

공장 자동화용 네트워크의 기술 동향

최 업

자동화 기술 개발부, 한국 전자 통신 연구소

Trends of Communication Network Technologies
for Factory Automation

Yobb Choi

Automation Technologies Department, ETRI

Abstract

There are many kinds of intelligent devices on the factory floor nowadays. Standardized communication methods became a necessity for efficient flow of production information among various systems. MAP (Manufacturing Automation Protocol) based on ISO (International Standard Organization) OSI (Open Systems Interconnection) is gaining acceptance of major industries worldwide.

1. Introduction

오늘날의 공장에는 mainframe에서 퍼스널 컴퓨터에 이르는 수많은 컴퓨터를 비롯하여 PLC(Programmable Logic Controller), Robot, CNC (Computer Numerical Control) machine등이 자동화를 위해 사용되고 있다. 그러나 이들 장치들은 대부분 제각기 독립적으로 동작하고 있어서, 공장은 수많은 자동화의 고립지(Islands of Automation)를 형성하고 있다.

미국 최대의 자동차 메이커인 General Motors의 경우에 있어서도 20,000여대의 programmable controller와 2,000여대의 robot 등 40,000여대의 programmable device가, 가공, 조립, 운반, 제품 시험과 같은 단위 process의 자동화에 동원되고 있지만, 이러한 process의 15%만이 외부의 process와 서로 통신할 수 있어, 수 천개의 정보의 고립지를 형성하고 있다고 보고되고 있다.

다종 다양한 생산 요청, 가공 요청 등에 경제적이고 유연성 있게 대처하려면, 각 단위 부문에서 발생하는 생산

정보를 원활히 흐르게 해 줄 수 있는 통신 network이 필수적이다.

또한 1981년의 한 연구에 의하면, 한 자동화 시스템을 설치하는데 드는 비용의 50%가 직접 통신에 관련되어 있다고 한다. wiring, custom software, hardware interface 등이 그 비용의 주가 되고 있다. point-to-point 통신에 있어서 process가 발전됨에 따라 오래지 않아 wire들의 복잡한 미로가 형성된다. 게다가 매년 process가 변경됨에 따라 비용이 추가되게 마련이고 이러한 지출은 상당히 큰 것이 된다. custom software와 hardware interface가 다음의 cost 요인인데 이는 vendor의 고유한 통신 방식에 기인한다. process를 접속하기 위한 custom software에 있어서 많은 경우에 비슷한 일을 하는 software들이 서로 incompatible하다. 이러한 문제는 모든 장비들을 하나의 vendor로부터 구입하면 되고 또 그 편이 vendor들 사이의 조정을 해야 하는 부담을 덜어 준다.

일반적으로 생산 장비는 그 부분에 전문인 supplier의 특정한 제품을 필요로하여, 모든 자동화 process의 장비들을 한 vendor에 의존할 수는 없다. 또한 많은 vendor들의 서로간의 경쟁을 통하여 값싸고 품질 좋은 제품이 개발되며 이에 따라 구매자는 폭 넓은 선택의 여유를 가질 수 있게 된다.

위와 같은 통신 비용의 문제를 해결하며, 특히 multi-vendor의 환경에서 장비들의 접속을 쉽게 하기 위해서는 공통의 통신 방식이 필요하며, 이러한 사실이 GM에서 충분히 인식되어 1980년에 MAP(Manufacturing Automation Protocol) Task Force가 설립되었다.

이 Task Force는 생산 자동화용의 network 프로토콜인 MAP의 basis로 OSI의 표준들을 채택하였으며, 대규모 유저들은 물론 컴퓨터나 제어 기기 메이커들도 이러한 방식이 그들에게 더 넓은 시장을 보장하므로 적극적인 지지를 표명하고 있다.

한편 Boeing Computer Services를 중심으로 OSI를 사무실 환경에서 이용하고자 하는 움직임이 진행되고 있었다. 이러한 활동들은 TOP(Technical & Office Protocol)이라는 network 프로토콜의 제정으로 결실을 보았다. MAP과 TOP의 개발에 있어 각 기관, 업체들은 공동의 보조를 취하기로 했으며, 이러한 MAP/TOP의 활동들은 사무실과 공장의 통신을 일원화시켜 소위 total corporate communication의 해결책으로 등장할 것이다. (그림 1)은 현재까지 선택된 MAP과 TOP의 표준들이다.

