

## TKOM dokumentacja projektu

### Zadanie O3

Zdanie polega na stworzeniu programu który optymalizuje kod programu w taki sposób, że wyciąga z pętli i przenosić przed pętlę te instrukcje które są możliwe do przeniesienia bez wpływania na wynik działania kodu.

Kod może zawierać zagnieżdżone pętle. Jedna instrukcja może być przeniesiona poza kilka zagnieżdżonych pętli.

Język który będzie mógł zoptymalizowany to podzbiór języka C

### **Założenia**

- Program jest napisany w języku C++
- Wszystkie instrukcje dostępne w implementowanym języku są wymienione niżej w sekcji „Instrukcje i wyrażenia dostępne w optymalizowanym kodzie”
- Optymalizator potrafi przenosić instrukcje przypisania zawierające stałą liczbę lub wyrażenia arytmetyczne złożone wyłącznie z operatorów arytmetycznych i liczb
- Optymalizator potrafi także przenosić niektóre deklaracje zmiennych
- Program jest aplikacją konsolową optymalizującą jeden plik którego nazwa jest argumentem wywołania aplikacji.
- Zoptymalizowany kod jest zapisywany do pliku, którego nazwa została podana jako argument wywołania aplikacji lub jeśli nie ma drugiego argumentu to kod jest wypisywany na standardowe wyjście
- Inicjacja każdej zmiennej odbywa się w oddzielnej instrukcji
- W części inicjacyjnej pętli for musi znaleźć się inicjacja zmiennej, przypisanie wartości lub może pozostać pusta operacja (średnik).
- W części aktualizacyjnej pętli for należy zmienić wartość zmiennej lub pozostawić tę część pustą
- W pętli musi występować warunek logiczny
- Blok operacji przypisanych do pętli zaczyna się od '{' i kończy '}'
- Ze względu na możliwe niejednoznaczności niedopuszczane są wyrażenia zawierające 3 takie same znaki operatorów: (+++ lub ---) np. 'a+++b'.
- Nie można też w jednej operacji jednocześnie dokonać modyfikacji zmiennej pre oraz post inkrementacyjnej/dekrementacyjnej np. '--a++'
- Maksymalna długość pojedynczego tokena wynosi 64 znaki.

### **Zadania programu:**

- Odczytywanie, analizowanie i optymalizowanie podanego kodu zgodnego z zdefiniowaną składnią.
- Informowanie o liczbie zastosowanych optymalizacji.
- Zgłaszanie błędów wykrytych podczas analizy kodu
- Tworzenie zmiennych w trzech obsługiwanych typach
- Tworzenie zmiennych.
- Obsługa zakresu dostępności zmiennych.
- Używanie pętli for
- Kod po optymalizacji musi być równoznaczny z kodem oryginalnym.

## Optymalizowane wyrażenia:

- przypisanie wartości do zmiennej
  - wymagania:
    - przypisanie składa się jedynie w pojedynczego elementu będącego liczbą lub z wyrażenia arytmetycznego zawierającego jedynie liczby i operatory (bez zmiennych)
    - zmienna nie została wcześniej użyta w bloku z którego ma zostać przeniesiona ani w operacji for do której blok należy
    - zmienna została zdefiniowana w nadrzędnym bloku lub na jeszcze niższym poziomie
- definicja zmiennej
  - wymagania:
    - nazwa zmiennej nie może być użyta na głębokości na której znajduje się definicja więcej niż jeden raz (jedynie wystąpienie to to w definicji)
    - nazwa zmiennej nie może być użyta w bloku nadrzędnym

## Instrukcje które mogą być przenoszone:

- `zmienna = liczba;`  
Przykłady:
  - `a = 5;`
  - `a = 3.14;`
- `zmienna = wyrażenie złożone z samych liczb;`
  - `a = 5 * 3;`
  - `a = 12 * 3 + 56 / 5;`
- `typ danych zmienna = wyrażenie z samych liczb;`
  - `int a = 5;`
  - `int b = 12 * 5;`

