

# SCM을 위한 납기확약기반 생산계획 및 수주시스템

김내현<sup>1</sup> · 노승종<sup>2</sup> · 왕지남<sup>1</sup> · 임석철<sup>1</sup>

<sup>1</sup>아주대학교 기계 및 산업공학부 산업공학전공 / <sup>2</sup>아주대학교 경영대학

## Production Planning and Order Receiving System for Capable-To-Promise in Supply Chain Management

Nae-Heon Kim<sup>1</sup> · Seung-Jong Noh<sup>2</sup> · Gi-Nam Wang<sup>1</sup> · Suk-Chul Rim<sup>1</sup>

For most order-based production, it is important to meet urgent orders from important customers while maintaining high on-time delivery rate for successful supply chain management. In this paper, we propose an approach and a structure of planning system to implement Capable-To-Promise which promises the delivery time to the received order. We suggest and compare a few alternative order receiving policies for CTP.

### 1. 서론

일반적인 수주형 생산체제에서는 납기준수 수준이 고객유치 및 기업 신뢰도 유지에 결정적인 성공요인으로 작용하고 있다. 납기준수 수준은 생산부문의 유연성에 크게 좌우될 뿐만 아니라 영업부문이 고객의 주문을 어떤 방식으로 수용하느냐에 따라 서로 달라진다. 본 논문에서는 다품종 수주생산체제에서 긴급주문을 포함한 다양한 주문에 효율적으로 대응할 수 있는 납기전략 및 수주정책을 제시하고, 이와 관련한 계획계의 설계안을 제시한다.

제조업 부문 중 특히 장치산업은 설비의 특성상 생산로트간의 가동준비 시간이 길고 생산 라인간 호환성이 작아 유연성이 그리 높지 못하다. 이러한 이유로 생산부문은 로트의 대형화 등을 통해 생산성 향상을 추구하게 되고, 자연히 영업부문이 추구하는 납기준수와 상충하는 목표를 갖게 된다. 즉, 생산부문이 생산성을 추구하면 할수록 고객서비스 수준은 일반적으로 낮아지게 된다. 대부분의 수주형 생산시스템에서는 주문이 들어오는 대로 납기를 고려하여 생산일정을 계획하고 있다. 그러나 주요 고객이 긴급한 주문을 낼 경우 라인에 여유가 없으면 불가피하게 타 주문의 생산일정을 변경할 수밖에 없어 긴급주문뿐만 아니라 타 주문의 납기도 준수하지 못하는 경향이 있다. 이에 따라 납기준수를 고려한 수주정책의 필요성이 대두되고 있다.

한편 고객은 상당기간의 소요량을 한꺼번에 주문해 두고 이를 소량씩 여러 차례에 걸쳐 출하해 가는 경향이 있다. 또한 약

속한 납기일 이후에 출하하는 경우도 빈번히 발생하고 있다. 이 경우 생산 완료한 완제품은 공장에 재고로 쌓이게 되고, 생산라인을 불필요하게 선점하여 다른 긴급주문의 납기준수를 못하게 만드는 악영향을 주기도 한다. 또한 고객이 요구하는 납기도 갈수록 짧아져서 생산부문에 큰 부담이 되고 있다. 생산부문의 경우 특정 라인에서만 생산이 가능한 특정 품목이 존재하고, 동일 라인에서도 생산성 향상을 위해 동일한 제품을 묶어 로트 크기를 크게 하려는 경향이 있다. 또한 수주에서 출하까지의 물류 흐름이 복잡하여 관리가 어렵고, 제품의 종류에 따른 설비 할당도 복잡하다. 이와 같은 여러 원인이 복합적으로 작용하여 납기준수율이 저조하고 완제품 재고가 증가하는 경향을 보이고 있다. 따라서 생산성과 고객서비스 수준을 적절히 조정하여 최적의 생산 및 영업전략을 수립해야 할 필요성이 있다.

수주에서 출하까지의 리드타임을 줄이고 납기준수율을 높이기 위해 영업과 생산부문이 택할 수 있는 전략은 여러 가지이다. 예를 들어 생산부문의 경우 라인의 생산 loss time을 줄이는 노력이 필요하며, 대형 로트를 분할하여 생산할 필요성이 있다. 또한 라인간 상호 교체성의 정도를 높여 유연성을 확보하는 방법도 필요하다. 영업부문은 고객이 납기일에 정확히 출하해 나가도록 유도해야 하고, 고객을 선별적으로 우대하는 정책도 필요하다. 그러나 가장 중요한 것은 고객에게 납품 가능한 일시를 약속하고, 이를 가급적 준수하면서도 주요 고객의 긴급주문을 수용할 수 있는 유연한 수주 및 생산계획 체계를 갖추는 일이다

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구를 살펴

보고, 3절에서는 납기준수와 관련된 문제점을 정리하고 납기확약체제(CTP)의 개념을 제시하였다. 4절에서는 CTP를 위한 계획시스템 설계안을 제시하고, 5절에서는 긴급주문에 효과적으로 대응할 수 있는 예비생산능력 확보방안을 제시하였다. 6절에서는 CTP를 위한 수주정책 대안을 제시하고 7절에 결과를 요약함과 아울러 향후 연구방향을 제시하였다.

## 2. 관련 연구

본 연구에서 제시하는 납기확약(CTP: Capable-To-Promise)체제는 산업계에서 아직 널리 사용되지 않고 있으며, 따라서 CTP를 직접 다룬 기존연구는 매우 드물다. 여성주 등(2000)은 주문생산과 계획생산이 혼합된 생산방식에서 고객에게 납기를 확약해 줄 수 있는 방법으로서 중장기 생산계획과 일별 일정계획을 연계하는 방법을 제시하였다. CTP와 관련된 연구로는 ATP(Available to Promise)에 관련된 연구와 납기를 고려한 수주타당성 검토에 관한 연구, 그리고 일정계획 알고리즘과 관련하여 납기를 고려한 연구 등으로 구별할 수 있다.

