

## Plant Operations System 구축을 통한 공장 자동화

柳 重原, 安 正 三  
三星電子(株) 半導體器興工場

오늘날 기업들은 국제 시장에서 보다 효과적으로 경쟁하기 위해서 도전하고 있다. 품질 향상, 제조 원가 절감, lead time 단축, 급속히 변하는 시장 요구에 대응하기 위해 다각도로 경주를 하고 있다고 할 수 있다. 상품과 services에 있어서는 국제 규격에 달해야 하고 영업에 있어서는 세계시장으로 뚫어 들어야 하기 때문에 국내나 경제 block내에서의 경쟁은 그 의미가 훨씬 줄어들고 있다. 상품과 services를 통한 시장확보를 위한 경쟁은 선진기업은 물론 새로이 급속하게 부상하는 기업들과 더불어 날로 심해가고 있다. 이에 도전하기 위한 수단으로써 공장 자동화를 제조업에 있어서 사활을 건 기업전략으로 추진하고 있는 기업들이 늘고 있고, 선진 제조업체에서는 무인 자동화까지 이룩한 회사들도 점점 그 수를 더해가고 있다. 공장자동화(factory automation)란 무엇이고 어떻게 실현해야 하는가에 대해서 간단히 기술하고자 하니 참고될 것으로 기대한다.

### I. 공장 자동화란 ?

오늘날 국내 mass-media에서도 심심치 않게 FA에 대한 관심이 고조되고 있음을 보게된다. 또 기업의 전략 내지는 경영방침에도 공장자동화가 들어 있다. 공장자동화에 대한 정확한 정의는 없다. 왜냐하면 그 말이 쓰이는 범위가 너무나 넓기 때문이다. 작게는 조그만한 기계에서 크게는 CIMS(computer integrated manufacturing system)에 이르고 있다. 그러나 한 마디로 요약한다면 사람이 하던 일을 기계로 대체해서 생산성 향상과 품질 향상을 통해 국제경쟁에 도전하기 위한 수단이라고 말할 수 있겠다. 대신에 사람은 지능과 창의를 요구하는

일에 투입되어 새로운 idea를 만들어 내고 이를 자동화된 공장에서 생산함으로써 고용의 증대효과를 가져올 수가 있는 것이다.

공장자동화를 성공적으로 하기 위해서는 단순히 기계로 사람을 대체하는 일이 아니다. 무엇보다도 사람의 한 제조활동이 합리적으로 이루어질 때 FA를 통한 제조가 성공할 수 있다고 생각된다. 그래서 공장자동화는 제조 기술을 향상시키기 위한 합리화와 병행되어야 한다. CIM을 성공적으로 구축하기 위해서는 먼저 manufacturing(제조)을 잘 해야 하고 다음으로 integration(통합-정보교환)이 잘 되어야 하며 마지막으로 computer의 도움을 얻어 지금까지 해 온 작업들을 통합관리하여 보다 정확한 정보교환과 제조활동으로써 국제경쟁에서 우위를 찾을 수 있을 것이다. 이 지면을 통해서 제조장비가 자동화되어 있다고 가정하고 computer를 통한 plant operations에 대해 기술하기로 한다.

CIM을 구축하는데 있어서 제조업체가 먼저 시작하는 곳이 plant operations 영역일 것이다. 이 영역은 생산관리 및 계획으로부터 수주받은 계획을 수행해서 다시 생산관리 및 계획으로 plant operations에서 발생한 모든 정보를 되돌리는 역할을 하고 있다.

오늘날 많은 제조업체의 작업형태가 자동화 작업군과 수작업군으로 섞여 있어 작업이 부드럽게 이루어지지 못하고 있다. 불규칙적인 제품의 질, 불균형한 line balance, 지나친 WIP, 부정확한 정보, 변품종 변량생산에 따른 schedule, lead time control등 문제들이 산재해 있다. CIM 개념을 도입한 plant operations system을 구축함으로써 제품의 질을 향상시키고, 재공(works in process)과 lead time을 줄이고, 제조원가를 절감하며, 변품종 변량생산을 할 수 있는 유연성 있는 schedule을 할 수 있을 뿐만 아니라 치열한 국제경쟁에서도 생존할

수 있을 것이다.

