

出國報告（出國類別：實習）

（裝訂線）

赴美國參加「龍門(核四)計畫第一、二號  
機安全控制系統特殊網路施工試驗技術  
研習」心得報告

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：徐建文 儀電工程師

派赴國家：美國

出國期間：97年11月22日至97年12月5日

報告日期：97年12月29日

# 出國報告審核表

出國報告名稱：龍門(核四)計畫第一、二號機安全控制系統特殊網路施工試驗技術研習		
出國人姓名 (2人以上, 以1人為代表)	職稱	服務單位
徐建文	儀電工程師	台灣電力公司 龍門施工處
出國期間：97年 11月 22日至 97年 12月 5日		報告繳交日期：98年 1月 15日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 (本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正, 原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 本報告除上傳至出國報告資訊網外, 將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 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"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9. 其他處理意見及方式：	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1. 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2. 退回補正, 原因： _____ <input type="checkbox"/> 3. 其他處理意見： _____	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時, 不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、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。
- 三、審核作業應儘速完成, 以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。

報告人：  徐建文  吳進坤	單位主管：  余鳳裕	主管處：  邱德成  溫世忠	施副總經理：  徐永華 黃專業總工程師	副總經理：  施弘基 專業總工程師：  黃憲章
--	--	--	---	--

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

龍門(核四)計畫第一、二號機安全控制系統特殊網路施工試驗技術研習

頁數 34 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

徐建文/ 台灣電力公司/ 龍門施工處/ 儀電工程師/ (02) 24902401-2379

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：97.11.22~97.12.5

出國地區：美國

報告日期：97.12.29

分類號/目

關鍵詞：DRS；PERFORMNET；SKEW

內容摘要：(二百至三百字)

龍門計劃（核四工程）安全相關控制系統，係美國奇異（GE）公司之分包商 DRS 公司製造，為全廠安全相關系統運轉控制樞紐。

DRS 安全控制系統使用 PERFORMNET 網路，為國內少見的網路實體層，其施工試驗要求特殊之 SKEW TEST 技術，此試驗是安全相關控制系統成功關鍵。本公司尚無 SKEW TEST 測試經驗，故有必要前往廠家研習，期能更有效掌握安全相關控制系統特殊網路施工試驗之要領，確保核四廠安全相關控制系統安裝工程之品質。赴核四廠安全相關控制系統設備製造廠家奇異（GE）之分包商 DRS 公司研習特殊網路施工試驗技術，其包含下列內容：

壹、特殊網路施工試驗 SKEW TEST 試驗技術。

貳、安全控制系統設備之相關試驗診斷儀器研習。

參、安全控制系統軟體安裝程序及施工試驗要領。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網（<http://report.gsn.gov.tw>）

# 目錄

壹、國外公務之目的與行程	1
(一)目的	1
(二)行程	1
貳、執行過程與內容	2
(一)PLu s32 控制系統	2
1.系統介紹	2
2.PERFORMNET 網路	4
3.PLu s32 機櫃	6
4.VDU 人機介面工作站	10
5.CIM	12
6.BTM	13
(二)VDU 軟體設計	15
1.介紹	15
2.VDU 作業系統	15
3.VDU 診斷系統	15
4.VDU 流程顯示子系統	16
(三)FID 測試	17
(四)VDU 軟硬體測試	19
(五)Skew Test 介紹	21
1.測試說明	21
2.Skew Delay 測試方法	22
3.Skew Meter 量測介紹	23
4.Skew Dealy 手動測試介紹	24
(六)其他測試	31
1.Module Test	31
2.SSLC/RMU Cabinet Generic/Specific Assembly	31
參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項	33
肆、心得及對本公司之具體建議	33

## 壹、國外公務之目的與行程

### (一)目的：

龍門計劃（核四工程）安全相關控制系統，係美國奇異（GE）公司之分包商 DRS 公司製造，為全廠安全相關系統運轉控制樞紐。

DRS 安全控制系統使用 PERFORMNET 網路，為國內少見的網路實體層，其施工試驗要求特殊之 SKEW TEST 技術，此試驗是安全相關控制系統成功關鍵。本公司尚無 SKEW TEST 測試經驗，故有必要前往廠家研習，期能更有效掌握安全相關控制系統特殊網路施工試驗之要領，確保核四廠安全相關控制系統安裝工程之品質。

赴核四廠安全相關控制系統設備製造廠家奇異（GE）之分包商 DRS 公司研習特殊網路施工試驗技術，其包含下列內容：

- 壹、特殊網路施工試驗 SKEW TEST 試驗技術。
- 貳、安全控制系統設備之相關試驗診斷儀器研習。
- 參、安全控制系統軟體安裝程序及施工試驗要領。

### (二)行程：

起始日	迄止日	地點	工作內容
971122	971123	往程	台北－紐約－DRS 公司(Danbury, CT)
971124	971202	DRS 公司	龍門(核四)計畫第一、二號機安全控制系統特殊網路施工試驗技術研習
971203	971205	返程	DRS 公司(Danbury, CT)－紐約－台北

## 貳、執行過程與內容

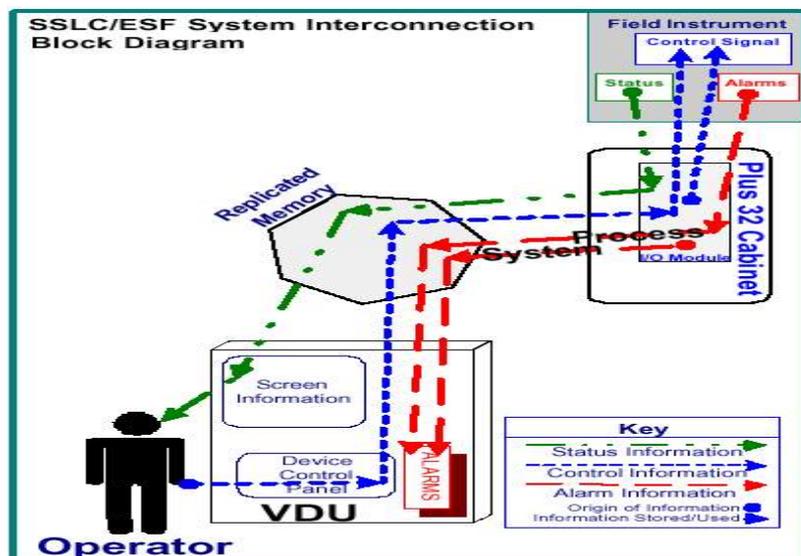
### (一) PL $\mu$ S32 控制系統

#### 1.系統介紹

PL $\mu$ S32 控制系統是以 PERFORMNET (Performance Enhanced Redundant Fiber Optical Replicated Memory Network) 為通訊網路主幹，配合各軟硬體組件達成通訊與控制功能。

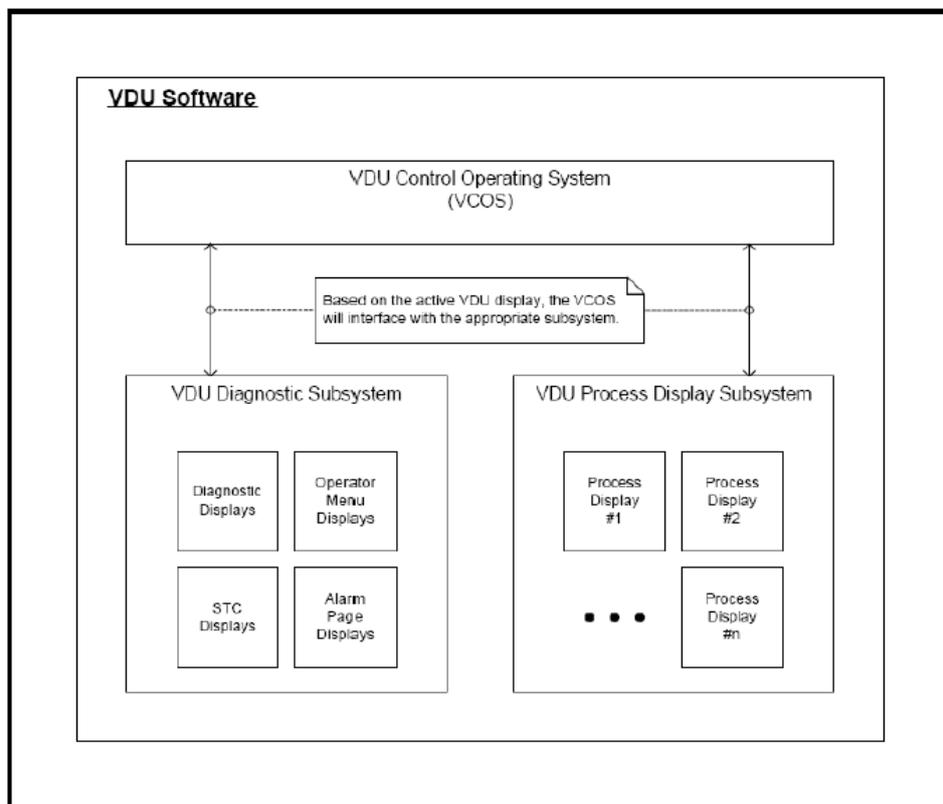
- 硬體主要組件包括：
  - PL $\mu$ S32 機櫃  
負責訊號輸出入及系統控制。
  - VDU 人機介面工作站  
提供運轉員可以操控 PL $\mu$ S32 機櫃內的輸出入控制模組的平台。
  - Communication Interface Module (CIM)  
負責安全系統各區間及與其他安全儀控系統(如 NUMAC)通訊。
  - Bridge Transfer Module (BTM)  
負責與非安全儀控系統通訊。

