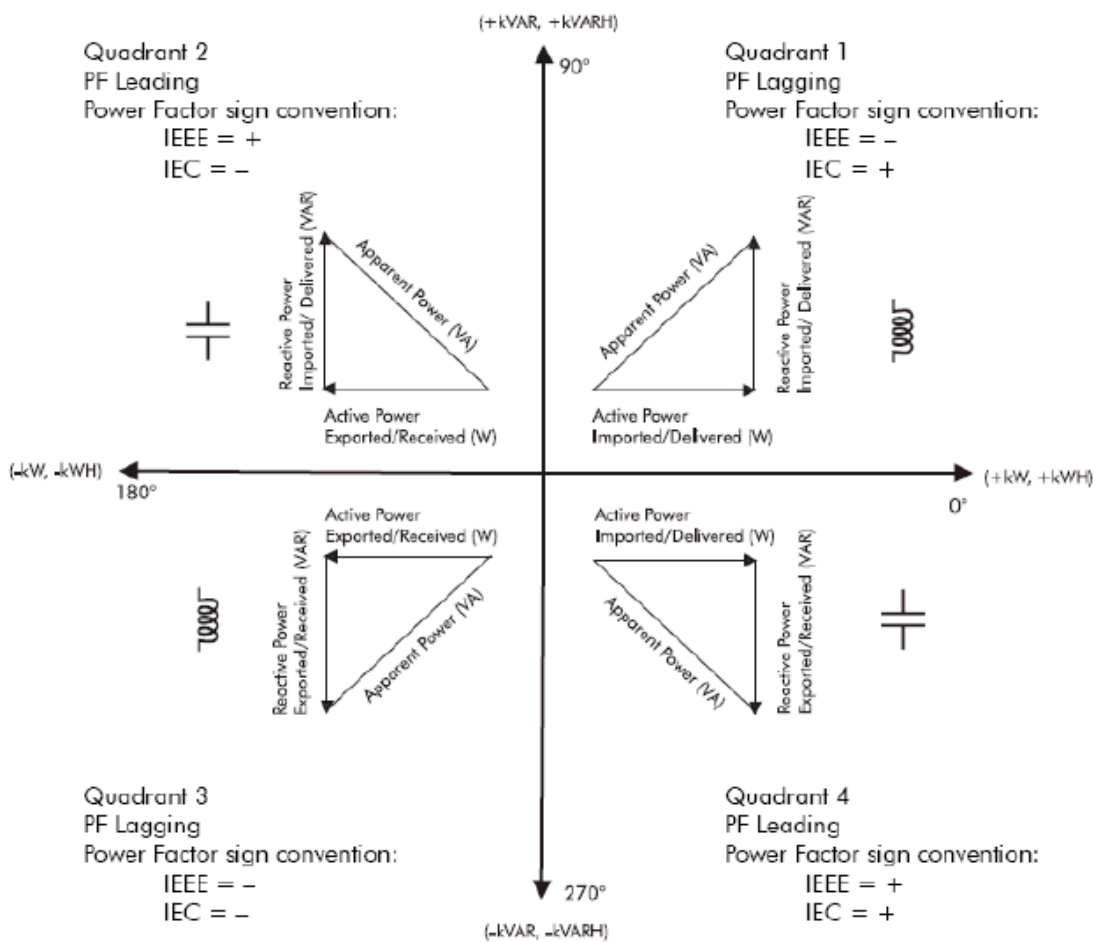
1. Time Window
2. Reversion TimeOut
3. Ramp Time
4. Read Charge / Discharge Rate: 讀取遠端儲能系統之充放電斜率
5. Set Charge / Discharge Rate: 設定遠端儲能系統之充放電斜率，值介於-100(充電)~+100(放電)之間
6. Activate Direct Charge / Discharge Management Mode: 一個布林值，0 代表進入排程充放電模式，1 代表直接進行充放電。
7. Charge/Discharge Schedules：可依照既有 DNP 協定排程機制進行每日、每月、每季之充放電作業。

D. FIXED POWER FACTOR FUNCTION

此功能的 Use Case 如下：

將 DER 的功率因素固定下來。

由於 IEC 與 IEEE 對功率因素的正負值定義有些差異，故必須統一好正負值的意義，如下圖可知在第一、二象限的正負值，IEC 與 IEEE 剛好相反：



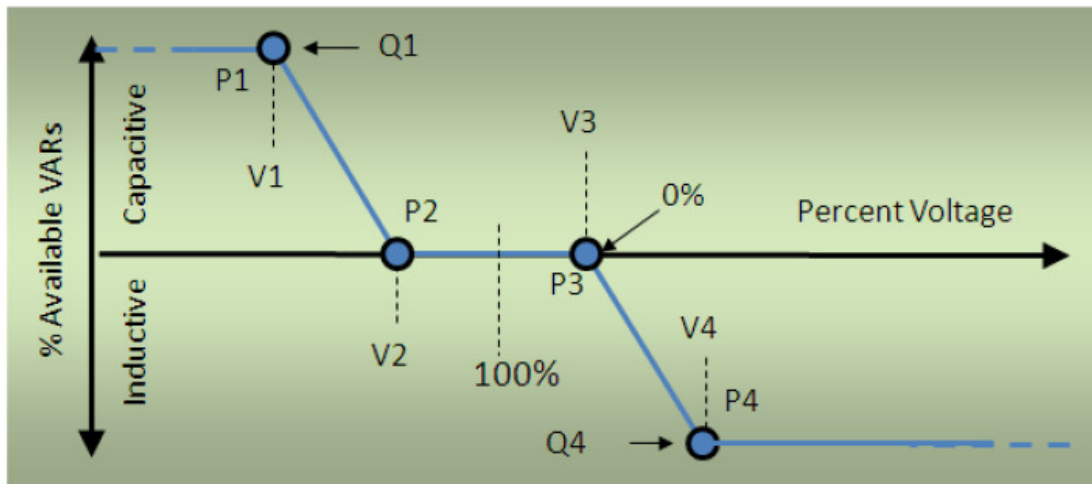
與此功能有關之參數資訊如下：

1. Set Power Factor: 設定功率因素介於 $-1 \sim 1$ 之間，不允許設為 0
2. Power Factor Type: 此值 = 1 代表使用 IEC Convention；此值 = 2 代表使用 IEEE Convention
3. 接下來的參數與前述功能一樣有 Time Window、Reversion Time、Ramp Time 等。
4. 最後一個參數命令是 Read Power Factor Setting，可以遠端讀取 DER 設備目前功率因素之設定值。

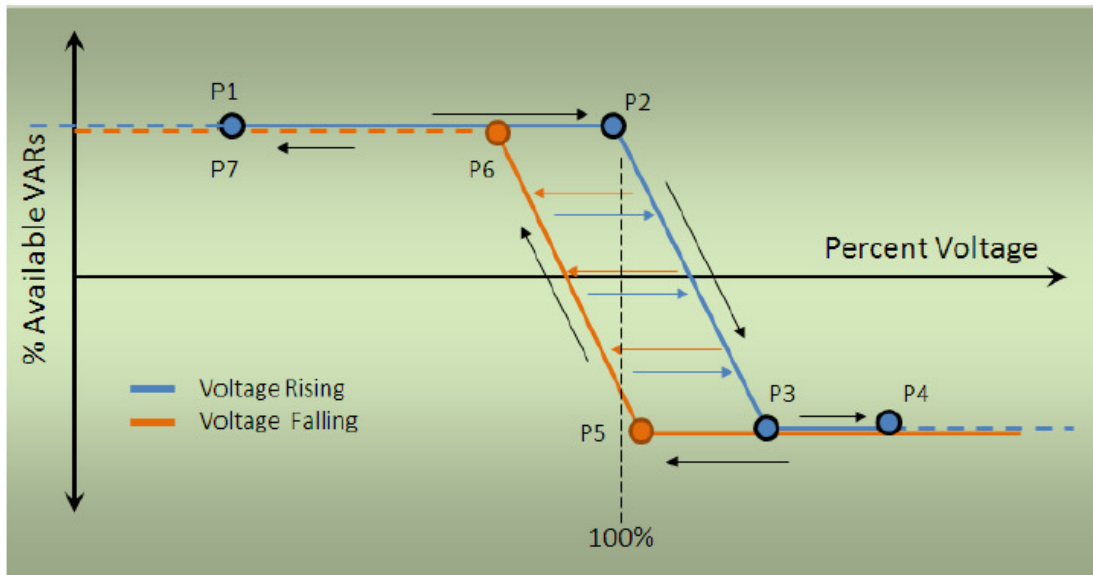
E. INTELLIGENT VOLT-VAR FUNCTION

此功能的 Use Case 如下：

DER 擁有此功能的話就可以根據 Local 電壓值隨時動態調整輸出 Var 值於併接饋線上，提供穩定饋線電壓之功能



上圖是一個 Volt-Var Curve，裡面有四個點或稱數對(pairs)，用來定義電壓變動時，該如何調整輸出 Var 值。100%電壓代表穩定值，如果偵測到電壓往右變大，一旦變動值超過 P3 點而往 P4 點方向走時，inverter 就應根據曲線定義去減少 Var 的輸出(電感性)；如果電壓變動值往左邊移動，超過 P2 點而往 P1 點方向走時，inverter 就應該根據曲線定義去增加 Var 的輸出(電容性)。Inverter 中第一條曲線值之(P, Q)數對儲存在 DNP Advanced Potovoltai 規範中的第 A065 ~A086，第二條則存在 index A087~A0111... 以此類推總共有十條曲線可供儲存。為避免十條曲線空間之不足，A0772 代表 Generic Curve Edit Selector，可以用來 pointer 到第 11 條~第 N 條之位址。



Volt-Var Control 支援 Curve Hysteresis(滯留)特性。當電壓變動一直在升高時，Var 調整曲線可能從 P1->P2->P3->P4，此時如果電壓不生反降時則 Var 調整曲線就可能從 P4->P3->P6->P7，不一定要循著原路徑回去。這種方式讓 var 上升路徑與 var 下降路徑不同可以更有彈性的根據實際狀況而去應用，不過要儲存的曲線點會變多就是。對 DER 來說，一種 Volt-Var 曲線就代表一種 Mode(調整模式)，所以架設此 DER 內部已經儲存兩種 Mode，當此 DER 之饋線為 EI32 時則系統就下達命令「Go To Volt-Var Mode 1」，當此 DER 因為饋線轉供為 OE45 時則系統就必須下達命令「Go To Volt-Var Mode 2」，而且系統不是只對這一台 Inverter 下此指令，而是對一群在此饋線下的 inverters 下命令。DER 併接點靠近變電所和 DER 併接點在饋線末端的電壓調整機制是不太相同的，再加上尖峰時段與離峰時段的電壓調整機制也是不太相同，故一台 inverter 內部的曲線矩陣必須預先設定好多種模式以待系統的命令而去動態調整。

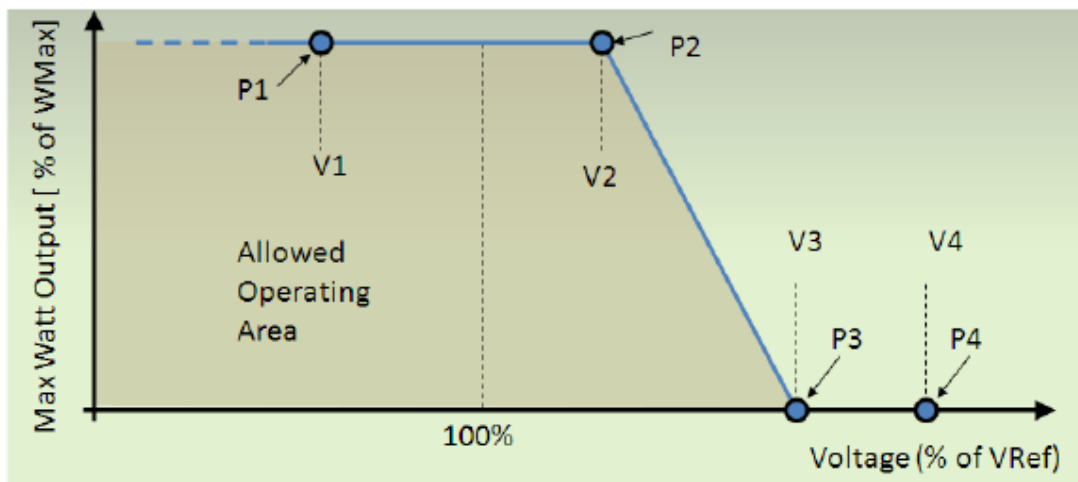
除了直接下達命令去更改 Volt-Var Mode 外，也支援用排程的方式去更改

模式，如此可以減少系統不必要的下達命令。

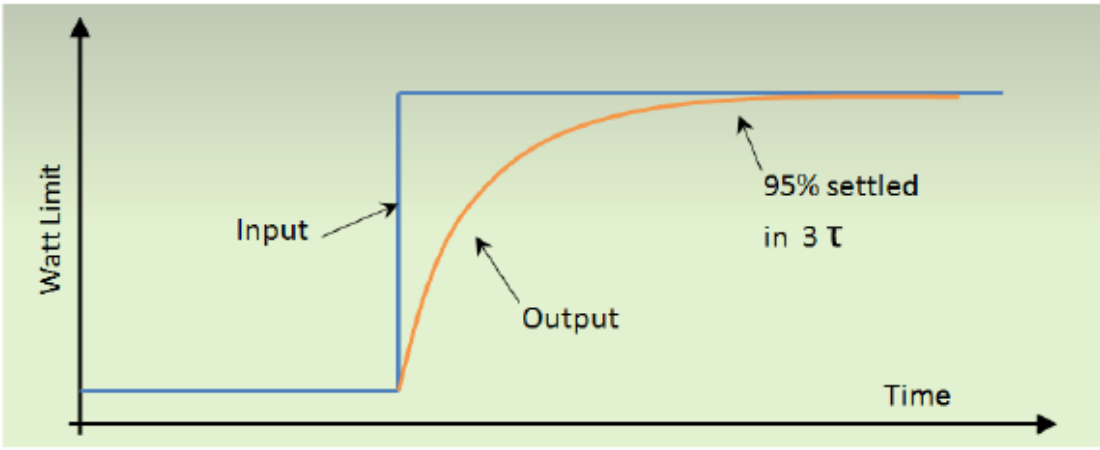
F. VOLT-WATT FUNCTION

此功能的 Use Case 如下：

1. 在高 Penetration 下，勢必會造成饋線電壓變高，因此如果 inverter 在此時能夠自動降低輸出 Watt 量時，即可穩定電壓。
2. 在某些情況下，PV 併接 Local 端的電壓會增高(供太多用戶負載量)，此時此功能也能夠派上用場。

