

POPL 2022 Trip Report

변지석, 고려대학교 소프트웨어 분석 연구실

2022 January



들어가며

POPL (Principles of Programming Languages) 은 프로그래밍 언어 분야 최고 수준 학회들 중 하나이다. 연구실 선배 민석 형이 이곳에 논문이 붙어 따라갈 기회를 얻게 되었다. 덕분에 2022 년 1 월 17 일 월요일부터 금요일까지 연구실 사람들과 학회 참석 일정을 함께한 뒤, 주말 동안 짧게 뉴욕 구경 후 25 일 화요일에 한국에 안전하게 귀국했다.

미국에 가는 것도, 국제학회에 직접 참석하는 경험도 처음이었는데, 이 보고서를 통해 학회에서 경험하고 생각한 내용들과 미국을 오고 가며 느낀 점들을 공유하고자 한다.

POPL 2022

아침/점심 식사와 휴식시간, 그리고 학회의 역할

학회는 매일 아침 9시부터 오후 4~6시까지 Westin Philadelphia 호텔에서 진행되었고, 서로 다른 90분의 세션 두 개가 두 방, Salon I 과 Salon III 에서 각각 진행되었다. 그 사이의 방, Salon II 는 아침, 점심 식사를 위한 방으로 사용되었는데, 매 식사 때마다 한 테이블에 8~10 명씩 동그랗게 모여 앉아 회장이 떠나가라 활발히 얘기하던 모습이 잊히지 않는다. 이런 모습은 식사 때 뿐만 아니라 세션과 세션 사이 휴식시간에도 보였는데, 약 이십 명의 사람들이 복도에 커피를 들고 삼삼오오 모여 얘기를 나누고 있었다.

학회가 단순히 연구성과를 발표하고 이에 대해 질문을 주고받는 자리가 아니라, 비슷한 주제의 관심사를 가진 사람들과 만나 얘기할 수 있는 장을 만들어주는 것이 주 목적이구나 싶었다.



Automated Verification

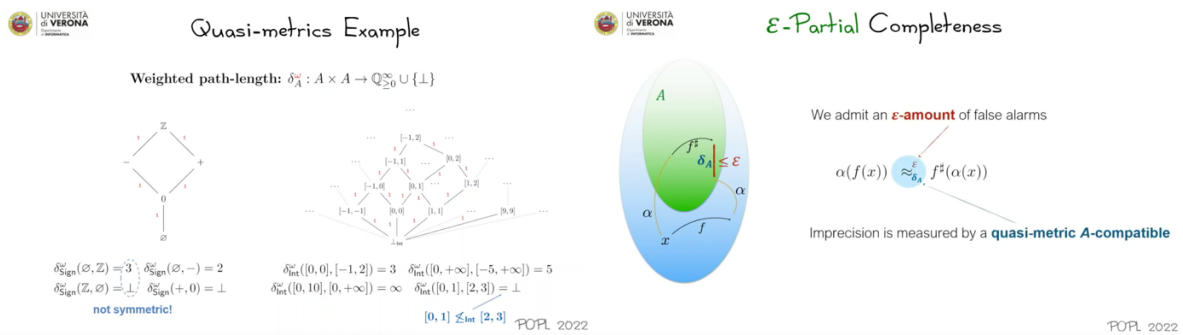
검증 자동화 세션이 첫날 첫 세션으로 열렸었다. 내가 만들던 테조스 스마트 컨트랙트 자동검증-반증기 에서 주로 고민하던 불변자 합성 내용이 있을까 관심있게 들었지만 별다른 영감을 받지 못했다. 이 세션에서 발표된 논문들의 주 관심사는 이미 알려진 SMT-Solver 를 이용한 자동 검증을 가속시키는게 목적이 아니라, 아직 검증이 자동화되지 않은 증명 도메인들을 Solver 형태로 자동화하는 방법에 대한 내용이었기 때문인 것 같다.

연구실에서는 소프트웨어 검증보다는 분석, 오류 탐색과 수정 기술을 많이 접했는데, POPL 에서 검증 관련 세션이 6 개나 열리는 모습에 좀 놀랐다. 나름 내가 소프트웨어를 증명하는 방법들에 대해 다양하게 접해봤다 생각했었는데, 검증만 해도 저렇게 많은 연구와 논의가 있는 모습을 보고 내 식견이 좁았구나 싶었다.

