

The Cycle Time of the Vendor in a Single-Vendor Multi-Buyers Supply Chain

Suk Hwa Chang[†]

Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University

단일 공급자 다수 구매자 공급체인에서 공급자주기

장 석 화[†]

인천대학교 산업경영공학과

This paper is to analyze the cycle time of the vendor in a single-vendor multi-buyers supply chain. The vendor is the manufacturer and the buyers are the retailers. The cycle time of the vendor is the elapse time from the beginning time of the production to the beginning time of the next production. The cycle time of the vendor that minimizes the total cost in a supply chain is analyzed. The cost factors are the production setup cost and the inventory holding cost of the vendor, the ordering cost and the inventory holding cost of the retailers. The cycle times of the vendor obtained with the costs of the vendor is compared with those obtained with the costs of the vendor and the retailers. Various numerical examples are tested if the cycle times of the vendor for both methods are the same.

Keywords : Single-Vendor Multi-Buyers Supply Chain, The Cycle Time of the Vendor, Minimization of the Cost

1. 서 언

제조업자에서 생산된 완제품은 대리점을 경유하여 최종적으로 고객에게 전달된다. 단일 제조업자와 다수의 대리점으로 이루어진 2단계 물류시스템의 재고 및 유통 문제에서 제조업자의 생산주기 문제를 다룬다. 2단계 물류시스템에서 제조업자는 공급자가 되고, 대리점은 구매자가 된다. 대리점은 제품에 대한 고객의 수요를 공급자의 재고보충으로 공급한다. 공급자는 생산으로 대리점에 제품을 공급한다. 공급자의 생산과 대리점의 재고보충은 전체 물류시스템에서 발생하는 비용을 최소화하도록 이루어져야 한다. 물류시스템의 각 참여자가 독립적으로 의사결정을 하면 물류시스템 전체적으로 최적화가 될 수

없다. 여기서는 공급자의 생산계획과 대리점의 발주계획이 전체 물류시스템을 최적화하도록 정하는 문제에서의 사결정의 중요한 요인인 공급자의 주기를 구하는 문제를 다룬다.

우리는 공급자가 하나의 생산시작시점에서 이어지는 다음 생산시작시점까지의 경과시간을 공급자주기로 정의하고, 그리고 대리점이 공급자에게 제품을 발주한 시점부터 다음 발주시점까지의 경과시간을 대리점주기로 정의한다. 공급자주기는 대리점주기의 정수 곱인 것으로 하여 문제를 다룬다. 공급자와 대리점에서 발생하는 비용을 최소화하는 공급자주기와 대리점주기를 구한다. 비용요소는 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용, 대리점의 주문비용과 재고유지비용 등이 있다. 공급자주기 동안에 대리점의 주문횟수는 대리점주기로 구할 수 있다.

공급자와 대리점에서 발생하는 비용을 최소화하는 공급자주기와 대리점주기를 구할 때 기본이 될 수 있는 공급자주기를 정의하는 방법을 제시하고 제시된 방법으로

얻은 결과를 다른 방법의 결과와 비교한다. 공급자와 대리점에서 발생하는 총 비용을 고려하여 공급자주기를 구하는 것에 대해 기존 방법과 새로운 방법의 공급자주기를 비교한다. 기존 방법은 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 고려하여 다수의 반복적인 계산절차로 공급자주기가 얻어지지만 제시되는 방법에서는 공급자의 비용만을 고려하여 새로운 모형을 세워 공급자주기를 구하는 것으로 절차는 간단하다. 양 방법으로 얻은 공급자주기가 동일하다면 공급자와 대리점에서 발생하는 비용을 최소화하는 공급자주기는 공급자의 비용만으로 쉽게 구하여 최적해의 대리점주기와 공급자에서 대리점의 공급횟수를 구할 수 있을 것이다.

Banerjee et al.[7]은 확정적이고, 단단계 공급망 환경에서 단일제품과 관련하여 원료조달, 생산과 유통 재고를 위한 보충 의사결정을 조정하는 수리적 모형을 다루었다. 모든 대리점에 동일한 공급주기를 적용하였고, 모든 원료에 동일한 조달주기를 적용하였다. Goyal[12]은 통합재고모형의 개념을 주장하였다. 여러 연구자들에 의해 통합재고모형이 강화되었고, 구매자와 공급자 협력이 포함된 여러 문제들이 다루어졌다[2, 3, 14, 16, 18]. 초기 연구들은 단일 구매자와 단일 공급자에 대한 구매자와 공급자의 협력에 바탕을 둔 공동 몫 크기 결정에 초점을 두고 있다. 후의 연구에서는 몫 분할기법 또는 다수의 구매자와 다수의 공급자를 포함하는 더 복잡한 구조를 연구함으로써 통합의 개념을 발전시켰다[1, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 15, 17, 19].

Chan and Kingsman[8]은 단일 공급자와 다수 구매자로 이루어진 공급망에서 공급자에서 대리점으로 공급주기를 대리점별로 다르게 적용할 경우에 공급자의 생산주기는 공급자에서 대리점으로 공급주기의 정수배로 하여 재고유통문제를 다루었다. Chan et al.[9]은 단일 공급자와 다수 구매자로 공급체인에서 상호 협력하는데 있어 지연 지불방법을 연구하였다. Yu et al.[20]은 품질이 저하되는 원료로 이루어진 공급자관리 재고 공급체인 문제를 다루었다. 단일 원료, 단일 공급자와 다수의 대리점으로 이루어진 공급체인에서 공급자에서 대리점에 동일한 주기로 제품을 공급하는 문제를 다루었다.

