

자동제세동기의 접근성 향상을 위한 배치 적정성 연구

A Study of Optimal Location and Allocation to Improve Accessibility of Automated External Defibrillator

권필¹⁾ · 이영민²⁾ · 유기윤³⁾ · 이원희⁴⁾

Kwon, Pil · Lee, Youngmin · Yu, Kiyun · Lee, Won Hee

Abstract

On account of population aging and increasing cardiovascular disorders, acute cardiac arrest cases are escalating each year. In order to increase the survival rate of the patients, rapid cardiopulmonary resuscitation is necessary. For this reason, the government is expanding the supply of Automated External Defibrillators(AED). However, the AEDs cannot be effectively deployed to the incident cases that occur outdoors, for the installed AEDs are mostly located indoors. After analyzing the distribution of incident cases within the study area, about 11% of cardiac arrest incidents occurred in open spaces including sidewalks and residential areas. This study was conducted to increase the survival rate of the patients by allocating 41 additional AEDs in the study area using a GIS based location-allocation method. To conduct a feasibility study, the density of a senior floating population covered by the same number of AEDs placed at random and the density covered by the experiment were compared. In conclusion, having excluded outliers caused by geological and social factors, results showed that AEDs placed through GIS based location-allocation covered 5% more of the senior floating population density.

Keywords: GIS, Network Analysis, AED, Location Allocation, Cardiac Arrest

초 록

최근 인구 고령화와 심혈관계 질환의 발병률 증가로 인해 매년 급성 심정지 환자가 늘고 있다. 환자의 생존율을 높이기 위해서는 신속한 심폐소생술이 필수적이며, 이에 따라 국가에서는 심폐소생술 처치 시 활용 가능한 자동제세동기(Automated External Defibrillator, AED)의 보급을 확대하고 있다. 그러나 지방자치단체에서 설치한 AED는 주로 건물 내부에 비치되어 있어 건물 외부에서 발생한 급성 심정지 환자에 효율적인 대응을 할 수 없다. 실험지역의 급성 심정지 환자의 분포를 확인한 결과, 약 11%의 심정지 사건이 도로 및 주택가를 포함한 오픈 스페이스에서 발생하였음을 확인하였다. 이에 본 연구는 급성 심정지 환자의 소생률을 높이기 위해 41개의 AED를 GIS 입지분석 방법을 사용하여 추가적으로 배치하였다. 실험 결과의 타당성을 확보하기 위해 같은 수의 AED를 무작위로 배치한 것이 포함하는 노인층 유동인구 밀도와 본 실험을 통해 배치된 것과 비교하였다. 그 결과, 지형적 그리고 사회적인 특성으로 인해 발생한 소수의 이상치를 제외하고는, 본 실험 결과로 도출된 AED가 포함하는 노인층 유동인구 밀도가 약 5% 가량 더 높았음을 확인할 수 있었다.

핵심어: GIS, 네트워크 분석, AED, 입지분석, 심정지

Received 2016. 04. 15, Revised 2016. 05. 12, Accepted 2016. 06. 13

1) Dept. of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University (E-mail: pil0706@snu.ac.kr)

2) Dept. of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University (E-mail: daldanka@snu.ac.kr)

3) Member, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University (E-mail: kiyun@snu.ac.kr)

4) Corresponding Author, Member, School of Convergence & Fusion system Engineering, Kyungpook National University (E-mail: wlee33@knu.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

최근 인구 고령화와 심혈관계 질환의 증가에 따라 국내의 급성 심정지 환자가 매년 증가하고 있다(Center for Disease Control and Prevention, 2011). 이러한 급성 심정지 환자의 생존율을 높이기 위해서는 골든타임(golden time)¹⁾ 내에 신속한 응급조치가 필수적이다. 하지만, 국민안전처가 발표한 119구급차 이용 현황에 의하면 119구급대의 도착시간(차고 출발부터 현장 도착까지 걸린 시간)은 평균 10분이며, 5분 이내에 도착한 경우는 전체의 41.4%에 불과한 것으로 나타났다(Yeonhapnews, 2016). 이에 따라 지방자치단체에서는 급성 심정지 환자의 생존율을 높이기 위한 대책으로, 자동 제세동기(Automated External Defibrillator, AED)의 설치에 적극적으로 임하고 있다. 더불어, 2007년에 제정된 응급의료에 관한 법률(시행규칙 제38조의 2)에 의해 AED 설치가 의무화됨에 따라, AED의 보급은 더욱 급속하게 확대되고 있다. 해당 법률에 의해 지정된 AED의 의무 설치 장소는 보건소, 20톤급 이상 선박, 500가구 이상 아파트, 공항 및 항공기, 다중이용시설 등 대체적으로 공공시설과 대중시설에 집중되어 있다.

