

이상트리 자동합성을 위한 지식베이스 구축

홍석천, 허보경, 황규석

부산대학교 화학공학과

1. 서론

화학플랜트는 폭발성, 유독성 물질의 제조와 취급하므로 사고 발생에 의한 영향은 대단히 크고, 또한 사고 후 몇 년에 걸쳐 그 주변사회에 영향을 미친다. 따라서 화학공장의 화재, 폭발 및 독극물 누출에 의한 사고 등과 같은 가능한 모든 유형의 위험을 예측하고 예방하기 위해서 위험성 평가를 수행해야 한다. 이에 공정안전관리(Process Safety Management, PSM)에 대한 사회적인 관심이 증가하면서 많은 연구자들이 위험성 평가방법을 개발하여 잠재적 위험을 발견하고 안전대책(safety guard)을 제시하여 공정의 안전성을 확보하고자 노력해 왔다. 그러나 개발된 위험성 평가기법은 대부분 전문가들의 수작업을 통해서 이루어짐으로 신뢰성과 안전성을 항상 보장해 주지 못한다. 따라서 근래에 위험성 평가과정을 자동화하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

FTA(Fault Tree Analysis)는 시스템 고장이나 사고를 발생시키는 원인들 사이의 관계를 논리기호 및 트리 구조로 표현하여 대상설비, 공정 위험성, 신뢰성을 평가한다. 즉, 확률적 정량평가가 가능하여 공정의 취약부분을 찾아냄으로 공정의 신뢰도를 개선할 수 있다.

2. 연구 목적

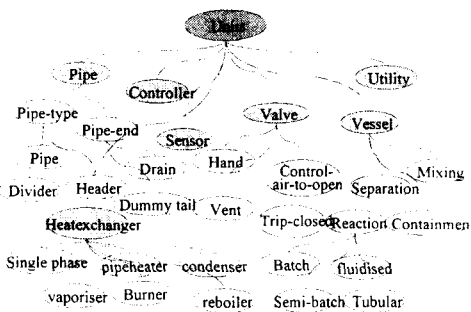


Fig.1 Hierarchical Unit Tree

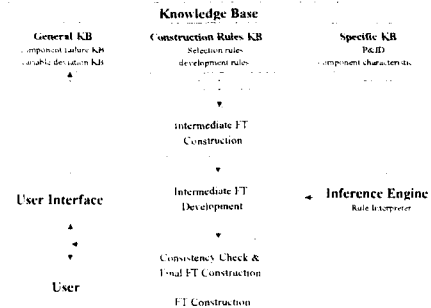


Fig.2 FT synthesis system

FT(이상트리)의 작성은 많은 시간과 노력을 요하며 작성자의 수준에 따라 상이

한 FT가 작성된다. 또한 복잡한 공정에 대한 FT의 작성은 많은 실수를 유발시킴으로 FT의 신뢰성을 확보할 수 없다. 따라서 FT의 합성 및 분석과정을 자동화하려는 연구가 많이 진행되고 있다.

그러나 기존의 FT 합성방법은 대상공정이 바뀌는 경우에 전체 FT 합성시스템을 변경시켜야 한다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 화학공장의 일반적인 장치 특성을 객체지향 지식 기반으로 표현한다. 대상 공정지식은 프레임(frame)과 룰(rule)을 사용하여 구조화된 지식표현 형태를 가진다(Fig.1).

3. FT 자동합성 시스템의 구조

FT 합성시스템 구조는 지식베이스(knowledge base), 추론엔진(inference engine), 그리고 사용자 인터페이스(user interface)로 구성된다(Fig.2).

장치 지식베이스(component knowledge base)는 장치의 종류에 따라 해당 특성과 지식을 프레임과 룰의 형태로 저장한다. 여기서, 프레임은 객체의 일반적(general)이고 특정한(specific) 속성(attribute)을 슬롯(slot)에 할당한다. 또한 FT 합성룰(construction rule), 선택룰(selection rule), 전개룰(development rule)과 같은 FT의 합성에 필요한 지식도 슬롯에 할당된다. 장치 지식베이스는 계층적 구조로 표현됨으로 지식의 재사용을 가능하게 하여 모델링의 노력과 시간을 줄일 수 있다.

룰은 계층 장치트리(hierarchical unit tree)에서 super-class나 component-class로부터 장치의 속성을 상속받고 해당 장치의 특정한 룰만 추가(override)하여 생성함으로 효과적인 지식베이스 관리가 가능하다(Fig.1).

지식베이스(knowledge base)는 일반적인 장치의 종류와 특성, 대상공정의 P&ID, 장치의 특성지식, 그리고 합성룰을 포함한다.

