

Job Shop 형태를 갖는 주문생산 환경에서의 계층적 생산계획 및 통제 Framework의 설계

송정수* · 문치웅* · 김재균*

A Framework for Hierarchical Production Planning and Control in Make-to-Order Environment with Job Shop

Jung-Su Song* · Chi-Ung Moon* · Jae-Gyun Kim*

■ Abstract ■

This paper presents a framework for the hierarchical PPC(Production Planning and Control) in make-to-order environment with job shop. The characteristics of the environment are described as : 1) project with non-repetitive and individual production, 2) short delivery date, 3) process layout with large scales manufacturing, 4) job shops. The PPC in a make-to-order typically are organized along hierarchical fashions. A model is proposed for the hierarchical job shop scheduling based on new concepts of production system, work and worker organization. Then, a new integrated hierarchical framework is also developed for the PPC based on concepts of the proposed job shops scheduling model. Finally, the proposed framework has been implemented in the Electric Motor Manufacturing and the results showed good performance.

1. 서론

생산계획 및 통제(PPC: Production Planning and Control)는 통합 생산환경에서 자재 수급계획, 납기, 생산일정과 관련한 가장 핵심 기능 중의 하나이다. 지난 십 여년 동안 많은 연구자들에 의해 이

문제의 해결을 위한 모델과 방법론이 개발되었는데[6, 9], 이러한 연구의 대부분은 계획생산(Make-to-Stock) 분야에 대하여 집중적으로 이루어져 왔다. 그런데, 최근에는 조립생산, 주문생산, 설계생산과 같은 각각의 생산 형태에 적합한 새로운 PPC에 관한 연구들이 이루어지고 있다[4, 5]. 이들 중

* 울산대학교 수송시스템 공학부

주문생산(MTO: Make-to-Order)방식은 계획 기능이 복잡함으로 인하여 PPC 문제의 해결을 위한 모델의 개발이나 방법론의 제시는 거의 이루어지지 못하였다.

PPC 시스템의 기능은 수요에 대한 품질, 비용, 납기와 같은 세가지 요소들을 만족시키는 것이다. 특히 MTO의 경우에 있어서 주문에 대한 납기의 준수는 가장 중요한 경쟁전략의 요소이다. 이때 일정계획(scheduling) 기능은 납기에 대한 매우 중요한 역할을 담당한다. MTO 방식에서 PPC는 바로 이러한 일정계획을 기반으로 구성된다 할 수 있으며, 생산형태와 제품 생산방식에 따라 접근방식이 달라져야 한다[13].

기존의 연구는 MRP(Material Requirement Planning), 폐쇄순환 MRP, 제조자원계획(MRPⅡ: Manufacturing Resource Planning) 등으로 발전된 MRP접근방식, 적시생산 시스템(JIT: Just in Time), 또는 OPT(Optimized Production Technology) 등과 같은 접근방법으로 모형화 되었는데[1], 최근에는 이들 방식의 통합화 또는 부하기반(Load-oriented)의 PPC 방식[2, 5, 13]과 같은 새로운 방식에 관심이 집중되고 있다. Spencer[10]는 엔진을 생산하는 반복생산 환경에서의 MRP/JIT의 통합에 대한 모델을 제시하였다. MTO방식에 적합한 PPC에 대한 연구도 진행되고 있는데, 계층적(hierarchical) PPC에 관한 연구[4, 5, 8]가 대표적이라 할 수 있다. Bitran과 Hax[3]에 의해 널리 소개된 계층적 계획은 MTO에서도 장기, 중기, 단기계획의 단계에 따라 계층적 구조에 의하여 문제를 해결할 수 있다 [4, 5].

Hendry와 Kingsman[5]은 소규모 MTO 방식의 계층적 생산계획 문제를, Cararavilla와 De Sousa[4]는 신발 산업을 대상으로 주문생산체제에서의 계층적 생산계획 문제를 다루었다. Karacapilidis와 Peppis[7]는 직물 산업을 연구대상으로 PPC를 다루었으며, McPherson과 Preston[8]은 자동세척기계를 생산하는 제조업을 대상으로 PPC에서의 동적인 문제를 모형화 하였다. 또한 Tagawa[11]는 job shop

일정계획의 의사결정 모델을 계층적 구조에 의해 정의하였다.

본 논문에서는 제품 종류가 다양하고 여러 단계의 작업 공정을 거쳐 제품이 만들어 지는 제품으로서 납기가 짧은 개별생산 형태에 대한 문제를 다루고자 한다. 또한 이 문제는 설계와 생산이 완전히 독립적으로 구분되어 순차적으로 되는 것이 아니라, 업체의 입장에서 제공할 수 있는 납기보다 고객이 요구하는 납기가 보다 짧기 때문에 제품의 설계와 PPC는 거의 동시에 진행되어야 고객의 요구 납기일을 만족시킬 수 있다. 그러므로 일정계획 수립에 필요한 정보의 정확성은 고객의 주문이 도착했을 때에는 매우 개략적이지만, 상세설계가 끝난 후에는 점점 구체화되고 정확해진다. 작업(work)의 단계적 구분에 따라 계획기간단위(time bucket)가 다르고, 주문이 shop에 도착한 후 정보의 정확성이 구체화되기 때문에 일정계획의 수립은 계층적인 구조를 따라야 한다.

