

Debreceni Egyetem
Informatikai Kar

Információ Technológia Tanszék

**Valós idejű rendőr-agens irányító a Robocar
World Championshiphez**

Témavezető:

dr. Bátfai Norbert
egyetemi adjunktus

Készítette:

Balkus Gergő Máté
programtervező informatikus hallgató

A dolgozat benyújtásához hozzájárulok.

dr. Bátfai Norbert

Debrecen
2016

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. A Robocar World Championship (OOCWC)	7
2.1. Ismerkedés az OOCWC rendszerrel	7
2.2. A rendszer elindítása	9
2.3. A rendszer működése	10
2.3.1. Az adat áramlása	10
2.4. Szükséges módosítások a projekt számára	11
2.4.1. Az eredeti irányítás	11
2.4.2. Az új irányítás	12
3. Felhasznált technológiák	13
3.1. Java	13
3.1.1. Története	14
3.1.2. Objektumorientáltság	15
3.1.3. Platformfüggetlenség	15
3.1.4. Swing	16
3.1.5. JXMapView	16
3.2. C++	17
3.2.1. Története	17
3.2.2. Boost library	18
3.3. Maven	19
3.4. Git	20
3.5. OpentStreetMap (OSM)	21
4. Az alkalmazás (Cop Controller)	24
4.1. Az alkalmazás elindítása	25
4.2. Az alkalmazás funkciói	27
4.2.1. Aktuális állás megjelenítése	27
4.2.2. Rendőrök és gengszterek hozzáadása	27
4.2.3. Rendőrök irányítása	28
5. Jövőbeli munka	30
5.1. Mesterséges intelligencia alkalmazása	30
5.2. Többszálásítás	30
5.3. Webalkalmazás létrehozása	31

6. Összefoglalás	32
Irodalomjegyzék	33
Függelék	37
Köszönetnyilvánítás	38

1. fejezet

Bevezetés



1.1. ábra. A Google által fejlesztett robotautó. Forrás: [23].

A közelmúltban nagy mértékű fejlődést vehettünk észre az autógyártásban, különös-képp a magukat irányítani tudó autók kapcsán. Több és több autók gyártásával foglalkozó cég fejleszt robotautót. Ilyen például ezen a területen az elsőként megjelenő Google, melynek a robotautóját a 1.1. képen láthatjuk. Ezek a szokások dinamikus fejlődést mutatnak. A 2000-es évektől kezdve az autók elektronikus eszközei jelentős mértékben arról szóltak, hogy azok segítették a vezetőt különböző módokon. Ilyen eszközök például a tolató radarok, illetve a gyalogosfigyelő rendszerek is.

Az elkövetkező éveket azonban várhatóan az autonóm autók nagy mértékű megjelenése és elterjedése váltja fel. Ezek az autók mellett nemrég láthattuk a Tesla új modelljének a bemutatóját is, mely ugyancsak erősíti a feltevést, miszerint az elektromos hajtású, illetve az úgynevezett „hibrid” hajtású kocsik előtt áll a jövő. Elektromos hajtású kocsikat manapság is láthatunk már az utcákon. Ezeket könnyen felismerhetjük a zöld háttérű rendszámablájukról.

A Drive.ai a 13. cég akik jogosítványt kaptak az autonóm kocsik teszteléséhez Kalifornia publikus utcáin. A cég az autonóm autók továbbfejlesztésén dolgozik úgy, hogy a mély-tanulást (deep-learning) alkalmazza robotautókra. Ez azért kiemelkedően fontos, mert az autonóm kocsik fejlesztésében a kemény rész a szélsőséges esetek (edge cases) megoldása, tehát hogy mit tegyen az autó amikor hirtelen csúszós lesz az út, vagy éppen rosszak a látásviszonyok. Jelenleg az autonóm kocsik fejlesztői különböző szabályokat programoznak be ezekre az esetekre, azonban a mély-tanulás megközelítésével a robotautó megtanulja hogyan reagáljon a különböző esetekre azáltal, hogy a kapott adat teljes egészét próbálja megérteni, és a már megtanult adat alapján reagál rá. [18].

A fent említettek alapján tisztán látszik, hogy az autóipar szemléletváltás előtt áll. A nem újrahasznosítható energiaforrásokon alapuló motorokat és a vezetői élményt kezdik lassan felváltani a hosszabb távon fenntartható, újrahasznosítható energiaforrást használó motorokkal hajtott autonóm gépkocsik, mellyel az utazáshoz a pihentető időtöltés vízióját próbálják hozzárendelni.



1.2. ábra. Egy elképzelt okos város vektorgrafikus ábrázolása. Forrás: [42].

2050-re a világ lakosságának 70%-a valószínűleg városokban fog élni [50]. Ez a gyors városiasodás új kihívásokat állít fel a város infrastruktúrája felé. Több kérdés is felmerül ilyenkor. Hogyan tudunk biztonságosan „irányítani” egy ilyen nagy méretű népességet? Mely szolgáltatásokkal lássa el a városi ügyintézés azért, hogy fenntartható legyen a város?

Ezeket a kérdéseket is megválaszolja az Okos városok kutatási területe, mely eredményei egyre inkább láthatóak a mindennapi életben is. Talán az egyik legfontosabb kérdés ez ügyben a városi közlekedés. Ahogy nő a népesség, úgy nő azok az emberek (és kocsik) száma akik a város infrastruktúráját, illetve úthálózatát használják. Hogyan tud segíteni a városi management, hogy az ott élők a lehető leghatékonyabban tudjanak közlekedni? Ezt a kérdést válaszolja meg a smart traffic management.

