

# 의료서비스를 위한 자동협상 스케줄링 시스템 설계

## Design of Automated Negotiation Scheduling System for Medical Services

김 경 환\*  
Kyoung-Hwan Kim

### 요 약

본 연구에서는 의료서비스의 복잡한 스케줄링문제 해결을 위한 새로운 시스템을 제안하였다. 기존 FCFS 시스템은 병원의 입장만 고려하였으나 제안 시스템은 병원의 사정과 환자들의 선호시간을 자동협상으로 반영하였다. 본 시스템은 개인의 서비스이용 희망시간을 우선도로 표현하였고 개인이 선택한 협상전략에 따라 변화되는 우선도를 기준으로 스케줄을 조정할 수 있도록 설계하였고 병원의 정책에 따라 스케줄을 확정 할 수도 있게 하였다. 따라서 제안시스템은 장비의 유휴시간만을 고려하는 기존시스템과 달리 장비의 효율성뿐만 아니라 환자의 대기시간까지 고려할 수 있도록 하여 의료서비스의 고객만족경영을 지원할 수 있을 것이다.

### Abstract

New system solves scheduling problem in medical services. The existing scheduling system by FCFS is for a hospital, but new system expresses the condition of a hospital and the profit of separate system's parties by the automated negotiation. This system expresses user preference time as a priority number and is designed that the schedule is changed according to the priority number with a negotiation strategy for a patient. And a hospital makes a schedule according to the policy. The system supports customer satisfaction in medical services by considering not only equipment efficiency but also the patient waiting time unlike the existing system considering the idle time for a equipment.

☞ keyword : 의료서비스, 진단방사선과, 스케줄링, 에이전트, 자동협상, Medical Services, The laboratory, Scheduling, Agent, Automated Negotiation

## 1. 서 론

의료서비스의 표준화와 내부 자원의 효율성을 제고하기 위해 최근 의료자원에 대한 스케줄링 문제에 대한 관심이 증가하고 있다. 비교적 스케줄링 작업이 용이한 의료인력의 배치문제, 구급차 일정계획, 수술실 스케줄링, 검사실 스케줄링 등이 우선적으로 연구의 대상이 되고 있다. 각각에 대하여 CSP 방법[10], 에이전트를 활용한 스케줄링[12], 선형 및 휴리스틱 접근법[6][11][13] 또는 Genetic 알고리즘 등[4][9] 다양한 방법들을 이용

하고 있고, 모두 의료자원의 효율성을 제고 하는데 집중하고 있다. 하지만 시장상황이 공급자 중심의 시장에서 소비자 중심의 시장으로 전환되면서 스케줄링 시스템도 내부의 효율성뿐만 아니라 각 이해관계자 특히 고객에 대한 배려가 중요관심사로 등장하고 있다.

본 논문에서는 의료서비스 중 다수의 이해관계자가 존재하는 진단방사선과의 스케줄링 문제 해결에 초점을 맞추어 자동화 시스템을 설계하고자 한다. 질병의 정확한 진단을 위해 진료과목에 상관없이 진단방사선과를 이용하고 있고[3] 고가의 전문장비를 사용할 뿐만 아니라 다수의 전문 인력이 필요하고 환자의 관여도도 높은 분야로 병원에서도 스케줄링이 가장 필요한 부문이기 때문이다.

\* 정 회 원 : 인제대학교 경영학과 겸임교수  
kimgh119@hanmail.net

[2007/10/12 투고 - 2007/10/18 심사 - 2008/04/28 심사완료]

## 2. 의료서비스의 스케줄링 문제

진단방사선과의 일정계획을 수립할 때 일반적으로는 먼저 접수된 검사의뢰를 우선 처리하는 FCFS(First-Come First-Served)가 공평하다. 그러나 대부분 장비의 효율성만을 강조하는 경우가 많고 특히 응급상황이 빈번한 병원의 특성상 환자들의 대기시간이 지나치게 길어지거나 장비에 따라 유희시간(idle time)이 발생할 가능성도 높다. 이때 검사의 선후관계가 정해져 있지 않은 경우 다른 장비의 이용현황에 대한 파악을 통해 대응하게 되면 환자의 대기시간과 장비의 효율성이라는 모든 목표를 달성할 여지가 커진다. 선후관계가 정해져 있을 때도 후에 접수된 다른 검사들은 비어 있는 장비를 이용하여 예정대로 수행할 수 있다. 특히 상병에 따라 의사에 따라 검사 의뢰가 달라질 수 있으므로[1], 우선적으로 수행되어야 하는 검사와 다소 늦어지더라도 함께 수행되어야 하는 검사 또는 환자의 사정으로 검사는 시급히 이루어져야 하지만 판독의 문제는 다소 여유가 주어지는 등의 다양한 상황이 발생할 수 있다. 이것은 각 이해관계자들의 현황과 소견에 전적으로 의존하지만 융통성 있는 조정이 가능한 부분이기도 하다. 만약 환자 및 의뢰의사 모두 검사희망시간과 검사가능시간의 범위 등 추가적 정보를 입력받아 고려한다면 조정이 가능한 경우는 더욱 많아질 것이다[8]. 따라서 스케줄링을 할 때, 이 부분들에 대한 협상을 통한 환자의 의사를 반영한다면 환자와 병원 모두에게 Win-Win 전략이 될 수 있을 것으로 기대된다.

