

# 산업용 네트워크와 그 응용

박홍성, 권욱현\*

강원대학교 제어계측공학과, \*서울대학교 전기공학부

## 1. 서론

최근에 들어와 국내에서도 생산 비용을 줄이고 다양한 제품을 생산하기 위해 유연 생산 시스템 혹은 통합 생산 시스템의 구축에 관심이 매우 높아지고 있다. 특히, 유연 생산 시스템 혹은 통합 생산 시스템과 같은 생산 시스템과 공정 제어 시스템은 많은 수의 공정들로 이루어져 있다. 이러한 공정간에는 원활한 데이터 전달이 필연적이며, 이를 지원하는 도구가 바로 네트워크이다. 네트워크에는 많은 종류가 있어, 실제로 구축되는 공정의 특성에 따라 알맞은 네트워크를 사용해야만 원하는 목적을 달성할 수 있다.

먼저 공정의 종류와 그 특징을 살펴보면, 공정은 연속 공정, 불연속 공정, 배치(batch) 공정과 이산(discrete) 공정의 4개 영역으로 나눌 수 있다. 공정 제어 응용에는 연속, 불연속, 배치 공정이 있으며 생산 응용에는 이산 공정이 있다. 공정 제어 플랜트는 몇 명의 오퍼레이터에 의해 하루 24시간 내내, 한주 7일 내내 동작되지만 생산 플랜트는 많은 인력을 사용하여 하루에 8 시간, 일주일에 5~6일 정도 동작된다. 즉, 생산 플랜트보다 공정 제어 플랜트는 신뢰성 있는 기기가 더 요구된다. 뿐만 아니라, 공정 제어 플랜트의 구성 기기들 중에는 부식성과 인화성이 있는 환경속에 구축되는 기기도 있을 수 있다. 이는 공정제어 시스템에는 날씨, 부식성 뿐만 아니라 폭발에 안전한 연결이 필요하다는 것을 의미한다. 이러한 안전 요구 때문에 지금까지 공정 제어 시스템은 별도의 제어실에 모든 기기를 장착하여 중앙집중식으로 제어하였다. 그러나 이러한 중앙 집중식은 배선의 복잡함을 가져와 유지/보수에 많은 어려움을 주었다. 이러한 상황은 생산 시스템에서도 발생한다. 따라서 많은 배선을 사용하여 기기를 연결하는 것보다 유지/보수를 편하게 하는

네트워크의 사용에 많은 관심을 가지고 있으며, 실제로 이들을 사용하여 공정을 구축하고 있다. 특히 안전이 중요한 시스템에서는 안전을 고려한 네트워크를 사용하고 있다.

네트워크를 여러 분류에 의해 나눌 수 있지만, 개방형(open) 관점과 사용 환경 관점에서만 살펴보자. 개방형 관점에서는 개방형 네트워크와 폐쇄형(closed) 네트워크로 나눌 수 있으며, 전자는 모든 사람에게 통신 규약을 공개하여 누구나 통신망을 쉽게 구축 혹은 제작할 수 있게 한 네트워크이며, TCP/IP, MAP, TOP, Profibus, FIP[1-6] 등이 있다. 이들은 국제 표준 기구에서 제안한 7 계층 구조인 OSI (Open System Interconnection)[2] 구조 혹은 그 일부를 가지고 있다. 폐쇄형 네트워크는 기기의 제작자들이 기기 간의 프로토콜을 공개하지 않고 자신들이 제작한 기기만을 사용한 네트워크를 말하며, 타 업체들이 통신망에 접속하기 위해서는 추가적인 비용과 시간이 소요되거나 접속이 불가능한 경우도 많다.

지금까지 구축된 국내의 생산 현장의 대부분이 수 많은 정보의 고립지들로 구성되어 생산 정보의 원활한 교환이 이루어지지 못하고 있다. 산업용 기기들 사이의 데이터 교환이 원활하지 못한 이유는 통신을 염두에 두고 시스템을 구성하지 않았거나, 통신을 할 수 있는 기기가 있다하더라도 서로 다른 통신 규약을 채택하거나 폐쇄형 통신 규약을 채택하여 연결을 어렵게 하기 때문이다. 이는 바로 생산 비용에 직결되는 문제이다. 따라서 개방형 네트워크가 필요하다. 개방형 네트워크는 네트워크상의 모든 스테이션들의 연결성과 응용 프로그램의 상호운용성(interoperability)과 응용 프로그램의 이식성을 보장해 주므로 많은 장점이 있다[1]. 따라서 현재 미국과 유럽에서의 공장 자동화 시스템 개발 추세는 네트워크와 같은 통신 기술을 기반으로 하여 H/W와 S/

W가 개방형 구조를 가진 시스템을 연구중이다. 이러한 개방형 구조를 가진 시스템은 다수 업체의 H/W 및 S/W를 적절하게 이용할 수 있도록 항상 일정한 I/F 방법을 사용자에게 제공하여 주기 때문에 쉽게 구축할 수 있고 생산성을 향상시켜 준다.

사용 환경 관점에서는, 사무용 네트워크와 산업용 네트워크로 나눌 수 있다. 사무용 네트워크는 데이터, 파일과 프린터 등의 자원을 공유하기 위한 네트워크를 말하며 사용자는 주로 사람이며, 네트워크에 대한 공평한 사용이 중요한 목적 중의 하나이다. 산업용 네트워크는 제조(manufacturing)시스템과 공정 제어(process control) 시스템의 감시와 제어에 사용되는 네트워크를 말하며, 사용자는 공정을 감시하고 제어하는 기기이다.

따라서 산업용 네트워크는 공장 등에서 공정의 제어와 감시에 사용되므로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 1) 신뢰성 : 열악한 환경에서 동작
- 2) 사람과 기기보다 기기 사이의 통신이 많음
- 3) 실시간 처리
- 4) 보수의 용이성
- 5) 확장성
- 6) 접속의 용이성

위의 특징중 1)항-3)항이 사무용 네트워크와 구별되는 점이다. 산업용 네트워크는 다음에 열거된 여러 조건들이 결합된 열악한 환경하에서도 연속적으로 신뢰성 있게 동작해야 한다[7].

- 진동과 습기가 존재
- 온도가 -40℃~70℃까지 변화
- 강한 전자장
- 먼지, 화학약품
- 부식성, 인화성이 있는 환경

본 고에서는 유연 생산 시스템 혹은 통합 생산 시스템에서 원활한 데이터 교환을 보장해 줄 수 있는 개방형인 산업용 네트워크인 MAP, Profibus, FIP, SERCOS[8], CAN[9] 등의 전송 매체, 물리 계층, 데이터 링크 계층과 응용 계층을 중심으로 그 특징을 살펴 본다. 이러한 특징들을 살펴봄으로써 각 네트워크가 어떤 용도에 특히 알맞은가를 알 수 있을 것이라 생각된다. 제 2장에서는 공장의 계층적 구조를 살펴봄으로써 각 계층에 알맞은 네트워크를 알아보고, 3장에서는 네트워크 설계시 고려할 내용을 성능을 중심으로 알아본다. 4장에서는 MAP의 각 계층의 기능에 대하여 살펴봄, 5장에서는 필드버스의 특성들을 기술한다. 마지막으로 6장에서 결론을 기술한다.

## 2. 공장의 계층 구조와 기능

일반적으로 공장은 제어를 원활히 하기위하여 공정을 기

준으로 계층 구조를 많이 사용하고 있다[7,10,11]. 이러한 계층 구조의 한 예가 표 1에 나타나 있다. 이들 계층 구조는 사용에 따라 생략되는 계층이 존재할 수 있으며, 현재 국내에서 구축된 자동화 시스템은 레벨 2 부터 되어 있는 경우가 대부분이다. 표 1에 각 계층에서 사용되는 데이터의 특성과 사용할 수 있는 네트워크가 나타나 있다. 사용될수 있는 네트워크는 실시간성의 요구에 따라 구별되어 졌다.

표 1에서 레벨 0는 센서와 구동기가 있는 계층이며, 이들을 사용하여 플랜트와 제어/감시 시스템을 연결한다. 레벨 1은 센서로부터 변수의 값을 읽어 그 변수의 set point에 도달할 수 있도록 구동기에 알맞은 신호를 보내고 on/off와 같은 디지털 신호를 받아들여 알맞은 디지털 제어 신호를 출력하도록 하는 계층이다. 레벨 1의 각 기기는 공정의 한 변수에 관련되어 있으며, 이를 위하여 센서와 구동기가 연결되어 있다. 예를 들어, 생산 시스템에서는 하나의 엔티티(entity)의 제어에 관련된 기기들에 해당되며, 축(axis) 혹은 공정 제어에서는 루프 제어에 관련된 기기들에 해당된다. 변수는 머신 톨에서 톨 교체 매카니즘과 같은 이산형이거나 로봇의 축 혹은 연소로의 히터와 같이 연속형일 수 있다.

레벨 2는 원하는 동작을 하도록 레벨 1의 기기를 통합 운영하며, 이들의 감시와 제어에 관련된 운영 매개변수를 관리한다. 즉, 레벨 2의 기기들은 알맞은 동작을 하도록 연결된 변수들의 한계치와 set point 데이터를 계산한다. 예를 들면 다음과 같다. 공정 제어 시스템의 경우, 레벨 2의 기기에서 사용되는 제어 알고리즘은 feedforward, 다변수 제어, 적응제어 등이며 이러한 것은 레벨 1의 제어기 내의 set point와 매개 변수 값들을 변화시킴으로써 이루어 진다. 생산 시스템의 경우 로봇, CNC, 운반 기기 등에서 레벨 2에 속한 기능들을 행한다. CNC에서는 interpolator와 머신 톨용 톨 매거진 제어기가, 로봇 경우에는 주어진 경로를 따라가기 위해 조인트에 대한 set point 데이터를 주는 로봇 경로 제어기가 이에 해당된다.

레벨 3은 자재 혹은 제품의 변경 때문에 운영 조건이 변할 때 이 레벨에서 대응해준다. 이 레벨에서의 제어 방법은 제어하는 공정의 모델과 현재 상태와 구성 데이터를 포함하고 있어야 한다. 이러한 모델은 복잡하고 비상시 제어 방법, 운영 환경에 따른 제어 알고리즘, 서로 다른 제품에 따른 운영 매개변수 및 제약 조건 등을 포함하는 큰 메모리를 필요로 하며, 각 자동화 기기에 대한 명령을 주도록 구성해야 한다. 레벨 3의 기기들은 동작 혹은 동작 시퀀스를 실현시키기 위해 여러 구성 요소들에 대한 동작들 혹은 동작 조건들을 통합한다.

레벨 1에서 3까지의 유니트들은 스스로 자기 진단을 해야 하며 비상 상태를 감지하며 충분한 정보가 있다면 즉시 결정을 해야한다. 그렇지 않으면 결정을 위해 바로 위의 레벨

로 보고해야 한다.

