

에너지관리와 C&C 기술

이 충 언

(금성 소프트웨어 개발담당이사)

1. 에너지 관리 시스템의 개요

1.1 개요

에너지 需要의 지속적 증가에 따라 각종 에너지를 발생, 수송하는 설비도 계속 擴張되고 있다.

이런 설비들은 相互 유기적 결합과 대형화, 시스템화되어 가고 있으며, 그 운용에 있어서는 信賴性和 經濟性を 동시에 追求하고, 서비스의 高度化도 요구받고 있다.

따라서 종래의 機械的 自動化에 의한 에너지 계통의 效率的 運用은 불가능하게 되고 단시간에 大量의 情報處理와 高度의 技術計算을 필요로 하는 運用 및 豫測制御 등업무를 C&C 기술과 自動制御技術을 이용하여 自動, 高速으로 處理하고 운전원은 判斷, 措置 및 分析業務에 전념토록 하여 에너지 시스템을 效率的으로 운영토록 한다.

1.2 C&C 기술의 適用對象

에너지는 그 Conversion, Generation과 Distribution 등 공급측 관리 뿐만 아니라, 소비측까지 양자를 모두 效果的으로 管理해야 하며 최근의 C&C (Computer와 Communication) 技術을 適用하는 對象을 훑어보면 다음과 같다.

1.2.1 電力管理

全力에너지는 그 규모가 커서 작은 변동에도 에너지 절약 절대효과가 크며, EMS Computer System도 규모 면에서 가장 방대하다.

1.2.2 빌딩管理

빌딩의 管理와 照明, 電力, 냉온방 설비의 制御를 위하여 컴퓨터를 이용한 빌딩 自動管理 시스템이 최근 導入되어

건물유지 관리 效率化와 에너지 節約效果를 거두고 있다.

1.2.3 工場電力 및 보일러 管理

제조가공 시설에서는 에너지 消費가 많은 설비 즉, 전동기와 보일러를 多數 사용하고 있으므로, 에너지 節約과 效率的인 管理는 工場自動化와 함께 최우선 과제가 된다.

1.2.4 地域 난방管理

발전소 냉각수 또는 열병합 발전시설의 에너지를 활용한 대단위지역 난방도 효과가 큰 대상이다.

1.3 에너지 관리 C&C 시스템의 構成

1.3.1 基本構成

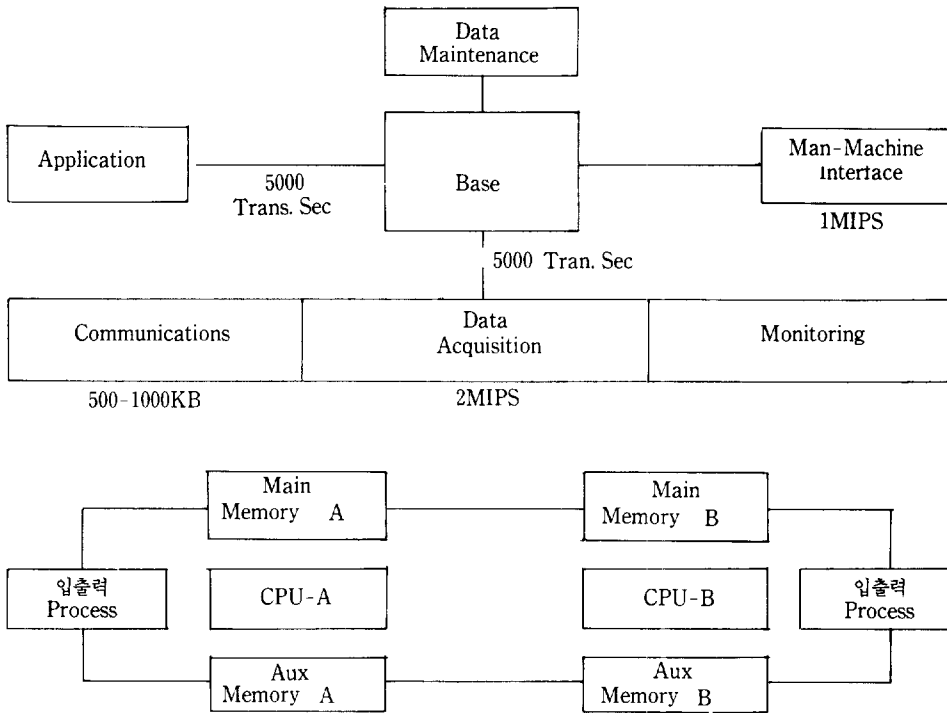
에너지 관리 C&C 시스템은 適用對象에 따라 상세한 것은 다양한 차이가 있으나, 대체로 다음과 같은 機能을 갖는다.

