

생산자동화를 위한 통신망 : 필드버스 기술 개요

홍 승 호*

Fieldbus : Communication Network for Manufacturing Automation

S. H. Hong

I. 서 론

최근 수년간에 걸쳐 이루어진 센서기술의 발달과 컴퓨터를 이용한 데이터 처리능력의 혁신적인 발전은 대형의 복잡한 시스템을 실시간으로 운용하는데 있어서 막대한 양의 정보를 적절히 처리할 수 있는 기술을 요구한다. 예를 들어, 제철 또는 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 전체 공정의 운용 및 관리와 제품의 품질검사 및 시험에 관련된 데이터들도 적절히 전송되어야 한다. 또한 공장의 생산자동화시스템에서도 수많은 로봇, PLC, CNC, AGV, 컨베이어, 자동창고 등 자동화장비관련장비들의 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 데이터 전송기술의 확보는 미래의 첨단생산시스템으로 인식되는 CIM(Computer Integrated Manufacturing) 및 분산제어시스템 (Distributed Control

System)의 구축을 위한 선결과제라 할 수 있다^[1,2]. 이러한 문제들은 발전소, 최신예 항공기와 인공위성 등과 같이 고도의 제어기능과 매우 높은 신뢰도를 요구하는 시스템들에서도 마찬가지로 제기된다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 최근에 와서 대형의 복잡한 제어시스템을 여러 개의 분산된 부시스템으로 모듈화하고, 각각의 부시스템들을 제어하는 컴퓨터들을 네트워크로 연결하는 컴퓨터통신망의 사용이 확산되고 있다. 대형의 복잡한 시스템을 여러 개의 분산된 부시스템으로 모듈화 시킴으로써 (i) 시스템의 운용에 있어서 신뢰도와 유연성을 제공하고, (ii) 시스템의 유지, 보수와 감시기능을 용이하도록 하며, (iii) 시스템의 확장 및 개선에 용이하게 대처하고, (iv) H/W 및 S/W의 변환에 소요되는 비용을 크게 줄이는 등의 효과를 얻을 수 있다. 여러 개의 분산된 부시스템들에서 생성되는 센서정보와 제어관련 정보들은 네트워크를 통하여 교환되며, 네트워크는 또한 실시간 제어시스템의 백업(back-up) 장비의 제공을 용이하게 하여 시스템의 신뢰도를 증가시키고, 고가의 희귀한 장비들을 부시스템들 간에 서로 공유할 수 있도록 한다.

네트워크를 통한 시스템의 관리 및 제어기술은 비용

* 한양대학교 제어계측공학과

에 관계없이 시스템의 신뢰도와 성능에 우선순위를 두는 항공/우주 및 핵발전 분야에서부터 시작되었다. 미국, 유럽 등의 기술선진국에서는 1970년대부터 최신행공기와 인공위성의 제어시스템 및 핵 발전소의 공정 제어시스템에 네트워크를 이용한 디지털 분산제어기술의 도입을 시도하였다^[4,6]. 과거 약 20여년 간에 걸쳐 컴퓨터 및 통신기술은 급격한 발전을 거듭하였으며, 이에 따라 관련 H/W 및 S/W의 비용은 크게 감소하였고, 이제는 거의 모든 산업에 걸쳐 네트워크를 이용한 디지털 분산제어기술의 도입이 확산되고 있는 추세이다. 최근에 와서는 자동차의 제어기능이 고도화됨에 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 주축으로 하여 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 자동차 관련 정보의 통신을 담당하는 필드버스 네트워크가 출현하였다. CIM과 같은 첨단생산시스템에서 네트워크의 구성은 일반적으로 그림 1과 같은 계층구조를 갖는다[1].

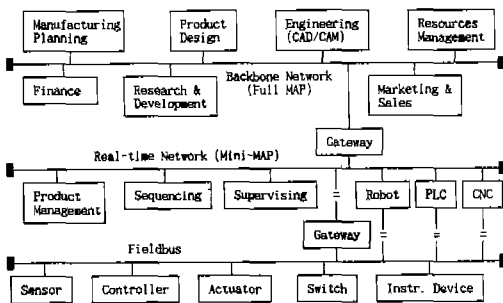


Fig. 1 첨단생산시스템에서 네트워크의 구성

Backbone 네트워크: 제품의 시장조사 및 주문/판매, 회계관리, R&D 등의 사업관련정보와 생산 계획, 제품설계, 원료수급, 자재관리, 장비관리, 등의 제품생산 관련정보를 처리하며, 대표적인 네트워크시스템으로는 현재 공장자동화 네트워크의 국제표준모델로 정착되

어가고 있는 MAP이 있다.

Real-Time 네트워크: 단위공정별 작업순서의 결정, 작업상태 감시, 로봇, PLC, CNC 등의 생산 장비들 간의 상호접촉과 이들의 제어 및 모니터링 기능 등과 관련된 단위공정 관련정보를 처리하며, 대표적인 네트워크시스템으로는 Mini-MAP이 있다.

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

종래의 제어시스템에서 계측기기들은 4-20 mA의 아날로그 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 여러 개의 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 필드버스 라는 새로운 개념의 통신 프로토콜이 출현하게 되었다. 필드버스시스템을 사용함으로써 얻을 수 있는 직접적인 효과들로는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 여러 기기들 간의 통신에 단일케이블을 사용함으로써 배선을 비롯하여 접속장치의 H/W 및 이와 관련된 S/W의 비용을 크게 절감할 수 있다.
- (2) 네트워크의 모듈화 특성을 따라 시스템의 분석, 설계, 설치 및 유지보수가 용이하고, 또한 시스템의 확장 및 변형을 용이하게 하여 시스템 운용에 유연성을 제공한다.
- (3) 케이블 단선 등의 데이터 통신과 관련된 결함들은 쉽게 탐지함으로써 시스템의 신뢰도가 증대된다.
- (4) 네트워크를 통하여 하나의 데이터를 여러개의 노

드에 동시에 전송함으로써 데이터의 일관성이 유지된다.

(5) 디지털 통신기술을 사용함으로써 노이즈에 의한 데이터 결함을 크게 완화시킨다.

(6) 센서노드에서 데이터를 전송하기 이전에 A/D 변환, 필터링, 선형화, 스케일링 등의 작업을 수행하는 등의 데이터 전처리기능의 제공이 용이해진다.

(7) 시스템 변수 및 사건발생의 표시 및 기록이 용이해짐으로써 사용자가 시스템을 용이하게 관리 및 운용할 수 있다.

