

Shop Floor Control 정보시스템 설계 및 개발 연구 - A Study on the Design and Development of Shop Floor Control Information System -

한성배*
Sung-Bae Han
조현규*
Hyun-Kyu Cho
박상봉*
Sang-Bong Park

Abstract

Today, more and more information is processed in the shop floor. The main function of the shop floor is more enlarged and enriched by the integration of information processing tasks. So, we have designed the shop floor control information system(SFCIS) considered using the IDEF methodology. The SFCIS consists of 5 sub-systems, which are the manufacturing data base, the order release, the dynamic scheduling, the process control, and the output analysis sub-system. And we have constructed the SFCIS for long-cycle products, which have production lead time longer than the period of production planning horizon.

1. 서론

기업의 모든 조직과 기능의 수행업무는 제조현장(Shop Floor)으로 부터 수집된 여러 형태의 정보를 토대로 이루어진다. 그러나 조직과 기능마다 요구하는 정보의 형태, 시점, 수준 등이 상이하여 제조현장에서 다루어야 할 정보량과 그 종류는 매우 다양하다. 또한, 기업의 제조현장에서는 설비의 고장, 공구의 파손, 자재의 부족, 긴급작업물의 발생 등과 같이 불시에 발생하는 불규칙한 예외상황으로 인해 생산의 흐름이 중단되고, 그 결과 제품의 납기가 지연되는 예가 많다. 그러나 이와 같은 Shop Floor 상의 예외상황들이 현장 작업자나 관리자들에게 있어서 전혀 대응하지 못할 예측불허의 사건만은 아니다. 왜냐하면 이러한 상황은 그 발생시점과 형태를 정확히 알지 못할 뿐이지 발생에 대한 예견은 사전에 가능하기 때문이다. 이러한 예견은 설비 및 공구의 이력상황, 자재의 조달상황, 긴급물량의 수주 등의 정보를 지속적으로 분석할 때 다소 가능해진다. 그러나 무엇보다도 필요한 것은 제조현장에 대한 상황정보이다. 특히 작업지시된 Order상황, 설비 및 작업자를 포함한 모든 생산자원의 가동현황, 작업물의 진도 상황 등과 같은 제조현장의 시점별 정확한 상황 정보가 필요하다(Melnyk S. 외, 1985). 이러한 정보를 수집, 분석, 처리하여 제조현장의 상황을 나타내 주며 이를 관련 상하위 시스템에 제공해 주는 것이 제조현장통제(SFC : Shop Floor Control) 시스템이다.

* 시스템공학연구소 시스템통합연구부

Melnyk는 SFC를 계획시스템에 의해 발행된 작업지시를 계획시스템의 요구에 준하여 효과적인 방법을 통해 작업을 완수하는 일련의 활동이라고 정의하였다(Melnyk S. 외, 1985). 그러나 SFC분야는 자동화와 컴퓨터의 기술과 함께 지난 10여년 동안 급속히 발전하여 왔다. 초기에는 작업자의 작업시간을 수집하는 정도의 Off-Line 형태였으나 이후 공정내 제품의 위치와 수량 파악을 위한 생산로트의 추적기능이 추가되었으며, 최근에는 설비상태의 모니터링, 품질데이터의 수집 등 점차 그 범위가 확장되고 있다. 그 결과 SFC의 기능은 계획과 실행, 결과의 피드백, 유연성 있는 대응 등의 경로를 밟는 On-Line 형태의 폐쇄회로환경(Closed-Loop Control Environment)화되고 있다(David D. 외, 1991).

한편, 최근들어 제 4의 생산요소로 정보라는 Factor가 추가되면서 서로 다른 기능을 갖는 제조현장 내의 여러 생산공정들이 통합을 이루게되었다. 그 결과 기업 내의 정보흐름이 보다 빠르고 효율적으로 운영되고 있다. 특히 최근의 제조환경 중 가장 두드러진 특징인 생산의 유연성확보라는 관점에서 볼 때 실제의 생산활동이 전개되고 있는 제조현장의 실 상황정보를 얼마나 신속하고 정확하게 생산시스템에 전달하는가가 시스템의 유연성 수준을 결정한다고 할 수 있다. 이와 같은 기능을 수행하기 위해서는 다변화하는 제조환경과 예측 불가능한 생산현장 상황을 사전에 고려한 유연성 있는 SFC 정보시스템(SFCIS : Shop Floor Control Information System)의 개발이 필수적이다(K. Mertins 외, 1992).

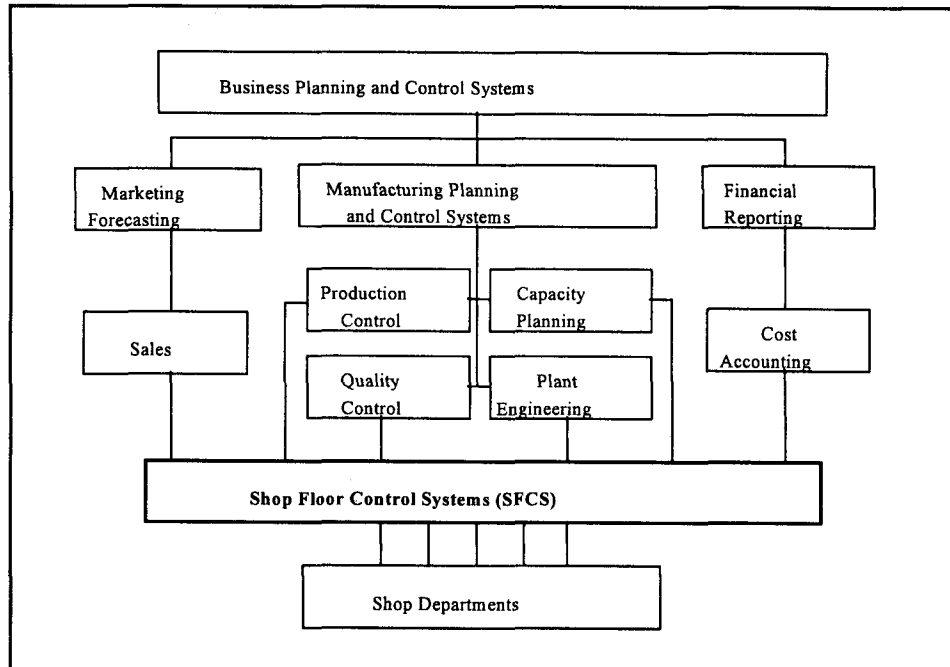
궁극적으로 기업의 제조전략의 성공여부는 생산현장단계에서의 적절한 전략구사에 있다고 할 수 있는데, 미국의 경우 조사기업 중 90%가 넘는 기업이 SFC분야를 기업에서 추진해야 할 제일 우선의 프로젝트로 들고있어 이를 증명해 주고 있다(David D. 외, 1991). 그러나 우리나라의 기업현실은 이와 차이가 크다. 국내의 생산현장 관리수준을 기업의 현장재고인 재공(WIP : Work In Process)수준으로 비교해 볼 때 일본은 총재고량 중 재공비중이 5%인데 비해 우리나라는 29%로서 일본에 크게 뒤지는 실정이다(Mehdi 외, 1993). 이같은 현상은 국내 역시 SFC분야에 대한 개발이 시급히 필요함을 말해주며 한편으로는 국내 제조현장에 적합한 SFCIS의 구축이 선진국에 비해 보다 복잡함을 의미하기도 한다.