본 연구는 단일 공급자와 다수의 대리점으로 이루어진 공급체인에서 비용을 최소화하는 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 구할 때 공급자주기를 구하는 내용을 다루고 있다. 공급자주기를 공급자의 비용요소로 구하는 방법을 제시하고, 이전 방법의 공급자주기와 비교한다. 제 2장에서는 수리적 모형을 제시하여 기존 공급자주기구하는 방법과 새로운 공급자주기 구하는 방법을 설명하고, 제 3장에서는 다양한 수치적 예제를 제시하여 양 방법의 공급자주기를 비교한다.

2. 단일 공급자와 다수 구매자 공급체인의 공급자주기

공급자와 대리점으로 이루어진 공급체인에서 제품의 재고 및 유통문제에서 비용을 최소화하는 공급자주기를 구하는 문제를 고려한다. 대리점은 고객의 수요를 충족시키기 위해 재고보충을 공급자로부터 주기적으로 일정한 몫 크기로 공급받는다. 공급자는 주기적으로 일정한 간격으로 대리점에 제품을 공급하기 위해 제품을 생산한다. 공급자의 생산과 대리점의 주문은 관련 비용을 최소화하도록 이루어져야 한다. 대리점의 주문비용과 재고유지비용, 그리고 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용 등을 고려한다.

공급자주기 동안에 공급자의 생산량은 대리점의 주문량의 정수 곱으로 표현하거나 혹은 공급자주기는 대리점주기의 정수 곱으로 표현할 수 있다. 여기서는 공급자주기를 기준으로 공급자와 대리점 사이의 관계를 나타낸다. 전체 물류시스템에서 발생하는 비용을 최소화하도록 하는 공급자주기와 공급자주기 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 구한다. 공급자주기는 중요한 의사결정 요소가 된다. 이 공급자주기를 쉽게 구할 수 있다면 해를 쉽게 구할 수 있을 것이다. 공급자와 대리점들로 이루어진 공급체인에서 비용을 최소화하는 공급자주기를 구하는 새로운 방법을 제시하고, 이전 방법의 공급자주기와 새로운 방법의 공급자주기를 비교한다. 공급자와 대리점들로 이루어진 공급체인에서 공급자주기는 중요한 의사결정 요소이다.

문제를 수리적 모형으로 나타내기 위한 부호는 다음과 같이 나타낸다.

i = 대리점을 나타내는 첨자

N = 대리점의 수

P = 단위기간 동안 공급자의 생산량

d_i = 대리점 i 의 단위기간 동안 수요량

D = 모든 대리점에 단위기간 동안 수요량, $D = \sum_{i=1}^N d_i$

A_i = 대리점 i 의 주문비용

h_i = 대리점 i 의 단위기간 동안 제품단위당 재고유지비용

A_v = 공급자에서 생산착수비용

h_v = 공급자에서 단위기간 동안 제품단위당 재고유지비용

n = 공급자주기 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수

q_i = 대리점 i 의 주문량

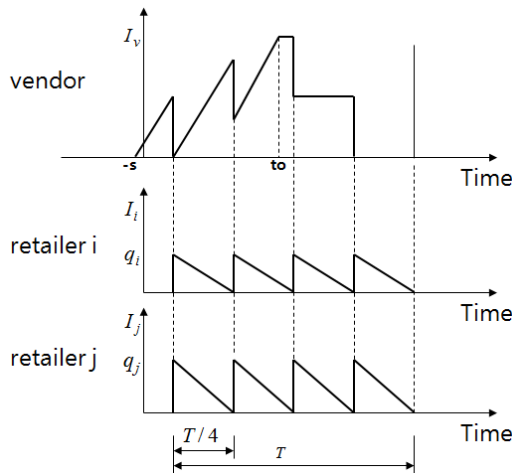
t_i = 대리점 i 의 주문주기

T = 공급자주기

문제에 관련된 가정은 다음과 같다.

- ① 대리점들의 수요는 확정적이고, 시간에 대해 일정하고 알려져 있다.
- ② 모든 대리점은 공급자로부터 일정하게 동일한 주기로 동시에 제품을 공급받는다.
- ③ 대리점은 주문과 동시에 제품을 공급받는다.
- ④ 공급자와 대리점에서 재고부족은 발생하지 않는다.
- ⑤ 공급자주기는 대리점주기의 정수 곱이다.
- ⑥ 단위기간 동안에 공급자의 생산량은 대리점들의 수요량보다 많다.

시간의 흐름에 따라 공급자의 재고량의 변화와 대리점의 재고량의 변화를 분석한다. <Figure 1>은 공급자주기 T 기간 동안에 시간의 흐름에 따라 대리점의 수요와 재고보충에 따른 대리점의 재고량의 변화와 공급자의 생산과 대리점에의 재고보충에 따른 공급자의 재고량의 변화 등을 함께 나타내고 있다.



<Figure 1> The Change of the Inventory in a Vendor and Retailers

<Figure 1>에서 공급자주기는 T 이고, 공급자의 생산기간은 $[-s, t_0]$ 이다. 공급자에서 대리점으로의 공급주기인 대리점주기는 $T/4$ 이다. 일반적으로 확장하면, 공급자주기가 T 일 경우에 공급자주기 T 동안에 모든 대리점에 동일한 간격으로 n 회 공급하면, 대리점 i 의 대리점주기는 T/n 가 된다.