ATP와 관련된 연구로 Clay(1990)는 생산능력을 고려하지 않고 재고와 기준생산계획만을 고려하여 납기확약을 수행하였는데, 단계를 Single Level 연산과 자재명세서(BOM) 정보를 사용해 Single Level의 연산방법을 확장한 Multi-Level 연산으로 구분하여 설명하였으며, Backward/forward 로직과 안전재고를 고려한 ATP, 대체, 납기조정 등의 조정방법 등에 관한 ATP의 개념과 방법을 제시하였다. Khong(1998)은 소품종 주문생산을 하는 하드디스크 공장에서 고객주문에 대한 생산능력 평가와 추정을 위해 생산능력에 대한 시뮬레이션을 수행하였고, 납기확약 의사결정 지원과 고객주문에 대해 생산능력을 최대한 사용하기 위한 제품종류와 생산량을 결정하기 위해 생산일정계획 개발에 퍼지로그를 사용하였다. 송광섭 등(1999)은 ATP 연산을 위한 경험적 알고리즘을 제시하였다. 수주 타당성 검토에 대한 연구로 Wester *et al.*(1992)은 수주시 이용가능한 정보의 수준과 일정수립 규칙에 따라서 수주전략을 비교하였다.

납기를 맞추지 못하는 작업의 수에 대한 연구는 많지 않으나, Moore(1968)는 단일기계에서 서로 다른 납기를 갖는 작업들에 대해서 납기를 맞추지 못하는 작업의 수를 최소화시키는 일정계획을 수립하는 알고리즘을 제시하였으며, Kise *et al.*(1978)은 작업가용시간이 고려되었을 때 납기를 맞추지 못하는 작업의 수를 최소화시키는 알고리즘을 제시하였다. 강용혁 등(1998)은 작업능력이 서로 다른 병렬기계에서 납기가 서로 다른 작업에 대해서 납기를 맞추지 못하는 작업의 수를 최소화시키는 방법을 제시하고 있다.

단일기계에서 공통납기를 갖는 작업들에 대해 Swarcz(1989)는 Branch & Bound 기법을 이용하여 작업완료시간과 납기의 차를 줄이는 일정계획 알고리즘을 제시하였고, 김석준, 이체영

(1992)은 유전알고리즘을 이용하여 일정계획을 수립하는 방법을 제시하였다. Guinet(1991)는 Dagranici와 Surkis(1991)의 알고리즘을 확장하여 동일한 병렬기계로 이루어진 방직공장에서 평균 납기 지연시간을 최소화하는 일정계획을 수립하는 알고리즘을 개발하였다. 과거에는 납기보다 늦게 생산되는 경우만을 고려하였으나 최근에는 납기보다 일찍 생산되었을 경우에 발생하는 비용 등을 고려하는 문제들에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

한편, 기업들의 공급체인관리에 대한 관심이 증가하면서 SAP, i2 Technology, Manugistics, Oracle, IBM 등 ERP(Enterprise Resource Planning) 패키지를 제공하던 많은 회사들이 ERP 시스템에 기반을 둔 SCM 패키지를 제공하고 있으며, 이들 패키지들은 모두 납기확약기능을 제공하고 있다고 주장한다. SAP사에서 제공하는 APO 패키지의 글로벌 납기확약기능은 Multi Level BOM 전개와 생산 Capacity Check를 실시간으로 시뮬레이션 함으로써 고객의 주문에 납기만족의 가능여부를 알려준다. 그리고 실행 시스템과 통합을 이루고 있어서 수요계획과 공급네트워크계획 및 배치, 생산계획 및 세부일정수립 기능과의 통합을 통해 결과에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인과 제약조건을 전체적으로 살펴볼 수 있다. 납기일확정을 위해 제품대체, 대체위치선정, 할당과 같은 다양한 기준을 적용한다. 제품대체는 완제품이나 부품이 없을 경우에 시스템이 틀에 기반을 둔 선택기준을 적용해 대체품을 자동으로 선택하는 것이고, 대체위치선정은 대체 물류센터 또는 공장에서 필요한 품목을 조달하는 것이다. 마지막으로 할당은 시스템이 특정고객이나 시장, 주문 등에 부족한 제품이나 부품을 할당하는 것이다. 반도체 업계에서 널리 사용되는 Rhythm은 수요예측 모듈에서, Manugistics는 실시간 납기확약기능 모듈에서 SAP사와 비슷한 기능을 갖는 납기확약기능을 제공한다.

이처럼 SCM 패키지에서 제공하는 납기확약기능들은 다양한 내용을 주장하고 있지만, 이들은 수주정책이 먼저 확립된 후에 패키지에서 제공하는 납기확약기능을 활용하여 시스템을 개발하도록 되어 있다. 그러나 검증되지 않은 수주정책 또는 기존의 수주정책을 그대로 사용할 경우 고가의 시스템으로부터의 효과는 크게 저하될 수 있다. 이와 같이 납기확약에 근거한 수주정책과 이들에 대한 평가는 그 중요성에 비하여 연구가 충분히 진행되지 않은 상태이다.

## 3. 납기관련 문제점과 납기확약체제(CTP)

### 3.1 용어 정의

우선 납기준수와 관련한 용어들이 통일되어 있지 않아 개념적 혼란이 발생하며, 심지어 부서간에 납기관련 수치들이 상이한 경우도 발생한다. 본 논문에서는 납기관련 개념적 통일을 위하여 다음과 같이 용어를 정의한다(<그림 1> 참조).

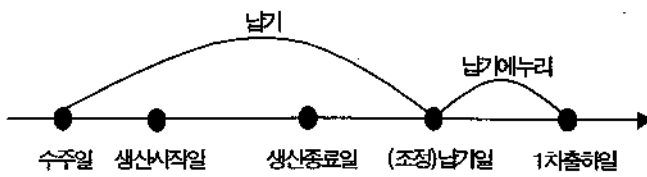


그림 1. 납기관련 용어 정의.

수주일: 고객의 주문을 영업사원이 전산시스템에 입력한 일자  
납기일(Due date)

- 요구납기일: 고객이 최초로 요구한 납기일
- 조정납기일: 공급사가 생산스케줄 등을 고려하여 조정  
한 후 고객이 합의한 납기일

납기(Leadtime) = 납기일 - 수주일

납기준수: 납기일 이전에 생산이 종료된 경우

납기에누리: 납기일 이전에 생산이 완료되었는데도 1차 출  
하가 납기일 이후인 경우

(납기에누리 = 1차출하일 - 납기일)

출하지연기간 = 1차 출하일 - 생산완료일

수주오더: 고객이 발주한 오더(품목명, 고객명, 수량, 출하  
일 등이 명시됨)

계획오더: 판매계획상의 예측수요 중 아직 고객으로부터  
발주되지 않은 오더(품목명과 수량만 명시됨), 이를 다  
시 연간 안정적 수요가 있는 품목들 대상으로 한 주요  
계획오더와 그렇지 않은 일반 계획오더로 나눔