레벨 4는 품질관리 자동화이며 모든 산업체에서 매우 중요하다. 이러한 것은 on-line 측정 시스템으로써 가능하다. 이러한 것들이 on-line상에 구현되어 있다하더라도 대부분은 실시간으로 수행될 수 없고 보다 빠른 제어 알고리즘으로 제어한다. 작업 분석, 배치(batch) 관리, 감시 등을 한다. 레벨 4는 생산을 최적화하기 위해 필연적이며, 주어진 동작이 객체에 대해 행해질 때와 위치를 스케줄링한다. 레벨 5는 현 제품 요구, 자재비와 자재 유용성에 따른 최적의 운영 조건을 결정한다. 에너지 관리시스템, CAM 등이 사용된다. 작업 스케줄링, 자원 분배 등을 한다. 레벨 5는 하나의 제품 혹은 제품 군의 정리에 일치된다. 공정계획이 수행된다. 레벨 6은 플랜트의 최상위 레벨이며 기본 기능은 제품 설계, 자원 관리, 공장 내 생산스케줄링을 가진 생산관리 등이다. 실제 회사 내에서는 레벨 6 위에서 동작하는 기능들이 있지만, 이 기능들은 CAD, MIS, 재정 등에 관련된 것이기 때문에 본 고에서는 고려하지 않는다.

표 1. 공장의 계층 구조 모형과 각 계층의 특징.

| 사 용 레<br>네트웍<br>종 류 벨 |   | 메세지 발생 빈도수 / 응답 시간             | 메세지 길이 및 종류                 |
|-----------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|
| TOP TCP/IP            | 6 | 수 일 ~ 수 주                      | - 긴 메세지<br>- 파일 전달          |
|                       | 5 |                                | 수 시간 ~ 수 주                  |
| MAP TCP/IP            | 4 | 수 분 ~ 수 일                      |                             |
| Mini-MAP              | 3 | 수 분 ~ 수 시간                     | - 중간 크기의 메세지<br>- 데이터 저장    |
| Mini-MAP 펠드 버스        | 2 | 수 초 ~ 수 시간                     | - 중간 크기의 메세지<br>- 모든 변화를 저장 |
| 펠드 버스                 | 1 | - 수 초 ~ 수(십)분<br>- 0.01 ~ 1.0초 | - 짧은 메세지<br>- 이상 데이터만 저장    |
| 펠드 버스                 | 0 | - ms단위 ~ 분단위<br>- 0.001 ~ 0.1초 | - 짧은 주기 메세지<br>- 이상 데이터만 저장 |

### 3. 설계시 고려할 사항과 네트워크 성능

네트워크 설계는 대상 시스템의 업무와 요구를 깊이 생각하여 행하여야 한다. 네트워크 설계자는 대상 시스템을 최적으로 운영할 수 있도록 어떤 기기를 사용할 것인가, 그 기기를 어디에 놓을 것인가, 업무와 응용 요구를 만족하기 위해 어떻게 노드와 워크 그룹을 연결할 것인가를 결정한다. 역시 설계자는 알맞은 가격으로 최대 네트워크 성능을 얻도록 해야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해, 네트워크를 구축하기 전에 네트워크 요구 조건을 분석해야 한다. 이것이 바로 네트워크를 이용한 자동화 시스템에 있어서 네트워크 계획 과정의 핵심이다.

설계의 첫 단계가 네트워크 요구 조건을 위한 업무와 응용의 목적들과 범위들을 분석하는 것이다. 이러한 범위들로부터 효율적인 설계 방법과 최종 네트워크가 도출될 것이다. 이때, 고려해야할 요소들은 다음과 같다.

- 목적과 기대치
- 비용
- 성능
- 신뢰성
- 전자기 간섭(EMI)
- 서비스
- 확장성
- 보안성

특히, 이 중에서 가장 중요한 일은 네트워크를 사용하여 무엇을 얻을 것인가와 구축된 네트워크를 전체 시스템에 어떻게 연결할 것인가를 결정하는 것이다.

네트워크에서 요구되는 전형적인 기능은 파일 전송, 터미널 연결, 개인용 컴퓨터 통합, 자동화 기기 통합, 분산 응용 지원, 네트워크 관리이다. 분산 공정 제어 시스템은 공정 데이터의 분석과 저장을 위해 보다 큰 시스템으로 보내는 경우도 파일 전송의 예이며, 네트워크상을 통한 디스크 백업과 프로그램의 올려 받기와 내려 받기도 파일 전송의 다른 예이다. 기기간의 연결에서 가장 많이 사용되는 연결 형태가 시리얼 라인을 통한 연결, 즉 터미널 연결 방식이다. 바코드, 스캐너, NC/CNC, PLC 등의 많은 기기가 이러한 방법으로 연결되어 있다. 터미널 서버는 비용적으로 가장 효율적이고 유연성 있는 라인 연결을 제공해준다. 개인용 컴퓨터는 네트워크 노드로서 LAN에 직접 연결할 수 있고 터미널로서 시리얼 라인을 통하여 연결된다. 자동화기기 통합은 일반적으로 시리얼 라인을 통하여 이루어지지만, 최근에는 데이터의 빠른 전달과 통신라인의 단순화 때문에 MAP과 펠드버스와 같은 네트워크를 사용하고 있다. 분산응용지원은 네트워크 기능을 이용하여 응용프로그램을 네트워크상의 여러개의 노드를 묶어 하나의 시스템인 것처럼 간주하여 동작시킴으로써 빠른 시간내에 원하는 동작을 하게끔 한다. 특히, 네트워크 관리

는 네트워크 커짐에 따라 중요해진다. 작은 네트워크에서는 관리자가 눈과 손을 사용하여 검사하고 각 노드의 특성을 정할 수 있지만, 네트워크 커지면 이것은 불가능해지고 특수 도구(일종의 S/W)를 사용하여 네트워크 상태를 표시하고 통신선로 조사를 하고 트래픽을 분석하는 등의 일을 해야 한다.

공장에서의 가용성(availability)은 시스템의 다운 시간이 생산과 이익과 관련되어 있기 때문에 매우 중요하다. 백본 네트워크 고장이 나더라도 부 네트워크(subnetwork)상의 중요 공정은 계속 동작해야 한다. 예를 들어, 네트워크 고장나더라도 공장에 전원이 공급되는 한 기계는 계속해서 동작된다. 따라서, 제어가 안되면 심각한 문제가 생길 수 있으므로 중요 공정의 네트워크는 백본 네트워크와 관계없이 동작되도록 해야 한다. 특히, 시스템 측은 네트워크 고장에 의해 기기들이 오동작을 할 수 있기 때문에 가용성은 매우 중요하다.

공장에서는, 큰 전류가 흐르는 전력선, 전기 모터, 대용량 릴레이, 아크용접기 EDM(electric discharge machine) 등은 상당한 양의 EMI를 생성한다. LAN 환경에서는 과도한 EMI는 데이터 패킷을 오염시켜 빈번하게 재 전송하게 하여 높은 트래픽을 만들어 효율성을 감소시킬 수 있으므로 노드와 케이블을 설치할 시에는 주의할 필요가 있다. 따라서, 네트워크에서 케이블링은 동축케이블, twisted 케이블, 광 케이블 등의 여러 종류 중 어떤 케이블을 사용하느냐는 하는 것은 사용되는 환경에 의해 결정된다. 즉, 한 공장에는 경우에 따라 여러 종류의 케이블을 같이 사용하는 경우도 있을 수 있다.

모든 네트워크는 유지, 보수를 해야만 한다. 네트워크에 문제가 생겼을 때 빠른 진단과 해결은 네트워크를 효율적으로 운영하는데 중요하다. 좋은 네트워크는 최소의 노력 혹은 네트워크 동작을 막지 않고, 유지, 보수 할 수 있어야 한다. 매우 중요한 공정에서는 네트워크 에러가 생기더라도 그 에러가 생긴 지점을 분리하여, 복구 할 수 있을 때까지 네트워크 동작에 이상이 없도록 네트워크가 설계되어야 한다. 보안도 매우 중요하다. 허가 받지 않은 사용자가 시스템에 침입하여 생산 과정을 오동작 하게 하는 것을 막기 위하여 네트워크 관리자는 다음과 같은 일을 해야 한다.

- 동작하지 않는 터미널은 자동적으로 log-off
- 각 노드 및 사용자에 대한 접근 권리를 명확히 함

몇몇 네트워크는 확장이 거의 안되므로, 네트워크를 도입할 시 이에 대한 내용을 명확히 알아야 한다. 네트워크 비용은 2가지 요인, 즉 초기 비용과 운영비용으로 나눌 수 있다. 초기 비용은 네트워크의 초기 구축시 하드웨어, 소프트웨어, 설계, 구축 등에 드는 비용을 말하며 운영비용은 하드웨어와 소프트웨어를 유지 보수하며 확장 등에 사용하는 비용이다. 실제로 초기비용이 작게 소요되지만 운영비용이 많이 소요되어 전체적으로 이의 반대 경우보다 비싼 비용을 지불하는

경우도 생길 수 있다는 것을 명심해야 한다.

네트워크 성능은 매우 중요하다. 성능에 대한 효과적인 계획에는 최소성능 요구조건에 예측치를 포함해야 한다. 속도와 네트워크 부하(load)는 성능분석에서 매우 중요한 인자이다. 이들은 네트워크 응용프로그램, 동작, 트래픽에 많은 영향을 주기 때문이다. 따라서 네트워크 설계전에 다음과 같은 질문에 대한 답을 생각하여야 한다.

- 어떤 응용프로그램과 동작이 네트워크 상에서 수행되도록 할 것이나 ?
- 생성되는 데이터의 종류와 크기는 ?
- 어떤 종류의 자원을 사용할 것이나 ?

첫 번째 질문에서는 응용프로그램 혹은 동작의 수행시간과 수행빈도 등에 대한 질문이며, 두 번째 질문에서는 응용프로그램 혹은 동작이 수행한 후 네트워크를 통하여 전송되는 데이터의 종류(주기 데이터, 비주기 실시간 데이터, 비주기 비실시간 데이터)와 그들의 크기를 결정하며, 세 번째 질문에서는 데이터의 목적지들이 어디나 하는 질문이다. 세 번째 질문은 대부분의 데이터가 한 노드로 집중한다면, 그 노드는 처리 능력이 매우 우수해야 한다. 만일 처리 능력이 떨어지면, 네트워크를 통하여 데이터가 빨리 도착하더라도 목적지 노드에서의 응답이 늦어진다. 따라서 빠른 네트워크를 사용할 필요가 있느냐 하는 의문이 생길 수 있다.

성능 지표에는 많은 종류가 있지만, 사용자에게 의미있는 응답 시간[12], 데이터 정합성(consistency)[7], 유효시간(validity time), 실시간성만 본 고에서 설명할 것이다.

