Reuso de Software Aula 17

Programação Orientada a Características com AHEAD

Eduardo Figueiredo
http://www.dcc.ufmg.br/~figueiredo
reuso.software@gmail.com

07 Maio 2012

Agenda da Aula

- Programação Orientada a Características (FOP)
  - Segundo Don Batory
- AHEAD e FeatureIDE
  - Exemplos de Programas
- Estudo Comparativo
  - FOP vs. Compilação Condicional
  - FOP vs. Padrões de Projeto

Programação Orientada a Características (FOP)

Característica Modular

- Um sistema é descrito através de suas *características*
  - A diferença entre uma versão básica e completa de um software são as características disponíveis
- A implementação de uma característica tende a ser não modular
  - Entretanto, é desejável que ela seja modular para facilitar a plugabilidade

Definições

- Característica é um incremento funcional no desenvolvimento do software
- Programação orientada a características
  - Paradigma para desenvolvimento de linha de produtos de software
  - Considera características como entidades primárias de projeto e implementação
  - Busca a modularidade de características

Refinamento Sucessivo

- Um dos alicerces de FOP é o *refinamento sucessivo*
- O conceito de refinamento sucessivo é simples e antigo
  - Programas complexos devem ser desenvolvidos a partir de partes simples
- Partes Simples = Características
- Programas Complexos = LPS

Exemplos de Decomposições

- Considere as seguintes implementações da classe C

```
class C {
  int field1;
  void method2() { ... }
  void method3() { ... }
  void method4() { ... }
}
```

```
class C1 {
  int field1;
  void method2() { ... }
}
class C2 extends C1 {
  void method3() { ... }
}
class C extends C2 {
  void method4() { ... }
}
```

equivalentes

Histórico de FOP

- Surgir da proposta de modelagem em camadas para sistemas BD extensíveis
  - Início da década de 90
- Estrutura geral em camadas
  - Um programa é uma pilha de camadas
  - Cada camada adiciona novas funcionalidades às camadas anteriores
  - Diferentes composições das camadas resultam em programas diferentes

De Camada para Característica

- Com FOP, a idéia de camadas foi generalizada para características
- Por que considerar as características?
  - Um programa tem várias representações (código, modelos, documentação, etc.)
  - Uma característica aparece em todas as representações
  - As representações devem ser consistentes

FOP vs. DSOA

- Semelhanças
  - Ambos procuram modularizar interesses transversais
  - Ambos buscam facilidade de extensão de programas
  - Ambos podem ser usados no desenvolvimento de linha de produtos

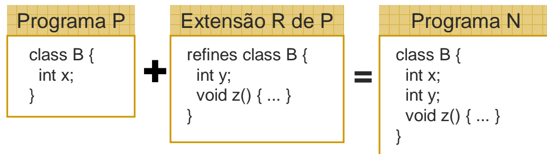
FOP vs. DSOA

- O modelo de composição é diferente
- Modelo de Composição FOP
  - Decomposição funcional
  - Refinamento sucessivo
- Modelo de Composição DSOA
  - Mais “intrusivo”
  - Não requer refinamento sucessivo

Notação GenVoca

Entendendo o Refines

- Considere o seguinte programa P
  - P possui apenas uma classe B



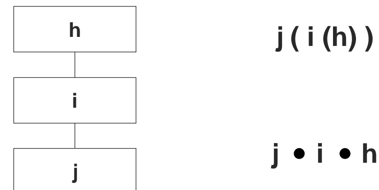
Valores e Funções

- Podemos expressar refinamentos de programas algebricamente
- No exemplo anterior
  - O programa P é um valor (base)
  - O refinamento R é uma função
  - O programa resultante N é uma expressão
- N = R(P) equivalente a N = R • P

Notação de FOP

- Álgebra elementar pode ser usada para expressar o conceito de composição
  - Uma função adiciona novo código ao programa
  - Uma expressão (formada por funções) representa o programa
- Exemplo: fun1 (fun2 (fun3))

Exemplos da Notação



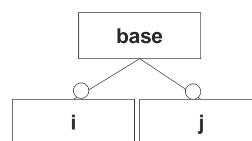
j (i (h))

j • i • h

Definições

- GenVoca é uma notação para definir produtos de uma linha de produtos
  - Cada expressão define um produto
  - Exemplo: p1 = j • i • h
- Características são representadas como funções na expressão
- Nem todas as combinações são possíveis
  - O modelo de características define as restrições

Exemplo



- Um produto da linha é chamado expressão
- O símbolo • denota composição

Expressões
- i significa o programa base com a característica i
- j significa o programa base com a característica j
- i • j significa adicionar i ao programa j (acima)

