Edward Lavieri, Peter Verhas

Tajniki Java 9

Pisanie reaktywnego, modularnego, współbieżnego i bezpiecznego kodu

Packt›

Tajniki Java 9

Pisanie reaktywnego, modularnego, współbieżnego
i bezpiecznego kodu

Dr Edward Lavieri

Peter Verhas

Przekład: Jakub Niedźwiedź

APN Promise
Warszawa 2018

Tajniki Java 9

ISBN 978-1-78646-873-4, published by Packt Publishing.

APN PROMISE SA, ul. Domaniewska 44a, 02-672 Warszawa
tel. +48 22 35 51 600, fax +48 22 35 51 699
e-mail: mspress@promise.pl

ISBN: 978-83-7541-340-3

Przekład: Jakub Niedźwiedź

Redakcja: Marek Włodarz
Korekta: Ewa Swędrowska
Skład i łamanie: MAWART Marek Włodarz

Zespół

Autorzy

Dr Edward Lavieri

Peter Verhas

Recenzent

Mandar Jog

Opracowanie indeksu

Francy Puthiry

Grafika

Jason Monteiro

O autorach

Dr Edward Lavieri jest długoletnim programistą z dużym doświadczeniem akademickim. Obronił doktorat z informatyki na Colorado Technical University oraz posiada tytuły magistra z dziedziny zarządzania systemami informatycznymi (Bowie State University), edukacji (Capella University) oraz zarządzania operacyjnego (University of Arkansas).

Zajmuje się tworzeniem i prowadzeniem kursów informatycznych od 2002 roku. Edward wycofał się ze służby w amerykańskiej marynarce wojennej po 25 latach. Jako założyciel i dyrektor kreatywny firmy informatycznej three19, Edward stale zajmuje się projektowaniem i tworzeniem oprogramowania. Wykorzystuje różne narzędzia programistyczne i silniki sterujące grami. Jego pasją jest opracowywanie systemów i gier edukacyjnych oraz aplikacji mobilnych.

Edward jest autorem książek: *Adaptive Learning for Educational Game Design* (CreateSpace), *Getting Started with Unity 5* (Packt), *Learning AWS Lumberyard Game Development* (Packt), *LiveCode Mobile Development HOTSHOT* (Packt), *LiveCode Mobile Development Cookbook* (Packt) oraz *Software Consulting: A Revolutionary Approach* (CreateSpace). Był też redaktorem technicznym książki *Excel Formulas and Functions for Dummies* (Wiley Publishing). Opracował również wiele uniwersyteckich kursów dotyczących informatyki, systemów informatycznych i programowania gier.

Peter Verhas jest starszym programistą i architektem systemów informatycznych z ponad 30-letnim doświadczeniem programistycznym. Obecnie pracuje dla firmy EPAM jako starszy programista, gdzie zajmuje się wieloma projektami i aktywnie uczestniczy w działaniach szkoleniowych firmy. Peter jest autorem bloga i jest oddany programowaniu z otwartym kodem źródłowym. Korzysta z języka Java od 2005 roku i jest też współautorem portalu Java Code Geeks.

O recenzencie

Mandar Jog jest ekspertem w zakresie szkolenia informatycznego z ponad 15-letnim doświadczeniem szkoleniowym. Jest ekspertem od technologii, takich jak Java, J2EE i Android. Posiada też certyfikaty SCJP i SCWCD. Od czasu do czasu pisze też artykuły na blogu, gdzie ułatwia czytelnikom zrozumienie skomplikowanych pojęć dotyczących języka Java i J2EE. Regularnie wykłada na wielu uczelniach technicznych oraz prowadzi wiele seminariów i warsztatów.

Był też technicznym recenzentem innej książki wydanej przez Packt: *Modular Programming in Java 9*.

Podziękowania dla Tejaswini, mojej inspiracji w tej życiowej podróży. Jestem też wdzięczny swojemu synowi (Ojas) – jego uśmiech zawsze dodaje mi otuchy.

Spis treści

Wprowadzenie

Wersja Java 9 i jej nowe funkcje rozwijają bogactwo tego języka, który jest jednym z najczęściej używanych języków programowania do budowania sprawnych aplikacji. Java 9 kładzie specjalny nacisk na modularność, implementowaną przez Project Jigsaw. Ta książka stanowi przewodnik po zmianach na platformie Java.

Zapewnia ogólny przegląd oraz szczegółowe wyjaśnienia nowych funkcji wprowadzonych w wersji Java 9 oraz podkreśla znaczenie nowych interfejsów API i innych ulepszeń. Niektóre nowe funkcje Java 9 mają przełomowe znaczenie, a doświadczonemu programiście pomogą usprawnić tworzone aplikacje korporacyjne dzięki zaimplementowaniu tych nowych funkcji. Ten podręcznik dostarczy mnóstwo praktycznych wskazówek, pozwalających zastosować nowo zdobytą wiedzę dotyczącą wersji Java 9, a także sporo dodatkowych informacji związanych z przyszłym rozwojem platformy Java. Dzięki tej książce można poprawić swoją wydajność i przyspieszyć działanie swoich aplikacji. Poznając najlepsze praktyki związane z językiem Java, można stać się ekspertem od wersji Java 9 w swojej firmie.

Przeczytanie tej książki pozwoli nie tylko poznać najważniejsze pojęcia języka Java 9, ale również zrozumieć niuanse związane z ważnymi aspektami programowania w tym świetnym języku.

Zawartość książki

Rozdział 1: *Krajobraz Java 9*, zajmuje się najistotniejszymi funkcjami, wprowadzonymi w wersji Java 9, w tym takimi jak Project Jigsaw, powłoka Java Shell, odśmiecanie G1 oraz programowanie reaktywne. Ten rozdział zapewnia wprowadzenie do tych zagadnień, przygotowując czytelnika do ich dokładniejszego omówienia w kolejnych rozdziałach.

Rozdział 2: *Odkrywanie Java 9*, omawia kilka zmian w platformie Java, które obejmują poprawienie efektywności sterty, alokowanie pamięci, usprawnienia procesu kompilacji, testowanie typów, adnotacje, zautomatyzowane testy kompilatora oraz poprawione odśmiecanie.

Rozdział 3: *Usprawnienia języka Java 9*, skupia się na zmianach w języku Java. Zmiany te dotyczą obsługi zmiennych, ostrzeżeń o wygaśnięciu, usprawnień dotyczących

funkcjonalności Project Coin wprowadzonych w wersji Java 7 oraz przetwarzania instrukcji import.

Rozdział 4: *Budowanie modularnych aplikacji w Java 9*, bada strukturę modułu Java określoną przez Project Jigsaw oraz implementację Jigsaw jako części platformy Java. Rozdział ten zajmuje się też kluczowymi zmianami wewnętrznymi na platformie Java i ich powiązaniami z nowym systemem modularnym.

Rozdział 5: *Migrowanie aplikacji do Java 9*, bada sposoby migracji aplikacji Java 8 do platformy Java 9. Omawiane są zarówno ręczne, jak i półautomatyczne procesy migracji.