SFC 시스템은 제조현장으로 부터 발생하는 Event에 따라 발생하는 실 데이터를 수집하는 Data Collection과 수집된 데이터를 상위의 컴퓨터시스템이나 생산현장의 관리자 및 작업자가 필요한 형태의 정보로 통합, 처리하는 Information System과 시스템 상호간에 정보를 주고받는 위한 Communication의 3개분야로 구분된다. 본 연구에서는 하드웨어의 의존도가 높은 Data Collection과 Communication은 연구범위에서 제외하고 소프트웨어 중심의 Information System에 연구범위를 국한하였다.

2. SFC시스템에 대한 고찰

전통적인 CIM 소프트웨어는 CAPM(Computer Aided Production Management)시스템, SFC시스템, Controls의 3계층으로 구성되어 있다. 여기서 CAPM은 MRP II(Manufacturing Resource Planning)로 대변되는 것으로서 수주로부터 공장내 생산일정계획의 수립까지의 상위개념이고, Controls는 생산설비, PLC, 센서 등을 포함하는 Cell Center로 구성되며 여기서 제조활동을 직접수행하는 기능을 갖는다. 한편, SFC시스템은 상하위의 두계층간을 통합하는 기능으로서 상위의 계획사항을 Controls에 전달하고 통제하는 기능과 Controls로부터 현장의 실 데이터를 상위시스템에 전달하여 계획을 현장에 맞게 수정할 수 있도록 하는 폐쇄회로화하는 기능을 갖고 있다(I. P. Tatsiopoulos, 1993, Jim H. 외, 1984).

SFC시스템의 목표는 생산관리자로 하여금 공장설비의 운영을 통제하고 이해할 수 있도록 하는데 있다. 즉, 생산현장에서 발생하고 있는 제조정보를 공장관리자에게 직접 제공하므로써 공장내의 계획기능과 통제기능을 통합관리할 수 있게 해주는 것이다. 따라서 SFC시스템은 관련



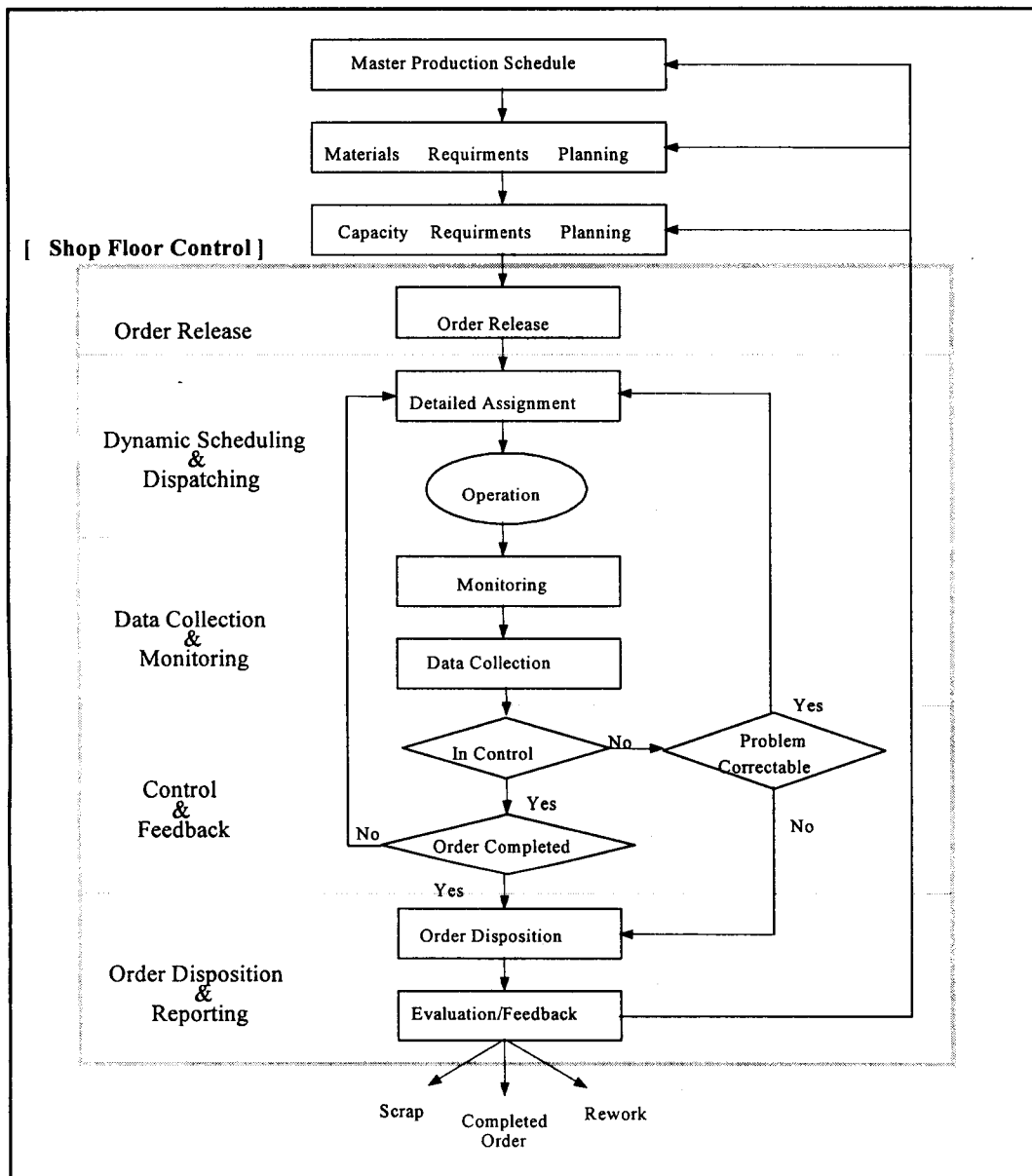
<그림 1> SFC 시스템의 계층적 통합(Jim H. 외, 1984)

상하위 시스템과 On-line화되었을 때 효과적이며, 시스템의 반응속도는 유관되는 전반적인 시스템의 수준에 따라 개념적인 차이는 있으나 가능한 한 현장의 지속적인 생산진행에 대해 즉시대응 할 수 있는 실시간(Real-time) 처리가 가능해야 하며, 또한 생산현장의 예측할 수 없는 여러가지 변화요소를 감안 할 때 높은 유연성(Flexibility)을 지녀야 한다(A. Bauer, 1991, David D. 외, 1991).

특히, 첨단생산시스템인 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)을 성공적으로 구현하기 위해서는 여러가지 구성요소 중 SFC시스템은 가장 핵심적인 기능을 갖는 중요 요소이다. MRP II와 같은 생산계획 및 통제시스템을 성공적으로 운영하기 위해서는 제조활동이 일어나고 있는 생산현장의 실제의 생산정보를 정확하고 신속하게 처리하는 시스템이 필요하다. 이와 같은 역할을 수행하는 것이 SFC 시스템으로서 이는 생산현장의 실 제조정보를 생성할 뿐아니라 이 정보를 통합하여 상위의 시스템이 다음 계획에 활용할 수 있게 제공해 준다(Jim H. 외 1984, Thomas E. 외, 1988).