Az Smart City Research and Development terület láthatóan fontos szerepet fog kapni az elkövetkezendő 10-20 évben. Előrejelzések azt mutatják, hogy 2023-ra több mint 170 milliárd USD beruházás valósul meg a világon [38]. Az informatikai fejlesztések ezen a téren már egyre jobban beférkőztek a hétköznapiakba is, mint például az iCity [26], a FIWare [20], vagy a [51]. Ezeken túl egyre többen kísérleteznek azzal, hogy a város embereinek a mindennapjait hatékonyabbá és biztonságosabbá varázsolja ([37], [43]).

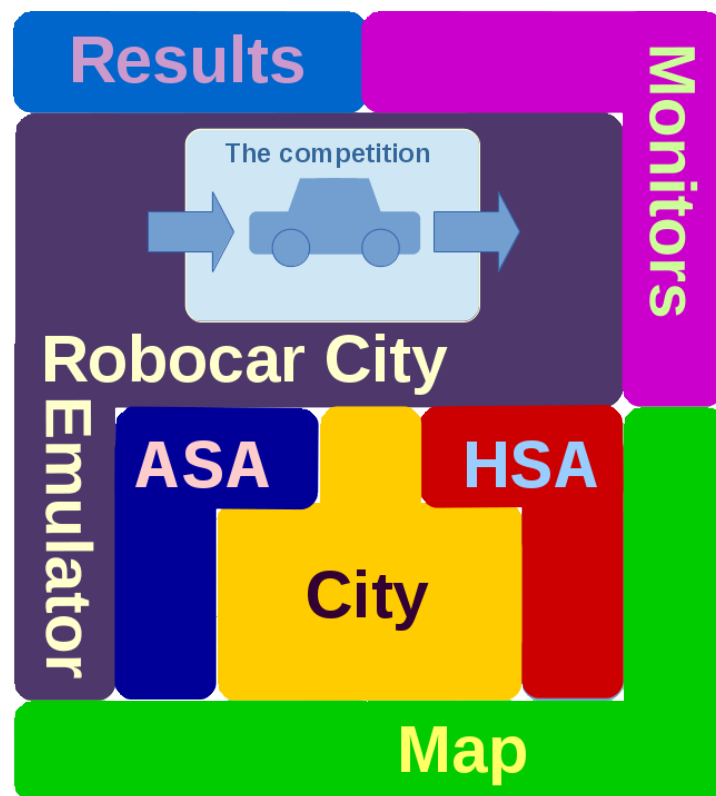
Sok tanulmány foglalkozik még azzal, hogy hogyan lehetne egy városnak az „okosságát” megmérni ([17], [15]). A városok „okosságáról” még egy sorrendet is készítettek [21]. Az okos városokban a vészhelyzetek megoldása is fontos szerepet kap [19].

2. fejezet

A Robocar World Championship (OOCWC)

2.1. Ismerkedés az OOCWC rendszerrel

Az OOCWC rendszer célja, hogy az autonóm autók és az okos városok közötti összefüggéseket vizsgálja, kutatási valamint oktatási célokat is szolgál. A rendszer felépítését a 2.1. ábra szemlélteti.



2.1. ábra. Az OOCWC rendszer tetris terve. Forrás: [9].

Ez alapján a rendszer egyes elemei:

- Map – a szimuláció egy adott térképen értelmezett,
- City – a szimuláció működési egysége,
- The competition – a verseny célja / maga a verseny,
- ASA – automatikus adatgyűjtő rendszer,
- HSA – kézi adatgyűjtő rendszer,
- Robocar City Emulator – forgalom emuláció,
- Results – a verseny eredményei, illetve kísérletek eredményei,
- Monitors – megjelenítők, vizualizáció.

A rendszer egyrészt egy kutatási platformot kínál forgalomelemzésre, szimulációkra, másrészt pedig egy érdekes versenyzési platformot nyújt.

A verseny célja az, hogy találjuk meg a lehető legjobb forgalomirányító algoritmust. Az OOCWC már több sikeres versenyen is túl van a Debreceni Egyetem Informatikai Karán [39]. Gyakori, hogy egy kutatás által létrejött rendszerre versenyt szerveznek a felhasználók körében. Erre egy jó példa az mesterséges intelligencia (AI - Artificial Intelligence) területén a RoboCup [31].

Fontos megemlíteni, hogy a Robocar World Cup kiválóan alkalmazkodik a különböző esetekre. Az oktatás és kutatások támogatására került kifejlesztésre a „Police Edition” (egy pillanatkép ebből a változatból a 4.1. ábrán látható). A cél, hogy rendőr-ágensekkel, melyeket a felhasználó által megírt irányító algoritmus vezérel, minél több gengszter-ágent kapjunk el.

A rendszer jelenleg háromféle forgalmi egységet különböztet meg, routine cars, smart cars és guided cars. A szimuláció kezdőállapota a routine cars és smart cars elhelyezése a térképen a gyűjtött adatok alapján.

A rendszer „Police Edition” változatából készíthetnek egy saját fork-ot a hallgatók és az érdeklődő kutatók. A játék célja, hogy a rendőr ágensekkel minél több gengszter ágent kapjunk el. A bemutatott projekt (4. fejezet) is egy ilyen forknak tekinthető.

A rendszerről további információk olvashatóak a [10] közleményben.

2.2. A rendszer elindítása

A továbbiakban tételezzük fel hogy a projektben a szükséges forráskódokat már lefordítottuk, így binárisan elérhetőek, továbbá jelenleg az „rcemu” mappában vagyunk, és a szülőmappában elérhető. Ehhez segítséget az OOCWC eredeti tárolóján [9] találhatunk.