Layers	MAP V2.2 Protocols
Layer 7 Application	FTAM MMFS, CASE
Layer 6 Presentation	Null
Layer 5 Session	ISO Session (IS) 8327 Basic Combined Subset and Session kernel, Full Duplex
Layer 4 Transport	ISO Transport (IS) 8073 Class 4
Layer 3 Network	ISO Internet (DIS) 8473 Connectionless
Layer 2 Data Link	ISO LLC (DIS) 8802/3 Type 1, Class 1
Layer 1 Physical	ISO Token Passing Bus (DIS) 8802/4

(그림 1) MAP V2.2

2. MAP 관련 Activities

MAP의 개발은 2개의 조직에 의해 추진되고 있다. GM 사 MAP Task Force 하에 Working Group이 조직되어, 개발 계획의 추진, 각 기술 항목의 검토, 표준화 기관들과의 협력 등이 수행되고 있다. 또 하나는 SME(Society of Manufacturing Engineers)의 MAP/TOP Users Group으로 Eastman Kodak, Boeing, Du Pont, McDonnell Douglas, Bechtel, Deere and Company, Ford Motor등의 거대 기업들을 포함한 MAP User, MAP 제품의 vendor, 각종 표준화 관련 단체들로 구성되어 있다.

700여 회사가 참여하고 있는 미국의 MAP Users Group 외에도, 100여개의 회사가 참여하고 있는 유럽의 European MAP Users Group(EMUG), 130여 기업이 참여하고 있는 일본의 Japan MAP Users Group, 110여 기업이 참여하고 있는 Canadian MAP Interest Group 등이 있고, Australia에도 MAP Interest Group이 형성되었으며 이들의 모임인 World Federation of MAP Users Group도 결성되어 활발히 활동하고 있다.

다음은 현재까지 발표된 MAP spec들의 개정 약사(revision history)이다.

- 1980년 MAP Task Force 설립
- 1982년 10월 Initial MAP Document
- 1984년 4월 MAP V1.0
- 1985년 2월 MAP V2.0
- 1985년 3월 MAP V2.1
- 1986년 8월 MAP V2.2
- 1987년 5월 MAP V3.0

MAP Version 1.0을 이용한 공장 자동화용 network이 1984년 7월의 NCC (National Computer Conference)에서 demonstration되었다. 이 demo는 MAP이 multi-vendor 환경에서 공장용 정보 처리의 요구 사항을 만족시켜주는 실제적인 해결책이 될 수 있음을 보여 주고, 여러 vendor들에게 MAP compatible한 제품의 생산을 호소하며 McDonnell Douglas와 GM이 주요 스폰서로 되어 있는 MAP Users Group에 사용자들의 활발한 참여를 유도하기 위한 것이었으며, 기대 이상의 효과를 거둔 것으로 판명되었다.

1985년의 Autofact Show에서는, 21개의 기업이 84년의 NCC demo를 더욱 확장하고, MAP network과 TOP network 그리고 X.25 network이 접속되는 demo를 수행하였다. 또한, 1986년 12월에는 영국의 DTI(Department of Trade & Industry)의 주관으로, "MAP을 통한 CIM"이라는 슬로건하에 MAP demonstration이 행해졌다. 이 event가 목적했던 바는 생산 업체들에게 이 새로운 multi-vendor 컴퓨터 통신 기술을 교육시키고, 이윤, 품질, 경쟁력을 개선시키는데 이 technology가 지니고 있는 잠재력을 보여주기 위한 것이었으며, 영국은 물론 미국과 유럽의 60여 업체가 참여하였다. 그외에도 미국과 유럽 지역에서는 크고 작은 MAP 시범이

수행되고 있다.

일본에서는 1985년 8월에 FMC 응용 복합 생산 시스템 연구 조합이 미국의 MAP project 책임자들을 초빙하여 "MAP Japan Meeting"을 개최하였으며, 그곳에는 통신, 컴퓨터, 제어 기기, 전기 전자, 기계, 자동차 메이커 등 200여사 500여명이 참여하여 성황을 이루었다. 또한 1987년 2월에는 통산성(MITI)의 지원을 받아 정보 처리 상호 운용 기술 협회(INTAP)에서 MAP/TOP을 포함한 OSI 표준들에 대한 연구 개발, 보급, 국제 협력의 추진을 가속화하기 위한 국제 심포지움을 개최하였다.

