

필드버스 기술을 이용한 분산제어시스템

Distributed Control Systems Using Fieldbus Technology

이성우*, 광귀일**, 오웅세***, 송성일****
 (Sung Woo Lee, Kwi Yil Gwak, Eung Se Oh, and Seong Il Song)

Abstract - This paper outlines the three main fieldbus type standards: Foundation Fieldbus; WorldFIP; and the Profibus, each of which have great advantages over traditional instrumentation networking technology. The Paper shows, using their specification, how they improve traditional control and data acquisition methods. By analysing the main robust, how the can be used to distribute data around the control system, provided increased diagnostic information, are easy to implement, fault confinement, and move simple control operations from the main controller to the local environment. This will help to segment industrial plants into zones which can control themselves. The main control will then be responsibility high-level control, and interzone communications.

Key Words : DCS, Foundation Fieldbus, WorldFIP, Profibus, Physical layer, Data link layer, Application layer

1. 서론

필드버스는 각종 제어 및 자동화 시스템에서 필드에 설치된 장비들 간에 실시간으로 데이터를 교환하도록 하는 디지털 직렬 통신망이다. 필드버스는 단일 전송 매체를 사용함으로써 기존의 일-대-일(point-to-point) 통신방법에 비하여 배선에 소요되는 비용을 크게 절감할 수 있고, 기존의 아날로그 방식에 비하여 노이에 의한 영향을 줄일 수 있다. 양방향 통신을 제공함으로써 네트워크를 통하여 각종 필드기기들의 상태를 DCS(Distributed Control System)에서 모니터링할 수 있을 뿐만 아니라 센서의 주기적 보정과 같은 조치를 네트워크를 통하여 자동으로 수행할 수 있어 시스템의 운용 및 유지보수에 소요되는 비용을 크게 절감할 수 있다. 필드버스는 센서에서 측정된 Raw data에 대한 필터링, 선형화, A/D변환, 엔지니어링 유니트 변환 등의 각종 전처리 과정이 센서 내에서 완료되도록 하는 스마트 센서의 도입을 가능하게 하여 시스템의 전체적인 제어성능을 향상시킬 수 있다.

과거의 공정제어를 위한 신호 전송 체계로 3-15psi의 공압 계측 신호가 표준으로 사용되었고, 4-20mA의 전류 또는 전압의 아날로그 신호가 표준으로 채택되었다. 현재는 시리얼 인터페이스(전형적인 RS232, RS485등) 그리고 디지털 기술을 이용하는 통신망 신호 전송 체계의 필요성이 대두되기 시작하면서 필드버스 기술이 개발되기 시작하였다. 이와같이 시간이 지남에 따라 진보된 시장 흐름을 그림 1에 나타나 있다.

본 논문에서 제시하고자 하는 필드버스 형태는 미국에서

제안된 Foundation Fieldbus[1], 프랑스에서 제안된 WorldFIP[2], 독일에서 제안된 Profibus[3] 3가지에 대해서만 설명하고자 한다.

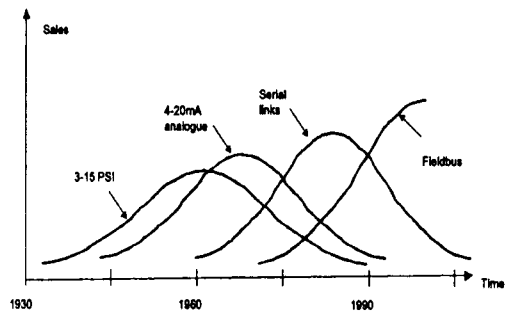


그림 1 현장제어의 시장 변화

첫째 Foundation Fieldbus의 물리계층의 요구사항은 IEC 61158-2[4]에 정의되어 있고, 전송속도는 31.25Kbp와 1.0Mbps, 그리고 2.5Mbps가 있다. 31.25Kbp 사양은 이미 존재하는 4-20mA 선로상에 동작하도록 되어 있어 적은 비용으로 공장을 개량시킬 수 있다. 두 번째 WorldFIP는 중앙 집중식, 분산식, 마스터/슬레이브식 등 다양한 구조의 시스템에 사용될 수 있으며 지능형 기기의 사용과 제어기 및 데이터의 분산을 가능하게 한다. 세 번째로 Profibus는 FMS (Fieldbus Message Specification), DP(Distributed Peripherals), PA(Process Automation) 세 가지 주요 형태로 나누어진다. FMS와 DP는 RS-485 신호를 사용하고, PA는 저속도인 IEC 물리계층을 사용한다.