SFC 시스템은 <그림 1>과 <그림 2>에서와 같이 많은 상위 시스템과 관련을 가지며 한편으로는 하위의 제조부문과 직접 연결되어 있다. 그리고 SFC 시스템은 MPS(Master Production Schedule), MRP(Material Requirements Planning), CRP(Capacity Requirements Planning) 등의 정보를 토대로 작업지시서의 발행, 동적생산계획에 의한 상세작업의 할당, 제조활동의 수행, 제조활동의 관제 및 작업결과의 수집, 제조활동의 통제, 발행된 작업지시 내용의 완결과 작업결과의 평가를 통한 차기계획에의 환원 등의 기능을 갖는다(Mehdi 외, 1993). 따라서 효과적인 SFC시스템은 상위단계에서 수립된 생산계획을 준수시켜 주며 또한 이를 벗어났을 시에 그때의 상황에 적합한 최적의 의사결정방안을 제시해 주는 것이다. 따라서, 생산통제 시스템은 고객에 대한 제공재고량과 생산리드타임의 감소 등을 실현시킨다. 사실상 생산계획단계의 생산일정계획 및 능력계획은 모두 SFC시스템이 제대로 운영될 수 있도록 준비하는 단계라고 볼 수도 있고, 반면에 이들 상위의 생산계획이 제대로 달성될 수 있도록 작업현장의 미

세한 계획과 통제를 수행함으로써 계획기능을 보완 및 갱신하는 것으로도 정의할 수도 있다. 즉, 생산현장의 제조활동의 수행결과를 SFC 시스템을 통해 생산관리시스템의 계획과 통제를 일체화함으로써 궁극적으로는 생산시점 관리(Point of Production)를 가능하게 해 준다. 이와 같은 SFC 시스템은 CIM의 구성요소중 가장 이해하기 힘든 분야의 하나로 인식되고 있다. 일부에서는 SFC분야를 ERP(Enterprise Resource Planning)로 전개되는 MRP II 내의 구성요소로 취급하기도 하나 향후 동분야가 제조현장의 관리 및 통제를 위해 독립적인 분야로서도 필수불가결한 분야임에는 확실하다(John, 1991).



<그림 2> SFC 시스템의 역할과 범위(Dan L., 1984)

3. SFC 정보시스템의 설계

3.1 시스템 설계방법

CIM시스템을 설계하는데 활용되는 기법인 ICAM 모델은 미국에서 수행된 CAM분야의 대형프로젝트인 Integrated Computer-Aided Manufacturing의 약자로서, 제조시스템을 설계하는 기법이다. ICAM 모델의 설계 툴인 IDEF(ICAM DEFINITION)에는 시스템의 기능설계를 위한 IDEF0와 정보모델설계를 위한 IDEF1 그리고 시스템 시물레이션을 위한 동적모델(Dynamic Model) 설계기법인 IDEF2가 있다(Guy 외, 1992).

Top-Down 접근방법인 IDEF0는 시스템의 주요기능을 묘사하는 Function(Process또는 Activity)과 이러한 Function의 입력자료인 Input, Function을 통제하는 Control, Function 수행에 필요한 각종 소프트웨어 및 하드웨어인 Mechanism, Function의 수행결과인 Output 등으로 구성된다. 이후, Bottom-Up 접근방법을 활용해 IDEF0를 기능적으로 보완한 IDEF0/td가 개발되었다. IDEF0/td는 IDEF0/Triple Diagonal이라고도 하며, 시스템의 주요 핵심기능인 Planning, Control, Execution 등의 기능을 설계하기 위해 Information, Control, Material 등에 대한 각각의 흐름도를 점진적으로 작성, 통합하여 하나의 통합흐름도로 시스템의 설계내용을 표현하는 기법이다(Dan L. 외, 1986). 한편, IDEF1x는 IDEF1으로 부터 개념적 확장이 이루어진 것으로서, 시스템에서 요구하는 정보들의 상호관련성을 Relational Data Base에 기초하여 정의하고 설계하는데 유용한 기법이다. 이외에 시스템을 서술하기 위해 요구되는 Domain Knowledge 획득에 활용되는 IDEF3 기법과 객체지향적 시스템설계를 위한 IDEF4, 존재론적 접근방법에 의한 시스템의 개념적 설계를 위한 IDEF5 등이 있다(Joseph 외, 1994). 본 연구에서는 시스템의 기능설계에는 IDEF0 및 IDEF0/td 기법을, 제조 데이터베이스 설계에는 IDEF1x 기법을 활용하였으며, 이상의 기법을 활용하기 위해 설계 툴로는 Popkin사의 System Architect를 활용하였다(Popkin, 1996).

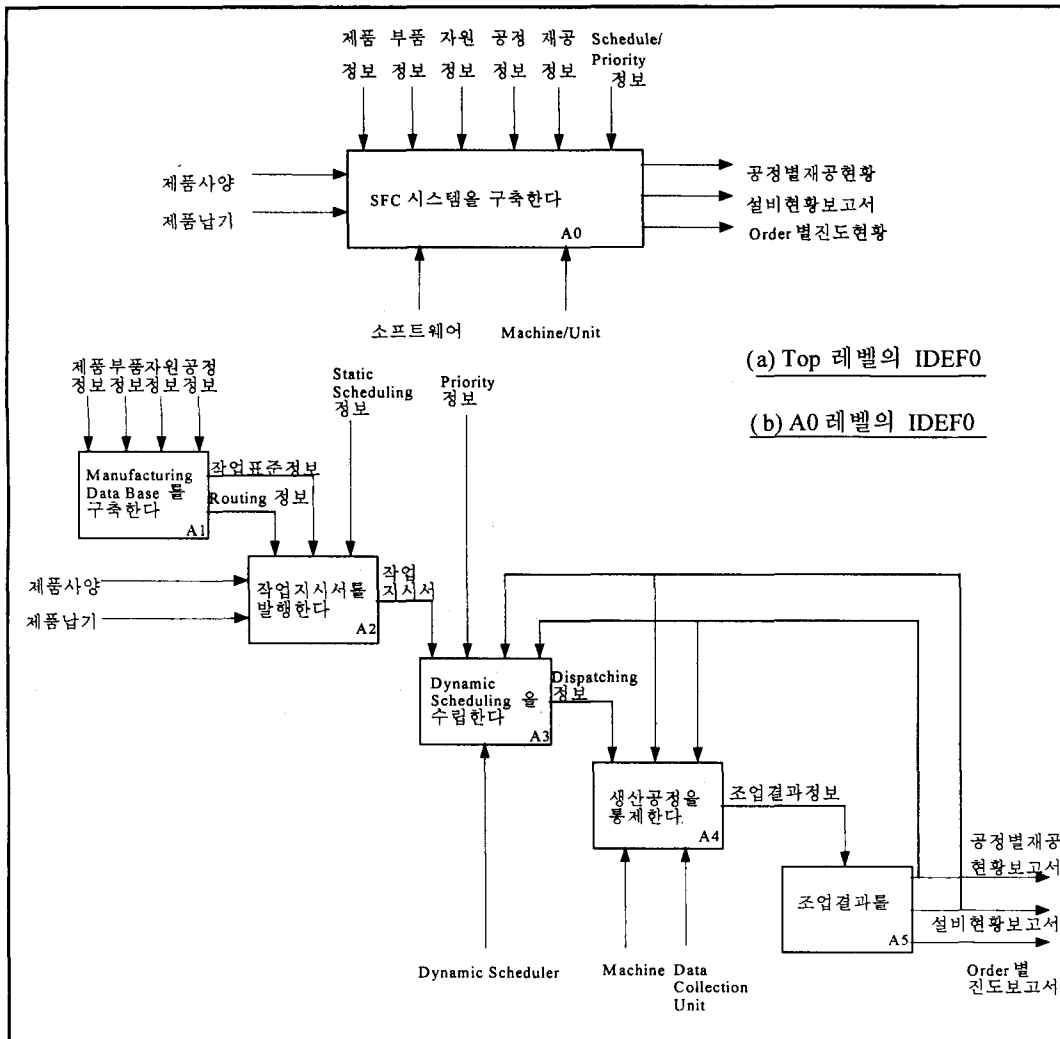
이외에 CIM시스템을 설계하는데 활용되는 기법으로 CAM-I, GRAI, NBS, MMCS 등의 기법이 있다. CAM-I(Computer Aided Manufacturing Integrational)는 공장을 4개의 수준으로 분할하여 공장의 전반적인 체계를 조감할 수 있는 특징은 있으나 구체적인 설계 툴이 개발되지 않아 활용에 한계가 있다. GRAI(Graphs with Results and Activities Interrelated)는 생산관리 시스템의 전반적인 의사결정체계를 표현하는 GRAI Grid와 결정된 의사결정 내용인 Activity와 Decision을 표현하는 GRAI Graph로 구성되며, NBS(National Bureau of Standards) 모델은 미국의 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 것으로서 생산시스템을 공장, 대공정, 단위공정, 작업장, 기계 등 5가지의 수준으로 분류하여 체계화하는 기법이다. 그리고 MMCS(Manufacturing Management Control System)모델은 유럽의 ESPRIT의 Open CAM System 프로젝트에서 개발된 기법으로서 생산현장의 설비간 상호접속을 설계하는데 유용한 모델이다(Guy 외, 1992).

