

# 쌍용양회 동해공장 #1~5 Cement Mill

## 운전 자동화 구축 사례

손 형 락  
 <쌍용양회 생산본부 FA팀>

### 1. 서 론

일반적으로 공장 자동화란 원료 또는 소재의 입고에서부터 제조, 검사, 출하에 이르기까지 각 생산 Process에 자동제어하는 Sensor, 계측제어 및 전기제어 시스템, 그리고 Robot 등을 도입하여 생산공장 전체를 최적으로 제어함으로써, 궁극적으로는 무인화를 추구하는 것이다.

국내의 환경을 살펴보면 Cement 가격경쟁은 점점 치열해지고 있으며, 근로인력의 고령화 및 고학력화로 인한 임금의 상승, Cement 시장 Needs의 고급화 및 다양화 등이 요구되고 있다.

따라서 이러한 변화에 대한 대응책을 강구하지 않으면 생존이 불가능하게 되는 시대로 가고 있기 때문에 경쟁력을 가지기 위해서는 자동화를 추진해야 한다.

금번 발표하고자 하는 Cement Mill 운전 자동화의 추진 목적은 위험작업개소 및 단순작업개소의 자동화와 최적제어를 위한 시스템화를 통하여 생산성 및 품질 향상, 효율적인 공장 관리 및 원단위 절감, 작업환경 개선 및 성력화 등으로 지속적인 경쟁력 비교우위 확보에 있다.

자동화를 추진함에 있어서, 제어 형태를 보면 과거 Relay를 이용한 Panel 제어에서 PLC를 이용한 Sequence 제어로 발전하였으며, 현재에 이르러서는 EIC(Electronics Instrument Computer)가 통합된 Total 시스템으로 이행 되었는데, 향후 지능을 갖는 Intelligent 시스템으로 발전 하리라 본다.

또한, 제어 범위에 있어서도 Computer의 H/W 및 S/W 기술, Network기술, Sensing 및 제어 기술의 발전으로 단위공정제어가 아닌 전체 공정 을 감시 및 제어할 수있게 되었다.

그런데 국내 자동화 추진현황을 보면, 대부분

외국 Maker에 의한 Turn-key 방식의 자동화 설비를 도입하여 운영을 하고 있으며, 제어대상에 비하여 고가의 장비 도입 및 운영에 있어서도 많은 애로사항이 있는데, 본 자동화 시스템은 Open화된 장비를 이용하여 우리의 기술력으로 제어 시스템의 설치서부터 응용 S/W 개발 및 시운전 등 모든 작업을 자체 인력으로 국산화 하였다.

그리고 본 자동화 시스템은 다음의 기능을 고려하여 시스템을 구성하였다.

① 전 Process의 Real Time Monitoring 및 Control를 위한 강력한 Network 지원 기능

② 개개 장비의 Trouble시에도 전체 시스템에 영향을 주지 않는 분산 제어 및 1대의 Operator Station에서도 모든 Process의 감시 및 제어를 위한 통합 시스템기능