본 논문에서는 이러한 특징을 가진 MTO에서의 생산시스템, 작업 및 작업자 조직과 같은 자원과 job shop 일정계획 시스템을 새롭게 정의하고, 이러한 복잡한 생산계획과 통합 구조에 적합한 MRP와 JIT 기법의 통합된 계층적 생산계획 및 통제시스템(HPPCS: Hierarchical Production Planning and Control System)의 framework을 제시하고자 한다.

2. 문제제시

Hendry와 Kingsman[5]는 MTO의 특성을 다음과 같이 정리하였다. 1) 제품에 대한 표준을 정하기 어렵다, 2) 자원은 다목적 기계와 유연성 있는 작업자로 구성되어 있다, 3) 수요가 가변적이고 예측이 거의 불가능하다, 4) 능력계획은 접수된 고객주문에 바탕을 두며, 사전 계획이 힘들다, 5) 납기일은 고객과의 협상에 의해서 결정되고, 납기 준수율은 고객의 만족도에 크게 영향을 미친다, 6) 생산이 개시되기 전에 가격에 대한 고객과의 협의가 먼저 이

루어진다.

본 논문에서는 위와 같은 MTO의 일반적인 특성을 가지는 전동기 제조업을 연구대상으로 선정하겠다. 전동기는 조선, 항공기 조립처럼 비반복적인(non-repetitive) 생산활동에 의해 생산되며, 또한 독특한 제품의 생산을 위해 단속공정에 가깝고, 다른 공정형태에 비하여 공정의 표준화, 기계화, 또는 연속화가 어려운 프로젝트의 특성을 가지고 있다. 대규모의 조선 프로젝트와는 달리 제품의 규모는 작지만 생산되는 종류가 다양하고 개별제품의 납기는 매우 짧은 특징을 가지고 있다. 공장은 대규모(large scale)이고, 그 배치는 같은 기능을 갖는 공정들을 한데 모아 배치하는 다품종소량 및 개별제품 생산에 많이 이용되는 공정별 배치이다. 생산되는 제품의 종류가 많으므로, 가공되는 품목이 공정을 찾아 다니면서 가공되는 job shop의 특성을 가지고 있다. 또한 공장 내에서 재공품 재고(work in process)의 효율적인 관리를 위해 자동창고(AS/RS: Automated Storage/Retrieval Systems)를 포함하고 있다.

이러한 상황에 대하여 제안하고자 하는 PPC는 전략적 문제(strategic issue), 전술적 문제(tactical issue), 작업적 문제(operational issue)의 세 단계 계층적 구조에서 모형화 한다.

제품을 생산하는 과정에 필요한 모든 생산능력 및 자재의 수급계획을 수립하고, 생산일정을 결정하는 PPC는 일정계획을 기반으로 구성된다. Yamamoto와 Nof[12]는 실시간(real-time) 일정계획 수립을 위해서는 재일정계획(rescheduling)의 중요성을 지적하고 이를 위한 계획 단계(planning level), 통제 단계(control level), 재일정계획 단계(rescheduling level)의 계층적 구조하에서 일정계획 수립 방안을 제안하였다. 하지만 본 논문에서는 job shop에서의 MTO의 특성을 고려하여 일정계획의 수립단계는 Yamamoto와 Nof의 계획 단계를 전략적, 전술적 계획 단계로 세분하여 네 단계의 계층적 구조를 적용하였다.

이를 바탕으로 자원, 계획기간, 계층적 계획 단

계의 세 가지 대상을 기반으로 한 계층적 생산 계획 모델(hierarchical production planning model)을 제시하도록 하겠다.

3. 자원의 정의

제품의 사양과 가격, 납기는 제품의 주문마다 다르기 때문에 일정계획(scheduling)은 복잡하고 어려운 계획 활동이다. job shop에서 생산되는 제품의 구조는 거의 대부분 “나무형(tree) 구조”이며, shop들은 계층적 구조로 나타내 진다. 이러한 상황에서의 일정계획 시스템은 적어도 납기를 결정하는 기능과 납기를 유지하고자 하는 일정수립 기능과 각 workstation에 단위작업을 할당하는 기능이 있어야 한다.

3.1 생산시스템

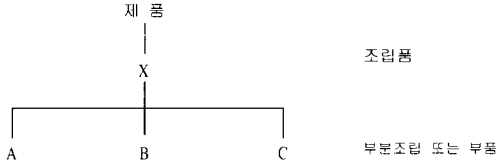
job shop의 물리적 구조 차원에서 정의되는 생산시스템은 계층적 구조이고, 사업의 규모와 조직적 구조에 따라 다르며, 크게 가장 작고, 하위단계의 생산시스템 단위로서의 workstation과, 유사 기능을 가진 workstation의 집합인 production unit, 그리고 이러한 단위들로 구성되는 작업장(shop)으로 구분된다.

