Úvod do softwarového inženýrství

IUS

2024/2025

4. přednáška

Ing. Radek Kočí, Ph.D.
Ing. Bohuslav Křena, Ph.D.

7. a 11. října 2024

Téma přednášky

- Objektově orientované modelování
- Jazyk UML
  - Diagram tříd
  - Diagram objektů
- Principy objektového návrhu

Objektově orientované modelování

Objektově orientovaný přístup k modelování a vývoji systémů

- kolekce vzájemně komunikujících objektů
- soubor objektově orientovaných prostředků (objekty, třídy, UML, . . .) a metodik (RUP, . . .)
- vykazuje vyšší stabilitu navrhovaných prvků z pohledu měnících se požadavků
- *Objektový návrh nutně neimplikuje objektovou implementaci!*

Objekt reprezentuje entitu řešeného problému

- má jasně vymezenou roli (*zodpovědnost*)
- zná sám sebe (*identita*)
- uchovává data (*stav*)
- má metody (*chování*)
- umí zpracovávat a posílat zprávy (*protokol*)

OO modelování – Vlastnosti

Abstrakce (*Abstraction*)

- vytvářený systém objektů je abstrakcí řešeného problému (zjednodušený pohled na systém bez ztráty jeho významu)
- *analýza problému* $\Rightarrow$ *klasifikace do abstraktních struktur*
  - rozpoznávání podobností v řešené problematice
  - entity *klient* $\Rightarrow$ entitní množina *Klient*
  - objekty *klient* $\Rightarrow$ třída *Klient*

Třídy objektů

- seskupení objektů do tříd podle podobnosti (typu)
- třída je
  - generická definice (šablona) pro množinu objektů stejného typu
  - množina objektů se stejným chováním a stejnou množinou atributů
- objekt (konkrétní jedinec) je instancí třídy

OO modelování – Vlastnosti

Zapouzdření (*Encapsulation*)

- seskupení souvisejících idejí (data, funkcionalita) do jedné jednotky
- *seskupení operací a atributů do jednoho typu objektu (třídy) – stav je dostupný či modifikovatelný pouze prostřednictvím rozhraní (sady operací)*

- *omezení externí viditelnosti informací nebo implementačních detailů*

Strukturovaný přístup

funkce	data

`int obsahObdelniku(int x, int y) {`
`  return x * y;`
`}`
	(20, 10)
	(15, 20)

`int obsahTrojuhelniku(int x, int y) {`
`  return (x * y) / 2;`
`}`
	co data reprezentují?
	
	if (trojuhelnik) ...

OO modelování – Vlastnosti

Zapouzdření (*Encapsulation*)

- seskupení souvisejících idejí (data, funkcionalita) do jedné jednotky
- *seskupení operací a atributů do jednoho typu objektu (třídy) – stav je dostupný či modifikovatelný pouze prostřednictvím rozhraní (sady operací)*

- *omezení externí viditelnosti informací nebo implementačních detailů*

Strukturovaný přístup

funkce	data

`int obsahObdelniku(struct o e) {`
`  return e.x * e.y;`
`}`
 	
`int obsahTrojuhelniku(struct t e) {`
`  return (e.x * e.y) / 2;`
	`struct o {`
	`  int x;`
	`  int y;`
	`}`

OO modelování – Vlastnosti

Zapouzdření (*Encapsulation*)

- seskupení souvisejících idejí (data, funkcionalita) do jedné jednotky
- *seskupení operací a atributů do jednoho typu objektu (třídy) – stav je dostupný či modifikovatelný pouze prostřednictvím rozhraní (sady operací)*

- *omezení externí viditelnosti informací nebo implementačních detailů*

Objektový přístup

```
class Obdelnik {
    int x;
    int y;
    int obsah() {
        return x * y;
    }
}

o.obsah()
```

```
class Trojuhelnik {
    int x;
    ...
    int obsah() {
        ...
    }
}

t.obsah()
```

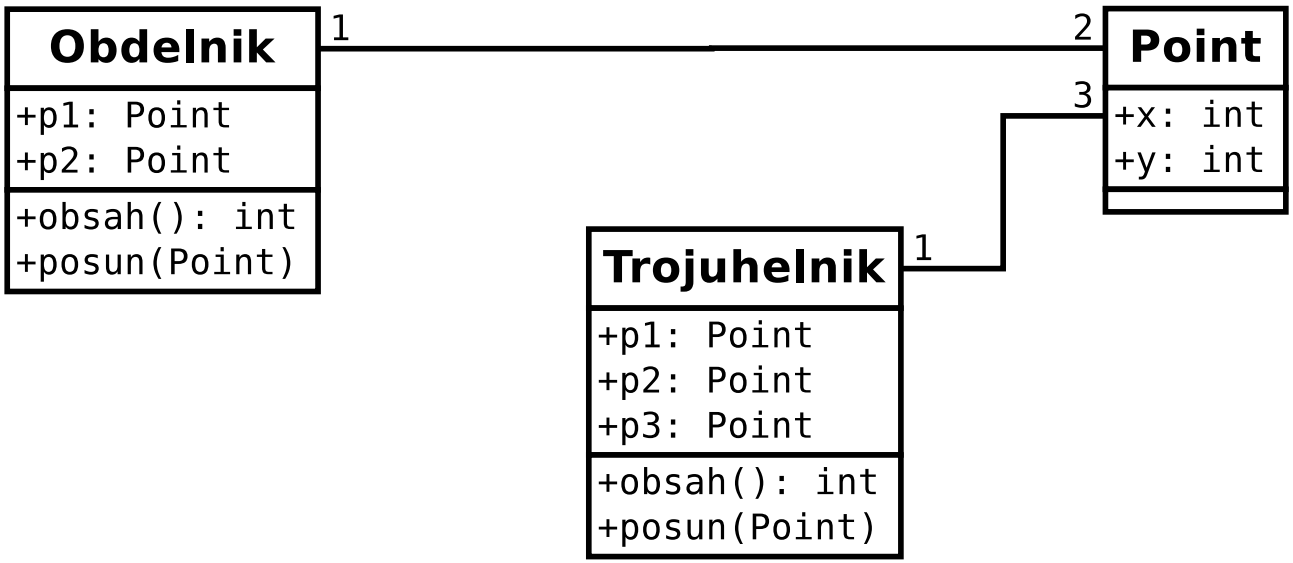
```
class Obdelnik {
    Point p1;
    Point p2;
    int obsah() {
        ...
    }
}

o.obsah()
```

OO modelování – Vlastnosti

```
class Obdelnik {
    int x;
    int y;
    int obsah() {
        return x * y;
    }
}

o.obsah()
```

```
class Trojuhelnik {
    int x;
    ...
    int obsah() {
        ...
    }
}

t.obsah()
```

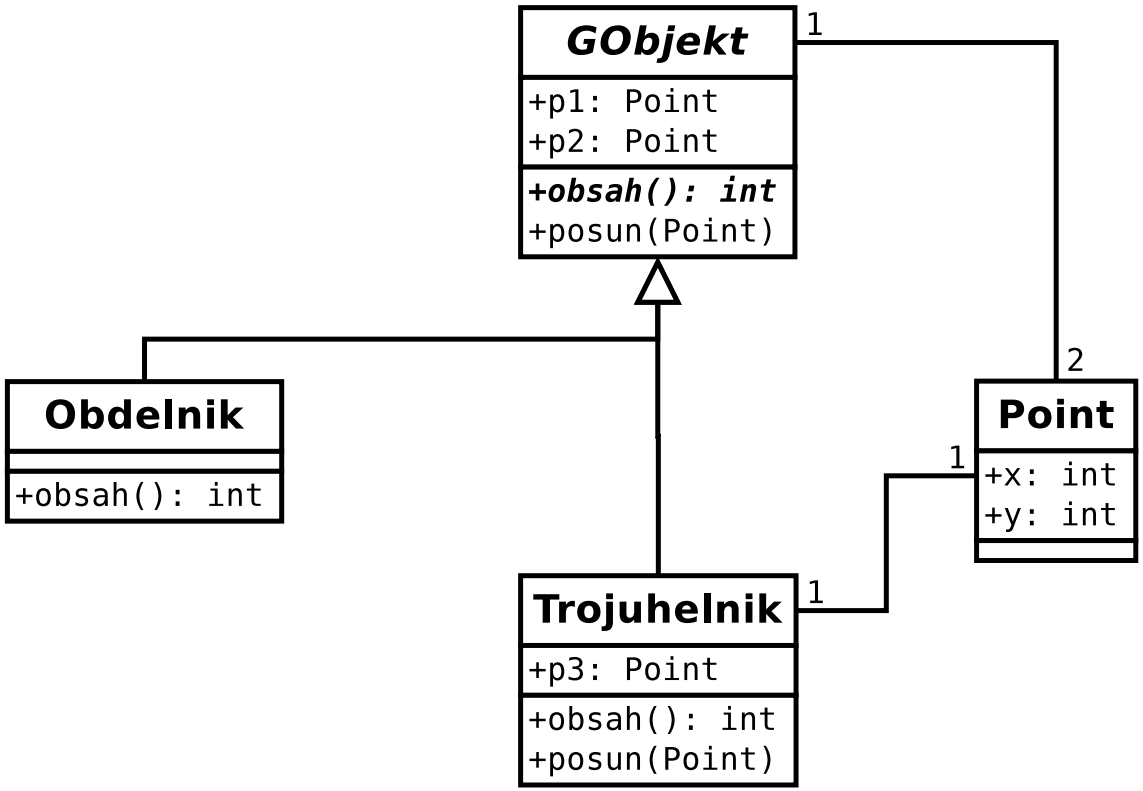
```
class Obdelnik {
    Point p1;
    Point p2;
    int obsah() {
        ...
    }
}

o.obsah()
```



OO modelování – Vlastnosti

Dědičnost (*Inheritance*)

