

Mini-MAP 네트워크의 구현 및 응용에 관한 연구

권옥현*, 김덕우*, 정법진*, 안상철*, 박정우*, 김민집*, 김용호*, 박홍성**, 박승출**, 강중용***,

* 서울대학교 제어계측공학과 ** 삼성전자 *** (주) 컨인시스템

A Study on the Implementation and Applications of Mini-MAP Network

W.H Kwon, D.W Kim, B.J Chung, S.C Ahn, J.W Park, M.J Kim, Y.H Kim, H.S Park, S.C Park, J.Y Kang,

* Dept. of Control and Instrumentation Engr.
Seoul National University

** Samsung Electronics

*** Con-in Systems

ABSTRACT

In this paper, the Mini-MAP network interface units are implemented for the IBM PC, general purpose, PLC, and robot respectively. The token bus controller, MC68824 is used to realize the IEEE 802.4. A protocol for the message exchanges between some automated devices called MMS is implemented where 76 services of total 86 MMS services are included.

1. 서론

1980년도에 들어서면서부터, GM을 중심으로 시작된 공장자동화용 네트워크인 MAP(Manufacturing Automation Protocol)은 최근 들어서 실용화 단계로 접어들기 시작하였다. MAP은 출발시에 ISO의 OSI 7 architecture에 근거를 두어서 그 표준화가 진행되었으나 실시간 공정이 요구되는 상황에 OSI모형을 그대로 적용할 경우에 시간적인 제약이 수반된다는 사용자측의 요구로 인하여 MAP V2.0에서는 OSI 7계층에서 중간 계층을 생략하여 1,2,7 계층만으로 구성된 Mini-MAP모델이 발표되었다. 현재 유럽과 일본에서 많은 연구가 수행되었으며 특히 일본에서는 자국에서 보유하고 있는 수많은 자동화 기기의 접속을 도모함에 있어서 Full-MAP모델보다는 Mini-MAP모델이

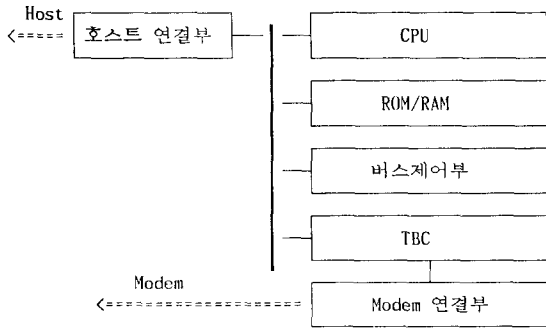
적합하다는 판단하에 1987년도부터 통산성의 지원으로 Mini-MAP의 개발이 진행되어 현재 개발완료단계에 이르고 있다.

국내에서도 그동안 MAP에 대하여 연구가 진행되어 왔으나 전체 시스템 단위로 이루어진 것은 없었고 각 계층에 대한 부분적인 연구가 진행된 실정이다. 본 Mini-MAP의 구현 및 응용을 위한 연구에서는 Mini-MAP 네트워크의 하드웨어로 IBM PC용 인터페이스와, RS-232 /RS-422 port를 가진 자동화설비들을 위한 범용 인터페이스, 로봇용 인터페이스, PLC용 인터페이스를 구현하였다. 소프트웨어로는 ISO 8802 LLC(Logical Link Control), ISO 9506 MMS(Manufacturing Message Specification) 등을 구현하였고 구현된 Mini-MAP 네트워크의 관리를 위한 간단한 관리용 프로그램을 구현하였다.

2. 하드웨어의 구현

기존의 PC용 네트워크는 비교적 간단한 프로토콜에 기반을 두어 있기때문에 네트워크 인터페이스 전용 프로세서가 없이 사용되는 것이 대부분이고 하겠다. 그러나 MAP의 경우에는 상위 계층인 응용 계층의 복잡성과 더불어서 자동화 기기의 대부분이 실시간 처리를 필요하므로 통신에

필요한 프로토콜의 관리는 네트워크 인터페이스가 담당하여 가능한한 연결되는 자동화기기의 부담을 줄여 주도록 하기 위하여 본 연구에서는 CPU를 갖고 독립적으로 동작하는 형태로 Mini-MAP 인터페이스를 구현하였다.



