

다 요소를 고려한 DBR 기반 생산 일정계획에 관한 연구

이경록*
 조성진**
 서장훈***
 조용욱****
 박명규*****

요 약

80년대 골드렛 박사에게 의해 이론이 소개된 이후, 북미와 유럽 지역에서 많은 학자와 기업가들에 의해 연구, 현장에 적용되면서 오늘날 경영혁신 기법들을 주도하는 이론으로 자리잡은 제약이론(Theory of Constraints)은 최근에야 비로소 국내에 소개되고 있는 실정이다. 하지만 소개된 대부분의 연구가 TOC를 구성하는 여러 엔진 중 DBR에 국한된 것들이며, DBR 스케줄링 역시 아직은 이론적 연구에 그치고 있다.

본 연구에서는 기존의 여러 DBR 스케줄링 연구에서 보여진 한계, 즉 제약자원을 선정하는 데 있어, 자원이 가진 부하비율(부하/능력)만을 선정의 기준으로 고려하는 것에서 벗어나 실제 생산현장에 존재할 수 있는 여러 요소를 고려한 스케줄링 방법을 제시하였다.

각 제약자원들의 중요도를 고려하는데 있어서, 객관적 요소와 주관적 요소를 분류한 후 여러 전문가가 각각의 주관적 요소에 부여된 값을 다구찌 기법에서 이용하는 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화 하였고, 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화하는 방법을 제시하였다. 이 방법은 여러 요소들을 고려한 제약자원의 결정에 있어서 다른 요소들에 대한 다수의 전문가의 의견 통합을 시도하였고, 동시에 제약자원 결정에 있어서 임의의 요소에 전문가들이 부여한 값들의 평균이 크고 그 값들이 차이가 적은 즉, 거의 일치한 평가를 내리는 자원을 제약으로 선정하고 스케줄링하는 방법을 시도하였다.

1. 서론

오늘날 경영 환경은 정보 통신기술의 발달, 물류비용의 절감 등을 통해 국가 간 장벽이 더 이상 존재하지 않는 글로벌 시대를 맞이하였다.

1980년대 이후 급변하는 비즈니스 환경과 치열해져만 가는 경쟁 속에서 살아남기 위한 기업들의 노력은 TPM, JIT, MRP, TQM, ERP, SCM, 100ppm, 6시그마, TOC 등의 많은 경영혁신 기법들을 등장시켰다.

- * 명지대 산업공학과 박사과정
- ** 명지대 산업공학과 석사과정
- *** 명지대 산업공학과 박사과정
- **** 명지대 산업기술연구소 책임연구원
- ***** 명지대 산업공학과 교수

부문 최적화들이 모여 전체 최적화를 가져온다는 과거의 생각은 조직을 이루는 부문들은 서로 유기적으로 연결되어 있다는 사슬(chain) 관점으로 바뀌면서 그에 따른 경영 패러다임의 변화를 가져왔다. 사슬에서는 조직을 이루는 부문간에 종속성이 존재하고 그로 인해 조직의 성과가 조직을 이루는 가장 약한 부문, 즉 제약자원에 의해 결정된다고 말할 수 있다.

본 연구에서는 어떤 조직에서 제약을 발견하고 그것을 관리함으로써 전체 사슬을 최적화할 수 있다는 제약이론을 구성하는 DBR 개념을 이용, 생산 스케줄링을 시도하였다. 보다 현실적인 생산 시뮬레이션을 제안하기 위해 다구찌의 SN비를 이용하여 실제 생산환경에서 발생할 수 있는 여러 요소들을 고려, 제약자원 선정에 있어 객관적 근거를 제시하고자 하였다.

2. 다요소를 고려한 일정계획 단계

제약 자원을 선택하는 과정은 다음의 단계를 따른다.

(단계 1) DBR 생산 시뮬레이션을 설계한다.

첫 번째 단계로 대상이 되는 시스템의 현황을 설계한다. 본 논문에서는 생산 스케줄링을 시도하였으므로, 생산되어지는 제품 및 시장수요, 공장 가동시간, 생산된 제품의 가격, 생산자원, 재고, 운영비용, 제품이 생산되어지는 공정도 및 공정 도표 등을 설계하게 된다.

(단계 2) 모델을 구성하는 공정별 각각의 요소에 대한 객관적, 주관적 데이터를 수집한다.

