2계층 분배시스템에서 혼합재고정책을 이용한 적정재고수준 결정에 관한 연구

정 석 재* · 이 정 학* · 김 경 섭*
*연세대학교 정보산업공학과

Determining the Proper Level of Spare Parts using the CSP and (r,Q) Policies in a Two-Echelon Distribution System

Suk Jae Jeong* · Jung Hack Lee* · Kyung Sup Kim*
*Department of Industrial & Information Engineering, Yonsei University

Abstract

CSP(Concurrent Spare Parts) is supplied with the procurement of new equipment or weapon system and is used to sustain the equipment without resupply during the initial coverage period. This study is concerned with a problem of determining the near optimal inventory level of the spare parts, especially Concurrent Spare Parts.

For this, we utilize the mixed periodic and continuous review polices considering the CSP and (r,Q) Policies concurrently in a two-echelon distribution system. We propose the mathematical model to minimize the total cost which is composed with ordering cost, purchasing cost, holding cost, and stickout cost. If the mixed policy is compared to other policies(CSP, (r,Q)), the proposed methodology performs well and is best policy in the equipment maintenance expenses.

Keywords : Concurrent Spare Parts, (r,Q) Inventory Policy, Resupply

1. 서 론

기업이나 군은 원자재나 구매품을 신속하고 안정적으로 확보하여, 고객이 필요할 때 저렴한 비용으로 공급하여야 하며, 빠르게 변화되는 경영 환경에서 외부적으로는 수요와 공급의 불확실성으로 인하여 일정량의 재고를 유지해야 하고, 내부적으로는 예산 확보, 기업 방침 등의 문제로 인하여 풍족하게 자원을 확보하는 것이 어려운 상황에 처해있다.

동시조달 수리부속(CSP:Concurrent Spare Parts)이란 신규장비나 무기체계가 처음 도입시 주장비와 함께 보급되는 수리 및 예비부속으로써, 이는 배치 후 초기 일정기간동안 재보급 없이 장비의 주어진 운용임무를 수행하기 위하여 사용되는 수리부속이다. 현재 군에서 CSP 획득예산 범위는 장비단가의 10%로 제한하고 있으며 운용기간은 3년으로 책정하여 운영하고 있다.

그러나, 지금까지의 CSP 운용결과에서 자주 지적된 사항으로는 불필요한 소요를 과다하게 책정하여 운용기간이 끝난 후에도 상당히 많은 재고가 사용되지 않고 남게 되어 경제적인 손실을 초래하는 점과 그와 반대로 소요량에 비해 구매한 수량이 부족하여 장비의 일정한 가동률을 유지하지 못하는 경우가 있다.

또한, 현재까지 대부분의 연구는 구입비, 재고유지비, 재고고갈비 및 이 중 2가지 비용이 결합된 단일한 예산을 최소화 하거나 서비스율, 구입예산 등의 제약조건하에서 연구를 진행하여 현실에 적용함에 있어서 많은 한계점을 가지고 있다.

기존 관련 연구를 보면 Sherbrook(1968)은 METRIC 모형을 통해 장비에 고장이 발생하였을 때 여유부품이 존재하면 즉시 교체하고, 존재하지 않으면 부재고가 되며, 부품 발주 방식이 (s-1,S)에 의할 때 기지와 창에서 보유하고 있어야 할 여유 부품수를 결정하였다.

2007년 6월 접수; 2007년 8월 수정본 접수; 2007년 8월 게재확정

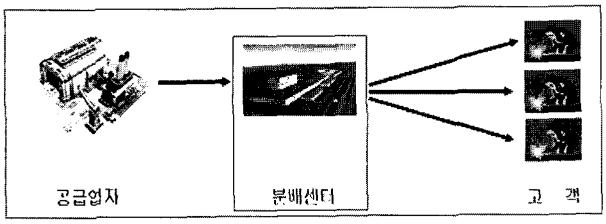
Sherbrook(1986)은 Vari-METRIC 모형에서 더욱 발전된 개념으로 계층적 부품구조를 갖는 모형을 제시하였으며, Nahmias(1993)는 고객 서비스를 Type 1, Type 2의 두 가지 형태로 구분하여 해를 탐색하였으며, Hopp(1999)는 2단계 계층에서 재고유지비를 최소화 하는 모형을 수립하여 문제를 풀었다.

