ООП

ООП в C++.
Наследование. Полиморфизм
Черновик

Кафедра ИВТ и ПМ

2018

План

Outline

Прошлые темы

- Опишите парадигму ООП
- Чем она отличается от парадигмы процедурного и модульного программирования?
- Из каких элементов строится программа написанная согласно парадигме объектно-ориентированного программирования ?
- Что такое класс?
- Что такое объект?
- Чем отличается класс от объекта?
- Что такое поле класса?
- Что такое метод класса?

Прошлые темы

- Для чего нужен this?
- Какие модификаторы доступа могут применяться к атрибутам класса?

Outline

Outline

Наследование (Inheritance)

Наследование - построение новых классов на основе уже существующих.

Базовый класс (предок) — класс на основе которого строится определение нового класса - **производного класса (потомка)**.

Наследование? Зачем?

Опишем класс для вектора $V = (V_x, V_y)$ на плоскости

```
// класс - вектор на плоскости
class Vector2D{
    float _x, _y;
public:
    Vector2D();
    void setX(float x) {_x = x;}
    void setY(float y) {_y = y;};
    float x() const {return _x;}
    float y() const {return _y;}
    float abs() const {return sqrt(_x*_x + _y*_y);}
};
```

Что если потребуется создать класс для представления вектора $V = (V_x, V_y, V_z)$? Придётся писать часть кода заново?

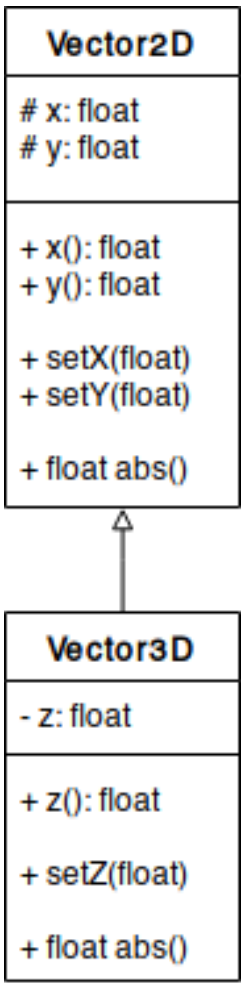
Наследование? Зачем?

Если потребуется создать класс для представления вектора $V = (V_x, V_y, V_z)$ то новый класс можно построить на основе старого, в котором уже будут методы и поля старого класса.

Наследование позволяет построить новый класс на основе имеющегося, *добавив* в него новые поля и методы.

Наследование

UML диаграмма классов



Любой экземпляр класса `Vector3D` теперь включает в себя всё, что есть в классе `Point2D`

В диаграмме выше для класса Vector3D приведены только его собственные поля, без полей унаследованных от Vector3D

Наследование

```
class Vector2D{  // вектор на плоскости
protected:
    float _x, _y;  // компоненты вектора
public:
    Vector2D() {}
    void setX(float x) {_x = x;}
    void setY(float y) {_y = y;}
    float x() const {return _x;}
    float y() const {return _y;}
    float abs() const {return sqrt(_x*_x + _y*_y);}
};
class Vector3D : public Vector2D{ // построим новый класс на основе Vector2D
    float _z;   // поля _x и _y унаследованы
public:         // x(), setX() и др. методы тоже унаследованы
    Vector3D() {}
    void setZ(float z) {_z = z;}
    float z() const {return _z;}
    // метод вычисления длинны вектора здесь должен быть свой
    float abs() {return sqrt(_x*_x + _y*_y + _z*_z);}
};

Vector3D v1;
v1.setX(3);
v1.setZ(4);
v1.abs(); // 5
```

Преобразование типов при наследовании

```
Vector2D v1(10, 20);
Vector2D *v11;

Vector3D v2(100, 200, 300);
Vector3D *v22;

// так можно. но все, что не входит в Vector2D будет отброшено
v1 = v2;
v11 = &v2; // и так можно.
v11->setX(42); // v2 = (42, 200, 300). но z так не поменять

// а так нельзя: откуда взять z?
v2 = v1;
// это тоже нельзя
v22 = v11;
```

Наследование. Пример 2

```
class B{
    int x_;
  protected:
    int y;
  public:
    B() { cout << "Base constructor";
      x_ = 42; y = 9000;}
    void setX(int x_) {x = x_;}
    int x() const {return x_;}
    int getY() {return y;}
    void foo() const {cout << "Base";}
};
```

```
class D : public B{
// поле x_ унаследовано,
// но к нему нет прямого доступа
// к полю у есть прямой доступ
// только внутри этого класса
public:
// в списке инициализации возможен
// вызов конструктора базового класса
  D() : B() { setX(1729); }
  void bar() const
    {cout << "Delivered";}
};
```

```
B base;
D del;
base.foo();   // Base
// вызов унаследованного метода
del.foo();    // Base
del.bar();    // Delivered
del.x();      // 1729
del.getY();   // 9000
```

Наследование и конструкторы, деструкторы ...