各主要設備之間的通訊傳輸方式如下圖所示。



- 軟體主要組件包括：
  - FID(Functional Interconnect Diagram)設計軟體
    - Control Algorithm Software
    - Control Operating System (COS) Software
    - Functional Interconnect Diagram (FID) Compiler
    - Network Interface Module (NIM) Software
    - Communications Interface Module (CIM) Software
  - VDU 軟體
    - VDU Control Operating System (VCOS)
    - VDU Diagnostic Subsystem
    - VDU Process Display Subsystem

VDU 之軟體架構如下圖所示。



## 2.PERFORMNET 網路

Plus 32 PERFORMNET 網路，為一真正 real-time 通訊網路，replicated memory 觀念類似共用記憶體系統，所有資料均存於一 memory bank，並複製至網路中每一 node，其為一完全雙重獨立、隔離之網路，單一故障下軟體會自動使用另一網路，且對反應時間或控制演算式不造成影響。

每一個 PERFORMNET 上最多可存在 128 nodes，每個 node 都有一個 node number(0~127)，目前龍門設計的 node number 分配請參考附件一，每個 node 有自己的 4Kbyte 記憶體可運用(可寫入)，故組成 512Kbyte。512Kbyte 的記憶體對每個 node 而言都是可讀取。(核四廠總共有 9 個 PERFORMNET)

每個 node 所擁有記憶體地址，是依 node number 依序排列下來，例如: node 0 (0~4095)，node 1 (4096~8191)...，基本上每一個 node 只使用前 3Kbyte 記憶體，後 1Kbyte 做為 error message 使用。

### 2.1 SSLC Cabinet or RMU Cabinet 計算方式

利用 NIM 卡(有 DIP SW 可設定 node number)與 PERFORMNET 其他 nodes 通訊，盤面上有 48 slots 可插 48 片 control I/O modules，每一片 control I/O module 分配 64 byte 作為 FID 圖使用，其配置也是依照 slot 順序(1~48)依序排列，FID 圖上之 Digital/Analog Interlock 有標明 offset(1~64)來表示所使用之區間，依上述原則，即可計算出 FID 圖上 Digital/Analog Interlock 使用的絕對位址，公式簡述如下：

$$\text{PERFORMNET Address}=[\text{Node} * 4096]+[(\text{Slot}-1)*64]+[\text{Interlock offset}-1]$$

$$\text{Node}=\{0,1,2\dots 127\}$$

$$\text{Slot}=\{1,2,3\dots 48\}$$

$$\text{Interlock offset}=\{1,2,3\dots 64\} \text{ for Digital Interlock(因為佔 1 byte)}$$

$$=\{1,5,9\dots 61\} \text{ for Analog Interlock(因為佔 3 byte)}$$

## 2.2 CIM 計算方式

CIM(有 DIP SW 可設定 node number)是插在 SSLC(Div.1~4)或 RMU(Div.0)盤內，負責與其他 Division 之資料交換(2 條單向傳輸)、接受 RTIF/NMS 之資料輸入(單向輸入)或輸出至 Division 0(單向輸出)；其可寫入之前 3Kbyte 記憶體，可在 FID 圖上看到 xCIMyy-zzzz 的 input interlock 或 output interlock，其中：

xCIMyy-zzzz

x 代表機組{0,1,2}

yy 代表 CIM number{11,12,21,22,31,32,41,42,51,52 }

zzzz 代表 Interlock offset{1~3072}

PERFORMNET Address=[Node \* 4096]+[Interlock offset-1]

## 2.3 BTM 計算方式

BTM(有 DIP SW 可設定 node number)是插在 SSLC(Div.1~4)或 RMU(Div. 0)盤內，FPGA 負責將記憶體(512KByte)做全體複製 (PERFORMNET side to SCRAMNET side)，其擁有之 4Kbyte 記憶體僅使用最後 1Kbyte 儲存本身之 error message，其餘 3Kbyte 並不寫入其他資料或進行資訊交換，記憶體之配置同 CIM。

## 2.4 VDU 計算方式

VDU 使用之記憶體空間是 node 0~3(共有 16 Kbyte)，所以在 FID 圖上 input interlock 標示有 VDU 及 offset 其對應記憶體的地址為：

PERFORMNET Address= [Interlock offset-1]

Interlock offset:

1~3072	(node 0)
4097~7168	(node 1)
8193~11264	(node 2)
12289~15360	(node 3)

### 3.PL $\mu$ S32 機櫃

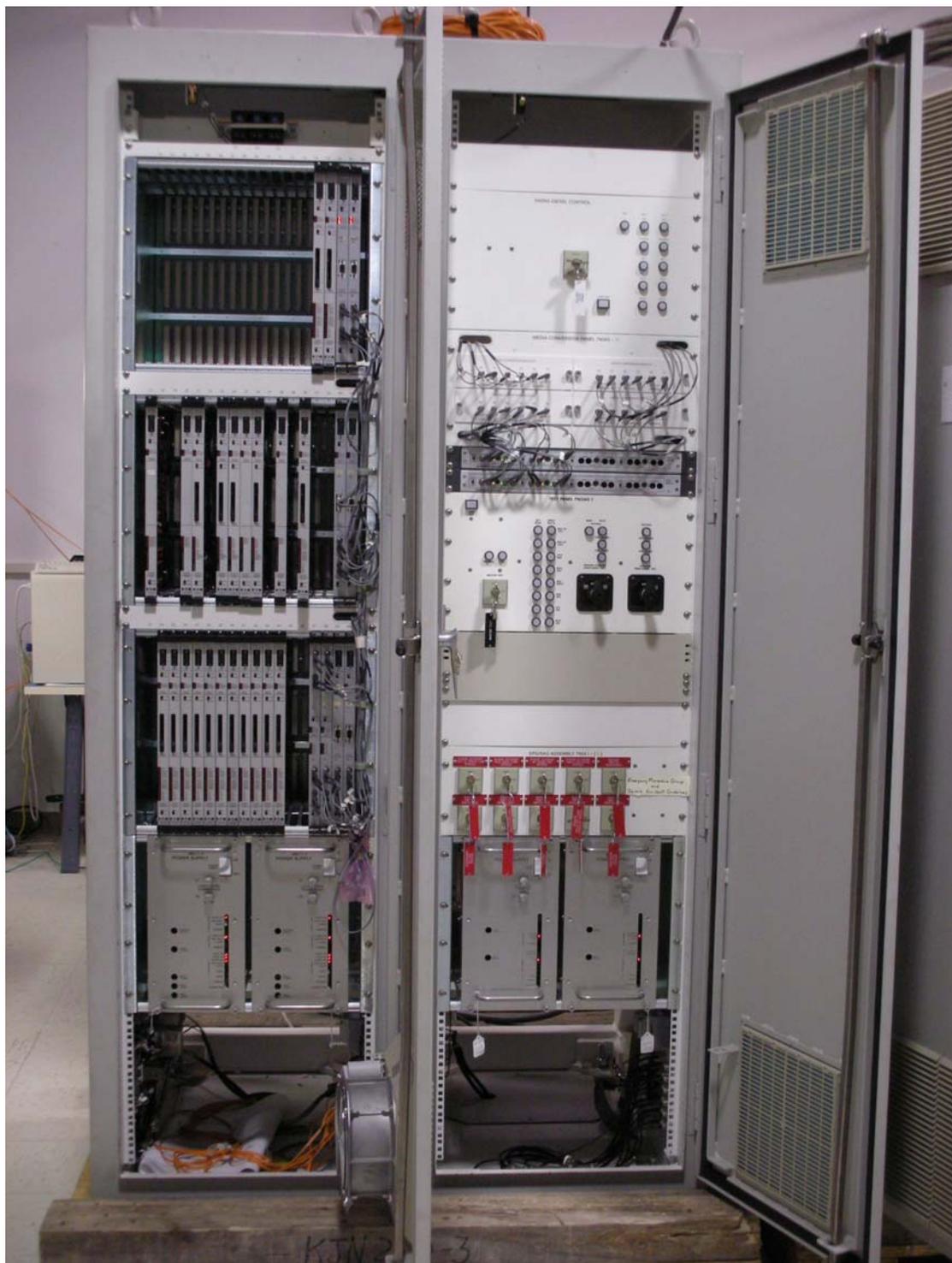
主要分三種機櫃:SSLC/TEST 機櫃、RMU 機櫃及 Display 機櫃，SSLC/TEST 機櫃主要是放置在控制室背盤，主要執行控制功能；而 RMU 機櫃主要是在放置在現場，主要執行訊號收集及輸出功能；Display 機櫃主要是在放置在輔助燃料廠房，做為現場顯示及控制用（另外盤 0H23-PL-2305 亦包含備用柴油機控制功能）。

