

(Średnio) zaawansowane programowanie w C++ (ZPR)

Wykład 13. Boost. Przetwarzanie tekstu. Powtórzenie

Robert Nowak

23Z

Plan wykładu

- ▶ klasy pomocnicze dla STL,
- ▶ biblioteki Boost
- ▶ Boost Graph Library (BGL),
- ▶ przetwarzanie tekstu w C++,
- ▶ powtórzenie.

std::ref <functional>

`std::ref(X)` obiekt zaw. wskaźnik do X, możliwość kopiowania, itp.

`std::cref(X)` obiekt zaw. stały wskaźnik do X

```
int foo = 10;
auto bar = std::ref(foo);
++bar; //działa na obiekcie, foo == 11
```

```
void thrd_fun(Data& data) { /* nieistotne */ }
Data data;
auto thr1 = std::thread( thread_fun, data ); //pracuje na kopii
auto thr2 = std::thread( thread_fun, ref(data) ); //pracuje na oryginale
```

rekordy, std::pair

```
template<class _T1, class _T2>
struct pair {
    typedef _T1 first_type;
    typedef _T2 second_type;
    _T1 first; //Pierwsza składowa
    _T2 second; //Druga składowa
    pair() : first(), second() { }
    pair(const _T1& __a, const _T2& __b)
        : first(__a), second(__b) { }
};

//Przykłady użycia
using StringCount = std::pair<std::string, int>;
StringCount f(); //funkcja zwraca dwie wartości
//Tworzy parę o typach dedukowanych z argumentów
std::make_pair(24, true);
```

rekordy, std::tuple

```
//struktura zawierająca trzy obiekty (typów A,B,C)
using triple = std::pair<A,std::pair<B,C> >;
tuple<A,B,C> //Zawiera trzy obiekty (typów A,B,C)
```

- ▶ dostęp do składowej - get

```
int i = 3;
tuple<int,double,int> t(2,1.5,i);
t.get<0>() = 4; //dostęp do elementu
double d = get<1>(t); //dostęp do elementu
```

- ▶ make_tuple - nie trzeba podawać typów obiektów
- ▶ operatory: ==, !=, <, >, <=, >=
- ▶ funkcja tie

```
int i; double d;
tie(i,d); //make_tuple(ref(i),ref(d)), zwraca tuple<int&,double&>
```

std::function (C++11)

Pozwala przechowywać funkcje i obiekty funkcyjne

- ▶ obiekt który akcje (np. wskaźnik do funkcji lub metody)
- ▶ możliwość kopiowania, przypisywania itp.

```
std::function<void (int, int)> pf; //funkcja dwuargumentowa
//boost::function2<void, int, int> pf; - to samo
void f(int x, int y) { cout << x + y << endl; }
pf = f;
pf(2,3); //wywołanie f dla x = 2, y = 3
struct F {
    void operator()(int x, int y);
};
pf = F();
pf(2,3); //wywołanie F.operator() dla x = 2, y = 3
pf = [](int x, int y){ cout << x + y << endl; };
pf(2,3);
```

std::function - przykłady

```
using PF = std::function<void (int)>;  
PF pf; //Obiekt, który przechowuje komendę  
pf(3); //Wyjątek: boost::bad_function_call  
class Foo { public: void f(int x); /* ... */ };  
Foo foo;  
//Związanie obiektu dla którego będzie wołana metoda  
pf = std::bind(Foo::f,ref(foo),_1);  
pf(4); //Woła foo->f(4)  
  
vector<PF> callbacks; //Możliwość przechowywania w kolekcjach  
//Woła wszystkie metody w kolekcji (z argumentem = 7)  
for_each(callbacks.begin(), callbacks.end(), [](PF& pf){ pf(7);});
```

Zastosowanie : wszędzie tam, gdzie wzorec komendy

- ▶ separacja tworzenia akcji od jej wołania
- ▶ kolekcjonowanie poleceń

inne typy pomocnicze

- ▶ `std::variant` - unia z wyróżnikiem bieżącego typu
- ▶ `std::optional` - sygnalizacja, że obiekt nie przechowuje wartości

