

## NC Companion Standard의 구현방안

◦ 김 정훈, 채 영도, 강 영일

한국전자통신연구소, 자동화기술연구부

### An Implementation Method of NC Companion Standard to MMS

Cheong Hoon Kim, Young Do Chae, Young Il Kang

Automation Technologies Department

Electronics & Telecommunications Research Institute

#### Abstract

NC machine is an expensive and valuable asset to a manufacturing enterprise. Consequently, a great deal of work has been done to maximize the productivity of this equipment. A major goal of all of these efforts is to achieve connection of this machine to computers, integrating them into factory information system so that they can not only be driven, but can be managed as well. This paper describes an approach to implement NC companion standard(NC-CS) to MMS.

#### I. 서 론

전통적으로 NC (Numerical Control) 머신에서의 금속 절삭 공정에 있어서의 통신 시스템의 사용은 크게 2가지 목적으로 이용된다. 즉, 머신물에 NC프로그램의 다운로드와 공정 데이터 및 상태정보를 읽고, 보고하는 것이다.

이들 외에도 많은 기능들이 자동화 공장내의 통신 시스템에서 요구되며, 이러한 개발에서의 첫번째 단계가 MMS (Manufacturing Message Specification)를 이용하여 NC 머신과 원격 오퍼레이터간의 인터페이스를 설계하는 것이다.

cell내의 스테이션과 컨트롤러 사이의 논리적인 정보를 정의하고 벤더들 각각의 특정 프로토콜과 요구되는 메시지 서비스들을 정의하는 시스템 통합과정에서의 많은 MMS의 구현상 제한 사항이 나타난다. 이들을 대략 요약하면 첫째, MMS가 지원하지 않는 메시지(예로서 NC 머신에서 파트, 팔레트, 툴의 로딩과 언로딩)의 처리 문제와, 둘째로 MMS의 대부분이 일반적인 통신기능 부분만을 언급함으로써 시스템 구축시 많은 경험과 기술을 요구하며, 셋째 추상적인 메시지들과 특정 디바이스를 고려하지 않는 표준규격을 정의함으로써 구현자들로 하여금 자신들의 고유한 메시지 규격을 정의하도록 하는 결과를 낳고 있다.

이러한 문제는 NC-CS를 적용하여 구현함으로써 해결이 가능하다. 즉, NC 머신의 콘솔에서 수행되는 프로그램의 로드, 머신의 조작모드 설정, 상태정보의 확인, 프로그램 운전의 시작과 종료 기능등이 네트워크를 통하여 이루어진다.

본고에서는 대부분의 NC 밀링 머신에 적용가능한 추상모델을 대상으로, NC-CS의 구현 방안을 MMS의 VMD (Virtual Machine Device)와 NC 요소들의 맵핑을 중심으로 기술한다.

#### II. MMS

국제규격 (ISO / IEC 9506)으로 자리를 잡은 MMS는 제어 어플리케이션에 대한 통신환경을 구성하고 있는 핵심규격으로 일반적인 제조용 메시지의 구분과 의미들을 정의함으로써 통신망에 접속되어 있는 각종 PD들의 효율적인 정보교환을 가능케 하며, 공장 환경에서 사용되는 모든 메시지 요구를 만족하는 통신 프로토콜이다.

MMS는 특정 분야에 관한 구체적인 서비스 정보를 규정하지 않고 있으나, 특정 어플리케이션에 관한 정보를 제공하기 위해 파라메타들을 옵션으로 두고 있으며, 이들의 상세한 내용은 MMS의 CS에서 정의하고 있다.

CS는 특정 응용분야에 가장 밀접하게 관련된 표준화 기관에 의해서 각각 제공되며 그 내용은 다음과 같다.

- Robot : ISO / IEC 9506-3 : RIA
- NC : ISO / IEC 9506-4 : EIA
- PLC : ISO / IEC 9506-5 : NEMA
- PC : ISO / IEC 9506-6 : ISA

#### III. NC-CS

NC-CS는 MMS에 대한 NC의 세멘틱스를 정의하고 있으며, NC 디바이스를 MMS의 서비스 및 프로토콜을 채용한 통신 시스템에 접속할때 사용되어야 하는 국제 규격으로 다음의 내용을 포함하고 있다.

