

DBR 버퍼를 활용한 납기확약 시스템 개발

Development of the CTP reflecting DBR Buffer

김승남*, 홍민선**, 임석철***

Seung_Nam Kim*, Min-Sun Hong**, Suk-Chul Rim***

Abstract

현재 MRP와 JIT 시스템과 같은 전통적 생산시스템의 대안 중에 가장 활발하게 연구되고 있는 분야가 DBR(Drum-Buffer-Rope)이다. 재고의 양을 줄일 수 있으며, 스케줄링의 속도를 획기적으로 증가시킬 수 있는 DBR 버퍼의 장점을 이용하여 SCM의 납기확약 Simulator 엔진으로서 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 DBR 스케줄링을 이용하여 납기확약 시스템을 개발하고 납기확약에 따른 단가모형을 연구하였다.

1. 서론

고객을 대상으로 서비스 만족도를 가지기 위하여 볼 때는 납기문제를 가장 중요한 요소로 여긴다. 세부적으로는 고객 대응능력이나 생산 리드타임이 중요한 요소로 작용하고 적절한 대응방안을 강구하지 못하는 상황에서는 재고를 다시 늘여야 하는 문제가 발생하기 때문에 재고라는 양날의 검을 어떻게 해야 하는가 하는 것이 가장 큰 문제로 남는다. 이런 문제들의 핵심요소를 찾아내고 그것들의 관리를 통해 하위 문제까지 해결하면서 전체적 효율을 향상시키고자 Goldratt에 의해 만들어진 것이 TOC 이다. 특히, TOC 분야에서 제조업에 가장 많은 영향을 미칠 수 있는 분야는 DBR이라 할 수 있다.

2. 관련 연구 및 연구목적

CTP와 관련된 연구는 ATP에 관련된 연구와 납기를 고려한 수주 타당성 검토에 관한 연구, 그리고 일정계획 알고리즘과 관련하여 납기를 고려한 연구 등으로 구별할 수 있다.

ATP와 관련된 연구로서 Clay(1990)는 재고와 기준생산계획만을 고려하여 단계를

Single Level 연산과 자재명세서(BOM) 정보를 사용하여 Multi Level 연산으로 구현하여 납기확약을 수행하였으며, Backward/Forward 로직과 안전재고를 고려한 ATP, 대체, 납기조정 등의 조정방법 등에 관한 ATP 개념과 방법을 제시하였다. Khong(1998)은 소품종 주문생산을 하는 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(1999)은 ATP연산을 위한 경험적 알고리즘을 제시하였다. 김내현 등(2000)은 주문생산과 계획생산이 혼합된 생산방식에서 고객에게 납기를 확약해줄 수 있는 방법으로서 중장기 생산계획과 일별 일정계획을 연계하는 방법을 제시하였다.

DBR에 관련된 연구로서 고시근, 김재환(2002)은 Kanban 시스템을 DBR에 적절히 혼합하는 방법과 효과를 제시하였고, 최정길 등(2001)은 DBR 관련 process에 중심을 두고 각종 모듈간의 상호관계를 제시하였다. 고시근, 윤훈용(2001)은 마코프체인의 birth-death process를 통해 최적 buffer 설

본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 동북아전자물류연구센터의 지원에 의한 것입니다

* 아주대학교 산업정보시스템공학부

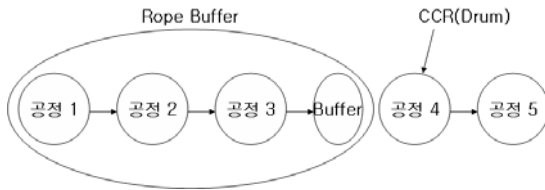
** 아주대학교 대학원 산업공학과

*** 아주대학교 산업정보시스템공학부 교수

정을 위한 방법을 제시하였다. 김승남, 홍민선, 임석철(2003)은 납기를 확약하기 위한 DBR 스케줄링 프로세스를 제시하였다. 김수영(1995)는 기존의 스케줄링을 위한 문제에서는 목적함수가 이론시간과의 지연시간을 함께 최소화해야 하는 측면으로 스케줄링이 진행되어 왔다.