### 3.2 납기관련 문제점과 원인

대부분의 수주생산형 공급사가 납기와 관련하여 현재 직면  
한 문제점들은 다음과 같다. 첫째, 영업에서 수주시 납기조정  
에 많은 시간을 소비한다. 화학소재 생산업체인 C사의 사례 분  
석결과(김내현 등, 2000)에 따르면 총주문의 56.2%가 납기조정  
을 거치며, 성수기일수록 납기조정폭이 큰 것으로 나타났다.  
둘째, 고객이 실 수요일보다 납기를 짧게 주어(납기에누리) 미  
리 생산된 제품은 출하지연이 발생하여 창고공간을 요구하는  
반면, 이러한 생산로트에 의해 생산이 지연된 로트는 오히려  
납기일 미준수로 고객서비스 수준을 악화시키는 불균형이 초  
래된다. 셋째, 주문내역을 세밀하게 관리하지 않는 한 납기조  
정 이유를 추적하지 못하여 이를 개선하기 어렵다. 앞서 언급  
한 C사 사례분석에 따르면 납기와 납기준수율은 양의 상관관  
계를 갖는다. 즉, 납기가 길수록 준수율은 높아진다. 반면에 납  
기에누리기간이 길수록 납기준수율은 낮아지는 경향을 보인다.

한편, 공급사가 주문의 납기일을 준수하지 못하게 되는 원  
인을 부서별로 분류하면 다음과 같다. 첫째, 수주 및 영업의 측  
면에서 보면 납기의 기준이 모호하여 사내 각 부서별로 혼란  
이 발생하고, 납기를 준수하기 위한 일관적인 수주 및 생산정  
책이 정립되어 있지 못하다. 예를 들어 긴급주문 수용에 의한

수시 생산일정 변경으로 전체적인 납기 차질이 빈번히 발생하  
고, 고객으로부터 오는 불확실성을 줄이기 위한 고객의 수요  
정보(생산계획, 재고수준 등)를 수집하는 데 한계가 있다. 또한  
고객의 납기 과정(에누리) 및 생산일정 선점으로 타 물량의 납  
기 지연이 빈번히 발생하고 있다.

둘째, 생산 및 구매부문의 측면에서는 생산설비의 물리적  
제약에 따라 생산스케줄 변경에 한계가 있고, 대형물량의 생  
산라인 우선배정에 따라 다수 건의 소형, 긴급물량의 납기가  
지연되고 있다. 또한 생산성 향상을 위한 소형물량의 통합 및  
로트 대형화 경향이 있고, 이에 따른 선입선출원칙이 지켜지  
지 않아 납기확정 및 준수가 제대로 지켜지지 않는다. 전반적  
으로는 구매계획과 생산계획과의 정합성 결여로 적기 생산개  
시에 차질이 생기며, 적정 재고기준 미흡으로 재고부족이 발  
생하기도 한다. 셋째, 전반적인 생산계획 및 평가시스템의 측  
면에서는 영업부서의 월간 판매계획과 공장의 생산계획 및 일  
정계획 간의 연계 혹은 동기화가 제대로 이루어지지 않고 있  
으며, 납기지연과 완제품 재고에 대한 책임소재가 모호하다.

이러한 납기관련 문제점들을 개선하는 방향은 다음과 같이  
요약할 수 있다. 첫째로, 납기준수를 위한 수주정책을 개선하  
는 일이다. 이를 위해 전략적 수주정책 정립 및 납기개념 확립  
이 필요하다. 영업 및 생산 공히 납기일을 '고객의 실 소요일  
(출하일)'로 정의하고 '납기확약'의 개념을 도입하여 공급사는  
'납기일내 생산완료', 고객은 '납기일에 출하' 관행을 제도화  
하는 것이 필요하다. 둘째로, 회사 내부의 운영효율 향상이 필  
요하다. 우선은 판매계획의 정확도를 높이기 위해 영업부문의  
예측능력을 제고하여야 하며, 이를 위해 영업 KPI(Key Perfor  
mance Indicator)를 전사적 목표에 맞게 설정하고 관리하여야 한  
다. 생산부문에서는 생산능력의 효율적 활용을 통한 여유 생  
산능력 확보가 필수적이며, 이를 위해서는 성수기의 과다 수  
요를 비수기에 미리 생산하여 비축하는 계획생산체제가 필요  
하며, 정확도가 높은 계획생산이 요구된다. 또한 납기준수 및  
생산성 향상을 동시에 달성할 수 있는 최적 실시간 일정계획  
체제를 수립해야 하고, 이를 위한 생산KPI도 설계해야 한다.  
전사적으로는 납기와 재고에 대한 책임소재 명확화가 필요하  
다. 셋째로 영업 및 생산의 실시간 정보공유를 위한 정보시스  
템의 구축이 필요하다. 이를 위해서 내부적으로는 내부 정보  
생성 및 전달체계(information flow)를 정립하여야 하며, 이는 계  
획시스템의 재설계를 의미한다. 외부적으로는 고객과의 수요  
및 생산정보를 공유할 수 있는 파트너쉽을 구축해야 하며, 이  
는 전략적인 영업지원시스템(CRM: Customer Relationship  
Management) 구축을 의미한다.

### 3.3 납기확약 체계

상기한 바와 같이 대부분의 수주생산업에서는 고객이 요구  
하는 납기일과 관련하여 사내적으로 많은 문제점을 안고 있으  
며, 고객사에게는 협의된 조정납기일을 준수하지 못하는 경우

고객 주문시 납기일 약속이 무의미해지며 공급사는 신용 하락으로 경쟁력을 크게 상실하게 된다. 현행 납기일 관련 업무는 고객은 납기를 예누리하고 공급사는 납기일을 다시 조정하고 그리고도 납기일 준수 보장이 없는 애매모호한 업무방식으로 수행되는 경우가 많으며, 이에 따른 업무낭비, 시간지연, 후속 업무의 불확실성 등은 고객과 공급사 모두에게 막대한 손실을 초래하고 있다.

