

出國報告（出國類別：實習）

電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：吳清章 電驛經理
劉子賢 策劃專員

派赴國家：德國、瑞典

出國期間：103 年 10 月 5 日至 18 日

報告日期：103 年 12 月 23 日

出國報告審核表

出國報告名稱：電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合

出國人姓名 (2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
吳清章 劉子賢	電驛組經理 策劃專員	台灣電力公司高屏供電區營運處 台灣電力公司供電處
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：103年10月5日至103年10月18日 報告繳交日期：103年12月23日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input type="checkbox"/>	<input 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" 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：吳清章 (103.12.23) 單位：電驛組經理
 劉子賢 (103.12.23) 主管：策劃專員
 蕭勝任 (103.12.23) 主管處：電驛組經理
 李河樟 (103.12.26) 主管：副處長
 李專總 (103.12.26) 副總經理：總經理
 張簡敏 (103.12.25) 副處長
 石吉亮 (103.12.26) 副總經理
 莊光明 (103.12.30) 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：電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合

頁數 76 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) 23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

吳清章/台灣電力公司/高屏供電區營運處/電驛經理/(07) 3214110

劉子賢/台灣電力公司/供電處/策劃專員/(02) 23666578

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103年10月5日至103年10月18日 出國地區：德國、瑞典

報告日期：103年12月23日

分類號/目

關鍵詞：IEC 61850、智慧電網、保護電驛、變電所自動化、網路備援(Network Redundancy)、非傳統型儀器變壓器(NCIT, Non-Conventional Instrument Transformer)、電子式比壓器(EVT, Electronic Voltage Transformers)、電子式比流器(ECT, Electronic Current

Transformers)、羅柯夫斯基線圈(Rogowski Coil)、共同資訊模型(CIM, Common Information Model)、調度中心監控管理系統(SCADA/EMS/DMS)

內容摘要：

本次出國計畫任務為「電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合」。本報告內容係將此次在德國Siemens公司及瑞典ABB公司實習，觀摩新一代電力調度自動化系統建置或規劃概況及電力調度自動化系統與智慧電網相關應用之整合與保護技術，另蒐集歐洲地區對於IEC61850在變電所自動化等相關應用及未來發展等相關技術內容及經過作一紀錄。

本報告分七大部分：

第一部分 說明出國目的。

第二部分 出國行程說明。

第三部分 研討 IEC 61850 在變電所自動化系統的應用。

第四部分 說明 NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 在先進 GIS 自動化變電所之整合應用。

第五部分 共同資訊模型(CIM, Common Information Model)。

第六部分 調度中心監控管理系統(SCADA/EMS/DMS)。

第七部分 本次出國心得與建議事項。

目次

壹、 前言與目的	6
貳、 出國行程說明	7
參、 IEC 61850 在變電所自動化系統的應用	8
一、 IEC 61850 通信協定	8
二、 IEC 61850 分層式架構與資料模型	11
三、 IEC 61850 資料傳遞方式	15
四、 IEC 61850 SCL 工程專案規劃與執行程序	18
五、 網路備援(Network Redundancy)機制與架構	22
肆、 NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 在先進 GIS 自動化 變電所之整合應用	30
一、 非傳統型儀器變壓器(NCIT, Non-Conventional Instrument Transformer)	30
二、 羅柯夫斯基線圈(Rogowski Coil)	31
三、 ABB 公司 GIS ELK-CP3 內建最新的感測器技術(ECT 和 EVT)	33
四、 NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 在自動化變電所 之整合應用	38
伍、 共同資訊模型(CIM, Common Information Model)	41
一、 統一塑模語言(UML, Unified Modeling Language)	42
二、 類別圖(Class Diagram)	42

三、 類別之間的關係	45
四、 可延伸標記式語言(XML, eXtensible Markup Language)	49
五、 CIM Profiles 的使用	51
六、 CIM 相關標準	53
七、 CIM 資訊交換原理	56
陸、 調度中心監控管理系統(SCADA/EMS/DMS)	61
一、 系統架構及其應用	61
二、 新一代監控管理系統特點	64
三、 監控管理系統未來發展趨勢	65
柒、 心得與建議	72

壹、前言與目的

因應大量再生能源導入與節能減碳世界趨勢，世界各國將現行電力網路再提升為「智慧電網」(Smart Grid)。智慧電網是現代化輸、配電網路，從發電端到用電端的所有設備利用感測和通訊技術建立起一套完整資訊系統，藉由資訊、通信與自動化科技的整合分析，可達到電網即時監控功能，資源最佳利用配置，並建置具智慧化之發電、輸電、配電及用戶的整合性電力網路，強調自動化、安全及用戶端與供應端密切配合，以提升電力系統運轉效率、供電品質及電網可靠度。跨系統網路的資訊、通信與設備自動化整合技術，建立高度安全(security)、可靠(reliability)和高度可使用(High availability)的電網即時監控系統，為實現智慧電網的重要關鍵技術之一。

本次藉由實地參訪歐洲地區電力設備廠家 ABB 及 SIEMENS 公司，觀摩新一代電力調度自動化系統建置或規劃概況及電力調度自動化系統與智慧電網相關應用之整合與保護技術，蒐集歐洲地區對於 IEC61850 在變電所自動化等相關應用及未來發展，作為本公司規劃未來變電所自動化之參考，以維持本公司輸供電系統的高度競爭力。

貳、出國行程說明

本次出國實習電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合之相關技術，參訪對象為德國西門子公司及瑞典 ABB 公司，地點位於德國紐倫堡及瑞典韋斯特羅斯，為期 14 天，相關行程及工作內容如下：

日期	地點	工作內容
10 月 5~6 日	台北—德國法蘭克福—紐倫堡	往程
10 月 7~11 日	西門子公司(紐倫堡)	1. IEC61850 規範及調度自動化系統架構研討。 2. 保護電驛最新應用技術研討。 3. PRP/HSR 相關通訊技術研討。 4. IEC61850 測試中心參訪。 5. 西門子控制中心整合智慧電網相關技術研討交流。 6. 電網及配電管理系統實務研習。
10 月 12 日	德國紐倫堡—瑞典韋斯特羅斯	行程
10 月 13~16 日	瑞典 ABB 公司(韋斯特羅斯)	1. IEC61850 與變電所網路監控系統的整合應用研習。 2. 輸電系統保護及控制系統與智慧

日期	地點	工作內容
		電網整合運用研討。 3. 參訪 ABB Finnsletten 之電驛工廠和研發中心。 4. 共同資訊模型與智慧電網整合研討。
10 月 17~18 日	瑞典斯德哥爾摩—台北	返程

參、IEC 61850 在變電所自動化系統的應用

一、IEC 61850 通信協定

變電所自動化產業廠商，各自製定產品的通信協定，當監控系統需整合變電所各大廠商設備時，存在相關通信協定互連相容性問題，此時需發費甚多的人力、物力和時間來做不同通信協定間轉換，使得系統複雜度和建置成本增加，亦造成電力公司及自動化產業廠商在開發、使用和維護上的困擾。為解決此問題，有必要將目前眾多的通信協定標準化，因此代表歐洲地區的國際電工技術委員會(IEC)和代表北美地區的美國電力研究所(EPRI)共同會商研討，結合 IEC 60870、UCA 2 ... 等標準的優點及國際目標，訂定統一的國際標準通信協定 IEC 61850，使不同製造廠商設備和監控系統趨向統一化、標準化。當監控系統與相關設備整合時，能有共通語言，使不同廠商產品具有

互操作性(Interoperability)，並使維護簡單化、降低建置成本和未來擴充成本。

IEC 61850通信協定的全名為“Communication networks and systems in substations”，即「變電所內的通信網路和系統」，因此本標準所規範的系統建置架構、資料模型、資料傳輸編碼和建置流程等都是以變電所內的系統及設備為主。

IEC 61850-Ed.2標準主要包括下列內容：

- 第1部份:引言與概述(IEC 61850-1 :Introduction and overview)
- 第2部份:術語(IEC 61850-2 :Glossary)
- 第3部份:一般要求(IEC 61850-3 :General requirements)
- 第4部份:系統和專案項目管理(IEC 61850-4 : System and project management)
- 第5部份:功能和裝置模型的通信要求
(IEC 61850-5 : Communication requirements for functions and device models)
- 第6部份:變電所內與IED有關的通信配置語言
(IEC 61850-6 : Configuration language for communication in electrical substations related to IEDs)
- 第7部份:變電所和饋線設備的基本通信結構
(IEC 61850-7: Basic communication structure for substation and

feeder equipment)

◎ 第7-1部份：原理與模型(IEC 61850-7-1: Principles and models)

◎ 第7-2部份：抽象通信服務接口(ACSI)

(IEC 61850-7-2: Abstract Communication Service Interface, ACSI)

◎ 第7-3部份：通用數據類(IEC 61850-7-3: Common Data Classes)

◎ 第7-4部份：兼容邏輯節點類和數據類

(IEC 61850-7-4: Compatible logical node classes and data classes)

■ 第8部份：特定通信服務映射(SCSM)

(IEC 61850-8: Specific Communication Service Mapping, SCSM)

◎ 第8-1部份：映射到「製造報文規範」(MMS)

(IEC 61850-8-1: Mappings to MMS(ISO/IEC 9506-1 and ISO/IEC
9506-2))

■ 第9部份：特定通信服務映射(SCSM)

(IEC 61850-9: Specific Communication Service Mapping, SCSM)

◎ 第9-1部份：通過單向多路點對點串行通信鏈路的採樣值

(IEC 61850-9-1: Sampled values over serial unidirectional
multidrop point to point link)

◎ 第9-2部份：通過ISO/IEC 8802-3的採樣值

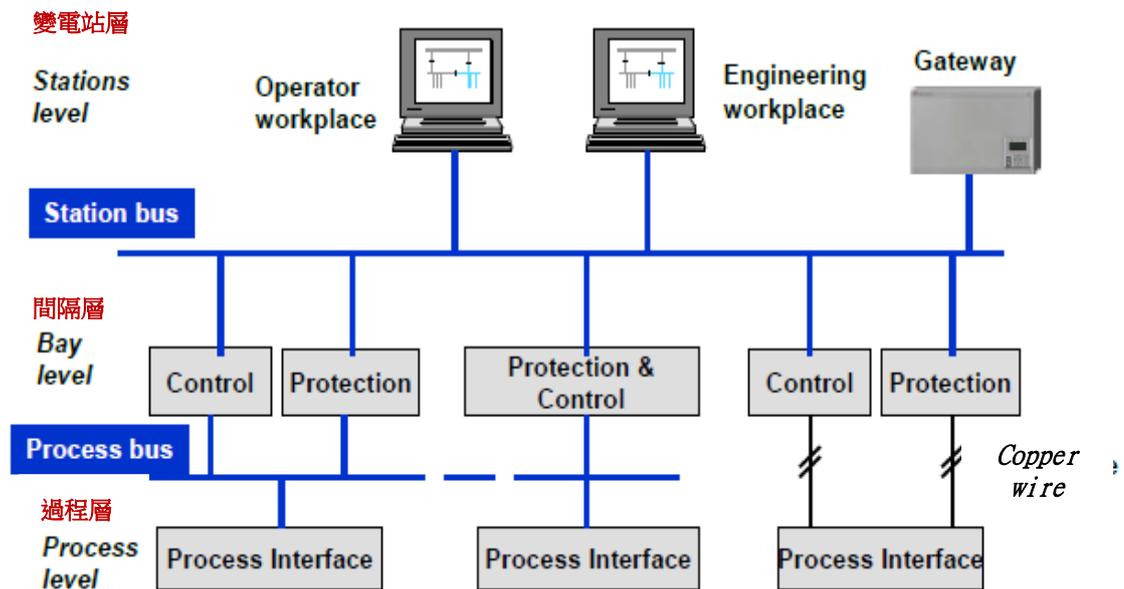
(IEC 61850-9-2: Sampled values over ISO/IEC 8802-3)

■ 第10部份：一致性測試(IEC 61850-10: Conformance testing)

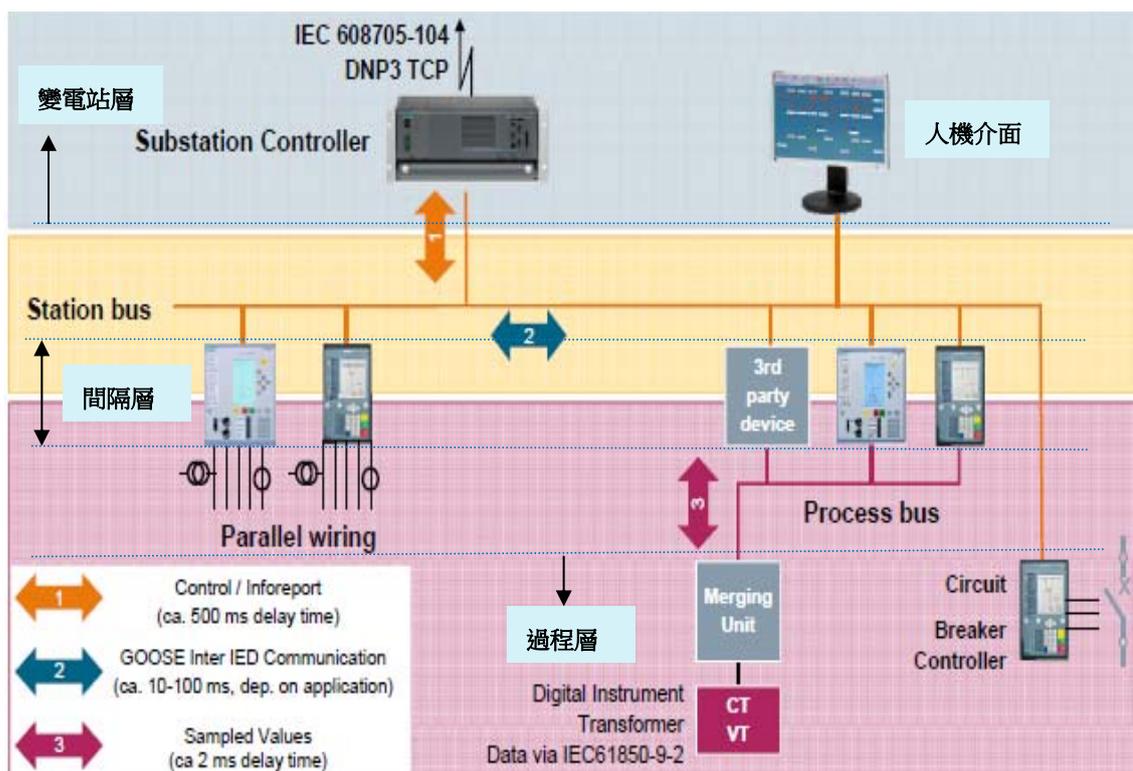
二、IEC 61850 分層式架構與資料模型

1. IEC 61850 分層式架構

IEC 61850 通信協定將變電所自動化系統(SAS)分為三層式架構，即變電站層(Station Level)，間隔層(Bay Level)和過程層(Process Level)，如圖一所示。變電站層(Station Level)主要包括變電所 SCADA、人機界面(HMI)、資料庫和遠端通信介面等設備；間隔層(Bay Level)包含變電所保護、控制和監視等設備；過程層(Process Level)則為變電所現場一次電氣設備，如 CT、PT、斷路器和開關設備，如圖二所示。



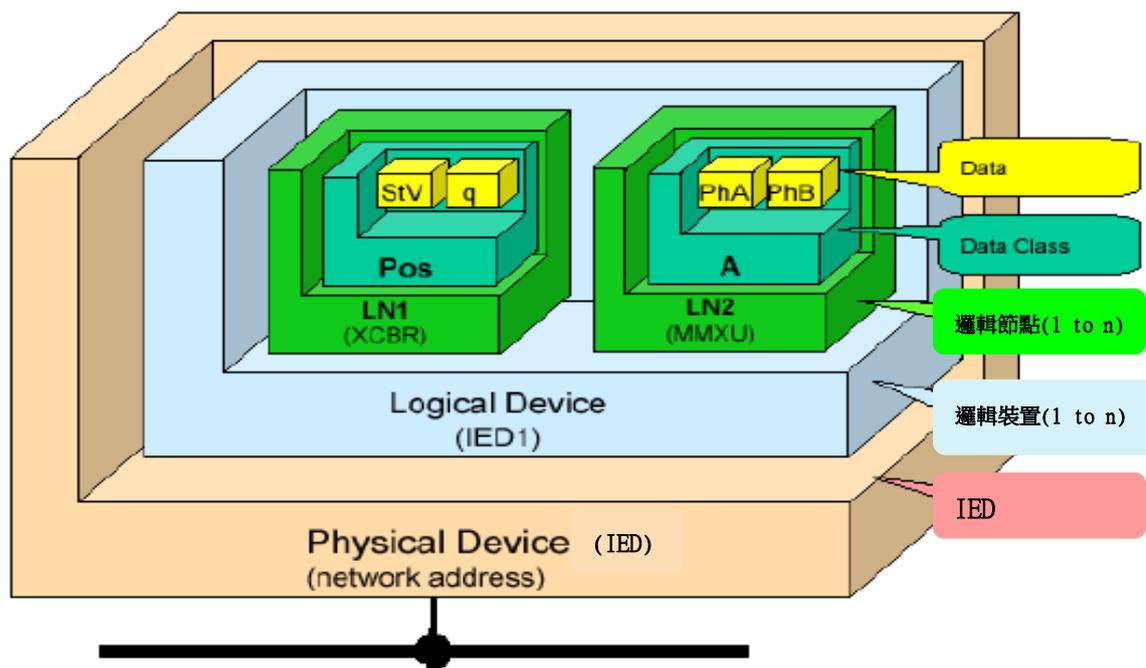
圖一：IEC 61850 自動化變電所分層式架構



圖二：變電站層、間隔層和過程層所包括設備示意圖

2. IEC 61850 資料模型

IEC 61850 通信協定的資料基本單元稱為邏輯節點(LN, Logic Node)，一個邏輯節點代表一個功能或設備，邏輯節點的資料模型結構包括資料及屬性。邏輯裝置(LD, Logic Device)為邏輯節點的集合，一個邏輯裝置包含數個邏輯節點，因此可用邏輯裝置作為邏輯節點功能分類用途。本標準最上層資料模型群組稱為物理裝置(Physical device)，即智慧型電子裝置(IED)，IED 為邏輯裝置的集合，即一個 IED 可以包含數個邏輯裝置，如圖三所示。



圖三：IEC61850 資料模型結構

IEC 61850 採用 4 個英文字母來對每一個邏輯節點命名，第一個字母代表功能或設備之群組類別名稱，後三個字母為功能或設備名稱的縮寫。邏輯節點群組類別名稱如下表：

邏輯節點群組類別	邏輯節點群組類別
L:系統邏輯節點(System logic nodes)	M:表計及量測(Metering and measurement)
P:保護功能(Protection functions)	S:感測器及監視(Sensors and monitoring)
R:與保護相關的功能 (protection related functions)	X:開關設備(Switchgear)

C:控制(Control)	T:儀器用變比器(Instrument transformer)
G:通用參考(Generic reference)	Y:電力變壓器(Power transformer)
I:介面和架構(Interfacing and archiving)	Z:預留未來電力設備(Further power system)
A:自動設備(Automatic control)	

3. 邏輯節點命名範例:

邏輯節點	功能	IEEE 功能代碼	群組類別
PTOC	延時(T)過電流(OC) 保護	51	P 表保護功能
PTOV	延時(T)過電壓(OV)保護	59	P 表保護功能
PTUV	延時(T)欠電壓(UV)保護	27	P 表保護功能
PIOC	瞬時(I)過電流(OC)保護	50	P 表保護功能
PDIF	差電流(DIF)保護	87	P 表保護功能
PBDF	母線(B)差電流(DF)保護	87B	P 表保護功能

PDIS	測距(DIS)保護	21	P 表保護功能
RREC	復閉(REC)功能	79	R 表保護相關功能
RSYN	同步檢測(SYN)功能	25	R 表保護相關功能
RPSB	電力系統搖擺閉鎖(PSB)功能	78	R 表保護相關功能
XCBR	斷路器(CBR)設備	52	X 表開關設備
XSWI	SWI(Switch)表 DS 或 ES 設備	89	X 表開關設備
TCTR	CTR(Current Transformer)		T 表儀器用變比器
TVTR	VTR(Voltage Transformer)		T 表儀器用變比器
MMXU	三相系統功率(P, Q)、電壓 (V)、電流(I)和阻抗(Z)量測		M 表表計及量測