(8) 고가의 희귀한 장비들을 서로 공유할 수 있다.

필드버스의 이러한 특성 때문에 현재 미국, 유럽, 일본 등의 기술선진국에서는 수년 전부터 필드버스에 관한 많은 연구와 개발이 수행되고 있다^[10]. 본 고에서는 필드버스의 기능요구사항과 기본구조에 대하여 알아보고, 현재 선진국에서 진행되고 있는 필드버스 관련기술의 연구 및 개발 현황과 앞으로의 전망에 대하여 기술하며, 마지막으로 필드버스 시스템의 설계기법에 대하여 기술하고자 한다.

II. 필드버스 기능요구사항 및 구조

필드버스에 접속되는 각종 제어관련 기기 들에서 생성되는 데이터들은 (1) 데이터 도착주기가 주기적인 데이터와 비주기적인 데이터가 하나의 네트워크 미디어를 공유하고, (2) 데이터 길이가 일반적으로 짧으며, (3) msec 단위의 매우 짧은 응답시간의 범위에서 실시간 동작을 요구하는 등의 특징을 가지고 있다. 따라서 필드버스는 기본적으로 다음과 같은 기능요구사항을 만족하여야 한다.

○ 짧은 데이터의 전송을 위하여 메시지 오버헤드가 상대적으로 작아야 한다.

○ 주기적인 트래픽과 비주기적인 트래픽을 동시에 처리할 수 있어야 한다.

○ 데이터 전송지연시간이 제한되어야 한다.

○ 적절한 데이터 에러 제어기능이 제공되어야 한다.

○ 기기 들간에 동기화를 위한 타이밍 신호를 제공할 수 있어야 한다.

○ 충분한 대역폭을 제공할 수 있어야 한다.

○ 단점고장에 대비하여 예비장비를 제공할 수 있어

야 한다.

○ 열악한 EMI 환경에서 작동되어야 하고, 충분한 안전성을 유지하여야 한다.

○ 신호선을 통하여 전력을 공급할 수 있어야 한다 (선택사항).

앞서 언급한 기능요구사항 이외에 특히 주목하여 고려하여야 할 점은 필드버스 네트워크가 매우 저렴한 가격으로 구축된 수 있도록 설계되어야 한다는 것이다. 센서, 스위치 등의 비교적 저가의 장비들 간에 통신을 위하여 고가의 네트워크 장비를 사용할 수는 없기 때문이다.

컴퓨터 통신망은 일반적으로 OSI(Open Systems Interconnection) 7계층 모델을 따르나, 필드버스시스템은 위에서 언급한 기능요구사항을 만족시키기 위하여 그림 2에 나타난 것과 같이 물리적 계층(physical layer), 데이터링크 계층(data link layer) 및 응용계층(application layer)의 3계층구조를 가지며, 사용자의 응용시스템은 응용계층과 접속된다.

필드버스의 물리적 계층에서는 단순하고 구축이 용이한 버스 토폴로지를 사용한다. 배선은 주로 가격이 저렴하고 망접속이 용이한 트위스트페어를 사용하며 특별히 동축케이블이나 광섬유를 사용할 필요가 있는 경우에는 이를 선택적으로 사용한다. 코딩방식은 단순하고 구현이 용이한 Manchester 또는 NRZ방식을 사용한다.

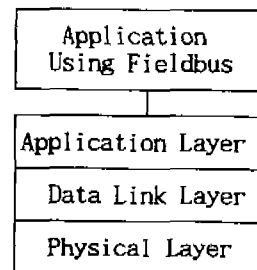
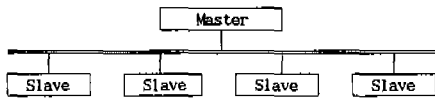


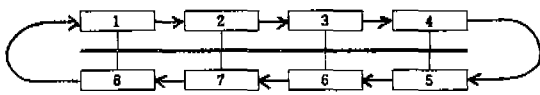
Fig. 2 필드버스 계층구조

데이터링크 계층은 매체접속제어(media access control)계층과 논리링크(logical link)계층으로 나뉜다. 필드버스의 매체접속제어방식은 크게 (1) 풀링에

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 미리 정해진 순서에 따라 네트워크 내의 모든 노드들을 차례로 방문하며, 각각의 노드에서는 폴링신호 또는 토큰이 도착되는 순간에 전송큐에 대기하고 있는 데이터를 전송한다. 그림 3 (a)에서 보는 바와 같이 폴링방식에서는 폴링신호를 각 노드에 분배하는 하나의 마스터노드가 존재하며, 이러한 마스터노드가 네트워크 내의 모든 노드들 간에 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 여러 곳에 분산시킨다. 그림 3 (b) 에서와 같이 논리적 링(logical ring)을 따라 순환하는 토큰에 의하여 데이터가 전송되는 토큰-패싱방식은 각각의 노드들이 어느 정도의 지능을 가지고 있어 고장 등의 상황 변화에 따라 논리적 링을 재구성하는 등 신뢰도 면에서 월등하나 폴링 방식보다는 복잡한 구조를 갖는다.



(a) 폴링에 의한 중앙접속제어방식



(b) 토큰-패싱에 의한 분산접속제어

Fig. 3 펌드버스의 매체접속제어

펌드버스의 논리링크는 네트워크에 접속되는 프로세서가 요구하는 통신방식의 특성에 따라 (1) 상대방에게 데이터를 전송한 후 확인을 요구하지 않는 SDN(Send Data with No Ack.) (2) 상대방에게 데이터를 전송한 후 확인을 요구하는 SDA(Send Data with Ack.) (3) 상대방에 데이터전송을 요구하는 RDR(Re-

quest Data with Response) (4) 상대방에 데이터를 전송하는 동시에 상대방 노드로부터의 데이터 전송을 요구하는 SDR(Send Data with Response) 등의 네 가지 중의 하나를 선택적으로 사용할 수 있다. 이들의 동작방식이 그림 4에 나타나 있다.