3. 제약이론의 개념 및 DBR

DBR(Drum-Buffer-Rope)은 전체 공정의 생산능력이 [그림 1]과 같이 가장 작은 능력을 가진 공정에 의해 결정된다는 개념에서 시작된다. 생산해야 할 주문량에 비해 가장 낮은 능력을 가진 공정을 CCR(Capacity Constraint Resource)이라 부르고 CCR을 최대 가동할 수 있도록 만들자는 것이다.



[그림 1] Drum-buffer-rope

[그림 1]에서 보는 바와 같이 드럼이 가장 낮은 생산능력을 가진다면 공정 1로의 원자재 투입은 CCR인 드럼에 맞춰서 이뤄져야 한다. 이론적으로 이러한 내용은 매우 당연한 것으로 받아들일 수 있으나 실제로 각 공정의 cycle time은 일정한 편차 내에서 변화하고 고장이거나 응급상황이 발생하는 변동성이 존재하게 된다. 이러한 상황에 대비하면서 CCR이 최대 가동되고, 설비의 생산가치를 최대가 되도록 하기위해 CCR 앞에 buffer를 두는 것이 CCR buffer 이다. CCR buffer는 CCR의 가동율이 낮아지는 것을 방지한다. 그리고 원자재(혹은 재공품)가 buffer로 흘러가는 시간적 크기를 고려하기 위해 rope를 만든다. rope의 설정은 단지 시간적 크기만을 고려하기 위해 존재하는 것이 아니라 rope(CCR buffer 포함)내 흐름을 조절하기 위한 하나의 monitoring 장치가 된다.

4. 제약버퍼를 사용한 납기확약 시스템

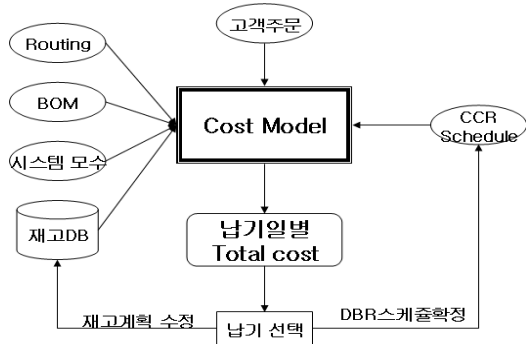
4.1 납기확약 시스템의 가정사항

본 논문에서 제안하고자 하는 납기확약시스템에서는 다음과 같은 사항을 가정하고 있다. 우선 비제약능력에 대한 가정으로 CCR을 제외한 비제약자원의 능력은 충분히 크다고 가정한다. 또한 각 주문의 작업수행시에 필요한 셋업타임은 무시한다. 제품의 단가를 결정하는 모수들은 이미 알고 있으며, 계량화되어 있다고 가정한다. 이러한 가정사항은 본 논문

에서 제안하는 DBR을 이용한 납기확약시스템의 개념을 명확하게 설명하기 위함이다.

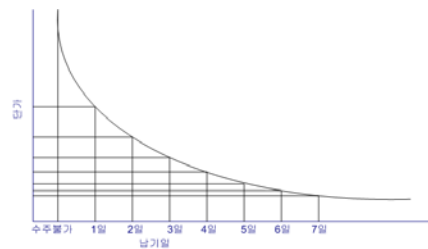
4.2 시스템 개요

납기확약시스템의 개념을 설명하면 [그림 2]와 같다. 납기확약시스템은 Routing과 BOM, 비용 산정에 관한 시스템 모수, 재고계획을 가지고서 단가모형을 완성하게 된다. 완성된 단가모형에 고객의 주문을 입력하면 납기가능일별 Total cost를 산정한다. 고객은 이러한 결과를 가지고 비용과 납기의 관계에서 자신이 원하는 납기를 확정하면, 선택된 CCR 스케줄링과 함께 DBR 스케줄링을 완성하게 된다.