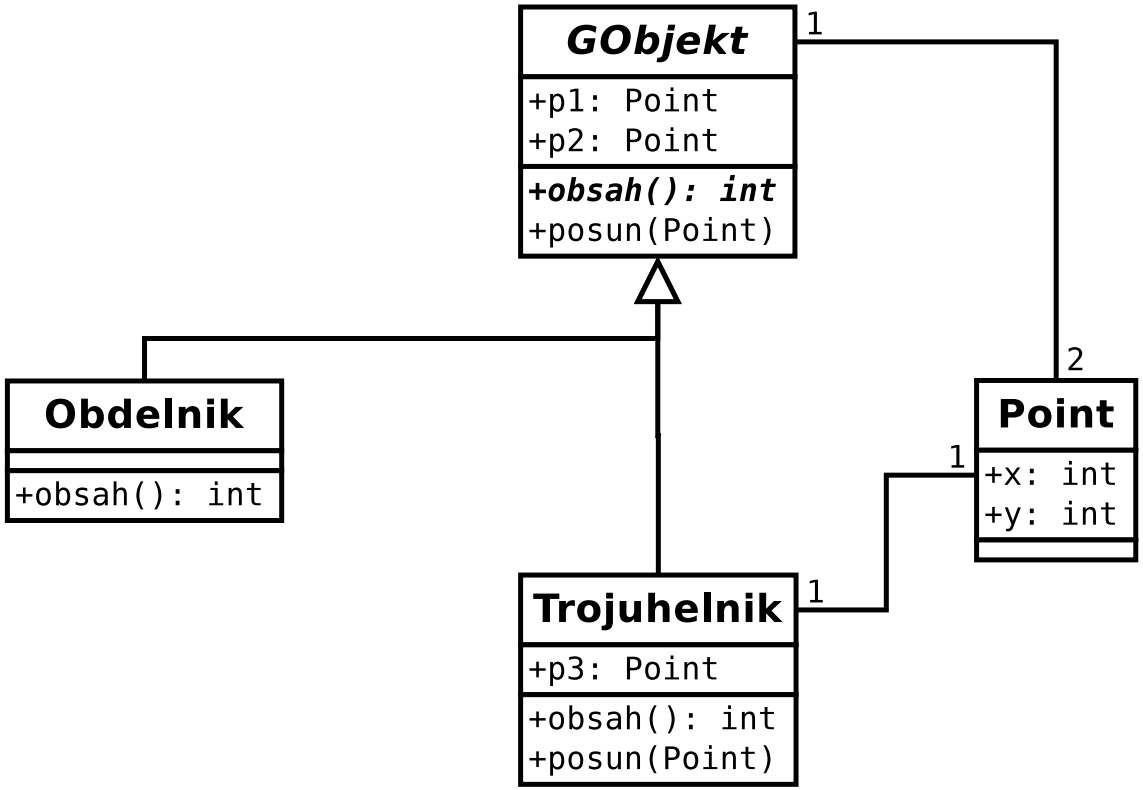
- definuje a vytváří třídy (objekty) na základě již existujících tříd (objektů)
  - možnost sdílení chování bez nutnosti reimplementace
  - možnost rozšíření chování
- *mezi třídami (objekty) vzniká hierarchický vztah podle dědičnosti (strom)*



OO modelování – Vlastnosti

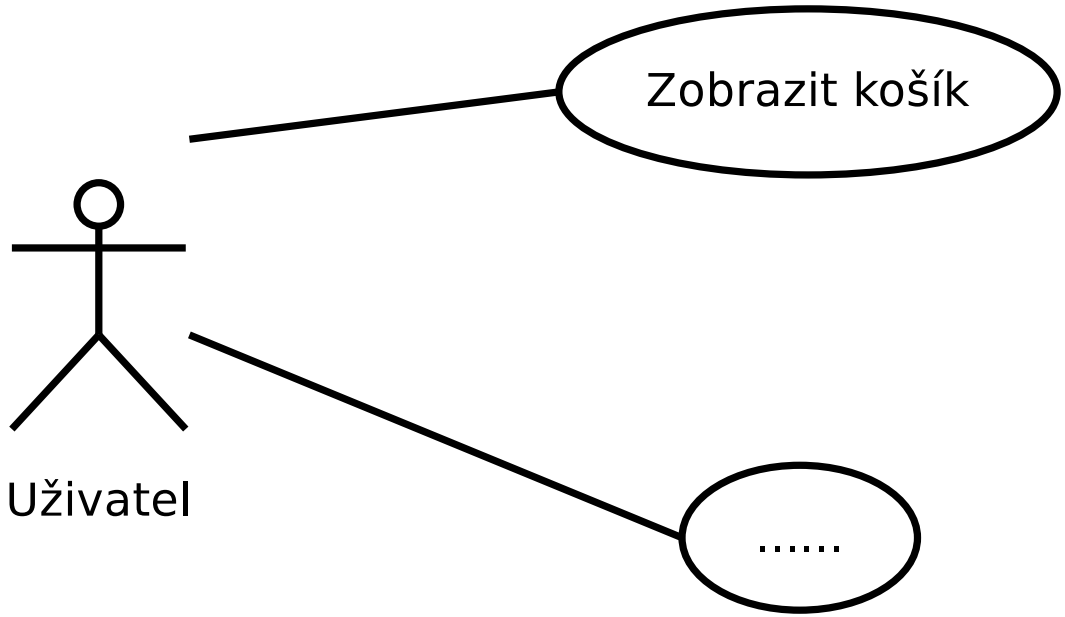
Polymorfismus (*Polymorphism*)

- znalost třídy (objektu), jak provést určitou operaci, která může být obecně společná pro více tříd (objektů)
- stejná operace s jedním názvem může mít více implementací



Objektově orientované modelování – Příklad

Diagram případů užití



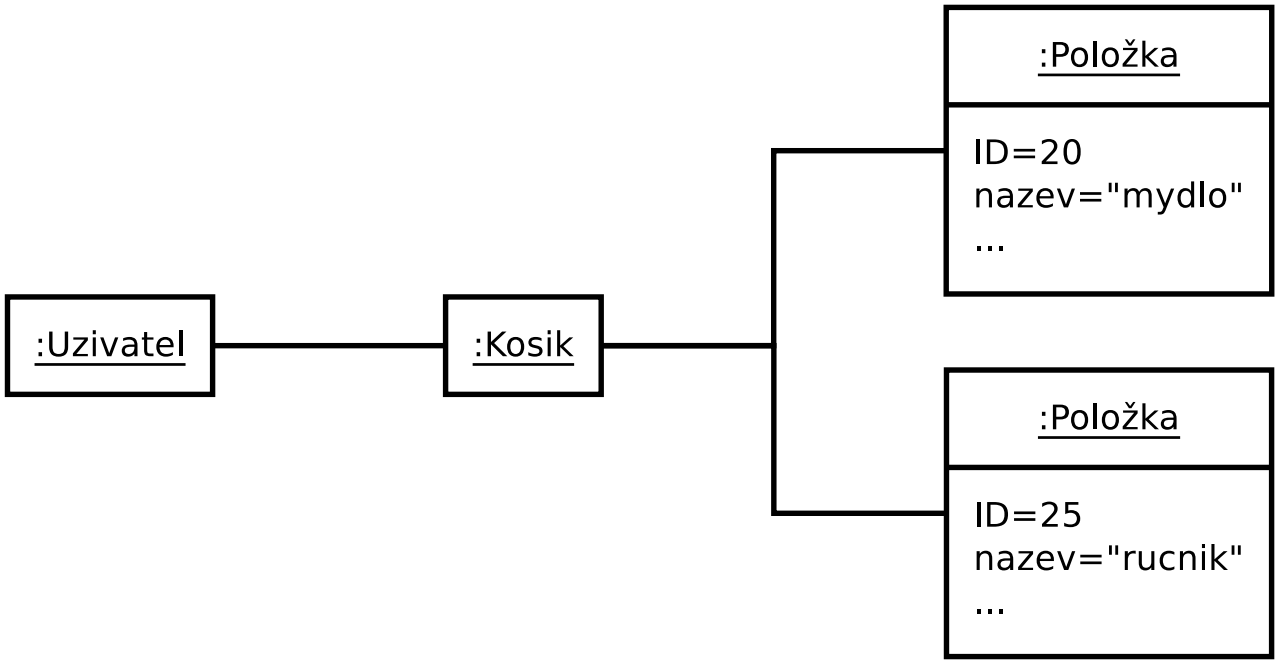
Objektově orientované modelování – Příklad

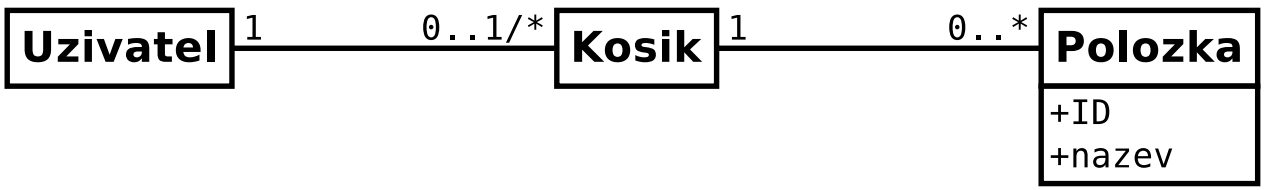
Specifikace případu užití

Případ užití: Zobrazit košík
ID: UC11
Účastníci: Zákazník
Vstupní podmínky: 1. Zákazník je přihlášen do systému.
Tok událostí: 1. Případ užití začíná volbou „zobrazit obsah košíku“. 2. KDYŽ je košík prázdný: 2.1 Systém oznámí Zákazníkovi, že košík neobsahuje žádné položky. 2.2 Případ užití končí. 3. Systém zobrazí seznam všech položek v nákupním košíku zákazníka včetně ID, názvu, množství a ceny každé položky.
Následné podmínky:
...