공급자주기와 모든 대리점에 대해 동일한 대리점주기를 적용하여 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수로 비용함수를 나타낸다. 공급자주기를 T 라 하고, 기간 T 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 n 으로 하여 단위기간 동안 발생하는 비용함수를 구한다.

대리점 i 에서 공급자에 1회 주문비용은 A_i 이고 공급

자주기 T 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수(주문횟수)는 n 이면 기간 T 동안 총 주문비용은 $A_i n$ 이다. 그러면 단위기간당 대리점 i 의 주문비용은 $A_i n / T$ 이 된다. 공급자주기 T 동안에 대리점 i 의 주문횟수는 n 이므로 대리점 i 의 대리점주기는 T/n 이다. 대리점 i 의 단위시간당 수요가 d_i 이므로 1회 주문량은 $d_i T / n$ 이 된다. 따라서 대리점 i 의 평균재고량은 $d_i T / 2n$ 이 되고, 단위기간당 재고유지비용 $h_i d_i T / 2n$ 이 된다.

공급자주기 T 동안에 공급자에서 대리점에 공급횟수가 n 일 경우 대리점들에서 발생하는 주문비용과 재고유지비용에 대해 단위기간 동안에 발생하는 비용은 다음 식 (1)과 같다.

$$TRC_r(T, n) = \frac{\sum_{i=1}^N A_i n}{T} + \frac{\sum_{i=1}^N h_i d_i T}{2n} = \frac{A_r n}{T} + \frac{T \sum_{i=1}^N h_i d_i}{2n} \quad (1)$$

여기서, $A_r = \sum_{i=1}^N A_i$

공급자주기 T 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수가 n 일 경우에 공급자에서 발생하는 생산착수비용과 재고유지비용에 대해 단위기간 동안 발생하는 공급자의 비용은 다음 식 (2)과 같다.

$$TRC_v(T, n) = \frac{A_v}{T} + \frac{h_v D T}{2n} [(2-n) \frac{D}{P} + n - 1] \quad (2)$$

공급자주기를 T 로 하고, 공급자주기 동안에 대리점으로 공급횟수를 n 으로 하여 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용, 대리점의 주문비용과 재고유지비용에 대해 단위기간 동안에 발생하는 비용은 다음 식 (3)과 같다.

$$TRC(T, n) = TRC_r(T, n) + TRC_v(T, n) = \frac{A_r n}{T} + \frac{T \sum_{i=1}^N h_i d_i}{2n} + \frac{A_v}{T} + \frac{h_v D T}{2n} [(2-n) \frac{D}{P} + n - 1] \quad (3)$$

식 (3)은 이전 연구에서 얻어진 결과이다[5]. 식 (3)에서 T 는 실수의 값이 허용되지만 n 은 정수의 값만이 허용된다. 그러나 식 (3)을 최소화하면서 T, n 의 조건을 만족시키는 해를 구하는데 있어 T, n 을 실수로 하여 값을 구한

후에 정수 값 n 은 실수로 하여 얻어진 값의 인접 정수 값에 대해 T 을 다시 조정하여 비용이 적게 발생하는 정수 값을 취할 수 있다. 이러한 경우에도 최적해를 구하는데 있어 T, n 을 실수로 하여 얻어진 값을 이용하고 있다.

비용함수 $TRC(T, n)$ 는 실수 T 와 n 에 대해 각각 아래로 볼록한 convex이다. 비용함수 $TRC(T, n)$ 을 T 와 n 에 대해 각각 최소비용을 갖는 T 와 n 을 구해 이들을 연합하여 최적 T 와 n 을 구한다.

비용함수 $TRC(T, n)$ 의 최소값을 구하기 위해 $TRC(T, n)$ 을 T, n 에 대해 각각 미분하여 $\frac{dTRC(T, n)}{dT} = 0$, $\frac{dTRC(T, n)}{dn} = 0$ 으로 하여 식을 정리하면 다음 식 (4), 식 (5)와 같다.

$$T = \sqrt{\frac{2n(A_r n + A_v)}{\sum_{i=1}^N h_i d_i + h_v D \left[(2-n) \frac{D}{P} + n - 1 \right]}} \quad (4)$$

$$n = T \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N h_i d_i + h_v D \left(\frac{2D}{P} - 1 \right)}{2A_r}} \quad (5)$$

비용함수 식 (3)의 해를 구하기 위해 식 (4)와 식 (5)를 사용하여 공급자주기 T 을 구하여야 한다. 공급자주기 T 을 구하는 기존 방법과 새로운 방법을 설명한다. 실수 T, n 의 값을 갖는 식 (3)의 해를 구하기 위해 식 (4)와 식 (5)를 함께 연합하여 공급자주기 T 을 구하는 방법을 공급자주기 방법 1(기존방법), 새로운 비용함수를 정의하여 공급자주기 T 를 구하는 방법을 공급자주기 방법 2(새방법)으로 정의한다. 공급자주기 방법 1은 기존 연구에서 다루어진 공급자주기를 구하는 방법이고, 공급자주기 방법 2는 여기서 새로이 제시하는 공급자주기를 구하는 방법이다.

2.1 공급자주기 방법 1

비용함수 식 (3)을 최소화하는 공급자주기 T 을 구하기 위해 식 (4)과 식 (5)를 연립으로 하여 T, n 을 구한다. 먼저 n 의 값을 임의로 주고, T 을 구한다. 다시 구한 T 을 이용하여 n 을 새로이 구한다. 구한 n 을 이용하여 다시 T 를 구한다. 이러한 절차로 얻어진 T, n 에 대해 이전 단계에서 구한 T, n 과 현재 단계에서 구한 T, n 사이의 오차를 구해 오차가 주어진 허용 범위 내에 들어올 때까지 반복하여 최소비용을 갖는 T_o^*, n_o^* 을 구한다.