- 규격화를 위해서 제안된 응용분야는 그 응용분야에 특화된 모델생성을 통해 기능적인 항목들을 기술한다.
- 특화모델의 요소들은 MMS 추상 오브젝트에 맵핑하고 MMS 추상 오브젝트에 필요한 extension들을 기술한다.
- 응용분야에 필요한 기능을 제공할 MMS 추상 서비스들의 구분과 의미들의 extension을 기술한다.

#### IV. NC-CS 의 구현

##### 1. 어플리케이션의 표현

NC 시스템은 워크스테이션으로 정의되며, 통신 채널을 통해 다른 스테이션과 결합된다. 여기서 NC 머신은 축(Axis), 툴(Tool), 스피들(Spindle), 툴매거진(Toolmagazine), 파트(Part)와 이들을 제어하는 사용자 프로그램(User Program)으로 구성되며, 이러한 주요 부분으로 구성된 NC 머신은 Stand-alone으로 동작된다. 이러한 머신이 FMC (Flexible Manufacturing Cell)에 결합되기 위해서는 네트워크내의 호스트 시스템, 화일 store, 다른 참여기들 간에 요구되는 머신에 이송된 파트, 툴교환 데이터, 팔레트(Pallet), 픽스처(Fixture), 파트의 옵션 및 이들의 위치(머신의 작업영역 또는 이송 스테이션)정보가 추가로 요구된다.

###### 1) 스피들

파트 또는 툴을 구동하는 장치로서 스피들 속도 제한(Spindle Speed Limit) 또는 스피들 속도 해제(Spindle Speed Override)에 관한 정보가 호스트 시스템에서 요구된다.

###### 2) 툴 매거진, 툴, 에지(Edge)

툴은 대개 하나 이상의 에지로 구성된다. 파트 프로그램에서는 툴옵션 또는 에지 옵션과 같은 툴과 툴 에지의 기하학적인 데이터를 요구하며, 파트 프로그램과 툴관리 프로그램에서는 툴의 위치와 그 툴이 위치하는 곳의 툴매거진과 툴포켓(Tool pocket)에 관한 정보를 필요로 한다. 툴과 툴 에지, 툴 매거진과 툴 포켓 사이의 관계는 MMS object 에 맵핑할 때 고려할 필요가 있다.

###### 3) Parking location, Partition

팔레트, 파트 등의 위치는 이동될 수 있으며, 이들의 위치를 Parking location으로 정의한다.

###### 4) 팔레트, 픽스처, 파트

자동화된 제조과정에서는 제조수단들의 위치가 정밀하게 표현되어야 하며, Parking location, Partition, 팔레트, 픽스처, 파트에 대한 옵션 데이터들이 NC에서 사용 가능해야 한다.

##### 2. 어플리케이션의 모델

NC 어플리케이션 영역의 요소를 통신관점에서 표현하는 것으로서 기본 통신환경 모델, 통신상태 모델, NC동작 모델이 있다.

1) 기본 통신환경 모델 : 하나의 NC와 하나 이상의 감시/제어 시스템 간의 관계를 규정하는 모델

2) 통신상태 모델 : NC의 전반적인 상태를 나타내는 기본 상태와 오퍼레이터 패널의 로컬 유지와 감시/제어 시스템의 리모트 유저중 NC 제어권을 누가 가지고 있는가를

나타내는 오퍼레이션 모드(로컬/리모트 제어)가 있다.

3) NC동작 모델 : NC 시스템의 동작은 디바이스 상태모델과 제어상태모델로서 표현된다.