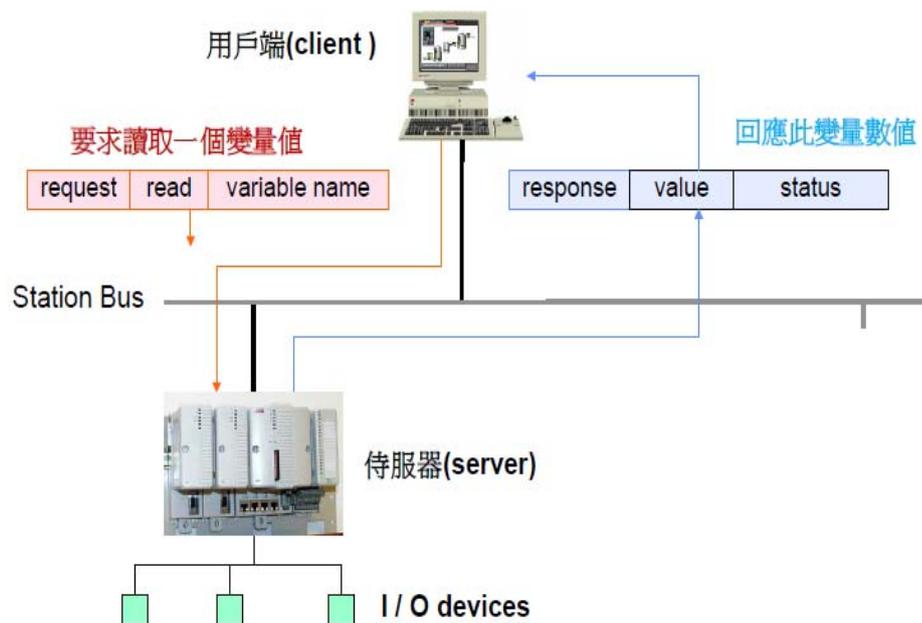
三、IEC 61850 資料傳遞方式

IEC 61850 常用的資料傳遞方式有「製造報文規範」(MMS, Manufacturing Message Specification), 「通用物件導向的變電站事件」(GOOSE, Generic Object Oriented Substation Event)和「採樣值」(SV,

Sampled Value」等三種。

1. 製造報文規範(MMS)

變電站層與間隔層間實現基於 MMS 之網路通信。用戶端(Client，如 SCADA)與伺服器端(Server，如電驛)，彼此間的訊息格式十分複雜，無法即時處理時，此類訊息常以 MMS 作為溝通。如圖四所示，用戶端以 MMS 方式下達一個讀取變量值的訊息給伺服器端，伺服器端收到此訊息之後，將儲存於電驛內部的變量數值回傳給用戶端。

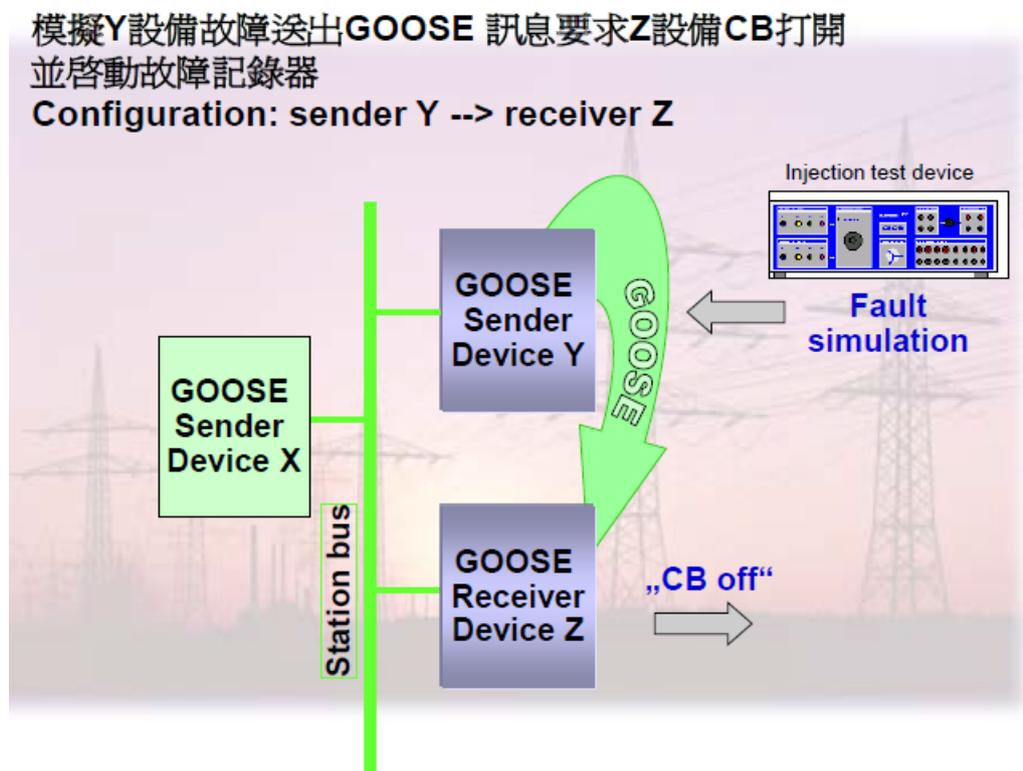


圖四：用戶端透過 MMS 讀取資料

2. 通用物件導向的變電站事件(GOOSE)

IED 間資料互通必須快速且正確，當故障發生時，IED 才能收到正

確可靠的訊息而因應，此類型的訊息常以 GOOSE 作為溝通。GOOSE 訊息的通信方式為對等通信(Peer-to-peer communication)且採一對多廣播，在 Ethernet 網路上高速傳輸(Station Bus 達 100Mbit/s)。當系統發生故障時，IED 之間可以透過同一層的通信網路直接作資料交換，不需要將訊息傳送到監控系統電腦，再從系統電腦發出命令到相關的 IED 執行命令。



圖五：設備(如保護電驛)間透過 GOOSE 傳送訊息

3. 採樣值(SV, Sampled Value)

IED 常需要 CT 及 VT 等電氣訊號作為控制或保護用途，IEC 61850-9

針對取樣時的頻率和時間誤差訂定標準：

■ **取樣頻率：**保護：4.8kHz(每週波 80 個取樣點)

量測：15.36kHz(每週波 256 個取樣點)

■ **時間誤差：**小於 1 微秒(μ s)

受限於頻寬，一個 100Mbit/s 之 Process Bus 無法超過 6 個量測設備(一個量測設備為 16Mbit/s)，且時間誤差需小於 1 微秒。若經太多 Switch 傳遞訊息，致時間誤差大於規範時，可使用 GPS 作為時間同步校時。

四、 IEC 61850 SCL 工程專案規劃與執行情序

1. 變電站配置語言(SCL, Substation Configuration Language)

IEC 61850 第六章對於變電所內使用的設備規格、單線圖等建置，至規劃完成的檔案下載到 IED 中之檔案格式和步驟，都有很詳細的規定。變電站配置語言(SCL)是以 XML 語法為基礎，來描述變電所系統和 IED 設備之配置訊息的一種語言。變電站配置語言(SCL)有兩大用途，一為對 IED 功能和參數進行描述，另一為對變電所自動化系統進行描述。根據描述內容和用途，引進了四種不同檔案格式類型的通用文件，如下說明：

■ **系統規範描述(SSD, System Specification Description):** 變電所內

電力系統設備規範及物件描述檔案，包括變電站系統單線圖及所需的邏輯節點，並且定義數據類型模板和邏輯節點。此檔案之副檔名必須為 ``*.ssd``。

■ **變電站配置描述(SCD, Substation Configuration Description):**

描述整個變電站系統之完整信息檔案，包括變電所系統單線圖、GOOSE 訊息的描述、一次系統的描述、二次系統設備的數據模型及一次設備和二次設備之間的關係。藉此檔案可得到整個變電所全面且完整的訊息，並建立變電站和集控中心、調度中心之間的溝通橋樑。本檔案為管理變電站技術的基礎，亦為變電所系統配置(Configuration)的核心，其副檔名必須為 ``*.scd``。

■ **IED 功能/能力描述(ICD, IED Capability Description):**

IED 啟用功能項目及其相關邏輯規劃，和輸出/輸入訊號規劃之描述檔案，其副檔名必須為 ``*.icd``。

■ **IED 規劃完成的描述(CID, Configured IED Description):**

本檔案描述經變電站配置工具配置完成及 SCD 文件創建後的整體 IED 設備完整配置資料，包括所配置的 IED 設備應該接收到由另一個 IED 設備所發送的 GOOSE 訊息的數據集定義，本檔案之副檔名必須為 ``*.cid``。

2. 工程專案規劃與執行情序

IED 配置工具(Configuration Tool)是各個 IED 設備廠商所提供的規劃設定軟體工具，該工具可建立變電站配置語言(SCL)中所定義的 ICD 檔案，並可將系統配置工具所提供的 CID 文件檔導入 IED 設備中，同時能處理來自系統配置工具所創建的 SCD 檔。系統配置工具利用變電站配置語言(SCL)進行變電站自動化系統的配置和管理工具，可導入及匯出變電站配置語言(SCL)所定義之檔案(SSD、ICD、SCD 和 CID)。

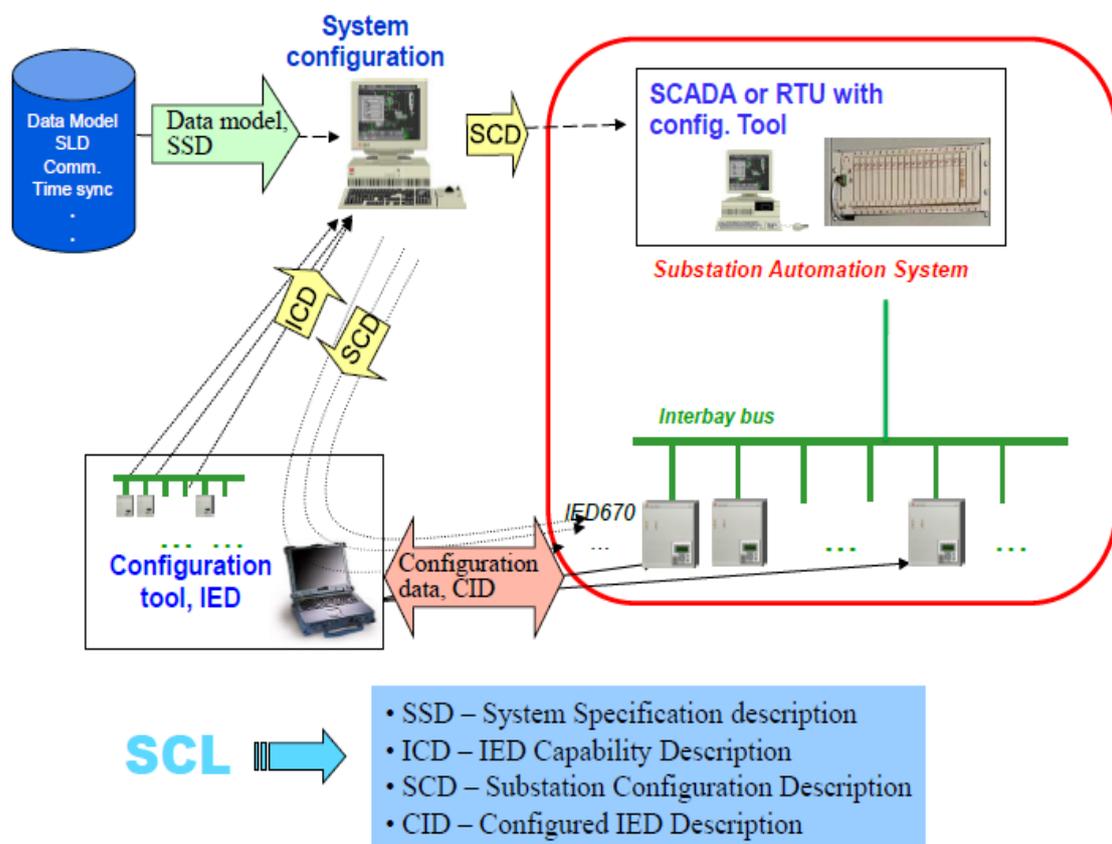
以 IEC 61850 為執行標準的自動化變電所工程專案，其執行步驟如下(參考圖六)：

- (1) 先以變電站的單線圖作基礎設計及確定變電站內的電力系統設備組成型態及架構。然後將此變電所內採用的設備及規格輸入到系統規範描述(*.ssd)檔案內。
- (2) 利用 IED 配置工具下載各 IED 設備之 ICD 檔案，此檔案說明各 IED 設備之數據(Data)模型及其所支援的通信服務。對每一個 IED 在電力系統中所扮演的角色，作所需之功能及邏輯規劃，並個別儲存為 IED 功能/能力描述(*.icd)檔。
- (3) 利用系統配置工具將全變電站之 ICD 檔和 SSD 檔匯入，對整個變電站系統進行配置，並分析各 IED 之通訊信息(例如確定 GOOSE 信

息的發送端和接收端)，同時結合各 IED 數據模型以取得各邏輯節點及數據對象的信息，最後產生變電站配置描述(SCD)檔，並返回給各 IED 配置工具。

(4) IED 配置工具接收並處理 SCD 檔，依據所收到之各 IED 配置信息並下載至具體的 IED 配置文件—CID 檔。

(5) 最後各 IED 配置工具解析 CID 文件檔並獲取其各自所需之信息。



圖六：IEC61850 SCL 工程規劃及執程序

五、網路備援(Network Redundancy)機制與架構

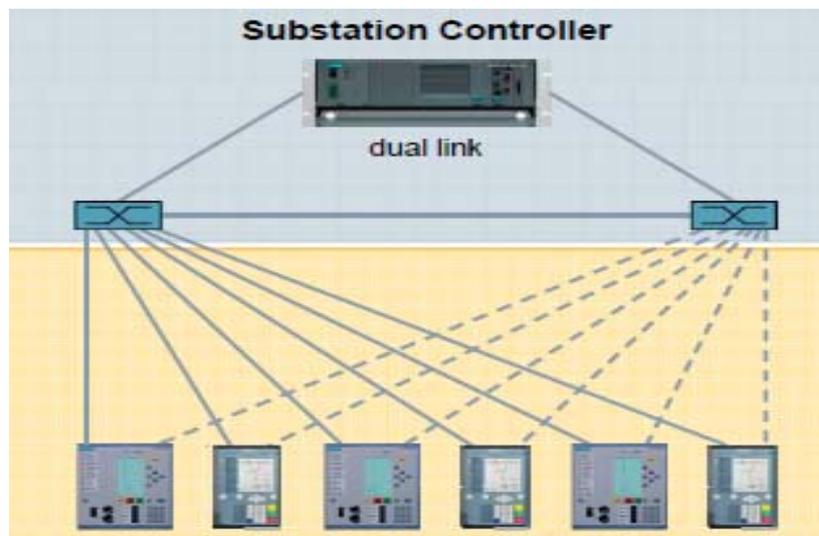
可靠的網路系統需具備時間同步和網路備援機制，IEC 61850 第一版中並無相應的說明和規範。關於時間同步要求，同步準確率小於 1ms 的自動化變電所網路系統，可採用簡易網路時間協定(SNTP, Simple Network Time Protocol)獲得解決。對於高要求的系統(同步準確率 $1\mu\text{s}$)亦可採用 IEEE 1588 標準獲得解決。然而如何實現 IEC 61850 變電站高度可使用(availability)的網路系統，直到 IEC SC 委員會 WG15 工作小組發佈了 IEC 62439 標準，明確的提出多種網路備援機制，才提供解決方案。

網路備援機制(Redundancy Mechanism)的基本原理為提供訊息傳輸 2 條獨立的通信路徑，保證網路系統發生 N-1 故障情況下，網路系統仍可正常運作。有些網路備援機制需要故障恢復時間(recovery time)，即網路系統發生 N-1 故障時，系統從故障狀態恢復至正常工作所需的時間。TC57 第 10 工作小組規定 Station bus 中傳送 SCADA 到 IED 間之信號(Client-Server)主要為控制命令，其故障恢復時間為 400ms；Station bus 中傳送 IED 至 IED 間之信號(GOOSE)，其故障恢復時間為 4ms；Process bus 中傳送的訊號為來自現場如 CT、PT 之即時量測取樣訊號，其故障恢復時間為 0ms。

針對目前系統最常見和最新的網路備援機制如下說明：

1. 雙鏈結備援 (Dual Link Redundancy)

目前網路備援系統中最常用的為雙鏈結備援網路(如圖七所示)，此網路中每一具IED設備皆連接到兩個不同的網路交換機(Switch)，每一具IED設備均有兩個通信接口，一個通信接口設為Active狀態，另一個設為Standby狀態。當任一Active通訊路徑發生故障時，受影響之IED設備會由Active通訊接口切換至Standby之通訊接口繼續傳遞資料。雙鏈結備援網路架構簡單，並有廣大的實際應用經驗，系統發生故障時，其故障恢復時間(Active 通訊接口切換至Standby通訊接口所需時間)通常小於5ms。

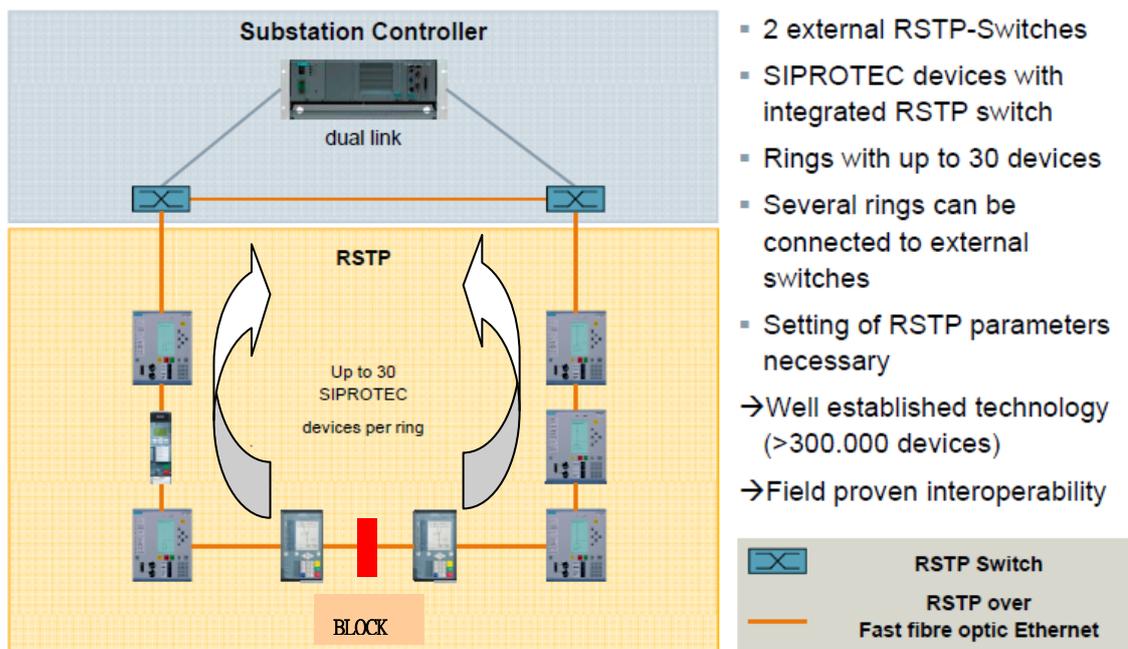


圖七：雙鏈結備援網路

2. 快速生成樹協定(RSTP, Rapid Spanning Tree Protocol)

快速生成樹狀協定(RSTP)是IEEE 802.1D-2004 中所定義的標準通訊協定，其基本觀念為由樹根生成一棵樹的概念，可實現在環狀網路配置系統中由一預先選定之位置(BLOCK)開始，發展為2 個不同之通信傳輸路徑(參考圖八)。該協定之環路中每一具IED 設備都需具有2 個通訊接

口，其中一個接口設定為Active狀態，另一則為Standby狀態，當Active通信路徑中任一位置發生故障時，則預先選定之BLOCK 即會轉移至故障點位置，而故障路徑之IED 設備將會由原先Active狀態之通訊接口轉移至另一Standby之通訊接口，形成2 個新的不同傳輸路徑。快速生成樹狀協定(RSTP)可避免訊息在環路網路中增生和無限循環所引起的「廣播風暴」問題，在網路結構發生變化時，能快速的收斂網路，缺點是需故障恢復時間(Recovery Time)約100ms~1s，

