

여객선 화재시 피난행동특성을 고려한 규칙기반 에이전트 M&S

이은복^{1†} · 신석훈¹ · 유용준¹ · 지승도¹ · 김재익²

The Rule-based Agent Modeling and Simulation considering the Evacuation Behavior Characteristics on the Passenger Ship Fire

Eun-Bok Lee · Suk-Hoon Shin · Yong-Jun You · Sung-Do Chi · Jae-Ick Kim

ABSTRACT

This paper suggests the passenger model considered evacuation behavioral characteristics on the passenger ship fire using a rules-based agent technique. The existing evacuation simulation system was modeled only passenger speed. The speed-based model considered passenger's physical characteristics, so it couldn't consider evacuation behavioral characteristics. For solving this problem, we modeled the passenger model using a rule-based agent applied evacuation behavioral characteristics. The rule-based agent consists of knowledge base and inference engine. In knowledge base, we represented evacuation behavioral characteristics, and chose the examples of the evacuation behavioral characteristics to show various patterns of behavior. And we simulated in the IMO MSC/Circ.1238 example 8 and we proved the simulation results could represent variety patterns of human behavior.

Key words : Rule-based Agent, Modeling and Simulation, Evacuation Behavior Characteristics

요약

본 논문은 규칙기반 에이전트를 이용하여 여객선 화재시 피난행동특성을 고려한 승객행동모델을 제안한다. 기존 시스템들은 승객의 속도만을 반영한 속도기반모델을 사용하였다. 속도기반모델은 승객의 신체적 특징만 고려한 모델로 피난행동특성을 반영하기 어렵다. 이 문제점을 해결하기 위해 규칙기반 에이전트로 피난행동특성을 반영한 승객모델을 모델링하였다. 규칙기반 에이전트는 지식베이스와 추론엔진으로 구성된다. 지식베이스에는 피난행동특성들 중에서 다양한 행동 패턴을 보여줄 수 있는 예제를 선택하여 규칙형태의 지식으로 표현하고, 추론엔진은 지식을 전방추론하여 승객의 행위를 결정하도록 구현하였다. 이 승객모델을 IMO MSC/Circ.1238의 문제 8에 적용하여 시뮬레이션을 진행한 결과 규칙기반 에이전트로 모델링한 승객이 다양한 인간의 행동 패턴을 표현할 수 있음을 검증하였다.

주요어 : 규칙기반 에이전트, 모델링 & 시뮬레이션, 피난행동특성

1. 서론

2000년대 초반부터 개발된 여객선 화재시 피난 시뮬레이션 시스템은 대표적으로 maritimeEXODUS(Galea 등, 2003), ANEAS(Schreckenberg 등, 2001)등이 있고 국내

연구로 패널티 보행 속도 알고리즘을 적용한 여객선 승객 피난 시뮬레이션이 있다(박광필 등, 2010).

기존 시뮬레이션 시스템들은 승객행동모델을 승객의 나이, 성별, 신체크기 등 승객의 행동에 영향을 미치는 신체적 특징들을 파악하여 승객 개인의 보행속도에 반영하는 속도기반모델을 사용하였다. 하지만 속도기반모델은 보행 속도만으로 승객을 모델링하기 때문에 일반적인 상태와 달리 위급한 상태에서 큰 차이를 보이는 피난 시 승객의 행동이나 행동특성을 표현하기에는 어렵다.

피난 시 승객의 행동은 승객의 신체적 특징뿐만 아니라 성향, 대처능력, 습관적이고 본능적인 행동속성 등과 같은 피난행동특성까지 고려해야 한다(이강훈, 1997; 김

접수일(2011년 8월 17일), 심사일(1차 : 2011년 8월 23일, 2차 : 2011년 9월 28일), 게재 확정일(2011년 9월 28일)

¹⁾ 한국항공대학교 컴퓨터공학과

²⁾ 국방과학연구소 합정전투체계개발단

주 저자 : 이은복

교신저자 : 이은복

E-mail: danalee@kau.ac.kr

홍대 등, 2001).

따라서 본 연구에서는 이러한 특성을 반영하기 위해 규칙기반 에이전트를 기법을 사용한다. 규칙기반 에이전트는 인간의 행동특성을 저장하는 지식베이스와 이를 바탕으로 자율적으로 추론하여 행동을 결정하게 하는 추론 엔진으로 구성된다.

