

불안정한 생산환경하에서의 시뮬레이션에 의한 JIT시스템 수행도 평가

A Simulation Analysis of JIT System with Uncertainty Situation

박 성 미*
남 상 진*
김 정 자**

Abstract

The Japanese "Just-In-Time" technique reduces inventory and unnecessary factors. This technique makes the success of Japanese firms, therefore many Korean firms try to apply it to their situation. But the technique doesn't bare the same success in Korean firms. This paper, therefore, considers the different situations between Korean firm and Japanese firm, then simulates the Pull system and Push system for a multiline, multistage production system.

This paper drives the different results of simulation according to variable processing times, variable demand, set-up time and shortages in Pull system and Push system using GPSS. The results show that the performance of Pull system is lower than Push system's in variable master production scheduling and variable processing times.

1. 서 론

1950년대 도요다 회사에서 시작된 JIT(Just-In-Time)는 필요한 때에 필요한 양을 생산하여 낭비제거를 함으로써 생산성을 향상시키려는 목표를 가진 경영철학이다. 이 JIT의 경영철학을 하나의 시스템으로 만든 것이 JIT시스템이다. JIT시스템은 일본 자동차 공업의 생산성을 향상시키면서 비용절감과 생산성 향상의 문제에 직면한 기업의 생산전략의 도구와 생산성 향상과 경쟁력 강화 수단으로 여러 기업과 나라에 도입되었다.[1]

그런데 현재 우리기업에서는 JIT시스템도입이 필요하다고 언급하고 있으나 실제로 JIT시스템 도입을 힘들어 하고 있거나 JIT시스템을 도입하였다가 하나 단지 간판만을 사용하고 있는 실질적인 JIT도입에는 성공하지 못하였다. 이의 원인은 일본의 기업 환경을 우리 기업환경과 비교해 보면 작업자의 충성심, 교육정도, 협동심, 종신고용제, 산업발달사 등의 정신·문화적 차이를 가지고 있고 또 이에 따라 일본의 산업구조, 시장규모, 평준화생산, 표준화된 작업 그리고 협력업체와의 관계 등의 물리적이고 실질적인 차이를 가지고 있기 때문이다.[2][3]

이에 본 논문에서는 JIT시스템에서의 우리기업의 선결조건을 제시하고 이에 따라 Q-GERT로 모형화하고, 이 모형을 Pull시스템과 Push시스템에서 시뮬레이션하여 그 결과값을 비교·분석한다.

2. 기존연구

Swinehart와 Blackstone[4]은 그 논문에서는 GEMS라는 시뮬레이션 패키지를 사용하여 JIT시스템 실행시 가장 적절한 초기 간판(Kanban)의 수를 결정하고자 하는데 그들은 간판의 수에 따라 생산량(output)과 공정중 재고(WIP inventory)가 달라짐을 보여준다.

* 동아대학교 산업공학과 대학원

** 동아대학교 산업공학과

Huang, Rees와 TaylorIII[5]는 변화가 많은 생산시간, 변화가 많은 주 생산일정, 불균형한 생산 단계 사이에서 간판을 사용하여 JIT시스템을 적용한 다단계(multi-line, multi-stage) 생산시스템을 시뮬레이션하였으며 미국생산시스템에 주어진 작업조건에서 간판시스템을 분석하였다.

이 논문에서는 생산시간의 변동과 잔업시간, 간판의 수와 잔업시간, 간판의 수와 운반 비용과의 관계, 애로공정과 잔업시간 그리고 간판의 수와의 관계를 알아보았다. 이들 관계로부터 생산일정에 변화가 많고 각 생산단계가 불균형할 경우 JIT시스템의 적용이 어렵다는 것을 보여준다. 또 생산일정을 변화시키는 수요변동, 생산 시간의 변동으로 인한 불균형한 생산단계, 간판의 수, 자재의 조달이 JIT시스템의 수행도에 영향을 미친다고 말하고 있다. 이 논문에서는 일본과 미국의 유사한 시장점유율, 자재조달, 회사의 규모, 생산품의 종류에 따른 분석은 하지 않았다.

