

재난약자 대피 도움장치 활용을 위한 화재 피난 시뮬레이션 분석 연구

A Study on Fire and Evacuation simulation analysis for use of Disaster Vulnerable Personal Evacuation Device

최두찬^{1*} · 황현수² · 고민혁³ · 이시유⁴

Doo Chan Choi^{1*}, Hyun Soo Hwang², Min Hyeok Ko³, Si Yu Lee⁴

¹Chief Executive Officer, KF UBIS Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea

²Chief Executive Officer, KF UBIS Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea

³Assistant Researcher, KF UBIS Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea

⁴Researcher, KF UBIS Co., Ltd., Seoul, Republic of Korea

*Corresponding author: Doo Chan Choi, cdc4111@kfubis.com

ABSTRACT

Purpose: In fire case, nursing hospitals are subject to considerable restrictions on evacuation due to the characteristics of occupants and vulnerable elements of buildings, it is important to make evacuation device for vulnerable person, and need how to intend to increase the efficiency of evacuation by fire and evacuation simulation with helper **Method:** The smoke characteristics were analyzed by time through fire simulation, finally, the number of helpers according to the day and night was entered, and the evacuation completion time was compared and analyzed using the evacuation simulation. **Result:** It was found that the evacuation time was shortened by more than 20% when the evacuation assistance device was used for the vulnerable, and the evacuation time was delayed by almost 70% in case of a fire at night compared to the daytime. **Conclusion:** If the horizontal and vertical evacuation device are effectively utilized in actual fire situations, a strategy appropriate to the situation is deemed necessary. It is expected that evacuation efficiency will increase based on the use of horizontal evacuation device and vertical evacuation device by developing evacuation manuals

Keywords: Device for Disaster Vulnerable Personal Evacuation, Horizontal Evacuation, Vertical Evacuation, fire dynamics simulation, evacuation simulation, analysis

요약

연구목적: 화재 발생 시 요양병원은 재실자 특성, 건물의 취약요소 등으로 인해 피난하는데 상당한 제약이 따르며, 요양병원 내 환자를 대피시킬 수 있는 제품 개발을 하여 피난의 효율을 높이고자 한다. 인공 지능 기반 자율주행형 재난약자 대피 도움장치를 개발하였고, 효율적으로 사용하기 위해 화재 및 피난 시뮬레이션에 활용하였으며, 환자 대피를 돕는 조력자에 대한 분석을 연구하고자 한다. **연구방법:** 화재 시뮬레이션을 통해 시간 별 연기 성상 분석을 하였으며, 최종적으로 주간 야간에 따른 조력자수를 입력하고, 피난시뮬레이션을 활용하여 피난 완료 시간을 비교 분석하였다. **연구결과:** 재난약자 대피 도움장치를 활용하였을 경우 대피 시간은 20%이상 단축이 되는 것을 알 수 있었으며, 주간 대비 야간의 화재 발생 시 대피 시간은 70% 가까이 늦어짐을 알 수 있었다. **결론:** 수평·수직 대피 도움장치를 실제 화재 상황에서 효율적으로 활용할 경우 상황에 맞는 전략이 필요할 것으로 판단된다. 추후 화재 상황별 시나리오에 따른 대피 매뉴얼을 개발함으로써, 수평 대피 도움장치 및 수직 대피 도움장치에 대한 활용에 대한 내용을 바탕으로 피난의 효율성이 증대될 것으로 기대된다.

핵심용어: 재난약자 대피 도움장치, 수평 대피, 수직 대피, 화재 시뮬레이션, 피난 시뮬레이션, 비교분석

Received | 23 November, 2020

Revised | 9 December, 2020

Accepted | 10 December, 2020

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

화재 발생 시 요양병원은 재실자 특성, 건물의 취약요소 등으로 인해 피난하는데 상당한 제약이 따른다. 일반적인 피난은 거실에서 복도를 통해 계단으로 피난하게 되어 있다. 재실자 특성상 대부분은 고령의 환자이며 자력으로 계단을 통한 피난이 어려울 수 있다. 특히 거동을 못하는 외상환자인 경우 피난을 도울 수 있는 조력자가 필히 있어야 하며, 피난을 할 때 조력자 최소 2명 이상이 매트리스를 끌어 이동을 하게 된다.

