

흐름생산방식의 자동차 부품업체를 위한 생산계획시스템 개발*

김갑환** · 박순오*** · 김기영** · 옥충석****

A Production Planning System for an Automobile Components Manufacturer with a Flow Process

Kap Hwan Kim · Soon O Park · Ki Young Kim · Choong Suk Ok

〈Abstract〉

In this paper, a case study is introduced on the development of a production planning system for the efficient control of work-in-process material flows. A special attention has been given to the prevention of the shortage of the automobile-components at the auto-assembly lines and the dynamic adaptation of the production plan to the continuously changing environment. The expertise of the production planner is analyzed and transformed into the logic of the software developed.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

자동차조립업체는 필요한 양의 부품을 필요한 시간에 필요한 장소에 공급하게 하는 JUST-IN-TIME 정책을 사용함으로써 자동차 부품업체로서는 다른 분야의 중소기업과는 다른 특이한 관리환경을 갖고 있다. 자동차 조립라인이 흐름방식을 채택하고 있고 재고보유량을 최소한으로 유지하고 있기 때문에 한 공정에서 부품조달상에 문제가 발생하면 그 공정은 물론 결국 모든 관련 라인과 부품업체의 공정에도 영향을 미치는 연쇄반응을 야기시키게 된다. 따라서 자동차조립업체의 입장에서는 자동차부품업체가 부품조달지연을 야기하지 않도록 다양한 방안을 강구하고 있고, 자동차부품 생산업체는 부품 납품일정에 차질이 발생하지 않도록 생산계획 작성 및 실행에

있어 부족발생(결품)을 방지하는 것을 최우선 목표로 하고 있다.

이러한 전체하에 자동차부품업체에서는 생산계획자가 자동차조립업체의 생산계획을 참조로 하여 자동차부품의 납품계획과 이에 따른 부품의 공정별 일자별 생산량을 결정하고, 각 라인에서의 일간 일정계획을 수립하며, 이에 필요한 자체 수급계획을 세운다.

본 논문에서는 자동차 조립라인에서의 부품부족을 방지하고 부품업체내의 작업장의 물류를 원활화하여 공정제고를 절감하기 위하여 개발·적용한 컴퓨터를 이용한 생산계획 의사결정 지원시스템을 소개하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 범위

연구의 대상으로 하는 업체는 자동차 조립업체인 H사의 1

* : 본 연구는 (株)동희산업의 연구비지원에 의해 수행되었음.

** : 부산대학교 산업공학과(기계기술연구소).

*** : 한국과학기술원 산업경영연구소 CIM 센터

**** : (株)동희산업 부설연구소

차 협력업체인 D부품업체로서 대략 45종의 제품을 생산하고, 하루에 제품을 각각 10-1000개 정도를 출하하고 있다.

대상업체는 공정의 성격과 영업측면에서 다음과 같은 특성을 가지고 있다:

1) 생산공정이 흐름생산형태이다. 공정은 <그림 1>과 같이 재단, 프레스, 용접, 도장, 조립라인으로 구성된다. 원자재인 코일은 재단을 한 후 프레스라인에서 가공되는데 이때 금형만 교환하면 동일한 라인에서 다양한 프레스품목을 생산할 수 있다. 프레스라인을 거친 품목은 외주부품과 함께 용접라인에서 용접된 후 도장라인으로 들어간다. 도장라인을 거친 품목은 조립라인을 거치면서 여러 품목으로 조립되어 출하된다. 그러나 한 라인에 여러 가지 품목이 흐르고 하루 몇 차례의 품목교체가 있다. 용접이후의 공정에는 준비시간은 무시할 정도이지만 프레스 공정에서는 금형교환 등이 있으므로 준비비용이나 시간이 적지 않게 소요된다.

2) 계획의 대상을 사회회사에서 납품하는 조립품과 그것을 만드는데 소요되는 주된 부품으로 국한한다. 다른 부품들은 외주나 다른 공장에서 제조되므로 본 연구에서는 제외한다. 하나의 조립품에는 한가지 주된 부품만이 사용되고 주된 부품과 조립되는 타 부품은 고려해서 제외한다. 즉, 고려대상이 되는 하나의 하위부품이 선택적인 다른 부품과 조립되거나 상위공정에서 달리 가공되어 서로 다른 상위품목(조립품)으로 만들어 질 경우는 있으나 서로 다른 둘 이상의 주된 부품이 하나의 조립품으로 만들어지는 경우는 고려하지 않는다(<그림 1> 참조).

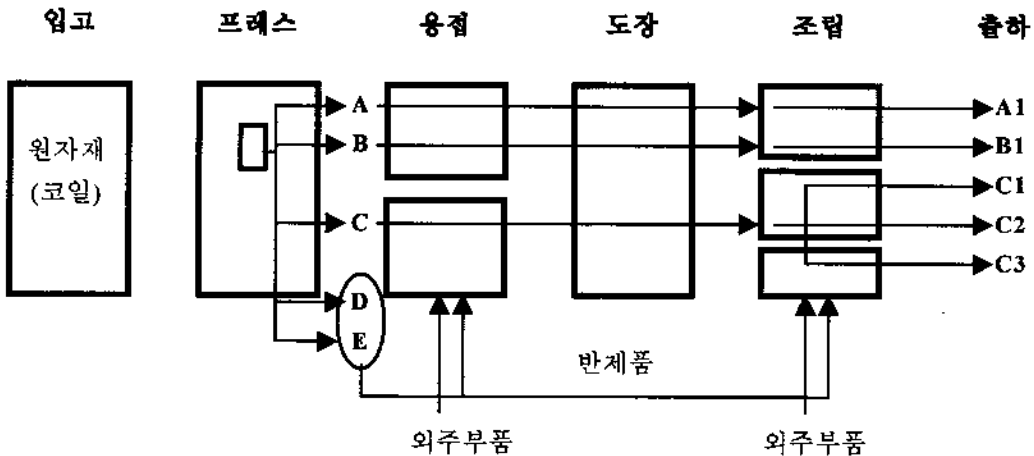
3) 하나의 공정을 수행하는 서로 다른 라인들은 특성상 전용라인이므로 서로 독립적으로 운영된다. 본 연구의 대상시스템은 공정별로 여러 개의 라인을 가지고 있으나 동일 품목이 서로 다른 라인에서 가공되는 경우는 없다.

