

BABEŞ-BOLYAI UNIVERSITY CLUJ-NAPOCA
FACULTY OF MATHEMATICS AND INFORMATICS
SPECIALIZATION: COMPUTER SCIENCE

License Thesis

An OSGI-based testing and simulation framework for the study of reinforcement learning algorithms

Abstract

The goal of the dissertation is to create a dynamic testing and simulation environment for the evaluation of reinforcement learning algorithms on a remote server using large number of parallel running tests.

The simulation environment is based on the OSGI specification, which defines a dynamic, modularized component model for building complex applications. Previous attempts at creating such a testing environment for an example the “RL-GLUE” project had only partial success. Although it is capable to run and evaluate various tests written in different programming languages, it is already based in obsolete technology and the project was closed a few years ago.

The system I made is capable of evaluating RL algorithms written in JAVA through running various experiments. All this happens with the help of a simulation environment which runs on a remote access server. The client is initiating the test which are written based on a predefined standard, connects to the server which runs the test gets a proper feedback with the help of machine learning algorithms.

The server makes it possible to use a number of predefined simulation environments to perform tests that can be run on the server independently of each other.

The framework enables the monitoring of the experiments, based on a remote method invocation API and through a web interface.

This work is the result of my own activity. I have neither gave nor received unauthorized assistance on this work.

JULY 2015

GÁLL NORBERT

ADVISOR:
JAKAB HUNOR, PH.D, ASSISTANT PROFESSOR

BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY CLUJ–NAPOCA
FACULTY OF MATHEMATICS AND INFORMATICS
SPECIALIZATION: COMPUTER SCIENCE

License Thesis

**An OSGI-based testing and simulation
framework for the study of reinforcement
learning algorithms**



SCIENTIFIC SUPERVISOR:

JAKAB HUNOR, PH.D, ASSISTANT
PROFESSOR

STUDENT:

GÁLL NORBERT

JULY 2015

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI, CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE MATEMATICĂ ȘI INFORMATICĂ
SPECIALIZAREA INFORMATICĂ

Lucrare de licență

-



CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
LECTOR DR. TANÁR OKOS

ABSOLVENT:
GÁLL NORBERT

IULIE 2015

BABEŞ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM KOLOZSVÁR
MATEMATIKA ÉS INFORMATIKA KAR
INFORMATIKA SZAK

Licensz-dolgozat

**OSGI technológián alapuló tesztelési és
szimulációs keretrendszer megerősítéses
tanulási algoritmusok tanulmányozására**



TÉMAVEZETŐ:

DR. JAKAB HUNOR, EGYETEMI AD-
JUNKTUS

SZERZŐ:

GÁLL NORBERT

2015 JÚLIUS

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	3
2. Alapfogalmak	5
2.1. A megerősítéses tanulás	5
2.2. A megerősítéses tanulás algoritmusok kipróbálásának alap lépései	5
2.3. Alapfogalmak bevezetése	5
3. Felhasznált módszerek és eszközök	9
3.1. Verziókövetés	9
3.2. Projektmenedzsment	9
3.3. Build rendszer	10
4. Az OSGi keretrendszer	11
4.1. Az OSGi keretrendszer	11
4.2. Az OSGi architektúra	11
5. Eredmények bemutatása és értékelése	14
5.1. Az utazóügynök feladata	14
5.2. Az utazóügynök feladatára vonatkozó heurisztikák	14
5.2.1. Beszúrási herusztika	14
A. Fontosabb programkódok listája	15

1. fejezet

Bevezető

A dolgozat témája a RoboRun projekt bemutatása, mely a megerősítéssel tanulási algoritmusok futtatására és tesztelésére biztosít egy egységes szimulációs környezetet egy távoli elérésű szerveren. A dokumentum által megismerhetők a projekt funkcionálisai és a hozzá tartozó webes felület.

A RoboRun projekt célja egy olyan dinamikus tesztelési és szimulációs környezet felépítése ahol megerősítéssel tanulással kapcsolatos algoritmusok kipróbálására és tesztelésére van lehetőség egy távoli elérésű szerveren. E szimulációs környezet teljesen az OSGi[1] keretrendszerre épül, amely egy dinamikus, modularizált komponens modellt definiál komplex alkalmazások felépítésére. E környezet teljesen egységes és könnyen elérhető.

A tanulás egy nagyon fontos emberi tulajdonság, mely ott van az emberek mindennapjaiban. Hiszen az ember minden nap tanul valami újat, valami új tapasztalattal gazdagodik. A gépi tanulás is az emberi tanuláson alapszik, csak más jelentéssel bír. Mondhatjuk azt, hogy egy olyan folyamat, mely során a tanuló algoritmus paraméterei és belső állapotai változnak, amelyek később meghatározzák egy döntéshozatali stratégiát. Tehát bizonyos tapasztalat alapján, melyet a belső állapotok reprezentálnak, képes a számítógép döntéseket hozni. Ennek a legfőbb nehézsége abban rejlik, hogy véges számú lépés alatt meg kell tanítani a számítógépet arra, hogy egyre jobb döntéseket hozzon végtelen sok lépés közül.

