

# IMO 피난지침 기반의 여객선 탈출시간 계산 프로그램 개발

최진<sup>1,†</sup> · 김수영<sup>2</sup> · 신성철<sup>2</sup> · 강희진<sup>1</sup> · 박범진<sup>1</sup>  
한국해양연구원 해양시스템안전연구소<sup>1</sup>  
부산대학교 조선해양공학과<sup>2</sup>

## Development of an Evacuation Time Calculation Program for Passenger Ships Based on IMO Guidelines, MSC.1/Circ.1238

Jin Choi<sup>1,†</sup> · Soo Young Kim<sup>2</sup> · Sung Chul Shin<sup>2</sup> · Hee Jin Kang<sup>1</sup> · Beom Jin Park<sup>1</sup>  
Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI<sup>1</sup>  
Dept. of Naval Architecture and Ocean Eng., Pusan National University<sup>2</sup>

### Abstract

Thousands of passengers and crews are onboard a cruise ship and there are many cabins and large public spaces such as atria and theaters. Therefore it is easy to cause a huge loss of life and damage to property when accidents happen at sea. To improve the safety of passenger ships, in October 2007, IMO proposed MSC.1/Circ.1238 on guidelines for evacuation analysis and recommended its use. However, this guideline is difficult to apply because ship designers need to get many pieces of information from CAD drawings such as width and length of stairs and corridors and manually calculate the evacuation time. In this paper, for practical application of the guidelines, an evacuation time calculation program is developed using AutoCAD .NET API library and C Sharp language.

Keywords : Passenger ship(여객선), IMO(국제해사기구), MSC.1/Circ.1238, Evacuation time(피난시간), AutoCAD(오토캐드)

## 1. 서론

대형여객선은 많은 승객을 싣고 대양을 장시간 운항하기 때문에 다른 선종보다 인명 안전이 우선 고려되어야 한다. 특히 매우 복잡하고 유사한 내부 구조로 이루어진 객실 구획에서의 승객 피난은 설계 시 반드시 고려되어야 한다.

피난이란 화재 등 비상시에 보다 안전한 장소로 대피하는 행위이며, 피난을 고려한 설계는 거주자가 위험공간에서 벗어나 신속하게 안전한 곳으로 대피할 수 있도록 피난경로 및 피난계획을 마련하는 것이다(Kim, et al., 2007). 이를 위해서는 화재의 특성을 공학적으로 파악하는 것이 필요하며, 국내외적으로도 화재 특성을 분석하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 선박의 경우는 상대적으로 관련 연구가 앞서 있는 건축물의 화재 해석 기술을 적용하는 경우가 많으며, 선박화재 해석에 적용 가능한 여러 도구들이 있다(Choi, et al., 2007).

북유럽에서 발생한 Ro-Ro 여객선의 사고로 수백명의 인명 손

실이 발생하자, 국제해사기구(IMO) 산하 해상안전위원회(MSC)에서는 해양사고로부터 인명의 안전을 확보하기 위하여 일차적으로 손상 시 전복 속도가 상대적으로 빠른 Ro-Ro 여객선에 대한 인명탈출분석 지침인 MSC/Circ.909 제정을 시작으로(Lee, et al., 2003), 지난 2007년 10월, MSC.1/Circ.1238, 'Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships'를 승인하고, 적용을 권장하고 있다(IMO, 2007).

하지만 지침을 적용하기 위해서는 수많은 문, 복도, 계단의 유효폭(clear width)과 길이 등의 입력정보를 설계자가 도면으로부터 추출하여, 주방화구역(MFZ; Main Fire Zone) 별로 탈출시간을 직접 계산해야 하기 때문에 수십개의 갑판과 수천개의 객실로 이루어진 대형여객선의 경우 상당한 노력과 시간이 요구되며, 계산 실수가 발생할 수 있다. 이에 본 논문에서는 피난지침을 쉽게 적용할 수 있도록 오토캐드 라이브러리와 C# 언어를 사용하여 2차원 캐드도면으로부터 입력정보를 추출하여 지침에 따라 탈출시간을 계산해 주는 프로그램(EVAC1238 Ver. 1.0, 이하 EVAC1238)을 개발하였다.

