

돌발성 재해에 대비한 긴급 피난 지원 시스템의 구현

황준수 · 최영복*

Implementation of Emergency Evacuation Support System in Panic-type Disaster

Jun-Su Hwang · Young-Bok Choi*

Department of Electronic Engineering, Tongmyung University, Busan 48520, Korea

요 약

세계적으로 지진, 해일, 홍수, 폭설 등의 자연 재해와 화재, 방화, 테러 등의 인위적 재해가 빈번하게 발생하고 있으며, 이러한 다양하고 예측 불가능한 재해로 인해 다수의 사상자가 발생하고 있다. 재해 발생 시 빠른 시간에 재해 발생 여부를 파악하여 재해 발생 위치와 적절한 피난 경로 등의 정보를 피해자에게 제공한다면 신속히 안전한 장소로 대피가 가능하여 피해를 최소화 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 실내공간에서 공황상태가 발생했을 경우 사람들의 움직임을 파악하여 긴급 재해 발생 여부를 신속히 탐지하고 이를 통해 상황에 따라 신속하고 안전하게 대피가 가능하도록 긴급 피난 지원 시스템의 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 이동 단말기에서는 실내 보행자의 행동과 위치를 분석하여 서버로 전송하고 서버에서는 전송받은 정보를 토대로 긴급상황 여부를 판단한다. 긴급상황이 발생하면 서버는 이동 단말기에게 이를 통보하고, 실내 보행자는 이동단말기를 이용하여 비상탈출을 실시하게 된다.

ABSTRACT

Recently, natural disasters including earthquakes, tsunamis, floods, and snowstorms, in addition to disasters of human origin such as arson, and acts of terror, have caused numerous injuries and fatalities around the world. During such disasters, victims need to obtain information such as the exact location of the disaster and appropriate evacuation routes in order to relocate to safe areas. In this study, We propose the algorithm for Emergency Rescue Evacuation Support System(ERESS). In case a emergency disaster occurs, ERESS is possible to detect it quickly using through the movement of people. The mobile terminal analyzes behavior and location of indoor pedestrian. And it sends the result to the server. The server determines whether an emergency situation occurred or not based on the received transmission information. When an emergency situation occurs, the server will notify it to the mobile terminal. Then, indoor pedestrian conduct emergency evacuation using mobile terminal.

키워드 : 긴급피난지원시스템(ERESS), 위치인식, 9축센서, 행동판단

Key word : Emergency Rescue Evacuation Support System(ERESS), localization, 9-axis sensor, behavior analysis

Received 11 May 2016, Revised 16 May 2016, Accepted 24 May 2016

* **Corresponding Author** Young-Bok Choi (E-mail:ybchoi@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1142)
Department of Electronic Engineering, Tongmyung University, Busan 48520, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.7.1269>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

세계적으로 지진, 해일, 홍수, 폭설 등의 자연 재해와 화재, 방화, 테러 등의 인위적 재해가 빈번하게 발생하고 있으며, 이러한 다양하고 예측 불가능한 재해로 인해 다수의 사상자가 발생하고 있다[1, 2]. 재해 발생 시 빠른 시간 내에 재해 발생 여부를 파악하여 재해 발생 위치와 적절한 피난 경로 등의 정보를 피해자에게 제공한다면 신속히 안전한 장소로 대피가 가능하여 피해를 최소화 할 수 있다. 이에 본 논문에서는 실내공간에서 공황상태가 발생 했을 경우 사람들의 움직임을 파악하여 긴급 재해 발생 여부를 신속히 탐지하고 이를 통해 상황에 따라 신속하고 안전하게 대피가 가능하도록 긴급 피난 지원 시스템의 알고리즘을 제안하고 구현하였다. 이동 단말기에서는 실내 보행자의 행동과 위치를 분석하여 서버로 전송하고 서버에서는 전송받은 정보를 토대로 긴급상황 여부를 판단하며, 긴급상황이 발생 하면 서버는 이동 단말기에게 이를 통보한다.