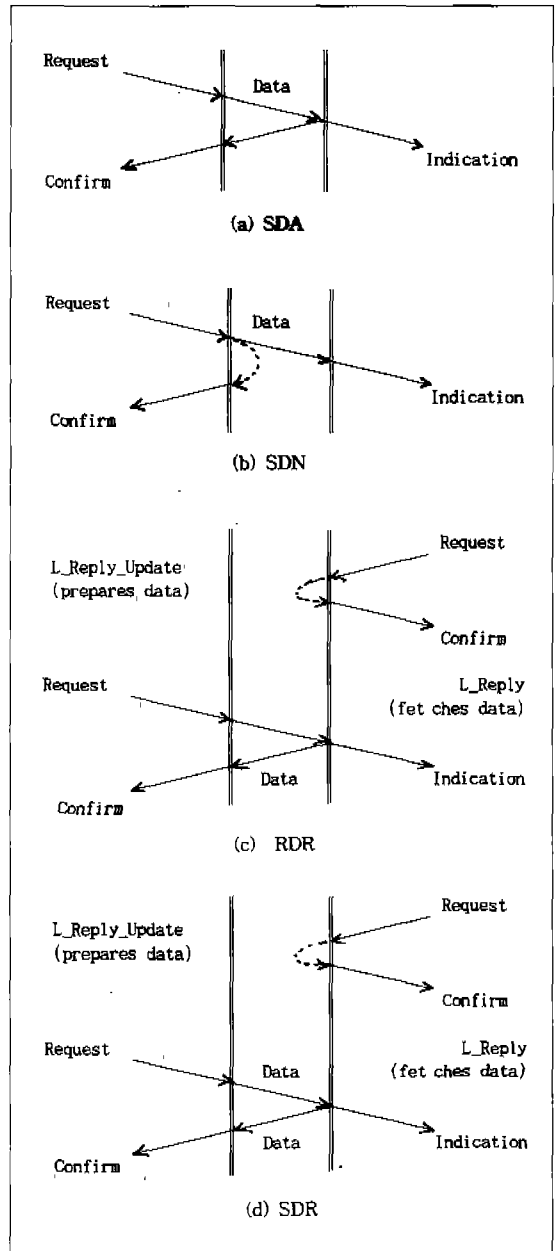


Fig. 4 펌드버스의 논리링크

필드버스의 응용계층은 원격변수의 관독 및 기록, 메시지전달(프로그램코드 및 데이터), 프로그램 관리, 이벤트 관리 등과 같이 필드버스에 접속되는 장비들의 운용에 관련된 서비스들을 제고한다. 필드버스의 응용계층에서 제공하는 서비스들은 공장자동화용 네트워크인 MAP과 Mini-MAP의 응용계층에서는 사용하는 MMS(Manufacturing Message Specification)에서 제공하는 서비스들과 기본적으로 동일한 개념을 갖는다고 볼 수 있으나, 필드버스에서는 센서, 컨트롤러, 액츄에이터 등의 노드들로부터 주기적으로 샘플링되는 데이터들에 대한 순환서비스(cyclic service) 등과 같이 필드버스 환경에서만 요구되는 서비스들을 추가로 제공하여야 할 필요가 있으므로 MMS와 일치하지는 않는다. 응용계층에서는 이밖에 필드에 설치된 기기 들간에 통신을 위한 접속 기능, 전송되는 데이터의 구문(syntax)관리기능, 노드간의 동기화기능 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 핵발전소시스템의 신뢰도와 유연성을 향상시키기 위하여 개발되었다. CAMAC은 실시간으로 데이터를 획득하고, DEC, Gould, HP 등의 이기종의 컴퓨터들 간의 통신을 가능케 하며, ADC, DAC, multiplexer, event counter, transient recorder 등의 장비들의 접속을 용이하도록 하기 위한 목적으로 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 항공기에 설치되는 전선의 무게를 크게 줄이고, 항공기를 설계 및 제작하는데 있어서 유연성을 제공한다. MIL-STD-1553B는 1 Mbit/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 실시간 시스템에 적용하기 위하여 응용계층, 데이터링크계층, 물리계층의 3 계층구조로 축소한 Mini-MAP 시스템이 개발되었으며, 공정제어 분야에서도 1984년도에 Mini-MAP과 유사한 구조를 가지는 PROWAY(PROcess high WAY)^[11] 시스템을 개발하였다. PROWAY는 추후에 ANSI/ISA S72.01 표준안으로 채택되었다. 1980년대 중반 이후 공장자동화 및 공정제어시스템 분야에서 기존의 4-20mA의 아나로그 신호를 대신하여 필드에 설치된 장비들 간의 통신을 담당하는 네트워크 시스템의 필요성이 제기되었으며, 이와 동시에 필드버스의 국제표준화 작업이 시작되었다. 필드버스의 국제표준화작업은 1985년 Montreal에서 개최된 IEC TC65C 회의에서 처음으로 제기되었으며, 1987년에 국제표준화 필드버스의 기능요구서를 제작하여 발표하였다(표 1 참조). 이와 때를 같이하여 미국의 ISA SP50 위원회에서도 기존의 4-20 mA 시스템을 대체할 수 있는 H1 안과, 그보다는 성능이 우수하고 논리적인 시스템에 광범위하게 사용될 수 있는 H2 안에 대한 필드버

Table 1 IEC 필드버스 기능요구사항IEC/TC65C/WG6)

	Distance	40 m	350 m	1500 m (n)
Physic. Layer	Data rate min. typical max.			
	Architecture	Bus		
	Devices or main addresses	30+	30+	reduced scope
	Isolation and power	Galvanic isolation 250 V (o) power combined with signal (o) intrinsically safe		
	Media	twisted pair, coaxial, optical, radio		
Link Layer	Redundancy	supported		
	Access control	single master or multi-master		
	Integrity			
Applic. Layer	Message rate min. (msg/sec) typ. max.	5,000	150	reduced scope
	Response time min. typ. max.	high	10,000	reduced scope
	Time Resolution	5 msec	20 msec	
	Message types	application data device data maintenance data		

(n) = nice to have, (o) = optional

스 기능요구서를 제작하여 발표하였다 (표 2 참조). IEC와 ISA는 이후 중복되는 작업을 피하기 위하여 IEC/ISA 필드버스 표준안위원회로 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 국제표준화과정에 대하여 기술하기로 한다.

