

ICSE 2023 Trip Report

Melbourne, Australia

2023.05.13. ~ 2023.05.21.

고려대학교 소프트웨어 분석 연구실 김민수



ICSE 2023 Main Conference Opening

1. 들어가며

연구실 내에서 여러 편의 논문이 ICSE에 accept되어서, 다시 한 번 컨퍼런스에 참여할 수 있는 기회를 얻게 되었다. ICSE는 소프트웨어 공학 분야의 최고의 학회이다. 작년에 참석하였던 프로그래밍 언어 분야의 학회인 POPL과 다르게 소프트웨어 테스팅, 분석, 합성 등 여러 세부 분야들에 대해 광범위하게 다루기 때문에 규모도 매우 크다. 학회 참여 이전부터 현재 내가 연구하고 있는 자율주행 소프트웨어 테스팅 연구에 관한 발표들도 있어서 기대가 있었고, 연구 분야가 비슷한 사람들과 만날 수 있는 기회라는 생각도 있었다. 물론 내가 영어에 능숙하지 않아서 한편으로는 걱정도 되었지만, 이전 학회 참여와 달리 코로나로 인한 제약이 없는 상황에서 경험하는 학회는 더 의미있는 경험이 될 것이라는 생각도 있어서 큰 기대를 갖고 참석하였다.

2. 학회 참석 이전

코로나로 인한 제약이 없어서 학회 이전에 굉장히 많은 경험을 할 수 있었고, 이에 관해서 적어보려 한다

1) 음식들

호주에 있는 동안 거의 하루도 빠짐 없이 브런치를 먹었다. 음식들이 정말로 맛있었고, 서비스도 좋고 직원 분들도 친절했다. 물론 가격은 한국에 비해 굉장히 비쌌지만, 그럼에도 굉장히 만족스러웠다. 종욱이형과 학회 마지막날에 먹으러 간 대만 레스토랑도 기억에 남는데, 했지만 한국에서 먹던 음식과는 다르지만 정말 맛있었다.



핫케익 위 커스터드 크림을 얹은 브런치



대만식 덮밥 요리

2) 그레이트 오션로드

호주에서 가본 곳 중에 정말로 기억에 남는 곳이 바로 그레이트 오션 로드였다. 한국에서 어떤 관광지를 간다고 해도 이 정도의 자연 경관을 가진 장소를 찾기는 정말 힘들 것이라고 생각하고, 호주 여행을 간다고 하면 반드시 가봐야할 곳이라고 생각한다. 그리고 운 좋게 코알라도 볼 수 있었는데, 동물원에서나 보는 동물을 실제로 볼 수 있어서 귀한 경험이었다고 생각한다.



잠자는 진짜 야생 코알라



단체 사진

3) 멜버른 시내

멜버른은 시내에서도 볼만한 것들이 굉장히 많았는데, 특히 빅토리아 주립 도서관이 정말로 멋있었다. 도서관에서 공부하고 있는 사람들도 있어서 우리 학교 도서관이 생각났었는데, 우리 학교보다 훨씬 분위기가 좋았다. 시내를 다니면서 놀랐던 것은, 한국어 간판이 꽤 자주 보인다는 것이었다. 또 관광객이 많은 건지 길에서 한국어가 들리는 경우도 많이 있었다.

퀸 빅토리아 마켓에도 들렀었는데, 기념품이나 식자재를 파는 등, 우리나라 시장과 크게 다르지 않다는 생각이 들었다. 그래도 규모는 꽤 컸고, 기념품 종류도 많아서 보는 재미가 있었다.



빅토리아 주립 도서관 내부



심심지 않게 볼 수 있는 한국어 간판



퀸 빅토리아 마켓

3. 학회 참석

2023년 ICSE는 [호주 멜버른 MCEC](#)에서 개최되었는데, 규모가 매우 큰 전시장이었다. 소프트웨어 공학 학회여서 그런지 이전에 참석했던 학회보다 훨씬 많고 다양한 사람들이 있었다. 학회에서 제공되는 식사도 퀄리티가 높았고, बैंक에서 제공되는 음식이나 볼거리들도 굉장히 많았다. 중간 중간 제공되는 간식도 있었고 커피도 필요하면 마실 수 있어서, 학회 참석 동안 굉장히 만족스러웠다.