그러나 이와 같은 의무 보급의 확대에도 불구하고 AED에 대한 이용률은 매우 낮은 것으로 나타났는데, 그 이유 중 하나가 사람들이 AED가 설치된 장소를 제대로 인지하지 못하기 때문인 것으로 조사되었다(Jin, 2013). 응급의료 관련 분야에서는 AED의 이용률을 높이기 위한 대안으로, AED 외부 디자인 및 색상의 개선을 통한 시인성 제고 방안, 복잡하게 생긴 AED의 User Interface(UI) 개선을 통한 사용성 제고 방안, AED 사용 방법에 대한 교육 및 AED 관련 광고 확대 방안을 제시하고 있다(Korea Consumer Agency, 2014; Lee *et al.*, 2015; Oh *et al.*, 2008). 이에 따라, 지방자치단체에서는 AED의 사용방법과 광고 등에 예산을 사용하고 있는 추세이다.

AED 사용법에 대한 교육과 관련 광고를 확대하는 것은 응급 상황 발생 시 AED의 적절한 활용을 돕기 위해 반드시 필요한 부분이기도 하나, 이용률을 향상시키기 위한 근본적인 대책이 될 수는 없다. AED의 사용이 필요한 급성 심정지 사건 발생 시에는 골든타임 내의 대처가 필수적이기 때문에, 급성 심정지 환자가 발생할 확률이 높은 지역에서 AED 접근성을 높이는 것이 보다 근본적인 대책이라고

할 수 있다.

한편, 현재 AED는 응급의료에 관한 법률(시행규칙 제38조의 2)에 따른 의무 설치 장소에 배치되어 있어 이들의 위치를 임의로 재조정하는 것은 제도적으로 불가능하다. 이에 본 연구에서는 AED의 배치 현황을 파악하고, 급성 심정지 환자가 상대적으로 많이 발생할 수 있는 지역에 AED를 추가 배치하는 방안을 제시함으로써 AED에 대한 접근성 및 활용성을 높이고자 하였다.

이를 위해 서울시 관악구를 실험 지역으로 선정하고, 2014년 한 해 동안 해당 지역 내에서 발생한 급성 심정지 사건의 발생 위치와 AED의 배치 위치를 분석하여 현 상황에 대한 문제점을 도출하고, 시설물 배치 문제를 해결할 수 있는 GIS 분석 도구를 활용하여 AED를 추가 배치하는 방안을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 의료시설의 입지 분석을 위한 선행연구를 고찰하였으며, 3장에서는 GIS 네트워크 분석을 활용하여 실험지역의 AED배치 현황 및 문제점을 파악하고, 이를 기반으로 AED를 추가로 설치할 수 있는 지역을 제시하였다. 4장에서는 본 연구에 대한 결론과 향후 연구 과제를 도출하였다.

2. 선행 연구 고찰

공간정보 분야를 비롯하여, 물류, 산업공학, 건축, 토목, 도시계획 등 다양한 분야에서 특정 위치를 찾기 위한 관련 연구가 수행된 바 있다 (Park *et al.*, 2013; Kim and Kim, 2006; Han, 2014). 하지만, 다수의 연구는 공간통계 분석기법이나 중첩 및 버퍼 등의 간단한 지오프로세싱(geoprocessing)을 활용한 핫스팟 탐지에 중점을 두고 있어, 공간 최적화(spatial optimization)를 이용한 최적 입지 선정 사례는 상대적으로 많지 않다.

공간 최적화란 공간적인 관계성을 고려하여 특정 목적을 달성하기 위한 최적의 방법을 탐색하는 것으로, 시설물 입지 선정 문제(facility location problem), 특정 목적에 따른 지역 경계 구분 문제(districting problem), 경로 탐색 문제(routing problem) 등을 해결하는 것을 포함하는 개념이다. 이 중 시설물 입지 선정 문제와 관련된 분야는 입지 선정(location allocation) 모델과 영역 기반(coverage based) 모델로 구분된다(Lee and Kim, 2012).

먼저, 입지 선정 모델은 다양한 시설물의 위치를 결정하는

1) 사고 발생 시점으로부터 인명을 안전하게 구조하기 위해 필요한 시각적 단위를 말하며, 일반적으로 골든타임의 안전 범위는 4~6분 범위이다.

분야에서 주로 사용되고 있다. 예를 들면, p-median(Hakimi, 1964; Hakimi, 1965)은 대표적인 입지 선정 모델로, 수요지와 후보지간 이동에 소요되는 최소 비용을 산출하여 p개의 시설물을 배치하여 최적 입지를 선정한다. 또한 p-median과 p-center 등의 모델과 공간통계 분석기법을 융합하는 등의 최적 입지 선정 관련 융복합 연구도 수행되고 있다(Griffith, 2003; Bandyopadhyay *et al.*, 2012)

영역 기반 모델 분야에서는 MCLP(Maximal Covering Location Problem) 이나 LSCP(Location Set Covering Problem) 등 영역 설정과 관련된 방법론이 주로 사용된다. MCLP는 x개의 시설과 y개의 후보지점이 주어질 때, y지점에 x개의 시설을 가장 적절하게 배치함으로써 해당 시설물의 영향력이 미칠 수 있는 영역을 최소화하는 방법론이다. 반면에 LSCP는 특정 영역을 포함하는 시설물의 개수(x)와 그 지점을 도출하기 위한 방법론이다.

