韓國精密工學會 2002年度 春季學術大會論文集 pp.636~639 KSPE 02S212

페트리 네트를 이용한 광부품 조립 시스템의 모델링

김영호*, 차동국*(부산대 대학원 메카트로닉스), 정승권*(부산대 대학원 지능기계공학과)
배종일**(부경대 전기제어계측공학부), 이만형***(부산대 기계공학부)

Modeling of Optical-components Manufacturing System Using Petri-Net

Y. H. Kim, D. K. Cha, S. K. Jeong, J. I. Bae, M. H. Lee

ABSTRACT

In the paper, a Visual factory model for a optical-components manufacturing process is built. The optical-components manufacturing process is composed of 3 operation processes; optical sub assembly process, package assembly process, and fiber assembly process. Each process is managed not a batch mode, which is one of most popular manufacturing styles to produce a great deal of industrial output, but though a modular cell. In the processes, a modular cell has to be processed independently of the other cells. Optimization for the composition of assembly cell in the optical-components system is made by the Visual factory model.

Key Words : Visual factory model, Optical-components manufacturing process, Optimization

1. 서론

광산업이란 빛을 만들고 제어하고, 활용하는 소재, 부품, 기기 및 시스템 산업의 총칭을 말하고 빛을 생성시키거나 제어 또는 활용하는 산업으로 초고속 정보화 사회의 기반 산업으로 고도 성장하고 있다. 20세기가 전자의 시대라면 21세기는 광자의 시대라고 할 정도로 광산업은 21세기 산업의 키워드인 정보화, 에너지, 환경 문제를 해결하는 핵심산업으로 초고속 정보통신망의 구축을 통한 21세기 정보화사회 실현을 위한 필수산업이다. 그러므로 저에너지, 환경친화산업등의 관련산업에 미치는 파급효과가 지대하다. 또한 지속적인 고도성장이 예산되는 산업으로 특히 레이저, 적외선 망원경 등 과학 및 군사 관측용기기 등을 만드는데 기본이 된다. 이 중에서도 광커넥터, ONU, 광증폭기, 송수신기와 같은 광부품의 수요가 점차적으로 증가하고 있다.

이런 이유로, 광부품 조립 시스템의 모델이 적실히 요구된다. 즉, 여러 다양한 수요에 맞게 광부품 조립 시스템도 변화가 필요하다. 그래서 먼저 선행되어야 하는 것이 모델링이다. 이 모델링을 나타내는데 페트리 네트를 사용하였다.

2. 페트리 네트

페트리 네트는 시스템을 모델링하고 설계할 수 있는 이론적이고시각적인 도구로서 동시적(concurrent), 비동기식(asynchronous), 분산적(distributed), 병렬적(parallel), 비확정적(nondeterministic), 그리고 확률적(stochastic)인 현상을 갖는 정보처리, 작업 공정 시스템 등을 묘사하고 분석 연구하는데 유용하다. 또한 정보의 흐름을 나타내는 토큰(token)은 시스템에서 동적이고 동시 발생적 상환과 활동을 시뮬레이션 하는데 사용할 수 있다. 따라서 페트리 네트를 이용할 경우 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

1) 기능 - 복잡한 시스템을 모델링하고 분석하는데 용이하다.
2) 신뢰성 - 이산 사건에 의해 동작되는 시스템에도 신뢰성이 높다.
3) 시각적 - 그래픽 도구로서 시스템의 각 부분에 관한 정보를 토큰의 흐름으로 나타낼 수 있다.
4) 이론적 - 수학적인 상태방정식, 대수방정식, 그리고 시스템의 형태를 결정하는 다른 수학적인 모델을 정립할 수 있다.

그리고 페트리 네트는 여러 요소 시스템을 순서대

로 동작시키고 조정 가능하다. 특히 페트리 네트 모델로 시뮬레이션을 할 수 있으며, 이로부터 성능 평가를 할 수 있다.

3. 광 부품 조립 단계

본 논문에서 생산할 광부품 DFB-LD(distributed feedback laser diode)의 조립 단계를, 정렬(align)을 기준으로 하여 OSA(optical sub assembly) 조립단계, 패키지(package) 조립단계 그리고 광섬유(fiber) 조립단계로 나누었다. 본 논문에서는 OSA(optical sub assembly) 조립단계만 페트리 네트로 모델링 및 스케쥴링을 실시하였다.

