

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

윤 승 철*

目 次

- I. 序 論
- II. 각지점과 전체시스템의 서비스수준과 안전재고 관계
- III. 비상공급과 최적조정
- IV. 結 論

I. 序 論

재고유통시스템은 일반적으로 광범위한 지역의 고객 수요를 충족시키기 위하여 사용된다. 시스템(기업)의 특성에 따라 제품을 보유하는 단위로서 재고분배센터, 창고, 지점, 매장이 사용되며, 각지역을 담당하는 보유단위들은 시스템 전체의 목표 서비스 수준을 달성하기 위하여 적절한 재고조정을 해야 한다. 이러한 상황하에서는 한 보유단위에서 재고부족이 발생한 경우에 동일한 단계의 다른 보유단위들로부터 부족한 재고량을 빠르게 공급받음으로써 효과적으로 고객수요를 충족시킬 수 있다. 즉, 재고부족발생시 동일한 단계의 보유단위 사이의 비상공급의 이용은 미납품주문량이 감소 됨으로써 미납품주문에 따른 비용을 줄일수 있게 해주며, 또는 유실판매량을 감소시킨다. 그러나 전체 재고유통시스템의 최적 재고조정을 위해서는 비상공급에 따른 운송비 또는 공급처리비등의 비용의 발생과 비상공급을 제공한 보유단위의 재고수준 하락으로 인한 수요충족능력의 감소를 동시에 고려해야 한다.

이 연구는 기본적으로 각 지역을 담당하는 여러개의 지점들로 이루어진, 그리고 지점들 사이의 비상공급이 허락된 재고유통시스템의 재고조정을 분석한다. 즉 논문의 목적은 위의 상황 하에서 전체 재고유통시스템(즉 전 지역)의 목표서비스수준(Goal Service Level)을 달성하기위하여 각 지역을 담당하는 N 개의 지점의 서비스수준은 어떻게 결정해야 하며,

* 本 研究所 研究員, 商經大學 經營學科 助教授

또한 타 지점의 비상공급을 통해 수요를 충족시킬때 비상공급량과 시스템 전체의 서비스 수준은 어떻게 결정되는가에 대한 답을 얻는 것이다. 재고부족시 비상공급지점의 선택과 적정공급량을 결정하기 위해서는, 제품의 특성에 따라 다르지만, 지점의 수요충족에 대한 우선순위등의 특정한 가정이나 미납품주문에 대한 확률분포등을 이용할 수 있다. 그러나 일반적으로 특정한 가정의 수용과 이러한 확률분포의 분석이 용이하지 않을 것이다. 따라서 이 연구는 보다 일반적인 상황을 고려하여 전통적인 서비스수준(즉, 충족된 수요량/총 수요량)과 함께 비상공급을 추가한 서비스 수준의 개념으로써 비상서비스수준을 정의함으로써 문제해결을 시도한다.

비상공급(emergency lateral sourcing)을 사용한 초기의 모델로서 Das(1975)의 모델은 두개의 재고보유단위로 이루어진 시스템을 설명하고있다. 그러나 이 모델에서 제시한 방법은 보유단위의 갯수가 늘어나는 경우 제한이 따르게 된다. 단일기간 모델로서 Hoadley와 Heyman(1977)의 모델은 동일한 단계에 있는 재고보유단위들의 비상공급을 사용하여 다단계 재고모델을 설명하고 있다. 이와 흡사한 형태로서 Karmarkar와 Partel(1977)은 운송문제와 신문배달 문제의 계산방법을 이용하여 다단계 재고모델(multi-echelon model)을 설명하고 있다. 이 모델들은 확률적 주문수준 시스템을 기초로 하며 재고 계획기간을 특정한 한기간으로 제한하고 있다. Graves(1985), Sherbrooke(1986), 그리고 Lee(1987)는 미납품주문의 확률분포를 이용하여 비상공급을 분석하며, 결합이 있는 제품에 대해 수평적 비상공급을 이용하여 교환해주는 상황을 설명하고 있다.

II. 각 지점과 전체시스템의 서비스수준과 안전재고 관계

1. 모델과 데이터

재고수준의 조사방법으로써 연속조사방법을 사용한다. 즉, 각 지점은 보유재고량과 경제적으로(또는 외부공급자와의 합의로) 결정된 주문량의 합이 주문점에 이르게되면 결정된 일정량의 주문량을 외부공급자에게 주문하며, 주문된 양의 제품 또는 부품은 얼마간의 리드타임이 경과된 후 도착한다. 이 방법은 컴퓨터 시스템의 사용이 보편화 됨에따라 제품의 입출고 현황이 항상 집계될 수 있기 때문에 효과적으로 재고수준을 조사할 수 있는 방법중의 하나이다. 또한 주문된 제품이 도착되기전 재고부족상황이 발생하는 경우 비상공급이

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

가능한 지점들로부터 수요를 충족시키기위해 비상공급을 받게되며, 비상공급이 가능한 지점이 없을 때 외부공급자에게 미납품주문이 이루어짐을 가정한다.

