

## SIMAN을 이용한 JIT생산시스템의 Simulation 구현

조성훈\*, 안동규\*\*

### A Study on the Simulation of JIT Production System Using SIMAN

Seong Hoon Cho\*, Dong Kyu An\*\*

#### 요 약

JIT의 시스템적 특징 때문에 JIT 생산 시스템의 효율성은 단순한 수식으로서 정량화 되지 못하며, 실질적인 유용성을 인정하면서도 JIT시스템 도입에 따른 효과를 파악하는 방법이 구체적으로 정식화되어 있지 않다. 그러므로 본 논문에서는 JIT 생산시스템의 개요와 JIT 생산시스템의 유용성을 입증하기 위하여 SIMAN을 이용하여 Simulation을 실시하였다. 아울러 이론적 연구에서 제시된 바와 같이 JIT 생산시스템은 생산공정내에서 재공품을 적게 발생하여 적절한 생산효율을 유지함으로써, 판매과정에서의 재고 역시 적게 유지될 수 있다는 것을 Simulation과정을 통하여 증명하였다.

#### Abstract

This paper has simulated JIT production system. One of the well-known production management system, JIT, was first developed in Toyota in Japan during 1970's. Its contribution to productivity and quality improvement seemingly predicts its wider use. The JIT system has been proved its effectiveness for production management system by many industries, however the effectiveness of its application in non-repetitive productions is yet uncertain. In this respect, this paper develops the JIT simulation model, and this JIT model is evaluated by using a SIMAN simulation. It has proved that the performances of JIT model are excellent.

---

\* 건국대학교 대학원 산업공학과 박사과정

\*\* 경민전문대학 사무자동화과 전임강사

## I. 서 론

1970년대 후반부터 JIT 생산 시스템은 생산 실무자뿐만 아니라 연구자들로부터 많은 관심을 끌었다. JIT의 철학은 도요다 자동차 회사에서 개발되어 실행되었으며, 1970년대 이후 많은 일본 회사와 서양에 있는 회사들이 도요다 생산 시스템을 채택했다.

JIT 시스템의 첫 번째 목표는 낭비 제거를 통한 비용 절감. JIT의 철학은 생산에 필요한 최소 양을 초과하는 것은 낭비라는 것이다. 이러한 의미에서 과잉 재고는 낭비로서 검토되어야 한다.

JIT생산 시스템에서는 비용 절감 목표 이외에 3개의 목표를 추가할 수 있는데, 이는 품질관리, 품질 보증, 인간에 대한 기대이다. 품질관리를 통하여 시스템은 수요량의 변동성과 생산 공정에서 발생하는 무작위성을 적용할 수 있다. 품질 보증은 각 공정히 다음 공정에 좋은 제품을 공급하도록 요구한다. 이와 같은 3개의 JIT목표는 주목표인 비용 절감 얻기 위해 다양한 형태로 결합된다[4].

비록 JIT를 적용한 각 공장이 이들의 단일 요구에 맞춰진 시스템을 완성하지만, 해

당 시스템의 적용에는 기초적인 일반 규칙으로 JIT가 공정 재고와 변동을 최소화하기 위하여 단지 필요한 제품을 필요한 양만큼 필요한 시간에 생산하는 것을 요구한다. 제조 환경에서 JIT는 선행 공정에 의해 만들어진 부 조립품들이 필요한 시간에 필요로 하는 양만큼 최종 조립 라인에 도착한다는 것을 의미한다.

이러한 의미에서 JIT는 생산 통제 시스템이라기보다는 총시스템 개념으로 이해되어야 하며, JIT의 다양한 구성 요소는 조직의 최상위로부터 비용 절감 얻기 위해 작업장까지 개개인과 그룹 상호간에 영향을 준다.

이와 같은 JIT의 시스템적 특징 때문에 JIT생산 시스템의 효율성은 단순한 수식으로서 정량화 되지 못하며, 실질적인 유용성은 인정하면서도 JIT시스템 도입에 따른 효과를 파악하는 방법이 구체적으로 정식화되어 있지 않다.