또한, CSP 개념의 재고관리에 대한 연구로는 McMaster와 Richard(1983)가 재고부족량 모형, 가용도 모형 및 시간가중 재고부족량 모형을 수립하여 해를 찾았으며, 그 후 국내에서는 황흥석(1990)이 가용도 제약 하에서 구매 및 보급지연비용 최소화 모형을, 김성호(1993)는 정비 및 다단계에서 기대재고 부족량 모형을, 그리고 김영호(2001)는 예산제약하에 가동률 최대화 모형을 연구하였다.

반면, 본 연구에서는 장비의 CSP 운용 및 기존 장비 운용 시 2가지의 재고정책(CSP정책,(r,Q)정책)을 혼합하여 사용함으로써, 효율적인 재고관리를 하여 경제적이면서도 장비의 일정 가동률을 유지할 수 있다. 또한 현실성 있는 수리모델을 구성하기 위하여 통합된 예산을 최소화하는 수리모델을 구성한다. 우선, 본 논문에서 다루는 기호와 모형에 대한 설명을 2절에서 기술하고, 3절에서는 본 논문의 모형을 해결하기 위한 해법을 제시하며, 4절에서는 실험 결과 및 분석내용을, 5절에서는 결론을 제시한다.

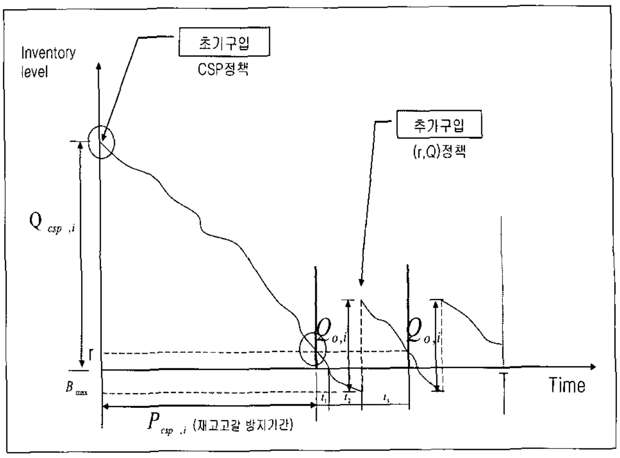
2. 모형 수립

본 연구의 모형은 <그림 1>과 같이 기업 및 군에서 부품 보급체계에서 활용할 수 있는 2단계 수리부속 분배시스템으로서 국외의 공급업자에서 수리부속을 구입하여 여러 고객에게 분배하는 분배센터와 이를 사용하는 각각의 고객으로 구성되어 있다.



<그림 1> 분배센터 - 고객 모델

분배센터에서 고객에게 수리부속지원에 대한 일정한 서비스를 유지하기 위하여 CSP 재고정책과 (r,Q) 재고정책을 혼합하여 사용하였으며, 이 혼합 재고정책을 세부적으로 표현하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> CSP와 (r,Q) 정책의 혼합모델

모형 수립을 위해 사용된 기호는 다음과 같다.

기호 정의

i : 제품번호 $i = 1, 2, \cdots, n$

λ_i : 제품 i 에 대한 수요

A_i : 제품 i 에 대한 주문비용

$cc_{csp,i}$: 제품 i 에 대한 초기 구입단가

$cc_{o,i}$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 구입단가

$hc_{csp,i}$: 제품 i 에 대한 초기 구입량에 대한 재고 유지비용

$hc_{o,i}$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 재고유지비용

$sc_{o,i}$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 재고고갈비용

$Q_{csp,i}$: 제품 i 에 대한 초기 구입량

$Q_{o,i}$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 구입량

$r_{o,i}$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 재주문점

$h_{csp,i}(Q_{csp,i})$: 제품 i 에 대한 초기 구입시 평균재고량

$h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$: 제품 i 에 대한 (r,Q)정책시 평균재고량

$s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 재고고갈량

$l_{o,i}$: 제품 i에 대한 보충리드타임(일)

$\theta_{o,i}$: 제품 i에 대한 보충리드타임 동안 평균수요 $(\lambda_i l_{o,i})$

$A_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 재고고갈확률

$N_{o,i}$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 실제 주문횟수

$V_i(r_{o,i},Q_{o,i})$: 제품 i의 구매비중

$$= \frac{cc_{csp,i}Q_{csp,i} + cc_{o,i}Q_{o,i}}{\sum_{i=1}^{10}(cc_{csp,i}Q_{csp,i} + N_{o,i}cc_{o,i}Q_{o,i})}$$

T : 장비 운용기간(3년)