저자 소개

- * 正 會 員 : 전력연구원 I&C 그룹 선임연구원
- ** 準 會 員 : 전력연구원 I&C 그룹 선임연구원
- *** 準 會 員 : 전력연구원 I&C 그룹 책임연구원
- **** 準 會 員 : 전력연구원 I&C 그룹 수석연구원

2. FOUNDATION Fieldbus(FF)

2.1 FF Topology

아나로그 전송방법과 디지털 필드 통신방법은 단일 프로세스 변수의 전송을 위해 Twisted-pair 케이블이 필요하다. 이 케이블의 연결 방법에는 Daisy chain, Bus(Spur 포함), Tree 3가지 방법을 그림2에 설명한다.

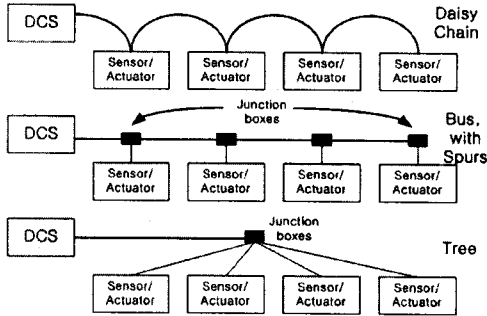


그림 2 필드버스 연결 토폴로지

2.2 FF 구조

FF구조는 크게 물리계층, 통신 스택(데이터링크, 응용계층 포함), 사용자 계층으로 나누어지며 이들 관계는 그림 3에서 나타내었다. Blocks은 사용자 계층에서 사용되며, 자원블럭(Resource Block), 트랜스듀서 블럭(Transducer Block), 기능블럭(Function Block) 3가지 블럭[5]이 있다. 본 논문에서는 사용자계층의 세 가지 Block과 Device Definition에 대해서만 설명하고자 한다.

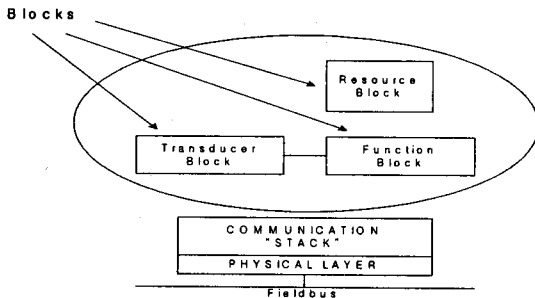


그림 3 Foundation Fieldbus 구조

1) **Resource Block** : 디바이스명, 제조업체, 시리얼 번호 등과 같은 필드 디바이스 자체의 특성을 나타낸다. 자원블럭은 제조업체가 작성한다.

2) **Transducer Block** : 센서값을 읽어들이고, Calibration 날짜와 센서 타입의 정보를 저장한다. 기능블럭의 입력력을 연결하는 Link Object, 로컬 트렌드 기능을 하는 Trend Object, 알람과 이벤트등을 통보하는 Alert Object, 동적 정보와 정적 정보를 제공하는 View Object가 있다.

3) **Function Block** : 제어시스템 기능을 블록화 시켜놓은 것으로써, 입력력 파라미터들은 필드버스내에 링크되고, 실행은 정밀하게 스케줄링되어 있으며, 기능은 필드버스 장치내에 구축되어 있다.

4) **Fieldbus Device Definition** : 필드버스 장치의 기능은 블록의 배열과 상호연결에 의해 결정된다. 디바이스 기능들은 VFD(Virtual Field Device)를 통해 필드버스 통신 시스템에 나타내어진다. VFD와 Object description과 연결된 데이터는 VCRs(Virtual Communication Relationships)을 사용해서 필드버스 네트워크를 통해 원격으로 Access할 수 있다. 이 관계는 그림 4에 설명되어 있다.