`std::any`

- ▶ kontener, może przechowywać wartość dowolnego typu (`void*`)

```
#include <any>
```

```
any a; //dla pustych obiektów wartość przechowywanego typu to void
```

```
assert(a.has_value() == false);
```

```
a = string("Hello"); //a przechowuje wartość string
```

```
assert(a.type() == typeid(string) );
```

```
string s = any_cast<string>(a); //dostęp do obiektu
```

```
//wyjątek bad_any_cast, gdy niezgodne typy
```

```
template <typename Val> Val any_cast(const any& a);
```

```
//nullptr gdy niezgodne typy
```

```
template <typename Val> const Val* any_cast(const any* a);
```

```
template <typename Val> Val* any_cast(any* a);
```


BGL - generyczna reprezentacja grafów

Boost

Biblioteki Boost: biblioteki eksperymentalne, które kandydują do wejścia do standardu C++, kod bardzo dobrej jakości.

<http://boost.org>

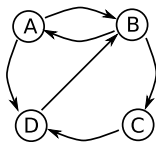


Obecnie 84 wersja, ≈ 100 bibliotek, wiele jest już w standardzie C++11, C++14, c++17, c++20.

BGL - generyczna reprezentacja grafów

Listy sąsiedztwa

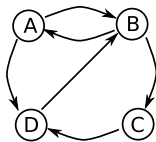
```
adjacency_list<VertexList,  
               OutEdgeList,  
               Directed,  
               VertexProperties,  
               EdgeProperties,  
               GraphProperties>
```



vertex	edges	
A	→ B	D
B	→ A	C
C	→ D	
D	→ B	

Macierz sąsiedztwa

```
adjacency_matrix<Directed,  
                 VertexProperty,  
                 EdgeProperty,  
                 GraphProperty,  
                 Allocator>
```



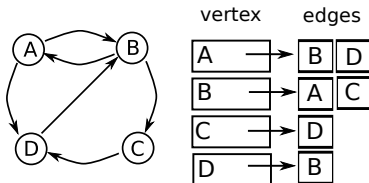
	A	B	C	D
A		1		1
B	1		1	
C				1
D		1		

Graf skompresowany (compressed_sparse_row_graph)

BGL - parametry szablonów

- ▶ pierwszy parametr - kontener przechowujący wierzchołki
 - ▶ `vecS = std::vector`
 - ▶ `listS = std::list`
 - ▶ `setS = std::set`
 - ▶ `multisetS = std::multiset`
- ▶ drugi parametr - kontener przechowujący krawędzie
- ▶ trzeci parametr - typ grafu
 - ▶ `directedS` = skierowany, dostęp do krawędzi wychodzących
 - ▶ `bidirectionalS` = skierowany, krawędzie wych. i wchodzące
 - ▶ `undirectedS` = nieskierowany

BGL - przykład grafu



```
using Graph = adjacency_list<vecS, vecS, bidirectionalS> Graph;
enum { A, B, C, D, N }; //identyfikatory wierzchołków
const int NUM_VERTICES = N; //liczba wierzchołków
typedef std::pair<int, int> Edge;
const Edge EDGE_ARRAY[] = { Edge(A,B), Edge(A,D),
    Edge(B,A), Edge(B,C),
    Edge(C,D), Edge(D,B) };
const int NUM_EDGES = sizeof(EDGE_ARRAY)/sizeof(EDGE_ARRAY[0]);

Graph g(EDGE_ARRAY, EDGE_ARRAY + NUM_EDGES, NUM_VERTICES); //tworzy graf
```

BGL - przeglądanie grafu

oznaczenia:

oznaczenie	nazwa	typ
g	graf	
e	krawędź	
v	wierzchołek	<code>boost::graph_traits<G>::vertex_descriptor</code>

- ▶ dostęp do wierzchołków
 - ▶ `std::pair<vertex_iter, vertex_iter> vertices(g)`
 - ▶ `vertices_size_type num_vertices(g)`
- ▶ dostęp do krawędzi
 - ▶ `std::pair<edge_iter, edge_iter> edges(g)`
 - ▶ `edges_size_type num_edges(g)`
- ▶ dostęp do krawędzi dla danego wierzchołka
 - ▶ `std::pair<edge_iter, edge_iter> out_edges(v, g)`
- ▶ dostęp do wierzchołków dla danej krawędzi
 - ▶ `vertex_descriptor source(e, g)`
 - ▶ `vertex_descriptor target(e, g)`