## 2. 피난지침(MSC.1/Circ.1238) 검토

### 2.1 지침 승인 이력

국제해사기구의 피난지침 개발은 Fig. 1과 같이 1999년 MSC/Circ.909를 시작으로 2007년 MSC.1/Circ.1238에 이르렀다. 1999년 해사안전위원회는 SOLAS II-2/28-1.2의 완성을 위한 지침으로 MSC/Circ.909, 'Interim Guideline for a Simplified Evacuation Analysis of Ro-Ro Passenger Ships'를 승인하는 한편, 방화전 문위원회(Sub-committee on Fire Protection, FP)에 일반 여객선과 고속여객선을 위한 피난해석 지침을 개발하도록 요청하여, 2001년 74차 회의에서 고속여객선에 대한 지침 MSC/Circ.1001, 'Interim Guidelines for a Simplified Evacuation Analysis of High-Speed Passenger Craft'를 승인하였다. 이 지침은 2005년 80차 회의를 거쳐 MSC/Circ.1166, 'Guidelines for a Simplified Evacuation Analysis of High-Speed Passenger Craft'로 발전되었다. 한편, MSC/Circ.909는 2002년 MSC/Circ.1033, 'Interim Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships'를 거쳐 2007년 10월 83차 회의에서 마침내 MSC.1/Circ.1238로 승인받게 된다(Choi et al. 2008).

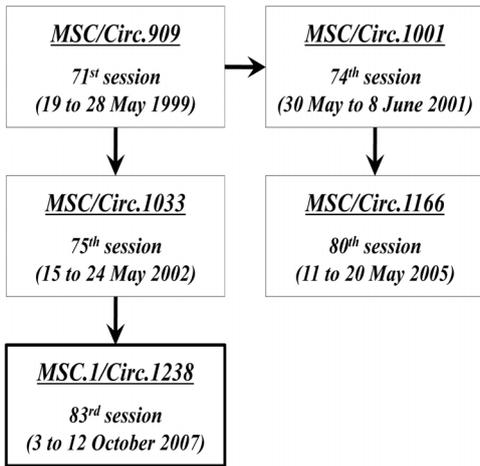


Fig. 1 Approval history of MSC.1/Circ.1238

MSC.1/Circ.1238은 아래와 같이 3개의 부속서(annex)로 구성되어 있으며, EVAC1238은 이 중 부속서 1을 기반으로 개발되었다.

- Annex 1: a simplified evacuation analysis
- Annex 2: an advanced evacuation analysis
- Annex 3: a guidelines on validation and verification of evacuation simulation tools

### 2.2 부속서 1 - 여객선의 단순 피난성능 해석 지침

피난지침 중 부속서 1은 미국방화협회(NFPA; National Fire

Protection Association)의 SFPE(Society of Fire Protection Engineering) 방화공학 핸드북의 자료를 기반으로 피난경로에 대한 혼잡(congestion) 여부 식별 및 탈출시간 계산을 수행하기 위한 단순화된 피난해석 방법론이다(IMO, 2007).

탈출시간은 식 1-2의 기준에 의해 계산되며, 승정 및 진수시간(Embarkation time and launching time, 모든 거주자가 구명정에 승정하고, 구명정 진수까지 걸리는 시간), 'E+L'은 유사선박이나 피난수단의 실크기실험(full scale test) 또는 생산업체에서 제공하는 값을 사용한다. 하지만 이 두 값이 없을 경우 지침에서는 통상 최대 허용값인 30분으로 가정하도록 하고 있어, 본 프로그램에서 'E+L'은 30분으로 가정하였다. Table 1은 선종별 탈출시간(total evacuation time) 기준값 n을 나타내고 있다.

$$1.25(A + T) + 2/3(E + L) \leq n \tag{1}$$

$$E + L \leq 30\text{min} \tag{2}$$

Table 1 Standards of total evacuation time

n(min)	선종
60	Ro-Ro 여객선
60	여객선(주방화구역 3개 미만)
80	여객선(주방화구역 3개 이상)

