

제 2 장

생산시스템의 변천과 생산관리

1. 기술과 생산관리
2. 자동화 생산시스템의 발달과정
3. 자동화 생산시스템의 경영학적 의의

Schumpeter는 기술의 혁신이 산업의 진화나 발전에 중요한 원동력으로 경쟁의 근본요소이며 이러한 기술혁신으로 산업구조는 빠르게 변화하는 창조적 파괴의 과정을 반복한다고 하였다. Kondratieff 주기의 하나의 주기에 해당하는 지난 50년 동안 급속한 발전을 거듭한 정보기술(IC; information technology)은 생산시스템에 있어서도 정보기술을 근간으로 하는 자동화 생산시스템을 가능케 하였고 이러한 자본집약적인 생산시스템의 효율적 관리는 생산관리의 매우 중요한 내용이 될 것으로 예상된다. 그러한 의미에서 본 장에서는 기술의 발전에 수반하는 생산시스템의 발전 및 이에 따른 관리기법의 변화에 대한 내용을 살펴보고자 한다.

1 기술과 생산관리

생산시스템의 발전은 이를 가능케 했던 기술의 발전에 기인한다. 특히 자동화 생산시스템은 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 생산시스템에 있어서 높은 생산성을 요구하는 경제적 요구의 종합적 산물이라고 할 수 있다. 높은 자본집약화에 의한 이러한 새로운 제조기술은 이의 경제적 효율성이 매우 중요한 문제가 되며 이는 새로운 경영관리기술에 의하여 성취될 수 있다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 생산시스템에 있어서 기술의 발전은 생산시스템에 있어서 새로운 경영관리기법을 필요로 할 뿐만 아니라 생산시스템의 수행도를 평가하는 측정치로서의 생산성의 개념에도 변화를 수반한다고 할 수 있다. 그러므로 본 절에서는 생산관리에 있어서 기술, 관리기법, 그리고 수행도의 변화를 예를 들어 제시함으로써 상황 적응적인 관리의 필요성을 보고자 한다.

1. 생산시스템과 기술

산시스템의 발전은 크게 분류하여 수공업, 기계화(mechanization), 자동화(automation), 컴퓨터화(computerization), 그리고 네트워킹(networking)의 5단계로 나누어 볼 수 있다.

1) 수공업

기단계인 수공업에 있어서는 모든 것이 인간에 의하여 만들어졌다.



2) 기계화

인간의 힘과 기술에 의한 제품생산은 18세기 후반 증기기관과 방적기의 발명을 기초로 한 산업혁명을 계기로 기계화의 단계로 접어들었으며 기계는 인간의 노동활동을 기계활동으로 대체하였을 뿐만 아니라 인간의 힘과 기술을 배가시켰다. 또한 시대적으로는 정치적 안정, 자본의 축적, 풍부한 지하자원, 넓은 해외 식민지, 교통·통신의 발달 등으로 당시 서유럽은 산업과 사회가 발전하고 공장제 공업의 산업사회로의 이행 등 많은 변화를 수반하였다.

3) 자동화

자동화라는 단어는 1946년 Ford사의 Harder에 의하여 처음으로 사용되었다. 여기에서의 생산설비의 자동화는 소품종 대량생산에 적합한 고정형(fixed, dedicated) 자동화로서 생산설비의 배치가 처리공정의 순서에 따른 제품별 배치에 의하여 한번의 가동준비(setup)에 의하여 자동화된 생산설비는 하나의 부품(part)이나 제품을 대량으로 생산함으로써 높은 생산율과 낮은 생산단가를 목적으로 하는 규모의 경제(economy of scale)를 추구한다.

4) 컴퓨터화

다음 단계는 프로그램형(programable) 또는 탄력형(flexible) 자동화로 이 단계를 컴퓨터화 단계라고 명명한다. 이 단계에서의 생산설비는 컴퓨터에 의한 프로그램으로 제어되어 다양한 제품의 생산이 가능하도록 다양한 공정을 수행할 수 있는 매우 자본집약도가 높은 기계들로 구성되어 있다. 이러한 생산설비는 다품종 소량생산의 유연성과 더불어 높은 생산성을 동시에 추구하는 범위의 경제(economy of scope)를 기반으로 한다.

5) 네트워킹

네트워킹은 통신기술의 발달에 기인한다. 1837년 발명된 전신에서부터 시작된 통신기술은 1969년 미 국방성에서 구성한 ARPA(Advanced Research Project Agency)를 시초로 인터넷(internet)으로 발전하고 1986년 종합정보 검색도구인 웹(WWW; World Wide Web)에 의하여 멀티미디어 정보의 교환이 가능하게 되었다.

이러한 정보통신기술은 CIM, ERP, SCM, 생태계 등을 통하여 시간장벽, 지리적장벽, 비용장벽을 제거하고 나아가 조직간의 장벽을 제거하여 가치시스템으로서의 생산시스템에 있어서 연결의 경제를 추구한다.

2. 시스템 경영기법

생산기술의 변화는 생산시스템에 있어서의 경영관리기법의 변화를 수반한다.

1) 테일러리즘

산업혁명을 계기로 산업구조는 산업사회의 생산형태로 변화하기 시작하였으며 경영관리의 필요성도 인식되기 시작하였다. 기계화 단계의 대표적인 관리기법인 테일러리즘(Taylorism)은 과학적 관리법, 고전적 산업공학으로도 불리며 이의 주요 내용은 다음과 같다. 남북전쟁 후 미국은 깊은 불황과 가격경쟁 속에서 생산단가의 절감을 추구하는 경영자와 임금인상을 요구하는 근로자의 요구가 서로 상충하고 있었다. 특히 성과급제에 의한 임금절하는 근로자의 조직적 태업을 초래하는 노동문제를 초래하였다. Taylor는 이러한 노동문제를 해결할 수 있는 접근방법으로 작업조건, 작업방법, 작업시간의 표준화를 통해 차별적 성과급제에 의한 고임금과 저노무비를 목표로 하는 작업시스템을 추구하였다. Taylor의 이러한 접근방법은 여러 추종자에 의하여 계승·발전되었다.

