

# Trip Report: POPL 2022



**Philadelphia, US**

**2022.01.17 ~ 2022.01.21**

**고려대학교  
소프트웨어 분석 연구실  
송도원**

## 1. 개요

2022.01.17 (월) 부터 2022.01.21 (금)까지 미국 필라델피아에서 열린 POPL 2022에 참석하게 되었다. 비록 이번에 나는 저자로 참석한 게 아니지만 민석이형이 이번 컨퍼런스에 논문이 accept되어 참여할 수 있는 기회를 얻었다. 대략 일주일 간의 학회 참여를 통해 느낀 점을 회고하고 연구실 사람들과 공유하기 위해 이 트립 레포트를 작성한다.

## 2. 학회장소 및 일정

### 2.1. 학회장: Westin Philadelphia

학회장은 필라델피아 시청 근처에 위치한 웨스틴 필라델피아 호텔이었다. 이번 POPL에서는 총 두개의 세션이 동시에 열렸으며, 두 세션이 열리는 홀이 바로 옆에 위치해 있어서 참석자들은 쉽게 세션장을 옮겨가며 듣고 싶은 발표를 들을 수 있었다. 또한 이번 학회는 온라인 오프라인이 동시에 진행되었는데, 유튜브 라이브를 통해서 숙소에서도 쉽게 발표를 들을 수 있었다. 다만 운영 부분에서 불만족스러웠던 부분이 몇 가지 있었는데, 첫째로는 학회장에서도 온라인 발표 시스템으로 발표를 보여줘 (자막, 슬라이드, 카메라 화면이 동시 송출) 슬라이드 크기가 상당히 작게 보여 몇몇 발표의 경우 작은 글씨가 거의 보이지 않았다. 둘째로는 시스템이 불안한 건지 중간에 화면이 꺼지거나 소리가 깨지는 등 발표가 방해받는 경우가 있었다. 특히 한 발표는 발표 내내 음질이 깨져서 발표를 거의 알아들을 수 없었다. 최근 COVID-19로 인해 많은 학회가 virtual 환경에서 열리고 있는데 아직도 이런 문제가 발생했다는 점에서 실망스러웠다. 하지만 그 외에는 자리도 충분해 발표를 듣는데 문제가 없었고, 식사도 맛있었으며 학회장 위치도 도심 중앙에 있어 접근성이 좋았다. 첫날 운영을 제외하면 아주 만족스러운 장소였다.

### 2.2. COVID-19

이번 해외 학회 참석에서 가장 문제가 됐던 것은 COVID-19으로 인한 일정 조정이었다. 우선 출국, 입국 과정에 코로나 검사 결과가 있어야 했는데, 최근 오미크론 변이로 인한 확진자 증가로 비행 전 3일 이내 검사에서 비행 전 2일 이내의 검사를 요구했다. 하지만 최근 확진자와 검사자 수의 증가로 일반적으로 보건소에서 코로나 검사를 진행할 경우 2일 이내에 결과가 나오지 않을 수도 있다고 해서 결국 공항에서



제공하는 비싸지만 빠른 코로나 검사를 할 수밖에 없었다. 이러다 보니 공항 내 대기시간도 늘어났고, 특히 미국에선 만일을 위해 출국 전날 미리 검사를 맡기로 했는데 덕분에 공항에 두 번 (코로나 검사 날 한번, 한국 입국 당일 날 한번) 가게 되는 촌극이 발생했다. 코로나 검사가 음성 판정이 나올 때까지 모두 무사히 한국에 돌아 갈 수 있을까 계속 걱정했는데 다행히 전원 음성으로 판정되어 무사히 한국으로 올 수 있었던 게 참 다행인 것 같다. 또 하나의 문제점은 코로나로 인해 비행편이 줄어들다 보니 안 그래도 먼 미국까지의 비행이 몇번의 경유를 거쳐 엄청나게 피로해졌다는 점이다. 실제로 우리는 이번에 왕복 이동시간만 60시간가량 소요가 되었는데 이중 20시

간가량은 공항에서 경유를 위한 비행기를 기다리는데 사용했다. 비행기 시간도 아주 이른 아침, 늦은 저녁에 배치가 되어 대기 시간 동안 무언가를 먹거나 주변을 둘러보는 것도 불가능 했기 때문에 대부분의 시간을 공항에서 잠을 자거나 그냥 멍하니 보냈다. 비행의 피로도가 상당해서 그런지 미국에 도착해서도, 한국에 돌아와서도 시차 적응 같은 부분 때문에 고생을 좀 했던 것 같다. 실제로 한국에 돌아와서 긴장이 풀려서 그런지 이틀을 앓아 누웠다. 나는 사실 코로나로 인한 마스크 필수 착용이나 사회적 거리두기에는 큰 불편을 못 느꼈었는데, 이번에 정말 코로나가 빨리 종식되면 좋겠다고 뼈저리게 느꼈다.

