

발전소 계측제어 분야에 광시스템 적용

신 건 학, 이 원 빈, 조 흥 근, 오 상 훈
한국전력공사 기술연구원 전자응용연구실

Fiber Optic System application for power plant measuring and control

KEON HAK SHIN, WON BIN LEE, HONG KEUN CHO, SANG HOON OH
Applied Electronic Department, Research Center, KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION (KEPCO)

Digitalization of processor and increase of control information need the fiber optic data network which has excellent noise immunity and high-quality, widebandwidth information transfer capability.

It is aimed to offer a fiber optic dataway system for measuring and control the power plant, that has high reliability, high data transmission rate and small cable duct with large transmission capacity.

I. 서 론

현재 국내 발전소의 계측제어 시스템의 구성을 살펴보면 대부분은 아날로그 제어장치에 의한 중앙 집중형으로 구성되어 있고, 일부계통에 디지털 제어장치가 부분적으로 적용되고 있다.

그러나, 최근의 전자기술의 진보, 발전에 따라서 발전소의 계측제어 시스템은 종래의 아날로그 기술에 비해 신뢰성, 조작성 내지 보수성이 높고 man-machine communication이 우수한 디지털화가 주류를 이루고 있으며, 머우기 종래의 컴퓨터 주체의 제어에서 마이크로 컴퓨터를 이용한 전용의 장치를 조합하여 유기적으로 상호 연결하여 계층구조의 분산형 디지털 제어시스템으로 개발, 적용되고 있다. 이러한 디지털 시스템에서는 계측 제어용 센서나 전송매체가 주어진 환경에서 얼마나 데이터를 정확하고 안전하게 수집, 전송하여 프로세서가 원활하게 일을 처리하느냐에 따라 전체시스템의 신뢰도가 결정된다. 특히, 발전소에서는 고전압, 고전류로 인한 영향이 크기 때문에 시스템 구성시 제어장치, 전송매체, 단말장치등을 위의 환경으로부터 보호해야 한다.

이러한 관점에서 무유도성, 절연성등의 제반특성을 가지고 있는 광시스템을 발전소 계측제어 분야에 도입함으로써 신뢰도를 보장하는 시스템 구성이 용이하며, 앞으로 신설 발전소의 경우 광전송망을 구축할 경우 duct 및 tray의 Space 를 대폭 절감할 수 있으며, 시스템 신뢰도 및 경제성이 우수할 것으로 판단되어 발전소의 어느분야에 광시스템을 전송함이 타당한가를 위해 기존 발전소 계측제어 시스템을 조사 분석한 결과를 토대로하여 적용범위 및 방법을 결정하여 실증시험 시스템을 구축하여 적용할 예정이다.

II. 실증시험시스템 개요

1. 시스템 적용기준

가. 원거리의 현장제어 계통

광시스템의 설치시 경제성은 적용대상에 따라 현저하게 그 평가가 달라지는 만큼 제어대상이 원거리의 현장제어 계통을 선정하였다.

광케이블의 장점은 EMI(Electro-Magnetic Interference), RFI (Radio Frequency Interference)에 대한 면역특성뿐만 아니라 기존 케이블에 비해 원거리인 경우에 경제성 측면을 보다 더 부각시킬 수 있다.

나. 서브루우프 제어계통

광시스템 도입시 초기단계부터 주제어 분야 즉, 터빈제어, 보일러 제어, 버너제어등에 적용하는 것보다는 비교적 기술적 접근이 쉽고 발전소 전체 계통에 대해 독립적 기능을 갖는 서브루우프 제어계통에 실증시험 시스템을 적용한 후 경제성 및 시스템 신뢰도의 성능 평가를 수행하므로써 점진적으로 주제어 계통에 도입할 수 있도록 한다.

다. 확장성 고려

현재의 집중제어형 계측제어 시스템의 일부를 분산형 시스템으로 구성함으로써 발전소 제어의 신뢰성을 향상시키는 한편, 앞으로의 추세인 계측형 분산제어 시스템으로 발전시킬 수 있는 구조로 구성하여서 신설 장비가 도입되거나 입출력 점수가 증가하는 경우에 대비하여 장래 시스템 확장이 용이하도록 한다.