4) 애로공정이 있다. 가장 투자비용이 많이 들기 때문에 능력의 변경이 어렵고 상대적으로 생산능력 측면에서 부하가 많이 걸리는 공정이 용접공정이다. 따라서 이 공정은 24시간 작업을 하고 있으며 생산계획시 가장 중심이 되는 공정이 된다.

5) 고객의 조립라인에서의 부족발생방지가 가장 중요한 목표이다. 고객사에는 재고품을 저장하여 들 공간에 제약이 있고 부품공장에도 조립된 부품을 담아 둘 수 있는 용기(pallet)의 수도 한도가 있다. 부품회사에서는 가용한 용기의 개수 한도내에서 적절한 수준의 재고를 유지하여 부족발생을 방지하고자 한다. 여기서 개입되는 확실성은 특정 차종에 대한 고객사에서의 조립작업의 시작시점이 수시로 변경되고 투입율이 수시로 바뀐다는 것이다. 또한 부품업체측에서도 자재결품, 생산시설 고장, 불량발생 등으로 인하여 계획대로 생산되지 않는다는 문제가 있다.

이상의 특성을 염두에 두고 아래의 개발 전략과 논리를 설계하였다.

개발의 방법으로는 사회회사에서 생산계획자가 어떠한 단계로 생산계획을 수립하고 어떻게 조정하고 집행하는가를 면담의 방법으로 자료를 수집하고 분석하였으며 이것을 체계적으로 정리하여 발견적 의사결정논리를 개발한 다음 대상업체의 특성을 반영한 생산계획시스템을 설계한 후 소프트웨어의 형



<그림 1> 대상업체의 공정 및 품목 구조

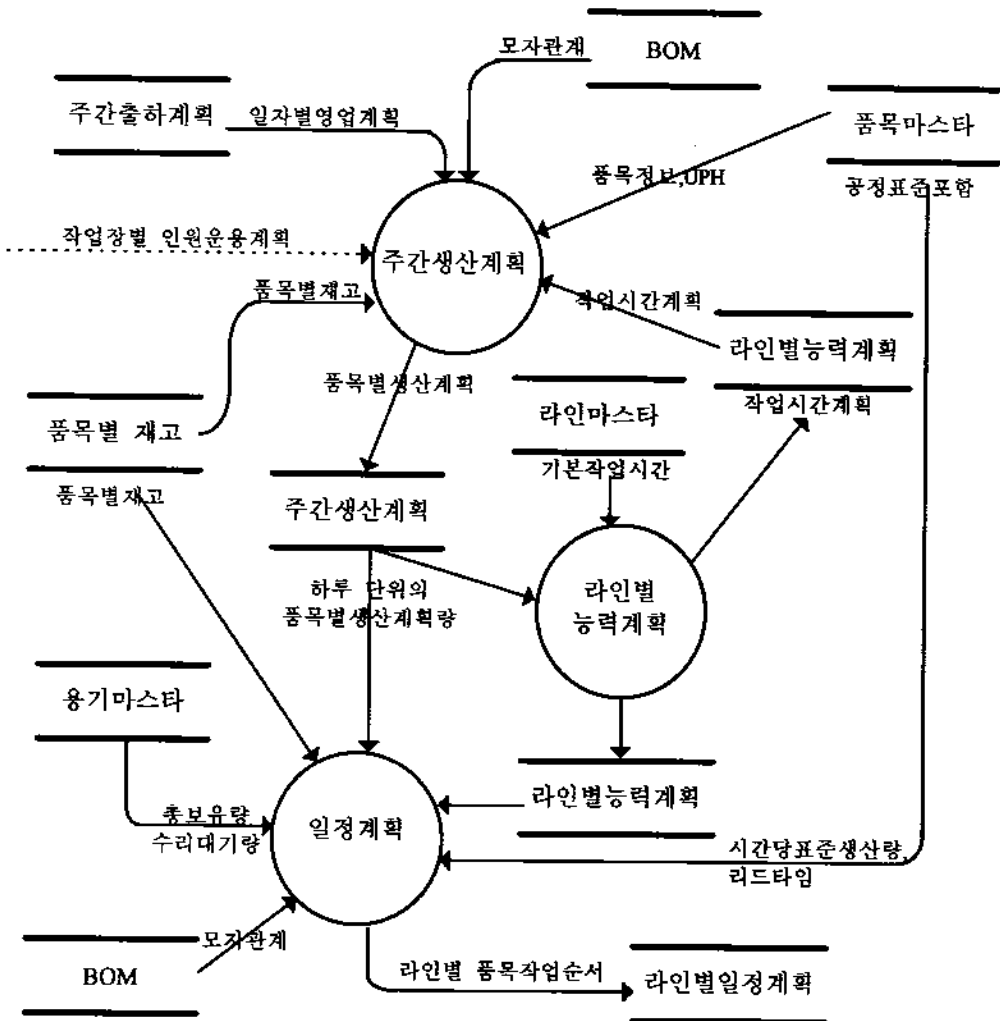
태도 개발하였다.

2. 생산계획시스템의 전체적 구조

생산계획시스템은 영업부서의 출하계획 및 재고현황을 기초로 생산품목의 생산량과 생산일정을 결정하여 작업장에 지시하는 역할을 수행한다. 또한, 구매품의 및 외주품에 대해서는 구매요구량을 계산하여 자재부서로 넘겨주는 역할을 수행한다.

〈그림 2〉는 사례회사의 특성을 고려하여 설계된 생산계획시스템의 전체적인 구조를 보여주고 있다. 주간생산계획에서

는 영업계획과 재고현황을 참조하여 예로공정인 용접라인의 생산량을 먼저 결정한다. 일단 용접계획량이 결정되고 나면 이 계획에 따라서 상위품목인 조립품 및 하위품목들의 생산계획량이 결정된다. 주간생산계획의 결과로 일자별, 품목별로 생산계획량이 결정된다. 라인별 능력계획에서는 주간생산계획, 라인별능력계획, 라인마스타 등을 이용하여 라인별로 부하와 능력을 비교하여 전업, 철야작업 등을 활용하여 작업시간을 변경함으로써 생산능력을 조정한다. 일정계획에서는 주간생산계획의 일자별, 품목별로 결정된 생산계획량을 입력으로 하여 라인별 품목마다의 생산순서(생산시작시각과 생산완료시각)를 결



〈그림 2〉 생산계획시스템의 하위기능

정한다.