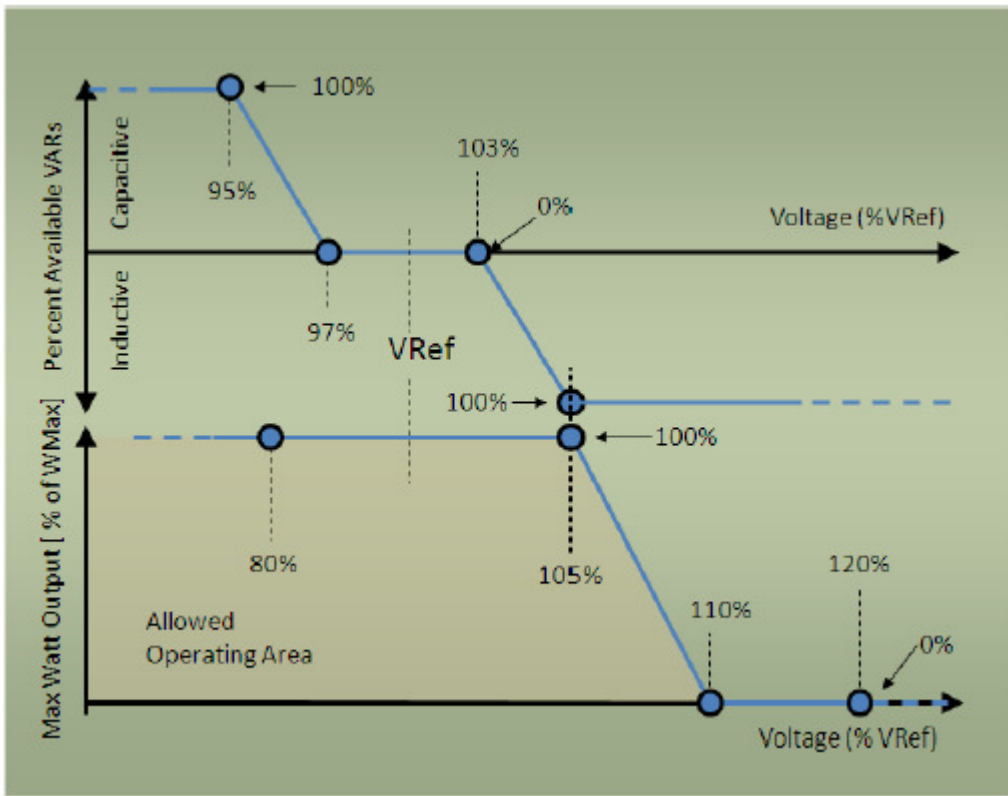


如上圖所示，當電壓變動率超過 100%，往上增長時，透過曲線設定讓 inverter 有個參考依據而將 WMax 降低。但在實務上，輸出實功的改變必須更加的和緩，線性式固定斜率的改變對此仍然顯得太劇烈，因此在此引進一個 Low Pass Filter 讓值的變動以指數形式進行。



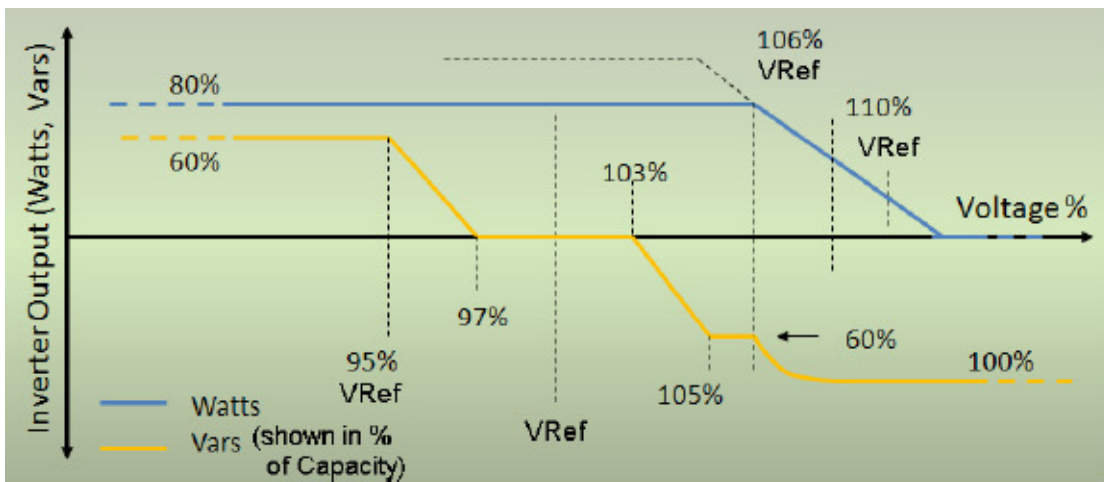
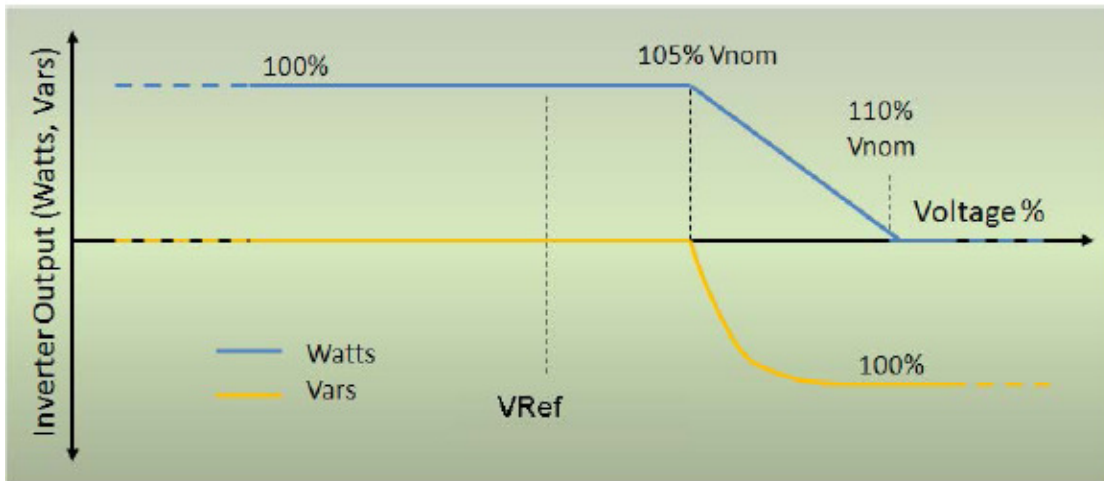
$$Output = Input * (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

由上圖公式及圖形可以得知，在特定時間下可以讓階層式的數值變動變成更加和緩。有了此 Filter 之後就可以把 Volt-Watt 曲線轉成帶時間函數，完成和緩調整實功輸出效果。



上圖是假設 inverter 同時擁有 Volt-Var Function 及 Volt-Watt Function 時的整合設定，當電壓持續增高時，inverter 先不要去變動 Watt 量而是先去降低

Var 的輸出量，當電壓超過 105%時就代表降低 Var 量在此時此刻是不足以讓整體饋線電壓下降的，因此 inverter 只好接手去降低 Watt 輸出量。由此可知，如果 inverter 同時具有 Volt-Var Function 及 Volt-Watt Function 的話就可以很靈活且有彈性地進行電壓調節作業。另外的可能組合方式如下兩圖：

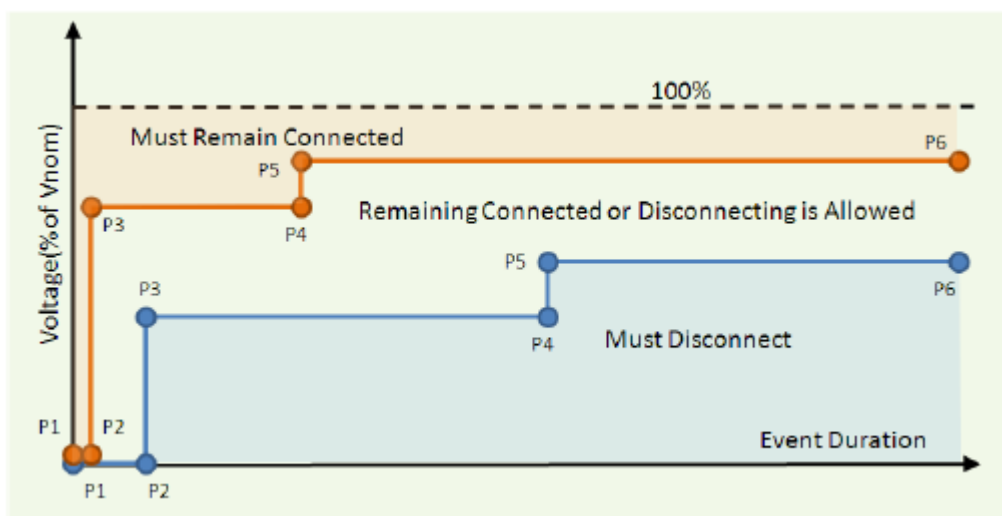


上兩圖的組合各有其設定目的，待與前輩們共同分析探討其曲線設計邏輯，從上兩圖可以發現到可能的變化組合會很多，如何為現場饋線用電特性找出最適合之調節曲線也是一個很大的挑戰。

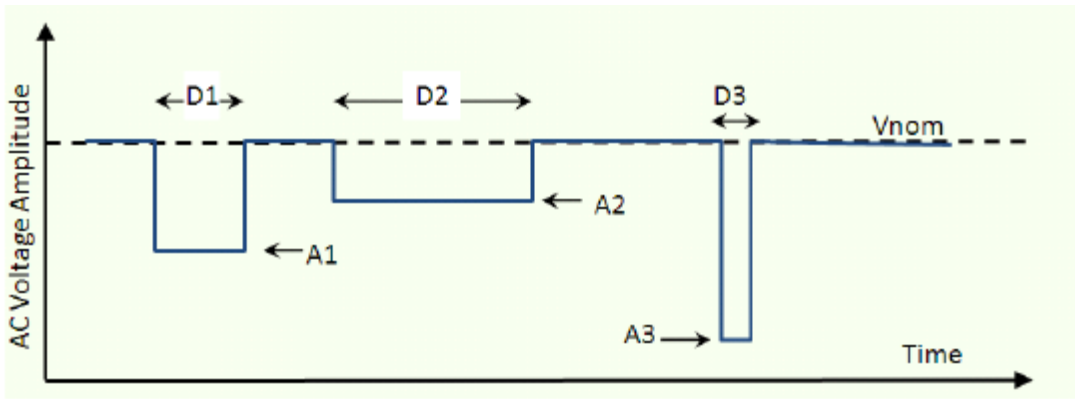
G. LOW/HIGH VOLTAGE RIDE-THROUGH

此功能的 Use Case 如下：

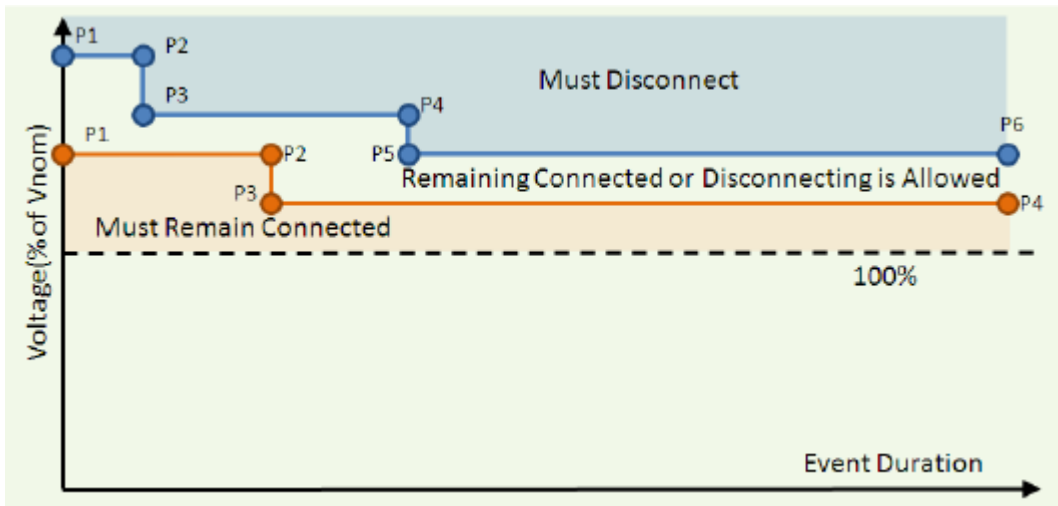
1. 在 High Penetration 下，饋線受到 DERs 的供電即佔了很大的比例，當饋線突然跳脫或驟降時，透過此功能設定可以讓 inverter 不要立即解聯，維持住一定的並聯時間。
2. 在電力品質較差區段下的 DERs，可以允許饋線電壓突然驟降時不要立即解聯。



上圖是 Low Voltage Ride Through 的曲線設定，很明顯的可以看到當 Event Duration(ex: 饋線電壓驟降之持續時間)，如果降的電壓大於橘色 P3-P4 線 level 且時間小於橘色 P4 點則此 DER must remain connected。不過如果電壓降的幅度太大，level 低於藍色 P3-P4 線且時間大於藍色 P2 點時，此 DER must disconnect。因此橘色及藍色電壓 level 如何去決定也是一個關鍵之處，定太高可能就沒辦法充分發揮 Low Voltage Ride Through 之功能，定太低的話可能會失去對 DER 設備保護作用。



上圖是電壓驟降測試波，可以用來測試 Smart Inverters 在具有 Low Voltage Ride Through 功能之後是否真能確實依照曲線設定進行並聯/解聯作業。



上圖則是 High Voltage Ride Through，當遇到高電壓突波時該如何因應，何時要持續並聯，何時要解聯，與 LVRT 互相對應。特別要注意的是電壓的升降除了會觸發 LVRT/HVRT 外，也會同步進行 Volt-Var control，因此不同 Function 之間的運作如何協調好也是一個需要實驗及探討的課題。

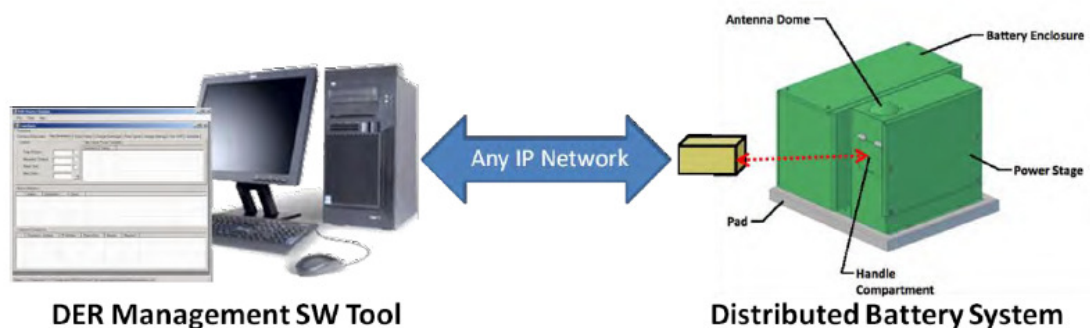
由於 Common Function for SmartInverters 共有二十多種之多，在此介紹其中七種，剩下的功能如下所示：

1. Frequency Watt Function
2. Priced-Based Charge/Discharge management Function

3. Watt-PowerFactor Function
4. Priced or Temperature Driven Function
5. Dynamic Reactive Current Support Function
6. Real Power Smoothing Function
7. Dynamic Volt-Var Function
8. Peak Power Limiting Function
9. Load and Generation Following Function
10. Time Adjustment Function

這些功能都是 Brian 主導美國電力公司與製造商共同討論出來之 Use Case，加州方面電力公司已經計畫分三階段進行將傳統 Inverter 全面提昇至具有「Smart」等級之 Inverter。這是一個不簡單的工作，除了 inverter 製造商必須配合之外，還必須要開發出符合規範之 DERMS(DER Management System)才能夠管理這些「Smart」inverters。