이 단계에서는 데이터의 객관적 요소와 주관적 요소를 수집한다. 객관적 기준 데이터는 측정에 의해 얻어진다. 이 모델에서는 4개의 객관적 요소와 2개의 주관적 요소를 고려하기로 한다. 객관적 요소는 설비 고장률, 설비 불량률, 공정별 부하비율, Setup time이다. 또한 주관적 요소로는 공정의 안전성과 신뢰성, 두 요소를 설정하였다. 본 논문에서는 n 개의 공정을 고려하기로 한다. 이때 공정 i 의 객관적 요소인 고장률, 불량률, 부하비율, Setup time 각각에 대한 데이터들을 $Di, SCi, Li, STi (i=1, 2, \dots, n)$ 라 하자. 주관적 요소 데이터는 전문가로부터 얻어진다.

주관적 요소를 위해 1부터 9까지의 구간 척도를 이용하여 전문가들에 의해 가중치를 부여하도록 한다. 1은 이때 매우 중요하지 않음을 나타내고 9는 매우 중요함을 의미한다. 이때 $SAij$ 와 $REij (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 을 공정 i 에 대해 전문가 j 가 주관적 요소인 각각의 공정의 안전성과 신뢰성에 부여한 값이라 하자.

(단계 3) 객관적 요소값과 주관적 요소값의 정규화

먼저 각각의 공정에 대한 객관적 요소를 정규화 하는 방법을 살펴보면, 고장률, 불량률, 부하비율, Setup time 들은 값이 작을수록 좋은 경우이므로 다음과 같이 정규화 한다.

$$ND_i = (1/D_i)[(1/D_1) + (1/D_2) + \dots + (1/D_n)] \quad \text{----- (1)}$$

$$NSC_i = (1/SC_i)[(1/SC_1) + (1/SC_2) + \dots + (1/SC_n)] \quad \text{----- (2)}$$

$$NL_i = (1/L_i)[(1/L_1) + (1/L_2) + \dots + (1/L_n)] \quad \text{----- (3)}$$

$$NST_i = (1/ST_i)[(1/ST_1) + (1/ST_2) + \dots + (1/ST_n)] \quad \text{----- (4)}$$

다음으로 공정에 대한 주관적 요소를 정규화 하는 방법을 살펴보기로 한다. 여러 전문가가 각각의 주관적 요소에 부여된 값을 다구찌 기법에서 이용하는 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화한다. 주관적 요소와 객관적 요소를 위한 가중치 또한 전문가에 의해 할당된다. 이때 각각의 요소에 부여된 값을 SN비로 계산하고 그 값들을 정규화한다. SN(Signal-to-Noise ratio)비는 원래 통신분야에서 통신시스템의 품질수준을 평가하는 척도로써 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. 제품의 성능을 나타내는 변수를 일컬어 특성치라 하며 특성치는 일반적으로 가장 바람직한 값(이상치 또는 목표치)을 가진다. 이상치나 목표치의 관점에서 특성치를 세 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 특성치들의 평균과 분산이 모두 작아지는 것을 의미하고 망대 특성의 경우에 SN비가 크다는 것은 특성치들의 평균은 크고 분산은 작아지는 것을 의미한다. 주관적인 요소는 1부터 9까지의 구간 척을 이용하여 전문가들에 의해 가중치를 부여하므로 전문가들이 부여한 값들을 망대 특성치로 간주하였다. 본 논문에서는 제약공정 선택에 있어서 임의의 요소에 전문가들이 부여한 값들의 평균이 크고 그 값들이 차이가 적은 즉, 거의 일치한 평가를 내리는 자원에 우선순위를 두도록 하였다. 망대 특성치에 대한 SN비의 공식은 다음과 같다.

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad \text{----- (5)}$$

이때 y_i 는 전문가들이 부여한 값을 의미한다. 임의의 주관적 요소에 전문가들의 부여한 값들을 식(5)에 의해 계산하고 그 값들을 정규화한다. 공정 i 의 안정성 및 신뢰성에 대한 정규화식은 다음과 같다.

$$NSAN_i = SASN_i / (SASN_1 + SASN_2 + \dots + SASN_n) \quad \text{----- (6)}$$

$$NRESN_i = RESN_i / (RESN_1 + RESN_2 + \dots + RESN_n) \quad \text{----- (7)}$$

(단계 4) 모든 객관적, 주관적 요소에 대한 전문가의 상대적 중요도를 계산 모든 전문가가 1부터 9까지의 구간적을 이용하여 전체 객관적, 주관적 요소에 가중치를 할당한 다음, 각각의 요소에 대해 SN비를 구하고 그 값들을 정규화 한다. 이때 SN_{km} 을 m명의

