

行政院原子能委員會核能研究所

委託研究計畫研究報告

饋線設備關聯性資訊模型之研究

Study of Common Information Model for Feeder Facilities

計畫編號：111A011

受委託機關(構)：國立高雄科技大學 電機系

計畫主持人：辜德典教授

聯絡電話：07-3814526 轉 15504

E-mail：ttku@nkust.edu.tw

核研所聯絡人員：陳政佑

報告日期：111 年 11 月 25 日

目錄

目錄.....	1
圖目錄.....	3
表目錄.....	6
中文摘要.....	7
英文摘要.....	8
壹、計畫緣起與目的	9
貳、研究方法與結果	10
一、國內外饋線設備資訊模型相關文獻與技術收集與彙整.....	10
1.1 IEC 之 CIM 規範彙整.....	10
1.2 國內外相關技術彙整	12
二、分析饋線設備資訊模型於配電系統運轉、規劃設計與改善等應用	28
2.1 統一塑模語言(Unified Modeling Language, UML).....	29
三、研析配電圖資種類結構，並提出建構配電資訊模型方法.....	32
3.1 配電資訊模型結構研析.....	32
3.2 變壓器端末單元(TTU)之資訊模型建立	42
四、提升配電資訊模型可靠度與商用資訊模型轉換器之應用	45
4.1 簡單物件存取協定(Simple Object Access Protocol, SOAP).....	45
4.2 可延伸標記式語言(XML)	45
4.3 網路服務描述語言(WSDL).....	46
4.4 SOAP 之訊息結構	46
4.5 SOAP 之安全機制	47
4.6 結合 SOAP 及 XML 之商用資訊模型轉換應用	48
4.7 資訊模型轉換應用程式開發架構.....	50
五、配電變壓器資訊端末單元(TTU)規劃及建置.....	51
5.1 變壓器端末單元(TTU)設計	52
5.2 應用 CIM 於饋線電壓之監測	57
六、應用配電變壓器資訊端末單元(TTU)於饋線電壓監測	60
6.1 前言	60
6.2 轉換器之應用程式設計.....	61
6.3 現場端之變壓器端末單元(TTU)安裝	72
參、結論.....	77
肆、參考文獻	78

圖目錄

圖 1	CIM 之概念結構圖	10
圖 2	順向有電時配電設備之追溯圖	12
圖 3	企業分散式能源整合架構圖	16
圖 4	IEC 61968-5 CDV DERGROUPSTATUS.XSD	18
圖 5	DERGROUPSTATUS RESPONSE MESSAGE(EXAMPLE)	19
圖 6	項目之概念結構圖	20
圖 7	CIMV15 之變壓器(TRANSFORMER)模型	21
圖 8	平衡傳輸之變壓器(TRANSFORMER)模型	24
圖 9	不平衡分布之變壓器(TRANSFORMER)模型	25
圖 10	通用之三油箱變壓器組設備實例圖	25
圖 11	變壓器資產健康度之 CIM 建模圖	26
圖 12	配電系統內部關係連結圖	28
圖 13	類別繼承與屬性之相關範例	30
圖 14	連結形式與多樣性之相關範例說明	31
圖 15	IEC 61970-301 之 CIM 套件結構圖	31
圖 16	設備容器(EQUIPMENT CONTAINER)模型	34
圖 17	拓樸(TOPOLOGY)連結性 模型	35
圖 18	饋線(FEEDER)模型	36
圖 19	線路(LINE)模型	37
圖 20	變壓器(TRANSFORMER)模型	39
圖 21	客戶(CUSTOMER)模型	40
圖 22	資產(ASSETS)模型	41
圖 23	TTU 資訊模型之 UML 結構圖	43
圖 24	TTU 資訊模型之 RDF 的部分類別宣告	44
圖 25	TTU 資訊模型之 RDF 的部分屬性宣告	44
圖 26	SOAP 訊息內部結構	46
圖 27	SOAP 傳輸之安全機制結構	47

圖 28	測試用 SOAP 服務請求輸入介面	48
圖 29	測試用 SOAP 服務請求之 XML 格式	48
圖 30	測試用 SOAP 服務響應結果	49
圖 31	測試用 SOAP 服務可響應結果之 XML 格式	49
圖 32	資訊模型轉換器開發架構.....	50
圖 33	TTU 規劃建置圖.....	52
圖 34	TTU 硬體結構-PART1.....	53
圖 35	TTU 硬體結構-PART2.....	53
圖 36	信號取樣運算架構.....	54
圖 37	資料處理單元架構.....	55
圖 38	LORA 模組處理流程.....	56
圖 39	測試地點之 TTU 與 DCU 安裝	57
圖 40	郊區單日所量測之電壓與 RSSI.....	58
圖 41	市中心單日所量測之電壓與 RSSI.....	58
圖 42	TTU 之 XML 傳輸格式.....	59
圖 43	資訊模型轉換器開發架構.....	60
圖 44	資訊模型轉換器測試架構.....	61
圖 45	資訊模型轉換器實際測試硬體.....	61
圖 46	資料接收模組設計架構.....	62
圖 47	MODBUS 通訊協定應答過程	63
圖 48	MODBUS 通訊封包傳送格式	63
圖 49	MODBUS 封包間格機制示意圖	63
圖 50	資料接收模組之操作介面與響應內容.....	64
圖 51	TTU 數據儲存至 SQL 資料庫之資料表	65
圖 52	資料轉換模組設計架構.....	66
圖 53	SOAP 網路服務之測試頁面	67
圖 54	SOAP 網路服務之 WSDL 服務描述文件.....	67
圖 55	SOAP 網路服務之身分驗證功能	68
圖 56	身分驗證功能之 SOAP 訊息格式	68

圖 57	身分驗證功能之響應結果.....	68
圖 58	SOAP 網路服務之 TTU 編號查詢功能.....	69
圖 59	TTU 編號查詢功能之 SOAP 訊息格式.....	69
圖 60	TTU 編號查詢功能之響應結果.....	70
圖 61	TTU 調閱服務之使用者驗證畫面.....	71
圖 62	TTU 調閱服務之 UFID 查詢服務畫面	71
圖 63	TTU 調閱服務之電力數據查詢結果畫面.....	71
圖 64	TTU 之安裝桿號(饋線 XD35)	72
圖 65	TTU 安裝之高空作業(饋線 XD35)	72
圖 66	TTU 安裝成果(饋線 XD35)	73
圖 67	DCU 之安裝桿號(饋線 XD35).....	73
圖 68	DCU 安裝之高空作業(饋線 XD35).....	74
圖 69	TTU 之安裝桿號(饋線 XH29)	74
圖 70	TTU 安裝之高空作業(饋線 XH29)	75
圖 71	TTU 安裝成果(饋線 XH29)	75
圖 72	DCU 之安裝桿號(饋線 XH29).....	76
圖 73	DCU 安裝成果(饋線 XH29).....	76

表目錄

表 1	IEC 各標準之重點說明-PART1	10
表 2	IEC 各標準之重點說明-PART2	10
表 3	電氣連結性資料表.....	13
表 4	類別「IDENTIFIEDOBJECT」之屬性表.....	14
表 5	FSC 與 CIM 類別間之對應表	15
表 6	DER_GROUP_STATUS 可能相關之及時狀態資訊.....	16
表 7	項目實施過程之交換資訊.....	21
表 8	項目範例變壓器規格.....	22
表 9	範例變壓器之測量資訊.....	22
表 10	範例變壓器之 DGA 測試資料.....	23
表 11	UML 之圖表形式說明	29
表 12	連結形式之說明.....	30
表 13	配電結構 CIM 對應表-PART1	32
表 14	配電結構 CIM 對應表-PART2	33
表 15	TTU 安裝饋線表.....	51
表 16	TTU 之暫存器位址映射表.....	65

中文摘要

本計畫針對配電系統之資訊交換，參考國內外共同資訊模型(Common Information Model, CIM)於配電圖資之應用方式，用以協助配電系統運轉、規劃、設計與改善等。本計畫所使用之 CIM 以物件導向(Object-oriented)為概念，轉換配電圖資元件為類別(Class)型式，同時該類別具備繼承(Inheritance)、關聯(Association)與聚合(Aggregation)之關係，藉以簡化資訊系統之互通性。另為了解該 CIM 之性能與可靠度，本計畫以簡式物件存取通訊協定(Simple Object Access Protocol, SOAP)為基礎，提出 SOAP 訊息之可靠性架構，除提升該訊息於超文本傳輸協定(HyperText Transfer Protocol, HTTP)之傳輸安全性外，亦提高其資料可靠度。此外，本計畫亦依據所提出之 CIM 應用於變壓器端末單元(Transformer Terminal Unit, TTU)之結構定義，同時提出商用資訊模型轉換器之應用方式，結合該 TTU 執行饋線末端電壓監測，有效達到配網端設備之資訊收集、交換與應用之目的。

英文摘要

The goal of the project is to apply the data exchange technologies with common information model (CIM) to distribution mapping management system (DMMS) for the operation and planning of distribution systems. The object-oriented CIM is used to transfer the facilities of the DMMS to the class which is represented by the relationship of association, aggregation, inheritance. The project proposes the simple object access protocol (SOAP) based architecture to improve the reliability and security of the data transfer. The proposed CIM is applied to the data transfer of the transformer terminal units (TTU) to monitor the voltages of the end of the feeders and to achieve the SCADA of the facilities in distribution systems.

壹、計畫緣起與目的

台電公司針對配電系統已建構數個資訊系統進行資料收集與分工處理，其系統可執行對應之工作流程，而為使配電系統達到智慧電網(Smart Grid)之應用功能，台電公司已開始推展先進配電管理系統(Advanced Distribution Management System, ADMS)之建置工程，其 ADMS 主要目的為整合不同資訊系統，進行配電系統之運轉與管理，同時可藉由應用程式(Applications, APPs)之功能開發，進一步提升配電系統之運轉效率與供電品質。

為使 ADMS 可以順利達成預期功能與發揮功效，其資訊系統之資料交換顯得相當重要，目前國際與電力有關之資訊系統，其國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)提出 CMI 作為各資訊系統之資料交換方式，藉以降低整體 ADMS 之複雜度外，亦透過標準資料轉換模型降低整體系統之轉換程式數量與其開發成本。

近期台電公司針對 ADMS 開始規劃 CIM 以達到不同系統之資訊交換與其應用功能擴充與開發，其已針對部分元件大致規劃出其資料交換模型，然而對於未來即將導入至 ADMS 之 TTU 或故障電流指示器(Fault Current Indicator, FCI)等資料交換模型，仍尚未定義出；此外，對於 CIM 於不同系統進行資料交換時，其透過資訊網服務(Web Service, WS)仍有可能在資料傳遞時有所遺漏，因此如何提高訊息傳遞之可靠性有其必要，對此本計畫針對台電未來建構之 ADMS 系統，研析其配電圖資種類建構其配電資訊模型方法，同時亦針對未來 TTU 佈建與其 ADMS 系統之整合，規劃其 TTU 之資訊模型，並安裝 TTU 執行饋線電壓監測，同時提出具可靠性之 SOAP 訊息架構，以確保 CIM 於資訊交換時之可靠性，進一步降低 ADMS 之資料交換複雜度外，亦可達到配電系統之智慧電網應用功能。

貳、研究方法與結果

一、國內外饋線設備資訊模型相關文獻與技術收集與彙整

1.1 IEC 之 CIM 規範彙整

通用資訊模型(Common Information Model, CIM)是一項基於物件導向技術所建構之標準數據模型，目的即是為企業間提供一套通用且有效之特定資料交換格式及配置文件，以此來降低整體系統之資料轉換程式數量與建置開發成本，達到隨插即用(Plug and Play)之目的。CIM 之結構以統一塑模語言(Unified Modeling Language, UML)進行定義，再將所建立之數據模型透過可延伸標記式語言(Extensible Markup Language, XML)映射成一套標準訊息結構進行傳輸，CIM 之概念結構圖如下圖 1 所示，而目前 IEC 已針對 CIM 各層次標準進行定義，包含 IEC 61970、IEC 61968、IEC 62325 等，其各標準之重點說明如表 1、2 所示。

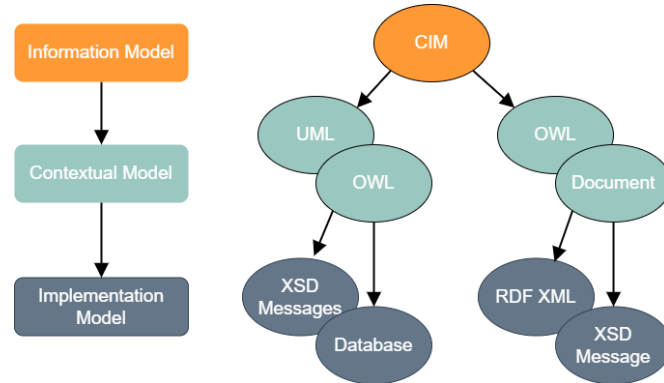


圖 1 CIM 之概念結構圖

表 1 IEC 各標準之重點說明-Part1

CIM 結構	IEC 規範	規範重點
UML Model	61970-301	定義 CIM 之基本結構單元與其連結關係，包含類別、屬性與套件等，使模型更加符合電力網路之物理特性，並對常見之電力系統資源提供一套對應之標準套件模型。
	61968-11	擴展基本 CIM 以滿足配電網絡需求，並整合與電力公司之企業資訊系統，引入了配電公司內交換數據之類別，使其支持資產管理、客戶管理、地理數據等。
	62325-301	規範電力市場之交換數據訊息，添加了用於定義電力市場參與者間交換數據之套件類別，包括市場運作不同階段之交換訊息，如協議、投標、計費、清算和結算等。

表 2 IEC 各標準之重點說明-Part2

CIM 結構	IEC 規範	規範重點
CIM Profiles	61970-452	定義了 CIM 中執行狀態估計和控制中心和/或控制中心組件（例如電力系統應用）之間的潮流應用所必需的類別、類別屬性和關聯子集。
	61968-13	提供了一個配置文件列表，這些配置文件允許對平衡和不平衡的配電網絡進行建模，以便進行網絡分析（潮流計算）。
	61970-456	定義描述產生電力網絡穩態解之狀態估計、潮流和其他類似應用結果等相關類別子集。
	61970-457	用於交換支持分析電力系統或其部分的穩態穩定性（小信號穩定性）和/或瞬態穩定性所需的動態模型資訊。
	61970-453	定義了用於控制中心組件之間傳輸數據內容和其交換機制，包含交換圖表佈局數據等。
Data Exchange and Serialization	61970-401	描述了用於交換特定數據之規範 CIM 子集，定義在創建配置文件規範的過程中要遵循的規則。
	61970-501	囊括依 IEC 61970-301 之規範標準所生成之機器可讀形式之格式和規則，提出一套用於描述應用程序專用之類別與屬性框架之數據建模詞彙表「RDF Schema」，以支持數據訪問設施和相關的 CIM 語義。
	61970-552	依 IEC 61970-501 中提出之 CIM RDF Schema 作為元模型框架來構建電力系統建模資訊的 XML 文檔，規定了基於 CIM 交換建模資訊的格式和規則。
	61970-600	定義了基於 IEC 61970-450 系列和 IEC 61968-13 配置文件的通用電網模型交換標準 (CGMES) 中包含的配置文件。
	61968-1	定義了用於電力系統管理和相關資訊交換之介面架構之主要元素。
	61968-2	識別並解釋了 IEC 61968 其餘部分中使用的術語和縮寫。
	61968-5	定義了分散式能源資源管理系統(Distributed Energy Resources Management System, DERMS) 應用於企業間整合所需之標準。

1.2 國內外相關技術彙整

1.2.1 CIM 配電圖資轉檔及傳輸技術

目前國內 CIM 相關技術已有所定義，其提出的配電處之拓樸分析主要根據 OMS 之關聯式資料庫，擷取電氣網路之連結關係及開關等配電設備之動態狀態經由追溯過程建立網路結構，以達到顯示及分析配電網路系統等目的。運轉圖資系統將配電設備分為二種元件：分支（Branch）及節點（Node），在配電系統應用中，分支為任何連接兩個端點之設備如電線、開關及變壓器等，而節點為將分支連結之電氣接點。拓樸追溯是由給定之節點設備或分支設備開始，以分支另一端點為新的起點，而該起點連結到新的節點表示是新的分支，重覆執行此過程直到抵達開路開關或終點，當所有配電設備皆已追溯完畢時，則代表配電系統之網路模型架構建構完成，如下圖 2 所示，其電氣連結性資料表(Connectivity Table)如下表 3 所示。

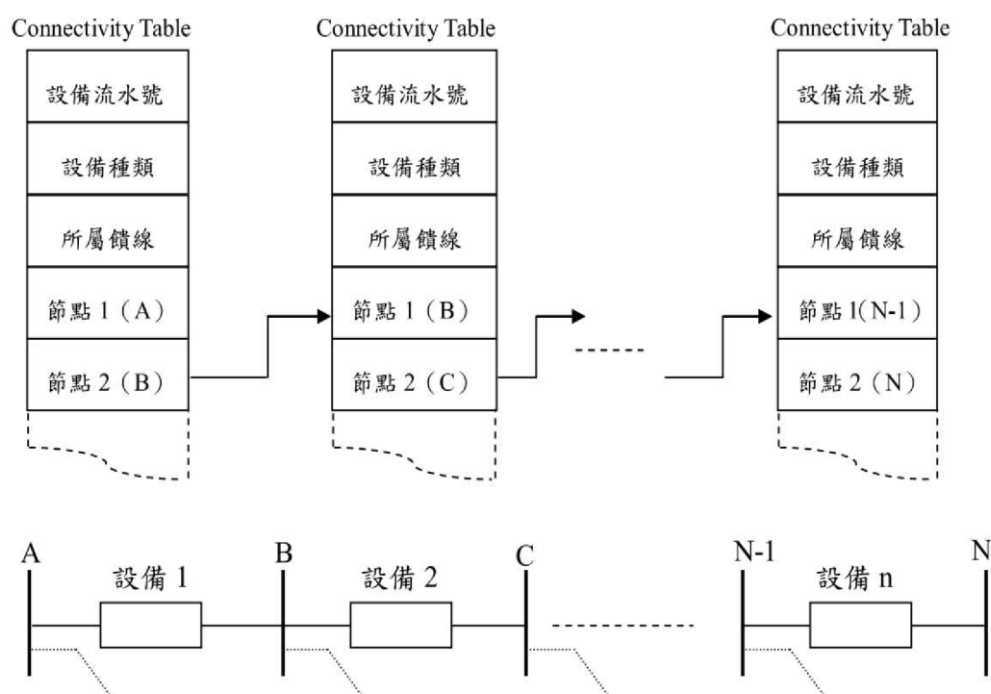


圖 2 順向有電時配電設備之追溯圖

而於 IEC 61970-301 中提到，CIM 定義了一個根類別「IdentifiedObject」，用於對所有所需類別提供通用之命名屬性，用以描述該設備名稱、識別 ID 等設備資訊，如表 4 所示。UFID 為配電系統中唯一設備識別代碼，應用於 CIM 中可直接帶入欄位，亦可標註於 *name* 或 *aliasName* 欄位中，以利其他既有系統介接。網路連結性的部分可依電氣連結性資料表之資訊，依據 N1(節點 1)、N2(節點 2) 建立對應的 CIM 類別，如 *ConnectivityNode* 及 *Ternimal* 等，可依實際需求做判斷與轉換。在配電設備資料方面，設備類別已透過 FSC 進行分類，而其對應之 CIM 類別如下表 5 所示。

表 3 電氣連結性資料表

英文名稱	中文名稱	欄位說明
FSC	設備種類	參見表 4
UFID	設備流水號	
N1	節點 1	
N2	節點 2	
FDR1	主要供電纜線 1	
FDR2	主要供電纜線 2	
DIR	方向性	0:單節點設備有電；1:順向有電；2:逆向有電；3:順向無電；4:逆向無電；98:單節點設備無電；99:沒有供電
OHUG	地下架空別	0:OH(架空)；1:UG(地下)
OSTATUS	開關運作連結狀態	0:OFF(不通電)；1:ON(通電)
PHASE	相別	1:? ;2:A ;3:B ;4:C ;5:AB ;6:BA ; 7:BC ; 8:CB ;9:CA ;10:AC ;11:ABC
X	設備之 X 座標	
Y	設備之 Y 座標	

表 4 類別「IdentifiedObject」之屬性表

Name	Type	Note
mRID	String	A globally unique machine-readable identifier for an object instance.
name	String	A free text name.
localName	String	A local short name of the instance. Objects that are structured in a functional naming hierarchy have this name local to each particular level in the hierarchy. The name shall be unique among objects contained by the same parent.
pathName	String	Objects that are structured in a functional naming hierarchy have a pathName which contains all the IdentifiedObject.localNames from the object to the root. The pathName, then, is a concatenation of all these names from the leaf object up to the root of the containment hierarchy, similar to a file path name. For example, if node "A" contains node "B" that contains node "C", then the pathName for node "C" may look like "A.B.C". The type of delimiters used between localNames is not specified but is a local implementation issue.
aliasName	String	A free text name of the instance. This attribute can also be used for localization.
description	String	A free format description of the instance.

表 5 FSC 與 CIM 類別間之對應表

FSC	Class	Package
101 匯流排	BusbarSection	Wires
	BusbarSectionInfo	AssetInfo
102 電容器	SeriesCompensator	Wires
	ShuntCompensator	Wires
106 高壓導線	Line	Wires
	ACLineSegment	Wires
	WireInfo	AssetInfo
	WireSpacingInfo	AssetInfo
	WirePosition	AssetInfo
108 斷路器	Breaker	Wires
	ProtectionEquipment	Protection
114 高壓開關 151 常閉環路	Jumper	Wires
	Switch	Wires
	ProtectedSwitch	Wires
	LoadBreakSwitch	Wires
	Disconnecter	Wires
	GroundDisconnecter	Wires
	Fuse	Wires
	Recloser	Wires
	CompositeSwitch	Wires
	Sectionalizer	Wires
	Cut	Wires
	WireInfo	AssetInfo
115 變壓器	PowerTransformer	Wires
	PowerTransformerInfo	AssetInfo
402 變電所	Substation	Core
其他	Terminal	Core
	ConnectivityNode	Core
	TopologicalNode	Core
	Asset	Assets
	AssetInfo	Assets
	AssetModel	Assets
	Manufacturer	Assets
	ProductAssetModel	Assets
	PSRType	Core

關於分散式能源(Distributed Energy Resource, DER)之資訊於企業匯流排上的整合，紀錄於規範 IEC61970-5 中，在系統整合的架構上，各分散能源統一(DER)由 DERMS 進行管理，透過企業匯流排與配電管理系統(DMS)、電表資料管理系統(MDMS)、缺電管理系統(OMS)及地理圖資系統(GIS)相互交換資訊，其整合架構圖如圖 2 所示。參考 EPRI 提供之相關資訊，下表 6 為 DERMS 回報 DER 群組及時狀態(present state)可能於回應時所需傳送之資料列表。

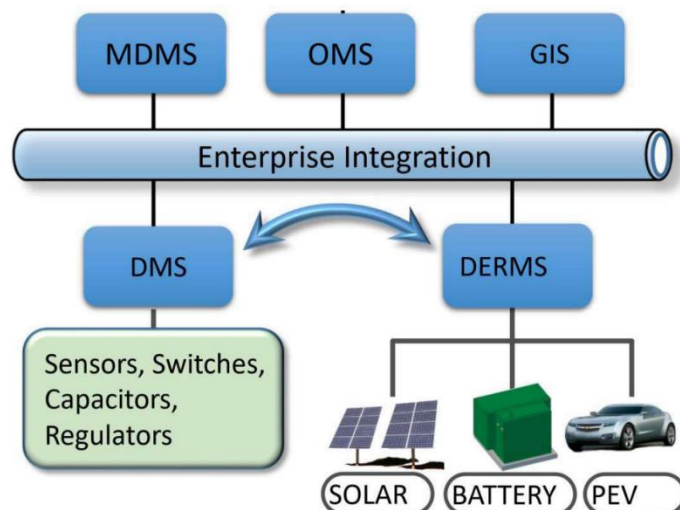


圖 3 企業分散式能源整合架構圖

表 6 DER_Group_Status 可能相關之及時狀態資訊

Information Name	Units	Information Description
Group ID	N/A	The unique identifier of the group for which status was requested
Group Name (optional)	N/A	A reference name (string) for the group
Watts Total	W	Present AC active power imported or exported from the DER group (signed quantity)
Watts, Per Phase	W	Same as above but for Phase A, B, and C.
VA	VA	Present apparent power imported or exported from the DER group
VA Per Phase	VA	Same as above but for Phase A, B, and C.
VAR Total	VAR	Present reactive power, capacitive or inductive, produced by the DER group
VAR Per Phase	VAR	Same as above but for Phase A, B, and C.
PF	%	Aggregate Power Factor for the DER group
PF, Per Phase	%	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative Watt-hours Exported	Wh	Aggregate energy exported from (arbitrary starting point value) the DER group
Cumulative Watt-hours	Wh	Same as above but for Phase A, B, and C.

