

Виртуални функции

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 двусмислица
- Важно: Методът, който ще се извика се предопределя по време на компилация и при всяко изпълнение е един и същ

Статично свързване

- Пример:
`Person* pp = new Student(„Иван“, 123, 40000, 5);`
- Кой метод ще извика `pp->print()`?
 - `Student::print` или `Person::print`?
 - подсказка: кое от двете може да се определи със сигурност по време на компилация, а не по време на изпълнение?
- Свързването по време на компилация нариаме статично или ранно (`early binding`)
- В C++ по подразбиране свързването е статично
 - има езици, в които по подразбиране не е статично!

Защо само статично свързване не стига

- Пример:

```
Person* pp = NULL; char c;  
cin >> c;  
if (c == 's') pp = new Student;  
if (c == 'e') pp = new Employee;  
  
...  
if (pp != NULL) pp->print(); // Person::print
```
- Няма как компилаторът да знае какво ще въведе потребителят, затова се „залага на сигурното“
- Как можем да направим така, че да се извика „този метод, който трябва“?

Защо само статично свързване не стига

Решение №1:

```
Person* pp = NULL; char c;
```

```
cin >> c;
```

```
if (c == 's') pp = new Student;
```

```
if (c == 'e') pp = new Employee;
```

```
...
```

```
if (pp != NULL) {
```

```
    if (c == 's') ((Student*)pp)->print();
```

```
    if (c == 'e') ((Employee*)pp)->print();
```

Защо само статично свързване не стига

Решение №2:

```
struct SmartPerson {
    Person* person;
    enum { PERSON, STUDENT, EMPLOYEE } type;
    void print() const {
        if (type == PERSON) person->print();
        if (type == STUDENT) ((Student const*)person)->print();
        if (type == EMPLOYEE) ((Employee const*)person)->print();
    }
};

SmartPerson pp = { NULL, PERSON }; char c;
cin >> c;
if (c == 's') { pp.person = new Student; pp.type = STUDENT; }
if (c == 'e') { pp.person = new Employee; pp.type = EMPLOYEE; }
pp.print();
```

Защо само статично свързване не стига

- И двете решения не са напълно добри, понеже изискват програмата да „помни“ допълнителни неща...
- Колко хубаво би било, ако можеше със създаването си обектът да има „етикет“ и по време на изпълнение етикетът се използва, за да се определи кой метод да се извика

Динамично свързване

- При динамичното (късно) свързване (late binding) методът, който ще се извика, се определя по време на изпълнение
- извиква се методът на този клас, от който всъщност е даденият обект
 - независимо че указателят може да е дефиниран към базов клас

Виртуални член-функции

- В C++ динамичното свързване може да се включи за всяка отделна член-функция, като тя се обяви като **виртуална**
- **virtual** <сигнатура>;
- Класове с виртуални функции се наричат **полиморфни**
- Примери:

```
class Person { ... virtual void print() const; ... };
Person p, *pp = &p;
pp->print(); // Person::print()
Student s; pp = &s;
pp->print(); // Student::print()
Employee e; pp = &e;
pp->print(); // Employee::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
- Статичните член-функции не могат да са виртуални
 - те могат да се извикват без обект
- Наследяващата член-функция в производния клас трябва да е със същата сигнатура
 - ако сигнатурата е различна, това е друга функция
 - наследяващите функции са автоматично виртуални и запазената дума **virtual** може да се пропусне
- **virtual** се пише само пред декларацията, не пред дефиницията

Видимост на виртуални функции

- Правило:
Видимостта на една виртуална функция се определя от видимостта ѝ в класа на обекта, (указателя, псевдонима), през който се извиква
- Това означава ли, че:
 - може `private` виртуална функция да се извика извън класа?
 - няма смисъл виртуална функция в основния клас да е `private` или `protected`, понеже няма как да се извика?
 - основният клас, който съдържа виртуалната функция, трябва да е наследен с `public`?

Извикване на виртуални функции

Какво става ако виртуална функция, се извика:

- чрез обект
 - `Person p; p.print();`
 - статично свързване, понеже типът се знае предварително
- чрез указател
 - `Person* pp = &s; pp->print();`
 - динамично свързване
- чрез псевдоним
 - `Person& ap = e; ap.print();`
 - еквивалентно на указател, динамично свързване
- чрез указване на област
 - `Person::print();`
 - статично свързване, указали сме кой метод да се извика

Извикване на виртуални функции

Какво става ако виртуална функция, се извика:

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

Косвено динамично свързване

```
void Person::prettyPrint() const {  
    cout << „----- [ Person ] -----“;  
    print();  
    cout << „-----“;  
}
```

Ако Student s; какво ще изведат:

- Person p = s; p.prettyPrint();
- Person* pp = &s; pp->prettyPrint();
- Person& ap = s; ap.prettyPrint();

Косвено динамично свързване

