

납기확약을 통해 고객 신뢰성 향상을 도모하기 위한 CTP 시스템에 관한 연구

- CTP System Study for Customer Reliability
Improvement through Due date Promising -

오 성 환 *

Oh Sung Hwan

박 영 기 *

Park Young Ki

강 경 식 **

Kang Kyong Sik

Abstract

This Study will introduce the concept of CTP(Capable-to-Promise) Algorithm, CTP process, and the modeling of algorithm. This research is based on the environment of using Job-Shop method. CTP algorithm model use LPST(Latest Possible Start Time) and EPST(Earliest Possible Start Time) method especially. It is important part of executing CTP system. The CTP modeling and implementing develops to system which is able to implement in the various business environment through additional and continuous research.

Keyword : CTP, ATP(Available-to-Promise), LPST, EPST

† 본 논문은 명지대학교 산업안전센터에 의해 지원되었음.

* 명지대학교 산업시스템 공학부 박사수료

** 명지대학교 산업시스템 공학부 교수

1. 서 론

인터넷이 광범위하게 보급됨으로서 인터넷 사용 인구가 증가하고 있으며, 현재에는 전체 국민의 1/4 이상이 인터넷을 사용하고 있으며, 특히 인터넷을 통해 구매를 하고 비용을 처리하는 등의 일련의 거래 행위를 하고 있다. 이는 기존의 실제적인(realistic) 기업 환경이 가상적인(virtual) 환경으로 변해가고 있다는 것을 의미하며 특히 기업과 기업, 기업과 고객, 이들 사이의 여러 구성요소, 그리고 제품이 얽혀져 있는 공급망이 변화하고 있다는 것을 의미한다. 좀더 정확한 표현을 빌자면 공급망을 바라보는 관점과 이에 대한 관리가 변화했다고 할 수 있다. SCM(Supply Chain Management)에 대한 요구가 증가하는 가운데 그 기능 중의 하나인 납기확약에 대한 연구도 늘어나고 있는 실정이다.

납기확약이란 고객과의 접점에서 협상을 통해서 납기일에 대한 약속을 해주는 것을 의미하는데, 현재 다수의 SCM 솔루션에서 이 기능을 살펴 볼 수 있으나 실제 현업에서 성공적으로 사용되는 예는 거의 발견하기 힘든 상황이다. 여기에는 두 가지 이유를 들 수 있는데, 하나는 공급망상의 효율적이고 실시간적인 정보시스템 부재로 인한 입력데이터의 부정확성 들 수 있으며, 하나는 생산현장의 가용능력(Available Capacity)을 정확히 반영하지 못하기 때문이다.

본 논문에서는 주문생산(Make-to-Order) 환경에서 Job Shop 방식을 사용하는 기업 환경에 적합한 CTP 엔진에 대한 알고리즘 설계를 통해 보다 향상된 납기확약 시스템을 모델링 하는데 초점을 맞추고 있으며, 이를 MS-SQL 2000을 이용하여 구현하였다.

CTP는 ATP가 계획생산(Make-to-Stock) 환경에서 사용되는 것과 다르게 다품종의 주문생산(Make-to-Order) 환경에 사용된다. 여기서 다품종 주문생산 방식을 사용하는 기업들의 현황을 살펴보자. 다품종 주문생산 방식의 기업에서는 다수 또는 단일의 생산라인 또는 Job Shop 방식의 Routing을 통하여 다수의 대·소형 고객을 대상으로 다양한 제품을 생산·판매하고 있다. 다양한 고객과 제품은 불확실성의 원인을 제공하고 있으며 이는 안정적인 생산의 장애요인이 되고 있다. 또한 제한된 설비와 자원을 가지고 운영되기 때문에 다양한 제품과 다수의 고객이 제공하는 수요변동에 즉각적이고 빠른 대응이 어려운 실정이다.

