발전소 운전 감시용 그래픽 디스플레이 및 오퍼레이터 console 시스템의 개발

°조 영 조* 문 봉 채* 김 병 국** 윤 명 중*
*한국과학기술원 전기및전자공학과 **한국과학기술대학 전자전산학부

The Development of Graphic Display and Operator Console System for Monitoring the Operation of Power Plant

Y.J.Cho*, B.C.Moon*, B.K.Kim**, M.J.Youn*
*KAIST **KIT

Abstract

A graphic display and operator console system is developed for monitoring the operation of power plant. It has multiprocessor structure using VME bus and common memory. The graphic monitoring system is applied to fault tolerant control system for enhancing reliability of boiler analog controller. As a result, it displays all the operating data as color graphic images with 14 pages. Moreover, it can transfer the operator commands to the other microprocessors through common memory.

I. 서 론

1970년대의 발전소 제어 시스템은 거의 아날로그 제어기로 구성되어 있고, 프로세스의 모니터링을 위해 상태정보들을 모두 중앙 제어실로 집중시켜 지시계나 기록계에 표시하고, 중요한 신호들은 데이타 logger를 통해 프린터로 출력하여 오퍼레이터에게 프로세스의 상태를 알려주며, 긴급 상황의 정보는 alarm을 사용하여 조작자에게 필요한 행동을 취하게 하는 등, 정보들이 여러 계측기에 분산되어 효과적인 모니터링을 할 수 없었다. 그러나, 최근 컴퓨터 기술의 눈부신 발달과 더불어 아날로그 제어기는 디지탈 제어기로 대체되고, 이전의 집중제어 방식을 분산 제어방식으로 개선한 계층제어 시스템의 개념이 도입되면서 프로세스의 상태에 대한 효과적인 모니터링 방식으로 공정제어 그래픽 시스템이 사용되기 시작하였다.

현재의 공정제어 그래픽 시스템은 하나의 workstation으로, 프로세스의 운전 상태를 감시하는 기능 이외에 공정의 데이타를 계산 처리하거나 오퍼레이터의 명령을 계층 구조상 말단에 해당하는 루프 제어기나 programmable controller에 하달하는 기능을 가짐으로써, 중앙제어 console로서의 역할을 담당한다[1]. 그러나, 이와같은 공정제어 그래픽 workstation은 하드웨어 및 소프트웨어가 복잡하고 값이 매우 비쌀 뿐 아니라, 데이타나 명령의 전달 시에 일반화된 통신방식을 사용하지 않으므로 사용목적에 따른 하드웨어나 소프트웨어의 변경이 어렵고, console로서의 기능이 첨가됨으로 인해 키이보드의 조작기능이 복잡하여 오퍼레이터 전용의 특수화된 터미날을 사용하여야 한다.

본 연구에서는 기존의 workstation을 사용하지 않고 값싼 비용으로 보다 일반화된 통신 방식을 사용하여 발전소의 운전 상태를 감시할 수 있는 그래픽 디스플레이 및 오퍼레이터 console 시스템을 개발하여, 발전소 보일러 아날로그 제어기의 고장 진단 및 back-up 제어 시스템에 적용하였다. 본 시스템에서 적용 대상이된 발전소의 운전 상태 정보는 보일러 아날로그 제어기의 입출력 값과 제어기의 고장 및 back-up 상태, back-up 제어 시스템 자체의 고장 위치정보 등이다.

II. 발전소 그래픽 모니터링 시스템의 일반적 구성

최근의 발전소 제어 시스템은 거의 디지탈 공정 제어기로 구성되어 있으며 구조 상으로는 분산 계층 제어 방식을 취한다. 그래픽 모니터링 시스템은 계층 구조상 가장 상단에 위치하여 발전소의 운전 상태를 계층의 하부 구조로부터 받아들여 칼라 모니터 상에 그림이나 도형으로 디스플레이 하거나, 더 나아가서 오퍼레이터의 명령을 하부 구조로 전달하는 기능을 한다.

