

# 공급 사슬 관리를 위한 비정수 타임 락을 갖는 ATP 시스템 An ATP System with Non-Integer Time Lag for Supply Chain Management

김태영  
Tai Young Kim

동양공업전문대학 경영학부  
152-714, 서울특별시 구로구 고척동 62-160  
Tel: +82-2-2610-5235, Fax: +82-2-2610-1701, E-mail:tykim@dongyang.ac.kr

Department of Business Management, Dongyang Technical College  
62-160 Gocheok-dong, Guro-gu, Seoul, 152-714, Korea  
Tel: +82-2-2610-5235, Fax: +82-2-2610-1701, E-mail:tykim@dongyang.ac.kr

## Abstract

고객 만족과 납기 충족율을 최대화하기 위하여, 정확하고 실용적인 납기회답 시스템(ATP)은 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 복잡한 공급사슬관리 환경 하에서 조달, 제조, 분배 등을 모두 고려한 정확한 ATP 수량 할당은 매우 어려운 업무이고, 때문에 많은 연구들이 이루어져 왔다. 지금까지 기존의 선행 연구에서 시도되었던 ATP 모형들은 공통적으로 정수배의 시간 단위만 고려해 왔고, 이는 실제 산업 현장의 ATP 프로세스를 정확하게 반영하지 못하고 있는 비현실적인 가정이라 할 수 있다.

본 논문에서는 SCM을 위하여 비정수 타임 락을 사용한 ATP 시스템을 고려한다. 기존 연구들에서 이산형의 무리한 가정으로 표현되어 왔던 시간 단위를 동적 생산 함수(dynamic production function) 개념을 통하여 비음의 실수 범위에서의 자유롭게 나누어 고려할 수 있도록 하였다. 이를 통하여 기존 ATP 연구들의 무리한 가정을 제거하였으며, 보다 더 현실에 가까운 ATP 모델을 제안한다. 본 논문에서는 특히 공급 사슬(Supply Chain) 전체의 재고와 생산, 운송을 모두 고려하며 고객 주문에 대응하는 통합 ATP 시스템을 설계하였고, 기존 연구들이 미처 고려하지 못한 시간 흐름의 연속성에 중점을 두고 선형 계획(LP) 문제의 형태로 비정수 타임 락(non-integer time lag)을 갖는 ATP 시스템을 모델링하였다.

## Keywords:

Available-to-Promise(ATP), Supply Chain Management(SCM)

## 서론

오늘날 기업 환경은 보다 다양해지는 고객의

요구와 급격한 기술 발전, 온라인의 대두 등으로 인해 빠른 속도로 변화하고 있다. 특히 정보 기술의 괄목할만한 발전은 보다 효율적인 경영 환경의 글로벌화를 뒷받침할 수 있게 되었고, 글로벌화 된 경영환경에 맞추어 원자재의 구매, 조달에서부터 제품의 생산, 운송, 판매 등을 총괄하는 보다 넓은 시야에서의 최적화가 요구됨에 따라 공급 사슬 관리(Supply Chain Management:SCM)가 등장하기에 이르렀다. 과거의 기업들이 CIM(Computer Integrated Manufacturing) 구축이나 ERP(Enterprise Resource Planning) 등을 추진하면서 주로 사이트(Site) 단위로 기업 내의 생산 관리 자동화와 원가 절감을 꾀한 것과는 달리, SCM은 공급 사슬 전체를 포괄하면서 모든 경영활동을 종합적으로 관리하는 시스템이다. SCM에서는 고객의 수요 예측, 생산량 결정, 원자재 구매, 제품 생산, 제품의 분배, 운송, 판매에 이르기까지 각각의 공급자, 생산 공장, 분배 센터, 고객이라는 공급 사슬 구성 요소들 간의 물류 정보 흐름을 고려하여 최적화를 추진하게 된다.