그러므로 본 논문에서는 JIT생산 시스템의 개요와 JIT생산 시스템의 유용성을 논하고, 이론적 논의를 바탕으로 JIT생산 시스템의 Simulation을 위한 기본 구조를 구현하며, 이를 바탕으로 Simulation Language인 SIMAM을 이용하여 JIT생산 시스템의 유용성을 입증하고자 한다.

## II. JIT생산 시스템

JIT는 변화에 대응, 시각화, 쉬운 생산 관리의 향상뿐만 아니라 조달기간, 폐기물, 공정 작업, 최종 제품 재고, 준비 시간을 줄일 수 있는 생산 시스템으로 알려져 있다. 일반적으로 JIT 시스템이 알맞게 수행되고 유지된다면 실제 비용 절감 회사의 경쟁력을 높일 수 있다.

표 1. JIT목표와 도구

목표	도구
불량의 제로화	시스템의 재구성 및 단순화
준비 시간의 제로화	계속적 향상
재고의 제로화	목시관리
운반의 제로화	인적 관리
고장의 제로화	TPM
리드 타임의 제로화	작업의 표준화
소로트화	낭비의 제거

그러나 JIT는 모든 생산 시스템에 적용될 수 있는 것은 아니며, 일반적으로 JIT는 반복작업이나 비교적 작은 준비 시간, 수요의 변동이 작은 특성을 가진 생산 시스템에서 효과적이라고 알려져 있다. 이와 같은 JIT시스템의 목표와 그것을 성취하기 위한 도구를

나열하면 다음의 표 1과 같다[6].

이와 함께 JIT시스템의 운영상의 개요를 요약하면 표 2와 같다[7].

## III. Simulation에서의 JIT 생산 시스템

### 3.1 JIT 생산 시스템의 기본 구조

본 논문에서는 시스템 내에서 JIT를 정의하기 위하여 Pull System을 도입한다[8][9].

Pull System은 공정 내의 재공품 재고를 최소화하기 위하여 후속 공정에서의 재고가 일정량 이하인 경우에만 전공정에서 생산하는 시스템이다. Pull System에서는 가공할 대상을 가지고 있고 기계의 상태가 좋다는 가정 하에서, 선행하는 작업이 작업 대상을 요구하는 경우에만 작업을 실시하는 시스템이 된다. 이러한 원칙은 기계 사이의 완충재고 수준을 작게 유지함으로써, Simulation을 할 수 있다. 또한 JIT Simulation에서는 수요라는 과정을 기준으로 후방 일정 계획을 세움으로서 JIT의 원칙에 근접할 수 있다. 이를 도시하면 그림 1과 같다.

표 2. JIT시스템의 개요

관 점	JIT시스템
개발 연대 및 개발자	1950년대 일본 <TOYOTA자동차(주)>
문 화 특성	집단 능률 주의 (Teamwork중시)
자 원	자원 부족
시스템 운영 주체	제조 감독자 및 작업원 HIM(Human Integrated Manufacturing)
관 점	JIT 생산 시스템
목 적	필요한 것을 필요한 곳에, 필요한 때에, 필요한 만큼 생산
적용 투자비	적다.
생 산 형 태	반복적 생산 시스템에 적합
재 고 (Inventory)	채무 • 재고의 제로화 • 양비(공간의 비용 측면)
관 리 단 위	표준 용기의 용량(날개 단위) • 제조와 구입을 위한 최소량
준비 작업 시간 (Set-Up-Time)	무의미한 것 • 평준화 생산(소로트)을 가능케 하기 위하여 최대한 단축
관리의 정도	시간, 분 단위의 관리
대기(Queue)	반드시 제거해야 함. • 공정 내의 문제점을 발견 조치
리드 타임 (Lead Time)	짧을수록 좋음.
공급 업체 (협력 업자)	동반자(직접)적 관계 • 모기업의 일부로 간주 (동일 확대 공장 개념)
품질	불량의 제로화(Zero Defect) • 100%의 양품이 아니면 생산 공정에 혼란이 초래됨.
설비 보수	항상 가동이 가능한 상태를 유지 목시 관리
정보 전달	간판, 등불 방식(Andon)
작업 지시	간판을 통하여 수십 회도 가능 • 협동에 의한 관리
작업자	• 모든 작업들의 의견 통합을 통하여 새로운 시스템 적용 • 다능공화(다기능 보유) • 자신의 회사라는 정신적 유대 • 평준화 계획