이러한 낭비적인 업무프로세스에 대한 대안으로서 공급사 슬링영의 관점에서 고객과 공급사가 상호신뢰 및 정보공유에 입각하여 납기확약체제로 전환할 필요가 있다. 납기확약체제(CTP: Capable to Promise)란 공급사가 고객으로부터 수주시 자사의 생산스케줄 등을 종합적으로 검토하여 고객주문을 납품 가능한 시점을 산출하여 이를 제공하고, 필요시 고객과 협의를 거쳐 납기일을 확정하는 업무방식이다. 이와 유사한 개념으로 ATP(Available-To-Promise)는 재고를 보유하는 품목(Make-To-Stock)에 대하여 주문량만큼의 물량이 어느 창고에 있는지 또는 이미 확정된 생산스케줄에 따라 언제 생산될 예정인지를 신속하게 검토하여 고객에게 가능한 납기일을 제공하여 영업을 지원하는 것이다. 반면에 CTP(Capable-To-Promise)는 재고를 유지하지 않는 수주생산품(Make-To-Order)에 대하여 단일 주문량을 생산스케줄에 입력한다면 언제 완성 납품 가능할지를 신속하게 조회하여 영업을 지원하는 것이다. 납기확약체제를 통하여 공급사는 생산계획의 안정화, 납기준수율 제고의 효과를 얻을 수 있고, 고객은 납품일의 불확실성을 제

거함으로써 안정된 생산/판매계획 수립이 가능해진다.

### 4. CTP를 위한 계획계

본 장에서는 전술한 CTP를 실행하기 위하여 기업에서 갖추어야 할 계획계(Planning System)의 구조와 기능 등을 광범하게 제시한다. 계획 부문간 정보흐름은 <그림 2>와 같다.

#### 4.1 수요예측

수요예측의 목적은 연간 경영계획 및 월간 판매실행 계획 수립의 기초자료를 제공하는 것이다. 그 결과물은 제품군별 예측치와 1,2차 고객별, 제품별, 월별, 주별 예측치 등이 된다. 수요예측에는 마케팅기획 차원의 제품군별 시장수요 예측 및 각 영업사업부별 연도별, 월별, 분기별, 주간별, 품목별 수요예측 등이 필요하며 과거 수요가 시간에 따른 특별한 패턴을 보일 경우 수리적 예측모형에 의한 예측을 수행할 수도 있다. 또한 수요예측치와 월간 판매계획치, 실제 판매성과 등을 비교하여 차기 수요예측에 참조할 수 있다. 수요예측은 주요 고객과의 partnership 구축을 통한 상세정보 획득이 가장 중요하며, 담당자별로 과거 주별/월별 실적을 조회할 수 있도록 영업지원시스템을 구축할 경우 정보의 정확성을 제고할 수 있다.

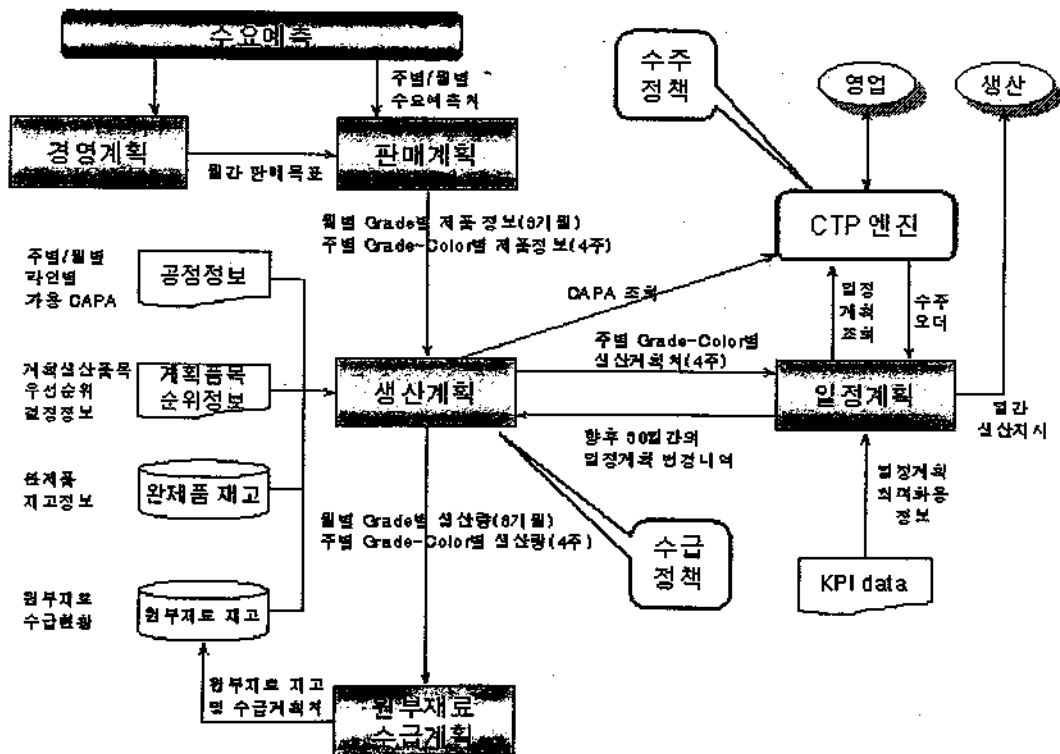


그림 2. CTP를 위한 계획계의 정보흐름도

### 4.2 판매계획

판매계획의 목적은 연간 경영계획에서 설정한 목표치 및 고객정보를 바탕으로 정확도가 높은 월간, 주간 판매계획 수립하는 것이며, 영업사원별/부서별/영업사업부별로 작성, 취합하여 생산계획 수립에 사용한다. 월간 판매계획은 매월 말에 작성하며 차기 3개월간의 예상물량을 월별로 산정하고, 고객별, 용도별, 담당자별로 품목(군)별 판매수량 및 판매가를 작성한다. 첫 월은 주별로 세분화하여 주간 판매계획을 수립한다. 주간 판매계획은 매주 금요일에 다음주(월요일부터 일요일까지)를 포함한 4주간의 예상물량을 주별로 산정하고 고객별, 용도별, 담당자별로 품목별 판매수량 및 판매가, 포장방법 등을 작성한다. 판매계획의 평가는 계획대비 실적을 성과지표(적중율, 달성율, 출하일 준수율 등)에 의거하여 분석 및 평가한다.

### 4.3 생산계획

생산계획의 설명을 위해 추가적인 용어를 다음과 같이 정의한다.

