



# POPL 2022 Trip Report Philadelphia, USA

전민석

논문 “Return of CFA: Call-Site Sensitivity Can Be Superior to Object Sensitivity Even for Object-Oriented Programs”이 꿈에 그리던 학회 POPL 2022에 Accept 되어 2022.1.17 ~ 2022.1.23 논문 발표를 위해 필라델피아에 다녀왔다. 논문이 accept되기 까지 많은 우여곡절(4번의 rejection)이 있었지만, 약 3년동안 끈질기게 도전한 끝에 POPL이라는 최고의 성과로 마무리 할 수 있었다. POPL이라는 학회가 궁금하였기에 또 꼭 현장에서 발표 하고 싶었기에 in person으로 학회에 참석 하였다. 이전 학회 참석에 비해 매우 다른 경험을 하고 왔고 느꼈던 점이 많이 달랐기에 이를 글로 적어 공유하고자 한다.

## COVID19

현재 COVID19때문에 POPL이외의 대부분의 학회들은 virtual로만 열리고 있다. POPL은 현장에 참석하고자 하는 사람들은 in person, 온라인으로 참여하고자 하는 사람들은 virtual로 참석하게 하여 학회가 진행되었다. In person을 시도하는 것이 쉽지 않았을 텐데 배짱이 대단한 학회이다. 현장에는 생각보다 많은 사람들이 참석을 했었다. 한 세션 방이 가득 찰 정도였다 (약 130명?).

코로나로 인해 학회 참석에 어려움이 많았다. 첫번째 어려움은 비용이다. 코로나 이전 학회 참석과 비교했을 때, 새로 생긴 비용을 정리하면 다음과 같다.

- 코로나 검사 관련 비용 약 40만원
- 추가 교통비 약 12만원
- 필수 여행자 보험 5만원

현재 비행기를 탈 때마다 코로나 관련 테스트의 음성 확인서를 제출 해야 한다. 2번 (출국, 입국)의 검사 및 관련 비용 (방역 택시)은 약 50만원으로 적지 않은 금액이었다. (입국 전) 코로나에 걸려버리면 비용은 훨씬 늘어나기 때문에 양성이 나오면 어찌지 하는 걱정을 많이 했었다. 전원 음성이 나왔을 때에는 다같이 안도의 한숨을 내쉬었었다.

두번째 어려움은 귀국 후 10일간 자가 격리를 해야 한다는 것인데, 연구실에 출근 할 수 없기에 학회 참석 직후에 제출하게 될 논문 작업에 지장이 생길 것이 불가피했다.

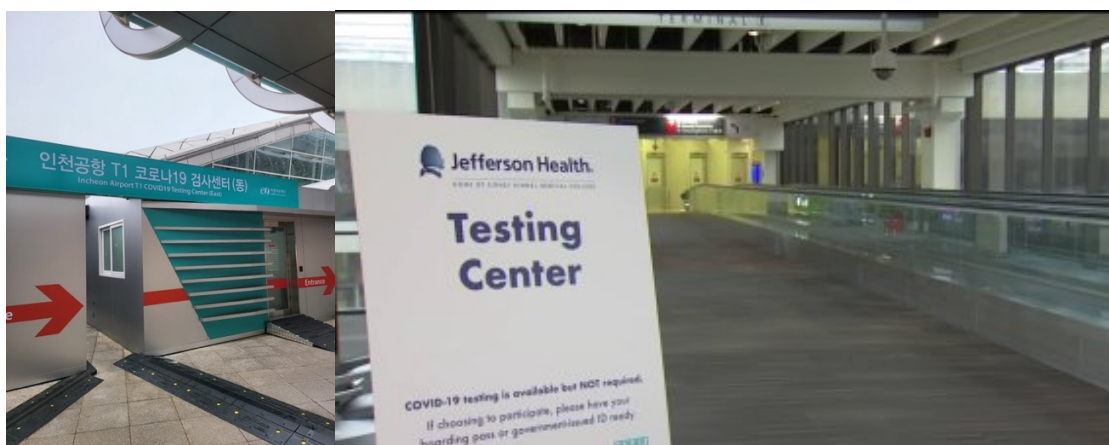


Figure 1. 인천, 필라델피아 공항 코로나 검사소

결국 모두 잘 마무리 했지만 코로나 이전 학회 참석과 비교했을 때, 몸과 정신이 10배는 힘들었었다.