$P_{csp,i}$: 품목 i에 대한 초기 구입량에 대한 재고고갈 방지기간(중점관리기간)

$F_{o,i}$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 주문 제한횟수

$S_{o,i}$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 서비스 제한

B : 전 품목에 대한 구입 제한비용

결정 변수

$Q_{csp,i}$: 제품 i에 대한 초기 구입량

$Q_{o,i}$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 구입량

$r_{o,i}$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 재주문점

$s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$: 제품 i에 대한 (r,Q)정책시 재고고갈량

본 연구의 수리모형은 CSP와 (r,Q)의 혼합 재고정책을 사용하기 위하여 초기에 CSP 정책을 사용하고 이후에는 (r,Q) 재고정책을 사용하는 모델로 구성하였으며 여기에서 사용하는 목적식(1)은 주문비, 구입비, 재고유지비 및 재고고갈비의 예산을 최소화하는 것을 나타내며, 제약식(2)는 초기 장비운영시 완벽한 재고지원을 위한 중점재고관리기간(재고고갈 Zero)이고, 식(3)은 예산 확보의 문제점을 해결하기 위한 구입비를 제한한 것이며, 식(4), (5)는 (r,Q)정책시 주문횟수 및 고객에 대한 서비스율에 대한 제약조건으로 통합된 예산 목적식과 다양한 제약조건을 이용하여 좀 더 현실적인 모델을 구성하고자 한다.

$$Min \quad \sum_{i=1}^{N}[(N_{o,i}+1)A_i + cc_{csp,i}Q_{csp,i} + P_{csp,i}hc_{csp,i}(\frac{Q_{csp,i}-r_{o,i}}{2}) + N_{o,i}cc_{o,i}Q_{o,i} + (T-P_{csp,i})hc_{o,i}h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i}) + sc_{o,i}s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})] \quad ---(1)$$

$$s.t. \quad \frac{Q_{csp,i}-r_{o,i}}{\lambda_i} \ge P_{csp,i}, \forall i \quad ---(2)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\{cc_{csp,i}Q_{csp,i} + N_{o,i}cc_{o,i}Q_{o,i}\} \le B \quad ---(3)$$

$$\frac{T\lambda_i - Q_{csp,i}}{Q_{o,i}} \le F_{o,i}, \forall i \quad ---(4)$$

$$1 - A_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i}) \ge S_o, \forall i \quad ---(5)$$

$$Q_{csp,i}, r_{o,i}, Q_{o,i}, s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i}) \ge 0 \quad ---(6)$$

위에서 목적식과 제약식은 이산 최적화문제이므로 실제로 정확한 해를 구하는 것은 많은 시간을 요한다. Lagrangian 방법을 적용하는 경우에도 $Q_{csp,i}$, $Q_{o,i}$, $r_{o,i}$가 정수해를 갖어야 하기 때문에 생기는 오차가 발생한다. 위 문제의 해를 효율적으로 해결하기 위한 방법은 3장에서 소개한다.

3. 해법 절차

3.1. 모형 해법

수리모형에서 Nahmias(1993)가 정의한 Type 2 서비스(리드타임동안 품절 발생)를 적용하였으며 여기에서 가정하고 있는 사항으로 평균재고량은 식 (7)과 같이 정의할 수 있으며 또한, 각 부품들의 수요가 Poisson분포로 일어날 때 리드타임 동안의 수요는 평균이 $\theta_{o,i}$ 이고, 표준편차가 $\sqrt{\theta_{o,i}}$ 인 정규분포로 근사적으로 구한다.

$$h_{csp,i}(Q_{csp,i}) + h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i}) = \frac{Q_{csp,i}-r_{o,i}}{2} + r_{o,i} - \theta_{o,i} + \frac{Q_{o,i}}{2} \quad ---(7)$$

그러면 리드타임 동안 품절이 발생하는 평균량은 다음과 같다.

$$\alpha(r_{o,i},Q_{o,i}) = \sum_{u=r_{o,i}}^{\infty}[1-P(u-1)] = \sum_{u=r_{o,i}}^{\infty}(u-r_{o,i})P(u)$$

한편, 리드타임 동안 서비스 받을 확률은

$1-\{\alpha(r_{o,i},Q_{o,i})/Q_{o,i}\}$ 이 된다.

