

반도체 생산라인에서 SA를 이용한 최적 WIP수준과 버퍼사이즈 결정

정재환* · 장세인** · 이종환***

*금오공과대학교 컨설팅대학원, **금오공과대학교 산업공학과

Determining Optimal WIP Level and Buffer Size Using Simulated Annealing in Semiconductor Production Line

Jaehwan Jeong*, Sejin Jang** and Jonghwan Lee***†

*Graduate School of Consulting Kumoh National Institute of Technology,

**School of Industrial Engineering Kumoh National Institute of Technology

ABSTRACT

The domestic semiconductor industry can produce various products that will satisfy customer needs by diversifying assembly parts and increasing compatibility between them. It is necessary to improve the production line as a method to reduce the work-in-process inventory (WIP) in the assembly line, the idle time of the worker, and the idle time of the process. The improvement of the production line is to balance the capabilities of each process as a whole, and to determine the timing of product input or the order of the work process so that the time required between each process is balanced. The purpose of this study is to find the optimal WIP and buffer size through SA (Simulated Annealing) that minimizes lead time while matching the number of two parts in a parallel assembly line with bottleneck process. The WIP level and buffer size obtained by the SA algorithm were applied to the CONWIP and DBR systems, which are the existing production systems, and the simulation was performed by applying them to the new hybrid production system. Here, the Hybrid method is a combination of CONWIP and DBR methods, and it is a production system created by setting new rules. As a result of the Simulation, the result values were derived based on three criteria: lead time, production volume, and work-in-process inventory. Finally, the effect of the hybrid production method was verified through comparative analysis of the result values.

Key Words : Semiconductor Production Line, Simulation Annealing, WIP, Buffer Size

1. 연구 배경 및 방법

제조 기업에서는 치열한 경쟁과 점점 짧아지는 제품의 수명주기, 그리고 고객의 욕구가 다양화됨에 따라 제품의 다양화와 생산성 증대라는 목표로 여러 단계의 공정으로 이루어진 생산시스템을 운영한다.

고객의 요구를 맞추기 위해서는 기업 내부 개선을 중

심으로 관심과 투자가 필요하지만 사실상 어려움이 많다. 따라서 기업에서는 현재 보유하고 있는 자원을 효율적으로 운영하고 작업효율을 높이고 생산성 향상을 통해 고객의 요구에 적절히 대응할 수 있는 여건을 조성하고 이를 통해 기업이 목표로 하는 경제적인 이익을 달성하고자 한다. 이를 위해선 현 상황을 정확히 분석하여 현재 보유하고 있는 생산설비와 작업자를 최대한 효율적으로 활용해 최적화된 생산방식을 찾아 이를 적절히 이용하여야 한다.

†E-mail: shirjei@kumoh.ac.kr

제품 특성상 대량생산 시스템의 적용이 불가피한 반도체, 자동차 산업, 가전제품 산업 등에서 조립부품들을 다양화하고 이들 간의 호환성을 증대시킴으로써 고객의 욕구를 충족시킬 수 있는 다양한 제품생산이 가능한 모듈 생산을 행하고 있다. 각 작업장에서는 여러 가지 유형의 조립 작업을 수행하고 있다. 반도체 조립라인에서 재공품 재고(WIP)와 작업자의 유희시간과 공정의 유희시간을 감소시키기 위한 방법으로 생산라인의 개선이 필요하다. 생산라인의 개선을 통해 각 공정의 능력을 전체적으로 균형 잡히게 하는 것으로 각 공정 사이의 소요시간이 균형이 되도록 제품 투입시점 결정이나, 작업공정 순서를 결정하는 것이다.

본 연구의 목적은 병목공정을 가지고 있는 병렬 조립라인을 효과적으로 관리하는 새로운 생산제어방식을 제시하는 것이다. 따라서 가상의 조립라인 생산 공정 환경을 정의하고 기본 Pull 시스템을 이용한 모델링을 구축하였다. 그리고 동일한 생산 환경 조건에 기존의 생산시스템인 CONWIP, DBR시스템에 적용하였고, 새로운 Hybrid 생산시스템에도 적용시켰다. 여기서 Hybrid 생산방식은 CONWIP과 DBR방식을 결합한 것으로 새로운 규칙을 정해 만들어진 생산시스템이다. 1개의 완제품이 되기 위해 필요한 2가지 부품의 생산개수를 맞추면서 리드타임을 최소화 하는 최적의 WIP수준과 버퍼 사이즈를 Heuristic Method인 Simulated Annealing을 이용하여 구하였다. SA알고리즘으로 구한 WIP수준과 버퍼사이즈를 세 가지 시스템에 적용해 시뮬레이션을 실시하였고, 그 결과 리드타임, 생산량, 재공품 재고 등 3가지 척도를 기준으로 결과 값을 도출한다. 마지막으로 결과 값의 비교 분석을 통해 Hybrid생산방식의 효과를 검증한다.

