

# 조립공정에서의 Pull-Push 제조전략

이철식\* · 송장근\*\*

Pull-Push Manufacturing Strategy in Assembly Process

Chul-Sik Lee\* · Jang-Gwen Song\*\*

## ABSTRACT

Traditional Manufacturing method is push system by plan made in advance and Japanese manufacturing method represented by JUST-IN-TIME is pull system which respond's to the demand flexibly. Both have their pros and cons. In general, it is well understood that push system is faster than pull system in the sense of manufacturing speed. However, pull system such as JIT excelles dramatically in the sense of work in process. Therefore, this paper is trying to put together to get alternative which has the advantage of both system. The objective of the paper is to enhance the effect of built-in manufacturing system without paying extra cost by way of introducing the alternative of the pull-push manufacturing strategic operational method.

## 1. 서 론

전통적으로 서구의 생산방식은 사전계획 대로 생산시스템을 밀고(PUSH) 나가는 시스템이다. 이 경우 생산라인이나 설비배치 등이 사전에 확정되므로 수요변화에 대한 생산의 유연성이 적다. 이에 반해서 JIT생산으로 대표되는 일본의 생산 방식은 생산시스템이 수요변화에 유연하게 대처

하는 PULL시스템이다. 이는 서구식의 'assembly to schedule'이 아닌 'assembly to order' 방식을 채택하고 있기 때문이다. 따라서 PULL시스템에서는 주문이나 수요자의 욕구에 맞추어 자재와 중간조립품 등이 변화될 수 있는 유연한 생산시스템이 요구된다.

이러한 시스템은 각각의 제조현장 사정에 따라서 개별적으로 적합하게 적용되고 있다. 일반적으로 PUSH생산은 제조속도면에서 PULL보다는

\* 충남대학교 경상대학 경영학과 교수

\*\* 중경공업전문대학 강사

빠른 것으로 인식되고 있다. 반면에 JIT로 대표되는 PULL시스템에서는 재공품재고에서 PUSH보다 월등히 우수하다고 한다. 그러므로 본 논문은 이들 PULL, PUSH의 장점만을 선택한 대안의 하나로 PULL과PUSH를 결합하려 한다.

본 연구의 목적은 PULL-PUSH 제조전략 운영방법의 대안을 제시함으로써 기존 제조시스템의 효율을 추가적 지출의 부담없이 향상시키는데 있다. 이를 위해서는 PULL, PUSH, PULL-PUSH 시스템의 영역을 설정하는 것으로부터 출발한다. 먼저 PULL과 PUSH에 의한 제조시스템의 성과를 개별적으로 파악하고, 이를 PULL과 비교한후, 이들을 PULL-PUSH가 결합된 모형과 성과를 전자와 비교한다. 한편 PULL-PUSH 모형을 위해 사용된 제조기법들은 별도의 투자요구없이 목표 지향적 성과향상이 가능한 기법들로 한정한다. PULL-PUSH 제조전략의 성과요인들은 대기시간, 재공품재고, 총제조시간 및 가동율로 한정하고, 각의 성과요인에 대해서 의사결정자가 목표를 설정하는 것으로 가정한다. 위의 사항들을 실증분석하기 위해서 대전시 동구에 있는 전자업체인 S전자를 선정하여 이를 대상으로 사례분석을 하고, PULL-PUSH 제조 전략을 실제로 생산현장을 대상으로 실행하기에는 시간과 장비·배치등의 문제가 있으므로 Simulation을 이용하여 효율을 평가한다. PULL-PUSH 제조전략을 실제 기업에 적용하기 위해서 Simulation모형구축에 필요한 자료들은 생산 담당자들과의 면담 및 현장 조사를 통하여 구하도록 한다.

기존제조방식인 PUSH, 간판에 의한 PULL, 이들의 결합 형태인 PULL-PUSH 간의 대안들을 평가하여, PULL-PUSH 전략의 사용으로 인하여 기대되는 경쟁우위의 내용들을 점검해보도록 한다.

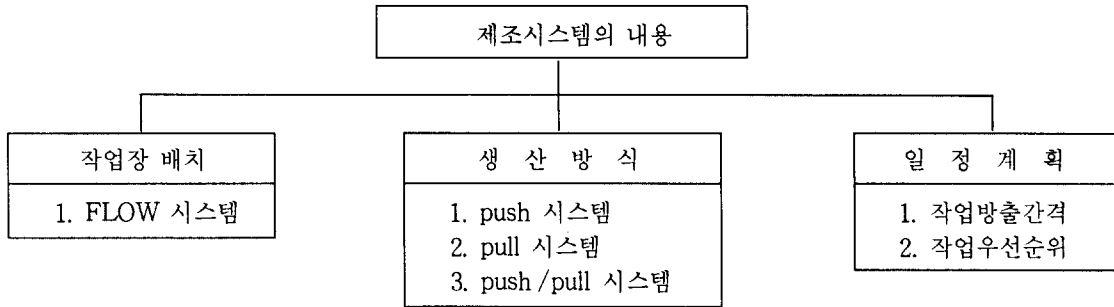
## 2. PULL-PUSH 제조전략의 본질

### 2.1 PULL-PUSH 제조전략의 내용

제조활동은 내부적, 외부적 환경에 따라 상황에 맞추어 그 성과가 제조목표에 맞추어 적합하게 달성되어야 한다. PULL-PUSH와 관련된 성과요인에는 총작업시간의 단축이외에도 이와 직접간접으로 영향력이 미치고 있는 작업준비시간, 작업시간, 운반시간, 대기행렬시간, 대기시간, 기계가동시간, 유휴시간 및 품질과 관련되어 있는 기계고장시간, 제작업시간등이 포함될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이들 성과요인중 총작업시간, 대기시간과 대기행렬시간과 관련하여 재공품재고(WIP), 그리고 기계가동시간 및 유휴시간과 관련하여 가동률(utilization)을 성과요인으로 결정하고, 품질과 관련된 주요 성과요인은 추후 연구과제로 남겨 놓도록 한다. 한편 작업시간은 가공, 조립등의 작업시간을 의미하는 것으로 임의의 통계가 불가능한 것으로 여겨서 성과요인으로는 제외하였고, 운반시간 등도 제외 시켰다. 결국 본 논문에서 채택한 성과요인은 의사결정자의 목표 설정과 직접적으로 관련이 되어있으며, 예를 들어 총작업시간 10%단축, 대기시간 10%단축, 재공품재고(WIP) 10%감소, 및 가동률 10%증가등이 의사결정자의 목표가 될 수 있다.

PULL-PUSH제조시스템운영의 궁극적 목적이 위에서 제시한 제조목표의 달성에 있다고 할 때 이를 효과적으로 관리하는 수단을 찾는 것이 그 순서일 것이다. 그러나 이러한 목표를 달성하기 위해 구성되는 시간들의 종류가 다양하고, 이들 간의 상충작용도 존재하기 때문에 일률적인 달성수단을 찾는다는 것은 힘든 일이다. 시스템적 차원에서 이러한 목표를 달성하기 위해서는 위에



[그림 2-1] 제조시스템의 내용

서 언급된 모든 시간요인들에 의해 효과를 가져올 수 있는 수단들을 총합해야 할 것이다.

전통적으로 제조시스템에서 시간과 관련된 연구는 매우 다양하게 이루어졌으며, 이들을 총합시키는 방법도 다양하게 존재할 것이다. 본 논문에서는 전 절의 제조전략의 전개방향에서 제안되었던 기법들을 중심으로 이들을 총합시키는 방법을 제시하고 가능한 대안들을 결정짓도록 한다. 이를 위해서 PULL-PUSH 관련 연구들을 편의상 ① 작업장배치 결정 ② 생산방식 결정 및 ③ 일정계획 결정의 3가지 차원으로 분류하여 고려하도록 한다.

작업장배치에 관한 연구는 과거부터 전통적인 배치(layout) 기법으로부터 제조셀(manufacturing cell)의 관점까지 매우 다양한 형태의 연구가 진행되어왔다. 본 연구에서는 연구대상업체의 제조방식인 FLOW시스템 구축을 하나의 대안으로 성과개선 여부등을 연구하도록 한다.

한편 생산방식의 결정은 기존의 생산방식을 PUSH시스템이라고 가정하고, 이와 대조되는 JIT(just-in-time)시스템을 PULL시스템으로 명명하여 대안으로 선택하였고, 최근 대두되는 OPT(Optimized Production Technique)의 개념중에서 병목자원(bottleneck resources)의 관리개념을 받아들여 병목자원을 중심으로 PUSH와 PULL이

결합된 PULL-PUSH시스템을 또다른 대안으로 선택하였다.

한편 일정계획에 관한 기법은 매우 다양하며 그 수준 역시 매우 진보된 것들이 존재하고 있다. 그러나 본 연구에서는 이러한 기법들의 세부적 수준을 강화하는데 집중한 것이 아니고 거시적 안목에서의 제조시스템의 대안을 제안하는데 있기 때문에 기존의 보편화된 기법들을 적용하는데 그치도록 한다. 이러한 관점은 위에서 설명한 모든 기법에도 적용되며, 기법들의 수준들은 추후 연구를 통한 추가, 수정 및 교체가 가능하리라 본다. 본 연구에서 택한 일정계획상의 기법은 작업방출간격(job releasing interval), 작업우선순위 규칙(dispatching)이다.