3.1 OSA 조립공정

렌즈와 기준판(base metal)의 광학부분과의 중심선과 초점거리를 정렬하는 그림 1와 같은 단계이다. 초점 중심선은 적외선-카메라(IR camera), 초점 거리는 광섬유와 파워미터(power meter)를 이용하여 그림처럼 정렬한 후 위치 정보를 기억한 후 OSA와 기준판을 2-점 용접 할 때 사용한다. 이때 렌즈 그리퍼(gripper)는 Y축으로, 기준판은 X, Z축으로 이동을 하면서 ±50nm 정도로 정렬을 한다. 이 공정을 걸쳐 만들어진 것을 OSA라고 한다.

4. 페트리 네트에 의한 모델링 및 스케쥴링

광부품 제조공정을 페트리네트로 모델링하기 위해서는 전체적인 공정흐름에 대한 상세한 정보를 수집 분석하고 있어야 하며, 이를 기반으로 세부적으로는 장비의 동적특성을 통해 유동적인 생산환경 하에서 적절한 부품할당 스케쥴을 세워야 한다. 또한, 여기에 각 장비들의 부품을 가공하는 시간과 공정간 또는 장비간 부품의 이동시간에 대한 정보도 필요하다. 본 논문에서는 광부품 제조공정 중 OSA 제조공정에 대한 가상공장(Virtual factory) 모델을 만들고, 이를 페트리네트로 모델링한 후 각 공정에 적절한 스케쥴을 적용한다.

먼저, OSA 제조공정에 대한 가상공장모델은 그림 2와 같다. 그림 2의 블록들은 각각의 장비들을 나타내며, 블록 안의 코드에 대한 설명은 표 1에 나타내었다. AGV는 자원을 각 장비에 공급하고, 각 자원간의 이동 없이 수행되어야 한다. 표 1과 그림 8의 OSA 제조공정 가상공장에 있는 장비들의 동작특성을 바탕으로 그림 3과 같은 페트리네트 모델을 구성하였다.

이 모델은 전체적인 공정의 흐름을 파악하기 쉽도록 세부적인 장비의 동작에 대한 정보는 생략하고 단지 장비의 버퍼 수, 가공시간, AGV의 동작 등을 기초로 구성된 것이다. OSA 제조공정의 입력버퍼인 Q1은 충분한 자원을 공급하고, 중간 버퍼 Q2를 거쳐, 공정의 출력 버퍼인 Q3에 최종적으로 가공이 끝난 자원들이 모아진다고 가정한다. 그림의 OSA 제조공정 페트리 네트 모델의 각 트랜지션은 각 장비의 가공시간과 자원이동시간에 대한 정보를 가지고 있다. 각각의 플레이스들은 각 장비들의 상태나 동작여부, 버퍼의 수 또는 자원의 수를 나타낸다. 자원의 이동은 플레이스 안의 토큰으로 표현하다. 한 플레이스에서 다음 플레이스로 자원의 이동은 그 플레이스 사이의 트랜지션의 점화로 이루어진다. 이때 주의할 점은, 하나의 플레이스에 여러 개의 트랜지션이 있을 경우 이 들 중 하나만 점화 될 수 있으므로 그 트랜지션을 결정해 주어야 한다.

예를 들자면, 플레이스 AGV-10에서 다음 플레이스로 천이는 트랜지션 t10, t12, t14 중 하나에 의해서만 이루어질 수 있다. 이들 트랜지션의 선택은 곧 AGV가 장비 A1, A2, A3 중 하나의 자원이 할당해 주는 것을 의미하며, 곧 자원할당 스케쥴의 문제이다. 이러한 스케쥴링에 따라 각 장비 또는 공정의 생산량은 심각한 영향을 미칠 수있다. 또한, 트랜지션의 점화 여부에 다라 장비의 고장에 따른 성능저하에 대한 표현도 가능하다.

