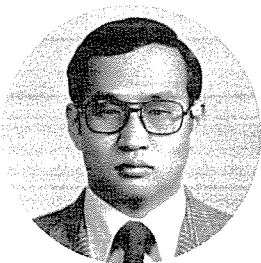


# 다가올 工場自動化 時代

## - 그 意味와 展望



李宗元

〈한국과학기술원 CAD/CAM 연구실장〉

미국 국립과학기술원과 의학연구소는 과학기술 및 대민위원회를 통하여 1985년도에 미국이 힘써야할 연구분야로서 5 가지 분야를 선정하여 미국 대통령과학담당보좌관과 국립과학재단에 보냈다.

이들은 보고서에서 미국의 미래산업이 설계와 생산의 자동화에 관한 연구개발에 전적으로 의존할것으로 보고, 설계의 개념창출에서부터 설계해석, 생산계획, 가공, 검사, 출하등 전과정을 자동화하는 연구에 미국이 대대적으로 투자할 것을 추천하였다.

한편 미국 뉴욕주 스키텍터디시에 있는 GENERAL ELECTRIC사는 앞으로의 생산체제의 변화에 대처하기 위하여 1981년부터 1991년까지 10개년계획으로 전공장을 완전자동화하기 위한 야심적인 계획을 펴나가고 있다.

발전용 스팀터어빈과 발전기를 만드는 이 공장은 전세계에 널려있는 약4,000대의 터어빈·제네레이터의 보수유지에 필요한 부품의 생산시간과 인력을 약30% 감소하기 위하여 10개년동안 5천만불을 투입할 예정이다. 또 이 계획이 끝나는 시점에서는 시장정보에서 출하까지 전과정을 단일 데이터베이스로서 처리하며 180명의 인원으로 연간 35만개의 부품을 설계, 생산, 관리할 예정이다.

이와같은 일련의 움직임은 2000년대에 닥쳐올 생산시스템의 변혁에 대처하기위한 미국정부와 기업들의 노력이라 볼수있다.

### ◇자동화의 역사적 발전

1775년 영국의 J. Wilkinson에 의한 최초의 공작기계의개발을 계기로 기계의 효율적인 생산에 관한관심이 지속되었으며 이에 대한 요구는 자동생산기계와 자동생산시스템을 창출하였다.

자동화(AUTOMATION)에 관한 용어는 1946년 미국의 경영콘설턴트 J. Diebold와 당시 포드자동차 부사장으로 있던 D. S. Harder에 의하여 각각 처음 쓰이기 시작하였다. 처음에 정의된 개념은 “자동조작에 의하여 물건을 자동적으로 만드는 과정”(Diebold) 또는 “생산공정에서 사람손을 거치지 않고 기계에서 기계로 가공물을 자동으로 이송하는것”(Harder) 이었으며 이를 토대로 자동화의 장을 연 TRANSFER LINE을 이용한 DETROIT식 자동화가 시작되었다. 그후 자동화의 개념은 기술발달에 따라 그 의미가 변천되어 왔다. 다음은 시대적 자동화 개념을 살펴본 것이다.

### ◎ 고정형 자동화

TRANSFER AUTOMATION은 자동화의 가장 간단한 형태로 단일제품을 대량생산할때 전형적으로 쓰이는 시스템이다. 1924년 영국의 MORRIS 자동차회사에서 자동차엔진볼트의 조립을 위하여 창안된 이 시스템은 이차대전후 본격적으로 발달하여 1950년 중반에 이르러 절정에

달하였다.

일련의 단순한 전용공작기계를 자동이송장치에 연결시켜 생산성을 높이는 이 시스템은 단일 제품을 대량생산할 경우는 생산성이 높아 현재도 사용되고 있으나 생산대상의 변경에 대처하지 못하는 유연성이 결여된것이 결점이다.

◎ 프로그램형 자동화

자동화의 다음 단계로서 가공자의 지시에 의하여 다양한 형상의 가공물을 자동생산하는 수치제어 공작기계가 등장하였다. 수치제어(NUMERICAL CONTROL)에 의한 기계자동화는 산업혁명이전 이미 사용되기 시작하였으나 급격한 발달을 이룬것은 1952년 미국 MIT대학 J. Parsons교수에 의한 3 차원 NC밀링머신의 개발이 효시로 되어있다. 수치제어기계는 기계의 운전, 가공경로, 가공조건등을 수치정보로 기계에 지령함으로써 다양한 제품을 자동생산 할 수 있게 하며 고정형 자동화와는 달리 다중소량생산의 자동화 가능성을 높였다.