2) 포디즘

자동화 단계에서 고려될 수 있는 시스템 관리기법인 포디즘(Fordism)은 디트로이트 라인(Detroit line) 개념으로도 불리며 대량생산의 기본 철학으로서 생산, 물류, 통제를 동시화함으로써 생산성을 높이고 더 저렴한 가격으로 생산품을 사회에 공급하여 사회에 봉사하는 것을 목표로 하고 있다. 디트로이트 라인 개념은 생산품의 단순화(simplification), 부품의 표준화(standardization), 그리고 기계공구의 전문화(specialization)를 기본 개념으로 하는 3S로 표현될 수 있다. 그러나 디트로이트 라인 개념에 입각하여 모델을 단순화하고 생산성을 추구하던 Ford사는 다양화된 시장수요의 환경변화에 적절히 대처하지 못하고 다양한 모델을 추구하던 GM사에 곧 시장을 잠식당하였다.



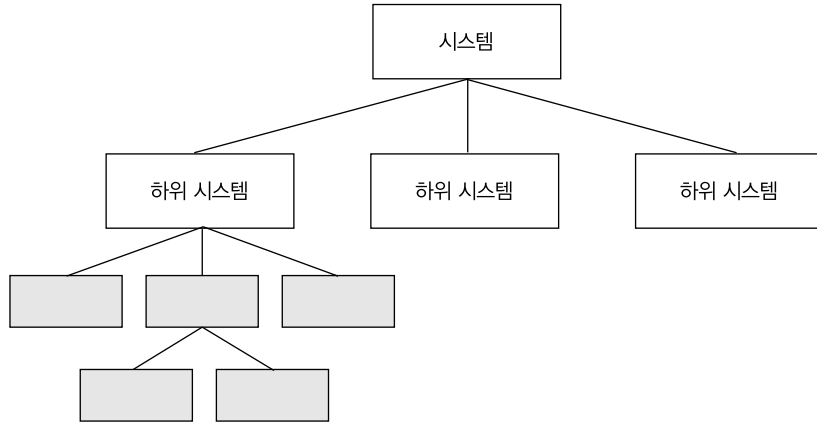
3) 시스템 분석 및 설계

자동화 단계에 고려될 수 있는 또 하나의 관리기법인 시스템 분석 및 설계(system analysis and design)의 개념은 추구하는 목적을 달성하기 위하여 사람, 돈, 설비, 재료를 어떻게 통합하여 설계·관리할 것인지를 다루는 통합된 절차들이라고 할 수 있다. 이는 방대하고 복잡한 현대조직의 의사결정을 위하여 문제의 해결을 위한 주요 요소들을 파악하고 그들의 관계와 우선순위를 결정하여 이를 설계, 계획, 운영, 그리고 제어 등에 활용하는 과학적 접근방법이다.

시스템은 추상적(abstract) 시스템과 물리적(physical) 시스템으로 구분된다. 추상적 시스템은 하나의 독립적 개념에 대한 체계적 정리이다. 예를 들어 신학은 신과 인간과의 관계를 체계적으로 정리한 것이다. 물리적 시스템(앞으로 시스템으로 언급함)은 특정한 목적을 성취하기 위하여 여러 구성인자(entity)가 유기적으로 연결되어 상호작용하는 것이다. 그러므로 시스템은 투입을 산출로 변환시키는 변환자(processor)이다. 시스템의 목적은 시스템의 경계(boundary)를 설정하여 시스템을 환경과 구분 짓는다. 환경과 정보, 에너지, 물질 등을 교환하고 영향을 주고받는 시스템을 개방적 시스템(open system)이라고 하고 시스템 내부에서 모든 것이 통제되는 시스템을 폐쇄적 시스템(closed system)이라 한다. 그러므로 폐쇄적 시스템은 환경으로부터의 유입, 환경으로의 유출이 없으며 환경과의 유통이 없으므로 시간이 흐르면 소멸한다.

시스템은 계층적 구조(hierarchical structure)를 갖는다. 즉 하나의 시스템은 몇 개의 하위시스템으로 분해(decomposition/factoring)될 수 있으며 하위시스템도 하나의 독립적인 시스템이 될 수 있다. 그러므로 시스템은 다른 시스템의 하위시스템이 된다. 하위시스템간에는 응집력(coupling)과 인터페이스(interface)가 존재하며 시스템의 효율적인 운영을 위해서는 이러한 하위시스템간의 응집력을 이완(decoupling)시켜 각각의 하위시스템이 얼마만큼 독립성을 유지시키는 것이다. 예를 들면 제조시스템은 자재조달시스템에 종속하여 자재조달의 지연은 제조시스템의 문제가 된다. 그러므로 자재조달시스템과 제조시스템의 응집력을 이완시키기 위해서 재고를 유지하고 표준화를 적용하여 효율성을 높일 수 있다.

그림 2.1 시스템의 계층적 구조



4) 계층적 계획 및 통제

컴퓨터화 단계에서는 생산설비의 자본 집약도가 더욱 높아지고 제품구성과 부품(part) 경로가 다양해지며 기계의 예기치 않은 고장 등에 의하여 이의 관리운영 문제가 더욱 복잡해진다. 그러므로 컴퓨터화 단계에서는 값비싼 장비의 효율적 운영을 위한 의사결정은 더욱 복잡해지고 경영관리 문제는 더욱 어려워지며 이러한 관점에서 새로운 생산계획 및 통제기법의 예로서 계층적 계획 및 통제의 개념(hierarchical planning and control)이 생겨났다.

