

FOUNDATION Fieldbus 전송기의 설계

이성우
한국전력공사 전력연구원

Design of FOUNDATION Fieldbus Transmitter

Lee Sung Woo
Korea Electric Power Research Institute

1. 서론

필드버스는 각종 제어 및 자동화 시스템에서 필드에 설치된 장치들 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 노이즈에 의한 영향을 줄일 수 있다. 양방향 통신을 제공함으로써 네트워크를 통하여 각종 필드기기들의 상태를 DCS(Distributed Control System)에서 모니터링 할 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) 디지털 기술을 이용하는 통신망 신호 전송 체계의 필요성이 대두되기 시작하면서 필드버스 기술이 개발되기 시작하였다.

본 논문에서는 FOUNDATION Fieldbus[2] DLL(Data Link Layer)[3]의 데이터 전송 방법에 대해 설명하고, FOUNDATION 필드버스 전송기 하드웨어를 설계하였다.

2. 데이터 전송 방법

Foundation 필드버스의 데이터 링크 계층은 IEC/ISA 필드버스 데이터 링크 계층의 부분 집합이다. DLL의 주된 기능은 필드버스 매체로의 메시지 전송 제어이다. LAS(Link Active Scheduler)라는 버스 스케줄러를 통해서 필드버스로의 메시지 접근을 관리한다. 기본적으로는 중앙 제어 방식의 프로토콜을 사용하고 있으나 Token Passing과 Schedule에 의한 데이터 전송을 모두 지원한다. 로컬 링크에는 최대 32개의 노드가 가능하다. 데이터 링크 계층의 모든 메시지는 DL.PDU(Data Link Protocol Data Unit)의 형태로 전송된다. DL.PDU의 구조는 다음과 같다.

Frame Control	DL-Address	Parameters	User data	FCS
1byte	0-12byte	2Byte	최대 256byte	2Byte

가. Schedule에 의한 데이터 전송

LAS는 주기적으로 전송해야하는 데이터들의 시간에 관한 목록을 갖고 있어서, 그 시간이 되면 노드에 전송 권한을 가지고 데이터를 전송한다. 주기적인 데이터를 전송해야하는 시간이 되면 LAS는 CD(Compel Data) DLPDU를 전송할 노드에 전송한다. CD를 수신한 노드는 필드버스상의 모든 노드에 데이터를 DT(data) DLPDU 형태로 전송한다. CD는 우선순위를 갖지 않고, CD를 수신한 노드는 우선순위에 상관없이 하나의 데이터만 모든 노드에 전송할 수 있다. 데이터를 전송한 후에는 RT(Return Token) DLPDU를 이용해서 LAS로 토큰을 반납한다. Schedule을 이용하는 데이터 전송은 주로 기기와 필드버스사이의 제어루프의 주기적 데이터의 전송에 사용한다. 그림 1은 Schedule를 이용하는 데이터 전송의 예를 나타낸다.



그림 1. Schedule 데이터의 전송

나. Token passing을 이용한 데이터 전송

필드 버스 상의 모든 노드는 Schedule 데이터를 전송하는 사이에 Token passing을 이용해서 비주기적 데이터를 전송할 수 있다. LAS는 V(TCL) (Token Circulation List)의 노드 주소의 순서에 따라서 PT(Pass Token) DLPDU를 전송해서 비주기적 데이터를 전송할 수 있도록 한다. 토큰이 분실되거나 반납되지 않을 경우를 대비하여 토큰을 전송한 후 V(DTA)(Delegation Address)에 기록한다. PT를 수신한 노드는 PT의 우선순위보다 높거나 같은 우선순위를 갖는 데이터를 전송할 수 있다. 전송 데이터의 양은 PT에 포함된 매개변수인 PT-duration(byte)을 초과하면 안 된다.

PT의 우선순위는 TTRT(Target Token Rotation Time), 즉 미리 설정된 토큰이 모든 노드를 방문하는데 걸리는 시간과 ATRT(Actual Token Rotation Time), 실제로 토큰이 모든 노드를 방문하는데 걸리는 시간을 비교해서 결정한다. $TTRT > ATRT$ 이면 토큰의 우선순위를 증가해서 낮은 우선순위의 데이터도 전송할 수 있도록 만들고 $TTRT \leq ATRT$ 이면, 토큰의 우선순위를 감소시켜서 높은 우선순위의 데이터만 전송 가능하도록 만든다.

