

□ 技術 動 向 □

世界各國의 電力系統制御所 紹介 —美國 O&R社의 에너지管理시스템—

尹 甲 求* · 金 榮 漢** · 柳 洪 雨***

■ 차 례 ■

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. 머리말 | 4.2 人間, 機械連絡 서비스시스템 |
| 2. 시스템 概要 | 4.3 SCADA 서비스시스템 |
| 3. 시스템 特徵 | 4.4 安全度監視 서비스시스템 |
| 4. 시스템 構成 | 5. 맺는말 |
| 4.1 二重컴퓨터 서비스시스템 | |

1 머리말

O & R社(Orange and Rockland Utilities, Inc.)는 뉴욕州的 Pearl River 에 위치한 發電設備容量 1010 MW의 電力會社로서 뉴욕州東南部와 뉴저지州北部 그리고 펜실바니아州 東北部의 約1,350 평방마일의 地域에 電氣와 天然가스(Natural Gas)를 供給하는 會社이다. 1980年 最大電力需要는 여름철이 736 MW, 겨울철이 507 MW이었고, 年間販賣電力量은 3655 百萬 kwh 였다.

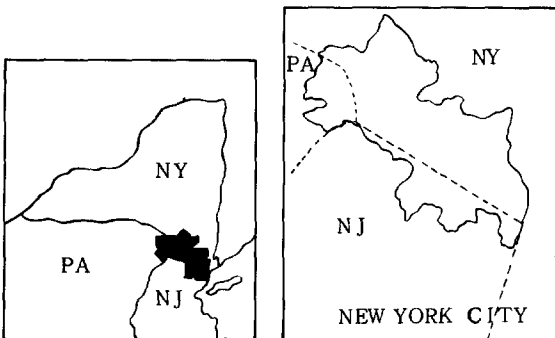


그림 1. O & P社의 電力供給地域

에너지管理시스템(EMS)으로는 SEL 32/75 컴퓨터를 使用한 웨스팅하우스사의 Dual Image 32System 이 設置되어 있는데 이 시스템의 特徵과 設備構成에 關해 紹介하고자 한다.

2 시스템 概要

O & R社는 本社의 新中央制御所에 웨스팅하우스社의 에너지管理시스템을 갖추고 있는데 1979年 6月부터 한대를 가지고 運用하다가 1980年 6월에 二重 시스템(Dual System)으로 設置를 完了했다. 이 에너지관리시스템은 實時間中央集中에너지制御設備로서 現在는 물론 장차의 電力系統擴張에 대처하여 에너지供給을 管理하는데 있어 O & R社의 能力을 크게 넓혀줄 것이다. 이 컴퓨터시스템은 500, 345, 138, 69, 34.5 KV送電線路를 통한 電力에너지의 移動에 關된 모든 動作을 監視하고 電力需要의 變動에 알맞게 대처하기 위한 自動發電制御를 갖추고 있다. 또한 發電機의 가장 經濟的인 組合을 選擇하여 制御하고 다른 電力會社와의 판매 전력량을 調節하므로써 에너지供給의 經濟的, 效率의 利用이 이루어진다. 信賴性 있고 安全하게 電力을 供給하기 위하여 O & R社의 給電司會員들은 이제 數秒前에 受信된 警報條件에 따라 中央에서 遠隔所에 位置한 遮斷器의 開閉制御를 할 수 있게 되었다. 約 300 個의 狀態變化(Status)와 400 個의 아나로그값이 監視되고 測定되며 300개의

