

# SEMINARIUM: PROGRAMOWANIE W TEORII TYPÓW

## 1. Proste przykłady zastosowań typów zależnych w Agdzie

- Przykłady funkcji spełniających proste specyfikacje (np. filter, o której przez konstrukcję wiemy, że zwraca podlistę listy wejściowej [1])
- Przykłady struktur danych zachowujących proste niezmienniki, które normalnie istniałyby tylko w głowie implementującego (np. drzewa BST [2])
- Ilustracja mocy wyrazu typów zależnych, która pozwala na napisanie programu ładniejszego w porównaniu do tego, który byłby napisany w Haskellu lub MLu [3].

### **Literatura:**

1. Dependently Typed Programming in Agda - Ulf Norell
2. Dependent Types at Work - Ana Bove and Peter Dybjer
3. CPDT. Chapter 7. More Dependent Types. A Tagless Interpreter - Adam Chlipała (tutaj dostarczymy tłumaczenie programu na Agdę).

## 2. Piękno i elegancja typów zależnych

- Pokazanie przykładów z klasycznych prac, które demonstrować ważne i praktyczne zastosowania typów zależnych ([1], [2]). Głównym trzonem prezentacji powinna być raczej praca [1] i należałoby przedstawić pełną konstrukcję otrzymanego ostatecznego programu razem z rozumowaniem/ideą, która za nią stoi.

### **Literatura:**

1. Why Dependent Types Matter - McBride, McKinna, Swierstra
2. The Power of pi - Swierstra, Oury

## 3. Gdy rekursja strukturalna może nie wystarczać

Prezentacja problemu i kilku technik radzenia sobie w sytuacjach, gdy naiwna implementacja nie spełnia rygorystycznych wymagań języka co do dozwolonych schematów rekursji:

- dodanie dodatkowego argumentu - limitu rekurencyjnych wywołań [1]
- indukcja względem indeksu indeksowanej struktury danych [2]
- odkrycie struktury względem której faktycznie chcielibyśmy zrobić indukcję i zmaterializowanie jej w postaci typu indukcyjnego [1,2,3,4]
- dobrze ufundowana indukcja: teoria i praktyka [1,5,6]
- (opcjonalnie) wspomnienie o ogólnej rekursji w oparciu o prace Any Bove [7] (choć sam przykład użycia indukcji-rekursji jako rozszerzenia jednej z powyższych technik)

### **Literatura:**

1. Coq'Art. Chapter 15. General recursion.
2. Unification by structural induction - McBride
3. Why Dependent Types Matter - McBride, McKinna, Swierstra
4. Strong Functional Programming - Turner
5. Slajdy o dobrze ufundowanej indukcji w Agdzie Erica Mertensa
6. Biblioteka standardowa Agdy - Induction.WellFounded
7. General Recursion in Type Theory - A. Bove
8. Constructing Recursion Operators in Intuitionistic Type Theory

## 4. Koindukcja

- Czym jest koindukcja?
- Przykłady wnioskowań przed koindukcją i programów definiowanych przez korekursję.
- Używanie koindukcji w Agdzie<sup>1</sup>. Guarded coinduction. Implementacja klasycznych koindukcyjnych struktur danych - strumienie, kolisty, nieskończone drzewa binarne.
- Techniki pozwalające radzić sobie, gdy naturalna (naiwna) implementacja nie jest akceptowana przez Agdę, gdyż wykracza poza schemat guarded coinduction. [3,5]
- Definicje indukcyjno-koindukcyjne: przykłady zastosowań [3,4]

### **Literatura:**

1. Strong Functional Programming - David Turner
2. Artykuł o koinducji na Agda wiki:  
<http://wiki.portal.chalmers.se/agda/pmwiki.php?n=ReferenceManual.Codatatypes>
3. Mixing Induction and Coinduction - Nils Anders Danielsson, Thorsten Altenkirch
4. Total Parser Combinators - Nils Anders Danielsson
5. Beating the Productivity Checker Using Embedded Languages - Nils Anders Danielsson

### **Literatura dodatkowa:**

1. General Recursion via Coinductive Types - Venanzio Capretta
2. Certified Programming with Dependent Types (Chapter 5. Infinite Data and Proofs) - Adam Chlipala
3. Coq'Art (Rozdział 13.) - Yves Bertot, Pierre Castéran.