- 장납기 오더 : 납기일이 수주일로부터 7일 이후인 오더
- 단납기 오더 : 납기일이 수주일로부터 7일 이내인 오더
- 주요고객 : 고객 ABC 분석에 의해 A급으로 분류된 주요 고객
- 일반고객 : 고객 ABC 분석에 의해 B, C급으로 분류된 고객

여기서 장납기 오더와 단납기 오더를 구분하는 7일은 해당 회사의 영업 및 생산 상황에 맞게 조절할 수 있다. 생산계획은 예상 수요량으로부터 재고량, 설비현황, 원부재료 등을 고려하여 생산해야 할 품목별 수량을 기간별로 결정하는 것으로서, 그 목적은 차기 4주간 품목별 생산물량을 주별로 계획하여 원부재료 수급계획 및 일정계획에 반영하는 것이다. 생산계획에서는 판매계획, 완제품/반제품/원부재료 재고수준, 생산능력(CAPA), 설비운영 현황 등을 고려하여 실제 생산물량치를 작성한다.

월간 생산계획에서는 매월 말에 차기 1, 2, 3개월간 품목(군)별 월별 생산물량을 작성하고, 주간 생산계획에서는 매주 토요일에 차기 1, 2, 3, 4주의 주별 생산물량을 품목별로 작성하며, 일정계획상의 확정 수주오더를 CAPA에 반영하고 여분 CAPA는 판매계획상의 계획오더에 배정한다. 2주차 이후는 주별 총 CAPA의 일정량(예: 20%)을 주요계획생산으로 배정하며, CAPA가 남을 경우 여유 CAPA에 '주요 계획생산 물량'을 추가 배정한다. 계획생산 대상품목은 공헌이익, 고객 중요도, 출하빈도, 다수거래선 사용여부 등을 고려하여 결정한다. 생산계획의 출력물은 향후 3개월간 품목(군)별 생산량과 첫 4주간의 품목별 주별 생산계획이다.

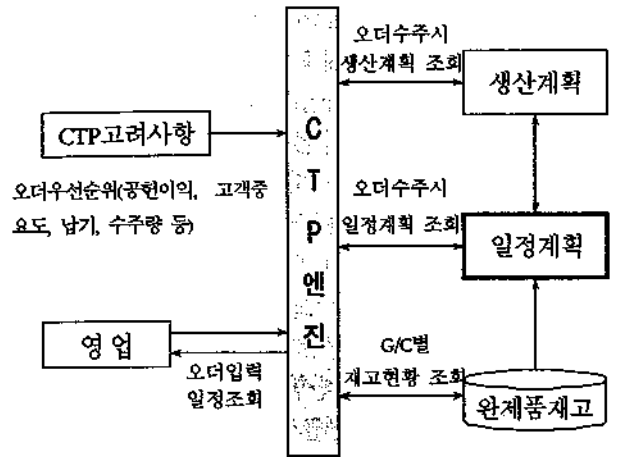


그림 3. 일정계획을 중심으로 본 CTP 시스템의 정보흐름도.

### 4.4 일정계획

-일정계획에서는 생산계획에 잡힌 주별, 월별 생산물량을 라인에 배정한다. 일정계획의 목적은 외주라인을 포함한 생산라인에 확정오더 로트 및 계획오더 로트를 배정하는 데 있으며, CTP 기능의 제공을 포함한다. 일정계획의 출력물은 향후 30일간의 라인별 품목별 생산개시 및 종료시간이다. 일정계획을 중심으로 하여 CTP 기능을 위한 정보흐름은 <그림 3>과 같다. 일정계획의 작성방법은 우선 주간 생산계획 작성일에 생산계획에 반영된 전체 오더(확정오더 및 미확정 계획오더)를 납기를 기준으로 라인에 배정하고, 이후 매일 일별 수주오더를 계획오더와 대체하여 라인에 배정하는데, 수주오더의 일정계획 방법은 수주오더의 납기확약 방법에 따라 달라진다. 일정계획은 본 연구가 제시하는 긴급주문 처리를 위한 예비생산능력의 확보가 핵심이다.

## 5. 예비생산능력

본 연구에서는 고객의 주문에 대하여 납기를 확약할 수 있는 수주정책들의 내용과 장단점들을 살펴보고자 한다. 이러한 납기확약을 가능하게 하는 요체는 일정계획상의 예비생산능력이다. 예비생산능력이란 일정계획 상에서 생산라인의 생산능력 일부를 일정한 규칙에 따라 생산에 할당하지 않고 보전하였다가 이를 긴급한 단납기 주문에 활용하는 것을 말한다. 일반적으로 설비투자가 큰 장치산업에서는 생산능력을 100% 생산에 활용하는 것이 필요하다. 예비생산능력 개념에서도 생산당일(D일)에는 전체 생산능력을 모두 생산에 활용한다. 다만, 일정계획상에서 D일 다음의 일정한 기간(예를 들어 D+1일부터 D+7일까지) 동안 생산능력의 일부를 사용하지 않고 예비로 보존하는 개념이다. 예비생산능력의 일부가 생산당일(D일)에도 비어 있는 경우에는 다음 스케줄을 앞당겨 생산한다. 예비생산능력을 운영하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있겠으

나, 본 연구에서는 다음의 두 가지 방법을 제시한다.

5.2 가변량 예비생산능력

가변량 예비생산능력을 예를 들어 설명하면 현재일(D일)을 기준으로 하여 D+4일 이후의 일별 일정계획에는 총생산능력의 30%를 예비로 보존하고 나머지 70%만을 사용하여 오더를 배치한다. D+3일의 일정계획에는 80%, D+2일의 일정계획에는 90%의 생산능력에 오더를 배치하고, D+1일의 일정계획에는 총 생산능력을 모두 사용하여 긴급주문을 포함한 오더에 배치하는 개념이다. 매일 일정계획이 수정될 때 D+1일에서 D+3일까지의 일정계획은 오늘 접수된 긴급주문을 배치하는데, 각각 10%씩의 예비생산 능력을 추가로 사용한다. 이때 30%, 10% 등의 모수는 조정이 가능한 결정 모수이다. 운영방식은 다음과 같은 두 가지 방식이 가능하다.

(1) 수시 스케줄 방식

긴급주문이 접수될 때마다 이를 스케줄에 배치하는 방식이며, 운영 알고리즘은 다음과 같다.

- Step 1. 주문된 제품(X)의 생산가능 라인을 생산라인 특성표에서 찾는다.
- Step 2. 예비생산능력이 있는 각 생산가능 라인에 대하여
  - 생산소요시간 계산:  $\text{생산소요시간} = \text{주문량} / \text{라인별 시간당 생산능력}$
  - Setup 시간을 추정한다.
  - 라인별로 가장 이른 스케줄 가능일시를 찾는다.
- Step 3. 가장 이른 스케줄 가능일(D)과 그 라인을 찾는다.
- Step 4. 이 납기일(D)을 고객이 수락하면 스케줄을 확정하고 시스템 정보를 update한다.

