

## 화학공장의 운전 특성에 따른 신뢰성 변화 평가기법

황희태, 박창원, 변운섭, 황규석\*

부산대학교 화학공학과

(kshwang@pusan.ac.kr\*)

### Reliability change assessment methodology for chemical plant operation character

Hee Tae Hwang, Chang Won Park, Yoon Sup Byun, Kyu Suk Hwang\*

Department of Chemical Engineering, Pusan National University

(kshwang@pusan.ac.kr\*)

#### 서론

Chemical plant의 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 모델화하였다. 또한 node를 논리적으로 접속하기 위한 logic node와 node의 확장성을 위한 assistance node를 정의하였다. 본 기법은 공정도면을 node와 arc로 구성된 Directed Graph로 변환하고 각 node의 신뢰성을 순차적으로 해석하여 chemical plant의 신뢰성을 예측한다. 또한 node의 연산식에 포함되어 있는 시간을 이용하여 운전시간에 따른 신뢰성 변화를 예측할 수 있으며 펌프, 압축기 등 동적거동을 가진 장치의 조작상태를 평가 할 수 있다. 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.

#### 본론

화학공장은 equipment, instrument, piping 등이 유기적으로 결합되어 있는 복잡한 시스템이라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 화학공장의 신뢰성을 평가하기 위해 Fig. 1 과 같이 화학공장을 equipment, instrument, piping 으로 분류하고 equipment 는 pump, compressor 등과 같이 회전하는 rotating equipment 와 reactor, separator 등과 같이 고정되어 있는 stationary equipment 로 구분하였다.

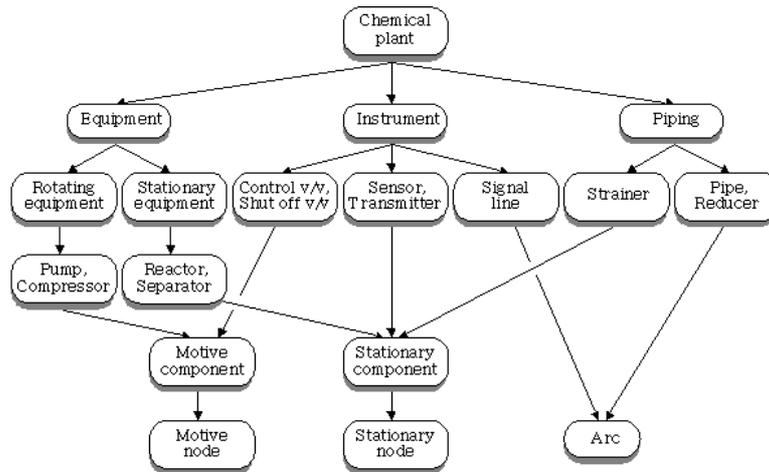


Fig. 1. Components of chemical plant.

**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 Fig. 1 과 같이 작동상태에 따라 motive component 와 stationary component 로 구분하였는데 이를 유향그래프로 모델화하기 위해 motion node 와 stationary node 를 정의하였다.

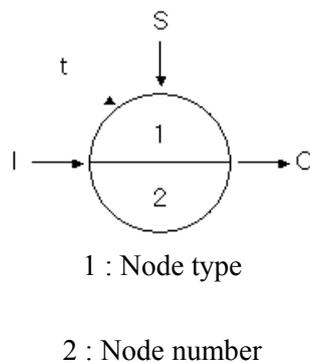


Fig. 3. Symbol of nodes.

Fig. 3 은 유향그래프 작성 시 사용되는 노드의 심벌을 나타내는데 기본적으로 input arc, starting arc, time passage arc and output arc 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 발생시키는데 각 노드별 출력강도식은 Table 1 과 같다.

Table 1. Output intensity equations of each node

Node type	Input arc intensity	Starting arc intensity	Output arc intensity
OPN	$I(t)$	-	$O(t) = I(t) \cdot \exp(-\Delta t)$
SBN	$I(t)$	-	$O(t) = I(t) \cdot \exp(-\Delta t)$
SUN	$I(t)$	$S(t)$	$O(t) = I(t) \cdot [S(t) \cdot P_s]$
SSN	$I(t)$	$S(t)$	$O(t) = [I(t) \cdot \exp(-\Delta t)] \cdot [S(t) \cdot P_s]$
OR	$I_1(t), I_n(t)$	-	$O(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - I_i(t))$ $O(t) = I_c(t) \cdot \left( 1 - \prod_{i=1}^n \left( 1 - \frac{I_i(t)}{I_c(t)} \right) \right)$
AND	$I_1(t), I_n(t)$	-	$O(t) = \prod_{i=1}^n I_i(t)$ $O(t) = I_c(t) \cdot \left( \prod_{i=1}^n \frac{I_i(t)}{I_c(t)} \right)$
NOT	$I(t)$	-	$O(t) = 1 - I(t)$
NOR	$I_1(t), I_n(t)$	-	$O(t) = I_1(t) + I_2(t)$
MAN	$I(t)$	-	$O(t) = I(t) \cdot \exp(-\Delta t)$
EXN	$I(t)$	-	$O(t) = I(t) \cdot P_s$
MSN	$I(t)$	$S(t)$	$O(t) = [I(t) \cdot \exp(-\Delta t)] \cdot [S(t) \cdot P_s]$

## 결론

화학공장의 구성요소인 equipment, instrument 등은 시간에 따라 신뢰성이 변화며 동적인 특성을 가지고 있어 기존의 FTA, Go-Flow기법으로 화학공장의 안전성을 평가하는데 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) 화학공장의 안전성 기준을 고장률에서 신뢰성으로 전환하므로 신뢰성 향상을 통한 안전성 확보 방안을 제시할 수 있다.
- (2) 화학공장의 equipment, instrument, piping 을 노드와 아크의 유향그래프로 표현하므로 공정흐름도와 거의 일치하는 유향그래프모델을 작성할 수 있다. 따라서 본 기법을 사용하여 화학공정의 신뢰성을 평가할 경우 평가자가 달라도 평가결과가 거의 일치할 수 있다.
- (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 2007 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] Lee, Sung Gun, Kyu Suk Hwang, Cheol Min Kim, "Dynamic behavior of regulatory elements in the hierarchical regulatory network of various carbon sources-grown *Escherichia coli*", *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 15, 551-559 (2005).
- [3] Oh, M. K., Rohlin, L., Kao, K. C., Liao, J. C., "Global expression profiling of acetate-grown *Escherichia coli*" *Journal of Biological Chemistry*, 277, 13175-13183 (2002).
- [4] Varma, Amit, Brian W. Boesch, and Bernhard O. Palsson, "Stoichiometric interpretation of *Escherichia coli* glucose catabolism under various oxygenation rates", *Applied and Environmental Microbiology*, 59, 2465-2473 (1993).