최소비용을 갖는 공급자주기 T_o^* 을 구하는 절차는 다음과 같다.

단계 1 : $A_r, A_v, d_i, h_i, \forall i, D, P, h_v$ 을 정의한다.

단계 2 : $T_o^* = 0, n_o^* = 0$ 으로 한다. ϵ 을 준다.

단계 3 : $n = 1$ 로 놓는다.

단계 4 : 식 (4)에 n 의 값을 대입하여 T 값을 구한다.

단계 5 : 식 (5)에 T 값을 대입하여 n 을 구한다.

단계 6 : $|n - n_o^*| \leq \epsilon, |T - T_o^*| \leq \epsilon$ 이면 다음 단계로 가고, 그렇지 않으면 $n_o^* = n, T_o^* = T$ 로 하여 단계 4로 간다.

단계 7 : T_o^* 을 방법 1의 공급자주기로 한다.

T_o^*, n_o^* 는 식 (4)와 식 (5)를 연합하여 다수의 반복적인 계산으로 얻어진다. 얻어진 최적해 T_o^*, n_o^* 에서 T_o^* 는 실수의 값이 허용되지만 n_o^* 는 정수의 값만이 허용되는데 실수로 하여 구하였다. 따라서 식 (3)을 최소화하는 T, n 의 값은 다음 식 (6)에 있는 집합 중에서 비용이 적게 발생하는 것이 된다.

$$\{(T([n_o^*]), [n_o^*]), (T([n_o^*]+1), [n_o^*]+1)\} \quad (6)$$

여기서 $[n_o^*]$ 는 n_o^* 보다 크지 않으면서 가장 큰 정수이고, $T([n_o^*])$ 는 식 (4)에 $n = [n_o^*]$ 의 값을 대입했을 때 T 이고, 그리고 $T([n_o^*]+1)$ 은 식 (4)에 $n = [n_o^*]+1$ 값을 대입했을 때 T 이다.

식 (3)에서 T 는 실수, n 은 정수로 하는 최적해 T^*, n^* 는 다음과 같이 구한다.

$TRC(T[n_o^*], [n_o^*]) \leq TRC(T[n_o^*]+1, [n_o^*]+1)$ 이면, $T^* = T[n_o^*], n^* = [n_o^*]$ 이 되고, $TRC(T[n_o^*], [n_o^*]) > TRC(T[n_o^*]+1, [n_o^*]+1)$ 이면, $T^* = T([n_o^*]+1), n^* = [n_o^*]+1$ 이 된다.

비용을 최소화하는 하는 정수 n^* 와 실수 T^* 에 대해 대리점 i 의 대리점주기 t_i 와 주문량 q_i 은 식 (7), 식 (8)과 같다.

$$t_i = \frac{T^*}{n^*} \quad (7)$$

$$q_i = \frac{d_i T^*}{n^*} \quad (8)$$

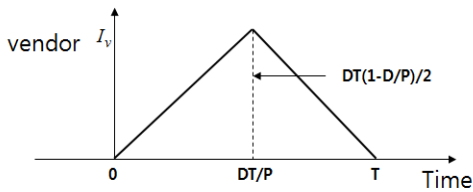
2.2 공급자주기 방법 2

T, n 을 실수로 하여 식 (4)과 식 (5)를 연립으로 구한 T 가 최소비용 해를 구하는데 있어 중요한 역할을 한다. 이러한 T 을 쉽게 구할 수 있으면 최소비용을 갖는 최적해도 신속히 구할 수 있을 것이다.

비용함수 식 (3)을 최소화하는 실수 해 T, n 에서 공급

자주기 T 의 값을 구할 때 공급자주기와 공급횟수를 연합하여 푸는 기존 방법과 다른 새로운 방법을 제시한다. 기존의 방법도 해를 구하는데 문제가 없는 좋은 대안이지만 쉽게 구할 수 있는 다른 새로운 대안을 고려한다. 비용함수 식 (3)을 최소화하는 실수 해 T 를 구하기 위해 대안이 될 수 있는 새로운 비용함수를 제시하고 이 비용함수를 풀어 공급자주기 T 의 값을 구한다.

공급자주기 T 을 대리점의 수요와 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용을 사용하여 구한다. 대리점의 비용요소를 전혀 반영하지 않고 공급자의 비용요소만을 사용한다. 공급자의 수요는 모든 대리점의 수요량을 합한 값으로 일정하게 발생하는 것으로 한다. 공급자는 대리점을 거치지 않고 직접 고객에게 제품을 공급하는 것으로 하여 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용만을 고려하게 된다. 대리점을 고려하지 않고 공급자만을 고려하여 공급자주기를 구하는 것으로 공급자주기 방법 2로 정의한다. 공급자가 제품을 생산하여 재고로 보유하면서 고객의 수요를 직접 공급한다. 시간에 대해 공급자의 생산과 고객의 수요를 고려하여 나타낸 공급자의 재고량의 변화는 <Figure 2>와 같다.



