

Kurs języka C++

12. Kolekcje

Spis treści

- ▶ Kontenery i ich zawartość
- ▶ Kontenery sekwencyjne
- ▶ Kontenery uporządkowane
- ▶ Kontenery nieuporządkowane
- ▶ Adaptatory kontenerów
- ▶ Iteratory

Kontenery

- ▶ Kontenery służą do przechowywania i zarządzania kolekcjami danych.
- ▶ Rodzaje kontenerów:
 - ▶ Kontenery sekwencyjne, gdzie każdy element ma określoną pozycję. Na przykład: `array`, `vector`, `deque`, `list`, `forward_list`. Kontenery sekwencyjne są zbudowane na tablicach dynamicznych albo na listach.
 - ▶ Kontenery uporządkowane (w tym asocjacyjne), gdzie pozycja elementu zależy od jego wartości. Na przykład: `set`, `multiset`, `map`, `multimap`. Kontenery asocjacyjne są zbudowane na zrównoważonych drzewach BST.
 - ▶ Kontenery nieuporządkowane, gdzie pozycja elementu nie zależy od jego wartości. Na przykład: `unordered_set`, `unordered_multiset`, `unordered_map`, `unordered_multimap`. Kontenery nieuporządkowane są zbudowane na tablicach z haszowaniem.

Kontenery

- ▶ Kontenery sekwencyjne będące kolekcjami uporządkowanymi, w których każdy element posiada określoną pozycję. Pozycja ta zależy od momentu oraz miejsca wstawienia, jest jednak niezależna od wartości elementu.
- ▶ Kontenery asocjacyjne będące kolekcjami sortowanymi, w których aktualna pozycja elementu zależy od jego wartości (albo klucza w przypadku kontenerów operujących na parach klucz-wartość), zgodnie z określonym kryterium sortowania.
- ▶ Kontenery asocjacyjne nieporządkujące to kolekcje nieporządkujące i niezachowujące pozycji elementów, bo ich zadaniem głównym jest ustalanie, czy (a nie gdzie) element znajduje się w kolekcji. Elementy nie zachowują więc uporządkowania ani względem kolejności wstawiania, ani względem wartości – jedno i drugie może w czasie życia kontenera ulegać zmianie.

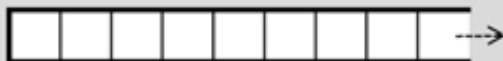
Kontenery

Kontenery sekwencyjne:

Tablica:



Wektor:



Kolejka dwustronna:



Lista (dwukierunkowa):

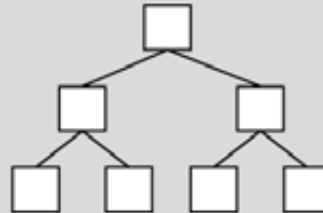


Lista jednokierunkowa:

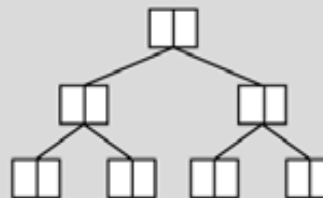


Kontenery asocjacyjne:

Zbiór/wielozbiór:



Mapa/multimapa:



Kontenery nieporządkujące:

Zbiór/Wielozbiór nieporządkujący:



Mapa/Multimapa nieporządkująca:



Elementy kontenerów

- ▶ Elementy kontenerów muszą spełniać wymagania podstawowe:
 - ▶ element musi być kopiowalny (konstruktor kopiujący),
 - ▶ element musi być przypisywalny (przypisanie kopiujące),
 - ▶ element musi być zniszczalny (publiczny destruktory).
- ▶ W pewnych sytuacjach elementy kontenerów muszą spełniać wymagania dodatkowe:
 - ▶ konstruktor domyślny (utworzenie niepustego kontenera),
 - ▶ operator porównywania `==` (wyszukiwanie),
 - ▶ operator porównywania `<` (kryterium sortowania).

Semantyka wartości a semantyka referencji

- ▶ Kontenery STL realizują semantykę wartości: tworzą wewnętrzne kopie swoich elementów oraz zwracają kopie tych elementów.
- ▶ Semantykę referencji można zaimplementować samodzielnie za pomocą inteligentnych wskaźników - wskaźniki te mają umożliwiać zliczanie referencji dla obiektów, do których odnoszą się wskaźniki.

