TOC 기반의 납기확약 시스템 개발
Developing a TOC-based Due Date Promising System

홍민선*, 임석철**
Min-Sun Hong*, Suk-Chul Rim**

Abstract

인터넷 기반의 글로벌 e-비즈니스 환경에서 고객과 실시간으로 납기를 확약할 수 있는 기능이 수주생산 기업의 경쟁력의 핵심요소로 부상하고 있다. 수주생산형 제조기업이 납기확약을 위해서는 수주시 생산능력을 고려하여 납기를 확약해줄 수 있는 생산능력 납기확약 시뮬레이션 엔진을 위한 알고리즘이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위한 생산능력 납기확약 시뮬레이션 엔진의 알고리즘을 제시한다. 본 연구의 결과로 복수의 공장과 다양한 생산라인을 갖춘 복잡한 제조시스템의 스케쥴링을 빠른 시간 내에 도출해 냄으로써 고객에게 빠른 시간내에 정확한 납기확약이 가능해져 기업 경쟁력 강화에 크게 기여할수 있다.

1. 서 론

인터넷을 중심으로 한 글로벌 네트워크 환경의 급속한 발전으로 제조업체는 전 세계를 대상으로 구매, , global 시대로 접어들었다. 이러한 환경에서 제조업의 구매, , 판매를 효율적으로 운영하기 위해서는 다양한 IT 기술을 사용하여 실시간 최적화 기술 및 의사결정 지원시스템이 필요하다. 그 중에서도 고객과 실시간으로 납기를 확약할 수 있는 기능이 수주생산 기업의 경쟁력의 핵심요소로 부상하고 있다.

납기확약은 현재 ATP(Available - To - Promise) CTP(Capable-To-Promise) 로 구분되며 ATP 를 중심으로 많은 연구가 진행되고 있으나 CTP 는 다양한 변수와 변동에 의해 많은 어려움에 봉착하여 있다. 그 이유 중 하나는 일정계획과 실시간 연동되는 CTP 로직이 해당 업종 또는 사업장의 업무프로세스를 정교하게 반영하지 못하거나 반영하기에는 시뮬레이션 시간이 너무 걸리기 때문이다.

이에따라 본 연구는 수주생산형 제조업이 향후 인터넷을 통하여 고객으로부터 주문을 받을 때 생산능력을 고려하여 납기를 확약해줄 수 있는 생산능력 납기확약 시뮬레이션 엔진을 위한 알고리즘을 제시한다.

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 생산능력을 고려하지 않고 재고와 기준생산계획만을 고려하여 납기확약을 수행하였으며, 단계를 Single Level 연산과 자재명세서(BOM) 정보를 사용하여 Single Level의 연산방법을 확장한 Multi Level 연산으로 구현하여 설명하였으며, Backward/Forward 로직과 안전재고를 고려한 ATP, 대체, 납기조정 등의 조정방법 등에 관한 ATP 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 퍼지로직을 사용하였다. Bongju Jeong(2002)는 LCD 산업의 Supply Chain에서의 ATP에 관한 Heuristic 방법론을 제시하였다. [1]

3 SCM 하에서의 납기확약시스템 (CTP: Capable to Promise system)

납기확약 시스템은 완성품의 재고 할당 조절과 고객에 대한 납기 약속의 질을 향상시키는 것과 고객 수요, 안전재고, 제품리드타임, 납기 확정에 대한 관리를 지원하기 위해 시작되었다. 납기확약은 현재 ATP (Available - To-Promise) 와 CTP(Capable-To-Promise)로 구분되며 생산공정의 현황과 생산능력을 고려하는 것이 CTP와 ATP를 구분하는 이유이다. CTP(Capable to Promise)란 공급사가 고객으로부터 수주시 자사의 생산스케쥴 등을 종합적으로 검토하여 고객주문의 납품 가능한 시점을 산출하여 이를 제공하고, 필요시 고객과 협의를 거쳐 납기일을 확정하는 업무방식이다[2, 12]. 그리고 ATP (Available to Promise)는 재고를 보유하고 있는 품목(Make to Stock)에 대하여 주문량만큼의 물량이 어느 창고에 있는지 또는 이미 확정된 생산스케쥴에 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 만일 주문량을 생산스케쥴에 입력한다면 언제 완성 납품 가능하겠는지를 신속하게 조회하여 영업을 지원하는 것이다. 납기확약 체제를 통하여 공급사는 생산계획의 안정화, 납기준수율 제고의 효과를 얻을 수 있고, 고객은 납품일의 불확실성을 제거함으로써 안정된 생산/판매계획 수립이 가능해진다.[8]