Exported, Per Phase		
Cumulative Watt-hours Imported	Wh	Aggregate energy imported to the DER group (arbitrary starting point value)
Cumulative Watt-hours Imported, Per Phase	Wh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VA-hours Exported	VAh	Cumulative apparent energy exported from the DER group
Cumulative VA-hours Exported, Per Phase	VAh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VA-hours Imported	VAh	Cumulative apparent energy imported to the DER group
Cumulative VA-hours Imported, Per Phase	VAh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VAR-hours Imported Q1	VARh	Cumulative Reactive Energy imported group, Quadrant 1 to the DER
Cumulative VAR-hours imported, Q1, Per Phase	VARh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VAR-hours imported Q2	VARh	Cumulative Reactive Power imported to the DER group, Quadrant 2
Cumulative VAR-hours Imported, Q2, Per Phase	VARh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VAR-hours Exported Q3	VARh	Cumulative Reactive Power Exported from the DER group, Quadrant 3
Information Name	Units	Information Description
Cumulative VAR-hours Exported, Q3, Per Phase	VARh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Cumulative VAR-hours, Exported Q4	VARh	Cumulative Reactive Power Exported from the DER group, Quadrant 4
Cumulative VAR-hours Exported Q4, Per Phase	VARh	Same as above but for Phase A, B, and C.
Phase Voltage AB	V p.u.	Average per unit phase voltage AB for the DER group
Phase Voltage BC	V p.u.	Average per unit phase voltage BC for the DER group
Phase Voltage CA	V p.u.	Average per unit phase voltage CA for the DER group
Phase Voltage AN	V p.u.	Average per unit phase voltage AN for the DER group
Phase Voltage BN	V p.u.	Average per unit phase voltage BN for the DER group
Phase Voltage CN	V p.u.	Average per unit phase voltage CN for the DER group
Hz	Hz	Average line frequency of the DER group
Present Energy Stored	Wh	Present stored energy by the DER group

再生能源資訊方面，EPRI 提供之 CIM 相關技術應用實例文件較為詳盡，可參考其整理之及時狀態等相關資訊，後續確認台電內部對再生能源監視與調控之需求，再依照 IEC 61968-5 之規範訂定資料交換格式，下列為 DER_Group_Status 之 XSD 訊息格式及其回應之 XML 資訊範例：