Objektově orientované modelování – Příklad

Diagram objektů / tříd

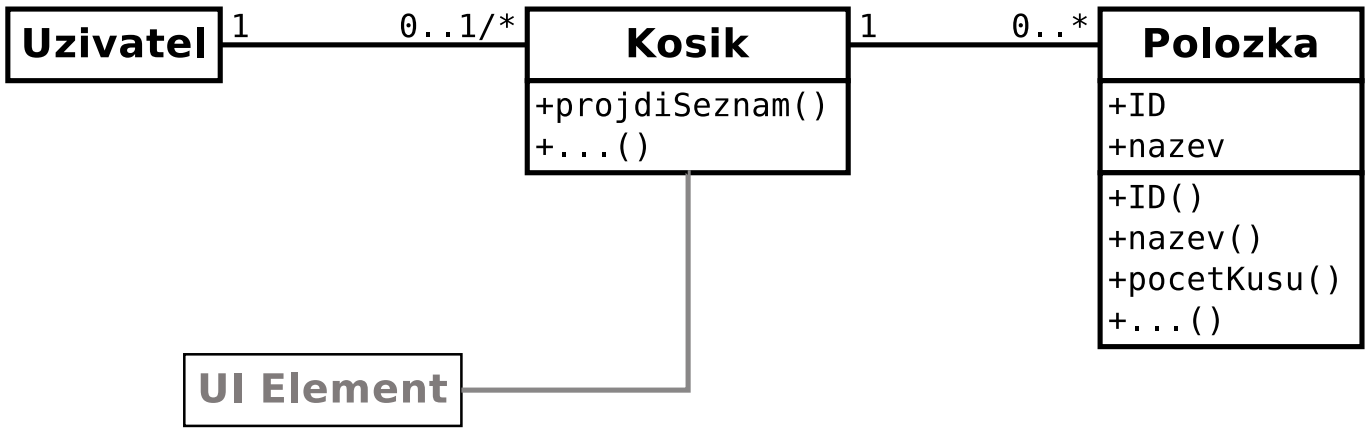




Objektově orientované modelování – Příklad

Doménový model

- zachycuje konceptuální elementy (koncepty/prvky/objekty) doménového systému
- cíl = najít a pojmenovat význačné prvky systému a vztahy mezi nimi
- doménový model ≠ datový model



Objektově orientované modelování v UML

Jazyk UML

- Unified Modelling Language
- inspirován existujícími analytickými jazyky a modely
  výběr nejlepších myšlenek
- základní modelovací jazyk metodiky RUP – Rational Unified Process
  (první návrhy vytvořeny společně)

Vývoj jazyka UML

- 1994: Booch a Rumbaugh; Rational Software Corp.
  (metodiky Booch a OMT – Object-Modeling Technique)
- 1995: Jacobson; Rational Software Corp.
  (metodika OOSE – Object-Oriented Software Engineering)
- 1997: UML 1.1, akceptován jako průmyslový standard
  (OMG – Object Management Group)
- 2005: UML 2.0
- 2017: UML 2.5.1 (`https://www.omg.org/spec/UML/`)

Objektově orientované modelování v UML

Standard OMG UML 2.x obsahuje

- **popis diagramů a jejich použití**
- metamodel (MOF – Meta-Object Facility) specifikuje (modeluje) elementy diagramů UML
- **jazyk pro specifikaci omezení a podmínek OCL – Object Constraint Language**
- popis struktur pro výměnu modelů mezi nástroji

Stavební bloky jazyka UML

Předměty (*Things*)

- samostatné prvky modelu
- např. *třída*, *případ užití*, *stav*, *poznámky (anotace)*

Vztahy (*Relationships*)

- určují vzájemnou souvislost předmětů
- např. *závislost*, *asociace*, *agregace*, *kompozice*, *zobecnění*, *realizace*

Diagramy (*Diagrams*)

- pohledy na modely UML; kolekce předmětů a vztahů
- *analytické diagramy* – co bude systém dělat
- *návrhové diagramy* – jak to bude systém dělat
- např. *use case diagram*, *diagram tříd*

Vybrané společné mechanismy jazyka UML

Ornamenty (*Adornments*)

- každý prvek modelu má svůj symbol (např. třída), který může být obohacen různými *ornamenty* (např. atributy, operace)
- obvykle není potřeba vždy zobrazovat všechny podrobnosti, některé *ornamenty* mohou být skryty (různé pohledy na systém)

Vybrané společné mechanismy jazyka UML

Mechanismy rozšiřitelnosti

- omezení (*constraints*)
  - definují pravidla, která musí být vyhodnocena jako pravdivá
  - textový řetězec uzavřený do složených závorek $\{\}$
  - jazyk OCL (*Object Constraint Language*)

- stereotypy (*stereotypes*)
  - definuje nový prvek, který je založen na existujícím prvku
  - název stereotypu se většinou uzavíra do dvojitých závorek $<< nazev >>$
  - musí se definovat sémantika nového prvku – podpora CASE nástroje, textová dokumentace, metamodel UML, ...

Diagramy jazyka UML 2.5

Diagramy struktury

- Diagram tříd (*Class Diagram*)
- Diagram objektů (*Object Diagram*)
- Diagram seskupení (balíčků) (*Package Diagram*)
- Diagram vnitřní struktury (*Composite Structure Diagram*)
- Diagram komponent (*Component Diagram*)
- Diagram rozmístění zdrojů (nasazení) (*Deployment Diagram*)
- *Profile Diagram* – popisuje rozšiřující mechanismy

- *další diagramy, které nejsou součástí oficiálního standardu*

Diagramy jazyka UML 2.5

Diagramy chování

- Diagram případů užití (*Use Case Diagram*)
- Diagram aktivit (*Activity Diagram*)
- Stavový diagram (*State Machine Diagram*)
- *další diagramy, které nejsou součástí oficiálního standardu*

Diagramy interakce

- Sekvenční diagram (*Sequence Diagram*)
- Diagram komunikace (*Communication Diagram*)
  - původní diagram spolupráce (*Collaboration Diagram*) z UML 1.x
- Diagram přehledu interakcí (*Interaction Overview Diagram*)
- Diagram časování (*Timing Diagram*)

Diagram tříd

Diagram tříd

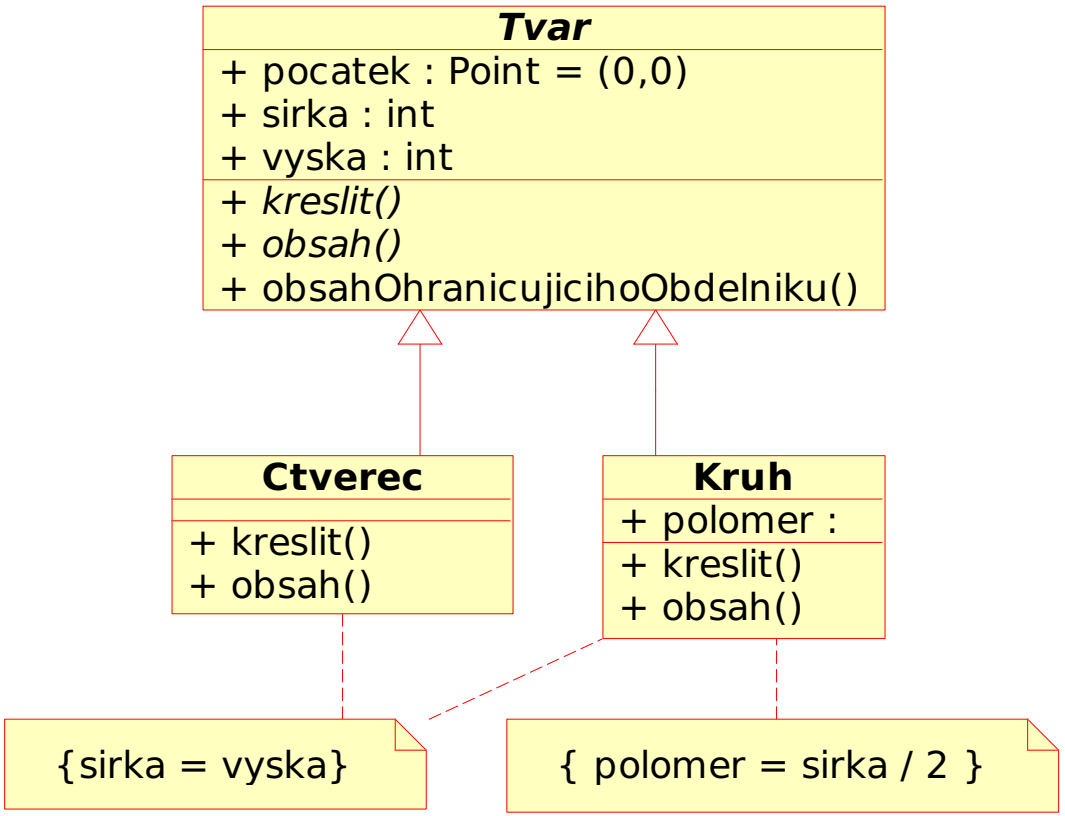
- zobrazuje třídy a statické vztahy mezi nimi

Vztahy mezi třídami

- zobecnění (generalization)
- asociace (association)
- závislost (dependency)
- realizace (realization)

Dědičnost tříd

- vztah generalizace/specializace mezi třídami
- odvozená třída sdílí atributy, chování, vztahy a omezení obecnější třídy
- odvozená třída může přidávat a modifikovat atributy a chování