*正會員 : 에이스 自動化工役技術團 會長
 **正會員 : 韓國電力公社 發電部 自動給電課長代理
 ***正會員 : " 技術研究本部 系統研究室代理

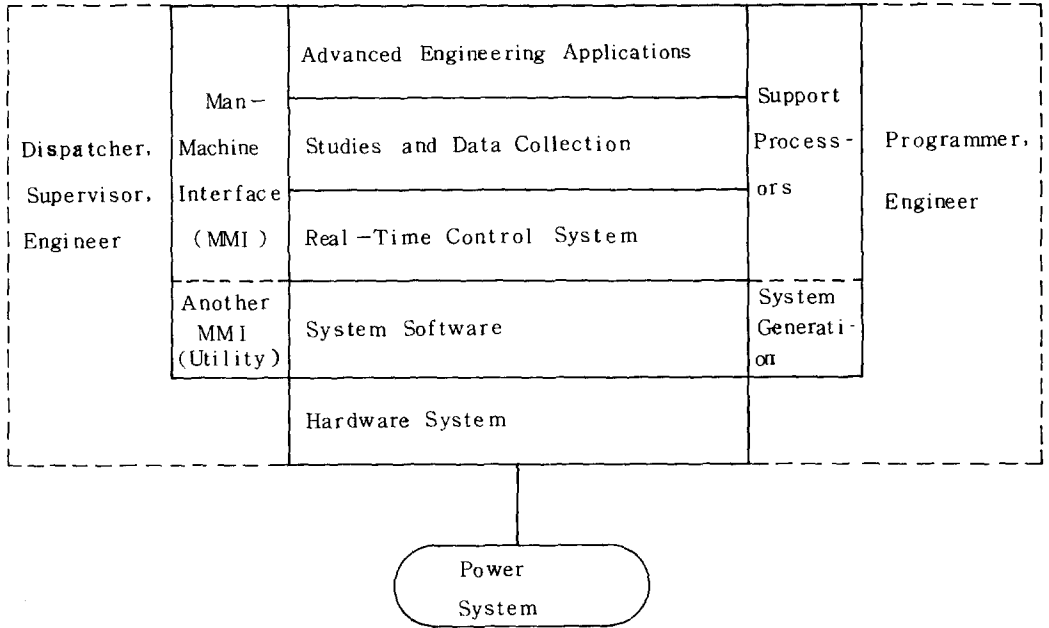


그림 2. 에너지 관리시스템體系圖

차단기에 대한 開閉制御와 35個의 變壓器タップ變換이 中央의 給電司會員에 依해 故障予防을 爲한 事前措置나 送電線의 計劃補修를 爲한 電力潮流의 迂迴線路構成(Rerouting)을 爲해 遠隔制御된다.

이 새로운 중앙제어의 에너지관리시스템은 컴퓨터는 물론 온라인設備와 중요한 副시스템에 대해 予備設備(Back up)를 갖추고 있으며 에너지供給의 管理上에서 24時間 攷락(Around the clock)任務를 遂行하게 되는데 이와같은 不斷의 監視와 制御는 O & R 社의 需用家에게 信賴的이고 經濟的인 서비스를 提供할 수 있게 한다.

O & R 社의 에너지관리시스템에 대해 設備構成과 機能面에서 要約하면 다음과 같다.

- Computer Configuration
 - 2 SEL 32/75 - On line and Back up
 - 6 Dual CRT Consoles
 - 7 Loggers
 - Standard Peripherals
 - RTU Communications - 1200 bps
 - RTU Communications Line Switch Failover Scheme
- # of RTU's
 - Westinghouse - 26
 - Other - Quindar 20

- Data Acquisition & Control
 - # of Analog Points - 400
 - # of Status Points - 300
 - # of Pulse Accumulation Points - 54
 - # of Control Points
 - # Breakers - 300
 - # Incremental - 35
 - # Combustion Start up - Yes (two units)
 - # Hydro Start/Stop - Yes (nine units)
- Base Energy Applications
 - AGC : Yes
 - Economic Dispatch : By the New York Power Pool via Data Link
 - Production Cost : By the New York Power Pool via Data Link
 - Reserves : Yes
 - Load Forecast : Yes
 - Interchange Transaction Scheduling : Yes
 - Unit Commitment : No
- Computer Systems Control
 - Data Link - Yes
 - Failover - Yes
 - MPX Operating System - Yes
- Security

- Load Shedding : Yes
- State Estimation : Yes
- Bad Data Detection : Yes
- Topology : Yes
- Advanced Applications
 - Network Reduction : Yes
 - On-Line Load Flow : Yes
 - Study Load Flow : Yes
 - Engineering Load Flow : Yes
 - Contingency Analysis : Yes
- Maintenance Assistance
 - Error Rate Monitoring Logs : Yes
 - On-Line Diagnostics : Yes

③ 시스템 特徵

3.1 컴퓨터 設備

SEL (Systems Engineering Laboratories) 의 32/75 컴퓨터를 使用하고 있는 二重의 32 비트 컴퓨터 시스템이 웨스팅하우스 이미지 3275 에너지관리 시스템의 핵심이다. 컴퓨터 시스템은 高速의 計算處理能力과 Sel bus 당 26.7 MB의 入出力 대역폭을 갖는 32 비트 시스템이다.