A RoboRun projekt ötlete, nem számít újdonságnak a piacon. Számos hasonló projekt létezik, hasonló funkcionálisokkal. A RoboRun projekt szempontjából az RL-Glue¹ projektet érdemes kiemelni, hiszen ez szolgált a RoboRun projekt alapjául és számos funkcionálisát is felhasználtuk a projekt során. Az RL-Glue projekt szerzői Brian Tanner és Adam White. E projekt eredetileg C++ ban íródott, viszont van teljesen Java- ban megírt változata is. Az RL-Glue egy nyelv független környezet a megerősítéssel tanulási algoritmusok tanulmányozására. Kétféle protokollt kínál, az úgynevezett külső- illetve belső módokat. A külső mód teljesen socketeken keresztül végzi a kommunikációt, míg a belső mód az teljesen lokálisan. Ez által a belső mód sokkal gyorsabb működést eredményez. A projekt 2010- ben lezárult, viszont teljesen nyílt forráskódú, mindenki számára elérhető és használható napjainkban is. Néhány hasonló projekt: RL Toolbox², CISquare³, PIQLE⁴.

A RoboRun projekt az RL-Glue projektet tovább gondolva és funkcionálisait felhasználva, napjaink technológiáin alapszik. Egy dinamikus és egységes környezetet biztosít, mindezt úgy, hogy a rendszer

1. http://glue.rl-community.org/wiki/Main_Page

2. <http://www.igi.tu-graz.ac.at/gerhard/rl-toolbox/general/overview.html>

3. <http://ml.informatik.uni-freiburg.de/research/clsquare>

4. <http://piqle.sourceforge.net/>

1. FEJEZET: BEVEZETŐ

teljesen moduláris, folyamatosan és könnyen változtatható, illetve bővíthető. Mindezek mellett nagyon jól megvalósítja a komponensek egymástól való elválasztását. A projekt teljesen Java alapokon nyugszik, felhasználva az OSGi platformot.

A fő változtatásokat főként a dinamikusság, a modularitás illetve a könnyed bővíthetőség foglalja magában. Az RI-Glue - hoz képest a teljes architektúrát újra kellett gondolni és teljesen újra felépíteni a projektet az új architektúrára, annak érdekében, hogy helyt álljon az OSGi környezetben. Az új architektúra által a projekt, sokkal átláthatóbb, könnyebben kezelhető és teljesen megvalósítja a komponensek egymástól való elválasztását. E mellett a RoboRun projekt egy nagy előnye, hogy nagyon kis erőforrásra van a felhasználónak szüksége még komolyabb tesztek futtatásánál is, hiszen a fő logikát, tehát az erőforrás igényes részeket mind a távoli elérésű szerver futtatja. A projekt lehetőséget nyújt a felhasználók számára, egy webes felületen keresztül arra, hogy megtekinthessék az aktuálisan futó teszteket, illetve, a már lefuttatott teszteredmények is megtekinthetők.

A dolgozat négy fejezetből áll. Az első fejezet röviden bemutatja a megerősítési tanulást néhány világbeli példán keresztül, majd bemutatásra kerül néhány alap fogalom illetve ezek felhasználása a projekt során.

A második fejezet a RoboRun projekt alapjául szolgáló OSGi keretrendszert mutatja be, ismerteti ennek architektúráját, illetve azt, hogy miért esett e keretrendszerre a választás. Megemlíti más eszközöket és technológiákat is melyek felhasználásra kerültek. E fejezet kitér arra is, hogy a projekt, hogyan használja a megerősítési tanulási kísérletek lebonyolítására.

A harmadik fejezet részletezi a projekt által felhasznált technológiákat, majd tárgyalja a rendszer felépítését, ismerteti a szerver oldali architektúrát.

A negyedik fejezet a rendszer használatát és működését mutatja be egy példán keresztül. Részletesen kitér a rendszer által nyújtott funkcionálisokra.

A RoboRun projekt sikeres elkészítéséért köszönet illeti a projektvezetőt.

2. fejezet

Alapfogalmak

***Összefoglaló:** E fejezet célja bemutatni röviden a megerősítéses tanulást és ezen algoritmusok alap lépéseinek bemutatását, illetve a RoboRun projekttel kapcsolatos néhány alap fogalom bevezetése és ezek használata a projekt során.*

2.1. A megerősítéses tanulás

2.2. A megerősítéses tanulás algoritmusok kipróbálásának alap lépései

2.3. Alapfogalmak bevezetése

A projekt során a szerző az RL-Glue projekt elveit követte, felhasználva annak funkcionalitásait. A három alap komponens mindkét projekt esetén az Agent¹, Environment² és az Experiment³. Ezen komponensek egymással való interakciója révén nyílik lehetőségünk futtatni illetve tesztelni a megerősítéses tanulási algoritmusokat.