Dědičnost tříd

Operace vs. metoda

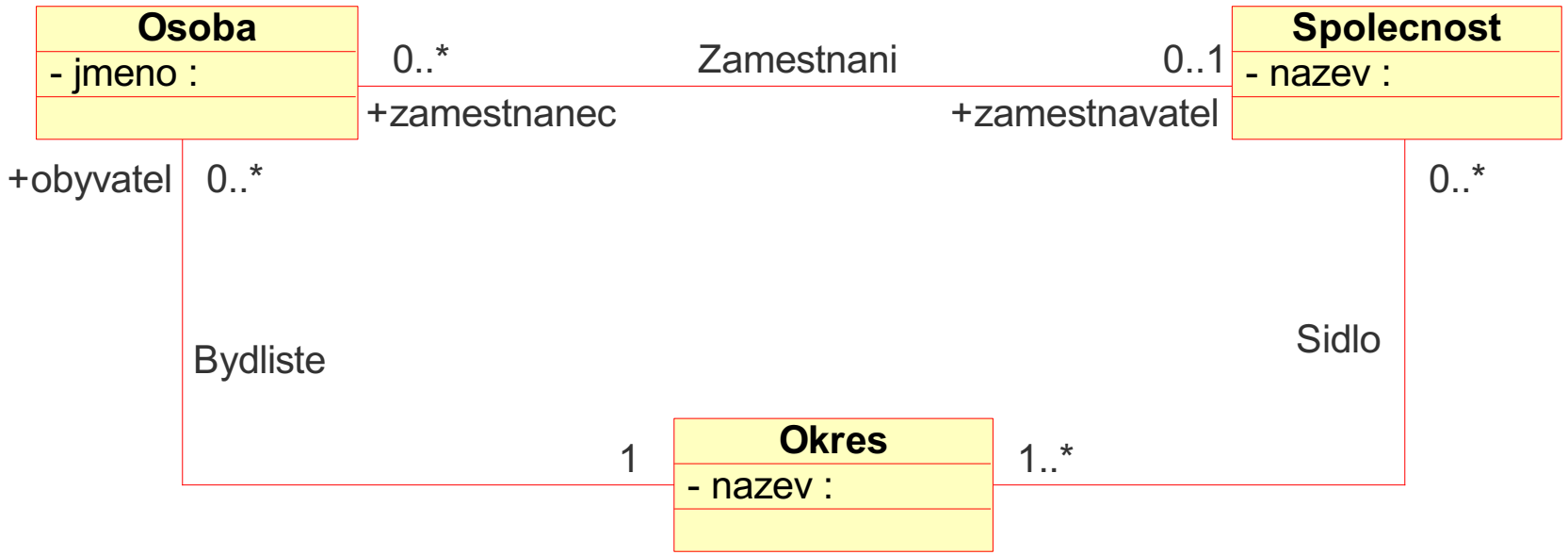
- operace reprezentuje abstraktní pohled na chování objektu
- metoda implementuje operaci
- *signatura operace* = název, typ návratové hodnoty, typy všech stejně seřazených argumentů

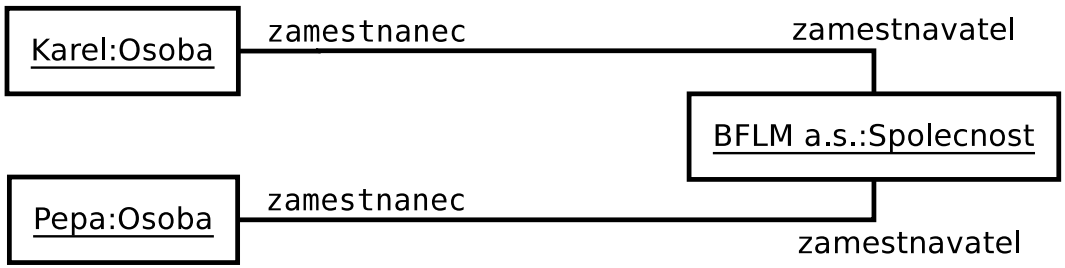
Abstraktní operace a třídy

- odložení implementace operace na potomky
- abstraktní třída deklaruje všechny operace, ale některé ponechává bez implementace
- např. třída *Tvar* a operace *kreslit* a *obsah*

Asociace

Asociace slouží k zachycení vztahů mezi třídami (jejich instancemi).



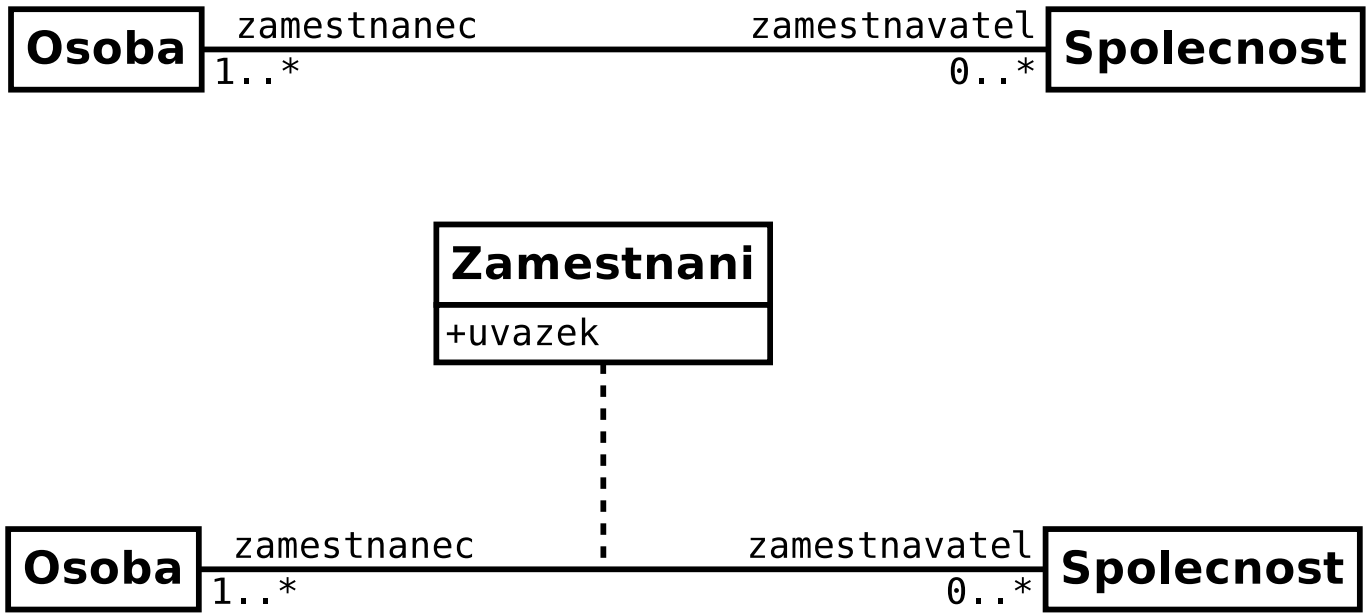


Vlastnosti asociace

- objekt má ve vztahu svou roli
- asociace má své násobnosti (mohutnosti)
  - násobnost je odrazem cíle modelu
    bez této znalosti nelze určit špatnou/dobrou násobnost
- asociace má svůj název
  - název může být sloveso nebo podstatné jméno
  - Zaměstnání; $\Rightarrow$ je zaměstnán v ; $\Leftarrow$ zaměstnává
  - *v případě slovesa se často označuje směr vazby*
- vyjadřuje proměnlivý vztah mezi objekty (instancemi tříd)
  - každé spojení váže instanci jedné třídy s instancí druhé třídy
  - počet spojení se v čase může měnit
  - v OO návrhu lze asociaci povýšit na třídu (asociační třída)

Asociační třída

- přiřazení atributů asociaci
- asociace *Zamestnani*, atribut *uvazek*



Asociace vyššího stupně

- binární asociace (vztah dvou tříd, resp. jejich instancí)
- N-ární asociace (vztah více tříd, resp. jejich instancí)
  - jsou méně časté,
  - většinou se dají převést na binární asociace,
  - pokud ne, bývá nutné povýšit asociaci na třídu.

Asociace celek/část – Agregace

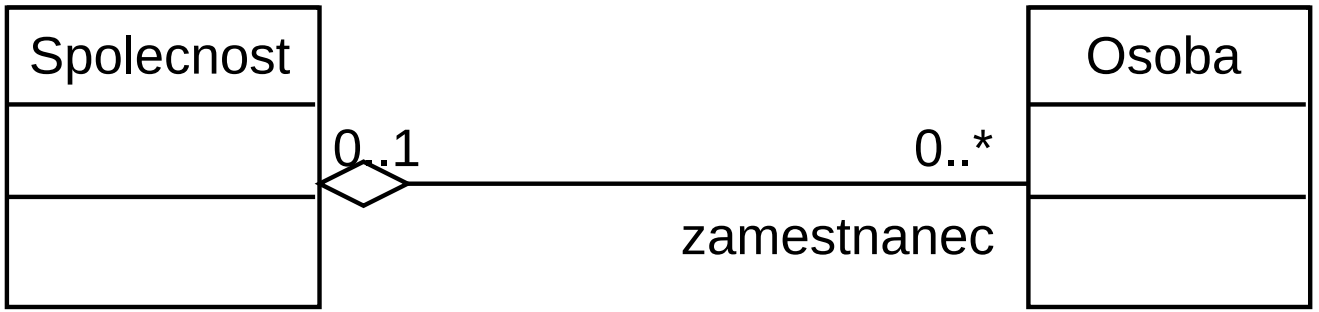
Agregace (Seskupení)

- celek je seskupen z více částí
- celek = agregační (seskupený) objekt
- část celku = konstituční (tvořící) objekt

Vlastnosti agregace

- **seskupený objekt může existovat bez svých konstitučních objektů**
- **konstituent (konstituční objekt) může být součástí více seskupení**
- implicitní násobnost se nedá předpokládat
- asociace agregace nemívá název (vyjadřuje vztah *má*)
- agregace bývají homeometrické (tj. konstituenti patří do téže třídy)

Asociace celek/část – Agregace



Asociace celek/část – Kompozice

Kompozice (Složení)

- celek je složen z více částí
- celek = kompozitní (složený) objekt
- část celku = komponentní (složkový) objekt

Vlastnosti kompozice

- **složený objekt (většinou) neexistuje bez svých komponent**
- **komponenta (komponentní objekt) může být součástí nejvýše jedné kompozice**

- implicitní násobnost každé složky je 1
- asociace kompozice nemívá název
- kompozice bývají heterometrické (tj. komponenty patří do různých tříd)
- při rušení celku se ruší jeho složky (příp. jsou z kompozice vyňaty)