1. FIP

프랑스에서는 1986년 FIP(Factory Instrumentation Protocol)^[12]라 불리는 필드버스의 개발을 완료하여 자국의 표준안으로 채택하였다 (UTE C46.601-607). 필드버스의 물리계층은 버스 토폴로지를 가지며 차폐 트위스트페어선과 Manchester 코딩방식을 채택하고 있다. 데이터 전송속도는 버스의 길이와 노드 수에 따라 50 Kbps(10 nodes, 2000 m)와 1 Mbps(32 nodes, 500 m)로 구분되며, 현재 3 Mbps(60 nodes, 1000 m)의 확장시스템을 개발하고 있다. 또한

Table 2 ISA 필드버스 기능요구사항(ISA/SP50)

	Type of suite	H1	H2
Physical Layer	Distance	1900 m	750 m
	Data rate	different rates permitted for H1/H2	
	Architecture	stem with fan at the end	bus
	Devices	5	32+
	Main Addresses	256+ (multiplexing)	
	Isolation and power	-250V isolation -power with signal -Galvanic isolation -intrinsically safe	as H1 No as H1 No
	Media	Twisted pair (n) optic, coax, radio	
	Redundancy	(n) support	support
	Access control	(n) peer-to-peer	
	Integrity	20 year between undetected errors	
Application Layer	Message rate (msg/sec)	10 for 1900 m & 32-bit data 1600 for 350 m & 64-bit data	
	Response time	100 ms	1 ms between appl.
	Time resolution	1 ms in device 5ms between devices	0.1 ms 0.1ms
	Message types or services	Binary(16-bit), I4 data + sign + quality BCD, Float pt(32-bit), Text, Clock time Large data block Device status info. User defined data type Automatic configuration change Support for control functions Download system program	

확장시스템에서는 전력과 신호가 하나의 전선을 통하여 동시에 전송되는 기능을 선택사항으로 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 전소아기능을 담당하는 C.46-606 표준안이 발표되었다. FIP는 네트워크기능이 구현되도록 설계하였다.

2. Profibus

독일에서는 1987년 Profibus^[13]를 개발하여 DIN 19245의 자국표준모델로 지정하였다. Profibus의 물리계층은 주로 버스 토폴로지를 사용하며 경우에 따라 스타 토폴로지로도 구현될 수 있도록 하였다. 차폐트위스트페어선과 NRZ 코딩방식을 채택하였으며 하나의 버스에 최대 노드수는 32개로 제한된다. 데이터 전송속도는 네트워크의 거리와 브리지 수에 따라 9.6 Kbps에서 500Kbps 까지 다양하게 구현될 수 있도록 하였으며, 선택사항으로 전력과 신호가 하나의 전선에 의하여 제공될 수 있도록 하였다. 데이터링크계층에서 논리링크제어는 SDA, SDN, RDR, SDR 서비스를 제공하며 주기적인 데이터의 순환서비스를 제공하기 위하여 CRDR(cyclic RDR) 기능을 추가하였다. 매체접속제어는 여러 개의 마스터노드를 두어 마스터노드들 간에는 토큰-패싱과 폴링의 혼합방식으로 동작된다. Profibus의 응용계층은 메시지 전송기능과 네트워크 관리기능을 중심으로 하여 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 맞추어 변형시킨 ERA 필드버스를 개발하여 자국의 표준모델로 지정하였다. ERA는 기존의 MIL-STD-1553B가 1Mbps로 동작하는데 비하여 네트워크의 거리에 따라 62.5 Kbps(1900 m), 250 Kbps(750 m), 500Kbps(350 m), 1 Mbps (50 m)의 다양한 데이터 전송속도를 가지도록 하였으며, 전력

과 신호가 하나의 전선에 의하여 제공될 수 있도록 하는 기능을 선택사항으로 부과하였다. 또한 필드버스와 유사한 기능을 수행하는 것을 1984년에 미국의 Intel사에서 개발된 Bitbus^[16]가 있다. Bitbus는 트위스트페어선을 사용하고 NRZI 코딩방식을 채택하였으며 데이터 전송속도는 거리에 따라 64Kbps(1200m), 375 Kbps(300m), 2.4 Mbps(30 m) 등으로 구분된다. Bitbus는 폴링방식을 채택하고 있으나 broadcast기능과 노드간에 동기화 기능을 제공하지 못하므로 일반적으로 필드버스로 구분되지 않고 있다. 그 밖에 영국의 Foxboro, 독일의 Rosemount와 같은 회사에서도 자체 필드버스를 개발하여 IEC/ISA에 국제 표준화모델로 인증해 줄 것을 요구하였다. 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, 각국의 이익만을 고려하여 상대방의 제안서가 국제표준화모델로 인증되는 것을 적극 저지함으로써 필드버스의 국제표준화 작업은 상당시일 지연되게 된다. 이에 IEC/ISA 필드버스 표준화위원회에서는 각국에서 제시한 제안서들이 모두 국제적인 표준화모델로 인증받기에는 부적합하다고 판단하고 자체표준안을 작성하기로 결정하였다. IEC/ISA 필드버스의 구조는 물리계층, 데이터링크계층, 응용계층에 사용자계층(User Layer)이 추가된다. 물리계층의 표준안은 1992년도에 완성되어 발표되었으며, 데이터링크계층은 1994년도에 완성을 목표로 하고 있고, 응용계층과 사용자계층은 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 표준안(ISA-S50.02-1992)은 버스 토폴

로지를 가지며 타이밍과 노드간에 동기화를 위한 자체 클로킹(self-clocking) 기능을 갖는다. 데이터 교환방식은 반2중(half-duplex)방식을 채택하였으며, 트위스트페어선과 Manchester 코딩방식을 사용한다. IEC/ISA 필드버스의 물리계층은 응용시스템의 특성에 따라 두 가지로 분류된다. 먼저 공정자동화(process automation)에 적합한 저속방식은 31.25Kbps의 데이터 전송속도를 가지며 최대버스길이는 1900m 이다. 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(750 m)에서 2.5 Mbps(500 m)의 데이터 전송속도를 가지며 신호선에 전력공급이 없이 버스 당 최대 32개의 노드를 수용한다.

(2) 데이터링크계층^[17]

IEC/ISA 필드버스의 데이터링크계층은 앞서 언급한 바와 같이 현재 표준안을 작성하는 단계에 있으나, 현재까지 진척된 상태를 기준으로 하여 보면 다음과 같다. 필드버스는 다른 일반적인 용도의 네트워크시스템에 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 데이터 전송 스케줄을 미리 정해놓음으로써 이루어질 수 있다.

