Moduláris programozás Java-ban

Jeszenszky Péter
Debreceni Egyetem, Informatikai Kar
jeszenszky.peter@inf.unideb.hu

Utolsó módosítás: 2023. február 4.

JDK 9 (1)

- A fejlesztés javasolt ütemterve (2015. május 5.):
  - *Proposed schedule for JDK 9*
    https://mail.openjdk.org/pipermail/jdk9-dev/2015-May/002172.html
- Az eredetileg 2016. szeptember 22-re kitűzött kiadást többször is elhalasztották.
  - Lásd:
    - *Proposed schedule change for JDK 9* (2015. december 1.)
      https://mail.openjdk.org/pipermail/jdk9-dev/2015-December/003149.html
      - Az új célkitűzés: 2017. március 23.
    - *Proposed schedule change for JDK 9* (2016. szeptember 13.)
      https://mail.openjdk.org/pipermail/jdk9-dev/2016-September/004887.html
      - Az új célkitűzés: 2017. július
    - *Proposed schedule change for JDK 9* (2017. május 30.)
      https://mail.openjdk.org/pipermail/jdk9-dev/2017-May/005864.html
      - Az új célkitűzés: 2017. szeptember 21.

JDK 9 (2)

- A kiadás többszöri elhalasztása után végül 2017. szeptember 21-én jelent meg a JDK 9.
  - Lásd:
    - *JDK 9: General Availability* https://mail.openjdk.org/pipermail/announce/2017-September/000230.html

JDK 9 (3)

- Újdonságok:
  - *What's New in Oracle JDK 9* https://docs.oracle.com/javase/9/whatsnew/
  - *JDK 9 – Features* https://openjdk.org/projects/jdk9/
- Áttérés:
  - *Java Platform, Standard Edition Oracle JDK 9 Migration Guide* https://docs.oracle.com/javase/9/migrate/

Project Jigsaw (1)

- A projekt célja egy szabványos modulrendszer tervezése és implementálása volt a Java SE platformhoz, valamint ennek alkalmazása magára a platformra és a JDK-ra.
- Honlap: https://openjdk.org/projects/jigsaw/

Project Jigsaw (2)

- Elsődleges célok:
  - Megkönnyíteni a fejlesztők számára könyvtárak és nagy alkalmazások létrehozását és karbantartását.
  - Általában a Java SE platform implementációk, főleg a JDK biztonságának és karbantarthatóságának javítása.
  - Lehetővé tenni az alkalmazások teljesítményének növelését.
  - Lehetővé tenni a Java SE platform és a JDK kis számítási teljesítményű eszközökre való szabását.

Project Jigsaw (3)

- A projekt céljainak eléréséhez az alábbi két alapvető lehetőség biztosítása:
  - **Megbízható konfigurálás** (***reliable configuration***): a törékeny, hibára hajlamos *class path* mechanizmus helyettesítése a programkomponensek számára egy olyan eszközzel, melynek révén explicit módon deklarálhatják az egymástól való függéseiket.
    - Lásd: JAR pokol (*JAR hell*)
  - **Erős egységbezárás** (***strong encapsulation***): lehetővé tenni egy komponens számára annak deklarálását, hogy mely nyilvános típusai elérhetők más komponensek számára.

Project Jigsaw történet

- A projekt 2008 augusztusában indult.
- Eredetileg a JDK 7-hez szánták, majd előbb a JDK 8-ra, végül a JDK 9-re halasztották el a kivitelezést.
- 2014-ben indult a tervezés és megvalósítás a Java 9-hez.
- A Java platform modulrendszert meghatározó JSR 376 specifikációt 2014 decemberében hagyta jóvá a JCP végrehajtó bizottsága.
- A projekt fejlesztése nem a várt ütemben haladt, ezért a JDK 9 eredetileg 2016. szeptember 22-re kitűzött kiadást többször is elhalasztották.
- A projekttel kapcsolatos munka 2017 júliusában fejeződött be, az eredmény a 2017. szeptember 21-én megjelent JDK 9 részeként elérhető általános használatra.
- Lásd:
  - *Project Jigsaw: Context & History* https://openjdk.org/projects/jigsaw/history
  - *Project Jigsaw – Development history* https://openjdk.org/projects/jigsaw/

