

# 납기를 갖는 Job Shop 생산시스템에 대한 Simplified-DBR Scheduling 적용방안에 관한 연구

한원규 · 박창권<sup>†</sup>

울산대학교 산업경영공학부

## A Study on Simplified-DBR Scheduling in Job Shop Environment with Due Dates

Wonkyu Han · Changkwon Park

Department of Industrial Engineering, University of Ulsan, 680-749, Korea

There are few factors like a due date observance of the customer's order, reducing the manufacturing lead time, and minimizing the inventory investment to successfully run the manufacturing system. It is difficult for corporation and a person concerned to be offered indicators to achieve few factors mentioned above from complex manufacturing systems having much fluctuations. Simplified-DBR based on TOC(Theory of Constraints) is a management paradigm which can offer indicators to effectively face with fluctuating market's needs when market's demand is smaller than a capacity of manufacturing system. This paper is offering a core indicator and management model which is needed to successfully run the manufacturing system for corporation and a person concerned who have short experience and knowledge and newly construct Sinplified-DBR manufacturing system. Thus, this paper provides a systemic guidance in the offered model through the simulation.

**Keyword:** theory of constraints, simplified-DBR, due dates, buffer management

### 1. 서론

무한경쟁 시대인 21세기 산업 환경은 시간과 공간을 초월하여 모든 제조활동 및 서비스가 이루어지고 있다. 치열해진 기업 간의 경쟁, 다양한 고객의 요구 및 짧은 제품수명 주기, 새로운 컴퓨터 기술 및 통신기술의 발전과 같은 산업 전반에 걸친 인프라의 변화에 따라 제조업들이 달성해야 할 목표는 내부적으로는 고객의 주문에 대한 납기준수, 제조 리드타임의 단축, 재고의 최소화에 역점을 두고 있으며, 외부적으로는 시장 점유율의 극대화 및 기업 이미지 강화에 경영전략의 초점을 맞추고 있는 실정이다. 제조업들은 급변하는 환경에서 빈번한 주문의

변경에 신속하고 유연하게 대응하기 위하여 통합 생산 정보시스템의 도입과 구축에 많은 시간과 비용을 투자하고 있다.

대부분의 생산관리시스템은 MRP(Material Requirement Planning), JIT(Just In Time)와 같은 전통적 생산관리시스템이 주를 이룬다. 급변하는 산업 환경에서 수많은 변동성과 생산시스템에 속해있는 개별자원의 상호 의존성으로 인하여 생산시스템은 혼란에 빠지는 경우가 많다. 생산시스템을 성공적으로 관리하기 위해 필요한 목표로는 고객의 주문에 대한 납기의 준수, 제조 리드타임의 단축, 재고의 최소화와 같은 요소가 있다. 위와 같은 여러 요소들을 동시에 달성하기 위해 필요한 관리지표를 기업 및 관계자가 전통적 생산관리시스템에서 제공받는 것은

본 논문은 2008년 울산대학교 연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

<sup>†</sup>연락처 : 박창권 교수, 680-749 울산광역시 남구 무거2동 산29번지 울산대학교 산업경영공학부,

Fax : 052-259-2180, E-mail : ckpark@mail.ulsan.ac.kr

투고일(2011년 01월 14일), 심사일(1차 : 2011년 04월 12일, 2차 : 2011년 08월 15일), 게재확정일(2011년 10월 02일).

매우 어려운 일이다. 현재 MRP, JIT와 같은 전통적인 생산관리 시스템의 대안으로 활발하게 연구되고 있는 분야가 TOC(Theory of Constraints)의 DBR(Drum-Buffer-Rope) 생산관리시스템이다(Kim, 2004). TOC의 DBR은 MRP와 JIT 생산관리시스템의 핵심 강점은 받아들이고 이들의 약점을 보완한 생산관리시스템이다(Choi, 2005). 모든 생산시스템에는 제약이 있는데, DBR 생산관리시스템의 강점은 제약을 찾아내어 선택하고 집중적으로 관리한다는 것에 있다.

본 연구에서는 고객과 약속한 납기가 있고 시장이 제약인 경우에 Job Shop 환경의 생산시스템을 효과적으로 관리하기 위한 방안을 제시하고 그 효용성을 평가하고자 한다. 이를 위해 시장이 제약인 상황에 적용되는 단순화된 DBR 생산관리시스템인 Simplified-DBR(S-DBR) 생산관리시스템의 적용방안에 대해 살펴보고자한다. 그리고 생산시스템을 성공적으로 관리하기 위해 필요한 여러 요소들을 동시에 달성하기 위한 관리지표와 S-DBR 생산관리시스템의 버퍼관리모형을 제시하고자 한다.