3.2 제품과 작업

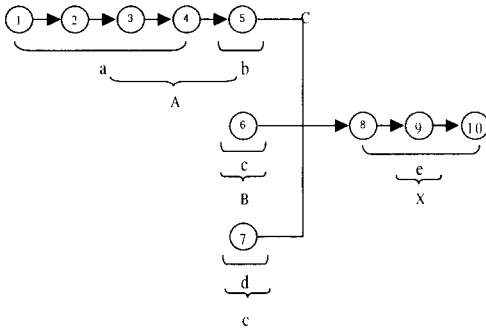
일반적으로 제품은 <그림 1>과 같이 가공 및 중간조립을 거친 주요부품(component 또는 part)의 최종조립을 통해 생산되는 나무형 구조로 표현된다. 이러한 제품의 생산을 위해 작성되어야 하는 일정은 제품의 구조에 대한 정보만으로 수립하는 것이 아니라 실제적으로 부품가공경로와 표준시간, 리드타임(lead time)과 같은 데이터가 일정계획을 위해 필요하다. 따라서 제품의 구조는 일정계획을 위해 작업 차원의 데이터로 변환되어야 한다.

<그림 2>는 부품 가공경로의 예이다. 가공경로 A는 공정(job) a, b를 경유한다. 공정 a는 단위작업

(operation) ① ② ③ ④ ⑤에 의해 이루어지고, 공정 b는 단위작업 ⑥에 의해 이루어진다. 제품은 주요 부품 A, B, C의 가공 및 중간조립을 거친 후 최종 조립 X를 통해 완성된다.



〈그림 1〉 제품의 구조



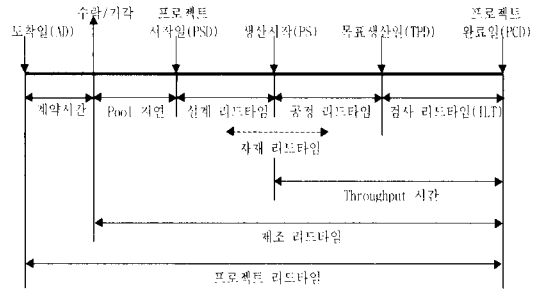
〈그림 2〉 부품가공경로

주문에서 단일 주문제품을 ‘프로젝트(project)’라고 정의하고 같은 제품군내에서 하나 이상의 주문 제품을 ‘프로젝트군(project bundle)’이라 정의하겠다. 제품 측면에서의 프로젝트는 작업의 측면에서 보면 가장 상위단계의 작업단위에 해당하는 주문이다. 예를 들어, 고객이 권선형 대형전동기 3대와 중형전동기 2대를 주문하면, 이 고객주문은 제품형태에 따라서 2개의 프로젝트군과 제품수량에 따라서 5개의 프로젝트를 발생한다.

3.3 job shop 일정계획의 범위

위에서 언급한 바와 같이 job shop 일정계획 시스템의 역할은 주문의 MLT의 계산과 납기를 결정하고, 정해진 주문의 납기를 유지하는 것이다. 하나의 주문에 대하여 살펴보면, 생산활동은 고객의

주문이 도착할 때부터 시작하여 제품이 완성될 때 종료된다. 시간의 경과 차원에서 살펴보면, 생산활동은 <그림 3>와 같이 나타낼 수 있다. job shop 일정계획 시스템은 <그림 3>의 AD에서 PCD까지의 계획기간에 대해 다루어져야 한다.



〈그림 3〉 일정계획 수립의 범위

4. job shop 일정계획 시스템

제조업에서 PPC의 기능은 수요에 대한 품질, 비용, 납기와 같은 세가지 요소들을 만족시키는 것이다. 일정계획은 납기 요소에 대한 책임을 맡고있다. 일정계획의 기능은 고객이 요구하는 납기의 타당성을 검토하여 납기를 결정하고 그 납기가 지켜지도록 유지하는 것이다.

job shop 환경에서 생산활동은 고객의 주문이 shop에 도착했을 때부터 시작되어 제품이 완성될 때 완료된다. 이때 job shop 일정계획 시스템은 고객주문의 도착과 제품의 완성시간 사이의 시간을 관리해야 한다. 일정을 위해 필요한 정보로는 제품의 구조, 부품가공경로, shop에서의 주문잔고, 공정의 리드타임, 단위작업의 표준공수 등이 필요하다. 이러한 정보의 정확성은 고객의 주문이 도착했을 때에는 매우 개략적이지만 일정시간이 경과하여 상세설계가 끝난 후에는 부품가공경로와 표준공수는 점점 구체화되고 정확해진다. 작업의 단계적 구분에 따라 계획기간단위가 다르고, 주문이 shop에 도착한 후 정보의 정확성이 구체화되기 때문에 작업의 단계적 구분에 따라 다음과 같은 네 가지의

사결정 시스템을 정의하고 이들에 의해 네 단계의 계층적으로 구성된 job shop 일정계획의 새로운 개념을 제시하였다.

(1) 프로젝트 일정계획 시스템(PSS: Project Scheduling System): 이 시스템은 도착한 주문의 수락여부를 평가하는 기능과 수락된 주문의 납기를 결정하는 기능을 가진 DDDSS에 의해서 결정된 주문의 납기를 만족하기 위한 프로젝트의 착수 및 완료일에 대한 일정을 수립한다.

(2) 공정 일정계획 시스템(JSS: Job Scheduling System): 이 시스템은 공정과 production unit 기반의 일정을 수립한다.

(3) 단위작업 일정계획 시스템(OSS: Operation Scheduling System): 이 시스템은 단위작업, workstation, 작업일 기반의 일정을 수립한다.