Plant 마다 특성이 다르기 때문에 plant operations system을 구축하는 방법이 다양하리라 생각되지만 염두에 두어야 할 점들은

- ① 보수유지가 용이하고,
- ② 새로운 변화에 즉각 대처해야 하며,
- ③ 구축하는데 비용이 적게 들어야 하며,
- ④ 신뢰성을 극대화할 수 있어야 한다.

Plant operations system은 정보자동화(data 자동화)와 물류자동화를 충분히 지원할 수 있어야 한다. CIM 개념을 도입한 plant operations system을 구축하려면 정보자동화가 물류자동화보다 선행되어야 한다. 흔히들 공장 자동화하면 자동화란 말 때문에 물류자동화를 먼저 생각하게 된다. 이는 속은 보지 못하고 질만 보기 때문이다. 다시 말하면 우리 각 개인이 칼을 움직일 때 움직이는 그 자체만 보게 되며 뇌에서 어떤 과정이 이루어진 결과라고 생각되는 경우는 드물다. 이 뇌와 신경에 해당되는 것이 정보자동화인 것이다. 그러므로 공장자동화를 잘하려면 우선 정보자동화가 잘 되어야 하고 그 다음이 물류자동화가 이루어져야 한다. 그러면 정보자동화 즉 data 자동화란 무엇인가?

## II. 정보 자동화란 ?

정보자동화하면 단순히 장비로부터 data 수집을 생각하게 되는데 이는 정보자동화란 말보다는 data 자동화란 말을 많이 사용하기 때문이다. 정보자동화란 말이 CIM의 개념에서는 더 적절할 것이다. 정보자동화란 생산해야 할 제품군과 작업지시, 출하되어야 할 정보를 data base에 저장해 놓고 필요에 따라 그 제품을 가공하는 장비에 작업지시와 검사되어야 할 사양을 내려 보내고 가공시 발생하는 여러 정보 즉 가공 시작시간, 장비 data, 제품에 대한 데이터, 경보, 종료 시간등을 데이터 베이스에 저장하여 후에 가공을 하여 분석이나 보고를 위해서 사용되도록 할 뿐만 아니라 real time으로 가공, feed back, feed forward를 통한 control이라고 정의할 수 있겠다. 이러한 것들을 수행하기 위해서 plant operations system을 구축하고자 할 때 다음의 몇 가지 기능들을 꼭 지원해 주어야 한다. 제조업의 특성에 따라 지원되는 기능들도 다르고 기능의 성격도 다르기 때문에 독자 여러 분이 나름대로 이해하기 바란다.

### 1. Logistics 기능

Logistics 기능을 통해 어떤 제품에 대한 이력이 데이터 베이스에 저장되는데 이 때 material ID라 부르는 고유한 번호내지는 이름이 사용된다. Logistics 기능에는 크게 두 기능 즉 trackin(logon), trackout(logoff)으로 나뉘어 지는데 trackin은 입력된 material ID, 장비 ID, 작업자 ID 등을 확인해서 작업 지시나 사양을 데이터 베이스로부터 장비나 작업자에게 하달해 주는 기능이라 하겠다. 반면에 trackout 역시 material ID, 장비 ID, 작업자 ID등을 확인해서 저장된 material이 지정된 장비에서 종료 됐음을 데이터 베이스에 알려주고 다음 공정을 준비하도록 하는 기능이다.

Material ID나 작업자 ID 등을 입력함에 있어 발생하는 오류를 최소화하는 방법은 별도로 연구 검토되어야 할 것이다.

### 2. Numerical Control Data 또는 Recipe Data 관리 기능

제품의 특성에 따라 제품이 지나가는 장비나 공정이 다르고 같은 장비라 할 지라도 process parameters가 다르다. Plant operations system은 이러한 관리를 해주어야 하고 또 제품에 맞는 NC data나 recipe data를 해당 장비에 자동으로 내려주거나 필요하면 장비로부터 data를 받아 data base에 저장 관리를 해야 한다.