- Heavy Communication Loads
- High Availability Requirements(99.9% 以上)
- Custom Designed Man-Machine Interface
- Extensive Computational Requirements for Solving Complex Mathematical Algorithms

電力 EMS 分野의 基本構成을 예로 들면 대략 다음과 같다.

1.3.2 構成方法 및 特性

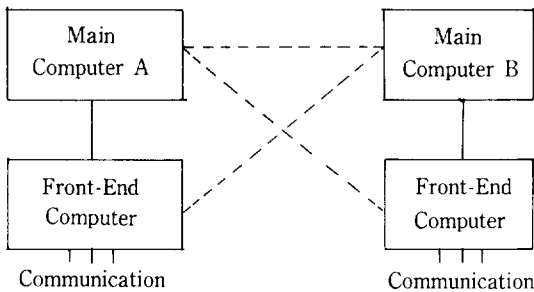
1) 中央集中 시스템 : Applications, Data Acquisition, Man-Machine Interface 등 모든 處理를 한 臺의 Computer가 遂行하도록 되어 있으며, 수년전까지 많이 사용되어 온 방식이다.



長點은 시스템 構成이 간단하고 Maintenance가 용이한 점이며, 短點으로는 시스템의 擴張이 어려운 점이다.

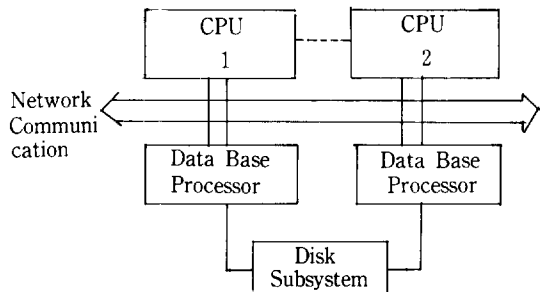
2) 階層的 시스템 : Host Computer의 負荷를 줄여주기 위해 16-32Bit의 Front-End Processor를 채택한 시스템이다.

長點은 시스템에 큰 지장을 주지 않고도 Computer의 교체 등 시스템 擴張이 용이하고 Front-End Computer들에 의해 시스템 전체의 Performance를 크게 높일 수 있다. 短點으로는 機能과 Database의 分散이 어렵고 Inter-CPU 사이의 Communication이 어려운 점이다.



3) Network 시스템 : Network내에 있는 모든 Computer 사이에 Communication Paths를 使用한 시스템으로 EMS Task들은 적절하게 각 Computer로 分配된다.

長點으로는 Spare Machine을 Network Bus에 돌려써 고장난 Machine에 대해 신속히 대처가 가능하고 Broadcast 명령에 의해 모든 Network Mode들에 대한 Simultaneous Communication이 가능하다.



2. 電力 EMS와 C&C 技術

2. 1 EMS의 目標

全 世界的으로 약 150-200개 설치되어 있는 EMS는 다

음과 같은 目標로 運用되고 있다.

- 發電시설을 實時間 制御하여 :
- 發電效率 極大化
 - 燃料費 최소화
 - 電力 壳買 수익을 최대 化하고

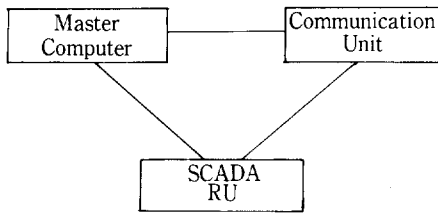
- 送電 SYSTEM 全體를 感知하여
- Loss 최소화
 - 설비 安全度와 信賴 性 최상유지
 - 電力 Network 現 況 把握
 - 문제발발시 사고주 의 경보와 해당지역 Operator를 支援 한다.