IEC/ISA 필드버스에서 매체접속방식은 하나의 LAS(Link Activity Scheduler) 노드가 선정되어 각 노드로 부터 노드우선순위와 얼마동안 네트워크 자원(resources)을 사용할 것인가에 대한 정보를 수집한 후 이를 바탕으로 하여 각 노드에서의 데이터전송을 스케줄링 한다. LAS 노드는 정해진 스케줄링 순서에 따라 Delegated Token을 각각의 노드들에게 전송한다. Delegated Token을 소유한 노드는 주어진 시간동안 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 제

공한다. 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 있으며 Scheduler Token을 요구할 수 있다. IEC/ISA 필드버스의 논리링크제어는 SDA, SDN, RDR 방식을 지원하며 하나의 데이터를 여러 개의 노드에 동시에 전송할 수 있는 multi-peer방식도 가능하도록 하였다.

(3) 응용계층^[18]

필드버스가 상위계층의 real-time 네트워크나 backbone 네트워크와 용이하게 접속되도록 하려면 응용계층의 ISO 9506 MMS를 채택하는 것도 고려해 볼 수 있다. 그러나 센서, 액츄에이터 등과 같은 장비의 통신을 위하여 MMS를 사용하기에는 S/W 접속 및 계산 등에 과도한 시간이 소요된다. 또한 MMS에서는 필드장비에서 필수적으로 요구되는 센서 및 컨트롤러 데이터 등과 같은 주기적인 데이터들에 대한 순환(cyclic) 서비스 기능을 제공하지 못하며, client-server 방식으로 데이터를 교환하기 때문에 하나의 데이터를 동시에 여러 곳으로 전송하는 broadcasting 또는 multicasting 서비스들을 제공하지 못한다. 따라서 IEC/ISA 필드버스위원회에서는 필드버스의 요구사항을 충족할 수 있는 독자적인 응용계층의 표준안을 작성하기로 결정하였다.

IEC/ISA 필드버스 응용계층의 표준안작업은 아직 초기 단계에 머물러 있으나, 현재까지 진척된 상태를 기준으로 한 필드버스 응용계층의 기본구조는 그림 5와 같으며, 응용계층에서 생성되는 ALPDU(Application

Layer Protocol Data Unit)를 위한 추상구문과 전송구문으로는 각각 ASN.1(ISO 8824)와 ASN.1/BER(ISO 8825)을 채택하는 것이 유력시되고 있다.

○ LD(Logical Device): 필드버스에 접속되는 자동화 및 제어관련 장비에서 수행되는 기능들을 나타내는 추상적인 표현이다 (MMS의 VMD와 유사한 개념).

○ AP(Application Process): LD는 하나 이상의 AP를 가지며 LD에서 수행되는 기능들이 AP를 통하여 외부로 표출된다. 따라서 필드버스의 응용계층은 AP간의 통신이 가능하도록 구성되어야 한다.

○ AE(Application Entity): AE는 AP에 통신기능을 제공한다. 즉, ASE를 통하여 AP간의 통신에 필요한 서비스를 제공하고 프로토콜의 생성을 지원한다.

○ ASE(Application Service Element): AE들간에 네트워킹에 필요한 모든 기능들을 지원한다. 즉, 주어진 AP에 대한 AE는 ASE의 부분집합으로 정의된다.

○ AR(Application Relationship): AP 간에 통신을 위한 접속관계를 설정하고 해제하는 기능을 수행한다.

(4) 사용자 계층^[19]

ISA의 주도하에 작성되는 필드버스의 사용자계층에 대한 표준안에 대한 기본 개념은 현재의 분산제어시스템(Distributed Control Systems)을 더욱 초분산화하여 데이터 획득 및 제어에 관련된 모든 기능들을 필드장비들에 바로 부여하는 필드제어시스템(Field Control System)의 구축에 있다. 이를 위하여 ISA의 SP50 위원회에서는 필드장비의 데이터 획득 및 제어에 관련되는 다음의 32개의 기능들에 대하여 표준기능블록(Standard Function Block)을 작성하고 있다.

○ Analog: Analog Input, Analog Output, Composition, Counter, Dynamic Compensation, Interface, Math, On/Off Control, PID, Property Conversion, Pulse Width Modulation, Signal Capture, Signal Characterizer, Signal Selector, Splitter, Tank Gauging, Timer, Totalizer, Tuner (19개)

○ Discrete: Batch Collector, Device Control, Discrete Input, Discrete Output, Discrete

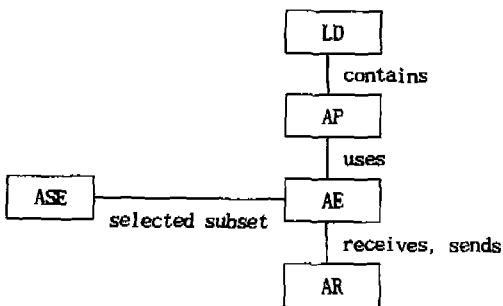


Fig. 5 IEC/ISA 필드버스의 응용계층구조

Resistor I/O, Human Interface, Interface(Binary), Logic, Program Control, Register I/F (10개)

○ Serial : Serial Communication, Serial In Conversion (2개)

○ Null Block (1개)

각각의 기능블록은 주어진 기능을 수행하기 위한 “알고리즘”(또는 rule part) 영역과 알고리즘을 수행하는데 있어서 제공되어야 하는 “데이터베이스”(또는 data part) 영역으로 나뉘어지며, 각각의 필드 기기에는 필요한 만큼의 표준기능블록들이 구현되도록 한다. 사용자 계층 표준안은 이러한 기능블록의 알고리즘과 데이터베이스들을 표준화시킴으로써 필드장비의 공급자(vendor)는 미리 정해진 “알고리즘”에 따라 기능블록을 구현하여 필드장비를 생산하고, 사용자(user)는 필드장비의 각각의 기능블록에 대하여 표준화된 “데이터베이스”만을 구축함으로써 바로 기기를 구동하도록 하여 필드버스가 공장자동화 및 공정제어시스템에 응용될 수 있는 폭을 넓힌 것이 특징이다. 따라서 사용자 계층의 표준안이 완성되며 필드에 설치된 모든 기기 들간에 상호 접속성(interconnectable) 및 상호 동작성(interoperable)이 실현되어 완전한 개방형 시스템의 구축이 가능해질 수 있을 것이다. 현재 사용자 계층의 표준안을 작성하는데 있어서 기술적인 난관은 거의 없으나 필드장비를 생산하는 많은 업체들 간에 얽혀있는 복잡한 이해관계를 해결하여야 하며 따라서 표준안이 완성되기까지는 앞으로 상당한 시일이 소요될 것으로 예상된다.

