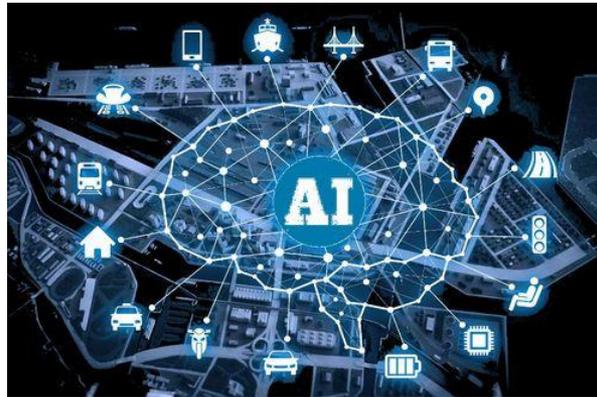


인공지능 기반 사고대응기술 워크숍

인공지능 기반 최적 대피 경로 예측 시뮬레이션



2019-08-26 (화)

CEO 김현철
+82-10-7369-9598
captain_fe@kaist.ac.kr

세미나 목표

- 대피 시뮬레이션 소개 (기술적 특징)
- 대피 시뮬레이션 사례
- 강화학습 소개 및 대피 시뮬레이션과의 연동
- 인공지능 기반 사고 대응 기술 필요성 및 솔루션
- 결론 (현재의 한계점 및 추후 연구)

- 협업 추진

1. 서론
2. 대피 안전 진단 & 방안
3. 대피 시뮬레이션
4. 강화학습 소개
5. 인공지능 연동
6. 추진 적용 분야
7. 결론
8. 세미나를 마치며 (결언)



회사 현황

회사명	아이캡틴 (i CAPTAIN Co., Ltd.)
대표이사	김현철 (金賢哲)
전화번호	+82-10-7369-9598
이메일	captain_fe@kaist.ac.kr
설립일자	2019년 2월 8일
사업범위	재난 방재 솔루션 엔지니어링 시뮬레이션 · 가상현실 시스템 구축 및 운영
주소	대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원 (KAIST) N27 3110
협력사	와이플레닛
홈페이지	www.icaptain.kr

비전 · 목표

천하수안 망재필위 (天下雖安 忘災必危)

천하가 비록 편안하더라도 재난을 잊어버리면 반드시 위태로워진다.



글로벌 재난 안전 복지 사회 실현





MBC VOD

연구개발 실적

SCI/SCIE

- 2015 Estimation of the hydrodynamic derivatives by RaNS simulation of planar motion mechanism test (Ocean Engineering)
- 2018 Passenger evacuation simulation considering the heeling angle change during sinking (International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering)
- 2018 Crowd evacuation simulation using active route choice model based on human characteristics (Simulation Modelling Practice and Theory)
- 2019 i CAPTAIN – Crowd Evacuation Platform for Fire Evacuation Analysis (Under review) (Safety Science)
- 2019 Analysis of Evacuation Simulation Considering Crowd Density and the Effect of a Fallen Person (Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing)

KSCI

- 2017 인간 특성에 기초한 실시간 능동 경로 선택모델과 전산유체역학 데이터를 적용한 군중 대피 시뮬레이션 (한국방재학회, 학회장상)

학위논문

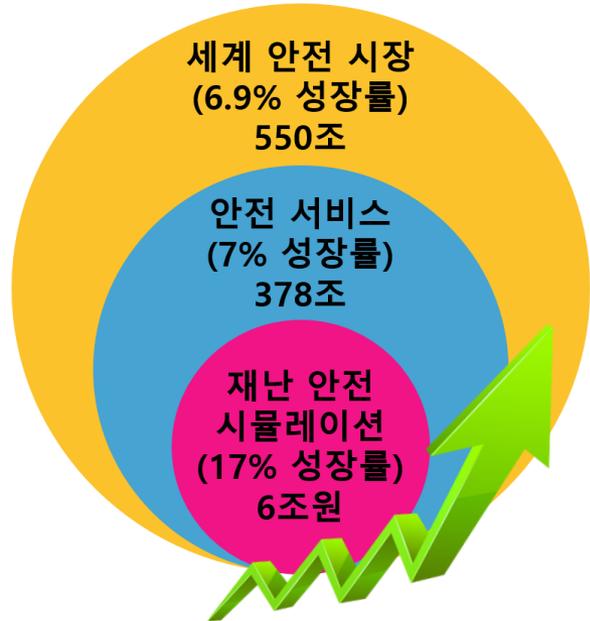
- 2019 인간의 대응과 화재 시뮬레이션 데이터의 상호작용을 고려한 군중 탈출 시뮬레이션 (김현철 박사학위논문, 한국과학기술원)



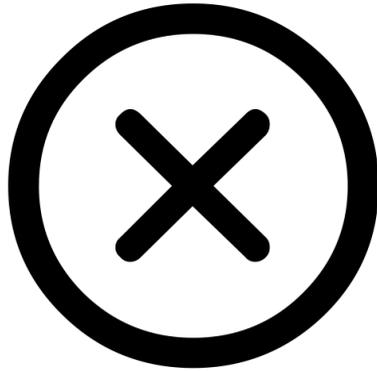
- 제한적인 단순 상황
- 재난환경 묘사 어려움 (안전상)
- 많은 시간과 비용 필요
- 실제 재난 상황과 동떨어짐
- 실효성 있는 안전진단과 매뉴얼 구축이 어려움



- 체계적인 공학적 접근 방법
- 다양한 재난 환경 묘사 및 예측
- 저비용 고효율 (시간 & 자원)
- 비교적 높은 신뢰성
- 국제 해사기구(IMO) 의 권고사항

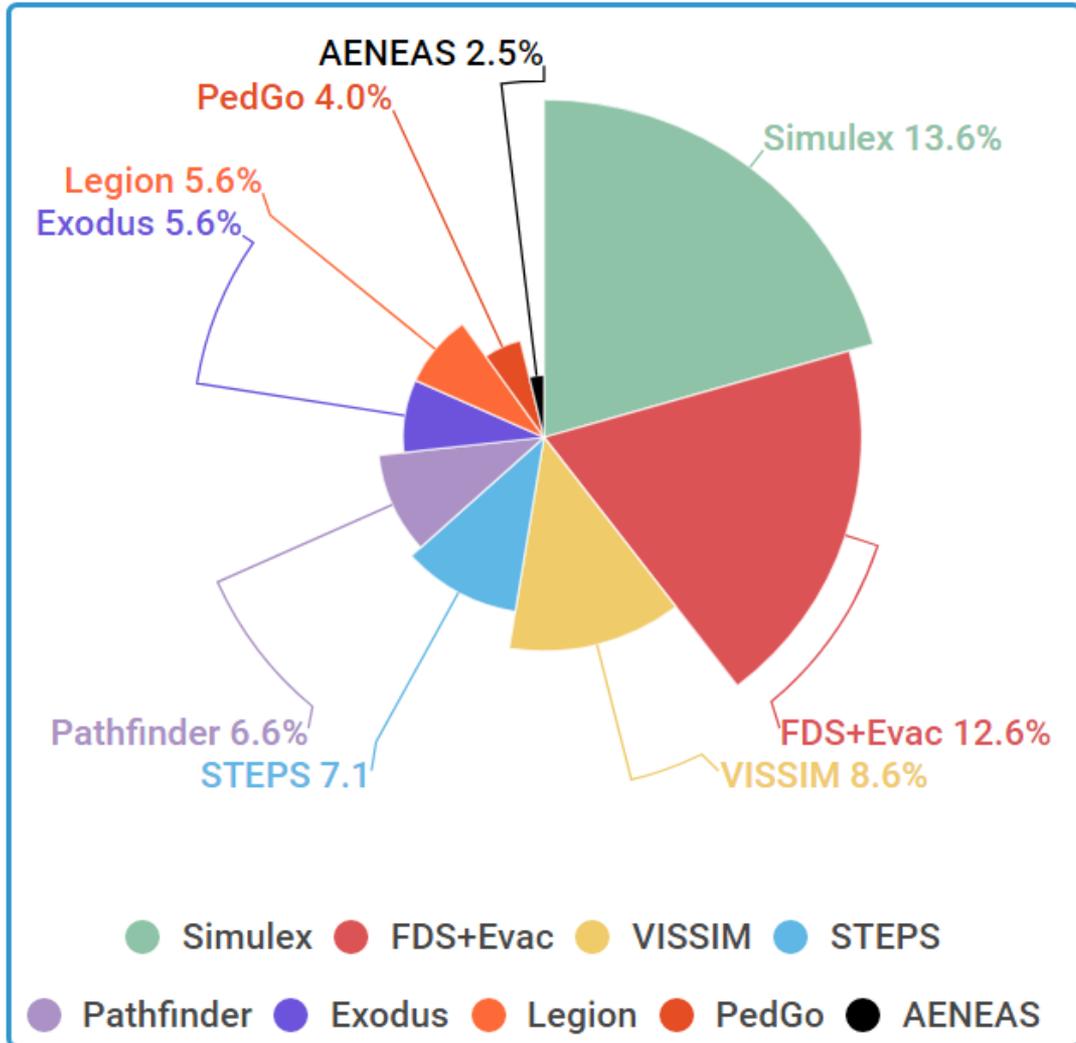


- 대피 시뮬레이션 권고 및 검증 지침 제시 (IMO MSC.1/Circ.1533 & NIST Technical Note 1822)
- 재난상황에 대한 시뮬레이션의 효용성 확대 (2018년도 소방청 시행)