Az Agent komponens valójában a tanulási algoritmus, amely kiszabja a feladatokat és az ezekre vonatkozó megszorításokat egy adott iterációra vonatkozóan. Az Agent jutalmat(reward) kap minden egyes iteráció után arra vonatkozóan, hogy a probléma megoldásának szempontjából mennyire volt hatékony a kiszabott feladat, illetve az erre vonatkozó megszorítás. Mivel nem tudhatja az algoritmus, hogy melyik a helyes módszer a probléma megoldására, ezért találgatnia kell. Időnként új cselekvéseket is kell próbálnia, majd az ezekből megszerzett tudást, ami esetünkben a jutalom, optimális módon felhasználnia a következő cselekvés meghatározására.

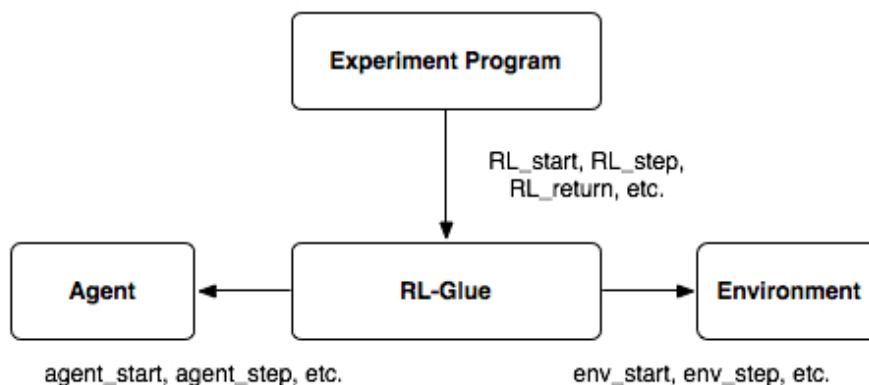
Az Environment komponens feladata végrehajtani az Agent komponens által meghatározott feladatokat és az ezekre vonatkozó megszorításokat az adott problémára. A végrehajtás során következtetéseket(observation) von le minden egyes állapotról. Majd ezen következtetések alapján jutalmakat(reward) határoz meg. Mivel bizonytalan a környezet, valami becslést kell alkalmaznia a jövőre nézve, így kezdetben, lehet, hogy egy jó lépésért nem kapjuk meg a megfelelő jutalmat. Viszont minél jobban megismerjük a környezetet, annál pontosabb lesz egy lépésért vagy lépés sorozatért járó jutalom. A jutalom egy számban fejezhető ki, amely egy adott intervallumban mozog. Ha az intervallum felső határához közelít a szám akkor pozitív visszajelzést kaptunk az adott lépés vagy lépés sorozat után, amennyiben az intervallum alsó határához közelít a szám, negatív a visszajelzés.

1. Agent - magyarul ügynök

2. Environment - magyarul környezet

3. Experiment - magyarul kísérlet

How RL-Glue Interacts with the Experiment Program, Agent and Environment



2.1. ábra. RL-Glue projekt komponensek közti kommunikációja:

<http://rl-glue.googlecode.com/svn/trunk/docs/html/index.html>

Az Experiment komponens irányítja a teljes kísérlet végrehajtását. E komponens nincs direkt kapcsolatban az Agent és az Environment komponensekkel. Van köztük egy köztes réteg, amely végzi a kommunikációt e három komponens között. Az Experiment komponensben van meghatározva a lépések száma egy adott iterációban, illetve az iterációk száma is. Fontos azon szerepe is az Experiment komponensnek, hogy a végső eredményeket ő kapja meg az Agent illetve az Environment komponensektől a köztes rétegen keresztül. A fent említett köztes réteg az RL-Glue projekt esetén az úgynevezett RL-Glue mely a teljes kommunikáció lebonyolítását végzi a komponensek között illetve létrehozza a hálózati kommunikációhoz szükséges objektumokat.

