

# 사물인터넷(IoT) 환경의 응급실에 있어서 진료테스크 선정 지원 알고리즘 개발

김대범\*

## A Study on Priority of Patient's Medicine Task for the Emergency Department in IoT Environment

Daebeom Kim\*

### ABSTRACT

With high interest in the patient satisfaction of emergency medical services, there is a lot of effort into improving the process of Emergency Department(ED) utilizing the technology of Internet of Things(IoT). In this study, the core technologies of smart ED are examined and a decision support algorithm for medicine tasks is proposed. The proposed algorithm minimizes the decision risks such as task selection accountability, patient complaints, care delays and longer stay time. It can reduce the nurses burnout and improve the patient care with kindness and consideration. Ultimately, patient satisfaction, job satisfaction and professional identity of nurses can be increased. The comparative study was carried out by simulation in terms of the average length of patient stay in a simplified hypothetical ED system. In all the cases, the proposed algorithm was shown to perform substantially better than the other rule.

**Key words** : Internet of Things(IoT), Smart Emergency Department(ED), Task Urgency, Medicine Task Priority, ED Process

### 요약

최근 응급의료 서비스의 환자 만족도에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데 사물인터넷(IoT: Internet of Things)을 활용한 프로세스 개선에 많은 노력을 기울이고 있다. 본 연구는 IoT기술을 응급실 운영에 활용한 스마트 응급실의 핵심 기술을 살펴보고, 의사와 간호사의 의사결정을 지원하는 진료테스크 우선순위 결정 알고리즘을 제시한다. 제시한 알고리즘은 진료테스크 선정에 따른 책임소재, 환자 불평, 위급환자 진료 지연, 체류시간 길어짐 등의 의사결정 리스크를 최소화한다. 이를 통해 의료진의 감장육체 소진(Burn-out)을 줄이고 친절과 배려가 있는 환자 진료 케어를 가능하게 하여 환자 만족도와 응급실 의료진의 근무 만족도를 높이고 나아가 간호사의 정체성 제고에 도움을 줄 수 있다. 가상의 응급실을 대상으로 시물레이션을 수행한 결과 환자 체류시간 측면에서도 우수한 성능을 보였다.

**주요어** : 사물인터넷(IoT), 스마트 응급실, 진료 긴급도, 진료 우선순위, 응급실 프로세스

## 1. 서론

최근 보건의료의 패러다임이 공급자 중심에서 환자 중심으로 변화됨에 따라 응급의료서비스의 환자 만족도에 대한 관심이 높아지고 있다. 이로 인해 응급실의 경영환경은 응급의료 시설, 인력, 응급장비 확보에 관한 정부의 의무규정을 준수하면서 높아져가는 고객만족도에 대응해야 하는 어려운 환경에 직면해있다.

\* 본 논문은 2014학년도 강남대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행된 것임

Received: 9 May 2016, Revised: 31 May 2016

Accepted: 14 June 2016

\* Corresponding Author: Daebeom Kim

E-mail : dbkim@kangnam.ac.kr

Kangnam University, Industrial System Engineering

임호근 외(2016)는 보건복지부의 2015년도 응급의료 기관 평가결과를 보도하였다. 이에 의하면 가장 과밀한 상위 20개 병원의 응급실 과밀화지수는 '14년도의 108%에 비해 소폭 감소한 107%로 나타났으며, 중증응급환자가 수술장, 병실 등으로 올라가지 못하고 응급실에 머무는 재실시간이 가장 긴 병원은 23시간이며, 10시간 이상 걸리는 병원은 총 27개소로 집계되었다. 대형병원 응급실의 과밀화를 해소하기 위하여 응급실에서 24시간을 초과하여 체류하는 환자 비율을 일정 수준 이하로 유지하도록 하고, 위반시 권역·지역응급센터 및 상급종합병원 지정을 취소하는 방안 등을 추진할 계획이다. 또한 응급 의료서비스의 질적 개선을 위해 응급의료기관 평가결과와 응급의료수가를 연동하는 방안을 2017년부터 시행할 예정이다. 2016년 응급의료기관 평가에서 A등급을 받은 기관의 응급의료수가는 10~20% 가산되고, C등급인 경우 10~20% 감액된다. 법정기준을 미충족한 기관은 C등급을 부여한다고 한다.

응급실 서비스의 질을 높이기 위해 의료진의 효과적인 운용이 요구되고 있다. 특히 응급실 간호사들은 건강 돌봄자로 의료서비스의 일선에서 대상자와 가장 먼저 만나며 소진(Burn-out)을 경험하고 있고, 소진이 증가할수록 업무수행 능력과 전문직 정체성이 감소하고 있다(김정희 외, 2010; 김혜옥 외, 2013).

응급실 과밀해소 및 프로세스 개선에 다양한 연구가 시도되고 있다. 만성적인 응급환자의 과밀현상은 응급실의 고유 기능을 약화시켜 진료의 질 및 운영 효율을 떨어뜨리는 원인이 되고 있다(Medeiros *et al.*, 2008; 유인술, 2010). 오영호(2014)는 응급실이 신속하고 체계적이며 효율적인 응급치료가 이루어지지 못하고 있는 이유는 응급 환자 및 의료인의 인식 부족, 환자이송 수준 미흡, 업무 과중 및 신변위협, 전문 응급의료 인력의 부족, 낮은 의료 수가 등에 기인하는 것으로 분석하고 있다. 김복자 외(2006)은 응급실 간호사 업무의 빈도, 긴급도, 지각된 자가 능력, 중요지수를 분석하였다. 이를 통해 응급실 간호사의 업무범위를 규명하고, 응급실 간호업무의 표준을 설정하는 기초자료를 제시하였다.

응급실 운영 개선을 위해 시뮬레이션 기법이 많이 활용되고 있다. Park *et al.*(2008)이 제시한 환자 수 예측과 시뮬레이션을 연계한 모델에서는 응급실 핵심 자원인 의사, 전공의, 병상, 간호사 각각에 대해 짧은 기간 내에 예상되는 부하수준을 계산하여 자원의 효율적 관리가 가능하도록 하였다. Kim(2009)은 응급실 간호사에 대한 치료 과잉 할당 규칙을 제시하고 시뮬레이션을 통해 효과를

검증하였다. 모창우 외(2009)는 임시병상수별로 협진시간과 입원대기시간의 상한치 결정 등의 최적 운영 파라미터 셋을 설정하는 시뮬레이션 모델을 개발하였다.