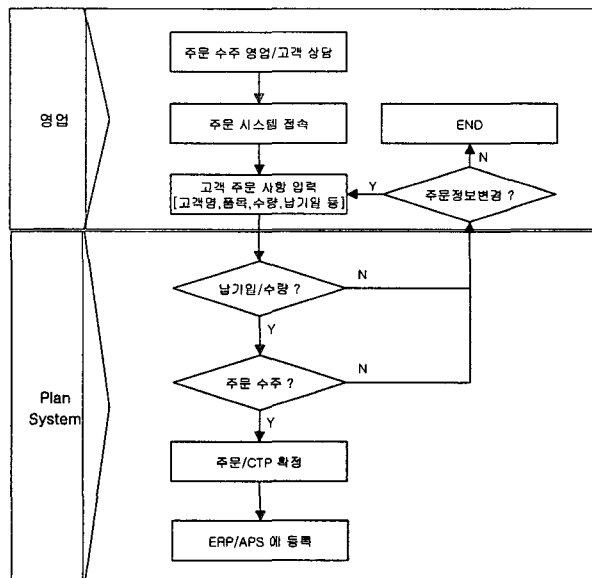
2. CTP 주문처리 프로세스

일반적으로 CTP를 통한 가용성 체크는 완제품에 대해서 일정계획을 통한 가용 Capacity와 배송계획에 있어서의 Lead Time을 가지고 수행되게 된다. CTP 실행 결과 Capacity에 여유가 있어 고객이 원하는 날짜에 공급을 해줄 수 있다면 해당 주문에 대한 접수가 이루어지며, 만약 Capacity에 여유가 없다면 최대한 빠른 날짜를 제시하여

고객의 선택을 기다리게 된다. CTP를 수행을 통한 주문처리에는 여러 가지 고려사항이 있게 되는데, 다음은 기존의 연구를 통해 표출된 대표적인 것들에 대한 예이다.

- 긴급주문에 대한 수용 : 이는 기업에 따라 다른 전략을 가져갈 수 있으나, 다른 주문들의 스케줄에 영향을 미치게 되므로 가급적 긴급주문에 대한 수용이 적어야 한다.
- 확약 일에 대한 납기준수 : 고객과의 신뢰를 유지하기 위하여 가급적 모든 주문에 대한 납기일을 준수하여야 한다.
- 생산능력의 적절한 활용 : 긴급주문을 수용할 여유능력(Idle Capacity)에 대한 적절한 설정을 통해 최대한 생산능력을 효과적으로 활용할 수 있어야 한다.
- 제약사항에 대한 만족 : 생산라인에서 일어나는 여러 제약사항에 대하여 수용할 수 있어야 한다.

고객과의 접점을 통해 고객의 주문 요청이 발생하면 생산스케줄 및 가용능력(Available Capacity)을 측정하여 고객에게 납기 가능일 및 수량을 제시해 준다. 고객은 이를 확인하고 선택적으로 주문을 내릴 수 있게 된다. [그림-1]은 CTP의 업무흐름을 나타내고 있다. 우선 영업 센터나 시스템을 통해서 고객으로부터 주문에 대한 정보를 입력받게 되면 일정계획 및 가용능력(Available Capacity)을 체크하게 되며, 고객이 원하는 주문 사항을 만족시켜줄 수 있는 납기 확약 일을 제시하여 준다. 이때 고객은 이를 수락하던지 아니면 정보를 수정하여 다시 CTP 결과를 확인해 볼 수 있게 된다. 이러한 방식으로 고객이 주문을 확인하고 입력을 마치게 되면 CTP가 확정되고 이는 ERP를 통해 Planning System에 입력되어 일정계획에 반영되게 된다.



< 그림 1 > CTP Workflow

3. CTP 알고리즘

3.1 LPST를 통한 CTP 알고리즘

< 그림 2 >는 LPST(Latest Possible Start Time) 방식을 수행하는 Algorithm을 나타내고 있으며, 이 방식은 마지막 공정에서부터 Due date를 시작점으로 첫 번째 공정까지 주문에 대한 작업할당을 수행하는 Backward 방식이다. LPST 방식에서는 다음과 같은 전제 조건을 갖는다.

- * I = 설비에 할당되어 있는 데이터 총 개수(작업개수)
- * i = 한 설비에 할당 되어 있는 작업번호
- * J = Operation 수(Routing 상에 있는 Operation의 개수)
- * j = Routing 순서에 따른 Operation 번호
- * Start = 해당 Resource에서 하나의 주문에 대한 작업 시작시간
- * End = 해당 Resource에서 바로 이전에 수행된 작업의 종료시간

< Basic >

- $Start_i = due\ date(i=I+1\text{인 초기값의 경우에만 해당된다})$
- $End_0 = \text{일정계획 구간의 시작시간}$
- A = Resource의 가용시간
- $i = I+1, I, I-1, \dots, 1$
- $j = J, J-1, J-2, \dots, 1$

CTP를 통하여 주문이 입력될 때 주문과 관련된 제품정보, Routing 정보도 ERP로부터 가져오게 된다.

