

실시간 OPS 시스템에 관한 연구

황희태, 박창원, 정승배, 황규석*

부산대학교 화학공학과

(kshwang@pusan.ac.kr*)

A Study on the Real-time Operating Procedure Synthesis System

Hee Tae Hwang, Chang Won Park, Seung Bae Jung, Kyu Suk Hwang*

Department of Chemical Engineering, Pusan National University

(kshwang@pusan.ac.kr*)

서론

화학공업의 발전에 따라 화학 공장은 대량생산, 자동화 및 비용 절감을 통한 경제성 추구 및 생산성 향상을 위하여 점점 대형화하고 있으며 복잡한 구조를 가지게 되었다. 이러한 화학 공장의 효율적인 운영을 위하여 Computer를 이용한 공정 제어 시스템, 공장 자동화 시스템의 채용이 증가하고 있으나, 생산성 향상에만 관심을 집중하고 위험물질을 대량으로 취급하는 화학 공장의 안전성 확보는 소홀히 하는 경향이 있다. 만약 공정의 장치에 발생한 고장을 방치하거나, 운전원의 오판단에 의한 오조작이 추가되면 위험 상태로 발전하여 폭발, 화재 등의 사고를 일으킬 수 있다. 그 예로 TMI원자력발전소사고(1979), 멕시코시티 LPG 폭발사고(1984), 보팔 MIC 누출사고(1984), Chernobil원전폭발사고(1986), 미국 파사디나 석유화학공장폭발사고(1989) 등과 같이 지역사회 전반에 영향을 미치는 중대 재해로 발전한다.

따라서 공정내 비정상 상황이 발생하였을 경우 운전자의 부담을 줄이고 화학 공장의 자동화와 안전성 향상을 위해서는 공정의 개시·정지·비상 상태·보수 유지 조업등에 관한 운전 절차를 합성하고 분석하는 작업이 필요하다. 공정의 초기 상태로부터 최종 목표 상태로 제약 조건을 침범하지 않고 안전하게 운전 목표를 달성시키는데 필요한 조작 절차를 생성하는 운전 절차 합성 시스템은 오류가 없는 운전 절차를 합성하는데 도움을 주고 특정 공정에 대한 전문가들의 지식을 구조·문서화하여 보관하고 공유할 수 있다는 장점과 함께 조업자 교육용 시스템으로의 활용 뿐 아니라 공정의 이상 상황에 유연하게 대처할 수 있는 시스템으로 발전할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 화학 공장의 운전 절차를 합성하는데 필요한 지식 표현과 알고리즘을 개발하고, 직접적인 위험 상황을 포함하여 실제 공정에서 일어날 수 있는 위험 상황을 실시간으로 체크 및 분석하여 운전자의 오조작 등에 인하여 발생할 수 있는 이상 상태를 미리 방지할 수 있는 실시간 OPS 시스템 개발을 목표로 한다.

인공 지능 계획법

여기에서는 OPS 연구 분야에 많이 응용된 인공 지능 분야의 계획 기법의 소개 및 OPS 시스템의 효율성을 극대화 할 방법을 모색하고자 한다.

인공 지능 분야의 계획법은 Fikes 와 Nilsson 이 STRIPS(Stanford Research Institute Problem Solver)를 개발한 이후로 크게 발전하여 다양한 문제 영역에 응용되었다. 일반적으로 계획법에 필요한 구성 요소는 domain, state, action 이 있다.

기존의 OPS 문제에서도 많이 응용된 STRIPS 의 조작 표현법은 각 조작을 예비 조건 리스트(precondition-list), 삽입 리스트(add-list), 삭제 리스트(delete-list)의 세 부분으로 나누어 묘사한다. 여기서 예비 조건 리스트는 그 조작이 실행되기 위해 미리 만족되어야 하는 사실을 나타내고, 삽입 리스트와 삭제 리스트는 그 조작의 실행 후에 나타나는 효과를 기술한다.

선형 계획 시스템

주어진 목표들을 임의 순서대로 한번에 하나씩 차례대로 달성해 가면서 그때마다 필요한 조작들을 계획에 선형적으로 추가해 간다. 여기서, 계획이란 조작이 추가되는 sequence list 를 의미하며, 이것을 OPS 분야의 운전 절차에 해당한다. 제어 구조가 단순하여 구현하기 쉬운 장점이 있으나 목표들간의 상호작용으로 인해 경비가 많이 소요되는 후퇴를 자주 유발하게 되고 탐색 공간이 넓어져 복잡도가 크다는 단점을 가지고 있다.