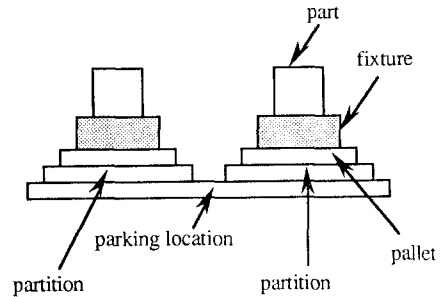


그림 1. Parking location, Partition, Pallet, Fixture, Part

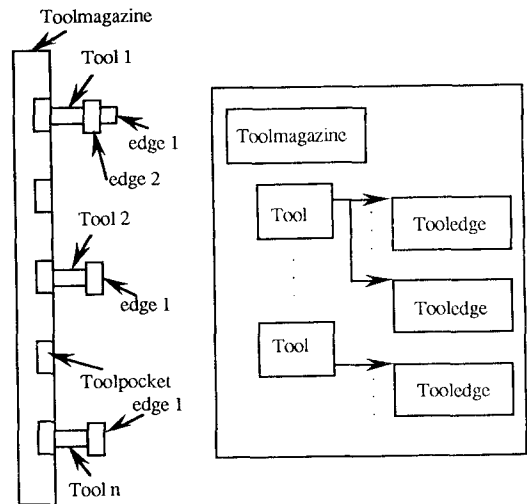


그림 2. Toolmagazine, Tools, Edges

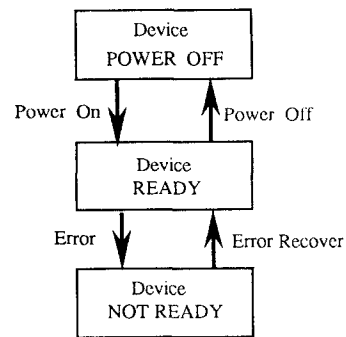


그림 3. NC Device State Model

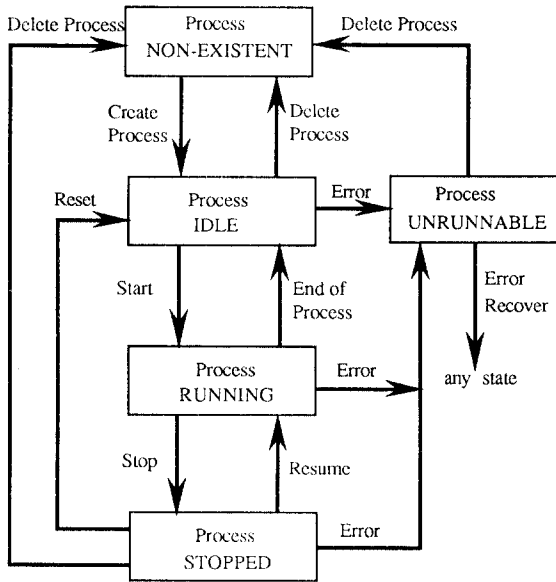


그림 4. NC Controlling Process State Model

4) 경보 처리 (Alarm Processing)

제조환경에서 주어진 작업을 수행하기 위해서 CLASS-2NC는 등록된 NC-CS 사용자에게 미리 정해진 경보의 발생과 해제를 경보 메시지를 통해 자발적으로 알리는 기능과 사용자의 요구에 따라 현재의 모든 경보 상태를 summary하는 기능이 요구된다.

경보의 상태는 경보 번호와 결합 되어지고, 경보의 강도를 나타내는 severity code와 발생장소를 나타내는 unit code를 포함하여 메시지에 실린다.

5) 스위칭 (Switching)

NC-CS 사용자의 스위칭 오퍼레이션 (머신 디바이스나 보조 디바이스의 전원 스위치의 개폐)을 리모트에서 수행할 수 있도록 간단한 스위칭 모델이 제공된다.

3. 어플리케이션의 기능

NC 시스템은 오퍼레이터의 제어하에 있으며 로컬 제어 모드로만 동작하는 CLASS 1 (Attended NC)과 감시/제어 컴퓨터의 제어하에 있는 CLASS 2 (Unattended NC)의 두가지 어플리케이션 클래스로 구분된다

CLASS 1 에서는 네트워크 데이터(제어 데이터, 톨링 데이터 포함) 전송으로서 오직 다운로드만이 가능하며, NC 시스템의 리모트 명령과 제어가 불가능하여 네트워크 관점에서 보면 로컬 제어하에 놓여진다. 또한 수행 제어 프로세스는 로컬 오퍼레이터의 임무로 주어진다.

CLASS 2 에서는 CLASS 1의 기능을 포함하여, 데이터의 업로드, 제어 프로세스 수행(제어 프로세스의 시작 및 종료)의 리모트 제어, 머신의 프로그램과 옵션의 전송을 위한 서비스 제공, 표준장비와 보조장비 상태의 네트워크 요구에 응답, 상태변화에 따른 보고와 alarm 메시지 및 지정된 변수에 관한 사항에 대해 네트워크 요구에 응답하는 기능을 갖는다.