### 3. Data Collection 기능

여기서 말하는 data는 장비에서 발생하는 process data (온도, 속도, 압력, ...), 측정 데이터, alarm 또는 warning, 장비 status, engineers에 의해서 가공된 여러 형태의 데이터를 들 수 있다. 이러한 데이터 수집을 통해 SPC(statistical process control)와 같은 분석이 가능해지는 것이다. 이를 위해서 제공되어야 할 데이터 수집은 historical data와 real time data가 있었다.

### 4. 장비 관리 기능

장비 효율을 극대화하기 위해서는 장비를 관리할 수 있는 정보가 필요하다. 장비 idle 시간, 가동 시간, down 시간, repara 시간, PM 주기등을 잘 관리하여 장비 가동 시간이 최대가 되도록 하여야 겠다. 장비를 관리하는데 있어서 real time monitoring은 아주 중요하다.

### 5. Data 분석 기능

제품의 짧은 process 방법, 장비와 밀접한 관계를 가지고 있다. 장비에서 발생한 data를 잘 분석함으로써 해서

process 방법을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 장비도 개선해서 보다 나은 제품을 생산할 수가 있다. 분석 기능을 통해 문제를 조기에 발견하고 빠른 시간내에 문제 해결을 함으로 해서 material의 낭비를 줄일 뿐만 아니라 제품의 수율과 질을 향상 시킬 수 있어 원가의 절감을 가져오게 된다. Data 분석에는 real time 분석, on-line 분석과 off-line 분석이 있다. Plant operations system를 구축할 때 data 분석을 위한 기능을 꼭 염두에 두어야 한다.

6. Real Time Monitoring 기능

현장에서 어떤 일이 일어나고 있는가? 등 현장 상황을 진단하고 판단하기 위해서 이 기능이 제공되어야 한다.

Ⅲ. 물류 자동화란 ?

물류자동화 system을 성공적으로 구축하기 위해서는 정보 자동화가 거의 완전하게 이루어져야 한다는 것은 논리적으로 남득이 되리라 생각된다. 정보자동화에 있어서는 작업자들에 의해서 material이 이동되고 많은 것들이 작업자 판단에 맡겨지는 것이 오히려 효과적일 수가 있다. 그러나 물류자동화에 있어서는 작업자가 없기 때문에 많은 것을 computer S/W에 의지하여야 한다. 따라서 물류자동화를 가정한 정보 자동화를 구축할 때는 가능한 작업자의 역할을 거의 robot 수준으로 단순화시켜야 한다. 즉 작업자는 단순히 logistics와 material 운반같은 단순 작업만을 하도록 할때 물류 자동화의 실현은 훨씬 쉽게 이룩할 수가 있을 것이다. 비록 물류자동화가 실현되었다 하더라도 상황에 따라서는 작업자가 개입을 해야하는 경우가 많다. 물류자동화를 추진함에 있어 너무나 환상적으로 생각하기 쉽다. 즉 사람의 개입을 완전 배제하여 어두움속에서도 robots에 의해 공장이 100% 가동되는 것을 전제로 하는 경우가 흔히 있다. 그러나 이는 현실적으로 불가능하다. 왜냐하면 robot, computer H/W, computer S/W, 장비가 가끔 고장나기 때문이다. 이에 대한 대책이 충분히 마련되어야 한다. 이런 경우에는 작업자가 반대로 robot을 대신해야 할 것이다. 물론 연속공정은 정보자동화 없이 가능하겠지만 공장 내에서 무엇이 일어나고 있는가?, 어떻게 진행되고 있는가?와 같은 현장 monitoring은 불가능할 것이다.