비선형 계획 시스템

선형 계획 시스템들의 단점을 극복하고자 선형 계획 시스템들의 단점을 극복하고자 계층적 계획법 방식과 부분 순서 계획법이 등장하게 되었다. ABSTRIPS 에서 처음 시도된 계층적 계획법은 각 조작들의 예비 조건들 중에서 중요도가 낮은 것들을 차례대로 삭제함으로써 목표들을 계층적으로 추상화하고 최상위 레벨의 추상 목표들을 만족시키는 한 추상 계획을 먼저 구해낸 다음, 이것을 미리 구해둔 추상 계층에 따라 세분화함으로써 계획을 수립하는 방식이다. 이 방식은 별로 중요하지 않은 세부 사항들에 관한 고려는 뒤로 미루어 쉽게 추상 계획을 구할 수 있어 탐색 공간을 대폭 축소시켜 준다. 한편 NOAH 시스템으로부터 시작된 부분 순서 계획 수립 방식은 최소 결정 전략을 사용하는 방식으로서 선형 계획 시스템이나 전(全)순서 계획 시스템들에 비해 불필요한 임의 결정들에 의한 후퇴 발생을 감소시킬 수 있으며 계획을 반드시 선형적으로 확장하지 않고 임의 방향으로 확장할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 비선형 계획 시스템은 공정의 최종 운전 목표를 달성하기 전에 반드시 거쳐야 할 공정의 중간 목표 상태 정보를 이용하지 못하므로 동일한 공정 상태가 여러 번 반복 실행되어야만 하는 문제에 적용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 여기서 중간

목표란 초기 상태에서부터 목적 상태로 상태가 전이되는 동안에 반드시 만족되어야 하는 목표들을 말한다.(Fig. 1.)

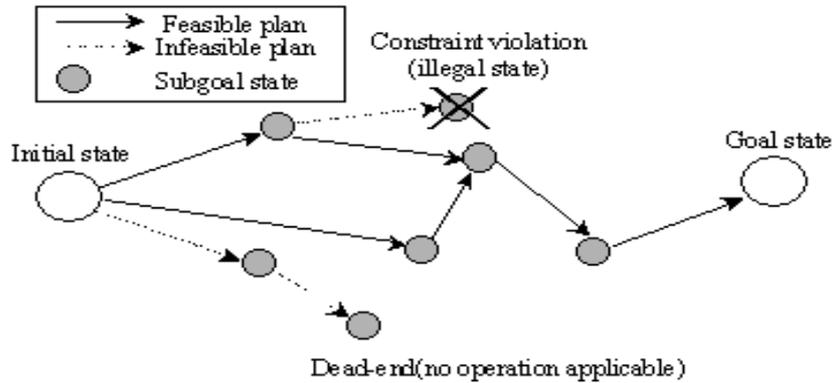


Fig. 1. Schematic of a typical OPS problem.

OPS 시스템의 구조

지적 시스템은 이상 상태가 발생하였을 때 원인을 인지하여 나타내고 제안 조작을 제공한다. 추론 공정은 knowledge base 에 있는 heuristic rules 과 제어 시스템에서의 실시간 자료에 좌우된다. 제안된 OPS 시스템의 구조는 Fig. 2. 와 같다.

