C++17 i STL

Iteratory

Iteratory

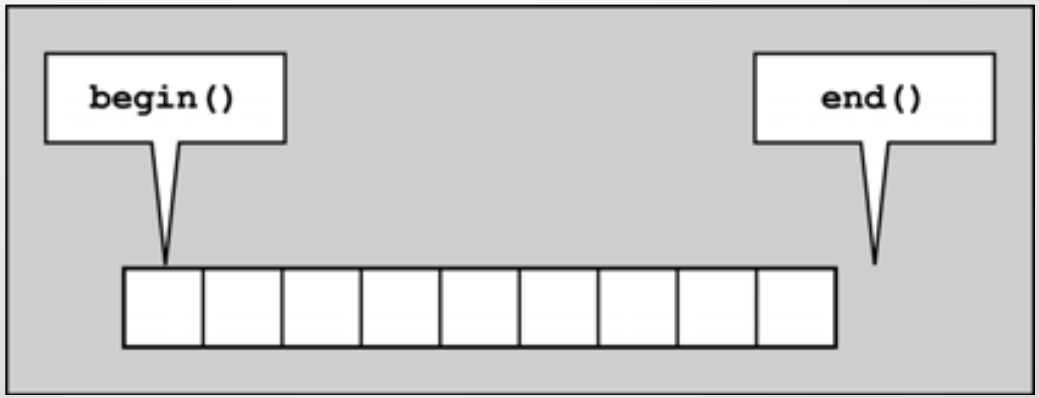
- Iterator to obiekt reprezentujący pozycję elementu w kontenerze.
- Zachowanie iteratora definiują podstawowe operacje:
  - Operator * zwraca element z aktualnej pozycji. Jeśli elementy posiadają składowe, dostęp do nich można uzyskać bezpośrednio z poziomu iteratora za pomocą operatora ->.
  - Operator ++ pozwala iteratorowi przejść do następnego elementu. Większość iteratorów pozwala również na wykonanie kroku wstecz za pomocą operatora --.
  - Operatory == oraz != zwracają wartość logiczną informującą, czy dwa iteratory reprezentują tę samą pozycję.
  - Operator = przypisuje iterator (pozycję elementu, do którego on się odnosi).
- Operatory te są interfejsem zwykłych wskaźników języka C++ wykorzystywanych do iterowania po elementach tablicy.

Iteratory

- Iteratory są inteligentnymi wskaźnikami, które iterują po bardziej skomplikowanych strukturach danych niż tablice.
- Wewnętrzne zachowanie iteratorów zależy od struktury danych, po której one iterują – każdy typ kontenerowy zapewnia swój własny rodzaj iteratora (iteratory współdzielą ten sam interfejs, lecz posiadają różne typy).
- Wszystkie klasy kontenerowe udostępniają te same podstawowe funkcje składowe, które umożliwiają im wykorzystanie iteratorów do nawigowania po ich elementach:
  - begin() – zwraca iterator reprezentujący początek elementów w kontenerze (początkiem tym jest pozycja pierwszego elementu, jeśli kontener nie jest pusty).
  - end() – zwraca iterator reprezentujący koniec elementów w kontenerze (końcem tym jest pozycja za ostatnim elementem).

Iteratory

- Funkcje begin() oraz end() definiują zakres półotwarty zawierający pierwszy element, lecz wyłączający ostatni.
- Zakres półotwarty posiada dwie zalety:
  - Istnieje proste kryterium zakończenia pętli iterującej po elementach — wykonywanie pętli kontynuowane jest tak długo, dopóki nie zostanie osiągnięta wartość funkcji end().
  - Unikamy konieczności specjalnej obsługi zakresów pustych. Dla zakresów pustych wartość funkcji begin() równa jest wartości funkcji end().



Iteratory

- Przykład:

```
list<char> coll; // kontener list na elementy znakowe
// …
// wypisz wszystkie elementy – iteruj po elementach
list<char>::const_iterator pos;
for (pos = coll.cbegin(); pos != coll.cend(); ++pos)
    cout << *pos << ' ';
cout << endl;
```

Przesuwanie iteratora po kolekcji

- Do przesunięcia iteratora do następnego elementu można użyć prefiksowego operatora inkrementacji (++iter) albo postfiksowego (iter++).
- Należy używać prefiksowego operatora inkrementacji ponieważ może on mieć lepszą wydajność niż operator postfiksowy – ten ostatni wewnętrznie wykorzystuje obiekt tymczasowy, gdyż musi zwrócić starą pozycję iteratora.