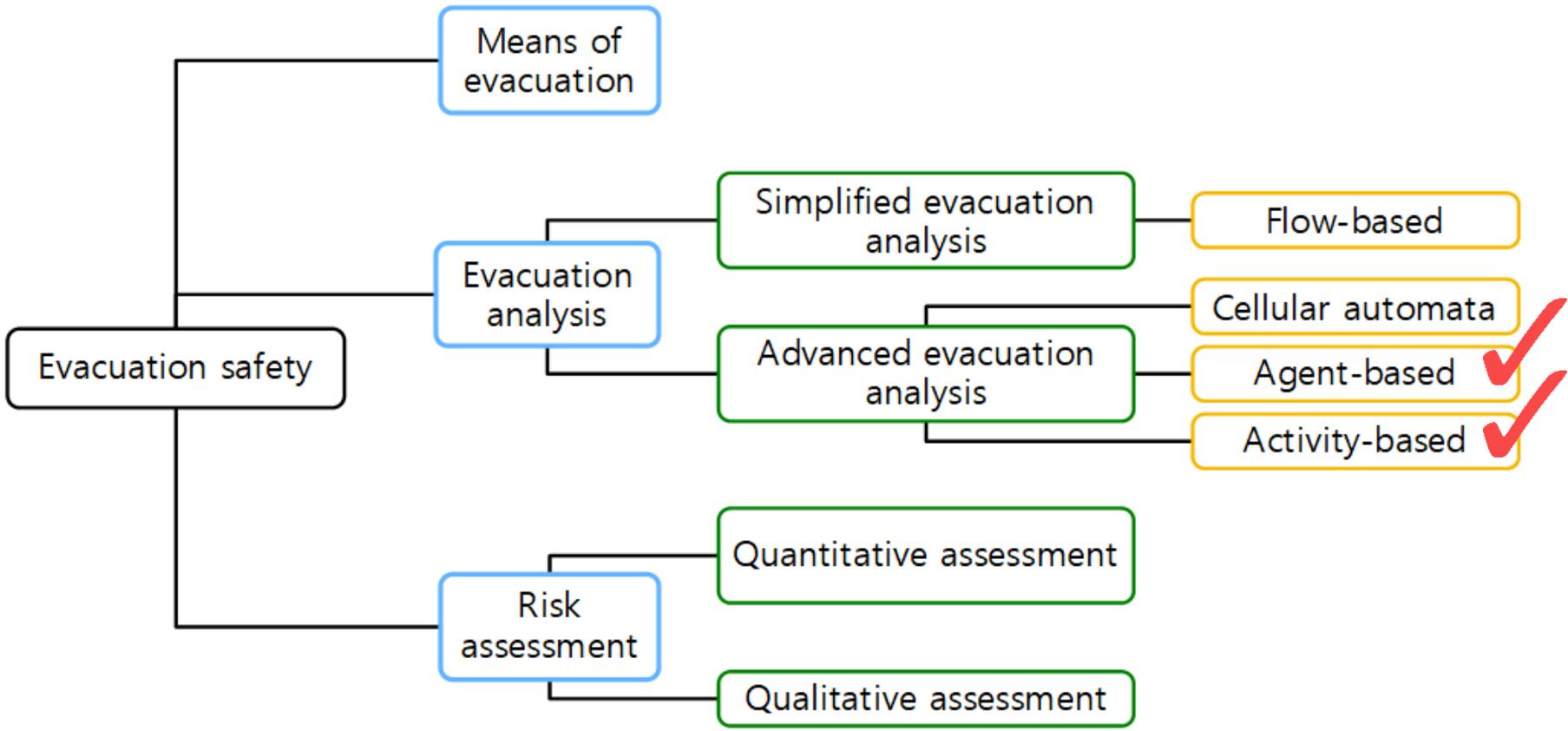
03 | 대피 시뮬레이션

전세계 60개 이상의 대피 시뮬레이션이 현재 존재



- Most known models
 - Simulex
 - FDS+Evac
 - VISSIM
 - STEPS
 - Pathfinder
 - Exodus

Macro technical tree in evacuation safety



Macro comparison table in evacuation analysis

	Basic model			Activity based
	Flow based	Cellular automata	Agent based	
Accuracy	X	△	○	○
Computation efficiency	○	△	X	X
Geometry representation	Node	Discrete cell	Continuous	-
Category (IMO)	Simplified	Advanced	Advanced	Advanced
Characteristic of human	X	△	○	○○
Various situation	X	△	○	○○
Various behavior	X	△	○	○○
Software	EVACNET4	EGRESS buildingEXODUS	FDS+Evac Pathfinder Simulex	-
Ex.	Continuity Equation	Eulerian	Lagrangian	-

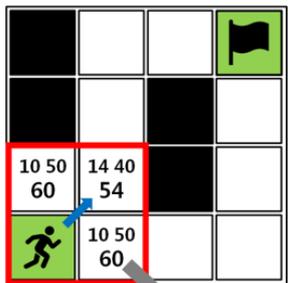
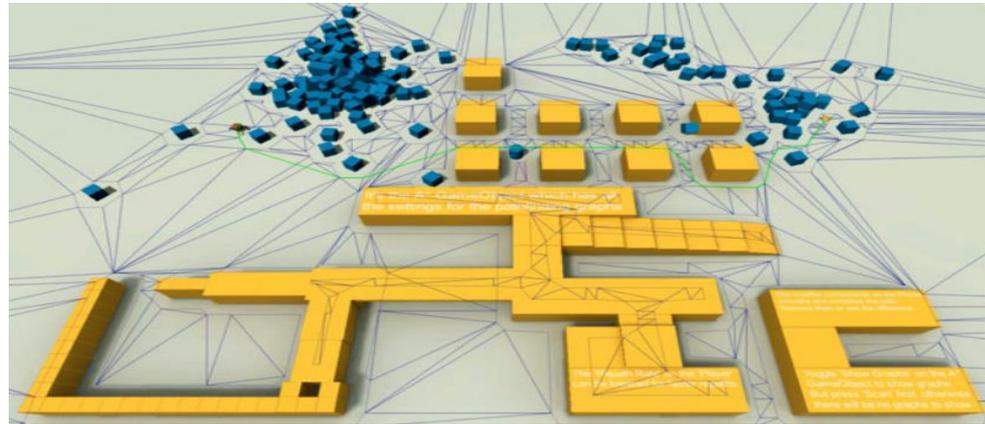
인간 특성 반영

Algorithm	Based	Human
Hazard detection	Ray-casting	Eye
Information sharing about route status	Bitwise OR operator ()	Ear & Mouth
Reaction on congestion	C_A, C_T, C_D & C_W	Instinct
Risk aversion	Bit mask	Instinct
Movement behavior	Changing posture	Instinct
Crowd density	Regression analysis	Instinct (Separation)
Suffocation	FED	Respiratory system
Path finding	A* algorithm	Brain
Collision avoidance	RVO algorithm	Instinct

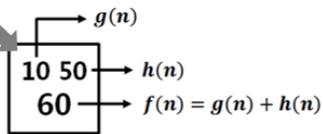


Path finding (A* algorithm)

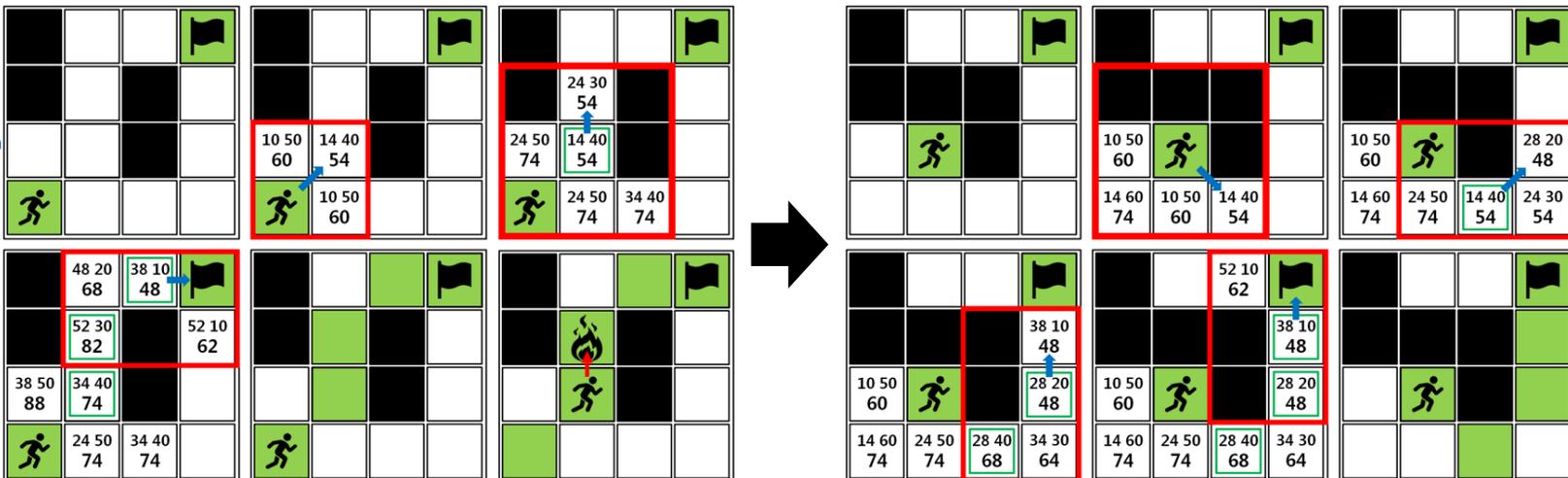
Shortest path, from Dijkstra algorithm



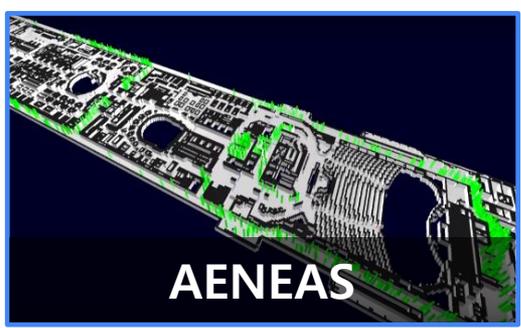
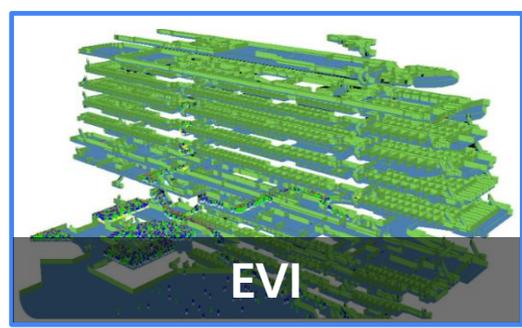
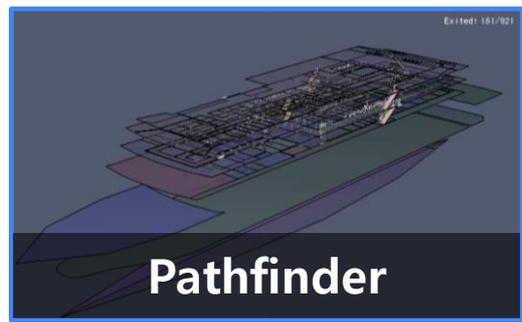
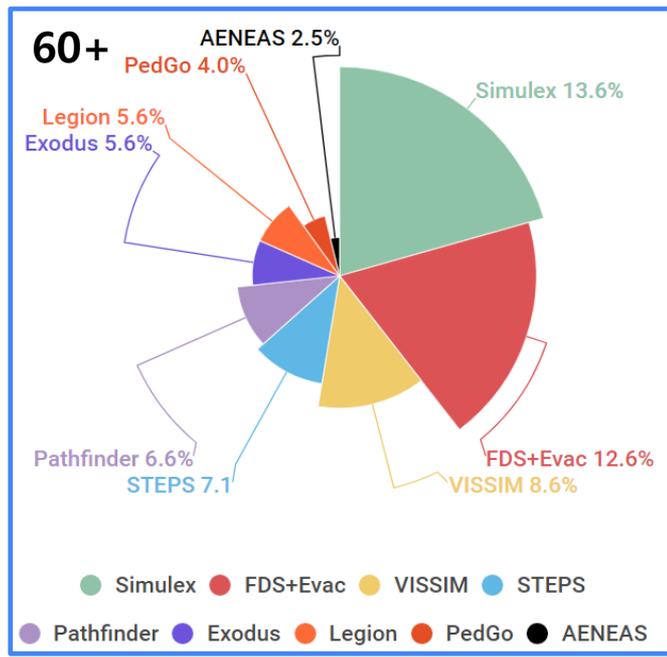
$g(n)$ = Distance from starting point
 $h(n)$ = Distance from end point
 $f(n) = g(n) + h(n)$