Refinamento Sucessivo

- GenVoca é voltado para o refinamento sucessivo no desenvolvimento
  - O processo enfatiza a simplicidade e facilidade de compreensão
- Considere o produto p1 = i • j • h
  1. O desenvolvimento começa com o refinamento h
  2. Então a característica j é adicionada
  3. Finalmente a característica i é adicionada

Implementações de GenVoca

- GenVoca é uma notação com várias implementações possíveis
  - Originalmente, características em GenVoca eram implementadas usando diretivas de pre-processamento (*#ifdef*)
- A técnica que surgiu recentemente é chamada *mixin layers*
  - Solução adotada em AHEAD

AHEAD by Exemplos

Conceitos de AHEAD

- *Algebraic Hierarchical Equations for Applications Design*
- AHEAD fornece fundamentação matemática para as expressões GenVoca e seus relacionamentos

AHEAD Tool Suite

- A linguagem AHEAD implementa os conceitos da formalização
  - Arquivos em AHEAD tem extensão .JAK
  - Sintaxe semelhante a Java
- Exemplo da Calculadora
  - Linha de produtos para inteiros (BigInteger) e decimais (BigDecimal)
  - Operações matemáticas de adição, divisão e subtração

Código da Aplicação Base

```
class calc { }
```

(a) Base/calc.jak

- Características da LPS
  - Base, BigI, BigD, Iadd, Idiv, Isub, Dadd, Ddivd, Ddivu, Dsub

Aplicação Base + Inteiro

```
class calc { }
```
(a) Base/calc.jak

```
import java.math.BigInteger;

refines class calc {
   static BigInteger zero = BigInteger.ZERO;
   BigInteger e0 = zero, e1 = zero, e2 = zero;

   void enter( String val ) {
      e2 = e1;
      e1 = e0;
      e0 = new BigInteger(val);
   }

   void clear() {
      e0 = e1 = e2 = zero;
   }

   String top() { return e0.toString(); }
}
```
(b) BigI/calc.jak

Aplicação Base + Decimal

```
class calc { }
```
(a) Base/calc.jak

BigI e BigD são mutuamente exclusivos

```
import java.math.BigDecimal;

refines class calc {
   static BigDecimal
      zero = new BigDecimal("0");
   BigDecimal e0 = zero, e1 = zero,
         e2 = zero;

   void enter( String val ) {
      e2 = e1;
      e1 = e0;
      e0 = new BigDecimal(val);
   }

   void clear() {
      e0 = e1 = e2 = zero;
   }

   String top() { return e0.toString(); }
}
```
(c) BigD/calc.jak

Base + Operações

```
class calc { }
```
(a) Base/calc.jak

Inteiro

```
refines class calc {
   void divide() {
      e0 = e0.divide( e1 );
      e1 = e2;
   }
}
```
(d) Idiv/calc.jak

Inteiro Decimal

```
refines class calc {
   void add() {
      e0 = e0.add(e1);
      e1 = e2;
   }
}
```
(e) Iadd/calc.jak and Dadd/calc.jak

Decimal

```
import java.math.BigDecimal;

refines class calc {
   void divide() {
      e0 = e0.divide( e1,
         BigDecimal.ROUND_DOWN );
      e1 = e2;
   }
}
```
(f) Ddivd/calc.jak

Base + Operações

```
class calc { }
```
(a) Base/calc.jak

Inteiro

```
refines class calc {
   void divide() {
      e0 = e0.divide( e1 );
      e1 = e2;
   }
}
```
(d) Idiv/calc.jak

Idiv e Ddivd são mutuamente exclusivos

Decimal

```
import java.math.BigDecimal;

refines class calc {
   void divide() {
      e0 = e0.divide( e1,
         BigDecimal.ROUND_DOWN );
      e1 = e2;
   }
}
```
(f) Ddivd/calc.jak

Instância da LPS

- Uma calculadora (produto da LPS) é definida por uma equação GenVoca
- Alguns produtos possíveis
  - i1 = Iadd • BigI • Base
  - i2 = Isub • Iadd • BigI • Base
  - i3 = Idiv • Iadd • BigI • Base
  - d1 = Dadd • BigD • Base
  - d2 = Ddivd • Dadd • BigD • Base

Código do Produto i3

1

```
import java.math.BigInteger;

class calc {
   static BigInteger zero = BigInteger.ZERO;
   BigInteger e0 = zero, e1 = zero, e2 = zero;

   void add() {
      e0 = e0.add(e1);
      e1 = e2;
   }

   void clear() {
      e0 = e1 = e2 = zero;
   }
```

2

```
   void divide() {
      e0 = e0.divide( e1 );
      e1 = e2;
   }

   void enter( String val ) {
      e2 = e1;
      e1 = e0;
      e0 = new BigInteger(val);
   }

   String top() { return e0.toString(); }
}
```
Figure 2. i3/calc.jak

