

# Balancing between Supply and Demand in Supply Chain Operating

공급사슬 운영에서의 수요와 공급 균형에 관한 연구

조민관<sup>1)</sup>, 이영해<sup>2)</sup>

1)한양대학교 산업공학과 박사과정(mkcho@scm.hanyang.ac.kr)

2)한양대학교 산업공학과 정교수(yhlee@hanyang.ac.kr)

## ABSTRACT

The ultimate purpose of Supply Chain Management (SCM) is maximizing the profits of the overall Supply Chain (SC) through increasing customer satisfaction and decreasing operating cost. It can be successfully accomplished only when SC system balances demands with supply activities coordinated by aggregate planning, mid-term level of Supply Chain Planning(SCP). However, the existing measures to mainly estimate the specific function of SCM are not enough to evaluate the state of SC with respect to the balance between supply and demand in operating. To solve this problem, we develop a new SC performance measure, Balancing Point, using momentum concept, a fundamental knowledge of physics. Momentum concept can explain the relation among objects so that it can consider the balance between supply and demand in SC operating. The developed measure can not only consider the current state of the SC system but also take planned but not executed supply activities and upcoming demands into account. Therefore, using Balancing point, we can be aware of the unbalanced state of SC in advance.

## 1. Introduction

Supply Chain Management(SCM:공급사슬경영)을 성공적으로 도입하기 위해서는 성능 척도의 선택이 매우 중요하다[1][2]. 하지만 기존 SCM에 관한 연구는 Supply Chain(SC:공급사슬)에 대한 응용 기법에 대한 연구가 대부분이었고, 척도에 관한 연구는 그 중요성에 비하여 연구가 충분하지 이루어지지 않고 있다[3].

SC를 평가함에 있어서, 기존의 생산, 물류, 재고 시스템을 평가할 때 사용하는 성능 척도를 그대로 사용하는 경우에는 다음과 같은 문제점이 발생한다[4].

- ▶ 전략과 척도가 상호 연계되지 않음
- ▶ 재무 성능척도에 편향하게 됨
- ▶ 다수의 모순된 척도들이 고립적으로 존재함
- ▶ SC의 특성이 반영되지 못함

위와 같은 문제점이 발생하는 근본적인 이유는 기존 성능 척도는 SC의 세부 기능에 중점을 두고 있어, 고객 수요에 대한 균형 잡힌 제품의 공급이

라는 SC 운영의 기본 목표와 이를 위한 운영 활동의 특성을 고려하지 못하기 때문이라고 분석된다.

그러므로 본 연구를 통하여 SCM의 기본 방향성의 실현 여부를 판단할 수 있는 SC 성능 척도를 개발하도록 하겠다. 즉, 본 연구에 의해 개발되는 척도를 통하여 SCM의 근본적인 목표인 성공적인 고객 수요 대응을 위한 낭비 없는 제품 공급이 SC 운영에서 어떻게 실현되고 있는지를 판단할 수 있도록 하겠다.

## 2. Supply and Demand in SC

### 2.1 Three states of SC after responding

SC 운영에 가장 큰 영향을 미치는 것은 SC에 대한 수요와 이에 대한 SC의 공급행위이다. 고객은 SC에 대하여 최종 제품을 요구함으로써, SC의 공급행위를 유발시키게 된다. 그리고 SC은 이러한 공급행위를 위하여 SC 내부의 물류 흐름을 통제하게 된다.

SC이 고객에게 제품을 실제적으로 공급하는 것을 일반적으로 고객 수요에 '대응(responding)'한다고 한다. SC 운영의 모든 공급행위는 이러한 대응 행위를 위해 계획된다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 고객 수요에 대한 SC의 대응 정도에 의해 SC의 성능이 결정된다고 할 수 있다. 고객 수요에 대한 SC의 대응 결과에 따라 SC의 상태는 수요 지배 상태(demand dominating state), 공급 지배 상태(supply dominating state), 그리고 균형 상태(balancing state)와 같은 세 가지 상태로 구분할 수 있다.