고객의 수요는 예측을 이용하며 동시에 확률변수로서의 수요를 이용한다(정규부포 이용). 수요의 예측은 전지역(전체시스템)을 기초로하여 이루어지며, 전지역의 예측수요는 각 지점들의 과거 수요의 비율(확률)을 근거로 하여 할당되는 방법을 사용한다. 수요의 예측이 전지역을 기준으로 할 것인가 또는 각지점을 기준으로 할 것인가에 대한 문제는 참고문헌 [9]에서 자세히 논의되고 있다. 예측오차의 가장 일반적인 측정값은 한 기간 앞의 예측오차의 표준편차(standard deviation of forecast error) 값이다. 이 표준편차는 과거 기간의 예측수요량과 실제수요량을 비교함으로써 얻어지게 된다. 결정된 전지역의 예측오차의 표준편차를 이용하여 각 지점의 예측오차의 표준편차가 결정되며, 계속해서 각 지점의 안전재고량과 주문점이 결정된다.

이 연구는 두 가지 개념의 서비스수준을 사용한다. 이들을 $SL_{m,i}$ 와 $SL_{s,i}$ 로 각각 표시하면 $SL_{m,i}$ 는 지점 i 의 총수요중 지점 i 의 재고로부터 충족된 수요량을 의미하며, $SL_{s,i}$ 는 연구목적에 의해 다음과 같이 정의한다. 즉

$$SL_{s,i} = \frac{\delta + \gamma}{\xi}$$

- δ : 지점 i 의 재고로부터 충족되는 수요량
- γ : 지점 i 의 재고부족시 타지점의 비상공급으로부터 충족되는 수요량
- ξ : 지점 i 의 총수요량

으로 정의한다. 본 논문에서 이 $SL_{s,i}$ 를 지점 i 의 비상서비스수준으로 부르기로 한다. 위의 관계에서 비상공급을 이용하지 않는 경우 $SL_{s,i}$ 와 $SL_{m,i}$ 는 같게 되며, 비상공급시스템을 채택하는 경우 $SL_{s,i} \geq SL_{m,i}$ 의 관계를 갖는다. 또한 한 주문주기당 비상공급량은 지점 i 의 안전재고와 주문점 결정에는 영향을 주지않으므로, 지점 i 의 안전재고와 주문점은 $SL_{m,i}$ 를 사용하여 결정된다.

(데이터)

분석을 위한 input 데이터는 다음과 같다.

- f = 시스템 전체의 예측수요/월.
- σ = 예측오차의 표준편차.

- q = 시스템 전체의 주문량/주문주기.
- SL_{hi} = 지점 i 의 설정서비스수준.
- SL_{mi} = 지점 i 의 비상서비스수준.
- l = 지점 i 의 평균 리드타임.
- p_i = 지점 i 에 할당되는 수요의 비율.
- c_h = 평균 재고유지비용/한단위/주문주기.
- c_b = 평균 미납품주문비용/한단위/주문주기.
- c_c = 평균 비상공급비용/한단위/주문주기.
- N = 지점의 갯수.

2. 각 지점의 재고조정과 전체시스템의 서비스수준 관계

각 지점의 재고정책을 결정하기 위해 먼저 주어진 설정서비스수준을 기초로하여 안전재고와 주문점을 결정한다. 이 과정은 수요의 예측값과 확률적수요의 특성을 이용하여 전개한 참고문헌 [10]과 흡사한 방법이므로 간략히 전개한다. 지점 i 의 월 예측수요와 월 예측수요의 표준편차를 각각 f_i 와 σ_i 라 하면, 각 지점의 수요발생이 독립적일 때 이 값들은

$$f_i = p_i \cdot f \quad (1)$$

$$\sigma_i = \sqrt{f \cdot p_i \cdot (1-p_i) + p_i^2 \cdot \sigma^2} \quad (2)$$

의 관계에서 결정되며, 또한 지점 i 의 리드타임 기간의 예측수요(f_{bi})와 예측수요의 표준편차(σ_{bi})는

$$f_{bi} = f_i \cdot l \quad (3)$$

$$\sigma_{bi} = \sqrt{l} \cdot \sigma_i \quad (4)$$

의 관계에서 얻어진다. 각 지점의 리드타임 수요는 정규분포로 가정할때 부분기대값(partial expectation) $E(\kappa)$ 는

$$E(\kappa)_i = (1 - SL_{hi}) \cdot q_i / \sigma_{bi} \quad (5)$$

의 관계에서 얻어지며, q_i 는 지점 i 의 주문주기당 주문량을 나타낸다. 이 모델에서 q_i 는 $q_i = p_i \cdot q$ 의 관계를 사용하여 계산된다. 참고로 안전요인(κ_i)은 위에서 구해진 $E(\kappa)_i$ 값을

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

이용하여 관계식 $E(\kappa)_i = f(\kappa_i) - \kappa_i \cdot (1 - \int_{-\infty}^{\kappa_i} f(z) dz)$ 에서 수학적 계산방법을 통하여 계산된다. $f(z)$ 는 표준정규분포 확률함수이며, $f(\kappa_i) = \sqrt{1/2\pi} \cdot \exp(-\kappa_i^2/2)$ 의 관계를 갖는다(참고문헌 [1]). 이 방법에 의하여 지점 i 의 안전재고량(ss_i)과 주문점(op_i)이 다음과 같이 결정된다. 즉

$$ss_i = k_i \cdot \sigma \ell_i \tag{6}$$

$$op_i = f \ell_i + ss_i \tag{7}$$

이다. 여기서 각 지점의 안전재고량(ss_i)과 시스템 전체의 안전재고량(ss)은

$$ss = \sum_{i=1}^N ss_i \tag{8}$$

의 관계를 갖게되며, 시스템 전체의 서비스수준(SL)의 결과는 목표로 설정된 지점들의 서비스수준의 가중평균을 이용하여 다음과 같이 정의된다. 즉

$$SL = \sum_{i=1}^N SL_{hi} \cdot p_i \tag{9}$$

이며 p_i 는 지점 i 의 수요할당 비율을 나타낸다.