(三)EPRI DERMS 介紹~DER Master station~

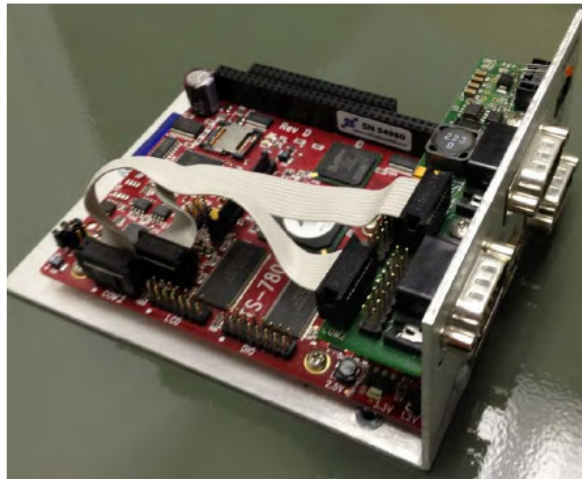


上圖是 Brian 主導開發出來的 DERMS 離型系統，這個工具遵循 DNP3

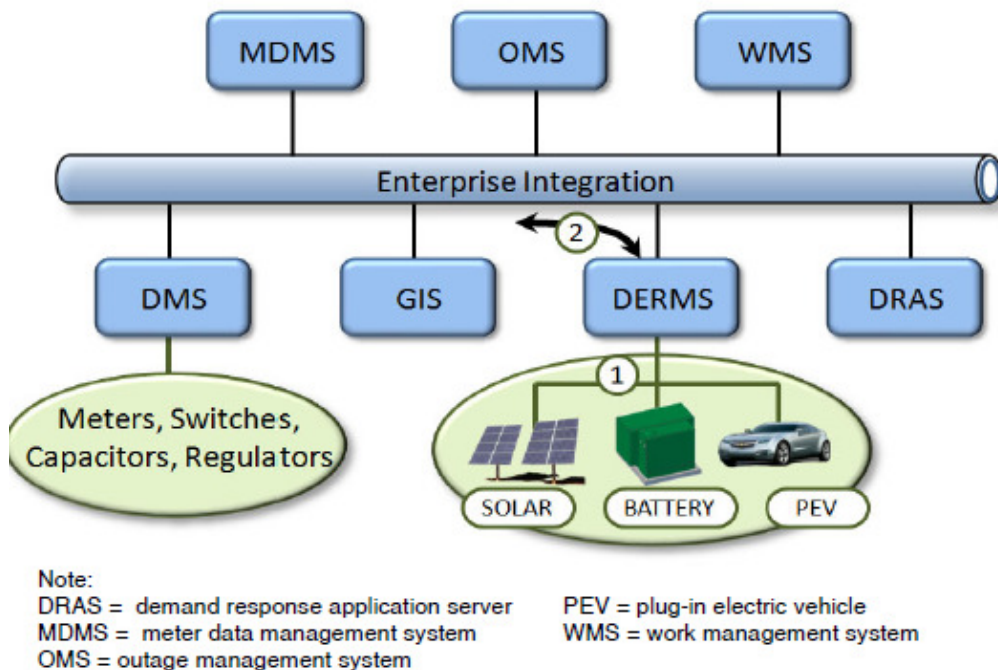
AN2013-001 DNP3 Advanced Photovoltaic 通訊協定與現場一台儲能設備進行資

料監控及交換。由於兩年前並沒有任何一台儲能設備內建有 DNP3 功能，因此為了實作好此系統(DERMasterStation.exe)

，必須請儲能設備廠商開發一個中介設備來作為內部 Modbus 及外部 DNP3 的 Gateway，也就是開發一個 communication adaptor，如下圖：

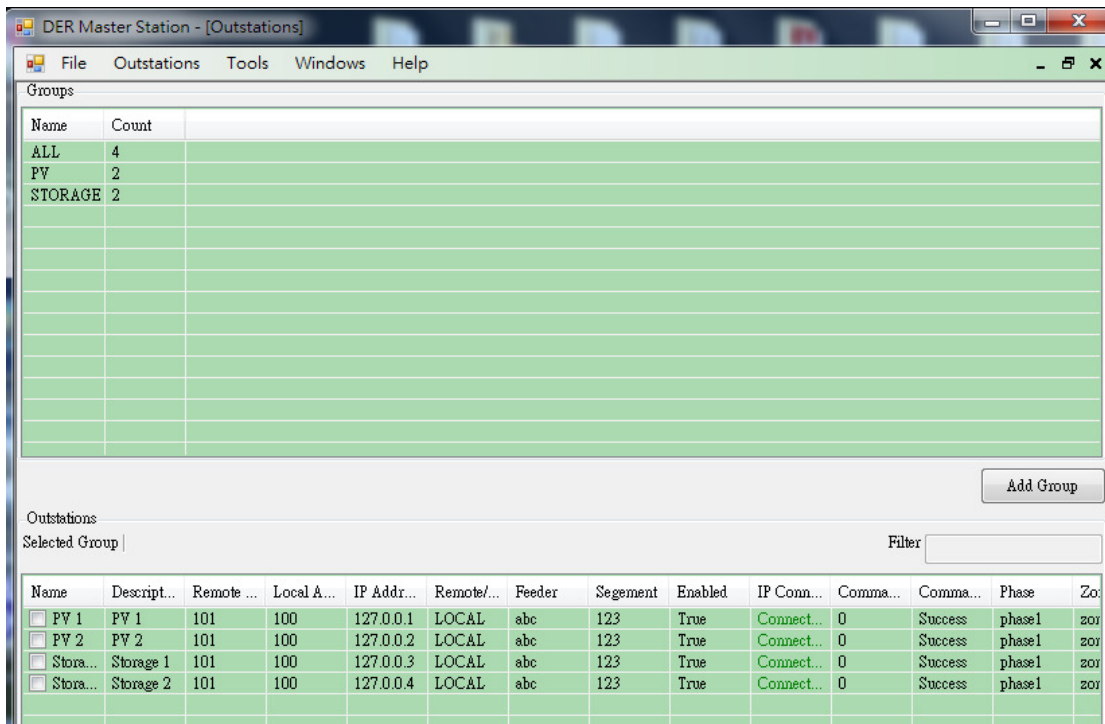


DERMasterStation.exe 這個 DERMS 雛型系統目前還只是一個 tool，未來這個系統將會升級成符合 CIM 規範之 DERMS，藍圖如下所示：

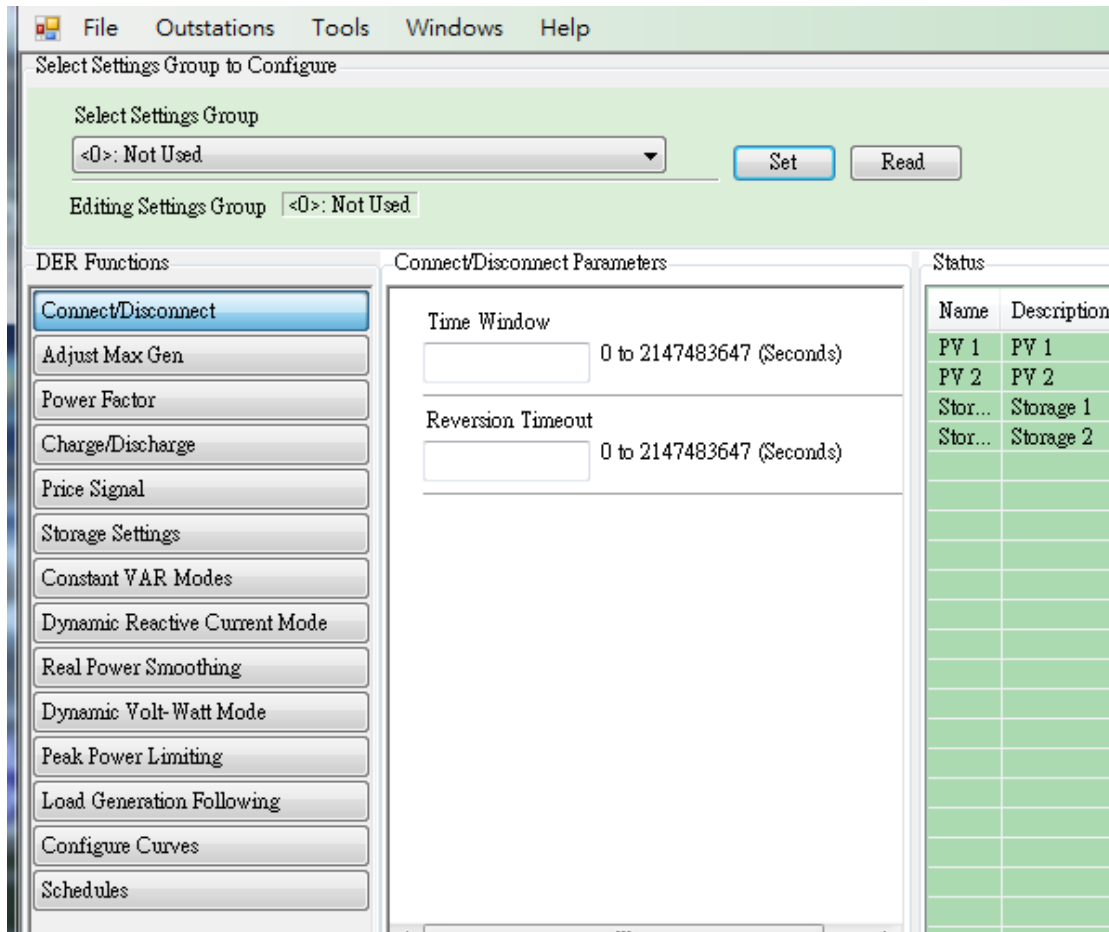


從 EPRI 的 DERMS 藍圖中可以得知，中間的企業匯流排就是架構在 CIM 上，

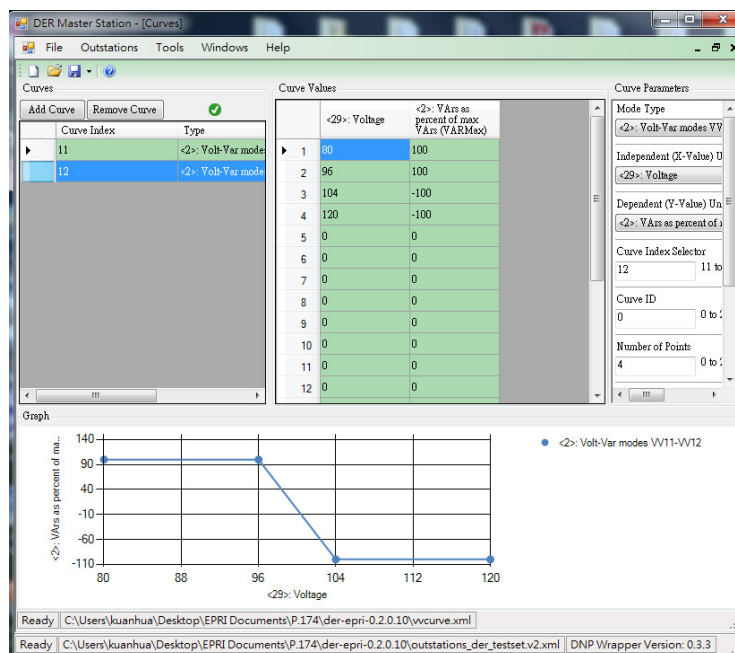
EPRI 的 CIM 是由 P.161 成員在主導，由於 DER 系統是很新的應用，所以與 DER 有關的 CIM 模組必須重新進行規範。DERMS 目的是用來管理所有再生能源現場設備，而 DMS 等系統則可以透過企業匯流排向 DERMS 下達命令，讓調度作業從變電所、饋線可以擴展到 DER Inverter 上。



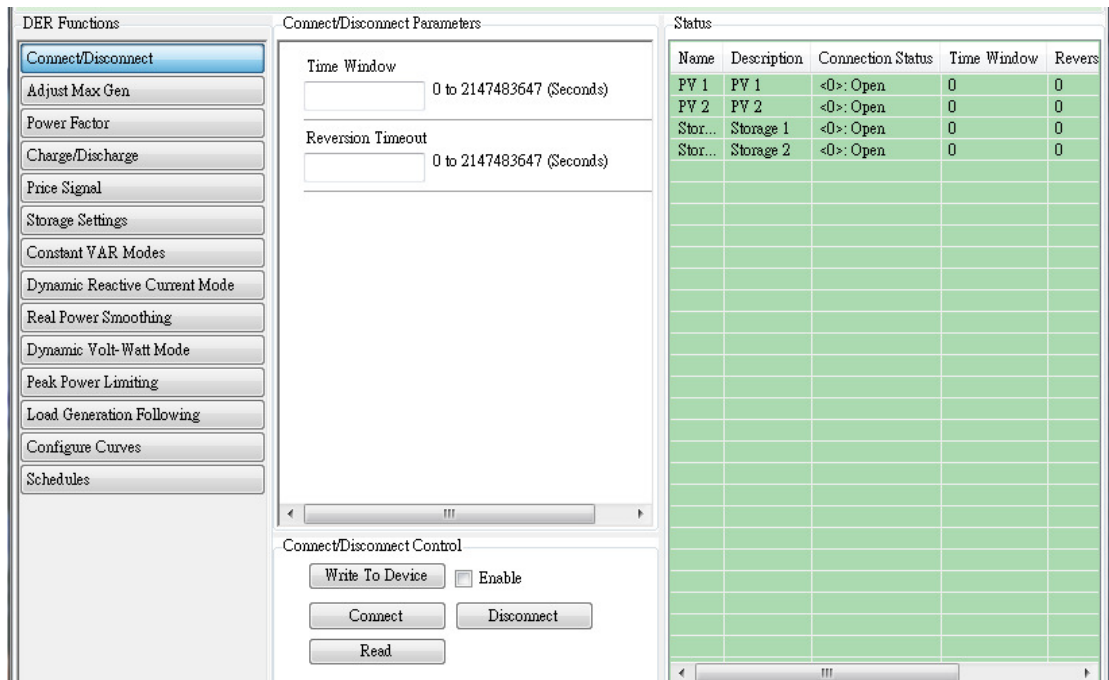
上圖是 DERMasterStation.exe 系統介面，裡面目前透過模擬器連接至 PV1、PV2、Storage1、Storage2 共四台 DER。由於是跑 DNP3 over TCP/IP，所以可以透過網際網路 IP 去連接遠端的 DER 設備。接下來點選選單中的 Function 清單可以看到目前此系統所支援的 Common Functions：目前已實現了 14 種功能，如下圖左側所示，基本上這 14 種功能應已足夠應付現階段 Smart Inverter 的眾多高階需求。



此系統也內建好曲線管理功能，如下圖所示，可以自訂曲線矩陣數對並且自動產生折線圖，完成曲線之後就可以把這些數對透過 DNP 通訊協定傳送到 DER 設備之 AO 點上進行套用。



以最基本的 Connect/Disconnect 來看(如下圖)，只要設定好參數 Time Window 和 Reversion TimeOut 即可點選 Write to Device 按鈕去執行命令。裡面所有 Function 都有其特定參數要設定，必須依據 DNP3 AN2013-001 DNP3 Advanced Photovoltaic 這份文件的規範去實作。因此，未來只要有任何一個廠商宣稱已經完成 Smart Inverter 功能時，就可以用此 DERMasteStation.exe 程式去進行遠端連線及功能測試，驗證設備是否確實遵照 DNP 規範去實作出高等 Function。



DERMasterStation.exe 程式是未來要實作出 DERMS 的最重要基石，有了此雛型才能夠讓各個 Inverter 製造商有一個依歸，未來開發的 Inverter 就是要能夠與此程式進行互通。此程式 EPRI 會以 Open Source 方式公佈，未來的系統開發商及 Inverter 製造商如果雙方都能夠拿到此原始碼並以此為雛型去進行商品開發的話，可以預期的是未來彼此產品的相容性勢必很高。