요양병원에서 피난을 하기 위하여 미끄럼대, 외부 경사로를 활용할 수 있다. 김포 요양병원 화재 사례를 분석해 보면 옥외 주차장과 연결된 경사로를 통해 피난을 하게 되어 큰 인명 피해를 줄일 수 있었다. 그러나 국내 요양병원에서 외부에 경사로를 설치하는 경우는 드물다.

국내에서 피난에 대해 스프링클러, 피난시설 등과 같은 설비의 제도적 개선이 지속적으로 이루어지고 있으며, 아울러 요양병원 내 환자를 대피시킬 수 있는 제품 개발을 하여 피난의 효율을 높이고자 한다.

재실자 특성 및 건물의 취약요소 등으로 인한 문제를 대비하여 요양병원 내 환자를 대피시키기 위해 수평 및 수직 대피가 가능한 인공지능 기반 자율주행형 재난약자 대피 도움장치를 개발하였으며, 사용적인 측면에서 효율성을 고려하기 위한 연구가 필요하다고 판단하였다.

따라서 본 논문에서는 재난약자 대피 도움장치를 효율적으로 사용하기 위해 화재 및 피난 시물레이션을 활용하여 환자 대피를 돕는 조력자로서의 효과를 분석하고자 하였다.

재난약자 대피 도움장치 개발

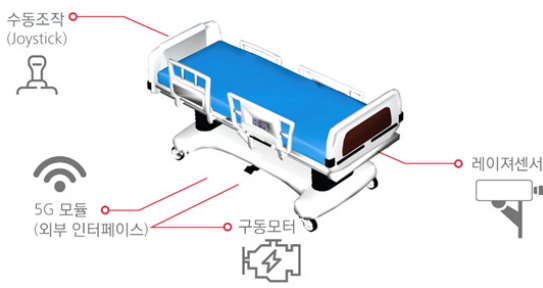
재난약자 대피 도움장치의 구성

재난약자 대피 도움장치는 수평 및 수직 피난을 충족시키도록 환자를 이송할 수 있는 침대형태의 수평 대피 도움장치와 건축물 외벽에 설치되는 탑승기인 수직 대피 도움장치로 구성되어 있다. 화재 발생 시 거동을 못하는 환자를 수평 대피 도움장치를 통해 수직 대피 도움장치로 이동하게 되며, 수직 대피 도움장치로 피난층 혹은 지면으로 닿을 수 있도록 하였다.

