J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng Vol. 38, No. 3 : 8-13, September 2015
http://dx.doi.org/10.11627/jkise.2015.38.3.08
ISSN : 2005-0461(print)
ISSN : 2287-7975(online)

On the Approximate Estimation of the Mean Physical Stock in Periodic Review Inventory Systems with Lost Sales

Changkyu Park†

College of Business, University of Ulsan

판매 손실이 발생하는 정기발주 재고시스템에서 평균보유재고를 계산하는 근사적 방법에 대한 연구

박 창 규†

울산대학교 경영대학

One of the most usual indicators to measure the performance of any inventory policy is the mean physical stock. In general, when estimating the mean physical stock in periodic review inventory systems, approximate approaches are often utilized by practitioners and researchers. The mean physical stock is generally calculated by a simple approximation. Still these simple methods are frequently used to analyze various single stockpoint and multi-echelon inventory systems. However, such a simple approximation can be very inaccurate. This is particularly true for low service levels. Even though exact methods to calculate the mean physical stock have been derived, they are available for specific cases only and computationally not very efficient, and therefore less useful in practice. In literature, approximate approaches, such as the simple, the linear, and Simpson approximations, were derived for the periodic review inventory systems that allow backorders. This paper modifies the approximate approaches for the lost sales case and evaluates the modified approximate approaches. Through computational experiments, average (and maximum) percentage deviations of mean physical stock between the exact method and the modified approximations are compared in the periodic review inventory system with lost sales. The same comparison between the modified and the original approximations are also conducted, in order to examine the performance of modified approximations. The results show that all modified approximations perform well for high service levels, but also that the performance may deteriorate fast with decreasing service level. The modified Simpson approximation is clearly better. In addition, the comparison between the modified and the original approximations in the periodic review inventory system with lost sales shows that the modified approximation outperforms the original approximation.

Keywords : Inventory, Approximations, Periodic Review, Mean Physical Stock

1. 서 론

본 논문에서는 판매 손실(lost sales)이 발생하는 정기발주 재고시스템에서 평균보유재고를 계산하는 수정된 근사적 방법을 제안하고자 한다. 기존의 연구를 살펴보면 평균보유재고를 계산하는 근사적 방법이 부재고(backorder)를 가정한 재고시스템에 대해서 다양하게 제시되어 있음을 알 수 있다. 그러나 판매 손실을 가정한 모형에서는 재고수준이 음수가 될 수 없기 때문에, 판매 손실 모형은 부재고 모형과는 다른 접근방법을 요구한다. 이렇게 다른 접근방법이 요구되는 상황에서 본 논문은 부재고를 가정한 재고시스템에

Received 27 July 2015; Finally Revised 31 August 2015; Accepted 2 September 2015
† Corresponding Author : ckparkuou@ulsan.ac.kr

맞게 제시된 근사적 방법을 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에 적합하게 수정 제안한다.

정기발주(R, T) 재고시스템은 정해진 기간(T, review period)마다 재고를 검토하고, 재고수준이 R(order-up-to level)이 되도록 발주를 낸다. 정기발주 재고시스템의 주요 관심사는 총비용을 최소화 하거나, 또는 목표로 하는 고객봉사수준(service level)을 만족시키는 최대 재고수준인 R을 결정하는 것이다(일반적으로 발주간격인 T는 업체 방침에 따라 주나 월과 같이 편리한 표준 기간이 많이 사용된다.). 최대 재고수준인 R을 결정하는 과정에서 평균보유재고는 일반적으로 재보충주기의 초(the start)와 말(the end)에 존재하는 재고를 평균 내는 간단한 근사법으로 계산된다(여기서 재보충주기는 연속적으로 발주한 주문들이 도착한 시점들 사이의 간격이다.). 이러한 간단한 근사법은, Nahmisa and Smith[6]가 언급했듯이, 고객봉사수준이 낮을 경우에 큰 오차를 유발할 수 있다. 다단계 재고시스템에서 중간에 있는 단계에서는 자주 낮은 고객봉사수준이 발생하고 있다. 그런데 이러한 시스템을 분석하기 위해서 간단한 근사법이 여전히 사용되고 있다고 van der Heijden and de Kok[8]은 지적한다. 따라서 상황에 적합한 향상된 근사적 방법이 요구된다.

