

# 반도체시스템의 에이전트 기반 이산사건 관리모델

<sup>0</sup>임재웅\* 정동원\* 이정욱\*\* 김창화\*\*\* 백두권\*  
 고려대학교 컴퓨터학과\*, 건국대학교 컴퓨터과\*\*, 강릉대학교 컴퓨터학과\*\*\*  
 {jwlim, withimp, ljo}@software.korea.ac.kr, kch@kangnung.ac.kr, baik@software.korea.ac.kr,

## An Agent-based Management Model for Discrete Events in Semiconductor Systems

<sup>0</sup>JaeWoong Lim\* DongWon Jeong\* JeongOog Lee\*\* Changhwa Kim\*\*\* Doo-Kwon Baik\*  
 Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University\*  
 Dept. of Computer Science, Konkuk University\*\*  
 Dept. of Computer Science, Kangnung University\*\*\*

### 요약

다양한 제품요구와 짧아진 제품의 수명주기, 수시로 발생하는 주문과 품목의 변화등으로 기업은 공급체인관리(SCM)를 도입하고 있으나 빈번한 이산사건의 발생으로 계획부분과 제조현장 실행부분의 차이가 발생하고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여, 실행부분에서 발생하는 이산사건의 관리를 통해 계획부분과 실행부분의 차이를 줄이는 에이전트 기반 이산사건 관리모델을 제안하였다. 이산사건에 대해서는 컬러드 페트리 넷을 이용하여 명세하였고 관리모델은 에이전트를 기반으로 지능적이고 자율적인 특성을 이용하여 사건의 발생에서 분류, 지식데이터베이스구축, 전송에 이르는 이산사건 관리모델 아키텍처를 제시하였다.

### 1. 서론

오늘날 기업은 다양한 제품요구와 짧아진 제품의 수명주기, 수시로 발생하는 주문과 품목의 빈번한 변화, 주문된 품목이 서로 상이한 공정흐름을 가짐에 따라 일정계획을 수립하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 변화무쌍한 기업환경에 대처하기 위해 기업들은 원자재 구매, 생산, 고객에 이르는 공급체인을 통해서 공급자, 공장, 창고, 물류센터, 소매점의 네트워크인 Supply Chain Management System을 도입하여 대처하고 있다. 그림 1과 같이 공급체인이란 원자재 공급으로부터 제조과정을 통하여 최종 고객까지의 물자와 정보의 흐름과 관련된 모든조직들을 포함하는 네트워크이며 공급체인관리는 개선된 공급체인 관계를 통한 이들 조직들의 효율적이고 효과적인 통합을 다룬다[1].



그림 1 Supply Chain Management 흐름도

이러한 시스템의 도입으로 시장상황에 유동적으로 대처할 수 있는 효율적인 물류시스템을 구축하고 있으나 실제적으로 기존에 구축되어있는 레거시 시스템과의 긴밀한 협조의 부족 및 이산적으로 발생하는 여러 유형의 사건들을 적극적으로 관리하지 못하여 생산과 영업 접점관리자들의 차이와 시스템의 목적과 기대효과 보다 적은 결과를 산출하거나 기존의 시스템에 부가적인 작업이 증가하는 방향으로 흐르고 있는 실정이다.

이러한 문제에 대한 해결책으로 고객의 요구에 대한 협상 및 진행상황 파악, 향후계획 수립에 대해 적극적인 대처로 고객만족을 실현하고, 직접 생산이 이루어지는 공장에서 발생가능한 요소에 대한 능동적인 대처로 Top Down의 초기 스케줄링에서 시작하여 Bottom Up으로 이산사건에 대한 적극적인 관리를 지원한다. 발생가능한 사건은 재작업, 긴급lots, 모니터용 lots, Engineer Hold, Batching, Setups, 공정애러, 예방정비, 설비다운등이 있을 수 있다.

복잡하고 비정기적인 이산사건의 도메인으로 제품의 종류가 다양하고 제품구조 및 제조방법이 복잡한 반도체 시스템[2]을 도메인으로하였고 정형모델을 위해서 Coloured Petri Net (CPN)[3]을 적용하였다. 생산라인에서 발생하는 이산사건을 지능적이고 민첩한 agent를 기반으로 한 전략을 제시하여 이산사건의 발생, 분류, 지식데이터베이스 관리, 전송등을 통해 이산사건을 적극적으로 관리하는 시스템을 구축한다. 또한 이러한 시스템의 비슷한 유형의 제약조건에 재사용이 가능하도록 모델링하였다.

### 2. CPN을 이용한 이산사건 모델링

#### 2.1 컬러드 페트리 넷(CPN)

CPN의 기본정의와 표기법은 다음과 같다.