본 연구에서 제시한 PULL-PUSH제조전략에서 다루게 되는 기법들은 [그림 2-1]과 같이 요약되며, 여기서 제시된 기법들은 각각 시간 성과에 미치는 영향력이 다르고 각각의 다른 영역에서 연구된 것들이기 때문에 이들을 총합하여 구축할 수 있는 절차의 제시가 중요하다고 본다. 그러므로 다음절에서는 이들의 총합방법을 제시하고 총합된 결과로서 발생하는 PULL-PUSH제조시스템의 대안들을 설명하도록 한다.

## 2.2 PULL-PUSH 제조전략의 절차

PULL-PUSH 제조시스템의 대안들을 구축하는 절차는 현 제조시스템은 무작위시스템과 비교되는 대안으로 되며 또한 PUSH시스템의 기본이 된다. PUSH시스템의 대안으로서 작업장의 형태는 동일한 상태에서 작업정보흐름의 방향만을 역의 방향으로 전환시켜보는 PULL시스템을 대안으로 구축하고 이는 PUSH시스템과의 대안이 된다. 한편 PUSH시스템의 대안은 작업성과의 예측에 따라 병목자원을 결정하게 되고 이는 PUSH와 PULL시스템을 결합시키는 기준점이 된다.

본 연구에서는 이러한 대안을 구축하는 절차뿐 아니라 의사결정자의 목표에 의해 이들 목표를 달성할 수 있는 대안들을 제시하고 이들의 성과를 미리 예측하고 최선의 대안을 선택할 수 있는 의사결정지원시스템의 구축 역시 연구의 목적이 되기 때문에 이러한 시스템의 구축 및 운영 방법과 위에서 제시한 특정기법들에서의 구체적 사용 기법들은 제3장을 통하여 설명하도록 한다.

## 3. 조립공정에서의 PULL-PUSH 제조 전략

### 3.1 문제의 영역 및 전반적 구조

PULL-PUSH 제조전략이 궁극적으로 해결하는 문제영역은 기존의 생산방식을 바탕으로한 전통적인 PUSH생산, 간판시스템에 의한 PULL생산, 병목자원을 중심으로한 PULL-PUSH의 결합생산, 시스템에서의 제조관련변수들의 성과에 따라 융통성 있게 결합되어 설계된다.

PULL-PUSH 제조전략에서의 제조관련 변수들에는 작업방출간격, 대기시간, 재공품재고, 총

제조시간, 가동률 등으로 구분한다. 이들 각각의 변수들은 전체적 제조전략의 성과에 미치는 영향력 및 그 상충 작용이 시스템에 어떻게 설계하여 운영하는가에 따라 그 정도가 수시로 변화하게 된다. 그러므로 PULL-PUSH 제조전략은 결과적으로 이들 변수에 의한 성과예측이 시스템의 설계 단계부터 매우 중요한 역할을 한다.

제조활동을 위한 의사결정에 있어서는 시스템 선택에 대한 중요성도 강조되지만, 세부적으로는 일종의 제약요인이라고 할 수 있는 이들 제조관련변수들의 값을 어느 정도로 유지할 것인가보다 실제적인 의사결정 영역이 될 수 있을 것이다.

PULL-PUSH 제조전략은 크게 두가지의 관점을 의사결정 영역으로 하여 이에 해당하는 제조전략에서의 문제점들을 해결해 나갈 수 있도록 구축되어 진다. 첫째는 의사결정자들이 제조관련 변수들의 성과와 관련된 기대값을 설정할 수 있도록 한다. 여기에는 총제조시간(makespan)과 관련된 지연시간(tardiness)의 단축, 조기작업완료시간(earliness)의 단축 및 특정 총제조시간의 단축 등이 포함되며, 대기시간(waiting time)의 단축, 재공품재고(WIP)의 감축, 및 가동률(utilization)의 증가 등의 구체적 목표 설정이 가능하다.

PULL-PUSH 제조전략에서 제공되는 성과는 제조시스템의 전반적 성과에 대한 예측을 가능하게 해 줄 뿐만 아니라, 특히 기업 사정에 맞게 그 시점에서 강조되어야 할 구체적 목표의 달성 여부를 판단해 주는 역할을 하게 된다. 예를 들어 특정 시점에서 강조되었던 납기달성에 관한 문제가 어느 시점에서는 재공품재고 또는 완제품재고의 문제로 변화될 수 있다는 관점에서 성과시스템은 이러한 발생 가능문제를 유연하게 처리해야

한다는 점을 반영한 것이다.

둘째는 위의 목표들을 달성하기 위한 수단으로서의 구체적인 PULL-PUSH 제조 전략을 운영하기 위한 의사결정 영역이다. PULL-PUSH는 시물레이션 모형들이 요구되는 성과의 달성 여부를 판단해내기 위해 다양한 형태의 시스템 대안들이 구축되어 진다. 이들 대안은 PUSH, PULL, 및 PULL-PUSH 그리고 일정계획에 관한 기법들이 서로 결합되어 있는 것들이다.

전반적 구조로서의 PULL-PUSH는 제조중에서 시물레이션 결과분석시스템을 중심으로 그 내용을 확정시킨다. 목표의 설정과 이의 달성이 가능한 제조시스템의 모형 대안들의 선택 및 이들 모형의 시물레이션 결과분석에 의한 궁극적 PULL-PUSH 제조전략의 설정 및 운영이 전반적인 구조이다. 한편 시물레이션 모형으로 생산방식은 PULL, PUSH, PULL-PUSH와 작업우선 순위는 FCFS로 기본모형이 구축된다.

### 3.2 PULL-PUSH 제조전략을 위한 하부구조

#### 3.2.1 병목자원(bottleneck resources)의 결정

병목자원을 결정하는 방법들은 병목자원에 대한 정의상의 불일치로 인하여 다양한 결정 방법이 존재하지만, 병목자원에 대한 중요성의 인식이나 시스템에 미치는 병목자원의 영향력이라는 관점에서 볼 때는 거의 유사하다고 볼 수 있다.

Solberg<sup>1)</sup>는 병목작업장(bottleneck work center)을 작업부하(workload)/작업자(server)의 값

이 가장 큰 작업장이라고 하고 있고, Prather<sup>2)</sup>는 성능가동율이 90%이상이거나 최장의 대기행렬(the longest queue)을 갖춘 작업장이라고 하고 있다.

한편 Baudin<sup>3)</sup>은 MRP시스템에서의 병목자원이란 성능의 측정값을 초과하여 부하되고 있는 자원을 의미한다고 했다. Lambrecht와 Decaluwe의 연구<sup>4)</sup>에서도 성능의 가동률이 1인 자원을 병목자원으로 다루어 처리하고 있다.

한편 병목자원의 관리를 핵심으로 하고 있는 OPT에서는 병목을 시장수요에 미달 또는 동일한 성능을 가지고 있는 자원을 의미하는데, 이는 작업장에서의 투입·산출률을 비교하므로써 가능하다.

본 연구에서는 OPT에서의 병목자원의 개념을 그대로 사용하며, 이에 대한 결정은 대상기업의 시스템모형을 1차 PUSH에 의한 시물레이션 결과에 의해 재공품재고가 가장많은곳을 병목자원으로 선정하도록 한다. 한편 시스템내의 병목자원이 다수개 존재하는 경우는 시스템의 성능에 보다 더 큰 영향력을 미치는 자원을 병목으로 우선 선정처리한 후 순서적으로 그 외의 병목자원을 처리하는 것으로 한다.

#### 3.2.2 간판시스템 구축

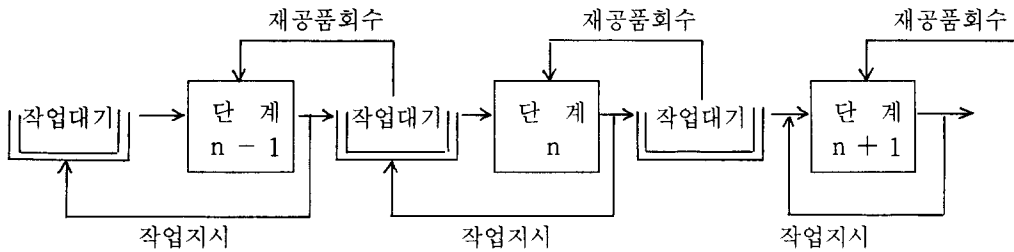
간판시스템은 JIT생산방식을 다루기 위한 모든 공정에서 생산수량을 조화 있게 통제하는 정보전달시스템을 의미하며, 이는 대체로 이전 단계에서의 재공품을 회수하는 회수간판(withdrawal kan-

1) Solberg,J.J, "Capacity Planning with A Stochastic Workflow Model", *Transactions*, Vol.12, No.2, 1981, pp. 116-122.

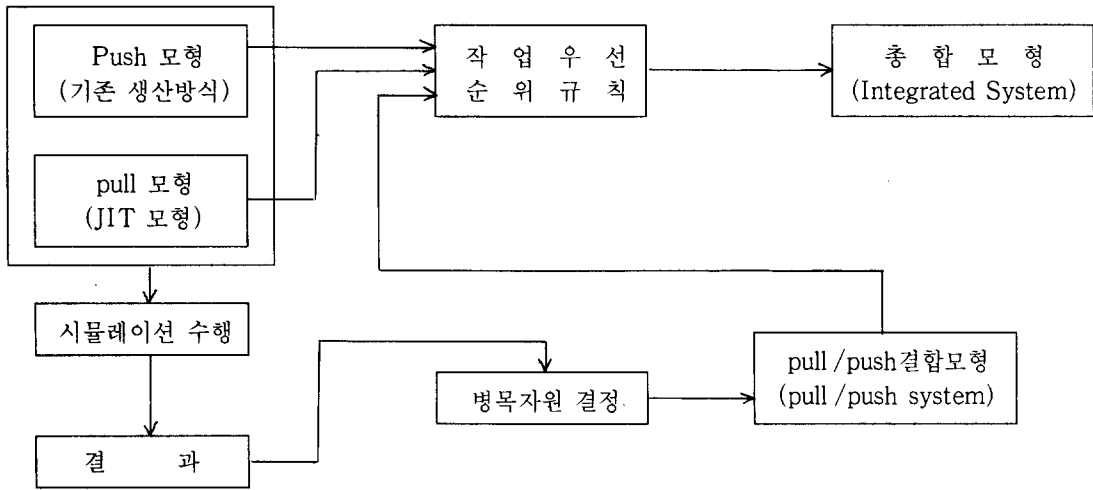
2) Prather,K.L, "Seven Deadly Sins of Production Control", *1983 APICS Conference Proceedings*, pp.218-220.

