

MAP : 공장자동화를 위한 네트워크의 표준

홍 승 호

MAP : Standard of Communication Network for Factory Automation

Seung-Ho Hong



●홍승호(한양대 제어계측공학과)
●1956년생
●산업용 네트워크시스템을 전공하였으며, 공장자동화와 분산제어를 위한 네트워크시스템의 성능분석과 설계 및 시스템구축에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

최근 20여 년에 걸쳐 컴퓨터, 자동화 및 통신기술의 발전과 더불어 공장의 생산 자동화기술은 급속하게 발전되어 왔으며, 앞으로도 이러한 기술 혁신은 계속 될 것으로 예상된다. 최근의 플렉시블 생산시스템 및 컴퓨터통합 생산시스템과 같은 공장자동화 시스템에서는 컴퓨터를 이용하여 단위공정의 자동화를 이루고, 이들을 다시 수평적, 수직적으로 통합하여 전체 공정을 일관되게 관리함으로써 생산성 향상, 생산비용 절감, 생산공정의 유연성 제공 등의 효과를 극대화하려는 추세에 있다.⁽¹⁾ 이러한 생산자동화 시스템을 구축하기 위해서는 각각의 공정에서 생성되는 정보들을 수집, 분석, 가공 및 저장하고, 또한 각 공정에서 필요한 정보를 적시에 제공할 수 있는 정보의 통합화가 중요한 문제로 대두된다. 생산자동화 시스템에서 생성되는 데이터들은 다음과 같은 것들이 있

다.

- 제품의 설계 관련 데이터
- 제품생산시 발생하는 공정 데이터
- 생산된 제품의 품질 검사 데이터
- 생산장비의 상태 데이터
- 생산 스케줄링 데이터
- 생산시스템의 모니터링과 고장진단 및 유지관리 데이터

이러한 정보들의 통합화를 구현하기 위해서는 공장 내의 정보의 흐름을 파악하여 각각의 자동화 요소에 필요한 정보를 적시에 제공할 수 있는 기능이 부과되어야 한다. 네트워크는 자동화 요소들간에 정보교환을 가능케 함으로써 공장의 생산자동화 시스템에서 중추 및 신경기능을 담당하고 있다. 따라서, 궁극적으로 모든 공정의 통합화를 추구하는 미래의 생산자동화 시스템에 있어서 네트워크 기술은 가장 핵심이 되는 기술 가운데 하나라고 볼 수 있다.

공장자동화용 네트워크 시스템을 구축하는 방안으로는 특정회사 제품의 네트워크 시스템

을 도입하는 방안과 표준화된 네트워크 시스템을 구축하는 방안을 생각할 수 있다. 공장자동화용 네트워크에 접속되는 컴퓨터, 로봇, PLC, CNC, 자동창고 등의 장비들은 다양한 공급처(vendor)들로부터 제공되며, 만일에 특정회사 제품의 네트워크에 이러한 자동화 장비들을 접속하는 방안을 채택하는 경우에는 공급처가 서로 다른 각각의 자동화 장비마다 네트워크 접속장치들을 따로 구현하여야 한다. 따라서 이 경우에는 장비들 간의 상호 접속성이 매우 저하되고, 시스템 설치 비용이 높아지며, 시스템을 변경 또는 확장을 하기도 용이하지 않고, 또한 자동화 시스템을 구축하는 회사는 네트워크 시스템을 제공하는 회사에 기술적으로 종속을 당할 수가 있다. 이러한 문제점은 “개방화(open)”된 공장자동화용 네트워크의 표준안을 제정함으로써 해결될 수 있다. 즉, 표준화된 공장자동화용 네트워크를 공장에 설치하고, 컴퓨터, 로봇, PLC, CNC, 자동창고 등의 자동화장비 공급처(vendor)에서는 표준화된 네트워크에 바로 접속될 수 있는 장치들을 자동화 장비에 부과하여 생산한다면 공장자동화용 네트워크의 구현은 쉽게 이루어질 수 있을 것이다. MAP(manufacturing automation protocol)는 바로 이러한 목적을 달성하기 위하여 개발된 공장자동화용 네트워크의 표준이다.^(2,3) MAP는 로봇, PLC, CNC, 컴퓨터 등의 자동화 장비들간의 통신을 담당하며, 그보다 하위 레벨의 센서, 루프제어기, 모터, 밸브 등의 필드 장비들간의 통신은 필드버스라는 네트워크가 담당한다. 필드버스에 대해서는 참고문헌 (4)에 기술되어 있으며, 이 글에서는 MAP에 대하여서만 기술하기로 한다.

현재 MAP의 표준안 제정과 기술적인 문제의 검토 및 수정 보완, 적합성 및 상호 접속성 시험, MAP 사용 촉진 및 기술교육 등의 업무는 WFMTUG(World Federation of MAP/TOP Users Groups)에서 주관하고 있으며, WFMTUG 산 하 에 는 NAMTUG

(North American MAP/TOP Users Group), EMTUG(European Manufacturing Technology Users Group), JMUG(Japanese MAP User Group), KMIG(Korean MAP Interest Group), AMIG(Australian MAP/TOP Interest Group), EEMIG(East European MAP Interest Group) 등이 소속되어 있다. WFMUUG의 운영은 1년에 한번씩의 정기 회의와 매달 개최되는 전화회의를 통하여 이루어지고 있으며, 필자는 KMIG를 대표하여 전화회의와 정기 회의에 참여하고 있다. 이 글은 필자가 그 동안의 MAP 관련활동으로부터 얻은 경험을 바탕으로 하여 MAP 기술을 소개하고, 최근의 MAP 동향 및 앞으로의 전망에 대하여 기술하고자 한다. 이 글의 제2장에서는 MAP의 개발 및 변천 과정에 대하여 기술하고, 제3장에서는 MAP의 구조와 각 계층별 기능에 대하여 비전문가들이 이해할 수 있도록 가능하면 쉽게 기술하려고 노력하였으며, 제4장에서는 MAP의 현황과 전망에 대하여 기술한다.

