

# 객체기반 예약 스케줄링기법 (The object-based reservation scheduling techniques)

김진봉(Jin-Bong Kim)<sup>1)</sup>

## 요 약

객체기반 예약스케줄링 기법은 제약만족문제(CSP; Constraint Satisfaction Problem)와 객체지향개념(Object-Oriented Concepts)을 기반으로 승무원 객체들이 갖고 있는 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 운항스케줄 보드에 배정하는 기법이다. 본 논문에서는 객체기반 예약스케줄링기법을 항공운항 스케줄에 적용하여 승무원(운항승무원, 객실승무원)들의 운항 스케줄 만족도를 향상시키고, 승무원들에 대한 인력관리상의 문제점들을 해결하고자 하였다. 특히, 승무원들의 운항스케줄에 대한 만족도를 향상시키기 위해서 전체승무원 선호도보드를 이용하였다. 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 전역제약으로 사용하고, 승무원들이 가지는 보드의 타임 슬롯들에 대한 선호도를 지역 제약으로 사용하였다. 또한 실제로 항공운항 스케줄링을 모의실험해서 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 살펴보았다.

## ABSTRACT

The object-based reservation scheduling techniques are to solve complex scheduling problems using constraint satisfaction problems and object-oriented concepts. We have tried to apply the object-based reservation scheduling techniques to the flight operation scheduling problems. For crew's satisfaction, we have considered the total crew's preferences board in the flight operation scheduling. 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. Actually, we have made an experiment on flight operation scheduling in order to raise crew's satisfaction.

논문접수 : 2007. 3. 10.

심사완료 : 2007. 4. 10.

1)정회원 : 안산공과대학 컴퓨터정보과 조교수

이 논문은 2004학년도 안산공과대학 학술연구비에 의하여 연구된 것임

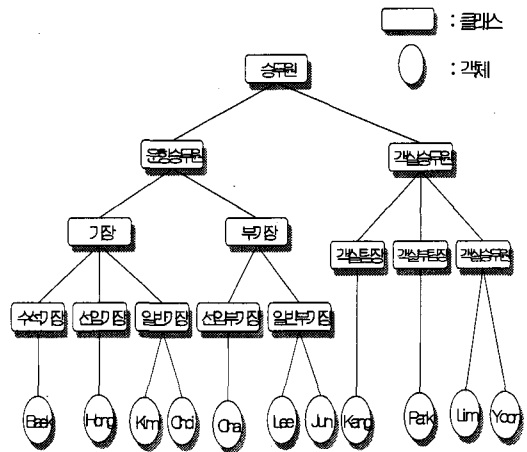
### 1. 서론

객체기반 예약 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.[6][9] 국내 항공의 승무원 관리의 유럽식 팀제 운영방식을 사용하기 때문에 승무원들의 개인별 선호도를 고려하지 않고 있다. 그러나 객체기반 예약 스케줄링 기법에서는 제약만족문제와 객체지향개념을 운항관리 스케줄링 문제에 적용하여 승무원(운항승무원, 객실승무원)들의 개인별 인력관리 문제점들을 해결하고자 하였다.[5][7][8] 특히 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 높이기 위해서 전체 승무원 선호도 보드를 고려하여 스케줄링을 한다. 객체기반 예약 스케줄링기법은 객체 지향 개념을 기반으로 승무원들이 갖고 있는 사건들을 주어진 제약들에 만족하도록 목표인 운항스케줄 보드에 배정한다. 승무원들의 만족도를 높이기 위해서 자원에 대한 전체 승무원 선호도 보드를 참조하여 승무원들의 우선순위에 따라 자원(타임 슬롯)을 배정한다. 또한, 객체기반 예약 스케줄링의 제약은 전역제약과 지역제약으로 구성된다. 보드에 대한 정의와 모든 사건들에 대한 정보를 전역제약으로 사용하고, 승무원이 가지는 보드의 슬롯들에 대한 선호도를 지역 제약으로 사용한다. 스케줄 우선순위에 따라서 승무원들은 제약을 만족하면서 최선의 슬롯을 선택하여 사건을 배정한다. 사건을 배정할 때 전체 승무원 선호도 보드에 충돌이 일어날 경우에는 2차적인 전체 승무원 선호도 보드를 사용하여 충돌을 방지한다. 실제로 항공운항 스케줄링을 모의 실험해서 승무원들의 운항 스케줄 만족도를 살펴보았다.[1]~[4]

