

동적환경하에서의 CONWIP(Constant Work In Process) 시스템 모델설정에 관한 연구

- A Study on Determine CONWIP(Constant Work In Process) System Model in the Dynamic Environment -

송 관 배 *

Song Kwan Bae

박 재 현 *

Park Jae Hyun

강 경 식 **

Kang Kyung Sik

Abstract

The traditional Kanban needs a lot of preconditions for fitting conditions of dynamic production processing environment. The traditional Kanban isn't suitable conditions of dynamic production processing environment. Therefore conditions of dynamic production processing environment is needed more stable system. This study is describe CONWIP system such as suitable in dynamic production processing environment.

Most Pull system is a Kanban system than use Kanban cards or signal for production management and inventory control. The object of Kanban system is reducing inventory between shop-floor that can reduce inventory cost. If the system reduce the number of Kanban cards would be reduce the working process WIP, can be reduced and can be found all potential problem of production between shop-floors.

This study apply to CONWIP system model for Korean industrial companies.

Key-word : CONWIP system, Pull system, Push system

* 명지대학교 산업시스템공학부 박사과정

** 명지대학교 산업시스템공학부 교수

1. 서론

다변화하는 생산환경에 대응하기 위한 방법은 지속적으로 연구되어 왔다. 1960년대 초부터 다루어지기 시작한 MRP 시스템은 1980년대 초까지 계속적으로 산업에서 사용되어져 왔다. 그러나 MRP는 재고가 증가되는 경향으로 제조경제에 전반적인 효과를 얻지 못하였다.[8] 반면, 1970년대에서 80년대 미국의 MRP 시스템에 대응하기 위한 JIT 생산 시스템은 전 세계인의 시선을 주목케 하였다. JIT 생산 시스템은 일본의 혁신적 생산시스템으로 TOYOTA 자동차의 Taiichi Ohno의 작업이 근원이 되어 발전되어 왔다. 그러나 JIT 생산 시스템은 정적인 기업환경에 적용되어 재고감소 및 생산 리드타임의 단축 등의 잇점을 가지고 있지만 동적인 기업환경에 도입하는데는 변동적인 생산요인 변수들로 인해 생산 시스템이 민감하게 반응하므로 기업 및 사회환경에 맞게 수정하지 않고서는 적용하기 어렵다. 이러한 문제점 때문에 우리나라를 포함한 동남아 많은 국가 및 기업들이 이 혁신적인 JIT 생산 시스템을 자국의 기업환경에 대한 적응 없이 수용하는데 많은 문제점에 봉착하게 되었고 시스템 자체의 위기를 촉발하게 되었다고 해도 과언이 아닐 것이다. 이에 많은 학자들은 기존의 Push 생산 시스템에서 JIT에 관한 Pull 생산 시스템으로의 생산방식의 변화를 피하여 동적환경 하에서의 JIT 생산 시스템 적용에 관한 연구의 다양한 방법을 개발해 왔다. 이러한 방법으로 Signal kanban, CONWIP, generic kanban, Hybrid push/pull 생산 시스템 등 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 이러한 방법들 중 Hybrid push/pull 생산 시스템의 하나인 CONWIP의 수행 면에서의 우월성에 대해 고찰하고자 한다.

동적환경 하에서의 JIT 생산 시스템의 운영에 관한 연구는 Terada, Kimura(1981), Bitran과 Chang(1985), Deleersnyder(1989), Mitra, Mitrani(1990) 그리고 Philipoom(1990)에 의한 분석적 모델의 발표로부터 시작하여 Terada와 Kimura(1981)의 다단계 연속 생산 시스템에서 간판 시스템에 대한 여러 가지 기본 공식의 제공과 Bitan과 Chang(1985)에 다단계 스테이지의 조립생산 시스템에서 여러 가지 기본 공식과 해의 절차의 발표로 발전되어 왔다. 그러나 이러한 연구는 단일 연속 시스템을 분석하는데 한계가 있었고 Pull 생산 시스템의 구조를 명확히 또는 정확히 모델화하지는 못했다. 그 이후 Spearman은 CONWIP을 이용한 간판 시스템의 변형된 형태를 연구·발표하였고(1990), Generic 간판 시스템에 대한 Chang과 YIH (1994)에 의해 연구되었다. Hybrid Push/Pull 시스템의 하나인 CONWIP 시스템은 현재까지 다른 시스템보다 정책면에서 동적인 기업환경에 적합한 것으로 평가받고 있다.