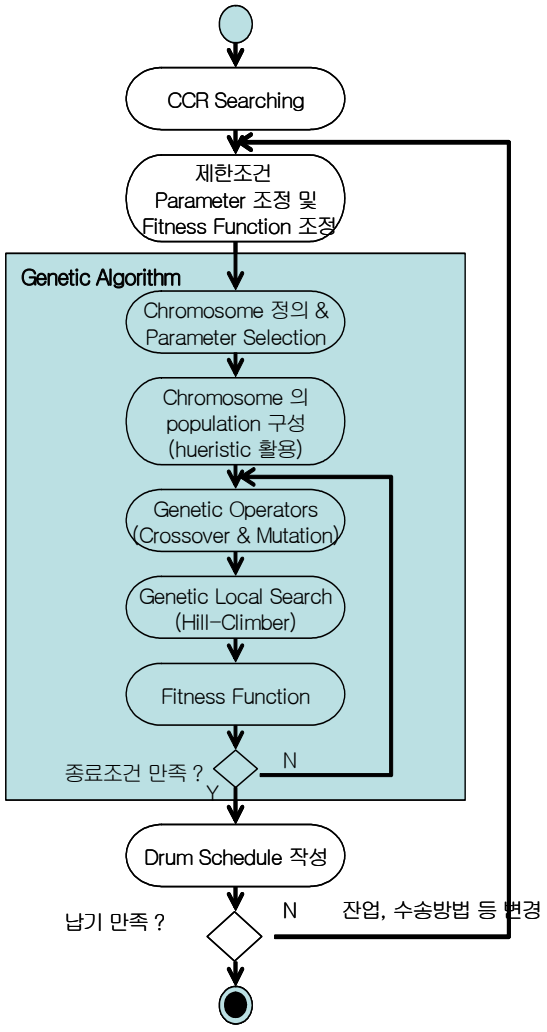
다수의 SCM 솔루션들이 이러한 기능을 보유한 것으로 알려져 있으나 실제로 현업에서 성공적으로 사용되는 예는 우리나라에서는 발견하기 어렵다. 특히 CTP의 경우는 활용도가 더욱 떨어지는데 그 이유 중 하나는 입력 데이타가 부정확하여 신뢰성이 떨어지는 것이고, 다른 하나는 일정계획과 실시간 연동되는 CTP 로직이 해당 업종 또는 사업장의 업무프로세스를 정교하게 반영하지 못하기 때문이다. 정교하게 반영하기 위해서는 많은 연산시간을 소모하여 고객이 기다려줄 시간을 충족시키지 못하기 때문이다.

4 납기확약 시스템 알고리즘 설계

4.1 알고리즘의 개요

Simulator 알고리즘은 최적 스케쥴링 생성을 위한 Process Time의 최소화를 위하여 TOC (Theory Of Constraint)의 DBR Scheduling 과 Genetic Algorithm을 함께 활용하였다. 알고리즘은 TOC의 개념을 사용하여 시스템 내의 중요한 제약사항만을 고려하였고, 전역의 탐색이 효율적인 Genetic Algorithm 알고리즘과 빠른 결과 생성을 위하여 DBR Scheduling을 혼합한 알고리즘을 사용하여 결과치를 생산하게 된다.