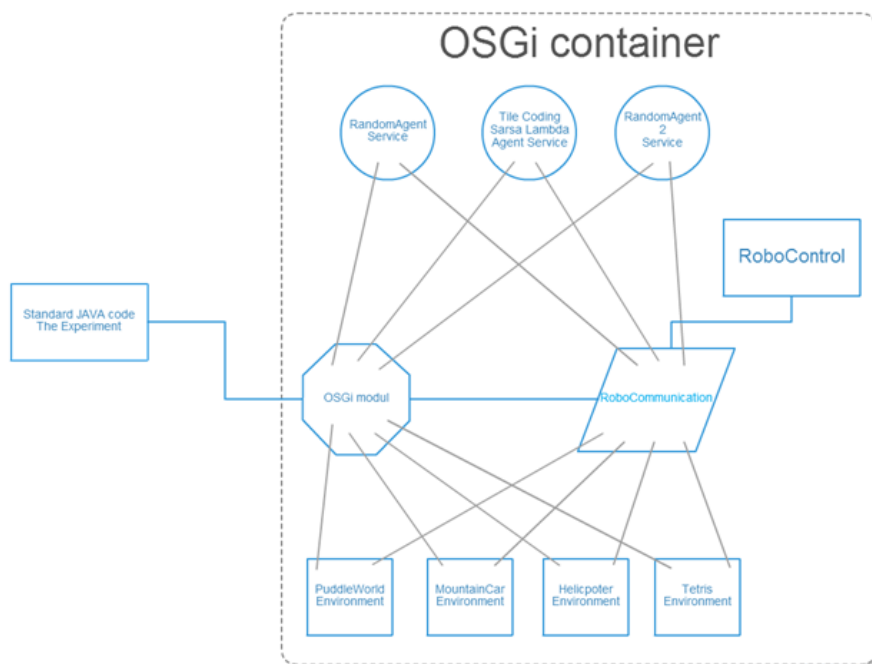
A RoboRun projekt esetén az RL-Glue komponens helyét felváltja a RoboControl komponens, viszont a funkcionalitások nagy része megmarad vagy csak részben változik. Például a RoboRun projekt esetén nincs szükség ezen a szinten beállítani a hálózati kommunikációt.

Az Agent, Environment, Experiment és a RoboControl hasonló módon működnek mint az RL-Glue projekt esetén, viszont a RoboRun projektben az Experiment kivételével, minden komponens egy szolgáltatás az OSGi konténerben, amely egy távoli GlassFish[2] szerveren fut. Az Experiment komponens és az OSGi konténer közötti kapcsolat megteremtéséért egy OSGi modul a felelős. E modul ismeri az összes konténerbe telepített Agent illetve Environment komponens.

A konténerben egyszerre több előre definiált Agent és Environment lehet telepítve, ezek száma nincs korlátozva. Bármikor módosítható, törölhető vagy teljesen új Agent és Environment is hozzáadható a konténerhez anélkül, hogy a szerveret meg kellene állítani vagy újra kellene indítani.

Egy kísérlet futtatása során kliens oldalon az Experiment komponens meghatározza a szükséges lépések számát iterációnként és az iterációk számát, majd kapcsolatba lép az OSGi modullal. Az OSGi modul a fent említett módon, ismer minden olyan Agent - et és Environment - et, amely telepítve van a konténerbe. Ezek közül választhat az Experiment komponens, hogy melyiket szeretné használni. Tehát kiválaszthatja azt, hogy melyik Environment - hez milyen Agent - t szeretne használni a kísérlet során.

