

# 다중 모델 접근법에 기반한 회분식 공정의 자동 위험성 분석기의 개발

박준우, 강병관, 서정철\*, 윤인섭  
서울대학교 응용화학부

Kanagawa Industrial Technology Research Institute\*

## Development of Batch Process Automatic Hazard Analyzer(BAHA) Based on the Multimodel Approach

Junwoo Park, Byoungwan Kang, Jung Chul Suh\*, En Sup Yoon  
School of Chemical Engineering, Seoul National University  
· Kanagawa Industrial Technology Research Institute\*

### 1. 서론

Kang(2001)이 제안한 다중모델과 추론 알고리즘에 기반하여 회분식 공정의 자동 위험성 분석 도구인 BAHA(Batch process Automatic Hazard Analyzer)를 개발하였다. BAHA는 전문가시스템 개발도구인 Gensym 사의 G2®를 이용하여 구현하였고, 공정 조업 모델, 공정 물질 모델, 장치 기능 모델, 장치 거동 모델의 공정 표현 모델과 조업 이상, 거동 이상, 기능 이상, 사고 분석 알고리즘의 추론 엔진(inference engine)으로 구성되어 있다. BAHA의 클래스(class)는 장치(equipment), 물질(material), 공정 조업 모델의 구성 요소인 state, transition, 장치와 장치, 혹은 조업 모델의 state와 transition을 연결하는 스트림(stream), 변수(variable), 기능 이상(malfunction), 사고(accident), 안전장치(safeguard)등으로 이루어져 있으며, 서로 다른 공정에 대하여 장치 기능 모델 및 장치 거동 모델은 장치별로 기본적인 형태가 주어지고 여기에 특정 공정에 따른(process-specific) 연결 관계를 쉽게 추가할 수 있게 되어 있다. BAHA는 일반적인 화학 공정에서 많이 사용되는 파이프, 반응기, 저장 탱크, 밸브 등의 장치 거동 모델 및 장치 기능 모델이 기본 지식베이스로서 구현되어 있으며 추론의 기본 공간이 되는 공정 조업 모델을 팔레트(palette)로부터 복사하여 쉽게 구성할 수 있게 되어 있다.

## 2. 이론

### 회분식 공정 표현을 위한 다중 모델

회분식 공정에서는 공정도보다는 제품의 제조법(recipe)에 따라 장치들의 역할이 정해지기 때문에 제조법에 관한 지식을 표현하는 것이 더욱 의미가 있다. 모델은 다음과 같이 구성되어 있다.

- 공정 조업 모델
- = 공정 물질 모델
- 장치 기능 모델
- 장치 거동 모델

이는 연속 공정에서의 4가지 다중 모델에 의한 공정 모델링의 개념과 유사하며 공정의 조업 순서를 나타내는 공정 조업 모델 안에는 공정 구조 모델이 포함되어 있다.

### 위험성 분석 알고리즘

본 연구에서 개발된 시스템은 다음의 4가지 위험성 분석 알고리즘(hazard analysis algorithm)을 가지고 있다.

- 기능 이상 분석 알고리즘 (Malfunction Analysis Algorithm)
- 거동 이상 분석 알고리즘 (Deviation Analysis Algorithm)
- 조업 이상 분석 알고리즘 (Maloperation Analysis Algorithm)
- 사고 분석 알고리즘 (Accident Analysis Algorithm)

기능 이상 분석은 장치의 기능 이상을 node로 하여 회분식 공정의 전체 조업 과정에서 이 원인과 결과를 찾는 것이다. 거동 이상 분석은 장치의 변수의 거동이 비정상적인 경우, 즉 HAZOP 에서의 NO/HIGH/LOW 상태인 경우에 역시 조업 과정을 따라 그 원인과 결과를 찾는 것이다. 조업 이상 분석은 조업자의 실수로 조업 순서를 바꾸거나 조업 시간이 지연 혹은 빠른 경우, 즉 HAZOP 에서의 OTHER THAN/EARLY/LATER 등의 상태인 경우에 그 결과를 (이 경우에 원인은 조업자의 실수로 간주한다.) 추론하는 것이다. 사고 분석 알고리즘은 Rule base 로 공정 물질 모델과 장치 기능 모델, 장치 거동 모델 등의 위험 상황의 조합으로 일어날 수 있는 사고의 종류를 도출하는 것이다.