Własne dane związane z wierzchołkiem i z krawędzią

- ▶ obiekty zarządzane (dodawane, usuwane) przez graf
- ▶ obiekty zarządzane na zewnątrz (property_map)

```
struct CityData { //dane związane z wierzchołkiem
    CityData() : name(""), population(0) {}
    string name;
    int population;
};

struct RoadData { //dane związane z krawędzią
    RoadData() : length(0) {}
    int length;
};

using Graph = adjacency_list<vecS, vecS, directedS, CityData, RoadData>;
Graph g(3); //grafu (trzy wierzchołki, brak krawędzi)
Graph::vertex_descriptor v = *vertices(g).first; //pierwszy wierzchołek
g[v].name = "nazwa"; //g[v] zwraca referencję
cout << g[v].population; // na obiekt CityData dla wierzchołka v
```

BGL - modyfikacja grafu

oznaczenia:

oznaczenie	nazwa	typ
g	graf	
e	krawędź	
u, v	wierzchołek	boost::graph_traits<G>::vertex_descriptor

► modyfikacja wierzchołków

- `vertex_descriptor add_vertex(g)`
- `void clear_vertex(v, g)` - usuwa krawędzie wychodzące z wierzchołka i dochodzące do wierzchołka
- `void remove_vertex(v, g)` - usuwa wierzchołek

► modyfikacja krawędzi

- `std::pair<edge_descriptor, bool> add_edge(u, v, g)` - zwraca false jeżeli krawędź już istnieje i graf nie pozwala na wiele krawędzi pomiędzy tymi samymi wierzchołkami
- `void remove_edge(u, v, g)`
- `void remove_edge(e, g)`

Algorytmy grafowe

<code>copy_graph</code>	tworzy kopię
<code>transpose_graph</code>	zmienia kierunki krawędzi
<code>breadth_first_search</code>	przegląda wszerek
<code>depth_first_search</code>	przegląda w głąb
<code>astar_search</code>	przegląda – algorytm A*
<code>topological_sort</code>	przegląda topologicznie
<code>dijkstra_shortest_path</code> <code>bellman_ford_i in.</code>	najkrótsze ścieżki
<code>kruskal_spanning_tree</code>	minimalne drzewa rozpinające
<code>connected_components</code>	badanie spójności
algorytmy badania maksymalnych przepływów, maksymalnych skojarzeń, algorytmy dla grafów planarnych, rzadkich, metryki i in	

Algoritmy grafowe - przykład

```
void breadth_first_search(const Graph& g, Vertex s ) {
    for_each v in g //oznacz każdy wierzchołek jako biały
    color[v] = WHITE;
    color[s] = GRAY;
    q.push(s); //wstaw do kolejki wierzchołek początkowy
    while (! q.empty() ) { //jeżeli są wierzchołki nierozpatrzone
        u = q.pop(); //pobierz pierwszy wierzchołek
        for_each e in out_edges(u) {
            v = e.target(); //v to wierzchołek sąsiedni do u
            if(color[v] == WHITE) {
                color[v] = GRAY; //wstaw do kolejki, jeżeli nieodwiedzony
                q.push(v);
            }
        }
        color[u] = BLACK; //oznacz wierzchołek jako rozpatrzony
    }
}
```

przeszukiwanie wszere - przykład użycia

```
class MyVisitor : public default_bfs_visitor { //wizytator
public:
    template <typename Vertex, typename Graph> //własny kod, nadpisywanie
    void discover_vertex(Vertex u, const Graph & g) const {
        cout << "discover vertex:" << u << endl;
    }
};

int main() {
    using Graph = adjacency_list<vecS, vecS, directedS>;
    Graph g(/* pominięto tworzenie grafu */);
    MyVisitor vis;//obiekt wizytatora
    breadth_first_search(g, A, visitor(vis) );//woła algorytm
    return 0;
}
```

