

# 다양한 공급 사슬 환경 하에서 통합생산계획의 효과 분석

정성원\*, 박진우\*

## Performance analysis of integrated production planning in various supply chain environment

Sungwon, Jinwoo Park

### Abstract

많은 기업들은 오늘날 치열한 경쟁 시장에서 효율적인 공급 사슬 관리를 통하여 경쟁적 우위를 확보하려 한다. 이러한 효율적인 공급 사슬 관리를 위해서는 공급 사슬상의 구성원들이 자신이 보유하고 있는 정보를 다른 구성원들과 공유하고 각자의 의사결정에 있어 이러한 공유된 정보를 효과적으로 반영하여야 할 것이다. 효과적이고 정확한 정보의 공유를 위해서는 공급 사슬 상에 속해 있는 구성원들의 적극적인 참여가 무엇보다 필요하다. 이러한 적극적 참여는 공유된 정보가 종국에는 자신에게 이익이 될 것이라는 믿음에 기반 하여야 할 것이다. 정보 공유를 하는 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 그 효과가 클 것이라는 것은 당연할 수 있다. 그러나 정보 공유를 위해서 요구되는 투자 비용과 서로 이질적인 구성원들 간에 협업을 통해 공통의 의사결정을 내리는데 야기될 수 있는 갈등 등을 고려할 경우 그 효과의 정도가 충분히 크지 않은 경우에는 서로의 정보를 공유하는 것이 이익이 될 것이라고 말하기 어려울 것이다. 정보 공유의 이익은 공급 사슬 환경에 따라 상이할 것이다. 본 연구에서는 어떤 환경에서 이러한 정보 공유에 따른 성과가 극대화 될 것인지, 혹은 반대로 미비한 결과를 나타낼 것인가에 대하여 시뮬레이션 실험을 통하여 분석하였다. 기존의 연구를 바탕으로 공급 사슬 환경 구성을 위한 3가지 환경 요인을 정의하고 각각의 환경요인에 변화에 따라 정보 공유를 통한 경우와 그렇지 않은 경우에 있어 어떤 성과를 내는지 알아보았다.

**Key Words:** Supply Chain Management, Performance Analysis

\* 서울대학교 공과대학 산업공학과

## 1. 서론

오늘날 많은 기업들은 효율적인 공급 사슬 관리를 통하여 저렴한 비용으로 고객에 대한 서비스 수준을 높임으로써 시장에서의 경쟁적 우위를 확보하려 한다. 효율적인 공급 사슬 관리를 위하여 공급 사슬 내에 소속되어 있는 구성원들은 공급 사슬 내에서 발생하는 정보를 공유함으로써 공급 사슬 내에서 불필요하게 발생하는 비용을 줄일 수 있을 것이다. 효과적이고 정확한 정보 공유를 위해서는 공급 사슬 상에 속해 있는 구성원들의 적극적인 참여가 무엇보다 필요하다. 이러한 참여는 자신들이 공유하는 정보를 통하여 중국에는 자신들에게 이익이 될 것이라는 확신이 밑바탕이 되어야 가능할 것이다. 공급 사슬 상에서 정보 공유 하에서 정책을 수립하게 되면 개별적인 정보만을 이용하여 정책을 수립하는 것에 비하여 비용의 절감을 가져올 것이라는 생각은 타당하다. 그러나 공급사슬상에서 정보공유를 위해서는 투자가 필요하며, 참여하는 구성원들 간의 여러 이해관계가 상충할 수 있다. ([1], [2]) 정보 공유를 통해 얻는 이익이 미비할 것으로 생각되어지는 경우 구성원들로 하여금 이러한 투자를 이끌어내는 것은 어려운 일이 될 것이다. 공급 사슬의 환경에 따라 정보 공유를 통해 얻는 이득은 이를 위해 투자한 금액을 훨씬 상회할 수도 있지만 반대로 투자비를 회수하지 못할 만큼 미비할 수도 있

을 것이다. 따라서 어떤 환경에서 정보 공유를 통한 정책이 이익을 극대화 할 수 있는지 또는 어떤 경우에서 이와 반대의 경우를 가지는가에 대한 통찰력을 가지는 것은 중요하다. 이를 위해서는 공급사슬에서의 주요한 환경변수들에 대한 정보 공유의 효과 분석을 통하여 이러한 통찰력을 얻을 수 있을 것이다.