2. 2 EMS Hardware

EMS는 보통 10,000개의 Analog와 30,000개 정도의 Digital Data Point를 Tracking하는데 EMS 主電算機는 몇 대의 Supermini Coupled Set나 Mainframe을 쓰고 고장에 대비하여 Backup System을 여분으로 보유 한다.

발전소 및 送電 Substation에는 SCADA 機能을 갖는 터미날을 설치하고 階層間 또는 인접 EMS간의 Computer Communication으로서 設備狀況, Power Flow, 電力 壳買情報를 交換하도록 되어 있다.

EMS의 Hardware를 構成하고 있는 3요소를 보면 다음과 같다.



2. 3 EMS Software

EMS는 Network Analysis Program과 發電 및 送電 制御 Program을 통합하여 System을 自動調節 하고 Transformer 및 送電線過負荷를 제거해 주는 Software를 보유하기도 하는데 各部門別로 다음과 같은 것들을 대상으로 한다.

- 發電 및 電力供給 System과 燃料部門

— 발전소와 배전 Substation間 送電 Network 및 Transformer

— 배전 Substation과 需用者間 配電線

2. 3. 1 供給側—發電 및 燃料部門

— Unit Commitment Calculation

全體 System의 Load Cycle에 맞춘 각개 발전시설의 運轉 Schedule의 가능한 모든 組合를 고려하려면 시간이 많이 걸리고 현실적으로 해결이 불가능하므로 가능한 일부분을 分析, 計算해주는 Program으로 연료비를 0.5—2% 節減시킬 수 있다.

— Load Forecast

과거 전력 사용 統計分析으로 Load 특성 Model Program을 開發하여 2% 이내 오차로써 Peak Load 豫測을 가능케 해준다.

— Load Simulation

발전시간별, 주간 또는 연간 Load Simulation을 행하여 종래의 Scheduling 方式보다 1.5% 정도 Energy 節약을 가능하게 해 주는 Software도 있다.

2. 3. 2 送電部門

— 각개 발전소 出力 및 Factoring 계산

장거리 고압 送電線은 매우 큰 Shunt Capacitance를 갖고 있어 전체 System의 電力레벨을 일정하게 유지하는데 매우 복잡한 문제를 해결해야 한다. 이를 위하여 각 발전소의 Load Shchedule과 관련하여 발전소 출력과 Factoring을 계산해 주는 Program을 사용한다.

— Reactive Power Loss Reduction

交流에서 In-Phase Flow(Real Power)는 예전부터 그 Loss를 줄여 왔지만 Out-of Phase Flow(Reactive Power) Loss를 줄여 3—5%를 더 節약할 수 있도록 해주는 Program도 있다.

送電 Loss 節감 Program들은 Non Linear Network Equation으로 만든 Off-Line Program이나 Reduced Gradient Algorithm이나 LP, Newton Method 등으로 보다 빠르게 On-Line化하여 각 발전소 전압 Level을 조정하고 Transformer Tap Setting과 Switch Capacitor를 조절함으로써 Reactive Flow Loss를 줄인다.

2.3.3 電力去來部門

System 外部와의 電力賣買은 雙方의 經濟性을 分析하여 최적가격과 전력 거래량을 결정해주는 Software이다. 미국같은 곳에서는 매입자와 매도자 사이의 중간 지역에 있는 제 3자 送電施設을 이용하는 경우가 많은데 이 경우 送電量 追加로 인한 제 3자의 손실을 보상계산해 주는 Program도 있다.

2.3.4 Reliability 部門

기기사고나 송전선로 파손의 경우에도 전력시설이 손상되거나 수용가에 대한 서비스가 중단되지 않도록 電力시스템의 Reliability를 높여야 하는데 비상시의 影響을 豫測하여 사전에 個別 發電所 또는 送出電壓 조정 등 對策을 제공하여 安全度向上을 圖謀하는 Analysis Technique과 Computer Program을 마련하도록 한다.

1) 시스템 감시

통상 EMS는 2초마다 15,000—30,000개의 Status Point Data를 감시하여 Power System의 위험 상태를 Operator가 탐지토록 해준다.

Status Value는 Circuit Breaker 및 Switch Position과 변압기 Oil Temperator Alarm, 회로 차단기 공기 압력 경보도 포함한다.