PT에 설정된 PT-duration 만큼의 데이터를 모두 전송했거나, 더 이상 전송할 데이터가 없는 경우는 RT를 이용해서 토큰을 LAS로 반납한다. PT-duration이 부족한 경우 RI(Request Interval) DLPDU를 이용해서 LAS에 여분의 PT-duration을 요구할 수 있

다. 그림 2에 Token Passing을 이용한 데이터 전송의 예를 나타낸다.

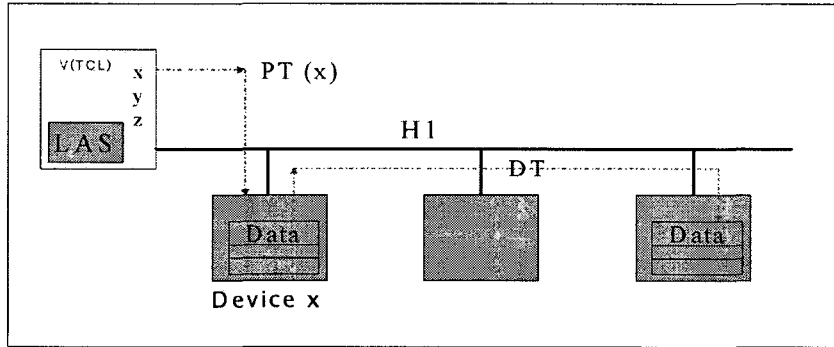


그림 2. 토큰을 이용한 데이터 전송

다. LAS의 기능

LAS가 Scheduler 토큰을 소유하게 되면, 우선순위에 따라 처리할 일을 결정한다.

- 시간 동기화를 요구가 있으면, TD(Time Distribution)를 전송한다.
- 링크 유지 보수를 한다.
- Schedule Message를 전송해야할 시간이면 CD를 전송한다.
- PT를 전송할 만큼의 시간이 남아 있다면 PT를 전송한다.
- PT를 전송할 만큼의 시간이 남아있지 않다면 DT를 전송한다.
- 5번을 실행하여 문제가 있으면, 새로운 노드가 통신망상에 들어왔는지를 확인한다.
- 다음 Schedule 시간까지 6번을 실행할 정도의 시간이 안되면, 그 시간 다른노드 (LAS)가 고장났다고 판단한다.

1) Live List 유지

PT에 정확하게 대답하는 모든 노드의 목록을 "Live List"라고 한다. 새로운 기기는 어느 때라도 필드버스에 더해 질 수 있다. LAS는 주기적으로 PN(Probe Node) 메시지를 Live List에 포함되지 않는 주소에 전송한다. 새로운 노드가 존재하면 PR(Probe Response)로 응답한다. PR로 응답을 받으면 LAS는 Live List에 포함시키고, Node Active 메시지를 전송한다. LAS는 Live List의 모든 노드에 PT를 한번씩 전송하는 동안 적어도 한번은 PN을 새로운 주소에 전송해야 한다. Live List와 V(TDL)는 같다.

기기가 PT에 대하여 정확하게 응답하는 동안은 Live List에 남아있으나, 연속 세 번 동안 PT를 사용하지 않거나 바로 반납하는 경우는 Live List에서 제거된다. Live List에 기기가 더해지거나 제거될 때마다 LAS는 바뀐 Live List를 모든 노드에 전송한다. 즉 모든 노드는 Live list의 복사본을 갖고 있다.

2) 시간 동기화

LAS는 주기적으로 TD 메시지를 전송해서 데이터 링크상의 모든 노드들이 시간이 동기화되도록 한다. 또는 노드가 CT(Compel Time) 메시지를 이용해서 LAS에 동기

화를 요구할 수도 있다. 시간 동기화 기능은 사용자 응용계층의 스케줄링 기능 블록의 실행이 데이터 링크의 시간에 토대가 되기 때문에 매우 중요한 기능이다.

3) Communications

그림 3에서 필드 디바이스가 데이터 링크 계층에서 할당된 기록 방법을 보여준다.