Эти методы хоть и наследуются, но не избавляют от написания аналогичных в производном классе:

- Конструкторы
- Деструктор
- Операторы присваивания

Например в конструкторе производного класса можно вызывать конструктор базового класса, но нельзя вызывать второй *вместо* первого.

Наследование и конструкторы, деструкторы ...

- Конструктор по умолчанию базового класса вызывается автоматически перед вызовов конструктора производного класса.
- Если базовых классов несколько (многоуровневое наследование) то сначала вызывается конструктор самого базового класса.
- Деструкторы вызываются в обратном порядке: от производного класса к базовым

Наследование и конструкторы, деструкторы ...

```
class Vector2D{
    public:
        Vector2D(float x, float y) {_x = x; _y = y;}
    // ...
};

class Vector3D : public Vector2D{
public:
    // Вызов конструктора базового класса в конструкторе производного
    Vector3D(float x, float y, float z) : Vector2D(x,y) {_z = z;}
    // ...
```

Наследование и операторы

```
class Vector2D{
    public:
    // ...
    Vector2D operator + (const Vector2D& v);
};

class Vector3D : public Vector2D{
    // ...
};

Vector3D v1, v2;
Vector3D v3 = v1 + v2;
```

Компилируется?

Наследование и операторы

```
class Vector2D{
    public:
    // ...
    Vector2D operator + (const Vector2D& v);
};

class Vector3D : public Vector2D{
    // ...
};

Vector3D v1, v2;
Vector3D v3 = v1 + v2;
```

Компилируется?

Ошибка: не определено оператора сложения для класса Vector3D.

Операторы наследуются. Однако в примере выше нужен оператор для класса Vector3D, однако унаследованный оператор принимает Vector2D

Ошибка станет очевиднее, если записать вызов оператора как `Vector3D v3 = v1.operator + (v2);`

Наследование и модификаторы наследования

When the component is declared as:	When the class is inherited as:	The resulting access inside the subclass is:
public	public	Public
protected		protected
private		none
public	protected	protected
protected		protected
private		none
public	private	private
protected		private
private		none

Outline

перегрузка методов (overloading)

Перегрузка методов (overloading) – это объявление в классе методов с одинаковыми именами при этом с различными параметрами.

```
class B {
        public:
        void bar() {cout << "bar";}
        void bar(string s) {cout << "bar s: " << s;}
        void bar(float x) {cout << "bar " << x;}
    };
```

Метод bar перегружен и имеет три версии. Какая версия будет вызвана зависит от типа и количества параметров:

```
B b;

b.bar();              // bar;
b.bar(42);            // bar 42
b.bar(42 + 2);        // bar 44
b.bar("42");          // bar s: 42
b.bar("qwerty");      // bar s: qwerty
```

перегрузка имён (overloading)

Пример 2

```
class B {
        public:
        void bar() {cout << "bar";}
        void bar(string s) {cout << "bar s: " << s;}
        void bar(float x) {cout << "bar " << x;}
    };

class D: public B{
    public:
        void bar(int x, int y) {cout << "bar " << x << y;}

    D d;

    d.bar();              // bar;
    d.bar(42);            // bar 42
    d.bar(40, 2);         // bar 40 2
    d.bar("qwerty");      // bar s: qwerty
```

перегрузка методов (overloading)

Переопределение метода (overriding) - объявление в производном классе метода, который заменяет собой одноименный метод базового. При этом новый метод должен иметь те же параметры что и метод базового класса.

```
class B {
    public:
        void foo() {cout << "base";}
};

class D: public B{
    public:
        void foo(){cout << "delivered";}
};

B base;
D delivered;
base.foo();          // base
delivered.foo();     // delivered
// Если нужно вызывать метод базового класса в производном:
delivered.B::foo(); // base
```

Outline

Множественное наследование

Множественное наследование - наследование от нескольких классов одновременно.

