Prednáška 5: Jazyk OCL

Metódy a prostriedky špecifikácie 2012/13

Valentino Vranić

Ústav informatiky a softvérového inžinierstva
Fakulta informatiky a informačných technológií
Slovenská technická univerzita v Bratislave

23. október 2012

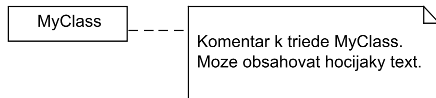
Obsah prednášky

1. Ohraničenia v UML
2. Základy jazyka OCL
3. Invarianty, predpoklady a dôsledky v jazyku OCL

Ohraničenia v UML

Poznamky v UML modeloch

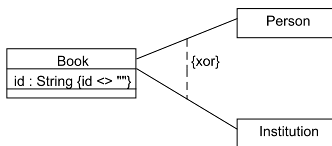
- UML má prvok na grafické vyjadrenie poznamky – note
- Poznámka sa prerušovanou čiarou priradí k prvku, na ktorý sa vzťahuje



- Poznámky možno využiť na vyjadrenie ohraničení – formálne alebo nefromálne

Ohraničenia k prvkom

- Ohraničenia sa v UML uvádzajú v skupinových zátvorkách
- Ohraničenie možno priradiť k atribútu
- Ohraničenia možno využiť na vyjadrenie ohraničení medzi vzťahmi



- Ohraničenie xor je jedným z preddefinovaných ohraničení v UML
- Na presnejšie vyjadrenie ohraničení sa používa jazyk OCL

Základy jazyka OCL

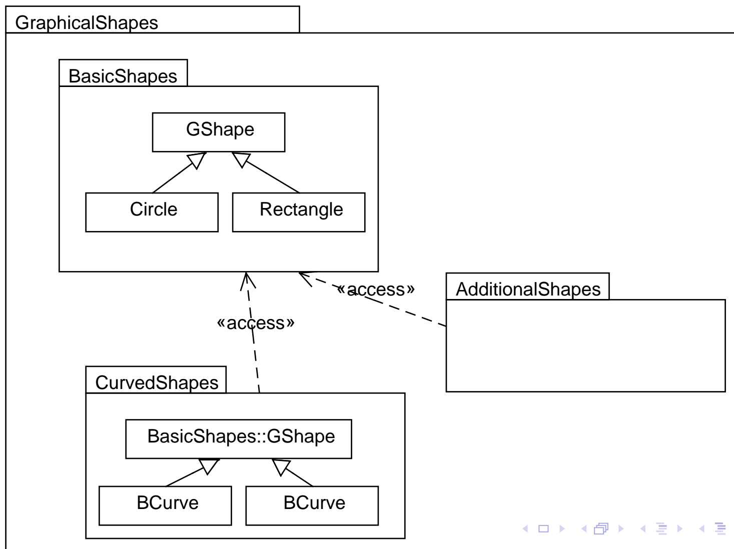
OCL

- Object Constraint Language
- Jazyk na vyjadrenie ohraničení medzi objektmi
- Textový spôsob vyjadrenia
- Deklaratívny jazyk
- Dopĺňa UML vo veciach, ktoré sa nedajú vyjadriť graficky
- Ohraničenia v OCL sa vyjadrujú výrazmi v kontexte určitého prvku modelu v UML

Kontext výrazu v OCL (1)

- Kontext závisí od priradenia OCL výrazu
- Vždy je to však inštancia klasifikátora, ku ktorému alebo ku ktorého prvku je OCL výraz priradený
- Ku kontextu sa pristupuje prostredníctvom priradeného identifikátora alebo kľúčovým slovom `self` (analógia `this` v Jave a C++)

Kontext výrazu v OCL (2)