일반적으로 발전소의 그래픽 모니터링 시스템은 하나의 workstation으로 (그림1) 과 같이 구성되어 있다[1][2][3][4]. 그림에서 나타난 바와 같이 프로세스의 상태 정보를 받아들이거나 명령을

전달하기 위한 수단으로 대개는 process control subsystem이 거리상으로 멀리 떨어져 있으므로 LAN을 사용한다. 또한 데이타를 그래픽 디스플레이 하기 위한 기본적 하드웨어로 mass storage를 갖는 컴퓨터 시스템과 비디오 인터페이스 및 오퍼레이터 전용의 키이 보드를 갖는다. 그래픽 모니터링 시스템의 기본 소프트웨어는 보통 화면 내에서 기본적인 도형 또는 문자를 선택하여 배경 이미지를 만들어 내는 기능과, bar 그래프나 trend curve 및 히스토그램 등 프로세스의 상태를 동적 이미지로 그려내는 데이타 그래프 작성 기능 등을 갖는다[5].

프로세스의 상태를 동적 이미지로 나타낼 때 항상 오퍼레이터로 하여금 신속하고 정확한 결정을 내릴 수 있도록 도움을 주어야 하므로, 하나의 화면에 너무 많은 동적 이미지 데이타를 나타내지 않고, 새로운 화면을 나타낼 때에는 수초 이내에 하며, alarm을 나타내는 색채의 우선 순위를 빨강, 노랑, 파랑의 순으로 하고, 색채를 너무 많이 사용하면 효과를 떨어뜨린다는 일반적인 적용 방침을 항상 고려하여야 한다[6].

III. 발전소 운전 감시용 그래픽 모니터링 시스템의 구현

1. 그래픽 모니터링 시스템의 구성

(그림1)과 같이 그래픽 모니터링 시스템을 구현하려면 프로세스로의 접근을 위하여 기존의 process control subsystem에 network 인터페이스를 설치하고 network을 통해 얻은 정보를 그래픽 디스플레이 해야 하므로 부가되는 하드웨어와 소프트웨어의 경비가 너무 크다. 만일 기존의 process control subsystem이 아날로그 제어 방식을 사용한 것일 때는 현재의 발전소 제어 설비를 모두 교체해야 그래픽 모니터링 시스템을 구현할 수 있는 경우도 있다.

본 연구에서는 기존의 제어 시스템과 독립적으로 운전하며 발전소의 운전 상태를 감시할 수 있는 그래픽 모니터링 시스템을 연구 개발하였는 바, 그 기능 및 구성은 (그림 2)와 같다. 그림에서와 같이 전체 시스템은 VMEbus와 common memory를 통한 멀티 프로세서 구조를 갖고, 프로세스의 운전 상태 정보는 데이타 입력 프로세서의 data acquisition을 통해 common memory 상에서 update 된다. VMEbus를 사용하는 MVMESYS121 마이크로 컴퓨터 시스템은 common memory를 통해 얻은 프로세스의 운전 상태 정보를 동적 그래픽 이미지로 변환하여 칼라 모니터 상에 디스플레이 한다.

MVMESYS121에서 그래픽 모니터링을 위해 개발한 소프트웨어는 그래픽 디스플레이 프로세서와의 인터페이스 프로그램과, 오프라인으로 배경 이미지를 편집하는 화상 편집 프로그램 및, 온라인으로 필요한 메뉴에 따라 그래픽 모니터링 시스템의 동작을 수행하는 Operation 프로그램이 있다.

2. 화상 편집 프로그램

발전소의 그래픽 모니터링을 위한 배경 이미지는 보통 mouse 또는 track ball과 같은 기구나 오퍼레이터 전용의 키이보드를 이용하여 사용자와 interactive하게 편집하며 이미지 파일로 저장된다. 본 연구에서는 화상 편집을 위해 특수한 기구를 사용하지 않고 범용의 터미날로 부터 키이를 받아들여 화상을 편집하고 파일로 저장할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

화상 편집 프로그램은 범용 터미날로 부터 (표1)과 같은 메뉴의 키이를 받아들여 칼라 모니터 상의 커서 위치에 원하는 도형이나 문자를 그려 넣거나 지우면서 (표2)와 같은 형태의 이미지 파일을 만들어 내는 기능을 한다. 이때의 이미지 파일을 정적 이미지 파일이라 부르며, 이 파일은 지정된 형식에 따라 쉽게 변경 가능하도록 language code 화 하였다. (표3)은 배경 이미지 상에 프로세스의 상태를 bar 그래프나 trend curve 등으로 변환할 때 필요한 정보를 나타내는 파일로 동적 이미지 파일이라 부른다. 동적 이미지 파일은 정적 이미지 파일의 정보로 부터 유추하여 데이타 파일로 입력 하여야 한다.