현재의 MAP activity 중에 초점이 모아지고 있는 것은, 1988년 6월에 Baltimore에서 개최될 예정인 MAP/TOP/COS Enterprise Event로서, 여기에서는 MAP V3.0을 기초로 하여, 미국과 유럽의 우수한 기업과 기관들이 MAP system들, 접속 장치, protocol implementation, application example들을 시범보일 것이다.

3. MAP의 Architecture

MAP은 전술한 바와 같이, OSI의 7 layer 표준들에서 공장 환경에 적합한 것들은 모아 놓은 프로토콜 set이다. 하위 계층들의 표준안들은 빠른 속도로 정착되어 가고 있으나 상위 계층과 network management분야에는 수행되어야 할

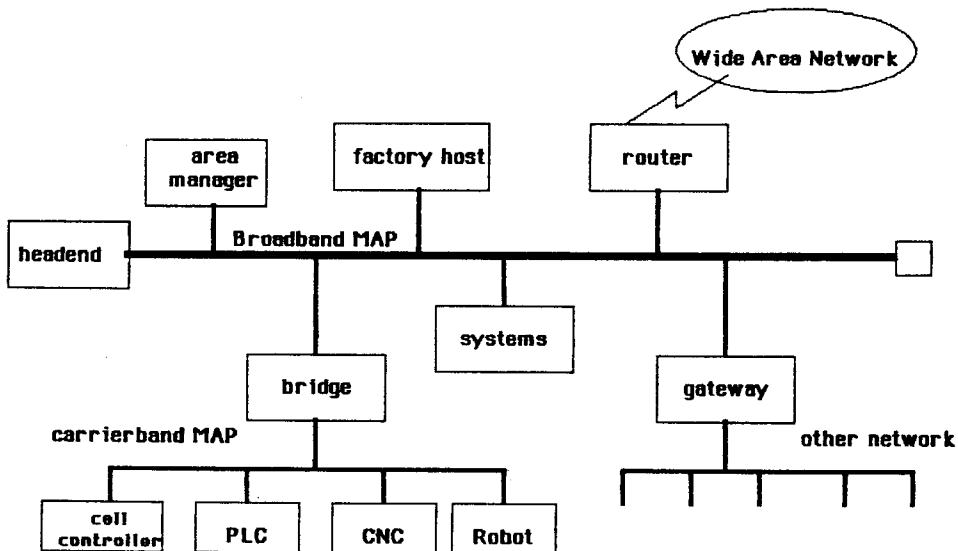
일이 많이 남아 있다. MAP V2.1까지에서는 MAP이 전적으로 브로드밴드위에 동작하는 network이었으며 여러 user와 vendor들 특히 continuous process의 산업제들이 이점을 우려하였다. 또한 process control과 같은 빠른 응답을 요구하는 분야나 PLC, 고기능 sensor들도 support 할 수 있는 간소화된 통신 architecture (Cell Architecture) 에 대한 관심이 높아졌다. MAP V2.2에서는 이와 같은 요구 사항을 만족시키기 위하여 5 Mbps의 전송 속도의 캐리어밴드인 EPA(Enhanced Performance Architecture) MAP, Mini-MAP과 같은 시스템 들을 제시하였다. (그림 2)는 브로드 밴드 backbone과 캐리어밴드 Cell Architecture 등으로 구성되는 MAP network의 예이다.

3.1 Physical Layer

- o. IEEE 802.4 (ISO DIS 8802/4) broadband 10Mbps, 2 channel, mid-split
- o. IEEE 802.4 phase coherent carrierband 5 Mbps

layer 1에서는 다음과 같은 요인들을 고려하여 브로드밴드를 선택할 수 있다.

- 한 cable위에 여러가지 network을 수용함.
- 여러 data 채널 뿐 만 아니라, Voice,



(그림 2) Example MAP Network

Video 전송도 가능케 하여 보안 감시, 화상 회의 등도 가능케함.

- 브로드밴드는 IEEE802.4에서 표준화되어 있고 CSMA/CD용으로도 검토되고 있음.
- GM의 여러 공장에 이미 브로드밴드 cable이 설치되어 있음.

다음과 같은 요인들을 고려하여 캐리어밴드를 쓸 수 있다.