wizytator wołany przy przeglądaniu grafu

<code>initialize_vertex(v,g)</code>	wołana dla każdego wierzchołka zanim rozpoczęte zostanie przeszukiwanie
<code>discover_vertex(v,g)</code>	wierzchołek odwiedzony po raz pierwszy (jest wstawiany do kolejki)
<code>examine_vertex(v,g)</code>	wierzchołek jest rozpatrywany (pobierany z kolejki), żadna krawędź wychodząca z wierzchołka nie została zbadana
<code>examine_edge(e,g)</code>	rozpatrywana krawędź
<code>finish_vertex(v,g)</code>	wierzchołek jest rozpatrzony, tzn. wszystkie wierzchołki sąsiednie zostały odwiedzane

BGL - podsumowanie

- ▶ reprezentacja grafów skierowanych i nieskierowanych
- ▶ przeglądanie grafu, modyfikacja topologii grafu
- ▶ własne dane związane z krawędzią, z wierzchołkiem lub z grafem
- ▶ kilkadziesiąt algorytmów

Przetwarzanie tekstu w C++

przetwarzanie tekstu : funkcje konwertujące z 'C'

Utworzenie liczby na podstawie napisu:

```
#include <cstdlib>
int i = atoi("1234");
double d = atof("2.56");//Zwraca float
```

- ▶ brak obsługi błędów

Utworzenie napisu na podstawie liczby:

```
char buf[6];
itoa(1234, buf, 6);//Została usunięta ze standardu
sprintf(buf,"%d",1234);
```

- ▶ brak obsługi błędów
- ▶ nie kontroluje typów
- ▶ skomplikowany i niewygodny interfejs

przetwarzanie tekstu : konwersje za pomocą strumieni

```
//C++11 <string> definiuje konwersję dla wszystkich typów wbudowanych
string to_string(int val);
string to_string(double val);

//konwersja za pomocą strumieni, obsługuje typy wbudowane i użytkownika
#include <sstream>

std::ostringstream os;
os << 1234;
os.str();//Zwraca std::string

std::string napis("1234");
std::istringstream is(napis);
int i;
is >> i;

//ale ma niewygodny interfejs (potrzebne 3 linie kodu)
```


Boost.lexical_cast

```
//Szablon wykorzystuje strumienie do przekształceń
template<typename Target, typename Source>
Target lexical_cast(const Source & arg) {
    std::stringstream sout;
    Target result;
    if(!(sout << arg && sout >> result) )
        throw bad_lexical_cast( typeid(Source), typeid(Target) );
    return result;
}
```

- ▶ 'Source' może być zapisywane do strumienia
- ▶ 'Target' może być czytany ze strumienia
- ▶ 'Source' i 'Target' mają konstruktory kopiujące
- ▶ 'Target' ma konstruktor bezparametrowy

wykorzystanie boost::lexical_cast

```
#include <boost/lexical_cast.hpp>
//Przekształcenie napisu na inny typ
int i = lexical_cast<int>(string("1234") );
//Przekształcenie typu na napis
string s = lexical_cast<string>(1234);
Foo f;
string s = lexical_cast<string>(f); //podobnie dla typu użytkownika
```

- ▶ obsługuje typy wbudowane i typy użytkownika,
- ▶ wygodny interfejs, obsługa błędów,
- ▶ zgłoszona do umieszczenia w bibliotece standardowej (TR2), ale nie została umieszczona w C++11, C++14, C++17, C++20

lokalizm (C++)

klasyfikacja znaków, porządek napisów, format daty, itp.

```
#include <locale>
class ios_base {
    locale imbue(const locale& loc); //ustawia lokalizm
    locale getloc() const; //pobiera lokalizm
};
```

- ▶ `locale::classic()` standardowy US English ASCII
- ▶ globalna
 - ▶ `locale::locale()` konstr. domyślny tworzy taką jak globalna
 - ▶ inicjowana na classic
 - ▶ zmiana na inną: `locale::global()`
- ▶ `locale::locale("");` tworzy lokalizm domyślny dla systemu
- ▶ `locale::locale("nazwa");` tworzy lokalizm o podanej nazwie. Może zgłosić wyjątek `'runtime_error'`

