

필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이 개발

이준형⁰, 이희찬, 박진원, 김명균

울산대학교 컴퓨터정보통신공학부

{comfuny⁰, dino3941}@cnlab.ulsan.ac.kr, zwsonic@shinbiro.com, mkkim@ulsan.ac.kr

Implementation of Fieldbus Protocol Conversion Gateway

JoonHyung Lee⁰, HeeChan Lee, Zinwon Park, MyungKyun Kim

Department of Computer Engineering and Information Technology, University of Ulsan

요 약

오늘날 공장 자동화에 이용되는 필드버스 네트워크는 많은 종류가 있으며 각각의 특징 및 장단점을 가지고 다양하게 이용되고 있다. 이러한 필드버스 네트워크용 프로토콜은 서로 다른 특징으로 인하여 관리자가 효율적으로 네트워크를 관리하는데 어려움이 크다. 본 논문에서는 이러한 이기종의 필드버스 네트워크를 통합할 수 있는 필드버스 네트워크 프로토콜 변환 게이트웨이를 설계 및 구현하였다.

1. 서 론

오늘날 대부분의 산업현장은 다양한 장비들에 컴퓨팅 디바이스가 장착되어 네트워크로 연결되는 공장자동화 네트워크를 이용한다.

공장자동화 네트워크에 이용되는 필드 네트워크는 유럽에서 처음 개발되어 오늘날에는 CAN, DeviceNet, Profibus, Interbus 등과 같은 다양한 종류가 있으며, 각각의 미디어 접근방식과 프로토콜을 가지고 독립 네트워크를 구성하여 작동한다. 그러나 서로 다른 종류의 네트워크 사이에는 접근방식 및 프로토콜이 다르므로 하나의 생산라인에 두 가지 이상의 서로 다른 필드버스가 적용되었을 경우 통합해서 관리하기 힘들다는 문제점이 있다. 따라서 서로 다른 필드버스를 통합할 수 있는 방안이 필요하며, 많은 연구들이 이루어지고 있다. [1]

본 논문에서는 서로 다른 필드버스를 이더넷을 이용하여 통합하는 방안을 제시하고 이더넷 스위치를 이용하여 필드버스를 통합하는 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이를 설계, 구현하였다.

논문의 구성으로는 2장에서는 몇 가지의 필드버스 프로토콜의 특징에 대해서 알아보고, 3장에서는 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이를 설계방법에 대하여 기술하고, 4장에서 구현에 대하여 설명한 후, 5장에서 결론 및 향후 연구방향에 대해서 논한다.

2. 필드버스 프로토콜

본 장에서는 여러 가지 필드버스 종류 중에서 본 논문에서 고려한 CAN 과 Profibus의 데이터링크 계층에 대해서만 살펴본다.

2.1 CAN

CAN은 버스 토폴로지로 구성되며 CSMA/CD+AMP 접근방식을 따른다. 버스가 정지상태일 때 모든 스테이션

이 전송권한을 가지고 있으며, 버스정지상태를 감지한 스테이션이 전송을 시작하면 우선순위 경쟁을 통해서 정해진 순서에 따라서 송신된다.

CAN은 생산자/소비자 네트워크모델을 따라 한 스테이션이 메시지를 송신하면 다른 모든 스테이션이 메시지를 수신하며 자신이 수신하고자 하는 메시지만을 메시지 식별자를 통하여 선택하여 수신한다. 메시지는 주소기반이 아닌 메시지 식별자(Identifier)에 의해서 식별된다. CAN이 하나의 프레임을 통하여 전송할 수 있는 데이터의 크기는 0 ~ 8바이트로 제한된다. CAN에서는 아비트레이션 진행 동안 우선순위를 결정하며 메시지 식별자값이 가장 낮은 메시지가 가장 높은 우선순위를 가진다. 그러나 우선순위가 낮은 메시지는 계속해서 경쟁에서 뒤지게 되는 문제점이 발생 할 수 있다. [그림 1]은 CAN의 프레임 구조를 나타낸다. [2]

SOF	Arbitration Field	Control Field	Data Field	CRC	ACK	EOF
1bit	12 or 24bit	6bit	0~8Byte	2bit	7bit	3bit

