

# 재난 상황을 고려한 실내 대피경로 안내기술에 대한 동향 분석 및 비교연구

## Study on Trend Analysis of Indoor Evacuation Path Guidance System for Disaster Situation

Younguk Yun<sup>a,1</sup>, Nammoon Kim<sup>a,2</sup>, Jae-hyuk Choi<sup>a,3</sup>, Ji-hye Park<sup>a,4</sup>, Deock-hyeon An<sup>a,5</sup>, Youngok Kim<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Electronic Engineering, Kwangwoon University, 20 Kwangwoonro, Nowon-gu, Seoul, 139-701, Republic of Korea

### ABSTRACT

In this paper, the trend of evacuation path providing or guidance systems for safety on disaster situation is analyzed. For trend analysis, 31 papers of domestic and international, 29 patents of domestic, and the finished 9 national funded projects, which have been performed for recent 15 years are analysed. As the results of analysis, the previous researches were performed in the view of the guidance systems, but there is no study that can be used for peoples in dangerous situation until now. Also it has technical limitations in using indoor positioning technology for peoples. In this paper, therefore, we propose to use the indoor positioning technology for developing a novel evacuation guidance system for peoples in dangerous situation. It can be utilized to develop a novel evacuation guidance system which is considered indoor disaster situations.

### KEYWORDS

Indoor evacuation  
Guidance system  
Information  
Emergency situation  
Shortest path algorithm  
Analysis

본 논문은 재난 상황 발생 시 승객 및 대피자에게 안전하게 대피 경로를 제공하는 동향 분석에 관한 연구이다. 동향 분석을 위해 국내외 논문과 국내특허를 주로 살펴보았으며, 최근 15년 이내의 국내외 논문 31편, 국내 특허 29건, 논문을 통한 기 수행된 국가과제 9건을 분석하였다. 분석 결과 기존의 연구는 대피 유도 시스템 중심으로 수행되었으며, 대피자 관점에서 실제로 활용될 수 있는 수준의 실내 재난 대피 기술에 대한 연구는 전무한 것으로 나타났다. 이는 실내 공간에서 위치인식 기술의 부재 또는 한계점이 있는 것으로 파악되었고 이를 해소하기 위해 기술로 본 논문에서는 실내 위치인식기술의 활용을 제안하였다. 실내 재난 상황을 고려한 새로운 시스템 연구 및 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

실내 대피  
유도 시스템  
대피 안내  
재난 상황  
최단경로 알고리즘  
분석

© 2016 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-2-940-5404. Email. kimyoungok@kw.ac.kr

1 Tel. 82-10-9069-9925. Email. yyu0907@kw.ac.kr

2 Tel. 82-10-9928-3507. Email. nammoonkim@gmail.com

3 Tel. 82-10-5224-2917. Email. aspact@naver.com

4 Tel. 82-10-6215-0562. Email. wlgul0926@gmail.com

5 Tel. 82-10-8502-3254. Email. ejrgus456@gmail.com

### ARTICLE HISTORY

Received Mar. 10, 2016

Revised Mar. 17, 2016

Accepted Jun. 10, 2016

## 1. 서론

급격한 산업의 발달, 사회의 발전, 인구의 증가와 더불어 인간이 활용하고자 하는 토지의 수요가 계속 증대되고 있다. 이에 따라 도로, 주차장, 철도, 공원, 시장 등 도시 주민의 생활이나 기능을 유지하기 위한 물리적 요소인 기반 시설의 수요가 증가하고 있다. 지상 공간의 한계로 인하여 토지의 효율성의 향상을 위해 지하 공간 및 건물의 심층화, 복잡화가 이루어지고 있다. 하지만 이와 같은 도시의 밀집도와 복잡성은 실내 공간에서 지진, 화재, 폭발과 같은 재난 상황 발생 시 사람들의 적절한 안내 및 대피를 어렵게 만들어 큰 인명 피해를 초래 할 수 있다 따라서, 실내 공간에서 재난 상황발생시 인명 및 피해를 최소화 하기위한 노력, 기술 개발이 필요하다.