〈표 1, 2〉는 임의로 선택된 데이터를 이용하여 계산된, 시스템 변화에 따른 안전재고량과 서비스수준 결과를 보여준다. 표에서 cv 값(coefficient of variation)은 σ/f 를 의미하며, 시스템 전체의 안전재고량은 수요량과의 비교를 위해 수요량의 개월분, 즉(ss/f)로 나타낸다. 또한 지점과 전체시스템의 서비스수준 관계를 쉽게 해석하기위해 각 지점의 수요할당 비율(p_i)을 일정하게 사용하였다. 예로써 8지점 시스템의 경우 p_i 값은 각 지점마다 모두 .125를 사용함으로써, 전체시스템의 서비스수준(SL)결과가 .95(95%)일 때 8개 지점의 설정서비스수준은 모두 95%임을 의미한다. 〈표 1〉에서, 5지점 시스템을 예로써 보면, 지점의 설정서비스수준이 각각 95%이고 각 지점의 평균리드타임(ℓ)이 2개월 일때, 시스템 전체의 서비스수준은 95%이며 안전재고량은 수요의 .14개월분으로 결정된다(즉 14개). 이 때 지점들의 월 예측수요량은 각각 $f \cdot p_i = 100 \cdot (.2) = 20$ 개이며, 주문주기당 주문량은 각각 $q \cdot p_i = 200 \cdot (.2) = 40$ 개이다. 표에서 (-)값의 안전재고량은 실제 관리 상

產 業 研 究

〈표 1〉 전지역의 서비스수준과 안전재고량(개월)

$$f = 100, q = 200, cv = .2$$

(2 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.37	-.33	-.29	-.26	-.21	-.17	-.12	-.06	.01	.12
1.0		-.37	-.33	-.29	-.24	-.20	-.15	-.09	-.02	.07	.22
1.5		-.37	-.32	-.28	-.23	-.18	-.12	-.06	.02	.12	.29
2.0		-.36	-.31	-.26	-.21	-.16	-.10	-.03	.06	.17	.36
2.5		-.35	-.30	-.25	-.20	-.14	-.07	.00	.09	.21	.42
3.0		-.34	-.29	-.24	-.18	-.12	-.05	.03	.12	.25	.48
3.5		-.33	-.28	-.22	-.16	-.10	-.03	.06	.16	.29	.53
4.0		-.32	-.26	-.21	-.14	-.08	.00	.08	.19	.33	.58

(5 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.37	-.33	-.29	-.25	-.20	-.15	-.10	-.04	.04	.18
1.0		-.37	-.32	-.28	-.23	-.17	-.12	-.05	.03	.13	.31
1.5		-.35	-.30	-.25	-.20	-.14	-.08	.00	.08	.20	.41
2.0		-.34	-.28	-.23	-.17	-.11	-.04	.04	.14	.27	.50
2.5		-.32	-.26	-.21	-.14	-.08	.00	.08	.19	.33	.58
3.0		-.30	-.24	-.18	-.12	-.05	.03	.12	.23	.39	.66
3.5		-.28	-.22	-.16	-.09	-.02	.07	.16	.28	.44	.73
4.0		-.26	-.20	-.14	-.07	-.01	.10	.20	.32	.49	.80

(8 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.37	-.33	-.29	-.24	-.19	-.14	-.08	-.01	.08	.23
1.0		-.36	-.31	-.26	-.21	-.15	-.09	-.02	-.07	.18	.39
1.5		-.33	-.28	-.23	-.17	-.11	-.03	-.05	.14	.28	.51
2.0		-.31	-.25	-.19	-.13	-.06	.01	.10	.21	.36	.62
2.5		-.28	-.22	-.16	-.09	-.02	.06	.16	.27	.43	.72
3.0		-.26	-.20	-.13	-.06	.02	.11	.21	.33	.50	.82
3.5		-.23	-.17	-.10	-.02	.06	.15	.26	.39	.57	.90
4.0		-.21	-.14	-.07	.01	.09	.19	.30	.44	.63	.99

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

〈표 2〉 전지역의 서비스수준과 안전재고량(개월)

$$f = 100, q = 200, cv = .5$$

(2 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.35	-.30	-.25	-.19	-.13	-.07	.02	.10	.22	.43
1.0		-.29	-.23	-.17	-.10	-.03	.05	.14	.26	.41	.70
1.5		-.23	-.16	-.10	-.02	.06	.15	.26	.39	.58	.91
2.0		-.17	-.10	-.02	.06	.15	.25	.37	.52	.72	1.10
2.5		-.11	-.04	.04	.13	.23	.34	.47	.63	.85	1.27
3.0		-.05	.02	.11	.20	.31	.42	.56	.73	.97	1.42
3.5		.00	.08	.17	.27	.38	.50	.65	.84	1.09	1.55
4.0		.05	.14	.23	.34	.45	.58	.74	.93	1.20	1.70