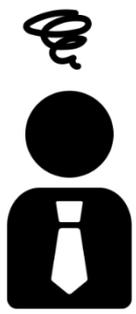
- : Starting point
- : Destination
- : Calculation area
- : Minimum value area
- : Direction to move
- : Obstacle



기존 대피 시뮬레이션



한계점



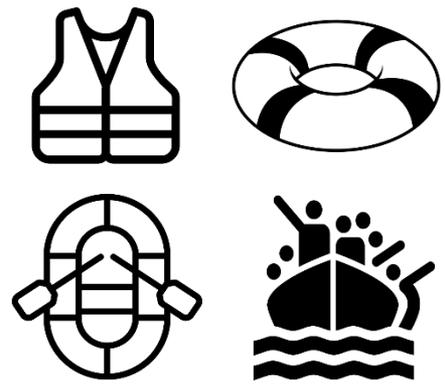
- 재난 요소 반영 (Ex : 기울기)
- 대피 시 인간 특성 적용
- 개개인의 특성 고려
- 높은 사용 난이도 & 고비용
- 상황 이해를 위한 가시화 & 검증
- 탈출의 전체과정 고려 불가



- 현실성 있는 재난 상황 예측 불가
- 안전 진단 및 분석, 구조 계획, 훈련, 교육, 매뉴얼 구축에 한계

시뮬레이션 비교표 (차별성)

	Pathfinder	FDS+Evac	maritimeEXODUS <small>the evacuation model for the maritime industry</small>	ST-PS <small>SIMULATING PEDESTRIAN DYNAMICS</small>	IES Simulex	iCAPTAIN <small>Safety Society Realization</small>
개발기관	Thunderhead Engineering	VTT	FSEG	Mott MacDonald	IES	i CAPTAIN
국가	미국	핀란드	영국	미국	영국	대한민국
개인 / 군중 특성 반영	○ (Agent-based)	○ (Agent-based)	△ (Fine network)	△ (Fine network)	○ (Agent-based)	○ (Agent-based)
화재요소와의 상호작용	△	△	△	X	X	○ ✓
선박 기울기	X	X	X	X	X	○ ✓
대피 장소 이동	○	○	○	○	○	○
탈출 전체 과정 (구명조끼·보트)	X	X	X	X	X	○
가시화 품질	상	하	중	상	하	상
계산 속도	하	중	상	하	상	하
검증	IMO · SFPE NIST	IMO	IMO · SGVDS	NEPA	-	IMO · SFPE SGVDS · NIST



탈출 전체 과정에 대한 시뮬레이션과 분석이 가능한 iCAPTAIN



해경의 선박 재난 상황 훈련 (기울기 30°)

03 | 대피 시뮬레이션

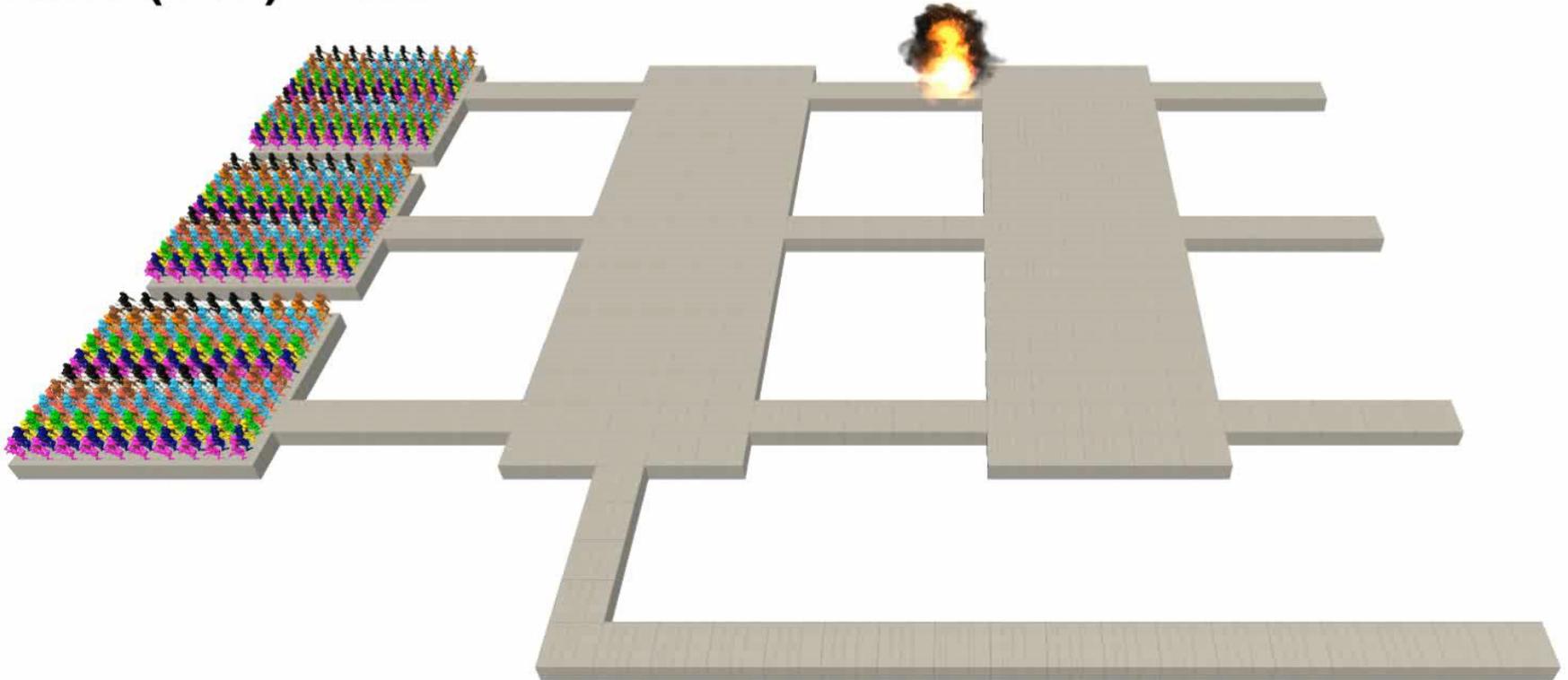
iCAPTAIN 시뮬레이션 (건물 화재 · FDS CFD 결과 연동)



Fire Growth : Ultrafast / HRR : 1000kW / 600 People

Evacuee = 0 Dead (Toxic Gas) = 0 Dead (Burn) = 0

Time (sec) = 0.6



03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (여객선 세월호 4층)



MV SEWOL : A Deck
Response duration = W/O
Time (sec) = 0.2
Heel angle (deg) = 30
Angular velocity (deg/min) = 0.5
ASET (sec) = 600
Evacuee = 0 / 484
Isolated = 0



- 현재 대피 매뉴얼을 따라 높은 곳으로 대피 할 시
- IMO 기준 Response duration : 해당 사항 없음
- 95/484 고립

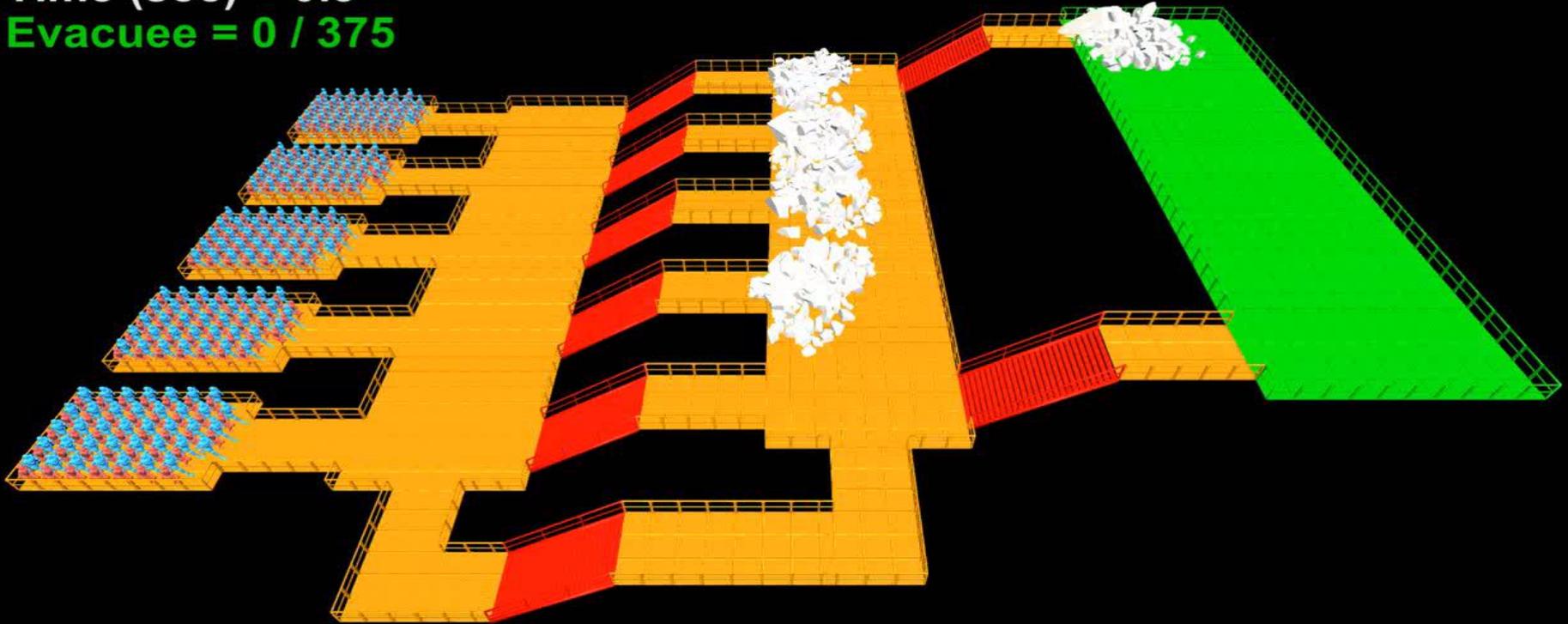
03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (지진 등으로 이동 경로 차단 시)

iCAPTAIN Active Route Choice Model

Time (sec) = 0.3

Evacuee = 0 / 375



- 경로 상태 인지 · Communication · 병목 현상
- Random 계수를 이용 한 사람 별 성격 반영
- IMO 기준에 따른 평지와 계단에서의 속도 변화 반영

iCAPTAIN 시뮬레이션 (SFPE Validation 1)

