

## 자동화 시스템 구축을 위한 산업용 통신망 설계 기법 A Design Method of Industrial Networks for Implementing Automation Systems

\*김 영 신, 권 옥 현

서울대학교 전기공학부(TEL: +82-2-873-2279; FAX: +82-2-878-8933; E-mail: kys@isltg.snu.ac.kr)

### Abstracts

The paper suggests a guide of designing and implementing automation systems using industrial communication networks.

**Key words** Automation, CIM, Industrial network, MMS, Fieldbus

### 1. 서론

산업용 통신망을 도입하여 자동화 시스템을 구축하거나 여러 가지 정보와 자원을 공유하려 할 때 평소에 친숙하게 사용하던 통신망 혹은 성능이 좋다고 알려진 통신망을 도입하는 경우가 있는데 이는 전체 시스템에 성능 저하를 가져오는 요인이 되는 경우가 종종 있다. 이는 신중하게 분석하고 선정하는 과정을 생략했기 때문에 발생한다고 볼 수 있다. 대상 통신망들을 서로 비교 분석하고, 통신망을 도입함으로써 얻고자하는 목적을 분명히 하는 과정을 거치게 되면 충분히 시행착오를 줄일 수 있을 것이다[1].

이러한 과정은 단계적으로 차근차근 수행한다. 우선 통신망을 도입하려 할 때 통신망을 적용하려는 대상 시스템을 명확히 한 다음 통신망의 요구조건 및 고려 사항들을 확인한다. 그리고 설계하는 과정에서 여러 대상들을 비교 분석하는 과정을 거친다. 이 과정이 끝난 뒤에 선정된 통신망을 구축한다. 물론 통신망을 선정할 때는 통신망을 구축해서 사용할 때의 운영 및 유지보수를 반드시 고려해야 한다.

본 논문에서는 자동화 시스템을 위한 통신망을 설계 및 구축

하는 경우에 참고가 될 과정과 방법을 제안한다. 본 논문이 대상으로 하는 통신망은 주로 공장 혹은 작업장 환경에서 주로 사용되는 자동화 통신망을 대상으로 한다. 하지만 대부분의 내용들은 다른 통신망을 도입하는 경우에도 충분히 적용될 수 있다.

2장에서는 대상 자동화 시스템을 소개하고 3장에서는 자동화 시스템에 통신망을 도입하는 경우에 고려해야 할 사항들을 정리하였다. 4장에서는 알맞은 자동화 통신망의 기준을 제안하고 통신망을 제안하였다. 5장에 결론이 있다.

### 2. 대상 자동화 시스템

오늘날 공장의 생산 시스템은 생산 계획에 의거하여 생산설비를 제어하는 FMS화가 진행되어 이것을 실현하기 위한 CIM화가 강력히 추진되고 있다. 통신망은 CIM의 핵심 중의 하나라고 할 수 있는데 본사와 공장 사이에서 데이터를 주고받는 상위의 관리용에서 현장의 PLC/센서/액추에이터를 접속하는 제어용까지 각종의 것이 실현되고 있다. 이들은 일반적으로 그림 1과 같은 CIM 계층모델로 표현된다. 하지만 대부분의 CIM 시스템은 여기

