

로봇비전프로젝트

최종



Crowd-Robot Interaction

2021. 12. 20

컴퓨터공학부 20152494 유승태

컴퓨터공학부 20170995 정재형

INDEX

01 문제제기

02 구현 및 결과 분석

03 성능 향상 시도

04 결론

05 참고문헌

01

문제 제기

Introduction

- Crowd-Robot Interaction

군중 사이를 통과해서, 안전하고 사회 규범을 지키는 경로를 찾아 목적지를 찾아가는 일

Crowd-Robot Interaction:

Crowd-aware Robot Navigation with Attention-based Deep Reinforcement Learning[1]

- Question

논문은 '19년 기준으로 State of the art 수준의 성능을 보여주었음[1]

하지만 다음과 같은 의문점을 제시

1. 확장 가능성: 실험 과정에서 제시한 가정이 너무 단순함
2. 재현 가능성: 실험 결과로 제시한 성공률이 지나치게 높음

이를 검증하고, 문제점과 개선점을 찾고자 함

Problem Statements

- 논문 환경 이외의 환경(상황)에서도 성능이 잘 나오는지 실험
 - 훈련 환경
5명의 사람이 circle-crossing method로 이동
 - 실험 환경
 1. 사람 수를 늘려가며 실험 (5, 10, 20)
 2. 고정 장애물 10
 3. 고정 장애물 5 + 사람 5
- 상황별 비디오 파일 분석 및 문제점 파악
- 로봇의 속도 및 보상 수치 향상 시도

02

구현 내용 및 결과 분석

Simulation Setup

- 시뮬레이션에서 crowd는 ORCA[2] 알고리즘에 의해 제어
- 논문 제시 모델인 OM-SARL method로 활용
 - extend SARL by encoding intra-human interaction with a local map
- 해당 논문 제시 모델
 - OM-SARL : 전체 모델
 - SARL : 로컬 맵이 없는 모델

로봇이 crowd에게 보이지 않는 경우(**invisible**) 상황에서 진행

Simulation Setup

- 사용 IDE : Google Colab Pro
- Python : 3.6.8
- 기타 환경 설정은 Github 환경 설정과 동일
- GPU 활용

Train 과정

- Imitation learning
 - ORCA episode 3,000개 활용
 - learning rate 0.01로 50 epoch 학습
- reinforcement learning
 - 10,000개 episode 학습
 - epsilon
 - episode 0 ~ 4000 : $0.5 - (\text{episode} * 0.0001)$
 - episode 4000 ~ : 0.1

Test 결과(논문 동일 환경)

- 500 episode 활용 test 진행
- OM-SARL 기준 논문과 비슷한 성능

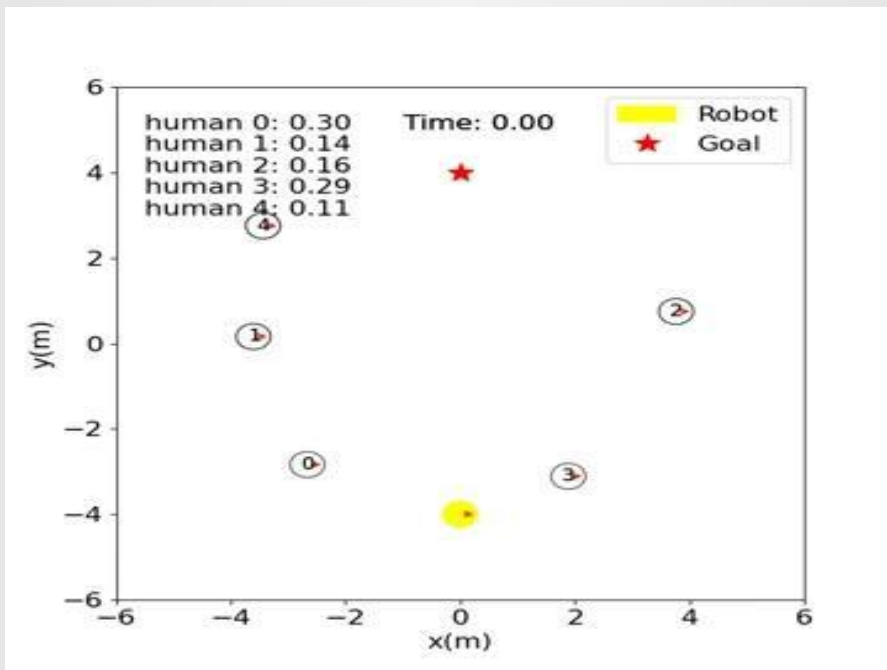
Methods	Success	Collision	Time	Reward
ORCA [5]	0.43	0.57	10.86	0.054
CADRL [19]	0.78	0.22	10.80	0.222
LSTM-RL [22]	0.95	0.03	11.82	0.279
SARL (Ours)	1.00	0.00	10.55	0.338
LM-SARL (Ours)	1.00	0.00	10.46	0.342