### 3. 인상 깊었던 발표들

이전까지 직접 참여했던 학회로는 OOPSLA에 in-person으로 세번 참여했던 경험이 있고, FSE에 virtual로 참석했던 경험이 있다. 이전 몇번의 학회 참석 경험에서 느낀 것은 모든 발표를 듣는 것 보단, 흥미 있는 발표 위주로 미리 abstract정도를 읽어보고 발표에 들어가면 어느정도 발표를 따라가는데 있어서 문제가 없었다는 점이다. 하지만 이번 POPL 22에서는 많은 연구 발표의 문제 정도만 파악하는데 그치고 디테일을 따라가는 게 굉장히 어려웠다. 영어도 영어지만 많은 논문이 verification에 기반하고 있었는데 verification 관련 지식이 많이 부족함을 느꼈다. 또 하나 느낀 것은 POPL이라는 학회가 verification을 주로 다루고 있다 보니 이전에 들었던 OOPSLA 혹은 FSE의 발표에 비해 상대적으로 특정한 영역에 대한 연구가 많았다는 점이다. 그래서 이번 학회 발표에서는 어느정도 문제나 동기는 파악해도 디테일을 제대로 파악한 연구가 거의 없었다. 그래서 이번에 나름 세운 기준은 "문제 설명이 정말 확실해서 집에 가면 페이퍼를 읽고 싶은 발표"를 좋은 발표의 기준으로 삼고 그러한 발표 중 가장 좋았던 몇 가지만을 여기서 소개하고자 한다.

#### 3.1. Keynote speech: Better Learning through Programming Languages

CEGIS로 유명한 프로그램 합성의 대가 Armando 강의였다. 현재 프로그램 합성이라는 분야가 단순히 SE분야에서 명세를 만족하는 프로그램을 자동으로 만드는 것뿐 아니라, 합성 과정을 통해 사람이 실험적으로 파악하기 힘든 특정 현상의 decomposition을 학습하는 등 여러 분야에서 사용 가능한 유망한 분야라는 배경을 바탕으로 이런 합성분야에서 널리 알려진 문제 (거대한 합성 공간으로 인한 scalability 이슈, 실제 어플리케이션에서 사용하기 위한 노이즈 제거, 막대한 엔지니어링 등등)을 해결하기 위한 방안으로 neural guided search와 PL 기반 기술들을 활용한 문제 해결 (e.g., type-directed search)을 제시하고, 그 뒤엔 본인이 해당 분야에서 했던 연구들을 소개하는 발표였다.

예전에 나도 잠깐 합성 연구를 할까 싶었고 결국 순수 합성 연구로는 뭔가 임팩트를 만들기가 힘들 것이라 판단해 현재는 합성의 application인 program repair 연구를 하고 있다. 여태까지 했던 연구들은 합성기의 성능이 물론 중요했지만 그를 발전시키기 위한 근본적인 무언가를 했던 경험은 없다. 대부분 해당 문제 상황에서 적합한 domain-specific한 휴리스틱을 적용하여 합성 문제를 대충 풀었던 것으로 기억한다. 이 발표를 듣고 가장 놀란 포인트는 최근 합성 연구들의 엄청난 성능이었다. 기존의 잘 알려진 탐색 알고리즘에 비해 현재 합성 논문들이 적용하고 있는 탐색 알고리즘의 성능이 어마어마하게 뛰어났고, 그런 성능을 바탕으로 현재는 정말 다양하고 실용적인 도메인에서 합성 연구가 사용되고 있었다. 예전에 합성 논문들이 너무 domain-specific한 문제를 푼다고 생각 했는데 (e.g., 특정 자료구조 합성하기, 대다수의 component가 주어진 상황에서 짧은 프로그램 합성하기), 현재의 합성 기술은 충분히 여러 어플리케이션에 적용될 정도로 무르익

은 것 같다. 최근 본인 연구에만 집중하다 보니 내 연구, 그리고 내 연구의 related work 분석만 열심히 한 경향이 없지 않은데 이런 기반 기술에 대한 스테디를 잘해 두면 내 기술에도 분명 유용하게 사용될 수 있을 것임을 다시금 느꼈다.