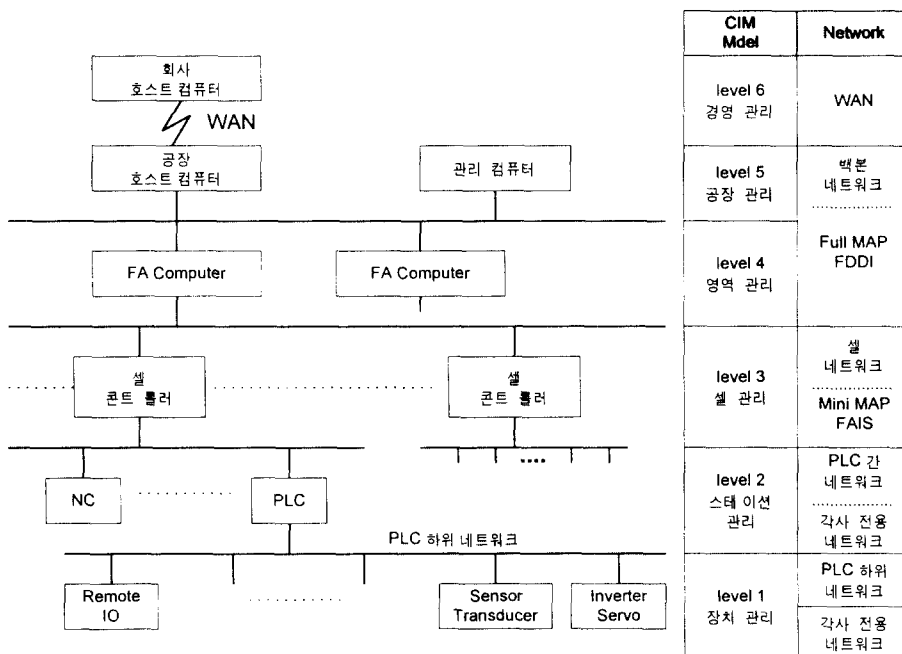


그림 1 CIM 모델  
Fig. 1 CIM model.

에 완전히 일치되지는 않는다.

CIM 계층 모델에서 레벨 6-4는 주로 생산 관리를 위한 정보 처리를 한다. 본사와 공장간을 연결하는 WAN은 광역 통신망과의 접속성이 증진되고 공장 내 LAN에서는 비용이나 OA와의 친화성 때문에 이더넷이 주류로 되고 있다.

레벨 3에서는 설비별로 정보를 통괄하는 셀 컨트롤러로 구성되며 공정 관리가 실행된다. 각 셀 컨트롤러간을 접속하는 통신망을 셀 통신망이라고 하는데 실제로는 상위의 LAN이 그대로 이용되거나 하위의 장치간 링크가 사용되는 등 시스템에 따라 여러 가지이다. 대표적으로 Mini MAP이 있다.

레벨 2에서는 PLC, NC 등을 중심으로 한 기계 설비 제어가 실행된다. 통신망으로서는 셀 컨트롤러/PLC/로봇/NC 장치 등을 연결하여 제어, 감시, 조작을 실시간에 할 수 있는 것이 요구된다. 보통 구성 요소의 대부분이 PLC이기 때문에 일반적으로 PLC 간 링크라고 하며 PLC 메이커 고유의 방식이 사용된다. 멀티 밴더 접속이 가능한 것으로서는 도요타 자동차가 추진하는 ME-NET가 이에 해당된다.

레벨 1에서는 PLC에 의하여 ON/OFF 제어되는 센서나 액추에이터 등의 I/O 기기로 구성된다. FMS화가 진전되어 제어수가 크게 많아진 현재는 PLC의 CPU가 컨트롤하는 I/O를 분산하여 원격 제어하는 것이 일반적이며, 여기서 사용되는 통신망과 리모트 I/O 통신망 (또는 PLC 하위 통신망)라고 하는 것이다. 통신 형태는 PLC 간 링크와는 달리 PLC를 마스터, 리모트 I/O를 슬레이브로 하는 마스터 슬레이브형으로 하여 마스터가 I/O 블록 데이터를 각 슬레이브에 사이클릭하게 전송하는 것이 일반적이다.

중전의 리모트 I/O 통신망은 PLC와 그 PLC 전용의 리모트 I/O국만을 접속하는 것이었는데 최근에는 메이커에 따라 프로그래머블 표시기 등을 직접 접속할 수 있는 것도 등장하여 단지 리모트 I/O 통신망에 그치지 않게 되었다 [2]. 이것은 제어 중심을 PLC로 하여 표시기나 로봇, NC 장치 등은 인텔리전트한 I/O 장치로서 위치를 부여하고 리모트 I/O 통신망에서 간단히 접속하려는 사용자 요구에서 발단한다.

