

## 시뮬레이션을 이용한 성형외과 예약패턴 분석

최지연 · 정예림<sup>†</sup> · 박선주 · 정승화

### Simulation Analysis for Appointment Scheduling Patterns in a Private Plastic Surgery Clinic

Jiyeon Choi · Yerim Chung<sup>†</sup> · Sunju Park · Seungwha Chung

#### ABSTRACT

Generally, solutions that can increase patients' satisfaction are in conflict with the solutions that can increase the satisfaction and profitability of the medical personnels. In this paper, we compare appointment patterns using multiple performance measures that take into account both hospital's position and customers' position, and propose the best appointment pattern especially for an efficient scheduling in a plastic surgery clinic. A simulation model using ARENA is designed based on real hospital data. Based on this model, we compare 5 appointment patterns. To check the robustness of the appointment patterns, we have experimented on various appointment situations by considering peak, extreme peak seasons, and peak, off-peak days. We found that Triangle-like pattern turned out to be most efficient regardless of appointment situations.

**Key words** : Simulation, ARENA, Appointment Pattern, Appointment Scheduling, Plastic Surgery Clinic, Waiting Time, Health Care

#### 요약

일반적으로 고객의 만족도를 높이는 방안은 병원의 이익 및 병원 의료진들의 만족도를 높이는 방안과는 상충된다. 이에 본 논문은 병원과 고객을 함께 고려한 평가지표를 사용하여 여러 가지 예약 패턴들을 비교해보고 병원의 효율적인 운영을 위해 성형외과에 적절한 예약 패턴을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 도심에 위치한 실제 성형외과의 고객 및 진료 데이터를 이용해 시뮬레이션 모델을 설계하고, 이 모델을 대상으로 5가지 예약 패턴을 비교하였다. 예약 패턴의 강건성을 체크하기 위하여 성수기와 극성수기, 피크 요일과 한적한 요일 등 다양한 상황 하에서 실험을 진행하였다. 실험 결과, 본 연구에서 새롭게 제안하는 Triangle-like Pattern이 예약 수와 관계없이 가장 좋은 결과를 보여주었다.

**주요어** : 시뮬레이션, 아레나, 예약 패턴, 예약 스케줄링, 성형외과, 대기시간, 헬스케어

## 1. 서론

한국 및 세계 경제의 지속적인 성장에 따라 이전보다

개인의 미적 욕구를 충족시키기 위한 노력과 시도가 많아지고 있다. 이는 성형외과 및 피부과, 즉 미용 산업에 대한 국내·외적 수요가 계속해서 증가하는 것을 통해 쉽게 알 수 있다. 국내에서는 여성들의 경제활동 참여율을 성형외과 및 피부과의 수요 증가와 연관 지어 생각할 수 있다. 통계청 자료에 따르면(2016), IMF 이후 급격하게 줄어들었던 여성경제활동 참여율이 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있으며, 2015년에는 51.8%로 조사 이후 해마다 증가하고 있다. 이렇게 여성들의 사회적 지위 및 경제력이 향상되면서 자연스럽게 자신의 미적 욕구를 충족시키기 위해 성형외과와 피부과를 찾는 사람들이

\* 이 연구는 2017년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다.  
(NRF-2017S1A3A2065831)

**Received:** 6 November 2017, **Revised:** 6 March 2018,  
**Accepted:** 6 March 2018

**† Corresponding Author:** Yerim Chung  
E-mail: yerimchung@yonsei.ac.kr  
Business Administration Dept., Yonsei University,  
Seoul, Korea

많아지고 있다. 또한 대외적으로도 의료 관광을 오는 외국인 의료 관광객 역시 증가하고 있는 추세이다. 보건복지부의 '2016년 외국인환자 유치실적 조사 결과'에 따르면(2017), 16년 외국인환자 유치실적은 총 36만 4천명으로 전년 대비 22.7% 증가하였으며, 성형외과와 피부과를 찾은 외국인 관광객은 전체 환자의 22%를 차지했다. 2012년 이후로는 외국인 환자들 중 중국 의료 관광객이 가장 많았으며, 이들의 진료과목을 조사한 결과 1위 성형외과(20%), 2위 내과(14.6%), 3위 피부과(13.5%)로 미용 관련 진료에 대한 수요가 많았다.

국내·외적으로 급증하는 수요에 맞춰 공급 역시 증가하고 있다. 새로 개원하는 성형외과가 많아지고 있으며, 이로 인해 병원들끼리의 경쟁이 심화되고 있다. 통계청 진료과목 별 의원 수 현황에 따르면(2016), 2015년 이비인후과 수는 2005년에 비해 29% 증가한 반면, 성형외과는 52%, 피부과는 45% 증가해 이비인후과보다 대략 2배 정도 높은 증가율을 보였다. 병원들은 이렇게 심화되는 경쟁에 다양한 프로모션을 통한 가격차별과 최신 기계 도입 등으로 대응하고 있다. 그러나 이러한 대응으로는 고객들의 만족도를 제고해 다른 병원들과 차별화하고, 병원에 대한 로열티를 형성해 다른 병원으로 이탈하는 고객들을 방지하는데 한계가 있다.

이렇게 성형외과 산업이 나날이 성장해감에 따라 성형외과를 대상으로 한 연구는 필수적이며, 관련된 많은 연구들이 진행되고 있다. 하지만 예약 스케줄링 연구와 관련해서는 성형외과를 대상으로 한 연구가 많이 부족하다. 기존의 연구들은 대부분 하루 예약 고객이 30명 미만인 작은 규모의 병원을 대상으로 연구를 진행하였으며, 예약 수가 많은 병원의 예약 패턴과 관련된 연구들은 대부분 대형 종합 병원을 대상으로 연구를 진행하였다. 이렇듯 성형외과를 대상으로 한 연구는 아직까지 없어 성형외과에서 적용할 적절한 예약 패턴을 찾기는 어려운 실정이다. 본 연구의 대상이 된 성형외과는 물론이고 대부분의 성형외과가 적절한 예약 패턴 없이 고객들이 원하는 시간대에 예약을 받고 있기 때문에 특정 시간대에 예약이 몰려 고객들이 대기시간이 길어지고 이로 인해 병원의 종료 시간이 늦어지는 문제점이 발생하고 있다.

"2016 사회조사 결과(2016)에 따르면, 의료 서비스 불만족 요인 1위는 비싼 의료비, 2위는 치료결과 미흡, 3위는 긴 대기시간 순이었다. 이 중에서 향후에 가장 문제가 될 가능성이 큰 요인은 3위, 긴 대기시간이다. 위에서 언급하였듯이 수요가 지속적으로 증가함에 따라 자연스레 병원을 찾는 고객들의 대기시간이 길어질 것으로 예상되

므로 고객들의 방문 시간을 조절해 대기시간을 감소시키고 병원 운영의 효율을 높여줄 적절한 예약 패턴의 도입이 더욱 중요해지고 있다.

본 연구는 예약 고객의 병원 도착 직후부터 서비스 시작 직전까지의 대기시간과 병원의 종료 시간 등과 더불어 여러 가지 평가지표를 고려하여 다양한 문제 상황에서 성형외과에 적합한 예약 패턴을 살펴보고자 한다. 기존의 예약 스케줄링 연구의 대상이 된 병원들과 성형외과의 특성이 다음과 같은 차별점들이 있기 때문에 성형외과를 대상으로 한 예약 스케줄링 연구가 필요함을 알 수 있다.

첫째, 서버 수 및 서비스의 단계에 차이가 있다. 대부분의 선행연구들은 1명의 서버가 존재하며, 치료과정이 단일 단계로 끝나는 병원들을 대상으로 연구를 진행하였다(Cayili and Veral, 2003). 반면, 연구 대상이 된 성형외과는 3명의 의사와 더불어 관리자 4명, 실장 2명이 추가적으로 존재하므로 총 9명의 서버가 존재한다고 할 수 있다. 또한, 서비스의 단계 역시 의사 혹은 관리자만을 거치는 1단계 시술부터 많게는 4단계 시술까지 다양한 단계의 서비스를 제공하고 있다.

둘째로 제공하는 서비스의 수에도 차이가 있다. 대부분의 선행연구들은 시술을 구분하지 않았으며(Cayirli and Veral, 2003; Ho and Lau, 1992; Klassen and Rohleder, 1996; Klassen and Rohleder, 2004; La et al., 2012), 치과를 대상으로 예약 패턴을 연구한 논문에서 시술을 구분했으나 10개의 시술을 대상으로 연구를 진행하였다(Lee et al., 2011). 그에 비해 성형외과는 더욱 다양한 시술들을 고객에게 제공한다. 본 연구의 대상이 된 성형외과의 경우에는 23개의 시술을 제공하고 있다. 실제로는 이보다 더 많은 서비스를 제공하고 있지만 고객들의 수요가 많지 않은 항목들은 제외하였다. 대상이 된 23개 시술들의 시술 시간 역시 다양하다. 시술에 따라 적게는 5분에서 많게는 45분 이상 시간이 소요된다. 시술에 필요한 의료 인력 역시 차이가 난다. 일반적인 병원에서는 의사와 간호사, 두 종류의 의료 인력만을 필요로 한다. 반면, 성형외과는 의사와 간호사와 더불어 피부 관리자, 상담을 하는 실장이라는 새로운 의료 인력이 필요하다.

셋째로 당일 내원 고객들의 특성도 차이가 있다. 치과나 이비인후과의 경우에는 예약하지 않고 당일에 방문하는 워크인 고객이 많지 않으며, 워크인 고객들의 대부분은 병원을 처음 방문하는 초진 고객이다. 대형 대학병원의 경우에도 응급실을 제외하고는 워크인 고객이 거의 없다. 초기 선행연구들 대부분 워크인 고객은 고려하지

않았으며, 워크인 고객을 고려한 선행연구가 조금 존재하지만(Cayirli et al., 2006), 이 역시 워크인 고객의 초/재진 여부에 대해서는 고려하지 않았다. 반면, 성형외과는 워크인 고객들 중 상당수가 재진 고객들로 이루어져 있다. 대상이 된 F 병원의 경우에는 하루에 약 20명의 워크인 고객이 방문하며, 그 중 50%는 재진 고객인 것으로 나타났다. 기존의 연구들은 단순히 초진 고객의 수와 재진 고객들의 예약 수 및 부도율 등을 고려하면 충분했지만, 성형외과의 경우에는 추가적으로 워크인 고객 중 초진/재진 환자 수, 예약 고객 중 초진/재진 환자 수, 워크인 고객 도착률, 그리고 초/재진 환자의 부도율 등을 고려해야 한다는 차이점이 있다.