3. 週間생산계획

대상업체는 부품의 수요시점과 공급시점의 불확실성에 대비하여 고객의 조립라인에서의 결품을 방지하기 위하여 최소재고와 최대재고라는 개념을 도입하고 있다. 최소재고는 조립품인 경우에는 결품을 방지하기 위하여 보유해야 하는 재고수준의 하한을 의미하며 그 외의 재공품인 경우에는 다음 공정과의 최소한의 공정분리의 효과를 얻기 위한 재고수준의 하한을 의미한다. 최대재고는 조립품의 경우에는 완제품창고의 공간 제약 및 적재용기의 제약에 의한 재고수준의 상한을 의미하고, 그 외의 품목의 경우에도 공정간의 저장공간 제약 및 적재용기의 제약에 의한 재고수준의 상한을 의미한다. 생산계획자는 각 부품에 대해 상위의 소요량을 만족시키면서 재고가 최소재고와 최대재고의 범위내에서 유지되도록 생산계획을 하고 있다.

대상업체는 생산품목을 수요량과 생산의 반복빈도에 따라서 품목의 등급을 구분하고 있다. 수요량이 많아 매일 일정량을 생산하는 품목을 A등급으로 규정하고 이를 매일생산품목이라 한다. 수요량이 적어 일주에 2~3회 정도 생산해야 적당한 품목을 B등급으로 규정하고 이를 간헐생산품목이라 한다.

또한, 공정중 체류시간이 짧은 흐름생산방식이기 때문에 그날 생산된 앞 공정의 산출물이 당일 뒷 공정에 투입될 수 있으므로 공정간의 선행시간(Lead Time)은 주간생산계획 과정에서 무시할 수 있다.

앞에서 설명한대로 대상업체는 용접공정이 애로공정이고 타공정은 비교적 작업능력에 여유가 있기 때문에 남기를 맞추기 위해서는 용접라인의 생산계획을 가장 우선적으로 작성하여야 한다. 용접라인에 대한 생산계획을 작성한 후 이 계획에 바탕을 두고 상위의 조립계획 및 하위의 프레스계획, 재단계획을 작성하게 된다. 그런데, 위와 같이 자동적으로 작성된 각 라인 의 생산계획은 필요에 따라서 수정이 필요할 수도 있으므로 다양한 정보를 제공하여 생산계획자가 손쉽게 수동으로 조정할 수 있게 하였다.

생산계획의 논리를 설명하는데 사용되는 기호는 다음과 같다.

P_i = i 품목의 t 일의 생산계획량(의사결정변수),

L_i = i 품목의 최소로트크기(간헐생산품목의 경우는 경제적으로 로트크기를 의미한다),

D_{it} = i 품목의 t 일의 수요량,

\bar{D}_i = i 품목의 일일평균수요량,

s_i = i 품목의 최소재고량,

S_i = i 품목의 최대재고량,

I_{it} = i 품목의 t 일의 기말재고량,

M_{it} = i 품목의 t 일의 사용가능한 자재량,

tbo_i = i 품목의 평균발주간격(time between order)으로 L_i/\bar{D}_i 보다 같거나 큰 정수중에서 가장 작은 정수로 한다.

3.1. 隘路공정의 라인별 생산계획량 결정

용접라인은 품목의 사이클 시간이 가장 긴 애로공정으로서 상위공정인 조립라인의 생산량을 먼저 결정하게 되면 용접라인의 라인 능력이 상위 품목으로 인한 소요량을 만족시키지 못하게 될 수도 있다. 따라서 용접라인의 생산량을 먼저 결정하여 조립라인의 생산량 결정에 자재 계약을 주는 방식을 채택하였다. 그리고 용접라인은 애로공정이므로 생산량의 결정에 능력제약을 고려하여야 한다. 능력제약이 있는 로트크기 결정문제 자체가 복잡한 문제이므로 첫날부터 하루씩 진행해 가면서 근시안적으로 생산량을 결정해 가는 발견적 기법을 적용하였다.

용접라인의 생산계획량은 다음과 같은 논리에 의해서 결정된다. 우선 각 용접품의 상위 조립품이 하나인 경우에 대해서만 묘사한다. 그러나, 특정 용접품으로 여러가지의 조립품을 만드는 경우에는 조립품들의 수요와 재고량을 고려하여 용접품의 초기재고를 분할한 다음 서로 독립된 가상 용접품목들을 만들어 동일한 절차를 따르는데 여기서는 지면관계상 생략한다. 그리고 조립품 하나에 대해서 부품의 소요량도 하나인 경우에 대해서 묘사하겠다. 일반적인 경우에도 큰 차이가 없다. 아래의 설명에서 조립품인 경우 품목번호를 a, 용접품의 품목번호를 w로 나타낸다.

단계 0. $t=0$.

단계 1. (잠정생산계획량의 계산) $t=t+1$. 1가 계획기간을 넘어서면 멈춘다. 상위 품목인 조립품이 매일생산품목(A)인 경우에는 생산량이 그날의 수요를 만족시킨 후 재고수준을 최소재고와 최대재고 수준으로 유지하도록 식 (1)을 이용하여 잠정생산계획량을 계산한다. 간헐생산품목(B)인 경우에는 1기간 시작재고가 최소재고수준 이하일 때 식 (2)를 이용하여 잠정생산계획량을 계산한다.

$$P_{wr} = \begin{cases} D_{ar} - (s'_w - I'_{w(t-1)}) & (I'_{w(t-1)} \leq s'_w \text{ 일때}), \\ D_{ar} & (s'_w < I'_{w(t-1)} < S'_w \text{ 일때}), \\ D_{ar} - (S'_w - I'_{w(t-1)}) & (I'_{w(t-1)} \geq S'_w \text{ 일때}). \end{cases} \quad (1)$$

$$P_{wr} = \sum_{j=t}^{t+tb_{wr}} D_{ar} - (s'_w - I'_{w(t-1)}) \quad (2)$$

$$(단, I'_{w(t-1)} = I_{w(t-1)} + I_{a(t-1)}, s'_w = s_w + s_a, S'_w = S_w + S_a)$$

단계 2. (작업부하의 계산) 잠정생산계획량으로 부터 각 작업장의 작업부하시간을 산출한다. 작업부하시간에서 해당 작업장의 하루작업가능시간을 빼어 그 값이 정해진 범위이내이면 단계1로 간다(큰 차이가 없는 경우이다). 이 차이값이 정해진 범위의 상한값보다 크면 단계 3으로 가고, 정해진 범위의 하한값보다 작으면 단계 4로 간다.