리모트 I/O 통신망은 그 이용 가치가 사용자 사이에서 높아 평가되어 PLC를 중심으로 한 FA 제어 시스템에서 개방화가 가장 요망되는 통신망이 되고 있다. 다시 말하면 통신망을 제어의 중심 컴포넌트인 프로그래머블 컨트롤러에 초점을 맞추어 프로그래머블 컨트롤러와 센서, 액추에이터와의 통신망, PC와 PC 또는 PC와 FA 컨트롤러와의 상호 접속 등 보다 '제어'에 가까운 레벨에 대한 표준화가 시스템 구축 이용자 뿐만 아니라 센서, 액추에이터 등 각종 접속 기기 메이커에서 강력히 요구되고 있다.

본 논문에서는 자동화와 직접 관련된 레벨 3, 레벨 2, 레벨 1을 대상으로 한다.

### 3. 자동화 시스템 통신망의 요구조건

첫째로 통신망의 성능을 들 수 있다. 성능에 대한 효과적인 계획에는 최소성능 요구조건을 예측치를 포함해야 한다. 속도와 통신망 부하는 성능분석에서 매우 중요한 인자이다. 이들은 통신 응용 프로그램, 동작, 트래픽에 많은 영향을 주기 때문이다. 따라서 통신망 설계 전에 어떤 응용에 사용할 것인지, 생성되는 데이터의 종류와 크기는 어느 정도인지 등을 조사해야 한다.

성능 지표로 데이터의 전송속도를 고려해야 한다. 데이터 전송속도는 LAN의 전체적인 효과에 매우 큰 영향을 끼친다. 다른 분산처리시스템에 비교해서 LAN은 매우 빠른 데이터 전송속도를 가지고 있다. 데이터 전송속도를 결정함에 있어서 고려해야 하는 사항은 LAN이 요구하는 가장 빠른 속도의 전송이 가능해야 하며, 또한 각기 다른 속도를 가지고 있는 두 개의 하드웨어 장치를 연결할 수 있어야 한다. 다음으로 에러율과 고장률이다.

이 두 가지는 신뢰성의 기준이 될 수 있으며 또한 생산성과 사용자 만족도와 깊은 관계가 있다. 데이터의 전송중간에는 데이터의 흐름을 제어할 필요가 있다. 신뢰도를 높이기 위해서 충돌의 방지 및 탐지 방법을 사용하기도 한다. LAN에서는 모든 장치들은 각기 데이터를 보낼 수도 있고 받을 수도 있다. 따라서 충돌에 관하여 충분한 고려를 하여야 하며, 이와 같은 것을 통제하고 탐지할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어를 선택하도록 하여야 한다.

성능 지표에는 많은 종류가 있지만, 사용자에게 의미 있는 응답 시간, 데이터의 정합성 (consistency), 실시간성 등도 중요하다. 응답시간은 사용자가 요구한 후부터 서버로부터 응답을 받을 때까지 걸린 시간이며 이 시간의 10-30%만이 통신망을 사용한 시간이며 70-90%가 통신망이 아니고 응답을 위해 사용되는 응용 프로그램의 수행시간이다. 이때 통신망 사용 시간은 전송시간과 통신망의 각 계층에서 소비된 시간 등을 합한 시간이다. 이러한 응답 시간 중 통신망에서 소요되는 부분을 줄이기 위해서는 데이터 전송률이 높은 통신망을 사용하거나 통신망을 분할하여 사용하는 것도 한 방법이다.

제어 혹은 감시를 하기 위해서는 데이터의 정합성이 필요하다. 데이터의 정합성에는 시간 정합성 혹은 공간 정합성이 존재한다. 시간 정합성은 주어진 제어기기에 유용한 값들의 집합이 같은 샘플링 시각에서의 하위 디바이스의 샘플 값들과 일치한다는 것을 의미한다. 공간 정합성은 서로 다른 제어기에 전송된 같은 샘플 값들의 사본들이 같은 샘플링 시각에 샘플링 되어진 값이라는 것을 의미한다. 시간 정합성은 공정의 자기 진단에 필수적이며 공간 정합성은 통합된 동작들이 제어 기기 군으로부터 요구될 때 필요하다.