2. FEJEZET: ALAPFOGALMAK

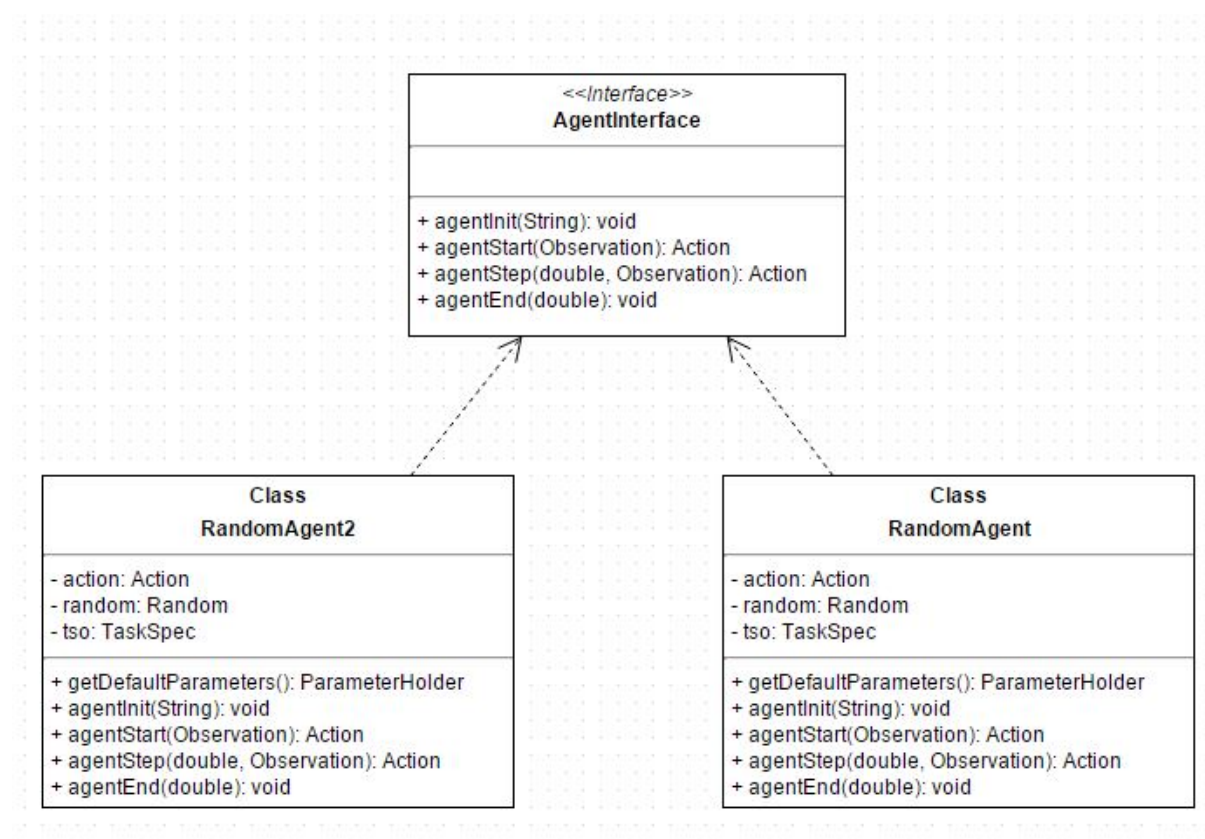


2.2. ábra. A RoboRun projekt alap komponensek közti kommunikáció:

Ezek az információk mind az OSGi modulon keresztül jutnak el a szervertől a kliensig. Amint az Experiment komponens meghatározta a kívánt Agent -t és Environment -t, az OSGi modul közvetíti ezt a RoboCommunication komponens fele, mely lekérdezi a kiválasztott Agent és Environment szolgáltatásokat. Ezek folyamatos interakcióba kerülnek egymással melyet a RoboControl komponens irányít. Amint véget ér a kísérlet az Experiment komponens az OSGi modul segítségével megkapja a kísérlet eredményét.

Minden Agent implementálja az AgentInterface -t és minden Environment implementálja az EnvironmentInterface -t.

2. FEJEZET: ALAPFOGALMAK



2.3. ábra. Az Agent osztály UML diagramja

3. fejezet

Felhasznált módszerek és eszközök

Összefoglaló: Minden nagyobb projekt esetén a fejlesztőknek szükségük van arra, hogy a megfelelő felkészültségük és találékonyságuk mellett, figyelmet fordítsanak a hatékony munkára is. Ehhez szükségük lehet különböző verziókövető rendszerek használatára, projektmenedzsment eszközökre és build rendszerekre.

3.1. Verziókövetés

Napjainkban egyre nagyobb szükség van arra, hogy egy projekt esetén a munka könnyedén megosztható és hordozható legyen a fejlesztők közt. E mellett nagyon fontos a fejlesztési folyamat monitorizálása. Ezen technológiák nélkül szinte elképzelhetetlen a szoftverfejlesztés, úgy csoportos környezetben mint egyedül.

E célra fejlesztették ki a verziókövető rendszereket és a projektmenedzsment eszközöket melyek által könnyedén megoszthatóvá válik a fejlesztői munka és folyamatosan ellenőrizhető a fejlesztés folyamata.

A verziókövető rendszer által folyamatosan nyomon követhető a projekt fejlődése és ellenőrizhető az egyénenkénti haladás is. Könnyed visszaállítási lehetőséget biztosít arra az esetre, ha valami történne a lokális gépünkön tárolt forrás állományokkal vagy ha bármi hiba történne a fejlesztés során ami visszaállítást igényel. Legnagyobb haszna a verzió követő rendszereknek, az olyan projekteknél van, amelyet több fejlesztő fejleszt egyszerre. Hiszen általában ilyenkor a projekt teljes forrásállománya egy központi tárolóban van elhelyezve ahová mindenki beteszi a változtatásait. Így nagyon egyszerűen követhető, hogy melyik fejlesztő milyen fázisban tart.

A RoboRun projekt fejlesztése során a forrásállományok tárolására és a fejlesztés nyomkövetésére felhasznált verziókövető rendszer a Git[3], amely nyílt forráskódú és teljesen ingyenes. Webes felületet biztosít a tároló megtekintésére. Könnyedén megoszthatóak a forrásállományok. A projekt szerzője által használt kliensalkalmazás a TortoiseGit[4]. A TortoiseGit szintén ingyenes szoftver, melyet szükséges telepíteni. Használata egyszerű. A konzol mellett, rendelkezik egy felhasználóbarát grafikus felülettel is, mely még inkább megkönnyíti a használatát.

