

# 공장 자동화와 통신제어 체제



李 泳 垚

韓國生産性本部 工場自動化事業部  
先任研究員

FA 통신의 주요 과제는  
프로토콜의 완전한 표준화 및  
시스템의 고신뢰성 확보와 전체  
시스템의 설계방법에 관한 것이고  
최근에 MAP/TOP의 연결 방법에서 보여  
준 것처럼 공장과 사무실 등 시스템의  
자동화 방향이 앞으로의 추세이고  
보면 통신의 역할이 더 중요해  
지고 또한 신뢰성에 대한  
요구가 더욱 커지리라  
본다.

## 1. 서 론

인간이 동물과 다른점은 여러 가지가 있지만, 그중에서도 중요한 것은 연장(Tool)을 사용할 줄 알고 작업을 분담하는 조직을 고안해 내어, 물품과 서비스(Goods and Services)를 생산해 낼 수 있다는 점이다.

이와 같이 물품과 서비스를 생산해 내는 조직체를 생산체제라 하는데, 인간은 옛날부터 피라미트와 만리장성의 건설과 같은 대규모의 건설사업에 있어서 경탄 할만한 생산체제를 개발해 왔으며, 물품의 생산에 있어서도 가내 수공업(Handicraft System)에서 공장제 공업 체제(Factory System), 대량 생산 체제(Mass Product System) 및 자동화시대(Factory Automation System)로 변천 되어 왔다.

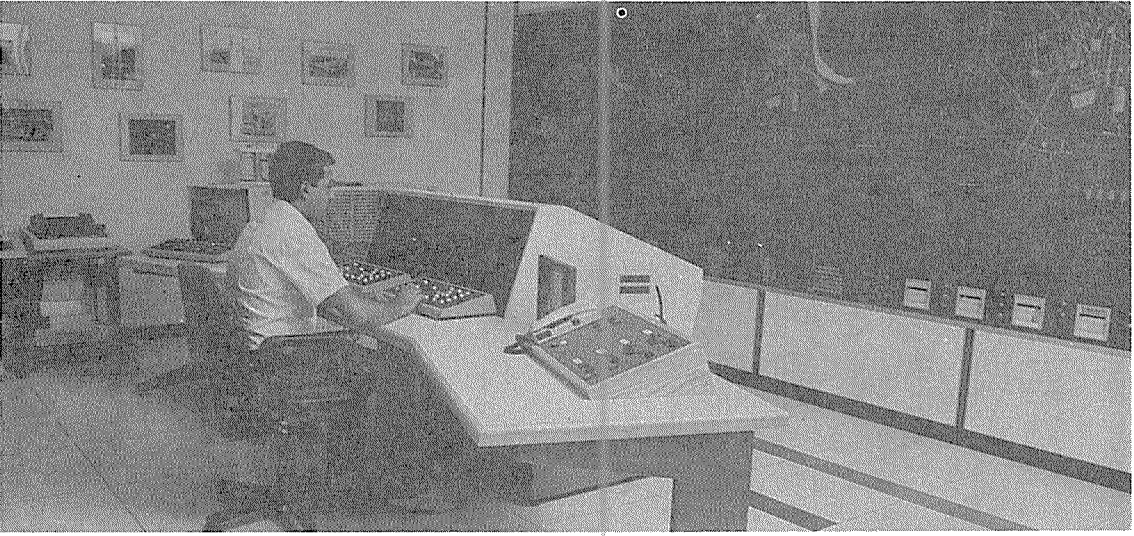
오늘날 같이 소비자의 다양한 욕구에 부응하기 위하여 다품종 소량 생산 체제로의 변환과, 인간이 직접 참여할 수 없고 기계가 대신 하여야 하는 우주 원자력에 이르기까지, 산업 전반에 대하여 자동화의 필요성이 증대되어 왔다.