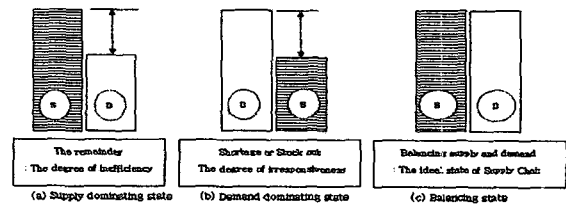


Figure.1 Three states of Supply Chain

위 세 가지 상태는 수요에 대한 균형 있는 공급이라는 SCM의 기본 목표의 실현 여부를 나타낸다고 할 수 있다. 그러므로 SC이 위 세 가지 상태 중 어느 상태인지를 판별할 수 있는 성능 척도는

SCM의 기본 목표를 반영할 수 있는 척도가 될 것이다. 그런데 수요에 대한 SC의 대응 능력은 SC에 대한 총괄계획(aggregate plan)에서 실질적으로 조율되므로, 총괄계획 수준에서 이러한 상태를 측정할 수 있는 척도가 필요하다[6].

### 2.2 Time vs. Quantity in Supply and Demand

총괄계획 관점에서 SC에 대한 공급과 수요의 영향력은 시간(time)과 수량(quantity)에 의해 결정된다[5]. 즉, 공급의 경우에는 공급일과 공급량에 의해 결정되며, 수요의 경우에는 납기일과 주문량에 의해 결정된다.

그런데 각 공급과 수요의 시간적 가치는 현재 시점에 따라 변동하게 된다. 즉, 공급일과 납기일이 현재 시점에 가까울수록, SC 운영에 있어서의 공급 및 수요의 영향력이 커지게 된다. 이러한 사실을 무시하고 SC의 성능 측정할 경우, 일종의 착시 현상이 발생하게 된다. 즉, 3일 후에 공급될 제품과 5일 후에 공급될 제품의 시간적 가치가 동일하게 취급되어, 제품 공급에 대한 왜곡 현상이 발생하게 된다. 결국 수요에 대한 대응 정도를 정확하게 측정할 수 없게 된다.

## 3. Developing a measure for SC with momentum

### 3.1 Momentum

모멘텀(momentum:  $p$ )은 운동하고 있는 객체가 다른 객체에 갖는 영향력을 측정할 수 있는 물리학 기초 이론 중 하나이다. 이는 객체의 질량( $m$ )과 속도( $v$ )를 이용하여 다음 식(1)을 이용하여 계산된다.

$$p = m \cdot v \quad (1)$$

식(1)에서  $v$ 는 주어진 시간에 물체의 위치변화를 나타내는 벡터로서, 시간 변화에 따른 값의 변화를 측정할 수 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 점을 고려해 본다면, 모멘텀은 SC 운영에 있어서 수요와 공급의 시간적 가치 변화를 측정할 수 있다. 실제로 이러한 특징을 이용하여, 시간 흐름에 따른 주가 변동을 예측하는 데에 모멘텀이 이용되고 있다.

### 3.2 Analyzing SC with momentum

SC은 단계적 접근법(Rolling Horizon Mechanism)을 기반으로, 계획기간(Planning Horizon: PH)동안 총괄계획에 의해 결정된 공급 행위  $S$ 를 해당 공급일  $IT_s$ 에 실행하여, 수요  $d$ 의 납기일  $DD_d$ 에 대응하게 된다. 물리학 관점에서 이러한 현상은 서로를 향하여 운동하는 것으로 해석할 수 있다(그림 2 참조).

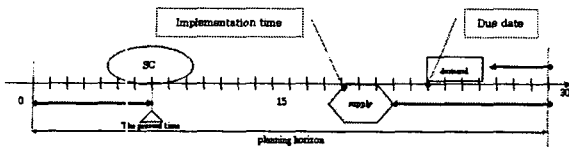


Figure 2 SC on planning horizon

이 경우 수요와 공급은 계획기간의 상한에서 하한으로 납기일과 공급일까지 운동한 것으로 해석할 수 있으며, SC은 반대방향으로 현재 시점까지 운동하는 것으로 해석할 수 있다. 그러므로 수요와 공급을 기준으로 하였을 경우, 주어진 계획기간동안  $t$  시점에서의 SC의 운동 속도  $VSCS(t)$ 는 식(2)와 같이 계산된다.

