

산업시설의 사고빈도분석을 위한 Easy-Tree 개발

임동연, 고재욱, 김윤화, 서재민
광운대학교 화학공학과

1. 서론

항공 산업분야의 사고빈도분석을 위해 개발된 이상트리분석(Fault Tree Analysis) 방법은 최근 들어 넓은 분야에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다. 특히 화학공장의 위험성을 평가하는 방법 중 크게 각광받고 있는 정량적 위험성평가의 사고의 빈도를 분석하는 방법으로 그 중요성이 증가되고 있다. 하지만 아직까지 국내 현실은 인식과 데이터의 부족으로 업체 스스로가 시설물의 안전가동을 위해 이러한 분석방법을 수행하기에는 상당히 어려운 점이 많은 실정이다.

외국에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 사고빈도분석 평가에 관련된 프로그램이 많이 개발되고 있으나 국내 실정과 다른 외국기준으로 대부분 개발되고 있어 국내업체가 이를 사용하기에는 많은 무리가 따르고 있다. 따라서 국내의 해당 관련기관에서는 늦게나마 사고빈도분석의 효과적으로 수행하기 위한 프로그램 개발에 힘쓰고 있으며 본 연구에서 수행된 Easy-Tree역시 산업시설에서의 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 개발되었다.

Easy-Tree는 우선적으로 현장에서 손쉽게 사용하는 것에 그 초점을 맞추었으며 외국 프로그램의 불편한 점을 해소하고 해당분야의 실무자의 의견을 최대한 수렴하여 개발되었다. 따라서 이를 바탕으로 국내 산업시설의 사고빈도분석을 구하고 산업시설 주변지역에 대한 잠재위험(hazard)을 정량화하고 위험성 수준(risk level)을 평가할 수 있는 정량적 위험성 프로그램의 구축에 일조할 것이라 기대한다.

2. 이론

Fault tree Analysis는 처음에 항공산업에서 유래되어서 지금은 핵 발전소등 다양한 분야에서 위험성을 파악하기 위해서 사용되고 있으며, 성공적으로 발전되어서 지금은 화학공정산업분야에서 넓게 사용되고 있다. Fault tree는 사고에 도달할 수 있는 위험성을 평가하는 가장 좋은 방법이라 할 수 있으며, 이런 접근 방법은 매우 잘 정의된 사건(top event)들로부터 시작하여 사건을 일으키는 다양한 시나리오를 따라서 발전하는 방법이다.

FTA는 hazardous incident(top event)의 빈도를 system의 failure mechanism의 logic model로부터 인가하는 것으로 model은 safety systems, human reliability, basic system components의 failures의 조합을 기본으로 하고 있다.

FTA를 이용하면 system의 고장 메커니즘에 대한 논리 모델을 통해 위험한 사고 빈도를 예측할 수 있다. 모델은 safety systems, human reliability, basic

system components의 failure를 기본으로 한다. 한가지 예로 특정 밸브와 방화장치를 가지고 있는 가연성 액체 펌프의 고장으로 인한 주요한 fire의 빈도를 들 수 있다. 특수 설계라는 특징 때문에 역사적 펌프 화재 관련 자료를 적용할 수는 없다. 따라서 화재의 빈도는 펌프 용도, seal의 누출 빈도, 밸브의 신뢰도, 방화장비 및 운전자 반응에 대한 지식을 기준으로 예측해야 한다.

이상 트리 분석의 중요한 장점은 분석자가 연역적으로 시스템의 결함을 추론해 갈 수 있으며, 시스템의 손실 측면에서 시스템의 중요도를 지적하며, graphic aid를 제공하고, 정성적 혹은 정량적 시스템 신뢰도 분석을 제공하며, 분석자가 시스템의 행동을 관찰할 수 있다는 것이다.

또한, 이상 트리 분석을 화학공장에 적용하는 일반적인 목적은 사건의 발생빈도 산정, 사건을 유발할 수 있는 장치의 손실, 조업조건, 환경조건, 그리고 인간의 실수 결정, 신뢰도와 안정성을 향상시킬 수 있는 보안 장치들의 확인과 그러한 사건에 의한 충격의 결정이다.

이상 트리 분석을 수행하는 일반적인 절차는 1) 시스템 묘사와 시스템 경계의 선택, 2) 위험성 확인과 정상 사상의 선택, 3) 이상 트리의 작성, 4) 이상 트리의 정성적 평가, 5) 이상 트리의 정량적 평가 순이다.

위에서 제시한 단계 1)과2)는 이상 트리를 작성하기 전에 선행해야 할 단계로써 위험성 평가에 필요한 자료수집과 아울러 공정/시스템내에 존재하는 위험원을 파악하는 단계이다. 위험원을 파악하는 기법으로는 예비 위험성 분석과 HAZOP 연구가 있다.

이상 트리의 작성 단계에서는 AND나 OR gate를 이용하여 정상사상으로부터 중간사상을 거쳐 기본사상을 연역적으로 추론해 가면서 트리를 작성하게 된다. 단계 4)와 5)에서는 작성된 이상 트리를 이용하여 gate-by-gate와 minimal cut set 방법 그리고 중요도 분석을 이용하여 공정의 사고 발생 경로와 확률 또는 빈도를 계산하는 단계이다.

프로그램 개발

본 연구진이 개발한 Easy-Tree는 현장 실무자가 원하는 분석을 효과적으로 수행하기 위해 다음과 같이 구성되었다.