최근에도 크고 작은 실내 공간에서의 재난사고가 있었지만 그 중에서도 2003년 대구 지하철 참사와 2014년 세월호 참사는 우리에게 많은 시사점을 안겨 주었다. 사고 직후, 소위 말하는 '골든타임'동안 적절한 대피경로 안내받고 및 적절한 대응을 했다면 대형 참사를 막을 수도 있었을 것이다. 대구 지하철 참사 후에도 재난 상황 시 탑승자의 행동은 곧바로 대피행동을 취하기보다는 기다리거나 외부와의 연락을 취하는 등 다소 소극적인 자세를 가지는 것으로 나타났지만 세월호 사고 후 탑승자의 행동은 능동적이고 적극적인 자세를 취하는 것으로 나타났다. 군중심리에 의해 대피활동이 피동적으로 이루어지므로 승객의 대피자의 교육 및 홍보가 필요하다. 또한 패닉 현상을 줄이고 능동적인 대피 활동이 이루어질 수 있도록 대피자에게 제공되는 피난 대피안내 기술 및 시스템 개발이 필요하다.

본 논문은 앞서 언급된 실내 공간에서 재난 상황이 발생 시 승객 및 대피자에게 안전하게 대피 경로 제공하는 안내 기술을 연구 및 개발하기 위한 기술 동향 조사에 관한 논문이다. 재난 시 실내의 대피 경로 안내에 관한 논문과 특허를 조사해 기술 연구 수준 및 개발정도를 파악하고 이를 통해 실질적인 시스템 개발을 위한 동향 분석 자료로 제시하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 피난대피 안내기술에 관해 최근 15년 이내의 논문 및 특허 자료를 수집 및 분석하였다. 국내의 논문 31편, 국내 특허 29건을 찾았고 추가적으로 논문에 기입된 사사문구를 통해 기 수행된 국가과제 9건을 추가로 분류했다. 분석 결과 기존의 연구는 대피 유도 시스템 중심으로 수행되었으며, 대피자 관점에서 실제로 활용될 수 있는 수준의 실내 재난 대피 기술에 대한 연구는 전무한 것으로 나타났다. 이는 실내 공간에서 위치인식 기술의 부재 또는 한계점이 있는 것으로 파악되었고 이를 해소하기 위해 기술로 본 논문에서는 실내 위치인식기술의 활용을 제안하였다.

## 2. 자료 조사 및 분석

자료조사를 통해 활용하고자하는 연구는 지향성 스피커, 스마트 디바이스와 결합하여 실제 재난이 발생하는 경우 적용 가능한 재난 대피경로 안내기술의 연구 및 개발이다. 실내 위치정보 기반으로 지향성 스피커의 방향과 소리의 크기 등의 조작을 통해서 승객 및 대피자가 출구 및 방향을 확인하고 인지할 수 있도록 하고, 소유하고 있는 스마트 디바이스를 활용하여 최단경로 탐색 및 안내, 이를 통한 최단 시간 내 재난 지역으로 부터 탈출할 수 있는 기술연구 및 개발을 목표로 한다. 또한, 가청 과 비 가청 대역을 이용한 대피 안내 방송 통해, 재난 발생으로 혼란한 상황에서도 대피 방향 탐색 및 안내의 정확도를 높일 수 있는 기술연구 및 개발을 진행할 것이다.