3) M. Baudin, op. cit., 1990, pp.250-251.

4) Lambrecht,M.R, and L. Decaluwe, op. cit., 1988, pp.61-65.



[그림 3-1] 간판시스템의 기본모형



[그림 3-2] 시뮬레이션 모형 구축절차

ban)과 이전단계의 생산을 지시하는 생산간판 (production kanban)의 두가 지로 이루어진다. 이는 [그림 3-1]과 같이 설명될 수 있다. n단계에서 재공품의 공정이 끝난수. 이는 n+1 단계의 작업대기지역으로 이동하며, 현시점에서 이전 작업대기지역으로 재공품의 공급을 요청한다. 만약 이전 작업대기지역이 충분한 재공품을 갖지 못한 경우 재공품이 가용할 때 까지 대기한다. 일반적으로 n단계가 n+1 단계로 부품을 방출할 준비가 되어 있으면 n+1 단계 또는 작업대기지역의 요구상태에 대한 점검이 이루어진다. 만약 n+1 단계에서 n단계의 부품을 필요로 한다면 부품은 방출된다.

필요한 시기에 필요한 양만큼의 단위를 생산해

내는 JIT원리를 제조시스템하에 구현하기 위해서는 구체적인 정보전달체계인 간판시스템의 설계가 불가피하다. 특정 간판시스템하에서 특정 성과요인들을 파악하기 위해서는 수학적 분석 방법이 가용하나, 본 연구에서는 간판시스템뿐만 아니라 하부시스템들이 총합적으로 결합된 제조시스템의 구축에 그 목적이 있으므로 시뮬레이션 모형으로 간판시스템을 설계하도록 하겠다.

본 논문에서는 간판시스템의 설계에 있어 전형적 간판시스템의 설계와 더불어, 각 간판이 작업을 할당할 수 있는 우선순위를 부여할 수 있도록 설계하여 이를 비교해 본다. 이에 대한 우선순위의 결정 방식은 전통적인 순위결정규칙(dispatching)에서 사용되는 개념을 그대로 간판시스템

에 도입하여 사용하며, 비교된 규칙들은 푸쉬(push)시스템에서와 동일하게 FCFS규칙이다.

### 3.3 시뮬레이션 모형 구축

최초 시뮬레이션 모형 구축에서 필요한 것은 현재 운영되고 있는 제조시스템을 그대로 시뮬레이션 모형으로 옮기는 것이다. 이를 위해 필요한 정보는 ① 부품별 가공시간 및 작업준비시간, ② 작업절차, ③ 재공품재고의 저장 가용 여부, ④ 작업방출 방법 및 간격, ⑤ 배치크기, ⑥ 운반시스템 및 운반시간, ⑦ 기계 고장 및 기타 제약 등에 관한 통계적 또는 경험적 정보 등이 요구된다. 이들 정보를 바탕으로 최초 시뮬레이션 모형이 구축되며 계속적으로 기존의 생산방식, 간판시스템, 및 이들의 결합 시스템과 작업우선순위(dispatching)까지 고려된 총합모형이 [그림 3-2]와 같은 과정에 의해서 구축된다.

#### 3.3.1 PULL 및 PUSH 모형

현 시스템은 random 모형으로 표현되며 위에서 언급된 기존의 생산방식, 간판, 이들의 결합 및 작업우선순위규칙 등이 고려되지 않은 상태를 표현한 것이다. 만약 기존시스템이 이들 기법을 이미 사용하고 있다면 과정상의 해당 절차를 생략하면 될 것이다.

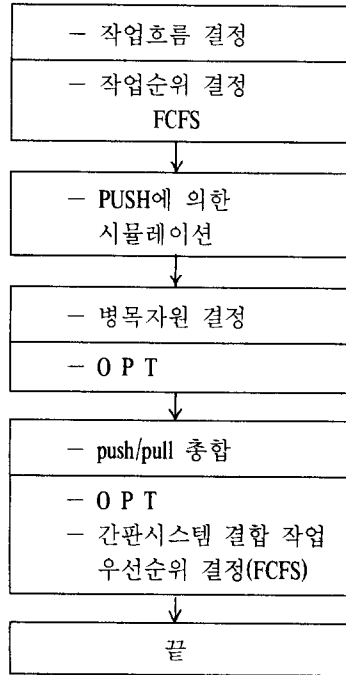
한편 기존의 생산 모형에서 구축된 모델은 그대로 시뮬레이션 모형으로 코딩화되며 이를 PUSH 모형이라고 호칭한다. 이는 JIT시스템의 PULL 모형 과 대응적으로 사용되는 용어이기 때문이다. PUSH 모형은 기존의 RANDOM시스템의 정보를 바탕으로한 모형에 의해 기계-부품이 집단화 된다.

JIT 모형은 JIT원리를 제조시스템에 구현하기

위하여 필요한 구체적인 정보 전달 체계인 간판 시스템을 생산방식으로 도입해 보는 것으로서 이는 PULL모형으로 언급된다. PULL 모형에서 시스템의 구성 상태는 PUSH 모형과 동일하나 작업의 흐름이 PUSH와는 상반되는 규칙에 의해 이루어 지게 된다.

사실상 RANDOM 모형도 PUSH 모형과 작업 흐름의 방향의 관점에서는 동일하나 PUSH 모형이 제조셀로 구분된 셀내에서만 이미 결정된 작업절차에 의해 움직인다고 할 때, RANDOM 모형은 작업이 끝났을 때 다음 작업을 수행할 기계가 다수인 경우 먼저 작업이 가용한 기계로 부품을 무작위 이동한다는 차이가 있다. 작업준비(set up)의 관점에서는 RANDOM 모형이 매 작업마다 작업준비의 과정을 거칠 우려가 있는 반면에 PUSH 모형은 셀 제조의 장점인 한번 작업준비가 끝나면 매번 작업 준비를 반복해야 되는 단점을 제거하고 있다.

한편 본 연구에서 사용된 SIMAN에 의한 간판 시스템의 시뮬레이션 모형의 기본 절차는 다음과 같다. CREAT node에 의해 시작되는 작업은 작업방출간격이 간판의 요구에 의해 결정되므로  $\infty$ 가 되고 각 작업들은 다음 공정의 작업에 의해 각 작업들의 도착이 결정된다. 간판 1을 받아 준비된 원자재는 대기 1에서 기다리다가 간판 2의 QUEUE node에서 대기중인 간판의 요구가 있으면 SMT1에서 확인되어 첫 작업을 시작한다. 이와 같이 시작된 작업은 동일하게 진행되다가 최종 단계에서도 마찬가지로 간판 n-1을 받아 가공 n을 완료한 부품은 대기 n-1에서 기다리다가 간판 n의 요구가 있으면 다음의 최종 조립라인으로 이동하면서, 동시에 간판 n을 이전 공정 단계로 보내주어 생산을 지시하고, 조립이 완료되면 작업 시작부터 조립 완료 시간까지의 시스템에서



[그림 3-3] PULL-PUSH 제조전략의 구축

의 시간을 기억하게 된다.

### 3.3.2 PULL-PUSH 모형

PULL-PUSH 모형 [그림 3-3]은 PULL 모형과 PUSH 모형을 결합하는 것으로, 이의 원리는 작업 흐름의 특정 부분은 PUSH되고 그 이외의 부분은 PULL되게 결합하는 것이다. Olhager와 Ostlund<sup>5)</sup>에 의하면 제조시스템에서의 기본적 제조전략은 PUSH 시스템이지만 작업 흐름의 일부를 PULL화 또는 단순화시킴으로써 혜택을 얻을 수 있음을 지적하고, 순수한 PULL의 접근은 오히려 작업시간이 더 소요될 수도 있음을 주장한다. 결국 그는 제조시스템의 경우 제조전략의 기본을 PUSH 시스템에 두고 제품구조(product structure/bill of materials), 병목자원의 위치

및 부품 흐름의 상태에 따라 일부분을 PULL화 하거나 단순화할 것을 제안하고 있다.

전통적인 PUSH 시스템에서는 병목자원에 대한 문제가 크게 대두되고 있다. 이는 OPT에 대한 관심이 고조됨에 따라 더욱 부각이 되고 있다. 일반적으로 병목자원은 시장 수요 미달의 근본 원인으로 고려되며, 기본적인 PUSH 전략에서는 이를 초과할 수 있도록 이전 단계에서 계속적으로 병목자원을 바쁘게 유지하도록 부품을 공급함으로써 많은 재공품재고 유발의 원인이 되고 있다. 이로 인해 병목자원과 기타 자원들간의 불균형이 발생되며, 이를 해결하기 위해서는 병목자원 자체가 초과 성능을 발휘할 수 있도록 충분히 크지 않거나 병목자원 성능의 확충을 위한 별도의 투자를 고려할 상황이 되지 않는다면 나머지 생

5) Olhager, J., and B. Ostlund, op. cit., 1990, pp.135-142.