Elsőnek az okos városunkat kell elindítani. Ezt a 2.1. forráskódban látható Bash parancs futtatásával tehetjük meg.

```
1 src / smartcity --osm=../debreceen.osm --city=Debreceen --shm=
  DebreceenSharedMemory --node2gps=debreceenNodes.txt
```

Forráskód 2.1. A SmartCity elindítása

Itt a kapcsolók a következő beállításokat jelentik:

- osm – Az OpenStreetMap térkép elérési útvonala.
 - Alapbeállítás: ../debreceen.osm
- node2gps – Az OSM térképén belüli csomópontokhoz tartozó GPS koordinátákat ebbe a fájlba írja ki.
 - Alapbeállítás: ../lmap.txt
- city – A szimulált város neve.
 - Alapbeállítás: Debreceen
- shm – Az osztott memória elérési neve.
 - Alapbeállítás: JustineSharedMemory

Amennyiben a SmartCity kimenetén megjelenik hogy „Ready”, úgy folytathatjuk a következő lépéssel, a szimulációs szerver elindításával, melynek a parancsát a 2.2. forráskódban láthatjuk.

```
1 src / traffic --port=10007 --shm=DebreceenSharedMemory
```

Forráskód 2.2. A szimulációs szerver elindítása

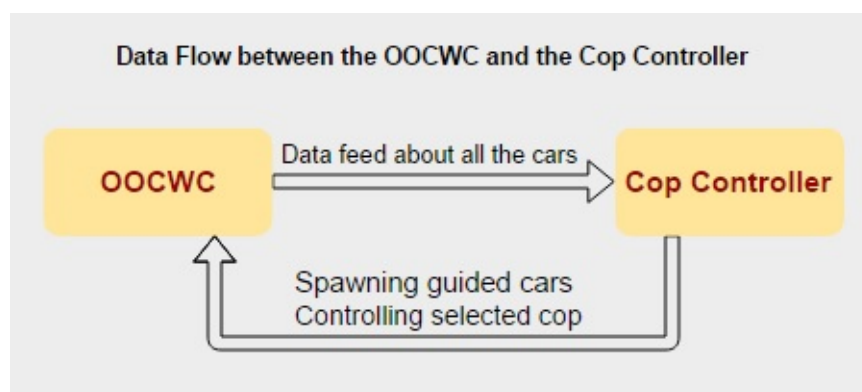
A beállítási kapcsolók a következők lehetnek:

- shm – Az osztott memória neve.
 - Alapbeállítás: JustineSharedMemory
- port – A szervernek a portja, amelyen a szerver üzemel.

- Alapbeállítás: 10007
- nrcars – A rutin autók száma.
- Alapbeállítás: 100
- minutes – A szimuláció hosszának a száma percben megadva.
- Alapbeállítás: 10
- catchdist – A szükséges távolság méterben, amelyen belül egy rendőr-ágens elkap egy gengsztert.
- Alapbeállítás: 15.5
- traffict – A rutin autók szimulációs típusa. Lehet:
 - NORMAL – alapbeállítás
 - ANTS
 - ANTS_RND
 - ANTS_RERND
 - ANTS_MRERND

2.3. A rendszer működése

2.3.1. Az adat áramlása



2.2. ábra. Az adat áramlása az OOCWC rendszer (2. fejezet) és az alkalmazás (4. fejezet) között.

Ahogy a 2.2. ábrán látható, ahogy folyik a szimuláció a szerveren, úgy minden egyes lépésként a szerver elküldi az aktuális állást az alkalmazásnak. Ezt a Cop Controller feldolgozza, ezáltal valós idejű képet adva a jelenlegi állásról.

Az alkalmazás oldaláról több funkciót is lehet használni. Ezekről többet a 4.2. fejezetben olvashatsz. Ezek a funkciók azonnal feldolgozásra kerülnek a szerveren, így a változás azonnal látható lesz.

2.4. Szükséges módosítások a projekt számára

2.4.1. Az eredeti irányítás

Eredetileg a rendőr-ágensek is C++ nyelven (3.2. fejezet) lettek megvalósítva, ezáltal hozzáférnek az OOCWC osztott memóriájához (shared memory), amiben több adat közt megtalálható az OSM [40] (3.5. fejezet) térképből felépített irányított gráf (BGL (Boost Graph Library)) (3.2.2. fejezet). Ezt a gráfot és a Boost, gráfokra implementált, kereső algoritmusait felhasználva a rendőr-ágens képes létrehozni a szimulációs szerver által értelmezhető útkereső (routing) parancsot, mellyel a szerver a kapott parancs alapján mozgatja a megfelelő rendőr-ágenst.

Az eredeti parancs a következőképp néz ki:

```
1 <route [a csomópontok szama: N] [rendor-agens ID] [N darab csomopont]>
```

Ez a parancs a 2.3. forráskódrészleten látható módon lesz feldolgozva.

```
1 try {
2     /* ..... */
3
4     if ( cop->set_route ( carLexer.get_route() ) )
5         length += std::sprintf ( data+length, "<OK %d>", carLexer.get_id() );
6     else
7         length += std::sprintf ( data+length, "<ERR bad routing vector>" );
8
9     /* ..... */
10    boost::asio::write ( client_socket, boost::asio::buffer ( data, length ) );
11
12 }
13 catch ( std::exception& e ) {
14    std::cerr << "Error: " << e.what() << std::endl;
```

15 }

Forráskód 2.3. Az eredeti routing forráskód részlete

2.4.2. Az új irányítás

Ahhoz hogy az eredeti irányításhoz hasonló mozgatót érjünk el a kívánt rendőr-ágensen, egy olyan programozási nyelvvel amelynek nincs hozzáférése az OOCWC által felépített osztott memóriához, egy új parancs bevezetésére volt szükség, amely helyettesíti az eredeti útkereső parancsot, a valódi routingot (az út megtalálását kettő csomópont között) pedig a szerverre kellett bízni.