$$VSCS(t) = \frac{-t}{PH} \quad (2)$$

이에 대한 수요와 공급의 상대속도  $RV_d(t)$ 와  $RV_s(t)$ 는 수요와 공급의 속도  $V_d(t)$ 와  $V_s(t)$ 를 이용하여 식(3)과 식(4)처럼 계산된다.

$$RV_d(t) = V_d(t) - VSCS(t) = \frac{PH - DD_d}{PH} - \frac{-t}{PH} = \frac{PH - DD_d + t}{PH} \quad (3)$$

$$RV_s(t) = V_s(t) - VSCS(t) = \frac{PH - IT_s}{PH} - \frac{-t}{PH} = \frac{PH - IT_s + t}{PH} \quad (4)$$

물체의 질량이 무계로 측정되는 것처럼, 공급과 수요의 질량은 공급량  $PQ_s$ 와 주문량  $OQ_d$ 로 측정될 수 있다. 이러한  $PQ_s$ 과  $OQ_d$ 의 크기가 클수록, SC 운영에 대한 영향력은 커지게 된다.

### 3.2 Supply Momentum

공급 모멘텀  $M_s(t)$ 은  $t$  시점에서 공급행위  $S$ 의 SC에 대한 모멘텀을 의미하며, 식(5)에 의해 계산된다.

$$M_s(t) = PQ_s \cdot RV_s(t) = \begin{cases} PQ_s \cdot \left( \frac{PH - IT_s + t}{PH} \right) & (IT_s > t) \\ PQ_s \cdot 1 & (IT_s \leq t) \end{cases} \quad (5)$$

식(5)에서 공급의 상대속도  $RV_s(t)$ 는  $t$  시점이  $IT_s$ 에 가까워질수록 1에 가까운 값을 갖게 되며, 그 반대일 경우에는 0에 가까운 값을 갖게 된다. 그렇기 때문에,  $RV_s(t)$ 는  $t$  시점이  $IT_s$ 와 일치하거나 클 경우에 1의 값을 갖게 되며, 공급행위  $S$ 가 계획기간에 고려되지 않을 경우에 0의 값을 갖게 된다. 결국  $RV_s(t)$ 는  $t$  시점에서의 해당 공급행위  $S$ 의 실현 여부를 나타낸다. SC이 고려할 수 있는 공급행위는 제조, 재고, 초과근무, 그리고 하청이 있다[6]. 이들의 공급 모멘텀은 다음과 같다.

#### 3.2.1 Momentum of Inventory

재고의 경우 이미 만들어진 제품으로서, 고객 수요에 대하여 즉각적으로 대응할 수 있다. 그렇기 때문에  $t$  시점에서의 SC에 대한 재고의 상대속도  $RVIL(t)$ 는 1이다. 그러므로,  $t$  시점에서의 재고 수준  $IL(t)$ 와  $RVIL(t)$ 를 이용하여,  $t$  시점에서 재고의 모멘텀  $MIL(t)$ 은 식(6)과 같이 계산된다.

$$MIL(t) = IL(t) \cdot RVIL(t) = IL(t) \cdot (VIL(t) - VSCS(t)) = IL(t) \cdot \left( \frac{PH - t}{PH} - \frac{-t}{PH} \right) = IL(t) \cdot \left( \frac{PH - t + t}{PH} \right) = IL(t) \cdot 1 \quad (6)$$

$IL(t)$ 와  $RVIL(t)$ 가 확정적 값이므로,  $MIL(t)$  역시 확정적 값이 된다.

#### 3.2.2 Momentum of Manufacturing on Regular time

총괄계획에 의해 각 기간  $p$  동안 생산될 양이 결정되고, SC은 이 계획에 맞추어 제품을 생산할 것이다. 즉, 각 기간  $p$ 의 종료 시점인  $ET_p$ 까지  $EM_p$ 개의 제품이 생산될 것이다. 그러므로 제품 생산에 대한 각 기간  $p$ 의 상대속도  $RVEM_p(t)$ 는 식(7)과 같이 계산되어진다.

$$RVEM_p(t) = VEM_p(t) - VSCS(t) = \frac{PH - ET_p + t}{PH} \quad (7)$$

그리고, 기간  $p$  동안의 생산에 의한 모멘텀  $MEM_p(t)$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$MEM_p(t) = EM_p \cdot RVEM_p(t) = EM_p \cdot \left( \frac{PH - ET_p + t}{PH} \right) \quad (8)$$