TABLE I: Quantitative results in the invisible setting. “Success”: the rate of robot reaching its goal without a collision. “Collision”: the rate of robot colliding with other humans. “Time”: the robot’s navigation time to reach its goal in seconds. “Reward”: discounted cumulative reward in a navigation task.

```
INFO: Using device: cuda:0
INFO: Policy: OM-SARL w/ global state
INFO: 3.6/site-packages/gym/envs/registration.py:14: PkgResourcesDeprecationWarning: Parameters to load
t.load(False)
INFO: human number: 5
INFO: Not randomize human's radius and preferred speed
INFO: Training simulation: circle_crossing, test simulation: circle_crossing
INFO: Square width: 10.0, circle width: 4.0
INFO: Agent is invisible and has holonomic kinematic constraint
INFO: TEST has success rate: 1.00, collision rate: 0.00, nav time: 10.60, total reward: 0.3367
INFO: Frequency of being in danger: 0.02 and average min separate distance in danger: 0.17
INFO: Collision cases:
INFO: Timeout cases:
INFO: Collision cases num: 0
INFO: Timeout cases num: 0
```

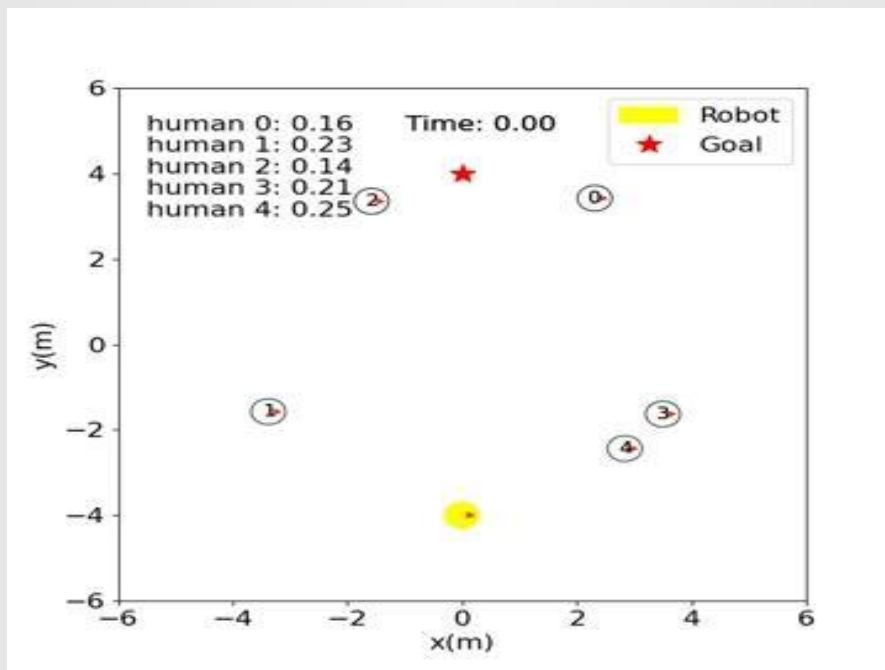
Test 결과(논문 동일 환경)

- 충돌 안할 때



Test 결과(논문 동일 환경)

- 충돌 할 때



Test 결과(사람 10명)

