

SCM 환경에서의 협력 생산을 고려한 통합 생산 계획에 관한 연구
Integrated production planning in supply chain management environment
considering manufacturing partners

정호상, 정봉주

서울 특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 컴퓨터과학 · 산업시스템 공학과

Abstract

This paper presents a production planning algorithm for minimizing the costs of production and subcontracting in SCM (supply chain management) environment. In our SCM environment, the several local plants that are dispersed geographically produce parts and products. In this environment, we have to decide the production volumes of both parts and products considering the BOM (bill-of-material) structure to meet the fixed order quantity or forecasted demand quantity. Each plant produces the specified parts of product with finite production capacity. There exist subcontracting decisions relevant to the production capacity of each plant except the core process plant, and when we use the subcontractor's capacities we should be charged for the fixed subcontracting fees. The objective of this study is to solve the production planning problem, which minimizes the total costs of production, inventory, setup, and subcontracting under constraints of production and subcontracting capacity. For

this problem, an integrated production planning model based on the multi-level capacitated lot sizing problem was formulated, and efficient decomposition algorithm was proposed. The experimental investigation shows that the proposed heuristic generates quite good solutions at very low computational costs.

1. 서론

기업의 역량 및 판매 시장이 글로벌화 되면서 기업 간 경쟁은 과거 어느 때보다 심화되었으며, 그 결과로 많은 기업들이 고객의 수요에 보다 유연하게 대응하는 능력을 보유하는 것이 기업 전략에서 중요한 위치를 차지하게 되었다. 특히 정보 기술 및 네트워크 기반 기술의 발달로 인해 공급 사슬 내에서 지역적으로 떨어져 존재하는 여러 생산 현장들 간의 정보 공유가 용이해졌으며 이를 바탕으로 협력 업체들과의 생산 계획의 전체 또는 부분적 통합이 가능하게 되었다.

전통적인 생산 환경에서는 생산을 위해 필요한 여러 설비들을 가격의 높고 낮음을 떠나서 직접 구입하여 사용할 수 밖에 없었다. 그러나 과거의 대량 생산 체제에서 벗어나 보

다 고객 위주의 제품을 보다 빠르고 유연하게 생산해야 하는 현재의 기업환경에서는 고가의 설비들을 모두 직접 구입하여 사용한다는 것은 기업으로 하여금 엄청난 재정적 부담을 유발하게 된다(Ko, 2001).

이러한 환경은 특화 된 기술 및 설비를 보유함으로써 경쟁력을 갖춘 기업들의 출현을 가능하게 하며 기존의 대형 생산업체들로 하여금 경쟁력 있는 여러 생산 파트너들과의 전략적인 협력 생산 방식을 가능하게 한다. 기존의 생산 계획은 계획된 수요 또는 확정된 주문에 대하여 자사의 생산 설비들만을 이용한 비용의 최소화 또는 이익의 최대화 관점에서의 계획을 도출하는 것이 목적이었다면 새로이 요구되는 생산 계획은 자사의 생산 설비들 뿐만 아니라 협력 관계를 맺고 있는 업체의 시기별 가용한 생산 설비들의 이용까지 고려한 통합 생산 계획이 되어야 한다. 또한 협력 관계를 맺고 있는 업체들로부터 확보 가능한 생산 설비의 가용 시간 및 제반 비용 등을 고려한 협력 업체의 선정 또한 통합 생산 계획에 포함 되어야 한다.