Ⅳ. 필드버스의 전망

현재 필드버스의 상황은 매우 혼잡한 상태에 놓여 있다. 앞서 언급한 바와 같이 1984년부터 시작된 IEC/ISA 필드버스의 표준화 작업은 현재까지 물리계층만 완성되었을 뿐이고 데이터링크와 응용계층은 앞으로 많은 시일이 요구될 것으로 예상된다. 표준안의 작성이 지연되는 이유는 기술적인 문제 때문이 아니고, 필드버스시스템의 규격(specification)을 새로이 작성하는 과정에서 필드버스 관련 업체 및 기관들 간에 얽혀있는 복잡한 이해관계에 의한 정치적인 문제에 기인한다. 그러나 이미 1980년대 말에 FIP와 Profibus 필드버스

시스템의 개발이 완료되어 현장에서 사용되고 있으며, 현재 각각 ClubFIP와 PTO(Profibus Trade Organization) 사용자그룹을 결성하여 제품의 시장확보를 위한 막대한 노력을 경주하고 있다. 이러한 시장쟁탈전은 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 Fisher-Rosemount, Siemens, Foxboro, ABB, Yokogawa, Johnson Controls, Hartmann & Braun, Toshiba 등의 주도하에 물리계층의 표준안에 Profibus와 FIP의 일부 기능을 결합시킨 ISP(Inter Operable Systems Project) 사용자 그룹을 결성하였으며,

또한 Allen-Bradley, Eltag Bailey, ITT Cannon, Masoneilan-Dresser Industries, Ronan Engineering, Square D, Club FIP, GM 등은 IEC/ISA 물리계층 표준안에 FIP를 접목시킨 World FIP 사용자 그룹을 결성하여 시장공략에 나서고 있다. ISP와 WorldFIP는 각각 약 90개 및 12개 회원사를 확보하고 있다고 주장하고 있다. ISP와 WorldFIP는 각각 약 90개 및 120개 회원사를 확보하고 있다고 주장하고 있다. ISP와 WorldFIP 모두 앞으로 IEC/ISA 표준안이 완료되는 대로 이를 적극 수용하겠다는 의사를 표명하고 있어 궁극적으로는 같은 규격을 사용하는, 그러나 구현방식이 다른 제품으로 수렴될 것으로 예상된다. 최근에 와서는 필드버스의 규격을 하나로 통일함으로써 필드버스 보급을 확산한다는 목표 하에 ISP와 WorldFIP가 Fieldbus Foundation이라는 하나의 기구로 통합하기 위한 작업을 진행 중에 있다.

과거에 MAP의 경우에는 GM, Kodak, John Deer, Kaiaser Aluminum 등의 소수의 대기업들이 이를 주도하였으며, MAP 제품을 생산 또는 사용함으로써 시장성패에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 중소기업들이 적극 참여하지 않아 초기에 MAP이 발표될 당시에 비하여서는 크게 호응을 받지 못하고 있다. 또한 MAP은 OSI 7계층구조를 채택하고 있어 자동화 장비들 간에 완전한 호환성(Interoperability)을 제공하기에는 기술적으로 많은 부분의 해결이 요구되었으며, 따라서 MAP은 아직도 자동화기술이라기보다는 통

신기술로 분류되고 있다. 그러나 필드버스는 자동화, DCS(Distributed Control System), 필드장비 생산 업체 등 많은 회사들이 적극 참여하고 있으며, MAP에 비하여 단순한 구조를 가지고 있어 공장자동화와 분산 공정제어시스템의 현장에 매우 용이하게 적용할 수 있는 특성을 가지고 있다. 과거에 릴레이방식의 제어시스템이 PLC의 출현과 함께 자취를 감춘 것과 마찬가지로, 현재 필드버스시스템의 전망은 필드장비들의 기능이 점차 지능화, 고도화됨에 따라 기존의 4-20 mA의 아나로그 신호를 통한 필드 기기의 접속방식이 차후에는 필드버스시스템으로 완전히 대체될 것으로 예상된다.

국내의 필드버스 관련기술의 현황은 극히 초기단계에 머물러 있는 실정이다. 앞서 언급한 바와 같이 IEC/ISA 필드버스의 표준안이 완성되기까지는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상되며, 그 동안은 WorldFIP와 ISP 및 Profibus가 필드버스시장을 분할할 것으로 예상된다. 따라서 앞으로 공장자동화와 공정제어시스템에서 필수적으로 요구될 것으로 예상되는 필드버스시스템 관련기술을 국내에서 확보하기 위하여서는 WorldFIP 및 ISP(또는 Fieldbus Foundation) 사용자그룹에 가입하여 관련기술을 축적하는 동시에 시장성도 확보하고, 이와 더불어 IEC/ISA 필드버스 표준안의 작성에 적극 참여하여 표준안이 완료되는 시점에서 이를 수용함으로써 앞으로의 국제표준화 시대에 대비하여야 할 것이다.

V. 필드버스 시스템 설계 기법

필드버스에는 각종 센서, 모터, 밸브, 카운터, 타이머, 단일루프제어기, 소형 PLC 등의 필드기와 이러한 장비들을 제어하는 다중루프제어기, 중대형 PLC, operator station 등의 장비들이 접속되며, 이러한 장비들에서 생성되는 데이터들은 크게 다음과 같이 주기적, 실시간 및 비실시간 데이터 트래픽의 세 가지로 구분될 수 있다.

(1) 주기적(*periodic: loop control*)데이터: 주기적 데이터는 일반적으로 피드백 제어 루프들로부터 생성된다. 각각의 제어 루프는 센서, 콘트롤러, 액츄에이터 등의 제어방비들로 구성되며, 이들은 각각 일정한 샘플링 주

기를 가지고 반복적으로 데이터를 생성한다. 샘플링된 데이터는 각각의 노드의 전송큐에 삽입되며, 서버가 도착하는 순간 대기하고 있던 데이터는 전송된다. 네트워크의 트래픽으로 인한 데이터 전송지연시간은 불규칙적으로 변하는 속성이 있다. 데이터 전송지연시간이 데이터 샘플링 주기보다 길어지는 경우에는 다음의 그림 6에서 보는 바와 같이 두개 이상의 센서 데이터가 콘트롤러 노드의 샘플링 주기 동안에 도달하는 경우가 발생할 수 있으며, 이 경우 마지막으로 도착한(즉, 가장 최근에 생성된) 데이터 만이 콘트롤러 데이터를 생성하는데 사용된다. 이 때 "데이터손실" 현상이 발생한다. 반면에 다른 샘플링 주기에서는 센서 데이터가 도달하지 않는 "공허샘플링" 현상이 나타난다. 데이터손실과 공허샘플링이 제어시스템에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션 결과가 그림 7에 나타나 있다. 그림에서 실선은 데이터손실과 공허샘플링이 발생하는 경우이고, 점선은 이러한 현상들이 발생하지 않는 경우이다. 그림 7에서 보는 바와 같이 이러한 현상들은 루프제어의 성능을 크게 저하할 뿐만 아니라 제어신호의 고주파 잡음으로 인한 jitter 현상을 야기하여 액츄에이터의 급속한 마모를 초래한다^[20]. 따라서 주기적 데이터는 (i) 데이터 전송지연시간이 데이터 샘플링 주기를 초과하지 않도록 하는 동시에 (ii) 각각의 제어루프에서의 루프지연시간이 최대 허용치를 초과하지 않도록 설계되어야 한다.

