

다단계 언어에서 문맥 언어로 변환

ROSAEC-HKUST Joint Workshop

17 Jan. 2012

강지훈, 최준원

서울대학교 프로그래밍 연구실

문제

다단계 언어

- 코드가 데이터인 언어
 - 코드 생성 code generation
 - 부분 실행 partial evaluation
 - Lisp, MetaML, C++ Macro, ...

다단계 언어 선행 연구

	타입	단계 풀기	프로그램 분석
Lisp같은 스타일	○	○	○
정통 스타일	▲	▲	X

목표

목표



- 정통 스타일 다단계 언어의 단계를 풀어내자!
- 실행 순서 `evaluation order`를 유지하며
- 메모리 `side-effect`를 고려해도 맞도록

성공한다면

- 정통 스타일 다단계 언어의
 - 컴파일
 - 분석
 - ...
 - 을 상상할 수 있음!

다단계 언어

다단계 언어 생김새

Var x, y, f

Expr $e ::= i \mid x \mid \lambda x.e \mid e e \mid \mathbf{box} e \mid \mathbf{unbox} e \mid \mathbf{run} e$

코드가 곧 데이터, Box

`box 0`

0의 코드

`box ($\lambda x.x$)`

항등함수의 코드

$\lambda x.\text{box } x$

x 를 받으면 x 의
코드를 내놓는 함수

욕심쟁이 Unbox

$\text{box unbox box } 0 \mapsto \text{box } 0$

Unbox는 코드를 끼워 넣음

나는 코드! Unbox를 계산한다

$\text{box } \lambda x.\text{unbox box } 0 \mapsto \text{box } \lambda x.0$

Lambda 안에서도 끼워 넣음

나는 람다! Unbox를 계산 안한다

$\lambda x.\text{box unbox box } 0 \not\mapsto$

이건 안 끼워 넣음

코드를 푸는 Run

$\text{run box } 0 \mapsto 0$

Run은 코드 값을 받아 실행

$\text{run box } ((\lambda x.x) 0) \mapsto (\lambda x.x) 0$

Unbox가 없는 코드는 값

$\text{run box } x \not\mapsto$

x가 정의되지 않음

다단계 언어 실행 의미

- Box는 level을 1 높이고,
- Unbox는 level을 1 낮춘다.
- Level 0에서 beta-reduction
- Level 1에서 Unbox 코드 끼워넣기
- Level 0에서 run

다단계 언어 실행 예제

$(\lambda x.\text{box } x) 0 \mapsto \text{box } 0$

`run box box $\lambda x.\text{unbox unbox } ((\lambda y.\text{box } y) \text{box } x)$`

\mapsto `run box box $\lambda x.\text{unbox unbox box box } x$`

\mapsto `run box box $\lambda x.\text{unbox box } x$`

\mapsto `box $\lambda x.\text{unbox box } x$`

\mapsto `box $\lambda x.x$`

- Level 0에서 beta-reduction
- Level 1에서 Unbox 코드 끼워넣기
- Level 0에서 run

다단계 언어 실행 의미

$$\begin{array}{l}
 \text{(SAPP)} \quad \frac{e_1 \xrightarrow{n} e'_1 \quad v \in \text{Value}^n \quad e_2 \xrightarrow{n} e'_2}{e_1 e_2 \xrightarrow{n} e'_1 e_2 \quad v e_2 \xrightarrow{n} v e'_2} \\
 (\lambda x.e) v \xrightarrow{0} [x := v]e \\
 \text{(SBOX)} \quad \frac{e \xrightarrow{n+1} e'}{\text{box } e \xrightarrow{n} \text{box } e'} \\
 \text{(SRUN)} \quad \frac{e \xrightarrow{n} e' \quad v \in \text{Value}^1}{\text{run } e \xrightarrow{n} \text{run } e' \quad \text{run box } v \xrightarrow{0} v} \\
 \text{(SUNB)} \quad \frac{e \xrightarrow{n} e' \quad v \in \text{Value}^1}{\text{unbox } e \xrightarrow{n+1} \text{unbox } e' \quad \text{unbox box } v \xrightarrow{1} v} \\
 \text{(SABS)} \quad \frac{e \xrightarrow{n+1} e'}{\lambda x.e \xrightarrow{n+1} \lambda x.e'}
 \end{array}$$

「여」 「표」

변환 아이디어

Box는 Lambda로 바꾼다.

$$\text{box } 0 \mapsto \lambda\rho.0$$

Run은 Lambda를 beta reduction 시킨다.

$$\text{run box } 0 \mapsto (\lambda\rho.0) (\cdot)$$

Unbox는 Box 밖으로 뺀다.

$$\text{box } \lambda x.\text{unbox box } x \mapsto (\lambda H.\lambda\rho.\lambda x.(H (\cdot))) (\lambda\rho'.x)$$

이 x가 그 x가 아닐텐데?!