단계 3과 4는 작업장 생산능력에 초과 또는 미달되는 작업 부하를 조정하는 단계로서 각 품목에 대해 식 (3)과 (4)를 이용하여 재고수준을 계산하여 특정 품목의 재고수준이 다른 품목에 비해 상대적으로 높거나 낮으면 그 품목의 잠정생산계획량을 조정하여 다른 품목과 균형을 유지토록 하는 단계이다.

단계 3. (초과부하인 경우의 생산량 조정) 계획대상 용접품목들에 대해서 식 (3)의 값을 계산한다. 그 중 식 (3)의 값이 가장 큰 품목을 선택하여 한 운반단위에 해당되는 양만큼을 잠정생산계획량에서 감소시킨다. 식 (3)에서 A_{wr} 는 1기간동안 생산할 w품목의 잠정생산계획량에서 조정단계에서 감소시킨 값의 누적합(음수값)이다. 식 (3)의 값이 크다는 것은 이 품목의 재고가 최소재고수준에 비해서 상대적으로 많다는 것이다. 단계 2로 간다.

$$\frac{I'_{wr} - s'_w + A_{wr}}{s'_w} \quad (3)$$

단계 4.(부하가 생산능력에 못 미친 경우의 생산량 조정) 계획대상 용접품목들에 대해서 식 (4)의 값을 계산한다. 그 중 식 (4)의 값이 가장 큰 품목을 선택하여 한 운반단위에 해당되는 양만큼을 잠정생산계획량에서 증가시킨다. 식 (4)에서 A_{wr} 는 1기간동안 생산할 w품목의 잠정생산계획량에서 조정단계에서 증가시킨 값의 누적합(양수값)이다. 식 (4)의 값이 크다는 것은 이 품목의 재고가 최대재고 수준에 비해서 아직 적으므로 상대적으로 재고를 증가시킬 수 있는 여유가 많다는 뜻이다. 단계 2로 간다.

$$\frac{S'_w - I'_{wr} - A_{wr}}{s'_w} \quad (4)$$

3.2. 非臨路 공정의 라인별 생산계획량의 결정

용접품목의 생산계획량이 결정되고 나면, 부품구성표(BOM: Bill of Material)를 참조하여 상위품목인 조립라인의 생산량과 하위품목들의 생산량을 계산한다. 조립품목의 경우에는 용접품의 생산계획과 납품계획을 동시에 고려하여 결정한다. 프레임스프링 및 재단품목의 경우에는 로트크기 결정규칙을 사용하여 생산계획량을 결정한다.

(1) 조립라인의 생산계획

조립라인의 생산 계획은 우선 납입요구수량과 재고를 바탕으로 잠정생산계획량은 식 (1)과 (2)로 결정하고, 그 계획이 조립라인에서 수행가능한가 여부를 점검한 다음 부하가 능력을 넘어선 경우에는 각 라인의 능력에 맞게 품목별로 생산계획량을 조정한다. 부하를 조정하는 논리는 용접라인에서 부하를 그대로 사용한다.

다음 순서로는 자재공급가능성을 점검하는 일인데, 공급가능한 자재량이란 용접품의 최소재고수준을 유지하는 선에서 공급가능한 양을 말하므로 식 (5)와 같이 표현할 수 있다. 앞 단계에서 계산된 생산계획량을 식 (5)에 의해서 계산된 공급가능자재량을 초과하지 않도록 조정한다. 한 용접품이 여러 조립품에 들어가는 경우에 공급가능 자재량이 생산계획량에서 소요되는 자재량에 못 미칠 경우에는 조립생산계획량을 조정하게 되는데, 이 경우는 예로공정의 생산계획에서 초과부하인 경우의 생산량 조정과 유사한 경우이므로 식(3)을 이용하여 조립생산계획량을 조정한다.

$$M_{ar} = P_{wr} + (I_{wr} - s_w) \quad (5)$$

(2) 프레임라인 및 재단라인 생산계획

프레임라인이나 재단라인의 경우는 준비비율이 많이 들므로 준비비율을 줄이기 위해서 노력한다. 이는 일일 평균생산량이 적은 품목을 대상으로 우선적으로 이루어진다. 이때 라인의 생산능력을 고려하여 용접라인으로부터 받은 자재공급 요구량은 적어도 만족시켜야 한다. 또한, 라인의 특성상 금형과손, 기계고장 등의 생산을 방해하는 요소가 많기 때문에 라인의 능력 계획에서 설정된 작업시간이 허용하는 범위내에서 가능한 한 많이 생산하여 적절한 재고를 보유한다.

용접공정의 생산계획으로부터 프레스부품의 수요가 계산될 수 있는데 이것을 바탕으로 프레스라인의 생산능력을 고려하여 주간생산계획을 작성하게 된다. 이 모델에서 사용한 논리는 다음과 같다.

단계 0. $t=0$

단계 1. (잠정생산계획량의 계산) $t=t+1$. t 가 계획기간을 넘어서면 멈춘다. 현재 기간의 기말재고가 최소재고 이하로 떨어지거나 예상되는 품목들을 당일 생산대상품목으로 정하고, 이들에 대해서 (잠정생산계획량=최대재고수준-현재재고량)와 같이 잠정생산계획량을 계산한다.

단계 2. (작업부하의 계산) 단계 1에서 계산된 잠정생산계획량을 합하여 라인능력을 초과하는지 점검한다. 만일 초과하면 단계 3으로 가고 아니면 단계 4로 간다.

단계 3. (초과부하인 경우의 생산량 조정) 당일 생산대상 품목들에 대해서 일일 평균생산량이 큰 순서로 품목을 선택한 후, 이 품목의 생산계획량이 당일의 기말재고수준을 최소재고량이하로 떨어뜨리지 않는 범위내에서 한 로트씩 감소시킨다. 그래도 능력이 모자라면 그 다음 품목을 같은 기준으로 선택하여 같은 방법으로 생산량을 증가시킨다.

