**Лекція 20.Поліморфізм та віртуальні функції.** **Застосування поліморфізму**

**Застосування поліморфізму**

***Поліморфізм – це існування різних реалізацій однієї операції для об’єктів різного типу. Поліморфізм в мові програмування означає багатозначність змінних і функцій.***

Існує погляд, згідно з яким поліморфними вважаються операції, реалізовані лише віртуальними функціями (динамічний поліморфізм, або поліморфізм часу виконання програми). Клас, що містить хоча б один віртуальний метод, називають поліморфним класом. Головне, що поліморфні класи, завдяки динамічному зв'язуванню, надають можливість обробляти об'єкти, тип яких стає відомим лише під час виконання програми.

Проте частіше поліморфізм розуміють не лише як динамічний. Зокрема, перевантаження /перевизначення функцій та операторів у мові С++ реалізує статичний поліморфізм (поліморфізм часу компіляції).

Поліморфізм втілює принцип "один інтерфейс, кілька реалізацій". Він дозволяє використовувати спільний інтерфейс різних класів і не замислюватися над відмінностями в реалізації операцій, прихованих у класах. Це сприяє створенню ясного, короткого й гнучкого коду.

Приклад перевантаження функцій у класі.

Задано клас Day, що реалізує день тижня. У класі перевантажено функцію Set(), що встановлює новий день тижня. Метод Set() має 2 реалізації:

* без параметрів;
* з одним параметром.

Програмний код, що демонструє застосування “перевантаження” функцій у класі має наступний вигляд:

**#include <iostream>**

**#include <Windows.h>**

**using namespace std;**

**class Day**

**{**

**int day;**

**public:**

**// метод Set() перевантажено**

**void Set(int nday) { day = nday; }**

**void Set(void) { day = 1; }**

**int Get(void) { return day; }**

**};**

**int main()**

**{ system("color F0");**

**Day D;**

**int day;**

**// використання перевантаженого метода Set**

**D.Set();**

**day = D.Get(); // day = 1**

**D.Set(5);**

**day = D.Get(); // day = 5**

**cout << day << endl;**

**return 0;**

**}**

##### Доступ до перевантаженої функції з допомогою покажчика на функцію

При оголошенні покажчика на “перевантажену” функцію, компілятор визначає потрібну функцію для покажчика за його сигнатурою при оголошенні.

**Наприклад.** Нехай задано 3 “перевантажені” функції Increment() для типів int, double, char. При оголошенні покажчика на функцію, потрібно явно задати тип покажчика при оголошенні. Нижченаведений код демонструє використання покажчика на перевантажену функцію

**#include <iostream>**

**#include <Windows.h>**

**using namespace std;**

**int Increment(int i)**

**{ return i+1; }**

**double Increment(double d)**

**{ return d+1; }**

**char Increment(char c)**

**{ return c+1; }**

**int main()**

**{ system("color F0");**

**int (\*pi)(int); // покажчик на функцію, яка отримує**

**//параметром int і повертає int**

**pi = Increment; // p вказує на int Increment(int)**

**int d = (\*pi)(4); // d = 5**

**char (\*pc)(char);**

**pc = Increment; // p вказує на char Increment(char)**

**char c = (\*pc)('F'); // c = 'G'**

**cout << c << endl;**

**return 0;**

**}**

Для похідного класу можна визначати методи (функції), що мають такі ж імена, як і у методів базового класу. В цьому випадку має місце перевантаження функцій. Таким чином, похідний клас може не тільки доповнювати, але і коректувати поведінку базового класу. Доступ до перевизначеного (перевантаженого) методу базового класу для похідного класу виконується через ім'я, уточнене за допомогою операції доступу до області видимості (::).

Наприклад:

**class А**

**{**

**. . .**

**public:**

**void draw();**

**}**

**class В: public А**

**{**

**. . .**

**void draw();// перевизначення методу draw() базового класу**

**};**

**void draw();**

**{**

**class А::draw(); //виклик функції draw() базового класу А**

**. . .**

**}**

Робота з об'єктами частіше проводиться через покажчики. Покажчику на базовий клас можна присвоїти значення адреси об'єкта будь-якого похідного класу. Якщо при використанні віртуальної функції виклик здійснюється за допомогою покажчика базового класу (або посилання), то С++ вибирає правильну перевизначену функцію у відповідному похідному класі, пов'язаному з даним об'єктом. Якщо функція-елемент визначена у базовому класі не як віртуальна, але перевизначена в похідному класі, і викликається через покажчик базового класу, то використовується функція базового класу. Якщо ж ця функція-елемент викликається через покажчик похідного класу, то використовується функція похідного класу. Це не поліморфне поводження.

