

最適在庫政策을 위한 컴퓨터 시뮬레이션 모델

(An application of the Computer Simulation Model
for Stochastic Inventory System)

申 鉉 杓*

Abstract

This paper deals with a computer simulation for the stochastic inventory system in which the decision rules are associated with the problem of forecasting uncertain demand, lead time, and amount of shortages. The model consists of mainly three parts; part I... the model calculates the expected demand during lead time through the built-in subroutine program for random number generator and the probability distribution of the demand, part II...the model calculates all the possible expected shortages per lead time period, part III...finally the model calculates all the possible total inventory cost over the simulation period. These total inventory costs are compared for searching the optimal inventory cost with the best ordering quantity and reorder point. An application example of the simulation program is given.

1. 序 論

企業을 經營하는데 있어서 在庫管理란 가장 어렵고 複雜한 問題중의 하나이다. 왜냐하면 現代 企業은 그 規模가 資本, 施設, 物量面에서 大型化되어 가고 있을 뿐 아니라, 이 시스템에서 生産되는 製品이나 取扱되는 物資의 種類도 다양하고 物량도 크기 때문에 여기에 投入된 資金역시 龐大하다. 그러므로 效率인 在庫管理란 資金의 효율적 관리와 同一한 意味가 된다.

工場에서는 生産施設의 運營을 圓滑히하고 作業을 安定시키기 위하여 「適量」의 原料와 完製品을 항상 維持하여 需要와 供給의 均衡을 이룩야 한다는 것은 누구나가 다 잘 알고 있는 상식이지만, 問題는 얼마가 되어야 適량이 되겠느냐 하는 것이다. 실제 運營面에서 在庫를 保有하는 目的에는 여러가지 있겠으나 크게 ①去來動機의 目的 ②豫備動機의 目的, ③投機動機의 目的으로 나눌 수 있겠으며 그 目的에 따라 適量이란 概念도 달라질 수 있다.

지금까지 經營科學 分野에선 이 適量問題 또는 適正在庫問題가 많은 研究의 對象이 되어 왔으며 個個의 경우에 따라 그 目的에 맞는 解를 얻기 위한 數學的 技法으로 Deterministic Systems Model, Probabilistic Scheduling-Period Systems Model, Probabilistic reorder-point Systems Model과 여기서 開發된 理論과 技法을 應用한 System Simulation Method 등이 여러사람들에 의하여 短篇의으로 또는 綜合的으로 연구되었다. 하지만 이 技法들을 直接 實際 問題에 應用하기엔 많은 問題點들은 지니고 있다. 첫째 大部分의 在庫管理分野의 實務者들이 經營科學에 관한 專門知識을 가지지 못한 點으로 응용이 곤란하고, 둘째 意思決定의 관점을 쥐고 있는 經營者들의 理解를 얻기 힘들고, 셋째는 在庫管理의 基本 데이터가 되는 需要豫測에 必要한 過去實績에 관한 자료와 그 體制가 未備되고있는데 그원인이 있다고 하겠다. 이와 같은 세가지 問題點만 잘 補完될 수 있다면 실제 在庫管理問題를 아무 커다란 어려움 없이 理想的으로 잘 處理해 나갈 수 있을 것이다. 最近에 와서 컴퓨터의 데이터 처리능력의 발달로

