

# Just-In-Time하의 단일 버퍼를 갖는 생산시스템의 칸반 운영에 관한 연구

## An Efficient Kanban Operation Method

### in Just-In-Time Production System with A Single Buffer

김 동 민, 이 종 태  
동국대학교 산업공학과

#### ABSTRACT

JIT(Just-In-Time) 생산시스템은 제조라인의 재공품 재고량을 최소화하고, 필요한 품목을 적시에 필요한 양만큼만 생산하여 공급하는 것을 목적으로 한다. 이러한 시스템은 사용하는 칸반의 수에 따라 single-card kanban system과 tow-card kanban system으로 구별할 수 있다. 또한 각 공정이 입력 버퍼(input buffer)와 출력버퍼(output buffer)를 갖는 경우와 공정간에 하나의 버퍼를 갖는 경우로 나누어 볼 수 있다.

본 연구는 기계간의 물류(Material Handling)가 필요한 시점에 즉시 이루어진다는 가정하에 기계간 버퍼가 하나이고, 그 버퍼의 용량이 1인 경우의 single-card kanban의 효율적인 운용방안을 개발하였다.

본 연구의 목적은 생산지시칸반의 회수시기를 적절히 조절하여 생산라인의 이용효율(utilization)을 극대화하고자 하는 것이다.

칸반회수시기 결정을 위한 상황분석의 범위를 10대의 기계로 제한하여 시뮬레이션에 의해 분석하였다.

기존의 칸반운영방식과 생산라인에서의 재고를 최소화하는 운영 알고리즘, 그리고 생산기계의 효율을 최대화할 수 있는 운영 알고리즘을 개발하여 비교·분석하였다.

#### 1. 서 론

JIT(Just-In-Time) 생산시스템은 도요타 자동차에서 개발·발전된 것으로 1973년 오일 쇼크 이후 많은 일본 기업들에 의해 적용 되었으며, 현재는 세계의 많은 기업들과 사람들이 연구와 적용을 통해 지속적으로 발전시키고 있다.

JIT 생산시스템은 제조라인의 재공품 재고량을 최소화하고, 낭비를 제거하기 위해 필요한 품목을 필요한 때에, 필요한 곳에, 필요한 양만큼 생산하여 공급하는 것을 목적으로 한다.

이 목적을 달성하기 위해 칸반이 사용되며, JIT 생산시스템에서 이 칸반은 각 공정의 생산량을 원활하게 관리하는 정보시스템으로써 이용된다. 칸반은 일반적으로 인수칸반과 생산지시칸반으로 분류되며, 인수칸반은 후속공정이 인수해야 하는 제품의 종류와 양을 정보로 제공품들의 공정간 운송을

제어하며, 생산지시칸반은 선행공정이 생산해야 할 제품과 그 양을 정보로 선행공정의 생산을 제어한다. 이러한 칸반의 운영은 JIT(Just-In-Time) 생산시스템에 있어서 중요한 문제가 된다.

사용하는 칸반의 종류에 따라 생산시스템은 single-card kanban system과 tow-card kanban system으로 구별할 수 있다. 또한 버퍼의 갯수에 따라 각 공정이 입력버퍼(input buffer)와 출력버퍼(output buffer)를 갖는 생산시스템과 공정간에 하나의 버퍼를 갖는 생산시스템으로 구분할 수 있다.

본 연구에서는 공정간 한 개의 버퍼를 가지며, 그 용량이 1인 single-card kanban system에서의 생산지시칸반의 운영방안을 제시한다.

이러한 생산시스템에서의 기존의 생산지시칸반의 운영을 고찰해 보면 다음과 같다.

공정간 버퍼가 하나이므로 각 공정의 생산시점은 버퍼에 있는 재공품이 다음 공정에서 가공이 시작될 때 생산지시칸반을 이전 공정에 보냄으로써 생산이 시작될 수 있다. 그러나, 다음 공정에 가공시간이 긴 제품이 가공되고 있다면 현재의 위치의 재공품은 버퍼에서 대기해야만 하고, 또한, 이전 공정의 기계가 비어있음에도 불구하고 그 기계는 유휴 상태로 대기해야만 한다. 이것은 기계의 이용효율과 재공품의 재고라는 관점에서 보면 낭비라고 볼 수 있다.