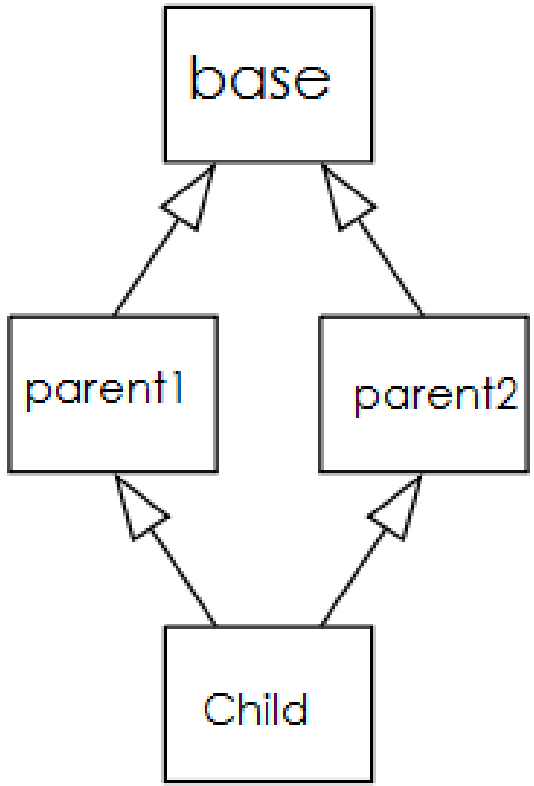
```
class Z: public X, public Y { . . . };
```

При множественном наследовании возникает проблема неоднозначности из-за совпадающих имен в базовых классах.

Поэтому лучше наследоваться от интерфейсов и классов-контейнеров.

Deadly Diamond of Death

Проблема ромба [wiki]



если метод класса Child вызывает метод, определенный в классе A, а классы B и C по-своему переопределили этот метод, то от какого класса его наследовать: B или C ?

Outline

Одинаковые операции с разными типами

Требуется вычислить общую площадь для набора геометрических фигур, определённых классами

```
class Square{
    float a;
  public:
    // ...
    float area() {return a*a;}
};
```

```
class Circle{
    float r;
  public:
    // ...
    float area() {return M_PI * r*r;}
};
```

Одинаковые операции с разными типами

потребуется два отдельных массива для хранения экземпляров этих классов...

```
vector<Square> squares;
vector<Circle> circles;
```

... и потребуется два отдельных цикла для совершения одинаковых действий, с этими типами данных

```
// ...
float S = 0;

for (Circle &c: circles)
    S += c.area();

for (Square &s: squares)
    S += s.area();
```

Проблемы:

- экземпляры схожих классов требуется хранить отдельно
- для совершения схожих действий с экземплярами разных классов приходится писать код для работы с каждым из классов отдельно

Решение п.1: связать классы общим предком

- C++ позволяет записать указатель на производный класс в указатель на базовый класс
- Это возможно потому, что указатели имеют одинаковый размер вне зависимости от объекта на который они ссылаются
- Объявим новый класс, который будет базовым для `Circle` и `Square`

```
class Shape{
    public:
        float area() {return 0;}
};

class Square: public Shape{
    // ...
    float area() {return a*a;}              };

class Circle: public Shape{
    // ...
    float area() {return M_PI * r*r;}       };
```

Определение типа

- Тогда можно будет хранить **указатели** на производные классы так:

```
vector< Shape* > shapes;
Square *s = new Square(10);
Circle *c = new Circle(5);
shapes.push_back(s);
shapes.push_back(c);
```

- Но, если вызывать метод производного класса из указателя на базовый, то будет вызван одноименный метод *базового* класса

```
Shape *shape;
Square *s = new Square(10);
Circle *c = new Circle(5);
if ( random()%2 == 0 ) shape = s;
else shape = c;
cout << shape->area(); // 0
```

Ранее связывание

- ```
  Shape *shape;
  Square *s = new Square(10);
  Circle *c = new Circle(5);
  if ( random()%2 == 0 ) shape = s;
  else shape = c;
  cout << shape->area(); // 0
  ```

- Это происходит из-за того, что тип данных для которого будет вызван метод определяется ещё на этапе компиляции. Он всегда соответствует типу данных используемого указателя

  в данном случае для хранения ссылки используется указатель на Shape

- Такой подход называется **ранним связыванием**, когда тип данных переменной определяется (связывается) на этапе компиляции

- Раннее связывание - это **статическая типизация**. Переменная не меняет тип данных.
  ```

Решение п.2: позднее связывание

- Если бы тип данных указателя определялся не по его объявлению, а по фактически записанным в него данным...
- Определение типа данных во время работы программы называется **поздним связыванием**
- Позднее связывание лежит в основе **динамической типизации**[1]

[1] Python использует именно динамическую типизацию

Виртуальные методы

- Чтобы задействовать механизм позднего связывания для данных классов, рассматриваемый метод должен быть объявлен как **виртуальный** в базовом классе