Wsparcie dla Unicode

Dostępne w standardzie C++03

```
"ASCII String"//Tablica obiektów typu char  
L"wchar_t String"//Tablica obiektów wchar_t
```

Dostępne w standardzie C++11

```
u8"UTF-8 String \u2018."//UTF-8, tablica obiektów typu char  
u"UTF-16 String \u2018."//UTF-16, tablica obiektów char16_t  
U"UTF-32 String \u2018."//UTF-32, tablica obiektów char32_t
```

Napisy ze znakami specjalnymi (raw string literals)

```
auto str = R"({  
    "Title":"C/C++",  
    "Id":6  
})";
```

Własne symbole ogranicznika, R"ddd(...)ddd"

```
auto str = R"ZZZ({"Title":"(C/C++)","Id":6})ZZZ";
```

Wyrażenia regularne

- ▶ element programowania deklaratywnego
- ▶ przydatne przy przetwarzaniu tekstów
- ▶ dostępne standardowo w wielu językach programowania

```
template <class charT, class traits = regex_traits<charT> >
class basic_regex { //reprezentuje wyrażenie regularne
    //
};
using regex = basic_regex<char>;
using wregex = basic_regex<wchar_t>;
```

```
#include <regex>
std::regex reg("a(a|b)*b"); //obiekt repr. wyrażenie regularne
#include <boost/regex.hpp>
boost::regex reg2("a(a|b)*b"); //obiekt repr. wyrażenie regularne
```

opis wyrażenia regularnego regex

<code>^ \$</code>	początek i koniec linii	
<code>.</code>	dowolny pojedynczy znak	<code>.la 1la ala bla cla dla</code>
<code>[aeo]</code>	zbiór znaków	<code>[aeo]la ala ela ola</code>
<code>[a-z]</code>	zakres znaków	
<code>[^0-9]</code>	znak spoza zakresu	
<code>\d</code>	klasy znaków <code>[[[:digit:]]</code>	<code>\dla 1la 2la 3la</code>
<code>\s</code>	biały znak <code>[[[:space:]]</code>	
<code>*</code>	dowolna liczba (zero lub więcej)	<code>a*b b ab aaaab</code>
<code>+</code>	jedno lub więcej	<code>a+b ab aaaab</code>
<code>?</code>	opcjonalność: zero lub jedno	<code>a?b b ab</code>
<code>{m,n}</code>	od m do n wystąpień	
<code>(wyr)</code>	tworzy grupę	<code>(ab)+ ab abab ababab</code>
<code> </code>	alternatywa	<code>a(a b)b aab abb</code>

Badanie, czy napis jest opisywany wyrażeniem regularnym

```
template </* ... */>
bool regex_match( //funkcja bada, czy napis jest opisywany wyrażeniem
    const basic_string</* ... */>& str,
    const basic_regex</* ... */>& e,
    match_flag_type flags = match_default);

//Przykład użycia - badanie czy napis jest typu NNN-NNN-NN-NN
bool poprawny_NIP(const std::string& nip_str) {
    static const boost::regex e("\\d{3}-\\d{3}-\\d{2}-\\d{2}");
    return regex_match(nip_str, e);
}
```

Dostęp do pod-wyrażeń

```
template </* ... */> class match_results;
typedef match_results<const char*> cmatch;
typedef match_results<const wchar_t*> wcmatch;
typedef match_results<string::const_iterator> smatch;
typedef match_results<wstring::const_iterator> wsmatch;
```

//Przykład - czyta adresata z treści listu

```
string readFromAddr(istream& is) {
    static const regex from_reg("^From:(.*)$");
    string line;
    while(getline(is,line) ) {
        smatch what; //Zawiera wynik dopasowania
        if(regex_match(line,what,from_reg)
            //what[0] zawiera cały napis
            //what[1] zawiera pierwszą grupę
            return std::string(what[1].first, what[1].second);
        return "";
    }
}
```