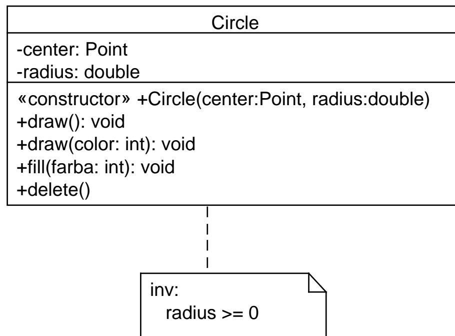


Kontext výrazu v OCL (3)

```
package GraphicalShapes::BasicShapes
   context circle : Circle
      inv: radius >= 0
endpackage
```

Implicitný kontext výrazu v OCL

- Pri priradení poznámkou kontext je implicitný (ako v tele nestatickej metódy v Jave)



Typy OCL výrazov

- Špecifikácia ohraničení (invariantov, predpokladov a dôsledkov): inv, pre a post
- Špecifikácia definícií (atribútov, tiel operácií a lokálnych premenných): init, body, def, let a derive

Syntax OCL výrazov

- Komentár: -- alebo /* ... */
- Kľúčové slová: and, attr, context, def, else, endif, endpackage, if, implies, in, inv, let, not, oper, or, package, post, pre, then, xor, body, init, derive
- Definovaná je implicitná priorita operácií, ale lepšie je používať zátvorky

Systém typov v OCL

- Silne typový jazyk
- Primitívne typy: `Boolean`, `Integer`, `Real`, `String`
- Štrukturovaný typ: `Tuple`
- Vstavané typy:
  - `OclAny` – nadtyp všetkých typov v OCL a pridruženom UML modeli
  - `OclType` – všetky typy v pridruženom UML modeli
  - `OclState` – všetky stavy v pridruženom UML modeli
  - `OclVoid` – void (má jedinu inštanciu: `OclUndefined`)
  - `OclMesssage` – správa
- Typy z pridruženého UML modelu sa tiež stávajú OCL typmi

Niektoré operácie nad typom OclAny (1)

- V nasledujúcich výrazoch a a b sú referencie objektov
- Porovnanie:
  - porovnanie inštancií na rovnosť
    `a = b`
  - porovnanie inštancií na nerovnosť
    `a <> b`
  - porovnanie typov objektov
    `a.ocllsTypeOf(b : OclType) : Boolean`
  - porovnanie typov objektov, ale vrátane podtypov
    `a.ocllsKindOf(b : OclType) : Boolean`
  - porovnanie stavov objektov
    `a.oclInState(b : OclType) : Boolean`
  - či je objekt nedefinovaného typu
    `a.ocllsUndefined() : Boolean`

Niektoré operácie nad typom OclAny (2)

- Dopyty:
  - množina všetkých inštancií typu A
    `A::allInstances() : Set(A)`
  - či objekt a vznikol ako výsledok danej operácie
    `a.oclIsNew() : Boolean`
- Konverzia typov (casting):
  - a bude pretypované na `SubType`
    `a.oclAsType(SubType) : SubType`
- Ostatné typy dedia tieto operácie od OclAny

Operácie nad primitívnymi typmi

- Boolean, Integer, Real a String
- Obvyklé infixové operátory – ale niektoré realizované ako operácie
- Ak predstavujú logické operácie, vracajú logickú hodnotu (true/false)
- Napr. pre typ Boolean: `a.and(b)`, `a.or(b)`, `a.implies(b)`...
- Integer a Real: `a.mod(b)`, `a.max(b)`, `a.round(b)`...
- String: `a.size()`, `a.concat(b)`, `a.toInteger()`...

Kolekcie

- Set, OrderedSet, Bag a Sequence
- Sú to šablóny
- Inštancia pre požadovaný typ: `Set(Circle)`
- Veľa operácií nad kolekciami – vyvolávajú sa pomocou operátora `->`:
  - `aCollection->collectionOperation(parameters)`
- Operácie konverzie, porovnania, dopytu, prístupu a výberu

Iterácie nad kolekciami (1)

```
aCollection->iteratorOperation(iteratorVariable : Type |
   iteratorExpression)
```