Rozdział 6: *Eksperymentowanie z powłoką Java Shell*, omawia JShell, nowe narzędzie wiersza poleceń w Java 9. Zakres tego rozdziału obejmuje informacje związane z tym narzędziem, pojęcie pętli read-evalprint oraz polecenia i opcje wiersza poleceń wykorzystywane w JShell.

Rozdział 7: *Wykorzystanie nowego, domyślnego odśmiecania G1*, przygląda się dokładnie procesowi odśmiecania pamięci i jego obsłudze w Java 9.

Rozdział 8: *Mikroanalizowanie aplikacji przy pomocy JMH*, zajmuje się sposobami pisania testów wydajnościowych przy użyciu biblioteki Java Microbenchmark Harness (JMH) służącej do pisania testów sprawnościowych dla Java Virtual Machine (JVM). Wraz z JMH wykorzystywane jest narzędzie Maven, co pomaga zilustrować moc mikroanalizowania na nowej platformie Java 9.

Rozdział 9: *Wykorzystanie interfejsu API ProcessHandle*, dokonuje przeglądu nowych interfejsów API, które umożliwiają zarządzanie procesami systemu operacyjnego.

Rozdział 10: *Dokładne śledzenie stosu*, obejmuje nowy interfejs API, który pozwala na skuteczne sprawdzanie stosu. Rozdział ten zawiera szczegółowe informacje dotyczące sposobów uzyskiwania informacji o śladzie stosu.

Rozdział 11: *Nowe narzędzia i usprawnienia narzędzi*, obejmuje 16 propozycji (JEP) usprawnień narzędzi Java, które zostały wprowadzone na platformie Java 9. Obejmują one szeroki zakres narzędzi i aktualizacji interfejsów API ułatwiających programowanie w języku Java i dających większe możliwości optymalizacji naszych aplikacji Java.

Rozdział 12: *Współbieżność i programowanie reaktywne*, omawia usprawnienia dotyczące współbieżności, wprowadzone na platformie Java 9. Rozdział ten skupia się głównie na obsłudze programowania reaktywnego, które jest zapewniane przez interfejs API klasy Flow. Omawiane są też dodatkowe usprawnienia współbieżności wprowadzone w Java 9.

Rozdział 13: *Usprawnienia zabezpieczeń*, obejmuje kilka niewielkich zmian w JDK, które dotyczą zabezpieczeń. Usprawnienia zabezpieczeń, wprowadzone na platformie Java 9, zapewniają programistom większe możliwości pisania i utrzymywania aplikacji, które są bardziej bezpieczne, niż to było wcześniej możliwe.

Rozdział 14: *Flagi wiersza poleceń*, zajmuje się zmianami flag wiersza poleceń w wersji Java 9. Wśród pojęć omawianych w tym rozdziale są ujednolicone logowanie JVM, sterowanie kompilatorem, polecenia diagnostyczne, agent profilowania sterty, JHAT, sprawdzanie poprawności argumentów flag wiersza poleceń oraz kompilowanie dla starszych wersji platformy.

Rozdział 15: *Najlepsze praktyki w Java 9*, skupia się na pracy z narzędziami zapewnianymi przez platformę Java 9 do wspierania plików UTF-8, Unicode 7.0.0, Linux/AArch64, obrazów o wielu rozdzielczościach i wspólnych repozytoriów danych.

Rozdział 16: *Przyszłe kierunki rozwoju*, zapewnia przegląd przyszłego rozwoju platformy Java. Obejmuje to przyjrzenie się planom związanym z wersją Java 10 oraz dalszymi zmianami, które prawdopodobnie zobaczymy w przyszłości.

Co jest potrzebne do korzystania z tej książki

Do pracy z tym tekstem potrzebna jest co najmniej podstawowa wiedza na temat języka programowania Java. Potrzebne też będą następujące składniki programowe:

- Java SE Development Kit 9 (JDK)
  http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/
- Zintegrowane środowisko programistyczne (IDE) do kodowania. Oto propozycje:
  - Eclipse
    https://www.eclipse.org
  - IntelliJ
    https://www.jetbrains.com/idea/
  - NetBeans
    https://netbeans.org

Dla kogo jest ta książka

Ta książka jest dla programistów korporacyjnych i obecnych programistów wykorzystujących język Java. Wymagana jest podstawowa wiedza dotycząca języka Java.

Konwencje

W tej książce znajdziemy wiele stylów tekstu, którymi oznaczane są różne rodzaje informacji. Oto kilka przykładów tych stylów oraz wyjaśnienie ich znaczenia.

Elementy kodu w tekście, nazwy tabel bazodanowych, nazwy folderów, nazwy plików, rozszerzenia plików, nazwy ścieżek dostępu i dane wpisywane przez użytkowników są przedstawiane następująco: „Wewnątrz podkatalogu `C:\chapter8-benchmark\src\main\java\com\packt` znajduje się plik `MyBenchmark.java`".

Adresy URL pisane są kursywą.

Blok kodu jest formatowany następująco:

```
public synchronized void protectedMethod()
{
  ...
}
```

Nowe terminy i **ważne słowa** są pogrubione.

Ostrzeżenia i ważne uwagi są oznaczone w taki sposób.

Wskazówki są oznaczone w ten sposób.

Informacje od czytelników

Informacje zwrotne od naszych czytelników są zawsze mile widziane. Prosimy o opinie na temat tej książki – co się w niej podoba, a co nie. Informacje od czytelników są dla nas ważne, żebyśmy mogli przygotowywać najbardziej pożądane tytuły.

W celu przekazania ogólnych uwag wystarczy wysłać e-maila na adres feedback@packtpub.com, podając tytuł książki w temacie wiadomości.

Jeśli ktoś jest ekspertem w jakiejś dziedzinie i chciałby napisać lub uczestniczyć w pracach nad książką, może zajrzeć do naszego przewodnika dla autorów pod adresem www.packtpub.com/authors.

Pobieranie przykładowego kodu

Pliki przykładowego kodu dla tej książki można pobrać ze strony *http://www.ksiazki.promise.pl/aspx/produkt.aspx?pid=112120*. Po pobraniu plików należy je rozpakować za pomocą najnowszej wersji jednego z poniższych programów:

- WinRAR lub 7-Zip w systemie Windows
- Zipeg, iZip lub UnRarX w systemie Mac
- 7-Zip lub PeaZip w systemie Linux

Pakiet z kodem dla tej książki jest też dostępny w serwisie GitHub pod adresem *https://github.com/PacktPublishing/Mastering-Java-9*. Również inne pakiety kodu z naszego bogatego katalogu książek i filmów są dostępne pod adresem *https://github.com/PacktPublishing/*. Warto je sprawdzić!