## 2. 납기가 있는 Job Shop 생산시스템

<그림 1>은 본 논문의 연구대상이 되는 Job Shop 생산시스템을 보여준다. 본 모형의 모델은 Goldratt Simulator Version 1.0의 Params.310으로 DBR의 적용효과를 검증하기 위해 만들어진 시뮬레이터의 예제 중 하나이다(Elyakim, 2002).

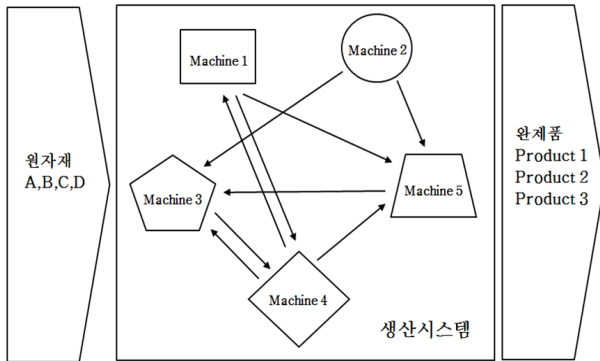


그림 1. 생산시스템 모형

본 연구에서는 현재 대부분의 생산시스템의 능력이 시장의 수요보다 큰 시장이 제약인 점을 고려하였다. 그래서 납기가 있고 시장이 제약인 환경의 생산시스템에서 가장 중요한 요소로 여기는 납기준수율을 높이는 방안을 연구하고자한다. 이를 위해 위 예제를 연구 대상의 환경에 맞는 모형으로 수정하여 연구를 진행하고 실험하여 그 결과에 대한 성과지표인 납기준수율, 쓰루풋, 단위기간 공정제고, 리드타임을 비교 및 분석한다. <그림 2>는 위 생산시스템의 공정흐름도로 최종제품을 만들기 위한 각 원자재들의 가공순서와 단위별 가공시간(분)을 나타낸 것이다. 제품 1, 제품 2 그리고 제품 3인 3개의 완제품

품을 만들기 위해서 A, B, C, 그리고 D 4개의 원자재가 M1, M2, M3, M4, 그리고 M5의 5대의 머신을 옮겨 다니며 가공되는 Job Shop 환경의 생산시스템이다.

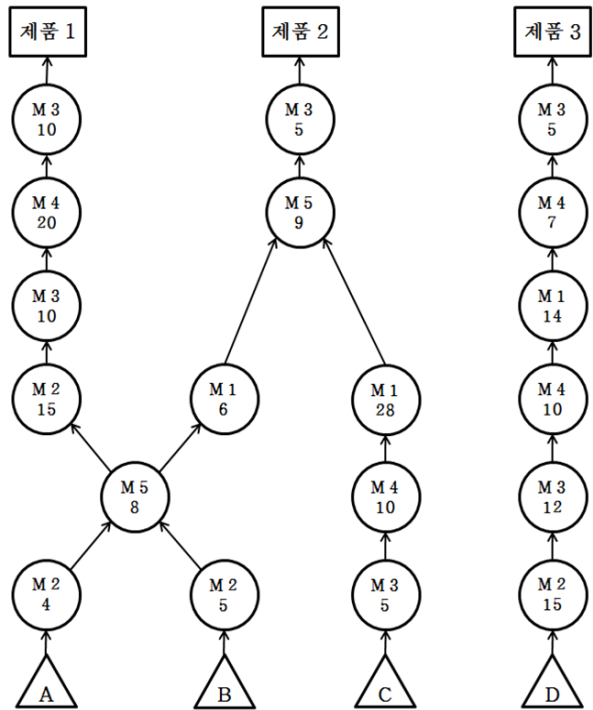


그림 2. 공정흐름도

본 생산시스템에서 제품이 가공될 때, 원자재들은 각각의 가공 순서에 따라 해당머신을 거쳐 완제품으로 만들어진다. 본 생산시스템은 일 8시간, 주 5일, 월 4주의 가용시간 즉, 월 9,600분의 가용시간을 가진다.

## 3. Job Shop 생산시스템에 대한 S-DBR 적용방안

본 장에서는 S-DBR 생산관리시스템을 본 연구의 대상인 생산시스템에 적용하고 버퍼를 효과적으로 관리하여 고객과의 약속인 납기를 준수하는데 도움이 되는 평가지표와 버퍼 관리 프로세스를 제안한다.

### 3.1 집중개선프로세스의 단계별 적용

본 논문의 생산시스템에 S-DBR을 적용하기 위하여 집중개선 프로세스를 단계별로 적용하였다. 집중개선 프로세스는 시스템 개선활동을 뒷받침하는 TOC의 기본 틀이자 사상으로, 시스템 전체흐름에 좋지 않은 영향을 미치는 요소를 찾아, 이를 해결하여 다시는 시스템 흐름에 제약이 되지 않도록 하여 시스템 전체의 최적화를 도모함을 의미한다. 본 논문의 연구범위는 비 제약의 활동을 제약의 활동에 종속시키는 것까지이다.