우선 2장에서는 본 연구에서 다루고자 하는 모델을 설명하고 3장에서 본 연구에서 수행한 실험 계획 방법에 대하여 살펴되며, 4장에서 실험 결과를 보여줄 것이다. 마지막으로 5장에서는 향후 연구과제에 대하여 논하며 결론을 맺을 것이다.

## 2. 모델 설명

본 연구는 복수의 제품을 다루고 있는 소매상, 도매상, 공장으로 이루어지는 MTO (Make To Order) 환경에서의 공급 사슬을 대상으로 한다. 일반적으로 이런 공급 사슬 구조는 주변에서 흔히 볼 수 있다.([3]) 본 장에서는 정보 공유를 통하여 도매상과 제조업체가 통합적으로 운영 관리되어지는 경우와, 이러한 정보 공유 없이 개별적으로 운영되어지는 경우를 설명한다.

<그림 1>은 공급사슬내의 개별 업체들이 정보 공유가 없이 별도로 운영되어지는 것을 나타내는 그림이다. 여기서의 고객은 소매상으로부터 제품을 구매하고 소매상은 자체 재

고 정책에 의거하여 도매상에 주문을 한다.

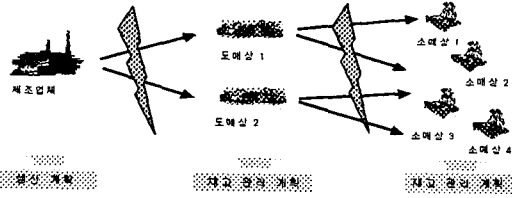
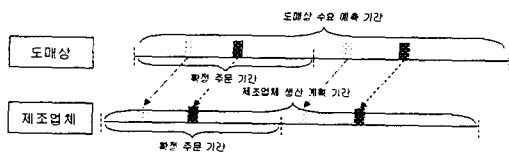


그림 1

소매상에서 도매상에 주문을 하였으나 도매상에서 보유하고 있는 재고가 없어 주문 수량을 늦게 갖다 주는 경우 소매상에 별도의 위약금을 지불한다. 도매상에서 제조업체의 주문을 하는 경우에 있어서는 <그림2>와 같이 확정 주문 기간이 끝나면 도매상 수요 예측 기간 동안의 예상 주문을 제조업체에게 알려준다. 제조업체에서는 도매상들에서 들어온 모든 제품에 대한 주문을 바탕으로 제조업체 생산 계획 기간동안의 생산계획을 수립한다. 제조업체에서는 생산용량을 초과하는 주문의 경우에도 외주생산을 통하여 도매상에서 요구한 주문을 반드시 만족시킨다고 가정한다.



<그림 2>

본 연구에서 고려하고 있는 정보 공유는 <그림3>에서 표현하는 것과 같이 도매상에서 제조업체에게 재고정보 및 과거주문정보를 제공하고 제조업체에서 도매상의 재고정책까지 포괄하여 통합 생산 계획을 수립하는 것을 의

미한다.

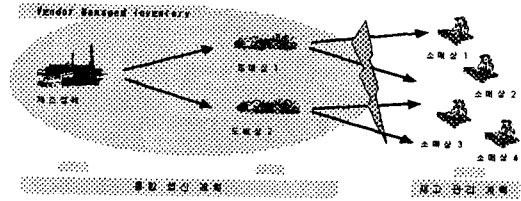


그림 3

소매상에서 도매상에 주문을 하였으나 도매상에서 보유하고 있는 재고가 없는 경우 도매상이 아닌 제조업체에서 위약금을 지불하는 것을 제외하곤 앞서 정보 공유가 없는 경우와 동일한 가정을 사용한다.

### 3. 실험 계획 방법

#### 3.1 시뮬레이션 실험 모델

실험 모델은 앞서 언급한 바와 같이 1) 소매상, 2) 도매상, 3) 제조업체로 구성되어 있다. 각각의 개체들은 매 단위기간별로 다음과 같은 활동을 수행한다.

#### ● 소매상

- 매 단위기간 재고를 확인하며 재고량이 안전재고 이하인 경우 도매상에 경제적 주문량만큼 주문을 한다.
- 매 단위기간 외부 수요를 보유하고 있는 재고를 통하여 이를 만족시켜준다.
- 매 단위기간 도매상으로부터 도착한 주문이 있는 경우 이를 재고로 기록한다.