두 class에서 정의된 NC 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 데이터 전송의 요구 (머신 프로그램, 톨링 데이터, 측정 데이터)
- 경보 처리 (상태변이, 고장발생, 상태변화)
- NC 정보 (머신상태, 장비 감시, 인터록, 해제)
- 기능인식 (네트워크이 요구하고 제공하는 기능)
- 프로세스 관리( 상태전환, 머신 프로그램의 활성화)
- 오퍼레이터와 상호작용 (프로그램 요청, 스케줄링, 에러 보고)
- 스위칭 기능

4. 어플리케이션의 Context 맵핑

MMS서비스의 구현은 실제 제조장비의 기능을 VMD 모델에 맵핑 함으로서 이루어 진다. VMD는 MMS 서버의 어플리케이션 프로세스(AP)내에 존재하며, 실제의 제조장비와 결합된 일련의 자원과 기능들이 제어, 감시가 가능하도록 하는 정보 처리부분을 구성한다. AP는 하나 이상의 VMD를 가지며, VMD를 갖지 못하면 MMS 서버로서 동작 할 수 없다.

1) VMD 오브젝트에 어플리케이션 모델의 맵핑

NC 시스템 모델을 MMS에서 정의된 VMD의 추상 모델에 관련지우는 것으로서, 여러종류의 모든NC 시스템을 고려할 수는 없고, 단지 대부분의 NC에 적용 가능한 추상모델을 실제 시스템의 요소와 결합하기 위한 지침으로 제공한다.

The VMD Object Model

- Object : VMD
- Key Attribute : Executive Function
- Attribute : Vendor Name
- Attribute : Model Name
- Attribute : Revision
- Attribute : List of Abstract Syntaxes Supported
- Attribute : Logical Status (STATE-CHANGES-ALLOWED, NO-STATE-CHANGES-ALLOWED, LIMITED-SERVICES-PERMITTED, SUPPORT-SERVICES-ALLOWED)
- Attribute : List of Capabilities
- Attribute : Physical Status (OPERATIONAL, PARTIALLY-OPERATIONAL, INOPERABLE, NEEDS-COMMISSIONING)
- Attribute : List of Program Invocations
- Attribute : List of Domains
- Attribute : List of Transaction Objects
- Attribute : List of Upload State Machines(ULSM)
- Attribute : List of Other VMD-specific Objects
- Attribute : Additional Detail

다음은 NC 시스템의 요소들과 MMS의 VMD, Domain, Program Invocation, Variable들간의 관계를 나타낸다.

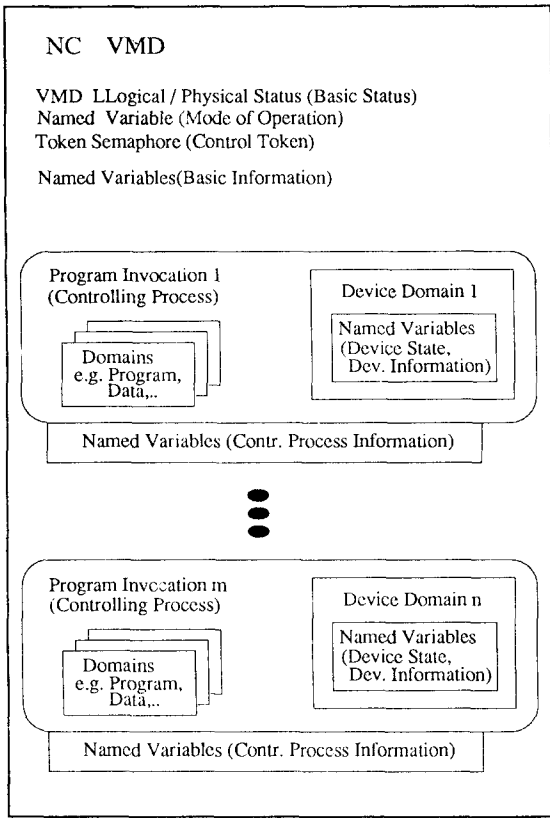


그림 5. NC VMD Model

2) Domain에 맵핑된 어플리케이션 오브젝트

Domain은 MMS에 의해서 또는 로컬의 수단에 의해서 시스템에 생성되거나 제거 될 수 있다.

즉, 다운로드 프로세스의 시작과정에서 생성될수 있으며, 프로그램 invocation 수단의 부분으로서 또는 다른 로컬 수단에 의해서 생성이 가능하다. 또한 MMS context의 설치에 앞서 시스템에 미리 정의할 수도 있다

VMD의 논리(logical)상태와 물리(physical)상태

Basic 상태	VMD Logical Status	VMD Physical Status
Normal Production	State Changes Allowed	Operable
Emergency Stop	Support Services Allowed	Needs Commissioning
Safety Interlocks Violated	Support Services Allowed	Needs Commissioning
Hardware Failure	any	Inoperable

- 데이터 Domain  
프로그램 invocation에 참여할 수 없는 것들로서 domain에 맵핑되는 오브젝트는 다음과 같다.