Compor, Traduzir e Compilar

- Cria um produto (compor)
  - *composer –target=i3 Base BigI Idiv Iadd*
  - A composição cria um arquivo .JAK (calc.jak)
- Comando para traduzir para Java
  - *jak2java *.jak* ou
  - *jak2java calc.jak*
- Compilar Java
  - *javac *.java*

Slides in English

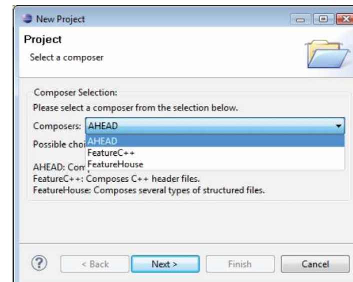
FeatureIDE to AHEAD

FeatureIDE

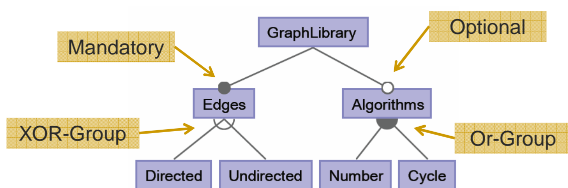
- Eclipse Extension for FOP
- It supports several composition languages
  - **AHEAD**
  - AspectJ
  - FeatureC++
  - FeatureHouse, etc.

Project Wizard

- Requires selecting a composition language

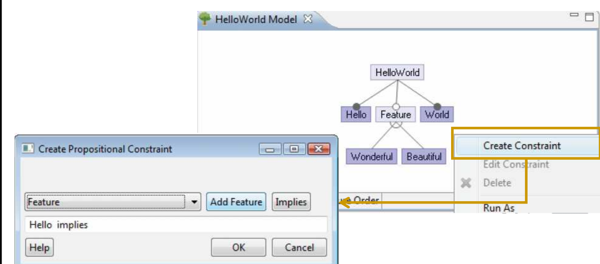


Feature Model Editor



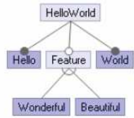
Constraints

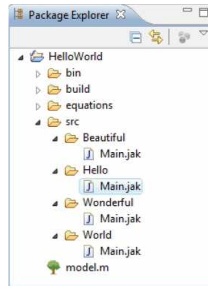
- To create cross-tree constraints



Model to Code

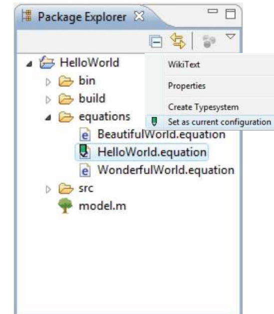
- Source code contains a folder for each concrete feature
  - Including files to compose





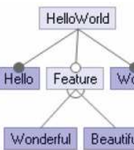
Product Configuration

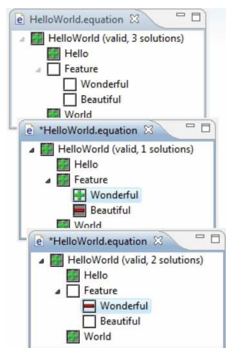
- The equations folder has configurations of products from the feature model
  - Each equation represents a product
  - Current product is marked



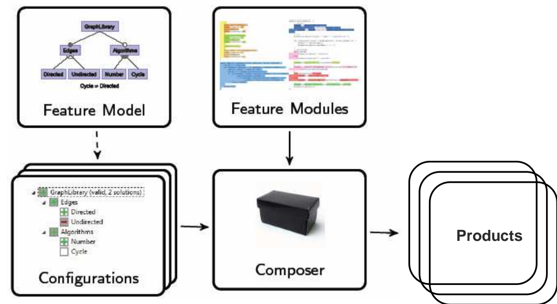
Product Configuration

- Manual selection
- Automatic selection
- Consistency check





FeatureIDE Process



Slides in English

On the Use of FOP for Evolving Software Product Lines

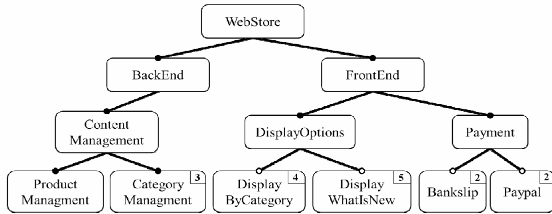
G. Ferreira, F. Gaia, E. Figueiredo and M. Maia. On the Use of Feature-Oriented Programming for Evolving Software Product Lines - A Comparative Study. SBLP 2011.