그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 재고 수 준 0이 될 경우에만 각 공정의 생산이 가능

하므로 JIT의 적시 생산 개념이 적용되었을 때 생산 시스템이라고 할 수는 없으며, 수요에 따른 적정 규모의 생산 효율을 유지해야 할 수 있다.

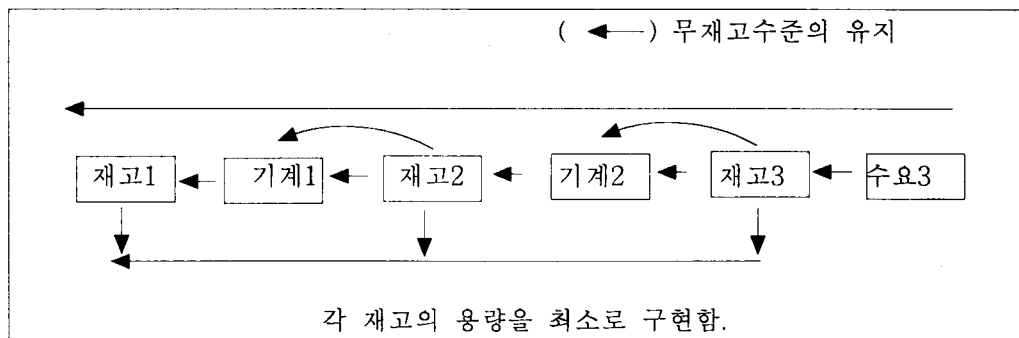


그림 1. JIT시스템을 적용한 생산 공정

### 3.2 JIT생산 시스템의 유용성 평가기준

앞에서 이루어진 논의를 바탕으로 본 논문에서는 JIT생산 시스템을 평가하기 위한 2가지 기준을 제시한다. 그 기준 중 하나는 무재고의 수준이다. JIT는 무재고 생산방식이라 부를 정도로 적기에 생산을 실시함으로써 재고를 최소화한다. 따라서 무재고의 수준은 Simulation 시스템의 유용성을 평가하는데 좋은 기준으로 사용할 수 있을 것이라 판단된다.

또 하나의 기준은 애로 공정(bottleneck)의 생산 효율을 측정하는 것이다. 생산 효율은 해당 제품의 수요에 따라 결정되어야 하는 요소이므로, 생산 효율이 높다고 반드시 좋

만 한다. 각 공정 내의 기본 가정은 다음과 같다.

- 모든 기계의 작업 시간은 고정된 것으로 가정한다. 이는 모든 기계가 자동화된 것이기 때문이다. 각 기계의 작업 속도는 표 4와 같다. 이 표에서 진하게 표시된 기계4, 기계 5는 애로 공정을 나타낸다.

본 논문에서는 JIT Simulation의 결과를 비교하기 위하여 JIT에 대하여 차별적인 생산 방식인 MRP(Material Resource Planning)를 동시에 Simulation하여 그 결과를 상호 비교하고자 한다. 이를 정리하면 표 3과 같다[3][10].