四. IEC 61850 資料通訊技術研究

(一)前言～背景說明～：

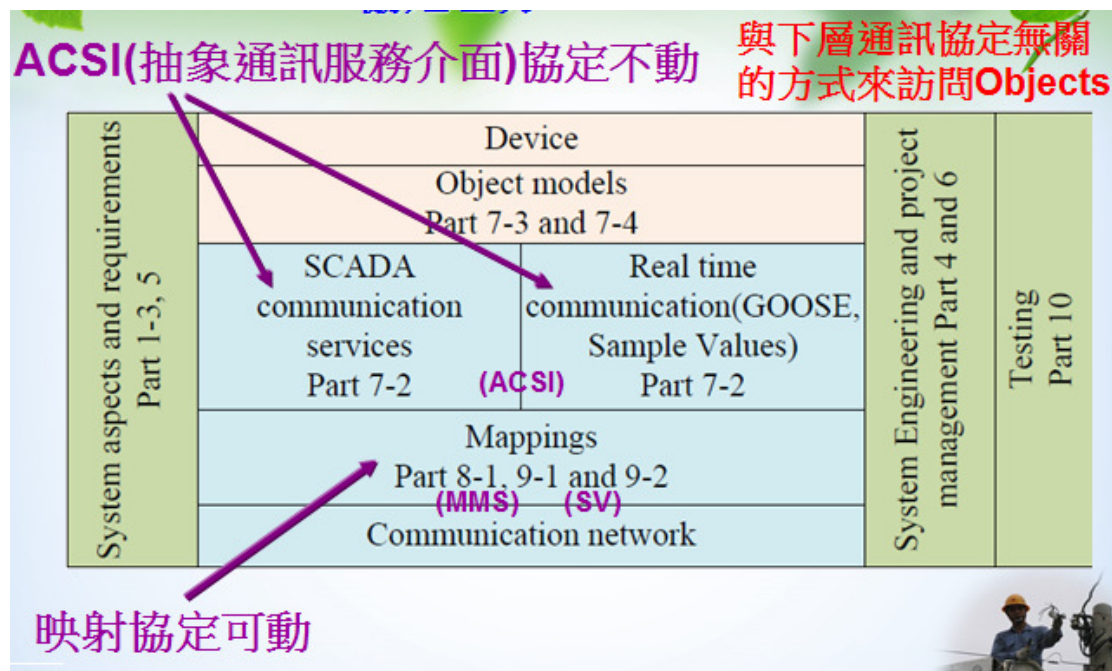
與 DNP 資料通訊協定相比，IEC 61850 除了有與其對等之 MMS 通訊協定外，還另外具有 GOOSE、SV 及 GSSE 等通訊協定，用以規範 IED 間及與數位 CT/PT 能透過乙太網路來實現即時資料傳輸及事件交換。除此之外，IEC 61850 如同 IEC 61970 一樣也引進了 UML 物件塑模概念，創造了邏輯節點等物件來虛擬化 IED 所具有的任一種功能。IEC 61850 有別於以往自動化通訊協定如：Modbus、DNP... 等，首度大規模地將 IT 產業這十幾年已發展成熟的諸多系統設計方法論引進自動化產業來，這對原本已熟悉傳統自動化技術之廠商及學習者來說都是一大挑戰，而物件導向塑模觀念則是 IEC 61850 之重要關鍵所在(而非底層封包格式定義)。

(二)IEC 61850 通訊架構：

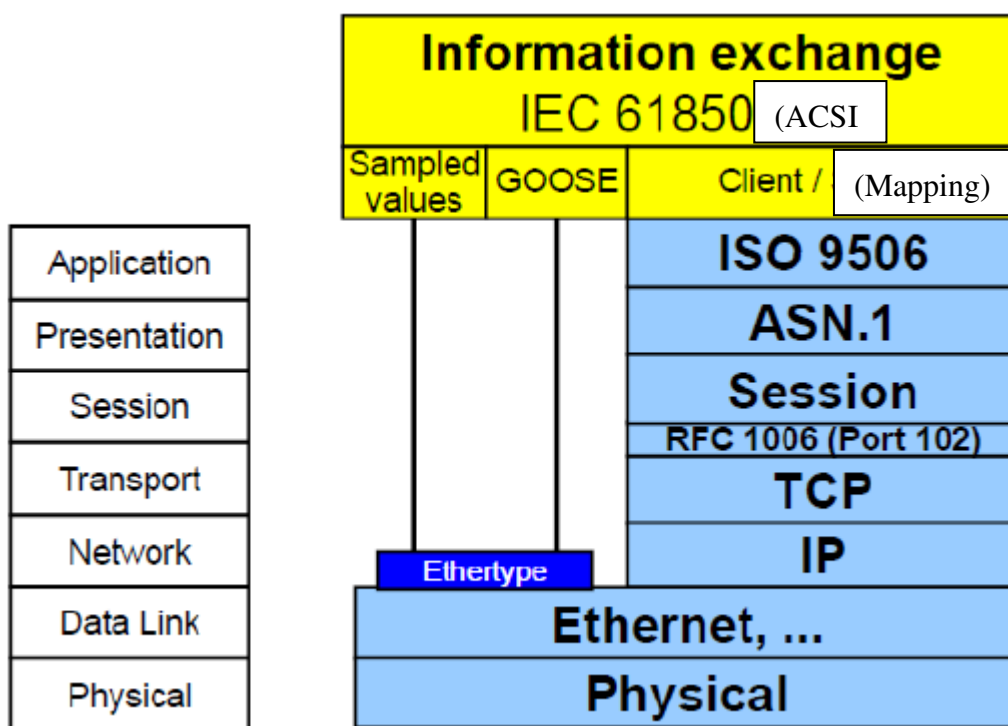


由上圖可知 IEC 61850 是一個龐大的協定體系，除了通訊協定規範之外還有資料模型、自定義描述檔和抽象服務介面等協定。其中最特殊的通訊協定規範是 GOOSE 和 SMV，前者是作為 IEDs 之間的即時資料交換協定，後者則是作為

數位 CT/PT 與 IEDs 間的數據收集協定。傳統變電所內部保護設備與 CT/PT 是採用硬體佈線方式作為資料交換管道。而新一代的變電所智慧型 IED 及數位 CT/PT 等設備各自內建有 Ethernet port 及 Fiber port 供外界存取，而透過網路交換器就可以把傳統硬體佈線 Mesh topology 改成 Star topology，如此一來對於新增或維護變電所 IED 保護設備就會變得簡單許多。



上圖是 IEC 61850 協定體系以堆疊的方式來呈現，為何 61850 可以講說用一個標準來統一所有的底層通訊協定(Communication Network)的關鍵處就在於 ACSI(抽象通訊服務)是固定統一的，不管下層遇到何種通訊協定只要規範好 Mapping 即可讓上層模型資料進行資料傳輸，因為上層應用只會面對 ACSI 而不會面對 Mapping，所以對應用程式角度而言，不論底層如何改變，自己本身程式都不會受到任何影響。



上圖是 IEC 61850 主要三種通訊協定架構，對照網路七層架構可以瞭解到 SV 和 GOOSE 協定是跑在 Ethernet 上傳輸資料，由於規定在網路上傳輸封包之 delay-time 要壓縮在 4ms 以內，因此使用之網路交換器就需要更高的效能以及使用 Vlan tag 進行優先權管制。而在此處傳統 client-server 是架構在 ISO 9506(MMS)-Manufacturing Message Specification 下，也就是訊息封包的格式規範，MMS 是工業界專為傳送 SCADA 資料而設計之規範，如果採用 MMS over TCP/IP 的話就意味著 IEC 61850 上的 LN(Logical Node)和其 Dataset 等資料結構就必須先轉成 MMS 的資料格式，再透過 TCP 去傳輸。而架構在 GOOSE 等通訊協定上的就是 ACSI(抽象通訊服務介面)，主要作為以下功能的服務介面：

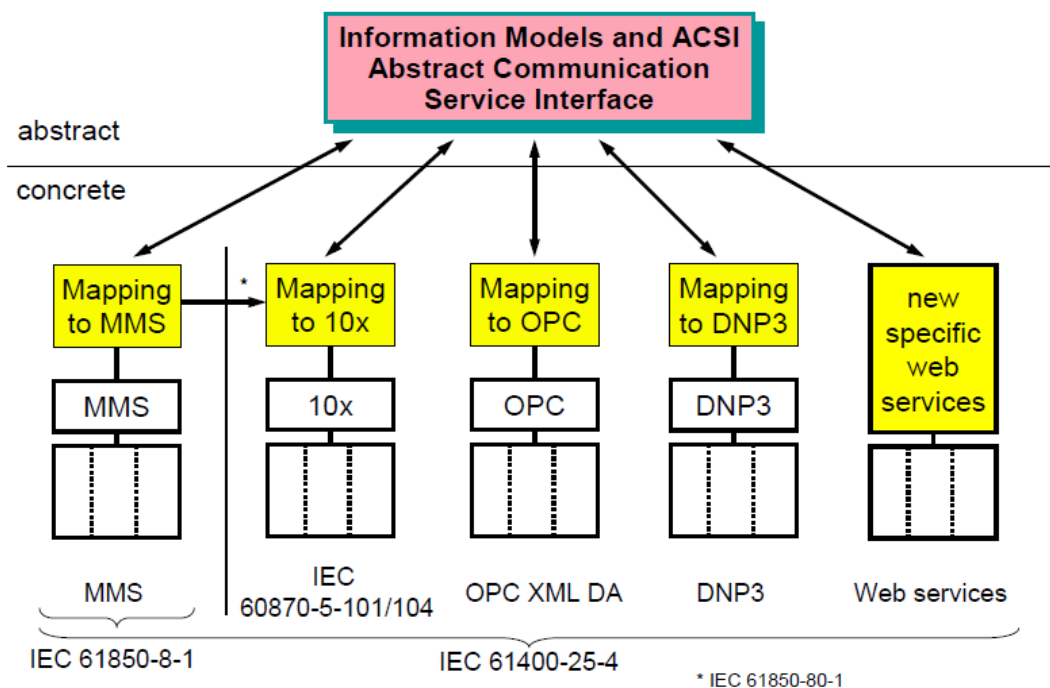
- (A) 底層 real time 資料與上層應用程式之交換與檢索
- (B) IED 設備控制功能
- (C) 事件報告與日誌

(D) 發佈與訂閱

(E) 設備自定義描述介面

(F) 文件傳輸介面

在上圖中的 client/server 這一方塊有個很重要的觀念就是與其他通訊協定的 mapping，IEC 61850 不僅僅是可以 Run 在 MMS 上，它還可以透過實作好這一方塊內的映射協定來進行拓展，如下圖所示：

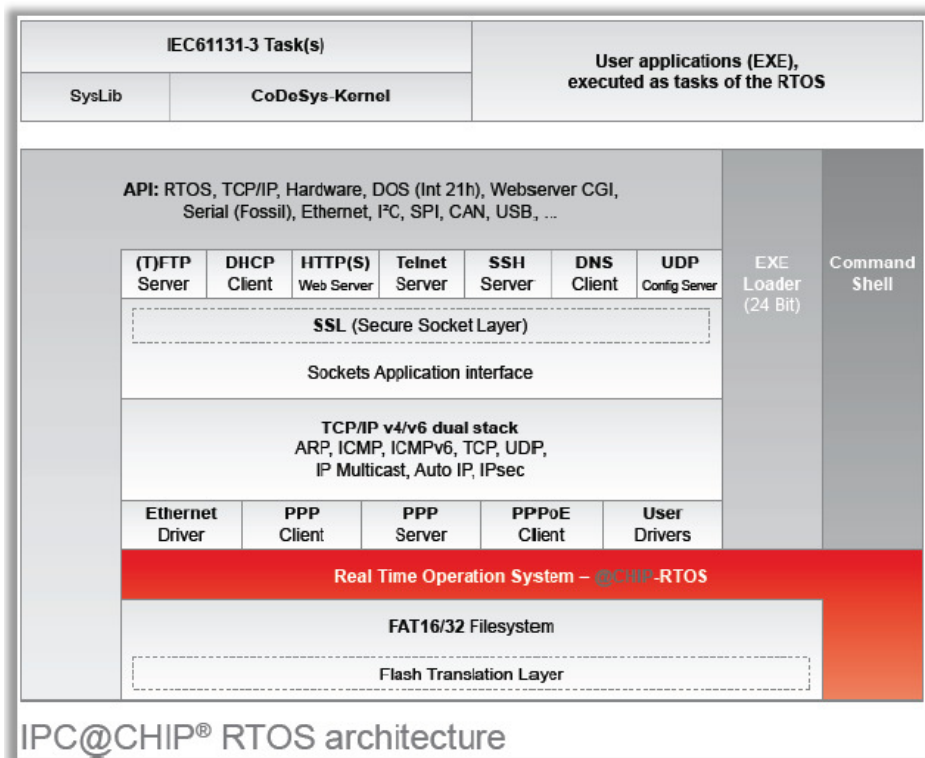


由上圖可以得知 OPC、DNP 和 Web Service 等 Client-Server 協定可以透過此層 Mapping 而與 IEC 61850 ACSI 連結起來。換句話說，使用 IEC 61850 之控制中心系統可以依此架構整合許多不同通訊協定之設備及系統進來，以達成一個世界、一種技術、一個標準。不過以現階段來看，IEC 61850 有完整的變電所設備物件模型，DER 再生能源的物件模型也正在進行中，而網路上也有文章在探討著將饋線設備塑模成 IEC 61850 物件。未來可以密切觀察 IEC 61850 的物件

模型發展，如果模型種類一直擴展就代表 IEC 61850 自動化範圍就會越大。

(三)IEC61850@Chip：

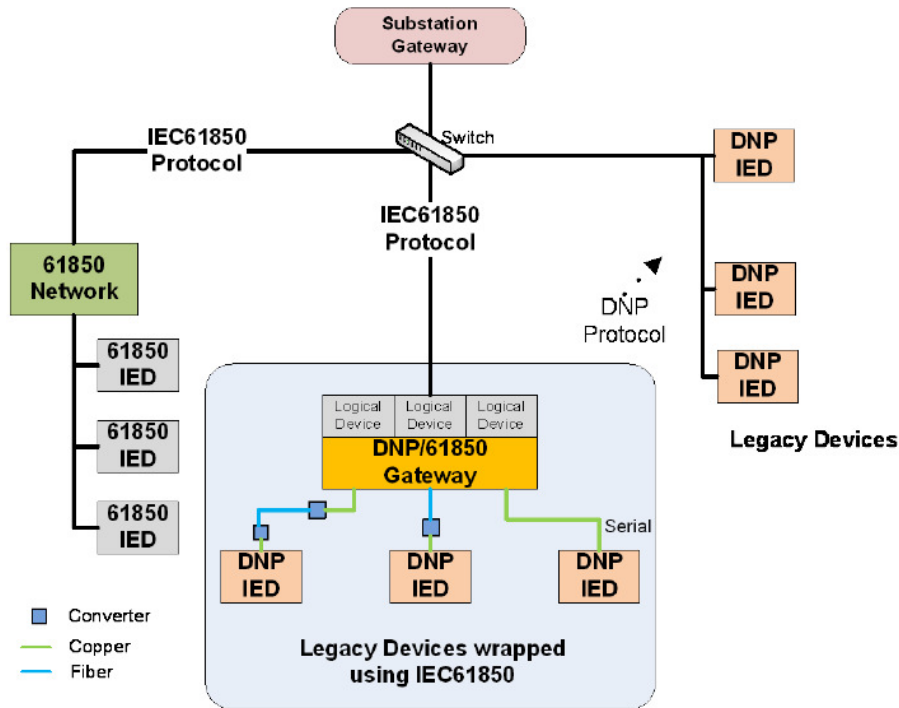
德國 Beck 公司發展出一個 SOC(system on chip)，裡面是一個嵌入式 Linux 系統，因此除了基本的 TCP/IP 皆已具備外，還內建有 IEC 61850 Library，有此晶片問市，發展監控設備就會非常便利。



上圖是 Beck 利用其 SOC 所出的 IEC 61850 轉 IEC 60870-5-104 之 Gateway，裡面除了內含 SIM 卡可進行無線通訊外並且具有兩種不同協定轉換之功能，由