Asociace celek/část – Kompozice

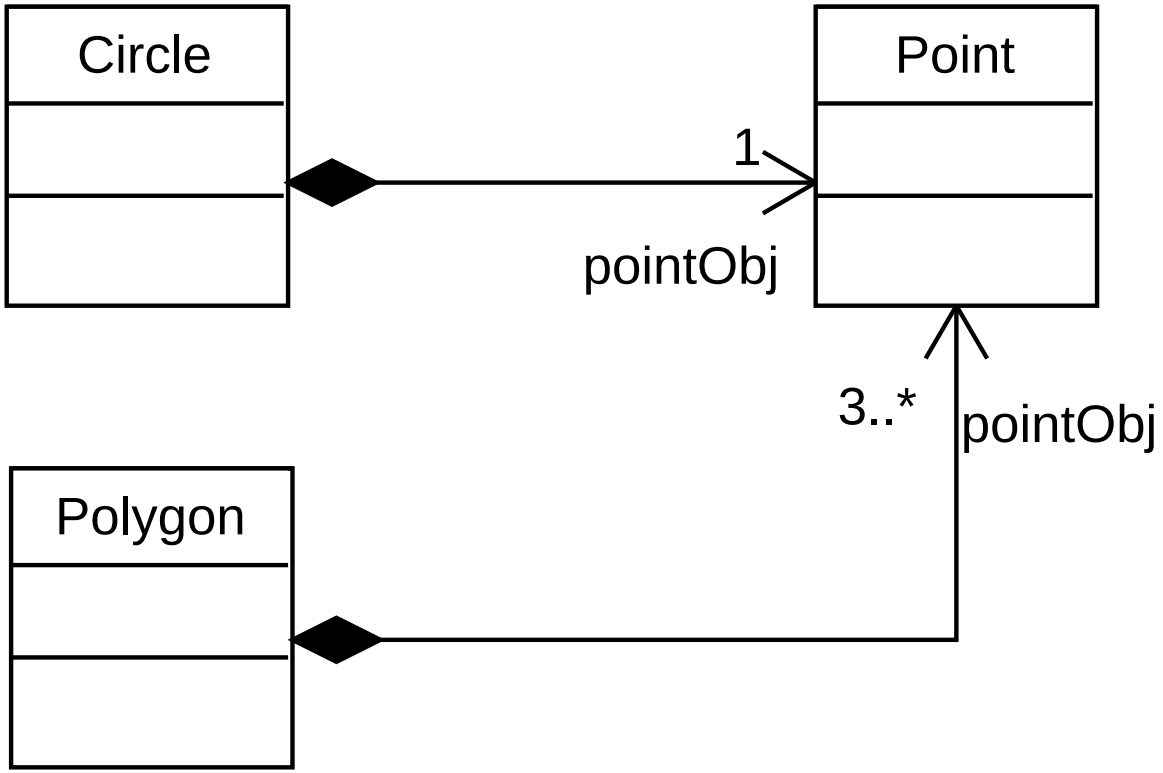


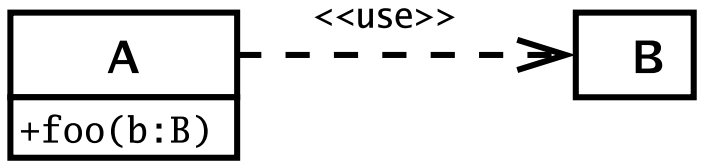
Diagram tříd – Závislost

Závislost

- vyjadřuje jiné různé vztahy mezi objekty či třídami
- typ závislosti se označuje pomocí *stereotypů*

Nejběžnější typ stereotypu – *používání* <<use>>

- A (klient) $\rightarrow$ B (dodavatel)
  - metoda třídy A potřebuje argument třídy B
  - metoda třídy A vrací hodnotu třídy B
  - metoda třídy A používá objekt třídy B, ale *ne jako atribut*



- závislost bez uvedeného stereotypu se považuje za používání

Diagram tříd – Typy závislostí (stereotypy)

- `<<instantiate>>` / `<<create>>`
  - klient vytváří instance dodavatele
- `<<trace>>`
  - klient realizuje dodavatele
    vazba mezi elementem v různých modelech
- `<<refine>>`
  - klientská třída poskytuje detailnější informace než dodavatel
- `<<send>>`
  - operace klienta zasílá signál příjemci
- `<<call>>`
  - klientská třída volá operaci dodavatele

...

Diagram tříd – Realizace

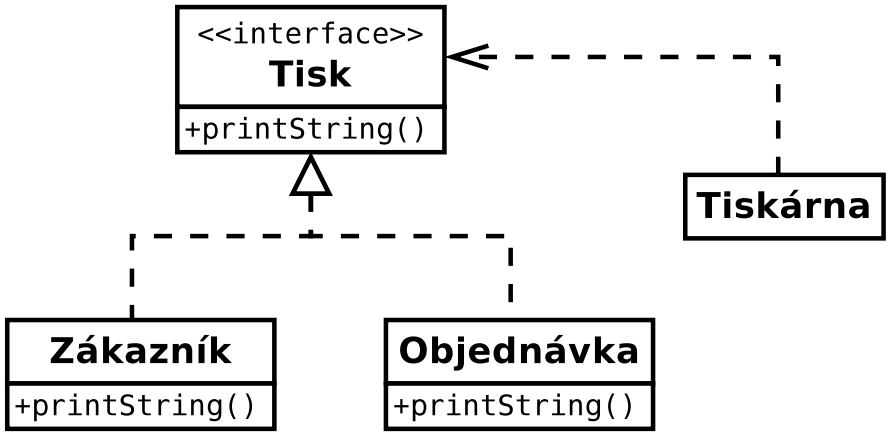
Rozhraní

- množina operací, které určují chování objektu
  - pouze definuje, *co* objekt umí (nabízí), nedefinuje *jak*
  - způsob provedení operací závisí na jejich implementaci třídami
- lze modelovat jako speciální prvek
- zjednodušení návrhu, omezuje počet vazeb

Realizace

- vztah mezi třídou a rozhraním
- třída implementuje všechny operace (metody) z daného rozhraní
- třída používající rozhraní pak umí používat i jeho implementační třídy

Diagram tříd – Realizace



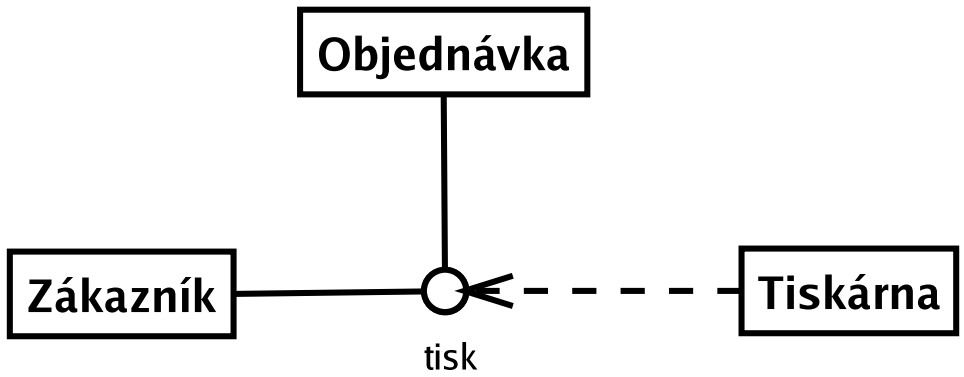


Diagram objektů

Diagram objektů (Object Diagram)

- je úzce svázán s diagramem tříd
- znázorňuje objekty a jejich relace v určitém čase
- relace jsou dynamické (nemusí trvat po celou dobu existence objektů)

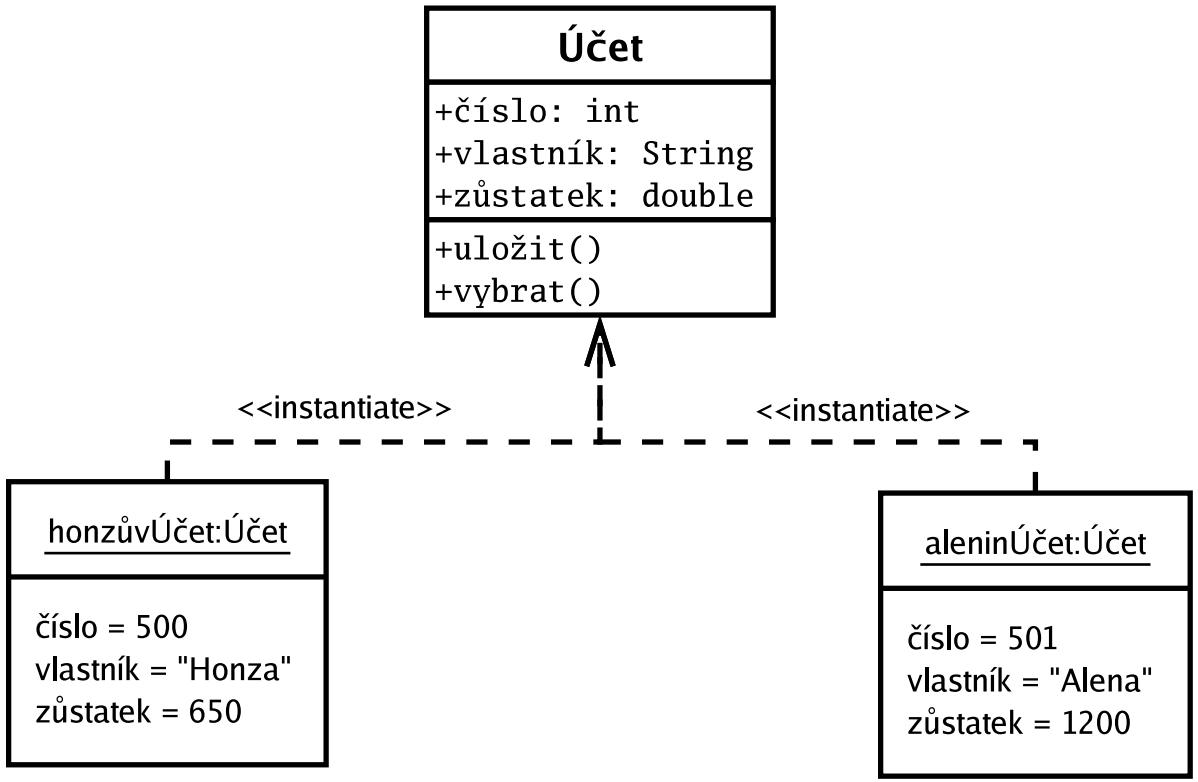
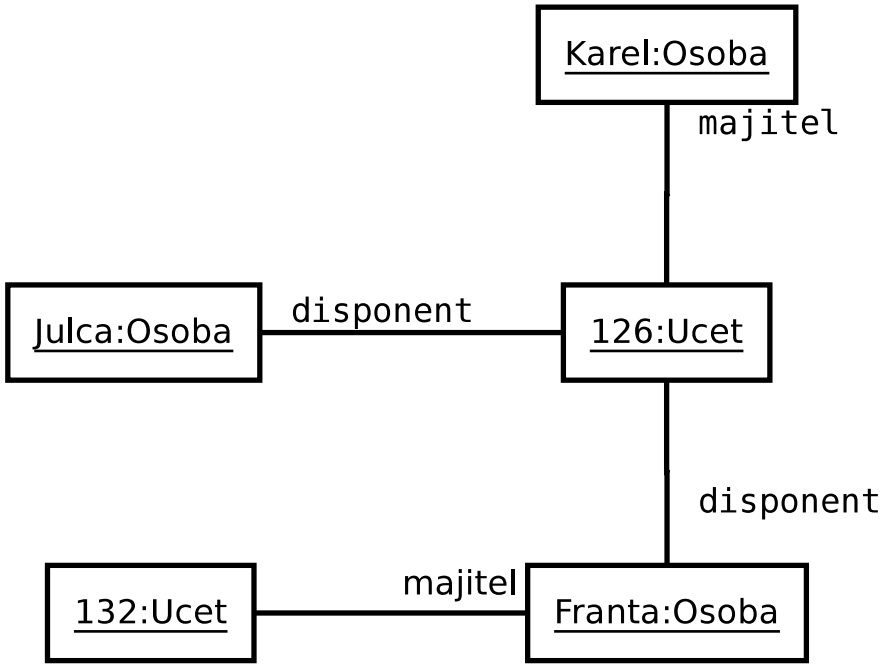