최근에 정보통신기술(ICT)을 활용하여 응급 프로세스를 개선하는 노력이 진행되고 있다. ICT융합기술인 사물인터넷(IoT: Internet of Things)기술은 개인산업공공의 다양한 분야에서 프로세스 혁신 또는 비즈니스모델 창출의 강력한 수단으로 인식되고 있다(김은아 외, 2015; 박종현 외, 2014). 이에 응급의료 분야에서도 IoT기술을 활용하는 연구가 진행되고 있다. IoT기반의 의료시스템은 IoT기술을 도입하여 병원 프로세스를 간소화하거나 자동화하여 의료진이 환자를 체계적으로 관리하고 좀더 환자의 치료에 집중하기 위한 목적으로 개발되고 있다. 김원희 외(2009)는 협진 의사를 SMS문자로 자동 호출하는 시스템을 개발하였고, 박홍진(2011)은 스마트폰을 이용하여 응급환자 이송 중에 심장박동을 실시간 모니터링하고, 환자의 병력, 응급 병원 정보 등을 사전에 파악할 수 있는 환경을 구축하였다.

본 연구에서는 응급실에 IoT기술을 활용하는 방안을 모색하고, 진료테스크 선정을 지원하기 위해 우선순위 선정 알고리즘을 제시하고자 한다. 진료테스크의 여러 속성 - 환자 중증도, 진료테스크 중요도, 진료테스크 처리시간, 응급실 도착 후 경과시간, 잔여 진료 총시간-을 동시에 고려하여 긴급도 값과 우선순위를 결정하는 방법 및 절차를 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 1 장 서론에서는 본 연구의 배경, 필요성, 목적, 기존연구에 대해서 살펴보고, 2장에서는 급속히 발전하고 있는 IoT 기술의 개요를 살펴본 후 응급실의 프로세스 개선을 위한 IoT기술 활용 방안을 언급하고, 3장에서는 환자 진료테스크에 대한 대기 기반 우선순위 결정 알고리즘을 제시하며, 4장에서는 제시된 IoT기반 알고리즘의 효과 및 고려 사항에 대해서 논의하고, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해서 언급한다.

## 2. IoT기반의 스마트 응급실

스마트 응급실은 응급의료 전 과정을 IoT기술로 통합해 중증응급환자 생존율, 운영 효율성, 환자 만족도 등 응급의료 프로세스를 최적화한 응급실을 말한다. 최중수 외(2010)는 환자 모니터링에 대한 관련 연구를 체계적으로 조사하고, 종합병원에서 응급상황 발생 시 환자에게 치명적인 혈중의 산소포화도를 실시간으로 모니터링하는 시

시스템의 구성 및 구축 과정의 사례를 소개하였다. 김국세 외(2008)는 심전도, 혈압, 혈당, 체온 등의 바이오센서 모니터링에 Zigbee(IEEE 802.15.4)를 활용하여 환자 및 노인의 실시간 생체신호전송시스템을 개발하여 그 효율성을 검증하였다. Ishivashi *et al*(2009)는 Ikoma119 Project에서 Mobile ER이라는 유비쿼터스 커뮤니케이션 플랫폼을 개발했다. 이 플랫폼은 응급구조사와 의사간에 저비용으로 어느 위치에서나 서비스 가능하고, 쉽게 접근할 수 있는 무선인터넷을 기반으로 개발되었다. 박아름 외 (2015)는 13.56Mhz 주파수 대역의 RFID를 사용하는 NFC(Near Field Communication)와 블루투스4.0(BLE) 프로토콜의 근거리 무선통신 장치인 비콘(iBeacon)을 기반으로 하여 K병원을 대상으로 시범적 서비스를 도입하여 그 실용가능성을 확인하였다.

현재 전 세계적으로 IoT 플랫폼 표준에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(박종현 외, 2014). 범용의 IoT 플랫폼이 개발되면 스마트 응급실 구축이 더욱 용이할 것으로 판단된다. 스마트 응급실의 핵심기술은 사물인터넷(IoT) 기술, 자동화/지능화 기술 그리고 응급의료 기술의 3가지로 크게 구분되며, 상호 보완적인 관계를 갖는다(그림 1).

사물인터넷(IoT) 기술은 응급실 내의 모든 구성요소가 유무선으로 연결되어 진료 관련 정보의 실시간 획득이 가능하며, 각 구성요소에게 필요한 정보가 동기화된다. 연결되는 주요 구성요소는 병상, 환자대기실의 CCTV, 환자의 생체신호 단말기, 환자/보호자의 스마트폰, 간호사/의사의 휴대 단말기, 중앙서버와 각 클라이언트 컴퓨터 등이 될 것이다.

자동화/지능화 기술은 각 구성요소에서 전달되는 빅데이터를 기반으로 응급실 운영에 관한 실시간 의사결정을 지원하고, 응급실 관련 사용자에게 유용한 정보를 제공한다. 자동화/지능화 기술은 빅데이터를 기반으로 하기 때문에 IoT기술의 발전 및 활용 정도에 많은 영향을 받는다. 단순반복의 진료테스크를 자동화하고, 의사결정 지원 알고리즘을 활용해 의사결정 리스크를 회피할 수 있게 함으로써 의사와 간호사의 감정/육체적 소진을 줄여줄 수 있고, 친절/배려가 있는 환자 진료 및 케어가 가능하여 환자 만족도가 높아지고, 이는 간호사의 근무만족도 나아가 간호사 정체성 제고에 도움이 될 것으로 판단된다.

그리고 응급의료 기술은 응급환자를 진료하는 포괄적인 기술을 의미한다. IoT기술과 자동화/지능화 기술 발전에 의해 현장 응급처치, 환자 이송 및 도착, 환자 분류, 환자 대기, 간호, 진료, 협진, 입원, 실시간 모니터링 등의

응급실 프로세스는 획기적으로 개선될 것으로 판단된다. 예를 들어 환자의 긴급 요청이 있는 경우 병상 단말기로 긴급 요청 유형을 누르면 가장 근처에 있어서 당장 대응이 가능한 간호사 단말기에 호출이 접수되며, 서비스가 가능한 간호사가 없는 경우 가장 빠른 대응이 가능한 간호사 단말기로 호출신호를 보낸다. 병상 IoT 디바이스는 혈압 등 생체신호를 중앙컴퓨터 환자 차트에 업데이트하고, 이상 징후 시 알람신호를 보낸다. 간호사는 수시로 환자의 상태를 원격에서 볼 수 있으며 자동으로 입력된 차트 데이터를 확인분석하여 최적의 간호 방법을 찾는다.

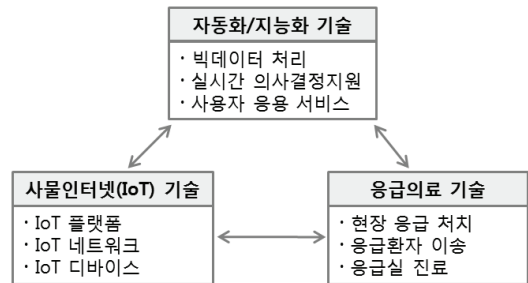


Fig. 1. Core Technology of Smart Emergency Department in IoT Environment

### 3. IoT기반 진료테스크 우선순위 결정 알고리즘 개발

#### 3.1 응급실 프로세스 현황

응급실은 응급진료가 요구되는 환자를 담당하는 병원 안에 있는 또 하나의 작은 병원이다. 응급실의 진료테스크는 응급실 환자에게 치료와 관련하여 행해지는 모든 과업(task)를 의미한다. 그 내용으로는 진단, 단순처치, 응급처치, 소생법, 구명치료, 응급간호, 투약, 협진 등의 모든 것을 포괄한다. 일반적으로 환자의 중증도에 따라 환자 진료 병상을 구분하여 관리하며, 의사는 응급환자의 진료계획을 수립하고, 정해진 각 진료테스크는 순서대로 처리된다. 환자의 중증도는 진료 경과에 따라 계속적으로 수정된다.