모든 필드 디바이스는 32-Bit 하드웨어 어드레스를 가지고 있으며, 6-Byte의 제조자 코드, 4-Byte의 디바이스 코드 그리고 시리얼 번호로 구성되어 있다. 각각의 디바이스는 다른 디바이스와 구별되어 있다. Handheld Communicator/Laptop Device와 같은 일시적인 디바이스는 일시적인 범위의 노드 어드레스를 가지고 있다. 일시적인 디바이스는 PD(Physical device) Tags 나 영원한 어드레스를 할당하지 않는다. LAS는 0x04의 노드 어드레스를 가지고 있다. 만일 어떤 디바이스가 Gap V 어드레스를 가지고 있다면, 그것은 결코 네트워크에 결합할 수 없다. 그러나 V(FUN)와 V(NUN) 파라미터들은 네트워크 운영을 통하여 Access 할 수 있다.

0x10 - V(FUN)	Address for Link Master Class Devices
0xF7 - V(FUN)+V(FUN)	Address for Basic Class Devices
0xF8 - 0xFC	Default address for devices with cleared address
0xFD - 0xFF	Address for temporary devices such as a handheld communicator

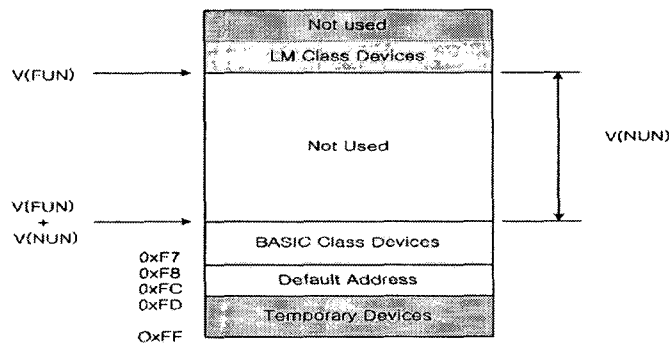


그림 3. FF 노드 어드레스

4) Macro-cycle

마이크로 사이클은 최소한 50%의 비 스케줄(Free Asynchronous) 시간을 가지고 있다. 비 스케줄 시간 계산은 여유 용량의 요구 범위 내에서 허용될 것이다. 그러므로 새롭게 권한을 가진 세그먼트는 최소한 70% 비 스케줄 시간을 가지고 있다.

평선 블록 실행 주파수는 시스템 부하나 프로세스 제어 객체 들 사이에 양립할 수 있다. 모든 평선 블록 실행 주파수는 단일 필드버스 네트워크 내에 포함하며, 그것은 네트워크/세그먼트 마이크로 사이클 시간에 의해 정의 될 것이다. 마이크로 사이클 시간은 일반적으로 250ms에서 몇 초 까지 범위 내에 있지만 그것은 디바이스의 사용 개수에 따라 다를 수 있다. 실행 순서는 필드버스 네트워크의 평선 블록을 연결한 토대로 자동적으로 결정될 것이다. 관련된 통신 사이클을 그림 4에 나타나 있다.

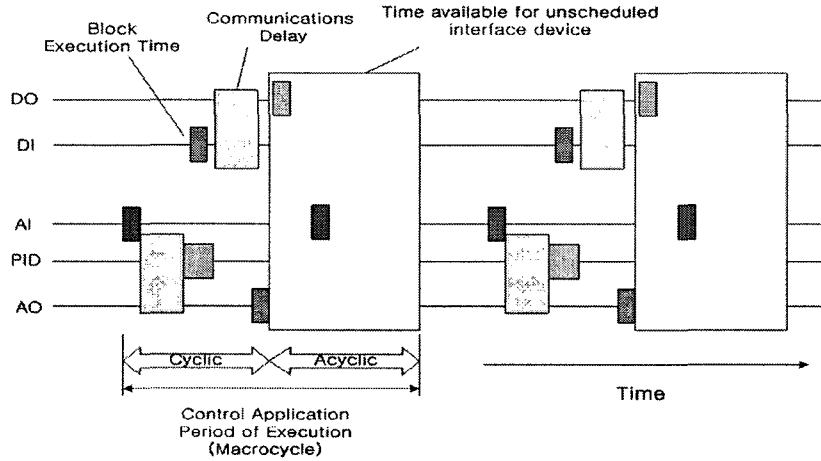


그림 4. 통신 사이클 형태

3. 하드웨어 설계

필드버스 전송기는 아날로그 입력, MCU(Main Control Unit), FBC(FieldBus Controller), MAU(Medium Attach Unit), 전원부분을 필요로 한다.

이를 구성하기 위한 각 부분별 설계 내용은 그림 5와 같다.