이러한 자동화는 기계 전기 발달과 전자의 제어 및 시스템 이론의 발전된 기술을 바탕으로 고도화 되었고 산업 전반에 확산 되었다. 특히 컴퓨터 반도체 정보통신의 발달로 자동화의 신경 조직이라 할 수 있는 통신기술도 급속히 발전하였다.

본고에서는 자동화의 다양한 구성 요건중에서 자동화된 기계를 유기적으로 결합시키는 FA의 통신 체제에 대하여 기술하였다.

## 2. 자동화의 기본요소

공장 자동화의 목적을 이루기 위하여 필요한



컴퓨터, 반도체, 정보통신의 발달로 자동화의 신경조직이라 할 수 있는 통신기술도 급속히 발전하였다.

기본 구성 요소는 컴퓨터와 센서, 전원, 구동장치 및 통신으로 이루어진다.

이러한 구성 요소를 인간에 비교하면 컴퓨터는 인간의 두뇌에 해당하고, 센서는 감각기관, 전원은 인간의 장기, 구동장치는 근육, 통신은 신경 조직에 해당 된다고 볼 수 있다.

일반적으로 자동화 시스템에 있어서 실제적인 각 시스템 간에 존재하는 기기 기계화 단말기 등은 제각기 특유의 통신 규정으로 되어 있다. 이들 특유의 통신 수단으로 결합 하려면 많은 수공과 비용을 필요로 할 뿐 아니라, 경우에 따라서 결합 자체가 불가능한 경우도 있다.

소규모 시스템에서 통신 수단은 일반적으로 별 문제가 없다 하지만, 대규모로 공장 자동화를 확산할 경우와 공장 자동화와 사무 자동화 및 기타 시스템 간에 결합을 원하는 경우에 해결해야 하는 많은 문제점이 발생하게 된다.

이러한 문제를 효과적으로 해결하기 위하여 통신 수단을 제공하는 방식으로 LAN(Local Area Network)이 있다.

### 3. LAN(Local Area Network)

#### 1) LAN의 기본사항

LAN은 여러가지의 미니 컴퓨터 및 컴퓨터, 본체, 터미널, 주변장치 등을 연결시킬 수 있다. 또한 LAN은 데이터 뿐만 아니라 음성(Voice), 비디오(Vidio), 그래픽(Graphic) 등을 전송할 수 있다.

가장 일반적인 형태의 LAN은 동축 케이블을 이용한 버스(bus)/트리(tree) 구조이다,

또한 트위스트 페어 케이블이나 광섬유를 이용한 링(ring) 방식도 가능하다. LAN의 데이터 전송율(1-20Mbps)은 대부분의 장비들이 사용 가능하고, 많은 장비를 수용하기에 충분하다.

#### 2) FA용 LAN

FA용 LAN은 일반적인 LAN 기능뿐 아니라 다음 조건들도 만족해야 한다.

- 1) 다양한 장비들이 사용 가능해야 한다.  
(공작기계, 로봇, 컴퓨터, PLC(Programmable Logic Controller 등)
- 2) 다른 Vendor 환경에서도 정합이 가능해야 한다.
- 3) Man/Machine 정합이 용이해야 한다.
- 4) 약조건의 작업 환경에도 적응해야 한다.  
(전자파 장애, 온습도 변화, 전압 변동,

번지 등)

- 5) 통신의 실시간성이 중요하다. (실시간 처리, 응답 시간, 고신뢰성 등)
- 6) 24시간 운전이 가능해야 한다. (장비의 추가, 이탈서에도 계속 작동이 가능해야 한다.)

#### 4. FA용 LAN의 표준화 작업

공장 자동화의 추진에서 걸림돌이 되고 있는 것 중의 하나가 설치 되어 있는 장비들이 다양한 Vendor라는 점이다. 이것을 해결하기 위하여 통신 프로토콜의 표준화를 위한 필요성이 증가하였고, 실제적으로 표준화 작업을 하고 있는 대표적인 사례를 소개하겠다.

##### 1) MAP(Manufacturing Automation Protocol)

미국의 General Motors사는 공장 자동화를 위하여 자체 공장의 조사 결과 20,000개의 P-LC와 2,000개의 로봇 등 약 40,000개의 지능을 가진 제어기가 있다는 것을 발견 하였다.