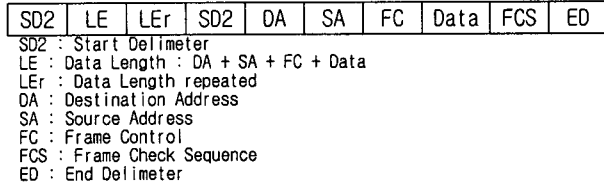
[그림 1. CAN 프레임 구조]

2.2 Profibus

Profibus는 버스 및 트리구조의 토폴로지로 구성될 수 있으며, 토큰패싱 방식을 사용하여 통신한다. 네트워크는 하나 이상의 마스터와 슬레이브 스테이션으로 구성되며 오직 마스터 스테이션 사이에서만 토큰이 전달된다. 토큰을 소유한 마스터 스테이션은 다른 마스터나 슬레이브 스테이션으로 메시지를 전송 할 수 있다. 슬레이브 스테이션은 마스터 스테이션의 요청에 대한 응답만이 가능한 수동적인 통신을 한다.

Profibus의 프레임의 종류는 데이터가 없는 프레임, 고정길이 데이터 프레임, 가변길이 데이터 프레임, 토큰 프레임이 있으며, Profibus가 지원하는 데이터 전송 서비스는 SDN(Send Data with No Acknowledge), SDA(Send Data with Acknowledge), SRD(Send and

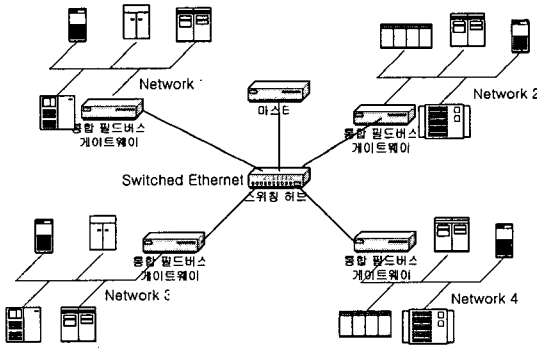
Request Data), CSRD(Cyclic Send and Request Data)의 4종류가 있다. 송신 가능한 데이터의 크기는 고정길이 데이터 프레임의 경우에 8바이트의 크기를 가지며, 가변길이 데이터 프레임인 경우에는 최대 246바이트를 전송 가능하다. 데이터의 우선순위는 응용프로그램에서 제어한다. [그림 2]는 가변 길이 데이터 프레임의 구조를 나타낸다.[3]



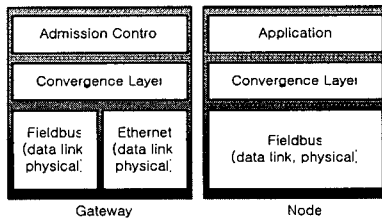
[그림 2. Profibus 가변길이 데이터 프레임 구조]

3. 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이 설계

본 논문에서 제안하는 통합 필드버스 게이트웨이는 CAN-이더넷, Profibus-이더넷의 인터페이스를 가진다. CAN과 Profibus의 프레임은 이더넷 프레임을 통하여 상호교환이 이루어진다. [그림 3]은 통합 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이를 이용한 네트워크의 구성도이다.



[그림 3. 통합 필드버스 게이트웨이를 이용한 네트워크의 구성]



[그림 4. 모듈 계층 구조]

[그림 4]는 통합 필드버스 게이트웨이에서 사용하는 모듈의 계층구조를 나타낸다. 다른 필드버스 프로토콜 및 이더넷 프로토콜을 통합하기 위하여 데이터링크 계층과 응용계층 사이에 Convergence 계층을 두고 연결된 필드버스 프로토콜은 이 계층을 이용하여 데이터를 전송한다. 본 절에서는 Convergence 계층에 대하여 자세히 설명한다.

3.1 논리주소와 물리주소

서로 다른 프로토콜을 통합하여 데이터를 효과적으로 주고받기 위해서는 공통의 주소지정방식을 사용하여야 한다. 각 필드버스에는 필드버스 프로토콜만의 주소지정 방식이 사용되고 그 주소는 Convergence 계층에서 논리주소와 연관되어있다. CAN은 주소를 가지지 않으므로 메시지 식별자에 대응하는 논리주소를 가진다. 주소는 16비트로 구성되며 상위 8비트 중 최상위 1비트는 유니캐스트 및 멀티캐스트 식별자로 사용되며 나머지 7비트는 게이트웨이식별자로 사용된다. 하위 8비트는 각 노드의 필드버스의 식별자이다.

