

보일러 플랜트의 위험상태 인식을 위한 지식표현에 관한 연구

허보경, 안대명, 황규석, 윤인섭*
부산대학교 화학공학과, 서울대학교 화학공학과*

A Study on the Knowledge Representation for the Recognition of Hazardous Conditions in Boiler Plant

Hou Bo Kyeng, An Dae Myung, Hwang Kyu Suk, Yoon En Sup*
Dept. Of Chemical Engineering, Pusan National University
Dept. Of Chemical Engineering, Seoul National University*

1. 서론

화학공장에 있어서 각 공정플랜트에 에너지와 스팀을 공급해 주는 스팀보일러는 큰 비중을 차지하고 있으며, 스팀보일러의 조업은 타 공정에 큰 영향을 미치게 되어 있다. 보일러에서 공정에 공급하는 스팀의 품질에 따라서 공정에서 생산하는 제품의 질을 결정하기 때문에 안정적이고 효율적인 보일러의 운전이 요구된다고 하겠다. 특히 보일러는 가스나 기름을 사용하여 스팀을 발생하는 장치인 만큼 폭발이나 화재의 위험이 크기 때문에 운전에 세심한 주의를 요구한다.

따라서 보일러의 운전은 고도의 운전 관리기술이 요구된다. 특히 대형 보일러의 경우, 시동조작이 대단히 복잡하므로, 적절하고 안전한 조작에 의해 정상상태에 도달하도록 하기 위한 운전 관리기술을 체계화하고 보일러 운전의 운전 관리기술을 지원함으로써 보일러 플랜트의 운전 미숙으로 인한 에너지 낭비를 줄임과 동시에 운전원의 오판단, 오조작에 의한 사고 발생 소지를 줄이고 플랜트운전의 안전을 확보하기 위한 연구가 필요하다 하겠다.

2. 이론

전문가 시스템을 활용하여 운전원의 오판단, 오조작에 의한 보일러의 위험성을 예측하고, 안전하게 목적상태에 도달하도록 도움을 주는 운전 지원 전문가 시스템을 구축하는데 필요한 지식을 인공지능적인 기법을 이용하여 해석하고 표현하게 된다. 즉 현장의 운전원이 보일러 플랜트 개시 조업시에 행하는 운전조작 방법과 내부 프로세스 모델, 추론시 사용하는 정성적, 정량적 지식을 수집, 해석, 정리하여 운전지원용 지식 Base를 작성 하고, 여러가지 지식표현기법을 이용하여 보일러의 상태인식과 위험성을 체크할수 있는 지식표현 방법을 개발하고자 한다.

3. 연구 방법과 지식표현

시스템을 작성하기 위해서 보일러 운전의 특성과 운전에 사용되고 있는 보일러 제어 시스템의 구성에 대하여 조사하였고 보일러 플랜트에 설치되어 있는 시스템의 제어체제를 벗어나지 않는 범위내에서 공정의 운전지식을 다음과 같이 체계화 하였다.

1. 각 장치의 작동전 준비 조건
2. 운전 허용범위
3. 각 보일러 요소장치들의 기능을 나타내는 지식
4. Trip조건과 발생가능한 위험조건
5. 상황인식을 위한 지식

위의 지식을 사용하여 보일러의 개시 조업시에 일어날 수 있는 위험상황을 인식, 예측하게 된다. 우선 조업에 미리 앞서 각 장치의 작동전 준비 조건을 체크하고 조작으로 인한 보일러의 상태를 각 보일러 요소와 장치의 기능을 나타내는 지식을 사용하여 보일러의 상태를 모사한다. 그리고 모사된 상황이 위험한지를 판단하기 위해서 Trip조건과 발생가능한 위험조건, 운전허용범위를 조사하여 위험한 상황이 일어나는지를 판단하게 된다. 위험상황이 발생하지 않으면 상황인식을 위한 지식을 이용하여서 지금 상황이 어떤 상황인지를 전체 보일러의 공정 상태를 살펴서 알아보게 된다.

좀더 구체적으로 살펴보면, 공정변수의 값을 변화시키는 모든 요소(장치, 밸브)와 separation point, mixing point를 Node로 규정하고 그 밖의 요소를 Arc(pipe)로 생각하고, Node를 조작하기에 미리 앞서 그 요소의 작동전 준비조건을 조사하게 된다. 작동전 준비조건을 모두 만족하면, 아래 그림<FIG.1>과 같이 조작에 따른 Node의 기능관계에 의해서 입력되는 공정의 변수값이 출력값으로 변하게 된다.