응급실 프로세스는 응급환자가 응급실에 내원하는 것으로부터 시작되며, 응급실에서 퇴원, 전원 또는 일반 병실에 입원하는 경우에 종료된다. 응급실의 프로세스를 도식화 하면 그림 2와 같다. 응급환자가 응급실에 들어오면 응급환자를 환자 중증도에 따라 5 단계·소생·중증·응급·준응급·비응급·로 분류한 후 환자를 접수한다(이형훈 외, 2015). 병상을 배정받지 못하여 대기하고 있는 응

급 환자는 빈 병상이 생기면 해당 병상으로 이동한다. 병상으로 이동한 응급환자를 대상으로 응급실 담당의사와 간호사가 필요한 응급 진료테스크를 수행한다. 간호사는 입력된 치료 주문에 따라서 응급 환자의 치료 업무를 수행한다. 협진이 필요한 경우에는 응급실 전문의와 일반병동 전문의와의 협진을 통하여 응급환자의 입원, 퇴원, 또는 전원 여부가 결정된다. 입원이 결정된 환자는 해당 부서의 병동으로 이동하며, 퇴원 또는 전원이 결정된 환자는 응급실을 떠나면서 응급실 프로세스가 종료된다.

응급실은 의사와 간호사 수가 한정되어 있고, 환자들은 서로 자신이 응급한 상태라 주장하면서 먼저 처리해 주길 원한다. 최상의 치료 및 간호를 수행하기 위해서는 응급상황에 적합한 판단이 요구된다. 이런 상황에서 응급실 간호사들은 업무의 권한과 책임 한계가 명확하지 않은 상황에 놓이게 되고, 다른 의료인들과의 업무 중복이나 공백에 따른 갈등이 발생하게 된다. 각 응급의료기관의 진료테스크의 우선순위 결정 방법은 다르나 크게는 환자 중증도에 따라 대응하고 있고, 중증도가 비교적 낮은 경우 진료테스크 처리에 직접 관여하는 의사, 간호사, 운전자 등의 지식과 경험을 바탕으로 한 직관적인 우선순위 결정이 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 이로 인한 의사결정 책임 문제, 환자 불평, 위급환자 진료 지연, 작업할당 불균형 등이 발생되어 환자 만족도가 떨어지고, 간호사와 의사의 소진(Burn-out)이 심해진다.

환자 및 진료 선택이 보다 공정하게 이루어지기 위해 진료를 위한 자원의 배정에 대한 합리적인 규칙 정립과 지능적이고 자동화된 실시간 배정 방법이 필요하다. 본 연구에서는 진료테스크의 5가지 속성을 동시에 고려한 우선순위 결정 지원 알고리즘을 제시한다. 이는 데이터에 기반한 일관된 평가가 가능하고, 의사결정에 따른 제반 리스크를 감소시킬 수 있다.

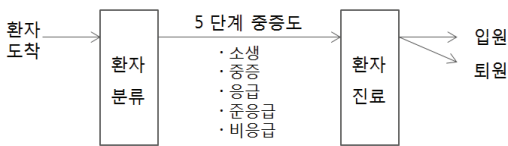


Fig. 2. Process of Emergency Department

### 3.2 알고리즘 프레임워크

응급실 환자는 의사의 진료계획에 따라 몇 단계의 진료테스크를 거친 후에 응급실을 떠난다. 진료테스크 수행 우선순위 결정에 있어서 5가지의 속성을 동시에 고려한다. 고려되는 속성으로는 ‘환자 중증도’, ‘진료테스크 중

요도’, ‘처리시간’, ‘경과시간’, ‘남은시간’이다. ‘환자 중증도’는 응급실에 환자가 도착하여 환자분류 단계에서 부여받는 중증도를 초기값으로 하고 환자의 치료가 진행되는 과정에 중증도가 낮아지거나 높아질 수 있다. ‘진료테스크 중증도’는 환자의 여러 치료단계에서 개별 진료행위의 중요도를 반영하기 위한 것으로 응급실 간호업무의 표준에 따라 정해진다. 응급실 간호사 설문조사(김복자, 2006) 등을 활용할 수 있다. ‘처리시간’ 기준은 진료테스크를 수행함에 있어서 의사와 간호사의 업무수행에 걸리는 시간이며 의사와 간호사의 가용성을 높이기 위해 고려하였고, ‘경과시간’은 환자가 도착한 이후에 경과한 총시간을 의미하며 오래 머문 환자에 대한 빠른 서비스를 위해 반영하였다. 그리고 ‘남은시간’은 입원 또는 퇴원까지 남아 있는 총 진료시간을 의미하며 병상의 가용성을 높이기 위해 선택하였다.

우선순위 판단은 각 평가 속성별로 긴급도의 척도로 평가하고, 각 속성별로 부여한 가중치를 반영하여 가중합계한 총 긴급도 점수를 계산하고, 총 긴급도 점수가 높을수록 우선순위를 높게 부여한다. 특정 진료테스크에 대한 우선순위와 긴급한 정도의 정보를 모두 제공하기 위해 절대적 긴급도 값을 설정한다. 상대적 긴급도를 제시하게 되면 선택 우선순위만 제공하기 때문에 계산의 편의성은 있으나 긴박한 정도를 알 수 없어 실제 의사결정에 좋은 정보라 보기 힘들다. 각 속성의 값이 서로 다른 단위를 가지므로 의미부여와 단위의 통일을 위해 긴급도의 척도를 도입한다. 가중치는 응급실 운영 전문가의 지식을 기초로 설정한다. 의사와 간호사가 진료테스크 우선순위 및 긴급도 정보를 요구하는 경우 또는 각 환자 진료테스크의 속성 값에 변화가 생길 때에 먼저 각 속성의 값을 기준으로 ‘속성별 긴급도’를 계산한 후 이를 속성별 가중치로 가중 합계한 ‘총 긴급도’를 계산한다. ‘총 긴급도’의 값이 가장 큰 것이 가장 우선순위가 높게 부여되는데 이는 환자 중증도, 진료테스크 중요도의 값이 유사한 경우 경과시간, 처리시간 및 남은시간 측면의 긴급도에 따라 우선순위가 정해짐을 의미한다. 각 진료테스크에 변화가 있는 경우 실시간으로 속성별 긴급도가 업데이트되며 의사와 간호사는 총 긴급도와 우선순위를 고려하여 다음 진료테스크를 선정한다.

