

유향그래프를 이용한 화학공정의 신뢰도 자동 연산 시스템

안대명*, 변윤섭¹, 황규석, 이주영²
 부산대학교 화학공학과, 한국산업안전관리공단¹, (주)SK²
 (daman@pusan.ac.kr*)

A System for Reliability Analysis of Chemical Processes using Directed Graph

An Dae Myung*, Byun Yoon Seup¹, Hwang Kyu Suk, Ju Yeong Lee²
 Dept. of Chem. Eng., Pusan National University, Busan, KOREA
 Korea Occupational Safety & Health Agency¹, SK Corporation²
 (daman@pusan.ac.kr*)

서론

다수의 기기에 의해 구성된 원자력발전소, 화학플랜트 등 시스템이 정상적인 기능을 할 확률을 평가하는 신뢰성 해석방법으로써 확률론적 안전성평가 (Probabilistic Safety Assessment : PSA) 방법이 있다. PSA에 있어서 여러 종류의 해석방법이 이용되고 있으나, 현재까지 시스템의 신뢰성 해석방법으로 결함수분석(Fault Tree Analysis : FTA)이 보편적으로 사용되었다. 그러나 결함수분석기법(FTA)에서는 정상사상(Top event)으로 시스템의 특정 사상을 하나밖에 선정할 수 없고, Fault Tree 작성에 해석자의 숙련을 필요로 하며, 대상시스템의 변경시에 Fault Tree의 수정이 어려운 점 등의 문제점이 있다[1,2,3].

따라서 본 연구에서는 결함수분석기법(FTA)에서 추구하는 목적과는 다른 시스템의 성공확률을 평가할 수 있고, 시간에 따라 변하는 신뢰도를 평가할 수 있으며, 운전자의 운전조작에 의한 사고를 반영할 수 있는 새로운 신뢰성평가기법을 개발하였다[4,5,6]. 본 연구는 도형을 이용하여 공정도 작성과 유사한 방법으로 시스템 모형을 구축하면, 사용자가 요구하는 시점 및 특정 공정에서의 시스템 신뢰도를 계산될 수 있도록 유향그래프를 이용한 화학공정의 신뢰성 계산기법을 개발하고, 화학공정의 위험성 평가 및 설비 신뢰성 계산을 자동으로 수행할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다.

본론

1. 시스템 신뢰성 평가방법

본 기법은 시스템이 정상적으로 작동하는 것을 분석하기 위해 화학공정을 구성요소와 비구성요소로 구분하여 공정도면을 기준으로 구성요소를 노드로, 비구성요소를 아크로 표현한 유향그래프로 모델화하며 이 유향그래프를 순차적으로 해석하여 전체 시스템의 신뢰성을 예측하는 기법이다.

1-1. 아크 및 신호

화학공정의 비구성요소인 배관, 각종 계장설비의 신호 등 공정의 흐름방향을 유향그래프의 아크로 표기하며, 아크는 신호를 가지고 있는데 신호의 존재란 실제로 흐름이 있는 경우 뿐만 아니라 흐름 가능성을 의미한다.

1-2. 시간의 경과

시스템의 신뢰성은 시간에 따라 변하기 때문에 시간의 경과에 따른 신뢰성을 예측하기 위해 시간을 신뢰성평가지 반영할 수 있는 방법을 검토하여야 한다. 본 연구에서는 실제 시간을 반영하기 위해 시스템의 초기시점을 기준으로 실제 시간의 전·후 간격으로 “시간

의 경과”를 정의하여 실제 시간을 반영하였다.

1-3. 노드

Fig. 1과 같이 화학공정의 구성요소인 기능요소와 작동요소를 기준으로 유향그래프로 모델화할 경우, 운전, 대기, 기동 및 통합노드로 세분화하여 정의하였다.

