

## 화학공정의 이상상태 원인 탐색 자동화 시스템

박재웅, 김미희, 황규석\*  
 부산대학교 화학공학과  
 ([kshwang@pusan.ac.kr](mailto:kshwang@pusan.ac.kr)\*)

### Automatic detection system of abnormal situation causes in distillation process

Jae Woong Park, Mi Hee Kim, Kyu Suk Hwang\*  
 Department of Chemical Engineering, Pusan national university  
 ([kshwang@pusan.ac.kr](mailto:kshwang@pusan.ac.kr)\*)

#### 서론

화학공업의 발전에 따라 화학공장은 대량생산을 통한 경제성 추구라는 목표아래 점점 대형화하고 있으며, 에너지 절약과 운전비용 절감을 통한 생산성 향상을 위하여 더욱 복잡한 구조를 가지게 되었다.

이러한 복잡한 화학공장에서의 비정상상황이 발생했을 시, 그 이상원인의 탐색은 공정 운전원에게 있어서는 어려운 작업이 된다. 비록 공정의 여러 가지 조업 상황에 대해 경험이 충분한 운전원 일지라도 때로는 경험이 없거나 희귀한 이상의 진단에 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 조업 지원 시스템은 이상이 있는 공정 변수나 이상의 원인을 진단한 결과 등의 지적인 정보를 혼란스러운 상황에 처한 운전원에게 제공하여 적절한 대처조작을 수행할 수 있도록 지원해야 한다. 또한, 공정의 이상을 탐지(Detection), 진단하고 그 대처 방법을 제안함으로써 이상의 전이를 방지하여 안전성(Safety)을 증대시키고 공정의 Shutdown 을 방지하여 원료 물질의 손실이나 조업 손실을 감소시키며, 생산물의 품질에 악영향을 주지 않도록 한다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 극복하고자 공정이상 발생시 온라인으로 실시간 이상의 원인을 탐색해주는 이상상태 원인 탐색 자동화 시스템을 개발하고자 한다. 즉, 이상 진단 방법론을 적용하는데 있어서 실시간 개념을 도입하여 공정의 센서(Sensor)로부터 읽혀지는 변수 값을 컴퓨터를 사용하여 실시간으로 인식하여 공정 변수들을 다루고, 운전중인 공정에서 이상이 발생하면 그 이상의 원인을 실시간으로 탐색하는 시스템을 개발하고자 한다.

#### 본론

##### 1.부호 이상 트리(SFT) 구축

FT 의 방법론으로 화학공정의 이탈(Deviation)의 원인(Cause)을 모두 적출하는 불가능하다. FT 에 포함되는 원인 사상은 해석자의 생각이 미치는 범위이기 때문에 일어날 수 있는 모든 사상을 커버할 수는 없다. 즉, 이제까지 알려지지 않았던 미지의 원인이나 현대의 기술 범위를 넘는 새로운 현상에는 이상 진단의 범위가 제한 된다. 여기서 중요한 것은 일어날 수 있는 원인 모든 사상을 적출하는 것이 아니고 중요한 의미를 갖는 원인 사상을 적출하고, 해석의 목적에서 발생률에 따라 상대적으로 높은 원인 사상의 우선순위(Priority ranking)를 결정하는 것이 중요하다.

FT 가 수많은 기본 사상으로 구성된 경우, 그것을 몇 개의 부분 FT 로 분할하여 그 각 사상의 발생확률을 계산한 후, 전체의 FT 를 해석하면 효율적인 이상탐색을 할 수 있다. 즉 FT 를 부분적으로 모듈화 해서 신호의 크기를 적용한다.