### 2. 객체기반 예약 스케줄링

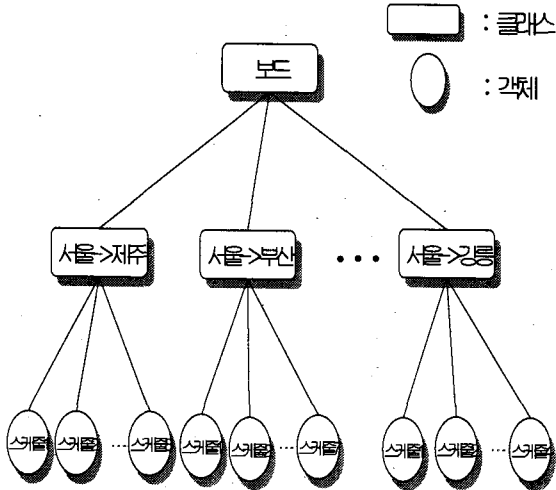
#### 2.1 객체기반 예약 스케줄링의 구성

객체기반 예약 스케줄링기법은 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. 보드 클래스는 구간별로 클래스로 나뉘고 각각의 스케줄은 객체이다. 또한, 항공기 클래스는 항공사별로 클래스로 나뉘고 각각의 기종은 객체이다. <그림 1>은 객체기반 예약 스케줄링을 위한 클래스와 객체들의 간단한 예를 보여 준다.

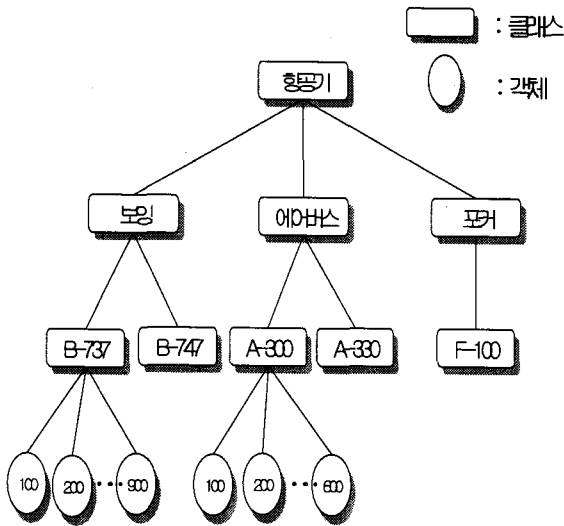


(a) 승무원에 대한 클래스와 객체의 예

(b) 운항스케줄 보드에 대한 클래스와 객체의 예



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 배정할 기본 단위로서 사건의 이름과 필요한 슬롯의 수로 구성된다. 한 승무원이 가질 수 있는 승무원의 사건 총수는 전역 제약에 의해서 제한될 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.

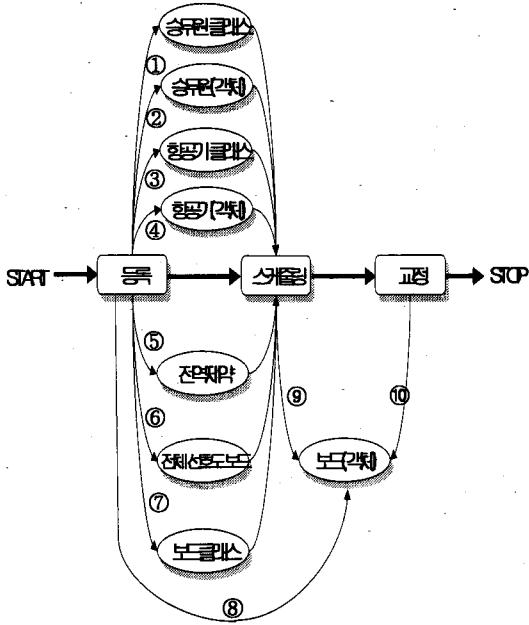


(c) 항공기에 대한 클래스와 객체

## 2.2 객체기반 항공운항 스케줄링 기법의 설계

예약 스케줄링의 문제를 해결하기 위해서는 백트래킹을 최소화하면서 가능한 최적해에 가까운 준최적해를 구하는 것이 중요하다. 객체기반 예약 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 예약 스케줄링 기법의 기본적인 동작모습은 <그림 2>와 같다. 각 번호들은 항공 운항 스케줄링 기법의 기본적인 동작 순서이다.