마지막으로 요일 별 특성을 고려했다는 차이가 있다. 기존의 선행연구들은 월요일과 금요일과 같은 피크 요일과 그렇지 않은 요일을 따로 구분하지 않고 최적 예약 패턴을 제시하였다. 하지만 특정 예약 패턴이 예약 수에 따라 다른 결과를 낼 수도 있기 때문에 요일 별 특성을 고려해 피크 요일에 최적인 예약 패턴과 그렇지 않은 요일에 최적인 예약 패턴이 무엇인지 확인하였다.

위와 같은 이유로 기존 연구 대상이 된 병원들과 많은 차이가 있기 때문에 기존 연구에서 제시된 최적 예약 패턴을 그대로 적용해도 되는지에 대한 검증이 필요하며, 더 좋은 결과를 주는 예약 패턴은 없는지 연구해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구의 목적은 시뮬레이션을 활용하여 성형외과를 대상으로 고객들의 대기시간과 병원의 종료시간을 고려하여 성형외과에 적합한 예약 패턴을 평가하고 제안하고자 한다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 진행된다. 2장에서는 예약 스케줄링과 관련된 선행연구에 대해서 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션 모델링 구현의 기본적인 근간이 된 대상 병원의 현황 및 프로세스에 대해서 간략하게 설명한다. 4장에서는 ARNEA를 이용한 시뮬레이션 모델링을 위해 수집된 자료 분석과 관련해 서술하고, 5장에서는 본 연구에서 사용한 예약 패턴들에 대해서 설명한다. 6장에서는 기본적인 실험 설계와 실험 결과에 대해서 논의하며, 마지막으로 7장에서는 연구 결과를 바탕으로 본 연구의 시사점과 한계점, 추후 연구 방향 등을 논의한다.

## 2. 선행연구

예약 스케줄링과 관련된 연구는 크게 2가지로 나눌 수 있다. 한 분야는 이론적인 연구로 대기행렬 이론 혹은 Mathematical Programming을 이용한 연구이며, 대표적

으로는 Lindley(1952), Mercer(1973), Fries and Marateh (1981) 등이 있다.

또 다른 분야는 시뮬레이션 연구로 병원 상황을 모델링 한 후, 여러 가지 예약 패턴을 비교하기 위해 사용하거나 혹은 다양한 문제 상황 하에서 예약 패턴의 성능을 살펴보기 위해 시뮬레이션을 사용하였다(Cayirli and Veral, 2003). Bailey(1952)의 논문은 시뮬레이션을 사용한 최초의 논문으로 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하였으며, single-block을 연구한 다른 논문들과 달리 individual-block을 분석하였다. 실험 결과, 맨 첫 슬롯에는 2명의 환자를 배치하고 이후로는 평균 서비스 시간에 맞추어 한 명씩 예약을 받는 individual-block/fixed interval이 가장 좋은 결과를 보여주었다. Ho and Lau(1992)는 단일 서버인 병원의 예약 스케줄링을 연구하였으며, 서비스 시간, 환자 수, 부도율의 다양한 조합을 고려하여 환자와의료진의 유휴시간을 최소화할 수 있는 최적 예약 패턴을 Efficient Frontier을 통해 제시한 것이 특징이다. Klassen and Rohleder (1996) 역시 단일 서버인 병원을 연구하였으며, 고객들의 대기시간과 서버들의 유휴시간을 기준으로 여러 예약 패턴들의 성능을 평가하였다. 연구 결과 예약 초반에는 서비스 시간의 편차가 낮은 고객을, 예약 후반에는 서비스 시간의 편차가 큰 고객을 배치하는 예약 패턴인 LVBEG 규칙이 가장 최적임을 보여주었다. 또한, 응급 환자를 받기 위해 예약을 비워두는 슬롯(US: Urgent Slot)을 예약 시간대 중 중간에 넣는 것이 가장 좋은 결과를 보여주었다. Klassen and Rohleder (2003)은 또한 100명 이상의 서버가 있는 병원을 대상으로 하루가 아닌 10일 동안의 최적 예약 패턴을 다양한 상황 하에서 실험하였다. 연구 결과 하루를 기준으로 실험하였을 때 최적이었던 LVBEG 규칙이 multi-period에도 역시 최적이었다. 또한, multi-period에서는 US를 하루의 예약 슬롯들 사이에 골고루 배치하는 것이 가장 좋지만, single-period 모형과 달리 multi-period 모형에서는 USP의 위치가 대기 시간에 큰 영향을 주지 못했다. 한편, Cayirli et al.(2006)의 연구는 초진/재진 환자 개념을 도입하였으며, 초진/재진 환자들의 sequence을 결정하고 예약 패턴을 도입하는 것이 그렇지 않은 것보다 대기시간, 유휴시간, 초과 근무 시간 모든 면에서 더 성능이 좋음을 보였다. 이후 Cayirli et al.(2008)은 환자 분류를 sequence을 결정할 때뿐만 아니라 예약 간격을 설정하는데도 사용하였으며 단순히 sequence을 결정할 때만 사용하는 것보다 모든 면에서 더 좋은 성능을 보였다.

### 3. 대상 병원의 현황

연구 대상이 된 F 병원은 도심에 위치한 개인 성형외과로 의사 3명, 관리사 4명이 진료를 보는 개인병원이다. 이외의 의료진은 간호사 4명, 코디네이터(상담사) 2명으로, 총 13명의 의료진이 있다. 병원의 진료시간은 아침 10시부터 저녁 8시까지이며, 점심시간인 오후 1시부터 2시를 제외하고 30분 단위로 오후 7시 30분까지 예약을 받는다. 현재는 시간대별로 예약을 제한하지 않고 고객이 원하는 시간대에 예약을 해주고 있기 때문에 예약이 특정 시간대에 몰려 대기시간이 길어지는 문제가 발생하고 있어 예약 시스템을 도입하는 이유가 무색해지고 있다. 이에 예약을 분배시켜 고객들의 대기시간을 줄일 수 있는 적절한 예약 패턴을 찾을 필요성이 대두되고 있다. 여느 병원처럼 주말 이후 병원을 찾는 고객들이 많은 월요일은 피크 요일로 대략 134건의 예약을 받는다. 피크 요일이 아닌 요일(화,수,목)에는 대략 118건의 예약을 받고 있다. 한편 워크인 고객은 예약 수와 무관하게 하루에 대략 20명 정도 방문하였다.

F 병원에 도착한 고객의 프로세스는 Fig. 1과 같다. 병원에 도착한 고객은 리셉션에 접수를 하고 치료를 기다린다. 초진 고객의 경우에는 반드시 의사 상담과 코디네이터 상담을 거치며 상담 종료 후 당일에 바로 시술을 받을 것인지 결정한다. 당일 시술을 원하는 고객의 경우에는 상담을 진행한 동일한 의사에게 치료를 받는다. 재진 고객의 경우에는 바로 시술을 시작하며 담당 의사가 이미 존재하기 때문에 해당 의사에게 시술 및 진료를 받는다. 시술에는 크게 3가지 종류가 있다. 1번 종류는 의사가 기계로 시술을 하고, 관리사가 진정관리를 해주는 시술이다. 2번 시술은 진정관리가 필요 없는, 의사 시술만을 필요로 하는 시술이다. 3번 시술은 피부 관리사의 시술만 필요로 하는 시술이다. 시술을 끝낸 고객들은 병원에서 퇴장한다.

### 4. 시뮬레이션 모델링

현재 병원의 상황을 구현하기 위해 시뮬레이션 패키지인 ARENA 14.0을 사용하였다. Mo and Choi(2009), Na and Moon(2016) 등을 통해 시뮬레이션 연구 시 ARENA를 많이 활용하고 있음을 확인할 수 있다. 구현한 모델은 ‘고객생성’, ‘병원 도착’, ‘대기’, ‘시술 및 진료’, ‘퇴장’의 순서로 크게 5가지 시뮬레이션 로직으로 표현할 수 있다. 먼저, 고객 생성 단계에서는 고객들이 생성됨과 동시에

속성이 부여된다. 이 때 각 개체들이 가지는 속성은 초진/재진, 예약 시간, 병원 실제 도착 시간, 시술 종류 등이다. 한편, 병원 DB 분석 결과, 예약 고객 중 초진 고객은 10%, 재진 고객은 22%의 부도율을 보였다. 이 부도율에 의해 고객의 실제 병원 방문 여부가 결정된다. 병원에 도착한 고객들은 바로 리셉션에서 접수를 하고 대기한다. 만약, 동일한 의사 혹은 관리사를 기다리는 고객이 2명 이상 있다면, 워크인 고객보다 예약 고객을 먼저 처리하며, 예약 고객 중에서도 먼저 도착한 고객에게 우선순위를 부여한다. 또한, 상담을 끝내고 다시 리셉션으로 돌아와 진료를 기다리는 고객은 예약 고객과 동일한 우선순위를 가지고 도착 순서대로 처리되기를 기다린다. 리셉션에서의 대기 우선순위를 정리하면 1위는 예약 고객과 상담을 끝낸 초진고객, 2위는 워크인 고객이다.

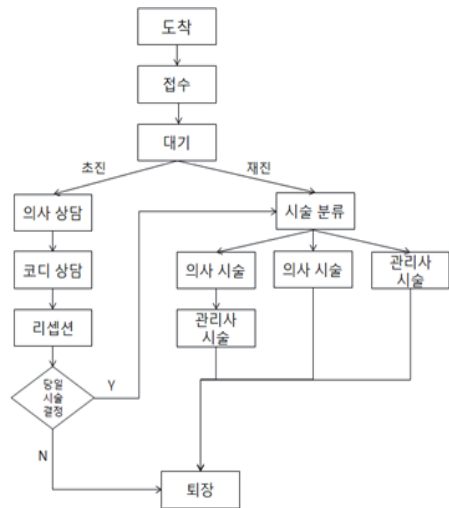


Fig. 1. Patient flow

#### 4.1 자료 수집 및 분석

성형외과 및 피부과의 성수기는 여름방학과 겨울방학 기간이다. 직장인들은 여름, 겨울 휴가철에 성형외과를 많이 방문하며, 학생들의 경우에는 특히 방학 기간에 성형외과를 많이 방문하기 때문이다. 특히, 수학능력시험이 끝나는 겨울 방학은 여름 방학에 비해 더욱 수요가 증가한다. 따라서 시즌 별 예약 특성을 고려하여 최적 예약 패턴을 제시해 주는 것이 중요하다. 이에 성수기인 여름 방학과 극성수기인 겨울 방학을 실험대상으로 선정하고, 이 기간 동안의 데이터를 수집하였다. 이후 각 시즌의 요일 별 특성을 반영하여 최적 예약 패턴을 제시하기 위해 피크 요일과 한적한 요일을 따로 나눠 분석하였다.



