

다품종 주문생산형 장치산업 납기확약 운영정책 평가

송광섭*, 임석철**

* 아주대학교 시스템공학과 시스템공학전공

** 아주대학교 기계 및 산업공학부 산업공학전공

Abstract

최근 기업활동의 자재구매, 제조, 보관 및 운송, 유통/판매까지 포함한 공급체인 전체에 대한 통합관리(SCM: Supply Chain Management)가 중요한 과제로 부각되고 있다. 특히 기업의 글로벌화가 진행되고 고객 요구가 다양화되면서, 고객 만족을 위한 제품의 Customization이 중요시 되고있다. 대부분의 다품종 주문생산형 장치산업에서는 다양한 제품을 제한된 라인에서 주어진 납기 내에 생산해야 한다. 대부분의 고객은 상당기간의 사용량을 한꺼번에 주문하고, 이를 필요시에 소량씩 출하하고, 주요 고객들은 생산일정 변경에 따른 긴급물량을 요구하며, 이에 따라 많은 고객에 대한 납기가 늦어지는 실정이다.

본 연구에서는 고객과 납기를 협의하여 확정하고, 이 납기에 반드시 납품하는 납기확약(CTP: Capable to Promise)기능을 도입하는 다품종 주문생산형 장치산업에서 적용 가능한 다양한 납기확약(CTP) 운영정책의 대안을 제시하고, 이들 성과를 컴퓨터 시물레이션으로 평가한다.

1. 서론

기업이 비즈니스의 성공을 위하여 고객에 대해 연구해야 한다는 것은 하나의 불문율이 되고 있다. 최근 인터넷의 대중화로 기업간의 경쟁이 글로벌화 되면서 고객의 욕구가 점점 다양화되고 있다. 이러한 상황에서 기업은 글로벌 경쟁 하에서의 생존을 위해 고객지향/고객만족을 추구하고, 급변하는 외부 환경에 적응하기 위하여 코스트와 품질 그리고 납기의 개선이 시급하게 요구되고 있다. 특히 납기와 코스트의 개선을 위해 공급체인 전체의 혁신적인 요구가 증대하고 있다. 이러한 고객만족을 위한 고객지향의 추구하고 최근 정보기술의 발달은 공급업체와 제조업체, 판매업체 그리고 고객을 하나의 거대한 시스템의 관점에서 관리하는 공급체인관리(SCM: Supply Chain Management)에 대한 관심이 높아지고 있다.

공급체인(Supply Chain)은 고객-소매상-도매상-제조업체-공급자까지의 기업의 제반 공급활동의 연쇄구조를 나타내는 것으로 공급체인관리는 공급체인의 개념에 근거하여 공급체인에 관련된 모든 구성요소들을 하나의 시스템으로 보고, 첨단 정보기술을 바탕으로 물류, 정보, 현금의 흐름을 서로 공유하고, 적극적으로 관리하여 전체 제품의 유통과정을 일체화, 표준화하는 것이다. 이러한 공급체인관리는 공급체인 전체 시스템의 낭비적 요소를 제거하여, 불확실성이 높은 시장변화에 공급체인 전체를 기민하게 대응시켜 동적으로 최적화를 도모하여 소비자 만족과 기업이익을 극대화하는 기업간 전략이며, e-business의 초석이 된다.

특히 다른 산업의 자재로 공급되는 제품을 생산하는 다품종 주문생산형 장치산업에서는 한정된 생산시설에서 다양한 제품을 고객이 원하는 납기에 맞추어 생산해야 한다. 그러므로 고객요구의 다양화와 기업활동의 세계화는 생산해야 할 대상품목의 증가를 초래하여, 재고·물류관리가 복잡해지며 주문관리/생산계획/정보관리

/추적관리가 복잡해진다. 동시에 리드타임이 길어지고 불확실해지며, 재고의 증가와 납기준수를 악화 등의 공급체인의 효율이 급속히 저하되어 공급체인관리의 중요성이 점점 더 부각되고 있다. 그리고 납품 받는 기업의 JIT시스템과 같은 생산시스템의 도입으로 인해 원가나 품질에 더하여 납기가 더욱 중요하게 되었다. 이에 따라 고객 만족을 위해서는 공급체인관리의 다른 어떤 기능보다도 고객주문에 대해서 공급망 위에 있는 모든 가능한 자재와 생산능력을 실시간으로 사용하여 주문접수 시 납기를 확정하거나 주문 수주를 결정하는 납기확약(CTP: Capable-To-Promise)기능이 점점 중요하게 인식되고 있다.