Errata

Chociaż podjęliśmy wszelkie starania, aby zapewnić poprawność treści tej książki, błędy czasem się zdarzają. W razie znalezienia błędu w jednej z naszych książek – na przykład błędu w tekście lub w kodzie – bylibyśmy wdzięczni za zgłoszenie go nam. Dzięki temu możemy oszczędzić innym czytelnikom kłopotów i poprawić kolejne wersje tej książki. Wszelkie poprawki prosimy zgłaszać pod adresem *http://www.packtpub.com/submit-errata*, wybierając daną książkę, klikając łącze **Errata Submission Form** i wprowadzając szczegóły błędu. Po zatwierdzeniu zgłoszenia, zostanie ono przyjęte i opublikowane na naszej stronie WWW lub dodane do listy istniejących poprawek w części Errata dla danego tytułu.

Wcześniej przesłane poprawki można znaleźć pod adresem *https://www.packtpub.com/bookscontent/support*, wpisując tytuł (oryginalny, tzn. angielski) książki w polu wyszukiwania. Żądane informacje pojawią się w części **Errata**.

Piractwo

Internetowe piractwo materiałów chronionych prawem autorskim jest stałym problemem. W wydawnictwie Packt bardzo poważnie traktujemy ochronę naszych praw autorskich i licencji. W razie natrafienia w Internecie na nielegalne egzemplarze naszych prac w jakiejkolwiek formie prosimy o podanie nam adresu lub nazwy strony WWW, abyśmy mogli podjąć stosowne działania.

Prosimy o kontakt pod adresem *copyright@packtpub.com* z podaniem łącza do materiału podejrzanego o piractwo.

Dziękujemy za pomoc w ochronie naszych autorów i naszych możliwości dostarczania cennych treści.

Pytania

W przypadku problemów z dowolnym aspektem tej książki prosimy o kontakt pod adresem *questions@packtpub.com*, a postaramy się pomóc w miarę naszych możliwości.

1

Krajobraz języka Java 9

Po ponad 20 latach swojego istnienia Java jest już w pełni dojrzałym językiem. Dzięki wspaniałej społeczności programistów i szerokiemu przyjęciu w licznych gałęziach przemysłu, platforma ta nadal ewoluuje i dotrzymuje kroku innym technologiom w zakresie wydajności, zabezpieczeń i skalowalności. Zaczniemy naszą podróż od zbadania najistotniejszych funkcji wprowadzonych w wersji Java 9, największych czynników napędzających te zmiany oraz elementów, których możemy oczekiwać w kolejnych wydaniach tej platformy, a które nie zmieściły się w najnowszym wydaniu.

W tym rozdziale omówimy następujące zagadnienia:

- Java 9 z lotu ptaka
- Burzenie monolitu
- Wykorzystanie powłoki Java Shell
- Sterowanie procesami zewnętrznymi
- Podnoszenie wydajności dzięki G1
- Mierzenie wydajności przy pomocy JMH
- Gotowość na HTTP 2.0
- Zastosowanie programowania reaktywnego
- Poszerzanie listy życzeń

Java 9 z lotu ptaka

Można by sobie zadać pytanie, czy Java 9 nie jest po prostu wydaniem serwisowym z dodanymi funkcjami, które nie zmieściły się w wersji Java 8? Wydaje mi się, że Java 9 zawiera mnóstwo nowych elementów, które czynią z niej pełnoprawną, nową wersję.

Bez wątpienia modularyzacja platformy Java (rozwijana jako część projektu Jigsaw) jest największym, nowym elementem wersji Java 9. Początkowo projekt Jigsaw był planowany dla wersji Java 8, ale został przesunięty i był jednym z głównych powodów dalszego opóźnienia ostatecznego wydania wersji Java 9. Jigsaw wprowadza też kilka znaczących zmian do platformy Java i jest jednym z powodów, dla których Java 9 może być uważana za znaczące wydanie. Zajmiemy się szczegółowo tymi funkcjami w kolejnych rozdziałach.

JCP (**Java Community Process**) zapewnia mechanizmy zmieniające propozycje nowych funkcji (znane także jako **JEPs** – **Java Enhancement Proposals**) w formalne specyfikacje, stanowiące podstawę do rozszerzania platformy o nowe funkcjonalności. Wersja Java 9 nie różni się w tej kwestii od innych. Oprócz propozycji rozszerzeń języka Java związanych z projektem Jigsaw, istnieje długa lista innych usprawnień, które zostały wprowadzone w wersji Java 9. W tej książce omówimy poszczególne funkcje w postaci logicznych grup opartych na odpowiadających im propozycjach zmian, do których należą:

- Powłoka **Java Shell** (zwana również **JShell**) – interaktywna powłoka dla platformy Java.
- Nowe interfejsy API do pracy z procesami systemu operacyjnego w przenośny sposób.
- Moduł odśmiecania **Garbage-first** (**G1**), wprowadzony w wersji Java 7, stał się domyślnym modułem odśmiecania pamięci w Java 9.
- Narzędzie **Java Microbenchmark Harness** (**JMH**), które może być używane do przeprowadzania pomiarów wydajnościowych aplikacji Java, jest dołączone jako część dystrybucji platformy Java.
- Obsługa standardów HTTP 2.0 oraz WebSocket poprzez nowe usprawnienia klienckich interfejsów API Concurrency, wśród których znajduje się definicja klasy Flow, opisująca interfejs dla specyfikacji strumieni reaktywnych na platformie Java.

Niektóre z początkowych propozycji, które zostały przyjęte do wdrożenia w wersji 9, nie zmieściły się w niej i zostały przełożone na późniejsze wydanie razem z innymi interesującymi elementami, których programiści mogą oczekiwać w przyszłości.

Dystrybucję JDK 9 dla swojego systemu można pobrać ze strony *http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/index.html*, jeśli ktoś chce zacząć już teraz i poeksperymentować z nowymi pojęciami oraz przykładami, zanim przejdziemy do kolejnych rozdziałów.

Burzenie monolitu

Przez lata użyteczność platformy Java stale się rozwijała i zwiększała, czyniąc z niej jeden, wielki monolit. Aby uczynić tę platformę bardziej przydatną dla urządzeń mobilnych, konieczna była publikacja uproszczonych edycji, takich jak Java CDC i Java ME. Okazały się one jednak zbyt mało elastyczne dla nowoczesnych aplikacji o zróżnicowanych wymaganiach względem funkcjonalności zapewnianych przez JDK. Konieczność wprowadzenia modularnego systemu pojawiła się jako oddolne wymaganie, mające na celu nie tylko modularyzację narzędzi Java (w sumie ponad 5000 klas Java i 1500 plików źródłowych C++ z ponad 250000 wierszami kodu dla środowiska uruchomieniowego Hotspot), ale również zapewnienie programistom mechanizmu tworzenia i zarządzania modularnymi aplikacjami przy użyciu tego samego systemu modułów, co wykorzystywany w JDK. Wersja Java 8 zapewniała pośredni mechanizm umożliwiający aplikacjom wykorzystanie jedynie podzbioru interfejsów API zapewnianych przez cały zestaw JDK, a mechanizm ten nosił nazwę profili kompaktowych. W istocie profile kompaktowe stanowią również podstawę dalszych prac, które należy przeprowadzić, aby zerwać zależności pomiędzy różnymi, oddzielnymi składnikami JDK, wymaganymi w celu umożliwienia implementacji systemu modułów na platformie Java.

