

센서 레벨 네트워크 필드버스 기술 개요

洪 承 鎬

漢陽大學校 制御計測工學科

1. 서론

최근 수년 간에 걸쳐 이루어진 센서기술의 발달과 컴퓨터를 이용한 데이터 처리능력의 혁신적인 발전은 대형의 복잡한 제어시스템을 실시간으로 운용하는데 있어서 막대한 양의 정보를 적절히 처리할 수 있는 기술을 요구한다. 예를 들어, 제철 및 화학공장의 공정제어에 있어서 여러 단계의 복잡한 공정의 상태에 관련된 정보는 다양한 센서들에 의하여 감지되어 제어컴퓨터에 전달된다. 또한 제어컴퓨터에서 생성되는 데이터는 자동화장비들의 각 구동장치로 분배된다. 이와 더불어 전체공정의 운용 및 관리와 제품의 품질 검사 및 시험에 관련된 데이터들도 적절히 전송되어야 한다. 공장자동화시스템에서도 수많은 로봇, PLC, CNC, AGV, 컨베이어, 자동창고 등 자동화 관련장비들의 시간적, 공간적인 작업상태와 작업환경에 대한 무수한 정보들은 다양한 센서들에 의하여 감지되어 제어컴퓨터로 전달되어야 한다. 이러한 막대한 양의 데이터들을 적시에 수집하여 가공한 후 적시, 적소에 분배해 줄 수 있는 데이터전송기술의 확보는 미래의 첨단생산시스템으로 인식되는 CIM (Computer Integrated Manufacturing) 및 분산 제어시스템 (Distributed Control System)의 구축을 위한 선결과제라 할 수 있다.^[1-4]

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 최근에 와서 대형의 복잡한 제어시스템을 여러개의 분산된 부시스템으로 모듈화하고, 각각의 부시스템들을 제어하는 컴퓨터들을 네트워크로 연결하는 컴퓨터통신망의 사용이 확산되고 있다. 대형의 복잡한 시스템을 여러 개의 분산된 부시스템으로 모듈화 시킴으로써 (1) 시

스템 구축 시 설계의 변화와 개선에 용이하게 대처하고, (2) 시스템의 운용에 있어서 유연성을 제공하며, (3) 시스템의 유지, 보수와 감시기능을 용이하도록 하고, (4) H/W 및 S/W의 변환에 소요되는 비용을 크게 줄이는 등의 효과를 얻을 수 있다. 여러개의 분산된 부시스템들에서 생성되는 센서정보와 제어관련 정보들은 네트워크를 통하여 교환되며, 네트워크는 실시간 제어시스템의 백업(back-up) 장비의 제공을 용이하게하여 신뢰도를 증가시키고, 고가의 희귀한 장비들을 부시스템들 간에 서로 공유할 수 있도록 한다.

네트워크를 통한 시스템의 제어기술은 비용에 관계없이 시스템의 신뢰도와 성능에 우선순위를 두는 항공/우주 및 핵발전 분야에서부터 시작되었다. 미국, 유럽 등의 기술선진국에서는 1970년대 부터 최신에 항공기와 인공위성의 제어시스템 및 핵 발전소의 공정제어시스템에 네트워크를 이용한 디지털 분산제어기술을 활발히 도입하여왔다.^[4,6] 과거 약 10여년간에 걸친 컴퓨터 및 통신기술의 급격한 발전은 관련 H/W 및 S/W의 비용을 크게 감소시켰고, 이제는 거의 모든 산업으로 확장되고 있는 추세이다. 최근에 와서는 자동차의 제어기능이 고도화 됨에 따라 자동차에서도 네트워크 기술의 도입이 추진되고 있다.^[7,8]

생산시스템 분야에서는 이기종의 장비들 간의 통신을 위한 표준화된 네트워크 시스템의 필요성을 절감하여 1980년대 초부터 미국의 자동차 회사인 GM을 주축으로하여 공장자동화용 네트워크인 MAP의 개발이 이루어져 왔으며, 최근에는 공장자동화용 실시간 네트워크로 Mini-MAP의 개발을 완료하였다.^[9] 또한 1980년대 중반부터는 생산현장의 필드에 설치된 각종 자동화 및 분산제어 관련 장비들에서 생성되는 제어 및 자동화 관련 정보의 통신을 담당하는 필드버

스 네트워크가 출현하였다. CIM과 같은 첨단생산시스템에서 네트워크의 구성은 일반적으로 그림 1과 같은 계층구조를 갖는다.¹⁾

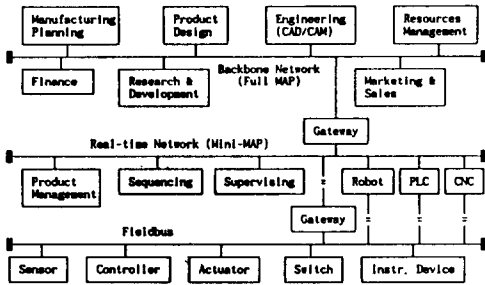


그림 1. 첨단생산시스템에서 네트워크의 구성

Backbone 네트워크: 시장조사, 제품의 주문/판매, 회계관리, R&D 등의 사업관련정보와 생산계획, CAD/CAM, 원료수급, 자재관리, 장비관리, 품질관리 등의 제품생산 관련정보를 처리하며, 대표적인 네트워크시스템으로는 현재 공장자동화 네트워크의 국제 표준모델로 정착 되어가고 있는 MAP이 있다.