응답시간은 사용자가 요구한 후부터 서버로부터 응답을 받을 때까지 걸린 시간이며 이 시간의 10-30%만이 네트워크를 사용한 시간이며 70-90%가 네트워크가 아니고 응답을 위해 사용되는 응용프로그램의 수행시간이다. 이때 네트워크 사용시간은 전송시간과 네트워크의 각 계층에서 소요된 시간 등을 합한 시간이다. 이러한 응답 시간 중 네트워크에서 소요되는 부분을 줄이기 위해서는 데이터 전송율이 높은 네트워크를 사용하거나 네트워크를 분할하여 사용하는 것도 한 방법이다. 네트워크를 분할하는데는 여러 이유가 있지만, 일반적으로 다음과 같은 이유에 의해 분할한다. 트래픽의 80%가 자신의 그룹에 관한 것이며 20%가 다른 그룹에 관한 것이다. 예를 들어 같은 트래픽을 발생하는 2개의 그룹이 있다고 가정하자. 각 그룹을 분할하지 않고 합치면 각 그룹에서는 200%의 트래픽이 발생하지만 분할하면 120%의 트래픽만 발생한다. 따라서 데이터 트래픽을 줄이기 위해서는 분할해야 한다. 많은 데이터 트래픽은 네트워크에서 소요되는 시간을 늘린다.

주어진 계층에서 제어 혹은 감시를 하기 위해서는 데이터 정합성이 필요하다[7]. 데이터 정합성에는 시간 정합성(time consistency) 혹은 공간 정합성(space consistency)이 존재한다. 시간 정합성은 주어진 제어 기기에 유용한 값

들의 집합이 같은 샘플링 시각에서의 하위 디바이스의 샘플 값들과 일치된다는 것을 의미한다. 공간 정합성은 서로 다른 제어기에 전송된 같은 샘플 값들의 사본(copy)들이 같은 샘플링 시각에 샘플되어진 값이라는 것을 의미한다. 시간 정합성은 공정의 자기 진단에 필수적이며 공간 정합성은 통합된 동작들이 제어기기 군으로부터 요구될 때 필요하다.

주어진 시간내에 목적지에 도착하지 못한 정보는 제어 응용에 따라 사용할 수 없는 경우도 있다. 이것이 바로 유효 시간(validity time)과 신선도(freshness)를 나타낸다. 유효 시간은 데이터가 만들어진 후 그 사용자에게 의미가 있을 때까지의 지연 시간으로써 정의되며 신선도는 아직 사용가능하다는 정보의 상태를 나타낸다. 같은 정보라하더라도 사용자에게 따라 유효 시간이 다를 수 있다. 이것은 샘플데이터 시스템 뿐만 아니라 이벤트에 의해 움직이는 시스템에서도 적용된다. 이것은 네트워크가 사용자에게 정보의 나이를 알 수 있게하는 방법을 제공해야 한다는 것을 뜻한다.

PLC, CNC, DDC와 컴퓨터 등의 산업용기기에서 동작되는 테스크(혹은 프로그램)들은 그 동작과 관련된 타이밍 제약 조건이 주어지며, 이러한 제약 조건을 만족하기 위해서는 프로그램의 수정 혹은 산업용 기기를 변경하기도 한다. 이러한 제약 조건을 반드시 만족해야 한다면, 이런 조건을 hard real-time 제약 조건이라 한다. 이와는 달리, 이러한 제약 조건을 만족해야 하지만 때로는 빠질 수 있으면, 이런 조건을 soft real-time 제약 조건이라 한다. 산업용 네트워크를 통하여 전달되는 메시지들은 hard real-time 혹은 soft real-time 제한 조건을 가진 메시지들이 대부분이다. hard real-time 메시지의 예에는 궤환(feedback)제어에 사용되는 센서의 샘플 데이터와 제어기로 부터 출력되는 제어 데이터 등이 있으며 soft real-time 메시지의 예에는 센서로 부터 주기적으로 모니터링되는 데이터 등이 있다. 이와 무관한 메시지(혹은 데이터)들을 비실시간(non real-time) 메시지라 하며, 프로그램과 구성(configuration) 데이터 등이 그 예이다. 이러한 시간 제약 조건 때문에 산업용 네트워크는 OSI의 7 계층 구조 중 3 계층(물리 계층, 데이터 링크 계층, 응용 계층)만을 사용하여 구현되며, 이의 예가 Mini MAP, FIP, Profibus 등이 있으며, 좀 더 빠른 시간을 요구할 때는 2개 계층(물리 계층, 데이터 링크 계층)만을 사용하여 구현되며, 이의 전형적인 예가 SERCOS이다.

네트워크를 통하여 전달되는 데이터를 실시간 입장과 주기성 입장에서 살펴보면 주기적 데이터와 실시간 비동기(asynchronous) 데이터와 비실시간(non real time) 데이터로 나눌 수 있다. 주기적 데이터는 연속 제어 등에 사용되는 센서 데이터와 제어 데이터 등이 있을 수 있으며, 실시간 비동기 데이터는 이상신호와 경보신호 등과 같은 긴급 이벤트 데이터 등이 있으며, 비실시간 데이터는 프로그램과 시스템 구성 데이터 등이 있을 수 있다. 주기 데이터는 당연히 실시

간 데이터이다. 특히, 공정 제어 시스템에서는 주기데이터가 많으며, 생산 시스템에서는 실시간 비동기 데이터가 많다.

#### 4. 생산자동화규약(MAP : Manufacturing Automation Protocol)

|             |                                     |                          |                                |                       |    |             |
|-------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|----|-------------|
| 7 응용 계층     | MNS                                 | NM                       | VTP                            | RDA                   | DS | private Ase |
|             | Association Control Service Element |                          |                                |                       |    |             |
| 6 프리젠테이션 계층 | Presentation Kernel                 |                          |                                |                       |    |             |
| 5 세션 계층     | Session Kernel                      |                          |                                |                       |    |             |
| 4 트랜스포트 계층  | Transport Class 4                   |                          |                                |                       |    |             |
| 3 네트워크 계층   | Connectionless Network Protocol     |                          |                                |                       |    |             |
| 2 데이터링크 계층  | IEEE 802.2 LLC 1                    |                          |                                |                       |    |             |
|             | 802.4 MAC(Medium Access Control)    |                          |                                |                       |    | 802.3 MAC   |
| 1 물리 계층     | 802.4 Broadband 10 Mbps             | 802.4 Carrierband 5 Mbps | 802.4 Fiber Optics 5 & 10 Mbps | 802.3 CSMA/CD 10 Mbps |    |             |

그림 1. Full MAP의 프로토콜 구조.

|             |                                |  |       |                   |
|-------------|--------------------------------|--|-------|-------------------|
| 7 응용 계층     | MMS                            |  | CMIP  | Object Dictionary |
|             | ACM                            |  |       |                   |
|             | APM                            |  | ROSE  |                   |
| 2 데이터 링크 계층 | LLC 1 & 3                      |  | LLC 1 |                   |
|             | 802.4 MAC                      |  |       |                   |
| 1 물리 계층     | 802.4 Carrierband/Fiber Optics |  |       |                   |

그림 2. Mini MAP의 프로토콜 구조.

MAP[1,2]은 1980년에 GM에서 처음 도입하여, 여러번 개정한 후 1993년도에 최종 판이 나와있다. MAP 중에 가장 중요한 내용이 MMS(Manufacturing Message Specification)[13]이다.

MAP에는 Full MAP, Mini MAP, MAP-EPA(Enhanced Performance Architecture)가 있다. 그림 1에 Full MAP, 그림 2에 Mini MAP의 구조가 나타나 있으며 MAP-EPA는 2개의 구조를 모두 갖고 있다. Full MAP은 7계층 구조를 가지고 있어 유연성이 많지만 실시간 응용에는 알맞지 않다. Full MAP상에서 동작되는 응용 프로그램은 플랜트 관리에 관한 것이다.

Full MAP에서는 응용계층의 어떠한 서비스라도 시작되

기 전에 상대방과 연결이 되어있어야 한다. 이러한 방법이 연결 기반(association-oriented) 방식이다.

Full MAP의 응용계층 서비스 중 MMS는 공정의 동작을 제어하고 감시하는 응용 테스크들 사이의 통신을 지원한다. MMS 서비스를 이용하는 응용 테스크의 유형은 응용 동작들을 서로 연계하기 위해 사용되는 동기화 메시지와 데이터를 교환하는데 필요한 것이다. MMS는 메시지 교환을 하는 동배(peer-to-peer) 엔터티 간의 동작 뿐만 아니라 응용 테스크들의 외부 동작(혹은 실제 동작)을 정의한다. MMS 서버의 기능은 VMD(Virtual Manufacturing Device)의 외부 동작을 실제 생산 기기의 기능에 대응해야 하기 때문에 VMD가 MMS 서비스 정의에서 매우 중요한 역할을 담당한다. 따라서, 클라이언트 프로그램은 로봇, PLC와 CNC 등을 실제 기기가 아닌 가상 기기, 즉 그와 관련된 VMD를 통하여 실제 기기를 제어할 수 있다. 자동화 기기 내의 동작은 기기마다 다를 수 있지만, 이것은 MMS와는 관계가 없다. 예를 들면, 클라이언트 프로그램이 PLC 1과 PLC 2에게 동작을 시작하라는 명령을 준다면, 클라이언트 프로그램은 MMS 서비스를 사용하여 각 PLC에게 명령을 전달한다. 따라서 PLC의 VMD가 이 명령을 받았을 때 알맞은 동작을 수행하도록 되어 있어야 한다. 즉, 실제 프로그램의 수행은 PLC 1과 PLC 2를 만든 제작자가 해당 MMS 서비스에 대해 그 기기에 맞게 동작시키도록 만들어야 한다. 이것이 바로 VMD와 실제 기기 간의 매핑이고 구현시 매우 중요한 항목이다.

MMS는 2 종류의 서비스, 확인(confirmed) 서비스와 비확인(unconfirmed) 서비스로 구별된다. 대부분의 서비스는 클라이언트의 요구의 결과를 표시하는 응답을 보내는 서버에 의해 수행되는 서비스를 동작시킨다는 의미에서 확인 서비스이다. 특히 중요한 것은 모든 확인 서비스는 조건에 따라 변경될 수 있다는 것이다. 즉, 그들의 수행은 주어진 조건을 만족할 때 까지 연기될 수 있다는 의미이다. 이러한 조건은 이벤트의 발생 혹은 세마포의 조건일 수 있다. 비확인 서비스는 서버에게 변수 값들을 즉시 전송하도록 하거나 하나 이상의 클라이언트에게 이벤트의 발생을 알릴 때 사용한다. 전자의 서비스(예, information report)는 생산자(producer) - 소비자(consumer) 모델에서 주기적으로 변수의 값을 전달하는 데 사용된다. 후자의 서비스는 시각 소인(time stamp)을 가진 이벤트를 알릴 때 사용된다. 이러한 서비스는 데이터를 읽거나 이벤트가 발생할 때 프로그램을 기동시킬 수 있다.

그러나 Full MAP은 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

- Full MAP은 상대적으로 느리다. 확인 서비스의 평균 응답시간은 상용 제품상에서 100ms정도 이다.
- Full MAP의 코드가 매우 크다. 1 MB내에 모든 프로토콜이 다 들어갈 수 없다.