Selbus 는 고속의 同期型, 時分割 멀티프렉스바스로서 프럭-인식인데 시스템 제어기 (System Controllers) 간에 데이터를 송수하게 된다. 이 EMS 시스템은 표준 4 세기 하드웨어 技術의 32/75 컴퓨터로 構成되어 있고 前端프로세서 (Front end Processor) 를 통하여 시스템의 能力을 增加시킬 수 있도록 獨특한 構造로 되어 있다. 使用된 運用시스템 (Operating System) 은 MPX 로서 效率의 資源을 利用할 수 있도록 設計된 맵운용시스템 (Mapped) 이다. 이 運用시스템은 웨스팅하우스에 依해 EMS에서 要求되는 附加적인 能力을 수행할 수 있도록 開發되어 있다. 記憶裝置, 자기테이프, 카드리더, 라인프린터와 通信連絡裝置를 包含한 周邊裝置의 擴張能力은 시스템의 여유도 (Redundancy) 를 높여준다.

3.2 人間/機械連絡裝置 (MMI)

MMI 는 16臺까지의 7色칼라 CRT 를 구동시킬 수 있는 두대의 AYDIN 5215 Display Generator 에 기초를 두고 있다. 이 시스템은 給電司수員이 系統操作時活用하게 될 電力系統單線圖 등을 위해 특별히 고안된 그래픽 技術을 利用한다. CRT 表示서브시스템

은 IOM (Input - Output Micro - Processor) 를 통하여 連結된다.

CRT 표시 IOM 들은 CPU 와 獨立의 으로 CRT 의 수정을 周期的으로 行할 수 있도록 프로그램되어 있다. 급전사령대의 키보드, 라이트펜 (또는 트랙볼이나 조이스틱) 기록기, 기록계, 전력계통반 등이 부가적으로 MMI 를 構成한다.

3.3 遠隔制御와 資料取得設備

手動 또는 自動制御에 의해 운영되고 있는 발송전계통으로부터 데이터의 수집과 처리를 包含한 시스템의 감시제어는 이 원격제어와 자료취득설비에 의해 수행된다. 발전전소에 설치된 웨스팅하우스사의 REDAC70 이나 타사의 원격소단말장치 (RTU: Remote Terminal Unit) 와 중앙의 컴퓨터시스템간에 SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) 기능수행을 위해 마이크로 프로그램된 IOM 프로세서가 使用되고 있는데 이 프로세서는 원격소단말장치와의 통신연락을 위한 결합뿐만 아니라 한계치 초과검사 (Limit Checking) 와 배율변환 (Conversion) 등의 事前處理 기능을 수행한다. 이들 IOM 은 푸력-인식으로 Sel-Bus 에 연결되어 CPU 의 動作을 中斷시킴없이 컴퓨터의 메모리에 정보를 入出力시킬 수 있다.

3.4 시스템 소프트웨어

MPX-32 표준운용시스템 소프트웨어와 이중컴퓨터 시스템 구성에 相關한 特有의 프로그램들이 EMS 의 시스템 소프트웨어를 구성하고 있다.

표준운용시스템 소프트웨어의 주요기능으로는 作業計劃 (Task scheduling), 資源分配 (Resource allocation), 計時器修正 (Clock updating), 시간관련기능처리 (Time dependent function Processing), 入出力計劃과 結合調節 (I/O Scheduling and Interface handling), 우선권처리 (Interrupt processing), 에러검출과 기록 (Error detection and logging), 온라인 프로그래머 결합작동 (On-line programmer interaction) 등을 들 수 있다.