밑으로, 가장 재미있게 들었던 민석 형의 Return of CFA: Call-Site Sensitivity Can Be Superior to Object Sensitivity Even for Object-Oriented Programs 발표 외에, 인상깊게 들었던 발표들을 소개한다.

Partial (In)Completeness in Abstract Interpretation: Limiting the Imprecision in Program Analysis. Marco Campion et al.

요약 해석에서 분석 결과가 얼마나 완전하게 (complete) 분석되었는지 측정할 수 있는 측정 방식을 제안하는 연구이다. 예를 들자면 $\{0, 1\}$ 대신에 interval $[0, 5]$ 을 분석결과로 내놓았을 때, 분석결과가 4 만큼 부정확하게 나왔음을 표현하는 방법의 제안이다. 이를 위해서 먼저 요약 도메인에서 두 값 사이의 거리 Quasi-metric 를 정의할 때 거리가 가져야 하는 성질과 요약 해석 결과가 특정 정확도 이상으로만 나온다는 성질 epsilon-Completeness 를 정의했다.



쉬운 요약 도메인에서는 모든 프로그램에 대해 epsilon-Completeness 을 만족하는 분석 결과를 얻을 수 있음을 보였으나, 일반적인 요약 도메인에서는 그런 결과를 얻을 수 없다고 한다. 또, 분석기가 얼마만큼의 부정확도를 가지는지 일반적으로는 증명할 수 없다는 것도 보였다.

위와 같이 직접 오류의 크기를 보이기 위해 제약이 큰 상태에서, 이 연구는 분석기 부정확도 크기의 상한을 증명하는 시스템을 제안한다.

비록 여러가지 제약 때문에 분석기 부정확도 크기를 어렵짐작 해야 하지만, 기존에 만족/불만족 에 대해서만 따지던 건전성/완전성에 대해 그 정도를 거리로 표현하려는 점이 인상깊었다.

Logarithm and Program Testing. Kuen-Bang Hou, Zhuyang Wang.

테스트하려는 함수 proj1 의 타입이 $\forall a. (a \times a) \rightarrow a$ 의 polymorphic 타입 함수일 때, 이 함수의 테스트케이스 입력은 proj1 [Bool] (true, false) 하나면 충분하다는, 매우 흥미로운 예제로 시작하는 발표였다.

이와 같이 다형성을 타입의 함수의 테스트를 단형성의 테스트케이스 입력값으로 구성하는 방법이 2010 Bernardy 의 연구로 제시되었는데, 이번 연구에서는 이전 연구보다 더 다양한 종류의 다형성 타입 함수들에 대해서도 특정 단형성 테스트케이스 입력값들을 만들면 모든 경우를 다 테스트할 수 있음을 증명했다고 한다.

이 때 필요한 테스트케이스 수가 테스트하려는 함수 도메인 크기의 로그 값이라 하여 논문 제목에 Logarithm 이라는 표현을 사용했다고 한다.

Our work

HOST

$$f : \forall a. \alpha(a) \rightarrow F(a)$$

A special type and some special inputs are sufficient for testing f .¹

We proved it and implemented a Haskell library.²

Works on the prenex fragment of System F with product types, sum types, function types, and inductive types.

Logarithm

HOST

$$\text{proj1} : \forall a. \underbrace{a \times a \times \dots \times a}_n \rightarrow a$$

$$\text{proj1} [\text{Int}] (1, 2, 3, \dots, n)$$

(Int or any type with at least n elements)

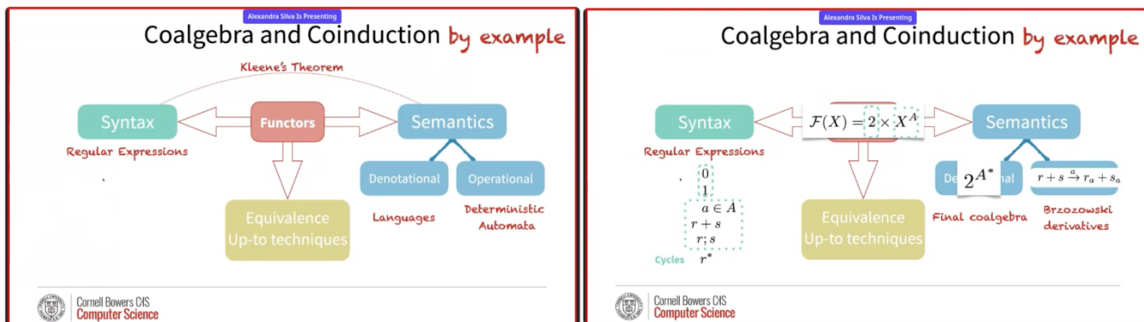
$$\log_a (\underbrace{a \times a \times \dots \times a}_n) = \log_a (a^n) = n$$