II. 관련 연구

현재 세계적으로 재해에 관한 많은 연구가 진행되고 개발되고 있지만, 종합적인 재해 감지 및 피난 유도 시스템은 아직 연구 중이거나 그 이론만 제시된 상태이다. 전 세계 곳곳에서 재해가 빈번하게 발생하고 있으므로 이론 상태의 연구를 좀 더 발전시켜야 할 필요가 있다. 긴급 피난 지원 시스템(ERESS : Emergency Rescue Evacuation Support System)은 Mobile Ad-hoc Network(이하 MANET) 환경 하에서 LPS(Local Positioning System), 가속도 센서, 방향 센서 등으로부터 얻어지는 센싱 정보를 바탕으로 재해 상황을 감지하고 재해 발생 시 재해에 근접한 사람들에게 실시간으로 재해에 관한 정보를 제공하고 피난 지원을 유도해주는 시스템이다. 이 시스템은 실내에서 공황상태에 빠진 사람을 신속하고 안전하게 대피시켜 재해로 인한 피해를 최소화하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 재해 발생 시 피해자의 휴대 단말기를 이용하여 실시간으로 재해를 감지하고, 안전한 장소로 신속하게 대피를 유도하며, 구조자에게 신속하게 이재민을 발견 및 구조를 가능하도록 지원하는 시스템이 연구되고 있다[3-6]. ERESS

시스템은 제안된 이론 중 실제 상황에 적용이 가능할 정도로 많은 부분 정리가 되어 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 제안만 된 ERESS 시스템 이론에서 좀 더 나아가 관련 알고리즘을 설계 및 구현하여 좀 더 구체화된 ERESS 시스템을 제시하였다.

III. 실내 보행자의 행동 분석 및 위치 추정 시스템

3.1. 시스템의 구성

긴급 피난 지원 시스템은 실내공간에서 돌발성 재해가 발생 했을 경우에 효과적인 재해 판단과 대피 지원을 위해서 실내 보행자의 위치 추정과 행동을 분석하는 기능이 필요하다. 본 연구는 정확한 실내 위치 측위에 대한 연구가 아니므로 위치 추적이라는 용어 대신 위치 추정이라는 용어를 사용한다. 제안하는 시스템은 서버와 클라이언트로 나뉜다. 클라이언트는 실내 공간의 보행자가 가지는 단말기로 가정한다. 단말기는 자신의 위치를 조회하고 추정하는 기능과 자신의 행동을 분석할 수 있는 기능을 가진다. 서버는 여러 단말기로부터 전송받은 데이터를 분석하여 긴급상황을 판단하고 긴급 상황 시 대피를 지시한다.

3.2. 실내 보행자의 행동 분석 시스템

실내 보행자의 행동을 분석하는 시스템에서는 가속도 센서를 사용한다. 실내 보행자가 정지, 걷기, 달리기 의 세 가지의 행동을 하였을 때 센서는 어떤 파형을 보이는지 알기 위하여 선행 실험을 해보았다. 센서의 앞, 뒤 방향을 가속도 x축, 센서의 좌, 우 방향을 y축, 센서의 위, 아래 방향을 z축이 되도록 실험자의 허리에 고정하였다.



Fig. 1 z-axis sensor waveform of walking and running

실험 결과, 실험자의 허리를 중심으로 가속도 z축이 수직방향으로 일정한 움직임을 보였다. 따라서 본 연구에서는 가속도의 z축의 움직임을 통해 행동을 분석하였다. 그림 1에 실험자가 걷기, 달리기 행동을 하였을 때 z축의 센싱 데이터를 100개 단위로 나누어 100개 중에 최고 값을 샘플링 한 결과를 나타내었다.

그림 1의 좌측은 걷기의 센서 파형이며 우측은 달리기의 센서 파형이다. 그림 1에 나타난 바와 같이 가속도 센서의 z축 파형은 걷기, 달리기의 행동을 명확하게 구분할 수 있다. 정지, 걷기, 달리기 3가지 행동을 구분하려면 정지와 걷기 사이와 걷기와 달리기 사이에 최소 2가지 판단 기준이 필요하다.

가속도 센서의 z축 기본 값은 중력가속도로 인해 약 0.9이다. 그러므로 가속도 센서의 z축 값에 변화가 생기면 사용자는 이동한다고 판단한다. 따라서 0.9의 수치는 정지와 걷기 사이의 움직임 판단 기준이 된다.

