

동적 안전재고를 고려한 롯트량 결정 기법에 관한 연구

A Study on the Lot-Sizing Rules with the Dynamic Safety Stocks

손 권 익* 최 승 국**

Sohn, Kwon-Ik Choi, Seung-Kug

Abstract

The determination of lot sizes in prevailing inventory problems has been made with constant safety stock over the planning horizon. But, it is more profitable to accommodate the safety stock to dynamically fluctuating demands. The objective of this paper is to study the method to determine the dynamic safety stock and lot sizing rules depending on the actual customer demands.

The last period or highly fluctuating period during the consumption of a lot is the most critical one to stock-out. It means that such periods must be given more attentions. Some dynamic methods to control safety stock are proposed with viewpoints of the time, quantity, and time-quantity. Simulation results show that lot sizing methods with dynamic safety stock reduce about 10% of average total cost compared to those with constant safety stock.

키워드 : 롯트량 결정 기법, 동적 안전재고

Keywords : lot sizing rules, dynamic safety stocks

1. 서론

롯트량의 결정은 생산비와 재고비용의 합이 최소화에 의해 이루어진다. 기존의 연구는 안전재고를 매 기간 일정하다고 가정하여 안전재고 관련 비용을 제외하고 롯트량을 결정하였다. 수요가 정적인 경우에는 안전재고를 일정하게 유지하는 기존의 방법이 타당하나, 수요가 동적으로 변하는 상황에서는 기존의 방법은 초과 재고를 유발하여 불필요한 재고 비용을 가져오고, 반대로 재고 부족으로 인한 손실의 위험도 커질 수 있다. 따라서 수요가 변동하는 동적인 상황에서는 안전재고를 함께 고려하여 롯트량을 결정하는 것이 변동하는 수요에 대하여 유연하게 대처할 수 있으므로 타당한

방법이라고 할 수 있다.

Vargas와 Metters는 변동하는 수요에 대하여 안전재고는 재고와 별도의 Buffer에 포함되어야 한다는 판단 하에 'Dual Buffer'라는 생산 계획 정책을 제안하고 단일 Buffer 정책(Implicit 정책과 Explicit 정책)을 사용하는 것보다 동시에 같이 고려할 수 있는 'Dual Buffer' 정책을 사용하는 것이 보다 실용적이고, 비용 면에서 더 좋은 절감 효과가 있다는 것을 보였다.[4]

Ho는 시간의 변화에 따라 수요가 변한다는 것에 입각하여 변동 계수를 비율적으로 변화시켜, 수요량, 선행기간, 롯트량 결정 기법, 재고유지비와 발주비의 비율 등의 조합으로 성능 평가를 하여 수요 변동에 대한 적절한 롯트량 결정 기법을 제시하고 있다.[2]

Kim과 Benton는 (Q,R)시스템에서 조달기간동안 품질의 위험을 감소시키기 위해 안전재고를 고려할 경우, 확정적인 경제적 발주 간격과 수요에 대

* 강원대학교 산업공학과 교수, 공학박사

** 강원대학교 대학원 산업공학과 석사과정

하여 변화를 줌으로써 비용을 절감할 수 있는 반복 알고리즘(Iterative Algorithm)을 제시하였다. 이는 한 주기 당 품절의 확률을 구한 후 안전재고를 일정한 비율로 증가시켜 로트량의 변화가 없을 때까지 반복 계산하여 로트량을 결정한다.[3] 그러나 조달기간 동안의 재고 부족을 방지하고 고객 만족율을 높이기 위하여 안전재고를 일정한 비율로 증가시키므로써 비용이 적은 시기에 로트량을 결정하지만, 동적으로 변하는 수요에 대하여 안전재고를 함께 고려하지 않고 별도로 계산하여 로트량을 정하고 있다. 이는 동적으로 변하는 수요에 대하여 로트량을 결정 시 안전재고를 수요와 분리된 개념에서 로트량을 결정하고 있는 것이다.

본 연구에서는 안전재고가 일정하다고 가정할 기존의 로트량 결정 기법을 보완하여 변하는 수요에 따라 동적으로 안전재고를 고려함으로써 보다 효율적인 안전재고량을 설정하고, 안전재고를 고려한 로트량 결정 기법을 제시하려 한다.

재고 부족과 파잉 재고가 나타날 확률이 가장 높은 시기는 로트량이 소진되는 마지막 기간이나 수요의 변동폭이 큰 기간이라고 할 수 있다. 이런 기간의 재고를 중점적으로 관리하여야 할 것이다. 따라서 안전재고를 동적으로 설정하는 방법을 시간적, 수량적 그리고 시간·수량적인 관점에서 그 해결책을 찾을 것이다. 여러 상황을 설정하여 시뮬레이션 연구를 통해 동적 안전재고의 중요성과 제시한 로트량 결정 기법의 효율성을 평가할 것이다.

2. 로트량 결정 기법의 개요와 안전재고 설정 방법

재고관리에 있어서는 발주 비용과 재고유지비의 합을 최소로 하는 것이 중요하다. 계획기간이 짧고 수요가 균일하지 못한 경우에는 로트 크기를 수시로 재계산하고 수정하는 것이 필요하다. 이와 같은 이유로 종속수요품목의 로트량 결정에는 여러 가지 방법이 다양하게 사용되고 있는데 그 중에서 몇 가지를 소개하기로 한다.

2.1 로트량 결정 기법[5,6]

(1) 고정 로트량 결정 기법(Fixed Order Quantity : FOQ)

FOQ기법은 주문비용이 비쌀 때 사용되며 로트의 크기가 한번 결정되면 필요시에 매번 일정하게 로트량을 결정하는 기법이다. FOQ에서는 로트량과 수요량이 일치하지 않을 경우 많은 재고유지비용을 증가시킬 수 있으므로 그리 널리 사용되지 않고 있다.