```
class Shape{
 public:
    // ...
   float virtual area() {return 0;}
};
```

- В производных классах этот метод переопределён

```
class Square: public Shape{
    // ...
    float area() {return a*a;}  };

class Circle: public Shape{
    // ...
    float area() {return M_PI * r*r;}       };
```

- Такая концепция называется **динамическим полиморфизмом**: один интерфейс - много объектов; тип конкретного объекта определяется динамически - во время выполнения программы

Динамический полиморфизмом

- Теперь тип объекта, указатель на который записан в переменную будет проверятся во время выполнения программы

```
// если метод area() будет виртуальным...
Shape *shape;
Square *s = new Square(10);
Circle *c = new Circle(5);
if ( random()%2 == 0 ) shape = s;
else shape = c;

// будет вызван метод соответствующий не типу shape
// а фактически записанному в него объекту
cout << shape->area();
```

Динамический полиморфизмом

Код полностью

```
class Shape{
 public:
    // ...
   float virtual area() {return 0;} // возвращает площадь
};

class Square: public Shape{
    float a;
  public:
    // ...
    float area() {return a*a;}  };
class Circle: public Shape{
    float r;
  public:
    // ...
    float area() {return M_PI * r*r;}       };

    Shape *s; // Полиморфизм реализуется с использованием указателей на объекты
    Square square = new Square(10);
    Circle circle = new Circle(10);
    s = square;
    cout << s->area() << endl;  // 100
    s = circle;
    cout << s->area() << endl;  // 314.159
```

Динамический полиморфизмом

Теперь можно воспользоваться преимуществом полиморфизма и реализовать поставленную задачу (см. слайд 28) следующий образом:

```
// набор указателей на базовые классы
vector<Shape*> shapes;

// в shapes можно записать указатель на объект
// любого из производных классов
for (unsigned i =0; i< n; i++){
    if ( rand()%2 == 0 )
        shapes.push_back( new Square(rand()%100) );
    else
        shapes.push_back( new Circle(rand()%100) );
}

float S = 0;
// Какой из методов вызывать (для какого класса)
// будет определено на этапе выполнения
for (Shape *s: shapes){
    S += s->area();
}
```

Полиморфизм

Полиморфизм - обработка разных типов данных одним способом.

Полиморфизм - это один интерфейс — много реализаций

Б. Страуструп

Полиморфизм

Абстрактные методы

- Абстрактный метод - это виртуальный метод, который не имеет реализации
- Абстрактные методы объявляются так:

```
class Shape{
    public:
    // ...
    // это абстрактный метод
    float virtual area() = 0;

    // а это виртуальный метод
    float virtual foo();
    };
```

- Абстрактный метод должен быть переопределён в производных классах для данного.
- Класс, который содержит абстрактный метод называется абстрактным
- Экземпляры такого класса создавать нельзя

Абстрактные методы

- Для чего нужны абстрактные классы, если нельзя создавать их экземпляры?
- Абстрактные классы задают *интерфейс* - набор методов для всех своих потомков
- Причём в потомках эти методы обязаны быть определены
- Абстрактные классы C++ - это **интерфейсы**
- "Интерфейс должен быть **реализован**"=
"на основе абстрактного класса должен быть построен новый класс"
- Интерфейсы особенно рекомендуется использовать при множественном наследовании

Как реализуется динамическим полиморфизм компилятором

Таблица виртуальных методов (virtual method table, VMT) — координирующая таблица или vtable — механизм, используемый в языках программирования для поддержки динамического соответствия (или метода позднего связывания).

Вопросы

- Чем отличается переопределение виртуальных методов от переопределения остальных?
- Для чего нужен динамический полиморфизм? Приведите примеры.
- Как задействовать позднее связывание?

Outline

Ссылки и литература

1. https://stepik.org/course/7 Программирование на языке C++
2. Г. Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. 720 с. 2010 г. 700 страниц. Теория. Примеры на C++. Картинки! Вторая половина книги - примеры OOA и OOD с UML диаграммами.
3. MSDN - Microsoft Developer Network
4. Qt 5.X. Профессиональное программирование на C++. Макс Шлее. 2015 и более поздние издания г. 928 с. Книга периодически обновляется с выходом новых версий фреймворка Qt.
5. www.stackowerflow.com - система вопросов и ответов
6. draw.io — создание диаграмм.

Материалы курса

Слайды, вопросы к экзамену, задания, примеры

github.com/VetrovSV/OOP