연구 대상이 된 F 병원의 2015년 6월부터 2015년 8월 기간 동안의 병원 DB을 분석한 결과, 전체 고객의 93%가 여성 고객들이었으며, 여성 고객들 중에서도 20대, 30대, 40대 순으로 가장 많은 비율을 차지했다.

현재 병원에서는 SMART CRM 패키지를 통해 예약을 관리하고 있으며, 구체적으로는 요일 별 예약 수, 시술 종류 및 시술 비율, 초진/재진 환자 비율 등이 있다. 시뮬레이션 모형에 들어간 파라미터 값들 중 SMART CRM에 존재하지 않는 데이터들은 2015년 6월부터 2015년 8월까지 병원에서 수기로 직접 입력한 자료를 바탕으로 하였다. 여기에 해당하는 데이터들은 워크인 도착 시간, 예약 환자의 실제 도착 시간 등이 있다.

병원 DB 분석 결과, 예약 고객 중에서는 약 21%가 초진 고객이었으며, 워크인 고객 중에서는 절반 정도가 초진 고객이었다. 한편, 고객들이 주로 받는 시술의 종류를 분석하여 총 23개의 시술을 선정하였다. 연구 대상이 된 병원은 성형보다는 간단한 시술 위주의 진료를 보고 있었으며, 시중의 많은 성형외과가 큰 수술보다는 보톡스나 필러와 같은 간단한 시술을 포함해 피부과 진료를 함께 보는 것으로 수익을 내고 있다.

Fig. 2는 현재 병원의 월요일 시간대별 평균 예약 건수를 분석해 그래프로 나타낸 것이다. 피크 요일인 월요일을 제외한 나머지 요일들도 예약 수는 조금씩 차이가 있지만 동일한 패턴을 나타내고 있다. 이렇게 현재는 예약이 특정 시간대에 몰리고 있기 때문에 고객들의 대기시간이 일정하지 않고, 특히 피크 타임인 저녁 시간대의 경우에는 예약을 하고 왔음에도 오래 기다리는 고객이 많아지게 된다.



Fig. 2. Current number of appointments on Monday

한편, 워크인 고객은 예약 수와 무관하게 하루에 대략 22명 정도 방문하였다. 워크인 환자의 방문 시간을 분석

한 결과 Fig. 3에서와 같이 특정 시간대에 더 많이 방문했음을 알 수 있었다. 이를 ARENA의 Schedule 모듈을 이용하여 30분 단위로 서로 다른 도착률을 가지는 포아송 프로세스가 되도록 설정하였다. 이를 통해 실제 고객들이 방문하는 시간대에 해당 수의 워크인 고객이 병원에 방문할 수 있게끔 설정하였다. 예약 고객들의 경우에는 미리 확정된 예약을 통해 병원에 방문할 고객 수를 어느정도 예측할 수 있는 반면, 워크인 고객의 경우에는 무작위로 병원에 방문하기 때문에 시간대 별로 다른 도착률을 가지도록 설정하는 것이 중요하다. ARENA 모델에 적용한 것을 Fig. 4를 통해 확인할 수 있다.

예약 환자들의 도착 분포 데이터를 분석할 결과, Fig. 5와 같이 NORM(-2.92, 205)의 분포를 따르고 있음을 확인할 수 있다. 즉, 예약 고객들은 평균적으로 대략 3분정도 예약 시간보다 빨리 도착함을 의미한다. Klassen and Rohleder(1996)의 연구에서 수집한 데이터에서도 예약 환자들이 예약 시간보다 일찍 도착함을 확인할 수 있었으며, 이는 현 병원의 데이터와도 일치하는 것을 보여준다.

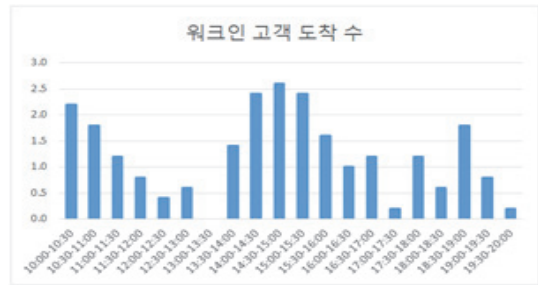


Fig. 3. Current number of walk-in patient

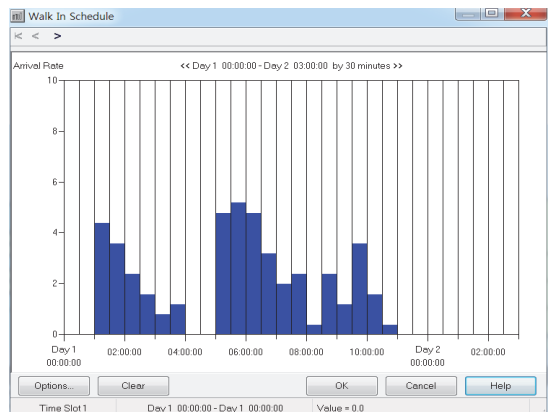


Fig. 4. Walk in Arrival Schedule in ARENA

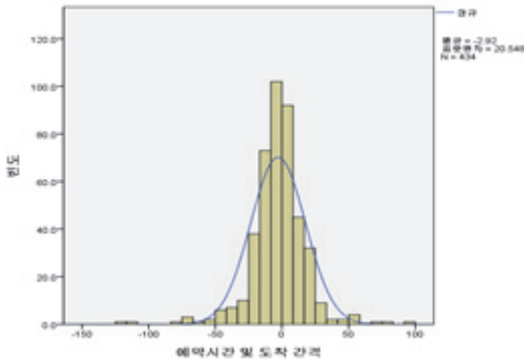


Fig. 5. Arrival distribution of appointment patients

#### 4.2 모델링을 위한 가정

위와 같은 로직을 적용하여 시뮬레이션을 하기 위해 다음과 같은 몇 가지 가정을 하였다. 첫째는 병원 진료시간과 관련된 가정이다. 병원은 오전 10시부터 시작하며 오후 8시까지 진료를 한다. 오후 7:30분 이후에는 워크인 고객의 도착을 차단하며, 오후 7:30분 이후에 병원에 마지막으로 남아있던 고객이 받는 시술이 끝나면 병원은 종료된다. 또한, 오후 7:30분 예약 고객의 실제 도착 시간이 오후 8시 이후인 경우에는 예약 부도로 처리하였다. 병원의 점심시간은 오후 1시부터 오후 2시이며, 점심시간이 시작된 후에도 고객이 남아있는 경우 실제의 경우와 마찬가지로 모두 처리하고 점심시간을 진행하였다. 점심시간 시작 시간과 무관하게 오후 진료는 오후 2시부터 시작되도록 처리하였다. 오후 12:30분, 오후 2시 예약 고객이 점심시간에 병원에 도착한 경우에는 대기시간이라고 간주할 수 없기 때문에 오후 진료가 시작된 오후 2시부터 대기시간을 측정하였다.

둘째는 진료 종류, 진료 시간 및 담당 의사에 대한 가정이다. 대상이 된 F 병원의 경우에는 위에서 언급했듯이 2주에 1건 정도로 수술 횟수가 매우 적었기 때문에 수술 예약은 고려하지 않았다. 의사, 간호사, 관리사 및 의료기계의 능력은 동일하다고 가정하고 진료시간을 설정하였다. 특이한 점은 다른 병원의 시뮬레이션과 달리 성형외과의 경우에는 관리사가 필요한 시술의 시술시간이 30분 이더라도 실제 관리사를 필요로 하는 시간은 이보다 적다. 따라서 병원 관계자의 조언에 따라 관리사의 시술 시간을 실제로 고객이 관리사를 점유하고 있는 시간으로 설정하였다. 한편, 재진 고객의 경우에는 담당 의사가 있으며, 의사의 능력이 동일하다고 가정했기 때문에 3명의 의사가 1/3의 확률로 동일하게 고객들을 담당한다고 가정한다.

셋째로 초진 고객들 중 당일 시술을 받는 고객들에 대

한 가정이다. 참고로 워크인 고객, 예약 고객과 상관없이 모든 초진 고객들은 병원 도착 후 원장 상담과 실장 상담을 먼저 진행한 이후 당일에 시술을 받고 갈 것인지 퇴장할 것인지 결정을 한다. 이를 처리하기 위해 다음과 같은 가정을 하였다. 먼저 점심시간 이전에는 오후 12:30분 이전에 상담을 마친 고객들 모두, 즉, 워크인, 예약 고객에 상관없이 시술을 원하는 고객들 모두를 대상으로 시술을 진행한다. 이후 오후 12:30분부터 오후 1시 사이에 상담을 마친 고객들은 예약 고객들만 시술을 진행하고 워크인 고객들은 상담 종료 후 퇴장하는 것으로 가정하였다. 저녁 시간에도 마찬가지로 오후 7:30분 이전에는 당일 시술을 원하는 모든 고객들의 시술을 진행하지만, 오후 7:30분부터 오후 8시 사이에 상담을 마친 고객들 역시 예약 고객만을 시술 진행 대상으로 가정하였다.

마지막으로 환자의 예약 수 및 의료진에 대한 가정이다. 실험 진행 시 병원의 현 상황에서 받는 예약 수와 비슷하게 예약 수를 설정하였으며 고객들은 병원이 정해주는 예약 시간에 따라 방문한다고 가정하였다. 따라서 예약은 항상 꽉 차는 것으로 가정한다. 물론, 앞에서 말했듯이 예약 환자들의 부도율은 예약이 생성된 이후에 결정된다. 한편, 의료진의 휴진 일정은 고려하지 않고 모든 의료 인력들이 다 근무한다고 가정하고 실험을 진행하였다.

### 5. 예약 패턴

현재 F 병원은 적절한 예약 패턴을 도입해 예약이 특정 시간대에 몰리지 않도록 분배하여 고객들의 대기시간을 줄이는 것이 중요한 사안이다. 하지만 고객의 도착 패턴, 진료 조건 등 다양한 요소에 차이가 있기 때문에 대학병원, 치과, 이비인후과 등을 대상으로 한 연구에서 제시된 예약 패턴을 성형외과에 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 따라서 선행연구에서 제시된 예약 패턴과 더불어 현 성형외과의 문제 상황을 고려해 몇 가지 예약 패턴을 제안하고 이를 실험해 고객들의 대기시간을 비교해보고자 한다. 이를 위해 먼저 실험에서 사용한 여러 예약 패턴을 소개하고자 한다.