3.2 Convergence 계층

Convergence 계층은 필드버스의 데이터링크의 상위 계층에 위치하여 데이터링크의 프레임과 Convergence 계층의 프레임간의 상호 변환 및 프레임 분할 및 재조립의 역할을 수행한다. 또한, 노드의 추가·삭제등과 같은 네트워크 관리의 역할을 수행한다. 그리고 상위 계층에서의 접근이 용이하도록 하기 위하여 API를 제공한다.

3.3 Admission Control

Convergence 계층의 프레임의 스케줄링을 담당한다. 하위 계층의 각 노드로부터 전달받은 메시지의 정보를 바탕으로 스케줄링을 하고 그 스케줄을 바탕으로 프레임의 송수신을 제어한다.

3.4 프로토콜 변환

노드가 데이터를 전송하기 위해서 자신의 논리주소를 송신자 주소로, 목적지 노드의 논리주소를 목적지 주소로 하여 Convergence 계층의 프레임을 구성한다. 논리주소는 [표 1.a]와 같은 주소변환 테이블을 이용하여, 필드버스의 주소와 매핑되는 논리주소를 선택한다. 생성된 Convergence 계층 프레임은 구성된 필드버스의 프레임에 실려서 목적지 노드로 전송되거나, 해당 서브네트워크에 목적지 노드가 없을 경우, 게이트웨이가 그 프레임을 수신하게 되고, 게이트웨이는 [표 1.b]와 같은 브리지 테이블을 이용하여 목적지 노드가 속해 있는 게이트웨이로 프레임을 전송한다. 수신된 이더넷 프레임은 해당 게이트웨이가 주소변환 테이블을 바탕으로 목적지 노드로 Convergence 계층 프레임을 전송하면 최종 목적지 노드로 데이터가 전송된다. [그림 5]는 Convergence 계층 프레임의 구조를 나타낸다.

(a) 주소변환 테이블 (b) 브리지 테이블

물리주소	논리주소	논리주소	이더넷 주소
0x19	0x0319	0x0319	0x000001010319
0x1A	0x031A	0x031A	0x00000334A3FA
0x1B	0x031B	0x031B	0x003A157F343A
0x1C	0x031C	0x031C	0x105563A31F30
0x1D	0x031D	0x031D	0x233A9100034B

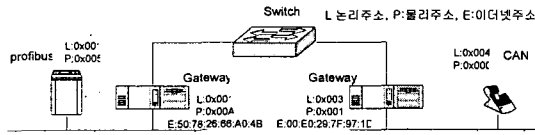
[표 1] 테이블의 예

Ctrl	Len	Src Address	Dest Address	Data
4bit	12bit	16bit	16bit	0~246Bytes

[그림 5. Convergence 계층 프레임 구조]

4. 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이 구현

앞 장에서 설명한 내용을 바탕으로 프로토콜 변환 게이트웨이를 구현하였다. 개발환경은 리눅스이며, 표준C로 작성되어 윈도우에서도 코드의 변경 없이 컴파일이 가능하다.



[그림 6. 필드버스 게이트웨이 테스트 구성도]

4.1 게이트웨이의 구성

[그림 6]은 테스트에 사용된 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이의 구성도를 나타낸다. 테스트에 사용된 하드웨어로는 Profibus의 인터페이스로 Softing사의 PROFIBoard-ISA가 노드와 Profibus측의 게이트웨이에서 사용되었고[4], CAN측의 게이트웨이에는 Kvaser사의 PCClean이 사용되었으며[5], CAN의 노드로 T89C51칩을 사용하는 노드를 구성하였다. Profibus의 두 인터페이스는 모두 마스터모드로 작동한다.

4.2 주소변환 테이블의 구성

[표. 2]는 Profibus노드와 CAN노드의 주소변환 테이블을 나타낸다. Profibus측의 물리주소 0x05나 CAN측의 물리주소 0x00에 해당하는 노드처럼 한 로컬네트워크에 소속된 노드인 경우에는 물리 주소에 해당하는 논리주소를 하나씩 가지고 있으며, 논리주소 0x0003, 0x0004에 해당하는 노드들은 실제 물리주소는 가지지 않으나 그 노드가 해당 게이트웨이를 통하여 다른 게이트웨이에 속하는 노드에 연결되므로, 필드버스 네트워크를 통해서 메시지가 전달되기 위해서는 해당 게이트웨이의 물리주소와 매핑이 되어야 한다. 그러면 다른 게이트웨이로 전달되고자 하는 메시지는 게이트웨이가 가지고 있는 물리주소에 해당하는 필드버스 인터페이스가 수신하게 된다.