3. FTCS 에의 적용

가. FTCS 의 기능 및 구성

FTCS(Fault Tolerant Control System)는 발전소 보일러 아날로그 제어 시스템의 신뢰도 개선을 위하여 기존의 제어 루프에서 고장이 발생되면 고장을 탐지하고 고장루프에 대해 back-up 제어를 수행하도록 연구 개발된 redandancy 시스템 이다.

그래픽 모니터링 시스템을 중심으로한 FTCS의 구성을 보면 (그림3)과 같다. 그림에서 MVME110-1 back-up 프로세서는 보일러 아날로그 제어 시스템의 입출력 신호를 모두 받아들여 common memory에 전달하고, MVME117-3FP 고장 진단 프로세서는 제어 루프의 고장 여부를 판별하여 common memory에 정보를 전달하며, MVME110-1 시뮬레이터 프로세서는 발전소의 보일러 아날로그 제어기와 보일러 프로세스를 시뮬레이션한다. 이상의 각 기능별 프로세서는 모든 정보를 common memory를 통해 교환하므로 그래픽 모니터링 시스템은 이러한 정보를 바탕으로 그래픽 이미지를 구성한다.

나. Operation 프로그램

Operation 프로그램은 common memory를 통해 각

프로세서로 FTCS의 동작 명령을 내리거나, console의 메뉴 선택에 의해 원하는 페이지의 그래픽 이미지를 칼라 모니터 상에 디스플레이하는 기능 등을 갖는다. 이 때 소프트웨어 적으로 처리해야할 중요한 두가지 사항은 common memory 로의 접근과, 소프트웨어 인터럽트 에 의한 프로그램의 흐름 변경이다.

MVMESYS121의 UNIX O.S. 하에서 common memory 를 통해 데이타를 read 또는 write 하기 위하여 common memory 를 하나의 device로 등록하여 UNIX를 reconfiguration하고 device handling routine을 프로그램 하였다. 또한, 상용 터미날 상에서 간단히 signal 인터럽트 키이를 정의하여 정의된 키이에 의해 프로그램의 흐름을 바꿈으로써 그래픽 디스플레이할 페이지를 자유롭게 선택할 수 있도록 하였다. 이러한 소프트웨어 인터럽트 기법은 UNIX의 utility 중 termio.h 와 signal.h 및 setjmp.h의 세 파일을 include함으로써 가능하였다.

다. 실험 및 결과 (사진 참조)

(표4)와 같은 동작 메뉴에 의해 FTCS를 동작시켜 여러가지 그래픽 메뉴에 따른 각 페이지의 그래픽 디스플레이 정보를 확인하였다. 총 14개의 종류를 갖는 각각의 그래픽 이미지는 입출력 값에 따라 bar 그래프와 trend curve 및 value 디스플레이를 에러 없이 수행하였고, 특히 프로세스의 고장 정보도 모니터 상에 원하는 이미지로 나타났다. 발전소의 보일러 아날로그 제어 상태를 전 부분에 대해 디스플레이 하였으나, 다른 페이지로 전환할 때 시간이 오래 걸리는 단점이 있었다. 그러나, 이 문제는 현재의 serial 인터페이스를 parallel 인터페이스로 바꾸면 쉽게 해결될 수 있으리라 본다.