재래의 생산 계획과 달리 새로운 생산시스템 하의 계층적 계획 및 통제는 생산 전 계획(preproduction planning), 투입통제(input control), 운영통제(operational control)의 3단계로 구성되어 있다. 생산 전 계획은 재래의 생산계획과 동일한 개념으로 생산능력과 제약조건을 파악하고 생산량과 작업배분 및 순서를 결정하는 단계로 총괄생산계획(aggregated production planning), 주 일정계획(MPS ; master production schedule), 그리고 세부일정계획(scheduling)으로 구성되어 있다. 투입통제는 시스템에 유입되는 작업물(job)을 통제한다. 이러한 투입통제의 한 예로서 한계(threshold)통제를 들 수 있다. 한계통제는 제조시스템 내의 총작업물 또는 부품수의 상한을 설정하고 시스템 내의 작업물의 수가 설정된 상한보다 적은 경우에만 외부나 상위 생산시스템으로부터의 작업물을 유입시키는 방법으로 생산시스템 내



의 혼잡에 의한 수행도의 저하를 방지하기 위한 방법이다. 운영통제는 작업물의 경로변환(routing)과 작업순서를 실시간(real time)으로 통제하는 방법이다. 운영통제의 하나인 경로변환의 실시간 통제는 최단 대기길이 경로변환(shortest queue routing), 확정적 경로변환(deterministic routing), 그리고 엔트로피(entrophy) 경로변환 등에 의하여 적용될 수 있다.

컴퓨터화 단계에서의 제조설비는 작업물 자동착탈, 공구 자동교환 등의 기능에 의하여 하나의 공정은 몇 개의 대체작업장(station)에서 공정수행이 가능하다. 최단 대기길이 경로변환은 주어진 대체작업장 중에서 가장 작업물의 대기길이가 짧은 작업장으로 작업물의 경로를 결정하는 방법이다. 엔트로피 경로변환은 경로변환의 유연성을 가능한 한 최대화시키려는 목적으로 작업물의 대체작업장을 가능한 한 많이 유지시키려는 경로변환의 방법으로 대체작업장이 가장 적은 공정을 먼저 수행하는 방법이다. 확정적 경로변환은 확률적 경로변환을 확정적으로 치환하여 작업물의 경로를 지정하는 방법이다.

5) CIM

네트워킹 단계의 예로서 CIM은 자동화 생산시스템이 정보시스템과 결합되어 유연성과 비즈니스 스피드를 동시에 추구하는 제조업의 전략정보시스템이다. 이는 제품수주, 설계, 개발, 생산, 판매, 인도, 서비스가 정보시스템으로 통합되어 자동화 생산시스템의 활용성을 보장해 주는 토대가 된다.

6) SCM

네트워킹 단계의 다른 예로는 SCM이다. Toyota는 부분품의 70%를 외주(outsourcing)하고 있으며 보잉의 하청업체의 수는 15,000에서 17,000개 업체에 이른다. 그러므로 기업의 경쟁력은 고객, 공급업체, 유통업체 간의 유기적인 관계에 의해서 결정되며 SCM은 공급체인을 구성하는 주체들 사이의 인터페이스를 통합·관리하여 정보와 물류의 흐름을 원활히 하고 효율성을 증대시키는 것을 목적으로 한다.

성공적인 공급체인관리는 기업 내부에서는 ERP, 기업 외부에 대해서는 고객관계관리(CRM ; customer relationship management)를 병행한다. ERP는 생산, 인사, 마케팅, 영업, 재무회계, 경영정보 등 각 업무와 관계되는 모든 정보, 자원, 자

금이 정보기술을 바탕으로 전사적으로 통합되어 실시간으로 관리된다. CRM은 기업이 데이터베이스(DB ; data base)를 기초하여 구매특성, 취향, 관심분야 등에 의하여 고객의 특성을 파악 분류하여 각 고객에게 특화된 정보 및 서비스를 제공하여 지속적인 고객관계를 추구하는 통합적이고 전사적인 마케팅시스템이다. 그러므로 CRM은 고객중심의 사고 위에 정보기술을 기반으로 DB 마케팅활동을 경영 전반에 걸친 관리체계의 일환으로 전략방향과 일치시키는 것을 말한다.

7) 생태계

특정산업에서는 여러 산업을 융합하여 건전한 생태계 기업집단을 구성하는 것이 경쟁력을 강화하는 필수조건이 되고 있다. 재래에는 각 산업이 독립적인 수직의 공급체에 관심을 두었으나 타 산업과의 상호의존성이 높아지고 그 결과로 여러 산업이 융합하여 공동으로 진화하는 수평구조화 현상에 대응하여 하나의 산업에 집중된 공급체인보다는 유기적이고 통합적인 생태계가 관심의 대상이 되고 있다. 그러므로 생태계는 다양한 산업이 서로 협력하여 공동의 혁신을 창조하는 공진(co-evolution)을 통하여 다양한 제품, 서비스, 비즈니스 모델을 창출하며 발전하는 새로운 현상을 설명하는 도구가 되고 있다.

3. 생산성

지금까지는 기술의 발달이 생산시스템의 관리기법에 주는 영향을 살펴보았다. 기술의 변화는 또한 생산성(productivity)의 개념에 변화를 유도한다. 생산성은 시스템의 기본적인 수행도 측정치로서의 생산성은 입력요소에 대해서 처리과정을 거친 산출물의 비율로 정의된다.

$$\text{생산성} = \frac{\text{산출요소}}{\text{투입요소}}$$

이는 총투입요소에 의한 수행도 측정치뿐만 아니라 노동생산성, 기계생산성, 자본생산성, 또는 부가가치 등과 같이 부분적 투입요소에 의한 측정치도 가능하다.