Lagrangian Method를 적용하기 위하여 목적식과 제약식을 변형하면 아래식과 같다.

$$Min \sum_{i=1}^{N}[(N_{o,i}+1)A_i + cc_{csp,i}Q_{csp,i} + P_{csp,i}hc_{csp,i}(\frac{Q_{csp,i}-r_{o,i}}{2}) + N_{o,i}cc_{o,i}Q_{o,i} + (T-P_{csp,i})hc_{o,i}(r_{o,i}-\theta_{o,i}+\frac{Q_{o,i}}{2}) \quad ---(8)$$

$$s.t. \quad (T\lambda_i - Q_{csp,i})/Q_{o,i} \le F_{o,i}, \ \forall i \quad ---(9)$$

$$1-\frac{\int_{o,i}^{\infty}[1-\Phi\{(t-\theta_{o,i})/\sqrt{\theta_{o,i}}\}]dt}{Q_{o,i}} \ge S_o, \ \forall i \quad ---(10)$$

$$Q_{csp,i}, r_{o,i}, Q_{o,i} \ge 0 \ and \ 정수, \ \forall i \quad ---(11)$$

변형된 목적식 (8)과 제약식(9), (10)는 각각의 품목으로 분리가능하며, 이 모형의 전체 예산의 최소값은 각각 품목의 최소값의 합과 같다. 해를 찾기 위하여 위 식(8)과 (9), (10)를 합치면 식 (12)과 같다.

$$L=\sum_{i=1}^{N}[(N_{o,i}+1)A_i + cc_{csp,i}Q_{csp,i} + P_{csp,i}hc_{csp,i}\frac{Q_{csp,i}-r_{o,i}}{2} + N_{o,i}cc_{o,i}Q_{o,i} + (T-P_{csp,i})hc_{o,i}(r_{o,i}-\theta_{o,i}+\frac{Q_{o,i}}{2}) + v_i(\frac{T\lambda_i - Q_{csp,i}}{Q_{o,i}} - F_{o,i}) - \mu_i\{1-\frac{\int_{o,i}^{\infty}[1-\Phi\{(t-\theta_{o,i})/\sqrt{\theta_{o,i}}\}]dt}{Q_{o,i}} - S_{o,i}\}] \quad ----(12)$$

식 (12)을 $Q_{o,i}$ 와 $r_{o,i}$ 으로 미분하여 값을 구하면 식 (13), (14)과 같고

$$Q_{o,i} = \sqrt{\frac{2}{2N_{o,i}cc_{o,i}+(T-P_{csp,i})hc_{o,i}}\{v_i(T\lambda_i - Q_{csp,i}) + \mu_i\int_{o,i}^{\infty}[1-\Phi\{(t-\theta_{o,i})/\sqrt{\theta_{o,i}}\}]dt\}} \quad --(13)$$

$$r_{o,i} = \theta_{o,i} + \Phi^{-1}[1-\frac{Q_{o,i}\{2(T-P_{csp,i})hc_{o,i} - P_{csp,i}hc_{csp,i}\}}{2\mu_i}]\sqrt{\theta_{o,i}} \quad --(14)$$

식 (14)과 제약식 (2)를 이용하여 초기 구입량

$Q_{csp,i}$ 을 구하면 식 (15)과 같으며,

$$Q_{csp,i} \geq \theta_{o,i} + \Phi^{-1}[1 - \frac{Q_{o,i}\{2(T-P_{csp,i})hc_{o,i} - P_{csp,i}hc_{csp,i}\}}{2\mu_i}]\sqrt{\theta_{o,i}} + \lambda_i P_{csp,i} \quad \text{-- (15)}$$

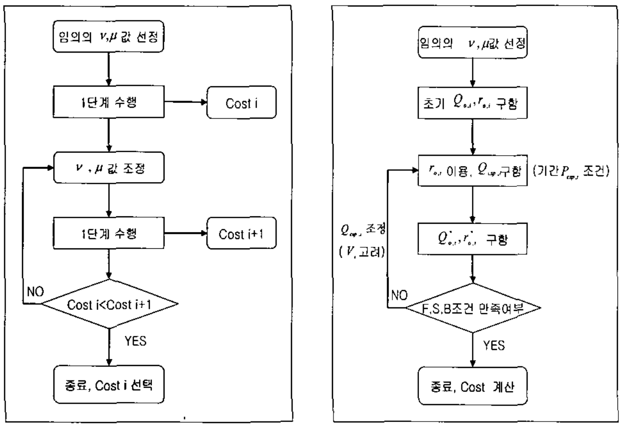
여기에서 v , μ 는 Lagrangian 상수이다.