그런데, 위 식에서  $EM_p$ 는 작업자의 생산 능력에 의해 변동하기 때문에, 평균  $\mu[m]_p$ 과 분산  $\sigma[m]_p^2$ 를 따르는 정규분포로 예측된다. 그러므로  $MEM_p(t)$ 는 다음과 같은 정규분포를 따르게 된다.

$$MEM_p(t) \sim N(RVEM_p(t) \cdot \mu[m]_p, (RVEM_p(t))^2 \cdot \sigma[m]_p^2) \quad (9)$$

### 3.2.3 Momentum of Overtime

SC은 각 기간  $p$ 에 대하여 초과근무를 통한 제품 생산을 계획할 수 있다. 즉, 각 기간  $p$ 의 종료 시점인  $ET_p$ 까지  $OT_p$ 개의 제품을 정규 시간의 작업을 통하여 생산하게 된다. 초과 근무에 대한 각 기간  $p$ 의 상대속도  $RVOT_p(t)$ 는 다음과 같다.

$$RVOT_p(t) = VOT_p - VSC_p(t) = \frac{PH - ET_p}{PH} - \frac{-t}{PH} = \frac{PH - ET_p + t}{PH} \quad (10)$$

그리고, 기간  $p$  동안의 초과근무에 의한 모멘텀  $MOT_p(t)$ 은 다음과 같이 계산된다

$$MOT_p(t) = OT_p \cdot RVOT_p(t) = OT_p \cdot \left( \frac{PH - ET_p + t}{PH} \right) \quad (11)$$

그런데, 초과근무 역시 작업자의 생산 능력에 영향을 받기 때문에,  $OT_p$  역시 평균  $\mu[o]_p$ 과 분산  $\sigma[o]_p^2$ 를 따르는 정규분포로 표현된다. 결국  $MOT_p(t)$ 는 다음과 같은 정규 분포로 표현된다.

$$MOT_p(t) \sim N(RVOT_p(t) \cdot \mu[o]_p, (RVOT_p(t))^2 \cdot \sigma[o]_p^2) \quad (12)$$

### 3.2.4 Momentum of Subcontracting

SC의 생산 능력을 초과하는 제품을 생산하기 위해서는 외부 업체에 하청을 주게 된다. 즉, 각 기간  $p$ 의 시작 시점인  $BT_p$ 까지 외부 업체는  $SQ_p$ 개의 제품을 SC에 공급하게 된다. 이 때의 하청에 대한 각 기간  $p$ 의 상대속도  $RVSC_p(t)$ 는 다음과 같다.

$$RVSC_p(t) = VSC_p(t) - VSC_p(t) = \frac{PH - ET_p + t}{PH} \quad (13)$$

그리고 각 기간  $p$ 에 대한 하청의 모멘텀  $MSC_p(t)$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$MSC_p(t) = SQ_p \cdot RVSC_p(t) = SQ_p \cdot \left( \frac{PH - BT_p + t}{PH} \right) \quad (14)$$

외부 업체는 납기량을 반드시 준수한다는 가정 하에  $SQ_p$ 는 확정적 값이 될 것이며,  $MSC_p(t)$  역시 확정적 값이 될 것이다.

### 3.3 Demand Momentum

수요 모멘텀  $M_d(t)$ 은  $t$  시점에서 수요  $d$ 의 SC에 대한 모멘텀을 의미하며, 식(15)에 의해 계산된다.

$$M_d(t) = OQ_d \cdot RV_d(t) = \begin{cases} OQ_d \cdot \left( \frac{PH - DD_d + t}{PH} \right) & (DD_d > t) \\ OQ_d \cdot 1 & (DD_d \leq t) \end{cases} \quad (15)$$

식(15)에서 수요  $d$ 의 상대속도  $RV_d(t)$ 는  $t$  시점이  $DD_d$ 에 가까워질 수록 1에 가까운 값을 갖게 되며, 그 반대일 경우에는 0에 가까운 값을 갖게 된다. 그렇기 때문에,  $RV_d(t)$ 는  $t$  시점이  $DD_d$ 와 일치하거나 클 경우에 1의 값을 갖게 되며, 수요  $d$ 가 계획 기간에 고려되지 않을 경우에 0의 값을 갖게 된다. 결국  $RV_d(t)$ 는  $t$  시점에서의 해당 수요  $d$ 의 현실화 정도를 의미한다. 결국 이는 각 수요의 납기의 시급한 정도를 나타낸다. SC이 고려하는 수요는 주문

잔고와 예측수요로 구분될 수 있다. 이에 대한 수요 모멘텀은 다음과 같다.