③ 장비 보호 및 생산성 향상, 전력 원단위 절감을 위한 최적 제어 기능

④ 공장의 제반 가동 현황 및 유지,보수 관리를 위한 Data Logging기능 및 보고서 출력기능

⑤ 향후 시스템의 확장성 및 유지, 보수의 편의성 등

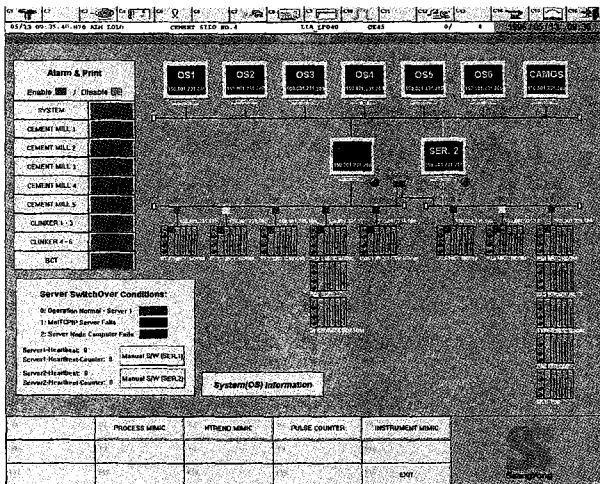
### 2. 제어 시스템 구성

- 시스템 설치현황

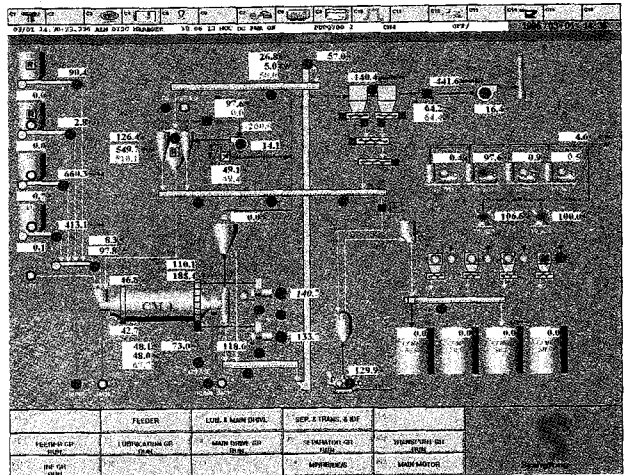
장 비 명	설치수량	장 비 명	설치수량	비 고
Operator Station	6 대	Master PLC	7 대	
I/O Server Station	2 대	Remote PLC	6 대	
Data Logger	1 대	주변기기 (Printer)	5 대	Print, Copy

본 자동화 대상범위는 쌍용양회 동해공장의 #1~5 Cement Mill 및 Clinker 수송설비, 출하설비이며, 생산 Line이 기설(#1~3 Mill)과 증설(#4~5

시스템 구성도



Monitoring Mimic 화면



Mill)로 구분이 되어 있으며, 자동화 대상을 세부 공정별로 나누면 각 원료 Storage로부터 Feeding Hopper에 이송하는 수송설비, 정확한 배합비와 생산량을 위한 Weighing Feeder, 혼합된 원료를 분쇄하는 Mill설비, 최종 제품인 Cement를 저장 Silo에 이송하는 수송설비, 저장된 Cement를 출하하는 출하설비로 분류가 되며, 이에대한 설비 현황을 보면,

- Motor Drive : 317 대
- Instrument : 572 개
- I/O Signal 5,392 Point로 구성되어 있다.

제어시스템은 기존의 Relay 와 Mimic Panel로 구성되어 Operator Room이 2개소로 분리하여 운전되던 것을, PLC와 Computer로 대체하여 통합 운전실에서 전체 Process를 CRT에 의한 운전이 가능하도록 Ethernet 통신 시스템을 구성하였다. 제어 Station인 PLC는 각 Cement Mill별, 각각 기본 Master국만 설치운영하고, 수송 Line은 기본 Master국에 6 Set의 Remote국을 각각 연결하여 구성하였으며, 기본 Master국은 MCC Room에 위치하고 Remote국은 현장에 배치하여 단위 설비별로 분산제어가 가능하도록 설치하였으며

설비 Signal 현황

Signal 종류	수량
Digital Input	3,648 Point
Digital Output	1,152 Point
Analog Input	544 Point
Analog Output	48 Point
합 계	5,392 Point

Control은 통합 운전실에서 운전할 수 있도록 하였다.

또한, 현장장비 종류별 및 Group별로 PLC S/W Module화 하였으며, 모든 정보를 Operator Station에 전송하였다.

Operator Station인 Computer는 일반산업용 Computer (Pentium CPU) 7set을 사용 하였으며, Widows NT환경에 SCADA Package로 Woderware사의 Intouch를 이용하였다.

또한, 분쇄공정에 있어서 원료 투입량을 자동 제어하는 시스템으로써 자체 개발한 Package C AMOS(Computer Aided Mill Optimization System)을 설치하여 최적 제어를 이룩하였다.

I/O관리 Station인 Server는 PLC Lan과 OS Lan에 연결되어서 각 Display Node들에게 데이터를 실시간으로 공급되도록 하였고, Server를 2 대 설치하여 Trouble로 인한 전 Plant의 Shut Down을 방지하고자 Redundancy기능을 부여하여 Server에 의한 통신 장애를 최소화 하였다.

부대장치로는 일반 Keyboard와 Mouse대신 외부 환경을 고려한 Operator Keyboard를 사용하였으며, 장비 가동 유무 및 고장 Message 출력을 위한 Alarm/Event Printer, 화면을 Print하는 Hardcopy Printer, 생산 속보 및 일보 등 Report 출력을 위한 Printer 등으로 구성하였다.

3. 제어 시스템 기능

3.1 설비 Monitoring 기능 :

CRT를 통한 전체Plant (13,503개의 Tag)의 감시 및 운전이 가능하며, 또한 사용중인 Operator Station 이상시 다른 OS(Operator Station)에서 운전이 가능하도록 구성하였다.