Wspólne cechy kontenerów

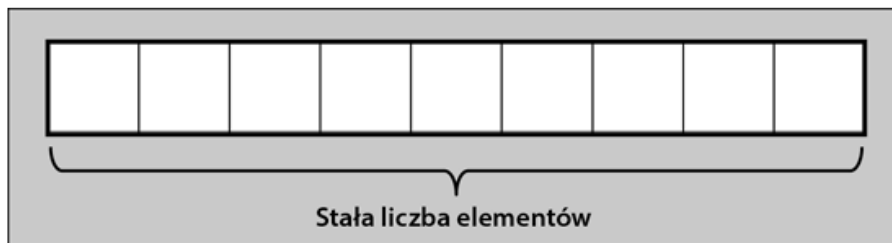
- ▶ Wszystkie kontenery zapewniają semantykę wartości.
- ▶ Wszystkie elementy posiadają określoną kolejność (kontenerowy udostępniają operacje zwracające iteratory służące do iteracji po kolejnych elementach).
- ▶ Operacje na kontenerach nie są bezpieczne, czyli nie sprawdzają możliwości wystąpienia każdego rodzaju błędu (to funkcja wywołująca musi zapewnić spełnienie wymagań przez parametry operacji).

Wspólne operacje na kontenerach

- ▶ Konstruktor domyślny, kopiujący, przenoszący, zakresowy (kopiuje elementy z innej kolekcji z podanego za pomocą iteratorów zakresu), z listą wartości.
- ▶ Destruktor (usuwa wszystkie wartości).
- ▶ Przypisanie kopiujące i przenoszące.
- ▶ Funkcje składowe `empty()`, `size()`, `clear()`, `swap(coll)`.
- ▶ Funkcja globalna `swap()`.
- ▶ Operatory relacyjne `==`, `!=`, `<`, `<=`, `>`, `>=`.
- ▶ Iteratory `begin()`, `end()`, `cbegin()`, `cend()`.

Tablice

- ▶ Tablica to egzemplarz klasy kontenera `array<>`.
- ▶ Tablica modeluje tablicę statyczną (jest to otoczka dla statycznej tablicy z języka C, zapewniająca interfejs kontenera STL).
- ▶ Tablice kopiują elementy do własnych wewnętrznych, statycznych tablic.



Tablice

- ▶ Tablica `array<>` to jedyny kontener, którego elementy są inicjalizowane domyślnie, jeśli nic nie zostanie przekazane jawnie.
- ▶ Inicjalizacja tablic:

```
std::array<int, 4> x;  
// elementy x posiadają niezdefiniowane wartości  
std::array<int, 4> x {};  
// wszystkie elementy x mają wartość domyślną 0 (int())
```

Tablice - przykłady

```
// Tworzenie wykorzystujące inicjalizację zbiorczą
std::array<int, 3> a1{ {1, 2, 3} }; // podwójne klamry są wymagane
std::array<int, 3> a2 = {1, 2, 3}; // nie są potrzebne po znaku =
std::array<std::string, 2> a3 = { std::string("aa"), "bbb" };

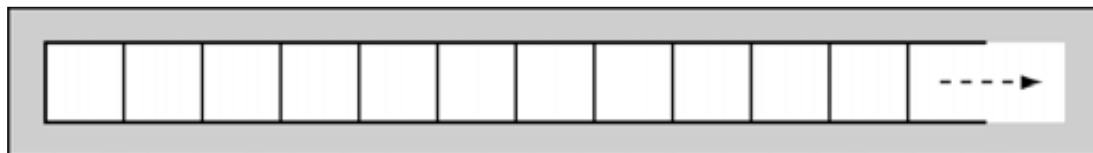
// Pozwala na wykonywanie operacji jak na zwykłym kontenerze
std::sort(a1.begin(), a1.end());
std::reverse_copy(
    a2.begin(), a2.end(),
    std::ostream_iterator<int>(std::cout, " "));
std::cout << endl;

// Pozwala na użycie zakresowej pętli for
for(const auto &s: a3)
    std::cout << s << ' ';
```

Kontenery sekwencyjne

- wektory

- ▶ Wektor `vector<>` (zdefiniowany w `<vector>`) przechowuje swoje elementy w tablicy dynamicznej.
- ▶ Uzyskujemy szybki dostęp do każdego elementu za pomocą indeksowania.
- ▶ Dołączanie i usuwanie elementów na końcu wektora jest bardzo szybkie, ale wstawienie lub usunięcie elementu ze środka zabiera więcej czasu.