### 2.1 논문 자료 분석

선행연구에 대한 조사로서 분석된 논문은 총 31편으로 국내외 저널 및 학회 논문으로 구성되어있다. Institute of Electrical and Electronics Engineers 학회 논문 19편, International Journal of Geographical Information Science 논문 1편으로 국제 논문 20편과 한국 컴퓨터정보학회, 한국 설비공학학회 등의 국내 논문 11편이다. 논문의 주제는 화재, 지진 및 재난 상황 발생 시 대피 경로 안내에 관한 것이다. 총 31편의 논문 자료를 최단경로 알고리즘 관련, 시스템제안, 피난대피 소프트웨어 연구로 분류하였다. 각각 23편 (74%), 6편 (19%), 2편 (7%)에 해당하는 것으로 조사되었으며 Fig. 1 에 나타내었다. 재난 대피안내에 관한 총 31편의 논문 중 25편, 80%이상의 논문이 실내에 관한 논문임에도 불구하고 실내 대피경로 안내 기술은 개별 요소 기술 및 시뮬레이션 위주의 연구만 진행되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 이유로는 실내 인식기술의 부재 또는 한계점을 파악할 수 있었다. 실제 환경 및 대피자 관점에서 개별적인 피난 안내를 받기 위해서 대피자의 위치를 인식하

는 것이 가장 중요하다. 그러나 현재까지는 실내 위치기반의 복합적인 연구가 진행된 것은 없었으나 실제 환경에서 적용될 수 있는 기술로 발전하기 위해 이에 대한 연구도 함께 진행되어야 할 것이다.

논문 자료 중 최단경로 알고리즘으로는 Dijkstra, ant colony optimization (ACO), A-star, genetic, Floyd (Floyd-Warshall), partiel swam optimization, minimum cost maximum flow 등이 있었으며 본 연구뿐만 아니라 다른 목적을 갖는 최단경로 탐색 알고리즘으로 Dijkstra, ACO, A-star, genetic, Floyd 이 기반 알고리즘으로 활용될 수 있을 것으로 분석되었다.

## 2.2 특허 자료 분석

기술의 흐름 및 동향을 알아보기 위해 한국 특허정보검색서비스를 통해 2003년 10월부터 2015년 3월까지의 총 29건의 특허 자료를 분석하였다. 논문 자료 수집과 마찬가지로 본 논문에서 제시하는 키워드와 관련하여 수집, 분석되었다. 향후 연구를 대비하여 관련 기술의 동향을 알아보기 위해 Fig. 2 와 같이 네트워크 연계 기술과 네트워크 독립 기술로 분류했다. 여기에서 네트워크 연계는 관계 서버와 모바일 및 기기간의 통신을 포함하는 것을 나타낸다. 또한, Fig. 3 에 보여진 바와 같이 네트워크 연계 기술 21건 중 네트워크 연계 특허의 21건의 대해 출원년도에 대해 분류를 진행하였다. Fig. 4 에 보여진 바와 같이 최근 스마트 폰과 관련하여 IoT 환경에서의 활발한 기술개발 및 연구가 이뤄지는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 정성적 분석결과, 재난 상황이 발생할 경우 이를 감지하고 알람을 준다거나 스피커를 통해 안내방송을 해주는 등 단순한 형태의 IoT 기술이 대부분 이었다. 수집된 논문과 특허자료 중 활용하고자 하는 기기에 따른 분류, 총 53건을 바탕으로 분석한 결과 대부분 단순히 알람을 준다거나 수동적으로 지시만하는 단방향 형태의 기술이었다. 유도등, 모바일, 스피커 부분이 19건, 13건, 11건으로 조사되었는데 이는 81%이상에 해당하였다. 네트워크 연계된 실용적인 피난유도 기술은 현재까지 미흡한 것으로 나타났다. 특허 분석을 통해 재난 상황을 감지하는 여러 장치간의 네트워크 연계 기술이 공백기술로 파악되었으며 이를 보완하며 단순한 알람이나 지시만이 아닌 대피자 관점에서 필요한 정보의 제공과 주도적인 대피를 시도할 수 있는 새로운 개념의 기술이 연구 및 개발되어야 할 것으로 파악되었다.