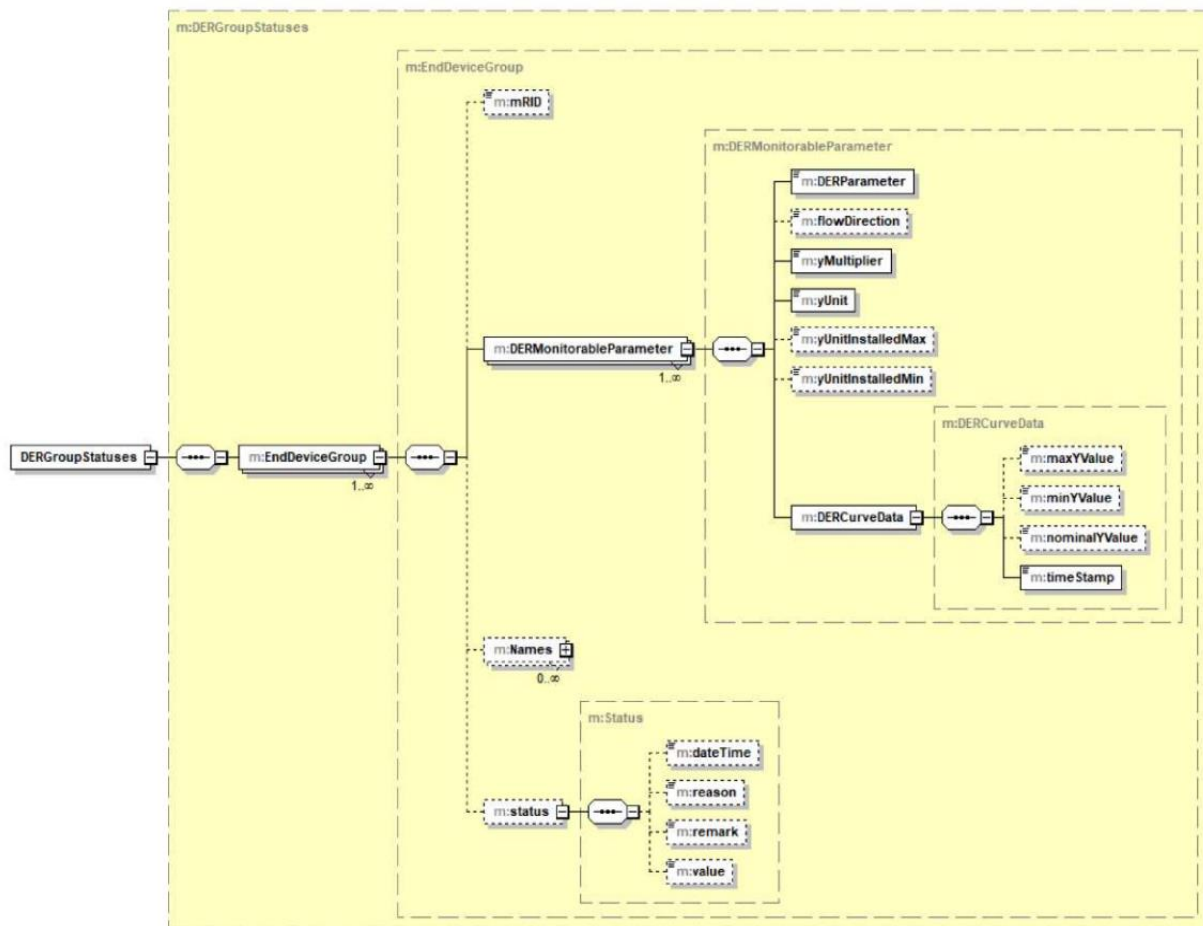


圖 4 IEC 61968-5 CDV DERGroupStatus.xsd

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!--Sample XML file generated by XMLSpy v2015 rel. 4 spl (x64)
(http://www.altova.com)-->
<tns:DERGroupStatusQueriesResponseMessage
xmlns="http://iec.ch/TC57/2011/schema/message"
xmlns:xml="http://www.w3.org/XML/1998/namespace"
xmlns:obj1="http://iec.ch/TC57/2017/DERGroupStatuses#"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:nl="http://www.altova.com/samplexml/other-namespace"
xmlns:tns="http://iec.ch/TC57/2017/DERGroupStatusQueriesMessage"
xsi:schemaLocation="http://iec.ch/TC57/2017/DERGroupStatusQueriesMessage
DERGroupStatusQueriesMessage.xsd">
  <tns:Header>
    <Verb>reply</Verb>
    <Noun>DERGroupStatuses</Noun>
    <Timestamp>2017-06-12T16:35:23-06:00</Timestamp>
    <MessageID>11beae4e-d615-416c-921f-b0a65ef0af7e</MessageID>
    <CorrelationID>4bf02e07-6cdd-430d-a318-965838d58b9d</CorrelationID>
  </tns:Header>
  <tns:Reply>
    <Result>OK</Result>
    <Error>
      <code>0.0</code>
    </Error>
  </tns:Reply>
  <tns:Payload>
    <obj1:DERGroupStatuses>
      <obj1:EndDeviceGroup>
        <obj1:mRID>6b3241b8-a0f1-429b-b163-459122b5672e</obj1:mRID>
        <obj1:DERMonitorableParameter>
          <obj1:DERParameter>activePower</obj1:DERParameter>
          <obj1:yMultiplier>k</obj1:yMultiplier>
          <obj1:yUnit>W</obj1:yUnit>
          <obj1:DERCurveData>
            <obj1:nominalYValue>114.2</obj1:nominalYValue>
            <obj1:timeStamp>2017-06-12T16:35:11-
06:00</obj1:timeStamp>
          </obj1:DERCurveData>
        </obj1:DERMonitorableParameter>
        <obj1:Names>
          <obj1:name>DG3</obj1:name>
        </obj1:Names>
      </obj1:EndDeviceGroup>
      <obj1:EndDeviceGroup>
        <obj1:DERMonitorableParameter>
          <obj1:DERParameter>activePower</obj1:DERParameter>
          <obj1:yMultiplier>k</obj1:yMultiplier>
          <obj1:yUnit>W</obj1:yUnit>
          <obj1:DERCurveData>
            <obj1:nominalYValue>88.65</obj1:nominalYValue>
            <obj1:timeStamp>2017-06-12T16:35:18-
06:00</obj1:timeStamp>
          </obj1:DERCurveData>
        </obj1:DERMonitorableParameter>
        <obj1:DERMonitorableParameter>
          <obj1:DERParameter>voltage</obj1:DERParameter>
          <obj1:yMultiplier>none</obj1:yMultiplier>
          <obj1:yUnit>V</obj1:yUnit>
          <obj1:DERCurveData>
            <obj1:nominalYValue>240.09</obj1:nominalYValue>
            <obj1:timeStamp>2017-06-12T16:35:18-
06:00</obj1:timeStamp>
          </obj1:DERCurveData>
        </obj1:DERMonitorableParameter>
        <obj1:Names>
          <obj1:name>DG4</obj1:name>
        </obj1:Names>
      </obj1:EndDeviceGroup>
    </obj1:DERGroupStatuses>
  </tns:Payload>
</tns:DERGroupStatusQueriesResponseMessage>

```

圖 5 DERGroupStatus Response Message(example)

1.2.2 通用資訊模型協調與實施示例(資產健康度資訊交換之變壓器模型)

國外之 CIM 相關技術應用主要於美國較為普遍，此報告由 EPRI 提供，結合了第 15 版 CIM 標準(CIM v15)與 IEC 61850 應用於交換變壓器等資產健康度相關資訊，其概念結構圖如下圖 5 所示，並成功在 2011 年依據國際電工委員會(IEC)之標準於智能電網變電站實驗室展示其應用項目結果，該資訊包括跨變壓器之平衡傳輸和不平衡分布，以及其變壓器油箱之資產測試程序結果，如溶解氣體分析(Dissolved Gas Analysis, DGA)等，報告中描述了整合環境與支持項目實施的數據交換所需之實際模型，並據此開發了用於交換變壓器資產健康度資訊之配置文件，而其項目實施過程之交換資訊如表 7 所示，最後提及了特定於應用程序之「整合模板」概念，定義「整合模板」應具備之內容及潛力以促進應用程序部署，下圖 5 該項目之概念結構圖。

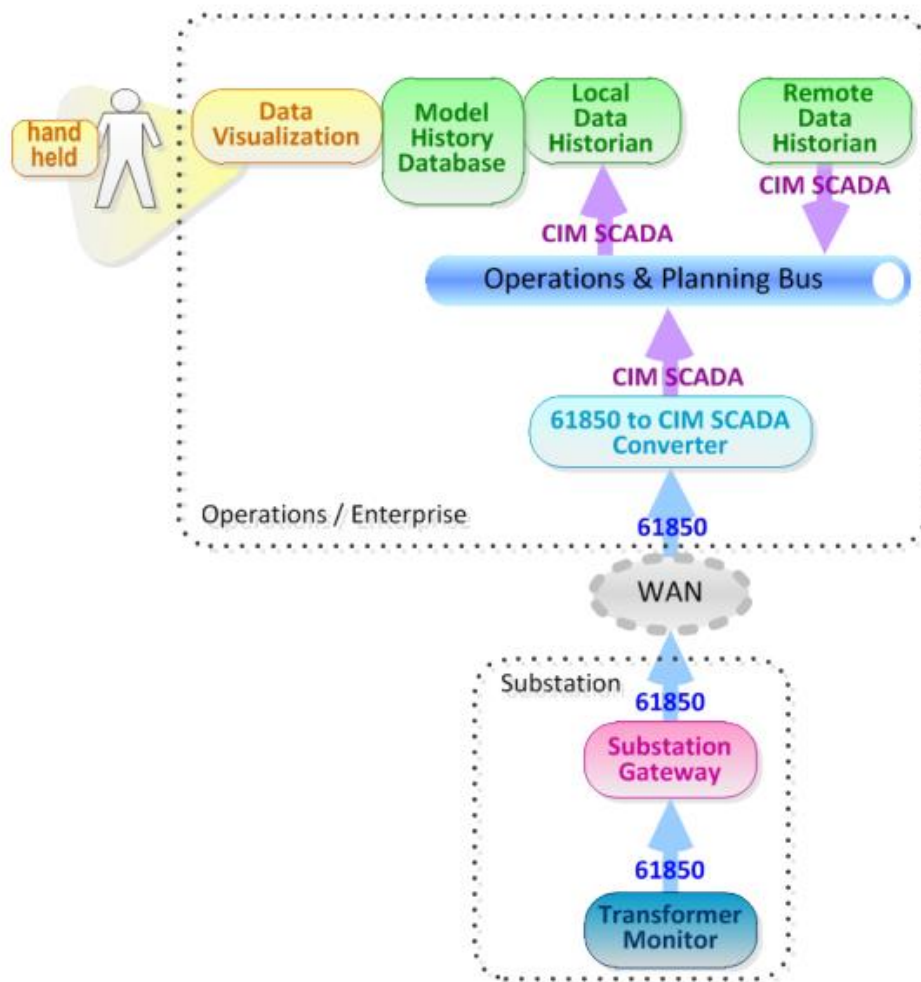


圖 6 項目之概念結構圖

表 7 項目實施過程之交換資訊

Information Exchanged	Source	Destination	Implementation Technology
Network and equipment information	Model History Database	Data Visualization Tool	PI AF Webservice
Current measurement data	Remote Data Historian and 61850 to CIM SCADA Converter	Local Data Historian	OPC messaging over SISCO UIB running on IBM MQ JMS
Historic measurement data	Local Data Historian	Data Visualization Tool	PI JDBC
Asset test results information	Model History Database	Data Visualization Tool	PI AF Webservice

CIM 於第 15 版對變壓器模型進行了重大修改，修改後之變壓器模型能夠更完整地支持相位不平衡模型，支持切割和跳線，添加通用名稱模型，添加圖表佈局模型，支持資產目錄，添加選定的非為發電機動力學建模提供設備和支持，如圖 6 所示。其目的是允許平衡變壓器（傳統上用於傳輸應用）和不平衡變壓器（用於配電應用）之實際模型從 CIM 變壓器模型導出。

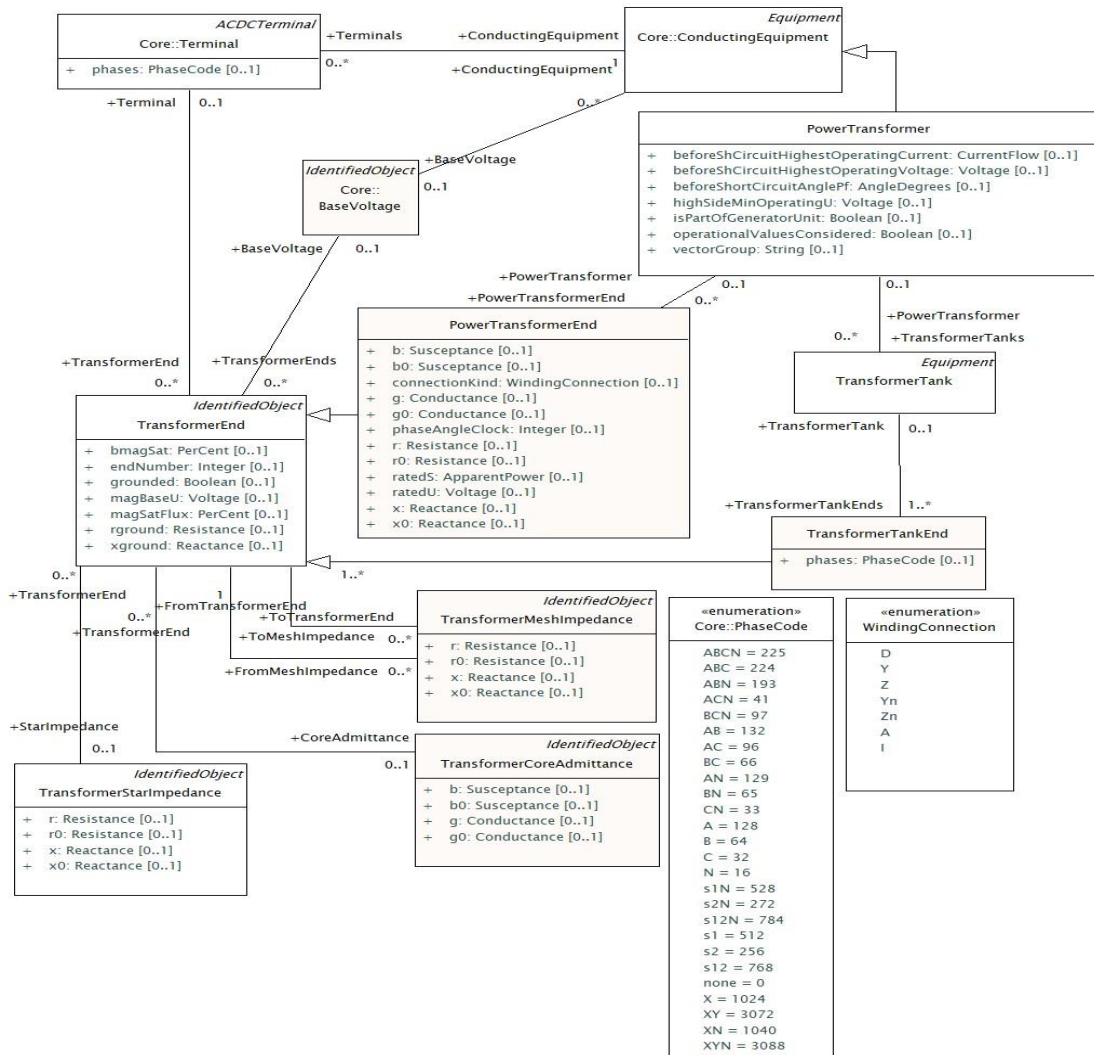


圖 7 CIMv15 之變壓器(Transformer)模型

表 8 為範例變壓器之規格描述，而表 9、10 為其應用程序用於交換之歷史測量資訊和 DGA 樣本測試結果，測量資訊有兩種類型：電氣系統相關（電壓、MW、MVAR、Amp）和資產健康相關（油溫、繞組溫度、氣體、泵或風扇故障），樣本測試結果包括一系列與資產相關、測試相關和結果相關的信息，並且與測量數據相比，從一個變壓器到另一個變壓器的內容差異較小。

表 8 項目範例變壓器規格

變壓器名稱	規格描述
Chattanooga Xf3	a 230/115 kV transmission transformer with one tank.
Sumpter Xf56	a 161/13.2/13.2 kV 3-winding transmission to distribution transformer with one tank.
Nashville Xf3	a 765/345/34.5 kV autotransformer with tertiary, comprised of three singlephase tanks in a transformer bank

表 9 範例變壓器之測量資訊

		Chattanooga Xf3	Sumpter Xf56	Nashville Xf3
High Side Voltage	phase A	X		X
	phase B	X		X
	phase C	X		X
Low Side Voltage	phase A	X		
	phase B	X		
	phase C	X		
High Side MVA			X	X
High Side MW			X	X
High Side MVar			X	X
Low Side MVA		X	X	X
Low Side MW		X	X	X
Low Side MVar		X	X	X
Low Side 2 MVA			X	
Low Side 2 MW			X	
Low Side 2 MVar			X	
High Side Amps	phase A			X
	phase B			X
	phase C			X
Low Side Amps	phase A	X		
	phase B	X		
	phase C	X		
Tertiary Amps	phase A			X
Oil Temp		X		
	phase A			X
	phase B			X
	phase C			X
Oil Temp Alarm			X	
High Side Winding Temp	phase A			X
	phase B			X
	phase C			X
High Side Winding Temp Alarm			X	
Low Side Winding Temp		X		
	phase A			
	phase B			
	phase C			
Fan Fail Alarm			X	
Pump Fail Alarm			X	
Gas	phase A			X
	phase B			X
	phase C			X
Key: electrical system-related, asset health-related				

表 10 範例變壓器之 DGA 測試資料

DGA Sample Test Data from Sample Transformers	Chattanooga Xf3 Main Tank	Sumpter Xf56 Main Tank	Nashville Xf3 Per Phase (Tank)
EquipmentID	X	X	X
Serial Number	X	X	X
TestID/Lab Control Number		X	X
Sample Date	X	X	X
Total Dissolved Gas		X	X
Total Heat Gas	X		
Total Dissolved Combustible Gas	X	X	
Equivalent TCG Percent	X	X	
Hydrogen (H2)	X	X	X
Oxygen (O2)	X	X	X
Methane (CH4)	X	X	X
Carbon Monoxide (CO)	X	X	X
Carbon Dioxide (CO2)	X	X	X
Ethylene (C2H4)	X	X	X
Ethane (C2H6)	X	X	X
Acetylene (C2H2)	X	X	X
C3			X
ISOC4			X
C4			X
Nitrogen (N2)	X	X	X
Oil Temp	X	X	X
Hydran			X
Total Partial Press	X		
Est Safe Handling Limit	X		
Moisture in Oil	X	X	X
LabID	X	X	X
Date Received		X	X
Test Date		X	X
Notes	X	X	X
Key: asset-related, test-related, results-related			

下圖 7 為平衡傳輸之變壓器模型圖，此模型適用於兩繞組變壓器。它的 PowerTransformer 類別與兩個 PowerTransformerEnd 類別有關聯，每個類別代表一個繞組，每個都與一個 Terminal 類別相關聯。Terminal 類別也與 PowerTransformer 類別相關聯，因為 PowerTransformer 類現在是 Conducting Equipment 類的一個特化。此外，新的 TransformerMeshImpedance 和 transformerCoreAdmittance 類支持對變壓器電氣狀態進行更為準確的建模。

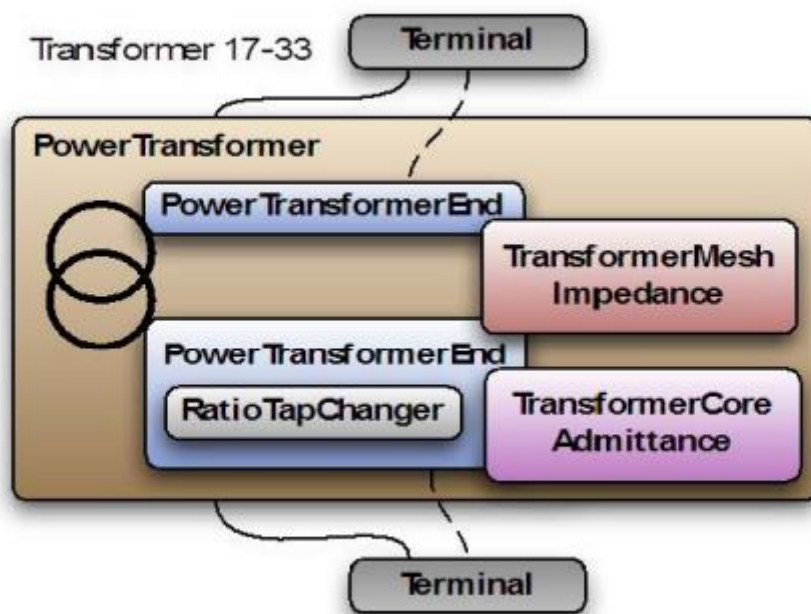


圖 8 平衡傳輸之變壓器(Transformer)模型

為了對變壓器不平衡分布存在之三相進行建模，PowerTransformer 類別與三個 TransformerTank 類別相關聯：一個用於 A 相，一個用於 B 相，一個用於 C 相，如圖 8 所示。每個 TransformerTank 類別與兩個 TransformerTankEnd 類別有關聯，每個類別代表兩個繞組之一。每個繞組的三個 TransformerTankEnd 類別都與一個 Terminal 類別相關聯，該 Terminal 類別也與 PowerTransformer 類別相關聯。在此不平衡模型中，TransformerTank 類別與 PowerTransformer 類別在平衡視圖中的作用基本相同，而 TransformerTankEnd 類別與 PowerTransformerEnd 類別的作用相同。這種目的的相似性可以從它們與 TransformerMeshImpedance、TransformerCoreAdmittance 和 Terminal 類別的關聯的相同性質中看出。

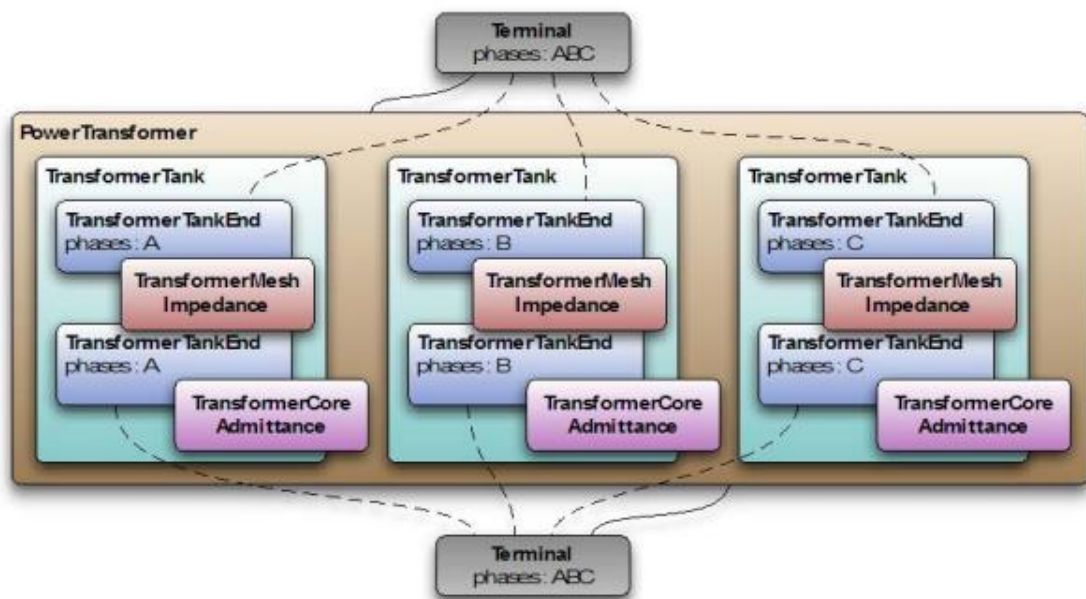


圖 9 不平衡分布之變壓器(Transformer)模型

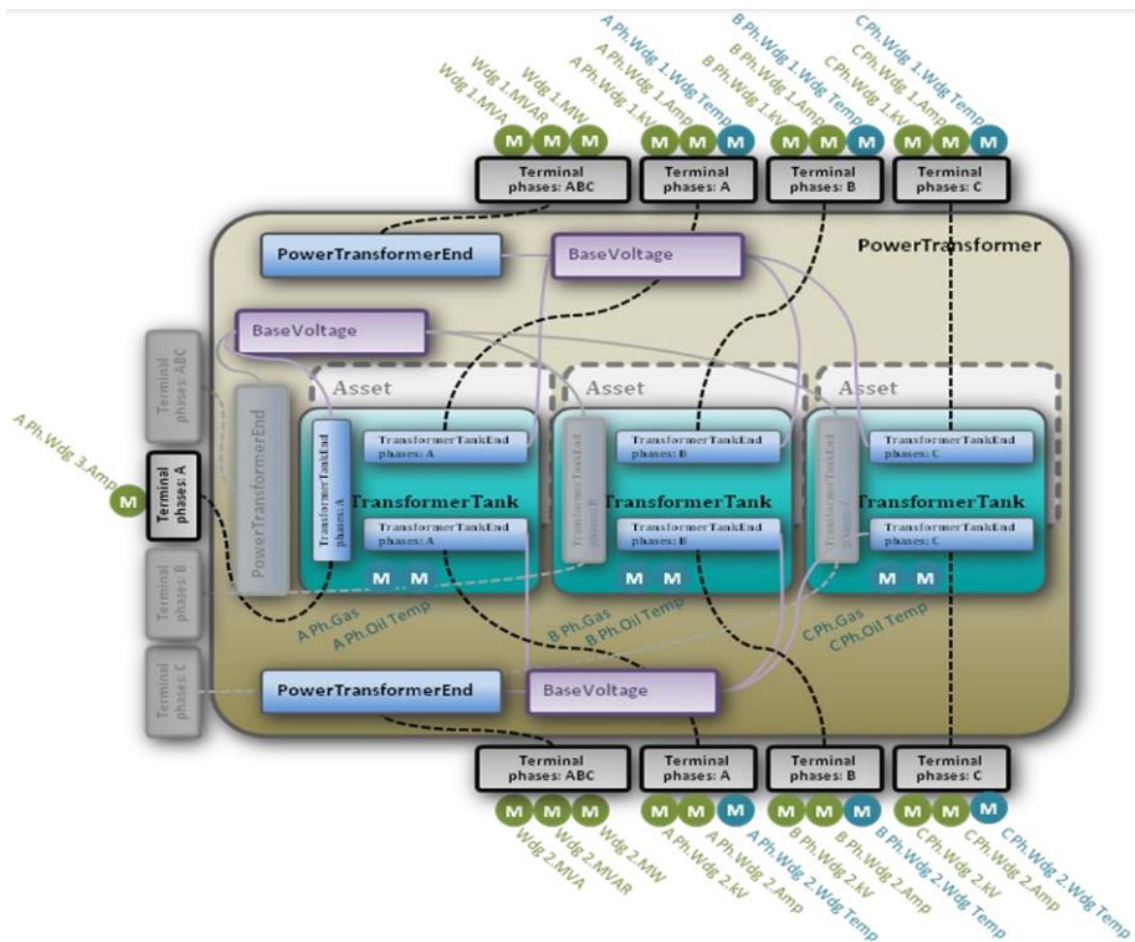


圖 10 通用之三油箱變壓器組設備實例圖

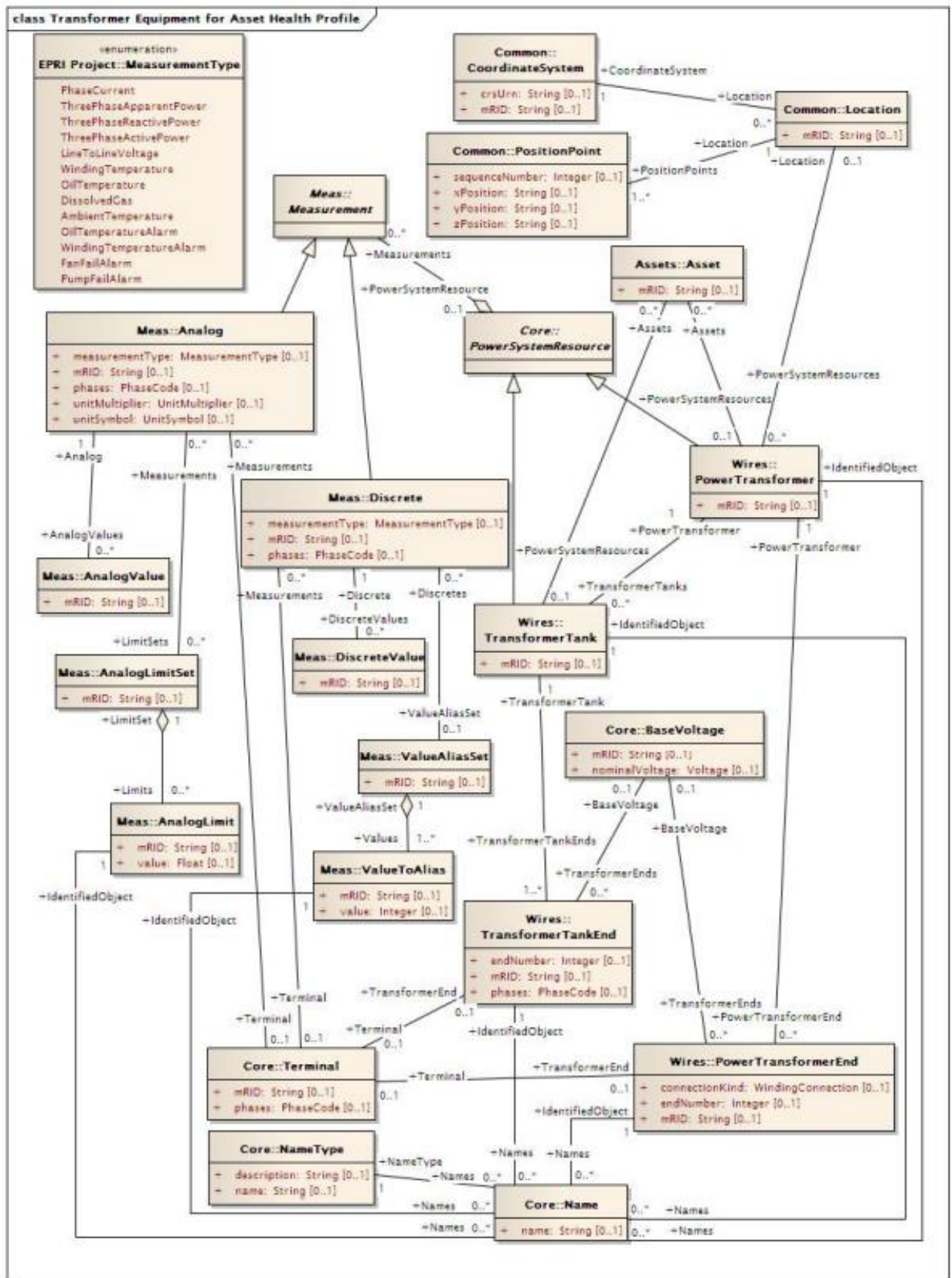


圖 11 變壓器資產健康度之 CIM 建模圖

1.2.3 國際相關文獻收集

- A Common Information Model Oriented Graph Database Framework for Power Systems – IEEE
- CIM and IEC 61850 Integration Issues: Application to Power Systems – IEEE
- Design of IEC-61968-based Distribution Network Information Exchange Interface – Elsevier Ltd. Selection
