

신뢰성 이론을 이용한 공급 사슬 시스템 분석에 관한 연구

A Methodology for Analysis of Supply Chain System using Reliability Theory

조민관, 이영해

한양대학교 산업공학과

Abstract

The primary objective of Supply Chain Management (SCM) is to optimize the cash, material and information flow considering all components of Supply Chain (SC). The plan, established for achieving such objective, is called Supply Chain Planning (SCP). This SCP gives each SC component specific volume or operation task, should be done in specific due date, for optimizing SC. In detail, the degree of accomplishment for SCP, depends on the SCP achievement of each SC components, is very close to successful SCM. However, this achievement is affected by uncertainties about time and volume. In general, reliability concepts means the probability that a product or system will perform its specified function under prescribed conditions without failure for a specified period of time.

Therefore, the concept of Supply Chain Reliability (SCR) and an analytic methodology

to calculate the degree of achievement SCP using reliability concept are proposed in this paper. SCR means that the degree of achievement for SCP considering all SC components in due date. SCR can be used to measure the performance of whole supply chain and indicate the direction of SCP.

1.Introduction

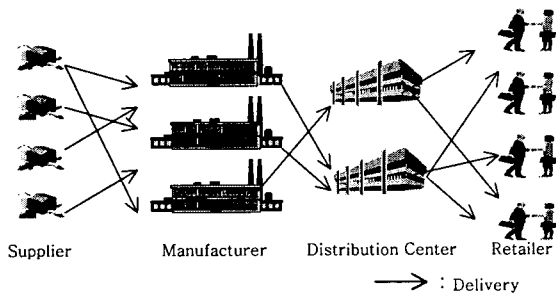
Supply Chain Management (SCM)은 원자재의 조달에서부터 생산을 거쳐 고객에게 판매되기까지의 전과정에 걸친 개체간의 수요와 공급의 사슬관계를 의미하는 Supply Chain(SC)의 정보, 자금, 물류의 흐름을 관리 및 통제하는 것을 의미한다. 그리고, 이러한 SCM을 실현하기 위하여 수립하는 일련의 계획 대안을 Supply Chain Planning(SCP)라고 한다. 결국, 실제적인 SCM은 수립되어진 SCP를 기반으로 수행된다고 할 수 있다.

그러나, 이러한 SCP의 실행은 SC 내부에 존재하는 불확실한 요소들(uncertain factors)의 영향을 받는다. 즉, SC의 불확실한 요소들로 인하여 수립된 SCP 또는 SC이 기대성능 만큼 수행되지 않는다는 것이다.

그러므로, 본 연구에서는 SC 내부의 불확실한 요소들을 규명하고, 이러한 요소들이 수행하고자 하는 SCP 또는 운영하고자 하는 SC의 기대성능에 미치는 영향을 신뢰성 이론을 이용하여 분석하였다.

2. Decision variables and Uncertain factors in SC

본 논문에서는 [그림 1]과 같은 일반적인 구조를 갖는 SC를 연구 대상으로 한다.



[그림1] 기본적인 SC 구조

즉, 이 SC는 Supplier $i(i=1, \dots, m)$, Manufacturer $j(j=1, \dots, n)$, Distribution center(DC) $k(k=1, \dots, o)$, 그리고, Retailer $l(l=1 \dots p)$ 로 구성되어 있으며, 이러한 SC의 구성 요소들을 Supply Chain Component(SC Component)라 한다. 이러한 SC Component 간에는 물류적 관점에서 배송 및 운송(Delivery)의 관계가 존재한다.

2.1 Decision variables in SCP

SCP는 전략적인 측면에서 확정된 또는 예측된 고객 수요 만족을 위해 각각의 SC Component에 대하여 구체적인 산출량(Output) 및 제한 시간(Due date), 그리고 대상 SC Component(Target)에 관한 변수 값을 결정하기 위한 수리 모형(Mathematical model)을 수립하게 된다. 결국, SCP는 SC의 가능한 자원 및 능력(부품 재고, 완제품 재고, 생산 능력, 운송능력, 배송 능력 등)을 효율적으로 할당하는 자원 할당 모형(Resource assignment model) 또는 자원

배치 모형(Resource deployment model) 형태라고 할 수 있다. 이런 모형에 대하여 대표적인 연구는 Cohen과 Moon이 제시한 EOQ(Economic Order Quantity)를 기반으로 한 혼합 정수 비선형 모형(Mixed integer, non-linear) 모형이 있다. 이 연구에서는 다음 4가지 사항을 해당 모형의 해로서 제시하고 있다[2].

