

# 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법

## (The techniques of object-based reservation scheduling)

김진봉(Jin-Bong Kim)<sup>1)</sup>, 백청호(Cheong-Ho Baek)<sup>2)</sup>

### 요 약

복합 스케줄링 문제는 컴퓨터의 기획(planning), 스케줄링(scheduling), 제약만족문제(Constraint Satisfaction Problem, CSP), 객체지향개념(object-oriented concept), 에이전트 시스템(agent system) 등의 여러 분야와 관련이 있다. 사용자의 선호도를 고려한 기법은 제약만족문제와 객체지향개념을 스케줄링에 적용하여 복합 스케줄링 문제를 해결하고자 하였다. 본 논문은 사용자의 선호도를 고려한 기법을 예약 문제에 적용하여 예약 시에 일어날 수 있는 문제점들을 해결하고자 하였다. 특히 고객들의 만족도를 높이기 위해서 고객들의 선호도를 고려하여 스케줄링을 한다. 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법은 객체 지향 개념을 기반으로 하여 각 객체들이 사건들을 가지고 있으며, 이 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 보드에 배정하는 기법이다. 각 객체들은 전체적인 만족도를 고려하면서 그 객체들의 우선순위에 따라서 자원을 배정하고, 자원에 대한 객체의 선호도 차이를 가질 수 있게 하였다. 예약 스케줄링을 할 때 제약은 전역제약과 지역제약으로 구성된다. 보드에 대한 정의와 모든 사건들에 대한 정보를 전역제약으로 사용하고, 각 객체가 가지는 보드의 슬롯들에 대한 선호도를 지역 제약으로 사용한다. 사건의 배정을 실패하지 않고 백트래킹을 최소화하도록 앞을 보는(look-ahead) 백트래킹 기법을 사용하여 전체 객체들의 만족도를 높였다.

### ABSTRACT

Complex scheduling problems are related to planning, scheduling, constraint satisfaction problems, object-oriented concepts, and agent systems. Human preference-driven scheduling technique was to solve complex scheduling problems using constraint satisfaction problems and object-oriented concepts. We have tried to apply human preference-driven scheduling technique to reservation problems. For customer's satisfaction, we have considered customer's preferences in the reservation scheduling. The technique of reservation scheduling proposed in this thesis is based on object-oriented concepts. To consider the over all satisfaction, the events of every object are allotted to the board along its priority. Constraints to reservation scheduling are classified to global and local. The definition of board and information of every event are global constraints and the preferences to object's board slots are local constraints. We have applied look-ahead technology to reservation scheduling in order to minimize backtracking not to fail the allotment of events.

논문접수 : 2004. 1. 28.

심사완료 : 2004. 2. 4.

1) 정회원 : 안산공과대학 컴퓨터정보과 조교수

2) 정회원 : 강원대학교 컴퓨터과학과 교수

## 1. 서 론

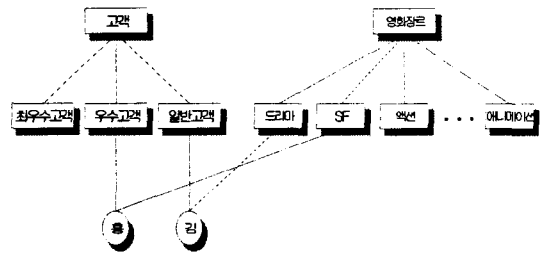
복합 스케줄링 작업은 탐색 공간이 방대하기 때문에 기존의 백트래킹(backtracking) 방법이나 단순 스케줄링을 통한 방법으로는 최적해나 준 최적해를 찾는 것은 쉽지 않다. 이러한 복합 스케줄링 문제를 해결하는 것은 컴퓨터의 기획(planning), 스케줄링(scheduling), 제약만족문제(Constraint Satisfaction Problem, CSP), 객체지향개념(object-oriented concept), 에이전트 시스템(agent system) 등의 여러 분야와 관련이 있다.[1][2],[4]~[14] 또한, 사용자의 선호도를 고려한 기법은 제약만족문제와 객체지향개념을 스케줄링에 적용하여 복합 스케줄링 문제를 해결하고자 하였다.[3] 본 논문은 사용자의 선호도를 고려한 기법을 예약(reservation) 문제에 적용하여 예약 스케줄링 문제를 해결한다. 기존의 예약 기법들은 고객들의 선호도를 고려하지 않는 경우가 많은데, 고객들의 만족도를 높이기 위해서 고객들의 선호도를 고려하여 예약 문제에 적용하였다. 본 논문의 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법은 예약 스케줄링 문제를 해결하기 위해서 객체 지향 개념을 기반으로 하여 문제를 해결 한다. 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법은 각 객체(object)들이 사건(event)들을 가지고 있으며, 이 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 보드에 배정하는 기법이다. 각 객체들은 전체적인 만족도를 고려하면서 그 객체들의 우선순위(priority)에 따라서 자원을 배정하고, 자원에 대한 객체의 선호도 차이를 가질 수 있게 하였다. 예약 스케줄링을 할 때 제약은 전역 제약과 지역 제약으로 구성된다. 보드에 대한 정의, 모든 사건들에 대한 정보 등을 전역 제약으로 사용하고, 각 객체가 가지는 보드의 슬롯들에 대한 선호도를 지역 제약으로 사용한다. 클래스에 따른 우선순위를 가진 객체들은 제약을 만족하면서 최선의 슬롯을 선택하여 사건을 배정한다. 사건의 배정이 실패하거나 백트래킹을 최소화하도록 앞을 보는(look-ahead) 백