- medium은 단 하나의 channel만을 씀. manufacturing cell에서와 같은 control 또는 supervisory network에 적합.
- 캐리어밴드 기술은 헤드엔드를 필요로 하지 않으며 수동 소자를 사용할 수 있어 신뢰성을 향상시킬 수 있고, 커넥션당 가격이 저렴함.
- 캐리어밴드 신호는 양방향성이므로 전송 지연이 medium의 propagation delay에만 영향을 받음.
- 캐리어밴드는 브로드 밴드에 비해 짧은 거리와 적은 station을 support함. (전형적으로는 32 station 이하로, 1000m 이내에서 사용하기를 권장함)

3.2 Data Link Layer

- o. Media Access Control - IEEE 802.4 (ISO DIS 8802/4) Token-passing Bus, 48 bit address
- o. Link Control - IEEE 802.2 (ISO DIS 8802/2) LLC, Type 1 connectionless, Type 3 immediate response

Token-passing bus access방식이 채택된 이유는 다음과 같다.

- 현재까지 IEEE 802에 의해 브로드밴드에서 support되는 prototol은 token passing 밖에 없음.
- 많은 공장 programmable device들이 이미 Token-bus 방식의 network을 support하고

있었음.

- message priority와 immediate response 옵션을 제공함.
- network에 고장이 발생하지 않는 한 정해진 시간 내에 message를 전달할 수 있음.

3.3 Network Layer

- o. ISO DIS 8473 Connectionless-mode Network Service (CLNS)
- o. ISO DIS 8348/DAD2 "network service Definition addendum2 covering network layer addressing"
 - 한 subnetwork내에서는 inactive network layer protocol(null) implementation, 다른 subnetwork에 있는 node를 support하기 위해서는 "full conformance protocol".

3.4 Transport Layer

- o. ISO IS 8072/8073 class 4 Connection Oriented Transmission Service(COTS)
 - CLNS상에서의 동작을 위해서는 class 4가 필요함

3.5 Session Layer

- o. ISO IS 8326/27 kernel subset
 - Kernel subset은 TWS기능과 transport connection의 graceful termination을 제공함.

3.6 Presentation Layer

- o. 현재 null
 - MAP V3.0에서는 ISO의 DIS 8822/23가 채택될 예정임

3.7 Application Layer

- o. CASE ISO DP 8649/50: CASE kernel의 MAP subset (MAP V2.2 Appedix 7). association과 session kernel service의 pass through를 제공함.
- o. ISO DP 8571 FTAM: phase 1 FTAM Implementation. phase 1 FTAM은 각각의

record를 access하지 않고 전체 file를 access하며, 제한된 file attribute를 support함

o. MMFS(Manufacturing Message Format Standard) (MAP V2.2 Appendix6). NC machine, PLC, robot와 같은 manufacturing node들에 대한 message encoding 등에 대한 spec. MMS(Manufacturing Message Service; RS511)로 대체될 예정.

o. Network Management

Layer 3-7: MAP V2.2 chap 4 ISO draft에 의거한, network monitoring, traffic analysis 등에 대한 initial spec.

Layer 1-2: Vendor고유의 것

o. Directory Service

MAP 2.2의 Appendix 14. 현재의 ISO draft에 의한 spec.

MAP V3.0에서는 ISO에서 MAP 관련 표준안들에 변경되는 사항들이 반영될 것이며, presentation layer의 표준이 첨가되고, 여러 application layer 프로토콜들이 변경되거나 보강될 것이다. 또 X.400 시리즈 권고안에 의거한 전자 우편, VTP, ODA, IGES, GKS등도 추가될 예정이다. fiber optics, connectionless upper layer 프로토콜 분야들에서도 spec이 충분히 성숙되면 MAP에 포함될 수 있다.

4. 시장 및 제품의 동향

MAP은 급속히 정착되어 가는 공장 환경의 통신 프로토콜의 기본으로서 그것을 support하는 user나 vendor에게 모두 혜택이 돌아간다. 자동차 산업계에서 그들의 공장에 MAP network를 설치하여 생산을 했을 때 품질의 개선, 균일화와 더불어 신형 모델의 도입시에는 2년여 준비 기간 단축 효과가 있다고 추정되고 있다. 동시에 vendor들은 연간 400억불에 달하는 공장 자동화 제품 시장에서의 성패를 그들의 제품의 MAP compatibility에 달려 있다고 보고 있다.