#### 5.1 Uniform Integer Pattern

Uniform Integer Pattern은 Fig. 6과 같이 시간에 상관없이 동일한 개수의 예약을 받는 것이다. 대부분의 병원 에서 가장 많이 사용하는 예약 패턴이며, 패턴의 이름에 있는 Integer는 이 예약 패턴의 파라미터이다. 현재 병원에서는 기존에 예약된 예약 수와 상관없이 고객이 원하

는 시간대에 예약을 받아준다. 하지만 이렇게 원하는 시간대에 예약을 해 줄 수 있었던 이유는 한 슬롯 당 최대 20개씩 예약을 받는 Uniform 20 패턴을 도입하고 있었기 때문이다. 즉, 하루 평균 실제로 고객들이 한 슬롯에 예약을 하는 개수보다 더 큰 파라미터인 20을 한 슬롯 당 받을 수 있는 최대치로 설정해놓았기 때문에 고객들이 요구하는 시간대에 예약을 받을 수 있었다. 이렇게 파라미터를 크게 설정한 Uniform 패턴은 적절하게 예약을 분배시키지 못하고 특정 시간대에 예약이 몰리는 문제를 발생시킨다.

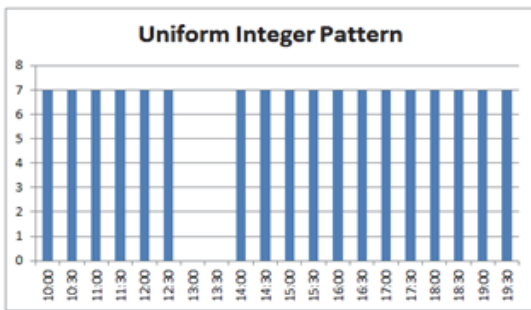


Fig. 6. Uniform integer pattern

이를 해결하기 위해 본 논문에서는 일 평균 방문 고객 수를 고려해 가장 균등하게 예약을 분배시킬 수 있는 파라미터를 결정하고, 이 파라미터를 사용한 Uniform Integer Pattern을 도입해 다른 패턴들과 대기시간을 비교해 보고자 한다. 이는 병원의 현재 예약 시스템을 거의 변화시키지 않는 예약 패턴으로, 한 슬롯 당 받을 수 있는 최대 예약 수만 변화시킬 뿐 다른 것은 변화시키지 않는다. 즉, 가장 기본적인 패턴으로 병원에서 도입하기 쉽기 때문에 실험 대상으로 선정하였다.

## 5.2 Flat Integer Pattern

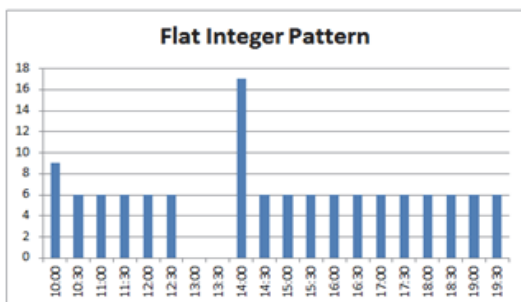


Fig. 7. Flat integer pattern

Fig. 7의 패턴은 선행연구에서 제시된 패턴이다. Li et al.(2008)가 이 패턴을 처음으로 제안하였으며, 대학 병원의 한 진료과에 도입해 실험해 본 결과, Flat 22% Pattern이 최적 예약 패턴임을 보여주었다. 이 패턴의 Integer 값 역시 파라미터가 되며, 이는 전체 예약 중 첫 예약 슬롯에 받는 예약 수의 비율을 의미한다. 선행 연구의 결과가 환자 도착분포, 진료 과목, 진료 시간 등 모든 것이 다른 성형외과에 적용했을 때도 여전히 최적인지 확인하기 위하여 실험 대상으로 선정하였다. 한편, 선행연구의 대상이 된 병원은 오전만 진료를 보고 6명의 의사가 있는 반면, 본 연구의 대상이 된 병원은 오전, 오후 모두 진료를 본다는 점과 3명의 의사가 있다는 차이점이 있다. 이를 반영해 오전 시간대 첫 슬롯에는 오전 전체 예약의 22%를 배치하고, 오후 시간대 첫 슬롯에는 오후 전체 예약의 22%를 배치하는 것으로 수정하여 실험하였다.

## 5.3 Triangle-like Pattern

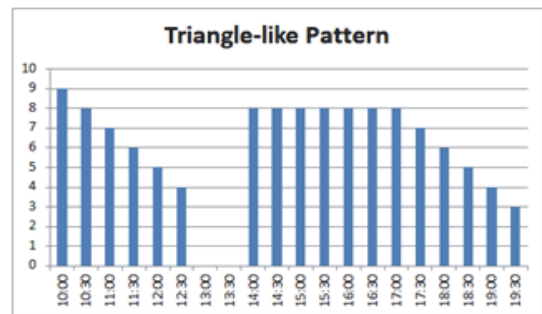
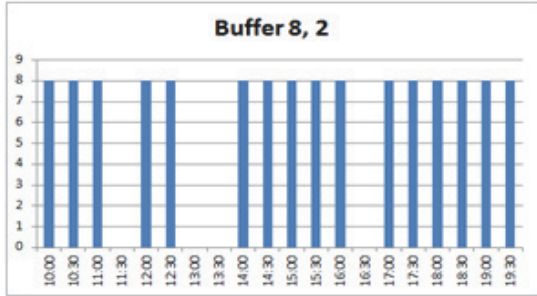


Fig. 8. Triangle-like pattern

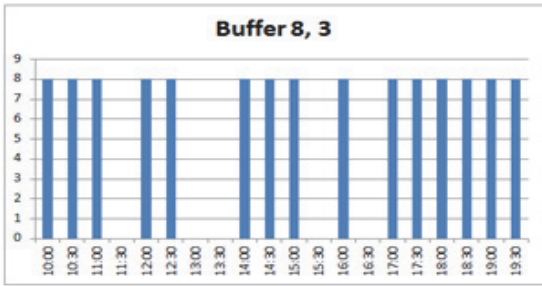
현재 병원의 문제점은 오후 6시 이후에 몰리는 고객들 때문에 고객들의 대기시간이 급격히 증가하며 이로 인해 병원의 종료 시간 역시 오후 8시보다 더 늦어지고 있다는 점이다. 이를 해결하기 위해 Triangle-like Pattern을 도입하였다. 이 패턴은 저녁 시간대에 점점 예약의 개수를 줄여나가면서 마지막 슬롯인 오후 19:30분에는 기존 예약의 절반에 해당하는 수만큼의 예약을 받는 예약 패턴이다. 종료 시간이 다가올수록 점점 예약을 적게 받음으로써 기존에 밀려있던 고객들을 처리할 수 있기 때문에 이전과 달리 저녁 시간대 고객들의 대기시간을 줄일 수 있다. 또한, 저녁 시간대의 고객 수가 감소함에 따라 병원의 종료 시간 역시 기존보다 짧아지는 결과가 나타날 것으로 기대된다. 오전 시간대 역시 동일하게 점심시간이 다가올수록 예약을 적게 받는다. 예약이 적을 때는 별 문제

가 되지 않지만, 예약의 수가 많아질수록 오전에도 오후 늦은 시간대에서 발생하는 문제가 동일하게 발생할 수 있으므로 오전 시간대에도 적용하였다.

### 5.4 Buffer Pattern



(a) Buffer pattern with 2 buffers



(b) Buffer pattern with 3 buffers

Fig. 9. Buffer pattern

Triangle-like Pattern과 마찬가지로 저녁 시간대의 대기시간을 줄이기 위한 패턴이며, 선행연구에서 응급 환자를 처리하기 위해 소개되었던 패턴이다. Kenneth and Rohleder(1996)의 연구 결과에 따르면, 응급 환자가 발생하지 않는 경우에는 응급 환자를 처리하기 위해 배치한 빈 슬롯이 기존 환자들을 처리하는 버퍼 역할을 하고 고객들의 대기시간을 감소시킨다는 것을 보여주고 있다. 또한, 연구 결과 빈 슬롯을 하루 전체 중 중간에 배치하는 것이 대기시간 감소의 효과가 가장 컸다. 이 패턴은 퇴근 시간 이후에 대기시간이 급격하게 증가하는 현 병원의 문제를 해결할 수 있는 좋은 패턴이다. 먼저, 퇴근 시간 이후에 대기시간이 증가하는 이유는 처리되지 못하는 고객들의 대기시간이 늘어나면서 누적되는 대기시간이 지수적으로 증가하기 때문이다. Nordgren(1999) 역시 대기시간은 선형적으로 증가하는 것이 아니라 지수적으로 증가한다고 말하고 있다. 따라서 Buffer Pattern과 같이 중

간에 완충 시간을 넣어주면 대기시간이 누적되는 것을 방지할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 2가지 종류의 버퍼 패턴을 고려하였다. Buffer Pattern에는 2개의 파라미터 (A, B)가 들어간다. A는 버퍼 슬롯 이외의 슬롯 당 받는 예약 수를 의미하며, B는 예약을 받지 않는 슬롯의 개수를 의미한다. Fig. 9a는 Buffer (A, 2) 패턴을 나타내고 있다. 이 패턴은 2개의 슬롯에 예약을 받지 않으며, 오전 시간대 중간에 있는 슬롯인 오전 11:30분과 오후 시간대 중간에 있는 슬롯 중 가장 예약이 적은 오후 16:30분 슬롯을 예약을 받지 않는 버퍼 슬롯으로 결정하였다. 마찬가지로, Fig. 9b에 나와 있는 Buffer (A, 3) 패턴의 경우에는 3개의 슬롯에 예약을 받지 않으며, 오전 시간대는 Buffer (A, 2) 패턴과 동일하게 오전 11:30분, 오후 시간대에는 16:30분과 그 다음으로 예약이 적은 15:30분을 버퍼 슬롯으로 결정하였다.