Sam system modułów został opracowany pod nazwą projektu Jigsaw, na podstawie którego sformułowano kilka propozycji ulepszeń platformy Java oraz docelową specyfikację JSR (376). Wiele elementów złożyło się na spełnienie wymagań projektu Jigsaw – testowano też implementację dodatkowych funkcji poza tymi, którym udało się wejść do wersji Java 9. Poza tym przeprowadzono zupełną przebudowę bazy kodu JDK wraz z całkowitą reorganizacją dystrybucyjnych obrazów JDK.

W środowisku dyskutowano, czy nie należałoby zaadaptować istniejącego i rozwiniętego systemu modułów Java takiego jak OSGI jako części JDK, zamiast zapewniać całkowicie nowy system modułów. OSGI dotyczy jednak czasu wykonywania aplikacji i zajmuje się rozstrzyganiem zależności między modułami, instalowaniem, odinstalowaniem, uruchamianiem i zatrzymywaniem modułów (zwanych również pakietami), niestandardowych programów ładujących moduły, itd. Natomiast projekt Jigsaw dotyczy systemu modułów w czasie kompilacji, gdzie ustalanie zależności odbywa się podczas kompilowania aplikacji. Co więcej, instalowanie i odinstalowywanie modułu

jako części JDK eliminuje potrzebę dołączania go jako zależności bezpośrednio podczas kompilacji. Co więcej, ładowanie klas modułu jest możliwe poprzez istniejącą hierarchię programów ładujących (program inicjujący i rozszerzenia systemowych programów ładujących), choć istniała możliwość wykorzystania niestandardowych programów ładujących moduły podobnie jak w systemie OSGI. Została ona jednak porzucona; ładowanie modułów Java omówimy bardziej szczegółowo, gdy będziemy zajmować się systemem modułów w języku Java.

Dodatkową korzyść z systemu modułów Java stanowi zwiększenie bezpieczeństwa i wydajności. Poprzez dzielenie JDK i aplikacji na moduły Jigsaw jesteśmy w stanie tworzyć dobrze zdefiniowane granice pomiędzy składnikami i ich domenami. Ten podział zadań dopasowuje się do architektury zabezpieczeń platformy i umożliwia lepsze wykorzystanie zasobów. Poświęciliśmy dwa rozdziały na wszystkie powyższe punkty oraz na proces wdrażania Java 9, który również wymaga pewnego stopnia zrozumienia możliwych sposobów migrowania istniejących projektów do platformy Java 9.

Wykorzystanie powłoki Java Shell

Przez długi czas nie było żadnej standardowej powłoki dostarczanej z językiem programowania Java do eksperymentowania z nowymi funkcjami języka lub bibliotekami przy szybkim prototypowaniu kodu. W tym celu można było napisać aplikację testową z metodą main, skompilować ją przy pomocy javac i uruchomić. Można to było zrobić albo z wiersza polecenia, albo przy użyciu środowiska Java IDE; jednakże w obu przypadkach nie jest to tak wygodne, jak interaktywna powłoka przeznaczona specjalnie do tego celu.

Uruchomienie interaktywnej powłoki w JDK 9 jest tak proste, jak wywołanie następującego polecenia (zakładając, że katalog bin instalacji JDK 9 znajduje się w bieżącej ścieżce dostępu):

```
jshell
```

Dla wielu może być dość zaskakujące, że interaktywna powłoka nie została wprowadzona wcześniej na platformie Java, ponieważ wiele języków programowania, takich jak Python, Ruby oraz wiele innych, zawierało już interaktywną powłokę od swoich najwcześniejszych wersji. Jednakże nie dotarło to na szczyt listy priorytetowych funkcji do wprowadzenia we wcześniejszych wersjach Java, aż do obecnej wersji. Powłoka Java wykorzystuje interfejs JShell API, który zapewnia możliwości pozwalające między innymi na autouzupełnianie oraz wyliczanie wyrażeń lub fragmentów kodu. Cały

rozdział został poświęcony na omówienie szczegółów powłoki Java, aby programiści mogli maksymalnie z niej skorzystać.

Sterowanie procesami zewnętrznymi

Aż do wersji JDK 9, aby utworzyć proces Java i obsługiwać wejście/wyjście procesu, trzeba było skorzystać albo z metody Runtime.getRuntime.exec(), która pozwala nam wykonać polecenie w oddzielnym procesie systemu operacyjnego i uzyskać wystąpienie klasy java.lang.Process zapewniające pewne operacje związane z zarządzaniem procesem zewnętrznym, albo skorzystać z nowej klasy java.lang.ProcessBuilder z dodatkowymi ulepszeniami związanymi z interakcją z procesem zewnętrznym i również utworzyć wystąpienie klasy java.lang.Process reprezentujące proces zewnętrzny. Oba mechanizmy były mało elastyczne i nieprzenośne, ponieważ zestaw poleceń wykonywanych przez procesy wewnętrzne w wysokim stopniu zależał od systemu operacyjnego (trzeba było podejmować dodatkowe wysiłki, aby uczynić pewne operacje na procesach przenośnymi dla różnych systemów operacyjnych). Jeden rozdział jest poświęcony nowemu interfejsowi API dla procesów, dając programistom wiedzę na temat tworzenia i zarządzania procesami zewnętrznymi w znacznie prostszy sposób.

Podnoszenie wydajności dzięki G1

System odśmiecania pamięci G1 został już wprowadzony w JDK 7, a obecnie w wersji JDK 9 jest włączony domyślnie. Jest przeznaczony dla systemów z procesorami wielordzeniowymi i dużą ilością dostępnej pamięci. Jakie są zalety G1 w porównaniu z poprzednimi rodzajami systemów odśmiecania pamięci? Jak uzyskuje się te ulepszenia? Czy jest potrzeba ręcznego dostrajania go i w jakich scenariuszach? Osobny rozdział zajmie się odpowiedziami na te pytania i kilka innych dotyczących G1.

Mierzenie wydajności przy pomocy JMH

W wielu sytuacjach aplikacje Java mogą cierpieć z powodu słabej wydajności.

Problem pogłębia brak testów wydajnościowych, które mogą zapewniać co najmniej minimalny zestaw gwarancji, że wymagania wydajnościowe są spełnione, a przy tym wydajność pewnych funkcji nie będzie zmniejszać się z czasem. Mierzenie wydajności aplikacji Java nie jest trywialne, zwłaszcza ze względu na fakt, że istnieje wiele optymalizacji kompilatora i środowiska uruchomieniowego, które mogą wpływać na statystyki wydajnościowe. Z tego powodu trzeba korzystać z dodatkowych

środków, takich jak fazy rozruchowe i inne sztuczki, aby zapewniać dokładniejsze pomiary wydajności. Java Microbenchmark Harness jest platformą obejmującą wiele technik oraz wygodny interfejs API, które mogą służyć do tego celu. Nie jest to nowe narzędzie, ale zostało dołączone do dystrybucji Java 9. Jeśli ktoś nie dodał jeszcze JMH do swojego zestawu narzędzi, to powinien przeczytać szczegółowy rozdział dotyczący wykorzystania JMH w kontekście tworzenia aplikacji Java 9.