(5 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.34	-.29	-.24	-.18	-.12	-.05	.02	.12	.24	.47
1.0		-.28	-.22	-.15	-.09	-.01	.07	.17	.29	.45	.75
1.5		-.21	-.14	-.07	.01	-.09	.19	.30	.44	.63	.98
2.0		-.14	-.07	.01	.09	-.19	.29	.41	.57	.78	1.18
2.5		-.08	.00	.08	.17	-.27	.39	.52	.69	.92	1.36
3.0		-.02	.07	.15	.25	-.36	.48	.62	.80	1.06	1.52
3.5		.04	.13	.22	.32	-.44	.57	.72	.91	1.18	1.66
4.0		.10	.19	.29	.40	-.52	.65	.81	1.01	1.30	1.82

(8 지점 시스템)

	SL	81	83	85	87	89	91	93	95	97	99
<i>li</i>											
0.5		-.33	-.28	-.23	-.17	-.11	-.04	-.04	.14	.27	.50
1.0		-.26	-.20	-.14	-.07	.01	.10	.10	.32	.49	.80
1.5		-.19	-.12	-.05	.03	.12	.22	.22	.48	.68	1.04
2.0		-.12	-.04	.04	.13	.22	.33	.33	.62	.84	1.25
2.5		-.05	.03	.12	.21	.32	.44	.44	.75	.99	1.44
3.0		.02	.11	.20	.30	.41	.54	.54	.87	1.13	1.62
3.5		.09	.18	.27	.38	.49	.63	.63	.99	1.26	1.77
4.0		.15	.24	.34	.45	.58	.72	.72	1.10	1.39	1.94

황에서 0으로 간주된다. <표 1, 2>의 종합적 결과로써, 시스템 전체의 서비스수준이 높을 수록 또한 각 지점의 리드타임이 길수록 안전재고량은 증가하며, 전체시스템의 예측오차가 클수록 안전재고량은 증가한다. 또한 시스템 전체의 서비스수준, 수요량, 주문량, 지점의 리드타임등이 모두 같더라도 지점의 갯수가 증가함에 따라 시스템 전체의 안전재고량은 증가함을 보여준다.

Ⅲ. 비상공급과 최적조정

1. 비상서비스수준과 비상공급량 결정

Ⅱ장에서 전개하는 방법과 정의를 기초로하여 비상서비스수준과 비상공급량을 분석한다. 지점 i 의 한 주문주기동안 재고부족이 발생했을 때, 타 지점에 요구되는 비상공급량을 θ_i 라 하면 θ_i 값은 다음과 같이 결정된다. 한 서비스수준을 SL' 라 하자. 이 SL' 를 재고부족발생 확률의 함수관계로써 표현하면

$$SL' = (SL'|\bar{o}) \cdot p(\bar{o}) + (SL'|o) \cdot p(o)$$

$p(o)$: 재고부족발생 확률

o : 재고부족발생

의 관계를 갖는다. 따라서 SL_{hi} 과 SL_{ei} 는

$$SL_{hi} = 1 \cdot (1 - p(o)_i) + \{1 - E(s)_i / p(o)_i\} / q_i \cdot p(o)_i \quad (10)$$

$$SL_{ei} = 1 \cdot (1 - p(o)_i) + \{1 - E(s)_i / p(o)_i\} / \theta_i / q_i \cdot p(o)_i \quad (11)$$

의 관계로 표현된다. 식(10)과 (11)에서 $E(s)_i$ 는 지점 i 의 한 주문주기 동안의 부족량의 기대값을 나타내며, $E(s)_i / p(o)_i$ 는 재고부족이 발생했을때의 부족량의 기대값, 즉 미납품 주문량의 기대값을 의미한다. 이들 두 식의 관계로부터 θ_i 는 다음과 같이 결정된다. 즉

$$\theta_i = (SL_{ei} - SL_{hi}) \cdot q_i / p(o)_i \quad (12)$$

이며, $p(o)_i$ 의 값은 $p(o)_i = 1 - \int_{-\infty}^{k_i} f(z) dz$ 로부터 안전요인 k_i 값을 이용하여 계산된다.

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

$\theta_i = 0$, 즉 $SL_{e,i} = SL_{a,i}$ 의 상황은 비상공급시스템을 이용하지 않음을 가리킨다. 지점 i 에서 한 주문주기 동안 재고부족이 발생한 타지점들에게로 공급할 비상공급량은 시스템의 상황에 따라 제한을 두지 않을 수 있으나, 이 모델에서는 위에서 결정된 θ_i 로 제한함을 가정한다. 즉 한 주문주기 동안 지점 i 는 타지점들로 θ_i 까지 공급할 수 있으며, 재고부족발생의 경우 공급가능한 타지점들로부터 최대 θ_i 만큼 충족된다. 시스템 전체의 한주기 동안 총부족량을 s , 충족된 총비상공급량을 α , 총미납품주문량을 β 라 하면, ($\beta = s - \alpha$)의 관계를 갖는다. 즉 $(s - \alpha)$ 의 양은 순수총부족량을 의미하며, 재고부족이 발생한 지점이 m 개라면 α 는 $0 \leq \alpha \leq \sum_{i=1}^m \theta_i$ 의 범위를 갖는다.