# Philadelphia

필라델피아는 사방을 둘러봐도 산을 찾을 수 없는 평평한 곳에 자리잡은 도시이다. 날씨는 한국과 비슷하게 밖을 걸어 다니기 힘들 정도로 매우 추웠다. 한국과 다르면서 무서웠던 점은 사람들이 대부분 마스크를 안쓰고 있었다는 것이다. 코로나에 감염되면 한국으로 돌아갈 수 없기에 각별히 신경 쓰며 관광을 하였다.



Figure 2. 필라델피아 시내

개인적으로 미국 출장이 제일 힘들다. 시차적응도 힘들고 시내에서 사먹는 음식들은 입에 맞지 않는다. 다행히 학회장 식사는 입에 맞았기에 최대한 이용하였다.



Figure 3. 미국에서 먹은 음식들



Figure 4. 필라델피아 박물관

## 논문 발표

이전 현장 논문 발표(OOPSLA'18)를 망쳤던 기억이 있기 때문에 또 이 연구에 대해선 완벽하게 발표를 하고 싶었기 때문에, 준비를 정말 많이 했다. 좋은 발표를 하기 위해서 다음 두가지를 많이 준비했었다:

- 영혼을 갈아 넣은 스스로 완벽하다고 느끼는 슬라이드
- 자신감있게 + 재미있게 발표하기!

이전 망쳤던 발표에서 뼈저리게 느꼈던 것은, (1) 발표 연습을 아무리 해 봤자 슬라이드가 받쳐주지 않으면 아무도 들어주지 않는다는 것, 반대로 (2) 슬라이드가 알차고 재미있으면 어떻게 발표해도 사람들이 잘 들어준다는 것이다. 때문에, 이번 발표를 준비할 때에는 슬라이드를 정말 많이 공들여 만들었다. 슬라이드를 만들 때 최대한 신경 쓴 포인트는 (1) 내가 말하고자 하는 것이 무엇인지 슬라이드만 보고도 알아낼 수 있도록 **직관적일것** (2) **재미있을것**. 덕분에 좋은 슬라이드들로 발표 할 수 있었고 성공적으로 발표 할 수 있었다. 발표할 때 사람들이 재미있게 듣고 있다는 것을 느낄 수 있었고, 질문도 세션에서 가장 많이 받았었다.

“I really like your slides!”

- an audience



Figure 5. 논문 발표 하는 모습

## POPL 분위기

POPL이라서 그런지 발표에서 이론적인 부분들을 강조한 것들이 많이 있었다 (theorem 이라는 단어를 많은 발표에서 볼 수 있음). 사람들의 대화를 들어보면 “type”, “theory”와 같은 단어가 많이 들린다. 논문 발표에서 이론적인 부분들을 많이 이야기 하다 보니 현장에서는 발표를 따라가기 어려운 것들이 많이 있었던 것 같다. 이전에는 참여했던 OOPSLA의 발표들에서는 성능적인 측면(“Fast”, “Effective”)을 많이 강조하는 발표가 많이 있었는데 이들과 비교했을 때 강조하는 부분이 조금은 다르다는 것을 느낄 수 있었다. 또한, OOPSLA에서 참석할 때마다 매번 봐왔던 사람들이 POPL에서는 보이지 않더라. 코로나 상황때문일지도 모르지만 두 학회의 커뮤니티가 약간(?)은 다르지 않나 싶다.