그리고, 분배센터에서 제품 i에 대한 리드타임동안의 평균수요는 앞에서 언급하였듯이 리드타임동안의 수요를 정규분포로 가정하여 근사적으로 구하면 식 (16)와 같은 형태가 된다.

$$\begin{aligned} & s_{o,i}(r_{o,i}, Q_{o,i}) \\ &= \sum_{\mu=r_{o,i}}^{\infty} (\mu - r_{o,i})\phi(\frac{\mu - \theta_{o,i}}{\sqrt{\theta_{o,i}}}) \\ &= \sum_{\mu=0}^{\infty}[1 - \Phi(\frac{\mu - \theta_{o,i}}{\sqrt{\theta_{o,i}}})] - \sum_{\mu=0}^{r_{o,i}}[1 - \Phi(\frac{\mu - \theta_{o,i}}{\sqrt{\theta_{o,i}}})] \\ &= \sum_{\mu=r_{o,i}}^{\infty}[1 - \Phi(\frac{\mu - \theta_{o,i}}{\sqrt{\theta_{o,i}}})] \quad \text{---- (16)} \end{aligned}$$

3.2 해 탐색절차

각 결정변수에 대하여 해를 구한 다음에 최적해를 찾기 위하여 다음의 두 가지 절차를 따르면 된다.



〈그림 3〉 최적해를 찾기 위한 단계 1과 2

단계 1 (내부루트) : $Q_{csp,i}$ 변화에 따른 해

(1-1) 임의의 v, μ 값을 지정하여 $Q_{o,i}$, $r_{o,i}$ 와 $Q_{csp,i}$ 값(i=1, 2, ..., n)을 구한다. 여기에서 $Q_{o,i}$ 와 $r_{o,i}$은 값이지만 $Q_{csp,i}$ 은 범위의 값(일정 정수값 이상) 으로 나타난다.

(1-2) 위에서 구한 값 $Q_{o,i}$ 와 $r_{o,i}$ 그리고, 범위 중 최소의 값 $Q_{csp,i}$ 을 가지고 품목별 제약조건($P_{csp,i}$, $F_{o,i}$, $S_{o,i}$)을 검토한다.

(1-3) 품목별 제약조건을 만족한 경우에는 전체 구입비용 구입비용(B)을 만족하는지를 확인하고, 만족하지 못할 경우에는 품목에 대한 구매비중을 구하여 $Q_{csp,i}$ 량을 일정량만큼 증가 혹은 감소시킨다.(가격파괴 효과 및 전체 소요예산 감소 효과)

(1-4) 위 품목별 제약조건($P_{csp,i}$, $F_{o,i}$, $S_{o,i}$)과 전체 제약조건(B)을 만족하면 $s_{o,i}(r_{o,i}, Q_{o,i})$의 값을 구한다.

단계 2 (외부루트) : v,μ 의 변화에 따른 해 탐색

(2-1) 임의의 v,μ값을 지정하여 단계 1(내부루트)을 수행하여 결정변수를 구하여 전체 소요예산을 계산한다.

(2-2) v, μ값을 증가하여 결정변수 및 전체 소요예산을 구한다.

(2-3) 전체 소요예산이 v,μ 값의 조정전의 전체 소요예산과 비교하여 비용이 감소하면 (2-1)과 (2-2)를 반복하고, 반면 비용이 증가할 경우 계산을 멈추고 현재 중에 최소의 전체 소요예산을 구성하는 결정변수, 구입비 및 전체 소요예산이 해로 선택된다.

4. 실험결과 및 분석

본 연구에서는 1개의 분배센터와 다수의 고객으로 구성된 2계층 수리부속 분배시스템을 모형으로 하였으며 장비의 부품수는 10가지 를 고려하였고, 제품의 수요는 각각 다른 포아송분포로 발생하며 제품별 가격 및 리드타임이 다르다고 가정한다.

