

객체기반 항공운항 스케줄링기법

김진봉*

*안산공과대학 컴퓨터정보과
e-mail : jbkim@act.ac.kr

The object-based flight operation scheduling techniques

Jin-Bong Kim*

*Dept of Computer Information, Ansan College of Technology

요 약

항공운항 스케줄링 문제는 여러 가지 제약조건이 많고 탐색공간이 방대하기 때문에 백트래킹 방법이나 단순 스케줄링을 통한 방법으로는 항공운항 스케줄링에서 매우 중요한 승무원(운항승무원, 객실승무원)들의 운항스케줄 만족도를 향상시키기 어렵다. 객체기반 항공운항 스케줄링 기법은 제약만족문제(CSP:Constraint Satisfaction Problem)와 객체지향개념을 운항관리 스케줄링 문제에 적용하여 승무원들에 대한 인력관리상의 문제점들을 해결하고자 하였다. 객체 지향 개념을 기반으로 승무원 객체들이 갖고 있는 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 운항스케줄 보드에 배정한다. 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 높이기 위해서 승무원들의 스케줄 우선순위에 따라서 자원(타임 슬롯)을 배정하고, 자원에 대한 승무원들의 선호도 차이를 가질 수 있게 하였다. 보드에 대한 정의와 모든 사건들에 대한 정보를 전역계약으로 사용하고, 승무원들이 가지는 보드의 타임 슬롯들에 대한 선호도를 지역 계약으로 사용하였다. 또한 실제로 항공운항 스케줄링을 모의실험해서 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 살펴보았다

1. 서론

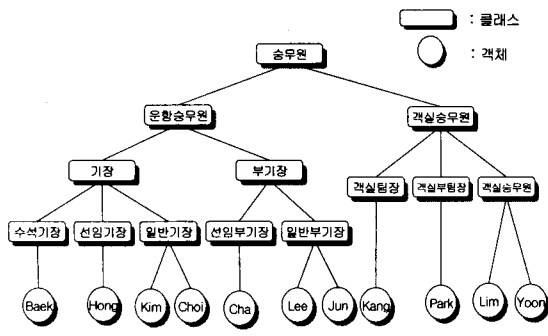
항공운항 스케줄링 문제는 여러 가지 제약조건이 많고 탐색공간이 방대하기 때문에 백트래킹 방법이나 단순 스케줄링을 통한 방법으로는 최적해나 준최적해를 찾기가 쉽지 않다. 이러한 복합 스케줄링 문제는 컴퓨터의 기획(Planning), 스케줄링, 객체지향 개념(Object-Oriented Concept), 제약만족문제, 에이전트 시스템, 항공 운항정보 시스템(Computer Reservation System) 등의 여러 분야와 관련이 있다.[1][2][7]~[9] [11]~[17] 국내 항공의 승무원 관리는 유럽식 탑재 운영방식을 사용하기 때문에 승무원들의 개인별 선호도를 고려하지 않고 있다. 그러나 객체기반 항공운항 스케줄링 기법에서는 제약만족문제와 객체지향개념을 운항관리 스케줄링 문제에 적용하여 승무원(운항승무원, 객실승무원)들의 개인별 인

력관리 문제점들을 해결하고자 하였다.[3]~[6][10] 승무원들의 운항 스케줄 만족도 향상을 위해서 객체지향 개념을 기반으로 승무원들이 갖고 있는 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 운항스케줄 보드에 배정한다. 승무원들의 만족도를 높이기 위해서 승무원들의 우선순위에 따라 자원(타임 슬롯)을 배정한다. 또한, 운항 스케줄링의 제약은 전역계약과 지역계약으로 구성된다. 보드에 대한 정의와 모든 사건들에 대한 정보를 전역계약으로 사용하고, 승무원이 가지는 보드의 슬롯들에 대한 선호도를 지역 계약으로 사용한다. 스케줄 우선순위에 따라서 승무원들은 제약을 만족하면서 최선의 슬롯을 선택하여 사건을 배정한다. 실제로 항공운항 스케줄링을 모의 실험해서 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 살펴보았다.

