



사진 1: Kastrup Søbad에서 자전거를 타는 소년

2024.06.24 - 2024.06.30 PLDI 2024 Trip Report  
고려대학교 소프트웨어 분석 연구실 강미령

일주일간 코펜하겐에 머물며 PLDI 2024 에 참여하게 되었고, 보고 느낀 바가 많아 경험을 기록하고 공유하려 한다.

## PLDI Programs

### - *Associated Effects*

이번 학회에서 가장 내용의 전달력이 좋다고 느껴 뇌리에 깊게 박힌 발표이다. Type Class의 instance 생성 및 사용에서 발생할 수 있는 computational effect는 프로그램의 안전성 내지 성능, 컴파일러 최적화 등의 목적 하에 중요한 문제로 여겨진다. 이에 해당 연구는 동일한 Type Class를 다양한 자료형에 대해 적용할 수 있게끔, 즉 각각의 자료형에 따라 생성되는 effect를 언어 자체에서 지원하고자 한 연구이다. 예로, Flix(연구 대상이 됐던 프로그래밍 언어)에서는 Foldable Class에 내장된 foldLeft와 foldRight 함수가 일반적인 List에 적용되는 경우, 별도의 Heap Effect가 발생하지 않는다. 하지만, MutList(Mutable List) 자료형의 경우, 앞선 Effect가 나타나고, 이에 Class의 Signature가 일치하지 않는 현상이 발생한다. 이를 해결하기 위해 연구에서는 Associated Effect를 도입하여 다양한 자료형에 의해 발생할 수 있는 effect를 Instance를 작성할 때마다 기록할 수 있게끔 하였다. 이러한 abstraction은 Type Class의 Polymorphism을 효과적으로 지원했고, 실제로 Flix의 문제점을 해결하며 언어의 표현력과 안전성을 동시에 높인 바 있다. 언어의 부족한 점이 확장을 거치며 보완되어가는 과정이 흥미롭게 다가왔다.