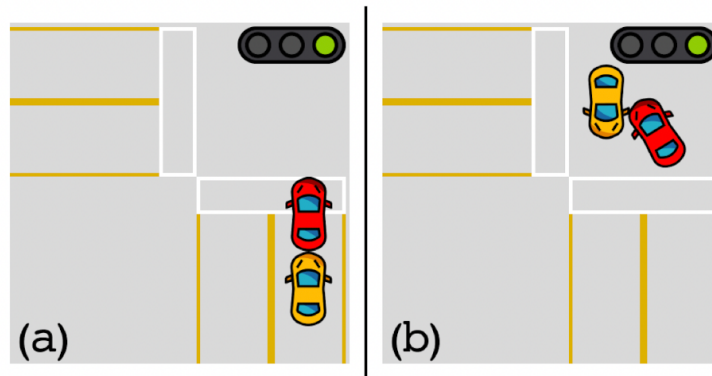


ICSE 학회장 로비

다음으로는 기억에 남는 발표들을 적어보고자 한다.

Doppelganger Test Generation for Revealing Bugs in Autonomous Driving Software

이 연구는 기존의 자율주행 소프트웨어 테스트 연구들이 발견한 버그가 정말로 autonomous driving system(ADS)에 의해 발생했는지 여부가 불분명하고, NPC(ADS가 탑재되지 않은 차량이나 보행자)들의 행동이 교통 법규를 충분히 지키지 않는다는 주장에서 시작한 연구이다. 가령, 아래 그림의 (a)는 빨간 차(ADS가 탑재된 차량)의 뒤에서 노란 차(일반 차량)에 의해 후미 추돌 사고가 발생한 상황이다. 이는 속도를 낮추지 않은 노란 차량에 과실이 있는 것이므로 ADS의 버그라고 할 수 없을 것이다. 하지만 (b)의 경우, 적법하게 직진하고 있는 노란 차량에 빨간 차량이 좌회전을 하며 부딪쳤으므로 ADS의 버그라고 볼 수 있다.



논문의 그림

이런 문제가 없이 버그로 탐지된 상황이 정말로 ADS에 의해서만 발생하게끔 하기 위해, 이 논문에서는 NPC vehicle 없이 ADS만 등장하게 하여 테스트를 수행한다(보행자는 등장 가능). 이를 통해 각 차량에 충분한 지능(intelligence)가 있음을 보장할 수 있고, 사고가 발생하면 반드시 ADS의 과실이 되는 것이다. 이때의 어려움은 각 ADS가 서로를 인식할 수 있도록 구현되지 않았다는 점인데, 이를 해결하기 위해 DO(Doppelganger Orchestrator)를 설계하여 각 ADS instance가 서로의 위치를 인식할 수 있게 해준다.

여기서도 mutation 기반의 fuzzing을 진행한다. ADS의 개수와 mission(시작점과 끝점), 보행자의 개수와 mission과 이동 속도, 신호등 configuration에 대해 mutation을 진행하고, crossover는 한 parent의 값을 다른 parent의 값으로 대체하거나 새로 생성하는 것으로 진행한다. Selection은 NSGA-II라는 selection 알고리즘을 사용하고, fitness function은 각 ADS나 pedestrian간의 최소 거리, 각 ADS간의 경로가 겹치는 횟수 등을 사용했다.

Testing oracle은 충돌, 신호 위반, stop sign 미준수, ADS의 routing 모듈 미응답으로 정의했다. 충돌과 신호 위반은 일반적인 그것이고, stop sign 미준수는 정지선을 넘어가기 전에 차량이 완전히 멈췄는지 여부로 판단하였고, routing 모듈 미응답은 routing path가 있음에도 각 frame마다 ADS의 routing module이 응답하지 않은 시간이 있으면 위반된 것으로 판단하였다.

개인적으로 ADS 테스트 연구들에서 궁금했던 것들은 어떤 testing oracle들을 사용하는지와 테스트 대상 ADS의 최신 버전 여부였다. Testing oracle은 충돌, 신호 위반 외에는 모두 새로운 oracle이어서 어느정도 영감을 얻을 수 있었다. 다만 이 논문에서도 Apollo에 대해 테스트를 진행하지는 않았지만, 기존 대부분의 연구들처럼(CCS'22 Drivefuzz 제외..) 최신 버전에서 테스트하지는 않았다. 나 또한 최신 버전의 apollo를 실행하지 못하고 있어서 어쩔 수 없이 구버전의 Apollo에 대해서 테스트

을 하고 있는데, 정말로 다른 사람들도 다행히도(?) 최신 버전에 대해 테스트하지 못하고 있는 것 같았다.