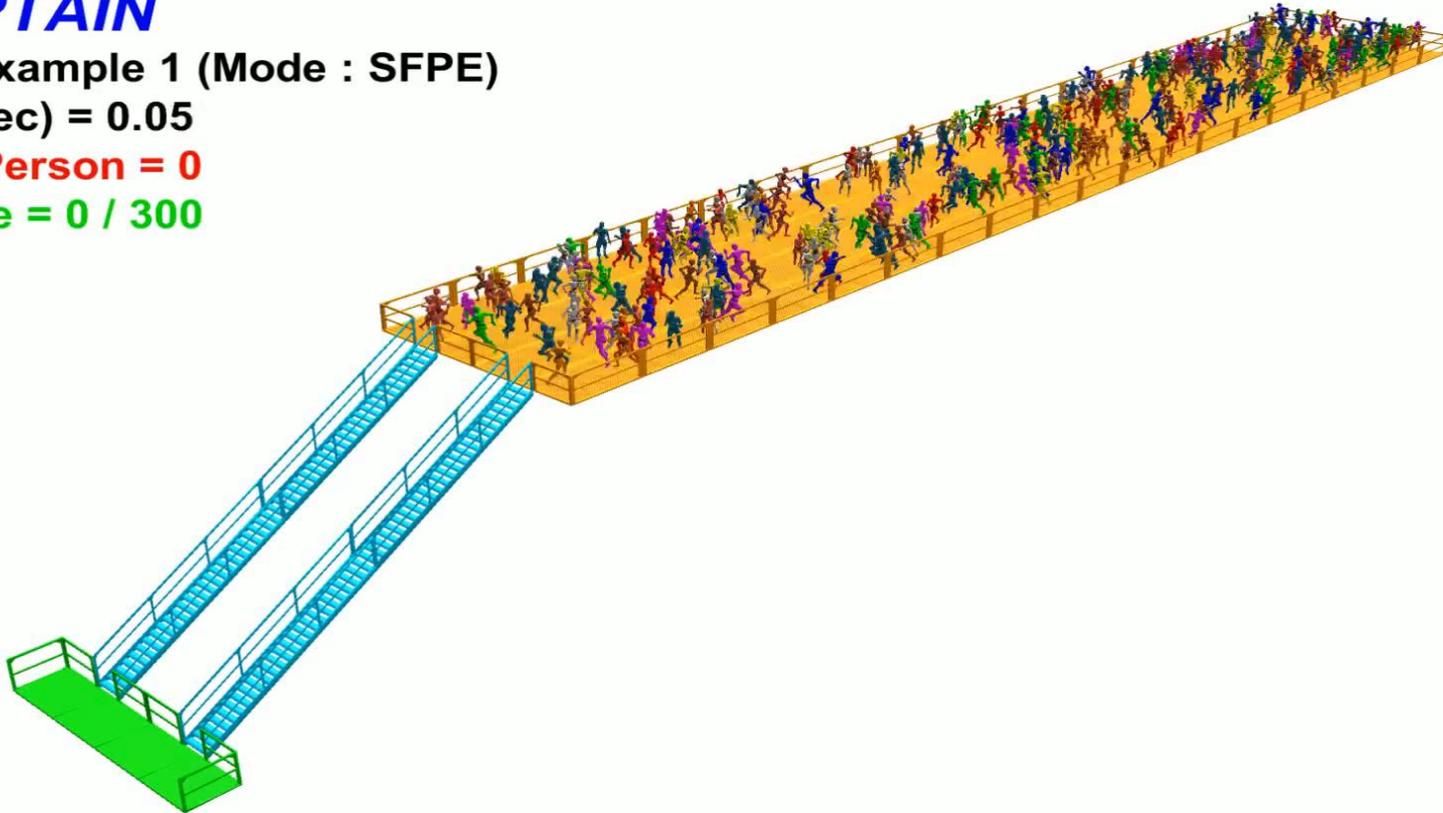
iCAPTAIN

SFPE Example 1 (Mode : SFPE)

Time (sec) = 0.05

Fallen Person = 0

Evacuee = 0 / 300



- 넘어지는 사람이 발생 한 경우
- 넘어진 사람은 추가적인 장애물 역할을 하여 전체 대피 시간 지연

iCAPTAIN 시뮬레이션 (SFPE Validation 2)

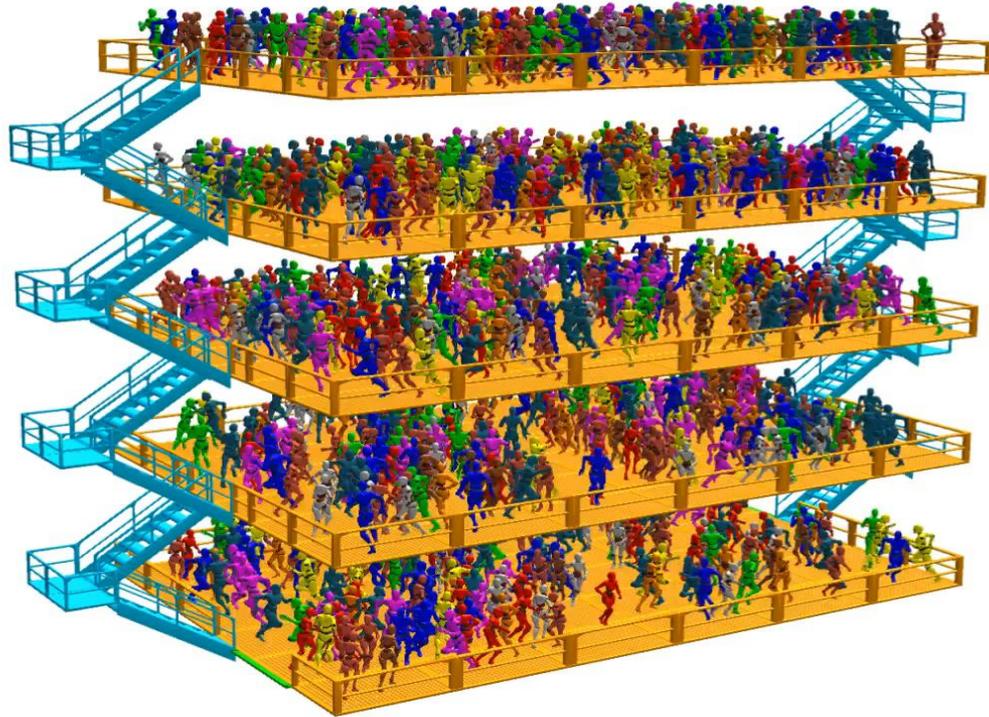
iCAPTAIN

SFPE Example 2 (Mode : SFPE)

Time (sec) = 0.05

Fallen Person = 0

Evacuee = 0 / 1000



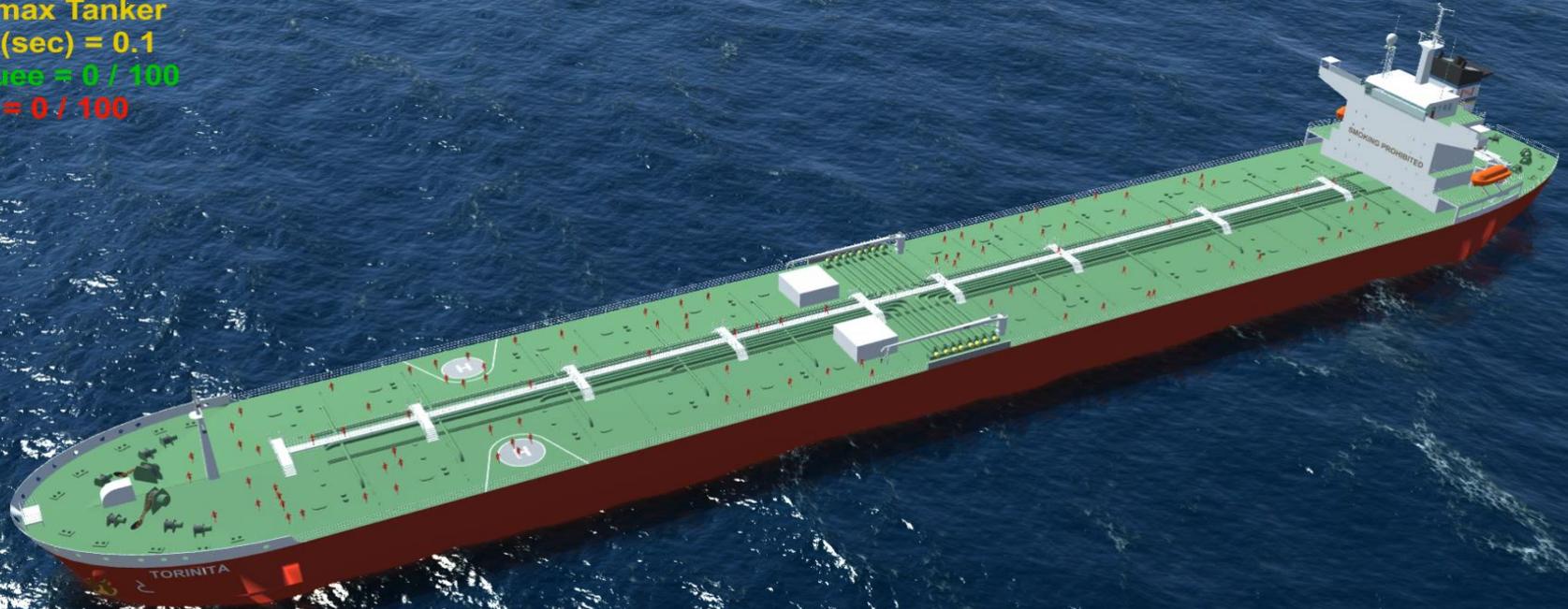
- 넘어지는 사람이 발생 한 경우
- 넘어진 사람은 추가적인 장애물 역할을 하여 전체 대피 시간 지연