## 3. 자동협상 스케줄링 시스템

### 3.1 자동협상 스케줄링의 전제조건

Beam과 Segev는[5] 협상을 자동화하기 어려운 이유로 협상의 대상이 되는 속성들의 정확한 의

미(Semantics)와 그들 간의 상대가치를 정확하게 파악하기 어렵다는 점을 들었다. 에이전트 시스템이 스케줄링 이해관계자들의 통합적 협상을 지원하기 위해서는 이러한 문제점들을 제거한 스케줄러 구조가 필요하다.

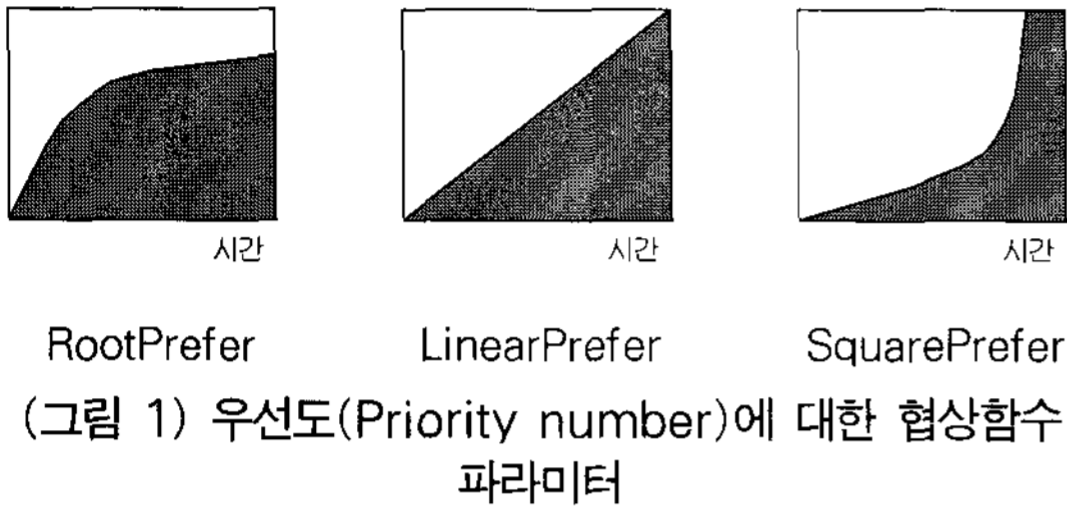
#### 3.1.1 사용자의 협상선호체계

목표 상태가 다양한 다수의 사용자들에 대해 에이전트가 협상을 자동화하기 위해서는 objectives 포함한 사용자의 효용(utility)체계와 trade-offs체계를 표현할 수 있어야 한다. 기존의 자동협상 에이전트들은 효용체계는 사전에 정의된 몇 가지의 효용함수 중 하나를 사용자가 선택할 수 있도록 하며, trade-offs체계는 사용자에게 의해 지정된 속성들 간의 우선순위를 이용하거나[6], 속성별 가능한 값의 범위를 이용하여[10] 속성들 간의 trade-offs를 반영할 가중치(weights)를 산출하였고 이것을 근거로 전체 효용을 계산하는 방식을 활용하였다. 이러한 협상 선호체계의 표현방식은 속성값에 따른 효용을 하나의 가치기준으로 통합하여 사용자의 효용체계와 trade-offs체계를 보다 쉽게 표현하고 입력할 수 있게 해준다. 진단 방사선과의 경우 각 상병에 대한 검사를 기준으로 환자와 시설의 일정계획을 수립하는 문제이므로 상병에 따른 검사의뢰 의사들과 환자들의 협의를 통해 부여한 각 검사간의 우선도(priority number)를 가치기준으로 이용하여 협상 가능한 속성들에 대한 사용자의 효용을 표현할 수 있다.

우선도는 ‘사용자가 의뢰한 검사의 시간에 대한 효용을 객관화시킨 가치 기준’으로 정의할 수 있으며 0~100 사이의 값을 갖는다. 우선도가 높을수록 다른 검사보다 우선권을 가지기를 희망하는 것으로 양보가능성이 줄어드는 것을 의미한다. 또한 우선도를 이용한 효용체계는 협상함수의 파라미터를 사전에 정의함으로써 다양한 협상전략을 구사할 수 있다.

자동협상과 관련해서는 전자상거래분야에서 활

진 다양한 협상함수를 다양한 속성에 적용할 수 있도록 설정하여 보다 사용자의 선호도를 적절히 반영하고자 한 연구[7]가 계속되고 있지만 본 연구에서는 스케줄링 문제 해결에 협상가능성을 모색하는데 연구목적이 있으므로 우선 협상함수를 단순화 시켜 문제해결에 주력하였다.