3.2 시스템 기능설계

SFC 시스템은 전형적으로 작업지시서의 발행, 발행된 작업지시서 상의 작업내용에 대한 일정계획 수립 및 작업배분, 지시된 작업의 진행 및 진척관리 등의 기능으로 구성되며, 이는 CIM 시스템에서 상호 유기적으로 통합된다. 즉, SFC시스템은 공장의 현장에 생산오더를 발급하는 것과 관련된 활동으로서 여러가지 형태의 작업장을 통하여 오더의 진행과정을 통제하고, 오더의 진행상태에 관한 현재의 정보를 수집하여 최적의 제조활동을 수행케 한다. 더욱더 단순화시킨 의미로는 WIP를 관리하는 활동을 지칭한다(Mikell P., 1987). 따라서 SFC 시스템은 부

품 및 공구 등에 대한 현재의 위치정보, 작업의 예상완료시점, 잔여작업량, 작업시작 시점의 로트와 현재의 로트에 대한 분할정보, 현재까지의 작업효율 등의 정보를 수집분석하는 기능을 수행한다. 이와 같은 SFC 시스템의 기능을 설계할 때 고려해야 할 요소로는 크게 설비, 작업자, Work Order, 부품 등과 같은 Entity와 작업시작, 작업완료, 작업중단, 재작업, 수리 등과 같은 Event가 있다(Jim H. 외, 1984).

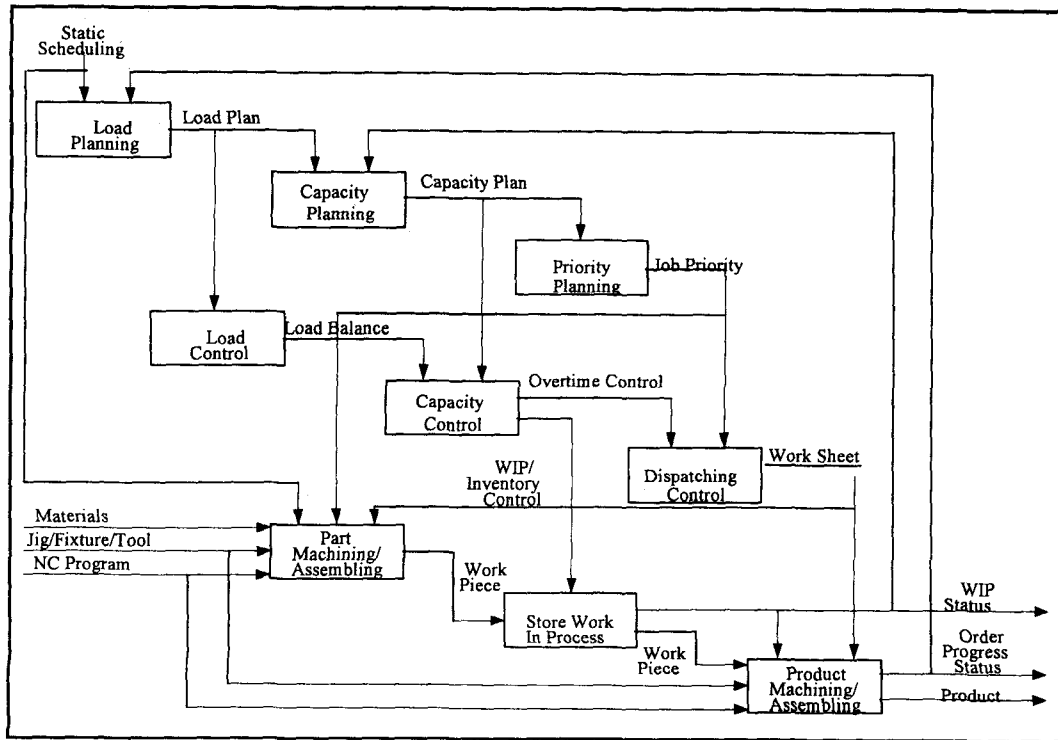
<그림 3>은 IDEF0를 활용한 Top-Down 접근방법에 의한 SFC 시스템의 Top 레벨 및 A0 레벨의 기능설계도이다. Top 레벨의 기능은 'SFC 시스템을 구축한다(A0)'이며, Input은 제품의 사양과 납기이고 Control은 제품, 부품, 자원, 공정, 재공, Schedule 및 Priority 정보들이다. 그리고 Mechanism은 각종 소프트웨어와 기계설비 및 장치들이고 Output은 공정별 재공현황, 설비현황보고서, Order별진도현황 등이다. 한편, A0레벨은 'Manufacturing Data Base를 구축한다(A1)', '작업지시서를 발행한다(A2)', 'Dynamic Scheduling을 수립한다(A3)', '생산공정을 통제한다(A4)', '조업결과를 분석한다(A5)' 등의 5가지 Sub-Function으로 구성된다. 이때, 제품, 부품, 자원, 공정 등의 정보가 기능 A1의 Control이며 Output은 작업표준 및 Routing 정



<그림 3> Top 및 A0 레벨의 IDEF0에 의한 기능설계도

보이다. 기능 A1의 Output과 Static Scheduling은 기능 A2의 Control이 되며 Input은 제품의 사양 및 납기이고, Output은 발행되는 작업지시서이다. 기능 A3의 Control은 A2의 Output과 작업들 간의 우선 순위를 결정해 주는 Priority Rule 정보와 수시로 갱신되는 공정별 재공현황 및 설비현황 정보이고, Mechanism은 Dynamic Scheduling 소프트웨어이며, Output은 작업이 할당된 Dispatching 정보이다. 한편, 기능 A4의 Control은 A3의 Output과 공정별 재공현황 및 설비현황 정보이고, Mechanism은 생산설비 및 Data 수집을 위한 설비이며, Output은 조업결과 정보이다. 기능 A5의 Control은 A4의 Output이며 Output은 공정별 재공현황보고서, 설비현황보고서, Order별 진도보고서 등이다.