### 3.3 속성별 긴급도 계산

각 속성별 측정값을 바탕으로 긴급도를 계산하는 방법을 다음과 같이 제시한다. 각 진료테스크의 속성에 대한 긴급도는 [0, 1]의 값을 부여하며, 값이 클수록 긴급



도가 높다.

**1) 환자 중증도 기준**

응급실 환자의 중증도는 도착 후 환자분류 단계에서 결정된다. 환자 중증도는 진료가 진행되는 과정에 중증도가 낮아지거나 높아질 수 있으며, 중증도가 변경되면 즉시 수정되어야 한다.

$i$  : 진료테스크 인덱스,  $i=1,2,\dots,I$

$U_{1,i}$  : 진료테스크  $i$ 에 해당하는 환자의 중증도 기준 긴급도

$$= \begin{cases} 1.0 & \text{소생 단계} \\ 0.8 & \text{중증 단계} \\ 0.6 & \text{준응급 단계} \\ 0.4 & \text{응급 단계} \\ 0.2 & \text{비응급 단계} \end{cases}$$

응급실 의사가 환자의 중증도 소생/중증/준응급/응급/비응급의 분류에 따라 [0, 1]의 값을 부여한다. 치료과정에서 중증도 변경이 있으면 수정한다.

**2) 진료테스크 중요도 기준**

진료테스크의 중요도는 환자의 개별 진료행위의 중요도를 반영하기 위한 것이다. 진료테스크 중요도는 응급실 간호업무의 표준에 따라 정해진다. 즉 응급실 간호사 설문조사(김복자, 2006) 등을 활용하여 [0, 1]의 값을 부여한다.

$S_i$  : 진료테스크  $i$ 의 표준 중요도

$U_{2,i}$  : 진료테스크  $i$ 의 중요도 기준의 긴급도  
 $= S_i$

진료테스크의 중요도가 높을수록 큰 긴급도 값을 갖는다.

**3) 처리시간 기준**

의사와 간호사의 가용성을 높이기 위해 진료테스크의 처리시간 측면의 긴급도를 다음과 같이 고려하였다. 의사와 간호사의 표준 처리시간 상위 20%에 해당하는 처리시간을 기준으로 평가한다.

$P_i$  : 진료테스크  $i$ 에 대해 의사 또는 간호사 처리시간

$\bar{P}$  : 의사/간호사의 표준 처리시간 상위 20%값

$U_{3,i}$  : 진료테스크  $i$ 에 대한 의사 또는 간호사 처리시간 기준의 긴급도

$$= \begin{cases} 1 - \frac{P_i}{\bar{P}} & P_i \leq \bar{P} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

처리시간이 짧을수록 긴급도가 높게 설정된다.

**4) 경과시간 기준**

환자가 응급실에 도착한 이후 경과된 시간의 긴급도는 응급실의 혼잡이 높지 않은 일상의 상황에서 환자의 중증도별 평균체류시간을 기준으로 긴급도를 설정한다. 또한 응급실의 혼잡도가 높을수록 응급실 도착 후의 경과시간이 길어지기 때문에 응급실의 혼잡도를 반영한다. 혼잡도 지표는 표준 체류시간을 초과하는 정도(가령, 평균 10% 초과)로 평가한다.

$t$  : 긴급도를 계산하고 있는 현재시간

$\bar{E}$  : 응급실의 혼잡이 높지 않은 일상의 상황에서 환자의 평균 체류시간

$A_i$  : 진료테스크  $i$ 에 해당하는 환자의 응급실 도착시간

$j$  : 모든 진료테스크를 끝내고 응급실을 떠난 환자의 인덱스,  $j=1,2,\dots,J$

$T_j$  : 환자  $j$ 의 표준 체류시간

$F_j$  : 환자  $j$ 가 실제로 체류한 시간

$\bar{C}$  : 응급실의 혼잡도

$$= 1 + \left( \sum_{j=1}^n \frac{\max(0, F_j - T_j)}{T_j} \right) \times \left( \frac{1}{n} \right)$$

$U_{4,i}$  : 진료테스크  $i$ 에 해당하는 환자의 경과시간 기준의 긴급도

$$= \begin{cases} \frac{t - A_i}{\bar{E} \times \bar{C}} & t - A_i \leq \bar{E} \times \bar{C} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

경과시간이 길수록 긴급도가 높고, 같은 경과시간이면 혼잡도가 높을수록 긴급도가 낮다.

**5) 남은시간 기준**

병상을 빨리 비우고 또한 체류시간을 최소화하기 위해 얼마 남지 않은 환자를 빨리 처리한다. 얼마 남지 않았고 판단될만한 시간을 설정하고 그 시간을 기준으로 긴급도를 설정한다. 또한 응급실의 혼잡도가 높을수록 응급실 체류시간이 길어지기 때문에 응급실의 혼잡도를 반영한다.

$R_i$  : 진료테스크  $i$ 를 포함한 남은 진료테스크의 총 시간(표준 처리시간을 기준으로 계산)

$\bar{R}$  : 남은 진료테스크를 신속히 처리하기 위한 기준 시간

$U_{5,i}$  : 진료테스크  $i$ 의 남은시간 기준의 긴급도

$$= \begin{cases} 1 - \frac{R_i}{\bar{R} \times \bar{C}} & R_i \leq \bar{R} \times \bar{C} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

남은 시간이 적을수록 높은 긴급도 값을 갖는다.

6) 속성 데이터 획득을 위한 IoT 환경

제시한 알고리즘의 효과를 높이기 위해서는 데이터 획득이 관건이다. 진료테스크 처리 관련 데이터를 간호사가 컴퓨터 화면에 가서 직접 입력하는 방식은 실시간 바뀌는 상황을 반영하기 어렵고, 데이터 누락의 문제가 우려된다. 이를 해결하는 방법으로 데이터 획득의 실시간화, 자동화 그리고 동기화가 가능한 그림 3과 같은 IoT 환경이 요구된다.

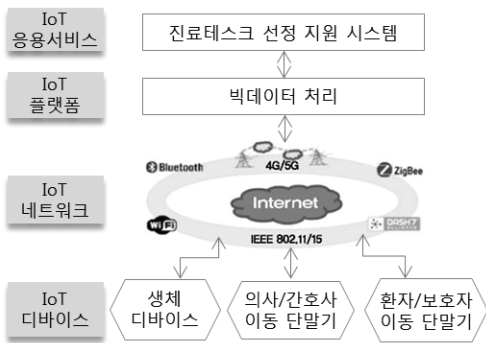


Fig. 3. Data Acquisition Structure for the Smart Emergency Department

진료테스크의 긴급도는 환자 차트를 기반으로 계산하며, 환자 차트는 응급환자 유형별 표준 치료 차트를 기초로 하고 치료과정에서 진료테스크를 가감하고 실제 처리 시간을 기록한다. 가령 응급실에서는 열린 상처 환자에 대한 치료/처치 테스크 및 표준시간을 관리한다. 환자와 관련된 다양한 데이터는 각 IoT 단말기 또는 IoT 센서를 통해 중앙컴퓨터로 전달된다. IoT 생체디바이스를 통해 환자의 심전도, 호흡, 산소포화도, 체온, 맥박, 혈압 등의 생체 신호를 연속적으로 감지한다. 데이터를 전송하는 방법은 일반적으로 무선 네트워크를 활용하는데 근거리 무선 기술로는 블루투스 등의 근거리 무선통신기술과 인터넷 기술이 활용된다(Sneha, 2009).