라. 다중전송방식 적용

현장에서 배전반까지 신호전송의 양이 많은 계통에 광 다중전송 기기를 적용함으로써 장거리 신호 전송을 실현시키고 케이블 수를 대폭 줄일 수 있는 효과를 얻고자 한다.

2. 광시스템 설계의 순서

실증시험용 광시스템의 설계순서를 <표 1>에 나타냈으며 시스템에 주어진 조건을 명확히 할 필요가 있다. 전송할 신호의 종류, 용량, 품질, 단말기와의 인터페이스 조건등이 주어진다. 또한 전송거리, 광케이블 포설 조건, 맨홀등의 환경조건이 주어져 케이블 루우트도에 따라 사전 조사를 행한다.

최종적으로 시스템의 경제성, 신뢰성 보수성에 대해 당초 조건을 설정한다. 전체조건을 종합적으로 파악해서 우선 신호를 아날로그 전송과 디지털 전송을 선택하고 아날로그 전송인 경우 변조형식, 디지털 전송인 경우 부호형식을 결정하고 신호 다중화 방식과 전송 속도를 결정한다.

설계 순서	검 토 내 용
전제조건 명확화	신호의 종류, 용량, 품질, 인터페이스조건, 전송거리, 광케이블 포설조건
신호 형식의 선택	디지털, 아날로그
부호, 변조형식의 형태	디지털의 부호형식, 아날로그의 변조방식
다중화 방식의 선택	TDM의 전송속도, FDM의 대역, 광용 WDM의 광케이블 실선수, WDM의 사용여부
광섬유, 발·수광소자의 선택	사용 파장의 결정, 광섬유의선택 발·수광소자의조합
특성의계산, 경제성, 신뢰성, 보수성의 평가	SNR계산, 손실분배, 신뢰성평가, 경제성비교, 보수방식의 적합여부
판 경	주위의 온도, 진동등에 시스템 동작이 원활한가
전제조건 확인	전제조건 완화의 가능성 확인
설계 완료	

TDM: Time Division Multiplexing SNR: Signal to Noise Ratio
 FDM: Frequency " " Ratio
 WDM: Wavelength " " Ratio
 SDM: Space " " Ratio

[표 1] 광시스템 설계순서

방식이 결정되면, 광섬유, 발, 수광소자, 시스템의 주요 구성요소를 선택하고 사용하는 광의 파장, 광섬유의 보우드를 결정한다.

III. 실증시험 시스템 구성 및 사항

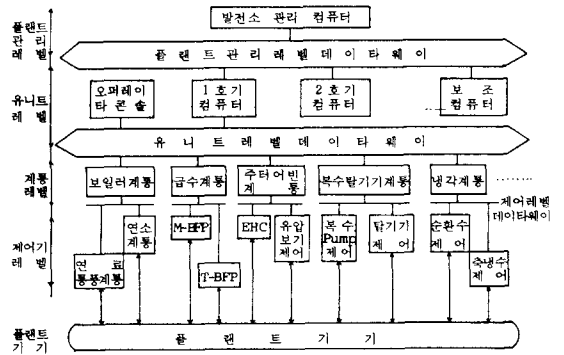
발전소 계측제어 계통에 적용되는 일반적인 계층구조의 분산형 디지털 제어시스템은 [그림 1]과 같다. 특히, 계층구조의 분산제어 시스템에서 정보전송 시스템은 요구 성능 및 사용목적에 따라 대개 2 개 이상의 레벨로 나눌 수 있는데 보통 상위 정보용 데이터웨이와 하위 제어용 데이터 웨어로 구분한다.

정보 데이터웨이에 의해서는 상위 범용 컴퓨터간의 데이터 전송이 이루어지고 하위의 제어용 데이터 웨이에 의해서는 각 독립기능을 갖는 프로세서 콘트롤러간의 컴퓨터와의 데이터 전송을 행한다.