2. 생산 시스템

2.1 Push/Pull System

Push 시스템은 미리 정해져 있는 생산계획과 자재공급의 흐름에 의해 생산라인의 운영이 통제되는 방식이다. 반면 Pull 시스템 경우에는 후 공정의 작업 상태와 필요에 따라 전 공정의 작업이 연쇄적으로 제어되는 방식이다. 즉 Push 시스템은 수요에 기반을 두고 작업투입 계획을 세우지만, Pull 시스템은 시스템의 상태에 따라서 작업투입을 허용한다.

Push 시스템에서 작업들이 생산 공정으로 투입되는 경우에는 외부 일정계획에 의하여 요구되는 경우이다. 투입시점은 공정 상태에 따라서 변경되지 않는다. 반면에 Pull 시스템은 라인상태의 변화를 알리는 신호가 발생하는 경우에만 작업들이 작업장으로 투입되도록 허용한다[1,8].

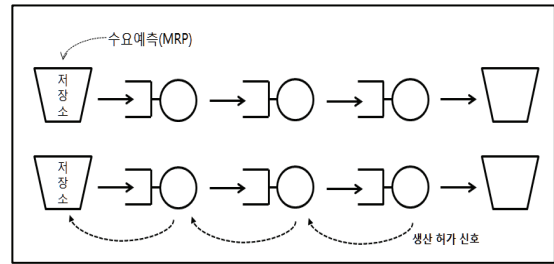


Fig. 1. Push/Pull Method Model.

Pull시스템 전략의 가장 대표적인 생산방식으로는 일본의 Toyota 자동차의 JIT(Just In Time)가 있다. JIT시스템은 필요한 만큼, 필요한 시간에 적시 생산하여 공정 간의 Buffer를 최소화하는 것으로 Kanban에 의해 관리된다. Kanban은 전 공정과 후 공정 사이의 생산 허가 신호를 보낼 때 사용되는 것으로 Kanban의 총 개수는 시스템 효율에 큰 영향을 미친다. Kanban의 수를 줄이는 것은 생산 시스템의 생산성이 증가되는 결과를 쉽게 확인할 수 있지만, Kanban의 무리한 감소는 공정이 정지되는 상태가 발생할 가능성이 많으므로 생산라인 운영전략을 잘 계획하여 적용하여야 한다.[2]

2.2 CONWIP System

CONWIP은 Constant WIP을 뜻하며 즉, 공정 내 재공수량을 일정하게 유지하면서 생산하는 방식이다. 마지막 공정에서 완제품이 하나 완성되면 맨 첫 공정에서 새로운 제품(소재)을 투입하는 흐름운영방법을 적용한 생산시스템이다. 고객이 시스템 내를 떠날 수 없는 폐쇄된 대기행렬과 같이, 공정이 종료된 제품이 다시 처음 공정으로 돌아와서 순환하는 것과 같은 형식으로 운영된다.

초기 CONWIP에 대한 연구는 Spearman, Duenyas, Hopp의 연구를 들 수 있다. 이 중에서도 Spearman은 처음으로 Kanban System이 생산 공정에서 성공적으로 적용될 수 있었던 이유가 수요가 발생할 때마다 선행 공정에서 견인하는 Pull System 방식에서 기인되는 것이 아니라 재공품 재고를 일정한 수준 이하로 유지, 통제하는 방식에서 기인된 것임을 제시하였다.[3]

따라서, CONWIP은 JIT 시스템의 단점을 보완하면서 파생된 생산 공정의 운영기법이다. 또한, 하나의 공정을

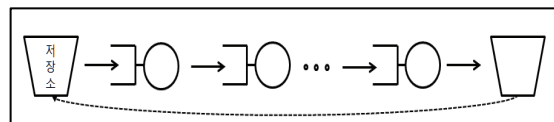


Fig. 2. CONWIP Method Model.