주어진 시간 내에 목적지에 도착하지 못한 정보는 제어 응용에 따라 사용할 수 없는 경우도 있다. 유효 시간은 데이터가 만들어진 후 그 사용자에게 의미가 있을 때까지의 지연 시간으로써 정의된다. 같은 정보라 하더라도 사용자에게 따라 유효 시간이 다를 수 있다. 이것은 샘플데이터 시스템뿐만 아니라 이벤트에 의해 움직이는 시스템에서도 적용된다. 이것은 통신망이 사용자에게 정보의 나이를 알 수 있게 하는 방법을 제공해야 한다는 것을 뜻한다. 통신망을 통하여 전달되는 데이터를 실시간 입장과 주기성 입장에서 살펴보면 주기적 데이터와 실시간 비동기 데이터와 비실시간 데이터로 나눌 수 있다. 주기적 데이터는 연속 제어 등에 사용되는 센서 데이터와 제어 데이터 등이 있을 수 있으며, 실시간 비동기 데이터는 이상신호와 경보신호와 등과 같은 긴급 이벤트 데이터 등이 있으며, 비실시간 데이터는 프로그램과 시스템 구성 데이터 등이 있을 수 있다. 주기 데이터는 당연히 실시간 데이터이다. 특히 공정 제어시스템에서는 주기 데이터가 많으며, 생산 시스템에서는 실시간 비동기 데이터가 많다. 이를 고려하여 통신망을 설정하여야 한다.

둘째로 확장성 및 유지 보수를 고려해야 한다. 몇몇 통신망은 확장이 거의 안되므로, 통신망을 도입할 시 이에 대한 내용을 명확히 알아야 한다. 개발 및 유지 보수면에서 내부의 하드웨어나 운영 체제에 관계없이 표준화된 소프트웨어 개발 환경을 제공하는 것과 개방형 구조로 확장성이 뛰어나야 한다. 개방형 통신망은[3] 모든 사람에게 통신 규약을 공개하여 누구라도 통신망을 쉽게 구축 혹은 제작할 수 있게 한 통신망이며, MAP, TOP,[4] TCP/IP, Profibus[5,6], FIP[7,8] 등이 있다. 이들은 국제 표준 기구에서 제정한 7 계층 구조인 OSI 구조 혹은 그 일부를 가지고 있다. 폐쇄형 통신망은 기기의 제작자들이 기기 간의 프로토콜을 공개하지 않고 자신들이 제작한 기기만을 사용한 통신망을 말하며, 타 업체들이 통신망에 접속하기 위해서는 추가적인 비용과 시간이 소요되거나 접속이 불가능한 경우도 많다.

지금까지 구축된 국내의 생산 현장의 대부분이 수많은 정보의 고립지대로 구성되어 생산 정보의 원활한 교환이 이루어지지 못

7 계층 (Application)	응용과 관련된 서비스를 제공
6 계층 (Presentation)	데이터 포맷을 번역 (ASCII, EBCDIC, etc)
5 계층 (Session)	access, security, privileges를 관리
4 계층 (Transport)	안정한 데이터 전송과 패킷 순서를 관리
3 계층 (Network)	망의 routing (gateway, bridge, etc)
2 계층 (Data Link)	망의 접근 제어, 전송 오류를 검출, 수정
1 계층 (Physical)	데이터의 encode/decode, send/receive signals

그림 2 OSI 7계층 모델  
Fig. 2 OSI 7-layered model.