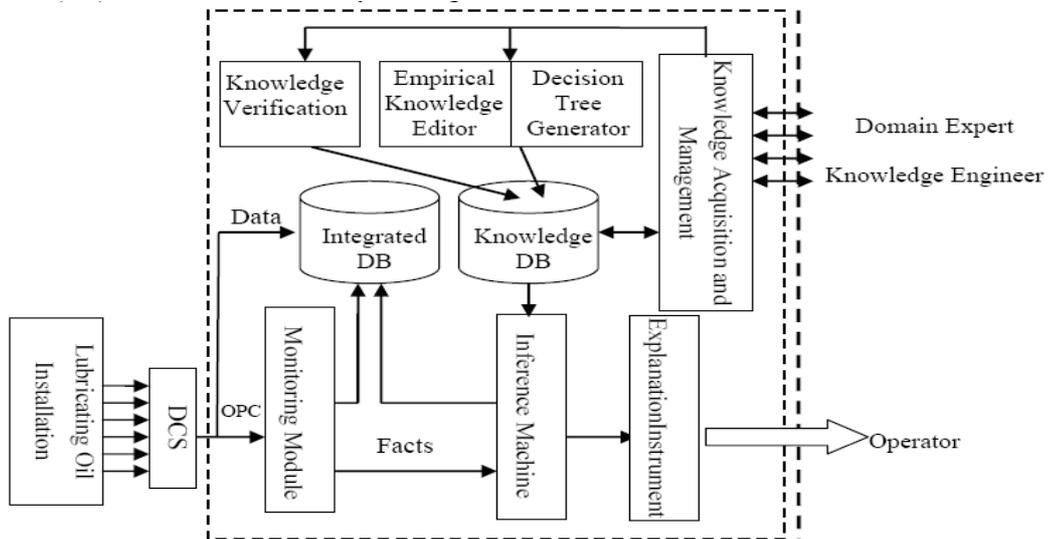


Fig. 2. The structure of the real-time expert system.

Monitoring module 은 제어 시스템으로부터 얻는 데이터의 흐름을 모니터한다. 만약 상태가 이상하다고 판단되면, 데이터는 자동으로 inference machine 으로 전송되어서 문제를 해결하고 integrated database 에 저장되어진다. inference machine 은 mixed reasoning 상태에 이용한다. AND/OR 그래프에 기초한 deep first search approach 탐색법이 추론 방법으로 채택된다. Explanation instrument 는 추론 경로를 추적하고 전문가 시스템의

추론 결과값을 신청하는 대로 바로 사용자에게 설명한다. Integrated DB 는 실제, 추론 공정의 중간 결과치, 실시간 데이터 그리고 분포된 computer 시스템으로부터 historical data 를 저장한다. Knowledge database 는 특정 지역에서의 이상 진단에 관한 domain knowledge 를 저장한다. Knowledge acquisition and management module 은 제안된 시스템과 domain specialist 나 knowledge engineer 간의 interface 이다. Knowledge verification 은 규칙의 일관성 체크를 실시한다. Empirical knowledge editor 는 domain expert 로부터 이상진단의 입력, 수정 삭제에 사용된다. Decision tree generator 는 교육용 데이터에 의해 구축된 decision tree 로 확장된 knowledge rule 을 직접적으로 쉽게 이용할 수 있게 한다.

전문가 시스템의 실행

제안된 시스템이 설계되는 동안 다음의 몇가지 문제에 주의깊게 고려할 필요가 있다.(Quan, 2003): 지식 기반 구조, 추론 기계 효율, 복잡한 계산 능력

제안된 시스템은 아래와 같이 실행된다.

Building of knowledge base → Design of the inference machine → Knowledge acquisition(Empirical knowledge table method, Decision tree method)

결론

대규모 화학공장을 위한 OPS 시스템의 개발에 필요한 시스템 구현에 관한 연구를 수행한 결과, 다음과 같은 사실을 확인할 수 있었다. OPS 시스템은 전문가들의 지식을 구조, 문서화하여 보관하고 공유할 수 있다는 장점과 조업자 교육용 시스템으로의 활용 뿐 아니라 공정의 이상상황에 유연하게 대처할 수 있는 시스템으로 사용될 수 있음을 확인하였다. 본 연구에서 언급한 Knowledge base 와 inference machine 그리고 knowledge acquisition 은 시스템 최적화 구조의 정의에 있어서 중요한 요소이다. empirical knowledge table 을 기반으로 한 지식 습득 기술과 historical data 로부터 확장된 지식체계의 방법이 시스템에서 적용된다. 산업현장에서 이 시스템의 그 신뢰성과 효율은 입증되었다.

감사의 글

Financial support from the Brain Korea 21 Project in 2007 is gratefully acknowledged.

참고 문헌

- [1] Foulkes, N. R., Walton, M. J., Andow, P. K. and Galluzzo, M.: *Chem. Eng. Commun.*, 12, 1035(1988).
- [2] Fusillo, R. H. and Powers, G. J.: *Comp. Chem. Eng.*, 4, 369(1987).
- [3] Qian, Y., Li, X. X., Jiang, Y. R. An expert system for real-time fault diagnosis of complex chemical processes. *Expert System with Applications*, 24, 425-432(2003).