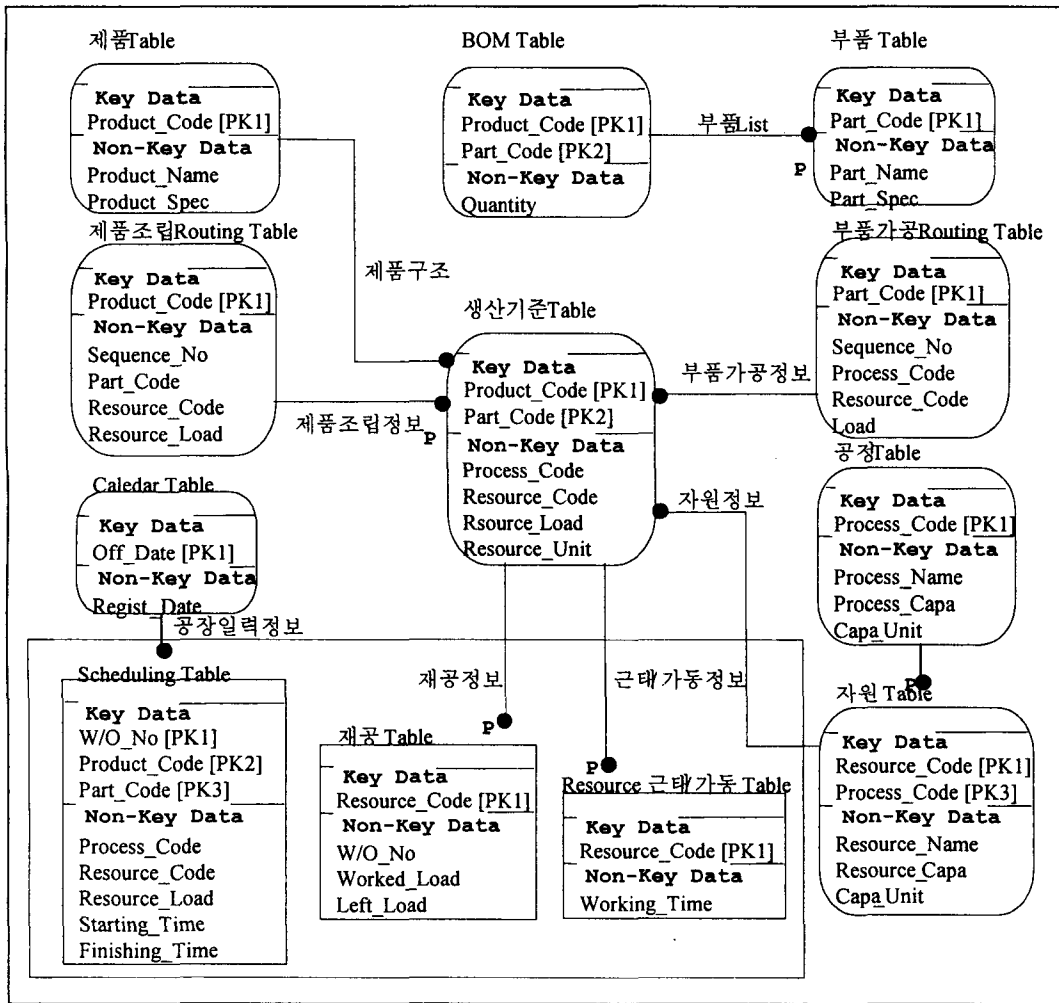
상기의 기능 중 A3레벨인 'Dynamic Scheduling을 수립한다'를 Bottom-Up 접근방법인 IDEF0/td를 활용해 세부적으로 기능설계한 것이 <그림 4>이다. 먼저, Material Flow를 보면 부품의 가공 및 조립, 부품 및 반제품의 공정간 재공, 반제품 및 완제품 가공 및 조립 등 3개의 기능을 순차적으로 거쳐 완제품이 생산된다. 부품의 가공 및 조립 기능의 Input은 자재, 지그/Fixture/공구, NC 프로그램 등이며 Control은 정적일정계획, Job 우선순위, 작업지시서 등이고, 부품 및 반제품의 공정간 재공 기능의 Control은 재고 및 재공 관리정보이고, 반제품 및 완제품 가공 및 조립 기능의 Control은 작업지시서 및 재공현황정보 등이다. 두번째, Control Flow는 부하통제, 능력통제, 작업Dispatching 통제 등의 기능 순으로 이루어진다. 이때 부하통제 기능의 Control은 부하계획이고 Output은 부하 평준화이며, 능력통제 기능의 Control은 능력계획이고 Output은 잔업 및 외주관리 정보와 재고 및 재공관리 정보이다. 작업 Dispatching 통제 기능의 Control은 잔업관리 정보와 작업 우선순위 정보이며 Output은 작업지시서이다. 끝으로, Information Flow는 부하계획, 능력계획, 작업 우선순위계획 등의 기능 순으로 이루어지며 각각의 Output은 Control Flow 및 Material Flow의 Control로 활용된다.



<그림 4> A3 레벨의 IDEF/td에 의한 기능설계도

3.3 데이터베이스 설계

앞 절의 기능설계에서 언급된 A0 레벨의 'Manufacturing Data Base를 구축한다'의 기능은 그 설계기법에 있어서 앞 절과 상이하여 본 절에서 따로 다루기로 한다. 일반적으로 생산관련 데이터는 통합된 데이터베이스를 구축하여 다양한 사용자들이 공동으로 활용하게 되는데 이때 사용자는 마치 자신이 소유한 고유 데이터인 것처럼 사용한다. 이와 같은 제조관련 데이터베이스(M. D/B:Manufacturing Data Base)는 크게 제품, 부품, 설비 등의 Operational Data와 Routing, BOM(Bill of Materials) 등의 Association Data로 구분된다(Arthur L. 외, 1989). 그리고 SFC을 위한 데이터베이스는 기업에서 필요로 하는 장기적 관점에서의 데이터구조와 기업 내의 조직과 기능간의 정보흐름을 지원할 수 있어야 한다. 따라서 M D/B는 Manufacturing Order Administration, Scheduling, Order Arrangement, Manufacturing Resources Management, DNC, Assembly 등의 SFC업무와 관련된 모든 데이터를 포함하여야 한다(Paul G., 1990).



<그림 5> A1 레벨의 IDEF1x에 의한 DB 설계도

SFC 시스템에서 주로 이용하는 Data는 계획과정을 구체화하여 작업별 일정계획을 수립하는데 필요한 계획용파일과, 계획의 실행과정을 유지 및 관리하는 관리용파일로 대별된다. 계획용 파일에는 공정순서(Routing)정보와 작업장(Work Center)정보 등이 포함되는데 이들 정보는 SFC 시스템의 모든 과정에서 필요한 표준(Standard)을 제공한다. 반면에 제조오더파일과 오더상세정보는 계획용파일에서 주어진 정보를 바탕으로 구체화된 일정계획을 수록하여 작업진도관리에 의하여 계획에 대비하여 실적이 관리되도록 하는데 이용되는 관리용파일이다. 공정순서정보는 제조오더의 대상이 되는 모든 제품에 대하여 그 품목을 생산하는데 따라야 할 공정수 만큼의 레코드가 관리된다. 각 레코드는 하나의 작업에 대한 내용으로서 작업번호, 작업명, 표준시간, 작업장번호등의 제조오더를 구체적인 작업별 계획으로 분해하여 Dispatching계획을 수립하거나 제조오더에 따른 작업부하를 계산할 때 이용된다. 한편, 작업장 정보는 작업장에서 보유하고 있는 생산능력의 표준을 관리하는 파일로서 작업순서정보와 함께 생산능력요소계획을 수립하는데 이용된다. SFC의 관점에서 중요한 데이터항목은 작업장번호, 기계대수 또는 작업자수, 작업부제, 작업부제 당 정규작업시간, 능률계수, 장비의 이용률 등이다. 이외에 M. D/B와 관련된 제품, 부품, BOM, 공정, 공장일력, Scheduling, 재공, 근태 및 가동 등의 파일 들의 관계를 IDEF1x를 활용하여 설계한 것이 <그림 5>이다.