납기확약기능은 고객만족을 위한 핵심 의사결정 지원하는 기능으로 부각되고 있음에도 불구하고, 지금까지는 MRP(Material Requirement Planning)과 MRP II (Manufacturing Resource Planning)등의 시스템에서 제공하는 납기확약 기능은 제조업체에서의 기준생산계획 또는 재고만을 고려하여 연산을 수행하는 데에 한정되어 있었다. 본 연구에서는 다품종 주문생산형 장치산업에서 생산능력, 재고 등의 공급체인 상의 요소를 고려한 납기확약기능의 다양한 운영정책을 제시하고 이를 컴퓨터 시물레이션 모델을 통하여 평가한다.

2. 문헌연구

본 연구와 관련되어서는 많은 연구가 진행되지 않고 있었다. 먼저 Peter Clay(1990)는 생산능력을 고려하지 않고 재고만을 고려하여 납기확약을 행함에 있어 단계를 Single Level 연산과 자재명세서(BOM: Bill of Material) 정보를 사용해 Single Level의 연산 방법을 확장한 Multi-Level 연산으로 구분하여 설명하였으며 Backward/forward 로직과 안전재고를 고려한 ATP(Available to Promise)와 대체, 납기조정 등의 조

정방법 등에 관한 ATP의 개념과 방법에 관한 연구가 있었다.

H. P. Khong(1998)는 소품종 주문생산을 하는 하드 디스크 공장에서 고객 주문에 대한 생산능력 평가와 추정을 위해 생산능력에 대한 시뮬레이션을 수행하였고, 납기확약 의사결정 지원과 고객 주문에 대한 생산능력을 최대한 사용하기 위한 제품종류와 생산량 결정하기 위해 생산일정계획 개발에 퍼지 로직을 사용하였다.

N.C Simpson et al(1999)은 공급체인관리에 대한 연구로 공급체인을 공급업체, 제조회사, 물류센터의 세 개의 단계로 구분하여 각각의 단계에 대하여 기술하였다. 먼저 공급업체는 Lead Time과 품질을 성능측정요소로 하여, JIT(Just In Time)시스템을 제시하였으며, 정보를 공유하는 방법으로는 EDI (Electronic Data Interchange), Internet, ERP(Enterprise Resource Planning)을 제시하였다. 제조업체와 물류센터 단계에서는 재고수준, 생산기간, 재고비용, 보충비용, Lead Time, 수요량, 보충시간, 잔업, Capacity, 물류센터 수 등의 요소를 가지고, 비용을 최소화하는 선형계획 알고리즘을 제시하였으며, 정보공유 기법으로는 EDI, VMI(Vendor Managed Inventory)등을 제시하고 있다.

3. 납기확약기능을 위한 운영정책

본 절에서는 납기확약기능의 정의와 연구의 대상이 되는 다품종 주문생산형 장치산업의 현황과 용어의 정의에 대해 기술한다.