Project Jigsaw specifikációk

- JEP-ek:
  - *JEP 200: The Modular JDK* https://openjdk.org/jeps/200
  - *JEP 201: Modular Source Code* https://openjdk.org/jeps/201
  - *JEP 220: Modular Run-Time Images* https://openjdk.org/jeps/220
  - *JEP 260: Encapsulate Most Internal APIs* https://openjdk.org/jeps/260
  - *JEP 261: Module System* https://openjdk.org/jeps/261
  - *JEP 282: jlink: The Java Linker* https://openjdk.org/jeps/282
- JSR:
  - *JSR 376: Java Platform Module System*
    - https://openjdk.org/projects/jigsaw/spec/
    - https://jcp.org/en/jsr/detail?id=376

Modul fogalma (1)

- Elég szorosan összetartozó csomagok egy modulba csoportosíthatók.
- Egy modul kód és adatok egy névvel rendelkező, önleíró gyűjteménye. A kódja csomagokba van szervezve, melyek típusokat (osztályokat és interfészeket) tartalmaznak. Adatként erőforrásokat és más típusú statikus információkat tartalmaz.
  - Lásd: Mark Reinhold. *The State of the Module System.* https://openjdk.org/projects/jigsaw/spec/sotms/

Modul fogalma (2)

- Egy modul exportáltként jelölheti meg néhány vagy minden csomagját, ami azt jelenti, hogy a típusaik hozzáférhetők a modulon kívüli kódból.
  - Egy felső szintű típus akkor, és csak akkor hozzáférhető a deklaráló modulon kívülről, ha nyilvánosnak deklarált és egy exportált csomag tagja.
  - Ha egy csomagot nem exportál egy modul, akkor csak a modulon belüli kód számára hozzáférhetők a típusai.
- Ha egy modul egy másik modul által exportált csomagokhoz szeretne hozzáférni, akkor explicit módon függenie kell tőle.

Modul deklarációk (1)

- James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha, Alex Buckley, Daniel Smith, Gavin Bierman. *The Java Language Specification – Java SE 17 Edition*. 9 August 2021. https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se17/html/
  - Lásd a következő részt: *7.7. Module Declarations* https://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se17/html/jls-7.html#jls-7.7

Modul deklarációk (2)

- Egy modul deklaráció egy `module-info.java` nevű állományban kerül megadásra a modul forráskódját tartalmazó könyvtárszerkezet gyökérkönyvtárában.
- Egy `module-info.class` állományt, azaz egy bájtkódra fordított modul deklarációt **modul leíró**nak (***module descriptor***) nevezünk.

Modul deklarációk (3)

- Egy modul deklaráció egy nevesített modult határoz meg.
- Egy olyan modulnevet vezet be, mely modulok közötti kapcsolatok kifejezésére használható más modulok deklarációiban.
- Egy modulnév egy vagy több Java azonosítóból áll, melyeket `.` karakterek választanak el.
- Egy modul deklaráció direktívái határozzák meg a modul függését más moduloktól (`requires`), a más modulok számára elérhetővé tett csomagokat (`export` és `opens`), az általa felhasznált (`uses`) és nyújtott (`provides`) szolgáltatásokat.

Modul deklarációk (4)

- A modul deklarációt megelőzhetik import deklarációk.
  - Lehetővé teszik, hogy a modul deklarációban a modul vagy más modulok csomagjainak típusaira és a típusok statikus tagjaira az egyszerű nevükkel hivatkozhassunk.

