

DBR 스케줄링에 있어 제약자원 선정에 관한 연구

- Selecting the Critical Resources Using DBR on
Multi-parameters -

서 장 훈 *

Seo Jang-Hoon

홍 석 목 **

Hong Suk Mook

박 명 규 ***

Park Myong-Kyu

Abstract

Since introducing the "Theory of Constraints" by Goldratt, its effect was verified by lots of scholars, men of enterprise. These days it is also introducing and studying in this country with good results.

The objective of this study is to show how to determine the constraint resources on DBR scheduling. Actually, previous studies based on the line which just think a load/capacity rate on doing scheduling. This study will show a scheduling method which reflects multi-parameters. It could be a standard to reflect real manufacturing surroundings.

On calculating a priority of each resources, we classified factors with subjective and objective factors. And we propose a decision model to incorporate values assigned by a group of experts on different factors to select a critical resource. On deploying this model, SN ratio of Taguchi method for each of subjective and objective factors will be used. And we propose a procedure which is organized with 7 steps. To understand the logic, a numerical manufacturing simulation will be presented. This method is a incorporating decision model on determining the constraint on multi parameters with experts.

* 명지대학교 산업공학과 박사과정

** 인천기능대학 전기제어과 교수(명지대학교 산업공학과 박사과정)

** 명지대학교 산업공학과 교수

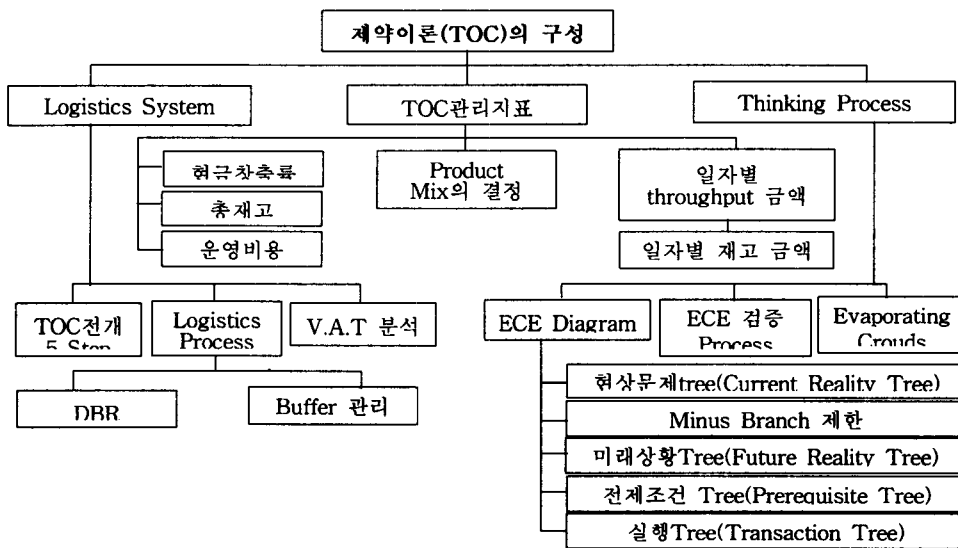
1. 서론

DBR을 기반으로 하는 스케줄링에서는 제약자원을 선정하는 단계가 가장 중요하다고 말할 수 있다. 제약자원이 조직관리와 경영개선의 기초를 제공해 준다는 점에서 이의 효율적인 관리는 대단히 중요하다 할 것이다. 조직 내에 존재하는 자원간의 '종속성'과 '통계적 변동'이라는 두 가지 현상의 결합으로 인한 조직의 성과가 바로 제약요인에 의해 결정되기 때문이다[1].

본 연구에서는 어떤 조직에서 제약을 발견하고, 그것을 관리함으로써 전체사슬을 최적화할 수 있다는 제약이론을 구성하는 DBR(Drum-Buffer-Rope) 개념을 이용하여 생산 스케줄링을 시도하였다. 기존의 연구와 차별되는 보다 현실적인 생산 스케줄링을 제안하기 위해 실제 생산환경에서 발생할 수 있는 여러 요소를 고려하고, 다구찌의 SN비 개념을 이용하여 제약자원 선정의 객관적 근거를 제시 하고자 한다.