Ennek a változtatásnak a bevezetésével úgy vélem hogy egy új lehetőség nyílik meg az OOCWC rendszer számára, mégpedig hogy több programozási nyelv segítségével is meg lehessen jeleníteni az aktuális állapotot, illetve lehessen általuk irányítani a rendőr-ágenseket. (I'm looking at you, Python)

Az új parancs a következőképpen néz ki:

```
1 <inner_route [rendor-agens ID] [A cel csomopont]>
```

A parancs feldolgozása után a traffic szerver gondoskodik a rendőr-ágens irányításáról. Lásd: 2.4. forráskódrészlet.

```
1 try {
2     /* ..... */
3
4     long unsigned int from = cop->from();
5     long unsigned int to = carLexer.get_to();
6     if ( inner_route( cop->get_route(), from, to ) ) {
7         length += std::sprintf ( data+length, "<OK %d>", carLexer.
8         get_id() );
9     else
10        length += std::sprintf ( data+length, "<ERR bad routing vector>
11        " );
12
13    /* ..... */
14    boost::asio::write ( client_socket , boost::asio::buffer ( data ,
15    length ) );
16
17 }
```

```
15 catch ( std::exception& e ) {
16     std::cerr << "Error: " << e.what() << std::endl;
17 }
```

Forráskód 2.4. Az új routing forráskód részlete

3. fejezet

Felhasznált technológiák

3.1. Java



3.1. ábra. A Java hivatalos logója.

A Java programozási nyelv az alapja a hálózati alkalmazások nagy részének, és világszerte szabvány a beágyazott mobil alkalmazások, játékok, webes tartalmak, és a vállalati szoftverek számára. Több mint 9 millió fejlesztővel világszerte a háta mögött, a Java az egyik leghasználtabb és legelterjedtebb programozási nyelv.

Néhány érdekes tény a Java nyelvről:

- 97%-a a vállalati számítógépeknek futtat Javát.
- 89%-a az asztali komputereknek az Amerikai Egyesült Államokban képes Javát futtatni.
- A fejlesztők első számú választása.
- Az első számú fejlesztési platform.

- 3 milliárd mobil eszközön tudnak futni Java alkalmazások.
- 125 millió TV készülékek képesek Java alkalmazásokat futtatni.

A Java úgy lett kialakítva, hogy lehetővé váljon a hordozható, nagy teljesítményű alkalmazások fejlesztése a legszélesebb körű számítástechnikai platformok számára. Azáltal hogy az alkalmazások heterogén környezetekben elérhetővé válnak, a különböző vállalkozások képesek több szolgáltatást nyújtani, és megnöveli a a végfelhasználói produktivitást, kommunikációt és együttműködést – és drasztikusan csökkennek a fenntartási költségek mind a vállalati, mind a fogyasztói alkalmazások körében. A Java felbecsülhetlenné vált a fejlesztők számára azáltal, hogy lehetővé tette:

- A szoftverek megírását egy platformon, és annak futtatását virtuálisan bármely másik platformon;
- Olyan programok létrehozását, melyek egy internetes böngészőn belül futnak, és hozzáférése van az elérhető internetes szolgáltatásokhoz;
- A Javában írt alkalmazások, illetve szolgáltatások, összeillesztését annak érdekében, hogy magasan személyre szabott alkalmazásokat / szolgáltatásokat fejlesszünk [1].

```

1 public class HelloVilag {
2     public static void main(String[] args) {
3         System.out.println("Hello Vilag!");
4     }
5 }

```

Forráskód 3.1. A klasszikus „Hello World!” Javában

3.1.1. Története

Manapság, amikor a technológia már ennyire része a mindennapi életünknek, magától értetődőnek tartjuk, hogy bármikor és bárhol elérhetővé válnak az alkalmazások és a keresett tartalmak. A Java nyelv miatt napjainkban már elvártnak tekintjük a digitális eszközeinktől hogy több funkcióval rendelkezzenek, okosabbak és jóval szórakoztatóbbak legyenek.

Az 1990-es évek elején a hálózati számítás kiterjesztése a mindennapi életre egy radikális elképzelésnek számított. 1991-ben egy kis csoportja a Sun mérnökeinek, akik a „Green Team” csapatnevet viselték, James Gosling irányításával létrehoztak egy új programozási nyelvet – a Javát [24].

3.1.2. Objektorientáltság

A Java nyelv egyik legfontosabb tulajdonsága az objektorientáltsága, ami a nyelv felépítésére és stílusára is mutat.

A C++ nyelvvel ellentétben (lásd: 3.2. fejezet) a Java teljesen objektum-orientált: minden egyes Java programnak szüksége van legalább egy osztály jelenlétére. Továbbá a Java eredeti nyelv-definíciója magában foglalja az „objektum-orientált” kifejezést.

Az Objektum Orientált Programozás (röviden OOP) egyik fontos alapköve az encapsuláció (encapsulation). Mikor egy objektumot létrehozunk egy objektum-orientált nyelven, el tudjuk rejteni az objektum belső működésének a komplexitását a külső világ elől, így a külső világnak csak elég csak az objektum felhasználását „tudnia”.

Másik fontos alapköve az öröklődés (inheritance). Az objektumok származtatása egy szülő-objektumból (superclass) azt a célt szolgálja, hogy a gyerek-objektumok (subclass) átveszik a superclass látható tulajdonságait és metódusait, miközben a kifejezetten csak rájuk tartozó saját tulajdonságokat, illetve metódusokat is tartalmaznak.

3.1.3. Platformfüggetlenség

„Write once, run anywhere” [36].

Általában a lefordított kód pontosan az az instrukcióhalmaz ami szükséges a processzor számára a program „futtatásához”. A Java esetében azonban ez az utasításhalmaz egy virtuális processzorhoz van lefordítva, melynek működnie kell bármely fizikai számítógépen.