Diagram objektů

- mezi objekty existuje *spojení* (*spojení* = instance vztahu *asociace*)



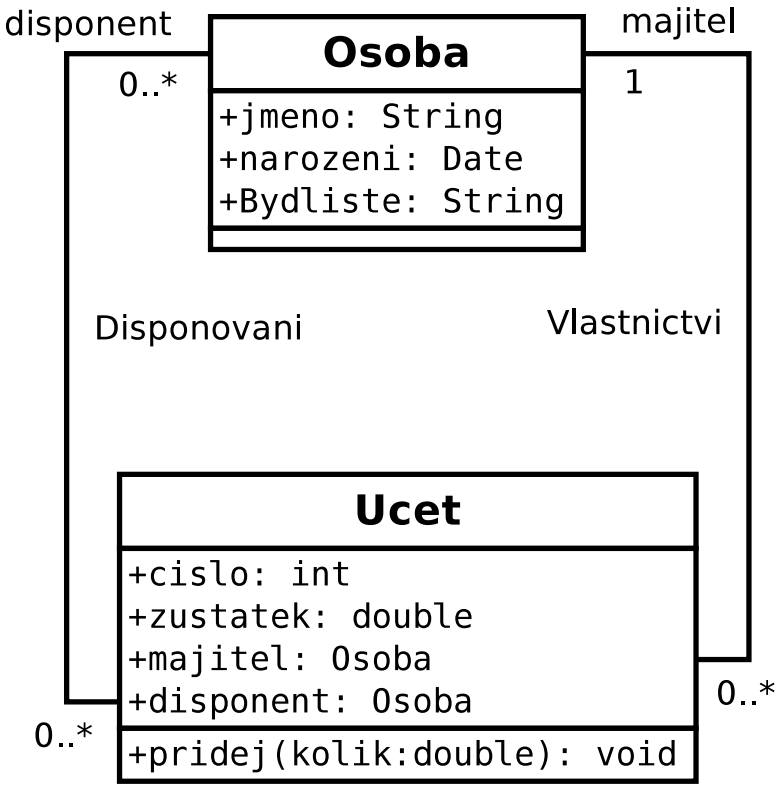


Diagram seskupení

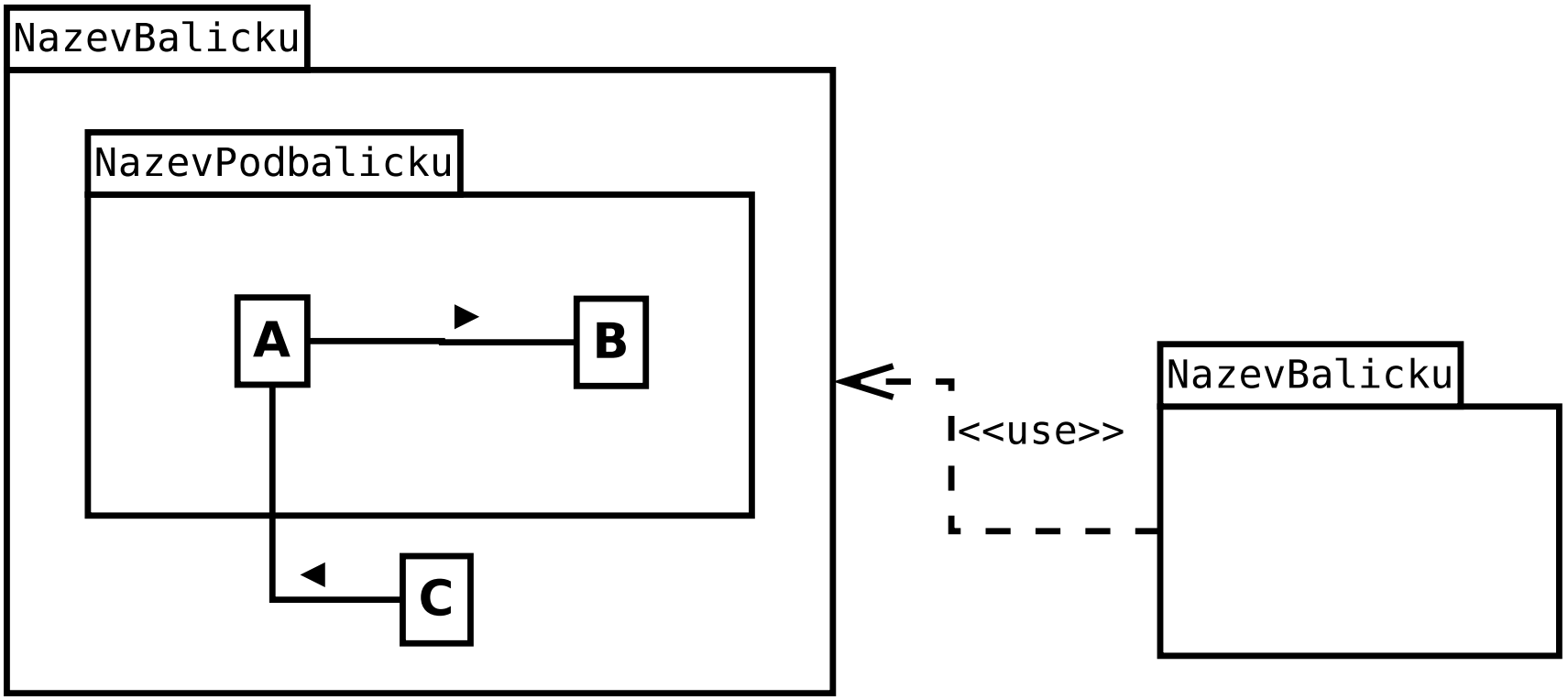
Diagram seskupení (balíčků) (Package Diagram)

- seskupení sémanticky souvisejících elementů
- definuje sémantické hranice modelu
- umožňují souběžnou práci v etapě návrhu
- poskytují zapouzdření prostoru jmen

Balíčky mohou obsahovat

- případy užití
- analytické třídy
- realizace případů užití
- další balíčky

Diagram seskupení



Principy objektově orientovaného návrhu

Problémy spojené se špatným návrhem

- změna v softwaru je náročná a vyžaduje úpravy na mnoha místech
- změna způsobí problémy v jiných, mnohdy nesouvisejících částech softwaru

- vyčlenit část softwaru pro znovupoužitelnost je náročnější než tuto část vytvořit znovu

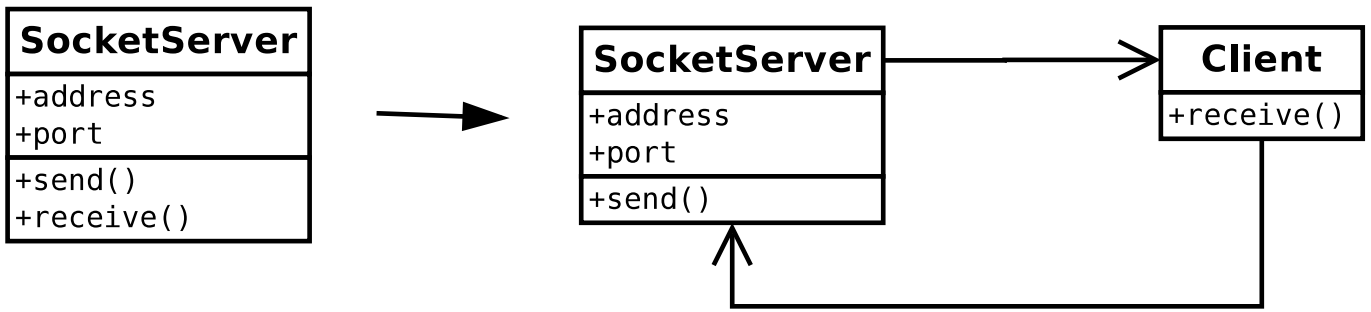
Principy objektově orientovaného návrhu architektury