(그림 1) Mini MAP 인터페이스 블록 다이어그램

모뎀은 상용모뎀을 구입하여 사용하였으며 모뎀 연결부만을 구현하였다. 디지털화로 부분은 다시 다음과 같이 나누어진다.

- CPU 부
- 시스템 ROM 및 버스 제어부
- TBC (Token Bus Controller) 부
- 호스트시스템 연결부
- 모뎀 연결부

이 때 호스트 시스템 연결부는 IBM PC용 인터페이스의 경우에는 PC버스연결회로가 구현되었고 범용 인터페이스의 경우는 RS-232/422 인터페이스가 구현되었다.

사용된 CPU는 Intel의 80186 CPU이다. 80186 CPU는 내부에 여러가지 주변기기를 내장하고있어 인터페이스의 소형화에 크게도움이된다. 구현된 Mini-MAP 인터페이스의 메모리는 두가지 형태로 구성되는데 관련프로그램을 다운로드해서 사용하는 경우는 512Kbyte 의 DRAM과 256Kbyte의 ROM으로 메모리가 구성되며 관련프로그램을 ROM에 써서 설치하는 경우에는 256Kbyte의 SRAM과 512K의 ROM으로 구성된다.

토큰버스제어부는 Motorola의 MC68824 토큰버스 제어기

(TBC)를 사용하여 구현하였다. IEEE 802.4 프로토콜에 의한 MAC(Medium Access Control)의 구현은 매우복잡하나 TBC의 사용으로 구현이 용이하였다. TBC는 80186 CPU와 메모리를 공유하여 통신을하며 모뎀의 제어와 패킷 버퍼의 사용을 관리한다.

호스트시스템 연결부는 연결되는 호스트의 종류에 따라 다르게 구현하였다. IBM PC용 인터페이스의 경우에는 2Kword의 공유메모리와 2개의 레지스터를 사용하여 구성하였다. 공유메모리의 어드레스는 점퍼를 사용하여 변경할 수 있도록 하였으며 PC AT, XT모두에 사용이 가능하도록 제작되었다. 범용 인터페이스는 RS-232/422 포트를 이용하여 호스트에 연결되도록 하였다. 범용 인터페이스는 기존의 자동화 설비중에서 RS-232 나 RS-422 포트를 지닌 시스템을 위하여 제작된 것으로 통신에 관련된 별도의 프로토콜과 함께 개발되었다. 또한 Robot와 PLC의 경우에는 삼성전자에서 개발한 모델에 접속하도록 하여 하였는데 이때 두 자동화 기기에 시스템 버스에 네트워크 인터페이스가 연결될 수 있도록 버스를 맞추어주어야 한다.

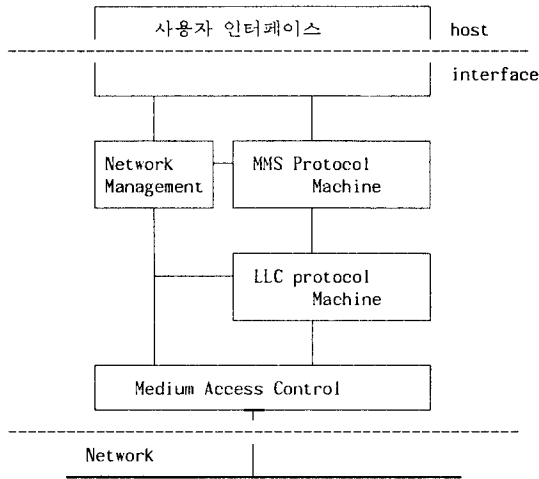
이와같은 하드웨어적인 고려외에도 자동화 기기의 주 프로세스와 네트워크 인터페이스의 프로세스가 서로 다른 경우의 동일한 데이터 구조를 갖고 있다할지라도 이의 처리가 서로 다를 수 있으므로 데이터의 유지를 위한 내부적인 처리가 필요하게 된다.

