Виртуални функции

Трифон Трифонов

Обектно-ориентирано програмиране,
спец. Компютърни науки, 1 поток,
2018/19 г.

24 април 2019 г.

Статично свързване

- Как компилаторът избира кой метод или коя функция да бъде извикана?
- Прави се сравнение между формални и фактически параметри и се избира най-точното съвпадение
  - в случай, че има няколко най-точни, грешка за неоднозначност
- Методът, който ще се извика се предопределя по време на компилация и при всяко изпълнение е един и същ

Статично свързване — примери

- **Пример:**

```
Player* pp = new Hero("Гандалф", 45, 15);
```

- Кой метод ще се извика при `pp->print()`
  - `Player::print` или `Hero::print`?
  - **подсказка:** кой отговор може да се определи със сигурност по време на компилация?
- Свързването по време на компилация нарияме статично или ранно (early binding)
- В C++ по подразбиране свързването е статично
  - има езици, в които по подразбиране свързването не е статично!
  - Java, Python, Ruby

Защо само статично свързване не стига

- **Пример:** създаване на обект от клас, избран от потребителя

```
Player* pp = nullptr; char c;
cin >> c;
if (c == 'b') pp = new Bot;
if (c == 'h') pp = new Hero;
...
if (pp != nullptr) pp->print();
```

- Винаги се извиква `Player::print()`!
- Няма как компилаторът да знае какво ще въведе потребителят, затова "залага на сигурното"
- Как да извикаме "правилния" метод?

Решение №1

Проверяваме входа от потребителя при всяка операция:

```
Player* pp = nullptr; char c;
cin >> c;
if (c == 'b') pp = new Bot;
if (c == 'h') pp = new Hero;
...
if (pp != nullptr) {
  if (c == 'b') ((Bot*)pp)->print();
  if (c == 'h') ((Hero*)pp)->print();
  ...
}
```

Проблеми:

- Пазим "маркера" на всеки обект, за да го ползваме при всяка операция
- При добавяне на нов клас, трябва да се правят много промени по кода
- Много повторение на код
- Грозно е

Решение №2

```
const int PLAYER = 0, HERO = 1, BOT = 2;
struct SmartPlayer {
  Player* player;
  int type;
  void print() const {
    if (type == PLAYER) player->print();
    if (type == HERO) ((Hero const*)player)->print();
    if (type == BOT) ((Bot const*)player)->print();
  }
};
SmartPlayer pp = { nullptr, PLAYER }; char c;
cin >> c;
if (c == 'h') { pp.player = new Hero; pp.type = HERO; }
if (c == 'b') { pp.player = new Bot; pp.type = BOT; }
pp.print();
```

Проблеми:

- Копиране на код
- SmartPlayer трябва да знае за всички наследници на Player

Какво всъщност ни трябва?

- И при двете решения:
  - Програмата трябва да "помни" допълнителни неща
  - Не можем да разширяваме лесно: промяна при всеки нов наследник на `Player`
- Какво всъщност ни трябва?
- Всеки обект да има "етикет" от кой клас е
- При извикване на операция, етикетът се използва, за да се определи коя предефинирана версия на метода да се използва

Динамично свързване

- Когато методът, който ще се извика, се определя по време на изпълнение, свързването се нарича динамично или късно (late binding)
- Извиква се методът на този клас, от който е обектът, към който сочи указателя
- Обектът може да е от базовия клас или от клас-наследник

Виртуални член-функции

- C++ поддържа едновременно статично и динамично свързване
- Можем да указваме какво е свързването са всяка отделна член-функция
- Функция, за които свързването е динамично, се нарича виртуална
- `virtual` <сигнатура>`;`
- Класове с виртуални функции се наричат полиморфни
- **Примери:**

```
class Player { ... virtual void print() const; ... };
Player p, *pp = &p;
pp->print(); // Player::print()
Hero h; pp = &h;
pp->print(); // Hero::print()
Bot b; pp = &b;
pp->print(); // Bot::print()
```