환자 중증도는 응급실 도착 후 의사 판정에 의해 최초 결정되고, 치료과정에서 중증도가 갱신된다. 진료 과정에서 중증도가 바뀌면 스마트폰 또는 웨어러블 단말기로 변경정보를 입력한다. 자료 입력을 위해 불필요하게 컴퓨터로 이동할 필요가 없다. 진료테스크의 중요도는 표준 차트에서 자동으로 입력되고, 환자 치료 단계에서 수시로 수정된다. 진료테스크 처리시간은 표준 처리시간을 기준

으로 하며 실제 처리시간을 계속 집계하여 표준 처리시간을 정기적으로 업데이트한다. 남은 치료시간을 파악하기 위해 환자에게 필요한 진료유형에 따른 표준처리시간을 관리하고 환자의 진료과정에서 진척도를 관리한다.

3.4 총 긴급도 계산

진료테스크 각 속성별 긴급도를 계산한 후에 진료테스크의 총 긴급도를 다음과 같이 계산한다.

$$U_i = \sum_{k=1}^5 W_k U_{k,i}$$

여기서,  $U_i$  : 진료테스크  $i$ 의 총 긴급도

$k$  : 평가 기준의 속성,  $k=1, \dots, 5$

$U_{k,i}$  : 진료테스크  $i$ 의 속성  $k$ 에 대한 긴급도

$$0 \leq U_{k,i} \leq 1$$

$W_k$  : 속성  $k$ 의 가중치,  $0 \leq W_k \leq 1, \sum_{k=1}^5 W_k = 1$

총 긴급도의 값이 가장 큰 것이 가장 우선순위가 높게 설정된다.

3.5 알고리즘의 단계별 적용 절차

1) 파라미터 설정

진료테스크의 각 속성에 대한 가중치  $W_k$ 는 응급실 운영 전문가가 경험적 지식을 바탕으로 설정한다. 본 연구에서는 중증도가 가장 높은 환자와 특정 진료테스크의 중요도가 최상인 경우에는 생명과 직결되는 상황이므로 우선순위가 가장 높게 결정되도록 하고, 그 외에는 환자의 중증도와 진료테스크의 중요도에 따라 속성별 가중치를 달리 적용하는 방법을 채택하였다. 이를 반영한 속성별 가중치는 다음과 같다.

If ( $U_{1,i} = 1.0$ )

$$W_1 = 1.0, W_2 = 0, W_3 = 0, W_4 = 0, W_5 = 0$$

Elseif ( $U_{2,i} = 1.0$ )

$$W_1 = 0, W_2 = 1.0, W_3 = 0, W_4 = 0, W_5 = 0$$

Elseif ( $U_{1,i} \geq 0.6$  or  $U_{2,i} \geq 0.6$ )

$$W_1 = 0.4, W_2 = 0.3, W_3 = 0.1, W_4 = 0.1, W_5 = 0.1$$

Else

$$W_1 = 0.2, W_2 = 0.2, W_3 = 0.2, W_4 = 0.2, W_5 = 0.2$$

Endif

진료테스크 각 속성별 긴급도 계산에 있어서 가중치 이외의 파라미터는 표 1과 같이 설정한다.

Table 1. Parameter Values

파라미터	의미 및 값 설정 방법
$S_i$	진료테스크 $i$ 의 중요도이며, 김복자(2006) 등이 제시한 간호업무별 중요도를 활용함
$\bar{P}$	진료테스크 $i$ 에 대한 의사/간호사의 표준 처리시간 상위 20%의 값이며, 의사/간호사의 표준 처리시간은 응급실 내부 자료 또는 학술연구 자료를 준용함
$\bar{E}$	응급실이 혼잡하지 않은 상황에서 환자 전체에 대한 평균 체류시간으로 응급실 과거 실적치로 설정함. 경험치가 없는 경우 응급실 운영 전문가의 추정값으로 우선 설정하고 운영실적이 생기면 실적치로 변경함
$T_j$	환자 $j$ 의 표준 체류시간으로 이는 응급진료 유형별 평균 체류시간이다. 응급실 과거 실적치로 설정하며, 경험치가 없는 경우 응급실 운영 전문가의 추정값으로 설정함

2) 알고리즘 순서도

제시한 알고리즘은 사전에 설정한 진료테스크 긴급도 업데이트 주기 또는 진료테스크 선정 시점  $t$ 에 수행된다. 진료테스크의 긴급도 및 우선순위 결정 과정을 순서도로 나타내면 그림 4와 같다.  $t$  시점에 대기 중인 모든 진료테스크를 규명한 후, 각 진료테스크별 긴급도  $U_i$ 를 계산하고,  $U_i$  값이 큰 순으로 우선순위를 부여하고, 우선순위와 긴급도 값을 제시한다.

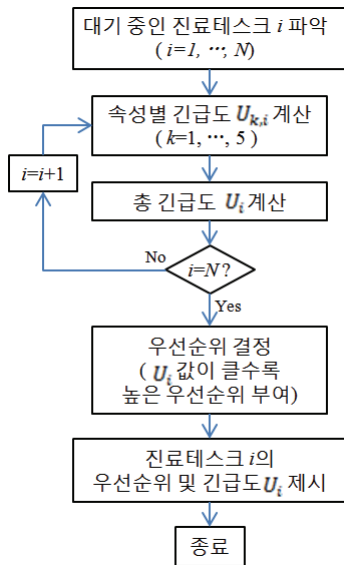


Fig. 4. Flowchart of the Proposed Algorithm

3) 알고리즘 적용 예

위의 알고리즘 적용과정을 간단한 예로 설명하면 다음과 같다.  $C_1$ 을 환자 중증도,  $C_2$ 를 진료테스크 중요도,  $C_3$ 를 처리시간,  $C_4$ 를 경과시간 그리고  $C_5$ 를 남은시간 속성이라 하자. 각 속성에 대한 가중치는  $W_1 = 0.5$ ,  $W_2 = 0.2$ ,  $W_3 = 0.1$ ,  $W_4 = 0.1$ ,  $W_5 = 0.1$ 이라 하자. 진료테스크 선정 순간에  $A_1$ ,  $A_2$  그리고  $A_3$  3개의 진료테스크가 대기하고 있고, 각 속성별 긴급도가 다음과 같이 계산되었다고 하자.