2. Simulation 분석과 최적 조정

위에서 전개한 수식들과 함께 simulation을 이용하여 비상공급시스템을 분석한다. 예를 들어 5지점 시스템($N=5$)에서 input 데이터와 함께 목표로 설정된 $SL_{a,i}$ 와 $SL_{e,i}$ 를 기초로 하여 θ_i 값이 3개로 결정되었다 하자. 그리고 한 주문주기의 시작재고량(I_i)이 5개 지점에서 각각 20개이고, 이 주문주기동안 실제 수요량(X_i)이 $X_1 = 25$, $X_2 = 16$, $X_3 = 26$, $X_4 = 17$, $X_5 = 19$ 개 이었다면, 이 주문주기 동안의 결과는(지점 1: $X_1 - I_1 = 5$ 개 부족), (지점 2: $I_2 - X_2 = 4$ 개 남음), (지점 3: $X_3 - I_3 = 6$ 개 부족), (지점 4: $I_4 - X_4 = 3$ 개 남음), (지점 5: $I_5 - X_5 = 1$ 개 남음)와 같다. 이 상황에서 지점 2, 4, 5에서 공급가능한 양은($3+3+1=8$)개이고, 지점 1과 지점 3이 이 주문주기 동안 받을 수 있는 총비상공급량은 ($\theta_1 + \theta_3 = 6$)개이다. 따라서 ($s = 5+6 = 11$)개, ($\alpha = 6$)개, ($\beta = s - \alpha = 11 - 6 = 5$)개의 결과가 얻어진다. 이 예에서 비상공급시스템을 이용하지 않는 경우의 전지역 서비스수준을 $SL|e$, 이용하는 경우의 전지역 서비스수준을 $SL|e$ 라 하면, 이들은 각각

$$SL|e = 1 - s / \left(\sum_{i=1}^N X_i \right) = .89(89\%)$$

$$SL|e = 1 - (s - \alpha) / \left(\sum_{i=1}^N X_i \right) = .95(95\%)$$

이 된다. 참고로 지점 2, 4, 5에서 남은 재고량이 총 4개이었다면, 지점 1과 3이 실제로

받게되는 총비상공급량은($\alpha = 4$)개, 총미납품주문량은($\beta = s - \alpha = 11 - 4 = 7$)개이며, 전지역 서비스수준은($SL|e = .93$ (93%))이 된다.

이러한 관계들을 이용하여 설계된 simulation 결과들이 표 3(5지점 시스템)과 표 4(2지점 시스템)에서 제시되고 있다. 각 셀에 나타나있는 계산결과들은 모두 각각 500회 simulation실행 결과이다(즉 외부공급자에 대해 총 500회의 주문실행 결과). 확률변수의 simulation방법은 참고문헌 [6]을 참조한다. 표들은 각 지점의 수요의 발생비율을 모두 같은 값을 사용함으로써 작성되었다. 즉 5지점 시스템은 μ 를 각각 .2, 2지점 시스템은 각각 .5로 할당한 결과이다. 예로써 표3의 한 결과를 보면, 각 지점의 설정서비스수준이 90%이고 비상서비스수준을 95%로 결정했을때, 계획된(요구되는) θ_i 는 4개이며 실제 충족되는 총비상공급량은 $\alpha = 7$ 개를 가리킨다. 이때 결과적으로 전지역 서비스수준(SL)은 94%를 유지하게 된다. 역으로 전지역 목표 서비스수준이 94%이고, θ_i 를 4개로 계획한다면 각지점의 설정서비스수준을 90%로써 설정해야 한다. 제시하는 결과들을 종합하면, 첫째, 비상서비스수준의 증가는 미납품주문량을 감소시키며 이에따라 전지역 서비스수준이 증가하게 된다. 둘째, 설정서비스수준의 증가는 미납품주문량과 비상공급량을 모두 감소시키면서 결과적으로 전지역 서비스수준을 증가시키고 있다. 셋째, 미납품주문량과 전지역 서비스수준은 각 지점의 비상서비스수준의 변화보다 설정서비스수준의 변화에 의해 크게 변화한다. 그리고 지점의 수가 늘어날수록(같은 데이타값에 대해) 총비상공급량은 증가하게 되며 미납품주문량은 감소하게된다. 따라서 같은 값의 각지점 설정서비스수준과 비상서비스수준에 대해 지점이 많은 시스템의 전지역 서비스수준이 높은 결과를 나타낸다.