Wprowadzenie do HTTP 2.0

Protokół HTTP 2.0 jest następcą HTTP 1.1, a ta nowa wersja protokołu odpowiada na pewne ograniczenia i wady poprzedniej wersji. HTTP 2.0 poprawia wydajność na kilka sposobów i zapewnia możliwości, takie jak wielokrotne żądania/odpowiedzi w pojedynczym połączeniu TCP, wysyłanie odpowiedzi w trybie wypychania, sterowanie przepływem, priorytetyzację żądań, itd.

Java zapewnia narzędzie java.net.HttpURLConnection, które może być używane do ustanawiania niezabezpieczonego połączenia HTTP 1.1. Ten interfejs API był jednak uważany za trudny w utrzymaniu, wprowadzono więc całkowicie nowy kliencki interfejs API do ustanawiania połączenia poprzez protokół HTTP 2.0 lub gniazda WWW. Nowy klient HTTP 2.0 oraz zapewniane przez niego możliwości zostaną omówione w specjalnie mu poświęconym rozdziale.

Zastosowanie programowania reaktywnego

Programowanie reaktywne jest paradygmatem używanym do opisywania pewnego wzorca rozprzestrzeniania się zmian w systemie. Reaktywność nie jest wbudowana w samą platformę Java, ale reaktywne przepływy danych mogą być ustanawiane przy użyciu bibliotek firm trzecich, takich jak RxJava lub projekt Reactor (część platformy Spring Framework). JDK 9 odpowiada również na potrzebę istnienia interfejsu API, który pomaga tworzyć wysoce responsywne aplikacje budowane wokół pojęcia strumieni reaktywnych, zapewniając do tego celu klasę java.util.concurrent.Flow. Klasa Flow wraz z innymi powiązanymi zmianami wprowadzonymi w JDK 9 zostanie omówiona w osobnym rozdziale.

Poszerzanie listy życzeń

Poza wszystkimi nowościami w JDK 9, w przyszłych wydaniach platformy można się spodziewać całego zestawu nowych funkcji. Należą do nich między innymi:

- **Typy ogólne dla typów podstawowych:** Jest to jedna z funkcji planowanych dla wersji JDK 10 jako część projektu Valhalla. Inne usprawnienia języka, takie jak dojścia do wartości są już częścią Java 9 i zostaną omówione w dalszej części tej książki.
- **Reifikowane typy ogólne:** Jest to kolejna część projektu Valhalla, której celem jest zapewnienie możliwości zachowywania typów ogólnych w trakcie wykonywania programu. Powiązane cele są określone następująco:
  - Obcy interfejs funkcjonalny ma na celu wprowadzenie nowego interfejsu API do wywoływania i zarządzania funkcjami rodzimymi. Interfejs API odpowiada na niektóre wady JNI, a szczególnie brak prostoty użycia przez programistów aplikacji. Obcy interfejs funkcjonalny jest opracowywany jako część projektu Panama w ekosystemie JDK.
  - Nowy interfejs API dla wartości pieniężnych (opracowywany w ramach specyfikacji JSR 354) był początkowo planowany dla wersji Java 9, ale został przełożony na później.
  - Nowy, lekki interfejs JSON API (opracowywany w ramach specyfikacji JSR 353) również był planowany dla wersji Java 9, ale został odłożony do wersji Java 10.

To tylko kilka nowych elementów, których możemy się spodziewać w kolejnych wydaniach JDK. Celem projektu Penrose jest uzupełnienie luki pomiędzy systemem modułów w języku Java a systemem modułów OSGi oraz zapewnienie różnych sposobów dla interoperacyjności pomiędzy tymi dwoma systemami.

Graal VM jest kolejnym interesującym projektem badawczym, który jest potencjalnym kandydatem dla kolejnych wydań platformy Java. Jego celem jest udostępnienie wydajności środowiska wykonawczego Java dla języków dynamicznych, takich jak JavaScript lub Ruby.

Rozdział poświęcony przyszłości JDK szczegółowo omawia wszystkie te elementy.

Podsumowanie

W tym krótkim rozdziale wprowadzającym ujawniliśmy niewielką część możliwości zapewnianych przez JDK 9. System modułów, wprowadzony w tym wydaniu platformy, jest bez wątpienia kamieniem węgielnym w rozwoju aplikacji Java. Odkryliśmy również, że wiele innych ważnych funkcji i zmian wprowadzonych w JDK 9 zasługuje na specjalną uwagę i zostaną one szczegółowo omówione w kolejnych rozdziałach.

W następnym rozdziale przyjrzymy się 26 wewnętrznym zmianom wprowadzonym na platformie Java.

2

Odkrywanie Java 9

Java 9 jest znaczącym wydaniem środowiska Java i składa się z dużej liczby wewnętrznych zmian tej platformy. Te wewnętrzne zmiany stanowią łącznie ogromny zestaw nowych możliwości dla programistów Java. Niektóre z nich zostały zgłoszone przez programistów, a inne zostały zainspirowane przez Oracle. W tym rozdziale dokonamy przeglądu 26 najważniejszych zmian. Każda zmiana jest powiązana z propozycją **JDK Enhancement Proposal (JEP)**. Dokumenty JEP są indeksowane i przechowywane pod adresem *http://openjdk.java.net/jeps/0*. Na tej witrynie można uzyskać dodatkowe informacje na temat każdego dokumentu JEP.

Program propozycji JEP jest częścią wsparcia Oracle dla otwartego kodu, otwartych innowacji i otwartych standardów. Choć można znaleźć inne projekty Java z otwartym kodem źródłowym, to Oracle wspiera jedynie OpenJDK.

W tym rozdziale omówimy zmiany wprowadzone na platformie Java. Zmiany te mają kilka znaczących konsekwencji, w tym:

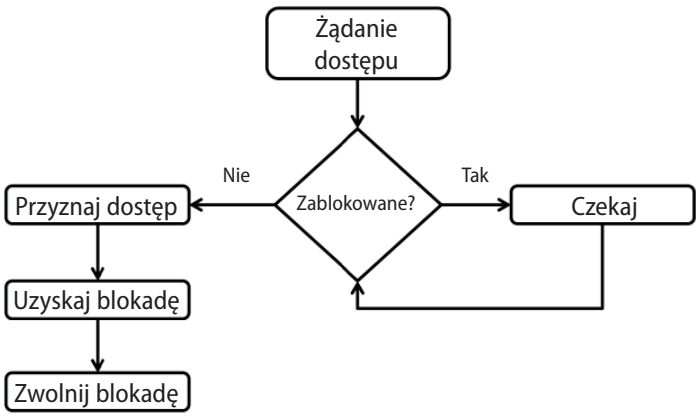
- Efektywność pamięci sterty
- Alokacja pamięci
- Usprawnienia procesu kompilacji
- Adnotacje do testowania typów
- Zautomatyzowane testy kompilatora
- Poprawione odśmiecanie pamięci

Poprawione sporne blokowanie [JEP 143]

JVM wykorzystuje pamięć sterty dla klas i obiektów. JVM alokuje pamięć na stercie, zawsze gdy tworzymy jakiś obiekt. Pomaga to wykorzystywać system odśmiecania na platformie Java, który zwalnia pamięć wcześniej używaną do przechowywania obiektów, do której nie ma już żadnych odwołań. Pamięć stosu Java jest nieco inna i zwykle jest znacznie mniejsza niż pamięć sterty.