於是歐洲公司所以並不是轉 DNP 而是轉 IEC 60870，不過由此產品問市可以得知目前通訊產品技術之精進。

(四) IEC61850 與既有 DNP 系統之並存：

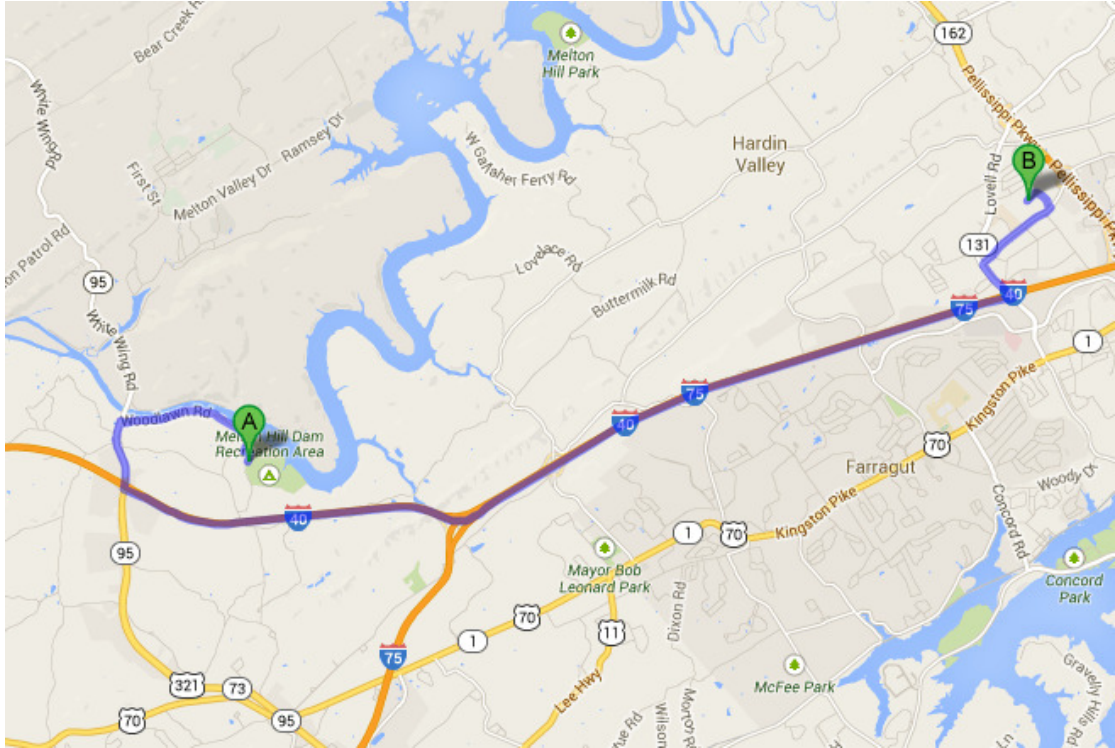


上圖是 EPRI 所繪之架構圖，當變電所內有 DNP 及 IEC 61850 設備時，只要將 Gateway 實作好的話(實作在變電所對外通訊端或在 IED 端)，仍然可以讓不同協定彼此共存下去。未來估計現有的變電站設備仍然可以持續運轉十幾年甚至要到二十幾年，因此如何讓不同的協定能夠共存也是一個很重要的研究課題。

五、TVA Melton Hill 再生能源示範場介紹

(一)前言～背景說明～：

Melton Hill Dam(大壩)位在田納西 Oak Ridge 南邊，如下圖：



EPRI Knoxville office 是在上圖 B 點，而 Melton Hill Dam 則是在上圖 A 點。這個大壩是 Tennessee Valley Authority(TVA)田納西河谷管理局的一個水力發電廠，也是一個風景區。為了推廣再生能源所帶來的節能減碳等好處，TVA 委託 EPRI 在 Dam 附近實作一個示範場域，該場域建有多個太陽能板、風力發電機、電動車充電站及家庭綠建築。所有再生能源全部與市電併接，並在網際網路上對外公開一個監控系統，讓所有人可以即時瞭解到大壩附近的所有再生能源此時此刻的發電量及累積發電量為何，在網頁上提供再生能源效益分析，透明公開的資訊是該系統最大的特點。

(二)Melton Hill Dam 再生能源環境及設備介紹：



Melton Hill Dam 附近環境非常優美，周圍是一整片綠色草地及樹木。



首先看到的是一座太陽能面板及電動車充電站。這個電動車充電站充滿著灰塵和蜘蛛網，猜想應該很少有電動車會開來這個風景區遊憩。



從下往上拍太陽能面板，非常美觀且很具有特色。



用太陽能面板做一個涼亭，視覺感也是非常不錯。



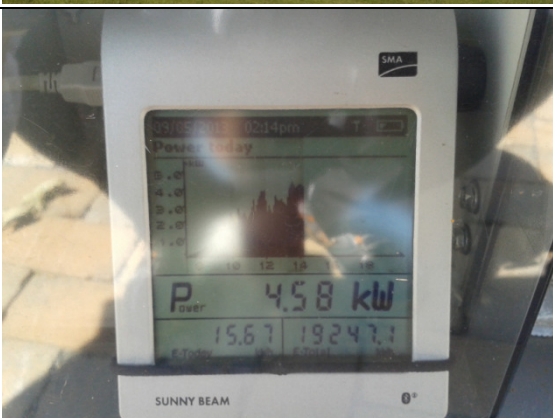
涼亭旁邊就是一堆電錶還有監控及網路設備。



涼亭的太陽能板下裝了一個有天線的箱體，猜想應該是利用低功率射頻網路將監控資料傳回系統



在涼亭旁邊的草地斜坡上也裝有三具太陽能面板，特點是完全看不到明線連接，這是使用無線網路的好處，不會破壞美觀。



透明面板上有一台單色 GUI 用來顯示裝置用電量。



涼亭旁邊有一個迷你的發電機，不過完全沒有在轉，風力很小。



在河岸邊也有一個用石磚疊起來的太陽能面板涼亭。

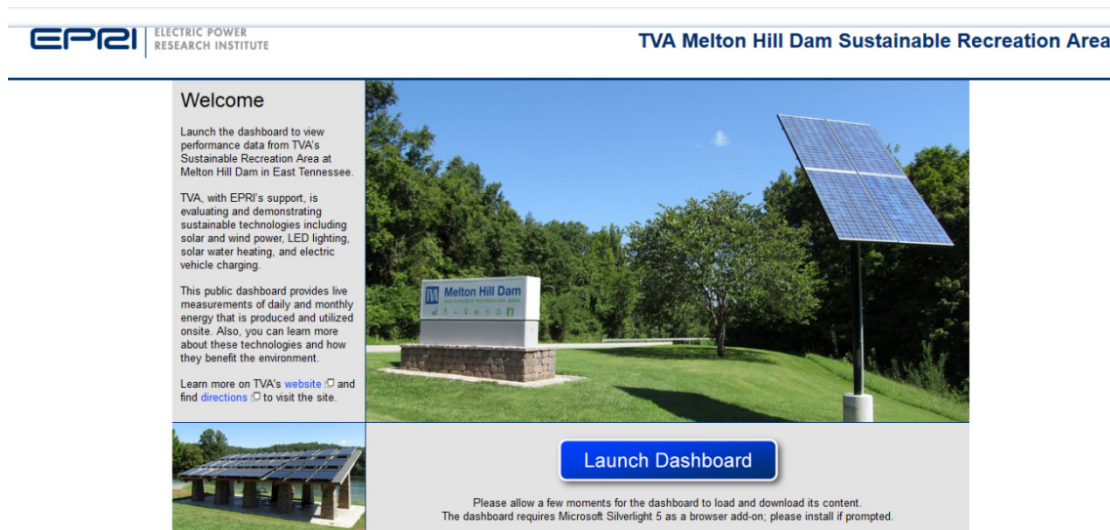


在石磚太陽能板涼亭下非常舒適

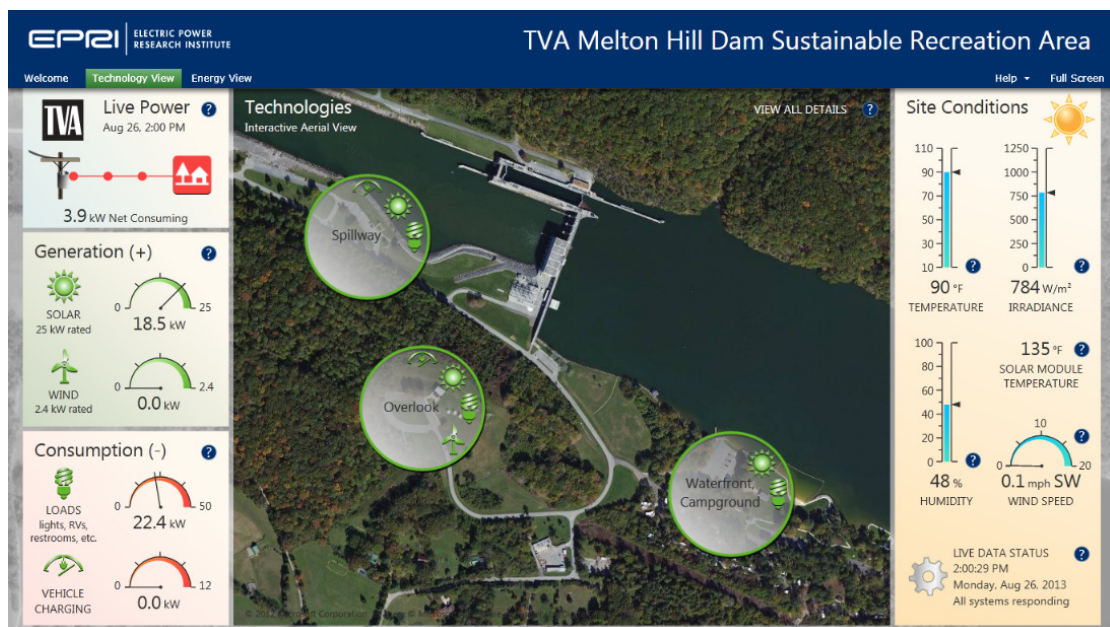


在石磚太陽能板涼亭下有六台收納設備。

(三) Melton Hill Dam Dashboard(系統監控畫面)：

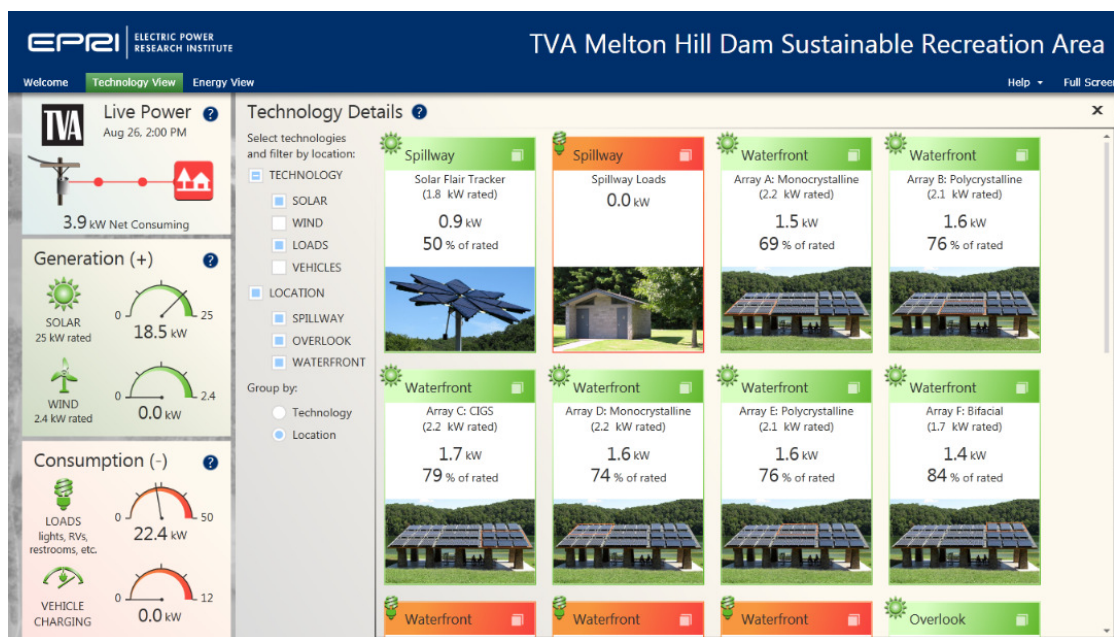


上圖是 TVA Melton Hill Dam 的系統監控入口網站，由於系統放在網際網路上，因此全世界任何人都可以連進來觀看。此系統所使用的程式設計技術讓我感到非常熟悉，和開發饋線調度輔助查詢系統的技術一樣都是使用微軟的 Silverlight 技術，不過此系統更進一步地應用在 SCADA 資料收集上。



TVA Melton Hill Dam 的 DER 設備分佈在附近三個區域，spillway、Overlook and waterfront campground。左上角為 Live Power 用電顯示狀況，線段上如

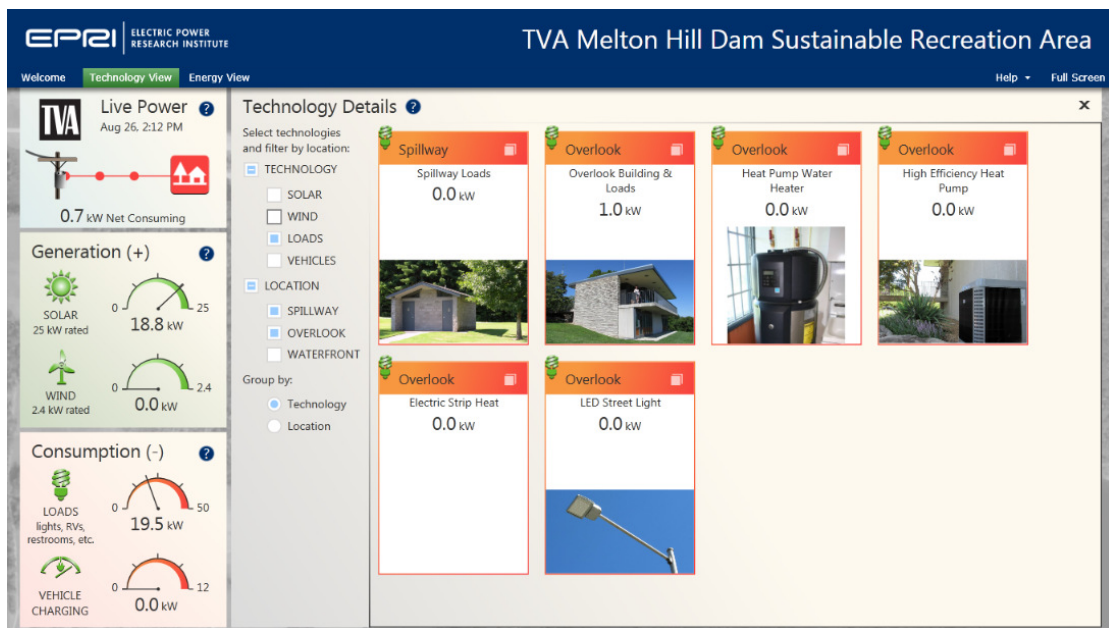
果是紅色就代表目前這個區域的用電消耗過大，DERs 無法應付，所以必須由市電所提供；線段上如果是顯示綠色就代表這三個區域的 DERs 經過 local 負載消耗後還可以回饋給饋線多少電量。左下方中間方框顯示的是目前 Solar 及 Wind 所產生的電量，此值會受到太陽光及風力大小而動態改變其發電量。左下方最下面方框則是顯示一般負載消耗量及電動車消耗量。右邊方框則是顯示環境的溫濕度及風力狀況。整體的介面設計非常的簡潔明瞭，讓現場再生能源的相關用電資訊以動畫及顏色顯示在頁面上。點選上圖中中間的任一區塊就會進入下圖 Technical Details 頁面。