최적 조정

위의 결과에서 동일한 전지역 서비스수준에 대해 여러 대안이 제시되고 있다. 예로써 전지역 목표 서비스수준이 95%라 하자. 표 3과4에서 전지역 서비스수준 95%의 결과들을 나타내주는 영역(feasible solutions)이 굵은 선으로 표시되어 있다. 즉 같은 95%의 결과에 대해 각 지점의 설정서비스수준과 비상서비스수준의 여러 조합이 제시되고 있다. 이들 조합 중에서 최소비용의 조합을 탐색함으로써 재고비용에 대한 최적화를 이룰 수 있게 된다. 이 모델은 simulation을 통한 분석모델이므로 최적화 모델의 용어를 사용하기에 적절치 않으나 탐색을 통하여 최적값을 찾는 의미로써의 최적조정이라는 용어를 사용한다. 한 주문주기 동안 발생하는 총비용을 c 라 하면

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

〈표 3〉 지점간의 비상공급량과 전지역 서비스수준(simulation 결과), (5지점 시스템)

$$f = 100, q = 200, cv = .5, \ell_i = 1$$

SL _i	.85	.86	.87	.88	.89	.90	.91	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.98	.99	
.85	SL α β θ _i	.84 0 29 0														
.86	SL α β θ _i	.85 1 29 1	.85 0 28 0													
.87	SL α β θ _i	.86 2 27 1	.85 1 27 1	.87 0 25 0												
.88	SL α β θ _i	.86 3 28 2	.86 3 26 1	.87 1 26 1	.88 0 24 0											
.89	SL α β θ _i	.87 4 27 3	.87 3 25 2	.87 3 24 1	.88 1 22 1	.89 0 20 0										
.90	SL α β θ _i	.87 5 24 3	.88 5 23 3	.88 4 22 2	.89 3 21 2	.89 2 20 1	.90 0 20 0									
.91	SL α β θ _i	.88 6 23 4	.88 5 23 3	.89 5 22 3	.89 4 21 2	.90 3 19 2	.90 2 18 1	.91 0 17 0								
.92	SL α β θ _i	.88 6 24 5	.89 6 22 4	.90 6 19 4	.91 5 17 3	.90 4 18 2	.91 2 16 2	.91 0 16 1	.91 0 17 0							
.93	SL α β θ _i	.88 7 25 6	.89 7 22 5	.90 7 19 4	.91 6 18 4	.91 6 17 3	.92 5 15 3	.92 4 14 2	.92 2 14 1	.93 0 13 0						
.94	SL α β θ _i	.88 7 24 6	.90 7 19 5	.90 7 17 5	.91 7 15 4	.92 7 15 3	.92 6 13 3	.93 5 12 2	.93 4 11 2	.94 3 11 1	.93 0 13 0					
.95	SL α β θ _i	.89 8 22 7	.90 8 20 6	.91 8 18 6	.92 8 16 5	.93 7 14 4	.94 7 12 4	.94 6 12 3	.94 6 11 2	.95 5 10 2	.95 3 9 1	.95 0 10 0				
.96	SL α β θ _i	.89 8 22 7	.90 8 20 6	.91 9 17 6	.92 8 16 6	.93 8 13 5	.94 8 11 5	.95 7 9 4	.95 7 9 3	.96 6 7 3	.96 5 7 2	.96 3 7 1	.96 0 7 0			
.97	SL α β θ _i	.90 8 21 8	.91 9 19 8	.92 9 16 7	.92 9 16 7	.94 9 12 6	.94 9 11 6	.95 8 11 5	.96 8 9 5	.96 7 7 4	.97 6 6 4	.97 5 5 3	.97 3 5 2	.97 0 6 0		
.98	SL α β θ _i	.90 9 21 9	.90 9 19 8	.92 9 16 8	.93 9 15 7	.94 10 12 7	.95 9 11 6	.95 9 9 5	.96 8 8 6	.97 8 6 5	.98 7 5 4	.98 6 4 3	.98 5 3 2	.99 3 2 2	.98 0 4 0	
.99	SL α β θ _i	.90 9 21 9	.91 10 17 9	.92 9 16 9	.93 10 15 8	.94 10 12 8	.95 9 11 8	.96 10 8 7	.96 9 7 6	.97 8 5 5	.98 8 5 4	.98 7 3 5	.99 6 2 4	.99 5 2 4	.99 3 1 3	0 2 0

95% 전지역 목표 서비스 수준의
가능해 영역



産業研究

〈표 4〉 지점간의 비상공급량과 전지역 서비스수준(simulation 결과), (2지점 시스템)