- ▶ 운영할 manufacturer와 DC의 선택
- ▶ Supplier에 대한 원자재 및 부품 주문량 결정
- ▶ Manufacturer에 대한 제품 생산량 결정
- ▶ Manufacturer의 DC와 Retailer에 대한 배송량 결정

본 논문에서는 SCP의 대안으로서 위의 해가 주어졌다는 전제 하에 해당 SC를 분석하였다.

2.2 Uncertain factors in SC

SC에는 많은 불확실성 요소들이 내재되어 있다. 이러한 불확실성 요소들은 수립된 SCP의 실행에 영향을 끼쳐, 해당 SCP에 대한 기대효과를 감소시키기도 한다. 대표적인 것들을 정리하면 [표 1]과 같다.

[표 1] SC내의 불확실성 요소

Supplier	부품 생산 Cycle time 생산 부품의 불량률
Manufacturer	부품의 적시 납기 여부 제품 생산 Cycle time 생산 제품의 불량률
Inventory	재고 보충 기간 제품 재고량

이러한 불확실한 요소들은 크게 시간(Time)과 양(Volume)에 관계된 것으로 판단된다. [표 1]에 언급된 내용 이외에도 SC component 간의 각각의 배송 및 운송에 관하여, 운송기간과 운송하는

부품 또는 제품의 양을 고려한 운송 가능 여부도 불확실한 요소라고 할 수 있겠다.

결국, 이러한 불확실성 요소들이 SCP 의 실행에 영향을 미치게 되며, 이러한 영향으로 계획된 SCP 의 기대성능이 저하된다. 궁극적으로, 고객에 대한 제품 납기일이나, 납기량을 준수하지 못하게 된다는 것이다.

3. Reliability in SC

3.1 Supply Chain Reliability

일반적인 System 에서의 신뢰성(Reliability)은 시스템이 규정된 운용조건 하에서 일정 시간 동안 그 기능을 만족스럽게 수행할 확률을 의미한다[4].

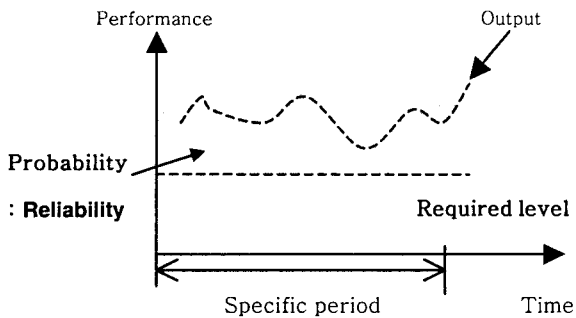


그림2. 일반 System의 신뢰성

SC 및 SCP 의 성능 또는 효과성 정도는 고객이 원하는 납기일(Due-date)에 원하는 수량(Volume)의 제품을 전달할 수 있는 가에 의존한다고 할 수 있다. 즉, 임의의 기간에 SC component 들이 고객 납기를 위하여, 기대되는 결과나 기능을 수행할 수 있는가에 SC 과 SCP 의 효과성이 의존한다고 할 수 있다. 그렇기 때문에, SC 의 이러한 속성은 신뢰성 이론으로 분석가능하다고 할 수 있다. 신뢰성 이론을 바탕으로 SC 을 분석하기 위하여, 일반 시스템과 Supply Chain System(SC System)을 비교하면 [표 2]와 같다.

[표2]신뢰성 관점에서의 일반 시스템과 SC System의 비교

System	Supply Chain
운영조건	Supply Chain / Supply Chain Planning
기능	고객 수요 만족
특정기간	고객에 대한 납기일

따라서, 현재의 SC 및 SCP 이 주어졌을 때, 고객 납기를 고려한 임의의 기간 동안 모든 SC Component 들이 고객의 수요를 만족시키기 위한 기능 또는 결과를 획득할 수 있는 확률을 Supply Chain Reliability(SCR)이라고 할 수 있다.

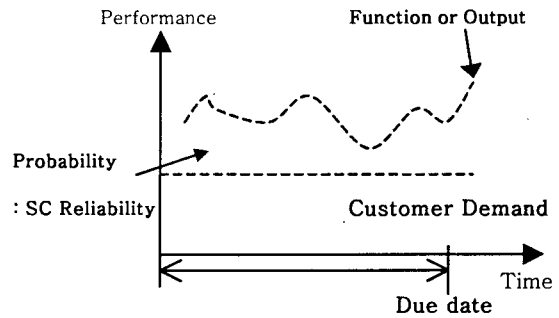


그림3. Supply Chain Reliability

3.2 Estimation reliability in SC Component

SC Component 의 신뢰성을 추정한다는 것은 SCP 에 의해 주어진 대안에 대하여 해당 Component 가 어느 정도의 확률로 만족할 수 있는 가를 계산함을 의미한다.