#### 3.3.1 Momentum of Backlog

주문잔고  $b$ 는 주문량  $OQBL_b$ 와 납기일  $DDBL_b$ 을 속성으로 갖는다. 그러므로  $t$  시점에서의 주문잔고  $t$ 의 SC에 대한 상대속도는  $RVBL_b(t)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$RVBL_b(t) = VBL_b(t) - VSCS(t) = \frac{PH - DDBL_b + t}{PH} \quad (16)$$

그리고,  $t$  시점에서의 주문잔고  $b$ 의 모멘텀  $MBL_b(t)$ 은 다음 식(17)에 의해 측정된다.

$$MBL_b(t) = OQBL_b \cdot RVBL_b(t) = OQBL_b \cdot \left( \frac{PH - DDBL_b + t}{PH} \right)$$

$OQBL_b$ 와  $DDBL_b$ 이 확정적 값이기에  $MBL_b(t)$  역시 확정적 값으로 계산된다.

#### 3.3.2 Momentum of Forecasted Demand

SC은 각 기간  $p$ 에 대하여 수요를 예측하게 된다. 즉, 각 기간  $p$ 의 종료시점인  $ET_p$ 까지 발생하게 될 예측 수요  $FD_p$ 를 가능하게 된다. 그러므로  $t$  시점에서의 기간  $p$ 의 예측수요의 상대속도  $RVFD_p(t)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$RVFD_p(t) = VFD_p(t) - VSCS(t) = \frac{PH - ET_p + t}{PH} \quad (18)$$

그리고,  $t$  시점에서의 기간  $p$ 의 예측수요에 의한 모멘텀은  $MFD_p(t)$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$MFD_p(t) = FD_p \cdot RVFD_p(t) = FD_p \cdot \left( \frac{PH - ET_p + t}{PH} \right) \quad (19)$$

그런데,  $FD_p$ 가 평균  $\mu[d]_p$ 과 분산  $\sigma[d]_p^2$ 를 따르는 정규분포로 예측되기 때문에,  $MFD_p(t)$ 는 다음과 같은 정규분포로 측정된다.

$$MFD_p(t) \sim N(RVFD_p(t) \cdot \mu[d]_p, (RVFD_p(t))^2 \cdot \sigma[d]_p^2) \quad (20)$$

### 3.4 A new SC performance measure: Balancing Point

수요 모멘텀과 공급 모멘텀은 SC에 대한 수요와 SC의 공급활동을 표현한다. 그런데, 이러한 모멘텀들은 속도의 개념을 통하여, SC 운영과 관련된 모든 활동을 현재 시점의 가치로 환산할 수 있는 특성이 있다. 그렇기 때문에 임의의  $t$  시점에 작용하고 있는 모든 모멘텀을 고려하게 되면  $t$  시점에서의 수요에 대한 공급의 대응 정도를 측정할 수 있다. 이러한 특성은 경제성 공학의 현재가치법과 유사하다. 또한 모멘텀을 이용하여 측정된 대응 정도는 SC 운영 결과 뿐만 아니라, 미래 활동도 고려하기 있기 때문에, 예측의 성향도 갖게 된다.

기본적으로 모멘텀은 벡터의 한 종류이기 때문에, 같은 성향을 갖는 모멘텀의 합은 서로의 크기를 증가시키게 된다. 그러므로  $t$  시점에서의 총 공급 모멘텀  $TSM(t)$ 과 총 수요 모멘텀  $TDM(t)$ 은 각각 아래의 식(21)과 (22)에 의해 측정된다.