트래킹 기법을 사용하여 전체 객체들의 만족도를 높이는 방향으로 스케줄링을 시행한다.

## 2. 객체에 근거한 예약 스케줄링의 구성

### 2.1 클래스와 객체

예약 스케줄링 문제를 해결하기 위해서 객체 지향 개념을 기반으로 하였고, 클래스간에는 계층을 갖고 있으며, 계층 구조는 트리 구조이다. 객체는 2개의 클래스에서 다중상속을 받는다. [그림 1]은 영화 예약을 위한 클래스와 객체들의 간단한 예를 보여준다.

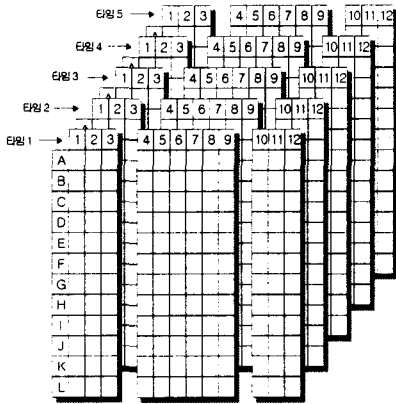


[그림 1] 클래스와 객체의 예

### 2.2 보드, 사건과 제약

보드는 각 객체들에게 배정되는 자원(resource)이다. 보드는 연속된 슬롯(slot)들로 구성되고, 슬롯의 개수와 보드의 개수는 사용자가 임의로 정한다. 사건(event)은 목표인 보드에 배정할 기본 단위로서 사건의 이름과 필요로 하는 슬롯의 수로 구성된다. 예를 들어 보드에 대한 정의를 영화 1관에서 5타임 144석으로 정하면 [그림 2]와 같다.(영화관은 보통 6관,7관으로 되어 있으나 [그림 2]는 영화 1관의 모습만 보여주고 있다) 한 객체들이 가질 수 있는 객체들의 사건수의 합은 전역 제약에 의해서 제한할 수 있다. 제약은 전역 제약(global constraint)과 지역 제약(local constraint)이 있다. 전역 제약은 보드의 크기와 개수, 사건에 대한 정보가 있다. 지역

예약은 각 객체들의 보드 슬롯에 대한 선호도로써 내부적으로 [0,1]의 값을 갖는다.



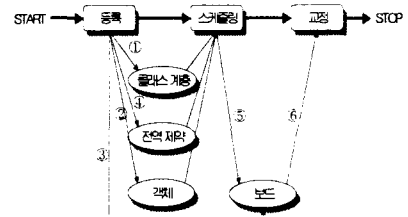
[그림 2] 보드의 간단한 예

슬롯의 선호도 값이 1이면 그 슬롯에 제일 배정되고 싶다는 것을 의미하며, 슬롯의 선호도 값이 0이면 그 슬롯에 배정되고 싶지 않다는 것을 의미한다. 선호도 값이 1인 예약은 그 개수를 제한한다. 각 객체의 사건들과 지역 제약들은 큐(queue)로 객체 내에 있고, 제약 큐는 선호도를 가지고 있다. 지역 제약과 전역 제약의 충돌이 발생할 경우에는 지역 제약이 우선한다.