(1) Estimation reliability in Supplier.

Supplier 에 대한 신뢰성은 SCP 에 의해 결정된 부품이나 원자재의 양을 부품 납기 기간에 맞추어 공급해 줄 수 있는 정도를 의미한다.

이러한 Supplier 의 납기량과 납기일 준수는 부품 생산 Cycle time 의 변동, 부품 불량률 등에 의해 영향을 받는다. 하지만, 실제적인 SC 을 구성하는 Manufacturer 입장에서는 이러한 변동에 대한 정보가 미약하고, Supplier 에 대한 평가가 정량적 요인 뿐만 아니라, 정성적 요인도 고려하여 이루어 지기 때문에, 일반적인 분포로 표현하기에는 적당하지 않다. 이런 경우에는

Fuzzy set 을 정의하여 이용하는 것이 바람직하다[3]. 즉, Supplier 의 부품 납기량과 납기일 준수에 대하여 Fuzzy set 으로 정의하고, 이를 기반으로 그 정도를 측정하는 것을 의미한다.

(2) Estimation reliability in Manufacturer

Manufacturer 에 대한 신뢰성은 SCP 에 의해 결정된 완제품의 양을 생산 납기일까지 생산할 수 있는 정도를 의미한다. 이러한 정도는 Manufacturer 의 단위 생산 능력과 생산 능력의 변동, 생산된 제품에 대한 불량률, 그리고, 생산 일정 계획에서의 우선 순위에 의해 결정되어진다고 할 수 있다. Manufacturer 에 대한 이런 변동에 대한 정보는 쉽게 얻을 수 있기 때문에, 일반적인 분포로서 정의를 할 수 있다. 따라서, 이러한 분포를 기반으로 SCP 에 의해 결정된 생산량과 납기 기간 내에 생산할 수 있는 정도를 측정할 수 있다.

(3) Estimation reliability in Inventory

Inventory 의 신뢰성은 SCP 에 의하여 결정되어진 양을 고객 요구 시간에 납품할 수 있는 정도를 의미한다. 그렇기 때문에, 고객이 요구하는 시점에서 재고 보유량이 고객 요구량이 많아야 고객 수요를 만족할 수 있다. 이러한 특정시점에서의 재고량은 재고 보충기간, 보충량 그리고 고객의 수요변동에 영향을 받는다. 이러한 재고 보충기간, 보충량, 고객 수요 변동을 기반으로 하여 예측 또는 확정된 고객 수요 요구량 보다 고객 납품 시점에서 재고량이 많을 정도를 측정함으로써, 신뢰성을 측정할 수 있다.

3.3 Estimation reliability in SC

SC 전체에 대한 신뢰성은 SC Component 각각의 신뢰성에 의존한다. 이러한 SC 신뢰성은 확률 이론의 동시 사건의 개념을 바탕으로 측정되어진다. 왜냐하면, 고객의 수요를 만족하기 위해서는 모든 SC Component 에서 SCP 에 의해 주어진 할당량과 납기기간을 준수해주어야 하기

때문이다. 즉, 전체 SC 의 신뢰성은 각 SC component 의 신뢰성의 곱으로 측정된다.

전체 SC 의 신뢰성

$$= (\text{Inventory 의 신뢰성}) \times (\text{Manufacturer 의 신뢰성}) \times (\text{Supplier 의 신뢰성}) \dots \dots \dots (1)$$

수식(1)은 전체 SC 의 신뢰성은 SC component 각각의 신뢰성을 기반으로 함을 의미한다.

4. Conclusion

본 논문에서는 고객 수요 만족에 대한 SC 의 성능 척도로서 Supply Chain 의 신뢰성 개념과 이를 측정하기 위한 방법 안을 제시하였다. 이를 기반으로 하여 SCP 나 Supply Chain 의 최적화에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

5. Reference

[1] Beamon, B.M., "Supply Chain design and analysis: Models and Method", International Journal of Production Economics, Vol 55(1998), pp.281~294
 [2] M.A Cohen, S.Moon, "Impact of production scale economics, manufacturing complexity, and transportation costs on supply chain facility networks, Journal of Manufacturing and Operations Management, Vol(3) (1990), p.269~292
 [3] Petrovic, D., "Simulation of supply chain behavior and performance in an uncertain environment", International Journal of Production Economics, Vol 55(2001), pp.429~438
 [4] 대한산업공학회, 산업공학 용어사전, 청문각, 서울, 1992