- Full MAP은 복잡하다. 즉, 이름 붙이는 작업(naming)과 어드레싱이 MAP 구현시 힘들다. 이것은 사용자에게 어드레싱구조를 선택하도록 남겨 놓았기 때문이다.

- MMS의 응용 프로그램 접속장치인 MMSI(MMS interface)가 힘들다. MMSI는 한 기계에 있는 응용 프로그램을 다른 기계로 별로 수정없이 빨리 이식시킬 수 있도록 하는 사실상의 표준이다. 실제로 만나질이면 프로그램이 이식될 수 있다. 문제는 가장 유용한 서비스(Read, Write 서비스)가 이해하고 쓰기에 너무 복잡하다는 것이다.

이러한 단점 때문에 Full MAP은 셀/라인 제어기 이하의 네트웍으로 사용하는데 한계가 있다. 실제로 공장에서는 시간이 중요한 응용이 많으므로 이러한 조건을 만족시키기 위해 Full MAP의 일부 기능을 생략한 Mini MAP이 도입되었다. Mini MAP은 3 계층에서 6 계층까지 없어 표준 OSI 모델과는 다르다. 그러나 이것은 보다는 응답시간을 보장해주지만 많은 기능의 감소를 감수해야 한다. 다음이 Full MAP에 비해 Mini MAP의 기능이 감소된 내용이다.

- 트랜스포트 계층의 부재로 인해 fragmentation이 안되어 응용 프로그램의 메시지 크기가 최대 데이터 프레임 크기로 제한된다.
- 네트웍 계층의 부재로 인해 라우팅(routing)이 불가능하다. 따라서 Mini MAP은 한 세그먼트로 제한된다.
- 세션 계층의 부재로 인해 단 하나의 전이중 통신만이 사용된다.
- 트랜스포트 계층과 네트웍 계층에서 보장되는 신뢰성 있는 데이터 전달은 데이터 링크 계층에서 LLC class 3을 사용하여 구형된다.
- 프리젠테이션 계층이 사용되지 않기 때문에 ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1) 인코더/디코더가 응용 계층에 포함되지 않으면, 메시지 포맷이 고정된다.

실시간의 보장은 이러한 기능의 부재를 대체할 정도로 매우 가치가 있는 것이다. Mini MAP에서의 MMS 기능은 Full MAP의 MMS 기능과 많은 부분이 같다. 따라서 Mini MAP의 MMS 부분은 본 고에서 설명하지 않는다.

802.4 토큰 패생 네트웍은 데이터를 전송하기 위해서는 토큰이라는 특수 프레임에 기다린다. 토큰의 순환 시간을 보장하기 위해서 각 스테이션은 4종류의 타이머를 사용하여 한 스테이션에서의 데이터의 전송시간을 제한한다. 논리 계층제어(LLC, Logical Link Control)는 데이터 링크계층에서 수신확인(acknowledge) 데이터그램 서비스를 제공한다. 이 서비스로써 메시지를 전송한 사용자는 그 메시지가 목적지에 도착했다는 것을 표시하는 수신확인을 받는다.

생산 기기의 원거리 제어와 감시를 위한 MMS, 객체 사전

(object dictionary)과 네트워크 관리 규약이 있다. APM (Auxiliary protocol machine)과 ACM(association control machine)은 표준 통신규약이 아니며 MMS의 Mini MAP 판을 지원하기 위해 만들어 졌다. ACM은 ACSE의 일부 기능으로, APM은 프리젠테이션 계층의 일부기능으로 만들어졌다.

Mini MAP은 연결 기반 방법과 비연결(associationless) 방법을 제공하고 있는 데, 전자는 MMS 서비스가 시작되기 전에 연결이 되어 있어야 한다. 후자는 연결 확립 단계는 없지만 연결되는 서비스의 수와 종류는 제한된다. 후자의 장점은 응답시간이 작고 필요 메모리가 작게 든다는 것이다. 1:1연결에 사용되는 모든 서비스는 LLC type 3를 사용하고 다수 연결에 사용할 시에는 비확인 서비스를 사용한다.

Mini MAP에서의 단점은 앞에서 언급한 3-6 계층 기능의 부재 때문에 생기면 다음과 같다. Mni MAP에서의 통신은 하나의 세그먼트(32대까지)에 제한된다. 이러한 제한은 메시지가 브릿지 혹은 라우터를 통과하는 것을 막은 LLC type 3의 기능 때문이다. Mini MAP의 메시지 길이도 제한된다. 이것은 트랜스포트 계층의 기능인 분할 기능의 부재 때문이다. 따라서 사용자는 응용 프로그램을 작성할 때 이

러한 단점을 알아야 한다.

## 5. 필드버스

필드버스는 필드에 설치된 필드기기들과 상위의 제어기기 간을 연결하는 통신 방식을 말하며 그 종류는 다음과 같이 많은 종류가 있다: FIP, ProfiBus, IEC/ISA Bus, CAN, BITBUS, HART, INTERBUS-S, LON(Local Operating Network), MIL STD 1553, SERCOS 등[3-9,14-16]. 이렇게 다양한 이유는 다음과 같다. 필드버스 대부분은 주어진 필드에 해결책을 빠르게 주기 위해서 벤더에 의해 제안되었기 때문이다. 리모트 입출력용으로 Intel사의 Bitbus, GE-Fanuc사의 Genius, Phoenix Contact사의 Interbus-S, 공정 제어용으로 Rosemount사의 HART, 자동차용으로 CAN, 빌딩 자동화용으로 Echelon사의 LON, CNC용으로 Sercos가 있다. 다음과 같은 3개의 제안서, MIL-STD-1553, Profibus, FIP는 각각 미국, 독일, 프랑스에서 국가 표준이며 CAN은 국제 표준으로 되어 있다. Profibus와 FIP는 개방형 산업용 네트워크에서 널리 사용되는 통신규약이다. 필드버스 사용시 장점과 단점은 표 2와 같다.

표 2. 필드버스의 장점 및 단점.

| 장 점   | 단 점  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>-데이터 인식과 처리 기능의 분리</li> <li>→센서의 변경은 제어 시스템에 영향을 주지 않는다.</li> <li>-단순하고 빠르게 확장할 수 있다</li> <li>-케이블링 통합성이 검사될 수 있다.</li> <li>-아날로그 값이 그의 소오스로부터 근접한 곳에서 변환되기 때문에 신호의 질이 좋다.</li> <li>-모든 노드에 유용한 값들에 대해 케이블 및 센서를 여러개 구축할 필요가 없다.</li> <li>-케이블링의 추가없이 새 기기를 붙일 수 있다.</li> <li>-공간적 정합성을 다중 전송 방법으로써 쉽게 얻을 수 있다.</li> <li>-로컬 CPU는 데이터의 전 처리 혹은 후 처리를 위해 사용할 수 있다.</li> <li>-원격에 의한 유지/보수에 의한 효율성 향상</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-통신 개념의 도입</li> <li>→제정시스템의 구축이나 필드기기의 선정방법 등에 관하여 지금까지와 다른 생각을 해야한다.</li> <li>-네트워크에 에러가 있을 경우 심각한 문제가 생길 수 있다.</li> <li>-필드버스의 국제표준화는 현재 진행 중이다.(일부는 되어 있음)</li> <li>-표준제품이기 때문에 여러 메이커들의 기기들간의 상호운용성이 보장되어야 함</li> </ul> |

필드버스는 센서, 구동기 혹은 operator interface를 제어 기기에 연결한다. 센서는 유량, 높이, 압력, 속도, 위치, 토크, 온도등을 측정하는데 사용된다. 공정제어에 있어서 이러한 기기를 전송기(transmitter)라 한다. 구동기는 밸브, 실린더, 혹은 모터 드라이브, 작은 용접제어기일 수 있다. operator interface는 데이터 기록장치 뿐만 아니라 작은 조작판과 표시부로 구성되어 있다. 제어 기기는 PLC, CNC, 루프제어기, 공정 제어기일 수 있다.

대부분의 응용에서는 센서와 구동기 수는 20-100 개이고 큰 플랜트에서는 4000개 까지 될 수 있다. 배열(config-

uration) 혹은 유지(maintenance) 데이터를 제외하면 필드 기기는 매우 작은 데이터(1비트-4바이트)를 받거나 전송한다. 필드버스상의 트래픽은 매초 10000개의 기기까지 순환되어야 한다. 비순환(acyclic) 트래픽은 일반 상황에서는 매초 200개 이하의 메시지를 생성하지만 비상 상황인 경우는 2000개의 메시지까지 만들어진다. 대부분의 경우에서 변수 리스트에 대한 시간 정합성과 공간 정합성과 하나의 변수에 대한 유효 시간이 지원되어야 한다. 이벤트 전송에서는 시간 꼬리표(time tag)의 resolution은 1 ms 보다 적으면 좋다. 따라서 필드버스의 특징은 산업용 네트워크의 특징

외에 다음의 특징을 가지고 있다.

- 짧은 데이터 전송에 비하여 전송 오버헤드가 상대적으로 작다.
- 주기적인 데이터와 비주기적인 데이터를 동시에 처리한다.
- 데이터의 전송 지연시간이 제한되어야 한다.
- 기기들간의 동기를 위한 타이밍 신호를 제공할 수 있어야 한다.

뿐만 아니라 응용 계층은 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 유효 시간과 시간 정합성(과 때로는 공간 정합성)의 표시를 가진 주기적 변수들의 읽기
- 다수 사용자에게 보내어지는 주기적 변수들의 쓰기
- 시각소인(time stamp)이 있는 사건 혹은 경보를 보내기
- 비주기 변수의 읽기와 쓰기
- 기기 구성 데이터와 사용자 프로그램의 UPLOAD 및 DOWNLOAD
- 사용자 프로그램의 개시, 정지, 재개
- 기기를 리셋

### 5.1 Profibus

Profibus[3-5]는 그림 3과 같은 계층 구조를 가진 표준(DIN 19.245)이며 독일에서 제정되었다. 현재 Profibus-FMS(Fieldbus Message Specification)와 Profibus-DP(Decentralized Peripherals)의 2종류가 표준으로 되어 있으며 공정제어 응용을 위한 표준, 즉 Profibus-PA(Process Automation)가 작업중에 있다. Profibus-FMS는 일반 산업 응용에 사용하고자 할 때 유용하며, Profibus-DP는 실시간성이 매우 중요하여 빠른 시간내에 데이터를 전달하고자 할 때 유용하다. 토폴로지는 그림 4에 나타나 있다. 그림 4에서 보듯이 여러개의 네트워크 세그먼트로 나누어지며 네트워크 세그먼트는 리피터를 통하여 연결되고 그 스테이션간에는 3개 이내의 리피터에 의해 분리될 수 있다. RS 485 표준(최대 32 스테이션, 최대 드롭 길이 : 30cm)에 따라 멀티 드롭 라인이다. 최대 연결할 수 있는 노드의 수는 127이

|              | Profibus-FMS                                     | Profibus-DP                         |
|--------------|--|-------------------------------------|
| 7. 응용 계층     | 필드버스 메시지 사양 (FMS)<br>Lower Layer Interface (LLI) | 사용자 인터페이스 (Direct-Data-Link-Mapper) |
| 2. 데이터 링크 계층 | 필드버스 데이터 링크(FDL)                                 | 데이터 링크 계층                           |
| 1. 물리 계층     | 물리 계층  | 물리 계층                               |

그림 3. Profibus의 포토폴 구조.