본 연구에서는 생산라인인 제조공정을 제약조건으로 하는 DBR 기반 스케줄링에 있어 제약자원 선정에 관한 문제를 연구대상으로 한다.

각 제약자원의 중요도를 결정하는 데 있어서 실제 생산현장에서 발생될 수 있는 대상을 객관적 요소와 주관적 요소로 분류한 후 여러 전문가에 의해 각각의 주관적 요소에 부여된 값을 다구찌 기법에서 이용하는 SN비로 계산하고, 그들 값을 정규화 하였으며, 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 SN비로 계산하여 그들 값을 정규화하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 여러 요소를 고려한 제약자원의 결정에 다른 요소에 대한 다수의 전문가의 의견 통합을 시도함과 동시에 제약자원 결정에 임의의 요소에 전문가가 부여한 값의 평균이 크고, 그들 값의 차이가 적은 즉, 여러 전문가에 의해 거의 일치된 평가를 받는 자원을 제약으로 선정하여 스케줄링하는 방법을 제시한다.



[그림1] 제약이론(TOC)의 구성

2. 연구내용 및 방법

DBR을 기반으로 하는 스케줄링에서는 제약자원을 선정하는 단계가 가장 중요하다고 말할 수 있는데, 본 연구에서는 생산라인 제조공정을 제약조건으로 하는 DBR 기반 스케줄링에 있어 다요소 제약자원 선정에 관한 문제를 연구대상으로 한다.

각 제약자원의 중요도를 결정하는 데 있어서 실제 생산현장에서 발생 될 수 있는 대상을 객관적 요소와 주관적 요소로 분류할 후 여러 전문가에 의해 각각의 주관적 요소에 부여된 값을 다구찌 기법에서 이용하는 S/N비로 계산하고, 그들 값을 정규화 하였으며, 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 S/N비로 계산한 그들 값을 정규화하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 여러 요소를 고려한 제약자원의 결정에 다른 요소에 대한 다수의 전문가의 의견 통합을 시도함과 동시에 제약자원 결정에 임의의 요소에 전문가가 부여한 값의 평균이 크고, 그들 값의 차이가 적은 즉, 여러 전문가에 의해 거의 일치된 평가를 받는 자원을 제약으로 선정하여 스케줄링하는 방법을 제시한다.

3. 기존 DBR 연구의 문제점 및 대안 제시

제약요인이 조직관리와 경영개선의 기초를 제공해 준다는 점에서 이의 효율적인 관리는 대단히 중요하다. 그 이유는 조직내에 존재하는 자원간의 '종속성'과 '통계적 변동'이라는 두 가지 현상의 결합으로 인해 조직의 성과가 바로 제약요인에 의해 결정되기 때문이다[1].

따라서 이러한 제약자원을 선정, 이를 기준으로 전체자원을 스케줄링 하는 DBR 기법에서는 제약자원의 선정이 무엇보다도 중요한 문제이다.

최근 몇 년 동안 DBR 스케줄링에 관련된 연구가 소개되었다. 그러나 대부분의 연구에서 제약자원을 선정하는 데 있어 각 자원의 능력 대 부하량만을 선정기준으로 하여 실제 생산현장에서 발생할 수 있는 여러 요소를 간과하였다. 이는 스케줄링의 처음 단계부터 잘못된 자원을 제약으로 선정해 이를 기준으로 계산된 스케줄링이 실제 생산현장을 반영하지 못하는 경우가 발생할 수도 있음을 의미한다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 보완하기 위해 제약자원 선정절차에서 여러 요소를 고려하여 스케줄링의 현실성을 높이려 시도하였다.

4. 다요소를 고려한 스케줄링 단계

제약 자원을 선택하는 과정은 다음의 단계를 따른다.

