



# 분산제어 시스템의 이론과 실제(Ⅱ)

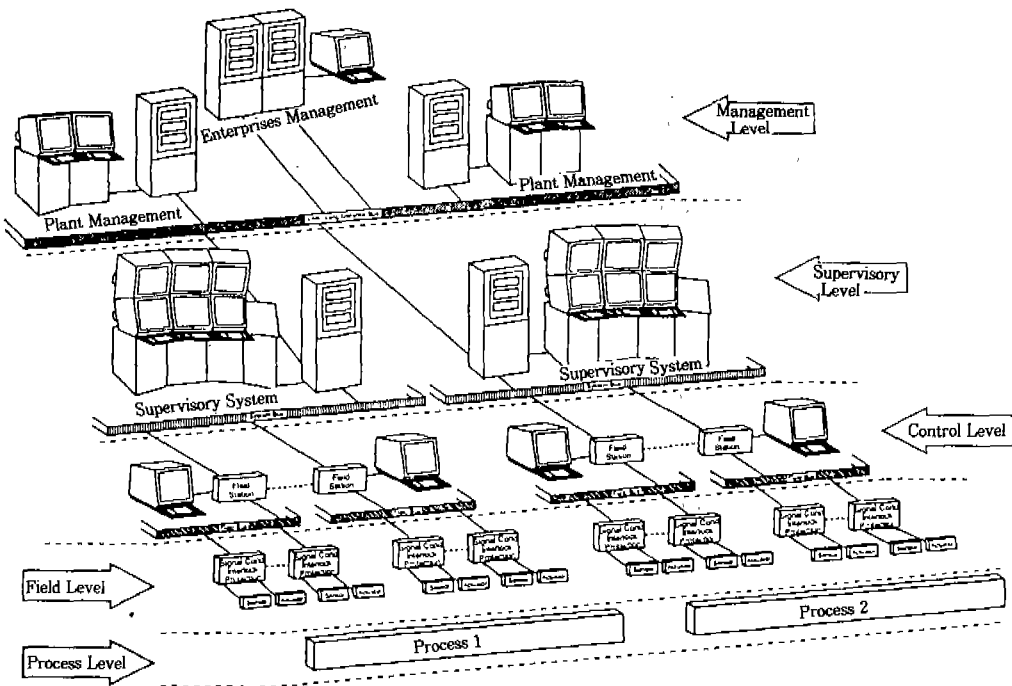
글/최 병 옥(금성산전 연구소 선임연구원)

<전월호에서 계속>

## 4. 데이터 통신 링크

현대의 분산제어 시스템에서 각각의 시스템을 서로 연결하여 필요한 정보를 주고 받은 데이터 통신 방법은 매우 중요하다. 분산제어 시스템이 계층적 구조를 가질 때 시스템의 계층에 적절한 데이터 통신 방법은 서로 다르게 마련이다. 그림 4.1은 현대의

분산제어 시스템에 있어서 가장 보편화된 기본 구조를 나타낸다. 그림은 4개의 계층을 보이고 있다. 현장 레벨에서는 센서 액추에이터와 같은 전통적인 제어기가 있다. 프로세스 제어계층은 제어 알고리즘을 가지고 있으며 관제레벨에는 프로세스의 수학적 모델 및 제어 방법 등 최적의 프로세스 제어 알고리즘을 갖고 있다. 마지막으로 관리레벨은 생산계획이



<그림 4.1> DCCS의 기본적인 구조

나 관리를 수행한다.

#### 4.1 프로세스 데이터의 전송

집중화된 자동화 시스템에 있어서 센서 및 액추에이터를 연결하는데는 많은 데이터 전송선과 고정된 구조를 갖게 된다. 이에 반해서 비집중화된 분산 제어 시스템에서는 전송선의 단축 뿐 아니라 자동화 시스템의 신뢰성이나 자가 진단기능을 구현할 수 있다. 분산된 시스템간에 있어서의 데이터 전송방법이 중요하게 되는데 초기에는 원격 I/O 인터페이스 개념이 이용되었다. 초창기에는 원격 스위치 및 기기들의 접속 개념이었으나 마이크로 프로세서의 발달로 인하여 원격 I/O 모듈화가 가능하게 되었다. 이러한 예로 General Electric의 GENIUS I/O 시스템이 있는데 계속적인 I/O 모듈에 의하여 시스템을 구성하였다.