- Development of a Relational Database Oriented on the Common Information Model for Power Distribution Networks – IEEE
- Distribution Network Topology Modelling and Automatic Mapping Based on CIM and GIS – IEEE
- Multi-Domain Semantic Information and Physical Behavior Modeling of Power Systems and Gas Turbines Expanding the Common Information Model – IEEE
- Distribution Network Information Modeling Method Based on CIM – IEEE
- XML for CIM model exchange – IEEE

二、分析饋線設備資訊模型於配電系統運轉、規劃設計與改善等應用

近年來，配電系統管理逐漸由傳統現場人力轉為軟體線上管理，而這接軟體大多由供應商提供，進而衍生出資料交換格式之問題，由上述章節所提到 CIM 之主要目的即是為企業間提供一套通用且有效之特定資料交換格式及配置文件，以最小化電網整合之開發成本，同時提高資料轉換效率、傳輸效率以及更快的電網穩定度響應等，而在有明確定義之交換格式的情況下，能為供應商創造良性競爭之環境，進而影響市場價格與可靠度。CIM 之結構以統一塑模語言(Unified Modeling Language, UML)進行定義，能夠靈活地描述該配電設備與其網路分布，UML 詳細介紹於章節 2.1。

此後，將所建立之 UML 模型透過可延伸標記式語言(Extensible Markup Language, XML)映射成一套標準訊息結構進行傳輸，XML 為一套允許客戶自定義標籤之源語言，可用於標記資料、定義資料型別，有著結構化、標準嚴謹等特點，此外 XML 本質上為一純文字檔，不限定於特定軟硬體平台，適合用於跨平台之資料格式整合。而用於 CIM 之 XML 標籤結構及映射格式 IEC 已對其進行定義，紀錄於 IEC 61970-501、IEC 61970-552。

因應台電擬建新一代先進配電管理系統(ADMS)，配電系統內勢必會新增大量之配電變壓器終端設備(TTU)、故障指示器(FCI)等感測元件，以引入智能電網控制功能，而目前以既有之資料交換模型無法滿足其需求，本計畫透過 CIM 之 UML 模型建構特性，定義一套完善且通用之資訊交換格式，改善配電圖資之資料轉換成本，以優化配電調度，降低並網衝擊，維護配電網絡穩定。

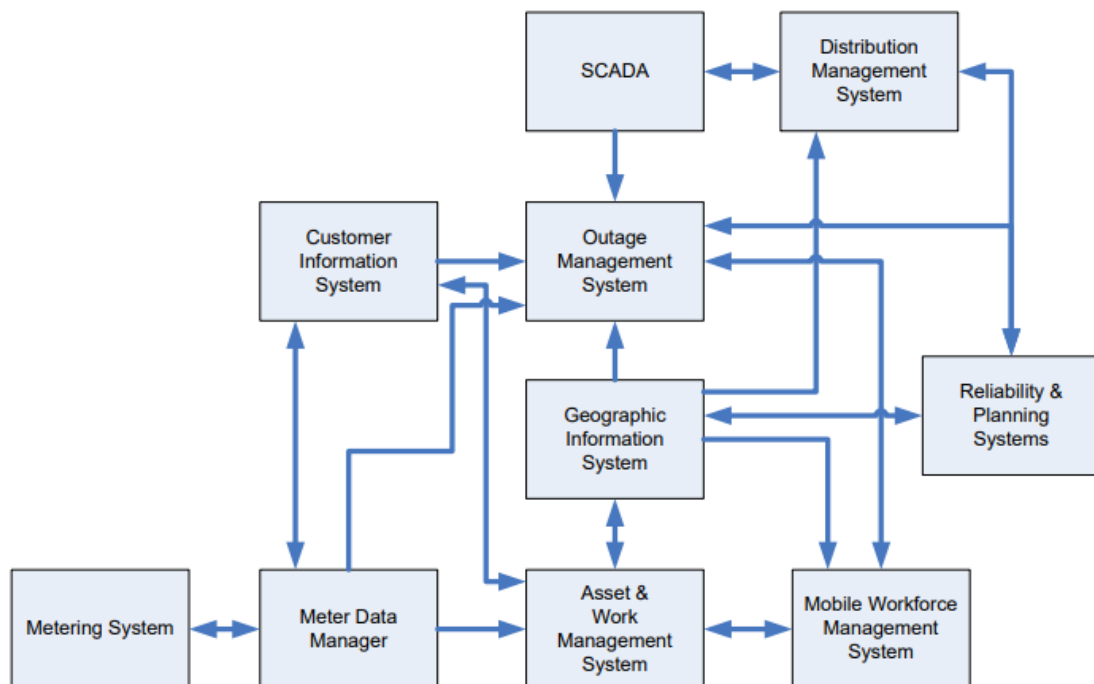


圖 12 配電系統內部關係連結圖

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

UML 為一套用於建模與規範之描述性語言，具有物件建構、屬性定義、互動連結、時間推演等特點，其圖型化表達語法大大增加了系統設計之可讀性，能明確表示軟體架構層次間之界限，多應用在大規模或複雜系統之軟體開發上，此語言由物件管理組織(Object Management Group, OMG)所管理，並於 2005 年被國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)納入國際標準，相關定義紀錄於 ISO/IEC 19501:2005。使用 UML 建模並不需對既定之軟體系統做出更動，僅透過其圖形化介面描述該系統之結構藍圖，故能輕易導入企業間，同時 UML 不侷限在單一特定技術使用，廣泛應用在多平台之系統整合，目前 UML 語法可分為三種圖表形式，用以表示系統設計之不同面向，如表 11 所示：

表 11 UML 之圖表形式說明

結構圖 (Structure Diagrams)	採用物件(Objects)、類別(Class(es))、屬性(Attributes)、套件(Packages)、繼承(Inheritance)、連結(Associations)等概念展示系統之結構基礎與其交互關係。
行為圖 (Behavior Diagrams)	以使用者之角度來展示系統的功能面，包括活動(Activity)、個案(Use Case)等。
互動圖 (Interaction Diagrams)	利用序列(Sequence)、溝通(Communication)等概念展示系統架構間或系統與使用者間之交互行為及流程。

2.1.1 類別(Class)

類別是 UML 建模中用來描述層次與連結關係之基礎結構，代表系統內物件被建構的一個特定形式，同一物件之各層次皆可單獨定義成一個獨立類別，其中描述之物件須於現實中實際存在，如線路(Lines)、變壓器(Transformer)、開關(Switch)等。而類別以複數形式表示時，稱為次類別(classes)，是構成類別之基礎單元，系統中一個類別由數個次類別及其相互連結之關係所組成，其中次層次並不限於描述具體硬體結構，也可以用來表示抽象概念，每個次類別均含有各自的屬性來描述其內部值，典型之屬性使用原始型別(Primitive type)來描述，包含整數(int)、浮點數(float)、陣列(string)等，而 UML 做為一套系統內通用之描述性語言，建立一個精準且未來不需變動的獨立之類別與屬性是十分重要的。

2.1.2 繼承(Inheritance)

又可稱為歸納(Generalization)，繼承是物件導向軟體技術中用來延伸先前所定義類別之功能的機制，具有方向性，子類別完全承襲了該父類別的屬性類型，同時具備自身新定義的屬性，此機制能有效解決程式碼重複及介面圖示混亂之問題。在圖示中，繼承使用空心三角形表示，類別繼承與屬性之相關範例如下圖 12 所示。

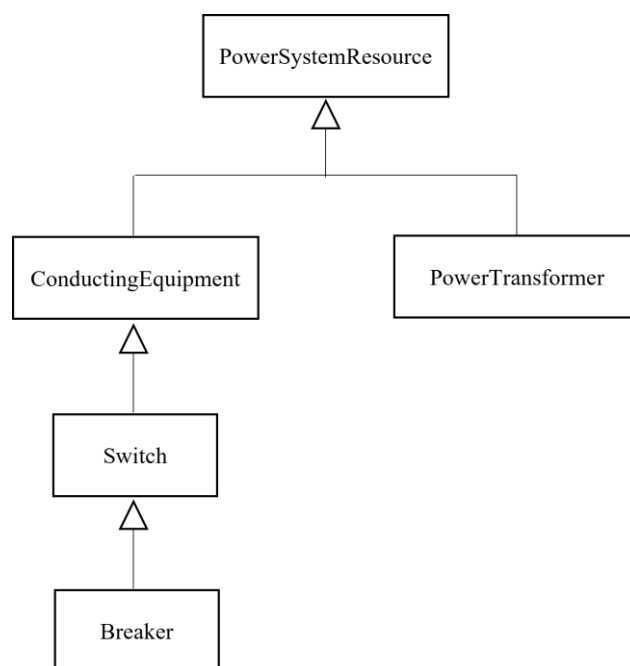


圖 13 類別繼承與屬性之相關範例

2.1.3 連結(Association)

連結(Association)是用來描述類別間之相互關係與關聯性的邏輯概念，可分為三個不同形式，由下表 12 及圖 13 所示，而連結同時具有描述類別間可能對應數量關係之特性，稱為多樣性(Multiplicity)，通常標示於連接類別之末端兩側，由圖 2 之範例說明可看出，一個載具(Vehicle)可能屬於零或一個所有者(Owner)，反之，一個所有者(Owner)可能擁有零至 n 個載具(Vehicle)，而「0..*」亦可使用「0..n」替代表示。

表 12 連結形式之說明

簡單連結 (Simple Association)	簡單連結無上下隸屬之概念，僅描述兩個類別間存在某一特定對應關係，無方向性。圖示中使用實線表示。
聚合連結 (Aggregation Association)	聚合連結描述兩類別間組成之上下對應關係，有方向性，強調整體-局部(Whole-parts)之概念，但局部類別並不會繼承整體類別之屬性，兩者相互獨立。圖示中以空心菱形表示。
結構連結 (Composition Association)	結構連結同樣用於描繪類別間之上下組成關係，有方向性，但更著重強調兩者相互之依賴性，若整體類別遭銷毀，則該局部類別不能單獨存在，也會遭到銷毀，屬於級聯刪除>Delete Cascade)。圖示中以實心菱形表示。

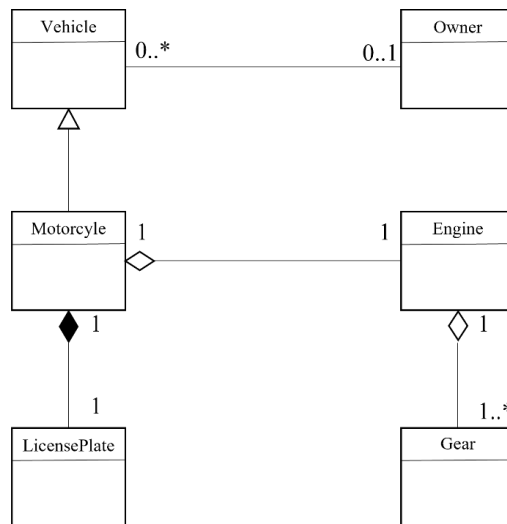


圖 14 連結形式與多樣性之相關範例說明

2.1.4 套件(Packages)

在 UML 語法中，可將數個相關類別及其相互關係歸納成一個套件(Packages)，以此來簡化模型之複雜度，增加建模過程中之可讀性，而使用者可依需求為其命名，但命名不得重複。套件之使用並無明確限制，可包含整個圖表或只包含單一類別，甚至套件內包含數個套件，皆取決於使用者對系統之結構設計，而模型中若套件間有相互依賴之關係則可用虛線箭頭表示。一個完整之 CIM 應用模型應由數個套件所建構而成，以便於開發人員管理與維護，而對於 CIM 之套件規範，IEC 已定義其細節，紀錄於 IEC 61970-301、IEC 61968-11、IEC 62325-301 內，圖 14 為 IEC 61970-301 之 CIM 套件結構圖。

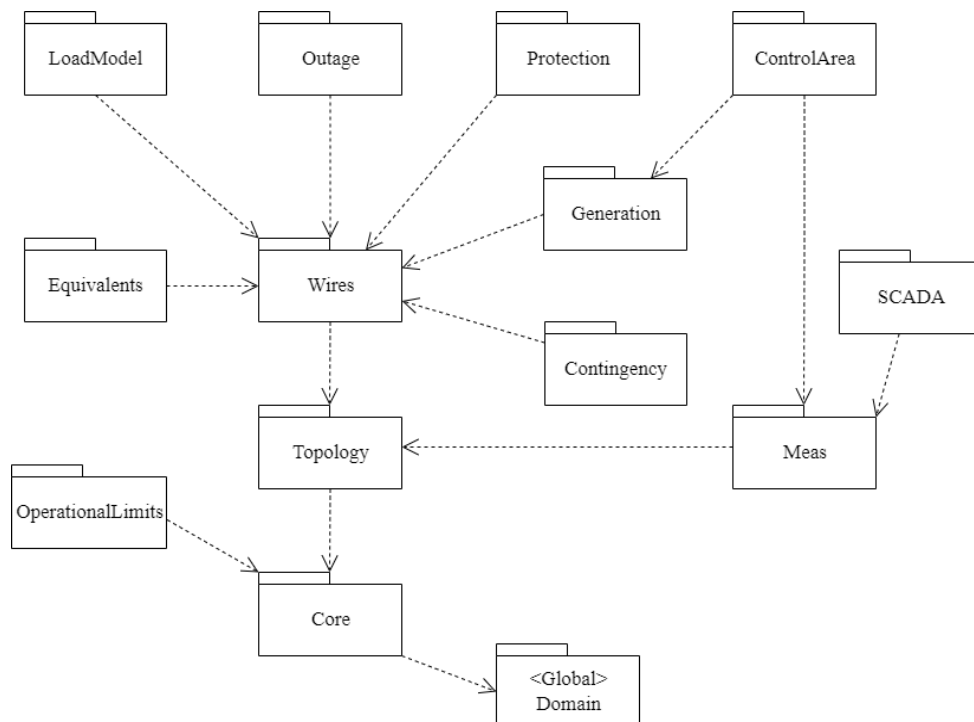


圖 15 IEC 61970-301 之 CIM 套件結構圖

三、研析配電圖資種類結構，並提出建構配電資訊模型方法

3.1 配電資訊模型結構研析

本報告針對現有之配電系統架構將電力網路拆分成幾項元素組成，包含變電站(Substation)、變壓器(Transformer)、饋線(Feeder)、開關(Switch)等配電設備與網路拓樸分析，以利應用於通用資訊模型(CIM)進行建模，同時將該配電設備對應之 CIM 類別紀錄於表 13、14 內，相關配電模型建構參考自規範 IEC61970-301、IEC61968-11 與電力研究有限公司 (Electric Power Research Institute, EPRI) 之應用實例，如下圖 15~23 所示。

表 13 配電結構 CIM 對應表-Part1

配電網路結構元素	CIM Class	Package
變電所(Substation)	Substation	Core
拓樸(Topology)	TopologyNode	Topology
	TopologyIsland	Topology
	ConnectivityNode	Core
	ConnectivityNodeContainer	Core
	Terminal	Core
	ConductingEquipment	Core
	Equipment	Core
	BaseVoltage	Core
饋線(Feeder)	Feeder	Core
輸電線路(Line)	Line	Wires
	Conductor	Wires
	WireSegment	Wires
	ACLineSegment	Wires
	PerLengthImpedance	Wires
	PerLengthPhaseImpedance	Wires
	PhaseImpedanceData	Wires
	PerLengthLineParameter	Wires
	PerLengthSequenceImedence	Wires
	SeriesCompensator	Wires
開關(Switch)	Switch	Wires
	ProtectedSwitch	Wires
	Breaker	Wires
	Disconnecter	Wires
	Recloser	Wires
	Fuse	Wires

表 14 配電結構 CIM 對應表-Part2

配電網路結構元素	CIM Class	Package
並聯補償器 (Shunt Compensator)	ShuntCompensator	Wires
	ShuntCompensatorPhase	Wires
變壓器(Transformer)	PowerTransformer	Wires
	PowerTransformerEnd	Wires
	TransformerEnd	Wires
	TransformerStarImpedance	Wires
	TransformerMeshImpedance	Wires
	TransformerCoreAdmittance	Wires
	TransformerTank	Wires
客戶(Customer)	Customer	Customer
	CustmerAccount	Customer
	CustomerAgreement	Customer
	ServiceLocation	Customer
資產(Assets)	Asset	Assets
	AssetInfo	Assets
	AssetModel	Assets
	AssetOwner	Assets
	Manufacturer	Assets

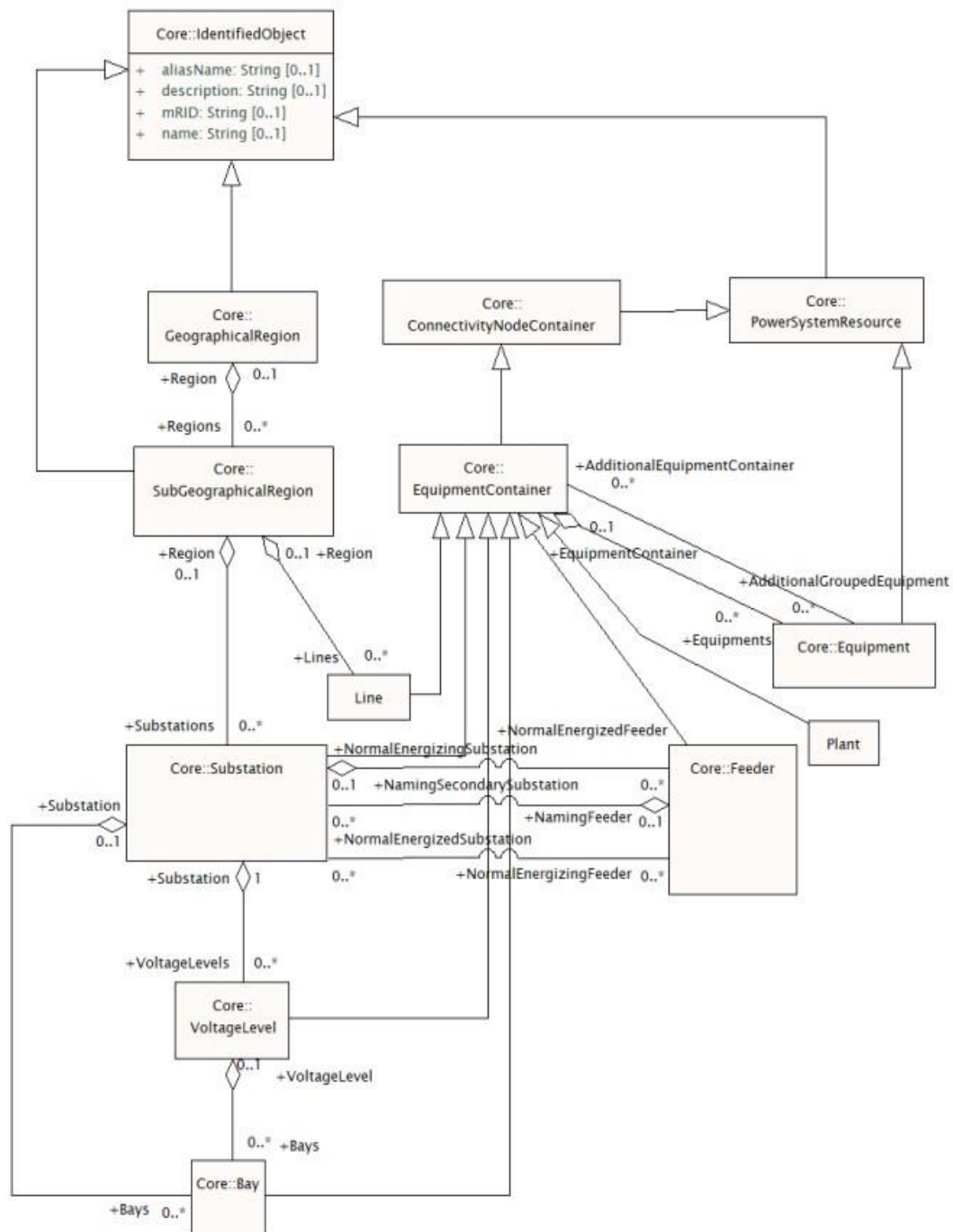


圖 16 設備容器(Equipment Container)模型

設備容器模型囊括了 CIM 模型中數項重要之關鍵類別，用於組織並命名變電所內常見之設備，包含設備功能名稱與資產序號，以模擬實際配電途徑並對其進行建模，包含針對設備之切換、檢修、修改屬性等，由此圖可看出 CIM 提供其應用模型相當大之靈活性，以便適應於國際間不同之規範標準及輸配電之變電站間所存在之系統差異。

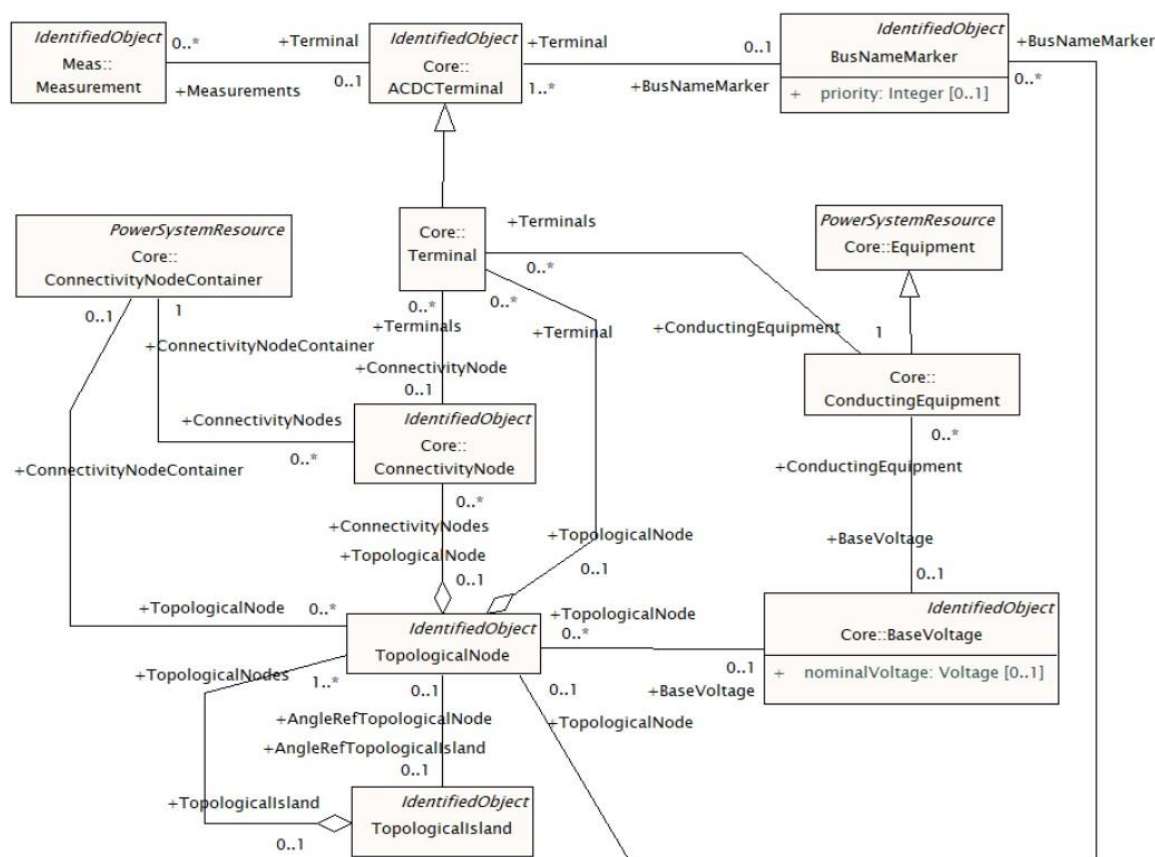


圖 17 拓樸(Topology)連結性 模型

拓樸套件即用於映射電力系統網絡之實際拓樸結構，是核心套件中之終端(Terminal)類別的延伸，用來描述系統內設備如何通過閉合開關連接之邏輯定義，展現系統設備間之物理連結關係，由此圖可看出任一終端可連接至零或一個連結節點(ConnectivityNode)，單一連結節點則能連接零或數個終端，而拓樸節點(TopologicalNode)是由連結節點組成之集合，可隨著當前網絡中開關、斷路器等狀態之變化而改變，並於規劃工具中手動進行創建、更改或刪除拓樸節點，數個拓樸節點則可匯集成一個拓樸塔(TopologicalIsland)，可視為整個電力系統網路中的一個子集，同樣會隨著當前網絡中開關、斷路器等狀態之變化而改變，但著重拓樸節點之斷開、連接或新增等對系統網路中匯流排或分支之影響。

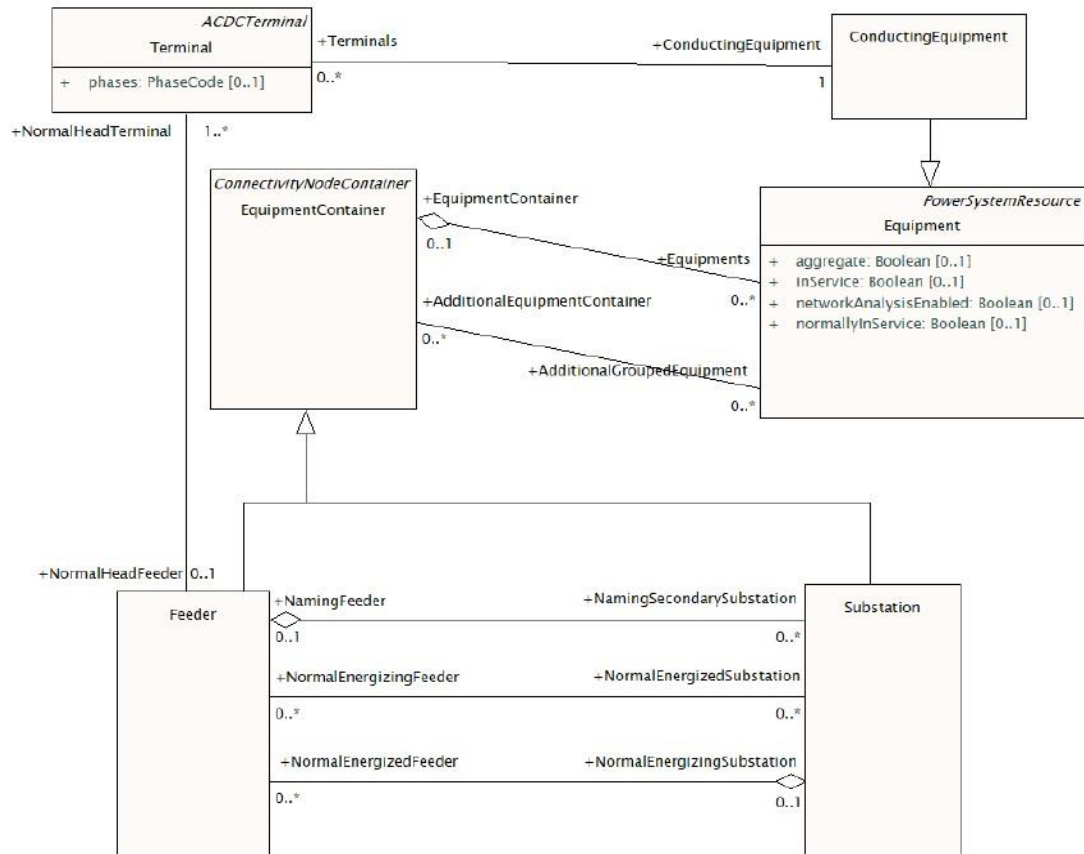


圖 18 饋線(Feeder)模型

饋線模型通常用於表示「供電」饋線，標註該分支電力輸送自於何處變電所，以分群配電資源，其中，由上圖 Feeder 與 Substation 間 3 種不同之連結得知，供電來源並不限於單一變電所，可表示多個變電所供應單一饋線，亦可單一變電所供應多條饋線，皆依據該應用之網路區段進行建模，此外，Feeder 能與 1 或多個 Terminal 相關聯，以定義其饋線之特定常用接頭。

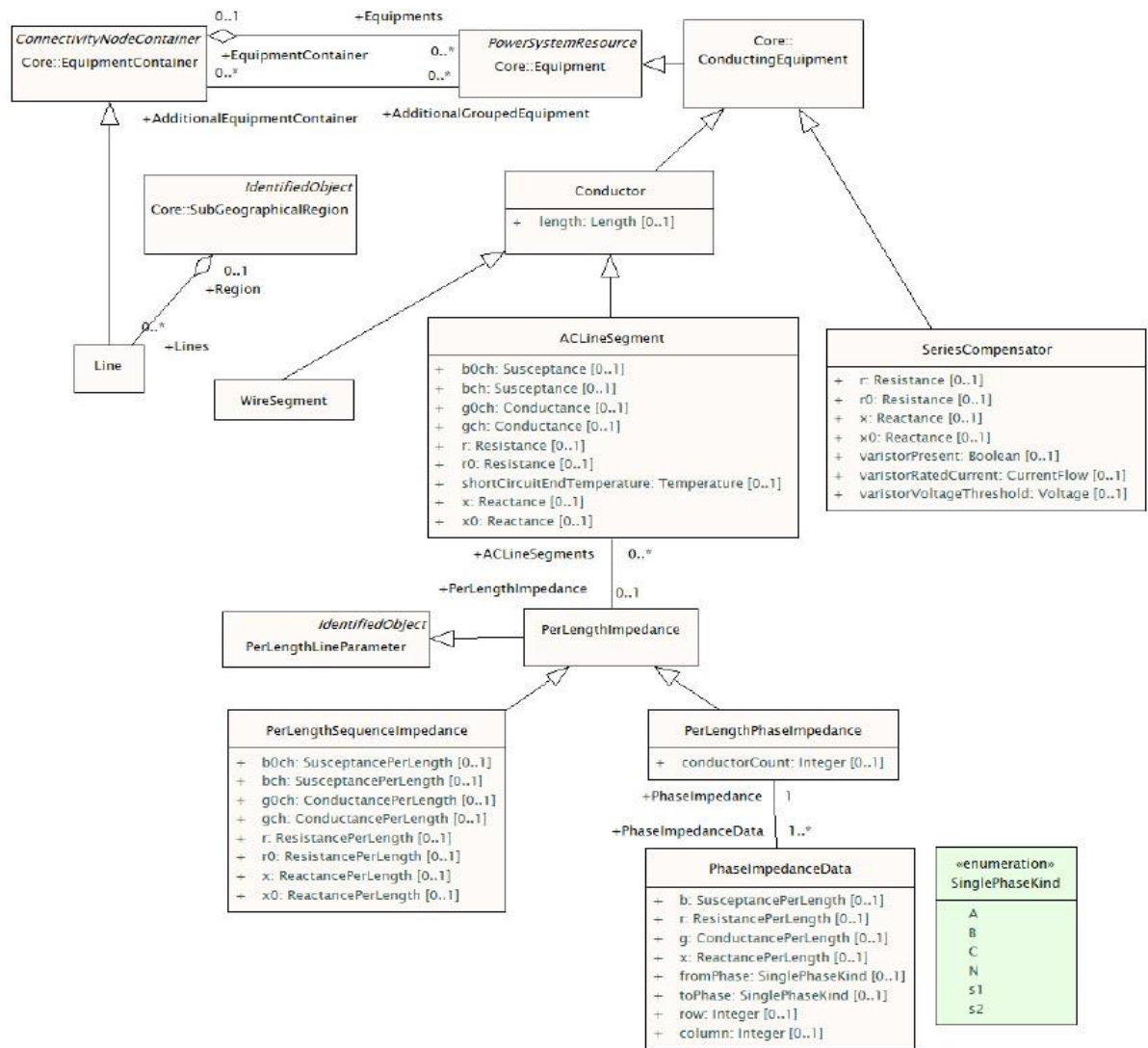


圖 19 線路(Line)模型

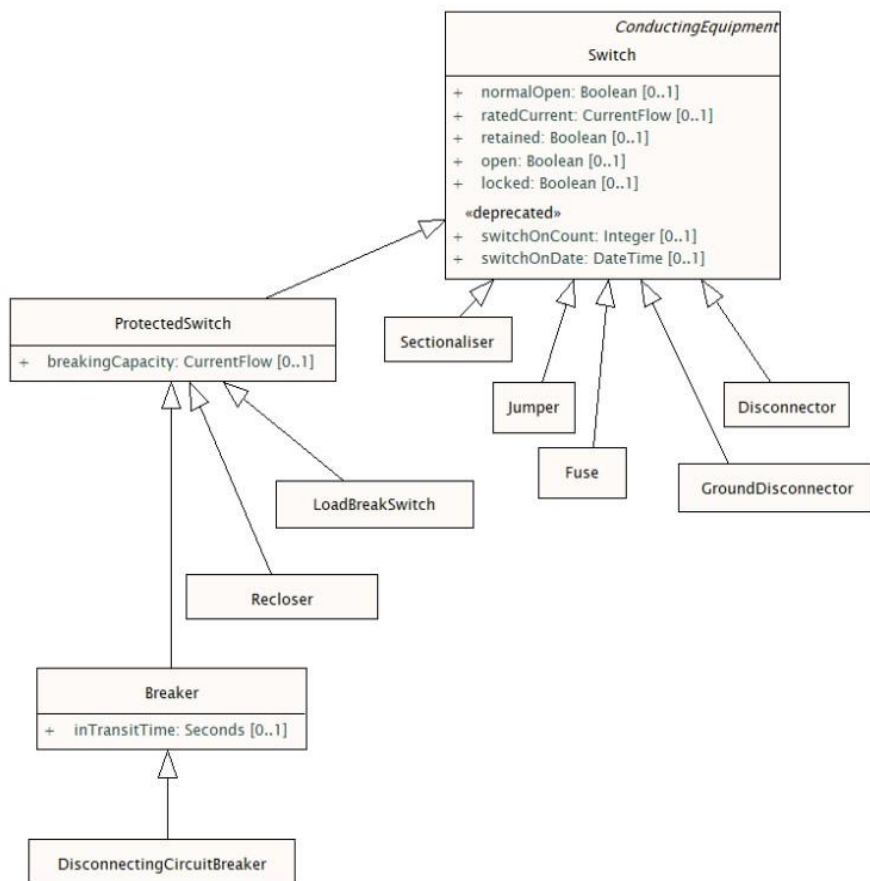


圖 19 開關(Switch)模型

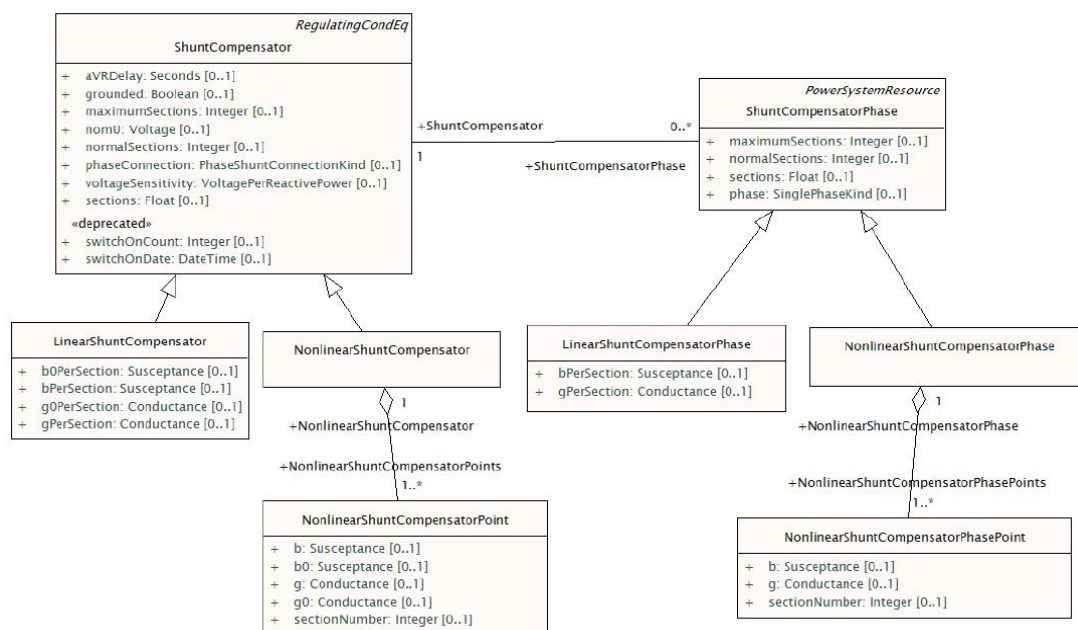


圖 20 並聯補償器(Shunt Compensator)模型

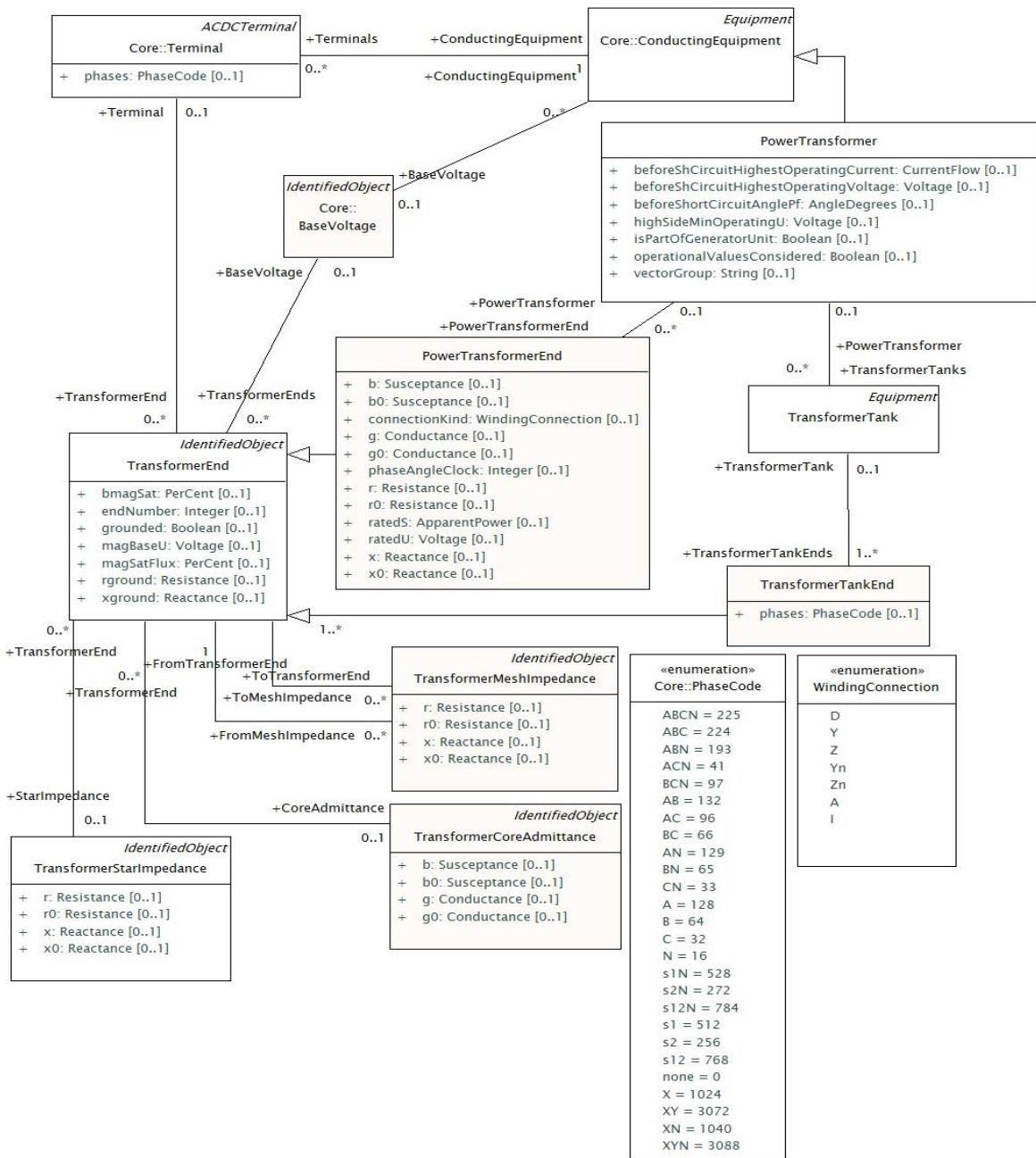


圖 20 變壓器(Transformer)模型

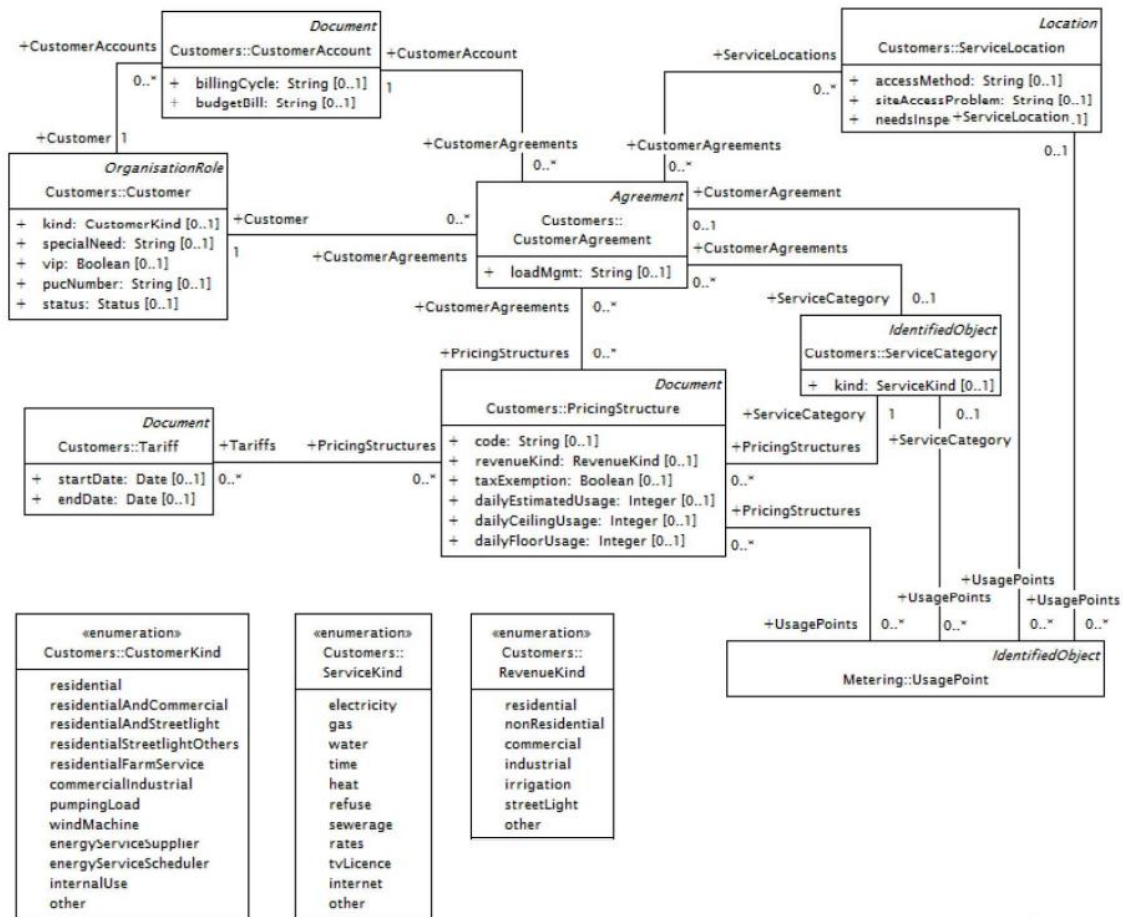


圖 21 客戶(Customer)模型

3.2 變壓器末端單元(TTU)之資訊模型建立

因應電網中高佔比再生能源而導致的饋線電壓變動之問題，本計畫選擇變壓器末端單元(TTU)安裝至配電變壓器二次側，執行對其饋線電壓與運轉狀況之監測，針對其系統架構運用 UML 及台電所定義之 TTU 資料傳輸格式，為 TTU 訂立一套 CIM 之商用配電資訊模型，為讓所設計模型符合 CIM 國際規範，本計畫以 IEC 61970-301 中量測(Meas)套件內現有之量測與控制模型為基礎，並針對 TTU 硬體實際可量測出之參數與操作設定進行建模，以此建立出變壓器末端單元模型(Transformer Terminal Unit Model)之商用配電資訊模型，TTU 資訊模型之 UML 結構圖如圖 24 所示，以下會針對 TTU 測量測所需建置之類別進行說明。

為紀錄 TTU 於饋線所測得之狀態實時(real-time)數據，本計畫依台電所定義之 TTU 資料傳輸格式於「AnalogValue」類別之屬性進行擴增，包含增加了「lineVoltageVX1」、「lineCurrentX1」、「ActivePowerP1」、「ReactivePowerQ1」及「UtilizationRate」等狀態測量值，並於「AccumulatorValue」類別增設「KWHplus」與「KWHminus」等屬性，監測該饋線上正反向之實功與虛功消費累計值，「BaseCapacity」類別用於表示所測量之配電變壓器的 KVA 容量，而「Terminal」類別作為表示設備相關連結性之端口，除了本身「PhaseCode」屬性能用描述該量測變壓器之相別外，本計畫額外增設了「TTU_UFID」屬性，表明該 TTU 之設備識別序號(UFID)，此外，並導入位於 Core 套件中之「IdentifiedObject」根類別，由於 Core 套件內所有類別均與其保持繼承之關係，故能為所有相關所需類別提供通用之命名屬性，透過將 UFID 標註於 name 或 aliasName 欄位中，以利實務上相關配電管理系統能結合圖資介面對整體配電系統進行更完善地建置，圖 25、26 為 TTU 資訊模型之 XML 用於 Web 服務中機器可讀之資源描述框架(Resource Description Framework, RDF)結構內容，RDF 為用於詮釋網路資源之抽象語言，透過建立階層式之概念與屬性使該資源便於網路上之各項應用程式進行資料交換使用，RDF 內容包含資源之設計目標、基礎結構、語法宣告、資料類型和對 URI 引用處理等，因組成內容繁多，故圖 25、26 僅節錄部分內容。

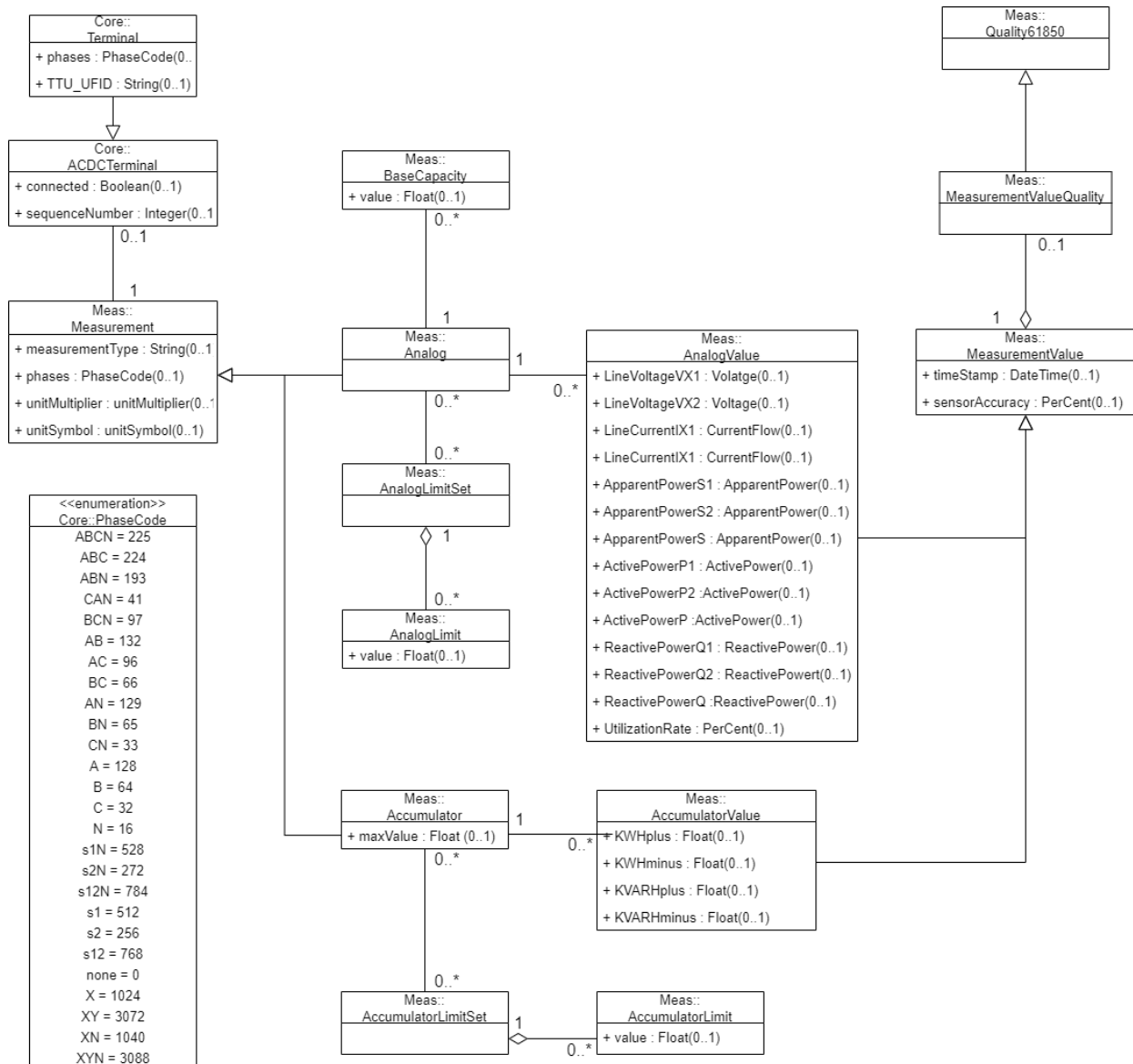


圖 23 TTU 資訊模型之 UML 結構圖