본 연구에서는 그림1 에서와 같이 협상파라미터를 설정하였다.

우선 시간의 경과에 따라 우선도의 상승이 정 비례되는 LinearPrefer를 기준으로 하였다. 초기값은 0 이지만 시간이 경과하면서 종료시간을 고려 해볼 때 시작한계시간에 도달하게 되면 우선도가 100이 되어 더 이상 양보할 수 없는 값을 가지도록 설정하였다. RootPrefer는 초기의 우선도 상승 속도를 높게 하여 검사가능시간대의 초기 우선도가 다른 함수들에 비해 높아 초기검사가능성을 높일 수 있다. 하지만 최고값을 100보다 낮게 설정함으로써 희망시간대 초기에 우선권을 배정받지 못하면 다른 협상전략들에 의해 우선도가 역전되어 희망시간대에 검사를 받지 못하는 경우가 발생할 가능성이 크다. SquarePrefer는 초기에는 우선도의 상승이 완만하나 일정시간이 흐른 후 다른 함수들에 비해 우선도가 100에 먼저 도달하여 시간이 경과될수록 우선권을 배정받을 가능성이 커지게 된다.

우선도  $f(x)$ 를 상승시키기 위한 각 파라미터의 협상함수를 수식화 하면 다음과 같다.

$$f(x) = 3/4\sqrt{x} \times 100 \quad \text{RootPrefer}$$

$$f(x) = x \times 100 \quad \text{LinearPrefer}$$

$$f(x) = (4/3x)^2 \times 100 \quad \text{SquarePrefer}$$

$$x = (X_{ij} - P_{lij}) / (P_{uij} - P_{lij})$$

$X_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작시간

$P_{lij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 희망시간

$P_{uij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 한계시간

진단방사선과의 일정계획에 대한 평가는 진단방사선 설비의 효율성과 환자들의 편의성을 모두 고려하는 다목표 스케줄링이 되어야만 한다. 자원의 효율성은 각 검사장비별로 가용시간과 실제 검사가 수행된 시간과의 차이인 유휴시간(idle time)을 최소화하는지의 여부로 측정할 수 있다. 이것은 각 환자들의 검사의 수행시간의 합이 최대화될 때로 나타낼 수 있다. 각 환자들의 검사수행시간은 각 검사의뢰 의사들이 수행할 검사를 선택함으로써 검사수행시간과 환자별 장비의 Setting 시간이 결정된다.

검사장비별 효율성을 제고하기 위한 목적함수는 다음과 같다.

$$\text{Min } Z_j = Y_j - \sum_{i=1}^n Pd_{ij}$$

$$Y_j = Eu_j - El_j$$

$$\text{s.t. } X_{ij} + P_{dij} \leq Eu_j$$

$$X_{ij} \geq El_j$$

$n$  :  $j$  번째 검사장비를 이용하는 환자의 수

$Z_j$  :  $j$  번째 검사장비의 효율성에 대한 목적함수

$Y_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 가능시간

$Pd_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사 소요시간

$X_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작시간

$El_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 시작시간

$Eu_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 종료시간

환자의 경우 실제 희망했던 시작 시간과 실제 검사가 수행된 시간과의 차이를 유휴시간으로 볼 수 있다. 환자들의 편의성은 원하는 시간에 검사

를 받음으로써 병원에서의 머무름(Stay)를 최소화 하는 것으로 측정할 수 있다.

환자의 경우 일정계획에 대한 평가를 위한 목적함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_i &= \sum_{j=1}^n (X_{ij} - Pl_{ij}) \\ \text{s.t. } X_{ij} + Pd_{ij} &\leq Pu_{ij} \\ X_{ij} &\geq Pl_{ij} \end{aligned}$$

- $n$  :  $i$  번째 환자가 이용해야 하는 검사장비의 수
- $Z_i$  :  $i$  번째 환자의 편의성에 대한 목적함수
- $Pd_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사 소요시간
- $X_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작시간
- $Pl_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 희망시간
- $Pu_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 한계시간

환자들의 검사 희망시간이 병목을 보이지 않는다면, 즉 동일한 시간대에 동일한 검사 장비를 이용하고자 하는 의뢰가 접수되지 않는다면, 복잡하게 협상의 절차를 거치지 않고 모두 원하는 시간대에 검사 받을 수 있도록 스케줄을 구성할 수 있을 것이다. 실제로 진단방사선과의 검사의뢰의 경우 병목의 발생가능성이 높기 때문에 환자들 간의 검사의뢰가 특정 시간에 집중되는 현상이 발생하는 경우가 많다. 그림 2에서처럼 희망시간대가 충돌할 경우 이 두 가지 검사의뢰의 스케줄링문제를 해결하기 위해서는 단순한 수리적 모형으로는 해결이 불가능하다. 하지만 협상을 통해서 둘 중 하나의 검사의뢰가 양보를 하게 되면 이 문제를 해결할 수 있다. 그림 3과 그림 4처럼 두 가지 경우의 해가 생성될 수 있다.