03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (Panamax Tanker)

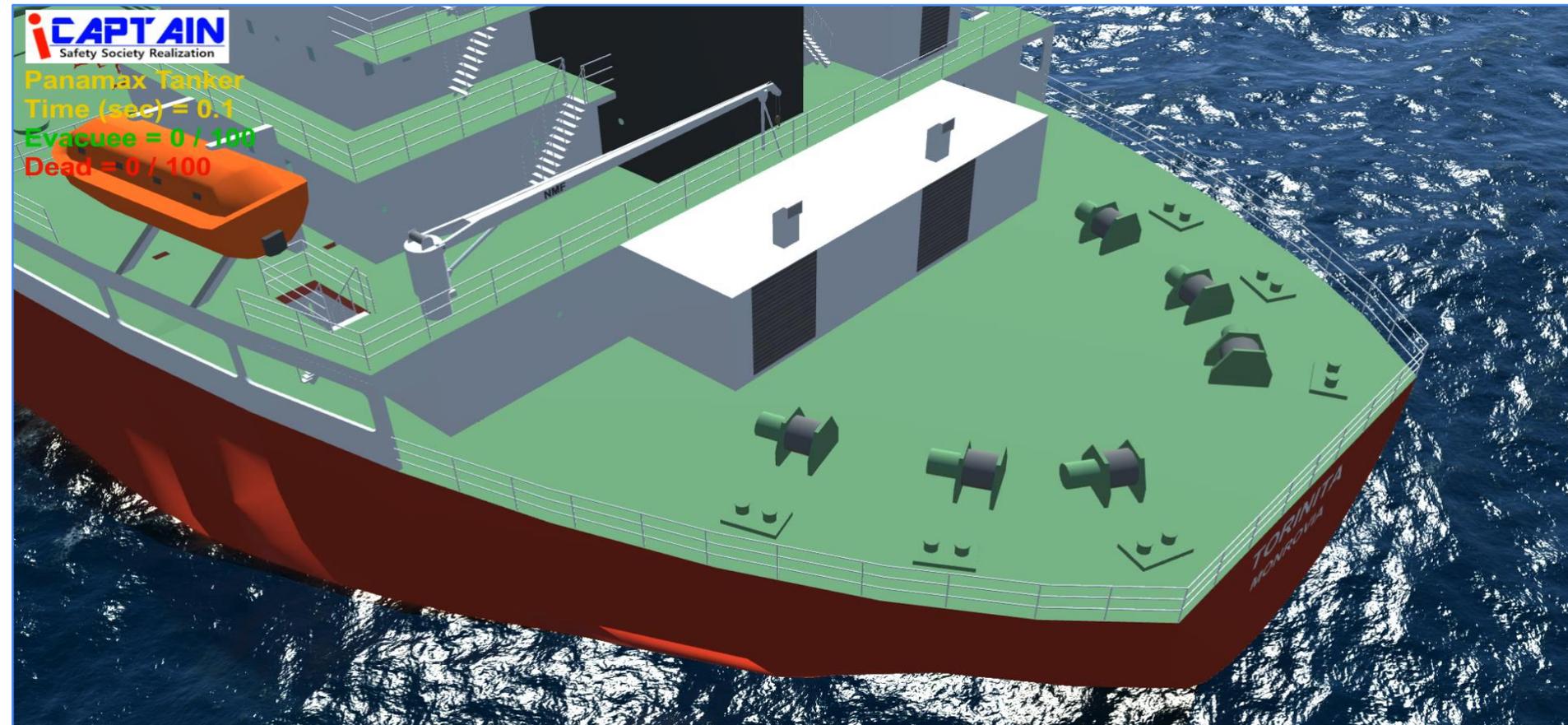
iCAPTAIN
Safety Society Realization

Panamax Tanker
Time (sec) = 0.1
Evacuee = 0 / 100
Dead = 0 / 100



03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (Panamax Tanker)



03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (Panamax Tanker)

iCAPTAIN
Safety Society Realization

Panamax Tanker
Time (sec) = 0.1
Evacuee = 0 / 100
Dead = 0 / 100



03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (LNG Tanker)

iCAPTAIN
Safety Society Realization

LNG Tanker

Time (sec) = 0.1

Evacuee = 0 / 100

Dead = 0 / 100



03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (LNG Tanker)

iCAPTAIN
Safety Society Realization

LNG Tanker
Time (sec) = 0.1
Evacuee = 0 / 100
Dead = 0 / 100

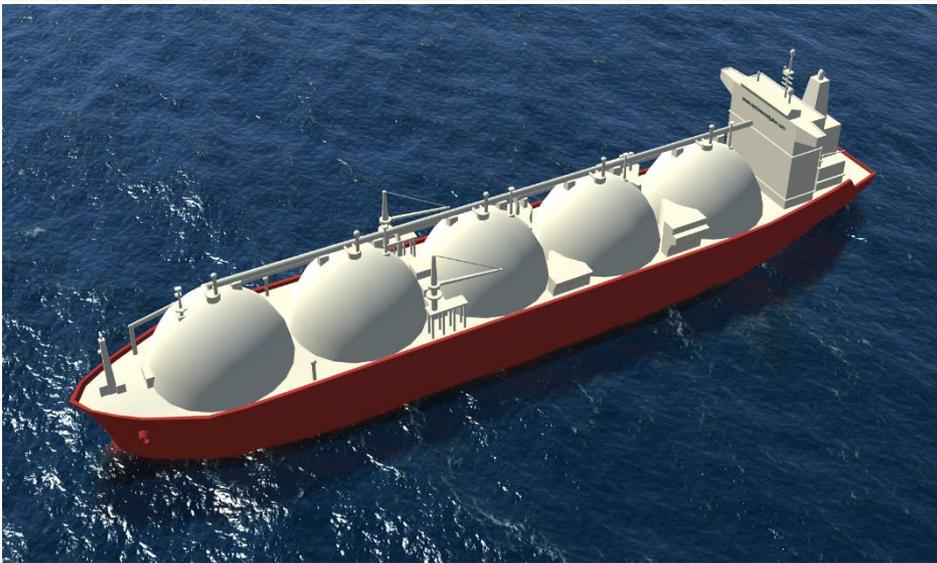


03 | 대피 시뮬레이션

iCAPTAIN 시뮬레이션 (LNG Tanker)



03 | 대피 시뮬레이션



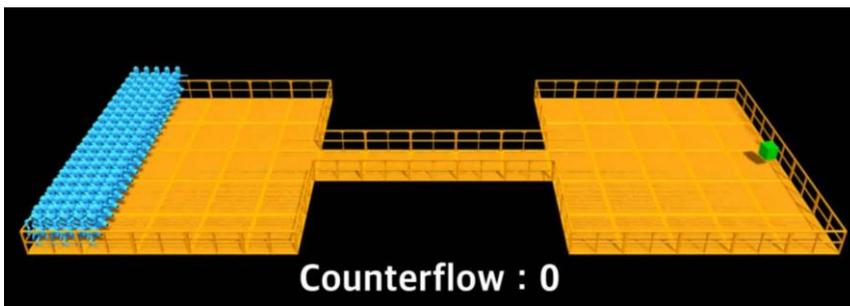
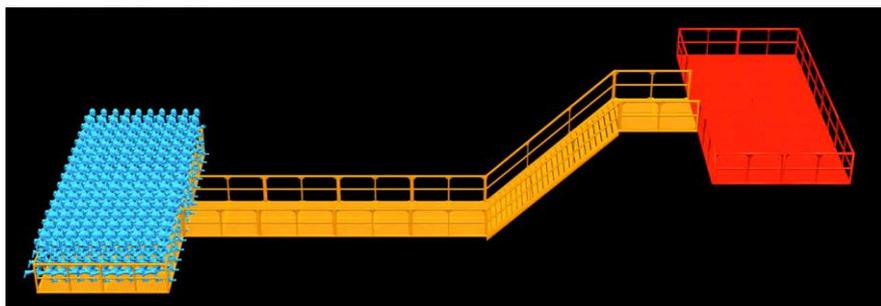
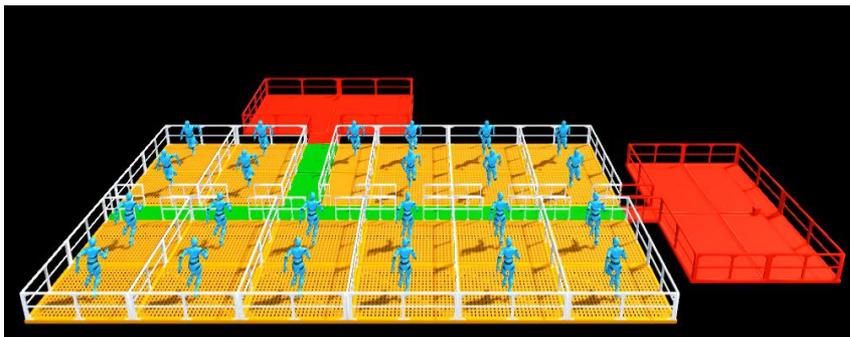
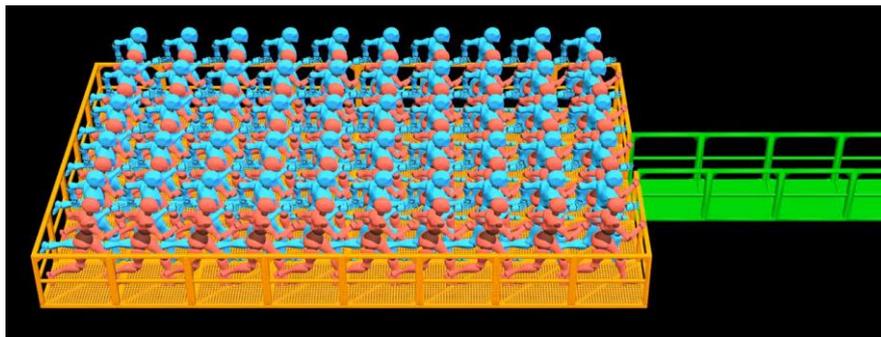
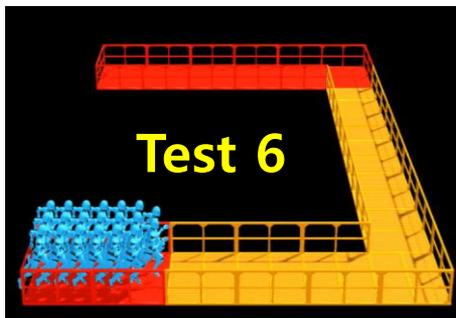
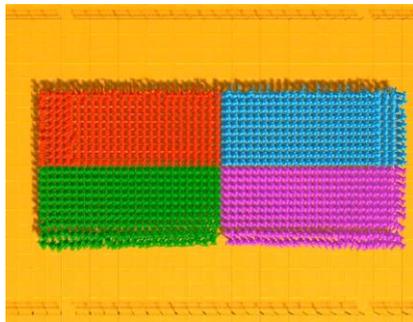
- Drill ship
- LNG Tanker 1
- LNG Tanker 2
- Oil Platform