특히, PLC 및 Network 통신상태도 OS를 통하여 확인할 수 있도록 하였다.

모든 화면은 GUI 환경으로서 Icon화, Function화 하였고 Mouse로도 운전이 가능하도록 하였다.

그리고 Sound를 이용한 Alarm 및 장비 운전 Message 출력을 통하여 운전자에게 최대한의 지원 기능을 부가 하였으며, PLC의 제어 Parameter도 Network에 영향을 주지 않는 범위에서 OS에서 수정이 가능하도록 하여 유지, 보수 편의성을 도모하였다.

본 제어 시스템의 구성된 화면의 기능은 다음과 같다.

#### ① Plant별 Overview 및 Sub Mimic

Plant의 상태를 판단하기 쉽게 전체 Plant의 Flow를 표시하는 Overview화면과 전체 Plant를 소Group화 하여 좀더 상세한 Flow를 표시하는 Sub 화면으로 나누는데, 개별 장비의 운전 및 감시가 가능하다.

예) CEMENT MILL

- (1) Overview
- (2) Sub Mimic : Feeder
- (3) Sub Mimic : Main Drive & Separator
- (4) Sub Mimic : Transport 등

#### ② Group별 운전 화면

공정 Flow별, 장비운전조건별로 장비들을 Group화하여 한번의 명령에 의해 Group내 장비를 운전할 수 있는 화면이다.

예) CEMENT MILL

- (1) Feeder Group
- (2) Main Drive Group
- (3) OIL & Lubrication Group 등

③ Alarm 화면 : 장비 Trouble 및 경고 Alarm List을 표시하는 화면이다.

④. Event 화면 : 장비 운전 사항 및 제어 Parameter 수정 등 Event List를 표시하는 화면이다.

⑤ Process 선택 화면 : 운전 가능한 Plant 및 Group을 선택하는 화면이다.

⑥ System Status 화면 : OS별 Plant Alarm 관리 및 System정보를 확인할 수 있고 전체 시스템의 PLC, I/O Server, Network 상태를 감시할 수 있는 화면이다.

⑦ Historical Trend 선택 화면 : 중요 장비의 경향을 알고자 할때 등록된 Trend (30개)를 선택하는 화면이다.

⑧ Large Historical Trend 화면 : 선택된 Trend의 시간 및 Range등을 변경하면 서 과거에서 현재에 이르기까지의 현황을 파악할 수 있는 화면이다.

⑨ Small Historical Trend 화면 : Overview 화면 등에 Pop up 시켜서 Trend를 보면서 운전할 수 있는 화면이다.

⑩ Instrument 선택 화면 : Plant 별로 계장 신호의 제어 인자를 조정할 수 있도록 계장 그룹을 선택하는 화면이다.

⑪ Instrument 관리 화면 : 해당 선택된 Plant의 Analog Data의 감시 및 Limit, Deadband등 제어 인자를 수정할 수 있는 화면이다.

⑫ Operation Level Key-In 화면 : 운전 Mode를 나누어 시스템 조정, 제어 Parameter 조정 등 특정 권한을 부여할 수 있는 화면이다.

⑬ Log-In 화면 : 시스템 초기 화면으로 공장 설비 사진을 배경으로 하는 그림이다.

## 3.2 설비의 운전

장비의 운전은 Group 운전 과 개별 단독 운전으로 나눌 수 있다. 운전 방법은 운전하고자 하는 장비 혹은 Group를 선택하면 해당 장비별로 하단의 Menu가 바뀌며 장비를 가동 시킬 수 있다. 또한 Group 운전시 장비의 선택 운전을 위한 Preselection 기능을 부여하였다. 그리고 향후 장비 추가 및 유지, 보수가 용이하도록 Group 및 장비 Type별로 PLC 및 OS의 S/W를 Module화 하였다. 화면에 표시한 Object는 속성을 가지고 설비 상태 표시 및 제어를 할 수 있는데 Mouse로 해당 Object을 선택시 다음과 같은 기능을 갖는다.

① Static Object : 설비를 Graphic으로 표현하여 공정의 Flow를 나타내는 기본그림으로 Mill, Hopper, Compressor B/F, Belt Conveyor 등이 해당된다.

② Dynamic Object :

설비 상태를 Update하며 각 Object에 대하여 감시하고 조작하는 그림이다.

- 장비(Motor & Damper) Object :

선택시 해당장비의 운전 및 Signal, Interlock 등을 확인할 수 있는 Menu를 하단에 표시한다.