2. MAP의 태동 및 변천 과정

MAP은 1980년에 미국의 자동차 회사인 GM(General Motors)에 의하여 태동되었다. 1980년대 초반은 공장자동화용 네트워크가 탄생될 수 있는 매우 좋은 환경들을 갖추고 있었다. ISO(International Standards Organization)에서는 컴퓨터 통신의 표준 모델인 OSI(Open Systems Interconnection) Reference Model⁽⁵⁾을 제정하고 있었고, 미국의 IEEE(Institute for Electrical and Electronics Engineering)에서는 LAN(Local Area Network)의 표준안들을 완성하였다. 또한 컴퓨터 업계의 거인인 IBM에서는 공장자동화용 컴퓨터 산업에 진출을 계획하고 있었고, GM에서는 자사의 공장을 자동화시키기 위하여 수백만 불의 프로젝트를 준비하고 있었다. GM은 MAP Task Force를 결성하고,

IBM과 함께 공장자동화용 네트워크의 개발을 시작하였으며, MAP의 기본 구조로는 당시 ISO에서 제정한 OSI Reference Model을 채택하였다. 당시에 LAN 시스템으로는 IBM에서 IEEE 802.5 토큰 링(token ring) 프로토콜⁽⁶⁾을 채택한 IBM 토큰 링과 DEC과 Xerox에서 각각 IEEE 802.3 CSMA/CD 프로토콜⁽⁷⁾을 바탕으로 하여 제품화한 DECnet과 Ethernet 등이 있었다. 그러나 당시에 GM의 공장용 컴퓨터의 70%는 DEC에서 공급을 하였고, 대부분의 사무용 컴퓨터들은 IBM으로부터 공급받았기 때문에 GM에서는 CSMA/CD와 토큰 링 모두 받아들이기 어려운 상황에 놓이게 되었다. 따라서 GM에서는 네트워크의 구성이 용이하고, deterministic한 매체접속 특성을 가지고 있어 공장자동화용 네트워크에 적합하다고 판단된 IEEE 802.4 토큰 버스(token bus)⁽⁸⁾를 MAP의 LAN 프로토콜로 채택하였다. 이러한 배경에 의하여 GM은 1982년에 7계층의 OSI Reference Model을 바탕으로 하고 토큰 버스 프로토콜을 LAN 시스템을 채택한 MAP의 골격을 완성하였으며, 1984년 이를 MAP 1.0 사양(specification)으로 발표하였다.

MAP 1.0의 발표를 계기로 하여 토큰 버스 프로토콜의 핵심 기능을 수행하는 Token Bus Controller가 Motorola와 Intel에 의하여 chip으로 구현되었으며, IBM, DEC, HP, Allen-Bradley, Gould, Concord 등의 회사들이 GM의 MAP 개발사업에 참여하여 1984년 미국의 NCC(National Computer Conference)에서 MAP 1.0 시스템이 처음으로 전시되었다. NCC에서의 MAP의 전시는 매우 성공적이었으며, 전시회 이후 McDonnell Douglas, Boeing, Deere & Co., DuPont, Eastman Kodak, Ford Motor, Inland Steel, U.S. Air Force 등의 굴지의 기업들이 GM의 MAP 사업에 참여하기를 희망하였다. 이들은 곧 MAP 사용자 그룹을 결성하였다. NCC에서의 MAP 전시는 매우 성공적이었

으나 초기의 시행착오로 인하여 여러 가지의 문제점들이 노출되었다. 특히 Kodak, DuPont 등과 같이 공정제어(process control)를 필요로 하는 그룹에서는 실시간(또는 time-critical) 환경에서 작동될 수 있는 네트워크 시스템의 필요성을 제기하였으며, 따라서 7개의 계층 구조를 갖는 Full MAP을 3개의 계층으로 단순화한 Mini-MAP이 제안되었다. 또한 로봇, PLC, CNC 등의 자동화 관련 장비들로부터 생성되는 데이터들을 용이하게 처리해 주기 위한 방안으로 MMS(Manufacturing Messaging Specification) 프로토콜의 필요성이 제기되었다.

MAP 1.0의 문제점을 보완한 MAP 2.1은 1985년에 발표되었으며, 같은 해에 Autofact Trade Show에서 공장자동화용 네트워크인 MAP 2.1과 Boeing이 주축이 되어 개발한 사무자동화용 네트워크인 TOP(Technical and Office Protocol)이 성공적으로 전시되면서 MAP은 전 세계적으로 큰 호응을 얻게 되었다. 또한 1986년에는 Autofact에서 전시된 MAP 2.1을 보완한 MAP 2.1A(amended)와 Mini-MAP 기능이 추가된 MAP 2.2가 발표되었다. 그러나 MAP의 사양이 너무 자주 바뀔에 따라 MAP 제품을 생산하는 공급자들 사이에 큰 혼란이 야기되었으며, MAP 2.1과 MAP 2.2가 서로 상호 접속되지 않는 등의 문제점이 노출되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 MAP Task Force에서는 MAP 3.0의 발표를 보류시켰다. 즉, 1987년에 MMS를 포함하는 MAP 3.0을 완성하였으나, 새로운 사양을 1988년의 ENE(Enterprise Networking Event) 전시에 참가할 업체에게만 배포하고, 전시회에서 발견된 문제점들을 보완한 후에 MAP 3.0을 발표한다고 선언하였다. 그러나 1988년 이후에 또 다른 MAP 3.0이 발표될 것이라는 것을 안 대부분의 MAP 장비 생산자 및 사용자들은 MAP 제품의 생산과 사용을 1988년 이후로 미루기로 결정하였

으며, 따라서 MAP 시장은 일시에 위축되었다. 이에 MAP 사용자 그룹에서는 MAP 제품 생산 업체들의 요청에 따라 1988년에 MAP 3.0이 발표된 이후에 MAP 3.0 시방을 향후 6년간 동결할 것을 선언하였으며, 1991년에는 기존의 MAP 3.0에 새로운 기능만을 추가한 supplement만을 제정하였다. 1988년 이후 MAP 사업에는 많은 변화가 있었다. MAP 사용자 그룹에 참가한 많은 업체들은 GM에서 MAP 개발사업을 독점하는 것에 대하여 불만을 토로하였으며, 따라서 MAP 3.0이 발표된 이후에 GM에서는 MAP Task Force를 해체하고 MAP의 모든 copyright를 WFMTUG에 이관하면서 MAP 개발 사업은 WFMTUG가 주관하게 되었다.

미국에서 MAP의 개발이 시작된 1980년대 초기에 유럽에서는 CSMA/CD 방식의 Ethernet에 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)⁽⁹⁾를 탑재한 네트워크를 자동화 공장에 도입하기 시작하였으며, MAP의 시방이 완성되는 시점에서는 이미 이러한 네트워크 시스템이 많은 공장에서 운용되고 있었다. 그러나 유럽에서 사용되는 네트워크 시스템은 토큰 버스 방식의 LAN에 OSI의 ISO 프로토콜을 탑재한 MAP과 큰 차이가 있었으며, 따라서 MAP을 사용하기 위하여서는 기존에 이미 설치된 네트워크를 해체하여야 하는 어려움이 있었고, 이것이 유럽의 각 공장에서 MAP을 도입하는데 있어서 큰 장애요인으로 작용하였다. 따라서 유럽의 EMUG(European MAP/TOP Users Group)으로 EMTUG의 전신)에서는 MAP의 사용을 촉진시키기 위하여 MAP의 시방에 CSMA/CD 프로토콜을 추가하여 줄 것을 강력히 요구하였다. 1992년에 EMUG의 주관으로 개최된 SYSTEC 전시회에서는 CSMA/CD와 고속의 backbone 통신망인 FDDI⁽¹⁰⁾에 OSI의 ISO 프로토콜을 탑재한 통신망이 공장자동화 환경에서 성공적으로 운용될 수 있음을 실증하였다. 이를 계기로

WFMTUG에서는 CSMA/CD와 FDDI를 MAP의 시방에 포함하였으며, 이를 MAP 3.0 1993 Release⁽¹¹⁾를 통하여 발표하였다.