<Figure 2> The Change of the Inventory in a Vendor

단위기간 수요량, 단위기간 생산량, 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용 등의 요소를 고려하여 생산착수비용과 재고유지비용의 합을 최소화하는 경제적 생산량으로 공급자주기를 구한다. 단위기간 동안 공급자의 수요량은 일정한 D 가 되고, 단위기간 동안 공급자의 생산량은 일정한 $P(D < P)$ 이다. 단위기간 동안 발생하는 생산착수비용과 재고유지비용의 합을 최소화하는 공급자주기 T 을 구한다. 공급자주기 T 동안에 생산착수비용은 A_v 이고, 재고유지비용은 $\frac{h_vDT^2}{2}(1-\frac{D}{P})$ 이다. 그러므로 단위기간 동안에 발생하는 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용의 합은 다음 식 (9)와 같다.

$$TCS(T) = \frac{A_v}{T} + \frac{h_vDT}{2}(1-\frac{D}{P}) \quad (9)$$

비용함수 $TCS(T)$ 을 최소화하는 공급자주기는 $TCS(T)$ 을 T 에 대해 미분하여 구한다.

$\frac{dTCS(T)}{dT} = -\frac{A_v}{T^2} + \frac{h_vD}{2}(1-\frac{D}{P}) = 0$ 을 만족하는 T 를 구하고, 구한 T 을 $T_s^* = T$ 로 하여 다음과 같이 나타낸다.

$$T_s^* = \sqrt{\frac{2A_v}{h_vD(1-\frac{D}{P})}} \quad (10)$$

식 (10)에서 T_s^* 는 쉽게 구할 수 있다. 식 (10)으로 구한 T_s^* 값을 식 (5)에 대입하여 n 을 구하는 방식으로 T, n 을 구한다. 구한 T, n 을 식 (6)을 적용하여 실수 T 와 정수 n 을 갖는 최적해 T^*, n^* 을 구한다.

공급자주기 방법 2의 공급자주기 T_s^* 와 공급자주기 방법 1의 공급자주기 T_o^* 의 오차를 분석한다. 방법 2의 공급자주기 T_s^* 값이 비용함수 $TRC(T, n)$ 을 최소화하는 T^* 을 구하는데 사용될 수 있을 지에 대해 다룬다. 방법 1로 얻은 공급자주기와 방법 2로 얻은 공급자주기를 비교한다.

2.3 공급자주기의 비교

공급자주기를 구하는 방법 1의 T_o^* 는 T, n 을 교대로 반복적으로 동일한 과정의 계산을 필요로 한다. 그러나 방법 2로 구한 공급자주기 T_s^* 는 간단히 구할 수 있다. 양 방식으로 얻어진 공급자주기를 비교한다. 양 방식에서 얻어진 공급자주기의 차이에 대해 차이의 정도를 분석하여 통계적으로 의미 있을 정도로 오차가 적다면 우리는 최소비용에 해당하는 공급자주기와 공급횟수를 구하기 위해 방법 1의 T_o^* 와 함께 방법 2의 T_s^* 도 사용할 수 있을 것이다. 방법 2의 공급자주기 T_s^* 가 상대적으로 매우 쉽게 간단히 구할 수 있기 때문에 공급자주기를 편리하게 구할 수 있을 것이다. 그리고 이 공급자주기를 사용하여 대리점주기와 대리점으로 공급횟수를 쉽게 구할 수 있다. 두 방식으로 얻어진 공급자주기의 오차, dif 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} dif &= T_o^* - T_s^* \\ &= \sqrt{\frac{2n_o^*(A_v n_o^* + A_v)}{\sum_{i=1}^N h_i d_i + h_v D[(2-n_o^*)\frac{D}{P} + n_o^* - 1]}} \\ &\quad - \sqrt{\frac{2A_v}{h_v D(1-\frac{D}{P})}} \end{aligned} \quad (11)$$

식 (11)에서 오차의 정도를 수리적으로 구하기는 매우 어렵다. 따라서 많은 문제를 제시하고, 제시된 문제에 대해 방법 1과 방법 2로 구한 공급자주기를 비교한다.

3. 수치적 예제

대리점의 수, 수요와 비용 등의 수치적 자료가 다른 여러 경우의 예제를 고려한다. 3가지 예제는 구체적인 수치적 자료를 사용하여 기존방법과 새방법에 대해 공급자주기를 구하여 비교하고, 그리고 추가적인 예제는 무작위로 수치적 자료를 생성하여 양 방식의 공급자주기를 비교한다. 구체적인 수치적 예제는 대리점의 수가 5개, 30개, 50개인 경우로 한다. 대리점의 수가 5개인 예제에 대한 수치적 자료는 <Table 1>, 대리점의 수가 30개인 예제에 대한 수치적 자료는 <Table 2>, 대리점의 수가 50개인

예제에 대한 수치적 자료는 <Table 3>과 같다[8, 11].