(2) 경제적 로트량 결정 기법(Economic Order Quantity : EOQ)

가장 보편적으로 사용되는 전통적인 로트량 결정 기법으로 재고유지비용과 발주비용의 합인 총비용이 주어졌다는 가정 하에서 총비용이 최소화 되도록 로트량을 결정하는 기법이다. EOQ기법은 연속적이고 정상상태의 수요라는 가정 하에 그 근거를 두고 있으므로 수요가 불연속적이고 균일하지 못할 경우 EOQ기법은 비효율적이 된다

(3) 대용발주법(Lot for Lot : LFL)

LFL기법은 순수요량만큼 발주하는 것으로 가장 간단한 방법이다. 발주량을 명확히 알 수 있으며 재고유지비가 최소화된다. 발주량은 기마다 변동하며 발주 횟수가 많아 발주 비용이 크다. 상위 단계 품목이나 고가품목의 경우와 유효기간이 짧아 재고를 가질 수 없는 경우에 적합하다.

(4) 고정기간 소요법(Fixed Period Requirement : FPR)

일정한 기간의 소요량만큼 발주한다. 발주간격은 일정하지만 발주량은 변동한다.

(5) 정기 로트량 결정 기법(Periodic Order Quantity : POQ)

EOQ와 FPR을 절충한 것으로 EOQ기법의 총수요량과 총발주량의 불일치에 따른 초과 재고비용을 제거하기 위하여 EOQ를 평균 수요로 나누어 발주 간격을 구한 후, 순수요량의 합을 로트량으로 결정하는 기법이다.

(6) 최소 단위비용법(Least Unit Cost : LUC)

단위 갯수 당 발주비용과 재고유지비용의 합을 최소화하는 최소단위비용을 발생시키는 기간까지의 순수요량의 합을 로트량으로 결정하는 방법으로, 총비용을 로트 크기로 나누어 단위비용을 산출한다.

S =발주 비용, h =재고유지비용, d_i =기간 i 의 수요량

$$LUC(t) = [S + h \sum_{i=1}^t (i-1)d_i] / \sum_{i=1}^t d_i \quad (1)$$

이 방법은 균일하지 못한 수요에도 좋은 결과를 나타내는 결정기법이나 한번 시행에 오직 한 로트량 밖에 결정하지 못하는 단점이 있다.

(7) 최소 총비용법(Least Total Cost : LTC)

일정한 기간수의 합만큼 발주하되 발주비와 재고유지비가 가장 근접하게 되는 로트량을 결정하는 것이다. 재고유지비와 발주비가 같게 될 때 총비용이 최소화된다는 원리를 이용한 것이다. 이것은 경제적 부품·기간(Economic Part Period : EPP)을 구하여 주문량의 누적부품·기간(Part-Period : PP)이 EPP에 가장 가까울 때를 로트량으로 결정한다.

(8) PPB(Part Period Balancing)기법

이 기법은 LTC와 같은 계산절차가 적용되나 LTC기법의 비합리적인 로트량 계산 과정을 제거하기 위해 "Look ahead"와 "Look back"이라 불리는 조정과정이 사용된다는 것이 다르다. 즉, PPB

기법은 LTC기법을 개선한 것으로 적은 수요량을 가진 기간에서는 생산을 피하고 큰 수요량을 가진 기간에서 생산함으로써 불필요한 재고유지비를 감소 시키려는 목적을 가진 기법이다.

PPB기법은 우선 LTC와 마찬가지로 EPP와 PP를 계산한 후, $PP > EPP$ 인 기간에 로트를 편성하고 편성된 로트에 Look ahead/Look back을 적용시켜 생산기간을 조정하게 된다.

(9) SM(Silver and Meal)기법

SM기법은 기간에 따라 변화하는 수요에 대한 기간별 총비용이 최소가 되는 기간까지의 수요량의 합을 로트 크기로 결정하는 기법이다. 즉, t기의 총 비용을 $SM(t)$ 라 할 때,

$$SM(t) = [S + h \sum_{i=1}^t (i-1)d_i] / t \quad (2)$$

$SM(t+1) > SM(t)$ 의 경우 중 가장 작은 기간(t)을 선택하여 t까지의 수요량의 합으로 결정한다.

(10) W-W(Wagner-Whitin)알고리즘

W-W알고리즘은 동적계획법에 논리의 근거를 둔 최적화 과정으로 생산비용과 재고유지비의 합을 최소화함으로써 비용절감의 궁극적 목적을 달성한 기법이다. 즉 각 기간별 순소요량을 충족시킬 수 있는 가능한 모든 생산 방법을 중 최소비용의 생산방법을 찾아냄으로써 최적해를 구하는 기법이다. 그러나 이 기법은 실제시스템에 적용하기에는 많은 문제점을 내포하고 있어 일반적으로 실제시스템의 적용보다는 다른 로트량 결정 기법의 상대평가하는 기준으로 사용하고 있다. 이들 문제점 중 특히 알고리즘이 수학적 방법에 의해 복잡하게 전개되어 있어 기법의 원리를 일반 MRP시스템 사용자들이 정확히 이해하는 데는 어려움이 있다고 지적되고 있다.