공장 자동화용 network의 주요한 고객은 자동차, 항공기, 전기 전자, 기계, 식품, 화학, 제지 업체 등이 될

것이며, 시장의 크기는 현재 연간 120억불이지만 1990년에는 680억불로 신장될 것으로 보고 있다.

일반적으로 공장 자동화라는 것은 사무 자동화 보다 훨씬 복잡한 것이어서 FA 시스템의 마케팅에 있어서는 OA 부문에서 보다 업체간의 협력 관계가 더욱 밀접하고 장기적이어야 한다. 따라서 FA 산업에서 성공하기 위해서는 FA 시장 중에서 적절한 분야를 선정하고, 선택한 분야를 확장, 발전시켜 나가야한다. 이러한 관점으로 MAP 제품 생산 업체들 사이에서도 활발한 제휴가 이루어지고 있다.

현재 MAP을 support하는 interface의 가격은 대략 \$3,000 ~ \$5,000 정도이며, 일반적으로는 system의 back-plane에 꽂아서 쓸 수 있는 board level 접속 장치의 가격은 약 \$3,500, 4 port를 support하는 box level 접속 장치는 \$ 5,000정도이다. IEEE 802.4를 VLSI로 implement한 제품들이 이미 출하되고 있으며 IEEE 802.4용 modem chip들도 VLSI화 되고 있다 OSI 상위 layer의 프로토콜들도 standard가 확정된 것은 ROM으로 implement되어 제공되고 있다.

5. 결론

미래의 공장이 갖추어야 할 요건 중의 하나는 고도의 생산성 위에 각종 변화에 기민하게 적응할 수 있는 능력이다. 생산 장비, 제품, 제조 공정, 가격, 원료, 기술 등의 수 많은 변화에 신속히 대처할 수 있는 유연성이 필요하다. 표준 방식과 표준 장치를 채택하는 것은 이러한 유연성을 보장할 수 있는 좋은 방법이다.

General Motors에 의해 공장 환경에서 통신 needs의 해결을 위한 공장용 network의 표준으로 제안된 MAP은, 그의 막강한 구매력과 적절한 선택, 활발한 표준화 추진의 노력에 힘입어 공장 환경의 network의 표준으로 정착되어 가고 있다. GM을 비롯한 미국의 기업들은 MAP을 조기에 소화시킴으로서, 공장 자동화 분야의 선두를 달리고 있는 일본을 앞지를 수 있게 되기를 기대하고 있다. MAP에 관해서, 미국의 기업들은 일본의 기업들에 비해, 약 3년 내지 5년 정도 앞선 것으로 추정되고 있으며, 일단 미국 내의 공장 자동화용의 시스템이 MAP compatible하게 되면 일본을

비롯한 모든 나라들이 그 방향을 따르게 될 것이다.

국내의 경우에 있어서, 공장 자동화의 구성 요소인 NC machine, PLC, robot 무인 반송차, 자동 창고에 대한 기술은 교육 기관, 연구 기관, 산업체들에서 착실히 기반을 쌓아 가고 있으며, 컴퓨터 네트워크의 분야에 있어서도 괄목할 만한 진전을 보고 있으나, 그들을 유기적으로 종합 해야하는 공장 자동화용 network 기술에 대한 연구 개발은 그 초보 단계에 불과하다고 볼 수 있다.

우리나라의 산업계로서는 저임금의 노동력에 대한 의존에서 탈피하고, 생산성 향상을 통한 경쟁력의 강화를 보장하며, 급변하는 무역 환경에 기민하게 대처할 수 있는 유연성을 제공해 주는 MAP을 중심으로한 공장 자동화용 네트워크 기술에 대한 적극적인 연구 개발이 시급하다 하겠다.

6. References

1. Herp, J. Van, "European Initiative of CEN/CENELEC/CEPT on Functional Standards", Proceedings of ISIIS, Feb 1987.
2. Yoshikaz Maruyama, "INTAP's Initiatives Promoting OSI in Japan", op. cit.
3. General Motors, "Manufacturing Automation Protocol Version 2.2", GM Technical Center, Aug. 1986.
4. Control Engineering, "Special Edition: Manufacturing Automation Protocol", Oct 1986.