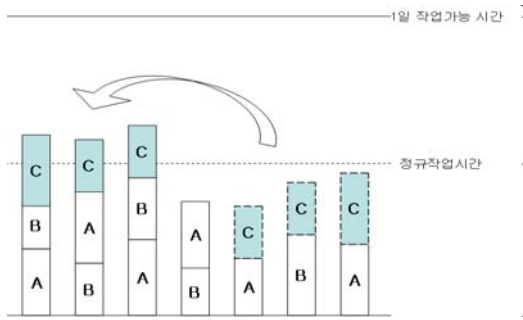
[그림 2] CCR 운영에 따른 비용 산정 모형

생산업체에서는 주문을 수주하게 될 때에는 생산현장의 능력을 고려하여 주문을 수주하게 된다. 그러나 고객의 입장에서는 자신의 주문에 대해서 가능한 납기와 납기단축에 따른 추가비용을 알고 싶어한다. 따라서 수주업체에서 주문접수시의 납기확약을 위해서는 고객에게 비용과 납기의 정보를 제공하고 고객은 제공된 정보를 가지고 자신에게 알맞은 납기를 확정하려 할 것이다.



[그림 3] 납기와 단가의 관계

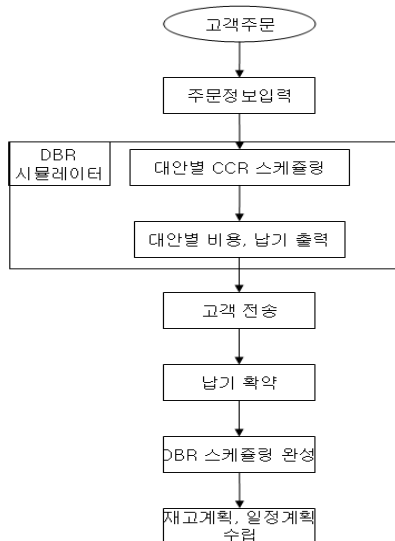
납기와 단가의 관계는 납기를 충분히 설정하면 단가를 상대적으로 줄일 수 있으며, 납기를 촉박하게 하면 단가는 그에 반비례해서 올라가게 된다. 그러나 지나치게 촉박한 납기의 경우에는 수주를 받을 수 없는 경우가 생기게 되며 [그림.3]과 같다. 고객은 납기가능정보와 그에 따른 비용의 정보를 위의 그래프와 같은 결과로 제공받음으로써 납기일과 비용에 대한 합리적인 선택을 할 수 있다.



[그림 4] CCR운영계획의 수정

[그림 4]는 CCR 운영계획에 대한 그래프이다. 고객이 주문비용의 증가를 감수하고서라도 납기를 단축시키고자 하는 경우에, 제조업체의 경우에 제약자원의 운영일정을 변경하게 된다. 이러한 변경사항이 CCR의 작업가능 시간을 초과하게 되면, CCR의 유희능력을 이용하여 주문을 수행하여야 하며, 유희능력을 이용하는 경우의 비용의 증가가 수반되게 된다. 이러한 상황을 고려하여 비용을 최소화하게 되는 경우의 가능 납기와, 납기를 최소화하는 경우의 비용의 결과를 산출하게 된다.

새로운 주문을 수주시에 고객과 납기를 협의하여 확정하고, 이 납기 내에 반드시 납품하는 방식이 납기확약(CTP: Capable to Promise)이다. 이러한 납기확약을 위하여 다 품종 주문생산산업에서 긴급주문을 수주하기 위한 방법으로 제시된 개념이 예비생산능력이다(송광섭(1999)).