<표 1> 입력데이터

구 분	$cc_{csp,i}$	$cc_{o,i}$	$hc_{csp,i}$	$hc_{o,i}$	$sc_{o,i}$	λ_i	$l_{o,i}$	$P_{csp,i}$
품목 1	38	40	11.4	7.02	2	10	100	1
품목 2	34	36	10.2	6.3	2	20	90	1
품목 3	30	32	9	5.58	2	30	80	1
품목 4	26	28	7.8	4.86	2	40	70	1
품목 5	22	24	6.6	4.14	2	50	60	1
품목 6	18	20	5.4	3.42	1	60	50	1
품목 7	14	16	4.2	2.7	1	70	40	1
품목 8	10	12	3	1.98	1	80	30	1
품목 9	6	8	1.8	1.26	1	90	20	1
품목 10	2	4	0.6	0.54	1	100	10	1

<표 2> 분배센터에서 결과값

구 분		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	합계
서비스 85%	Q_{csp}	18	28	38	48	58	68	78	100	146	192	
	$Q_{o,i}$	3	8	13	18	23	28	33	35	31	27	
	$r_{o,i}$	4	5	6	6	6	5	5	3	1	0	
	$h_{csp,i}(Q_{csp,i})$	7	11.5	16	21	26	31.5	36.5	48.5	72.5	96	
	$h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	2.76	4.07	5.92	7.33	9.28	10.78	13.83	13.93	11.57	10.76	
	$s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	0.34	0.97	1.64	2.51	2.98	3.85	3.34	4.13	4.45	3.25	
	구입비	1227	2147	2827	3267	3467	3427	3147	2615	1819	783	24,726
	전체비용	1346	2318	3040	3507	3721	3675	3378	2820	1983	855	26,643
서비스 90%	Q_{csp}	14	32	42	48	58	76	86	104	118	148	
	$Q_{o,i}$	4	7	12	18	23	26	31	34	38	36	
	$r_{o,i}$	4	6	7	7	7	7	6	4	2	0	
	$h_{csp,i}(Q_{csp,i})$	5	13	17.5	20.5	25.5	34.5	40	50	58	74	
	$h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	3.26	4.57	6.42	8.33	10.28	11.78	13.83	14.43	16.07	15.26	
	$s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	0.34	0.62	1.05	1.78	2.20	2.20	2.51	3.22	3.49	3.25	
	구입비	1231	2143	2823	3267	3467	3419	3139	2611	1847	803	24,750
	전체비용	1335	2334	3054	3511	3725	3688	3384	2821	1995	867	26,714
서비스95%	Q_{csp}	18	28	38	52	66	80	94	108	130	164	
	$Q_{o,i}$	3	8	13	17	21	25	29	33	35	34	
	$r_{o,i}$	5	7	8	9	9	9	8	6	4	2	
	$h_{csp,i}(Q_{csp,i})$	6.5	10.5	15	21.5	28.5	35.5	43	51	63	81	
	$h_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	.3.77	6.07	7.92	9.83	11.28	13.28	14.83	15.93	16.57	16.26	
	$s_{o,i}(r_{o,i},Q_{o,i})$	0.12	0.31	0.62	0.74	1.00	1.00	1.19	1.64	1.77	1.45	
	구입비	1227	2147	2827	3263	3459	3415	3131	2607	1835	811	24,722
	전체비용	1354	2331	3052	3528	3743	3699	3393	2825	1992	879	26,796

<표 1>은 각 품목별 입력 데이터로 각 구입, 재고 및 재고고갈 비용, 년간 수요, 그리고 리드타임은 10일에서 100일까지 걸린다. 그리고 각 제품에 대한 주문비용은 전품목에 대하여 동일하게 1,500달러이며, 추가 주문횟수 4회, 구입 제한비용은 24,750백달러, 고객에 대한 서비스율 85~95%, 장비운영기간은 3년으로 하였다.

<표 2>는 실험결과로서 분배센터에서의 초기 구입량, (r,Q) 정책 시 주문량, 재주문점 및 재고고갈량 등과 전체 구입비 및 소요예산에 대한 해를 보여준다.

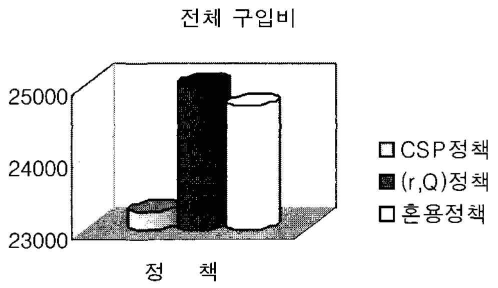
분배센터에서 고객에 대한 고객서비스율을 증가하면 이에 대한 구입비 및 재고투자비가 증가하고, 각 제품에 대한 재주문점도 증가하는 것을 볼 수 있다.