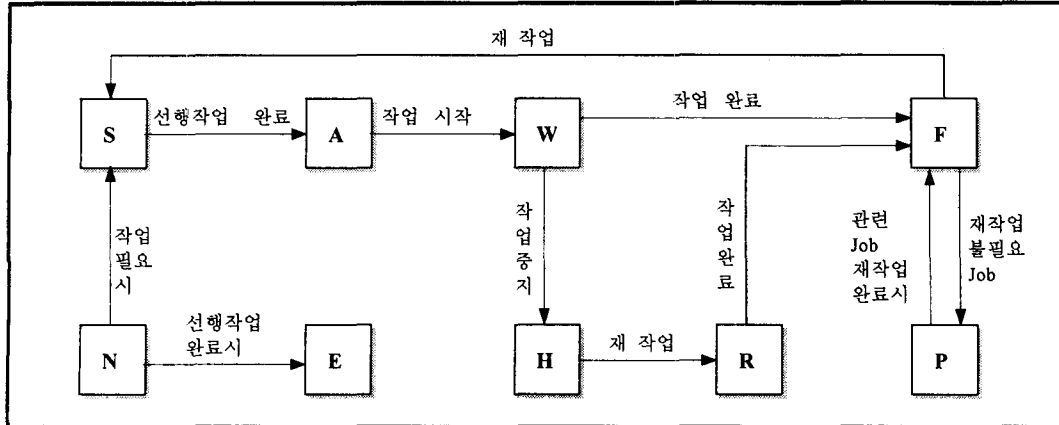
공정통제시스템이 CIM 시스템의 한 구성체로서 통합되는 가장 큰 이유는 작업자에게 작업에 필요한 모든 정보를 전달해야 하기 때문이다. 따라서, 공정통제시스템이 작업자에게 전달하여야 하는 생산관련정보는 작업대기중인 Job중에서 현재 어느것 부터 작업해야 하는가에 대한 Job Priority정보, 작업중인 Job에 대한 작업사양 및 작업표준정보 등이 있다.

4. 시스템 개발사례

일반적으로 제품의 생산리드타임이 제품의 생산계획기간(Planning Horizon) 보다 짧은 제품을 단주기형 제품(Short-Cycle Product)이라 하고, 긴 제품을 장주기형 제품(Long-Cycle Product)이라 한다. 대부분의 제품은 동일한 생산계획기간 내에 제조가 완료되는 단주기형 제품이지만 항공기, 선박, 대형프레스금형, 대형설비 등과 같은 제품은 수개월 이상의 생산기간이 소요되기 때문에, 여러 개의 생산계획기간에 걸쳐 생산되는 전형적인 장주기형 제품이다(Enar A. 외, 1992). 시스템의 개발사례는 대표적인 장주기형 제품인 자동차용 대형프레스금형을 생산하는 K자동차회사의 계열사인 S사의 제조현장을 대상으로 하였으며, 본 절에서는 개발한 SFC 시스템의 운영 메커니즘에 대해 언급하기로 한다.

앞에서 언급하였듯이 제조현장은 시간의 흐름에 따라 다변적으로 변화하는데, SFC 시스템의 생명은 이러한 변화에 얼마나 효율적으로 대응할 수 있는가에 달려 있다고 해도 과언이 아니다. 이러한 환경변화에 대한 시스템의 동적 대응능력은 바로 시스템의 유연성 수준에 의해 결정되는 것이다. 따라서 SFC 시스템의 유연성제고를 위해 제조현장 내의 모든 Job에 대해서 <그림 6>과 같이 다양한 상태(State)를 부여하여 개개의 Job을 관리하도록 하였다.

시스템의 운영 메커니즘을 보면 제조현장 내의 모든 Job은 상태 S와 N에서 부터 시작된다. 생산계획시스템에서 계획된 임의의 Job이 SFC 시스템에 들어와 머무르게(Stay) 되는데 이를 상태 S라 한다. 이때 만일 이 Job이 제조환경의 변화로 제조현장에서 불필요한 Job이라고 판단될 경우는 작업할 필요가 없으므로(No) 상태 N이 된다. 그러나 타 작업이 진행되면서 상태 N에 있는 Job이 다시 작업이 필요하다고 판단되면 이 Job은 상태 S가 되나, 만일 상태 N인 Job이 그 상태에서 그대로 있으면서 관련된 모든 선행 Job이 완료되면 Job의 관리가 완료(End)된 것이므로 상태 E가 된다. 한편, 상태 S인 Job은 관련된 모든 선행 Job이 완료되면 작업이 가능한 상태에서 기다리는(Await) 상태 A가 되고 순위에 의해 작업이 시작되면(Work) 상태 W가 된다. 작업 중인 상태 W인 Job이 작업이 완료(Finish)되면 상태 F가 되어 Job의 관