Real-Time 네트워크: 단위공정별 작업순서의 결정, 작업상태 감시, 로봇, PLC, CNC 등의 생산장비들 간의 상호작용과 이들의 제어 및 모니터링 기능을 수행하는 단위공정 관련정보를 처리하며, 대표적인 네트워크 시스템으로는 Mini-MAP이 있다.

Fieldbus 네트워크: 필드에 설치된 각종 센서, 단일루프제어기, 소형 PLC, 모터, 밸브, 로봇, CNC 등의 동작기계를 비롯하여 이러한 장비들을 제어하는 다중루프 제어기, 중대형 PLC 등의 자동화기기 관련정보를 처리하며, 첨단 생산시스템의 네트워크 구조상 가장 기본이 되는 계층이다.

종래의 제어시스템에서 계층기들은 4-20 mA의 아나로그 신호들을 그대로 전송하거나, RS-232 등과 같은 병렬통신장비들에 의하여 point-to-point 방식으로 연결되었다. 이러한 방식에서는 배선 및 통신관련 H/W와 S/W 접속 및 설치에 많은 비용과 노력이 소모되며, 시스템의 설계와 유지보수도 매우 어렵게 된다. 또한 시스템을 확장하거나 새로운 장비를 추가로 설치하여야 하는 경우 그에 따르는 배선 및 통신관련 장비들을 추가로 설치하여야 하고, 통신시스템의 고장 파악과 이의 수리도 용이하지 않다. 특히 하나의 데이터를 여러개의 분산된 장비들에게 동시에

전송할 경우 이러한 데이터를 각각 따로 보내야 하는 등의 결점이 있다. 이러한 단점들을 해소하기 위하여 broadcast방식의 시리얼 통신을 통하여 제어관련 디지털 데이터를 실시간으로 지원하는 필드버스는 새로운 개념의 통신 프로토콜이 출현하게 되었다. 필드버스 시스템을 사용함으로써 기대되는 효과들은 다음과 같은 것들이 있다.

- 여러 기기들 간의 통신에 단일 케이블을 사용함으로써 배선, H/W 접속 및 이와 관련된 S/W의 비용을 크게 절감할 수 있으며, 시스템의 분석, 설계, 설치 및 유지보수에 소요되는 비용을 줄일 수 있다.
 - 네트워크의 모듈화 특성에 따라 설치 및 유지보수가 용이하고, 또한 시스템의 확장 및 변형을 용이하게하여 시스템 운용에 유연성을 제공한다.
 - 케이블 단선등의 결함을 쉽게 탐지함으로써 시스템의 신뢰도가 증대된다.
 - 네트워크를 통하여 하나의 데이터를 여러개의 노드에 동시에 전송함으로써 데이터의 일관성이 유지된다.
 - 디지털 통신기술을 사용함으로써 노이즈에 의한 데이터 결함을 크게 완화한다.
 - 센서노드에서 데이터를 전송하기 이전에 A/D 변환, 필터링, 선형화, 스케일링 등의 작업을 수행함으로써 데이터 전처리기능의 제공이 용이해진다.
 - 시스템 변수 및 사건발생의 표시 및 기록이 용이해짐으로써 사용자가 시스템을 쉽게 관리 및 운용할 수 있다.
 - 고가의 희귀한 장비들을 서로 공유할 수 있다.
- 필드버스의 이러한 특성 때문에 현재 미국, 유럽, 일본 등의 기술선진국에서는 수년전부터 필드버스에 관한 많은 연구와 개발이 수행되고 있다.¹⁰⁾ 본 고에서는 필드버스의 기능 요구사항과 기본구조에 대하여 알아보고, 현재 선진국에서 진행되고 있는 필드버스 관련기술의 연구 및 개발 현황과 앞으로의 전망에 대하여 기술하며, 마지막으로 국내에서 필드버스 관련기술의 확보를 위한 연구 및 개발 방안을 제시하고자 한다.

II. 필드버스 기능요구사항 및 구조

필드버스에 접속되는 각종 제어관련 기기들에서 생

성되는 데이터들은 (1) 데이터 도착주기가 주기적(피드백제어) 또는 비주기적(시퀀스제어)이고, (2) 데이터 길이가 일반적으로 짧으며, (3) 매우 짧은 응답시간의 범위에서 실시간동작을 요구하는 등의 특징을 가지고 있다. 따라서 필드버스는 기본적으로 다음과 같은 기능 요구사항을 만족하여야 한다.

- o 짧은 데이터의 전송을 위하여 메시지 오버헤드가 상대적으로 작아야 한다.
- o 주기적인 트래픽과 비주기적인 트래픽을 동시에 처리할 수 있어야 한다.
- o 데이터 전송지연시간이 제한되어야 한다.
- o 적절한 데이터 에러제어기능이 제공되어야 한다
- o 기기들간에 동기화를 위한 타이밍 신호를 제공할 수 있어야 한다.
- o 충분한 대역폭을 제공할 수 있어야 한다.
- o 단점고장에 대비하여 예비장비를 제공할수 있어야 한다.
- o 신호 라인을 통하여 전력을 공급할 수 있어야 한다(선택사항).
- o 열악한 EMI 환경에서 작동되어야 하고, 충분한 안전성을 유지하여야 한다.
- o 저렴한 가격으로 구현될 수 있어야 한다.