수평 대피 도움장치의 개요

자율주행기술

Fig. 1과 같이 수평 대피 도움장치는 침대 구조의 자율주행기술을 기반으로 하고 있다. 수평 피난을 충족시킬 수 있도록 입



<Example(From pathfinder model)>

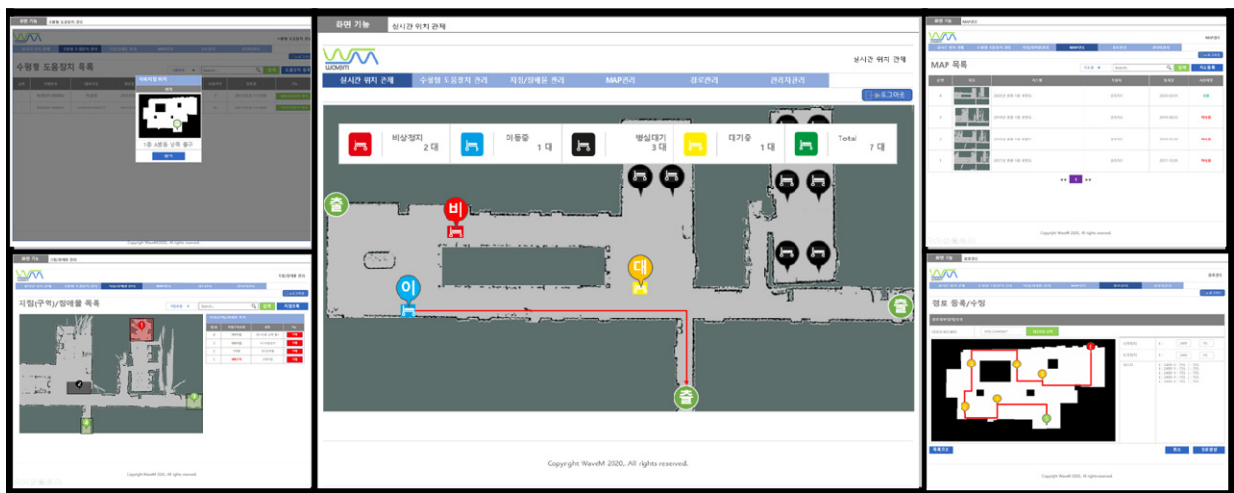
<Assembly>

Fig. 1. Horizontal evacuation device

원실의 침대가 병원 내 Map을 생성 하여 자율주행 알고리즘을 통해 출발 위치와 목표 위치 경로를 파악 하여 주행하게 된다. 아울러 레이저 센서, IMU(Inertia Measurement Unit) 센서 등을 통하여 장애요인을 감지하고 회피 시스템을 개발하였으며, 비상 시 수동으로 조작할 수 있도록 하였다.

관제시스템

수평 대피 도움장치를 설치하였을 때 통합적으로 관리하는 시스템이 필요하다. 또한 화재구역을 설정할 수 있어 화재 발생 시 수평 대피 도움장치가 화재 위치를 피해 이동할 수 있도록 설정할 수 있다. 아울러 Fig. 2에 따라 실시간 위치 관제, 장애물, MAP, 경로 Traffic 관리를 한다.



<Main display>



<Real time>



<Management>

Fig. 2. Control system

수직 대피 도움장치의 개요

건물 외벽에 설치하여 수평 대피 도움장치의 환자를 수직 대피 도움장치에 인계하게 되며, Fig. 3에 따라 평상시 접이식으로 있다가 화재 발생 시 펼쳐져서 탑승기 구조체가 된다.