코드를

어떻게 끼워 넣을까?

$$\begin{array}{ccc} \text{box } \lambda x.\text{unbox box } x & \longrightarrow & (\delta H.\lambda\rho.\lambda x.(H (\cdot))) \odot (\lambda\rho'.x) \\ \downarrow s & & \downarrow c \\ \text{box } \lambda x.x & \longrightarrow & \lambda\rho.\lambda x.x \end{array}$$

문맥에 식을 끼워 넣을 수 있으면 좋을텐데!

문맥 언어

- 문맥이 데이터인 언어
- 문맥에 끼워 넣는 연산 \odot
- Lambda의 문맥용 버전 δ
- Enriching the Lambda Calculus with Contexts (ICFP 1996)
- A Typed Context Calculus (TCS 2001)

현재 상황

- 레코드 언어로의 변환 시도: 미움
- 문맥 언어로의 변환 시도
 - 선행 연구 조사
 - 맞는 변환 찾기

앞으로 할 일

맞는 변환을 찾아서 이론화하고 증명하기

Lemma 1 (Progress). *If $e_1 \xrightarrow{n} e_2$, $e_1 \xrightarrow{\mathcal{T}} f_1$, and $e_2 \xrightarrow{\mathcal{T}} f_2$ then*

$: \iota) = e$

$: \alpha) = e$

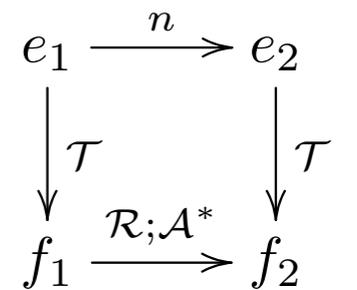
$: T_1 \rightarrow T_2) = \lambda x. \lambda \rho. (e \ x^*) (r \cup \rho^*)$ (new x, ρ)

$: \Box T) = \lambda \rho. e (r \cup \rho^*)$ (new ρ)

$i, \perp)$

Inject($r, r \cdot \mathbf{x} : T$), \perp)

$(\rho \cdot \mathbf{x}) \perp (T_2 \cdot \mathbf{x}) (e \cdot \mathbf{K})$

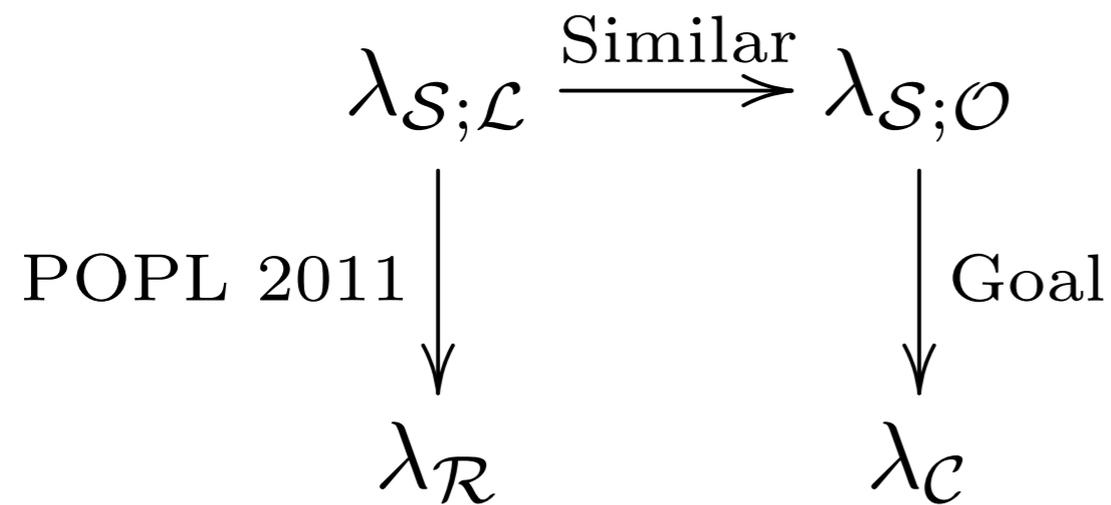


Proof. TODO.

Theorem 2 (Simulation). *If $e_1 \xrightarrow{\mathcal{T}} f_1$, $e_1 \xrightarrow{0}^* e_2$, $e_2 \in \text{Value}^0$, and*

If $e_1 \xrightarrow{\mathcal{T}} f_1$ and there does not exist $e_2 \in \text{Value}^0$ such that $e_1 \xrightarrow{\mathcal{R}; \mathcal{A}^} e_2$*

앞으로 연구 주제



문맥 언어와
레코드 언어의 관계

$$\lambda_{\mathcal{C}} \xrightarrow{?} \lambda_{?}$$

문맥 언어를
쉬운 언어로 풀기

감사합니다.