Modul deklarációk (5)

- Példa (OpenJDK 17):

```
module java.net.http {
  exports java.net.http;
}
```

Modul deklarációk (6)

- Példa (OpenJDK 17):

```
module java.scripting {
  exports javax.script;

  uses javax.script.ScriptEngineFactory;
}
```

Modul deklarációk (7)

- Példa (OpenJDK 17):

```
module java.prefs {
  requires java.xml;

  exports java.util.prefs;

  uses java.util.prefs.PreferencesFactory;
}
```

Modul deklarációk (8)

- Példa (OpenJDK 17):

```
module java.sql {
  requires transitive java.logging;
  requires transitive java.transaction.xa;
  requires transitive java.xml;

  exports java.sql;
  exports javax.sql;

  uses java.sql.Driver;
}
```

Modul deklarációk (9)

- Példa (OpenJDK 17):

```
module java.logging {
  exports java.util.logging;

  provides jdk.internal.logger.DefaultLoggerFinder with
    sun.util.logging.internal.LoggingProviderImpl;
}
```

Modul deklarációk (10)

- **`requires`**:
  - A `requires` direktíva egy olyan modult határoz meg, melytől az aktuális modul függ.
  - A `java.base` modul kivételével minden modul implicit módon függ a `java.base` modultól.
  - A `requires` kulcsszót követheti a `transitive` módosító.
    - Az aktuális modultól függő modulok implicit módon függenek a `requires transitive` direktívával meghatározott modultól.

Modul deklarációk (11)

- **`exports`**:
  - Az `export` direktíva egy, az aktuális modul által exportált csomag nevét határozza meg.
  - Más modulok számára a csomag `public` és `protected` típusai, valamint azok `public` és `protected` tagjai hozzáférhetők fordítási és futási időben.
    - Reflektív hozzáférés is engedélyezett ezekhez a típusokhoz és tagjaikhoz.

Modul deklarációk (12)

- **`uses`**:
  - A `uses` direktíva egy olyan szolgáltatást határoz meg, melyhez az aktuális modul szolgáltatókat találhat a `java.util.ServiceLoader` osztály révén.
- **`provides`**:
  - A `provides` direktíva egy olyan szolgáltatást határoz meg, melyhez a `with` záradék sorol fel egy vagy több szolgáltatót a `java.util.ServiceLoader` osztályhoz.

java.util.ServiceLoader (1)

- Szolgáltatások implementációinak betöltésére szolgáló lehetőség.
- Egy szolgáltatás egy olyan közismert interfész vagy (absztrakt) osztály, melyhez 0, 1 vagy több szolgáltató létezik.
- Egy szolgáltató (*service provider*, vagy röviden *provider*) egy olyan osztály, mely a közismert interfészt implementálja vagy alosztálya a közismert (absztrakt) osztálynak.
- Az alkalmazások kódja csak a szolgáltatásra hivatkozik, nem pedig a szolgáltatókra.
- Lásd: `java.util.ServiceLoader`
  https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/ServiceLoader.html

java.util.ServiceLoader (2)

- Példa:

```
import java.sql.Driver;
import java.util.ServiceLoader;

ServiceLoader<Driver> loader = ServiceLoader.load(Driver.class);
loader.forEach(driver ->
  System.out.println(driver.getClass().getName()));
// org.hsqldb.jdbc.JDBCDriver
// org.sqlite.JDBC
// org.h2.Driver
// org.postgresql.Driver
// oracle.jdbc.OracleDriver
```

java.util.ServiceLoader (3)

- Példa:

```
import java.util.ServiceLoader;
import javax.script.ScriptEngineFactory;

ServiceLoader<ScriptEngineFactory> loader =
  ServiceLoader.load(ScriptEngineFactory.class);
loader.stream()
  .map(ServiceLoader.Provider::type)
  .map(Class::getName)
  .forEach(System.out::println);
// org.codehaus.groovy.jsr223.GroovyScriptEngineFactory
// com.oracle.truffle.js.scriptengine.GraalJSEngineFactory
// org.python.jsr223.PyScriptEngineFactory
```

java.util.ServiceLoader (4)

- Egy modulban fejlesztett szolgáltatót a modul deklaráció egy `provides` direktívájában kell megadni.
  - A `provides` direktíva a szolgáltatást és a szolgáltatót is megadja.
- Egy JAR állományba csomagolt szolgáltatót egy szolgáltató konfigurációs állomány azonosít a `META-INF/services` könyvtárban, melynek neve a szolgáltatás teljesen minősített neve.
  - Az állomány a szolgáltatók teljesen minősített nevét tartalmazza, soronként egyet.