소프트웨어에 의하여 기계기능의 다양화를 이룩한 수치제어 공작기계는 그후 컴퓨터와 CAD 기술개발에 따라 1958년 MACHINING CENTER, 1959년 산업용로봇, 1967년 직접수치제어, (Direct Numerical Control) 공작기계 출현에 뒤이어 1971년에는 자체 컴퓨터를 보유한 컴퓨터 수치제어 (Computer Numerical Control) 공작기계로 발달하였다.

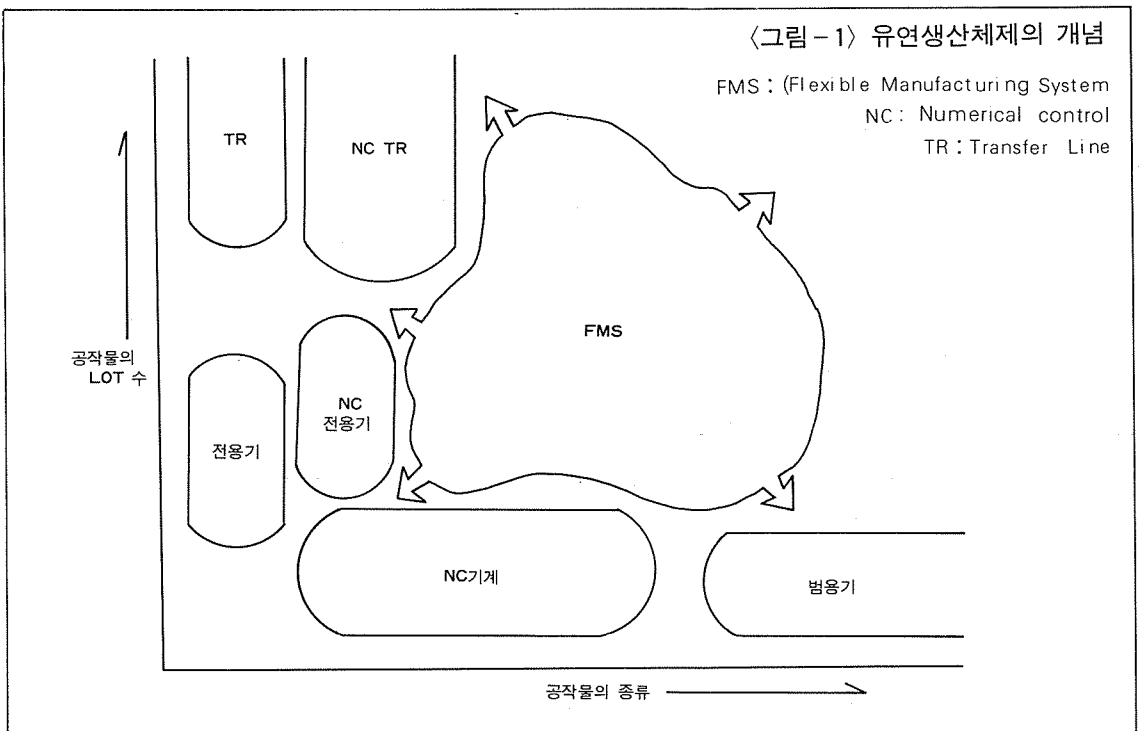
◎ 유연형 자동화

고정형 자동화가 단종 대량생산을 위한 것이라면 프로그램형 자동화는 생산공장내의 소량의 개별작업에 관한 자동화라고 볼수있다. 사회와 기술발전에 따라 시장환경은 점진적으로 소비자의 다양한 요구를 맞추기 위하여 소량다품종생산체제를 요구하며 이를 충족시키기 위하여 개발된 자동화가 유연자동화 (Flexible Automation)이다 <그림-1>.

유연성, 융통성, 순응성, 적응성등의 의미를 가진 FLEXIBLE AUTOMATION은 소프트웨

<그림-1> 유연생산체제의 개념

FMS : (Flexible Manufacturing System)  
 NC : Numerical control  
 TR : Transfer Line



어에 의하여 기능의 변화가 가능한 수치제어 공작기계, 자동공구교환을 통하여 동시 복합가공이 가능한 MACHINING CENTER, 공작물을 가공기계사이에 자동이송시켜주는 무인운송차 (UNMANNED VEHICLE) 를 대형컴퓨터에서 감시, 제어토록 이루어졌다.

유연생산체제의 초기형태는 1961년 미국 웨스팅 하우스의 탄소저항기 생산라인에서 비롯되어 1967년 영국 MOLINS 사의 SYSTEM24, 1968년 미국의 SUNDSTRAND 사의 자동화시스템을 거쳐 1980년 일본 FANUC 사의 자동화시스템으로 이어졌다.