Fig.1 은 FT 를 모듈로 분할해서 신호 크기를 각 사상의 가지에 나타낸 것 이다. 정상 사상을 시작으로 이탈의 원인이 되는 기본 사상들은 신호의 크기에 따라 전파된다. 여기서 신호의 크기는 FT 의 최하단 기본 사상의 발생 확률을 시작으로 구해지며, 각각의 분할된 모듈은 그 크기를 L1, L2.....Ln 과 같이 표현하여 가지상에 나타내었다. 정상 사상은 이탈 발생확률의 신호 크기에 따라 첫 번째 중간 사상 A1 에 전파되고,

A1 에 전과된 중간 사상은 다음 기본 사상의 발생확률에 의해 “a” 와 같은 이탈의 원인이 탐색된다. 그 이탈의 사상들의 경로를 보면,  $T \rightarrow A1 \rightarrow a$  순으로 탐색된다. 하지만 결과된 이탈 원인은 발생확률에 의해 구해진 이탈이며 실제로는 그 이탈의 원인이 잘못된 결과일 수도 있다. 그 원인은 발생확률은 이미 정해져 있는 상태에서 이상 전과가 수행되기 때문이다. Off-line 공정으로 가정하고 볼 때 여기서는 발생확률에 따라 이탈의 제 2 순위는  $T \rightarrow A1 \rightarrow b$  로 탐색되고, 3 순위는  $T \rightarrow A2 \rightarrow L2$ , 4 순위는  $T \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow d$ , 5 순위는  $T \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow e$  등의 이탈의 경로를 나타내고 있다. 하지만 이 원리는 언제까지나 Off-line 상태로 고장 탐색을 수행할 때 성립된다. 실제 On-line 실시간 공정에서는 이탈의 발생 경로에서 예상치 못한 경우의 수가 발생 할 수도 있으므로 온라인 공정을 대상으로 할 때는 공정 변수의 데이터를 실시간 받아들여 분석하고 이탈의 원인을 탐색해 나가야 한다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해서 부호이상트리(SFT)를 온라인 실시간에 적합한 모델로 구성하고자 한다. On-line SFT 는 정성적 SDG 모델을 통해 변수들의 변화되는 LEVEL 을 실시간 발생시켜 FT 를 구성하고 있는 각 사상들에게 신호의 크기를 실시간 제공하여 고장의 원인 탐색을 수행하는 방법이다..