Wektory - przykłady

```
// wstawianie do wektora
vector<int> coll;
...
for (int i=1; i<=6; ++i)
    coll.push_back(i);
...
for (int i=0; i<coll.size(); ++i)
    cout << coll[i] << ' ';
cout << endl;
```

Wektory - przykłady

```
// usuwanie z wektora
vector<int> coll {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8};
// usunięcie pierwszego elementu
coll.erase(coll.begin());
// usunięcie trzech ostatnich elementów
coll.erase(coll.end()-3, coll.end());
// usunięcie parzystych elementów
for (auto it = coll.begin(); it != coll.end(); )
    if (*it % 2 == 0) it = coll.erase(it);
    else ++it;

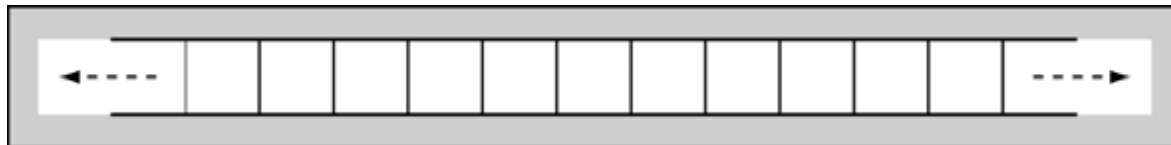
...

for (int i=0; i<coll.size(); ++i)
    cout << coll[i] << ' ';
cout << endl;
// wynik: 1 3 5
```

Kontenery sekwencyjne

- kolejki o dwóch końcach

- ▶ Kolejka o dwóch końcach `deque<>` (zdefiniowana w `<deque>`) przechowuje swoje elementy w tablicy dynamicznej, która może rosnąć w dwie strony.
- ▶ Uzyskujemy szybki dostęp do każdego elementu za pomocą indeksowania.
- ▶ Dołączanie i usuwanie elementów na końcu i na początku kolejki jest bardzo szybkie, ale wstawienie lub usunięcie elementu ze środka zabiera więcej czasu.



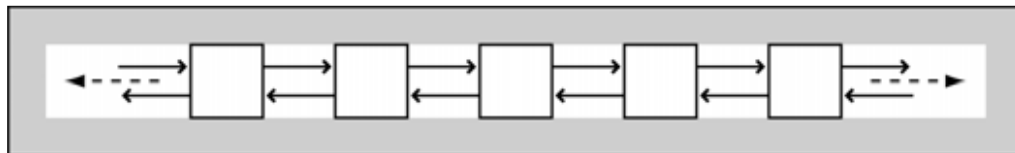
Kolejki o dwóch końcach - przykłady

```
//wstawianie na początek
deque<float> coll;
...
for (int i=1; i<=6; ++i)
    coll.push_front(i*1.234);
...
for (int i=0; i<coll.size(); ++i)
    cout << coll[i] << ' ';
cout << endl;
```

Kontenery sekwencyjne

- listy

- ▶ Lista `list<>` (zdefiniowana w `<list>`) przechowuje swoje elementy w liście dwukierunkowej.
- ▶ W listach nie ma swobodnego dostępu do elementów kolekcji.
- ▶ Dołączanie i usuwanie elementów na końcu i na początku listy jest bardzo szybkie, ale dostanie się do elementu ze środka zabiera dużo czasu.