2.2 안전재고의 기준 설정 방법[1,4]

수요 및 조달기간의 불확실성에 대비하기 위하여 예상 수요보다 많은 양의 재고량을 유지하여야 한다. 이것은 수요의 변동이 적을수록, 조달기간이 일정할수록, 그 기간이 짧을수록 그 양은 작아진다. 즉, 기업의 재고품 운용시 수요율이나 조달기간이 일정하지 않고 변동할 경우에는 품질이 발생할 가능성이 있기 때문에 조달기간 동안 품질이 발생하지 않도록 예상 수요보다 많이 재고를 보유하는 것을 안전재고라 한다. 재고 부족으로 인한 손실이 안전재고의 유지보다 클 경우나 수요가 불확실하거나 변동이 심한 경우, 품질의 위험이 점차 높아지는 경우에 보유하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 기존의 로트량 결정 문제에 대하여 안전 재고를 설정하여 왔던 방법은 아래의 세 가지 정도로 요약할 수 있다

(1) 고정량 완충재고(Fixed Quantity Buffer Stocks)

완충재고를 설정하는데 가장 간단한 방법이며, 요구는 예측재고가 일정수준 이하로 내려갈 때 실행된다. 이 방법은 현재 예측 재고가 실제 재고로 될 때 간접적으로 수행되거나 순수요가 시작되기 전에 재고를 방출하여 안전재고로 이용함으로써 간접적으로 수행된다. 이와 같은 여유분이 소모되지 않는다면 현 재고는 실제 재고를 나타내는 것이 아니라, “이용할 수 있는 재고(Available Stocks)”를 나타내는 것이며 재고 증가를 유발할 수 있다. 고정량 완충재고는 한 기간에 발생할 수 있는 최대수요량을 예측하여 이 값을 완충량으로 설정한다.

(2) 안전(조달)기간(Safety Time)

부품을 실제 필요한 때보다 앞당겨 들어오는 방법이다. 안전기간의 적용 효과는 요구된 계획한계의 길이, 다단계조립에 관한 총 조립 조달기간, 관련된 작업의 우선 순위에 따라 변동한다. 이는 품질에 대한 서비스율을 증가시킬 수 있지만, 재고유지비용을 증가시키게 되는 단점을 안고 있다.

(3) 예측수요의 증폭(Increase in Requirement Forecast)

예측된 수요보다 많은 수량을 발주함으로써 실제 생산량과 수요가 일치하도록 유도하는 방법이다. 이것은 불량율이나 작업폐기율을 감안하여 실제소요량보다 많이 들어오는 방식과 비슷하며 소요량에 일정한 비율의 안전재고를 부여하는 방법이다.

3. 본론

3.1 동적 안전재고 설정 방법

일반적으로 로트량을 결정하는 문제에 있어서 안전재고라는 부분이 일정하다고 가정하여 로트량을 결정하였다. 그러나 수요가 변함에 따라 안전재고를 동적으로 유지할 경우 재고 관련비용을 절감할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 동적 안전재고를 고려하는 방법으로 세 가지 측면에서 다루려고 한다. 안전재고 수준은 품질의 발생 확률이 큰 시기와 기간별 수요량을 고려하여 시간적, 수량적, 시간·수량적 관점에서 동적 안전재고를 고려할 것이다.

(1) 시간적 측면의 고려

로트량을 결정하여 발주를 할 경우, 로트량이 소진되는 마지막 기간에 품질이 발생할 확률이 가장 높을 것이다. 왜냐하면 마지막 기간 전까지는 마지막 수요까지 고려하여 결정된 로트량에 의해서 품질이 발생하지 않지만, 마지막 기간은 계획된 모든 수요량이 소진되는 기간이기 때문에 품질이 발생할 확률이 가장 큰 기간이다. 따라서 마지막 기간에 대해 품질 방지를 위한 안전재고를 확보할 수 있다면 전 기간에 대하여 일정하게 적용하여

표 1. 결정된 롯트량에 대한 각 고려 방법(정적인 경우 및 3가지의 동적인 고려)에 따른 안전재고량

기 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
수 요	20	30	50	72	128	100	80	120	120	90	90	100	1000
롯트량	172				428				400				1000
정적인 경우	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	504
시간적 측면	36	36	36	36	60	60	60	60	50	50	50	50	584
수량적 측면	22	22	22	22	54	54	54	54	50	50	50	50	504
시간·수량적 측면	26	26	26	26	52	52	52	52	49	49	49	49	508

왔던 안전재고비용을 절감할 수 있고, 품질을 예방할 수 있다. 따라서 마지막 기간에 대한 안전재고량을 동적으로 조절할 수 있다면 재고비용을 줄일 수 있고, 고객 만족율을 충족시킬 수 있다. 이는 안전재고를 고려함에 있어서 시간적 측면을 고려하여 어느 기간을 중점 관리할 것인가가 중요한 사항이라고 할 수 있다.

(2) 수량적 측면의 고려

수량적 측면을 고려한다는 것은 수요의 발생이 높은 기간에서의 변동이 크다는 가정 하에 수요의 발생이 큰 기간들을 중점 관리하는 것이다.

대체로 수요량이 크면 수요의 변동이 커질 것이고, 수요량이 작으면 수요의 변동이 작을 것이다. 즉, 수요량에 비례하여 수요의 변동폭이 달라질 것이다. 따라서 수요가 큰 기간들에 대하여 안전재고 수준을 높게 유지하고, 수요량이 작은 기간에 대해서는 안전재고 수준을 낮게 정하는 것이다. 예를 들어 롯트량이 결정된 마지막 기간의 수요량이 작고 그 전 기간의 수요량이 클 경우에는 전체 계획에 걸쳐 안전재고를 일정하게 유지하는 것보다 수요량이 큰 롯트량 결정 기간에 더 큰 안전재고를 부여하고 수요량이 작은 롯트량 결정 기간에는 더 작은 안전재고를 부여한다면 품질로 인한 손실을 감소시킬 수 있다. 즉 안전재고를 일정하게 유지한 경우보다 수요의 발생이 더 큰 구간에서는 더 많은 안전재고를 유지하고 수요가 적게 발생하는 구간에서는 안전재고를 더 적게 유지한다면 안전재고를 일정하게 유지할 경우보다 좋은 결과를 나타낼 수 있다.