- 5명 기준 Train 모델 사용
- 성공 확률, navigation time, reward 성능 감소
- 사람이 로봇과 너무 가까이 위치하는 경우 또한 증가

```
INFO: Using device: cuda:0
INFO: Policy: OM-SARL w/ global state
3.6/site-packages/gym/envs/registration.py:14: PkgResourcesDeprecationWarning: Parameters to load
t.load(False)
INFO: human number: 10
INFO: Not randomize human's radius and preferred speed
INFO: Training simulation: circle_crossing, test simulation: circle_crossing
INFO: Square width: 10.0, circle width: 4.0
INFO: Agent is invisible and has holonomic kinematic constraint
INFO: TEST has success rate: 0.91, collision rate: 0.09, nav time: 12.56, total reward: 0.2237
INFO: Frequency of being in danger: 0.09 and average min separate distance in danger: 0.12
INFO: Collision cases: 40 41 58 59 62 66 71 79 93 100 113 122 124 137 142 146 148 164 176 178 1
INFO: Timeout cases:
INFO: Collision cases num: 45
INFO: Timeout cases num: 0
```

Test 결과(사람 20명)

- 5명 기준 Train 모델 사용
- 충돌 확률이 성공 확률보다 높음
- 보상 수치 또한 마이너스 값 가짐

```
INFO: Using device: cuda:0
INFO: Policy: OM-SARL w/ global state
3.6/site-packages/gym/envs/registration.py:14: PkgResourcesDeprecationWarning: Parameters to load
t.load(False)
INFO: human number: 20
INFO: Not randomize human's radius and preferred speed
INFO: Training simulation: circle_crossing, test simulation: circle_crossing
INFO: Square width: 10.0, circle width: 4.0
INFO: Agent is invisible and has holonomic kinematic constraint
INFO: TEST has success rate: 0.46, collision rate: 0.54, nav time: 14.32, total reward: -0.0469
INFO: Frequency of being in danger: 0.35 and average min separate distance in danger: 0.12
INFO: Collision cases: 0 4 5 6 7 10 15 16 19 21 22 23 24 25 26 27 32 33 34 37 38 40 41 45 46 48
INFO: Timeout cases: 82 239
INFO: Collision cases num: 270
INFO: Timeout cases num: 2
```

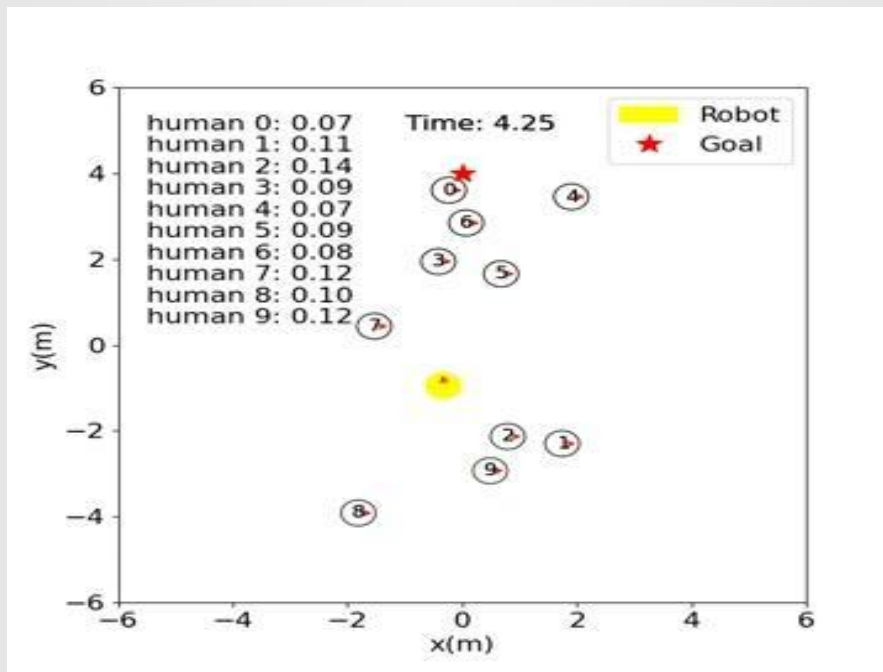
Test 결과(고정 장애물 10개)