단계 4. (미달부하인 경우의 생산량 조정) 당일생산대상 품목을 제외한 다른 품목중에서 일일평균생산량이 작은 순으로 한 품목을 선택하여 능력이 허용하는 한 생산량을 최대재고수준까지 증가시킨다. 그래도 능력이 남는 경우에는 그 다음 품목을 같은 기준으로 선택하여 같은 방법으로 생산량을 증가시킨다.

4. 라인별 능력계획

라인별 능력계획은 기본적으로 대상업체의 상황에 맞게 현장전문가의 지식을 기반으로 구축되었다. 이 모델은 주간생산계획이 작성되기 전에 실행되어 있어야 한다. 대상업체의 생산라인은 평균부하와 라인능력을 비교하여 주간운영라인과 주야간운영라인의 구분되어있다. 주간운영라인이란 주간작업만 하는 것을 원칙으로 하는 라인이라는 뜻이고, 주야운영라인이란 야간시간까지 정상작업시간으로 취급한다는 뜻으로서 라인의 능력을 고려하여 현장 작업운영의 편의를 위해서 정하여 놓은 것인데 서로 다른 작업시간표가 있다. 주간운영라인의 평일 기본작업시간은 7.66시간이고 주말(토)의 기본작업시간은 3.83시간이다. 주야간운영라인의 평일 기본작업시간은

17.00시간이고 주말(토)의 기본작업시간은 7.66시간이다.

추가 잔업시간의 할당방식은 다음과 같다. 우선 주간생산계획 기간내의 수요량을 만족시킨 후, 재고수준을 최소재고수준 이상으로 유지하기 위해 필요한 생산량을 기본생산량으로 한다. 이 기본생산량을 만족시키기에 정상적인 작업시간으로써는 라인능력이 부족한 경우에는 해당 라인에 대해서 회사의 산업관행에 따라 잔업을 요일별로 할당한다. 예를 들면, 능력 부족시간이 6.66시간과 10.00시간 사이에 들어가는 경우는 화요일/목요일/금요일에 잔업을 할당한다고 하는 식이다. 그러나, 라인의 라인능력의 부족분이 어느 한도를 넘을 경우에는 생산계획자가 직접 수작업에 의해 생산능력계획을 작성하도록 하였다.

5. 일정계획

영업의 시간대별 자동차생산업체로부터의 납품요구수량에 근거하여 하루의 생산계획량만 입력되면 시간대별 소모량을 추정하여 각 라인에서 작업순서를 결정할 수 있다. 일정계획은 보통 하루를 계획기간으로 한다.

각 라인에서 생산되는 품목들의 작업순서를 결정할 때, 라인마다의 특성에 따라서 작업순서를 결정하는 규칙을 달리하였다. 조립품목의 경우에는 고객사로의 납입에 따른 소진시간을 기준으로 작업순서를 결정한다. 용접품목의 경우에는 조립품생산계획에 의한 소진시간을 기준으로 작업순서를 결정한다. 프레스품목의 경우에는 상위품목인 용접계획을 고려하여 소진시간을 기준으로 하되, 프레스 작업의 용이성도 고려하여 작업의 순서를 결정하게 된다. 재단품의 경우에는 기본적으로 프레스라인의 경우와 유사하다.

일정계획의 조정은 작업순서를 변경하는 것이 기본 기능인데 특수한 경우에는 생산량도 변경할 수 있게 한다. 일정계획이 수정되면 수정된 일정계획이 수행가능한 것인가를 평가한다.

(1) 조립의 작업순서계획

주간생산계획의 결정된 조립계획량 중 계획일에 생산해야 할 품목들에 대해서는 각 품목의 안전재고 및 소진시간을 기준으로 작업순서를 정한다. 비상시에는 재고수준이 0(Zero)으로 떨어지는 시각(Zero 소진시각)을 기준으로 작업순서를 정한다. 소진시간을 계산하기 위하여 고객사에서 조립계획과 소모율, 고객사의 재고보유량, 그리고 부품업체의 조립품 재고

보유량등이 고려된다.

그런데, 한 품목을 생산하는 시간동안 다른 품목의 재고가 안전재고 이하로 떨어지게 되면, 한 품목의 생산이 하루 2회 이상 분리되어 이루어 질 수도 있다. 즉, 특정 품목의 계획생산량이 많아 계획생산량대로 한꺼번에 생산을 하는 경우에는 다른 품목의 결품이 발생하리라 예상되는 경우, 그 특정품목의 하루 생산계획량을 다 생산하지 않고 중단하였다가, 당일 동일 품목의 재고가 안전재고 이하로 떨어지기 전에 다시 생산을 하는 경우를 말한다.

(2) 용접의 작업순서계획

주간생산계획의 결정된 용접계획량 중 계획일에 생산해야 할 품목들에 대해서는 각 품목의 소진시각을 기준으로 식 (6)의 값이 적은 순으로 작업순서를 정한다. 보통의 경우는 소진시각은 안전재고 이하로 떨어지는 품목에 대해서 우선적으로 생산을 한다. 그러나, 비상시에는 재고가 완전히 없어지는 품목을 최우선적으로 생산을 한다. 소진시각이 계획 당일 이내에 들어 있는 품목은 생산순서와 생산량에 신경을 써야 하므

로 작업순서 결정시 우선 고려하여야 한다. 생산순서는 조립 작업계획을 감안하여 용접품 재고가 소진되는 시각이 이른 순으로 생산순서가 결정된다.

조립계획에서 한 품목을 하루 2회 이상 생산을 하게 되는 경우에는 일정계획모듈에 의해 보통 용접품도 하루 2회 이상 생산을 하게 된다. 그러나 용접물의 재고를 충분히 확보할 수만 있다면 하루 1회 생산을 할 수도 있다.