A Java esetében a fizikai processzor futtatja a JVM-et (Java Virtual Machine) ami platformfüggetlen. Ez a virtuális gép fogja aztán futtatni a Java bájtkódot, ami azonban már platformfüggetlen.

Az egyetlen mód arra, hogy a Java bájtkódok valóban bármely JVM-en fussanak, az a szigorú szabvány arról, hogyan működnek a Java Virtuális Gépek. Ez azt jelenti hogy bármilyen fizikai platformot használunk, a programunknak az a része, mely a JVM-mel van kapcsolatban, garantáltan csak egy módon fog működni. Mivel mindegyik JVM pontosan ugyanúgy működik, ugyanaz a kód ugyanúgy fog működni mindenhol anélkül hogy újrafordítanánk.

Természetesen van módja a platformfüggetlenségét megtörni egy Java programnak. Ilyen eset például amikor olyan konvenciót használunk, amely csak az egyik operációs rendszerre igaz (például feltételezzük azt, hogy a „:” a könyvtárakat elválasztó szimbólum).

3.1.4. Swing

A Swing API (Application Programming Interface) rengeteg kiterjeszthető komponenst tartalmaz, melyeket felhasználva a programozó könnyen tud Java alapú, grafikus felhasználói felülettel rendelkező alkalmazást létrehozni.

A Swing fejlesztésének a céljai közt volt a korábbi AWT (Abstract Window Toolkit) leváltása, mivel szinte minden, amit a Swing implementál, megtalálható az AWT implementációjában is [4], azzal a különbséggel hogy a Swing komponensei már platformfüggetlenek, könnyebben tesztre szabhatóak, és összességében könnyebb velük dolgozni. A Swing a már az AWT-ből ismert komponensekhez olyan további új komponenseket ad a programozó kezébe, mint például a füllel ellátott panel, különböző fák, táblázatok, vagy listák.

Ellentétben az Abstract Window Toolkit komponenseivel, a Swing komponensei nem platform-specifikus kódként lettek implementálva. Helyette teljesen Java nyelven írták meg, ezáltal a komponensek platform-függetlenek lettek, így illik ezekre az elemekre a „lightweight” kifejezés [32].

A Swinget a közeljövőben a JavaFX [28] fogja felváltani.

3.1.5. JXMapView

A JXMapView [45] egy nyílt forráskódú Java könyvtár, ami egy Swing (3.1.4. fejezet) JPanel [27] szolgáltat, melynek feladata a térkép betöltése, és mutatása.

3.2. C++

A C++ egy nyílt, ISO-szabványosított programozási nyelv. Eleinte ez nem így volt, és a nyelvnek nem volt hivatalos szabványa, és csak egy de-facto szabványt követve volt karbantartva, fejlesztve, azonban 1998 óta [11] a nyelv szabványosítva van az ISO egy bizottsága által.

A C++ egy „compiled” (lefordított) nyelv. Ahhoz hogy egy C++ programot le tudjunk futtatni, elsőnek a C++ fordító segítségével platformfüggő futtatható bájtkódra kell fordítanunk a kódukat. Ezáltal a C++ a világ egyik leggyorsabb nyelve, ha a kódukat optimalizálva van.

A C++ nyelv egyik fő erőssége, hogy a programozótól függ hogy mely paradigmákat követi a probléma megoldása érdekében. A C++ támogatja a procedurális, generikus, illetve az objektum-orientált programozási paradigmákat, sok más paradigmát pedig szintén lehetővé téve ezáltal.

```
1 #include <iostream>
2
3 int main()
4 {
5     std::cout << "Hello , vilag!" << std::endl;
6     return 0;
7 }
```

Forráskód 3.2. A klasszikus „Hello World!” C++-ban

3.2.1. Története

A korai '80-as években, a Bell Laboratories cégnél, egy új programozási nyelvet kezdtek el fejleszteni, ami a C nyelvet vette alapul. Ennek az új nyelvnek a fejlesztője Bjarne Stroustrup volt, aki C++-nak keresztelte el az „új” nyelvet. Stroustrup azt állította, hogy a C++ célja az, hogy könnyítse és kellemesebbé tegye a jó programok írását. Amikor a nyelvet tervezte, belecsempészte az OOP (objektumorientált programozás) jellemzőit anélkül hogy nagyon módosításokra lett volna szükség a C kódjában. Így a C egy részhalmaza a C++-nak, tehát bármely érvényes C program egyben érvényes C++ program is.

Idővel ahogy egyre jobban fejlődött a nyelv, elkerülhetetlenné vált a szabványosítás. A C++ 1991-ben indult el a szabványosítás útján, majd 1998-ban az ISO szabványosításba bekerült „ISO/IEC 14882:1998” néven [11]. A következő szabványt 2003-ban fogadták el „ISO/IEC 14882:2003” kódnévvel [12]. 8 éve elteltével a következő szabványt is elfogadták, amit „ISO/IEC 14882:2011” kódjelzéssel láttak el [13]. A legújabb C++ szabvány a röviden C++14 névre hallgató, „ISO/IEC 14882:2014” kódú szabvány [14].

3.2.2. Boost library



3.2. ábra. A Boost logója. Forrás: [7].

A Boost a C++ programozási nyelvhez ad támogatást olyan könyvtárakkal, melyek különböző területek különböző problémáit segítenek megoldani. Többek között ilyen területek a lineáris algebra, a pszeudorandom számok generálása, a több-szálalásítás, a képfeldolgozás, a reguláris kifejezések, illetve a unittesztelés.

Az OOCWC (2. fejezet) számára az egyik legfontosabb ilyen könyvtár a BGL (Boost Graph Library) [6], melynek segítségével épül fel az OpenStreetMap [40] (3.5. fejezet) térkép alapján az OOCWC irányított gráfja.