- 사람 5명 기준 Train 모델 사용
- 충돌은 없지만 80% 확률로 timeout

```
INFO: Using device: cuda:0
INFO: Policy: OM-SARL w/ global state
n3.6/site-packages/gym/envs/registration.py:14: PkgResourcesDeprecationWarning: Parameters to load
nt.load(False)
INFO: human number: 10
INFO: Not randomize human's radius and preferred speed
INFO: Training simulation: circle_crossing, test simulation: obstacle
INFO: Square width: 10.0, circle width: 4.0
INFO: Agent is invisible and has holonomic kinematic constraint
INFO: TEST has success rate: 0.20, collision rate: 0.00, nav time: 12.35, total reward: 0.0484
INFO: Frequency of being in danger: 0.06 and average min separate distance in danger: 0.13
INFO: Collision cases:
INFO: Timeout cases: 0 1 2 4 5 7 8 9 10 11 13 14 15 16 18 19 20 21 23 24 25 26 28 30 31 32 33 34
INFO: Collision cases num: 0
INFO: Timeout cases num: 400
```

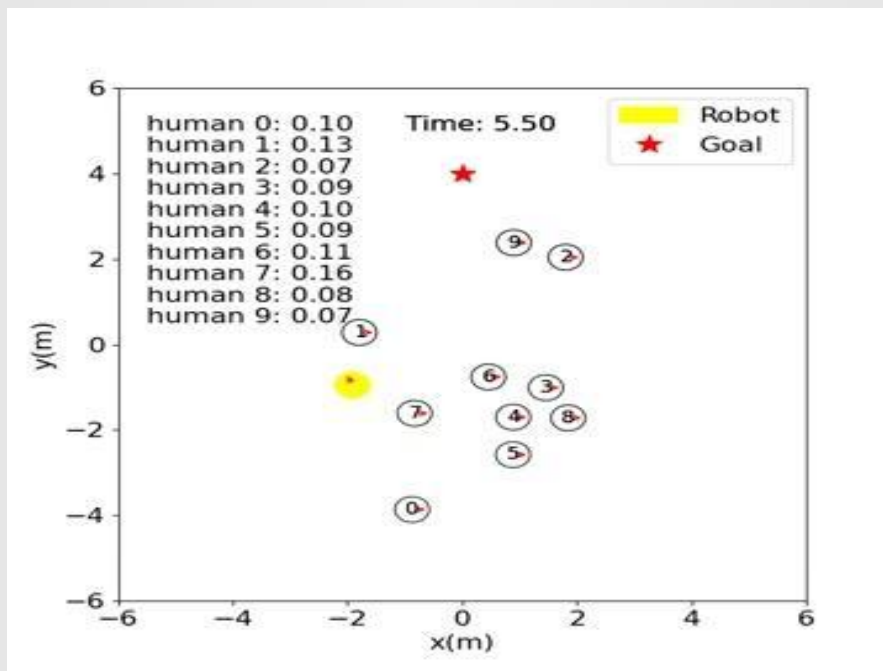
Test 결과(고정 장애물 10개)

- timeout



Test 결과(고정 장애물 10개)

- 충돌 안할 때



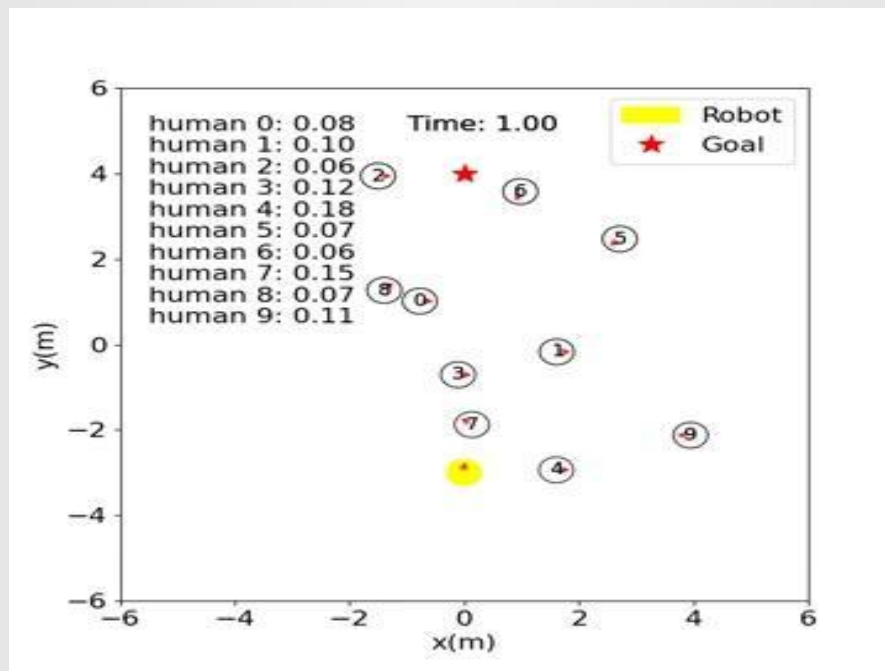
Test 결과(고정 장애물 5 + 사람 5)