Viswanadham과 Narahari[2]는 GSPN(generalized stochastic petri nets)모형을 이용하여 생산형태가 Pull 시스템일때에 대해 시뮬레이션하였다. 이 연구에서는 수요의 변동에 따라 필요한 간판의 수가 예측할 수 없을 정도로 유동적이며, 이는 생산량과 재고의 수를 변화시켜 생산에 따른 자재의 양과 재고유지비가 달라지므로 생산비용이 수요의 변동에 따라 크게 달라짐을 강조하고 있다.

Gottesman[7]은 JIT철학을 구현하기 위해 단순히 재고만의 감소를 목표로 삼는 것은 위험한 결과를 이끈다고 말하고 있다. 일반적으로 JIT시스템 실행시 재고감소를 위해 공급자에게 빈번한 간격으로 적은 공급량을 강요함으로써 공급자는 전통적 제조방법과 높은 재고를 유지하게 되고 이로인한 비용은 결국 그 제품의 최종사용자에게 전가된다. 그러므로 JIT시스템 구현의 전체공정의 범위에는 공급자도 포함되며 성공적인 JIT시스템의 구현을 위해서는 공급자와 사용자 사이에 있는 모든 공정내에서 재고수준의 감소를 모색해야 함을 강조하고 있다.

Miltenburg와 Wijngaard[1]는 JIT시스템 도입의 실패기업이 생겨나자 JIT시스템 도입을 성공적으로 이끌기 위해 도입의 적절한 단계를 제시해주고 있다. 이 논문에서 예로든 기업은 북미기업으로 그 기업의 JIT시스템 도입의 실패원인은 생산공정의 복잡성, 작업자의 숙련도, 최고경영자의 태도라고 언급하고 있다. 이 회사는 JIT시스템에서 재고와 불량품을 위한 Two-Bin JIT시스템을 제시하고 있으나 그 노력에도 불구하고 재고부족과 생산중단을 야기했다고 보고한다. 또 이 논문에서는 간판의 수에 따라 불필요한 재고와 결품이 야기될 수 있다고 말한다.

Ahmed, Tunc와 Montagno[6], 김종원[8]은 JIT시스템을 도입하려고 하는 기업에 신중히 고려해야 요인들을 나열하고 있다. 특히 김종원은 한국회사의 JIT시스템 도입에 따른 문제점들을 나열하여 분석했다.

이상의 여러문헌에서 드러난 JIT시스템 수행도에 영향을 미치는 요소들은 간판의 수, 불안정한 생산 시간으로 인한 불균형한 생산단계, 생산일정을 변화시키는 수요변동, 공급자와의 문제인 자재의 조달, 시장점유율, 회사규모, 생산품의 종류 등이며 이것은 주 일정변화가 적고 정확한 예측시스템을 보유하며 작업의 평준화와 공급자와의 문제가 해결되었을 때에 JIT시스템 실행이 적합하다는 것을 말해주고 있다.

JIT시스템 모형의 번잡성, 수학모형의 제약식, 계산의 복잡성 그리고 실제공장이 확률적인 시스템이라는 측면에서 볼 때, 앞서 언급한 수요변동, 작업평준화, 불량, 기계고장, 공급업자의 납품에 대한 JIT시스템 수행도 평가를 위한 JIT시스템을 모형화하기에 가장 쉽고 편리한 방법은 시뮬레이션이다.

따라서 본 논문에서는 우리 기업에서 개선을 요하는 공급자와의 관계를 중심으로 수요변동, 작업평준화, 불량, 기계고장의 요소들에 관한 JIT시스템 수행도를 시뮬레이션을 통해 평가하고자 한다.

3. 연구방법 및 범위

본 논문은 JIT시스템의 적용시 선결되어야 할 조건들중 객관적 평가가 불가능한 정성적 요소는 배제하고 간판을 사용한 Pull시스템과 계획생산인 Push시스템을 Huang Rees 와 TaylorIII[5]의 Q-GERT모형으로 모형화하여 그 선결조건들(변동이 잦은 수요, 평준화 되지 않은 작업시간, 결품, 작업준비시간의 4가지)을 일정한 상태, 정규분포($\sigma = \mu/10$), 그리고 지수분포를 따르는 변동에 따라 입력값을 정하여 GPSS를 사용하여 시뮬레이션 하고자 한다.