Приклад виклику функції draw() через покажчик на базовий клас:

В b; // оголошення об’єкта похідного класу з ім’ям b

А \*pА; // оголошення покажчика pА на базовий клас А

pА =& b; // покажчику привласнюється адреса об'єкта b

pА-> draw (); // виклик функції draw() через покажчик на базовий клас

Отже, завдяки використанню віртуальних функцій і поліморфізму, один і той же виклик функції може привести до різних дій залежно від типу об'єкта, що приймає цей виклик.

**Зв’язки похідних класів з базовим**

Похідні класи мають з базовим класом зв'язки двох видів. **Перший** з них полягає в тому, що екземпляри похідних класів використовують всі відкриті члени базового класу – зокрема методи базового класу. Приклад.

**class Base**

**{ public:**

**void meth ()**

**{ cout << "In Base: meth() " << endl; }**

**};**

**class SubBase : public Base**

**{ // …**

**};**

**int main (void)**

**{**

**Base b; // екземпляр базового класу**

**SubBase sb; // екземпляр похідного класу**

**b.meth (); // виклик методу базового класу**

**sb.meth (); // виклик методу базового класу**

**return 0;**

**}**

Другий вид зв'язку полягає в тому, що:

* екземпляр базового класу можна створити як екземпляр похідного;
* посилання на базовий клас може посилатись на похідний;
* вказівник на базовий клас може вказувати на похідний.

Всі ці операції виконуються без явного приведення типів і є реалізацією відношення «is-a». Приклад.

**int main (void)**

**{**

**Base b;**

**SubBase sb;**

**// екземпляр базового класу створюється як похідний**

**Base bb = SubBase ();**

**// екземпляру базового класу присвоюється похідний**

**b = sb;**

**// посилання на базовий клас посилається на похідний**

**Base & bbb = sb;**

**// вказівник на базовий клас вказує на похідний**

**Base \*p = &sb;**

**// sb = b; // таке присвоєння неможливе!**

**return 0;**

**}**

Цілком зрозуміла заборона присвоєнь у зворотному напрямку – адже якщо екземпляр похідного класу створюється як базовий, то виникає проблема із викликом методів похідного класу, яких немає у базовому:

**class Base**

**{ public:**

**void meth ()**

**{ cout << "In Base: meth()" << endl; }**

**};**

**class SubBase : public Base**

**{**

**void meth\_SubBase ()**

**{ cout << "Власний метод похідного класу" << endl;}**

**};**

**int main (void)**

**{**

**Base b; // екземпляр базового класу**

**SubBase sb = b; // припустимо це можливим**

**b.meth (); // виклик методу базового класу**

**sb.meth\_SubBase (); // в базовому класі метод відсутній**

**return 0;**

**}**

Та обставина, що посилання та вказівники базового класу можуть вказувати на екземпляри похідних класів, приводить до такої можливості: методи, які мають параметрами посилання або вказівник на базовий клас, можуть викликатись із аргументами-екземплярами похідних класів:

**void fun (Base & b)**

**{**

**b.meth();**

**}**

**int main (void)**

**{**

**Base b;**

**SubBase sb;**

**fun (b); // так можливо**

**fun (sb); // і так теж можливо**

**return 0;**

**}**

Але в будь-якому разі, функція **fun()** викликатиме метод **meth()** базового класу.

**Поліморфне спадкування**

Проте, можлива ситуація, коли успадковані методи похідних класів повинні поводити себе інакше, ніж методи базового класу. Така поведінка називається “поліморфною”. (Поліморфний – такий, що має багато форм). Реалізація поліморфного спадкування здійснюється одним із двох способів:

1) ***Використання віртуальних методів;***

***2)*** ***Перекриття методів базового класу у похідному класі.***

Використання віртуальних функцій ми розглядали в попередній лекції.

**Перекриття методів базового класу у похідному класі**

Розглянемо приклад.

