

## 신뢰성 변화 평가기법을 이용한 위험상태 인식시스템에 관한 연구

황희태, 박창원, 정승배, 박재웅, 황규석\*  
부산대학교 화학공학과  
(kshwang@pusan.ac.kr\*)

### A study on the System for Recognizing Hazardous States using the Reliability change assessment methodology for chemical processes

Hee Tae Hwang, Chang Won Park, Seung Bae Jung, Jae Woong Park, Kyu Suk Hwang\*  
Department of Chemical Engineering, Pusan National University  
(kshwang@pusan.ac.kr\*)

#### 서론

화학공업에서 취급되고 있는 물질에는 화재, 폭발 등의 잠재적인 위험을 가지고 있는 것이 매우 많다. 또한 화학공업은 기술 집약적인 장치 산업이라는 특성으로 그 구조가 대단히 복잡하여, 실제 공정의 운전상 범해서는 안 되는 여러 제약 조건을 가지게 된다. 신뢰성평가를 위한 Directed Graph Analysis(DGA) methodology를 제시하였다. 본 기법은 공정도면을 유향그래프모델로 전환할 수 있도록 chemical plant를 equipment, instrument, piping으로 분류하고, node와 arc로 표현된 directed graph로 모델화 하였다. 공정도면을 node와 arc로 구성된 Directed Graph로 변환하고 각 node의 신뢰성을 순차적으로 해석하여 chemical plant의 신뢰성을 예측한다. 화학공장에서 많이 사용하고 있는 cooling water supply system의 신뢰성을 평가하기 위해 DGA기법을 적용하여 화학공장의 운전특성에 따른 reliability 변화를 예측하기 위한 화학공장의 reliability assessment기법으로 널리 사용될 수 있음을 증명하였다.본 연구에서는 실제공정에서 일어날 수 있는 조작자의 실수로 인한 오 조작 때문에 발생할 수 있는 위험사고를 사전에 예측하기 위하여, 화학공정 내에서 발생 가능한 위험상태를 모두 정리하여 지식 DATA BASE화하고, 각 기기장치의 조작 시에 공정상태가 위험상태로 발전하는가를 인식할 수 있는 위험상태 인식시스템을 개발하고자 한다.

#### 본론

화학공장은 equipment, instrument, piping 등이 유기적으로 결합되어 있는 복잡한 시스템이라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 화학공장의 신뢰성을 평가하기 위해 화학공장을 equipment, instrument, piping으로 분류하고 equipment는 pump, compressor 등과

같이 회전하는 rotating equipment 와 reactor, separator 등과 같이 고정되어 있는 stationary equipment 로 구분하였다.

### Relation between reliability and failure rate

equipment의 신뢰성을 평가하기 위해서는 시간에 의존적인 고장률함수와 신뢰도함수의 관계를 파악하여야 하는데 일반적으로 고장률함수, 는 equipment의 수명과 단위시간당 고장발생 횟수와의 관계를 나타내며 bathtub shape를 나타낸다[Kim, 2001; Wang, 2002].

### Arc

화학공장의 pipe 와 signal line 은 유향그래프의 arc 로 모델화 된다. pipe 는 주로 input and output arc 로 모델화 되고, signal line 은 component 의 동적 특성을 평가하기 위한 starting arc 로 모델화 된다. 또한 운전시간에 따른 신뢰성 변화를 평가하기 위해 화학공장의 구성요소인 component 에 시간경과를 반영하기 위한 time passage arc 를 정의하였다.

### Node

화학공장의 component 를 작동상태에 따라 motive component 와 stationary component 로 구분하였는데 이를 유향그래프로 모델화하기 위해 motion node 와 stationary node 를 정의하였다. stationary node 는 motive node 를 조작한 결과 출력상태를 변화시키는 장치이므로 Fig. 1 와 같이 operation node 로 모든 stationary node 를 정의하였고, motive node 는 작동신호에 의해 운전되는 장치이므로 standby node, startup node, operation node 로 세분화하여 정의하였다.