## Instrukcje i wyrażenia dostępne w optymalizowanym kodzie:

- pętla for
  - `for(przypisanie_wartości_iteratorowi; warunek_logiczny; aktualizacja_iteratora) {zbiór_instrukcji}`
- instrukcja przypisania
  - `nazwa_zmiennej = liczba;`
  - `nazwa_zmiennej = wyrażenie;`
- wyrażenie arytmetyczne
  - `liczba operator nazwa_zmiennej`
  - `liczba1 operator liczba2`
  - `nazwa_zmiennej operator liczba`
  - `nazwa_zmiennej1 operator nazwa_zmiennej2`
- dostępne operatory arytmetyczne
  - mnożenie: `*`
  - dzielenie: `/`
  - dodawanie: `+`
  - odejmowanie: `-`
- operatory logiczne
  - mniejsze: `<`
  - większe: `>`
  - równe: `==`
- inkrementacja
  - `zmienna++;`
  - `++zmienna;`
- dekrementacja
  - `zmienna--;`
  - `--zmienna;`

- odwołanie do indeksu w tablicy (każdy indeks w tablicy traktowany jest jako zmienna)
  - *nazwa\_tablicy[numer\_indeksu]*
- inicjacja zmiennej
  - typ nazwa\_zmiennej;
  - typ nazwa\_zmiennej = wyrażenie;

Obsługiwane typy danych:

- int – maksymalnie 9 cyfr
- long – maksymalnie 12 cyfr
- double – maksymalnie 4 cyfry przed przecinkiem i 15 po przecinku

## Gramatyka

program = {operation};

operation = loop | ([variable, (incrementalOperator | assignment) | initiation | preIncrementation],  
“;”);

loop = “for(”, [initiation | (variable, assignment)], “;”, condition, “;”, [preIncrementation | (variable,  
incrementalOperator | assignment)], “)” , “{”, {operation}, “}”;

initiation = type, variable, [assignment];

assignment = “=”, arithmeticExpression;

condition = arithmeticExpression, relationOperator, arithmeticExpression;

arithmeticExpression = primaryExpression, {additiveOperator | multiplicativeOperator,  
primaryExpression};

primaryExpression = (variable, [incrementalOperator]) | number | preIncrementation;

preIncrementation = incrementalOperator , variable;

variable = variableName, (“[”, arithmeticExpression, “]”);

variableName = sign, {sign | digit};

number = (“0” | digitWithoutZero, {digit}), [“.”, digit, {digit}];

digit = “0” | digitWithoutZero;

digitWithoutZero = “1” | “2” | “3” | “4” | “5” | “6” | “7” | “8” | “9”;

sign = letter | “\_”;

letter = “a” | ... | “z” | “A” | ... | “Z”;

relationOperator = “<” | “>” | “==”;

additiveOperator = “+” | “-”;

multiplicativeOperator = “\*” | “/”;

incrementalOperator = “++” | “--”;

type = “int” | “long” | “double”;

## Przykłady optymalizacji kodu:

Przed optymalizacją	Po optymalizacji
Proste przeniesienie przypisania	
<pre>int a; int b[100]; int c[100]; for (int i=1; i&lt;100; i++) { a=5; b[i] = c[i] *a; }</pre>	<pre>int a; int b[100]; int c[100]; a=5; for (int i=1; i&lt;100; i++) { b[i] = c[i] *a; }</pre>
Przeniesienie o dwa poziomy	
<pre>int i; int j; int a; int b[20]; for (i=1; i&lt;20; i++){ for (j=1; j&lt;20; j++){a = 5; b[j] = a * i; }}</pre>	<pre>int i; int j; int a; int b[20]; a = 5; for (i=1; i&lt;20; i++){ for (j=1; j&lt;20; j++){b[j] = a * i; }}</pre>
Przeniesienie przypisania, gdy zmienna jest użyta w instrukcji for	
<pre>int i; int j; int a; int b[20]; int c[20]; for (i=1; i&lt;a; i++){ for (j=1; j&lt;20; j++){a = 5; b[j] = a * i; } a = 5 * b[i]; c[i] = a - 10; }</pre>	<pre>int i; int j; int a; int b[20]; int c[20]; for (i=1; i&lt;a; i++){ a = 5; for (j=1; j&lt;20; j++){b[j] = a * i; } a = 5 * b[i]; c[i] = a - 10; }</pre>
Niemożność przeniesienia przypisania, ponieważ zmieniliby to działanie programu	
<pre>int a = 3; int b[20]; for (int i=1; i&lt;20; i++){b[i] = 2 * a; a = 5; a = a + 1;}</pre>	<pre>int a = 3; int b[20]; for (int i=1; i&lt;20; i++){b[i] = 2 * a; a = 5; a = a + 1;}</pre>
Przeniesienie dwóch operacji za jednym zamachem	
<pre>int i; int a; int b[20]; int c; for (i=1; i&lt;20; i++){a = 5; c = 10; b[i] = 2 * a + c; a = a + 1;}</pre>	<pre>int i; int a; int b[20]; int c; a = 5; c = 10; for (i=1; i&lt;20; i++) { b[i] = 2 * a + c; a = a + 1; }</pre>
Przeniesienie definicji zmiennej	
<pre>for(int a = 0; a &lt; 10; ++a){ for(int b = 0; b &lt; 20; ++b){ int x = 0; for(int c = 0; c &lt; 10; ++c){ x = x + 2; } }</pre>	<pre>int x = 0; for(int a = 0; a &lt; 10; ++a){ for(int b = 0; b &lt; 20; ++b){ for(int c = 0; c &lt; 10; ++c){ x = x + 2; } }</pre>