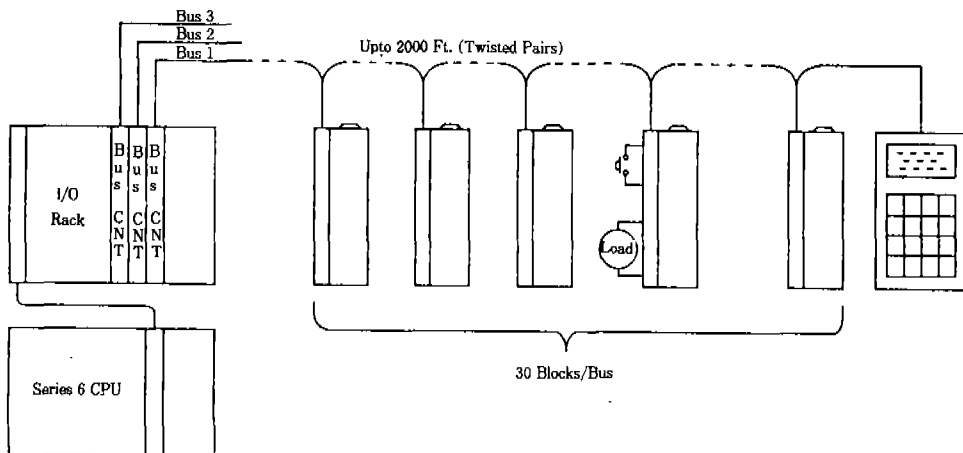
그림 4.2에서 버스 컨트롤러는 게이트웨이 역할을 하는데 Twisted-Pair로 구성된 GENIUS SYSTEM BUS로 에이터를 송수신한다. 버스의 최대 길이는 600m 정도이며 I/O 점수는 480까지 확장이 가능하다. 데이터 전송속도는 160kbps로 가능하며 각 블록에서 자가 진단을 수행하며 필요한 정보는 주 컴퓨터로 전송한다.

배선 및 설치비의 감소를 위하여 사용되는 또 하나의 개념은 원격 I/O 인터페이스로써 필드머क्स(Field Multiplexer)를 사용하는 방법이다. 필드머क्स는 모듈화된 구조적 소자로서 주기적으로 센서입력을 수집하고 또한 주기적으로 시스템 버스를 통하여 주 컴퓨터로 데이터를 전송한다. Simens의 TELEP-

ERM M에서 사용되는 FM100의 경우에 4-Wire Cable로서 4km까지 전송이 가능하며 전송속도는 2400 BPS이다.

현대에 이르러서 센서 등이 지능화되고 정도가 증가함에 따라 원격에서 진단 및 미세 조정의 필요성이 증가되고 있다. 이러한 목적을 만족하기 위하여 새로운 개념으로 현장의 소자와 DCCS의 프로세스 제어 레벨을 연결하여야 한다. 이러한 목적으로 나온 개념이 Field Bus로 두 시스템간의 통신링크로서 사용된다. 이와 같은 시스템 버스는 종래의 전송방법인 Point to Point에 비하여 대용량의 전송데이터가 가능하고 시스템과의 인터페이스가 용이하다는 장점을 갖고 있다. 그러나 많은 수의 플랜트가 연결되어서 공용의 버스를 통하여 수 많은 데이터가 전송됨에 따라서 여러가지 문제점이 발생하고 있는데 데이터의 신뢰성 그리고 버스의 공유에 따른 낮은 응답속도 또한 연결되는 센서 및 액추에이터에 복잡한 부가회로가 첨부되어야 하는 등의 단점이 있다. 이와 같은 이유로 자동화에 사용되는 필드 버스에의 표준화와 기본 사양에 대한 논의가 활발한데 IEEE P1118, IEC TC 65C 그리고 ISA SP 50에서 사양의 초안을 표 4.1과 같이 발표하였다.

기본사양을 일반적으로 논하면 1.5에서 5km의 전송미디어로서 Twisted-Pair, Coaxial cable 또는 Optical Fibre를 사용하는 다중드롭(Multidrop)이 가능하여야 한다. 그리고 여기에 32보다 작은 수의 소자는 연결 및 접속이 용이하여야 한다.



