Współbieżność w środowisku Java

Wielowątkowość (obsługa wątków)

Zagadnienia

- Tworzenie wątków
- Stany wątków i ich zmiana
- Demony
- Grupy wątków
- Synchronizacja wątków
  - wzajemne wykluczanie
  - oczekiwanie na zmiennych warunkowych
  - **`pakiet java.util.concurrent`**

Klasa `java.lang.Thread` Interfejs `java.lang.Runnable`

- Wątek reprezentowany jest w procesie na JVM przez obiekt klasy **`Thread`** (w szczególności jej pochodnej).
- Programem głównym wątku jest metoda **`run()`** klasy wywiedzionej z **`Thread`** lub dowolnej klasy implementującej interfejs **`Runnable`**.

Tworzenie wątków

- Dziedziczenie z klasy **`Thread`**
  - definicja klasy pochodnej od **`Thread`**,
  - utworzenie obiektu zdefiniowanej klasy.
- Implementacja interfejsu **`Runnable`**
  - definicja klasy implementującej interfejs **`Runnable`**,
  - utworzenie obiektu zdefiniowanej klasy,
  - utworzenie obiektu klasy **`Thread`** z przekazaniem referencji do utworzonego obiektu klasy implementującej **`Runnable`**.

Tworzenie wątków poprzez dziedziczenie z klasy **Thread**

- Zdefiniowanie klasy **MThread** wywiedzionej z klasy **Thread** (implementacja w tej klasie metody **run()**, która zawiera program wątku)

```
class MThread extends Thread {
   void run(){
      ...
   }
}
```

- Utworzenie obiektu **th** zdefiniowanej klasy **MThread**

```
MThread th;
th = new MThread();
```


Tworzenie wątków poprzez implement. interfejsu **Runnable**

- Zdefiniowanie klasy **MClass** implementującej **Runnable** oraz implementacja w tej klasie metody **run()**, która zawiera program wątku

```
class MClass implements Runnable {
   void run(){
      ...
   }
}
```

- Utworzenie obiektu **obj** zdefiniowanej klasy **MClass**

```
MClass obj = new MClass();
```

- Utworzenie obiektu **th** klasy **Thread**

```
Thread th = new Thread(obj);
```


Definicja interfejsu **Runnable**

```
public interface Runnable {
   public abstract void run();
}
```


Implementacja metody **run()** w klasie **Thread**

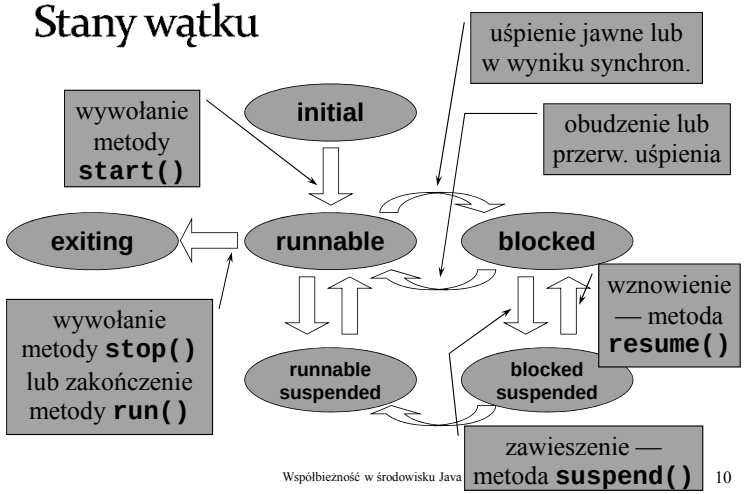
```
private Runnable target;
public void run() {
   if (target != null)
      target.run();
}
```

Referencja **target** ustawiana jest w konstruktorze, jeśli zostanie przekazany parametr klasy implementującej **Runnable**.

Konstruktory klasy Thread

- `Thread();`
- `Thread(Runnable target);`
- `Thread(String name);`
- `Thread(Runnable target, String name);`

Stany wątku



Klasa `Thread` — zmiana stanu wątków

- **`void start()`** — uruchomienie wątku,
- **`void stop()`** — zakończenie działania wątku,
- **`void run()`** — metoda wykonywana przez wątek (główny program wątku),
- **`void suspend()`** — zawieszenie wąteku (wątek nie zwalnia blokad),
- **`void resume()`** — wznawienie wykonywania zawieszonego wątku,
- **`void interrupt()`** — przerwanie oczekiwanie wątku w stanie zablokowania.