● 도매상

- 확정 주문 기간이 끝난 후 향후 수요예측 기간동안의 도매상에서 제조업체에 주문할 양 및 주문시점을 계산하여 제조업체에게 알려준다. (정보공유를 하지 않는 경우)

- 매 단위기간 재고를 확인한다.

- 매 단위기간 소매상에게 전달할 주문이 있는 경우 보유하고 있는 재고를 통하여 이를 만족시켜준다.

- 매 단위기간 제조업체로부터 도착한 주문이 있는 경우 이를 재고로 기록한다.

● 제조업체

- 확정 주문 기간이 끝난 후 도매업체로부터 예약된 주문들과 설비의 생산용량 및 제조비용을 고려하여 생산 계획 기간동안의 생산 계획을 수립한다. (정보공유를 하지 않는 경우)

- 도매상의 재고량 및 소매상의 생산 계획 기간동안의 예상 수요 및 제조업체와 도매상에서의 각종 비용을 고려하여 통합 생산계획을 수립한다. (정보공유를 하는 경우)

- 매 단위기간 재고를 확인한다.

- 매 단위기간 도매상에게 전달할 주문이 있는 경우 보유하고 있는 재고를 통하여 이를 만족시켜준다.

3.2 시물레이션 실험 환경

기존 연구를 통하여 가장 많이 사용되었던

환경요인을 선정하여 본 실험을 위한 환경변수로 사용하였다. 선정된 환경변수는 1) 생산 가용성(Capability), 2) 생산용량(Capacity), 3) 외부수요 변동성(Demand Variance)이다. 생산 가용성이란 제조업체내 하나의 설비에서 만들 수 있는 제품의 수로 측정되어질 수 있으며, 하나의 설비에서 생산 가능한 제품 수가 많을수록 생산 가용성은 높다고 정의한다. 생산용량은 특정 설비에서 생산하는 제품의 평균 수요를 맞춰주기 위해 필요한 절대 요구 생산용량 정의하여, (해당 설비의 생산용량/절대 요구 생산용량)의 값을 기준으로 측정되어진다. 외부 수요의 변동성은 소매상에서 발생하는 (수요 평균/수요 분산)의 비로 측정되어질 수 있다. 각각의 환경 변수는 4가지 수준으로 나누었으며 이러한 환경 변수 수준들의 조합으로 총 64개의 실험모델을 만들었다.

본 실험에서는 C++을 이용하여 모델링을 하였으며, 시물레이션 과정에서 요구되어지는 제조업체에서 (통합)생산계획수립을 위해 CPLEX를 이용하였다. 생산계획 수립 시 풀고자 하는 문제가 NP-Hard 특성을 지니고 있으므로 적정 시간 내에 최적 해를 구하는 것은 어렵기 때문에 시물레이션과정에서는 적정 시간동안 CPLEX를 이용하여 나온 가능해 중 가장 우수한 해법을 사용하기로 하였다. 정보공유를 하는 경우에 대부분의 모델에서 통합생산계획모형을 풀게 되면 초반에 5분 동

안 급격히 해가 개선되어지나 그 후부터는 해의 개선이 거의 일어나지 않았다. 시뮬레이션 실험에서는 생산계획을 세우기 위하여 10분의 시간을 주고 그 시간 동안 CPLEX를 이용하여 나온 해 중 가장 우수한 해를 선택하였다. 정보공유를 하지 않는 경우에 대부분의 모델에서 개별생산계획모형을 풀게 되면 초반 2분 동안 급격히 해가 개선되어지고 그 후에는 해의 개선이 거의 일어나지 않으므로 5분의 시간동안 안온 해중 가장 우수한 해를 선택하였다.

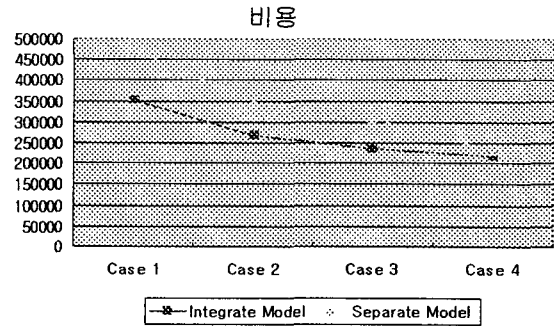
#### 4. 실험 결과

##### 4.1 생산 가용성에 따른 결과 분석

<그림4>는 제조업체에서 도매상의 재고관리까지 고려하여 통합생산을 실시하는 경우와 개별적으로 도매상에서 재고관리, 제조업체에서 생산관리를 수행하는 경우에 대하여 64개의 모델에 대하여 시뮬레이션 실험을 수행하고 그 결과를 생산 가용성을 기준으로 분류하여 도시한 것이다. 각각의 수준에 대한 내용은 [표1]과 같다.