시간	13:10	13:20	13:30	13:40
Pat1		■		
Pat2			■	

(그림 2) 검사간 희망시간의 충돌이 있는 경우

시간	13:10	13:20	13:30	13:40
Equ1		■	■	

(그림 3) Pat2가 양보하는 경우

시간	13:10	13:20	13:30	13:40
Equ1			■	■

(그림 4) Pat1이 양보하는 경우

두 가지 경우 모두 사전에 입력받은 협상가능 범위 안에서 스케줄링이 되었다는 것을 가정할 때, 유효한 해가 될 수 있다. 하지만 최적해를 찾기 위해서는 이 두 가지 경우에 대한 비교가 필요하다. 즉 목적함수식을 개선할 여지가 가장 큰 해를 최적해로 채택해야 할 것이기 때문이다. 그림 3과 그림 4를 효율성면에서 단순 비교 할 경우 다른 검사의뢰가 없거나 다른 검사의뢰가 수행되기에 충분한 시간적 여유가 있다면 두 가지 경우 중 어느 것을 선택하든지 차이가 없다. 검사장비의 면에서 가동시간이 어느 경우에서건 동일하기 때문이다. 하지만 13시 10분에서 13시 50분 사이에 여유 시간 만큼인 10분 정도 수행시간이 걸리는 검사의뢰가 들어오는 상황이 발생한다면 Pat2가 양보하는 그림 3의 해를 선택하는 것이 당연할 것이다. 그렇기 때문에 검사장비의 효율성은 접수된 검사의뢰 전체를 고려하지 않고서는 정확한 평가를 하기 힘들다. 하지만 환자들의 편의성 고려라는 측면은 각각의 검사의뢰 자체의 우선도 비교과정을 거쳐야만 한다. 두 가지 경우 모두 상황에 따라 다소 차이가 있겠지만 다른 정보가 없다면 효율성면에서는 동일하지만 환자들의 편의성면에서는 차이가 나기 때문이다. 따라서 충돌이 있는 검사들의 일정계획을 우선도와 상관 없이 수립한 후 각각의 경우에 대한 목적함수식을 계산하고 이 값의 비교를 통하여 최적안을 채택하는 것이 바람직 할 것이다. 또한 둘 이상의 검사 장비를 이용하는 검사의뢰가 존재하는 경우

이 스케줄링으로 환자들의 다른 검사장비 이용도 영향을 받을 수 있게 된다. 따라서 후속되는 검사 의뢰들의 변경가능성에 대해서도 모색해야만 한다.

검사장비의 효율성과 환자의 편의성을 모두 고려한 스케줄링 시스템의 관점에서의 각 검사 장비들의 일정계획에 대한 평가함수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= (We(Y_j - \sum_{i=1}^m Pd_{ij}) + Wp \sum_{j=1}^n C_{ij}(X_{ij} - Pl_{ij})) \\ \text{s.t.} \quad Y_j &= Eu_j - El_j \\ X_{ij} + Pd_{ij} &\leq Eu_j \\ X_{ij} &\geq El_j \\ X_{ij} + Pd_{ij} &\leq Pu_{ij} \\ X_{ij} &\geq Pl_{ij} \\ 0 &\leq C_{ij} \leq 100 \end{aligned}$$

- $m$  :  $j$  번째 검사장비를 이용하는 환자의 수
- $Y_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 가능시간
- $Pd_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사 소요시간
- $X_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작시간
- $El_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 시작시간
- $Eu_j$  :  $j$  번째 검사장비의 이용 종료시간
- $C_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작시간에서의 우선도
- $n$  :  $i$  번째 환자가 이용해야 하는 검사장비의 수
- $Pl_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 희망시간
- $Pu_{ij}$  :  $i$  번째 환자의  $j$  번째 검사의 시작 한계 시간

$We$ 는 검사장비의 효율에 대한 가중치이고,  $Wp$ 는 환자들의 편의에 대한 가중치이며  $We + Wp = 1$ 이다. 이 부분은 일정계획을 운영하는 각 진단방사선과의 정책에 따라 달라질 것이다.

각기 사전 의견 조율이 이루어져 있지 않은 상황에서 각자 검사의뢰를 접수하기 때문에 희망하는 시작 시간이 동일하기가 상당히 힘들 것이다. 만약 희망하는 시작 시간이 동일한 상황이 발생할 경우에도 협상 전략이 다르다면 일정계획의

평가 함수 값이 다르게 나타나므로 최적 스케줄을 구할 수 있다. 하지만 협상전략이 아직까지는 다양하지 못한 관계로 동일한 협상전략을 채택하거나 충돌이 있는 검사의뢰들의 우선도가 모두 100으로 더 이상의 협상이 불가능할 경우에는 전체 일정계획에 대한 목적 함수 값의 개선 정도를 가지고 결정해야만 할 것이다.