```

<rdfs:Class rdf:ID="MeasurementValue">
  <rdfs:label xml:lang="en"> MeasurementValue </ rdfs:label>
  <rdfs:comment>" A state value is an instance of a measurement from a specific
  source"</rdfs:comment>
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:ID="AnalogValue">
  <rdfs:label xml:lang="en"> AnalogValue</ rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MeasurementValue" />
</rdfs:Class>
<rdfs:Class rdf:ID="AccumulatorValue">
  <rdfs:label xml:lang="en"> AccumulatorValue </ rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MeasurementValue" />
</rdfs:Class>

```

圖 24 TTU 資訊模型之 RDF 的部分類別宣告

```

<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.LineVoltageVX1">
  <rdfs:label xml:lang="en"> LineVoltageVX1</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="#Voltage"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.LineVoltageVX2">
  <rdfs:label xml:lang="en"> LineVoltageVX2</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="# Voltage"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.LineCurrentIX1">
  <rdfs:label xml:lang="en"> LineCurrentIX1</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="#CurrentFlow"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.LineCurrentIX2">
  <rdfs:label xml:lang="en"> LineCurrentIX2</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" #AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="# CurrentFlow "/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.ApparentPowerS1">
  <rdfs:label xml:lang="en"> ApparentPowerS1</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="#ApparentPower"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.ApparentPowerS2">
  <rdfs:label xml:lang="en"> ApparentPowerS2</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="#ApparentPower"/>
</rdf:Property>
<rdf:Property rdf:ID="AnalogValue.ApparentPowerS">
  <rdfs:label xml:lang="en"> ApparentPowerS</ rdfs:label>
  <rdfs:domain resource=" # AnalogValue"/>
  <rdfs:range resource="#ApparentPower"/>

```

圖 25 TTU 資訊模型之 RDF 的部分屬性宣告

四、提升配電資訊模型可靠度與商用資訊模型轉換器之應用

4.1 簡單物件存取協定(Simple Object Access Protocol, SOAP)

而為提升 CIM 於資料傳遞時之相容性與資料可靠度，本計畫應用簡單物件存取協定(Simple Object Access Protocol, SOAP)為通訊基礎，過程中綁定超文本傳輸協(HyperText Transfer Protocol, HTTP)作為其通信手段以達到跨平台傳輸，同時於訊息結構中加入金鑰或令牌(Token)等附加信息，只有當客戶端完成信息取得後，方可對伺服器端進行 CIM 資料互傳，而 SOAP 本身提供之安全機制，能有效降低來自外部攻擊或資料竊取之風險，使配網端能在確保安全且標準之環境下，達到資料交換、共享與透明化之目的。

簡單物件存取協定(Simple Object Access Protocol, SOAP) 為基於 XML 格式所發展的一種輕量級通訊協定，主要用於電腦網路 Web 服務(Web Service)中執行跨平台資料互換，SOAP 本身獨立於語言、平台與傳輸，便於應用在去中心化的分散式環境下，可透過 HTTP、SMTP、FTP 等通信協定進行傳遞，但由於 HTTP 在如今的網際網路結構中應用最為普遍，故被廣泛採納。此外，SOAP 提供網絡服務描述語言(Web Service Description Language, WSDL) 文件為客戶端描述該 Web 服務發布之功能與必要信息，使客戶端在透過統一描述、發現和集成(Universal Description, Discovery, and Integration, UDDI) 在對該 Web 服務進行連線時，能更正確地根據其信息進行請求服務，以利客戶端了解該訊息中需使用之數據類型以及可通過 Web 服務獲得的所有操作。此外，作為一套正式且嚴謹之通信協定，只有當客戶端和伺服器端彼此交換格式達成一致時，方可進行訊息傳遞，一定程度地提供安全性保障，SOAP 最重要的特性之一是內置錯誤處理，如果客戶端傳送之請求有問題，伺服器響應端會提供可用於解決問題之錯誤訊息，該回報訊息甚至提供了標準化的代碼，以便客戶後續在代碼中自行執行一些錯誤偵測動作。以下章節將針對 SOAP 中之各項名詞與結構進行更詳細之說明。

4.2 可延伸標記式語言(XML)

XML 是一種標記式語言，在 1998 年 2 月就成為 W3C 推薦標準，提供描述結構化之資料格式，來幫助對文件內容宣告，但與 HTML 不同的是，XML 是被設計用於儲存及傳輸資料數據，焦點在於描述所攜帶之資訊內容，而非對其表現與展示。此外，XML 使用人類語言，而不是計算機語言，使得 XML 是可讀且易於理解的，加上本身並無預定義之標籤，使用者可自行針對訊息內容進行標籤創建，因每個 XML 標籤均緊接在相關數據之前，故信息結構很容易被人 and 計算機識別，使其易於操作和交換數據。同時標籤具有可擴展性，即使添加或刪除新數據，大多數 XML 應用程序也會按預期工作，在不同版本間也不受影響。在不兼容之系統間交換數據對於 Web 開發人員可謂是一項耗時的任務，同時轉換大量數據，可能導致不兼容之數據經常丟失。XML 以純文本格式存儲數據，這提供了一種獨立於軟體及硬體的方式來存儲、傳輸和共享數據，XML 被廣泛用來作為跨平台間資料互傳之資料形式。

4.3 網絡服務描述語言(WSDL)

WSDL 是一套基於 XML 對 Web 服務通訊與使用之服務描述語言，讓使用者能輕易依照服務提供者所描述之請求格式對其連線，而不必考慮該系統底層如何運行，文件內通常會包含該 Web 服務進行資料交換時之訪問位置、需要綁定之協議及信息格式、接受之公開操作與相關請求或響應訊息等，而根據 W3C 所定義之規範，WSDL 之訊息元素可被成以下幾個部分：

- (1) 類型(Types):定義 Web 服務中之輸入及輸出參數之數據類型。
- (2) 訊息(Messages):定義 Web 服務中可用操作之輸入或輸出參數。
- (3) 通訊埠類型(PortTypes):定義 Web 服務的實際接口，並指定操作參數及返回的任何值。
- (4) 綁定(Binding):定義 Web 服務所使用之傳輸協定與訊息協定及其格式。
- (5) 服務(Services):定義可訪問服務接口之網絡位置。

4.4 SOAP 之訊息結構

SOAP 訊息是透過 XML 所撰寫，用來定義三個組件給每一則訊息：

- (1) 封套(Envelope):

封套定義一套架構來描述訊息的內容及其處理方式，SOAP 訊息內是由一個封套(Envelope)、零或多個標頭(Header)與一個主體(Body)所組成。封套是 XML 文件的頂端元素，定義了訊息的開始與結束，同時提供該訊息之命名空間、控制資訊、訊息位址及檔案儲存等資料聲明。標頭元素是一個可選元素，可傳輸用於處理訊息之控制資訊，如使用者認證、服務品質等屬性。主體元素則為 XML 文檔訊息之實際傳輸內容，並包含一個錯誤(Fault)元素，提供處理訊息錯誤時的信息代碼。SOAP 訊息內部結構如圖 27 所示。

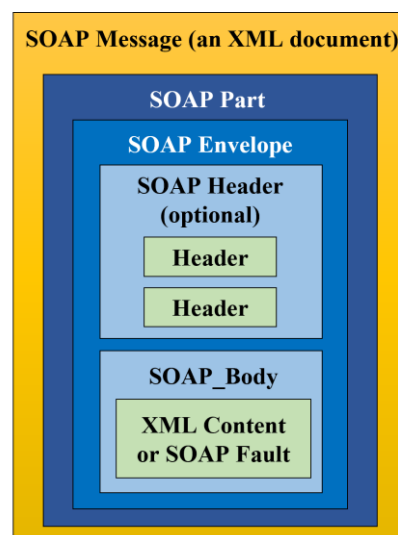


圖 26 SOAP 訊息內部結構

- (2) 編碼規則(encoding rules):

編碼規則為定義一個用來交換應用程式所定義資料類型實例的序列化機制，包含基於 XSD 的通用資料類型架構，以及適用於該訊息而定義的

所有資料類型之編碼規則。

(3) 通訊樣式:

通訊可採取遠端程序呼叫 (RPC) 或訊息導向之文件(Document)格式。

4.5 SOAP 之安全機制

SOAP 本身之訊息框架並不直接提供任何機制來處理訪問控制、機密性、完整性和不可否認性,需透過其可擴展性模型來實現,但於 SOAP 規範版本 1.2 中,對其安全機制可從以下三個層次進行:

(1) SOAP 節點:

SOAP 可將應用程序定義的數據作為其訊息標頭(Header)或主體(Body)部分內容進行攜帶,包括處理狀態更改、信息記錄或附加訊息生成等,在安全考量上,伺服器與客戶端除了能針對標頭、主體上下文內容與其相關子元素進行識別處理外,伺服器還可對其訊息加密等相關安全性需求建立,以降低來自外部攻擊之風險,如圖 28 所提到之安全令牌(Token)即為 SOAP 節點應用的一環。

(2) SOAP 中介:

SOAP 本身提供了一個分佈式處理模型,該模型可能涉及通過多個 SOAP 節點之訊息內容,中介做為第三方平台,既可接收同時也可對 SOAP 訊息轉發,提供一個獨立、安全、標準之安全傳輸層,如圖 28 所示。此機制除了能避免使用者直接遭受外部攻擊外,還能夠分散式系統的擴增提供彈性,甚至能對 SOAP 之訊息提供增值服務,如訊息路徑追蹤、伺服器與客戶端間之交互紀錄與訊息加密等。

(3) 底層協議綁定:

SOAP 支持使用各種底層協議交換以進行訊息交換,可透過對該訊息之底層協議的聲明或限制,來降低傳輸過程中遭受攻擊的風險,若無特殊需求,一般會採用 HTTP 傳遞,使用安全通訊端層(SSL)傳輸訊息。

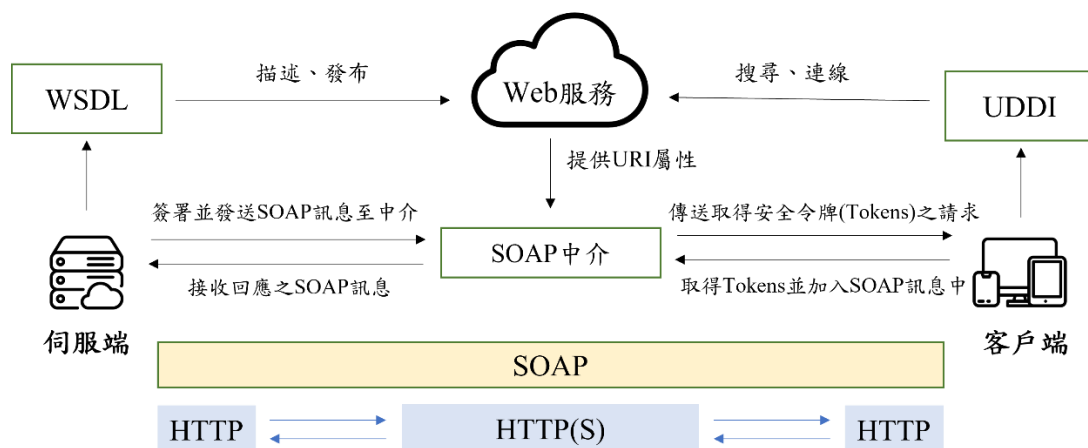


圖 27 SOAP 傳輸之安全機制結構

4.6 結合 SOAP 及 XML 之商用資訊模型轉換應用

本計畫目前規劃使用微軟(Microsoft)在 .NET Framework 框架中所提供之 ASP.NET web 服務(.asmx)來建立 Web 服務功能，該服務會使用簡單物件存取通訊協定 (SOAP)，以 XML 作為基礎，在分散式環境中綁定 HTTP 傳送訊息與交換資訊，.asmx 服務的使用者不需要知道用來執行此服務的平臺、物件模型或程式設計語言的任何相關資訊，僅需了解該服務如何傳送和接收 SOAP 訊息，當 Web 服務收到 SOAP 請求時，會經過還原序列化與程式的邏輯處理後，將其傳回值序列化成 SOAP 響應並透過 HTTP 協定將其回傳給客戶端，透過 ASP.NET，能使程式在撰寫 Web 服務過程中把專注力放在資訊模型轉換程式的邏輯處理上，而非 SOAP 溝通細節，讓開發更具效率，以下是本計畫針對 TTU 配電資訊模型之應用 SOAP 通訊測試，如圖 29-32 所示，而本計畫整體之資訊模型轉換程式架構會在下個章節 4.8 作詳細地介紹。

圖 28 測試用 SOAP 服務請求輸入介面

```
POST /SoapService.asmx HTTP/1.1
Host: localhost
Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap12:Body>
    <Enter_UFID xmlns="http://ttucim.com/">
      <UFID>string</UFID>
    </Enter_UFID>
  </soap12:Body>
</soap12:Envelope>
```

圖 29 測試用 SOAP 服務請求之 XML 格式

```

<TTU xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns="http://ttucim.com/">
  <UFID>UFID:Q1212 FA6128</UFID>
  <LineVoltageVX1>118</LineVoltageVX1>
  <LineVoltageVX2>118</LineVoltageVX2>
  <LineCurrentIX1>63</LineCurrentIX1>
  <LineCurrentIX2>62</LineCurrentIX2>
  <ApparentPowerS>16</ApparentPowerS>
  <ActivePowerP>16</ActivePowerP>
  <ReactivePowerQ>16</ReactivePowerQ>
</TTU>

```

圖 30 測試用 SOAP 服務響應結果

