패트리넷을 이용한 반도체 자동화 시스템의 효율관리 시스템 설계 및 개발

정화영* · 이승렬** · 윤호군**

예원대학교 정보경영학부 전자상거래학과*

목원대학교 컴퓨터교육과**

Development and Design of an Efficiency Management System of Semiconductor Automation System using Petri-Net.

Hwa-Young Jeong*, Seong-Ryul Lee**, Ho-Gun Yun**

Dept. E-Business of Yewon University*

Dept. Computer Education of Mokwon University**

요 약

컴퓨터 하드웨어의 빠른 개발 주기에 맞춰 저 가격, 고 효율성, 높은 신뢰성, 호환성 등의 장점을 가진 PC(Personal Computer)가 현대의 컴퓨터 흐름을 주도하게 되었다. 이에, 산업분야 전반에 걸친 컴퓨터 적용의 증가는 많은 발전과 변화를 가져왔다. 특히, 자동화 시스템분야에서 그 효과가 두드러졌는데 이는 고 가격, 긴 개발기간 등을 필요로 했던 과거와 달리 저 가격, 짧은 개발기간, 다양한 개발환경 등을 이룰 수 있었다. 또한, 생산량 증가에만 의존하던 과거의 자동화 시스템은 현대에 이르러 시스템의 최적화, 효율의 극대화, 시스템의 안정성, 운용의 편리성, 호환성 등의 개념들이 도입되고 있다. 이에 따라, 반도체 자동화시스템의 개발 및 활용부분에서도 저가의 PC를 활용한 시스템 구축이 실용화되고 있다. 특히, 시스템의 생산성을 높이려는 노력도 많이 이루어지고 개발되었는데, 반도체 부품 생산성 향상과 운용설비의 효율성 극대화를 위한 여러 가지 기법들이 연구 도입되고 있다. 그중 생산성과 직접 관계되는 효율 데이터는 UPEH(Unit per hour)를 들 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 효율성에 관련하여 그 기준이 되는 생산 데이터에 대한 시스템 효율성을 자동으로 산출하며, 이를 사용자에게 제공함으로써 보다 정량화 되고 객관적인 평가 자료가 되도록 하였다. 이를 패트리넷을 이용하여 설계 프로세스를 검증하고 실제 산업현장에 적용함으로서 본 시스템에서 제공하는 효율성 데이터가 운용설비의 가동에 관한 평가 기준이 됨을 보였다.

Ⅰ. 서 론

컴퓨터 하드웨어의 급속한 발달은 현대의 산업발전에 많은 변화를 가져다주었다. 컴퓨터의 성능은 점차 높아지고 저 가격과 소형화 그리고 안정성과 신뢰성이 증가되었다. 오늘날의 자동화 제조설비는 PLC(Programmable Logic controllers), 고 가격, 특수한 제어기들에 따른 긴 로든 설비로 대표된다. 개발은 수 작업에서 시작하여, 구상에 대한 정보, 설계 처리, 세부설계, 부품의 주문, 개발, 와이어링, 프로그래밍과 디버깅으로 이어졌다. 또한, 자동화 기기 개발에 있어서는 설비기계와 제어 시스템 두 가지가 모두 필요했으며, 이에 따른 운영체제로는 실시간 제어(Real time control)가 요구되었다. 그리고, 사용자들은 친숙한 윈도우기반의 GUI(Graphical User Interface)를 요구하였으며, 이에 대한 전통적인 접근방법은 I/O를 위한 PLC와, GUI를 위한 PC등을 사용하는 것이다[1]. 따라서, 산업응용에 있어 PC의 사용은 날로 증가되고 있으며, GUI 소프트웨어와 윈도우 기반의 운영체제는 저렴한 개발 비용효과와 신뢰성을 가져다 주었다. 또한, PC 기반의 GUI 시스템은 강력하고, 저렴하며, 충분한 교육을 받은 인수자들이 수정하기 쉽다는 장점을 주었다[2]. 특히, 시스템의 많은 제어 데이터를 GUI 시스템이 담당함으로써 보다 적절하고 효율적인 운용이 가능하게 된 것이다. 따라서, 제어 데이터의 효율적인 관리 및 운용은 전체 시스템의 효율성을 결정하는 중요한 요소가 된다.

자동화 시스템에서의 효율성은 자동화 기기의 도입효과를 분석하는 지표에서 찾아볼 수 있다. 즉, 그 기준은 일반적으로 노동력 절감효과, 설비 가동률 향상효과, 품질 향상효과, 노동내용 또는, 노동환경의 개성효과, 설비의 유연화 효과, 생산효율의 향상효과, 공정관리의 용이화 효과 등으로 구분된다[3].