### 5.5 Long Tail Pattern

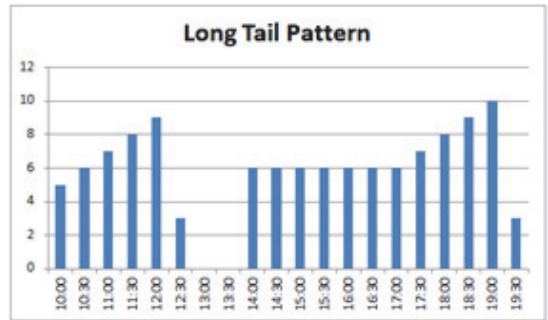


Fig. 10. Long Tail pattern

Triangle-like Pattern이 병원의 입장을 좀 더 고려한 패턴이라면, Long Tail Pattern은 고객의 입장을 반영한 패턴이라고 할 수 있다. Fig. 2에서 보았듯이, 현재 병원은 퇴근 시간인 오후 6시 이후에 예약 수가 많아진다. 이에 Long Tail Pattern은 이러한 고객들의 수요를 최대한 반영한 패턴이다. 물론 예약이 늘어남에 따라 대기시간이 증가할 수 있지만, 피크 시간대 이전인 오후 5시까지 다른 패턴에 비해 예약을 적게 받아 병원을 최대한 유희한 상태로 만듦으로써 대기시간이 증가하는 문제를 해결할 수 있을 것이라 예상된다. 한편, 오전 시간대 마지막 슬롯인 오후 12:30분과 오후 시간대 마지막 슬롯인 오후 19:30분에는 기존에도 예약하는 고객이 많지 않기 때문에 병원의 종료시간을 고려하여 예약을 적게 받는 것으로 설정하였다.



## 6. 실험 설계 및 결과

본 장에서는 기존 선행연구에서 제시된 예약 패턴이 여전히 성형외과에서도 최적인지 검증하고, 그렇지 않다면 성형외과에 적합한 예약 패턴은 어떤 것인지 알아보기 위해 실험을 진행하고자 한다.

### 6.1 실험 설계

예약 패턴 실험을 위해 제일 먼저 고려해야 할 사항은 예약의 개수를 동일하게 하는 것이다. 서로 다른 예약 수, 워크인 수를 가지는 예약 패턴의 대기시간을 비교하는 것은 무의미하므로 하루 동안 방문하는 워크인 고객의 수와 예약 수는 모두 동일해야 한다.

또한 여타 병원들처럼 성형외과 역시 피크 요일과 그렇지 않은 한적한 요일이 있기 때문에 요일 별 특성 역시 고려해야 한다. 이에 월요일, 금요일과 같은 피크 요일과 그에 비해 한적한 요일 2가지 상황을 고려하여 실험을 하였다. 이는 고객의 수와 상관없이 특정 예약 패턴이 최적 상태를 주는지 확인하기 위함이다. 데이터 분석 결과, 한적한 날에는 평균 118개, 피크 요일에는 약 135개의 예약이 있었다. 이 예약 분석 결과를 바탕으로 예약이 118개 있는 한적한 요일과 예약이 135개 있는 피크 요일 2가지 요일을 실험 대상으로 하였다.

추가적으로 2015년 12월부터 2016년 2월까지의 자료를 수집하여 이 시기의 피크 요일에 대해서도 본 논문에서 제시하는 예약 패턴이 적합한지 실험하였다. 이 기간 동안 피크 요일에는 약 168개의 예약이 있었으며, 그렇지 않은 한적한 요일에도 여름 성수기보다 많은 약 140개의 예약이 있었다. 고객들이 더 많이 병원을 방문하는 극성수기인 겨울 방학 시기에도 최적 예약 패턴이 유지되는지 확인할 필요성이 있다.

모든 실험은 Replication을 100으로 설정하여 실험하였다.

### 6.2 평가 지표

실험 후 예약 패턴들을 비교하는 가장 주요한 평가지표는  $E(WT)+DET$ 이다.  $E(WT)$ 는 예약 고객들의 일 평균 대기시간을 의미하며,  $DET$ 는 오후 7시 30분 이후 방문한 고객들을 모두 처리하고 병원의 진료가 종료되는 시간이다. 본 평가지표에서 말하는 대기시간이란 예약 고객들의 병원 도착 직후부터 첫 번째 서비스 제공 직전까지 1인당 평균 대기시간을 의미한다. Maister(1984)에 따르면 고객들은 서비스 제공 중 중간에 있는 대기시간보

다 서비스 시작 전에 있는 대기시간을 더 길게 인식한다고 한다. 이는 병원 도착 직후부터 시술 시작 직전까지의 대기시간을 줄이는 것이 고객들이 인식하는 대기시간을 줄여 병원에 대한 만족도를 더 높여줄 것임을 의미한다. 또한 고객의 예약시간부터 수행시간까지의 대기시간을 평가지표로 선정할 수도 있으며, 실제로 몇몇 선행연구에서는  $\max\{\text{실제 도착시간, 예약 시간}\}$ 과 진료 시작 시간의 차이를 고객의 대기시간이라고 보기도 한다. 하지만 고객의 만족도 제고를 위한 대기시간 감소라는 본 연구의 목적에 부합하게 예약 시간과 진료 시작 시간 사이의 대기시간이 아닌 실제 방문 시간과 진료 시작 시간 사이의 대기시간을 중점적으로 보고자 한다. 고객이 자신의 예약 시간보다 일찍 도착했을 때, 예를 들어 3시 예약 고객이 2시 50분에 도착하여 3시 20분에 진료를 시작하였다고 가정해보자. 해당 고객은 3시 예약이기 때문에 병원의 입장에서는 고객의 대기시간이 20분이라고 생각할 수 있으나 실제로 고객이 기다린 시간은 30분이다. 물론 고객이 어느 정도 대기시간이 있을 것이라고 인지하고 병원에 방문하였을지라도 대기시간이 늘어남에 따라 실제로 체감하는 대기시간은 실제로 20분 기다린 고객과 차이가 있을 것이다. 고객이 대기시간이 길다고 생각하는 것은 실제 기다리는 시간의 길이만으로 결정되는 일이 아니기 때문이다. 20분 기다린 고객과 일찍 방문하여 30분 기다린 고객이 모두 5분씩 더 기다려야 한다고 했을 때 30분 기다린 고객의 5분은 물리적으로 같은 시간일지라도 더 길다고 체감할 것이다. 또한, 3시 예약 고객이 2시 50분에 방문하였을 때 병원이 비어있거나 해당 시술을 하는 의사가 유휴할 경우에는 대기시간 없이 바로 진료를 보게 된다. 그러므로 예약 시간부터 기다린 시간이 아닌 실제 방문 시간부터 발생한 대기시간을 중점적으로 보고자 한다.

한편, 고객의 대기시간을 줄이고 고객들의 만족도를 높이는 예약 패턴임에도 불구하고 병원의 입장에서는 실제로 도입하기에 어려움이 있을 수 있다. Swisher et al. (2001) 역시 병원의 이익과 병원 의료진 및 관계자들의 만족도를 높이는 방안은 보통 고객들의 만족도를 높이는 방안과 상충된다고 주장한다. 예를 들어, 제시된 예약 패턴이 대기시간을 감소시키는 반면, 병원의 종료 시간에는 큰 효과가 없거나 오히려 종료 시간을 늦춰 초과 근무를 하게 만들 수도 있다. 즉, 고객들의 입장에서는 대기시간이 감소하지만, 병원 관계자들의 초과근무 시간이 늘어나는 패턴이라면, 이는 병원 관계자들의 일의 효율과 의욕을 저하시킬 수도 있으므로 대기시간과 더불어 반드시 고려해야 할 사항이다. 실제로 대부분의 병원 의료진들은

고객들이 퇴장하고 난 후 행정 업무, 청소 등을 하기 위해 진료가 종료된 이후에도 병원에 남아 있다. 그렇기 때문에 도입될 예약 패턴이 예정된 종료 시간보다 일찍 끝난다면 행정 업무 등을 처리하고 더 일찍 퇴근할 수 있어 관계자들의 만족도는 높아지고, 병원 운영비용 역시 이전보다 줄어 들 수 있다. 따라서 E(WT)+DET을 최소화하고자 하는 예약 패턴이 무엇인지 확인해 보고자 한다.

추가적으로 주요 평가지표 이외에 부차적인 평가지표들 역시 사용하였으며, 사용한 평가지표들은 Table 1과 같다. 다음과 같이 여러 개의 부차적인 평가지표들을 선정한 이유는 E(WT)와 DET 간에 트레이드 오프가 있을 수 있기에 이를 좀 더 세부적으로 확인하고, 이외에 다양한 문제 상황을 가지는 각 병원의 상황에 맞게 적절한 예약 패턴을 제시해 주기 위함이다. Table 1에 나와 있는 평가지표들을 자세히 설명하면 다음과 같다.

첫 번째 평가지표는 1인당 일 평균 대기시간이다. 이는 고객들의 대기시간 총합을 하루 동안 방문한 고객의 수로 나누어 환산한 것으로 예약 패턴의 성능을 비교할 수 있는 가장 기본적인 평가지표이다. 즉, 1인당 일 평균 대기시간은 하루 전체를 기준으로 보았을 때 고객 한 명당 대기시간이 얼마나 되는지를 확인 및 비교할 수 있다.

예약 비교 연구의 특성 상 대부분의 평가지표들은 예약 고객들의 대기시간에 초점을 둘 수밖에 없다. 또한, 예약을 한 고객들이 우선적으로 처리되기 때문에 예약 없이 방문한 워크인 고객의 경우에는 대기시간이 기존보다 더욱 길어질 수도 있다. 물론 워크인 고객들의 경우에는 어느 정도의 대기시간을 예상하고 방문하지만, 그렇다고 워크인 고객들의 대기시간을 무시할 수는 없다. 워크인 고객들의 상당수는 기존에 병원을 다니고 있는 고객들이기 때문에 이들의 만족도를 유지하여 고객 이탈을 방지하기 위해서는 물론이고, 처음 병원을 방문하는 고객들이 계속해서 병원에 방문하도록 유도하기 위해선 이들의 만족도도 충족시켜야 하기 때문이다. 이에 워크인 일 평균 대기시간도 평가지표로 선정하였다.

한편, 병원의 종료 시간과 더불어 초과 근무 시간도 평가지표로 선정하였다. 대부분의 병원은 예정된 진료 시간보다 일찍 끝나면 정리하고 문을 닫는다. 하지만 몇몇 병원의 경우에는 고객이 없더라도 고객들과 약속한 8시까지 행정업무를 하지 않고 계속해서 문을 열어두는 병원도 있다. 이에 예정된 진료 시간까지는 진료를 하며, 병원을 닫지 않는 것을 원칙으로 하는 병원의 경우에는 일찍 끝나는 것이 무의미하므로, 이러한 병원의 의료진들에게는 초과 근무 시간이 중요한 요소일 것이다.