### ◎ 컴퓨터 통합자동화

1961년 MIT에서 COMPUTER AIDED DESIGN (CAD) 를 주창한 이래 사람의 창조력에 의존하였던 설계과정을 컴퓨터에 의하여 자동화하려는 노력은 현재까지 계속되고 있다.

CAD기술은 곧 수치제어 공작기계기술과 결합되어 CAD/CAM기술을 이루었으며 곧이어 개념설계과정에서 생산, 조립을 거쳐 출하까지의 전과정을 공통 데이터베이스로 부터 제어하는 컴퓨터 통합생산시스템 (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING, CIM) 으로 개념이 발전되었다.

그 효시는 1974년 미국 공군에서 주관한 IC-AM (INTEGRATED COMPUTER AIDED MANUFACTURING) 프로젝트로서 이는 설계, 가공, 생산제어, 물류제어, 조립, 시험검사등 6개 분야를 데이터 베이스를 공유하며 일관자동화 하려는 것이었다.

CIM을 통한 공장자동화 (FA) 의 연구는 현재도 활발히 진행되어 2000년대를 겨냥한 미래형 공장 (FACTORY OF THE FUTURE) 의 추구로 이어지고 있다.

### ◇ 공장자동화 (FA) 구성

〈그림-2〉는 전술한 GENERAL ELECTRIC 사의 공장자동화 개념이다. 이를 살펴보면 크게

정보의 흐름 (INFORMATION FLOW) 을 관찰하는 컴퓨터네트워크와 물품의 흐름 (MATERIAL FLOW) 을 관찰하는 지능형 물류시스템 등 두부분으로 구성되어 있다.

데이터의 흐름은 시장정보와 수주에 관한 정보를 생산관리시스템에 보내주어 여기서 제품의 계획 및 관리에 관한 정보가 만들어지며, 다시 이것은 CAE 시스템으로 옮겨져 제품의 설계, 도형제작, 공정계획, NC 자동 프로그래밍 등이 이루어지게 된다.

제품설계에 관한 정보는 부품생산을 위한 CAM 시스템으로 옮겨져 CNC 산업용 로봇 등의 도움으로 부품이 생산되고 이는 다시 지능형 물류시스템에 의하여 이송되어 최종조립과 검사를 거쳐 출하하게 된다.

공장자동화는 위에서 보는 바와 같이 물류를 제어하는 HARDWARE 와 정보를 제어하는 SOFTWARE 로서 이루어진다. FA 를 구성하는 HARDWARE 는 가공, 가공물의 탈착, 가공물의 이송, 가공물의 저장을 유기적으로 수행할 수 있도록 되어있다.