JVM dobrze sprawuje się przy zarządzaniu obszarami danych wspólnie wykorzystywanych przez wiele wątków. Kojarzy monitor z każdym obiektem i klasą; monitory te mają blokady będące w danym momencie pod kontrolą pojedynczego wątku. Blokady te, sterowane przez JVM, przekazują w istocie monitor obiektu kontrolującemu wątkowi.

Czym jest więc sporne blokowanie? Gdy wątek czeka w kolejce na aktualnie zablokowany obiekt, mówimy, że znajduje się w konflikcie o tę blokadę. Poniższy diagram pokazuje ogólny schemat tego konfliktu:



Jak widać na poniższej ilustracji, wątki oczekujące nie mogą skorzystać z zablokowanego obiektu, dopóki nie zostanie on zwolniony.

Cele poprawy

Ogólnym celem JEP 143 było zwiększenie całościowej wydajności zarządzania przez JVM konfliktami związanymi z zablokowanymi monitorami obiektów Java. Usprawnienia spornego blokowania zostały wprowadzone wewnątrz JVM i nie wymagają od programisty żadnych działań w celu osiągnięcia z nich korzyści. Cele usprawnienia były związane z przyspieszeniem operacji. Należą do nich:

- Szybsze wejście do monitora
- Szybsze wyjście z monitora
- Szybsze powiadomienia

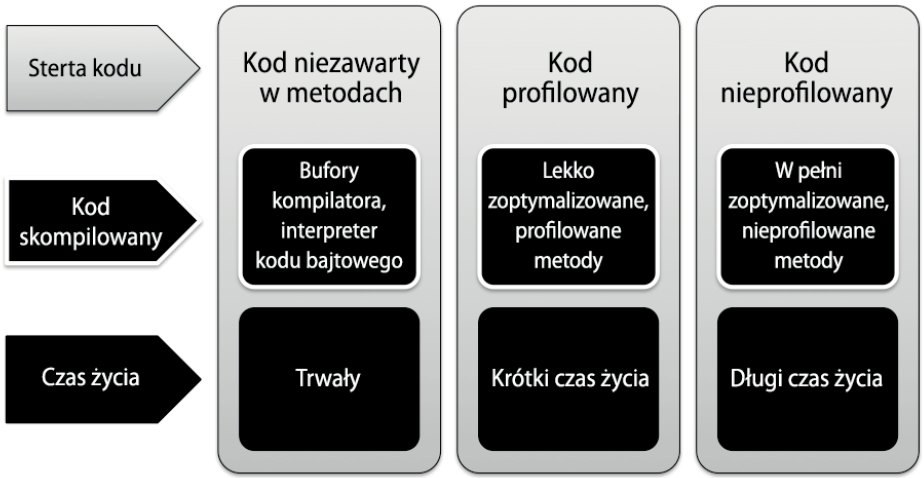
Powiadomienia te są operacjami `notify()` i `notifyAll()`, które są wywoływane, gdy status zablokowania obiektu się zmienia. Nie jest łatwo przetestować te usprawnienia. Większa wydajność jest przydatna na każdym poziomie, więc możemy być wdzięczni za to usprawnienie, choć nie jest łatwo zaobserwować je w testach.

Dzielona pamięć podręczna kodu [JEP 197]

Aktualizacja związana z dzieloną pamięcią podręczną kodu (JEP 197) została ukończona i daje w efekcie szybsze i wydajniejsze czasy wykonywania kodu. Sednem tych zmian było dzielenie pamięci podręcznej kodu na trzy odrębne odcinki – kod niezawarty w metodach, kod profilowany i kod nieprofilowany.

Pamięć podręczna kodu jest obszarem pamięci, w którym Java Virtual Machine przechowuje wygenerowany kod rodzimy.

Każdy z wymienionych wyżej odcinków pamięci podręcznej kodu będzie przechowywał określony typ skompilowanego kodu. Jak widać na poniższym diagramie, obszary sterty kodu są dzielone według typu skompilowanego kodu:



Alokacja pamięci

Sterta kodu przechowująca kod niezawarty w metodach jest przeznaczona dla wewnętrznego kodu JVM i składa się ze stałego bloku pamięci o wielkości 3 MB. Pozostała część pamięci podręcznej kodu jest równo podzielona na segmenty kodu profilowanego i kodu nieprofilowanego. Możemy to zmieniać poprzez polecenia wiersza poleceń.

Poniższe polecenie może być używane do definiowania rozmiaru sterty kodu dla skompilowanego kodu niezawartego w metodach:

```
-XX:NonMethodCodeCodeHeapSize
```

Poniższe polecenie może być używane do definiowania rozmiaru sterty kodu dla profilowanych, skompilowanych metod:

```
-XX:ProfiledCodeHeapSize
```

Poniższe polecenie może być używane do definiowania rozmiaru sterty kodu dla nieprofilowanych, skompilowanych metod:

```
-XX:NonProfiledCodeHeapSize
```

Ta funkcja platformy Java 9 z pewnością poprawia wydajność aplikacji Java. Wpływa ona też na inne procesy wykorzystujące pamięć podręczną kodu.

Kompilacja Smart Java, faza druga [JEP 199]

Dokument JDK Enhancement Proposal 199 ma na celu poprawienie procesu kompilacji kodu. Wszyscy programiści Java znają narzędzie **javac** do kompilowania kodu źródłowego na kod bajtowy, który jest używany przez JVM do wykonywania programów Java. **Kompilacja Smart Java**, nazywana też Smart Javac albo **sjavac**, dodaje inteligencję (*smart*) do procesu javac.

Najważniejszym usprawnieniem wprowadzanym przez sjavac jest chyba to, że ponownie kompilowany jest tylko niezbędny kod. Niezbędny w tym kontekście oznacza kod, który został zmieniony od ostatniego cyklu kompilacji.

To usprawnienie może nie być ekscytujące dla programistów, jeśli pracują tylko nad niewielkimi projektami. Weźmy jednak pod uwagę ogromne zyski wydajnościowe, gdy stale musimy kompilować swój kod dla średnich lub dużych projektów. Czas, jaki programiści mogą w ten sposób zaoszczędzić, jest wystarczającym powodem do wprowadzenia JEP 199.