- 사람 5명 기준 Train 모델 사용
- timeout case 21%

```
INFO: Using device: cuda:0
INFO: Policy: OM-SARL w/ global state
h3.6/site-packages/gym/envs/registration.py:14: PkgResourcesDeprecationWarning: Parameters to load
nt.load(False)
INFO: human number: 10
INFO: Not randomize human's radius and preferred speed
INFO: Training simulation: circle_crossing, test simulation: obstacle_human
INFO: Square width: 10.0, circle width: 4.0
INFO: Agent is invisible and has holonomic kinematic constraint
INFO: TEST has success rate: 0.78, collision rate: 0.01, nav time: 12.16, total reward: 0.2104
INFO: Frequency of being in danger: 0.10 and average min separate distance in danger: 0.12
INFO: Collision cases: 24 61 78 306 392 426 443
INFO: Timeout cases: 11 18 19 20 33 36 38 46 60 72 76 87 88 98 99 109 116 120 121 123 133 134 1
INFO: Collision cases num: 7
INFO: Timeout cases num: 105
```

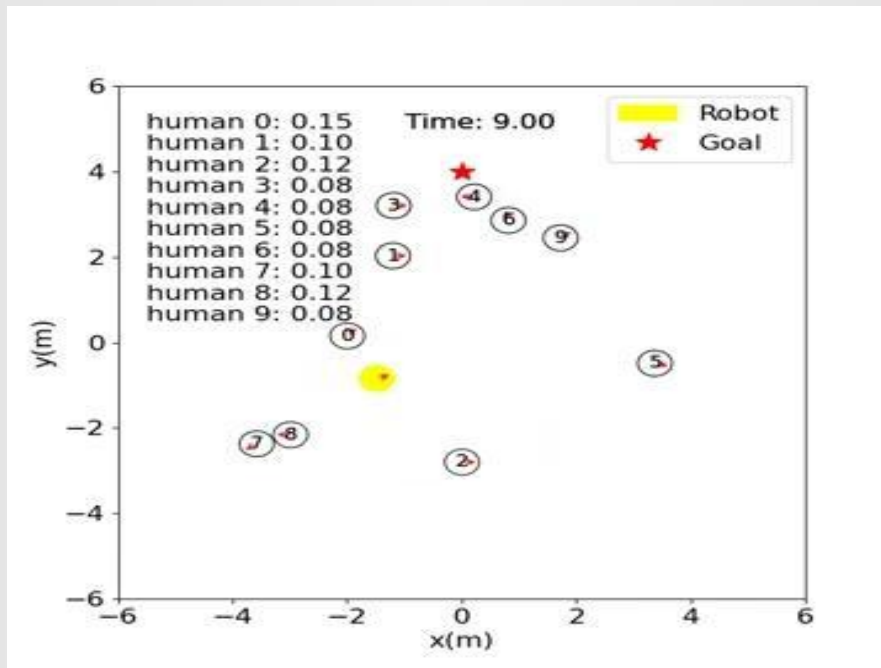
Test 결과(고정 장애물 5 + 사람 5)