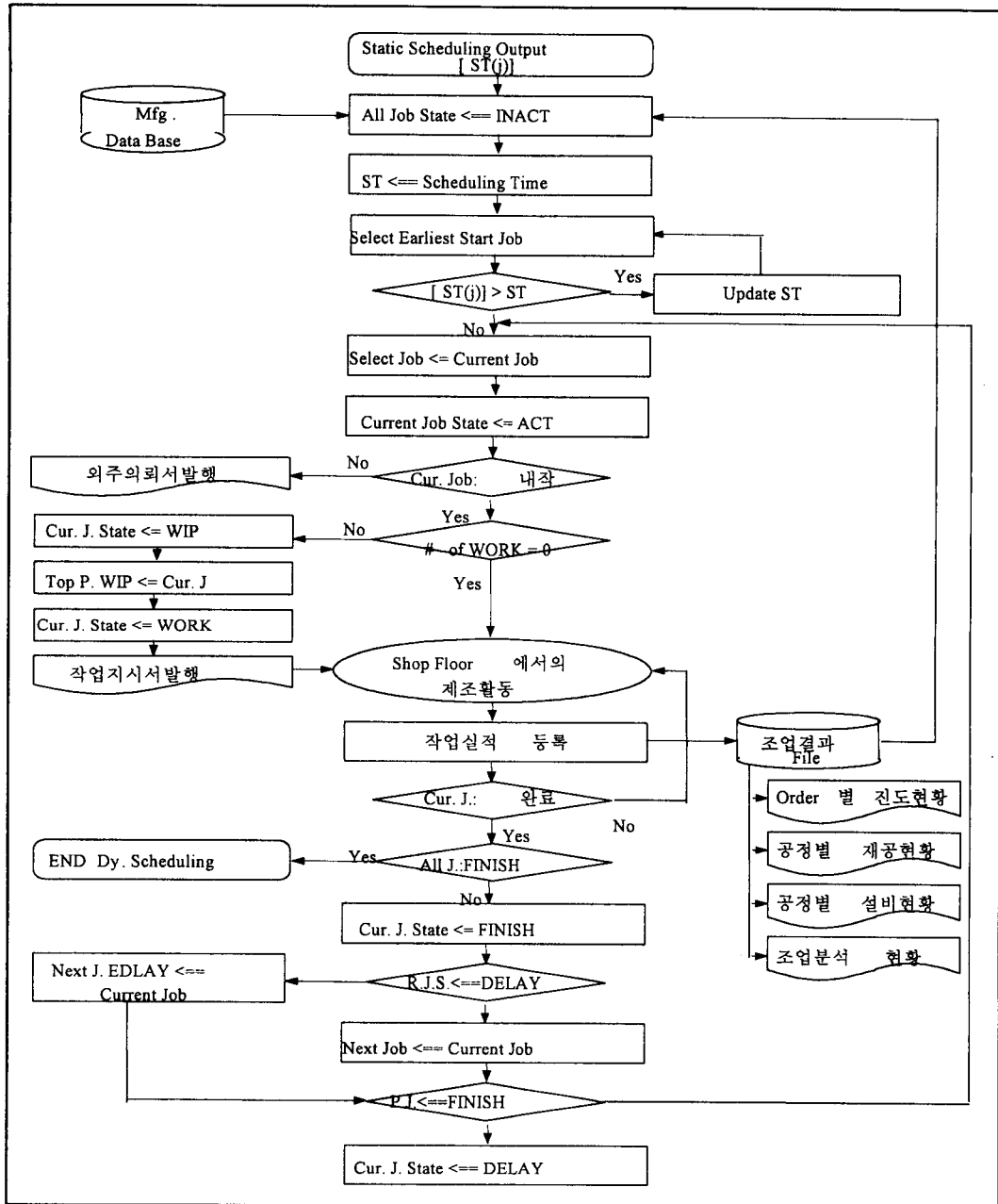
<그림 6> 시스템 운영 메커니즘

리가 완료된다. 그러나 현재 작업 중인 상태 W인 Job이 작업도중 우선순위가 높은 긴급작업에 의해 작업이 중단되면(Halt) 상태 H가 되면서 작업은 대기상태에 놓인다. 상태 H인 Job이 재작업을 시작하면(Rework) 상태 R로 있다가 작업이 완료되면 상태 F가 된다. 따라서 상태 E와 F는 모든 Job의 마지막 상태이다. 그러나 작업이 완료된 Job 중 검사나 수주처의 요구 등으로 일부 Job에 대해 부분적인 재작업이 필요할 경우 요구되는 Job은 상태 S로 바뀌어 전술한 과정을 다시 밟으며, 재작업이 필요로 하지 않는 Job은 일시대기(Parking)인 상태 P가 되었다가 관련된 모든 선행 Job이 완료되면 상태 F가 된다.

한편, 다음의 <그림 7>는 시스템의 흐름도이다. SFC 시스템에서는 생산능력소요계획에서 산출된 작업장별 부하량에 따라 생산능력의 조절에 관한 의사결정을 함으로써 필요한 생산능력과 작업부하가 서로 부합하도록 한다. 생산능력의 조절은 작업시간의 단축 및 연장, 공정의 중첩, 로트 크기의 분할 등의 단기방법과 외작 및 구입, 작업자의 이동배치 등과 같은 중기의 방법이 있으나 본 연구의 생산통제시스템에서는 현실적인 점을 감안하여 작업시간의 연장 및 외주방법을 채택하였다.

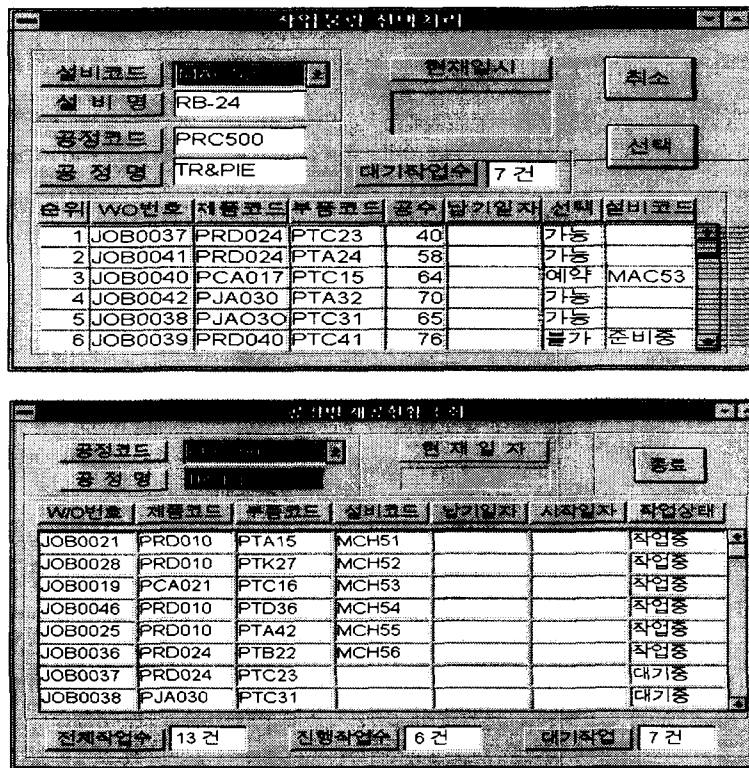
제조현장에 발급된 제조오더의 작업우선순위는 기 계획된 생산계획과 생산통제시스템의에서 지속적으로 수집되는 생산현장의 조업자료에 의해 재계획되어 생산현장의 컴퓨터를 통해 직접 작업장에 제공된다. 이때, 적용되는 작업우선순위 규칙은 납기준수를 목표로 하여 EDD(Early Due Date)를 적용하며, 필요시는 CR(Critical Ratio), SPT(Shortest Processing Time), SST(Shortest Setup Time) 등에 가중치를 주어 복합적인 규칙을 사용하였다. 공정내의 재공 Job의 우선순위는 제조활동이 진행됨에 따라 계속해서 변경되므로 생산통제시스템에서는 기존의 생산계획에 의한 제조오더의 작업순위보다도 작업장내에 대기하고 있는 작업들간의 우선순위를 고려하여 작업을 수행하도록 하여야 하는데 이는 생산계획 시점에 고려했던 생산현장의 예측상황과 시간이 경과한 실제 생산현장의 상황이 다르기 때문이다.

SFC 시스템에서 작업지시서의 발행 즉, 제조오더의 발급은 계획과 실행을 구분하는 중요한 절차이다. 제조오더가 발급되기 전의 오더는 계획오더라 하여 생산일정 계획표에 의해 제조현장에 주어지나 이는 단지 생산에 대한 목표로서의 의미를 가져 제조활동의 목표개념으로 활용될 뿐이지 과거와 같이 작업지시의 의미는 이제 없어졌다. 한편, 제조오더의 발급 시는 자재소요계획에서 제시된 제조에 필요한 자재가 확보되었는지 검증하는 과정과 자재를 출고할 수 있도록 자재를 해당 제조오더에 할당하고 또 필요한 자재의 오더서류를 작성하는 과정이 필요하다.



<그림 7> 시스템 흐름도

또한, SFC 시스템의 주요기능 중의 하나인 작업진도판리는 계속되는 생산활동 중에 지속적으로 갱신되는 조업결과파일을 검색하므로써 이루어진다. 실제의 생산현장에서는 제조오더가 발급되고 생산결과가 지속적으로 갱신되는 과정에서 실제의 생산실적이 계획과 완전히 일치하는 예는 드물다. 일례로, 예기하지 않은 기계의 고장도 일어날 수 있고 계획과정에 사용된 생산리드타임, 작업능력, 기계의 사용률, 작업자의 작업시간, 재작업에 관한 통계 등의 표준데이



<그림 8> 작업물량 선택처리 및 공정별 재공현황 조회 화면

터가 현실과 맞지 않을 수도 있기 때문이다. 따라서 작업진도관리는 계획에 대비하여 실제 생산실적을 기록하고 작업장별 재공품을 추적할 수 있게 하며 장기간에 걸쳐 계획과 실적의 차이를 분석함으로써 표준데이터의 향상시킬 수 있다.

<그림 8>은 <그림 7>의 시스템 흐름도에 있는 작업지시서 발행에 해당되는 작업물량 선택처리 화면과 공정별 재공현황 조회 화면으로서 전자는 기존의 작업물량을 완료한 설비가 해당공정에 대기 중인 Work Order를 선택하는 것이며 이로부터 Shop Floor에서의 제조활동이 시작된다. 그리고 후자는 시스템 흐름도 상에 나타난 공정별 재공현황을 조회하는 화면으로서 해당공정에서 현재 작업중인 작업과 대기중인 작업을 나타낸다. 시스템개발을 위한 하드웨어의 환경은 IBM Compatible PC이고, OS는 MS-Windows 3.1로 개발된것으로서 현재 Win95로 변환중이며, 소프트웨어 개발 틀은 PowerSoft사의 PowerBuilder 4.0을 활용하였다(Powersoft, 1996).