<그림 4.2> GENIUS I/O 시스템의 구성

<표 4.1> 필드 버스 표준화의 기본 사양

Standards Requirements	Standardizing Body		
	IEC TC65C	IEEE P1118	ISA SP50
Bus Topology			
Single Drop	-	-	Yes
Multiple Drop	Yes	Yes	Optional
Redundant	Yes	Yes	Yes
Transmission Medium			
Twisted Pair	Yes	Yes	Yes
Coaxial Cable	Yes	Yes	-
Optical Fibre	Yes	Yes	Yes
Bus Length	<1.5km	2-5Kkm	<1.8km
Bus Participants			
Number	>30	<255	32
On-line Connectivity	Yes	Yes	Yes
Bus Arbitration			
Single Master	Yes	Yes	Yes
Multiple Master	Optional	-	-
Transmission Technique			
Broadcast	Yes	Yes	Yes
Multicast	-	Optional	-
Access Time	5-20ms	10-50ms	-
Scan Rate	-	-	>10, >100/sec
Messages Rate	150-10,000	-	-
Error Deection	Yes	Yes	Yes
Signals Isolation			
Electrical	>250V	>250V	>250V
Galvanic	Yes	-	Yes
Final Elements Powering	Optional	Optional	Optional

## 4.2 시스템에서의 통신

분산 시스템에서 중앙 통신부는 같은 계층이나 다른 계층간의 데이터를 교환할 수 있는 시스템 버스가 존재하여야 하며 이와 같은 시스템 버스는 다음과 같은 요구사항을 만족하여야 한다.

- 플랜트와 프로세스간의 많은 데이터 전송
- 제어나 다른 목적의 구조화된 데이터의 전송
- 통신 선로의 유연한 구조
- 고속 전송률
- 신뢰성

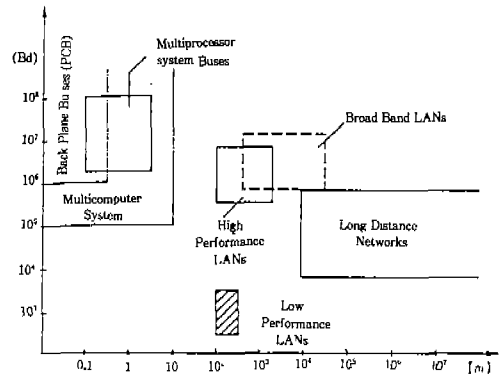
또한 시스템 버스에는 여러가지의 컴퓨터 시스템이 접속되기 때문에 독립적이어야 하며, 데이터 전송이 코드나 프로토콜에 독립적이어야 한다. 그리고

메시지의 송신이나 수신이 포맷이나 목적에 독립적이어야 한다.

## 4.3 Local Area Network(LAN)

데이터 통신이 분산제어 시스템에 사용될 경우 상위계층에서 고기능을 가지고 있는 통신선로로는 원거리 버스(TELEPERM M, PROTOCOL P, PLS 80) 및 네트워크 데이터 버스(PROVOX), Data Highway(TDC 2000, DCI-400) 등이 있다. 그러나 최근에 들어서 DCCS의 플랜트나 공장관리 레벨에서 데이터 전송을 위하여 LAN이 보편화되고 있다.

LAN은 70년대에 컴퓨터 네트워크를 위하여 개발되었으나 현재는 DCCS의 상의 계층에서 지능적인 터미널의 통합화를 위하여 사용되고 있다. 이와 같은 데이터 통신 네트워크의 성능을 비교하여 보면 그림 4.3과 같다.



<그림 4.3> 통신 네트워크의 특성

### 4.3.1 분산제어 시스템의 LAN

현재 분산제어 시스템에 사용되고 있는 LAN의 개괄적인 특성을 그림 4.4에 나타내었는데 LAN이 분산제어 시스템에서 자동화 설비로 사용되기 위해서는 다음과 같은 요구를 만족하여야 한다.