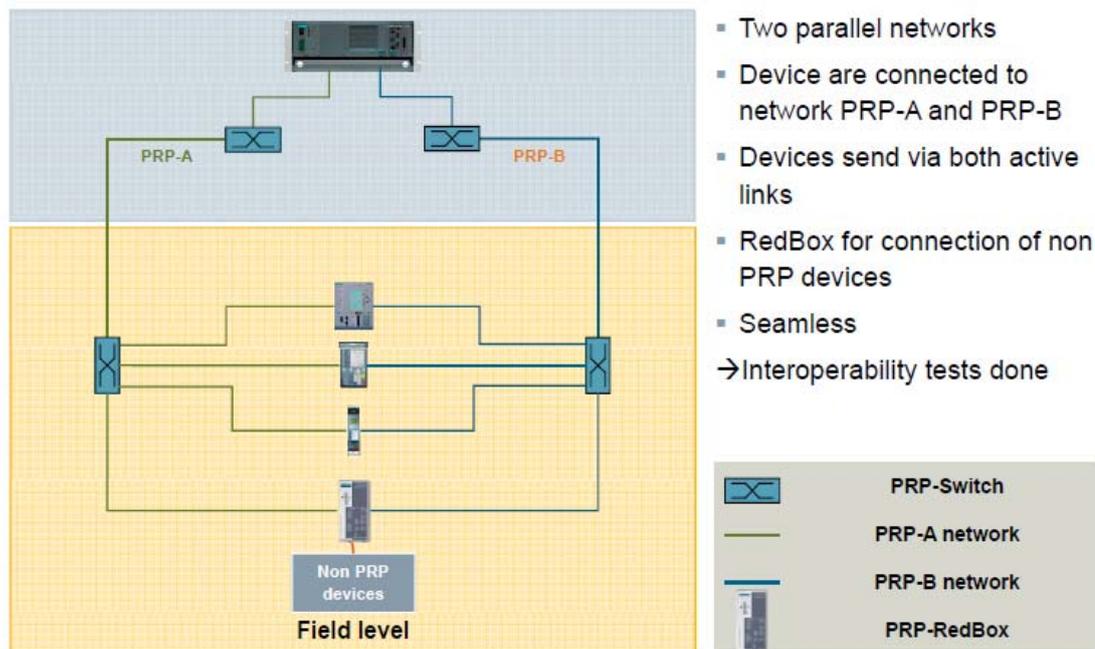


圖八：快速生成樹狀協定(RSTP)網路

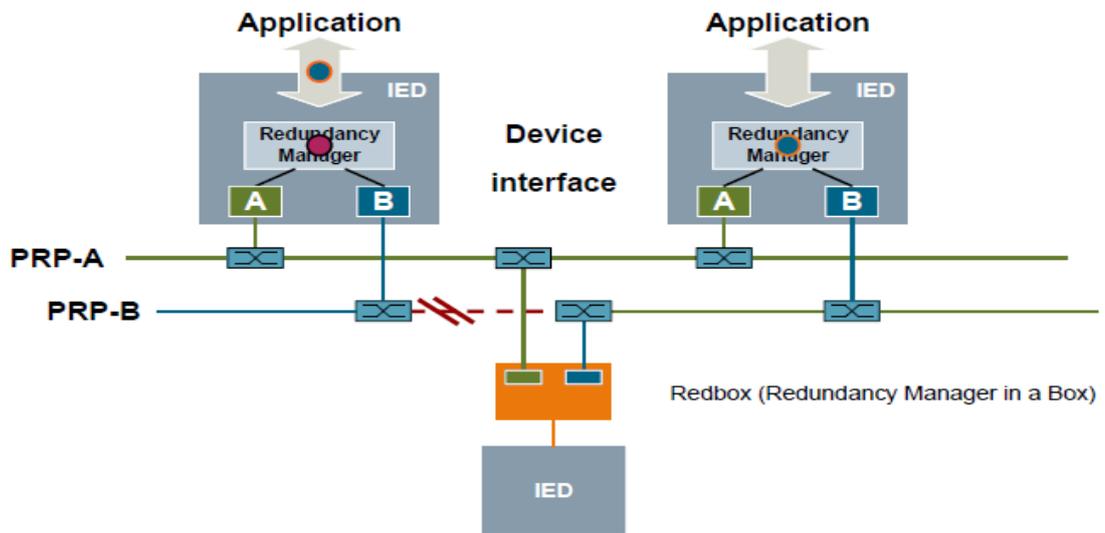
3. 並行備援協定(PRP, Parallel Redundancy Protocol)

並行備援協定(PRP)是IEC 62439-3第4條款中所定義的標準通訊協

定，其架構是以雙星型網路拓樸為基礎，將每一個IED設備皆連接至兩個獨立的區域網路(LAN)，如圖九所示，藉由兩個完全獨立之通訊路徑傳送同一資料封包。此網路架構是以並列運行之2個獨立區域網路傳遞訊息，因此通信線或網路設備出現故障時，可以完全無縫的切換(如圖十所示)，該2個獨立區域網中任何一個網路所發生的任何故障都不會對另一個網路造成影響，達到變電站自動化系統在通信即時性方面的嚴格要求。並行備援協定(PRP)之優點為可靠性極高且不需故障恢復時間，缺點為需建置雙倍的設備，故裝置成本較高。



圖九：並行備援協定(PRP)網路

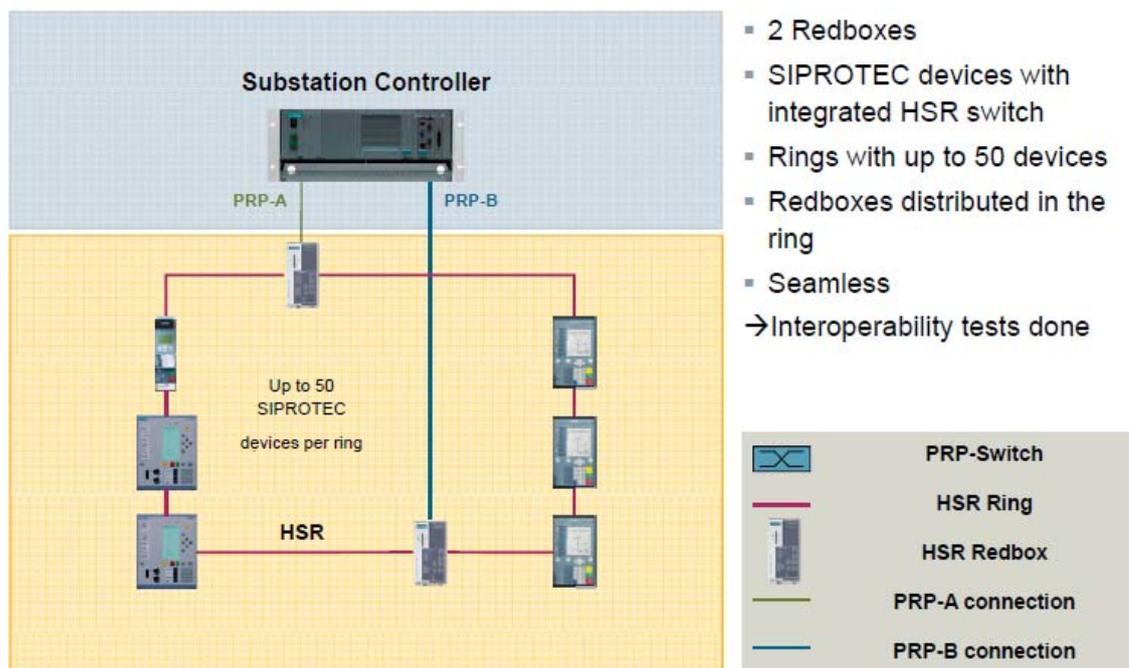


圖十：並行備援協定(PRP)網路完全無縫的切換

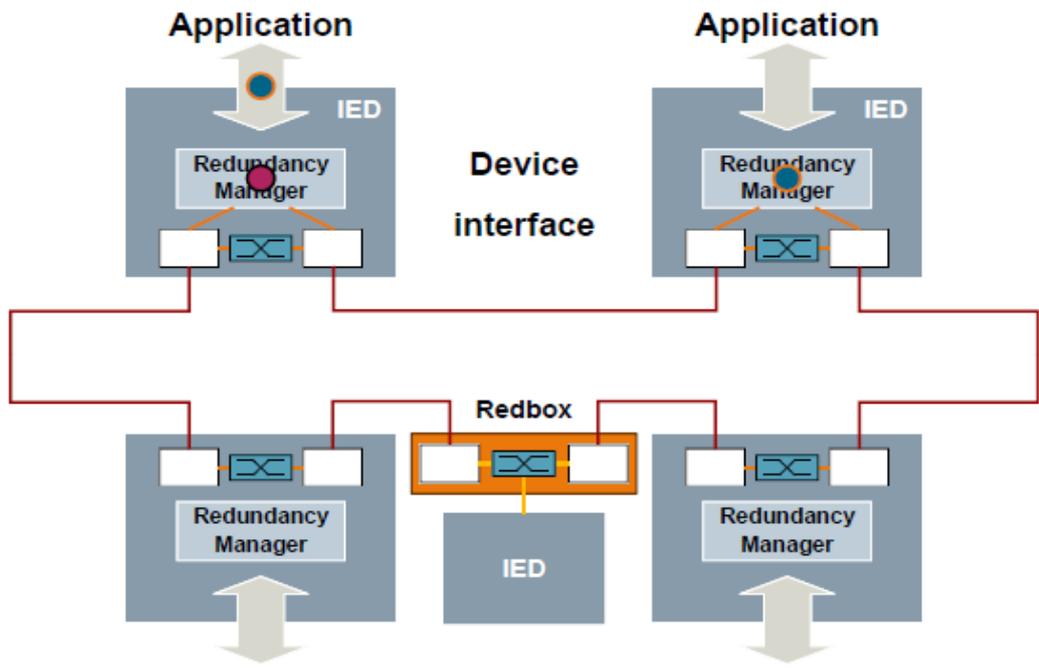
4. 高可用性無縫備援協定(HSR, High availability Seamless Redundancy)

高可用性無縫備援協定(HSR)是IEC 62439-3第5條款中所定義的標準通訊協定，此通訊協定採用了並行備援協定(PRP)之基本原理，使用了2個區域網路(LAN)，不同於PRP的是HSR將2個獨立區域網路轉變為2個獨立虛擬網路(VLAN)，亦即將環形網路中每一個方向的通信都當成一個單獨的區域網路，以此種方式實現高可用率之無縫通信環網(如圖十一(a)、(b)所示)。高可用性無縫備援協定(HSR)之網路中所有IED 設備皆必須具有兩個交換型的通信接口(DANP, Dual Attached Node Port)，亦即需具有兩個通信接口和一個交換元件。每一個IED 設備都是發送兩個相同之資料訊框(Data Frame)，每一個通信接口發送一個，而這兩個相同的資料訊框(Data Frame)會在此環形通路中沿著相反的方向傳送，每一個IED 設備

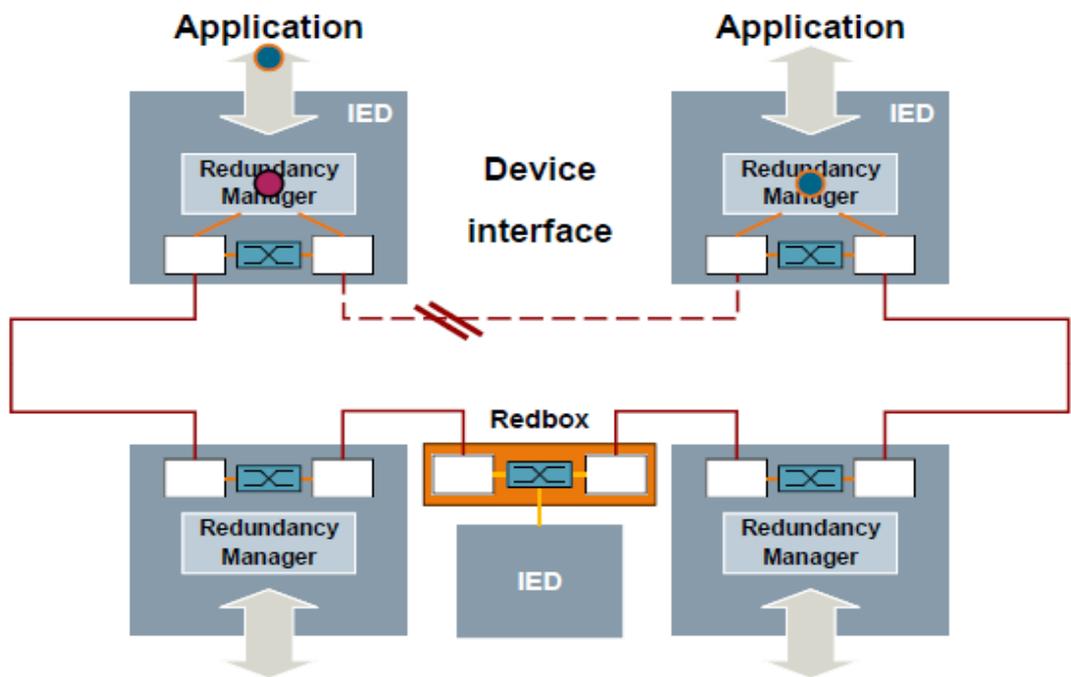
將接收到的資料再通過另一個通信接口傳送出去，當最初發送該資料之 IED 設備接收到他自己發送之資料時，即會丟棄該資料，以避免資料在環路網路中增生和無限循環所引起的「廣播風暴」問題(如圖十二所示)。高可用性無縫備援協定(HSR)和並行備援協定(PRP)相比，HSR不需使用交換機(IED設備本身具有交換元件)並可同時增加一個通信路徑，因此此種備援網路機制可以大幅減少硬體設備投資並縮短平均傳輸時間，惟HSR是同時在單一實體網路傳送兩個資料，因而通信傳輸之負荷量較大，且需占用更多的頻寬資源。



圖十一(a)：高可用性無縫備援協定(HSR)網路



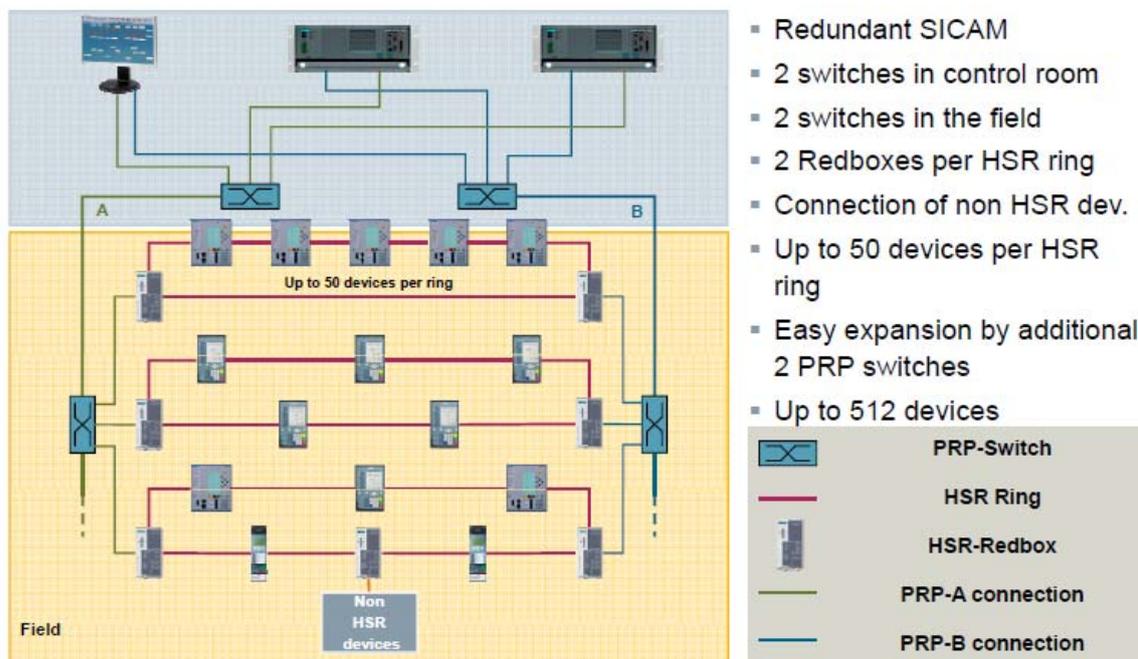
圖十一(b): 高可用性無縫備援協定(HSR)網路



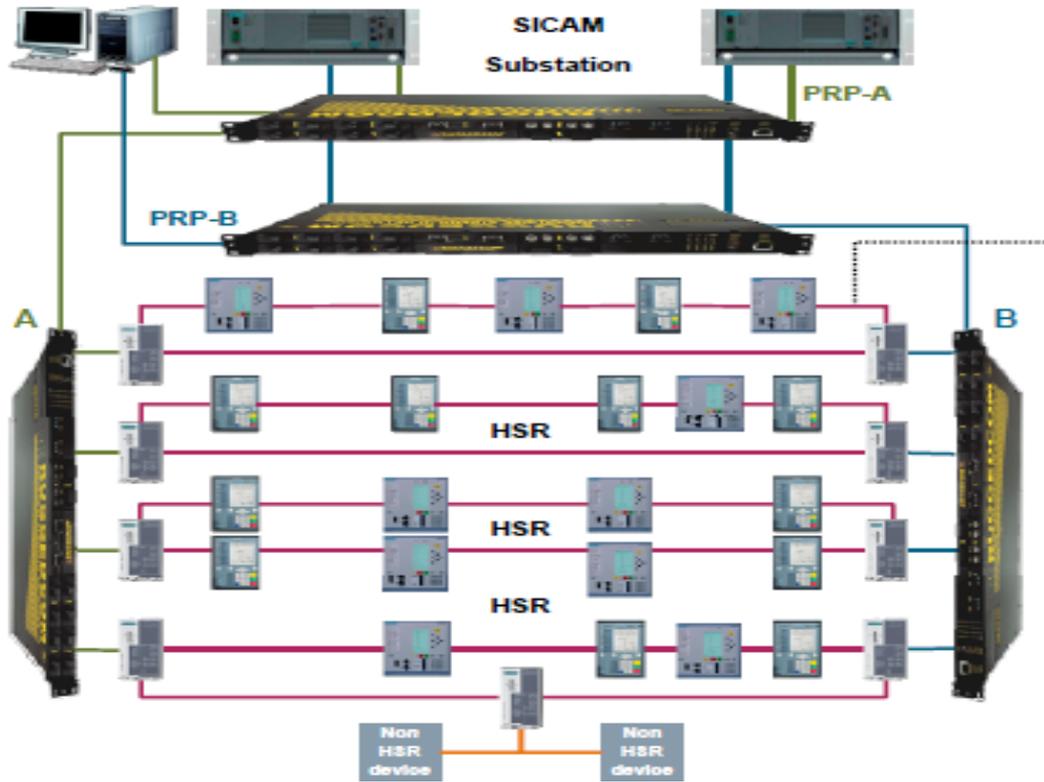
圖十二: 高可用性無縫備援協定(HSR)完全無縫的切換

5. 結合 PRP 和 HSR 之網路架構

並行備援協定 (PRP) 和高可用性無縫備援協定 (HSR) 為近兩年來最新的網路備援機制，此兩種備援網路機制 (IEC 62439-3.4 及 IEC 62439-3.5 標準) 亦已納入 IEC 61850 第二版中，兩者各有其優、缺點且皆能實現高可用性的網路通信系統，我們可採用結合 PRP 和 HSR 之網路拓樸，棄其缺點取其優點，以達到最佳化之通信網路，如圖十三 (a) 和圖十三 (b) 所示。



圖十三(a): 結合 PRP 和 HSR 之網路拓樸



圖十三(b): 結合 PRP 和 HSR 之網路拓樸

肆、 NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 在先進 GIS 自動化變電所之整合應用

一、非傳統型儀器變壓器 (NCIT, Non-Conventional Instrument Transformer)