上圖是 Technology Details 頁面，裡面將 DERs 分門別類以方便進行超連結索引，綠色代表設備在發電中，紅色代表設備在耗電中。DERs 索引可以選擇使用負載類別來分類，選擇用位置來分類，如此要查找特定一個 DER 的發電狀態就可以很快的調閱出來。從上圖任何一個 DER 點選進去後則會顯示更 Detail 的資訊，如下圖：

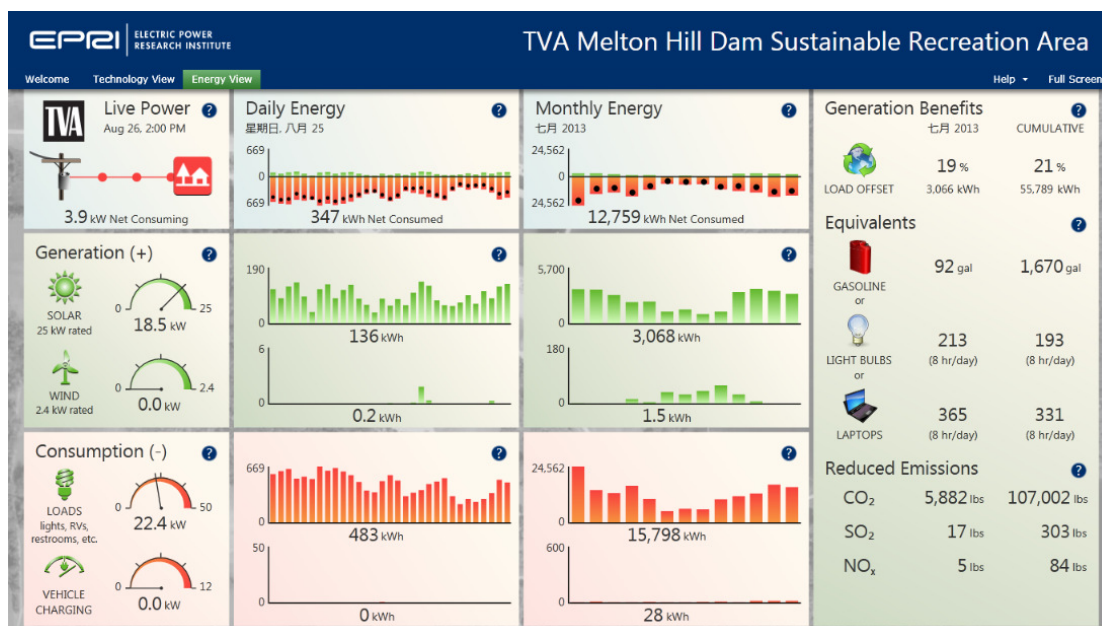


下圖的 Technology Details 頁面則顯示負載消耗區之資訊：



以上是 TVA 委託 EPRI 在 Melton Hill Dam 附近實作一個再生能源示範場，並且開發一套監控系統來監控用電量。這個專案由 Tom 團隊的一位 Project Manager 一手主導。當時我感興趣的地方在於這個系統是用何種通訊協定將現場 DERs 用電資訊傳送回來，經詢問這位經理後得知是使用 Modbus over TCP/IP with GPRS。由於 Brian 此刻正忙著和加州那邊的電力公司和業者共同討論訂定

PV inverter 的 common Function，所以合理猜測此刻美國應尚未有 PV Inverter 內嵌 DNP 3.0 或 IEC 61850 的成熟產品上市(應該正在研發中!)。目前要監控 DERs 最快的方式還是用自動化領域最熟悉的 Modbus 來實現，技術成熟且易於實作的 Modbus 仍是此刻監控遠端設備的最佳選擇。



上圖是我認為這個系統最令人稱讚的地方，就是不僅僅是監控用電資訊，還將用電資訊進行節能分析，有 Daily Energy 統計資訊，也有 Monthly Energy 統計資訊，統計 Net Consumed(饋線用電消耗量)。至於在上圖最右邊則是累積使用 DERs 所帶來的效益，從圖上可知累積至 2013 年七月這些 DERs 總共節省了 1670 加侖的汽油，193 顆燈泡的用電消耗(每天 8 小時的消耗)，331 台筆記型電腦的用電消耗(每天 8 小時的消耗)以及節省 CO₂ 量 107002 lbs、節省 SO₂ 量 3031bs、節省 NO₂ 量 84 lbs。此系統非常值得未來參考、學習！

六、EPRI 巴爾的摩 PDU 大會資訊分享

2013 年 EPRI 的 Power Delivery & Utilization(PDU)年度大會於巴爾的摩舉辦三天，會中邀請全世界各國與 EPRI 有合作關係之電力公司會員及廠商到場與會，各項計畫主持人於會中介紹其專案進度並收集來賓之回饋意見作為參考。

My Company Funding: Full Partial None

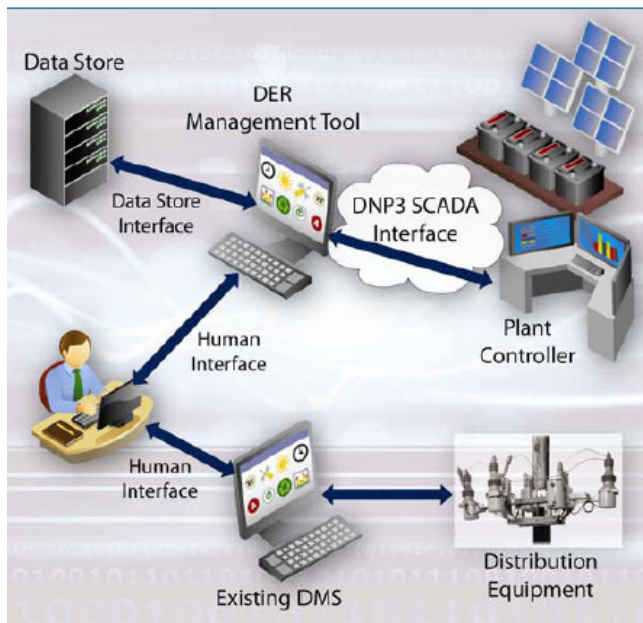
Number	Name	Funding	Favorite	Subscribe	Weekly
1	Power Quality	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Electric Transportation	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	Underground Transmission	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	Substations	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	Grid Operations	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	Grid Planning	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60	Electric and Magnetic Fields and Radio-Frequency Health Assessment and Safety	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
103	Energy and Environmental Policy Analysis and Company Strategy	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
161	IntelliGrid	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
170	End-Use Energy Efficiency and Demand Response	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
173	Bulk Power System Integration of Variable Generation	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
174	Integration of Distributed Renewables	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
180	Distribution Systems	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
182	Understanding Electric Utility Customers	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
183	Cyber Security and Privacy	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D_SG	Smart Grid Demonstration	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



[View All Program Cockpits](#)

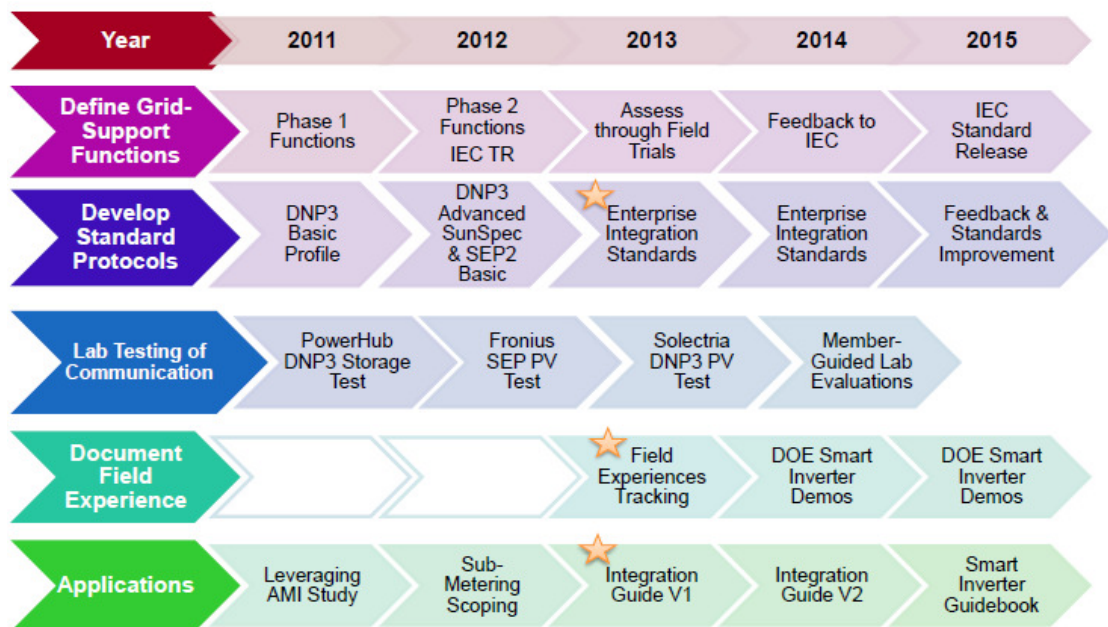
上面是 EPRI 入口網站我的最愛清單，可以將任一計畫加入自己所屬的登入帳號，以方便尋找該計畫的最新訊息，Funding 中圈圈如果是全黑代表此計畫旗下的 A、B、C... 等分項專案公司全部都有加入，圈圈只有一半的話代表只有加入部份專案。從上圖可以看到 Tom Key 所主持的 P.174：Integration of Distribution Renewables。其他還有 P.161：IntelliGrid、P.183：Cyber Security、P.170：End-User Energy Efficiency & Demand Response... 等。接下來介紹在 PDU 大會上所接觸到的第一手資訊：

(一) Brian 主導的 DERMS 發展計畫：



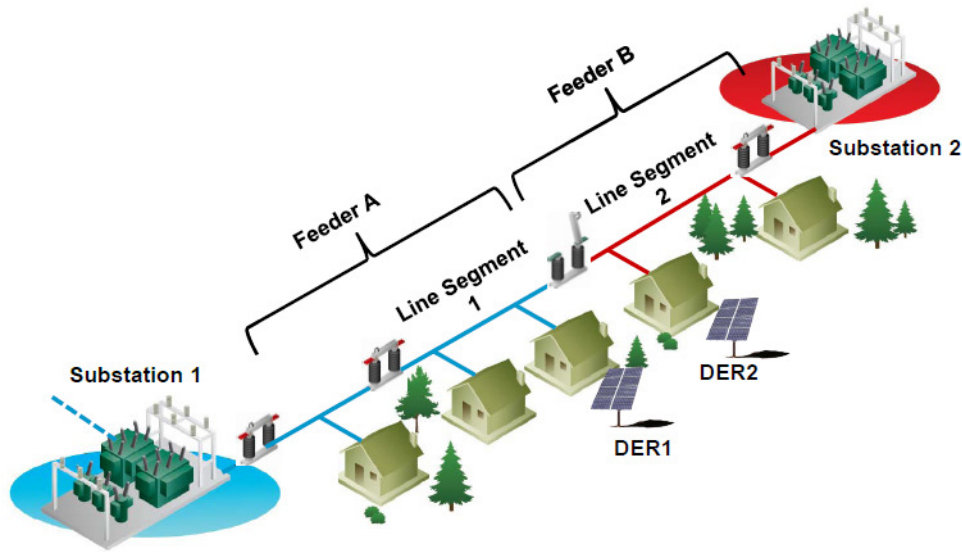
由此圖可以得知 EPRI 主推 DNP 3.0 作為監控 DERs 之通訊協定，並且致力開發基於 CIM 之 DERMS，以期能夠與既有 DMS 溝通。

EPRI 高等 Inverter Function 及通訊發展計畫如下所示：



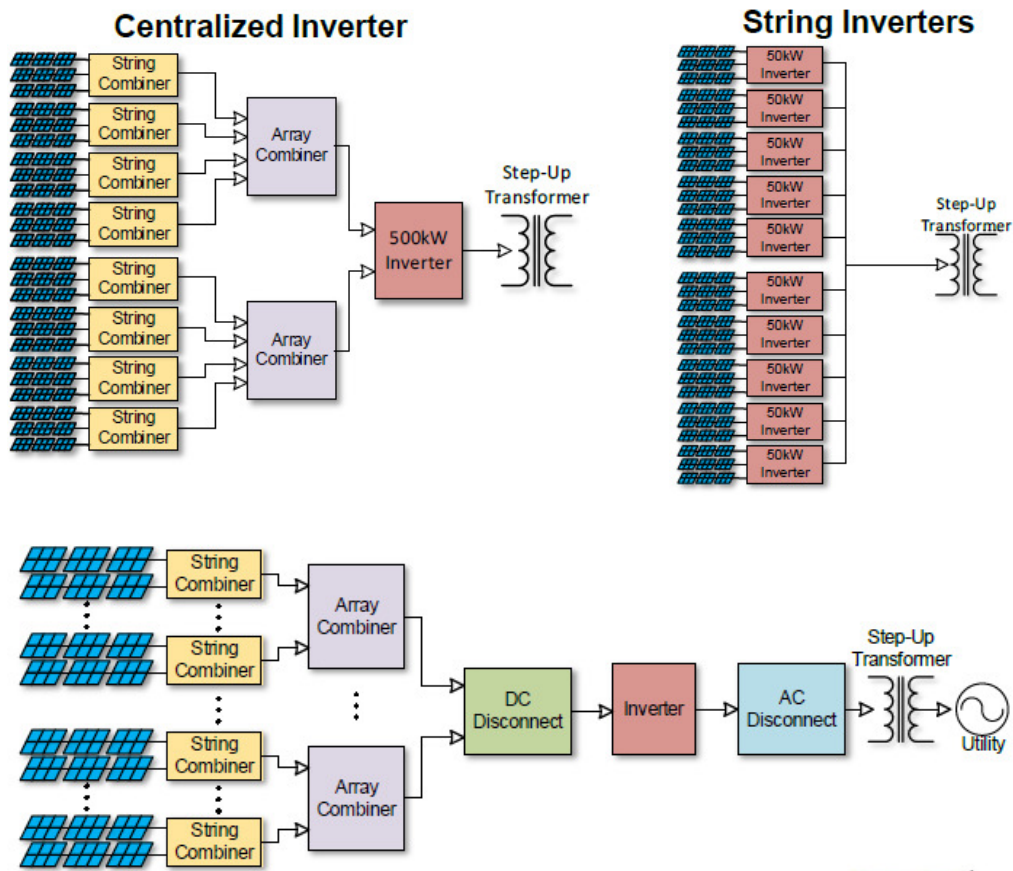
上圖是 5 年發展計畫，從中可以知道 EPRI 研究制定的一些技術和經驗都會 feedback 給 IEC 或其他 DNP 組織參考。

(二) 設計 DERMS 時會遭遇到最大問題：



以上圖兩饋線供電所產生的 Line Segment1 及 Line Segment2 來說，DER1 可能在某一時段處在 Segment1 而在下一時段就會因為轉供而處在 Segment2，同理 DER2 也是如此。因為 DER1 和 DER2 的 Inverter 具有電壓調節功能(如：Volt-Var Control)，因此內部的曲線參數都是根據所屬饋線及用戶負載特性所量身訂做，當 DMS 系統操作常開點開關而將 FeederA 全部轉給 FeederB 時，就代表 DER1 被切過去 FeederB，故 DMS 必須通知 DERMS 這項訊息，而由 DERMS 遠端下達曲線修正命令給 DER1。由此可知，未來 DMS 與 DERMS 的關係是會非常密切的，其實如果不把上述邏輯作成自動操作執行的話，未來調度員就必須手動介入作業。此外，DMS 面對的可能是一組 DERs，也就是說，DMS 下命令可能是對同一組多個 DERs 下指令，而 DERMS 接收到 DMS 傳來命令後分別對所屬 DERs 下控制命令。