이중에서 약 15% 만이 서로 통신이 가능하였기 때문에 GM은 통신 프로토콜 개발에 많은 돈을 들여야 했다. 또한 GM은 매년 자동화 설비의 추가시에도 새로운 프로토콜 변환기를 개발해야 했기 때문에 통신 프로토콜의 표준화 작업의 필요성을 실감하고 1982년 MAP을 만들었으며 후에 SME(Society of Manufacturing Engineers)를 바꾸었다.

MAP의 주요 활동은 LAN을 정의하고 한 플랜트나 종합 플랜트에서 로봇, PLC, 컴퓨터 혹은 단말기를 위한 통신 규정을 마련하는 것이다. 그리고 MAP을 사용하는 Vendor에게 규격을 공급하고 표준을 마련하여 주었다.

MAP는 이러한 전략을 3가지로 구분하였다.

- 1) 국제 표준이 있는 경우 MAP은 참가자의 필요성에 가장 적합한 사양이나 변경 사항을 선택하게 한다.
- 2) 현재 개발중인 표준은 MAP 참가자의 요

구를 수용하기 위하여 표준 규격 작업에 MAP 참가자에게 참여하게 한다.

- 3) 적절한 표준이 없을 때 국제 표준이 만들어질 때까지 임시 표준을 권고한다.

MAP은 OSI 구조의 각 Layer에서 공장 환경에 적합한 표준을 제정하였고 또한 표준과 선택 사양을 제시하였다.

MAP의 표준 프로토콜 구조는 다음과 같다.

- Layer 7 ISO CASE Kernal, 4개의 ASE : FTAM, Directory 서비스, Network.판리, MMS
- Layer 6 ISO 8822, 8823, 8824, 8825
- Layer 5 ISO 8326, 8327, 8326/DAD2, 8327/DAD2
- Layer 4 ISO 8072와 8073 Class4
- Layer 3 ISO Connectionless Internet 8473 등
- Layer 2 IEEE 802.2 형태의 Class
- Layer 1 IEEE 802.4 Broadband(10Mbps)와 Carrierband(5Mbps)

##### 2) SECS(Semiconductor Equipment Communication Standard)

미국의 SECS는 반도체 제조 장치용 통신 프로토콜로써 RS232C 방식을 사용하였다. 기본적인 순서에 적합한 통신을 규정한 SECS-1과 각 장치별 데이터 형식을 규정한 SECS-1이 있다.

##### 3) 일본 및 유럽의 경우

일본의 경우 FAIS(Factory Automation Interconnection System) 프로젝트에 Mini-MAP을 포함시키고 있으며, 유럽에서는 ESPR-IT(European Strategic Program for Research Information Technology)의 CNMA(Communication Network for Manufacturing Application)에 MAP과 호환성을 가지고 유럽 특성에 맞게 보완하려고 하고 있다.

##### 4) TOP(Technical and Office Protocol)

MAP이 공장 자동화를 위한 LAN 이라면 T-

OP은 MAP을 기준으로 한 사무 자동화용 LAN이라 할 수 있다. TOP은 Boeing Computer Services에 의해 개발 되었으며 지금은 SME에 속해 있다.

TOP은 GM사의 MAP에 보조적인 Local Network으로 설계 되었고 Boeing사는 의도적으로 MAP과 동일하게 하려고 하였다. 그리하여 MAP/TOP Autofact '85전시회에서 양 회사가 상호 연결된 LAN의 모델을 보여줄 수 있었다. TOP의 프로토콜은 MAP과 대부분 유사하지만 몇개의 차이점이 있다.

