

# 다중모델 위험성 분석 시스템의 개발

## The development of multimodel hazard analysis system

강경욱, 강병관, 서정철\*, 윤인섭  
서울대학교 화학공학과, 공군사관학교 화학과\*

Kyung Wook Kang, Byung Kwan Kang, Jung Chul Suh, En Sup Yoon  
Dept. of Chem. Eng., Seoul National University, Air Force Academy Dept. of  
Chemistry

### 서론

위험성 분석(Hazard Analysis)은 공장의 안전성을 확보하는데 필요한 가장 기본적인 작업이며, 중요성이 점점 높아지고 있다. 그러나 시간이 많이 소요되고, 여러 분야의 전문가를 필요로 하며, 상당한 시간과 노력을 투자해야 하는 단점들을 극복하고자 자동화하려는 시도가 있어왔다. 그러나 대부분은 HAZOP이라는 하나의 방법론을 전문가 시스템으로 구현하는데 초점이 맞추어져왔고, 그나마 부분적이고 틀에 박힌 결과를 추론해내는 등의 한계가 있었다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자 화학 공정의 안전성 분석에 적합한 새로운 지식 모델링 방법과 추론 알고리즘을 제안하였다.

본 연구에서는 안전성 분석에 적합한 지식을 사용하여, 공정 전체의 인과 영향, 사고 전과 관계를 추론 가능하도록 하였으며, 공정 구조를 안전성 분석에 적합하도록 재구성하였고, 공정 장치 외에 제어 장치를 비롯한 안전 장치를 모델링에 포함시켰으며, 모듈 접근 방식으로 적용, 수정을 용이하게 하였고, 물질들의 위험성을 나타내도록 위험성 데이터와 반응 현상을 처리하였다.

본 연구에서 제안한 시스템은 장치 지식 베이스(unit knowledge base)와 물질 지식 베이스(material knowledge base), 구조 지식 베이스(organizational knowledge base)의 세가지 지식 모델링과 Deviation, Malfunction, Accident analysis의 세가지 안전성 분석 알고리즘(hazard analysis algorithm)으로 구성되어 있다.

제안된 시스템을 Olefin dimerization 공정의 feed section에 적용한 사례 연구를 통하여 제안된 시스템의 분석 결과를 살펴보았다.

### 자동화시스템 구성요소와 모델링

본 연구의 목적은 안전성 분석에 필요한 적절한 지식들을 사고의 이해(the understanding of the accident)를 통해 정의하고 이를 컴퓨터가 인식할 수 있도록 지식 모델링 기법(knowledge modeling)을 개발하며, 이에 의해 모델링된 지식을 기반으로 안전성 분석을 수행하는 위험성 분석 알고리즘(hazard analysis algorithm)을 개발하여 안전성 분석 자동화 시스템을 구축하는 것이다.

그런데 최근에 제시되었던 위험성 평가 자동화 시스템은 다음과 같은 공통적인 한계가 있고, 안전성 분석에 요구되는 조건을 만족시키지 못하고 있다.

① 안전 장치 고려(Safeguard Consideration)

기존의 시스템들은 공정에 장치되어 있는 안전 장치들을 고려하기 어렵게 되어 있다. 또한 복잡한 전개 과정을 거쳐 발생하는 사고에 대해서는 설계자가 모든 사고의 경우를 사전에 고려하기가 어렵다.

② 사고의 다양성(Accident Diversity)

실제 화학 공장에서 일어나는 사고의 형태는 매우 다양한데 비해서 기존의 시스템들은 이러한 사고를 표현하는데 한계가 있었다. 지금까지 제안된 시스템들은 대개 물리적 위험 요소를 알아내는 데 국한되어 있다.

③ 원인과 결과의 다양성(Cause and Consequence Diversity)

화학 공장은 stream integration을 통하여 한 곳의 기능 이상이 공정 전체에 영향을 미칠 수 있다. 기존의 시스템들은 궁극적인 이상(ultimate malfunction)과 직접 기능 이상을 표현할 수 없었다.

④ 사고 발생 경로 혹은 과정(Pathway or event combination leading to accidents)

기존의 시스템들은 단순히 변수 일탈의 원인과 결과만을 제시해주기 때문에 사고의 중간 과정을 알기 어렵다.

⑤ 다양한 위험성 분석 추론 방식

기존의 시스템들은 자동화의 대상이 HAZOP 방법론에 국한되어 있다. 대개 기존의 시스템들은 주어진 변수 일탈에서 추론을 시작하거나, 이상(fault)을 가정하여 위험 요소를 알아내고자 한다.

기존의 시스템들이 이러한 단점을 지니고 있는 이유는 근본적으로 안전성 분석에 활용 가능하도록 많은 정보를 표현하는 모델링을 하지 못했기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 접근 전략으로 문제 해결을 시도하였다.