## 3. 프로그램 구조 분석 및 개발

피난지침에 따라 탈출시간을 계산하기 위해서는 우선 도면으로부터 피난경로를 객실, 복도, 문, 계단으로 구분하고, 경로의 속성값(유효폭, 길이, 면적 등) 및 경로간의 연결관계를 식별해야 한다. 본 프로그램에서는 오토데스크사의 AutoCAD .NET API 라이브러리를 사용하여 C# 언어 기반으로 캐드도면으로부터 이러한 입력정보를 추출하고, 생성하는 기능을 구현하였으며, 입력정보가 생성되면, 지침의 해석 절차에 따라 자동으로 탈출시간을 계산하게 된다.

### 3.1 프로그램 입출력 구조

Fig. 2는 프로그램의 입출력 관계를 나타내고 있다. 방, 복도, 문, 계단의 속성을 캐드도면 상에서 정의하면, 프로그램에서 피난경로를 생성하고, 각 경로에서의 거주자밀도(Density of persons, 피난경로를 지나는 사람의 수), 이동량 및 피난시간(Travel time, 모든 거주자가 피난지역으로 대피하여 승정(embarkation) 가능한 상태까지 걸리는 시간) 등을 계산하여 각 경로간의 혼잡 여부 및 최종탈출시간을 계산하게 된다.

### 3.2 프로그램 GUI

Fig. 3은 프로그램의 GUI(Graphical User Interface) 화면을 보

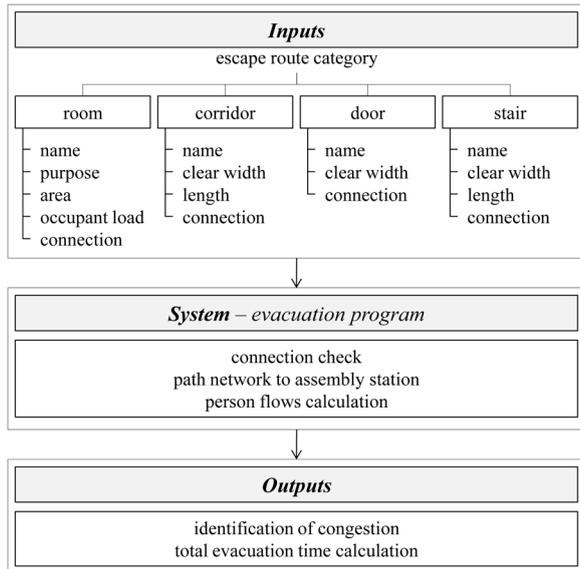


Fig. 2 System structure of the evacuation program

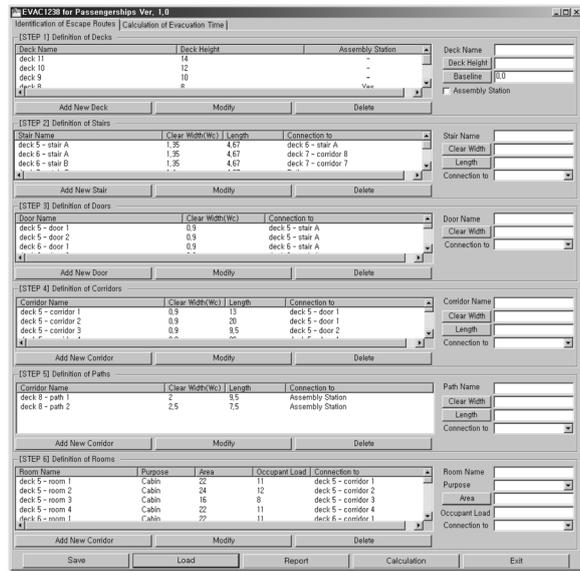


Fig. 3 Evacuation program GUI

여주고 있다. 크게 피난경로를 정의하고 식별하는 메뉴와 탈출시간을 계산하는 메뉴로 구성되어 있다. 피난경로의 속성을 정의하는 방법은 두 가지로 구분되는데, 첫째, 사용자가 입력창(textbox, listbox)에 관련 값을 직접 입력하는 방법과 둘째, AutoCAD 화면상의 도면에서 피난경로의 경계점을 선택하여 관련 값을 자동으로 추출하는 방법이다. 피난경로 정의가 완료되고, 'Calculation' 버튼을 선택하면, 프로그램 상에서 자동으로 피난경로 간의 연결 관계를 식별하여 피난지침의 계산절차에 따라 탈출시간을 계산하게 된다.