```

HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap12:Body>
    <Enter_UFIDResponse xmlns="http://ttucim.com/">
      <Enter_UFIDResult>
        <UFID>string</UFID>
        <LineVoltageVX1>string</LineVoltageVX1>
        <LineVoltageVX2>string</LineVoltageVX2>
        <LineCurrentIX1>string</LineCurrentIX1>
        <LineCurrentIX2>string</LineCurrentIX2>
        <ApparentPowerS1>string</ApparentPowerS1>
        <ApparentPowerS2>string</ApparentPowerS2>
        <ApparentPowerS>string</ApparentPowerS>
        <ActivePowerP1>string</ActivePowerP1>
        <ActivePowerP2>string</ActivePowerP2>
        <ActivePowerP>string</ActivePowerP>
        <ReactivePowerQ1>string</ReactivePowerQ1>
        <ReactivePowerQ2>string</ReactivePowerQ2>
        <ReactivePowerQ>string</ReactivePowerQ>
        <UtilizationRate>string</UtilizationRate>
      </Enter_UFIDResult>
    </Enter_UFIDResponse>
  </soap12:Body>
</soap12:Envelope>

```

圖 31 測試用 SOAP 服務可響應結果之 XML 格式

4.7 資訊模型轉換應用程式開發架構

本計畫提出之資訊模型轉換器開發架構如下圖 33 所示，變壓器末端單元 (TTU)會將所量測之資料數據以 LoRa 無線通訊技術傳送至該區域範圍內之資料收集器(DCU)，而 DCU 會再透過第 4 代行動通訊技術(4G)傳送至後台主站進行資料處理，此時取出之數據還處於原始資料(Raw Data)，需進一步進行 CIM 之 XML 格式轉換，主站會將所有測得之實時與歷史資訊紀錄於資料庫中，而針對資訊模型轉換器之資料轉換應用程式開發，會透過結構化查詢語言(Structured Query Language, SQL)把資料庫中欲傳遞之資訊取出，本計畫規劃透過結合圖形化介面與應用 SOAP 之開放原始碼(Open Source)之應用程式介面(Application Programming Interface, API)組件，將導入資料以 SOAP 之資料傳輸格式進行封裝，同時於 SOAP 訊息中加入安全令牌(Security Token)、金鑰、加密等方式來提升訊息傳遞之安全性，通訊協定方面，會綁定超文本傳輸協定(HyperText Transfer Protocol, HTTP)，在保證安全性的同時，亦提高其資料傳遞可靠度，使達到使設備資訊能以 CIM 之統一形式，與客戶端達到設備資料互換、共享與透明化之目的。

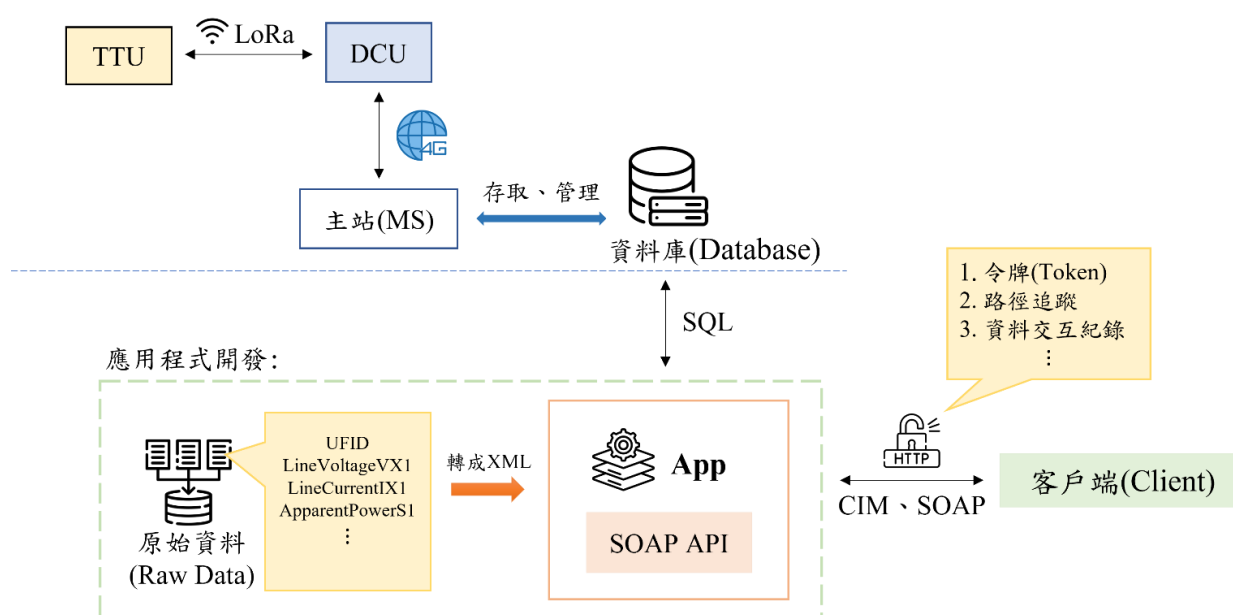


圖 32 資訊模型轉換器開發架構

五、配電變壓器資訊端末單元(TTU)規劃及建置

為執行應用 TTU 之通用資訊模型(CIM)對饋線電壓變動之監測，本計畫目前規劃位於台電雲林區處管轄內一對擁有高佔比再生能源之饋線進行監測點建置，安裝饋線如下表 15 所示，監測點設立於主配電變壓器二次側之饋線頭端與末端區域，作為饋線電壓變動之對照依據，三具 TTU 會分別裝設於該區域鄰近資料收集器(DCU)可接收範圍內之 R、S、T 各相別的配電變壓器上，各相之實時電壓、電流、實功與虛功等測量及累計值進行監測，其中 TTU 與 DCU 間會透過 LoRa 無線通訊傳輸，而 DCU 會再對 TTU 所收集之資訊透過第 4 代行動通訊技術(4G)傳送至後台主站進行資料處理，主站會將所有測得資訊紀錄於實時與歷史資料庫，並將欲傳輸之實時訊息以 CIM 專用之 XML 格式轉出，最後使用 SOAP 作為與客戶端對接之窗口，達到資料交換之目的，圖 34 為本計畫之 TTU 規劃建置圖。

表 15 TTU 安裝饋線表

安裝饋線	類型	桿位	相別	裝置
XD35	饋線	大有 157 北 5 東 11	R	TTU
XD35	饋線	大有 157 北 5 東 11	S	TTU
XD35	饋線	大有 157 北 5 東 11	T	TTU
XD35	饋線	大有 157 北 5 東 10	N/A	DCU
XH29	分歧線	中廣 83 分 1	R	TTU
XH29	分歧線	中廣 83 分 1	S	TTU
XH29	分歧線	中廣 83 分 1	T	TTU
XH29	分歧線	中廣 83 分	N/A	DCU

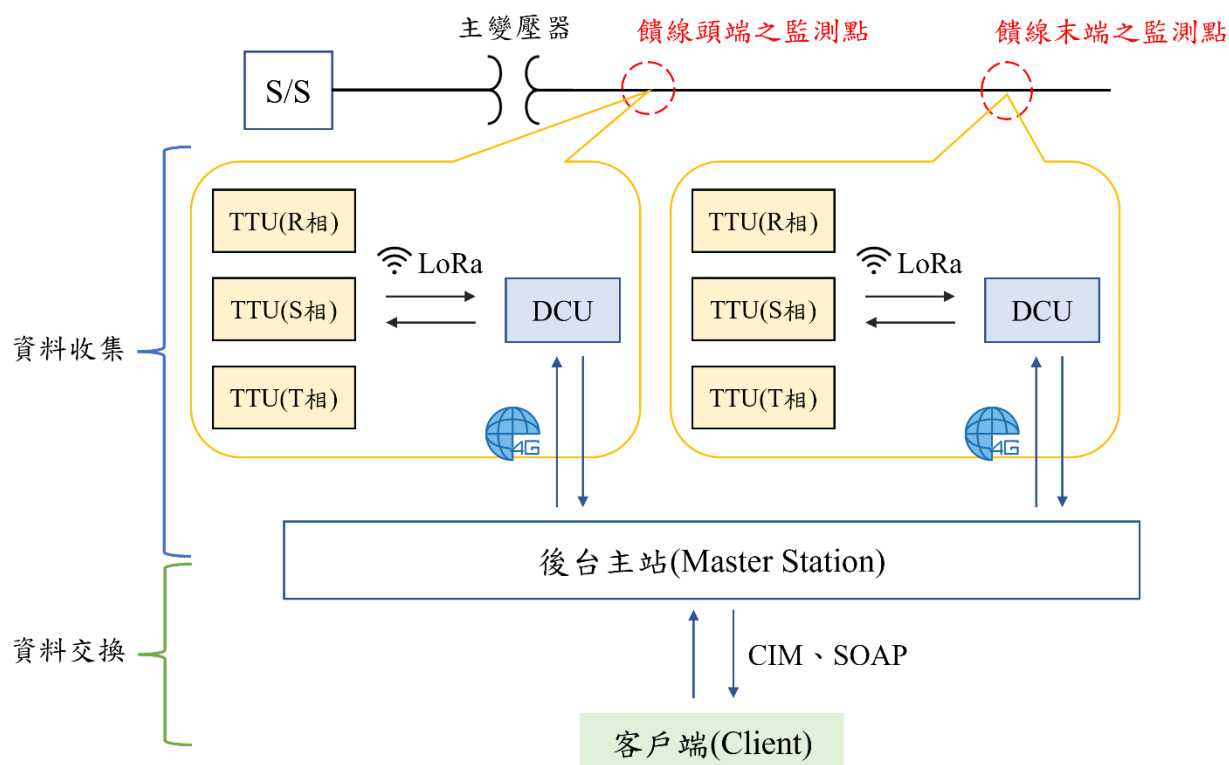


圖 33 TTU 規劃建置圖

5.1 變壓器末端單元(TTU)設計

本計畫所使用之 TTU 用於安裝至配電變壓器二次側以監測該饋線電壓與變壓器各項參數，內部之切換式電源供應器會將 220V 交流電轉換成 12V 直流電，再透過低壓差穩壓器(Low-dropout regulator, LDO)將電路電壓轉為 5V 及 3.3V，以供給穩定之電壓與電流給各單元，其中 TTU 硬體結構還包含能量測單元、資料處理單元及無線通訊單元，如下圖 35-36 所示。以下針對各個單元進行說明下：

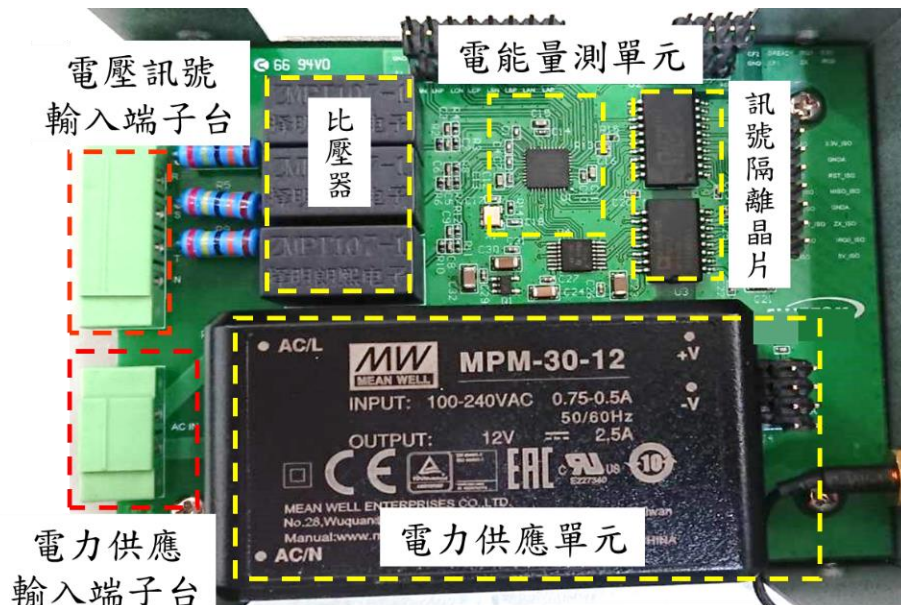


圖 34 TTU 硬體結構-PART1

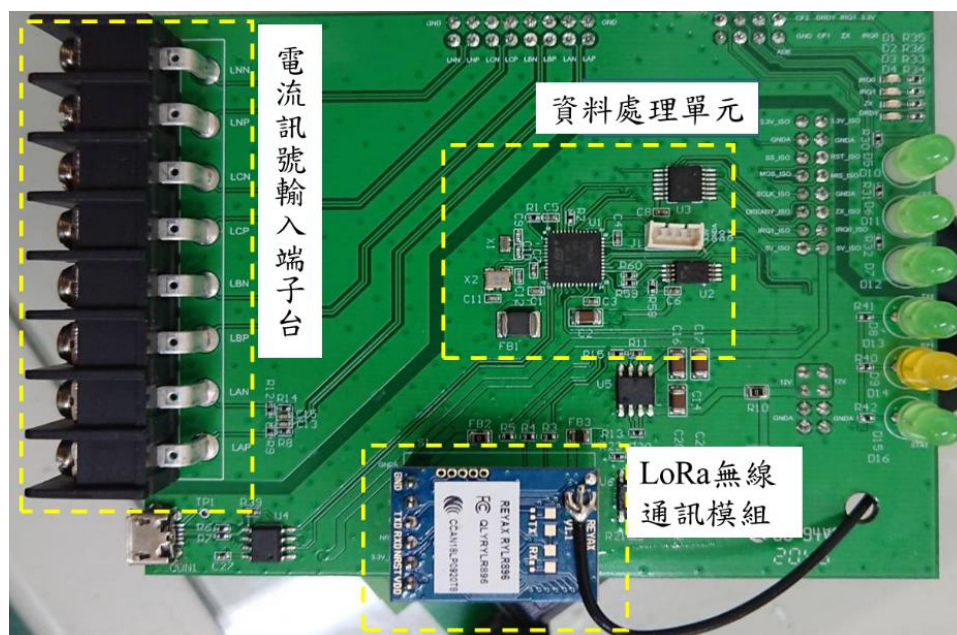


圖 35 TTU 硬體結構-PART2

5.1.1 電能量測單元

電能量測單元主要核心以電能運算晶片、電壓量測電路以及電流量測電路所構成，量測方式是將變壓器二次側接線至 TTU 之電壓檢測端子台，內部電路會透過在串/並接電阻之形式，使輸入至 TTU 之電流及電壓符合比壓器與電能量測晶片可承受之範圍，而為防止高頻雜訊影響量測結果，於取樣電路中加入低通濾波(Low Pass Filter, LPF)電路濾除電路上自切換式電源供應器負載之高頻雜訊，經由上述分壓及濾除雜訊後之電壓取樣訊號連接至電能運算晶片取樣腳位，即可

回推導線之實際電壓值。電流量測方式則是透過比流器轉換電流訊號與電路上流經之精密電阻產生壓差訊號，回傳至電能運算晶片換算以得實際量測電流值，過程同樣結合低通濾波(LPF)電路濾除高頻雜訊。而後經取樣電路所測得之電壓與電流信號會透過可程式運算放大器(Programmable Gain Amplifier, PGA)進行動態信號放大，並透過二階積分-微分調變類比數位轉換器(Analog-to-digital converter, ADC)對信號進行量化，使類比訊號轉變成數位形式，加入一個穩定電壓源作為信號量化基準，避免電壓浮動造成取樣誤差。量化完成後，資料便會通過低通濾波器(LPF)濾除高頻雜訊，隨後透過乘法器對取樣信號進行偏移(Offset)補償校正，再通過高通濾波器(High Pass Filter, HPF)濾除電流上的直流準位，最後再經過積分器以及相位補償後即可求得電壓與電流之均方根(Root Mean Square, RMS)值。對於時間取樣訊號而言，計算必須包含信號之平方訊號、平均值並對其值取開根號運算，如式(3-1)，其信號取樣運算架構，如下圖 37 所示。

$$V_m = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{n=1}^N V_m(n)^2} \quad (3-1)$$

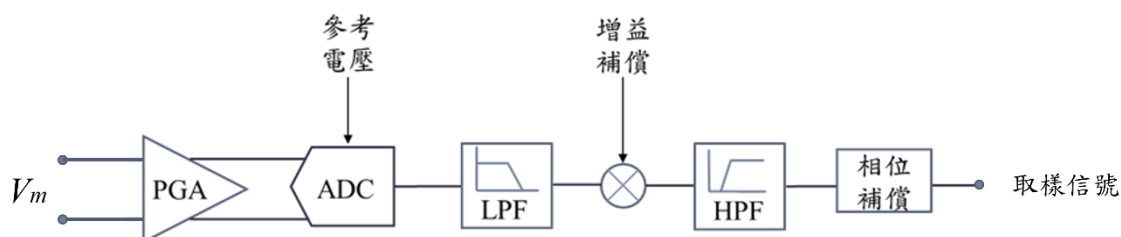


圖 36 信號取樣運算架構

5.1.2 資料處理單元

資料處理單元主要由微處理機、電子抹除式可複寫唯讀記憶體(Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM)及各種通訊介面所構成，其主要功能是将經由電能運算晶片換算之電壓、電流、功率等 RMS 值儲存於電能運算晶片暫存器裡，透過串列周邊介面(Serial Peripheral Interface, SPI)將資料傳送至微處理機，微處理機便能將計算後之結果透過內部整合電路(Inter-Integrate Circuit, I2C)通訊介面把資料存取至 EEPROM，達到保存資料及存取設定之目的，單元架構圖如圖 38 所示。若要將處理完成的資料向外傳輸，則是以 UART 非同步收發傳輸器(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART)通訊格式，將資料傳至無線傳輸單元以 LoRa 無線通信技術向外發送至資料收集器(Data Concentrator Unit, DCU)，DCU 所收集來的資料便可經由 4G、5G 或光纖回傳至主站進行資料存取分析。

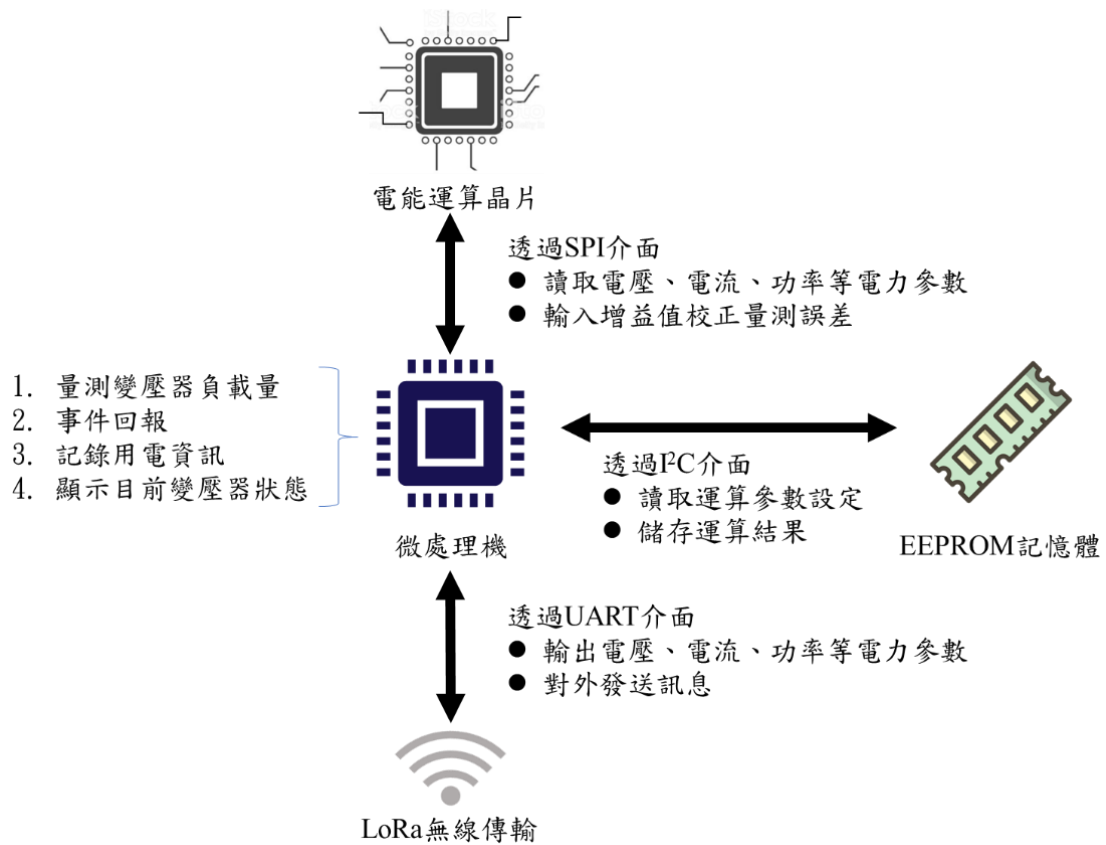


圖 37 資料處理單元架構

5.1.3 無線通訊單元

本計畫所設計之無線傳輸單元是由 LoRa 通訊模組所擔任，負責將 TTU 所量測之數據向外發送至 DCU，以達到遠距無線傳輸之能力，操作方式是經由電腦或微處理機透過 UART 下達 AT 指令控制，過程中需完成對頻率、頻寬、擴散因子、編碼率、網路 ID 等參數設定，方可使用 LoRaWAN 通訊協定進行傳輸通訊，LoRa 模組處理流程如圖 39 所示。

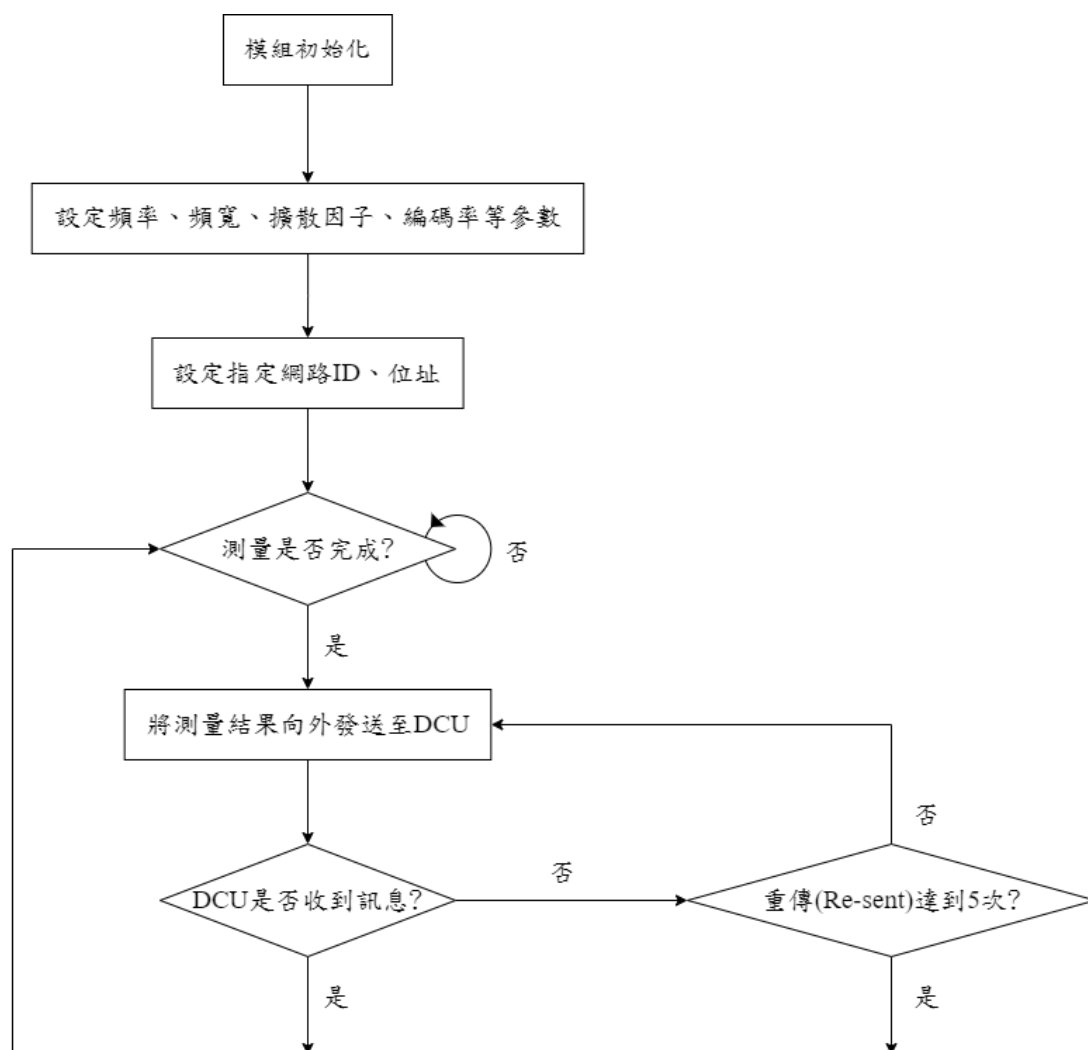


圖 38 LoRa 模組處理流程

5.2 應用 CIM 於饋線電壓之監測

為驗證本文提出 TTU 對饋線電壓監測所測得之有效性，本計畫選擇將其安裝至市中心與郊區作為對照，在量測配電變壓器二次側同時，標記出該地區每小時之 LoRa 無線通訊信號強度(RSSI)以確保訊號可靠度，而後再對所量測數值進行資料轉換，圖 40 為測試地點之 TTU 與 DCU 安裝圖，如圖 41 郊區單日每小時測得電壓與 RSSI 所示，該區所量測之電壓變化主要受饋線上工業用戶負載端與再生能源本身之間歇性所影響，最大電壓值發生在早上 7 點，數值為 12.23 kV，而最小電壓值發生下午 3 時，數值為 11.68 kV。為確保良好之 LoRa 無線通訊品質，信號強度需保持在該通訊模組極限值-120 dBm 以內，而本文郊區所安裝之 TTU 與相應之 DCU 相距約 1.66 公里，RSSI 約落在-105 dBm。圖 42 為市中心單日每小時測得電壓與 RSSI，該區電壓變化主要源自於饋線上商業用戶負載端影響，最大電壓值發生在早上 11 點，數值為 12.25 kV，而最小電壓值發生晚上 8 時，數值為 11.75 kV，距相應之 DCU 約 1.55 公里，雖通訊距離相對較短，但因市區障礙物較多阻撓信號傳遞，該 RSSI 十分靠近極限值-120dBm 左右，此外，由於個人活動或行動裝置所產生之無線訊號會減少 TTU 訊號傳輸至 DCU 之成功率，故相較於白晝，於時段凌晨 2 點至 5 點之 RSSI 有明顯提升的跡象，如圖 42 所示。

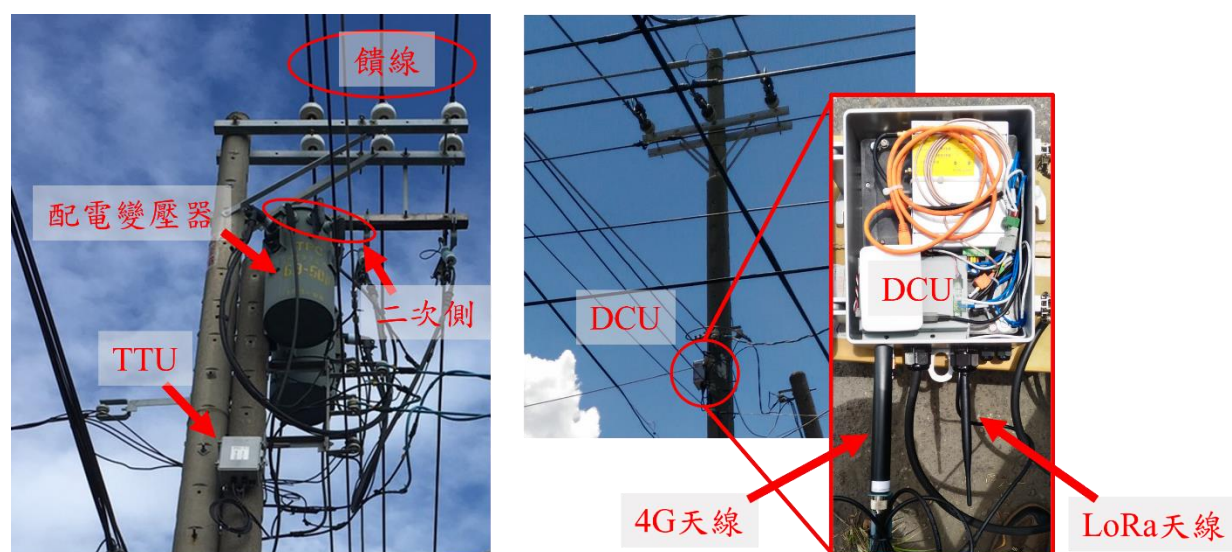


圖 39 測試地點之 TTU 與 DCU 安裝

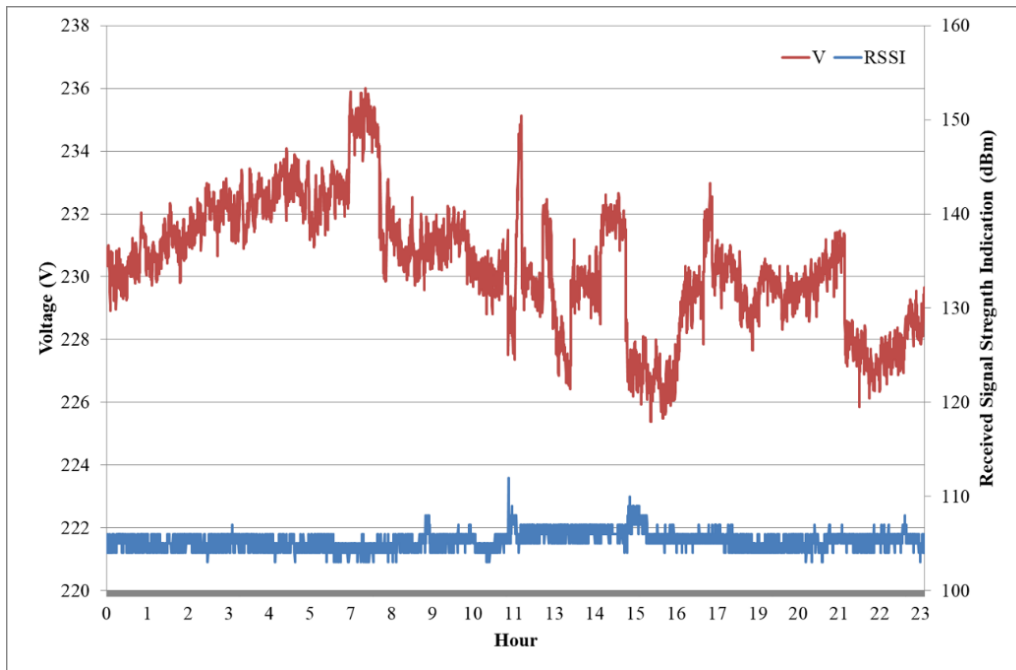


圖 40 郊區單日所量測之電壓與 RSSI

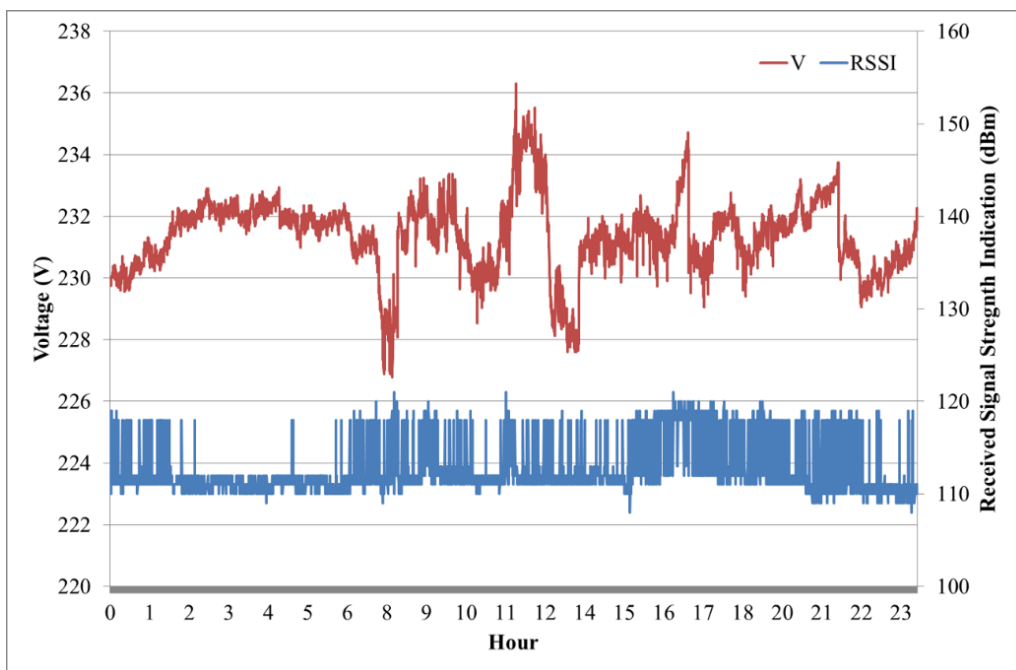


圖 41 市中心單日所量測之電壓與 RSSI

而 TTU 對測試之配電變壓器所量測之實時電壓、實功與虛功等測量值會透過第 4 代行動通訊技術(4G)傳送至後台主站進行資料處理，主站與各 DCU 間則採用分佈式網絡協議 3(DNP3)進行通訊，主站會將所有測得資訊紀錄於實時與歷史資料庫，並將欲傳輸之實時訊息以 CIM 專用之 XML 格式轉出，用來作為後續基於 CIM 所發展之相關配電管理系統的傳輸基礎，包含針對再生能源的電力潮流分析或過多光伏能源所產生之過電壓問題等應用之資料交換，CIM 所使用之 XML 格式如圖 43 所示。