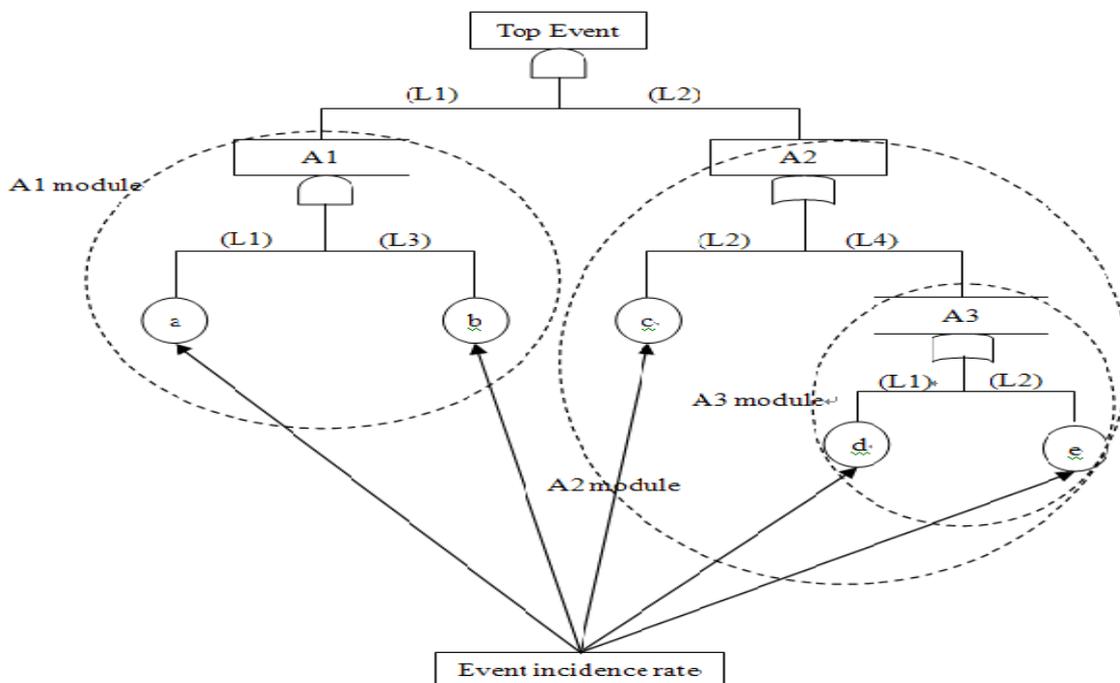


Fig. 1 Off-line FT

SDG 를 구성하고 있는 신호 간선은 Table 1 과 같이 Sign 과 LEVEL 를 가지고 있다. SFT 의 원리는 Fig.2 에 나타나있는 바와 같이, SDG 의 간선 사이에 노드들간의 부호와 LEVEL 를 이용하여 구성된 FT 의 하부 사상으로 이어지는 간선에 실시간 데이터를 전송한다. 그렇기 때문에 Off-line 상의 사전에 정해진 발생률에 따른 탐색 경로와는 달리 실시간 변수들의 데이터가 각 FT 에 구성된 각 Event 들로 전송되어 그 신호의 이상 변화에 따라 탐색되므로 정확한 이상의 원인을 도출할 수 있다. 따라서, 위에서 제시한 Off-line 탐색과 같이 고장 원인의 우선순위를 매기는 등의 비효율적인 탐색 방법이 필요 없이 SFT 는 가장 유력한 이상 원인이 되는 결론을 도출하게 된다.

Table 1 Sign level definition

| Sign | Level         | Definition     |
|------|---------------|----------------|
| (+)  | 1,2,3,4,5...n | (+) 방향으로 신호 증가 |
| (-)  | 1,2,3,4,5...n | (-) 방향으로 신호 증가 |
| (0)  | .             | node 간의 영향이 없음 |

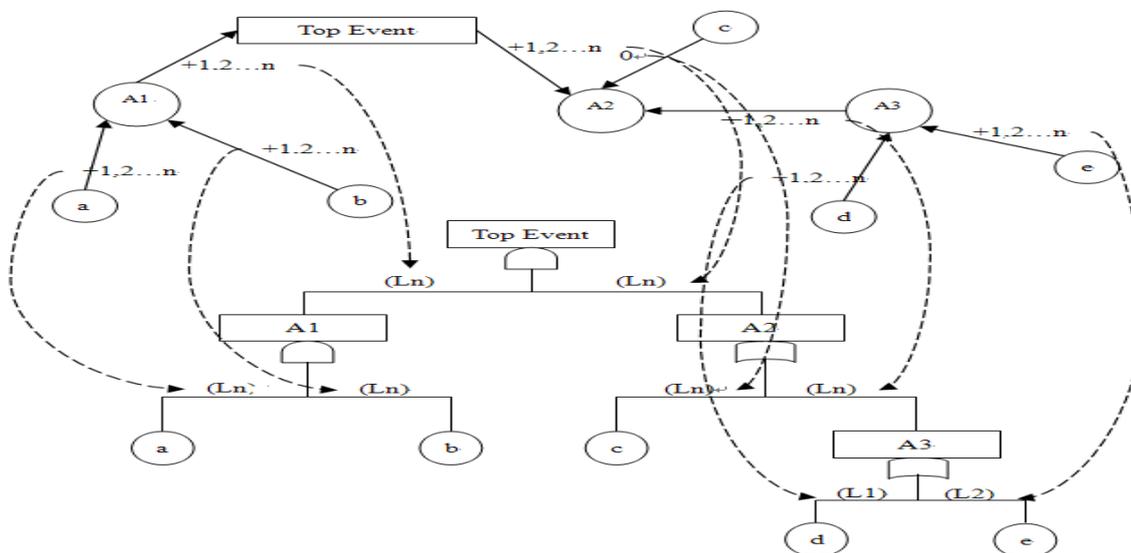


Fig. 2 On-line SFT

2. 시스템 구성

본 연구에서 개발한 고장원인 탐색 시스템(DCDS)의 수행 알고리즘(Algorithm)은 Fig.3 에 나타내었다. 온라인 증류 공정을 대상으로 고장원인을 탐색하는 시스템의 처리과정은 다음과 같다.