따라서, 본 논문에서 구현하고자 하는 UPEH(Unit per hour) 관리 시스템 또한 GUI 시스템에서 데이터를 분석하여 사용자에게 자동화 시스템의 운용상태를 수치로 제공함으로써 사용자가 자동화 시스템의 효율성 및 생산성을 분석하는 기준 자료로 이용할 수 있도록 하였다. 또한, 이를 기준으로 자동화 시스템의 최적상태를 맞추기 위한 정형화된 근거를 제시하고자 한다.

II. 관련연구

2.1 자동화시스템의 구성

자동화의 개념은 단위 자동화 시스템과 이를 이용하여 생산성과 유연성을 달성할 수 있도록 하는 생산공정의 시스템화를 말한다. 자동화의 발전을 보면, 경영전략의 중심은 시장동향에 대한 대응도 중요한 요건이었는데 그 중심은 안정된 품질을 확보하면서 메이커로서의 경제적, 인적, 자원 적인 효율을 추구하려는 것이었고 또한, 풍부한 생산량의 확보가 주요과제였으며, 점차 자금의 투자규모와 제조 코스트를 최소화하면서 대량생산에 의한 양의 확보와 동일제품의 반복생산에 의한 품질 조성기술의 학습효과에 의하여 제품의 안정성을 확보하려고 하고 있다[4]. 이에 따라 산업분야에 컴퓨터의 사용이 급증하면서 PC(Personal Computer)가 실제 자동화 산업분야에 응용되기 시작하였다[5]. 자동화 시스템은 크게 두 가지의 부분으로 분류될 수 있으며, 이는 자동화 시스템을 제어할 수 있는 제어 시스템과 데이터 처리를 담당하는 GUI 시스템이다. 즉, 제어 시스템은 자동화 시스템의 동작제어 및 운용에 관한 작업을 수행하며, GUI 시스템은 제어 시스템으로부터 운용에 관한 데이터를 통신을 통하여 수신받아 이를 사용자에게 나타내는 작업을 수행한다. 이를 위하여, 두 시스템간의 통신수단으로는 RS232C를 이용하였다. <그림 1>은 이를 도식화한 것이다.

제어 시스템에서는 자동화 설비의 제어만 담당함으로써 운용에 관한 데이터 처리는 하지 않는다. 이에, GUI 시스템에서 제어 시스템으로부터 제어 및 운용 데이터를 받아 이를 사용자의 설정에 맞도록 처리한 후 그 결과를 다시 제어 시스템으로 보내어 자동화 시스템의 최적화에 적용되도록 하였다.

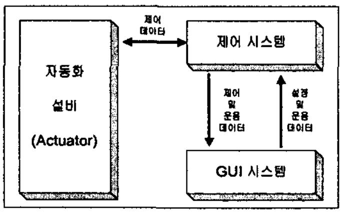

그림 1. 자동화 시스템 구성

또한, 이를 근거로 GUI 시스템에서 효율성 데이터를 산출하여 사용자에게 제공하면, 사용자는 이를 분석하여 해당 자동화 시스템에 관한 효율성 관리를 행할 수 있도록 하였다.

2.2 페트리 넷

페트리 넷의 일반적인 특성은 다음과 같다[7].

첫째, 시스템의 자료분할 행위와 동시성, 동기성을 따른다.

둘째, 작업수행 분석을 위한 결과를 나타낸다.

셋째, 객체지향 소프트웨어 구조에서 자동적인 행위분석의 의미로 사용된다.

즉, 페트리 넷은 동시성, 분산, 동기성, 병렬성, 결정적과 비결정적을 포함하는 다양한 시스템을 위한 정형적인 명세도구이다. 기본 페트리 넷 구조는 Place와 Transition의 유한집합, arc들의 유한집합, 초기 마킹을 정의하는 토큰의 집합들로 구성된다. arc들은 입력과 출력의 기능을 갖고 있으며, 기능들은 Place에서 Transition으로, Transition에서 Place로의 토큰에 대한 흐름을 나타낸다.

페트리 넷은 (P,T,Ai,Ao,m_0)과 같이 나타낼 수 있다. P는 Place집합, T는 Transition집합, Ai은 입력 Incidence Matrix, Ao은 출력 Incidence Matrix을 나타낸다. 또한, m_0은 초기 마킹을 나타낸다. 이에 따라, Place와 Transition의 입출력 관계는 다음과 같이 나타낸다.

$$\bullet p = \{t \mid a(t,p) \neq 0, t \in T\}, \quad p\bullet = \{t \mid a(p,t) \neq 0, t \in T\}$$
$$\bullet t = \{p \mid a(p,t) \neq 0, p \in P\}, \quad t\bullet = \{p \mid a(t,p) \neq 0, p \in P\}$$

또한, 입력 Place에 대한 Transition의 인에이블 규칙은 다음과 같다.

$$\forall p \in \bullet t, a(p,t) \leq m(p)$$

Transition t가 인에이블된 후에 대한 점화규칙은 다음과 같다.

$$\forall p \in \bullet t, m'(p) = m(p) - a(p,t)$$
$$\forall p \in t\bullet, m'(p) = m(p) + a(t,p)$$

위 식에서, 현재의 마킹 m은 새로운 마킹 m'으로 변화되면서 Transition t이전의 Place 토큰이 연결된 arc수만큼 감소되고, t이후의 Place 토큰은 연결된 arc수만큼 가산됨을 알 수 있다.