한편 二重시스템 構成시에는 표준운용 시스템 이외에 시스템기동, 내부컴퓨터간통신, 데이터베이스수정, 상태감시와 설비구성제어 및 고장절체 등에 關한 시스템 소프트웨어가 추가로 要求된다.

3.5 人間기계결합 소프트웨어

MMI 는 급전사령원이 라이트펜이나 키보드조작을

통하여 요구한 사항이나, 측정데이터의 경보를 檢出해서 이들 警報를 CRT나 라인프린터에 出力시키는 일 및 여러가지 應用프로그램에 의해 生成된 자료의 表示와 記錄을 위해 모든 CRT표시의 更新이나 形式修正 등에 필요한 모든 프로그램을 포함한다.

3.6 원격제어와 자료취득 소프트웨어

SCADA 소프트웨어에는 RTU로 부터 정보를 수집하여 이들 情報에 대해 事前處理(Preprocess)하고 데이터베이스를 更新하며 遠隔制御를 實行하는 등의 모든 프로그램과 RTU 結合 IOM의 펌웨어(Firmware)가 포함된다. 컴퓨터시스템에 들어 있는 데이터베이스 관리시스템은 RTU결합프로세서로 부터 아나로그값과 경보표시 등의 수정된 자료를 받아 경보표시와 CRT표시등의 관련된 응용프로그램을 여진(Initiating)시켜 준다. 컴퓨터나 給電司員에 의해 수행되는 원격제어업무 역시 SCADA 소프트웨어에 의해 다루어진다.

3.7 應用소프트웨어

응용프로그램은 電力系統運用을 직접 지원하는 프로그램 들로서 自動發電制御(AGC), 經濟配分制御(ED), 變動計劃(Transaction Scheduling), 負荷豫側(LF), 發電機起動停止(UC), 外亂分析(Disturbance Analysis), 研究經濟給電(Study Economic Dispatdr), 發電生產費計算(Production Cost), 運轉豫備力算定(Reserve Computation), 經濟A, B(Economy A, B), 實行費用評價(After-the-Fact-Cost Evaluation) 등을 들 수 있다.

3.8 진보된 응용소프트웨어

진보된 응용프로그램에는 전력계통의 安全管理(Security Management)와 관련된 프로그램 들로서 온라인 시스템 안전감시와 급전사령원 연구조류계산 등이 이에속한다.

3.9 支援소프트웨어

지원소프트웨어는 크게 시스템지원소프트웨어와 데이터베이스지원소프트웨어로 分類할 수 있는데 시스템지원소프트웨어는 시스템갱신프로세서, 컴파일러, 아셈블러, 로더와 같이 모든 오프라인 시스템지원 프로세서를 말하며, 데이터베이스 지원소프트웨어는 시스템데이터베이스의 생성, 갱신, 기록보존을 위해 利用되는 모든 응용 주도의 프로세서들이 이에 속한다. 또한 표준협조계획프로그램(Standard Interactive

Program)이 이 分類에 포함된다.

4 시스템 構成

4.1 二重컴퓨터 서브시스템

웨스팅하우스사의 Image 3275 EMS 시스템은 2대의 Sel 32/75 컴퓨터가 주축이 되어 完全하게 構成된 하드웨어와 소프트웨어에 의해 RTU, 중앙국부 입력, 자료연계에 의한 관련회사나 파워풀로 부터의 情報를 수집하거나 제어기능을 逐行하게 된다. 모든 정보는 칼라CRT와 기록계 및 메세지기록기에 의해 表示된다. 급전사령원은 전력계통의 원격소에서 制御動作이 수행되도록 操作할 수 있다. 3275 EMS는 二重的 32bits 컴퓨터시스템으로 構成되어있어 한대는 컴퓨터가 온라인으로 動作하고 다른 한대는 온라인 컴퓨터를 監視하다가 이것에 故障이 發生하면 切替되어 즉시 온라인 機能을 이어받도록 되어있다. 각각의 컴퓨터시스템은 온라인 상태에서 모든機能을 수행할 수 있도록 充分한 能力을 갖추고있으며 부가적으로 핵심하드웨어는 余分(Redundancy)을 갖고 있다. 또한 RTU와의 연결을 위한 通信結合裝置도 豫備를 두고 있다. EMS의 가장 重要한 設計要求事項은 주어진 機能을 수행하는데 充分한 시스템의 稼動率(Availability)이며 이를위한 컴퓨터 構成이 考慮된다. EMS 장치는 다음 基準에 適合하여야 한다.