IV. 결 론

발전소의 그래픽 모니터링을 위하여 상용화된 공정 제어 그래픽 workstation을 사용하면 수반되는 비용이 엄청나게 커진다. 그러나, 본 연구 개발 시스템과 같이 데이타 입력 프로세서와 그래픽 모니터링 시스템을 상용의 bus와 common memory를 사용하여 멀티 프로세서 구조로 구현하면 비교적 싼 비용으로 발전소의 운전 상태를 모니터링 할 수 있다. 본 연구는 상용의 VMEbus와 UNIX 운영체제를 갖는 마이크로 컴퓨터 시스템을 이용하여 발전소 운전 감시용 그래픽 디스플레이 및 오퍼레이터 console 시스템을 개발하여 FTCS에 적용 실험을 수행한 바, 최소의 비용으로 효과적인 그래픽 모니터링 시스템을 구현할 수 있음을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] 한국 전자통신 연구소, "최종 연구 보고서 - 공정 제어 그래픽 시스템 개발에 관한 연구", 과학기술처 시행 특정 연구개발 사업보고서, 1985

[2] Hartmann & Braun, "Contronic-3 information system", Midden, Dec.1986

[3] Taylor Instrument, "Taylor MOD300 process and information system", SDS-32E002, Issue1, Mar.1985

[4] A.Veith.H.Westerink, "Instrument and control in utility power stations and industrial power plants", German Technology Transfer Symposium, 1986

[5] Alan J. Laduzinsky, "Pixel-based software eases pain of real-time color graphics development", Control Engineering, Mar.1985

[6] Timothy J. Miller, "Ease of use, simplicity, flexibility are key requirements for process control graphics", Control Eng., June.1983