Olvashatóság (1)

- Ha az *A* modul függ a *B* modultól, akkor azt mondjuk, hogy *A* **olvassa** (***reads***) *B*-t, és hogy *B* **olvasható** (***readable***) *A* által.
  - Ilyenkor az *A* modul hozzáfér a *B* modul által exportált csomagok nyilvános felső szintű típusaihoz.
- Definíció szerint minden modul olvassa önmagát.
  - Az olvashatóság reflexív reláció.

Olvashatóság (2)

- Az olvashatóság nem tranzitív reláció!
  - Példa: az *A* modul nem olvassa a *C* modult!

```
module A {
  requires B;
}

module B {
  requires C;
}
```

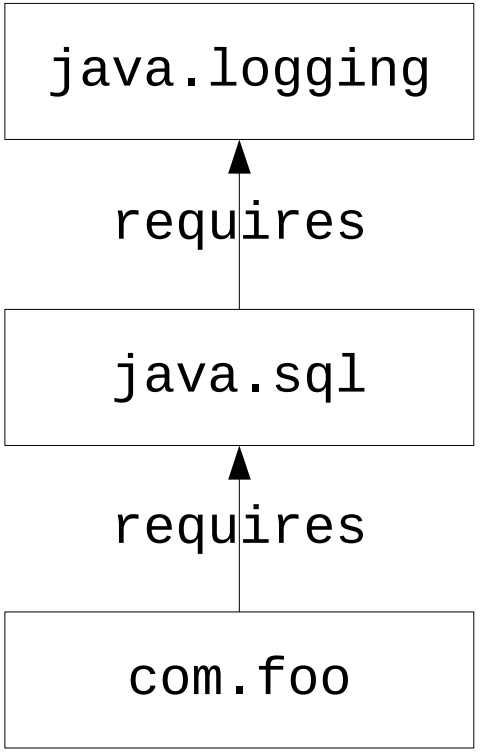
Olvashatóság (3)

- Az olvashatóság nem tranzitív reláció!
  - Példa:

```
module java.logging {
  exports java.util.logging;
}

module java.sql {
  requires java.logging;
  requires javax.transaction.xa;
  requires java.xml;
  exports java.sql;
  exports javax.sql;
}

module com.foo {
  requires java.sql;
  exports com.foo;
}
```



Olvashatóság (4)

- Az olvashatóság nem tranzitív reláció!
  - Példa (folytatás):
    - A `com.foo` modulban fordítási hibát eredményez az alábbi kódrész megjelölt metódushívása, mivel a modul nem olvassa a `java.logging` modult.

```
import java.sql.*;
import java.util.Properties;

String url;
Properties info;

Driver driver = DriverManager.getDriver(url);
Connection conn = driver.connect(url, info);
driver.getParentLogger().info("Connection acquired");
```

Olvashatóság (5)

- Az olvashatóság nem tranzitív reláció!
  - Példa (folytatás):
    - A probléma egy lehetséges megoldása a `com.foo` modult függővé tenni a `java.logging` modultól is:

```
module com.foo {
  requires java.logging;
  requires java.sql;
  exports com.foo;
}
```

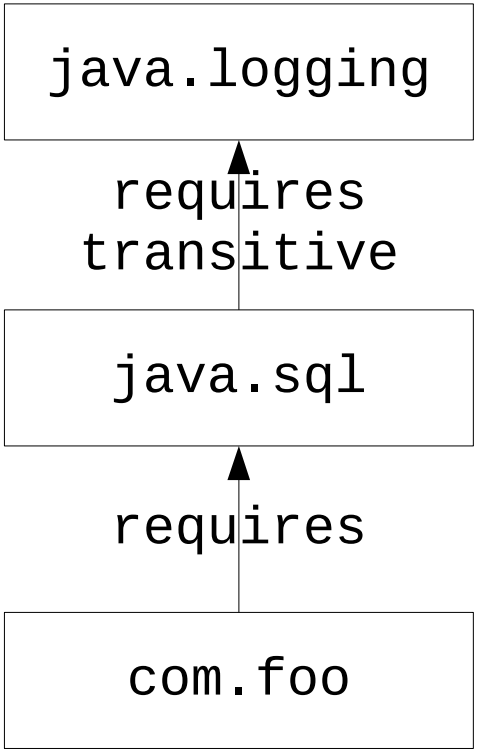
Olvashatóság (6)