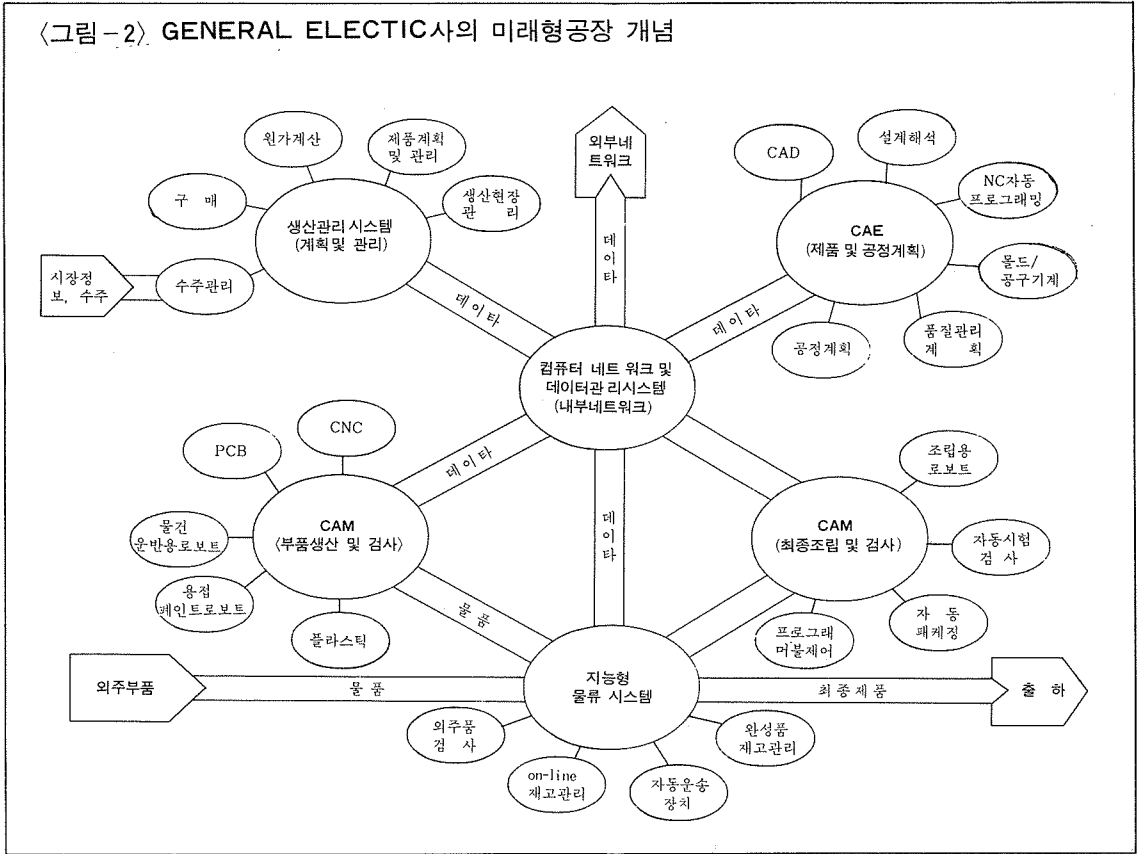
### ◎ 가공

FA에 사용되는 가공기계는 수치제어 공작기계들로 보통 NC 공작기계와 다른점은 여러공정을 단일 공작기계에서 할수있도록 복합화 된것이다. 그 대표적인 예로 MACHINING CENTER 를 들수 있으며 이는 자동공구교환장치 (AUTOMATIC TOOL CHANGER) 를 내장하여 가공물의 탈착없이 여러공정을 동일기계에서 할수 있는기능을 갖추고 있다.

### ◎ 가공물 탈착장치

공작기계에 가공물을 장착하는 시간은 보통 가공시간보다 길므로 가공물의 탈착공정의 자동화는 공장자동화의 관건을 이룬다. 대개 가공물이 작고 가벼운 경우는 산업용로봇이 이를 맡아주고 가공물이 대형일 경우는 팔렛 (PALLET) 을 사용하여 가공물을 고정시킨후 공작기계의 팔렛교환장치 (PALLET CHANGER) 를 이

〈그림-2〉 GENERAL ELECTRIC사의 미래형공장 개념



용하여 장착시키게 된다.

◎가공물 이송

자재창고에서 공작기계, 공작기계와 공작기계 사이에 가공물을 자동으로 이송하는 방법은 근거리일때는 주로 산업용 로봇을 사용하며 거리가 멀때는 콘베이어나 무인운반차 (UNMANNED VEHICLE)를 사용하게된다. 무인운반차는 공장마루에 설치된 유도선을 따라 컴퓨터지시에 의하여 움직이게 된다.

◎가공물 저장

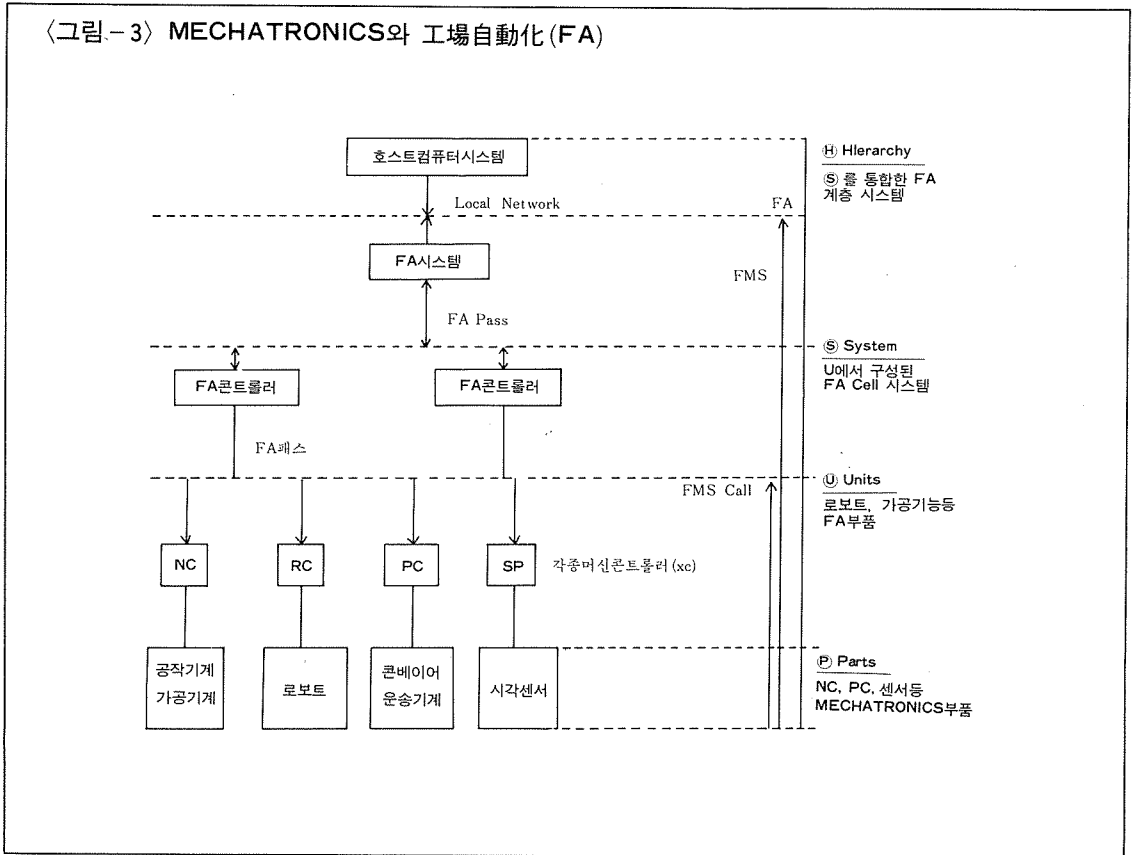
제품생산시 물품의 흐름을 원활히 하고 적정 재고를 유지하기 위하여서는 지능형 자동창고 시스템을 요한다. FA에 속한 자동창고는 고층 입체화로 되어있어 컴퓨터명령에 의하여 필요한 자재를 탐색하고 운반토록 되어있을 뿐만 아니