스케쥴링 문제는 여러 접근방법이 있다. 해석적 접근 방법, 시뮬레이션 기법, AI 기법 등이 있는데, 본 논문에서는 그 중에 여러 종류의 여러 대의 생산설비가 다양한 작업을 처리하기 위해서 공장에 배치된 동적인 제조현장에서 적요되는 시뮬레이션 기법을 이용한 스케쥴링으로 자원할당 시마다 AGV의 이동시간, 각 장비의 동작특성 등을 고려하여 우선순

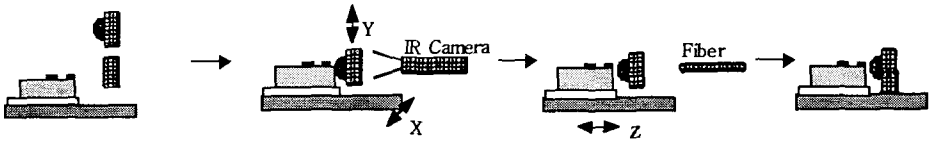

그림 1. OSA 조립공정

위(Priority rule)를 결정함으로써 생상량과 장비의 가동률을 향상시키도록 스케쥴링하였다. 즉, AGV-10에서는 A1 > A2 > A3로 스케쥴링을 하였고, AGV-20에서는 QB > QC > QD> QE의 순으로 우선순위를 두었다.

5. 시뮬레이션

그림 9의 페트리네트 모델에서, 아래와 같은 가정을 한다. 즉, 최종에러가 H에서는 10%의 발생률을 가진다. 이런 조건에서 일일생산량과 1개월동안 총 생산량을 측정하였다. 모든 장비가 정상적으로 동작할 경우와 장비의 고정상태에 대한 생산량을 알아보았다. 여기서 A1, A2, A3은 공정시간 중 가장 많은 시간이 요구되므로 주로 고장의 여부에 따른 생산량의 변화를 살펴보았다. 즉, 그림 4과 그림 5에서 A1, A2, A3가 모든 동작할 경우와 장비 고장으로 A1, A1와 2, A2와 3이 동작할 때의 일일생산량과 1개월 총 생산량은 각각 P123, P1, P12, P23으로 표시하였다. 이외의 다른 장비들에 대해서도 장비의 가동여부에 따라 생산량의 변화를 제시할 수 있다.

그리고, 한가지 더 고려해보면, 다양한 시장변화에 따른 목표한 생산량에 따라 동일한 동작을 하는 다수의 장비 중 목표량을 만족시킬 수 있는 장비 대수를 알 수 있으며, 그 대수로만 장비를 가동함으로써 장비의 가동률을 높일 수 있다. 즉, 불필요한 자원 낭비를 막을 수 있고, 좀 더 생산량을 늘이려고 할 때 장비의 적절한 선택을 가능하게 한다.

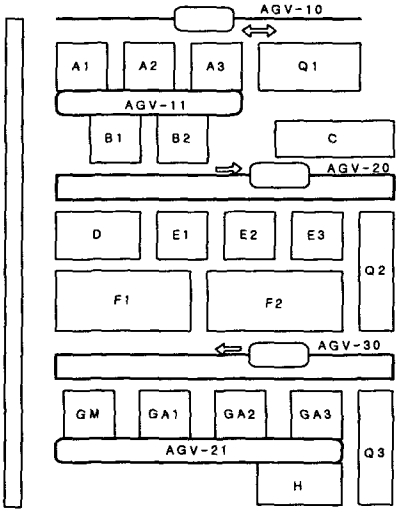

그림 2. OSA 제조공정 가상공장

표 1. OSA 제조공정의 장비 및 동작

장비코드	공정	포트 수	공정시간
A1, A2, A3	OP-1	L1, U1	300
B1, B2	OP-2	L1, U1	100
C	OP-3	L1, U1	10
D	OP-4	L. U 공용	5
E1, E2, E3	OP-5	L1, U1	30
F1, F2	OP-6	L1, U1	20
GA1, GA2, GA3.	OP-7	L1, U2	1
GM	OP-8	L1, U3	1
H	OP-9	L. U 공용	
Q1, Q2, Q3	임시 버퍼	L. U 공용	
AGV			