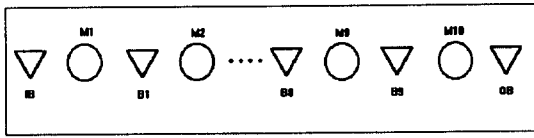
본 연구는 각 공정에서 제품이 생산된 후 생산시점을 알려주는 생산지시칸반의 기존 운영방식보다 효율적으로 운영할 수 있는 알고리즘을 제시한다. 각 공정으로 제품이 유입될때의 시점에서 그 공정의 상태와 그 공정 이전과 이후에 위치한 버퍼의 상태, 그리고 그 다음 공정의 상태를 고려함으로써 보다 효율적인 생산지시시점을 계산해 줄 수 있다.

수행척도로는 기존의 칸반운영방식과 새 알고리즘 방식에 의해 얻어진 각 공정별 기계의 평균 이용률과 각 공정간의 버퍼의 평균 재공품 양, 그리고 평균대기시간을 적용하였다.

#### 2. 본 론

##### 2-1 시뮬레이션 모형

본 연구에서 고려하는 생산시스템은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 생산시스템 모형 (공정수가 10인 경우)

[그림 1]은 공정수를 10으로 제한한 경우이다. 그림에서 나타나 있는 것과 같이 공정의 흐름은 한방향이고, 모든 제품은 각 공정을 한번씩 걸쳐서 출하하게 된다.

본 시스템의 가정은 다음과 같다.

1. 생산시스템은 제한된 공정대수를 가지며 각 공정간 1 개의 버퍼를 갖는다.
2. 생산시스템은 용량이 무한대인 입력버퍼와 출력버퍼를 양끝에 한 개씩 갖는다.
3. 각 공정간의 버퍼의 용량은 1이다.
4. 생산지시칸반은 가공된 제품에서 회수된 후, 대기 재공품이 있으면 즉시 사용될 수 있다.
5. 각 버퍼의 대기 재공품은 다음 공정의 생산지시칸반이 회수되는 즉시 가공을 시작할 수 있다.
6. 각 공정에서 버퍼까지의 이동 시간과 각 버퍼에서 공정까지의 이동시간은 0으로 가정한다.
7. 각 공정의 기계의 고장은 고려하지 않는다.
8. 각 공정에서의 가공시간은 가공 전에 부여된다.

### 2-2 알고리즘 특성 및 흐름도

알고리즘 기술시 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

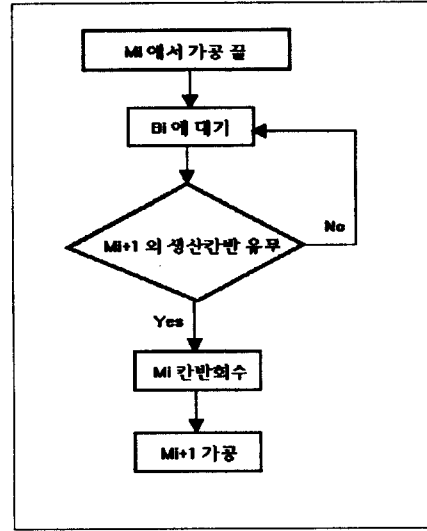
1.  $M_i$  :  $i$  번째 공정 기계 ( $i=1,2,\dots,n$ )
2.  $B_j$  : 기계간  $j$  번째 버퍼 ( $j=1,2,\dots,n-1$ )
3. IB : 입력 버퍼
4. OB : 출력 버퍼
5.  $PT(M_i)$  :  $M_i$ 에 유입된 제품의 가공시간
6.  $RT(M_i)$  :  $M_i$ 에서 가공중인 제품의 가공시간
7.  $ST(M_i)$  :  $M_i$ 에 유입된 제품의 가공 시작시점
8.  $ET(M_i)$  :  $M_i$ 에 유입된 제품의 가공 완료시점
9.  $S(M_i)$  :  $M_i$ 에서의 가공상태  
( 0 : 유휴상태, 1 : 가공상태 )
10.  $NNQ(B_i)$  :  $B_i$ 에 있는 재공품의 갯수

기존의 칸반운영방식의 생산지시칸반의 회수시점은 가공이 끝난 후, 다음 공정에서 가공이 시작될 시점이다. 이것의 흐름도를 나타내면 [그림 2]와 같다.