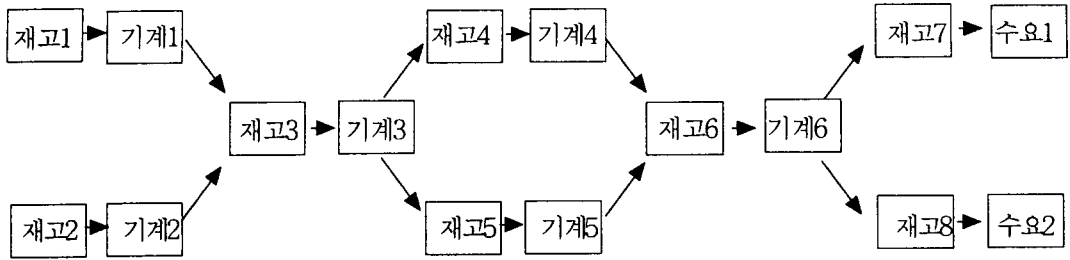


그림 2 생산공정 모델

표 3 JIT생산 시스템의 유용성 판단 기준

	JIT	비교 실험(MRP)
기준	재고 수준 애로 공정 효율성	재고 수준 애로 공정 효율성

### 3.3 생산 공정 모델

본 연구에서 대상으로 하는 생산 공정은 4 단계로 구성되고, 각 단계마다 각각의 완충 재고를 가지고 있으며, 생산 공정 이외에도 수요 과정이 추가되어 있다. 이것은 수요에 따라 제품을 공급한다는 의미이며, 그림 2와 같다.

표 4 각 기계의 작업 시간

기계	1	2	3	4	5	6
작업 시간(분)	1.1	1.2	0.46	6.4	7.0	0.75

■ 소비자의 수요를 표로서 나타내면 표 5와 같다. 각각의 수요는 평균 수요를 모수로 하는 지수 분포를 따른다고 가정한다.

표 5 각 제품의 평균수요

제품 종류	1	2
평균수요(개/1시간)	5.0	6.0

■ 추가적으로 외부로부터 구입되는 모든 물품은 신뢰성이 좋기 때문에 구입된 물품은 바로 사용할 수 있다고 가정한다.

## IV. Simulation 시행

최적화 생산 시스템의 유용성을 입증하기

위하여 앞에서 정의된 2가지 평가 기준을 이용하여 Simulation을 실시하며, Simulation language로서 SIMAN V를 이용한다.

#### 4.1 기본 모델

본 논문에서는 전술한 바와 같이 6가지 공정을 기본 구성체로 가지며, 이 공정 내에서 2가지의 제품을 생산하는 공장의 생산라인을 대상으로 Simulation을 실시하였다.

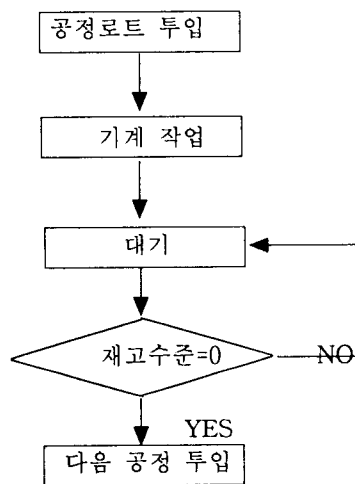


그림 3 Simulation에서의 작업장의 flow chart

Simulation을 위한 flow chart는 그림 3과 같다. 이 flow chart는 한 공정을 대상으로

하였으므로, 본 논문에서 대상으로 하는 6단계의 공정에 대한 Simulation flow chart는 그림 3과 같은 flow chart가 6개 연속하여 있는 경우이다.

그림 3과 같은 단위 공정을 Simulation하기 위한 SIMAN Coding은 아래와 같다.

#### MACHINE

```

STATION,1;
/* 작업장 지정
QUEUE,1;
/* 대기
SCAN:BUFFER3<1;
/* 재공품 검색
ASSIGN:BUFFER3=BUFFER3+1;
/* 재공품 증가
SEIZE:GRID1;
/* 생산공정에서의 작업
DELAY:1.1;
/* 작업시간
RELEASE:GRID1;
/* 작업 완료
ROUTE:0,3;
/* 후속 공정으로 이동
  
```

위의 Coding에서, JIT생산 시스템의 특성을 갖도록 하기 위해 「SCAN」이라는 명령어를 사용하였으며, 이는 다음 공정에서 존재하는 「BUFFER」과정을 탐색하여 「B-UFFER」내의 재고가 0인 경우에만 다음 공정으로 제품을 투입하는 과정을 생성한다[1][2][5].

### 4.2 Simulation 흐름도

본 논문에서는 1시간 생산을 기준으로 하여 Simulation을 실시하였으며, Simulation하기 위한 flow chart를 도시하면 그림 4와 같다.