가. 아날로그 입력(Analog Input)

센서의 온도 및 압력을 측정하여 디지털 값으로 변환하는 전자회로 부분으로 물리적 입력 요소를 신호 처리하여 디지털 형태의 데이터로 변환해주는 기능을 가진다.

나. MCU 및 주변회로

전송기의 핵심 부분으로 다음과 같은 H/W 측면의 기능을 가진다.

- 전송기의 전체적인 운영
- 필드버스 통신을 위한 FBC와 물리계층 접속
- 센서의 입력(온도 또는 차압 신호)을 처리하기 위한 ADC(Analog to Digital Converter) 데이터의 접속 및 운영
- 전송기 운영 S/W의 탑재를 위한 통신 장치(Download 가능 형태)
- 필드버스 관련 설정 및 운영에 필요한 기능의 정의 및 관리를 위한 외부 저장장치와의 연계
- LCD 표시 장치와의 연계

다. FBC

필드버스 네트워크로부터 MAU를 통해 생성된 통신 신호를 MCU와 상호 전송해주는 기능을 가진다.

라. MAU 및 전원부분

개발하고자 하는 필드버스 전송기는 필드버스 네트워크로부터 전원을 공급받는 형태로써 MAU 부분에서 전송기의 구동전원을 생성하고 필드버스 통신을 위한 통신신호를 전

달 할 수 있어야 한다.

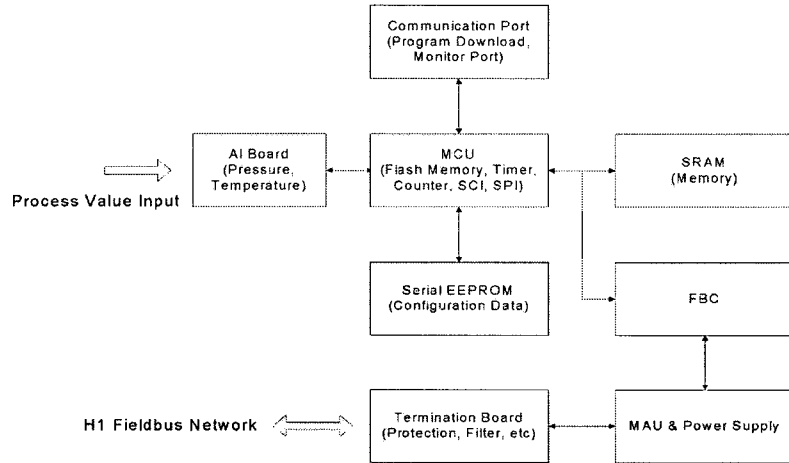


그림 5. 기능 블록의 구성

4. 결 론

필드버스 통신망에는 50개 이상의 다양한 프로토콜이 존재한다. 그중에서 세계적으로 많이 사용하는 FOUNDATION Fieldbus H1에 대해서 논하고자 한다. 본 논문에서는 필드버스를 이용한 지능형 전송기에 대해 설계하였다. 필드버스 전송기에는 물리계층 데이터링크 계층 응용계층이 있는데 여기서는 데이터링크 계층에 대해서만 설명하고자 한다. 데이터 링크 계층은 IEC/ISA 필드버스 데이터 링크 계층의 부분 집합이다. DLL(Data Link Layer)의 주된 기능은 필드버스상의 데이터를 전송하고 제어를 한다. LAS(Link Active Scheduler)라는 버스 스케줄러를 통해서 필드버스상의 메시지 접근을 관리한다. 기본적으로는 중앙 제어 방식의 프로토콜을 사용하고 있으나, Token Passing과 Schedule에 의한 데이터 전송을 모두 지원한다. 로컬 링크에는 최대 32개의 노드 연결이 가능하다. 하드웨어 설계 부분에 대해서는 본 논문에서는 간단히 설명하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이성우, 광귀일, 오응세, 송성일, "필드버스를 이용한 분산제어시스템", 대한전기공학회, 2004.11.
- [2] Foundation Fieldbus H1 Technical Specifications. 2001.5.
- [3] FOUNDATION™ Specification Fieldbus Message Specification FF-870, 2001.5.
- [4] Joseph Schmuller, "UML 객체지향 설계", Third Edition 2004.4.
- [5] N.P. Mahalik, "Fieldbus Technology", Springer, 2003.
- [6] Fieldbuses for Process Control : Engineering, Operation, and Maintenance. Jonas Berge. 2002