<pre>         }     } </pre>	<pre>         }     } </pre>
------------------------------	------------------------------

### Wykrywanie błędów:

Każdy z modułów zgłasza wykryte przez siebie błędy

Zgłoszone błędy wyświetlają:

- komunikat o typie zaistniałego błędu
- informację który z modułów wykrył ten błąd
- miejsce jego wystąpienia (linia i numer znaku)
- fragment kodu którego on dotyczy – w przypadków błędów lexera

### Działanie programu:

Program został napisany przy użyciu języka C++.

Plik z kodem przeznaczony do optymalizacji jest przekazywany jako argument programu. Do projektu jest dołączony plik makefile który będzie umożliwiał kompilację przy pomocy polecenia *make*. Uruchamianie programu będzie dokonywane przy pomocy komendy *./optymalizator plik\_wejściowy [plik\_wyjściowy]*

Kod po optymalizacji jest umieszczany w pliku wyjściowym o podanej nazwie lub wyświetlany na standardowym wyjściu.

## Analiza kodu

Analiza kodu składa się z 3 etapów.

### Analizator leksykalny:

Dzieli kod na tokeny. Wczytuje kolejne znaki, aż do stwierdzenia końca tokenu. Każdy z tokenów jest reprezentowany przez obiekt klasy Token.

Każdy z tokenów posiada pola: typ tokenu, wartość będącą typem całkowitym, zmiennopozycyjnym lub tekstowym oraz pozycję tokenu.

Tokeny mogą posiadać następujący typ:

- Słowo kluczowe - „for”
- Operator przypisania - „=”
- Operator addytywny - „+”, „-”
- Operator multiplikatywny - „\*”, „/”
- Operator inkrementacyjny/dekrementacyjny „++”, „--”
- Typ danych – „int”; „long”, „double”
- Operator relacyjny - „<”, „>”, „==”
- Nawias okrągły - „(”, „)”
- Nawias blokowy - „{”, „}”
- Liczba – „11.3”, „902”, „2321.42134”
- Koniec pliku
- Nieznany token
- Błędny token

### Analizator składniowy:

Pobiera od lexera kolejne Tokeny, a następnie grupuje je w drzewo, jednocześnie sprawdzając, poprawność gramatyczną kodu, zgodną z gramatyką podaną powyżej.

### Analizator semantyczny:

Pobiera od analizatora składniowego drzewo i analizuje je pod względem poprawności semantycznej. Analizator przechodzi po drzewie w głąb.  
Analizator semantyczny sprawdza istnienie i zasięg zdefiniowanych zmiennych, Przechowywanych w tablicy symboli.

### **Optymalizacja:**

Optymalizacja odbywa się poprzez przejście po drzewie, zbierając informacje o kolejnych występujących zmiennych, a następnie sprawdzeniu czy w momencie wystąpienia przypisania lub definicji spełnione są warunki przedstawione w punkcie „Optymalizowane wyrażenia”.

### **Tablica symboli:**

Tablica symboli jest vectorem przechowującym informacje o zmiennych.

Na etapie analizy przechowuje informacje o nazwie zmiennej, poziomie na którym pojawia się jej definicja oraz o tym czy jest ona tablicą.

Na etapie optymalizacji kodu przechowujemy dodatkowo informację o tym czy zmienna została już użyta.