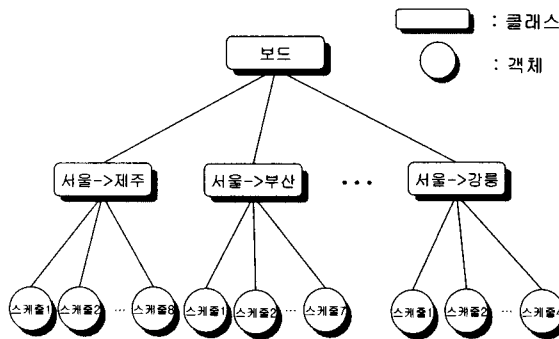
2. 객체기반 항공운항 스케줄링

2.1 객체기반 항공운항 스케줄링의 구성

항공운항 스케줄링 문제를 해결하기 위해서 객체 지향 개념을 기반으로 클래스는 계층을 갖고 있으며, 계층 구조는 트리 구조이다. 승무원 클래스에서 승무원들은 운항승무원 클래스와 객실 승무원 클래스로 나뉘고, 운항 승무원 클래스는 기장 클래스와 부기장 클래스로 나뉜다. 승무원들은 직급별로 승무원 클래스에 등록된다. 또한, 보드 클래스는 구간별로 클래스로 나뉘고 각각의 스케줄은 객체이다. (그림 1)은 항공운항 스케줄링을 위한 클래스와 객체들의 간단한 예를 보여준다.



(a) 승무원에 대한 클래스와 객체



(b) 운항스케줄 보드에 대한 클래스와 객체

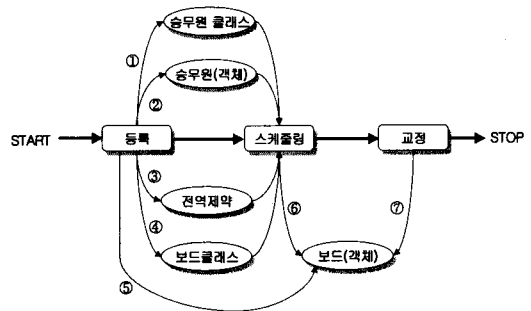
(그림 1) 클래스와 객체

운항스케줄 보드는 승무원들에게 배정되는 자원(resource)이다. 각 보드는 객체로서 연속된 타임 슬롯들로 구성되고, 슬롯의 개수와 보드의 개수는 운항 스케줄에 따라 임의로 정한다. 사건(event)은 목표인 보드에 배정될 기본 단위로서 사건의 이름과 필요한 슬롯의 수로 구성된다. 한 승무원이 가질 수 있는 승무원의 사건 총수는 전역 제약에 의해서 제

한될 수 있다. 제약에는 전역 제약(Global Constraint)과 지역 제약(Local Constraint)이 있다. 전역 제약은 보드의 크기와 개수, 사건에 대한 정보가 있다. 지역 제약은 각 객체들의 보드 슬롯에 대한 선호도로서 내부적으로 [0, 1]의 값을 갖는다. 타임 슬롯의 선호도 값이 1이면 그 슬롯에 제일 먼저 배정되고 싶다는 것을 의미한다. 슬롯의 선호도 값이 0이면 그 슬롯에 배정되고 싶지 않다는 것을 의미하며, 객체들의 선호도 개수는 제한한다. 각 승무원의 사건들과 지역 제약들은 큐(queue)로 객체 내에 있고, 제약 큐는 선호도를 가지고 있다.

2.2 객체기반 항공운항 스케줄링 기법의 설계

항공 운항 스케줄링의 문제를 해결하기 위해서는 백트래킹을 최소화하면서 가능한 최적해에 가까운 준최적해를 구하는 것이 중요하다. 객체기반 항공운항 스케줄링 기법은 승무원 객체를 기반으로 하는 우선 순위방식을 이용하는데, 자원(타임 슬롯)을 얻기 위해서 서로 경쟁하는 객체들 중에서 객체가 가지는 우선순위에 의해서 결정을 한다. 초기 값은 각 객체가 상속하는 상위 클래스에서 상속을 받게 된다. 객체기반 항공운항 스케줄링 기법의 기본적인 동작모습은 (그림 2)와 같다. 각 번호들은 항공 운항 스케줄링 기법의 기본적인 동작 순서이다.



- ①클래스(승무원) 등록 ②승무원 객체 등록 ③전역제약 등록 ④보드클래스 등록 ⑤ 보드(객체) 등록
- ⑥ 스케줄링 ⑦ 교정

(그림 2) 객체기반 항공운항 스케줄링 기법의 동작

클래스를 등록하려면 부모 클래스(parent class)를 명시해야 하며, 클래스는 승무원 클래스와 보드 클래스의 2 가지이다. 승무원 객체를 등록할 때 객체가 소속될 클래스를 명시해 주어야 하며, 또한 승무원 객체들은 항공 운항 스케줄링을 하게 될 사건들과 보드에 대한 선호도를 갖고 있다. 상속되는 클레

스의 정의는 클래스의 이름을 표시하며 클래스가 명시되면 명시된 클래스의 속성들과 메소드들이 객체에 상속된다. 보드에 대한 선호도(preference)는 [0, 1]의 값을 갖고, 보드의 열의 이름과 행의 개수로 표시한다. 선호도들의 리스트는 선호도에 대한 선호도 큐에 들어가며 객체에 소속되어 지역 제약으로 이용된다. 각 승무원의 보드 선호도는 객체 내에 있으며 (그림 3)에서 (a)의 보드 선호도는 (선호도, 열 이름, 행)으로 표현된다.