(단계 1) 공정별 각각의 객관적, 주관적 요소에 대한 데이터수집

본 연구에서 설계되는 모델에서는 4개의 객관적 요소와 2개의 주관적 요소를 고려하기로 한다. 객관적 요소는 자원(공정)별 설비고장률, 제품불량률, 부하비율, 준비시간(Setup time)이다. 또한 주관적 요소는 자원의 안전성과 신뢰성을 설정하였다. 이 단계에서는 데이터의 객관적 요소와 주관적 요소를 수집한다. 객관적 기준데이터는 측정에 의해 얻어진다. 본 논문에서는 n 개의 공정을 고려하기로 한다. 이때 공정 i 의 객관적 요소인 고장률, 불량률, 부하비율, 준비시간(Setup time) 각각에 대한 데이터를 $D_i, S_i, L_i, ST_i (i=1, 2, \dots, n)$ 라 하고, 주관적 요소 데이터는 전문가로부터 얻는다. 주관적 요소를 위해 1부터 9까지의 구간 척을 이용하여 전문가에 의해 가중치를 부여하도록 한다. 이때 SA_{ij} 와 $RE_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 를 공정 i 에 대해 전문가 j 가 주관적 요소인 각각의 공정의 안전성과 신뢰성에 부여한 값이라 한다.

(단계 2) 객관적 요소값과 주관적 요소값의 정규화

먼저 각각의 공정에 대한 객관적 요소를 정규화하는 방법을 살펴보면, 고장률, 불량률, 부하비율, 준비시간은 요소값이 클수록 제약자원 선정기준에 일치하는 경우이므로 다음과 같이 정규화한다.

$$ND_i = D_i / (D_1 + D_2 + \dots + D_n) \quad (2.1)$$

$$NS_i = S_i / (S_1 + S_2 + \dots + S_n) \quad (2.2)$$

$$NL_i = L_i / (L_1 + L_2 + \dots + L_n) \quad (2.3)$$

$$NST_i = ST_i / (ST_1 + ST_2 + \dots + ST_n) \quad (2.4)$$

다음으로 공정에 대한 주관적 요소를 정규화하는 방법을 살펴보기로 한다. 여러 전문가가 각각의 주관적 요소에 부여한 값을 다구찌 기법에서 이용하는 SN비로 계산하고, 그들 값을 정규화한다. 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 전문가에 의해 할당된다. 이때 각각의 요소에 부여된 값을 SN비로 계산하고, 그들 값을 정규화한다. SN(Signal-to-Noise ratio)비는 원래 통신분야에서 통신시스템의 품질수준을 평가하는 척도로서 신호의 힘 S와 잡음의 힘 N의 비의 값을 SN비라는 이름으로 사용해 온 것인데 다구찌에 의해 설계, 제조공정의 우수성 및 제품의 신뢰성 등을 측정하는

척도로써 확장되어 널리 사용되어 왔다.

제품 등의 성능을 나타내는 변수를 일컬어 특성치라 하며, 특성치는 일반적으로 가장 바람직한 값(이상치 또는 목표치)을 갖는다. 이상치나 목표치의 관점에서 특성치를 3 종류로 구분할 수 있다.

- 1)망소 특성치: 품질 특성치가 작을수록 좋은 경우
- 2)망대 특성치: 품질 특성치가 클수록 좋은 경우
- 3)망목 특성치: 품질 특성치의 특정한 목표치가 주어진 경우

망소 특성의 경우 SN 비가 크다는 것은 특성치의 평균과 분산이 모두 작아지는 것을 의미하고, 망대 특성의 경우에 SN비가 크다는 것은 특성치의 평균은 크고 분산은 작아지는 것을 의미한다. 주관적인 요소는 1부터 9까지의 구간 척을 이용하여 제약자원 선정기준에 부합될 수록 전문가에 의해 높은 가중치가 부여되므로 할당된 값을 망대 특성치로 간주하였다[11].

본 논문에서는 제약자원 선택에 있어서 임의의 요소에 전문가가 부여한 값의 평균이 크고, 그들 값이 차이가 적은 즉, 거의 일치한 평가를 내리는 자원에 우선순위를 두도록 하였다. 망대 특성치에 대한 SN비 공식은 다음과 같다.

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2.5)$$

이때 y_i 는 전문가가 부여한 값을 의미한다.