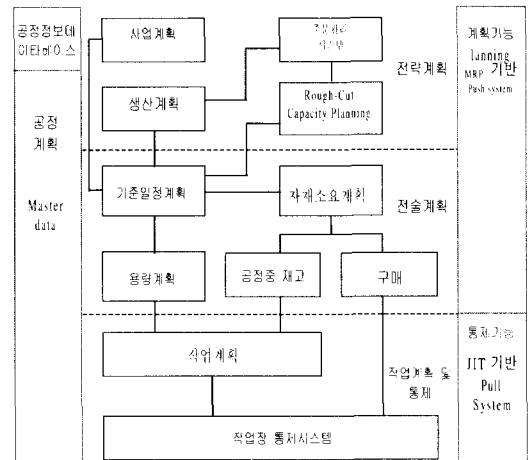
(4) 작업배정 시스템(Dispatching System): 이 시스템은 각 workstation에서 특정한 작업일에 실시해야 하는 단위작업들의 순서를 결정한다.

본 논문에서 제시하는 자원, 계획기간, 및 계층적 계획 단계에 의한 3차원 기반의 계층적 계획 모델에 의한 계층적 의사결정의 job shop 일정계획 시스템의 새로운 개념에 대한 구조를 <그림 4>에 나타내었다. 여기서 계층적 계획 단계는 전략적 계획, 전술적 계획, 작업통제, 재일정계획 등의 네 단

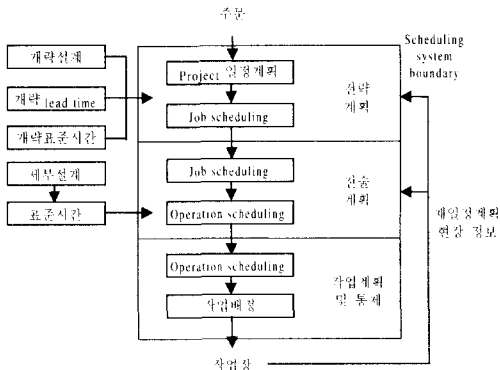
정보로 개략적인 일정계획을 수립하고 그 후 이러한 개략적인 일정계획의 결과를 통해 전술적 계획 단계에 정확한 정보를 가지고 보다 상세한 일정계획을 수립한다.

5. 계층적 생산계획 및 통제 정보시스템

MTO 환경에 대한 PPC의 모델 개발을 위하여 계획 단계에서는 MRP 접근방식 기반의 push 시스템을 적용하고, 통제 단계에서는 JIT 접근방식 기반의 pull 시스템을 적용한 MRP와 JIT의 통합된 HPPCS의 framework을 제시한다. 제안된 HPPCS의 framework는 <그림 5>에 제시하였다.



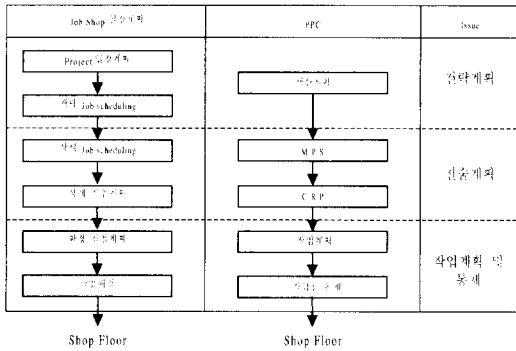
<그림 5> PPC 시스템의 framework



<그림 4> 일정계획 시스템

5.1 job shop 일정계획 시스템과의 관계

앞에서 제안된 job shop 일정계획 시스템은 전략적 계획, 전술적 계획, 작업통제, 재일정계획의 네 단계의 계층적 구조를 가진다. 또한 자원, 계획기간, 및 계층적 계획 단계에 의한 계층적 계획 모델을 적용하였다. 이러한 구조하에서 HPPCS와는 <그림 6>과 같이 유기적인 관계를 가지고 있다.



〈그림 6〉 일정계획 시스템과 PPC의 관계

5.2 공정계획(Process Planning)

제품의 설계는 주문에 따라 달라지며 따라서 제조공정이나 작업방법도 제품에 따라 달라지는 주문생산의 형태이면서 단납기를 가지는 개별생산체계에서는 부품가공경로 및 작업시간이 매우 다양하여 표준공정을 수립하는 것이 현실적으로 불가능하다. 본 연구대상 업체에서 생산되는 제품은 제품형식 구분, 제품사양(예: 프레임 크기, 극(pole) 수, 전압과 주파수 등)에 따라 모델이 달라진다. 주문발생시 신속히 제품모델을 결정하고, 제품모델의 가공에 필요한 부품과 부품가공경로의 선택을 위해서는 제품형식 구분과 제품사양에 의해 결정되는 모델별로 전문가의 오랜 경험 지식을 바탕으로 공정계획 수립시 필요한 지식들을 획득 및 체계화하여 제품의 가공에 필요한 각 부품별로 지식베이스를 구축하였다. 이 공정계획 시스템은 AND/OR 그래프를 이용한 POI-Feature 그래프를 표현할 수 있는 자료구조에 의하여 구조화 되었으며, 이를 관계형 데이터모델(Relational Data Model)로 설계되고 시스템화 되었다.