○ 모든 主要 하드웨어 기능들은 最大의 稼動率 維持를 위해 單一設備로 구성된 部分이 故障要因이 되어서는 안된다.

○ 모든 主要機能들은 豫防點檢이나 維持補修期間中에도 遂行될 수 있어야 하며 이러한 補修가 시스템 稼動率에 영향을 주어서는 안된다.

이러한 要求를 충족하기위해 EMS 裝置들은 컴퓨터와 콘트롤러, 라인버퍼와 모뎀, 이중포트, 주변장치절체, 에러검출검점 및 고장감시시스템에 豫備를 갖추어야 한다. 온라인 機能上에서 높은 가동율을 갖게하기위한 EMS 장치들의 特徵은 다음과 같다.

- 이중 CPU의 使用
- 補助기억장치로의 二重포트(Dual Port)使用
- 아나로그, 디지털, 接點入出力의 절체 가능한 서브시스템 使用
- 切替가능한 豫備의 通信回線 結合裝置使用(라인버퍼, 모뎀)
- 예비를 갖는 DC電源供給 使用
- AC전원의 分割使用

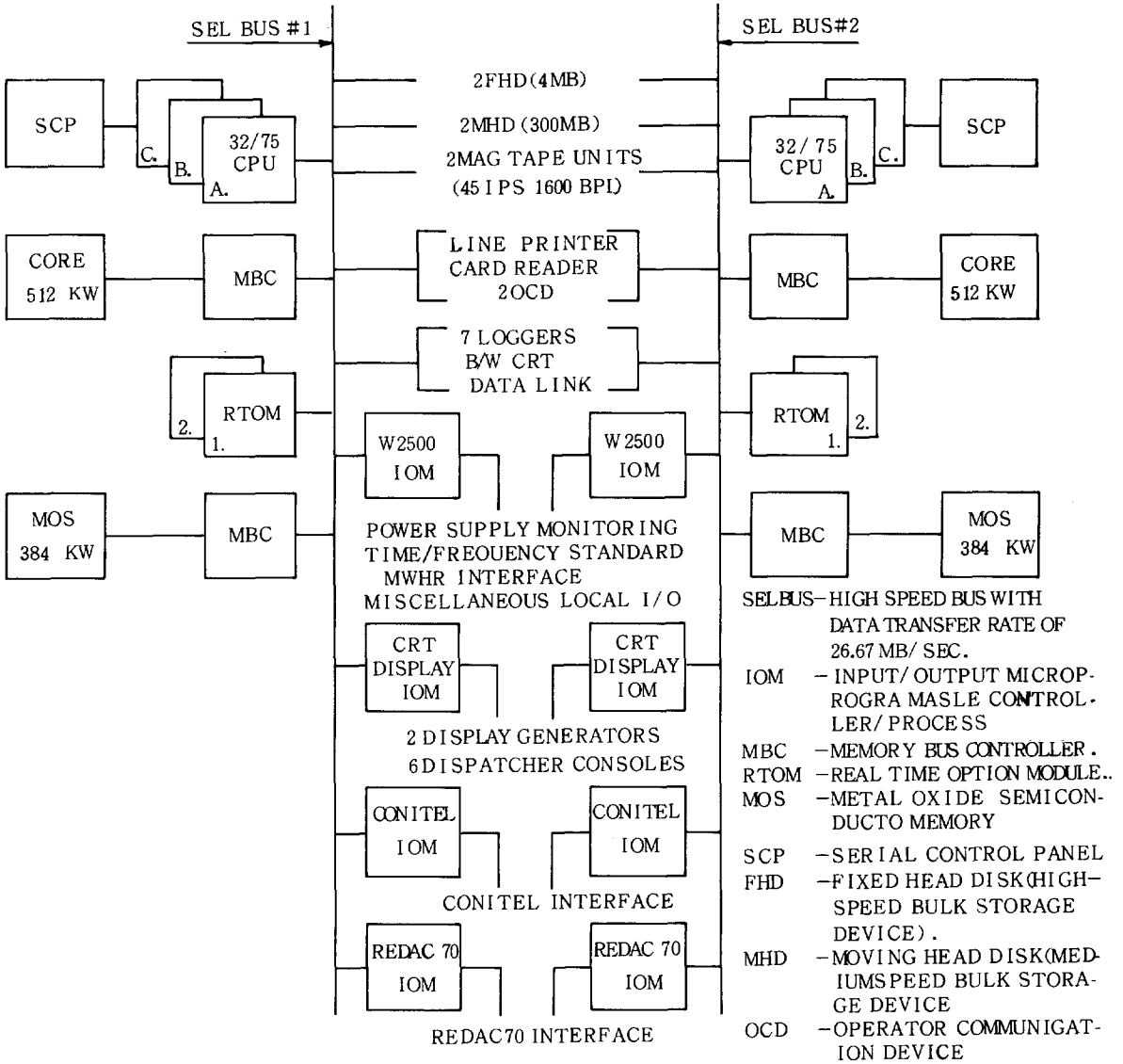


그림 3. 컴퓨터시스템 構成圖

4.2 人間/機械 連絡 서브시스템

인간/ 기계연락서브시스템은 電力會社의 給電司令員이 전력계통의 運用狀態를 把握하고 제어하기 위해 에너지관리시스템과 정보를 交換하도록 하여 준다.