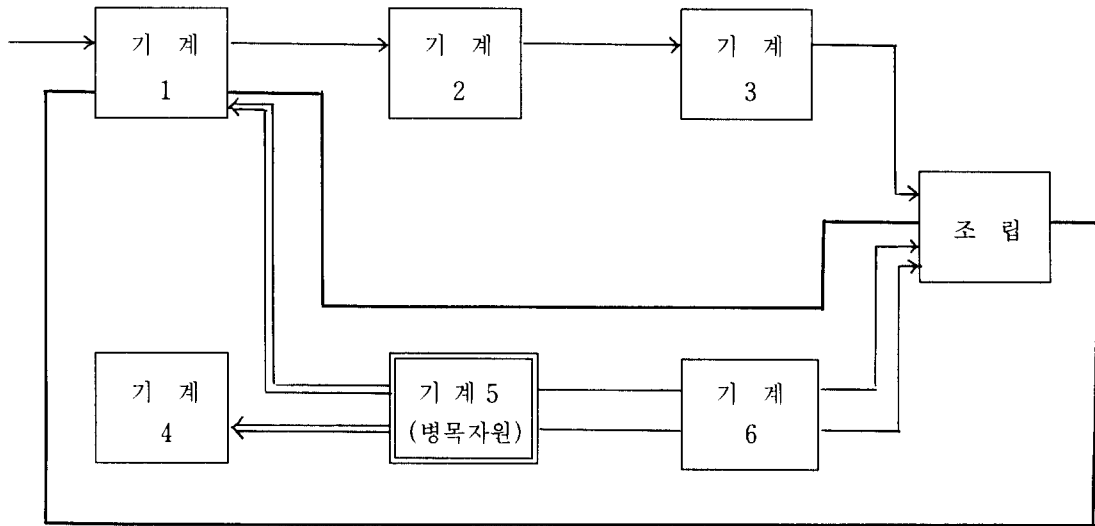


산 단계들을 철저히 계획해야 할 것이다.

PULL-PUSH 모형은 병목자원의 결정과 이를 중심으로한 이전 이후의 작업흐름 방식을 통제하는 규칙들로 이루어진다. 병목자원 결정 방법은 학자들에 따라 다양하다. Solberg는 병목자원을 작업부하(workload) /작업자(server)의 값이 가장 큰 작업장이라고 하고, Prather는 성능 가동율이 90% 이상이거나 최장의 대기행렬을 갖춘 작업장이라고 하고 있다.<sup>6)</sup> Baudin은 MRP시스템에서의 병목자원이란 성능의 추정값을 초과하며 부하되고 있는 자원을 의미한다고 했다.<sup>7)</sup> Larnbrecht 와 Decaluwe는 성능의 가동율이 1인 자원을 병목자원으로 다루어 처리하고 있다.<sup>8)</sup>

위에서 볼 때 병목자원은 여러 자지로 정의될 수 있으나 본 연구에서는 재공품재고(WIP)를 기준으로 병목자원을 정의한다. 본 연구가 대상으로 하고 있는 Flow Shop 환경은 무리한 PUSH에 의한 WIP 문제가 크게 대두되어 왔다. 병목자원은 WIP의 값이 최대인 자원으로 선택하며, PUSH 모형에 의하여 수행된 시뮬레이션 결과로 정해진다.

병목자원을 중심으로한 PULL-PUSH 모형의 결합은 병목자원까지의 부품의 흐름을 PULL화 함으로써 불필요한 재공품재고의 유발을 제거하고 이후 단계는 PUSH를 유지함으로써 변화의 폭을 줄이도록 하였다. 이는 전체 시스템을



굵은선 : 애로 공정  
 화살표 : 푸쉬 ( → )  
 풀 ( ⇨ )

[그림 3-4] PULL-PUSH 제조전략의 결합

6) Prather, K.L., "Seven deadly sins of Production Control" 1983, *APICS CONFERENCE PROCEEDINGS*, pp. 218-220.  
 7) Baudin, M., "Manufacturing System Analysis with Application to Production Scheduling", *Prentice-hall, Inc.*, 1990, pp.250-251.  
 8) Lambrecht, M.R and Decaluwe, op. cit., 1988. pp.250-251.

PULL화 함으로써 발생할 수 있는 제조시간의 증가를 방지할 수 있으리라 사료되었기 때문이다.

개념적 PULL-PUSH 모형의 결합은 [그림 3-4]<sup>9)</sup>과 같다. 굵은선으로 표시된 부분은 병목자원이 포함되어 있는 애로 공정을 나타내며 이 안에서 생산방식이 병목자원을 전후로 하여 PULL과 PUSH로 결합된다. 병목자원이 존재하지 않는 비애로 공정은 PUSH를 유지한다. 한편 화살표 방향은 작업 지시에 대한 정보 흐름 방향을 나타낸다.

## 4. PULL-PUSH 제조전략의 사례연구

### 4.1 대상 기업의 선정

#### 4.1.1 S전자의 연혁 및 선정이유

본 연구의 목적을 위해 선정된 대상 기업은 S 전자로서 1987년도에 설립된 대전시 동구에 소재한 10여종의 컴퓨터메인보드를 생산하는 중소기업이다.

한편 서울에 개발실을 별도로 설치하고 제품의 설계 및 시제품생산을 하고 있다. 본 연구에서 이 기업을 대상으로 선정한 이유는

- ① 임의적 모형에 의한 연구보다는 실제 기업의 실제 자료에 의한 연구결과가 보다 실용적일 것이라는 것과
- ② 이 회사의 완제품이 다른 제조회사의 생산을 직접 지원하는 원자재가 됨으로 이를 보다 효율적으로 공급하는 것이 전체 산업에 도움이 된다고 사료 되었고,
- ③ 전혀 첨단 기술의 제조기법이나 이론들이 적용되지 않은 무작위적 생산방식을 사용하고 있으므로, 본 연구에서 제시하는 제조시스템의

구축 효과를 명백하게 구분해 볼 수 있으리라고 판단되었기 때문이다.

### 4.1.2 현 제조시스템의 특징 및 모델 구축을 위한 조건

대상 기업의 제조시스템은 FLOW SHOP의 형태를 취하고 있으며, 현재 운영하고 있는 장비는 SMT(Surface Mount Technique) 2대, Dipping Machine 1대, OVEN 1대, 세척기 1대 등이 있고 1일 생산능력은 300~400개의 컴퓨터 메인보드를 생산한다. 제품제작을 위한 공정의 흐름과 내용은 <표 4-1>와 같으며, Print에서부터 세척까지를 조립공정으로 제1작업장에서 행하며 Burning에서부터 포장까지는 기술 및 Q·C공정으로 제 2, 3작업장에서 행한다.

공정에 투입되는 보오드의 종류는 10여종이 있으나 486VESA, 486DX, 386DX 3종류가 전체의 80%를 점유하고 있으므로 이 3가지 제품만 생산하는 것으로 프로그램을 설계한다.

이러한 내용으로 부터 연구대상 기업의 제조시스템에 대한 자료획득의 원천 및 기본 가정을 결정하면 다음과 같다.

- ① 제품별 재공시간 실제 조사된 수치에 의한다.
- ② 작업우선순위는 FCFS에 의한다.
- ③ 작업절차는 현재에 이루어지는 절차를 변화가 없는 것으로 사용하며, 작업 절차는 <표 4-1>의 순서에 의해서 행해진다.
- ④ 대안적 작업절차는 허용이 않되는 것으로 한다.
- ⑤ 작업물의 도착은 과거의 실적에 의해 제품별 비율에 따라 진행된다.(486VESA 18%, 486DX 16%, 386DX 66%)

9) 김기영, "시간중심 제조시스템 운영을 위한 지능적 의사결정지원시스템", 고려대학교 박사학위논문, 1992. p.67.

〈표 4-1〉 공정의 흐름

공정의 흐름	내 용
1. Print	부품을 놓을 자리에 Solder Cream을 프린트한다.
2. 1차 SMT	I·C 및 부품을 접착한다.
3. 2차 SMT	Chip Set를 장착한다.
4. OVEN	SMT에서 장착된 부품을 납땜한다.
5. 1차 검사	육안검사를 통해 납땜상태를 확인하고 불량을 수리한다.
6. 삽 입	부품을 기판에 삽입하고 작업은 수작업으로 이루어 지며 보통 6명의 작업자가 종사한다.
7. Diping	Diping Machine으로 삽입된 부품을 납땜한다.
8. Cutting	기판에 돌출된 철선 같은 것을 잘라낸다.
9 세 척	기판에 묻어있는 이물질을 세척한다.
10. Burning	기판에 전원을 연결한 상태로 24시간 유지한다.
11. 2차 검사	기판의 전기적 특성을 검사한다.
12. 수 리	2차 검사에서 불량으로 판정된 제품을 수리한다.
13. 최종검사	주변기기를 연결하여 동작여부를 검사한다.
14. 포 장	

〈표 4-2〉 제품별 각공정의 평균제공시간및 표준편차

공정 \ 제품	486 VESA		486 DX		386 DX		수용능력
	평 균	표준편차	평 균	표준편차	평 균	표준편차	
S M T 1	1.57	0.17			1.37	0.17	1
S M T 2	1.13	0.02	0.6	0.02	1.0	0.02	1
O V E N	3.9	0.1	3.9	0.1	3.9	0.1	5
검 사	0.5	0.08	0.5	0.08	0.5	0.08	1
I N S E R T	1.37	0.39	1.92	0.54	1.06	0.3	1
D I P I N G	2.5	0.1	2.5	0.1	2.5	0.1	3
C U T T I N G	0.5	0.08	0.7	0.11	0.5	0.05	1
세 척	14	1	14	1	14	1	15

- ⑥ 작업의 중복은 허용되지 않는다.
- ⑦ 운반시간은 무시한다.
- ⑧ 각 기계의 고장은 없는 것으로 한다.
- ⑨ 작업장은 기계에 의해 제약을 받을 뿐이며, 노동에 의한 제약을 받지 않는다.