또한 그 결과를 도출하고, 이들 조건들이 각 상태에 따라 시뮬레이션 결과가 어떻게 달라지는지를 분석하고 생산량이나 생산비용에 미치는 영향의 크기와 각 시스템에서 이들 조건들의 변화를 분석한다.

4. 간판시스템의 시뮬레이션 모형

4.1 Q-GERT시스템

시뮬레이션할 모형은 간판시스템으로 불리우는 Pull시스템과 계획생산으로 여겨지는 Push시스템을 다단계 시스템(multi-line multi-stage system ; 3라인, 4단계)으로 모형화하기로 한다. 이 다단계 시스템은 Huang Rees 와 Taylor III[5]에서 보여준 Q-GERT모형이다. Pull시스템의 Q-GERT에서의 생산과 조립과정은 Fig. 1.와 Fig. 2.에 나와 있다.

Fig. 2.는 Fig. 3.의 마지막 조립단계에서 3개의 라인에서 들어오는 조립품들과 간판이 어떻게 조합되는가를 보여주고 있다. Fig. 2.에서 3라인이 조립되는 것은 Push 시스템에서도 마찬가지이다. 단지 Push 시스템에서는 첫째, 간판이 없으며 둘째, 주문에 의한 생산이 아닌 계획된 생산이므로 공정의 순서가 올림순(자재 -> 1공정 -> 2공정 -> 수요) 이고 Pull 시스템과는 물품의 흐름이 반대 방향이다.

Fig. 3.와 Fig. 4.은 본 논문에서 사용되는 다단계(multi-line, multi-stage)의 모형을 Pull시스템 과 Push시스템으로 대별하여 생산공정 중의 물품의 흐름의 차이를 보여주고 있다.