<Table 1> The Demand and Costs of 5 Retailers

retailer i	demand/day d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/day/item, h_i
1	8	60	0.008
2	15	55	0.009
3	10	46	0.01
4	5	50	0.01
5	20	58	0.007

$A_v = 250, h_v = 0.005/\text{day/item}, D = 58.$

<Table 2> The Demand and Costs of 30 Retailers

retailer i	demand/day d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/year/item, h_i	retailer i	demand/day d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/year/item, h_i
1	2570	11	6.5	16	4700	200	6.5
2	1850	40	10	17	700	100	14
3	1600	35	8	18	3300	130	6.5
4	600	80	18	19	3400	150	7
5	2300	45	9	20	6000	160	4
6	1300	30	8.5	21	7600	200	3
7	3200	90	7	22	6950	220	4
8	2500	100	7.5	23	4350	120	6
9	1900	90	8	24	5400	200	6
10	5900	120	5	25	4900	240	5.5
11	2900	120	8	26	850	120	9
12	1100	75	9	27	5100	500	5.5
13	6800	140	4	28	6550	700	4.5
14	3400	150	7.5	29	8200	300	2
15	4200	150	6	30	6900	750	3.5

$A_v = 4000, h_v = 1/\text{year/item}, D = 117020.$

<Table 3> The Demand and Costs of 50 Retailers

retailer i	demand/day d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/year/item, h_i	retailer i	demand/day d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/year/item, h_i
1	81	46	0.094	26	114	58	0.49
2	8	24	0.743	27	98	43	0.065
3	67	19	0.118	28	71	31	0.225
4	51	37	0.67	29	105	36	0.487
5	81	19	0.656	30	65	51	0.704
6	49	25	0.004	31	85	54	0.447
7	61	16	0.045	32	23	47	0.57
8	39	19	0.775	33	2	35	0.028
9	28	48	0.228	34	73	40	0.064
10	14	25	0.514	35	12	49	0.496
11	39	36	0.48	36	34	46	0.582
12	65	48	0.594	37	56	42	0.533
13	108	43	0.038	38	101	44	0.35
14	106	32	0.525	39	7	47	0.592
15	2	35	0.715	40	84	57	0.101
16	45	27	0.394	41	5	47	0.139
17	80	43	0.163	42	24	41	0.757
18	30	7	0.612	43	69	39	0.318
19	110	13	0.064	44	39	34	0.148
20	21	49	0.792	45	19	50	0.098
21	6	29	0.601	46	45	6	0.744
22	118	66	0.641	47	94	34	0.769
23	14	49	0.212	48	68	22	0.307
24	43	43	0.736	49	26	21	0.537
25	43	40	0.564	50	96	9	0.304

$A_v = 5000, h_v = 0.0028/\text{day/item}, D = 2724.$

<Table 4> The Generation Range of Data[Lower Bound, Upper Bound]

number of retailer N	demand of retailer/day, d_i	ordering cost A_i	inventory holding cost/day/item, h_i	production setup cost, A_v	inventory holding cost/year/item, h_i
10	[50 200]	[50 100]	[0.10 1.0]	[2000 3000]	[0.05 0.10]
30	[20 100]	[100 200]	[0.05 0.1]	[3000 4000]	[0.01 0.05]
50	[100 300]	[150 250]	[1.0 2.0]	[9000 11000]	[0.1 0.5]
100	[20 150]	[50 150]	[1.0 3.0]	[20000 25000]	[0.1 1.0]

각 예제의 수치적 자료에서 대리점의 수요량, 대리점의 주문비용과 재고유지비용, 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용이 주어졌다. <Table 4>은 대리점의 수가 10개, 30개, 50개, 100개인 예제의 경우에 대해 대리점의 수요량, 대리점의 주문비용과 재고유지비용, 공급자의 생산착수비용과 재고유지비용 등의 수치적 자료를 무작위로 생성하기 위한 수치적 자료의 하한과 상한의 범위가 주어졌고, 모두 일양분포를 따른다.

주어진 <Table 1>, <Table 2>와 <Table 3>에 대해 공급자의 생산율 P 을 변화시키면서 D/P 에 대해 공급자주기를 구한다. $D/P = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ 에 대해 양 방식에 의한 공급자주기와 오차를 구한다. <Table 5>는 <Table 1>의 수치적 예제에 대한 결과이고, <Table 6>는 <Table 2>의 수치적 예제에 대한 결과이고, 그리고 <Table 7>는 <Table 3>의 수치적 예제에 대한 결과이다.

<Table 8>는 <Table 4>의 자료에서 제시하고 있는 수치적 예제들 중에서 대리점의 수가 10, 30개인 경우에 $D/P = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ 에 대해 동일한 문제에서 3개씩 수치적 자료를 무작위로 생성하여 공급자주기를 구하여 비교한 것이고, 그리고 <Table 9>은 <Table 4>의 자료에서 제시하고 있는 수치적 예제들 중에서 대리점의 수가 50, 100개인 경우에 $D/P = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ 에 대해 동일한 문제에서 3개씩 수치적 자료를 무작위로 생성하여 공급자주기를 구하여 비교한 것이다.

구체적인 수치적 자료로 제시한 <Table 1>, <Table 2>와 <Table 3>의 3개의 예제에 대해 공급자주기의 결과는 <Table 5>, <Table 6>와 <Table 7>에 각각 나타나 있다. 3개의 예제에 대해 $D/P = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ 의 각 경우에 방법 1의 공급자주기와 방법 2의 공급자주기를 구하였고, 공급자주기는 오차 없이 동일하였다. 그리고 <Table 4>에서 제시한 수치적 자료의 생성 범위에서 대리점의 수가 10, 30, 50, 100개인 경우에 대해 무작위로 각각 3개씩 12개의 수치적 예제를 만들어 실험하였다. 12개의 수치적 예제에 대해 $D/P = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ 의 각 경우에 방법 1과 방법 2의 공급자주기를 구하였고, 공급자주기는 오차 없이 동일하였다. 135개의 문제에 대해 방법 1과 방법 2로 각각 공급자주기를 구하였다. 모든 경우의 수치적 예제에서 동일한 예제에 대해 방법 1과 방법 2로 얻은 공급자주기는 동일하게 나타났고, 오차는 없었다.