- Az olvashatóság nem tranzitív reláció!
  - Példa (folytatás): a probléma elegáns megoldása:

```
module java.logging {
  exports java.util.logging;
}

module java.sql {
  requires transitive java.logging;
  requires transitive javax.transaction.xa;
  requires transitive java.xml;
  exports java.sql;
  exports javax.sql;
}

module com.foo {
  requires java.sql;
  exports com.foo;
}
```



Olvashatóság (6)

- **Implicit olvashatóság** (***implied readability***):
  - A `requires transitive` direktíva azt fejezi ki, hogy aktuális modultól függő modulok által is olvasható a függőség.
    - A példában tehát a `com.foo` modul is olvassa `java.logging` modult.

Olvashatóság (7)

- Egyetlen modul sem olvashat egynél több olyan modult, melyek ugyanazt a csomagot exportálják.
  - Ennek megsértése fordítási hibát eredményez.

Névtelen modulok

- Egy speciális, úgynevezett **névtelen modul**hoz (***unnamed module***) tartozik minden olyan típus, mely nem tartozik valamely nevesített modulhoz.
- A névtelen modul fogalma hasonló a névtelen csomag fogalmához.
- Azért szükséges, mert a Java SE 9 előtt nem volt lehetőség modulok deklarálására.
- A Java SE platform egy implementációja legalább egy névtelen modul használatát kell, hogy támogassa.
- Egy névtelen modul minden más modult olvas.
- Egy névtelen modul minden csomagját exportálja.
- Az automatikus modulokat kivéve semmilyen nevesített modul sem tud olvasni névtelen modult.

Moduláris JDK (1)

- Lásd: *JEP 200: The Modular JDK* https://openjdk.org/jeps/200
- A JSR 376-ban meghatározott és a JEP 261-ben implementált Java platform modulrendszer használata a JDK modularizációjához.
- A JDK olyan modulokra történő felosztása, melyek fordítási időben, összeállítási időben és futási időben különféle konfigurációkká kombinálhatók össze, ideértve többek között:
  - A teljes Java SE platformnak, a teljes JRE-nek és a teljes JDK-nak megfelelő konfigurációkat.
  - Olyan egyéni konfigurációkat, melyek csak bizonyos meghatározott modulokat tartalmaznak esetlegesen külső könyvtár és alkalmazás modulokkal kibővítve, valamint mindezen modulokhoz tranzitíven szükséges modulokat.

Moduláris JDK (2)

- Kétféle modul megkülönböztetése:
  - **Szabványos modulok**:
    - Olyan modulok, melyek specifikációit a JCP szabályozza.
    - A szabványos modulok neve a `java.` karakterlánccal kezdődik.
  - **Nem szabványos modulok**:
    - A JDK részét alkotó egyéb modulok.
    - A nem szabványos modulok neve a `jdk.` karakterlánccal kezdődik.
- A `java --list-modules` paranccsal listázhatók a JDK modulok.

Moduláris JDK (3)

- A JDK moduláris szerkezete irányított gráffal jeleníthető meg.
  - A gráfban a csúcsok a modulokat ábrázolják, az élek pedig a modulok közötti függéseket.
- Lásd:
  - Java SE 17: https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.se/module-graph.svg

Moduláris JDK (4)

- A legalsó `java.base` modul olyan alapvető osztályokat tartalmaz, mint például a `java.lang.Object` és a `java.lang.String`.
  - Ez a modul nem függ egyetlen modultól sem és minden modul függ tőle.
- Az ábra tetején a `java.se` modul látható, mely a Java SE platformot alkotó modulokat gyűjti egybe.
  - A modul az aggregátor modulok példája, melyek más modulok tartalmát gyűjtik össze implicit olvashatóságot biztosítva hozzájuk, de nem adva hozzá saját tartalmat.