일본에서는 실시간 통신을 지원하는 Mini-MAP에 큰 관심을 가지고 있었으며, 1987년부터 FAIS(Factory Automation Interconnection System) 프로젝트를 통하여 Mini-MAP의 개발을 시작하였다. 1989년에는 WFMTUG에서 일본의 JMUG를 Mini-MAP 개발을 위한 주관기관으로 선정하였으며, JMUG에서는 1992년에 FAIS Mini-MAP의 개발을 완료하여 FNE(FAIS Networking Event)에서 전시회를 가졌다. FAIS Mini-MAP의 개발은 MAP 3.0이 발표되기 이전부터 시작되었으며, 따라서 FAIS Mini-MAP의 시방은 1988년에 발표된 MAP 3.0의 시방과 차이가 있었다. 그러나 WFMTUG에서는 FAIS Mini-MAP이 기존의 MAP 3.0의 문제점을 보완하였음을 인정하여, FAIS Mini-MAP을 골격으로 하고 MAP 3.0의 시방을 보완한 새로운 Mini-MAP 시방을 완성하였고, 이를 MAP 3.0 1993 Release⁽¹¹⁾를 통하여 발표하였다.

MAP 3.0 1993 Release의 또 하나의 특징은 이전의 MAP 3.0에서 선택사항(optional)으로 규정한 MMS의 구현이 필수사항(required)으로 바뀌었다는 점이다. 즉, 모든 MAP 네트워크는 MMS 기능을 필수적으로 가져야 한다는 것이며, 이것이 공장자동화용 네트워크인 MAP이 다른 일반용 네트워크 시스템들과 구별이 되는 중요한 특징이라고 할 수 있다. 현재 WFMTUG에서 추진하고 있는 MAP관련 사업으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- MAP의 상위 네트워크로 초고속 통신을 제공하는 ATM 네트워크와 MAP의 연계 방안
- MAP의 하위 네트워크로 필드장비들 간의 통신을 제공하는 Fieldbus와 MAP의 연계방안

- MMS의 사용을 용이하도록 하는 API (Application Program Interface)의 개발
- MAP 시방을 이해하기 쉽게 요약한 slim version 작성
- MAP의 OSI 프로토콜과 TCP/IP 프로토콜의 접속 방안

참고로 국내에서는 1992년에 자동화 표준 시스템 연구조합의 산하기관으로 KMIG를 결성하여 WFMTUG의 활동에 참여하고 있으며, 현재 25개의 기업 및 단체들이 회원사로 가입되어 있다.

3. MAP의 구조와 특성

앞에서 언급한 바와 같이 MAP은 ISO의 OSI 7계층 Reference Model을 기본 골격으로 하고 있다. 본 장의 1절에서는 OSI Reference Model 및 MAP의 구조와 특성에 대하여 기술하고 2절에서는 Mini-MAP에 대하여 기술하며, 3절에서는 MAP을 공장자동화용 네트워크로 특징지어주는 MMS에 대하여 기술하기로 한다.

3.1 MAP의 구조

MAP에서 채택한 ISO의 OSI Reference Model이란 기계(또는 컴퓨터)들 간에 정보를 교환하기 위하여서는 어떠한 기능들이 구현되어야 할 것인가에 대하여 정의한 것이다. OSI Model에 대하여 기술하기 이전에 먼저 기계들 간의 대화와 사람들 간의 대화의 유사성을 설명하기 위하여 사람들 간의 대화는 어떠한 과정을 통하여 이루어지는가를 7개의 단계로 나누어 기술하기로 한다.

○ 단계 7

대화의 주제를 설정하고, 대화 내용의 수준(또는 범위)에 대하여 합의한다.

○ 단계 6

어떠한 언어(한국어, 영어 또는 일어 등)를 사용할 것인가에 대하여 합의한다.

○ 단계 5

대화가 시작되었음과 종료되었음을 합의하고, 대화 과정에서 누가 발언자이고 누가 청취자인가를 지정한다. 또한 대화가 일시 중단되는 경우에는 중단된 시점에서부터 대화를 다시 재개할 것을 합의한다.

○ 단계 4

발언자는 청취자가 누구인가를 확인하며, 발언자의 사고 전달 과정에서의 문제점을 해소한다. (예, 천천히 이야기하여 주십시오, 다시 한 번 이야기하여 주십시오 등)

○ 단계 3

대화자의 위치를 확인하고, 대화자간의 직접 대화가 불가능한 경우 대화 전달자들을 선정한다. 대화 전달자를 사용하는 경우 전달되어야 할 대화의 길이 등을 결정한다.

○ 단계 2

대화자간에 매체(공기를 통한 소리 전달 또는 전화사용)를 통한 음성 전달과정에서 발생하는 문제점을 해소한다. 만일 여러 사람이 하나의 음성전달 매체를 공유하는 경우에 언제 누가 이야기할 것인가를 결정한다. (여러 사람들이 동시에 이야기를 하면 대화 불가능)

○ 단계 1

발언자는 매체를 통하여 소리를 전달한다. 이 때, 발언자는 발인 속도를 설정하고, 또한 외부에서의 잡음 등을 고려하여 발성의 크기를 조정한다.

기계(또는 컴퓨터)들 간의 대화도 이와 동일한 과정을 통하여 이루어져야 하며, 7개의 계층구조로 이루어진 OSI Reference Model의 각 계층에서 수행되는 기능은 앞서 언급한 사람들 간의 대화 과정의 각 단계와 일치한다. OSI Reference Model의 구조는 그림 1에 나타나 있으며, 이를 바탕으로 한 MAP의 구조는 그림 2에 나타나 있다. MAP의