한편 삽입공정은 6개의 공정으로 세분되며 이에 종사하는 작업자의 제조시간은 실제 조사된 수치를 일괄적으로 부여하며 각 공정의 제조시간은 실제 측정에 의한 수치를 사용하며 468DX는 SMT1 공정을 사용하지 않고 직접 SMT2 공정으로 진행한다.

결국 본 논문의 시뮬레이션은 다음과 같은 <표 4-3>의 조건에 의해 진행된다.

<표 4-3> 시뮬레이션 수행을 위한 조건

조 건	내 용
제 조 공 정	SMT 1에서 세척공정까지
생 산 제 품	486VESA, 486DX, 386DX
공정의제조시간	<표 4-2>
제 품 장 출 간 격	과거의 실적에 의해 제품별 비율에 따라진행 (486VESA 18%, 486DX 16%, 386DX 66%)
작업우선순위	FCFS
모 의 실험 기 간	1일 480분씩 100일 수행

## 4.2 PULL-PUSH 제조전략의 적용 및 결과

### 4.2.1 PUSH에 의한 모의실험 결과 및 병목자원 결정

#### 1) PUSH에 의한 모의실험 결과

S전자의 제조시스템 시뮬레이션 모형은 제 3장에서 언급한 절차에 의하며, 전절에서 발힌 제조시스템 특성상의 가정을 전제로 한다. 특히

PUSH모형의 1차 시뮬레이션 결과는 PULL-PUSH모형의 수립을 위한 병목자원의 결정을 위해 사용된다. 본 연구에서는 병목자원을 WIP가 최대인 자원으로 정의하였기 때문에 이를 그대로 적용한다.

#### 2) 병목자원 결정

표에서 나타난 바와 같이 S전자의 병목자원은 삽입공정 1번임을 알 수 있다. INS1의 평균 WIP는 19.44로 가장 많고, 평균대기시간 역시 36.26분으로 각 공정들간에서 가장 긴것을 알 수 있다. 한편 가동율 관점에서도 INS1이 0.98로 가장 높다는 것을 알 수 있다. 결국 본 논문에서 제시한 WIP로써 병목자원을 선정한다든지, 또는 대기시간 및 가동율로써 병목자원을 선정하든지간에 S 전자에서는 INS1이 병목자원으로 선정됨을 알 수 있다.

결국 INS1을 중심으로 PULL-PUSH 모형은 구축되며, 이와같은 방식으로 제조환경 변화로 인한 병목자원의 변경이 발생하는 경우에도 이와같은 방식으로PULL-PUSH 모형을 구축할 수가 있다.

### 4.2.2 PULL에 의한 모의실험 결과

PULL모형은 제 3장에서 언급한 구축 논리에 따라 완성되며, 전절에서 언급한 절차에 의해서 수행된 시뮬레이션 결과가 <표 4-5>에 나타났으며, 이것을 기초로 각 PULL 과 PUSH의 제조기법상의 특성을 살펴보면 PUSH모델은 라인의 가동율을 중심으로 설계된 모델이기에 PULL모델보다는 가동율이 월등하다는 것을 알 수 있다. 반면에 PULL모델은 대기시간과 재공품재고의 최소화로 설계된 모델이기에 PUSH모델보다 이두가지 성과에 대해 월등히 우수 할뿐만 아니라 총 제조시간에서도 우수함을 보여준다.

〈표 4-4〉 PUSH 모델에 의한 시뮬레이션 결과<sup>10)</sup>

Variable	N	Mean	Variable	N	Mean
486VS MT	100	84.40464	INS 4 UTIL	100	0.939333
486DX MT	100	83.85080	INS 5 UTIL	100	0.927187
386DX MT	100	84.57314	INS 6 UTIL	100	0.918879
TOTAL MT	100	84.44280	DIP UTIL	100	1.829849
SMT WT	100	19.11852	CUT UTIL	100	0.387663
OVEN WT	100	0.0004415	CLN UTIL	100	10.032645
INSP WT	100	0.00421	SMT 1 WIP	100	0.868780
INS WT	100	<u>36.29602</u>	SMT 2 WIP	100	15.606281
DIP WT	100	0.01014	OVEN WIP	100	0.00033700
CUT WT	100	0.00627	INSP WIP	100	0.003688
CLN WT	100	0.0009865	INS 1 WIP	100	<u>19.442919</u>
PRO WT	100	55.43662	INS 2 WIP	100	3.739475
SMT 1 UTIL	100	0.87099	INS 3 WIP	100	2.955553
SMT 2 UTIL	100	0.94759	INS 4 WIP	100	2.376796
OVEN UTIL	100	3.24896	INS 5 WIP	100	1.624943
INSP UTIL	100	0.41790	INS 6 WIP	100	1.604449
INS 1 UTIL	100	<u>0.98176</u>	DIP WIP	100	0.007604
INS 2 UTIL	100	0.96605	CUT WIP	100	0.004466
INS 3 UTIL	100	0.95231	CLN WIP	100	0.00070100

PUSH에 의해 100일간 수행된 시뮬레이션 결과에 대한 각 공정의 대기시간, 재공품재고, 가동율, 총 제조 시간을 나타낸 것이다.

〈표 4-5〉 PULL 모델에 의한 시뮬레이션 결과

Variable	N	Mean	Variable	N	Mean
총 제조 시간	100	41.330953	CLN UTIL	100	7.1159815
PRO WT	100	13.266189	SMT 1 WIP	100	1.0000000
제품 제조량	100	240.430000	SMT 2 WIP	100	0.3517530
SMT 1 UTIL	100	0.648247	OVEN WIP	100	0.3601479
SMT 2 UTIL	100	0.521270	INSP WIP	100	1.8749646
OVEN UTIL	100	2.103730	INS 1 WIP	100	0.7122230
INSP UTIL	100	0.266180	INS 2 WIP	100	0.3205572
INS 1 UTIL	100	0.663709	INS 3 WIP	100	0.2744369
INS 2 UTIL	100	0.662025	INS 4 WIP	100	0.2356852
INS 3 UTIL	100	0.657550	INS 5 WIP	100	0.1871909
INS 4 UTIL	100	0.656073	INS 6 WIP	100	0.1281253
INS 5 UTIL	100	0.654469	DIP WIP	100	0.0464074
INS 6 UTIL	100	0.650062	CUT WIP	100	0.0017225
DIP UTIL	100	1.296835	CLN WIP	100	0
CUT UTIL	100	0.274890			

10) · MT : 총제조시간 · INSP WT : 검사대기시간 · INS WT : 삽입공정 대기시간 · DIP WT : DIPING공정 대기시간  
 · CUT WT : CUTTING 공정대기 시간 · CLN WT : 세척공정 대기시간 · PRO WT : 총공정의 대기시간  
 · UTIL : 가동율 · WIP : 재공품재고

〈표 4-6〉 PULL-PUSH 모델에 의한 세물레이션 결과

ariable	N	Mean	Variable	N	Mean
총 제조 시간	100	40.2816318	CLN UTIL	100	9.613430
PRO WT	100	11.7302564	SMT 1 WIP	100	1.000000
제품 제조량	100	324.4200000	SMT 2 WIP	100	0.126279
SMT 1 UTIL	100	0.8737208	OVEN WIP	100	0.019343
SMT 2 UTIL	100	0.7050497	INSP WIP	100	0.475129
OVEN UTIL	100	2.8301603	INS 1 WIP	100	0.364183
INSP UTIL	100	0.3636404	INS 2 WIP	100	0.976016
INS 1 UTIL	100	0.9055427	INS 3 WIP	100	0.922846
INS 2 UTIL	100	0.9033522	INS 4 WIP	100	0.958433
INS 3 UTIL	100	0.8968443	INS 5 WIP	100	0.908969
INS 4 UTIL	100	0.8904400	INS 6 WIP	100	0.908969
INS 5 UTIL	100	0.8853834	DIP WIP	100	0.901837
INS 6 UTIL	100	0.8804794	CUT WIP	100	0.004804
DIP UTIL	100	1.7498893	CLN WIP	100	0.004791
CUT UTIL	100	0.3709513			0.000042

#### 4.2.3 PULL-PUSH에 의한 모의실험 결과

〈표 4-6〉은 본 논문의 주제인 PULL-PUSH 모델에 의한 시물레이션 결과이며 이 결과를 살펴보면 가동율은 PUSH모델을 추구하고 재공품 재고 및 가동율, 총제조시간은 PULL모델을 추구를 알 수 있다.

또한 PULL-PUSH모델의 성과를 보면 총제조시간이 PUSH에서는 평균 84분이 소요되었으나 PULL-PUSH모델에서는 그의 절반인 40분이 소요되었으며 대기시간과 재공품 재고에서도 월등한 차이가 있음을 알수있고 가동율에서는 약간 PUSH모델이 우세함을 알 수 있다.