<그림 4>는 고객으로부터 접수된 주문에 대하여 이 품목을 생산할 수 있는 3개의 라인에 각각 할당할 경우 가장 빨리 생산할 수 있는 라인을 찾아내는 예를 보여준다. 동일한 주문품목이지만 생산소요시간은 라인별 생산능력에 따라 상이하게 된다. 라인 1은 D+4일에 30%의 예비생산능력을 보존하기 위해 마지막 대형 로트가 D+5일로 넘어간 상태에서 D+4일의 예비생산능력에 신규주문이 배치되는 경우를 보여준다. 위 그림에서 신규주문은 라인 1에 배치되며 납기일은 D+4일이 되고, 이를 고객이 받아들이는 경우 일정계획에 확정 배치한다.

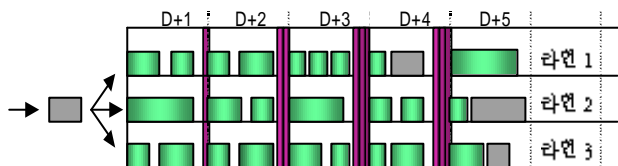


그림 4. 가변량 예비생산능력의 수시 스케줄 방식 운영 예.

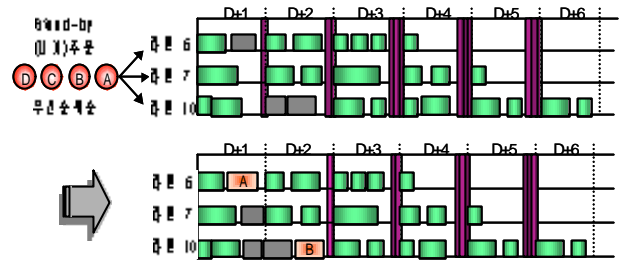


그림 5. 가변량 예비생산능력의 배치 스케줄 방식 운영 예.

(2) 배치(Batch) 스케줄 방식

하루 등의 일정기간 동안 접수된 긴급주문을 우선순위화하여 차례로 가능한 가장 이른 일정에 배치하는 방법이다. <그림 5>는 접수된 긴급주문 4개를 우선순위대로 스케줄에 투입하는 과정의 예를 보여준다.

주문 A는 라인 1의 D+1일에 있는 빗금친 주문을 라인 2로 재배치한 후 그 자리에 배치되었고, 주문 B는 라인 3에 D+2일에 배치되었다. 주문 C와 D는 우선순위가 낮아 라인에 배치되지 못했다.

5.2 일정량 예비생산능력

일정량 예비생산능력이란 <그림 6>의 예에서 보듯이 판매계획에 잡힌 오더들을 일정계획상에 계획오더로 채워넣고, 시간이 지나면서 접수되는 수주오더를 이 계획오더와 대체하되, 일정시점(예: D+7일) 이후에서는 총생산능력의 일정비율(예 20%)만큼은 어떠한 수주오더와도 대체하지 않고 보존하며, 시간이 경과함(D+7일 이내)에 따라 이 보존된 20%의 예비생산능력을 단납기 수주오더들로 대체함으로써 긴급주문을 수용하는 방식이다. 스케줄 배정원칙은 다음과 같다.

- Step 1. 수주가 확정된 오더는 배정 가능한 라인에 일정한 rule에 따라 배정한다.
- Step 2. 장납기 수주오더는 납기일에 맞추어 일반 계획오더를 대체하여 배정한다. 단, 납기일의 남은 생산능력이 장납기 수주 오더량보다 작은 경우 요구납기일

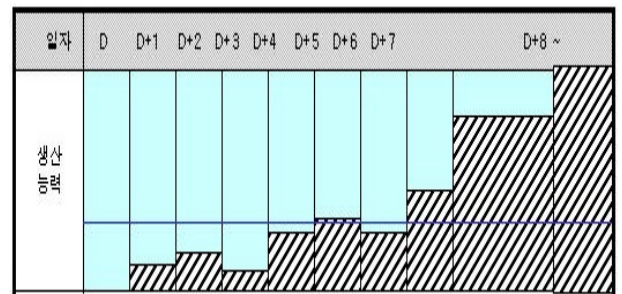


그림 6. 일정량 예비생산능력 운영 개념도(빗금친 부분은 계획오더).

로 부터 앞(D일쪽)으로 이동하면서 대체가능한 일반 계획오더를 찾아 대체하여 배치한다.

일정량 예비생산능력을 운영시 접수된 오더를 일정계획에 배치하는 방법은 접수된 오더가 장납기인 경우와 단납기인 경우에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

#### (1) 장납기 오더 접수시 일정계획 수립

생산계획에서 Grouping된 일반 계획오더는 일정한 규칙에 따라 라인에 할당한다. 라인에 할당된 일반계획 오더 중 생산계획상의 주요 계획품목은 주요 계획오더로 표기하여 장납기 수주오더와는 대체하지 않는다. 일반 계획오더를 수주오더로 대체할 때는 동일 거래선의 동일품목, 동일 거래선 품목, 동일 영업사원의 발주할당범위(quota), 해당 영업팀의 발주할당범위(quota) 등의 우선순위로 대체한다.

수주오더가 해당 영업사원의 quota 잔량을 초과하는 경우 주요 고객의 오더에 한하여 수용하는 것을 원칙으로 하되 수주익일에 납기를 확약하고, 해당 팀의 합의를 거쳐 해당 팀 및 사업부 내에서 대체할 quota를 정한 후 할당한다. 사업부 내에서도 대체 가능한 quota를 찾을 수 없는 경우에는 차주 판매실행계획을 조정하여 납기를 확약한다. 주요 계획오더와 동일한 품목의 장납기 오더를 수주한 경우 일반 계획오더를 수주오더와 대체하고 해당품목의 주요 계획오더는 계속 유지된다. 즉, 생산계획에 반영된 일정 비율의 주요 계획오더는 지속적으로 유지한다.