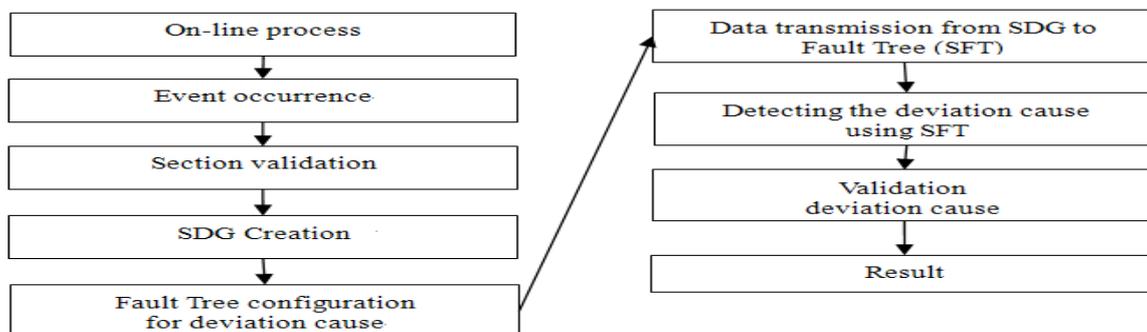


Fig. 3 DCDS algorithm

3. SFT 탐색 모델을 이용한 고장 원인 탐색 시스템

본 연구에서는 부호이상트리(SFT, Signed Fault Tree) 탐색 모델을 개발하여 이탈이 발생한 상황에 대하여 고장 원인 탐색을 수행하였다. 개발된 Off-line SFT 탐색 모델과 On-line 탐색 모델은 LEVEL 사용에 있어서 다음과 같은 차이점을 두고 탐색 모델을 수행하였다.

- Off-line SFT 탐색 모델: 기본 사상(Basic event)의 고장 발생률을 부호이상트리(SFT)에 입력 하여 고장 원인 탐색을 수행한다.
- On-line SFT 탐색 모델: 정성적 모델인 SDG 에서 변화되는 변수경향 LEVEL 의 크기를 부호이상트리(SFT)에 실시간 전송하여 고장 원인 탐색을 수행한다.