* 仁荷大學校 工科大學 産業工學科

System Simulation Technique에도 많은 發展을 가져왔고 여기서 얻어지는 情報는 대단히 有用하게 活用되고 있다. 特히 Inventory System Simulation Technique에서는 GPSS, CSMP, Dynamo와 같은 專門化된 Simulation language를 利用하여 比較的 簡便하게 模型을 構想하고 원하는 Simulation Model을 開發할 수 있게 되었다. 그러나 Dynamo나 GPSS는 現在 國內의 電子計算所에 준비되어 있지 않은 관계로 利用이 不可能하여 本 論文에서는 一般 大學生들의 在庫組織에 關한 敎育과 産業界 應用을 結할 수 있도록 國內 大部分의 大學이 現在 保有하고 있는 IBM 1130에 맞는 Model을 設定하고 language도 Fortran IV를 使用하였다. 不確定한 需要와 發注點을 發生시키는 데에는 Random Number Generator를 Subroutine으로 使用하였고 급격한 需要에 의해서 發生하는 品切量(Shortage)을 計算하고 이 수요의 變化, 入荷期間의 變化, Shortage Cost 등을 計算되는 5000개의 Random Number로부터 만들어지는 變數를 가지고 各 變數들에 의해서 計算한 年間 在庫管理費가 最少가 되는 方程式을 만족하는 變數를 찾아내도록 Model을 設定하였다. 여기서 얻은 最少年間 在庫管理費를 最適在庫管理費라 하고 이때의 發注量 Q^* , 發注點의 수준 R^* (Reorder Point Level)를 最適發注量, 最適發注點의 수준으로 定하고 이 變數들을 재고관리정책을 위한 의사결정 變數로 使用하였다.

2. 理論的 考察

Computer Simulation을 위한 Inventory System Model에 關한 理論的 背景은 다음과 같다.

Model 構成에 가장 중요한 因子인 需要와 入荷期間의 變化 모두가 不確定的이므로 이 두 複合要因으로 부터 發生하는 品切現象(Shortage) 역시 不確

實하다. 그러므로 以上 各 變數들은 確率變數가 되고 이에 對應하는 確率分布를 갖는다.

Model은 需要를 充足시키고 남은 在庫에 對한 在庫費用과 수요가 在庫量을 超過하여 發生한 品切 때문에 일어날 수 있는 諸費用 및 發注費用 등을 包含한 全體 在庫費用을 산출한다. 이 全體 在庫管理費를 不確定하게 일어날 수 있는 모든 可能한 수요와 入荷期間을 Random Number Generator Program 내에 Subroutine으로 使用하여 임의로 確率變數를 만들어 이 個個의 확률變數에 依하여 산출된 모든 可能한 費用을 各各 比較하여 그중에서 在庫管理費가 最少가 되는 것을 찾아내고, 여기서 다시 資本 回轉率을 計算 比較하므로써 最適 在庫政策을 찾는다.

총재고관리비 산출을 위한 模型 作成에 必要한記號의 說明은 아래와 같다.

- Q; 發注量
 - R; 發注點
 - K; 注文費用(1回當)
 - h; 單位當, 單位期間동안에 對한 在庫管理費
 - P; 品切費用(Shortage Cost)
 - D; 單位期間當 需要
 - $g(x)$; D의 確率分布
 - LT; 入荷期間
 - $\phi(t)$; LT의 確率分布
 - G; 時間 t 동안에 總 豫想 需要量
 - Q^* ; 最適發注量
 - TC; 時間 t 동안에 總 재고관리비
 - CTR; 時間 t 동안에 總 재고관리비 자금회轉률
- 이 模型의 總 在庫管理費와 資本回轉率은 각각 식 (1)과 (2)에서 定義한 바와 같다.