근사적 방법과는 대조적으로 정확한 평균보유재고를 계산하는 분석적 방법 또한 유도되었다. 하지만 이러한 분석적 방법은 오직 특수한 경우에 대해서만 유도 가능하다. 예를 들어, 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에서 Hadley and Whitin[4]은 포아송 수요와 상수 조달기간에 대해, Nahmias and Smith[6]는 음이항 수요와 조달기간이 0인 경우에 대해, 그리고 van der Heijden and de Kok[7]은 복합 포아송 수요와 무작위 조달기간에 대해서 분석적 방법을 유도하였다. 한편, 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서는 Gaver[3], Hadley and Whitin [4]와 Johansen[5]가 포아송 수요와 상수 조달기간에 대해서, Babiloni et al.[1]은 수요가 독립적으로 이산형 분포를 따를 경우에 대해서, 그리고 Bijvank and Johansen[2]가 복합 포아송 수요와 상수 조달기간에 대해서 분석적 방법을 유도하였다.

얼핏 보면, 이러한 분석적 방법을 폭 넓게 사용할 수 있을 것 같지만, 계산과정이 너무 비효율적이어서 현실문제에 적용하기에는 어려움이 많다. 다만, 벤치마킹 목적으로 분석적 방법을 활용할 수 있을 것이다. 다시 말해서, 평균보유재고를 계산하는 간단한 근사적 방법이 고객봉사수준이 낮은 경우에 큰 오차를 유발할 수 있다고 한다면 그 오차의 심각성을 파악하는데 분석적 방법을 이용하여 계산한 정확한 평균보유재고를 기준치로 사용할 수 있을 것이다.

van der Heijden and de Kok[8]은 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에서 평균보유재고를 계산하는 근사적 방법을 평가하였다. 벤치마킹 목적으로 이용한 분석적 방법은 복합 포아송 수요와 무작위 조달기간에 대해서 van der Heijden and de Kok[7]이 유도한 방법을 이용하였고, 근사적 방법으로는 간단한(simple) 근사법, 선형(linear) 근사법, 심슨(Simpson) 근사법 등을 고려하였다(각 근사적 방법에 대해서는 제 3장에서 자세히 설명한다.). 다양한 상황에서 실험을 실시하고, 고객봉사 수준에 따라 근사적 방법의 오차를 계산하여 보여 주었다.

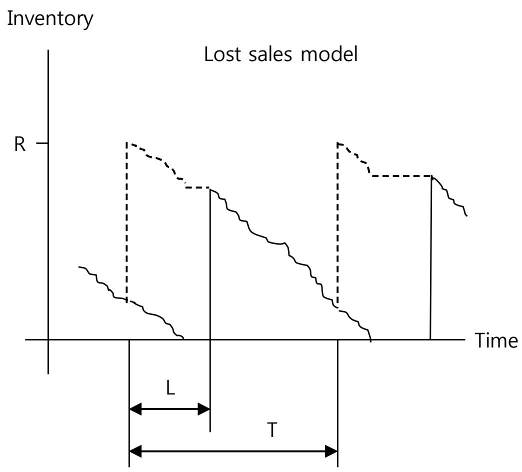
본 논문은 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에 맞게 제시한 근사적 방법을 판매 손실이 발생하는 정기발주 재고시스템에 적합하게 수정하고, 다양한 경우에 대해서 근사적 방법의 오차를 분석한다. 본 논문에서는 벤치마킹 목적으로 포아송 수요와 상수 조달기간에 대해서 Hadley and Whitin[4]이 유도한 분석적 방법을 이용한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 우선 근사적 방법을 평가하기 위해 벤치마킹 목적으로 이용될 Hadley and Whitin[4]이 유도한 분석적 방법을 제 2장에서 간략히 소개한다. 제 3장은 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에 맞게 제시된 평균보유재고를 계산하는 근사적 방법에 대해 설명하고, 이들 근사적 방법을 어떻게 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에 적합하게 수정하였는지를 설명한다. 다음으로 제 4장은 비교실험을 실시하여 판매 손실 모형에 적합하게 수정된 근사적 방법을 평가하고, 끝으로 결론을 제 5장에 제시하며 본 논문을 맺는다.