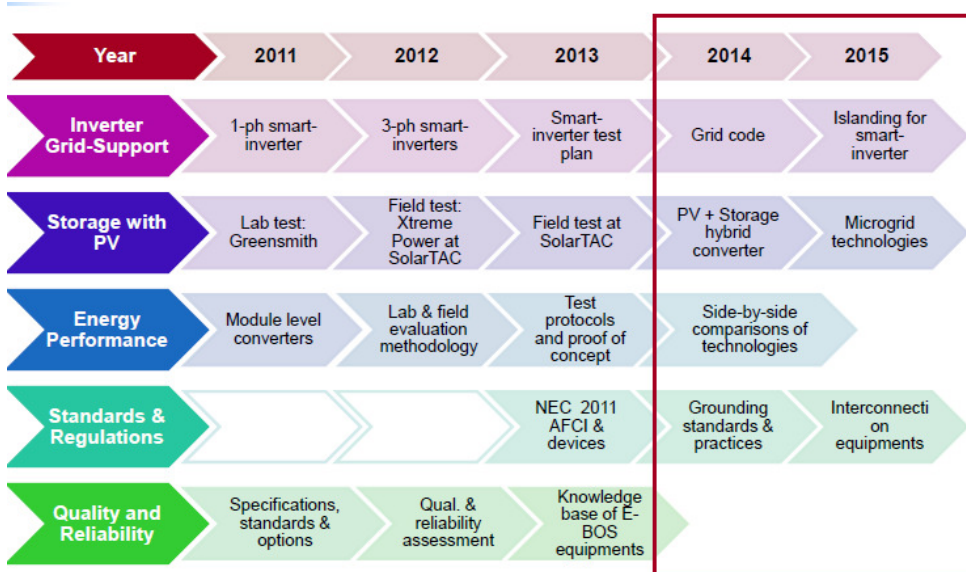
(三) Smart Inverter 研究計畫：



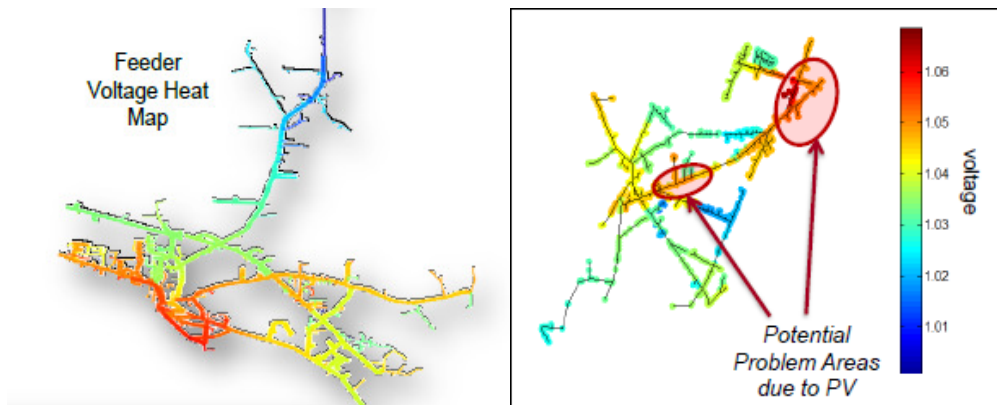
上兩圖是從 EPRI 對於 Smart Inverter 所做的一些相關研究簡報中擷取出

來，這部份牽涉到使多電力電子技術，P. 174 對此的研究計畫如下，

Inverter 的 Grid Code 預計於 2014 年完成。



(四) DER hosting capacity analysis :



P. 174 目前正在著手進行將 OpenDSS 模擬出 DERs 電壓變動率後，將結果以線段顏色標示在 GIS 上，紅色區段代表熱區，不建議將 PV 併接在此區段上。剛到 EPRI 實習時，Jeff 正在與一位工程師共同討論到有關這部份 GIS 程式設計技術，這個系統如果開發成功，並且允許能夠對外公佈在網站上時，將可以作為 PV 申請併聯用戶及業者與電力公司的溝通平台，饋線熱區(紅色顯示)就是不適合再新增裝設 PV 設備。

(五) EPRI 主導 CIM 系統之合作廠商及電力公司：

- Transmission / Market
 - Californian SO
 - China State Grid
 - CenterPoint
 - Cleco
 - Elia
 - ENTSO-E
 - ERCOT
 - NYISO
 - Oncor
 - Pacificorp
 - PJM
 - RTE
- Distribution / Back Office
 - AEP
 - CFE
 - Consumers Energy
 - DONG
 - DTE
 - ERDF
 - Pacificorp
 - Progress Energy
 - SCE
 - Seattle City Light
 - EWE

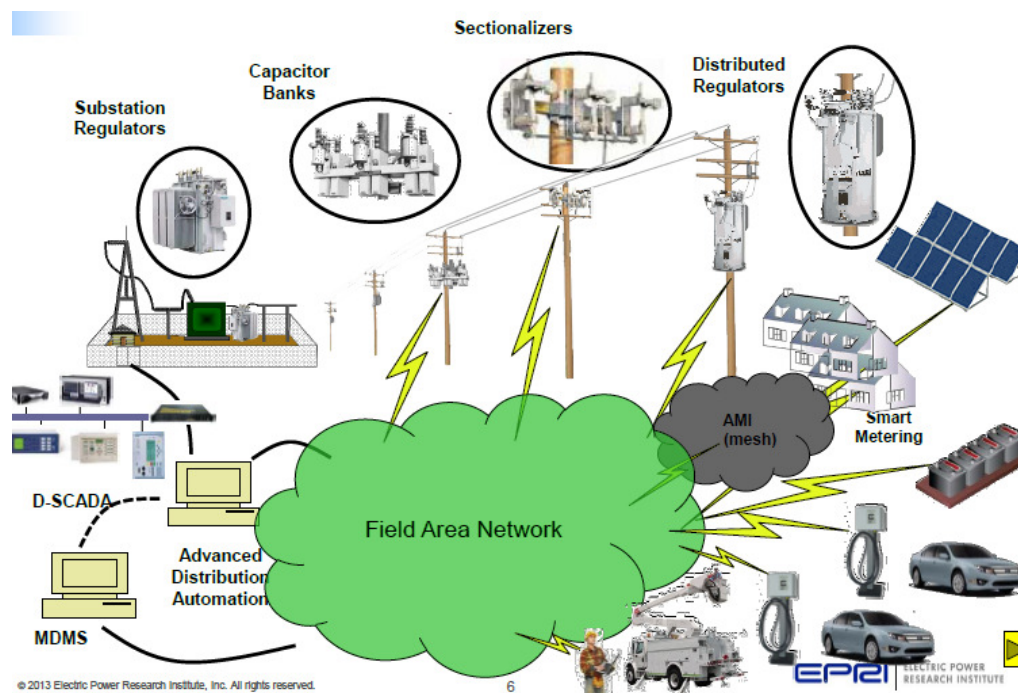
目前世界各國在推行 CIM 研究之電力公司如上圖所示，可分供電及配電兩

大區塊。

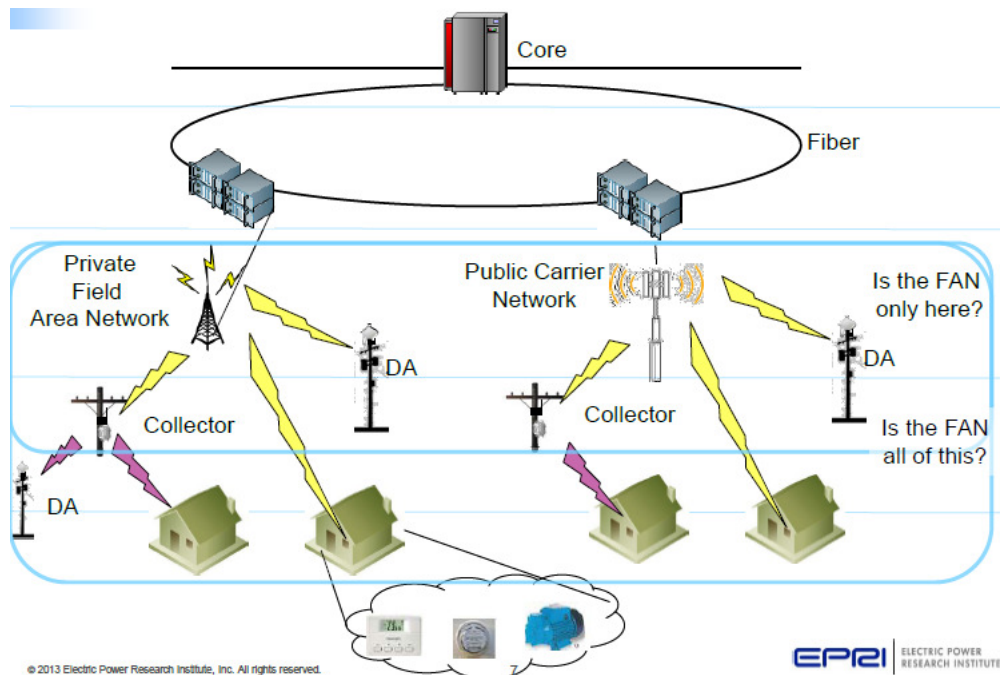
- ABB (EMS)
- Alstom (EMS and DMS)
- BCP (Network Analysis)
- CESI (Network Analysis)
- Cisco (Infrastructure)
- DigSILENT (Network Analysis)
- Ecologic (Meters)
- EdF (Tools)
- Elster (Meters)
- GE (Network Analysis and OMS)
- IBM (Infrastructure)
- Incremental Systems / PowerData (Network Analysis)
- Intercompro AG (Network Analysis)
- L&G (Meters)
- Langdale Consultants (Tools)
- Metlabs (Meters)
- Monitor Electric (Network Analysis)
- OPC Foundation (Tools)
- EPRI - OpenDSS (Network Analysis)
- Open Grid Systems (Tools)
- Oracle (Infrastructure)
- PowerInfo (Tools)
- Siemens (EMS, Meters)
- Siemens PTI (Network Analysis)
- SISCO (Tools)
- SNC Lavalin (Network Analysis)
- Sunflower Systems (Meters)
- SupeLec (Tools)
- Telvent (OMS)
- TIBCO (Infrastructure)
- Tractebel/RTE (Network Analysis)
- UISOL (Tools)

參與 EPRI Interoperability Test Plan 之系統開發商如上。

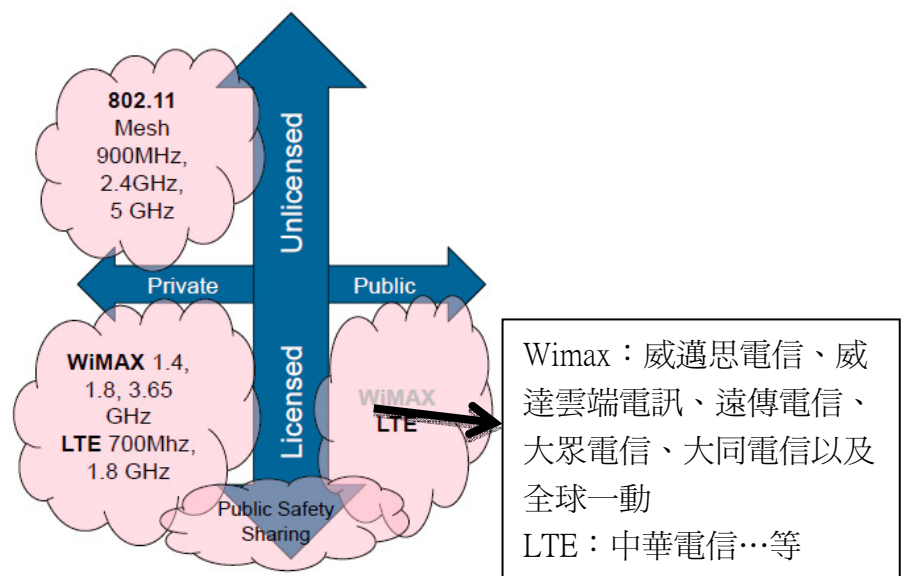
(六) Field Area Network(用戶端場域網路)



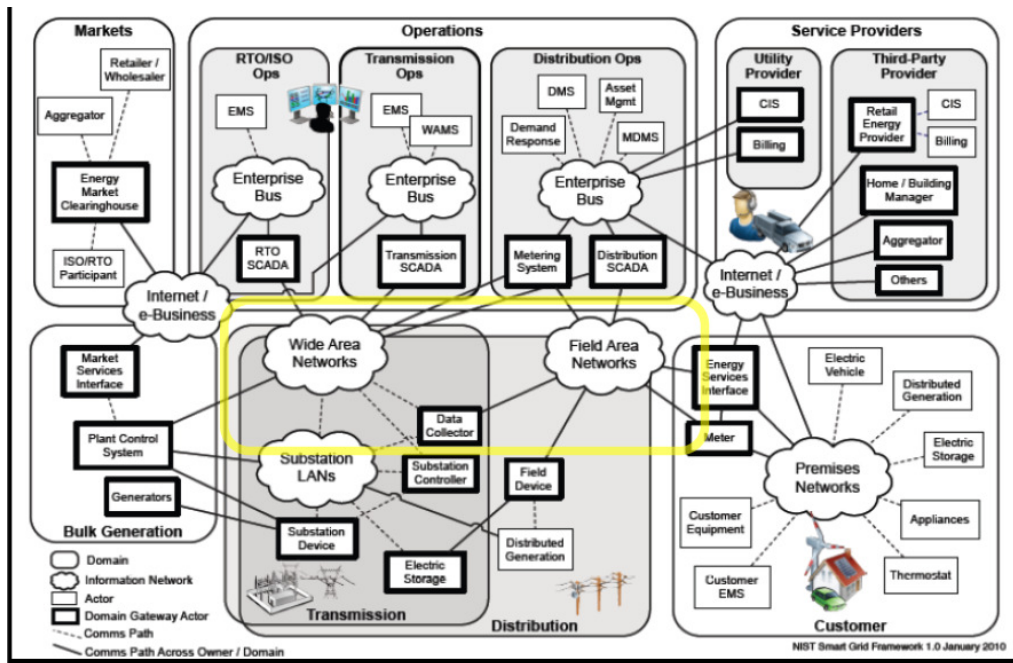
上圖為 FAN 之示意圖，透過無線射頻技術將 AMI、FTU、Electric Vehicle、PV Inverter、Smart Phone 等所有現場設備統一收納進來這個 FAN，然後再透過光纖網路將外點所有 FANs 全部收納回來控制中心，如下圖所示：



目前有三種主流技術可以實作 FAN，第一種為使用 LTE，也就是所謂的 3.5G、4G 技術，第二種為使用 Wimax 技術，第三種則是在無需 license 頻寬上自建 WiFi Mesh。前兩項技術必須透過向電信業者租賃網路，才能使用；最後一項則是必須自己佈建 Mesh 網路，例如台大的校園無線網路就是採用此項。