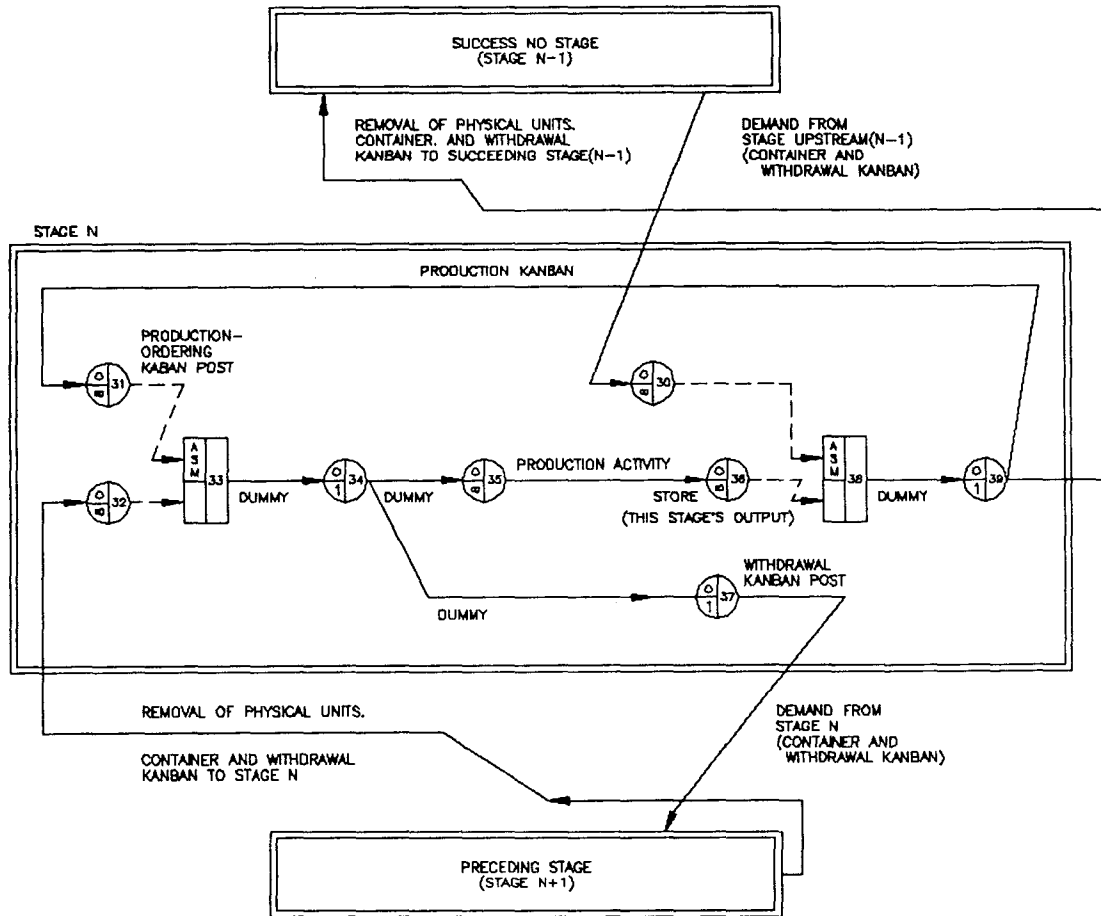


Fig. 1. The Q-GERT pull system model

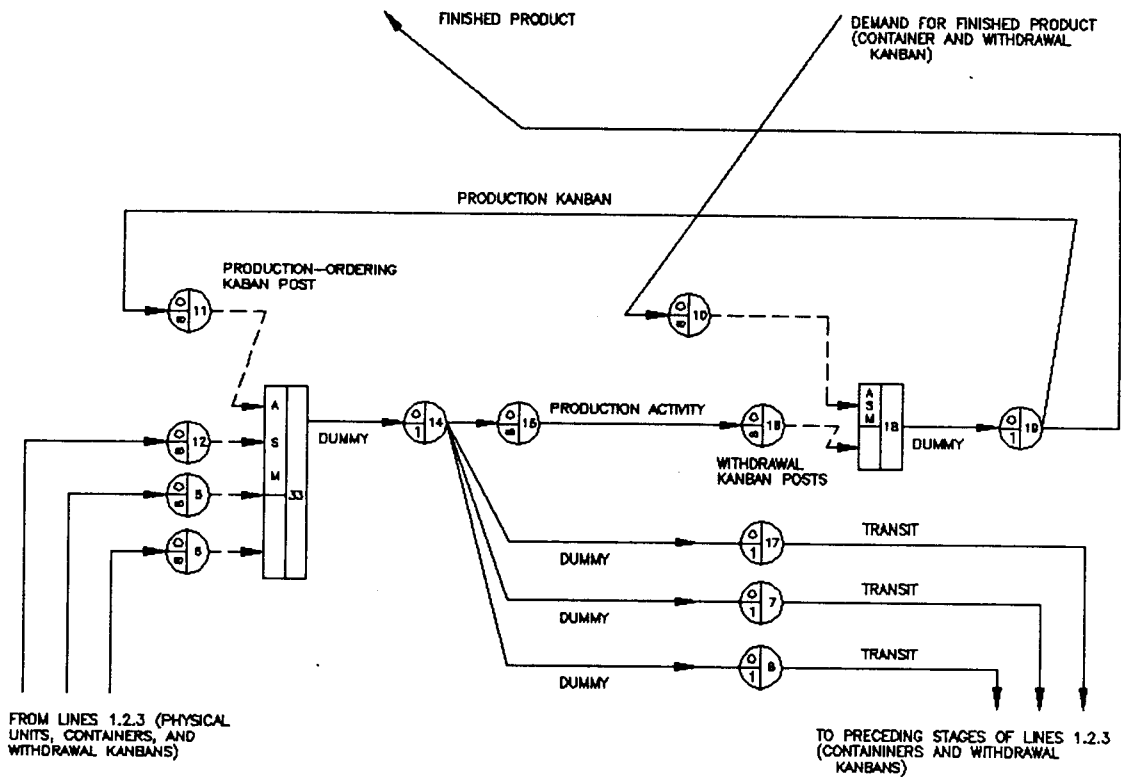


Fig. 2. The Q-GERT network model for the final assembly stage

4.2 프로그램 및 데이터

본 논문에서 GPSS프로그램의 트랜잭션(transaction)은 한 단위의 로트 즉 한 로트의 생산품이나 혹은 한 단위의 재공품이고 GENERATE에서는 이 로트 수요의 간격에 따라 만들어진다. TERMINATE는 생산이 끝난 뒤 제품 혹은 재공품의 출하 또는 다른 공정으로 넘겨짐을 의미한다.