$$TC = h(Q-x)g(x) + P\{E(D) \cdot E(LT) - R\} + K \dots\dots\dots(1)$$

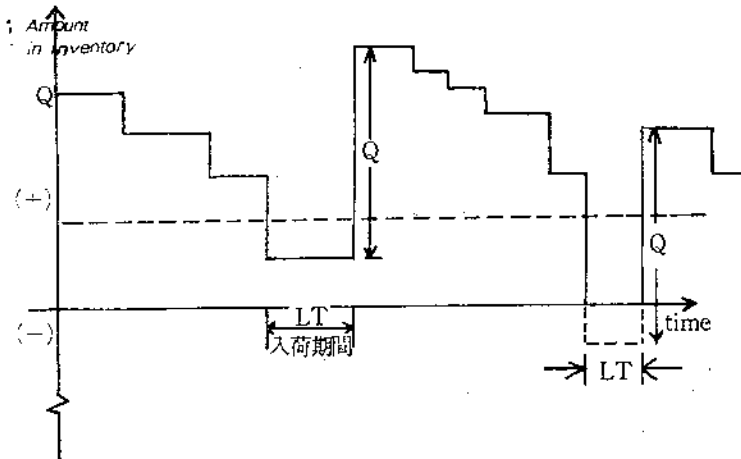


그림 1 不確定需要와 入荷期間을 가진 在庫管理 模型

$$\text{단 } E(D) \cdot E(LT) > R$$

$$CTR = \frac{G}{Q \cdot R - \sum_{i=1}^n LT_i \cdot \phi_i(t)} \dots \dots \dots (2)$$

$i=1, 2, \dots, n$

3. Program概要

이 Simulation Program은 크게 나뉘어 세 段階로 나눌 수 있는데 첫 단계는 Random Number Generator로부터 만들어 내는 5000개의 Random Number를 가지고, 5000번 反復된 Simulation을 통하여 不確定 入荷期間에 대한 確率分布를 求하고 入荷期間內에 생길 수 있는 豫想需要量을 다사 Random

Number Generator와 해당 확률분포를 이용하여 결정한다.

둘째 단계는 위에서 얻은 需要量과 入荷期間에 對한 確率分布로 부터 各 發注點에서 入荷期間사이 에 생길 수 있는 豫想品切量(Shortage)을 계산한다.

發注點水準 j 에서 일어날 수 있는 豫想品切量 ES_j 는 다음식을 이용하여 얻을 수 있다.

$$ES_j = \sum_{i=j+1}^n \{E(D_i) - R_j\} g(x_i) \dots \dots \dots (3)$$

셋째 단계는 各 發注點에서 發生할 수 있는 모든 量과 豫想品切量을 各 各 앞의 在庫管理費用 算出式 (1)에 대입하여 最少費用을 얻을 때까지 變數들을 바