그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 JIT System에서는 적정 재고 수준을 유지하여, 생산 시간과 설비의 효율 면에서 좋은 결과를 가져오는 것과 동시에 상대적으로 적은 재고를 유발할 수 있는 생산 시스템을 구축하고 있다.

특히 애로 공정 중심으로 적정한 재고의 수준과 생산 효율을 유지하는 것은 고객의 수요에 적절히 대응할 수 있는 시스템을 구축하는 핵심이라고 할 수 있다.

### 4.3 Simulation 결과 및 분석

Simulation을 실시한 결과는 표 6과 같다.

이 표에서는 시간당 평균 생산량을 알 수 있으며, 기계 각각의 효율성을 파악할 수 있고, 시스템 내의 평균 재고 총재고 수준을 알 수 있다.

표 6 JIT의 Simulation 결과

수행도 \ 시스템 유형	JIT	MRP
평균 재고	1.40	30.86
총재고	2	72
판매시점의 재고	0	5
애로 공정 기계 4의 효율	0.622	0.974
애로공정 기계 5의 효율	0.673	0.966

JIT시스템에서 평균 재고 수준은 1.4개로서 무재고에 근접한 것을 알 수 있고, 총재고 역시 이와 비슷한 수준인 2.0개임을 알 수 있다.

이에 반하여 대응 실험으로서 MRP는 평균 재고가 30.86개이므로 재고 측면에서 JIT의 유용성을 증명해준다.



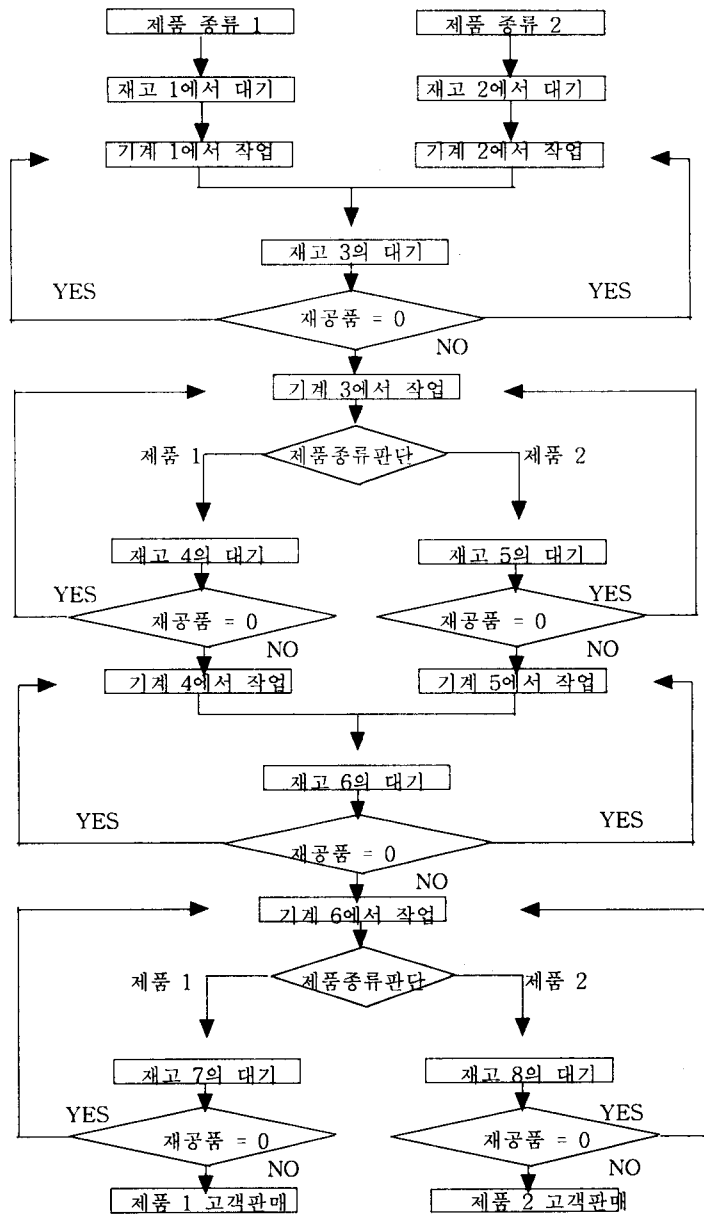


그림 4 JIT Simulation Flow Chart

따라서 본 논문에서 의도한 SIMAN을 이용한 JIT의 Simulation이 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