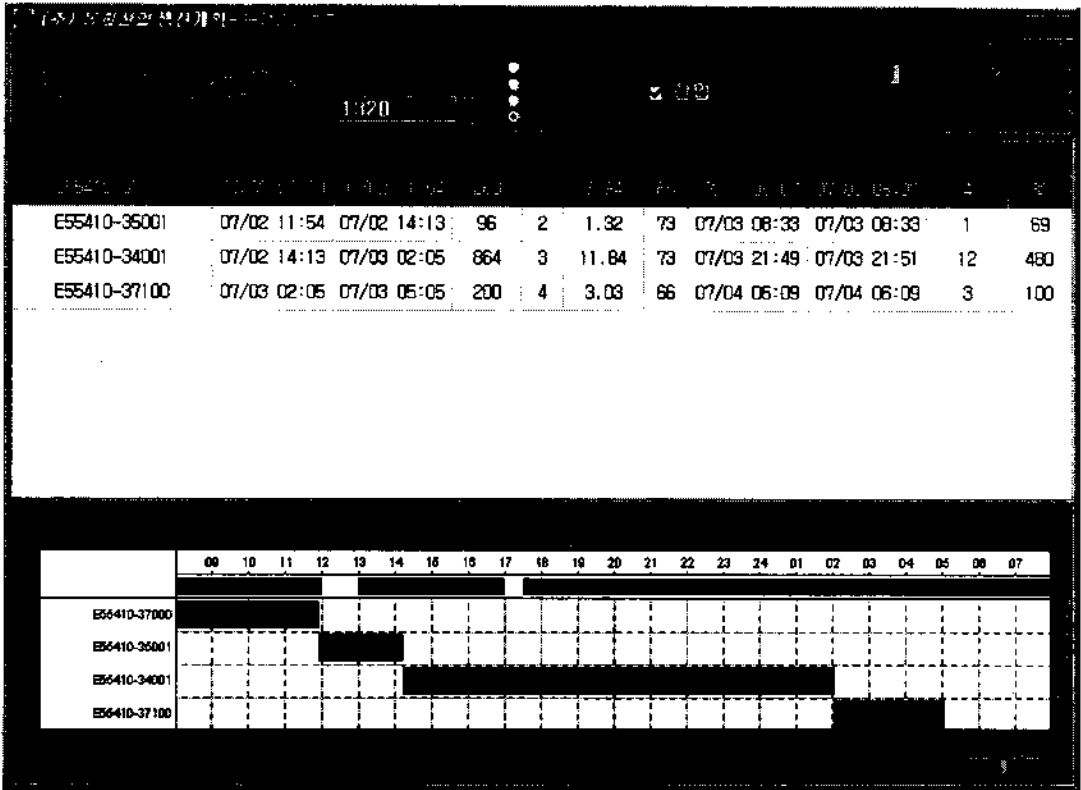
$$O_w = \begin{cases} B_a + \frac{l_w}{r_a} & (l_w < r_a \times H_a \text{인 경우}) \\ \infty & (l_w \geq r_a \times H_a \text{인 경우}) \end{cases} \quad (6)$$

- 단, O_w = 용접품 w의 당일의 소진시각,
- l_w = 용접물 w의 당일 초기재고,
- B_a = 상위조립품 a의 당일의 생산시작시각,
- r_a = 상위조립품 a의 생산율,
- H_a = 상위조립품 a의 당일의 총생산계획시간.

(주) 용접생산계획 - 용접생산계획

		1370							
	영업계획	750	750	750	375	0	750	750	4125
	예상재고	373	398	630	962	899	899	989	983
	영업계획	24	0	0	0	0	48	0	72
	예상재고	24		72	72	72	72	24	24
	영업계획	64	64	64	37	0	96	96	421
	예상재고		28	116	52	155	155	59	243
	영업계획	154	154	154	82	0	150	150	844
	예상재고	79	80	86	92	90	90	200	210
		1400	1424	1192	532	0	1100	1184	6852
		20.11	19.98	16.59	7.60	0.00	15.45	16.85	96.58
		19.99	19.99	16.66	7.66	0.00	16.66	19.99	100.95
			0.01	0.07	0.06	0.00	1.21	3.14	4.37

(그림 3) 용접생산계획의 조회 및 수정화면



〈그림 4〉 용접라인 일정계획의 조회 및 수정화면

(3) 프레스라인 및 재단라인의 작업순서계획

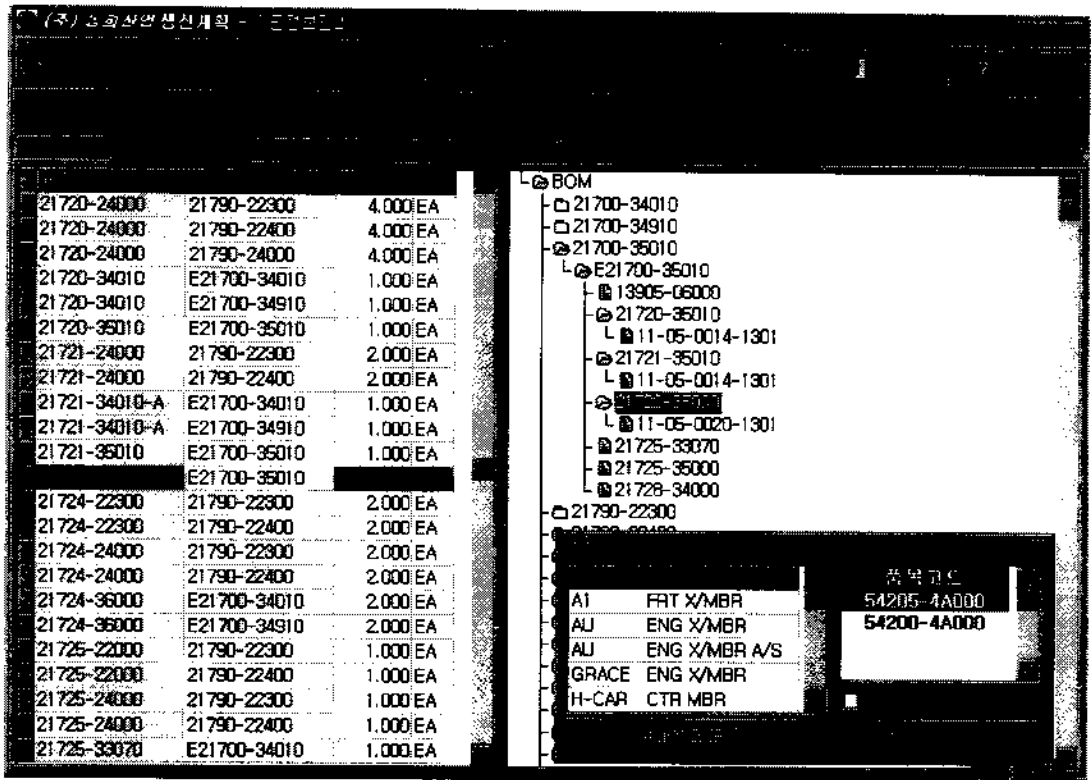
프레스 및 재단품의 작업순서계획도 기본적으로 주간생산계획의 결정된 프레스계획량과 재단계획량을 바탕으로 계획대상일에 생산할 품목들에 대해서 각 품목의 소진시각을 기준으로 작업순서를 결정한다. 그러나, 기본적으로는 소진시각을 기준으로 하되 특별관리 품목이 오늘 계획되어있고 일부가 오늘 상위부품의 생산에 투입되어야 하는 경우에는, 다른 품목이 최소재고수준을 유지할 수 있는 한계내에서 다른 품목에 비해서 높은 우선순위를 가진다. 여기서 특별관리 품목이란 예를 들어 무게가 무거운 운반로봇이 고장이 나는 경우 수작업으로 작업진행이 곤란한 품목과 같은 것이다. 그리고 생산순서결정에 있어서 자재결품이 있는 품목은 자재공급이 가능한 시점이전에 그 품목의 작업순서가 잡히지 않도록 한다. 그리고 장비의 고장시점에서는 스케줄에서 제외한다.