The Domain Object Model

Object : Domain  
Key Attribute : Domain Name  
Attribute : List of Capabilities  
Attribute : State (LOADING, COMPLETE, INCOMPLETE, READY, IN-USE, D1,D2, D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9)  
Constraint : State = (LOADING, COMPLETE, INCOMPLETE, D1,D2,D3,D9)  
Attribute : Assigned Application Association  
Attribute : MMS Deletable(TRUE, FALSE)  
Attribute : Sharable(TRUE,FALSE)  
Attribute : Domain Content  
Attribute : List of Subordinate Objects  
Attribute : List of Program Invocation References  
Constraint : State = (IN-USE, READY, D4,D5,D6,D7,D8)  
Attribute : Upload in Progress  
Attribute : Additional Detail

1) Toolmatrix Data Object

Toolmatrix는 머신의 툴 매거진, 툴, 툴 에지에 관한 정보를 갖는 MMS-domain 이다.

2) Pallet Data Object

팔레트에 의해 이송된 제조 수단에 대한 data 를 포함하는 오브젝트이다.

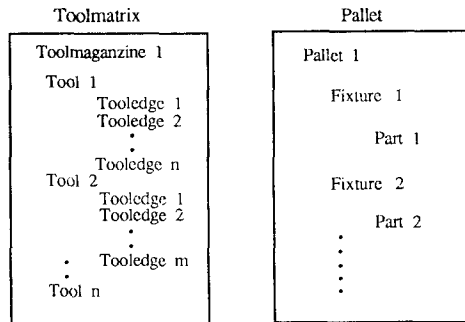


그림 6. Toolmatrix Data object and Pallet Data Object

- 디바이스 Domain

Object : Domain  
Key Attribute : Domain Name = "N\_DEV\_..."  
Attribute : List of Capabilities  
Attribute : State  
Attribute : MMS Deletable = FALSE  
Attribute : Sharable  
Attribute : Domain Content  
Attribute : List of Subordinate Objects  
Attribute : List of Program Invocation References  
Attribute : Upload in Progress

- 프로그램 Domain

Object : Domain  
Key Attribute : Domain Name = "N\_PRG\_..."  
Attribute : List of Capabilities  
Attribute : State  
Attribute : MMS Deletable  
Attribute : Sharable  
Attribute : Domain Content  
Attribute : List of Subordinate Objects  
Attribute : List of Program Invocation References  
Attribute : Upload in Progress

. Setup 데이터  
: Key Attribute : Domain Name = "N\_SET\_..."  
. 통계 데이터  
: Key Attribute : Domain Name = "N\_SPD\_..."  
. 측정 데이터 테이블  
: Key Attribute : Domain Name = "N\_PRB\_..."  
. 진단 데이터  
: Key Attribute : Domain Name = "N\_DGN\_..."  
. 픽스처(fixture) 데이터 테이블  
: Key Attribute : Domain Name = "N\_FXD\_..."

- 보정(calibration) domain  
Object : Domain  
Key Attribute : Domain Name = "N\_CAL\_..."  
Attribute : List of Capabilities  
Attribute : State  
Attribute : MMS Deletable = FALSE  
Attribute : Sharable  
Attribute : Domain Content  
Attribute : List of Subordinate Objects  
Attribute : List of Program Invocation References  
Attribute : Upload in Progress

### 3) 프로그램 invocation에 맵핑된 어플리케이션 오브젝트

프로그램 invocation은 멀티 타스킹 환경에서 수행을 위한 원인에 해당하는 등적 요소로서 MMS 서비스나 로컬 수행으로 생성되거나 미리 정의된다. 또한 이들은 수행에 필요한 제어정보와 함께 domain에 구성된다.

#### The Program Invocation Object Model

Object : Program Invocation  
Key Attribute : Program Invocation Name  
Attribute : State(IDLE, STARTING, RUNNING, STOPPING, STOPPED, RESUMING, RESETTING, UNRUNNABLE)  
Attribute : List of Domain References  
Attribute : MMS Deletable(TRUE,FALSE)  
Attribute : Reusable(TRUE,FALSE)  
Attribute : Monitor(TRUE,FALSE)  
Constraint : Monitor = TRUE  
Attribute : Event Condition Reference  
Attribute : Event Action Reference  
Attribute : Event Enrollment Reference  
Attribute : Execution Argument  
Attribute : Additional Detail

NC 머신에서는 로컬과 리모트 오퍼레이터들에 대한 커멘트를 동시에 수용할 수 없으므로 이를 막기 위한 인터록이 요구된다. 이 인터록을 Semaphore라 하며, 이 기능을 수행할 오퍼레이터 하드웨어가 추가로 필요하다. 또한 네트워크내에 Semaphore의 제어가 제공되어야 함은 물론이다.