#### (2) 단납기 오더 일정계획 수립원칙

단납기 오더의 수주원칙은 주요 고객의 오더만 수주하고 일반 고객의 오더는 계획 품목과 동일 거래선 동일품목이라도 수주하지 않는다. 품질 문제가 발생하거나 라인 trouble 품목은 우선적으로 대체한다. 대체 우선순위는 일반 계획오더, 주요 계획오더 중 동일품목, 기타 주요계획 오더 순으로 대체한다. 대체의 원칙으로는 D+7일 이내의 여유 CAPA(주요 계획오더 + 일반 계획오더)를 D일까지 남은 날 동안의 긴급주문을 고려하여 적절한 범위 내에서 당일의 여유 CAPA를 결정한다. 당일 접수된 품목을 고객의 우선순위에 따라 여유 CAPA만큼만 대체한다. 7일 이내의 단납기 수주 거래선은 매월 원인을 분석하여 추후 판매실행계획에 반영하도록 정보를 제공한다.

#### (3) 단납기 수주오더 접수시 일정계획 갱신 원칙

접수된 오더의 품목이 판매계획에 반영되어 있지 않은 경우에는 고객의 요구납기일에 해당하는 일정계획상의 계획 오더 로트와 교체한다. 만일 모든 계획오더 로트가 수주오더로 대체된 경우에는 단납기 오더 수주는 더 이상 불가능하다. 또한, 대체할 계획오더의 물량 보다 수주오더 물량이 더 많은 경우에는 고객과 물량 조정이 가능하면, 물량을 조정하여 수주하며, 조정이 불가능한 경우에는 고객과 납기일

을 조정한다.

수주된 품목이 판매계획에 반영되어 있는 경우, 즉 수주된 품목이 계획오더로 일정계획상에 들어 있는 경우에는 계획오더 물량과 수주오더 물량의 크기에 따라 다음과 같이 정한다. 계획오더 물량이 수주오더 물량보다 많은 경우에는 수주오더 물량만큼 일정계획에 배치하고 남은 물량은 계획오더로 일정 계획상에 남는다. 반대로 계획오더 물량이 수주오더 물량보다 적은 경우에는 여타 납기확정된 오더들의 납기만족을 지키는 범위 내에서 여타 오더를 일정계획상에서 움직이면서 수주오더 물량만큼을 일정계획상에 수주오더로 배치한다. 이것이 불가능한 경우에는 고객과 물량을 조정하여 계획오더의 물량만큼만 수주오더로 배치한다.

생산지연이 발생한 경우에는 지연된 만큼을 새로운 로트로 간주하여 이를 익일의 단납기 오더로 간주하여 처리한다. 이때 새로 발생한 로트는 최우선순위로 라인에 배정한다. 기존의 계획오더 로트보다 크거나 작은 양만큼 좌우로 shift시킨다. 주문이 취소된 경우에는 라인에 기 배정된 계획오더 중 setup 시간이 가장 적게 소요되는 계획오더로 채우거나, 또는 일정 계획에 포함되지 않았던 장납기 수주오더 중 우선순위가 높은 오더를 앞당겨 배정한다. 이때 로트 크기가 동일하지 않을 경우에는 취소된 주문의 크기만큼만 생산하고 나머지는 별도의 오더로 원래 위치에 배치한다. 각 영업사원은 언제라도 자신의 수주오더를 취소, 수정, 대체할 수 있어야 한다. 단, 라인의 생산능력 한도내에서, 그리고 기존오더의 크기를 초과하지 않는 범위내에서만 주문변경이 가능하다.

## 6. 납기확약(CTP)을 위한 수주정책 대안

본 장에서는 고객이 발주한 오더에 대하여 납기를 확약해 줄 수 있는 수주정책의 대안과 그 각각의 장단점을 제시한다.

### 6.1 선착순 확약체계

수시로 접수되는 모든 오더를 순서대로 일정계획에 입력하면서 납기를 확약해 주는 수주정책이다. 복수개의 라인을 운영하는 경우에는 수주된 오더를 배치 가능한 라인 중 가장 일찍 시작할 수 있는(Earliest Starting) 라인에 배정한다. 장납기 주문은 일정계획상의 여백이 생기더라도 요구납기일에 맞추어 일정계획에 입력한다. 선착순 확약체계의 장점은 모든 주문을 차별없이 선착순으로 일정계획에 배치한다는 공평성과 로직이 간단명료하다는 점, 긴급주문을 수용하지 않음으로써 장납기 주문을 유도한다는 점 등이며 따라서 이 규칙에 익숙해지면 제조업체와 고객사가 모두 만족할 수 있다. 그러나 긴급주문을 맞추어 주지 못해 우량고객의 이탈이 우려되며, 생산품목간 Setup이 과다하게 발생하여 생산성이 저하될 우려가 있다. 또한 주요 고객이 충분히 우대되지 못할 우려가 있다.

## 6.2 익일 확약체제

익일 확약체제는 하루분의 오더를 취합하여 고객 중요도 순으로 라인에 배정하는 방법이다. 라인 운영효율을 감안하여 유사한 오더끼리 라인에 배정하되 1~2일의 납기 여유를 두고 배정하며, 배정된 납기를 고객이 동의하면 납기확약하고, 고객이 동의하지 않을 경우 납기를 다소 앞당겨 고객과 재조정한다.

## 6.3 선별적 확약체제

선별적 확약체제란 앞의 두가지 수주정책과는 달리 일부 주요고객에 대해서만 선별적으로 납기를 확약하고, 일반고객은 개략적인 예상납기일만을 제공하는 수주정책이다. 주요고객의 장납기 오더는 현장에서 확약해주고, 단납기 오더는 익일에 확약해준다. 일반고객의 장납기 오더는 일정/생산계획에 반영되어 있을 경우만 현장에서 확약해주며, 반영되어 있지 않을 경우에는 다음의 세 경우 중 하나에 해당하면 접수할 수 있다.

- 2주차에 여유 CAPA가 있을 때
- 영업사원이 이 주문을 다음주에 판매계획으로 제출하면 다음주에 주문접수가능
- 영업사원이 일정/생산계획에 있는 자신의 기존 오더 중 하나 이상과 대체시

선별적 납기확약체제의 장점은 일반고객의 단납기 오더는 접수하지 않음으로써 우량고객의 긴급주문을 보다 잘 수용할 수 있다는 점과, 일반고객에 대해서는 납기준수 여부는 불확실하게 하여 점진적으로 우량고객 중심의 고객차별화 체제로 전환하는 효과가 있다는 점이다. 반면에 로직이 다소 복잡하고, 우량고객이 습관적으로 긴급요구를 반복하게 만들 수 있으며, 비우량고객의 불만 고조 및 이탈 우려 등의 단점이 있다.