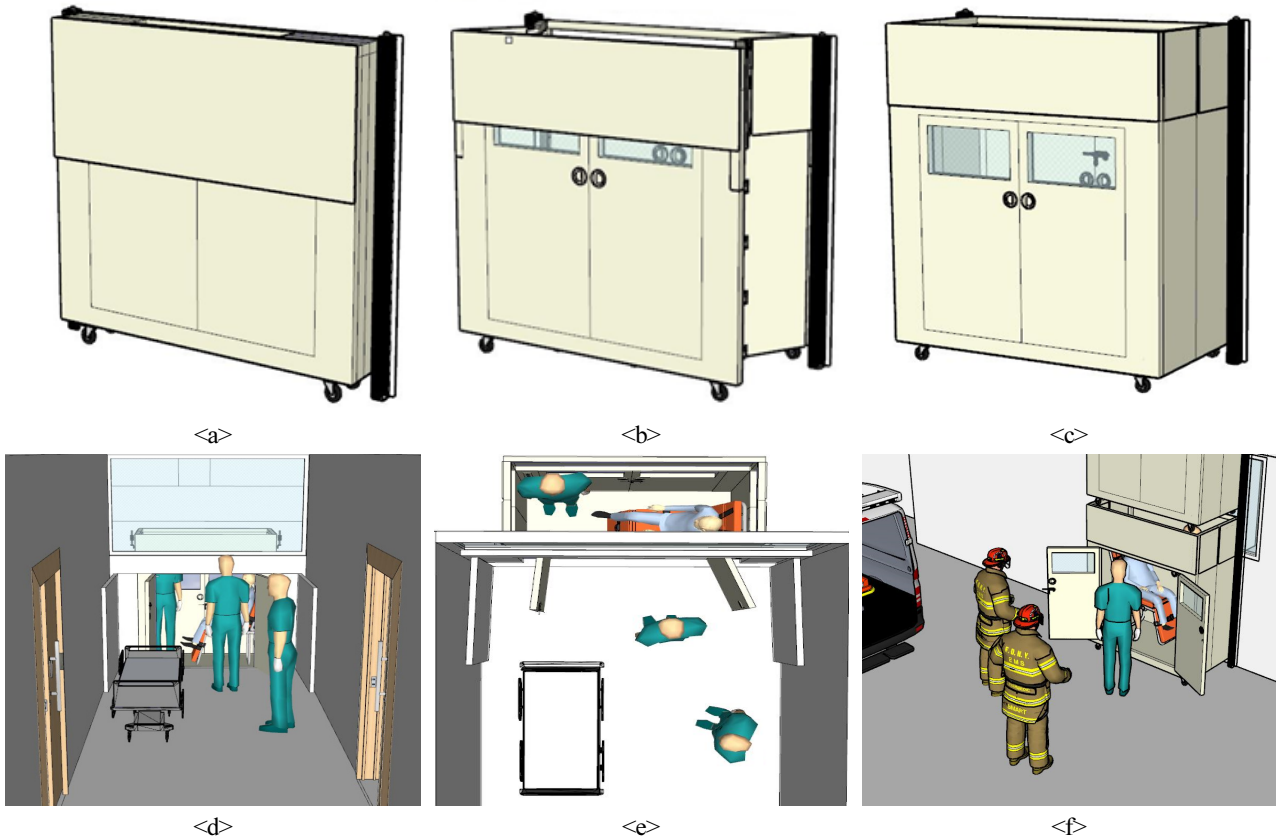


Fig. 3. Vertical evacuation device operating process

재난약자 대피 도움장치의 활용 연구

실제 화재 발생 시 거동을 하지 못하는 환자를 대피하기 위해 조력자가 필수적이다. 요양병원에서 재난약자 도움장치를 활용 하는데 앞서 조력자 역할의 중요성을 확인하고자 하였다. 지하1층, 지상 3층, 연면적 5000m² 규모의 요양병원을 대상으로 하여 Fig. 4와 같이 지상 2층을 기준으로 화재 및 피난시물레이션을 수행하였다. 화재시물레이션을 통해 시간 별 연기 성장 분석을 하였으며, 최종적으로 조력자의 변수를 입력하고, 피난시물레이션을 활용하여 피난 완료 시간을 비교 분석하였다.

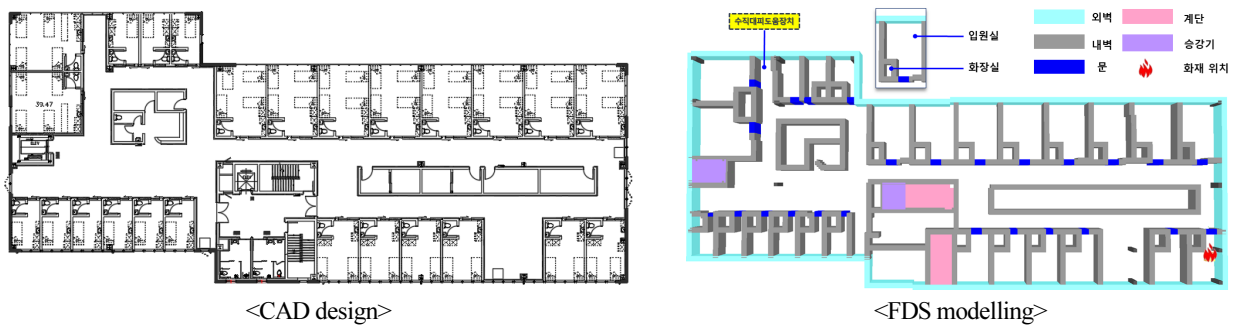


Fig. 4. 2F modelling

연구 방법

화재시뮬레이션 입력조건

요양병원 2층 환자실의 매트리스에서 화재가 발생하여 발화층 전체로 연기가 전파되는 시나리오를 구성하였으며, 격자 0.2m×0.2m×0.2m 크기에 Table 1과 같이 화재 설정을 하였다.

Table 1. Selection of fire

시나리오	요양병원 2층 환자실 화재
화원	매트리스 (1,000 KW)
화재연소특성	Polyurethan-GM23
시뮬레이션시간	600초
격자크기	0.2 m × 0.2 m × 0.2 m
해석 공간	X : 61.0 m, Y : 27.0 m, Z : 4.4 m

피난시뮬레이션 입력조건

수용 인원

Table 2와 같이 요양병원의 조력자 수는 주간과 야간 기준으로 달라진다. 노인복지법 시행규칙 및 의료법 시행규칙과 선행연구를 바탕으로 조력자 수를 주간에 37명, 야간에 7명을 배치하였다. 환자 수는 요양병원 침대 수를 고려하여 60인을 설정하였으며, 전체 환자 60명 중 환자 50%(30명)를 침대에 누워있는 외상환자로 가정하였고, 기존 들것으로 피난하는 방법과, 외상환자 중 40%(11명)를 수평 대피 도움장치를 통해 수직 대피 도움장치로 피난하는 상황으로 비교분석하였다.