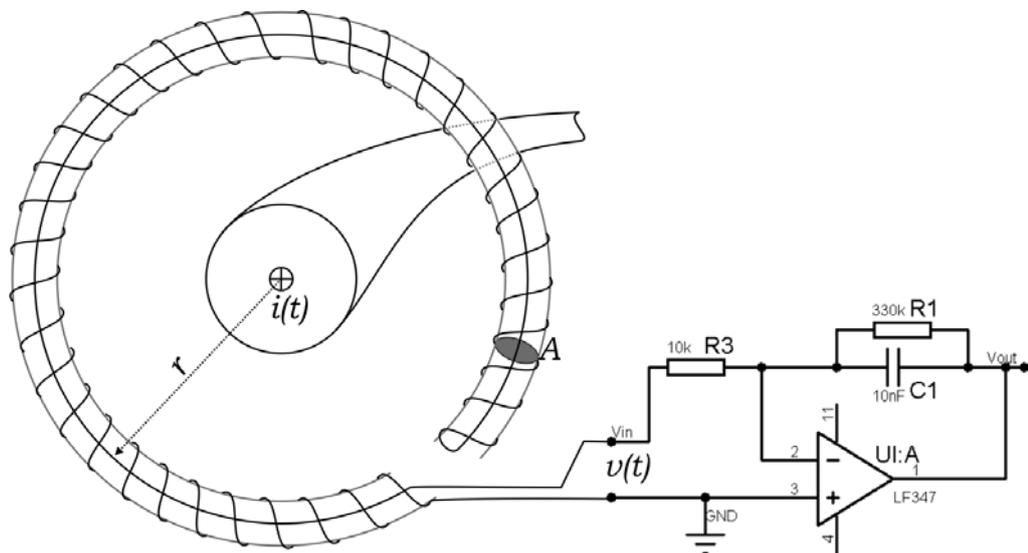
國際電工技術委員會(IEC)於 1999 年和 2002 年分別發佈“電子式比壓器(EVT, Electronic Voltage Transformers)”和“電子式比流器(ECT, Electronic Current Transformers)”的標準；但是早在 1978 年大電力系統國際委員會 CIGRE 工作小組 WG34.03 已發表一篇“非傳統型儀器變壓器 (NCIT, Non-Conventional Instrument Transformer)”的報告。事實上

「非傳統型儀器變壓器(NCIT)」的觀念包含「電子式比壓器(EVT)」和「電子式比流器(ECT)」。

目前定義「弱訊號輸出變壓器」，「電阻或電容或電感分壓器」，「羅柯夫斯基線圈(Rogowski Coil)」，和它們的組合等通稱之為「非傳統型儀器變壓器(NCIT)」。在 10kV~765kV 的電網系統「非傳統型儀器變壓器(NCIT)」是可靠且經濟的設施，在配電系統高壓瓦時錶使用 NCIT 也很適當。

二、羅柯夫斯基線圈(Rogowski Coil)

1. 構造：



羅柯夫斯基線圈由一個環狀的螺旋形線圈組成，此螺旋形的金屬絲其中一端子穿過此線圈的中心回到另一端，使線圈的兩個端子均在線圈的另一邊。因為線圈沒有任何鐵心，所以線圈捲繞的疏、密、鬆、緊和線圈的半徑，

對於保有抗外部場干擾的免疫力和待測導體位置的低靈敏度是至關重要的。

2. 工作原理

羅柯夫斯基線圈是一個電子裝置，主要由一個環狀的螺旋形線圈和積分電路組成，被用來量測穿過其所包圍的載流線上交流電流值 $i(t)$ 。

上圖顯示環狀的螺旋形線圈包圍一個載流線，它的輸出端為感應電壓 $V(t)$ 連接至積分電路，得到輸出電壓 V_{out} 與載流線上電流 $i(t)$ 變化率成正比。

3. 優點與缺點

(1) 優點

■ 羅柯夫斯基線圈不是一個封閉迴路，第二終端穿過環形芯（通常是塑料或橡膠管）的中心被傳遞回來與沿第一端子旁邊同連到積分電路），因此其線圈端子可以開路，此與傳統 CT 二次側不可開路不同。環繞帶電導體亦不會干擾此導體；惟待量測導體的位置則會影響量測的準確度約 1% 至 3%。

■ 羅柯夫斯基線圈因低電感值，對於幾個 ns 快速變化的電流會有反應。

■ 沒有鐵芯因此無磁飽和問題，應用在大電力傳輸，焊接或脈衝功率時，即使待量測導體流過很大電流，仍具有高度的線性。此高度線性特性，容許用在高電流的羅柯夫斯基線圈，可以用小很多的參考電流做校準工作。

- 二次側繞組開路無危險。
- 低建置成本。
- 簡單的溫度補償。
- 傳統的比流器為維持固定的電流輸出，必須增加二次側繞組的匝數，因此大電流的羅柯夫斯基線圈比同額定的比流器小。

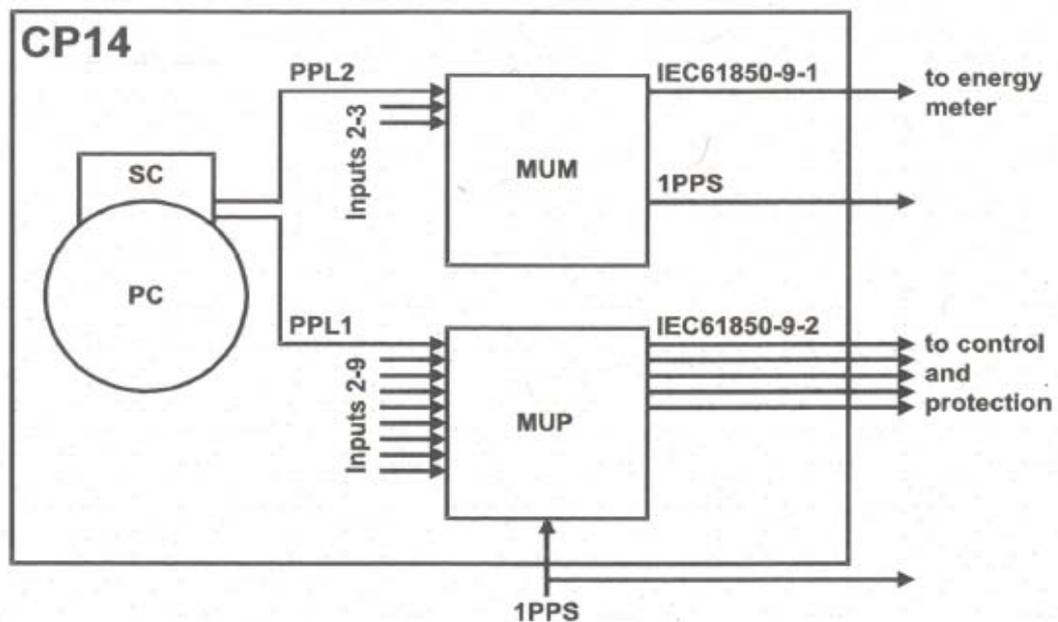
(2) 缺點

- 羅柯夫斯基線圈的輸出必須通過一個積分電路，得到電流波形。積分器電路需要工作電源，通常為 3 至 24V 直流，許多商業感測器使用電池來供給電子組件電源。傳統的比流器不需要工作電源。
- 電池有壽命問題，且裝在現場容易故障造成積分器電路無法正常工作。
- 傳統的比流器和羅柯夫斯基線圈對於直流無反應，但羅柯夫斯基線圈可以量測到頻率低至 1Hz 左右很緩慢變化的電流訊號。

三、ABB 公司 GIS ELK-CP3 裝置內建有最新的感測器技術(ECT 和 EVT)

內建的電壓感測器(Voltage Sensor)和電流感測器(Current Sensor)即為電子式比壓器(EVT)和電子式比流器(ECT)，均採模組化設計，可安裝在

任何位置。一次側轉換器(Primary Converter)包含兩套完全獨立的「羅柯夫斯基線圈」做為電流傳感器(Current Transducers)，和兩套完全獨立的「氣體電容器」做為電壓傳感器(Voltage Transducers)。傳感器被安裝在 GIS 密封容器的外殼內，其輸出信號經由兩套「二次側轉換器」(Secondary Converters)做信號數位化處理，然後再藉由數位式光纖通信介面把取樣的數據送到「合併單元」(MU, Merging Unit)。「合併單元(MU)」提供符合 IEC 61850-9-2 標準的數位式介面，把即時的取樣數據依既定的規劃送到保護電驛，控制器和儀錶(參考圖十四)。



PC: 一次側轉換器

SC: 二次側轉換器

PPL1: 控制與保護的光纖連結

PPL2: 儀錶的光纖連結

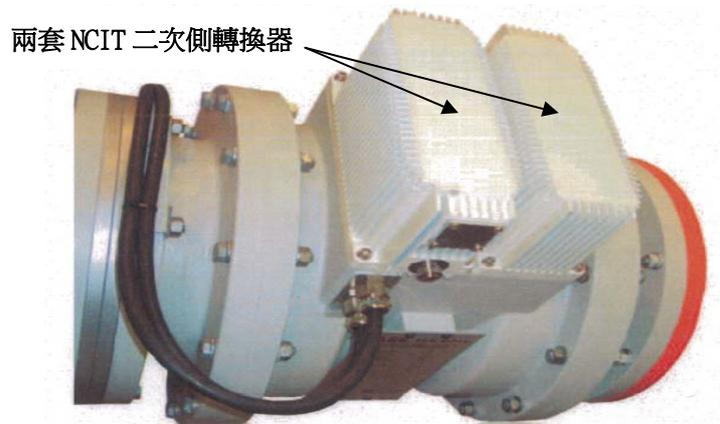
MUM: 儀錶的合併單元(MU)

MUP: 控制與保護的合併單元(MU)

1PPS : 每秒 1 個參考時脈

圖十四：兩套獨立量測系統(僅繪單相)之配線連接圖

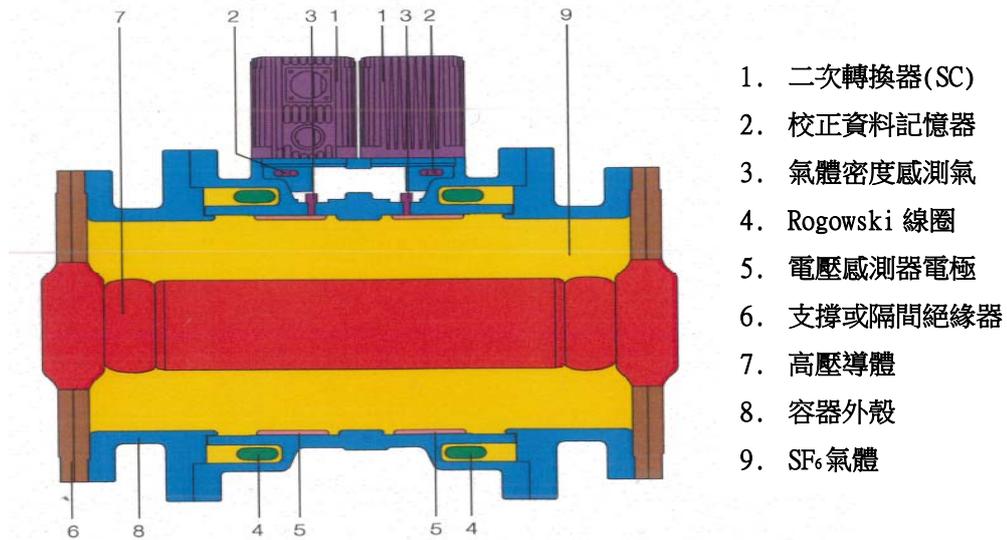
1. ABB 公司 GIS ELK-CP3 裝置外觀照片



2. 電流傳感器(Current Transducers)

參考圖十五，電流傳感器採用「羅柯夫斯基線圈」繞在非磁性樹脂模板上，然後被密封安裝在 GIS 的容器外殼內，線圈會因被其環繞導體流過的電流而產生「感應電壓」，並在其二次側端子輸出差電壓(U_{ind})信號。

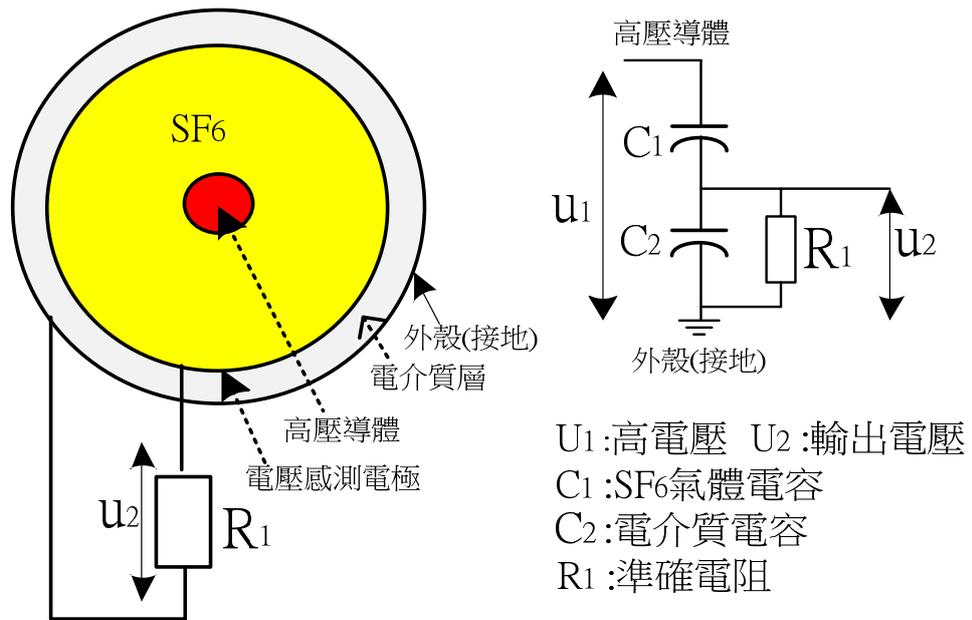
$$U_{ind} = M \frac{di}{dt} \quad M \text{ 表羅柯夫斯基線圈的耦合電感值}$$



圖十五：ABB 公司 GIS ELK-CP3 裝置內部構造示意圖

3. 電壓傳感器(Voltage Transducers)

參考圖十五和圖十六，電壓傳感器由植入 GIS 容器內的圓柱形電極組成。高壓導體、電極和容器內的 SF₆ 氣體形成一個長期極端穩定的加壓氣體電容器 C₁。圓柱形電極由電介質層隔離，與容器接地外殼形成第二個電容器 C₂，一個精準電阻 R₁ 並接在電容器 C₂ 上當作負載，用來量測流經電容器 C₁ 的電流(圖十五)。因為負載電阻 R₁ 基本上使電容器 C₂ 短路，所以 U₂ 輸出訊號為差電壓訊號 $U_2 = R_1 C_1 \frac{dU_1}{dt}$ 。



圖十六：GIS ELK-CP3 裝置電壓感測器(EVT)的架構和等效電路圖

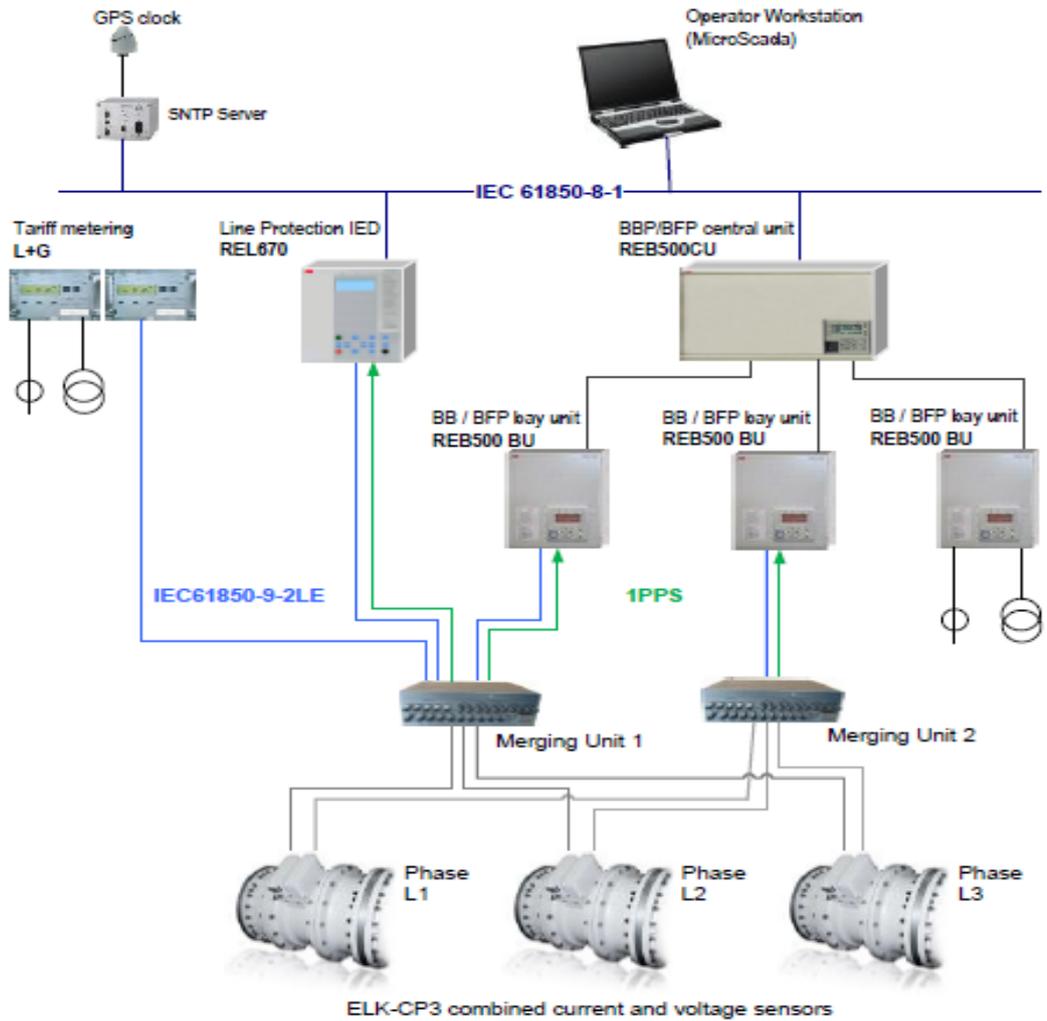
4. GIS ELK- CP3 使用 NCIT 裝置的主要特點

- 「羅柯夫斯基線圈」為電流傳感器，SF₆加壓氣體電容器為電壓傳感器。
- 無 CT 飽和問題，亦無鐵磁共振問題。
- 頻寬大、高準確度和高線性。
- 符合 IEC 61850-9-1 和 IEC 61850-9-2 標準的數位介面，亦符合保護和儀錶標準。
- 一個裝置內包含兩套完全獨立的量測系統。
- 在保護和控制應用上，電壓匝比(VTR)與電流匝比(CTR)可以軟體規劃。
- 簡潔、耐用的設計，比傳統儀器變壓器重量輕且體積小很多。