2. 분석적 방법

본 장은 Hadley and Whitin[4]이 유도한 분석적 방법을 간략히 설명한다. Hadley and Whitin[4]는 임의의 기간에 발생하는 수요가 포아송 분포를 따르고, 조달기간(L, lead time)은 상수인 경우에 정기발주 재고시스템에의 평균보유재고에 대한 정확한 등식을 유도하였다. 이 과정에서 재고시스템에 대한 수리적 분석이 가능하도록 하기 위해서 아직 도착하지 않은 주문이 하나를 초과하지 않도록 하였다. 이 가정은 $L < T$일 경우에 만족된다. <Figure 1>은 판매 손실을 가정한 정기발주 제고모형을 보여준다. 여기서 실선은 보유재고를 나타내고, 점선은 재고수준(보유재고+주문재고)을 나타낸다.

판매 손실 모형에서 연간 평균보유재고를 계산하기 위해서는 재고검토가 이루어지는 시점과 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에서의 보유재고에 대한 분포를 구하여야 한다. 그럼, $\theta(x)$를 재고검토 시점에 x 단위의 보유재고가 있을 확률이라 하고, $\varphi(z)$를 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에 z단위의 보유재고가 있을 확률이라고 하자.



<Figure 1> Inventory Levels in Periodic Review Inventory System

주문재고가 도착한 후부터 다음 재고검토가 이루어지기까지의 시간은 (T-L)이다. 만일 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에 z단위의 보유재고가 있다고 한다면 다음 재고검토 시점에 x단위의 보유재고가 있을 확률은 다음과 같다.

$$\begin{cases} p(z-x,\ \lambda(T-L)), & 0 < x \le z \\ P(z;\ \lambda(T-L)), & x=0 \\ 0, & x > z \end{cases} \tag{1}$$

여기서 λ는 평균 수요율이고, $p(x;\mu)=\dfrac{e^{-\mu}\mu^x}{x!}$(포아송 분포), $p(x;\mu)=\sum_{j=x}^{\infty} p(j;\mu)$.

따라서

$$\theta(x)=\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)p(z-x,\lambda(T-L)), \quad x>0 \tag{2}$$
$$\theta(0)=\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)p(z;\lambda(T-L))$$

다음으로 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에 z단위의 보유재고가 있다면, 주문이 이루어지는 시점에서의 보유재고 x는 $(R-z)$보다 작을 수가 없다. 왜냐하면 주문량이 $(R-x)$이기 때문이다. 재고검토 시점에서의 보유재고가 $x>R-z$를 만족한다면 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에 z단위의 보유재고가 있기 위해서는 조달기간 수요가 $(R-z)$이어야 한다. 만일 $x=R-z$라면, $(R-z)$보다 크거나 작은 조달기간 수요에 대해서 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에의 보유재고는 z단위가 되어야 한다. 따라서

$$\varphi(z)=p(R-z;\lambda L)\sum_{x=R-z+1}^{R}\theta(x) \tag{3}$$
$$+P(R-z;\lambda L)\theta(R-z), \quad z>0$$
$$\varphi(0)=P(R;\lambda L)\theta(R)$$

이제 식 (2)에 있는 $\theta(x)$를 식 (3)에 대입하면 다음과 같이 $\varphi(z)$로만 이루어진 등식을 얻을 수 있다.