하부 Field 기기와의 데이터 전송은 Point-to-Point 방식 혹은 다중화 방식이나, Serial 데이터 링크에 의한 와이어 셰어링 방식으로 구성한다.

상기의 기본 개념에 따라 실증시험 시스템 구성은 아래와 같다.

- 제어용 데이터 웨이 시스템
- 광다중 전송장치
- 광 회상 전송, 제어장치



[그림 1] 발전소 계측제어시스템 구성도

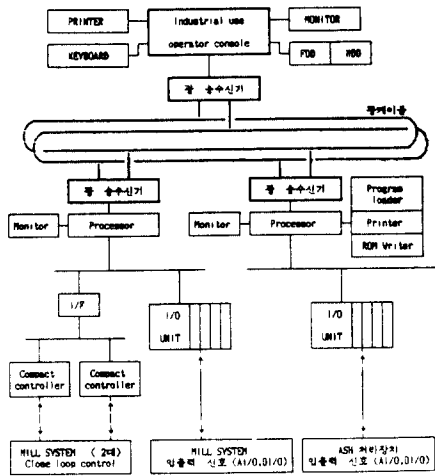
1. 제어용 데이터 웨이 시스템

시스템 구성은 [그림 2]와 같으며 맨머신 인터페이스 기능 및 중앙감시를 위한 오퍼레이터 콘솔 및 주변

기기와 각 계통마다 독립적으로 제어기능을 수행하는 프로세서 및 콘트롤러, 프로세서 입출력장치로 구성된다.

독립된 프로세서간 및 오퍼레이터 컴퓨터와의 정보통신은 토큰패싱에 의한 Broadcasting 통신기능을 갖는 프로세서 링크에 의해 이루어지며 입출력 장치와 프로세서간의 데이터 전송은 Serial데이터 통신인 터미널 링크에 의해 이루어 진다.

프로세서간의 전송로는 광섬유를 사용하며 각 노드의 광 송수신기에 의해 광·전신호 변환 및 통신이 이루어진다. 광케이블을 이중화함으로써 케이블의 절단시 예비선로에 의해 전송이 가능하도록 하며 노드의 고장시 전체시스템에 영향을 주지 않도록 하기 위한 바이패스 기능도 갖는다.



[그림 2] 실증시험구성도 (제어용 dataway)

현재 계통중 미시시스템은 PID 제어 기능을 갖는 계통으로 발전소 전체 계통에 독립적인 실행루틴과 제어기능을 가지며 Ash 처리계통은 감시제어 기능 및 리세스 제어기능으로 구성된다.

가. Operator Console

이 Operator Console 은 고성능인 마이크로 컴퓨터로 산업용으로써 필수적인 실시간 Multi TASK OS 와 퍼스널 컴퓨터의 범용 OS인 MS-DOS를 모두 갖춰 on-line,실시간 처리는 물론 입출력처리 용도와 특성에 따른 프로그램 언어 레벨로 용이하게 개발할 수가 있게 한다.

주프로세서, 연산프로세서, 복수의 입출력 프로세서등의 기능별 모듈화한 Architecture로 구성해야 하며, 고도의 프로그래밍 기능, 충분한 File저장용량, 다양한 접속기능 및 내화경성과 충실한 RAS 기능을 보유함으로써 산업용으로 적합한 구조를 갖게 한다.