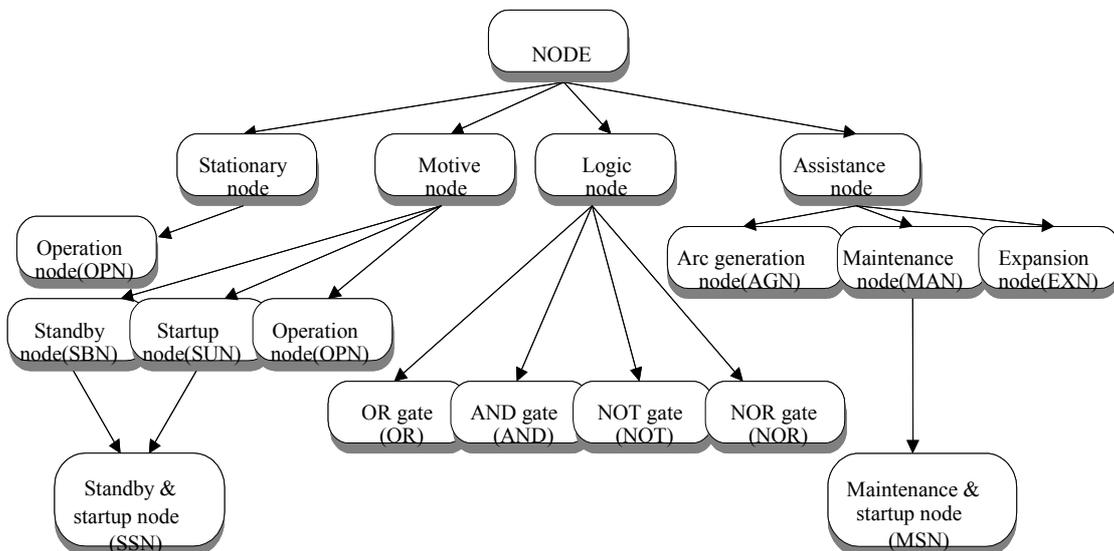


Fig. 1. Classification of nodes.

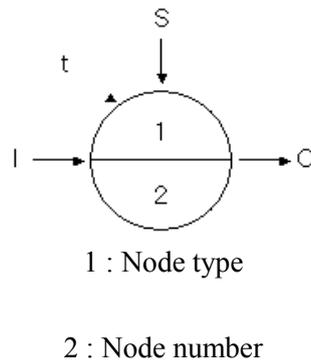


Fig. 2. Symbol of nodes.

Fig. 2 은 유향그래프 작성 시 사용되는 노드의 심벌을 나타내는데 기본적으로 input arc(I), starting arc(S), time passage arc(t) and output arc(O) 4 종류의 arc 로 연결되며 input arc, starting arc, time passage arc 로부터 적절한 output arc 를 발생시킨다. starting arc 는 작동신호에 의해 기동되는 startup node 에 starting intensity 를 발생시키고, time passage arc 는 시간경과에 따른 신뢰성변화를 평가하기 위해 각종 노드에 time passage 를 발생시킨다.

### Application

유향그래프분석기법의 적용 가능성을 증명하기 위해 Fig. 3 와 같이 화학공장에 많이 사용하고 있는 cooling water supply system 에 대해 신뢰성평가를 실시하였다. 시간경과에 따른 시스템의 신뢰성 변화를 예측하기 위해서는 먼저 신뢰성평가 범위를 설정하여야 하는데, 본 시스템은 one pass 가 고장 날 경우 대기 pass 가 자동으로 기동되고 고장 pass 는 즉시 정비를 실시하므로 cooling water supply system 의 초기운전으로부터 운전시간이 경과함에 따라 운전 중인 pass 가 고장 날 경우 대기 pass 가 정상적으로 기동하는 시점까지로 한정하였다.