#### 4.2.4 통계적 분석

본 연구에서 채택한 연구의 대상은 제조시스템의 특성상 FLOW SHOP의 형태를 띄고 있으며,

다수의 기계를 보유하고 있고, 다수의 부품이 가동되어 지는 특징이 있다.

본 절에서는 통계적 분석의 목적은 각각의 대안을 크게 PUSH시스템, PULL시스템, PULL-PUSH시스템의 3가지로 구분하여 이들 시스템에서의 WIP, 대기시간, 기동율 및 총제조시간의 성과의 우량을 비교해 본다. 분석방법은 SAS PC에서 제공하는 TUKEY ANOVA에 의하였고 다음의 표는 그에대한 결과를 나타낸 것이다.

표에서 나타난 바와 같이 각 제조전략상 성과를 비교해보면 먼저 총제조시간은 세 집단간에 성과에 차이가 있으며, 특히 Tukey검증에 따르면 PUSH전략은 PULL과 PULL-PUSH전략에 크게 못미치며, PULL과 PULL-PUSH는 차이가 없으나 평균에서 PULL-PUSH전략이 약간 우세함을 보여준다.

〈표 4-7〉 총제조시간에 대한 ANOVA TABLE

변동의 원천	자유도	자승의합	자승평균	F	P
집단간	2	130554.24	65277.12	2762.55	0.0001
집단내	297	7017.91	23.62		
합계	299	137572.16			
Tukey Grouping Mean N 제조전략					
		A	85.050	100	PUSH
		B	41.331	100	PULL
		B	40.282	100	PULL-PUSH

대기시간의 분석을 보면 총제조시간과 마찬가지로 PUSH전략은 PULL-PUSH전략보다 성과가 월등히 떨어지며 PULL과 PULL-PUSH는 차이가 없으나 평균에서 PULL전략이 우세함을 보여주고 있다.

〈표 4-8〉 대기시간에 대한 ANOVA TABLE

변동의 원천	자유도	자승의합	자승평균	F	P
집단간	2	126387.95	63193.97	2740.66	0.0001
집단내	297	6848.20	23.05		
합계	299	133236.16			
Tukey Grouping Mean N 제조전략					
		A	56.019	100	PUSH
		B	13.266	100	PULL-PUSH
		B	11.730	100	PULL

가동율에 대한 Tukey의 검증에 따르면 3가지 제조전략상 차이가 있음을 알 수 있고 PULL전략이 성과에서 가장 미미함을 보여주며 PUSH와 PULL-PUSH는 차이가 있으나 평균에서는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

〈표 4-9〉 가동율에 대한 ANOVA TABLE

변동의 원천	자유도	자승의합	자승평균	F	P
집단간	2	3.4154655	1.7077327	28427.37	0.0
집단내	297	0.0178418	0.0000600		
합계	299	3.4333073			
Tukey Grouping Mean N 제조전략					
		A	0.78705	100	PUSH
		B	0.72813	100	PULL-PUSH
		C	0.53707	100	PULL

재공품재고를 살펴보면 3집단간에 차이가 있음을 알 수 있고 PUSH전략이 재공품재고가 48개로 가장 많고 PULL과 PULL-PUSH는 차이가 없으나, PULL-PUSH전략이 평균에서 PULL보다 우세함을 보여준다.

〈표 4-8〉 대기시간에 대한 ANOVA TABLE

변동의 원천	자유도	자승의합	자승평균	F	P
집단간	2	122362.17	61181.08	3360.69	0.0001
집단내	297	5406.85	18.20		
합계	299	127769.03			
Tukey Grouping Mean N 제조전략					
		A	48.908	100	PUSH
		B	6.663	100	PULL
		C	5.493	100	PULL-PUSH

결국 본 통계적 분석에서의 종합적인 결론은 S전자와 같은 FLOW SHOP에서는 간판 시스템의 운영, 또는 이들의 결합형태인 PULL-PUSH시스템의 운영 등이 기존의 시스템보다는 전반적으로 성과가 좋음을 알 수 있다. 이들을 성과요인

별로 종합하여 결론지으면 다음과 같다.

재공품재고, 대기시간, 총 제조시간의 경우에는 PUSH시스템보다 PULL 및 PULL-PUSH시스템이 효과적이며, PULL시스템 보다는 PULL-PUSH결합이 효과적이라고 할 수 있다. 반면에 가동율에서는 PULL시스템이 가장 성과가 낮으며 PUSH가 가장 성과가 높으나 PULL-PUSH결합도 그에 상응함을 보여준다. 결국 PULL-PUSH전략이 본 연구에서 선정한 성과변수에 대해서 살펴보면 가장 성과가 우수함을 알 수 있다.

## 5. 결 론

다단계 생산 공정의 제조시스템은 크게 PUSH와 PULL 두가지 형태의 관리시스템으로 구분되어 있다. 전통적인 서구의 생산시스템인 PUSH는 작업이 생산의 첫단계에서 방출되고 차례로 재공품재고를 다음단계로 푸시하여 마지막 단계에서 제품이 나오게된다. 반면에 일본의 생산시스템인 JIT를 대표하는 PULL 시스템은 뒷공정에서 생산의 주도권을 쥐고 전공정에게 생산에 대한 지휘와 통제를 행한다. 이들 두가지의 제조기법은 생산현장에서 서로 상반되는 특징을 지니고 있다. PUSH시스템은 가동율이 높은 반면에 많은 재공품재고와 병목현상이 발생하며, PULL시스템은 재공품재고와 대기시간의 측면에서 PUSH보다 좋은 성과를 나타내지만 가동율에 있어서는 PUSH에 훨씬 못 미치는 성과를 나타낸다. 그러므로 본 논문에서는 이들 두가지에 대한 제조기법의 단점을 배제하면서 장점만을 선별적으로 선택할 수 있는 기법으로써 PULL과 PUSH를 결합한 PULL-PUSH 제조기법을 설계하였다.

본 연구를 통하여 제안된 PULL-PUSH 모형은 애로공정에 존재하는 병목자원의 관리를 핵심

으로 하고 있다. 이는 병목자원(애로공정)을 재공품재고의 양이 최대인 자원(공정)으로 정의하여 이들 공정 앞의 대기행렬의 길이를 최소한으로 하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 병목공정 앞의 전공정은 작업정보의 흐름을 역방향으로 하는 PULL방식을 사용하고 나머지 후공정에서는 PUSH방식을 유지하도록 설계하였다.

이를 실증분석하기 위하여 컴퓨터매인보드를 생산하는 S업체를 선정하여 사례분석을 하였다. 본 연구를 위하여 선정된 사례업체에서는 14가지 공정으로 작업이 이루어지며, 이들 중 제품제조에 있어 핵심이 되는 9개공정을 대상으로 시뮬레이션을 하였다. 1차 PUSH에 의한 시뮬레이션결과를 토대로 병목자원(애로공정)을 선정하였다. 사례업체에서는 제품제조공정중 삽입1공정(표 4-3 참조)이 대기시간과 가동율 및 재공품재고에 있어서 다른 공정보다 가장 높음을 알 수 있었다. 그러므로 삽입1공정을 병목(애로공정)으로하여 이전단계는 PULL시스템으로 하고 이후의 단계는 PUSH시스템으로 설계하여 PULL과 PUSH를 결합하였다.

이제 본논문을 크게 두가지 관점에서 결론을 요약 지으려 한다.

첫째, PULL과 PUSH가 결합된 PULL-PUSH시스템 전략의 효과로써

- ① 제조전략의 측면에서 기존의 PUSH전략과 PULL전략의 애로점을 제거하고 각각의 장점만을 택할 수 있는 PULL-PUSH전략의 수행가능성을 제시하였다.
- ② 성과향상의 측면에서는 별도의 투자가 요구됨 없이 과거로부터 제조활동에 유용하게 적용되왔던 기존의 기법들을 선정하여 이들을 적절히 결합시킨 새로운 대안을 제시하였다.

이들 활용기법들 중에서 JIT 및 OPT와 같은



관리기법들은 그 효과는 인정되면서도 실제 기업에의 적용이 아직까지는 그다지 대중화 되었다고 볼 수 없으므로 본 연구에서 제안된 결합전략 대안들은 그 실용도가 앞으로 매우 높을 것으로 여겨진다. 특히, 이와 같은 결합전략은 제조 환경이 열악한 국내 중소기업체에서의 실제 적용도가 높으리라고 여겨진다.

둘째, PULL과 PUSH가 결합된 PULL-PUSH 시스템모형의 성과여부를 실제로 측정하는 것으로서 성과를 측정하기 위해 성과변수는 총제조시간, 대기시간, 재공품재고, 가동율로 한정하여 기존의 PUSH시스템 및 간판을 기본으로 하는 PULL시스템과 각각비교하였으며, 이들은 모두 수차례 실행된 시뮬레이션의 결과를 토대로 통계적 분석에 의해서 비교하였다.

실제로 PULL-PUSH 결합제조기법과 기존의 개별제조기법인 PULL 및 PUSH에 대한 각각의 성과를 비교해보면 본 연구에서 사례기업으로 제시된 S전자에 적용시킨 결과 다음과 같은 결론을 도출해 낼 수 있었다.

다음표는 각제조기법을 100일간 시뮬레이션한 결과를 평균 내어 비교한 표이다.

성 과 변 수	각 제조전략의 평균값		
	PUSH	PULL	PULL-PUSH
재 공 품 재 고	48.90	5.49	6.66
대 기 시 간	56.01	13.26	11.73
가 동 율	0.78	0.53	0.73
총 제조 시간	85.04	41.33	40.28

표에서 나타난 바와 같이 재공품재고의 경우에는 PULL시스템이 가장 효과적이라고 할 수 있으며 PUSH시스템 보다는 PULL-PUSH 시스템이

더 효과적이다.