## 4. 탈출시간 계산 절차

EVAC1238은 설계자의 편의성을 고려하여 AutoCAD 상에서

'evac' 명령어를 입력하면, 관련 화면이 바로 실행되도록 DLL 파일로 구현하였다.

설계자는 아래의 절차에 따라 모든 피난경로의 속성을 정의한 후 계산 버튼만 선택하면 프로그램이 관련 계산을 자동으로 수행하게 된다.

### 4.1 방(room) 속성 정의

방 정의를 위한 속성은 이름(name), 용도(purpose), 면적(area), 연결경로(connection)이다. 이름은 사용자가 임의로 정의하며, 용도와 연결경로는 'Listbox' 메뉴의 목록에서 선택하게 된다. 방의 면적은 Fig. 4와 같이 경계점(boundary point)을 선택하면, 자동으로 계산되며, FSS(Fire Safety Systems) Code 13장의 기준에 따라 계산된 면적에 대한 거주자밀도(density of persons)를 자동으로 계산한다.

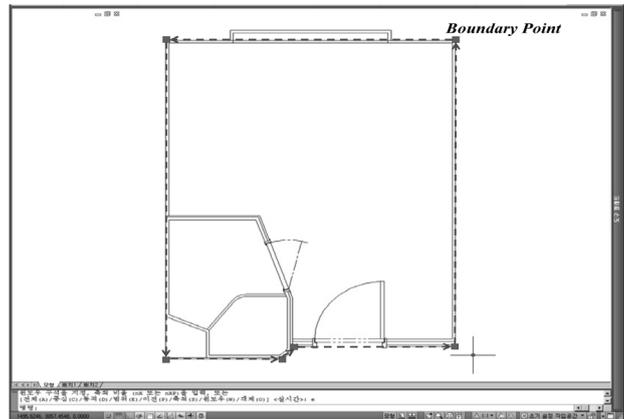


Fig. 4 Example of calculation of room area

### 4.2 복도(corridor) 속성 정의

복도의 속성은 이름, 복도의 손잡이나 부가물 등을 제외한 유효폭(clear width), 길이(length), 연결경로이다. 유효폭과 길이는 Fig. 5와 같이 대각의 두 점을 선택하면, 자동으로 계산된다.

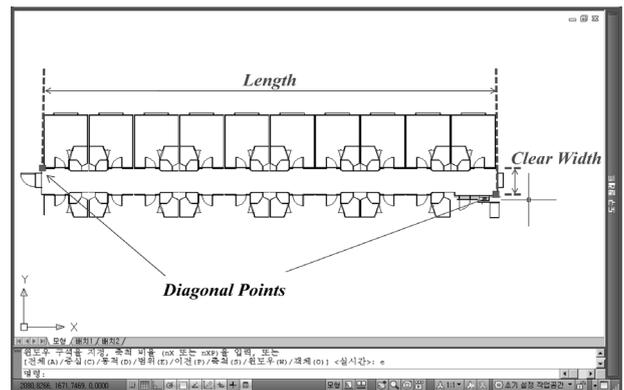


Fig. 5 Example of calculation of corridor length and clear width

### 4.3 문(door) 속성 정의

문의 속성은 이름, 유효폭, 연결경로이며, 유효폭은 Fig. 6과 같이 문의 양끝 두 점을 선택하면 자동으로 계산된다.