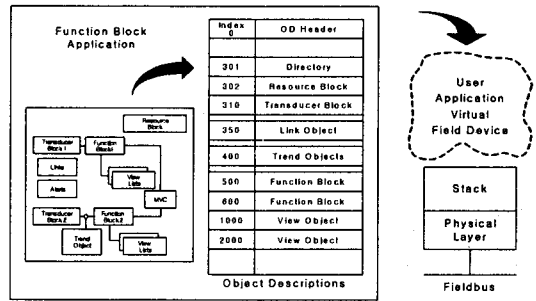


그림 4. 가상 통신관계

2.3 데이터 링크 계층

데이터링크 계층의 주된 기능은 필드버스 매체로의 메시지 전송 제어이다. LAS(Link Active Scheduler)라는 버스 스케줄러를 통해서 필드버스의 메시지 접근을 관리한다. 이 프로토콜은 Token passing 과 버스 Schedule에 의한 데이터 전송을 지원한다. Token passing을 이용해서 비주기적 데이터를 전송하고, 버스 Schedule을 이용해서 주기적 데이터를 전송한다.

3. WorldFIP

WorldFIP 프로토콜[6]도 개방형 시스템이며, 국제적인 필드버스 표준(IEC 61158)이다. 이 필드버스는 "0" 레벨(센서와 액츄레이터) 과 "1" 레벨(DCS, PLC, Controller 등)과의 인터페이스로 사용된다. 이 프로토콜에는 생산자, 분배자, 소비자의 역할이 있고, 데이터는 모든 소비자가 인식할 수 있는 유일한 식별자를 가진다. 대부분의 트래픽은 결정적이고(Deterministic) 순환적이나, 재 전송하지 않으며, 수신 확인은 필요하지 않고, 다중 전송이 사용된다. 트래픽의 결정론적 성질은 중앙 매체 접근 제어기, 분배자 혹은 버스 조정자를 통해 결정된다. 그림5는 WorldFIP의 계층구조를 나타낸 것이다.

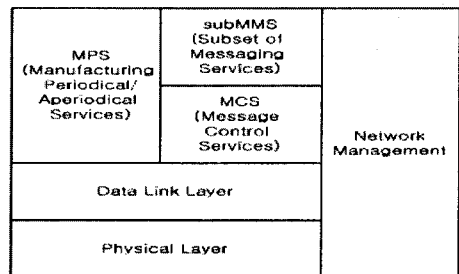


그림 5. WorldFIP 계층 구조

3.1 물리계층

WorldFIP의 물리 계층은 IEC 61158 국제 규격안을 채용하고 있으며 버스에 연결된 각 기기간의 정보의 전달을 가능하게 해준다. 전송매체는 차폐 꼬임 쌍선(Shielded twisted pair)이나 광섬유 등이 될 수 있다. 본 논문에서는 꼬임 쌍선을 주 대상으로 설명하기로 한다. 데이터의 전송 속도는 다음의 세 가지 등급으로 구분된다.

- S1 : 31.25kbps (저속)
- S2 : 1Mbps (중속)
- S3 : 2.5Mbps (고속)

위의 사양에서 보통 S2가 사용이 되며 매체를 광섬유로 할 경우 5Mbps까지 가능하다. 부호화 방식은 가장 간단한 방법 중 하나인 맨체스터 부호(Manchester code)를 사용하며, 데이터 링크 계층에 의해 전송될 비트를 부호화 한다. 맨체스터 부호화 방식은 이더넷을 비롯하여 현재 통신망에서 많이 사용되고 있다.

모든 FIP의 프레임(요구 프레임, 응답 프레임, 메시지 프레임 등)은 다음의 세 부분으로 구성되어 있다.

1) FSS(Frame Start Sequence)

- PRE(PREamble) : 송신측 클럭과 동기시키기 위해 수신측에 의해 사용된다(8비트).
- FSD(Frame Start Delimiter) : 유효한 데이터(CAD)의 시작을 알리며 동화(Equalization) 비트 EB+로 끝난다(6 비트).

2) 데이터 및 검사 필드(Data and Check Field)

- CAD(Control And Data) 필드: 데이터 링크 계층으로부터의 논리적 정보("0"과 "1")만을 갖는다.

3) 프레임 종료 신호 (FES : Frame End Sequence) : 동화(Equalization) 비트로부터 시작하며 CAD의 끝을 의미한다(7 비트).

그림6은 WorldFIP의 프레임 구조를 나타낸 것이다.

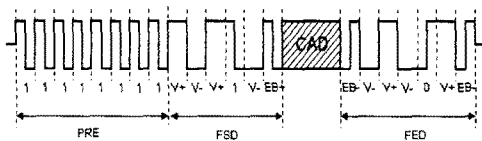


그림6. WorldFIP의 프레임 구조

따라서 물리계층에서 실제 데이터(CAD)에 추가되는 부호는 모두 21비트이다.