2. CONWIP(Constant Work In Process) 시스템

2.1 CONWIP 시스템과 간판의 비교

CONWIP는 작업현장 수준에서 투입과 생산 통제에 실질적인 방법을 제공하므로 CONWIP는 교통통제에 사용하는 기법과 유사하다. CONWIP는 다음과 같은 점에서 전통적인 간판 시스템과 다르다[1].

- ① 부품 번호 순서를 지시하는 주문 잔고 (Backlog)를 사용한다.
- ② 간판카드는 각 부품번호보다는 라인에서 생산하는 부품을 의미한다.
- ③ 작업은 라인이 시작되는 간판카드에 의하여 인가를 받으면 일련의 작업장에서 Push로 생산한다.

CONWIP는 전통적인 간판사용이 불가능한 다음과 같은 경우에 사용이 가능하다.

- ① 작업량이 적어 생산가동시간이 짧은 경우
- ② 준비시간이 큰 경우
- ③ 불량에 의한 손실이 많은 경우
- ④ 수요의 변동이 심하여 수요 예측을 할 수 없는 경우

2.2 CONWIP의 운영

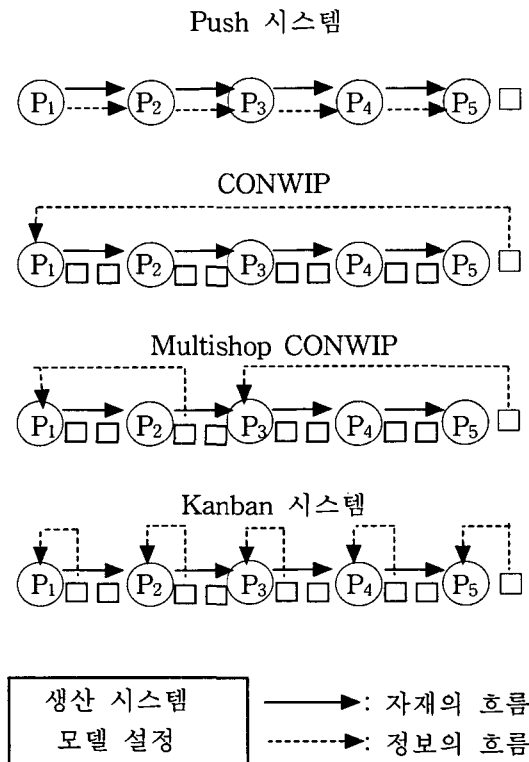
CONWIP는 고객이 시스템내를 떠날 수 없는 closed 대기 network와 같아 보이지만 끊임없이 생산시스템 내에서 순환한다. 물론 실체는 진입된 작업과 떠난 작업과는 다르지만 모델의 목적에 대해 차이는 없으며 모든 작업은 같다는 가정에 따른다. 반면에 Push, MRP 시스템은 라인에 작업이 들어가서 경과후에 출발하는 open 대기 network와 같다. 간판시스템은 차단하게(blocking)되는 closed 대기 network와 같은 단일카드 간판시스템이다[3]. CONWIP의 closed 대기 network 모델과 같이 간판 시스템은 각 작업장에서 간판의 수를 한정하는데 작업장에서 생산카드의 수는 작업장에 대한 최대 WIP수준을 수립하기 때문이다.

각 생산카드는 작업장 앞에서 한정적인 Buffer에서 정확히 공간과 같이 움직이고, Buffer가 차면 앞 작업장은 차단된다. CONWIP, Multishop CONWIP, 간판시스템, Push 시스템을 나타내면 [그림 1]과 같다.

기본적인 CONWIP는 다음과 같은 현장관리에서 잘 적용된다[3].

- ① 일정한 경로로 모든 부품은 기계에서 같은 경로로 이동된다.
- ② 유사한 가공시간을 갖는 모든 부품은 각 공정에서 거의 비슷한 작업시간을 요구한다. 이것은 공정이 바란스가 되어 있다는 것을 의미한다.
- ③ 각 작업에 있어서 라인을 통과하는 준비시간이 짧아 작업의 순서에 영향을 미치지 않는다.