6. 생산계획시스템의 구현

이상의 설계를 바탕으로 개발된 시스템은 PENTIUM PC와 WINDOW 95 환경하에서 4GL인 DELPHI 2.0와 로컬 DB서버인 INTERBASE를 사용하여 개발하였다. 모든 사용자인터페이스는 팝업윈도우와 마우스를 사용하였고 가능한 한 화면양식의 수를 줄였다. 예를 들면, 주간생산계획 및 일정계획의 조회 및 수정화면은 각각 모든 생산라인에 대해서 동일한 양식을 취하였다. 그리고 한 화면상에서 모든 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하였다.

생산계획시스템의 출력화면을 예를 들어 보이면, 먼저 계획기간을 입력한 후 [용접생산계획] 명령을 실행시킨다. 자동계획이 종료되면 [조회/조정] 명령을 실행시켜 〈그림 3〉과 같이 일주간의 용접생산계획을 출력해 주는 창을 볼 수 있다.

〈그림 3〉에서 보듯이 생산계획에 필요한 품목정보와 라인의 능력 및 부하의 정도를 한 눈에 파악할 수 있도록 GUI의 특성을 최대한으로 나타냈으며, 계획자가 라인의 능력의 변경



〈그림 5〉 기준정보관리 화면의 조회 및 수정화면의 예(BOM)

하여 재계획하거나 생산량을 수동으로 변경할 수 있도록 GUI 를 제공하였다.

모든 라인의 주간생산계획을 완료한 후에는 후행 라인부터 일정계획을 실행하게 되는데 〈그림 4〉에 한 예가 제시되어 있다. [용접일정계획]을 실행한 후 [조회/조정] 명령을 실행시키면 계획 결과가 〈그림 4〉에서처럼 간트차트와 리스트형태로 나타난다.

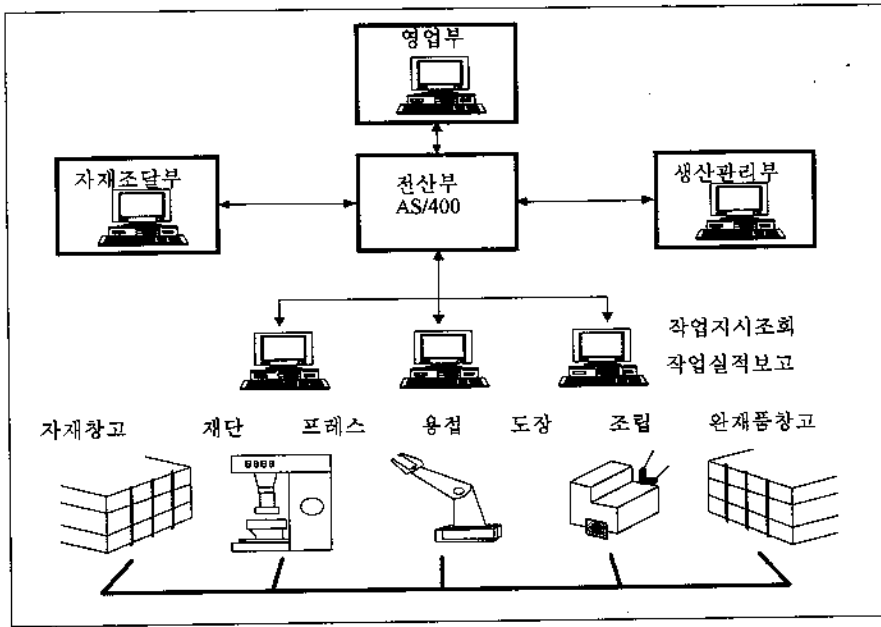
그림에서 보이는 간트차트 위에 마우스 포인터를 놓고 오른쪽 마우스 버튼을 누르면 일정계획 조정을 위한 팝업메뉴가 나타난다. 일정계획의 조정은 일반적으로 작업순서를 변경하는 것을 기본으로 하되, 특수한 경우에는 생산량도 변경할 수 있게 되어있다.

〈그림 5〉은 기준정보관리 화면의 예를 보여주고 있다. 관리되는 기준정보는 품목마스터, BOM, 용기마스터, 라인마스터, 작업장 달력 등이 있는데 이 화면을 통하여 생산계획시스템에서 실행상 필요한 기준정보를 체계적으로 조회, 삽입, 갱신 및 삭제될 수 있다. 그리고 과거의 실적자료를 이용하여 새

롭게 효율적으로 갱신될 수도 있으며, 데이터의 업로드/다운로드 기능을 포함하고 있으며, 데이터변환 기능도 갖추고 있다.