전문가들이 요소 $k(k=1,2,\dots, t)$ 에 부여한 값들의 SN비 값이라 하자. 모든 객관적, 주관적 요소 K 에 대한 정규화된 가중치 NW_k 는 다음과 같다.

$$NW_k = SN_{km} / (SN_{1m} + SN_{2m} + \dots + SN_{tm}) \quad \text{----- (8)}$$

(단계 5) 우선순위 계산 및 제약자원 선택

PRI_i 를 공정 i 에 대한 우선순위라 하면 PRI_i 는 객관적 요소와 주관적 요소의 가중 평균이 된다.

$$PRI_i = \sum_{k=1}^n NW_k \times N(i)_k \quad \text{----- (9)}$$

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

각각의 공정에 대해 식(9)를 이용하여 계산한 결과, 가장 높은 우선순위를 가지는 공정이 제약자원으로 선택되어진다. 이 모델에서 각각의 요소는 서로 독립적이라고 가정한다.

(단계 6) 보호버퍼의 설정과 관리

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

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

제약자원버퍼는 제약자원 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 해준다.

제품출하버퍼는 납기를 보호하기 위한 완제품재고를 가리킨다. 제약공정 뒷공정의 문제로 인해 생산흐름이 끊어지게 되면 납기가 늦어지는데, 이를 방지하기 위해 후공정의 안정성 정도에 따라 어느 정도의 안전재고를 유지하게 된다.

마지막으로 조립버퍼는 제약공정을 거친 부품이 다음 단계에서 비제약공정을 거친 부품과 함께 조립이 되는 경우 비제약부품의 부족으로 인해 조립이 지연됨으로 해서 생산의 흐름이 끊기는 것을 방지하기 위해 조립공정 앞에 쌓아 놓는 비제약부품 안전재

고를 가르킨다. 이러한 조립버퍼는 생산의 부드러운 흐름을 유지하기 위해서 필요하다. 이때 제약자원 앞에 쌓아놓는 재고는 제약자원 앞공정에서 제약자원으로 흘러 들어가는 부품의 흐름을 머피로부터 보호하는 시간적 완충(Time buffer)의 역할을 하게 된다.

마지막 단계로 스케줄링을 수행한 후 제약자원의 주 생산계획 수립 및 비제약자원들의 일정을 수립한다.

3.결론

본 논문에서는 DBR 시뮬레이션을 하는데 있어 기존 연구가 가지고 있는 제약자원 선정 상에 있어서의 한계를 다요소를 고려하여 좀더 현실적인 선정방법을 제시하고자 하였다.

본 연구에서 제시하는 시뮬레이션 전개의 핵심은 전 시스템의 능력을 최대화해서 생산량을 증대하는 것이 아니라 종래의 개념에서 벗어나 시스템 전체의 생산량을 결정하는 제약자원에 개선의 노력을 집중할 수 있도록 하는 것이다. 그리고 이러한 제약자원을 선정하는 데 있어 현실적인 방안을 제시하고자 다요소를 고려하였고, 설정된 여러 요소를 객관적으로 제약자원을 선정하는 의사결정에 반영하고자 다푸찌의 SN비 개념을 적용 정규화를 시도하였다.

따라서 본 연구는 경영혁신 기법을 선도하는 TOC 이론의 국내 기업 적용에 있어 보다 현실적인 스케줄링 방법을 제시함으로써 기업의 경쟁력과 이윤을 최대화하는 효과가 있을 것이다.

추후로 TOC의 구성요소인 Thinking Process 까지 시뮬레이션을 확장을 하여 좀 더 발전된 대안을 제시하거나 다른 경영혁신 기법들과 연계하여 연구되어진다면 기업의 경쟁력 향상에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 최광식(2001년), "TOC", 한.언
- 2) 김연균(2000년), "DBR 스케줄링을 이용한 인터넷 기반 실시간 일정계획", 명지대
- 3) 정남기(2000년), "TOC 제약경영", 대청
- 4) Greg Klusewitz, Ray Rerick, "Constraint Management Through The Drum -Buffer-Rope System.
- 5) G. R. Russell, T. D. Fry, "Order review/release and lot splitting in drum-buffer-rope" International Journal of Production Research, Vol 35, No 3, 1997