ATP(Available-to-Promise)는 공급 사슬 환경에서 고객의 주문을 받아들이고, 이를 바탕으로 기업의 제품에 고객의 주문량을 할당함으로써 생산 및 판매 계획을 뒷받침하는 역할을 한다. 고객의 주문에 따라 희망 납기일까지 해당 제품에 대한 납기 가능량을 계산하여 회신함으로써 수요와 공급을 일치시키고, 다양한 대체안을 통해 고객의 어떠한 요구라도 만족시킬 수 있도록 지원하는 것이 납기 회답(ATP) 시스템이다. 주문량 할당은 고객의 주문이 들어왔을 때 최소의 비용으로 고객에게 제품이 전달될 수 있도록 APS에서 계산된 공급 가능량을 다중 분배 센터(multi D/C)와 다중 플랜트(multi plant, multi factory) 별로 할당하고, 그 결과를 이용하여 고객에게 주문에 대한 납기 회신을 주도록 하는 것이다. 주문 상황에 맞게 납기 가능한 시간과 수량 정보를 제시하고, 고객의 주문을 만족하지 못할 경우 가격 절충이나 대체안, 초과 생산 등을 통해 주문의 승인율(order accept rate)을

높이기 위하여 고객과의 협상이 가능하도록 지원해주는 부가적인 기능도 ATP에 포함된다. 특히 공급 사슬 관리는 부품, 기자재, 원료 등의 구매 및 조달뿐 아니라 제품의 생산 및 완제품의 보관, 운송, 유통, 판매까지의 생산에 요구되는 모든 구성 요소인 공급 사슬(Supply Chain) 전체에 대한 합리화된 통합적 관리를 의미하기 때문에, ATP는 APS와 맞물려 고객 수요를 예측하고 생산 계획에 따라 고객에게 가능한 납품 스케줄 정보를 제공하는 역할을 한다.

고객의 주문량을 특정한 시점에 최소 비용으로 할당하는 문제는 일반적으로 최적해가 존재한다. 그러나 공급 사슬 환경을 고려하면서 문제에 대한 제약(수송 능력, 수송 방식, 수송 수단의 배치 사이즈, 기존 주문 예약량 보존 등)이 많아지고 문제의 크기(분배 센터와 플랜트의 개수, 제품의 종류, 수송 수단의 종류 등)가 커질 경우, 문제의 복잡성이 증가함에 따라 ATP 시스템이 고려해야 하는 정보량 또한 대단히 방대해지기 때문에 현실적으로 활용 가능한 통합 ATP 시스템을 설계하고 구현하는 것은 계산 시간의 한계 등으로 인하여 무리가 따른다. 따라서 적절한 시간 내에 가능한 좋은 값을 얻기 위해서는 체계적인 연구를 통한 정교한 ATP 시스템 설계가 매우 절실하다.

ATP 관련 기존의 연구들은 생산 시스템 성격에 따라 다르게 접근하기도 하였고, SCM이라는 환경에 대한 ATP의 성격을 분석하기도 하였다. 우선 SCM에서의 ATP 모듈의 역할과 기능에 대하여 고찰한 것으로는 Kim *et al.* (2000), Sim *et al.* (2000) 등의 연구가 있다 [9],[14]. 이후 Yang과 Choi (2003)는 SCM 전산 시스템을 기업에 도입할 경우 ATP 모듈을 어떻게 활용하여야 하는가에 대하여 보고하였다 [17]. 생산 시스템의 성격에 따라 세분화된 ATP 연구가 이루어지기도 했는데, 공급 사슬(Supply Chain) 환경에서 주문자 생산 방식(Make-To-Order)을 위한 ATP가 연구되어 왔고, 조립(assembly) 생산을 고려한 ATP, 유연(flexible) 생산을 위한 ATP 등이 연구되기도 하였다. Jung *et al.* (2003)은 PDP 제품에 대한 주문자 생산 방식(Make-To-Order)을 연구하였다 [8]. Dobson과 Stavroulaki (2003)은 주문자 생산 방식(Make-To-Order)에 대하여 생산 능력을 보다 정확하게 고려한 ATP 시스템을 제안하였다 [4]. 조립(assembly) 생산에 대한 ATP로는 우선 Cheng (1994)이 조립(assembly) 생산에서의 최적 납기일 설정(optimal due-date assignment)에 대하여 연구한 바 있다 [3]. 또한 Jeong *et al.* (2002)는 TFT 제품에 대한 조립(assembly) 생산의 연구를 진행하였다 [7]. Xiong *et al.* (2003-a),(2003-b)은 동적(dynamic) BOM을 기반으로 하는 유연(flexible) ATP를 제안하기도 하였다 [15],[16]. 고객의 주문을 ATP 시스템에서 어떻게 한꺼번에 처리하는가에 대한 연구도 진행된