로컬로 부터 리모트로의 스위치전환을 통해 Semaphore의 제어가 해제 되었음을 표시등으로 알려야 하며, 제어권을 갖기 위해서 토글 스위치는 로컬위치로 옮겨져야 한다. 이러한 시스템을 만족하기 위해서는 다음 3가지 상태가 요구된다.

- 머신의 로컬제어 상태
- 리모트 컴퓨터에 의해 제어되는 상태
- 머신을 제어하지 않는 상태

### 4) Named Variable 오브젝트에 맵핑된 어플리케이션 오브젝트

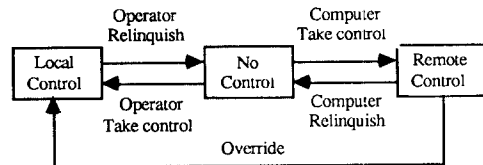
- Spindle Speed Limit Object
- Spindle Speed Override Object
- Tool magazine Object  
이 object는 머신 capability (특히 Tool holding mechanism의 특성)를 정의 하는데 사용된다.
- Tool Object
- Tool Edge Object
- Parking Location Object  
Pallet stand, 머신table storage rack, Warehouse, Transporter들을 정의하기 위해 사용되는 object
- Partition Object  
Parking location을 세분하는 수단을 제공하는 object
- Pallet Object  
Part, Tool, 다른 object 의 container를 제공하기 위한 object
- Fixture Object
- Part Object

### 5) 기타 MMS object에 맵핑된 어플리케이션 오브젝트

- o NC named variable
  - 디바이스 상태
  - Basic 정보
  - 디바이스 정보
  - 제어 처리 정보
  - 경보 object
- o NC named variable list
  - Basic 정보 리스트
  - 디바이스 정보 리스트
  - 제어 정보 처리 리스트

### 6) 이벤트 object 에 맵핑된 어플리케이션 오브젝트

- 경보 이벤트 조건 오브젝트
- 경보 이벤트 등록 오브젝트



머신의 제어권이 직접 로컬 오퍼레이터로 옮겨지고 머신의 동작이 멈추는 경우가 있는데, 잘 알려진 예가 비상정지 버튼의 작동이다.

리모트와 로컬제어 사이의 변환으로 override라 불리는 또 다른 방법이 있다. 이는 리모트 오퍼레이터로 부터 요구될 경우가 결코 없을 것이다

## V. 결 론

NC 머신을 MMS의 추상모델에 맵핑하므로써 일반적인 머신들 오퍼레이션에 어떻게 MMS 서비스가 적용 될 수 있는가를 보였으며, 네트워크를 통하여 NC 머신과 오퍼레이터간의 인터페이스 구현을 위한 설계방향을 제시하였다.

장차 이를 바탕으로 NC 머신구조에 중점을 둔 NC-CS 구현이 기대되며, 고급 네트워크 기술 개발과 병행하여 현재의 초안단계에 있는 PLC와 로봇트를 포함한 컴패니언 스탠더드 (Companion Standard)의 기초연구가 지속되어야 할 것으로 생각 된다.

## 참고문헌

- [1] Manufacturing Automation Protocol, Version 3.0, General Motors, Aug.1988.
- [2] ISO 9506-1, "Manufacturing Message Specification, Part 1: Service Specificatoin", Feb. 1990
- [3] ISO 9506-2, "Manufacturing Message Specification, Part 2: Protocol Specificatoin", Feb. 1990
- [4] ISO TC 184 SC5 WG2 N201, "Manufacturing Message Specification - Part 4: Numerical Control Semantics for the Manufacturing Semantics for MMS Service and Protocol Standard", Feb. 1990.
- [5] Yoram Koren, "Computer Control of Manufacturing Systems", McGraw-Hill International Book Company, 1983
- [6] Stanley G. Froyd, "Connecting NC Machines to MAP", ACC Industrial Controls Co., 1987.
- [7] Martine Schummer, "CNC/DNC Communication with MAP" Technical University of Aachen, 1988
- [8] J. R. Lurtz, "An NC Machine Aplication Using MAP", IECON'85, 1985.