하나의 공급자와 대리점들로 이루어진 공급체인에서

비용을 최소화하는 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 구할 때 기존 방법은 반복적인 계산과정이 필요하다. 공급자주기를 구하는 기존방법 외에 새로이 제시하는 방법으로 공급자주기를 구하여 사용하면, 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 쉽게 구할 수 있을 것이다.

<Table 5> The Cycle Time of the Vendor on <Table 1> Example

D/P	$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif
0.1	43.77	43.77	0
0.2	46.42	46.42	0
0.3	49.63	49.63	0
0.4	53.61	53.61	0
0.5	58.72	58.72	0
0.6	65.65	65.65	0
0.7	75.81	75.81	0
0.8	92.85	92.85	0
0.9	131.31	131.31	0

<Table 6> The Cycle Time of the Vendor on <Table 2> Example

D/P	$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif
0.1	100.60	100.60	0
0.2	106.70	106.70	0
0.3	114.07	114.07	0
0.4	123.21	123.21	0
0.5	134.97	134.97	0
0.6	150.90	150.90	0
0.7	174.24	174.24	0
0.8	213.40	213.40	0
0.9	301.79	301.79	0

<Table 7> The Cycle Time of the Vendor on <Table 3> Example

D/P	$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif
0.1	38.17	38.17	0
0.2	40.48	40.48	0
0.3	43.28	43.28	0
0.4	46.75	46.75	0
0.5	51.21	51.21	0
0.6	57.25	57.25	0
0.7	66.11	66.11	0
0.8	80.97	80.97	0
0.9	114.50	114.50	0

<Table 8> The Cycle Time of the Vendor on <Table 4> Example

number D/P		number of retailers = 10			number of retailers = 30		
		$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif	$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif
1	0.1	6.27	6.27	0	15.45	15.45	0
	0.2	6.65	6.65	0	16.39	16.39	0
	0.3	7.11	7.11	0	17.52	17.52	0
	0.4	7.68	7.68	0	18.93	18.93	0
	0.5	8.41	8.41	0	20.73	20.73	0
	0.6	9.40	9.40	0	23.18	23.18	0
	0.7	10.86	10.86	0	26.77	26.77	0
	0.8	13.30	13.30	0	32.78	32.78	0
	0.9	18.80	18.80	0	46.36	46.36	0
2	0.1	7.59	7.59	0	12.01	12.01	0
	0.2	8.05	8.05	0	12.74	12.74	0
	0.3	8.61	8.61	0	13.62	13.62	0
	0.4	9.30	9.30	0	14.71	14.71	0
	0.5	10.18	10.18	0	16.12	16.12	0
	0.6	11.38	11.38	0	18.02	18.02	0
	0.7	13.15	13.15	0	20.81	20.81	0
	0.8	16.10	16.10	0	25.48	25.48	0
	0.9	22.77	22.77	0	36.04	36.04	0
3	0.1	6.50	6.50	0	10.06	10.06	0
	0.2	6.89	6.89	0	10.67	10.67	0
	0.3	7.37	7.37	0	11.41	11.41	0
	0.4	7.96	7.96	0	12.33	12.33	0
	0.5	8.72	8.72	0	13.50	13.50	0
	0.6	9.75	9.75	0	15.10	15.10	0
	0.7	11.26	11.26	0	17.43	17.43	0
	0.8	13.79	13.79	0	21.35	21.35	0
	0.9	19.50	19.50	0	30.19	30.19	0

<Table 9> The Cycle Time of the Vendor on <Table 4> Example

number D/P		number of retailers = 50			number of retailers = 100		
		$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif	$T_o^*(day)$	$T_s^*(day)$	dif
1	0.1	3.52	3.52	0	3.23	3.23	0
	0.2	3.74	3.74	0	3.42	3.42	0
	0.3	4.00	4.00	0	3.66	3.66	0
	0.4	4.32	4.32	0	3.95	3.95	0
	0.5	4.73	4.73	0	4.33	4.33	0
	0.6	5.29	5.29	0	4.84	4.84	0
	0.7	6.10	6.10	0	5.59	5.59	0
	0.8	7.47	7.47	0	6.85	6.85	0
	0.9	10.57	10.57	0	9.69	9.69	0
2	0.1	3.32	3.32	0	3.37	3.37	0
	0.2	3.52	3.52	0	3.57	3.57	0
	0.3	3.77	3.77	0	3.82	3.82	0
	0.4	4.07	4.07	0	4.13	4.13	0
	0.5	4.46	4.46	0	4.52	4.52	0
	0.6	4.98	4.98	0	5.05	5.05	0
	0.7	5.75	5.75	0	5.83	5.83	0
	0.8	7.05	7.05	0	7.14	7.14	0
	0.9	9.97	9.97	0	10.10	10.10	0
3	0.1	2.95	2.95	0	3.69	3.69	0
	0.2	3.13	3.13	0	3.92	3.92	0
	0.3	3.35	3.35	0	4.19	4.19	0
	0.4	3.62	3.62	0	4.52	4.52	0
	0.5	3.96	3.96	0	4.96	4.96	0
	0.6	4.43	4.43	0	5.54	5.54	0
	0.7	5.12	5.12	0	6.40	6.40	0
	0.8	6.27	6.27	0	7.84	7.84	0
	0.9	8.86	8.86	0	1.08	11.08	0