일정한 WIP를 유지하는 가장 간단한 방법은 카드나 용기를 이용하는 방법이다. 표준 용기로 라인에 원자재가 도착하여 이용할 수 있는 CONWIP 카드가 있을 때만 라인안으로 들어가며, 이 카드는 종이나 철판, 플라스틱 등을 잘라 만들 수 있고 컨테이너로 이용할 수 있다. 카드에는 공정경로나 생산정보가 기재되어 있지 않기 때문에 간단하다. 카드가 라인 안으로 들어갈 때만 작업이 시작되고 카드는 재 순환한다. 라인에서 WIP는 CONWIP 카드수에 의하여 일정한 수준으로 남게 된다.



[그림 1] CONWIP 과 생산흐름 비교

CONWIP는 간단한 시스템이지만 다음과 같은 현장관리상 해결해야 할 문제가 있다[1].

① 작업의 주문잔고(Work backlog) 목록

CONWIP는 제품정보를 포함하지 않기 때문에 라인관리자나 작업자는 라인안으로 들어가는 작업을 선택하기 위해서 추가적인 정보를 필요로 한다. 주문잔고에 대한 정보는 다양한 방법으로 라인에서 전달될 수 있다. 작업에 대한 우선 순위는 한 장의 목록으로 주문잔고를 나타낼 수 있다.

② Line 규칙

라인은 선입선출(FIFO)이 되게 하고, 수율로스, 재작업문제 또는 여러 기계를 거칠 때 작업은 같은 순서로 시작되어 라인에서 배출된다. 왜냐하면 CONWIP 규칙은 일정한 속도로 라인이 가동되게 하여 작업의 주문잔고가 있는 작업조차 예측하기 쉽게 완성하게 하는데 있다. 그러나 라인이 길어 어떤 작업은 긴급을 요구하는 상황이 발생하여 무모하게 긴급작업을 하면 라인에서 변동이 크게 증가된다. 결과적으로 방해를 최소화하기 위해 우선 순위의 2가지 수준만을 허락하고, 특정 투입시점(Passing point)를 수립해야 한다. 투입시점(Passing point)는 라인에서 Buffer나 Stock 수준을 나타낸다. 일반적으로 부문사이에 CONWIP loop로 가동되고, 여기서 결품 등에 의한 긴급작업은 정상작업을 우선하여 작업을 인가한다. Buffer와 같은 자재를 갖는 작업장의 원칙은 긴급작업 리스트에서 첫번째 작업을 하고, 없다면 Buffer에서 현재에 가장 오래된 작업을 수행한다.

③ 간판카드 매수

CONWIP에 의하여 현장관리를 효과적으로 하기 위해서는 합리적인 WIP 수준을 고정해야 한다. WIP가 새로운 라인에서 수립된다면 그 때의 올바른 접근 방법은 합리적이고 가능한 싸이클 타임(CT)을 선택하여 WIP수준을 결정하고 라인에서 실질적인 생산율은 r_p 로 추정한다.

Little's Law을 이용하여 WIP 수준을 수립하면 다음과 같다.

$$WIP = CT \times r_p$$

$$(CT = LT : \text{lead time})$$

가정하는 실제적인 생산량은 r_p 에 가깝고 근사적으로 WIP 수준을 수립한다.

④ 비간판카드 운용

간판카드가 라인에서 변동의 폭이 커도 CONWIP시스템은 잘 가동하지만 일정한 WIP 규칙을 지키지 못하는 상황도 발생한다. 병목인 공정에서는 비병목 공정작업에서 작업한 부품들이 대기하게 되므로 작업의 손실이 발생한다. 이러한 상황을 막기 위하여 기계고장 등의 원인에 의하여 병목이 발생할 때에는 간판카드 없이 작업을 지시하고, 복원되면 다시 간판카드에 의하여 작업을 지시한다.

3. CONWIP 시스템의 분석

3.1 시뮬레이션 절차

한국기업에 적합한 시스템을 설정하기위해 본 연구에서는 [표 1]과 같은 절차에

의하여 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션을 하고 이 데이터의 결과를 가지고 수요변동의 영향 및 준비시간의 영향에 대해 분석한다.