MCLP나 LSCP는 사회기반시설의 입지 선정에 주로 사용되어 왔으며, 그 중에서도 최악의 상황을 대비해야 하는 소방, 구급, 치안 분야에서의 활용성이 높다(Shariff *et al.*, 2012). 최근에는 이러한 사회기반시설의 배치뿐 아니라 설치비용, 운영비용 등의 절감을 통한 이익 창출을 목적으로 하는 연구에서도 MCLP와 LSCP를 활용하고 있다. Lee and Murray(2010)의 와이파이 기기 설치에 관한 연구와 Lee and Kim(2013)의 슈퍼 와이파이 시설의 배치를 위한 연구, Kim(2008)의 보안을 위한 감시 센서의 위치 선정 연구 등이 그 예라고 할 수 있다. 또한 방문 의료서비스의 구역설정(Kim *et al.*, 2009), 선거 구역의 경계 설정(Kim and Kim, 2013) 등의 연구에도 MCLP와 LSCP 방법론이 활용되고 있다.

선행 연구 고찰을 통해 AED 추가 배치를 위한 고려 사항을 다음과 같이 도출하였다. 첫째, 기존에 많이 사용되어왔던 공간통계 분석기법 등을 통한 입지 선정의 틀에서 벗어나 공간 최적화 기법을 이용한 입지 선정을 고려하였다. 둘째, 공간 최적화의 입지 선정 모델과 영역 기반 모델 가운데, AED 추가 배치에 가장 적합한 모델을 선정하는 것이 필요하다.

AED는 급성 심정지 환자에게 도움을 줄 수 있는 유효 반경(즉, 골든타임 내에 사건이 발생한 장소로부터 AED까지 도착하는 시간)이 존재한다. 즉, 각각의 AED는 유효한 영역을 갖는다고 볼 수 있으며, 이 영역이 서로 중첩되지 않도록 배치를 해야 자원이 낭비되지 않는다. 영역 기반 모델의 경우 각 시설물의 영역을 기반으로 배치를 하기 때문에, 이 방법을 사용하여 추가적인 AED를 배치하는 것이 옳다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구는 영역 기반 공간 최적화 모델을 이용하여 AED의 추가 배치를 제안하였다.

3. GIS 분석을 통한 AED의 추가 배치 방안

3.1 연구 지역 및 데이터 현황

본 연구에서는 서울시 관악구를 대상으로 실험을 진행하였으며, 해당지역에는 2016년 현재, 총 104개의 AED가 설치되어 있다(Central Emergency Medical Center, 2013). 이 중 관악소방서 관할 구급차에 배치된 4개를 제외하고 나머지는 모두 학교, 관공서와 같은 시설 내부에 배치되어 있는 것으로 파악되었다.

Table 1. Sudden cardiac arrest distribution in Gwanak-gu

Location	Cnt	In/out door
Office	3	Indoor
Hospital	5	Indoor
Accommodation	6	Indoor
Mountain	8	Outdoor
Road	10	Outdoor
Public Places	12	Outdoor
Residential street	15	Outdoor
Others	16	Unknown
Unknown	74	Unknown
Home	251	Indoor

한편, 2014년 한 해 동안 관악 119 구급대에서 심정지와 관련해 출동한 횟수는 총 400건으로, 각 사건이 발생한 위치는 Table 1과 같다.

Table 1을 확인한 결과, 전체 사건 중 약 66%의 사건이 실내에서 발생하였고, 실험지역내의 거의 모든 AED가 실내에 배치되어 있기 때문에 표면상으로는 현 AED의 배치가 적절히 이루어진 것처럼 보일 수 있다. 그러나 설치된 AED의 상세한 위치는 교직원과 학생들을 대상으로 하는 학교보건실(약 25%), 18시 이후에 접근이 불가능한 주민센터 및 보건소(약 35%), 아파트 주민이 아니면 접근하기 어려운 아파트 내 관리사무소(약 11%), 그리고 지하철역사(약 3%) 등 대부분 특정 시설을 이용하는 소수에게 제한적인 시간 동안만 유효한 한계점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 현 관리 체계로는 실내에 설치된 AED의 사용 이력을 알 수 없기 때문에, AED가 설치된 건물과 해당 건물에서 발생한 심정지 사건이 1:1 매칭을 이룬다고 장담할 수 없다. 이는 AED로의 접근이 특정시설을 이용하는 소수에게로 제한되어 있다는 것을 의미하며, 현재 관악

구의 AED 배치는 지역적으로 불균등하게 이루어진다고 가정할 수 있다. 또한 급성 심정지 환자는 예측 불가능한 곳에서 발생하기 때문에, 특정 시설을 이용하는 사람들에게 사용하는 것 보다는 도로변과 같은 공개된 장소에 설치하는 것이 보다 더 많은 대중에게 사용될 수 있다.