## 5. Widoki

- Pojęcie widoku w ujęciu “klasycznym”, czyli w kontekście języków funkcyjnych [1].
- Przedstawienie widoków jako rozszerzenia kompilatora GHC dla Haskella [2].
- Wytlumaczenie, dlaczego widoki w kontekście programowania z typami zależnymi nabierają rumieńców [3].
- Przedstawienie różnych przykładów struktur danych i widoków dla nich [3,4,5].

### **Literatura:**

1. Views: A way for pattern matching to cohabit with data abstraction - Wadler (1986)
2. A new view of guards - Peyton Jones (www, 1997)
3. The view from the left - McBride, McKinna
4. Strong Functional Programming - Turner
5. Why Dependent Types Matter - McBride, McKinna, Swierstra

## 6. Reprezentacja języków z wiązaniem zmiennych

- Różne podejścia do reprezentacji wiązań.
- Dlaczego nie wystarczy nam naiwna reprezentacja (np. zmienne reprezentowane poprzez typ string)?
- (Opcjonalnie) jak wygląda sprawa dowodzenia twierdzeń na temat języka z konstrukcjami wiążącymi zmienne (np. lambda abstrakcje)?

---

<sup>1</sup>Chodzi nam o Agdę 2.2.10 i nowsze. We wcześniejszych wersjach używało się słowa kluczowego codata - chcemy posłuchać o aktualnym sposobie (wbudowane operacje SHARP i FLAT, patrz [2], [3], [4]).

### **Literatura:**

1. CPDT - Adam Chlipala
2. Parametric Higher-Order Abstract Syntax for Mechanized Semantics - Adam Chlipala
3. Nameless, Painless - Nicolas Pouillard
4. A fresh look at programming with names and binders - Nicolas Pouillard, François Pottier
5. Strongly-typed term representations in Coq - N. Benton, Ch.-K. Hur, A. Kennedy, C. McBride
6. Name binding blog:  
<http://namebinding.wordpress.com/>

## **7. Typy zależne w Haskellu**

- Omówienie (tak powszechnie używanych, że już częściowo zastąpionych przez nowsze pomysły) rozszerzeń Haskell'a 98 [1], które potrzebne będą, aby zrozumieć pracę [2].
- Pokazanie jak można symulować typy zależne w Haskellu za pomocą wieloparametrycznych klas typów i zależności funkcyjnych [2].
- Przedstawienie uogólnionych typów algebraicznych (GADT). Porównanie ich możliwości z rodzinami indukcyjnymi z Agdy.
- Przedstawienie SHE, czyli próby dorobienia pewnych elementów typów zależnych do Haskell'a (język... tłumaczony do Haskell'a!) [3,4]

### **Literatura:**

1. Type classes with functional dependencies - Mark P. Jones (2000)
2. Faking It: Simulating Dependent Types in Haskell - Conor McBride (2001)
3. The Strathclyde Haskell Enhancement
4. Wykład 1. z kursu Dependently Typed Programming używający SHE jako ilustracji
5. Materiały internetowe, m.in.  
<http://en.wikibooks.org/wiki/Haskell/GADT>

## **8. Programowanie generyczne**

- Użycie uniwersów do pisania algorytmów niezależnych od konkretnego typu danych.
- Uniwersum dla prostych typów indukcyjnych, wraz z przykładowymi programami jak generyczna równość, generyczny map.
- Bardziej zaawansowane kodowania: rodziny indukcyjne, kontenery, zippery itp.
- Pisanie funkcji z różną arnością (eliminacja problemu z powtarzaniem schematu zipWith, zipWith3, itd) [5].
- (Opcjonalnie) Zastosowanie mechanizmu w praktyce: Generyczny i certyfikowany algorytm diff [1].

### **Literatura:**

1. Type-safe Diff for Families of Datatypes - E. Lempink, S. Leather, A. Loh
2. Generic programming with Dependent Types - T. Altenkirch, C. McBride, P. Morris
3. Generic programming with Indexed Functors - A. Loh, J. P. Magalhaes
4. Constructing Universes for Generic Programming - P. Morris
5. Arity-Generic Datatype-Generic Programming - S. Weirich, C. Casinghino
6. Exploring the regular tree type -

## **9. Przegląd innych systemów z typami zależnymi**

- Przykłady: IDRIS, ATS (następnik Dependent ML), F\*
- Chodziłoby o zapoznanie się z tymi systemami i pokazaniu jakie są ich cele i możliwości.
- Temat wstępnie zarezerwowany dla gościa.

## **1    xxx**

Przykłady:

Chodziłoby o zapoznanie się z tymi systemami i pokazaniu jakie są ich cele i możliwości. Opis:

Literatura:

x

•

**Literatura:**

1.