

Kurs języka C++

15. Obiekty funkcyjne i lambdy

Spis treści

- ▶ Funktory i predykaty
- ▶ Predefiniowane obiekty funkcyjne
- ▶ Funkcje lambda

Obiekty funkcyjne

- ▶ Obiekt funkcyjny to obiekt, w którym jest zdefiniowany operator wywołania funkcji `operator()`.
- ▶ Obiekty funkcyjne i są obiektami działającymi jak funkcje.
- ▶ Zalety obiektów funkcyjnych:
 - ▶ posiadają stan (pamięć),
 - ▶ mają własny typ (mogą być parametrami szablonów),
 - ▶ działają co najmniej tak szybko jak wskaźniki do funkcji.

Obiekt funkcyjny jako kryterium sortowania

```
class Person {
public:
    string firstname() const;
    string lastname() const;
    ...
};

struct PersonSortCriterion {
    bool operator() (const Person &p1, const Person &p2) const {
        return p1.lastname()<p2.lastname() or
            p1.lastname()==p2.lastname() and p1.firstname()<p2.firstname();
    }
};

...

set<Person, PersonSortCriterion> coll;
```

Funktory i predykaty

- ▶ **Funktor** to obiekt klasy z operatorem wywołania funkcji.
- ▶ **Predykat** to funktor, który wyniku zwraca wartość boolowską.
- ▶ Obiekt funkcji łączący dwa obiekty funkcyjne nosi nazwę **adaptatora funktorów**.

Obiekt funkcyjny ze stanem wewnętrznym

```
class IntSequence {  
private:  
    int value;  
public:  
    // konstruktor  
    IntSequence (int init = 0) : value(init) {}  
    // operator wywołania funkcji  
    int operator() () {  
        return ++value;  
    }  
};
```

Algorytm `for_each`

- ▶ Algorytm `for_each` aplikuje funkcje zdefiniowaną w obiekcie funkcyjnym do wszystkich elementów kolekcji.
- ▶ Algorytm `for_each` zwraca swój obiekt funkcyjny.
- ▶ Stan danego obiektu funkcyjnego możemy więc sprawdzić, analizując wartość zwróconą przez algorytm `for_each`.

Algoritm for_each

```
class MeanValue {  
    int num; // number of elements  
    long sum; // sum of all element values  
public:  
    MeanValue() : num(0), sum(0) {}  
    void operator() (int elem) {  
        ++num; // increment count  
        sum += elem; // add value  
    }  
    double value () {  
        return static_cast<double>(sum) / num;  
    }  
};  
  
...  
vector<int> coll = /* ... */;  
MeanValue mv =  
    for_each(coll.begin(), coll.end(), MeanValue());  
cout << mv.value() << endl;
```


Algorytm `for_each` dla funktora 1-argumentowego

```
template<typename elementType>
struct DisplayElement {
    void operator () (const elementType &element) const {
        cout << element << ' ';
    }
};

...
vector<int> vec;
...
for_each (vec.begin(), vec.end(), DisplayElement<int>());
cout << endl;
```

Predykaty

- ▶ Predykaty są to funkcje lub obiekty funkcyjne zwracające wartość boolowską albo wartość, którą można niejawnie przekonwertować na typ `bool`.
- ▶ Predykaty są często wewnętrznie kopiowane przez algorytmy STL - dlatego predykat powinien być bezstanowy (predykat nie powinien zmieniać swojego stanu w wyniku wywołania, a kopia predykatu powinna posiadać ten sam stan co oryginał).
- ▶ W przypadku `lambda` problem ten nie występuje, a to dzięki możliwości współdzielenia stanu pomiędzy wszystkimi kopiami obiektu funkcyjnego.

Predefiniowane obiekty funkcyjne

- ▶ Stosowanie predefiniowanych obiektów funkcyjnych wymaga włączenia pliku nagłówkowego `<functional>`.
- ▶ Arytmetyczne obiekty funkcyjne: `negate<>`, `plus<>`, `minus<>`, `multiplies<>`, `divides<>`, `modulus<>`.
- ▶ Obiekty funkcyjne porównujące: `less<>` (domyślne kryterium przy sortowaniu czy wyszukiwaniu binarnym), `greater<>`, `less_equal<>`, `greater_equal<>`, `equal_to<>`, `not_equal_to<>`.
- ▶ Obiekty funkcyjne do tworzenia wyrażeń logicznych: `logical_not<>`, `logical_and<>`, `logical_or<>`.
- ▶ Obiekty funkcyjne używające operatorów bitowych: `bit_not<>`, `bit_and<>`, `bit_xor<>`, `bit_or<>`.