Особености на виртуалните функции

- Само член-функции могат да бъдат виртуални
- Конструкторите не могат да са виртуални
  - те се извикват "преди" обектът да е създаден
- Наследяващата член-функция в производния клас трябва да е със същата сигнатура
  - ако сигнатурата е различна, за C++ това е друга функция
- наследяващите функции са автоматично виртуални и `virtual` може да се пропусне
- `virtual` се пише само пред декларацията, не пред дефиницията

Видимост на виртуални функции

Общо правило: Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на указателя или препратката, през които се извиква.

Въпроси:

- може ли `private` виртуална функция да се извика извън класа?
- какъв трябва да е спецификаторът за достъп на виртуална функция в основния клас?
- какъв трябва да е спецификаторът за достъп при наследяването на основен клас с виртуална функция?

Извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- чрез обект
  - `Player p; p.print();`
  - статично свързване, понеже типът се знае предварително и няма как да се промени
- чрез указател
  - `Player* pp = &h; pp->print();`
  - динамично свързване
- чрез препратка
  - `Player& ap = b; ap.print();`
  - еквивалентно на указател, динамично свързване
- чрез указване на област
  - `Player::print();`
  - статично свързване, указали сме кой метод да се извика

Косвено извикване на виртуални функции

Какво се случва, ако виртуална функция се извика:

- от член-функция
  - `void Player::f() { ... print(); ... }`
  - еквивалентно на извикване през `this`, динамично свързване!
- от конструктор на основен клас
  - `Player::Player() { ... print(); ... }`
  - статично свързване, обектът от производен клас още не е построен!
- от деструктор на основен клас
  - `Player::~Player() { ... print(); ... }`
  - статично свързване, обектът от производния клас вече е разрушен!

Косвено динамично свързване

```
void Player::prettyPrint() const {
  cout << "---------- [ Player Info ] ---------";
  print();
  cout << "------------------------------------";
}
```

Нека `Hero h;` какво ще изведат:

- `Player* pp = &h; pp->prettyPrint();`
- `Player& ap = h; ap.prettyPrint();`
- `Player p = h; p.prettyPrint();`
- **Извод:** "Виртуалността" се разпростира автоматично и сред член-функциите, които извикват член-функции