### **3.2. PRIMA: General and Precise Neural Network Certification via Scalable Convex Hull Approximations**

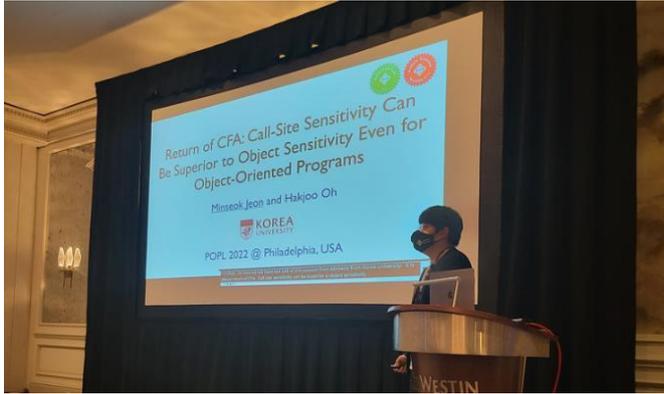
최근 뉴럴 네트워크의 안정성에 대한 중요성이 증가하면서 뉴럴넷 검증을 하려는 시도가 늘고 있다. 하지만 실용적인 뉴럴넷 검증을 위해서는 실제 뉴럴넷이 사용하는 다양한 non-linear activation 함수들을 잘 abstract할 수 있어야 하는데, 이를 새로운 convex hull approximation을 제안하여 multi-neuron level의 abstraction도 효과적으로 할 수 있다는 것을 보인 연구이다. 이 발표는 발표 전달력, 슬라이드 퀄리티도 그렇지만 문제 전달 방식에 있어서 개인적으로 이번 POPL에서 가장 좋았던 발표이다. 특히나 앞선 발표가 해당 연구와 거의 비슷한 문제를 풀려 했던 연구(기존의 뉴럴넷 추상화 방식을 임의의 practical한 activation 함수에서 잘 동작 가능하게 하기)였는데, 해당 발표는 “우리 문제가 이론적으로 어떠한 복잡도를 갖기에 어려운가?” 초점을 맞춘 반면, 이 연구의 경우엔 처음에 neural-net verification이 무엇인지 (배경 설명), 그런데 그 상황에서 무엇이 문제인지 (challenge), 기존 연구들의 문제가 무엇이고 우리의 포지셔닝이 어디인지 (related work), 문제를 해결하기 위한 우리 방법은 무엇인지 (approach), 그리고 마지막으로 우리 기술의 성능평가 (evaluation)의 과정까지 아주 잘 정의된 연구였다. 이 연구의 경우 발표가 워낙 좋아서 따로 페이퍼를 추가로 읽어보지 않았는데, 발표에서부터 문제를 확실히 정의한 것을 보아 논문도 아주 잘 작성됐을 것이라고 확신할 수 있었다.

언제나 느끼는 점이지만 좋은 발표는 해당 내용에 대해 잘 모르는 사람이 들어도 이 연구가 풀고자 하는 문제가 어떤 것인지를 확실하게 전달해주는 발표라고 생각하는데 그런 점에서 아주 완벽한 발표였다고 생각한다. 특히나 이 발표를 들으며 느낀 것은 좋은 발표에서 가장 중요한 것은 우리 연구가 다른 연구들에 대비해 단순 성능차이가 아니라 어떠한 점에서 좋은지를 명확하게 하는 부분이라고 생각이 들었다. 앞선 발표가 비슷한 문제를 풀었는데 “그래서 이게 왜 가치가 있는 건지?” 라는 질문이 발표 끝까지 잘 해소되지 않은 반면에, 해당 연구는 문제 제기 이후 바로 기존 연구들에 대해 언급하고 해당 연구가 가장 높은 accuracy를 달성함을 보여 그 부분이 아주 명확하게 해소가 되었다.

### **3.3. Return of CFA: Call-Site Sensitivity Can Be Superior to Object Sensitivity Even for Object-Oriented Programs**

이번에 POPL22에 accept된 민석이형의 발표다. 따로 민석형의 발표 연습을 옆에서 보지 않아서 발표 당일 날 처음 발표를 봤는데, 연구실에서 한 연구라는 점과 내가 해당 내용에 대해서 어느 정도 알고 있었다는 것을 감안하더라도 이번 POPL 22 발표 중 가장 잘한 발표라고 생각된다. 이 연구는 일반적으로 object sensitivity가 call-site sensitive보다 우월하다는 것이 알려진 포인터 분석 영역에서 context tunneling이 적용된 상황에서는 call-site sensitive가 기존의 object sensitivity보다 더 좋은 성능을 낼 수 있다는 것이다. 민석이 형의 발표는 많은 시간을 이러한 기존 통념의 형성에 집중했고, 이 발표에선 이걸 뒤집겠다 라는 부분에 많은 시간을 할애했는데, 아주 성공적이었던 것 같다. 실제로 많은 청중이 재밌게 구성한 슬라이드의 몇몇 웃음 포인트에서 웃음이 터

지는 것을 볼 수 있었다.