- 고도의 네트워크 신뢰성
- 데이터 전송의 낮은 에러 전송
- 자가 진단기능
- 다른 시스템이나 버스와의 용이한 접속
- 용이한 유지·보수
- 낮은 설치 및 재구성 비용
- 낮은 전송선로

Name	Producer	Topology	Transmission Procedure	Network Arbitration	Transfer Rate (MB/s)	Maximal Network Length(km)	Inter-Networking	Number of Participants	Application
Arcnet	Data Point	Bus,Star	Baseband	Token Passing	2.5	0.6/1.6	Bridge	255	Office
CS/1-X	Bridge Comm	Bus	-	CSMA/CD	10	-	-	64	Office
Ethernet	Xerox/DEC/intel	Bus	Baseband	CSMA/CD	10	0.5	-	1024	Lab and Office
G/Net	Novell	Bus	Baseband	CSMA/CD	1.43	-	-	8	Office
GE-Net	General Electric	Bus	Baseband	CSMA/CD	1/5	5.0	-	-	-
Hyper/Net	Network Systems	Bus	Baseband	CSMA/CD	10	0.732	-	128	Lab. and Office
Lisby Parnet	Informatik System-tech	Ring/Star	-	Token Passing	2.5	1	-	512	Office
Local Net 40	Sytec	Bus	Wideband	CSMA/CD	1.7	5	-	2400	PC
Omninet	Corvus Inc	Bus	Baseband	CSMA/CD	1	1.33	-	64	Office
Prime Ring Net	Prime Comp	Ring	Broadband	Token Passing	10	0.991	-	128	Process Automation
ProNet 10	Proteon	Ring	Baseband	Token Passing	10	4	Gateway	255	Process Automation
RC-Micronet	RC-Computer	Bus	Baseband	CSMA/CD	1	-	-	255	Office
Token/Net	Concord Data	Bus	Wideband	Token Passing	5	50	-	2400	-
vLAN	Network Inc	Bus	-	CSMA/CD	1	0.5	-	100	
Z-Net	Zilog	Bus	Baseband	CSMA/CD	0.8	2	-	255	Office

<그림 4.4> Local Area Network

### 4.3.2 Topology 및 네트워크간 연결(Internetworking)

LAN의 가장 보편적인 두가지 구조는 다음과 같다.

- Bus Connection : 하나의 전송선로를 가지며 트랜시버에 의하여 연결된 Multipoint, Mutidrop 구조

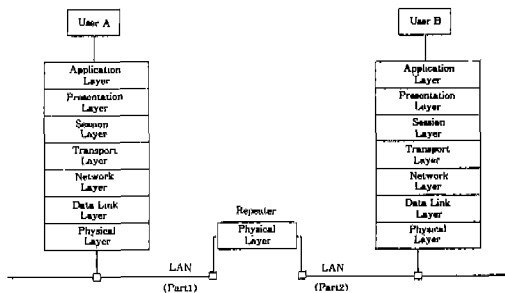
- Ring Connection : 다중접속방식으로 반복에 의해 각 종단 노드로의 전송이 한 방향으로 이루어

지는 구조

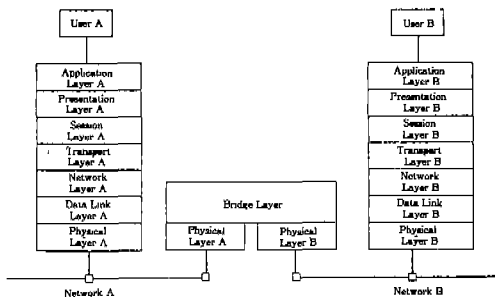
버스구조에서는 양방향 전송이 가능하며 모든 수신단에서의 정보수신이 가능하나 링구조에서는 목적 노드가 정해진 패킷에 의하여 정보가 순차적으로 이웃한 노드로 전송된다. 통상적으로 전송선로를 Twisted-Pair를 사용할 경우 약 100m마다에 반복기를 설치하여야 하며, 앞에서 설명했듯이 한방향의 정보 전송이라는 측면에서 광케이블의 사용을 생각할 수 있으나 반복기로의 전력전송의 어려움으로 인하여

광케이블이 사용되지 못하고 있다. 또한 버스구조에 비하여 반복기의 고장에 의한 선로의 장애가 쉽게 발생할 수 있다.

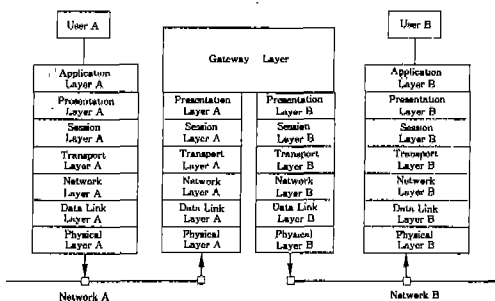
가장 간단한 구조는 동일한 전송선로를 갖는 것으로 Homogeneous Network라 하며, 단지 그림 4.5와 같이 Bus Repeater만이 필요하다. 전송선로가 상이하고 상위의 프로토콜이 동일한 경우는 그림 4.5의 Repeater로는 불가능하고, 그림 4.6과 같은 network bridge가 필요하다. 그리고 가장 복잡한 구조로서 상이한 논리적 제어링크를 갖는 두개의 네트워크를 연결할 경우는 그림과 같이 모든 레이어를 지원하는 Network Gateway가 필요하다.