- Boolovské iteračné operácie:
  `exists, forall, isUnique, one`
- Výberové iteračné operácie:
  `any, collect, collectNested, select, reject, sortedBy`
- Všeobecná iterácia:

```
aCollection->iterate(iteratorVariable : Type;
    result : ResultType = initializationExpression |
       iteratorExpression)
```

Iterácie nad kolekciami (2)

- Príklad všeobecnej iterácie:

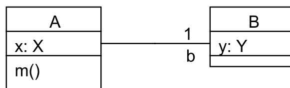
```
Bag{1, 2, 3, 4, 5}->iterate(number : Integer;
   sum : Integer = 0| sum = sum + number)
```

- To je ekvivalentné použitiu operácie `sum()`:

```
Bag{1, 2, 3, 4, 5}->sum()
```

Navigácia

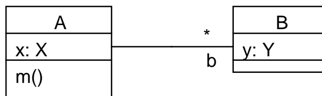
- Navigácia v rámci kontextovej inštancie: `self`, atribúty a operácie bez vedľajších účinkov (isQuery() = true)
- Navigácia cez asociácie
- Príklad:



- Ak je kontext trieda A
  - `self` – aktuálny objekt triedy A
  - `x` alebo `self.x` – hodnota atribútu x
  - `m()` alebo `self.m()` – výsledok operácie m()
  - `b` alebo `self.b` – objekt typu B, s ktorým je spojený `self`
  - `b.y` alebo `self.b.y` – hodnota atribútu y

Navigácia pri násobnosti väčšej ako 1

- Operácie vracajú množiny a multimnožiny (bag – vrece)



- Ak je kontext trieda A
  - b alebo `self.b` – množina všetkých objektov typu B spojených s objektom `self` – `Set(B)`
  - `b.y` alebo `self.b.y` – multimnožina hodnôt atribútu y – `Bag(Y)`
- Aký typ kolekcie operácia presne vráti závisí od vlastnosti príslušného konca asociácie (ordered/unordered, unique/nonunique)

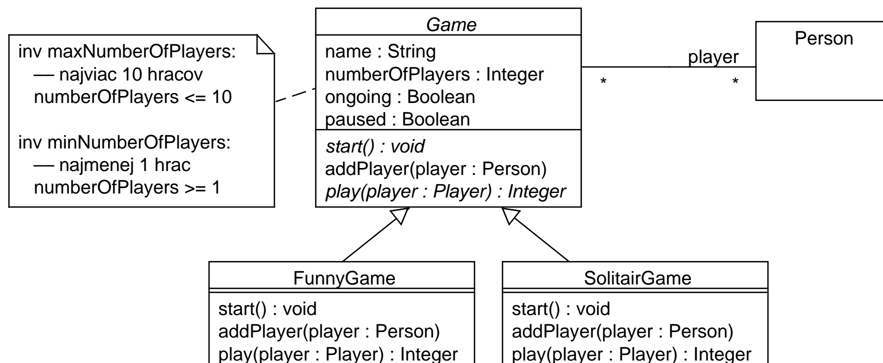
Invarianty, predpoklady a dôsledky v jazyku OCL

Invarianty, predpoklady a dôsledky

- Invariant musí platiť počas existencie každého objektu daného typu
- Predpoklad – precondition – má plátiť pred vykonaním operácie, inak nie sú zaručené správne výsledky
- Dôsledok – postcondition – to, čo operácia zaručuje, že bude platiť, ak platí predpoklad
- Invarianty sa definujú pre typy ako také a týkajú sa atribútov
- Predpoklady a dôsledky sa definujú pre operácie
- Pri dedení sa dajú prekonať a musí platiť:
    - invariant sa môže len zachovať alebo zosilniť
    - predpoklad sa môže len zachovať alebo zoslabiť
    - dôsledok sa môže len zachovať alebo zosilniť

Invariant (1)

- Príklad: model hry



Invariant (2)

- Dá sa zapísať aj mimo diagramu, ale potom treba uviesť kontext:

```
context Game
   inv maxNumberOfPlayers:
      -- najviac 10 hracov
      numberOfPlayers <= 10

   inv minNumberOfPlayers:
      -- najmenej 1 hrac
      numberOfPlayers >= 1
```