바 있다. Chen *et al.* (2001),(2002)은 고객의 묶음(batch) 주문을 고려하여 ATP에서 처리하는 것을 AATP(Advanced ATP)라고 명명하면서 보다 향상된 ATP 모델을 제안하였다 [1],[2]. 이 연구를 바탕으로 Pibernik (2005)는 모델을 확장하였고, 상황에 따라 AATP를 선택하였을 때와 그렇지 않을 때를 비교 분석하였다. 실시간(real-time)으로 주문을 어떻게 처리해야 하는가에 대한 연구도 있어 왔다. Moses (1999)는 피드백 통제(feedback control) 개념을 사용하여 주문량이 동적(dynamic)으로 변하는 환경에서 시스템 흐름 시간(flow time)을 예측하고 불확실성에 대한 타임 버퍼(time buffer)를 조절하는 방법을 제시하였다 [12]. 이 연구는 Moses *et al.* (2004)에 의해 동적 시간 상태(dynamic time-phased)를 고려한 납기일 처리에 대한 문제로 확장되었다 [13]. 그 밖에 물류 관리 방식에 따라 달라지는 ATP에 대하여 연구가 이루어지기도 하였다. Han *et al.* (2002)은 물류 센터에서 안전 재고를 고려한 ATP 모델을 제안하였다 [6].

하지만 ATP에 대한 이전 연구에서 시도되었던 모형들은 공통적으로 정수배의 시간 단위만 고려해왔고, 이는 실제 ATP 프로세스를 정확하게 반영하지 못하고 있는 비현실적인 가정이라 할 수 있다. 이 문제를 해결하려면, Hackman과 Leachman (1989)의 동적 생산 함수(dynamic production function)를 이용하여야 한다 [5]. 이 개념을 통하여, 본 논문에서는 시간 단위를 비음의 실수 범위에서의 자유롭게 나누어 고려할 수 있는 보다 현실적인 ATP 모델을 제안한다. 본 논문에서는 특히 공급 사슬(Supply Chain) 전체의 재고와 생산, 운송을 모두 고려하며 고객 주문에 대응하는 통합 ATP 시스템을 설계하였고, 기존 연구들이 미처 고려하지 못한 시간 흐름의 연속성에 중점을 두고 선형 계획(LP) 문제의 형태로 비정수 타임 락(non-integer time lag)을 갖는 ATP 시스템을 모델링하였다.

이후 논문의 전개는 다음과 같다. 2장에서는 동적 생산 함수의 개념을 소개하고, 이를 이용하여 비정수 타임 락을 고려한 ATP 모형을 제시한다. 3장에서는 제시된 모형을 통해 ATP 프로세스가 어떻게 해를 구하여 활용하게 되는지에 대한 해법을 제시한다. 4장에서는 제안한 모형의 타당성을 수치 예제를 통하여 검증하고, 마지막 5장에서는 결론 및 추후 연구에 대해 설명한다.

