

정유공장의 재고관리를 위한 지식표현에 관한 연구

복진광, 이희만, 박선원
한국과학기술원 화학공학과

A Study on Knowledge Representation for Inventory Control in Oil Refinery

Jinkwang Bok, Heeman Lee and Sunwon Park
Dept. of Chem. Eng., KAIST

1. 서론

원유정제 공정에 있어서 원유저장 탱크와 원유정제탑(Crude Distillation Unit) 주입 탱크의 재고 및 성상관리는 정제공정 조업 전체의 일정계획 의사결정문제 중 하나로서 유조선의 하역순서 및 하역량, 저장탱크와 주입탱크 사이의 공정내 원유흐름제어, 각 원유정제탑 별 원유일간 처리량 및 장치의 운전가능 상태등 관련된 결정변수들 간의 비선형성이나 다기간의 최적화(multiperiod optimization) 등으로 인해 수학적 접근이 아주 어려운 것으로 알려지고 있다. 이러한 이유로 인해 복잡한 시스템에 대해 보다 간략한 문제풀이 방법을 제공하는 경험적인 전문가 시스템적 접근방법에 의한 문제풀이가 연구되어오고 있다. 그러나 순수한 전문가 시스템에 의한 원유저장탱크 및 주입탱크의 재고 및 성상관리의 자동화는 한계가 있으므로 본 연구에서는 기존의 일정계획 수립자에 의한 의사결정 과정을 지원해주는 객체 지향적 그래픽 인터페이스 및 지식의 유지, 보수, 또, 각 디스패처(Dispatcher)들 간의 충돌을 방지해 주는 계층적 프레임 중심 지식베이스를 새로이 제시한다([1],[5]). 객체 지향적 GUI (그림사용자 인터페이스) 및 네트워크 서버로서 실시간 전문가 시스템 개발 도구인 G2를 이용하였고, 실제 현장에서 쓰이는 지식을 이용해 저장탱크 및 원유정제탑 주입탱크의 재고관리를 구현해 보았다.

2. 이론

정제공정에 있어서의 생산일정계획은 집합적 생산계획(aggregated production planning)을 일간작업 스케줄로 세분화해 나가는 작업이다([1]). 세분화하는 작업과 더불어 전체문제가 조업별로 모듈화되어 부문제로 나누어지고 모듈별로는 의사결정 작업이 들어가게된다. 그래서 앞에서의 부문제에서의 의사결정이 다음 조업에 영향을 주기도하고, 반대로 뒤 문제에 대해 내린 의사결정이 피드백되어 앞의 조업을 다시 검토하게도 한다. 게다가 원유혼합 과정에 있어서는 의사결정을 내리기 위해 최적화 문제를 풀어야만 하는 상황이 발생하기도 한다. 이러한 이유로 인해 정유공정의 스케줄링은 단지 최적화기법에 대한 연구가 아니라 인공지능 기법의 state-of-the art 와 관련되어 연구되어지고 있다. 인공지능이 여러 분야에서 이용됨에 따라 일정계획문제에 있어서도 여러 가지 연구가 수행되어왔다. 인공지능 스케줄링 시스템의 예로는 Brownstone([2])이 OPS5 language를

도입해 후반추론 메카니즘을 적용한 경우가 있었고, 주어진 도메인에서 관련된 지식들을 나타내기 위해 프레임화된 혼합지식 표현과 생산 규칙이 적용된 예가 있다([3]). 프레임 기반의 지식표현은 수집된 데이터의 구조화된 형태로 표현이 쉽고, 표현된 지식을 쉽게 이해할 수 있으며 객체 지향적인 프로그램에 대한 전개를 가능하게 할 수 있다는 장점이 있다. 인공지능 분야에서의 일정계획을 수립하는 시스템의 구조는 전통적으로 중앙집중적인 구조, 즉 1개의 스케줄러가 모든 일정계획을 수립하는 구조를 채택하고 있다. 그러나 대상 문제의 크기가 커지고, 전체 문제가 보다 작은 단위 문제들의 조합으로 처리할 수 있는 경우에는 계층적 구조를 이용한 분산처리 방식이 문제 해결에 보다 효과적임이 밝혀졌다([4]). 계층적 구조란 각각의 문제를 하위단계의 dispatcher로 보고 이들이 각각 상위단계의 scheduler로 부터 주어진 제한조건을 가지고 단위 일정작업을 수행한다. 문제의 모듈별로 구성된 dispatcher들이 각각 독자적인 일정계획을 수립하게 되므로, 전체문제를 몇 개의 작은 단위로 나누어서 해결하게 되어 문제의 복잡성을 줄이게 된다. Scheduler의 역할은 dispatcher 간의 상충이 발생하지 않도록 사전에 변수 및 변수값 배열 전략을 선정하여 dispatcher에게 통보해 주며, 일정계획을 수립하는 과정에서 dispatcher간의 상충이 발생하면 이를 조정하는 역할을 담당하게 된다. 계층적 구조를 이용한 일정계획 수립은 그 동안은 주로 작업 일정 계획 문제에 응용되어 왔었다.

3. 스케줄링 시스템

전량을 해외에 의존해야 하는 원유의 경우, 대부분 선박을 이용하여 원유수송이 이루어지게 된다. 항구에 도착한 선박에서 원유를 하역하여 저장탱크까지 수송하기 위해서는 선박접안(接安)계획, 원유하역계획 및 하역된 원유의 저장탱크로의 수송계획 등의 일정계획이 필요하게 된다. 도입일정계획에 의해 도착한 원유에 대해 하역까지 발생하는 의사결정단계는 다음과 같다.

① 접안계획

기작성된 배선계획에 의한 선박입항 정보를 근거로 하여, 선박재원, 항만설비 이용현황 등의 제약조건을 참조하여 입항선박별 접안계획을 작성한다.

· 접안 우선순위 결정

Scheduler는 계획중인 선박 중에서 해당 입항날짜가 가장 빠른 선박으로 결정하게 된다. 접안과 관련된 규칙 예제는 다음과 같다.

```
initially
for any vessel V upon out-port
if the arrival-date of V = the minimum over each vessel EV
upon out-port of(the arrival-date of EV)
then insert V at the beginning of the item list arrival-date-list
```

· 부이(Buoy)선택

Scheduler로 부터 전달받은 접안대상 선박에 대해 dispatcher는 부이와 라인안의 원유유종 그리고 연결된 탱크의 종류를 고려해 접안할 부이가 결정한다. 해당 날짜에 원유선이 새로이 도착하는 경우에는 화면에 현재 하역시설에 대한 정보, 즉 부이가 작업중인가의 여부등을 보여주고 사용자가 새로 도착한 원유선을 하

역시설에 할당하도록 한다.

② 원유하역 및 수송계획

원유하역 및 수송계획에서는 유조선 접안계획이 완성된 시점에서 원유종류별 하역순서와 탱크로의 하역량을 결정하는 단계를 말한다. 저장탱크의 재고관리 및 다음 단계, 즉 주입탱크에서의 원유혼합의 편리를 위해서 원유저장탱크는 그룹별로 관리하고 해당그룹에 맞춰 원유를 수송한다.

Dispatcher는 하역되는 원유별로 하역계획을 수립한다. 각각의 원유에 대해 원유하역량을 결정한다. Scheduler는 원유들의 하역순서를 dispatcher에게 통보하며 각각의 dispatcher들이 제한조건과 상충이 생길 때 이를 해결하는 역할을 수행한다. 2단계 계층적 구조하에서 하역 및 수송계획 수립을 위한 일정계획 heuristic을 단계별로 다음과 같이 정리하였다.

· 하역유종 우선순위 결정

주로 선적의 역순으로 행해지고 있으며 선박의 균형을 이유로 강제로 하역순서를 정하기도 한다. 스케줄러에서는 선적의 순서를 입력받아 하역순서를 결정한다.

· 저장탱크의 논리적 그룹결정

그룹은 원유들의 성상을 고려해 고유황 처리탱크, 저유황 처리탱크, 고유동점 처리탱크, 아스팔트처리 탱크 등으로 구분하여 각 저장 탱크들을 논리적 그룹으로 결정한다.

· 하역유종들의 해당 논리적 그룹으로의 하역 결정

하역유종의 원유를 어떤 저장탱크에 얼마만큼의 원유를 하역할 것인가를 결정한다.

하역 탱크 결정에 대한 procedure의 예는 다음과 같다.

```

tank-selection(N:class crude)
T:class st-tank;
begin
  for T=each st-tank do
    if there exists a T such that (the group of T = the group of N and the
      inventory of T = the maximum over each T of ( the inventory of T))
      then conclude that the unloading-tank of N is T;
    conclude that N is to-be-unloaded-to T;
  end(for);
end(begin)

```

· 하역시 탱크의 공간부족으로 인한 탱크간의 원유 이동

논리적 그룹간의 재고이송을 주로 고려하되 긴급성 정도에 따라 강제 하역 상황도 벌어진다. 원유도착일정을 프레임의 형태로 인터페이스한다. 생성된 원유의 도착일정은 고정된 것으로 간주한다.

③ 원유정제탑 주입을 위한 저장탱크로부터의 주입탱크로의 이동

월간 생산계획에 따라 정해진 원유정제탑의 일별 일정계획에 맞춰 처리할 원유를 저장탱크로 부터 받아 혼합하는 단계이다. 혼합의 제약식으로는 기준원유 비율이나 수율, 주입탱크의 용량이 되겠다. 재고관리는 황의 함량별로 2개의 주입탱크를 구성해서 한 탱크에서 원유정제탑으로 원유가 주입되는 동안에 나머지 한 탱크는 저장탱크로 부터 원유를 받는 방식으로 한다.

본 시스템에서는 한달을 기준으로 정해진 원유수송선에 대해 각각 object로 정의하여 관리하고 있다. 이들은 도착날짜와 각 원유종별로 양을 갖고 있어서 스케줄하고자 하는 날짜를 입력하면 해당 유조선에 대한 작업이 이루어질 수 있도록 하였다 그리고 각각의 유종별로 선적된 순서에 대한 정보를 갖도록 하여 나중에 하역순서를 결정하는 데 이용토록 하였다. 각 원유 성상과 수율의 관리에 있어서도 각각의 원유를 object로 만들어서 관리하게 함으로써, 각 원유에 대해 최종생산품에 대한 수율과 황성분 함량, 그리고 유동점을 관리할 수 있도록 했을 뿐 아니라 성상데이터가 바뀔 때마다 새롭게 수정하기 편리하게 구성하였다.

4. 결론

작업 일정계획 문제에 주로 응용되어왔던 계층적 구조를 이용한 일정계획 수립을 본 연구를 통해 유조선 점안과 원유하역 및 수송에도 효과적으로 적용됨을 알 수 있었다. 2단계 계층구조를 이용하므로써 유연성있는 구조를 구현할 수 있었다. 향후 원유의 주입탱크에서의 이동 및 혼합, 원유정제탑의 일정계획, 2차 처리 시설에 대한 일정계획, 그리고 생산물 저장탱크에서의 혼합 및 재고관리까지 계속 확대되어 통합된 정제공정 일정계획시스템 구현에 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고 문헌

- [1] Jung, J. B. "A Knowledge-Based Production Scheduling System for Oil Refinery", Master's Thesis, KAIST
- [2] Brownstone, L., F. Farrell, E. Kant, and N. Martin, "Programming Expert Systems in OPS5", Addison-Wesley, 1985
- [3] 이 재규, 김 민용, 송 용욱, 윤한성, "UNIK-유공: 정유산업 일정계획 전문가시스템", 경영과학, 1992, 9, 121-142
- [4] Lee, J. K., Suh, M. S. and Fox, M. S. "Contingencies for the Design of Scheduling Expert Systems with Applications", Expert Systems with Applications, 1993, Vol. 6, 219-230
- [5] 서 민수, 김 창현, "계층적 구조를 이용한 선박점안 및 하역계획수립 전문가시스템", 한국 전문가 시스템 1994년 추계 학회, 319-328
- [6] David D. B., and James E. B., "Integrated Production Control System", Wiley & Sons, Inc., 1987