이 발표를 보자마자, 시나리오에 NPC vehicle 없이 ADS가 탑재된 vehicle만 있는 세팅이 맞는지에 대한 의문이 들었다. 저자가 지적하는 '교통 법규를 지키지 않는 vehicle들에 의한 사고의 유효성'에 대해, 나는 유효하다고 생각하기 때문이다. 물론 정상적으로 주행하는 ADS의 뒤에서 후미 추돌을 위해 달려오는 NPC vehicle에 의한 사고가 유효하다고 생각하지는 않지만, 실제 상황에서는 교통 법규를 지키지 않는 차량들은 언제든지 있을 수 있고, 심지어 고속도로에 사람이 지나다닐 수도 있기 때문이다(사고로 인해 차량 밖으로 나온 사람 등). 따라서 이런 경우에 대한 대처도 ADS가 충분히 해낼 수 있어야 한다고 생각하기 때문에, 이런 경우를 완전히 배제하는 것에 대해 동의하지는 않는다. 그래도 교통 법규를 준수하는 차량만 있는 환경에서 이 연구가 충분히 의미 있다는 것을 보였고, 여러 ADS를 등장시키는 재미있는 아이디어를 적용했기 때문에 정말로 좋은 연구라고 생각한다.

Mind the Gap! A Study on the Transferability of Virtual vs Physical-world Testing of Autonomous Driving Systems

제목에서 기대했던 것과 같이, 기존 연구들에서 보통 하던 방식인 simulation-based testing과 실제 환경에서의 테스트 간의 차이를 이야기하는 연구였다. 이 연구에선 실제 차량에서의 테스트와 simulation-based testing도 가능한 Donkey Car를 사용하여 두 환경을 비교하였고, ADS의 여러 모듈들 중 lane-keeping DNN model, 즉 차선을 유지시켜주는 DNN 모델에 대해 실험하여 결과를 비교하였다. 공정한 비교를 위해, 실제 주행 코스와 이 코스를 Unity를 통해 모사한 시뮬레이션 환경에서 테스트하였다고 한다.

재밌는 점은, 실제 주행과 시뮬레이터 내에서의 주행이 꽤 다르다는 점이었다. 아래 그림의 빨간 선은 실제 주행의 trajectory이고 초록 선은 시뮬레이션에서의 주행 trajectory이다 (총 3개의 다른 DNN 모델을 사용). 둘이 정확히 겹치는 걸 생각한 건 아니지만, 비슷하지 않다는 건 꽤 의외였다.

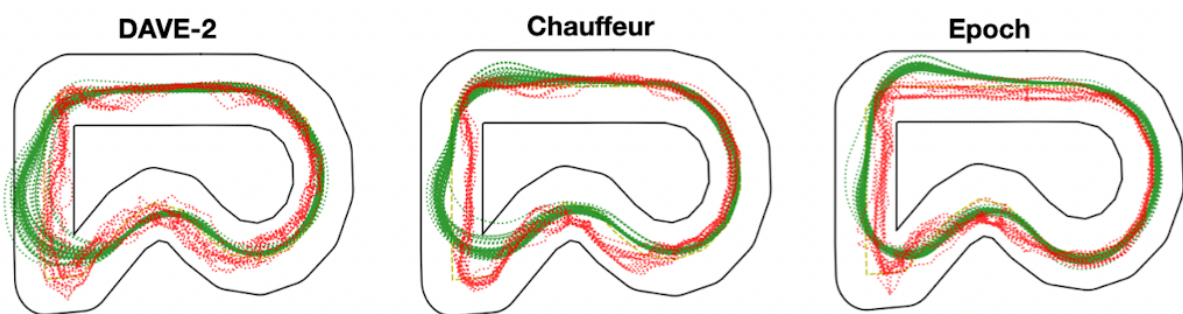


Fig. 5: Virtual (green) and physical (red) trajectories

추가로, black box 방식으로 noise를 삽입하는 방식인 corruption과 white box 방식으로 noise를 삽입하는 방식은 adversarial attack 방법으로 노이즈가 추가된 이미지를 통해 실험을 돌렸을 때, 실제 실행 환경에선 corruption에 의한 오류가 많이 발생한다고 한다. 재미있는 건, 시뮬레이션 환경에서 adversarial attack이 유의미하긴 하지만, 실제 환경에서의 실행에서는 그 효과가 줄어든다고 한

다.