정의 1 : 컬러드 페트리 넷 즉, CPN은 6가지로 구성된 튜플이다.

$CPN = \{P, T, C, I, I', M^0\}$  여기서

1) P는 플레이스의 유한집합

2) T는 트랜지션의 유한집합,  $P \cap T = \emptyset$ ,

3) C는 PUT로부터 정의된 유한집합인 칼라함수,

- 4)  $I: P \times T \rightarrow N$  후방위 입력함수,
- 5)  $I': P \times T \rightarrow N$  전방위 입력함수,
- 6)  $M^0: P \rightarrow N$  초기마킹상태

여기서 플레이스는 시스템의 상태 혹은 조건을 나타내며 그림2에서 원으로 표시한다. 트랜지션은 시스템의 상태를 변화시키는 동작을 나타내며 그림2에서 선분으로 표시한다. 아크는 흐름을 나타내며 화살표로 표시하고 토큰은 플레이스 조건의 진위 또는 시스템의 가용자원을 나타낸다. 토큰은 시스템의 동적이며 병행적인 동작의 특성을 나타내기 위해서 사용된다. 동작이 일어나도록 하는데 필요한 조건을 만족할 경우 플레이스에 토큰을 위치시킴으로써 표현한다. 트랜지션은 점화되면 자신의 각 입력 플레이스로부터 토큰을 하나씩 제거하고 각 출력 플레이스에 토큰을 하나씩 첨가한다. 따라서 토큰의 수와 위치는 패트리넷을 실행하는 동안 바뀌게 된다.

**2.2 반도체 시스템의 CPN을 이용한 이산사건 모델링**  
 그림2에서 표현한 프로세스 툴 CPN은 한 설비단위의 행위를 표현한 것이다. 특별히 배칭, 셋업, 툴문제, 프로세싱 에러, 재작업, 예방정비등의 이산 사건을 반도체 프로세스 툴의 관점에서 표현하고 있다[4].

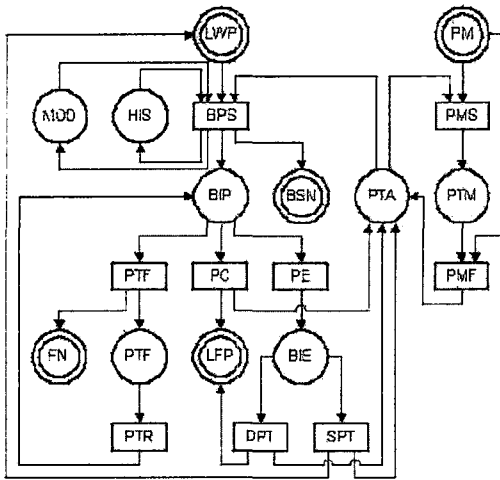


그림 2 프로세스 툴 CPN

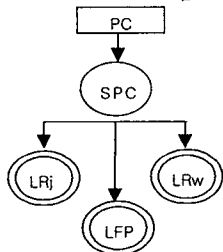


그림3 SPC추가 CPN

[4]에서의 명세에 통계적 공정 관리(Statistic Process Control) 개념을 추가하여 그림3과 같이, 본 연구에 맞는 CPN을 구성하였다.

두 개의 원으로 구성된 것은 상위의 시스템(프로세스 관리기 등)과 메시지를 교환하는 토큰을 가진 플레이스이다. 새로운 로트가 프로세스 툴에 도착하고 현재의 툴의 상태 및 배치작업

상태를 만족하면 기존의 프로세스 툴의 히스토리를 점검하고 셋업시간을 참작하여 진행하는 정상적인 프로세스가 진행이 된다. 마지막에 배치 하나의 작업은 정상적인 프로세스 종료(PC), 프로세스 에러(PE), 프로세스 툴 문제(PTF)로 나뉘어지고 프로세스 종류가 되면 SPC에 의해 폐기, 재작업,작업종료로 나뉘게 되고 이러한 내용은 MOD 플레이스에 의해  $m_s$ (성공),  $m_e$ (에러),  $m_f$ (실패)의 세 값중 하나를 컬러로 배치프로세싱이 초기화 될 때마다 수정된다. 공정이 완료(PC)된후 공정의 종류에 따라서 SPC가 작동하며 결과에 따라서 폐기(LRj), 재작업(LRw), 공정종료가 발생한다. 표1은 프로세스 툴 CPN에 대한 플레이스와 전이칼라의 정의를 나타내고 있다[4].