본 논문의 목적은 피난행동특성 표현이 가능한 승객 모델을 규칙기반 에이전트로 구현하고, 이를 검증하는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 관한 소개를 한다. 3장에서는 모델링 방법론을, 4장에서는 시뮬레이션 시나리오와 초기조건, 그 결과를 통한 분석을 하며 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련연구

기존 여객선 탈출 시뮬레이션 중 대표적인 것으로 국제해사기구(IMO : International Maritime Organization)의 피난 시뮬레이션 도구의 검증을 위한 지침에 페널티 보행 속도 알고리즘을 적용한 여객선 승객 피난 시뮬레이션이 있다(박광필 등, 2010). 페널티 보행 속도 알고리즘이란 승객의 집단행동에 플로킹 알고리즘을 적용했을 때 나타나는 승객 간 겹침 현상과 장애물 통과 현상을 해결하기 위해 장애물 표면에 법선 방향으로 거리에 반비례 하는 페널티 보행 속도를 부과함으로써 이를 해결하는 방법이다. 이를 위해 속도기반 승객모델을 구성하고 피난 시뮬레이션 도구 검증 예제 11가지를 시뮬레이션하여 모든 조건을 만족하였음을 검증하였으며, 특히 8번과 11번을 중점적으로 다루어 이를 확인하였다. 하지만 승객의 보행 속도만을 가지고는 승객모델에 위급한 상태에서 큰 차이를 보이는 피난행동특성을 고려하기에는 어려운 단점이 있다.

국제해사기구 해양안전위원회(MSC : Maritime Safety Committee)는 ‘신조 및 현존 여객선에 대한 피난 분석 지침(IMO MSC/Circ 1238 : Guideline on evacuation analysis for new and existing passenger ships)’ (IMO, 2007)을 제정하여, 컴퓨터 시뮬레이션에서 도출된 피난시간을 인정하고 있으며, 여객선 화재시 피난을 진행하고 결과를 분석하는 데 필요한 인간모델링 및 예제별 상황에 따른 시뮬레이션 환경 요구사항, 결과 분석 방법을 제시하고 있다. 비상상황에서 피난 경로를 따라 승객이 피난하는데 걸리는 시간을 계산하고, 승객의 병목현상을 확인하여 제거하는 것이 이 지침의 목적이며, 이 지침을 기본으로 진행한 여객선 화재시 피난의 결과를 피난로 설계, 여객선

안전성 평가 등의 다양한 용도로 활용하고 있다.

기존 피난행태예측 연구 중에서 화재가 발생한 경우, 인간의 행동 반응을 국내의 연구사례를 조사하여 재난에 방을 위한 기초지식을 제공한 연구가 있다(송국섭, 2003). 화재 경보에 대한 인간의 반응을 현장실험사례, 시뮬레이션 등을 통해 조사하여 인간 행동 반응을 해석하는 프로그램을 작성하고 인간의 피난행동특성을 제시하였다. 이는 다음 표 1과 같다. 일반적인 화재 시의 피난행동특성은 여객선 화재시의 피난행동특성과 유사하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 여객선 화재 시 승객의 행위특성을 지식으로 표현하기 위해 표 1의 피난행동특성을 적용한다.

한편, 본 연구에서는 승객의 의사결정에 규칙기반 에이전트 기술을 도입하여 승객을 모델링하였다. 에이전트는 지식을 활용하여 인간의 의사결정을 지원하는 방법으로서 자율성, 통신, 추론 및 학습능력 등의 기본 성질을 보유하고 있다. 특히 에이전트의 자율성은 인간의 개입을 배제하고 자율적 추론기능을 제공함으로써 인간의 서로 다른 특성과 복잡한 현실에 대한 대처 방안 등 다양한 인간의 행위와 행동특성의 표현이 가능하다(유용준 등, 2010). 이 방법은 전문가 시스템 개념에서 도입된 것으로 적용대상에 의존적인 지식을 갖는 지식베이스와 이 지식베이스와는 독립적으로 설계 운용되는 추론엔진으로 구성된다.