$$\varphi(z)=p(R-z;\lambda L)\sum_{x=R-z+1}^{R}\sum_{y=x}^{R}\varphi(y)p(y-x;\lambda(T-L)) \tag{4}$$
$$+P(R-z;\lambda L)\sum_{y=R-z}^{R}\varphi(y)p(y-P+z;\lambda(T-L)),$$
$$z=1,\ \cdots,\ R-1$$
$$\varphi(R)=p(0;\lambda L)\sum_{x=1}^{R}\sum_{y=x}^{R}\varphi(y)p(y-x;\lambda(T-L))$$
$$+P(0;\lambda L)\sum_{y=0}^{R}\varphi(y)P(y;\lambda(T-L))$$
$$\varphi(0)=P(R;\lambda L)p(0;\lambda(T-L))\varphi(R)$$

식 (4)를 재정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\varphi(z)=\sum_{y=0}^{z}\alpha(z,y)\varphi(R-y),\ z=0,1,\cdots,R \tag{5}$$

여기서

$$\alpha(z,y)=p(R-z;\lambda L)\sum_{x=0}^{z-y-1}p(x;\lambda(T-L)) \tag{6}$$
$$+P(R-z;\lambda L)p(z-y;\lambda(T-L)),$$
$$z=1,2,\cdots,R-1;y=0,1,\cdots,z-1$$
$$\alpha(z,z)=P(R-z;\lambda L)p(0;\lambda(T-L),$$
$$z=0,1,\cdots,R-1$$
$$\alpha(R,y)=p(0;\lambda L)\sum_{x=0}^{R-y-1}p(x;\lambda(T-L))$$
$$+P(0;\lambda L)P(R-y;\lambda(T-L)),$$
$$y=0,1,\cdots,R-1$$
$$\alpha(R,R)=P(0;\lambda L)P(0;\lambda(T-L))$$

식 (6)에서 임의의 한 등식을 빼고, $\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)=1$을 추가하여 연립방정식을 풀면 $\varphi(z)$의 값을 구할 수 있다. 그러면 연간 평균보유재고는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{T}\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)\int_0^T\sum_{x=0}^{z}(z-x)p(x;\lambda t)dt \tag{7}$$
$$=\frac{1}{T}\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)\sum_{x=0}^{z}(z-x)\int_0^T p(x;\lambda t)dt$$
$$=\frac{1}{T}\sum_{z=0}^{R}\varphi(z)\sum_{x=0}^{z}(z-x)\frac{1}{\lambda}P(x+1;\lambda T)$$

3. 근사적 방법

평균보유재고를 구하는데 정확한 값을 계산할 수 있는 분석적 방법은 특수한 경우에만 유도 가능하고, 계산 과정 또한 너무 비효율적이어서 많은 경우에 근사적 방법이 활용되고 있다. 본 장에서는 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 평균보유재고를 계산하는데 활용할 수 있는 근사적 방법에 대해 설명한다.

3.1 간단한 근사법

이 근사법은 재고부족 현상이 아주 미미하게 일어난다는 가정 하에 재보충주기의 초와 말에 존재하는 재고를 평균 내어 평균보유재고를 계산하는 아주 간단한 방법이다.

재고를 검토하고 주문을 낸 바로 그 시점에서의 재고수준은 R이고, 모든 주문재고는 조달기간에 도착할 것이기 때문에 주문재고가 도착한 후 바로 그 시점에 평균보유재고는 $(R-\lambda L)$이 된다. 그리고 수요율이 상수로 유지된다면 평균보유재고는 시간이 흘러감에 따라 선형적으로 감소할 것이고, 발주간격 동안의 수요는 λT이기 때문에 다음 주문재고가 도착하기 바로 직전의 평균보유재고는 $(R-\lambda L-\lambda T)$가 된다. 이제 간단히 두 시점을 평균 내면 평균보유재고는 다음과 같다.

$$R-\lambda L-\frac{\lambda T}{2} \tag{8}$$

이 근사법은 재고부족 현상이 거의 일어나지 않는다고 가정하였으므로 부재고 및 판매 손실을 고려하는 정기발주 재고시스템에 동일하게 적용할 수 있다.