### 3. 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법의 설계

예약 스케줄링의 문제를 해결하기 위해서는 백트래킹을 최소화하면서 가능한한 최적해에 가까운 준 최적해를 구하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 객체에 근거한 우선 순위방식을 이용하는데, 자원을 얻기 위해서 서로 경쟁하는 객체들 중에서 객체가 가지는 우선순위에 의해서 결정을 한다. 그러나, 전체적인 만족도를 고려하여 어떤 객체의 우선순위가 가장 높더라도 스케줄링 큐에 있는 다른 객체가 전체적인 만족도가 높다면 만족도가 높은 객체가 먼저 자원을 얻게 된다. 초기 값은 각 객체가 상속하는 상위 클래스

스에서 상속을 받게 된다. 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법의 기본적인 동작모습은 [그림 3]과 같다. 각 번호들은 예약 스케줄링 기법의 기본적인 동작 순서이다.



- ①클래스등록 ②객체등록 ③보드등록
- ④전역제약등록 ⑤스케줄링 ⑥교정

[그림 3] 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법의 동작모습

#### 3.1 클래스와 객체의 등록

클래스를 등록하려면 부모 클래스(parent class)를 명시해야 하며, 클래스는 고객 클래스와 영화장르 클래스로 2 개이며, 다음과 같은 속성들을 갖는다.

##### □ 고객 클래스

customer\_weight(고객의 가중치) : (0,1]의 값을 가지며 그 클래스에 속한 객체의 가중치(weight)이며, 예약 우선순위(priority)를 결정하는 고려사항이다.

reserved\_time\_weight(예약시간의 가중치) : (0,1]의 값을 가지며 고객이 예약하는 시간에 대한 예약시간의 가중치이며, 예약 우선순위를 결정하는 고려사항이다.

reserved\_schedule\_weight(예약 우선순위) : (0,1]의 값을 가지며 고객의 가중치와 예약시간의 가중치를 고려한 가중치이며 객체의 예약 우선순위를 결정한다. 객체의 예약 우선순위 계산은 다음과 같다.

$$reserved\_schedule\_weight = \alpha * customer\_weight + \beta * reserved\_time\_weight$$

(단,  $\alpha, \beta$ 는 (0,1]의 값으로 표준화 계수이다.)

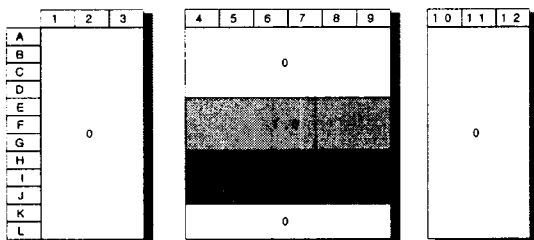
□ 영화장르 클래스

cinema\_genre : 고객이 선택한 영화 장르로서 객체가 배정될 보드를 나타낸다.

객체를 등록할 때 객체가 소속될 클래스를 명시해 주어야 하며 예약 스케줄링을 하게 될 사건들과 보드에 대한 선호도를 갖고 있다. 상속되는 클래스의 정의는 클래스의 이름을 표시하며 클래스가 명시되면 명시된 클래스의 속성들과 메소드들이 객체에 상속된다. 보드에 대한 선호도(preference)는 보드의 행의 이름들과 열의 개수로 표시하며, 행은 연속적인 표현이 가능하다. 보드의 선호도는 [0,1]의 값을 갖는다. 선호도들의 리스트는 선호도에 대한 선호도 큐에 들어가며 객체에 소속되어 지역 제약으로 이용된다. 각 보드의 선호도는 객체 내에 있으며 전체적인 만족도를 고려하여 예약 스케줄링할 때 이용된다. [그림 4]에서 (a)의 보드 선호도는 (행 이름, 열, 선호도)로 표현된다.

보드의 선호도 큐 : ( EFG, 4-9, 1 ) => ( HIJ, 4-9, 0.5 )

(a) 보드의 선호도 리스트



(b) 보드의 선호도 모습

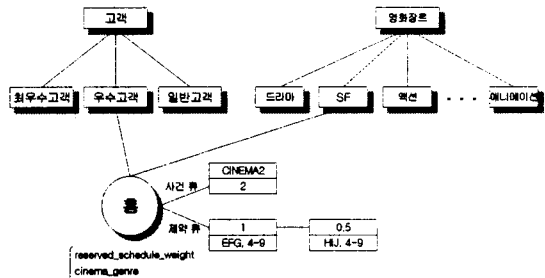
[그림 4] 보드의 선호도

예약 스케줄링에서 선호도마다 슬롯의 수를 제

한할 수 있으며, 이는 전역 제약에서 제한할 수 있다. 선호도를 표시하지 않은 슬롯은 그 슬롯에는 자원을 할당하고 싶지 않다는 것을 의미한다. 그러나 예약이 많아서 경쟁이 심할 경우에는 선호도가 0인 슬롯에도 자원을 할당하게 된다.