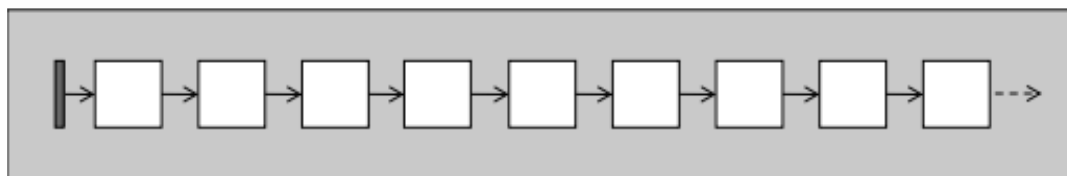
Listy - przykłady

```
list<char> coll;  
...  
for (char c='a'; c<='z'; ++c)  
    coll.push_back(c);  
...  
while (!coll.empty()) {  
    cout << coll.front() << ' ';  
    coll.pop_front(); }  
cout << endl;
```

Kontenery sekwencyjne

- listy jednokierunkowe

- ▶ Lista `forward_list<>` (zdefiniowana w `<forward_list>`) przechowuje swoje elementy w liście jednokierunkowej.
- ▶ W listach nie ma swobodnego dostępu do elementów kolekcji.
- ▶ Na listach jednokierunkowych można iterować tylko do przodu.
- ▶ Dołączanie i usuwanie elementów na końcu i na początku listy jest bardzo szybkie, ale dostanie się do elementu ze środka zabiera dużo czasu.



Kontenery sekwencyjne

- listy jednokierunkowe

▶ **Przykład:**

```
forward_list<long> coll = { 2, 3, 5, 7, 11, 13 };  
...  
coll.resize(9);  
for (auto elem : coll) {  
    cout << elem << ' ';  
}  
cout << endl;
```

Kontenery sekwencyjne

- łańcuchy i tablice

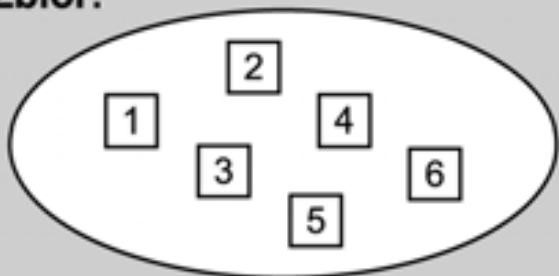
- ▶ Obiektów klas łańcuchowych, czyli `basic_string<>`, `string` i `wstring`, można używać jak kontenerów sekwencyjnych. Są one podobne w zachowaniu do wektorów.
- ▶ Innym rodzajem kontenera może być tablica. Nie jest to klasa i nie ma żadnych metod ale konstrukcja STL umożliwia uruchamianie na tablicach różnych algorytmów (tak jak na kontenerach).

Kontenery uporządkowane

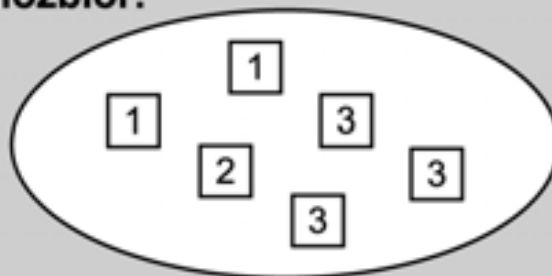
- ▶ Kontenery uporządkowane wykonują automatycznie sortowanie swoich elementów.
- ▶ Asocjacyjne kontenery uporządkowane przechowują pary klucz-wartość (odpowiednio `first` i `second`) i sortowanie następuje po kluczach.
- ▶ Domyślnie elementy lub klucze są porządkowane przy pomocy operatora `<`.
- ▶ Kontenery uporządkowane są implementowane w postaci zrównoważonych drzew BST (drzewa czerwono-czarne).
- ▶ Wszystkie kontenery uporządkowane posiadają domyślny parametr wzorca służący sortowaniu (domyślnym jest operator `<`).
- ▶ Rodzaje kontenerów: zbiory `set<>`, wielozbiory `multiset<>`, mapy `map<>` i multimapy `multimap<>`.