送電線路의 상태는 3,000—10,000개의 Analog값이 2~30초 간격으로 收集되며, Substation과 발전소에 하나씩 설치된 약 50—500개의 RTU(Remote Terminal Unit)로 입력된다.

RTU는 Micro Processor로 되어 있고 Local Intelligence 機能으로써 상태 변화 및 Sequencial Event를 탐지한다. 대규모 System에서 RTU는 RCC(地域 制御센터) 機能을 갖는 中間位置 Computer에 연결되고 여기서 集中化된 Data는 中央 EMS Center로 統合된다.

RTU와 Computer 사이는 電話線으로 연결되어 1200 bps Async 方式으로 Bose-Chaudri Error Code를 써서 電送誤差를 自動補正하여 통신을 수행한다.

回路차단기 작동 등 制御를 위한 Command가 RTU로 전송되면 이를 反送하여 확인한 후 Computer에 제어 명령을 遂行토록 한다.

2) Operator 支援

Operator에게 필요한 Information은 DBMS에 저장되어 요구시 신속히 CRT에 내보내어 회로차단기, Switch의 상태와 변동상황, 비정상, 경보, Alarm 한계와 표시값을 Analog Display해 준다.

EMS에서는 Operator Workstation의 Function別로 초당 10~20개 정도의 Alarm이 處理되도록 해주되, 중요한 것은 全 Workstation에 보내어 Operator 확인 접수를 요구하도록 한다.

Data Display는 2~4초 간격으로 Update되게 하지만 Operator 요구로는 1~2초 이내로 Display되도록 하므로 5,000~10,000개의 Format가 必要한 EMS에서는 설계상의 주요 문제가 된다.

이것은 Format Information Table을 Compile하였다가 要求時 Date와 Format을 同時に 띄워 준다.

3) 事故豫防

發電 및 送電設備은 고장으로부터 발생할 수 있는 위험 상태를 피해야하며, 假想的狀況을 수치적으로 Simulation하여 Overload, Low Voltage, 기타 위험한 조건을 Check한다.

Simulation에서는 Load Flow Program으로 Load와 發電 Data가 入力되면 Bus 전압, Phase Angle, 송전선과 변압기 전력 Flow를 Non-Linear Equation으로써 Off-line 計算한다.

4) Expert System

向後에는 Expert System을 채택하여 Emergency에서 수백개의 Alarm을 분간하여 적절한 Action을 취하도록 해 주고 音声認識技術을 써서 Operator/Display/Control 相互作用을 改善해 줄 것이다.

2.3.5 Real Time Software 機能 要素들

EMS를 構成하는 Real Time Control System에 필요한 Software의 機能要素들은 다음과 같이 要約된다.

1) 階層構造의 Computer 運用体系

(NCC-RCC-Division 또는 System Center-Division-Substation)

2) 階層構造의 制御 Software

(Preventive-Emergency-Restorative)

3) Dual 또는 Multi Processor와 중첩되는 주변기기용 Software

4) 高速 Digital Data Telemetry 및 Data 收集 Software

5) Graphic Color Display

6) Dynamic Color Wallboard Group Display

7) Automatic Generation Control

8) Economic Dispatch Control

9) Automatic Voltage Control

- 10) 自動回路復舊 Software
- 11) 監視制御
(Breaker, Capacitor, Transformer Tap, 발전기 시동과 정지)
- 12) 發電設備 Scheduling
(수력, 화력, 원자력—중·단·장시간)
- 13) Security Monitoring
- 14) State Estimation
- 15) Steady State Security Analysis
- 16) Dynamic Security Analysis
- 17) Automatic System Trouble Analysis
- 18) On-Line Load Flow Control Software
(주어진 조건하에서 Network의 電力 Flow決定)
- 19) Optimum Power Flow
- 20) On-Line Short Circuit Calculation
- 21) Short Term Load Forecast
(向後 24시간 豫測 Curve)
- 22) Bus Load Forecast
(各 Load Poin別 Load 豫測)
- 23) 發電送電 支援 Program
(발전기 시동과 정지 Schedule, 인접 시스템과의 電力 賣買, 發電豫備率 계산 등)
- 24) Logging 및 Historical Data Management

2.4 韓國電力의 EMS

電力會社는 전국적으로 산재한 發電, 送電, 變電, 配電設備를 效率的으로 運用하면서 시시각각으로 변화하는 需要에 따라 良質의 電力을 安定되고 經濟的으로 供給해야 한다. 이와 같이 合理的인 電力系統運用을 달성하기 위해 韓國電力公社는 다음과 같은 EMS, SCADA System을 構築하고 있으며, 向後 수용가측에 대한 配電自動化도 推進中에 있다.