대기시간에서는 PULL-PUSH시스템이 가장 효과적이며 PUSH시스템 보다는 PULL시스템이 훨씬 효과적이라는 것을 알 수 있다.

가동율의 관점에서는 PUSH시스템 이 가장 우수하며 PULL-PUSH시스템이 PULL시스템보다 성과가 좋은 것으로 판명되었다.

한편 총제조시간에서는 PULL-PUSH가 가장 우수하며 PULL시스템이 PUSH시스템보다는 더 좋은 성과를 나타낸다.

결국 본연구에서 제시한 PULL-PUSH제조전략을 통계적 분석의 관점에서 보면 가동율에서는 PUSH와 동등한 성과를 유지하면서도 재공품재고의 감축, 대기시간의 단축 또는 총제조시간의 단축이라는 측면에서는 PULL모형과 대등한 성과를 획득한다는 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 김 재연, 「컴퓨터 시뮬레이션」, 박영사, 1991.
2. 이 철식, “생산성 전략 모형”, 고려대학교 박사학위 논문, 1986.
3. 김 기영, “시간중심 제조시스템 운영을 위한 지능적 의사결정지원시스템”, 고려대학교 박사학위 논문, 1992.
4. 이 상립, “적시생산시스템의 적용 가능성 평가를 위한 연구”, 이화여자대학교 석사학위 논문, 1989.
5. 김 진덕, “JIT시스템 도입의 성과에 관한 실증적 연구”, 인하대학교 석사학위 논문, 1989.
6. 권 재호, “CIM도입을 위한 적시생산 시스템의 적용에 관한 연구”, 전남대학교 석사학위 논문, 1988.
7. 조 용식, “적시생산시스템의 효율적인 도입”,

- 경북대학교, 석사학위 논문, 1989.
8. A.S Huff and R.D. Rege, "A review of strategic process research," *Journal of Management*, Vol. 13, No. 2, 1987, PP. 211-236
  9. B.J. Finch and J.F. Cox, "Strategic Use of WIP inventory: The Impact of Bill-of-Material shape and Plant Type". *Production and Inventory Management Journal*, Vol.30, 1st Quarter, 1989. PP. 63-67
  10. C.H. Fine and A.C. Hax, "Manufacturing Strategy: A Methodology and an Illustration", *Interfaces*, Vol.15, No.6, 1985, 28(PP.28-46)
  11. C.J. Anderson, et al., "Operations strategy : A literature review", *Journal of Operations Management*, Vol.8, No.2, 1989.
  12. E.E Adam Jr. and P.M. Swamidass, op., cit, 1989, PP.181-203.
  13. E.E. Adam Jr. and P.M. Swamidass, "Assessing Operations Management from Strategic Perspective", *Journal of Management*, Vol.15, No.2, 1989. PP.181-203.
  14. G.Forster and C.T. Horngren, "JIT": Cost Accounting and Cost Management Issues", *Management Accounting*, Jun. 1987. PP. 19-25.
  15. J.B. Edwards and J.A. Heard, "Is Cost Accounting the No.1 Enemy of Productivity?", *Management Accounting*, Jun. 1984, PP.44-49.
  16. J.E. Ashton and F.X. Look, Jr., "Time to Reform Job Shop Manufacturing", *Harvard Business Review*, Mar. - Apr. 1989, PP.106-111.
  17. L.Fahey and H.K. Christensen, "Evaluating the research of strategy content," *Journal of Management*, Vol.12, 1986, PP.167-183.
  18. R.C Barker and N.K. Powell, "A heuristic approach to the formulation of manufacturing strategy", *International Journal of Production Research*, Vol.27, No.12, 1989. PP.2041-2051.
  19. R.C. Barker, "Input adaptive strategy: Formulation, development and application of a functional manufacturing strategy", *International Journal of Production Research*, Vol.28, No.4, 1990. PP.675-683.
  20. R.S Kaplan, "Yesterday's accounting undermines production", *Harvard Business Review*, Jul. - Aug. 1984, PP.95-101.
  21. R.S Kaplan, "Measuring Manufacturing Performance: A New Challenge for Management Accounting Research", *The Accounting Review*, Oct. 1983. PP.686-705.
  22. R.Suri, "Reducing lead time, growth, and a new look", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.9, No.2, 1990. P.ii.
  23. R.W. Schmenner, "The Merit of Making Things Fast", *Sloan Management Review*, Fall 1988, P.11(PP.11-17).
  24. S.C. Wheelwright, "Japan, Where operations really are strategic," *Harvard Business Review*, Vol.59, No.4, 1981. PP. 67-74.

## 〈부 록〉 SIMAN 시뮬레이션 프로그램

```

PUSH 시뮬레이션 모델

ASSIGN:A(10)=TNOW-A(6);
DELAY:RN(A(4),1);
RELEASE:WORKER1;
;
INSERT2  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,7;
        SEIZE:WORKER2;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER2;
;
INSERT3  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,8;
        SEIZE:WORKER3;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER3;
;
INSERT4  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,9;
        SEIZE:WORKER4;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER4;
;
INSERT5  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,10;
        SEIZE:WORKER5;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER5;
;
INSERT6  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,11;
        SEIZE:WORKER6;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER6;
;
DIP      ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,12;
        SEIZE:SOLDER;
        ASSIGN:A(11)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(14,1);
        RELEASE:SOLDER;
;
CUT      ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,13;
        SEIZE:CUTTER;

BEGIN:
CREATE,400;
DUMP    QUEUE,1;
        SEIZE:DUMP;
        ALTER:DUMP,-1;
        DELAY:0;
        RELEASE:DUMP;
        ASSIGN:A(1)=TNOW;
        ASSIGN:A(2)=DP(17,1);
        ASSIGN:A(3)=A(2)+3;
        ASSIGN:A(4)=A(3)+3;
        ASSIGN:A(5)=A(4)+3;
;
SMT1    QUEUE,2;
        SEIZE:SMT1;
        ALTER:DUMP,+1;
        ASSIGN:A(7)=TNOW-A(1);
        DELAY:RN(A(2),1);
        RELEASE:SMT1;
;
SMT2    ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,3;
        SEIZE:SMT2;
        ASSIGN:A(7)=A(7)+(TNOW-A(1));
        DELAY:RN(A(3),1);
        RELEASE:SMT2;
;
OVEN    ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,4;
        SEIZE:OVEN;
        ASSIGN:A(8)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(13,1);
        RELEASE:OVEN;
;
INSPEC  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,5;
        SEIZE:INSPEC;
        ASSIGN:A(9)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(16,1);
        RELEASE:INSPEC;
;
INSERT1 ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,6;
        SEIZE:WORKER1;
    
```

```

ASSIGN:A(12)=TNOW-A(6);
DELAY:RN(A(5),1);
RELEASE:CUTTER;
;
CLEAN  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,14;
        SEIZE:CLEANER;
        ASSIGN:A(13)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(15,1);
        RELEASE:CLEANER;
;
        TALLY:A(2),INT(1);
        TALLY:4,INT(1);
        TALLY:5,A(7);
        TALLY:6,A(8);
        TALLY:7,A(9);
        TALLY:8,A(10);
        TALLY:9,A(11);
        TALLY:10,A(12);
        TALLY:11,A(13);
        TALLY:12,A(7)+A(8)+A(9)+A(10)+
            A(11)+A(12)+A(13):DISPOSE;
END;

        PULL 시뮬레이션 모델
;
BEGIN;
DUMP  CREATE,400;
        QUEUE,1;
        SEIZE:DUMP;
        ALTER:DUMP,-1;
        DELAY:0;
        RELEASE:DUMP;
;
        ASSIGN:A(1)=TNOW;
        ASSIGN:A(2)=DP(17,1);
        ASSIGN:A(3)=A(2)+3;
        ASSIGN:A(4)=A(3)+3;
        ASSIGN:A(5)=A(4)+3;
;
SMT1  QUEUE,2;
        SEIZE:SMT1;
        ALTER:DUMP,+1;
        ALTER:SMT1,-1;
        ASSIGN:A(7)=TNOW-A(1);
        DELAY:RN(A(2),1);
        RELEASE:SMT1;
;
SMT2  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,3;
        SEIZE:SMT2;
;
        ALTER:SMT2,-1;
        ALTER:SMT1,+1;
        ASSIGN:A(7)=A(7)+(TNOW-A(1));
        DELAY:RN(A(3),1);
        RELEASE:SMT2;
;
        ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,4;
        SEIZE:OVEN;
        ALTER:SMT2,+1;
        BRANCH,1:IF,NQ(5)+NR(3),
            GE,5,OVENOUT:ELSE,OVEN1;
OVEN1 ASSIGN:A(8)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(13,1);
        RELEASE:OVEN:NEXT(INSPEC);
OVENOUT ALTER:OVEN,-5:NEXT(OVEN1);
;
INSPEC ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,5;
        SEIZE:INSPEC;
        ALTER:OVEN,+1;
        ALTER:INSPEC,-1;
        ASSIGN:A(9)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(16,1);
        RELEASE:INSPEC;
;
INSERT1 ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,6;
        SEIZE:WORKER1;
        ALTER:INSPEC,+1;
        ALTER:WORKER1,-1;
        ASSIGN:A(10)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER1;
;
INSERT2 ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,7;
        SEIZE:WORKER2;
        ALTER:WORKER1,+1;
        ALTER:WORKER2,-1;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER2;
;
INSERT3 ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,8;
        SEIZE:WORKER3;
        ALTER:WORKER2,+1;
        ALTER:WORKER3,-1;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));