수공업 단계에 있어서 생산성의 척도는 물론 노동생산성이었다. 기계화 과정을 통하여 노동생산성은 현저한 증가를 가져왔다. 컴퓨터와 네트워킹의 단계에 이르러서는 자본집약도가 현저히 증가하는 반면에 인간에 의한 노동력의 수요는 현저



하게 감소된다. 24시간 운영되는 대규모 생산시스템이 통제실 내에 존재하는 소수의 작업자에 의하여 운영되는 경우도 있다. 이러한 상황에서 기본적인 생산성의 척도로 적용되어 오던 노동생산성은 더 이상 중요한 의미를 가지지 못하며 생산성의 개념은 노동집약화에 기초한 생산성의 개념으로부터 자본집약화에 따른 생산성의 개념으로 전이된다. 그러므로 투하자본수익률 등으로 적용되는 자본생산성과 부가가치 등이 더욱 중요한 의미를 갖게 된다. 그러므로 기술의 발전은 경영관리기법뿐만 아니라 생산성의 개념에도 동시적인 변화를 수반하게 한다.

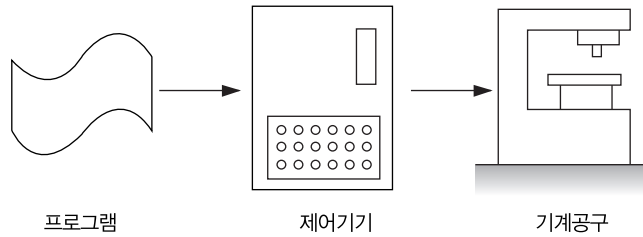
2 자동화 생산시스템의 발달과정

지금부터의 자동화 생산시스템은 컴퓨터화 단계의 생산시스템을 의미한다. 특히 여기에서는 자동화 생산시스템과 CIM의 핵심이 되는 유연 생산시스템(FMS ; flexible manufacturing system)의 발달과정을 살펴보기로 한다.

1. NC

유연 생산시스템의 기원은 NC(numerical control)이다. NC는 제조공정이 숫자, 문자, 부호로 구성된 프로그램에 의하여 컴퓨터로 제어되는 프로그램형 자동화이다. 1948년 Parsons는 좌표 위치에 관한 자료가 표시된 펀칭카드를 기계공구를 제어하는 방법에 대하여 생각하였다. 이 개념은 미 공군에 제시되었고 제2차 세계대전 후 비행기의 제조에 지대한 관심을 갖던 미 공군은 MIT 자동제어연구소에 연구를 의뢰·지원함으로써 1952년 처음으로 밀링(milling) 기계에 적용된 NC 개념이 제시되었으며 1953년 유용성이 입증되었다. 그로부터 기계공구 제작자들은 자신의 필요에 의하거나 상업용으로 도입될 수 있는 NC 기계를 독자적으로 연구 개발하기 시작하였으며 미 공군은 MIT에 NC 기계에 활용되는 프로그래밍 언어를 개발하도록 지원을 계속하여 APT(automatically programmed tools)라는 NC 언어가 개발되었다. APT는 NC 언어로 지금도 사용되고 있으며 다른 많은 NC 제어언어의 기초가 되었다.

그림 2.2 NC 기계의 구성요소



NC 기계는 프로그램, 제어기기 또는 제어단위, 기계공구나 제어되는 과정의 세 가지 요소로 구성된다. 프로그램은 기계공구에 지시될 일련의 세부적인 지시어들의 집합으로 입력매체에 의존하여 입력되며 제어기기는 이를 읽고 해석하여 이를 기계공구의 기계적 행동으로 변환시키고, 기계공구나 제어되는 과정은 이를 실제적으로 실행하게 된다.

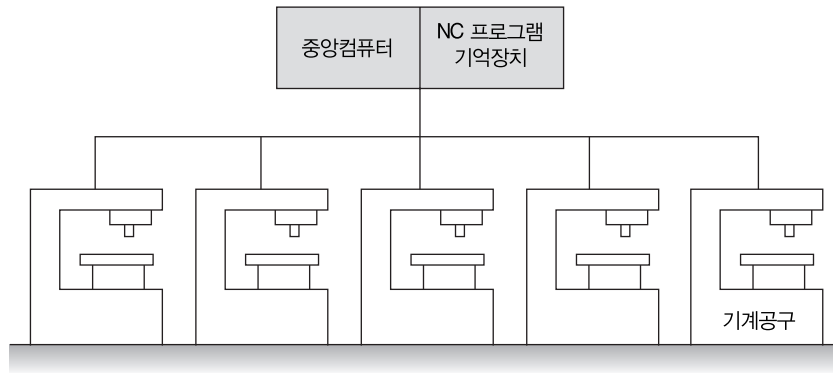
NC 프로그램에 의하여 제어되는 NC 기계는 공구의 자동착탈 및 교환, 고정구(fixture) 및 팔릿(pallet)의 자동착탈, 컴퓨터에 의하여 제어되는 작업 등 다양한 작업수행능력으로 다양한 새로운 작업에 대한 가동준비시간을 현저히 감소시켜 생산성을 저하시키지 않고도 제조시스템에 유연성을 제공하여 생산시스템이 환경의 불확실성에 대응하는 토대가 된다.

시대적으로 NC 기계가 개발된 시점은 최초의 자동식 전자디지털컴퓨터인 ENIAC(electronic numerical integrator and calculator)과 Neuman의 프로그램 내장방식에 의한 최초의 컴퓨터(stored program computer)인 EDVAC(electronic discrete variable automatic computer), 컴퓨터 1세대의 효시를 이루는 최초의 상용컴퓨터 UNIAC(universal automatic computer) 등이 개발되던 시기이다.