- TOP의 프로토콜 구조는 다음과 같다.
- Layer 7 ISO File 전송, Access, 관리 (FTAM) (ISO 8571/1-4)
  - Layer 5 ISO Session (ISO 8327)
  - Layer 4 ISO Transport (ISO 8073)
  - Layer 3 ISO Connectionless Internet (ISO 8473)
  - Layer 2 IEEE 802.2 LLC (ISO 8802/2)
  - Layer 1 IEEE 802.3 CSMA/CD (ISO 8802/3)

TOP과 MAP의 프로토콜 구조의 차이점은

- 1) Layer 7 : MMFS CASE 및 Network 관리와 Directory Services가 TOP에서는 정의되지 않았다.
- 2) Layer 1 : TOP에서는 CSMA/CD을 채택하였고 MAP에서는 Token Passing 방식을 사용 하였다.

## 5. FA 통신 방식의 구성

FA 통신에 있어서 각사 마다의 특성이 조금씩 다르겠지만 세계적으로 널리 사용되고 있는 GM사의 MAP에 대하여 알아보자.

### 1) 기본구성

공장내에 CIM(Computer Interated Manufacturing)의 사용은 여러가지의 DDP(Distributed Data Processing) 구조로 변환되어 왔다.

CIM에 있어서 기본요소는 4가지로 분류 될

수 있다.

#### 가) Plant Host

대형 혹은 미니급 컴퓨터로 되어 있으며 회계 재무분석, 수주처리, 지불, 생산관리 등을 처리하고 경영자와의 직접 연결이 가능하다.

#### 나) Area Manager

공장내에 수퍼 마이크로 급이나 미니 컴퓨터로 되어 있으며 생산 장비들 사이에 제어를 목적으로 한다. Area Manager는 Cell Controller에 직접 명령을 보낸다.

#### 다) Cell Controller

Cell Controller는 일반적으로 마이크로급이나 수퍼 마이크로 컴퓨터로 되어 있으며 Area Manager로부터 명령을 받아 Device Processor에 명령을 보낸다.

#### 라) Cell Device

생산 작업을 수행하는 실제적 장비로써 로봇이나 Machine Tool과 관련된 제어기로 되어 있다. 기능에 따라서 Cell Controller로부터 명령을 받아 특정한 물품을 생산한다.

## 2) 전체 구성도

GM은 CIM의 4가지 기본요소를 가지고 시스템을 구성하였다. (그림 1 참조)

여기서 장비 제어기는 여러가지 회사 제품의 PLC나 로봇으로 구성 되었고 현재 이들간에 정합에 대한 표준은 없다.

Cell Control 컴퓨터는 Maxitrol사 제품이고 Factory Control용은 Fault Tolerant 시스템으로 되어 있다. DDP 시스템의 최상위 컴퓨터는 IBM 3084의 대형 컴퓨터이다.

## 3) 통신 방식

MAP은 기본적으로 버스구조의 통신 방식을 가지고 있다. 이것은 모든 제어 장비(Station)들이 공통 버스에 연결되어 있고 모든 메시지를 받을 수 있다. 어떤 Station에서 한 메시지를 보낼 때 목적지 번지를 번지 영역에 지정을 하여 보내면, 다른 모든 Station에서 그 메시