$$f = 100, q = 200, cv = .5, \ell_i = 1$$

$SL_{i..}$	$SL_{..i}$	.85	.86	.87	.88	.89	.90	.91	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.98	.99
.85	$SL_{.85}$	.85 α 0 β 29 θ_i 0														
.86	$SL_{.86}$	.85 α 1 β 29 θ_i 2	.86 α 0 β 26 θ_i 0													
.87	$SL_{.87}$	.86 α 1 β 27 θ_i 3	.86 α 1 β 28 θ_i 2	.87 α 0 β 25 θ_i 0												
.88	$SL_{.88}$	.85 α 2 β 29 θ_i 5	.86 α 2 β 27 θ_i 3	.87 α 1 β 25 θ_i 2	.87 α 0 β 25 θ_i 0											
.89	$SL_{.89}$	.85 α 3 β 29 θ_i 6	.87 α 2 β 26 θ_i 5	.87 α 2 β 27 θ_i 3	.88 α 1 β 25 θ_i 2	.88 α 0 β 22 θ_i 0										
.90	$SL_{.90}$	.87 α 3 β 26 θ_i 8	.87 α 3 β 24 θ_i 7	.88 α 2 β 23 θ_i 5	.88 α 2 β 23 θ_i 4	.89 α 1 β 20 θ_i 2	.90 α 0 β 21 θ_i 0									
.91	$SL_{.91}$	.87 α 4 β 26 θ_i 10	.88 α 3 β 24 θ_i 8	.88 α 3 β 24 θ_i 7	.88 α 2 β 23 θ_i 5	.90 α 2 β 20 θ_i 4	.90 α 1 β 18 θ_i 2	.90 α 0 β 18 θ_i 0								
.92	$SL_{.92}$	.87 α 4 β 25 θ_i 11	.88 α 3 β 25 θ_i 10	.89 α 3 β 23 θ_i 9	.89 α 3 β 21 θ_i 7	.90 α 3 β 20 θ_i 6	.91 α 2 β 18 θ_i 4	.92 α 1 β 16 θ_i 2	.91 α 0 β 17 θ_i 0							
.93	$SL_{.93}$	.87 α 4 β 26 θ_i 13	.89 α 4 β 21 θ_i 12	.88 α 4 β 24 θ_i 10	.90 α 3 β 20 θ_i 9	.91 α 3 β 18 θ_i 8	.92 α 2 β 18 θ_i 6	.93 α 1 β 16 θ_i 4	.93 α 0 β 14 θ_i 2	.93 α 1 β 13 θ_i 0						
.94	$SL_{.94}$	.86 α 4 β 27 θ_i 14	.89 α 4 β 22 θ_i 13	.88 α 4 β 23 θ_i 12	.90 α 4 β 20 θ_i 11	.90 α 3 β 20 θ_i 10	.91 α 3 β 17 θ_i 8	.92 α 3 β 16 θ_i 7	.93 α 2 β 15 θ_i 5	.94 α 1 β 12 θ_i 3	.94 α 0 β 11 θ_i 0					
.95	$SL_{.95}$	.86 α 4 β 27 θ_i 16	.87 α 5 β 26 θ_i 15	.89 α 5 β 22 θ_i 14	.90 α 4 β 21 θ_i 13	.91 α 4 β 17 θ_i 11	.91 α 4 β 17 θ_i 10	.92 α 3 β 15 θ_i 9	.93 α 3 β 14 θ_i 7	.94 α 3 β 13 θ_i 5	.94 α 2 β 9 θ_i 3	.95 α 1 β 9 θ_i 0	.95 α 0 β 10 θ_i 0			
.96	$SL_{.96}$	.87 α 5 β 27 θ_i 18	.87 α 4 β 25 θ_i 17	.90 α 5 β 21 θ_i 16	.90 α 4 β 18 θ_i 14	.90 α 4 β 19 θ_i 13	.92 α 4 β 16 θ_i 12	.93 α 4 β 14 θ_i 11	.94 α 3 β 11 θ_i 9	.94 α 3 β 13 θ_i 8	.96 α 2 β 9 θ_i 6	.96 α 1 β 9 θ_i 3	.96 α 0 β 8 θ_i 0	.96 α 0 β 8 θ_i 0		
.97	$SL_{.97}$	.88 α 5 β 24 θ_i 19	.88 α 5 β 24 θ_i 18	.90 α 5 β 20 θ_i 17	.90 α 4 β 18 θ_i 16	.91 α 5 β 15 θ_i 14	.93 α 4 β 14 θ_i 13	.93 α 4 β 13 θ_i 12	.94 α 4 β 10 θ_i 10	.95 α 4 β 9 θ_i 9	.96 α 3 β 8 θ_i 7	.96 α 2 β 8 θ_i 6	.97 α 1 β 6 θ_i 4	.97 α 0 β 4 θ_i 0	.97 α 0 β 4 θ_i 0	
.98	$SL_{.98}$	.88 α 5 β 24 θ_i 21	.89 α 3 β 23 θ_i 20	.90 α 5 β 19 θ_i 19	.90 α 5 β 17 θ_i 18	.92 α 5 β 14 θ_i 15	.93 α 5 β 13 θ_i 14	.93 α 4 β 13 θ_i 13	.94 α 4 β 11 θ_i 12	.95 α 4 β 11 θ_i 10	.96 α 4 β 8 θ_i 9	.96 α 3 β 7 θ_i 7	.96 α 3 β 6 θ_i 5	.97 α 1 β 4 θ_i 3	.98 α 0 β 4 θ_i 1	.98 α 0 β 3 θ_i 0
.99	$SL_{.99}$	.88 α 5 β 23 θ_i 22	.90 α 5 β 20 θ_i 21	.90 α 6 β 21 θ_i 21	.91 α 5 β 21 θ_i 20	.91 α 5 β 18 θ_i 19	.93 α 5 β 15 θ_i 18	.94 α 5 β 13 θ_i 17	.95 α 5 β 10 θ_i 16	.96 α 5 β 9 θ_i 15	.96 α 4 β 9 θ_i 14	.97 α 3 β 6 θ_i 13	.97 α 3 β 4 θ_i 12	.98 α 2 β 3 θ_i 10	.98 α 1 β 3 θ_i 7	.99 α 0 β 2 θ_i 0