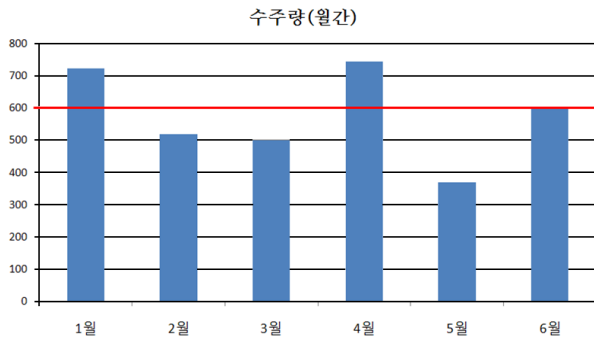
즉, 집중개선프로세스의 5단계 중 3단계까지만 해당된다.

**제1단계** : 시스템의 제약을 찾아낸다.

본 생산시스템은 기본적으로 시장이 제약이다. 하지만 시장 수요의 변동으로 주요관리지점을 찾을 필요가 있다. <표 1>은 생산시스템의 월간 생산능력을 나타낸다. 9,600분(8시간×5일×4주)을 월 가용시간이라 가정하면, 제품별 200개 총 600개의 생산능력을 가진다. 시장수요의 변동에 따라 M1, M2가 CCR(Capacity Constrained Resource)이 될 가능성이 가장 높다. 그러므로 M1, M2가 주요관리지점이 될 것이다. 그림 3은 시장수요의 변동을 반영하기 위해 랜덤으로 6개월간 최대 생산량을 넘지 않는 수량의 오더를 생성한 예제이다. 오더를 생성한 결과 1월, 4월의 시장수요가 내부 생산능력인 600개 이상의 수요가 발생하여 해당기간 M1, M2가 생산시스템에서 가장 먼저 제약이 되는 것을 알 수 있다.

**표 1. 월간 생산능력**

가공 시간 머신	제품별 개당 가공 시간(분)			제품별 200개 가공 시간(분)			합계 (분)
	제품 1	제품 2	제품 3	제품 1	제품 2	제품 3	
M1	0	34	14	0	6,800	2,800	9,600
M2	24	9	15	4,800	1,800	3,000	9,600
M3	20	10	17	4,000	2,000	3,400	9,400
M4	20	10	17	4,000	2,000	3,400	9,400
M5	8	17	0	1,600	3,400	0	5,000



**그림 3. 시장수요의 변동(단위: 개)**

**제2단계** : 제약의 활용을 극대화한다.

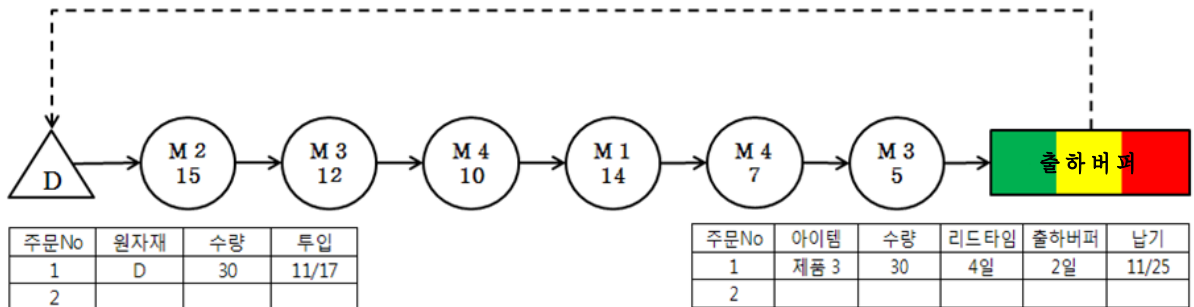
일반적인 DBR에서 제약의 활용을 극대화 하는 것의 의미는, 내부제약자원이 생산시스템 전체의 성과를 결정하므로 내부 제약자원의 활용을 극대화 하여 생산시스템의 쓰루풋을 최대화 시키겠다는 것이다. 생산시스템의 변동성과 의존성으로 인해 내부제약을 최대한 활용하지 못하는 것을 방지하기위해 버퍼를 설치하고 내부제약을 보호하는 것이다. 하지만, 시장이 제약인 생산시스템에서는 시장의 수요가 생산시스템의 생산능력보다 작기 때문에 시장의 수요를 가능한 많이 충족시켜 생산시스템의 쓰루풋을 최대화하는 것이 제약의 활용을 극대화 하는 것이라 볼 수 있다. 그러기 위해서는 고객과의 약속인 납기를 준수하는 것이 무엇보다 중요하다. 납기를 보호하기 위하여 S-DBR은 출하버퍼를 제공한다. 본 생산시스템에서는 개별 오더 리드타임의 50%를 해당 오더의 출하버퍼로 설정한다.