$$TDM(t) = \sum_b^B MBL_b(t) + \sum_p^P MFD_p(t) \quad (21)$$

$$TSM(t) = MIL(t) + \sum_p^P (MEM_p(t) + MSC_p(t) + MOT_p(t)) \quad (22)$$

여기서  $np_i$ 는  $t$  시점 이후의 첫 번째 구간을 의미한다. 그런데,  $MEM_p(t)$ ,  $MFD_p(t)$ ,  $MOT_p(t)$ 는 정규분포를 따른 확률변수이므로,  $TSM(t)$ 과  $TDM(t)$  역시 다음과 같은 확률변수로 표현된다.

$$TSM(t) \sim N(a, b) \quad (23)$$

$$a = MIL(t) + \sum_{p=mp}^p (RVEM_p(t) \cdot \mu[m]_p + RVOT_p(t) \cdot \mu[o]_p + MSC_p(t))$$

$$b = \sum_{p=mp}^p ((RVEM_p(t))^2 \cdot \sigma[m]_p^2 + (RVOT_p(t))^2 \cdot \sigma[o]_p^2)$$

$$TDM(t) \sim N(c, d) \quad (24)$$

$$c = \sum_{b=1}^p MBL_b(t) + \sum_{p=mp}^p RVFD_p(t) \cdot \mu[d]$$

$$d = \sum_{p=mp}^p (RVFD_p(t))^2 \cdot \sigma[d]_p^2$$

그런데, 위의  $TSM(t)$ 과  $TDM(t)$ 은 수요와 공급의 대응 관계에 의해 서로를 상쇄(offset)하게 된다. 이는 다른 방향성을 갖는 벡터는 서로의 크기를 차감하는 것으로 표현할 수 있다. 그러므로 임의의  $t$  시점에 작용하는 공급 모델과 수요 모델의 합을 균형점(Balancing Point)  $BP(t)$ 으로 지칭하고, 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} BP(t) &= TSM(t) + TDM(t) = TSM(t) + (-TDM(t)) \\ &= MIL(t) + \sum_{p=mp}^p (MEM_p(t) + MSC_p(t) + MOT_p(t)) - \sum_{b=1}^p MBL_b(t) - \sum_{p=mp}^p MFD_p(t) \quad (25) \end{aligned}$$

위 식의 일부 항이 확률변수이므로,  $BP(t)$  역시 다음과 같은 확률변수로 표현된다.

$$BP(t) \sim N(e, f) \quad (26)$$

$$e = MIL(t) - \sum_{b=1}^p MBL_b(t)$$

$$+ \sum_{p=mp}^p (RVEM_p(t) \cdot \mu[m]_p + RVOT_p(t) \cdot \mu[o]_p + MSC_p(t) - RVFD_p(t) \cdot \mu[d])$$

$$f = \sum_{p=mp}^p ((RVEM_p(t))^2 \cdot \sigma[m]_p^2 + (RVOT_p(t))^2 \cdot \sigma[o]_p^2 + (RVFD_p(t))^2 \cdot \sigma[d]_p^2)$$

$BP(t)$  값이 따른 SC 상태는 다음과 같이 해석될 수 있다.  $BP(t)$ 가 양의 값을 갖을 경우에는, 공급의 모델이 수요 모델보다 크기 때문에, 수요에 대한 반응성은 높지만, 공급과잉으로 인한 효율성이 낮음을 의미한다. 반대로, 수요 모델이 공급 모델보다 클 경우에는  $BP(t)$ 가 음의 값을 갖게 된다. 이 때에는 수요에 대한 반응성은 낮지만, 수요 대응을 위한 SC 운영의 낭비는 없으므로 효율성은 높다고 할 수 있다. 마지막으로  $BP(t)$ 가 0의 값을 갖는 경우에는 수요에 대한 공급의 조화롭게 이루어져 반응성과 효율성이 이상적으로 구현된 상태라고 할 수 있다. 이와 같은 해석을 고려해 본다면,  $BP(t)$ 는 수요에 대한 SC의 대응 정도를 정확하게 판단할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4. Numerical Example

임의의 수치를 이용하여 SC 운영에 대한  $BP(t)$ 를 계산해 보았다. SC 운영에 대한 기본적인 가정과 총괄 계획은 Chopra와 Meindl이 제시한 선형 모델을 기반으로 하였고, 계획기간은 24개월로 설정하였다[6]. 총괄 계획에 대한 해는 최적화 도구인 GAMS를 이용하여 계산하였다. 그리고, 실제 SC 운영에 따른 운영결과 데이터는 ARENA를 통하여 수립된 시뮬레이션 모델을 통하여 산출하였다. 이 시뮬레이션 모델에서 수요 발생 부분과 SC의 수요 예측 모형은 동일하다고 가정하였다. SC의 초기 재고는 1000으로 설정하였다. 24개월에 대한 수요의 평균과 SC의 생산 계획은 다음 표와 같다.