SSLC/Test 及 RMU 機櫃，其上方右邊有兩張 NIM(Network Interface Module)卡作為與 PERFORMNET 通訊，每一機櫃是由 NIM、CIM、BTM、輸出入及控制模組和雙重電源供應器組成，機櫃間以雙重之 NIM 通訊，同一機櫃內控制模組以 Backplane 通訊，每 20 ms 掃描所有輸入點一次，以執行控制功能及更新輸出，模組反應時間從輸入至輸出為小於 50 ms，控制輸出入模組含線上偵測，結果顯示在人機介面工作站。

#### 3.1 SSLC/TEST 機櫃

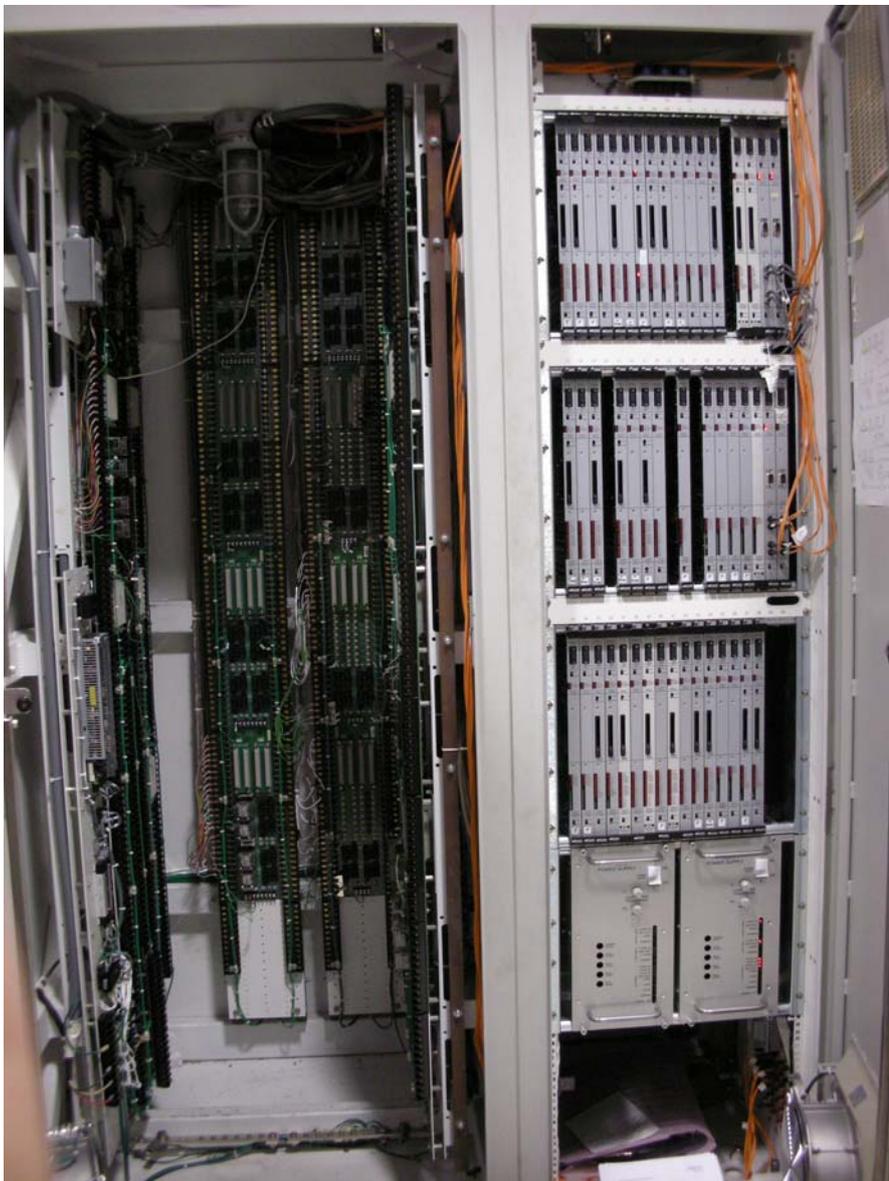
- SSLC
  - 機櫃內右上方兩張 NIM、右中兩張 CIM、右下層兩張 BTM 及兩張 CIM 與 PERFORMNET 通訊。
  - 其餘位置為控制模組(ACM、DCM1)。
  - 最下層為雙重電源供應器。
  - 機櫃間以雙重之 NIM 通訊，同一機櫃內控制模組以背板 RS-485 通訊(LP 匯流排)。
- TEST
  - 從上而下為 SDG control(暫放)、MCM (Media Conversion Module, 連到 SSLC 之 CIM)、Quad switch、STC、EPG/SAG、電源供應器。

下圖為 SSLC/TEST 機櫃



### 3.2 RMU 機櫃

- Logic Cabinet
  - 右上方兩張 NIM 與 PERFORMNET 通訊。
  - 餘位置為控制、輸出入模組(AIM、DCM3、AOM、RTD、T/C)。
  - 最下層為雙重電源供應器。
- Terminator Cabinet
  - 為端子板，接現場信號。



