

# Trip Report on OPLSS 2011

Types, Semantics, and Verification  
June 16 - Jul 1, 2011, Eugene, OR.

서정봉(baramseo@postech.ac.kr)

2011년 여름, 길었던 학부 생활의 종지부를 찍고, 대학원 생활을 시작하는 문턱에서 Oregon Programming Languages Summer School(OPLSS)에 다녀왔습니다. 참가신청한 때가 3월 초여서 가기 전에 미리 조금 공부를 해두었다면 더 좋았았겠지만, '어떻게든 되겠다'라는 가벼운 마음으로 비행기를 탔습니다. 하지만 결코 가볍지 않은 수업들 덕분에 앞으로 열심히 해야겠다는 각오를 다지게 해주는 유익한 여행이 되었습니다.

## Proof Theory Foundation - Frank Pfenning

이번 여름학교의 첫 강의인 만큼 가벼운 소개와 함께 시작할 것 같았는데, 그런 사실 없이 총알같이 수업이 진행되었습니다. Pfenning 교수님은 교수님의 지도교수님이신데, '교수님도 예전에 똑같은 수업을 들었겠지'라고 상상하니 재밌었습니다. 특히 수업 중에 Pfenning 교수님께서 당신은 Optimist기 때문에 증명을 할 땐 어려운 파트부터 한다는 말을 하셨는데, 예전에 PL 수업을 들을 때 교수님도 비슷한 말을 하신 것이 생각나서 재밌었습니다. 수업 내용은 Login in Computer Science 때 배운 내용들이라 편안한 마음으로 들을 수 있었습니다.

## Type Theory Foundation - Robert Harper

이어서 진행된 Harper 교수님의 수업은 Logical relations를 이용한 Termination 증명이었습니다. 예전에 프로그래밍 언어 과목 숙제를 하면서 두 함수가 같은 것을 어떻게 표현할 수 있을까 잠깐 고민한 적이 있었는데, 그 때는 불가능할 것 같다고 생각했던 것이 Logical relation의 Observational Equivalence를 써서 표현되는 것을 보니 놀랍고 신기했습니다. 이를 이용한 System F의 Termination 증명도 흥미로웠습니다. 좀 더 공부해보고 싶었지만, 수업이 끝난 후 저녁은 미처 끝내지 못하고 가져간 Software Design 과목의 숙제와 Student session 발표 준비를 하느라 하지 못해 아쉬웠습니다.

## Programming languages in string diagrams - Paul-Andre Mellies

이전의 두 과목은 기초를 배웠던 터라 새로운 내용을 배운다기 보다 복습하는 느낌이었는데, 이 수업은 이름부터 처음 들어보는 분야라 기대에 차서 듣기 시작했습니다. 수업의 시작은 증명을 그래프로 나타내고, 토폴로지를 써서 두 증명의 동치를 어떻게 표현할 수 있는 가에서 출발하여 흥미진진했습니다. 하지만 수업이 진행되어 갈수록 그래프의 꼬임이 복잡해졌고 텐서가 등장하면서 부터는 저의 공감각적 지각능력이 예제를 따라갈 수 없었기 때문에, 그저 그러려니 하며 들었습니다. 직접 연구해보고 싶진 않지만 흥미로운 분야였습니다.



그림 1 복잡하게 꼬인 예제를 본 필자의 심정.

## Proof Theory in Coq - Benjamin Pierce

이번 여름학교의 핵심 테마인 Coq의 첫 수업이었습니다. Pierce 교수님은 랩에 꽂혀져 있는 빨간 벽돌 책(Types and Programming Language)의 저자로 이름만 알고 있었기 때문에, 백발의 호호할아버지를 쯤으로 상상했었는데 생각보다 젊으셔서 놀랐습니다. Coq의 고급 테크닉보다는, 가장 기초에서 시작해 Coq의 Core System이 어떻게 구현되어 있는지 이해를 돕는 수업이었습니다. Coq의 처음 첫 1~2년은 기본을 충실히 배워 내공을 쌓는 것이 좋다고 말씀하셨습니다. 대부분의 내용은 Logic in Computer Science 수업을 들으며 해봤던 내용이라 쉽게 따라할 수 있었고, 그러려니 하고 넘어갔던 기초 tactic들이 왜 그렇게 동작하는지를 정확히 이해할 수 있어 기본기를 쌓는데 좋았습니다. Pierce 교수님은 사진 작가가이기도 하셔서 창의성이란 주제로 특강도 하셨습니다. 예전에는 음악도 진지하게 해본 적이 있으셨다고 하셨는데, 창의력이란 것도 훈련이 필요하구나라는 생각이 들었습니다.