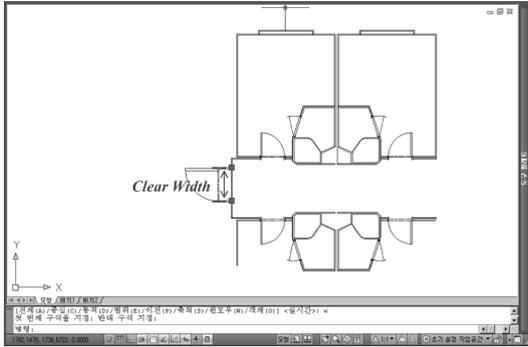


Fig. 6 Example of calculation of door clear width

### 4.4 계단(stair) 속성 정의

계단에 정의되는 속성은 복도와 동일하며, 유효폭은 문에서 정의하는 방법과 동일하다. 본 프로그램에서 정의 가능한 복도의 형태는 Fig. 7과 같이 2가지이며, 그림과 같이 두 점 혹은 세 점을 선택하면 계단의 길이가 계산된다.



Fig. 7 Stair Types

### 4.5 피난경로의 파일 관리

정의된 피난경로의 속성은 Fig. 8과 같이 XML(extensible Markup Language) 파일 형식으로 저장(save)되며, 다시 불러오기(load)가 가능하다. 또한 모든 경로에 대한 속성정보를 Fig. 9와 같이 MS 엑셀 파일 형식으로 출력가능하다.



Fig. 8 XML formatted file of routes properties for saving and loading

Item	W(clear width) [m]	Length [m]	Area [m <sup>2</sup> ]	Notes
deck 5 - stair A	1.35	4.67	6.3045	To deck 6 - stair A
deck 6 - stair A	1.35	4.67	6.3045	To deck 7 - corridor 8
deck 6 - stair B	1.35	4.67	6.3045	To deck 7 - corridor 7
deck 7 - stair C	1.4	4.67	6.538	To Path
deck 9 - stair C	2.8	4.67	13.076	To deck 9 - stair C
deck 10 - stair C	2.8	4.67	13.076	To deck 9 - stair C
deck 11 - stair C	2.8	4.67	13.076	To deck 10 - stair C
deck 6 - door 2	0.9	N.A.	N.A.	To deck 6 - stair A
deck 6 - door 3	0.9	N.A.	N.A.	To deck 6 - stair B
deck 6 - door 4	0.9	N.A.	N.A.	To deck 6 - stair B
deck 9 - door 1	0.9	N.A.	N.A.	To deck 9 - stair C
deck 9 - door 2	0.9	N.A.	N.A.	To deck 9 - stair C
deck 10 - door 1	0.9	N.A.	N.A.	To deck 10 - stair C
deck 10 - corridor 1	0.9	36	32.4	To deck 10 - door 1
deck 10 - corridor 2	0.9	36	32.4	To deck 10 - door 2
deck 11 - corridor 1	0.9	36	32.4	To deck 11 - door 1
deck 11 - corridor 2	0.9	36	32.4	To deck 11 - door 2

Name	Purpose	Area [m <sup>2</sup> ]	Occupants Load [person]	Notes
deck 5 - room 1	Cabin	22	11	To deck 5 - corridor 1
deck 5 - room 2	Cabin	24	12	To deck 5 - corridor 2
deck 5 - room 3	Cabin	16	8	To deck 5 - corridor 3
deck 9 - room 1	Cabin	110	55	To deck 9 - corridor 1
deck 9 - room 2	Cabin	110	55	To deck 9 - corridor 2
deck 10 - room 1	Cabin	96	48	To deck 10 - corridor 1
deck 10 - room 2	Cabin	96	48	To deck 10 - corridor 2
deck 11 - room 1	Cabin	110	55	To deck 11 - corridor 1
deck 11 - room 2	Cabin	110	55	To deck 11 - corridor 2

Name	Height [m]
deck 11	14
deck 10	12
deck 9	10
deck 8	8
deck 7	6
deck 6	4
deck 5	2

Fig. 9 Exported spread sheet(MS Excel) file

### 4.6 탈출시간 계산

정의된 피난경로를 바탕으로 Fig. 10과 같이 각 경로별로 거주자밀도, 거주자이동량(Flow of persons, 피난경로의 특징지점을 지나는 사람의 수), 피난시간 및 경로 간 혼잡여부 등이 계산되며, 식 1에 의해 최종탈출시간이 계산된다.

Accordingly, the corresponding value of T is  $441.6$  s.