- předkládají vhodné postupy pro návrh architektury
- vhodné z pohledu údržby a rozšiřitelnosti architektury systému

Principy objektově orientovaného návrhu

Single Responsibility Principle (SRP)

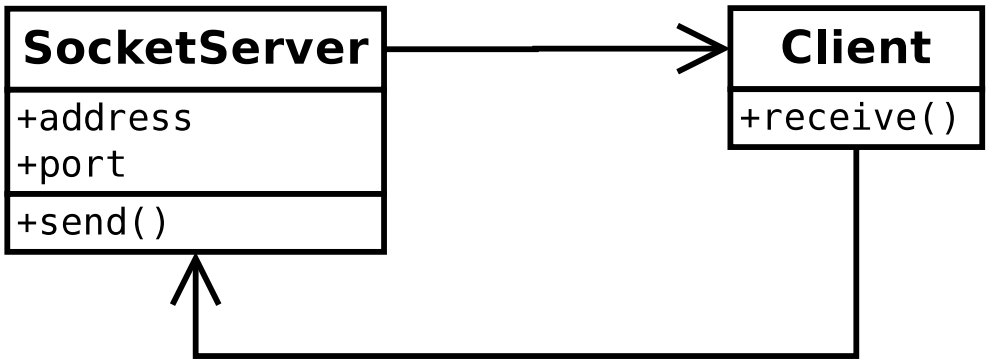
- *třídy by měly mít jedinou zodpovědnost; jediný důvod ke změně*
- Zodpovědnost (responsibility)
  - závazek nebo povinnost prvku něco *dělat* nebo něco *vědět*
  - akce/znalost může prvek dělat/mít přímo nebo využívat jiné prvky (koordinace činností, agregace dat, . . .)
  - zodpovědnost $\neq$ metoda; metody jsou implementovány, aby byla splněna zodpovědnost



Principy objektově orientovaného návrhu

Open Closed Principle (OCP)

- *třída by měla být otevřená pro rozšíření ale uzavřená pro modifikace*
- třída by měla být rozšiřitelná bez nutnosti modifikace kódu



Problém

- chceme *SocketServer* použít i pro jiné klienty
- modifikace třídy *SocketServer* $\Rightarrow$ OCP !

Principy objektově orientovaného návrhu

Dependency Inversion Principle (DIP)

- *závislost na abstraktním ne na konkrétním*
- závislosti by měly směřovat jedním směrem, a to od konkrétního k abstraktnímu
- závislosti by měly směřovat ke společným rozhraním a abstraktním třídám

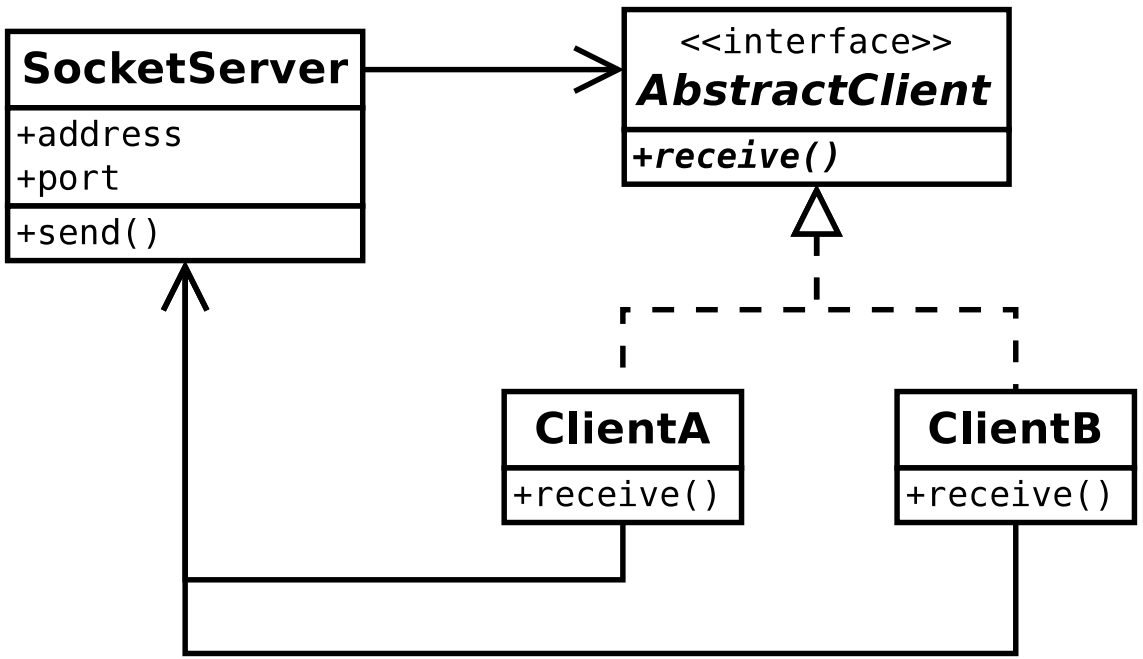
Důsledky

- redukce závislosti v kódu
- abstraktní rozhraní se mění mnohem méně než konkrétní implementace $\Rightarrow$ zavislý kód se nemusí měnit tak často
- snadná možnost nahradit jednu implementaci za jinou

Principy objektově orientovaného návrhu

Problém

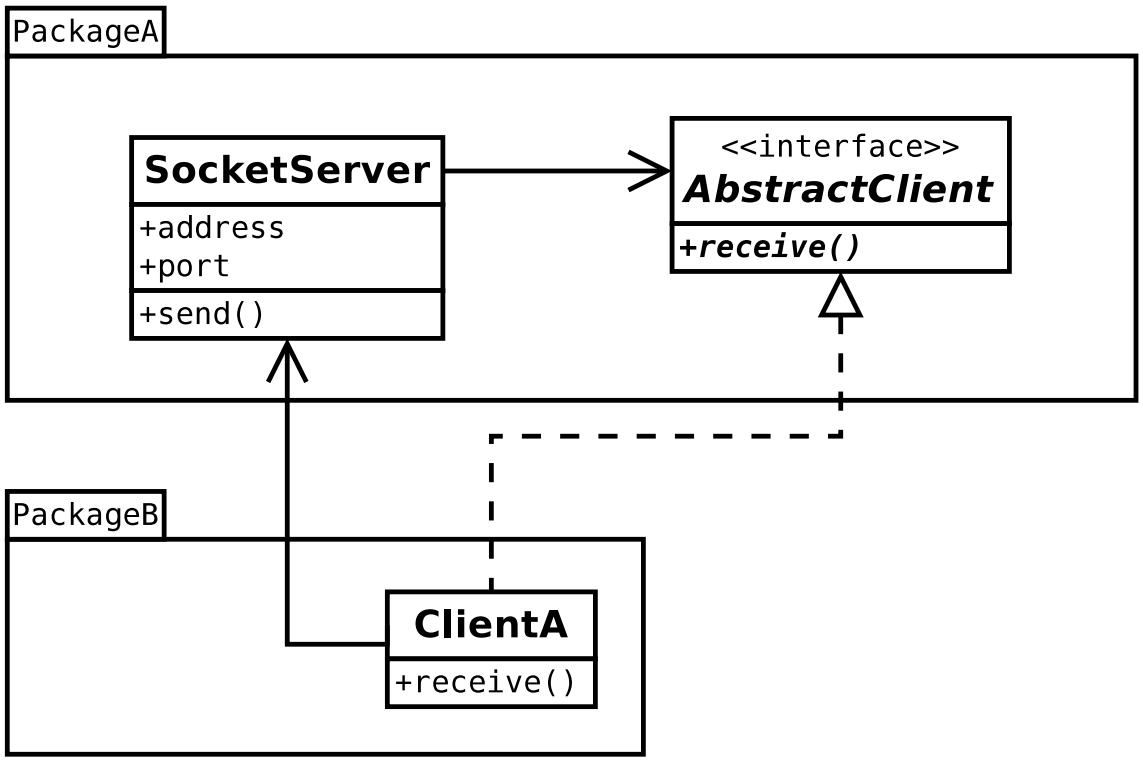
- chceme *SocketServer* použít i pro jiné klienty
- modifikace třídy *SocketServer* $\Rightarrow$ OCP !
- aplikujeme *DIP*



Principy objektově orientovaného návrhu

Balíčky

- třídy a rozhraní řešící komunikaci dáme do jednoho balíčku
- třídy obsluhující klienta patří do jiného balíčku



Principy objektově orientovaného návrhu

Principy návrhu balíčků (komponent)

- Release Reuse Equivalency Principle (REP)
  - *granularita znovupoužitelnosti je shodná s granularitou uvolnění nové verze*
- Common Closure Principle (CCP)
  - *třídy, které se mění společně, patří k sobě*
- Common Reuse Principle (CRP)
  - *třídy, které nejsou znovupoužívány společně, by neměly patřit k sobě*