## 수리모형

본 연구에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

<첨자(index)>

$f$  : 공장(factory, plant)

$w$  : 분배 센터(distribution center)

$c$  : 고객(customer)  
 $t$  : 시간(time)  
 $p$  : 제품(product)

<결정 변수(decision variable)>

$\alpha_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 새로운 주문의 할당량  
 $\beta_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 새로운 추가 잔고 (새 주문에 의해 생성)  
 $X_{fpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 공장  $f$ 의 생산량  
 $I_{wpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 분배 센터  $w$ 의 재고량  
 $I'_{fpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 공장  $f$ 의 재고량  
 $TW_{fwpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 공장  $f$ 와 분배 센터  $w$  사이의 운송량  
 $TC_{wcpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 분배 센터  $w$ 와 고객  $c$  사이의 운송량  
 $B_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 잔고 (과거 주문에 의해 생성)

<입력 모수(input parameter)>

$dd(c, p)$  :  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 희망 납기일  
 $N_{cpdd(c,p)}$  : 희망 납기일  $dd(c, p)$ 를 갖는  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 주문량  
 $D_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 주어진 수요 (과거에 받아들인 주문)  
 $W(f)$  : 공장  $f$ 에 의하여 제품을 공급받을 수 있는 분배 센터의 집합  
 $W(c)$  : 고객  $c$ 에 제품을 공급할 수 있는 분배 센터의 집합  
 $F(w)$  : 분배 센터  $w$ 에 제품을 공급할 수 있는 공장의 집합  
 $C(w)$  : 분배 센터  $w$ 에 의해 제품을 공급받을 수 있는 고객의 집합  
 $Fcapa_{ft}$  : 시간  $t$ 에서 공장  $f$ 의 생산 가용 능력  
 $TWcapa_{fwpt}$  : 시간  $t$ 에서 공장  $f$ 와 분배 센터  $w$  사이의 운송 가용 능력  
 $TCcapa_{wct}$  : 시간  $t$ 에서 분배 센터  $w$ 와 고객  $c$  사이의 운송 가용 능력  
 $Icapa_{wpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 분배 센터  $w$ 의 저장 가용 능력  
 $I'capa_{fpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 공장  $f$ 의 저장 가용 능력  
 $lr_{fp}$  : 공장  $f$ 에서  $p$  제품의 단위 생산 리드 타임

$\delta(c, p)$  :  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 새 주문을 위한 계획 기간 한계  
(계획 기간의 끝 =  $dd(c, p) + \delta(c, p)$ )

$ub_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 잔고 상한  
 $tt(f, w)$  : 공장  $f$ 와 분배 센터  $w$  사이의 운송 시간  
 $tt(c, w)$  : 분배 센터  $w$ 와 고객  $c$  사이의 운송 시간  
 $ec_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 빠른 도착 비용(earliness cost)  
 $tc_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 늦은 도착 비용(tardiness cost)  
 $lc_{cpt}$  : 시간  $t$ 에서  $p$  제품에 대한 고객  $c$ 의 새 추가 잔고 벌칙 비용(penalty cost)

### 동적 생산 함수

비정수 타임 락(non-integer time lag)을 갖는 ATP 시스템의 모델링하기 위하여, 우선 동적 생산 함수의 개념에 대해 우선적으로 설명하고자 한다. 본 연구에서 사용하는 동적 생산 함수의 개념은 Hackman과 Leachman (1989)의 연구를 기초로 한 것이다 [5]. 또한 본 연구에서 이후 언급하는 동적 생산 함수에 대한 설명은 Kim *et al.*(2004, 2005)의 연구에서 설명되었던 것을 기초로 하고 있다 [10, 11].

기존 ATP 연구들에서는 시간 단위를 정수형으로 사용하는 것이 일반적이었다. 하지만 시간의 흐름은 실제로 연속적인 것이고, 엄밀하게 말하면 정수형으로 나누어 질 수 없는 것이다. 이러한 근원적인 문제에 대한 기존 연구들의 접근은 단위 시간을 작게 분할하여 정수배로 만들어 사용하는 것이었는데, 이 방법은 모형이 풀어야 하는 문제 크기를 늘리는 결과를 초래하므로 해를 구하기까지 수행 시간이 매우 오래 걸리는 단점이 있다. 기존 연구들은 이와 같이 모형에서부터 현실을 정확하게 반영하지 못하고 있을 뿐만 아니라, ATP 시스템이 실제 산업 현장에서 활용 가능한 시간 범위 내에 해를 찾는 것에도 무리가 있었다.