$$U_{1,1} = 0.1, U_{2,1} = 0.9, U_{3,1} = 0.0, U_{4,1} = 0.3, U_{5,1} = 0.4$$

$$U_{1,2} = 0.5, U_{2,2} = 0.0, U_{3,2} = 0.0, U_{4,2} = 0.1, U_{5,2} = 0.5$$

$$U_{1,3} = 0.5, U_{2,3} = 0.4, U_{3,3} = 1.0, U_{4,3} = 0.2, U_{5,3} = 0.0$$

각 진료테스크의 총 긴급도 계산식  $U_i = \sum_{k=1}^5 W_k U_{k,i}$ 를 이용하여  $A_1, A_2, A_3$ 에 대한  $U_i$  값을 계산하면 다음과 같다.

$$U_1 = 0.5 \times 0.1 + 0.2 \times 0.9 + 0.1 \times 0.0 + 0.1 \times 0.3 + 0.1 \times 0.4 = 0.30$$

$$U_2 = 0.31 \quad U_3 = 0.45$$

진료테스크의 총 긴급도 값의 순위  $U_3 > U_2 > U_1$ 에 따라 처리 우선순위는  $A_3, A_2, A_1$  순이다.

4. 제시한 알고리즘의 성능 평가

4.1 주요 개선 내용

현재 각 응급의료기관에서 시행되고 있는 일반적인 진료테스크 처리 우선순위는 환자의 중증도를 기반으로 의사와 간호사의 직관 또는 경험에 의해 선정되고 있다. 숙련된 의사 및 간호사는 여러 상황을 고려하여 간호 우선순위 판단을 잘 행하지만 경험이 많지 않은 경우에는 그렇지 못할 수가 있다. 숙련된 경험적 판단이 현실적으로 무리가 없을 수 있으나 급박하게 운영되고 있는 응급실 상황과 각 환자의 정확한 상태정보를 일일이 확인하면서 진료테스크를 선택하기는 쉽지 않다. 즉 간과되는 정보가 있기에 경우에 따라서는 환자의 만족도 또는 응급실 흐름관리 차원에서는 최적이지 않을 수 있다. 본 연구에서 제시한 알고리즘은 진료테스크의 긴급도 정보를 제공함으로써 의사와 간호사의 진료테스크 선정의 의사결정을 지원한다. 진료테스크 선정에 따른 의사결정 책임 스트레스, 환자 불평, 위급환자 치료 지연, 환자체류시간 길어짐 등의 리스크를 최소화할 수 있다.

본 연구에서 제시한 알고리즘이 적용되는 IoT 환경의

스마트 응급실의 효과를 정리하면 표 2와 같다. 개선되는 수치 데이터는 기존 논문연구 및 응급실 운영 전문가의

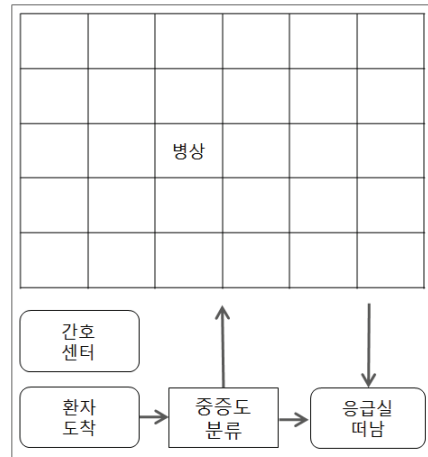
설문을 통해 개략적으로 추정한 값이다.

**Table 2.** Major Improvements

구분	현 응급실	제시한 알고리즘 기반의 스마트 응급실
환자	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조용히 있으면 손해 본다는 느낌이다.</li> <li>· 진료 진행상황이 궁금하여 간호사에게 자주 문의한다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 환자 상황을 실시간 고려한 진료테스크 우선순위 결정 지원 시스템이 운영되고 있다.</li> <li>· 핸드폰 등의 환자 단말기에 응급실 상황 및 본인의 진료테스크 진행 과정을 볼 수 있다.</li> <li>· 간호사 호출 빈도가 약 15% 감소한다.</li> </ul>
간호사	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 서류작업 및 시스템 입력 작업이 많다.</li> <li>· 상황 설명 등 진료 이외의 시간소요가 많다.</li> <li>· 수시로 환자에게 달려가야 한다.</li> <li>· 육체/정신적 소진이 많아 배려/존중의 간호가 힘들다.</li> <li>· 환자 체류시간 단축에 신경 쓸 겨를이 없다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시스템 입력 작업의 약 20%감축 된다.</li> <li>· 진료 이외의 일로 환자에게 달려갈 일이 약 20% 감소된다.</li> <li>· 독촉하는 환자에 대한 설득 시간이 약 20% 줄어든다.</li> <li>· 육체적/정신적 소진이 최소화되어 환자에 대한 배려/존중의 간호가 가능하다.</li> <li>· 배려/존중의 간호, 잦은 회진과 진료테스크 조정이 가능해져 진료테스크 수행 시간을 약 5% 줄일 수 있다.</li> <li>· 진료테스크 우선순위 결정 지원 시스템으로 다양한 속성을 고려한 진료테스크 선정의 의사결정을 할 수 있다.</li> <li>· 의사결정 지원시스템 활용으로 의사결정 리스크 및 환자 불평을 최소화 할 수 있다.</li> </ul>

**4.2 시뮬레이션을 통한 체류시간 평가**

제시한 알고리즘에 대한 환자 체류시간 측면의 성능을 평가하였다. 실제 운영되고 있는 응급실에 제시한 알고리즘을 적용하기에 현실적으로 어려움이 많아 가상의 응급실을 대상으로 시뮬레이션 실험을 실시하였다. 그림 5는 본 연구의 목적에 맞게 응급실 규모와 프로세스를 축소한 가상의 응급실 레이아웃이다. 환자가 도착하면 중증도 분류를 거쳐서 병상이 할당된다. 모든 진료를 마친 환자는 일반병동에 입원하거나 귀가한다. 병상의 환자는 의사의 진료계획에 의해 응급진료, 투약, 협진, 검사, 수술, 입원 등 몇 개의 진료테스크 단계를 거친다. 각 진료테스크는 간호사 간호업무와 환자 스스로 병상에 대기하는 과정을 거쳐서 수행된다. 가령 협진테스크는 간호사가 협진요청을 하고 환자가 기다리는 것으로 완료된다. 응급실 전문의/전공의, 협진외과, 검사실, 수술실, 일반입원실 등의 자원은 별도로 고려하지 않고 환자의 대기시간으로 처리하였다. 각 진료테스크가 진행되는 동안 환자상태 확인, 추가 처치 등 몇 번의 간호업무가 이루어진다.



**Fig. 5.** Layout of Virtual Emergency Department

시뮬레이션 실험은 시뮬레이션 전용언어인 ARENA로 수행하였다. 본 연구에 사용한 가상 응급실 운영에 필요한 입력 데이터는 2015년도 응급의료기관 평가결과 자료, 2015년 대한응급학회와 복지부가 국회에 제출 자료



와 기존 응급실 중증도/체류시간 등에 관한 기존 연구(한승주 외, 2010, 김은주 외, 2010, 모창우, 2009)를 참고하여 표 3과 같이 설정하였다.