[표 1]로부터 얻어진 시뮬레이션 데이터 결과는 다음과 같다

1. 수요변동에 따른 WIP 변화

구분	±10%	±20%	±40%	±50%	±100%
JIT	274	274	274	274	276
CONWIP	66.2	66.2	66.3	66.4	68.4
Push	1,596	1,596	1,598.6	1,609	1,790.9

2. 준비시간 변동에 따른 WIP 변화

구분	3 분	10 분	30 분	60 분	120 분
JIT	274	269.6	255.71	148.83	79.2
CONWIP	66.2	62.50	51.71	469.45	992.2
Push	1,596	1,528.9	1,495.2	1,854.3	2,671.5

[표 1] Simulation 절차

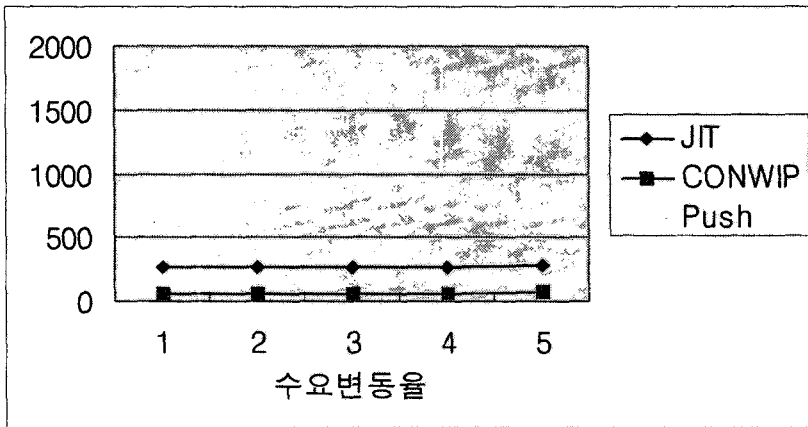
3.2 수요변동 분석

수요율의 변동을 각각 ±10%, ±20%, ±40%, ±50%, ±100%로하여 Signal 간판에 의한 JIT와 CONWIP, Push 시스템을 분석하면 [그림 2]와 같다.

수요가 변동에 따라 CONWIP의 WIP는 평균 66.5개로서 안정적인 수준을 유지하고, Signal 간판에 의한 JIT의 경우는 평균 274.4를 유지하고 있어 높은 수준에서 재고를 보유하고 있어 CONWIP이 우수하고, 반면에 Push 방식에서의 WIP는 매우 높은 수준인 평균 1,638.1개를 유지하고 있다. Push 방식에서 WIP 수준이 높은 것은 수요율보다 생산율이 적어 후공정에서 처리할 수 있는 능력에 관계없이 수요가 발생하기 때문이다.

한편 이용률은 JIT와 CONWIP 모두 약 56%선에서 유지되고 있는데 이는 수요에

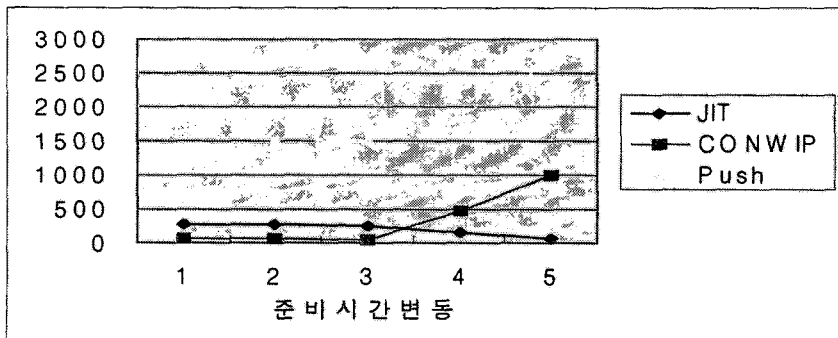
따라 생산하기 때문에 이용률이 낮다. 여기서 이용률이란 수요에 따라 생산할 수 있는 이용률(Readiness)로서 가동률(Utilization)의 개념이 아니므로 CONWIP와 JIT를 Push 시스템과 같이 이용률로 비교할 수는 없다. 오히려 수요를 만족시키면서 이용률이 낮다는 것은 생산시스템에 여력이 남아 있음을 의미한다.