### - *AI-Assisted Programming Today and Tomorrow*

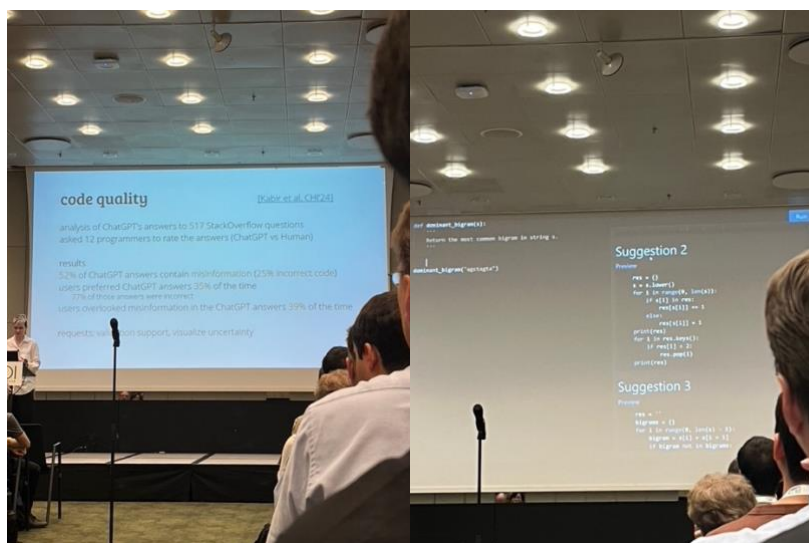


사진 2, 3: AI-Assisted Programming Today and Tomorrow, PLDI 2024

해당 발표는 OOPSLA 2023에서 Distinguished Paper로 선정된 논문을 작성한 연구팀에 의해 이루어졌다. 이번 PLDI 2024에서는 유사한 내용이 Keynote로 진행되었는데, 발표 초반에는 OOPSLA 2023에서의 내용(생성형 AI인 Copilot이 어떻게 사용자들에게 편의를 제공할 수 있는지)이 주를 이루었다. 후반부에는 대규모 언어 모델이 제공하는 코드를 어떻게 잘 활용할 수 있을지, 즉 LLM과 user가 통합된, user-friendly 한 방향을 제시한 바 있다. 현재 Python Library Migration의 자동화를 주제로 LLM 기반 연구를 진행하고 있는데, LLM의 성능이 굉장히 부진한 경우가 많아 user가 LLM 코드를 직접적으로 활용하는 일은 아직은 이르겠다는 생각을 하곤 했다. 때로는, 제공된 LLM 코드들을 검증하는 데에도 오랜 시간이 걸려 개발 생태계에 있어서 완전한 LLM의 개입은 (적어도 복잡한 코드 생성에 있어서는) 어려울 것이라 믿곤 했다. 이러한 염려에 걸맞게, 동일 연구팀에서 현재 진행되고 있는 연구에서 런타임에 LLM이 제공하는 다양한 코드의 실행 결과를 확인할 수 있게 하고, 다양한 solution을 동시에 제공함을 통해 사용자에게 편의를 제공하는 연구 방향을 취하고 있다고 발표한 바 있다. 특히, PL 학회인 만큼, 발표의 마지막에는 *AI-friendly한 프로그래밍 언어를 만들 수 있는가?* 라는 질문이 던져졌는데, 그간 LLM이 작성한 코드들로 미루어 보았을 때, LLM이 명확히 잘할 수 있는 부분과 그렇지 못한 부분들이 존재하기에 어느 정도 갈피가 잡힐 수 있는 주제라는 생각에 굉장히 흥미롭게 들었던 내용이었다.

#### - *Equivalence by Canonicalization for Synthesis-Backed Refactoring*

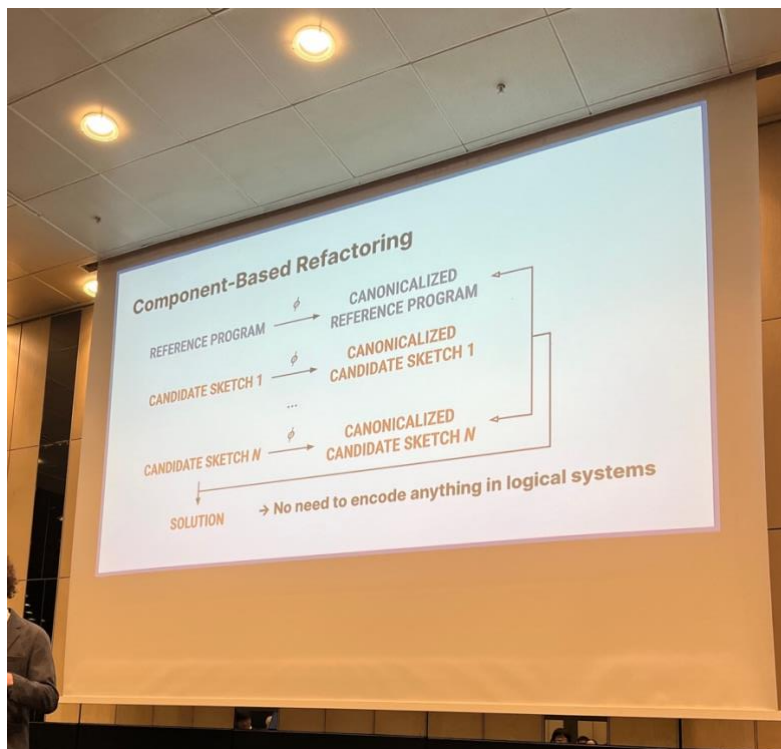


사진 4: Equivalence by Canonicalization for Synthesis-Backed Refactoring, PLDI 2024

Component-based refactoring 과정에서 기존 프로그램과 현재 합성 프로그램이 동일한 의미를 가지는지 그 여부의 판단을 위해 syntax 기반 비교 방법론을 도입한 연구이다. 처음 이 문제를 접했을 때, IO 예제와 logical constraint 없이 합성을 진행한다는 점에 의문이 들었으나, refactoring 대상의 코드로 비교가 가능하다는 논리가 흥미롭게 다가왔다. 해당 연구는 combinator를 사용한 코드를 그렇지 않은 코드로, 그리고 그 역 또한 합성하는 문제를 대상으로 하였는데, 특히나 combinator를 거의 쓰지 않고 코드를 작성한 나였기에 굉장히 흥미롭게 들을 수 있었던 연구였다. 다시 방법론 이야기로 돌아와, 본 연구에서는 sketch와 refactoring 대상 코드의 syntactic 유사도를 살펴본다. 생성된 sketch에는 inlining, lambda-calculus 등이 적용되고, 결과물의 hole이 원본 프로그램의 요소들을 통해 적용될 수 있다면 동일한 프로그램이라고 판단한다. 지금 진행하고 있는 Python Library Migration도 코드 refactoring의 한 갈래이기에 흥미롭게 들은 발표였다. 특히, 연구를 진행하며 refactoring 된 코드를 검증할 수 있는 수단이 여의치 않아 해당 문제를 해결할 수 있다면 좋겠다는 생각을 하고 있었는데, IO 예제를 사용하지 않고 프로그램의 동일성을 검사할 수 있음에 귀 기울여 듣게 되었다.