컴퓨터 통신망은 일반적으로 OSI(Open Systems Interconnection) 7계층 모델을 따르나, 필드버스시스템은 위에서 언급한 기능 요구사항을 만족시키기 위하여 그림2에 나타난 것과 같이 응용계층(application layer), 데이터링크계층(data link layer) 및 물리적계층(physical layer)의 3 계층구조를 갖는다.

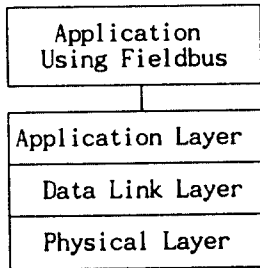


그림 2. 필드버스 계층구조

필드버스의 물리적 계층에서는 일반적으로 단순하고 구축이 용이한 버스트폴리지를 사용한다. 배선은 주로 가격이 저렴하고 망접속이 용이한 트위스트페어선을 사용하며 특별히 동축케이블이나 광섬유를 사용

할 필요가 있는 경우에는 이를 선택적으로 사용한다. 코딩방식은 단순하고 구현이 용이한 Manchester 또는 NRZ방식을 사용한다.

데이터 링크계층은 매체접속제어(media access control)계층과 논리링크(logical link)계층으로 나뉜다. 필드버스의 매체접속제어 방식은 크게 (1)폴링에 의한 중앙접속제어, (2)토큰-패싱에 의한 분산접속제어 및 (3)폴링과 토큰-패싱의 혼합방식으로 나뉘어진다. 폴링과 토큰-패싱 방식들은 모두 순환서비스를 기본원칙으로 운용된다. 즉, 폴링신호 또는 토큰은 네트워크 내의 모든 노드들을 차례로 방문하며, 각각의 노드에서는 폴링신호 또는 토큰이 도착되는 순간에 전송큐에 대기하고 있는 데이터를 전송한다. 폴링방식에서는 폴링신호를 각 노드에 분배하는 하나의 마스터노드가 존재하며, 이러한 마스터노드가 네트워크 내의 모든 노드들 간의 데이터 전송을 관장한다. 따라서 폴링 방식에서는 마스터노드에 네트워크 운용에 관련된 모든 기능을 부여함으로써, 네트워크 시스템을 용이하게 관리할 수 있는 등의 장점이 있으나 마스터노드에 고장이 발생할 경우 네트워크 기능이 완전히 중단되는 등의 단점이 있다. 이를 보완하기 위하여 마스터의 역할을 수행하는 노드들을 네트워크 내의 여러곳에 분산시킨다.

논리적 링(logical ring)을 따라 순환하는 토큰에 의하여 데이터가 전송되는 토큰-패싱방식은 각각의 노드들이 어느정도의 지능을 가지고 있어 고장 등의 상황 변화에 따라 논리적 링을 재구성하는 등 신뢰도 면에서 월등하나 폴링 방식보다는 복잡한 구조를 갖는다. 필드버스의 논리링크는 네트워크에 접속되는 프로세서가 요구하는 통신방식의 특성에 따라 (1) 상대방에게 데이터를 전송한후 응답을 요구하지 않는 SDN (Send Data with No Ack.) (2) 상대방에게 데이터를 전송한후 응답을 요구하는 SDA (Send Data with Ack.) (3) 상대방에 데이터전송을 요구하는 RDR (Request Data with Response) (4) 상대방과의 데이터전송과 수신을 동시에 수행하는 SDR (Send Data with Response) 서비스 등을 제공한다.

필드버스의 응용계층은 원격변수의 판독 및 기록, 메시지전달 (프로그램코드 및 데이터), 프로그램 관리, 이벤트 관리 등과 같은 필드장비의 운용에 관련된 서비스들을 제공한다. 그밖에 노드간의 동기화기능과 네트워크 관리기능들이 추가된다. 그러나 필드

버스에서는 주기적으로 샘플링되는 데이터의 순환서비스(cyclic service)와 같이 필드버스 환경에서만 요구되는 서비스를 추가로 제공하여야 하므로 필드버스의 응용계층은 MAP과 Mini-MAP의 응용계층에서 사용되는 MMS(Manufacturing Message Specification)와 일치하지는 않는다. 이외에 필드에 설치되는 기기들간의 접속과 전송되는 데이터의 일관성을 유지하기 위한 구문의 변환 및 네트워크 관리기능 등을 제공한다.

Ⅲ. 필드버스의 현황

필드버스의 효시는 1970년대에 미국의 핵발전소에 설치된 CAMAC(Computer Automated Measurement And Control)이라 할 수 있다. CAMAC은 핵발전소의 고도의 안전성을 위하여 비용에 관계없이 핵발전소 시스템의 신뢰도와 유연성을 향상시키기 위하여 개발되었다. CAMAC은 348 Kbyte/sec의 데이터 전송속도를 가지며, 추후에 IEEE 583 표준안으로 채택되었다. 이와 비슷한 시기에 항공/우주산업 분야에서는 급속하게 발전하는 전자제어장비들을 항공기 및 인공위성시스템에 용이하게 도입하기 위한 목적으로 MIL-STD-1553B 네트워크시스템을 개발하였다. MIL-STD-1553B는 항공기에 설치되는 전선의 무게를 크게 줄이고, 항공기를 설계 및 제작하는데 있어서 유연성을 제공한다. MIL-STD-1553B는 1Mbit/sec의 데이터 전송속도를 가지며 폴링방식으로 동작된다.