```

<cim:AnalogValue rdf: ID="#_ AnalogValueID">
  <cim:AnalogValue.LineVoltageVX1>118</cim:AnalogValue.LineVoltageVX1>
  <cim:AnalogValue.LineVoltageVX2>118</cim:AnalogValue.LineVoltageVX2>
  <cim:AnalogValue.LineCurentIX1>63</cim:AnalogValue.LineCurentIX1>
  <cim:AnalogValue.LineCurentIX2>62</cim:AnalogValue.LineCurentIX2>
  <cim:AnalogValue.ApparentPowerS>16</cim:AnalogValue.ApparentPowerS>
  <cim:AnalogValue.ActivePowerP>16</cim:AnalogValue.ActivePowerP>
  <cim:AnalogValue.ReactivePowerQ>16</cim:AnalogValue.ReactivePowerQ>
  <cim:AnalogValue.UtilizationRate>xxx</cim:AnalogValue.UtilizationRate>
  <cim:IdentifiedObject.name>TTU1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.aliasname>Q1212 FA6128</cim:IdentifiedObject.aliasname>
  <cim:IdentifiedObject.description>
    voltage monitoring of feeders connected the secondary side of the Transformer A
  </cim:IdentifiedObject.description>
  <cim:Measurement.Terminal rdf: resource="#_TransformerAID"/>
</cim:AnalogValue>
<cim:Analog rdf: ID="#_ AnalogID">
  <cim:Analog.normalValue>110</cim:Analog.normalValue>
  <cim:Analog.positiveFlowIn>true</cim:Analog.positiveFlowIn>
  <cim:Measurement.phases>2</cim:Measurement.phases>
  <cim:IdentifiedObject.name>TTU1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.aliasname>Q1212 FA6128</cim:IdentifiedObject.aliasname>
  <cim:Measurement.Terminal rdf: resource="#_TransformerAID"/>
</cim:Analog>
<cim:AccumulatorValue rdf: ID="#_ AccumulatorValueID">
  <cim:AccumulatorValue.KWHplus>76014406</cim:AccumulatorValue.KWHplus>
  <cim:AccumulatorValue.KWHminus>0</cim:AccumulatorValue.KWHminus>
  <cim:AccumulatorValue.KVARplus>754432</cim:AccumulatorValue.KVARplus>
  <cim:AccumulatorValue.KVARminus>0</cim:AccumulatorValue.KVARminus>
  <cim:IdentifiedObject.name>TTU1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.aliasname>Q1212 FA6128</cim:IdentifiedObject.aliasname>
  <cim:IdentifiedObject.description>kilowatt-hour meter</cim:IdentifiedObject.description>
  <cim:Measurement.Terminal rdf: resource="#_TransformerAID"/>
</cim:AccumulatorValue>
<cim:Accumulator rdf: ID="#_ AccumulatorID">
  <cim:Accumulator.maxValue>99999999</cim:Accumulator.maxValue>
  <cim:Measurement.phases>2</cim:Measurement.phases>
  <cim:IdentifiedObject.name>TTU1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.aliasname>Q1212 FA6128</cim:IdentifiedObject.aliasname>
  <cim:Measurement.Terminal rdf: resource="#_TransformerAID"/>
</cim:AccumulatorValue>
<cim:BaseCapacity rdf: ID="#_ BaseCapacityID">
  <cim:BaseCapacity.value>25</cim:BaseCapacity.value>
  <cim:IdentifiedObject.name>TTU1</cim:IdentifiedObject.name>
  <cim:IdentifiedObject.aliasname>Q1212 FA6128</cim:IdentifiedObject.aliasname>
  <cim:IdentifiedObject.description>The capacity of Transformer A</cim:IdentifiedObject.description>
</cim:BaseCapacity>
<cim:Terminal rdf: ID="#_ TransformerAID">
  <cim:Terminal.phases>xxx</cim:Terminal.phases>
  <cim:Terminal.TTU_UFID> Q1212 FA6128</cim:Terminal.TTU_UFID>
  <cim:Terminal.Measurement rdf: resource="#_TTU1ID">
  <cim:Terminal.ConnectivityNode rdf: resource="#_Node1ID">
  <cim:IdentifiedObject.name>TransformerA</cim:IdentifiedObject.name>
</cim:Terminal>

```

圖 42 TTU 之 XML 傳輸格式

六、應用配電變壓器資訊端末單元(TTU)於饋線電壓監測

6.1 前言

本計畫提出之資訊模型轉換器開發架構已於章節 4.7 中做初步說明，如下圖 44 所示，資料接收方面，現場端之變壓器端末單元(TTU)會將所量測之資料數據透過對應之通訊技術傳送至後台主站進行資料處理，此時取出之數據還處於原始資料(Raw Data)，需進一步進行 CIM 之 XML 格式轉換，並把所有測得之實時與歷史資訊紀錄於資料庫中，而針對資料轉換應用程式開發，會透過結構化查詢語言(SQL)把資料庫中欲傳遞之資訊取出，本計畫規劃透過結合圖形化介面與 SOAP 之應用程式介面(API)組件，將資料以 SOAP 之資料傳輸格式進行封裝，綁定超文本傳輸協定(HTTP)作為通訊基礎，同時於 SOAP 訊息中加入安全標頭(Security Header)作為認證依據，在提供網路服務同時，亦保證資料傳遞之安全性，使達到使設備資訊能以 CIM 之統一形式，與客戶端達到設備間資料實時交換之目的，實際資訊模型轉換器之程式架構會於章節 6.1 做更詳細之說明。

本計畫發展資訊模型轉換器使用由美國微軟(Microsoft)公司所發佈之 Visual Studio 整合式開發環境(IDE)作為環境基礎，並使用 Visual Basic (VB) 與 C# 語言開發應用程式，考慮方便維護以及後續更新之目的，拆分應用程式服務成各個模組，並設計圖形化界面供使用者便於查詢不同設備之即時資料，而其資料介接中樞運用 SQL Server 資料庫作為電力資訊儲存空間。

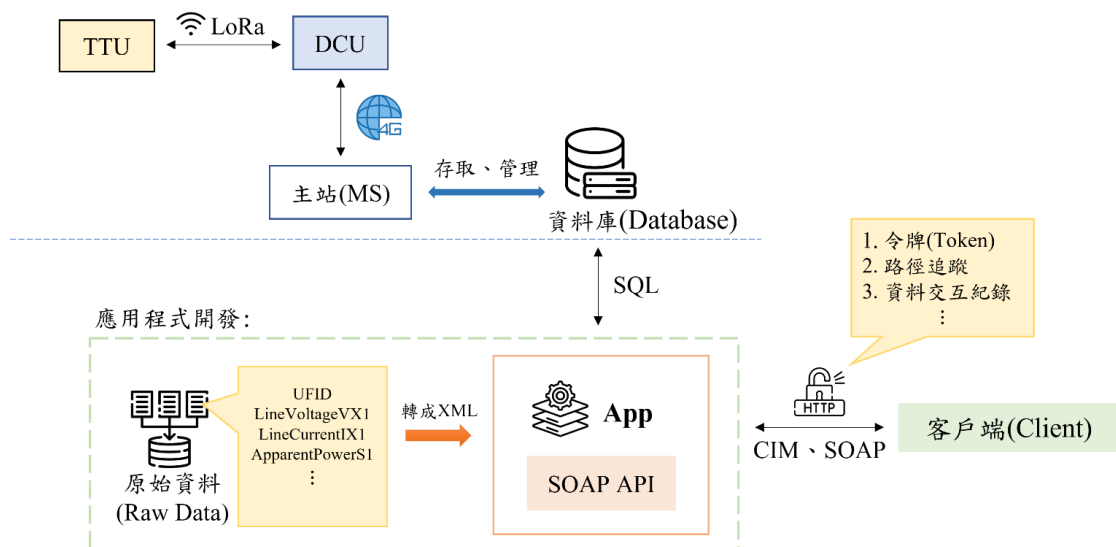


圖 43 資訊模型轉換器開發架構

6.2 轉換器之應用程式設計

資訊模型轉換器之應用程式架構主要分為現場終端設備通訊之資料接收模組、連結資料庫之資料轉換模組兩大部分，為驗證資料接收程式開發上之精確性，同時為了解其應用程式是否能正常運作，本計畫將變壓器末端單元(TTU)使用串列通訊埠與開發主機做連接，以確保使用正確之即時量測數據進行資料轉換。而 TTU 之資料輸出介面為 RS-485，為與開發主機進行通訊測試，資料會先經由 RS-485 與 RS-232 通訊轉換器，再通過 RS-232 轉 USB 通訊線對量測結果進行接收，資訊模型轉換器之測試架構圖如圖 45 所示，而圖 46 為其實際測試硬體圖，以下章節將針對各模組之開發設計理念與實做進行說明。

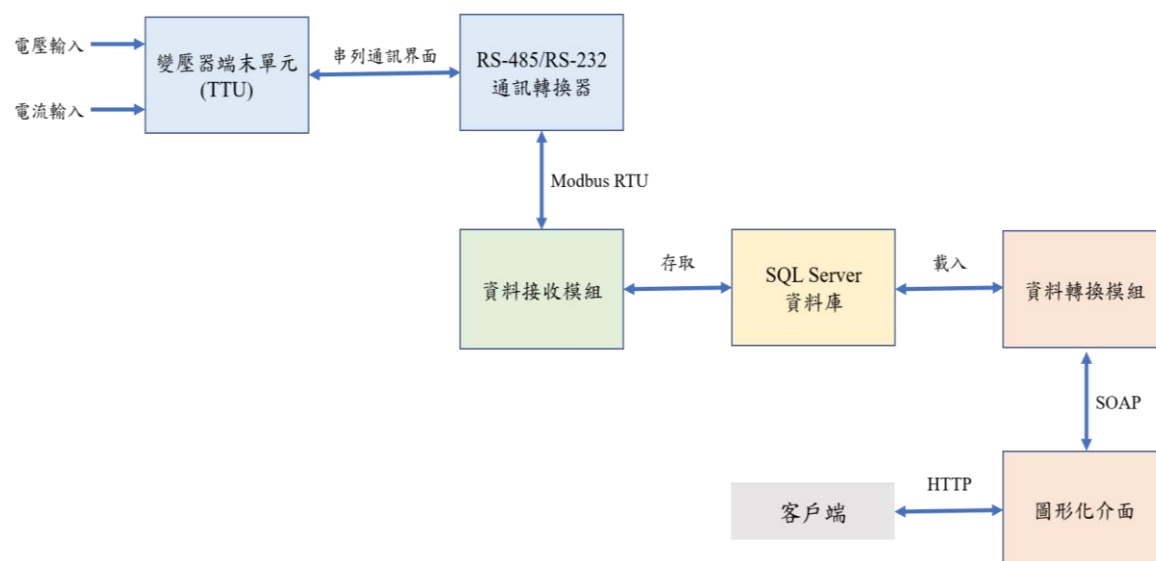


圖 44 資訊模型轉換器測試架構

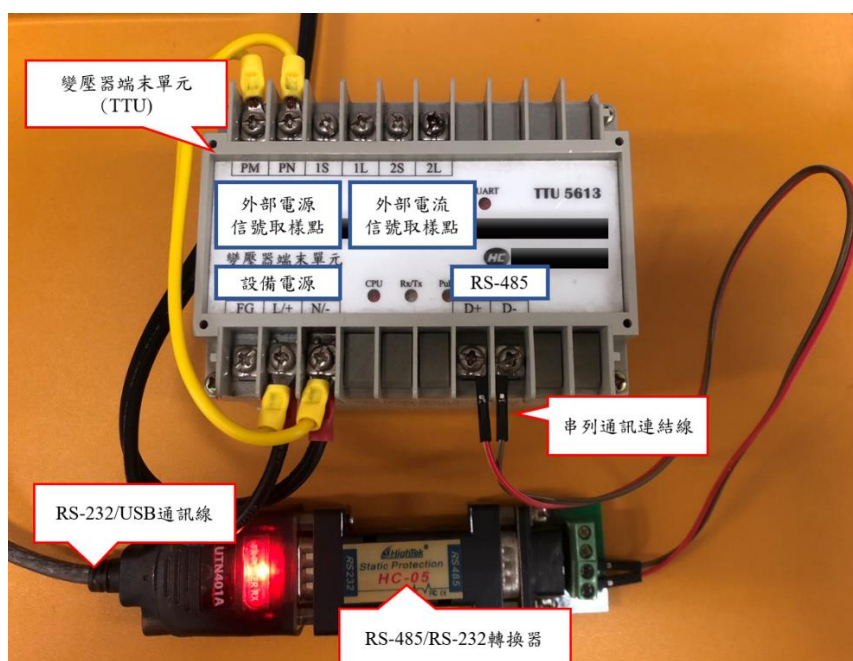


圖 45 資訊模型轉換器實際測試硬體

6.2.1 終端設備資料接收模組

(1) 資料接收模組架構

本計畫所使用之 TTU 其資料通訊格式為 Modbus 通訊協定，此協定有著易於開發、具開放性、免費使用且支援多種常見介面，如 RS-232、RS-485 以及 TCP/IP 等，透過發展 Modbus 及 CIM 之解譯轉換程式，將欲接收資料依對應格式解譯後，經過單位轉換儲存至 SQL Server 資料庫中，以利後續其他模組對資料進行提取，如圖 47 為資訊模型轉換器之資料接收模組設計架構。本模組採用 Visual Basic (VB) 語言進行開發，採用 .NET 開發框架設計一套圖形化視窗介面程式，供操作者進行基本參數設定操作。

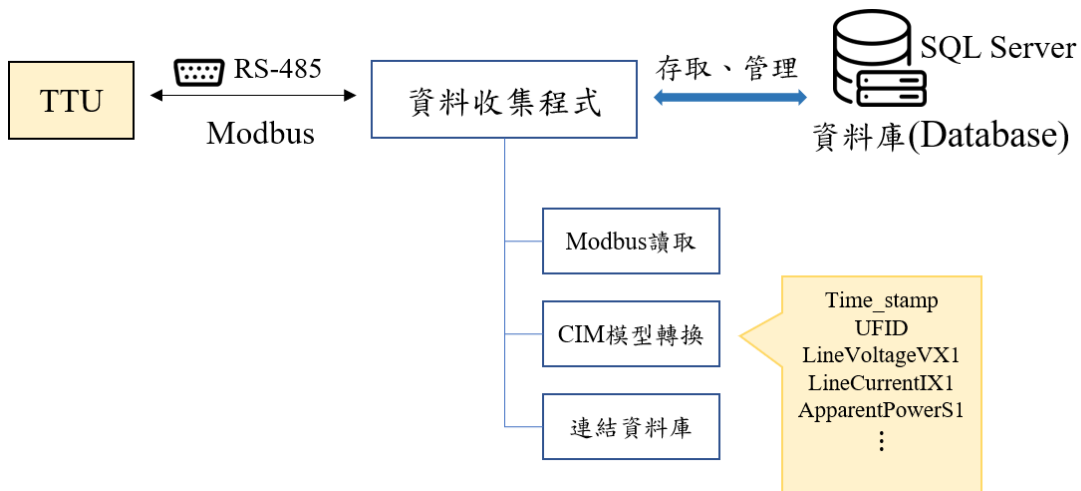


圖 46 資料接收模組設計架構

(2) Modbus 資料讀取

Modbus 通訊協定是由 Modicon 公司於 1979 年所發表，目前已然廣泛應用在資料採集與監視系統(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)及各式工業設備之間，此協定規範方向設定用於工業控制與可程式邏輯控制器(Programmable Logic Controller, PLC)的標準通訊協定，定義了裝置間自應用層(Application Layer)的訊息封裝格式、溝通方法及溝通順序，而依照通訊界面不同，可分為一組主端(Master)與一組僕端(Slave)架構，或者整體通訊網路中可存在多個僕端與一組主端，而多僕端架構最多能容納 247 台僕端，其地址範圍於 1~247 之間，每組僕端地址不可重複，並且只有在主端發出請求時才會回應，僕端之間無溝通功能。圖 47 為常態下 Modbus 通訊協定之應答過程，每條由主端發出的請求封包內皆會包含一個僕端地址，封包發出後整體通訊網路中的僕端都會接收到此封包，只有符合自身地址的僕端才會接收請求並且啟動回應。

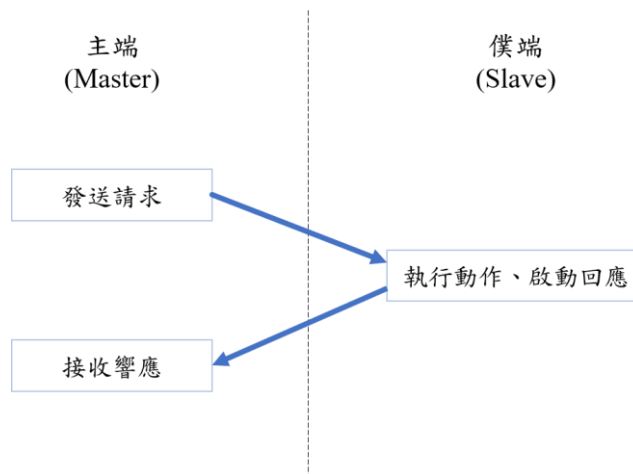


圖 47 Modbus 通訊協定應答過程

而因本次測試開發主機與 TTU 間使用 RS-232 通訊線做連接，故在 Modbus 解譯程式上使用 Modbus RTU 模式進行開發，Modbus RTU 編碼格式採用 16 進位(Hex)表示，每一個封包之大小為一個位元組，其數值範圍由 0x00 至 0xFF，對應 10 進位表示為 0 至 255，如圖 49 所示，每一組完整封包包含一個起始位元、七個資料位元、一個校驗位元以及一個停止位元共十個位元所組成，而一串完整 Modbus 指令訊息為確保資料傳輸完整性，封包最後加入兩位元組使用循環冗餘校驗碼(Cyclic Redundancy Check, CRC)進行換算，以確保資料是否因傳輸通道干擾引起錯誤。

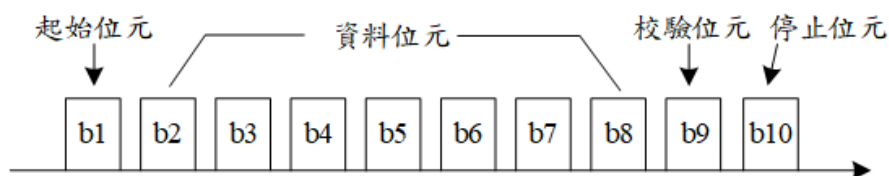


圖 48 Modbus 通訊封包傳送格式

Modbus 每組封包皆有起始點與結束點，每個封包間區隔為 3.5 個字元長度作為起始與結束之判斷基準，假設傳輸速率(Baud Rate)設定為 9600BPS(Bits Per Second, BPS)，表示一秒鐘可傳輸 9600 個位元，換算傳輸一組封包約為 1 毫秒，封包間區隔約 3.5 毫秒，當封包相隔大於 3.5 毫秒時，認定資料已傳送完畢，如圖 50 Modbus 封包間格機制示意圖所示。

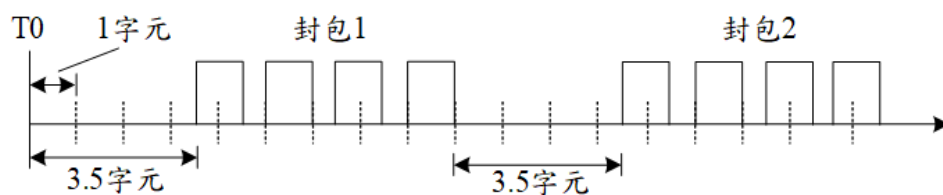


圖 49 Modbus 封包間格機制示意圖

程式模組開始時，需先對設備之通訊埠(Port)、鮑率(Baud Rate)、功能碼(Function Code)、僕端裝置位址(Slave Address)、起始暫存器位址(StartRegAddress)及資料長度(Data Length)等相關參數進行設定，當上述參數設定完成後，模組會發送請求至對應位址之僕端裝置，若請求格式正確，此時該 TTU 會發送響應，而終端設備採用 Modbus 傳輸時，數據資料由兩個位元組所組成，其中第一個位元組為高位元，第二個位元組為低位元，故使高位元乘上十進位 255 並與低位元相加後方可取得完整之原始資料(Raw Data)，圖 51 為資料接收模組之操作介面與響應內容，表 16 為 TTU 之暫存器位址映射表。



圖 50 資料接收模組之操作介面與響應內容

表 16 TTU 之暫存器位址映射表

暫存器位址 (HEX)	功能描述	數值範圍	UNIT VALUE
0130	A 相電流	0 至 65535	0.01A
0131	B 相電流	0 至 65535	0.01A
0136	電壓	0 至 65535	0.01V
0140	有效功率	-32768 至 +32768	20W
0141	無效功率	-32768 至 +32768	20Var
0142	視在功率	0 至 65000	20VA
0143	功率因素	-10000 至 +10000	0.0001
0144	頻率	0 至 65000	0.002Hz
0145	A 相有效功率	-32768 至 +32768	20W
0146	A 相無效功率	-32768 至 +32768	20Var
0147	A 相視在功率	0 至 65535	20VA
0148	A 相功率因素	0 至 65000	0.002Hz
0149	B 相有效功率	-32768 至 +32768	20W
0150	B 相無效功率	-32768 至 +32768	20Var
0151	B 相視在功率	0 至 65535	20VA

(3) CIM 模型轉換與資料庫連結

完成使用 Modbus 對量測之原始資料接收後，本計畫為達到資料共享與透明化之目的，還需進一步把數據資料轉換成 CIM 之統一形式，依章節 3.2 所訂立之 UML 結構模型將資料與對應之類別屬性進行點位轉換，同時加入時間標記 (Time Stamp) 與 UFID 標號欄位儲存至資料庫，方便後續應用程式使用 SQL 語法對電力數據排序與調閱查詢，圖 52 為經 CIM 模型轉換後儲存至 SQL Server 資料庫之資料表，下一節會針對資料轉換模組如何將資料庫內電力數據進行提取與 SOAP 通訊格式封裝進行說明。

時間標記、TTU 之 UFID 編號

Time_Stamp	UFID	LineVoltageVX1	LineVoltageVX2	LineCurrentIX1	LineCurrentIX2	ActivePowerP	ReactivePowerQ	ApparentPowerS	ActivePowerP1	ReactivePowerQ1	ApparentPowerS1
2022-11-16 11:50:44	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:45	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:46	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:47	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:48	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:50	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:51	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:52	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:53	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:54	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:55	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:56	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:57	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:58	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:50:59	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:51:00	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27
2022-11-16 11:51:01	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27

圖 51 TTU 數據儲存至 SQL 資料庫之資料表

6.2.2 資料轉換模組

(1) 資料轉換模組架構

本計畫所發展的基於 SOAP 通訊之資料轉換模組，透過將已經資料接收模組所處理之電力數據從 SQL Server 資料庫取出，對其以 SOAP 傳輸格式進行封裝，建立網路服務(Web service)，使客戶端能透過標準化之訊息模式進行操作，而為提升 SOAP 訊息本身之安全性，於該服務中加入使用者登入以及安全標頭等認證機制，同時綁定 HTTP 作為其通信媒介，能使數據資料更方便通過防火牆和 Proxy 而不對協定本身進行修改，圖 53 為資料轉換模組設計架構，本模組採用 C#語言進行開發，採用 ASP.NET Web 應用程式架構做為開發平台，在建立 SOAP 網路服務同時，也設計一套圖形化瀏覽介面供客戶端查詢調閱存至資料庫之即時資料。

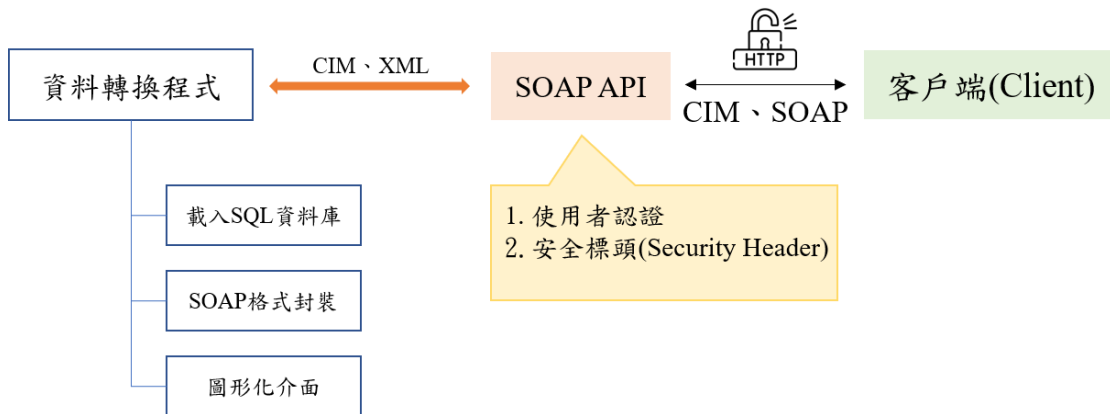


圖 52 資料轉換模組設計架構

(2) SQL 資料庫載入與 SOAP 格式封裝

由於存入資料庫之實時電力數據資料量眾多，資料量經長時間之蒐集也會愈加龐大，若每次都將其全部提取出來，有失 SOAP 輕量級通訊服務之特性優點，故模組載入資料庫之同時，會搭配 SQL 語法指令對資料進行分類排序，再對符合特定「UFID」序號與時間標記之數據進行提取，以此降低傳輸負擔，而為提升訊息傳遞之安全性，本計畫於資料庫中建立該服務之使用者清單(User List)，用戶需先進行身分驗證，待驗證成功後方可進行資料調閱。圖 54 為 SOAP 網路服務之測試頁面，圖 55 為該 SOAP 服務之服務描述配置文件，由章節 4.3 所提及之 WSDL 語言所撰寫，用來描述該服務提供之請求格式內容與相關規範參考，因內容繁多此圖僅擷取部分重要內容，而圖 56-61 為實際操作測試畫面。

MyWebService_ttu

下列作業受支援。如需正式定義，請參閱[服務描述](#)。

- [FC_ConfirmUser](#)
For Test
- [FC_TTUQuery](#)
For Test
- [UI_ConfirmUser](#)
For Web Form service
- [UI_TTUQuery](#)
For Web Form service

圖 53 SOAP 網路服務之測試頁面