**제3단계** : 비제약의 활동을 제약에 맞춘다.

비제약의 활동을 제약에 종속시키는 것은 로프를 적용시켜 원자재 투입시점을 결정하는 것이다. 납기일정과 제약의 일정을 상세히 작성하여 관리지점의 일정을 관리하는 DBR과는 다르게 S-DBR에서는 납기일정을 기준으로 투입시점을 관리하고 CCR 공정에서 버퍼침투율을 고려한 공정대기품의 우선순위 관리만 해준다. <그림 4>는 출하버퍼를 설정하고 투입시점을 관리하는 예이다.

**3.2 우선순위결정 알고리즘**

Job Shop 생산시스템은 시장수요의 변동이 다른 생산 환경에 비해 크다. 때문에 CCR이 이동할 가능성이 다른 생산 환경에 비해 높다. 생산시스템 내부에 제약이 있는 환경이나, 시장수요의 변동이 크지 않은 생산시스템은 CCR이 고정되어 있는 경우가 많다. 그럴 경우에는 고정된 CCR 앞에 일정한 공간을 두고 녹색영역, 노랑영역, 그리고 빨강영역과 같은 세 가지 영역으로 나누어 버퍼관리를 하는데 문제가 없다. 하지만, 시장수요의 변동이 크고 다양한 제품을 생산하는 Job Shop 생산 환경에서는 모든 공정이 CCR이 될 수 있으며 CCR이 시장수요의 변동으로 항상 이동하기 때문에 일반적인 버퍼관리를 하기가 쉽



**그림 4. 출하버퍼 설정과 투입시점 관리 예제**

지 않다. 때문에 버퍼침투여부와 버퍼침투정도를 동시에 표현하는 글로벌지표가 필요하다. 본 논문에서 버퍼침투비율(SBR: Shipping Buffer Ratio)을 제안한다. SBR 지표는 납기를 보호하는 글로벌지표로 Job Shop 생산시스템에서 납기에 문제가 되는 주문을 생산시스템 내의 어느 공정에서도 바로 알 수 있게 해주고 CCR이 아닌 공정에서도 SBR 지표를 활용하여 우선순위를 결정할 수 있다.

<표 2>는 Job Shop 생산 환경의 한 공정 앞에서 대기 중인 주문들을 대상으로 SBR 지표와 일반적인 버퍼관리를 통해 우선순위를 결정한 예제이다. 개별 주문의 출하버퍼는 해당 주문 리드타임의 50%를 부여하는데 예제를 보면 20에서 75까지 주문에 따라 버퍼의 차이가 크다. 출하버퍼의 크기가 주문마다 다르기 때문에 비교적 크기가 큰 버퍼의 침투율과 크기가 작은 버퍼의 침투율을 기존의 버퍼관리 방식의 동일한 기준으로 비교하여 우선순위를 결정하기에는 혼란이 생긴다. SBR지표는 기존 버퍼관리에 영향을 미치는 버퍼의 크기와 상관없이 값이 적을수록 납기에 문제가 있는 주문이므로 본 문제 상황에서 우선순위결정이 명확하다.

본 논문에서 제안하는 버퍼침투비율(SBR) 지표는 간편하게 버퍼침투여부와 버퍼침투정도를 파악할 수 있다. 버퍼침투율과 SBR의 값은 아래와 같이 구한다.

$$\text{버퍼침투율} = \frac{\text{버퍼침투시간}}{\text{출하버퍼}}$$

$$\text{SBR} = \frac{\text{납기일까지의 여유시간(작업 미완료시간 + 출하버퍼 - 버퍼침투시간)}}{\text{잔존하는 작업시간(작업 미완료시간)}}$$

위의 값은 유리수로 계산되며, 그 값의 해석은 다음과 같이 한다.

$SBR < 1$  : 출하버퍼가 침투되고 있다.

$SBR = 1$  : 작업이 정상적으로 진행되고 있다.

$SBR > 1$  : 작업이 일정보다 빠르게 진행되고 있다.

SBR의 값으로 버퍼가 침투되고 있는 정도에 따라 우선순위를 결정한다. SBR의 값이 작으면 작을수록 납기를 지키지 못할 확률이 높아지는 것을 의미하므로 SBR의 값을 작은 값부터 높은 값 순으로 정렬하여 우선순위를 결정한다. SBR 값이 1보다 작은 주문은 정상적으로 작업을 처리할 경우 납기를 지키지 못한다. 때문에 SBR 값이 1보다 작은 주문은 우선순위를 최우선으로 두고 주문이 지연되고 있는 문제의 원인을 파악, 그 문제를 해결할 계획을 세워 실행하여 납기일을 지킬 수 있도록 관리한다. 그림 5는 우선순위를 결정하는 알고리즘이 정리되어 있다.