Table 2. Selection of occupant

Case	주/야간	조력자 수	외상환자		휠체어 환자	자력 대피 환자	수직 대피 도움장치 사용
			수평 대피 도움장치	들것			
1	주간	37명	11명	19명	18명	12명	사용
2			-	30명			미사용
3	야간	7명	11명	19명	18명	12명	사용
4			-	30명			미사용

수평 대피 도움장치 및 들것에 대한 적용 속도

국내 요양병원 환자 중 자력 대피가 가능한 환자는 남성인 경우 0.60m/s, 여성인 경우 0.56m/s를 적용 하였으며, 거동이 불편한 환자에 대하여 Table 3과 같이 들것과, 휠체어, 수평 대피 도움장치의 피난 속도를 설정하였다.

Table 3. Selection of speed

구분	수평속도(m/s)	계단감속(m/s)	계단가속(m/s)	착지속도(m/s)	초기지연(준비)(s)
들것(남성 의료인 4명)	1.09±0.08	0.63	-	0.58±0.04	67.6
들것(여성 의료인 4명)	0.99	-	-	-	67.6
피난 휠체어 (남성 의료인 1명)	1.55	-	-	-	35.9
피난 휠체어 (여성 의료인 1명)	1.39±0.03	0.82	-	0.74±0.02	35.9
의료인(남녀)	1.385±0.0585	0.885±0.125	0.655±0.015	0.734±0.029	0
수평 대피 도움장치	1.0	-	-	-	0

조력자 및 피난 개시 시간

요양병원에서 조력자는 화재 발생 시 거동이 불편한 환자를 옮기게 된다. 건물의 안전관리자, 간호사, 간병인 등이 될 수 있다. 요양병원에서 주간과 야간에 따라 비율이 달라지며, 수평 대피 도움장치 및 수직 대피 도움장치를 활용하여 기존 일반적인 피난 방법과 비교하고자 하였다. Fig. 5에 따라 거동이 불편한 환자, 휠체어를 통해 대피하는 환자, 자력대피 환자를 모델링하였다.

화재시물레이션 감지기 작동 시간은 81초이며 따라서 화재실 피난개시시간은 81초, 비화재실 피난개시시간은 141초를 적용하였다.

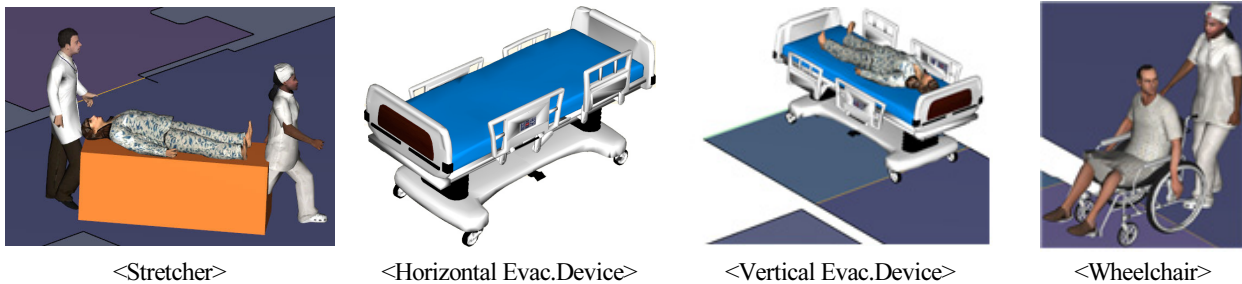


Fig. 5. Pathfinder model

결과

Fig. 6에서 Case1과 Case2, Case3와 Case4를 비교하였을 때 재난약자 대피 도움장치를 활용하였을 경우 대피 시간은 20%이상 단축되는 것을 알 수 있었으며, Case1,2와 Case3,4를 비교하였을 때 주간 대비 야간의 화재 발생 시 대피 시간은 70% 가까이 늦어짐을 알 수 있었다.