<그림 1> 클래스와 객체의 예

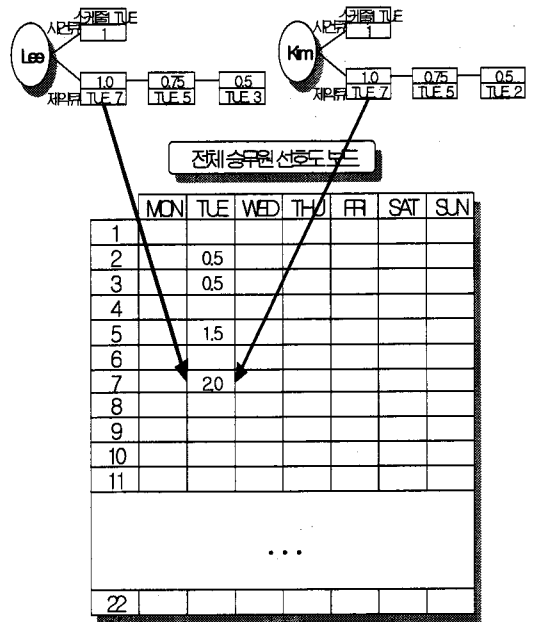


- ① 승무원클래스 등록 ② 승무원객체 등록 ③ 항공기클래스 등록 ④ 항공기객체 등록 ⑤ 전역예약 등록 ⑥ 전체선호도보드 등록 ⑦ 보드클래스 등록 ⑧ 보드객체 등록 ⑨ 스케줄링 ⑩ 교정

<그림 2> 객체기반 예약 스케줄링 기법의 동작모습

클래스를 등록하려면 부모 클래스(parent class)를 명시해야 하며, 클래스는 승무원 클래스, 항공기 클래스, 그리고 보드 클래스의 3 가지이다. 승무원 객체를 등록할 때 객체가 소속될 클래스를 명시해 주어야 하며, 또한 승무원 객체들은 예약 스케줄링을 하게 될 사건들과 보드에 대한 선호도를 갖고 있다. 상속되는 클래스의 정의는 클래스의 이름을 표시하며 클래스가 명시되면 명시된 클래스의 속성들과 메소드들이 객체에 상속된다. 각 객체는 사건 큐와 제약 큐를 갖고 있다. 보드에 대한 선호도 (preference)는 [0, 1]의 값을 갖고, 보드의 열의 이름과 행의 개수로 표시한다. 선호도들의

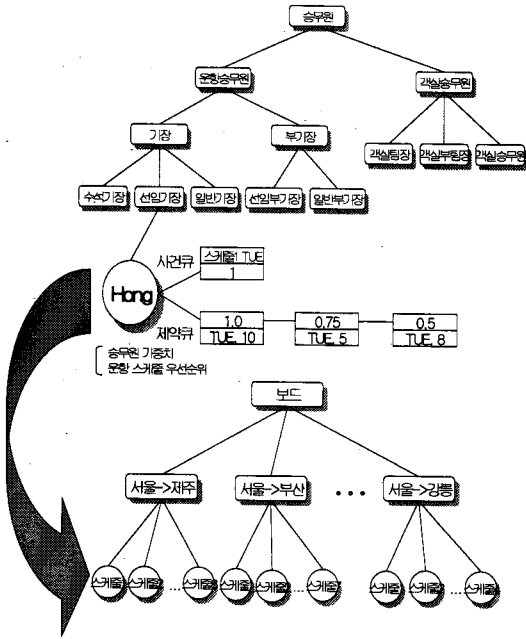
리스트는 선호도에 대한 제약 큐에 들어가며 객체에 소속되어 지역 제약으로 이용된다. 각 승무원의 보드 선호도는 객체 내에 있으며 보드 선호도는 (선호도, 행, 열)로 표현된다. 예약 스케줄링 할 때 승무원들의 충돌을 최대한 예방하고, 승무원들의 운항스케줄에 대한 만족도를 향상시키도록 전체승무원 선호도보드를 이용하였다. <그림 3>은 전체승무원 선호도보드를 구성하는 모습이다. 승무원 Lee의 선호도 (1.0, TUE, 7) 와 승무원 Kim의 선호도 (1.0, TUE, 7) 일때 전체승무원 선호도보드에서 화요일(TUE) 7타임은 2.0[ Lee의 선호도 1.0 + Kim의 선호도 1.0 ]이 됨을 보여주고 있다.



<그림 3> 전체승무원 선호도보드의 구성모습

객체기반 예약스케줄링에서 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 자

원을 할당하게 된다. 다음 <그림 4>는 운항승무원 Hong[선입기장]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.