**제1단계** : 각 공정에 새로운 Lot가 투입되면 우선순위결정모텔이 시작한다. 해당 공정에 투입대기 중인 Lot의 SBR을 계산한다.

**제2단계** : 대기 중인 주문의 SBR값을 구하여 작은 값부터 높은 값 순으로 정렬한다.

**제3단계** : 산출된 SBR 값을 사용하여 관리대상항목을 설정한다. SBR값이 1보다 작은 Lot들은 버퍼가 침투되고 있는 상태이며 정상적인 작업으로는 납기일을 지키지 못하기 때문에 구분하여 4단계로 이동한다. SBR 값이 1보다 크거나 같으면 작업이 정상적이거나 일정보다 빠르게 진행되고 있는 상태이므로 5단계로 이동한다.

표 2. SBR과 버퍼상태 고려한 우선순위결정 비교

TODAY = 12/8														
오더	제품	수량	수주일	리드타임 (시간)	출하버퍼 (시간)	납기일	작업		버퍼침투시간	버퍼침투율	버퍼상태	버퍼기준 우선순위	SBR	SBR 기준 우선순위
							완료 (시간)	미완료 (시간)						
1	A	20	12/1	40	20	12/9	24	16	16	0.80	R	4	1.25	2
2	A	40	12/1	80	40	12/16	16	64	24	0.60	Y	5	1.38	4
3	B	40	12/1	120	60	12/24	32	88	8	0.13	G	8	1.68	7
4	B	50	12/2	150	75	12/30	32	118	8	0.11	G	9	1.70	8
5	B	50	12/2	150	75	12/30	0	150	40	0.53	Y	7	1.34	3
6	A	20	12/3	40	20	12/11	0	40	40	2.00	R	1	0.90	1
7	B	30	12/3	60	30	12/14	8	52	32	1.07	R	3	1.42	5
8	A	40	12/3	80	40	12/18	16	64	24	0.60	Y	6	1.75	9
9	A	20	12/4	40	20	12/12	0	40	40	2.00	R	2	1.55	6
10	B	40	12/4	120	60	12/27	40	80	0	0.00	G	10	2.28	10

**제4단계 :** 문제점의 원인을 파악하고 그 문제점을 해결할 계획을 즉각적인 조취를 취하고 해당 주문의 우선순위를 최우선에 두어 5단계로 간다.

**제5단계 :** 결정된 주문의 우선순위에 맞추어 작업을 진행한다.

**제6단계 :** 주요 모니터링 공정(CCR)에 새로 도착하는 주문이 있으면 1단계로 간다. 새로 도착하는 주문이 없으면 5단계로 가서 이미 결정되어 있는 우선순위대로 작업을 계속 진행한다.

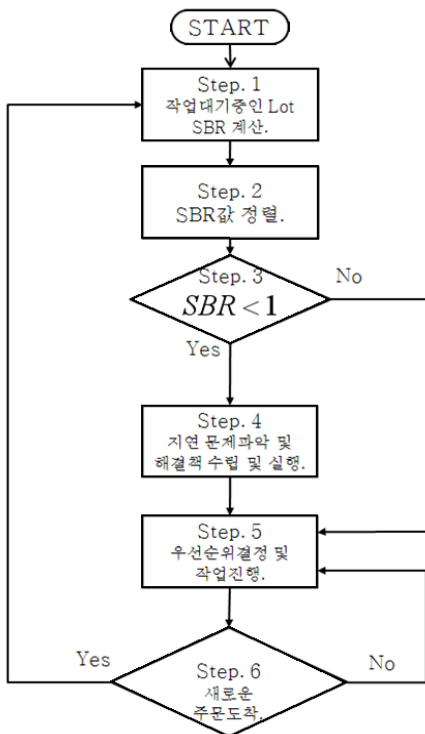


그림 5. 우선순위결정 알고리즘

3.3 실험설계

본 절에서는 앞에서 설명되어진 관리지표 및 우선순위결정 알고리즘을 토대로 구현되어진 모의실험환경에서 수치실험을 진행하고 그 결과에 대해 설명한다. 모의실험에 적용된 주요 개발환경은 <표 3>과 같다.