복수의 CONWIP으로 나누어 제어하는 경우를 Multi-shop CONWIP이라고 한다. 이것을 세분화하여 공정마다 CONWIP시스템의 WIP을 제어한다면 JIT시스템과 동일한 흐름관리 방법이 된다.[4]

2.3 TOC/DBR System

TOC(Theory of Constraints)는 이스라엘의 물리학자인 골드렛 박사가 1970년대부터 연구해 왔던 개념과 도구를 집대성한 경영 패러다임이다. 1970년대 후반에는 골드렛은 공장의 스케줄링 문제를 해결하기 위해 개발한 OPT(Optimized Production Technology)라는 스케줄링 소프트웨어를 통해 널리 알려지게 되었고, The Goal이라는 소설을 통해 OPT의 원리를 설명하고 경영이론으로 발전시키게 되었다. 이후 생산, 물류 분야 뿐만 아니라 성과측정, 정책의사결정 등의 경영 전 분야에서 많은 성과를 보이고 있다.[5]

생산시스템 분야에서 보면, 생산 공정 중 존재하는 애로공정(Bottleneck)이 생산 공정 전체의 흐름을 좌우하므로, 애로공정을 찾아 개선하는 것이 가장 효과적인 공정 개선 방법이다.

DBR(Drum-Buffer-Rope)은 전체 공정의 생산 능력이 제약 공정처럼 가장 작은 능력을 가진 공정에 의해 결정된다는 개념에서 시작된다. 생산해야 할 주문량에 비해 가장 낮은 능력을 가진 공정을 CCR(Capacity Constraint Resource)이라 부르고 CCR을 최대한 가동할 수 있도록 만드는 생산 시스템이다.

공정 중 가장 낮은 생산능력을 가진 제약공정이 있다면 저장소의 원자재 투입은 CCR인 드럼에 맞춰서 이뤄져야 한다. CCR을 최대한 가공되기 위해서는 CCR 앞에 버퍼를 두는 것이다. 버퍼는 CCR의 가동률이 낮아지는 것을 방지한다. 그리고 원자재가 버퍼로 흘러가는 시간적 크기를 고려하기 위해 로프를 만든다. 로프는 단순히 시간적 크기만을 고려하기 위한 것뿐만 아니라 로프내 흐름을 조절하기 위한 하나의 monitoring 장치가 된다.[6]



Fig. 3. DBR Method Model.

3. SA(Simulated Annealing)

3.1 SA 알고리즘 개념

SA(Simulated Annealing)는 최적화 문제에 널리 사용되는 알고리즘이다. 단순한 수식적 전개로 최적 해를 찾는 것

이 아니라, 생물학이나 물리적 현상을 모형으로 하여 확률적으로 해를 찾는 방법들이다. 1983년 Kirkpatrick에 의해 고안된 SA는 입자들의 온도와 에너지 관계를 모형화한 것이다. 그래서 모의 담금질 방법이라고도 한다. 일반적으로 입자들은 고온에서 높은 에너지를 가지며 넓은 범위를 빠른 속도로 운동한다. 하지만, 저온에서는 에너지가 낮아 운동 범위나 속도가 많이 감소하게 되는데, 만일 고온의 물체를 갑자기 냉각시키게 되면, 물체의 입자 배열은 매우 불규칙하게 된다. 그렇지만, 물체의 냉각 속도를 천천히 하게 되면, 입자의 운동량은 서서히 줄어들고, 결국 물체의 입자는 매우 규칙적인 최소 에너지 상태의 결정 형태를 띠게 된다. SA는 이러한 현상을 최적화 문제에 적용시킨 알고리즘으로 하나의 해를 기반으로 이를 온도에 따라 적절히 담금질하여 최적의 상태로 수렴시키는 것이다.[7]

3.2 SA 알고리즘 방법과 용어설명

SA(Simulated Annealing) 방법은 온도에 따른 입자의 에너지 변화를 모형으로 하였다. 특정 물체의 온도를 높여 주었다가 서서히 내려주면, 그 물체의 입자 구조가 에너지 상태가 낮은 결정형으로 일정하게 되듯이, 개체의 온도를 높은 곳에서 낮은 곳으로 서서히 내려주어, 해당 개체가 광역 최적으로 수렴하도록 하는 방법이다. 다음은 SA방법에서 사용되는 용어들이다.