3. 보일러 管理 시스템과 C&C

3.1 보일러 制御

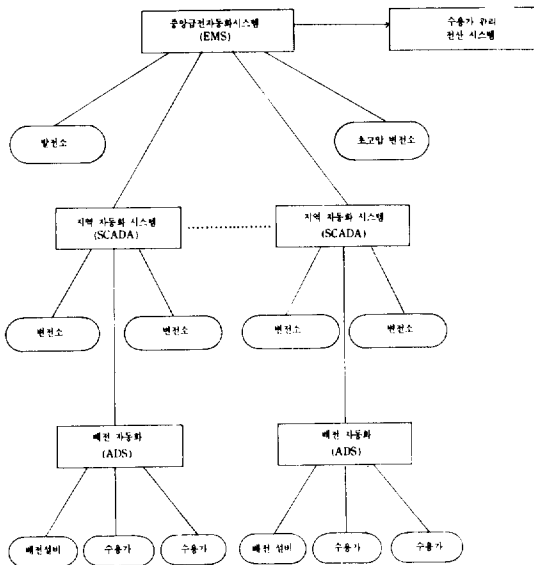
産業全般에 두루 설치 운영되는 보일러의 컴퓨터 管理는 電力에 비해 規模는 작지만 그 숫자면에서 에너지 節約效果가 매우 큰 대상이다.

이와 같은 需要에 보일러를 보다 效率的으로 使用하기 위해 다음과 같은 制御와 監視를 하도록 한다.

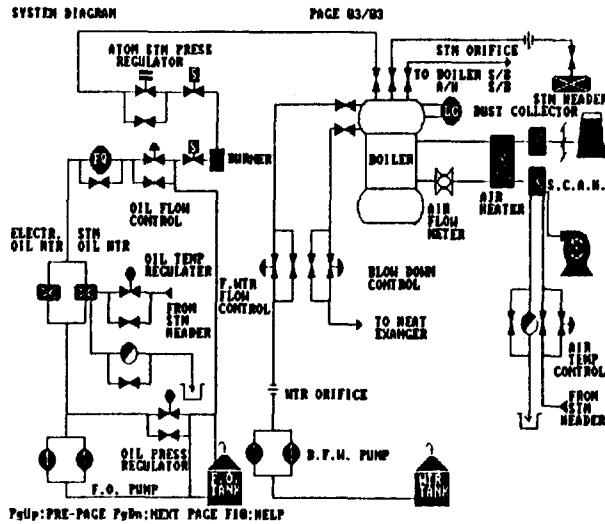
- Main Steam Header Pressure Control
- Furnace Draft Control
- Steam Temperature Control
- Combustion Control
- Feedwater Control
- Operation Data의 自動收集, 分析 및 管理
- 시스템 稼動狀況監視, 경보 및 기록
- 각종 Report 自動出力
- Boiler의 效率計算

3.2 構成

국내기술로 金星소프트웨어가 력키 울산, 여천 工場등에 설치한 System의 예를 들면 다음과 같다.



3.3 화면 出力 및 Report 例



BOILER EFFICIENCY

PAGE 01/05

88/02/16 12:21:17

EB = 0 %

HEAT INPUT				HEAT OUTPUT			
SYMBOL	INPUT	UNIT	REF	SYMBOL	OUTPUT	UNIT	REF
QFINOL	1878564.6	Kcal/H	Eq1	WFS	59.98	Ton/H	-
OILFLW	5356.4	Kg/H	Eq2	HS	-1.0	Kcal/Kg	TBL1
AIRFL	59982	kg/H	-	ST	400	C	-
HRXOL	0.0	Kcal/Kg	-	SP	20.0	Kg/Cm	-
CPA	0.241	Kcal/Kg C	-	WFW	59.98	Ton/H	-
CPFOL	0.0	Kcal/Kg C	-	WT	400	C	-
TFOL	400	C	-	WP	24.0	Kg/Cm	-
TA	150	C	-	HW	-1.0	Kcal/Kg	TBL2
M	2	%	Eq3	WBS	-696.33	Ton/H	Eq4
OXY	10	%	-	BT	400	C	-
				BP	20.0	Kg/Cm	-
				HB	-1.0	Kcal/Kg	TBL3