3.2. Projektmenedzsment

"A projektmenedzsment az erőforrások szervezésével és azok irányításával foglalkozó szakterület, melynek célja, hogy az erőforrások által végzett munka eredményeként egy adott idő- és költségkereten belül sikeresen teljesüljenek a projekt céljai." (forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Projektmenedzsment>)

3. FEJEZET: FELHASZNÁLT MÓDSZEREK ÉS ESZKÖZÖK

A projektmenedzsment eszközök fő célja tehát, hogy a fejlesztők a specifikáció által meghatározott feladatot adott idő - és költségkereten belül sikeresen tudják teljesíteni. Ennek érdekében számos hasznos funkcionalitást biztosítanak. Ilyen funkcionalitások például, különböző feladatkörök kiosztása, különböző feladatok kiosztása, egy adott folyamatra szánt idő meghatározása, a fejlesztő által eltöltött munkaidő egy adott rész megvalósításával. Mindezek mellett kommunikációs lehetőséget biztosít a fejlesztők között. Lehetőség ad feltölteni dokumentumokat, diagramokat, segédanyagokat a projekthez, ez által megkönnyítve a fejlesztők munkáját.

A RoboRun projekt fejlesztése során alkalmazott projektmenedzsment eszközként a Redmine[5] webes menedzsment eszköz szolgált. A Redmine egy teljesen nyílt forráskódú és platform független projektmenedzsment rendszer. Egyszerű és letisztult felülete révén könnyen kezelhető. Rengeteg funkcionalitást nyújt, mely nagy segítség lehet a különböző projektek fejlesztése során. A Redmine által nyújtott néhány fontosabb funkcionalitás: naptár, e-mail értesítés, szerepkör szerinti hozzáférés, wiki és fórum, pluginok engedélyezés, adatbázisok támogatása, stb.

3.3. Build rendszer

A build rendszereket többnyire projektek menedzselésére és a build folyamat automatizálására alkalmazzák.

A RoboRun projekt fejlesztése során alkalmazott build rendszer a Maven[6], amelyet Jason van Zyl készített 2002-ben. A Maven egy nyílt forráskódú, platform független eszköz. Leggyakoribb felhasználása a Java nyelvben írt projektek esetében történik. A Maven konfigurációs modellje XML alapú, e mellett bevezetésre került a POM(Project Object Model). A POM az adott projekt szerkezeti vázának teljes leírását tartalmazza és a modulokat azonosítókkal látja el. Tehát a POM egy projekt leírását tartalmazza és a projekthez tartozó összes függőség listáját. Ezen függőségeket a Maven a saját központi tárolójából tölti le a projekt buildelése során. A POM esetén a lépéseket céloknak nevezik. A célok lehetnek előre definiáltak, mint például a forráskód csomagolása és fordítása vagy lehetnek a felhasználó által meghatározott célok. Mindezt a pom.xml állomány által valósul meg, amely tartalmazza ezeket az információkat.

A RoboRun projekt esetén a Maven build eszköz legfontosabb szerepe a függőségek, célok és pluginok kielégítése a build folyamat során, hiszen a Maven saját függőség kezelő rendszerrel rendelkezik, amely a build -elés során letölti a központi tárolóból az előre megadott függőségeket és elhelyezi a lokális tárolóban, ahonnan a jövőben használni fogja. E mellett a Maven lehetőséget nyújt a projekt moduljainak azonosítására a groupID, az artifactID és a verzió szám révén. A groupID logikai csoportokba szervezi a komponenseket, az artifactID minden komponenst egyedi azonosítóval lát el és a verzió az éppen aktuális verziószámot takarja a komponensek esetén.

4. fejezet

Az OSGi keretrendszer

Összefoglaló: E fejezet célja bemutatni az OSGi keretrendszert, illetve annak architektúráját. Bemutatja, hogy a RoboRun projekt miért használja az OSGi keretrendszert. Végül egy általános leírást ad arról, hogy a RoboRun projekt, hogyan használja az OSGi keretrendszert a megerősítéses tanulási kísérletek futtatására és tesztelésére.

4.1. Az OSGi keretrendszer

Az OSGi -t eredetileg arra fejlesztették ki, hogy home gateway -ként működjön. Ez azt jelenti, hogy a home gateway kapcsolatban áll egy szolgáltatóval és a felhasználók által kifizetett szolgáltatásokhoz biztosít elérést. Tehát a szolgáltató kezében van a teljes menedzselés joga, a felhasználó csak használja az adott szolgáltatásokat.

Az OSGi keretrendszer alapötlete a szolgáltatásorientált architektúrára[3] vezethető vissza. A szolgáltatásorientált architektúra olyan szolgáltatásokat és komponenseket biztosít, amelyek eleget tesznek egy bizonyos szabványnak, biztonságosak és egymáshoz lazán kapcsolódnak. Ezen komponensek folyamatosan változtathatóak és újra felhasználhatóak.