1) 상태(state)

모의실험 과정에서 사용되는 탐색점 한 개를 말하며, 각각의 개체들은 주어진 환경, 곧 비용함수나 적응도 함수에 대한 함수 값의 정보를 갖고 있다.

2) 온도(temperature)

온도에 따라 입자들이 가지는 에너지가 달라지는데, 높은 온도일수록 입자들은 높은 에너지를 가지며, 활발한 운동을 펼친다. SA방법에서 온도는 현 상태에서 다음 상태로 넘어갈 때의 이동 범위를 정하는 변수로서, 온도가 높을수록 이동 범위가 넓으므로 나쁜 상태로 넘어갈 확률이 높아진다.

3) 천이(transition)

현 상태가 변화하는 과정을 천이라 하며, 일반적으로 좋은 상태로의 천이는 항상 가능하고, 나쁜 상태로의 천이는 확률적으로 가능하다. SA방법에서 널리 사용되는 천이 방법으로는 metropolis 방법과 logistic 방법이 있다.

4) 담금질(annealing)

담금질은 입자가 매우 규칙적인 최소 에너지 상태의

결정을 얻기 위해 물체의 온도를 변화시키는 과정이다. 이는 정해진 방법으로 온도를 낮추며, 담금질 속도가 너무 빠르면 지역 최적점에 빠질 수 있고, 반대로 속도가 너무 느리면 전역 최적 점까지 도달하는 데까지 오랜 시간이 걸린다.

5) 비용(cost)

한 상태를 최적화할 함수에 대해 평가한 결과 값을 나타낸다. 각각의 개체들이 주어진 문제에 얼마나 적절한가가 중요한 사안이 되는데, 이를 수치로 나타내는 값이 비용이다.

3.3 SA 알고리즘 전개과정

SA(Simulated Annealing) 방법은 온도에 따른 입자의 에너지 변화를 모형으로 하였다. 특정 물체의 온도를 높여 주었다가 서서히 내려주면, 그 물체의 입자 구조가 에너지 상태가 낮은 결정형으로 일정하게 되듯이, 개체의 온도를 높은 곳에서 낮은 곳으로 서서히 내려주어, 해당 개체가 광역 최적으로 수렴하도록 하는 방법이다.

Table 1. SA Algorithm Development Process

```

begin
  Get an initial solution S;
  Get an initial temperature T>0;
  While not yet "frozen" do
    for I=1 to P (Iteration) do
      Pick a random neighbor S' of S;
      Δ : input cost(S')—cost(S);
      if Δ ≤ 0 then S ← S'
      move to the good state
      if Δ > 0 then S ← S'

      If  $\exp(-\frac{\Delta}{T}) \geq \text{random}(0,1)$  then
        move to the new state
    end for
    T ← rT;
  return S
end
output : the final state s
    
```

Table 2. SA Algorithm Variable Description

변수	설명
S	초기값
S'	새로 찾은 값
Cost(S)	초기 값을 넣었을 때의 Objective 값
Cost(S')	새로운 값을 넣었을 때의 Objective 값
T	온도값

4. 실험 조건 및 프로세스 정의

4.1 실험조건 설정

본 연구에서 실험을 위한 생산 환경조건과 병목공정을 가지고 있는 조립라인의 모형은 다음과 같이 정의하였다.

Table 3. Production Environment Condition

개요	조건
공통	<ul style="list-style-type: none"> • 흐름식 생산라인 • 수요와 공급은 항상 유지 • 2개의 병목공정과 1개의 조립공정이 존재 • 공정 내에서 작업 중인 재공품도 WIP으로 간주 • 고장이 없는 공정 • 작업준비시간(Setup Time)은 무시

생산시스템의 공정 수는 조립공정까지 총 12개이며, 고장이 없는 공정이다. 병목공정은 3번, 9번으로 정의한다. 일반 공정의 시간은 지수분포(Expo(5)), 병목공정의 시간은 지수분포 (Expo(10))를 따른다.

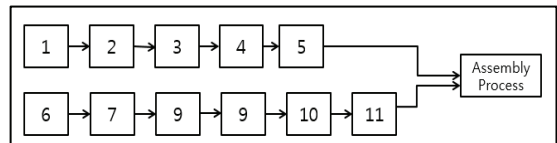


Fig. 4. Assembly Line with Bottleneck Process.