#### - Constraints using Bounded Theories



사진 5: Constraints using Bounded Theories, PLDI 2024

이번 학기 소프트웨어 검증 수업을 들으며 SMT Solver에 대해 공부하게 되어 관심 있게 들은 발표이다. SMT Solver는 복잡한 식일수록 그 해를 구하기까지 오랜 시간이 걸리는데, 특히 해의 대상이 실수와 정수와 같이 그 범위가 unbounded된 값인 경우가 그렇다. 해

당 연구는 이를 해결하기 위해 알고리즘의 측면이 아닌, 풀고자 하는 식 자체를 변형하였는데, unbounded 값을 bounded 값으로 변경하는 방식을 채택하였다. 변환 과정에서 마주한 연구의 challenge는 어떻게 최적의 unbounded 값의 범위를 찾을 수 있을까였다. 큰 bound가 주어진다면 해를 정확하게 찾을 수 있을 것이지만, 그만큼 시간이 오래 걸릴 것이고, 역의 경우에도 정확성과 관련된 문제가 발생하기 때문이다. 마찬가지로 고정된 범위의 bound를 설정하는 방식도 방법론의 장점을 적극적으로 활용할 수 없기에, 해당 연구는 주어진 식의 연산자, 상수 값을 통해 syntax 노드별 abstract interpretation을 통해 값의 bound를 설정하였다. SMT Solver가 중요함을 수업으로만 접했는데, 발표를 들으며 더더욱 이를 체감할 수 있었고, abstract interpretation 또한 다양한 도메인에서 이루어질 수 있음을 잘 알 수 있었다.

### - *Reward-Guided Synthesis of Intelligent Agents with Control Structures*

평소 접하던 주제와는 결이 다른 내용이었지만, 제목과 내용이 흥미로워 추가로 찾아보게 된 발표이다. 로봇 학습에 있어 강화 학습이 효과적이지 못한 경우에 대해 성능을 향상시키고자 한 연구로, 합성 세션에서 발표된 논문이다. 일반적으로 robotic task중 보상이 임무 완수 이후에 주어지고, 목표 도달에 있어 긴 과정을 거쳐야 하는 작업에서는 강화 학습이 효과적인 성능을 보이기가 힘들다. 이를 해결하기 위해 해당 연구는 환경에 맞는 DSL을 정의하였고, 임무 완수의 과정에서 나타날 수 있는 경로를 반복문의 집합 등으로 정의하였다. 이를 통해 보상 기반 합성을 진행하였는데, 해당 문제에서 DSL을 정의한 방식이 위 SMT Solver 연구와 비슷한 지점에 맞닿아 있다는 생각이 들었다. 해당 연구는 object detection 등의 task로 문제를 한정하여 최소한의 DSL만을 정의하였고 (while, if, s1;s2 등), SMT solver 관련 연구에서도 Arithmetic Operation에 대해서 제한적이지만 표현력 있는 DSL을 정의하였기 때문이다. 더더욱 DSL이 특정 문제에 최적화된 방법을 고안하기에 적합하다는 사실을 체감할 수 있었다.

### **전반적인 학회**

첫 학회(OOPSLA 2023)에서는 다른 학회 참가자들과 교류를 하지 못했다는 점이 아쉬움으로 남아있었다. 교류를 위해 주어진 별도의 멘토링 시간을 제외하고는 다른 사람들과 대화를 일절 해보지 못했는데, 이번 학회에서는 그 점을 개선하려 했다. 꽤 많은 사람과 대화를 나눌 수 있었고, 주로 현직에서 근무하고 있는 사람들이 대부분이었다. 그중 Samar라는, 손목에 수식을 타투로 새긴, 석사 과정에 있는 또래와 나눈 대화가 인상깊어 기록해보려 한다. Samar는 프랑스에서 석사 과정을 진행하는 중이었고 modal logic에 대한 연구를 진행하고 있다고 했다. 자신의 연구 주제에 대해 설명을 해줬는데 (잘은 알아듣지 못했지만) 그녀가 연구 주제에 굉장한 애정을 보이고 있다는 사실만큼은 절실히 전달됐다. 이러한 모습에 나는 '너, 연구 이야기 할 때 굉장히 열정이 넘쳐보여.' 이야기를 해줬는데, 돌아오는 대답은 피식 웃음이 나올 법했다. '그렇지 않아도, 최대한 열정이 있는 것처럼 하려고 해.' 생각하기 나름이라고, 앞으로 내가 연구에서 어떤 태도를 취해야 할지 고민해볼 수 있는 기회였다.