- timeout



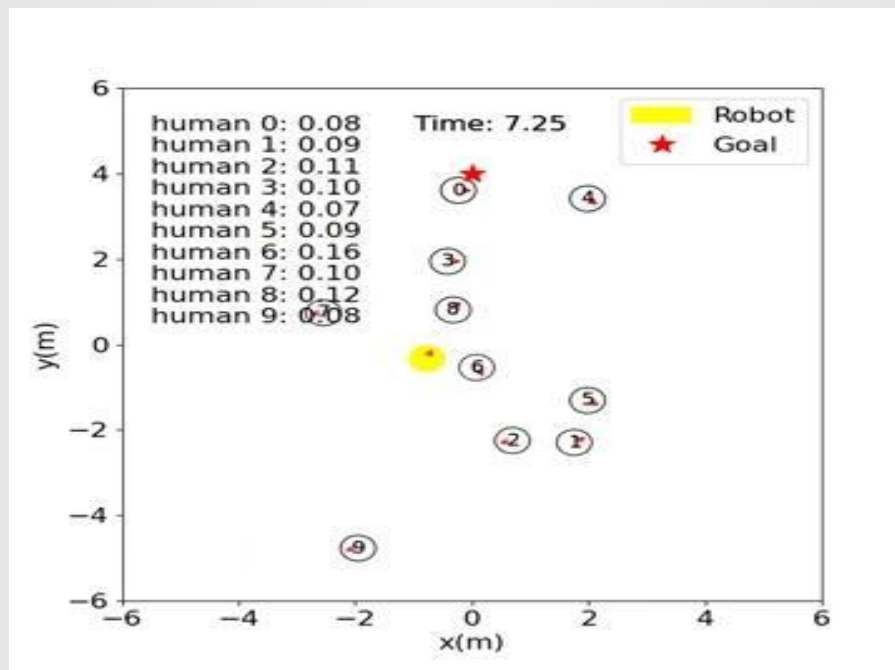
Test 결과(고정 장애물 5 + 사람 5)

- 충돌 할 때



Test 결과(고정 장애물 5 + 사람 5)

- 충돌 안할 때



실험 결과

- 제시한 의문에 대해 검증
 - 재현 가능성
 - 동일한 환경에서 테스트 한 결과 성공률이 동일하게 나옴
 - > 재현 가능함을 확인
 - 확장 가능성
 - 테스트 상황의 인원수가 늘어나는 경우 성공률이 크게 떨어짐
 - 학습한 시나리오와 다른 테스트 시나리오인 경우 성공률이 크게 떨어짐
 - > 확장성에 제한이 있음

03

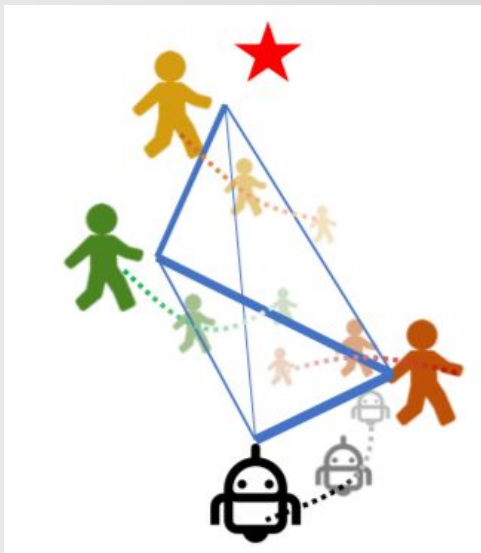
성능 향상 시도

성능 향상 시도

- 최신 알고리즘 코드 활용 성능 향상 시도
 - Relational Graph Learning for Crowd Navigation[3]
 - Social NCE: Contrastive Learning of Socially-aware Motion Representations[4]
- 실험 상황으로 **train**을 통한 성능 향상 시도

Relational Graph Learning for Crowd Navigation[3]

- 원 논문이 crowd과 로봇 사이의 어텐션만 반영하였지만, Graphral neural network 를 이용하여 crowd 간의 어텐션도 반영
- Human node feature들을 이용해 미래 시점의 crowd 위치 예상
Robot node feature를 이용해 상태 가치 계산
- 원 논문보다 성능의 향상이 이루어짐
하지만 그 개선의 폭이 크지 않고 기존 모델의 반복에 가까운 점이 한계



Social-NCE[4]