실험 지역의 현황을 파악하기 위해, 2014년 1월 1일부터 12월 31일까지 한 해 동안 발생한 실제 심정지 관련 신고 이력 위치와, AED 및 AED가 배치된 병원, 소방서등의 시설을 지도에 함께 표시하였다(Fig. 1).

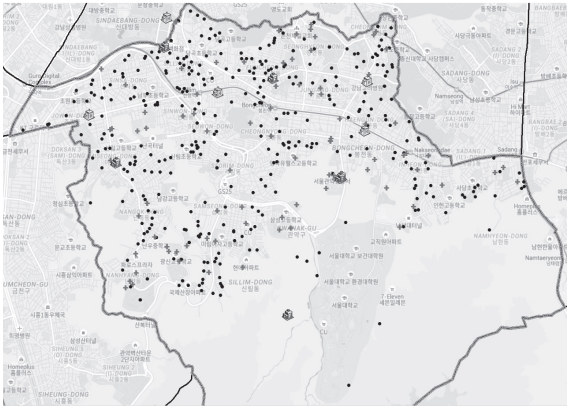


Fig. 1. Cardiac arrest distribution(in black dot) and AED located sites (red cross, fire dept. and hospital symbol)

3.2 현황 분석을 통한 AED 추가 배치 방안

3.2.1 실험 절차

본 실험을 위해서 보행자 네트워크 데이터, 인구센서스 데이터, 유동인구 데이터, 그리고 기 구축된 응급의료관련시설의 4가지 데이터 셋을 활용하였다.

보행자 네트워크의 각 교차로 지점과 네트워크가 분할되는 지역을 구분하여 노드(node)와 링크(link)를 생성하였다. 생성된 노드는 도로의 결절지점에 있어 여러 방위에서 쉽게 발견될 수 있다. 본 연구는 오픈 스페이스에서 AED 배치를 주장하고 있어 네트워크의 노드를 AED가 설치될 후보지점(potential facility sites)으로 고려하였다. 인구센서스 데이터와 유동인구 데이터를 기반으로 AED의 수요지점(demand points)을 생성하였다. 추가적으로 기 구축된 응급의료관련시설(소방서, 병원 등)과의 상대적인 위치를 고려하여 새로 구축될 AED의 입지를 선정하였다.

위 데이터 셋을 활용한 본 연구의 실험 절차는 Fig. 2와 같이 도식화될 수 있다.

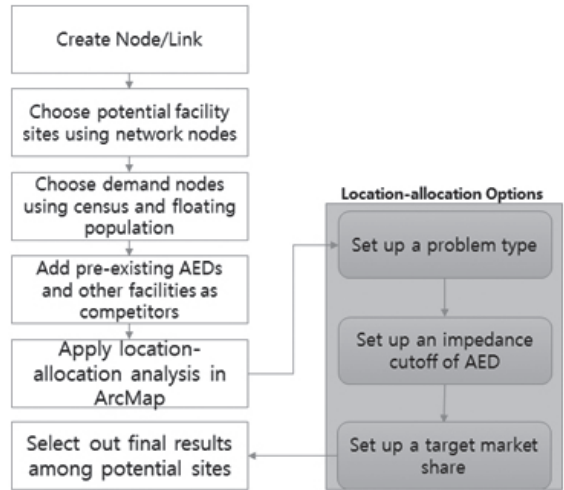


Fig. 2. Workflow of the study

3.2.2 실험 내용

AED는 빠른 시간 내의 활용이 필수적이기 때문에 의료분야 종사자들이 아닌 일반인들이 손쉽게 활용할 수 있도록 제작되었으며, 이동과 휴대성도 함께 고려되었다. 따라서 AED의 추가 배치에 있어서, 그 위치를 일반 보행자의 관점에서 고려하는 것이 보다 합리적이라고 할 수 있다. 또한, 급성 심정지의 경우 보행 및 활동 중에 발생하는 경우가 많으며, 주변 보행자들이 환자에게 응급처치를 하는 점에 비추어볼 때 보행자 관점에서 배치되는 것이 합당하다. 이에 본 연구에서는 선행 연구(Kim *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2015)에서 구축된 보행자 네트워크 데이터 셋(Fig. 3(b))을 활용하였다. 보행자 네트워크 데이터 셋은 주요 도로가 이중의 선형으로 처리되어 있으며, 횡단보도, 육교, 지하도, 이면도로 및 대형 아파트 단지의 도로 등 차량용 네트워크(Fig. 3(a))에 비해 보다 상세한 네트워크를 포함하고 있다(Fig. 3).