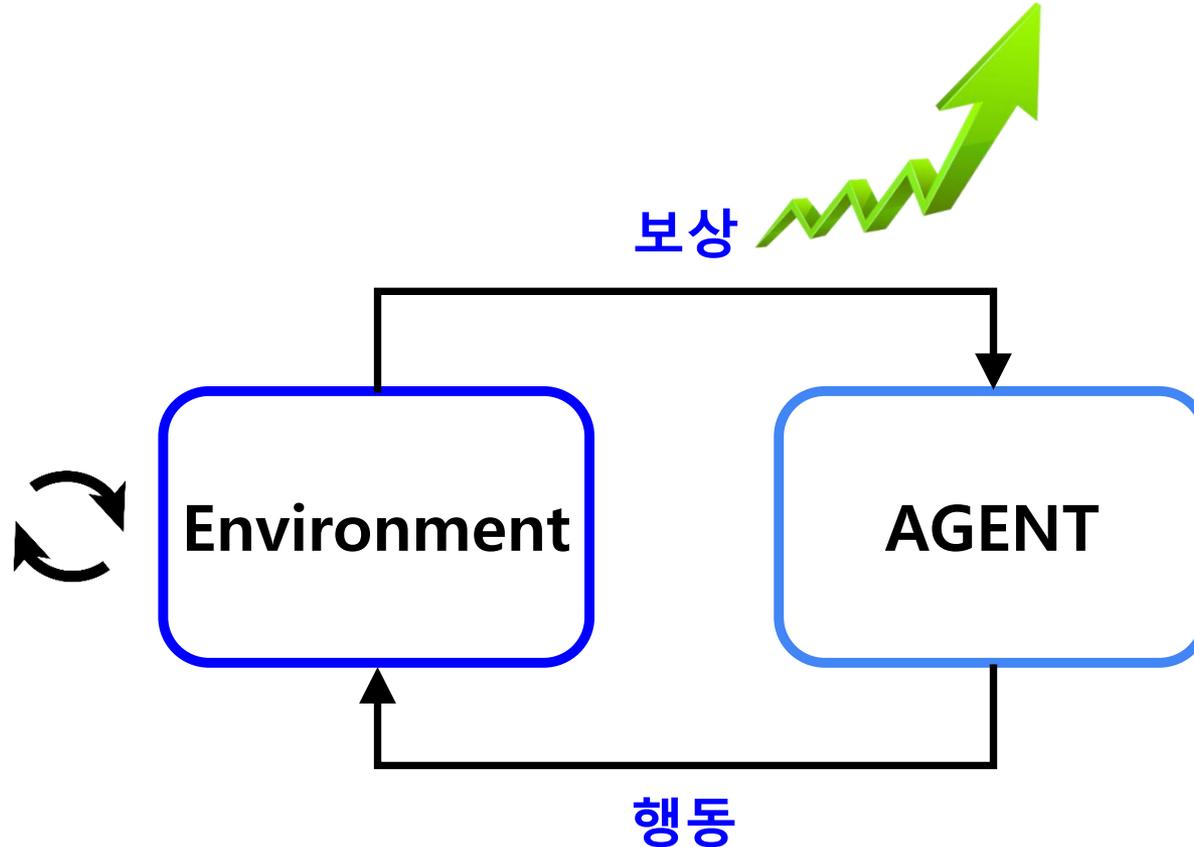
03 | 대피 시뮬레이션



IMO Test

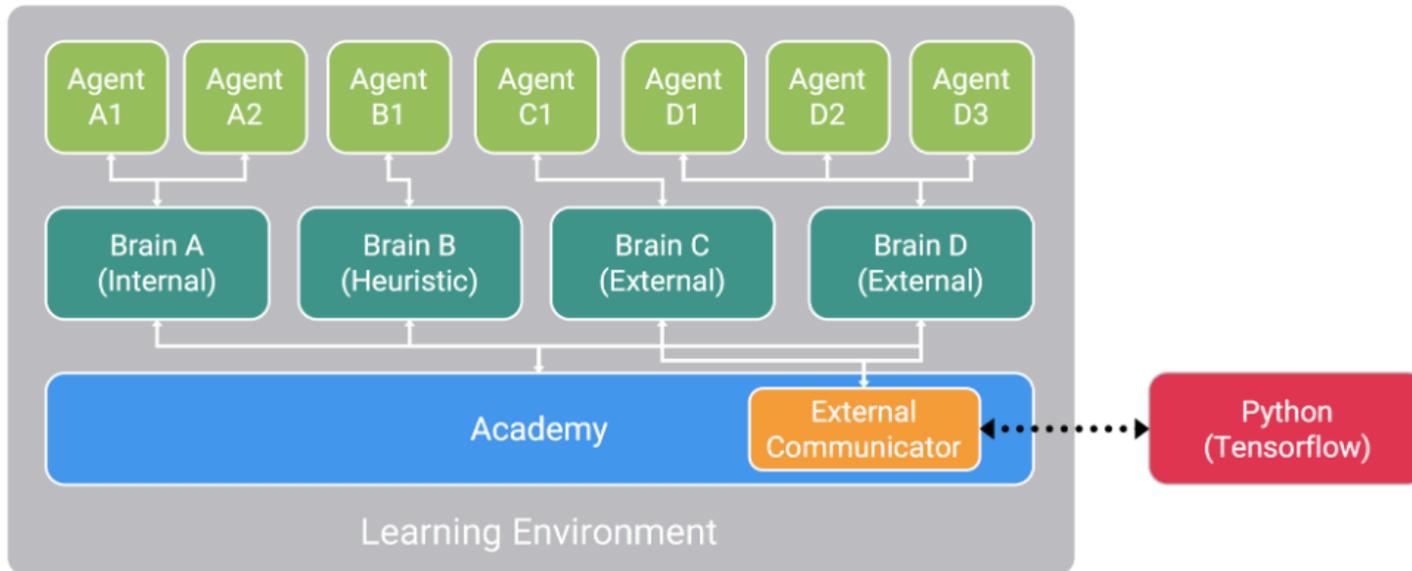
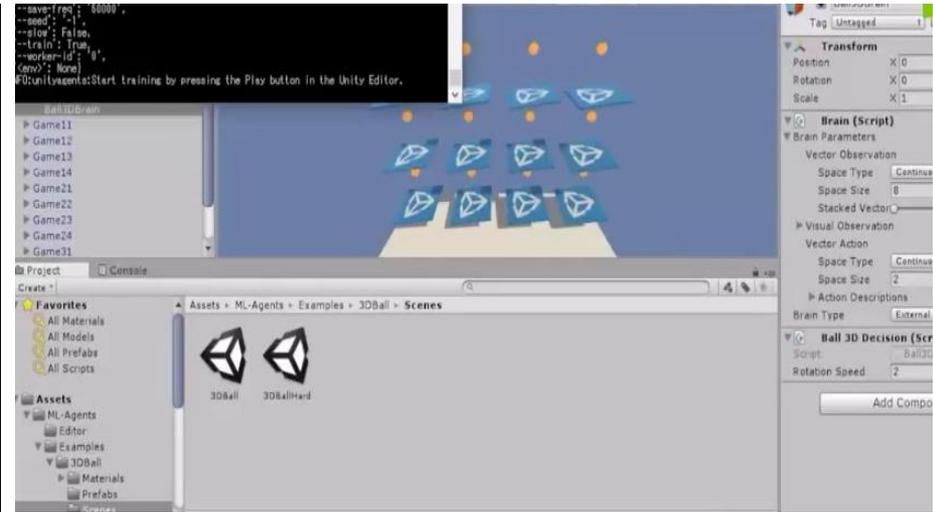
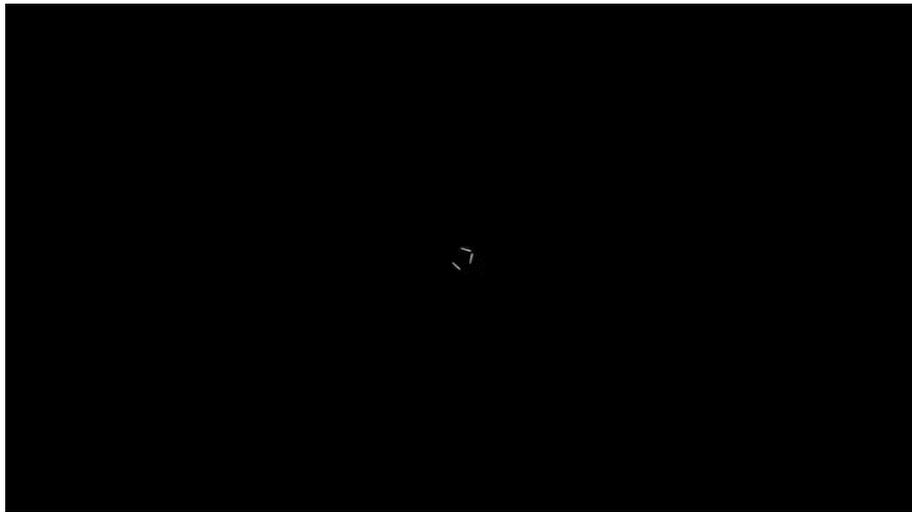
- Component testing (1~7), Qualitative verification (8~12)





- Random → 보상 값 최대
- Agent란? 행위의 주체가 되는 대상으로 사람이 아닐 수 있음
- Agent는 Sensation(상태 인지), action(행동 결정), goal(목표)이 있어야 함