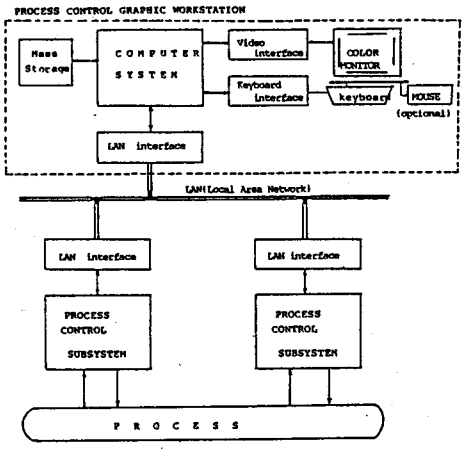


그림1. 발전소 그래픽 모니터링 시스템의 일반적인 구성

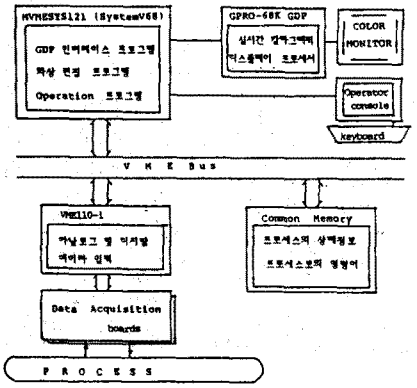


그림2. 발전소 운전 감시용 그래픽 모니터링 시스템의 기능 및 구성도

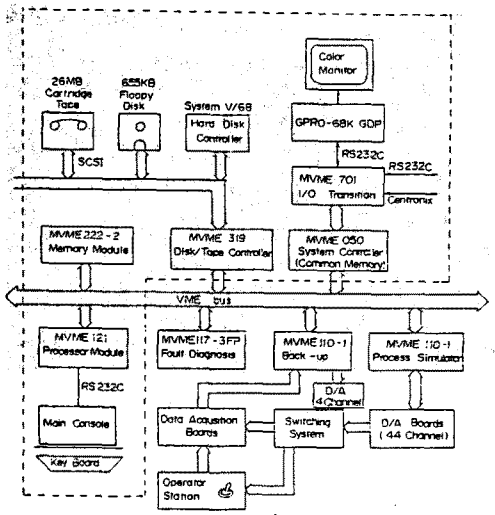


그림3. PTC의 그래픽 모니터링 시스템

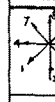
GRAPHIC MENU	NAME	DESCRIPTION
	mark move	'7' : left upper '8' : upper '9': right upper '4' : left '6': right '1' : left lower '2': lower '3': right lower
J[M][N]	Jump	Change the moving unit of mark [M],[N] are moving unit of mark to x-axis and y-axis
S	starting point	Center of circle or arc, starting point of line, the opposite point of rectangle or box
l	line	Draw a line from starting point to current position
d	dot	Draw a dot at current position
r	circle	Draw a circle (radius : starting point - current position
r	rectangle	Draw a rectangle from starting point to current position (대각선)
b	box	Draw a box from starting point to current position
a[M][N]	arc	Draw an arc with 45 degree unit (radius : starting point - current position) [M] : starting direction, [N] : final direction [M],[N] = 0,1,2,3,4,5,6,7. (표 2.7.4-2) 참조
t[string]	write string	Write [string] at current position until return key
x	erase	Erase a previous primitive (circle, dot, line, rectangle, or box)
X	erase string	Erase a previous string
B	clear	Clear current page (640 x 480)
R	redraw	Redraw current image
s[FILE]	save	Save current image to [FILE]
S[FILE]	load	Load image from [FILE]
?	manual	Display manual of symbolic drawer in main console
v[DIR]	valve	Draw a valve to [DIR] direction at current position (표 2.7.4-2) 참조
m[DIR]	pump	Draw a pump to [DIR] direction at current position (표 2.7.4-2) 참조
c[N]	color	Change color [N] 0 : background 1 : red 2 : green 3 : yellow 4 : blue 5 : violet 6 : cyan 7 : white
q	exit	exit to shell

표1. 화상 편집 프로그램의 메뉴

Symbol	Operand					Comments
d	color	ix	iy	fx	fy	dot
l	color	ix	iy	fx	fy	line
r	color	ix	iy	fx	fy	rectangle
b	color	ix	iy	fx	fy	box
c	color	x	y	radius	0	circle
a	color	x	y	radius	0	arc
v	color	x	y	dir	0	valve
m	color	x	y	dir	0	pump
t	color	x	y	string		string (up to 80 characters)
E						End

표2. Static 이미지파일의 구조

Symbol	Operand						Comments
v	index	color	x	y			Value display
b	index	color	x	y			Bar graph
t	index	color	x	y			Trend display
d	index	on-color	off-color	x	y		ON/OFF display
E							End

표3. Dynamic 이미지파일의 구조

MENU	Function
Q	Signal interrupt
S	Operation start
N	Operation without self testing
R	Restart with self testing
T	Self testing only
X	Make all processors stop
M	Make all processors to monitor program
p1	(Page 1) Ulsan power plant monitor
p2	(Page 2) Boiler load controller
p3	(Page 3) Heavy fuel oil controller
p4	(Page 4) Combustion air controller (Plane 1)
p5	(Page 5) Combustion air controller (Plane 2)
p6	(Page 6) Combustion air controller (Plane 3)
p7	(Page 7) Combustion air controller (Plane 4)
p8	(Page 8) Feedwater Controller
p9	(Page 9) Diff. pressure, feedw. bypass, circulation, blowdown controller
p10	(Page 10) Superheater controller
p11	(Page 11) Air heater, reheater controller
p12	(Page 12) Condenser tank level controller
m	Page status
F	Self fault diagnosis result
?	Manual of operation menu to main console
q	Exit to shell

표4. Operation 프로그램의 메뉴

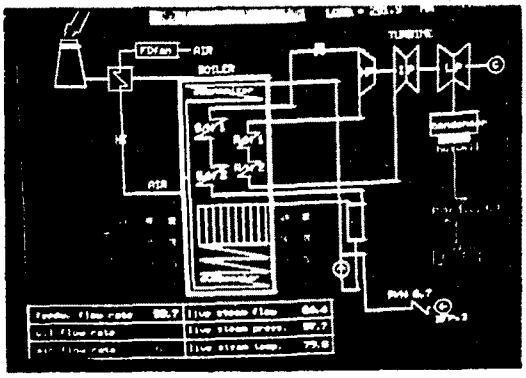


사진1. 발전소 운전상태의 overview

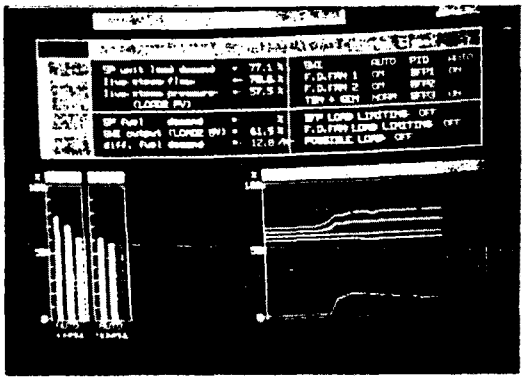


사진2. boiler load controller의 운전상태