다음 [그림 5]는 이름이 홍[우수고객]이고 영화장르[SF]인 예약 고객이 2 좌석을 원하며, 좌석의 선호도[ ( EFG, 4-9, 1 ) => ( HIJ, 4-9, 0.5 ) ]인 객체에 대한 간단한 예를 보여주고 있다.

[그림 5] 객체의 구성



3.2 전역 제약의 정의

보드에 대한 정의는 전역 제약에 속하며 보드의 개수와 각 보드의 행과 열의 정의를 명시한다. 또한 보드에 대하여 하나의 사건이 연속적으로 차지할 경우에 각 객체에 대하여 슬롯에 대한 개수의 제한을 명시해 줄 수 있다. 즉, 하나의 사건이 선호도 1.0(혹은 선호도 0.5)의 일정한 개수를 넘을 수 없게 제한할 수 있다.

3.3 앞을 보는(look-forward) 백트래킹에 근거한 예약 스케줄링 알고리즘

복합적인 예약 스케줄링에서도 백트래킹이 중요한 문제이다. 백트래킹은 탐색 공간을 찾아가는 체계적인 방식으로 지능적인 백트래킹은 크게 두가지 방법으로 나눌 수 있는데, 첫 번째 방법은 “뒤를 보는”(look-back) 백트래킹 방법으로 대표적인 예로 Dependency-directed Backtracking 방법이 있고, 또 다른 방법으로는

백트래킹 자체를 줄이기 위해서 변수 선택의 순서 및 변수 값을 배정할 때 값들의 순서를 최적화하는 “앞을 보는”(look-forward) 백트래킹 방식이 있다. 본 예약 스케줄링 기법에서는 “앞을 보는” 백트래킹 기법을 사용하여 백트래킹 자체를 줄이도록 하였다. 사건을 배정하기 위해서 전체적인 만족도를 고려하여 전체적인 만족도가 높은 사건을 먼저 배정하도록 한다. 만약에 배정의 실패가 있을 수 있는 사건은 스케줄링에서 선택하지 않도록 하여 배정의 실패가 일어나지 않도록 하는 기법이다. 예약 스케줄링이 완성되었을 때에도 나중에 객체(고객)의 예약 취소가 있는 경우에는 교정이 될 수 있도록 하였다. 각 객체들이 전체적인 만족도를 고려하면서 그 우선순위에 따라 사건들을 배정하는 알고리즘은 다음과 같다.

각 객체의 가중치(예약시간 가중치와 고객의 가중치)를 고려하여 우선순위를 결정한다.  
 각 객체를 우선순위에 따라 정렬하여 객체 agenda에 삽입한다.

```
while(참)
{
    앞을 보는(look-ahead) 백트래킹을 적용하여 객체 agenda 상에서 각 객체마다 전체적인 만족도를 계산한다.
    객체 agenda 상에 있는 객체 중에서 전체적인 만족도가 가장 높은 객체를 선택한다.
    // 만족도가 가장 높은 객체를 O라 한다.
    // 객체 O의 사건 큐에서 사건을 E라 한다.
    if (객체 agenda = NULL)
        then 프로그램 종료
    else
        객체 O의 제약 큐를 가지고 전역제약과 지역제약에 맞도록 사건 E를 현재 보드에 배정한다.
}
```

#### 4. 평가 결과

예약 스케줄링의 문제로 단기 영화 예약 스케줄링에 적용하였다. 단기 영화 예약 스케줄링의 문제는 한주 기간동안에 영화를 예약하는 문제로 각 고객(객체)들의 회원 구분과 고객들이 예약한 시간에 따라서 우선순위가 정해지고, 좌석의 선호도 차이도 존재한다. 이러한 제약들이 존재하는 환경에서 제한된 영화관에 배정하도록 고객의 선호도와 주어진 제약을 만족하면서 영화관 좌석을 배정하는 문제이다. 그리고 고객의 예약 취소로 영화관 예약 좌석의 교정도 가능하다. 또한, 예약 스케줄링의 결과에 대한 평가 함수를 정의하여 결과가 얼마나 고객의 요구에 만족되었는지를 실험해 보았다. 평가 함수의 정의에서  $R'(x_i)$ 는 각 객체  $x_i$ 가 보드에 대한 경쟁이 전혀 없을 경우에 가질 수 있는 최대 만족도라 하고,  $R(x_i)$ 는 각 객체들이 상호 경쟁하면서 사건을 배정할 경우에 대한  $x_i$ 의 만족도라 하자. 예약 스케줄링의 전체 만족도(Reserved Satisfaction Degree, RSD)는 다음과 같다.