## 2.3 기 수행된 연구 과제 조사

실제 연구과제의 실태를 확인하기 위해 수행되었던 국가 및 정부 과제에 대한 분석을 진행하였다. 자료는 2004년부터 2015년까지 총 9건의 피난 유도 및 경로 안내에 대한 국내 논문 자료를 수집하여 사사문구를 통해 확인되었다. 이 중 최단경로탐색 알고리즘 개발 및 연구에 관한 과제 3건, 시뮬레이션을 통한 대피 시간 연구 2건, 시뮬레이션 소프트웨어 개발 1건, 안내 유도등 개발 2건, 네트워크 연계된 시스템 제안 1건으로 파악되었다. 이 중 시스템 설계에 관한 연구에서는 실내 위치인식에 대한 중요성을 말하고 있지만 기술의 대한 적용 방안을 구체적으로 제시하지 못한 것으로 분석되었다.

국가차원에서 인명피해를 줄이기 위한 노력이 계속되고 있지만 현재까지는 단순 시뮬레이션 위주의 연구, 시스템 기초 설계에 대한 연구만 진행된 것으로 나타났다. 아직 걸음마 수준에서 활용 가능한 연구로 발전하기 위한 대책이 필요하다.

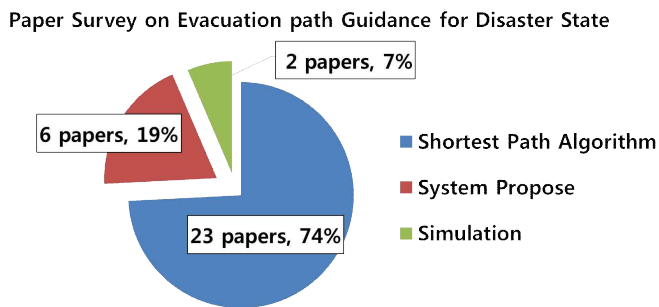


Fig. 1. Classification of 31 papers

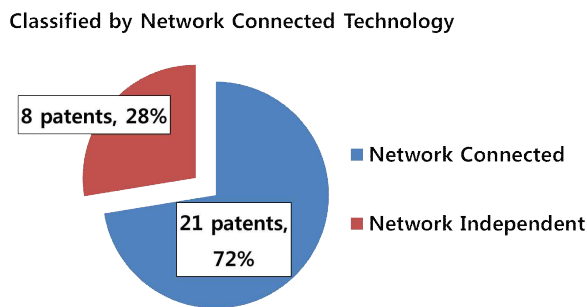


Fig. 2. Classification of 29 patents

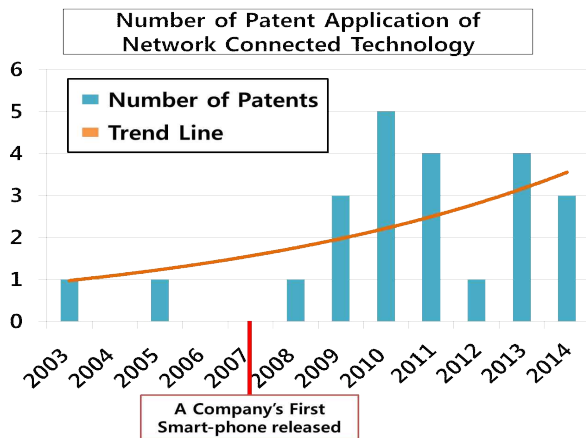


Fig. 3. Patent Trend of Network Connected Technology

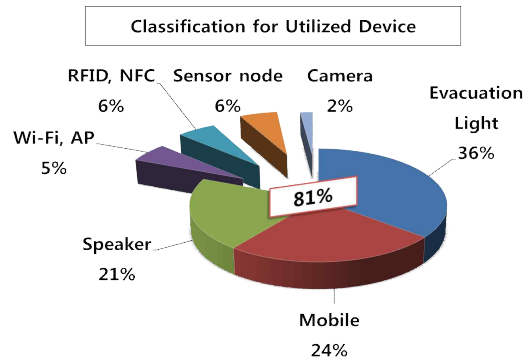


Fig. 4. Classification for Utilized Device

### 3. 실내 위치인식 기술

#### 3.1 실내 위치인식 기술의 중요성

2장에서 살펴본 자료 분석을 통해 선행연구의 문제점을 확인할 수 있었다. 컴퓨터 시뮬레이션 위주의 연구나 개념설계 위주의 자료들이 대부분이었다. 대피자의 위치를 중심으로 대피경로를 진행해야 하는 상황에서 실내 위치인식 기술의 부재로 인한 실내 피난유도 시스템 연구 및 개발의 한계점을 파악할 수 있었다. 대피자의 실내위치를 모르고 있는 경우에는 최단경로 알고리즘을 활용해 경로 안내를 돕는다고 하더라도 일방적인 안내나 지시를 받게 된다. 이러한 경우 광장과 같은 넓은 공간에서 대피자들은 한쪽 출구로 몰릴 수밖에 없다. 하지만 반대로 대피자의 실내위치를 알고 있는 경우에는 각각의 대피자 관점에서 최단시간 대피가 가능하고 대피인원에 따라 분산대피 또한 가능하다. Fig. 5.에 이와 같은 상황을 예시로 나타내었다.