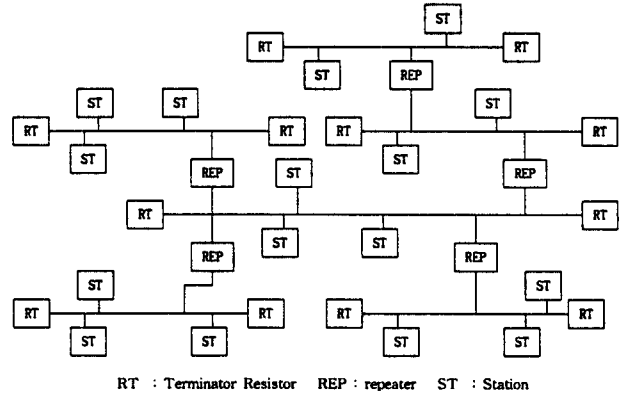


그림 4. Profibus의 토폴로지.

다. 리피터를 사용하지 않으면 최대 전송속도는 케이블의 종류에 따라 다르지만 최대 길이 200m에 대해 1.5 Mbps이다. 리피터를 사용하지 않을 경우에는 최대 전송속도는 최대 길이 100m에 대해 12 Mbps이다.

Profibus는 전송 라인과 전송기의 이중화를 지원하며, 이 경우에 데이터는 2개의 전송 라인에 동시에 보내지며 네트워크 관리의 제어하에 하나의 수신기에서 받도록 설계할 수 있다. Profibus의 매체접근 제어(Medium Access Control, MAC)는 802.4 토큰 버스 MAC을 단순화 시킨 것이며, MiniMAP과 같이 마스터(master)스테이션과 슬레이브(slave)스테이션으로 구분된다. 마스터스테이션은 토큰을 받지만 슬레이브스테이션은 마스터스테이션의 요구에 대한 응답으로 데이터를 보낼 수 있다. 토큰을 가지고 있는 스테이션은 먼저 우선순위가 높은 요구부터 처리한 후 순환(cyclic) 메시지를 처리하고 마지막으로 우선순위가 낮은 요구를 처리한다. 스테이션 내에 있는 모든 메시지를 모두 전송한 후에도 시간이 남으면 필드버스상에 새로운 스테이션의 추가를 관리한다. 이러한 시간들은 token target rotation time TTR과 실제 token rotation time TRR 사이의 차이에 달려 있다. TTR은 현재 토큰을 받은 시간과 이전에 토큰을 받은 시간과의 차이이다. 토큰을 받았을 때 TRR이 TTR보다 크면 단 하나의 높은 우선순위의 메시지만 처리된다. 만일 TRR이 TTR보다 작다면, 이 시간 동안에 메시지가 전송된다.

프레임은 바이트 단위로 만들어지며 비동기로 패리티 비트가 있는 한 바이트씩 전송된다. 올바른 전송을 위해 다음의 2 조건이 충족되어야 한다. 프레임의 바이트 간에는 gap이 없으며 첫 프레임 바이트가 전송되기 전에 최소한 33 비트 시간(bit-time)동안 전송 라인은 idle해야 한다. 이러한 2 조건이 비동기 전송의 단점을 보완한다. 어드레싱은 7비트 MAC 주소와 6비트 세그먼트 주소로 이루어지는데 세그먼트 주소는 임의이다. 각 프레임은 송신 주소와 수신 주소 모두를 포함한다.

Profibus-FMS 응용 계층은 FMS 부계층과 LLI 부계층으



로 나누어지며, Profibus-DP 응용 계층에는 Direct-Data-Link-Mapper(DDLMM)가 존재한다. FMS는 MAP에서의 MMS 기능을 하고 LLJ는 MAP에서의 응용 태스크간 연결에 관련된 ACSE 기능을 한다. 객체 사전은 MMS의 VMD 이름 목록에 대응되며 VFD (virtual fieldbus device)의 객체에 관한 모든 정보를 보유한다. VFD는 MMS의 VMD에 대응되는 개념이다. 객체 사전은 객체의 생성과 제거를 하게 하는 FMS 서비스를 통하여 리모트 스테이션에 의해 로드 되거나 갱신된다. 객체는 정적 객체 (예 : 단순 변수, 배열, 레코드, 이벤트, 도메인)와 동적 객체 (변수 리스트, 프로그램 기동)으로 나누어지며, 후자는 지정된 FMS 서비스를 통해서 생성되고 삭제된다. DDLMM은 사용자가 직접 데이터 링크 계층을 사용하지 않음으로써 좀 더 빠르게 네트워크를 사용하게끔 해준다.

객체는 물리적 어드레스, 이름과 목차 (index)에 의해 주소화된다. 목차에 의한 주소는 MMS에서는 없지만 FMS에서는 많이 사용된다. 객체 액세스는 패스워드 혹은 그룹에 의해 제한 될 수 있으며 이에 대한 액세스 권리는 연결 확립시 조정된다.

통신 관계는 1:1, 1:다 (multicast) 및 1:모두 (broadcast)를 다 지원하며, 다중 전송인 경우는 비연결 형태이며 비확인 서비스가 사용된다. 1:1 관계에서는 표준은 마스터-마스터와 마스터-슬레이브 관계를 지원한다. 데이터 전달에는 순환형과 비순환형이 있다. 순환형, 즉 마스터-슬레이브 관계에서는 단지 Read와 Write 서비스만 제공되며 단 하나의 변수만을 액세스 할 수 있다. 일반적으로 마스터-마스터 관계를 토큰이 순환하기 때문에 순환형이라 생각할 수 있지만, 토큰을 받은 스테이션에 데이터가 준비되어 있지 못하면 토큰을 즉시 다음 스테이션으로 넘기기 때문에 해당 데이터를 전송하지 못하므로 데이터 전송 입장에서는 순환형이지 못하다. FMS는 세마포, 저널 관리, 오퍼레이터 통신과 파일 전달을 제외하곤 MMS 서비스와 같은 기능을 제공한다. Profibus는 ASN.1을 사용하지만 인코딩 규칙은 ASN.1과는 약간 차이가 있다. 모든 스테이션은 communication relationship list (CRL)를 다운 로드하는데 사용되는 기본적인 관리 연결 (default management connection)을 제공해야만 한다.

Profibus는 다음과 같은 단점을 지니고 있다.

- 주기적 데이터를 처리하지 못한다.
- 단지, 시간 제약 조건을 통계적으로 만족시킨다
- 모든 마스터에 같은 traffic 양이 부과되어야 한다.

또 다른 문제는 최대 응답 지연시간의 표준화가 되어 있지 않으며 다중 전송을 지원하는 서비스, 예로 information report 서비스가 생산자(producer)-분배자(distributer)-소비자(consumer) 모델을 구현하기 위해 사용되더라도 클라이언트-서버 모델의 배타적 사용이다. 이러한 문제를 해

결하기 위해 마스터 스테이션이 하나만 있는 Profibus 네트워크를 설계할 수 있다. 즉, 마스터를 한개만 둬으로써 이 마스터가 모든 슬레이브에 대한 통신 순서를 제어할 수 있음으로써 어느 정도 순환 데이터를 보장할 수 있다. 이것은 표준을 잘 사용하는 것과는 거리가 멀다. 그러나, Profibus는 MiniMAP의 좋은 대체품이다. 합리적인 가격으로 효율적으로 구현 할 수 있다.

### 5.3 FIP

FIP[6]는 그림 5와 같은 프로토콜 구조를 가진 표준이며 프랑스에서 제정되었으며, Profibus의 클라이언트-서버 모델과는 다른 생산자-분배자-소비자 모델을 사용한다. 이러한 모델을 사용하는 이유는 다음과 같다.

첫째로, 생성된 데이터는 잠재적으로 여러 소비자를 가지고 있어 이런 데이터는 각 소비자에게 반복적으로 보내는 것은 낭비이다. FIP에는 생산자, 분배자, 소비자의 역할이 있고, 데이터는 모든 소비자가 인식할 수 있는 유일한 식별자 (unique identifier)를 가진다.

둘째로, 대부분의 traffic은 결정적이고(deterministic) 순환적이다. 따라서, 다음 사이클시 데이터가 재 전송될 수 있기 때문에 데이터는 재 전송을 안하며, 수신 확인은 필요하지 않으며 다중 전송이 사용된다. 트래픽의 결정론적 성질은 중앙 매체 접근 제어기, 분배자 혹은 버스 조정자를 정의한다. 순환적 트래픽 스케줄링은 초기화 과정 동안 각 통신 엔터티에 의해 나타난 요구에 기반을 한 버스 조정자에 의해 수행된다. 비 순환적 트래픽은 동작시 나타나는 요구에 따라 스케줄된다.

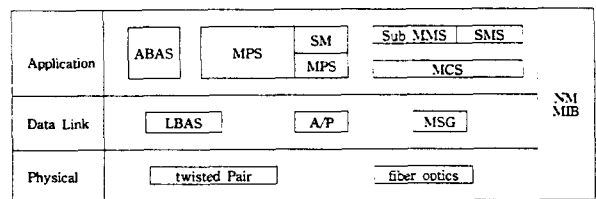
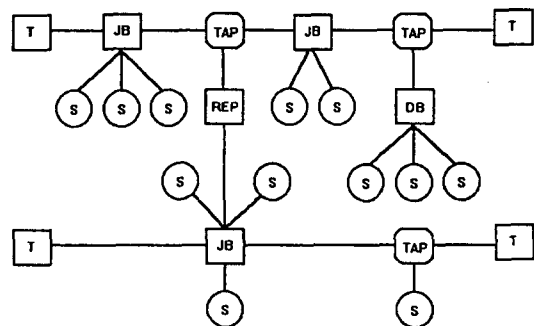


그림 5. FIP 프로토콜 구조.



S: station, REP: 리피터, T: terminator Resistor, JB: Junction Box, DB: distribution box

그림 6. FIP 토폴로지.

FIP는 shielded twisted pair와 fiber optics를 지원하며 그림 6과 같은 다양한 토폴로지를 만들 수 있다. Profibus와 같이 FIP도 전송선과 라인 드라이버의 이중화를 지원한다. 전송선의 길이와 스테이션의 수는 정하여지지 않지만, attenuation, 전송 지연 시간과 임피던스는 어떤 최대값 하에서 유지되어야만 한다. 실제 스테이션 수의 최대는 리피터 없이 약 60개이며 전송선의 길이는 2.5Mbps로 1 Km 정도이다. 표준 사양의 전송 속도는 2.5Mbps, 1Mbps와 31.25Kbps이다. 전송은 동기화 방식이며 데이터는 맨체스터 인코딩 방식으로 인코드 되어 있다.