1980년대에 들어서 컴퓨터 및 통신기술이 급속하게 발전하고 이에 반하여 관련장비의 가격이 크게 저하됨에 따라 공장자동화 및 공정제어시스템에 네트워크의 도입이 추진되었다. 공장자동화 분야에서는 OSI 7 계층구조를 가지는 MAP 시스템과, 이를 실시간시스템에 적용하기 위하여 응용계층, 데이터링크계층, 물리계층의 3 계층구조로 축소한 Mini-MAP 시스템이 개발되었으며, 공정제어 분야에서도 1984년도에 Mini-MAP과 유사한 구조를 가지는 PROWAY(PROcess highWAY)^[11] 시스템을 개발하였다. PROWAY는 추후에 ANSI/ISA S72.01 표준안으로 채택되었다. 1980년대 중반 이후 공장자동화 및 공정제어시스템 분야에서 기존의 4-20mA의 아나

로그 신호를 대신하여 필드에 설치된 장비들간의 통신을 담당하는 네트워크시스템의 필요성이 제기되었으며, 이와 동시에 필드버스의 국제표준화 작업이 시작되었다. 필드버스의 국제표준화 작업은 1985년 Montreal에서 개최된 IEC TC65C 회의에서 처음으로 제기되었으며, 1987년에 국제표준화 필드버스의 기능요구서를 제작하여 발표하였다. 이와 때를 같이 하여 미국의 ISA SP50 위원회에서도 기존의 4-20 mA 시스템을 대체할 수 있는 필드버스 기능요구서를 제작하여 발표하였다. IEC와 ISA는 이후 중복되는 작업을 피하기 위하여 IEC/ISA 필드버스 표준안 위원회로 통합 운영되고 있다.

이후 구미 기술선진국에서는 IEC 및 ISA의 기능요구서를 바탕으로 하여 자국의 표준화된 필드버스시스템을 개발하여 자국의 모델을 국제표준안으로 인증받기 위한 노력을 경주하여왔다. 본 절에서는 이들 가운데 현재 가장 주목을 받고 있는 FIP와 Profibus를 중심으로 하여 필드버스의 세계적인 개발현황을 기술하고, 필드버스의 IEC/ISA 국제표준화 모델에 대하여 기술하기로 한다.

1. FIP

프랑스에서는 1986년 FIP(Factory Instrumentation Protocol)^[12]라 불리우는 필드버스의 개발을 완료하여 자국의 표준안으로 채택하였다. (UTE C46.601-607) 필드버스의 물리계층은 버스트폴리지를 가지며 차폐 트위스트페어선과 Manchester 코딩 방식을 채택하고 있다. 데이터 전송속도는 버스의 길이와 노드 수에 따라 50Kbps(10nodes, 2000m)와 1Mbps(32nodes, 500m)로 구분되며, 현재 3Mbps(60nodes, 1000m)의 확장시스템을 개발하고 있다. 또한 확장시스템에서는 전력과 신호가 하나의 전선을 통하여 동시에 전송되는 기능을 선택 사항으로 제공하고 있다. 데이터링크계층의 논리링크제어는 초기에는 SDN 서비스만을 제공하였으나, 확장시스템에서는 SDA, RDR 서비스까지 제공하고 있다. 매체접속제어방식은 폴링에 의한 중앙접속제어 방식을 채택하고 있으며, Bus Arbitrator가 네트워크 내의 모든 노드의 데이터전송을 관장한다. 응용계층은 현재 주기적 또는 비주기적 변수의 접속기능을 수행하는 C.46-602 표준안과 메시지 전송기능을 담당하는 C.46-606 표준안이 발표되었다. FIP는 네트워크 접속기능을 수행하는 FULLFIP라는 IC칩을 응용장비

(PLC, 센서, 제어기등)의 CPU에 접속시킴으로써 손쉽게 네트워크 기능이 구현되도록 설계하였다.

2. Profibus

독일에서는 1987년 Profibus^[13]를 개발하여 DIN 19245의 자국 표준모델로 지정하였다. Profibus의 물리계층은 주로 버스트폴리지를 사용하며 경우에 따라 스타토폴로지로도 구현될 수 있도록 하였다. 차폐 트위스트페어선과 NRZ 코딩방식을 채택하였으며 하나의 버스에 최대노드수는 32개로 제한된다. 데이터 전송속도는 네트워크의 거리와 브리지 수에 따라 9.6 Kbps에서 500Kbps 까지 다양하게 구현될 수 있도록 하였으며, 선택사항으로 전력과 신호가 하나의 전선에 위하여 제공될 수 있도록 하였다. 데이터링크계층에서 논리링크제어는 SDA, SDN, RDR, SDR 서비스를 제공하며 주기적인 데이터의 순환서비스를 제공하기 위하여 CRDR (cyclic RDR) 기능을 추가하였다. 매체접속제어는 여러개의 마스터노드를 두어 마스터노드들 간에는 토큰패싱 방식을 사용하고, 각각의 마스터노드가 토큰을 소유한 후 슬레이브노드들을 폴링하도록하는 토큰패싱과 폴링의 혼합방식으로 동작된다. Profibus의 응용계층은 메시지 전송기능과 네트워크 관리기능을 중심으로하여 현재 개발 중에 있다. Profibus의 특징은 네트워크의 접속기능을 firmware로 구현하도록 하여 응용장비의 CPU종류에 관계없이 네트워크 기능이 용이하게 구현되도록 하였다.