2. DNC

DNC(direct numerical control) 개념은 1968년 영국 런던 Deptford의 Molins 담배회사의 제조시스템에서 처음으로 소개되었다. 이 시대의 컴퓨터는 아직도 규모가 매우 크고 고가였으므로 여러 대의 기계공구를 제어하기 위해서는 하나의 거대

그림 2.3 DNC 구성 요소



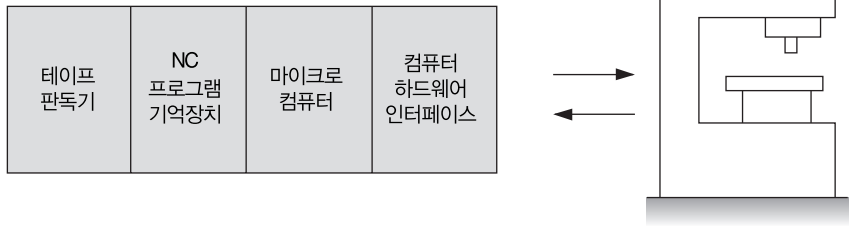
한 컴퓨터를 시분할 방식으로 사용할 수밖에 없었으며 이것이 DNC의 개념이 되었다. 그러므로 DNC는 다수의 기계공구가 하나의 컴퓨터에 직접 연결되어 실시간으로 제어되는 수치제어시스템을 말한다. 그러므로 컴퓨터와 기계공구 사이에는 항상 의사소통이 가능하여 작업지시, 자료수집, 그리고 자료처리가 가능해야 하며 결과적으로 DNC는 제조시스템 내의 정보의 흐름이 통합되는 중요한 전기가 된다.

DNC는 중앙컴퓨터, NC 프로그램이 저장된 기억장치, 통신라인, 기계공구의 네 가지의 요소로 구성된다.

3. CNC

디지털 컴퓨터의 급속한 발전과 제어장치의 경량화, 고속화, 대용량화, 저가화에 힘입어 하나의 기계공구에 프로그램이 내장된 소규모 제어기기를 탑재한 컴퓨터가 나오으로써 1960년대 중반 CNC(computer numerical control)가 탄생되었으며 상업적으로는 1970년대에 처음으로 소개되었다. 그러므로 CNC는 NC 기능을 수행하기 위하여 기계공구에 지정된 프로그램 내장방식의 컴퓨터를 활용하는 프로그램과 제어기기가 통합된 NC 시스템이다. 컴퓨터의 발달과 더불어 오늘날에는 마이크로(micro) 컴퓨터를 CNC의 제어기기로 사용하고 있다.

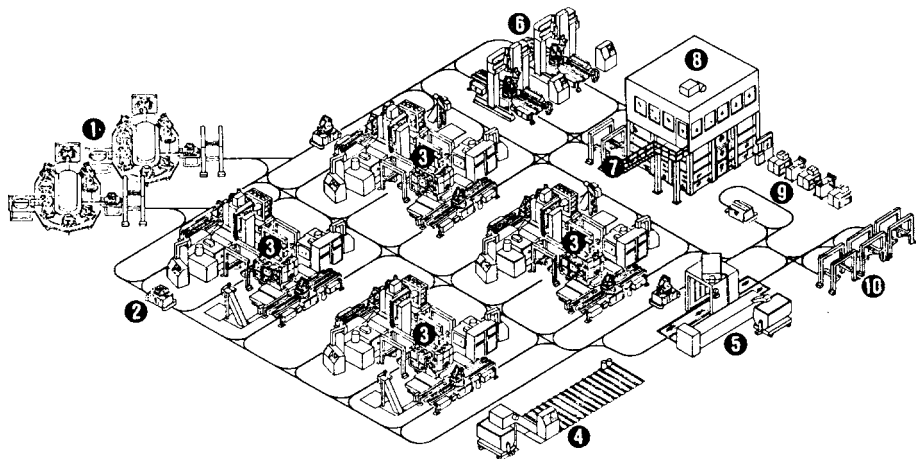
그림 2.4 CNC 구성요소



4. FMS

FMS는 DNC에 자동화된 자재운반시스템(MHS ; material handling system)을 결합하여 생성된다. 이는 NC 기계공구가 자재운반시스템과 통합되어 모든 기계공구와 자재운반시스템이 컴퓨터에 의하여 제어되는 시스템이다. 그러므로 DNC가 정보의 흐름을 통합한다면 FMS는 경영관리의 관점에서 고려될 수 있는 조직 내의

그림 2.5 FMS의 예



- | | |
|--------------|-------------|
| ① 적재하역작업장 | ⑥ 검사작업장 |
| ② 고정경로 AGV | ⑦ 수동검사작업장 |
| ③ CNC 공작센터 | ⑧ 중앙제어컴퓨터실 |
| ④ 부스러기 제거작업장 | ⑨ AGV 보전작업장 |
| ⑤ 세척작업장 | ⑩ 대기공간 |

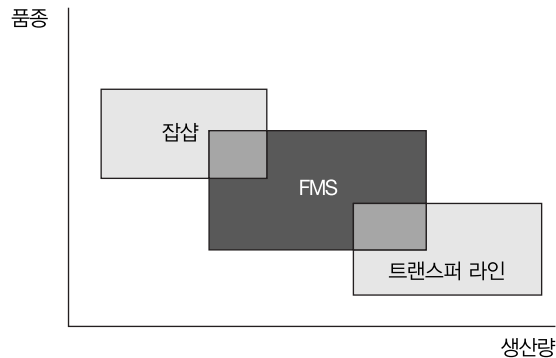


두 가지 흐름, 즉 정보와 자재의 흐름을 통합하는 생산시스템으로 언급될 수 있다.

유연생산시스템의 실제적인 도입과정은 다음과 같다. 1965년 자동화된 MHS가 Sunstrand사에 의하여 처음으로 소개되었다. 기계공구 제작회사인 미국의 Kerney & Trecker가 1970년 처음으로 FMS를 설계하였으며 이는 1977년 Fuji Xerox사에 도입되어 일본에 전파되었고 러시아에는 Stanki-72 박람회에서 처음으로 소개되었다.

FMS는 재래의 제조시스템의 두 가지 제조철학, 즉 소품종 대량생산의 생산성과 다품종 소량생산의 유연성을 동시에 추구하는 생산시스템이다. 높은 생산량과 생산율의 라인생산은 제조 가능한 제품의 종류가 국한되어 있는 반면 높은 제품 유연성을 갖는 잡샵은 제조시스템의 효율성과 생산성이 매우 낮다. 따라서 FMS는 다품종 소량생산의 비효율성을 극복하기 위한 방법으로 개발되었으며 제품의 변화에 따른 짧은 가동준비시간과 작은 배치에 대하여도 높은 생산율을 유지할 수 있어야 한다. FMS는 다양한 수요에 대한 혼합생산이 가능하므로 재공품 재고와 완제품 재고를 줄일 수 있으며 조달기간은 단축된다. 결과적으로 FMS는 대량생산의 규모의 경제를 배치생산에서도 추구할 수 있도록 범위의 경제를 추구하는 제조시스템이다.