Study Settings

- Research question
  - Which variability mechanism best supports SLP evolution with respect to design stability?
- Variability mechanisms
  - Conditional Compilation (CC)
  - OO Design Patterns (DP)
  - AHEAD (FOP)

Target Software Product Line

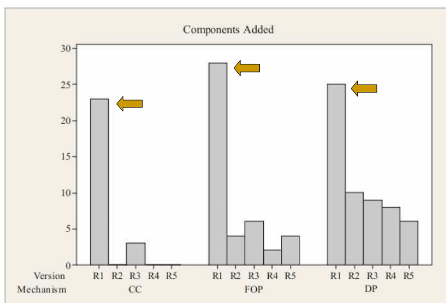
- 5 Releases of WebStore (~1.3 KLOC)



Metrics for Analyses

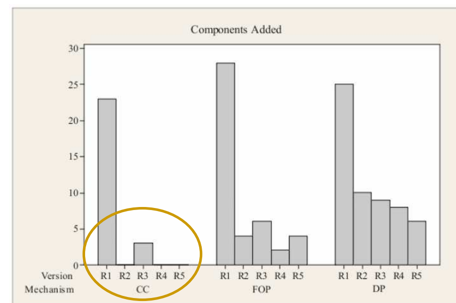
- Change Propagation
  - Components added / removed / modified
  - Methods added / removed / modified
  - Lines of code added / removed / modified
- Modularity
  - Feature Diffusion over Components (CDC) / Methods (CDO) / Lines of Code (CDLOC)
  - Lines of Concern Code (LOCC) and Number of Concern Attributes (NOCA)

Components Added



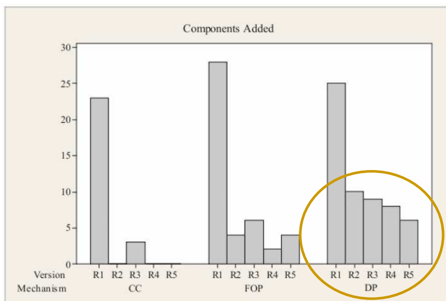
All components were added in the 1st release

Components Added



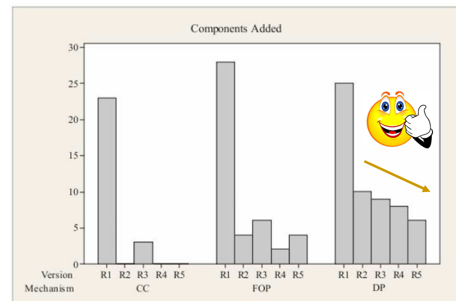
Fewer components were added to the CC version

Components Added



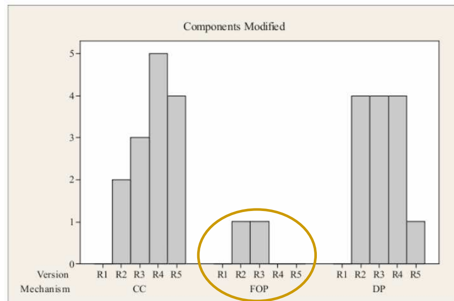
Several components were added to the DP version

Components Added



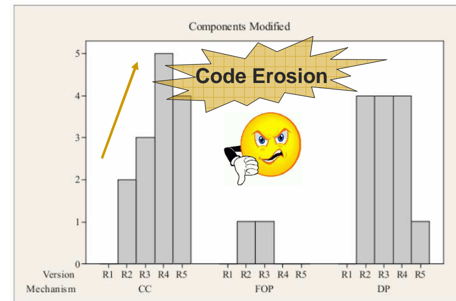
As the SPL evolves, fewer components are added

Components Modified



Fewer components require changes in FOP

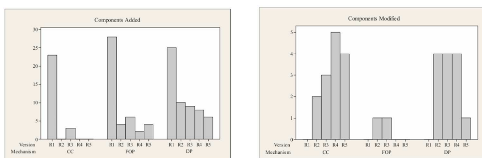
Components Modified



More components modified as the SLP evolves

Conclusion for FOP

- Adheres more closely to the Open-Closed principle
  - Open to extensions (additions)
  - Closed to modifications



Other Conclusions

- FOP succeeds in modularizing features with no shared code
- The use of DP makes the SPL architecture unstable when optional features are turned mandatory

Bibliografia da Aula

- Don Batory. **A Tutorial on Feature Oriented Programming and the AHEAD Tool Suite**. GTTSE, 2006.
- G. Ferreira, F. Gaia, E. Figueiredo and M. Maia. **On the Use of Feature-Oriented Programming for Evolving Software Product Lines - A Comparative Study**. SBLP 2011.

Próxima Aula...

- No laboratório 2011
- Assunto
  - Programação Orientada a Característica com AHEAD (e FeatureIDE)