① 이미 주문에 대하여 Routing에 따른 설비들이 할당 되어 있는 상태이며, 마지막 공정의 설비에서 이미 할당 되어 있는 작업의 개수를 분석한다. 여기서 LPST이기 때문에 마지막 공정에서부터 시작한다.

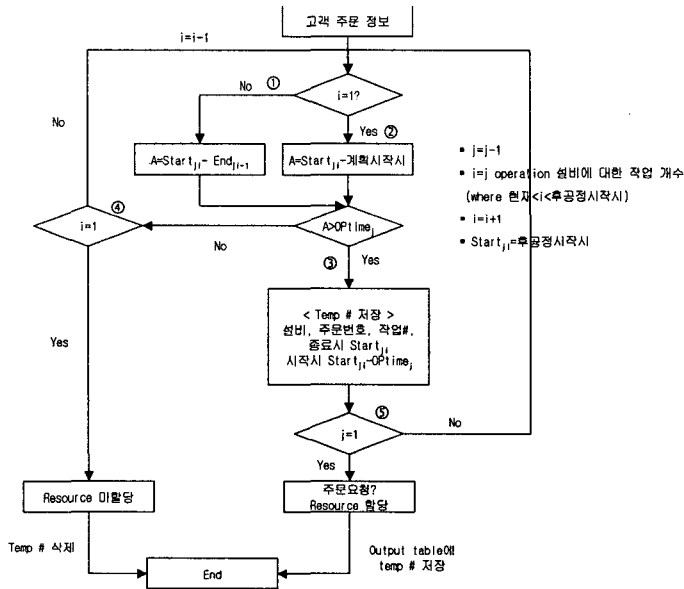
주문에 대한 작업을 해당 Resource에서 납기일을 중심으로 뒤에서부터 가용능력을 찾기 때문에 $i(i = I+1, I, I-1, \dots, 1)$ 가 1이 되기 전까지는 Due Date($Start_{ji}$)와 이전작업의 종료시간($End_{j(i-1)}$) 사이의 가용능력을 구하여 비교한다. 그 결과 할당 가능하게 되면 ③으로 이어진다.

② i 가 1이 되면 Due Date와 일정계획 구간의 시작시간 사이의 가용능력을 분석하여 Operation 시간과 비교하여 할당 가능하면 ③으로 이어진다.

③ 해당 공정에 대하여 가용능력 중 할당할 부분을 찾게 되면(①,②) 설비, 주문번호, 작업번호, 해당 작업의 종료시간($Start_{ji}$), 시작시간($Start_{ji}-OTime_j$)에 대한 정보를 임시로 저장하게 된다.

④ ①,②의 결과가 할당 불가능하다고 나오게 되면 i 값을 하나 줄여서 이전 작업의 시작시간($Start_{ji}$)과 한 단계 더 이전 작업의 종료시간($End_{j,i-1}$)의 값을 가지고 ①,②를 반복하여 할당할 부분을 찾게 된다. 단 더 이상 비교할 대상이 없게 되면($i=1$) Resource를 할당하지 못하고 임시 저장된 내용을 삭제하고 CTP 수행을 마치게 된다.

⑤ ③을 수행한 후 더 거쳐야 할 공정이 없게 되면($j=1$) 고객의 주문확정 정보를 입력 받아 Resource를 할당하고 결과 값을 저장한 후 CTP를 종료하게 된다. 반대로 수행해야 할 공정이 남아 있다면($j>=1$) $j-1$ 공정으로 넘어 가며, $j-1$ 공정에서는 후 공정(j)의 작업 시작시간이 $Start_{ji}$ 가 된다. 그리고 프로세스 ①,②를 다시 수행하는 식으로 전 공정의 설비에 주문에 대한 작업을 할당하게 된다.



< 그림 2 > LPST Algorithm

3.2 EPST를 통한 CTP 알고리즘

< 그림 3 >은 EPST(Earliest Possible Start Time) 방식을 수행하는 Algorithm을 나타내고 있으며, 이 방식은 첫 번째 공정에서부터 일정계획상 맨 앞에 있는 가용능력을 시작점으로 마지막 공정까지 주문에 대한 작업할당을 수행하는 forward 방식이다. EPST 방식에서는 다음과 같은 전제 조건을 갖는다.