따라서 성공적인 물류자동화를 위해서는 CIM 개념을 plant operations system에 도입하여야 한다. 앞에서도 언급했지만 computer 도움을 통한 manufacturing은 먼저 제조 그 자체가 합리적으로 잘 되고 있을 때 공장자동화의 성공률은 그 만큼 커지게 되는 것이다.

공장 자동화를 추진하는 주된 목적은 실력화에 있는 것이 아니다, 공장 자동화를 통해 장비 효율 극대화, 품질 향상, 생산성 향상 및 이로 인한 원가 절감을 이룩하여 국제경쟁에 도전하는데 그 목적을 두어야 할 것이다. 정보자동화 없는 물류자동화는 관리를 효율적으로 할 수 없어 장비 가동율이 떨어지고 생산성이 저하될 수 있음을 알아야 한다.

보다 나은 이해를 위해 맨 나중에 “공장자동화 과정”이라는 항목에서 자동화되는 과정이 그림을 통해 구체적으로 설명될 것이다.

Ⅳ. Plant Operations System Components

제조환경은 정보를 교환하는데 필요한 사람, 장비, 장치, 자재등으로 이루어져 있다. 따라서 공장자동화 sys-

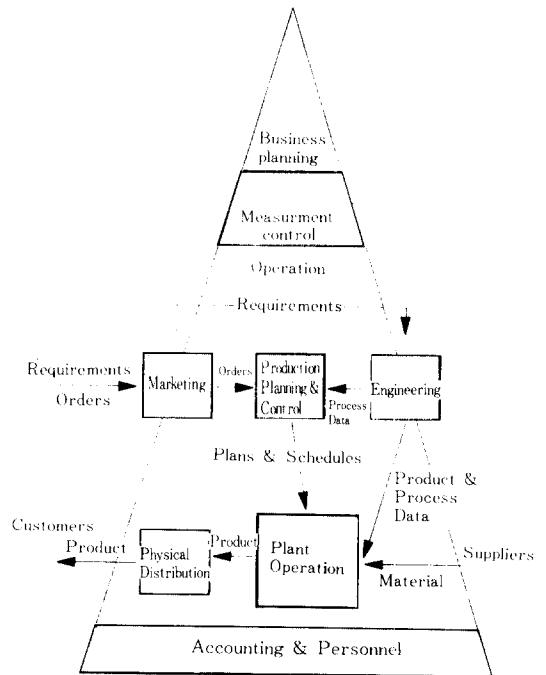


그림 1. Business function

tem을 이루는 기본 요소는 data base, communications, user interfaces, application program을 개발하는데 필요한 application program interfaces 등으로 정의할 수 있겠다. Plant operations의 CIM을 이루는 다른 점들과 어떤 관계가 있는가를 한 눈으로 이해하기 위해서 그림 1을 참조하기 바란다.

### 1. Data Base

Data Base는 정보 수집, 보관, 확인(authorization이나 rules 조사)할 수 있도록 해준다. Data base 안으로 수집된 data는 다른 제조 요소들(사람, 장비, material등)과의 상관 관계로 관리될 수 있고 표준화된 interfaces를 통해 또 다른 많은 관계들이 개발되거나 자동으로 지원될 수 있다. Data base를 통해서 사용자는 불필요한 data는 줄이면서 서로 통합된 종합적인 data를 여러 각도에서 볼 수 있게 된다. Data bases는 오늘의 data를 integration을 위한 기점으로써 활용할 수 있게 해주고 미래를 설계할 수 있도록 해준다.

### 2. Communications

Communications 요소는 networks을 타고 data의 교류를 할 수 있게 해준다. 통신 매체를 통해서 이기종간의 상호연결이 가능하도록 하여야 한다. 모든 data가 어느 곳에서나 이용 가능해야 한다.

### 3. User Interfaces

Plant operations system 사용자가 쉽게 그 system을 access할 수 있는 화면이 제공되어야 한다. 사용자의 층에 알맞은 화면이 제공됨으로써 system 사용을 위한 훈련이나 학습을 최소화 할 수 있게 해야 한다.