Klasa `Thread` — zmiana stanu wątków (metody statyczne)

- **`static void sleep(long milsec [, int nanosec])`** — uśpienie wątku na podany okres czasu,
- **`static void yield()`** — „oddanie procesora” innemu wątkowi o tym samym priorytecie.
- Zmiana stanu następuje w wątku wywołującym (wątek wywołuje te metody w celu zmiany własnego stanu)

Przerywanie wątków

- Przerwanie — wywołanie metody **`interrupt()`** na obiekcie wątku — przerywa oczekiwanie wątku w (np. **`sleep`**, **`join`**, **`wait`**) poprzez zgłoszenie wyjątku **`InterruptedException`**.
- Jeśli wątek nie jest w stanie *blocked*, fakt przerwania jest odnotowywany poprzez ustawienie odpowiedniej flagi (*interrupted status*).
- Metoda statyczna **`Thread.interrupted()`** zwraca *true* jeśli flaga jest ustawiona (dla bieżącego wątku) i ją kasuje.
- Metoda **`isInterrupted()`** (na obiekcie wątku) zwraca tę informację dla danego wątku, ale nie kasuje flagi.

Klasa **`Thread`** — nadawanie nazw wątkom

- **`void setName(String name)`** — przypisanie nazwy do wątku,
- **`String getName()`** — odczytanie przypisanej nazwy.
- Z punktu widzenie systemu nazewnictwo wątków nie ma żadnego znaczenia, jest również raczej mało istotne dla użytkownika.

Klasa **`Thread`** — priorytety wątków

- **`void setPriority(int priority)`** — ustawianie priorytetu wątku,
- **`int getPriority()`** — odczytanie priorytetu wątku.
- Stałe (**`final`**) w klasie **`Thread`**:
  - **`Thread.MIN_PIORITY`**
  - **`Thread.MAX_PIORITY`**
  - **`Thread.NORM_PIORITY`**
- Większa wartość oznacza wyższy priorytet.

Klasa **`Thread`** — inne metody

- **`void join([long milsec [, int nanosec]])`** — oczekiwanie na zakończenie wątku (można podać czas oczekiwania),
- **`boolean isAlive()`** — sprawdzenie, czy wątek działa (zwraca **`true`** jeśli wątek został uruchomiony przez **`start()`**, ale nie zakończył jeszcze działania — wykonywanie metody **`run()`** nie dobiegło końca).

Klasa `Thread` — inne metody statyczne

- `static Thread currentThread()` — zwraca obiekt reprezentujący aktualnie wykonywany wątek,
- `static int enumerate(Thread threadArray[])` — zwraca obiekty reprezentujące wszystkie wątki procesu,
- `static int activeCount()` — zwraca liczbę aktywnych wątków procesu.

Demony

- Demon jest takim wątkiem, który kończy swoje działanie po zakończeniu ostatniego wątku użytkownika.
- `void setDaemon(boolean on)` — w zależności od wartości parametru `on` zmienia wątek użytkownika na wątek-demon lub odwrotnie,
- `boolean isDaemon()` — sprawdza, czy wątek jest demonem.

Grupowanie wątków

- Łączenie wątków w grupy ma na celu ułatwienie zarządzania zbiorami logicznie powiązanych ze sobą wątków (np. grupa wątków w serwerze do obsługi określonego klienta na połączeniu siec.)
- Wątek musi zostać przypisany do grupy w momencie tworzenia i pozostaje w niej do końca swego istnienia.
- Grupy tworzą hierarchię wynikającą z zawierania się jednych grup w innych (każda nowo tworzona grupa jest częścią innej grupy).

Konstruktory klasy `Thread` z uwzględnieniem grupowania

```
Thread(ThreadGroup group, Runnable
        target);
Thread(ThreadGroup group, String name);
Thread(ThreadGroup group, Runnable
        target, String name);
```

Tworzenie grupy wątków

- Grupa wątków reprezentowana jest przez obiekt klasy **`ThreadGroup`**.
- Konstruktory klasy **`ThreadGroup`**:
  - **`ThreadGroup(String name)`** — utworzenie nowej grupy, która jest podgrupą grupy wątku bieżącego,
  - **`ThreadGroup(ThreadGroup parent, String name)`** — utworzenie nowej grupy, która jest podgrupą grupy wskazanej.

Operowanie na grupach wątków

- **`void stop()`** — zakończenie działania wszystkich wątków w grupie,
- **`void suspend()`** — zawieszenie wszystkich wątków w grupie,
- **`void resume()`** — wznawianie wykonywania zawieszonych wszystkich wątków w grupie.