그림1 . GM사의 CIM 전체 구성 예

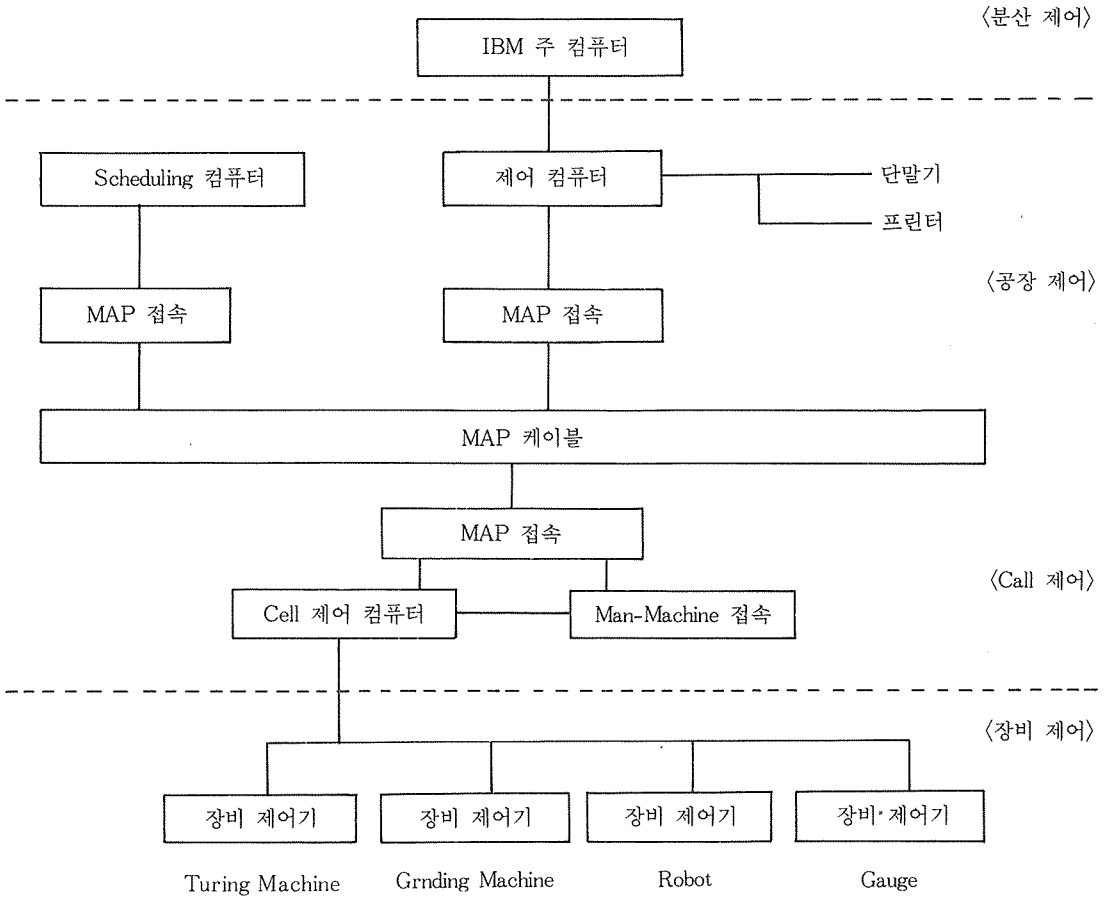
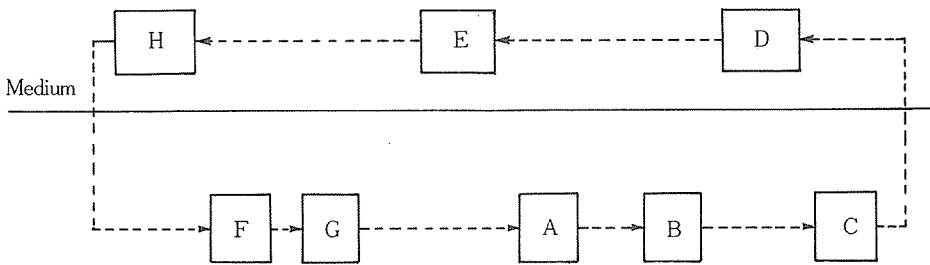


그림 2 . MAP이 사용한 Token Access 예 (Token bus 구조)



지를 수신한 후, 해당되는 Station에서만 그 메시지를 수신하고 다른 Station은 그 메시지를 무시한다.

많은 메시지가 버스를 사용하기 때문에 충돌을 피하기 위하여 Token이라는 Priority를 사용한다. 이것을 소위 Token Passing System이라 하는데, Token을 가지고 있을 때만 메시지를

보낼수 있고 메시지 송신 후에 Token을 다른 Station에 넘겨준다. Token이 차례로 넘겨짐으로써 Logical Ring 형태가 되는데 다음에 그러한 예를 보여주었다.