본 연구에서 고려하게 되는 생산 네트워크는 기본적으로 공급 사슬 내의 분산 제조 환경을 기반으로 한다. 분산 제조 환경이란 하나의 완제품을 생산하기 위한 BOM (bill-of-structure) 구조에 따라서 각 부분품의 생산 및 완제품의 조립을 지역적으로 떨어져 존재하는 생산 설비들에서 수행하게 되는 환경을 말한다. 또한 각 생산 설비들은 시기별로 다른 생산 능력의 제약을 갖게 되며 중요 부분품 및 최종 조립과 관련된 설비의 경우는 협력 업체와의 생산 설비의 공유가 불가하다. 이러한 경우는 실제 생산 현장에서 흔히 볼 수 있는 모습으로, TFT-LCD와 같은 고가의 제품의 경우 핵심이 되는 LCD 패널을 생산하는 설비 라인 및 최종 조립 라인은 기업이 직접 소유하고 있으나 최

종 완제품을 조립하기 위해 필요로 하는 여러 부분품들의 경우는 부분적인 직접 생산과 협력 업체들과의 계약 생산에 의존하는 경우가 많다.

공급 사슬 내의 분산 제조 환경에서의 통합 생산 계획과 관련된 연구들은 일부 존재한다. 그러나 분산 제조 환경에서의 협력 업체의 선정 및 이를 이용한 생산 설비의 확충을 함께 고려한 연구와 관련해서는 주목할 만한 연구가 없었다. 일반적으로 본 연구와 관련된 기존의 연구들은 크게 세 가지 관점에서 분류해 볼 수 있다. 하나는 공급 사슬 환경에서의 통합 생산 계획에 관한 연구이며 또 다른 하나는 생산 제약이 있는 경우의 로트 크기 결정 문제이고 마지막으로 하청업체, 초과작업 등을 이용한 생산능력 확충에 관한 연구가 존재한다.

우선 공급 사슬 내의 통합 생산 계획에 관한 연구들은 주로 단일 단계의 생산 구조를 가정하고 있으며 생산 설비는 한정되어 있는 것으로 가정한 상태에서 분배 단계와의 통합을 논의하였다. Cohen 등(1988)과 Artzen 등(1995)이 생산, 분배 통합 모델을 제시하였으며 복수 공장 환경에서의 통합에 관한 연구들에 대한 조사가 Bhatnagar 등(1993)에 의해 이루어졌다. 또한 보다 최근에는 Pontrandolfo와 Okogbaa (1999)가 글로벌 제조 환경에서의 계획 문제에 대한 광범위한 조사 결과를 정리하였으며 이를 근거로 통합 계획 모델을 제시하였다. 본 연구에서 가정하고 있는 생산 제약이 있는 경우의 로트 크기 결정 문제와 관련해서는 수많은 연구 결과들이 있으며 그 중에서 특히 BOM 구조를 고려하는 다단계 로트 크기 결정 문제는 Maes 등(1991)의 연구를 시초로 Tempelmeier와 Helber(1994), Kimms(1996)의 연구 등이 있다.

특히 기존의 연구 중에서 협력업체 및 초과작업 등을 이용한 연구들은 최근에 와서 이루어지기 시작했는데 대표적으로 Ozdamar

과 Birbil(1998)의 연구가 있으나 생산 제약이 있는 다단계 로트 크기 결정 문제에서 생산 능력의 확충을 위한 협력 업체의 선정에 관한 연구는 되어 있지 않은 상태이다. 본 연구에서는 공급 사슬 내의 분산 제조 환경을 배경으로 로트 크기 결정 문제 및 생산 능력의 확충을 위한 협력 업체의 선정 문제를 함께 고려한 통합 생산 계획 문제를 제시하고 효과적인 해법을 제시한다.

2. 공급 사슬 내의 협력 생산 시스템

2.1 협력 생산 시스템의 정의

본 논문에서 다루는 공급 사슬 내의 분산 제조 환경은 그림 1과 같이 제품의 BOM (Bill-of-Material) 구조를 구성하는 여러 공정들을 지역적으로 떨어져 있는 여러 공장들에서 나누어 수행하게 된다. 이러한 형태의 생산 네트워크는 일반적인 조립 생산 구조를 갖는 많은 제품들에서 그 예를 찾을 수 있다.