임의의 주관적 요소에 전문가가 부여한 값을 식(3.5)에 의해 계산하고, 그들 값을 정규화한다. 공정 i 의 안정성 및 신뢰성에 대한 정규화식은 다음과 같다.

$$NSASN_i = SASN_i / (SASN_1 + SASN_2 + \dots + SASN_n) \quad (2.6)$$

$$NRESN_i = RESN_i / (RESN_1 + RESN_2 + \dots + RESN_n) \quad (2.7)$$

(단계 3) 모든 객관적, 주관적 요소에 대한 전문가의 상대적 중요도를 계산 모든 전문가가 1부터 9까지의 구간척을 이용하여 전체 객관적, 주관적 요소에 가중치를 할당한 다음, 각각의 요소에 대해 SN비를 구하고, 그들 값을 정규화 한다.

이때 SN_{km} 을 m 명의 전문가가 요소 $k(k=1,2,\dots, t)$ 에 부여한 값의 SN비 값이다. 모든 객관적, 주관적 요소 K 에 대한 정규화된 가중치 NW_k 는 다음과 같다.

$$NW_k = SN_{km} / (SN_{1m} + SN_{2m} + \dots + SN_{tm}) \quad (2.8)$$

(단계 4) 우선순위 계산 및 제약자원 선택

PRE_i 를 공정 i 에 대한 우선순위라 하면 PRE_i 는 객관적 요소와 주관적 요소의 가중평균이 된다.

$$PRE_i = \sum_{k=1}^t NW_k \times N(i)_k \quad (2.9)$$

$N(i)_k$ 는 요소 k 에서의 공정 i 의 정규화된 값이다. 이 때 $\sum_{i=1}^n PRE_i = 1$

이 된다.

각각의 공정에 대해 식(3.9)를 이용하여 계산한 결과, 가장 높은 우선순위값을 가지는 공정이 제약자원으로 선택된다. 이 모델에서 각각의 요소는 서로 독립적이라고 가정한다.

(단계 5) 보호버퍼의 설정과 관리

비제약자원의 효율적인 이용을 위해서는 제약자원과 비제약자원을 연결시키는 요소인 타임버퍼가 필요하다. 타임버퍼는 돌발상황으로부터 제약자원을 보호하여 제약자원을 최대한 가동시키기 위한 목적으로 사용되는 안전재고를 가르킨다.

DBR에서는 '제약자원버퍼(Constraint buffer)'와 '제품출하버퍼(Shipping buffer)', 그리고 '조립버퍼(Assembly buffer)'라는 3 종류의 타임버퍼를 필요로 한다.

제약자원버퍼는 제약자원의 앞 공정에서 발생하는 문제로 인해 제약자원으로 흘러 들어가는 부품의 흐름이 끊기지 않도록 제약자원 앞에 쌓아 두는 안전재고를 가리키며, 제약자원의 가동률이 100%를 유지할 수 있도록 한다.

제품출하버퍼는 납기를 보호하기 위한 완제품재고를 가리킨다. 제약공정 뒤 공정의 문제로 인해 생산흐름이 끊어지게 되면 납기가 늦어지는데, 이를 방지하기 위해 후 공

정의 안정성 정도에 따라 어느 정도의 안전재고를 유지하게 된다.

끝으로 조립버퍼는 제약공정을 거친 부품이 다음 단계에서 비제약공정을 거친 부품과 함께 조립이 되는 경우 비제약부품의 부족으로 인해 조립이 지연됨으로서 생산흐름이 끊어지기는 것을 방지하기 위해 조립공정 앞에 쌓아 놓는 비 제약부품 안전재고를 가르킨다. 이러한 조립버퍼는 생산의 부드러운 흐름을 유지하기 위해서 필요하다.

이때 제약자원 앞에 쌓아놓는 재고는 제약자원 앞 공정에서 제약자원으로 흘러 들어가는 부품의 흐름을 돌발상황으로부터 보호하는 시간적 완충(Time buffer)의 역할을 하게 된다[1].

(단계 6) DBR 스케줄링을 실시

(단계 7) 제약자원의 주생산계획 수립

끝 단계로 스케줄링을 수행한 후 제약자원의 주생산계획 수립 및 비제약자원의 일정수립을 계획한다.