```
<wsdl:definitions xmlns:s="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:soap12="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap12/" xmlns:http="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/http/"
  xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/mime/" xmlns:tns="http://TTU_CIM.com/"
  xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/" xmlns:tm="http://microsoft.com/wsdl/mime/textMatching/"
  xmlns:soapenc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" xmlns:wsdl="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
  targetNamespace="http://TTU_CIM.com/">
  <s:element name="FC_ConfirmUser">
    <s:complexType>
      <s:sequence>
        <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="ID" type="s:string"/>
        <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="PWD" type="s:string"/>
      </s:sequence>
    </s:complexType>
  </s:element>
  <s:element name="FC_ConfirmUserResponse">
    <s:complexType>
      <s:sequence>
        <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="FC_ConfirmUserResult" type="s:string"/>
      </s:sequence>
    </s:complexType>
  </s:element>
  <s:element name="FC_TTUQuery">
    <s:complexType>
      <s:sequence>
        <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="Enter_UFID" type="s:string"/>
      </s:sequence>
    </s:complexType>
  </s:element>
  <s:element name="FC_TTUQueryResponse">
    <s:complexType>
      <s:sequence>
        <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="FC_TTUQueryResult">
          <s:complexType>
            <s:sequence>
              <s:any minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" namespace="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
                processContents="lax"/>
              <s:any minOccurs="1" namespace="urn:schemas-microsoft-com:xml-diffgram-v1"
                processContents="lax"/>
            </s:sequence>
          </s:complexType>
        </s:element>
      </s:sequence>
    </s:complexType>
  </s:element>
```

圖 54 SOAP 網路服務之 WSDL 服務描述文件

以下將根據測試內容進行操作說明：

- Step 1 使用者身分驗證

MyWebService_tt

按一下[這裡](#)以取得完整的作業清單。

FC_ConfirmUser

For Test

測試

若要以 HTTP POST 通訊協定測試作業，請按一下 [叫用] 按鈕。

參數	值
ID:	
PWD:	

叫用

圖 55 SOAP 網路服務之身分驗證功能

SOAP 1.2

安全標頭
(Security Header)

```
POST /MyWebService_tt.asmx HTTP/1.1
Host: localhost Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap12:Header>
    <AuthUser xmlns="http://TTU_CIM.com/">
      <UserName>string</UserName>
      <Password>string</Password>
    </AuthUser>
  </soap12:Header>
  <soap12:Body>
    <UI_ConfirmUser xmlns="http://TTU_CIM.com/" />
  </soap12:Body>
</soap12:Envelope>
```

請求輸入型別

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap12:Body>
    <FC_ConfirmUserResponse xmlns="http://TTU_CIM.com/">
      <FC_ConfirmUserResult>string</FC_ConfirmUserResult>
    </FC_ConfirmUserResponse>
  </soap12:Body>
</soap12:Envelope>
```

響應輸出型別

圖 56 身分驗證功能之 SOAP 訊息格式

```
<string xmlns="http://TTU_CIM.com/">PASS</string>
```

圖 57 身分驗證功能之響應結果

- Step 2 輸入欲查詢之 TTU 編號(UFID)

MyWebService_ttu

按一下[這裡](#)以取得完整的作業清單。

FC_TTUQuery

For Test

測試

若要以 HTTP POST 通訊協定測試作業，請按一下 [叫用] 按鈕。

參數	值
Enter_UFID:	

圖 58 SOAP 網路服務之 TTU 編號查詢功能

SOAP 1.2

下列是 SOAP 1.2 要求與回應的範例，預留位置顯示之處必須代入實際的值。

```

POST /MyWebService_ttu.asmx HTTP/1.1
Host: localhost Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap:Header>
    <IDget xmlns="http://TTU_CIM.com/">
      <ID>string</ID>
    </IDget>
  </soap:Header>
  <soap:Body>
    <UI_TTUQuery xmlns="http://TTU_CIM.com/" />
  </soap:Body>
</soap12:Envelope>

```

安全標頭 (Security Header) →

請求輸入型別 →

```

HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: application/soap+xml; charset=utf-8
Content-Length: length
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap12:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope">
  <soap12:Body>
    <FC_TTUQueryResponse xmlns="http://TTU_CIM.com/">
      <FC_TTUQueryResult>xmlxml</FC_TTUQueryResult>
    </FC_TTUQueryResponse>
  </soap12:Body>
</soap12:Envelope>

```

響應輸出型別 →

圖 59 TTU 編號查詢功能之 SOAP 訊息格式


```

▼<DataTable xmlns="http://TTU_CIM.com/">
  ▼<xs:schema xmlns="" xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata" id="NewDataSet">
    ▼<xs:element name="NewDataSet" msdata:IsDataSet="true" msdata:MainDataTable="TTU_data" msdata:UseCurrentLocale="true">
      ▼<xs:complexType>
        ▼<xs:choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
          ▼<xs:element name="TTU_data">
            ▼<xs:complexType>
              ▼<xs:sequence>
                <xs:element name="Time_Stamp" type="xs:string" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="UFID" type="xs:string" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="LineVoltageVX1" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="LineVoltageVX2" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="LineCurrentIX1" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="LineCurrentIX2" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ActivePowerP" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ReactivePowerQ" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ApparentPowerS" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ActivePowerP1" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ReactivePowerQ1" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ApparentPowerS1" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ActivePowerP2" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ReactivePowerQ2" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="ApparentPowerS2" type="xs:int" minOccurs="0"/>
                <xs:element name="UtilizationRate" type="xs:int" minOccurs="0"/>
              </xs:sequence>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:choice>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:schema>
  ▼<diffgr:diffgram xmlns:msdata="urn:schemas-microsoft-com:xml-msdata" xmlns:diffgr="urn:schemas-microsoft-com:xml-diffgram-v1">
    ▼<NewDataSet xmlns="">
      ▼<TTU_data diffgr:id="TTU_data1" msdata:rowOrder="0">
        <Time_Stamp>2022-11-16 12:59:09</Time_Stamp>
        <UFID>A0102CD3456</UFID>
        <LineVoltageVX1>11858</LineVoltageVX1>
        <LineVoltageVX2>11858</LineVoltageVX2>
        <LineCurrentIX1>406</LineCurrentIX1>
        <LineCurrentIX2>265</LineCurrentIX2>
        <ActivePowerP>40</ActivePowerP>
        <ReactivePowerQ>20</ReactivePowerQ>
        <ApparentPowerS>45</ApparentPowerS>
        <ActivePowerP1>24</ActivePowerP1>
        <ReactivePowerQ1>12</ReactivePowerQ1>
        <ApparentPowerS1>27</ApparentPowerS1>
        <ActivePowerP2>16</ActivePowerP2>
        <ReactivePowerQ2>9</ReactivePowerQ2>
        <ApparentPowerS2>18</ApparentPowerS2>
        <UtilizationRate>814</UtilizationRate>
      </TTU_data>
    </NewDataSet>
  </diffgram>

```

經SOAP格式封裝之傳輸資料

圖 60 TTU 編號查詢功能之響應結果

經上述測試已能夠確定資料轉換模組符合本計畫之通訊要求，可將儲存於資料庫中之及時電力數據透過 SOAP 協定與客戶端進行封包間之資料交換，但由於此時封包內資料並未進行偽裝，內部 XML 訊息又為明文撰寫，若封包遭到截取，可能會有安全上之疑慮產生，加上將具備連接後台資料庫功能之 SOAP 預設服務介面給客戶端進行操作，可能會愈加大風險，故在資料轉換模組的設計上，額外建立一圖形化介面作為前端操作平台，以連結服務參考之形式做為後端資料處理，僅依操作請求響應對應之封包訊息，詳細圖形化介面內容於下個章節會做介紹。

(3) 圖形化介面

本計畫設計之圖形化介面採網頁視窗服務之形式，可區分為前端與後端，前端定義為使用者端之操作介面與資料接收端，使用網頁瀏覽器呈現畫面，藉由超文本標記語言(HyperText Markup Language, HTML)程式語言為底層提供網頁服務，並使用 ASP.NET 內建之 ScriptManager 控件實現網頁內 Ajax 腳本管理，如 javascript 等，畫面之圖案與樣式則使用階層樣式表 (Cascading Stylesheets, CSS)進行排版。後端則負責連結資料接收模組之 SOAP 網路服務參考，執行 SQL Server 資料庫之資料調閱與執行 SQL 語法與指令，完成與資料庫連線並提取電力數據資料，將響應結果傳輸到前端頁面展示。

以下為圖形化介面之操作畫面與展示頁面：

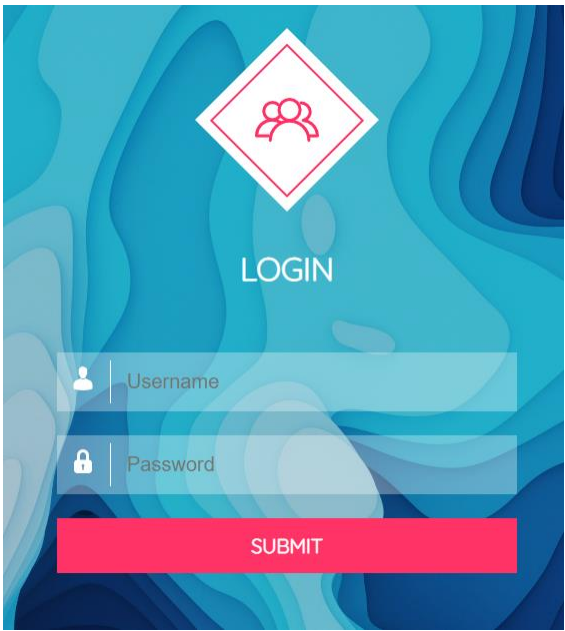


圖 61 TTU 調閱服務之使用者驗證畫面

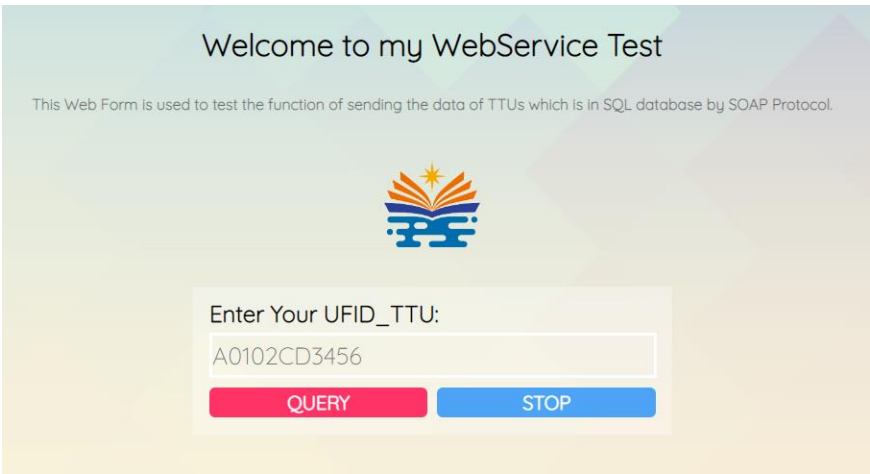


圖 62 TTU 調閱服務之 UFID 查詢服務畫面

每秒動態更新最新接收之TTU電力數據

Query Successful! Connecting...

Time_Stamp	UFID	LineVoltageVX1	LineVoltageVX2	LineCurrentIX1	LineCurrentIX2	ActivePowerP	ReactivePowerQ	ApparentPowerS	ActivePowerP1	ReactivePowerQ1	ApparentPowerS1	ActivePowerP2	ReactivePowerQ2	ApparentPowerS2	UtilizationRate
2022-11-16 13:20:58	A0102CD3456	11768	11768	412	268	40	21	46	24	12	26	17	9	19	814

FROZEN Recorded.

Time_stamp	UFID	LineVoltageVX1	LineVoltageVX2	LineCurrentIX1	LineCurrentIX2	ActivePowerP	ReactivePowerQ	ApparentPowerS	ActivePowerP1	ReactivePowerQ1	ApparentPowerS1	ActivePowerP2	ReactivePowerQ2	ApparentPowerS2	UtilizationRate
2022-11-16 13:19:13	A0102CD3456	11858	11858	406	265	40	20	45	24	12	27	16	9	18	814

圖 63 TTU 調閱服務之電力數據查詢結果畫面

6.3 現場端之變壓器端末單元(TTU)安裝



圖 64 TTU 之安裝桿號(饋線 XD35)



圖 65 TTU 安裝之高空作業(饋線 XD35)

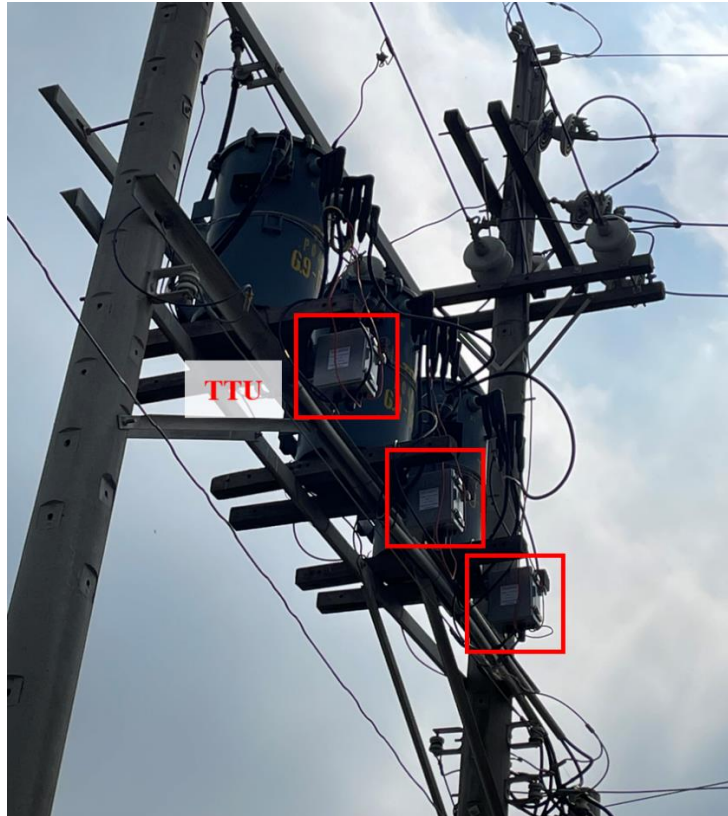


圖 66 TTU 安裝成果(饋線 XD35)



圖 67 DCU 之安裝桿號(饋線 XD35)



圖 68 DCU 安裝之高空作業(饋線 XD35)



圖 69 TTU 之安裝桿號(饋線 XH29)



圖 70 TTU 安裝之高空作業(饋線 XH29)

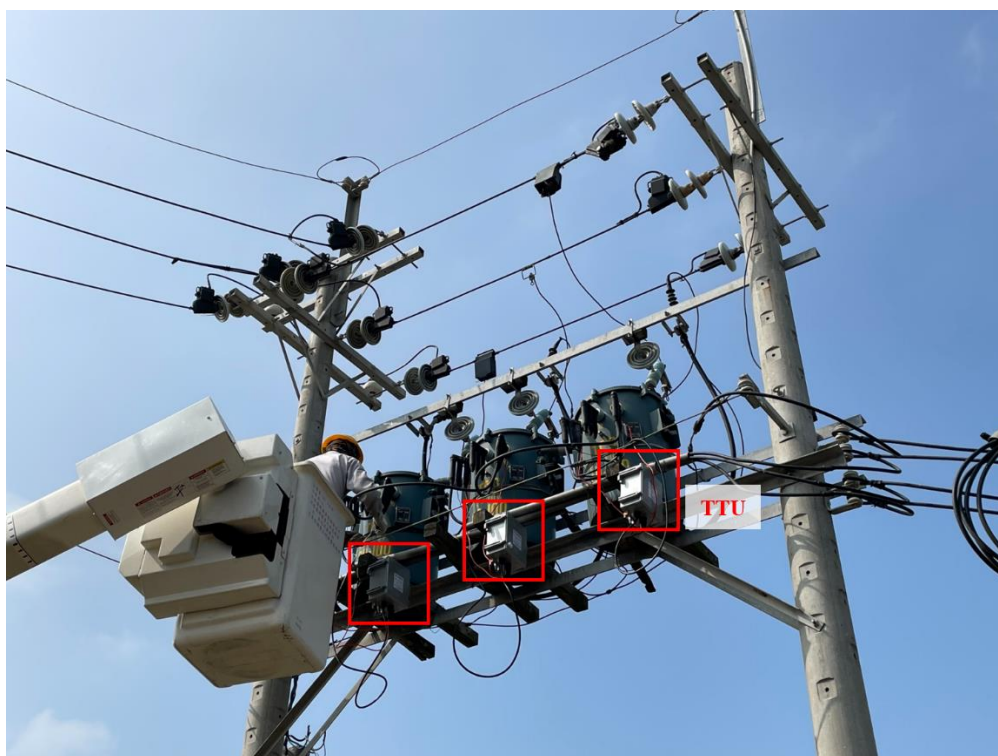


圖 71 TTU 安裝成果(饋線 XH29)



圖 72 DCU 之安裝桿號(饋線 XH29)



圖 73 DCU 安裝成果(饋線 XH29)

參、結論

本計畫結合通訊資訊模型(CIM)之 XML 傳輸格式對 TTU 量測之即時數據執行資料傳遞，並根據國際電工委員會(IEC)訂立之 IEC 61970 等規範標準，以及國際組織 CIM Users Group (CIMUG)所提供之模型與應用實例，為 TTU 設計一套以 UML 為基礎之商用配電資訊模型，並透過其 XML 傳輸格式進行資料轉換，使電力數據能依通用且有效之統一形式來傳遞，達到資料共享與透明化之目的，而通訊方面，應用 SOAP 通訊協定開發一套用於資料傳遞之網路服務(Web Service)，該服務配合現場端 TTU 所收集之電力數據，結合圖形化介面架設成網站之形式，以便於客戶端執行資料訪問與調閱，同時為進一步提升服務之安全性，在 SOAP 訊息傳輸過程中，加入使用者認證與安全標頭(Security Header)等安全機制，使設備資訊能在保證安全性及可靠度的環境下，以 CIM 之統一形式，提供給客戶端或其他配電設備相關管理系統，除了降低資料交換複雜度，亦可達到設備資料共享與透明化之目的，為未來銜接或執行其他智慧電網相關應用程序時提供更大的彈性與便利性。

肆、參考文獻

- [1] Electric Power Research Institute (EPRI), " Common Information Model Primer" Seventh Edition, July 2021.
- [2] Electric Power Research Institute (EPRI), " Common Information Model Harmonization and Implementation Examples ", December 2011.
- [3] Electric Power Research Institute (EPRI), "The Common Information Model for Distribution ", November 2008.
- [4] Electric Power Research Institute (EPRI), "Transformer Modeling in the Common Information Model ", May 2010.
- [5] Electric Power Research Institute (EPRI), " European Demonstration of CIM-Based Products", August 2006.
- [6] A.deVos, S.E.Widergren, Sr.Member,J. Zhu, “XML for CIM Model Exchange”, · February 2001.
- [7] The UPGRID Consortium, “Report on the implementation of the CIM as the reference data model for the project”, 2015.
- [8] Yanfei Li, Yijie Li, Xiaofeng Bao, Na Tang, “Distribution Network Information Modeling Method Based on CIM”, 2020 IEEE the 3rd International Conference on Electronics and Communication Engineering.
- [9] IEC61970-301:2021, Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common information model (CIM) base, 2021.
- [10] Gang. M. Huang, Nirmal-Kumar C Nair, “Static and Dynamic CIM-XML Documents for Proprietary EMS”, 2003.
- [11] World Wide Web Consortium (W3C), “RDF Primer”, 10 February 2004, [Online] Available: <https://www.w3.org/TR/rdf-primer/>.
- [12] International Business Machines Corporation (IBM), “Rational Software Architect Standard Edition - SOAP”, 5 March 2021, [Online]: <https://www.ibm.com/docs/zh-tw/rsas/7.5.0?topic=standards-soap>
- [13] International Business Machines Corporation (IBM), “Rational Software Architect Standard Edition - Web Service Description Language (WSDL)”, 5 Mar. 2021, [Online]: <https://www.ibm.com/docs/zh-tw/rsas/7.5.0?topic=standards-web-services-description-language-wsdl>
- [14] The Java EE 5 Tutorial,” Chapter 19 - SOAP with Attachments API for Java”, [Online]: <https://docs.oracle.com/cd/E19316-01/819-3669/6n5sg7br6/index.html>
- [15] Steve Graham, Doug Davis, Simeon Simeonov, Glen Daniels, Peter Brittenham, Yuichi Nakamura, Paul Fremantle, Dieter Koenig, Claudia Zentner, “Building Web Services with Java: Making Sense of XML, SOAP, WSDL, and UDDI, 2nd Edition”, 28 Jun. 2004
- [16] World Wide Web Consortium (W3C), “SOAP Version 1.2 Part 1: Messaging Framework (Second Edition)”, 27 Apr. 2007, [Online]: <https://www.w3.org/TR/soap12-part1/#secconsiderations>
- [17] The UPGRID Consortium, “Report on the implementation of the CIM as the reference data model for the project”, 2015.
- [18] 陳銘宇,「整合LoRa無線通訊之變壓器端末單元設計」,國立高雄科技大學碩士論文,110年7月。