움직임이 판단되면 이 움직임이 걷기인지 달리기인지 판단해야 한다. 그러나 움직임의 판단기준의 경우 물리적인 값을 사용하여 모두에게 적용이 가능하나 걷기나 달리기의 경우 키, 발 크기, 보폭 등의 개개인 신체 조건이 다르기 때문에 사용자마다 센서 값이 달라 걷기, 달리기의 판단 기준을 수치적으로 동일하게 정할 수 없다. 이로 인해 본 연구에서는 사전 학습 단계를 거친다. 사전 학습 단계에서는 사전에 사용자의 걷기와 달리기의 데이터를 각각 10초간 저장을 한다. 이후 저장된 데이터 중 걷기 데이터의 최저 값과 달리기 데이터의 최고 값의 평균을 구한다. 이 평균 값은 걷기와 달리기의 데이터를 이분하는 명확한 판단 기준이 된다[2]. 그림 2와 그림 3은 행동 학습 및 행동 판단기준 도출 알고리즘 행동 분석 알고리즘을 나타낸다.

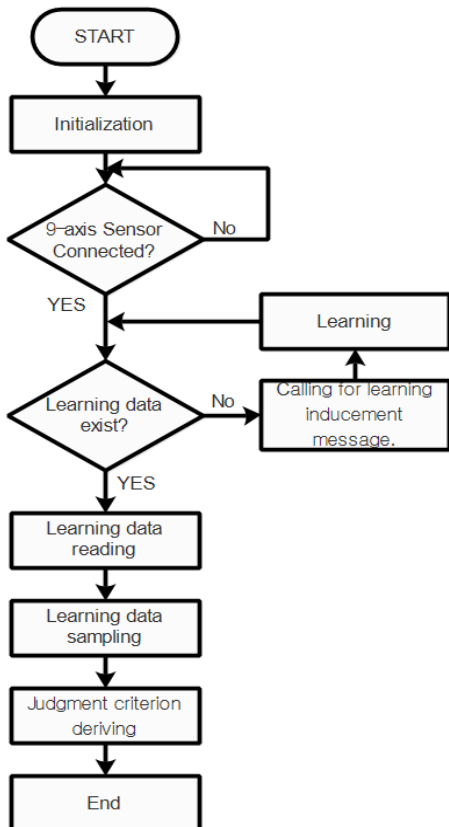


Fig. 2 Learning and Judgment criterion deriving algorithm

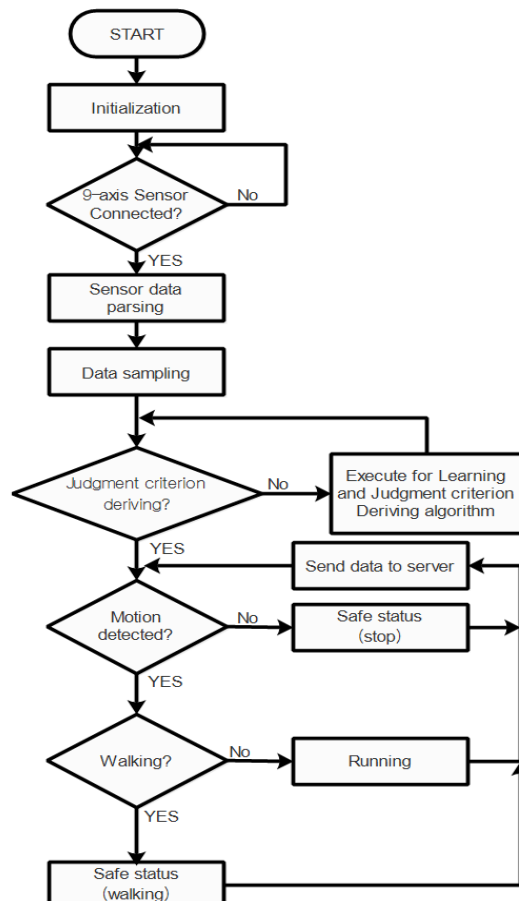


Fig. 3 Behavior analysis algorithm

3.3. 실내 보행자의 위치 추정 시스템

단말기의 블루투스 4.0 리더기는 사람의 위치를 추정하기 위해 블루투스 4.0기반의 비콘(Beacon)을 탐색하는데 사용한다. 본 연구에서 사용한 비콘은 (주)퍼플즈의 RECO 제품을 사용하였다. 비콘은 능동적으로 자신의 MAC 주소를 블루투스4.0 기반의 신호로 브로드캐스트하며 블루투스 4.0 리더기가 해당 비콘의 MAC 주소를 읽어 사전 기록데이터와 비교하여 사람의 위치를 추정하게 된다. 본 연구에서는 구역별로 비콘을 배치하고 비콘의 신호 도달 거리를 각각 30m반경의 범위를 가지도록 설정하였다[7]. 그림 4는 위치 추정 알고리즘을 나타낸다.

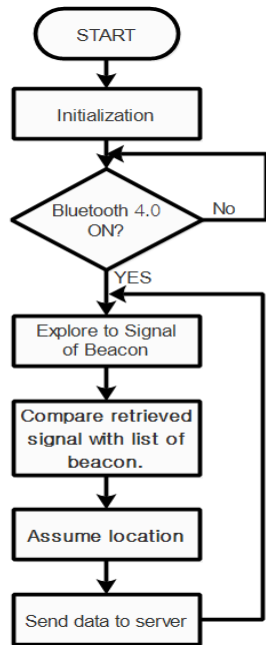