The total evacuation time is  $1.25A + T + 2/3 (E+L) = 47' 22''$

where:  $E+L$  is assumed to be 30'  
 $A = 10'$  (night case)  
 $T = 7' 22''$

Fig. 10 The results of the evacuation time calculation

프로그램의 검증을 위해 피난지침 부록 2의 적용 예 중 Case 1을 적용하여 각종 계산결과와 비교하였으며, 소수점 이하 반올림 자리수에 따라 약간의 오차가 있으나 지침의 계산값과 거의 동일한 값으로 계산됨을 확인하였다.

## 5. 프로그램 개선 및 보완

IMO의 피난지침에서는 탈출시간 계산에 밤(case 1)과 낮(case 2)의 주요 피난 시나리오와 추가적인 계산이 필요한 특수한 시나리오(case 3, 4)의 총 네 가지 피난 시나리오를 가정하고 있다. 현재까지 구현된 EVAC1238 1차 버전은 이 중 가장 긴 피난시간이 소요되는 시나리오 case 1을 기반으로 탈출시간을 계산하고 있다. 프로그램 2차 버전에서는 다른 시나리오를 포함한 모든 경우에서 탈출시간을 계산하도록 구현할 예정이며, 사용자의 편의성을 고려하여 피난경로의 연결관계를 Fig. 11과 같이 다이어그램으로 가시화하는 기능을 구현할 예정이다.

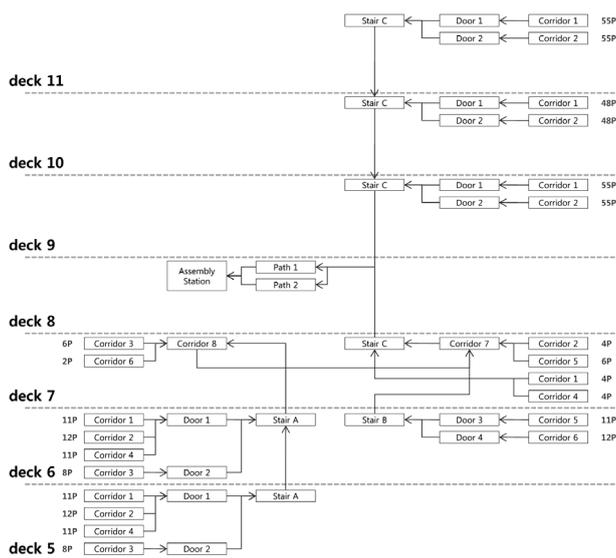


Fig. 11 Example of escape paths diagram

## 6. 프로그램 활용

개발된 프로그램은 설계시 피난지침의 만족여부를 판단하는데 사용가능할 뿐만 아니라 최근 관심을 받고 있는 성능기반 안전설계(performance based safety design)의 평가도구로도 활용 가

능할 것으로 판단한다. 화재공학에서는 Fig. 12와 같이 화재가 발생한 후 화재의 크기가 인명에게 해로운 수준에 이르기 전에 모든 사람이 안전한 장소로 대피할 것을 요구하고 있으며, 수식적으로는 'ASET>RSET'으로 표현될 수 있다(Zhong, et al., 2008). 여기에서 RSET(Required Safe Egress Time, 모든 거주자가 안전하게 위험공간을 벗어나 탈출하는데 요구되는 시간)은 피난지침으로부터 계산하고, ASET(Available Safe Egress Time, 거주자의 피난 행위 동안에 위험이 인명에게 해로운 수준에 이르기 전까지의 시간)으로 안전한 피난을 위해 확보 가능한 시간은 화재시물레이션 해석 도구를 이용하여 화재가 인명에게 해로운 수준에 이르는 시간으로 계산한 후 이를 RSET과 비교하여 화재시에 인명 피해 없이 안전한 피난이 이루어지는지를 평가하는 방법으로 성능기반의 안전설계에 활용할 수 있을 것으로 판단한다.