① 사고 메카니즘 규명(Accident Mechanism)

HAZOP에 국한하지 않고 일반적인 위험성 평가에 필요한 지식을 정의하고 이를 모델링하여 위험성 평가 알고리즘을 지원하게 한다. 이를 위하여 안전성 분석의 대상이 되는 사고(accident)의 메카니즘을 규명하여 필요한 지식을 정의한다.

② 지식 모델링 기법 개발(Knowledge Modeling)

장치 지식 베이스(unit knowledge base)와 물질 지식 베이스(material knowledge base), 구조 지식 베이스(organizational knowledge base)의 개발

③ 추론 알고리즘 개발(Hazard Analysis Reasoning)

변수중심의 Deviation analysis algorithm, 기능이상중심의 Malfunction analysis algorithm, 사고중심의 Accident analysis algorithm의 개발

### 지식의 표현방법

기존의 지식들은 기본적으로 if-then을 이용한 일대일대응형식으로만 표현하였다. 이러한 구조로는 다양하고도 체계적인 구조를 짤 수 없게 되어있다. 일단 이렇게 짜여진 구조로는 확장과 수정이 어렵고 이해하기도 힘들다. 그 동안 새롭고 효율적인 자료구조들이 고안되고 이들을 평가하는 방법도 새롭게 고안되어 왔다. 이러한 자료의 구조로서는 배열, 스택과 큐, 리스트, 트리, 그래프 등등이 있다. 여기서 사용한 자료구조로는 트리구조이다. 직관적으로, 트리구조란 정보의 항목들이 가지(branch)로 연결될 수 있게 데이터가 조직되는 것을 말한다. 트리구조를 그림 1에 나타내었다.

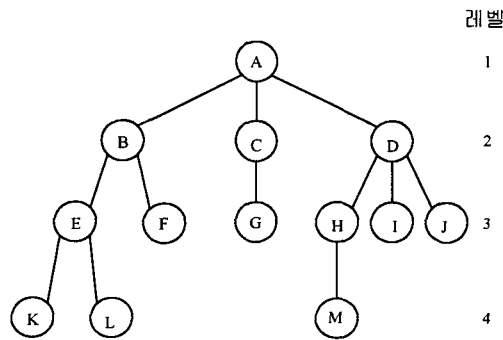


그림1. 샘플트리

### 다중모델접근방법

본 연구에서 구현한 시스템은 장치 지식 베이스(unit knowledge base)와 물질 지식 베이스(material knowledge base), 구조 지식 베이스(organizational knowledge base)의 세 가지 지식 모델링과 Deviation, Malfunction, Accident analysis의 세 가지 안전성 분석 알고리즘(hazard analysis algorithm)으로 구성되어있다.

구현된 모델의 특징은 장치 모델의 경우, 하나의 장치를 두 가지 다른 측면(변수(variable)와 기능(function))에서 분리하여 모델링하고, 장치를 표현하는 변수들을 장치의 inlet, internal, outlet에서의 변수로 분리하였고, 이러한 변수를 통해 거동 모델(behavior model)과 기능 모델(function model)을 연결시킴으로서 기존의 접근 방법에서 사용된 모델들이 표현할 수 없는 미묘한 사항들을 나타낼 수 있었다. 물질 지식 베이스는 다른 시스템에서는 다룰 수 없었던 예기치 않은 반응(unwanted reaction)을 포함하여 다양한 화학적 위험 상황을 나타낼 수 있도록 고안되었다. 구조 모델에서는 공정의 연결 구조를 안전성 분석에 적합하도록 해석하여 표현하고, 공정 장치들의 연결 상태뿐만 아니라 안전 장치에 대한 정보를 가지고 있어서 추론 알고리즘에 필요한 지식을 제공한다.

이 모델들을 이용한 안전성 분석 추론 기구는 실제 전문가들이 안전성 분석을

수행하는 절차와 사고의 발생 단계를 고려하여 개발되었다. 제안된 세 가지 안전성 분석 추론 기구는 각각 서로 다른 관점에서 안전성 분석을 수행하게 되어 있다. Deviation analysis algorithm은 변수 이탈을 중심으로 안전성 분석을 수행하고, Malfunction analysis algorithm은 기능 이상을 중심으로 안전성 분석을 수행한다. 또한 Accident analysis algorithm은 앞의 두 가지 알고리즘에 의해 정해진 물리 화학적 상태에서부터 모든 가능한 실제 사고를 추론해낸다. 장치지식베이스중의 기능모델과 거동모델의 일부를 그림2, 그림3에 각각 보였다.