[표. 3]은 브리지 테이블의 구성을 나타낸다. 게이트웨이가 로컬노드로부터 수신받은 메시지를 다른 게이트웨이에 속한 노드로 전달하기 위해서는 이더넷 스위치를 통하여 목적지 노드의 게이트웨이로 전달하여야 한다. 따라서 송신측 노드의 게이트웨이는 전달받은 메시지를 이더넷 프레임으로 변환한 후 목적지 논리주소에 해당하는 이더넷주소로 프레임을 전송하면, 해당 게이트웨이가 그 프레임을 수신한 후 Convergence 프레임이라면 목적지 논리주소에 해당하는 물리주소를 주소변환 테이블에서 찾아서 필드버스 프레임으로 변환하여 최종 목적지로 전송하게 된다.

4.3 Profibus에서 CAN으로의 전송절차

논리주소 0x0001노드에서 0x0004노드로 메시지를 전송할 때

- [표 2.a]를 바탕으로 Profibus의 목적지 주소는 0x0A가 된다. Profibus 네트워크에 의하여 메시지는 게이트웨이로 전달된다.
- 게이트웨이는 수신한 메시지가 다른 게이트웨이를 향하는 메시지 이므로 논리주소 0x0004에 해당하

는 이더넷 주소로 메시지를 전송한다.

- 수신한 게이트웨이는 목적지 주소가 0x0004이므로 그에 해당하는 물리주소인 0x01로 메시지를 전송한다. CAN은 주소방식을 사용하지 않으므로 메시지 식별자가 해당 물리주소가 된다.
- CAN노드는 수신받은 메시지에 대한 응답을 송신자 논리주소 0x0001으로 전송하면 [표 2.b]에 의하여 CAN 주소가 0x00에 해당하는 게이트웨이로 전송된다.
- 게이트웨이는 수신한 프레임의 수신자 주소 0x0001에 해당하는 이더넷 주소로 메시지를 전송한다.
- 수신한 게이트웨이는 목적지 주소 0x0001에 해당하는 물리주소 0x05의 Profibus노드로 Profibus 프레임을 구성하여 전송한다.

(a) Profibus 노드의 주소변환테이블 (b) CAN 노드의 주소변환 테이블

물리주소	논리주소	물리주소	논리주소
0x05	0x0001	0x00	0x0001
0x0A	0x0002	0x01	0x0002
0x0A	0x0003	0x01	0x0003
0x0A	0x0004	0x01	0x0004

[표 2. 주소변환 테이블]

논리주소	이더넷 주소
0x0001	50:78:26:66:A0:4B
0x0002	50:78:26:66:A0:4B
0x0003	00:E0:29:7F:97:1D
0x0004	00:E0:29:7F:97:1D

[표 3. 브리지 테이블]

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 서로 다른 필드버스 네트워크를 연결하여 데이터를 전송 가능하게 하는 필드버스 프로토콜 변환 게이트웨이의 설계 및 구현과정을 설명하였다. 본 논문에서 제시하는 필드버스 노드는 논리주소를 이용하여 전체 필드버스를 같은 주소 체계로 연결하여 프레임을 이더넷을 통하여 전송하고 수신측에서는 다시 필드버스 프레임으로 변환하여 데이터를 수신한다.

향후 계획으로 실시간 전송을 위하여 Admission Control이 수행하는 효율적인 스케줄링 알고리즘을 개발 및 적용하여 실시간성을 보장할 수 있도록 할 것이다. 또한, 프로토콜 변환 게이트웨이를 임베디드 리눅스에 구현할 것이다.

참고문헌

- [1] 박장환, "필드버스 입문", 도서출판 동서, 2000
- [2] Bosch, "CAN Specification", 1991
- [3] PROFIBUS International, "PROFIBUS Specification", 1998
- [4] Softing AG, "Profibus Application Programming Interface" 2004
- [5] Kvaser, "CANLIB SDK User's Guide", 2003