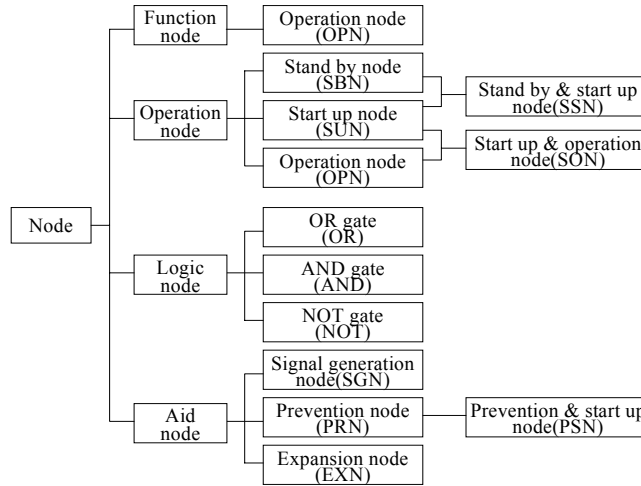


Fig. 1. Classification of node.

화학공정의 결합요소를 유향그래프로 모델화하는 경우 각 노드를 논리적으로 접속하여야 하는데 이를 접속하기 위해 논리노드를 정의하였으며, AND gate, OR gate 그리고 NOT gate로 구분할 수 있다.

또한 시스템의 신뢰성을 효과적으로 분석하기 위해 유향그래프의 작동노드에 작동신호를 발생시키는 신호발생노드, 보수·정비를 실시하였을 경우 시간의 경과에 따른 신뢰도 변화를 예측하는 정비노드 및 시스템의 확장성을 고려하기 위한 확장노드를 정의하였다.

노드는 기본적으로 주입력신호, 부입력신호 및 출력신호 세 종류의 입·출력 신호로 연결되며 주입력신호와 부입력신호로부터 적절한 출력신호를 발생시킨다. 또한 냉각수, 스팀 등 유틸리티는 Subsystem으로 분리하여 시스템의 신뢰성을 평가한 후 Main system의 노드로 입력하여 전체시스템의 신뢰성을 예측할 수 있다.

2. 화학공정의 신뢰도 자동 연산 시스템

2-1. 시스템의 구성

본 연구에서 개발하고자 하는 「화학공정의 신뢰성 자동 연산 시스템 패키지」는 다음의 모듈로 구성된다(Fig. 2).

- 설비 신뢰도 해석 프로그램 :
설비 신뢰도 해석 프로그램에 의한 시스템 신뢰성 해석을 실시한다.
- 설비 신뢰도 모델 차트 에디터 :
대상 모델의 공정 차트를 유향 그래프 형태로 작성, 수정 및 편집을 할 수 있다. 또 입력 데이터 자동 생성 기능이 있어 설비 신뢰도 모델 차트의 작성 단계에서 설비 신뢰도 해석을 위한 입력 데이터를 자동적으로 생성할 수 있다.

● 공정설비 및 고장률 데이터베이스:

화학공정설비의 기본적인 고장률 데이터베이스를 미리 작성하여 두고, 소프트웨어 시스템 상에서, 모델 차트 에디터로 작성된 공정 차트에 자동으로 결합하여 공정설비의 신뢰도 계산을 수행한다.

● 화학공정설비의 기능별, 그룹별, 계층별 분류 데이터베이스 및 설비 신뢰성 연산 알고리즘 데이터베이스 모듈:

화학공정설비의 작동시 신뢰성 계산을 수행하기 위해서는 각 공정설비를 기능별, 그룹별, 계층별로 연산 알고리즘과 상호 결합시켜 상황에 맞는 신뢰성 계산 연산로직을 선택하여 계산을 진행시켜야 한다. 이를 위하여 각 데이터베이스와 연산알고리즘의 선택 방법 등의 기능이 필요하다.