FIP의 매체 접근 제어는 중앙 집중식이며, 모든 전송은 버스 중재자에 의해 제어된다. 특히, 버스 중재자는 시간 요구 조건에 맞도록 전송들을 스케줄한다. 이외에 데이터 링크 계층은 변수 교환 서비스와 메시지 교환 서비스의 2 형태의 전송 서비스를 지원한다. 변수와 메시지의 전달은 시스템 구성에 따라 혹은 스테이션의 요구에 따라 주기적으로 일어난다. 변수는 생산자-분배자-소비자 모델에 따라 교환되며 생산자와 소비자에 알려진 16비트의 유일 식별자에 의해 식별된다. 이 식별자는 물리적 주소와 관계없다. 메시지는 클라이언트-서버 모델에 따라 하나의 송신측으로부터 하나 이상의 수신 스테이션으로 전달된다. 이러한 주소는 24비트이며 세그먼트 번호와 세그먼트 상의 주소를 식별한다. 메시지는 수신 확인할 수 있다. 변수들은 데이터 링크 계층의 버퍼와 관련되어 있다. 쓰기 서비스는 새로운 값을 생산자 버퍼에 넣는데 이전 값 위에 덮어쓴다. 읽기 서비스는 소비자 버퍼로부터 값을 얻는다. 이러한 서비스는 버스 상의 트래픽에 어떠한 영향을 주지 않는다. 소비자 버퍼에 있는 값이 생산자 버퍼의 값으로 갱신되는 것은 버스 조정자에 따라 수행된다. 이러한 작업이 수행되었을 때, 소비자와 생산자에게 알려주어야 한다.

FIP에는 데이터 형태가 변수형과 메시지형의 2 형태가 존재하는데 변수형은 크기가 작은 데이터에 대해 사용되며 메시지형은 길이가 긴 구성 데이터 등에 사용된다. 변수 교환 방법에는 주기적 전달과 비주기적 전달이 있으며 비주기 전달은 주기 전달을 사용한다. 주기적 변수 전달의 경우에 있어서, 버스 중재자는 식별자에 대응되는 값을 주기적으로 전달하는 것을 구성 데이터로부터 안다. 비주기적 변수 전달의 경우에 있어서, 전달이 필요할 시 그 요구를 주기적 변수의 응답시 그 프레임에 덧붙여 버스 중재자에게 신호를 주고, 버스 중재자는 알맞은 시각에 그들을 서비스한다. 즉, 비주기적 변수의 요구는 버스 중재자의 ID-DAT 프레임에 대한 응답 프레임(RP-DAT)에 덧붙여 전달된다. 이것은 전송을 요구하는 능력을 원하는 스테이션은 최소한 하나의 주기적 변수의 생산자이어야 한다는 것을 의미한다. 그렇지 않으면, 스테이션은 메시지의 수신자 혹은 변수의 소비자일 뿐이다.

FIP는 역시 메시지의 주기적 전달과 비주기적 전달을 지원한다. 주기적 메시지에 대해, 데이터 링크 계층은 식별자와 큐를 할당한다. 응용에 따라 주기적 메시지가 서로 다른 폴링 주기를 가질 때 하나 이상의 식별자와 큐가 사용된다. 메시지는 송신측에서 큐에 집어넣고 버스 중재자가 ID-MSG 프레임을 사용하여 주기적으로 신호를 줌으로써 송신측이 큐의 내용을 전달한다. 수신측 데이터 링크 계층은 수신큐에 메시지를 저장하고, 요구하면 즉시 RP-ACK 프레임 사용하며 수신 확인을 해준다. 이러한 동작은 송신측이 RP-FIN 프레임을 버스 중재자에 보냄으로써 끝낸다. 큐가 비어 있으면 어떠한 전송도 일어나지 않고 RP-FIN 프레임만 보낸다. 비주기적 메시지 전달에 대해 알아보면, 송신 측에서는 데이터 링크 계층은 pending 메시지를 보유하는 큐를 갖고 있으며 수신측에서는 수신 큐가 있다. 전달 요구는 역시 ID-DAT 프레임에 대한 응답을 통하여 이루어지며 실제 전달은 주기적 메시지와 같이 버스 중재자에 의해 일어난다. 구성 데이터에서 정해진 각 주기 변수와 주기 메시지에 대해 정의된 주기와 동작시 사용자 요구에 따라 버스 중재자는 트래픽을 스케줄한다.

변수와 메시지는 그림 7과 같은 순서로 기본 주기내에서 전송된다.

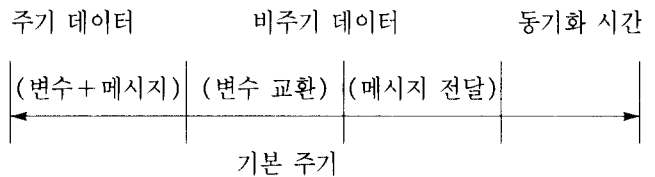


그림 7. 기본 주기내에 데이터 전송 순서.

가능한 프레임의 손실을 줄이기 위해 FIP는 시간 정합성과 공간 정합성 및 데이터의 유효 시간을 표시하는 메커니즘이 지원된다. 실시간 데이터 교환에 대해 FIP는 주기적으로 혹은 요구시 네트워크에 의해 refresh되는 분산 DB처럼 동작한다. 주기/비주기 데이터 교환에 관련된 모든 응용 서비스를 MPS라 부른다. MPS는 읽기/쓰기 서비스를 지원한다. subMMS는 MMS의 부분 집합으로 메시지와 이벤트에 대해 클라이언트-서버 모델을 지원한다. 지원되는 MMS 서비스들은 domain 관리, 프로그램 기동, 변수 액세스, 세마포 및 저널 관리, 이벤트 관리 일부 등이다. 인코딩 규칙은 ASN.1이다.

FIP는 디지털제어시스템과 같은 주기적 샘플링이 필요한 응용에 적용되는 경우에 주로 사용되며, 즉 데이터가 주기적으로 교환되는 경우에 사용된다. 그러나, 클럭 동기화가 응용계층에서 지원되므로 모든 노드들간에 정확한 시간의 동기화가 어려울 수도 있다. FIP는 이벤트성 데이터를 처리하기는 하지만 비효율적이다. 이벤트 발생시 이벤트 전송은

되지 않고 주기 상태 전달로 변환해야 한다. 이것은 이벤트 제어시 다른 방법이 필요하다는 것을 의미한다.

### 5.3 CAN과 그 응용 계층

CAN(Controller Area Network)[9]은 Bosch가 차량 제어를 위한 네트워크로 개발하였다. 차량 필드버스 시스템과 산업용 필드버스 시스템의 요구사항을 비교하여보면 저가격, 열악한 환경하에서의 동작, 실시간 처리능력, 사용의 용이성과 같은 많은 유사점을 발견할 수 있다. 따라서, 국제적 표준(ISO 11898)으로 진행되고 있다.

CAN 네트워크는 그림 8과 같이 하나의 버스에 연결된 모듈 혹은 노드로 구성되며, 노드간 최대 거리와 버스 길이는 각 40m이다. 실제로 CAN은 데이터 링크 계층과 물리계층에 해당되는 통신규약을 말하며 응용계층에 관련되어서는 따로 정의되며 현재 표준화가 진행중이다. CAN과 그 응용 계층이 그림 9에 나타나 있다. CAN에서 이용하는 비트 표현방법은 NRZ (non-return-to-zero) 코딩이다.

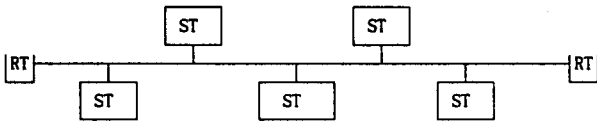


그림 8. CAN의 토폴로지.

|           |  |                        |
|-----------|--|------------------------|
| 응용 계층     | (CMS, Distributer, 네트워크 관리)  |                        |
| 데이터 링크 계층 | IEEE 802.2 논리 연결 제어<br>IEEE 802.3 기반 non-destructive bitwise arbitration | fault Management 계층 관리 |
| 물리계층      | Twisted Pair(125kbps-1Mbps)  |                        |

그림 9. CAN과 그 응용 계층의 프로토콜 구조.

CAN에 의해 데이터가 교환될 때 어떠한 스테이션도 주소화되지 않고 네트워크에서 유일하게 존재하는 메시지 ID (identifier)에 의해서 메시지의 내용(예, rpm 혹은 엔진 온도 등)과 같은 데이터가 교환된다. 즉, 데이터 혹은 메시지는 노드의 물리적 주소로 그 데이터의 목적지를 정하지 않고 메시지 ID를 사용하여 그 데이터의 사용처를 정한다. 그림 10은 CAN에서의 데이터 전송을 보여주고 있다. 한 스테이션의 CPU가 여러 스테이션에 메시지를 전송하고자할 때 CAN 칩에 전송되는 메시지와 ID를 넘기는데(송신 준비), 이것이 CPU가 데이터 교환을 시작하고자 할 때 해야 하는 일의 전부이다. CAN칩에 의해 메시지가 전송되어지는데, CAN 칩이 버스 할당을 받자마자(메시지 갱신) 네트워크의 모든 다른 스테이션들은 이 메시지의 수신자가 된다(메시지 수신). 애러없이 정확히 메시지를 수신한 후 각각의 스테이션은 수신한 데이터가 자신의 스테이션과 관계가 있는지 없는지 판단한다(판단 및 선택). 만약 데이터가 그 스테이션에 의미가 있다면 데이터는 받아들여지고(받아들

임) 그렇지 않으면 무시된다. 메시지 ID는 응용 계층에서 정의되는 COB(Communication Object) ID와 연계되어 있거나 혹은 그 ID와 같다. 데이터는 특정 노드상의 응용에 데이터를 보낼수 없다. 사용자로부터 데이터는 COB내의 CAN 네트워크를 통하여 다중 전송 방법으로 보내어 진다. 메시지 ID는 메시지의 내용 뿐아니라 우선순위로 결정하는데 이것은 여러개의 스테이션이 동시에 버스를 액세스하려고 할 때 버스 할당을 위하여 중요하다.

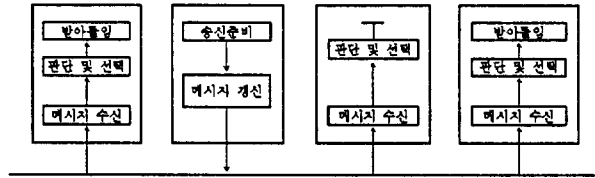


그림 10. CAN의 전송 방식.

전송되는 메시지의 우선순위는 해당 메시지의 ID에 의해 결정되어지는데, 시스템을 설계하는 동안 결정되며 가장 낮은 값을 갖는 ID가 가장 높은 우선순위를 갖는다.