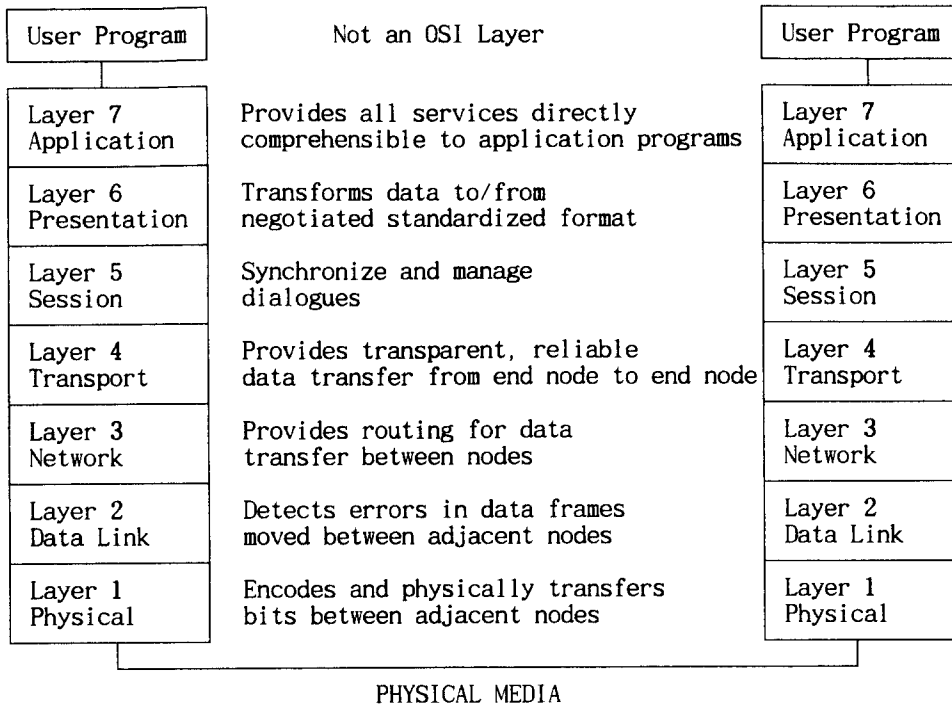


그림 1 OSI Reference Model

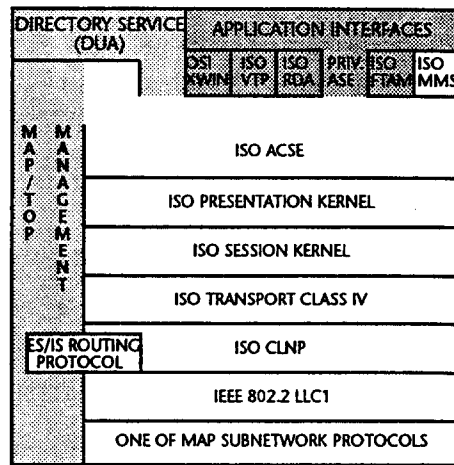
각 계층에서 수행되는 기능은 다음과 같다.

1) Application 계층

사용자의 응용 프로그램에 각종 통신기능을 제공하는 창구 역할을 수행한다. MAP의 application 계층은 다음과 같은 프로토콜들로 구성되며, 응용 프로그램이 어떠한 서비스(즉, 사람간의 대화에 있어서 대화의 주제)를 필요로 하는가에 따라 다음의 프로토콜 중의 하나가 사용된다.

- MMS(manufacturing message specification) : 자동화 장비들 간의 통신 기능 제공
- FTAM(file transfer, access and management) : 화일의 전송, 접속 및 관리 기능 제공
- RDA(remote database access) : 데이터 베이스간의 접속 기능 제공
- VT(virtual terminal) : dumb terminal과 컴퓨터간의 접속 기능 제공

- X-Windows : 그래픽 데이터 처리 등의 향상된 VT 기능 제공
- DS(directory service) : 네트워크에 접속



□ REQUIRED □ EXPECTED □ OPTIONAL

그림 2 MAP의 구조

된 모든 객체(object)의 이름과 주소에 대한 정보 제공(전화번호부 또는 114 전화번호 안내 기능과 유사)

- NM(network management) : 네트워크의 설치, 운용, 및 유지관리 기능 제공

MAP에서는 MMS는 필수적으로 구현되어야 하고, 다른 서비스들은 선택적으로 구현되도록 규정하고 있다. Application 계층에는 또한 통신을 필요로 하는 응용 프로그램들간의 통신관계를 설정 및 해제하는 ACSE(association control service element)가 필수적으로 구현되어야 한다.

2) Presentation 계층

송신단에서 전송되는 데이터의 구문(syntax)은 수신단에서 이해할 수 있어야 하며, presentation 계층에서는 네트워크를 통한 데이터 교환에 어떠한 전송 구문(transfer syntax)을 사용할 것인가를 협정(negotiation)하는 기능을 수행한다. MAP에서는 ISO presentation 계층에서 제공하는 여러 기능들 가운데 핵심기능인 presentation kernel functional unit만을 구현하도록 규정하고 있다.

3) Session 계층

두 개의 응용 프로그램들 사이에 데이터 교환을 위한 세션(논리적 결합 관계)을 설정 및 해제한다. 세션이 설정된 후에는 송신단과 수신단을 지정하는 송수신 제어기능을 수행하며, 대화가 진행되는 중간에 동기점(synchronization point)들을 설정하여 예기치 못한 상황으로 대화가 중단되었을 경우에 바로 이전의 동기점으로 돌아가 대화를 재개하는 등의 대화 관리 기능을 수행한다. MAP에서는 ISO session 계층에서 제공하는 여러 기능들 가운데 가장 기본이 되는 kernel functional unit만을 구현하도록 규정하고 있다.

4) Transport 계층

응용 프로그램들이 탑재된 기계(또는 컴퓨터) 사이에 데이터 교환을 위한 물리적 경로

를 설정 및 해제하고, 버퍼의 과부하(overflow)로 인한 데이터 손실을 방지하기 위한 flow control 기능과 오류가 발생된 데이터 프레임의 재전송을 요구하는 error control 기능을 수행한다. 또한 송신단에서는 전송되어야 할 메시지를 패킷(packet) 단위로 분할하고 수신단에서는 이를 원래의 순서로 재조립하는 기능을 수행한다. ISO transport 계층은 서비스 등급에 따라 Class 0에서 Class 4까지 5개 등급으로 나뉘며, MAP에서는 모든 서비스를 제공받을 수 있는 Class 4를 채택하고 있다.

5) Network 계층

송신단과 수신단이 동일한 네트워크 내에 위치하지 않는 경우에 데이터 전송은 backbone 네트워크 등의 다른 네트워크 시스템을 통하여 이루어져야 한다. 네트워크 계층에서는 데이터가 전송되어야 할 경로를 탐색하여 목적지까지 데이터를 전달하는 라우팅(routing) 기능을 수행한다. 각각의 네트워크에는 최대한으로 처리할 수 있는 패킷의 길이가 제한되어 있으므로 데이터 패킷을 전달하는 과정에서 필요에 따라 패킷을 분할 및 재조립하는 기능도 수행한다. ISO network 계층은 CONS(connection-mode network service)와 CLNS(connectionless-mode network service)의 두 가지 서비스를 규정하고 있으며, MAP에서는 CLNS를 채택하고 있다.