표 1. 인간의 피난행동특성(송국섭, 2003)

행동특성	특성에 대한 설명
일상동선 지향성	일상적으로 사용하고 있는 계단이나 평소에 잘 알던 익숙한 경로를 사용해 피하려는 경향
향광성	밝은쪽을 향해서 피하려는 경향
향개방성	향광성과 유사한 특성으로 열린진 느낌이 드는 방향으로 피하려는 경향
일시경로 선택성	처음에 눈에 들어온 경로로 가거나 눈에 익기 쉬운 계단을 향하는 경향
지근거리 선택성	가장 가까운 계단을 선택하는 경향과 장애물을 넘더라도 가까운 거리를 선택하려는 경향
직진성	정면에 있는 계단과 통로를 선택하거나 막다른 곳이 나올때까지 직진하는 경향
본능적 위험회피성	불꽃과 연기로부터 최대한 멀어지려는 경향
이성적 안전지향성	안전하다고 생각한 경로로 향하는 경향
무행동성	행동능력을 완전히 상실하거나 생각지도 못하였던 능력을 발휘
부화뇌동성	대부분의 사람들이 도망가는 방향을 쫓아가는 경향

3. 모델링 방법론

본 연구에서 사용한 규칙기반 에이전트는 HEAP기반 지능 에이전트 모델링 방법론(유용준 등, 2010)을 도입한 것으로 적용대상에 의존적인 지식을 갖는 지식베이스와 이 지식베이스와는 독립적으로 설계 운용되는 추론엔진으로 구성된 지능단위체들로 이루어져있다.

지식베이스는 명백한 사실뿐만 아니라 원인과 결과의 인과관계에 대한 규칙, 부정확하거나 확률적인 정보도 수록한다. 지식은 사실과 규칙으로 구성되어 있는데 일반적으로 사실은 사물이나 자료에 대한 묘사이며, 규칙은 사실을 바탕으로 의사결정을 하는 법칙이다.

추론엔진은 입력 명령에 따라 지식베이스의 해당 지식들을 추론 알고리즘에 따라 실행시킴에 의해 최적의 결론을 도출해내는 지능적 역할을 담당한다. 추론은 이미 알려진 사실로부터 새로운 사실을 추리하는 과정이다. 조건부(현재상태)-결론부(다음상태) 형태의 규칙들에서 입력된 현재상태(이미 알려진 사실)를 찾고 그 규칙의 다음상태를 현재상태로 가지는 규칙들을 찾는 과정을 반복적으로 수행하여 다음상태가 목표상태(새로운 사실)에 도달하면 추론이 끝난다. 추론에는 전방향 추론과 역방향 추론의 두 가지 추론 방식이 있다. 전방향 추론은 초기상태에서 목표상태를 찾는 과정이고, 역방향 추론은 목표상태를 정하고 이를 증명하기 위한 초기상태들을 찾는 과정이다.

규칙기반 에이전트는 이러한 모델링 방법론에 따라 지식베이스와 추론엔진으로 구성된 지능단위체들의 집합으로 구성되어 있다(그림 1 참조). 동일한 구조의 지능단위체들은 역할에 따라 각 지능단위체마다 다른 규칙들을 가지고 있다. 지능단위체들을 역할에 따라 인식기, 의사결정기, 실행기로 구성하였고 각 지능단위체의 설명은 다음과 같다.

- **인식기** : 현재 자신의 위치 좌표와 가장 가까운 승객의 위치 좌표를 센싱하는 지능단위체
- **의사결정기** : 자신의 다음 행동을 결정하는 지능단위체

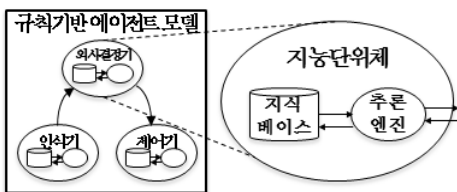


그림 1. 규칙기반 에이전트 모델의 구성

- **제어기** : 다음 행동을 위한 속도와 방향을 계산하는 지능단위체

4. 시뮬레이션 실험

4.1 시뮬레이션의 초기조건과 시나리오

국제해사기구의 신조 및 현존 여객선에 대한 피난 분석 지침의 Annex 3에 있는 피난 소프트웨어 검증은 구성요소 시험과 정성적 검증의 2가지 항목으로 분류되는 11가지의 구체적인 시험 문제들로 구성되어 있다. 본 실험에서는 정성적 검증에 포함되는 8~11번 문제 중 10 m×10 m 인 두 방이 10 m×2 m의 복도로 서로 연결 되어 있는 8번 문제의 환경을(그림 2 참조) 선택하여, 그림 3과 같은 여객선 피난 시뮬레이션 시스템을 구현하였다.