(2) 실시간(*real-time: urgent*) 데이터: 시퀀스제어에 있어서 사건(event) 발생 신호를 비롯하여 기기 또는 시스템에 예기치 않은 고장 또는 비상사태가 발생했을 경우에 전송되어야 할 경고메시지 등은 가능한 한 빠른 시간 내에 전송되어야 한다. 이러한 데이터들은 길이가 매우 짧으며, 매우 작은 응답시간의 범위에서 실시간 동작을 요구하는 등의 특성을 가지고 있다. 따라서 이러한 데이터들은 다른 형태의 데이터들 보다 높은 우선순위를 가지고 전송되어야 한다.

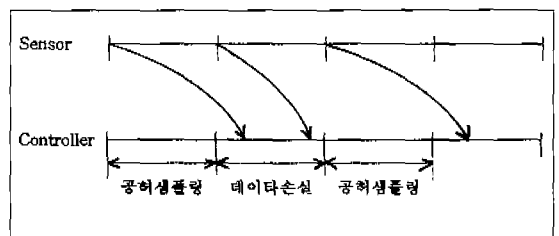


Fig. 6 공허샘플링과 데이터손실의 예

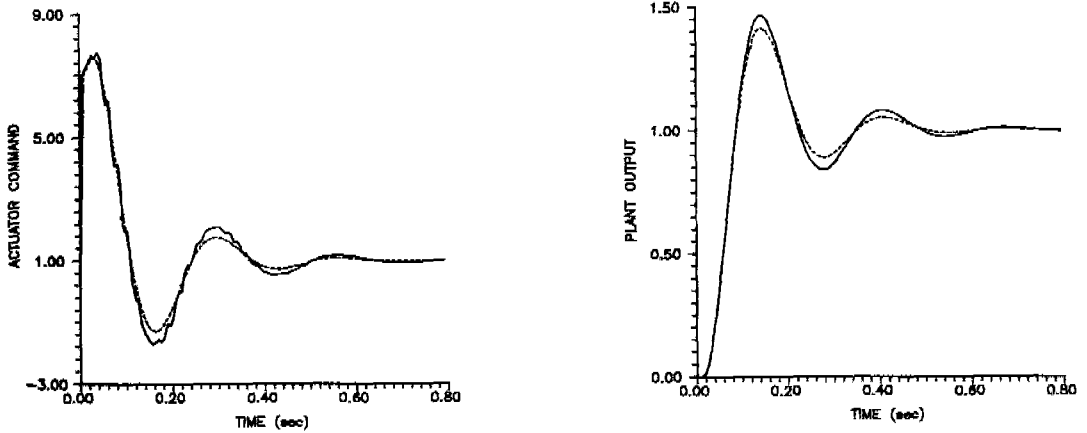


FIG. 7 공허샘플링과 데이터손실 현상 하에서 루프제어시스템의 성능

(3) 비실시간(non-real-time: time-available) 데이터: 제어컴퓨터에 제어관련 프로그램을 Uploading/downloading 하거나 시스템을 관리하는데 필요한 메시지 등을 전송하는데 사용되는 데이터들은 데이터 양이 비교적 많으며, 일반적으로 응답시간의 시급성을 요구하지 않는다. 따라서 이러한 데이터들은 필드버스에서 제공하는 대역폭 가운데 실시간 데이터와 주기적 데이터가 전송되는데 소요되는 대역폭을 제외한 여분의 대역폭을 이용하여 전송되어야 한다.

필드버스에서는 주기적, 실시간 및 비실시간 데이터를 생성하는 여러 개의 기기들이 대역폭이 제한된 하나의 네트워크 미디어를 공유하기 때문에 각각의 노드에서 생성되는 데이터의 트래픽을 적절히 관리 및 제어하지 못하는 경우에는 각각의 데이터들에 대한 응답시간 또는 처리량에 대한 요구사항을 만족시키지 못하게 되어 생산자동화 및 분산제어 시스템의 성능에 악영향을 미칠 수도 있다. 따라서 필드버스 시스템 설계자는 먼저 필드버스에서 처리되어야 할 주기적, 실시간 및 비실시간 데이터들의 트래픽 상태를 분석한 후, 이들을 필드버스의 제한된 대역폭에 적절히 할당하여야 한다. 즉, 필드버스 네트워크의 트래픽 관련 파라미터 값들을 적절히 설정 및 조정함으로써 (i) 각 노드에서 생성되는 데이터의 지연시간이 지정된 한계치를 초과하지 않도록 하는 동시에 (ii) 네트워크의 이용도를 최대화하도록 하

여야 한다. 본 절에서는 (1) 주기적 데이터 만을 생성하는 경우, (2) 주기적 데이터와 비실시간 데이터의 두 가지 형태의 데이터 만을 생성하는 경우, (3) 주기적, 실시간 및 비실시간 데이터를 생성하는 일반적인 경우에 있어서 필드버스 시스템의 설계기법의 기본개념에 대하여 기술하기로 한다.