<표 3> 정책별 분배센터에서 결과값

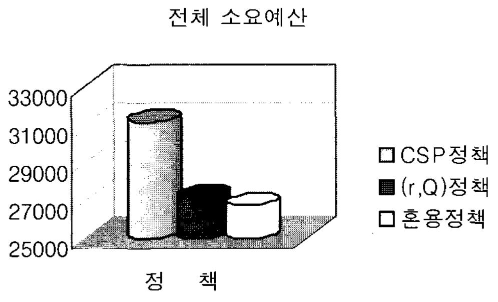
구 분		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	계
CSP	Q_{csp}	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	
	구입비	1155	2055	2715	3135	3315	3255	2955	2415	1635	615	23,250
	전체비용	1537	2739	3622	4186	4431	4357	3963	3250	2218	867	31,170
(r,Q)	$Q_{o,i}$	8	15	23	30	38	45	53	60	68	75	
	$r_{o,i}$	4	6	7	8	8	7	6	5	3	0	
	구입비	1245	2175	2865	3315	3525	3495	3225	2715	1965	975	25,500
	전체비용	1379	2360	3076	3533	3762	3714	3422	2873	2076	1025	27,220
혼합	Q_{csp}	18	28	38	52	66	80	94	108	130	164	
	$Q_{o,i}$	3	8	13	17	21	25	29	33	35	34	
	$r_{o,i}$	5	7	8	9	9	9	8	6	4	2	
	구입비	1227	2147	2827	3263	3459	3415	3131	2607	1835	811	24,722
	전체비용	1354	2331	3052	3528	3743	3699	3393	2825	1992	879	26,796

제품별로 동일한 고객 서비스율에서 리드타임이 클수록 재주문점은 증가한다. 그리고 혼합재고정책이 얼마나 효율적인가를 알아보기 위하여 동일한 서비스 수준(95%) 및 전체 주문횟수(5회)의 동일한 조건하에서 CSP 재고정책과 (r,Q) 재고정책에 대한 비교 실험한 결과, 혼합 재고정책이 기존의 CSP 및 (r,Q) 재고정책에 비해 효율적임을 나태내고 있으며 <표 3>과 <그림 5, 6>는 실험 결과를 나타태고 있다.

한편, 혼합 재고정책과 CSP 및 (r,Q) 재고정책에 대한 분배센터에서의 결과값을 비교 해 보면, 가격파괴 효과로 인하여 구입비 측면에서는 CSP, 혼합, (r,Q) 재고정책 순으로 비용이 적게 들었으며, 장비 유지에 소요되는 전체 소요예산 측면에서는 혼합재고정책이 가장 효율적임을 확인할 수 있다. 그리고 재고 정책간에 좀더 정확한 비교를 하기 위하여 민감도 분석을 실시하였는데 <표 4>는 동일한 주문비용(각품목별 1500달러)하에서 전체 주문회수별 민감도를 분석한 결과를 보여주고 있다.



<그림 4> 정책별 전체 구입비



<그림 5> 정책별 전체 소요예산

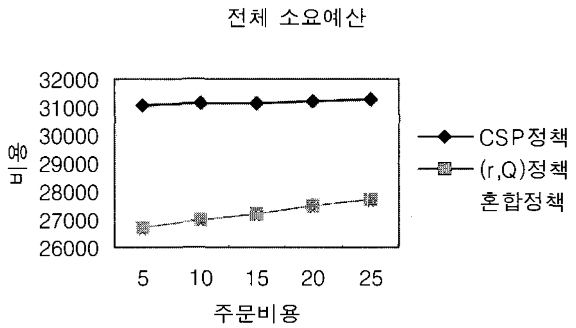
또한, <표 5>와 <그림 6>은 전체 주문회수를 5회로 고정한 상황에서 주문비용에 대한 민감도를 분석한 결과이며 이때에도 혼합재고정책이 가장 경제적임을 알 수 있다.

<표 4> 주문횟수별 민감도 분석 실험

구 분	주 문 횟 수				
	3	4	5	6	7
CSP 정책	31,170	31,170	31,170	31,170	31,170
(r,Q) 정책	27,812	27,616	27,220	27,154	27,770
혼합정책	27,079	26,862	26,796	26,830	27,030

<표 5> 주문비용별 민감도 분석 실험

구 분	주 문 비 용				
	5	10	15	20	25
CSP 정책	31,070	31,120	31,170	31,220	31,270
(r,Q) 정책	26,720	26,970	27,220	27,470	27,720
혼합정책	26,296	26,546	26,796	27,046	27,296



<그림 6> 주문비용별 민감도 분석결과

5. 결 론

본 연구에서는 효율적인 재고관리를 위하여 CSP 재고정책과 (r,Q) 재고정책을 혼합한 재고정책을 제시하였고, 또한, 수리모형의 현실성을 부여하기 위하여 통합된 예산을 최소화하는 목적식과 여러 가지 제약조건을 반영하여 해를 구하였다. 그리고, 본 논문에서 제시한 혼합재고관리 모델에 대한 평가를 위하여 기존의 CSP 재고정책 및 (r,Q) 재고정책과 비교하였으며, 비교결과 장비 유지예산 측면에서 혼합재고정책이 다른 재고정책보다 효율적임을 알 수 있다.