모뎀연결부는 IEEE 802.4 Draft G에 언급된 표준 모뎀 인터페이스에 의거하여 구성되었으며 사용된 모뎀의 특성상 약간의 수정을 가하여 설계되었다. 사용된 모뎀은 Concord Data System의 5 Mbps Carrierband 모뎀이다.

3. 소프트웨어의 구현

구현된 Mini-MAP 소프트웨어는 크게 IEEE 802.2 LLC 프로토콜을 구현한 부분과 ISO 9506 MMS를 구현한 부분, 사용자 인터페이스 부분, 네트워크 관리를 포함한 기타 시스템관리 부분으로 나누어진다. 이 들중에서 사용자 인터페이스 부분의 소프트웨어는 호스트시스템에 위치하는 부분과 Mini-MAP 인터페이스에 위치하는 부분으로 나누어진다. 구현된 소프트웨어의 전체적인 구조는 다음과

같다.



(그림 2) Mini MAP 인터페이스 소프트웨어 구조

(가). LLC/MAC의 구현

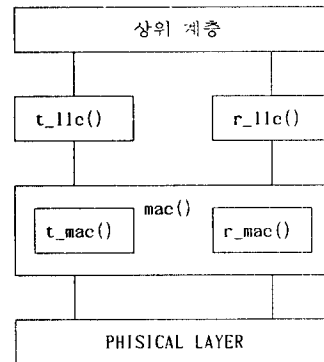
LLC는 IEEE 802.2 standard에 해당 규정이 나와있다. LLC가 상위 layer에 제공하는 service는 크게 세가지 종류로 나뉘는데 이는 Unacknowledged Connectionless Service, Connection Oriented Service, Acknowledged Connectionless Service이다. 이들은 각각 type 1,2,3 operation이라고도 불린다. LLC는 이들 operation의 구현 여부에 따라 class를 나누는데 Mini-MAP에서는 Type 2 operation인 Connection Oriented Service를 사용할 필요가 없으므로 type 1과 3이 가능한 class 3 LLC를 구현하였다. 따라서 data의 전송과 수신에서 LLC 수준의 connection은 사용하지 않고 acknowledge 정도의 신뢰도만을 제공한다.

MAC 계층은 실제로 네트워크의 구조와 성능을 결정짓는 계층으로 LLC 계층과 밀접한 연관을 지닌다. MAC 계층으로는 IEEE 802.4 standard에서 규정하는 Token Passing Bus Access Method를 사용한다. 이 MAC 계층을 구현하는 데는 상당한 어려움이 따르나 Motorola사에서 발표한 MC68824 Token Bus Controller(TBC)를 사용하면 그리 어렵지 않게 구현할 수 있다. 이 68824 TBC는 IEEE 802.4 MAC 기능을 모두 단일 chip으로 구현하여 이 TBC를 운용하는 것이 MAC 구현이 된다. 실제로 TBC를 이용하기 위해서는

TBC에서 필요로 하는 각종 data들을 초기화 시켜주고 data를 보관하거나 넘겨주는 buffer들을 관리하는 작업이 필요하다.

LLC의 구현은 C언어로 구현되었으며 여러 function module로 구성된다. MAC중 LLC와 통신하는 부분은 역시 C언어로, 68824 TBC를 제어하고 buffer를 관리하는 부분은 80186 assembly언어로 구현되었다.

LLC와 MAC의 기능을 구현하기 위해서 이들을 transmit쪽과 receive쪽으로 분리하여 functional module을 만들었다. 이들은 각각 한쪽 방향의 전송만을 담당한다. 이들은 크게 t_llc(), r_llc(), t_mac(), r_mac()인데 예를 들어 t_llc()는 LLC transmitter로 상위 layer에서 내려오는 primitive를 이에 해당하는 PDU로 만들어 MAC로 보내는 역할만을 담당한다. 이들 routine들은 순차적으로 수행되는데 그림 2는 이를 보여준다. 그림에서 화살표는 data의 흐름뿐만 아니라 각 routine이 수행 순서도 나타내고 있다. 개념상 LLC와 MAC는 서로 병행적으로 동작되어야 하는데 실제로는 이렇게 할 수 없으므로 그림 3처럼 순차적으로 수행하되 내부에 state machine을 두어 병행적으로 수행하는 것처럼 흉내내는 방식을 취하고 있다.