물리적 통신 방식에서 MAP은 Broadband 방식과 IEEE 802.4에 기술된 AM-Phase-Shift Keying의 신호 방식을 사용하였다.

또한 Bus Speed를 10Mbps로 규정하였고 6 MHz의 Channel 방식을 사용하였다.

MAP에서 Token 버스 방식은 일반적으로 FA에서 요구되는 메시지 지연시간을 만족하고 실시간도 보장 받을 수 있다. 그리고 Token Ring 방식과 Optical Fiber를 이용한 전송속도 개선 방안도 검토 중이다.

## 6. FA 통신의 문제점 및 해결방안

FA 통신에 있어서 메시지 전송의 잘못은 시스템의 작동 중지나 오동작을 의미하므로 통신 기능에 대한 신뢰성이 요구된다. FA LAN의 요구 사항에서 중요한 실시간성은 신뢰도와 더불어 좀더 검토해야 할 문제점이다.

MAP의 Token 버스 방식에서 이러한 문제점을 완화시켰다고 하지만, 각 공장마다의 경과 자동화 설비의 종류 및 특성이 다르기 때문에, 어떠한 통신 방식을 적용하기 위해서는 부가적으로 고려 되어야 할 사항이 많다.

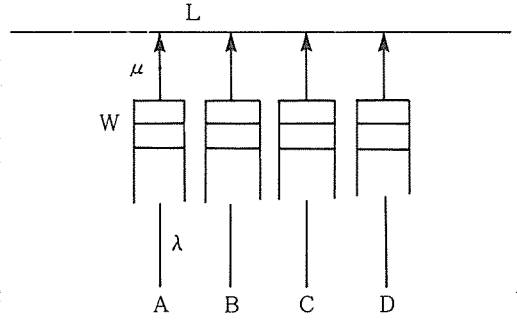
본고에서는 Token 버스 시스템에 Queueing 모델을 적용하여 Simulation 방법에 의한 시스템 분석법을 소개하고 취약한 곳을 개선하는 방법을 제시하였다.

### 1) Token 버스 시스템의 Queueing 모델

Token 버스 시스템에 대한 간단한 작동 원리는 5.3절에서 기술 하였으며 이에 대한 본 모델을 살펴보면 아래와 같다.

### 2) 시스템 분석시 고려사항

그림 4. Token 버스 시스템의 Queueing 모델



A, B, C, D : 각 Station

$\lambda$  : 메시지의 발생률

W : 메시지 처리를 기다리는 최대 지연 시간

$\mu$  : 메시지 처리율

L : 전송 매체의 지연 시간

FA LAN에서 적용된 Token 버스의 간단한 Queueing 모델 분석시 추가적 사항은

- 1) 각 장비별 메시지 길이 및 발생률
- 2) 전송 선로의 품질 및 Error 발생률 (전자파 장애 등에 의한)
- 3) 각 장비에서 메시지 최대 지연시간 (장비별 메시지 처리 제한 시간)

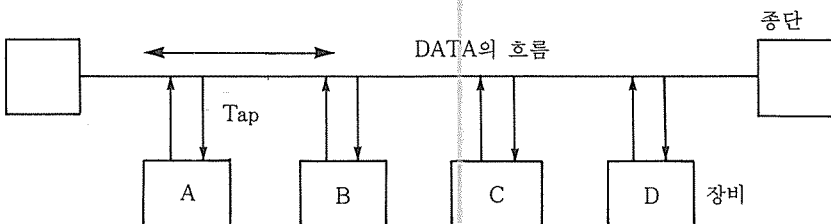
### 3) Simulation

FA LAN에서 Queueing 모델에 기본을 두고 위에서 고려한 사항을 추가한 다음, 완성된 모델을 Simulation 함으로써 문제점을 발견하고 해결 방법을 생각할 수 있다.

Simulation 전용 언어로는 GPSS, SIMSCR-IP, SIMULA 및 SLAM 등이 있는데 퍼스널 컴퓨터에서도 쓸 수 있는 것도 있다.