Name	Interpretation	Color $\{p_1\}$	Color $\{p_2\}$
LWP	Lot waiting processing	$LN * \{l_1, l_2\}$ $\{s_{11}, s_{21}, s_{22}, s_{11}, s_{22}\}$	$LN * \{l_2\}$ $\{s_{11}, s_{21}, s_{11}, s_{21}, s_{22}, s_{22}\}$
HIS	History	$\emptyset$	$\{s_{11}, s_{21}\}$
MOD	Mode	$M$	$M$
BIP	Batch in processing	$s_1 * \{p_1\} + M$ $U * s_2 * \{p_1\} + M$	$s_1 * \{p_2\} + \{s_{12}, s_{21}\} + M$ $U * s_2 * \{p_2\} + \{s_{12}, s_{21}\} + M$
FN	Failure notification	$\{p_1\}$	$\{p_2\}$
PTF	Process tool failed	$s_1 * \{p_1\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\} * \{m_1\}$	$s_1 * \{p_2\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_2\} * \{m_1\}$
LFP	Lot finished processing	$LN * \{l_1, l_2\} * \{s_{11}, s_{21}\}$	$LN * \{l_2\} * \{s_{12}, s_{21}\}$
BSN	Batch start notification	$s_1 * U * s_2$	$s_1 * U * s_2$
BIE	Batch in error	$s_1 * \{p_1\} * U * s_2 * \{p_1\}$	$s_1 * \{p_2\} * U * s_2 * \{p_2\}$
PTA	Process tool availability	$\{p_1\}$	$\{p_2\}$
PM	Preventive maintenance	$E_1$	$E_2$
PTM	Process tool in maintenance	$\{p_1\}$	$\{p_2\}$
BPS	Batch processing start	$s_1 * \{p_1\} + M$ $U * s_2 * \{p_1\} + M$	$s_1 * \{p_2\} + \{s_{12}, s_{21}\} + M$ $U * s_2 * \{p_2\} + \{s_{12}, s_{21}\} + M$
PTF	Process tool failure	$s_1 * \{p_1\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\} * \{m_1\}$	$s_1 * \{p_2\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_2\} * \{m_1\}$
PTR	Process tool repair	$s_1 * \{p_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\}$	$s_1 * \{p_2\}$ $U * s_2 * \{p_2\}$
PC	Processing completion	$s_1 * \{p_1\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\} * \{m_1\}$	$s_1 * \{p_2\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_2\} * \{m_1\}$
PE	Processing error	$s_1 * \{p_1\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\} * \{m_1\}$	$s_1 * \{p_2\} * \{m_1\}$ $U * s_2 * \{p_2\} * \{m_1\}$
DPT	Different process tool	$\emptyset$	$\emptyset$
SPT	Same process tool	$s_1 * \{p_1\}$ $U * s_2 * \{p_1\}$	$s_1 * \{p_2\}$ $U * s_2 * \{p_2\}$
FMS	Preventive maintenance start	$\{e_{11}\} * \{p_1\}$	$\{e_{21}\} * \{p_2\}$
PMF	Preventive maintenance finish	$\{e_{12}\} * \{p_1\}$	$\{e_{22}\} * \{p_2\}$

표1 프로세스 툴 CPN에 대한 플레이스, 전이칼라 정의

**3. 에이전트를 이용한 이산사건 관리 전략**

에이전트를 이용하여 이산사건의 특성상 발생하는 사건의 종류 및 중요도에 따라 지능적으로 대처하고, 분산된 시스템에 관련정보 메시지를 보내어서 더욱 세밀하고 정교한 영업전략수립(스케줄링, 플래닝)과 고객만족을 위한 실시간지원의 기초가 된다. 특히, 분산된 공급체인의 관

리에 대해 레거시 시스템의 작은 수정으로 그대로 재사용할 수 있는 장점이 있다.

그림4는 이산사건 관리전략의 시스템 구성도로 전체적인 계획에 의해서 Top Down 방식으로 생산부문까지 전달되고 그 계획에 따라 일정하게 작업이 이루어진다. 생산부문에서 발생하는 이산사건(프로세스 에러, 재작업, 예방정비, 프로세스 틀 문제, 배치 프로세싱, 셋업등)에 대해 에이전트가 사건을 탐지하고 이 정보에 의해 레거시 시스템의 지식기반 데이터베이스를 수정하고 상위 의 플래닝, 스케줄링등의 분산시스템에 정보를 보내는 Bottom Up 방식으로 접근하였다. 이를 통해서 상위 시스템에서 협상, 재스케줄링등을 지원한다. 시스템의 하부에는 생산을 통제 관리하는 레거시 시스템인 MES(Manufacturing Execution System)가 존재하고 생산 제품의 프로세스상의 문제발생시 공정을 제어하는 SPC(Statistic Process Control)나 프로세스 틀을 제어하는 APC(Advanced Process Control)가 존재한다. 특히 이 두 시스템에서 지식기반 데이터 베이스 구성에 필요한 기반정보가 발생한다. 발생된 데이터의 축적으로 사건의 인식 및 분류가 추가되고 보다 많은 부분의 사건을 포함할 수 있다.