## 7. 결론

본 연구를 통해 IMO의 여객선 피난지침을 설계 과정에 보다 쉽게 적용할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 지침상의 적용 예를 통해 프로그램의 유용성도 검증하였다. 또한 개발된 프로그램은 여객선의 성능기반 피난안전설계의 기준으로 사용 가능한 RSET을 계산하는데 사용할 수 있다. 향후 사용자의 편의성 향상을 위해 식별된 피난경로 가시화 기능과 계산결과와 출력 기능을 추가한 2차 버전 개발과 실선 적용을 통해 프로그램의 기능 개선 및 보완이 이루어질 예정이며, 프로그램을 앞서 제안한 성능기반 화재안전설계에 직접 적용하여 여객선의 성능기반 화재안전설계에 활용 가능성을 검토할 것이다.

## 후 기

본 연구결과는 한국해양연구원에서 수행한 "여객선의 시뮬레이션 기반 피난 안전성 평가 프로그램 개발(PES1360)", "효과분석을 위한 선박안전성능 예측기술 개발(PES1320)" 및 "위험도 기반 안전설계 핵심기술 개발(PNS1410)"의 연구 성과 중 일부를 밝힌다.

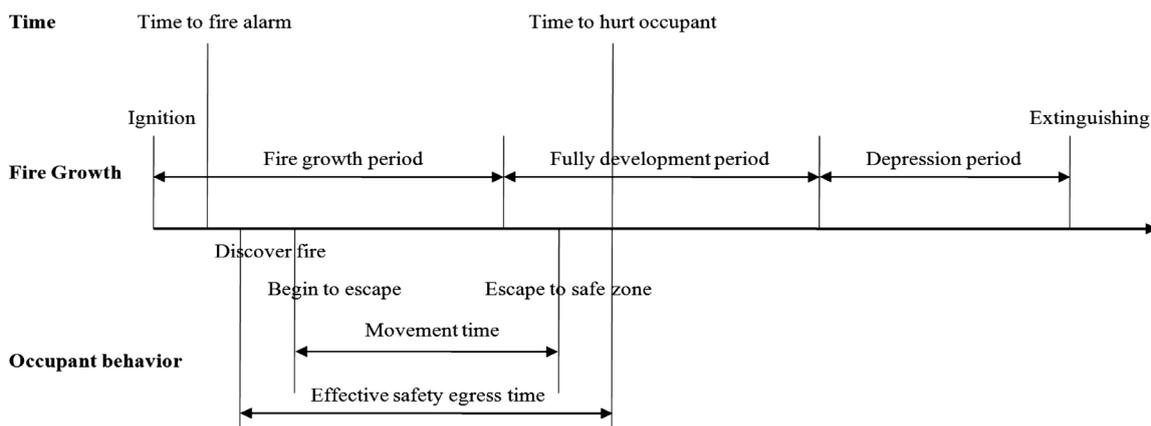
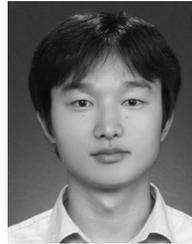


Fig. 12 Occupant evacuation criteria in fire safety engineering

## 참 고 문 헌

- Choi, J. Kang, H.J. Park, B.J. & Lee, D.K., 2008. Application and Practical Use of Guidelines for Evacuation Analysis to Passenger Ships. *Journal of Ships & Ocean Engineering*, 45, pp.109-114.
- Choi, J. Lee, D.K. & Park, B.J., 2007. A Study on the Analysis and Application of the Fire Simulation Tools for Ships. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 44(2), pp.83-92.
- IMO, 2007. MSC.1/Circ.1238, *Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships*. [Online]Available at: <http://www.imo.org> [Accessed 1 September 2009].
- Kim, D.H. Yoon, I.S. & Hwang, Y.K., 2007. A Study on the Research Trends and Characteristics of Refuge Regulation of Building. *Proceeding of the Korean Institute of Fire Science & Engineering*, pp.3-8.
- Lee, D.K. Kim, H.T. & Park, J.H., 2003. Human Behavioral Experiment for Evacuation Analysis. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 40(2), pp.41-48.
- Zhong, M. et al., 2008. Study of the Human Evacuation Simulation of Metro Fire Safety Analysis in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(3), pp.287-298.



최진



김수영



신성철



강희진



박범진