Hackman과 Leachman (1989)이 제안한 동적 생산 함수(dynamic production function)를 이용한 수리 모형은 이러한 문제를 해결하기 위한 유일한 접근 방법이다 [5]. 이들의 방법을 이해하려면 동적 생산 함수에 대한 이해가 선행되어야 한다. 따라서 먼저 일반적인 재고 균형식과 타임 락(time lag)을 갖는 재고 균형식을 설명하고, 동적 생산 함수를 이용한 재고 균형식을 설명한 다음, 타임 락(time lag)이 정수(integer)인 경우에서 정수가 아닌 비정수(non-integer)인 경우로 확장될 때 수리 모형이 어떻게 변화하는 지에 대해 설명한다.





$$X_{fpt} \geq 0, \quad \forall f, p, t \quad (18)$$

$$I'_{fpt} \geq 0, \quad \forall f, p, t \quad (19)$$

$$I_{wpt} \geq 0, \quad \forall w, p, t \quad (20)$$

$$TW_{fwpt} \geq 0, \quad \forall f, w, p, t \quad (21)$$

$$TC_{wcpt} \geq 0, \quad \forall w, c, p, t \quad (22)$$

$$\alpha_{cpt} \geq 0, \quad \forall c, p, t \quad (23)$$

$$\beta_{cpt} \geq 0, \quad \forall c, p, t \quad (24)$$

목적식 (6)은 세 가지 비용 함수로 이루어져 있다.

$\sum_c \sum_p \sum_t^{dd(c,p)} (ec_{cpt} \times \alpha_{cpt})$  부분은 빠른 도착

비용(earliness cost)에 대한 것이고,

$\sum_c \sum_p \sum_{t=dd(c,p)+\tau}^{dd(c,p)+\delta(c,p)} (tc_{cpt} \times \alpha_{cpt})$  부분은 늦은 도착

비용(tardiness cost)에 대한 것이며,

$\sum_c \sum_p \sum_{t=dd(c,p)+\tau}^{dd(c,p)+\delta(c,p)} (lc_{cpt} \times \beta_{cpt})$  부분은 새로운 추가 잔고

벌칙 비용(penalty cost)에 대한 것이다. 목적식의 비용 함수에 대한 개념과 구성은 그림 2와 같다. 이처럼 식 (6)은 ATP를 처리하기 위해 발생하는 모든 비용의 합을 최소화하는 형태로 모델의 목적식을 나타낸 것이다.

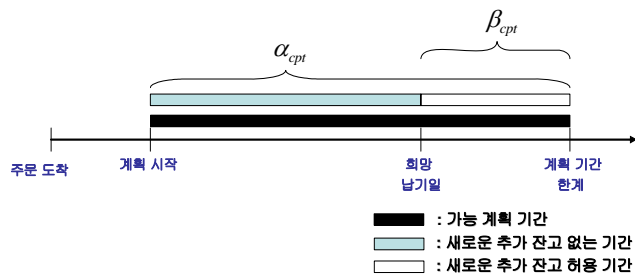


Figure 2 제안하는 ATP 모형의 목적식 구조

제약식 (7)은  $p$  제품에 대한 공장  $f$  와 분배 센터  $w$  사이의 생산(production), 재고(inventory), 운송(transportation)을 고려한 재고 균형식(balance equation)이다. 제약식 (8)은  $p$  제품에 대한 공장  $f$  와 분배 센터  $w$  사이의 생산, 재고, 운송을 고려한 재고 균형식이다. 제약식 (9)는 과거 주문에 의해 결정된 할당에 관한 재고 균형식이고, 제약식 (10)은 과거 주문에 의해 결정된 할당에 새로운 주문에 대한 잔고 부담 요소(backlog)를 추가하는 것에 관한 재고 균형식이다. 이상의 식 (7)~(10)의 재고 균형식에 대하여 동적 생산 함수의 개념이 적용된다. 제약식 (11)은 새로운 주문을 위한