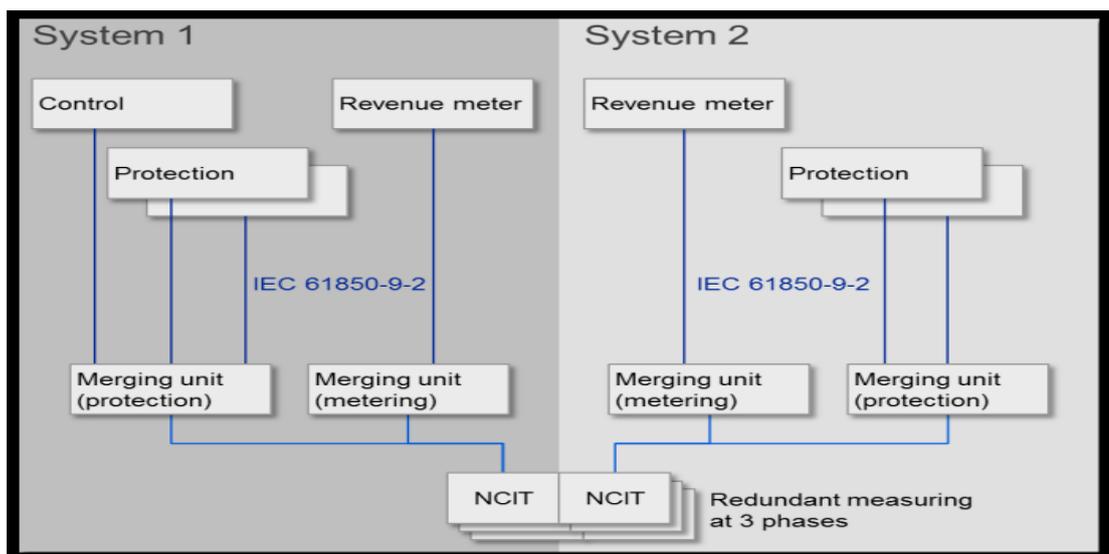
- 整合性的自我監視，免維護，高可靠度和服務壽命長。

四、NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 在自動化變電所之整合應用

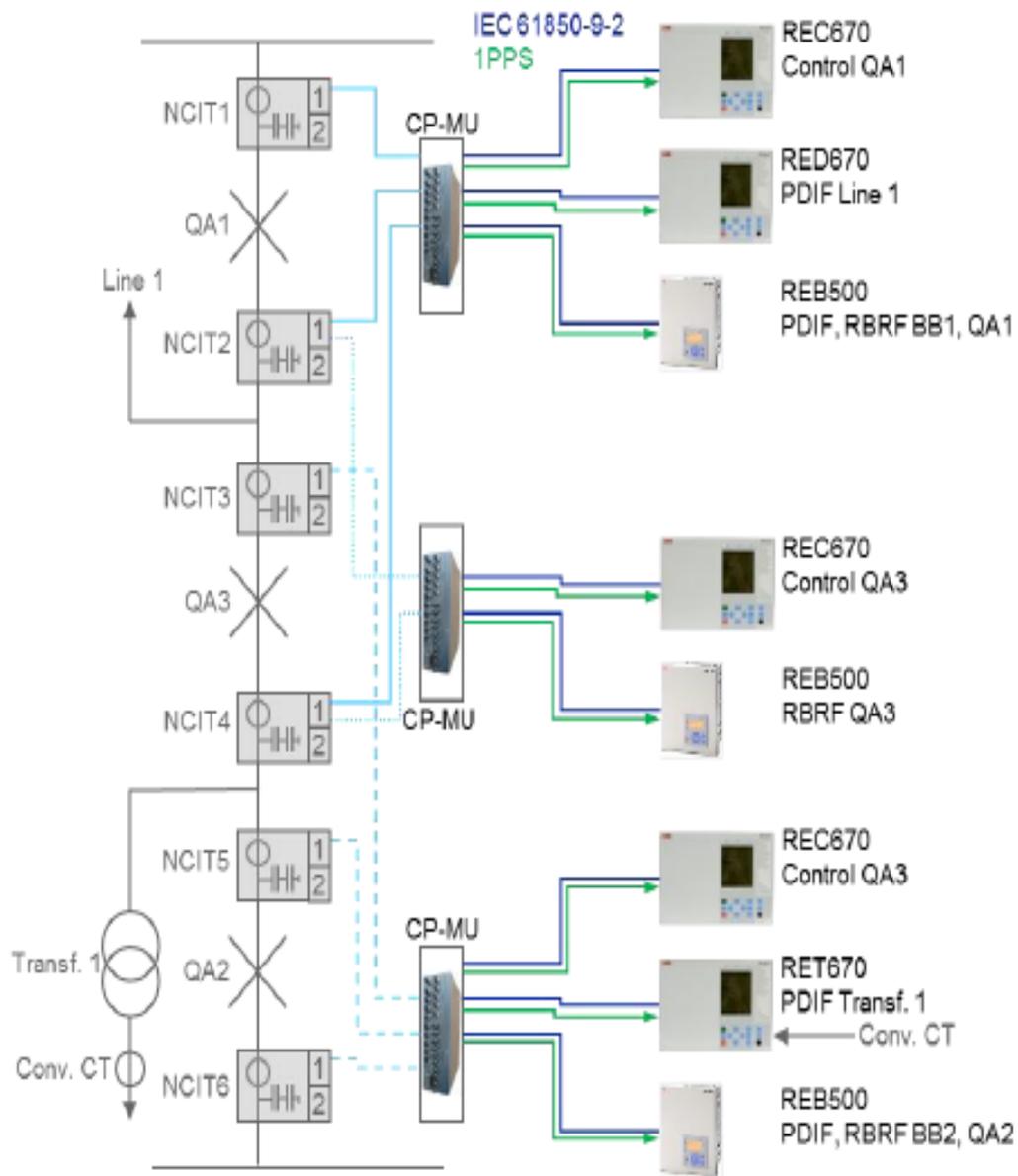
參考圖十七，自動化變電站有一條輸電線路，線路保護電驛使用 ABB 公司 REL670，其現場電壓和電流量測裝置使用「非傳統型儀器變壓器 (NCIT)」；本變電站其他輸電線路或設備之現場電壓和電流量測裝置則採一般「傳統型的比流器 (CT) 和比壓器 (VT)」；匯流排採分散式匯流排保護系統，其匯流排保護電驛中央單元 (Center Unit) 使用 ABB 公司 REB500CU，間隔單元 (Bay Unit) 使用 ABB REB500BU。現場 GIS ELK-CP3 內建電壓和電流感測器，採用兩套完全獨立的保護和量測系統 (參考圖十八示意圖)。現場 GIS 設備、NCIT、MU、保護電驛和控制器之系統配置與連結方式詳如圖十九。



圖十七：整合 NCIT 與 IEC 61850-9-2LE Process Bus 之自動化變電所



圖十八：NCIT、MU 和 Process Bus 採兩套獨立的保護和量測系統



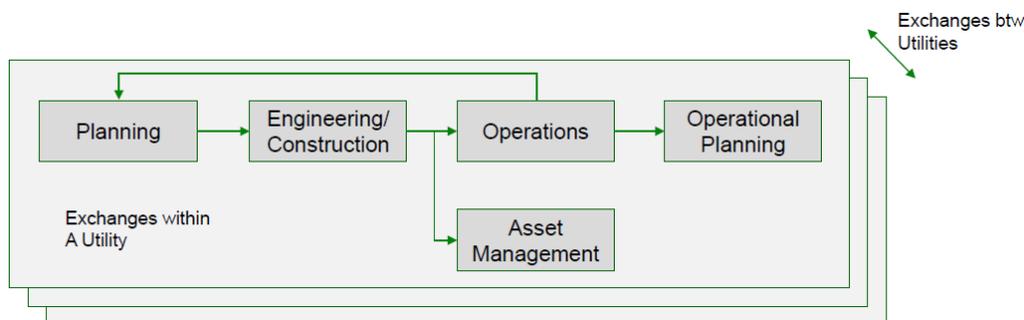
圖十九：現場設備、NCIT、MU、保護電驛和控制器之配置與連結方式

伍、共同資訊模型(CIM, Common Information Model)

因應智慧電網發展，不同公司或系統間的資訊交流越來越普遍，而當不同系統間資料傳遞時，需要一個共同的介面來來做轉換，以加強資料傳遞的效率，其主要目標如下：

- 提供統一的標準，簡化不同電力公司間電力系統資訊的交換。例:輸電調度中心<->輸電調度中心，輸電調度中心<->配電調度中心。
- 作為電力公司內的應用系統間交換資訊的標準，降低成本及簡化維護作業。
- 可於不同電力公司間交換資訊，達到企業資源整合，有效發揮電網效益，如

圖二十。



圖二十：應用 CIM 在不同電力公司間資訊交換

CIM 的開發流程為先使用統一塑模語言 UML(Unified Modeling Language)，以圖形的方式來描述電力系統，先將系統的功能與結構畫成模型，然後再依據模型進行實體應用開發後，將之轉換為可延伸標記式語言

XML(eXtensible Markup Language)，提供給系統交換資料使用。

一、 統一塑模語言(UML, Unified Modeling Language)

電力系統包含許多元件，而且非常複雜，所以必須先把系統中每個元件加以模組化之後，亦可用圖形的方式來呈現，UML 主要具有 4 大部分：

1. **UML 基礎結構 (UML Infrastructure)**:利用抽象化的語法，詮釋模型(Meta Modeling)去建構各種基本的原始類型及結構。
2. **UML 上層結構 (UML Superstructure)**:如何利用 UML Infrastructure 用來建構系統的各種模型元素，以及各種模型圖。
3. **物件約束語言 (Object Constraint Language)**:去描述各項模型元素的限制條件，例如物件或屬性的限制值。
4. **圖表交換 (Diagram Interchange)**:訂出在不同的建模工具間共享 UML 模型的規範。

使用 UML 建模語言時，主要使用類別圖 (Class Diagram)建構，將於下節介紹。

二、 Class Diagram(類別圖)

CLASS Diagram 是 UML 中最簡單和最通用的圖表類型之一，類別圖主要用於表達系統內部的結構，並描述系統中物件的類型 (Type)、類型間及與子類型間之關係。其圖形組成元素包含以下幾種：

1. **類別(CLASS)**：

類別符號是組成類別圖的基本單位，它是使用長方形來表示，分成三個部分：類別名稱-(唯一，用來識別類別用的)、屬性 (Attribute,用來表達該類別所具有的特徵或是性質)和操作 (Operation,表示物件所具有的行為或是能力)，一個系統的類別可能有成千上百個，因此將類別分類的方法就是依據他們在現實世界中所代表的涵義，圖二十一為一個簡單範例



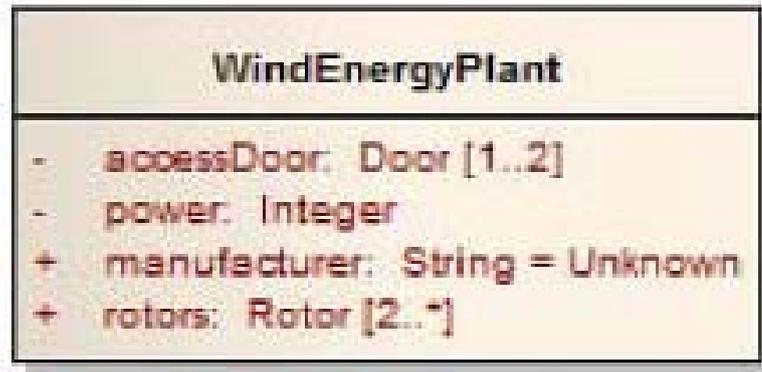
圖二十一： 類別 CLASS(左)及類別中的物件(右)

其中物件為基於類別所產生的，為類別中的一個個體，且每個物件會有它自己的名字，例如圖二十一中所示 WindEnergyPlant 類別中的物件可表示為 WEP Borkum 1 : WindEnergyPlant，即 WEP Borkum 1 為 WindEnergyPlant 類別中的一個物件

2. 屬性(Attribute)

一個類別所具有的性質、特徵或狀態，均稱為屬性(Attribute)。

例如圖二十二中，針對類別風力電廠(WindEnergyPlant)，給予了四個屬性: accessdoor(便門、檢修門)，power(發電)，manufacturer(製造商)、rotors(轉子)，只要是對於類別重要的屬性，都需要包含在其中，每一個屬性會自成一列來表示。



圖二十二：類別中的屬性值

(1)、能見度(Visibility)

此機制是用來保護一個類別的屬性，使得類別屬性不會被任意修改，

主要分為 4 種。

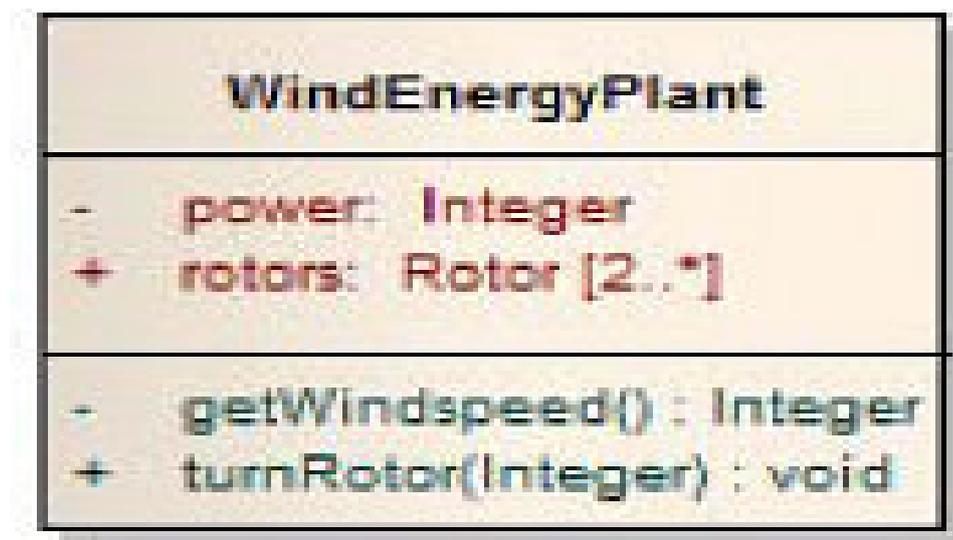
- Public(+):代表所有的類別都可以存取與設定它的值，使用「+」符號表示。
- Protected(#):允許類別本身和其繼承的子類別存取屬性和使用操作。它是使用「#」符號表示。
- Private(-):表示它是屬於類別本身，除類別本身之外，不允許任何其他類別存取或使用。它是使用「-」符號表示。
- Package(~):只允許同一個套件中的類別可以存取屬性和使用操作。它是使用「~」符號表示。

(2)、多重性(Multiplicity)

在類別的屬性中，我們可以加上數字範圍來標示該類別屬性的範圍，
例如圖二十二中的轉子(ROTORS)數可由 2 個到無限多個。

3. 操作(operation)

一個類別所具有的行為或是能力稱為操作，因此操作可以想像成是一個類別可以執行的動作或是功能。以圖二十三為例，具有一個操作值為 `getwindspeed`，不需要輸入參數，會自動產生數值(風速值)，另一個操作為 `turnRotorm`，則需要輸入數值。

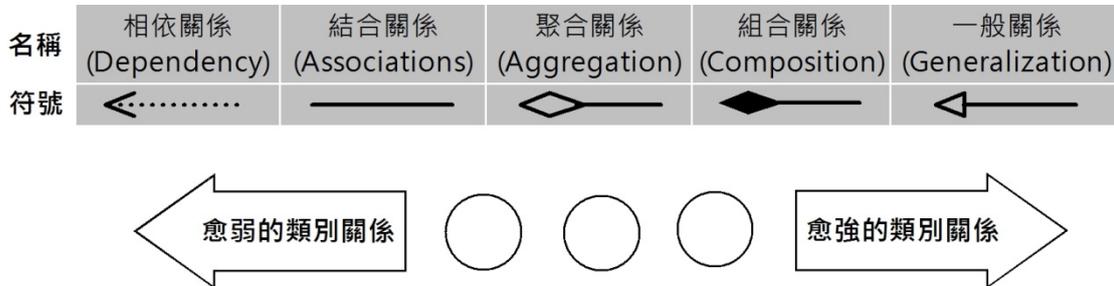


圖二十三：類別中的操作值

三、 類別之間的關係

類別之間的關係主要是描述類別間如何互相影響及其影響的程度，UML 擁有很多種的類別關係，如相依 (Dependency)、結合

(Associations)、聚合 (Aggregation)、組合 (Composition)、一般化 (Generalization)，關係的表示法是在類別與類別之間用實線或是虛線連結起來，再配以不同形式的箭頭，如圖二十四所示：

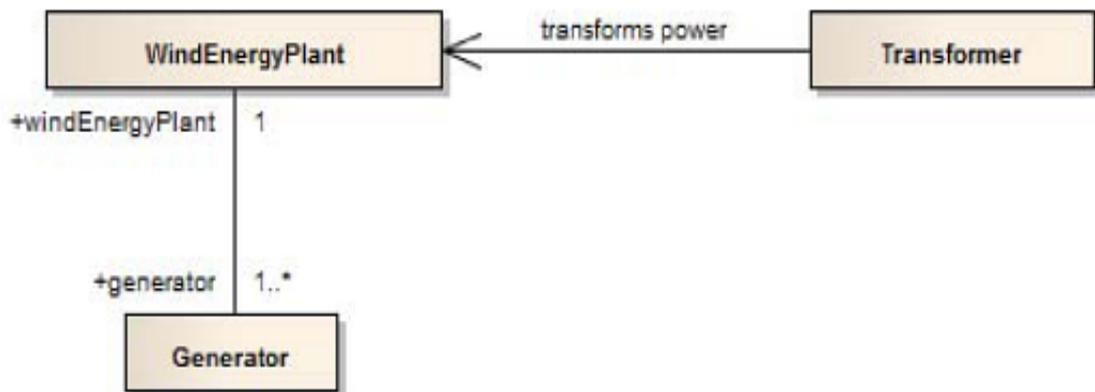


圖二十四：類別之間的關係及其表示箭頭符號

1. 結合關係(Associations)

結合關係意謂著某一類別之物件知道另一類別之物件的存在，表達的方式是在該關係的兩方使用一條實線連結，該關係亦可加上名稱，若其關係非雙向，而是單向關係，亦可在連接線上標示箭頭來表示訊息傳遞的方向，這種擁有方向性的結合關係，稱為互通性 (Navigability)。

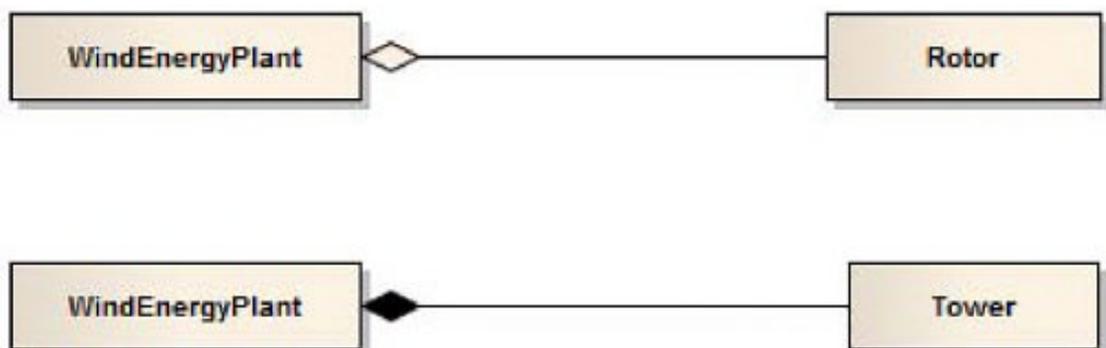
以圖二十五為例，變壓器類別與風力電廠有關聯關係，且為單向(給定變壓器，可以知道他是屬於哪個電廠，但給電廠時，則無法確定變壓器，另一個關聯關係為風力電廠與發電機，且數字代表此關係的物件數量，以本例來說，電廠可以有無限多個發電機，但發電機只能與一個電廠有關。



圖二十五：類別中的結合關係表示圖

2. 聚合關係(Aggregations)

聚合關係 (Aggregation) 是一種關係較強的結合關係，屬於成品和零件 (Whole-Part) 的關係。使用空菱形的實線從零件指向成品，且該零件屬於通用零件。例如：電廠擁有轉子設備，轉子是電廠的零件，即使電廠不存在，轉子還是存在，因為不同電廠都可以使用該轉子，如圖二十六所示：



圖二十六：類別中的聚合關係與組合關係表示圖

3. 組合關係 (Composition)

在聚合關係中最強的類別關係稱為組合關係 (Composition)，此零件是一種專屬零件。使用實心菱形的實線從零件指向成品，如圖二十六所示，風力電廠一定會有風力發電機塔架，當電廠不存在時，該塔架也不存在。

組合關係和聚合關係的主要差異，如下：

- (1) 組合關係的零件是只能使用在成品的專屬零件；聚合關係的零件是可以使用在其他成品的通用零件。
- (2) 成品如果不存在，組合關係的零件也不會存在，換句話說，組合關係的零件並不能單獨存在。但是，聚合關係的零件因為是通用零件，所以可以單獨存在。

4. 相依關係 (Dependency)

是一種最弱的關係，它是指某一類別需要依賴其他類別。兩者之間為一種「使用」的關係 (Using Relationship)，表示一個類別會用到其他類別，且被使用之類別的改變可能會影響到使用它的類別。相依關係之箭頭是由使用類別指向被使用類別，以虛線箭頭作為表達符號。以圖二十七為例，風力電廠會有維護工作，但該維護工作卻未必為電廠必