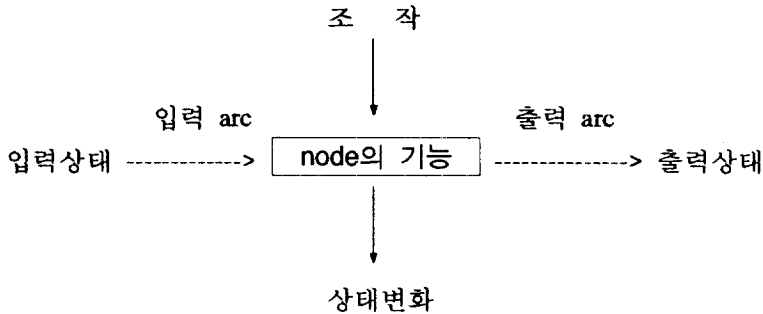


FIG.1

본 연구에서 Node의 기능관계는 If-Then Rule을 사용하였다. 구체적인 표현 <FIG.2>은 아래와 같다.

```

(If ((func-utility의 기능정도 (steam-turbine (3600)))
      (node의 기능정도 (1/2 open))
      (input-arc (temp T2)
                  (comp air O2)
                  (press P1)
                  (phase gas)
                  (flow F3)))
     Then (node상태 List) ((output-arc (temp T3)
                                         (comp air O2)
                                         (press P4)
                                         (phase gas)
                                         (flow F6)))
     Ar-Part ((input-arc) (output-arc)))
    
```

FIG.2

즉, If-Part의 Utility상태, Node상태, Input-Arc의 상태를 만족하면 Ar-part의

node의 전후 Arc 대응관계를 살펴서 Then-part에 표현되어 있는 해당 output-arc의 상태를 변화시키게 된다. 이러한 방법으로 보일러 플랜트의 상태 변화를 모사하게 된다. 모사된 상태가 안전한지를 판단하기 위해서 아래와 같은 절차를 거치게 된다.<FIG.3>

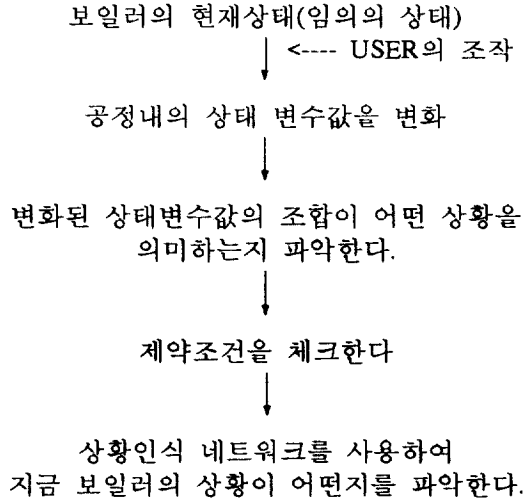


FIG.3

모사된 공정변수값들은 Node와 Arc의 각 속성변수에 지정되고, 이러한 공정변수들의 조합은 어떤 상황을 의미하게 된다. 그리고 미리 준비해둔 상황인식에 관한 Data Base를 참조하여 현재의 상황이 어떤 상황인지를 인지하게 된다. 이런 상황들은 각 요소의 Start-up Frame에 정의되어 있다. 상황의 속성변수값과 Node와 Arc의 상태변수값을 참조하여 위험특성 Data Base에 있는 Trip조건과 위험발생 가능성조건을 조사하고 상황인식 네트워크를 사용하여 보일러 플랜트의 조작에 의하여 변화된 현재의 상황을 인식하게 된다. 각 요소의 Start-up 프레임의 구체적인 표현은 아래와 같이 나타내었다.<FIG.4>

```

(Steam-Turbine-Start-Up (Pre-Check ((oil-check)
                                (cooling-water-ready)
                                (operation-mode steam-turbine)))
 (Rel-State ((steam-turbine-outlet-drain)
             (steam-turbine-inlet-drain)
             (warming-up)
             (steam-turbine-start)))
 (message (FDF on)))
  