6) Data Link 계층

Data link 계층은 LLC(logical link control) 계층과 MAC(media access control) 계층으로 나뉘어진다. LLC 계층은 하나의 네트워크 내에서 실제로 데이터가 전송되는 물리적 경로를 설정 및 해제하여 주는 기능을 수행하며, 또한 패킷 단위로 데이터를 전송하는 과정에서 발생할 수 있는 오류를 방지하기 위하여 패킷 단위의 error control과 flow control을 수행한다. MAP에서는 IEEE 802.2 LLC 프로토콜⁽¹²⁾을 채택하며, 이는 서비스 등급에 따라 Type 1에서 Type

3의 세 가지로 구분된다. MAP에서는 transport 계층에서 Class 4를 채택하여 메시지 단위의 error control과 flow control을 수행하므로, LLC 계층에서는 중복을 피하기 위하여 이러한 기능들을 생략하고 가장 기본적인 기능만을 제공하는 Type 1의 unacknowledged connectionless 서비스를 채택한다. 만일에 하나의 네트워크 매체(medium)에 접속된 여러 개의 노드들이 동시에 데이터를 전송하게 되면, 데이터들 간의 충돌로 인하여 전송되는 데이터가 훼손된다. 따라서 한번에 하나의 노드만이 데이터를 전송하여야 하며, MAC 계층에서 바로 이러한 기능을 수행한다. 2장에서 언급한 바와 같이 초기의 MAP에서는 MAC 계층으로 공장자동화 환경에서 주어진 시간 내에 데이터 전송이 완료되도록 실시간 통신기능을 보장하는 IEEE 802.4 토큰 버스 프로토콜만을 채택하도록 규정하였다. 그러나 MAP 3.0 1993 Release 부터는 IEEE 802.3 CSMA/CD와 ISO에서 제정한 FDDI도 MAP의 MAC계층 프로토콜로 채택하도록 허용하고 있다.

7) Physical 계층

매체를 통하여 실제로 데이터를 전송하는 기능을 수행한다. 즉, 0과 1의 집합으로 구성된 데이터를 전기적인 신호로 바꾸어 주는

encoding/decoding 기능과 신호의 주파수 변조를 위한 modulation/demodulation 기능 및 잡음(noise)을 차단하고 신호의 대역폭(bandwidth)을 제공해주는 filtering 기능 등을 수행한다. MAP에서 채택하는 physical 계층으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- IEEE 802.4 10 Mb/s Broadband
- IEEE 802.4 5 Mb/s Carrierband
- IEEE 802.4 5 & 10 Mb/s Fiber Optics
- IEEE 802.3 10 Mb/s CSMA/CD
- ISO 100 Mb/s FDDI

3.2 Mini-MAP의 구조

단위 공정을 수행하는 셀(cell) 레벨의 자동화 시스템에 설치된 로봇, PLC, CNC 등의 생산 장비들에서 생성되는 데이터들은 msec 이내의 매우 짧은 시간 내에 전송이 완료되어야 한다. 따라서 7계층으로 이루어진 OSI Model을 사용하는 MAP이 높은 트래픽 부하를 가지고 동작되는 경우에 msec 단위의 실시간 통신 요구조건을 만족시키지 못하는 경우가 발생할 수 있다. Mini-MAP은 7계층으로 구성된 MAP의 중간 계층들을 삭제하고 Application, Data Link 및 Physical의 3계층으로 단순화시켜 실시간 통신의 요구조건을 만족하도록 고안된 네트워크 시스템이다. 따라서 Mini-MAP은 MAP에서 제공하는 완벽한 서비스를 기대할 수는 없으나 이를 빠른 응답시간으로 보상한다. 그림 3에는 Mini-MAP의 구조가 나타나 있으며, 각 계층에서 수행되는 기능은 다음과 같다.

1) Application 계층

Mini-MAP의 application 계층으로는 다음과 같은 프로토콜들을 채택하고 있다.

- Mini-MAP MMS : MAP의 MMS와 동일한 기능을 수행하나 MMS가 Data Link 계층에 바로 접속되도록 하기 위하여 Auxiliary Protocol을 필요로 한다.

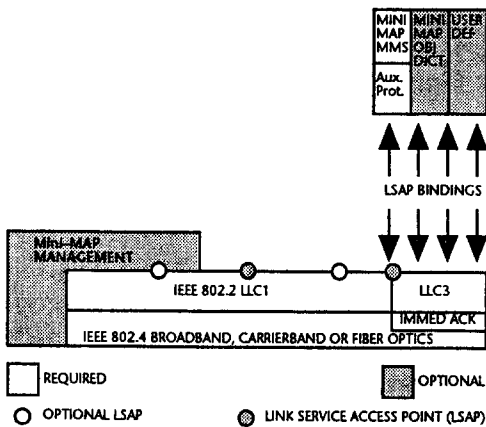


그림 3 MINI-MAP의 구조

- Mini-MAP Object Directory : MAP의 DS와 유사한 기능을 수행한다.
- Mini-MAP Management : MAP의 NM과 유사한 기능을 수행한다.

Mini-MAP의 Application 계층은 실제로 MMS만을 허용하는 것이 특징이며, 그 밖에 사용자가 필요한 서비스를 직접 구현하여 사용하도록 하는 user defined interface 기능을 제공한다.

2) Data Link 계층

Mini-MAP의 MAC 계층으로는 공장자동화 환경에서 실시간 통신기능을 보장하는 IEEE 802.4 토큰 버스 프로토콜만을 채택하도록 규정하고 있다. 토큰 버스 프로토콜에서는 토큰이라는 특수한 프레임(frame)이 정해진 순서에 따라 각 노드를 차례로 방문하며, 각 노드에서는 토큰이 도착한 후에 버퍼에서 대기하고 있는 데이터를 전송하고, 전송이 완료된 후 토큰을 다음 차례의 노드로 넘긴다. Mini-MAP에는 Transport 계층이 구현되지 않으므로 LLC 계층에서 패킷 단위의 error control과 flow control을 수행하여야 한다. 따라서 LLC 계층은 이러한 기능들을 제공하는 IEEE 802.2 Type 3의 "acknowledged connectionless" 서비스를 채택하며, 수신된 데이터에 오류가 없는 경우에 수신단은 토큰이 도착할 때까지 기다리지 않고 즉시 Ack. 신호를 송신단에 보내는 immediate acknowledge 서비스를 제공하여 데이터 전송에 소요되는 시간을 단축한다.

3) Physical 계층

Mini-MAP의 physical 계층도 data link 계층에서와 마찬가지로 다음과 같은 토큰 프로토콜들만 허용한다.

- IEEE 802.4 10 Mb/s Broadband
- IEEE 802.4 5 Mb/s Carrierband
- IEEE 802.4 5 & 10 Mb/s Fiber Optics

MAP과 Mini-MAP간의 접속은 이러한 두개의 시스템들이 모두 구현된 EPA(Enhanced Performance Architecture)를 통하

여 이루어지며, EPA의 구조는 그림 4에 나타나 있다.