(a) Vehicle network



(b) Pedestrian network

Fig. 3. Network dataset comparison (a) vehicle network; (b) pedestrian network

시설물 입지 선정을 위해서는 여러 후보지점과 여러 수요지점간의 관계를 파악한 후 후보지점 중 최적의 입지를 선정한다.

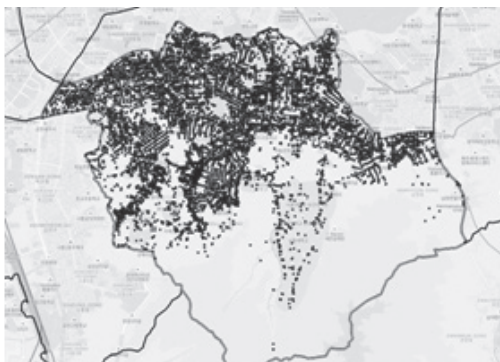
후보지점은 시설물이 위치할 다수의 지점이며, 본 연구에서는 AED가 설치될 가능성이 있는 지역이다. 후보지점은 최소 1개 이상의 지점이 필요하며, 다수의 후보지가 존재하는 경우 조건에 맞는 n개의 지점을 후보지점 중에서 선택한다. 일반적으로는 네트워크의 노드를 후보지로 설정하거나 실험지역을 균등한 격자로 나누어 격자의 중심점을 후보지로 간주하는 방법을 많이 이용하고, 때에 따라서는 특정 경계(예, 집계구, 법정동 등)의 중심점을 이용한다(Arifin, 2011). 앞서 언급한 바와 같이, 본 실험은 오픈 스페이스에서 AED 추가 배치를 목적으로 한다. 따라서 이를 대표할 수 있는 지점으로 보행자 네트워크의 각 교차로 지점인 노드를 후보지점으로 선정하였다(Fig. 4(a)).

반면에 수요지점은 시설물을 필요로 하는 지점이며, 본 연구에서는 AED를 필요로 하는 지점으로 표현될 수 있다. 기본

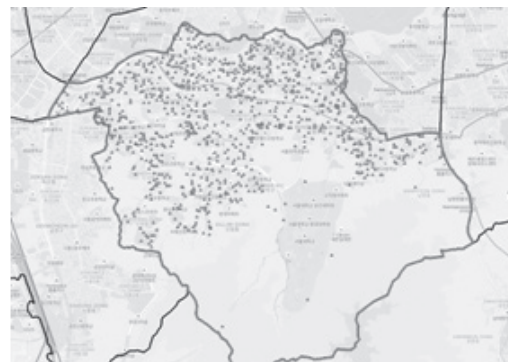
적으로 과거 실제로 사건이 발생한 지역을 포함하여 실제 상황을 연출하였으며 인구센서스 데이터를 바탕으로 새로운 수요지점을 생성하였다. 일반적으로 연령이 높을수록 심정지 발생률이 높다(Deo and Albert, 2012). 따라서 60대 이상의 유동인구 비율이 가장 높은 하나의 지점을, 60대 이상의 인구가 존재하는 집계구내에서 각각 도출하였다(Fig. 4(b)). 유동인구의 비율은 측정지점에서의 60대 이상 유동인구를 측정된 전체 유동인구로 나누어 계산된 값이며, 유동인구는 약 50m 간격으로 측정된 휴대전화 통화량을 기반으로 하였다.

한편, AED의 유효한 영역(impedance cutoff)을 345m로 규정하였다. 이 거리를 도출한 계산식은 $\frac{2.3\text{meters/sec.} \times 5\text{min.} \times 60\text{sec.}}{2}$ 와 같다. 여기서 2.3m/s는 대한민국의 청년층의 평균 보행속도인 1.175m/s(Lim *et al.*, 2006)의 두 배로써, 위급 상황시 일정하게 달릴 수 있는 속도로 가정하였다. 또한, 위 속도를 기반으로 급성 심정지 환자의 소생률을 최대로 할 수 있는 골든타임인 5분(Jude *et al.*, 1961)동안 이동할 수 있는 총 거리는 690m이며, 사고 발생지역과 AED의 왕복거리를 고려하여 다시 절반으로 나누었다.

Fig. 4(a)에서 도출된 후보지점의 개수는 11,116개로 확인되었으며, 위 후보지점중 n개의 지점에 AED를 배치한다고 가정하면 ${}_{11,116}C_n$ 개의 조합이 만들어진다. 또한, 기 구축된 AED, 응급의료센터, 소방관서 등을 고려하면 더욱더 다양한 조합이 도출된다. 이에, 다양한 조합을 고려하여 개발된 ArcMap의 입지선정분석모듈(Esri, 2014)을 적용하면 비교적 쉽게 입지를 선정할 수 있다. ArcMap의 입지선정분석모듈은 Dijkstra 알고리즘을 기반으로 하는 수정된 기중점 행렬(edited Origin-Destination cost matrix), semi-randomized initial solutions, a vertex substitution 휴리스틱, 그리고 메타휴리스틱으로 최적의 결과를 도출한다고 알려져 있다(Martí, 2013).