	장점	단점
유전자 알고리즘	-전역 탐색 -빠른 접근속도 -다양한 제약 조건 수용 가능	-변수의 증가에 따라 Computing Time이 많이 소요
DBR Scheduling	-빠른 근접가능해 산출 -변수의 최소화 가능	-다양한 모델 수용에 한계

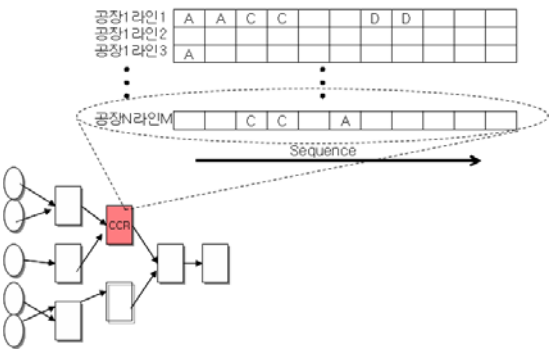


[그림1] 제안된 CTP 알고리즘

4.2 제안된 Genetic Algorithm Process

4.2.1 기본 알고리즘

Step 0. 개체(chromosome)와 모수들의 정의
일반적으로 유전자 알고르즘에는 모집단의 크기(n), 반복수(N), 교배율(Pc), 돌연변이율(Pm)efm과 같은 모수들이 있고, 이 값에 따라 유전자 알고리즘의 성능은 크게 좌우된다. 모수들의 값을 정하는 규칙은 없으며, 시행착오를 통해서 적절한 값을 구한다. 개체(chromosome)의 구조는 2차원 배열로 <그림>처럼 제품의 공정과 제품 종류 그리고 Schedule Time 의 두 가지 축으로 구성된다. 위에서 설명한 것과 같이 Schedule Time안에 최적화되는 제품의 배치는 CCR(Capacity Constraint Resource)의 공정에 한하여 배치된다. (개체구조의 장점 : 잔업규칙과 같은 다양한 제약식 수용가능 등)



[그림2] Chromosome 구조

Step 1. 선택(Selection)

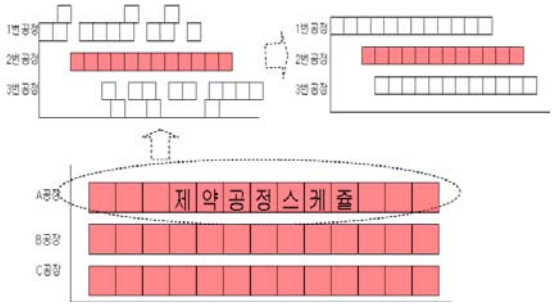
초기 집단은 새로운 오더를 추가하기 위하여 현재 공정의 Schedule을 기초로 휴리스틱 방법론의 결과들과 랜덤하게 생성된 개체를 사용한다. 이러한 개체들을 진화시키기 위한 선택 방식으로는 엘리트즘과 토너먼트 선택방식을 사용한다. 엘리트즘 선택방식은 모집단내의 가장 좋은 개체를 다음 세대에 그대로 넘기는 방법이고 토너먼트 선택방식은 무작위로 두개의 개체를 뽑아 적응도가 높은 개체가 살아 남는 방식이다.

Step 2. 유전 연산자(Genetic Operators)

유전 연산자는 교배(Crossover)연산자와 돌연변이 (Mutation)연산자가 있다. 교배 연산자로는 이 문제에서는 스케쥴링 문제에서 가장 효율적이라고 알려진[4] 위치기반 돌연변이 연산자(position-based Crossover)와 순서기반 교배연산자(Order-based Crossover) 가 사용되었으며 돌연변이 연산자로는 교환돌연변이연산자(Swap Mutation) 이 사용되었다.

Step 3. 유전 극소 탐색(Genetic Local Search)

유전자 알고리즘의 지역최적해 탐색의 약점을 극복하기 위해 Hill-climber 원리를 활용한다.
Step 4. 적합도 검정(Fitness Function)
적합도 함수는 개체의 성능을 나타내는 평가함수로서 크게 총 비용 부분과 총 소요기간으로 나눠진다. 총 비용 부분은 식(1)을 활용하고 총 소요시간은 납품처에서 공장으로의 이동 시간과 공장에서의 생산기간, 공장에서 수요지의 이동시간의 합산으로 이루어 진다. 공장의 생산능력을 고려한 생산 소요 기간은 DBR Scheduling 기법으로 산출하며 나머지는 이동기간의 데이터로부터 산출하여 최종 압기시점을 산출한다.