4. 결론

공급자와 대리점으로 이루어진 공급체인의 재고 및 유통문제에서 공급자주기를 구하는 문제를 다루었다. 공급자의 생산주기인 공급자주기는 공급자에서 대리점으로 공급주기인 대리점주기의 정수 곱이다. 공급자의 비용과 대리점의 비용의 합을 최소화하는 공급자주기와 대리점으로 공급횟수를 구할 때 공급자주기를 구하는 내용을 다루었다. 공급자와 대리점을 통합하여 비용을 최소화하는 공급자주기를 구할 때 기존의 방법을 설명하였고 다른 새로운 방법을 제시하였다. 공급자주기와 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 함께 연립하여 고려하여 공급자주기를 구하는 방법은 기존방법이다. 여기서 제시된 새방법은 공급자의 비용만을 고려하여 비용함수를 만들고 이 비용함수를 최소화하는 공급자주기를 구하는 것이다. 기존방법과 새방법으로 각각 얻어진 공급자주기에 대해 차이가 있는지 분석하기 위해 다양한 수치적 예제를 제시하였고, 각 수치적 예제에 대해 두 방식의 공급자주기를 구하였다. 모든 수치적 예제의 경우에 대해 기존방법의 공급자주기와 새방법의 공급자주기는 차이가 없는 것으로 나타났다. 단일 공급자와 다수 구매자로 이루어진 공급체인에서 비용을 최소화하는 공급자주기를 구하는데 있어 기존방식 외에 여기서 제시하는 간단한 새방법을 적용하면 비용을 최소화하는 공급자주기와 공급자주기 동안에 공급자에서 대리점으로 공급횟수를 쉽게 구할 수 있을 것이다.

추가적인 연구 주제는 원료 조달이 발생하는 문제와 공급자주기 동안에 대리점으로서의 공급횟수가 대리점에 따라 다른 경우 등이 있을 것이다.

References

- [1] Aderohunmu, R., Mobolurin, A., and Bryson, N., Joint vendor-buyer policy in JIT manufacturing. *Journal of Operational Research*, 1995, Vol. 46, No. 3, pp. 375-385.
- [2] Banerjee, A., A joint economic-lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences*, 1986a, Vol. 17, p 292-311.
- [3] Banerjee, A., On quantity discount pricing model to increase vendor profits. *Management Sciences*, 1986b, Vol. 32, No. 11, p 1513-1517.
- [4] Banerjee, A. and Banerjee, S., Coordinated, order-less inventory replenishment for a single supplier and multiple buyers through electronic data interchange. *International Journal of Technology Management*, 1992, Vol. 7, p 328-336.
- [5] Banerjee, A. and Burton, J., Coordinated versus independent inventory replenishment policies for a vendor and multiple buyers. *International Journal of Production Economics*, 1994, Vol. 35, p 215-222.
- [6] Banerjee, A. and Kim, S.L., An integrated JIT inventory model. *International Journal of Operations and Production Management*, 1995, Vol. 15, No. 9, p 237-244.
- [7] Banerjee, A., Kim S.L., and Burton, J., Supply chain coordination through effective multi-stage inventory linkages in a JIT environment. *International Journal of Production Economics*, 2007, Vol. 108, p 271-280.
- [8] Chan, C.K. and Kingsman, B.G., Coordination in a single-vendor multi-buyer supply chain by synchronizing delivery and production cycles. *Transportation Research Part E*, 2007, Vol. 43, p 90-111.
- [9] Chan, C.K., Lee, Y.C.E., and Goyal, S.K., A delayed payment method in co-ordinating a single-vendor multi-buyer supply chain. *International Journal of Production Economics*, 2010, Vol. 127, p 95-102.
- [10] David, I. and Eben-Chaime, M., How far should JIT vendor-buyer relationships go? *International Journal of Production Economics*, 2003, Vol. 81-82, p 361-368.
- [11] Darwish, M.A. and Odah, O.M., Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains, *European Journal of Operational Research*, 2010, Vol. 204, p 473-484.
- [12] Goyal, S.K., An integrated inventory models : the buyer-vendor coordination. *European Journal of Operational Research*, 1976, Vol. 41, p 261-269.
- [13] Hill, R.M., The single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy. *European Journal of Operational Research*, 1997, Vol. 97, p 493-499.
- [14] Joglekar, P.N., Comments on a quantity pricing model to increase vendor profits. *Management Sciences*, 1988, Vol. 34, No. 11, p 1391-1398.
- [15] Kim, S.L. and Ha, D., A JIT lot-splitting model for supply chain management : enhancing buyer-supplier linkage. *International Journal of Production Economics*, 2003, Vol. 86, p 1-10.
- [16] Lee, H. and Rosenblatt, M., A generalized quantity dis-

- count pricing model to supplier's profits. *Management Sciences*, 1986, Vol. 32, No. 9, p 1177-1185.
- [17] Lu, L., A one-vendor multi-buyer integrated inventory model. *European Journal of Operational Research*, 1995, Vol. 81, p 312-323.
- [18] Monahan, J.P., A quantity discount model to increase vendor profit. *Management Sciences*, 1984, Vol. 30, No. 6, p 720-726.
- [19] Woo, Y.Y., Hsu, S., and Wu, S., An integrated inventory model for a single vendor and multiple buyers with ordering cost reduction. *International Journal of Production Economics*, 2001, Vol. 73, p 203-215.
- [20] Yu, Y., Wang, Z., and Liang, L., A vendor managed inventory supply chain with deteriorating raw materials. *International Journal of Production Economics*, 2012, Vol. 136, p 266-274.