일정계획 수립을 위해 공정계획에 대한 정보들은 제품 모델에 따라 각 부품들의 가공을 위한 production unit, workstation에서 수행되는 공정, 단위작업에 대한 가공시간과 순서 등이다. 전략적 계획 단계에서의 일정계획은 이러한 지식베이스의 데이터를 이용하여 수립한다.

5.3 사업계획(Business Plan)

사업계획의 기능은 주요 production unit, 장비, 작업조, 및 제품군에 대하여 과거의 경험과 판단에 의하여 전년 대비 연간 생산능력과 매출계획금액을 결정한다. 여기서 생산능력과 계획금액은 공수(man/hour) 투입비율에 의해 산정한다. 이러한 연간 생산능력과 매출계획금액에 대한 목표가 결정되면, 연간 목표달성을 위한 장비와 작업자에 대한 과부족을 파악하여 외주, 고용, 해고 및 잔업과 같은 대책을 마련하는 기초 자료로 사용된다.

이러한 사업계획 모듈의 최종결과는 월별 투입공수 현황을 계획하는 것이다. 월별 투입공수 비율에 따라 월별 제품군별 생산능력 및 매출계획금액, 월별 production unit별 생산능력 및 매출계획금액이 결정된다. 여기서 특정 계획기간 내에 달성해야 하는 매출계획금액을 '기성금액'이라고 정의한다. 월별 생산능력 및 매출계획금액은 기존 생산일정계획(MPS: Master Production Schedule)의 주요 입력 자료 및 제약조건으로써 그 역할을 담당한다.

5.4 주문관리(Order Management)

주문관리의 기능은 주문의 수락여부를 심사하고, 수락된 주문의 납기를 정하는 것이다. 주문관리에서 해야 할 의사결정은 항상 생산자의 입장에서 일방적으로 이루어지는 것은 아니다. 때때로 생산자와 고객의 협상에 의해 이루어진다. 고객은 가격과 납기와 제품의 사양에 대한 조건을 제시한다. 주문관리 모듈의 기능은 이러한 조건에 대한 답변을 제공한다. 고객이 이러한 답변에 만족한다면, 주문은 수락된다. 고객이 만족하지 못한 경우에는 협상이 계속해서 이루어진다. 양쪽에서의 협의가 된다면 주문은 수락된다. 고객의 주문이 수락된다면 공식적으로 앞에서 정의한 프로젝트 번호가 주어진다. 새로이 수락된 프로젝트는 일반적으로 '계획 프로젝트(planned project)'라 불린다.

현실성 있는 납기일 결정을 위해서는 고객과의

주문상담 시, 영업과 생산계획의 기능 그리고 현재의 작업능력을 동시에 고려하여 납기일을 결정할 수 있도록 지원하는 시스템이다.

5.5 생산계획(Production Planning)

주문제품이 프로젝트의 특성을 가지고 있기 때문에 프로젝트의 일정계획을 위해 PERT 네트워크 기법을 적용하였다. 생산계획 모듈은 일정계획 시스템에서 의사결정의 전략적 단계에서의 PSS, JSS와 아주 밀접한 관계를 가지고 있다.

이러한 전략계획 단계에서의 생산계획 모듈에서는 미리 저장된 공정계획 데이터와 공정별 리드타임과 같은 개략적인 정보로 개략적인 일정계획을 수립하고 그 후 이러한 개략적인 일정계획의 결과를 통해 전술계획 단계의 MPS에서는 상세설계를 통해 얻어진 표준시간과 같은 정확한 정보를 가지고 보다 상세한 일정계획을 수립한다.

Job shop에는 많은 수의 공정과 단위작업들이 있고, 또한 이들이 수많은 production unit와 workstation을 거치는 경우에, 모든 production unit와 workstation의 부하를 고려한다는 것은 비효율적이다. 또한 shop의 산출물(throughput)이 애로공정(bottleneck)에 의해 결정되는 경우가 많으므로 생산계획 모듈에서는 개략 능력소요계획(Rough Cut Capacity Planning)에 의해 애로공정의 부하조정에 의해 계획을 수립한다.

5.6 기준 생산일정계획(Master Production Schedule)

고객의 주문이 접수되면 그 주문에 대한 프로젝트 번호가 부여되고 계획 프로젝트로 변환되면서 MPS 모듈로 넘어가야 한다. 이 모듈에서는 사업계획 모듈에서 결정된 생산능력과 기성계획금액의 제약조건에 의해 전술적단계의 일정계획이 수립된다. 우선, JSS는 프로젝트의 납기로부터 시작하여 후진전개 일정계획(backward scheduling) 방법에 따라 수립된다. 둘째로, OSS는 전진전개 일정계획

(forward scheduling) 방법에 의해 수립된다. MPS 모듈에서 수립해야 할 내용은: 1) 언제 상세설계가 착수 및 완료 되어야 하는지, 2) production unit에 필요한 주요 자재들이 언제 필요한지, 3) 언제 가공 및 조립의 착수 및 완료 되어야 하는지를 보여준다. MPS의 입력자료는 사업계획 모듈에서 결정된 생산능력과 기성금액, 계획 프로젝트, 데이터베이스에 저장되어 있는 개략적인 라우팅, 진행중인 프로젝트, 공장의 생산능력, 등등이다.