검사장비의 효율성과 환자의 편의성을 모두 고려한 스케줄링 시스템의 관점에서의 전체 일정계획에 대한 목적함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= ( We(Y_j - \sum_{i=1}^m Pd_{ij}) \\ &+ Wp \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}(X_{ij} - Pl_{ij}) ) \end{aligned}$$

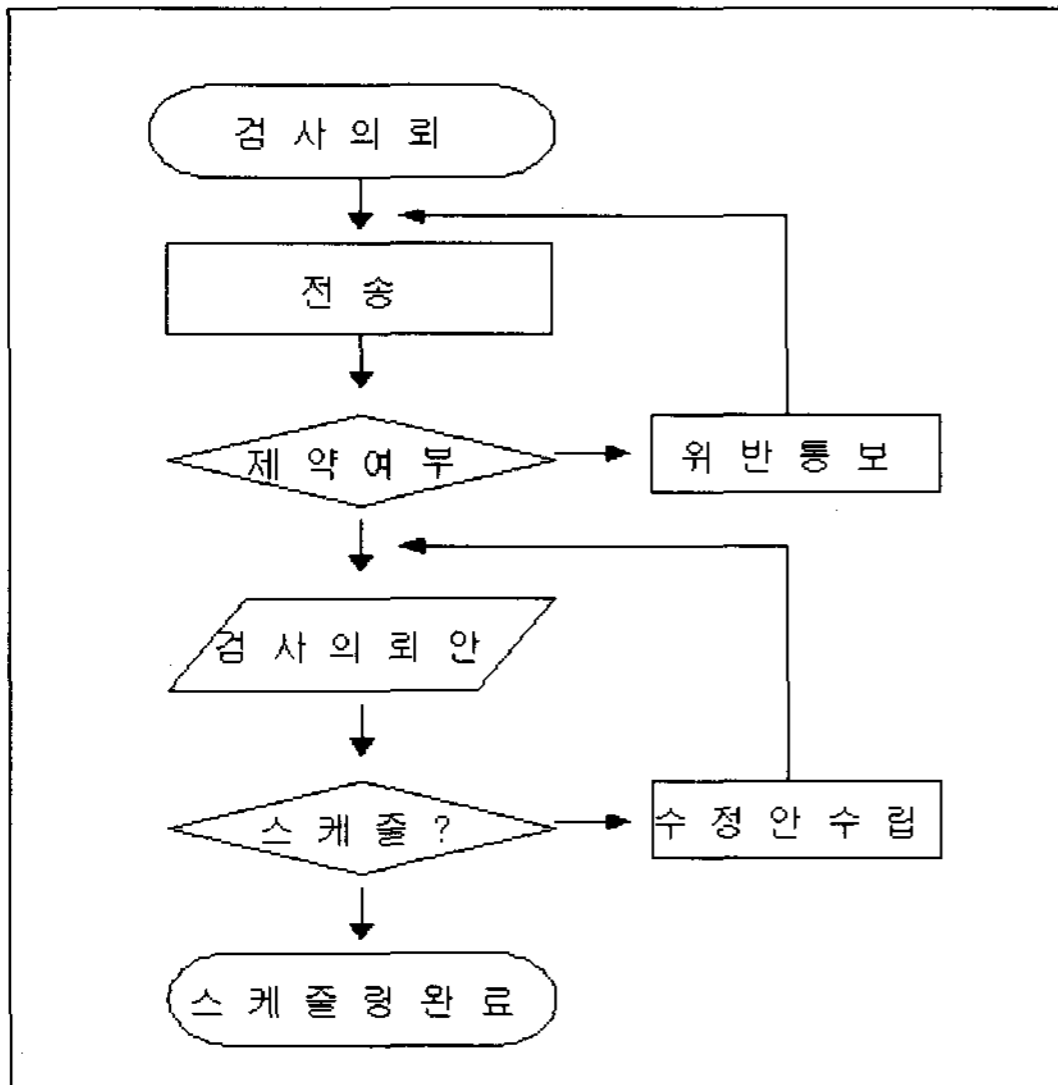
$We$ 는 검사장비의 효율에 대한 가중치이고,  $Wp$ 는 환자들의 편의에 대한 가중치이며  $We + Wp = 1$ 이다. 이 부분도 역시 일정계획을 운영하는 각 진단방사선과의 정책에 따라 달라질 것이다.

검사의 단위는 검사 장비를 기준으로 분류한다. 대부분의 병원에서 검사장비 기준으로 검사실을 배정하고 있으며 환자들의 준비단계도 검사장비 단위로 이루어지기 때문이다. 환자들은 서비스 중의 대기시간에 상당히 민감하므로[2] 더 이상의 세분화는 곤란하다.

### 3.1.2 자동협상 스케줄링의 진행과정

자동협상스케줄링은 다음과 같이 진행된다.