(그림 3) LLC_MAC program flow 개념도

각 계층간 data 전송은 FIFO (First In First Out)가 되는 data structure를 만들어 사용하였다. 이 외에도 LLC의 state machine을 위한 data structure와 type 3 operation에 필요한 자료구조도 만들었다. LLC에서는 내부의 state machine과 type 3 operation을 위해 timer를 사용하는데 이는 80186 CPU 내부의 timer interrupt를 사용하였다. LLC type 3 operation에서는 보다 빠른 처리를 요구하는 data를 위해 RWR (Request With Response) service

class를 두고 있는데 이는 68824 TBC가 80186 CPU에 interrupt를 걸도록 하여 처리하도록 구현하였다.

(나). MMS의 구현

MMS 모듈은 MMS PDL의 조합, 해석과 Mini-MAP MMPM (Manufacturing Message Protocol Machine)의 유지 및 관리를 담당하며 실제적으로는 사용자 인터페이스를 통하여 사용자에게 MMS 서비스를 제공한다. Mini MAP 인터페이스는 PLC나 Robot등과 같이 특수화된 장비에 접속하는 경우가 많으므로 인터페이스 내부에 MMS 모듈을 포함시키는 것이 응답시간의 향상, Host의 부하감량등의 의미에서 유리하다. 본 논문에서는 사용자에게 MMS 서비스를 library형태로 사용할 수 있도록 구현하였다.

MMS 모듈은 MMPM의 유지 및 전체적인 MMS 통신을 관리하는 기능을 비롯한 가상채널 관리 기능들과 특정한 MMS 서비스를 처리하기 위한 기능모듈, 사용자가 정의하는 confirm, indication 기능모듈로 이루어진다. 본 논문에서는 ISO DIS 9506에 정의된 86가지 서비스중에서 80가지를 구현하였으며 ASN.1(Abstract Syntax Notation One)의 원활한 사용을 위하여 상품화되어 판매되고있는 ASN.1 tool을 사용하였다.

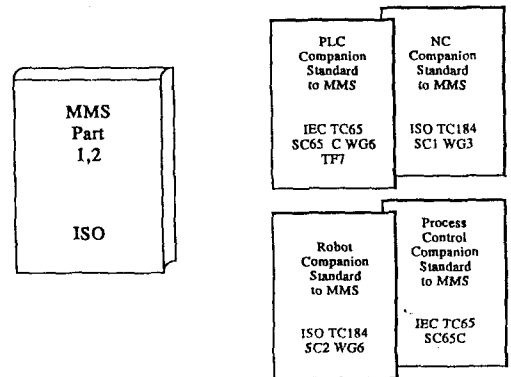
MMPM은 Mini-MAP MMS의 모든 서비스를 관장하는 중요한 부분이다. Full MAP상에서 구현되는 MMS의 경우는 MMPM의 존재가 그리중요하지 않으나 Mini MAP 네트워크의 MMPM은 LLC와 함께 Mini MAP 네트워크상에서 송수신되는 모든 패킷의 처리를 담당하며, 토권을 소유하지 않는 노드와의 통신도 처리해야한다. 또한 간단한 에러의 처리까지도 담당하게되어 그의 동작이 Full MAP의 경우와는 매우다르다. Mini MAP MMPM은 MAP V3.0에 자세한 내용이 기술되어있다. 그러나 MAP V3.0의 상태변이표에 의한 MMPM의 구현은 MMPM의 처리시간이 늦고 복수의 사용자를 서비스하지 못하는 단점이 있다. 때문에 본 논문에서는 MMPM을 3부분으로 나누어 처리시간의 단축과 함께 복수의 사용자를 서비스할 수 있도록 개조하여 구현하였다.

구현된 MMS는 표준 C언어로 이루어졌고 ASN.1 라이브러리는 SISCO사 제품을 사용하였다.