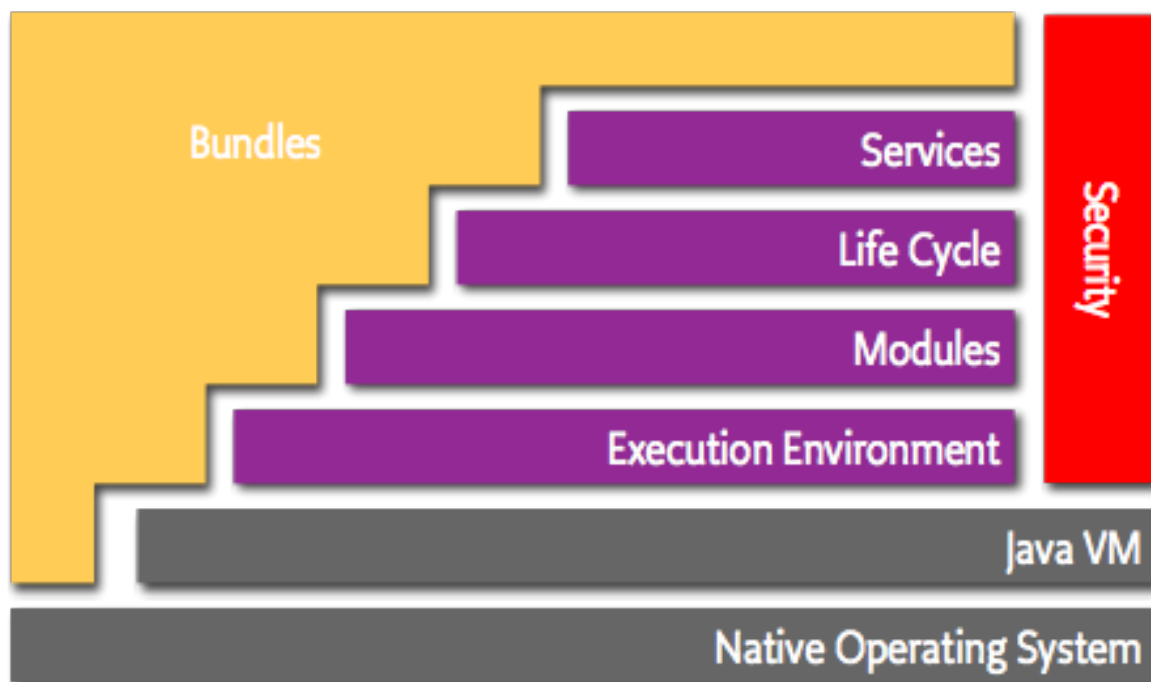
Az OSGi keretrendszer egy olyan keretrendszer, mely a Java nyelv fölött fut. Az OSGi jelentése, Open Service Gateway Initiative. E keretrendszer célja bővíthető Java alkalmazások fejlesztésének a támogatása. Teljesen dinamikus környezetet biztosít, hiszen képes kezelni a csomagok futás idejű megjelenését és eltűnését a nélkül, hogy a felhasználó bármit is észrevenne ebből. Lehetőséget nyújt különböző szolgáltatások definiálására, amelyek folyamatosan bővíthetőek, változtathatóak, szintén futás időben. Mindezek mellett nagyon jól megvalósítja a komponensek egymástól való elkülönítését. Többféle implementációja ismert az OSGi keretrendszernek, például az Apache Felix vagy az Eclipse keretrendszer alapjául szolgáló Eclipse Equinox.

4.2. Az OSGi architektúra

Az OSGi keretrendszer különböző eszközöket biztosít a szolgáltatások építése érdekében. Ilyen alap eszközök például a batyuk.

Bundles(batyuk vagy kötegek)

A batyukat az OSGi keretrendszer alapjának tekinthetjük. Általánosan három részből tevődnek össze: Java - kód, statikus erőforrások(pl.: képek) illetve leíró állomány vagy MANIFEST.MF - fájl. A programegységek az OSGi keretrendszerben batyuként kerülnek telepítésre. A batyuk rendelkeznek néhány

4.1. ábra. OSGi architektúra <http://www.osgi.org/Technology/WhatIsOSGi>

fontos tulajdonsággal, ilyen tulajdonságok, hogy minden batyuhoz megadhatóak különböző jogok, a batyuk életciklusainak változásai különböző eseményeket generálnak, melyre feliratkozhatnak más batyuk, a batyuk lehetnek futtathatóak, amennyiben implementálják a `BundleActivator` osztályt, viszont ez nem kötelező. E mellett a batyuk egy nagyon fontos tulajdonsága az, hogy képesek szervizeket regisztrálni, amelyek által más batyuk számára elérhetővé válnak.