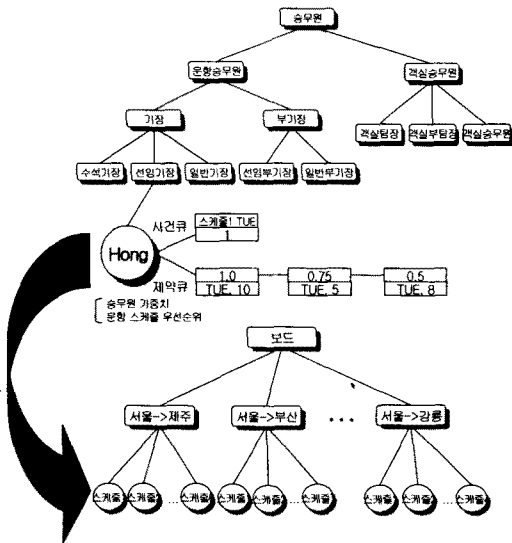
보드의 선호도 큐 : (1.0, MON, 3) =>
 (1.0, MON, 4) => (0.75, MON, 7)
 => ... => (0.5, SAT, 15)

(a) 보드의 선호도 리스트

	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT	SUN
1							
2							
3							
4	1.0			1.0		1.0	
5							
6		0.5			0.75		
7	0.75					0.75	
8							
9		0.75		0.5	1.0		
10							
11							
12	0.5						
13							
14							
15		1.0		0.75		0.5	
16							
17					0.5		
18							
19							
20							
21							
22							

(b) 보드의 선호도

(그림 3) 보드의 선호도



(그림 4) 객체의 구성 및 보드에 사건을 배정

항공운항 스케줄링에서 선호도마다 슬롯의 수를 제한할 수 있으며, 이는 전역 제약에서 제한할 수 있다. 선호도를 표시하지 않은 슬롯은 그 슬롯에는 자원을 할당하고 싶지 않다는 것을 의미한다. 그러나 항공운항이 많아서 경쟁이 심할 경우에는 선호도가 0인 슬롯에도 자원을 할당하게 된다. (그림 4)는 운항승무원 Hong[선임기장]이 화요일 10 타임에 주간 스케줄이 배정되는 모습이다. 보드 선호도는 (1.0, TUE, 10) => (0.75, TUE, 5) => (0.5, TUE, 8) 인 승무원에 대한 간단한 예를 보여주고 있다.

2.3 객체기반 항공운항 스케줄링 기법의 알고리즘

항공 운항 스케줄링에서도 백트래킹이 중요한 문제이다. 백트래킹은 탐색 공간을 찾아가는 체계적인 방식이지만 백트래킹이 많이 일어나면 오히려 성능을 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 객체기반 항공운항 스케줄링 기법에서는 백트래킹을 줄이도록 운항 스케줄 우선순위에 따라 스케줄링을 한다. 항공 운항 스케줄링이 완성되어서도 나중에 승무원이 항공운항을 취소하였을 경우에는 교정을 할 수 있도록 하였다. 각 승무원들은 승무원들의 운항 스케줄 우선순위에 따라서 사건을 배정하게 된다. 객체기반 항공운항 스케줄링 알고리즘은 다음과 같다.

1. 승무원 객체들의 가중치를 고려하여 우선순위 결정
2. 승무원 객체들을 우선순위에 따라서 정렬하여 객체 agenda에 삽입
3. 객체 agenda 상에서 우선순위가 가장 높은 승무원 객체 O를 선택
4. 승무원 객체 O는 제약 큐에 있는 사건을 전역제약과 지역제약에 만족하도록 현재 보드에 배정
5. 객체 agenda가 비어있으면 프로그램을 종료하고 그렇지 않으면 step 4로 이동

3. 평가 결과

본 연구는 주간 항공운항 스케줄 문제에 모의실험을 하였으며, 각 승무원 객체들의 직급에 따라서 운항 스케줄 우선순위가 정해지고, 보드 선호도 차이도 존재한다. 이러한 제약들이 존재하는 환경에서 승무원의 운항 스케줄 선호도와 주어진 제약을 만족하면서 운항 스케줄을 배정한다. 그리고 승무원의 항공운항 취소로 항공 운항 스케줄이 변경될 때에도 교정이 가능하다. 또한, 항공 운항 스케줄링의 결과에 대한 평가 함수를 정의하여 결과가 얼마나 승무