3.2 데이터 링크 계층

데이터 링크 계층에서는 두 가지 타입의 전송 서비스를 제공한다. 하나는 식별자를 가진 변수(Identified variable)의 교환이며 다른 하나는 메시지의 전달(Message transfer)이다. 이러한 데이터의 교환은 주기적 전송과 비주기적 전송으로 나뉘어진다. 우선, 주기적인 전송에서는 시스템이 구성될 때 전송되어야 하는 모든 객체(변수와 메시지)들의 이름과 주기 특성이 지정되어 사용자의 요구 없이도 데이터 링크 계층에서 자동적으로 데이터의 교환이 이루어진다. 비주기적인 전송은 사용자의 요구에 의해서 이루어지기도 하며, 어떤 조건을 만족하거나 특정한 상황이 되면 발생한다. 여기서는 하나

이상의 비주기적 변수 값이나 메시지의 전송이 이루어진다.

3.3 응용계층

WorldFIP의 응용 계층 서비스는 세 가지의 집단으로 분류된다.

- 버스 아비터 응용 서비스(ABAS: Arbiter Bus Application Service)
 - 생산주기/비주기 서비스(MPS: Manufacturing Periodic/Aperiodic Service)에 의한 시간이 중요한(time critical) 통신, 실시간 통신의 보증, 변수의 동기
 - SubMMS(Subset of messaging services-MMS ISO 9506) : 발신기, 조작기, 입력력 멀티플렉서, 운용자 콘솔, 프로그래밍 콘솔, PLC 등 6종류의 장치가 정의되고 있다.
- 이 절에서는 주로 MPS를 설명한다. MPS 응용 계층이 사용자에게 제공하는 서비스는 다음과 같다.
 - 국부적읽기/쓰기 서비스 (Local read/write services)
 - 원격읽기/쓰기 서비스 (Remote read/write services)
 - 변수전송/수신지시(Variable transmission/reception indications)

- 소비된 정보의 신선성에 대한 정보 (Information on the freshness of information consumed)
- 데이터의 공간적/시간적 일치성에 대한 정보(Information on the spatial and temporal consistency of data)

WorldFIP의 경우 데이터 링크 계층은 응용 계층에서의 명령이나 데이터의 변경이 없어도 처음에 설정된 작업을 계속하여 반복적으로 수행하기 때문에 사용자 입장에서 데이터의 유효성을 보장 받으려면 응용 계층에서의 전송에 대한 사항을 필수적으로 고려하여야 한다.

4. Profibus

Profibus는 공정자동화에 광범위하게 사용되는 개방형 필드버스이다. Vender-independent와 개방형 특성은 유럽 표준 EN 50170과 EN 50254에 명시되어 있다. Profibus는 멀티마스터형 필드버스이며, 이 시스템에는 마스터와 슬래브 장치가 있다. 127대의 스테이션까지는 9.6kbit/s에서 12Mbit/s까지의 전송속도를 선택하여 데이터 전송을 할 수 있고 전송수단에는 RS-485, 또는 광케이블이 사용되고 있다. Profibus는 3가지 Communication Profiles[7]를 가지고 있다.

1) Profibus-FMS(Fieldbus Message Specification) :

오브젝트 지향의 모델로써, PLC, DCS, PC 등의 인텔리전트 스테이션간 통신에 강력한 어플리케이션층 기능을 발휘하고 있다.

2) Profibus-DP(Decentralized Periphery) :

컨트롤러와 메모리보드 I/O, 드라이브 등 필드 장치간의 고속 데이터 전송을 가능하게 한다. 특히 실시간성이 중요한 요소로 작용하는 자동화 시스템과 분산되어 있는 주변기기 사이의 통신에 사용된다.

3) Profibus-PA(Process Automation) :

공정제어 자동화를 위한 것이다. 이것은 자동화 시스템과 분산되어 있는 필드기기를 연결한다. Function block의 기능을 사용하고 있고, IEC 61158-2로 지정된 물리층 사양을 위기 대책옵션으로 사용하고 있으며 통신용 버스 케이블을 사용해서 각 노드로의 전력공급을 가능하게 하였다.