급전사령대에는 2대씩의 칼라 CRT가 實裝되어 있어 이 CRT를 使用하여 電力系統의 운용상태와 變化의 감시, 시스템 파라메타 修正, 원방제어 조작, 다른 시스템의 급전사령원과 정보교환, 전력계통의 安全度點檢, 현재 및 歷史의 데이터의 검토와 자료요구, 그리고 컴퓨터시스템 하드웨어의 운용구성변경 등을 遂行할 수 있다. 또한 制御能力을 갖지않는 원격소

콘솔의 設置도 可能하다. 인간기계연락서브시스템은 급전사령원이 정보전송이나 제어의 수행을 決定하는데 필요한 전력계통으로 부터의 모든 자료를 얻을 수 있도록 하여준다.

이 서브시스템은 要求되는 기능을 수행하기 위하여 다른 서브시스템 및 데이터베이스와 連關을 갖게 된다.

급전사령원의 전력계통조작은 거의 CRT 를 통해 수행하게 된다. 여러가지 칼라화면표시가 급전사령원에게 전력계통의 주요한 상태나 파라메타를 알려주도록 마련된다. 누르면 램프가 표시되는 키보드는 수

행할 기능을 선택하게 하여준다. 마이크로 프로세서에 의한 結合裝置로의 出力은 전력계통에 대한 CRT의 表示範圍를 넓히도록 전력계통반을 구동시킨다. CRT 화면표시는 급전사령원에게 重要的 정보를 가장 신속하게 나타낼 수 있도록 주의깊게 設計되어야 한다.

컴퓨터와의 結合을 爲해 마이크로 프로세서를 使用하므로서 많은 루틴의 데이터處理가 컴퓨터의 적은 요구명령에 의해 수행될 수 있다. 급전사령원이 인간기계연락서브시스템을 통하여 그들의 業務遂行時 使用하게 되는 制御裝置로는 라이트펜, 누르면 뒷면이 점등되는 기능키보드 및 영숫자 특수심볼의 키보드를 갖추고 있다.