Table. demand information and aggregated plan in SC operating

month	demand	manuf.	ot.	subc.	month	demand	manuf.	ot.	subc.
1	1600	1725	0	0	13	3500	3434	0	0
2	1800	1725	0	0	14	3600	3434	0	0
3	2000	1725	0	0	15	3600	3434	0	167
4	2400	1725	0	0	16	3800	3434	0	367
5	2900	2900	0	0	17	4000	3434	0	567
6	3000	3000	0	0	18	3500	3434	0	67
7	2800	3000	0	0	19	3000	3000	0	0
8	3200	3000	0	0	20	2800	2800	0	0
9	2900	3000	0	0	21	2000	2000	0	0
10	3400	3367	0	0	22	1800	1800	0	0
11	3500	3434	0	0	23	1500	1500	0	0
12	3200	3434	0	0	24	1000	1000	0	0

위의 계획을 기반으로 SC이 운영되는 동안의 각 월별  $TSM(t)$ ,  $TDM(t)$ , 그리고  $BP(t)$ 에 대한 평균 값은 다음 그림 3과 같이 표현될 수 있다.

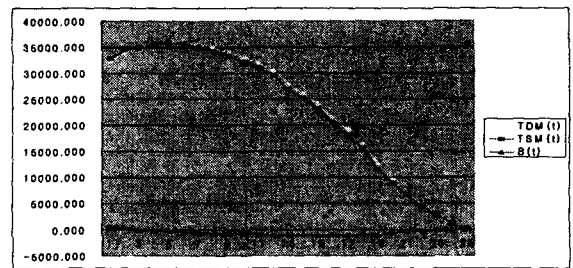


Figure 3.  $TDM(t)$ ,  $TSM(t)$ , and  $BP(t)$  in SC operating

그림 3을 보면, 계획 기간동안의  $BP(t)$ 의 평균이 거의 0에 근소한 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 이는 SC의 수요 예측 모형이 거의 정확하였고, 수요 대응을 위한 SC의 공급능력이 안정화되었기 때문에 수요에 대한 대응이 조화롭게 이루어지고 있음을 알 수 있다.

#### 5. Conclusion

본 연구를 통하여 제시된 균형점  $BP(t)$ 은 고객 수요에 대한 SC의 조화로운 제품 공급이라는 SCM의 기본 목표를 반영한 척도이다. 그러므로 SC 운영에 있어서 이러한 목표가 제대로 이루어지고 있는 지에 대해 정확하게 판단할 수 있는 근거를 제시할 수 있다. 또한 균형점은 과거의 SC 운영 결과만을 이용하여 측정되는 것이 아니라, 앞으로의 SC 운영 계획과 예측된 수요를 고려하여 측정되기 때문에, SC 운영에 대한 적극적인 의사결정에 활용될 수 있다. 구체적으로 수요 변동 및 제품 수급 불안정 등으로 인한 SC 운영에 대한 재계획 시점 결정에 효과적으로 활용할 수 있을 것이다.

#### References

- [1] Beamon, B. M., "Measuring supply chain performance," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 275-292, 1999.
- [2] Gunasekaran, A., C. Patel, and E. Tirtiroglu, "Performance measures and metrics in a supply chain environment," *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 21, No. 1-2, pp. 71-87, 2001.
- [3] Gunasekaran, A., C. Patel, Ronald E. McGaughey, "A framework for supply chain performance measurement," *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, pp. 333-347, 2004.
- [4] Stefan Holmberg, "A systems perspective on supply chain measurements," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 30, No. 10, 2000, pp. 847-868.
- [5] Ankit Singhvi, K. P. Madhavan, Uday V. Shenoy, "Pinch analysis for aggregate production planning in supply chains," *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 28, pp. 993-999, 2004.
- [6] Chopra, S., and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Prentice Hall, NJ, 2001.