Kontenery uporządkowane

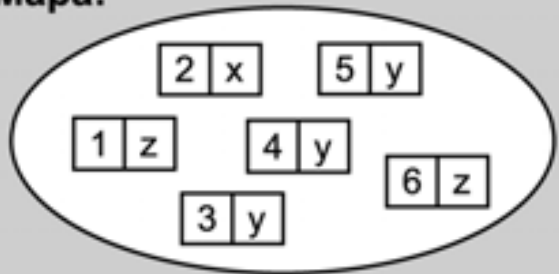
Zbiór:



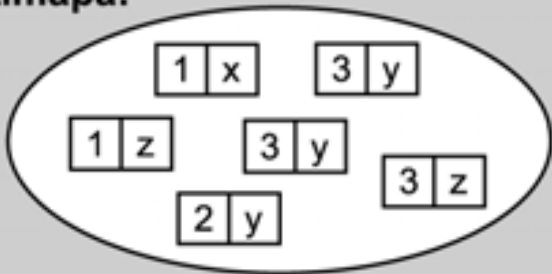
Wielozbiór:



Mapa:



Multimapa:



Kontenery uporządkowane

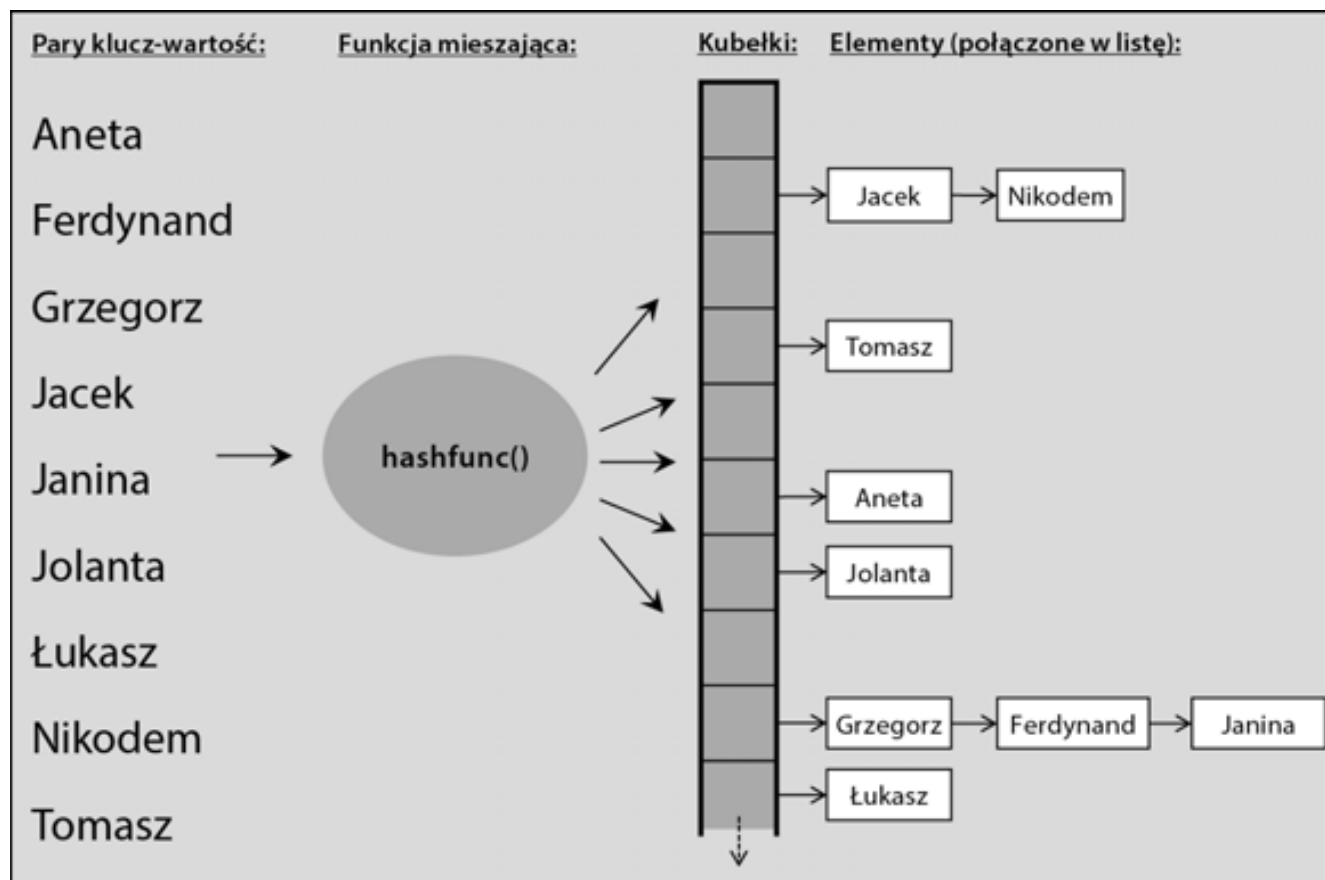
▶ Przykład:

```
multiset<string, greater<string>> cities {  
    "Hanover", "Chicago", "Frankfurt",  
    "Nowy Jork", "Toronto", "Londyn",  
    "Frankfurt"  
};  
  
...  
cities.insert({"Los Angeles",  
    "Monachium", "Hanover", "Londyn"});  
  
...  
for (const auto& elem : cities)  
    cout << elem << " ";  
cout << endl;
```