[그림 5] 제약버퍼를 활용한 CTP

[그림 5]는 이러한 제약버퍼를 활용한 납기 확약시스템을 보여주고 있다. 이러한 납기확약시스템의 특징은 주문에 대한 모든 생산계획을 스케줄링하는 것이 아닌, 제약자원이 되

는 CCR공정에 대한 스케줄링과 비용증가에 대한 부분만을 시뮬레이터를 통해서 산정하게 되는 것이다. 이러한 CCR 스케줄링은 시뮬레이션하는 시간을 줄여주고, 결과를 빠르게 보여줄 수 있다는 장점이 있다.

4.2 Cost model

[그림 5]과 같은 납기확약시스템은 CCR 스케줄링에 대한 결과를 빠르게 보여줄 수 있다는 장점이 있다. 납기를 최소화하는 경우의 비용 산정에 있어서 CCR의 이용의 증가분만 고려하는 것은 실제 제조비용의 누락을 가져오게 된다. CCR공정의 이용률이 증가하는 것은 CCR전·후공정에 대한 이용률 또한 증가하게 되는 것을 의미한다. CCR전·후공정의 증가는 비용의 증가를 가지고 오게 되며 따라서 납기를 최소화하기 위해서는 추가되는 비용은 다음과 같다.

$$CM=PC(1+ CCRrate+ OC+ DC)-----(1)$$

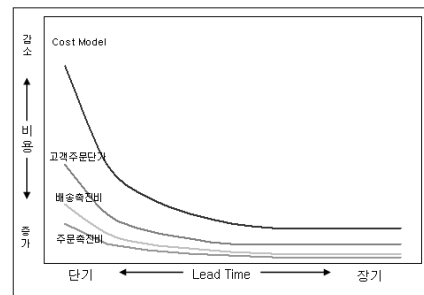
CM = 고객주문에 대한 단가

PC = 해당주문에 대한 단가

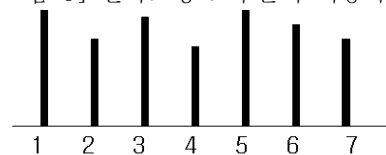
CCRrate = 납기를 단축할 경우 CCR 증가비용

OC = 원재료 주문추진비용의 증가율

DC = 원재료 배송추진비용의 증가율



[그림 6] 단가모형 모수들의 비용곡선



[7] 납기에 따른 단가의 변동

CM을 고객주문에 대한 제조비용 즉, 단가 모형이라고 하면, CCR의 증가비율에 맞추어서 CCR 전후의 공정들 또한 이용률이 증가하게 된다. 따라서 제품에 대한 제조비용은 CCR 증가비율만큼 증가하게 된다. 또한 해당 주문의 원자재가 생산현장에 빨리 투입되기 위해서 원재료공급업체에 자재 입고를 촉진시키게 된다. 이러한 원재료 입고촉진을 위해서 비용이 추가로 상승하는 부분에 대해서도 감안하여야 한다. 이러한 단가모형을 구성하는 모수들의 비용곡선은 [그림 6]과 같다. 일정한 납기까지는 비용이 납기에 비례하여 감소하지만 일정한 납기가 지나면 비용의 감소는

더 이상 나타나지 않는다. 그러나 실제로 CCR의 운영에서 CCR운영비의 증가율이 납기 단축에 비례하여 증가하지는 않을 것이다. 따라서 위의 단가모형은 하루의 단가모형이며, 납기단축에 따른 비용상승의 일반형태는 [그림 7]과 같이 나타날 것이다.

5 제약버퍼를 사용한 CTP 개발

본 연구에서는 앞에서 기술한 납기확약 시스템에 대해서 납기비용결과를 제시할 수 있는 시스템을 구현하였다. CTP 시스템에서 주문입력모듈은 [그림 6]과 같다. 주문입력모듈에서 주문제품과 납기일, 주문수량을 입력하면 주문입력모듈은 DBR 시뮬레이터에서 각각의 대안에 대하여 스케줄링을 실시하고 가능납기와 CCR의 증가율을 계산하게 되는데, CCR의 증가율과 기존의 비용모수를 가지고서 각각의 대안에 대한 비용을 산정하여 출력하게 된다. 고객은 이러한 결과를 가지고 제품주문시 납기와 단가를 고려하여 주문을 완료하게 된다.