3.1 납기확약기능의 정의

글로벌 경쟁에서 고객만족과 시장우위를 차지하기 위해서는 품질향상, 코스트 절감 뿐 만 아니라, 납기확약기능이 필요하다. 납기확약이란 고객과 기업이 상호 약속한 납기일에 반드시 납품한다는 개념으로 납기확약기능은 전체 공급체인에서 모든 가능한 재고, 원자재, 생산능력, 수송 대안 등을 고려하여 고객 주문을 평가함으로써, 고객의 주문에 대해 납기 준수 여부를 결정하여 주문 수주의 결정을 지원하는 기능으로, 고객의 다양하고 급변하는 주문에 신속하고 효과적으로 대처함으로써 기업의 이미지 향상과 고객의 빠른 의사결정을 지원하는 기능이다. 또한, 납기확약기능은 공급체인계획과 최적화의 매우 중요한 요소로 고객수요에 대하여 가장 효과적이고 최소의 비용을 요구하는 방법을 공급자와 제조업체, 그리고 여러 물류센터와 동적으로 연결되어 제품이 인도되는 수단을 빠르게 고객에게 제공함으로써 주문의 수주여부에 대한 의사결정을 지원하고, 고객과의 의견 조율에도 도움을 준다.

이러한 납기확약기능의 연산방법은 대상업종이나 site에 따라 달라질 수 있겠으나 일반적으로 3 단계로 구분할 수 있다.[20]

1단계 : 주문입력 후 고객에 가장 가까운 DC(물류센터)의 재고정보를 체크하여 주문 가능여부를 판단하고, 가까운 물류센터의 재고정보·운송정보를 검토하여, 주문 가능 여부를 판단한다.

2단계: 제조업체·공급업체·외주업체의 자료를 사용

하여 주문 가능여부를 판단한다.

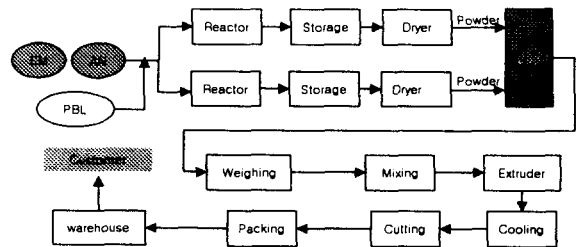
3단계: 대체품목을 확인하고, 그 결과에 따라 대체 품목과 수량을 포함한 결과와 주문품목에 대한 가능 납기를 동시에 제공한다.

3.2 다품종 주문생산형 장치산업의 현황

본 연구의 대상이 되는 다품종 주문생산형 장치산업은 생산라인에서 다수의 대·소형 고객을 대상으로 다양한 제품을 생산·판매하고 있다. 이렇듯 다양한 고객은 불확실성의 원인을 제공하고 있으며 이는 안정적인 생산의 장애 요인이 된다. 그러나, 장치산업의 특성상 설비와 프로세스가 수요 변동에 즉각 대응할 수 없다.

외부적으로 제품의 공급과잉으로 생산자 중심에서 고객위주 시장으로 이동하고 있으며, 고객의 요구는 점점 다양화되고 있다. 그리고, 고객업체의 JIT시스템 등의 생산시스템의 도입으로 단납기 수요가 많아지고 있으며, 정보기술의 발달로 글로벌 경쟁이 심화되어 가격이 하락하고 있다.

내부환경은 자가생산 및 외주업체의 운영으로 복잡한 물류 흐름이 발생하고 있으며, 제품종류 증가와 제품의 믹스에 따른 라인할당이 복잡하다. 계획업무가 분산되어 있고 통합된 기준정보 부족하다.



[그림 1] 제품 공정흐름도

대부분 고객 주문의 납기는 생산 여유시간이 넉넉하다. 그러나 주요 고객의 촉박한 납기를 가진 긴급주문이 존재하며 이를 수용하기 위해 납기가 전반적으로 늦어져 납기준수율은 40%미만으로 고객과 약속한 납기에 대한 신뢰도가 저하되어 있다. 이에 따라 실수요일 보다 납기를 짧게 주고 필요량보다 많은 양을 요구하고 있으며, 주문내역 등의 정보의 관리가 부족하다. 고객은 소수의 안정적인 대형물량을 주문하는 고객과 다수의 불특정 소형물량의 고객이 있다. 제품은 계절/유형 등의 각기 특성에 따라 비수기와 성수기로 구별된다.

3.3 용어의 정의

각 부서에서 사용하고 있는 다양한 용어에 대해 통일된 정의를 제공하여 부서간에 올바른 의사소통을 위하여 사용될 용어를 정의였다.