4.3 SCADA 서브시스템

SCADA 서브시스템은 에너지관리시스템을 전력계통과 直接連結시키는 機能을 갖게된다. 전력계통의 狀態를 나타내는 重要的 表示와 파라메타가 급전사령원이 利用할 수 있도록 이 SCADA 시스템을 통하여 수집되고 처리된다. 또한 SCADA 서브시스템은 급전사령원이 操作하기위해 選擇한 要素의 원격조작 기능을 遂行하고 그 結果를 알게하여 준다. 이러한 기능들을 수행하기 위하여 SCADA 서브시스템은 여러 발, 변전소에 設置된 RTU를 통해 자료를 수집하게되며, 수집된 자료는 데이터베이스에 들어가게 된다. 이때 한계치가 초과된 데이터는 警報를 내어 급전사령원이 쉽게 파악하게 한다. SCADA 서브시스템은 中央裝置와 遠隔所裝置 그리고 이들사이를連結하는 通信裝置를 통하여 動作되는데 컴퓨터 시스템이 IOM(Input/Output Micorprocessor)를 통하여 이 SCADA기능의 動作을 주도하게 된다. IOM은 cpu의 데이터처리 일을 덜어주도록 設計되어 EMS 컴퓨터에서 處理될 수 있는 SCADA 프로그램보다 더큰 프로그램을 使用할 수 있는 利點이 있게된다. IOM의 主機能은 I/O기능이 제어용컴퓨터에 의해 초기화된 후 지정된 RTU로 데이터를 傳送하거나 지정된 RTU로 부터 데이터를 받아들이는 일이다.

O&R사는 現在 서로다른 회사에서 제작한 2종류의 RTU를 使用하고 있는데 이들은 각각 멧세지 構造와 形式(Message Structure and Protocol)이 다르지만 프로그램할 수 있는 特徵을 갖인 IOM을 통하여 傳送形式을 變形시키므로 같이 使用되고 있다.

4.4 안전도감시 서브시스템

온라인 전력계통 안전도감시 서브시스템 (On -

Line System Security Monitoring Subsystem)은 급전사령원에게 전력계통의 重要的 運用狀態를 알려주는 機能을 갖는다.

알려주는 情報로는 대략 다음과 같다.

- 0. 회로망 구성 (Network topology)
- 0. 측정이 잘못된 데이터 (Bad telemetered data sources)
- 0. 安全度 警報 (Security alarms)
- 0. 測定地域의 潮流, 電壓 등 (Metered area flows, voltages, etc.)
- 0. 測定되지 않는 地域의 潮流, 電壓 등 (Unmetered area flows, voltages, etc.)
- 0. 네트워크 상정사고해석에 관한 정보 (Network Contingency analysis information)

安全度 情報은 전력계통운용상태에서 어떤 限界를 넘는 큰 變化가 있을때는 언제든지 수정되며 그렇지 않은 경우에는 보통 30분마다 周期的으로 修正되고 급전사령원의 요구명령에 의해 수시로 수정될 수 있다. 安全도에 대한 評價와 修正은 회로망구성해석 (Network topology), 狀態推定 및 不良데이터檢出 (State estimation/Bad data detection), 온라인조류계산 (On-line load flow), 想定事故解析 (Contingency analysis)의 4가지 프로그램에 의해 遂行된다. 회로망구성해석은 송변전설비 回路網의 현재 連結狀態에 관한 정보를 誇張하게 되는데 原因과는 관계없이 연결상의 變化가 있을때는 언제든지 自動적으로 動作된다. 상태추정기는 전력계통 중 測定되는 지역의 정보를 誇張한다. 不良데이터 檢出器는 상태추정기와 상호관계를 갖고 측정값이 맞지않는 데이터를 가려내서 除外시키는 일을 한다.

온라인조류계산은 測定되지않은 地域의 파라메타에 관해 수치적인 結果를 마련한다. 상정사고해석은 급전사령원이 상정사고 目錄에 명시된 것 중에서 지정한 사고에 관해 안전도에 관한 정보를 準備한다.

이들 온라인 전력계통 안전도감시 서브시스템의 構成은 그림 4와 같다.