할당량의 총합은 새로운 주문 수량의 총합과 같아야 한다는 의미이다. 제약식 (12)은 생산 능력 제약에 관한 것이고, 제약식 (13)은 공장  $f$  와 분배 센터  $w$  사이의 운송 능력에 관한 것이며, 제약식 (14)은 분배 센터  $w$  와 고객  $c$  와 사이의 운송 능력에 관한 것이다. 제약식 (15)는 공장  $f$  의 저장 능력 제약이고, 제약식 (16)은 공장  $f$  의 저장 능력 제약이다. 제약식 (17)는 잔고(backlog)의 상한을 고정값으로 명시한 것이고, 제약식 (18)~(24)는 비음 조건이다.

## ATP 연산 절차

본 장에서는 제시된 LP 모형을 통하여 ATP를 계산하고 활용하는 절차를 설명한다. 본 해법은 Jung *et al.* (2003)의 연구에서 제시되었던 ATP 풀이 해법을 토대로 하고 있으며, 본 연구가 제안하는 ATP 수리 모형을 Jung *et al.* (2003)의 해법에 대입하여 활용하였다 [8].

**단계 1 :** 시점  $k$  에 고객의 새로운 주문을 접수한다. 현재 사용되고 있는 주기적 계획으로부터 제품에 대한 입력 모수를 얻어 준비한다.

**단계 2 :** 초기화

**2.1 :**  $k$  +준비 시간  $\leq$  계획 기간(planning horizon)  $\leq dd(c, p) + \delta(c, p)$

**2.2 :** 기존 잔고의 상한을 설정한다.

(  $B_{cpt} \leq$  단계 1의 생산 분배 계획으로부터 얻은 고정된 잔고 값)

**단계 3 :** 기존 잔고에 대한 상한을 설정한 상태에서, 새로운 주문을 위한 할당량을 계산하는 LP 수리 모형을 계획 기간 안에서 푼다.

**단계 4 :**  $\alpha_{cpt}$  와  $\beta_{cpt}$  를 사용하여 Table 1과 같이 새로운 주문을 위한 ATP를 결정한다.

Table 1. ATP 결정

경우	$\alpha$	$\beta$	ATP 결정
Case 1	희망 납기일 전에 모두 할당됨	0	희망 납기일
Case 2		0	마지막 $\alpha$ 의 할당 시점
Case 3	희망 납기일 후에 부분적으로 할당됨	부분적으로 양수 (계획 기간의 마지막 시점에 대해서 제외)	계획 기간의 마지막 시점 이전의 마지막 $\beta$ 의 할당 시점
Case 4		계획 기간의 마지막 시점에 대해서 양수	주문 취소

ATP 모형을 통하여 새로운 주문을 위한 결정 변수  $\alpha_{cpt}$  와  $\beta_{cpt}$  의 값을 얻을 수 있다. 그림 2에서 보여지는 것과 같이, 모든 새로운 주문이 희망 납기일 이전에 만족될 때  $\beta_{cpt}$  는 0이 된다 (경우 1). 그렇지 않을 경우, ATP는  $\beta_{cpt}$  의 상태에 따라 결정된다 (경우 2,3,4).

### 수치예제

본 연구에서 제시한 ATP 모형과 알고리즘의 정확성 및 효율성을 검증하기 위해서 수치예제를 만들어 실험을 실행하였다. 실험은 펜티엄IV (Intel Pentium IV processor 2.0 GHz)를 장착한 IBM 호환 PC 환경에서 수리 모형을 위한 상업용 모델링 시스템 CPLEX 9.1을 사용하여 수행되었다.