III. 자동화 시스템의 효율관리 기법

효율성 관리 기법에는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 UPEH(Unit per hour)에 관하여 구현하고자 한다. UPEH는 1 시간당 나타낼 수 있는 생산단위를 말하며, Unit는 생산단위를 나타낸다. 본 논문에서 적용된 자동화 시스템은 반도체 제어공정 시스템으로써 Unit는 생산되어지는 하나의 반도체 칩 단위가 된다. 즉, 여기서의

UPEH는 1 시간동안 생산할 수 있는 반도체 칩의 개수를 나타낸다. 따라서, UPEH가 높으면 같은 시간에 생산할 수 있는 수량이 많아짐으로 효율성이 높은 자동화 시스템이 된다. UPEH를 산출하는 공식은 다음과 같다[6].

UPEH =
(3600s * X Modules) / (Test time + Index time)

X 모듈(Modules)은 한번에 테스트될 수 있는 자동화 설비의 용량을 말하며, 본 논문에서 적용한 자동화 시스템의 경우 64개를 나타낸다. 테스트 시간(Test time)은 반도체 칩에 대하여 테스트 시작에서 종료까지 실제 시간을 말한다. 인덱스 시간(Index time)은 테스트가 종료된 시점에서부터 다음 테스트의 시작까지의 시간을 말한다. 즉, 테스트와 다음 테스트 사이의 시간 간격을 나타낸 것이다.

현재까지의 반도체 자동화 시스템은 효율을 나타내는 UPEH를 사용자가 직접 수 작업으로 산출하였었다. 즉, 가동중인 자동화 설비에 대하여 사용자가 직접 그 곁에서 시간단위로 데이터를 계산하였던 것이다.

본 논문에서는 이를 설비내의 GUI 시스템에서 구현함으로써 자동화 시스템에 대한 효율성 데이터를 보다 정형화된 수치로써 사용자에게 제공하여 시스템의 효율관리에 관한 기본자료로 활용할 수 있도록 한 것이다.

IV. 패트리넷을 이용한 효율관리 시스템 설계 및 구현

자동화시스템의 운용을 위한 두 시스템 사이의 통신데이터는 임의의 약정된 프로토콜에 따르기로 한다. 즉, 제어 시스템으로부터 송신되는 제어 및 운용 데이터는 GUI 시스템에서 약정된 프로토콜에 의하여 테스트의 시작과 종료시점 등으로 구분할 수 있도록 하는 것이다. 따라서, 제어 시스템으로부터 통신에 의하여 테스트의 시작과 종료에 관한 신호를 받으면 UPEH 데이터 산출에 필요한 해당 테스트 시간 데이터를 산출하도록 한다. 즉, 테스트 시간은 테스트의 시작에서 종료까지의 시간이므로 테스트의 종료시점에서 산출하며, 인덱스 시간은 테스트의 종료시점에서 다음 테스트의 시작까지의 시간이므로 테스트의 시작 시점에서 산출한다. 또한, 테스트의 종료시점은 한 부분의 공정이 종료된 것이므로 이때 해당 공정에 관한 UPEH를 산출하도록 한다.

```
Communication_Receive(void)
{
  switch(수신된 데이터) {
   case    테스트 시작:
           인덱스 타입 =
               테스트 종료 타입 - 현재 시간;
           테스트 시작 타입 = 현재 시간;
           break;
   case    테스트 종료:
           테스트 타입 =
               현재시간 - 테스트 시작 타입;
           테스트 종료 타입 = 현재 시간;
           UPEH(테스트 타입, 인덱스 타입);
           break;
  }
}
```

UPEH를 산출하는 부분에서는 위에서 산출된 테스트 데이터를 근거로 다음과 같이 구현 하였다.

```
UPEH(int 테스트 타입, int 인덱스 타입) {
  UPEH += (3600 * 64) / (테스트 타입
       + 인덱스 타입);
}
```

이는, 해당 공식에 의거하여 UPEH를 산출하였으며, 그 계산은 누적을 사용하였다. 즉, UPEH는 현재의 테스트만 해당되는 것이 아니라 자동화 시스템 운용 전반에 걸쳐 그 결과를 산출함으로써 사용자는 지속적인 효율 데이터 수치를 제공받게되는 것이다.