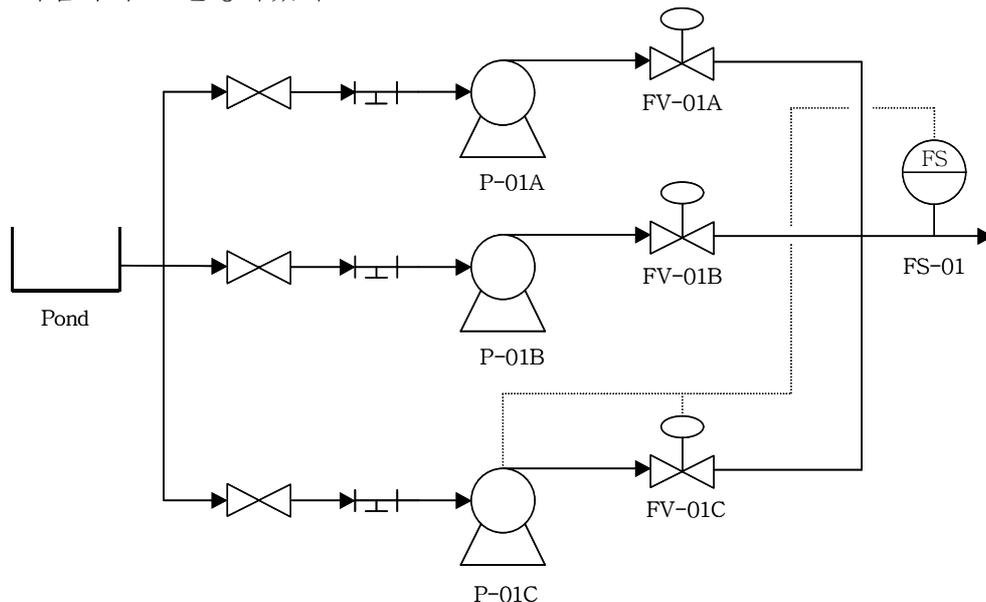


Fig. 3. Cooling water supply system.

## 결론

기존의 FTA, Go-Flow기법으로 화학공장의 안전성을 평가하는 방법은 화학공장의 구성요소인 equipment, instrument 등은 시간에 따라 신뢰성이 변화하며 동적인 특성을 가지고 있어 한계가 있다. 따라서 기존 기법의 문제점을 보완한 새로운 Directed Graph Analysis기법을 제시하였다. 본 기법은 다음과 같은 장점을 가지고 있어 화학공장의 신뢰성평가 시 기존의 기법에 비해 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

- (1) 가동시간에 따른 신뢰성 변화를 평가할 수 있어 일정한 신뢰성을 확보하기 위한 운전시간을 예측할 수 있으며, 예방정비 시점을 정략적 데이터를 근거로 결정할 수 있다.
- (2) 화학공장의 구성요소 중 동적 거동을 나타내는 장치의 동작특성을 노드로 표현할 수 있어 동적인 평가가 가능하다.
- (3) 화학공장을 여러 가지의 Subsystem 으로 분류할 수 있고 각 subsystem 의 신뢰성을 예측한 후 main system 에 입력하여 전체시스템의 신뢰성을 평가할 수 있어 복잡한 시스템의 신뢰성평가 시 매우 적절하다.

## 감사의글

Financial support from the Brain Korea 21 Project in 2008 is gratefully acknowledged.

## 참고문헌

- [1 ] Covert, M. W. and B. O. Palsson, "Transcriptional regulation in constraints-based metabolic models of *Escherichia coli*", *Journal of Biological Chemistry*, 277, 28058-28064 (2002).
- [2] Hwang, K. S., Park, N. H., An, D. M. and Park, C. I., *Development of Risk Analysis Method for Equipment Operation*, Korea Occupational Safety & Health Agency, Incheon, Korea (2003).
- [3] Matsuoka, T. and Kobayash, M., "The Go-Flow reliability analysis methodology-analysis of common cause failures with uncertainty" , *Nuclear Engineering and Design*, 175, 205 (1997).
- [4] Wang, F. K., "A Note on a New Two-Parameter Lifetime Distribution with Bathtub-Shaped Failure Rate Function" , *International Journal of Reliability and Application*, 3(1), 51 (2003).