우선적으로 한글로 되어 있어 국내 사용자가 친숙하게 프로그램을 사용할 수 있으며, 객체지향 개발도구를 사용하여 각각의 기능을 독립적으로 설계하여 향후의 확장성을 고려하였다. 또한 최근에 유행하고 있는 사용자 그래픽 인터페이스(GUI)를 제공함으로써 기존의 유명프로그램에 익숙한 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 설계하였다. 프로그램의 운용은 그림 1과 같다.

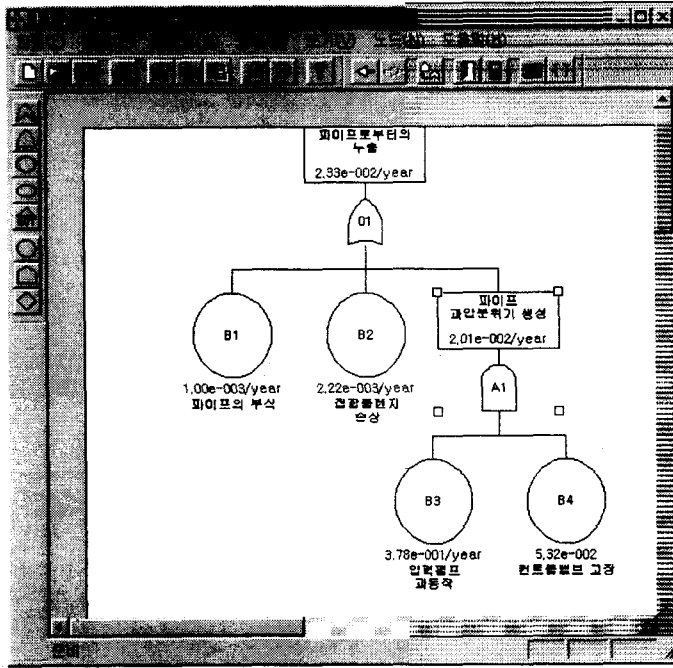


그림 1 Fault Tree의 구성

그림에서 보는 바와 같이 Easy-Tree는 공정전문가에 의해 구상된 이상트리를 단순한 사용자 인터페이스를 통해 손쉽게 작성해 줄 뿐만 아니라 이상트리분석 이론에 따라 사상의 빈도값을 즉시 분석할 수 있다. 또한 Easy-Tree는 빈도분석 뿐만 아니라 이상트리를 그려주는 Drwing Tool로서의 역할도 충실히 수행하도록 설계되어 트리를 작성하는 도중 사용자가 의도한 형태가 될 수 있도록 여러 가지 방법을 제공하고 있다.

Easy-Tree를 외국의 다른 프로그램과 비교해 볼 때 가장 돋보이는 점은 이상트리에서 분석된 정보를 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 표현한다는 것이다. 한가지 예가 그림 2의 minimal cutset의 표현인데 Easy-Tree는 minimal cutset을 분석한 후 이를 문자형태로 표현할 뿐만 아니라 유저와의 상호 작용을 통해 그 위치와 중요도를 직관적으로 표현하고 있다.

이상과 같이 Easy-Tree는 사용자의 편의성과 분석의 효율성이라는 두가지 조건을 모두 만족시킬 수 있도록 개발되었으며

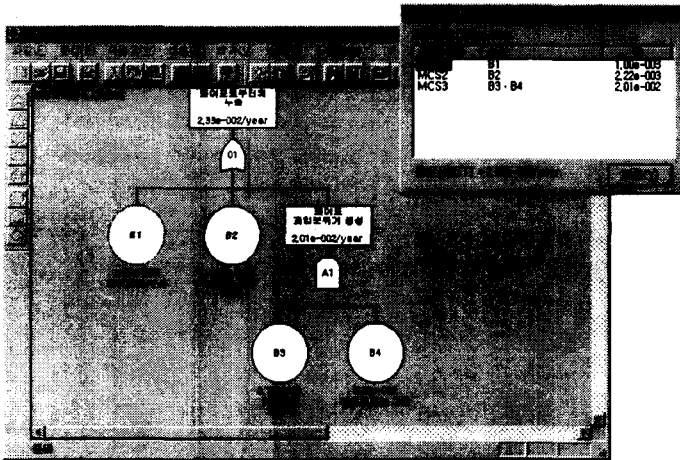


그림 2 minimal cuset의 표현방법

결론

사고 빈도 분석 프로그램을 이용하여 국내 산업시설 및 주변 지역에 대해 합리적인 안전관리와 운영절차, 비상대책, 방화대책 및 예방 대책을 포함하는 종합적인 안전대책에 활용할 수 있으며, 산업시설들에 적용하여 위험으로부터 연관된 공급의 중단을 최소화하여 안정된 공급을 할 수 있을 뿐만 아니라, 잠재위험을 갖는 위험한 시설들의 위험성을 산정하는데 도움이 될 것이다. 또한, 향후 국내 현실에 맞는 failure data D/B와 연결된다면 해당 관련업체의 자체적인 QRA수행에 있어 크게 기여할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Ernest J. Henley, Hiromitsu Kumamoto, "Reliability Engineering and Risk Assessment", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.(ISBN 0-13-772251-6)
- [2] Liu SY Mcdermid JA, "A Model-Oriented Approach to Safety and a Support System", Journal of Systems & Software, Vol. 35, No. 2, 1996.
- [3] Daniel A. Crowl, Joseph F. Louvar, "Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1990
- [4] Chris K. BrownObject "Oriented Programming in C++" Addison Wesley Developer Press
- [5] "Class Library User's Guide" Microsoft Press