표 3. 모의실험을 위한 주요 개발환경

구 분	개발환경	구 분	개발환경
OS	Microsoft Windows XP	WAS	Apache Tomcat 6
DB	Oracle 10g	Tool	MiPlatform(Trial)

본 논문에서 제시한 우선순위 결정 알고리즘의 적합성과 효율성을 알아보기 위하여, 세 가지 모델로 구분하여 나타내었다. 시스템제약이 시장수요의 변동으로 언제든지 이동할 수

있는 Job Shop 환경에서 버퍼를 고려하여 우선순위를 결정한 것이 납기를 준수하는데 영향을 미치는지 알아보기 위해 모델 1의 전체공정에 SBR 지표를 활용한 우선순위결정 알고리즘을 적용하였다. 모델 2와 모델 3은 각각 EDD(Early Due Date)를과 FIFO(First In First Out)를을 적용하였다. 10Set의 각기 다른 오더를 생성하고, 모델 1, 모델 2, 그리고 모델 3으로 달리 적용된 생산 스케줄링으로 각각의 오더를 투입하여 수치 실험한다. 실험의 결과로 납기준수율, 리드타임, 그리고 쓰루풋을 산출하여 비교함으로써 제시한 알고리즘의 적용에 대한 적합성과 효율성을 알아본다.

<그림 6>은 구현된 모의실험 시스템에서 오더를 랜덤으로 생성하는 예시이다. <표 4>는 실험을 위해 10Set의 오더를 랜덤으로 생성한 결과를 3가지 제품의 월별 수요량으로 요약한 것이다.

그림 6. 오더 생성 예제

표 3. 각 월별 수요(단위: 개)

기간 오더	1월	2월	3월	4월	5월	6월
1	450	500	455	585	515	315
2	780	270	320	495	445	480
3	550	265	620	490	490	385
4	270	425	695	335	425	625
5	395	410	625	475	480	455
6	390	485	510	295	540	650
7	445	420	525	705	365	290
8	430	565	370	520	525	390
9	555	295	535	395	450	580
10	525	155	735	550	310	520

<그림 7>은 생성된 10Set의 오더 중에서 특히 변동이 심한 2번, 7번 오더의 제품별 월간 수요의 변동을 보여주고 있으며 각 제품 당 200개의 생산능력을 가지는 생산시스템에 투입되

는 오더가 수요의 변동으로 인해 일정 시점에 생산시스템의 생산능력을 초과하는 현상을 보여준다.

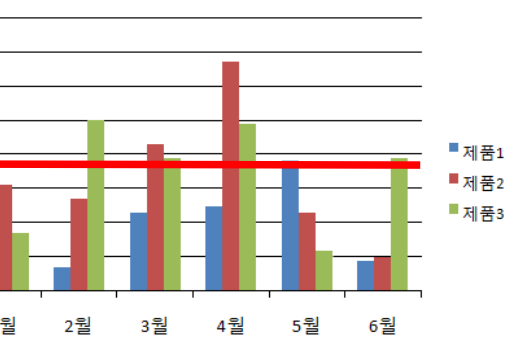
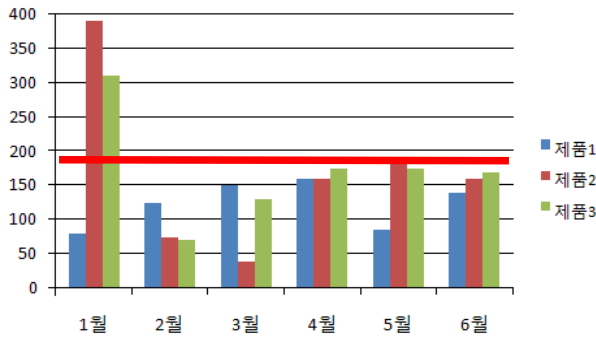


그림 7. 제품별 월간 수요의 변동(단위: 개)

생성된 10Set의 오더를 모델 1, 모델 2, 그리고 모델 3에 적용하여 모의실험을 각 Set당 10회 진행하여 총 100회 실험을 한다.

실험에 앞서 몇 가지 가정 사항이 아래에 있다.

- ① 본 생산시스템의 제약은 시장이다.
- ② 각 머신의 셋업시간은 가공시간에 포함된다.
- ③ 머신의 변동을 표현하기 위해 각 머신의 수치실험상 가공시간은 개별 오더별로 평균이 표준가공시간이고 표준편차가 1인 정규분포에 따라 결정된다.
- ④ 모든 주문의 투입시점은 납기시점 기준으로부터 표준가공시간으로 계산한다.
- ⑤ 모델 2와 모델 3은 출하 버퍼의 대응으로 납기를 보호하기 위해 주문을 투입할 때 1주 선행시점에 투입한다.

#### 4. 모의실험을 통한 평가 및 분석

모의실험을 진행한 결과는 Web 상에서 간단하게 조회할 수 있다. <그림 8>은 쓰루풋, Cycle Time, 평균지연시간, 납기준수율의 결과를 보여주는 화면이다. 모의실험의 결과 SBR 지표를 사용하여 우선순위를 결정할 모델의 평가지표가 그렇지 않은 모델보다 나은 결과를 보여주었다. 많은 지표 중에서 쓰루풋, Cycle Time, 그리고 납기준수율을 분석하였다.