Fig. 4 Localization algorithm

3.4. 긴급 상황 판단 시스템

유동인구가 많은 공항이나 백화점같이 넓은 공간에서 화재가 났다고 가정해보자. 화재에 가까이 있는 사람은 화재를 발견하면 우선 패닉에 빠지게 된다. 이후 상황파악을 하고 패닉에서 벗어나면 주변을 인지하고 위험을 느껴 대피장소를 찾아 빠른 속도로 달리기 시작한다. 반면 화재가 일어난 장소에서 멀리 있거나 다른 층에 있는 사람들은 무슨 일이 일어났는지 알 수 없어

대피가 늦어진다. 여기에서 두 가지 사실을 알 수 있다. 첫 번째, 긴급 상황이 발생하면 재해 근처에 있는 다수의 사람이 일정한 단위 시간 내에 달리기 수준의 급격한 움직임을 보인다. 이를 이용하여 같은 공간 내의 사람 수 중 과반수가 짧은 시간 내에 달리기로 판단되면 이는 긴급 상황이 일어난 것으로 판단할 수 있다. 두 번째, 재해에서 멀리 떨어진 사람들은 재해 발생 시 이에 대한 대피가 늦어진다. 그러므로 재해에서 멀리 떨어진 사람에게는 긴급 상황의 발생 사실을 신속히 알려야 한다. 따라서 서버에서는 각 사용자의 행동을 파악하여 긴급 상황의 발생 여부를 판단하고 이를 신속하게 알려줄 수 있어야 한다[8]. 그림 5는 긴급 상황 판단 알고리즘을 나타낸다.

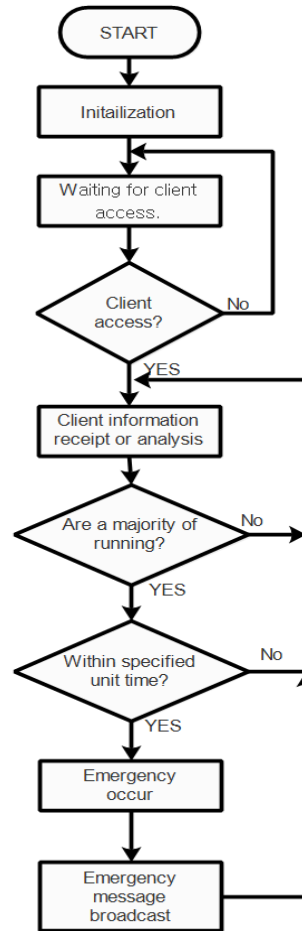


Fig. 5 Emergency situation judgement algorithm

IV. 구현

본 장에서는 앞 장에서 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 프로그램을 구현하였다. 단말기 프로그램에서는 가속도 센서 데이터와 비콘의 위치정보를 바탕으로 자신의 위치와 행동을 판단하고 서버 프로그램에서는 각 단말기의 정보를 종합하여 긴급 상황 판단을 하고 대피를 지시한다. 프로그램은 Windows 환경에서 Visual Studio 2010 툴을 사용하여 C# 언어로 프로그램을 작성하였다.