```
void Person::prettyPrint() const {  
    cout << „----- [ Person ] -----“;  
    print();  
    cout << „-----“;  
}
```

Ако Student s; какво ще изведат:

- Person p = s; p.prettyPrint();
- Person* pp = &s; pp->prettyPrint();
- Person& ap = s; ap.prettyPrint();
- **Извод: „Виртуалността“ автоматично се разпростира и сред член-функциите, които извикват виртуални член-функции!**

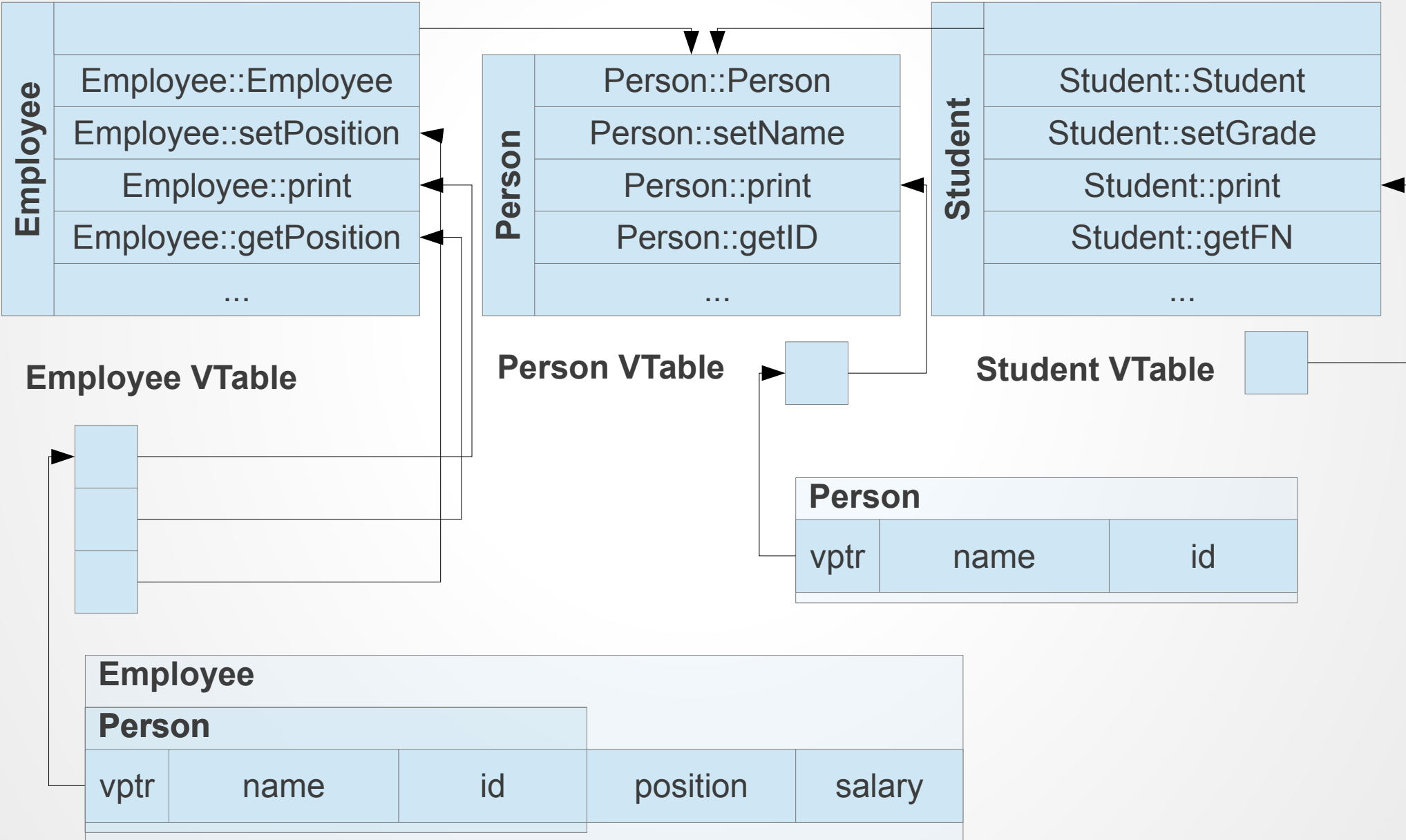
Коя реална функция ще се извика?

- 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
 - final override
 - търси се отдолу-нагоре
- При множествено наследяване могат да се получат двусмислици
 - ако Intern не дефинираше print(), какво щеше да изведе следният код?
Intern i; Person* pp = &i; pp->print();
 - двусмислицата се вижда още по време на компилация!

Механизъм на виртуалните таблици

- Как програмата решава по време на изпълнение кой метод да се изпълни?
- За всеки клас с виртуални функции се създава таблица с указатели към тях (**виртуална таблица**)
- За всеки обект с виртуални функции в началото 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

Механизъм на виртуалните таблици



Виртуални таблици и множествено наследяване

- При множествено наследяване се създава по една виртуална таблица за всеки основен клас
- Във всеки обект има по един указател към виртуална таблица за всеки основен клас
- Ако имаме и виртуално наследяване, представянето става още по-сложно
- За щастие, в рамките на този курс няма да пишем компилатор за C++ 😊

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>
- можете да получите 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(Student)`

Виртуални деструктори

- `Person* pp = new Employee; ... delete pp;`
- Кой деструктор ще се извика?

Виртуални деструктори

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