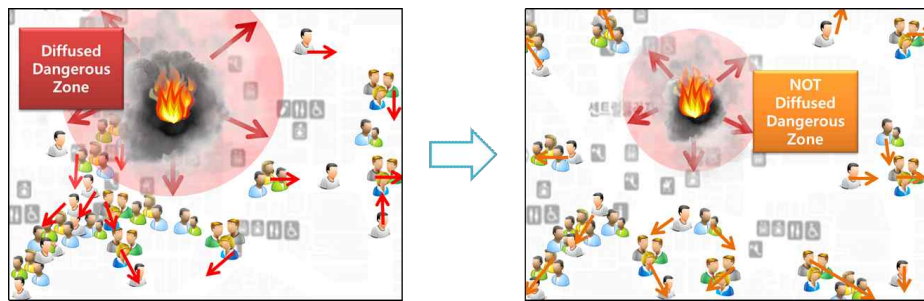


Fig. 5. Importance of Indoor Positioning Technology

#### 3.2 실내 위치인식 기술 소개

실외 위치인식 기술에는 GPS가 널리 사용되고 있다. 하지만 실내에서는 GPS를 활용할 수 없기 때문에 이를 위한 여러 기술들이 현재 연구, 개발되고 있다.

실내 위치인식 기술은 시스템적인 측면과 알고리즘 측면으로 살펴볼 수 있다. 우선 시스템적인 측면으로는 'Active'와 'Passive' 측위 기술로 나눌 수 있다. Fig. 6 에 보여진바와 같이 Active 측위 기술에는 radio frequency identification, 무선 인터넷 공유기(Wi-Fi)나 Bluetooth BLE Beacon과 같이 추적 대상의 송신기나 수신기를 갖는 형태의 기술을 말한다. 통신방법 및 형태로는 radio frequency (RF), infrared, ultrasonic, ultra-wideband 과 같은 통신 기술이 활용된다. 최근에는 스마트폰과 Wi-Fi의 높은 보급률을 활용한 실내 위치 인식기술의 대한 연구 및 개발이 크게 관심을 받고 있는데 이 기술이 Active

측위 기술에 속한다. Active 측위 기술과 반대로 추적 대상이 어떠한 송수신기 없이도 추적할 수 있는 방식이 Passive 측위 기술이다. 송수신장치의 부재에도 추적 대상의 위치를 파악하는 방식인 Passive 측위 방식이 앞선 기술임을 알 수 있다. 이 기술에는 CCTV나 camera를 활용한 computer vision, ultra-wideband, RF 등과 같은 통신, 기술이 활용된다.

알고리즘 측면으로는 Table. 1 과 같이 Distance, Range, Range-free 등 추적 및 탐지 대상의 거리를 추정하는 다양한 형태의 기법이 존재하며 추정 에러를 보정해줄 수 있는 Kalman, Particle, Complementary filter 등 다양한 필터링 기법이 존재한다. 각각의 기술에는 장단점, 특징이 있고 사용 목적, 연구 환경에 따라 활용될 수 있다.