- * I = 설비에 할당되어 있는 데이터 총 개수(작업개수)
- * i = 한 설비에 할당 되어 있는 작업번호
- * J = Operation 수(Routing 상에 있는 Operation의 개수)

- * j = Routing 순서에 따른 Operation 번호
- * Start = 해당 Resource에서 바로 뒤에 오는 작업의 시작시간
- * End = 해당 Resource에서 수행된 작업의 종료시간

< Basic >

- Start_i = 해당 Resource에 할당되어 있는 작업들 중 맨 앞에 있는 작업의 시작시간
- End₀ = 일정계획 구간의 시작점
- A = Resource의 가용시간
- i_e = I+1(일정계획 구간의 종료시점-마지막 작업의 종료시간)
- i=1, 2, 3...,I+1
- j=1, 2, 3...,J

① 이미 주문에 대하여 Routing에 따른 설비들이 할당 되어 있는 상태이며, 첫 번째 공정의 설비에서 이미 할당 되어 있는 작업의 개수를 분석한다. 여기서 EPST이기 때문에 첫 번째 공정에서부터 시작한다.

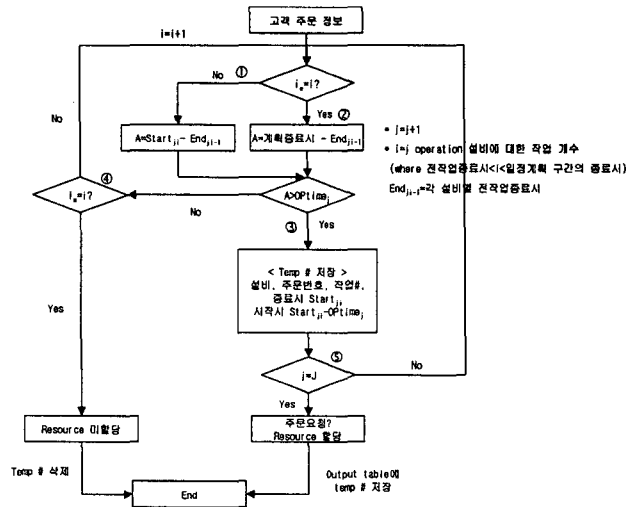
여기서는 해당 Resource의 가용능력 중 앞쪽부터 할당 가능한지 살펴보기 위하여 i_e와 i(i=1, 2, 3...,I+1)를 비교하여 그 값이 다르면 Resource의 가용시간을 Start_{ji}에서 End_{ji-1} 맨 값으로 하게 된다. 이를 새로운 주문의 해당 Resource에서의 Operation Time과 비교하여 할당가능하면 ③으로 이어진다.

② i가 i_e와 같아지면 이는 해당 Resource에 할당되어 있는 마지막 작업 이후의 가용능력을 사용하게 되며, 그 가용능력은 일정계획의 종료시간에서 마지막 작업의 종료시간인 End_{ji-1}을 맨 값이 된다. 이를 새로운 주문의 해당 Resource에서의 Operation Time과 비교하여 할당가능하면 ③으로 이어지게 된다.

③ 해당 공정에 대하여 가용능력 중 할당할 부분을 찾게 되면(①,②) 설비, 주문번호, 작업번호, 해당 작업의 시작시간(End_{ji-1}), 종료시간(End_{ji-1}+OTime_j)에 대한 정보를 임시로 저장하게 된다.

④ ①,②의 결과가 할당 불가능하다고 나오게 되면 i값을 하나 늘여서 다음 작업의 시작시간(Start_{ji+1})과 한 단계 더 이전 작업의 종료시간(End_{ji})의 값을 가지고 ①,②를 반복하여 할당할 부분을 찾게 된다. 단 더 이상 비교할 대상이 없게 되면(i_e=i) Resource를 할당하지 못하고 임시 저장된 내용을 삭제하고 CTP 수행을 마치게 된다.

⑤ ③을 수행한 후 더 거쳐야 할 공정이 없게 되면(j=J) 고객의 주문확정 정보를 입력받아 Resource를 할당하고 결과 값을 저장한 후 CTP를 종료하게 된다. 반대로 수행해야 할 공정이 남아 있다면(j<J) j+1 공정으로 넘어 가며, j+1 공정에서는 전 공정(j)의 작업 종료시간이 Start_{ji}가 된다. 그리고 프로세스 ①,②를 다시 수행하는 식으로 전 공정의 설비에 주문에 대한 작업을 할당하게 된다.



< 그림 3 > EPST Algorithm

4. CTP 시스템 구현을 위한 데이터베이스 구축

이 장에서는 지금까지 CTP 프로세스 및 알고리즘을 통하여 실제 CTP 시스템을 구현하는 부분을 다루도록 하겠다. 먼저 구현 방법을 설명하고, 알고리즘 설계를 위하여 사용되었던 개발환경을 소개할 것이며, 마지막으로 설계 과정에서 생성된 테이블(table) 및 테이블 간 관계를 설정해주는 ERD(Entity Relationship Diagram)를 보여줄 것이다.