A leíró állomány által értelmezhető a batyu tartalma:

```
1 Bundle-Name: rmiExperiment
  Bundle-SymbolicName: edu.bbte.rmiExperiment
  Bundle-Version: 1.0.0
  Bundle-Vendor: GALLNORBERT
  Bundle-Activator: edu.bbte.rmiExperiment.Activator
6 Export-Package: edu.bbte.rmiExperiment
  Import-Package: edu.bbte.packages,
    org.osgi.framework;version="1.3.0"
```

A **Bundle-Name**- től a **Bundle-Vendor**- ig a batyuról tárolt információk találhatóak, a **Bundle-Activator**- azt az osztályt tartalmazza, amelyik elindul a batyu telepítésekor és annak törlésekor leáll. Az **Export-Package** a batyu által közzétett csomagokat tartalmazza, míg az **Import-Package** azon csomagokat tartalmazza, amelyekre a batyunak szüksége van a futás során. Természetesen a MANIFEST.MF - állomány más elemeket is tartalmazhat, illetve a példában lévők sem kötelezőek mint. Például a **Bundle-Activator** címkét nem kötelező megadni, hiszen nem minden batyunak van szüksége `Activator` osztályra.

Példa `Activator` osztályra:

```
2 public class Activator implements BundleActivator {
    public void start(BundleContext context) throws Exception {
```

4. FEJEZET: AZ OSGi KERETRENDSZER

```
7      } // ....  
      public void stop(BundleContext context) throws Exception {  
12     } // ....  
    }
```

A batyu telepítésekor az OSGi keretrendszer példányosítja az `Activator` osztályt és meghívja a `start()` metódusát automatikusan. A `start()` metódus megkap egy `BundleContext`-re mutató referenciát mely által új szervizeket lehet regisztrálni és lekérdezni, a keretrendszer különböző eseményeire lehet feliratkozni, batyukat lehet lekérdezni.

A batyuk rendelkeznek a `MANIFEST.MF` állomány révén az `export` - `import` mechanizmussal. Ez által a batyuk közzétehetik az osztályaikat más batyuk számára. Alapértelmezetten minden batyuban lévő csomag rejtett a többi batyu elől. Azokat a csomagokat amelyeket közzé szeretnénk tenni más batyuk számára az **Export-Package** címkével tehetjük meg és az **Import-Package** címke segítségével kérhetjük le azon csomagokat amelyekre szükségünk van más batyukból, természetesen csak akkor, ha ezek publikussá vannak téve a batyu által. A batyuk esetében a csomagfüggőség mellett beszélhetünk batyufüggőségről(`Require-Bundle`) is. Ezt akkor használják, amennyiben szükség a függőséget csak a teljes batyu képes kielégíteni.

Egy batyuban négyféle csomag érhető el:

A batyu által létrehozott csomagok

Az **Import-Package** által megadott csomagok

A **Require-Bundle** által megadott batyu összes publikus csomagja

A Java összes függvénykönyvtára

5. fejezet

Eredmények bemutatása és értékelése

5.1. Az utazóügynök feladata

5.2. Az utazóügynök feladatára vonatkozó heurisztikák

5.2.1. Beszúrási heurisztika

A 2-opt heurisztika

A genetikus algoritmus

A. függelék

Fontosabb programkódok listája

Irodalomjegyzék

- Baldi, P. és Brunak, S. *Bioinformatics: The Machine Learning Approach*. The MIT Press, 1998.
- Boyd, S. P. és Vandenberghe, L. *Convex Optimization*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2004. URL <http://www.stanford.edu/~boyd/cvxbook.html>.
- Doob, M. *TeX könnyedén (A gentle introduction to TeX)*. POLYGON, 1995. URL <http://www.inf.unideb.hu/~matex/konyvek/tekkonyvek.html>.
- Heinz, C. és Moses, B. The listings package. Technical report, CTAN TEX Archive, 2007. URL <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/listings>.
- Mitchell, T. M. *Machine Learning*. Computer Science Series. McGraw-Hill, New York, 1997.
- Mittelbach, F., Goossens, M., Braams, J., Carlisle, D., és Rowley, C. *The Latex Companion*. Addison Wesley, 2004.
- Nabney, I. T. *NETLAB - Algorithms for Pattern Recognition*. Springer, 2002.
- Oetiker, T., Partl, H., Hyna, I., és Schlegl, E. Egy nem túl rövid bevezető a LaTeX használatába. Technical report, BME math Latex, 1998. URL <http://www.math.bme.hu/latex>.
- Oetiker, T., Partl, H., Hyna, I., és Schlegl, E. The not so short introduction to LaTeX. Technical report, CTAN TEX Archive, 2008. URL <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english>.
- Rabiner, L. és Juang, B.-H. *Fundamentals of Speech Recognition*. Prentice-Hall, 1993.
- Vapnik, V. N. *The Nature of Statistical Learning Theory*. Springer-Verlag, 1995.