### 3.3 Display 機櫃

- 盤 0H23-PL-2305

上方為一 VDU，下方為備用柴油機控制盤。



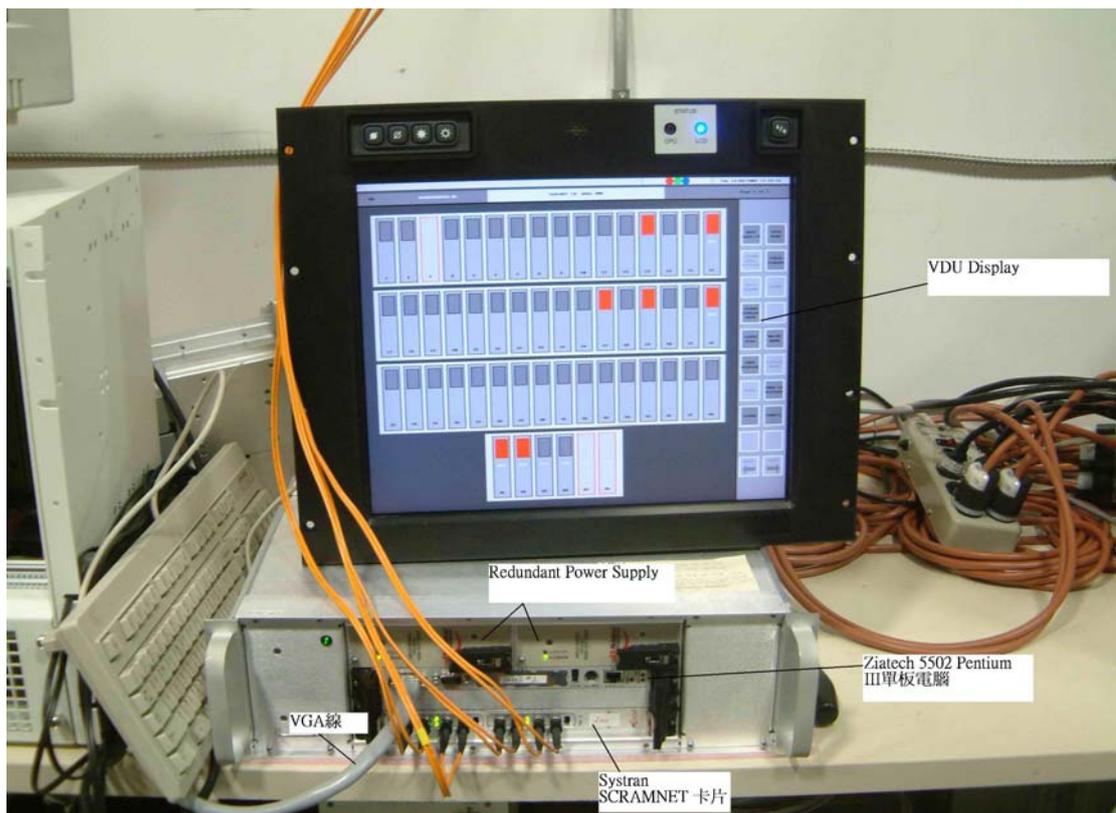
SDG 控制盤

## 4.VDU 人機介面工作站

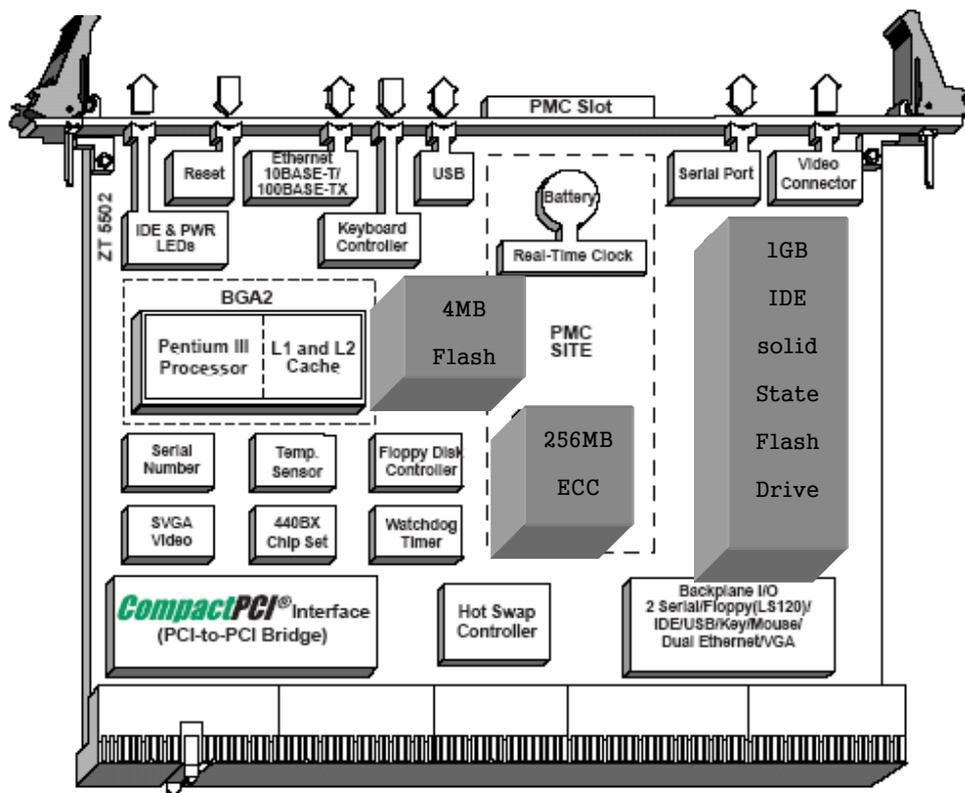
VDU 人機介面工作站可分為：VDU 顯示器及 VDU 顯示控制器兩組件。

- VDU 顯示器：為平板液晶螢幕、觸控螢幕面板及喇叭，觸控螢幕面板為唯一的使用者輸入元件。
- VDU 顯示控制器：匯流排界面為 CompactPCI®界面，由下列組件所組成：
  - Ziatech 5502 Pentium III 工業級單板電腦
  - 兩片 SYSTRAN PMC(PCI Mezzanine Card)之 SCRAMNET 卡裝在一塊 CompactPCI® 2-Slot PMC Carrier Board 上

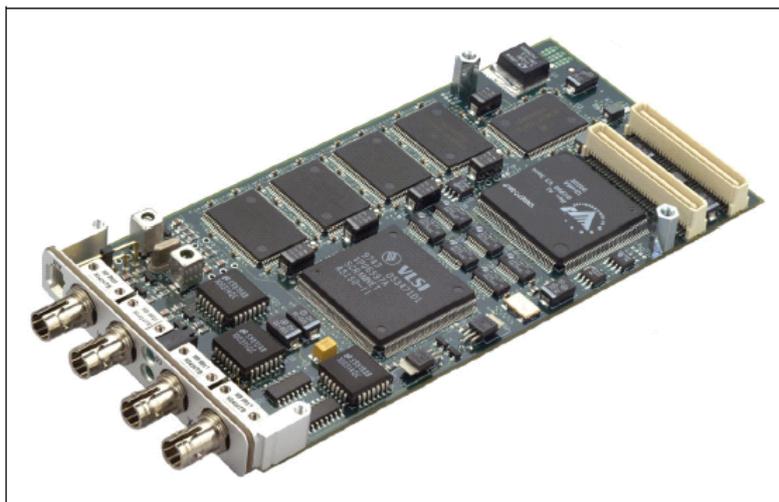
下圖為 VDU 人機介面工作站



下圖為 Ziatech 5502 工業級單板電腦



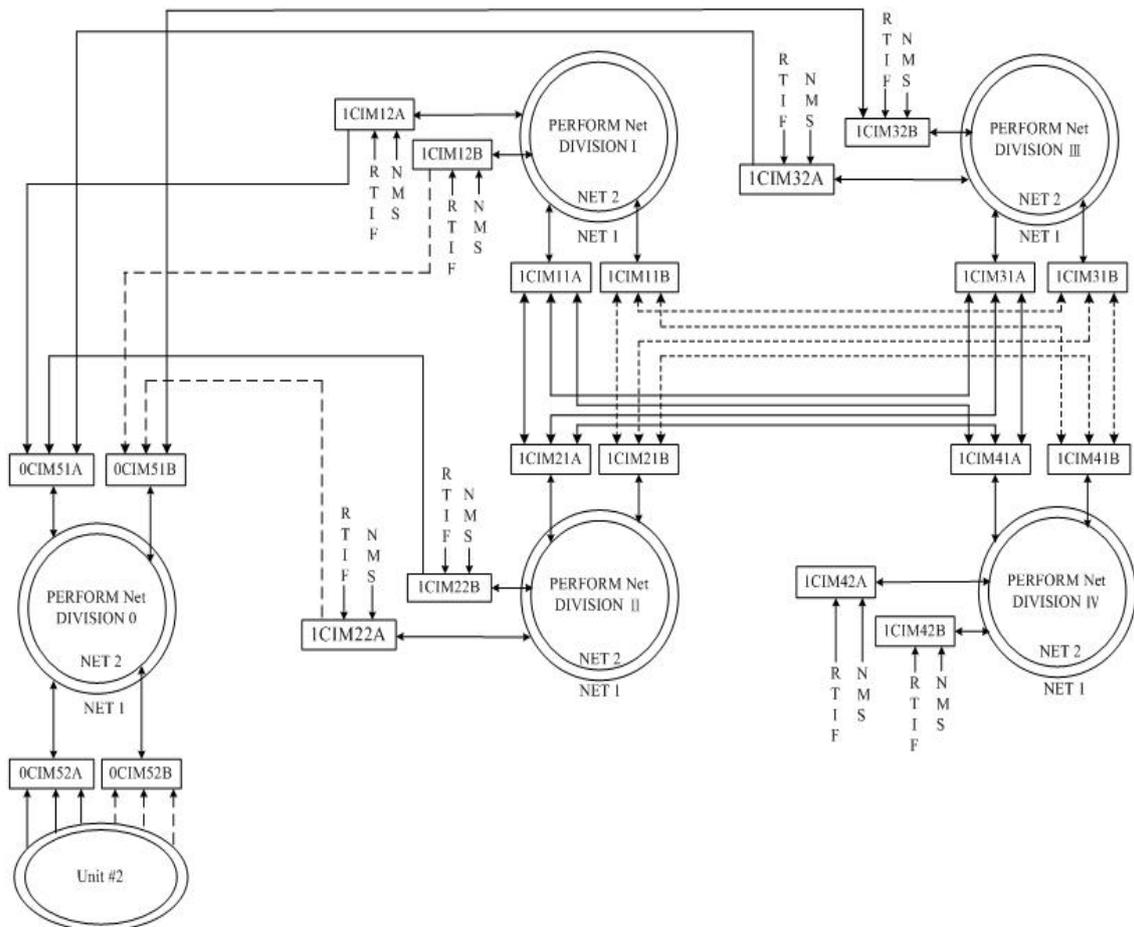
下圖為 SYSTRAN PMC SCRAMNET



## 5.CIM

- 模組特性大致與 NIM 相同。
- 有三個 RS-485 port 與 NUMAC 設備及其他 DIV 相連
  - 每個 RS-485 port 傳輸與接收分開。
  - DIV 1/2/3/4 之間雙向傳輸。
  - DIV 1/2/3/4 與 NUMAC 單向接收。
  - DIV 1/2/3 與 DIV 0 單向傳輸。
  - 每 500ms 接受 NUMAC 設備(NMS、RTIF)訊號。
- CIM(NUMAC)→MCM(NUMAC)~MCM(TEST)→CIM(SSLC)