(a) Potential facility sites



(b) Demand sites

Fig. 4. Sites comparison (a) potential facility sites; (b) demand sites

ArcMap의 입지선정분석모델 중 기 구축된 응급의료관련시설(AED, 소방관서, 의료 센터)의 위치를 고려하고, 추가적으로 설치될 AED의 활용을 높이기 위해 ‘Target market share’ 유형(Schietzelt and Densham, 2003)을 이용하였다. 위 유형은 주로 경쟁업체와 새로 설치될 시설의 점유율을 고려하여 시설을 입지할 때 사용된다. 본 연구를 위해서 기 구축된 시설과 추가적으로 배치될 AED의 점유율을 각각 50%로 설정하여 서로의 사용률을 균등하게 나눈다고 가정하였다.

3.3 AED 추가 배치 지역 및 평가

기 구축된 104개의 AED와 본 실험결과를 통해 제안된 41개의 AED의 위치를 Fig. 5에 표시하였다.

Fig. 5에 X표시된 시설(1개의 소방서와 6개의 AED)은 AED의 유효한 영역 내에 유의미한 수요지점이 없어서 발생한 것으로 확인되었다.

AED의 입지 타당성을 평가하기 위해 본 실험에서 제안된 AED의 위치에서 수용할 수 있는 노인층 유동인구 평균 밀도를 측정하였다. 그리고 같은 수의 AED를 100회간 무작위로 배치하여 그 위치에서의 측정된 노인층 유동인구 평균 밀도

값과 비교하였다. 이때, 노인층 유동인구의 밀도가 높을수록 급성 심정지 환자가 발생할 수 있는 위험지역에 AED가 배치되었다는 해석이 가능하다. Fig. 6는 위 결과를 비교한 그래프이다. 본 실험 결과의 경우 평균 단위 면적당 노인층 유동인구가 약 3.41명/m²으로 확인되었으며 100개의 실험군의 평균 단위 면적당 노인층 유동인구의 평균은 3.25명/m²으로 확인되었다. 이때 실험군의 중간값은 3.22명/m²이고 최솟값은 3.01명/m², 최댓값은 5.67명/m²이다.

100개의 실험군중 17번째와 87번째 실험군의 경우 대조군보다 평균값이 높게 도출되었다. 특별히 17번째 실험군의 경우 약 2배 이상 높았다. 이와 같은 이유는 임의로 지정한 AED의 위치에 네트워크가 존재하지 않아 평균 노인층의 유동인구 밀도를 계산할 때의 모수의 값이 0이 되어 결과값이 매우 높아지는 오류가 나타나는 것으로 확인할 수 있었다. 한편, 87번째 실험군의 경우 임의로 배치된 AED가 포함하는 평균 단위 면적당 노인층 유동인구가 낮기 때문에 발생한 것으로 확인할 수 있었다 (Fig. 7). 본 실험지역의 지형적 그리고 사회적 인 특성으로 인해 발생하는 17번과 87번의 실험군을 제외하고는 모두 다 대조군보다 낮은 수치를 보였다.

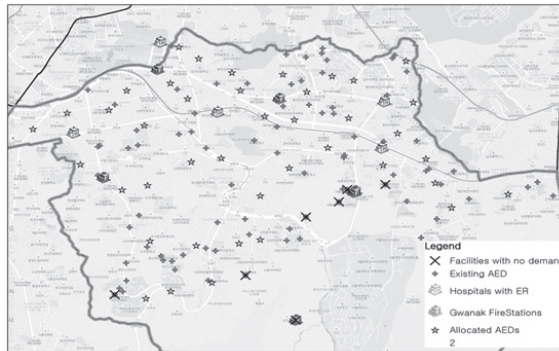


Fig. 5. Selected AED sites with existing facilities (X marks on facilities with no demands around)

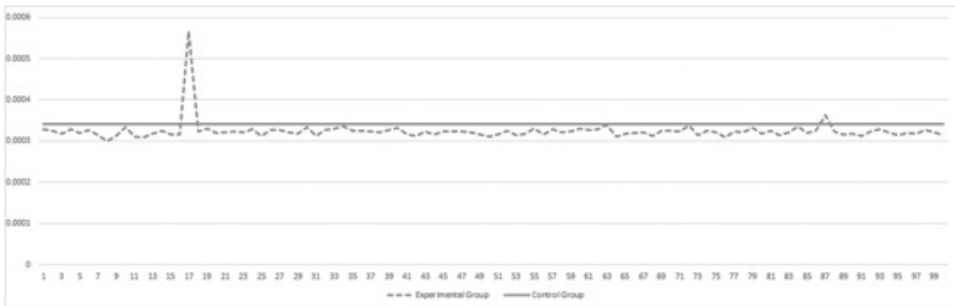


Fig. 6. Experimental and control groups comparison



(a)The 17th experimental group's service area



(b)The 87th experimental group's service area

Fig. 7. Experimental group outlier. The red dot represents ratio of the olds' floating population (a) the 17th experimental group; (b) the 87th experimental group