3.3. Maven



3.3. ábra. A Maven logója. Forrás: [34].

A Maven eredetileg egy kísérletként indult azzal a céllal, hogy a Jakarta Turbine projekt [46] build folyamatait egyszerűsítsék. Több projekt volt a saját Ant [3] build fájljaival, melyek alig voltak különbözőek. A Maven célja az (volt), hogy létrehozzon egy szabványosított módszert arra, hogy:

- hogyan legyenek a projektek buildelve,
- tiszta és egyértelmű leírás legyen a projekt függőségeit tekintve,
- könnyen lehessen a projekt információit megosztani.

Az eredmény végül egy olyan eszköz lett, mellyel bármely Java alapú projektet könnyen tudjuk építeni és menedzselni. A Maven működéséhez egy `pom.xml` fájlt kell megadni, amely tartalmazza a projekt felépítéséhez szükséges összes információt. Ilyen információ például a menedzselt projekt függősége is, melyet miután meghatároztunk a POM (Project Object Model) fájlban, a Maven letölti a hozzá tartozó JAR fájlt, és felkerül a projekt classpath-jára, ezáltal máris használni tudjuk a projekten belül az a dependenciát.

Ezeket a függőségeket a Maven az általa üzemeltetett Maven Repository Center-ben [35] keresi, és tölti le. Van lehetőségünk további tárolókat hozzáadni a POM fájlunkhoz, illetve saját magunk is készíthetünk tárolókat.

3.4. Git



3.4. ábra. A Git logója. Forrás: [22].

A Git egy verziókezelő rendszer, melyet széles körben használnak a szoftverfejlesztésnél és egyéb verziókövetési feladatoknál. Ez egy elosztott forráskódkezelő rendszer, melynél nagy hangsúlyt kap a sebesség [47], az adatok integritása [49], és az elosztott, nem lineáris munkafolyamatok támogatása. A Gitet eredetileg 2005-ben tervezték és fejlesztették a Linux kernel fejlesztői a kernel fejlesztésének támogatására.

Mint a legtöbb elosztott verziókövető rendszereknél, és ellentétben a legtöbb kliens-szerver rendszerekkel, minden egyes Git munkakönyvtár egy teljes értékű Git tároló, teljes előzménnyel, és teljes verzió-követési képességgel, ami független a hálózati hozzáféréstől, vagy a központi szervertől.

A Gitet elsőnek egy alacsony szintű verziókezelő rendszernek tervezték, amire aztán az emberek a saját ízlésüknek megfelelő front-endet fejleszthettek. Ilyen például a Cogito [16]. A Git mára már egy teljes verziókezelő rendszerré nőtte ki magát, és így más programok nélkül is tudjuk használni. Bár a fejlesztést erősen befolyásolta a BitKeeper [5], Torvalds szándékosan kerülte a hagyományos megközelítéseket, amelynek köszönhetően a Git egy egyedi struktúrával jött létre [48].

3.5. OpentStreetMap (OSM)

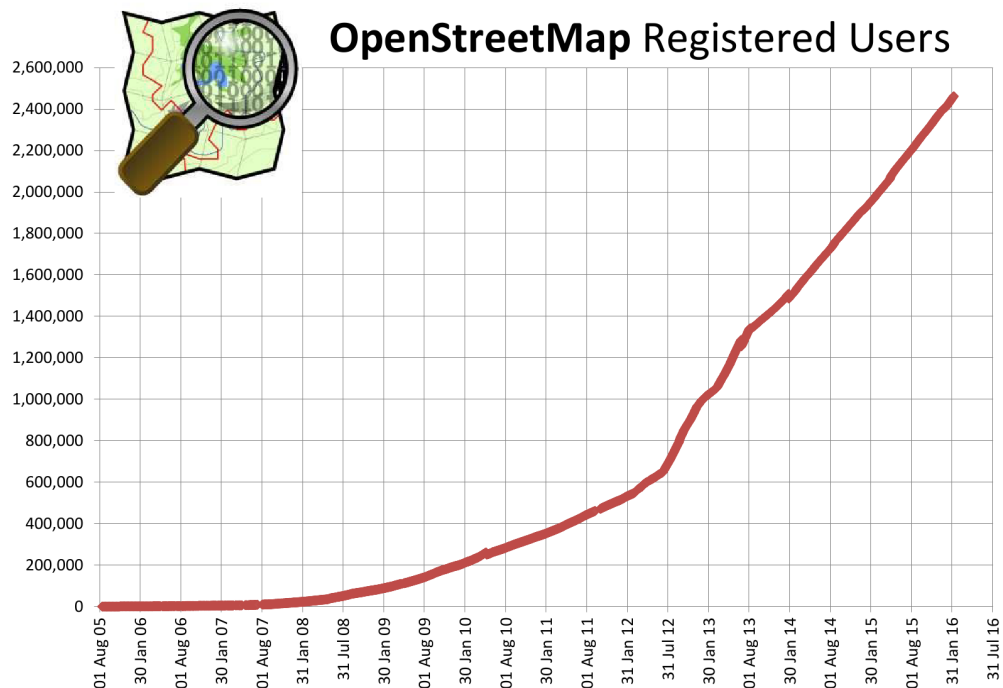
Az OpenStreetMap egy ingyenes, a közösség által szerkesztett térkép. Célja hogy az egész világot minél részletesebben leíró ingyenes térképet szolgáltatassanak a szoftver-fejlesztők, illetve felhasználók számára. A térképet bárki szerkesztheti aki az oldalukra (www.openstreetmap.org) regisztrál.