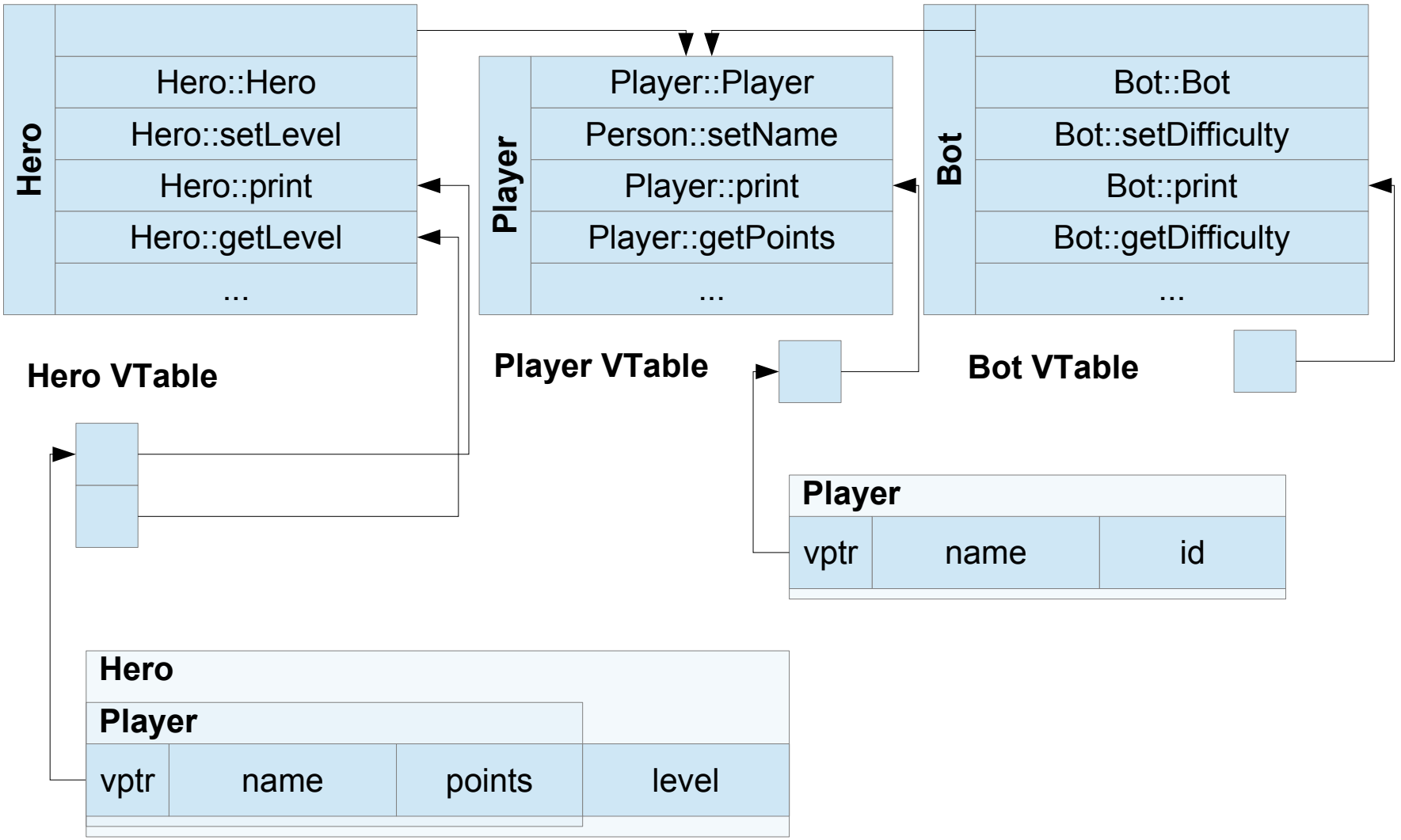
Определяне на "правилната" функция

- Не е задължително виртуална функция да има нова реализация във всеки производен клас
- Избира се виртуалната функция, която е "най-близко" до класа, от който е обекта
  - избраната функция се нарича final overrider
  - търсенето е отдолу-нагоре по йерархията

Механизъм на виртуалните таблици

- Как по време на изпълнение програмата избира кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (виртуална таблица)
- В началото на всеки обект с виртуални функции се поставя указател към виртуална таблица
- При динамично свързване, се случва следното:
  - компилаторът изчислява номера i на извикваната виртуалната функция
  - компилаторът генерира код, който
    - намира i-тия указател във виртуалната таблица на обекта
    - извиква функцията, която се сочи от този указател

Представяне в паметта



Типова информация по време на изпълнение (RTTI)

- В C++ има механизъм за намиране на типа на даден обект по време на изпълнение
- `typeid(`<израз>`)`
- връща обект от тип `type_info`
  - ако <израз> е lvalue от полиморфен клас, връща динамичния тип на <израз>
  - иначе, връща статичния тип на <израз>
- можем да получим името на даден тип:
  `cout << typeid(pp).name() << ' ' << typeid(*pp).name();`
- два типа могат да се сравняват с == или !=
  `typeid(p) != typeid(s), typeid(*pp) == typeid(Hero)`

Виртуални деструктори

- `Player* pp = new Bot; ... delete pp;`
- Кой деструктор ще се извика?
  - статично свързване, `~Player()`
  - динамичната памет на Bot остава неосвободена, изтича памет!
- Искаме да се вика правилният деструктор!
- Можем да декларираме деструктора като виртуален
- Тогава свързването е динамично и ще се извика деструкторът на `Bot`