### 가정

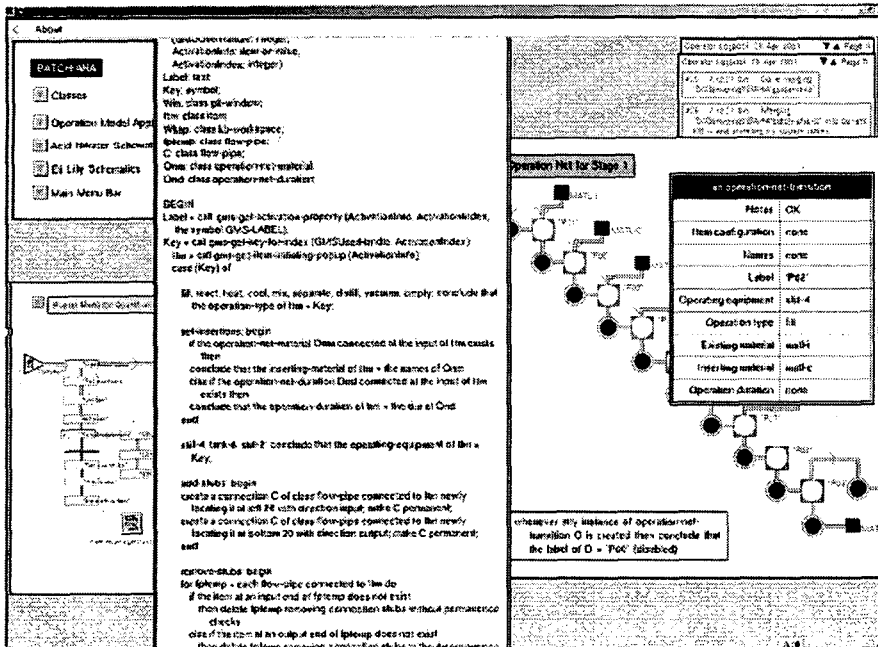
BAHA의 구현에는 세 가지의 가정을 사용하였다.

- ① 동시에 두 가지 이상의 위험 상황이 발생하지 않는다.(single fault assumption)
- ② 기적은 없다.(no miracle) 즉, 사고는 논리적인 경로를 따라 발생하며, 그 사이에 어떤 초자연적인 사건으로 인하여 논리에 맞지 않는 전혀 엉뚱한 일이 생겨 그것이 사고로 발전할 가능성은 없다.
- ③ 작업 순서는 서로 겹치지 않는다.(separable operation sequence)

### 3. 결론

#### 시스템의 구현

BAHA는 전문가시스템 개발도구인 Gensym 사의 G2®를 이용하여 구현하였고, 공정 조업 모델, 공정 물질 모델, 장치 기능 모델, 장치 거동 모델의 공정 표현 모델과 조업 이상, 거동 이상, 기능 이상, 사고 분석 알고리즘의 추론 엔진(inference engine)으로 구성되어 있다. 그림 1 에는 조업 장치, 주입 물질, 존재하는 물질, 수행 시간, 조업 형태 등의 정보가 공정 조업 모델과 추론 알고리즘의 일부가 나타나 있다.



## 토론

다중 모델과 추론 알고리즘을 바탕으로 회분식 공정의 위험성 분석 시스템인 BAHA(Batch process Automatic Hazard Analyzer)를 구현하였다. BAHA 는 전문가 시스템 개발 도구인 G2®를 이용하여 개발하였으며, 앞의 모델들과 알고리즘을 지식베이스로 구축하여 실제로 회분식 공정의 위험성분석을 가능하게 하였고, 공정 topology 와 조업 순서를 보여줌으로써 조업자의 빠른 이해 및 용이한 사용을 가능하게 하였다.

## 4. 감사

본 연구는 두뇌 한국 21사업과 국가 지정 연구소의 연구 지원금에 의한 것입니다.

## 5. 참고 문헌

1. 강병관, “다중 모델 접근법에 기반한 회분식 공정의 위험성 분석 자동화에 관한 연구”, 박사 학위 논문, 서울대학교 응용화학부(2001)
2. 서정철, “화학 공정의 안전성 분석을 위한 다중 모델 접근 방법”, 박사 학위 논문, 서울대학교 응용화학부(1997)
3. 강경욱, 강병관, 서정철, 윤인섭, “위험성 분석에서의 다중 모델을 이용한 자동화 시스템의 개발”, KIGAS(Journal of the Korean Institute of Gas), 1, 87(1997)