하고 있는 이유 중에 하나가 폐쇄형 통신 규약을 채택하여 연결을 어렵게 하기 때문이다. 이는 바로 생산비용에 직결되는 문제이다. 따라서 개방형 통신망이 필요하다. 개방형 통신망은 통신망상의 모든 스테이션들의 연결성과 응용 프로그램의 상호운용성과 응용 프로그램의 이식성을 보장해 주므로 많은 장점이 있다. 따라서 현재 미국과 유럽에서의 공장 자동화 시스템 개발 추세는 통신망과 같은 통신 기술을 기반으로 하여 하드웨어와 소프트웨어가 개방형 구조를 가진 시스템을 연구 중이다. 이러한 개방형 구조를 가진 시스템은 다수 업체의 하드웨어 및 소프트웨어를 적절하게 이용할 수 있도록 항상 일정한 접속방법을 사용자에게 제공하여 주기 때문에 쉽게 구축할 수 있고 생산성을 향상시켜 준다.

또한 다른 모든 시스템과 마찬가지로 LAN도 시간이 흐르고 여러 가지 변화가 생기면 그 시스템을 새롭게 확장하고 변화시킬 필요가 발생하게 된다. 특별히 LAN에 있어서 이와 같은 변화에 유연하게 대처할 수 있는 정도를 나타내는 변수인 유연성의 정도는 매우 중요한데, 이것은 각 노드에 연결되는 매체들의 특성은 끊임없이 변화될 수 있고 이와 같은 변화는 많은 변화에도 LAN 시스템 전체가 별다른 지장 없이 데이터를 전송할 수 있도록 하는 것은 LAN의 기술적 평가에 있어서 매우 중요한 의미를 가진다.

셋째로 통신 소프트웨어를 고려해야 한다. 통신 소프트웨어는 플랫폼 (IBM PC, Workstation 등) 이나 운영 시스템 (DOS, Windows 95, Windows NT, Unix 등) 에 의한 영향을 받지 않아야 한다.

넷째로 연결성이다. 이는 한 장치가 주어진 작업을 수행하기 위하여 LAN 내의 다른 장비와 연결할 수 있는 능력을 말한다. 많은 경우에 여러 장비들이 매우 다양한 공급업체들로부터 받아서 이루어진다. 따라서 LAN을 실제로 도입할 때는 이와 같은 장비들간의 연결성을 고려해야 한다.

다섯째로 LAN을 도입함에 있어서 고려해야 하는 두 가지 유형의 접속이 있다. 하나는 사용자와의 접속이고, 다른 하나는 하드웨어/소프트웨어의 접속이다. 효율성의 향상을 위해서는 사용자와의 적절한 접속이 요구되고, 또한 LAN은 또 다른 LAN이나 다른 통신 시스템과의 접속을 위한 기능이 제공되어야 한다.

#### 4. 자동화 시스템 통신망

대상으로 하는 자동화 시스템에 대한 통신망을 제안한다. 자동화 시스템에 대한 통신망으로는 제안된 것들이 많은데 다양한 필드버스와 Mini MAP 등이 있다. 본 논문에서는 여러 통신망들

의 특징을 고려하여 자동화 시스템에 적합한 통신망을 제안한다. 필드버스의 각 프로토콜은 지마다의 특성을 가지고 있고 시작된 동기도 서로 다르다 여기에서는 국내의 현실을 감안하여 적당한 프로토콜을 선정하는 것에 대해 언급하겠다. 여러 필드버스들이 모두 필드버스라는 하나의 범위에 포함되는 것이기는 하지만 프로토콜의 복잡성과 제공하는 서비스의 다양성, 계층적 구조에 있어서는 차이가 많다. 프로토콜에 따라서는 단순한 시리얼 통신보다 약간 더 진보된 수준이라고 말할 수 있는 프로토콜도 있는 반면 필드버스라고 부르기에 너무 고급이고 오히려 근거리 통신망 수준에 가까운 것도 있다. 따라서 필드버스를 선정할 때 적용할 범위가 어디인가를 먼저 고려하는 것이 합리적이다.