下圖為安全相關系統網路架構



上圖中實線為一個 Ring；虛線為另一個 Ring。

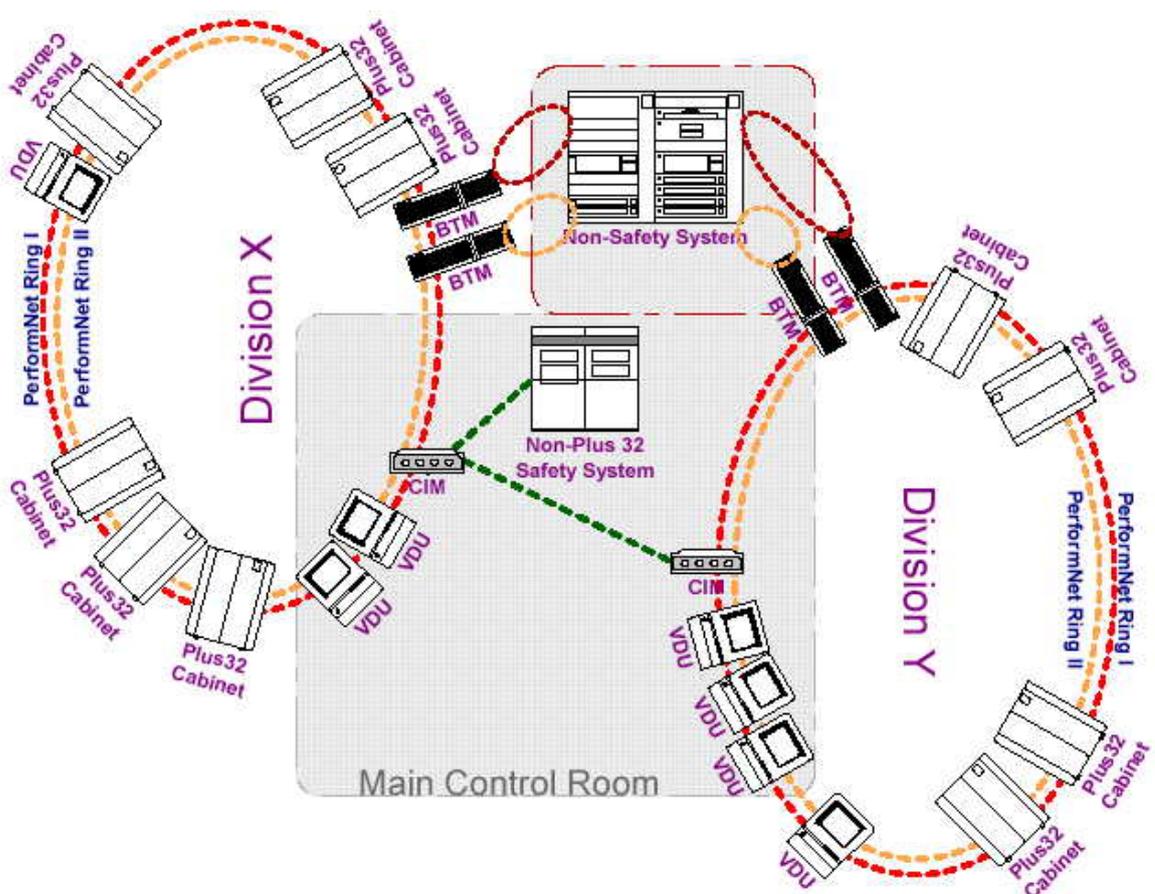
## 6.BTM

BTM 主要用途為安全與非安全網路之間傳送資料，在安全網路稱為 PERFORMNET，而非安全網路稱為 SCRAMNET (Shared Common Random Access Memory Network)。

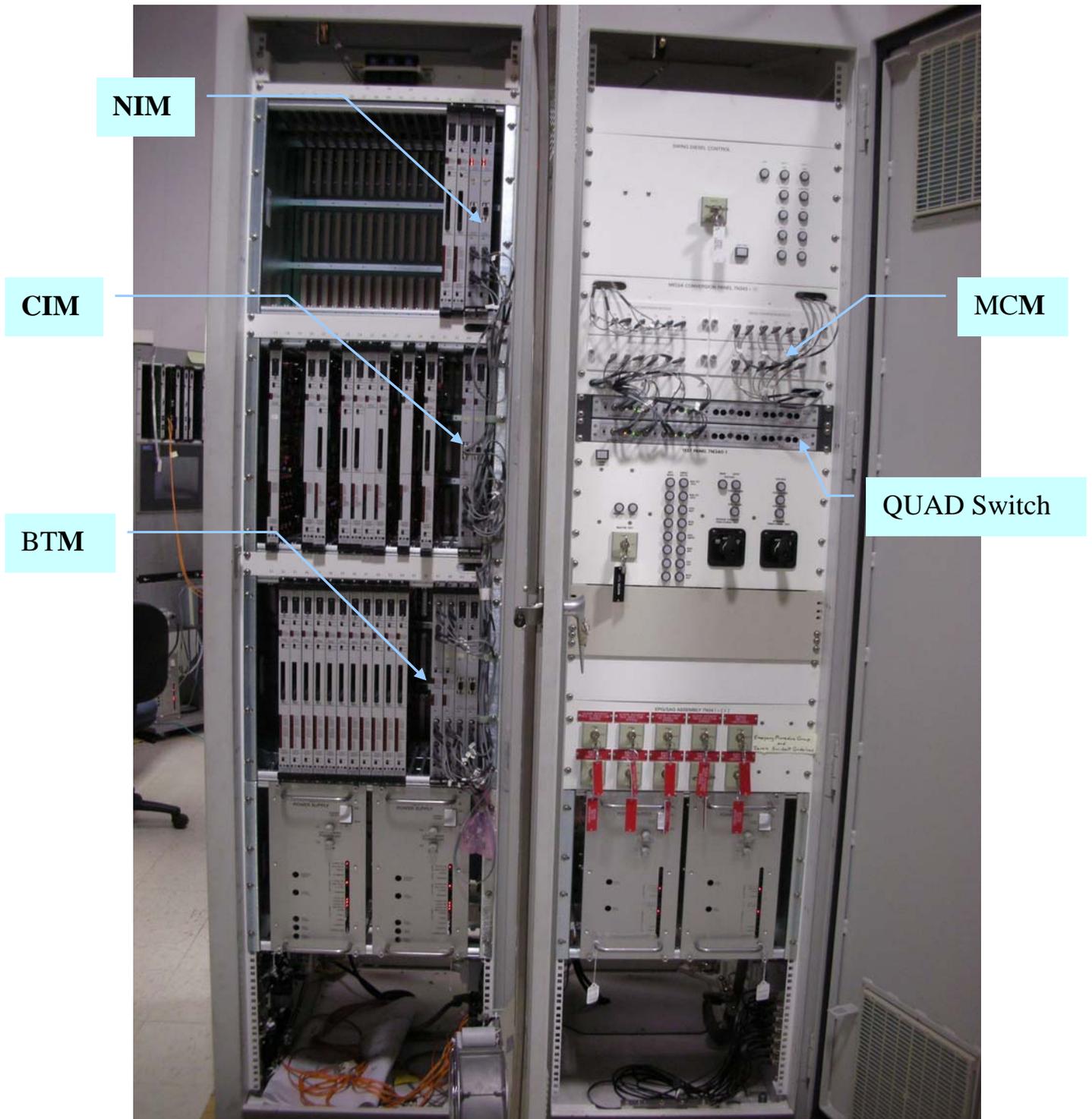
BTM 是包含 A、B 兩個網路通訊區，A 通訊區與安全網路通訊，B 通訊區與非安全網路通訊。

基本運作是由 A 通訊區收到 PERFORMNET 資料，它將寫到其記憶體，然後再轉移到 B 通訊區的記憶體，最後 B 通訊區對 SCRAMNET 網路發送。

下圖為安全相關系統各 Division 與非安全相關系統連結示意圖



下圖為網路介面說明



## (二) VDU 軟體設計

### 1.介紹

VDU 軟體設計，可分為 3 個子系統

- VDU 作業系統(VDU Control Operating System, VCOS)
- VDU 診斷子系統(VDU Diagnostic Subsystem)
- VDU 流程顯示子系統(VDU Process Display Subsystem)

這 3 個子系統獨立運作，但彼此互動以符合 VDU 之軟體需求，其互相關係請參考附件二，其功能將簡述如下：

### 2.VDU 作業系統

此作業系統的軟體分兩部份：核心(Kernel)及作業系統(OS)，主要功能是在 VDU POWER-UP 或 RESTART 時，對 VDU 畫面控制器(Display Controller)之硬體執行起始化(initialize)與介面控制(Interface)，並與 VDU 診斷子系統及流程顯示子系統互動以更新畫面在最新狀態。

### 3.VDU 診斷子系統

診斷子系統主要是顯示 DRS 的診斷畫面，大部份的畫面由 DRS 來定義，以提供 DRS PL  $\mu$  S32 之設備及組件(NIM、CIM、BTM、I/O modules、VDU)的詳細狀態，另外有關 VDU 組態設定(Configuration)畫面、觸控螢幕校正(Touch Screen Calibration)、運轉員選單(Operator Menu)、清潔螢幕(Clean Screen)、偵測試驗控制器(STC)、警報(Alarm)等畫面，也在此子系統下執行。

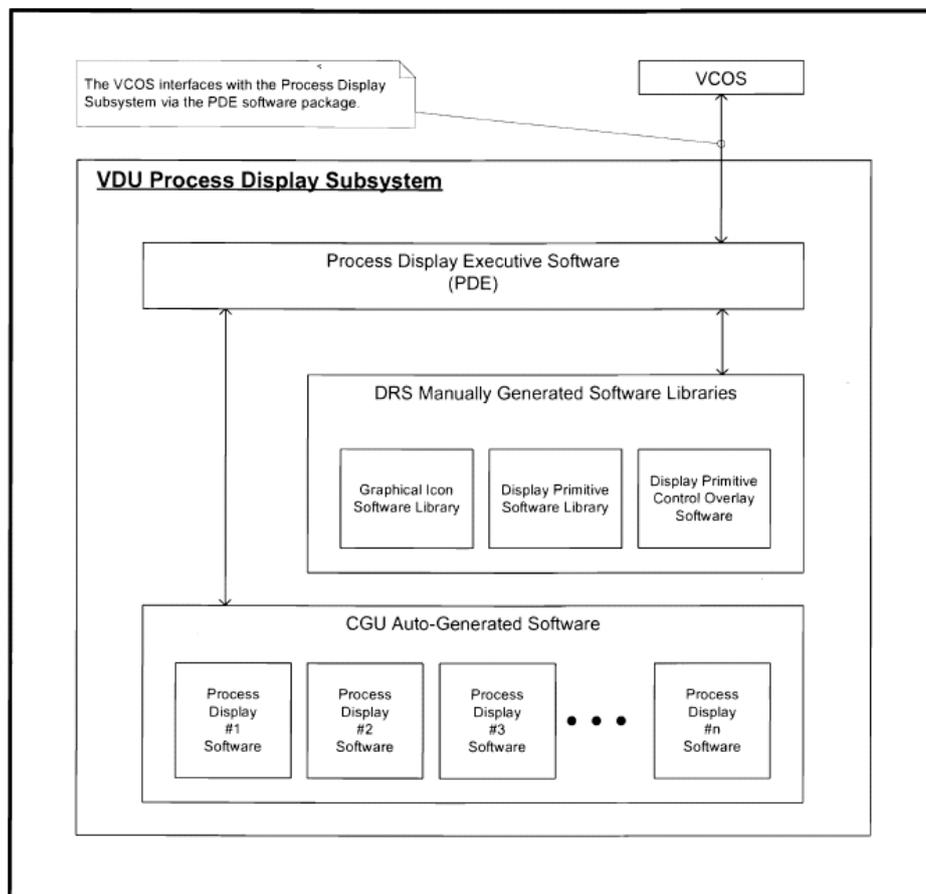
## 4.VDU 流程顯示子系統

流程顯示子系統是負責顯示 GE 所提供之流程畫面。流程畫面是用來監視及控制現場設備，畫面中分為靜態組件(Static Component)及動態組件(Dynamic Component)，而動態組件會改變顯示或/且可以選擇加以控制，而靜態組件則否。