### 현장 발표 vs 원격 발표

현장 발표(in person)와 원격 발표(remote)가 동시에 진행이 되었었는데, 현장 발표가 원격 발표와 비교했을 때 훨씬 더 전달력이 있다는 것을 느낄 수 있었다. 원격 발표는 현장 분위기나 상황을 보지 못하기 때문에 사람들이 어떻게 듣고 있는지 확인할 길이 없다. 또한 인터넷 문제로 중간에 발표가 끊기는 경우도 많이 있었는데, 발표를 듣는 입장에서는 상당히 거슬리는 일이다. 중간에 발표가 끊기면 사람들이 바로 고개를 돌려버린다. 현장 발표는 사람들의 듣는 분위기를 확인하면서 발표할 수 있고, 끊기는 문제도 없기 때문에 좀더 편안하게 발표하고 들을 수 있었다. 세션이 끝난 후에도 질문이 자연스럽게 오고 갈 수 있다는 것도 현장 발표의 장점이라고 할 수 있다.

### 흥미로운 논문들

#### Bottom-Up Synthesis of Recursive Functional Programs using Angelic Execution

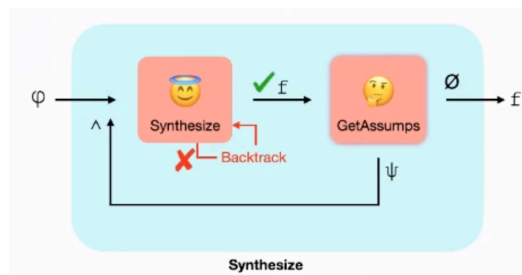
학회에 참석하면 synthesis논문 발표들은 꼭 들으라고 이야기 하고 싶다. 다른 주제보다 훨씬 이해하기 쉽고 재미있게 발표하는 사람들이 많기 때문이다. 이 논문은 distinguished paper award를 받은 논문이다. 또한 내 다음 연구가 synthesis와 관련이 되어 있기 때문에 이 발표를 찾아 듣게 되었다. 이 논문은 recursive

functional program을 bottom-up 방식으로 합성하는 방법을 제안하고 있다. 이 연구의 재미있는 점은 기존의 recursive functional program들은 top-down (e.g., Myth, Smyth, Synquid, Leon) 방식으로 합성하는 것이 주류였는데, bottom-up 방식으로 더 잘할 수 있다는 것을 보인 점이다. Top-down 방식은 hole로 시작해 주어진 spec을 만족하는 프로그램으로 specify해나가는 방식이고, Bottom-up 방식은 아주 간단한 프로그램들로부터 점점 복잡한 프로그램을 생성해가면서 spec을 만족하는 프로그램을 찾아가는 방식이다. Bottom-up 방식이 기존에 쓰이지 못한 주된 이유는 standard semantics가 subprogram을 evaluate하지 못하기 때문이라고 한다. 만약  $\lambda. x.spine(right\_subtree(x))$ 라는 프로그램을 bottom-up 방식이 찾아냈다고 했을 때 spine이 아직 정의되지 않은 상태라면 해당 프로그램을 evaluate할 수 없기 때문에 더 이상의 합성이 불가능하다. 이를 해결하기 위해서 본 연구는 subprogram을 evaluate할 수 있는 angelic semantics를 제안 했다.

## Angelic Recursion

$$\frac{e \Downarrow^{\circ} v \quad \text{SAT}(f(v) = v' \wedge \phi)}{f(e) \Downarrow^{\circ} v'}$$

Angelic semantics는 standard semantics의 over approximation이라고 한다. 즉 angelic semantics를 이용해  $\lambda. x.spine(right\_subtree(x))$ 이 spec을 만족할 가능성이 있는지 알아낼 수 있다. 합성을 완료한 후에는 standard semantics를 활용해 실제로 잘 합성이 된 것인지 확인을 한다고 한다. 그렇지 않을 경우 backtracking을 이용해 다른 프로그램을 탐색 하게 한다.