(3) 수량·시간적 측면을 함께 고려

이 방법은 수요의 시간적 측면과 수량적 측면을 동시에 고려하여 적절한 가중치를 부여하여 안전재고를 설정하는 것이다. 품질의 위험성이 큰 기간인 맨 마지막에 위치한 기간과 수요량이 크게 발생하는 기간에 대하여 가중치를 크게 부여하는 것이다. 즉, 롯트량이 정해진 기간에 대하여 맨 마지막 기간에 가장 큰 가중치를 부여하고(예를 들어, 첫 번째 기간은 1, 두 번째 기간은 2, ...), 부여된 가중치에 그 기간의 수요량을 곱하여 누적된 시간(가중치의 합)으로 나눔으로써 시간적 측면과 수량

적 측면을 함께 고려하여 좀 더 합리적인 안전재고량을 설정할 수 있을 것이다.

표 1은 안전재고를 일정하게 고려한 방법과 동적으로 고려한 방법을 이용하여 안전재고량을 나타내고 있다. 안전재고율이 기간 당 평균 수요의 50%이고, 롯트량은 4기간마다 정해졌다고 가정한다. 기간별 가중치는 1:2:3:4 이다.

일정하게 고려했을 경우를 보면 수요의 발생이 크든 작든 상관없이 일정하므로 수요의 변동이 클 경우에는 과잉 재고나 품질의 위험을 많이 안고 있으나, 수요의 변동폭이 크지 않거나 수요가 일정한 경우에는 안전재고를 일정하게 고려하는 것이 적절한 방법이라고 할 수 있다.

표 1에서의 시간적 측면은 총 안전재고량이 크게 나타내고 있다. 이것은 품질의 위험이 가장 큰 기간인 롯트량이 소진되는 마지막 기간만을 고려하여 나타내고 있기 때문에 마지막 기간의 수요량이 클 경우에는 많은 안전재고량을 나타내고, 작을 경우에는 적은 안전재고량을 나타내기 때문이다.

수량적 측면은 전(全)기간에 대하여 일정하게 고려한 방법과 총 안전재고량은 동일하나(반올림에 의한 차이는 발생 가능) 수요가 적은 기간에 대하여 불필요한 재고를 없애고 수요가 크게 발생하는 기간에 대하여 많은 재고를 가짐으로써 과잉 재고와 품질을 예방할 수 있을 것이다.

3.2 동적 안전재고를 고려한 롯트량 결정 기법

FOQ, EOQ, POQ, FPR, LFL, LUC, SM, PPB, LTC 등과 같은 여러 휴리스틱 기법들이 있으나, FOQ, EOQ, POQ, FPR, LFL, PPB, LTC 등과 같은 기법들은 수요의 평균이나 기간, 수요량 같은 확정적인 데이터의 분석을 통해 롯트량이 결정된 후에 안전재고를 고려하므로, 본 연구에서 LUC나 SM 등과 같이 단위 품목이나 단위 기간에 안전재고를 함께 고려할 수 있는 두 기법에 대하여 앞서 제시한 동적 안전재고 설정 방법을 적용하여 변형된 롯트량 결정 기법을 제시한다.

변형된 기법은 기존의 기법들과 달리 매 기간 안전재고량을 결정하고, 안전재고유지비용을 포함

한 재고유지비용과 생산비용의 단위 당 또는 단위 시간 당 최소가 되는 기간에서 주문량 결정한다.

▷ 동적 안전재고를 고려한 알고리즘

- <단계1> 초기화 : 생산비, 재고비용을 결정.
기간 i 에서 시작한다.
- <단계2> 안전재고량을 결정한다.
- <단계3> 생산비용과 재고비용의 합에 안전재고와 관련된 비용을 합하여 총비용(TC)을 구한 후 단위 비용(TCU)을 계산한다.
- <단계4> 단계 3에서 구한 비용 TCU(i)와 기간 ($i-1$)에서 구한 TCU($i-1$)의 크기를 비교하여 TCU($i-1$)가 TCU(i)보다 더 작을 경우에 새로운 주문량 결정된다. 만약 TCU($i-1$)가 TCU(i)보다 클 경우에는 다시 단계 2로 올라가 기간 ($i+1$)에 대하여 단계 2, 3, 4를 반복한다.
- <단계5> 계획 기간(Planning Horizon) N 까지 반복 수행한다.

위의 단계 2에서의 안전재고는 본 연구에서 제시한 동적 안전재고 고려 방법에 의해 결정되어 안전재고 비용이 계산된다. 위 알고리즘은 아래 그림 1과 같은 흐름도로 나타낼 수 있다.

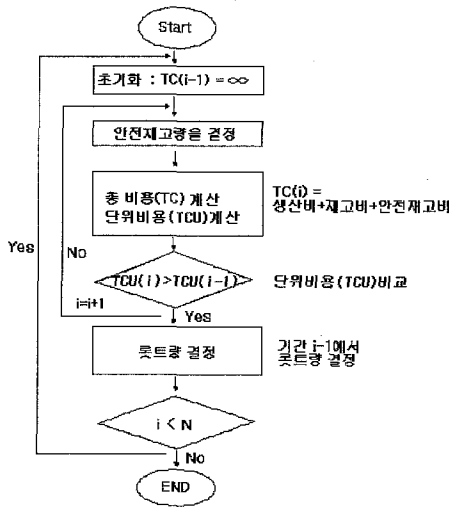


그림 1. 안전재고를 고려한 알고리즘

먼저 기존의 LUC 기법을 안전재고를 고려한 알고리즘으로 변형시켜 보면, 식(1)에 안전재고 비용을 추가하여 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$LUC'(t) = [S + h \sum_{i=1}^t (i-1)d_i + h \sum_{i=1}^t SA_i] / \sum_{i=1}^t d_i \quad (3)$$

여기서, SA_i 는 기간 i 에서의 안전재고량이다.

S-M기법도 식(2)에 안전재고를 고려하여 아래 식처럼 변형할 수 있다.

$$SM'(t) = [S + h \sum_{i=1}^t (i-1)d_i + h \sum_{i=1}^t SA_i] / t \quad (4)$$

위의 식(3)과 (4)를 이용하여 안전재고를 고려하여 주문량 구하는 방법을 예를 들어 설명하겠다.