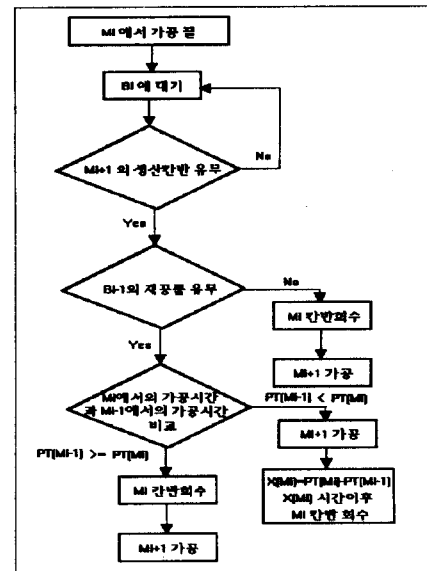
그러나, 전체 생산라인의 재고를 최소로 유지하기 위해 생산지시칸반의 회수시기를 결정할 때 그 공정의 다음 공정의 상태를 고려하면 기존의 칸반운영방식에 비해 생산라인의 재고를 줄일 수 있다.

[그림 3]은 이 알고리즘의 흐름도를 보여 주고 있다.

각 공정에서 가공이 끝난 후, 다음 공정의 상태와 그 다음 공정의 칸반회수 시점에 대한 정보를 사용하여 제안된 알고리즘에 의해 생산라인의 각 공정의 기계효율을 높여주고, 재고를 낮은 상태로 유지할 수 있는 칸반회수시기를 결정할 수 있다.



[그림 2] 기존 JIT 생산의 칸반운영 흐름도



[그림 3] 생산라인의 재고를 최소화 시켜주는 알고리즘 흐름도

### 2-3 Simulation의 결과

JIT(Just-In-Time)생산시스템의 생산지시칸반의 운영에 관한 Simulation은 Simulation Language인 SLAMSYSTEM을 사용하였다. 먼저, 기존의 칸반 운영 방식과 새 알고리즘 방식을 모형화하여 시뮬레이션 하였다. 공정수 10인 경우에 대한 각 알고리즘의 시뮬레이션 결과를 분석해보면 기존의 칸반운영방식에 의한 결과에 비해 새 알고리즘으로 시뮬레이션한 결과가 다소 기계의 효율을 높이고, 재공품의 재고를 줄일 수 있으며, 칸반의 운용효율도 높일 수 있었다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 공정간 한 개의 버퍼를 가지며, 그 용량이 1인 single-card kanban system에서의 생산지시칸반의 효율적인 운영에 관하여 시뮬레이션을 수행하였다.

기존의 칸반운영방식을 고찰함으로써 기계 효율성을 높이고, 재공품의 재고수준을 낮출 수 있는 휴리스틱한 알고리즘을 제시할 수 있었다.

제품의 공정 유입시 그 공정의 상태와 그 공정 전후에 위치한 버퍼의 상태, 그리고, 후공정의 상태를 고려함으로써 보다 효율적인 생산지시시점을 계산해 줄 수 있었다.

추후 연구과제로는 버퍼의 용량과 칸반의 갯수가 2 이상인 JIT(Just-In-Time) 생산시스템하에서의 효율적인 칸반 운영을 위한 알고리즘을 개발하는 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Berkley, Blair J., "Simulation Tests of FCFS and SPT Sequencing in Kanban Systems", Decision Science, 1993, 24(1), 218-227
- [2] Miyazaki, S., Ohta, H., & Nishiyama, N., "The optimal operation planning of kanban to minimize the total operation cost", International Journal of Production Research, 1988, 26(10), 1605-1611.
- [3] Monden, Y., Toyota production system. Industrial management press. Institute of industrial engineers. Atlanta, GA. 1983.
- [4] Pritsker, A.A.B. Introduction to Simulation and SLAM II. New York: Willey, 1986