## 6.4 등급별 납기확약

등급별 납기확약 정책은 모든 주문에게 납기를 확약해주되 주문을 그 중요도에 따라 A, B, C등급으로 나누어 A등급 주문은 3일 이내, B등급 주문은 4일 이후 7일 이내, 그리고 C등급 주문은 8일 이후에서 각각 납기를 확약해 주는 수주정책이다. 이 정책의 장점은 우량고객의 주문을 A등급으로 분류하여 우대할 수 있으며, 비우량고객의 주문을 납기를 확약해주되 비교적 긴 납기만을 확약해 줌으로써 우량고객의 긴급주문을 받을 수 있는 여유 CAPA를 확보한다는 점이다. 결과적으로 비우량고객의 주문은 자연스럽게 감소되도록 유도할 수 있다. 또 일정계획상에 등급간 여유공간이 있어 rescheduling의 여지가 있다는 장점이 있다. 반면에 이를 구현하는 로직이 상당히 복잡하다. 또한 저등급 주문의 납기확약 시점이 길어지는 점도 단점도 있다.

## 7. 결 언

B2B로 대변되는 기업간 전자상거래에 있어서 향후 납기확약 및 준수 여부는 기업 경쟁력의 원천이 될 것이다. 또한 SCM 체제가 자리를 잡게 되면 공급사슬로 연결된 모든 기업의 생산 및 판매계획이 일사불란하게 실행되려면 참여 기업의 납기준수가 필수적이다. 납기를 확약하고 준수해 주면서도 우량고객의 긴급주문을 처리하기 위해서는 고객 차별화 정책이 우선 필요하고, 돌발적인 긴급주문에 대비하여 예비생산능력을 보유해야 한다. 이와 동시에 생산성을 최대한 달성하려는 노력도 필요하다. 즉 불필요한 예비생산능력의 과다 보유로 생산설비의 유휴가 발생하지 말아야 한다.

본 논문에서는 일반적인 제조기업이 당면한 납기 관련 문제점을 파악하였고, 이러한 문제점을 제거할 수 있는 여러 방안 가운데 핵심 사항으로 예비생산능력을 보유하는 방안을 제시하였다. 납기 미준수의 문제점은 비단 수주와 정합성이 결여된 생산계획에만 기인하지는 않는다. 납기준수 문제는 영업과 생산부문이 추구하는 목적의 일치성이 확보되고 유기적인 계획시스템을 갖출 경우에만 해결될 수 있다. 수요예측에서부터 판매계획, 생산계획, 일정계획까지의 일관된 틀과 로직을 작성해야 하고, 영업은 영업대로 이러한 일관 시스템을 깨뜨리지 않는 수주정책을 확립해야 한다. 이는 고객과의 정보공유 채널을 구축할 때 그 효과가 극대화될 것이다. 본 논문에서 제시한 계획시스템의 설계안과 예비생산능력 계획방법은 제조기업의 업종 및 형태를 막론하고 일반적으로 적용될 수 있는 사항만을 다루었으며, 상세 구현 방법은 기업마다의 특성에 따라 그 모양이 다를 수 있다.

## 참고문헌

- 강용혁, 이흥철, 김성식 (1998), 서로 다른 납기를 갖는 작업에 대한 이중 병렬기계에서의 일정계획 수립, *대한산업공학회지*, 24(1), 37-50.
- 김내현, 왕지남, 임석철 (2000), *물류합리화 컨설팅 보고서*, 제일모직 화성부문.
- 김석준, 이체영 (1992), 작업 일정계획문제 해결을 위한 유전알고리즘의 운용, *한국경영학회지*, 17(3), 1-12.
- 송광섭, 최지영, 김성봉, 임석철 (1999), Modeling of "Available To Promise" for Supply Chain Management, *대한산업공학회 '99 추계학술대회 논문집CD*.
- 여성주, 류석곤, 왕지남 (2000), MTO와 MTS 기반의 생산방식에서의 CIP 시스템 개발에 관한 연구, *대한산업공학회 한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집*, 534-537.
- Clay, P. (1990), Advanced Available-to-Promise Concepts and Techniques, *Reprinted from APICS Conference Proceedings*.
- Dagramici, A. and Surkis, J. (1991), Scheduling Independent Jobs on Parallel Identical Processor, *Management Science*, 42(8), 655-671.
- Guinet, A. (1991), Textile Production Systems: A Succession of Non-identical Parallel Process Systems, *Journal of the Operation Research Society*, 42(8), 655-671.
- Khong, H. P. (1998), Available to Promise based on Capacity Constraints, *the fifth*



## ICARCV Conference Proceedings.

- Kise, H., Ibaraki, T. and Mine, H. (1978), A Solvable Case of the One-Machine Scheduling Problem with Ready and Due Times, *Operations Research*, 26(1), 121-126.
- Moore, J. M. (1968), Scheduling Jobs on One Machine to Minimize the Number of Tardy Jobs, *Management Science*, 17(1).
- Szwarc, W. (1989), Single-Machine Scheduling to Minimize Absolute Deviation of Completion Times from a Common Due Date, *Naval Research Logistics*, 36(5), 663-673.
- Wester, F. A. W., Wijngaard, J., and Zijm, W. H. M. (1992), Order acceptance strategies in a production-to-order environment with setup times and due-dates, *International Journal of Production Research*, 30(6), 1313-1326.

**김내현**

서울대학교 수학과 학사

서울대학교 대학원 수학과 석사

University of Texas at Austin, 산업공학과 박사

현재: 아주대학교 산업공학과 교수/기업물류  
연구센터 소장

관심분야: Genetic Algorithms, Logistic Information System, 최적화이론 등

**왕지남**

아주대학교 산업공학과 학사

한국과학기술원 산업공학과 석사

Texas A&amp;M University 박사

현재: 아주대학교 기계산업공학부 산업공학  
전공 부교수관심분야: Neural Network, 시스템 진단, 감시  
및 제어, 제조시스템의 데이터 통신, 지능형  
분산 정보시스템, CIM, CALS, 초고속망 응용  
기술, Computer Vision 응용**노승종**

서울대학교 산업공학 학사

서울대학교 산업공학과 석사

미국 미시간대학교 산업공학과 박사

현재: 아주대학교 경영학부 조교수

관심분야: SCM, 물류시스템, 통신시스템 분석  
및 평가, 통신경영 등**임석철**

서울대학교 산업공학과 학사

KAIST 산업공학과 석사

미시건대학교 산업공학과 박사

현재: 아주대학교 산업공학과 교수

관심분야: 기업물류, 시뮬레이션