3.3 MMS

MMS(manufacturing message specification)⁽¹³⁾는 로봇, PLC, CNC 등의 자동화 장비들과 이들을 제어 및 모니터링하는 supervisory computer간에 실시간 데이터 통신 기능을 제공하는 국제 표준 규약(ISO/IEC 9506)이다. 일반적인 데이터 통신은 단순히 비트(또는 byte)의 집합으로 구성된 메시지를 전달하는 것으로 그 의무를 다하지만 MMS는 그 이상의 서비스를 제공한다. 즉, 전달되는 메시지의 정의(variable, program, event, semaphore 등), 형태 및 구조(integer, Boolean, floating point, string, array, structure 등), 의미(read, write, start, stop, kill 등)에 대한 정보를 제공하며, 따라서 사용자는 MMS에서 제공하는 기능들을 단순히 호출하는 것만으로 이 기종의 장비들 간에 통신이 가능해질 수 있다. 만일 공장자동화용 네트워크에서 MMS 기능이 구현되지 않는다면 사용자는 이 기종의 장비들 간의 통신을 위하여 이러한 기능들을 따로 구현하여

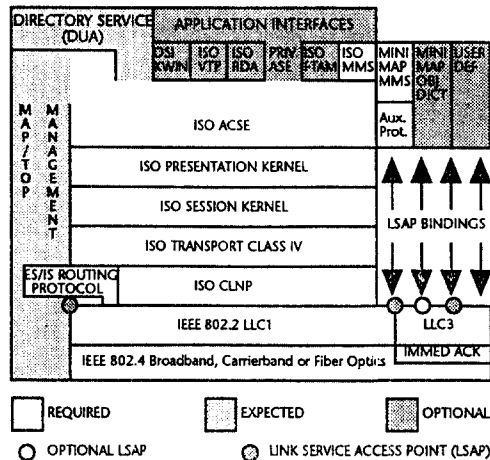


그림 4 MAP/EPA의 구조

야 하며, 이는 막대한 시간과 비용이 소요될 것이다.

MMS는 기본적으로 client-server 관계로 동작되며, 클라이언트(client)가 요구하는 서비스를 서버(server)가 제공한다. 따라서 클라이언트의 입장에서 보면 서버는 하나의 객체(object)로 볼 수 있으며, 이러한 객체를 VMD(Virtual Manufacturing Device) 모델이라 한다. VMD 모델은 또한 variable, program, event, semaphore 등의 객체들을 포함하며, 클라이언트는 VMD 모델 내의 객체들에 접근(access)하여 이들을 조작(manipulation)함으로써 필요한 서비스를 제공받을 수 있다. 클라이언트 기능을 수행하는 자동화 장비들은 동시에 서버 기능을 수행할 수도 있다. 본 장에서는 VMD 모델에는 어떠한 객체들이 정의되어 있으며, 이러한 객체들을 접근 및 조작하기 위하여 MMS에서는 어떠한 서비스들이 제공되는가를 중심으로 하여 MMS의 기능을 설명하고자 한다.

1) Variable and Type Object

MMS에서는 자동화 장비(client)가 다른 장비(server)에서 생성되는 변수(예, 로봇의 관절 변수, CNC 상태변수)에 접근하고, 이를 조작하는 기능을 제공한다. 이러한 변수들은 VMD 모델 내에서 이름과 형(integer, boolean, floating point, string, array, structure 등)을 갖는 객체로 지정되며, MMS는 이러한 변수 객체들에 대하여 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 클라이언트가 서버의 변수를 read, write
- 서버는 자기가 관리하는 변수에 관련된 정보를 클라이언트에게 제공
- 클라이언트가 서버의 변수를 조작 (define, delete, get attribute 등)

2) Program Control Object

공장자동화 환경에서 네트워크를 통하여 자동화 장비의 구동에 필요한 프로그램을 download시키고 이를 제어할 수 있으면 매

우 편리할 것이다. VMD모델은 프로그램 제어와 관련하여 domain과 program invocation의 두 개의 객체를 지정한다. domain은 프로그램이 저장되는 메모리 영역이고, program invocation은 프로그램의 조작과 관련된 객체이다. MMS는 프로그램 제어와 관련하여 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 클라이언트가 서버로 프로그램(또는 화일)을 upload 또는 download
- 클라이언트가 서버에게 클라이언트 내의 프로그램(또는 화일)을 upload 또는 download 하도록 요구
- 클라이언트가 서버의 프로그램을 create, delete
- 클라이언트가 서버의 프로그램을 조작 (start, stop, reset, resume, kill 등)

3) Event Object

사건(event)이란 공장자동화 시스템을 운영하면서 발생할 수 있는 상황(예, 컨베이어의 고장, 경고 신호 등)을 말하며, MMS는 사건(event) 관리와 관련하여 event condition, event action, event enrollment 등의 세 가지 객체를 지정한다. event, condition은 사건의 상태(active 또는 idle)를 나타내는 객체이고, event action은 사건이 발생하였을 때 어떠한 action을 취하여야 할 것인가를 정의한 객체이며, event enrollment는 사건이 발생하였을 때 어떠한 클라이언트에게 사건을 통보하여야 할 것인가를 정의한 객체이다. MMS는 사건 관리와 관련하여 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 서버는 사건 발생을 클라이언트에게 통보하고 클라이언트는 서버에게 action을 요구
- 서버가 클라이언트에게 event condition과 event enrollment에 대한 정보 제공
- 클라이언트가 서버의 내의 event 관련 객체들의 상태를 파악하고 이들을 define 또는 delete

4) Semaphore Object

공장자동화 환경에서 만일에 두 대의 로봇이 하나의 물체에 동시에 접근한다거나, 또는 여러 대의 로봇이 하나의 작업공간에서 동작된다면 로봇들 간의 충돌이 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위하여 MMS에서는 semaphore 기능을 제공하고 있다. 즉, semaphore를 통하여 소유권을 획득한 클라이언트만이 특정한 자원(resource)에 접근할 수 있도록 하고 있다. MMS에서는 token semaphore와 pull semaphore의 두 가지 객체가 정의되어 있다. Token semaphore는 VMD가 관할하는 자원(또는 객체)의 소유권을 지정하고, pull semaphore는 VMD가 관할하는 여러 개의 자원들에 대하여 여러 개의 named token을 사용하여 이들의 소유권을 지정한다. MMS는 semaphore 관리와 관련하여 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 서버는 클라이언트의 요청에 따라 semaphore 제어 권한을 양도한다
- client가 server의 내의 semaphore 상태를 파악하고 이들을 define 또는 delete

5) Journal Object

MMS의 journal 객체는 자동화 시스템에서 발생하는 변수, 사건 등의 데이터들을 시간에 따라 기록하고 저장하는 기능을 수행한다. 이러한 데이터들은 자동화 시스템을 관리 및 운용하는데 있어서 매우 유용하게 사용될 것이다. MMS 클라이언트는 서버의 journal 객체를 create, read, delete, clear 할 수 있다.