流程顯示子系統是由：流程顯示執行軟體(Process Display Executive Software)、CGU 自動產生軟體(CGU Automatically generated software)及 DRS 人工產生軟體(DRS manually generated software)組合而成。DRS 人工產生軟體又可分為以下幾種軟體：

1. Display Primitive Software Library(DP)
2. Display Primitive Control Overlay Software(CO)
3. Graphical Icon Software Library(GIL)

流程顯示子系統之軟體架構如下圖所示。



### (三)、FID 測試

FID 乃 DRS 根據邏輯圖，I/O Database，DCT 等多項資料庫產生而成，主要做為現場設備邏輯處理與控制用。

DRSPL $\mu$ S32 控制系統已經將許多控制邏輯方塊設計為標準的 FID (ORCAD) 邏輯方塊，而每一 FID 邏輯方塊應用於控制模組需依據 FID 控制邏輯設計法則及基準，才能使 FID 邏輯方塊正確使用於控制模組。

實際 Implement 各 Module FID 時,係將此已經定義好的 Template 先叫出來後,再增加或刪減必要元件,成為真正的 FID 圖，實際的系統 FID 圖號是以盤面名稱加上 MODULE 的位置號碼來表示，如 1H12PL1109A-31, 1H23PL0301A-05 等。各模組類別如下:

Module Type	Template Identifier
6N760-1	DCM for digital control module with both control and field
6N761-1	DCM for digital control module with control section only
6N762-1	DCM for digital control module with field section only
6N763-1	DOM for digital output module
6N765-1	ACM for analog control module
6N766-1	AIM for analog input module
6N768-1	AOM for analog output module
6N769-1	T/C for T/C input module
6N770-1	RTD/0-2Kfor RTD/0-2K input module



#### (四)、VDU 軟硬體測試

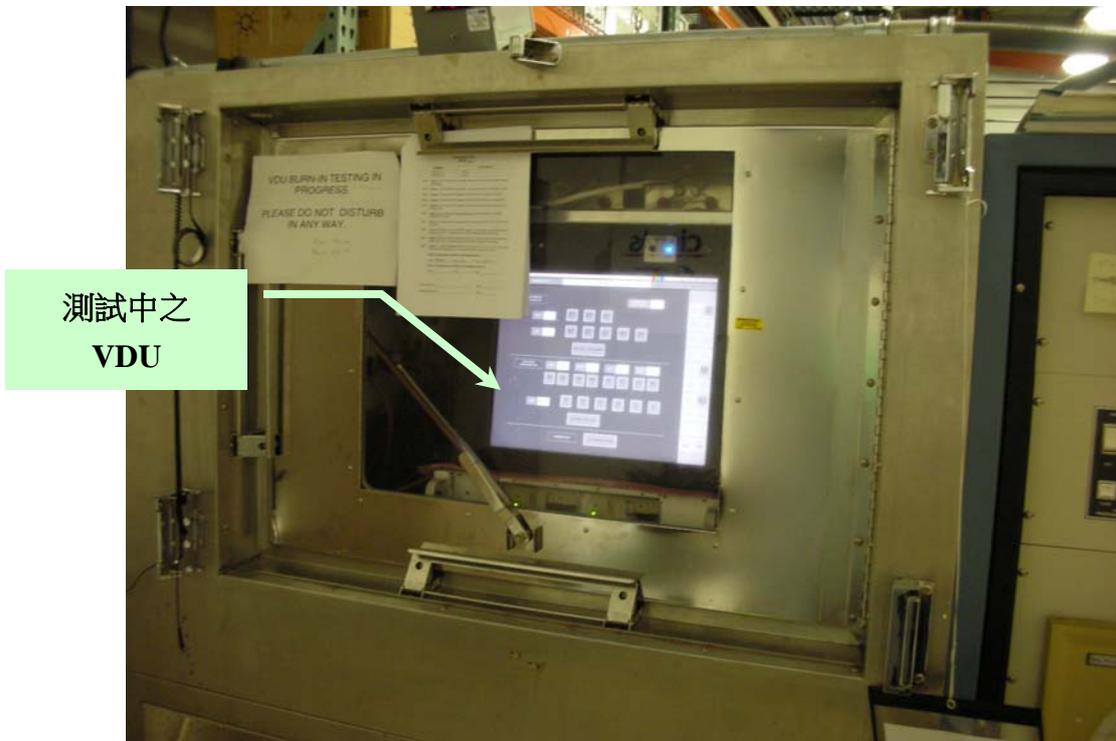
##### 4.1、VDU Software Unit Test

Unit test 為在純軟體的環境下，針對 VDU 各 Group 相關軟體之撰寫及其正確性進行驗證。

##### 4.2、VDU Burn-in Test

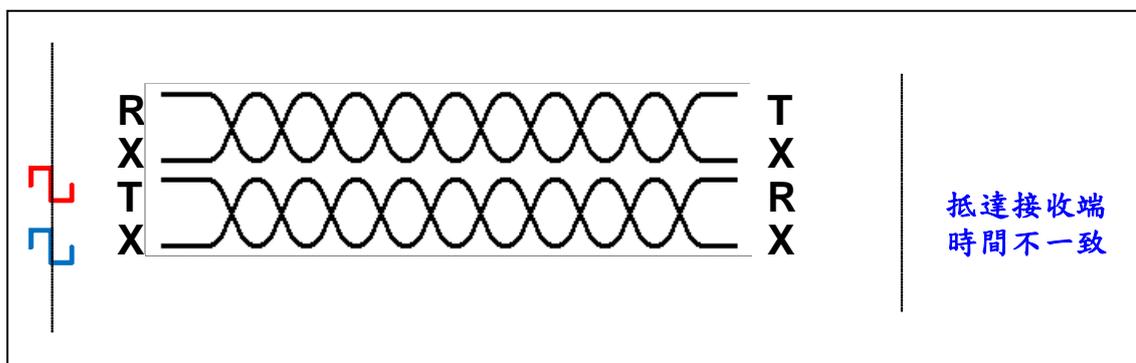
Bur-In test 為將待測物放置於一溫度為 104°F (±5°F) 的 heat chamber 中，並持續對待測物送電達 24 小時 (以上) 後，再觀察待測物功能是否正常的一項測試。

下圖為 VDU Burn-in test 說明



## (五)、 Skew Test 介紹

DRS PERFORMNET 在傳送與接收都分別用兩芯光纖來達到 150Mbps 的傳輸頻寬，但在經過長距離的佈線後，會產生兩芯光纖不等長的現象，此光纖不等長的狀況會造成信號由傳送端送出後抵達接收端時間的不一致，此一時間的落差即所謂 Skew Delay，而 Skew Delay 所造成的影響，輕微會使的網路效能變差，若 delay 過大，更可能會造成網路不通。



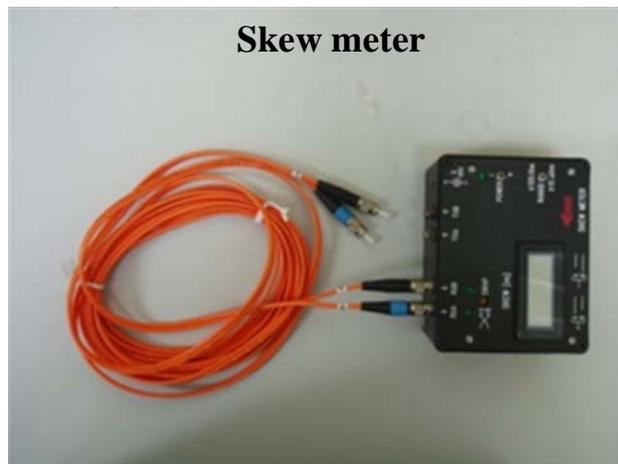
雖然 O&M manual (document No. TM9N188)規定，DRS PERFORMNET 之設計可以允許每二芯光纖間可有小於 2” 差距，但在 PERFORMNET 佈線完成後，仍必須進行 Skew Test 來確保 PERFORMNET 可以正常工作，另外適當的補償也可以使的 PERFORMNET 的效能更為理想化。