(1) 기능

- 상태표시 및 고장 감시등의 display 기능
- 운전조작 설정등을 행하는 operator 기능
- Trend 기능
- 개측제어 기능
- Logging 기능
- 일보, 월보 기능
- 대화형 operation 기능
- 플랜트 재어를 행하는 프로그래머블 로직콘트롤 기능

(2) 하드웨어 사양

항목	사양	
본체	산업용 PC	
	CPU	16 bit
	ROM	64 KB
	RAM	640 KB 이상
	Clock Frequency	8 MHz 이상
	HDD	20 MB 이상
	FDD	1.2 MB 이상
모니터	Size	18 inch 이상
	color 수	16 색 이상 (동시 display)
	Resolution	640 H X 350 V 이상 해상도
	Character 수	180 Characters X 25 Lines
프린터	Print 방식	Impact Dot Matrix
	Speed	200 CPS
	Size	136 Column
	head Pin	4, 24 Pin

(3) 소프트웨어 사양

전용 OS	Real-Time, Multi-Task
범용 OS	MS-DOS
그래픽	대화형 Graphic 화면작성 작성결과 각 언어로 표시 가능
언어처리	MS-FORTRAN IO-FORTRAN C Support Real-Time BASIC
입출력 Package	PI/O 입출력 처리
통신 Package	Processor Link 전송처리 및 범용 통신처리

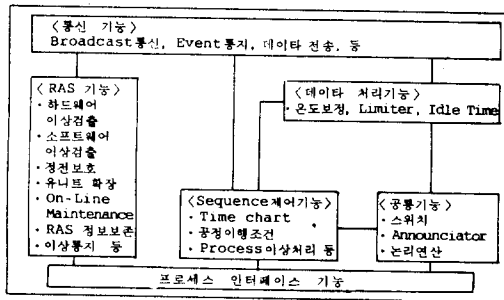
나. 프로세서

(1) 기능

리세스 연산, 산술연산, 데이터 조작, File 처리등 풍부한 기능을 갖도록 하며 프로그램 입력은 프로그램 Loader의 실행 key 를 조작하여 Ladder로써 직접 입력할 수 있도록 한다.

시스템의 하드웨어 구성은 각각 독립된 하드웨어 Component 를 네트워크화하여 최적 시스템을 Flexible 하게 구성할 수 있도록 하며 또한 입출력 장치 및 프로그래밍 Tool은 프로세서부의 기종에 상관없이 장래 확장의 경우에도 쉽게 대응할 수 있게 한다.

프로세서가 가져야 하는 기능을 개념적으로 표시하면 [그림 3과] 과 같다.



[그림 2] 프로세서의 기능도

(2) 하드웨어 사양

항 목	사	양
프로세서	제어방식	Stored 프로그램 제어
	제어기능	Cyclic 연산 제어
	명령어 언어	Language Suitable for Control Problem
	종류	기본명령 19종, 응용명령 73종
	연산속도	시퀀스 연산 : 1 - 1.5 us/명령
	수치연산데이터	BCD & Digits 2진 3 BIT
	메모리	IC-RAM, EPROM
	입출력수 DI/O	최대 1000 Point 이상
	AI/O	최대 200 point 이상
	Link 접속	Token passing 방식(전송속도: 5Mbps 이상)
	전압전력	1 - 5 V DC, 각종 Sensor입출력 interface
	전류입력	4 - 20 mA DC, 각종 Sensor입출력 interface
	접속Station 수	16 Station이상

다. 광 송수신기

(1) 기 능

광 송수신기는 광케이블을 이중화하여 사용자 광 포트용 이중화로 구성한다. 노드의 프로세서에 이상이 생기면 네트워크에 영향이 미치지 않도록 바이패스 시키고 케이블에 이상이 생기면 회선을 절체하여 쓰고 이중화 케이블 전체에 이상이 발생하면 루우프 백 (Loop back) 기능을 갖도록 한다.