6) Operator Station Object

keyboard와 display를 통하여 VMD와 VMD operator 간에 통신 기능을 제공하는 객체이다. MMS 클라이언트는 서버의 operator station 객체를 통하여 operator로부터 alphanumeric input을 수신할 수 있고, 또한 alphanumeric output을 operator에게 dis-

play할 수 있다.

4. MAP의 현황과 전망

1988년에 MAP 3.0이 발표된 이후 전세계적으로 80여 개 공장에서 이를 도입하였으며, 이를 요약하면 표 1과 같다.⁽¹⁴⁾ 표 1에서 보는 바와 같이 MAP/MMS 시스템은 주로 GM, Toyota, Renault, Mercedes-Benz와 같은 자동차 공장에 많이 설치되어 있으며, 그 밖에 철강, 금속, 항공, 전자, 석유화학, 공작기계, 맥주공장 등에도 설치되었고 또한 공항관리(Federal Airport : 호주) 및 고속도로의 교통관제시스템(Statens Veevesen : 노르웨이)에도 사용되고 있다. 설치된 MAP시스템의 규모는 GM Saturn 공장과 같이 350여 개의 노드로 구성된 대규모 시스템에서 단지 수 개의 노드로 구성된 것까지 다양하다. 미국과 유럽에서는 7계층으로 구성된 MAP 시스템이 설치되어 있으며, 미국에 설치된 MAP는 주로 802.4 토큰 버스 프로토콜을 사용하나, 최근에 유럽에 설치되는 MAP 시스템들은 주로 802.3 CSMA/CD 프로토콜을 채택하고 있다. 또한 일본과 한국의 아시아 지역에는 Mini-MAP이 주로 설치되어 있다.

MAP 장비는 전세계적으로 50여 개 회사에서 다양한 제품들이 생산되고 있으며, 이를 요약하면 표 2와 같다.⁽¹⁴⁾ 여기서 Interface Board란 MAP의 경우 OSI 7계층이 모두 구현되고 802.3 CSMA/CD 또는 802.4 토큰 버스 기능이 갖추어진 board를 말하고, Mini-MAP의 경우에는 802.4 토큰 버스에 3계층만이 구현된 board를 말한다. 이러한 board들은 컴퓨터의 backplane에 접속되며, PC/AT-Bus, MCA-Bus, VME-Bus, Multibus I, Multibus II, PC98-Bus 등의 backplane에 접속되는 제품들이 생산되고 있다. MMS SW는 source code 또는 object code 형태의 제품이 있으며, 컴퓨터에 장착

표 1 MAP/MMS 설치 현황

북 미 (33개 공장)	미 국	General Motors 18개 공장, ALCOA, Boeing Aerospace, DuPont, Grumman Aerospace, IBM, Martin Marietta, Michelin Tires, NASA, Nissan Motors, Union Camp, XEROX
	캐나다	General Motors 3개 공장, Ontario Water System
유 럽 (36개 공장)	프랑스	Renault 6개 공장, EDF, Elf, Aerospatiale
	영 국	GM Vauxhall 2개 공장, Isuzu Bedford, BBA, British Aerospace
	독 일	Volkswagon, Henninger, Mercedes-Benz 4개 공장, Pils, BMW, ISW TU Stuttgart, GM Opel 3개 공장
	덴마크	Tuborg, Kemira, KLV
	이태리	Airitalia, Magneti Marelli
	기 타	Sidmar(벨지움), Rautaruuki Oy(핀란드), Statens Veevesen(노르웨이), General Motors Spain(스페인), General Motors Hungary(헝가리)
일본(11개 공장)	Toyota 6개 공장, Omron, Komatsu, Mitsubishi, Shinko, Honda Giken	
호주(3개 공장)	BHP Steel SPPD, BHP Steel RBBD, Federal Airport Co.	
한국(1개 공장)	한국전력(서울 화력)	

하여 사용할 수 있다. 컴퓨터란 MAP 기능이 내장되어 있어 MAP 네트워크에 접속하여 바로 통신이 가능한 컴퓨터 제품을 말하며, Controller 역시 MAP 네트워크에 접속하여 바로 통신이 가능한 PLC, CNC 또는 로봇 컨트롤러 등을 말한다. Application SW는 복잡한 MMS 시스템을 사용자가 쉽게 구현할 수 있도록 하는 development tool을 제공하며, gateway는 MAP과 Mini-MAP 또는 TCP/IP, 필드버스(예, Profibus, FIP) 및 특정회사가 개발한 네트워크들(예, Allen-Bradley의 Data Highway, AEG의 Modbus 등)과의 접속 기능을 수행하는 장치이다. 참고로 유럽에서는 802.3 CSMA/CD를 채택한 제품들이 많이 생산되며, 일본과 한국 등의 아시아 지역에서는 Mini-MAP 제품이 주로 생산된다.

표 1에서 나타난 바와 같이 MAP 시스템은 1980년대 초반에 MAP 시스템이 처음으로 발표되었을 때 전세계적으로 엄청난 호응

을 받았던 것에 비교하여, 1980년대 중반에 MAP 시스템의 개발이 완료된 후 실제로 공장에 설치된 경우는 기대에 미치지 못한다고 볼 수도 있다. 현재 네트워킹 시스템을 도입하고 있는 많은 수의 공장들은 실제로 MAP/MMS 시스템보다는 802.3 CSMA/CD 상에 TCP/IP 프로토콜을 탑재하고 그 위에 MMS를 이식하거나 또는 MMS와 유사한 기능을 제공하는 프로토콜을 사용자가 직접 작성하여 사용하는 경우가 많다. (여기서, TCP/IP⁽⁹⁾는 1970년대에 미국의 국방성에서 컴퓨터간의 통신을 위하여 개발한 프로토콜이며, OSI 7계층 모델 가운데 Transport 계층과 네트워크 계층에서 제공되는 기능과 유사한 기능을 수행한다) 여기에는 다음과 같은 몇 가지 이유가 있다.

- MAP는 OSI 7계층 모델을 채택하였으며, MAP를 비롯한 OSI 프로토콜들이 기술적으로 안정된 상태에 도달하는데 많은 시간이 소요되었다.