위 결과를 종합하였을 때, 본 실험을 통해 도출된 AED의 위치가 무작위로 AED의 위치를 선정하였을 때 보다 전반적으로 약 5%정 더 많은 심정지 위험군에 속한 인구에 이득이 될 수 있을 것으로 볼 수 있다.

4. 결론

증가하는 급성 심정지 환자로 인해 AED의 설치가 의무화 되었음에도 불구하고 AED의 사용률은 아직 저조하다. 현재의 무작위로 배치된 AED는 법률에 의한 처벌을 피하기 위해 인구센서스 정보를 고려하지 않고 천편일률적으로 배치되어 있다. 이와 같은 이유로 현재 AED는 급성 심정지 환자에게 골든타임 내에 전달이 불가능함에도, AED의 교육, 홍보, 디자인 등과 같은 측면에서의 연구가 진행되어지고 있다. 이에 따라 본 연구는 AED의 일차적인 문제인 접근성 측면에서 문제를 해결하고자 다음과 같은 사항을 고려하였다.

첫째, 국내에 설치된 AED의 경우 외부에 설치되어 있지 않은 문제점을 갖고 있어 오픈 스페이스에서의 AED배치를 고려해야한다.

둘째, 본 연구를 통해 배치된 AED의 경우 사람이 직접 기기를 가지고 환자한테 까지 접근해야 하는 물리적인 한계가 존재한다. 사람의 경우 보행자 네트워크를 벗어나서 이동할 수 없기 때문에 반드시 노드와 링크로 이루어진 보행자 네트워크 위에 AED 배치를 고려해야 한다.

마지막으로 급성 심정지 환자의 경우 노인층에 있어서 그 발생률이 특별히 높기 때문에 노인층이 다수 거주하는 지역 및 노인층 유동인구가 높은 지역에 AED 배치를 고려해야 한다.

위 사항을 고려한 실험을 통해 41개의 AED를 실험지역인

서울시 관악구에 추가적으로 배치하였다. 기존의 시설물은 건물 내부에 배치되어 거리 및 건물 외부에서 발생하는 급성 심정지 환자를 위한 대응에 대처를 할 수 없는 상황이었으나, 본 실험을 통해 보다 다양한 곳에서 발생할 수 있는 사건에 대해 기존보다 빠른 대처가 가능할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 실험을 통해 7개의 기존 시설물의 경우 급성 심정지 사건이 발생하였을 경우 활용성이 낮은 것으로 평가되어 상기 시설에 대한 대책이 필요할 것으로 고려된다. 본 실험결과를 평가하기 위해서 각 AED가 포함할 수 있는 단위면적당 노인층 유동인구를 비교하였다. 100개의 실험군과 비교한 결과, 본 실험결과가 더 의미 있는 결과를 도출하였다.

일반적으로 AED는 3-400만 원 선에서 구입이 가능하며, AED 설치 및 관리의 의무를 가지고 있는 지자체에서 대량으로 구매할 때 그 가격은 더 저렴해질 수 있다. 본 연구 결과를 활용하여 AED배치에 사용한다면 정확한 필요 대수를 확인할 수 있어 경제적인 예산 편성에 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토공간정보연구사업의 연구비지원(15CHUD-C061156-05)에 의해 수행되었습니다.

References

Arifin, S. (2011), *Location Allocation Problem Using Genetic Algorithm and Simulated Annealing. A Case Study Based on School in Enschede*, Master's thesis, the University of