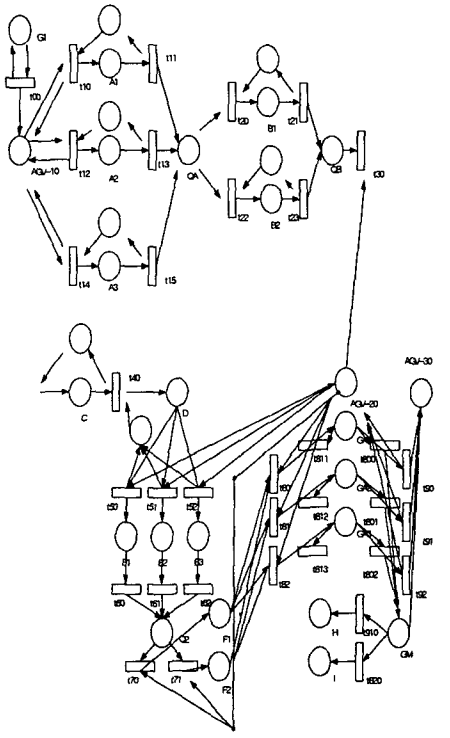

그림 3. OSA 제조공정 페트리네트 모델

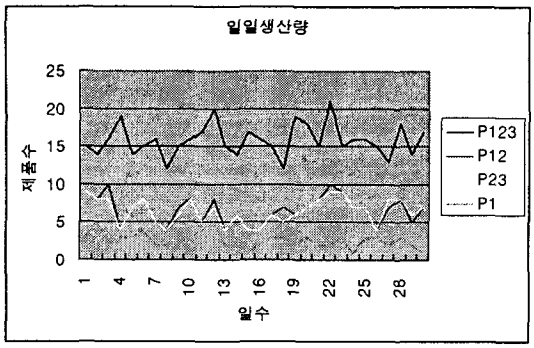

그림 4. 일일 생산량

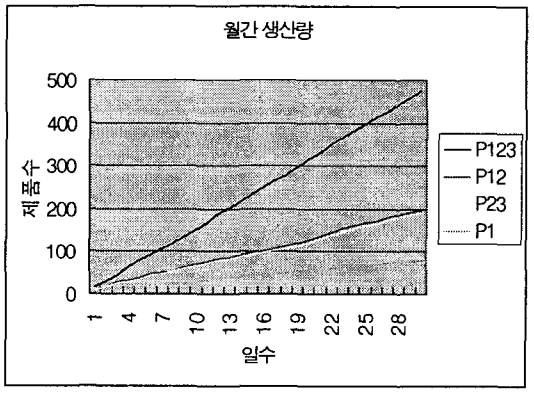

그림 5. 월간 생산량

6. 결론

본 논문은 광 부품에 대한 지속적인 수요에 맞추어 광 부품 조립 시스템을 분석해 보고, 그에 세부적인 공정을 3단계로 나누어 정리하였으며, 광 부품 조립공정 중에서 OSA 제조 공정을 가상공장으로 구성하여 페트리 네트 모델링을 수행하였다. 여기서 각 장비들의 특성, 장비들의 상태나 동작여부, 버퍼의 수 또는 자원의 이동시간을 고려한 시뮬레이션을 통해 일일생산량, 월간생산량을 측정하였다. 또한, 장비의 고장을 고려한 생산량의 변화를 예측할 수 있었다. 이러한 생산공정의 모델링 및 스케쥴링으로 공정의 생산량을 분석할 수 있으며, 다양한 상황에 따른 생산량의 변화도 알 수 있었다.

향후 계획으로는 전체적으로 광 부품 조립단계를 모델링하여 완성된 부품의 생산량을 산출하는 것이고, 눈으로 쉽게 볼 수 있고 각각의 장비의 동작여부를 파악할 수 있는 시뮬레이터를 구성하는 것이다.

참고문헌

1. 남부희, 페트리 네트".전기학회지.43판 3호, 1994.
2. 임용희, 이범희, 김대원, "페트리 네트를 이용한 유연 로봇 조립셀의 시뮬레이션에 관한 연구", 전기학회 논문지, 42판 12호, 1993. 12.
3. 김상길, "페트리 네트를 이용한 시퀜스 제어 시스템의 표현과 해석에 관한 연구", 1995.
4. Marco Ajimone Marsan, "Application and Theory of Petri Nets 1993", Springer-verlag 1993.
5. Todao Murata, "Petri Nets:Properties, Analysis and A pplications", Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 4 April 1989.
6. Hitomi, K., 조규갑(역),, "생산시스템공학", 희중당, 1986
7. French, S., Sequencing and Scheduling : An Introduction to the Mathematics of the Job-shop, John Wiley and Sons, Inc., 1982
8. Kusiak, A., Intelligent Manufacturing Systems, Prentice Hall, Inc., 1990