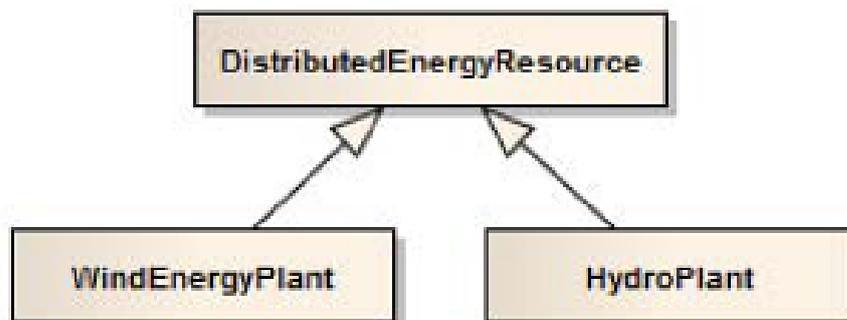
須。



圖二十七：類別中的相依關係表示圖

5. 一般關係(Generalization)

一般關係 (Generalization) 就是繼承關係，意謂著子類別繼承其父類別的特性，尤其是父類別的屬性與操作，使用空箭頭的實線從子類別指向父類別：如圖二十八所示：風力電廠與水力電廠都是能源來源的一種。



圖二十八：類別中的一般關係表示圖

四、可延伸標記式語言(XML, eXtensible Markup Language)

XML 是一種結構式的語言，易於被機器所編譯讀取，故經過 UML 建模

後的系統會再轉換為 XML 語言，以透過網路達成企業與企業之間的不同資訊

系統平台的訊息交換，XML 語言其格式基本條件如下：

1. 如果有 XML 文件宣告指令，必須位於 XML 文件的第一列。
2. XML 文件中只能有一個根標籤。
3. 開始的標籤與結束的標籤缺一不可。
4. 空的標籤必需要有『/』符號。
5. 所有的標籤必須滿足巢狀的排列。
6. 英文字母的大小寫是有差異的。
7. 屬性值的設定必需被雙引號『"』或『'』包圍起來。
8. 同一個標籤中不可重複出現相同的屬性。
9. 特殊字元的使用須正確。
10. 使用正確的物件名稱

圖二十九為描述風力電廠的 XML 的範例。

Listing 2.3 Example XML Document

```
1 <?xml version="1.1"?>
2 <!-- This is a comment after the preceding prolog -->
3 <!DOCTYPE PowerPlants PUBLIC "-//OFFIS//DTD PPLANTS 1.0//EN" "http://www.
   offis.de/DTD/powerplants10.dtd">
4
5 <PowerPlants>
6   <WindEnergyPlant id="1">
7     <Rotors length="20">
8       <Rotor no="1" yearOfManufacture="2011" />
9       <Rotor no="2" yearOfManufacture="2010" />
10      <Rotor no="3" yearOfManufacture="2011" />
11    </Rotors>
12
13    <?someApplication ignoreTurbineDefinition='no'?>
14    <Turbine power="3">
15      <Description>
16        The turbine could be described with some text, that can be read
17        by humans & machines.
18      </Description>
19      <Extras>
20        Everything <![CDATA[ inside this section will be quoted verbatim,
21        even <tags> ]]>
22      </Extras>
23    </Turbine>
24  </WindEnergyPlant>
25  <!-- Further elements could follow below ... -->
26 </PowerPlant>
```

圖二十九：用 XML 語言描述風力電廠的範例

五、 CIM Profiles 的使用：

由於 CIM 描述整個電力系統，資料量極為龐大，對某些公司或計劃來說，可能只使用 CIM 的部分內容處理特定用途的之資料，故產生了 CIM Profiles 的運用，CIM Profiles 是 CIM 的子集，包含一些特定用途所必須的類別及關聯關係，再加上一些必要的限制條件。所以 CIM Profiles 是針對特

定用途所產生，並提供給企業所使用，目前最普遍的 CIM Profiles 有以下 4 個：

1. CPSM:THE Common Power System Model

用於美國輸電系統的資訊交換所使用。

2. CDPSM:The common Distribution Power System

用於歐洲配電系統的資訊交換。

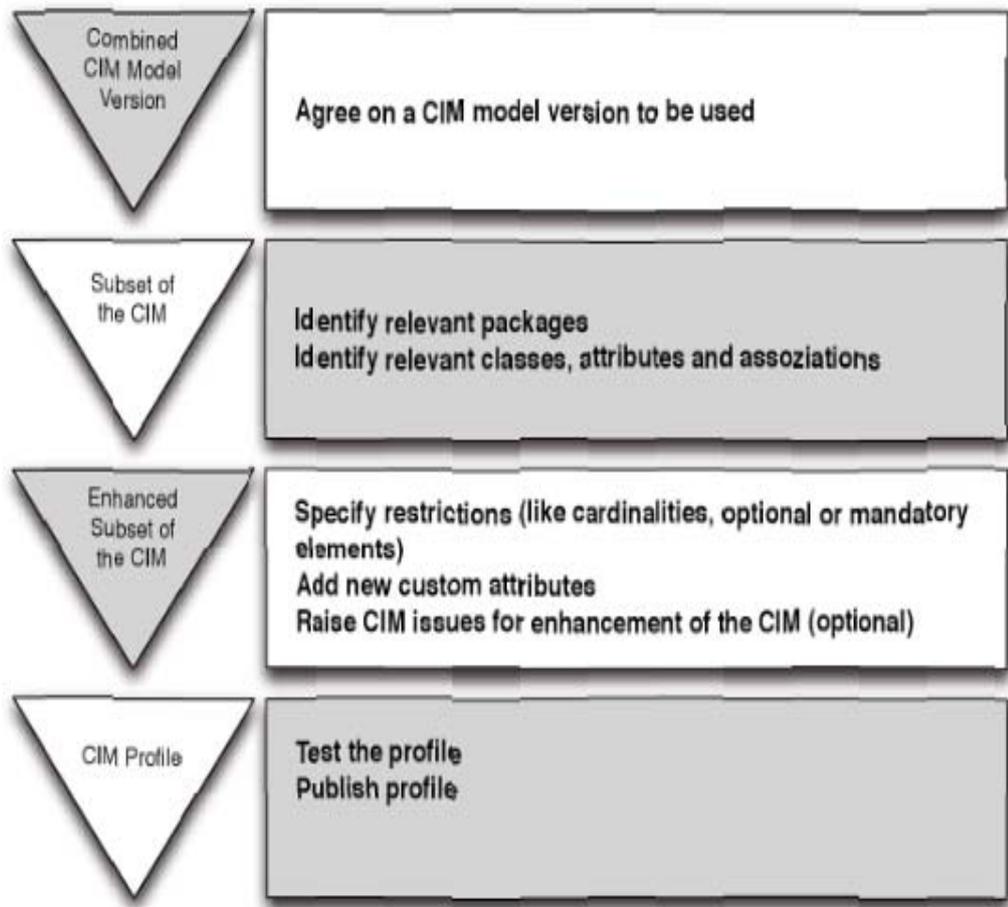
3. ENTSO-E Profile:

用於歐洲輸電系統的資訊交換。

4. ERCOT Profile:

用於企業內部的資料模型。

圖三十描述 CIM Profiles 的產生步驟，第一步需建立整個 CIM 的模型，第二步從模型中辨識出所需要的類別、屬性及關係，第三步加上必要的限制條件並加上一些所需的屬性，第四步經過測試其功能可正常執行後即可發行使用。目前市面上有免費的 CIM 軟體工具(如 CIMTool)，藉由此軟體可以將建模完成後的 UML 轉換成 XML，亦可根據不同需求產生 CIM profiles 以供使用。



圖三十： CIM Profiles 的產生步驟圖

六、 CIM 相關標準

CIM 主要是由 IEC 的三個標準將之標準化，此三個標準分別有不同用途，分別如下：

1. IEC61970

主要制定 EMS 相關應用介面(API)的標準 CIM 的基本輸電及網路資料模型
主要定義於 IEC61970-301 標準內，包含組件介面規格(CIS)，該標準目前由 IEC TC17 WG13 所維護。

2. IEC61968

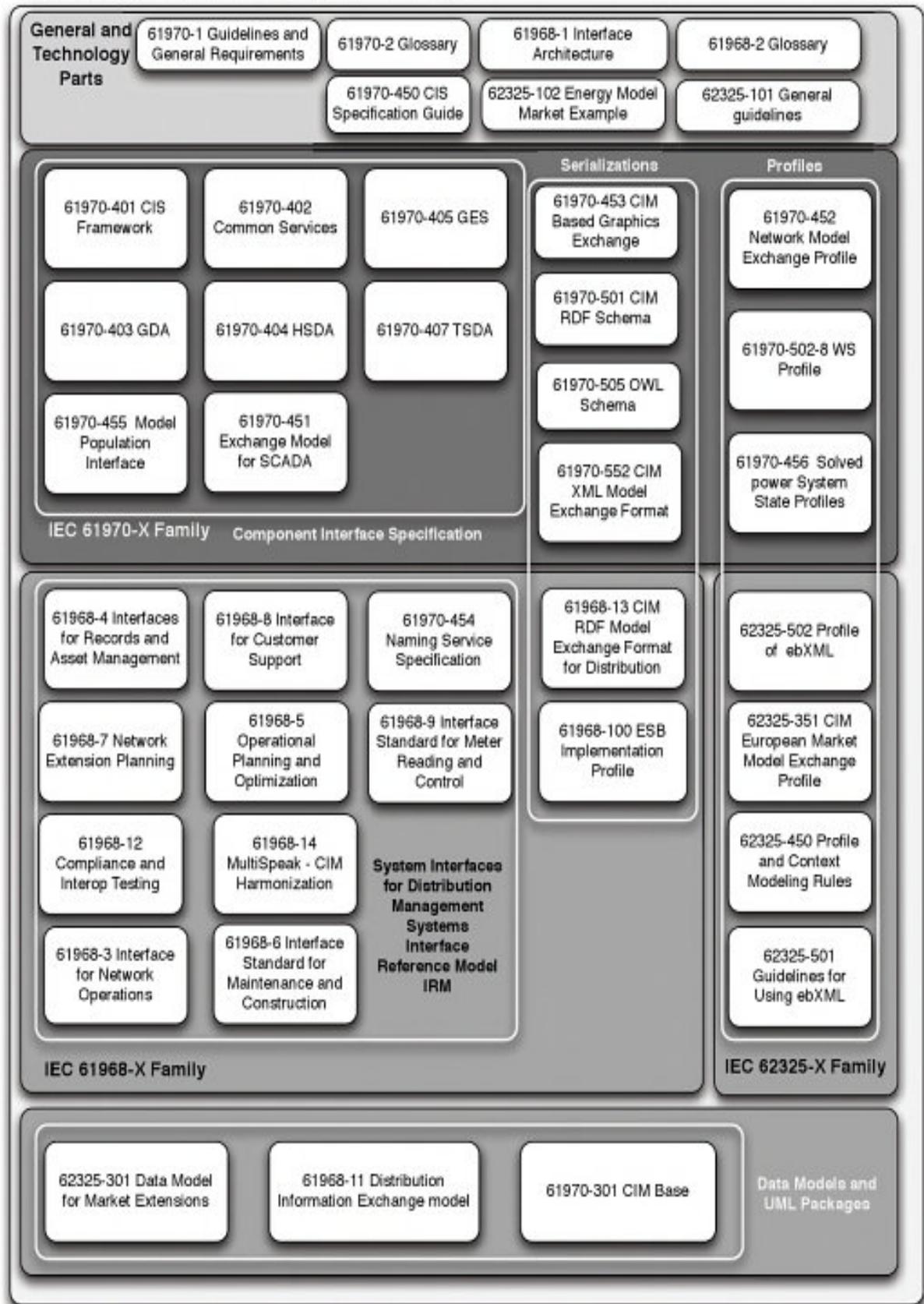
主要制定配電管理系統介面及其應用的標準 IEC61968-11 更進一步延伸了在 EC61970-301 所定義的 CIM 基本模型至其他電力系統面向，包括資產管理、表計讀取控制、電力調度的規劃與最佳化，以及客戶支援。該標準是由 IEC TC17 WG14 所維護。

3. IEC62325

更進一步將 CIM 延伸至電力市場的交易，並分為兩種，一為美國市場，另一為歐洲市場，其中包含了如何將其對應到 CIM UML 模型，並且產生資料交換的設定檔及格式，如何使用 CIM 軟體工具(CIMTool)等。該標準是由 IEC TC17 WG16 所維護。

圖三十一顯示此三個 IEC 標準與 CIM 的關係

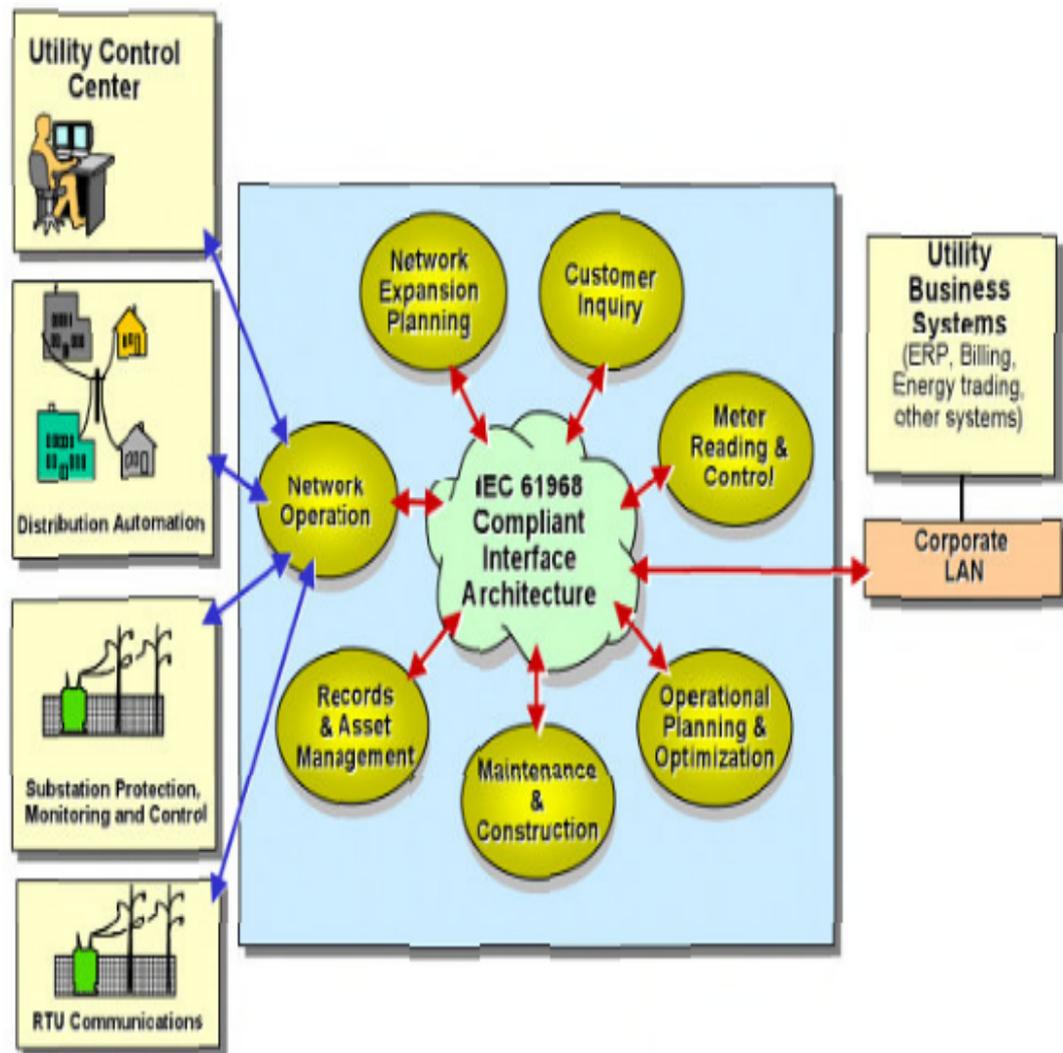
Common Information Model - CIM Functional Overview



圖三十一：CIM 與 IEC61970、IEC61968、IEC62325 關係示意圖

七、 CIM 資訊交換原理：

CIM 主要是利用 XML 語言來傳送交換各種資訊，例如 IEC61968 有關配電系統管理的資訊交換標準即為最常應用的例子，如圖三十二，顯示 CIM 在不同的系統應用間達成訊息的交換。

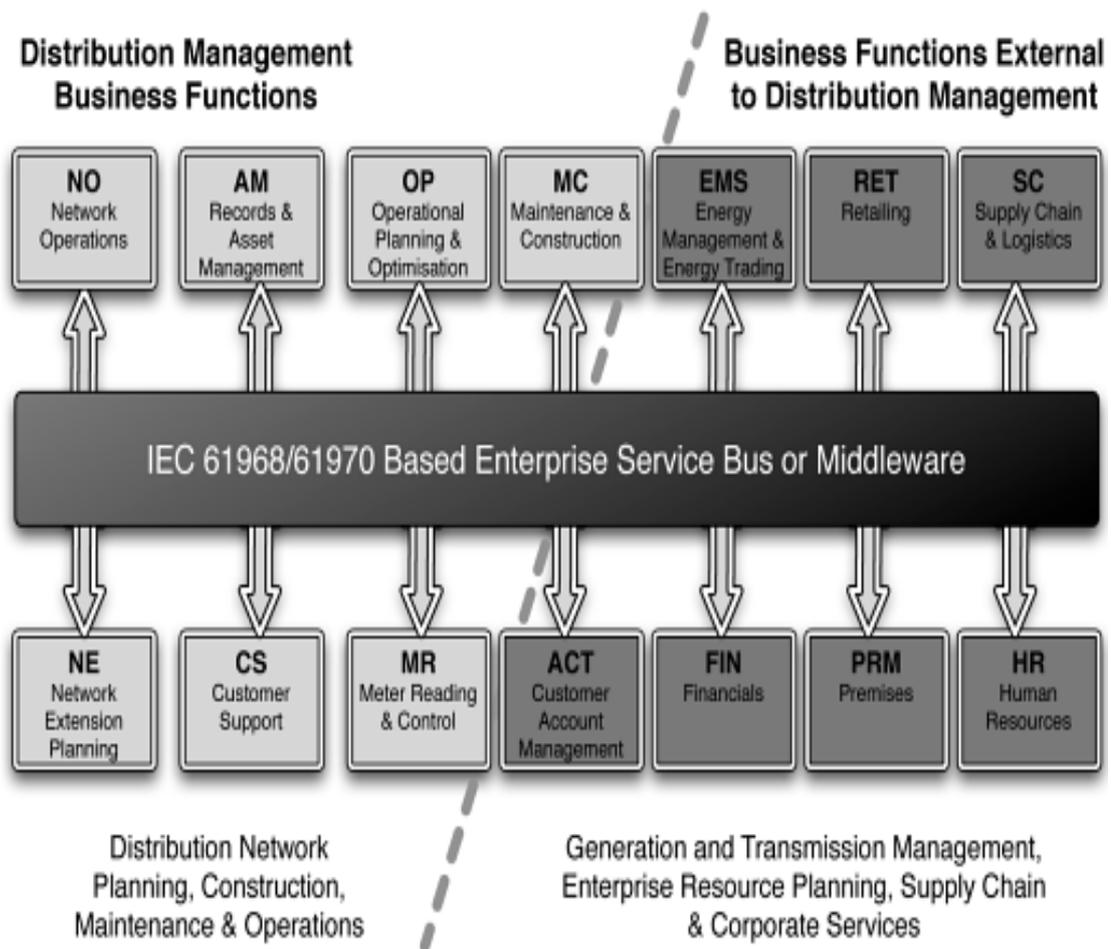


圖三十二：應用 CIM 進行系統間資料交換

若要在不同應用間通訊，訊息須達成兩種層面的兼容性：

1. 訊息的格式與協定須相容。
2. 訊息的內容須互相了解。

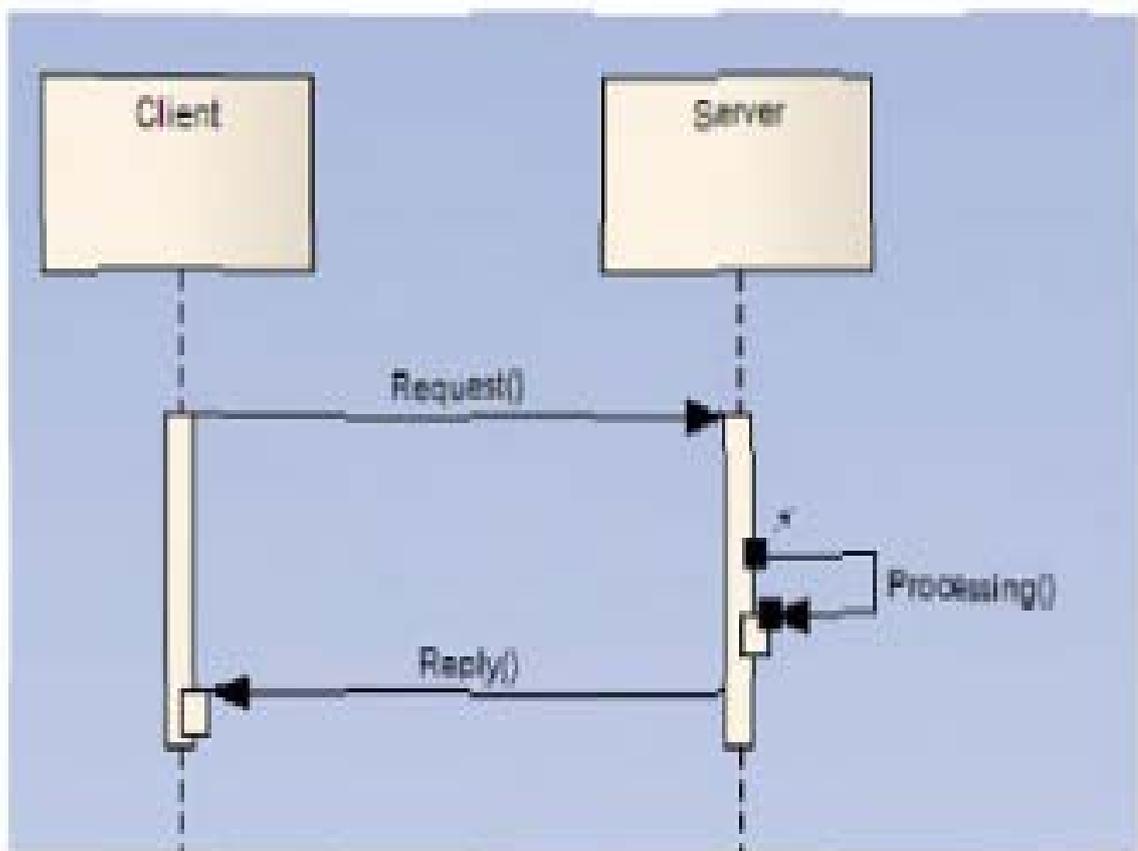
IEC 61968-1 標準定義了中介軟體(Middleware)，提供系統軟體和應用軟體之間的通訊連接，如 ESB(Enterprise Services Buses)，以便於軟體之間的溝通，如圖三十三。