Wyliczanie wątków w grupie

- **`int enumerate(Thread list[])`**
- **`int enumerate(Thread list[], boolean recurse)`**
- **`int activeCount()`**
- **`int enumerate(ThreadGroup list[])`**
- **`int enumerate(ThreadGroup list[], boolean recurse)`**

Usuwanie grupy wątków

- Do usuwania grupy wątków służy metoda **`destroy()`**.
- Metoda **`destroy()`** jest skuteczna, jeśli wszystkie wątki w grupie i podgrupach zostały zakończone.
- Metoda **`destroy()`** rekurencyjnie usuwa również wszystkie podgrupy grupy usuwanej.

Synchronizacja

Koordynacja wątków, spójność danych

Synchronizacja

- Synchronizacja procesów/wątków
  - koordynacja realizacji poszczególnych instrukcji (kroków, faz)
  - kontrola przepływu sterowania
- Synchronizacja danych
  - utrzymanie spójności danych
  - gwarancja dostępu do najświeższych wartości zmiennych/stanów obiektów (uwzględnienie wyników ostatnich modyfikacji)

Mechanizmy synchronizacji

- Poziom architektury systemu komputorowego
  - zapis/odczyt współdzielonych zmiennych (tzw. współdzielone rejestry)
  - złożone operacje realizowane niepodzielnie , np. test&set, exchange
- Poziom systemu operacyjnego
  - zarządzanie procesami/wątkami (ich stanem), integracja z mechanizmami przydziału procesora (szeregowania), np. semafory, zamki, zmienne warunkowe
- Poziom języka programowania
  - strukturalne mechanizmy synchronizacji udostępniające konstrukcje do wyrażania zależności i ograniczeń w dostępie do współdzielonych zasobów (monitory, regiony krytyczne)

Synchronizacja wątków

- Mechanizmy „niskopoziomowe”
  - Wzajemne wykluczanie blok/metoda **`synchronized`**
  - Oczekiwanie na spełnienie warunku **`wait()`**, **`notify()`**, **`notifyAll()`**
  - Blok synchronized oraz metody **`wait()`**, **`notify()`** i **`notifyAll()`** mogą być realizowane na dowolnym obiekcie (obiekcie klasy **`Object`**).
- Mechanizmy „wysokopoziomowe” — pakiet java.util.concurrent (od wersji 1.5)
  - Atomowe operacja na obiektach
  - Zamki (**`Lock`**) i zmienne warunkowe (**`Condition`**)
  - Semafory (**`Semaphore`**), bariery (**`CyclicBarrier`**) itp.
  - Współbieżnie dostępne kolekcje (**`ConcurrentHashMap`**, **`ConcurrentLinkedQueue`**, **`CopyOnWriteArrayList`**, **`CopyOnWriteArraySet`**)

Metoda/blok **synchronized**

- Blok **synchronized** na danym obiekcie zajmuje zamek związany (integralnie) z tym obiektem
```
synchronized (obj){
   ...
}
```
- Metoda typu **synchronized** zajmuje zamek związany z obiektem, dla którego jest wywoływana, będzie zatem wykluczać wykonanie innych metod typu **synchronized** lub bloków **synchronized** na tym obiekcie.

Przykład metod **synchronized**

```
public class Konto {
   private float kwota;
   public synchronized boolean wyplata(float k) {
      if  (k <= kwota) {
         kwota -= k;
         return true;
      }
      return false;
   }
   public synchronized void wplata (float k) {
      kwota += k;
   }
}
```


Wzajemne wykluczanie fragmentu kodu metody

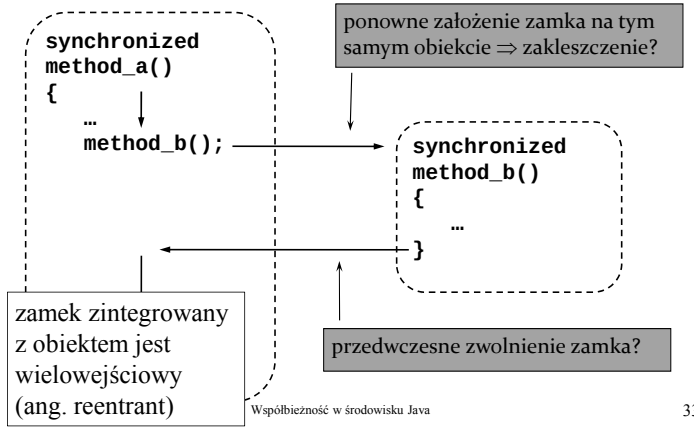
- Jeśli tylko fragment kodu metody ma się wykluczać z innymi metodami typu **synchronized**, można to osiągnąć przez utworzenie bloku **synchronized** na referencji **this** w implementacji tej metody.

```
{
   ...
   synchronized (this) {
      ...
   }
}
```