발주비(S)=300, 재고유지비(h)=1, 안전재고율=기간 당 평균 수요의 50% 라고 가정하자.

주문량 결정 과정과 결과는 표 2와 표 3에 주어져 있다. 안전재고를 동적으로 고려한 방법은 수량적 측면을 고려하는 방법을 취하고 있다.

3.3 실험 및 결과 분석

이 절에서는 수요의 확률적 요인을 고려한 다양한 상황에서의 시뮬레이션 실험을 통해 동적으로 안전재고를 고려한 방법의 효과를 살펴보도록 한다.

본 실험에서는 평균 수요가 1000이라고 가정 한 후, 변동계수(Coefficient of Variation : CV)의 개념을 이용하여 예측 수요를 발생시켜 이를 토대로 계획 기간동안의 주문량과 발주 기간을 설정한다. 각 기간의 예측된 수요에 대하여 수요가 변할 수 있는 최대 최소의 변화율을 정하여 실제 수요를 발생시켜 사용한다.

예측수요에 의해 결정된 주문량의 크기에 대하여 평균 품질 횟수, 평균 품질 개수, 평균 재고량, 평균 총비용 등의 요소들을 계산하여 기존의 방법과 본 논문에서 제시한 동적 안전재고 설정방법을 비교 평가하고자 한다.

(1) 실험 인자

① 변동 계수에 의한 수요의 변화율(CV) : 평균 수요 1000을 기준으로 하여 변동계수를 적용하여 수요를 발생시켜 예측 수요 자료로 사용한다. (CV=0.2, 0.5, 0.8, 1.0, 2.0, 3.0 등)

② 안전재고율(Rate of Safety Stock) : 평균 수요에 곱한 값을 안전재고량으로 결정한다. (SR=20%, 50%, 100% 등)

③ 주문량 결정 기법 : LFL, LTC, PPB, SM, LUC, FOQ, TQ_LUC, T_LUC, Q_LUC, TQ_SM, T_SM, Q_SM 등.

(※ 동적 안전재고 설정 시 시간적 측면을 고려할 경우 T로 표기하여 T_LUC, T_SM으로 나타내고, 수량적 측면은 Q라고 표시하여 Q_LUC, Q_SM으로, 시간·수량적 측면을 고려할 경우 TQ를 덧붙여 TQ_LUC, TQ_SM으로 나타낸다.)

④ 생산비용/재고유지비/품질비의 비율의 변화 (Cost Ratio : CR) : 비용측면에서 생산비, 재고유지비, 품질비의 비율을 변화시켜 그 성능을 평가한다. (1500:1:5, 2000:1:5, 3000:1:5, 5000:1:5 등)

⑤ 매 기간당 변동 계수(Period CV : PCV)를 매 기간의 수요에 적용하여 실제 수요 자료를 만

표 2. LUC - 동적 안전재고를 고려한 롯트량 결정

기 간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
수요	20	30	50	72	128	100	80	120	120	90	90	100	1000
롯트량	172				228		320			280			
재고량	152	122	72	0	100	0	240	120	0	190	100	0	1096
안전재고량	22	22	22	22	57	57	53	53	53	47	47	47	502

표 3. LUC - 동적 안전재고를 고려한 첫 번째 롯트량 결정 계산 과정

기 간	발주량	안전재고량	발주비	재고비	안전재고비	총비용	단위품목당비용
1	20	10	300	0	10	310	15.5
2	50	13	300	30	26	356	7.12
3	100	17	300	130	51	481	4.81
4	172	22	300	346	88	734	4.27*
5	300	30	300	858	150	1308	4.36

든다. (PCV=0.2, 0.5, 0.8, 1.0 등)

⑥ 안전재고를 동적으로 고려할 수 있는 방법 : 앞에서 제시한 안전재고를 동적으로 고려할 수 있는 방법을 이용하여 결과를 비교하는데 이용할 것이다. (시간적, 수량적, 시간·수량적 측면)

(2) 실험 가정 및 절차

1) 실험 가정

① 평균수요 1000단위를 기준으로 랜덤하게 나타난 결과치를 예측 수요라 가정하여 롯트량을 결정하고, 이를 다시 각 기간별로 최대최소 변동폭을 설정하여 랜덤하게 나타난 결과치를 실제 수요가 된다고 가정해서 각종 변수에 대한 성능을 평가한다.

② 추세, 시계열, 주기적인 형태의 수요가 아니고 무작위 추측 방법을 채택하고, 음수가 되는 수요에 대해서는 0으로 처리한다.

③ 안전재고는 발주량에 포함시켜 발주된다고 가정한다.

④ 비용은 비율의 형태로 나타낸다.

⑤ 발주는 롯트량이 결정되는 그 순간에 발주가 되고, 진행 기간은 없다고 가정한다.

⑥ 품질이 발생할 경우 다음 발주 시에 부족한 양만큼 첨가되어 발주가 이루어진다.

⑦ 수요량 결정 시 소수점 이하의 자리는 올림을 통하여 정수형으로 표현한다.

⑧ 실제 재고는 안전재고와 재고량의 합으로 이루어진다.

2) 실험 절차

그림 2와 같이 평균 수요를 1000이라 가정하고, 변동계수(CV)를 적용하여 예측 데이터를 생성한 후, 이 데이터를 저장한 다음, 롯트량을 결정한다. 매 기간 당 변동계수(PCV)에 의한 변화를 주어 랜덤하게 발생하는 실제 수요 데이터를 얻는다. 계획 기간을 20으로 하여 20회 반복 실험의 결과치를 이용하여 비교 분석한다.