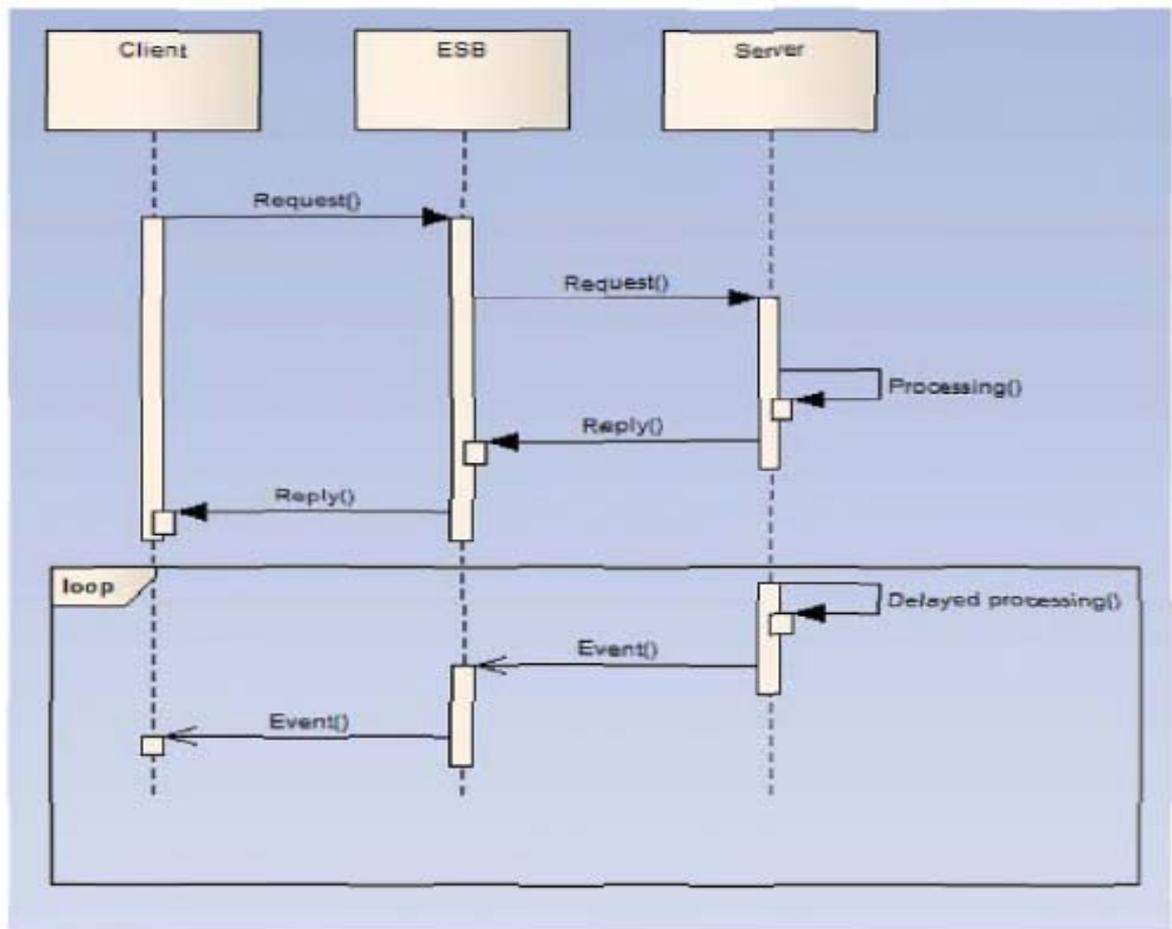
圖三十三：透過中介軟體(如 ESB)達成軟體應用間的資料交換

圖三十四(a)即為資訊交換中簡單的要求(request)/回應(reply)的

例子，一開始用戶(Client)送出要求的訊息給伺服器(Server)，經過處理(Processing)後再回應(Reply)給用戶，圖三十四(b)為較複雜的訊息傳送，中間透過了中介軟體平台 ESB 來做傳遞，該平台可以連接多個不同的系統來互相作資訊交換，圖中 EVENT 為較複雜的訊息，它跟要求(REQUEST)跟回應(REPLY)一樣為訊息的一種。



圖三十四(a): CIM 資訊交換範例



圖三十四(b): CIM 資訊交換範例

圖三十五為標準的訊息封包(Message Envelop)結構，主要包含以下 4 個主要部分：

1. 標頭(Header):

除了錯誤回報(fault response)的訊息類型，其他訊息都必須具備此一部分，標頭定義了該訊息的屬性及其執行的動作。

2. 要求(Request):

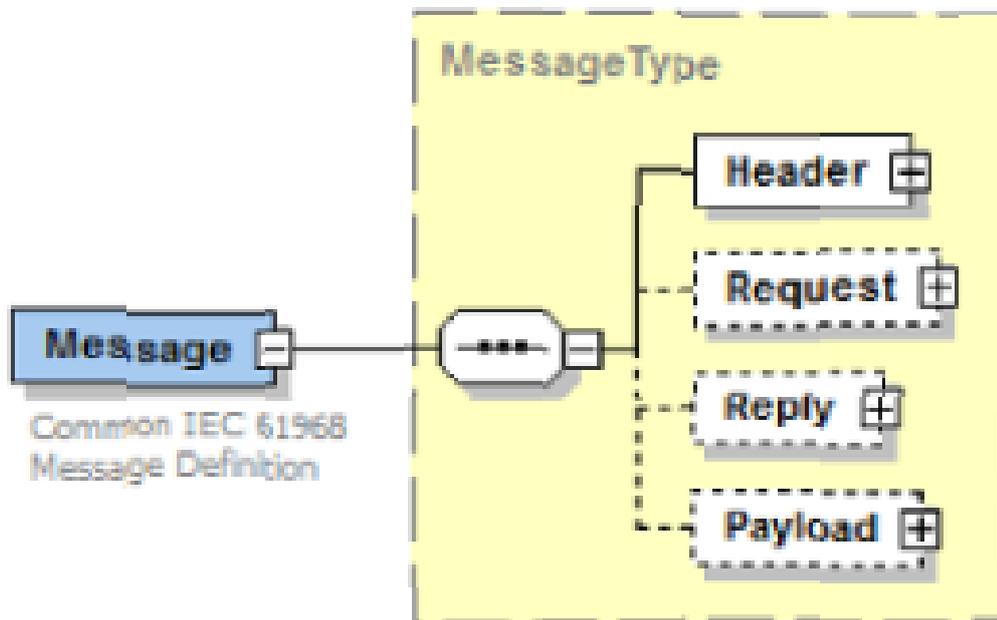
非屬必要，例如”刪除”、”取消”、”關閉”，視需求設定。

3. 回應(Reply):

只有回應(Response)的訊息才需要，主要表示回應是否成功、失敗或錯誤。

4. 承載資料(Payload):

主要用以載送該訊息標頭中的一些設定資訊，包括其屬性及動作，非屬必要部份。

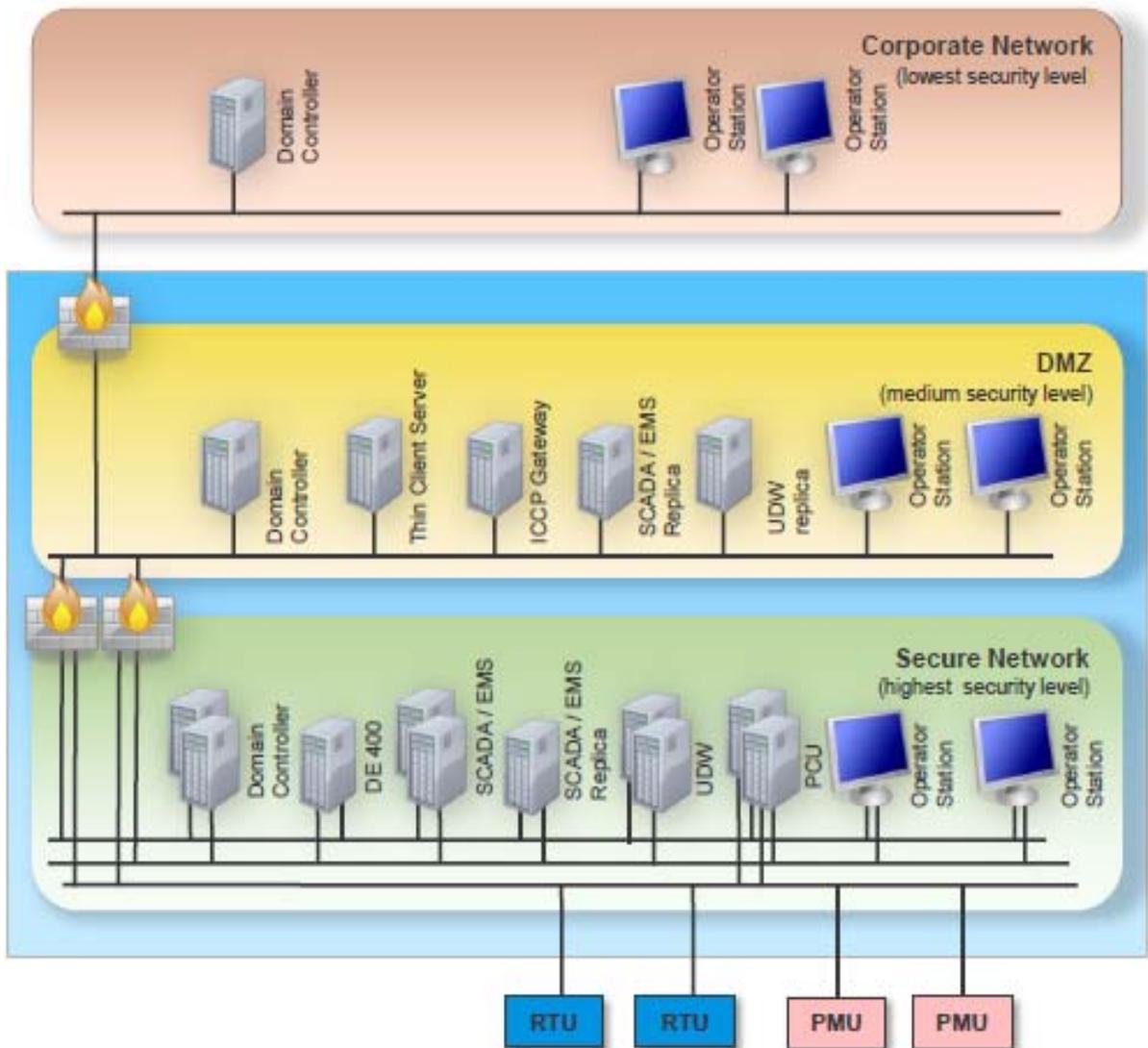


圖三十五：CIM 訊息結構

陸、 調度中心監控管理系統(SCADA/EMS/DMS)

一、 系統架構及其應用

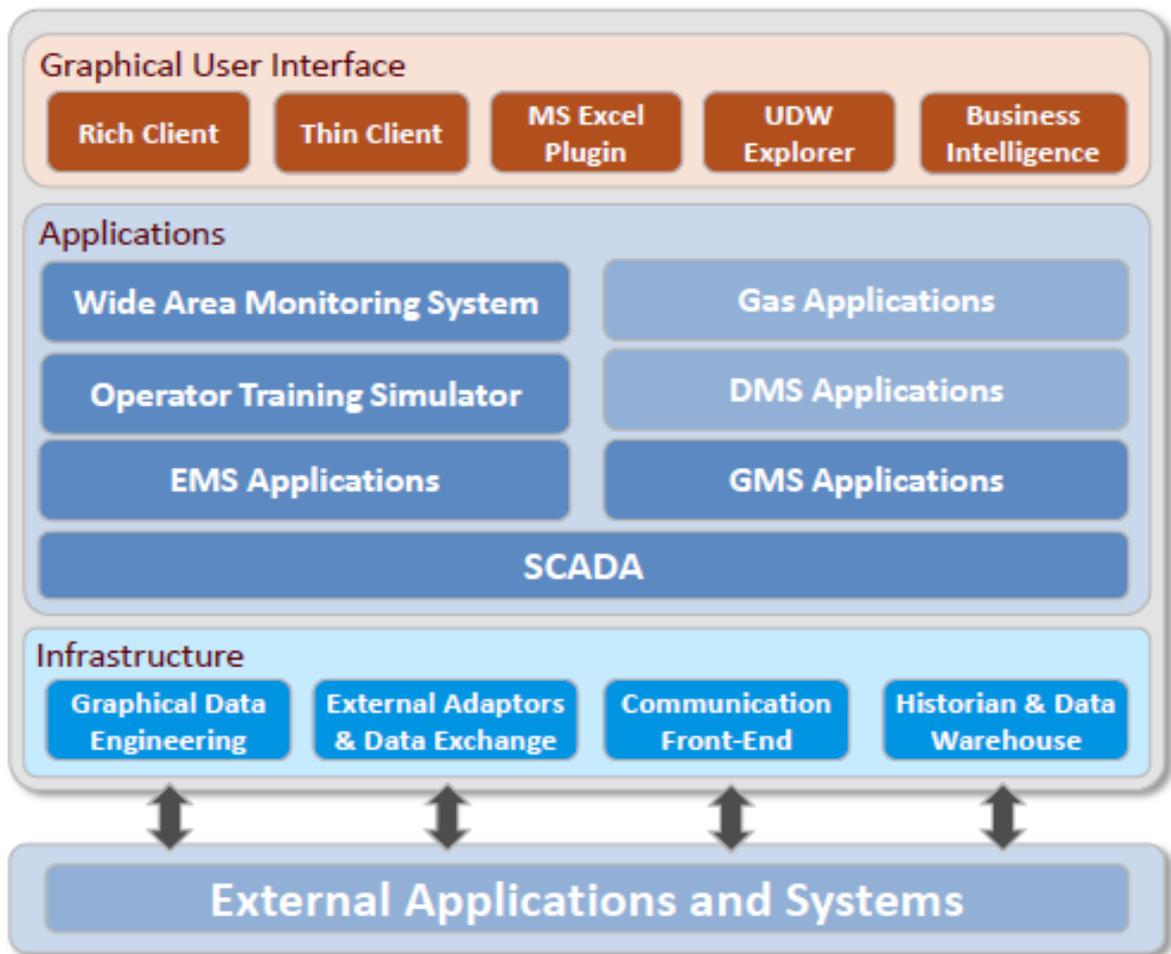
圖三十六為 ABB 公司的 SCADA/EMS/DMS 的架構平台：



圖三十六： ABB 監控管理系統架構

其系統以階層式網路架構分配，針對不同用途功能的伺服器與工作站配置，並且設定不同等級的網路防火牆，採分散式的架構，監控管理主機(SCADA)、能源

管理系統(EMS)主機、資料庫主機以及與資訊末端設備(RTU)連通之通訊主機須設定最高安全等級；上述主機的備援系統則置於次一等級的安全設定，最外一層(安全設定等級最低)僅有與外界資料交換或共享的工作站，以利資料連通，每一層級都設有操作員的工作站以及時監控管理各伺服器主機，以確保整體系統的穩定運作。



圖三十七：ABB 系統軟體架構

軟體架構概分為三個部分，如圖三十七，第一部分為系統基礎 (Infrastructure)，包含歷史資料庫、通訊機制及外部轉接裝置，可與外界的系統做資料轉換；第二部分為系統應用(Applications)，包含能源管理系統(EMS)、

配電管理系統(DMS)、發電管理系統(GMS)及調度員訓練模擬系統等；第三部分為圖形化使用者介面(Graphical User Interface)，供調度操作人員快速獲取電力系統資料並執行操作。

監控管理系統(SCADA/EMS/DMS)中，每一系統負責不同功能任務如下：

■ 電力監控系統(SCADA)功能：

1. 資料收集及計算。
2. 設備監控。
3. 由使用者設定之控制程序。
4. 重要設備資料的標示。
5. 有彈性的使用者授權。
6. 警報處理及提醒。
7. 對於干擾資料的處理功能。
8. 網路架構的管理。
9. 各項服務的資訊顯示。
10. 設備資料的統計。

■ 能源管理系統(EMS)功能：

1. 根據電力潮流與電壓變動率決定最佳的調度策略。
2. 有效監測負載以確保調度安全，避免系統負載不均與電壓崩潰。
3. 記錄干擾資料並針對其作分析報告。

■ 配電管理系統(DMS)功能：

1. 系統停電管理系統，包括客戶回報資訊的管理、電力中斷分析及相關資訊報告。
2. 調度命令的管理，依據系統情況建議最佳調度策略。
3. 配電網路的分析，包含負載潮流分析、故障電流計算、故障點位置估計及配電調度員訓練系統。
4. 與 GIS 地理圖資系統整合，動態顯示設備的運轉狀態。

二、 新一代監控管理系統特點

其系統為開放性的系統，主要特點：

1. 主機用伺服器使用 Linux，例如 SACDA、EMS 及 UDW(資料伺服器)等，以提高系統的穩定度，其他伺服器採用 Windows，可提高系統的相容性。
2. 系統架構大小可隨用戶需求調整，可利用桌上型電腦(小型系統)到架設多台伺服器(大型系統)均可實現監控管理。

3. 所有伺服器之間皆有備援機制，採用線上備援和同步伺服器等方式執行，並於系統發生故障時，可馬上接管故障的伺服器繼續執行作業。
4. 系統具有良好的強健性，可以處理並管理大量的資料量(超過 1 百萬 SCADA 監控點)。
5. 網路安全管理，資訊共享與流通可能會產生網路安全的疑慮，如何管理系統網路安全，避免惡意外來者的入侵更顯重要，可透過授權、認證等機制加強管理，保護系統穩定運作。
6. 系統的可用性，系統介面須便於用戶使用，並且提供相關設定功能供使用者自行選擇所需的功能。
7. 系統的維護性，透過硬體跟作業系統的互操作性，不同軟體間可互相兼容，大幅降低系統的維護成本。