## Semilattices, Domains, and Computability - Dana Scott

Scott 교수님은 Domain Theory를 강의하셨는데, 이 분야에 대한 지식이 전혀 없어서 따라가기 힘들었습니다. 본 수업 보다는 특강으로 진행된 Proof and Computability가 (이해도 되고) 재밌었습니다. 과연 증명이란 무엇인가라는 약한 철학적 내용에서 시작했지만, 많은 수학적 예제를 들어가며 재밌게 진행되어 Formal proof가 무엇인지를 생각해볼 수 있는 수업이었습니다.

## Software Verification - Andrew Appel

지난 학기 과제연구를 하면서 Appel 교수님의 Compiler 책을 읽고 도움을 많이 받았었는데, 직접 수업을 듣게 되니 감회가 새로웠습니다. 수업 내용은 Coq을 이용한 알고리즘 증명이었습니다. 알고리즘을 증명하기 위해 데이터 구조를 Coq으로 시뮬레이션 하는데, 이 때 생기는 단순하면서도 반복되는 증명들을 Ltac을 이용해 효율적으로 증명하는 테크닉을 배울 수 있었습니다. 마지막 과제로는 Compiler 책에 있던 Register Allocation에 쓰이는 Graph Coloring Algorithm 증명을 다루었습니다. 지금까지 본 예제 중에서는 가장 복잡한 알고리즘 증명이라 신기했고, 증명 완료 후 Coq이 생성해주는 ML코드가 직접 작성한 것에 비해 20% 정도의 성능 loss만 있었다는 점이 또 신기했습니다.

## Imperative Programming in Coq - Greg Morrisett

Coq을 이용해 작은 언어를 정의하여 Type-soundness를 증명하고, 나아가 Naive한 컴파일러까지 만들어 보는 수업이었습니다. Programming Language 과목을 압축해서 듣는데, 다만 실습에 Coq을 쓰는 느낌이었습니다. Compiler의 Front-end에 해당하는 Lexing/Parsing까지도 Coq으로 처리하고, 마지막으로 기계어 코드까지 생성하는 것이 인상적이었습니다. 기계어로 번역하는 부분은 Intel IA32 CPU Reference Manual을 자동으로 번역한 것이기 때문에, Manual이 틀린 경우에는 어쩔 수 없다고 농담 삼아 말씀하신 것이 재밌었습니다.

## Logical Relations - Amal Ahmed

Ahmed 교수님은 올해 Speaker 중에 유일한 홍일점이셨습니다. 다른 교수님과 달리 농담도 많이 섞어가면서 수업을 진행했기 때문에 금성에서 온 사람은 뭔가 다르단 것을 느낄 수 있었습니다. 수업 내용은 Bob Harper 교수님의 수업에 이어 STLC에 Recursive Type 및 Reference가 추가 되었을 때 Logical relation이 어떻게 확장 되는가 였습니다. 대충은 알겠는데 세부적인 내용과 증명들은 놓치는 부분이 많아서 약간 좌절했었는데, 마지막 수업 때 Logical Relation의 역사와 앞으로의 연구 과제를 소개해 주시면서 이번 강의를 당신의 박사 Thesis였다고 하셔서 약간 안도했습니다. (^.^) Ahmed 교수님은 1살 정도 되어 보이는 아기도 데려왔었는데, OPLSS에서 준비한 감사선물이 다른 교수님들은 컵이었는데 비해 Ahmed 교수님의 것은 아기 옷이라서 재밌었습니다.



그림 2 한 차례의 Mathematical Magic Show가 펼쳐진 후의 교실. 칠판은 온갖 수식으로 덮여있고, 몇몇 사람들은 식사도 잊은 채 토론에 열중하고 있습니다.