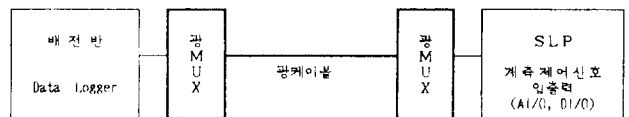
(2) 하드웨어 사양

항 목	사	양
신호 인터페이스	RS-232C, RS-422	
전송거리	2 km (노드간)	
전송속도	1 Kbps - 10 Mbps	
발. 수광소장	LED - PIN LD - APD	
광섬유	50/125 GI 형 석영계	
펄스 응답	상승	16 nsec 이하
	하강	10 nsec 이하
응답 지연	100 nsec 이하	
전원 전압	DC + 12V	
사용 온도	0 - 50 °C	
BER	10 ⁻⁷ 이하	

2. 광다중 전송기기

가. 기 능

광다중 전송기기는 발전소 구내에 산재해 있는 각종 기기의 운전상태 신호와 경보신호, 온도, 압력등의 계측 신호를 일괄적으로 취합 다중화하여 광섬유를 통하여 고속, 정확하게 전송하며 집중감시, 제어등에 사용목적을 둔다. [그림 4] 에서 보는 바와 같이 냉각수 계통의 펌프Area의 각종 계측신호를 다중화하여 배전반에 전송하므로써 기존 시스템에 연결하도록 설치한다.



[그림 4] 광다중전송장치 개념도

나. 사 양

항 목	사	양
신호 집접수	64Ports	
전송 주기	256 usec (18집접)	
최대 전송거리	1 Km	
적용 광섬유	GI 형 석영 50/125 um	
광 콘넥터	원추형	
신 호 입·출력 I / F	Di	무전압 집접 또한 오픈 볼텍타
	DO	오픈 볼텍타
	AI	각종 Sensor입출력 interface
	A0	각종 Sensor입출력 interface
동 작 조 건	온도	0 - 55 °C
	습도	40 - 90 % RH
공 급 전 원	AC 100V 60 HZ	

3. 광화상 전송장치

가. 기능

- 상하 (60°), 좌우 (340°) 조정
- 거리조정 : 0 ~ 250m
- 자동축절 조정
- 주위 온도조건 : -20℃ ~ +50℃

나. 시스템 사양

항 목		사 양
MONITOR		14" Color
CAMERA		COLOR 용
		10 - 250m (거리조정범위)
		육외형
광송수신기	전송거리	2 Km
	SNR	45 dB
	D G	5 %
	D P	5 °
	빛, 수광소자	LED - PIN PD
	광섬유	G1형 식영 50/125 um
	광분배타	원주형
	동작조건	온 도
습 도		40 - 90 % RH

배제하고, 기존의 제어케이블 수를 대폭줄이며, 높은 신뢰성과 확장성을 갖도록 하는데 그 목적이 있다.

<참고문헌>

1. 한국전력공사 기술연구원 연구보고서 "광시스템을 발전소 계측제어 분야에 적용방안 연구 (1 단계) 보고서" 1988.
2. TELEPH "fiber optic fits well at power generation station" Vol. 83, NO 10 15MAY 1979.
3. Dansker Dorel, "fiber optic link for power plant control and data communication systems" Power Engineering Vol.86, NO.2 Feb. 1982
4. 中村英一, "光大型 プロセス制御の実証 システム" (Light Large Scale Process Control System Verification)

IV. 결 론

최근 발전소의 계측제어 시스템의 구성이 중앙제어 방식에서 분산형 계측제어 방식으로 변환되어 제어의 신뢰성을 높이는 경향이 날로 증가하고 있다. 분산형으로 계측제어 시스템을 구성하여 독립된 제어장치가 현장의 계기 및 콘트롤러를 직접 제어하면 중앙처리장치에 의존하면 종래의 방식과는 달리 중앙처리장치의 Load를 분산시킬은 물론 부분적인 고장이 전체시스템에 영향을 미치지 않도록 한다.

이에 각 제어장치간과 중앙통제실 사이의 정보전송을 위해 대용량, 초고속의 전송매체 필요함에 이를 광케이블로 부우프를 형성하여 데이터 웨이를 구성한다. 한번 설치된 데이터 웨이는 장래 제어장치의 증가, 입출력 데이터의 증가에도 네트워크가 크게 변형되지 않도록 실증시험 시스템을 설계, 제작하여 실제통에 적용 시험을 시행함으로써 앞으로 발전소 계측제어 분야에 광시스템을 도입하여 전기적 잡음의 영향을