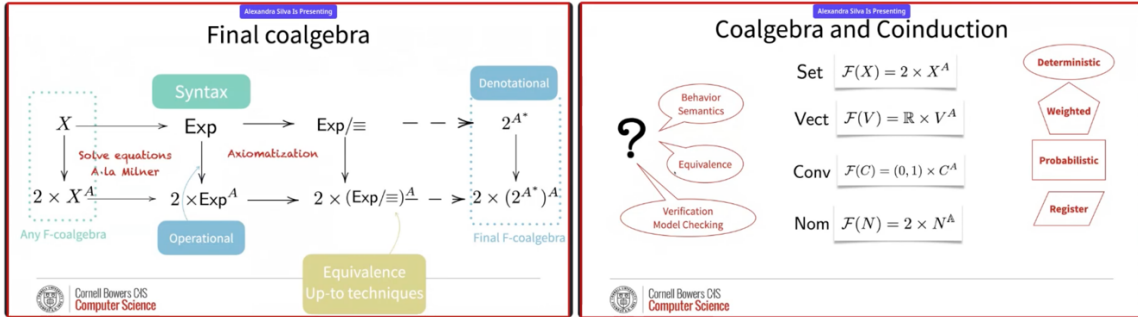
\log_a counts the number of a

개인적으로 이 발표에서 제시했던 각종 소개 예제들에서 큰 매력을 느꼈다. $\forall a. (a \times a) \rightarrow a$ 타입을 가진 함수가 단 두 개의 projection 뿐이라는 점에서 시작해서 이 연구내용을 단계적으로 쉽게 발표해서 쉽게 집중할 수 있었던 것 같다.

Coalgebra for the working programming languages researcher. Alexandra Silva. (Invited Talk)

학회 마지막 날 초청 강연이었던 이 발표는 Coalgebra 가 프로그램 의미 정의, equivalence 정의, 프로그램 검증 등에 사용할 수 있는 통일된 이론이라고 소개한다. 정규표현식 문법에서 시작해서 평터를 정의하고, 평터에서 두 의미를 표현하는 방법을 보인다. 실제로 쓰이는 알파벳은 0 과 1 뿐이고 (2), 이 두 알파벳으로 $r + s$ 나 $r; s$ 의 값 생성 (X^A), 그리고 무한한 구조를 표현하기 위해 kleene star 까지 도입하면 $F(X) = 2 \times X^A$ 평터로 이 문법을 표현할 수 있다고 한다.



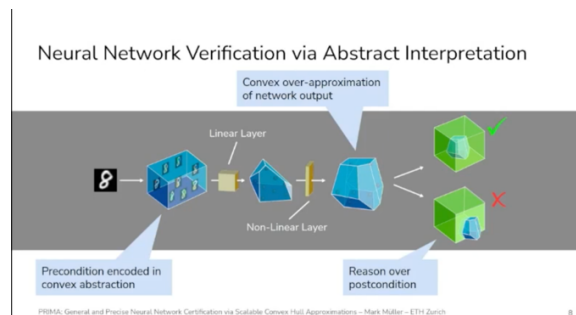


지금껏 문법, fixpoint, 그리고 semantics 에 대해 배웠을 때는 서로 별개의 기초적인 개념으로 다가왔다면, 이 발표를 듣고는 이 개념들이 전부 하나의 프레임워크 위에서 잘 알려진 변환과정을 거쳐 도출할 수 있는 내용이 아닐까 싶었다.