4.1. 클라이언트

클라이언트는 단말기에서 동작하는 프로그램으로 자신의 행동을 분석하고 위치를 추정하는 기능을 가진다. 따라서, 행동 학습 및 행동 판단 기준 도출 알고리즘과 행동분석 알고리즘, 위치 추정 알고리즘이 동작한다. 그림 6은 클라이언트 프로그램의 기본 화면이다.



Fig. 6 Screen of running a client program

4.2. 서버

서버는 여러 클라이언트의 정보를 모으고 분석하여 긴급상황을 판단하며, 긴급 상황 시 클라이언트의 대피를 유도하는 기능을 가진다. 따라서, 긴급 상황 판단 알고리즘이 동작한다. 그림 7은 서버 프로그램의 기본 화면이다.

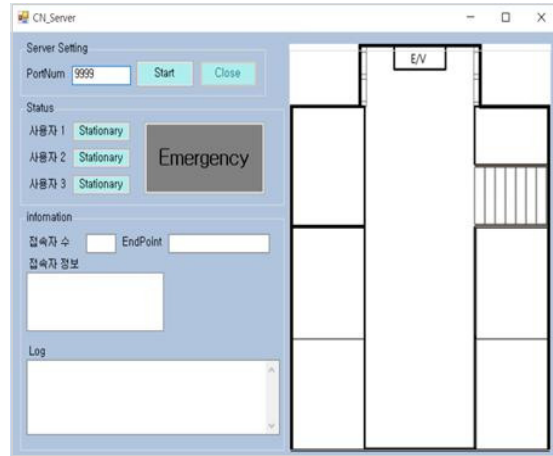


Fig. 7 Screen of running a server program

V. 성능평가

본 장에서는 구현한 프로그램의 성능을 평가하기 위해 긴급 상황을 가정하여 실내 보행자의 위치를 추정하고 보행자의 움직임을 통해 긴급 상황 여부를 판단하는 실험을 하였다.

5.1. 시스템 평가 기준

프로그램의 성능을 평가하기 위해 편의점, 도서관의 시나리오를 구성하고 시나리오 상황 속에서 시스템이 실험자의 행동과 행동에 따른 상황 판단을 올바르게 하는지 검증하였다. 표 1은 시스템의 평가 기준을 나타낸다.

Table. 1 Evaluation criteria of System

classification	Evaluation criteria of System
Assume location	Does showing the location of the experimenter correctly?
Behavior analysis	Does showing the behavior analysis of the experimenter correctly?
Emergency situation judgement	Does showing judgement of the emergency situation correctly?

5.2. 실험 결과

본 절에서는 동작하는 프로그램의 실행 화면을 통해

각 시나리오 상황 속에서 프로그램의 성능을 보여준다. 그림 8과 그림 9는 클라이언트의 실행 화면이고 그림 10은 서버의 실행 화면이다.



Fig. 8 Result of behavior analysis(client, walking)



Fig. 9 Result of behavior analysis(client, running)

위치 추정과 행동 판단의 경우 그림 8을 보면 그림 9의 클라이언트의 그래프를 보면 그래프의 추이가 실험자의 기존에 학습을 통한 판단기준에 근거하여 올바르게 판단되고 있고 그림 10의 서버에서 각 클라이언트의 행동이 표시가 되고 있음을 알 수 있다. 그림 8의 경우 그래프의 추이가 걷기의 판단 기준을 초과하여 걸기로 판단하고 있음을 알 수 있고 그림 9의 경우 그래프의 추이가 달리기 판단 기준을 초과하여 달리기로 판단됨을 알 수 있다. 전체적으로, 그림 8~ 그림10을 통해 클라이언트의 위치가 서버에 올바르게 전달되고 있음을 확인할 수 있다.

긴급상황 판단의 경우 그림 11의 서버에서 과반수의 사용자가 급격히 움직이는 것을 감지하여 긴급상황을 판단하였고 각 클라이언트에게 긴급상황 임을 알린 것을 그림 12의 클라이언트에 나타내고 있다.