Inkubáló modulok (1)

- Arra szolgálnak, hogy nem végleges, inkubáló (*incubating*) API-kat adjanak a fejlesztők kezébe.
- Egy inkubáló API egy olyan API, melynél kívánatos a szabványosítás vagy véglegesítés elhalasztása a következő kiadásra az API-val kapcsolatos további tapasztalatok szerzése céljából.
- Korlátozott egy API inkubációs élettartama: az API szabványosításra vagy véglegesítésre kerül néhány főkiadás után, vagy pedig eltávolításra kerül.
- Az inkubáló modulok neve a `jdk.incubator.` előtaggal kezdődik.
- Lásd:
  - *JEP 11: Incubator Modules* https://openjdk.org/jeps/11

Inkubáló modulok (2)

- Példa: `jdk.incubator.foreign`
  - Lásd:
    - *JEP 412: Foreign Function & Memory API (Incubator)* https://openjdk.org/jeps/412
    - *Module* ***`jdk.incubator.foreign`*** https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/jdk.incubator.foreign/module-summary.html
  - A modul a JDK 17-ben került bevezetésre: https://openjdk.org/projects/jdk/17/

Modul útvonalak

- A `java`, `javac`, `jlink` és más parancssori eszközök számára a modulok megadása modul útvonalakban.
- A modul útvonalak olyan listák, melyek minden eleme az alábbiak valamelyike vagy az alábbiakat tartalmazó könyvtár:
  - A gyökér könyvtárában egy `module-info.class` állományt tartalmazó JAR állomány (úgynevezett moduláris JAR állomány).
  - Egy JMOD állomány.
  - Egy modult tartalmazó könyvtár.
- Hiba, ha egy modul útvonal elemben (például egy könyvtárban) több azonos nevű modul szerepel.

Automatikus modulok

- Egy automatikus modul egy implicit módon definiált nevesített modul, mivel nincs modul deklarációja.
  - Automatikus modulként használható egy nem moduláris JAR állomány egy modul útvonalhoz való hozzáadásával.
    - A JAR neve lesz a modul neve, például a `legacy-lib-1.0.1.jar` állománynév a `legacy.lib` modulnevet eredményezi.
- Egy automatikus modul minden csomagját exportálja.
- A névtelen modulokhoz hasonlóan egy automatikus modul minden más modult olvas, beleértve a nevesített (köztük más automatikus) és névtelen modulokat is.
  - Ebben különböznek az explicit módon deklarált nevesített moduloktól, mivel azok nem olvasnak névtelen modulokat.

JMOD állományok

- A JAR állományok lehetőségein túlmutató új formátum, mely támogatja például natív könyvtárak becsomagolását is.
- Kizárólag a fordítási és szerkesztési időben használhatók, végrehajtási időben nem!
  - Az utóbbihoz szükséges lenne például natív könyvtárak menet közbeni kitömörítésére és szerkesztésére.
- JMOD állományokba vannak csomagolva a JDK moduljai is.
  - Lásd a `$JAVA_HOME/jmods` könyvtárat.
- A JAR állományformátumhoz hasonlóan a JMOD állományformátum is a ZIP állományformátumon alapul.
- `jmod`: új parancssori eszköz JMOD állományok létrehozásához, manipulálásához és vizsgálatához.
  - Lásd: *JDK 17 Tool Specifications – The `jmod` Command*
    https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/specs/man/jmod.html

Szerkesztés

- A szerkesztés a fordítás és a futtatás közötti opcionális fázis, melynek során modulok egy halmazából és függőségeikből egy egyéni futásidejű lemezkép kerül létrehozása.
  - Lásd: *JEP 282: jlink: The Java Linker* https://openjdk.org/jeps/282
- `jlink`: a szerkesztésre szolgáló új parancssori eszköz.
  - Lásd: *JDK 17 Tool Specifications – The `jlink` Command* https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/specs/man/jlink.html