### Compiler Certification - Xavier Leroy

요즘 화두인 컴파일러 증명의 현 주소와 증명 테크닉, 그리고 검증된 컴파일러 제작 프로젝트인 CompCert를 종합적으로 다룬 수업이었습니다. 상용으로 널리 쓰이고 있는 대부분의 컴파일러에 버그가 있는 것이 확인되었다는 점은 아주 놀라웠습니다. 특히 초기 버전의 CompCert에서도 Front-end에서 버그가 있었다고 하시며, 컴파일러 검증이 여러 부분으로 나뉘어서 진행되는 것을 설명하셨습니다. 지금의 CompCert는 GCC에 비해서도 성능 상으로 크게 떨어지지 않는다고 하니, 컴파일러 검증도 많이 진척된 것 같았습니다.

### Polymorphic Logic - Robert Constable

Polymorphic Logic이란 강의 타이틀을 보고 이번엔 어떤 안드로메다일까 살짝 걱정했었는데 여름학교의 마지막 수업이라 그런지 조금 쉽게 진행되어 "A Logic of computational Reality"라는 주제로 진행되었습니다. 특히 이론적 배경의 역사를 재밌게 설명해주셨는데, 근대 수학에 있었던 Intuitionistic logic의 등장 무렵의 Hilbert와 Brouwer의 대립에서 시작해서 그 결과물들이 어떻게 Programming Language의 이론적 기반을 형성하는데 응용되었는지를 설명해주신 부분이 흥미로웠습니다. 그러면서 물리학에서는 양대 이론인 상대성 이론과 양자론이 서로 사맛디 아니한데 비해, Programming Language에서는 양대 산맥이라 할 수 있는 타입이론과 알고리즘이 완벽히 들어맞아 우아하다고 강조하시며 CSE에 대한 사랑을 보여주셨습니다. ^^

## Student Sessions

이번 여름학교에서는 학생이 자신의 연구 내용을 10분 동안 설명하는 시간이 있었습니다. 지원자가 많아 3번에 걸쳐서 진행되었는데, 저는 두 번째 주에 발표하였습니다. 스스로 발표를 썩 잘한 것 같진 않지만, 발표 자료를 준비하면서 문제를 계속 고민하다보니 스스로 문제를 이해하는 데는 큰 도움이 되었습니다. 발표 주제들은 순수 이론에서 실용적 프로젝트에 걸쳐 다양했는데, 가벼운 마음으로 사람들이 무엇을 연구 하나를 엿볼 수 있는 기회였습니다. 하나 재밌었던 점은 많은 사람들의 Reference에서 올해 OPLSS 강연을 맡으신 교수님들이 등장한 점인데, 강연을 맡으신 교수님들이 정말 거물이긴 하구나라는 것을 다시 한 번 느낄 수 있었습니다.

## 기타 수업들

이 외에 Nick Benton 교수님의 Monadic Effects 외 2개의 수업이 더 있었습니다만, 내용을 이해하기 힘들었고 다른 것에 정신이 팔려 있었던 지라(SD과제나 발표준비, Coq 과제 등) 수업 내용은 그다지 기억이 나지 않습니다. (^\_^;) 특히 Benton 교수님과 Herbelin 교수님의 수업은 내용도 생소한 분야인데다, 교수님의 영어 역량도 알아듣기 힘들어 수업 대부분을 놓칠 수밖에 없었습니다. Monadic Effects 강의 중에는 Pure Functional Language인 Haskell에서 Side Effect를 어떻게 효율적으로 처리하는지도 다루었는데, 이 부분은 평소에도 관심 있었던 점인지라 제대로 이해하지 못하고 놓친 것이 무척 아쉬웠습니다.

## 학교생활

이번 여름학교는 수업도 아주 좋았지만 무엇보다 좋았던 점은 식사였습니다. (^\_^) 특히 매끼 케이크와 과일을 마음껏 먹을 수 있었던 점이 행복했습니다. 마지막 주에는 너무 잘 먹어 배가 나오는 것 같아, 식사 조절 차 아침은 간단하게 바나나만 먹기도 했습니다. 낮 동안은 계속 수업 듣고 밤에도 과제와 발표 준비 등으로 늦게 자곤 했는데, 별로 피곤함을 느끼지 않고 열중해서 할 수 있었던 것은 아마 잘 먹은 덕에 있지 않나 합니다. ^^; (역으로 한국에서 매일 피곤했던 것은 식사를 제대로 챙겨먹지 않은 탓이지 않나 추측해보기도 했습니다.)