또한 MRP시스템에서 애로 공정 4, 5에서의 효율은 97.4%와 96.6%가 되므로, 애로 공정 효율은 거의 최대치에 근접해있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 경우에는 재공품재고도 최대가 된다는 점에 유의할 필요가 있다.

이에 반하여 JIT시스템의 경우에는 애로 공정 효율을 적정히 유지함으로써 판매시점의 재고를 0으로 하여 무재고라는 JIT의 목적에 부합됨을 알 수 있다[11].

## V. 결 론

본 논문에서는 JIT생산 시스템의 제조방식의 유용성을 입증하기 위하여 SIMAN을 이용하여 Simulation을 실시하였다.

이론적 연구에서 제시된 바와 같이 JIT생산 시스템은 생산 공정 내에서 재공품을 적게 발생하며, 적정한 생산 효율을 유지함으로써, 판매 과정에서의 재고 역시 적게 유지

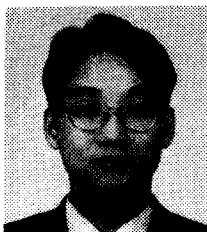
될 수 있다는 것이 본 논문에서 제시된 Simulation과정을 통하여 증명되었다.

이는 본 연구에서 제시된 Simulation 체계가 JIT라는 생산 시스템의 특성을 적절히 반영하고 있음을 입증한 것이라 하겠다. 특히 JIT라는 생산방식이 시스템 적인 특징을 가지고 있다는 점을 감안한다면 이와 같은 시도는 그 의의가 크다고 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] 강석천·최인수, 「자동생산시스템의 분석과 설계」, 영지문화사, 1995.
- [2] 조규갑, 김갑환, 이영해, 윤원영, 문영길, 「생산시스템 시뮬레이션」, 창현출판사, 1995.
- [3] 山田善教, "MRP 시스템からみたトヨタ生産方式(I)", 工場管理, 日刊工業新聞社, 第27巻, 第4號, 1981.
- [4] A. Chaudhury and A. B. Whinston, "Towards an Adaptive Kanban System", *International Journal Production Research*, Vol.28, No.3, 1990.
- [5] A. M. Law and W. D. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, McGraw Hill, New York, NY, 1994.
- [6] Chasel Aquilano, *Production and Operations Management(5th Edition)*, Irwin. Inc., 1989.
- [7] D. F. Pyke and M. A. Cohen, "Push and Pull in Manufacturing and Distribution Systems", *Journal Operations Management*, Vol.9, No.1, 1990.
- [8] G. Zapfel and H. Missbause, "New Concepts for Production Planning and Control", *European Journal of Operational Research*, Vol.67, 1993.
- [9] Jimmie Browne, John Harhen and James Shivnan, *Production Management System (A CIM Perspective)*, Addison-Wesley Publishing Company, 1988.
- [10] Nasir Iqbal, *Hierarchical Hybridization of MRP and JIT Systems*, Wayne State University, 1996.
- [11] Y. Monden, *Toyota Production System*, Industrial Engineering and Management Press, 1983.

□ 筆者紹介



조성훈

1995년 건국대학교 산업공학과(공학사)

1997년 건국대학교 대학원 산업공학과(공학석사)

1997년 ~ 현재 건국대학교 대학원 산업공학과 박사과정

1998년 ~ 현재 남서울산업대학교 산업공학과 강사



안동규

1987년 건국대학교 산업공학과(공학학사)

1991년 건국대학교 대학원 산업공학과(공학석사)

1996년 건국대학교 대학원 산업공학과 경영과학(공학박사)

1996년 ~ 현재 경민대학교 사무자동화과 전임강사