☞ 주문일

고객주문을 영업사원이 전산시스템에 입력한 일자

☞ 납기일: 고객이 납품을 요구하는 일자

- ▶ 납기(주문리드타임)
납기일에서 수주일을 뺀 값(납기일-수주일)
- ▶ 장납기 주문
출하일이 수주일로부터 특정일자 이후인 주문
(제품의 리드타임과 라인상황을 반영하여 전략적으로 결정)
- ▶ 단납기 주문
출하일이 수주일로부터 특정일자 이내인 주문
(제품의 리드타임과 라인상황을 반영하여 전략적으로 결정)
- ▶ 긴급 주문
출하일이 매우 짧은 초 단납기 주문 (제품의 리드타임과 라인상황을 반영하여 전략적으로 결정)
- ▶ 주요고객
고객 ABC 분석에 의해 A급으로 분류된 고객
- ▶ 일반고객
고객 ABC 분석에 의해 B,C,D급으로 분류된 고객

3.4 납기확약운영정책의 요구사항 및 평가요소

본 연구의 대상이 되는 다품종 주문생산형 장치산업에서 납기확약 운영정책의 대안이 만족해야 할 요구사항은 다음과 같이 제시된다.

- 긴급주문을 수용하여야 한다.
주요 고객의 긴급 주문물량은 이 후의 주문 수조에도 많은 영향을 주기 때문에 수용되어야 한다.
- 확약된 주문은 납기를 준수하여야 한다.
소형물량의 이익이 적은 고객의 주문도 확약된 주문은 납기를 준수해야 한다.
- 거절해야 하는 주문 건수와 손실이익을 최소화 해야 한다.
납기를 맞출 수가 없어서 주문 수주를 거절하는 주문 건수를 최소화하여야 한다.
- 생산능력을 최대한 활용하여야 한다.

이러한 납기확약 운영정책의 요구사항을 기반으로 제시될 운영정책의 평가요소를 만들 수가 있다. 일반적으로 평가요소는 다음과 항목을 사용한다.

- 납기 준수율(D)
납기 준수율은 100%가 되어야 한다. 만일 100%가 되지 않는다면 이는 납기확약의 기본 개념에 위배됨으로 대안에서 제외되어야 한다.
$$D = \frac{\sum[(\text{생산완료일} \geq \text{납기일}) \text{인 주문건수}]}{\text{주문수}} \times 100$$
- 수주 거절률(R)
수주 거절을 작을수록 좋은 운영정책이다.
$$R = \frac{\sum[\text{수주거절 주문건수}]}{\text{총주문건수}} \times 100$$
- 손실이익(LP)
수주 거절로 인한 손실이익이 적을수록 좋은 운영정책이 된다.
$$LP = \sum[\text{수주거절 주문의 이익}]$$
- 생산라인 가동율(O)
생산시설의 활용을 측정하는 지표로 높을수록 좋

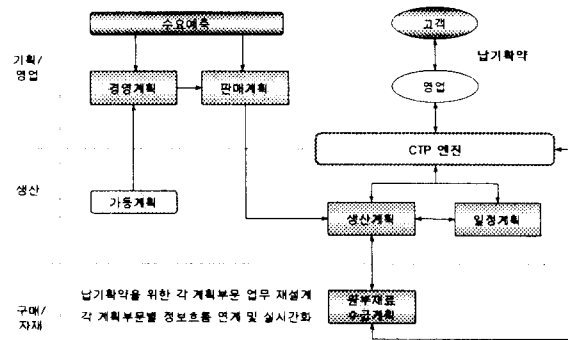
다.

$$O = \frac{\sum[\text{Setup Time} + \text{생산시간}]}{\text{총작업가동시간}} \times 100$$

- 이익(P)
주문 수주 후 생산하여 실질적으로 취한 이익으로 높을수록 좋다.
$$P = \sum[\text{생산완료된 주문의 이익}]$$

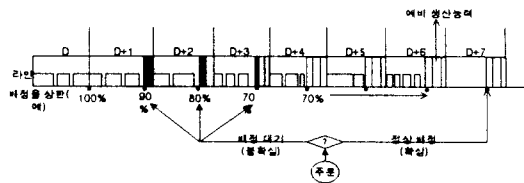
4. 다품종 주문생산형 장치 산업에서의 납기확약 운영정책

본 절에서는 예비 생산능력 개념과 요구사항에 근거하여 다품종 주문생산형 장치산업의 공급체인관리 하에서 고객만족을 위해 시행할 수 있는 납기확약 운영정책의 대안을 제시한다.