그림 2.6 FMS 응용



5. CIM

CIM은 FMS와 정보시스템이 통합된 제조업의 기본전략 정보시스템으로 주문, 설계, 개발, 생산, 판매, 서비스를 정보시스템으로 통합하여 유연성과 비즈니스 속도성을 제공 범위의 경제와 연결의 경제를 추구하여 FMS의 활용성을 제공한다. 고객의 다양한 주문사양과 옵션은 자동입력되어 규격이 명시되고, 최적의 구성으로 설계되고 자재명세서와 조립도면이 작성되고 공구와 공정이 계획되어 자동생산되고 인도된다.

6. 3D프린터

3D프린터는 프로그램된 입체모양을 모양 그대로 3차원의 입체감 있는 물체로 찍어내는 프린터이다. 프로그램이 설치된 PC에서 자신이 만들고 싶은 모형을 평면에 그림 그리듯 표현하고 프린트 버튼을 누르면 입체모양이 만들어진다. 3D프린터에는 특정한 재료가 들어 있어 프로그램이 지시하는 대로 재료가 분사되거나 재단되어 뿌려져 겹겹이 쌓여지며 자니션, 레이저, 전자빔 등이 서로 하나가 되어 굳어지게 하여 원하는 3차원의 물체가 만들어진다. 사용되는 재료로는 특수잉크, 고무, 플라스틱, 세라믹, 나무, 액화금속 등 150여 소재가 포함된다. 자동차, 완구, 항공기, 건축, 치의학, 식품, 방위산업, 배아줄기세포, 바이오, 교육, 식품 등에서 다양한 부품이나 제품을 만들어 내는 데 사용되고 있다.

3D프린터는 누구라도 아이디어가 있는 사람은 3D프린터를 이용하여 소량의 제품을 빠르게 맞춤형으로 만들어 낼 수 있게 하여 아이디어가 있는 사람은 스스로가 기업가가 되어 1인 제조업 시대를 선도할 수 있다. 그러므로 3D프린터는 제조업의 새로운 혁명이며 제3차 산업혁명의 주역으로 여겨지고 있으며 미국이나 영국 등 선진국에서는 국가차원에서 투자를 확대하고 있다.

3 자동화 생산시스템의 경영학적 의의

세계의 경제전쟁은 더욱 심화되어 우리는 적도 동지도 없는 무한경쟁시대에 살고 있다. 무한경쟁의 성패는 생산시스템의 경쟁력에 달려 있다고 해도 과언이 아니며 생산시스템의 중요성은 어느 때보다도 중요하다고 할 수 있다. 기존의 제조업에 있어서도 생산시스템은 기업 자산의 80%를 차지하였으며 컴퓨터화 단계의 제조시스템은 더욱 높은 비중을 차지한다.

우리 제조업의 현실은 더욱 어려워지고 있다. 글로벌 경제의 저성장과 장기 침체로 우리의 주요 산업은 정체되고 잠재성장율은 하락하고 수출과 생산증가율도 둔화되고 있으며, 경기가 회복되는 시점을 예측하는 것도 어려운 상황이다. 이에 반하여 수요는 위축되고 원료, 에너지, 노동비용은 증대되고 있으며, 엔저현상에 따른 경쟁력 악화, 사회 제비용의 증대, 생산인구 감소, 투자 감소, 후발국의 저비용과 기술 증대에 따른 대외시장 잠식 등으로 상황은 더욱 악화되고 있다. 제조기업이 창출하는 부가가치가 이윤은 낮아지고 우리의 제조경쟁력은 추월당하고 있으며 제품 차별화와 차세대 기술은 한계에 다다르고 있다. 기업은 지식생태계를 구축하여 지속적인 제품과 서비스의 혁신으로 새롭고 획기적인 비즈니스 모델을 지속적으로 개발하지 않는 한 앞으로의 생존을 보장받기 힘들며 경쟁무기로서의 제조시스템의 경쟁력 증대가 절실한 상황이다.

반면에 사회는 급속도로 발전·변화하고 있다. 생산활동의 근로환경은 고령화, 근로자의 고학력화, 근로시간의 단축, 여성의 사회진출 욕구, 제조업을 외면하는 추세 속에서 인간성 중시 요구는 증대되는 반면 투자는 감소하고 고용 없는 성장의 어려움을 겪고 있다. 제품 측면에서는 수명주기가 짧아지고 수요는 다양화되었으며 소비자는 좀더 좋고 효율적인 제품을 좀더 저렴한 가격에 구입하고자 한다. 더욱이 일부에서는 생산자 주도형에서 소비자가 원하는 제품을 가격에 관계없이 구입하고자 하는 소비자 주도형으로 변화되어 가는 경향이 늘어가고 있다. 이러한 시점에서 다품종 소량·중량 생산기술의 중요성이 더욱 증대되고 있다.

가장 고전적인 관점에서 NC가 처음 시도되었던 금속 가공업을 예로 들자. 미국의 GNP를 보면 서비스산업이 60%, 생산이 34%이며 생산에 있어서 11%는 건

설, 23%는 제조분야이다. 제조분야 중에서 배치생산이 주된 금속 가공업이 15%를 차지하며 기어, 축(shafts), 기어케이스 등을 생산한다. 그들은 형, 모양, 크기에 있어서 매우 다양한 수백만의 최종 제품을 형성한다. 기술적으로 금속 가공업에 있어서 하나의 제품을 연간 10만 개 이상 생산할 때 이를 대량생산이라 하며 그 이하를 배치생산이라 한다. 일반적인 인식과는 다르게 과반수 이상의 제품이 연간 50개 이하의 적은 양으로 생산되며 금액 면에서도 대량생산은 전체의 30%에 미치지 못하여 실제적으로 소중량 배치가 주된 제조대상이 된다.