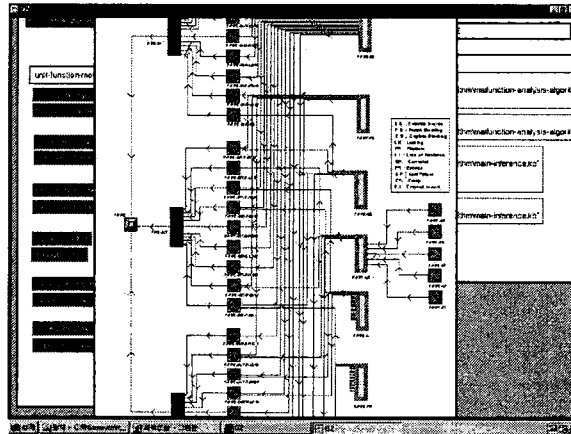


그림 2. Unit Functional Model of PIPE.

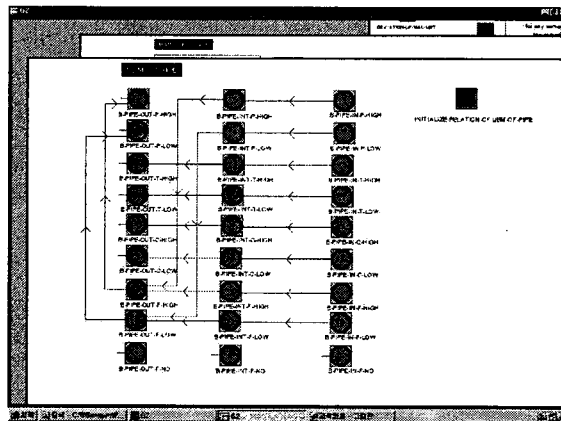


그림 3. Unit Behavior Model of PIPE.

## 결론

제안된 시스템을 Olefin dimerization 공정의 feed section에 적용한 사례 연구를 통하여 제안된 시스템의 분석 결과를 살펴보았다. 그림 3에서 feed section과 deviation algorithm, malfunction algorithm을 시작하는 화면을 보였고 그림 4에서는 첫 번째 pipe에서 high pressure 가 일어났을 때에 나온 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서 제안된 시스템은 주로 좁은 의미의 안전성 분석 즉, 위험성 확인에 초점을 맞추고 있다. 그러나 기존의 다른 방법론들과는 달리 본 시스템의 적용 결과는 위험성 확인 작업의 다음 단계 작업이라 할 수 있는 Fault Tree Analysis에 바로 연결될 수 있는 결과를 제시한다

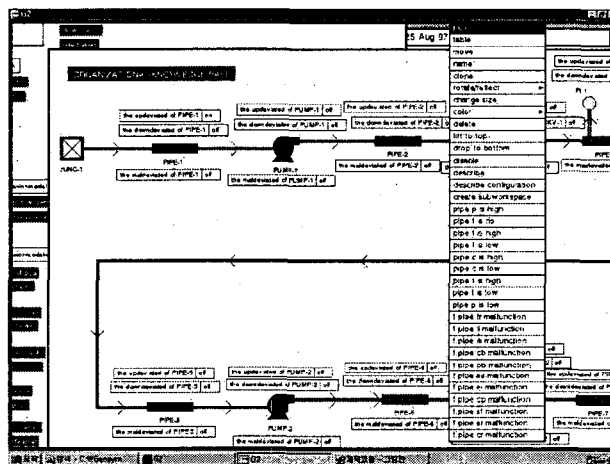


그림 3. Olefin dimerization 공정의 feed section.

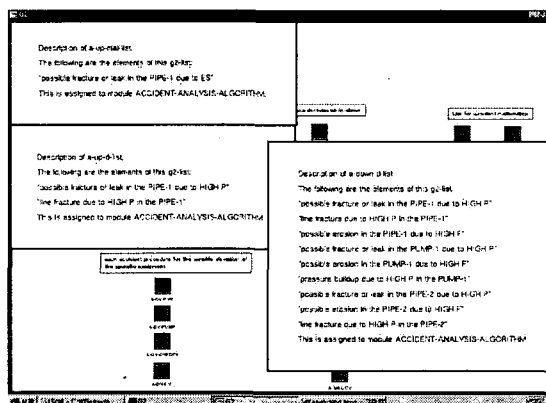


그림 4. Result of High pressure in pipe-1.

## 감사

본 연구는 포항공과대학교 지능자동화연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

## 참고문헌

1. 채희엽, “화학공정의 위험성 인식을 위한 전문가 시스템,” 석사 학위 논문, 서울대학교 (1992).
2. 이병우, “화학공정에서의 위험성 평가의 자동화를 위한 지식 표현에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교 화학공학과 (1995).
3. 서정철, “화학 공정의 안전성 분석을 위한 다중 모델 접근 방법”, 박사학위논문, 서울대학교 화학공학과 (1997).
4. NFPA, NFPA Code 49 Hazardous Chemical Data, National Fire Protection Association (1991b).
5. Ellis Horowitz, Fundamentals of Data Structures in C, COMPUTER SCIENCE PRESS, (1993).