- Group Object :

선택시 Group 운전 Menu를 표시한다.

- Analog의 Real-Time & Historical Trend Object : 선택시 제어 Parameter 조정 및 Real-Time Data를 표시하는 Menu를 표시한다.

- PID Control Object :

선택시 PID Loop Control에 관련된 제어 Parameter 및 PV,MV,SV값에 대한 Trend를 표시하는 Menu를 표시한다.

- 간이 Alarm 표시 Object :

운전 중 Alarm발생시 Alarm화면으로 전환하지 않고 최근 20개의 Alarm을 확인할 수 있는 Object 이다.

- 중요 Signal 표시 :

중요 Signal의 상태 변화를 표시한다.

3.3 계장 LOOP 관리

계장 설비에 있어서 모든 Analog(435 Point)에 대하여 Real-Time Trend 및 Historical Trend를 제공하였으며, 장비 Interlock 및 Alarm 조건을 위한 Limit값 조정은 OS에서 Network을 하여 해당 PLC에 전송하게 하여 Maintenance를 용이하게 하였다.

3.4 Mill 운전 최적 제어 기능

Mill 운전시 가장 중요 제어인 Weighing Feeder Control은 PID Loop Control Logic을 적용하였는데, PID Control은 보통 Mill 운전에서 Mill에 투입되는 Clinker, Gypsum, 첨가물 등의 Feeding량을 설비의 용량 및 설비에 맞추어 최적의 운전 및 생산량, 품위를 맞추기 위한 Logic이다. 대부분 제어인자로 Mill Sound 또는 Bucket Elevator 전력량 혹은 전류치를, 이용하고 제품의 품질 조정을 위하여 Blane 측정기를 연결하여 제어 할수 있도록 구성을 하였다.

구동부의 출력값(Feeding량 등)을 즉시 조정하

려면 Manual Mode에서 MV를 조정하며,기준이 되는 대상에 따른 PID Control를 하기 위해서는 Auto Mode에서 SV를 입력하면 된다. 실제로 PID Control를 위해서는 Process(설비사양, 운전 조건 등)에 따른 제어 인자(비례 정수미분 정수, 적분 정수 등)의 조정이 필요하도록 구성 하였다.

또한, CAMOS를 통하여 최적의 장비 보호와 최대 생산을 위한 제어 Logic은 다음 그림과 같이 적용하였다.

제어 방법은 최대 생산량을 위한 최적 설정치를 탐색하고 자동 수정하여 Mill 운전의 안정화를 도모하고 생산량 증가, 전력 원단위 감소, 제품의 품질을 향상시켰다.

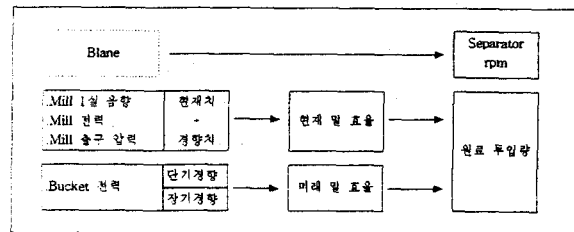
3.5 Data Logging 기능

C/M Plant의 각종 현장 데이터를 수집하여 미리 구축된 Database에 데이터의 유형에 따라 처리/저장 하여 각종 보고서 양식으로 출력함으로써 공장의 제반 가동 상황확인 및 유지보수와 관리를 용이 하게 하였다.

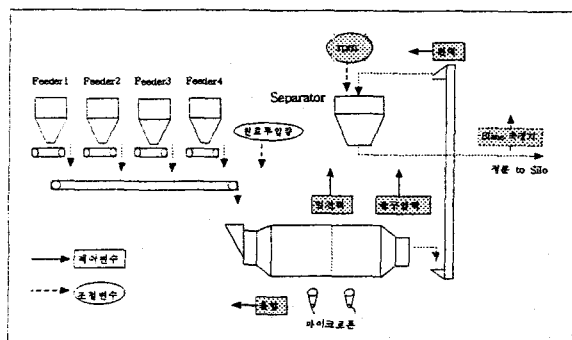
1). 보고서의 종류 :