Iteratory modyfikujące i niemodyfikujące

- Każdy kontener definiuje dwa typy iteratorów:
  - *kontener*`::iterator` przeznaczony do iterowania po elementach w trybie z odczytem i zapisem;
  - *kontener*`::const_iterator` przeznaczony do iterowania po elementach w trybie tylko do odczytu.
- Przykład:

```
list<char>::const_iterator pos;
for (pos = coll.begin(); pos != coll.end(); ++pos) {
    cout << *pos << ' ';
}
```

Dedukowanie typu iteratora za pomocą auto

- Można zainicjalizować iterator wywołaniem funkcji składowej begin() kontenera i dzięki temu pominąć jawną deklarację jego typu używając słowa auto.
- Przykład:

```
for (auto it = coll.begin(); it != coll.end(); ++it) {
    cout << *it << ' ';
}
```

- Zaletą stosowania auto jest zdecydowane polepszenie przejrzystości kodu.
- Wadą stosowania auto jest utrata jawnie deklarowanej niemodyfikowalności iteratora, ponieważ po zastosowaniu inicjalizacji za pomocą `coll.begin()` otrzymamy iterator modyfikujący (bez const).

Zachowanie pierwotnych wartości w kolekcji

- Wartość zwracana z funkcji składowej `begin()` jest obiektem typu *kontener::iterator*.
- Aby zachować możliwość stosowania iteratorów niemodyfikujących i równocześnie zapewnić wygodę stosowania `auto`, w klasach kontenerów w C++11 udostępniono funkcje składowe `cbegin()` i `cend()` – obie zwracają obiekt iteratora typu *kontener::const_iterator*.
- Iterator typu const_iterator nie pozwala na modyfikację elementów kolekcji.

Iteratory a pętle zakresowe

- W przypadku kontenerów zakresowa pętla for jest niczym innym jak wygodnym interfejsem, zdefiniowanym do iterowania po wszystkich elementach przekazanego zakresu kolekcji (od początku do końca).
- Wewnątrz ciała pętli bieżący element jest inicjalizowany wartością, do której odnosi się bieżący iterator.
- Przykład:

```
for (auto elem: coll) { … }
```

jest równoważna z

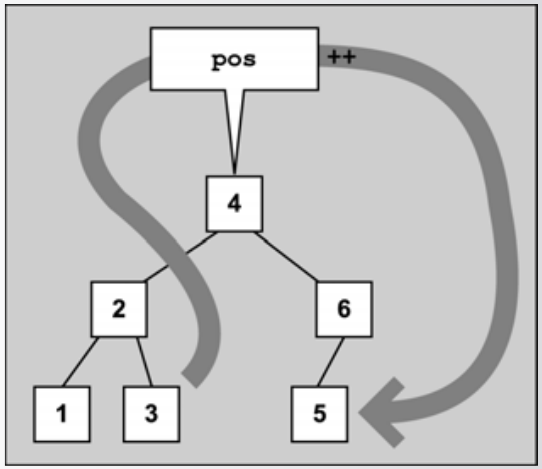
```
for (auto it = coll.begin(); it != coll.end(); ++it) {
    auto elem = *pos;
    …
}
```

- W zakresowej pętli for warto deklarować `elem` jako niemodyfikującą referencję – w taki sposób eliminuje się konieczność tworzenia kopii elementów przeglądanego kontenera.
- Przykład:

```
for (const auto &elem: coll) { … }
```

Użycie iteratorów w kontenerach

- Ponieważ iterator zdefiniowany jest przez kontener, działa on prawidłowo nawet w przypadku, gdy wewnętrzna struktura kontenera jest bardziej skomplikowana.
- Jeśli na przykład iterator odnosi się do trzeciego elementu, operator ++ przenosi go do elementu czwartego znajdującego się na wierzchołku drzewa.
- Po następnym wywołaniu operatora ++ iterator będzie się odnosić do piątego elementu umieszczonego u spodu drzewa.