중증도 분류 단계별 정의도 응급의료기관마다 다르지만 대략적인 정의는 다음과 같다.

- 소생 단계: 사망 또는 사망에 준하는 상태로 수분 내에 응급처리를 요하는 환자
- 중증 단계: 의식이 없거나 수 시간 내에 응급처리를 요하는 환자
- 응급 단계: 생명과 의식에 이상이 없는 환자로 주로 심한 외상 환자
- 준응급 단계: 외상 등의 경미한 증상의 환자로 간단한 치료 후에 퇴원이 가능한 환자
- 비응급 단계: 일반 외래 환자 수준의 치료가 필요한 경증의 환자

협진, 수술, 진단, 입원 등은 일반병동의 자원을 사용해야 한다. 이 과정을 제대로 시뮬레이션에 반영하기 위해서는 모델이 지나치게 복잡하게 되므로 여기서는 응급실 내의 다른 진료테스크와 동일하게 모델링하였다. 치료 과정에서 중증도가 낮아지거나 반대로 높아질 수도 있는데 여기서는 중증도에 변화가 없는 것으로 했다. 병상은 10개이고, 100% 가동되고 있는 것으로 한다. 진료테스크 단계 수는 2~5개의 과정으로 모든 환자에게 할당하고 중증도에 따른 체류시간 등의 논문연구 결과를 바탕으로 중증도에 따른 단계별 처리시간을 설정하였다.

Table 3. Simulation Input Data

구분	응급실 운영 파라미터
병상 수	10개
환자 중증도 비율	소생 0.5%, 중증 5%, 응급 10%, 준응급 70%, 비응급 14.5%
진료테스크 단계 수	2개 10%, 3개 40%, 4개 40%, 5개 10%
간호사 간호업무 처리시간	Triangular(3, 7, 10) 분 간호업무에 상관없이 동일한 것으로 가정함
진료테스크 표준 수행시간 (협진대기 등)	ST=Triangular(5, 20, 30) 분 진료테스크에 상관없이 동일한 것으로 가정함
중증도에 따른 진료테스크 처리 시간 조정계수	소생: 1.2×ST, 중증: 1.1×ST 응급: 1.0×ST, 준응급: 0.8×ST, 비응급: 0.3×ST
진료테스크 중요도	Uniform(0,1)

각 응급의료기관에서 시행되고 있는 진료테스크의 우선순위 결정 방법은 서로 다르다. 제시한 알고리즘과의 성능비교 대안으로 ‘중증도+FCFS’의 우선순위 결정 규칙을 채택하였다. 이는 환자의 진료테스크를 선정할 때 환자의 중증도가 높은 순으로 처리하고, 중증도가 같은 경우에는 FCFS(First-Come First-Served) 즉 응급실 도착시간이 빠른 환자의 진료테스크를 먼저 처리한다. ‘중증도+FCFS’는 응급실에서 일반적으로 고려하는 사항을 바탕으로 간략화한 한 것이다. 제시한 알고리즘의 적용에 있어서 진료테스크의 선정은 긴급도 값과 우선순위를 고려하여 간호사가 최종 선정하는 것이나 여기서는 우선순위가 가장 높은 것이 자동으로 선정되는 것으로 하였다.

성능평가 척도로 환자의 체류시간을 사용하였는데 여기서 체류시간은 응급실 병상을 할당받는 순간부터 응급실을 떠날 때까지의 시간이다. 각 대안별 실험 결과치는 안정상태(Steady-state)에서 24시간 운영하고 30회 반복 실험을 수행하여 얻었다. 간호사 수를 1명에서 5명까지 바꾸면서 실험을 하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 제안한 알고리즘에서의 체류시간이 짧은 결과를 보였는데 간호사 수가 증가됨에 따라 지속적으로 우수한 성과를 보여주고 있다. 간호사 1명의 경우에 제시한 알고리즘에서 많은 개선 효과를 보이고 있으나 간호사가 지나치게 병목인 상황이라 현실적이지 못하다. 간호사 3명이 운용되는 경우 87%의 간호사 활용도를 보였고, 약 15% 정도의 개선이 있었다.

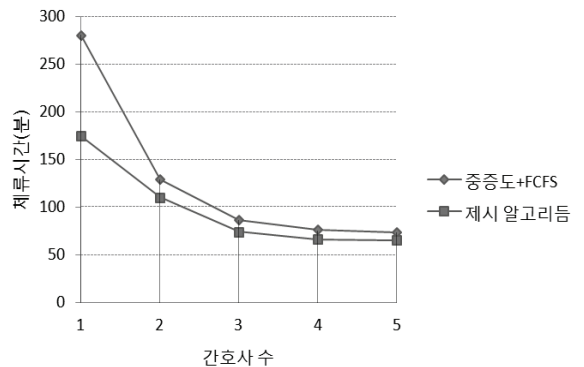


Fig. 6. Average Length of Stay under Various Level of Registered Nurses

## 5. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 응급의료의 질 개선 노력의 일환으로 추진되고 있는 IoT기술을 활용한 스마트 응급실 핵심기

술을 살펴보고, 스마트 응급실의 자동화/지능화 기술영역에 해당하는 진료테스크 선정 지원 알고리즘을 제안하였다. 제시된 알고리즘은 의사와 간호사의 진료테스크 선정에 따른 책임소재, 환자 불평, 위급환자 치료 지연, 체류시간 길어짐 등의 의사결정 리스크 최소화를 위해 진료테스크의 여러 속성을 동시에 고려하였다. 고려한 속성으로는 환자 중증도, 진료테스크 중요도, 진료테스크 처리시간, 응급실 도착 후 경과시간, 잔여 진료 총시간의 5가지이다.

본 알고리즘을 통해 간호사의 감정-육체 소진(Burn-out)을 줄임으로써 친절과 배려가 있는 진료/케어가 가능해져 환자 만족도 및 의료진 근무 만족도를 높이고 나아가 간호사 정체성 제고에 도움을 준다. 환자의 진료테스크 수행 정보를 환자유 단말기 또는 스마트폰에 제공함으로써 진료테스크 선정에 대한 불만이 해소되며, 조용히 있는 환자가 손해 보는 느낌을 제거할 수 있고, 반드시 처리해야 할 일을 놓치지 않게 하는 알림이 역할이 가능할 것으로 판단된다. 제시한 알고리즘은 응급실 진료테스크 모니터링용으로도 활용가능하며 더욱 정교화하여 의사와 간호사의 진료테스크 배정 자동화로 확대할 수도 있겠다. 가상 응급실을 대상으로 시뮬레이션을 수행한 결과 제시한 알고리즘을 통해 응급실 운영의 주요 성과지표인 환자의 체류시간을 줄이는데 기여할 수 있음을 확인하였다. 간호사 수를 바꾸면서 현 응급실과 체류시간을 비교하였는데 간호사 수가 증가됨에 따라 제시한 알고리즘 기반의 가상응급실이 지속적으로 우수한 성과를 보였다.