Moduláris futásidejű lemezképek (1)

- Lásd:
  - *JEP 220: Modular Run-Time Images*
    https://openjdk.org/jeps/220
  - Mark Reinhold. *Project Jigsaw: Modular run-time images*.
    https://mreinhold.org/blog/jigsaw-modular-images
- A JDK és a JRE futásidejű lemezképek (*run-time image*) szerkezetének átalakítása a modulok alkalmazásához, a teljesítmény a biztonság és a karbantarthatóság javításához.

Moduláris futásidejű lemezképek (2)

- A JDK 9 előtt kétféle futásidejű lemezkép megkülönböztetése: JRE és JDK.
  - A JDK lemezkép a JRE lemezkép egy másolatát tartalmazza a `jre/` alkönyvtárban.
- Az új lemezkép szerkezet megszünteti ezt a megkülönböztetést, a JRE és JDK lemezképe azonos szerkezetű.
  - A JDK lemezkép egyszerűen egy olyan futásidejű lemezkép, mely történetesen a teljes fejlesztői eszközkészletet tartalmazza.
- Egy moduláris lemezkép JAR állományok helyett inkább modulokból áll.

Moduláris futásidejű lemezképek (3)

- Végrehajtáshoz a `class` állományok és más kapcsolódó erőforrások JDK implementáció-specifikus konténer állományokban kerülnek tárolásra a `lib/` könyvtárban (lásd a `modules` állományt).
  - A `jimage` parancssori eszköz szolgál ezeknek az állományoknak a vizsgálatára.
    - Lásd a `jdk.jlink` modult. https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/jdk.jlink/module-summary.html
    - Használat: `jimage list $JAVA_HOME/lib/modules`

Moduláris alkalmazások

- Példák:
  - *Apache Derby* (licenc: *Apache License 2.0*) https://db.apache.org/derby/
  - *Jackson* (licenc: *Apache License 2.0*) https://github.com/FasterXML/jackson
  - *JUnit 5* (licenc: *Eclipse Public License v1.0*) https://junit.org/junit5/ https://github.com/junit-team/junit5
  - *JavaFX* (licenc: GNU GPL v2 + *Classpath Exception*) https://openjfx.io/ https://openjdk.org/projects/openjfx/
  - *SLF4J* (licenc: *MIT License*) https://www.slf4j.org/ https://github.com/qos-ch/slf4j
  - …

Moduláris „Helló, világ!” program (1)

- Könyvtárszerkezet és forráskód:

```
src/
  org.hello/
    module-info.java
    org/
      hello/
        Main.java
```

```
// module-info.java:
module org.hello {
  exports org.hello;
}
```

Moduláris „Helló, világ!” program (2)

- Fordítás:

```
$ javac -d mods/org.hello \
  src/org.hello/module-info.java \
  src/org.hello/org/hello/Main.java
```

célkönyvtár

Moduláris „Helló, világ!” program (3)

- Futtatás:

```
$ java --module-path mods \ a modulokat tartalmazó könyvtár(ak)
  --module org.hello/org.hello.Main
```

Moduláris „Helló, világ!” program (4)

- JMOD készítés:

```
$ mkdir jmods
$ jmod create --class-path mods/org.hello \
  jmods/org.hello.jmod
```