이 발표는 이번 POPL 22 연구 발표 중 질문이 가장 많은 발표였다. 이전 OOPLSA 19 발표에서 나도 질문에 대한 대답을 잘 하지 못했던 경험이 있는데, 이번 민석이형의 발표를 듣고 느낀 점은 어느정도 청중의 반응을 예상하고 질문 포인트를 발표 내에 만들어 두는 게 좋을 것 같다는 것이다. 예를 들어 이번 민석이형 발표는 몇몇 상세한 내용 (e.g., learning time, benchmark, evaluation criteria) 등이 빠져 있었는데, 나도 해당 발표를 들으며 저 부분이 질문으로 나올 것 같다는 생각을 했고, 아니나 다를까 많은 질문이 해당 포인트에 대한 질문이었다. 민석이형도 나름 이 부분을 노리셨는지 이 부분에 대한 답변을 굉장히 수월하게 했다. 개인적으로 “좋은 발표 준비”에 대해서 공부를 할 수 있던 발표였다.

### 3.4. Solving Constrained Horn Clauses Modulo Algebraic Data Types and Recursive Functions

일반적으로 프로그램에는 loop이 흔히 존재하며, 이런 loop이 있는 프로그램을 검증하는 것은 어려운 일이다. Loop가 있는 프로그램을 검증하기 위해선 해당 loop가 만족하는 적절한 inductive loop invariant가 필요한데, 재귀함수와 algebraic data type이 있는 상황에서는 이러한 loop invariant의 inductiveness를 파악하는 것도 일반적으로 undecidable하기에 쉽지 않다는 것이 이 연구에서 제기한 문제이다. 이 연구를 들은 이유는 내가 이전까지 했던 세계의 연구 (FixML, TestML, CAFE)가 모두 algebraic data type과 재귀함수의 사용이 흔한 함수형 프로그램에 관한 연구였고, 실제로 해당 연구들을 진행할 때 constraint solving을 사용하며 algebraic data type과 재귀함수로 인해 문제를 겪었던 경험이 있다. 당시에는 numeric value에 관한 constraint만 만들거나 (FixML), recursive function을 dynamic execution으로 죄다 unrolling 해서 해당 문제를 아예 겪지 않게 하거나 (TestML), 어려운 recursive function을 그냥 임의의 symbol로 처리하는 식으로 (CAFE)문제를 해결했던 경험이 있다. 이 연구에서는 해당 문제를 어떻게 풀까 궁금해서 더 관심 있게 들으려고 했다.

안타깝게 디테일은 제대로 파악하지 못했는데, 대충 당시에 느낀 바로는 본 formula에 있는 recursive function을 relationification을 이용해 적당한 uninterpreted 함수로 치환하고 (이러면 기존의 satisfiability를 유지), 해당 쿼리가 unsafe할 경우에는 여기서 구체적인 해를 구하기 위해 이 abstract된 formula내의 recursive function을 unrolling 하여 counter example을 찾아낸 다는 것 같다. 아마 이번 연구에서도 solver를 사용할 것 같고 분명히 encoding, 그리고 검증이 어려운 경우가 생길 것 같은데 이러한 테크닉들을 잘 알아 두면 후일 연구에 도움을 받을 수 있지 않을까

### 3.5. 기타

그 외에도 꽤나 재밌는 발표가 많았으나 디테일을 잘 파악하지 못했거나, 발표가 아쉬웠던 연구들이 있었다. 사실 발표를 듣기 전까지 POPL은 principle만을 중시하는 고루한 느낌이 없지 않아 있었는데, 실제 개발에서 자주 사용하는 practical regex operation을 효율적으로 검증하기 위한

연구, implicit한 memory management 환경에서 physical memory, logical memory 사이의 soundness 검증 같이 실제 practical한 환경에서 검증을 해보려는 연구가 많았다. 그도 그렇듯 실제로 이번 POPL에서 가장 많았던 것이 concurrency와 관련된 발표였다. 아쉬운 점은 관심이 갔던 synthesis분야 발표들이나 distinguished paper 발표가 학회 마지막 날에 대부분 몰려 있었는데, 마지막 날에 귀국 일정이 있었기 때문에 해당 연구 발표를 실제로 들어보지 못했다는 점이다.