버스 액세스 충돌은 버스 레벨의 비트를 관찰하고 있는 각각의 스테이션에 의해 메시지 ID를 사용하여 그림 11과 같은 non-destructive bitwise arbitration을 통해 해결된다. dominant상태(논리 0)가 recessive상태(논리 1)를 덮어쓰는 "wired and" 매카니즘과 동일한 매카니즘을 사용하여 버스를 할당한다. recessive 비트를 전송하였는데 dominant 비트를 감지하였다면 그 노드는 더 이상 비트 혹은 데이터를 전송하지 않는다. 경쟁에서 패배한 모든 스테이션들은 가장 높은 우선순위를 갖는 메시지의 수신기가 되고 버스가 다시 사용가능할 때까지 전송을 재시도 하지 않는다. 이러한 버스 할당 방법은 메시지 ID 등을 사용하여 행하므로 충돌을 피하기 위해서는 모든 정보는 유일한 메시지 ID를 가지고 있어야 하고 주어진 메시지 ID를 가진 데이터 프레임은 오직 한 노드에서만 시작되어야 한다. 같은 식별자 번호와 서로 다른 데이터 길이 코드를 가진 데이터 프레임의 동시 전송은 충돌을 야기시킨다.

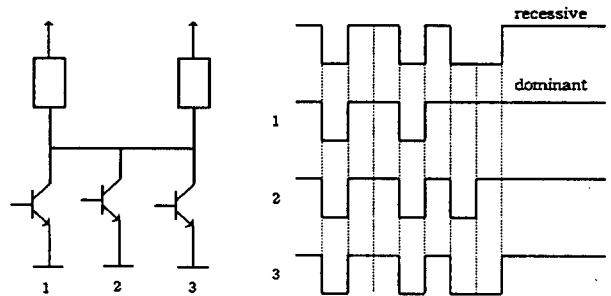


그림 11. YZ non-destructive bitwise arbirtation의 원칙.

버스의 전송용량이 부족하다 할지라도 모든 전송 요구는 중요한 순서대로(메시지 우선순위에 의해 결정되어) 처리되

어지므로, 버스의 과부하 상태에서조차 현존하는 CSMA/CD 혹은 토큰 프로토콜과 비교하였을 때 유용하다 할 수 있다. 또한 버스 할당사이의 간격이 아주 작게 유지되기 때문에 이용가능한 전송용량이 효율적으로 유용한 정보의 전송에 이용되어진다. 그리고 CSMA/CD 프로토콜에서 발생할 수 있는 과부하에 의한 전체 전송 시스템의 붕괴는 CAN에서는 가능하지 않다.

CMS(CAN based Message Specification)에서 제공하는 서비스는 변수의 읽기/쓰기와 도메인의 다운로드 및 업로드와 event 처리이다. CMS는 클라이언트와 서버 모델을 사용한다. 변수는 클라이언트 관점에서 액세스되며, 도메인은 임의의 큰 크기의 데이터를 전달하는 데 사용된다. 특히, 도메인은 세그먼트 단위(8 바이트)로 전송되어야 하므로, 사용자 혹은 응용 계층내에서 세그멘테이션하여야 한다. 벤트가 일어나면 서버에서 감지되어 클라이언트에 그 사실을 통지하여야 한다. 인코딩 규칙은 ISO 11898에 정의되어 있다.

Distributor는 COB 식별자를 CMS 서비스에서 사용되는 COB들에 분배시키는 기능을 하며, 이러한 분배는 스테이션들이 Power-on될 때마다 필연적으로 일어나는 것은 아니다. 스테이션의 기능에 따라 분배는 한번만 요구될 수 있다.

CAN은 FIP와 유사하게 내용지향(content-oriented) 어드레싱 구조를 채택하고 있어 구성의 융통성을 꾀할 수 있으며, 새로운 스테이션이 순수한 수신기라면 어떠한 하드웨어나 소프트웨어의 변경없이 현존하는 CAN 네트워크에 붙일 수 있다.

실시간으로 처리되어야 하는 데이터들은 빠르게 전송되어야 하는데, 이것은 1 Mbit/s까지의 물리적인 전송률 뿐만 아니라 여러개의 스테이션들이 동시에 메시지를 전송하고자 할 때 빠른 버스 할당을 지원할 수 있어야 한다. 실시간 처리에 있어서 네트워크에서 교환되는 메시지의 긴급성은 메시지의 내용에 따라 매우 다를 수 있다. 예를 들어 엔진 부하와 같이 빠르게 변하는 것은 엔진 온도와 같이 상대적으로 느리게 변화하는 것보다 좀더 자주 그리고 좀더 작게 지연이 일어나도록 전송되어야 한다.

CAN은 실제 효율적일 수 있지만, 모든 COB에 대한 식별자를 모두 유일한 번호를 갖도록 설계해야 하고 주기적 데이터의 전송을 보장할 수 없고, 단 하나의 세그먼트와 최대 버스 길이가 40m라는 제약점이 있다. 뿐만 아니라, 높은 우선순위를 가진 메시지의 전송 비율이 높으면 낮은 전송 순위를 가진 메시지는 전송이 안 될 수 있다. 따라서, CAN은 우선 순위가 명확하게 정의할 수 있고 주기적인 데이터가 없고 적은 공간에 적용할 수 있는 응용(예, 차량 제어)에 적합하다고 할 수 있다.

#### 5.4 SERCOS 인터페이스

SERCOS 인터페이스[8]는 컨트롤러와 드라이브 사이에

광 데이터 전송을 사용하고, 그림 12와 같이 루프 구조를 갖는다. 루프에 NC가 접속되는 부분을 마스터라고 하며 루프 안의 모든 통신을 감독, 통제하게 된다. 그리고 드라이브가 루프와 접속하는 부분을 슬레이브라고 한다.

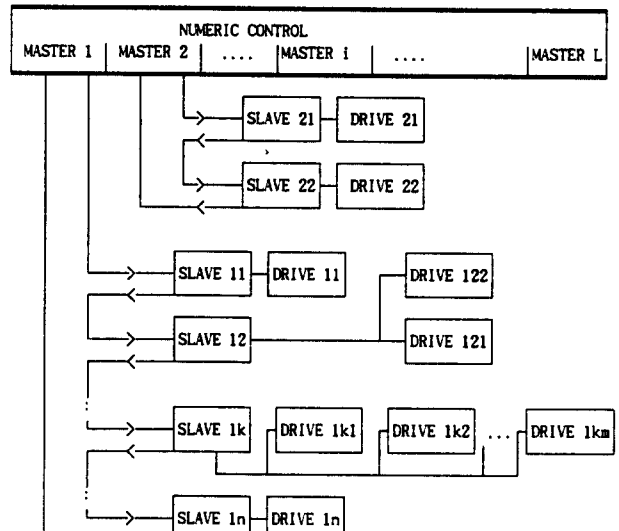


그림 12. SERCOS 토폴로지.

대부분의 동작기계에서 드라이브들은 NC에 의해 좌표화된 작업을 수행하게 되는데 이러한 드라이브들은 토크, 속도, 위치 제어를 통해 제어된다. SERCOS는 이러한 토크, 속도, 위치의 작업모드를 처리할 수 있다.

토폴로지는 기기들과 점대점(point-to-point)의 광전송라인으로 구성되고 전송라인은 광 지선을 가지지 않는 광섬유 케이블로 이루어진다. 전송은 단 방향으로 이루어지고 마스터와 슬레이브가 네트워크를 구성하게 된다. 그림 12는 NC와 드라이브의 접속 구조를 보여주고 있다. NC는 하나 이상의 마스터를 가질 수 있고, 하나의 마스터는 물리 계층과 그 위의 프로토콜 계층에서 단지 하나의 링을 다룬다. 슬레이브는 드라이브들을 광섬유 링에 접속하는데 사용되며, 물리계층에서 슬레이브는 K개 드라이브의 광섬유 링으로의 접속을 나타내게 된다. 비록 슬레이브들이 광섬유 링을 통해 물리적으로 서로서로 연결되었다고 하더라도 모든 정보의 전송은 마스터와 drive사이에서 직접적으로 행해지게 된다. 만약 모든 마스터가 하나의 슬레이브에게만 접속된다면 스타형 토폴로지가 형성되게 된다.

SERCOS는 동기화를 통해 주기적인 데이터를 전송한다. 이것은 NC로부터의 새로운 명령 신호가 모든 드라이브에서 동시에 실행되고, 모든 데이터들이 동시에 측정된 실제 값을 NC로 보낼 수 있음을 의미한다. SERCOS에서 전송되는 데이터들은 그 용도에 따라서 MST(Master Synchronization Telegram), AT(Amplifier Telegram), MDT(Master Data Telegram)의 3가지로 분류할 수 있다. MST는

전송 주기 시작에 마스터에 의해 브로드캐스트되고, 길이가 매우 짧고 전송주기의 시간을 동기화 시키는 역할을 한다. 마스터는 한 주기동안 한차례 MDT를 전송하는데 길이가 매우 길고 NC로부터 드라이브에게 데이터(예, 참조값)를 전송하는 역할을 한다. AT는 슬레이브로부터 NC에게 데이터(예, 실제값)를 전송하는 역할을 한다. 슬레이브들간에는 어떠한 직접적인 데이터 교환도 일어나지 않는다. 그림 13에서 보듯이 모든 주기적인 데이터는 하나의 통신 주기동안 마스터와 슬레이브들 사이에서 교환된다. 그림 13(a)에서 나타난 바와 같이 통신 주기는 마스터가 모든 슬레이브에 MST를 전송하면서 시작되는데 모든 슬레이브들은 이 메시지를 동시에 받게된다. 이 메시지에 의해서 모든 슬레이브는 각각의 전송 시간 슬롯과 각각의 제어 주기를 동기화 시킬 수 있어 동기화 되지 않은 제어와 비교할 때 훨씬 동적으로 제어할 수 있다. 그리고 그림 13(b), (c)처럼 미리 정해진 시간 슬롯이 되면 각각의 슬레이브는 마스터에게 AT를 전송하게 되는데 AT는 데이터를 보내는 슬레이브 자신의 주소와 마스터에게 보내는 데이터(측정값이나 상태

등) 등을 포함하게 된다. 이렇게 모든 슬레이브들이 자신의 시간 슬롯에서 마스터에게 AT를 보내면 마스터는 그 데이터를 평가하여 각각의 슬레이브에게 보내는 데이터를 MDT의 데이터 영역에 한꺼번에 모아 브로드캐스트를 통해 모든 슬레이브들이 동시에 받을 수 있도록 한다. 이것이 하나의 데이터 주기가 된다.

비주기적인 전송은 마스터에 의해 제어되고, MDT와 AT의 2 바이트의 고정 영역을 통해서 전송되는데 주기적인 전송을 기반으로 전송된다. 전송되는 데이터가 2 바이트보다 길 경우에는 몇 개의 주기에 걸쳐 전송된다. 비주기전송과 관련된 작업은 다음과 같다.