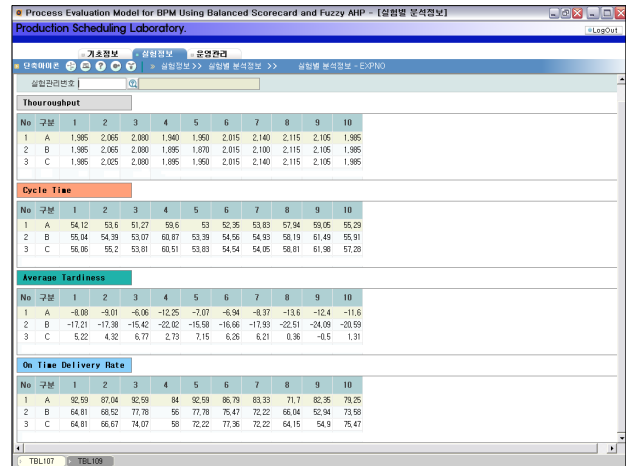


그림 8. 실험결과 조회 화면

<그림 9>는 3개 모델의 쓰루풋의 차이를 보여준다. 본 논문에서 쓰루풋은 모의실험기간에 생산 완료된 제품수로 정의한다. 우선순위 결정에 SBR지표가 적용된 모델 1이 그렇지 않은 모델 2와 모델 3에 비교하여 쓰루풋이 평균 4% 높은 것을 확인할 수 있다.

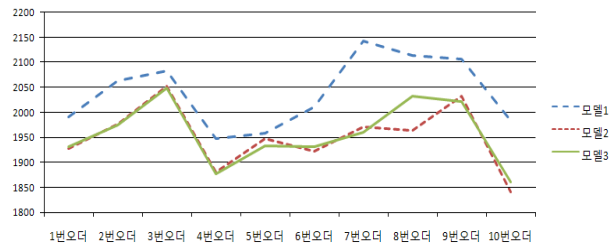


그림 9. 각 모델별 쓰루풋 비교(단위: 개)

<그림 10>은 3개 모델의 리드타임 결과 값을 비교하여 보여준다. 본 논문에서 리드타임의 계산은 개별 주문이 생산프로세스에 투입되는 시점부터 출하되는 시점까지의 시간이다. 리드타임의 모의실험 결과 값은 각 모델별로 최종 완료된 제품 리드타임의 평균시간 값이다. 우선순위 결정에 SBR값이 적용된 모델 1이 그렇지 않은 모델 2와 모델 3에 비교하여 평균 3% 짧은 리드타임을 가지고 있음을 보여준다.

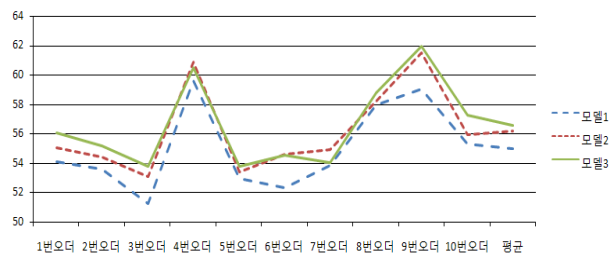


그림 10. 각 모델별 평균리드타임 비교(단위: 시간)

<그림 11>은 3개 모델의 납기준수율의 차이를 보여준다.

납기준수율의 값은 각 모델별로 최종 완료된 오더에서 납기를 지킨 오더들의 비율이다. 우선순위 결정에 SBR의 값을 고려한 모델 1이 그렇지 않은 모델 2와 모델 3에 납기를 지키는 비율이 평균 25% 높은 것을 확인할 수 있다.

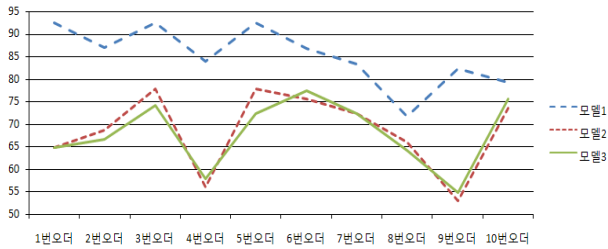


그림 11. 각 모델별 납기준수율 비교(단위 : %)

본 연구에서는 고객과 약속한 납기가 있고 시장이 제약인 환경에서 여러 개의 제품을 생산하는 Job Shop 형태의 생산시스템을 대상으로 하였다. 본 연구의 대상인 환경은 시장이 제약이지만 시장수요의 변동으로 인하여 CCR이 빈번하게 이동하게 된다. 그런 이유로 개별주문에 있어서 우선순위를 판단하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 개별 공정에 투입대기중인 각각의 주문들의 버퍼의 상태가 고려된 SBR 값을 산출해 우선순위를 결정하는 알고리즘을 적용시켜 실험하여 보았다. 3개의 각기 다른 우선순위 결정방식의 모델을 비교할 때, 개별 공정에서 버퍼의 상태를 확인하여 우선순위를 결정해주는 모델 1의 납기준수율이 그렇지 않은 모델에 비해 평균 25% 높은 것을 알 수 있다. 쓰루풋, Cycle Time 값 또한 모델 1이 모델 2와 모델 3에 비해 평균 3.5% 향상된 결과를 보였다.