### 5.1、測試說明

藉由串接不同長度之光纖 patch cable，找出同一對光纖兩芯（分別為藍色和橘色）之間的長度差異，經修正補償長度後，使 DRS 網路系統保持在最佳傳輸狀態。

## 5.2 Skew Delay 測試方法

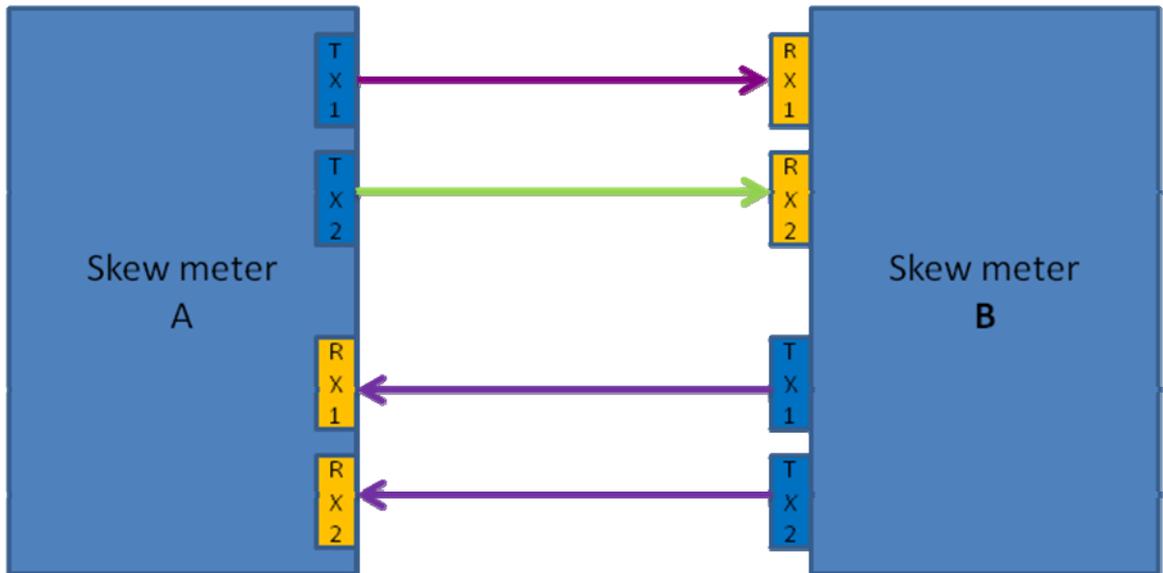
- Skew meter
  - 手動測試
- 
- F.O. cable : 172 對 (> 100m : 25 對)
  - 短距離光纖 : 可用 skew meter 做好量測與補償後，再拿到現場安裝。
  - 長距離光纖 : 待完成現場光纖拉接後，先以 OTDR(光時域反射測試儀器)粗估光纖長度，判別需進行補償(即較短)之光纖後，再以手動方式進行 skew 補償。



**OTDR**

### 5.3 Skew Meter 量測介紹

藉由兩部 skew meter，一台傳輸信號，另一台接收，即可量測需補償的時間，再利用 skew meter 背面的對照表方知需補償的長度。



Cable Length at 5 ns/m		
Skew (ns)	Length (cm)	Length (in)
0.5	10	3.95
1.0	20	7.90
1.5	30	11.85
2.0	40	15.80
2.5	50	19.75
3.0	60	23.70
3.5	70	27.65
4.0	80	31.60
4.5	90	35.55
5.0	100	39.50
5.5	110	43.45
6.0	120	47.40
6.5	130	51.35
7.0	140	55.30
7.5	150	59.25
8.0	160	63.20
8.5	170	67.15
9.0	180	71.10
9.5	190	75.05
10.0	200	79.00

瓶頸：

(1)需有兩台 skew meter 才能執行測試，而現核四廠只有一部，且目前已停產。

(2)Skew meter 設備的週期性校正也是一項問題。

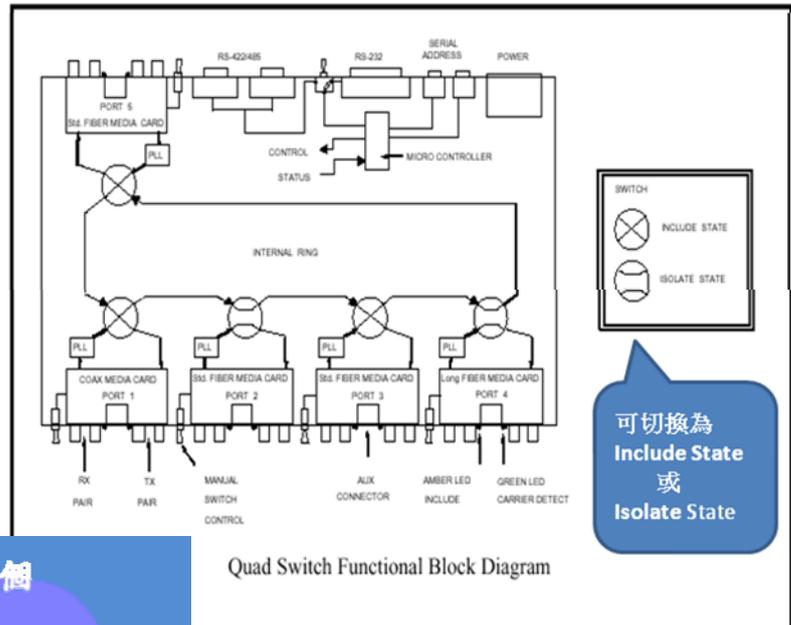
#### 5.4 Skew Delay 手動測試介紹

一般除了可以用 Skew meter 來進行 skew test 外，DRS 亦提供一種以手動方式進行之測試及調整方法，說明如下：

將 Quad Switch 設定為 isolate mode，先旁通 AFB 及 RBSW Pump House 而自成一獨立小型 ring，再針對此 ring 中各 Division 作測試。



S



1. 每個switch可有四個node之旁通能力 (subring)。
2. 光的波長是850nm，最長可傳輸1km，透過Quad Switch可放大成1300nm，可傳輸1km以上。這就是為何距離較遠的AFB和RBSW PH需要Quad Switch的原因。

### 執行前應注意事項 (Precaution)

- 1、測試執行前，確認設備已完成掛卡。
- 2、確認相關設備操作人員已熟讀並瞭解操作保養手冊所規範的預防措施。
- 3、緊要多工系統必須採用正常電源 (normal power) 供給，若必須使用臨時替代電源，則替代電源須經過電源調節及雜訊濾除，且已經過電壓值量測。
- 4、光纖連接有無錯誤。
- 5、光纖接頭清潔。

- 6、光纖彎曲程度不得超過光纖直徑的 10 倍
- 7、禁止在緊要多工系統盤面附近進行電銲及研磨等建造工作。
- 8、測試期間若有進行拆線，應將拆下之接線端子以絕緣套或電氣膠帶包覆，進行必要之保護，並於測試完畢後將拆下之端子回復。

### **執行先備條件 (Prerequisite)**

- 1、 緊要交流電源 ( R13-VAC ) 系統正常可用。
- 2、 儀控電源 ( R14-ICP ) 系統正常可用。
- 3、 直流電源 ( R16-DC ) 系統正常可用。
- 4、 非安全警報 / 警示系統功能正常可用。
- 5、 控制廠房通風與空調系統 ( T43-HVAC ) 系統正常可用，或以臨時空調替代，以維持環境溫度。
- 6、 控制室與測試系統間之通訊系統已設置，或能使用臨時通訊設備互相連絡。
- 7、 測試期間，臨時測試儀器在使用前必須校正完畢。

- Skew Test Tools

QTY	Part Number	Description
1	N/A	8" Fiber Optic Patch Cable (最短的)
1	N/A	10" Fiber Optic Patch Cable
1	N/A	12" Fiber Optic Patch Cable
1	N/A	14" Fiber Optic Patch Cable
1	N/A	16" Fiber Optic Patch Cable
2	N/A	45" Fiber Optic Patch Cable (最長的)
4	KH113A (AMP P/N:504021-1)	Fiber Optic Coupling (ST-ST)



- Network Skew Testing Procedure

本測試主要是利用連接光纖兩端之 Network Module(NIM/CIM/BTM)上的指示燈號作為測試結果之判定，再搭配測試工具，決定該被補償的光纖及應補償之長度，以使得網路效能達到最佳化。另因測試主要針對每一個 Division ring 作測試，所以在測試前須將所有的 Quad Switch 設定為 isolate mode(如附件五)，使得 AFB 及 SWPH 自成一獨立的小型 ring，以利測試。

### A. Network Skew Testing Initial Setup

- 檢查所有的 Network Module 是否已安裝在適當的 card rack 上。

1. 確認 QUAD Switch 設定在 isolate mode 。
2. 將要用作測試結果指示之 Network Module 上之 reset switch 切換至” RESET” 位置(附件六)，將待測的光纖接至 Rx port (另一端應接於另一個 Network Module 之 Tx port) 。
3. 將 Network Module 上之 reset switch 切換至” NORMAL” 位置。
4. 若” NET FAULT LED” 亮起，則執行” B. Skew Testing, Net Fault Exists” 相關步驟，若” NET FAULT LED” 沒亮，則執行” C. Skew Testing, Net Fault Does Not Exist” 相關步驟。