어떤 발표가 듣기 좋았는가

여러 발표들을 들으며 듣기 좋았던 발표들도, 듣기 싫었던 발표들도 여럿 접할 수 있었다. 발표되는 연구들은 각 분야 최고 수준이었겠지만, 청자 입장에서 모든 발표가 다 이해가 쉽게 되지는 않았다. 이번 학회 참석 기회로 내가 즐겁게 듣고 조금이나마 이해할 수 있는 발표들과, 내가 따라가는데 어려웠던 발표들 모두 경험했고, 이 경험을 공유하고자 한다.

- 풀려는 문제를 설명하는 예쁜 그림은 언제나 내 관심을 끌었다.
- 배경지식이 전혀 없는 내용을 들을 때, 굉장히 쉬운 예시를 보아야 조금이나마 따라갈 수 있었다.
- 추론 규칙을 마구 나열했을 때 이해하기 어려웠다. 어떤 문제를 푸는지 이해하기도 벅찬 상황에서 머릿속에 들어오지 못한 수많은 로마자와 규칙들로 이뤄진 정교한 시스템을 보여주며 동작 방식을 설명할 때 따라가기 굉장히 어려웠다.
- 논리식이 길게 나열되어 읽고 해석하는데 큰 노력을 요하거나 설명하는 글이 많을 때에도 다 이해할 수 없었다.



탁월한 그림으로 내 관심을 끌었던 PRIMA: General and Precise Neural Network Certification via Scalable Convex Hull Approximations 발표자료

필라델피아 & 뉴욕

도시로서의 필라델피아



필라델피아 공항에서 시내로 우버를 타고 처음으로 미국을 겪었을 때 산이 없고 지평선이 보인다는 점이 가장 신기했다. 하지만 시내에 들어가고 나면 끝없이 펼쳐진 건물과 좁은 격자 도로에 거의 다 지워지는데, 이런 빼곡한 건물들에 내가 압도당하는 느낌마저 들었다. 이렇게 좁은 필라델피아 도심은 두 특징을 가지고 있는데, 하나는 어디에나 스타벅스가 있다는 점이고, 또 하나는 도시의 거의 모든 도로가 좁은 일방통행로이고 유턴이 없다는 점이였다.



학회 참석 전날 민석 형, 도원, 석현, 민수와 함께 필라델피아를 돌아다닐 시간을 가질 수 있었다. 도시의 중심이 되는 시청에서 필라델피아 미술관까지 북서쪽으로 쪽 올라가는 길이 나 있었고, 그 길에는 필라델피아의 유명한 공원들과 미술관들이 보기 좋게 자리잡고 있었다.



뉴욕 구경

금요일 학회 일정이 다 끝나고, 마침 필라델피아에서 유학중인 작은누나와 매형의 도움을 받아 주말 동안 뉴욕 맨해튼 구경을 갔다. 지금껏 상상할 수 있었던 것보다 더 크고 넓은 빌딩 숲이었고, 우리나라에 저런 거대한 도심이 들어서려면 나와 우리나라가 어떤 방향으로 발전하고 성장해야 할까 생각할 거리를 던져주는 경험이었다.



마치며

- 미국 코로나 확진자 수 증가시기에 가게 되어 걱정이 컸는데, 다행히 같이 간 연구실 인원 모두가 무사히 여행을 마치고 돌아와 안심했다.
- 인구 수 대비 큰 경제규모를 가진 미국을 직접 접하며 이런 경제규모를 만들어 내는 데에는 미국이 가진 기술력이 한 축을 담당할 것이라 생각되었다. 이를 보며 내가 풀고 싶은 문제에서 멋진 결과를 내는 것도 좋지만, 내가 풀고 싶은 문제를 풀었을 때 그 내용이 어떻게 소프트웨어 산업을 이롭게 할까 고민도 같이 해야겠다 싶었다.
- 사람들이 모여서 얘기하기 위해 학회에 참가한다는 점을 직접 보며 느끼고, 멋진 연구들의 발표를 여럿 들으며 남들에게 내 연구내용을 전달할 때 어떤 점을 유의해야 남들에게 더 흥미롭게 내용을 전달할 수 있는지 조금 더 알게 된 것이 이번 여행의 가장 큰 수확이었다.

마지막으로 멋진 연구로 학회 참여의 기회를 만들어주신 전민석 선배와 오학주 지도교수님께 감사드립니다. 내가 완성한 연구결과로 연구실 사람들이 trip report 를 작성할 날이 오도록 노력할 것이다.