04 | 강화학습 소개

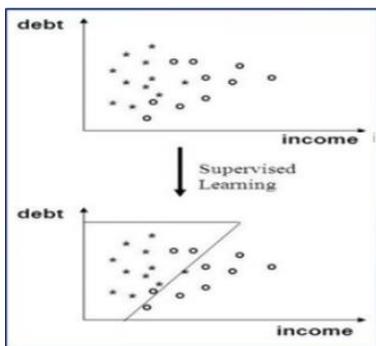


학습의 세 가지 종류

지도 학습 Supervised Learning

- Labeled 학습 데이터
- 회귀, 분류
- 정답 있음

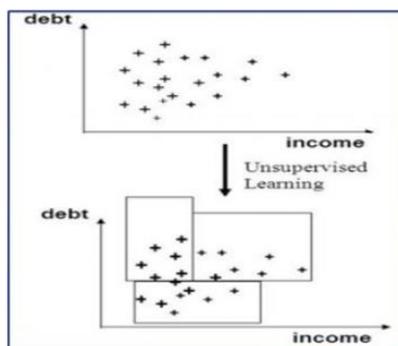
- 가격 예측



비지도 학습 Unsupervised Learning

- 미분류 데이터
- 패턴, 특성 등을 학습
- 정답 없음

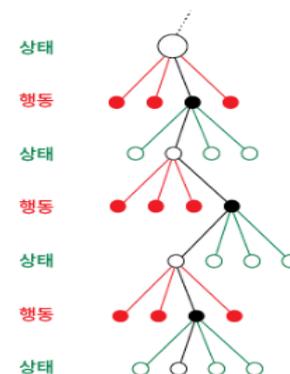
- 뉴스 그룹핑, 추천시스템



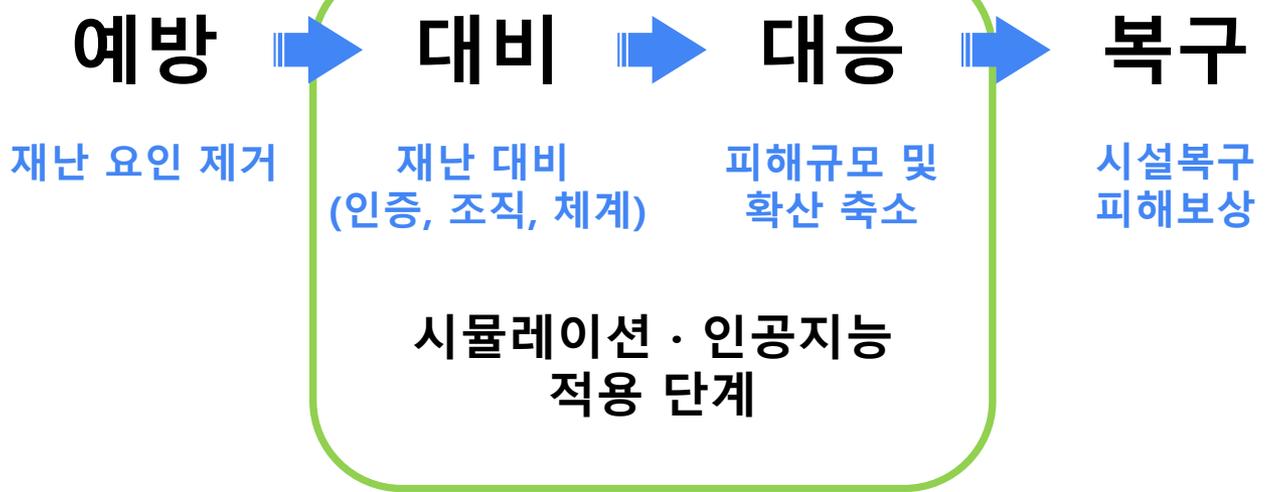
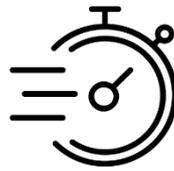
강화학습 Reinforcement Learning

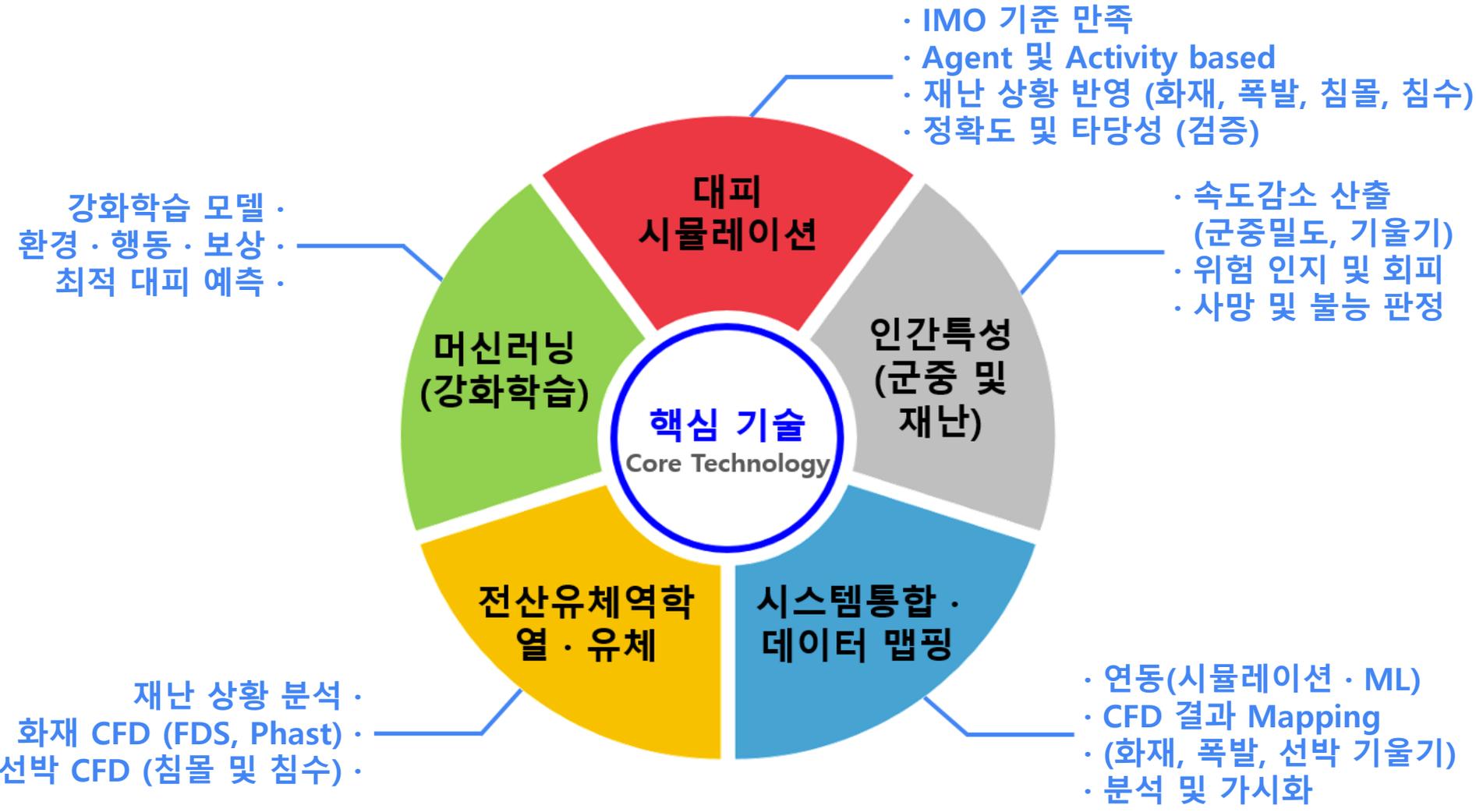
- 환경과의 상호작용
- 보상으로부터 학습
- 보상 최대화 목표

- 알파고, 로봇, 자율주행



재난관리 단계





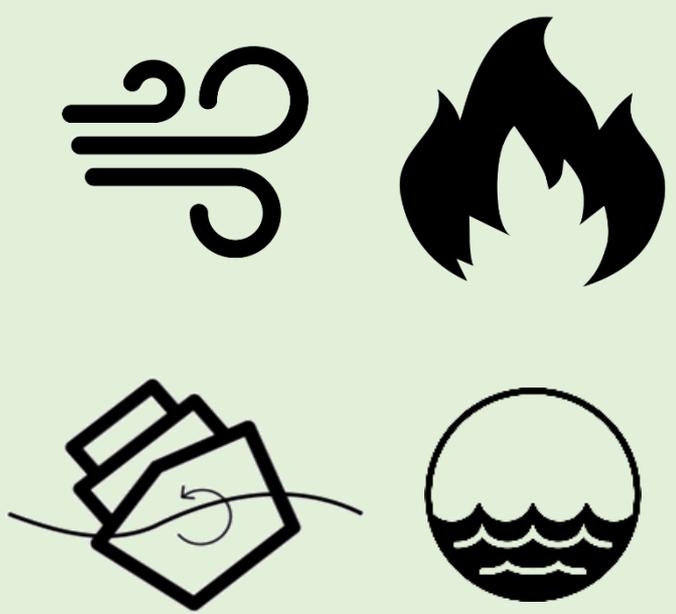
Agent (주체) 설정

Agent



Three black silhouettes of people. A green rectangular sign with a white border containing the Korean text '비상구' and 'EXIT' with a white arrow pointing left and a white silhouette of a person running. Two circular icons with red backgrounds and green arrows pointing left and right.

환경



Four black icons: a stylized wind symbol, a flame, a hand holding a card with a curved arrow, and a circle containing wavy lines representing water.