<그림 4.5> Bus Repeater를 이용한 네트워크 연결



<그림 4.6> Network Bridge를 이용한 네트워크 접속



<그림 4.7> Network Gateway를 이용한 네트워크 연결

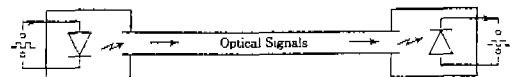
### 4.3.3 전송선로

전송선로는 통신선로에서 송신단과 수신단을 연결하는 물리적인 선로로서 LA에서 가장 많이 사용되는 전송선로는 Twisted-Pair, Coax Cable 및 Optical Fiber이다.

Twisted-Pair는 약 0.015-0.056 inch의 두께인 구리로서 약 2km까지 반보기 없이 선간 접속이 가능하다. 이것은 가장 성능이 나쁜 선로이기는 하나 아직도 분산제어용 선로로 많이 사용되는데 예를 들면 Mod Bus, Tiwati 등에서 사용된다.

동축케이블은 전도체에 실드선을 피복 입힌 구조로 동축뿐만 아니라 케이블 자체가 절연구조로 되어 있어서 현재 LAN의 전송선로로 가장 많이 사용되고 있다. 두가지가 사용되는데 50 Ohm Coax Cable은 Manchester Decoding 기법으로 수 km 그리고 10Mbps까지의 전송속도를 낼 수 있다. 그리고 75 Ohm 동축케이블은 광역 데이터 전송에 사용되는데 50Mbps로 1km의 전송이 가능하다. 일반적으로 잡음에 대한 내성이 Twisted-Pair에 비하여 우수하며 높은 주파수 대역을 사용할 수 있으나 값이 비싼 단점이 있다.

광섬유의 경우는 매우 얇으며 빛에 의하여 데이터 전송이 이루어지기 때문에 50Mbps로 수 km의 전송이 가능하다. 이러한 광섬유는 1970년대 이후 사용되어 왔는데 전자장 유도잡음에 매우 강인하나 값이 상당히 비싸다 하겠다. 송신단에서 광섬유를 통하여 전송되는 신호는 LED나 Injection Laser Diode (ILD)에 의하여 생성된다. 그리고 수신단에서 광신호는 Photodiode에 의하여 수신되고 전기적인 신호로 그림 4.8과 같이 변환된다.



<그림 4.8> 빛/전기 변환 특성

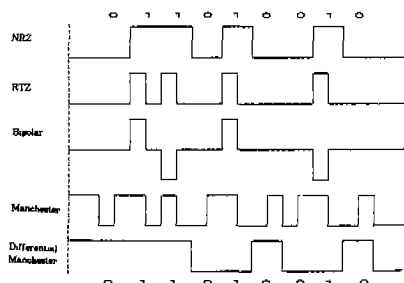
### 4.3.4 데이터 전송기술

LAN에서는 baseband 전송기술과 broadband 전송기술이 모두 사용된다.

#### 1) Baseband 데이터 전송기술

메시지는 전류의 직접적인 플루스의 열로 전송되어

시분할로 전송이 이루어지며 아무런 변조도 부가되지 않는다. 따라서 전송 효율이 매우 낮다. 신호는 단지 두가지 신호로 구별되며 하나가 0-bit 그리고 다른 하나가 1-bit를 나타낸다. 버스구조의 네트워크에서 사용되는 코드화 방법은 그림 4.9와 같다.



<그림 4.9> LAN에서 신호의 인코딩

**Non-Return to Zero(NRZ) :** 펄스에 의하여 0과 1이 구분되며 폭이나 진폭은 동일하며 단지 극성에 의하여 코드화 한다. 그러나 극성에 의한 코드화로 인하여 데이터의 시작과 끝을 구분하는 동기화 문제가 발생하며, 불명확한 수의 극성이 혼재하기 때문에 항상 직류성분이 존재한다. 따라서 현재 이 방법은 거의 사용하지 않는다.