[그림 2] SCM하에서의 납기확약 운영정책 업무흐름도

4.1 예비 생산 능력 개념



[그림 3] 예비 생산능력 활용의 기본개념

라인은 긴급 주문을 처리하기 위하여 D+1 이후 일에는 일부 생산능력을 비워 두고 일정계획을 작성한다. 이를 '배정을 상한'이라고 정의하고 전략적으로 조정한다. D일 주문한 고객은 납기확약 시스템으로부터 납기 준수여부를 즉시 통보 받고 납기 준수가 가능하면 주문을 수주한다. 그러나 납기 준수가 불가능하면 배정대기(Stand-by)를 신청 할 수 있고, 그 결과는 D일 일정 시간에 고객에게 주문 수주 여부를 통보하게 된다. 본 연구에서는 예비 생산능력을 라인 생산능력의 10%로 간주하였다.

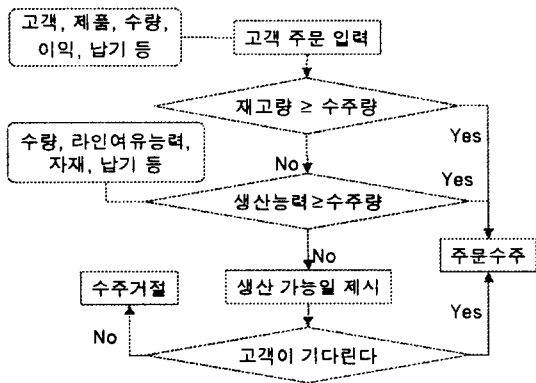
4.2 선착순에 의한 주문 납기확정 운영정책

주문이 수주되는 순서에 의해 주문 수주를 확정하는

방법으로 예비 생산능력을 고려하지 않는 경우와 예비 생산능력을 고려하는 경우의 두 가지 방법이 있다.

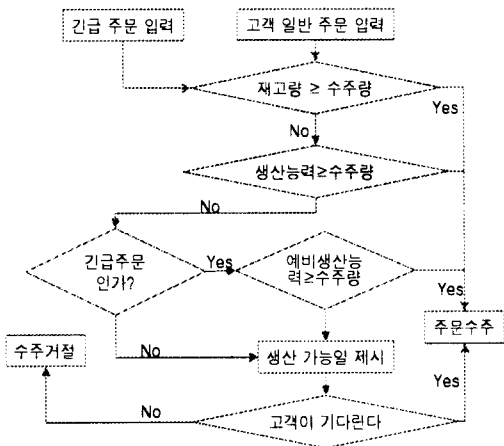
가. 예비 생산능력 개념을 도입하지 않은 경우

수주되는 주문을 수시로 일정계획에 입력하여 납기 약속 여부를 결정하고, 동시에 일정계획을 재계획 하는 것으로 주요 고객의 주문 또는 이익이 많은 주문이 수주 거절될 우려가 있다. 그리고 이 방식은 긴급주문도 일반주문과 동일하게 취급하므로 수용할 수가 없는 경우 발생한다. 이 운영정책은 주요 고객이 이탈할 위험이 있다.