### 4. Application Program Interfaces

사용자의 요구가 변하거나 새로운 요구가 발생했을 때 신속한 지원이 필요하게 된다. 이를 만족시키기 위해 plant operation system을 access할 수 있는 application program이 개발 될 수 있도록 S/W tools이 제공되어야 한다.

## V. Plant Operations System Architecture

Plant operations은 CIM을 이루고 있는 여러 점들 중에 하나이다. 따라서 다른 점들과 밀접한 관계를 가지고

있기 때문에 plant operations system을 구축할 때는 이웃에 있는 점들의 requirements를 최소한 이해하여야 하며 open system이 되도록 하여야 한다.

CIM을 이루는 점들과 서로의 연관성(그림 1)을 설명하고 plant operations을 이루는 각 층(그림 2)에 대한 기능을 기술하고자 한다.

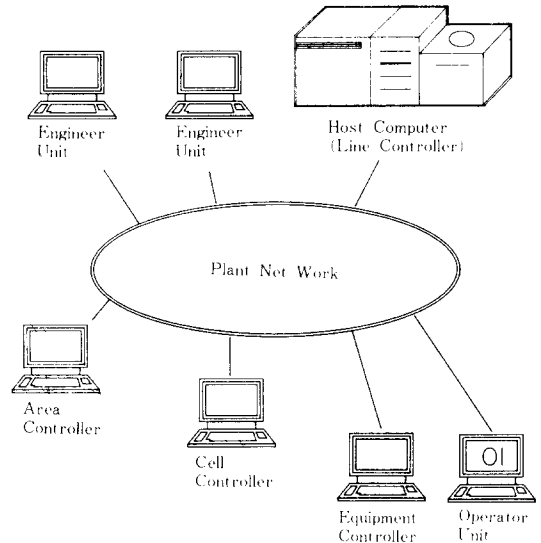


그림 2. Plant operations coordination

### 1. Line Controller

제조 망장은 몇 개의 제조 lines으로 이루어져 있다. 전체 라인들을 총괄해 주는 host가 있고 그 host 밑에 여러 라인 controllers가 있다. 라인 controller에서 작동하는 S/W system을 CAMS(computer aided manufacturing system)또는 shop floor control system이라 불리우는데 이 system은 다음의 기능을 제공해 주어야 한다.

- Logistics 기능
- Scheduling 및 dispatching 기능
- Trace 기능
- Data collection 기능
- Data management 기능
- Data 분석 기능
- User interfaces 기능
- Reporting 기능

### 2. Area Controller

규모가 큰 line은 라인 controller가 모든 것을 다 할 수

가 없다. 따라서 라인을 기능별로 아니면 관리가 편리한 방법으로 나누어 관리하면 host에 부담을 줄이고 engineers의 사용을 용이하게 할 수가 있다. A/C의 기능은 L/C의 기능과 유사하지만 그 규모가 훨씬 축소된다. 또 A/C의 사용자는 주로 engineers이기 때문에 제공되는 기능도 engineers 입장에서 검토되어야 한다,

- Logistics 기능
- Scheduling 및 dispatching 기능
- Trace 기능
- Data collection 기능
- Data management 기능
- Data 분석 기능
- User interfaces 기능
- Reporting 기능
- Cell 감독 기능

### 3. Cell Controller

Cell이란 우리말로 군이라 하겠다. 업무를 보다 세부적이고 분산처리 하기 위해서 area를 또 몇 groups로 나누어 관리하도록 하는데 사용자는 주로 현장 작업자들이 되겠다. C/C는 직접 장비를 제어할 수도 있고 몇 개의 장비 controller를 거느릴 수가 있다. 작업자가 주된 사용자이기 때문에 모든 기능이 이 수준에서 검토되어야 한다.

- Logistics 기능
- Scheduling 및 dispatching 기능
- Data collection 기능
- Data management 기능
- User interfaces 기능
- Reporting monitoring 및 controlling 기능
- 장비 감독 기능

### 4. Equipment Controller

E/C는 직접 장비를 제어하는 controller 이다. 장비를 제어하는 S/W program은 process engineer, equipment engineer, manufacturing engineer, 작업자를 대변한다고 할 수 있기 때문에 이들로 부터 충분한 requirements를 수집해야 한다.