Az OSM létrejöttét Steve Coast-nak köszönhetjük, aki 2004-ben kezdte el a projektet azzal a céllal, hogy Angliát feltérképezze. 2006 áprilisában lett létrehozva az OpenStreet-Map Egyesület azzal a céllal, hogy segítse a térinformatikai adatok növekedését, fejlesztését, és forgalmazását a felhasználók körében.

Az önkéntesek egy Java (3.1. fejezet) alapú appleten keresztül tudtak módosításokat felvinni a térképre, vagy valamely offline szerkesztő szoftver használatával. A mai napig az egyik legjobban használt ilyen program a JOSM [30].

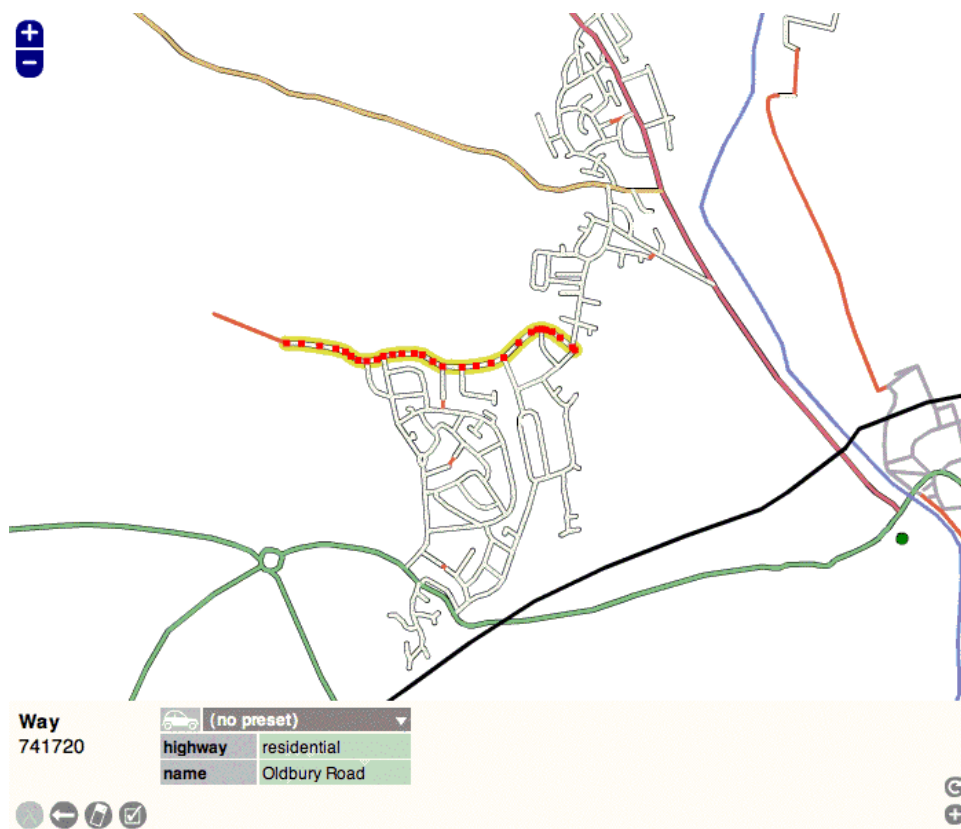
2006 decemberében a Yahoo megengedte, hogy az OpenStreetMap felhasználja a légi felvételeit, ezáltal olyan helyeket is sikerült az OSM-nek ledokumentálnia, melyekhez eddig nem tudtak hozzáférni. Fél évvel később kiadták a Potlatch [41] térképszerkesztőt, ezáltal segítve a robbanásszerűen növekedő felhasználóbázis integrációját. Egy példát a Potlatch térképszerkesztő 2006-os verziójára a 3.6. ábrán láthatunk.

Az állandó térképszerkesztő szoftverek fejlesztéseinek köszönhetően 2009-től kezdve az OSM egyre jobban elterjedt, a felhasználó- és szerkesztőbázisa pedig exponenciálisan növekedett (lásd: 3.5. ábra).

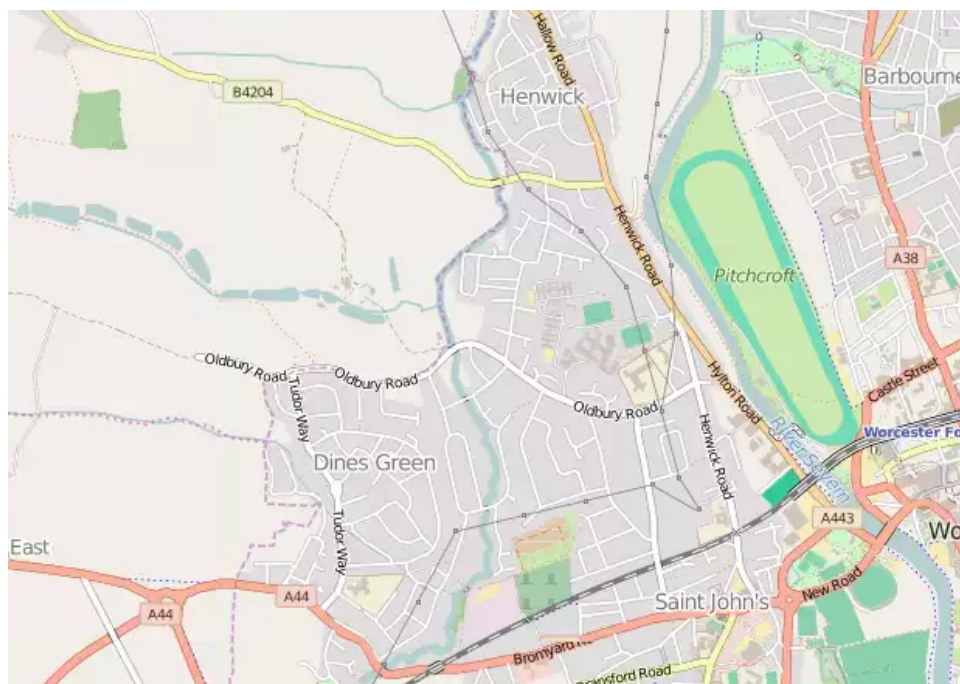


3.5. ábra. Az OpenStreetMap regisztrált felhasználóinak száma. Forrás: [25].