PsUp:PRE_PAGE, PsDn:NEXT PAGE, Esc:CURSOR REQUEST, F10:HELP, S-PrtSc:PRINT SCREEN

3.4 期待效果

아직年間統計가 나오지 않았으나, Boiler의 管理 및 制御가 일목요연하게 中央에서 統制됨으로써

- 最適制御를 통한 Boiler 效率의 提고
- Boiler 效率를 저하시키는 요인의 早期發見에 의한 Boiler 效率의 改善
- 경보를 통한 事故의 예방과 早期發見 및 迅速한 대처
- 근무자보고서, 일보, 일보 등 각종보고서의 出力으로 管理의 質向上
- 기타 管理人員 節減 및 自動化를 통한 企業 Image 상승

등의 效果가 期待된다.

4. 빌딩管理 시스템과 C&C

4.1 빌딩管理

현대의 건물은 設備規模가 대형화되고 각종 설비가 다양하고 복잡하게됨에 따라 제한된 人力으로는 合理的 운영 管理가 불가능하게 되었다. 이에 따라 C&C 기술을 활용한 다음과 같은 기능의 빌딩관리 시스템이 導入되기 시작하고 있다.

- (1) 에너지管理 機能
 - 電力監視, 制御

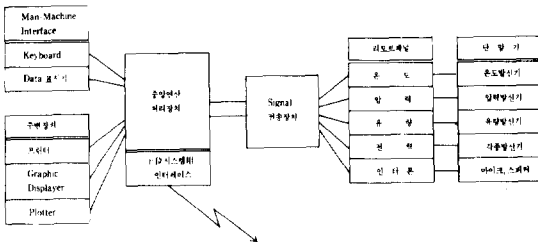
- 공조 관리
- 조명 제어
- Boiler 감시, 제어
- 냉, 난방 관리

(2) 방법/방재 기능

- 경보(침입, 화재...)
- 출입 통제
- 화상 감시(CCTV)
- 원격감시, 제어

4.2 構 成

시스템은 단말기, 리모트 패널, 신호 전송장치, 中央 연산처리 장치, Man-Machine Interface, 주변장치 등 크게 6요소로 구성되며, 상호 관련도는 다음과 같다.



4.3 期待效果

건축설비의 관제에 Computer Hardware 및 Software의 導入으로 期待되는 效果는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 에너지 절약 제어
- (2) 건물의 信賴性, 安全性 向上
- (3) 運轉管理의 質을 向上
- (4) 通信回線을 이용한 信號傳送과 Data Center 機能

참 고 문 헌

- 1) 자동급전 실무반교재, 한국전력공사
- 2) '86 한국자동제어 학술회의 논문집 Vol. 1
"전력회사의 원방감시 제어시스템의 운용 개선사례"
- 3) 한국통신학회지 1987년 4권 3호
"계층제어방식의 전력정보 통신시스템"
- 4) PROCEEDING OF THE IEEE Vol.75, No.12, DEC. 1987
"Supervisory Control and Data Acquisition"
"Inter System Communications/Networking"
"Computer Configurations"
- 5) Quality Assurance and Production Control for Power System Computer Control System(東芝)
- 6) 에너지절약 기술 Workshop 논문집, 동력자원연구소, 1986 "에너지 SCADA SYSTEM"
- 7) Benjamin, Automatic Control Systems, Prentice Hall, 1975
- 8) Anthony S, Hendrick
"Microcomputers for Energy Conservation in Homes and Other Small Buildings" DOE of U.S.A. 1984
- 9) (주)릭키 보일러감시 제어장치 Manual
- 10) 빌딩중앙관제장치, 금성 Honeywell(주)
- 11) CONTROL SPECIFICATION MANUAL
금성 Honeywell(주)