[그림 4] 예비 생산능력을 고려하지 않은 선착순 납기확약 운영정책

나. 예비 생산능력 개념을 도입한 경우



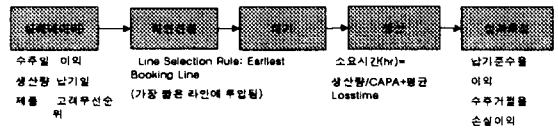
[그림 5] 예비 생산능력을 고려하지 않은 선착순 납기확약 운영정책

선착순 납기확약 운영정책에 4.1에서 설명한 예비 생산능력 개념을 도입한 것으로 선착순 납기확약 운영정책은 예비 생산능력으로 책정한 양만큼 주요고객의 긴급주문을 수용할 수 있다. 그러나 이익이 높고 주문량이 많은 주요고객의 주문이 소량의 이익이 적은 주문에 밀려 수주하지 못할 가능성이 있다.

5. 납기확약 운영정책의 평가

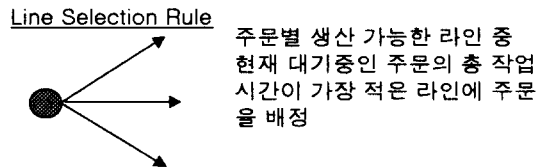
5.1 시물레이션 고려사항

시물레이션 모델은 각 운영정책에 대해 생산가능일 제시를 제외하고, 모든 주문은 고객이 납기일을 정하고, 이를 만족하지 못하면 수주를 거절하는 것으로 가정하였다. 컴퓨터 시물레이션 모델을 개발함에 있어 각 라인별 생산 가능한 제품에 대한 제약조건 고려하였고, 릿트 간 Cleaning 시간 등을 포함한 준비시간을 고려하였다. 시물레이션은 과거의 실제 자료를 기반으로 납기확약운영 정책에 따라, 선별되어 라인을 선정하고 대기하여 생산한다. 시물레이션이 완료되면 수집된 자료를 바탕으로 정책을 평가하게 된다.



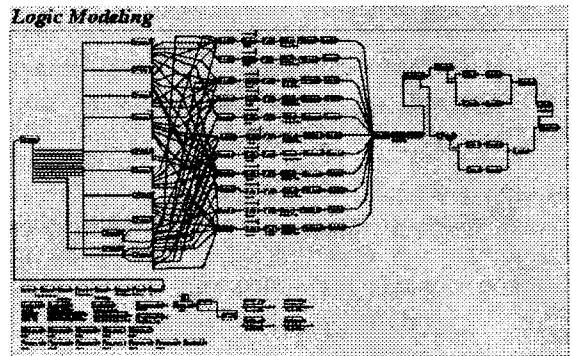
[그림 6] 시물레이션 모델 개요

라인 선택과 작업의 선택은 다음 규칙을 따른다.



[그림 7] 라인 선택 Rule

시물레이션 모델은 Arena 시물레이션 도구로 개발하였으며 Logic 모델은 다음과 같다.



[그림 9] Arena 시물레이션 Logic 모델

5.2 시물레이션 결과에 의한 대안 평가

시물레이션은 선착순 납기확약 운영정책에 대해 예비생산능력을 고려한 경우(라인에서 처리할 수 없는 긴급주문을 예비 생산능력에 할당하고, 긴급물량이 없는 경우 일반주문을 예비 생산능력을 활용해 생산)와 고려하지 않은 경우(긴급주문을 일반주문과 동일하게 취급)

두 가지 경우에 대하여 개발 수행하였으며 결과를 아래에 정리하였다.

가. 예비 생산능력 개념을 도입하지 않은 경우

구분	수주여부	주문건수	물량(톤)	이익(억원)
일반주문	수주	3,018	125,125	512
	수주거절	189	9,069	32
긴급주문	수주	246	5,792	43
	수주거절	224	6,653	36

라인	1	2	3	4	5	6
가동률	86.3%	81.6%	89.2%	82.6%	80.3%	71.5%
라인	7	8	9	10	11	
가동률	77.7%	87.9%	75.0%	86.5%	79.1%	

나. 예비생산능력(10%) 개념을 도입한 경우

구분	수주여부	주문건수	물량(톤)	이익(억원)
일반주문	수주	3,051	125,075	519
	수주거절	156	9,078	25
긴급주문	수주	326	7,175	57
	수주거절	144	5,271	22