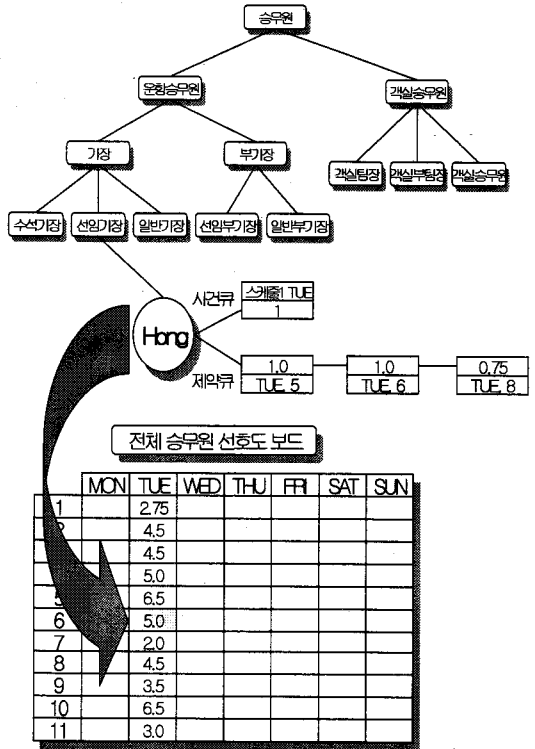


<그림 4> 스케줄 보드에 사건을 배정하는 모습

### 2.3 전체승무원 선호도보드를 이용한 객체기반 예약스케줄링 기법의 알고리즘

객체기반 예약스케줄링에서도 백트래킹이 중요한 문제이다. 백트래킹은 탐색 공간을 찾아가는 체계적인 방식이지만 백트래킹이 많이 일어나면 오히려 성능을 떨어뜨리는 결과를 가져온다. 본 논문에서는 백트래킹을 줄이도록 전체승무원 선호도보드를 이용하여 스케줄링을 한다. 전체승무원 선호도보드는 승무원 전체의 운항스케줄에 대한 선호도를 나타내는 보드이다. 이 전체승무원 선호도보드를 이용하여 승무원들은 자신이 선호하는 슬롯들중에서 스케

줄링을 한다. 전체 승무원들의 선호도를 높이기 위해서 승무원 자신이 선호하는 슬롯들중에서 다른 승무원들이 선호하지 않는 슬롯에 사건을 배정한다. 전체승무원 선호도보드를 이용하면 승무원들의 충돌을 최대한 예방할 수 있고, 승무원들의 운항스케줄에 대한 만족도를 향상시킬 수도 있다. <그림 5>는 승무원 Hong [ 선입기장, 선호도 ( 1.0, TUE, 5 ) => ( 1.0, TUE, 6 ) => ( 0.75, TUE, 8 ) ] 이 슬롯을 배정할 때 전체승무원 선호도보드를 참조하는 예이다. 전체승무원 선호도보드에서 승무원 Hong의 선호도가 가장 높은 슬롯은 (TUE, 6)과 (TUE, 6)이다. 이 슬롯들 중에서 선호도 지수가 가장 낮은 (TUE, 6) 슬롯이 선택된다.



<그림 5> 전체승무원 선호도보드의 참조 예

예약 스케줄링이 완성되었어도 나중에 승무원이 항공운항을 취소하였을 경우에는 교정을 할 수 있도록 하였다. 각 승무원들은 승무

원들의 운항 스케줄 우선순위에 따라서 전체승무원 선호도보드를 참조하여 사건을 배정하게 된다. 객체기반 항공운항 스케줄링 알고리즘은 다음과 같다.

1. 승무원 객체들의 가중치를 고려하여 우선순위를 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 전체승무원 선호도보드를 참조하여 전역 제약과 지역제약에 만족하도록 스케줄보드에 배정
5. 객체 agenda가 비어있으면 프로그램을 종료하고 그렇지 않으면 step 3으로 이동