CIM 모델은 계층별로 되었지만 실제 통신망의 적용은 응용과 적용범위에 따라 달라질 수 있기 때문에 본 논문에서는 FA 기간 통신망과 FA 기기와 센서/액추에이터 사이의 통신망으로 나누어 보았다. 이를 앞에서 보인 CIM모델과 비교하면 FA 기간 통신은 레벨 3과 2에 해당하고 FA 기기와 센서/액추에이터 사이의 통신망은 레벨 1과 2에 해당한다. 레벨 2의 경우는 두 가지에 모두 해당되는 것처럼 서술하였는데 이는 적용 분야에 따라 약간씩 특징이 다르기 때문이다.

#### 4.1 FA 기간간의 연결을 위한 프로토콜

필드버스가 때로는 최하 수준의 필드 기기인 센서나 작동기 등을 제외하고 FA 기간간의 연결만 담당하는 경우가 있다. 여기에서 머신에는 PLC, NC, 로봇 등이 포함될 수 있다. 이러한 기기들간의 통신에서 나타나는 특징으로서 필드버스 프로토콜 선정에 특히 영향을 줄 수 있는 것은 다음과 같다.

다양한 응용 계층 서비스가 필요하다. 주기적 서비스와 비주기적 서비스가 필요하다.

다음 서비스들이 포함되어야 한다.

- Read/write
- Start/stop
- Domain upload/download
- Event 관련 서비스

기간간의 통신 내용은 그다지 많지 않다.

위의 요구사항은 필드버스에는 알맞지 않은 것들이라고 할 수 있다. 이는 필드버스의 주 용도가 공장환경에서 필드 장치들 사이의 연결을 쉽게 하기 위한 것이다. 여기서 필드 장치라고 하는 것은 센서와 액추에이터 정도의 최하위 장치들을 일컫는다. 이러한 장치들은 대부분 주기적으로 데이터를 전송하며 이 데이터의 전송은 실시간성을 요구하는 것이 대부분이다. 이러한 주기성을 만족시키기 위해서는 고급 기능들을 희생해야 한다. 이는 고급 기능의 통신망 서비스는 대부분 상당히 긴 시간을 요구하며 동시에 하위 계층보다는 덜한 실시간성을 요구하기 때문이다. 이러한 사실은 필드버스가 최하위 계층의 적용에 알맞게 개발된 통신망이라는 것을 다시 한번 말하는 것이다. 또한 이러한 이유로 사실상 위의 요구사항을 잘 만족하는 필드버스가 드문 것이 현실이다. 따라서 위와 같은 목적으로 통신망을 선정한다면 필드버스보다는 다른 선택을 하는 것이 좋을 듯하다.

하지만 굳이 필드버스를 사용하겠다면 필드버스 중에서 MMS[9]와 같은 서비스 기능을 제공하는 것을 선정하면 차선책이 될 수 있다. 이유는 위와 같은 내용을 고려한다면 MMS를 사용하는 통신망이 최적이 될 수 있기 때문이다. 이는 MMS가 바로 자동화 시스템 장비들간의 통신을 위한 규약이기 때문이다. 또한 MMS를 사용하는 통신망이 다양하기 때문에 선택의 폭도 넓다.

그러나 다시 한번 여기에서 지적하고 싶은 것은 PLC나 로봇과 같은 머신들만의 연결이라면 굳이 필드버스 프로토콜을 고집할 필요가 전혀 없다는 것이다. 사실 필드버스라는 것은 센서 등의 필드 기기와의 통신을 위해 개발된 것이고 다른 통신망 프로

토콜에 비해 짧고 주기적인 데이터 전송에 보다 유리하도록 되어 있다. 따라서 머신간의 연결에 필드버스를 적용하는 것은 그다지 장점을 가지지 않는다. 현재 널리 사용되고 있는 통신망 규약인 TCP/IP도 머신간의 연결에 사용되기에는 충분한 성능을 가진다. 따라서 Mini MAP 또는 MMS on TCP/IP 등이 적당하다.