3.2 선형 및 심슨 근사법

선형 근사법의 개념도 간단한 근사법과 같이 두 시점에서의 보유재고를 평균 내는 것으로 같으나 각 시점에서 보유재고를 계산하는 방법을 향상시켜 정확도를 높이고 있다. 선형 근사법은 평균보유재고를 다음과 같이 계산한다.

$$\frac{1}{2}(\Psi_L+\Psi_{L+T}) \tag{9}$$

여기서 Ψ_t는 시점 t에서 보유재고의 기대치로 $E[(R-D(t))^+]$이다. $D(t)$는 기간 t동안에 발생한 수요이고, 표현 X^+는 $\max\{X,\ 0\}$이다.

다음으로, 심슨 근사법은 선형 근사법을 한 단계 더 확장하여 세 시점에서의 보유재고를 가중 평균 내는 것으로 다음과 같이 평균보유재고를 계산한다.

$$\frac{1}{6}\left(\Psi_L+4\Psi_{L+\frac{2}{T}}+\Psi_{L+T}\right) \tag{10}$$

식 (9)와 식 (10)에 포함된 시점 t에서 보유재고의 기대치, Ψ_t는 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에서는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned}\Psi_t &= \sum_{x=0}^{\infty}(R-x)^+p(x;\lambda t) && (11)\\ &= \sum_{x=0}^{R}(R-x)p(x;\lambda t) \\ &= \sum_{x=0}^{\infty}(R-x)p(x;\lambda t)-\sum_{x=R+1}^{\infty}(R-x)p(x;\lambda t) \\ &= R-\lambda t+\lambda tp(R;\lambda t)+(\lambda t-R)P(R+1;\lambda t) \\ & L\le t\le L+T\end{aligned}$$

그러나 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서는 시스템에 재고가 없으면 재고수준은 감소하지 않으므로 시점 t에서 보유재고의 기대치, Ψ_t를 계산하기 위해서 추가적인 근사가 필요하다. 본 논문에서는 다음과 같이 근사적 접근을 시도한다. 안전재고는 주문재고가 도착하는 바로 직전 시점에서의 보유재고이므로 $\Psi_L-\lambda T\approx\Psi_{L+T}$으로 근사 시킨다. 그리고 주문을 발주한 시점에서 그 주문이 도착하는 시점 사이에 발생한 판매 손실이 크지 않다고 가정하고 $\Psi_{L+\frac{T}{2}}$와 Ψ_{L+T}에 대한 근사치로 식 (11)을 활용한다.

따라서 수정된 선형 근사법은 평균보유재고를 다음과 같이 계산한다.

$$\Psi_{L+T}+\frac{\lambda T}{2} \tag{12}$$

그리고 수정된 심슨 근사법은 다음과 같이 평균보유재고를 계산한다.

$$\frac{1}{6}\left(4\Psi_{L+\frac{T}{2}}+2\Psi_{L+T}+\lambda T\right) \tag{13}$$

4. 비교 실험

우선 판매 손실이 발생하는 정기발주 시스템에 적합하게 수정된 근사적 방법을 평가하기 위하여 판매 손실이 발생하는 경우에 대해서 정확한 평균보유재고를 계산하는 분석적 방법과 비교한다. 비교실험을 실시하는 실험상황은 다음과 같다.

- 모든 경우에 대해서 주문간격은 정규화시켜 T = 1
- 수요율 λ = 50, 75, 100
- 조달기간 L = 0.1, 0.3, 0.5
- 고객봉사수준 β = 0.6, 0.7, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 0.99

고객봉사수준은 보유재고로부터 즉시 만족되는 수요의 비율로 정의하고, 최대 재고수준 R은 다음과 같이 계산한다.

$$1-\beta = \frac{\sum_{x=R}^{\infty}(x-R)p(x;\lambda(L+T))}{\lambda T} \quad (14)$$

본 장에서는 포아송 수요와 상수 조달기간을 갖는 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 분석적 방법과 수정된 근사적 방법들을 비교하는 실험을 실시하여 <Table 1>과 <Table 2>와 같은 결과를 도출하였다.