5. 결론

오늘날의 제조현장은 담당하는 기능과 취급하는 정보면에서 과거와는 달리 그 범위와 역할이 대단히 확장되었다. 따라서 SFC 시스템을 개발하는데 고려해야 할 사항 역시 많아져 개발의 복잡도가 크게 높아진 실정이다. 그리고, SFC 시스템은 제조현장과 직접 연결되어 제품생산의 실 데이터를 생성하는 시스템으로서 높은 신뢰성과 효율성이 요구되며 특히 정보시스템에 대한 지식이 낮은 현장작업자가 사용하는데 용이해야 한다. 이와 같은 요구가 SFC 시스템의 설계 및 개발을 어렵게 하는 요인들이 되고 있다. 더구나 최근 기업상황을 보면 제품의 다양화 및 Life-Cycle 단축, 수주의 단납기화, 긴급Order의 수시 발생 등으로 생산이 계획에 의거하여

진행되는 것은 거의 불가능한 실정이다. 따라서 이에 대한 적절한 대응이 요구되고 있어 SFC 시스템에 대한 중요성이 높아지고 있다.

그러나 현재 국내 제조기업의 생산현장에서는 대량의 생산물량에 대해 막연한 예측관리로 임하고 있는 실정이다. 이로 인해 대다수의 생산관리자 및 현장 작업관리자들은 수시로 발생하는 다양한 생산현장의 문제점 해결을 위해 대부분의 시간을 보내고 있는 것이 현실이다. 따라서 실제적으로 관리자들이 처리해야 할 본연의 관리업무기능은 수행하지 못하고 단지 변화하는 생산현장에 대해 임기응변적인 대응에 전념하게 된다. 이와 같은 원시적인 현장관리로는 수많은 생산물량에 대한 납기준수 및 품질향상을 기대할 수가 없다. 결국 작업의 흐름을 수시로 변경해야 되는데, 이로 인해 제조활동이 기 수립된 생산일정계획과는 전혀 일치되지 않을 뿐만 아니라, 생산공정의 혼란을 야기시켜 생산성저하는 물론 공정의 불안정으로 인해 생산가공상의 불량증가를 초래하여 궁극적으로 제품에 대한 원가부담을 가중시키는 결과가 발생하는 것이다. 이와 같은 생산현장 상의 제반 문제점들을 해결하기 위해서는 생산계획을 포함한 공정통제에 필요한 제반 정보가 컴퓨터에 의해 통합관리되어야 하는데 이러한 역할을 담당하는 것이 SFC 시스템이다. SFC 시스템은 설비고장, 자재부족, 불량발생 등과 같은 생산현장 상황의 변화와 긴급 Order, 수주변경 등과 같은 예측하지 못한 외부의 요청에 대하여 생산현장의 상황이나 생산스케줄을 고려하여 가장 적절한 대응방안을 취해 생산현장을 통제한다. 결국 생산현장의 관련정보를 최적으로 유지, 관리케함으로써 실제 생산활동정보와 계획정보를 필요시에 언제나 비교, 검토하여 변화에 대처하고 전체 생산물량의 흐름을 정보의 Signal에 따라 원활하게 관리할 수 있는 것이다.

전통적으로 SFC 시스템은 CIM의 타 분야의 소프트웨어와는 달리 시스템의 사용자가 직접개발해 왔다. 이와 같은 이유로는 SFC 시스템을 사용하는 생산현장의 관리형태, 제조기술, 경영환경 등 제반 환경이 기업마다 상이하기 때문이다. 이와 같은 이유로 표준이 되는 SFC 시스템이 없으며 자사의 기업 환경에 맞는 CIM시스템의 구축과 함께 SFC 시스템의 개발도 요구된다. 특히, SFC시스템을 성공적으로 개발하기 위해서는 기술적인 요소와 더불어 업무적인 요소에 대한 정확한 평가가 필요하다. 따라서 본 연구에서 제안한 SFC 시스템의 설계 및 개발 내용의 기본 골격은 대체적으로 일반적인 제조현장에 활용할 수 있으나 설계 및 개발 상의 세부내용은 적용현장의 환경에 맞게 부분적인 수정이 필요하다.

참고문헌

- [1] A. Bauer, R. Bowden, J. Browne, J. Duggan, and G. Lyons, *Shop Floor Control Systems*, Chapman & Hall, London, 1991.
- [2] Arthur L. Foston, Carolena L. Smith, and Tony Au, *Fundamentals of Computer-Integrated Manufacturing*, Prentice-Hall International, New Jersey, 1989.
- [3] Dan L. Shunk, *Integrated Process Design and Development*, Business One Irwin, Illinois, 1992.
- [4] Dan L. Shunk, Bill Sullivan, and Jerry Cahill, "Making the Most of IDEF Modeling-Triple Diagonal Concept," *CIM Review*, Fall(1986), pp12-17.
- [5] David D. Bedworth, Mark R. Henderson, and Philip M. Wolfe, *Computer Integrated Design and Manufacturing*, McGraw-Hill, New York, 1991.
- [6] Enar A. Tunc and Jorge Haddock, "Production and Work Force Planning in Manufacturing Systems for Long-Cycle Products", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 4, (1992), pp238-245

- [7] Guy Doumeingts, David Chen and Francois Marotte, "Concepts, Models and Methods for the Design of Production Management Systems", *Computers in Industry*, Vol.19(1992), pp89-111
- [8] I. P. Tatsiopoulos, " Simplified Production Management Software for the Small Management Firm", *Production Planning & Control*, Vol. 4, No.1(1993), pp17-26.
- [9] Jim H. Robbins, Rajeev Kapur, and Gayle L. Berry, " Shop Floor Information System Is Foundation and Communications Link For CIMS", *IE*, December, 1984, pp62-67.
- [10] John Borelli, " Shop Floor Software:What are the Prospects ", *Fifth Annual Gartner Group Computer Integrated Manufacturing Conference*, Chicago, 1991.
- [11] Joseph Sarkis, and Li Lin,"An IDEF0 Functional Planning Model for the Strategic Implementation of CIM Systems", *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 7, No.2 (1994), pp 100-115.
- [12] K. Mertins, R. Albrecht, H. Krause, W.Muller and V.Steinberger, "A Flexible Architecture for Distributed Shop Floor Control Systems", *Proceeding of the 3rd International Conference on Computer Integrated Manufacturing*, May(1992), pp287-296.
- [13] Mehdi Kaighobadi, K. Kern Kwong, and Wing M. Fok, " Shopfloor Control Practices in Three Pacific Basin Countries : A Comparative View of Small Machine Tool Industry", *Production Planning & Control*, Vol. 4, No.2(1993), pp174-180.
- [14] Melnyk S., Carter P. L., Dilts D. M., and Lyth D. M., *Shop Floor Control*, Dow Jones-Irwin, Illinois, 1985.
- [15] Mikell P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, Prentice-Hall, New Jersey, 1987.
- [16] Paul G.Ranky, *Manufacturing Database Management and Knowledge Based Expert Systems*, CIMware, Surrey, 1990.
- [17] Popkin Software and Systems Incorporated, *System Architect-User Manual*, 1996.
- [18] Powersoft, *PowerBuilder-User's Guide*, 1996.
- [19] Thomas E. Vollmamm, William L. Berry, and D. Clay Whybark, *Manufacturing Planning and Control Systems*, Irwin, Illinois, 1988.