기존 연구와 가상의 응급실을 대상으로 한 이론적 연구라 현장에서의 일반화에 한계점을 가지고 있다. 실제 응급실 현장에 접목하여 의사와 간호사의 소진(Burn-out) 감소 및 응급실 운영 개선 효과에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 응급의료의 획기적인 개선을 위해 IoT 기반의 시범 스마트응급실을 실제로 구축하여 운영기술에 대한 다양한 연구가 요구된다. 응급실은 미리 계획되지 않은 돌발적인 상황이 자주 발생하기에 제시한 알고리즘의 결과대로 의사결정하기에는 한계가 있을 것이다. 따라서 제시한 알고리즘에서 제시하는 실시간 긴급도 값과 우선순위 값을 모니터링하면서 의사결정의 보조지표로 활용하는 것이 바람직하다.

향후계획으로 실제 응급실에서 계산식으로 제시된 긴급도 값과 실제 선정할 결과를 바탕으로 실시간 또는 주기적으로 시뮬레이션을 실시하여 속성별 가중치를 조정하는 가중치 조정체계(Adaptive Weight Control

Scheme)을 연구할 예정이다. 신경망 기법을 적용하는 등 보다 정교하고 지능화된 계산방법을 모색할 필요가 있다. 또한 최적의 응급병상 수, 의사 수 및 간호사 수 선정에 관한 연구가 필요하며, 자원의 실시간 성능 및 성과 지표에 근거한 자원의 실시간 투입 및 전환 규칙에 관한 연구가 요구된다.

## 참고 문헌

1. 김국세, 정문수, 안성수, 이준 (2008), “무선네트워크와 Zigbee시스템을 이용한 생체신호 검출 모니터링 시스템”, *한국전자통신학회 학술대회지*, Vol. 2, No. 1, pp. 127-131.
2. 김복자, 이은남, 강경희, 김성숙, 김순애, 성영희, 신덕신, 이광옥, 이희정 (2006), “응급실 간호사의 업무 구명을 위한 연구”, *임상간호연구*, Vol. 12, No. 1, pp. 81-95.
3. 김정희, 안혜영, 엄미란, 이미영 (2010), “응급실 간호사의 소진, 업무수행, 전문직 정체성에 관한 연구”, *한국산업간호학회지*, Vol. 19, No. 1, pp. 50-59.
4. 김은아, 김광수, 임춘성, 이충현 (2015), “사물인터넷 서비스 분류체계 개발 및 활용에 관한 연구”, *한국전자거래학회지*, Vol. 20, No. 2, pp. 107-123.
5. 김은주, 임지영 (2010), “응급실 환자의 응급의료센터 체류시간 단축프로그램 개발 및 효과”, *가정간호학회지*, Vol. 17, No. 1, pp. 21-27.
6. 김원희, 최혁중, 임태호, 강보승, 강형구 (2009), “응급실 협진의료의 자동화가 응급실 체류시간에 미치는 영향”, *대한응급의학지*, Vol. 20, No. 2, pp. 155-162.
7. 김혜옥, 서봉화, 남문희, 박은아 (2013), “간호 대학생의 응급실 관찰 경험”, *The Journal of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 12, pp. 589-598.
8. 모창우, 최성훈 (2009), “응급진료센터 운영 개선을 위한 시뮬레이션”, *한국시뮬레이션학회지*, Vol. 18, No. 3, pp. 35-45.
9. 박종현, 방효찬, 김세한, 김말희, 이인환, 최병철, 이강복, 강성수, 김호원 (2014), *사물인터넷의 미래*, 한국전자통신연구원(ETRI)/전자신문사, 서울.
10. 박아름, 전정호, 이정전 (2015), “IoT기반의 의료서비스 모델개발 및 구축 사례연구: NFC/iBeacon 중심의 K병원 사례를 중심으로”, *한국경영정보학회 추계통합학술대회*, pp. 263-275.

11. 박홍진 (2011), “스마트 응급의료 시스템 구현”, *한국항공학회 논문지*, Vol. 15, No. 4, pp. 646-654.
12. 오영호 (2014), “응급의료 만족도 실태와 개선방향”, *보건복지포럼*, Vol. 216, pp. 83-93.
13. 유인술 (2010), “응급의료체계의 현황과 발전방안”, *보건복지포럼*, Vol. 169, pp. 45-57.
14. 임호근, 서민수, 김미정 (2016.3.3), *2015년 응급의료기관 평가결과 보도자료*, 보건복지부 응급의료과.
15. 이형훈, 임강섭, 이지연 (2015.12.29), *2016년 의료관련감염 예방·관리대책 중점 추진 보도자료*, 보건복지부 응급의료정책과.
16. 최중수, 김동수 (2010), “무선 네트워크 기반의 실시간 환자 모니터링 시스템 구축 사례 연구”, *산업공학 (IE interfaces)*, Vol. 23, No. 3, pp. 246-256.
17. 한승주, 김혜정, 서한영, 백자연, 김소연, 김민영 (2010), “응급의료센터 내원환자의 중증도와 체류시간에 관한 연구”, *중앙간호논문집*, Vol. 14, pp. 63-68.
18. Ishivashi, K., Morishima, N., Kanabara, M., Sunahara, H. and Imanishi, M. (2009), “Toward Ubiquitous Communication Platform for Emergency Medical Care”, *Special Section on Internet Technology and its Architecture for Ambient Information Systems*, pp. 1077-1085.
19. Kim, D. (2009), “A Task Assignment Rule for the Registered Nurses of the Emergency Department of Hospital Using Multiple System Attributes”, *한국시뮬레이션학회논문지*, Vol. 18, No. 4, pp. 107-116.
20. Medeiros, D. J., Swenson, E., DeFlicht, C. (2008), “Improving Patient Flow in a Hospital Emergency Department”, *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, pp. 1526-1531.
21. Park, E. H., Park, J., Ntuen, C., Kim, D., and Johnson, K. (2008), “Forecast Driven Simulation Model for Service Quality Improvement of the Emergency Department in the Moses H. Cone Memorial Hospital”, *The Asian Journal on Quality*, Vol. 9, No. 3, pp. 1-14.
22. Sneha, S. and Varshney, U. (2009), “Enabling ubiquitous patient monitoring: Model, decision protocols, opportunities and challenges”, *Decision Support Systems*, Vol. 46, No. 3, pp. 606-619.



**김대범** (dbkim@kangnam.ac.kr)

1989 고려대학교 산업공학과 졸업(학사)  
 1991 KAIST 산업공학과 졸업(석사)  
 1995 KAIST 산업공학과 졸업(박사)  
 1995~1999 삼성SDS(주) 책임연구원  
 1999~현재 강남대학교 교수

관심분야 : 생산 및 물류시스템, 시뮬레이션, IT/IS