Soundness와 completeness 또한 보장해준다고 한다.

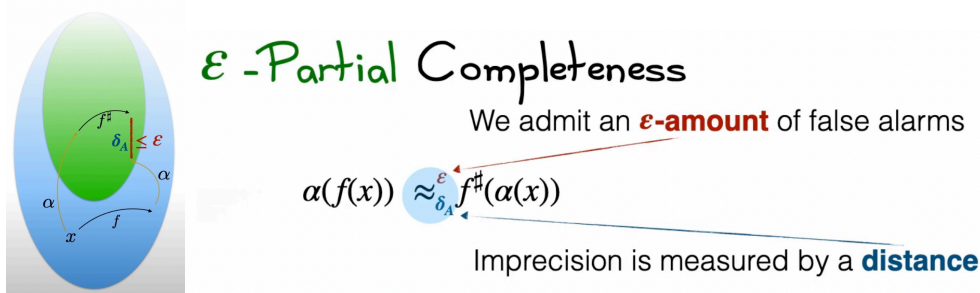
## Theoretical Guarantees

**Soundness**  
If we return a program, it will be correct.

**Completeness**  
If there is a satisfying program, we will return such a program.

# Partial (In)Completeness in Abstract Interpretation

이 논문이 던지는 질문은 다음과 같다: 정적분석기 (abstract interpreter)와 분석할 프로그램이 주어지면 해당 프로그램을 분석하면서 생기게 는 false positive 의 양을 알아낼 수 있을까? 이 질문에 답하기 위해 이 논문은  $\epsilon$ -partial completeness 라는 metric 을 만들었다.  $\epsilon$ -partial completeness 는 주어진 프로그램과 분석기가 생성하는 false positive 의 총량이  $\epsilon$ 보다 작거나 같다 라는 의미이다.



또한 어떤 프로그램 P 가 주어진 abstract interpretation 에 대해  $\epsilon$ -partial complete 하다면, 이를 통해  $\epsilon$ -partial complete 한 다른 프로그램들의 class 를 정의 할 수 있고 이 class 안의 다른 프로그램들 또한  $\epsilon$ -partial completeness 하다고 한다. 또한  $\epsilon$ -partial completeness 를 측정할 수 없는 프로그램도 존재하는데 (항상 만들 수 있음) 이런 프로그램들은  $\epsilon$ -partial incomplete 프로그램이라고 한다.  $\epsilon$ -partial complete 한 프로그램은 분석중에 생성되는 false positive 의 양이  $\epsilon$ 보다 작다는 것(false alarm 이 작다)을 알 수 있기 때문에 유저에게 큰 도움이 된다고 한다.

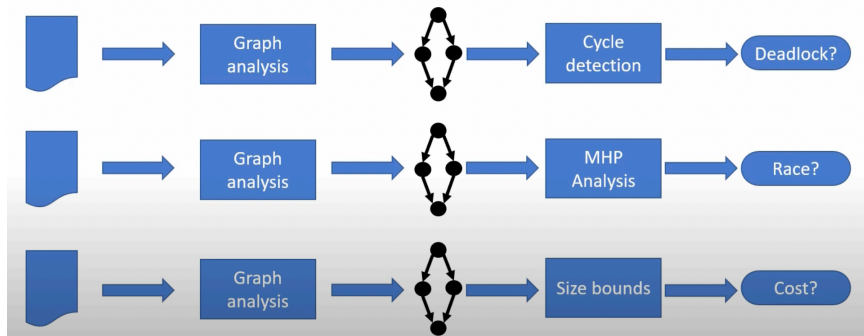
OOPLSA 와 같은 학회에서 발표된 정적 분석 논문과는 관심있는 부분이 많이 다르다는 것을 알 수 있었다. OOPLSA 에서는 주로 성능을 끌어올리는 연구들이 많이 있었는데, POPL 에서 발표되는 정적 분석 논문은 정적 분석의 다른 측면을 많이 들여다 보고 연구 하고 있다는 것을 느낄 수 있었다.