더불어 본 논문에서 제시한 우선순위결정 알고리즘 외에 공정한 비교를 위해 모의실험에서 제외된 S-DBR 생산시스템의 관리기법인 계획부하를 고려한 투입시점 통제기법과 이동배치의 최소화를 동시에 적용하여 완벽한 S-DBR 생산시스템을 구축하게 된다면 납기준수율 이외의 모든 지표들이 일반적인 생산시스템에 비해 월등해질 것이다. 이동배치를 가능한 최소화하면 생산시스템의 흐름을 빠르게 해주어 가공리드타임을 더욱 줄여줄 것이다. 가공리드타임이 줄게 되면, 공정재고와 납기준수율이 향상될 것이며, 쓰루풋이 늘어날 것이다.

## 5. 결론 및 시사점

TOC는 시스템 전체에 영향을 미치는 제약을 찾아서 해결하여

공정재고와 운영비용을 줄이고, 쓰루풋을 향상시켜 시스템의 최적화를 도모하는 경영 패러다임이다. 생산/물류, 재무, 그리고 문제 해결에 의한 정책수립을 중심으로 시스템 개선에 활용된다.

본 연구에서는 고객과 약속한 납기가 있고 시장이 제약인 환경에서 여러 개의 제품을 생산하는 Job Shop 형태의 생산시스템을 대상으로 하였다. 본 연구의 대상인 환경은 시장이 제약이지만 시장수요의 변동으로 인하여 CCR이 빈번하게 이동하게 된다. 그런 이유로 개별주문에 있어서 우선순위를 판단하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 개별 공정에 투입대기중인 각각의 주문들의 버퍼의 상태가 고려된 SBR 값을 산출해 우선순위를 결정하는 알고리즘을 적용시켜 보았다. 그리고 본 논문에서 제시한 버퍼상태를 확인하여 우선순위를 결정하는 알고리즘을 적용시킨 생산시스템과 일반적인 생산시스템을 설계하고 실험을 통해 분석하였다. 분석한 결과 3개의 각기 다른 우선순위 결정방식의 모델을 비교할 때, 개별 공정에서 버퍼의 상태를 확인하여 우선순위를 결정해주는 모델 1의 납기준수율이 그렇지 않은 모델에 비해 평균 25% 높은 것을 알 수 있다. 그리고 쓰루풋, 리드타임 값 또한 모델 1이 모델 2와 모델 3에 비해 평균 3.5% 향상된 결과를 보였다.

본 논문의 모의실험 결과를 통해 현실 문제에 충분히 적용가능함을 알 수 있지만 실제 대상에 적용해 효용성을 확인할 필요가 있다. 더불어 S-DBR 생산시스템의 완벽한 적용을 위해 계획부하를 고려한 투입시점 통제 그리고 이동배치의 최소화를 활용하여 실제 생산시스템으로의 확장에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## 참고문헌

- Choi, W.-J. and Ham, J.-K. (2005), *TOC(Theory of Constraints) Synchronous Management*, Dongyang Moongo, Seoul, Korea.
- Eli, S.-H. and William, H.-D. (2000), *Manufacturing at Warp Speed: Optimizing Supply Chain Financial Performance*, Saint Lucie Press.
- Elyakim Management Systems, (2002), *Goldratt Simulator Version 1.0*.
- Hong, M. S. (2004), A Study on Developing a TOC-based Due Date Promising System, A Master's Thesis, A-Ju University, 5-8.
- Kim, S. N. (2004), A Study on Development of CTP reflecting DBR Buffer, A Master's Thesis, A-Ju University, 14-17.
- Kuo, T.-C., Chang, S.-H., and Huang, S.-N. (2009), Due Date Performance Improvement Using TOC's Aggregated Time Buffer Method at a Wafer Fabrication Factory, *Journal of Expert Systems with Applications*, 1783-1792.



**한 원 규**

울산대학교 산업정보공학 학사  
울산대학교 산업공학 석사  
현재 : POSCO 행정섭외그룹  
관심분야 : TOC, SCM



**박 창 권**

한국과학기술원 산업공학 박사  
현대정공(주) 공작기계 기술부  
현재 : 울산대학교 산업경영공학부 교수  
관심분야 : Production Scheduling, SCM