3. 기타

영국에서는 기존의 MIL-STD-1553B^[14]를 IEC 필드버스의 요구조건에 맞도록 변형시킨 ERA 필드버스를 개발하여 자국의 표준모델로 지정하였다. ERA는 기존의 MIL-STD-1553B가 1Mbps로 동작하는데 비하여 네트워크의 거리에 따라 62.5Kbps(1900m), 250Kbps(750m), 500Kbps(350m), 1Mbps(50m)의 다양한 데이터전송속도를 가지도록 하였으며, 전력과 신호가 하나의 전선에 제공될 수 있도록 하는 기능을 선택사항으로 부과하였다. 또한 필드버스와 유사한 기능을 수행하는 것을 1984년에 미국의 Intel사에서 개발된 Bitbus^[15]가 있다. Bitbus는 트위스트페어선을 사용하고 NRZI 코딩방식을 채택하였으며 데이터 전송속도는 거리에 따라 64 Kbps (1200m), 375 Kbps(300m), 2.4 Mbps(30 m) 등

으로 구분된다. Bitbus는 폴링방식을 채택하고 있으나 broadcast기능과 노드간에 동기화 기능을 제공하지 못하므로 일반적으로 필드버스로 구분되지 않고 있다. 또한 일본의 Fuji에서는 광섬유를 이용한 필드버스를 개발하고 있고, PACS(Process Automation & Computer Systems, Ltd.)에서는 무선통신을 이용한 필드버스를 개발 중이며, SI&BP(Senter for Industriforskning & British Petroleum)에서는 AC전력을 전송할 수 있는 필드버스를 개발하고 있다.

4. IEC/ISA 필드버스

많은 필드버스 제안서들이 IEC/ISA에 접수되어 국제표준화모델로의 인증을 요구하였으나, 각국이 자국의 이익만을 고려하여 상대방의 제안서가 국제표준화모델로 인증되는 것을 서로 저지 함으로써 필드버스의 국제표준화 작업은 상당시일 지연되게 된다. 이에 IEC/ISA 필드버스 표준화 위원회에서는 각국에서 제시한 제안서들이 모두 국제적인 표준화모델로 인증받기에는 부적합하다고 판단하고 자체표준안을 작성하기로 결정하였다. IEC/ISA 필드버스 물리계층의 표준안은 1992년도에 완성되어 발표 되었으며, 데이터링크계층은 1994년도에 완성을 목표로 하고 있고, 응용계층은 아직 연구단계에 머물러 있으므로 표준안이 완성되기까지는 많은 시일이 소요될 것으로 예상된다. 현재까지 진행된 IEC/ISA 필드버스의 각 계층의 표준안 작업을 토대로 하여 각 계층의 특성을 분석하여 보면 다음과 같다.

1) 물리계층^[16]

물리계층의 표준안은 버스트폴리지를 가지며 타이밍과 노드간에 동기화를 위한 자체클로킹(self-clocking) 기능을 갖는다. 데이터 교환방식은 반2중(half-duplex)방식을 채택하였으며, 트위스트페어선과 Manchester 코딩방식을 사용한다. IEC/ISA 필드버스의 물리계층은 응용시스템의 특성에 따라 두가지로 분류된다. 먼저 공정자동화(process automation)에 적합한 저속방식은 31.25Kbps의 데이터 전송속도를 가지며 최대 버스길이는 1900m이다. 버스당 최대 노드수는 신호선에 전력이 공급되지 않는 경우는 32개, 전력이 공급되는 경우는 12개, 또한 전력이 공급되고 위험한 지역에서는 6개로 제한된다. 또한 공장자동화(factory automation)에 적합한 고속방식에서는 버스길이에 따라 1Mbps(750m)에서

2.5Mbps(500 m)의 데이터 전송속도를 가지며 신호선에 전력공급이 없이 버스당 최대 32개의 노드를 사용한다.

2) 데이터링크계층^[17]

IEC/ISA 필드버스의 데이터링크계층은 앞서 언급한 바와 같이 현재 표준안을 작성하는 단계에 있으나, 현재까지 진척된 상태를 기준으로하여 보면 다음과 같다. 필드버스는 다른 일반적인 용도의 네트워크 시스템에 비하여 데이터 전송속도가 반드시 빨라야 할 필요성은 없으나, 응용시스템에서 생성된 데이터가 주어진 시간(time-window)내에 데이터전송을 완료할 수 있도록 설계되어야 한다. 이는 필드장비들 간에 정확한 시간분배 기능을 바탕으로 하여 각 노드에서의 데이터전송 스케줄을 미리 정해 놓음으로써 이루어질 수 있다.