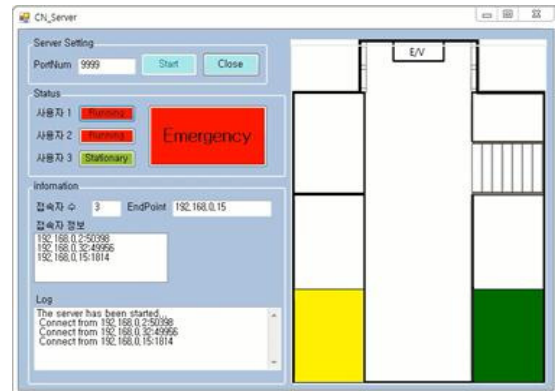


Fig. 11 Result of emergency situation judgement

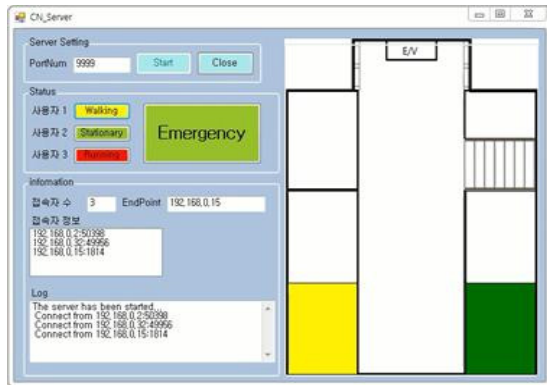


Fig. 10 Result of behavior analysis(server)

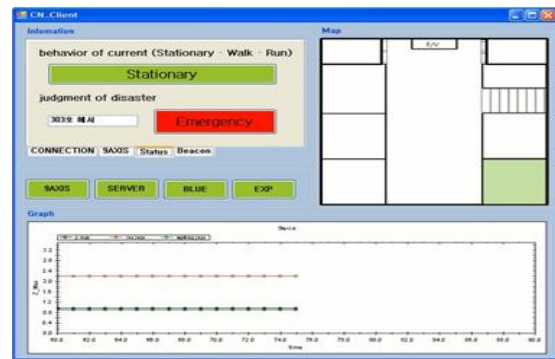


Fig. 12 Screen of terminal receiving an emergency message

표 2는 클라이언트 프로그램에서 정지, 걷기, 달리기
의 행동을 각각 수행하는 실험을 100회 반복적으로 실
시하여 획득한 데이터를 통해 각 행동이 판단되는 시간
을 나타낸다.

Table. 2 Time required for identifying behavioral change

Behavioral change	Time required for determination (s)
Stationary → Walking	1
Stationary → Running	1.6
Walking → Stationary	3.6
Walking → Running	1.42
Running → Stationary	1.87
Running → Walking	3.2
Average time required for determination	2.11

표 2를 통해 정지상태에서 다음 행동으로 판단되는
시간은 1.6초 이내로 판단되며, 걷기에서 정지로 판단
되거나 달리기에서 걷기로 판단되는 시간은 평균 2.5초
정도로 비교적 시간이 걸림을 알 수 있다. 하지만 이를
통해 정지, 걷기, 달리기 등의 행동 판단이 평균적으로
2.11초 이내로 판단됨을 알 수 있다.

표 3은 서버 프로그램에서 긴급 상황을 판단하는 실험
을 100회 반복적으로 수행한 결과이다. 긴급 상황
판단 시간은 평균 1.26초로서 신속하게 판단됨을 알
수 있다.

Table. 3 Time required for identifying an emergency situation

Behavioral change	Time required for determination (s)
Emergency situation judgement	1.26

VI. 결론

재해 발생 시 빠른 시간 내에 재해 발생 여부를 파악
하여 재해 발생 위치와 적절한 피난 경로 등의 정보를
피해자에게 제공한다면 신속히 안전한 장소로 대피가
가능하여 피해를 최소화 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 공황상태가 발생했을 경우 사람
들의 움직임을 파악하여 긴급 재해 발생 여부를 신속히
탐지하고 이를 통해 상황에 따라 신속하고 안전하게 대
피가 가능한 공황상태를 유발하는 재해에 대비한 긴급
피난 지원 시스템의 알고리즘을 제안하고 구현하였다.
가속도 센서를 이용한 행동분석 알고리즘, 블루투스 4.0
기반 비콘을 이용한 위치 추정 알고리즘을 제시하였으
며, 이들 알고리즘의 성능 검증을 위해 프로그램을 구
현하였다. 주어진 시나리오 상황에서 긴급상황의 판단
은 평균 1.26초 이내로 빠른 판단을 보였으며 클라이언
트의 행동분석 및 위치 추정은 평균 2.11초 이내의 판단
시간을 보였다.