● 설비 신뢰도 해석 결과 종합 표시 프로그램

● 그래픽 유저 인터페이스 모듈:

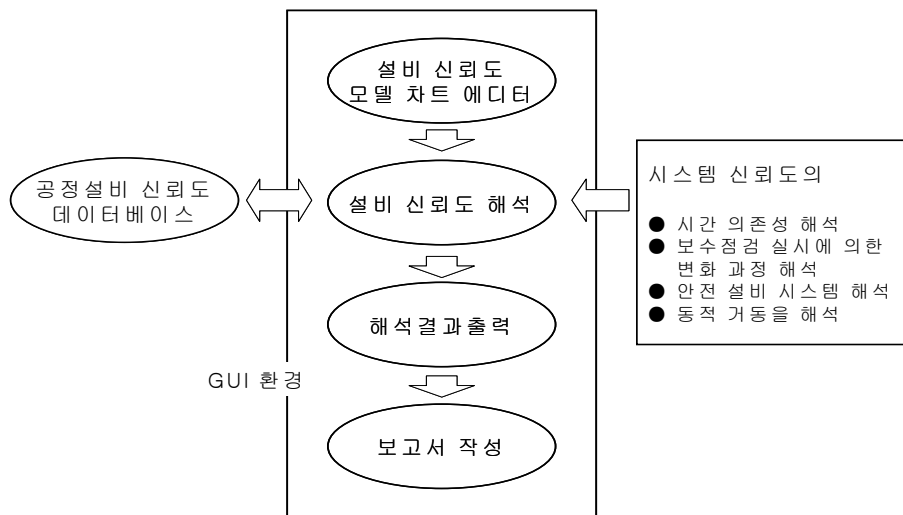


Fig. 2. The structures of the system for reliability analysis of chemical processes.

개발되는 시스템의 주 기능인 설비 신뢰도 해석 프로그램으로는 다음의 해석이 가능하다.

- 시스템 신뢰도의 시간 의존성 해석.
- 보수점검 실시에 의한 시스템 신뢰도의 변화 과정 해석.
- 안전 설비 시스템의 작동시/부작동시 신뢰성 해석.
- 동적 거동을 나타내는 시스템의 신뢰성 해석.

결론

기존 안전성 평가기법인 FTA의 단점을 보완하고 화학장치의 운전상황에 대한 동적 신뢰성을 평가하기 위하여 유향그래프를 이용한 새로운 신뢰성 평가기법을 제시하였다. 본 기법은 성공응 추적하는 시스템 해석 기법으로 시스템을 노드와 아크로 구성된 유향그래프로 모델화하고, 정의된 노드의 연산기능을 활용하여 시스템의 신뢰성을 순차적으로 해석, 예측할 수 있도록 하였다. 즉, 화학공정 신뢰성 자동 연산 시스템은 해석을 위한 여러 가지의 준비 작업과 계산과정, 결과 등을 보다 간편하게 할 수 있도록 하기 위하여, 모델 차트 에디터, 고장률 D/B의 작성 및 소프트웨어와의 연결 방법 그리고 신뢰도 계산 알고리즘, 해석 결과의 보고서 자동 작성 시스템 등 각 기능을 종합하여 단일 소프트웨어 상에서 쉽고, 정확하게 설비 신뢰성을 해석할 수 있도록 하였다. 본 시스템은 화학공장에서 활용되는 공정흐름도와 거의 일치하는 유향그래프를 이용하므로 비전문가도 쉽게 사용할 수 있어 화학공정의 정량적 위험성 평가 기술을 향상시키는데 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Roberts, N. H., Vesely, W. E., Haasl, D. F. and Goldberg, F. F.: "Fault Tree Handbook", NUREG-0492, (1981).
2. Lee, H. K.: "Study on Diagraph Based Fault Tree Systhesis of chemical process", Pusan National University, (1998).
3. Kim, Y. M.: "An Algorithm for Risk Analysis using FTA", Hanyang University, (1996).
4. Crowl, D. A. and Louvar, J. F.: "Chemical Process Safety Fundamentals with Application", PRENTICE HALL, (1990).
5. Williams, R. L. and Gateley, W. Y.: "Go Methodology-Overview", Electric Power Reserch Institute, (1978).
6. Matsuoka, T. and Kobayash, M.: Nucl. Sci. Eng., 98, 64(1988).
7. An, D. M.: "A computer-aided system for abnormal state operation in chemical plant", Pusan National University, (1999).
8. Hwang, K. S., Park, N. H., An, D. M. and Park, C. I.: "Development of Risk Analysis Method for Equipment Operation", Korea Occupational Safety & Heath Agency, (2003).