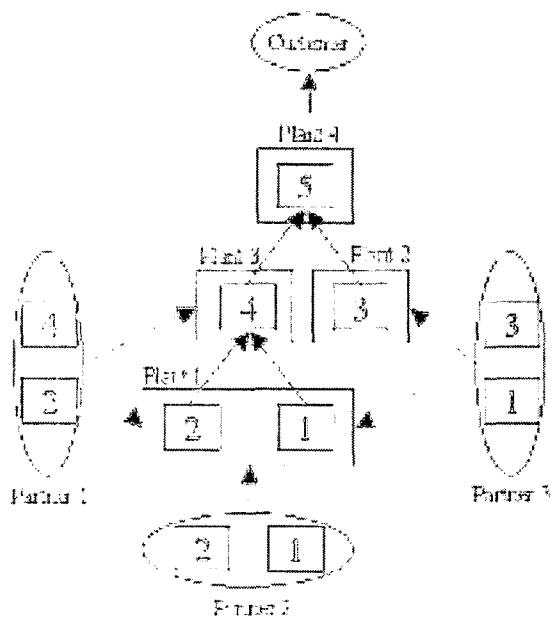


그림 1. 공급 사슬 내의 협력 생산 네트워크

분산 제조 환경에서의 각 공장은 전체 생산 가능 능력이 가용 작업 시간의 개념으로 존재하며 해당 공장에 포함된 공정들에 대해서 가용 작업 시간을 적절히 배분하여 상위 단계의 수요 또는 외부 수요(마지막 공정의 경우)를 충족시켜줘야 한다. 또한 현실적으로 해당 공장의 가용 작업 시간이 수요를 충족시키기에 불충분할 경우에는 해당 공정의 작업을 수행할 수 있는 여러 다른 협력업체로부터 도움을 받아야만 한다. 협력 업체는 전체 공정 중 일부 공정들에 대한 생산 능력이 있고 협력을 위한 가용 작업 시간이 제약으로 존재한다. 따라서 특정 협력업체로부터 여러 공정들에 대한 생산 능력을 지원 받더라도 공정들의 작업 시간의 합은 해당 협력업체의 대여 가능 총작업 시간을 넘어설 수 없게 된다.

따라서 예측되는 수요 또는 확정된 주문을 만족시키기 위해서는 자사가 보유하고 있는 생산 설비들을 이용한 최적 계획 및 특정 공정들에 대한 부족한 생산 능력을 보충할 수 있도록 시기별 협력업체의 선정 최적화가 함께 이루어져야 한다.

2.2 협력 생산 시스템의 수리적 모형

본 논문에서 다루는 문제는 2.1절에서 정의한 공급 사슬 내의 협력 생산 시스템에서 단일 완제품에 대해 계획 기간 동안의 예측된 수요 또는 확정된 주문을 만족시키는 각 공장의 기간별 최적 생산 계획량 및 재고량과 생산 능력 확충을 위한 기간별 협력 업체의 선정 및 협력 업체별 가용 생산 시간을 결정하는 것이다. 생산량, 재고량, 협력 업체의 생산량을 결정하는 데 있어서 각각 생산비용, 생산준비비용, 재고비용, 협력업체와의 계약비용, 협력업체의 생산비용이 발생하게 되고, 이러한 관련 소요비용 모두를 통합하여 최소화 하는 것을 목적으로 해를 구하게 된다. 2.1절에서 정의한

협력 생산 시스템의 특징 이외에 해 산출을 위해서 본 연구에서는 다음과 같은 추가 가정을 한다.