그러면 재래의 배치생산을 보자. 배치생산시스템으로서 잡삽의 경우의 발표된 통계치에 의하면 제조시스템 내에서 하나의 작업물의 총 체재시간 중 작업물이 기계에 존재하는 시간의 비율은 실제적으로 5%에 불과하며 나머지 95%의 시간은 작업물의 이동이나 대기 시간으로 소비된다. 또한 언급된 5%의 시간 중에서 실제 공정에 소요되는 시간은 1.5%에 불과하며 나머지 3.5%의 시간은 작업물의 위치고정, 기계공구 변환, 기타의 가동준비시간으로 소요된다. 그러므로 수치제어 기계가 재래의 기계를 대체한다고 하더라도 단지 총체재시간 중 3.5%만이 생산성 증대에 기여할 수 있는 대상이 되며 나머지 95%의 불필요한 시간에는 아무 영향을 주지 못한다. 그러므로 실제적으로 제조시스템의 공간을 점유하고 운전자 본을 묶어 두며 작업물의 이동대기에 소요되는 95%의 시간이 생산성 향상의 주 원천이 된다.

이러한 제조환경 하에서 유연성과 비즈니스 속도성은 중요한 제조전략의 하나로 인식되고 있다.

1. 유연성

유연성은 생산시스템의 내외적 환경으로서 투입요소, 제조과정, 시장으로부터의 불확실성에 대처하여 경쟁적 시장에 대응할 수 있는 능력으로 범위의 경제를 통한 경쟁력의 원천이 되며 소비자 수요 변화, 수요의 확률성, 계절성, 다양성, 원료 및 재료가격의 변동성, 새로운 제품의 연속적 등장, 제품설계의 복잡성 등에 기인하는 환경의 변동성, 다양성, 복잡성 등에 대처하기 위한 수단이다. 이는 NC 기계공구의 다양한 작업수행능력에 기초하여 생산되는 제품의 종류 및 범위, 생산에 소요되



는 시간, 공정의 다양성, 돌발사태 대처능력, 시스템 확장능력 등을 포함한다.

유연성은 다음과 같은 전략적 의미를 수반한다.

- ① 환경의 불확실성에 대한 상황 적응적인 대응에 국한되지 않고 경쟁자에게 상대적인 불확실성을 제공한다.
- ② 자동화 생산시스템은 유연성을 제공하는 수단인 하나일 뿐이다.
- ③ 불확실성의 성격에 따라 필요한 유연성도 달라진다.
- ④ 범위의 측면에서뿐만 아니라 시간에 있어서도 유연성을 제공한다.
- ⑤ 환경의 불확실성이 증대될수록 유연성의 중요성도 더욱 강조될 것이다.

2. 비즈니스 속도

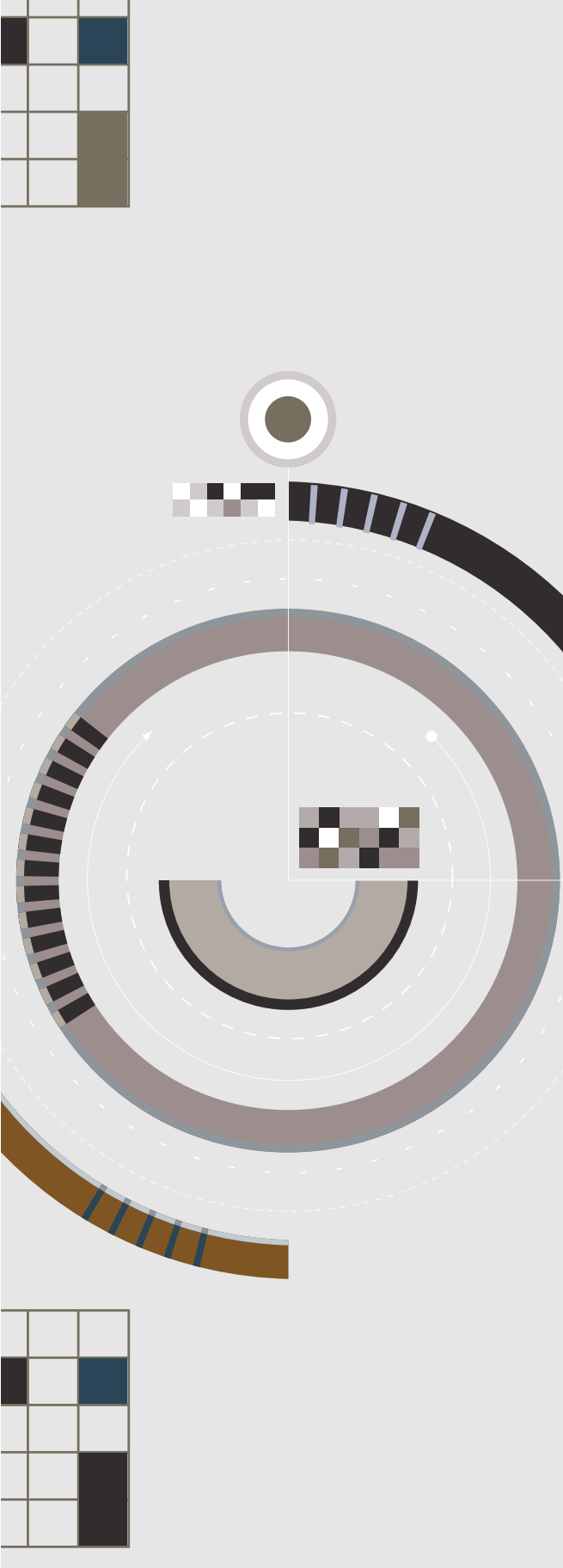
급변하는 경영환경에 신속하게 대처하기 위하여 요구되는 또 하나의 개념은 시간에 기초한 경영(time based management), 즉 비즈니스 속도이다. 환경의 변화를 전략의 전개에 적용시키는 시간, 소비자 요구를 파악하여 제품화까지 걸리는 시간, 연구개발에서 제품화까지 걸리는 시간, 그리고 제품화된 것을 양산화하는 데 소요되는 시간을 먼저, 빨리, 제때, 자주 하는 것으로 정리될 수 있다. 이러한 비즈니스 속도는 자동화에 의한 생산활동과 더불어 연구개발활동, 판매활동 등 제조기업의 기본 활동을 기업 전체의 관점에서 하나의 정보시스템으로 통합하여 이를 전략화함으로써 추구될 수 있다. 그러므로 전술된 유연성이 FMS를 특징으로 하는 자동화 생산시스템에 주안점이 주어진다면 비즈니스 속도의 개념은 제조업 전체의 관점에서 판매, 개발, 제조, 보전에 이르는 여러 활동과 이에 수반되는 정보의 흐름을 컴퓨터와 통신에 의하여 통합처리하는 시스템을 특징으로 할 수 있으며 이는 제조업의 기본전략 시스템으로서 CIM, SCM 등으로 실현될 수 있다.