5. 필드버스 기반의 DCS 구성 방안 검토

필드버스를 신규 플랜트에 설치하면 배선에 소요되는 비용을 절감할 수 있으며, 다른 디지털 프로토콜에 비하여 많은 정보를 제공할 수 있다. 필드버스 규격이 개방형 표준으로 채택되어 있으므로 같은 유형(Type)의 필드버스를 이용하는 어떤 시스템도 서로 호환이 가능하여 사용할 수 있다. 또한, 이 기종 필드버스간의 공통 응용계층 규격도 개발되어 있어 응용층 호환도 조만간 실현될 것이다. 기존에 설치되어 있는 시스템을 완전히 교체하기란 재정적인 손실이 크고 설치기간이 길어 많은 사용자들이 기존 시스템을 부분적으로 Upgrade 하는 경우가 많다.

필드버스는 Sensor level, Device level 및 Control level로 나눌 수 있으며 대형 플랜트에 적용하는 범위는 주로 Device level로서 각종 현장기기 및 구동기를 제어설비(DCS)와 통신으로 연결하는 목적으로 사용 된다. 현장계기에서 DCS로 입력되는 상태신호, 즉 Opened, Closed, Fault, Level 신호 등과 DCS에서 현장계기로 전송되는 명령신호 등 다수의 신호를 통신을 통하여 송수신하고 현장에서 수행하여야만 했던 각종 계기의 교정 및 진단 등의 부가적인 기능이 원격지에서 수행할 수 있어 유지보수성 향상에 따른 경제적 효과가 크다. 따라서 기존 DCS에 필드버스를 통합하여 사용하면 일부 기능이 DCS에서부터 필드버스로 이동하고, Area 사이의 상호운용성과 High-level 제어 기능은 DCS에 남게 되고 Low-level 제어, Parameter Calculation, Alarm handling, Local area control 등은 필드에서 제어를 하게 된다. 이런 관계를 그림 7에서 설명하고 있다.

요구사항에 맞추어 주요 필드버스의 특징을 적절히 활용하여 적용하면 과거 제어시스템보다 더 강인하고, 분산된 데이터를 제어시스템에 사용할 수 있을 것이다. 또한, 구현이 쉽고, 진단 정보를 제공하고, 고장을 줄여주며, 주제어에서부터 필드 계기까지 간단히 제어할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Foundation Fieldbus H1 Technical Specifications. 2001.5
- [2] *General Purpose Field Communication System*, prEN 50170, WorldFIP, 1995.
- [3] *DIN 19 245 Profibus Standard*, Profibus Trade Organization, 1993.
- [4] IEC 61158-2 International Standard, "Physical Layer Specification and Service Definition" 2003. 5
- [5] *Fieldbuses for Process Control : Engineering, Operation, and Maintenance*. Jonas Berge. 2002
- [6] WorldFIP Specification, J.De Azevedo.
- [7] "원전 분산제어시스템용 고신뢰 네트워크 기술개발" 과제 최종보고서. 1999

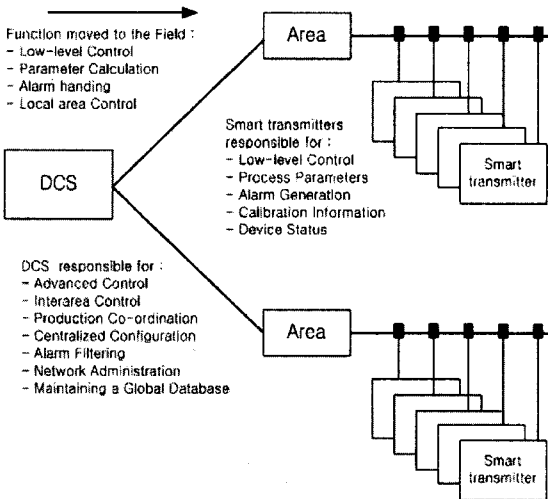


그림 7 DCS와 필드버스 시스템 기능

6. 결론

본 논문은 3가지 주요 필드버스인 Foundation Fieldbus, WorldFIP, 그리고 Profibus의 표준에 대한 분석과 이러한 필드버스를 사용한 DCS의 구성방안에 대해 검토하였다. 필드버스를 DCS와 연결하여 사용하면 과거의 제어와 데이터 취득 개선 방법에 도움이 될 것이다. 특히 특정 제어시스템의