원의 요구에 만족되었는지를 모의실험 했다. 실험은 기장, 부기장, 그리고 객실승무원에 대해서 각각 스케줄을 작성하였다. 사용 평가 함수의 정의에서 만족도는 [0, 1]의 값을 갖고, $C1(x_i)$ 는 각 객체 x_i 가 보드에 대한 경쟁이 전혀 없을 경우에 가질 수 있는 최대 만족도(본 논문에서는 최대만족도를 1로 정하고 실험을 하였다)라 하고, $C2(x_i)$ 는 각 객체들이 상호 경쟁하면서 사건을 배정할 경우에 대한 x_i 의 만족도라 하자. 항공 운항 스케줄링의 전체 만족도(Crew Satisfaction Degree, CSD)는 다음과 같다.

$$CSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C2(x_i)}{C1(x_i)}$$

보드 선호도 비율	20(%)	40(%)	60(%)
기장 CSD	0.73	0.83	0.88
부기장 CSD	0.71	0.85	0.89
객실승무원 CSD	0.92	0.94	0.96
전체 평균 CSD	0.79	0.87	0.91

<표 1> 객체기반 항공운항 스케줄링의 만족도

<표 1>에서 전체 슬롯에 대해서 보드 선호도 비율을 증가시킴에 따라서 만족도가 높아지고 있다.

4. 결론

국내 항공의 승무원 인력관리는 유럽식 팀제 운영방식을 채택하여 승무원 개인별 선호도를 고려하지 않고 있으며, 또한 외국 항공사 중에는 승무원에 대한 인력관리를 수작업으로 하는 경우도 있다. 본 논문에서는 복합 스케줄링 문제를 운항 스케줄링 문제에 적용하여 승무원들의 인력관리 문제점들을 해결하고자 하였다. 객체기반 항공운항 스케줄링 기법은 객체 지향 개념을 기반으로 각 승무원 객체들이 갖고 있는 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 보드에 배정하는 기법이다. 각 승무원 객체들은 승무원들의 우선순위에 따라서 자원을 배정하고, 자원에 대한 승무원들의 선호도 차이를 가질 수 있게 하였다. 클래스에 따른 우선순위를 가진 승무원들은 제약을 만족하면서 최선의 슬롯을 선택하여 사건을 배정한다. 앞으로 연구 방향은 승무원들의 인력관리를 더욱더 쉽고 편하게 할 수 있고, 승무원들의 만족도를 높일 수 있는 항공운항 시스템을 개발하는 것이다.

참고문헌

- [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] 김진봉, 백청호, "객체에 근거한 예약 스케줄링 기법," 한국컴퓨터산업교육학회 논문지 제5권 제2호, 2004.2.
- [4] 김진봉, 백청호, "고객의 선호도를 고려한 예약 스케줄링 기법," 한국정보처리학회 추계학술발표 논문집 제11권 제1호, 2004.5.
- [5] 김진봉, 백청호, "고객의 만족도를 높이는 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법," 한국정보과학회 추계학술발표 논문집 제31권 제2호, 2004.10.
- [6] 문정모, "사용자의 선호도로 구동되는 스케줄링 기법 : 제약 기반 언어를 이용한 접근," 홍익대학교 대학원 전자계산학과 석사학위논문, 1993.11.
- [7] 신훈, 정인근, "아시아나 항공의 예약정보시스템," 경영정보학연구 제1권 제1호, 1991.7.
- [8] 이종희, 김태석, 이근왕, 오해석, "자동 입찰정책 스케줄링을 이용한 인터넷 경매 에이전트 시스템 설계 및 구현," 한국정보처리학회 논문지 제7권 제5호, 2000.5.
- [9] 이훈, 정종진, 조근식, "동적 스케줄링 문제에서 사용자 상호작용을 이용한 제약조건 완화," 한국항행학회 논문지 제2권 제2호, 1998.12.
- [10] 최기중, "항공업무론," (주)학문사, 2001.8.
- [11] 황현아, 임한규, "교통편 예약 에이전트 시스템 설계 및 구현" 정보처리학회논문지 제10권 제1호, 2003.2.
- [12] Chapman, D., "Planning for Conjunctive Goals," Artificial Intelligence 32(3), 1987.
- [13] Dechter, R. and Pearl, J., "Network-based heuristics for constraint satisfaction problems," Artificial Intelligence 34, 1988.
- [14] Ernesto, M.M. and Joao, P.M., "An AI-based approach to crew scheduling," 9th Conference on AI for Applications, March1-5, 1993.
- [15] Fox, M.S., and Zweben, M., "Knowledge based Scheduling," AAI-91, 1991.
- [16] Khoshafian, S., and Abnous, R., "Object Orientation : Concept, Language, Database, and User Interface," John wiley, Ch 5, 1990.
- [17] Lee, K.C., and Byun, Y.T., Lecture Note on CSP and Scheduling, Dept. of Computer Science., Hong-ik University, Aug. 1993.