본 수치 예제에서 가정한 공급 사슬 환경을 설명하면, 공장(plant) 2개, 분배 센터(D/C) 3개, 12 개의 계획 기간 동안 랜덤하게 발생시킨 70 개의 고객 주문을 대상으로 하였다. 동적 생산 함수를 이용하여 재고 균형을 비정수 타임 락을 갖도록 변형한 제안 해법의 ATP 수리 모형과, 기존 연구들과 같이 정수 시간 단위만을 갖도록 한 ATP 수리 모형에 똑같은 파라미터를 입력하고 결과를 비교하는 방법으로 실험을 실시하였다. 그 결과를 요약하면 Table 2와 같다.

Table 2. 제안 모형과 기존 모형의 ATP 결과 비교

	주문 승인율	주문 수행 비용
기존 모형	85.0 %	3133
제안 모형	91.4 %	2817

수치 예제를 위한 모수를 입력할 때 제안 해법에서 시간 단위가 정수가 되도록 했을 경우에는 기존 해법의 결과와 제안 해법의 결과가 동일하게 나왔으며, 이를 통해 제안 해법의 수리 모형이 정확하다는 것을 확인할 수 있다. 표 2에 요약된 실험 결과를 해석해 보면, 기존 해법에서는 제품에 대한 타임 락이 비정수일 경우 (3 기간의 타임 락이 0.4 일 경우), 비정수 기간(2.6 기간)을 정의할 수 없기 때문에 이를 반올림하여 (3 기간으로 반올림) 문제를 풀어야 하지만, 제안 해법에서는 비정수 타임 락이 적용 가능하므로 (2.6 기간), 주어진 그대로 수식에 반영될 수 있기 때문에 총 비용이 더 낮아지는 효과를 거두고 있다고 할 수 있다. 또한 주문이 거부되지 않고 처리 가능한 것으로 승인되어 ATP 결과를 시스템이 얻게 되는 비율도 같은 이유로 인해 더 높아지는 것을 알 수 있다.

### 결론

본 연구에서는 SCM 환경에서 생산, 재고, 운송을 모두 고려하면서 고객 주문에 대응할 수 있는 통합 ATP 시스템을 설계하였다. 특히 기존의 ATP 연구들에서 계획 기간(planning horizon)과 ATP 할당이 이루어지는 단위 시간(time bucket) 등 정수배의 시간 단위만 고려해 왔지만, 본 논문에서는 동적 생산 함수(dynamic production function)의 개념을 이용하여 비정수 타임 락(non-integer time lag)을 갖는 ATP 시스템을 모델링함으로써 비음의 실수 범위에서의 시간 단위를 자유롭게 고려할 수 있도록 하였다. 이렇게 현실을 보다 정확히 반영하여 ATP 시스템을 LP 모형으로 모델링하여 최적해를 찾을 수 있게 하였고, 시간 단위를 자유롭게 조절할 수 있도록 하였기 때문에 세밀한 ATP 결과를 얻고자 할 때 매우 유리하다. 즉, 짧은 시간 단위의 매우 정교한 ATP 할당 결과를 필요로 할 경우, 기존 ATP 연구 결과를 이용하면 단위 시간을 정수배로 작게 분할하여야 하고 탐색 범위가 매우 커지므로 해를 찾는 수행 시간이 크게 늘어나는 현상이 나타나지만, 본 논문에서는 이를 수리 모형 단계에서부터 근본적으로 해결하였다.

향후 연구과제로는 제품의 BOM 정보에 따라 공급 사슬에서의 원자재 조달 상황까지 확인해 가면서 ATP를 실시하는 다단계 ATP(multi level ATP), 묶음(Batch) 주문 처리를 반영하는 AATP(Advanced ATP) 등과 같이 보다 심도 있는 ATP 연구에 본 논문에서 제안한 동적 생산 함수를 활용한 ATP 모형을 확장하여 적용하는 것을 들 수 있다.