5 맺는 말

1980年代에 들어와 전력계통운용에서 경제성은 물론 安全運用 (Security dispatch)에 더욱 注重하고 있으며 전력계통운용의 自動化 設備中 가장 進歩된 시스템인 에너지관리시스템의 特徵을 살펴보면 設備構成에서 大容量의 高速用 (High performance) 計算機가 採用되고, 보다 높은 處理效果 (Processing efficiencies)를 위해 컴퓨터 넷수를 增加시켜 컴퓨터

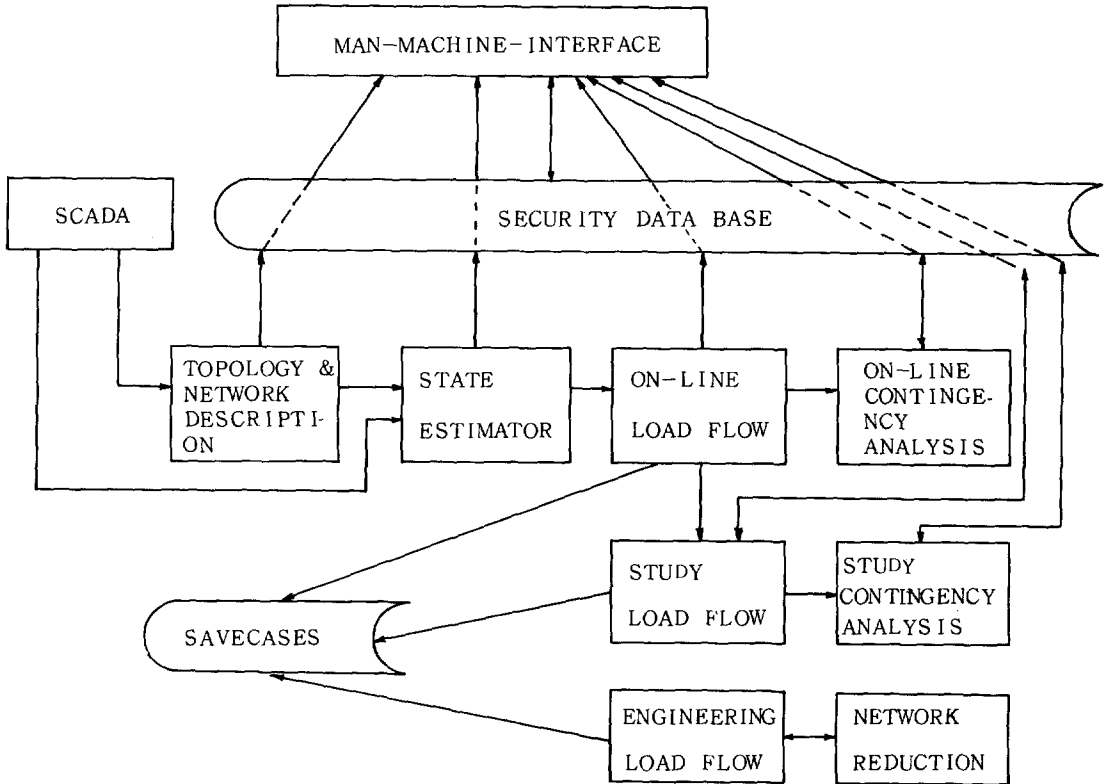


그림 4. 電力系統 安全度監視 서비스 시스템의 블록선도

터레벨 (Computer level) 을 두어 業務를 分擔시키고 있으며, 充分한 餘裕 (Redundancy)를 갖도록 구성하고 있다. 또한 자료취득통신연락장치 및 인간기계 연락장치의 結合을 위해 마이크로 프로세서 (Micro-processor) 를 採用함으로써 動作의 高速化와 能率化를 기하고 있고 원격소단말장치에도 마이크로 프로세서를 使用하고 있다.

컴퓨터간의 資料連系 (Data link) 가 폭넓게 이루어져 컴퓨터시스템간 情報의 相互交換으로 계통운용 범위를 擴大하고 重要정보의 應答性을 改善하고 있다.

한편 利用技術面에서도 프로그래머가 擴張되고 大容量프로그램이 短時間에 處理될 수 있어 계통의 안전도와 相關한 進보된 應用技術이 많이 實用化되고 있다.

O & R社는 設備容量이 1010 MW의 規模가 적은 電力會社인데 反하여 전력계통제어용 컴퓨터설비는 最新의 大容量設備을 갖추고 있으며 制御所의 室内디자인도 人間工學的 諸要素를 考慮하여 아주 잘 되어있어 세계적으로 훌륭한 제어소로 알려져 있다.