- Twente, Enschede, the Netherlands, 92p.
- Bandyopadhyay, M., Singh, M., and Singh, V. (2012), Spatial pattern analysis for finding weighted candidate set for p-median problem in locating emergency facilities, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Vol. 2, No. 5, pp. 69-74.
- Center for Disease Control and Prevention (2011), *Development of Guidelines for Citizens' Action to Sudden Cardiac Arrest*. (in Korean)
- Central Emergency Medical Center (2013), Installed location, *Central Emergency Medical Center* <http://www.e-gen.or.kr/egen/inf.AED1.do> (last date accessed: 3 March 2016). (in Korean)
- Deo, R., and Albert, C. M. (2012), Epidemiology and genetics of sudden cardiac death, *Circulation*, Vol. 125, No. 4, pp. 620-637.
- Esri (2014), Algorithms used by the ArcGIS network analyst extension, *Esri*, http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/#/Algorithms_used_by_the_ArcGIS_Network_Analyst_extension/004700000053000000/ (last date accessed: 8 March, 2016).
- Griffith, D. A. (2003), Using estimated missing spatial data with the 2-median model, *Annals of Operations Research*, Vol. 122, No. 1-4, pp. 233-247.
- Hakimi, S. L., (1964), Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, *Operations Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 450-459.
- Hakimi, S. L. (1965), Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems, *Operations Research*, Vol. 13, No. 3, pp. 462-475.
- Han, J. Y., (2014), The systematization of waste landfill site selection process utilizing GIS, *Journal of the Korean Society for Geo-spatial Information System*, Vol. 22, No. 3, pp. 21-30. (in Korean with English abstract)
- Jin, S. M. (2013), *The Public Perception and Importance of Public Education and Information about Automated External Defibrillator (AED)*. Master's thesis, Kyungpook National University, Daegu. South Korea. (in Korean with English abstract)
- Jude, J. R., Kouwenhoven, W. B., and Knickerbocker, G. G. (1961), Cardiac arrest: Report of application of eternal cardiac massage on 118 patients, *JAMA*, Vol. 178 No. 11, pp. 1063-1070.
- Kim, H. B., and Kim, S. (2006), A site selection of public facility based on an accessibility theory and GIS spatial analysis technologies, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 26, No. 3D, pp. 385-391. (in Korean with English abstract)
- Kim, J., Huh, Y., Kim, J. O., and Lee, J. B. (2015), Proposal for the generation of network data for pedestrians in South Korea using large-scale maps, *KSCE Journal of Civil Engineering*, Vol. 19, No. 5, pp. 1483-1491.
- Kim, J., Yu, K., and Kim, J. O., (2009), Proposing construction of pedestrian path network from the existing geospatial data sets, *Proceedings of Korean Journal of Geomatics 2009 Spring conference*, April, pp. 7-9. (in Korean with English abstract)
- Kim, K., (2008), Location optimization in heterogeneous sensor network configuration for security monitoring, *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 43, No. 2, pp. 220-234.
- Kim, K., Shin, J., Lee, G., and Cho, D. (2009), A location model and algorithm for visiting health-care districting for the rural elderly, *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 44, No. 6, pp. 813-831. (in Korean with English abstract)
- Kim, M. J., and Kim, K. (2013), Spatial optimization approaches to redistricting for national assembly election : A case study on Yongin city, *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 48, No. 3, pp. 387-401. (in Korean with English abstract)
- Korea Consumer Agency (2014), *Emergency Medical Treatment Safety Research on the Actual Condition -Focused on AED-*, pp. 1-54. (in Korean)
- Lee, G., and Kim, K. (2013), Spatial location modeling for the efficient placements of the super WiFi facilities utilizing white spaces, *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 48 No. 2, pp. 259-271. (in Korean with English abstract)
- Lee, G., and Murray, A. T. (2010), Maximal covering with network survivability requirements in wireless mesh networks, *Computers, Environment and Urban Systems*,

- Vol. 34, No. 1, pp. 49-57.
- Lee, J., Son, S., and Chung, D. (2015), A study on usability of Automated External Defibrillator(AED) for public area, *Journal of Integrated Design Research*, Vol. 14, No. 1, pp. 19-32. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.-I., and Kim, K. (2012), Geospatial analysis and modeling in Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 47, No. 4, pp. 606-624.
- Lim, W., Ryu, T., Choi, H., Choi, H. S., and Chung, M. K. (2006), A comparison of gait characteristics between Korean and western young people, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 25, No. 2, pp. 33-41. (in Korean with English abstract)
- Martí, R. M. (2013), *UJI Navigation Network, Development of a Pedestrian Spatial Network within the University Jaume I of Castellón*. Master's thesis, the University Jaume I of Castellón, Castellon, Spain.
- Oh, Y., Lee, S., Choi, S., and Na, H. (2008), Usability study on automatic external defibrillator, *Proceedings of the IEIE 2008 Summer conference*, June, pp. 133-134. (in Korean with English abstract)
- Park, B., Lee, K. J., and Choi, K. (2013), Optimum location choice for bike parking lots using heuristic p-median algorithm, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 33, No. 5, pp. 1989-1998. (in Korean with English abstract)
- Schietzelt, T. H., and Densham, P. J. (2003), Location-allocation in GIS. *Portland State University*, <http://web.pdx.edu/~jduh/courses/geog492w12/Week8a.pdf> (last date accessed: 14 April 2016).
- Shariff, S. R., Moin, N. H., and Omar, M., (2012), Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 62, No. 4, pp. 1000-1010.
- Yonhapnews. (2016), 1755 thousand people transported by 911 ambulance... Only 41% arrived within 5 minutes. *Yonhapnews*. <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2016/03/08/0200000000AKR20160308087000004.HTML> (last date accessed: 14 April 2016). (in Korean)