## **B. Skew Testing, Net Fault Exists**

1. 將要用作測試結果指示之 Network Module 上之 reset switch 切換至” RESET” 位置。
2. 拔除與此 Network Module 連接之光纖。
3. 將一 45” 之 dual fiber patch cable 以 loop back 的方式連接到此 Network Module 上 (一端接於 Tx，一端接於 Rx) 。
4. 將 reset switch 切換至” NORMAL” 。
5. 若” NET FAULT LED” 亮起，表示此 Network Module 故障，更換另一組相同的 Network Module 後，從 A. 3 步驟開始執行，若燈沒亮，則繼續 B. 6 步驟。
6. 將 Tx 端光纖接上，並選定 Rx 端之其中一芯光纖 (cable A) 作為測試及補償，依照附件七逐段增加 fiber optic patch 之長度。
7. 在替換 patch 長度及測試過程中，必須重複將 reset switch 切換至” RESET” 及” NORMAL” 。
8. 在每次切換回” NORMAL 後，需等待約 30 秒，再將” NET FAULT LED” 之狀態記錄於附件七。
9. 測試需等到附件七之各 patch 長度組合都替換完畢，或” NET FAULT LED” 燈號清除後為止。
10. 如果” NET FAULT LED” 燈號被清除了，則依附件七繼續替換 patch，直到” NET FAULT LED” 燈號再次亮起為止，並記錄其值。
11. 若” NET FAULT LED” 燈號於步驟 6~10 被清除後又亮起，則依” D. Skew Correction, NET FAULT Existed” 步驟計算該補償之 fiber optic 長度。

12. 若在完成附件七之表格後” NET FAULT LED” 燈號仍未被清除，則表示步驟 6 進行補償之光纖選定錯誤，需選定另一芯光纖 (cable B) 後，再依附件八重複步驟 6~11，直到” NET FAULT LED” 燈號清除又亮起後，依” D. Skew Correction, NET FAULT Existed” 步驟計算該補償之 fiber optic 長度。

### C. Skew Testing, Net Fault Does Not Exist

1. 選定一芯光纖 (cable A) 作為測試及補償，按附件七逐段增加 fiber optic patch 之長度。
2. 在替換 patch 長度及測試過程中，必須重複將 reset switch 切換至” RESET” 及” NORMAL”，在每次切換回” NORMAL 後，需等待約 30 秒，再將” NET FAULT LED” 之狀態記錄於附件七。
3. cable A 測試需等到” NET FAULT LED” 燈號亮起後為止。
4. 再選定另一芯光纖 (cable B)，依附件八重複步驟 1~3 並記錄其值。
5. 直到 cable B 測試之” NET FAULT LED” 燈號亮起後，依” E. Skew Correction, NET FAULT Did Not Exist” 步驟計算該補償之 fiber optic 長度。

### D. Skew Correction, NET FAULT Existed

1. 該補償的長度為第一段 pass 的 patch 長度與最後一段 pass 的 patch 長度之平均值。
2. 以下例子說明其計算方式：

Add 88” to Cable A: NET FAULT = FAIL  
Add 90” to Cable A: NET FAULT = PASS  
Add 92” to Cable A: NET FAULT = PASS  
:  
Add 114” to Cable A: NET FAULT = PASS  
Add 116” to Cable A: NET FAULT = PASS  
Add 118” to Cable A: NET FAULT = FAIL

First Pass Length = 90” ; Last Pass Length = 116”

Correction =  $((90” + 116”) / 2 = 103”$

**Correction = Cable A 加上 103” 或 Cable B 減 103”**

## E. Skew Correction, NET FAULT Did Not Existed

3. 該補償的長度為 Cable A 最後一段 pass 的 patch 長度與 Cable B 最後一段 Pass 的 patch 長度之差值平均。

4. 以下例子說明其計算方式：

Add 14" to Cable A: NET FAULT = PASS

Add 16" to Cable A: NET FAULT = PASS

Add 18" to Cable A: NET FAULT = FAIL

:

Add 2" to Cable B: NET FAULT = PASS

Add 4" to Cable B: NET FAULT = PASS

Add 6" to Cable B: NET FAULT = FAIL

Last Pass Length of Cable A and Cable B = 16" and 4"

Correction =  $((16" + (-4)" ) / 2 = 6"$

Correction = Cable A 加上 6" 或 Cable B 減 6"

### 手動測試示意圖

Cable A < Cable B

CABLE A ADJUSTMENT								
Step	Cable A #1	Cable A #2	Cable A Total	Cable B #1	Cable B #2	Cable B Total	Diff	Tested P/F
1	10	0	10	8	0	8	2	
2	12	0	12	8	0	8	4	
3	14	0	14	8	0	8	6	
...	...	...	...	...	...	...	...	
59	45+16	45+8	114	0	0	0	114	
60	45+16	45+10	116	0	0	0	116	
61	45+16	45+12	118	0	0	0	118	
62	45+16	45+14	120	0	0	0	120	

觀察Network Module上Net Fault的指示燈號：  
Pass (不亮)  
 或  
Fault (亮)

台灣電力公司
22
龍門施工處

## 手動測試結果判定示意圖



- 利用連接光纖兩端之Network Module上的指示燈號 (NET FAULT) 是否有亮作為測試結果之判定。



## (六)、其他測試

### 6.1、Module Test

Network Module 及 I/O Module Test 原本為待 Generic Assembly 完成後，執行 Acceptance Test 時方會進行之測試項目。其主要內容為將各種測試用之 PROM 放置於 module 上，配合 DRS 測試設備，送給 module 不同信號，驗證 module 上之 LED 燈號顯示是否正常，進而判定 module 功能是否正常之一項測試（邏輯測試於 FID Test 執行）。

### 6.2、SSLC/RMU Cabinet Generic/Specific Assembly

SSLC/RMU Cabinet Generic Assembly 為不含 Module 之盤體組裝工作。

下圖為 Cabinet Assembly 說明

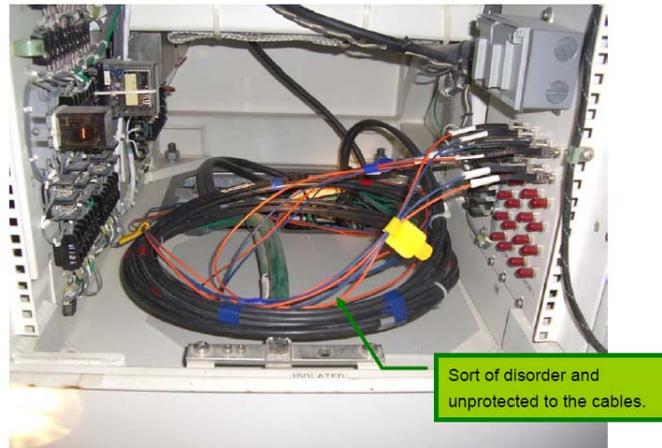


### 叁、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

無

### 肆、心得及本公司之具體建議

- 一、 雖然已經是第二次去美國，但第一次是只要平安到了美國，下了飛機，就有核四廠的課長接應，所有的食宿及交通都已由他們照料。但這次去美國卻是單槍匹馬，台電人員皆已撤離，且又正值冬季，食衣住行又樣樣得自己來，所以出發前心理壓力非常大，好在做足了充分的功課，所以在美國生活上不致有太大的問題。
- 二、 由於先前進駐 DRS 的同事，與 DRS 建立非常好的合作關係，所以前人種樹後人乘涼，這次拜訪受訓，表明來意及遵守對方的規定後，覺得他們非常的友善，並專派相關的負責龍門計畫的工程師直接對談，減少時間的浪費且獲得較正確的資訊及經驗。
- 三、 Skew meter 目前已停產，原因在於目前很少會設計光纖傳輸信號以兩蕊的方式傳導，據 DRS 表示是配合該生產的通訊模組設計所致。建議將來電廠將來有機會應更換模組，改成目前所使用的單蕊光纖傳導方式，且頻寬更大(1Gmb 以上)。避免因 Skew Delay 的原因所衍生的測試費用及潛在網路效能的問題。
- 四、 關於盤內光纖擺放問題(如圖所示)，DRS 表示盤內已無空間可以設計如安全級的光纖收容箱，且觀察相同設計的韓國仰光電廠經驗，目前的擺放方式僅有礙觀瞻，尚無影響網路效能等問題。



五、 因 DRS 備品交貨期長，將來運轉測試時， DRS 系統備品準備工作宜儘早進行；另因備品價格昂貴，亦可考慮在國內建立自行維修之能力。

六、 目前 DRS PL  $\mu$  S32 控制系統目前已使用在韓國的仰光核能電廠，他們所採用的光纜為 4 芯，原先並不願意執行 Skew Test，後來發生傳輸上的問題，才補做 Skew Test，且由於執行上的不熟悉，花費了很多時間。故建議我們可以編列出國名額赴韓電吸收其安裝、測試及維護經驗，瞭解設備實績，以利未來試運轉之 Troubleshooting、維護工作及預防保養工作。