표 2 MAP/MMS 제품 현황

I/F Boards	미국	ICS, SISCO
	일본	Mitsubishi Electric, Terasaki Electric, Tokyo Engineering, Nihon Unisys, Omron, Toshiba
	한국	삼성항공, 삼성데이터시스템, 금성산전
MMS SW	미국	Commsoft, ONE, Retix, SISCO
	유럽	Marben(프랑스) ; Nine Tikes(영국)
	일본	Terasaki Electric, Tokyo Engineering
Computers	미국	Digital Equipment, Hewlett-Packard, IBM, ONE, SISCO, Tandem
	유럽	Bull(프랑스) ; Siemens, Siemens-Nixdorf(독일)
	일본	Fuji Electric, Fujitsu, Terasaki Electric, Tokyo Engineering, Omron, Toshiba, Yokogawa Electric
	한국	삼성데이터시스템
Controllers	미국	Allen-Bradley, GE Fanuc
	유럽	AEG Modicon, Bosch, Heller, KOMEK, Power Automation, Siemens(독일) ; CEGELEC(영국) ; Telemecanique(프랑스) ; SattControl(스웨덴)
	일본	Fanuc, Mitsubishi Electric, Yaskawa Electric, Omron, Toshiba, Toyoda Machine Works
Appl. SW	미국	Cycle Software, Digital Equipment, GE Fanuc, IBM, SISCO
	유럽	Commtech, IVTECH, Mercedes-Benz, PLT, Siemens, Softing, Werum(독일) ; CRI(덴마크) ; Reflex(영국) ; Silicomp Ingenierie(프랑스)
Gateway	미국	Commsoft, Cycle Software, SISCO
	유럽	Bosch, Commtech, INTECH(독일) ; CRI(덴마크) ; Reflex(영국) ; INCOM, Silicomp Ingenierie(프랑스) ; Robotiker(스페인)
	일본	Shimizu, Toshiba

- 이 시기에 공장에서는 이미 네트워크 시스템을 필요로 하였으며, 따라서 당장 이용 가능한 CSMA/CD 및 TCP/IP 프로토콜들을 이용하여 공장 환경의 네트워킹 시스템을 구축하였다.
- MAP의 개발이 완료된 시점에는 CSMA/CD와 TCP/IP 프로토콜을 이용한 네트워킹 시스템도 안정된 상태로 운용되고 있었으며, 따라서 MAP를 도입하기 위하여 기존의 네트워킹 시스템

을 해체할 필요성을 느끼지 못하였다.

- 1980년대 말에 불어닥친 세계적인(특히 미국과 유럽) 경제 불황은 MAP의 확산을 저해하였다. 즉, MAP의 개발이 완료된 이후에 새로이 네트워킹 시스템을 구축하려는 공장에서는 TCP/IP 프로토콜에 비하여 초기 투자 비용이 많이 드는 MAP의 사용을 주저하였고, 또한 MAP를 설치하려 하여도 초기에는 다양한 제품들이 충분히 제공되지

못하였다.

그러나 이러한 시스템들은 MAP에서 제공하는 다양한 서비스들을 제공하지 못하며, 따라서 공장자동화 환경에서 네트워크 시스템의 활용도는 그만큼 저하된다. MAP 시스템은 지난 10여 년 간의 개발 과정에서 많은 시행착오를 거치면서 현재는 기술적으로 완전히 안정된 상태에 도달하여 있으며, 현존하는 네트워킹 시스템들 가운데 공장자동화 환경에 가장 적합한 네트워크 시스템임은 누구도 부정할 수 없다. 따라서 기존의 공장에 설치된 네트워크 시스템들이 노후화되어 완전히 새로운 시스템으로 대체되어야 할 시기에 MAP가 다른 네트워크들과 비교하여 가격 경쟁력을 갖춘다면 MAP의 르네상스 시대가 도래할 것이다.

5. 맺음말

국내의 공장자동화 기술은 아직은 선진국에 비하여 낙후되어 있는 실정이다. 극소수의 대기업체를 제외한 대부분의 대기업들도 이제 겨우 단위공정의 자동화 수준에 머물러 있으며, 대부분의 중소기업체들에서는 아직도 공작기계 단위의 자동화 수준을 벗어나지 못하는 매우 초급의 자동화 수준에 머물러 있다. 그러나 급변하는 세계 경제 및 기술 시장에 효과적으로 대응하기 위하여서는 국내 기업들도 조속한 시일 내에 궁극적으로 전체 공장을 통합 관리하는 차세대 공장자동화 시스템을 도입하여야 할 것이다. 모든 공정을 통합 관리하는 차세대 공장자동화 시스템에서는 제품생산에 관련된 정보를 어떻게 관리할 것인가가 매우 중요한 문제로 대두되며, 따라서 네트워킹은 차세대 공장자동화 시스템을 구축하는데 있어서 가장 핵심이 되는 기술 가운데 하나이다. MAP는 공장자동화용 네트워크의 표준이다. 또한, MAP은 현존하는 많은 네트워크 시스템들 가운데 공장자동화 환경에서 가장 완벽한 solution을 제공

하는 네트워크이다. 이 글에서는 MAP 변천과정과 구조 및 특성 그리고 현황 및 전망에 대하여 기술하였다. MAP 기술은 고도의 첨단 기술을 요구하는 분야가 아니고 또한 선진국에서도 시작 단계에 있는 분야이므로 국내에서도 많은 사람들이 관심을 가지고 이 분야를 육성한다면 선진국과 대등한 관계를 가지고 경쟁을 벌일 수 있을 것이다. 이 글을 통하여 많은 사람들이 MAP 시스템을 이해하는데 조금이라도 도움이 되었기를 희망하며, 앞으로도 많은 사람들이 MAP에 관심을 기울여 주기를 바라는 바이다.

참고문헌

- (1) Pimentel, J. R., 1990, *Communication Networks for Manufacturing*, Prentice-Hall.
- (2) Valenzano, A. and Demartini, C., 1992, *MAP and TOP Communications Standards and Applications*, Addison-Wesley.
- (3) McMillan, A. H. and Gardner, C. J., 1994, *Mini-MAP '93*, Open I.T. Corp.
- (4) 홍승호, 1994, "생산자동화를 위한 통신망: 필드버스 기술개요," 한국정밀공학회지, 제11권, 제2호, pp. 12~24.
- (5) ISO IS 7498, 1984, *Information Processing Systems-Open System Interconnection-Basic Reference Model*.
- (6) ANSI/IEEE 802.5, 1985, *Token Ring Access Method*.
- (7) ANSI/IEEE 802.3, 1985, *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*.
- (8) ANSI/IEEE 802.4, 1985, *Token-Passing Bus Access Method*.
- (9) IAB, 1990, *Internet Protocol/Transmission Control Protocol*.
- (10) ISO 9314, *Fiber Distributed Data Interface*.
- (11) WFMTUG, 1993, *MAP 3.0 Specification*.

tion 1993 Release.

(12) IEEE 802.2/ISO DIS 8802-2, 1985, *Logical Link Control.*

(13) ISO DIS 9506, 1987, *Manufacturing*

Message Specification.

(14) WFMTUG, 1994, *MAP/MMS Product & Installation Directory.* 