추후 연구사항으로서는 일반적인 정기재고 정책과 연속재고 정책과의 혼합재고 정책에 대하여 폭넓은 연구가 필요하다.

6. 참 고 문 헌

[1] 황흥석. "초기보급 예비부품을 위한 예산결정 모델 연구." 한국군사운영분석학회지, 16 (1990) : 75-82

[2] 오근태, 김명수. "운용가용도 제약하에서 소모성부품과 수리순환부품이 혼재된 동시조달부품의 최적구매량 결정." 산업경영시스템학회지, 23 (2000) : 53-67

[3] 오근태, 나윤균. "운용가용도 제약 하에서의 소모성 예비부품의 구매량 결정을 위한 해법.", 한국시뮬레이션학회지, 10 (2001) : 83-94

[4] 오근태. "자금 제약 하에서의 동시조달부품의 최적 구매량 결정.", 공업경영학회지, 20 (1997) : 123-134

[5] 김성호, 박삼준. "동시조달 수리부속(CSP : Concurrent Spare Parts) 소요 산출모델 연구.", 한국군사운영분석학회지, 19, 2 (1993) : 139-157

[6] 김영호, 정일교, 전치혁. "예산제약하에서 동시조달 수리부속의 적정소요 산출." IE Interfaces 14 (2001) : 286-295

[7] Nahmias, S. and Smith, S. "Mathematical models of retailer inventory systems." a review, Perspectives in Operations Management, Eassys in Honor of Elwood S. Buffa, Sarin, P.K.(ed), Kluwer, Bosto, MA (1992) : 249-278

[8] Hopp, W.J., Spearman, M.L., Zhang, R.Q. "An easily implementable hierarchical heuristic for a two-echelon spare parts distribution system." IIE Transactions 31 (1999) : 977-988

[9] Ahire, S.L., Schmidt, C.P.. " A model for a Mixed Continuous-Periodic Review One-Warehouse, N-Retailer inventory system.", Operations Research 92 (1996) : 69-82

[10] Sherbrooke. C., "Metric:a multi-echelon technique for recoverable item control.", Operations Research 16 (1968) : 122-141

[11] Sherbrooke. C.,"Vari-metric:improved appro ximations for multi-indenture, multi-echelon availability models.", Operations Research 34 (1986) : 311-319

[12] F.Russel Richard, Alan W. McMaster. "Wholesale Provisioning Model.", NPS 55-83-206 (1983)

저 자 소 개

정 석 재

한국해양대학교 물류시스템공학과를 졸업하고, 연세대하교에서 산업공학 석사를 취득하고, 현재 동 대학원에서 산업공학 박사과정 중에 있다. 공급사슬 관리와 스케줄링이 주 전공이면서 이를 바탕으로 재고 정책 및 생산 및 분배계획, 지능형 생산 시스템 등에 많은 관심을 가지고 연구 중이다.

주소: 서울시 서대문구 신촌동 연세대학교 정보산업공학과

이 정 학

공군사관학교에서 산업공학을 전공하고, 연세대학교 산업공학 석사를 취득하였다. 현재 공군사관학교 보급대에 근무중이다. 공급사슬 관리가 관심분야 이며, 이를 바탕으로 군 관련 재고 정책에 대한 연구를 수행하고 있다.

주소: 충북 청주시 상당구 용담동 부영 e 그린 1차 302동 401호

김 경 섭

연세대학교 기계 공학과를 졸업하고, Univ. of Nebraska-Lincoln 에서 산업공학 석사를 취득하고, North Carolina State Univ에서 산업공학 박사를 취득하였다. 현재 연세대학교 정보산업공학과 교수로 재직중에 있다. 물류와 시뮬레이션에 관심이 많으며, 이를 바탕으로 공장 내 AGV 최적경로, 공장 배치, 공급사슬 시뮬레이션 등에 관한 연구를 진행중에 있다.

주소: 서울시 서대문구 신촌동 연세대학교 정보산업공학과