[그림3] 자원제약을 고려한 스케쥴링

Step 5. 종료조건

개체들의 모집단이 진화(evolution)을 중지시키는데 사용되는 조건으로는 Computing Time 이 일정한 시간 (M)이나 일정한 반복수(N)회에 다다르면 종료한다. 이러한 조건을 만족시키지 않는 경우에는 Step 1로 되돌아간다.

5. (CTP) 시스템 개발

5.1 TOC기반의 납기확약 시스템 개발

본 연구에서 제안된 알고리즘의 성능을 테스트 하기 위해서 Intel Pentium IV 컴퓨터에서 에서 Visual C++을 사용하여 제작하였다.

5.2 납기확약 성능 시험

제약공정외에 비제약공정의 능력은 충분하다는 가정하에 성능평가를 위한 데이터를 제작하였다. 납기확약 시스템을 테스트 하기 위한 문제는 30개의 주문, 9개의 제품과 각 제품별 공정을 시험 대상으로 하였다.

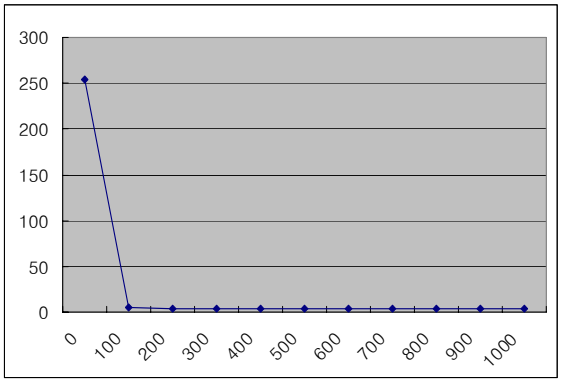
Fitness Function으로는 다음의 식(1)을 사용하였다.

αΣ납기위반+ βΣ셋업타임수+ Σ운송비

α=1000, β=1셋업타임수 +Σ운송비

.....식 (1)

유전자알고리즘의 경우 Steady State 알고리즘에 기반한 병렬유전자 알고리즘을 사용하였다. 이와 같은 조건으로 [그림4]와 같은 결과를 얻었다. 반복횟수 150회 부근에서 제안된 알고리즘의 최적값인 3에 도달하였다.



[그림 4] 반복횟수에 따른 알고리즘 목표값

6. 결론

본 논문에서는 짧은 연산시간을 갖는 납기확약엔진을 만들기 위해서 TOC의 DBR Scheduling에 기반하여 유전자 알고리즘을 접목한 알고리즘을 제안하였다. 다만, 제약공정외에 비제약공정의 능력은 충분하다는 가정하에 만들어 졌기 때문에 이 가정을 극복할 수 있는 방안에 대한 논문이 앞으로 이루어 져야 한다.

참고문헌

[1] Bongju Jeong, Seung-Bea, Ho-Sang Jeong, Si-Won Kim (2002) An available-to-promise system fro TFT LCD manufacturing in supply chain, Computers & Industrial Engineering 43 (2002) pp 191-212

[2] Clay(1990), Advanced Available-to-Promise Concept and Techniques, *Reprinted from APICS Conference Procedings*

[3] Khong, H.P.(1998) Available-to- Promise based on Capacity Constraints, *the fifth ICARCV Conference Proceedings*

[4] Davis, L., Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinbhold, New York, 1991

[5] Zbigniew Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures = Evloution Programs, Springer, 1996

[6] Goldberg,D.E., Genetic Algorithms:in Search,Optimization & Machine Learning, Addison Wesley, 1989

[7] Thomas, D., and Griffin, P. M., “Coordinated Supply Chain Management”, European Journal of Operation Research, 94, p1-15 (1996)

[8] 장지홍, 김기범, 정봉주, “주문의 가중치를 고려한 납기회신에 관한 연구”, 2001년 대한산업공학회 추계학술대회, p37-p40