장치 지식베이스는 다음과 같은 5가지 부분으로 나눈다.

① 일반 지식베이스(generic knowledge base)는 장치의 클래스(class), 종류(type)를 나타낸다.

예) super-class : VALVES
 component-class : PNEUMATIC VALVE
 component-type : MANUAL VALVE

② 특성 지식베이스(specific knowledge base)는 두 가지 형태로 분류된다.

㉞ 장치사이의 연결관계 : 주(main), 지지(support), 제어(control) 장치의 연결관계를 나타낸다. Fig.3에서 valve2에 대해 예를 들면 다음과 같다.

예) input1.type : one of (MAIN, SUPPORT, CONTROL)
input1.connection : PIPE
output1.type : one of (MAIN, SUPPORT, CONTROL)
output1.connection : PIPE

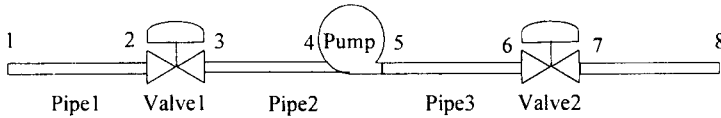


Fig.3 Sample System

㉔ 장치의 정상 운전상태와 운전 모드(mode) : valve인 경우, 정상상태일 때 full-open, open, full-closed와 이상 발생으로 인한 increase, decrease로 나눈다(Fig.4). 운전모드는 수동(manual), 자동(automatic)으로 개/폐 가능하다.

예) normal-position : one of(FULL-OPEN, OPEN, FULL-CLOSED)
actuation : one of(MANUAL, AUTOMATIC)

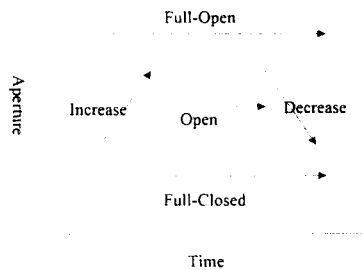


Fig.4 Aperture value

③ FT 합성룰 지식베이스(intermediate FT construction rule knowledge base) 장치 입출력에 대한 공정변수 거동의 논리적인 결합관계를 설명하는 합성 룰을 이용하여 중간 FT를 합성한다.

예) IF (decrease) OR (leak) OR (flow input1 LO) OR (pressure-gradient output LO) THEN (flow output1 LO)

* 변수이탈 전파식 : 장치 입출력에 대한 변수 이탈관계를 나타내는 물로 전파

식을 이용한다. Fig.3에서 pipe3의 전파식은 $F6_{out} = f(+G5_{in}, +G6_{out})$, $G5_{in} = f(+F5_{in}, +F6_{out})$, $T6_{out} = f(+T5_{in})$, $X6_{out} = f(+X5_{in})$ 등으로 나타낼 수 있다.

④ 선택룰 지식베이스(selection rule knowledge base)

중간 FT에서 사건을 확장을 위해 필요한 전개룰을 선택에 필요한 지식이다. 장치의 정상 운전상태와 운전 모드(mode)에 따라서 각각 적용해야 될 룰이 다르게 된다. 룰은 IF부에는 장치 특성 슬롯의 값을 가지고 THEN부는 장치상태 확장을 위한 룰 집합(set)이 있다.

예) IF (normal-position OPEN) AND (actuation MANUAL)
THEN ruleset1

⑤ 전개룰 지식베이스(development rule knowledge base)

장치 종류와 정상상태시의 운전모드에 따라 장치고장의 원인을 서술하는 룰로 사건 전개에 이용한다. THEN-Part는 전개될 장치 상태를 표현하고, IF-Part는 해당 장치의 이상 원인으로 기본사건이나 전개 가능한 장치의 상태로 표현된다.

예) ruleset1:
IF (valve stuck open) OR (no manual closing) OR (air supply loss)
THEN (open)

4. 결론

① 공정 장치를 계층적으로 분류하고 객체지향 개념을 도입한 장치 지식 표현법을 개발하여, 대상공정이 바뀌는 경우에도 지식베이스를 이용하여 쉽게 모델링할 수 있다.

② 공정의 연결관계에 의한 이상전파는 각 장치의 해당 이상 전파지식을 이용하여 이상에 대한 원인과 결과를 탐색할 수 있는 방법을 개발하였다.

5. 감사의 글

본 연구는 포항공과대학교 공정산업의 지능자동화 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

6. 참고문헌

[1] B. E. Kelly, F. P. Lees, The Propagation of Faults in Process Plants:1-4, Reliability Engineering and System Safety, 16, 1 (1986)