Jak zmieni to sposób kompilowania przez nas kodu? Na razie pewnie w niewielkim stopniu. Javac pozostanie domyślnym kompilatorem. Chociaż sjavac oferuje lepszą wydajność w przypadku przyrostowych kompilacji, firma Oracle uznała, że nie ma to jeszcze odpowiedniej stabilności, aby stać się częścią standardowego przepływu zadań związanych z kompilacją.

Więcej informacji na temat narzędzia javac można uzyskać pod adresem: *http://cr.openjdk.java.net/*`~briangoetz/JDK-8030245/webrev/src/share/classes/com/sun/tools/sjavac/ Main.java-.html`.

Obsługa ostrzeżeń z narzędzi Lint i Doclint [JEP 212]

Nie trzeba się przejmować, jeśli ktoś nie zna narzędzi Lint i Doclint na platformie Java. Jak można się domyślić z tytułu tego podrozdziału, są one źródłami zgłaszającymi ostrzeżenia dla javac. Przyjrzyjmy się każdemu z tych narzędzi:

- **Lint** analizuje kod bajtowy i kod źródłowy dla javac. Celem narzędzia Lint jest wykrywanie luk bezpieczeństwa w analizowanym kodzie. Lint może też zapewnić rozeznanie w sprawach skalowalności i blokowania wątków. Lint ma też inne zastosowania, a ogólnym celem tego narzędzia jest oszczędność czasu programisty.

Więcej na temat Lint można przeczytać pod adresem: *https://en.wikipedia.org/wiki/Lint_(software)*.

- **Doclint** jest podobnym narzędziem do Lint, ale jest konkretnie przeznaczony dla javadoc. Zarówno Lint, jak i Doclint zgłaszają błędy i ostrzeżenia podczas procesu kompilacji. JEP 212 skupia się na obsłudze tych ostrzeżeń. Podczas korzystania z bibliotek podstawowych nie powinny występować żadne ostrzeżenia. To nastawienie doprowadziło do opracowania propozycji JEP 212, która została zaimplementowana w wersji Java 9.

Rozbudowaną listę ostrzeżeń Lint i Doclint można przejrzeć w serwisie JDK Bug System pod adresem *https://bugs.openjdk.java.net*.

Warstwowe przypisywanie typów w javac [JEP 215]

JEP 215 stanowi imponujące przedsięwzięcie w zakresie optymalizacji planu sprawdzania typów w javac. Przyjrzymy się najpierw, jak działa sprawdzanie typów w Java 8, a następnie zbadamy zmiany wprowadzone w wersji Java 9.

W Java 8 sprawdzanie typów dla rozbudowanych wyrażeń jest obsługiwane przez **przypisywanie spekulatywne**.

Przypisywanie spekulatywne jest metodą sprawdzania typów będącą częścią procesu kompilacji javac. Wiąże się to ze znaczącymi kosztami przetwarzania.

Użycie tego podejścia do sprawdzania typów jest dokładne, ale brakuje mu wydajności. Sprawdzenia te zawierają pozycje argumentów i są znacznie wolniejsze przy testowaniu wewnątrz rekurencji, polimorfizmu, zagnieżdżonych pętli i wyrażeń lambda. Celem JEP 215 była więc zmiana planu sprawdzania typów w celu uzyskania szybszych wyników. Same wyniki uzyskiwane dzięki przypisywaniu spekulatywnemu nie były niedokładne, ale nie były generowane wystarczająco szybko.

Nowe podejście, wprowadzone w wersji Java 9, wykorzystuje przypisywanie warstwowe. Narzędzie to implementuje warstwowe podejście do sprawdzania typów argumentów w wyrażeniach dla wszystkich wywołań metod. Obsługiwane są też nadpisania metod. Aby ten nowy plan działał, tworzone są nowe typy strukturalne dla każdego z następujących typów argumentów metod:

- Wyrażenia lambda
- Wyrażenia złożone (poly)
- Zwykłe wywołania metod
- Odwołania do metod
- Wyrażenia tworzące wystąpienia w formie rombowej (<>)

Zmiany javac wynikające z JEP 215 są bardziej złożone, niż zostało to omówione w tym podrozdziale. Nie ma to większego wpływu na programistów, poza efektywniejszym działaniem javac i zaoszczędzonym czasem.

Obsługa adnotacji 2.0 [JEP 217]

Adnotacje Java odnoszą się do specjalnego rodzaju metadanych znajdujących się wewnątrz plików z kodem źródłowym Java. Nie są one usuwane przez javac, więc mogą być nadal dostępne dla JVM podczas działania programu.

Adnotacje wyglądają podobnie do odwołań JavaDocs, ponieważ zaczynają się od symbolu `@`. Istnieją trzy typy adnotacji. Zbadajmy każdy z nich:

- Najbardziej podstawową formą adnotacji jest **marker**. Są to samodzielne adnotacje, których jedynym składnikiem jest nazwa adnotacji. Oto przykład:

```
@thisIsAMarkerAnnotation
public double computeSometing(double x, double y)
{
  // zrób coś i zwróć wartość double
}
```

- Drugi typ adnotacji zawiera *pojedynczą wartość*, czyli jakieś dane. Jak widać w poniższym kodzie, po adnotacji zaczynającej się od symbolu @ następuje nawias zawierający dane:

```
@thisIsAMarkerAnnotation (data="compute x and y coordinates")
public double computeSometing(double x, double y)
{
  // zrób coś i zwróć wartość double
}
```

  Alternatywnym sposobem zakodowania adnotacji z pojedynczą wartością jest pominięcie składnika `data=`, jak pokazano na poniższym kodzie:

```
@thisIsAMarkerAnnotation ("compute x and y coordinates")
public double computeSometing(double x, double y)
{
  // zrób coś i zwróć wartość double
}
```

- W trzecim typie adnotacji występuje *więcej niż jeden składnik danych*. Przy tym rodzaju adnotacji nie można pominąć składnika `data=`. Oto przykład:

```
@thisIsAMarkerAnnotation (data="compute x and y
  coordinates", purpose="determine intersecting point")
public double computeSometing(double x, double y)
{
  // zrób coś i zwróć wartość double
}
```

Co się więc zmieniło w wersji Java 9? Aby odpowiedzieć na to pytanie, musimy przypomnieć sobie kilka zmian wprowadzonych w Java 8, które miały wpływ na adnotacje Java:

- Wyrażenia lambda
- Powtarzane adnotacje
- Adnotacje typów Java

Te zmiany związane z Java 8 wpłynęły na adnotacje Java, ale nie zapoczątkowały zmian w sposobie przetwarzania ich przez javac. Istniały pewne rozwiązania pozwalające obsługiwać nowe adnotacje przez javac, ale nie były one efektywne. Co więcej ten typ kodowania (bezpośrednie kodowanie obejść) jest trudny w utrzymaniu.

Dlatego propozycja JEP 217 skupiła się na refaktoringu potoku przetwarzania adnotacji przez javac. Refaktoring ten dotyczył wewnętrznych elementów javac, więc nie powinien być widoczny dla programistów.