[그림 7] 주문정보 입력화면

6 결론 및 향후 연구과제

기존의 TOC의 DBR은 주문이 확정된 상태에서 CCR운영계획을 수립하는 과정이었다. 따라서 해당주문을 수행하기 위한 비용의 추가상승분에 대한 합리적인 산출이나 고객에게 납기에 대한 확약을 기대할 수 없었다. 본 연구에서 제안하는 납기확약시스템의 핵심은 고객의 주문을 접수시에 DBR의 CCR 스케줄링을 이용하여 납기에 대한 정보와 비용에 대한 정보를 동시에 제공할 수 있다는 것이다. 고객의 가주문정보를 가지고 CCR 운영계획에 대한 대안별 시뮬레이션을 실시하여, 해당주문에 대한 적정한 단가를 산정하고, 고객은 납기와 비용에 대해서 고려하게 됨으로써 고객은 적정주문만을 실시하게 되는 효과를 기대할 수 있다. 이러한 시스템의 특징은 수주업체는 주문의 평균화를 기대할 수 있을 것으로 판단되며 고객은 합리적인 생산계획을 수립하는데 도움이 될 것이다. 본 연구과제에서 제시하는 단가모형은 CCR의 증가율을 이용하여 CCR 전후공정의 비용추가상승에 대한 추

정을 하였다. 그러나 CCR에 비해 유희시간이 많은 점을 고려할 때 CCRrate를 이용한 추정 단가와 실제 잔업으로 인한 생산단가에는 차이가 있을 것으로 생각된다. 이러한 Cost model을 구성하는 시스템모수에 대한 합리적인 산출방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 보통 고객에게 제품을 납품하는 형태는 분할납품이다. 분할납품의 경우에는 CCR 운영이 상대적으로 적은 날에 해당주문의 CCR운영스케줄을 할당할 수도 있을 것이다. 위와 같은경우에, 해당주문이 CCR운영비용이 크게 증가하지 않더라도 충분한 주문의 수주, 생산이 가능할 것이다. 따라서 위와같이 분할납부의 경우에 단가모형과 납기확약을 위한 DBR스케줄링을 변화하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 고시근, 김재환(2002), 안정된 수요를 갖는 생산라인에서 Kanban을 사용한 DBR 시스템의 구현, IE Interfaces
- [2] 고시근, 윤훈용(2001), 제약이론에서 제약버퍼의 크기 결정, IE Interfaces, 14(4), 334-340
- [3] 문제창, 임석철(2001), 제약이론 기반의 기업이익 최적화 방법론, IE Interfaces, 14(4), 356-364
- [4] 최정길, 김수진, 주정민, 정선화, 정남기(2001), DBR 기반의 APS 시스템 상세 설계, IE Interfaces, 14(4), 348-355
- [5] 김승남, 홍민선, 임석철(2003), 납기를 고려한 DBR 스케줄링, 설비관리학회 학술발표대회, 345-354
- [6] 김내현, 노승중, 왕지남, 임석철(2000), SCM을 위한 납기확약 기반 생산계획 및 수주 시스템, IE Interfaces Vol. 13 No. 3, pp. 396-404
- [7] 박경식(1999), SAP APO(Advanced Planner & Optimizer)응용사례, 지식기반산업정보컨퍼런스
- [8] 송광섭(2000), 다품종 수주생산형 장치산업의 생산 및 수주정책 평가, 아주대학교 대학원 석사학위논문
- [9] Clay(1990), Advanced Available-to-Promise Concept and Techniques, Reprinted from APICS Conference Proceedings
- [10] Khong, H. P.(1998) Available-to-Promise based on Capacity Constraints, 5th ICARCV Conference Proceedings
- [11] Sim, S. B., Han J. Y. and Jeong, B. J.(2000), 공급사슬경영에 있어서의 납기 회신 시스템, IE Interfaces 13(3)