시뮬레이션의 시나리오는 다음과 같다. 100명의 승객이 복도 내에 분포되어 있으며, 복도 밖으로 나갈 수 없고 시뮬레이션이 시작하면 피난을 시도한다. 승객이 방2에 진입하면 피난에 성공한 것으로 한다. 모든 승객이 방2에 진입하면 시뮬레이션이 종료된다. 피난 시간을 기록하여 결과를 분석한다.

본 연구에서는 네 가지 실험조건으로 실험을 진행하였다.

- 1) 실험조건 1 : 플로킹규칙을 가진 승객
- 플로킹 알고리즘을 지식으로 보유한 에이전트를 이

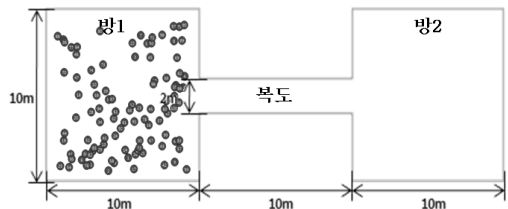


그림 2. 시험문제 8번(IMO, 2007)

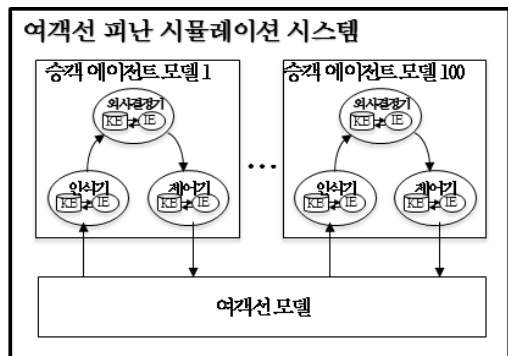


그림 3. 여객선 피난 시뮬레이션 시스템의 모델구조도

용한 시뮬레이션

• 에이전트의 타당성 검증을 위해 여객선 승객 피난 시뮬레이션(박광필 등, 2010)과 유사한 속도기반모델을 모델링하였다. 박광필 외 3명의 논문에서는 승객 모델에 플로킹(Reynolds, 1987)을 반영하여 모델링하였고, 본 실험에서는 수정된 플로킹 알고리즘(이은복 등, 2009)으로 실험을 진행하였다. 수정된 플로킹 알고리즘은 본 저자의 선행연구결과로써, 플로킹의 복잡한 세 가지 기본 힘벡터 연산을 수정하여 단순히 가장 가까운 개체와 일정 거리를 유지 하는 방식이다. 또한, 장애물 개체로 보고 거리 유지를 통해 회피가 가능한 알고리즘이다. 본 논문에서는 이를 지식으로 표현하고 이를 ‘플로킹 규칙’으로 부른다. 표 2(a)는 플로킹 규칙이다.

2) 실험조건 2 : 일상동선지향성규칙을 가진 승객

• 피난행동특성 중 일상동선지향성을 보유한 에이전트를 이용한 시뮬레이션
 • 자신이 평소애 이용하던 출입구나 계단을 향해 이동한다. 피난해야 할 경로를 모두 알고 있다. 표 2(b)는 일상동선지향성규칙이다.

3) 실험조건 3 : 일시경로선택성규칙을 가진 승객

• 피난행동특성 중 일시경로선택성을 보유한 에이전트를 이용한 시뮬레이션
 • 자신의 공간 위치를 제대로 파악하지 못하고 대피경로의 선택이 불완전한 상태일 때, 처음에 눈에 들어온 경로 등을 선택한다. 피난경로를 모르고 주변 승객이나 주변 환경에 즉시 반응하여 이동하기 때문에 그 경로는 불완전하다. 하지만, 피난의 목적지는 알고 있다. 표 2(c)는 일시경로선택성규칙이다.

4) 실험조건 4 : 부화뇌동성규칙을 가진 승객

• 피난행동특성 중 부화뇌동성을 보유한 에이전트를 이용한 시뮬레이션
 • 대피경로 및 행동에 대한 의사결정을 독자적으로 내릴 자신이 없는 경우, 대다수의 사람들이 움직이는 방향으로 이동한다. 피난으로나 피난 목적지는 아는 사람들이 주변에 없는 경우에는 혼자서 대피경로 및 행동에 대한 의사결정을 내릴 수가 없다. 표 2(d)는 부화뇌동성규칙이다.