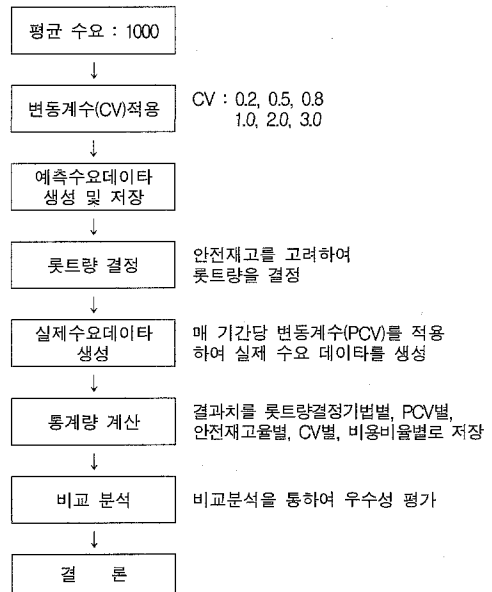


그림 2. 수행 절차

(3) 실험 결과 및 분석

안전재고를 일정하게 고려하여 롯트량을 결정하는 기법(PPB, FOQ, FPR, LTC, LUC, SM)과 수요의 변동에 따라 안전재고를 동적으로 고려하여 롯트량을 결정하는 기법(TQ_LUC, T_LUC, TQ_SM, T_SM)에 대하여 CV와 안전재고율에 따른 조합에 의해 그 성능을 평가할 것이다.

1) 동적 안전재고 고려 방법에 따른 비용 평가

각 롯트량 결정 문제에서 사용되는 기법들의 성능 평가에 사용되는 요소들은 평균 품질 횡수, 평균 품질 개수, 평균 재고량, 평균 총비용 등의 요소들을 계산하여 안전재고를 동적으로 고려한 방

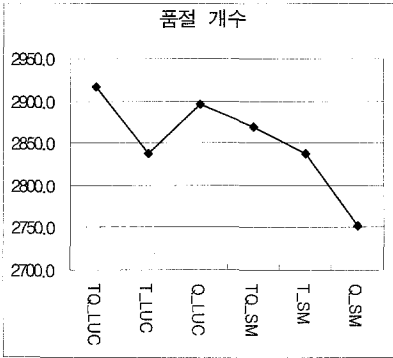


그림 3. 품질 개수에 대한 비교

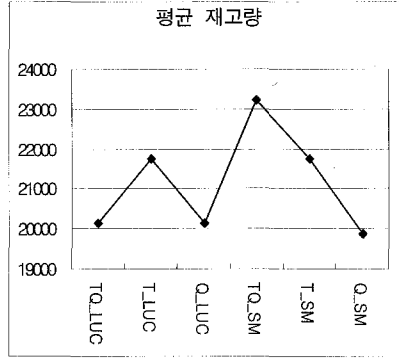


그림 5. 평균 재고량에 대한 비교

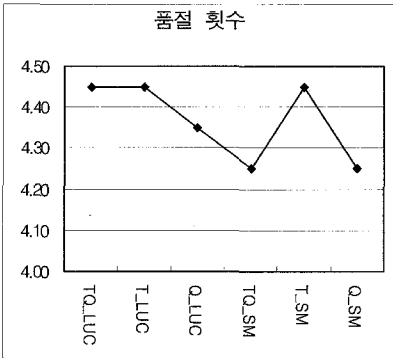


그림 4. 품질 횟수에 대한 비교

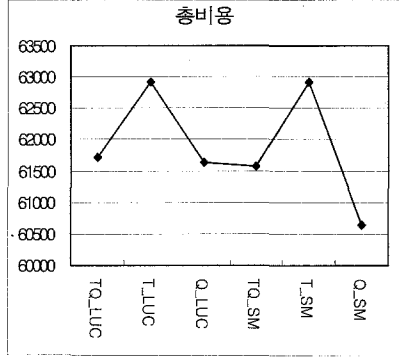


그림 6. 평균 총비용에 대한 비교

법들과 기존의 방법들 중 어느 것이 더 좋은 결과를 보이는지를 나타낼 것이다. 먼저 동적 안전재고를 고려한 세 가지 방법인 시간적, 수량적, 시간·수량적 측면을 고려한 방법들 중 어느 것이 더 우수한지를 알아보자.

위 그림들은 CR, CV, PCV=(3000:1:5, 1.0, 1.0)이고 안전재고율이 20%일 때 각 요인별 그래프를 보여주고 있다.

그림 3과 그림 4의 경우를 보면 수량적 측면을 고려한 방법(Q_LUC, Q_SM)이 시간·수량적 측면을 고려한 방법(TQ_LUC, TQ_SM)과 시간적 측면을 고려한 방법(T_LUC, T_SM)보다 품질 횟수와 품질 개수를 나타내는 항목에 대해서는 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 5와 그림 6에서 보면 재고량과 평균 총비용 면에서도 다른 방법보다 우수하다는 것을 알 수 있다. 여러 번의 반복 실험을 통해서도 수량적 측면을 고려한 방법이 시간적 측면을 고려한 방법과 시간·수량적 측면을 고려한 방법보다 좋다는 것을 알 수 있었다.

2) CV의 변화에 따른 비용 평가

안전재고율과 CR을 일정하게 유지한 상태에서

CV와 롯트량 결정 기법의 종류에 따라 비용 면에서 어떤 기법이 더 우수한지를 평가한다.

안전재고율(20%, 50%)과 CR(1500:1:5, 2000:1:5, 3000:1:5)을 일정하게 유지하였을 경우의 비용 차이를 표 4~9를 통해서 보면, 다른 롯트량 결정 기법보다는 안전재고를 동적으로 고려하여 롯트량을 결정하는 기법이 더 우수하다는 것을 알 수 있다. 평균 총 비용 면에서 5%~15% 이상의 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

3) 안전재고율의 변화에 따른 비용 평가

이번 절에서는 안전재고율의 변화에 따른 평균 총비용의 관계를 살펴볼 것이다. 표 10~12와 그림 7~9는 CV를 1.0으로 일정하게 유지하고 안전재고율을 변화시켰을 경우 평균 총비용의 변화를 보여주고 있다.