부품 b1은 1,2,3,4,5번 공정을 지나 마지막으로 조립공정을 거치며 Line 1이라 부른다. 부품 b2는 6,7,8,9,10,11공정을 지나 b1부품과 함께 조립공정을 거쳐 완제품 A가 되며 Line 2라 부른다. 각 Line은 하나의 병목공정을 가지고 있고, Line 2의 공정이 Line1의 공정보다 하나 많기 때문에 조립공정의 대기행렬이 길어진다. 조립공정의 대기행렬과 각 병목공정의 문제를 해결하기 위해 최적의 WIP과 버퍼 사이즈를 찾은 후 CONWIP, DBR, Hybrid 생산시스템에 적용하여 실험을 진행할 것이다.

4.2 프로세스 정의

4.2.1 CONWIP System

Fig 5는 2개의 병목공정이 존재하는 조립라인에 CONWIP 시스템을 적용한 생산시스템이다. CONWIP은 전체 공정의 WIP수준을 관리하는 생산 방식이다. 전 공정의 WIP수준이 제한 WIP수준보다 작을 경우 원자재 투입을 허가한다. 병렬 라인일 경우 조립공정 앞의 각 라인의 WIP수준을 통제함으로써 원자재 투입을 결정한다. 원자재 투입 규칙은 Table 4와 같다.

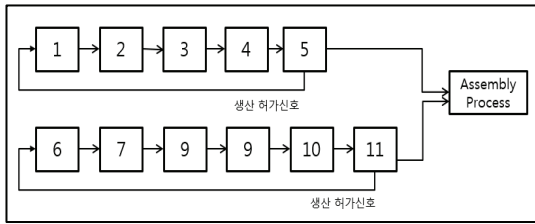


Fig. 5. CONWIP Method Model of Assembly Line.

Table 4. Raw Material Input Rules in the CONWIP System

규칙	내용	
Rule 1	Line1	1~5번 공정의 WIP 수준이 제한 WIP 수준 이하일 경우 원자재(b1)를 투입한다.
	Line2	6~11번 공정의 WIP 수준이 제한 WIP 수준 이하일 경우 원자재(b2)를 투입한다.

4.2.2 DBR System

DBR방식은 병목공정의 WIP를 집중적으로 관리하는 생산 시스템이다. Line 1과 Line 2에 각각의 DBR방식을 적용하고, 병목공정을 효율적으로 관리한다. 병목공정(3번, 9번)의 버퍼의 사이즈가 제한 버퍼 사이즈보다 작을 경우 원자재 투입을 허가한다. SA 알고리즘을 적용하여 최적의 버퍼 사이즈를 구할 것이다. DBR 시스템의 원자재 투입 규칙은 Table 5와 같다.

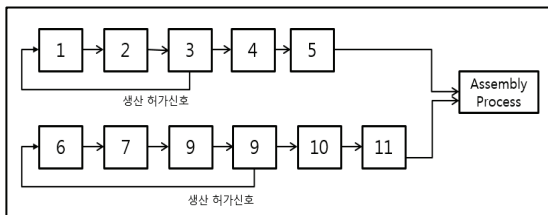


Fig. 6. DBR Model of Assembly Line.

Table 5. Raw Material Input Rules in DBR System

규칙	내용	
Rule 1	Line1	3번 병목공정의 버퍼사이즈가 제한 버퍼 사이즈 이하일 경우 원자재 (b1)를 투입한다.
	Line2	9번 병목공정의 버퍼사이즈가 제한 버퍼 사이즈 이하일 경우 원자재 (b2)를 투입한다.

4.2.3 Hybrid System

CONWIP과 DBR을 결합한 Hybrid방식은 병목공정을 집중적으로 관리하면서 전체의 WIP수준을 관리할 수 있는 방법이다. 2개의 병목공정과 Line 1, Line 2의 WIP 수준을 설정하여 원자재 투입을 관리함으로써 불필요한 원자재 투입을 막는다. Hybrid 생산방식의 원자재 투입 규칙은 Table 6과 같다.

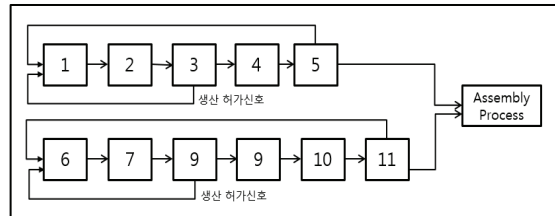


Fig. 7. Hybrid Model of Assembly Line.