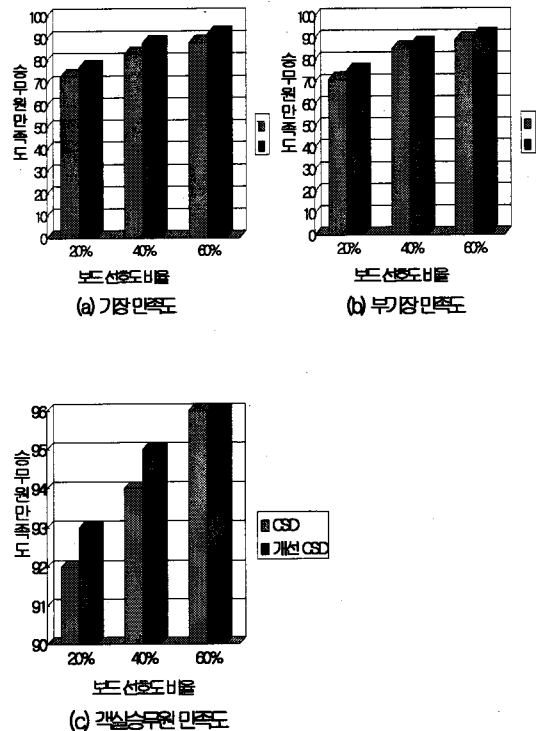
### 3. 평가 결과

본 논문은 단기간(1주일) 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 항공 운항 취소로 항공 운항 스케줄이 변경될 때에도 교정이 가능하다. 또한, 항공 운항 스케줄링의 결과에 대한 평가 함수를 정의하여 결과가 얼마나 승무원의 요구에 만족되었는지를 모의 실험 했다. 실험은 기장, 부기장, 그리고 객실 승무원에 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 경우

에 대한  $x_i$ 의 만족도라 하자. 항공 운항 스케줄링의 전체 만족도(Crew Satisfaction Degree, CSD)는 다음과 같다.

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

예약 스케줄링의 만족도(CSD)를 비교한 결과는 <표 1>과 같다. <표 1>에서 CSD는 전체승무원 선호도보드를 사용하지 않은 경우의 결과이고, 개선 CSD는 전체승무원 선호도보드를 사용한 결과를 보여준다.



<표 1> 객체기반 예약 스케줄링의 만족도 비교

<표 1>에서 전체 슬롯에 대해서 보드 선호도 비율을 증가시킴에 따라서 승무원들의 만족도가 높아지고 있다. 또한, 전체승무원 선호도보드를 사용한 결과가 사용하지 않은 경우보다 더욱 향상되었음을 알 수 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. 객체기반 예약스케줄링 기법은 복잡 스케줄링문제 중의 하나인 운항 스케줄링에 적용하여 승무원들의 인력관리 문제점들을 해결하고자 하였다. 객체기반 예약스케줄링 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. 사건의 배정을 실패하거나 백트래킹을 최소화하도록 전체승무원 선호도보드를 참조하여 스케줄링을 한다. 실험결과에서 전체승무원 선호도보드를 참조하여 스케줄링을 한 경우가 승무원들의 운항스케줄 만족도를 높였음을 알 수 있었다. 앞으로 연구 방향은 승무원들의 인력관리를 더욱더 쉽고 편하게 할 수 있는 항공운항 시스템을 개발하는 것이다.

#### 참고문헌

[1] 김진봉, 백청호, “객체에 근거한 예약 스케줄링 기법,” 한국컴퓨터산업교육학회 논문지 제5권 제2호, 2004.2.  
 [2] 김진봉, 백청호, “고객의 선호도를 고려한 예약 스케줄링 기법,” 한국정보처리학회

추계학술발표 논문집 제11권 제1호, 2004.5.  
 [3] 김진봉, 백청호, “고객의 만족도를 높이는 객체에 근거한 예약 스케줄링 기법,” 한국정보과학회 추계학술발표 논문집 제31권 제2호, 2004.10.  
 [4] 김진봉, “객체기반 항공운항 스케줄링기법,” 한국정보처리학회 추계학술발표 논문집 제13권 제2호, 2006.11.  
 [5] 김찬영, 이윤철, “항공사의 컴퓨터 예약시스템과 국내 여행업의 유통 네트워크에 관한 연구,” 경영연구 제9권 제1호, 2002.12.  
 [6] 문정모, “사용자의 선호도로 구동되는 스케줄링 기법 : 제약 기반 언어를 이용한 접근,” 홍익대학교 대학원 전자계산학과 석사학위논문, 1993.11.  
 [7] 신훈, 정인근, “아시아나 항공의 예약정보 시스템,” 경영정보학연구 제1권 제1호, 1991.7.  
 [8] 최기중, “항공업무론,” (주)학문사, 2001.8.  
 [9] Ernesto, M.M. and Joao, P.M., “An AI-based approach to crew scheduling,” 9th Conference on AI for Applications, March1-5, 1993.

김진봉



1990 홍익대학교 전산과 졸업(학사)

1992 홍익대학교 대학원 전산과 졸업(석사)

2005 강원대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(박사)

1998~현재 안산공과대학 컴퓨터정보과 부교수

관심분야 : 유비쿼터스, 온톨로지, 감성인식, 예약시스템