**class Base**

**{ public:**

**void meth ()**

**{ cout << "In Base: meth() " << endl; }**

**};**

**class SubBase : public Base**

**{**

**// цей метод перекриває відповідний метод базового класу**

**void meth ()**

**{ cout << "In SubBase: meth() " << endl;}**

**};**

**int main (void) {**

**Base b; // екземпляр базового класу**

**SubBase sb; // екземпляр похідного класу**

**b.meth (); // виклик методу базового класу**

**sb.meth (); // виклик методу похідного класу**

**return 0;**

**}**

В усіх попередніх прикладах зв'язування екземпляру із конкретним методом (функцією-членом класу) відбувалось на етапі компіляції (тобто ще до початку її виконання). Ця процедура, як відомо, називається **раннім зв'язуванням**. Альтернативний спосіб – **пізнє** **зв'язування** (інколи – динамічне зв'язування, в С# - динамічний поліморфізм) дозволяє асоціювати об'єкт із методом саме **під час виконання програми**.

Якщо в похідному класі визначається метод, одноіменний з віртуальним методом базового класу, але з відмінною сигнатурою, він перекриває віртуальний метод базового класу. Це означає, що в похідних класах віртуальний метод базового класу не доступний. Приклад.

**class Base**

**{ public: // раніше визначені члени класу**

**virtual virt (); // віртуальний метод**

**};**

**class SubBase : public Base**

**{ public : // раніше визначені члени класу**

**virt (int i); // метод - перекриває віртуальний**

**};**

**int main (void)**

**{**

**Base b = Base ();**

**SubBase sb = SubBase ();**

**sb.virt (10); // припустимо**

**sb.virt (); //помилка – метод базового класу недоступний**

**return 0;**

**}**

Отже, віртуальна функція – це функція-член класу, помічена словом **virtual**, для якої можливе перевизначення у всіх або деяких похідних класах. При звертанні до екземпляру похідного класу ***через вказівник або посилання*** на базовий клас буде виконана саме перевизначена (заміщена) у похідному класі віртуальна функція.

**Поліморфна функція та змінна**

**Поліморфною** називається така змінна, яка може зберігати в собі значення різних типів даних

**Поліморфною функцією** є така функція, яка може бути викликана з аргументами різного типу, а фактичний код, що виконується залежить від типів аргументів.

**Поліморфний метод –** той що викликається за допомогою поліморфної змінної.

**Поняття поліморфної змінної**

Однією з найбільш цікавих особливостей об'єктно-орієнтованих мов програмування є той факт, що фактичний тип змінної може не збігатися з типом, заявленим при її оголошенні.

Поліморфна змінна не тільки зберігає дані фактичного типу, але і дозволяє використовувати методи фактичного типу.

Для позначення типу присвоюваного змінній при її оголошенні будемо використовувати термін "статичний тип", а для характеризування типу фактичного значення – "динамічний тип". Змінна, для якої динамічний тип може не співпадати зі статичним, називається поліморфною.

**Реалізація поліморфних змінних.**

Поліморфмою в С++ може бути лише змінна типу покажчик(\*) чи посилання(&).

Поліморфізм виникає, коли покажчику (або посилання) базового класу присвоюється покажчик на похідний клас. Правильність використання властивостей та методів динамічного типу визначає компілятор на основі статичного типу.

**Метод підстановки та покажчики**

Згідно принципу підстановки покажчику на базовий клас можна присвоїти значення адреси об’єкту будь-якого похідного класу.

**class Base**

**{public: void print(){cout << "Base" << endl;};};**

**class Derive: public Base**

**{public: void print(){cout << "Derived" << endl;} };**

****

**Base b;**

**Derive d;**

**b.print();**

**d.print();**

**Base \*b1 = &b;**

**b1->print();**

**b1 = &d;**

**b1->print();**

Специфікатор virtual: оголошує віртуальний метод, це означає, що:

* буде викликати метод фактичного типу (того на що у даний вказує покажчик);
* спадкується: віртуальними будуть всі методи у класах нащадках з тим же ім’ям.

Віртуальними не можуть бути статичні методи і конструктори.