#### 4. 여행: Philadelphia

COVID-19으로 인하여 뻑뻑한 출장 일정과, 감염의 위험, 그리고 비행기 경유로 인한 피로로 이번 출장은 거의 관광을 거의 하지 않았다. 주로 우리 숙소와 학회장 근처의 도심을 돌아다니며 구경하고, 마지막날에 필라델피아 미술관에 잠깐 둘러본 정도가 관광의 끝이었다. 이마저도 첫날은 날씨가 너무 추워서 도저히 돌아다닐 수 없어서 금방 숙소로 돌아왔고, 미술관도 규모가 어마어마했지만 너무 피로해서 한 층도 제대로 돌아보지 못했다. 하지만 연구실 사람들과 같이 외국의 도시에 가서 돌아다니는 경험 자체가 친구들과 여행 온 기분도 나서 설레고 즐거웠던 것 같다. 필라델피아는 엄청난 랜드마크 같은 것은 없었지만 넓은 도로와 거대한 건물이 가득한 도심 풍경 자체가 한국과 확연히 다른 볼거리였고, 필라델피아 미술관에서는 교과서에서나 보던 미술가들의 작품을 볼 수 있었는데 살면서 그런 작품들을 실제로 볼 수 있다는 것 자체가 큰 행운이라고 생각한다. 음식의 경우 미국 음식은 햄버거, 피자, 부리또 등 특색은 없으나 아주 양 많고 상업화된 맛이어서 내 입맛에 아주 잘 맞았다. 학회장에서도 아침부터 기름진 베이컨과 스크램블 에그, 필라델피아 크림치즈와 함께하는 베이컨 등 어떻게 보면 매끼 꽤 무겁게 먹었던 것 같은데, 전부 너무 맛있었다. 한국 음식 생각이 전혀 나지 않았고, 매일 먹어도 질리지 않을 자신이 있었다.



#### 5. 마치며

내 논문으로 학회 참석을 한 것이 아니라 아쉽긴 했지만 타인의 발표를 듣는 것 자체가 굉장히 연구에 동기부여를 준다고 이번에 다시금 느꼈다. 이전 FSE21 연구 (CAFE)가 개인적으로 여태까지 한 연구 중 가장 공을 들인 연구라고 생각했는데, 당시 발표가 온라인 발표 + 늦은 시간대였기 때문에, 발표를 들으러 온 인원이 많지 않았고, 질문도 별로 없었던 것 같다. 그래서 당시에는 논문이 붙었는데도 별 감흥이 없었고 발표준비도 나름 한다고는 했지만 이전에 OOPSLA 19에서 발표했던 만큼 열심히 준비한 것 같지도 않고, 내 스스로도 맘에 들지 않았던 것으로 기억한다. 이번 POPL 발표를 들으며 "아 나도 저거보다 더 잘할 수 있었는데" 하는 마음과 잘 된 발표를

듣고 그런 발표자들이 질문을 받는 모습, 특히 민석이형이 발표를 잘 마치고 기뻐하는 모습을 보니 나도 어서 이번 연구를 잘 마쳐서 학회에서 좋은 발표를 하고싶다는 생각이 들었다.

연구 외적으로도 배운 게 있다면 이번 출장은 COVID-19으로 인하여 굉장히 피로도가 높은 출장이었다. 이런 상황에서 처음으로 출장 준비를 도맡아서 하다 보니 많은 부분에서 미숙했던 것 같다. 그 부분에서 느낀 점은 이런 행정적인 업무가 연구 자체에는 불필요해 보이나 연구실이라는 공동체가 잘 굴러 가기 위해선 꼭 필요하다는 것이다. 사실 내가 출장 준비를 좀 더 잘 했다면, 발표하는 민석이형도 피로도가 덜 했을 것 같고, 같이 참여한 지석이형, 민수, 석현이도 학회 참여에 피로가 좀 덜하지 않았을까 싶다. 실제로 나도 피로도 때문에 학회 발표에 더 집중 못한 케이스가 있어서 이 부분에 대해서는 많이 아쉬웠다. 코로나로 힘든 일정인데 다들 많이 도와줘서 무사히 일정을 마칠 수 있었던 것 같다.

마지막으로 늘 연구적으로 동기부여를 해주시고 이번에도 좋은 학회에 참석하게 기회를 주신 오학주 교수님과 언제나 좋은 연구로 자극을 주는 연구실 동료들에게 이 기회를 통해 감사하다는 말을 전하며 이번 트립 레포트를 마치고자 한다.