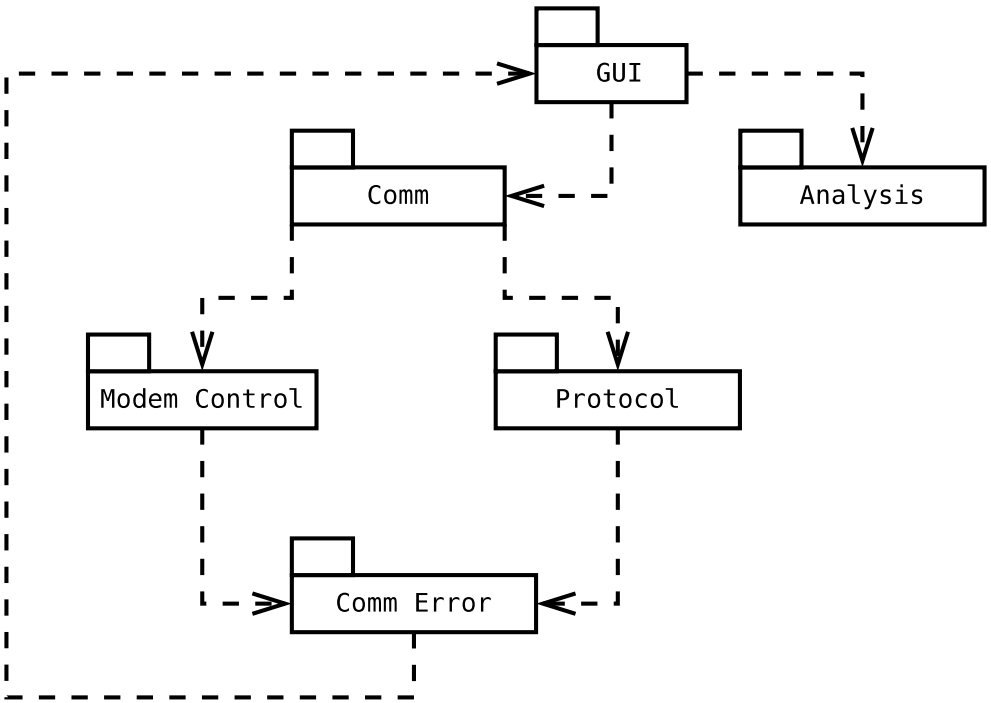
Nelze dodržet všechny principy

- REP a CRP usnadňují vývoj s využitím znovupoužitelnosti
- CCP usnadňují práci při údržbě

Principy objektově orientovaného návrhu

Acyclic Dependencies Principle (ADP)

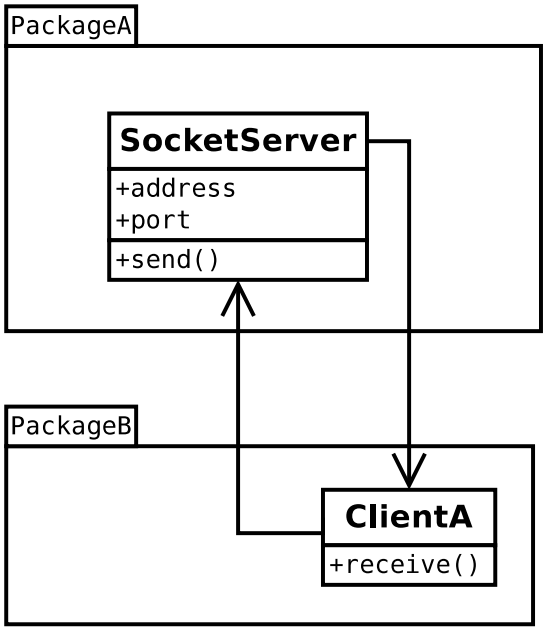
- *závislosti mezi balíky nesmí tvořit cykly*
- minimální počet závislostí mezi balíky $\Rightarrow$ jednodušší údržba a uvolňování nových verzí (menší počet závislých balíků pro testování)
- závislosti s cykly $\Rightarrow$ velký počet závislých balíků

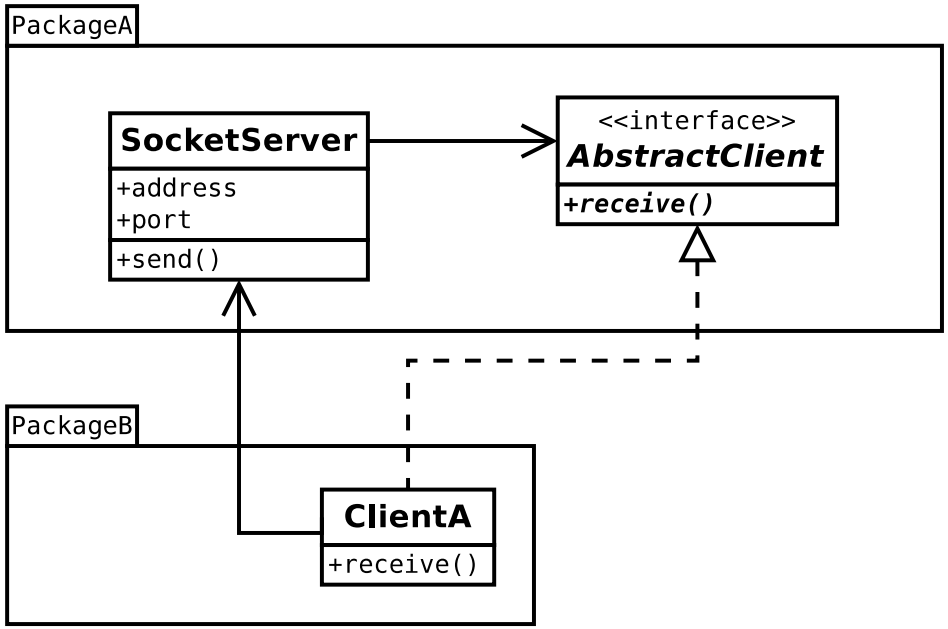


Principy objektově orientovaného návrhu

Balíčky

- aplikací DIP jsme odstranili cyklickou závislost (ADP)





Principy objektově orientovaného návrhu

Rozhraní versus implementace

- *signatura*
  - deklaruje formální podobu operace (název, typy, ...)
  - lze zkontrolovat překladačem
- *kontrakt*
  - deklaruje sémantiku operace a její podmínky (preconditions, ...)
  - nelze zkontrolovat překladačem
- *implementace*
  - realizuje operace definované signaturami a kontrakty
  - implementace by se měla skrývat

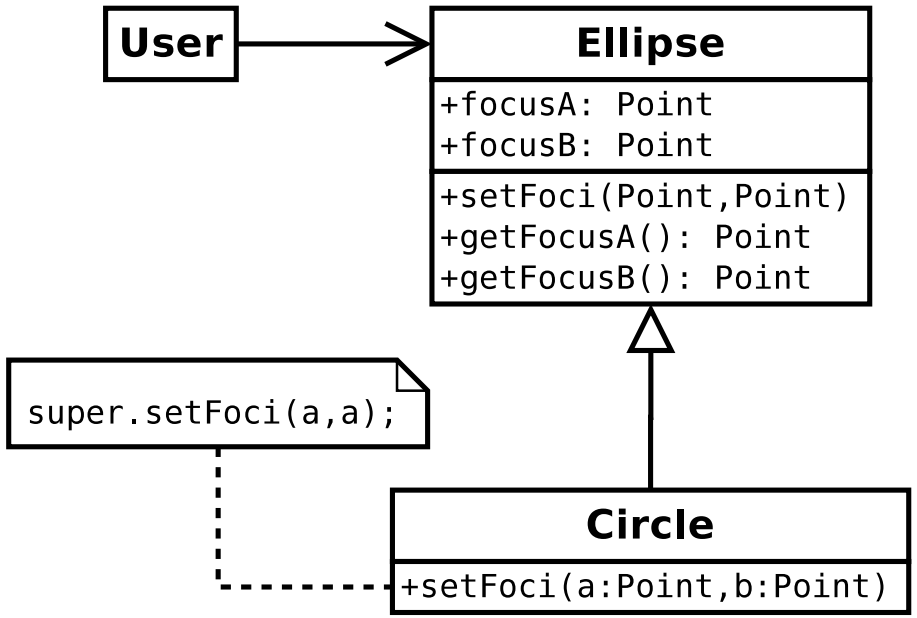
Principy objektově orientovaného návrhu

Liskov Substitution Principle (LSP)

- *odvozené třídy by měly být zaměnitelné za bázové třídy*
- uživatelé bázové třídy by měli být schopni pokračovat bez chybného chování i při nahrazení odvozenou třídou

Příklad kružnice / elipsa

- kružnice je elipsa se stejnými ohnisky



Principy objektově orientovaného návrhu

LSP – Příklad kružnice / elipsa

- kružnice je konzistentní sama se sebou
- elipsa je konzistentní sama se sebou
- tyto objekty jsou však používané různými třídami
- *předpoklad: klienti se snaží vše obejít či zničit*

```
Ellipse e = new Circle();

e.setFoci(a, b);

assert e.getFocusA() == a;
assert e.getFocusB() == b;
```

Principy objektově orientovaného návrhu

LSP – Příklad kružnice / elipsa

- kružnice není zastupitelná za bázovou třídu
- kružnice porušuje *kontrakt* elipsy

Kontrakt

- kontraktem se rozumí podmínky definované rozhraním
- rozhraní definuje precondition a postcondition
- odvozené třídy musí kontrakt dodržet

Řešení

- nemodifikovatelný objekt
  bez operace *setFoci(Point,Point)*, pouze konstruktory
- kružnice je elipsa se stejnými ohnisky
  $\Rightarrow$ není nutné vytvářet třídu pro kružnici

Principy objektově orientovaného návrhu

Do not Repeat Yourself (DRY)

- *neopakujte stejný kód na různých místech*
- problémy s modifikací a udržovatelností
- opakující se kód $\Rightarrow$ samostatná metoda
- soubor opakujících se metod $\Rightarrow$ vytvoření obecnější třídy

Studijní koutek – Studium v zahraničí

Získání nových poznatků, kontaktů, poznání odlišného prostředí, sblížení s cizím jazykem, . . .

Program Erasmus+

- Studijní pobyt je součástí studia na české univerzitě.
- Výsledky studijního pobytu se uznávají – kreditový systém ECTS.
- Student v zahraničí má stejné podmínky jako místní student.
- Student získává grant ve formě stipendia jako příspěvek na náklady spojené s cestou a pobytem.
- Délka pobytu 90-360 dnů (v rámci jednoho ak. roku).
- Suma pobytů během jednoho stupně studia je nejvýše 360 dnů.
- FIT má nasmlouváno cca 200 míst na 76 univerzitách v 25 zemích: Francie, Německo, Španělsko, Řecko, Finsko, Velká Británie, . . .

Další informace a programy

`https://www.vut.cz/studenti/staze`

`https://www.fit.vut.cz/study/study-abroad/`