그리고 올해는 온도도 낮아 계속 선선한 봄 날씨였습니다. 날씨도 화창한데 온도는 낮고, 더욱이 습기도 없으니 이보다 좋을 순 없었습니다. 덕분에 거리엔 운동을 하거나 소풍을 즐기는 사람들이 많았고, 가끔씩 오리도 껍뻍거리면서 걸어 다녔기에 (오리는 Oregon 대학의 마스코드라고 합니다.), 이걸 마치 학교가 아니라 휴양지에 온 듯한 느낌이 들었습니다. 후에 들은 건데 이맘때 날씨가 매년 이렇게 시원한 것만은 아니라고 하니, 저는 정말 운이 좋았던 것 같습니다. ^0^.

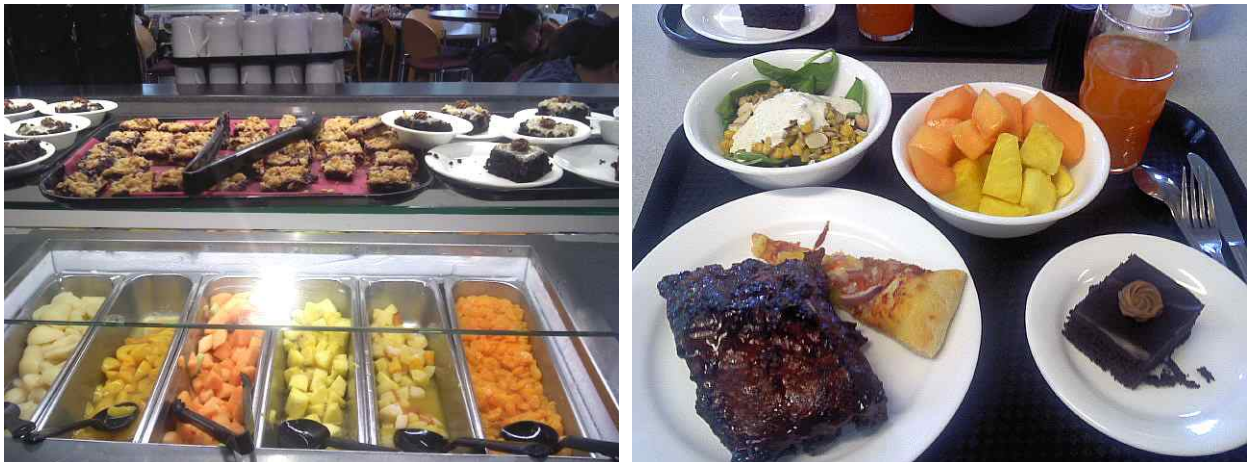


그림 3 푸짐한 고칼로리 식단. 한국에서는 경제적 이유로 자주 먹을 수 없었던 과일들을 맘껏 즐겼습니다.



## 맺음말

대학원에 진학하면서도 막상 진학하는 분야에서 최근에 무엇이 연구되고 있는지를 몰라 궁금했었는데, 이번 기회에 현재 진행되고 있는 여러 주제를 엿볼 수 있었고, 더불어 질 높은 강의도 들을 수 있어 좋은 경험이 되었습니다.

몇 가지 아쉽고, 스스로 반성할만한 점은 첫째로 수업 때 놓쳤던 많은 부분들이 배경 지식이 없어서 기도 하겠지만, 영어 실력이 부족한 탓도 크지 않았을까 라는 생각이 들었던 점입니다. 두 번째로는 연구를 시작하는 시점에서 이 분야에 대해 아는 게 너무 없다는 점이었습니다.^^; 참가한 학생 중에 아직 학부생이었던 사람은 몇 명이 더 있었는데, 다들 나름의 연구 주제를 가지고 공부를 시작하고 있었습니다. 스스로 생각했을 때 학부 생활을 딱히 개울리 한 것은 아니지만, 이런 점에서 준비를 소홀히 했던 점은 아쉬웠습니다.

약 3주의 연수 겸 바캉스를 마치면서 먼저 이런 좋은 기회를 주신 교수님께 감사드리며, 이번 여행에서 느낀 점을 토대로 앞으로의 대학원 생활은 스스로 생각했을 때 아쉬움이 남지 않도록 계획을 짜면서 이 글을 마칩니다.



그림 4 모든 강의가 끝나고 강의실 앞에서 찍은 단체 사진. 필자는 비행기 시간 때문에 조금 일찍 출발해야 해서 사진에 나오지 않았습니다. TT