IEC/ISA 필드버스에서 매체접속방식은 하나의 LAS(Link Activity Scheduler) 노드가 선정되어 각 노드로부터 노드우선순위와 얼마동안 네트워크 자원(resources)을 사용할 것인가에 대한 정보를 수집한 후 이를 바탕으로 하여 각 노드에서의 데이터전송을 스케줄링 한다. LAS노드는 정해진 스케줄링 순서에 따라 Delegated Token을 각각의 노드들에게 전송한다. Delegated Token을 소유한 노드는 주어진 시간 동안 네트워크 자원을 사용할 수 있으며, Delegated Token을 소유하고 있는 동안에는 Reply Token을 통하여 다른 노드로부터 데이터전송을 요구할 수도 있다. 이러한 방식에서는 노드간에 동기화가 필수적으로 이루어져야 하며, LAS 노드가 네트워크의 타이밍정보를 제공한다. LAS 기능을 수행할 수 있는 노드를 LM(Link Master)라 한다. 네트워크 내에는 하나 이상의 LM이 존재할 수 있으며, Scheduler Token을 소유한 LM만이 LAS기능을 수행할 수 있다. 각각의 LM에는 타이머가 있어 타이머가 종료될 때까지 네트워크가 비활동상태에 있으면 Scheduler Token을 요구할 수 있다. IEC/ISA 필드버스의 논리링크 제어는 SDA, SDN, RDR 방식을 지원하며 하나의 데이터를 여러개의 노드에 동시에 전송할 수 있는 multi-peer방식도 가능하도록 하였다.

3) 응용계층^[18]

필드버스가 상위계층의 real-time 네트워크나 backbone 네트워크와 용이하게 접속되도록 하려면 응용계층에 ISO 9506 MMS를 채택하는 것도 고려해볼 수 있다. 그러나 센서, 액츄에이터 등과 같은

장비의 통신을 위하여 MMS를 사용하기에는 S/W 접속 및 계산 등에 과다한 시간이 소요된다. 또한 MMS에서는 필드장비에서 필수적으로 요구되는 주기적인 데이터의 순환(cyclic)서비스와 하나의 데이터를 동시에 여러곳으로 전송하는 broadcasting 또는 multicasting 서비스들을 제공하지 못한다. 따라서 IEC/ISA 필드버스 위원회에서는 필드버스의 요구사항을 충족할 수 있는 독자적인 응용계층의 표준안을 작성하기로 결정하였다.

IEC/ISA 필드버스 응용계층의 표준안작업은 아직 초기 단계에 머물러 있으나, 현재까지 진척된 상태를 기준으로한 필드버스 응용계층의 구조는 그림 3과 같다.

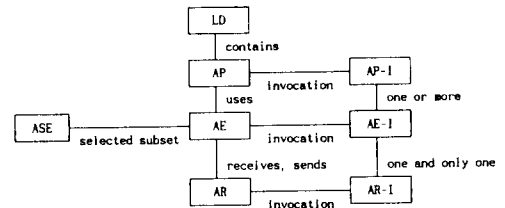


그림 3. IEC/ISA 필드버스의 응용계층 구조

- (1) LD(Logical Device): 필드버스에 접속되는 자동화 및 제어관련 장비에서 수행되는 기능을 모델링한 추상적인 표현이다.
- (2) AP(Application Process): LD는 하나 이상의 AP를 가지며 LD에서 수행되는 기능들이 AP를 통하여 외부로 표출된다. 따라서 AP들은 다른 AP와의 통신이 가능하도록 구성되어야 한다. AP에서 수행되는 일부 또는 전부의 기능이 AP-I(AP-Invocation)로 호출된다.
- (3) AE(Application Entity): AE는 AP에 통신 기능을 제공한다. 즉, ASE를 통하여 AP-I 간의 통신에 필요한 서비스를 제공하고 프로토콜의 생성을 지원한다. AE에서 수행되는 일부 또는 전부의 기능이 AE-I(AE-Invocation)로 호출된다.
- (4) ASE(Application Service Element): AE-I 간에 네트워크에 필요한 기능을 지원한다. 즉, 주어진 AP에 대하여 AE는 ASE의 부분 집합으로 정의된다.
- (5) AR(Application Relationship): AP 간에 통신관계를 설정하고 해제하는 기능을 수행한다.

IEC/ISA 필드버스의 응용계층은 단순히 일반적인 메시지 전송기능을 수행하는 것이 아니고, 현재 사용 중이거나 앞으로 사용이 예상되는 모든 계측 및 제어에 관련된 필드장비들을 객체지향(object-oriented) 접근방식으로 모델링하여 공장자동화 및 공정제어시스템에 응용될 수 있는 폭을 넓힌 것이 특징이며, 현재 각 장비의 기능블럭에 대한 표준안이 작성 중에 있다. 응용계층에는 또한 네트워크의 구성, 성능, 고장 등을 관리하는 네트워크 관리기능이 부과된다. 응용계층에서 생성되는 AL-PDU(Application Layer Protocol Data Unit)을 변환하기 위한 추상구문과 전송구문으로는 각각 ASN.1(ISO 8824)와 ASN.1/BER(ISO 8825)을 채택하였다.