4.1 CTP 시스템의 설계 방법

본 논문에서는 이 데이터베이스를 이용하여 알고리즘을 설계하려고 하며, 그 결과물을 본 장에서 소개하려 한다.

(1) 고객, 사원, 주문 테이블

CTP 수행을 위한 주문 정보는 고객 또는 사원이 웹을 통해서 입력하게 된다. 고객이 주문을 입력하게 되면 이를 관리할 영업사원이 부여되어 주문 테이블에는 고객과 영업사원의 id가 모두 들어가게 된다. 또한 주문은 하나의 고객 및 영업사원을 가지고 고객과 영업사원은 다수의 주문을 받을 수 있으므로 1 대 M의 관계가 형성된다.

(2) 주문, 제품 테이블

주문 정보가 테이블에 입력되면 제품테이블과 연결되며 하나의 주문에는 하나의 제품만이 존재할 수 있고 하나의 제품은 여러 주문에 할당될 수 있으므로 M 대 1의 관계가 형성된다.

(3) 제품, Route 테이블

본 연구에서 고안한 알고리즘에서는 공정의 순서인 Route를 제품에 따라 설정해

다고 보았다. Job shop 방식의 생산 환경에서는 제품에 따라 Route를 연결시키는 것이 가장 적절하다고 판단하였다. 하나의 제품은 하나의 Route를 갖게 되나 하나의 Route는 여러 제품에 사용될 수 있기 때문에 M 대 1의 관계가 성립된다.

(4) Route, Map_Route_공정, 공정 테이블

하나의 Route는 여러 개의 공정을 갖게 되며, 하나의 공정은 여러 개의 Route에 중복하여 포함될 수 있는 M 대 N의 관계가 형성되어 중간에 Mapping 테이블을 생성하였다. Map_Route_공정 테이블은 Route 별로 어떠한 공정들이 포함되게 되는지 설정해 줄 수 있는 테이블이 되겠다.

(5) 공정, Map_공정_설비 그룹, 설비 그룹 테이블

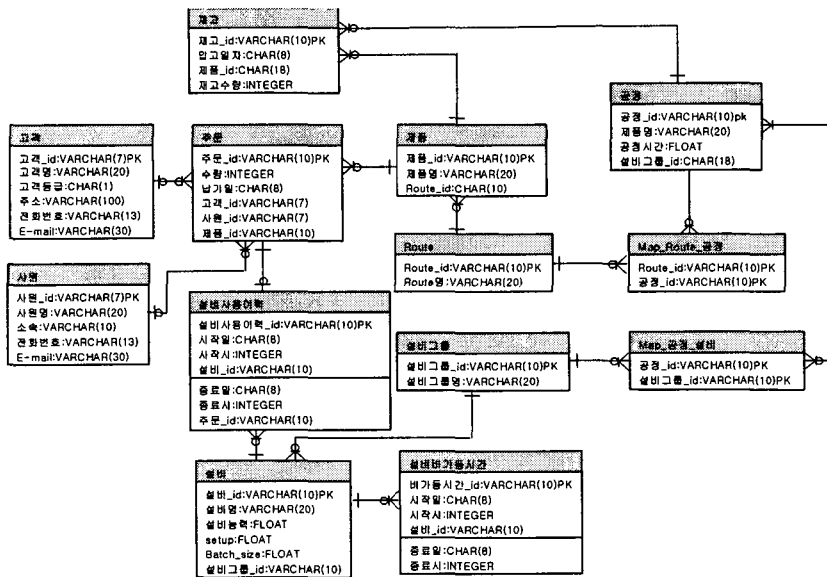
설비그룹 테이블은 유사한 기능을 수행하는 설비들을 하나의 그룹으로 관리하기 위한 테이블로 각 공정에 연결되어 있다. 하나의 공정에서는 여러 개의 설비그룹을 사용할 수 있다고 보았고, 하나의 설비그룹 또한 여러 개의 공정에서 사용될 수 있다고 설정하여 M 대 N의 관계를 형성하여 Mapping 테이블을 생성하였다.