Rule1, Rule2는 CONWIP과 DBR방식의 규칙과 같다. 조립공정의 대기행렬에서 부품 b1과 부품 b2의 차이가 많이 날 경우 조립을 위해 한 부품이 다른 부품을 기다리면서 리드타임이 그만큼 길어진다. 이를 방지하기 위해 Rule 3 과 Rule 4를 적용하였다. Rule 3과 Rule 4의 b1, b2차이가 5개 이하일 경우로 정한 것은 조립 공정 앞의 대기행렬이 평균 5이기 때문이다. Hybrid 생산방식의 Rule 경우 Rule1,2,3 이 모두 만족할 경우 원자재가 투입되며 원자재의 차이가 5개 초과일 경우만 Rule4가 우선 적용된다.

Table 6. Raw Material Input Rules of the Hybrid System

규칙	내용	
Rule1	Line1	1~5번 공정의 WIP 수준이 제한 WIP 수준 이하일 경우 원자재(b1) 투입
	Line2	6~11번 공정의 WIP 수준이 제한 WIP 수준 이하일 경우 원자재(b2) 투입
Rule2	Line1	3번 병목공정의 버퍼사이즈가 제한 버퍼 사이즈 이하이고, 첫 번째 공정이 Idle일 때 원자재(b1) 투입
	Line2	9번 병목공정의 버퍼사이즈가 제한 버퍼 사이즈 이하이고, 첫 번째 공정이 Idle일 때 원자재(b2) 투입
Rule3	조립공정의 대기행렬에서 부품 b1과 b2의 차이가 5개 이하일 경우 원자재 투입	
	조립공정의 대기행렬에서 부품 b1과 b2의 차이가 5개 초과일 경우 적은 부품의 원자재만 투입	

4.3 SA 알고리즘의 적용

4.3.1 SA 알고리즘 적용과정

최적의 WIP수준과 버퍼사이즈를 정하기 위해 SA에서 사용하는 측정값 ObjectFunction을 다음과 같이 정의하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Obj Min lead time}(b1) + \text{Lead time}(b2) \\ & \text{Subject to } \text{lead time}(b1) > 0 \\ & \text{lead time}(b2) > 0 \end{aligned}$$

현재의 WIP수준과 버퍼사이즈를 가지고 있는 리드타임 시간을 P, 새로운 WIP수준과 버퍼사이즈를 가지는 리드타임 시간을 P'라고 하였을 때, ΔL은 새로운 WIP수준의 리드타임에서 현재의 WIP수준 리드타임을 뺀 값으로 정의하며 식은 (1)과 같이 나타낸다.

$$\Delta L = \text{Lead Time}(P') - \text{Lead time}(P) \quad (1)$$

Lead Time(P'): 새로운WIP수준과 버퍼사이즈의 리드타임
 Lead Time(P): 현재 WIP수준과 버퍼사이즈의 리드타임

ΔL < 0 일 경우는 새로운 WIP수준과 버퍼사이즈를 항상 채택하고, ΔL >= 0 일 경우는 식 (2)와 같이 SA의 확률식에 의해 채택될 확률이 결정된다. 채택될 확률이 구해지면 난수를 발생하여 채택될 확률이 난수보다 클 경우만 채택된다.

$$\text{Accept Probability} = \exp^{-\Delta L/T} \quad (2)$$

T: temperature

식 (2)로부터 초기 온도가 높을 때에는 열등한 해를 수용할 확률이 크지만 수행이 반복되면서 온도가 감소하면 열등한 해를 수용할 확률은 점차 감소하게 된다.

4.3.2 SA 알고리즘 적용결과

본 연구에서는 SA알고리즘을 이용하여 CONWIP, DBR, Hybrid 시스템이 적용된 생산시스템의 최적 WIP과 버퍼사이즈를 도출하였다.

Table 7. SA Algorithm Optimal WIP Level and Buffer Size

생산방식	Line 1		Line 2	
	WIP	Buffer Size	WIP	Buffer Size
CONWIP	12	·	16	·
DBR	·	8	·	9
Hybrid	12	6	16	8

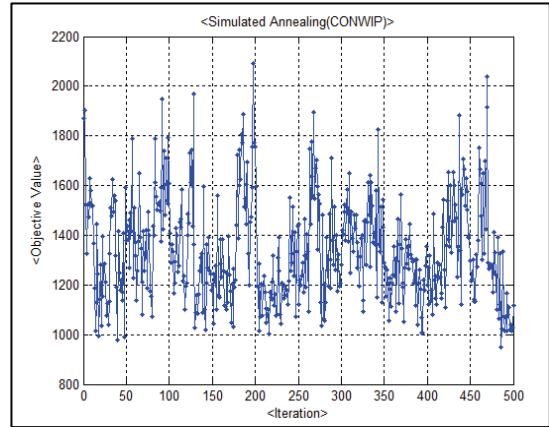


Fig. 8. CONWIP System Object Function Value.