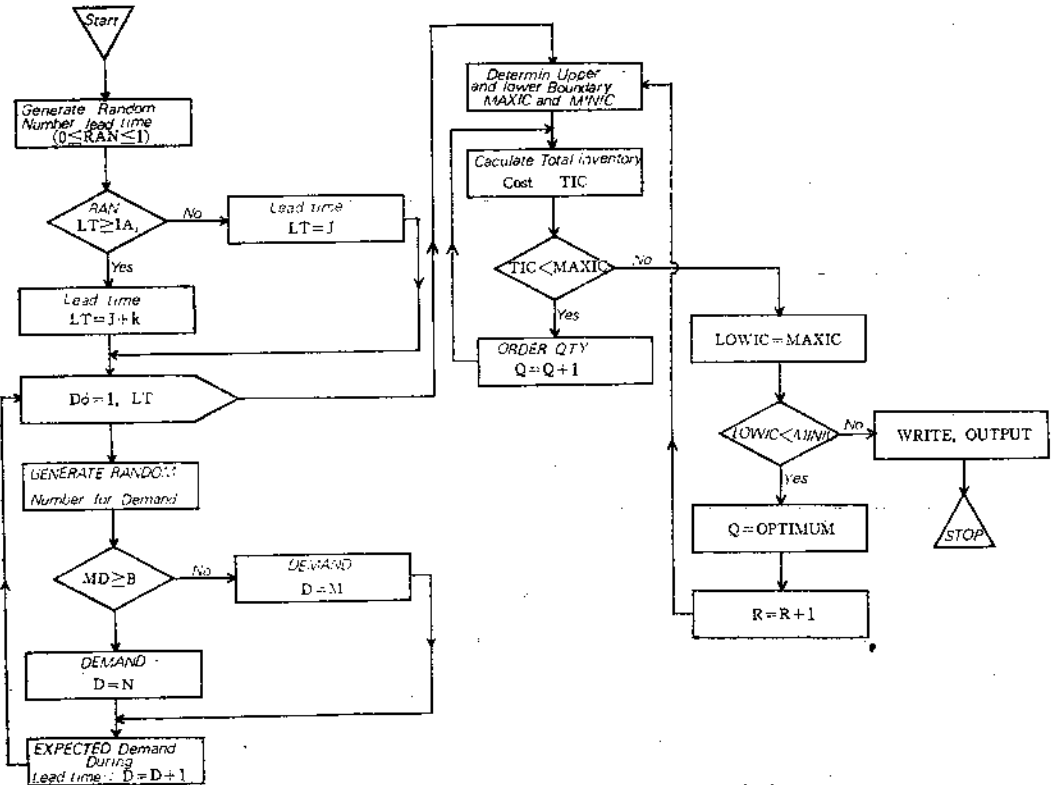


그림2 Flow Diagram For Inventory System Simulation

꿔가며 Computer로 Simulate한다.

위(그림 2)는 Simulation Model의 Flow Chart이다.

4. Model 適用事例

SM기계공업은 서울市 外廓에 位置한 月500臺의 各種 Engine 再生能力을 保有한 綜合 Engine 再生施設이다. 이 施設에서는 Engine再生에 必要한 모든 部品을 外部 Maker들로 부터 調達받고 施設의 약 5%의 作業은 國內 各 部品 Maker들로 부터 部品 供給이 용이한 수종의 同一 type Engine 再生作業

으로 構成되어 있어 Maker들의 充分하고 即刻의 인 物量供給으로 部品在庫管理에 별 지장이 없다. 그러나 나머지 25%의 作業은 非正規의 人 作業分布를 이룬 特殊 Type Engine, 即 發電用이나 特殊重機用 등을 取給하므로 이에 必要한 部品은 注文生産에 의 한 調達이 不可避하며 發注時부터 상당한 期間이 經過되야만 部品을 利用할 수 있는데 이 納期역시 일 정하지 못하고 流動의이다. 물론 Engine組立에는 수십종의 部品이 필요하지만 이중 가장 代表的인 型 CAD-9型 Piston의 在庫問題를 이 Model의 例로 適用하기로 한다.

다음 資料는 最近 3年間 CAD-9型 Piston의 수요와 入荷期間을 會社 倉庫科와 經理科를 통해 얻어 정리한 것이다.

表1 需要量의 度數分布表

주당예상수요량(단위:組=6개)	년간도수(週)	확률분포	기대수요량(組)
1	21	0.40	0.40
2	16	0.30	0.60
3	10	0.20	0.60
4	5	0.10	0.40
計	52	1.00	2.00

表2 平均入荷期間의 度數分布表

입하기간(단위:주)	년간도수	확률분포	기대입하기간(주)
1	13	0.25	0.25
2	26	0.50	1.00
3	13	0.25	0.75
計	52	1.00	2.00

表3 諸經費明細表

품목	비용(원)
A Piston 價格(組=6個)	₩45,000
B 年在庫保管費(組當)	A(0.3)
C 回當發注費	₩3,000
D 品切費用(Shortage cost)	₩10,000

表4 入荷期間內에 일어날수있는 예상수요량의 확률분포(Randen Number 5000個의 Simulation)

入荷期間內 豫想需要量	確率分布
1	0.1030
2	0.1540
3	0.1808
4	0.1914
5	0.1516
9	0.0988
7	0.0652
8	0.0342
9	0.0132
10	0.0050
11	0.0022
12	0.0006
計	1.0000

以上 表1,2,3의 各種 資料와 會社自體의 過去 經驗의 資料 및 年間 作業能力을 감안하여 CAD-9型

Piston의 年間 豫想 需要量을 104組로 定하고 이 期間內의 發生한 모든 可能한 發注回數와 Q 그리고 R의 量을 變化시켜 Simulate한 後 다음과 같은 結果를 얻었다.