MMS는 Profibus-FMS나 FIP의 subMMS보다 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 또한 TCP/IP는 어느 프로토콜보다 널리 퍼져 있다. 따라서 MMS on TCP/IP를 이용하면 보다 적은 비용으로 보다 높은 기능과 충분한 성능을 얻을 수 있다. 이는 기존의 대부분의 공장에 이더넷 케이블이 깔려 있기 때문에 다시 케이블을 설치하는 번거로움이 없으며 동시에 많은 비용이 절약되기 때문이다. 또한 TCP/IP는 사용하지 않는 기업이 없을 정도로 널리 퍼져있어서 이용자들에게 친숙하며 추가비용도 거의 들지 않는다. 동시에 MMS on TCP/IP를 사용함으로써 TCP/IP를 동시에 사용할 수 있는 장점도 있다.

국내 상황도 MMS on TCP/IP의 경우는 필드버스보다 유리하게 전개되고 있다. 서울대학교에서 이미 MMS on TCP/IP 개발을 완료했으며 동시에 단체규격으로 제정하려는 노력을 하고 있기 때문이다.

#### 4.2 FA 기기와 현장 기기의 연결

위에서 나열된 각종 머신과 현장 기기인 센서나 액추에이터 등을 연결하기 위해 필드버스를 사용하는 경우 적당한 필드버스 프로토콜에 대해 생각해보자. 필드버스의 목적 그 자체가 바로 머신과 현장 기기의 연결이다. 이것은 무슨 뜻이나 하면 바로 대다수의 필드버스가 이 목적을 위해 사용될 수 있다는 것이다. 각각의 필드버스가 모두 자신만의 특징을 가지고 있고 장단점을 가지고 있으나 궁극적으로는 모두 위의 용도에 사용될 수 있다.

위의 프로토콜들은 현장 기기 연결을 위해 널리 사용되고 있거나 빠른 속도로 퍼져 널리 사용될 것이 확실한 프로토콜이다. Profibus-DP의 경우 응용 계층이 단순화되어 빠르고 현재 가장 널리 사용되고 있는 것이 장점이다. FIP는 프로토콜 자체의 특성으로 현장 기기 데이터의 대부분을 차지하는 주기적 데이터의 처리에 가장 뛰어나다는 것을 장점으로 들 수 있다. CAN의 경우도 Profibus-DP에 못지 않게 널리 사용되고 있다. FOUNDATION Fieldbus의 경우 Profibus와 FIP를 합한 우수한 프로토콜을 바탕으로 강력한 추진력에 의해 퍼져가고 있는 것으로 보인다. INTERBUS-S의 경우도 현재 널리 사용되고 있으며 프로토콜상 구현이 쉽고 제품이 많아 개발이 편하다는 것을 장점으로 들 수 있다.

그러나 다른 필드버스 프로토콜들이 적합하지 않다는 말은 아니다. 어느 것을 구현해도 원하는 기능을 얻을 수 있으나 전세계적인 추세로 볼 때 위의 것들이 보다 적합하다는 것일 뿐이다.

### 5. 결론

본 논문에서는 자동화 시스템을 계층별로 살펴보고 특히 자동화가 필요한 부분의 통신망의 요구사항을 살펴보았다. 또한 대상 통신망에 적당한 필드버스 등을 제안하였다.

### 참고문헌

[1] 박홍성, 권옥현, 산업용 네트워크와 그 응용, 제어자동화시스템 공학회지 제2권 제4호 pp. 4 - 18, 1996.  
 [2] 월간 자동화기술, 97년 3월호  
 [3] N. Modiri, The OSI Reference Model Entities, IEEE Network Magazine, July 1991.

[4] A.Valenzano, C.Demartini, L.Ciminiera, MAP and TOP Communications-Standards and Applications, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.  
 [5] DIN 19 245 Profibus Standard Part I - II, Profibus Trade Organization, 1993.  
 [6] K. Bender, PROFIBUS-The Fieldbus for Industrial Automation, Prentice-Hall, 1993  
 [7] WorldFIP Specification, WorldFIP, Vol. 1, 2 1995  
 [8] Philippe Leterrier, "The FIP Protocol," WorldFIP, 1995.  
 [9] ISO 9506, Manufacturing Message Specification, 1990.