라 작업에 따른 창고현황과 정보를 정보의 흐름에 의하여 공동데이터베이스에 입력토록 되어있다.

이와같이 공장자동화를 구성하는 기본요소 (NC, PC, 콘베이어, 자동창고등)의 특징은 그것이 MECHATRONICS화 된것이다. 공장자동화는 이러한 MECHATRONICS기체들이 서로 대화하여가며 하나의 유기체와 같이 움직이는 시스템을 이르며 이를 위하여 사다리형 (HIERARCHY)구성을 이룬다.

〈그림-3〉은 FA의 HIERARCHY를 나타내고 있다. FA기본구성기계, NC, 로봇트, 콘베이어등을 FA의 요소 (PART)라 부르며 요소끼리 공동작업을 하기 위하여 몇개의 요소를 모아 FMS CELL이라 불리우는 단위 (UNIT)를 구성한다. 이러한 FMS CELL들이 모여 비로소 공장자동화가 이루어진다.

〈그림-3〉 MECHATRONICS와 工場自動화 (FA)



◇ 공장자동화의 전망

현재의 공장자동화기술은 뼈대를 잡아 가는 태아기에 비할수있다. CIM의 기본이되는 설계, 가공, 조립, 검사공정중 현재의 자동화는 가공을 중심으로 이루어져있다.

설계의 자동화(CAD)는 성장단계로서 아직도 사람과 컴퓨터의 대화방식개선, CAD 데이터베이스의 개선, 인공지능을 이용한 자동설계, 자동설계해석등 해결해야할 문제점이 산적되어 있으며 조립의 자동화는 아직도 불모지대로 남아있다. 특히 조립과 검사의 자동화를 위하여서는 지능화된 시각센서, 촉각센서등 각종센서의 개발이 요구된다.

미래형 공장의 과제는 공장의 지능화를 이룩하는 것이다. 극도의 유연성과 무인화를 목표로

하는 미래형공장은 다양한 부품의 형상정보로부터 가공방법, 공정계획을 자체판단에 의하여 결정할수 있을 뿐만아니라 공구의 소모와 파손상태를 감지하고, 가공상태를 ONLINE으로 판단하여 자체보정하며 필요에 따라 공장자동화시스템의 상태를 자체판단하여 보수유지할 수 있는 시스템이 되리라 예상되고 있다.

이러한 지능형 공장의 도래는 제 5 세대 지능형 컴퓨터의 실현화와 지능형 센서의 개발로 2000년대의 하나의 현실로 받아들여질 것이다.

1980년대에 들어와 이루어진 일본의 극한로봇, 유연생산시스템에 관한 국책연구, 야마자키공작기계공장, 후지 화학사의 자동화공장, 미국 과학재단의 연구투자, GE, 인커슬랜드공작기계회사, 웨스팅하우스등의CIM 투자등은 21세기의 새로운 공장체제, 새로운 생산시스템을 대비하는 하나의 발돋움인 것이다.