Vyjadrenie predpokladu (1)

- Predpoklad pridania hráča v základnej hre:

```
context Game::addPlayer(player : Person) : void
   pre addingAPlayerToGame:
      -- ak hra zacala a nie je pozastavena,
      -- nedaju sa pridavat hraci
      ongoing <> true and paused <> true
```

Zoslabenie predpokladu

- Ale odvodená hra môže zoslabiť predpoklad:

```
context FunGame::addPlayer(player : Person) : void
   pre addingAPlayerToGame:
```

- Predpoklad `addingAPlayerToGame` bol zoslabený (nahradený prázdnym predpokladom) – hráčov možno pridávať za behu bez pozastavenia

Zosilnenie predpokladu – porušenie LSP (1)

- Odvodená hra však nesmie predpoklad zosilniť:

```
context FunGame::addPlayer(player : Person) : void
   pre addingAPlayerToGame:
      -- ak hra zacala, nedaju sa pridavat hraci
      ongoing <> true
```

- Predpoklad `addingAPlayerToGame` bol zosilnený: hráčov nemožno pridávať za behu bez ohľadu na to, či je hra pozastavená
- Týmto však porušíme Liskovej princíp substitúcie (podrobnejšie vysvetlený ďalej)

Zosilnenie predpokladu – porušenie LSP (2)

- Príklad: majme správcu hier, ktorého jednou z operácií je pridanie hráča do všetkých hier, do ktorých je to v danom okamihu možné, čo je dané predpokladom (v slučke cez všetky hry v správe):

```
if (ongoing <> true && paused <> true)
   game.addPlayer(player)
```

- Týmto pridáme aj hráča do hry typu `FunGame`, pričom predpoklad nebude splnený a operácia pridávania nemusí prebehnúť korektne

Vyjadrenie dôsledku

- Základný predpoklad začiatku hry:

```
context Game::addPlayer(player : Person) : void
   post addingAPlayerRaisesNumber:
      -- pridanim hraca sa zvysi
      -- zaznamenany pocet hracov o 1
      numberOfPlayers = numberOfPlayers@pre + 1
```

Liskovej princíp substitúcie

- O invarianty, predpoklady a dôsledky sa musíme starať aj keď ich neuvádzame explicitne
- Zvlášť je to dôležité pri použití dedenia
- Najdôležitejšie kritérium pre použitie dedenia je, či jestvuje vzťah typ-podtyp[1]
- O tom je Liskovej princíp substitúcie (Liskov substitution principle)[2]:
    - Ak pre každý objekt o_1 typu S jestvuje objekt o_2 typu T taký, že pre všetky programy P definované v zmysle T správanie P je nezmenené, keď sa o_1 nahradí o_2, potom je S podtypom T.

[1] J. Coplien. Advanced C++ Programming Styles and Idioms. Addison-Wesley, 1992.

[2] B. Liskov. Data abstraction and hierarchy, ACM SIGPLAN Notices 23(5), 1987.

Kruh a elipsa (1)

- Kruh je špeciálny prípad elipsy – matematicky
- Naozaj je vhodné použiť dedenie pre kruh a elipsu?[3]

```
public class Elipsa extends Utvar {
   private Bod f1;
   private Bod f2;
   private int a;
   private int b;

   public Bod getF1() { return f1; }
   public Bod getF2() { return f2; }
   public void setF1(Bod f1) {
      this.f1.setX(f1.getX());
      this.f1.setY(f1.getY());
   }
   public void setF2(Bod f2) {
      this.f2.setX(f2.getX());
      this.f2.setY(f2.getY());
   }
   . . .
```

[3] R. C. Martin. The Liskov Substitution Principle. C++ Report, 1996. http://www.objectmentor.com/resources/articles/lsp.pdf

Kruh a elipsa (2)

```
    ...
    public void setA(int a) { this.a = a; }
    public void setB(int b) { this.b = b; }
}
```