Adaptator bind()

- ▶ Adaptator funkcji jest to obiekt funkcyjny, który umożliwia składanie obiektów funkcyjnych ze sobą nawzajem, z określonymi wartościami lub ze specjalnymi funkcjami.
- ▶ Adaptator wiązania argumentów `bind()` pozwala na:
 - ▶ adaptację i kompozycję nowych obiektów funkcyjnych z istniejących i predefiniowanych obiektów funkcyjnych;
 - ▶ wywoływanie funkcji globalnych;
 - ▶ wywoływanie funkcji składowych na rzecz obiektów, wskaźników do obiektów i inteligentnych wskaźników do obiektów.
- ▶ Argumenty przekazane do wywołania obiektu wiążącego są w wyrażeniu wiążącym widoczne jako symbole zastępcze `std::placeholders::_1`, `std::placeholders::_2` itd.

Adaptator bind()

```
auto plus10 = bind(  
    plus<int>(),  
    std::placeholders::_1,  
    10);  
cout << "+10: " << plus10(7) << endl;
```

```
auto inversDiv = bind(  
    divides<double>(),  
    std::placeholders::_2,  
    std::placeholders::_1);  
cout << "invdiv: " << inversDiv(49,7) << endl;
```

Funkcje lambda

- ▶ Wyrażenie lambda jest wygodnym sposobem definiowania anonimowego obiektu funkcji w miejscu, w którym jest wywoływana lub przenoszona jako argument do funkcji.
- ▶ Wyrażenia lambda są używane do hermetyzacji kilku wierszy kodu, które są przesyłane do algorytmów lub metod.
- ▶ Najprostsza lambda: `[] () {}`

Funkcje lambda

- ▶ Programista często chciałby zdefiniować predykatowe funkcje w pobliżu wywołań takich funkcji, jak na przykład pochodzących ze standardowej biblioteki `<algorithm>` (szczególnie `sort` i `find`) - oczywistym rozwiązaniem jest zdefiniowanie w takim miejscu funkcji lambda (określanej też jako lambda-wyrażenie).
- ▶ Funkcje lambda to anonimowe obiekty funkcyjne.
- ▶ Lambdy nie posiadają ani konstruktora domyślnego ani operatora przypisania.
- ▶ Główne zastosowanie funkcji lambda to ich użycie jako argumentu sterującego obliczeniami w innych funkcjach.
- ▶ Przykład:

```
auto f = [](int x, int y) { return x + y; }
```

Funkcje lambda

- ▶ Funkcja lambda określa typ zwracanego wyniku za pomocą frazy `-> TYP`.

- ▶ Przykład:

```
[](int x, int y) -> int  
    { int z = x * x; return z + y + 1; }
```

- ▶ Jeśli ciało funkcji lambda składa się z jednej instrukcji `return`, to typ zwracanego wyniku będzie wydedukowany za pomocą `decltype()` (możne wtedy pominąć frazę `-> TYP`).

- ▶ Przykład:

```
[](int x, int y) // -> decltype(x*x+y+1)  
    { return x * x + y + 1; }
```


Funkcje lambda

- ▶ Dostęp do lokalnych zmiennych lub pól w obiekcie określa się w funkcji lambda za pomocą domknięcia, czyli wewnątrz początkowych nawiasów kwadratowych `[]` na początku definicji.
- ▶ Domknięcie puste `[]` oznacza, że funkcja lambda nie potrzebuje dostępu do zmiennych z lokalnego środowiska (zdefiniowanych poza funkcją lambda).
- ▶ Domknięcie `[&]` oznacza, że wszystkie zmienne z lokalnego środowiska są dostępne przez referencję.
- ▶ Domknięcie `[=]` oznacza, że wszystkie zmienne z lokalnego środowiska są dostępne przez wartość (kopiowanie wartości następuje w miejscach, w których funkcja lambda odwołuje się do zewnętrznych zmiennych).
- ▶ W domknięciu można umieścić listę zmiennych zewnętrznych, z których funkcja lambda może korzystać, na przykład:

```
int x, y;  
// ...  
[x, &y] (...) { return ...; }
```

Funkcje lambda

- ▶ Można utworzyć obiekt funkcyjny anonimowego typu reprezentujący lambdę :

```
auto lambda = [] (...) ->...{ ... };
```

Do takiej lambda można się potem odwołać jak do funkcji:

```
lambda (...);
```

- ▶ Przykład:

```
vector<int> v {9, 4, 1, 6, 8};
```

```
bool sensitive = true;
```

```
// ...
```

```
auto lambda =
```

```
    [sensitive] (int x, int y)
```

```
    { return sensitive ? x < y : abs(x) < abs(y); }
```

```
// ...
```

```
sort(v.begin(), v.end(), lambda);
```