# Static Prediction of Parallel Computation Graphs

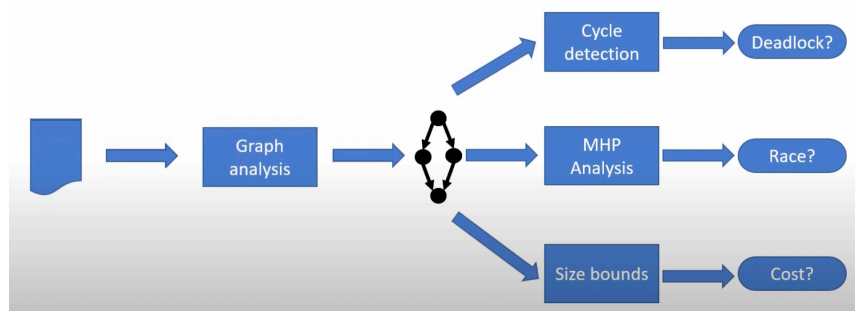
이 연구는 parallel 프로그램들을 정적분석하는 방법에 관한 연구이다. Parallel 프로그램들을 보통 dependency 그래프로 표현 후 이를 이용해 분석을 한다고 한다.



예를 들어 프로그램을 위와 같이 dependency 그래프로 표현했을 때, 왼쪽과 같이 cycle이 존재하면 deadlock이 있을 수 있다는 것을 의미한다. 오른쪽 그림에서는 path가 없는 노드들끼리는 parallel하게 실행될 수 있음을 보여준다. 이 논문에서 지적하는 문제는 parallel 프로그램을 분석할 때 아래 그림과 같이 각 분석의 목적에 맞는 그래프를 다 따로 생성 후 분석을 해왔다는 것이다.



위와 같이 그래프를 다 따로 만드는 방식은 효율적이지 못하다. 이 연구는 이를 해결하기 위해 아래와 같이 다양한 목적에 맞게 사용할 수 있는 그래프를 생성 후 이를 이용해 다양한 목적에 맞게 사용할 수 있게 해주었다.



또한, 이 논문에서 제안한 그래프를 생성하면 프로그램에 대한 insight 또한 얻는데 도움이 된다고 한다.



## 후배들과의 학회 참석

이번 출장은 최고참(?)으로써 연구실 후배들과 다녀왔다. 출발 전에는 리더로서 잘 데리고 다녀야겠다고 생각했었는데, 오히려 후배들이 나를 챙겨줘서 정말 편하게 다녀왔다. 다들 알아서 빠릿빠릿하게 잘 하는 것을 보니 연구실 미래가 밝다.



Figure 6. SAL in POPL'22

## 마치며

이전 연구들과 비교해 기간이 가장 길고 (3년) 험난했던 연구였지만 오히려 가장 많이 배우고 성장했다고 느낀다. 대학원에 진학했을 때에는 “설마 내가 POPL을 쓸 수 있겠어?”라는 생각도 했었는데 실제로 내보니 연구에 있어서 시야도 많이 넓어졌다. 논문 rejection도 이전에는 마냥 부정적으로 생각했는데, 오히려 기회가 될 수 있음을 배웠다. 이제는 욕심이 더 생겨 더 큰 도전을 준비하려 한다. 이제는 새로운 research topic을 만들려 한다. 제목은 “A programming language-based approach to machine learning on graphs”이다. 사람들이 또는 연구실 후배들이 도전해볼 수 있는 문제들을 많이 만들어낼 것이다. 빠른 시일 내에 다음 trip report에서 이에 대한 이야기를 더 이어갈 수 있었으면 좋겠다.