각 실험조건에서 승객의 수는 100명씩으로 구성하였고, 각 실험조건별로 총 100회의 시뮬레이션을 수행한 결과를 통계적으로 분석하였다.

표 2. 승객모델의 지식베이스

(a) 플로킹규칙	
규칙명	규칙
R1	IF 다른 승객과의 거리가 멀면 THEN 응집행동
R2	IF 다른 승객과의 거리가 가까우면 THEN 분리행동
R3	IF 주변에 다른 승객이 없으면 THEN 정렬행동
R4	IF 응집행동이고 다른승객방향이 앞이면 THEN 앞으로 간다
R5	IF 응집행동이고 다른승객방향이 오른쪽이면 THEN 오른쪽으로 간다
R6	IF 분리행동이고 다른승객방향이 앞이면 THEN 뒤로 간다
R7	IF 분리행동이고 다른승객방향이 오른쪽이면 THEN 왼쪽으로 간다

(b) 일상동선지향성규칙	
규칙명	규칙
R1	IF 주변에 다른 승객이 없으면 THEN 경로를 따라간다
R2	IF 다른 승객과의 거리가 가까우면 THEN 승객을 피해간다
R3	IF 다른 승객이 정면에 있고, 경로가 정면이면 THEN 오른쪽으로 간다
R4	IF 다른 승객이 오른쪽에 있고 경로가 정면이면 THEN 정면으로 간다
R5	IF 다른 승객이 뒤쪽에 있고, 경로가 오른쪽이면 THEN 오른쪽으로 간다

(c) 일시경로선택성규칙	
규칙명	규칙
R1	IF 주변에 다른 승객이 없고, 목적지가 보이면 THEN 목적지를 향해간다
R2	IF 다른 승객과의 거리가 가까우면 THEN 승객을 피해간다
R3	IF 다른 승객이 정면에 있고, 목적지가 정면에 보이면 THEN 승객을 피해 오른쪽으로 돌아간다
R4	IF 다른 승객이 오른쪽에 있고, 목적지가 정면이면 THEN 정면으로 간다
R5	IF 벽이 정면에 있고, 목적지가 왼쪽이면 THEN 벽을 따라 왼쪽으로 간다

(d) 부화뇌동성규칙	
규칙명	규칙
R1	IF 주변에 다른 승객이 없으면 THEN 제자리에 멈춘다
R2	IF 다른 승객과의 거리가 가까우면 THEN 분리행동을 한다
R3	IF 다른 승객과의 거리가 적당하면 THEN 다른 승객을 따라간다
R4	IF 다른 승객과의 거리가 멀면 THEN 응집 행동을 한다
R5	IF 다른 승객이 뒤쪽에 있고, 응집행동 중이면 THEN 뒤쪽으로 간다

4.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과는 두 가지 방법으로 분석하였다. 첫째로 각 실험조건별로 100회의 시뮬레이션을 수행하여 최소피난시간, 최대피난시간, 평균피난시간을 측정하여 각 피난시간을 통계적으로 분석하였다. 둘째로, 각 실험조건별로 진행한 100회의 시뮬레이션 중 하나씩의 사례를 선택하여 시간에 따른 승객수의 변화를 측정하여 분석하였다.

그림 4는 플로킹규칙을 가진 승객들의 시뮬레이션 진

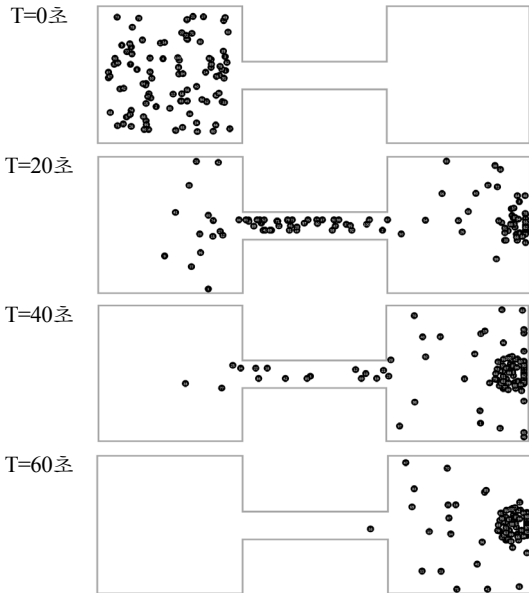


그림 4. 시뮬레이션 진행과정화면

행과정의 화면으로 모든 승객은 방1에서 방2로 피난에 성공하였으며 표 3의 피난시간을 보면 최소피난시간은 54초, 최대피난시간은 70초, 평균피난시간은 약 63.15초이다.