7. 시스템의 현장구현

전산부서에 설치된 주전산기(AS/400)에서 필요한 자료를 다운로드 받아서 PC상에서 생산계획의 로직이 수행되고, 수정되어 생산계획을 작성하게 된다. 작성된 생산계획은 다시 주전산기로 업로드 되고, 주전산기는 작업현장에 작업지시서를 띄우게 된다. 작업현장에서는 필요에 따라서 화면상에서 작업일정에 대한 수정을 가할 수 있는데 이는 부여된 권한하에서만 가능하다. 그리고, 자체 조달을 위해서 자체소요량에 대한 정보를 자체부서로 전달하게 된다. 작업현장에서는 POP시스템(Point-Of-Production system)을 통하여 현장 데이터를 수집한다. 이러한 전체시스템구조를 〈그림 6〉에서 하드웨어를 고려하여 도시하였다.



〈그림 6〉 생산계획시스템의 현장구현

8. 결론

흐름생산방식의 자동차 부품업체에서 생산계획을 자동화한 소프트웨어 개발사례를 서술하였다. 자동차부품 생산업체는 조립공장의 작업진행에 차질이 발생하지 않도록 하면서 필요이상의 재고를 보유할 수도 없는 고도로 통제된 물류흐름을 요구하고 있다. 시스템의 세부기능을 주간 생산계획과 능력계획, 그리고 일정계획으로 나누었다. 생산시스템을 분석해 본 결과 애로공정이 존재하고 이 애로공정의 생산활동이 전체 공장의 생산활동을 결정한다는 사실을 발견할 수 있었고 이를 근거로 하여 생산계획시스템의 구조를 설계하였다. 즉, 애로공정인 용접공정을 우선적으로 계획하고 그 계획에 맞추어서 조립과 프레스 등의 전후공정에 대한 계획을 수립하도록 하였다.

각 모듈에 있어서 현장의 계획전문가의 논리를 기반으로 하여 발견적 기법들이 설계되었으며 이를 자동화된 의사결정모들의 형태로 구현하고 아울러 사용자가 쉽게 편집할 수 있는 GUI 기능을 강조하여 개발하였다.

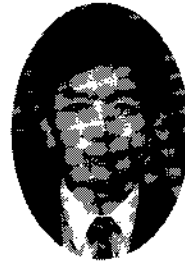
개발된 시스템은 현장에 적용하면서 많은 수정이 이루어졌으며 현재 사례업체의 현장 생산정보시스템(POP system)과 연계되어 사용 중에 있다. 개발시스템을 현장에 적용함으로써 얻은 효과는 생산계획을 하는데 소요되는 시간이 단축되어 설치

전에는 일주일에 한번 정도 계획을 할 수 있었는데 비해 매일 생산계획을 할 수 있게 되어 생산계획의 정확도와 적응성을 높일 수 있었다는 것과 생산계획 작성에 투입된 인원이 줄었다는 것이다. 현재 설치된 프로그램내의 발견적 규칙을 개선하기 위한 수리적인 실험을 수행중이며 향후에도 의사결정방법이나 매개변수의 개선을 위한 지속적인 노력이 계속될 것이다.

【참고 문헌】

- [1] 정남기, "분산관리 시스템을 위한 동적스케줄링의 연구", 대한산업공학회지, 21권 2호, 1995.
- [2] 황학, 차춘남, 선지웅, 한규현, 문성우, 이석, 홍성표, "상용차 Side Frame 공정의 생산계획 및 일정계획수립시스템 개발", 산업공학, 9권 2호, 1996.
- [3] 稻垣 實, 安藤 靖男, "自動車部品生産における組立工程スケジューリング", 生産スケジューリング・シンポジウム'95 講演論文集(1995.10.2), pp.13-17, 1995.
- [4] Billington, P. J. and J. O. McClain and L. J. Thomas, "Heuristic for Multi Level Lot-sizing with a Bottleneck", Management Science, Vol.32, No 8, pp.989-1006, 1986.

- [5] Cohen, O., "The Drum-Buffer-Rope (DBR) Approach to Logistics". Computer- Aided Production Management, A. Rolstadas ed., Springer-Verlag, 1988.
- [6] Dixon, P. S. and E. A. Silver, "A Heuristic Solution Procedure for the Multi-item, Single-level, Limited Capacity, Lot-sizing Problem", Journal of Operation Management, Vol. 2, No.1, pp.23-39, 1981.
- [7] Dogramachi, A. and J.C. Panayiotopoulos, "The Dynamic Lot-sizing Problem for Multiple Items under Limited Capacity", AIIE Transactions, Vol 13. No. 4, pp.294-303, 1981.
- [8] Hung, J.S. and Y.P. Fun, and C.C. Li, "Inventory Management in the Consignment System", Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter, 1995.
- [9] Jacobs, F. R., "OPT Uncovered: Many Production Planning and Scheduling Concepts can be Applied with or without the Software", Industrial Engineering, October 1984.
- [10] Sanderson, G. A., "Virtual Flow Master Scheduling - Focusing on the Bottleneck to Synchronize the Plan", 1995 Conference Proceedings, APICS, 1995.
- [11] Taylor, S. G., and S. F. Bolander, Process Flow Scheduling, APICS, 1994.
- [12] Williams, J. F., "Multi-echelon Production Scheduling when Demand is Stochastic", Management Science, Vol. 20, No. 9, May, pp.1253-1263, 1974.



김갑환

현재 부산대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 서울대학교 산업공학과에서 공학사(1977), 한국과학기술원에서 공학석사(1979), 공학박사학위(1987)를 취득하였다. 주요 관심분야는 물류관리, 생산관리 등이다.



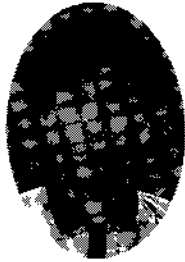
박순오

현재 한국과학기술원 산업경영연구소 CIM센터 연구원으로 재직중이다. 부산대학교 산업공학과에서 공학사(1995), 공학석사학위(1998)를 취득하였다. 주요 관심분야는 생산시스템구축, 시뮬레이션 등이다.



김기영

현재 부산대학교 기계기술연구소 전임 연구원으로 재직중이다. 부산대학교 산업공학과에서 공학사(1991), 공학석사학위(1993), 공학박사학위(1998)를 취득하였다. 주요 관심분야는 물류관리, 생산관리 등이다.



목충석

현재 (주)동희산업 기술연구소 및 정보관리를 담당하고 있으며 서울대학교 공업교육학과에서 공학사(1977)를 취득하였다. 주요 관심분야는 ERP나 CIM의 현장 적용이나 신소재의 생산 기술적 적용 등이다.