시뮬레이션 할 작업장은 Huang Rees와 Taylor III[5]의 Q-GERT모형에 따라 48분의 작업시간, 하루 수요는 1000개, 그리고 하나의 컨테이너(container)는 100개의 상품을 포함한다. 시뮬레이션 시간은 한 달을 분(分)으로 환산한 14400분이다.

이들 자료를 평균값으로 하여 우리 기업의 JIT적용시 문제점인 컷재, 유동적인 수요(variable master production scheduling) 들재, 유동적 작업시간(variable processing times) 셋재, 불량과 기계고장이 있는 작업(set-up time) 넷재, 결품으로 인한 작업중단(shortages)등의 4가지 요소가 일정한 값(constant), 지수분포 그리고 편차가 적은 정규분포($\sigma = \mu/10$)의 3가지 경우의 값을 가질 때, 이들 값의 변동에 따라 생산량이 어떻게 변화하는지를 Pull시스템과 Push시스템에서 시뮬레이션하여 비교한다. 여기서 고장시간은 평균 0.287시간, 작업준비로 인한 비가동율은 28.68%(가동율은 71.32%), 결품으로 인한 작업중단 시간은 평균 51.39%, 최저 40.69%, 그리고 최고 66%로 둔다. 이들은 일정한 값을 유지 할 경우를 제외 하고는 확률적이다. 또한 이들 값을 평균값으로 삼아 정규분포와 지수분포를 따르는 경우도 시뮬레이션 해 보았다.

이들 자료는 Q-GERT의 모형에 사용된 것을 중심으로 K 자동차회사와 H 자동차회사의 비가동율과 결품으로 인한 작업중단시간을 사용하였다. 이들 자료를 사용한 이유는 이 두 회사가 조립회사이며 다 품종을 생산해야 하며 국내의 다른 회사에 비해 관리가 잘되어 있기에 JIT시스템 적용에 알맞고 이미 한 회사에서는 JIT시스템을 적용하고 있기 때문이다.

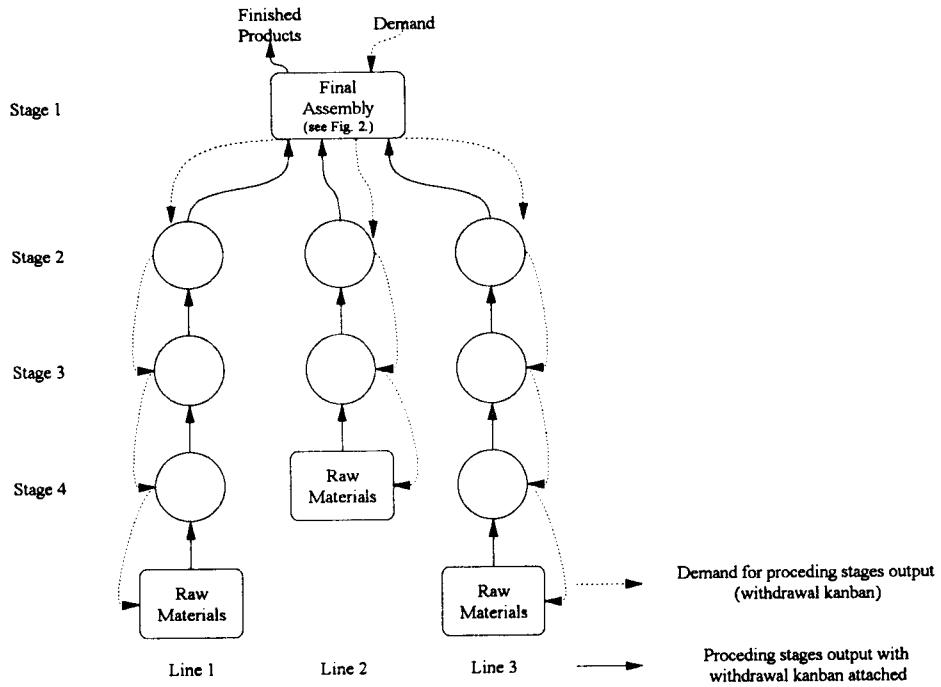


Fig. 3. A 3-line, 4-stage pull system.