IV. 필드버스의 전망

앞서 언급한 바와 같이 1984년 부터 시작된 IEC/ISA 필드버스의 표준화 작업은 현재까지 물리계층만 완성되었을 뿐이고 데이터링크와 응용계층은 앞으로 많은 시일이 요구될 것으로 예상된다. 그러나 이미 1980년대 말에 FIP와 Profibus 필드버스 시스템의 개발이 완료되어 현장에서 사용되고 있으며, 이들은 현재 각각 ClubFIP와 PTO(Profibus Trade Organization) 사용자그룹을 결성하여 제품의 시장확보를 위한 막대한 노력을 경주하고 있다. 이러한 시장생탈전은 과거 VCR에서 Beta 방식이 기술적으로는 우수하나 VHS 방식이 시장을 먼저 선점하여 성공한 경우와 비유되고 있다.

1992년 IEC/ISA 필드버스의 물리계층의 표준안이 완성된 이후에는 방대한 북미시장을 공략하기 위하여 Rosemount 와 Fisher Control의 주도하에 물리계층의 표준안에 FIP와 Profibus 시스템을 결합시킨 ISP(InterOperable Systems Project) 사용자 그룹을 결성하였으며, ABB, Johnson Controls, Fisher & Porter, Hartmann & Braun, Siemens, Toshiba, Yokogawa, Foxboro 등이 이에 참여하고 있다. 또한 Allen-Bradley, Eltag Bailey, ITT Cannon, Masoneilan-Dresser Industries, Ronan Engineering, Square D, Club FIP, GM 등이 IEC/ISA 물리계층 표준안에 FIP를 접목시킨 WorldFIP 사용자 그룹을 결성하여

시장공략에 나서고 있다. ISP와 WorldFIP 모두 앞으로 IEC/ISA 표준안이 완료되는 대로 이를 적극 수용하겠다는 의사를 표명하고 있어 궁극적으로는 같은 규격을 사용하는, 그러나 구현방식이 다른 제품으로 수립될 것으로 예상된다.

과거에 MAP의 경우에는 GM, Kodak, John Deer, Kaiaser Aluminum 등의 소수의 대기업들이 이를 주도하였으며, MAP제품을 생산 또는 사용함으로써 시장성패에 직접적으로 영향을 줄수 있는 중소기업들이 적극 참여하지 않아 초기에 MAP이 발표될 당시에 비하여서는 크게 호응을 받지 못하고 있다. 또한 MAP은 OSI 7계층구조를 채택하고 있어 자동화장비들 간에 완전한 호환성(interoperability)을 제공하기에는 기술적으로 많은 부분의 해결이 요구되었으며, 따라서 MAP은 아직도 자동화 기술이라기 보다는 통신기술로 분류되고 있다. 그러나 필드버스는 자동화, DCS(Distributed Control System), 필드장비 생산업체 등 많은 회사들이 적극 참여하고 있으며, MAP에 비하여 매우 단순한 구조를 가지고 있어 공장자동화와 분산공정제어시스템에 용이하게 적용할 수 있는 특성을 가지고 있다. 과거에 릴레이방식의 제어시스템이 PLC의 출현과 함께 자취를 감춘것과 마찬가지로 현재 필드버스시스템의 전망은 필드장비들의 기능이 점차 고도화 됨에 따라 기존의 4-20 mA의 아나로그 전송방식이 차후에는 필드버스시스템으로 완전히 대체될 것으로 예상된다.

V. 국내의 필드버스 관련기술 확보방안

본 절에서는 앞으로 공장자동화와 공정제어시스템에서 필수적으로 요구될 것으로 예상되는 필드버스시스템 관련기술을 국내에서 확보하기 위한 방안을 제시하기로 한다. 앞서 언급한 바와 같이 IEC/ISA 필드버스의 표준안이 완성되기 까지에는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상되며, 그동안은 WorldFIP와 ISP 및 Profibus가 필드버스시장을 분할할 것으로 예상된다. 따라서 필드버스시스템의 생산을 추구하는 공급자(vendor)는 WorldFIP 또는 ISP 사용자그룹에 가입하여 관련기술을 축적하는 동시에 시장성도 확보하고, IEC/ISA 필드버스 표준안의 작성에 적극 참여하여 표준안이 완료되는 시점에서 이를 수용함으로써

앞으로의 국제표준화 시대에 대비하여야 할 것이다. 참고로 최근에 일본의 Allen-Bradley Japan, DKK, Fuji, Toshiba 등의 11개 회사가 WorldFIP에 가입하였다.

필드버스의 사용자 입장에서는 기존의 필드버스 제품들 가운데 어떠한 것을 선택할 것인가를 결정하여야 한다. 이때 단순히 데이터 지연시간이나 처리능력(throughput)등과 같은 정량적인 값들만을 고려할 것이 아니라 사용자의 자동화 및 공정제어 응용환경 등 정성적인 요인들도 고려하여야 한다. 또한, 필드버스에서는 여러개의 필드장비들이 하나의 전송매체를 공유하기 때문에 필드버스의 구축 시 네트워크시스템의 설계가 잘못되어 트래픽이 예상치 못상 상태로 증가하는 경우 데이터의 전송지연시간이 증가된다. 데이터 전송지연시간의 증가는 다른 시스템들에 비하여 특히 실시간 데이터처리를 요구하는 자동화 및 분산제어 시스템의 성능을 저하시킬 수 있다.^{19, 20} 따라서 필드버스 사용자는 시뮬레이션기법 등을 통하여 이들의 성능을 충분히 분석, 검증한 후 시스템을 구축하여야 할 필요가 있다. 이와 더불어 시스템 운용시에도 (1) 필드버스시스템의 성능을 감시 및 제어하여 응용시스템의 성능을 유지시켜 주는 성능관리시스템과 (2) 상황에 따라 필드버스의 구성을 자동적으로 재배치하는 구성관리시스템 및 (3) 필드버스와 응용장비에 예기치 않은 고장이 발생하였을 경우 실시간으로 예비(back-up)장비를 제공하여 전체공정의 흐름이 차단되는 현상을 방지하는 고장진단관리시스템 등이 구축되어야 한다.