**Return To Zero(RTZ) :** 반주기의 신호를 1로 사용하고 펄스가 없는 경우를 0으로 부호화한다. 이 기술은 1의 신호가 계속될 경우는 동기화가 가능하나 0일 경우는 불가능하다.

**Bipolar :** 양극과 음극이 반복적으로 1을 나타내며 0일 경우는 펄스가 존재하지 않는다. 따라서 직류 성분이 없으며, 1일 경우는 동기가 가능하나 0일 경우는 그러하지 못하다.

**Manchester Code :** 비트가 반주기로 반전하는데 1일 경우는 High 다음에 Low가 오며 0일 경우는 반대의 경우이다. 따라서 직류성분이 존재하지 않으며 비트단위로 동기가 가능하다.

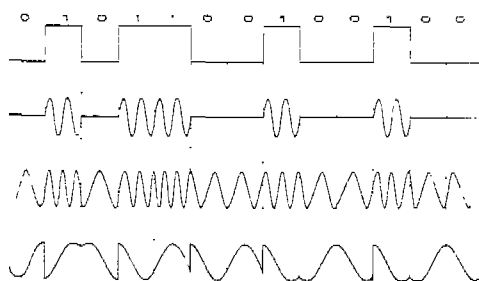
**Different Machester Code :** 비트의 시작에서 천이 일어나는 경우가 1이며, 천이가 일어나지 않는 경우가 0으로서 자체 클럭화가 가능하다.

이러한 Baseband 전송의 장점은 낮은 가격과 용이한 유지·보수에 있다. 단점으로는 낮은 용량과 단일 전송채널, 짧은 전송거리 그리고 접지의 어려움이 지적되고 있다.

## 2) Boardband 데이터 전송기술

광역 데이터 전송기술에서 신호는 변조된 펄스에 의하여 전송된다. 따라서 변조 주파수의 변화에 의하여 단일 전송로에 여러가지의 데이터 전송을 동시에 전송할 수 있다. 가능한 채널의 수는 전송선로의 주파수 대역폭에 의하여 제한된다.

변조기법으로는 진폭, 주파수 및 위상 변조가 사용된다. 그리고 수신단에서 직류성분을 제거할 수 있는 모뎀이 필요하게 된다. 또한 75 Ohm의 동축 케이블이 필요하게 되어 설치비가 증가하며 유지·보수의 어려움이 존재한다. 그러나 지적하였듯이 높은 채널 용량에 의하여 여러가지의 정보, 즉 데이터, 화상 및 음성 등을 동시에 전송할 수 있다.



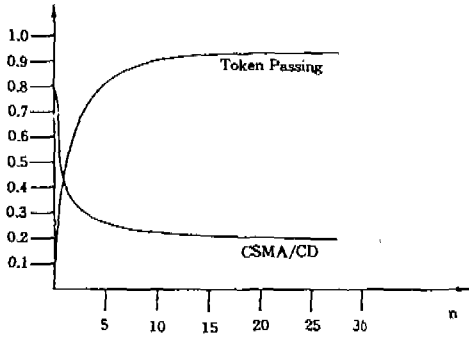
<그림 4.10> 광역 전송 시스템에서의 변조 기법

### 4.3.5 Medium Access Control 과정

선로 접속제어의 방법은 여러가지가 제안되어 왔으나 현재 Token Passing 방식과 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 방법이 가장 성공적인 방법이 되고 있다.

Token Passing 방법은 쉽게 판명 가능한 특별한 통신 패킷에 의하여 노드에서 노드로 데이터 전송된다. 토큰 자체는 아무런 정보를 포함하지 않으며 단지 지정된 노드가 선로를 점유할 수 있는 허가권을 부여하는 일만 한다. 선로의 제한으로 인하여 단지 하나의 정보만이 한 순간에 선로를 점유하게 된다.

CSMA/CD 방법은 Aloha에서 개발된 것으로 랜덤 접속방법이다. 즉 전송하고자 하는 노드에서 선로의 점유상태를 확인하여 선로가 점유되었을 경우는 정해진 시간 후에 다시 선로의 점유상태를 확인하여 데이터를 전송한다. 전송한 노드에서는 어느 시간을 기다려서 확인신호를 받으면 충돌없이 데이터가 전송된 것으로 인지한다. 이와같은 대표적인 선로 접속제어방식의 전송효율은 그림 4.11과 같다.