① Production

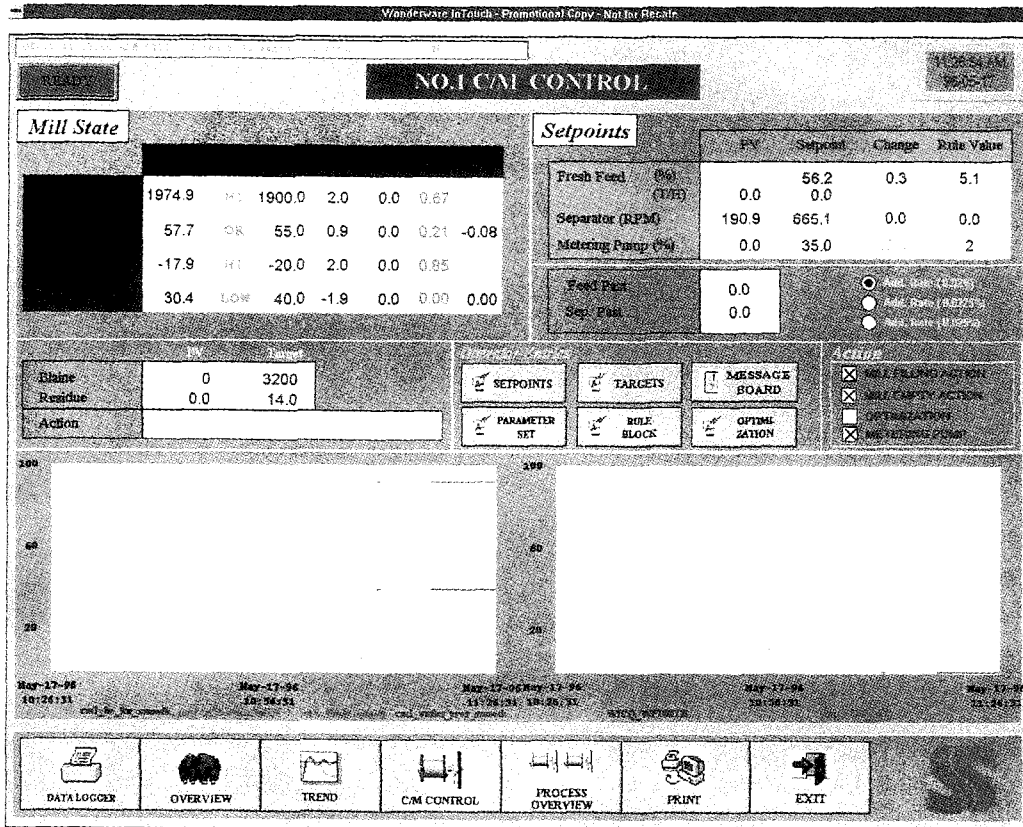
최적운전 기본구성도



기본공정도



## CAMOS 운전화면



- ② Operation
- ③ Event / Alarm History
- ④ Event / Alarm 통계
- ⑤ Maintenance

## 3.6 PLC와의 통신

PLC에서 감시, 제어되는 모든 정보를 운전자에게 신속 정확하게 제공하기 위해서 PLC의 Data Register를 Block단위로 전송하여 통신의 효율성을 높였다. 제어 프로그램은 확장 및 작업의 효율을 높이기 위해 장비 종류별로 표준화 Module로 구성 되었다.

또한 통신방법으로는 Ethernet TCP/IP 방법을 사용하고 있다.

## 4. 기대 효과

금번 Cement Mill 운전자동화 제어시스템 구축은 기존 단위 공정별로 Panel 및 Local에서 단독으로 운전하던 것을 PLC 와 Computer를 통하

여 전체 공정을 감시, Control 할 수가 있게 되었다. 제어시스템의 자동화 구축으로 생산설비의 운전 신뢰도를 향상 시켰으며, 생산설비의 신속한 정보수집으로 공정분석의 효율화를 이룩하였고, 설비의 효율적 관리가 가능 하도록 공장인력 활용을 극대화 하였고 생산성 향상과, 전력원단 위 절감 등의 효과로 연간 약5억원의 효과를 기대하고 있다.

## 5. 끝 맺으며

사실, 자동화에 있어 국산화를 한다는 부담감이 있었지만 금번 Project를 통하여 일반 제어 PLC 및 산업용Computer에 MMI (Man Machine Interface) S/W 이용한 설비 감시 및 제어가 기존 고가의 PCS장비 혹은 DCS장비를 대체할 수 있는 계기를 만들었다고 생각되며, 원가면 에서는 약 60% 수준에서 수행이 가능하였다. 현재, 다른 여러 Project에도 적용하여 만족할 수 있는 결과를 보았는데 이후 이러한 제어시스템의 응용은 더 늘어가고 발전하리라 본다.