일상동선지향성규칙을 가진 승객들의 최소피난시간은 33.5초, 최대피난시간은 49초, 평균피난시간은 41.5초로 가장 빠르게 피난이 가능함을 확인할 수 있다(표 3).

일시경로선택성규칙을 가진 승객들의 최소피난시간은 53초, 최대피난시간은 72.5초, 평균피난시간은 63.5초이다(표 3). 일시경로선택성규칙을 가진 승객들이 일상동선지향성규칙을 가진 승객들보다 평균피난시간이 약 22초 정도 시간이 더 걸리는 것을 알 수 있다.

부화뇌동성규칙을 가진 승객들의 최소피난시간은 110초, 최대피난시간은 520초, 평균피난시간은 359초로(표 3) 다른 실험조건에 비해 상대적으로 피난에 많은 시간을 소요한다.

그림 5는 각 실험조건별로 승객들의 피난시간보이기 위해 한 가지 케이스를 선택한 그래프이다. 공통적으로 1~10초 사이에는 그래프가 비슷한 형태를 보이는데 이는 좁은 복도를 통과하기 위한 병목현상이 보이기 때문이다.

표 3. 100회 시뮬레이션 결과 : 실험조건별 피난시간

집단명	플로킹 규칙실험	일상동선 지향성 규칙실험	일시경로 선택성 규칙실험	부화뇌동성 규칙실험
최소피난시간	54	33.5	53	110
최대피난시간	70	49	72.5	520
평균피난시간	63.15	41.5	63.5	359

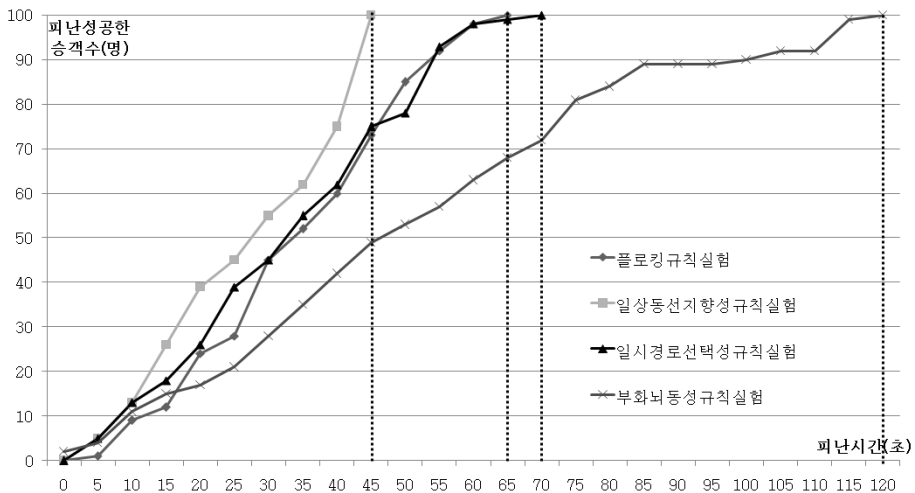


그림 5. 시뮬레이션 결과 : 실험조건별 시간대 변화 결과

시뮬레이션 분석 결과,

- i) 플로깅규칙실험의 결과는 여객선 탈출 시뮬레이션(박광필 외 3명, 2010)의 실험 결과인 “탈출시간 69초”와 매우 흡사한 “평균탈출시간 63.15초”가 걸렸으며, 국제해사기구(IMO, 2007)에서 제시한 조건인 “방1의 승객들이 방2로 모두 피난이 가능함”에 만족하였다.
- ii) 규칙기반 에이전트를 이용하여 다양한 승객을 모델링하는 것이 가능하며, 인간의 신체적 특징뿐 아니라 위급한 상황에서 인간의 다양한 피난행동특성까지도 모델링하는 것이 가능함을 알 수 있다.
- iii) 본 연구의 시뮬레이션 결과, 피난경로에 대한 지능이 높은 승객집단이 가장 빠르게 피난이 가능함을 알 수 있다.