Kontenery nieuporządkowane

- ▶ Kontenery nieuporządkowane przechowują elementy w sposób nieuporządkowany (brak kryterium sortowania).
- ▶ Asocjacyjne kontenery nieuporządkowane przechowują pary klucz-wartość (odpowiednio `first` i `second`).
- ▶ Kontenery nieuporządkowane są implementowane w postaci tablic z haszowaniem.
- ▶ Wszystkie kontenery uporządkowane posiadają domyślny parametr wzorca służący sortowaniu (domyślnym jest operator `<`).
- ▶ Rodzaje kontenerów: zbiory `unordered_set<>`, wielozbiory `unordered_multiset<>`, mapy `unordered_map<>` i `multimap` `unordered_multimap<>`.

Kontenery nieuporządkowane



Kontenery nieuporządkowane

▶ Przykład:

```
unordered_map<string, double> coll {  
    { "lolek", 9.9 },  
    { "bolek", 11.77 }  
};  
  
...  
// oblicz kwadraty wszystkich wartości  
for (pair<const string, double> &elem : coll)  
    elem.second *= elem.second;
```

Adaptatory kontenerów

- ▶ Adaptatory kontenerów to kontenery wykorzystujące ogólną strukturę innych kontenerów do realizacji pewnych specyficznych potrzeb.
- ▶ Adaptatorami kontenerów są stosy `stack<>`, kolejki `queue<>` i kolejki priorytetowe `priority_queue<>`.
- ▶ Przy definiowaniu takich kontenerów można podać jako drugi parametr typ kontenera do realizacji struktury (domyślnie jest to `vector<>`), na przykład:

```
stack<int, vector<int>> st;  
queue<double> qu;  
priority_queue<string, deque<string>, less<string>> pq;
```

Iteratory

- ▶ Iterator to specjalny obiekt, który potrafi iterować po elementach kolekcji.
- ▶ Iterator ma zaimplementowaną semantykę wskaźnika - posiada operator wyłuskania elementu `*`, operatory przechodzenia do elementów sąsiednich `++` i `--` oraz operatory porównywania pozycji `==` i `!=`.

Iteratory

- ▶ Wszystkie kontenery udostępniają funkcje tworzące iteratory do nawigowania po ich elementach - funkcja `begin()` zwraca iterator wskazujący na pozycję z pierwszym elementem w kolekcji a funkcja `end()` zwraca iterator wskazujący pozycję za ostatnim elementem.
- ▶ Każdy kontener definiuje dwa typy iteratorów -
`kontener::iterator` przeznaczony do iterowania po elementach z możliwością odczytu i zapisu oraz
`kontener::const_iterator` przeznaczony do iterowania po elementach tylko z możliwością odczytu.

Iteratory

▶ Przykład 1:

```
list<char> coll;  
...  
list<char>::const_iterator pos;  
for (pos=coll.cbegin(); pos!=coll.cend(); ++pos)  
    cout << *pos << ' ' ;  
cout << endl;
```

▶ Przykład 2:

```
list<char> coll;  
...  
list<char>::iterator pos;  
for (pos=coll.begin(); pos!=coll.end(); ++pos)  
    *pos = toupper(*pos);
```