- Logistics 기능
- Data management 기능
- Data collection 기능
- Realtime monitoring 및 controlling 기능
- Alarm generating 또는 reporting 기능
- Realtime SPC 기능

## VI. 공장 자동화 과정

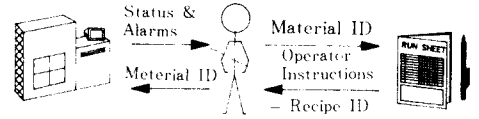


그림 3.

작업자가 거의 모든 것을 하고 있다. 작업지시가 책에 수록되어 있고 장비에서 발생하는 경보나 기타 다른 데이터를 손으로 수집하여 paper에 기록한다. 따라서 오류가 발생하는 경우가 허다하고 수집된 데이터도 정확하지 못하며 후에 사용하기에 충분하지 못하다.

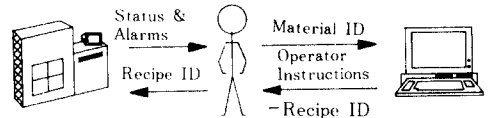


그림 4.

작업지시가 데이터 베이스에 등록되어 있고 데이터 수집을 컴퓨터 단말기를 사용하는 것을 제외하고는 작업자의 작업방식이 그림 3과 다를 바가 없다.

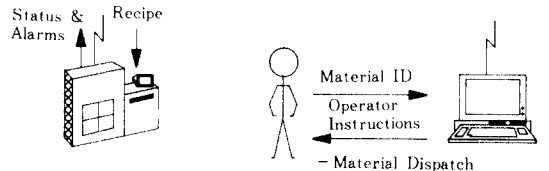


그림 5.

작업자가 material ID를 입력하면 그 material에 대한 검증이 컴퓨터 program에 의해서 이루어지고 가공에 필요한 작업지시가 단말기에 나타나고 recipe 데이터가 해당 장비로 직접 하달되며 경보나 데이터가 직접 장비로부터 host에 있는 데이터 베이스로 저장된다.

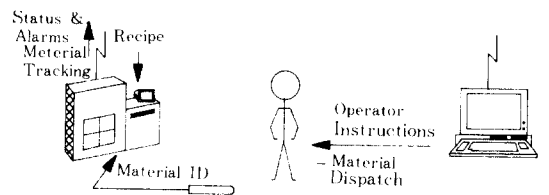


그림 6.

Material ID가 bar code reader와 같은 입력 장치에 의해 입력되기 때문에 오류발생도가 거의 없게되어 host에 자동으로 logistics가 가능하여 작업자의 역할은 단순히 물건을 운반하여 선정된 장비에 갖다 놓는 일로 축소되어 있다. 이제 작업자는 그림 7에서 처럼 AGV, robot, 또는 다른 컴퓨터에 의해 제어되는 운반 장비로 대체될 수 있을 것이다.

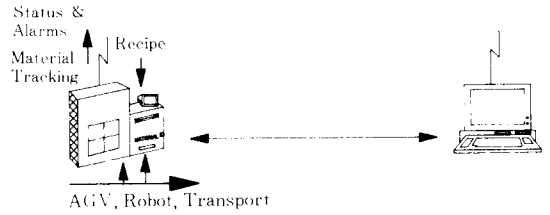


그림 7.

筆者紹介



**柳重原**  
 1953年 1月 9日生  
 1975年 서울대학원 사범대 수학과 (학사)  
 1982年 Polytechnic Institute of New York, Computer Science(석사)

1982年~1989年 IBM East Fishkill New York  
 1989年~현재 삼성전자 반도체 부문 기흥공장 FA팀장



**安正三**  
 1955年 11月 18日生  
 1980年 2月 연세대학교 전자공학과(학사)

1979年 11月~현재 삼성전자 반도체 부문 기흥공장 라인기획팀장