***Поліморфізм при спадкуванні проявляється через комбінацію віртуальний метод + динамічна змінна екземпляр***. Приклад.

***class Base***

***{public: virtual void print(){cout << "Base" << endl;};};***

***class Derive: public Base***

***{public: void print(){cout << "Derived" << endl;} };***



**Base \*b1 = &b;**

**b1->print();**

**b1 = &d;**

**b1->print();**

**Base b;**

**Derive d;**

**b.print();**

**d.print();**

Статичне (раннє) зв’язування – це визначення чогось на етапі компіляції, наприклад змінної та її значення, функції та її виклику. Те, що визначається на етапі виконання (покажчик на функцію та адреса конкретної функції) є прикладом динамічного (пізнього) зв’язування.

Віртуальність запускає механізм пізнього зв’язування, коли покажчик на об’єкт зв’язується з методом на етапі виконання за своїм фактичним типом.

**Відкладений метод**

Відкладений метод - це окремий випадок перевизначення, коли метод базового класу не має реалізації, а будь-яка корисна діяльність задається в методі похідного класу. У мові С ++ відкладений метод повинен бути описаний в явному вигляді з ключовим словом virtual. Тіло відкладеного методу не визначається, натомість функції «приписується» значення = 0.

**Різниця між перевантаженням функцій і перевизначенням в C ++**

Поліморфізм є однією з вирішальних ознак ООП. Поліморфізм може бути реалізований з використанням 'перевантаження функцій', 'перевантаження оператора' і 'віртуальної функції'. І «перевантаження», і «перевизначення» передбачають поняття поліморфізму. Тут «перевантаження» - це поліморфізм часу компіляції, а «перевизначення» - поліморфізм часу виконання.

У 'перевантаженні' ми перевизначаємо перевантажені функції з однаковою назвою функції, але різним числом і типом параметрів. У "перевизначенні" прототипу перевизначена функція однакова по всій програмі, але функції, що підлягають перевизначенню, передує ключовому слову "віртуальний" у базовому класі і перевизначається похідним класом без будь-якого ключового слова.

**Порівняння:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Основа для порівняння*** | ***Перевантаження*** | ***Перевизначення*** |
| Прототип | Прототип відрізняється, оскільки кількість або тип параметра можуть відрізнятися. | Всі аспекти прототипу повинні бути однаковими. |
| Ключове слово | Під час перевантаження немає ключових слів. | Функції, що підлягають перевизначенню, передує ключове слово 'virtual' у базовому класі. |
| Відмінний фактор | Кількість або тип параметра відрізняється, який визначає виклик версії функції. | Яку функцію класу викликає покажчик, визначається адреса, до якого об'єкта класу призначається цей покажчик. |
| Визначення візерунка | Функція перевизначається з однаковою назвою, але відрізняється номером і типом параметра. | Функція визначена, передує ключовому слову "віртуальний" у базовому класі і перевизначено за допомогою похідного класу без ключового слова. |
| Час виконання | Час компіляції. | Час виконання. |
| Конструктор / віртуальна функція | Конструктори можуть бути перевантажені. | Віртуальну функцію можна перевизначити. |
| Деструктор | Деструктор не може бути перевантажений. | Деструктор може бути перевизначений. |
| Прив'язка | Перевантаження досягає раннього зв'язування. | Перевизначення відноситься до пізнього зв'язування. |

**Визначення перевантаження**

Поліморфізм часу компіляції називається «перевантаженням». Оскільки перевантаження генерується з поняття поліморфізму, воно забезпечує «спільний інтерфейс для декількох методів». Це означає, що якщо функція перевантажена, вона має таку ж назву функції, поки вона перевизначається.

Перевантажені функції розрізняються по відношенню до різних чисел або типів параметрів, що робить одну перевантажену функцію відмінною від іншої. Таким чином, компілятор розпізнає, яка перевантажена функція викликається. Найбільш часто перевантаженими функціями є «конструктори». "Копіювальний конструктор" є своєрідним "перевантаженням конструктора".

**Визначення перевизначення**

Поліморфізм, досягнутий під час виконання, називається «перевизначенням». Це досягається за допомогою "успадкування" і "віртуальних функцій". Функції, що підлягають перевизначенню, передує ключове слово "віртуальний" у базовому класі та перевизначено у похідному класі без будь-якого ключового слова.

Одним з найважливіших речей, які слід пам'ятати у випадку перевизначення, є те, що прототип функції перевизначення не повинен змінюватися, тоді як похідний клас перевизначає його. Коли функція перевизначення задається викликом, C ++ визначає, яка версія функції викликається на основі "типу об'єкта, на який вказує покажчик", за допомогою якого виконується виклик функції.