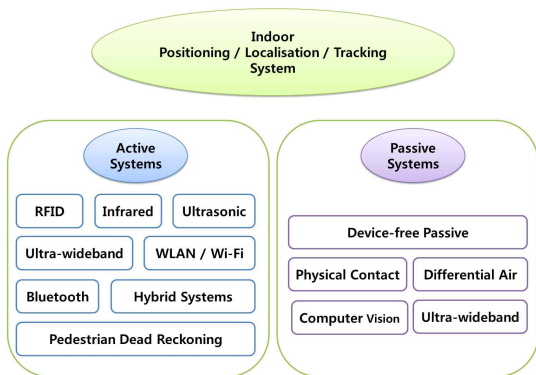


Fig. 6. Indoor Positioning Systems

Table 1. Physical measurement of Indoor positioning

Physical Measurement	
Distance	Receive Signal Strength
	Time Difference of Arrival
Angle	Angle of Arrival
Area	Single reference
	Multireference
Hop count	Per-hop distance
Neighborhood	Single neighbor
	Multineighbor

#### 4. 결론

본 논문에서는 총 31편의 국내의 논문, 총 29건의 국내 특허를 조사했고, 논문을 통해 9건의 기 수행된 연구 과제를 분석하였다. 논문과 특허를 통해 선행연구와 현재 진행되는 연구에 대해 파악할 수 있었고 국가차원에서 재난 상황 시 인명피해를 줄이기 위한 노력을 기울이고 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 선행 연구기술의 한계점도 확인 할 수 있었다. 실내 공간에서 재난이 발생할 경우 대피자의 위치를 판단하여 이를 기반으로 피난유도를 돕는 방식이기 때문에 대피자의 실내 위치인식은 필수적이다. 본 논문을 통해 3장에서 실내 위치인식 기술을 알아보았고 다양한 환경에서 활용할 수 있는 실내 위치인식 기술을 살펴보았다. 지금까지는 개념적이고 단편적인 연구로 단일 층만을 고려하거나 대피자의 분포와 행동 패턴만을 고려한 가상 시뮬레이션, 시스템 제안과 같은 개념설계 위주의 연구가 진행되었다면 향후 실질적인 피난 대피, 안내 기술로 발전하기 위해서 실내 위치정보 기반의 연구가 함께 이뤄져야 할 것이다. 특히, 특허 분석을 통해 공백 기술로 파악된 재난 상황을 감지하는 여러 장치간의 네트워크 연계 기술 및 단순한 알림이나 지시만이 아닌 대피자 관점에서 필요한 정보를 스마트폰과 같은 모바일 기기를 통해 제공하고 또한 모바일 기기의 위치 정보 수집을 통해 효과적인 대피를 시도 및 유도할 수 있는 새로운 개념의 기술이 연구 및 개발되어야 할 것으로 파악되었다.

또한, 논문을 통해 Dijkstra, ACO, A-star, genetic, Floyd 알고리즘과 같이 재난 상황에서 활용될 수 있는 최단거리 알고리즘을 알아보았고 IoT 환경에서의 네트워크 기반의 다양한 기술이 개발되고 있는 것을 확인 할 수 있었다. 최단 경로 알고리즘과 IoT 기술 및 기법, 실내 위치인식 기술의 융합을 통해 실제 환경에서 활용될 수 있는, 사건, 사고를 미연에 방지할 수 있는 기술연구 및 개발이 이뤄지길 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 국민안전처 사회재난안전기술개발사업의 지원으로 수행한 '사회재난 대응을 위한 융·복합기술 기반의 지향성스피커 등을 활용한 인명지킴이 시스템 개발'[MPSS-사회-2015-44]과제의 성과입니다.