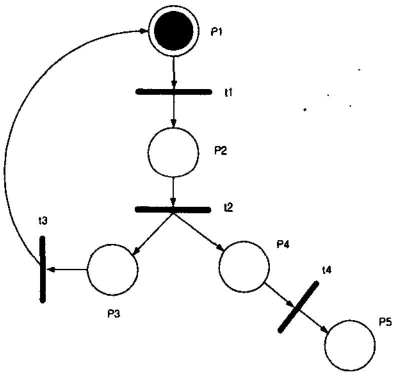

그림 2. 효율관리 시스템의 패트리넷

<그림 2>는 위 알고리즘을 패트리넷으로 표현하였다. P1은 제어시스템으로부터의 통신데이터를 나타내며, t1은 Communication_ Receive를 나타내고, P2는 수신 데이터를 나타낸다. P2의 수신 데이터를 기준으로 테스트 시작과 종료를 나타낼 수 있으며, t2는 이에 기반한 처리를 나타낸다. 따라서, P3는 테스트 시작을 나타내며, t3에서 테스트에 대한 변환을 적용한 후 통신 데이터를 계속 수신하도록 하였다. P4는 테스트의 종료를 나타내며 이때, t4에서 생산효율에 대한 UPEH를 산출하고 P5에서 종료상태를 나타낸다.

V. 결 론

자동화 시스템의 도입 목적은 생산량증가, 정확성, 효

율성, 안정성 등에 있다. 특히, 현대에 이르러 다운사이징, 재사용, 자동화 시스템의 효율 극대화, 리엔지니어링 등 많은 개념들이 산업 자동화 시스템 분야 전반에 걸쳐 연구, 개발, 도입되고 있다. 따라서, 생산량만을 증가시키려는 과거와 달리 현재의 자동화 시스템은 시스템의 최적화, 효율의 극대화 등에 많은 노력을 기울이지 않으면 안 된다. 또한, 자동화 시스템의 효율에 관하여는 사용자가 자동화 시스템의 도입이전에 고려하여야 하는 평가기준이 되기도 한다.

따라서, 본 논문에서는 자동화 시스템의 효율 데이터 산출을 시스템 자체에서 제공하여 줌으로써 보다 객관적이고, 정확하며, 효과적인 시스템 운용 및 관리가 가능하였다. 또한, UPEH 데이터의 누적 산출로 인하여 사용자가 자동화 시스템에 대한 효율 데이터를 계속적으로 산출할 필요 없이 일정기간동안의 효율 데이터를 제공받을 수 있었다. 따라서, 사용자는 이를 근거로 도입된 자동화 시스템의 운용실적을 알 수 있으며, 이를 분석하여 자동화 시스템의 효율을 높이고자할 때 그 기준자료로 활용할 수 있었다. 또한, 본 시스템을 적용한 자동화 시스템은 현재 (주)삼성전자와 대만의 (주)UTC, (주)Contrell에 도입되어 있으며 이에, 자동화 시스템의 효율 데이터에 관한 유용성은 사용자들로부터 입증되었다.

그러나, 자동화 시스템에서 효율에 관한 데이터는 UPEH 뿐만 아니라 MRP(Maintenance recovery period), MTBF(Mean operating time between failure), 시간 가동율등 많은 항목들이 있으며, 이들을 모두 자동으로 산출하여 사용자에게 제공되어진다면 보다 완전한 효율관리 시스템으로써 그 역할을 할 수 있을 것이다. 그리고, 산출된 각종 효율 데이터를 기간별로 정리하여 데이터베이스로 구현된다면 보다 체계화되고 정형화되어, 사용자는 자동화 시스템의 효율 데이터 산출에 관하여는 더 이상 관심을 두지 않아도 될 것이다.

참고문헌

[1] R. L. Anderson, J. M. Reagin, T. D. Garner, T. E. Sweeny, "Open-architecture controller solution for custom machine system", SPIE Vol. 2912, 1997, 9.

[2] Kevin Borthwick, Pardip Thind, and Philip Fransen, "PC-Based Operator Interface", IEEE Industry Application Vol 4 No4 July/August 1998.

[3] 임기평, "공장자동화 기술의 도입 및 활용에 관한 실용분석", 한국중소기업학회, Vol. 19, No. 1, 1997, 6.

[4] 문희화, "국내 공장자동화 현황조사 보고서 FA 조사 연구보고서 '92-01호", 한국 생산성 본부, 1992, 12.

[5] John Long, "Specifying relations between research and the design of human-computer interactions", International Journal of Human-computer Studies, 44, 875-920, 1996

[6] "Procurement Specification for Tri-Temp. - Modulehandler", Infineon Technologies 6, 1999.