(다) MMS Companion Standard 구현

컴퓨터와 자동화 설비간의 메시지 송수신을 위하여 공통적으로 필요한 기능만을 제공하는 것이 MMS라고 한다면 Companion Standard는 자동화 설비 고유의 특성에 대한 부가적인 사양과 각 자동화 설비에서 필요한 MMS를 여러 Conformance class로 정의되어 있다. 실제 자동화 설비들을 MAP 네트워크로 연결하여 공정 제어를 실현하고자 할 경우에 있어서는 MMS에서 정의하고 있는 총 86가지 서비스를 모두 사용할 필요는 없으며, 이를 모두 구현할 시에는 이들 서비스의 처리 및 VMD(Virtual Manufacturing Device)의 운용이 복잡할 뿐만 아니라 메모리의 낭비가 심하다. 따라서 MMS Companion Standard에서는 MMS 서비스중에서 각각의 자동화 설비에 필요한 기능들을 선정하여 여러 Conformance class로 정의하였다. 이들의 관계는 다음 그림과 같다.

Companion Standards



현재 MMS Companion standard는 Process Computer, PLC, ROBOT, CNC와 같은 대표적인 자동화 설비 4종에 대해서만 정의되어 있으며 앞으로 더 확장될 것으로 보인다. 본 Mini-MAP 구현에 있어서는 PLC, ROBOT의 Companion Standard를 구현하였는데 PLC의 경우 가장 포괄적인 내용을 담고 있는 Conformance Class 5를 모델을 하였으며 ROBOT의 경우에는 Base Conformance class를 기본으로 하여 확정되지 않은 Higher Conformance class중 event class를 추가하였다. 본 연구의 최종 데모에서는 이 모델을 기반으로 하여 PLC의 경우에는 27개의 MMS 서비스와 ROBOT의

경우에는 약 35개의 MMS 서비스를 처리할 수 있도록 하였다. PLC나 ROBOT와 같은 자동화 기기를 MINI-MAP 네트워크에 연결시 주의할 점은 네트워크 서비스로 인한 자동화 설비들의 오동작의 가능성을 방지하여야 하며, Companion standard에서 요구하고 있는 기능들을 지원할 수 있도록 자동화 설비 내부 상태와 동작 상태가 잘 정의되어 있어야 한다. 구현된 Mini-MAP 네트워크의 응답시간은 정상적인 네트워크 부하를 고려하였을때 MMS 비확인 서비스(Unconfirmed Service)의 경우가 평균 22ms로 측정되었다.

(라). 사용자 인터페이스의 구현

사용자 인터페이스는 인터페이스의 종류에 따라 3가지로 구현하였다. 이를 차례대로 살펴보면 다음과 같다.

IBM-PC 인터페이스에서 UI(User Interface)의 역할은 LLC계층과 MMS계층의 연결을 구현하는 것이다. 두계층사이에 블럭을 교환하는 데는 2가지의 자원을 이용한다. IBM-PC에 접속하는 MAP하드웨어에는 4K byte크기의 공유메모리와 2개의 제어 레지스터가 있다. LLC와 MMS 두계층사이의 통신을 담당하는 프로토콜은 두개의 제어 레지스터를 통해 공유 메모리의 상태 및 상대 계층의 요구를 인식할 수 있다. 제어 레지스터는 쓰기 전용(Write-only)의 레지스터와 읽기 전용(Read-only)의 레지스터로 나뉘는데, 자신의 상태(Status)는 쓰기 전용의 레지스터에 나타내고, 읽기 전용의 레지스터에서는 상대방 계층의 상태를 알아낼 수 있다. UI 모듈은 공유메모리를 통해 계층간의 정보를 교환하는 역할을 하므로 IBM-PC와 MAP인터페이스에 대칭적인 형태로 존재한다. 공유 메모리를 통해 전해지는 정보는 Control block이라고 하는 자료구조와 실제 파라미터들로 이루어진다.