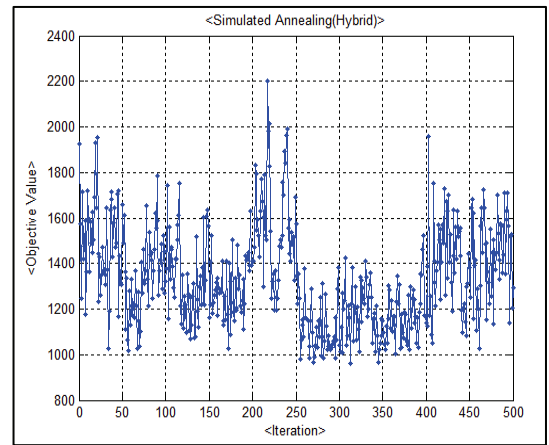


Fig. 9. DBR System Object Function Value.

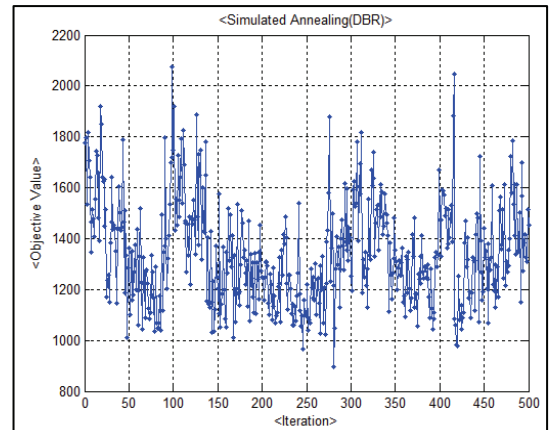


Fig. 10. Hybrid System Object Function Value.

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

최적의 WIP과 버퍼사이즈를 CONWIP, DBR, Hybrid 방식에 적용해 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 생산량, 리드타임, 재공품 재고 등 3가지 척도로 비교 분석 하였다. 시뮬레이션 결과 값은 Table 8, Fig. 11과 같다.

Table 8. Simulation Result

생산방식	생산량	리드타임	재공품재고
CONWIP	5310	3.9	33
DBR	5660	4.9	39
Hybrid	5564	3.6	30

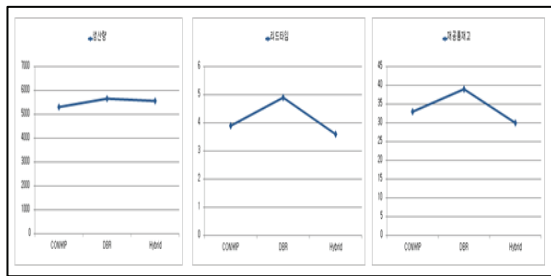


Fig. 11. Simulation Result.

시뮬레이션을 통한 생산방식 분석 결과 리드타임은 Hybrid < CONWIP < DBR 순으로 나타났다. 생산량은 DBR 방식이 가장 높은 결과가 나왔고, 다음 Hybrid, CONWIP 순으로 나타났다. DBR 방식은 CONWIP 방식보다 생산량이 많지만 그만큼 리드타임과 재공품 재고가 CONWIP 방식보다 증가하였다. Hybrid 방식은 전체 WIP 수준과 병목공정의 버퍼사이즈를 동시에 관리하고, 두 원자재의 대기행렬 길이 차이를 줄임으로써 리드타임과 재공품 재고를 감소시킬 수 있는 결과를 가져왔다. 그러나 원자재투입의 통제에 많이 적용되므로 생산량에서는 DBR 방식보다 감소하였다. Hybrid 생산방식은 CONWIP 방식보다 생산량이 4.7% 증가, 리드타임 8.3% 감소, 재공품 재고 10% 감소하였다. 또, DBR보다 생산량이 1.7% 감소하였지만 리드타임 36.11% 감소, 재공품 재고 30% 감소하였다.