- ⊙ 기간별로 제품에 대한 수요는 서로 다르다.
- ⊙ 공장 간 운송시간은 계획 기간의 단위 기간 내에서 발생한다.
- ⊙ 공장과 협력 업체들간의 운송시간은 계획 기간의 단위 기간 내에서 발생한다.
- ⊙ BOM 구조는 모든 공정들이 하나의 후행 공정만을 가지는 순수 조립 공정 (pure assembly structure)의 구조를 가진다.
- ⊙ 완제품만이 외부 수요를 갖는다.
- ⊙ 부재고는 허용하지 않는다.
- ⊙ 생산 능력 확충을 위한 협력 업체들은 충분히 존재하며 공정별로 기술적, 품질적 수준이 자사 공정과 동일한 수준을 갖는다.

이와 같은 가정을 바탕으로 공급 사슬 내의 협력 생산 시스템을 위한 통합 생산계획 문제는 다음과 같은 수리 모형으로 나타낼 수 있다.

[기호]

- t : 기간
- i, j : 아이템 또는 공정
- s : 협력업체
- p : 공장
- $I(p)$: 공장 p 에 속한 아이템 또는 공정
- $J(i)$: 아이템 i 를 부품으로 사용하는 아이템
- $S(i)$: 아이템 i 를 협력생산 할 수 있는 협력업체들의 집합
- $C(s)$: 협력업체 s 에서 생산 가능한 아이템들의 집합

r_{ij} : 아이템 i 를 생산하기 위해 필요한 아이템 j 의 양 (BOM 정보)

a_i : 아이템 i 를 생산하는 데 소요되는 시간

b_i : 아이템 i 를 생산하기 위한 생산준비 시간

$Pcapa_{pt}$: 공장 p 의 기간 t 에서의 총 가용 작업 시간

$Scapa_{st}$: 협력업체 s 의 기간 t 에서의 총 협력 가능 작업 시간

D_{it} : 아이템 i 에 대한 기간 t 에서의 수요

ihc_i : 아이템 i 에 대한 재고 유지 비용

upc_i : 아이템 i 에 대한 단위 생산 비용

psc_i : 아이템 i 에 대한 생산 준비 비용

usc_{st} : 협력업체 s 에서의 아이템 i 에 대한 협력 시간 별 단위 비용

sfc_{st} : 협력업체 s 에서 기간 t 에 협력 생산 시 발생하는 계약 비용

[결정변수]

X_{it} : 아이템 i 의 기간 t 에서의 생산량

I_{it} : 아이템 i 의 기간 t 에서의 재고량

S_{sit} : 협력업체 s 에서 아이템 i 를 위해 기간 t 에 협력 생산하는 시간의 크기

Y_{it} : 아이템 i 가 기간 t 에서 생산이 발생하면 1, 아니면 0의 이진변수

Z_{st} : 협력업체 s 와 기간 t 에 협력 생산 계약이 발생하면 1, 아니면 0의 이진변수

[모형]

(IPP)

Min

$$Z = \sum_i \sum_t (upc_i X_{it} + psc_i Y_{it} + ihc_i I_{it}) + \sum_s \sum_i \sum_t (usc_{st} S_{sit} + sfc_{st} Z_{st}) \quad (1)$$

$s.t$

$$I_{i,t-1} + X_{i,t} - I_{i,t} = D_{i,t} + \sum_{j \in J(i)} r_{ij} X_{j,t} \quad \forall i, t \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I(p)} (a_i X_{i,t} + b_i Y_{i,t}) \leq Pcap_p q_p + \sum_{i \in I(p), s \in S(i)} S_{s,i,t} \quad \forall p, t \quad (3)$$