iCAPTAIN 능동 최적 경로 지시 & 전자 매뉴얼



능동 지시등을 이용한 세월호 4층 대피 시뮬레이션



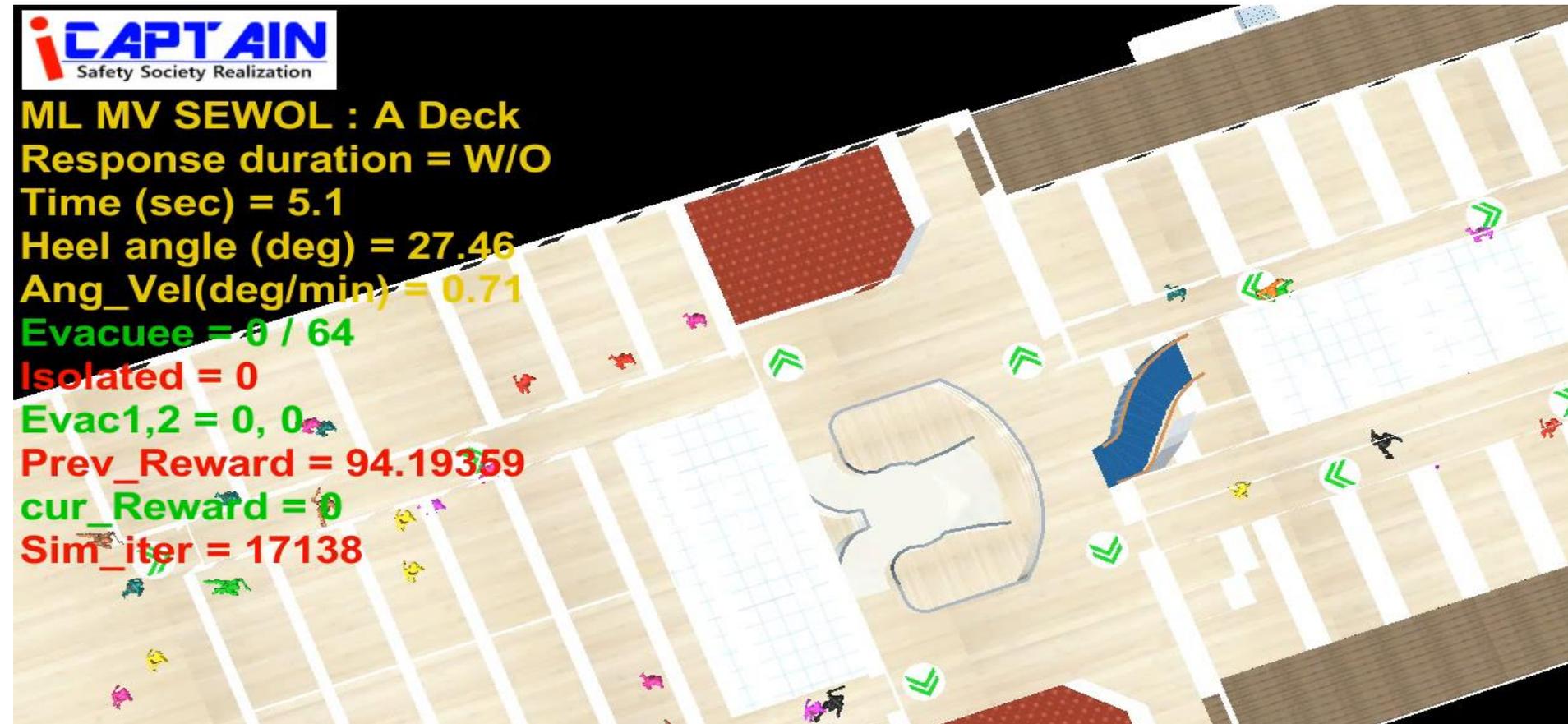
ML MV SEWOL : A Deck
Response duration = W/O
Time (sec) = 10.1
Heel angle (deg) = 11.68
Ang_Vel(deg/min) = 0.19
Evacuee = 0 / 19
Isolated = 0
Evac1,2 = 0, 0
Prev_Reward = 86.15383
cur_Reward = 0
Sim_iter = 17136



능동 지시등을 이용한 세월호 4층 대피 시뮬레이션



ML MV SEWOL : A Deck
Response duration = W/O
Time (sec) = 5.1
Heel angle (deg) = 27.46
Ang_Vel(deg/min) = 0.71
Evacuee = 0 / 64
Isolated = 0
Evac1,2 = 0, 0
Prev_Reward = 94.19359
cur_Reward = 0
Sim_iter = 17138



능동 지시등을 이용한 세월호 4층 대피 시뮬레이션



ML MV SEWOL : A Deck
Response duration = W/O

Time (sec) = 24.8

Heel angle (deg) = 30.21

Ang_Vel(deg/min) = 0.97

Evacues = 0 / 17

Isolated = 0

Evac1,2 = 0, 0

Prev_Reward = 0

cur_Reward = 0

Sim_iter = 17135



05 | 인공지능 연동

능동 지시등을 이용한 세월호 4층 대피 시뮬레이션

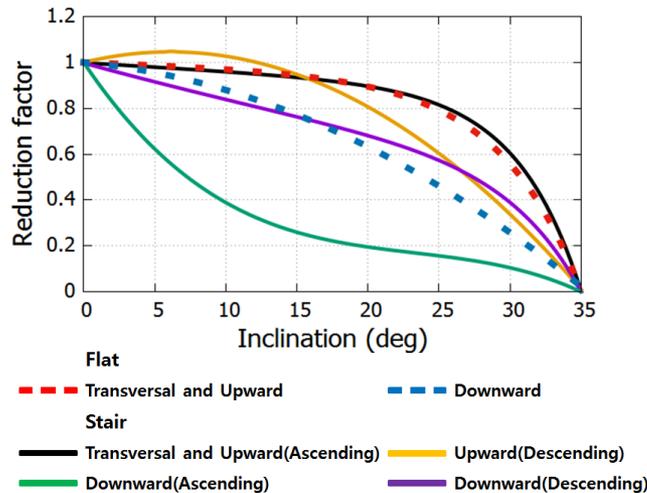


MV SEWOL : A Deck
Response duration = W/O
Time (sec) = 0.2
Heel angle (deg) = 30
Angular velocity (deg/min) = 0.5
ASET (sec) = 600
Evacuee = 0 / 484
Isolated = 0



분석 결과

- NAV Deck 27 명 (승객 11명, 승무원 16명)
- A deck 484 명 (승객 484명)
- B deck 444 명 (승객 426, 승무원 18명)
- 총원 955명



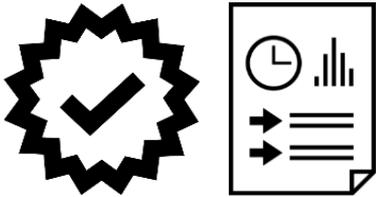
Population groups		Walking Speed (m/s)	
		Min	Max
Males	younger than 30 years	1.11	1.85
	30-50 years old	0.97	1.62
	older than 50 years	0.84	1.4
	older than 50, mobility impaired (1)	0.64	1.06
	older than 50, mobility impaired (2)	0.55	0.91
Females	younger than 30 years	0.93	1.55
	30-50 years old	0.71	1.19
	older than 50 years	0.56	0.94
	older than 50, mobility impaired (1)	0.43	0.71
	older than 50, mobility impaired (2)	0.37	0.61

	W/O	Day	Night
적용 전 (사망자)	262	429	539
적용 후 (사망자)	114	226	464
감소율 (%)	43	52	14

시뮬레이션 + 인공지능 + 사물인터넷을 이용한
선박 대피 솔루션

선박 대피 솔루션

대피 안전 인증



교육 · 훈련



사고 선박 대응



구조 기관 지원



사고 전

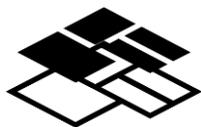
대피 시뮬레이션

사고 발생 시

대피 시뮬레이션 + 인공지능

06 | 추진 적용 분야

재난 상황 별 시뮬레이션을 통한 정확한 공학적 안전 인증



도면



승객



재난 환경

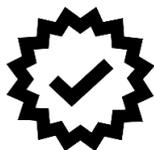


해상 상태



구명 장비

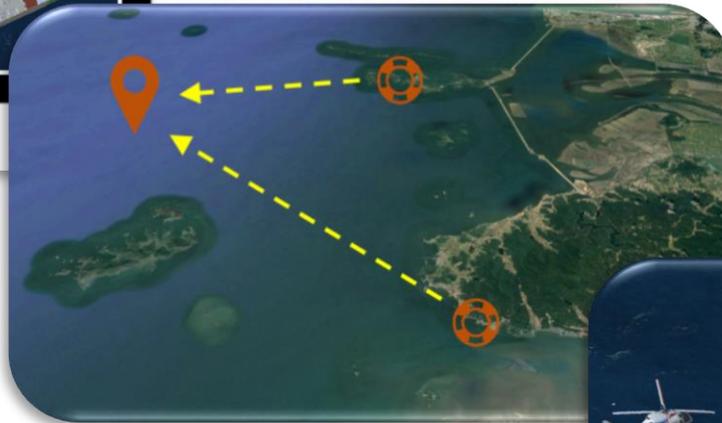
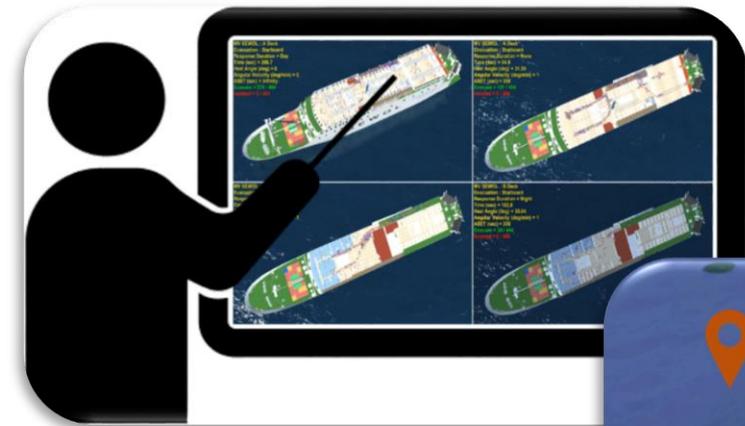
i CAPTAIN 대피 시뮬레이션



대피 안전성 분석 · 인증

06 | 추진 적용 분야

■ 시뮬레이션을 이용한 선박과 재난 상황 별 가시화 교육



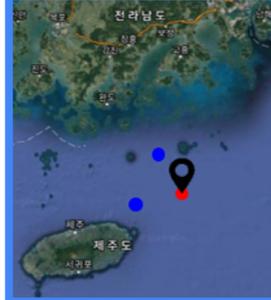
실시간 재난 매뉴얼을 통한 상황 별 최적 대응




상황 표시 창
 선박 상황 실시간 표시
 주요 예상 시간 출력

캡틴호 (한국) 2019-10-23 PM 12:00 🔋

탑승인원	413명
기울기	22.5°
각속도	0.17°/min
해경 도착 시간	16분 30초
보행 한계 시간	10분 22초
침수 시작 시간	28분 39초



· 지도 창

· 사고 선박과 해경의
현 위치 정보 표시

5층
4층
3층
2층
1층



· 가시화 창

· 층별 대응방안 표시

· 세부정보 포함
(경로 & 승객 정보)

· 고립 위험이 있으니 좌현 승객들은 비상 슬라이드를 이용해 외부 구명보트로 이동 시킬 것

· 계단 사용이 매우 어려우므로 각 층의 우현 승객들은 층별 위험 갑판에 소집 시킬 것

재난 대응 지시 창
 최적 대응 방안 지시

- 실제 재난 상황에 적용을 위해서는
 - 시뮬레이션 + 인공지능 + 사물인터넷 등 다양한 기술 융합 필요
- 재난 상황 반영
- 보상값 설정 & Agent 설정
- 범용성 & 확장성
- 연구 → 실용화

08 | 세미나를 마치며

i CAPTAIN 선박 대피 솔루션의 필요성



2014년 4월 16일 세월호 침몰 사고 (304명 사망)

- 35° : 인간 보행 한계 각도
- 0.51°/min : 침몰 각속도
- 588sec : 35° 까지 도달하는데 걸린 시간
- 720sec : 3층 좌현 침수 시작 시간



실효성 있는 선박 대피 매뉴얼과 교육 · 훈련 체계가 갖추어져 있었다면?