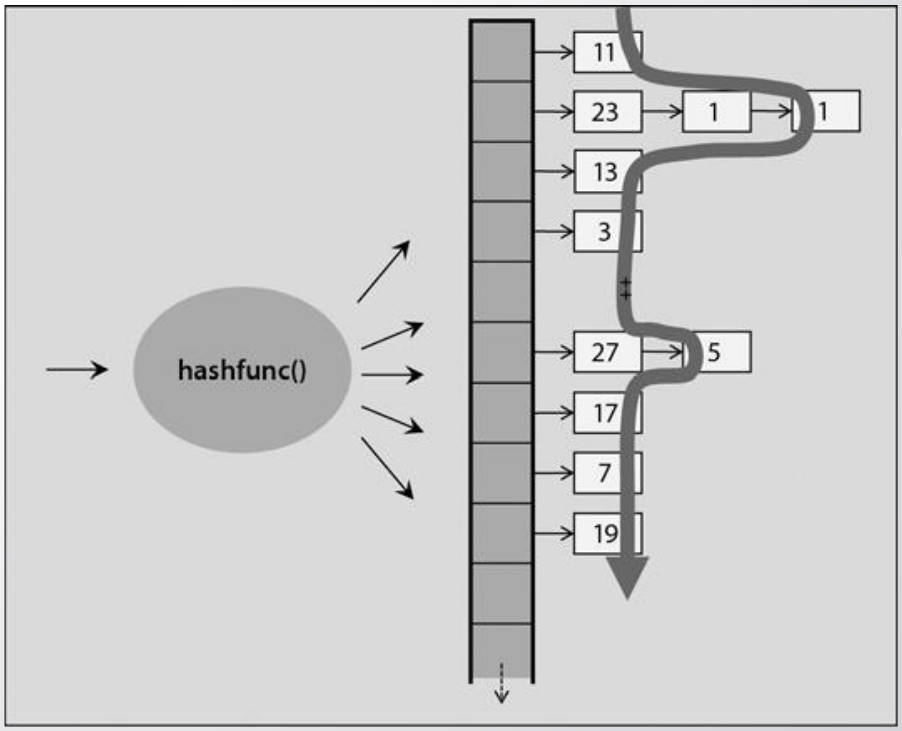


Użycie iteratorów w kontenerach – przykład 1

```
using IntSet = set<int, greater<int>>;
…
IntSet coll;
…
coll.insert({3, 1, 5, 4, 1, 6, 2});
…
IntSet::const_iterator pos;
for (pos = coll.begin(); pos != coll.end(); ++pos)
    cout << *pos << ' ';
cout << endl;
```

Użycie iteratorów w kontenerach

- Za pomocą iteratorów można przeglądać zawartość kontenerów nieporządkowanych. Kolejność elementów w takim kontenerze jest nieokreślona – zależy ona od wewnętrznego stanu tablicy i funkcji haszującej.



Użycie iteratorów w kontenerach – przykład 2

```
using IntUnMSet = unordered_multiset<int>;
…
IntUnMSet coll;
…
coll.insert({2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 2});
…
for (auto elem : coll)
    std::cout << elem << ' ';
cout << endl;
…
coll.insert(31);
…
for (auto elem : coll)
    std::cout << elem << ' ';
cout << endl;
```

Kategorie iteratorów

- Oprócz podstawowych funkcjonalności, iteratory mogą posiadać również zdolności zależne od wewnętrznej struktury kontenera.
- Biblioteka STL udostępnia tylko te funkcjonalności iteratorów, które oferują dobrą wydajność – jeśli na przykład kontenery posiadają dostęp swobodny, tak jak vector<> czy deque<>, to to ich iteratory także potrafią wykonywać operacje dostępu swobodnego.
- Iteratory predefiniowanych klas kontenerowych należą do jednej z następujących trzech kategorii:
  - iterator postępujący – zdolny do iterowania tylko w przód;
  - iterator dwukierunkowy – zdolny do iterowania w dwóch kierunkach: w przód oraz wstecz;
  - iterator dostępu swobodnego – posiada wszystkie właściwości iteratora dwukierunkowego uraz dodatkowo potrafi realizować dostęp swobodny.
- Dodatkowo zdefiniowano dwie inne kategorie iteratorów:
  - iterator wejściowy – zdolny do odczytywania (przetwarzania) wartości podczas iterowania w przód;
  - iterator wyjściowy – zdolny do wypisywania wartości podczas iterowania w przód.

Iteratory strumieniowe

- Iterator strumieniowy (ang. stream iterator) to adaptator iteratora, który umożliwia wykorzystanie strumienia jako źródła lub przeznaczania algorytmów.
- W szczególności iterator strumieniowy wejściowy służy do odczytywania elementów ze strumienia wejściowego, a iterator strumieniowy wyjściowy do wpisywania wartości do strumienia wyjściowego.
- Definicje iteratorów strumieniowych znajdziemy w pliku nagłówkowym <iterator>.

Iteratory strumieniowe – przykłady

```
istream_iterator<int> it_cin {cin};
istream_iterator<int> end_cin;
…
deque<int> v;
…
copy(it_cin, end_cin, back_inserter(v));
…
for (auto elem : v)
    cout << elem << ' ';
cout << endl;
```

Iteratory strumieniowe – przykłady

```
istream_iterator<int> it_cin {cin};
istream_iterator<int> end_cin;
…
deque<int> v;
…
while (it_cin != end_cin) {
   v.push_back(*it_cin++);
}
…
for (auto elem : v)
    cout << elem << ' ';
cout << endl;
```