## References

- Hwang, K. I. (2015). "Comparative Study on Predictions of Passengers' Evacuation Performances Before and After the Remodelling of MV SEWOL". *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, Vol. 39(1), pp. 105-114.
- Hong, w. h. & Jeon K. Y. (2005). "A study on safe egress countermeasure in Underground Space through the Analyzing survivors' exit patterns of Daegu city subway arson". *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 21(1), pp. 235-242.
- Murotsu, H., Fujimoto, M., Suzuki, T., Ebara, H., Wada, T., & Okada, H. (2014, November). "A novel evacuation route search algorithm for route distribution of evacuees groups in fire disasters". In *Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC)*, pp. 182-188.
- Yuan, Y., & Wang, D. (2007, August). "Multi-objective path selection model and algorithm for emergency evacuation. In *Automation and Logistics*". *IEEE International Conference on* pp. 340-344.
- Liu, J., Rojas-Cessa, R., & Dong, Z. (2015, September). "Real-time evacuating routing during earthquake using a sensor network in an indoor environment". In *Sarnoff Symposium, 2015 36th IEEE* (pp. 76-81).
- Li, Q., Fang, Z., Li, Q., & Zong, X. (2010, June). "Multiobjective evacuation route assignment model based on genetic algorithm". In *Geoinformatics, 2010 18th International Conference on* (pp. 1-5).
- Ye, Z., Yin, Y., Zong, X., & Wang, M. (2014, December). "An Optimization Model for Evacuation Based on Cellular Automata and Ant Colony Algorithm". In *Computational Intelligence and Design (ISCID), 2014 Seventh International Symposium on* (Vol. 1, pp. 7-10).
- Lee, K. Y., Kim, D. O., Kim, D. W., Mun, H. W., Gil, H. J. & Kim, H. K. (2009). "The Embody of the Direction Escape Algorithm for Optimization Escape". *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 23(10), pp. 115-120.
- Xu, Y., Wang, Z., Zheng, Q., & Han, Z. (2012, August). "The Application of Dijkstra's Algorithm in the Intelligent Fire Evacuation System". In *Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC), 2012 4th International Conference on* (Vol. 1, pp. 3-6).
- Kim, J. K., & Lee, Y. I (2012). "Development of Evacuation Path Algorithm for Transfer Center". *Journal of Korean society of Transportation* Vol. 66 pp. 420-425
- Fan, Y., Xinping, Y., & Kun, X. (2008, November). "Evacuation Flow Assignment based on Improved MCMF Algorithm. In *Intelligent Networks and Intelligent Systems*", 2008. *ICINIS'08. First International Conference on* (pp. 637-640).
- DONGNAMENS Inc.. (2010). Device for automatic disaster warning and evacuation guide of high building, Korean patent 10-2010-0024952
- SEGAON Inc.. (2011). System for delivering urgent disaster information and method, Korean patent 10-2011-0016042.
- Greenfish ART Inc.. (2014). Emergency evacuation information system using NFC, Korean patent 10-2014-0139582.
- Kim, K. J. (2014). Apparatus for mobile phone based fire evacuation, Korean patent 10-2014-0082112.
- DAESHIN NETWORKS Inc.. (2012). A device for indicating optimized evacuation exit path with characters and sound, Korean patent 20-2012-0012154.
- Cho, O. H., Yoo, S. H., Park, M. J., Han, J. G., & Kim, E. K., (2011). "Augmented reality disaster evacuation system using smartphone". *Journal of Korea Institute of Electronic Communication Science*, Vol. 5(2), pp. 428-431.
- Deak, G., Curran, K., & Condell, J. (2012). "A survey of active and passive indoor localisation systems". *Computer Communications*, 35(16), 1939-1954.
- Liu, Y., Yang, Z., Wang, X., & Jian, L. (2010). Location, localization, and localizability. *Journal of Computer Science and Technology*, 25(2), 274-297.
- Shang, J., Hu, X., Gu, F., Wang, D., & Yu, S. (2015). "Improvement Schemes for Indoor Mobile Location Estimation: A Survey". *Mathematical Problems in Engineering*, 2015.