이산사건의 메시지를 받은 시스템은 보내온 정보를 기반으로 다시 하위 시스템에 거시적으로는 재협상에서부터 라인의 스케줄링 재조정, 디스패칭까지 전달된다

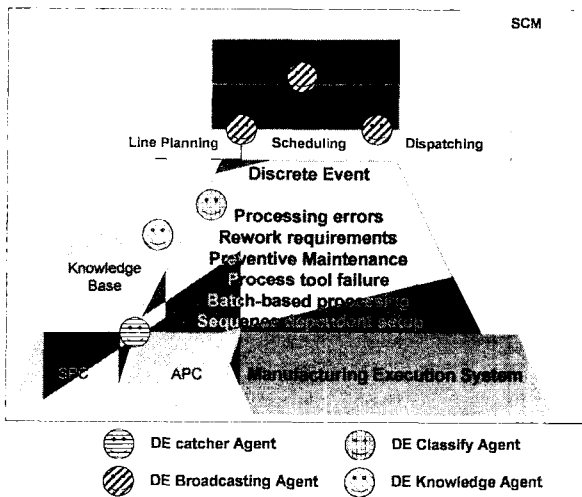


그림4 Discrete Event Control Model Architecture

- 에이전트는 아래와 같이 4가지로 분류할 수 있다.
- DE Catcher Agent : 이산사건 발생시 데이터 수집 및 전달기능
  - DE Classify Agent : 이산사건 종류별 분류작업기능
  - DE Knowledge-base Agent : 분류된 이산사건을 기준으로 관련 데이터 삽입 및 수정기능
  - DE Broadcasting Agent : 이산사건과 관련된 상위 시스템에 발생내용 전달기능

이산사건의 발생을 인식하고 받아들이는 DE Catcher Agent, 이산사건을 지식데이터 베이스를 기준으로 분류하고 전달하는 DE Classify Agent, 전달된 데이터를 공정별 프로세스 틀별로 분리, 수정하는 DE Knowledge-base Agent, 시스템에 관련된 상위 시스템에 데이터를 전달하는 DE Broadcasting Agent로 이루어져 있다.

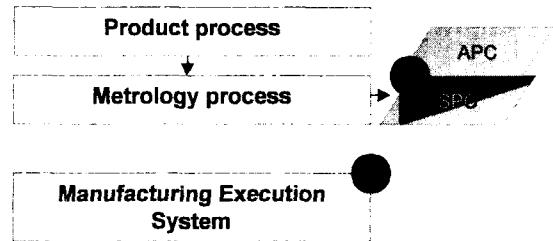


그림5 Discrete Event Catcher Agent

특히, 그림6과 같이 이산사건의 수집부인 DE Catcher Agent는 시스템의 시작부분으로 기존에 지식기반 데이터베이스에 수작업으로 이루어지던 작업을 자동화하여 정보의 정확도 향상 및 업무 로드감소에 의한 제조환경 개선에 적용된다. 또한 제품의 질을 판단하는 SPC와 프로세스 틀을 제어하는 APC로부터 발생하는 정보와 MES에 입력되는 데이터를 수집한다..

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

SCM이 구축된 생산환경에서 상위시스템과 하위 생산 시스템 사용자간의 괴리감을 최소화하기 위해 이산사건에 대한 모델링과 에이전트를 통한 전략을 제시하였다. 특히, 생산체계가 복잡하고, 이산사건이 빈번한 반도체 생산시스템을 모델링하였다.

향후에는 DE Knowledge Agent의 학습기능을 추가하고, 발생하는 데이터가 많으나 생산체계가 복잡하여 정확한 규정, 분류, 상호관계 정립등이 어려운 반도체 시스템에서 사건과 결과 데이터의 연관시킬 수 있도록 확장하여 적용할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] R. B. Handfield and E. L. Nichols Jr., Introduction to Supply Chain Management, Prentice Hall, 1999.
- [2] P. R. Kumar, Scheduling manufacturing system of re-entrant lines, In D.D.Yao, editor, Stochastic Modeling and Analysis of Manufacturing Systems, 325-360, 1994a,
- [3] K. Jensen. Coloured Petri Nets, volume 1. Springer-Verlag, NY, 2nd edition, 1997
- [4] J. Park, S. Reveliotis, D. Bonder, C. Zhou, J. Wu, and L. McGinnis. High-fidelity rapid prototyping of 300mm fabs through discrete event system modeling, Computers in Industry, 2001