$$RSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{R(x_i)}{R'(x_i)}$$

[표 1] 예약 스케줄링의 전체 만족도

[표 1]에서 RSD는 전체 슬롯에 대해서 배정하고자 하는 사건의 수의 비율이 낮을 때에는 RSD는 높은 값을 유지하며 비율이 점차 높아짐에 따라서 자원에 대한 충돌이 많아져서 상대적으로 만족도가 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

#### 5. 결론

기존의 예약 기법들은 고객들의 선호도를 고

려하지 않고 예약하는 시간 기준으로 단순 스케줄링을 하여 자원을 배정한다. 특히 고객들의 만족도를 높이기 위해서는 고객들의 선호도를 고려하여 스케줄링을 해야 한다. 본 논문은 복합 스케줄링 문제를 예약 문제에 적용하여 예약시에 일어날 수 있는 여러 가지 문제점들을 해결하고자 하였다. 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법은 객체 지향 개념을 기반으로 하여 각 객체들이 사건들을 가지고 있으며, 이 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 보드에 배정하는 기법이다. 각 객체들은 전체적인 만족도를 고려하면서 그 객체들의 우선순위에 따라서 자원을 배정하고, 자원에 대한 객체의 선호도 차이를 가질 수 있게 하였다. 예약 스케줄링을 할 때 제약은 전역제약과 지역제약으로 구성된다. 보드에 대한 정의와 모든 사건들에 대한 정보를 전역 제약으로 사용하고, 각 객체가 가지는 보드의 슬롯들에 대한 선호도를 지역 제약으로 사용한다. 클래스에 따른 우선순위를 가진 객체들은 제약을 만족하면서 최선의 슬롯을 선택하여 사건을 배정한다. 사건의 배정이 실패하거나 백크래킹을 최소화하도록 앞을 보는 (look-ahead) 백트래킹 기법을 사용하여 전체 객체들의 만족도를 높이는 방향으로 스케줄링을 시행한다. 앞으로 연구 방향은 인터넷이나 온라인상에서 예약하고자 하는 고객들이 더욱더 편하게 예약할 수 있도록 직접 예약 하고자 하는 장소와 시간을 지정하지 않고 고객들에게 가장 좋은 시간과 장소를 찾아서 자동으로 예약을 해주는 예약 시스템을 개발하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김성관, 하란, "실시간 스케줄링," 정보처리 제5권 제4호, 1998.7.
- [2] 김찬영, 이윤철, "항공사의 컴퓨터 예약시스템과 국내 여행업의 유통 네트워크에 관한 연구," 경영연구 제9권 제1호, 2002.12.
- [3] 문정모, "사용자의 선호도로 구동되는 스케줄링 기법 : 제약 기반 언어를 이용한 접근," 홍익대학교 대학원 전자계산학과 석사학위논문, 1993.11.
- [4] 신훈, 정인근, "아시아나 항공의 예약정보시스템," 경영정보학연구 제1권 제1호, 1991.7.
- [5] 이종희, 김태석, 이근왕, 오해석, "자동 입찰 정책 스케줄링을 이용한 인터넷 경매 에이전트 시스템 설계 및 구현," 한국정보처리학회 논문지 제7권 제5호, 2000.5.
- [6] 이훈, 정종진, 조근식, "동적 스케줄링 문제에서 사용자 상호작용을 이용한 제약조건 완화," 한국항행학회 논문지 제2권 제2호, 1998.12.
- [7] 황현아, 임한규, "교통편 예약 에이전트 시스템 설계 및 구현" 정보처리학회논문지 제10권 제1호, 2003.2.
- [8] Chapman, D., "Planning for Conjunctive Goals," Artificial Intelligence 32(3), 1987.
- [9] Dechter, R. and Pearl, J., "Network-based heuristics for constraint satisfaction problems," Artificial Intelligence 34, 1988.
- [10] Ernesto, M.M. and Joao, P.M., "An AI-based approach to crew scheduling," 9th Conference on AI for Applications, March1-5, 1993.
- [11] Fox, M.S., and Zweben, M., "Knowledge based Scheduling," AAAI-91, 1991.
- [12] Khoshafian, S., and Abnous, R., "Object Orientation : Concept, Language, Database, and User Interface," John wiley, Ch 5, 1990.
- [13] Lee, K.C., and Byun, Y.T., Lecture Note on CSP and Scheduling, Dept. of Computer Science., Hong-ik University,

Aug. 1993.

- [14] Stefik, M., "Planning with Constraints(MOLGEN: Part1)," *Artificial Intelligence* 16(2), 1981.