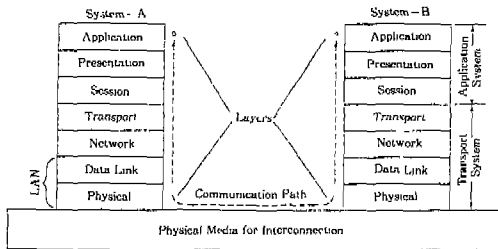
<그림 4.11> 전송효율

#### 4.4 ISO Open System Interconnection Model

데이터 통신의 광범위한 접속을 위하여 1977년에 ISO(International Standards Organization)에서 기술 위원회 97(ISO-TC 97L Computers and Information Processing)에서 소위원회 16(SC 16:Open System Interconnection)에서 제정한 Open System의 규격에 대하여 간단히 소개하도록 한다. 여기서는 1980년에 기준 모델을 발표하고 1983년에 국제표준이 되었다.

이 모델에서는 잘 알려진 레이어 기술에 의하여 복잡한 구조가 논리적으로나 기능적으로 분리되어 있는 소위 레이어라고 하는 기법에 의하여 분화하였다. 따라서 네트워크의 프로토콜이 추상화되었고 조작이 용이해졌다.

ISO의 OSI 모델은 그림 4.12와 같으며 자세한 설명은 여기서는 생략하도록 하겠다.



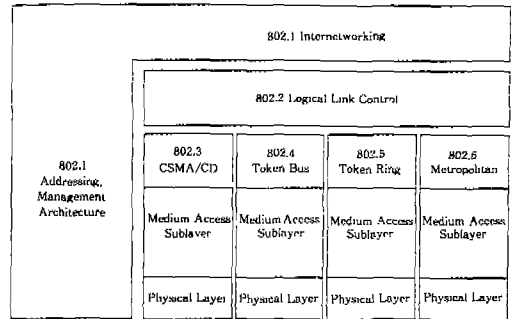
<그림 4.12> OSI 기준 모델의 레이어 구조

#### 4.5 LAN에서의 IEEE Project 802

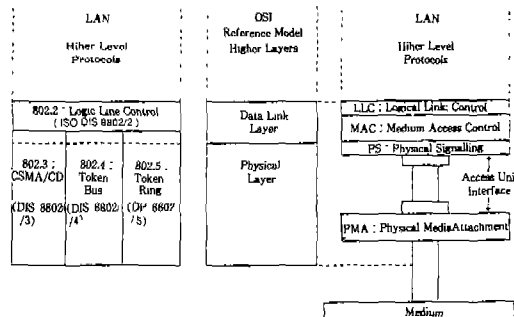
70년대 후반에 DIX(Digital Equipment Corp., Intel, Xerox)에 의하여 개발된 ETHERNET이 비싸지 않은 비용으로 다양한 컴퓨터를 연결한 LAN

을 구축하여 매우 범용화되었다. ETHERNET은 CSMA/CD를 이용하여 10Mbps의 전송 속도로 1024 노드를 접속할 수 있으며 매우 범용화되었으나 프로세스 제어 시스템에서의 낮은 신뢰성 및 10Mbps의 제한 등이 문제점으로 등장하게 되었다. 따라서 IEEE에서의 ISO의 OSI 기준 모델의 하위 두개의 레이어를 위한 표준화 작업을 시작하게 되었는데 이를 802 프로젝트라 한다. 1982년에 IEEE위원회 802에서 초안을 발표하였으나 표준화안으로 채택되지는 못하였다. 이 위원회는 실시간 제어를 위한 선로접속방법으로서의 Token Passing Bus 및 Token Passing Ring 방법 뿐 아니라 CSMA/CD를 이용하여 버스에 기초한 데이터 통신의 Baseband의 통신방법에 대한 표준화에 목적이 있었으나 표준화 작업의 복잡성으로 인하여 후에 여러 개의 소위원회로 구성되었다.

IEEE 프로젝트 802의 구조는 그림 4.13과 같으며 여러가지의 표준화안을 마련하였다. 이와 같이 표준화안이 혼재되고 있으며 이러한 IEEE 802 표준화안과 OSI의 레이어 구조의 상호관계는 그림 4.14와 같다.



<그림 4.13> IEEE 802 프로젝트 소위원회 구성



<그림 4.14> IEEE 표준화와 ISO 모델간의 상호 관계

<다음호에 계속.....>