Table 1. Performance Measure

평가지표	선정 이유
1. E(WT)	예약 고객들의 1인당 일 평균 대기시간으로 예약 패턴의 성능을 비교하는 가장 기본적인 평가지표
2. E(WTWI)	워크인 고객들의 1인당 일 평균 대기시간으로 예약 고객들의 대기시간 단축에 따른 워크인 고객들의 대기시간 증가를 고려하기 위해
3. DET	병원 진료 종료시간으로 병원 의료진들의 입장에서 진료 종료 시간이 언제인지 확인하기 위해
4. OT	초과 근무 시간으로 예정 종료 시간인 오후 8시 이후 OT를 비교하기 위해
5. E(WT)+E(WTWI)+DET	예약 고객과 더불어 워크인 고객들의 대기시간까지 종합적으로 고려하기 위해
6. E(WT)+E(WTWI)+OT	
7. E(WTAM)+LH	예약 슬롯이 적은 오전 시간대에는 어떤 예약 패턴이 적절한지 확인하기 위해

\* E(WT): 예약 고객 1인당 일 평균 대기시간, E(WTWI): 워크인 고객 1인당 일 평균 대기시간, DET(Day End Time): 병원 종료 시간, OT(Over Time):초과 근무 시간, E(WTAM):1인당 오전 평균 대기시간, LH: 점심시간 시작 시간

주요 평가지표에서는 예약 고객들의 평균 대기시간만을 고려했다면, 추가적으로 워크인 고객들의 평균 대기시간까지 함께 고려했을 때는 어떠한 효과가 있는지 비교해 보기 위해 5번, 6번 평가지표를 도입하였다.

마지막으로 세부적으로 대기시간을 비교해 보고, 짧은 진료시간을 가지는 병원에 적절한 예약 패턴을 제시해 주고자 7번 평가지표를 선정하였다. 7번 평가지표는 고객들의 오전 평균 대기시간과 점심시간 시작 시간을 동시에 고려한 것이다. 현재 연구대상이 된 병원의 예정된 점심시간은 오후 1시부터 오후 2시까지 1시간이다. 하지만 병원에 고객들이 남아있을 경우에는 남아있는 고객들을 모두 처리하고 점심시간을 시작하며, 오후 진료는 동일하게 오후 2시에 시작하기 때문에 실제 점심시간은 1시간보다 짧다. 이러한 상황이 지속된다면 의료진들의 불만이 생길 수 있으며 휴식 시간이 없어져 오히려 오후 진료의 질이 떨어질 수도 있는 문제점이 생긴다. 따라서 이를 고려하기 위해 6번 평가지표를 도입하였으며, 오전 진료만 짧게 보는 병원이나 토요일과 같이 점심시간 없이 짧게 진료를 보는 날에는 어떠한 예약 패턴이 적절한지에 대한 가이드 라인을 제시해 줄 수 있다.

### 6.3 결과 비교

Uniform Integer Pattern은 해당 예약 개수를 하루의 예약 슬롯에 가장 잘 분배시킬 수 있는 정수 값으로 선택하여 실험하였다. Buffer Pattern의 경우에는 오전 11:30분과 오후 16:30분에 예약을 받지 않는 첫 번째 경우와 오전 11:30분, 오후 15:30분, 오후 16:30분, 총 3 슬롯에 예약을 받지 않는 두 번째 경우, 총 2가지 케이스를 실험하였다. Buffer Pattern에서 예약을 받지 않는 슬롯을 제외하고는 Uniform Integer Pattern과 거의 유사하게 예약을 분배하였다.

결과표는 100번 실행된 실험의 평균값을 의미하며, 괄호 안의 값은 표준편차를 뜻한다.

#### 6.3.1 성수기

성수기인 여름 방학 시즌의 피크 요일에는 약 135개의 예약이 있으며, 한적한 요일에는 약 118개의 예약이 있었다. 먼저, 피크 요일에 5가지 예약 패턴을 적용한 결과는 Table 2와 같다.

제일 먼저 주요한 평가지표인 E(WT)+DET 결과, 피크 요일과 한적한 요일 모두 Triangle-like Pattern이 가장 좋은 패턴으로 나타났다. 종료 시간이 다가올수록 예약을 줄여가면서 받아야 하기 때문에 오후 2시부터 오후 5시까지의 슬롯들은 다른 예약 패턴들에 비해 예약을 좀 더 많이 받아야 한다. 이에 피크 요일과 한적한 요일 모두 예약 고객들의 일 평균 대기시간이 조금 늘어나긴 하지만 실제로 인지할 수 있는 수준은 아니다. 반면, 종료시

Table 2. Peak day result

	현재	Uniform	Flat Int.	Triangle-like	Buffer (8.5,2)	Buffer (9,3)	Long Tail
예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WT)	5.02 (8.22)	4.63 (7.67)	6.05 (9.67)	5.34 (8.32)	4.48 (7.52)	4.56 (7.46)	4.97 (8.14)
워킹인 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTWI)	8.41 (16.69)	8.62 (17.25)	12.84 (21.51)	9.63 (17.61)	7.72 (15.48)	7.73 (14.55)	7.72 (15.52)
종료 시간(Day End Time)							
	20:04	20:06	19:58	19:54	20:08	20:11	20:01
오전 예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTAM)	5.58 (8.82)	4.47 (7.45)	4.33 (7.13)	4.8 (7.68)	4.16 (6.84)	4.16 (6.84)	4.83 (7.78)
점심시간 시작 시간							
LH	13:03	13:11	13:10	13:07	13:13	13:13	13:04

간에 있어서는 Triangle-like Pattern이 피크 요일과 한적한 요일 모두 다른 패턴들에 비해 가장 많이 감소해 극적인 효과를 보여주었다.

고객의 대기시간만을 기준으로 보았을 때는 중간에 버퍼를 주는 Buffer Pattern이 우수했다. Fig. 11을 통해 오전, 오후 모두 버퍼 슬롯 이후에 대기시간이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있는데 이는 예약이 한적한 날보다 예약이 많은 날에 특히 두각을 드러냈다. 한편, Table 3은 예약이 118개인 한적한 날의 최종 결과이다. 물론 Uniform Pattern과 Buffer Pattern의 1인당 평균 대기시간이 크게 차이가 나지는 않지만, 예약이 적은 날에는 최대한 동일하게 분산시키는 것이 대기시간 감소의 효과가 가장 컸다. 또한, 병원이 처리할 수 있는 양보다 적은 수의 예약을 받을 때는 예약이 몰려도 대기시간 자체가 급증하지 않기 때문에 대기시간을 조절하기 위해 도입한 예약 패턴의 효과가 두드러지지 않았다. 따라서 예약이 적은 날에는 병원에서 현 상황에서 한 슬롯 당 받는 최대 예약 수만 조절하는 방식을 통해 간단하게 조치를 취하면 대기시간이 기존보다 줄어들 것으로 예상된다.

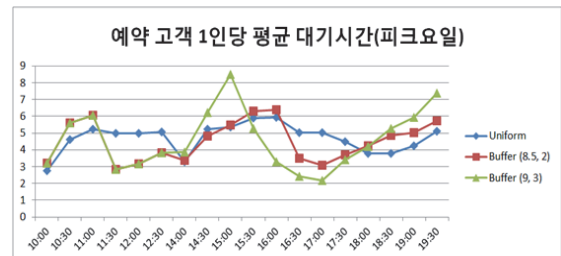


Fig. 11. Average waiting time per appointment person on peak day

두 번째 평가지표인 워킹인 고객들의 대기시간을 기준으로 살펴보면, 피크 요일과 한적한 요일 모두 Long Tail Pattern이 기존보다도 대기시간이 짧아지는 결과를 보여주었다. 이는 오전에 있는 버퍼 슬롯과 Long Tail Pattern의 점심시간 이전 마지막 슬롯인 오후 12:30분 슬롯이 남아있던 워킹인 고객들을 처리하는데 도움이 되는 것으로 나타났다. 또한, Long Tail Pattern은 피크 시간대에 예약을 많이 받기 위해 오후 2시부터 오후 4시 사이에는 다른 예약 패턴들보다 적은 수의 예약을 받는다. 그런데 이 오후 2시부터 오후 4시 사이가 워킹인 고객들이 가장 많이 방문하는 시간이기 때문에 워킹인 고객들이 많이 기다리지 않고 빠르게 처리되어 대기시간이 짧아지는 것으로 보인다. 한편, 예약이 많아질수록 우선적으로 처리해야

하는 예약 고객들이 많아지기 때문에 Long Tail Pattern의 워크인 고객의 대기시간 감소 효과가 줄어든다.

Table 3. Off-peak day result

	현재	Uniform	Flat Int.	Triangle-like	Buffer (7.5,2)	Buffer (8,3)	Long Tail
예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WT)	4.20 (7.33)	3.73 (6.86)	4.71 (7.97)	4.24 (7.23)	3.76 (7.03)	3.74 (6.99)	3.75 (6.75)
워크인 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTWI)	6.03 (12.33)	5.76 (12.53)	7.63 (14.86)	6.91 (14.17)	6.00 (13.17)	5.51 (11.93)	5.28 (11.34)
종료 시간(Day End Time)							
	20:03	20:02	19:57	19:48	20:03	20:05	19:59
오전 예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTAM)	3.86 (7.12)	3.44 (6.56)	3.78 (6.89)	4.11 (7.09)	3.58 (7.11)	3.58 (7.11)	3.54 (6.48)
점심시간 시작 시간							
LH	13:05	13:11	13:11	13:07	13:11	13:11	13:07

다음으로 종료 시간을 살펴보면, 피크 요일과 한적한 요일 모두 Triangle-like Pattern이 가장 좋은 결과를 보여주었다. Triangle-like Pattern의 경우에는 종료 시간이 다가올수록 예약을 적게 받기 때문에 당연히 평균 종료 시간이 오후 8시보다 훨씬 짧아진다. 종료시간은 두 요일 모두 기존보다 크게 감소해 병원 의료진들의 입장에서는 만족도가 대폭 향상될 것으로 보인다.