- Socially-aware motion 표현을 학습하기 위한 대조적 방법을 제시
- 모델링 방법
 - (i) 합성된 negative 사건으로부터 실제 positive 사건을 식별함으로써 추출된 모션 표현을 정규화하는 social contrastive loss를 도입
 - (ii) 드물지만 위험한 상황에 대한 사전 지식을 기반으로 유익한 negative 샘플을 구성
- Social-NCE loss는 논문의 sampling 전략과 결합되어 recent human trajectory forecasting 및 crowd navigation 알고리즘의 성능을 크게 향상시킴

negative data augmentations을 통한 반대로부터의 학습
-> 기존 **interactive data** 수집에 대한 유망한 대안이 될 수 있음

문제점 (Social-NCE[4])

- Square crossing 상황에서 기존 모델보다도 성능이 큰 폭으로 하락하였음
- mixed scenario, video 생성 등 기존 모델에서 가능했던 기능들이 불가능함

```
INFO: TEST success: 0.58 collision: 0.41, nav time: 10.43, reward: 0.1095 +- 0.2644  
INFO: Frequency of being in danger: 1.23  
INFO: Collision cases: 1 3 5 6 8 9 11 12 14 16 17 19 24 25 28 30 37 39 41 42 44 46 48 50  
INFO: Timeout cases: 68 105 198 210 260
```

Social-NCE[4] 논문 저자로부터의 회신



YuejiangLIU commented [10 days ago](#) • edited ▾

Contributor



Thanks for your interest.

Regarding the first question, did you train the model using the `square` scenarios? If the model is trained only in the `circle` crossing, it can hardly generalize to the `square` right away.

Regarding the second question (errors in `mixed` and `video`), I actually did not use them in the social-nce project and was not aware of that before. Will fix them once I have more time. Nevertheless, these issues should not affect the training and evaluation described in the paper.

Please feel free to let me know if you need anything else.

- **train** 상황과 **test** 상황이 다르면 성능하락이 어쩔 수 없이 발생한다는 원론적인 입장
- 사용 불가능한 기능은 해당 논문에서는 사용한 적이 없어 사용 불가능한지 몰랐음

실험 상황으로 train(고정 장애물 5 + 사람 5)

- Crowd-Nav[1] 활용
- test 상황과 같은 환경설정으로 train을 진행
- test 환경과 train 환경이 다를때에 비해 성공 확률 상승

```
INFO: TEST has success rate: 0.78, collision rate: 0.01, nav time: 12.16, total reward: 0.2104  
INFO: Frequency of being in danger: 0.10 and average min separate distance in danger: 0.12
```

사람 5명으로 학습

```
INFO: TEST in episode 10000 has success rate: 0.87, collision rate: 0.02, nav time: 11.04, total reward: 0.2746  
INFO: Frequency of being in danger: 0.04 and average min separate distance in danger: 0.15
```

고정 장애물 5 + 사람 5 학습

결론

Crowd-Nav 특징

- 장점
 - 훈련 환경으로 실험했을 때 높은 성공률을 보임
 - 사람 5명 : **100%**
- 단점
 - 훈련 환경 이외의 상황에서 테스트 진행 시 성공률이 크게 떨어짐
 - 장애물 10개 : **20%**
 - 장애물 5개 + 사람 5명 : **78%**

social-NCE 등 비교적 최신 논문에서도 단점이 해결되지 않음

문제점

- Train 시간
-> 10000 episode 기준 30시간 이상 소요
- Google Colab Pro 끊김
- social-NCE 논문 코드에서의 에러
-> video 파일 생성 불가능

기존 알고리즘의 개선을 통해
성능 향상 및 문제점을 해결할 수 있을것이라 기대

참고 문헌

- [1] Chen, Changan, et al. "Crowd-robot interaction: Crowd-aware robot navigation with attention-based deep reinforcement learning." 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2019.
- [2] J. van den Berg, S. J. Guy, M. Lin, and D. Manocha, "Reciprocal n-Body Collision Avoidance," in Robotics Research, ser. Springer Tracts in Advanced Robotics, C. Pradalier, R. Siegwart, and G. Hirzinger, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 3–19.
- [3] Chen, C., Hu, S., Nikdel, P., Mori, G., & Savva, M. (2020). Relational graph learning for crowd navigation. In 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (pp. 10007-10013). IEEE.
- [4] Liu, Y., Yan, Q., & Alahi, A. (2021). Social nce: Contrastive learning of socially-aware motion representations. In Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (pp. 15118-15129).

THE

END

감사합니다