MPS에서는 전략적 계획 단계의 JSS에 근거하여 공정과 production unit에 대하여 계획기간동안의 생산능력과 기성금액의 제약조건에 의해 계획기간내에 속한 모든 프로젝트의 공정별 가능한 착수 및 완료일자를 결정한다.

JSS의 기능은 주문을 수행하는 공정의 일정을 수립하는 것이다. JSS에서 수립된 주문이 MPS 모듈로 보내질 때 이미 많은 기존 공정에서의 주문들이 존재한다. 새로운 주문을 수행할 공정의 일정은 이미 존재하는 기존의 일정을 고려하여야 한다. MPS에서 의사결정의 로직은 두 가지 형태로 구분한다. 부하방법(load method)과 기성금액 방법(progressive contract money during time period method)이다.

부하방법의 기본 개념은 주어진 production unit들은 특정시간(load horizon)에는 생산능력이 고정되어 있다는 것이다. 그래서 일정은 고정된 생산능력에서의 작업의 부하를 수립하는 것이다. 특정기간내에 공정의 부하를 고려하여 이 기간내에서 착수 및 완료일자가 결정되어야 한다.

기성금액 방법에 의한 MPS에서, 전략적 계획 단계에서의 각 프로젝트들의 납기를 준수하면서 계획기간 내에 기성금액을 만족시킬 수 있는 프로젝트를 대상으로 이 기간 내에서 착수 및 완료일자가 결정되어야 한다.

5.7 작업일정계획(Operation Scheduling)

전술적 계획 단계에서의 공정에 대한 일정은 작업현장에서 실행가능한 일정이 아니다. 그래서 단

위작업, 작업일(work day), workstation 기준의 일정이 단위작업을 수행하는 작업지시 및 실시에 필요하다. 작업통제 단계에서의 OSS는 특정 workstation에서의 특정한 작업일에 실시해야 할 단위작업들을 결정하는 것이다. 단위작업에 대한 일정은 실행가능한 일정이다. 왜냐하면 이 일정은 workstation과 작업일에 근거하여 실시해야 할 단위작업을 정의한 것이다. 이 때 가장 중요한 것은 작업자가 단위작업을 정상적으로 수행하기 위해서는 도면과 자재가 있어야 한다. 그러나 작업일정계획 모듈에서의 단위작업에 대한 일정은 단위작업이 각 workstation에서 실시해야 하는 단위작업들의 순서를 확정하지 않는다.

이 모듈의 주요 기준은 전술적 계획 단계의 JSS에 의해 주어진 납기를 유지하는 것이다. 부차적인 기준은 능력소요계획에 근거한 각 workstation의 생산능력을 만족시켜야 한다. 여기서 생산능력의 기준은 보유공수이다.

5.8 작업현장통제(Shop Floor Control)

작업현장통제 모듈은 현장관리, 창고관리, 진행관리, 장비관리, 계획/실적 분석, 부하관리, 불량관리, 자재관리, 실적분석 등의 기능을 가진 생산시점관리(POP: Points of Production) 시스템에 의해 관리된다. Dispatching system은 상위시스템에서 결정된 납기를 준수하고, workstation의 부하를 만족시키고, workstation에서 수행해야 할 단위작업들의 순서를 보여준다.

작업현장통제 모듈에서는 생산의 지연, 불명확한 생산계획, 진척관리의 어려움, 단위작업별 부하관리의 어려움, 자재 소요량 및 불출처 파악 어려움 등과 같은 생산통제상의 문제점을 해결하고, 또한 실시간 생산실적 관리에 의해 동적 일정계획 수립을 지원한다. 또한 본 연구대상의 특징 중의 하나는 재공품재고의 효율적 관리를 위한 자동창고 관리가 존재하는 경우이다. 작업현장통제를 위한 POP시스템과 자동창고를 중심으로 한 물류시스템

사이에는 작업을 수행하기 위해 이에 대응되는 자재의 적기공급 및 작업일정이 변경되었을 경우 이에 대응되는 자재 투입일정의 변경과 이로 인해 외부 하청업체의 납품일정 변경 등 공정의 상황에 따라 자재의 상황을 연계하여 동기화하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 생산일정과 자재투입 시점의 불일치로 인해 발생하는 생산지연을 최소화하기 위하여 생산공정과 자재의 동기화 방법이 이 모듈에서 처리된다.

6. 적용사례

본 논문에서 제시된 HPPCS framework은 고객의 주문에 대한 적절한 납기 결정, 공정 유연성 향상, 비용 절감, 품질 향상 등의 목표를 위해 개발된 H 중공업의 진동기 공장 통합 생산정보시스템에 적용되었다. 시스템의 구축은 클라이언트/서버 환경에서 ORACLE을 사용하고 서버와 클라이언트 사이의 데이터 전송을 위해 SQL*NET TCP/IP를 사용하였다. 서버에서의 프로그램 개발은 UNIX 운영체제 환경에서 C언어와 PRO*C를 사용하였다. 또한 클라이언트용 개발 도구로서 다양한 형태의 출력을 그래픽으로 보여 줄 수 있는 기능이 있는 DEVELOPER 2000을, 프로그램 개발 언어로는 SQL과 PL/SQL을 사용하였다.