<Table 1>은 정확한 평균보유재고의 값으로부터 벗어난 수정된 근사적 방법의 상대오차(%)의 평균치를 보여주고 있고, <Table 2>은 상대오차의 최대치를 보여주고 있다. <Table 1>과 <Table 2>에서 보여주는 결과에 의하면, 봉사수준이 높은 경우에는 모든 수정된 근사적 방법이 좋은 성과를 보인다. 하지만 봉사수준이 감소함에 따라 간단한 근사법과 선형 근사법은 급격히 악화되는 성과를 보이고 있다. 본 비교실험에서 수정된 심슨 근사법이 추천할 만한 성과를 보이고 있다.

한편, 수정된 심슨 근사법이 다른 근사법 보다는 추천할 만한 성과를 보이고 있지만, 봉사수준이 낮은 경우에는 조금 우려되는 성과를 보이고 있다. 이러한 결과를 보이는 이유는 $\Psi_{L+\frac{2}{T}}$ 와 Ψ_{L+T}에 대한 근사치를 구할 때, 주문을 발주한 시점에서 그 주문이 도착하는 시점 사이에 발생한 판매 손실이 크지 않다고 가정한 것에 기인되는 것으로 사료된다.

<Table 1> Average Deviation of Mean Physical Stock Using Modified Approximations (Unit, %)

Service Level	Modified Approximation		
	Simple	Linear	Simpson
0.60	63.60	64.33	19.11
0.70	41.14	37.54	14.67
0.80	25.70	20.23	10.36
0.85	18.73	13.06	8.13
0.90	12.22	6.97	5.83
0.95	6.15	2.41	3.29
0.99	1.21	0.17	0.75

<Table 2> Maximum Deviation of Mean Physical Stock Using Modified Approximations (Unit, %)

Service Level	Modified Approximation		
	Simple	Linear	Simpson
0.60	68.84	101.44	28.27
0.70	44.98	53.04	20.03
0.80	28.64	27.86	13.51
0.85	21.11	17.99	10.21
0.90	13.80	9.12	7.39
0.95	6.95	3.49	3.94
0.99	1.38	0.26	0.83

다음으로 수정된 근사적 방법이 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 수정전의 근사적 방법보다 얼마나 좋은 성과를 보이는지 확인하기 위한 비교실험을 실시한다. 여기서는 포아송 수요와 상수 조달기간을 갖는 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 분석적 방법과 수정전의 근사적 방법을 비교하는 실험을 실시하여 <Table 3>과 <Table 4>와 같은 결과를 도출하였다.

<Table 3> Average Deviation of Mean Physical Stock Using Original Approximations (Unit, %)

Service Level	Approximation		
	Simple	Linear	Simpson
0.60	63.60	61.25	40.43
0.70	41.14	39.21	27.78
0.80	25.70	24.16	18.02
0.85	18.73	17.45	13.42
0.90	12.22	11.26	9.02
0.95	6.15	5.60	4.72
0.99	1.21	1.09	0.98

<Table 4> Maximum Deviation of Mean Physical Stock Using Original Approximations (Unit, %)

Service Level	Approximation		
	Simple	Linear	Simpson
0.60	68.84	66.89	47.42
0.70	44.98	43.68	32.17
0.80	28.64	27.23	20.91
0.85	21.11	19.87	15.66
0.90	13.80	12.65	10.59
0.95	6.95	6.40	5.45
0.99	1.38	1.25	1.10

<Table 1>과 <Table 2>에서 보여주는 결과를 <Table 3>과 <Table 4>에서 보여주는 결과와 비교할 때, 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 수정된 근사적 방법이 수정전의 근사적 방법보다 상당히 우수한 성과를 보임을 확인할 수 있다. 이러한 결과를 <Table 5>에 보기 쉽게 다시 정리하였다. <Table 5>는 정확한 평균보유재고의 값으로부터 벗어난 수정 전 및 수정된 심슨 근사법의 상대오차(%)의 평균치를 비교해 보여주고 있다.