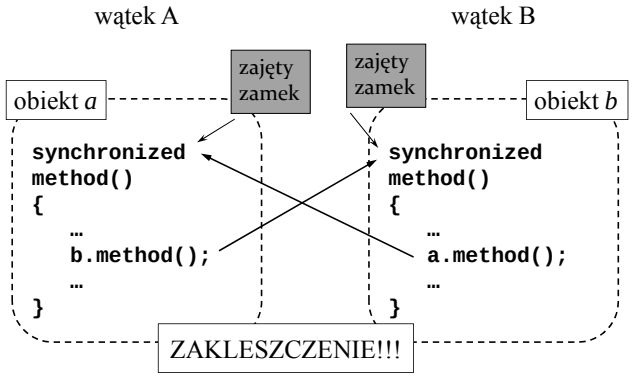

Pytanie

- Co się stanie, jeśli metoda typu **synchronized** zostanie wywołana z innej metody typu **synchronized** (czyli przez ten sam wątek)?
- Czy nastąpi zakleszczenie, a jeśli nie, to czy nie nastąpi przedwczesne zwolnienie blokady obiektu?

Przykład zagnieżdżonych blokad



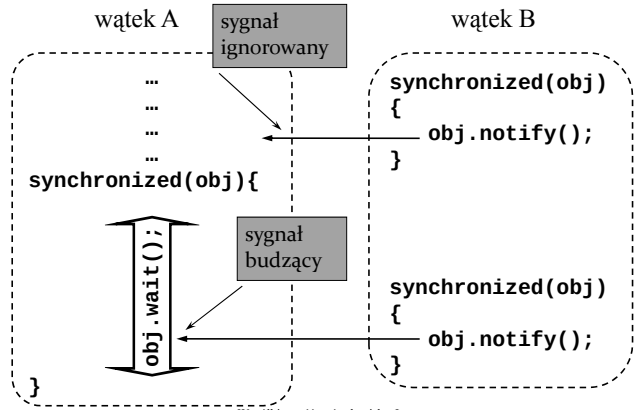
Przykład zagnieżdżonego wzajemnego wywołania metod przez różne wątki



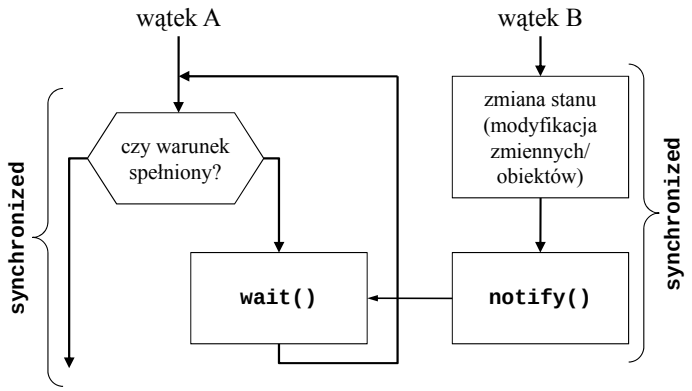
Oczekiwanie na spełnienie warunku

- **`void wait([long milsec [, int nanosec]])`** — czeka na spełnienie warunku (na sygnał wysyłany przez **`notify()`** lub **`notifyAll()`**),
- **`void notify()`** — wysyła sygnał do wątku oczekującego po wywołaniu metody **`wait()`** danego obiektu,
- **`void notifyAll()`** — wysyła sygnał do wszystkich wątków oczekujących po wywołaniu metody **`wait()`**,
- Metody **`wait()`**, **`notify()`** i **`notifyAll()`** muszą być wywoływane w bloku (metodzie) **`synchronized`** na tym samym obiekcie, w przeciwnym przypadku zgłaszany jest wyjątek **`NotOwnerException`**.

Budzenie wątków oczekujących na spełnienie warunku



Schemat synchronizacji na zmiennych warunkowych



Pytanie

- Czy przy pomocy mechanizmów synchronizacji w Java'ie da się zbudować monitor?

Atomowe operacja na obiektach

- Atomowe zmienne: **`AtomicBoolean`**, **`AtomicInteger`**, **`AtomicLong`**, **`AtomicReference`**
- Operacje (atomowe) na zmiennej atomowej: **`addAndGet`**, **`getAndAdd`**, **`compareAndSet`**, **`decrementAndGet`**, **`getAndDecrement`**, **`incrementAndGet`**, **`getAndIncrement`**