계획의 수립은 <그림 3>의 기간의 대하여 단계적으로 5장에서 제시된 서브 시스템들이 단계적으로 수행된다. 우선 지식기반 공정계획 지원시스템에서 각 작업에 대한 공정계획이 만들어지며, 동시에 납기일 결정 시스템에서 주문에 대한 일정 정보가 산출된다. 이를 바탕으로 실제 생산을 위한 대략계획, 상세계획, 확정계획이 만들어 진다. 이러한 계획에 대하여 실 작업 현장에서는 공정과 자재의 동기화를 통한 효율적인 자재의 공급과 재공품재고의 최소화가 이루어진다. 이 시스템의 구현을 통해 얻어진 효과는 다음과 같다.

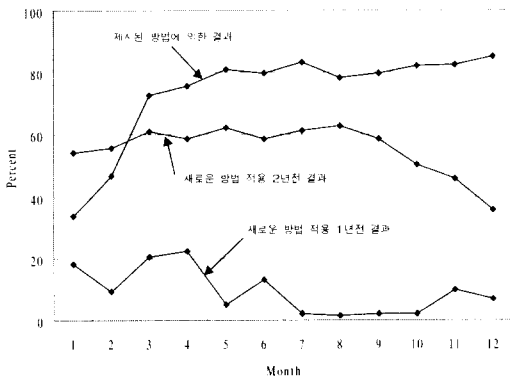
6.1 지식기반 공정계획 지원시스템의 구현효과

연구 대상인 전동기 제조업에서 지식기반 공정 계획 지원시스템을 구축하여 운용한 결과 일관성 있고 신속한 공정계획의 수립으로 인해 모두 5년 이상의 동일한 업종에서 공정계획 분야에 종사한 5명의 공정계획 전담반의 업무를 1명으로 줄이는 공수절감의 효과를 가져왔다. 또한 임의의 수주에 대해 수초 이내에 공정계획과 일정계획을 수립할 수 있는 획기적 시간단축의 향상을 가져왔다.

6.2 납기일 결정 지원시스템의 구현효과

납기일 결정 지원시스템이 구축된 후 공장 경영자 및 감독자와의 면담과 통계자료에 의하면, 납기일 결정 지원시스템에 의해 여러 면에서 성과도를 향상시켰다.

① 납기 준수율이 <그림 7>에서 보여주는 바와 같이 현저하게 향상되었다. 제시된 방법의 적용 2년전의 평균 납기 준수율이 60%를 밑돌았으나, 납기일 결정 지원시스템이 적용후의 납기 준수율은 80%로 향상되었다(연구 대상업체가 시스템 적용 1년 전에 새로운 공장으로 이전하여 설비를 재설정하는 과정에서 아주 저조한 납기 준수율을 보였기 때문에 본 논문은 2년 전 결과와 적용 후의 결과를 비교하였다.).



<그림 7> 납기 준수율 비교

② 고객의 주문을 받는 데 소요되는 시간이 여러 주에서 무시할 수 있는 시간으로 감소되었다. 과거에는 고객과의 주문상담 시, 활용할 컴퓨터통합시스템이 없었다. 그러나 납기일 결정 시스템은 고객과의 주문상담 초기부터 판매와 생산계획 기능을 통합하는 역할을 제공한다.

③ 제조비용이 절감되었다. 납기일 결정 시스템이 설치되기 전에는 현 수용량에 대한 고려 없이 대략적인 제조리드타임을 검토하여 고객주문의 수락여부를 결정하였기 때문에 종종 실현 가능성이 어려운 무리하게 짧은 납기로 인하여 제조비용이 많이 들었다(예를 들면, 잔업, 불필요한 하청, 및 불량품 등). 납기일 결정 시스템은 실현성 있게 납기일을 정함으로써 불필요한 제조비용을 줄이고, 부하 평준화를 통하여 자원 이용률을 높였다.

④ 납기일 결정 지원시스템은 판매부서에서 생산부서로 전달되는 무리하게 짧게 잡힌 납기를 갖는 고객주문의 수를 감소시키기 때문에 판매와 생산부서 간의 갈등을 줄였다.

6.3 공정과 자재의 동기화를 위해 구현된 인터페이스 시스템의 구현효과

전동기 제조업체의 공정과 자재의 동기화를 위한 자동창고 작업지시 코드체계 개발과 이를 이용하여 설계정보, 자재정보, 생산계획, 작업계획, POP, 그리고 자동창고 시스템을 연계시켜주기 위해 구현된 인터페이스 시스템의 구축전후를 비교하면 <표 1>과 같다.

본 인터페이스 시스템의 구현효과를 살펴보면 다음과 같다.

① 작업지시 전에 자동창고 작업지시 코드를 부여하고, 이를 이용하여 설계와 자재의 정보를 연계하여 보다 효율적으로 자동창고 시스템을 운용할 수 있도록 하였다.