- (1) 검사의뢰 의사가 스케줄링시스템에 로그인하여 참여의사를 밝힌다.
- (2) 검사를 받을 환자들에 대한 정보를 전달한다.
- (3) 환자의 상병과 의뢰할 검사들 및 환자와 상의하여 협상 속성들을 입력한다.
- (4) 사용자 에이전트가 생성되어 스케줄러에게 희망조건을 전달한다.



(그림 5) 자동협상 스케줄링 시스템의 스케줄링 과정

- (5) 스케줄링 에이전트는 사용자 에이전트로부터의 요구안이 제약조건을 만족하는지 검사한다.
- (6) 스케줄링 에이전트는 사용자 에이전트의 초기안과 협상가능범위를 접수하고 일정계획DB를 검색하여 가능여부를 판단한다.
- (7) 초기안이 실현가능하면 잠정적 일정계획으로 확정한다.
- (8) 초기안의 실현이 곤란한 경우 충돌이 있는 모든 에이전트에 협상가능성을 타진한다.
- (9) 협상가능성이 있는 에이전트는 수정안을 제시하고 이와 관련된 모든 에이전트에 협상가능성을 타진함으로써 잠정적 일정계획을 계속 수정한다.
- (10) 협상시 우선도가 높은 에이전트에 우선권을 준다.
- (11) 시간과 우선도에 따른 협상전략에 따라 우선도를 상승시켜 일찍 신청한 사용자가 계속 양보하게 되는 상황을 예방한다.
- (12) 각각의 사용자 에이전트들이 제시한 조건으로 일정계획 수립이 가능하면 협상은 성공적으로 끝난다.

- (13) 충돌을 일으키는 에이전트들 간의 협상이 불가능하면 상호 제시한 협상안을 고려하여 스케줄링 에이전트가 목표 함수값을 이용, 최적안으로 강제조정 한다.

### 3.1.3 자동협상 스케줄링 시스템의 기능

#### (1) 사용자 에이전트의 기능

사용자 에이전트는 참여하는 순간부터 실제 검사를 받는 순간까지 송수신되는 등록, 초기안 및 협상안의 생성기능을 가져야 하며 관련메시지를 스케줄링 에이전트에게 전달하고, 충돌되고 있는 상대방에 대한 정보의 전달 등의 기능을 수행해야 한다.

#### (2) 스케줄링 에이전트의 기능

사용자 에이전트의 등록 과정을 통해 스케줄링 에이전트는 참여자에 대한 정보와 제약조건을 바탕으로 스케줄을 수립 또는 변경하게 된다. 따라서 사용자 에이전트들이 희망안에 가깝게 검사를 받을 수 있는 일정계획을 수립하기 위해 충돌이 있는 후보 에이전트들을 탐색하고 이들과의 협상가능성에 대한 정보를 제공하여야 한다. 특히 최적안이 도출되지 못할 경우 목표함수 값을 가장 개선할 수 있는 일정계획을 강제로 지정 할수도 있어야 한다.

## 3.2 자동협상 스케줄링을 위한 프로토콜

자동협상을 통해 원활한 스케줄링 작업을 수행하기 위해서는 사용자 에이전트와 스케줄링 에이전트 간에 자동 협상을 진행하는 공식화된 절차가 정의되어야 한다. 이는 자동 협상이 효과적으로 수행되기 위하여 사용자 에이전트들이 반드시 지켜야할 최소한의 규칙으로 협상의 질서를 유지하는 역할을 한다.

### 3.2.1 사용자 등록

우선 사용자 에이전트의 인증이 가능해야 한

다. 인증절차가 끝나면 사용자의 컴퓨터에서는 사용자 에이전트가 형성되어서 스케줄링 에이전트와 직접 메시지를 주고받는다. 상병에 따른 검사들에 대한 자세한 정보와 및 원하는 검사와 희망일시 및 각 검사의 우선도(Priority number)를 기준으로 협상 가능한 범위에 대해서 설정한다. 협상은 파라미터들의 선택으로 다양한 전략 수립이 가능하다.

### 3.2.2 검사의뢰에 대한 기본 스케줄 수립

의뢰된 검사는 스케줄 DB의 조회를 통해 잠정적 일정계획으로 등록 가능한지를 우선 확인한다. 기본적으로 일정계획은 FCFS (First-Come First-Served)의 원칙에 입각하여 수립한다. 하지만 응급상황이나 우선도와 장비의 효율성에 기인한 일정계획의 수정은 언제나 가능하다. 하지만 예측가능성을 위해 검사 하루 전에는 확정해야만 한다. 자원DB의 현황과 스케줄DB 및 의뢰된 검사 자체에 대한 제약조건이 고려되어야 한다.

### 3.2.3 스케줄에 대한 협상

#### (1) 일정계획 실패 에이전트들의 대안 수립

우선도(Priority number)로 표현되는 사용자의 효용에 대한 고려를 바탕으로 일정계획을 수립한다. 따라서 사용자 에이전트는 시간(time)과 우선도(Priority number)를 기준으로 이러한 사용자들의 협상가능범위를 미리 설정하고 파라미터를 통해 협상전략에 대한 정보를 입력하여 일정계획의 실패시 대안 형성을 자동화 시킬 수 있어야 한다.