(1) 주기적 트래픽

센서, 컨트롤러 등과 같이 주기적 데이터 만을 생성하는 루프 제어 관련 장비들로만 구성된 필드버스 시스템에서 각각의 노드들은 (C1) 공허샘플링과 데이터손실 현상을 제거하기 위하여 모든 노드에서 생성되는 데이터들은 다음의 데이터가 샘플링되기 이전에 전송을 완료하여야 하며, (C2) 제어 루프 성능요구사항을 만족시키기 위하여 루프지연시간의 최대허용치를 초과하지 않아야 하는 등의 두 가지 조건이 만족되도록 설계되어야 한다. 주기적 트래픽에 대한 대역폭 할당은 Hong^[20]이 제시한 윈도우 스케줄링(window scheduling) 기법을 사용할 수 있다. 윈도우 스케줄링의 기본개념은 필드버스가 제공하는 대역폭을 시분할 방식을 통하여 γ 개의 윈도우로 분리한 후, 각각의 노드에서 주기적 데이터의 샘플링 주기를 적절히 선정하여 N_c 개의 주기적 데이터를 생성하는 노드들이 γ 개의 윈도우를 적절히 공유하도록 하는 것이다. 여기서 윈도우 개수 γ 은 필드버스 내에 모든 제어 루프가 (C1)과 (C2)의 조건을 동시에 만족하도록 선정되며, 이 경우에 필드버스 내의 모든 제

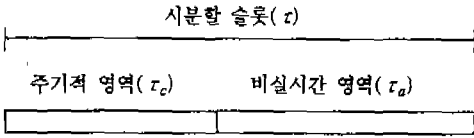


Fig. 8 펠드버스의 대역폭 할당: 주기적/비실시간 트래픽

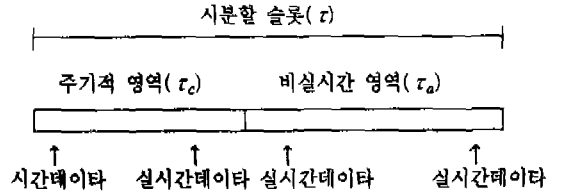


Fig. 9 펠드버스의 대역폭 할당: 주기적/비실시간 트래픽

어루프의 성능요구사항이 만족되는 동시에 펠드버스 대역폭의 이용도가 최대화된다.

(2) 주기적/비실시간 트래픽

펠드버스의 트래픽이 주기적 데이터와 비주기적 데이터만으로 구성되는 경우에 펠드버스설계기법은^[21]에 기술되어 있다. 이 경우에 펠드버스 대역폭은 그림 8에서 보는 바와 같이 먼저 시분할 슬롯(τ)로 나뉘어지고, 이는 다시 주기적 데이터만을 처리하는 주기적 영역(τ_c)과 비실시간 데이터만을 비실시간 영역(τ_a)으로 구분된다. 각각의 영역에서는 다시 시분할 기법을 통하여 데이터전송을 위한 대역폭을 할당한다. 주기적 영역에서 대역폭 할당은 앞에서 제시한 윈도우 스케줄링 기법의 기본 개념 그대로 적용된다. 즉, 주기적 영역 τ_c 는 γ 개의 윈도우로 구성되며, 네트워크 내의 N_c 개의 주기적 데이터를 생성하는 노드들이 γ 개의 윈도우를 적절히 공유하여, τ_c 동안 서버에 의하여 전송되는 실시간 데이터의 개수가 γ 를 초과하지 않도록 한다. 비실시간 데이터는 데이터 전송에 소요되는 시간에 대한 시급성을 요하지 않는 데이터들이며, 따라서 주기적 데이터가 전송되는데 소요되는 대역폭을 제외한 여분의 대역폭을 이용하여 전송되어야 한다. 이를 위하여 펠드버스는 서버의 프레임제어필드(Frame Control Field)에 1바이트 길이의 주기바이트(cyclic byte)를 추가로 할당하여 이를 통하여 펠드버스 내의 모든 노드들에게 주기적 영역의 시작과 종료를 통보할 수 있다. 이 경우에 주기적 데이터의 주어진 성능요구사항을 만족시키기 위하여 비실시간 데이터의 데이터 도착주기와 패킷 전송 시간 등이 제한되어야 하며, 이러한 파라미터들을 설정하는 방안이 [21]에 제시되어 있다.

(3) 실시간/주기적/비실시간 트래픽

실시간, 주기적 및 비실시간 데이터를 생성하는 일반적인 경우의 펠드버스 시스템에서 시간데이터는 데이터 전송지연시간에 대한 시급성이 매우 중요시되며, 따라

서 주기적 및 비실시간 데이터에 비하여 우선적으로 전송되어야 한다. [21]에서 제시하는 펠드버스 설계의 기본 개념은 앞에서 기술한 주기적/비실시간 트래픽의 경우와 같이 펠드버스 대역폭을 크게 주기적 및 비실시간 영역으로 구분하고 실시간 데이터는 전송큐에 서버가 도착되는 순간에 즉시 전송되도록 하는 것이다(그림 9 참조). 즉, 펠드버스에서 서버는 미리 정해진 순서에 따라 각 노드를 차례로 방문하며, 서버가 실시간 데이터 전송큐에 도착하는 순간에는 대기하고 있는 데이터는 무조건 전송된다. 이 경우 역시 실시간 및 주기적 데이터의 주어진 성능요구사항을 만족시키기 위하여 비실시간 데이터의 데이터 도착주기와 패킷 전송시간 등이 제한되어야 하며, [21]에 이러한 파라미터들을 설정하는 방안이 제시되어 있다.

Ⅶ. 결 론

펠드버스는 원래 공장의 생산자동화시스템 및 제철, 석유화학, 식품, 시멘트 등의 공정의 분산제어시스템에 사용되도록 고안되었으나, 그 외에 핵/전기 발전소, 쓰레기 소각시설 및 폐수처리시설 등의 환경시스템, 빌딩 자동화시스템 등 디지털 분산제어를 요구하는 거의 모든 분야에 널리 사용될 수 있다. 또한 펠드버스 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. 펠드버시스템은 고도의 첨단기술을 요구하는 분야가 아니고 현재 국내에서 확보된 컴퓨터, 제어 및 통신기술 만으로도 충분히 관련기술의 확보가 가능한 분야이다. 따라서 앞으로 엄청난 수요가 예상되고, 선진국에서도 출발 단계에 있는 이 분야에 국내 관련업체에서도 서둘러 진출하여 또 하나의 선진국 기술종속 분야로 남기지 말아야 할 것이다.

参考文献

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, 199.
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.3, May 1988.
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. ISA-TR50.02, Part 9- TR1, User Layer Technical Report for the Fieldbus Standard, 1993.
20. S.H. Hong, "Scheduling Algorithm of Data Sampling Times in the Integrated Communication and control System," accepted publication on IEEE Trans. on control systems Technology.
21. 최재진, 이성근, 홍승호 "필드버스 시스템 설계 기법", '94 한국자동제어학술회의, 국내학술편.