$$\sum_{i \in C(s)} S_{s,i,t} \leq Scap_{s,t} \quad \forall s, t \quad (4)$$

$$S_{s,i,t} \leq M \times Z_{s,i,t} \quad \forall s, i, t \quad (5)$$

$$X_{i,t} \leq M \times Y_{i,t} \quad \forall i, t \quad (6)$$

$$X_{i,t}, I_{i,t}, S_{s,i,t} \geq 0 \quad \forall s, i, t \quad (7)$$

$$Y_{i,t}, Z_{s,i,t} \in \{0,1\} \quad \forall s, i, t \quad (8)$$

제시한 IPP 모형은 각 공장의 생산능력 및 각 협력 업체들의 생산 능력이 가용 작업 시간으로 주어진 상태에서 수요를 만족할 수 있는 최소 비용의 기간별 생산 계획을 산출한다. 수식 (1)은 목적함수로 계획 기간 동안의 생산, 재고, 생산준비, 협력업체와의 계약, 협력업체의 생산 비용들의 총합을 최소화 하는 것이다. 수식 (2)는 완제품 및 부분품 공정에 대한 생산, 재고 균형 방정식이며 수식 (3)은 공장의 생산 능력에 대한 제약으로 해당 공장에 속한 공정들의 생산 및 생산 준비 시간을 더한 총 작업 시간은 해당 공장의 가용 작업 시간과 협력업체의 가용 작업 시간의 합을 초과할 수 없음을 나타낸다. 수식 (4)는 협력 업체의 생산 능력에 대한 제약으로 해당 협력 업체에 속한 공정들의 생산 시간은 해당 협력 업체의 총 가용 작업 시간을 초과할 수 없음을 나타낸다. 수식 (5), (6)은 충분히 큰 수 M 을 사용하여 생산 준비 비용과 협력업체와의 계약 비용을 모형에 반영할 수 있게 한다. 수식 (7), (8)은 각각 결정 변수의 비음조건과 이진 정수 조건이다.

3. 발견적 기법

3.1 분해 해법

일반적으로 2.2절에 정의한 IPP 모형과 같은 혼합정수 계획 모형의 경우 이진 결정 변수의 증가에 따라 계산 시간이 지수적으로 증가하는 특성이 있다. 특히 IPP 모형에서 생산 능력의 확충이 없다고 가정한 모형은 기존의 생산제약이 있는 다단계 로트 크기 결정 문제와 같아지는데 이 문제는 유명한 NP-hard 문제이며, 수식 (3)에서와 같이 생산 준비 시간을 함께 고려한다면 가능 해(feasible solution)를 찾는 것조차 NP-complete의 어려움을 갖는 문제가 된다(Maes, 1991). 본 연구에서는 IPP 모형을 자사의 생산 설비만을 이용하여 생산 계획을 작성하는 부분 문제 1과 협력 업체의 생산 계획문제의 부분 문제 2로 나눔으로써 전체 문제의 복잡도를 감소시키고 보다 빠른 시간 내에 효과적으로 해를 산출할 수 있도록 한다. 부분 문제 1과 2를 정의하기 위해서는 2.1절에서 정의된 기호 및 결정변수에 덧붙여 다음과 같은 새로운 기호 및 결정변수가 추가로 필요하다.

lsc_i : 아이템 i 를 위해 추가 작업 시간이 필요할 경우의 벌금 값(매우 큰 수)

$L_{i,t}$: 아이템 i 를 기간 t 에 생산하는데 추가로 필요한 작업 시간의 크기

[부분 문제 1]

Min

$$Z = \sum_i \sum_t (upc_i X_{i,t} + psc_i Y_{i,t} + ihc_i I_{i,t} + lsc_i L_{i,t}) \quad (9)$$

s.t

$$I_{i,t-1} + X_{i,t} - I_{i,t} = D_{i,t} + \sum_{j \in J(i)} r_{ij} X_{j,t} \quad \forall i, t \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I(p)} (a_i X_{i,t} + b_i Y_{i,t}) \leq Pcap_p q_p + \sum_{i \in I(p)} L_{i,t} \quad \forall p, t \quad (11)$$

$$X_{i,t} \leq M \times Y_{i,t} \quad \forall i, t \quad (12)$$

$$X_{i,t}, I_{i,t} \geq 0 \quad \forall i, t \quad (13)$$

$$Y_{it} \in \{0,1\} \quad \forall i,t \quad (14)$$

[부분 문제 2]