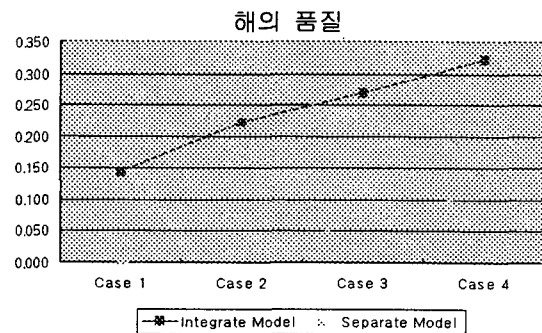
[표 1] 생산 가용성에 따른 수준

수준	내용
Case 1	생산라인 8곳에서 각각 1개의 제품 생산
Case 2	생산라인 4곳에서 각각 2개의 제품 생산
Case 3	생산라인 2곳에서 각각 4개의 제품 생산
Case 4	생산라인 1곳에서 8개의 제품 생산



<그림 4> 생산가용성에 따른 통합효과

<그림4>를 보게 되면 생산가용성이 높아질수록 정보 공유를 하는 경우와 그렇지 않은 경우 모두 비용은 감소하는 것을 볼 수 있고 둘 사이의 차이는 줄어드는 것을 알 수 있다. 생산 가용성이 커짐에 따라 제품 수요의 변화에도 보다 유연성 있게 대처할 수 있으므로 비용이 감소하는 것은 타당하다고 볼 수 있다. 그러나 생산가용성이 커짐에 따라 정보공유를 한 경우와 그렇지 않은 경우간의 비용차가 줄어드는 것은 쉽게 이해하기가 어렵다.



<그림 5> 생산가용성에 따른 해의 품질

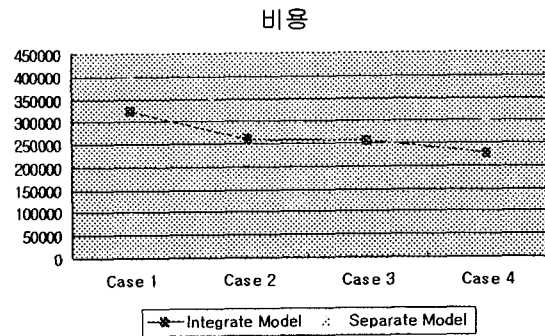
이는 <그림5>의 해의품질 변화를 통해 그 원인을 찾아볼 수 있을 것이다. 생산가능성이 가장 높은 Case4의 해의 품질을 살펴보면 정보 공유 경우에서의 Cplex를 이용하여 수립한 생산계획의 해의 품질이 매우 낮은 것을 알 수 있다. 이는 생산가능성이 커짐에 따라 우수한 해를 찾기가 더 어려워짐을 의미하는 것이다. 통합생산계획을 혼합정수계획법으로 Cplex를 이용하여 구하고자 할 경우 문제의 구조가 복잡해짐에 따라 적정 시간 내에 구할 수 있는 가능해의 품질은 떨어지며 어떤 경우에 있어서는 정보공유 없이 개별적으로 재고 관리 및 생산계획을 세우는 경우에서의 해보다 더 열등할 수 있음을 암시한다.

#### 4.2 생산 용량에 따른 결과 분석

<그림6>는 64의 모델에 대하여 시물레이션 실험결과를 생산 용량을 기준으로 분류하여 도시한 것이다. 각각의 수준에 대한 내용은 [표2]과 같다.

[표 2] 생산 가능성에 따른 수준

수준	내용
Case 1	생산라인의 일일 생산용량이 해당 생산 제품 일일 평균 수요를 위한 생산용량의 1배
Case 2	생산라인의 일일 생산용량이 해당 생산 제품 일일 평균 수요를 위한 생산용량의 1.3배
Case 3	생산라인의 일일 생산용량이 해당 생산 제품 일일 평균 수요를 위한 생산용량의 1.5배
Case 4	생산라인의 일일 생산용량이 해당 생산 제품 일일 평균 수요를 위한 생산용량의 1.8배