- SERCOS 인터페이스의 초기화
- 데이터 블록의 모든 요소의 전송
- 프로시저 명령의 전송
- 한계값의 변화
- 컨트롤 루프 파라미터의 변화
- 드라이브로부터의 상세한 상태 정보 입수
- 진단 등

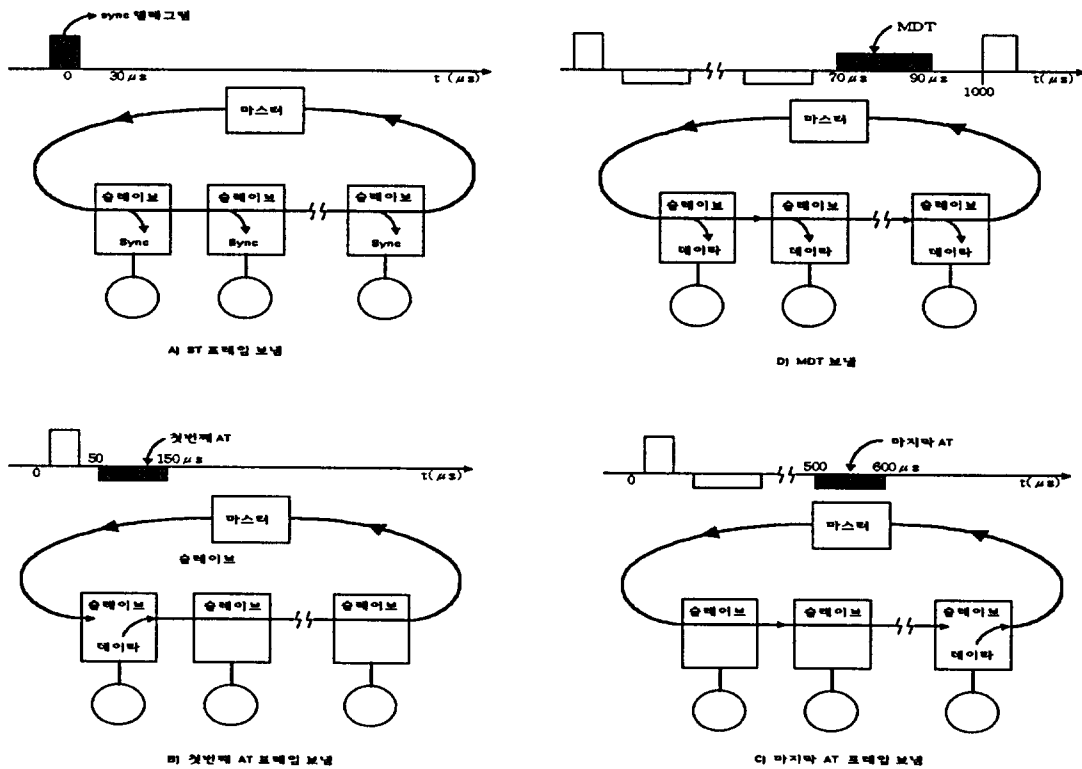


그림 13. 통신 주기.

전송라인에서의 신호는 NRZI(no return to zero inverted)로 코드화되는데, 신호 교환은 전송 클락과의 동기화를 통해서만 행해진다. 0이 전송될 때마다 신호는 전송 클락과 동기화를 통해 상태를 교환하는 반면, 1이 전송될 때는 신호가 교환되지 않고 그대로 유지된다.

교환되는 데이터의 형태와 길이는 SERCOS 인터페이스의 상태와 슬레이브에 연결되어 있는 드라이브들의 오퍼레이션 모드에 따라 달라지는데 가장 중요한 오퍼레이션 모드는 위치제어(position control), 속도제어(velocity control), 토크제어(torque control)이다. 드라이브로부터의 상태 신호나

드라이브로의 제어신호와 같은 정보는 항상 주기적으로 전송되고 모든 다른 오퍼레이션 데이터는 그 응용에 따라 주기적으로나 비주기적으로 전송될 수 있다. 주기 오퍼레이션 동안 MDT는 시간을 절약하기 위하여 한꺼번에 정보를 모아서 취급한다. MDT의 데이터 영역은 그 마스터가 서비스하는 드라이브의 수만큼 나누어지고, 모든 오퍼레이션 데이터를 다루며 마스터에 의해 연결된 모든 드라이브에게 주기적으로 전달된다.

SERCOS는 NC 제어를 위한 네트워크로 제안되었기 때문에 주기적 데이터의 처리는 완벽하지만 비주기 데이터 처리는 힘들다. 뿐만 아니라, 길이가 긴 데이터를 보내는 경우에는 한번에 2 바이트씩 보내야 되기 때문에 시간이 많이 소요될 수 있다. 따라서, 범용적인 네트워크보다는 로봇, NC와 같은 시스템에서 시스템 버스를 대체하기 위해 사용될 수 있을 것이다.

### 6. 결론

요즈음 산업용 네트워크에는 2개의 물결이 있다. 하나는 다

양한 업체로부터 생산된 이종의 자동화 기기들을 연결할 수 있는 표준 네트워크의 요구이며 다른 하나는 다양한 응용에 적합한 여러 종류의 네트워크에 대한 요구이다. 본 고에서는 이러한 요구에 따라 여러 종류의 네트워크에 대한 표준과 그의 응용 한계를 살펴 보았다. 이에 대한 내용이 표 3에 요약되어 있다. 본 고에서 언급한 여러 프로토콜 중 가장 기본적인 내용이 바로 MMS이다. 이 MMS는 필드버스에서도 일부 기능을 사용하였을 뿐만 아니라, 본 고에서는 언급하지는 않았지만 TCP/IP 상에서도 구현되고 있다. 따라서 산업 응용에 적용하는 네트워크에는 MMS가 모두 구현될 것이라 생각한다.

따라서 MMS가 어렵다 하더라도 이해하도록 하는 노력이 필요하고, 특히 필드버스를 사용하여 제어시스템을 구축하고자 할 때는 많은 연구가 필요하다. 뿐만 아니라, 실제 필드버스의 특징을 완전히 구현한, 즉 주기 데이터와 비주기 데이터(실시간, 비실시간 데이터 포함)를 처리할 수 있는 프로토콜에 대한 연구가 필요하다.

표 3. 표준 프로토콜의 비교.

| Mini MAP     | Profibus                           | FIP                                | CAN             | SERCOS                       |                                  |
|--------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------|----------------------------------|
| 매 체 접근 제어 형태 | Token Bus<br>(Distributed Control) | Token Bus<br>(Distributed Control) | Central Control | CSMA with<br>bit arbitration | Time Division<br>Multiple Access |
| 응답 시간의 보장    | 안됨                                 | 안됨                                 | 주기데이터만 됨        | 안됨                           | 됨                                |
| 순환 전송        | 부분적으로 혹은 응용<br>프로그램에서 가능           | 부분적으로 혹은 응용<br>프로그램에서 가능           | 됨               | 응용프로그램에서 가능                  | 됨                                |
| 주기 전송        | 안됨                                 | 안됨                                 | 됨               | 안됨                           | 됨                                |
| 비주기 전송       | 부분적으로 됨                            | 부분적으로 됨                            | 부분적으로 됨         | 됨                            | 안됨                               |
| 전송 속도 (Kbps) | 5000                               | 9.6 - 12000                        | 31.25 - 2500    | 125 - 1000                   | 2000                             |
| 주 사용처        | 일반공장(셀제어기<br>레벨)                   | 일반 공장                              | 공정제어용,<br>일반 공장 | 차량제어,<br>일반 공장               | CNC 제어                           |

### 참고문헌

- [1] MAP/TOP World Fed. MAP 3.0 Specification 1993 release, MAP/TOP Users Group, 1993.
- [2] A. Valenzano, C. Demartini, and L. Ciminiera, MAP/TOP Communications : standards and applications, Addison-Wesley, 1992.
- [3] Profibus Trade Org., DIN 19 245 Profibus Standard : part 1, PTO, 1993.
- [4] Profibus Trade Org., DIN 19 245 Profibus Standard : part 2, PTO, 1993.
- [5] Profibus Trade Org., Profibus Technical Note, PTO, 1992.
- [6] Club FIP, The FIP Protocol Technical Note, Club FIP.
- [7] J.D. Decotignie, and P. Pleinevaux, "A survey on industrail communication networks", Ann. Telecommun., pp.435 - 448, 1993.
- [8] SERCOS interface, SERCOS interface e. V., 1991.
- [9] OSI, Road Vehicles-Interchange of Digital information-Controller Area Network(CAN) for High Speed Communication, ISO DIS 11898, 1992.
- [10] P.G. Ranky, Computer Networks for World Class CIM Systems, British Lib., UK, 1990.
- [12] H.S. Park, C.Lee and W.H. Kwon, "Analysis of the user's response time for Mini-MAP systems,"

Control Engineering Practice, pp 1177-1183, Aug. 1995.

- [11] J. W. Bernard, CIM in the Process Industries, ISA, 1989.
- [13] ISO, ISO/IEC 9506-1 : Manufacturing Message Specification, ISO/IEC, 1990.
- [14] P. Pleinevaux and J.D. Decotignie, "Time critical

communication networks : Field Buses," IEEE Network, vol2, no.3, pp.55-63, May 1988.

- [15] 한국자동화표준시스템연구조합, 필드버스/표준화로 향한 활동, pp.12-14, MAP Open News.
- [16] Hong Seong Park, Y.H.Kim, and Wook Hyun Kwon, "Intelligent Networks for Mechatronics," Korea-Japan Joint Workshop, May, 1995.

## 저 자 소 개



### 권 옥 현

1966년, 1972년 서울대학교에서 전기공학 학사 및 석사학위를 받고 1975년 미국 Brown대학에서 제어이론으로 박사학위를 받았다. 1975년부터 1976년까지 Brown대학의 연구조교로 있었으며, 1976년부터 1977년까지 Iowa대학의 조교수로 있었다. 1977년에 서울대학교에 임용되어 현재는 정교수이다. 1981년 1월부터 1982년 1월까지 Stanford대학의 방문교수로 있었다.

현재 연구분야는 다변수 강인제어, 예측제어, 이산현상 시스템, 네트워크 분석, 공장자동화를 위한 컴퓨터 응용 등 다수이다. 현재 자동화 시스템 공동연구소와 KOSEF의 지원을 받는 제어계측 신기술 연구센터의 소장이며, 또한 MAP/TOP국제연맹에서 한국을 대표하는 KMIG의 부위원장이다.

(151-742) 서울시 관악구 신림동 산 56-1  
TEL. 02) 880-7307 / FAX. 02) 871-7010



### 박 홍 성

1983년에 서울대 제어계측공학과를 졸업, 1992년에 서울대학교에서 박사학위를 취득하였고, 1992년 8월이후부터 현재까지 강원대 제어계측공학과에 재직하고 있다. 또 그는 1983년부터 1989년까지 삼성전자에 근무하였다. 그는 현재 독일 아헨 공대에 필드 버스 분야에 대해 방문 연구중에 있다. 그의 관심 분야는 산업용 네트워크 및 이를 기반으로 한 시스템의 분석/개발/응용, PLC 시스템 등의 제어 시스템 개발, 페트리네트 및 perturbation analysis를 이용한 생산 시스템 분석 및 초리적화, supervisory 제어 시스템의 분석, 하이브리드 제어 시스템 분석등이다.

(200-701) 강원도 춘천시 효자2동 192-1

TEL. 0361) 50-6346 / FAX. 0361) 242-2059  
E-mail:hspark@cc.kangwon.ac.kr