Min

$$Z = \sum_s \sum_i \sum_t (usc_{st} S_{sit} + sfc_{st} Z_{st}) \quad (15)$$

st

$$L_{it} = \sum_{s \in S(i)} S_{sit} \quad \forall i,t \quad (16)$$

$$\sum_{i \in C(s)} S_{sit} \leq Scapa_{st} \quad \forall s,t \quad (17)$$

$$S_{sit} \leq M \times Z_{st} \quad \forall s,i,t \quad (18)$$

$$S_{sit} \geq 0 \quad \forall s,i,t \quad (19)$$

$$Z_{st} \in \{0,1\} \quad \forall s,t \quad (20)$$

IPP 모형을 부분 문제 1과 2로 나누어서 전체 문제의 복잡도를 감소시켰을 때 부분 문제 2의 경우에는 기간별로 생산 계획의 결정이 독립적이며 기간 사이의 연관 관계가 없게 되기 때문에 단일 기간에서의 협력 업체간의 생산량 결정 문제를 전체 기간 수 만큼 독립적으로 풀어낼 수 있기 되고 결국 문제의 복잡도는 단일 기간의 생산량 결정 문제에서 협력 업체와의 계약 비용을 위해 사용되는 Z_s 이진 정수의 개수에만 영향을 받게 된다. Z_s 이진 정수의 개수는 최대 협력 업체의 수를 넘을 수 없으며 협력 업체의 수는 현실적으로 수십 업체 미만이기 때문에 혼합 정수 계획의 풀이를 위해 나와 있는 다양한 상용 소프트웨어를 이용하여 합리적인 시간 내에 답을 도출할 수 있게 된다. 그러나 부분 문제 1의 경우는 실제 현장의 공정 수가 BOM의 종류에 따라 매우 방대하며 BOM 구조의 특수성 때문에 공정의 생산 준비 비용을 고려하기 위한 이진 결정 변수가 증가하게 될 경우, 적절한 시간 내에 최적 생산 계획을 얻는 것이 힘들게 된다. 따라서 합리적인 시간 내에 효과적으로 해를

얻을 수 있도록 부분 문제 1의 해결을 위해서는 적절한 발견적 기법의 개발이 필요할 것으로 보인다.

4. 실험 및 결과 분석

본 연구에서 제안된 분해 해법의 성능을 알아보기 위해서 원문제인 IPP 모형을 이용하여 얻은 최적해와 부분 문제 1과 2를 이용하여 얻은 해를 임의로 생성시킨 예제 문제를 사용하여 비교하였다. 실험은 혼합 정수 계획 모델의 해를 산출하는 상용 소프트웨어인 LOG사의 OPL studio 3.1을 사용하였으며 Pentium IV 1GHz PC 상에서 수행되었다.

4.1 실험 설계

실험에 사용된 예제 문제는 앞선 그림 1의 네트워크를 사용하였다. 다섯 개의 아이템(공정)이 네 개의 서로 다른 공장에서 생산되며 계획 기간은 20기간으로 가정하였다. 또한 협력 업체의 경우 총 5곳의 협력 업체에서 마지막 완제품 공정을 제외한 네 개의 아이템(공정)들에 대해서 지원 가능한 가용 작업 시간들이 기간별로 존재한다고 가정하였다. 또한 분해 해법의 검증을 위해서 보다 짧은 시간에 반복적인 실험을 수행할 수 있도록 생산에 소요되는 단위 시간인 a_i 는 모두 1로, 생산 준비 시간인 b_i 는 모두 0으로 놓고 실험을 진행하였다. 이것은 생산 준비 시간의 유무가 앞에서도 밝혔듯이 전체 문제의 복잡도를 크게 좌우하기 때문이다. 실험에 사용된 예제 관련 데이터들은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 아이템 : 5개
- 공장 : 4개
- 계획기간 : 20
- 협력업체의 수 : 5
- 정수변수의 수 : 200