[그림 2] 수요변동의 영향

3.3 준비시간의 변동 분석

준비시간의 수준을 3분에서 120분까지 수준을 변화시키면서 각 시스템의 성능을 분석하면 다음의 [표 1]과 같다. 준비시간이 3분인 경우는 수요변동이 $\pm 10\%$ 인 경우와 같다. 준비시간이 30분에서 60분, 120분으로 증가하는 경우 CONWIP의 WIP는 [표 1]에서와 같이 급속하게 증가하지만 Signal 간판에 의한 JIT의 WIP는 오히려 감소한다. 준비시간이 60분 이상되는 경우에 있어서 JIT나 CONWIP, Push 모두 수요율을 만족하지 못한다. CONWIP의 경우 수요달성률이 53.81%, 120분인 경우에는 54.18%로 떨어지게 된다.



[그림 3] 준비시간 변동의 영향

그러나, WIP만을 두고 볼 때에는 준비시간이 긴 로트생산에서는 Signal 간판이 우수하다. 따라서 생산량을 만족하고 생산리드타임을 단축하기 위해서는 무엇보다도 준비작업시간을 줄여 싱글교환을 이루고 나아가 윈터치 교환을 달성해야 함을 알 수 있다. 준비시간 단축만이 임가공위주의 생산을 실시하는 제조업체에서 생존을 위한 필수 조건이다.

4. 결론

CONWIP는 기업환경의 변화가 큰 동적인 환경에서 Pull 시스템의 이점을 갖고 이용되므로 수요의 변동이 심하고 기계고장 등의 요인에 의하여 생산리드타임이 안정되어 있지 못한 동적인 특성을 갖는 우리 나라 기업에 이용할 수 있다. 그리고 본 연구에서 살펴본 것처럼 CONWIP은 Pull, Push 생산방식의 장점을 취하여 재공재고를 줄이고 공정간에 정체하는 대기시간이나 정체시간을 줄일수 있어 생산 시스템의 효율을 높일 수 있고 생산 리드타임을 단축할 수 있다. 본 논문에서는 Push/Pull 시스템과 CONWIP 시스템에 관한 문헌적 고찰에 대하여 살펴보았고 CONWIP 시스템을 모형화 하였으며 다양한 Hybrid Push/Pull 시스템에서의 결과에 대한 비교를 이론적으로 고찰하였다. 시스템 모형화에 대한 수행 결과에서처럼 CONWIP 시스템은 다른 동적인 환경에서의 시스템보다 우수한 결과를 낳았고 현재까지 CONWIP 시스템에 대한 우수성은 여러 논문에서 입증되었다.[4][5]

추후연구과제로 (1) 실례를 통한 수리적 접근방법으로 CONWIP 시스템과 각각의 다른 시스템들을 비교하여 시뮬레이션을 통한 방법과 비교하고 (2) 수요의 변동요인 및 생산변동 요인 등 시스템 변화에 영향을 주는 기준 요인을 설정하며 (3) 서로 다른 생산환경 하에서의 각 시스템의 적용방법의 차이점을 설정하고자 한다.

5. 참고 문헌

- [1] Spearman, M.K., Woodruff, D.L., Hopp, W.J. CONWIP : a pull alternative to Kanban, INT. J. PROD. RES., Vol.28, No.5, 1990, pp 879-894.
- [2] 한국형 JIT생산 시스템 설정: 김태호, 1995
- [3] Hoff, W., Spearman, M.L., Factory Physics, IRWIN, 1996.
- [4] Krajewski, L.J., King, B.E. and Ritzman, L.P., Kanban, MRP, and Shaping the Manufacturing Environment, Management Science, Vol.33, No.1, January, 1987, pp. 39-57.
- [5] Monden, Toyota production system, Champan & Hall, 1994.
- [6] Philipoom, P.R., Rees, L.R., Taylor, B.W., III & Haung, P.Y., INT. J. PROD. RES., Vol., 25, No.3, 1987, pp. 457-472

저 자 소 개

송 관 배 : 명지대학교 대학원 석사, 명지대학교 대학원 박사과정.

하이닉스 반도체 CAO HR담당 인사팀장

관심분야 생산관리, 통계, 경영과학.

박 재 현 : 명지대학교 산업공학과 학사·석사·박사수료

현재 서일대학 공업경영과 초빙교수로 재직 중

주요 관심분야는 생산관리, 품질관리, 공정관리 등

강 경 식 : 현 명지대학교 산업공학과 정교수.

명지대학교 산업안전센터 소장 및 안전경영과학회 회장.

관심분야 생산운영시스템, 시스템 안전.