안전재고율의 수준을 0.1부터 1.0까지 증가시킬 때, 총비용의 변화율을 살펴보면 안전재고를 동적으로 고려한 경우가 정적으로 고려했을 때보다 전반적으로 우수하다는 것을 알 수 있다. 그림 7~9를 보면 동적 안전재고를 고려한 롯트량 결정 기법의 비용이 정적인 기법들보다 낮은 쪽에 위치하

고 있다는 것을 알 수 있다. 표 10~12에서 보면 안전재고율 전 범위에 있어 가장 낮은 비용을 비

교하여 보아도 동적 안전재고를 고려한 기법이 우수함을 알 수 있다

표 4. SR,CV,PCV=(0.2,1.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	47111	46159	46413	46041	46094	46159	46309	46041	50740	63080	72984	50740
2000:1:5	48977	48817	48887	48792	50065	51307	48897	48792	54325	68958	68888	57982
3000:1:5	64030	63186	65040	63113	64106	64093	66030	63113	68581	77387	86028	73065

표 5. SR,CV,PCV=(0.2,2.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	49817	49233	48862	48735	51647	51071	50118	49161	54783	78119	69854	53046
2000:1:5	56988	56254	54027	55130	55785	54096	55010	56130	62052	92053	77343	63015
3000:1:5	65431	64535	62709	64868	65655	66022	64790	65286	68317	87382	79613	67192

표 6. SR,CV,PCV=(0.2,3.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	46058	45830	44201	41782	45000	44710	49636	44086	50051	67905	60239	52316
2000:1:5	50832	49967	48698	47181	49822	49990	54225	48951	52055	76549	63181	53395
3000:1:5	53709	52715	52985	50968	54531	53943	53905	53179	57071	74901	64936	62090

표 7. SR,CV,PCV=(0.5,1.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	46720	44570	44806	44531	44651	63217	45893	44531	52879	69481	76351	52879
2000:1:5	54022	51824	51973	51778	53681	52751	51973	51778	59386	67689	74664	60928
3000:1:5	62039	60986	59179	60972	59210	58849	59179	60972	65198	73171	75946	70404

표 8. SR,CV,PCV=(0.5,2.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	46913	43514	45830	44469	45820	53258	44256	43922	56823	68491	75261	55121
2000:1:5	55131	53911	51689	54916	54296	54272	55690	54915	58366	87536	74542	56553
3000:1:5	65269	62007	62294	64612	62601	62565	64204	64920	69009	92225	82178	69692

표 9. SR,CV,PCV=(0.5,3.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

C R	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
1500:1:5	47356	46042	46540	42721	46222	47287	51854	44038	58218	76605	62932	52244
2000:1:5	50118	45714	46907	46706	47991	47706	51064	46234	50163	79021	63220	51561
3000:1:5	57476	56641	61230	54822	57718	61345	61270	56387	62043	87984	69118	67481

표 10. CR,CV,PCV=(1500:1:5,1.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

SR	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
0.1	45681	47409	44938	41510	44995	44726	50750	43440	53976	69237	60941	48861
0.2	43717	43191	42363	40121	43739	44285	48901	41922	50258	72728	59382	44634
0.3	46006	45496	44537	41673	44098	44551	51802	43541	46380	71055	61060	49524
0.4	49920	44681	43628	41571	43322	43005	50737	43137	47500	67424	60259	48459
0.5	49284	47850	46873	43081	46507	49511	55790	44784	45277	79854	63360	51940
0.6	46726	44257	44110	40160	42020	48326	53518	41365	53047	76354	59870	50377
0.7	47808	46073	46677	41626	41989	47889	52420	42848	50333	75425	62507	52626
0.8	48417	44413	49131	41743	45271	46280	47211	43411	53053	76807	63164	52325
0.9	48941	45456	50462	42870	46180	46293	53899	44149	51295	78941	64356	52039
1.0	51391	47007	51374	45024	46298	47265	53654	45002	51535	69706	63778	52932

표 11. CR,CV,PCV=(2000:1:5,1.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

SR	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
0.1	49922	49591	47443	45763	48875	49007	53789	48359	50003	68060	61274	52699
0.2	49464	44895	45734	44701	47218	46382	50732	46375	49904	65033	61344	51453
0.3	49885	47723	48867	46155	48303	48273	51990	47607	52624	80518	67478	51796
0.4	52539	51384	49648	47913	52439	52466	56622	50363	53262	72116	66543	55212
0.5	52962	50018	52458	48208	53489	53808	57590	49789	53442	82740	65640	59036
0.6	50731	46425	49053	46974	47266	49274	51386	48056	51390	91760	64698	56461
0.7	50527	43424	50604	45821	44965	47393	53699	47382	50283	69822	60757	50673
0.8	53209	46979	52413	48208	49081	51403	54976	49892	55118	87436	63801	55927
0.9	56979	48039	55520	48753	50490	51975	58419	50006	54028	78484	69434	56088
1.0	56829	47174	55555	47811	49400	53089	57955	49673	54761	80041	66754	55474

표 12. CR,CV,PCV=(3000:1:5,1.0,1.0)일 경우의 평균 총비용

SR	LUC	TQ_LUC	T_LUC	Q_LUC	SM	TQ_SM	T_SM	Q_SM	PPB	FOQ	FPR	LTC
0.1	53950	55010	53198	50577	54716	54652	57268	52623	56436	72106	61103	55124
0.2	53069	56385	53715	51380	53979	53838	57707	53197	57726	80590	62418	62655
0.3	53540	52356	52675	53306	54571	54257	53875	54863	65279	80953	63615	64300
0.4	54714	56473	57379	51833	54016	54994	59883	53479	58859	77205	65266	65127
0.5	55956	56564	61548	52644	54474	75770	60575	53844	60005	78113	67049	63181
0.6	58847	57487	60829	52874	55599	68816	50037	54343	61596	80703	65232	63611
0.7	59418	57909	60403	53897	57166	77459	60438	55488	61337	79846	68125	62457
0.8	59025	54277	59627	52914	53962	72549	58127	54269	63160	89416	64877	65257
0.9	60341	55641	66035	54523	54982	80452	64055	55777	64431	84772	72085	65907
1.0	60142	57999	62435	55574	55757	77387	60965	57587	61846	83610	71747	64333