表5 發注點水準에 依한 예상품절량

발주점수준(R)	입하기간동안에 예상품절량(shortage) 단위: 組=6個
1	2.9999
2	2.1020
3	1.3599
4	0.7878
5	0.4260
6	0.2078
7	0.0874
8	0.0322
9	0.0112
10	0.0034
11	0.0006
12	0.0000

Computer의 계산결과 이 Simulation의 최적재고정책은 年間

- (1) 最少在庫管理費가 171,861원이고
- (2) 최적발주량(Optimal ordering Quantity)=8 組/回
- (3) 최적발주점수준(Optimal Reorder Point Level)=7組/入荷期間
- (4) 년자금회전률(Capital turnover ratio)=11.56 回/年이다.

이 資料로 미루어 봐 이 會社의 CAD-9 Piston 在庫管理는 在庫水準이 7組로 내려가면 1回當 8組씩 發注할 경우 年間 在庫管理費用이 171,861원이 되고 이때 총 예상수요량을 충족 못할 예상 품절량은 10,000 入荷期間동안 총 874組, 即 在庫水準이 7組 때 發注를 해서 그 入荷期內에 수요량이 7組가 넘을 확률은 8.74%가 된다. 평균재고량은 $R-E(D) + \frac{Q^*}{2}$ 으로 9組이다.

이 平均在庫量을 가지고 年總 CAD-9 Piston 需要量을 약 1個月에 한번씩 回轉시켜 준다는 것을 알수있다.

5. 結論

이 Simulation Program은 보편적인 Random Number Generation에 의한 需要와 入荷期間에 참조로부터 不確定的인 諸要因을 참조했지만 처음 입하기간의 分布와 수요분포만 과거의 경향과 자료

부더 잘 수집하고 처리할 수만 있다면 비교적 이렇다할 險이 없이 計量的인 意思決定에 도움을 줄 수 있을 뿐 아니라 反復的인 Computer계산을 통해서 多品種 在庫管理에도 利用될 수 있고 各 品目別 安全在庫량을 定하고 實務에 있어서 ABC等級別 在庫管理體制를 運營하는데 많은 도움을 줄 수 있다.

많은 入荷期間과 수요량에 대한 계속적인 Simulation이므로 System에 대한 움직임을 잘 파악할 수 있고 model이 簡單하므로 Compiling time이 무척 짧다. 물론 input data와 Simulation 回數에 따라 시간이 달라지겠지만 앞의 應用例에서 5000個 Random Number로 Simulate하는 total cpu time이 32秒로 Compiling time 역시 납득이 갈만한 시간이다. 끝으로 需要와 入荷期間의 확률분포가 실질적으로 얼마나 近似하게 다음 期에도 적용될 수 있는가하는 것이 문제이고 이것을 求하기 위한 過去 數年間의 資料收集과 處理에 많은 애로가 있다는 것이 短點이 될 것이다.

References

- [1] Naddor, E., *Inventory Systems*, John Wiley and sons, New York, 1965.
- [2] Arrow, K.J., S. Karlin and H. Scarf, *Studies in the Mathematical Theory of Inventory and Producing*, Standford University Press, Stanford, Calif., 1958.
- [3] Schmidt, J.W., Taylor, R.E., *Simulation and Analysis of Industria Systems*, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Ill, 1970.
- [4] Ackoff, R.L., Sasieni, M.W., *Fundamentals of Operations Research*, John Wiley & Sons, Inc., 1968.
- [5] Hillier, F.S., Lieberman, G.J., *Introductions to Operations Research*, 2nd ed., Holden-day, Inc. San Francisco, Calif, 1974.
- [6] Feller W., *An introduction to probability theory and its Application*, 3rd ed., John Wiley & Sons Inc., 1968.
- [7] 김영취, 공업통계학, 동양사, 1975.
- [8] Gordon, G., *Systems Simulation*, Prentice-hall Inc. Englewood cliffs, N.J., 1969.
- [9] Emshoff, J.R., Sisson, R.L., *Design and use of Computer Simulation models*, The Macmillan Company, 1970.
- [10] Buffa, E.S., *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, Homewood, Ill.: Richard D. Irwin Inc., 1968.
- [11] Schlaifer, Robert., *Probability and Statistics for Business Decisions*, McGraw-hill Book Co., N.Y., 1959.