신기한 인연도 있었는데, OOPSLA 2023 멘토링에서 같은 테이블에 앉아 이야기를 나

뵈던 분을 이번 학회에서도 뵈게 되어 하영 언니와 인사를 나누고 SNS 친구도 맺게 되었다. 작년 멘토링 시간이 굉장히 짧았기에 우리를 기억하지 못할 것 같다고 생각했는데, 보자마자 반갑게 인사를 해주어 신기하기도, 감동이기도 했다. 다음에 참여하게 되는 학회에서도 그런 스쳐 지나간 인연들을 다시 만나면 좋겠다는 생각을 했고, 그렇기에 더더욱 연구에 집중해야겠다는 생각을 했다. 다음 그들을 만날 때에는 연구 실적이 있는 상태로 더 깊은 대화를 나눠보고 싶다.

## Copenhagen, Denmark



사진 6, 7, 8: Ørstedsparken에서 여유를 즐기는 사람들

7일간 둘러봤던 코펜하겐은 수도임에도 불구하고 여유가 가득했다. 서울과는 다른 모습. 학회 근처에 (강처럼 생긴) 바다가 있어 점심 시간에 산책을 종종 가곤 했는데, 낮임에도 불구하고 많은 이들이 수영복을 입고 다이빙을 하거나 일광욕을 즐기곤 했다. 공원도 마찬가지. 공원은 앞에 호수를 두고 잔디에 돛자리를 피며 책을 읽는 사람들로 가득했다. 학회에 가기 전 조급함과 조바심으로 가득한 주를 보냈고, 비행기에 몸을 싣는 날까지도 불안함을 느꼈는데, 코펜하겐에서의 한 주만큼은 그들에게 동화되어 여유로움을 만끽할 수 있었다. 특히, 덴마크의 경우 다른 유럽 국가보다 관광지라는 인식이 덜했던 것 같아 여유로움이 배로 체감됐던 것 같다.



사진 9, 10, 11, 12: 코펜하겐의 일상



사진 13, 14, 15: 코펜하겐 길거리에 즐비한 자전거

덴마크는 자전거의 나라이다. 자전거 도로가 잘 구비되어 있어 도로에는 자동차 운전자와 자전거 운전자의 수가 비등비등했다. (원인과 결과가 반대일 수 있다.) 운이 좋게도 덴마크의 날씨가 굉장히 맑아 바다를 보며 자전거를 타는 순간도 있었다. 해외에서 자전거를 타는 경험이 흔하지만은 않다는 점을 되새기며.



사진 16: 졸업의 기쁨을 만끽하는 덴마크의 고등학생들



이색적인 문화로는 덴마크의 졸업이 있다. 6월 말은 덴마크 고등학생들의 졸업 시즌이었다. 특이하게도, 다들 해군 모자처럼 생긴 모자를 쓰고 큰 트럭에서 시끄러운 음악을 틀며 춤을 추고 경적을 울리곤 했는데, 자신들의 졸업을 스스로 축하하며 도시를 돌아다니는 모습이 굉장히 인상깊었다. 또, 다른 운전자들도 경적을 울리며 축하해주는 모습이 굉장히 정겹게 느껴졌다. 다만, 처음에는 낭만 있는 문화라고 생각했으나, 이러한 모습도 익숙해지니 내가 이를 소음으로만 인지하고 있었다는 사실이 스스로 안타까웠다. 새삼 다른 나라의 문화를 이해하고 완전히 받아들이는 일은 어려움을 다시 깨닫는다.



사진 17, 18, 19: 코펜하겐의 풍경. 차례대로 Tivoli Garden, Kastrup, Kastrup.

학회도 학회 외적인 순간들도, 심지어 지루하게 느껴질 수 있는 13시간의 오고 가는 비행도 여러모로 깨닫는 점이 많은 일주일이었다. PLDI 2024에 참여할 수 있는 기회를 만들어 주신 오학주 교수님, 전민석 박사님, 그리고 미숙한 부분을 많이 챙겨 주신 연구실 선배들께 고맙고 감사드린다는 말을 전하며 글을 마무리 한다.