#### (2) 관련 에이전트들 간의 협상

초기안 또는 수정안이 기존 일정계획에 편입되는 데 실패하게 되면 사용자 에이전트는 형성된 새 협상안으로 새로운 일정계획 수립이 가능한지를 모색하게 된다. 스케줄링 에이전트는 기존의 일정계획을 잠정안으로 확정된 채로 이로 인해 또다시 변경되어 질 사용자 에이전트에게 협상안을 제시한 에이전트에 대한 정보제공과 더불어

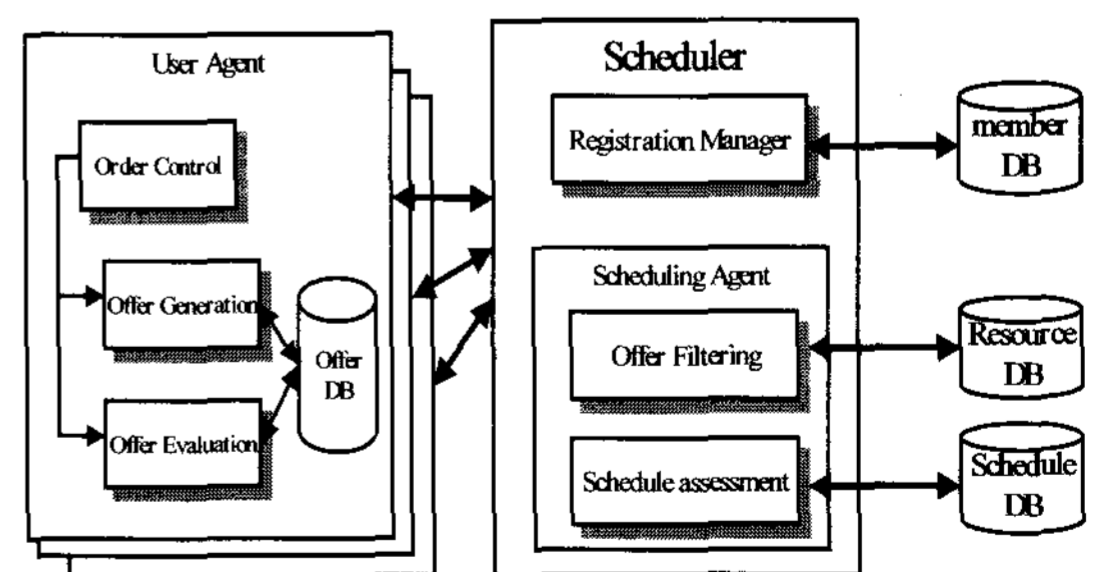
협상가능여부를 묻게 된다. 재협상이 가능하다면 이로 인해 변경되어질 가능성이 있는 에이전트가 있는지 검사하고, 있다면 위와 같은 과정을 반복하게 된다. 이 때 모든 조건이 만족해 질 때까지 잠정적 일정계획은 변경되지 않는다. 재협상이 불가능하다면 일정계획편입에 실패한 에이전트에게 또 다른 협상안을 요구하게 된다.

### 3.2.4 최적 일정계획 확정 단계

사용자 에이전트는 협상후보에이전트들과의 개별협상 결과에 근거하여 스케줄링 에이전트는 최적의 잠정적 일정계획을 확정짓게 된다. 최대한의 협상과정을 거쳤음에도 불구하고 동일한 시간에 동일한 장비를 쓰고자 하는 의뢰가 집중되어 조정가능성이 전혀 없는 경우 각 협상안의 조합을 통해 일정계획의 목표함수값을 개선시킬 여지가 큰 일정계획을 강제적으로 확정한다.

## 3.3 자동협상 스케줄링 시스템의 구성요소

제안시스템은 그림 6과 같이 사용자 에이전트와 구체적 일정계획수립을 담당할 스케줄링 에이전트와 사용자 인증을 담당하는 레지스트레이션 매니저로 구성되어 있는 스케줄러, 그리고 필요한 DB들로 구성된다.



(그림 6) 자동협상 스케줄링 시스템의 구성요소

사용자 에이전트는 입력값으로 검사의뢰를 생성(Offer Generation)하고 기록하며(OfferDB) 평가

함수식에 따라 각 의뢰에 대한 평가 및 계산 기능(Offer Evaluation)을 가진다. 또한 스케줄러와의 통신을 통해서 검사의뢰의 변동사항에 대해서 지속적으로 모니터링(Order Control) 한다.