사실 기존 연구들 대부분은 당연하게도 시뮬레이션 환경에서 연구를 진행해왔고, 나도 시뮬레이터를 사용해서 연구를 진행하고 있다. 물론 실제 ADS의 모든 모듈들에 대해서 비교한 것은 아니지만, 특정 모듈에 대해서만이라도 이런 차이를 보이려고 시도했고, 실제로 차이가 있음을 보였기 때문에 이 분야에 필요했고, 재미있는 연구라는 생각이 들었다.

4. 마치며

사실 이번 학회 참석에서 개인적으로 가졌던 목표는, 각 발표들을 듣고 최대한 이해해보는 것과 가능하면 연구실 밖의 다른 사람들과 대화해보는 것이었다. 이전 학회에선 발표 내용을 이해하기 쉽지 않았었고, 연구실 사람들과 최대한 떨어지지 않고 다른 사람들과 교류는 하지 않으려고 했던 기억이 있다. 이번 학회에선 정확히 내 연구 분야와 겹치는 연구들이 있어서 발표 내용들을 이해할 수 있었고, 내 분야가 아니더라도 세미나에서 듣던 내용들도 있어서 어렵긴 했지만 이해할 수 있는 발표들도 있었다. 물론 정말로 생소한 분야(human-computer interface)와 같은 발표들은 있었지만, 최대한 잘 이해해보기 위해 노력했었다.

발표들을 듣다 보니 아쉬운 발표들도 있었는데, 가령 어떤 문제를 해결하기 위한 방법으로 딥러닝 모델을 사용한다는 발표를 봤었다(실제로 한 발표 슬라이드의 한 페이지 제목이 'Our Idea: Ask to language models'라고 된 부분을 봤었다). 물론 성능은 꽤(딥러닝 모델 성능이 좋아서) 좋았지만, 이건 본인의 방법이 대단한 게 아니라 대단한 방법을 본인이 사용한 것이라고 생각이 들었고 이런 발표들에 대해선 조금 실망스러웠다.

또한 학회 참석 중 다른 사람들과 대화를 해보려고 했었고, 영어 실력이 좋지 않아도 충분히 대화할 수 있다는 것을 알게 되었다. 물론 대화의 모든 내용을 이해할 수는 없었지만, 그래도 처음으로 용기내서 다른 사람들과 대화를 해봤다는 점에서 개인적으로는 큰 의미가 있다고 생각한다. 가장 처음으로 대화해봤던 사람은 자율주행 테스트 관련 journal-first paper에 대해 발표했던 컬럼비아 대학의 Baishakhi Ray 교수님이었는데, 발표 내용 관련하여 간단하게 개인적으로 질문을 했을 때 정말로 친절하게 해주셔서 자신감을 얻을 수 있었다. 이외에도 포스터 세션에서 Zhensu Sun, 다른 ADS 테스트 관련 발표를 했던 Chengjie Lu 등, 기회가 닿는 대로 이야기 해보려고 노력해보았고, 지금 생각해보면 크게 어려운 일은 아니었기 때문에 다음에도 많이 대화해보도 될 것 같다는 생각을 했다.

마지막으로, 저번 학회 참석과 마찬가지로 이번에도 내가 직접 논문을 써서 학회에 참석한 것이 아닌 점이 큰 아쉬움으로 남았다. 연구실에서 명호형과 종욱이형이 정말 좋은 발표를 한 걸 봤었는데, 나도 내 논문을 제출하여 발표하는 기회를 빨리 만들어야겠다는 생각이 들었다. 그래도 학회 참여가 내 대학원 생활에 큰 동기 부여가 되었고, 값진 경험이었다고 생각한다. 마지막으로 학회 참여 기회를 주신 오학주 교수님께 감사하다는 말씀을 드립니다.