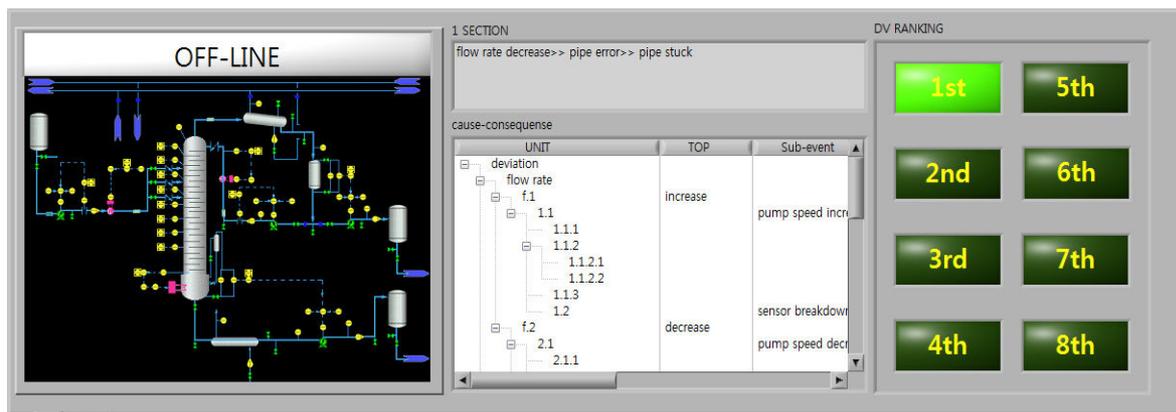


Fig. 4 Overall display of Off-line SFT

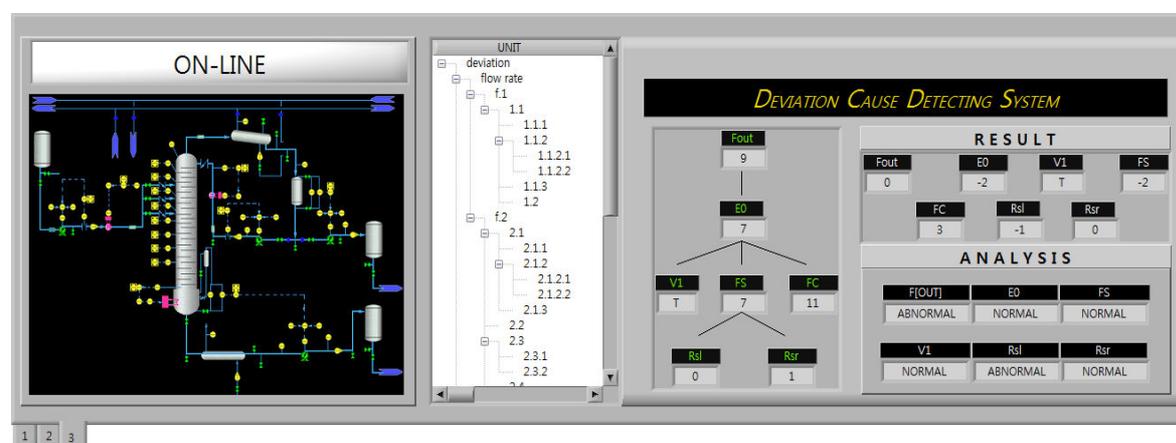


Fig. 5 Overall display of On-line SFT

**결론**

본 연구에서 개발한 탐색 모델인 부호이상트리(SFT) 탐색 모델은 On-line SFT 와 Off-line SFT 의 두 가지 탐색 모델을 이용하여 대상 공정에 수행하였으며 다음과 같은 두 모델의 장·단점을 알 수 있었다.

DCDS 는 On-line SFT 와 Off-line SFT 의 두 가지 탐색 모델을 이용하여 대상 공정에 수행하였으며 다음과 같은 두 모델의 장·단점을 알 수 있었다.

**On-line SFT model:**

- 장점: 실시간 변화하는 변수 경향 데이터를 이용하여 고장 원인 탐색을 함으로써 고장 원인 탐색의 명확성을 증대 시킨다.
- 단점: 공정 내적인 변수에만 의존하여 탐색 되기 때문에 공정 외적인 변수들이 고장의 원인일 때는 고장의 원인 탐색이 불가능하다.

**Off-line SFT model:**

- 장점: 공정 내적인 요인뿐만 아니라 외적인 요인까지 포함하여 고장 원인 탐색을 수행 함으로써 고장 원인 탐색의 확장성을 증대 시킨다.
- 단점: 정해진 고장 발생률에 의해서 탐색 되므로 고장이 발생하면 항상 같은 경로로 탐색되어 잘못된 결론을 도출할 수도 있다.

**참고문헌**

- 1.안대명, “화학공정의 위험상태 예측 전문가 시스템에 관한 연구”, 부산대학교 석사학위논문(1995)
- 2.오전근, 윤인섭, “화학공정 결함진단을 위한 전문가시스템 적용에 관한 고찰”, '87 한국 자동제어 학술회의 논문집, 679, 674 (1987)