95% 전지역 목표 서비스수준의
가능해 영역

N-지점 재고유통시스템의 비상공급과 재고조정

$$c = Cp \cdot q + Co \cdot l + ca \cdot (q/2 + ss - \beta) + cb \cdot \beta + cc \cdot a$$

이며, 비교의 목적을 위해 변하지않는 일정한 비용들을 제외한 평균비용 c' 는

$$c' = ca \cdot (ss - \beta) + cb \cdot \beta + cc \cdot a$$

이다. 위의 예에서 구입단가(Cp)에 대한 비율이 $ca = 10\%$, $cb = 50\%$, $cc = 20\%$ 이라면, 최소비용으로써 전지역 목표 서비스수준 95%를 유지하기 위해서 각 지점의 설정서비스 수준과 비상서비스수준은 각각 91%와 96%로 결정된다. 그러나 위의 한 주기동안의 각 평균비용들의 산출은 현실적으로 쉽지 않을 수 있다. 한 주기 동안 먼저 재고부족이 발생한 타지점으로 비상공급을 한 후 자신의 지점에 재고부족이 발생하여 공급가능한 제3의 지점으로부터 비상공급을 받게되는 경우 시스템전체의 충족된 총비상공급량의 갯수(α)는 같은 결과를 얻게되나, 같은 α 의 결과에 대해 실제로 발생하는 비용은 공급실행의 빈도수가 많아짐에 따라 증가될 것이다. 따라서 비상공급량 한단위당 평균발생비용은 여러번의 주문주기의 반복을 경험해야 산출될 수 있을 것이다. 이러한 상황으로 인하여 비용에 대한 최적조정이 어려운 경우, Simulation분석의 예와같이 각 지점들의 재고보유능력과 전 지역 목표서비스 수준을 고려하여 각 지점의 설정서비스수준과 비상서비스수준을 결정하는 것이 방법적 대안이 될 수 있다.

IV. 결 론

이 연구는 재고관리의 관점에서 유통시스템의 효율적인 운영을 위한 것이다. 일반적인 제품(부품)등을 관리대상으로 하여 비상서비스수준을 정의하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 이용 분석하였다. 재고관리의 목표달성은 최소의 보유재고량 또는 최소의 투자로써 고객수요를 적시에 만족시키는 서비스체제에 달려있다. 위와같은 재고유통시스템은 고객서비스목표를 위한 재고수준, 안전재고, 주문량등이 불확실한수요의 예측에 의존하기 때문에, 알려진 수요의 상황에서 잘 적용되고 보다 큰 이득을 실현시킬 수 있는 Just-in-Time(JIT)과 같은 방법을 응용하기가 매우 어려울 것으로 생각된다. 그러나 관리자가 변화하는 수요와 상황을 계속 추적하고, 최적 고객서비스와 동시에 보유재고량 또는 안전재고량을 계속 줄이는 노력을 한다면, 낭비를 없애기위한 JIT의 정신과 부합될 수 있을 것이다. 한 예로

써 앞에서 제시된 형태의 표들을 이용 수요예측값등 input 데이터의 다양한 값들에 대한 결과를 작성하여, 변화된 값과 방향등에 대응하는 안전재고, 주문점, 주문량등을 찾아 빠르게 대응해가는 것이 한 방법이 될 수 있다.

參 考 文 獻

- Brown, R. G., *Decision Rules for Inventory Management*, N.Y. : Holt, Rinehart and Winston Inc., 1967.
- Das, C., "Supply and Redistribution Rules for Two- Location Inventory Systems : One Period Analysis", *Management Science*, Vol. 21(1975), pp. 765~776.
- Graves, S. C., "A Multi- Echelon Inventory Model for a Repairable Item with One- for- One Replenishment", *Management Science*, Vol. 31(1985), pp. 1247~1256.
- Hoadley, B. and D. P. Heyman, "A Two- echelon Inventory Model with Purchases, Dispositions, Shipments, Returns and Transshipments", *Naval Res. Logist. Quart.*, Vol. 24(1977), pp. 1~19.
- Karmarkar, U. S. and N. R. Patel, "The One- Period, N- Location Distribution Problem", *Naval Res. Logist. Quart.*, Vol. 24(1977), pp. 559~575.
- Law, A. M., and D. W. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw- Hill, 1982.
- Lee, H. L., "A Multi- echelon Inventory Model for Repairable Items with Emergency Lateral Transshipments", *Management Science*, Vol. 33(Oct. 1987), pp. 1302~1316.
- Sherbrooke, C. C., "VARI- METRIC : Improved Approximations for Multia- Indenture, Multi- Echelon Availability Models", *Operations Research*, Vol. 34(1986), pp. 311- 319.
- Thomopoulos, N. T., "Regional Demand Patterns indicate Choice of Method for National Sales Forecast", *Journal of Business Forecasting*, Spring 1982, pp. 35~37.
- 윤승철, 「유통시스템의 재고분석- 서비스측정 모델- 」, 『산업연구』 제17집, 단국대학교 산업연구소, 1994, pp. 61~77.