또한 수요 대비 생산 보유 능력을 최

종 완제품 조립 공정의 경우는 125%로 설정함으로써 완제품 공정에 대한 생산 능력 부족은 앞서 언급된 대로 없다고 가정하였고, 나머지 하위 공정들에 대해서는 각기 75% - 125% 사이에서 기간별로 임의 발생시키는 방법을 사용하였다. 크게 실험은 두 가지 비교 기준을 가지고 진행하였는데 하나는 목적함수의 값으로 전체 소요 비용을 뜻하며 다른 하나는 계산 시간으로 단위는 초(sec)를 사용하였다.

4.2 실험 결과

실험은 앞 절의 예제 관련 데이터의 조건에 맞추어서 임의의 데이터들을 생성하여 5회에 걸쳐 반복 실험을 수행하였다. 표 2의 실험 결과는 5회 반복 실험의 평균 목적 함수와 계산 시간의 값이다. 목적 함수의 경우에는 소수점을 생략하였다. 표 1에서 IPP 모형의 경우는 최적 해를 찾는데 소요되는 시간이 평균 829.89초가 걸렸으나 분해 해법의 경우 각 부분 문제에 소요된 시간이 각각 0.16, 0.11초로 0.27초가 평균적으로 소요되었음을 알 수 있다. 해의 성능에 있어서도 최적해와 비교하여 0.84%의 차이만을 보임으로써 IPP모형에 비해 큰 차이가 없음을 알 수 있었다.

표 1. 실험 결과

	생산 부분	협력 부분	전체	시간
IPP모형	324251	15476	339727	829.89
분해해법	324008	18599	342607	0.27
차이(%)	-0.074	20.18	0.84	

또한 표 2의 생산 부분이란 IPP 모형의 목적 함수인 수식 (1)에서 생산비용, 재고비용, 생산준비 비용 부분의 목적 함수 값만을 이용하여 원문제인 IPP 모형과 분해 해법의 부분 문제 1 사이의 실험 결과를 나타낸 것이고 협력 부분이란 수식 (I)에서 협력 생산 비용 및 계약 비용 부분의 목적 함수 값만을 이용하

여 원문제인 IPP 모형과 분해 해법의 부분 문제 2 사이의 실험 결과를 비교한 것이다.

생산 부분과 협력 부분의 결과에서 알 수 있듯이 분해 해법의 부분 문제 1의 경우에는 추가적인 작업 시간의 확충은 최대한 고려하지 않고 현재 생산 능력만을 이용하는 계획을 산출하기 때문에 IPP 모형보다 오히려 낮은 비용의 결과를 산출하게 되며 이러한 차이는 부분 문제 2에서의 협력 부분의 계획에 있어서 원문제보다 20% 가까이 차이가 나는 결과를 초래하게 된다. 그러나 전체 실험 결과에서 알 수 있듯이 협력 부분의 비용이 전체 비용에서 큰 부분을 차지하고 있지 않으며 오히려 계산 시간에만 큰 영향을 준다는 사실을 알 수 있다. 결국 제안된 분해 해법의 경우에는 생산 부분에서는 비용 절감이 반대로 협력 부분에서는 비용 손실이 이루어지게 되는 결과를 초래하게 되고 이것은 분해 해법의 단점이 될 수 있다. 그러나 현실속의 많은 기업들이 자사 생산과 협력 생산의 비율에서 자사 생산이 압도적으로 많으며 본 연구에서의 예제와 같이 기간별로 부분적인 협력 생산을 토대로 하고 있기 때문에 협력 생산 문제를 독립적으로 분해하여 다루고 있는 분해 해법의 적용이 가능하다고 판단된다.