Nowy schemat łańcucha wersji [JEP 223]

Przed wydaniem Java 9 numery wersji nie odpowiadały standardowi przemysłowemu dotyczącemu wersjonowania – **wersjonowaniu semantycznemu**. Na przykład ostatnie cztery wydania JDK miały numery wersji:

- JDK 8 update 131
- JDK 8 update 121
- JDK 8 update 112

Wersjonowanie semantyczne wykorzystuje schemat składający się z numeru głównego, numeru pomniejszego i numeru łatki (0.0.0):

- **Numer główny** oznacza nowe zmiany w interfejsach API, które nie są wstecznie kompatybilne.
- **Numer pomniejszy** zmienia się, gdy dodawana jest funkcjonalność, która zachowuje kompatybilność wsteczną.
- **Numer łatki** oznacza poprawki błędów lub drobniejsze zmiany, które są wstecznie kompatybilne.

Firma Oracle przyjęła system semantycznego wersjonowania dla wersji Java 9 i kolejnych. W przypadku platformy Java stosowany będzie schemat **numer główny-numer pomniejszy-numer zabezpieczeń** dla pierwszych trzech elementów numerów wersji Java:

- **Numer główny**: Główne wydanie platformy składające się ze znaczącego zestawu nowych funkcji
- **Numer pomniejszy:** Aktualizacje i poprawki błędów, które są wstecznie kompatybilne
- **Numer zabezpieczeń**: Poprawki uważane za krytyczne dla poprawy bezpieczeństwa

Na podstawie tego opisu propozycji JEP 223, schemat wersjonowania może wydawać się uproszczony. W istocie opracowano bardzo szczegółowy zestaw reguł i praktyk związanych z zarządzaniem przyszłymi numerami wersji. Możemy zademonstrować tę złożoność na następującym przykładzie:

```
1.9.0._32.b19
```

Automatyczne generowanie testów kompilatora w czasie wykonywania programu [JEP 233]

Java jest niewątpliwie najczęściej używanym językiem programowania, dostępnym na coraz większej liczbie różnorodnych platform. Zaostrza to problem związany z uruchamianiem ukierunkowanych testów kompilatora w efektywny sposób. Celem JEP 233 było stworzenie narzędzia, które mogłoby zautomatyzować testy kompilatora.

Utworzone narzędzie rozpoczyna od wygenerowania losowego zestawu kodu źródłowego Java i/lub kodu bajtowego. Wygenerowany kod będzie miał trzy kluczowe cechy:

- Będzie poprawny składniowo.
- Będzie poprawny semantycznie.
- Wykorzystuje losowe ziarno pozwalające na ponowne wykorzystanie tego samego losowo wygenerowanego kodu.

Losowo wygenerowany kod źródłowy będzie zapisywany w następującym katalogu:

```
hotspot/test/testlibrary/jit-tester
```

Te przypadki testowe będą zachowywane do późniejszego ponownego wykorzystania. Mogą być uruchamiane z katalogu `j-treg` albo z pliku makefile tego narzędzia. Jedną z zalet ponownego uruchamiania zapisanych testów jest testowanie stabilności systemu.

Testowanie atrybutów plików klas generowanych przez Javac [JEP 235]

Niewystarczające możliwości (bądź ich brak) tworzenia testów dla atrybutów plików klas stanowiły bodziec do powstania propozycji JEP 235. Celem jest zapewnienie całkowitego i poprawnego tworzenia atrybutów plików klas przez javac. Oznacza to, że nawet jeśli jakieś atrybuty nie są wykorzystywane przez plik klasy, to wszystkie pliki klas powinny być generowane z pełnym zestawem atrybutów. Musi też istnieć sposób testowania, czy pliki klas zostały utworzone poprawnie, jeśli chodzi o atrybuty plików.

Przed wersją Java 9 nie było sposobu testowania atrybutów plików klas. Uruchamianie klasy i testowanie kodu w celu uzyskania oczekiwanych wyników było najczęściej stosowaną metodą testowania plików klas generowanych przez javac. Ta technika nie wystarcza do testowania poprawności atrybutów plików.

Istnieją trzy kategorie atrybutów plików klas – atrybuty wykorzystywane przez JVM, atrybuty opcjonalne i atrybuty niewykorzystywane przez JVM.

Do atrybutów wykorzystywanych przez JVM należą:

- `BootstrapMethods`
- `Code`
- `ConstantValue`
- `Exceptions`
- `StackMapTable`

Do atrybutów opcjonalnych należą:

- `Deprecated`
- `LineNumberTable`
- `LocalVariableTable`
- `LocalVariableTypeTable`
- `SourceDebugExtension`
- `SourceFile`

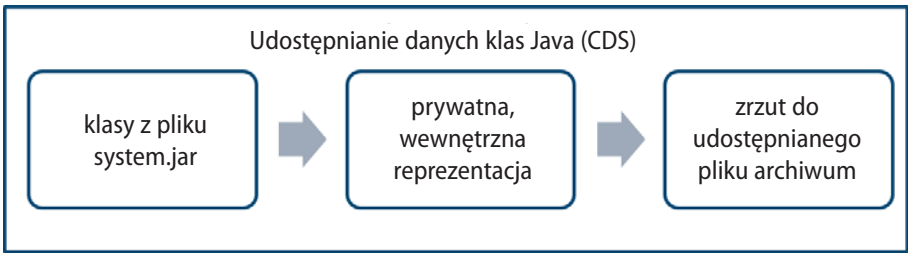
Do atrybutów niewykorzystywanych przez JVM należą:

- `AnnotationDefault`
- `EnclosingMethod`
- `InnerClasses`
- `MethodParameters`

- `RuntimeInvisibleAnnotations`
- `RuntimeInvisibleParameterAnnotations`
- `RuntimeInvisibleTypeAnnotations`
- `RuntimeVisibleAnnotations`
- `RuntimeVisibleParameterAnnotations`
- `RuntimeVisibleTypeAnnotations`
- `Signature`
- `Synthetic`

Przechowywanie łańcuchów tekstowych w archiwach CDS [JEP 250]

Metoda, w której łańcuchy tekstowe są przechowywane w archiwach **CDS (Class Data Sharing** – udostępnianie danych klas) i z nich pozyskiwane, jest nieefektywna, zbyt czasochłonna i marnuje pamięć. Poniższy diagram ilustruje metodę, w której Java przechowuje łańcuchy tekstowe w archiwum CDS:



Nieefektywność wynika z aktualnego planu przechowywania. Zwłaszcza, gdy narzędzie **Class Data Sharing** zrzuca klasy do udostępnianego pliku archiwum, stałe pule elementów `CONSTANT_String` przedstawiają łańcuchy tekstowe w formie UTF-8.

UTF-8 jest 8-bitowym standardem kodowania znaków o zmiennej długości.

Problem

Przy obecnym użyciu UTF-8, łańcuchy tekstowe muszą być konwertowane na obiekty tekstowe, będące wystąpieniami klasy `java.lang.String`. Konwersja ta odbywa się na żądanie, co może powodować spowolnienie systemów i niepotrzebne zużycie