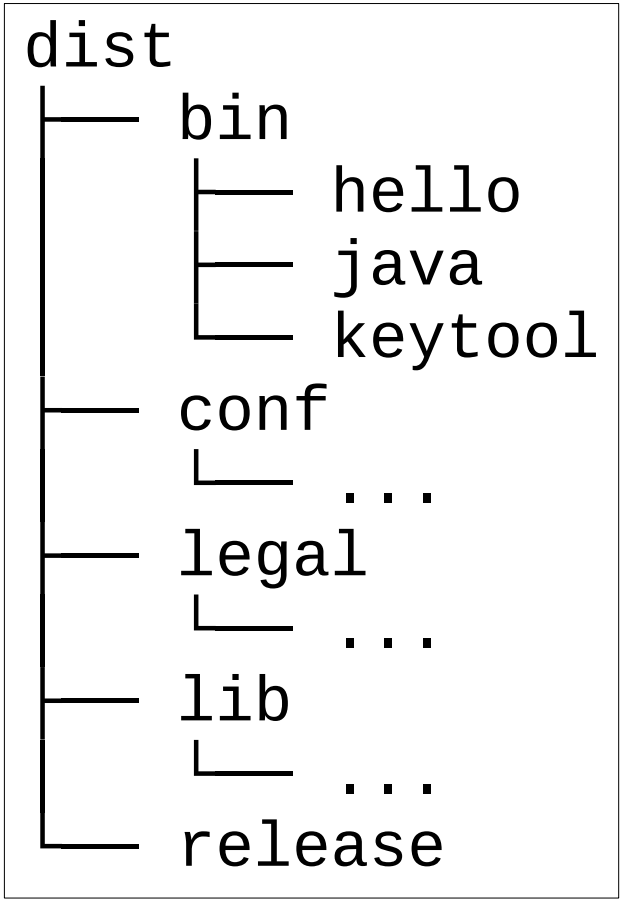
Moduláris „Helló, világ!” program (5)

- Szerkesztés:

```
$ jlink --module-path $JAVA_HOME/jmods:jmods \
  --add-modules org.hello \
  --output dist \
  --strip-debug \
  --compress 2 \
  --no-header-files \
  --no-man-pages \
  --launcher hello=org.hello/org.hello.Main
```

Moduláris „Helló, világ!” program (6)

- A szerkesztés eredményeként kapott `dist/` könyvtár szerkezete (a teljes méret mindössze kb. 30 MB):



Moduláris „Helló, világ!” program (7)

- Modulok listázása az egyéni futásidejű lemezképben:

```
$ dist/bin/java --list-modules
java.base@17
org.hello
```

Integrált fejlesztői környezetek

- **Eclipse IDE**: *Configure Eclipse for Java 9*
  https://wiki.eclipse.org/Configure_Eclipse_for_Java_9
- **IntelliJ IDEA**: *Java 9 and IntelliJ IDEA*
  https://blog.jetbrains.com/idea/2017/09/java-9-and-intellij-idea/
- **NetBeans**: Java 9 támogatás a 9.0 verziótól
  - Lásd: *Apache NetBeans (incubating) 9.0 Features – Supporting the Jigsaw Module System*
    https://netbeans.apache.org/download/nb90/#_supporting_the_jigsaw_module_system

Fejlesztőeszközök

- Apache Maven:
  - *Apache Maven JLink Plugin* https://maven.apache.org/plugins/maven-jlink-plugin/ https://github.com/apache/maven-jlink-plugin
  - *ModiTect* https://github.com/moditect/moditect
- Gradle:
  - https://plugins.gradle.org/plugin/org.javamodularity.moduleplugin https://github.com/java9-modularity/gradle-modules-plugin
  - *Badass JLink Plugin* https://badass-jlink-plugin.beryx.org/ https://plugins.gradle.org/plugin/org.beryx.jlink https://github.com/beryx/badass-jlink-plugin/

Mintapéldák

- https://github.com/jeszy75/modular-java-examples

További ajánlott irodalom

- Cay S. Horstmann. *Core Java SE 9 for the Impatient*. 2nd Edition. Addison-Wesley Professional, 2017. https://www.informit.com/store/core-java-se-9-for-the-impatient-9780134694726
- Kishori Sharan. *Java 9 Revealed: For Early Adoption and Migration*. Apress, 2017. https://www.apress.com/br/book/9781484225912
- Koushik Kothagal. *Modular Programming in Java 9*. Packt Publishing, 2017. https://www.packtpub.com/application-development/modular-programming-java-9
- Sander Mak, Paul Bakker. *Java 9 Modularity: Patterns and Practices for Developing Maintainable Applications*. O'Reilly Media, 2017. https://javamodularity.com/