<Table 5> Comparison of Average Deviation Using the Simpson Approximation (Unit, %)

Service Level	Simpson Approximation		
	Original	Modified	Difference
0.60	40.43	19.11	21.32
0.70	27.78	14.67	13.11
0.80	18.02	10.36	7.66
0.85	13.42	8.13	5.30
0.90	9.02	5.83	3.20
0.95	4.72	3.29	1.43
0.99	0.98	0.75	0.23

5. 결 론

본 논문은 정기발주 재고시스템에서 판매 손실이 발생하는 경우에 평균보유재고를 계산하는 수정된 근사적 방법을 제안하였다. 정확한 평균보유재고를 계산하는 분석적 방법이 유도되어 있지만, 이러한 분석적 방법은 오직 특수한 경우에 대해서만 유도 가능하고 계산과정이 너무 비효율적이어서 현실 문제에 적용하기에는 어려움이 많다. 따라서 일반적으로 평균보유재고를 계산하는데 간단한 근사적 방법이 많이 활용되고 있다.

근사적 방법이 활용된다면 그 결과의 효과성에 대한 의문이 자연히 제기될 것이고, van der Heijden and de Kok[8]은 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에서 평균보유재고를 계산하는 근사적 방법을 평가하였다.

한편 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템은 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템보다 분석이 매우 어렵고, 판매 손실 모형을 분석하는데 부재고 모형과는 다른 접근방법을 취해야 한다는 것이 잘 알려져 있다. 이러한 사실에 근거할 때, 부재고가 허용되는 경우에 사용한 근사적 방법을 그대로 판매 손실이 발생하는 경우에 활용할 수 없다는 것은 자명해 진다. 본 논문에서는 부재고를 가정한 정기발주 재고시스템에서 사용한 근사적 방법을 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에 적합하게 수정하였고, 그 성과를 평가하였다. 그 결과, 판매 손실을 가정한 정기발주 재고시스템에서 수정된 근사적 방법이 수정전의 근사적 방법보다 상당히 우수한 성과를 보임을 확인할 수 있었다.

Acknowledgement

This work was supported by the 2015 Research Fund of University of Ulsan.

References

[1] Babiloni, E., Cardos, M., and Guijarro, E., On the exact caluation of the mean stock level in the base stock periodic review policy. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2011, Vol. 4, pp. 194-205.
[2] Bijvank, M. and Johansen, S.G., Periodic review lost-sales inventory models with compound Poisson demand and constant lead times of any length. *European Journal of Operational Research*, 2012, Vol. 220, pp. 106-114.
[3] Gaver, D.P., On base-stock level inventory control. *Operations Research*, 1959, Vol. 7, pp. 689-703.
[4] Hadley, G. and Whitin, T.M., *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York, 1963.
[5] Johansen, S.G., Pure and modified base-stock policies for the lost sales inventory system with negligible set-up costs and constant lead times. *International Journal of Production Economics*, 2001, Vol. 71, pp. 391-399.
[6] Nahmias, S. and Smith, S.A., Optimizing inventory levels in a two-echelon retailer system with partial lost sales. *Management Science*, 1994, Vol. 40, pp. 582-596.
[7] van der Heijden, M.C. and de Kok, A.G., Customer waiting times in an (R,S) inventory system with compound Poisson demand. *Zeitschrift fur Operations Research*, 1992, Vol. 36, pp. 315-332.
[8] van der Heijden, M.C. and de Kok, A.G., Estimating stock levels in periodic review inventory systems. *Operations Research Letters*, 1998, Vol. 22, pp. 179-182.

ORCID
Chankyu Park | http://orcid.org/0000-0002-8250-9470