Wyszukiwanie wyrażeń regularnych

	zachłanne	niezachłanne
przykład <ala>ma<kota>	<code><(.*?)></code> ala>ma<kota	<code><(.*?)></code> ala

```
//Przeszukuje plik html w poszukiwaniu adresów
string html = /* wczytaj stronę html */;
regex mail("\\href=\"mailto:(.*?)\">", regex_constants::icase);
smatch what; //Przechowuje wyniki wyszukiwania
if( regex_search(html,what,mail) )
    //what[0] zawiera napis pasujący do wyrażenia
    cout << "wczytany email to" << what[1] << endl;
```

- ▶ 'regex_match' bada, czy napis spełnia wyr. regularne
- ▶ 'regex_search' poszukuje napisu spełniającego wyrażenie

```
regex reg("a*b");
regex_search("aba",reg); //Zwróci true
regex_match("aba",reg); //Zwróci false
```

Iteracja po odnalezionych napisach

```
//Przegląda ciąg liczb zakończonych przecinkiem
string s("12, 234, 12, 56");
regex reg("\\s*(\\d+),?");
//Przykład wykorzystania iteratora
sregex_iterator begin(s.begin(), s.end(), reg);
sregex_iterator end;
for(;begin != end; ++begin) {
    const smatch& what = *begin;
    cout << what[1] << endl;
}
```

Zastępowanie wyrażeń regularnych

```
template </* */>
basic_string regex_replace(const basic_string& s, //napis wejściowy
    const basic_regex& e, //wyrażenie regularne
    const basic_string& fmt, //napis formatujący
    match_flag_type flags = match_default);
```

Napis formatujący
(wybrane znaki specjalne):

&	całe wyrażenie
\D	pod-wyrażenie

```
regex reg("(.),(.)"); //opisuje dwie grupy
regex_replace("a,bx", reg, "&=&"); //a,b=a,bx
regex_replace("a,bx", reg, "\\2 = \\1"); //b = ax
```

Wyrażenia regularne - podsumowanie

obiekty reprezentujące wyrażenie regularne mogą być używane w różnych wątkach

- ▶ Boost.Regex, std::regex : wyrażenia regularne, włączona do standardu c++11
- ▶ Boost.Xpressive (header only), wyrażenia regularne tworzone w czasie kompilacji.
- ▶ Boost.Spirit (header only), wyrażenia regularne i gramatyki LL, tworzone w czasie kompilacji

	Regex	Spirit	Xpressive
dopasowywanie wzorców, wyrażenia regularne	tak	tak	tak
gramatyki bezkontekstowe	-	tak	tak
akcje semantyczne	-	tak	-
nowe deklaracje w trakcie działania	tak	-	tak

Powtórzenie

- ▶ stałość
- ▶ współbieżność
 - ▶ wątki
 - ▶ blokady (mutex), zakleszczenia
 - ▶ `std::atomic`, algorytmy lock-free
 - ▶ aktywny obiekt, `std::async`
 - ▶ `stl`, algorytmy równoległe i wektorowe
 - ▶ asynchroniczna obsługa wejścia-wyjścia
- ▶ szablony, biblioteka STL
- ▶ biblioteka Boost Graph Library
- ▶ przetwarzanie tekstu w C++.

Zadanie: problem z kontenerem

Przedstawiony kod jest błędny. Dla $N = 5$ (linia 4) działa on poprawnie, natomiast po zmianie na $N = 500$ występują błędy w linii 10 lub 11. Co Twoim zdaniem jest źródłem problemu?

```
vector<Foo> kolekcja;
typedef vector<Foo>::const_iterator Id;
map<int,Id> index;
static const int N = 500;
for(int i=0; i < N; ++i ) {
    Id id = kolekcja.insert( kolekcja.end(), Foo(i) );
    index.insert( make_pair(i,id) );
}
Id id_0 = (*index.find(0)).second;
const Foo& f = *id_0;
cout << f.i_ << endl;
```