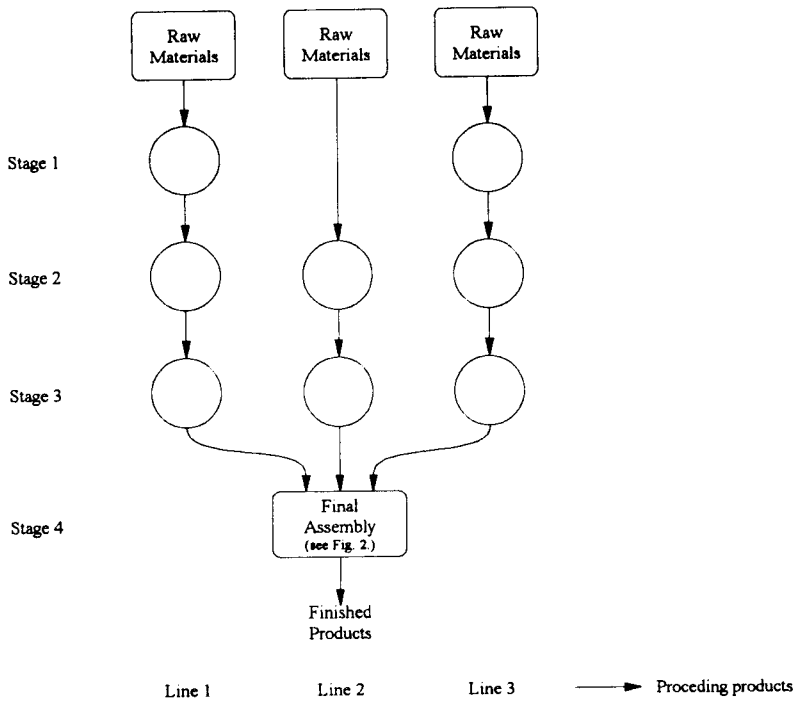


Fig. 4. A 3-line, 4-stage push system.

4.3 시뮬레이션의 결과 및 분석

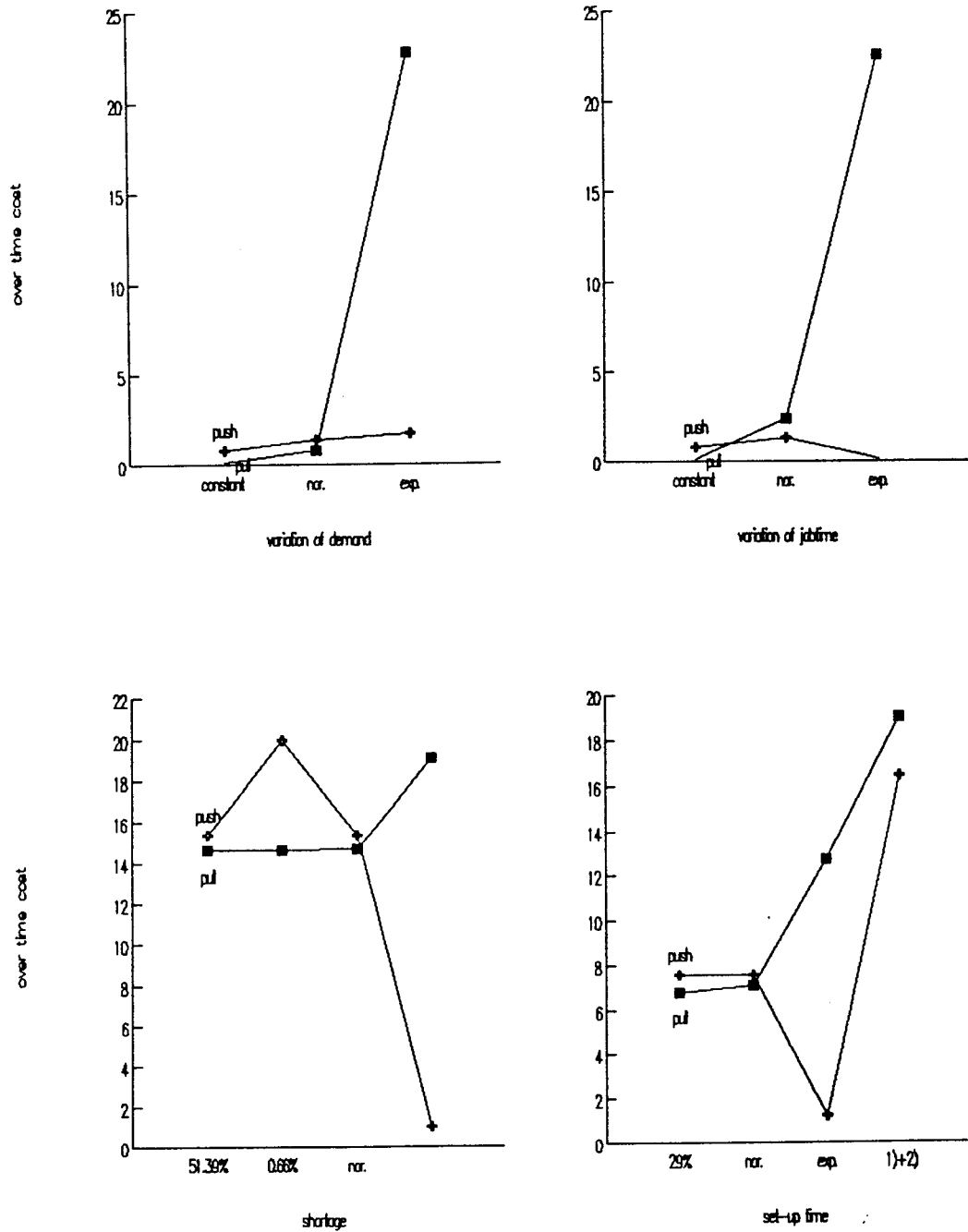
시뮬레이션을 각 불충족되어진 4가지 조건에 따라서, Q-GERT 다단계 모형을 Pull시스템과 Push시스템으로 시뮬레이션한 결과치는 Table 1.과 같다. 이표에 나타난 것과 같이 Pull시스템에서 수요의 변동이 지수 분포의 성격을 띠고 있는 경우 잔업시간이 2.3일 로서 급격하게 상승함을 알 수 있다. 반면, Push시스템은 변동이 지수 분포를 따르거나 정규분포에 따르는 것에 크게 의존적이지 않다.