초과 근무 시간을 기준으로 살펴보면 피크 요일과 한적한 요일 모두 Triangle-like Pattern과 Flat Integer Pattern이 가장 좋은 결과를 보여주었다. Flat Integer Pattern의 경우에는 오전, 오후 시작 초반에 예약을 많이 받아 처리하기 때문에 초과 근무 시간 감소의 효과가 크게 나타났다. 한편, Long Tail Pattern의 경우에는 예약이 많아질수록 오후 7시까지 늘어난 예약들을 모두 처리하기 어려워 초과 근무 시간이 생기게 된다. 따라서 병원의 종료 시간 감소를 중시한다면 Triangle-like Pattern이 가장 최적 예약 패턴이며, 초과 근무 시간 감소를 중시한다면 Triangle-like Pattern과 더불어 Flat Integer Pattern 역시 최적 예약 패턴이 된다.

5번 평가지표인 피크 요일 예약 및 워크인 고객들의 1인당 평균 대기시간과 종료 시간을 고려한 결과 Triangle-like Pattern이 가장 최적 예약 패턴으로 나타났다. 한적한 요일의 E(WT) + E(WTWI) + DET의 결과 역시 피크

요일과 동일하게 나타났다. Triangle-like Pattern의 종료 시간 감소 효과가 다른 패턴들에 비해 두드러지게 좋을 때문에 예약 고객과 워크인 고객들의 대기시간 증가 효과가 상쇄되었다.

병원 종료 시간이 아닌 오후 8시 이후 초과 근무 시간과 예약, 워크인 고객들의 평균 대기시간을 종합적으로 고려한 평가지표 6번을 살펴본 결과, 한적한 요일과 피크 요일 모두 Long Tail Pattern이 최적 예약 패턴이다. 워크인 고객이 많이 오는 오전 10시와 오후 2시에서 오후 4시 사이에 Long Tail Pattern의 예약이 Triangle-like Pattern보다 적기 때문에 워크인 고객들을 처리할 수 있어 이들의 대기시간 감소 효과가 더 커지기 때문이다.

7번 평가지표에 대해 살펴보면, 한적한 요일과 피크 요일 모두 Long Tail Pattern이 가장 좋은 결과를 보여주었다. 이 결과는 오전 진료만 보는 병원 혹은 토요일과 같이 점심시간 없이 짧게 진료를 보는 날의 경우에 도움이 된다. 예약 패턴들의 점심 시작 시간이 기존보다 다소 늦어지는 것은 제시한 예약 패턴들의 오전 시간 예약 수가 기존 오전 시간대에 받는 것보다 많기 때문이다. 그럼에도 불구하고 대부분의 예약 패턴들이 예약 고객들의 1인당 평균 대기시간을 감소시켰고, 특히 예약이 많아질수록 제시한 예약 패턴의 효과가 커졌다. 한편, Long Tail Pattern이 최적 예약 패턴이 될 수 있었던 이유는 점심시간 직전 슬롯인 오후 12:30분 슬롯에 예약을 가장 적게 받고 있기 때문이었다.

### 6.3.2 극성수기

극성수기인 겨울 방학 시즌의 피크 요일에는 평균 168개의 예약이 있었으며, 한적한 요일에는 평균 140개의 예약이 있었다. 극성수기 시기 한적한 요일의 예약 개수는 여름 방학 시즌의 피크 요일 개수와 별 차이가 없으므로 실험에서 제외하고, 겨울 방학 피크 요일에 대해서만 실험을 진행하였다. 그 결과는 Table 4에 나와 있다.

극성수기 역시 주요 평가지표인 E(WT)+DET의 결과, Triangle-like Pattern이 가장 우수했다. 초과 근무를 하는 다른 패턴들과 달리 유일하게 Triangle-like Pattern만 초과 근무를 하지 않고 오후 8시 이전에 종료되었다.

주요 평가지표 이외에 부차적인 평가지표들은 성수기 중 피크 요일의 평가 지표 별 결과와 다른 결과를 제시해주는 평가 지표에 대해서만 분석하였다. 나머지는 이전 결과와 동일하므로 생략하였다. 먼저 1번 평가지표인 예약 고객들의 대기시간을 살펴보면, 성수기 피크 요일에는 Buffer Pattern이 우수했던 반면, 극성수기 피크 요일에



는 Uniform Integer Pattern이 가장 우수했다. 이는 예약이 증가할수록 버퍼로 인한 대기시간 감소의 효과보다 처리되지 못한 고객들의 누적으로 인한 대기시간 증가의 효과가 더 커지기 때문인 것으로 나타났다. 즉, 성수기에는 버퍼 시간을 비우기 위해 다른 시간대에 예약을 많이 받아도 대기시간이 급증하지 않았지만, 극성수기에는 다른 패턴에 비해 고객들이 몰려 대기시간이 지수적으로 증가하기 때문이다.

**Table 4.** Extreme peak season result

	현재	Uniform	Flat Int.	Triangle-like	Buffer (10.5,2)	Buffer (11,3)	Long Tail
예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WT)	7.47 (10.73)	6.76 (9.57)	9.22 (12.59)	8.99 (11.92)	7.27 (10.39)	7.23 (10.18)	7.33 (10.33)
워크인 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTWI)	13.81 (22.43)	14.61 (25.89)	25.75 (38.03)	22.52 (36.39)	16.58 (26.53)	14.82 (24.44)	12.29 (22.12)
종료 시간(Day End Time)							
	20:24	20:13	20:08	19:58	20:16	20:22	20:18
오전 예약 고객 대기시간 (단위: 분)							
E(WTAM)	5.74 (8.92)	6.86 (9.92)	6.69 (9.91)	7.73 (10.39)	7.10 (9.85)	7.10 (9.85)	7.55 (10.36)
점심시간 시작 시간							
LH	13:09	13:15	13:16	13:10	13:16	13:16	13:10

다음으로 6번 평가지표에 따른 결과도 차이가 났다. 성수기에는 피크 요일과 한적한 요일 모두 Long Tail Pattern이 최적이었던 반면, 극성수기의 피크 요일에는 Triangle-like Pattern이 최적 예약 패턴으로 나타났다. 성수기와 극성수기 모두 Triangle-like Pattern이 Long Tail Pattern에 비해 예약 고객과 워크인 고객의 대기시간이 길게 나타났다. 워크인 고객이 많이 방문하는 오전 10시부터 오전 11시, 오후 2시부터 오후 4시 사이에 Triangle-like Pattern이 Long Tail Pattern에 비해 예약을 더 많이 받았기 때문이다. 반면, 초과 근무 시간은 Triangle-like Pattern이 Long Tail Pattern에 비해 짧았다. 성수기 피크 요일에는 Long Tail Pattern의 경우 초과 근무 시간이 있긴 했지만 길지 않았다. 하지만 극성수기가 될수록 종료 시간이 다가올수록 예약을 늘리는 Long Tail Pattern의 특징이 처리되지 못한 고객의 수를 늘려 종료 시간을 늘리고 초과 근무를 하도록 만들었다.

추가적으로 OT를 살펴보면, Integer Pattern 역시 성수

기 피크 요일에는 초과 근무 시간이 없는 좋은 결과를 보여주었으나, 예약 수가 많아지는 극성수기의 피크 요일에는 Triangle-like Pattern에 비해 좋지 못한 결과를 보여주었다. 이를 통해 Triangle-like Pattern이 병원의 종료 시간을 단축하는데 효과적인 패턴이 될 수 있음을 알 수 있다. 지금까지의 내용들이 Table 5에 정리되어 있다.

**Table 5.** Final result

	성수기		극성수기
	한적한 요일	피크 요일	피크 요일
**E(WT)+DET	Triangle-like	Triangle-like	Triangle-like
1. E(WT)	Uniform	Buffer(8.5,2)	Uniform
2. E(WTWI)	Long Tail	Long Tail	Long Tail
3. DET	Triangle-like	Triangle-like	Triangle-like
4. OT	Triangle-like, Flat	Triangle-like, Flat	Triangle-like
5. E(WT)+E(WTWI)+DET	Triangle-like	Triangle-like	Triangle-like
6. E(WT)+E(WTWI)+OT	Long Tail	Long Tail	Triangle-like
7. E(WTAM)+LH	Long Tail	Long Tail	Long Tail

## 7. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구에서는 효율적인 병원 운영을 위하여 성형외과에 적절한 예약 패턴이 무엇인지 확인하고 제안하였다. 지속적으로 증가하는 성형외과 및 피부과에 대한 수요에 대비하여 성형외과에 적절한 예약 패턴을 도입할 필요성이 대두되고 있다. 하지만 선행 연구들에서 제시된 예약 패턴들은 진료 과목과 성격이 다른 병원들을 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 이 결과를 그대로 성형외과에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 다른 병원들과 달리 진료 종류 및 진료 시간이 다양한 성형외과에 적합한 예약 패턴을 찾을 필요성이 있다. 또한, 연구 대상이 된 병원은 특별한 예약 패턴 없이 고객들이 원하는 시간대에 예약을 받고 있기 때문에 고객들의 예약이 퇴근 시간에 몰리게 되어 대기 시간이 길어지는 것은 물론이고 이로 인해 병원의 종료 시간이 늦어져 의료진들의 만족도가 낮아지는 등의 문제가 발생하고 있다. 이에 본 연구는 선행 연구에서 제시된 예약 패턴들이 성형외과에 적용하였을 때도 적합한지 판단해보고, 그렇지 않다면 성형외과에 적합한 예약 패턴은 무엇인지 시뮬레이션을 통해 비교·분석 하였다. 총 5가지 예약 패턴을 실험하였고, 성수기

와 극성수기로 시즌을 분류하고, 다시 각 시즌의 피크 요일과 한적한 요일로 나누어 실험하였다.