5. 결론

인터넷 등을 이용한 정보 공유의 활성화 및 네트워크 기반 기술의 발달로 인해서 과거에 비해 공급 사슬 내의 여러 생산 협력 업체와의 협력 생산이 가능해진 상황에서 기존의 생산 계획과 협력 생산 계획을 함께 고려한 통합 생산 계획이 필요하게 되었다. 특히 현재의 기업환경이 고가의 설비들을 모두 직접 구입하여 사용하는 것을 지양하고, 특화 된 기술 및 설비를 보유한 경쟁력 있는 협력 업체들이

많아 질 앞으로의 환경에서는 보다 절실한 연구 주제라고 생각된다. 기업이 생산계획을 하는 경우에는 보통 계획 기간을 짧게는 3개월에서 보통 18개월 이후까지를 대상으로 하는 경우에 협력 업체로부터의 생산 지원을 생산 계획 단계에서부터 고려하여 계획하는 것은 매우 중요한 이슈가 된다. 본 연구에서는 이러한 공급 사슬 내의 통합 생산 계획을 위한 수리적 모형을 정의하고, 정의된 문제를 두 개의 부분 문제로 분해하여 풀이하는 해법을 제안함으로써 하의 성능을 유지하며 계산 시간을 크게 줄일 수 있었다. 그러나 제안된 분해 해법의 부분 문제 1의 경우에는 문제의 크기가 현실 세계와 같이 커질 경우에는 그 자체로도 매우 복잡한 생산 계획이 되며 이 경우를 대비하여 부분 문제 1을 위한 추가적인 발견적 기법의 개발이 요구된다. 특히 부분 문제 1의 경우는 그 형태가 기존의 생산 제약이 있는 다단계 로트 크기 결정 문제와 비슷하여 기존의 직관적인 방법을 사용하는 발견적 기법들의 사용이 어렵다는 큰 단점이 있다(Maes, 1991). 이러한 단점을 극복하기 위해서는 다양한 완화 기법 및 적용성이 뛰어난 유전 알고리즘, 타부 탐색 등의 탐색 알고리즘 등의 사용을 함께 고려할 필요가 있을 것으로 보이며 주문의 빈도 및 보유 생산 능력을 다양하게 설정하여 현실 세계에서 발생할 수 있는 여러 가능성들에 대해서 보다 체계적인 실험 및 연구가 뒤따라야 할 것으로 보인다.

참고문헌

- Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P. and Trafton, L. L. (1995), Global supply chain at Digital Equipment Corporation, *Interfaces*, 25(1), 69-93.
- Bhatnagar, R., Chandra, P. and Goyal, S. K. (1993), Models for multi-plant coordination, *European Journal of Operational Research*, 67, 141-160.
- Cohen, M. A. and Lee, H. L. (1988), Strategic analysis of integrated production-distribution systems: models and methods, *Operations Research*, 36, 216-228.
- Kimms, A. (1996), Competitive methods for multi-level lot sizing and scheduling: tabu search and randomized regrets, *International Journal of Production Research*, 34, 2279-2298.
- Ko, C. S., Kim, T. and Hwang, H. (2001), External partner selection using tabu search heuristics in distributed manufacturing, *International Journal of Production Research*, 39(17), 3959-3974.
- Maes, J., McClain, J. O. and Van Wassenhove, L. N. (1991), Multilevel capacitated lotsizing complexity and LP-based heuristics, *European Journal of Operational Research*, 53, 131-148.
- Ozdamar, L. and Birbil, S. I. (1998), Hybrid heuristics for the capacitated lot sizing and loading problem with setup times and overtime decisions, *European Journal of Operational Research*, 110, 525-547.
- Pontrandolfo, P. and Okogbaa, O. G. (1999), Global manufacturing: a review and a framework for planning in a global corporation, *International Journal of Production Research*, 37(1), 1-19.
- Templemeier, H. and Helber, S. (1994), A heuristic for dynamic multi-item multi-level capacitated lot sizing for general product structure, *European Journal of Operational Research*, 75, 296-311.