작업시간의 변동 역시 Pull시스템에서는 변동에 따라 잔업시간이 급격하게 증가하고 있고, Push시스템에서는 잔업시간이 변동에 민감하게 반응하지 않는다. 결품의 경우, 두 시스템 모형에서 변동에 따른 값은 큰 의미를 갖지 못하고 있다. 그러나 결품시간이 전체생산시간에서 차지하는 비율에 따라서는 Push시스템이 결품시간비율의 상위값인 66%에서 잔업시간이 급격하게 상승하고 있다. 작업준비시간의 경우는 변동에 따른 큰 변화를 보이지 않고 있다.

결과와 작업준비시간의 교호작용이 일어난 경우는 각 각의 경우의 최대 잔업시간인 13일과 7.6일에 비해 크게 증가한 19일과 16.4일로 나타나 있다. Fig. 5는 이들 시뮬레이션 결과값들을 그래프화하고 있는데 비용 대 잔업시간의 비율을 1:1로 하여 잔업시간을 비용으로 보여주고 있다. 즉, 잔업시간이 커지면 작업장에 작업자가 많이 투입 되든지, 작업시간을 늘이거나, 자동화생산을 고려하든지 아니면 수요를 잃는 것으로서 비용에 관한 손실을 가져오기 때문에 이들 잔업시간을 비용으로 환산하여 나타내었다.

Table 1. The results of simulations

simulation	state	demand	production	shortage	overtime	demand	production	shortage	overtime
stable state		300	299	1	0.1	300	292	8	0.8
variation of demand	constant	300	299	1	0.1	300	292	8	0.8
	nor.	305	297	8	0.8	305	291	14	1.4
	exp.	308	80	228	22.8	308	291	17	1.7
variation of overtime	con.	300	299	1	0.1	300	292	8	0.8
	nor.	300	276	24	2.4	299	286	13	1.3
	exp.	300	74	226	22.6	300	299	1	0.1
1)defect	51.39%	299	153	146	14.6	299	145	154	15.4
	66%	299	153	146	14.6	300	99	201	20
	nor.	300	153	147	14.7	300	146	154	15.4
	exp.	299	108	191	19.1	300	292	8	1
2)machine breakdown or setup		300	232	68	6.8	300	224	76	7.6
		300	229	71	7.1	300	224	76	7.6
		300	173	127	12.7	299	287	12	1.2
occured together with		300	110	190	19.0	300	136	164	16.4



$\sigma = \mu/10$
 cost : overtime = 1:1
 overtime의 단위:1 day

Fig. 5. The graphs of results in Pull and Push system.