실험 결과, 본 연구의 가장 주요한 평가지표인 DET+E(WT)를 기준으로 보면 Triangle-like Pattern이 가장 좋은 결과를 보여주었다. Triangle-like Pattern은 특히 병원의 종료 시간을 줄이는데 탁월한 효과가 있는 것으로 나타났다. 예약이 많아지는 극성수기에 특히 Triangle-like Pattern의 병원 종료 시간 단축 효과가 다른 패턴들에 비해 두드러지게 좋은 효과를 보여주었다. 추가적으로 부차적인 평가지표인 E(WT) 즉, 예약 고객들의 대기시간만을 기준으로 보았을 때는 Triangle-like Pattern이 최적 예약 패턴은 아니다. 하지만 Triangle-like Pattern을 도입함으로써 증가된 대기시간이 고객들이 실제로 인지하기에는 짧은 대기시간이다. 1인당 평균 대기시간을 기준으로 보았을 때 성수기의 피크요일에는 1인당 19초, 한적한 요일에는 2초 정도 증가하였으며, 극성수기에는 1인당 대략 1분정도 증가하여 실제로 거의 인지할 수 없는 수준만큼 증가하였다. 또한 시간대 별로 대기시간을 분석해 본 결과, Triangle-like Pattern을 도입하였을 때 가장 긴 대기시간을 가지는 고객이 현재보다 줄어들었음을 확인하였다. 본 논문과 대부분의 선행연구들은 대기시간 증가에 따른 고객만족도가 선형이라고 가정하고 연구를 진행하였으나, 실제로는 대기시간이 증가함에 따라 고객들이 실제로 체감하는 차이는 굉장히 크다. 즉, 5분 기다린 사람이 5분 더 기다리는 것과 30분 기다린 사람이 5분 더 기다리는 것은 물리적으로는 동일한 5분일지라도 각자가 체감하기에는 매우 다르다. 따라서 고객 만족도 제고를 위한 대기시간 감소를 위해서는 1인당 평균 대기시간을 감소시키는 것도 중요하지만 그보다 가장 대기시간이 긴 고객의 대기시간을 체감할 수 있을 정도로 감소시키는 것이 중요하다. 또한 특정 시간대에 고객들이 몰리는 현상과 달리 Triangle-like Pattern은 전 시간대에 적절히 분배되어 고객들이 방문하게 되기 때문에 쾌적한 대기장소를 제공할 수 있으며, 이를 통해 고객 만족도 향상을 기대할 수 있다. 고객의 대기시간만을 평가지표로 삼는다면 Triangle-like Pattern이 최적 예약 패턴은 아니더라도 적절한 예약 패턴 없이 예약을 받는 것보다 더 나은 결과를 보여주는 것을 확인할 수 있으며, 현재 병원 예약 시스템에 문제가 있음을 다시 한 번 확인할 수 있다.

본 연구는 예약 스케줄링 연구를 기존 병원들과 성격이 다른 성형외과를 대상으로 처음 진행했다는 점에서 의미가 있다. 하지만 본 연구는 다음과 같은 제한과 추후 연구 과제들이 있다. 첫째, 시술 위주의 성형외과가 아닌

수술을 많이 하는 성형외과의 경우에는 어떠한 예약 패턴이 적절한 지에 대한 연구가 필요하다. 수술을 하는 병원의 경우에는 의사가 2~3시간 가량 고객에게 점유되어 있기 때문에 해당 슬롯의 예약을 줄여서 받는 등 유동적인 예약 패턴이 필요할 것이다. 둘째, 병원의 예약이 다 채워지지 않는 경우에 대한 추가적인 분석이 필요하다. 본 연구에서는 모든 예약 슬롯이 다 채워진다고 가정하였지만, 현실적으로는 특정 시간대에는 병원에서 설정해 놓은 예약 수보다 더 적은 예약을 받는 경우가 많이 있다. 따라서 적절한 모델링을 통해 예약이 다 차지 않은 슬롯이 있는 경우에는 어떤 문제가 발생하는지, 그에 대한 해결방안은 무엇인지 등에 대한 분석이 필요할 것으로 파악된다. 셋째, 제안된 예약 패턴을 도입하기 위해서 어떤 방식으로 고객들을 유인할 것인지에 대한 연구가 필요하다. 예를 들어, 어떤 방식으로 다른 시간대에 주로 방문하는 고객들을 예약 수가 적은 오후 3시부터 오후 4시 예약 슬롯에 방문하게끔 유도할 수 있는지, 나아가 예약 변경으로 인한 비용과 이익을 분석한다면 보다 더 많은 시사점을 제공해 줄 것이라고 생각된다. 넷째, 본 논문에서는 워크인 고객들의 방문 시간과 예약 고객들 중 초진/재진 고객들의 부도움, 진료 타입 및 시술 비용, 의사 수 및 진료 단계 등이 복잡하기 때문에 이를 정수계획법으로 표현하기에는 한계가 있으나 이런 것들이 deterministic하게 정해져 있을 경우에는 정수계획법 문제로 모형화할 수 있을 것으로 생각된다. 마지막으로 실험 결과를 통계적으로 분석하여 좀 더 세밀하게 분석한다면 더욱 유용한 결과와 시사점을 보여줄 수 있을 것으로 생각된다.

## References

- Bailey, N. T. (1952) "A study of queues and appointment systems in hospital out-patient departments, with special reference to waiting-times," *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 185-199.
- Cayirli, T., and Veral, E. (2003) "Outpatient scheduling in health care: A review of literature," *Production and Operations Management*, 12(4), 519-549.
- Cayirli, T., Veral, E., & Rosen, H. (2006) "Designing appointment scheduling systems for ambulatory care services," *Health Care Management Science*, 9(1), 47-58.
- Cayirli, T., Veral, E., & Rosen, H. (2008) "Assessment

- of patient classification in appointment system design,” *Production and Operations Management*, 17(3), 338-353.
- Fries, B. E., & Marathe, V. P. (1981) “Determination of optimal variable-sized multiple-block appointment systems,” *Operations Research*, 29(2), 324-345.
- Ho, C., & Lau, H. (1992) “Minimizing total cost in scheduling outpatient appointments,” *Management Science*, 38(12), 1750-1764.
- Korea Health Industry Development Institute (2017) “Result of attracting foreign patients in 2016,” Available at <https://www.khidi.or.kr/board/view?linkId=217289&menuId=MENU00100> (Accessed October 26, 2017)
- Klassen, K. J., & Rohleder, T. R. (1996) “Scheduling outpatient appointments in a dynamic environment,” *Journal of Operations Management*, 14(2), 83-101.
- Klassen, K. J., & Rohleder, T. R. (2004) “Outpatient appointment scheduling with urgent clients in a dynamic, multi-period environment,” *International Journal of Service Industry Management*, 15(2), 167-186.
- Li S.Y., B.H. Jeong and T.W. You (2012) “Simulation analysis for a partial appointment system of outpatients in a private clinic,” *Journal of the Korea Society for Simulation*, 21(4), 57-64.  
(라순영, 정병호, 유태우 (2012) “개인 병원의 부분 예약제 도입을 위한 시뮬레이션 분석 사례”, 한국시뮬레이션학회 논문지, 21(4), 57-64).
- Lee J.K., M.K. Kim and B.H. Ha (2011) “Evaluation of appointment policy and scheduling rule for a dental clinic based on computer simulation,” *Korean Journal of Hospital Management*, 16(4), 161-182.  
(이종기, 김명기, 하병현 (2011) “시뮬레이션을 이용한 치과의원의 예약정책과 스케줄링 규칙 평가”, 한국병원경영학회지, 16(4), 161-182).
- Li, J., Zhou, Y., & Ishino, F. (2008) “Using simulation to improve outpatient appointment system with minimum change,” *Paper presented at the Proceedings of the 2008 Spring Simulation Multiconference*, pp. 507-512.
- Lindley, D. V. (1952) “The theory of queues with a single server,” *Paper presented at the Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 48. (2) pp. 277-289.
- Maister, D. H. (1984) *The psychology of waiting lines*, Harvard Business School Boston, MA.
- Mercer, A. (1973) “Queues with scheduled arrivals: A correction, simplification and extension,” *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 104-116.
- Mo C.W., S.H. Choi (2009) “A simulation study for improving operations of an emergency medical center,” *Journal of the Korea Society for Simulation*, 18(3), 35-45.  
(모창우, 최성훈 (2009) “응급진료센터 운영 개선을 위한 시뮬레이션”, 한국시뮬레이션학회논문지, 18(3), 35-45).
- Na S.H., and D.H. Moon (2016) “Simulation modeling method using ARENATM considering alternative machines in the manufacturing system for aircraft parts,” *Journal of the Korea Society for Simulation*, 25(4), 1-12.  
(나상현, 문덕희 (2016) “대체장비를 고려한 항공기 부품 생산라인의 ARENATM 시뮬레이션 모델링 방법론”, 한국시뮬레이션학회논문지, 25(4), 1-12).
- National Statistical Office (2016) “Current state of the number of hospitals by departments,” Available at [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=TX\\_35001\\_A016](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=350&tblId=TX_35001_A016) (Accessed October 26, 2017)
- National Statistical Office (2016) “Women labor force participation rate,” Available at <http://www.hani.co.kr/arti/economy/finance/636265.html> (Accessed October 26, 2017)
- National Statistical Office (2016) “Result of social survey on 2016,” Available at [http://kostat.go.kr/portal/korea/kor\\_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=357457](http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/2/1/index.board?bmode=read&aSeq=357457) (Accessed October 26, 2017)
- Nordgren, B. (1999) “The problem with waiting times”, *IIE Solutions*, May, pp. 44-8.
- Swisher, J. R., Jacobson, S. H., Jun, J. B., & Balci, O. (2001) “Modeling and analyzing a physician clinic environment using discrete-event (visual) simulation,” *Computers & Operations Research*, 28(2), 105-125.



**최 지 연** (blueguaba@gmail.com)

2016 숙명여자대학교 경제학 학사  
2018 연세대학교 일반대학원 경영학과 OR 석사

관심분야 : 예약 스케줄링, 시물레이션



**정 예 림** (yerimichung@yonsei.ac.kr)

2000 연세대학교 경영학과 학사  
2003 Universite-de Paris 1 -- Pantheon Sorbonne 응용수학과 학사  
2005 Universite-de Paris 1 -- Pantheon Sorbonne 응용수학과 석사  
2010 Universite-de Paris 1 -- Pantheon Sorbonne 컴퓨터공학/응용수학과 박사  
2011 서울대학교 연구원  
2011~ 현재 연세대학교 조교수

관심분야 : 시물레이션, 물류 경영, 스케줄링, 역최적화 이론, 조합최적화 이론, 네트워크 이론



**박 선 주** (boxenju@yonsei.ac.kr)

1989 서울대학교 컴퓨터공학과 학사  
1991 서울대학교 컴퓨터공학과 석사  
1999 University of Michigan(미) Computer Science & Engineering 박사  
2005 Rutgers University(미) 조교수  
2013 연세대학교 경영대학 조·부교수  
2013~ 현재 연세대학교 경영학과 교수

관심분야 : 온라인 소셜네트워크, 마이크로 그리드, 경영과학, 비즈니스 시물레이션, 의사결정론



**정 승 화** (chungs@yonsei.ac.kr)

1993 펜실베니아 대학교 경영학 박사  
1995 싱가포르 국립대학교 경영대학 조교수  
1995~ 현재 연세대학교 경영학과 교수

관심분야 : 조직 이론, 벤처 경영론