(6) 설비, 설비사용이력 테이블

설비 별로 지금 작업이 걸려있는 시간에 대한 정보를 갖게 된다. 하나의 설비는 날짜 시간 별로 여러 개의 설비사용이력을 갖을 수 있으며, 하나의 설비사용이력은 하나의 주문에만 연결 되므로 1 대 M의 관계가 형성된다.

(7) 설비, 설비 비 가동 시간 테이블

설비 별로 사용 불가능한 시간을 설정해 놓는 테이블이 설비 비 가동 시간 테이블로, 하나의 설비는 날짜 및 시간대 별로 여러 개의 설비 비 가동 시간을 갖게 되고 하나의 설비비가동시간은 하나의 설비에 연결되게 된다. 그러므로 1 대 M의 관계가 형성된다.



< 그림 4 > CTP Algorithm ERD

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 기본적인 기준정보 및 주문 정보를 제공하는 ERP 시스템 또는 Legacy 시스템과 생산계획 및 일정계획을 수립할 수 있는 APS 시스템, 생산현장에 대한 정보를 수집 할 수 있는 MES의 구성을 통하여 CTP 수행 모형을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 CTP 모델의 특징은 다음과 같다.

첫째, CRM이나 CTP엔진을 통하여 고객주문에 대한 우선순위 평가를 수행하여 최적의 일정계획이 생성할 수 있으며, 일정계획 및 납기 확약 일에 대한 정확도를 높이기 위하여 여유생산능력을 할당할 수 있다.

둘째, 또한 우선순위를 고려하지 않고 CTP를 수행하여 주문요청 순으로 가용능력(Available Capacity)을 할당하여 고객에게 거의 실시간 적으로 납기 확약 일을 제시하여 고객 서비스를 높여줄 수 있다.

셋째, 기업의 설비 가용 능력, 재 공품 재고, 완제품 재고 등 기업의 모든 자원을 고려하여 기업 자원 효율성을 극대화할 수 있도록 한다.

이상과 같은 CTP 모델은 고객이 요구하는 즉각적인 정보요청에 대응할 수 있으며, 이와 함께 LPST와 EPST를 통해 설계한 알고리즘은 CTP모델을 실현하는데 있어 핵심적인 역할을 수행하며, 이는 추가적인 연구를 통하여 업종 별로 실제 생산 프로세스를 고려해 적용할 수 있는 시스템으로 발전시킬 필요가 있겠다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 박경식, SAP APO(Advanced Planner & Optimizer)응용사례, 지식기반 산업정보 컨퍼런스, 1999.
- [2] 박용찬, e-비즈니스 파워, 2000.
- [3] 정원혁, Microsoft SQL Server 2000 개발자용, 2002.
- [4] 프리렉, 김연홍, 우성미, 문택근, 데이터베이스 모델링, 2002.
- [5] 한동철, 공급사슬관리, 2002.
- [6] 김내헌, 노승중, 왕지남, 임석철, "SCM을 위한 납기확약기반 생산계획 및 수주시스템", IE Interfaces, Vol. 13, No. 3, pp. 396-404, 2000.
- [7] 김원식, "고객가치 향상을 위한 SCM환경에서의 ATP 모델 연구", 인천대학교 대학원 논문집, 2000.
- [8] 송광섭, "다품종 주문생산산업의 납기확약 수주정책 평가", 2000.
- [9] 심승배, 한진영, 정봉주, "공급사슬경영에 있어서의 납기회신 시스템", IE Interface 13(3), 2000.

- [10] 여성주, 류석곤, 왕지남, “MTO와 MTS 기반의 생산방식에서의 CTP 시스템 개발에 관한 연구”, 대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계 공동학술대회 논문집, pp. 534-537, 2000.
- [11] Charles C. Poirier, Michael J. Bauer, e-supply chain management, 2001.
- [12] Zionex, Consulting for T³Scheduler, 2003
- [13] 최재영, 최종명, 유재우, “프로그래머를 위한 JAVA2”, 홍릉과학 출판사, 2003
- [14] 최재영, 최종명, 유재우, “웹 개발자를 위한 서블릿 JSP”, 프리렉, 2002

저 자 소 개

오 성 환 : 현재 명지대학교 산업공학 박사수료, 공정거래 위원회 상임위원으로 재직 중
관심분야는 효율적 공급망 관리, 안전경영 등이다.

박 영 기 : 현재 명지대학교 산업공학 박사수료, 서부발전(주) 감사로 재직 중
관심분야는 안전경영과 효율적 경영 등이다.

강 경 식 : 현 명지대학교 산업공학과 교수. 경영학박사, 공학박사
안전경영과학회 회장