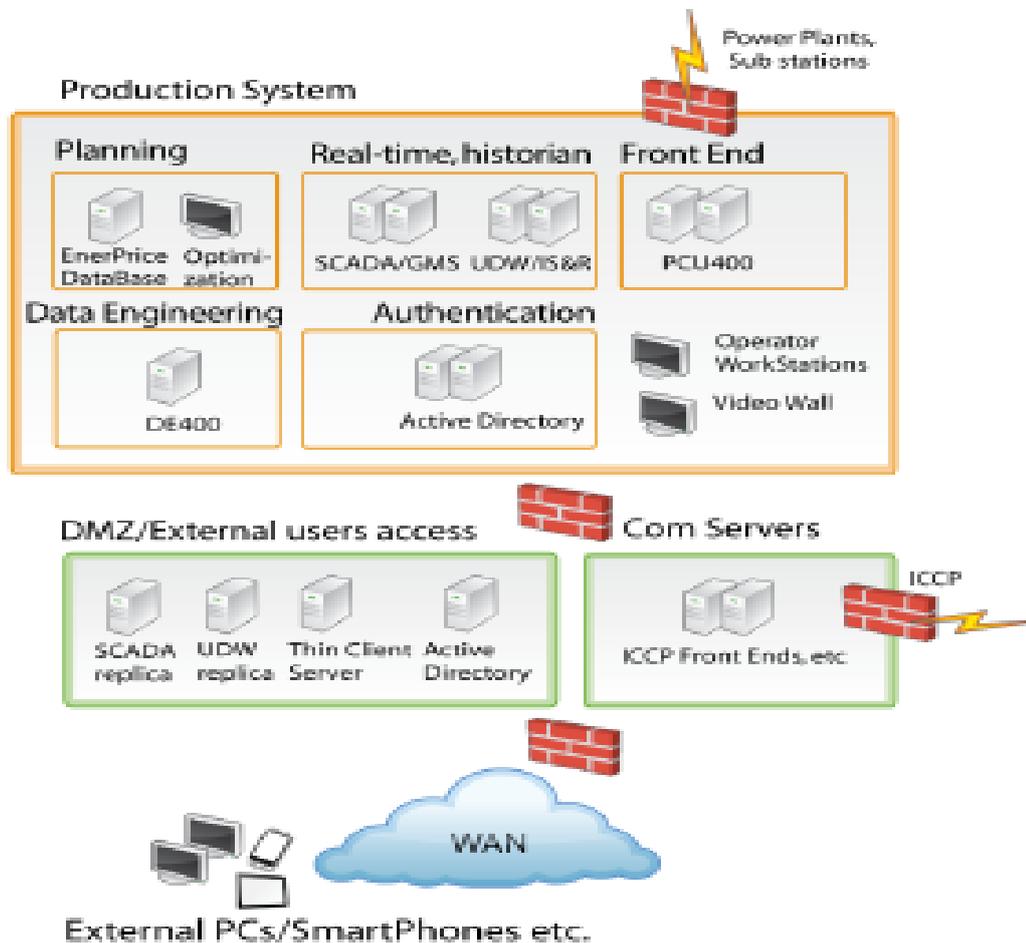
三、 監控管理系統未來發展趨勢

未來趨勢的 SCADA/EMS/DMS 系統應加強注重的功能：

1. IT 網路架構

所有伺服器都須有備援機制，每一個伺服器群組都能有失敗接管 (Seamless failover) 的功能，並且不會有資料的遺失。不同的應用會有其專屬的伺服器執行，以確保其穩定運作，而且系統架構可以視用戶的需求，從單一電腦擴展到多個伺服器，以 ABB 系統而論，將網路安全

等級分為三個等級，每一等級放置不同的伺服器，對外部使用者透過電腦或智慧型手機利用 WAN 連接，如圖三十八。



圖三十八：系統 IT 網路架構

2. 圖型化使用者介面

提供線上設定的選單跟工具列供用戶客製化的設定，並可將電力系統負載情況利用顏色標示，供使用者一目了然，減少運轉調度員的錯誤，亦可將相關資料列印報表存取並分析，並且可以透過網路雲端平台的方式來遙控工作站，如圖三十九。

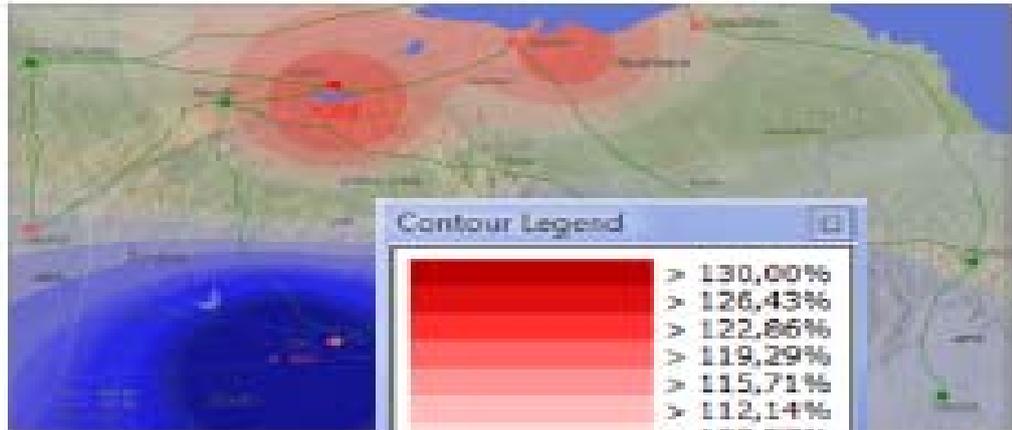


圖三十九：圖型化使用者介面畫面

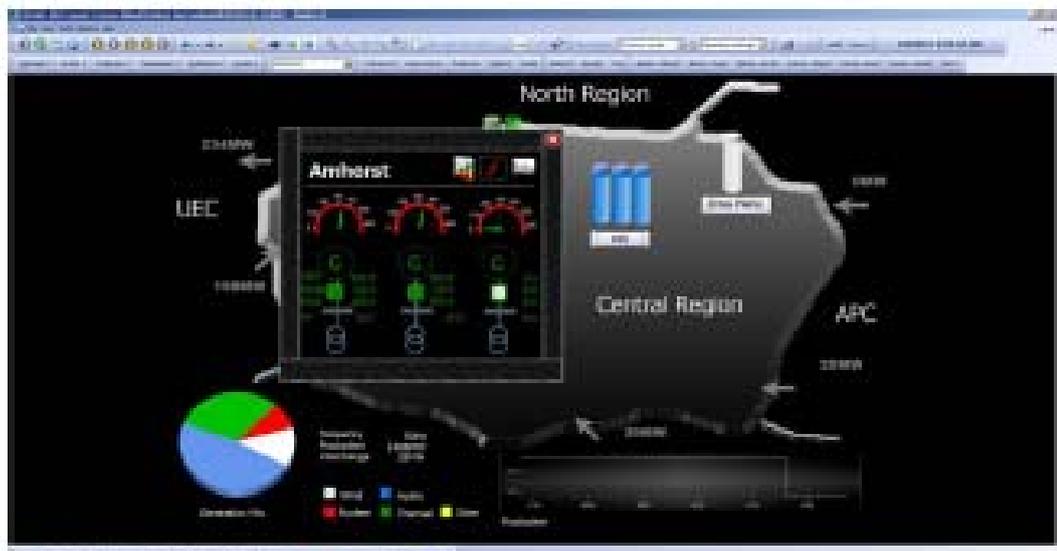
3. 情境察覺

以動態畫面顯示所量測或計算的資料(如電壓、頻率、虛功率等)

正常狀態與異常狀態的差別，加強運轉調度員對整個電力系統情形的了解，以確實掌握運轉策略，如圖四十。



圖四十(a):情境查覺畫面

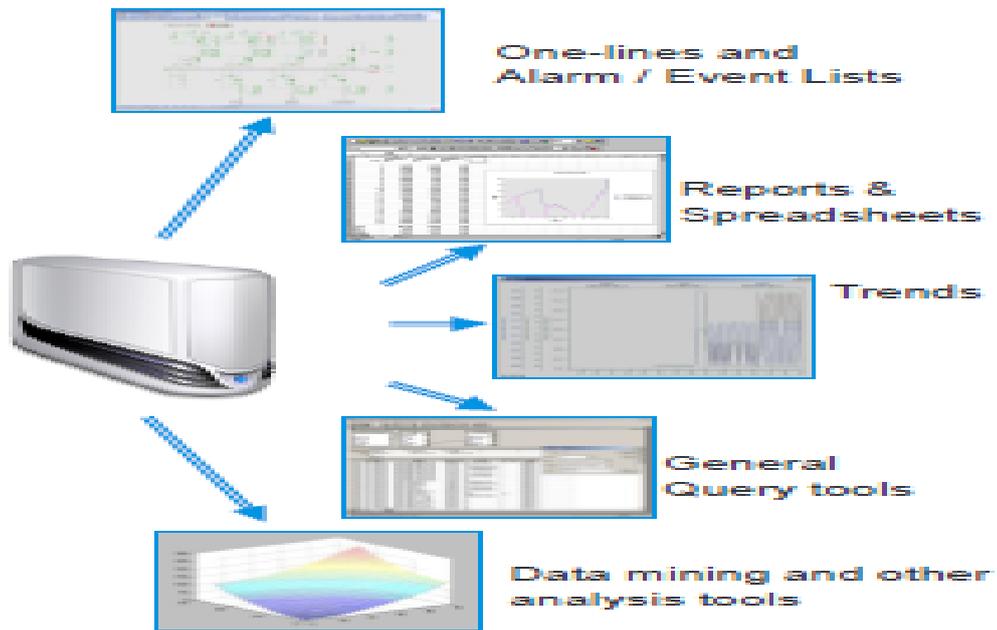


圖四十(b): 情境查覺畫面

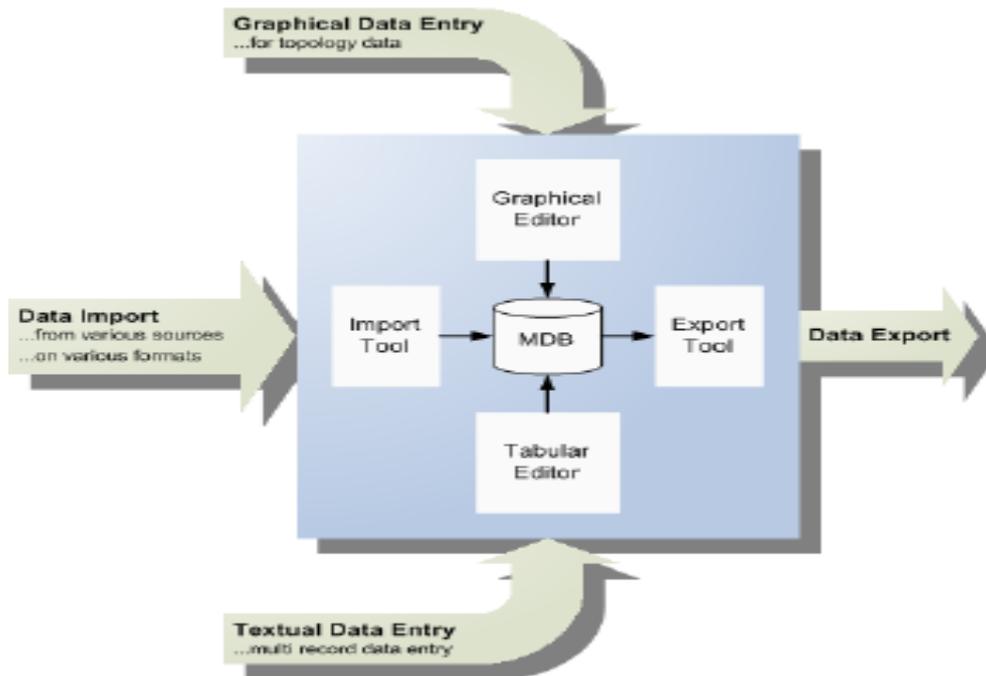
4. 歷史資料庫的運用

將所有取樣資料及警報資料收集，並從資料中做統計分析，據以繪出趨勢圖表或報告，亦可將相關計畫資料與其他電業做資料交換與共享，同時資料可以轉換成不同的形式供使用，例如：報告、線上查詢表列、趨勢圖等，如圖四十一。另外具備圖型資料工程的處理功能，可將量測資料與使用者所輸入的資料整合分析後，產出符合 CIM 格式的資料，如圖四

十二。



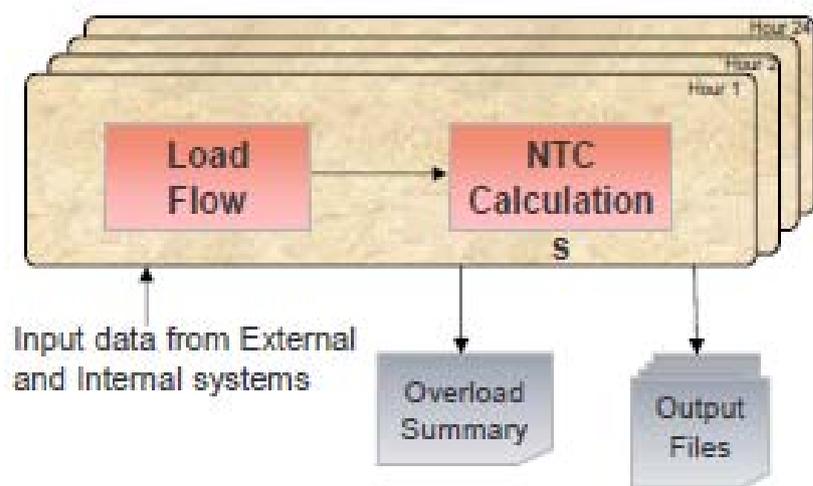
圖四十一：系統資料庫應用範圍



圖四十二：圖型資料工程處理示意圖

5. 負載預測

透過分析工具去評估未來電力網路中負載壅塞的地區，據以產生未來 24 小時內的過載與電力潮流分析結果報告，並提供建議電壓-虛功率控制策略與調度方式，其分析原理如下(如圖四十三)：



圖四十三：系統資料庫運用分析

- 輸入資料：發電機組資料，前一小時的負載預測結果、設備檢修時程資料、外部電力市場運轉資料。
- 輸出資料：線路運轉容量、並以 CIM 的格式輸出，提供給外部電力市場及能源交易市場參考。

目前各國電力產業針對下一代調度監控系統所發展的方向不盡相同，趨勢為：

- 歐洲輸電調度中心協會(ENTSO-E)：重點放在區域規模的電力市場、包

括調度、資產安全管理中心的建立，並且加強不同電業間的資料交換及網路模型的建立，從每日的資料預測分析朝向及時的資料分析。

■北美電力可靠度委員會(NERC)：專注於網路及電力系統的安全，包含災害復元系統及人員帳戶授權、加密及保護機制。

■美國電力研究院(EPRI)：專注於 CIM 模型及其互操作性的測試。

柒、心得與建議

一、 深深的感謝長官給予我們出國實習的機會，使能與國際知名廠商專家研討、觀摩及學習新一代電力調度自動化系統建置、規劃概況，電力調度自動化系統與智慧電網相關應用整合和新型數位式保護電驛的新技術，獲益良多，對將來的工作有很大的幫助，我們也很樂意將此行所見所學，與所有同仁共同研討和分享。面對公司未來民營化的挑戰及因應電力調度自動化系統與智慧電網相關的整合技術快速發展與進步，建議公司持續派員出國研習此領域相關的技術，以維持本公司輸、供電系統的高度競爭力。

二、 電視牆採用 DLP 或 LCD 之優、缺點比較：

1. 採用 DLP

優點：可長時間使用，拼接成電視牆時其接縫較小，後續維修成本較低，為工業級元件，可靠性高，使用壽命長。

缺點：重量較重、價錢相對昂貴。

2. 採用 LCD

優點：重量輕、價格相對便宜。

缺點：拼接成電視牆時其接縫較大，不適宜長時間使用，使用壽命短，且不適合靜止畫面，容易產生烙印問題。

3.洽詢廠家：新型調度中心的規劃方式除「業主」要求外，已不採用電視牆，改採使用多台的 LCD 螢幕來執行監控，此不但可降低建置成本，調度人員亦可從調度台快速獲取資訊，建議作為未來調度中心規劃之參考。

三、 新型調度中心規劃方式(已不採用電視牆)具有多種不同用途的伺服器主機，透過網路來連結，故更需注意網路安全，以避免惡意入侵導致電力系統癱瘓。未來規劃電力調度自動化系統，建議針對不同主機進行評估，設定不同的安全等級，管控使用者的權限，以利資料安全的分享與交換。

四、 共同資訊模型(CIM, Common Information Model)因須利用程式語言描述電力系統並建立相關模型，建議未來建置相關模組時，須加強資訊人員與電力背景人員的協同合作與開發，以利跨系統間資料交換共享作業等智慧電網相關項目的推動。

五、 IEC 61850 標準通訊協定已發展多年，國外建置 IEC 61850 自動化變電所比率逐年快速提高，此亦是未來變電站自動化系統的發展趨勢。因應未來智慧電網需求，對此通訊協定、網路通訊技術、

自動化設備和 IED 保護電驛等相關整合技術，同仁應加強學習與瞭解。

六、實地造訪 ABB 公司(Västerås)位於 Finnslätten 之工廠，參觀變電所自動化(SA)產品及 IED 電驛組裝(670 和 650 系列的 IED 電驛產品)，一具 REB670 電驛從倉庫領出零組件到電驛組裝完成，再經試驗，最後裝箱共約需 30 分鐘。對於廠房生產線和人員動線的安排，工作標準化，人員上班環境和工作效率等印象深刻，值得我們學習。

七、實地造訪 Finnslätten ABB 公司 Alpha 研發中心，參觀其試驗室及 RTDS(Real Time Digital Simulator)動態模擬分析系統。此套設備可應用於保護、監視、控制與通信等設備上，各種運轉狀況的模擬試驗和研究。例如：電力系統模擬及保護系統暫態測試；驗證電力系統保護方式的規劃和保護電驛標置設定是否適當；系統故障波形重播放，研析系統故障原因及確認保護電驛動作是否正確。

國際知名的保護電驛製造商，如 ABB、Siemens、SEL、GE、… 等，新研發的數位式保護電驛，生產前均應用 RTDS 設備來驗證產

品設計的理念、演算法(Algorithm)及保護邏輯是否有瑕疵，並模擬各種正常與故障狀況，來測試新研發的保護電驛產品可靠度；有時亦與其他廠家產品同時測試比較，了解彼此產品的優、缺點，改進缺失以提高自己產品的市場競爭力。通過所有的試驗後，研發的產品才送到生產線上製造。

保護電驛是電力系統最前線的哨兵，擔任守門員角色承擔不能失分的重責大任，攸關電網系統的安全、可靠度和穩定度；因此保護電驛的技術發展與運用，應該是本公司營運中重要的核心技術，有必要繼續派員出國研習保護電驛相關的最新技術。

本處電驛部門負責本公司發電、輸電、供電系統保護電驛的維護試驗工作，因應將來調度自動化、智慧電網、自動化變電所等與保護電驛相關的整合新技術，為確保保護電驛維護工作品質，建議本處電驛部門(含各供電區營運處)設立「保護電驛試驗室」，提供同仁研討保護電驛相關的新技術，教育訓練，驗證演算法(Algorithm)與保護邏輯，新理論或問題解決方案創新驗證，模擬試驗和分析以確認現場可疑問題並提出解決方案，保護系統模擬分析、實驗與研析詭異的系統故障原因，簡易的保護電驛維修，…等工作研究的環境，期能提升同仁專業技術水平和本公司競爭力並確保供電可靠度與穩定度。

八、可靠的網路系統對於實現高度安全(Security)、可靠(Reliability)和高度可使用(High availability)的電網即時監控系統很重要，本報告中介紹的“結合「並行備援協定(PRP)」和「高可用性無縫備援協定(HSR)」”之網路架構可供參考。