```

FIG.4

위에서 보기를 든 것은 FDF Steam Turbine의 Start-Up이다. Pre-Check는 조작전 체크해야 될 조건으로 오일, 냉각수, 조작모드를 체크해야 된다는 것이고 Rel-State은 FDF Steam Turbine의 Start-Up시 일어날수 있는 상황을 정의한 부분이고 Message는 FDF Steam Turbine이 Start-Up되었을때 FDF에 조작을 행하는 것을

의미한다. 즉 Start-Up시 발생할 수 있는 상황들이 Start-Up Frame을 통하여 관리되어진다. Start-Up Frame에 정의 되어 있는 상황들과 Node와 Arc의 속성변수들의 값으로 이루어져 있는 위험특성 Data Base와 상황인식 네트워크를 사용하여 현재 공정 상황을 평가하게 된다. Data Base의 구성과 Data의 흐름은 아래와 같다. <FIG.5>

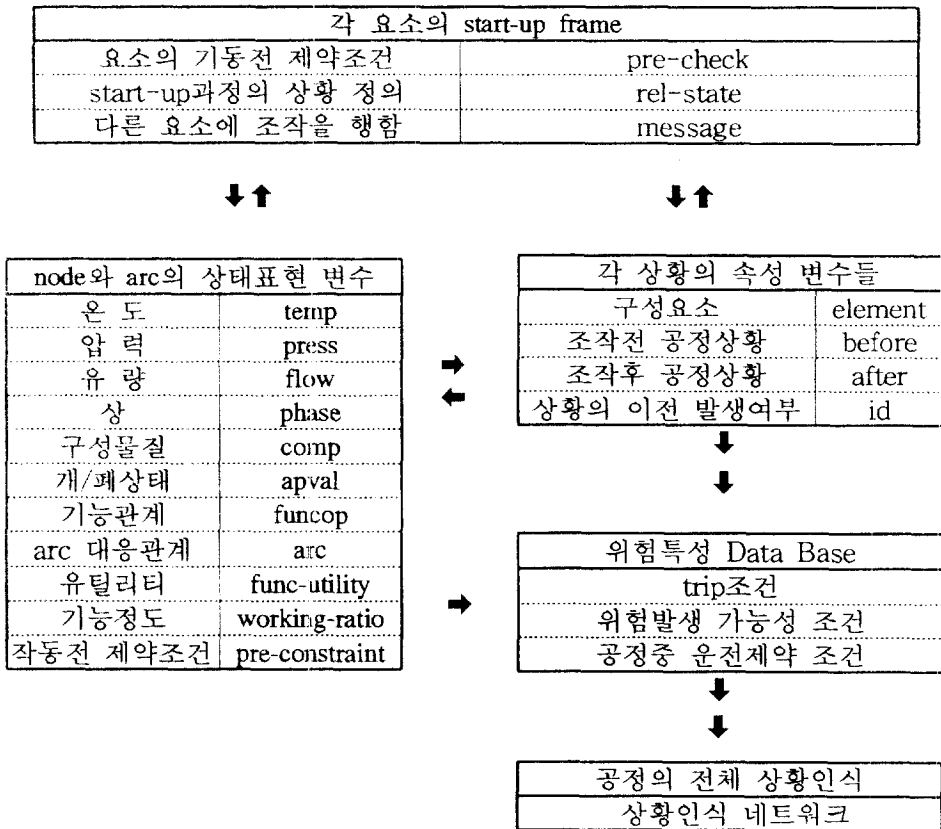


FIG.5

4. 연구 결과

보일러의 개시조업시 조작으로 인한 보일러 플랜트의 상황이 어떻게 전개될 것인가를 미리 모사하고, 위험성을 미리 예측하는 시스템을 구성하기 위한 기초 과정으로 조작에 의한 보일러의 위험상태 인식을 위해 필요한 지식 --- 즉, 각 보일러 구성요소들의 상태표현방법과 조작을 행하기 전에 미리 만족되어야 하는 조건, trip조건, 위험발생 가능성조건 등. --- 을 표현하는 지식표현법을 개발하였다.

5. 참고 문헌

- (1) Calandranis, J. and G. Stephanopoulos, S. Nunokawa : Diad-kit/boiler: on-line performance monitoring and diagnosis., Chemical Engineering Progress., p60-68, January(1990)
- (2) Fusillo, R.H., and G.J. Powers : Computer-aided planning of purge operations., AIChE Journal, 34, 4, 558-556(1988)