```

```

        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER3;
;
INSERT4  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,9;
        SEIZE:WORKER4;
        ALTER:WORKER3,+1;
        ALTER:WORKER4,-1;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER4;
;
INSERT5  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,10;
        SEIZE:WORKER5;
        ALTER:WORKER4,+1;
        ALTER:WORKER5,-1;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER5;
;
INSERT6  ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,11;
        SEIZE:WORKER6;
        ALTER:WORKER5,+1;
        ALTER:WORKER6,-1;
        ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
        DELAY:RN(A(4),1);
        RELEASE:WORKER6;
;
DIP      ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,12;
        SEIZE:SOLDER;
        ALTER:WORKER6,+1;
        ALTER:SOLDER,-1;
        ASSIGN:A(11)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(14,1);
        RELEASE:SOLDER;
;
CUT      ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,13;
        SEIZE:CUTTER;
        ALTER:SOLDER,+1;
        ALTER:CUTTER,-1;
        ASSIGN:A(12)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(A(5),1);
        RELEASE:CUTTER;
;
CLEAN    ASSIGN:A(6)=TNOW;
        QUEUE,14;
        SEIZE:CLEANER;
        ALTER:CUTTER,+1;
;
        ASSIGN:A(13)=TNOW-A(6);
        DELAY:RN(15,1);
        RELEASE:CLEANER;
;
        TALLY:A(2),INT(1);
        TALLY:4,INT(1);
        TALLY:5,A(7);
        TALLY:6,A(8);
        TALLY:7,A(9);
        TALLY:8,A(10);
        TALLY:9,A(11);
        TALLY:10,A(12);
        TALLY:11,A(13);
        TALLY:12,A(7)+A(8)+A(9)+A(10)+
            A(11)+A(12)+A(13):DISPOSE;
;
        END;
;
        PULL-PUSH 시뮬레이션 모델
;
        BEGIN;
        CREATE,400;
        DUMP    QUEUE,1;
                SEIZE:DUMP;
                ALTER:DUMP,-1;
                DELAY:0;
                RELEASE:DUMP;
                ASSIGN:A(1)=TNOW;
                ASSIGN:A(2)=DP(17,1);
                ASSIGN:A(3)=A(2)+3;
                ASSIGN:A(4)=A(3)+3;
                ASSIGN:A(5)=A(4)+3;
;
        SMT1   QUEUE,2;
                SEIZE:SMT1;
                ALTER:DUMP,+1;
                ALTER:SMT1,-1;
                ASSIGN:A(7)=TNOW-A(1);
                DELAY:RN(A(2),1);
                RELEASE:SMT1;
;
        SMT2   ASSIGN:A(6)=TNOW;
                QUEUE,3;
                SEIZE:SMT2;
                ALTER:SMT2,-1;
                ALTER:SMT1,+1;
                ASSIGN:A(7)=A(7)+(TNOW-A(1));
                DELAY:RN(A(3),1);
;

```

```

:          RELEASE:SMT2;          DELAY:RN(A(4),1);
:          :          RELEASE:WORKER4;
OVEN      ASSIGN:A(6)=TNOW;      :
:          QUEUE,4;          INSERT5  ASSIGN:A(6)=TNOW;
:          SEIZE:OVEN;          :          QUEUE,10;
:          ALTER:SMT2,+1;      :          SEIZE:WORKER5;
:          BRANCH,1;          :          ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
:          IF,NQ(5)+NR(3).GE,5,OVENOUT:
:          ELSE,OVEN1;          :          DELAY:RN(A(4),1);
OVEN1     ASSIGN:A(8)=TNOW-A(6); :          RELEASE:WORKER5;
:          DELAY:RN(13,1);      :          INSERT6  ASSIGN:A(6)=TNOW;
:          RELEASE:OVEN:NEXT(INSPEC); :          :          QUEUE,11;
:          :          SEIZE:WORKER6;
OVENOUT   ALTER:OVEN,-5:NEXT(OVEN1); :          :          ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6));
:          :          DELAY:RN(A(4),1);
INSPEC    ASSIGN:A(6)=TNOW;      :          :          RELEASE:WORKER6;
:          QUEUE,5;          :          :
:          SEIZE:INSPEC;      :          :          DIP      ASSIGN:A(6)=TNOW;
:          ALTER:OVEN,+1;      :          :          QUEUE,12;
:          ALTER:INSPEC,-1;    :          :          SEIZE:SOLDER;
:          ASSIGN:A(9)=TNOW-A(6); :          :          ASSIGN:A(11)=TNOW-A(6);
:          DELAY:RN(16,1);      :          :          DELAY:RN(14,1);
:          RELEASE:INSPEC;      :          :          RELEASE:SOLDER;
:          :          :
INSERT1    ASSIGN:A(6)=TNOW;      :          :          CUT      ASSIGN:A(6)=TNOW;
:          QUEUE,6;          :          :          QUEUE,13;
:          SEIZE:WORKER1;      :          :          SEIZE:CUTTE
:          ALTER:INSPEC,+1;    :          :          ASSIGN:A(12)=TNOW-A(6);
:          ASSIGN:A(10)=TNOW-A(6); :          :          DELAY:RN(A(5),1);
:          DELAY:RN(A(4),1);    :          :          RELEASE:CUTTER;
:          RELEASE:WORKER1;    :          :
:          :          :          CLEAN  ASSIGN:A(6)=TNOW;
INSERT2    ASSIGN:A(6)=TNOW;      :          :          QUEUE,14;
:          QUEUE,7;          :          :          SEIZE:CLEANER;
:          SEIZE:WORKER2;      :          :          ASSIGN:A(13)=TNOW-A(6);
:          ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6)); :          :          DELAY:RN(15,1);
:          DELAY:RN(A(4),1);    :          :          RELEASE:CLEANER;
:          RELEASE:WORKER2;    :          :
:          :          :          TALLY:A(2),INT(1);
INSERT3    ASSIGN:A(6)=TNOW;      :          :          TALLY:4,INT(1);
:          QUEUE,8;          :          :          TALLY:5,A(7);
:          SEIZE:WORKER3;      :          :          TALLY:6,A(8);
:          ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6)); :          :          TALLY:7,A(9);
:          DELAY:RN(A(4),1);    :          :          TALLY:8,A(10);
:          RELEASE:WORKER3;    :          :          TALLY:9,A(11);
:          :          :          TALLY:10,A(12);
INSERT4    ASSIGN:A(6)=TNOW;      :          :          TALLY:11,A(13);
:          QUEUE,9;          :          :          TALLY:12,A(7)+A(8)+A(9)+A(10)+
:          SEIZE:WORKER4;      :          :          A(11)+A(12)+A(13):DISPOSE;
:          ASSIGN:A(10)=A(10)+(TNOW-A(6)); END:

```

## DATA 모델

BEGIN:

PROJECT,PULL PUSH MODEL, Song, Master,5/8/93:

DISCRETE, 500,13,14:

RESOURCES:1,SMT1, 1:2, SMT2, 1:3, OVEN, 5:4, INSPEC, 1:  
 5, WORKER1, 1:6, WORKERS, 1:7, WORKER3, 1:  
 8, WORKER4, 1:9, WORKER5, 1:10, WORKER6, 1:  
 11, SOLDER, 3:12, CUTTER, 1:  
 13, CLEANER, 15:14, DUMP, 1:

PARAMETERS:1, 1.57,.,.17:2, 0,0:3, 1.37,.,17:  
 4, 1.13,.,02:5,.,6,.,02:6,1,.,02:  
 7,1.37,.,39:8,1.92,.,54:9,1.06,.,3:  
 10,0.5,.,08:11,.,7,.,11:12,.,5,.,08:  
 13,3.9,.,1:14,2.5,.,1:15,14,1:16,0.5,.,08:  
 17,.,18,1,.,34,2,1,3:

TALLIES:1,MT 486VS:2,MT 486DX:3,MT 386DX:  
 4,TOTAL MT:5,TOTAL WT SMT:6,TOTAL WT OVEN:  
 7,TOTAL WT INSP:8,TOTAL WT INS:9,TOTAL WT DIP:  
 10,TOTAL WT CUT:11,TOTAL WT CLN:12,TOTAL WT PRO:

REPLICATE,100,0,480:

DSTAT:1,NR(1),SMT1 UTIL:2,NR(2),SMT2 UTIL:3,NR(3),OVEN UTIL:  
 4,NR(4),INSP UTIL:5,NR(5),INS1 UTIL:6,NR(6),INS2 UTIL:  
 7,NR(7),INS3 UTIL:8,NR(8),INS4 UTIL:9,NR(9),INS5 UTIL:  
 10,NR(10),INS6 UTIL:11,NR(11),DIP UTIL:  
 12,NR(12),CUT UTIL:13,NR(13),CLN UTIL:  
 14,NQ(2),SMT1 WIP:15,NQ(3),SMT2 WIP:16,NQ(4),OVEN WIP:  
 17,NQ(5)INSP WIP:18,NQ(6),INS1 WIP:19,NQ(7),INS2 WIP:  
 20,NQ(8),INS3 WIP:21,NQ(9)MUBS4 WUO:22,NQ(10),INS5 WIP:  
 23,NQ(11),INS6 WIP:24,NQ(12),DIP WIP:  
 25,NQ(13),CUT WIP:26,NQ(14),CLN WIP:

END: