

객체 지향형 동적 계획법을 이용한 화력 발전기의 기동정지계획

최상열*, 김현준*, 정호성*, 신명철*,
*성균관대

서희석**,
**두원공과대학

박재세***,
***인천전문대학

권명현[§],
[§]여주대학

Object-Oriented Dynamic Programming : An Application to Unit Commitment

S.Y. Choi*.. H.J. Kim*, H.S. Jung*, M.C. Shin*, H.S. Suh**, J.S. Park***, M.H. Kwon[§]
*S.K.K Univ. **D.W College. ***I.C. College [§]Y.J College

Abstract - This paper presents object-oriented dynamic programming formulation of the unit commitment problem. This approach features the classification of generating units into related groups so called class. All object which share the same set of attributes and methods are grouped together in classes and designed inheritance hierarchy to minimize the number of unit combination which must be tested without precluding the optimal path. So this programming techniques will maximize the efficiency of unit commitment

2. 본 론

2.1 동적 계획법

전 시간대를 고려한 최적화 조건을 찾는 방법으로 마지막 시간대에서 시작하여 처음 시간대로 역행하여 진행하며 최적 해를 찾는 backward D.P. approach와 처음 시간대에서 시작하여 마지막 시간대로 진행하며 최적 해를 찾는 forward D.P. approach가 있다, 그림1에서 왼안에 내용(₩(1a), ₩(2a))은 경제급전으로부터 얻어진 각 발전기의 연료비이고 화살표의 내용은 기동·정지비용(start-up cost)이다. 3시간까지의 총비용은 다음과 같이 표현될 수 있다.

1. 서 론

기동정지계획은 계통전체 및 개개의 발전기에 관련된 제약조건을 만족하면서 화력발전기의 총연료비를 최소화 하는 최적화 문제로 구성된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 알고리즘으로는 발견적기법, 혼합정수계획법, 동적계획법, Lagrangian Relaxation법등이 있으나 이중 동적 계획법을 효과적으로 이용하여 왔다. 이 방법은 문제를 몇 개의 단계로 나누고, 각 단계에서 최적의 해를 구해놓고 이와 같은 각 단계의 합산으로 전 단계를 통해서 최적해를 구하는 것이다. 그러나 순수한 동적 계획법은 그 특성상 많은 계산량과 기억용량이 요구되므로 발전기 대수가 증가할수록 적용하기 어렵기 때문에 DP-SC, DP-TC, DP-STC, DP-VW등의 방법들이 연구되고 있으며 이러한 방법들은 상태를 줄여 정확도를 다소 희생하더라도 대규모 계통의 계산을 가능케 하고자한 방법이다.

본 논문에서는 DP-TC법을 객체지향형으로 모델링하여 기동정지분야에 적용하였다. DP-TC에서 적용되는 우선순위 발전기, 탐색구간 발전기, 여분의 발전기를 각각의 클래스별로 모델링하였고 상속에 개념을 이용하여 각각의 클래스를 상속계층 구조로 모델링을 수행함으로써 객체지향적인 동적계획법을 적용하여 보다 빠르고, 적은 기억용량으로 실시간적이고 빠른 계산이 수행되도록 기동정지계획에 적용하였다.

$$\begin{aligned} \text{₩(tot-3a)} &= \text{₩(0-1a)} + \text{₩(1a)} + \text{₩(1a-2a)} + \text{₩(2a)} \\ &\quad + \text{₩(2a-3b)} + \text{₩(3a)} \\ \text{₩(tot-3b)} &= \text{₩(0-1a)} + \text{₩(1a)} + \text{₩(1a-2a)} + \text{₩(2a)} \\ &\quad + \text{₩(2a-3b)} + \text{₩(3b)} \\ \text{₩(tot-3c)} &= \text{₩(0-1a)} + \text{₩(1a)} + \text{₩(1a-2b)} + \text{₩(2b)} \\ &\quad + \text{₩(2b-3c)} + \text{₩(3c)} \end{aligned}$$

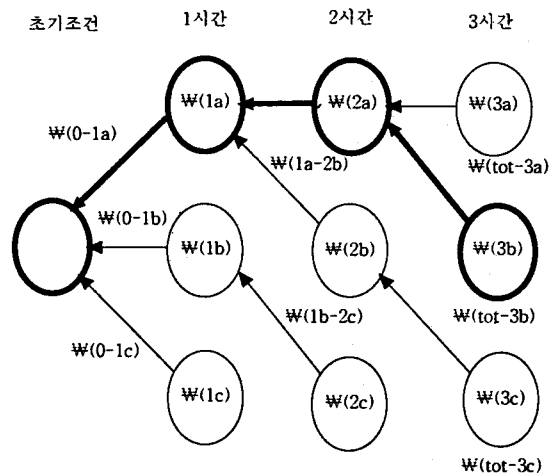


그림1. Unit Commitment Decision Flow

주어진 시간내의 소요되는 총비용은 다음의 식과 같이 이전시간까지의 총비용과 기동,정지비용 그리고 현시간에서의 비용의 합으로 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} W(tot-3a) &= W(tot-2a) + W(2a-3a) + W(3a) \\ W(tot-3b) &= W(tot-2a) + W(2a-3b) + W(3b) \\ W(tot-3c) &= W(tot-2b) + W(2b-3c) + W(3c) \end{aligned}$$

그러나 실제적으로는 최종 시간에서의 상태는 이전 시간의 어떠한 상태와도 연결이 가능하므로 다음과 같은 식으로 표현되어진다.

$$\begin{aligned} W(tot-3b)a &= W(tot-2a) + W(2a-3b) + W(3b)a \\ W(tot-3b)b &= W(tot-2b) + W(2b-3b) + W(3b)b \\ W(tot-3b)c &= W(tot-2c) + W(2c-3b) + W(3b)c \end{aligned}$$

동적 계획법은 이와 같이 주어진 모든 조건 중에서 최소의 비용이 되도록 기동되고 정지되어야 할 발전기를 매시간 별 가능한 발전기의 조합을 찾는 것이다.

2.2 객체지향 프로그래밍

객체지향프로그램(Object-Oriented Programming)의 주요 목표는 소프트웨어의 확장성과 재사용 가능성을 개선하여 프로그래밍 효율을 향상시키고, 소프트웨어의 유지보수를 용이하게 하며 동시에 개발비용을 줄이고자 하는 것이다. 객체는 어떤 사물의 상태를 나타내는 데이터와 그 데이터의 조작할 수 있는 멤버함수로 나누어질 수 있으며 그 특징은 다음과 같다.

- 추상화 (Abstraction) : 실세계의 불완전한 모델링(Modeling)이며, 중요한 형상만을 추출하는 절차이다.
- 정보은폐화 (Information Hiding) : 사용자에게 필요한 자료(예:부프로그램과의 인터페이스)등은 보여주고 사용자에게 필요하지 않은 자료(예 :구현코드)등은 숨기고 보여주지 않는다.
- 캡슐화 (Encapsulation) : 객체의 내부사항, 즉 속성의 데이터 표현과 메소드의구현을 다른 객체나 사용자로부터 은닉하는 것이다..
- 상속 (Inheritance) : 하위의 클래스가 상위 클래스의 속성과 메소드를 상속받아 공유한다.

2.3 객체지향형 동적 계획법

최소운전 및 정지시간, 발전용량, 기동, 정지 비용 등과 같이 특징들이 유사한 발전기들을 하나의 클래스로 분류하고 그 클래스에 속하는 객체들의 우선 순위를 부여하였다.

부여된 우선 순위들은 부하 레벨이나 기동조건에 관계없이 항상 그러한 우선 순위가 부여된다. 이러한 우선 순위를 근거로 하여 항상 가동 발전기 레벨, 탐색되는 발전기 레벨, 여분의 발전기 레벨과 같이 새로운 3 단계의 클래스 계층구조를 구성하였다. 구성된 3개의 레벨 사이 중간 레벨들을 구성하여 다중상속을 이용하여 서로 다른 특징들을 갖는 클래스들간의 병렬기동시 데이터의 교환을 용이하게 하였다.

그림 2의 세부적인 설명은 다음과 같다.

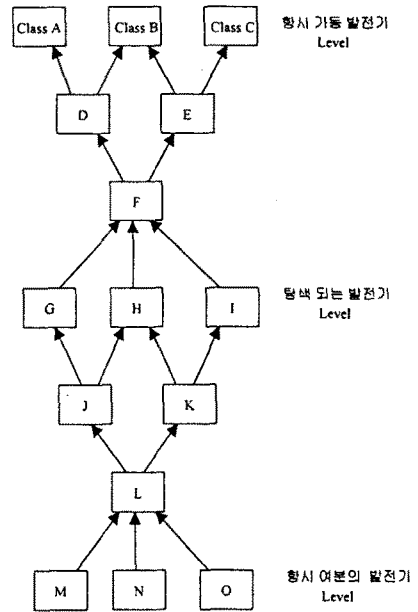


그림 2. 동적계획법의 객체지향 모델링

2.3.1 부하의 증가에 따른 전기 기동시

- 항시 기동되는 발전기들을 최상위 클래스(A,B,C)로 구현하였다. 클래스 A,B,C의 구분은 각 발전기들의 특징들 즉 최소 운전 및 정지시간, 발전용량, 기동, 정지 비용 등에 근거하여 분류한 것이다.
- 클래스 D는 A, B 클래스로부터 데이터들 즉 기동되는 발전기들의 속성 값들을 상속받는다.

3. 결 론

이것은 부하의 증가에 따라 최초 A발전기 클래스에 부가하여 B 발전기 클래스에 속하는 발전기들을 기동시킬 때 사용한다.

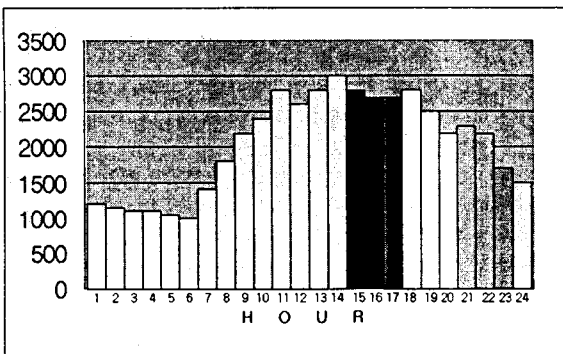
- 클래스 F는 D, E로부터 상속받음으로 인하여 클래스 A, B, C에 속하는 발전기들을 기동시킬 때 사용된다.
- 클래스 G, H, J는 부하의 증가에 따라서 기동되고 탐색되어질 발전기 객체들을 갖는다. G, H, J는 각 클래스 고유의 발전기 객체에 부가하여 상위 클래스 F로부터 상속되는 발전기 객체를 상속받는다. 결과적으로 G, H, J객체를 이용함으로써 항시 기동되는 발전기와 부하의 증가에 따라 병행운전이 이루어져야할 발전기를 용이하게 탐색이 가능해진다.
- 클래스 J는 클래스 G와 H로부터 상속받음으로 인하여 상위단계 A, B, C, G, H에 속하는 발전기 객체들이 클래스 J에 속하게 됨으로 J 하나으로써 적용되는 시간대에 발전기들을 기동시킬 수 있다.
- K로부터 상속받음으로써 상위단계인 항시 기동되는 발전기와 탐색되어야할 발전기를 모두 기동시킨다.
- 클래스 M, N, O는 부하의 급격한 증가시 사용되는 항시여분의 클래스로써 클래스 고유의 발전기 객체를 가지면서 동시에 상위레벨의 모든 발전기를 포함하고 있다. 따라서 이러한 최하위의 클래스를 이용함으로써 계통에 속해있는 모든 발전기를 기동시킬 수 있다.

2.3.2 부하의 감소에 따른 발전기 정지시

부하의 감소에 따른 발전기의 정지순서는 하위의 클래스 순서로 정지시킨다. M, N, O → L → J, K → G, H, I → F → D, E

2.3.3 부하 증감곡선에의 적용

부하의 증감 곡선을 근거로 각 부하에 적합한 발전기들이 속해있는 클래스를 각각의 시간대에 적용함으로써 계산속도가 증가된다.



본 연구에서 제시한 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 매 시간적으로 증감하는 부하의 요구를 충족하기 위해서는 빠르고 정확한 기동정지 계획은 필수적이거나 기존의 방식들은 계산상 많은 시간이 요구된다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 객체지향형 동적계획법 알고리즘을 제시하였다.
- 2) 유사한 특성을 갖는 발전기들을 하나의 클래스로 만들고 각 클래스 내에 발전기들의 우선 순위를 부여하여 그 순위에 맞게 계층레벨을 구성하여 상속의 개념을 적용하였다.
- 3) 부하의 증감에 따른 발전기의 기동정지를 단순히 각 클래스 객체를 호출하여 적용하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이범, 김용하, 송길영, "L.R.법에 의한 새로운 기동정지계획 알고리즘의 개발", 전기학회논문지 제 44권 제 10호, pp.1239 ~ 1246, 1995. 10.
- [2] 송길영, 이범, 김용하, "수력 및 양수발전기의 가변출력운전을 고려한 기동정지계획에 관한 연구", 전기학회논문지 제 43권 제 3호, pp.351 ~ 362, 1994. 3.
- [3] Walter L. Snyder, Jr., H. David Powell, Jr., John C. Rayburn, "Dynamic Programming Approach to Unit Commitment", IEEE Tran. Power Systems, Vol.PWRS-2, No.2, May 1987
- [4] Allen J. Wood "Power Generation, Operation, and Control"
- [5] 김정년, 백영식, "객체지향기법을 이용한 전력 조류계산 및 스파시티 연구", 전기학회논문지 제 45권 제 3호, pp.329 ~ 333, 1996.3
- [6] Setrag Kfoshafian and Razmik Abnous, "Object Orientation Concepts, Languages, Databases, User Interfaces", John Wiley & Sons, Inc, 1990.
- [7] Elisa Bertino and Lorenzo Martino, "Object-Oriented Database Systems Concepts and Architectures", Addison-Wesley Publishing Company, London, 1993.