라인	1	2	3	4	5	6
가동률	90.0%	85.5%	92.5%	87.9%	86.6%	77.0%
라인	7	8	9	10	11	예비
가동률	82.1%	91.2%	78.2%	85.8%	83.8%	99.7%

6. 결론 및 향후 과제

납기확약 운영정책을 활용하면 고객에게 납기확약을 함으로써 고객 만족도를 증가시킬 수가 있다. 그러나, 고객이 요구한 납기를 만족시킬 수 없는 경우 주문을 수주하지 못하고 거절함으로써 기회손실이 발생한다. 이를 최소화하기 위한 다양한 납기확약 운영정책이 있겠으나 선착순 납기확약 운영 정책의 예비 생산능력을 고려하는 경우와 고려하지 않는 경우에 대해 시물레이션을 통하여 분석한 결과 예비 생산 능력(생산능력의 10%)을 고려한 경우가 고려하지 않은 경우보다 일반주문에 대한 수주 거절율이 1.03% 감소하였고, 이익은 7억원 정도 증가하였다 그리고, 긴급주문의 수주 거절율이 17.02% 감소하였고, 이익이 14억원 증가하였다. 라인의 가동률은 예비생산능력을 고려하는 운영 정책이 평균 4%의 상승효과를 나타내었다.

본 연구에서는 다양한 납기확약 운영정책 중 선착순 납기확약 운영정책에 대해서 예비 생산능력의 유무에 따른 단순 분석만 하였다. 추후 과제로는 고객 중요도에 따른 분석이 필요하며, 지속적으로 고객 주문이 발생하는 제품에 대한 계획생산을 고려한 납기확약 정책 등 다른 납기확약운영 정책 모델의 개발과 평가가 필요하다.

참고문헌

[1] Clay, P., "Advanced Available-to-Promise

Concepts and Techniques", Reprinted from 1990 APICS Conference Proceedings

[2] Christopher, M., Logistics and Supply Chain Management, PITMAN PUBLISHING, 1992

[3] Cowdrick, R.M., "Supply Chain Planning (SCP)-Concepts and Case Studies, Computers ind. Engng Vol. 29, No. 1-4, 245-248, 1995

[4] Dharmaraj Veeramani and Pawan Joshi, "Methodologies for rapid effective response to requests for quotation", IIE Transactions, Vol 29, 1997

[5] Erenguc, S.S., Simpson, N.C., Vakharia, A., Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review", European Journal of Operational Research 115 (1999) 219-236

[6] 송광섭, 최지영, 김성봉, 임석철, "Modeling of "Available To Promise" for Supply Chain Management", 대한산업공학회 '99 추계학술발표

[7] Paillo, J.M., Ingalls, R, and Brown, S. "A Strategic Decision Support System for Supply Network Design and Management in the Semiconductor Industry", Computers & Ind. Engng Vol. 29, No. 1-4, pp443-447, 1995

[8] Raedels, A.R., VALUE-FOCUSED SUPPLY MANAGEMENT, RICHARD D. IRWIN, INC., 1995

[9] Saunders, M., STRATEGIC PURCH -ASING & SUPPLY CHAIN MANAG -EMENT, PITMAN PUBLISHING, 1994

[10] Supply Chain Management, William C. Copacino, APICS, 1997

[11] Thomas, D.J, Griffin, P.M., "Coordinated supply chain management", European Journal of Operational Research 94 (1996) 1-15

[12] 공급체인관리, 석정, 김선민

[13] SCM 경영혁명, 21세기북스, 후쿠미사 요시아키

[14] 이태역, "Supply Chain management와 SI", KAIST 산업공학과

[15], "국내 기업 환경을 고려한 SCM의 전략적 도입 방안 연구", 정보통신정책 연구원, www.kise.re.kr

[17] 이무성, 노형민, 강무진, "주문생산 체제에서의 동적 공정관리 시스템 개발:-금형고장의 수주 시물레이션 모형 제안", 대한산업공학회/한국경영과학회 '93 추계학술발표논문집, 1993, pp 459