- Bod – pre úplnosť:

```
public class Bod {
    private int x;
    private int y;

    public int getX() { return x; }
    public int getY() { return y; }
    public void setX(int x) { this.x = x; }
    public void setY(int y) { this.y = y; }
}
```

Kruh a elipsa (3)

- Kruh odvodený od elipsy – trochu údajov bude naviac, ale dá sa

```
public class Kruh extends Elipsa {
   public void setF1(Bod f1) {
      this.f1.setX(f1.getX());
      this.f1.setY(f1.getY());
      this.f2.setX(f1.getX());
      this.f2.setY(f1.getY());
   }
   public void setF2(Bod f2) {
      this.f1.setX(f2.getX());
      this.f1.setY(f2.getY());
      this.f2.setX(f2.getX());
      this.f2.setY(f2.getY());
   }
   public void setA(int a) { this.a = this.b = a; }
   public void setB(int b) { this.b = this.a = b; }
}
```

- Čo však bude s klientskym kódom?

Kruh a elipsa (4)

- Vďaka polymorfizmu môžeme všade kde sa očakáva elipsa použiť kruh
- Aj tam kde sa s tým nepočítalo:

```
public class C {
    void move(Elipsa e, Bod b) { \\ posun elipsy o (b.x, b.y)
        e.setF1(new Bod(e.f1.getX() + b.getX(), e.f1.getY() + b.getY()));
        e.setF2(new Bod(e.f2.getX() + b.getX(), e.f2.getY() + b.getY()));
    }
}
```

- Kruh sa však posunie o dvojnásobnú vzdialenosť!
- To, že sa nemyslelo na správanie odvodeného typu na mieste pôvodného, predstavuje porušenie Liskovej princípu substitúcie

Design by Contract (1)

- Liskovej princíp substitúcie súvisi s návrhom podľa zmluvy (design by contract)[4]
- V návrhu podľa zmluvy operácie vystupujú ako zmluvné strany:
- Každá operácia definuje:
    - predpoklad (precondition)[5] – podmienka, ktoré musia platiť pred operáciou
    - dôsledok (postcondition)[6] – podmienka, ktorej platnosť zaručuje operácia po jej vykonaní, ak pred tým platil predpoklad
- Operácia garantuje, že ak platí predpoklad, po jej vykonaní bude platiť dôsledok

[4] B. Meyer. *Object-Oriented Software Construction*. Prentice Hall, 2nd edition, 1997.
[5] obvyklý preklad *vstupná podmienka*
[6] obvyklý preklad *výstupná podmienka*

Design by Contract (2)

- Príklad: operácia `setF1()` triedy `Elipsa` by mala garantovať, že sa po jej aplikácii atribút `f2` nezmení
- Pre elipsu podmienka bude dodržaná, ale pre kruh nie
- Došlo k zoslabeniu dôsledku
- Aby bol dodržaný Liskovej princíp substitúcie, pri podtypoch:
  - predpoklad sa môže len zachovať alebo zoslabiť
  - dôsledok sa môže len zachovať alebo zosilniť
- Za týmto účelom sme mohli k operácii `setF1()` definovať nasledujúce ohraničenie v OCL:

```
f2 = f2@pre
```

- Toto ohraničenie by potom musela dodržať (alebo zosilniť) aj prekonávajúca metóda a problém by nenastal

Sumarizácia

Sumarizácia

- Ohraničenia v UML
- Základy OCL
- Kontext výrazu v OCL: explicitný/implicitný
- Kolekcie a iterácie nad kolekciami
- Navigácia a násobnosť
- Invarianty, predpoklady a dôsledky – príklad použitia: dodržanie Liskovej princípu substitúcie

Čítanie

- J. Arlow and I. Neustadt. UML 2 and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design. Addison-Wesley, 2nd edition, 2005.
- Špecifikácia OCL, http://www.omg.org/spec/OCL/2.0/
- Špecifikácia UML, http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm#UML →Superstructure specification