VI. 결론

필드버스는 원래 공장의 생산자동화시스템 및 제철, 석유화학, 식품, 시멘트 등의 공정의 분산제어시스템에 사용되도록 고안되었으나, 그외에 핵/전기 발전소, 쓰레기 소각시설 및 폐수처리시설 등의 환경시스템, 빌딩자동화시스템 등 디지털 분산제어를 요구하는 거의 모든 분야에 널리 사용될 수 있다. 또한 필드버스 관련기술의 확보는 항공기, 인공위성, 고속전철, 선박, 자동차 등의 고도의 제어기능을 요구하는 시스템의 제어장치에 바로 적용할 수가 있어 그 응용범위 및 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다. 필

드버스시스템은 고도의 첨단기술을 요구하는 분야가 아니고 현재 국내에서 확보된 컴퓨터, 제어 및 통신 기술 만으로도 충분히 관련기술의 확보가 가능한 분야이다. 따라서 앞으로 엄청난 수요가 예상되고, 선진국에서도 출발 단계에 있는 이 분야에 국내 관련업체에서도 서둘러 진출하여 또하나의 선진국 기술종속 분야로 남기지 말아야 할 것이다.

參 考 文 獻

- [1] J. R. Piementel, *Communication Networks for Manufacturing*, Prentice Hall, 1990.
- [2] D. Popovic and V. P. Bhatkar, *Distributed Computer Control for Industrial Automation*, Dekker, 1990.
- [3] G. Olsson and G. Piani, *Computer Systems for Automation and Control*, Prentice Hall, 1992.
- [4] J. W. Meyer, "SAE AE-9B Draft Standard High Speed Token Passing Data Bus for Avionic Applications," *IEEE/AIAA 7-th Digital Avionic System Conference*, Fort Worth, TX, pp.53-59, June 1986.
- [5] L. Costrell, "CAMAC instrumentation system-introduction and general description," *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Vol. NS-20, No. 2, pp.3-8, April 1973.
- [6] R. P. Mathur, "Fault Tolerant Data Network for Use in Space," *Journal of British Interplanetary*, Vol. 42, pp. 27-34, 1989.
- [7] R. Jurgen, "Coming from Detroit: Networks on wheels," *IEEE Spectrum*, Vol. 23, No. 6, pp. 53-59, June 1986.
- [8] R. Jurgen, "Detroit '88: driver friendly," *IEEE Spectrum*, Vol. 24, No.6, pp. 53-57, Dec. 1987.
- [9] MAP 3.0 Specification 1993 Release.

World Federation of MAP/TOP Users Groups, P.O. Box 12665, Rochester, N.Y., 14612, U.S.A.

[10] IEEE Network Magazine: Special Issue on Communication for Manufacturing, Vol. 2, No. 3, May 1988.

[11] Instrument Society of America, "PROWAY LAN industrial data highway," ISA-S72.01-1985.

[12] FIP Club Functional Specifications, Club FIP, BP 850, 54011 Nancy, Cedex, France.

[13] DKE/DIN Trial Use Standard (DIN 19245/V) PROFIBUS, Version 4.0, August 1987.

[14] MIL-STD-1553B Time Division Command Response Multiplex Data Bus ERA Technology, UK.

[15] IEEE Project 1118, "Microcontroller system serial control bus," IEEE, U.S.A.

[16] ISA-S50.02-1992, Standard: Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, Part 2: Physical Layer Specification and Service Definition, 1992.

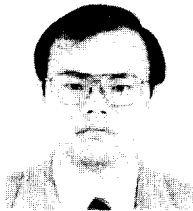
[17] ISA-dS50.02, Draft Standard: Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems, Part 4: Data Link Protocol Specification, 1993.

[18] ISA/SP50-1992-457C, Fieldbus Application Layer Specification, 1992.

[19] A. Ray, S. H. Hong, S. Lee and P. J. Egbelu, "Discrete-Event/ Continuous-Time Simulation of Distributed Data Communication and Control Systems," Trans. of the Society for Computer Simulation, Vol. 5, No. 1, pp. 71-85, January 1988.

[25] 홍승호, "네트워크를 이용한 실시간 분산제어시스템에서 데이터 샘플링 주기 결정 알고리즘," 전자공학회논문집-B, 30권 B편 제 1 호, pp. 18-28, 1993년 1월. ㉔

筆者紹介



洪承鎬

1956年 5月 31日生

1982年 2月 연세대학교 기계공학과(학사)

1985年 5月 Texas Tech University(석사)

1989年 8月 Pennsylvania State University(박사)

1989年 5月 ~ 1992年 2月 한국전자통신연구소 자동화시스템연구실 선임연구원

1992年 3月 ~ 현재 한양대학교 제어계측공학과 조교수

주관심 분야 : 산업용네트워크시스템, 실시간분산제어, 자동화시스템