범용 인터페이스에는 Mini-MAP의 제1,2,7계층이 모두 포함되므로, UI(User Interface)의 역할은 제7계층인 MMS와 범용 인터페이스를 접속하는 응용 프로그램사이의 연결을 구현하는 것이다. 범용 인터페이스와 이를 접속하는 호스트 컴퓨터와의 정보교환에 사용하는 하드웨어적인 자원으로써는 RS232C와 RS422가 준비되어 있다. 호스트

컴퓨터의 응용 프로그램에서는 MMS의 기능들을 호출(Call)하므로 UI는 투과성을 보장하기 위해 RPC(Remote Procedure Calling)의 개념을 사용한다. 즉, 응용 프로그램에서 MMS의 서비스를 호출하면 먼저 호스트 컴퓨터의 UI가 불러지고 여기서 전달받은 인자(argument)들과 필요한 데이터 블럭들을 정렬(Marshalling)하여 RS232C를 통해 범용 인터페이스에 넘겨진다. 범용 인터페이스의 UI는 전달받은 형식 인자들과 데이터 블럭에 대한 재정렬을 한다. MMS의 데이터 블럭에 정의되는 자료구조들은 주소지정 포인터들을 많이 포함하므로 범용 인터페이스에 맞는 포인터로 지정하는 재정렬이 반드시 필요하게 된다. MMS의 서비스의 수행결과는 응답 메시지의 형태로 호스트 컴퓨터에 전달됨으로써 RPC를 완성하게 된다.

로봇과 PLC 인터페이스에서는 Mini-MAP의 전계층이 모두 포함되므로, UI의 역할은 MMS와 그 응용 프로그램과의 연결을 구현하는 것이다. 범용 인터페이스와 다른 점은, RPC를 구현하는 하드웨어적인 자원으로써 공유 메모리와 제어 레지스터를 사용한다는 점이다. 따라서 IBM-PC에서와 같은 인터페이스 프로토콜을 사용하여 RPC를 구현한다.

4.결론

본 논문은 Mini-MAP 네트워크의 구현에 관한 것이다. 설계된 하드웨어는 Full-MAP를 위하여 사용되도 큰 문제는 없을 것으로 보이나, Full-MAP에서는 7계층이 존재하기 때문에 계층간의 데이터 전송 및 메모리 관리등을 위한 실시간 I/O가 필요하므로 현재 사용하고 있는 i186 CPU 대신 보다 성능이 향상되고 I/O 지원 능력이 뛰어난 i268 또는 i386 CPU가 바람직하리라 본다. 그러나 Shared RAM을 이용한 통신방식은 Full-MAP이라 하더라도 그 크기가 4K byte에 달하기때문에 충분할 것으로 생각된다.

System S/W는 LLC class 3, MMS 서비스중 67가지, ORSE, PLC, Robot용 companion standard등이 구현되었으며 MMS의 사용에 대하여는 demonstration program을 작성하여 사용에 도움을 줄수 있도록 하였다. MAP의 목적이 서로

다른 이종 기기간의 공통된 접속 방식을 실현함에 있다고 할 때, 이를 실제로 실현시킴에 있어서는 같은 프로토콜을 구현하였다 할지라도 구현상의 미묘한 차이점으로 인하여 원활한 접속이 이루어지지 못하는 경우가 생길 수 있게 된다. 이와 같은 이유로 구현된 protocol의 적합성 실험이 반드시 이루어져야 하는데 본 연구에서는 아직은 완전한 적합성 실험을 받지 못하였으며 추후에 시행되어야 할 문제로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Standard 802.2, Mar. 19, 1985
- [2] IEEE Standard 802.4, Mar. 19, 1985
- [3] Motorola, MC 68824 Token Bus Controller User's Manual, 1987.
- [4] Concord Comm., S-1200 PC Bus Controller Programmer's Reference Manual, 1987. 10.
- [5] Concord Comm., S-1200 Carrierband Modem Product Description. 1987.
- [6] Intel, Microcommunications Handbook, 1987
- [7] INI, MM-400 Programming Reference Manual, Jan. 1986.
- [8] IBM, Technical Reference PC-AT, 1986.
- [9] MAP Task Force, MAP V3.0 General Motors, 1988. 8.
- [10] Manufacturing Message Specification ISO/DIS 9506 part 1, part 2
- [11] MMS-EASE User's Manual, SISCO 1988.7
- [12] ISO/IEC JTC/SC6/N4960 "Standard for Local Area Network: Logical Link Control- Type 3 Operation, Acknowledged Connectionless Service", 1988.6