Simulation 후에 나타난 문제점의 대표적 예

그림 3. Token 버스 시스템의 기본 모델



로써 각 장비에서 메세지 최대 지연 시간 및 전송선로의 문제점을 들 수 있다.

메세지 최대 지연시간은 각 장비 및 시스템 전체의 특성에 의해 나타나는데, 통신 시스템의 여러가지 우선 순위 방식을 적용함으로써 특정 Station의 지연 시간을 감소시킬 수 있다.

전송선로에 대한 사항으로는 전송선로의 매질을 변경하거나 선로의 분리 수용 및 이중화 방법으로 해결을 강구할 수 있다.

따라서 시스템 모델이나 Simulation시에 공장 특성에 따른 요소들을 추가하여 돌출되는 여러 가지의 문제점이 해결 가능하다.

## 7. 결 언

### 우리말을 가꾸고 사랑합시다.

〈순화대상용어 : 순화한 용어〉

가도기레(角布) : 모서리천  
 가라(柄) : 무늬, 바탕  
 가라(から) : 가짜, 헛  
 가리(から, 假) : 임시  
 가리방(加里版) : 줄판  
 가이바시라(かいばしら具柱) : 조개관자  
 가자리(飾り) : 꾸밈, 장식  
 겐치석(犬歯石) : 축멧돌  
 고데 : 인두, 인두질, 훑손  
 고오바이(勾配) : 물매, 기울기  
 공장도가격(工場渡価格) : 공장에서 내는 값, 공장값  
 구루마(クルマ) : 수레  
 구미타테(組立) : 짜기, 짜만들기, 맞추기  
 기리카에(切替) : 바꿔대기, 바꾸기  
 기초(基礎) : 기초  
 기중(忌中) : 상중  
 기지(きじ, 生地) : 천  
 기합(氣合) 을 넣다 : 정신차리게 하다  
 나라시(均) : 고루농기, 고루퍼기(고기를 가지런히 정돈함), 길들이기  
 나라즈케(奈良漬) : 참외 절임  
 나카마(仲間) : 한패, 동아리, 중간 시세  
 나카토비라 : 속표 제지  
 내역(内譯) : 명세

본고에서는 FA 통신 기능의 역할과 외국의 예를 통하여 통신 방식을 소개하였고, 간단한 Queuing 모델 및 Simulation 방법을 이용하여 문제점 분석 및 해결법을 제시하였다. 앞으로 FA 통신이 해결해야 할 주요 과제로는 프로토콜의 완전한 표준화 및 시스템의 고신뢰성 확보와 전체 시스템의 설계 방법에 관한 것이라 할 수 있다.

최근에 MAP/TOP의 연결 방법에서 보여준 것처럼 공장과 사무실 등 시스템의 자동화 방법이 앞으로의 추세이고 보면, 통신의 역할이 더 중요해지고 또한 신뢰성에 대한 요구가 더욱 커지리라 본다.

노가다(←土方) : (공사판) 노동자  
 노견(路肩) : 길어깨  
 노깡(←土管) : 토관  
 다마(たま) : 알, 구슬  
 다마치기 : 구슬치기  
 다반사(茶飯事) : 예삿일, 흔한 일  
 다이(台) : (경매)대(경매사나 중매인이 서는 대)  
 다쿠양(澤庵) : 단무지  
 단도리(段取) 채비  
 단수(端數) : 우수리, 거스름  
 담합(談合)/당고(談合) 하다 : 짜다  
 데모도(手許) : 허드레꾼, 조수, 걸꾼  
 도끼다시(研ぎ出し) : 갈기  
 마도와쿠 : 문틀  
 마에가리(前借) : 가불  
 마도메 : 끝손질  
 모도리 : 되살아남  
 모도시(もどし) : 되돌리기  
 미다시(見出紙) : 찾음표  
 미소시루 : 된장국  
 미아이(見合) : 맞선  
 부지(敷地) : 터  
 분주(分株) : 포기나눔  
 빠꾸(←back) : 뒤로, 퇴짜