기존 ERESS 시스템에 본 연구 내용을 적용 시킬 경
우 실내 공간에서 사람들의 움직임을 분석하고 신속한
재해 감지를 통하여 실제 재해 상황에서 공황에 빠진
사람들을 도와 재난 지역을 우회하며 비상구의 혼잡을
감소시키는 최단의 탈출 경로를 안내할 수 있을 것으로
기대된다.

완전한 ERESS를 구축하기 위해서는 서버와 단말기
의 환경 개선이 필요하며 좀 더 복잡한 재해 상황을 감
지하고 판단하는 알고리즘 등의 설계와 적용이 추가로
필요하다. ERESS에 대한 연구는 일본 간사이 대학과
공동으로 진행하고 있으며, 차기의 공동 연구 실험을
통해 본 연구 내용을 더욱 발전시키는 것을 향후 과제
로 삼고 있다.

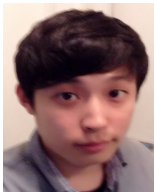
ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Basic Science
Research Program through the National Research
Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry
of Education(2011-0024976)

REFERENCES

- [1] Jun-Su Hwang, Young-Bok Choi, "A Behavior Analysis and
Emergency Determination System Based on a 9-Axis Sensor
for Emergency Rescue Support," *Information*, vol.19, no.1,
pp.201-206, Jan. 2016.

- [2] Jun-Su Hwang, Young-Bok Choi, "Implementation of 9-axis Sensor based Behavior Analysis System for Emergency Rescue Support," *ICFICE2015*, pp.325-328, Jun. 2015.
- [3] W.H. van Willigen, R.M Neef, A. van Lieburg, M.C Schut , "WILLEM: a Wireless IntelLigent Evacuation Method," *2009 Third International Conference on Sensor Technologies and Applications*, pp.382-387, Jun. 2009.
- [4] A. Filippoupolitis, E. Gelenbe, "A Distributed Decision Support System for Building Evacuation," *2nd Conference on Human System Interactions 2009 (HSI 2009)*, pp.323-330, May 2009.
- [5] T. Tsunemine, E. Kadokawa, Y. Ueda, J. Fukumoto, T. Wada, K. Ohtsuki, H. Okada, "Emergency Urgent Communications for Searching Evacuation Route in a Local Disaster," *IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2008 (CCNC 2008)*, pp.1196-1200, Jan. 2008.
- [6] C. Okada, R. Miyamoto, A. Yamane, T.Wada, K.Ohtsuki, H.Okada "A Novel Urgent Communications Technologies for Sharing Evacuation Support Information in Panic-type Disasters," *The Sixth International Conference on Networking and Services (ICNS 2010)*, pp.162-167, Mar. 2010.
- [7] Jun-Su Hwang, Young-Bok Choi, "Emergency Situation Determination System based on Beacon-based Positioning," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol.2015, no.11, pp.700-701 Nov. 2015.
- [8] Jun-Su Hwang, Young-Bok Choi, "Implementation of Emergency Situation Determination System for Emergency Rescue Support System," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol.2015, no.06, pp.680-681 Jun. 2015.



황준수(Jun-Su Hwang)

2014년 2월 : 동명대학교 전자공학과 (공학사)
2014년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 대학원 전기전자정보통신공학과
※ 관심분야 : 유비쿼터스, 임베디드, 통신 네트워크



최영복(Young-Bok Choi)

1984년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 8월 : 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1996년 3월 : 오사카대학교 대학원 통신공학과 (공학박사)
1984년 8월 ~1985년 8월 LG전자 가전연구소
1985년 9월 ~ 1992년 7월 한국전자통신연구원
1996년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, 통신 네트워크