5. 결 론

본 논문에서는 DBR 시뮬레이션을 하는 데 있어 기존연구가 가지고 있는 제약자원 선정상에 있어서의 한계를 여러 요소를 고려하여 좀더 현실적인 스케줄링 방법을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 제시하는 시뮬레이션 전개의 핵심은 전 시스템의 능력을 최대화해서 생산량을 증대하는 종래의 개념에서 벗어나 시스템 전체의 생산량을 결정하는 제약자원에 개선의 노력을 집중할 수 있도록 하는 것이다.

그리고 이러한 제약자원을 선정하는 데 있어 현실적인 스케줄링을 제시하고자 생산 현장에서 발생될 수 있는 여러 요소를 고려하였고, 설정된 여러 요소를 반영하여 제약자원을 선정하는 데 있어 객관적 의사결정 기준을 제시하였다.

따라서 본 연구는 경영혁신 기법을 선도하는 TOC 이론의 국내 기업 적용에 있어 보다 현실적인 DBR 스케줄링 방법을 제시함으로써 생산증가, 납기단축, 재고감소로부터 이어지는 판매증가와 비용감소를 통해 기업의 경쟁력 및 이윤을 최대화하는 효과가 있을 것이다.

추후로 TOC의 구성요소인 사고과정(Thinking Process)까지 시뮬레이션을 확장하여 좀 더 발전된 대안을 제시하거나 다른 경영혁신 기법과 연계하여 연구된다면 기업의 경쟁력 향상에 도움이 될 것이다.

5. 참고문헌

- [1] 최광식, (2001) "기업회생을 위한 패스워드 TOC" , 한·언
- [2] 안진의 창 <http://www.anjin.co.kr/index.htm>
- [3] 정남기, (1999) "TOC 제약경영", 대청
- [4] 정남기, (2000) "TOC 기반의 SCM 구현방법", SCM코리아 2000, 한국 SCM 학회
- [5] <http://www.krconsulting.co.kr/>
- [6] 조용욱 외 2인, (1999) "로봇 선택을 위한 의사결정 모델 개발", 안경영과학회지 제 1권 제 1호
- [7] 김연균, (2000) "DBR 스케줄링을 이용한 인터넷 기반 실시간 일정 계획", 명지대학교
- [8] Luebbe, Finch, B., "Theory of Constraints and Linear Programming: a comparison", International Journal of Production Research, Vol 30, No 6, pp. 1471~1478, 1992
- [9] Schragenheim, E., Ronen, B., "Drum-Buffer-Rope Shopfloor control", Production and Inventory Management Journal, Vol 31, No 3, pp. 18~22, 1990
- [10] Spencer, M.S., Cox, J.F., "Optimum Production Technology(OPT) and The Theory Of Constraints(TOC): Analysis and Genealogy", International Journal of Production Research, Vol 33, No 6, pp. 1495~1504, 1995
- [11] P. J. Ross, Taguchi Techniques for Quality Engineering, Mcgraw Hill, 1989
- [12] Fogarty 외 2인, (1991) "Production and Inventory Management", South-Western
- [13] Goldratt, Eliyahu M. and Jeff Cox, (1993) "The Goal", 홍익기획
- [14] Robert E, Stein, (1997) "The Theory of Constraints-Applications in Quality and Manufacturing", Marcel Decker
- [15] Spencer, M.S., Cox, J.F.III., "Master Production Scheduling Development in a Theory of Constraints Environment", Production and Inventory management Journal, Vol 36, No 1, pp. 8~14, 1995

저 자 소 개

서장훈 : 명지대학교 산업공학과를 졸업하고, 동 대학원 산업공학과 석사를 취득하였으며, 현재는 산업공학과 박사과정에 있으면서, 명지대 리서치 파크 전임 연구원으로 재직중이다. 주요 관심분야는 e-Business, ERP, 품질공학, Data-Mining.

홍성목 : 현재 명지대학교 산업공학과 박사과정이며, 인천기능대학 전기계측제어과 교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 생산관리, TQM, 품질공학, SCM 등이다.

박명규 : 한양대학교 산업공학과 졸업. 미국 일리노이 공대에서 산업공학 석사, 건국대학교 대학원 산업공학과에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 명지대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 주요 관심분야는 TQM, QE, METHODS ENG, 재고물류관리, 확률모형, FORECASTING, 시스템분석 등이다.