4. 결론

본 연구에서는 CV와 롯트량 결정 기법, 안전재고율과 롯트량 결정 기법의 변화에 따른 평균 총비용에 대한 비교를 통하여 안전재고를 동적으로 고려하여 롯트량을 결정하는 것이 비용 면에서나

재고량 및 품질에 관련된 사항 등에서 안전재고를 일정하게 고려하여 롯트량을 결정하는 경우보다 더 좋은 효과를 볼 수 있다는 것을 알 수 있었다.

롯트량이 결정되는 마지막 기간의 수요만 고려하여 안전재고를 설정하는 시간적 측면을 살펴보면, 롯트량이 결정되는 기간의 수요가 낮고, 전(前)기간의 수요가 높아 변동폭이 클 경우 재고부족이

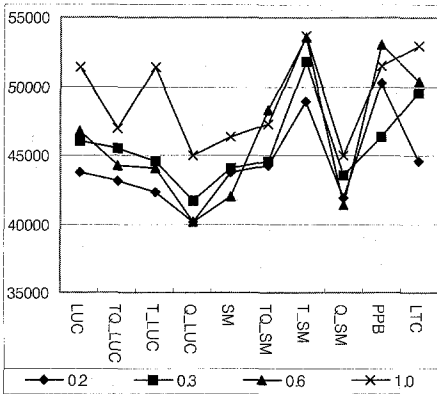


그림 7. CR=1500:1:5일 경우

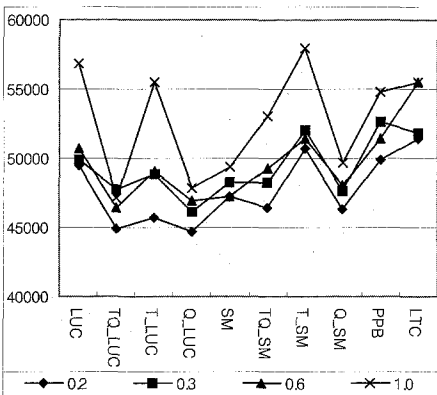


그림 8. CR=2000:1:5일 경우

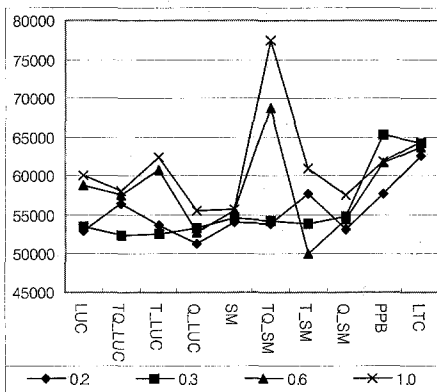


그림 9. CR=3000:1:5일 경우

많이 발생하여 총비용을 증가시키지만, 수요가 일정하고 그 변동폭이 작을 경우에는 시간적 측면을 고려해도 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

수량적 측면을 고려한 경우는 매 기간당 수요량의 차가 큰 경우에도 대체로 좋은 결과를 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

CV를 작게 하여 수요의 변화량을 작게 할 경우 안전재고를 동적으로 고려한 방법과 일정하게 고려하여 로트량을 결정한 것에 대한 차이는 그리 크지 않지만, CV가 증가함에 따라 안전재고를 동적으로 고려하여 로트량을 결정한 방법이 성능 면에서 우수하다는 것을 알 수 있었다. 또한 동적 안전재고를 고려한 방법들과 안전재고율의 관계를 살펴보면, 동적 안전재고를 고려한 기법들이 정적인 기법들보다 비용 면에서 우수하다는 것을 알 수 있었고, 비교적 낮은 안전재고율을 가지고도 좋은 효과를 보여준다 것을 알 수 있었다.

따라서 안전재고를 수요의 변동에 따라 동적으로 유지하는 것이 일정하게 고려했을 경우보다 품질 개수나 총 재고량 면에서 더 좋은 결과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

위의 결과를 종합해 보면 안전재고를 동적으로 고려하여 로트량을 결정할 경우 비용을 절감할 수 있고, 수요에 대한 변동의 폭이 크고 안전재고율이 낮을 경우 좀 더 좋은 결과를 얻을 수 있다.

추후 연구과제로는 결정된 로트량에 대하여 품질이나 파잉 재고를 유발할 경우, 신속하게 재계획(Rescheduling)을 할 수 있는 로트량의 재결정 기법에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Meltem Denizel, Selcuk Ernguc, and Harold P. Benson, "Dynamic lot-sizing with setup cost reduction", *European Journal of Operational Research*, Vol. 35, No. 5, pp.537-549, 1997.
- [2] C. J. Ho, "Examining the impact of demand lumpiness on the lot-sizing performance in MRP systems", *International Journal of Production Research*, Vol. 33, No. 9, pp.2579-2599, 1995.
- [3] J. S. Kim and W. C. Benton, "Lot size dependent lead times in a (Q, R) inventory system" *International Journal of Production Research*, Vol. 33, No. 1, pp.41-58, 1995.
- [4] Vincent A. Vargas and Richard Metters, "Adapting lot-sizing techniques to stochastic demand through production scheduling policy", *IIE Transactions*, Vol. 28, No. 3, pp.141-148, 1996.
- [5] 강금식, *생산·운영관리*, 박영사, 1997.
- [6] 박경수, *자재관리 및 재고 통제*, 구민사, 1989.