스케줄러는 사용자의 인증(Registration Manager)을 통해서 이용가능여부를 우선 확인하고 환자에 대한 정보를 기록(memberDB)한다. 또한 자원(ResourceDB)의 제약조건을 확인(Offer Filtering)하여 사용자에게이전트의 요구사항의 수용여부를 우선 검토한다. 스케줄DB에는 사용자들의 검사의뢰에 대한 장비의 할당여부를 기록하는데, 이용하고자 하는 시간대가 겹치는 경우, 수용할 수 있는 정도를 넘어서는 경우 등의 상황을 고려하여 스케줄을 잠정적으로 수립(Schedule assessment)한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 다수의 이해관계자를 가진 진단 방사선과의 복잡한 스케줄링 문제해결을 대상으로 하였다. 최근 내부 효율성에 대한 관심이 고조되어 스케줄링에 대한 연구가 활발하면서도 환자와 병원 양자의 이익을 대변할 수 있는 방법을 모색하기가 쉽지 않기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 병원의 장비 효율성뿐만 아니라 환자의 대기시간에 대한 고려까지 충족시킬 수 있는 스케줄링 시스템의 알고리즘을 개발하는데 집중하였다. 필요한 속성 변화에 따른 소비자 개인의 선호체계를 표현하기 위한 방법을 개발하고 자동협상 스케줄링의 특징과 프로토콜을 제안하는 등 자동협상을 통한 스케줄링 절차와 시스템의 구조 및 기능을 설계하였다.

본 연구에서 제안한 시스템의 실행은 협상을 통해 환자 및 검사를 의뢰한 의사의 입장이 적극 반영될 수 있고 제약조건을 만족하는 일정계획을 수립함으로써 장비의 효율성을 높일 수 있을 것이다. 그러나 제안시스템은 장비의 효율성만을 목표로 하는 기존의 시스템과 목표함수 자체가 다르기 때문에 우열에 대한 평가를 하기 곤란하고

아직 실무에 있어 다양한 입력값을 반영한 사례가 없어 그 성과평가를 실제로 수행할 수 없다는 한계를 가진다. 하지만 다수의 이해관계자를 고려해야만 하는 환경의 변화 속에서 의료서비스 스케줄링 문제 해결을 고민해야 하는 의사결정자들에게 새로운 대안의 가능성을 제시해 줄 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] 강신화,김동일,강현철, “한·양방 협진을 위한 진단방사선과의 역할과 진료내용에 관한 연구”, 대한한방부인과학회지, 제12권 2호, 대한한방부인과학회, 1999년, pp. 374-384.
- [2] 김수배,윤성욱, “의료서비스에서 유형별 대기 시간의 선행 및 결과변수”, 한국병원경영학회지, 제12권 2호, 한국병원경영학회, 2007년, pp.69-92.
- [3] 삼성서울병원 영상의학과  
<http://radiology.samsunghospital.com>
- [4] Aickelin, U. and Dowsland, K. A. 'An indirect Genetic Algorithm for a nurse-scheduling problem', *Computers & Operations research.* pp.1-18, 2003.
- [5] Beam,C. and Segev,A. 'Automated Negotiations: A Survey of the State of the Art', *CMIT Working Paper 97-WP-1022*, May. pp.1-14, 1997.
- [6] Chern, C.C., Chien,P.S., and Chen,S.Y., 'A heuristic algorithm for the hospital health examination scheduling problem', *European Journal of Operational Research*, 186(3), pp.1137-1157. 2008.
- [7] Guttman,R. 'Merchant Differentiation through Integrative Negotiation in Agent-mediated Electronic Commerce', Master Thesis, MIT Media Laboratory.pp.1-13, 1998
- [8] Marinagi,C.C.Spyropoulos,C.D.Papatheodorou,C. and



- 7Kokkotos,S.'Continual planning and scheduling for managing patient tests in hospital laboratories', *AI in Medicine*, 20. pp.139-154, 2000.
- [9] Moz,M. and Pato,M.V., 'A genetic algorithm approach to a nurse rostering problem', *Computers & Operations Research*, 34(3), pp. 667-691., 2007.
- [10] Oddi,A. and Cesta,A. 'Toward interactive scheduling systems for managing medical resources', *AI in Medicine*, 20. pp113-138, 2000.
- [11] Pham,D.N. and Klinkert,A., 'Surgical case scheduling as a generalized job shop scheduling problem', *European Journal of Operational Research*, Volume 185(3), pp.1011-1025. 2008.
- [12] Tewari,G. and Maes,P. 'Design and Implementation of an Agent-Based Intermediary Infrastructure for Electronic Markets', Proceedings of the Second International ACM Conference on Electronic Commerce(EC'00), Minneapolis MN, USA. pp.86-94, 2000.
- [13] Valouxis, C. and Housos, E. 'Hybrid optimization techniques for the work shift and rest assignment of nursing personnel', *AI in medicine*, 20. pp.155-175, 2000.

## ● 저자 소개 ●



### 김 경 환(Kyoung-Hwan Kim)

1995년 동아대학교 행정학과 졸업(학사)

1997년 동아대학교 대학원 행정학과 졸업(석사)

2004년 인제대학교 대학원 경영학과 졸업(박사)

2006~현재 인제대학교 경영학과 겸임교수

관심분야 : 의료경영, 의료정보시스템, 인공지능, etc.

E-mail : kimgh119@hanmail.net