5. 결 론

이처럼 본 논문에서는 기존의 시스템들에서는 표현하는데 한계가 있었던 피난행동특성을 규칙기반 에이전트에 반영하여 다양한 피난행동을 표현할 수 있었다. 본 시뮬레이션 시스템의 장점은 다음과 같다.

- i) 기존 연구에서는 시도된 바가 없는 피난행동특성을 반영한 행위기반 승객모델을 제안하였다.
- ii) 규칙기반 에이전트로 모델링한 승객모델을 사용하여 여객선 화재시 피난 시뮬레이션이 가능함을 증명하였다.
- iii) 분석결과, 화재시 인간피난행동특성(송국섭, 2003)인 일상동선지향성, 일시경로선택성, 부화뇌동성(표1)과 유사한 특징을 보였다.

따라서 본 연구에서 제시한 모델링 방법이 향후, 시뮬레이션을 이용한 여객선 피난로 설계, 안전성 평가 등에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 규칙기반 에이전트에 승무원 모델을 추가한 실험을 진행하여 인간공학적인 측면을 확인하는 등, 여객선 화재시 피난 시뮬레이션을 확장할 예정이다.

사 사

이 논문은 2008년도 한국항공대학교 교비지원 연구비와 방위산업청과 국방과학 연구소의 지원(계약번호 UD03000AD)으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 김홍대, 이종갑 외 1명, “해양안전 분야에서의 인간공학적 고려에 관한 고찰”, 한국해양환경공학회 춘계학술대회 논문집, 2001년.
2. 박광필, 하술 외 2명, “장애물 회피에 페널티 보행 속도 알고리즘을 적용한 여객선 승객 피난 시뮬레이션”, 한국시뮬레이션학회 논문지 19(4), 2010년.
3. 송국섭, “화재발생과 인간의 행동반응”, 한국생활환경학회지, 10(1), 2003년.
4. 유용준, 지승도 외 1명, “합정전투 시뮬레이션을 위한 HEAP 기반 지능 에이전트에 관한 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, 19(4), 2010년.
5. 이강훈, “인간 행동패턴에 대한 고찰과 피난로 설계에의 적용방법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문지, 13(7), 2007년.
6. 이은복, 신석훈 외 3명, “집단 로봇 제어를 위한 수정된 플로깅 알고리즘의 시뮬레이션 검증”, 한국시뮬레이션학회 논문지, 18(4), 2009년.
7. Gwynne S., E.R. Galea, C. Lyster, and I. Glen, “Analysing the evacuation procedures employed on a thames passenger boat using the maritimeEXODUS evacuation model,” Fire Technology, vol. 39, pp. 225-246, 2003.
8. IMO, “Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ship,” IMO MSC/Circ.1238, 2007.
9. Reynolds C., “Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model”, Computer Graphics, SIGGRAPH '87 Conference Proceedings, vol. 21, no. 4, pp. 25-34, 1987.
10. Schreckenberg M, T. Meyer-Konig, and H. Klupfel, “Simulating mustering and evacuation processes onboard passenger vessels; model and applications,” International Symposium on Human Factors On Board, 2007.
11. Zeigler B. P., S.D. Chi, “Hierarchical Encapsulation and Abstraction Principle (HEAP) for Autonomous System Development”, Proceedings of the Third Annual Conference of AI, Simulation and Planning in High Autonomy Systems, Integrating Perception, Planning and Action, pp. 176-180, 1992.



이 은 복 (danalee@kau.ac.kr)

2008 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사
2008~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 로봇 에이전트



신 석 훈 (ev4shin@naver.com)

2009 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 로봇 에이전트



유 용 준 (ilog21c@kau.ac.kr)

2003 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사
2005 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
2005~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 워게임, 네트워크 보안



지 승 도 (sdchi@kau.ac.kr)

1982 연세대학교 전기공학과 학사
1984 연세대학교 전기공학과 석사
1985~1986 두산 컴퓨터(현 한국 디지털) 근무
1991 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 박사
1991~1992 미국 SIMEX Systems and S/W 회사 S/W 담당자로 근무
1992~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심분야 : 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 컴퓨터 보안, 지능시스템 디자인 방법론, 시뮬레이션 기반 인공생명, 교통 모델링



김 재 익 (jaeick@add.re.kr)

1990 경북대학교 전자공학과 학사
1992 경북대학교 전자공학과 석사
1992~현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 함정 전투체계 무장통제장치 개발, 전투체계 모델링 및 시뮬레이션, 전투체계 교전 효과도 분석