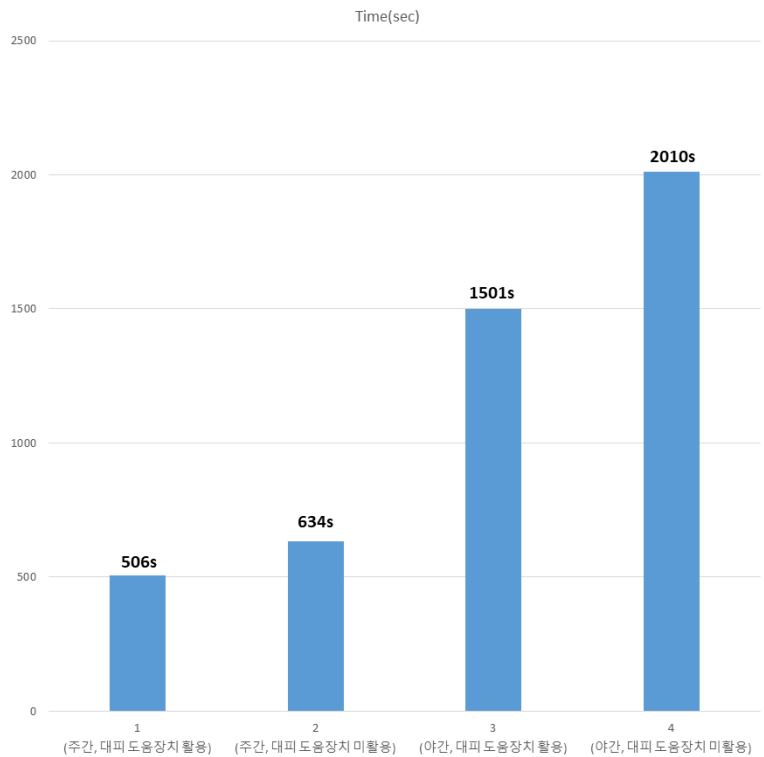


Fig. 6. Evacuation time

결론

본 연구에서는 재난약자 대피 도움장치를 화재 및 피난시물레이션에 적용하여 분석 연구를 수행하였다. 도움장치를 활용하였을 경우 기존 대피 방식보다 단축되었다는 것을 알 수 있었다.

재실자의 특성과 현재 요양병원의 문제점 등으로 인해 재난약자 대피 도움장치는 화재 발생 시 효율적으로 대피가 가능할 것으로 판단된다.

주간·야간에 따른 조력자 수를 비교하였을 때 피난 완료 시간의 상당한 차이가 났으며, 이는 재난약자 대피 도움장치를 활용하였을 때 조력자의 역할의 중요성을 알 수 있었다.

따라서 수평·수직 대피 도움장치를 실제 화재 상황에서 효율적으로 활용할 경우 상황에 맞는 전략이 필요할 것으로 판단된다.

추후 화재 상황별 시나리오에 따른 대피 매뉴얼을 개발함으로써, 수평 대피 도움장치 및 수직 대피 도움장치의 활용에 대한 내용을 바탕으로 피난의 효율성이 증대될 것으로 기대된다.

Acknowledgement

이 논문은 행정안전부 국민수요 맞춤형 생활안전 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-MOIS51-005).

References

- [1] Dongguk University Industry-Academic Cooperation Foundation (2017). The Empowerment Plan for Disaster Response Capability regarding the Development of National Disaster Response Scenario by Disaster Type. Korea Institute of Science and Technology Information.
- [2] Goh, M.-S. (2019). A Study on Minimization of Life Damage due to Fire Safety Improvement for Old-Age Facilities (Focusing on improvement of fire safety in elderly care facilities). M.S. Thesis, Yeungnam University.
- [3] Hattaya, B., Supat, P. (2020). "Fire evacuation and patient assistance simulation in a large hospital building." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 715, 012004.
- [4] Jeong, K.-S. (2020). "A proposal on evacuation safety in medical welfare facilities for the elderly: Targeting the Goyang city." Fire Science and Engineering, Vol. 34, No. 4, pp. 52-58.
- [5] Kim, J.-B., Kim, J.-O., Back, E.-S. (2010). "A study on the evaluation of evacuation safety function of an elderly care hospital." Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 3, pp. 9-19.
- [6] Korean Association of Geriatric Hospitals (2014). Disaster Response Manual in Nursing Hospital-Early Response System for Fire.
- [7] Kwon, Y.-H. (2016). "The managing system of patients behavior in hospital." Journal of The Society of Disaster Information, pp.233-235.
- [8] Lee, C.-G. (2014). "A studies on the rescue plan for the emergency patients due to disaster : Focusing on pre-hospital transport system." Journal of The Society Of Disaster Information, Vol. 2014, No. 1, pp. 335-338.
- [9] The Ministry of Health and Welfare (2014). Fire Safety Management Manual for Medical Institutions.
- [10] The Ministry of Health and Welfare (2019). Nursing Institution Safety Management Manual.
- [11] The Ministry of Health and Welfare (2020). Medical Institution Fire Safety Manual.