연습문제

1. Fordism에 적용되는 세 가지 기본원칙(3S)을 기술하십시오.
2. NC의 구성요소를 기술하십시오.
3. DNC의 생성배경을 기술하십시오.
4. 기술변화에 따른 생산성 개념의 변화에 대하여 기술하십시오.
5. 기술변화에 따른 관리기법의 변화를 정리하십시오.
6. 재래의 소품종 대량생산의 단점을 종합하십시오.
7. 물리적 시스템을 정의하십시오.
8. 시스템 분석과 설계에 있어서 이완에 대하여 설명하십시오.
9. 계층적 계획 및 통제에 대하여 설명하십시오.
10. 유연생산시스템의 구성요소를 생각해 보고 생산시스템의 수행도와 관련하여 유연생산시스템의 기능을 적으시오.
11. 경영관리 측면에서 고려되는 조직 내의 중요한 두 가지 흐름과 관련하여 유연생산시스템의 기능에 대하여 적으시오.
12. 재래의 잡작의 단점과 비효율성에 대하여 적으시오.
13. 유연성의 형태를 생각해 보시오.
14. 생산시스템에 있어서 유연성의 근원에 대하여 생각해 보시오.
15. 비즈니스 속도의 개념을 요약하십시오.
16. CIM의 두 가지 기본 철학을 생각해 보시오.
17. 생산시스템에서 요구되는 21세기의 새로운 기술에 대하여 생각해 보시오.
18. 새로운 기술도입에 있어서 실행간격(implementation gap)의 의미를 기술하십시오.

제 3장

제품설계

- 
1. 신제품 개발전략
 2. 신제품 개발절차
 3. 서비스설계
 4. 모듈러설계
 5. 동시공학
 6. 제품수명주기
 7. 가치분석
 8. 생산능력결정

제 품은 생산시스템의 산출물이며 소비자의 수요에 대응하여 시장에서 판매될 수 있는 재화와 서비스로서 외적으로는 고객과 관계를 맺어 주고 내적으로는 기업의 생존과 장기적 발전의 근본이 된다. 따라서 외부 수요의 변화에 효율적으로 부응하고 나아가서는 새로운 수요를 창출하여 시장에서 경쟁 우위를 점할 수 있도록 제품이 설계되고 유지되어야 한다.

제품개발은 시장에서 새로운 기회를 얻기 위한 활동으로서 전략적 관점에서 추진되는 데 마케팅 기능, 생산 기능, 엔지니어링 기능, 디자인 기능, 그리고 사후유지 등 조직의 모든 기능이 통합·적용되고 자금, 기술, 능력, 자원 등의 제반 제약조건이 만족되어야 한다. 제품개발의 최종 단계는 생산이며 또한 새로운 제품의 도입은 공정, 생산능력, 재고, 품질, 노동력 등의 영역에 영향을 준다.

특히 서비스는 유형의 제품과는 달리 무형의 서비스와 유형의 재화가 혼합 구성되며 생산과 소비가 동시에 전개되어 수요지에 근접하고 고객접촉도가 높아 불확실성이 높다. 또한 재고를 유지할 수 없고 품질 평가가 어려운 특점으로 인하여 이의 품질이 서비스의 범위, 내용, 종류, 시기, 장소 등과 관계되며 물리적인 것뿐만 아니라 감각적, 심리적인 요소들도 중요하게 고려되어야 한다. 이러한 요소들의 적절한 배합을 위해서는 고객과 생산자 사이의 지속적인 상호작용이 요구되며 고객의 기호와 일치되지 않은 경우에는 낭비와 더불어 위험부담이 수반된다.

1 신제품 개발전략

신제품은 다양한 기능이 총체적으로 고려되어 결정되나 시장잠재력과 생산기술은 신제품 결정에 있어서 중요한 요소로 분류된다.

- ① **시장잠재력에 의한(market-driven) 관점** : 시장에서 원하는, 즉 팔 수 있는 제품을 개발하려는 전략으로 마케팅 부서가 신제품 결정에 있어서 중요한 기능을 수행한다. 제품의 기능이나 디자인에 있어서 고객의 요구나 취향에 대한 철저한 시장조사가 요구된다.
- ② **기술적 가능성에 근거한(technology-driven) 관점** : 생산가능한 제품, 즉 만들 수 있는 제품을 개발하려는 전략으로 이 경우에는 생산부서가 신제품 결정에 중요한 역할을 수행한다. 공정이나 생산기술, 보유하고 있는 생산라인 등에 의하여 신제품이 결정되며 마케팅 부서는 결정된 제품을 판매하는 책무를 갖게 된다.