**Ключові відмінності між перевантаженням і перевизначенням**

1. Прототип функції, що перевантажується, відрізняється через тип і кількість параметрів, які передаються функції перевантаження. З іншого боку, прототип функції перевизначення не змінюється, оскільки перевизначена функція виконує різні дії для різних класів, яким вона належить, але з тим же типом і номером параметра.
2. Перевантажене ім'я функції не передує будь-якому ключовому слову, тоді як ім'я функції перевизначення передує зі специфікатором “Віртуальний” тільки в базовому класі.
3. Яка функція перевантаження залежить від типу або кількості параметра, який передається функції. Перевизначена функція, з якої викликається клас, залежить від того, до якої адреси об'єкта класу призначається покажчик, який викликав функцію.
4. Яка перевантажена функція, яку потрібно викликати, вирішується під час компіляції. Яка перевизначена функція, яку потрібно викликати, вирішується під час виконання.
5. Конструктори можуть бути перевантажені, але їх не можна перевизначити.
6. Деструктори не можуть бути перевантажені, але їх можна перевизначити.
7. Перевантаження досягає раннього зв'язування, через яке буде викликана перевантажена функція, що вирішується під час компіляції. Перевизначення досягає пізнього зв'язування, так як функція перевизначення буде викликана під час виконання.

**Подібності**

1. Обидва застосовуються до функцій-членів класу.
2. Поліморфізм є основною концепцією обох.
3. Ім'я функції залишається таким же, поки ми застосовуємо перевантаження та перевизначення функцій.

Перевантаження та перевизначення виглядають подібними, але це не так. Функції можуть бути перевантажені, але будь-який клас не може перевизначити перевантажену функцію в майбутньому. Віртуальна функція не може бути перевантажена; їх можна тільки перевизначити.

*Для самостійного вивчення*: Поглибити матеріал лекції за наданою літературою. Вивчення лекційного матеріалу та додаткових джерел. Розгляд запитань і виконання завдань для самостійної роботи, запропонованих на лекції.

*Література*

1. Джейс Либерти Освой самостоятельно С++ за 21 день: 3-е изд. пер. с англ.: Уч. пос. – М.: Издательский дом „Вильямс”, 2001. – 816 с.: ил..
2. Павловская Т.А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня. СПб.: Питер, 2003. – 461 с. URL:  <http://www.ph4s.ru/bookprogramir_1.html>
3. Липпман С. Б., Лажойе Ж. Язык программирования С++: Вводный курс. — М.: ДМК, 2001. URL: <http://www.insycom.ru/html/metodmat/inf/Lipman.pdf>
4. Дейтел Х., Дейтел П. Основы программирования на С++. – М.: Бином, 1999. – 1024 с. URL:  <http://ijevanlib.ysu.am/wp-content/uploads/2018/03/deytel.pdf>
5. Бадд Т. Объектно-ориентированное программирование в действии. [2-е изд.] – СПб.: Изд-во "Питер". 1997.  URL: <http://khizha.dp.ua/library/Timothy_Budd_-_Introduction_to_OOP_(ru).pdf>.
6. *Герб Саттер,Андрей Александреску* "Стандарты программирования на С++ ", [*Вильямс, 2005*](http://www.williamspublishing.com/)*; 304 с.*
7. *Скотт Мейерс.* Эффективное использование C++. 50 рекомендаций по улучшению ваших программ и проектов. *"ДМК", 2000; 240 с.*
8. *Скотт Мейерс.* Наиболее эффективное использование C++. 35 новых рекомендаций по улучшению ваших программ и проектов.*"ДМК",2000;304 с.*

*Контрольні запитання для самоперевірки*.

1. З якою метою в мові С++ реалізований поліморфізм?
2. Поясніть значення терміну “перезавантаження” функцій.
3. За допомогою яких механізмів реалізується поліморфізм?
4. Чи можна покажчику на базовий клас присвоїти значення адреси об'єкта похідного класу?
5. Що необхідно для того, щоб реалізувати поліморфізм в програмі?
6. Чим динамічний поліморфізм відрізняється від статичного?

*Контрольні запитання для надання письмових відповідей*.

1. Яким чином компілятор визначає яку з перевантажених функцій потрібно виконувати?
2. Для чого використовується перевантаження конструкторів класу? В чому переваги перевантаження конструкторів класу?