6. 결론 및 향후 과제

본 연구는 병목공정을 가지는 반도체 조립라인에서 각 부품의 개수를 맞추면서 리드타임을 최소로 하는 WIP 수준과 버퍼사이즈를 찾아 기존의 생산시스템인 CONWIP, DBR과 새로운 Hybrid 방식에 적용하였다. Hybrid 방식은

CONWIP과 DBR 방식을 결합한 것으로 새로운 규칙을 정해 만들어진 것이다. Hybrid 방식은 CONWIP과 DBR 생산 방식의 단점을 보완한 생산시스템이다. 새로운 생산시스템에 대한 효과 검증은 다음과 같다. 먼저, 병목공정을 가지는 조립라인의 생산 환경을 정의하고, 생산조건에 맞게 CONWIP, DBR, Hybrid 방식을 적용한다. 각 시스템의 최적 WIP 수준과 버퍼사이즈는 Meta Heuristic 방법 중 하나인 SA(Simulated Annealing)를 이용하여 구하였다. 3가지 생산시스템에 최적의 WIP 수준과 버퍼사이즈를 적용해 시뮬레이션을 한 후, 생산량, 리드타임, 재공품 재고 등 3가지 척도로 성능을 분석 비교하였다.

병목공정이 있는 병렬조립라인에 Hybrid 생산시스템을 도입하였을 경우, 기존의 생산방식인 CONWIP, DBR보다 리드타임과 재공품 재고의 감소 효과를 얻을 수 있었다. 그 이유는 공정의 전체 WIP와 병목공정의 버퍼사이즈를 동시에 관리해줌으로써 불필요한 원자재 투입을 줄이고, 대기 행렬이 길어지는 것을 방지할 수 있었다. 리드타임과 재공품 재고의 감소는 기업의 불필요한 비용을 절감할 수 있고, 생산량 증가를 통해 고객의 요구를 빠르게 맞출 수 있어 기업의 경쟁력이 강화될 것이라 기대한다. 그러나 본 연구는 한 가지 제품의 조립라인을 다룸으로써 다제품 조립라인으로 연구의 범위를 좀 더 넓힐 필요가 있다. 또, 고장과 조립라인의 준비시간이 포함된 공정의 생산방식을 추가 연구해볼 필요가 있다. 그리고 본 연구에서 사용한 SA 알고리즘뿐만 아니라 다른 Meta Heuristic 방법인 알고리즘을 적용해 최적의 WIP 수준과 버퍼사이즈를 찾아내는 연구가 필요하며, 다른 생산시스템의 Hybrid 방식을 적용해 조립라인의 최적의 생산시스템을 찾는 지속적인 연구와 개선이 필요할 것이다.

감사의 글

This paper was supported by Kumoh National Institute of Technology.

참고문헌

- Wallace J.Hopp and Mark L.Spearman, The Laws of Manufacturing Science, HanKyung Publishing Company, pp.1-791, 2005
- I Ryoo, J Kim, and J. Lee "Production Control in Multiple Bottleneck Processes using Genetic Algorithm", Journal of Society of Korea Industrial Systems Engineering, v. 41, n.1, pp. 102-109, 2018
- Won Geun Kim, "Comparative analysis of performance values of CONWIP System and Kanban System",

- Kyung Hee University, 2007
4. J Kim, Ji Yong Jeong, J. Lee “Optimization Work-In Process Parameter using Genetic Algorithm”, Journal of Society of Korea Industrial Systems Engineering, v. 40, n.2, pp. 79-86, 2017
 5. Woo Sang Kim, “Production Management System Construction based on TOC”, Chonnam National University, 2009
 6. Seung Nam Kim, Min Sun Hong, Suk Chul Rim, “Development of the CTP reflecting DBR Buffer”, Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, pp.396-399, 2004.
 7. Sun Young Lee, “Multi-objective optimization using simulated annealing and multi-objective metrics”, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 2006
 8. Byeong-Gil Lee, Minseok Byun, Yeojin Kim and Jonghwan Lee, “Determination of Optimal Buffer Size for Semiconductor Production System using Harmony Search Algorithm”, Journal of the Semiconductor & Display Technology, v.19, n.4, pp.39-45, 2021
-
- 접수일: 2021년 8월 26일, 심사일: 2021년 9월 13일,
 게재확정일: 2021년 9월 13일