5. 결 론

본 논문에서는 우리나라 기업의 JIT시스템 적용에 필요한 선결조건 따라 모형화 하여 시뮬레이션하여 그 결과값을 분석하고 Pull시스템과 Push시스템에서 어떤 조건이 얼마만큼 영향을 주는지 비교·분석하였다.

시뮬레이션 결과에 의하면 작업시간이나 수요의 변동이 큰 생산환경은 Push시스템이 더 나은 결과값을 가지며 고품과 작업준비시간이 큰 경우는 Push시스템이 나은 수행도를 나타낸다. 이 결과를 실제에 적용할 때에는 재고비용, 작업자의 임금, 잔업임금, 자동화정도, 모기업과 수급기업간의 관계 등의 여러 요소들을 함께 고려해야 할 것이다.

본 논문은 모든 기업의 공통의 공정을 시뮬레이션한 것은 아니나 일반적인 공정의 시뮬레이션을 통하여 입력조건에 따르는 결과값의 변화는 JIT시스템 도입시 그 기업의 적절한 조건을 선택하게 하고 보다 객관적인 수단을 사용하여 문제점을 지적하고 시스템의 효율성을 평가하였다.

따라서, 우리나라의 JIT시스템의 도입시 문제점들 즉, 만족되지 않는 조건들에 대한 해결 방법은 전체공정을 대상으로 JIT시스템을 적용하기 보다 부분을 대상으로 시험적 실행을 통하여 점진적으로 문제점을 해결해 나가야 할 것이다. 또한, 각 기업들은 전원참여의 총체적인 노력을 확대하여 제안제도를 활성화하고 부품업체와의 긴밀한 협력 유지, 납기의 안정, 불량률의 감소, 작업인력의 유연성 그리고 이에 따른 수요의 안정을 확보하여야겠다.

위의 각 실험 항목들과 간판과의 관계를 통한 종래의 간판에 관한 계산법보다 현실적인 간판수에 대한 연구와 다단계(multi-line, multi-stage system)의 Pull시스템에서 초기상태 즉, 생산이 전혀되지 않은 무 재고(zero inventory)로 인하여 발생하는 불안정(unstable)한 라인 밸런싱(line balancing)을 보다 나은 프로그래밍 기법으로 해소한다면 좀더 정확하고 이해하기도 쉬운 그리고 현실적인 분석의 도구를 제시해 주는 시뮬레이션 모형이 될 것이다.

參 考 文 獻

1. J. Miltenburg and J. Wijngaard, "Designing and Phasing in JIT Production System," *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 29, 1991.
2. N. Viswanadham and Y. Narahari, *Performance Modeling of Automated Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, 1992.
3. D. Y. Golhar and C. L. Stamm, "The just-in-time philosophy : A literature review," *Int. J. Prod. Res.*, VOL. 29, 1991.
4. K. D. Swinehart, and J. H. Blackstone, Jr., "Simulating a JIT/kanban production system using GEMS," *Simulation*, Vol. 57, 1991.
5. P. Y. Huang, L. P. Rees, and B. W. Taylor III, "A Simulation analysis of the Japanese Just-In-Time technique(with kanbans) for a multiline, multistage production system," *Deci. Sci.*, 1983.
6. N. U. Ahmed, E. A. Tunc and R. V. Montagno, "A Comparative study of US manufacturing firms at various stages of just-in-time implementation," *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 29, 1991.
7. K. Gottesman, "JIT Manufacturing Is More Than Inventory Programs And Delivery Schedules," *IIE.*, Vol. 58, 1991.
8. 金鍾元, "JIT生産 시스템을 이용한 生産現場 運營方案에 관한 研究," *산업동향* 1991.