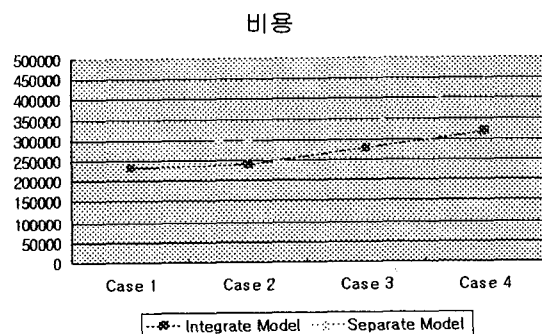
<그림 6> 생산용량에 따른 통합 효과

#### 4.3 수요 변동에 따른 결과 분석

<그림7>는 64의 모델에 대하여 시물레이션 실험결과를 수요 변동을 기준으로 분류하여 도시한 것이다. 각각의 수준에 대한 내용은 [표3]과 같다

[표 3] 수요변동에 따른 수준

수준	내용
Case 1	소매상에서의 제품에 대한 수요의 표준편차는 평균의 0.5 배
Case 2	소매상에서의 제품에 대한 수요의 표준편차는 평균의 1.0 배
Case 3	소매상에서의 제품에 대한 수요의 표준편차는 평균의 1.5 배
Case 4	소매상에서의 제품에 대한 수요의 표준편차는 평균의 2.0 배



<그림 7> 수요변동에 따른 통합효과

## 5. 결론

본 연구에서는 공급사슬에서 정보공유의 효과를 파악하기 위하여 3가지의 환경요인을 선정하고 각각의 환경요인에 대하여 4가지 수준으로 총 64개의 실험모델을 구성하여 각각의 경우에서 제조업체와 도매상이 정보공유를 통하여 운영되어지는 경우와 개별적으로 운영되어지는 경우를 비교하여 보았다. 실험 결과 생산용량에 따라서는 비용 절감 효과가 큰 차이를 보이지 않았으나 생산가능성과 수요변동의 경우에는 정보공유를 통한 비용의 절감 효과는 차이를 보이는 것으로 나타났다.

본 실험에서는 수요변동이 작고 생산 가용성이 큰 환경에 경우 정보효과를 통한 이점이 비교적 작으며, 수요변동이 크고 생산 가용성이 작은 환경에서는 상대적으로 정보효과가 크다는 것을 보였다. 그러나 시뮬레이션 과정에서 생산계획을 수립하는데 있어 최적 해를 구할 수 없어 적정 시간을 정하고 그 시간동안 CPLEX를 이용하여 나온 해 중 가장 우수한 해를 사용 까닭에 앞서의 결과를 사실 그대로 받아들이는 것은 위험할 수 있다. 만약 최적 생산계획을 구할 수 있는 알고리즘이 존재하고, 이러한 알고리즘을 이용하여 생산계획을 수립하고 시뮬레이션을 수행할 경우 위와 전혀 다른 결과가 나올 수 있다. 그럼에도 본 실험에서와 같은 일정 시간동안만 CPLEX를 돌려 나온 가능해만으로 생산계획을 수립

하여 시뮬레이션을 수립한 것이 의미를 가질 수 있는 것은 실제 현업에서 이와 같은 방식으로 생산계획을 수립하는 까닭이다.

## 참고문헌

- [1] SWANMINATHAN, J. M., SADEH, N. M. and SMITH, S. F., 1997, Effect of sharing supplier capacity information. Haas School of Business, University of California, Berkeley
- [2] COHEN, F., RYAN, J. K. and SIMCHI-LEVI, D., 2000, The impact of exponential smoothing forecasts on the bullwhip effect. Naval Research Logistics, 47, 269-286
- [3] GEORGE Q. HUANG, Jason, S. K. and MAK K. L., 2003, The impacts of sharing production information on supply chain dynamics : a review of the literature, International Journal of Production Research, 3003, 41, 1483-1517

● 저자소개 ●

정성원

1998 고려대학교 공과대학 산업공학과 학사

2000 서울대학교 공과대학 산업공학과 석사

2000~현재 서울대학교 공과대학 산업공학과 박사 과정

관심분야: 시뮬레이션, SCM

박진우

1974 서울대학교 공과대학 산업공학과 학사

1976 한국과학기술원 산업공학과 석사

1985 D.Eng. in Industrial Engineering , University of California, Berkeley

1985~현재 서울대학교 공과대학 산업공학과 교수

관심분야: ERP, SCM, Forecasting, Simulation