### References

- [1] Chen, C. Y., Zhao, Z. and Ball, M. O. (2001). "Quantity and Due Date Quoting Available to Promise", *Information Systems Frontiers*, Vol. 3, No. 4, pp. 477-488.
- [2] Chen, C. Y., Zhao, Z. and Ball, M. O. (2002). "A Model for Batch Advanced Available-To-Promise", *Production and Operations Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 424-440.
- [3] Cheng T. C. E. (1994). "Optimal Due-date Assignment in an Assembly Shop", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 31-42.
- [4] Dobson, G. and Stavroulakis E. (2003). "Capacitated, finish-to-order production planning with customer ordering day assignments", *IIE Transactions*, Vol. 35, pp. 445-455.
- [5] Hackman, S. T. and Leachman, R. C. (1989). "A General Framework for Modeling Production", *Management Science*, Vol. 35, No. 4, pp. 478-495.
- [6] Han, J. Y., Jeong, H. S., Jeon, J. T. and Jeong, B. J. (2002). "Development of an Efficient ATP System

- Using Safety Stock Level in Supply Chain Management”, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 2, No. 1, pp. 31-40.
- [7] Jeong, B. J., Sim, S. B., Jeong, H. S. and Kim, S. W. (2002). “An Available-to-Promise (ATP) System for TFT LCD Manufacturing in Supply Chain”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43, Nos. 1-2, pp. 191-212.
- [8] Jung, H., Song, I., Jeong, B. and Yoo, W. (2003). “An Optimized ATP (Available-to-Promise) System for Make-to-Order Company in Supply Chain Environment”, *International Journal of Industrial Engineering - Theory Applications and practice*, Vol. 10, No. 4, pp. 367-374.
- [9] Kim, N. H., Noh, S. J., Wang, G. N. and Rim, S. C. (2000). “Production Planning and Order Receiving System for Capable-To-Promise in Supply Chain Management”, *IE Interfaces*, Vol. 13, No. 3, pp. 396-404.
- [10] Kim, J. S., Shin. K. Y., Kim, Y. C. and Moon, C. W. (2004). “Integrated production/distribution planning with non-integer time lag in supply chain using adaptive genetic algorithm”, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 4, No. 2, pp. 71-81.
- [11] Kim, J. S., Shin. K. Y. and Moon, C. W. (2005). “A frame of the integrated production/distribution model with non-integer lags”, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 31, No. 2, pp. 120-126.
- [12] Moses, S. A. (1999). “Due Date Assignment Using Feedback Control with Reinforcement Learning”, *IIE Transactions*, Vol.31, pp. 989-999.
- [13] Moses, S., Grant, H., Gruenwald, L. and Pulat, S. (2004). “Real-time due-date promising by build-to-order environments”, *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 20, pp. 4353-4375.
- [14] Pibernik, R. (2005). “Advanced available-to-promise: Classification, selected methods and requirements for operations and inventory management”, *International Journal of Production Economics*, Vols. 93-94, pp. 239-252.
- [15] Sim, S. B., Han, J. Y. and Jeong, B. J. (2000). “An ATP Quotation System in Supply Chain Management”, *IE Interfaces*, Vol. 13, No. 3, pp. 405-415.
- [16] Xiong, M. H., Tor, S. B. and Khoo, L. P. (2003). “WebATP: a Web-based flexible available-to-promise computation system”, *Production Planning & Control*, Vol. 14, No. 7, pp. 662-672.
- [17] Xiong, M. H., Tor, S. B., Khoo, L. P. and Chen, C. H. (2003). “A web-enhanced dynamic BOM-based available-to-promise system”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 84, No. 2, pp.133-147.
- [18] Yang, J. H. and Choi, Y. S. (2003). “A Case Study on Implementation of Global ATP System for A Global Manufacturing Company”, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 3, No. 1, pp. 33-40.