Wyścig?

```
using Counter = int;
struct MTCounter { //wsk. na Counter z mutexem
    MTCounter() : counter(new Counter(0)) {}
    void inc() { lock_guard lock(m_); *counter += 1; }
    int get() { lock_guard lock(m_); return *counter; }
    shared_ptr<Counter> counter; //wskaźnik
    mutex m;
};
struct Thread {
    Thread(MTCounter counter) : c(counter) {}
    void operator()() { for(int i=0;i<1000000;++i) c.inc(); }
    MTCounter c;
};
int main() {
    MTCounter counter; Thread t1(counter), t2(counter);
    thread thrd1(ref(t1)), thrd2(ref(t2));
    thrd1.join(); thrd2.join();
    return 0;
}
```

Rozwiązanie

//Rozwiązanie - sekcja krytyczna

```
struct CounterSync {  
    CounterSync() : value(0) {}  
    int value; mutex m;  
};  
struct MTCounterSync {  
    MTCounterSync() : counter(new CounterSync) {}  
    void inc() { lock_guard lock(counter->m); counter->value += 1; }  
    int get(){ lock_guard(counter->m); return counter->value; }  
    shared_ptr<CounterSync> counter; //współdzielony licznik  
};
```

//Rozwiązanie - licznik wykorzystuje operacje atomowe

```
using CounterAtomic = std::atomic<int>;  
struct MTCounterAtomic {  
    MTCounterSync() : counter(new CounterAtomic(0)) {}  
    void inc() { *counter += 1; }  
    int get(){ return *counter; }  
    shared_ptr<CounterAtomic> counter; //współdzielony licznik  
};
```


znajomość kodu: podaj wydruk

```
void fxx(int& count, const string& s, int offset) {  
    count += s.size() + offset;  
}  
  
using PF = std::function<void (int)>;  
int x = 0;  
vector<PF> vpf;  
vpf.push_back([&](int i){fxx(x, string("A"), i);});  
vpf.push_back([&](int i){fxx(x, string("AA"), i);});  
vpf.push_back([&](int i){fxx(x, string("AAA"), i);});  
for_each( vpf.begin(), vpf.end(), [](PF& pf){pf(1);});  
cout << x << endl;
```

Popraw wydajność. Funkcja main

```
class Data { /* składowe nieistotne */}; using PData = shared_ptr<Data>;
struct Out {
    Out(int size) : size_(size) {}
    int size_;
    std::vector<PData> v_;
    mutex m_;
};

int main() {
    Out out(10000);
    boost::asio::io_service io;
    boost::asio::deadline_timer t01(milliseconds(8) );
    //...
    boost::asio::deadline_timer t99(milliseconds(8) );
    t01.async_wait([&](const error_code& e){ serve_event(out,t01,e);});
    //...
    t99.async_wait([&](const error_code& e){ serve_event(out,t99,e);});
    io.run();
    return 0;
}
```

Popraw wydajność. Obsługa urządzenia

```
struct Out { //powtórzona z poprzedniego slajdu
    Out(int size) : size_(size) {}
    int size_;
    std::vector<PData> v_;
    mutex m_;
};

void serve_event( Out& out, deadline_timer& t, const error_code& error) {
    if( error ) return;
    //obliczenia lokalne, tworzy dane dla nowej paczki
    lock_guard<mutex> guard(out.m_);
    PData data = PData(new Data()); //tworzy nową paczkę, kopiuje dane
    out.v_.push_back(data);
    if(out.v_.size() < out.size_) {
        t.async_wait([&](const error_code& error){ serve_event(out,t,error);});
    }
}
```

Popraw wydajność. Rozwiązanie

```
struct Out { //powtórzona z poprzedniego slajdu
    Out(int size) : size_(size) {}
    int size_;
    std::vector<PData> v_;
    mutex m_;
};

//pętla zdarzeń, nie ma konieczności stosowania sekcji krytycznej!
void serve_event( Out& out, deadline_timer& t, const error_code& error) {
    if( error ) return;
    //obliczenia lokalne, tworzy dane dla nowej paczki
    PData data = PData(new Data()); //tworzy nową paczkę, kopiuje dane
    out.v_.push_back(data);
    if(out.v_.size() < out.size_) {
        t.async_wait([&](const error_code& error){ serve_event(out,t,error);});
    }
}
```

Dziękuję