② 자동 물류시스템에 의해 후공정으로의 자재를 필요한 양만큼, 적시적소에 무인으로 이송이 가능하게 되었다. 그 결과 각 자동창고별로 자재관리 및 이송에 소요된 관리공수가 이전보다 절반으로

〈표 1〉 시스템 구축전후의 비교

항 목	개발된 시스템의 적용 전	개발된 시스템의 적용 후
시 스템 활 용	자동창고 시스템이 설계/자재/생산계획 /작업 계획/POP 등의 상위 시스템과 연계되지 않아 부분적으로만 활용	자동창고 작업지시 코드를 통한 상위시스템과의 인터페이스 시스템의 구현으로 자동창고 시스템 의 활용 향상
재공품재고	재공품재고 관리의 미비	재공품재고 관리의 가능
입출고관리	자재의 입고, 출고 그리고 재입고에 대한 관리 기준 미비	체계적인 관리를 위한 자재의 입고, 출고 그리고 재입고의 분류 체계 확립
분 제 자 재	분제 자재에 의한 공정 진행의 이상 발생시 분제점 사진 검토 및 조치 불가능	자재지연으로 인한 공정진행의 이상 발생시 자동 적으로 자재운영부/구매부로 통보 가능

감소되었다. 그리고 생산 조립일정에 따라 정확한 시점에 소요자재가 투입됨에 따라 연간 생산능력이 향상되고, 또한 생산지연이 감소되어 납기지연에 의해 발생하는 손실비용이 줄었다.

③ 자동창고 작업지시 코드를 통하여 공정과 자재의 동기화 뿐만 아니라, 주문된 제품이 출하되기 까지 물류의 흐름을 추적할 수 있게 되었다.

7. 결 론

본 논문에서는 비반복적인 프로젝트의 특성을 가지며, 생산되는 종류가 다양하고 개별제품의 납기는 대체적으로 20~30일 정도 소요되는 제품에 대하여 자동창고를 포함한 job shop의 특성을 가지는 생산 환경에 대한 MTO에서의 MIRP와 JIT의 통합된 HPPCS의 framework을 제시하였다.

본 연구의 특징을 요약하면 다음과 같다.

1) 생산시스템, 작업 및 작업자 조직에 대한 정의를 확대하여 모형화 하였다.

2) 자원, 계획기간, 계층적 계획 단계의 3차원 기반의 계층적 계획 모델을 제시하였다.

3) Project scheduling system, job scheduling system, operation scheduling system, dispatching system 네 가지 의사결정 시스템으로 구성된 job shop 일정계획의 새로운 개념을 제안하였다.

4) HPPCS의 계층적 구조와 부합되도록 job shop 일정계획 시스템을 전략적계획, 전술적계획, 작업통제, 재일정계획 단계로 적용하였다.

그리고 job shop 일정계획 시스템과 PPC와 연

관관계를 정의하였고, 계획생산의 PPC와는 많은 차이를 보이는 공정계획, 사업계획, 주문관리, 생산계획, 기준 생산일정계획, 작업일정계획, 및 작업현장동제 모듈을 중점적으로 다루었다. 마지막으로 제안된 HPPCS framework을 실제 생산 시스템에 적용한 후의 구현효과를 기술하였다. 이 결과 주요 경쟁 요소인 납기 준수율이 크게 향상되었음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 정양근, “다공장 구조의 CIM 구축을 위한 계층적 생산계획 및 통제 시스템”, 박사학위논문, 고려대학교 대학원, 1995.
- [2] Bechte, W., “Load-oriented manufacturing control for just-in-time production for job shops,” *Production Planning and Control*, Vol.5, No.3(1994), pp.292-307.
- [3] Bitran, G. R. and A. C. Hax, “On the design of hierarchical production planning systems,” *Decisions Science*, Vol.8(1977), pp.28-55.
- [4] Carravilla, M. A. and J. P. De Sousa, “Hierarchical production planning in a make-to-order company: a case study,” *European Journal of Operational Research*, Vol.86, No.1(1995), pp.43-56.
- [5] Hendry, L. C. and B. G. Kingsman, “Production planning systems and their applicability to make-to-order companies,” *European*

- Journal of Operational Research*, Vol.40 (1989), pp.1-15.
- [6] Hodgson, A., "Production planning and control within a CIM environment: some current developments and requirements for the future," *Production Planning and Control*, Vol.4, No.2(1993), pp.296-303.
- [7] Karacapilidis, N. I. and C. P. Pappis, "production planning and control in textile industry: A case study," *Computers in industry*, Vol.30(1996), pp.127-144.
- [8] McPherson, R.F. and K.Preston White, "Dynamic issues in the planning and control of integrated manufacturing hierarchies," *Production Planning and Control*, Vol.6, No.6 (1995), pp.544-554.
- [9] Ploszajski, G., M. G. Singh and K. S. Hindi, "An overview of some computer-aided production management issues," *Information and Decision Technologies*, Vol.18(1993), pp.405-413.
- [10] Spencer, M. S., "Production planning in a MRP/JIT repetitive environment," *Production Planning and Control*, Vol.6, No.2(1995), pp.176- 184.
- [11] Tagawa, S., "A new concept of job shop scheduling system-hierarchical decision model," *International Journal of Production Economics*, Vol.44, No.1(1996), pp.17-26.
- [12] Yamamoto, M. and S. Y. Nof, "Scheduling/rescheduling in the manufacturing operating system environment," *International Journal of Production Research*, Vol.23, No.4(1985), pp.705-722.
- [13] Zpfel, G. and H.Missbauer, "New concepts for production planning and control," *European Journal of Operational Research*, Vol. 67(1993), pp.297-320.