從上圖可以清楚瞭解到各項無線通訊技術之私有及公開頻段。

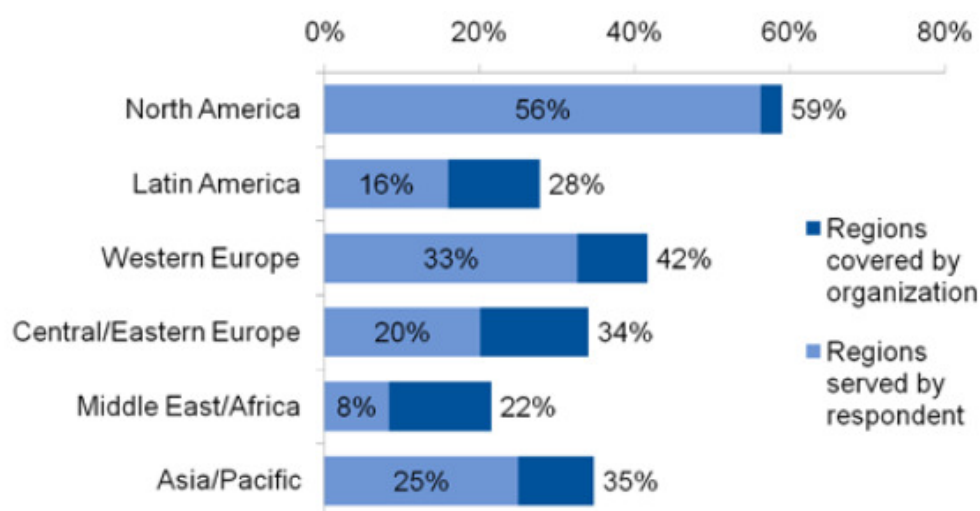


上圖是美國 NIST(National Institute of Standards and Technology) 所推薦之智慧電網通訊網路架構圖，可以發現裡面有很多雲朵，其中最重要之三朵雲為 Internet、Wide Area Network 及 Field Area Network。電力系統簡單可分為發電系統、供電系統及配電系統，從圖上可以發現所有系統都必須連上 Internet，用意何在？主要是為了要將內部作業資訊分享給外面用戶，以提高用戶對公司服務的滿意度。接下來第二重要的雲則是 Wide Area Network(廣義網路)，這個網路的用途簡單講就是把所有電力 SCADA 系統全部串接起來並且與 FAN 相連，主要的用意在於未來新的智慧電網應用服務可能必須透過很頻繁的資料交換，很難由單一系統資訊能夠完成，故所有發供配的 SCADA 系統都必須要有管道能夠允許彼此資料互相傳輸，這就是此處 WAN 的功能。而 FAN 則是電網通訊架構最後一塊拼圖。

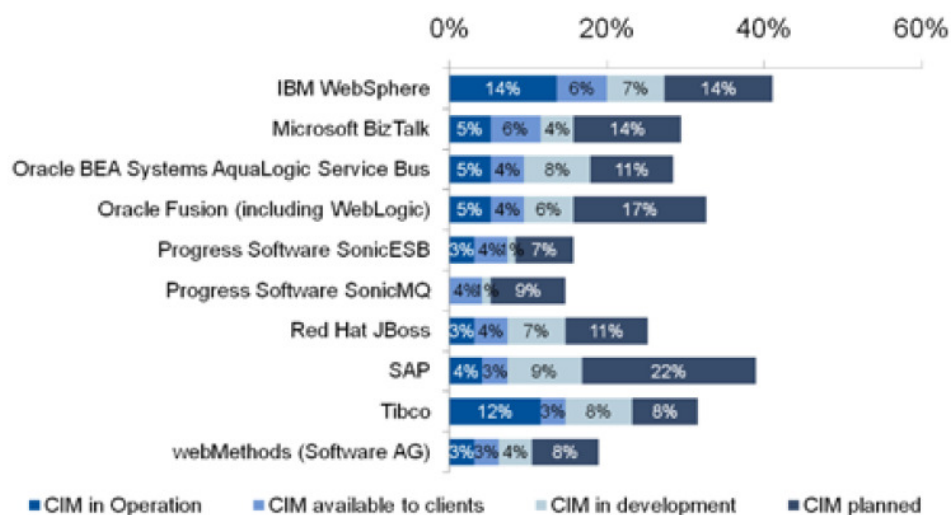
(七) 目前使用 CIM 之主流系統及使用公司

EPRI 於 2010 年曾委託 Gartner 公司調查各國 CIM 的使用情況，

以下是問卷分佈地區：



會採用何項 SOA 技術去實作 CIM 之企業匯流排，問卷結果如下：

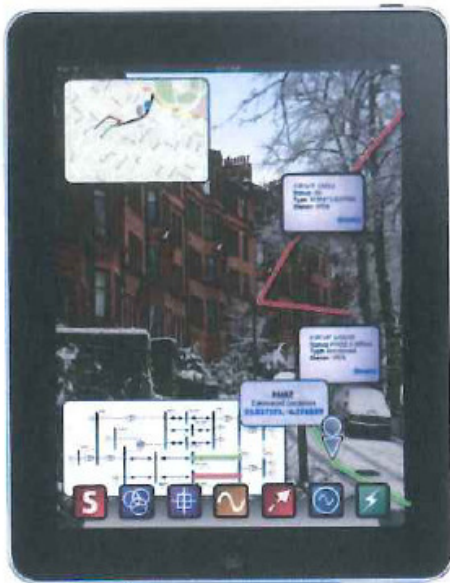


由上圖可以得知系統大廠所持有之 SOA 技術比較受到青睞。

- Oracle
 - Utilizing the CIM to create the Oracle Utility Data Model Solution.
 - Participated in the Interoperability testing utilizing the Part 9 (AMI portion of the CIM).
 - CIM Support in their NMS solution
 - Active member and participant in the CIM Users Group
- C3
 - Utilizing the CIM to create a Data Model and Exchange.
- Teradata
 - Utilized the CIM as a component in their data model.
- ABB Ventyx
 - Active member and participant in the CIM Users Group
- Schneider Electric DMS (formerly known as Telvent)

上圖為目前已實作出 CIM 之商用系統。

(八) Field Force Data Visualization



Conceptual model of a light weight, mobile data access platform integrated with numerous back office systems.

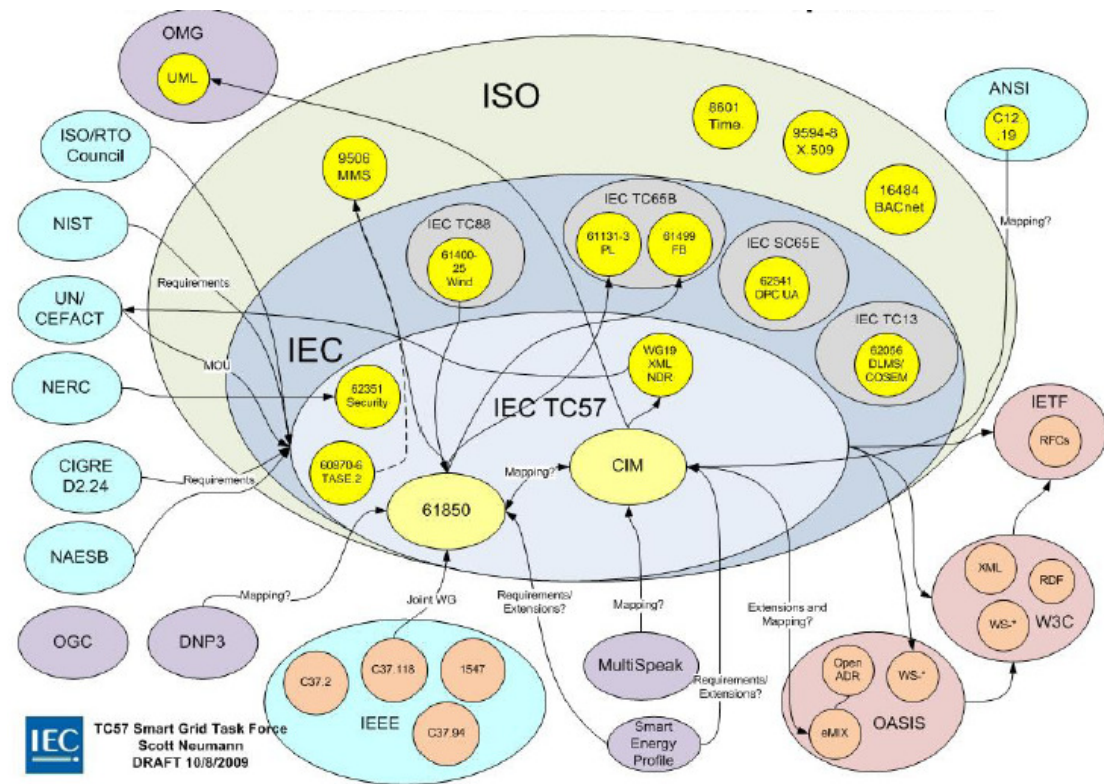
The Field Force Data Visualization project seeks to:

- Showcase the power of the Common Information Model (CIM) in reducing “vendor lock-in”
- Illustrate the immediate value of CIM
- Create a proof-of-concept as to what is possible in field force communications
- Demonstrate benefits in efficiencies and worker safety

EPRI 準備進行一項專案，打算讓 iPad 平板電腦連結 CIM 系統，進而下載饋線 GIS 資料給現場工作人員參考。進行這項專案的目的是在強調實作出 CIM 的話，可以帶來在異質平台之間進行資料互通性的好處：易於創造新的應用價值！

肆、建議事項

一、前言～背景說明～：

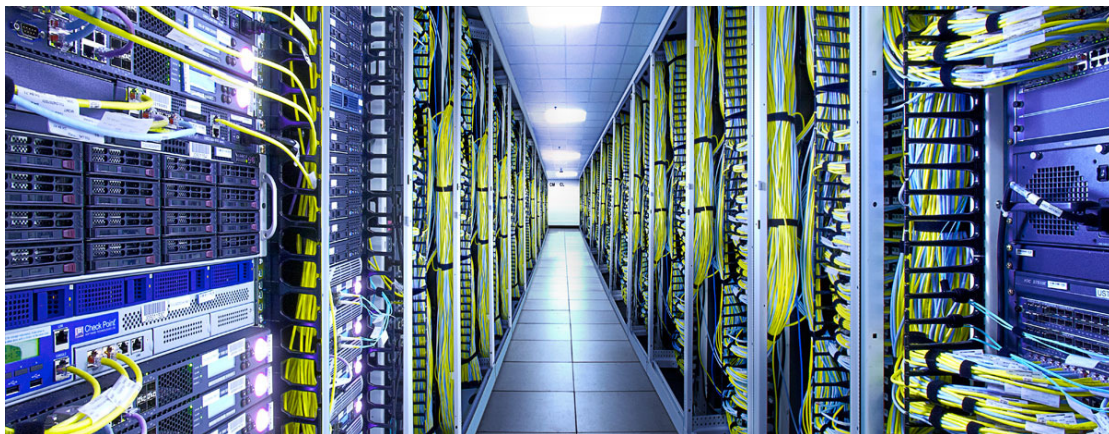


上圖是與智慧電網有關之標準體系，可以發現到 IEC TC57 佔了主要項目，另外也與 IEEE、OMG、ISO... 等組織所提的部份協定共同組成龐大的標準關聯圖。每一項標準都是非常的專業複雜，皆需特定領域的工程師去實作產品，特別是當牽涉到標準與標準之間的 mapping 時，更是需要時間和經驗的考驗才能決定該標準是否已進入成熟階段。以圖上來看，DNP3 mapping to IEC 61850 and CIM mapping with IEC 61850 是兩大特別需要注意之映射協定。下圖則是將上述多種協定以區域劃分的方式來進行了解，可以發現未來控制中心系統所扮演的角色會愈來愈吃重。



二、發展智慧電網所面臨之難題：

(一) 資訊系統分散式管理與集中式管理的抉擇：



上圖是 DataCenter(資料中心)的示意圖(取自 ABB 公司)，一個走道就有 22 個機櫃。桃園區處的資訊課機房共有 6 個機櫃、DDCC 機房也差不多 6 個機櫃、而饋自機房則有 12 個機櫃，總計 24 個機櫃，也就是上圖資料中心一個走道的機櫃數量。如果加上全省本島其他 20 區處的話，上圖資料中心就需要多增加 20 個走道嗎？很直覺會用數學加法來進行估算，但是在 IT 科技界並不是如此計

算，21 個走道的機櫃量，如果同時整併到資料中心的話，也許只需要不到 10 個走道的機櫃量，這是很有可能實現的，理由如下：

1. 伺服器運算效能的浪費：目前各區處一台伺服器大部分只裝一個系統，而該系統也許平均才耗掉 CPU 不到 10% 的效能，也就是說 90% 的運算能力是浪費掉了。
2. 作業系統的虛擬化功能：目前各區處一台伺服器才裝一個作業系統，有了虛擬化功能之後，一個伺服器就能夠裝多個作業系統，而多個作業系統上就能夠裝多個應用系統，因此可大幅減少購置伺服器的用量，也就減少機櫃的用量。
3. 系統的集中化：目前是一個區處一個系統，這是因為採分散式管理。如果採用集中式管理的話，所有區處共用一個系統或三個系統(看負荷量而定)依舊是可以運作的。一樣是一套 Oracle，你可以讓它只存一個區處資料，也可以讓它存全省區處的資料，對 Oracle 來說，只要伺服器硬體效能強大的話，海量的資料儲存對它來說並不是問題。
4. 系統高可靠性的建置：一般區處的系統都是單一系統，沒有辦法 365 天 24 小時全天候運轉，一定會遇到維護或事故停機維修的時候，但是如果採用磁碟陣列、系統叢集和資料庫的資料同步機制，可以實作出全年全天 24 小時不停機之運轉系統。
5. 資通安全的維護：分散式管理要進行資通安全的管控是比集中式管理還要來的困難，因資源的分散很難定一個制度要求所有機房管理一定百分

百的能夠確實做到。

(二)發展智慧電網將導致系統快速成長，系統管理人員工作將日益吃重：

在配電系統人力日漸緊縮的情形下，每開發一個資訊系統就能夠減少很多現場的工作人力並提升其工作效率。但是每開發或引進一個新系統後，管理系統的資訊人員實務上並沒有因為系統的增加而成長，在AMI、DPIS、DERMS...等新系統的引進，而舊系統DMMS、FDSC、DDCS等也必須有所因應改良的情況下，很可能就要將系統維護管理工作進行外包，如果一個系統就採一個維護外包來計算的話，每年花費的金額將會非常可觀。相反的，如果進行集中式管理的話，資源全部集中，將有利於培植智慧電網相關之資通訊專業人才並將系統維護外包金額降至最低，更有利於未來技術創新及經驗傳承。如同伺服器效能浪費一般，目前分散在各區處的資訊專長人員其能力並沒有使其最大化，其工作時間大部分只用來解決區處員工文書軟體、3270連線及印表機問題，專業能力並沒有100%地充分發揮。

(三)智慧電網之相關技術比辦公室自動化技術更加艱深、複雜：

此次去EPRI接觸到的眾多Technical Reports都讓我感覺到每門技術的博大精深，此次接觸到的技術如IEC 61850、IEC 61970、OPC UA、Common Functions for Smart Inverter、OpenDSS...等每一項技術都令人非常的敬佩及敬畏。筆者學習並從事資通訊技術領域工作已近10年，涉獵的IT技術也是非常眾多，但是像智慧電網這般複雜、龐大的技術體系，卻是前所未見。一個人若能夠專精上述任何一門技術的話已是非常難得，幾乎很難完全瞭解上述所有技術。相

反地，如果在辦公室自動化(OA)領域，要培養一個人完全瞭解資料庫管理、網路管理、程式設計和資通安全管理技術等，實務上是不難辦到的。智慧電網所帶來的電力自動化因牽涉到電力技術與資通訊技術的整合，再加上 IEC 等眾多協定規範，建議將全公司的所有資訊專業人才(資訊系統、供電系統、配電系統)整合起來共同面對智慧電網所帶來之衝擊。因應智慧電網所需之集中式人力、物力管理應是決定未來能否很順利推動智慧電網的一個重要關鍵因素。