A mai napra már annyira megbízható térképpé nőtte ki magát az OpenStreetMap – hála az egyre több és több önkéntes szerkesztőnek – hogy több nagyobb (mobil)alkalmazás is az OSM-re alapul. Ilyen például, egy a sok közül, a Maps.me [33] mobilalkalmazás.



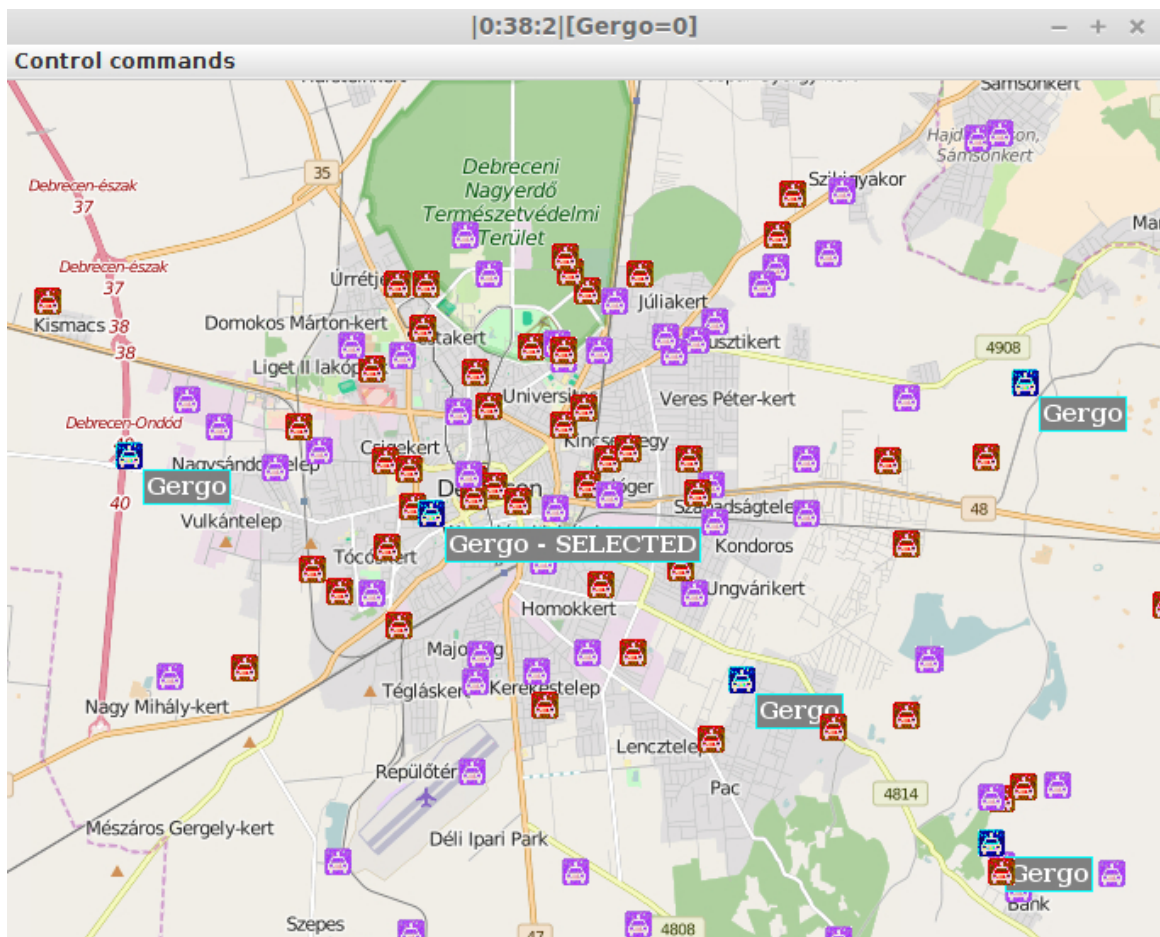
3.6. ábra. A Potlatch-ben szerkesztett Worcester térképe 2006-ban. Forrás: [25].



3.7. ábra. Worcester képe az OpenStreetMap térképen napjainkban. Forrás: [40].

4. fejezet

Az alkalmazás (Cop Controller)



4.1. ábra. Pillanatkép a rendszer „Police Edition” változatának a projekt szerinti módosításával (lásd: 4. fejezet). A térkép az OSM egy részlete, Debrecen, Hajdú-Bihar Megye, Magyarország. A megjelenítést a JXMapView2 [45] biztosítja. A térképen a routine car rózsaszínnel, a gengszter ágensok pirossal (smart car), a rendőrágensek (guided car) kékkel jelölve. Az éppen kiválasztott rendőr-ágens melyet éppen irányítunk pedig el van látva a „SELECTED” felirattal. Forrás: [10]

Ennek a projektnek a célja az, hogy az OOCWC (2. fejezet) kvalifikációs (illetve a bátrabbaknak a verseny) részét (is) valósidejű irányítás válthassa ki, ezáltal érdekesebbé, és kezűgyességtől (is) függővé válik a gengszterek elkapása.

A projekt egy Maven (3.3. fejezet) által menedzselte Java (3.1. fejezet) alkalmazás, amihez egy Swing (3.1.4. fejezet) grafikus felhasználói felület (Graphic User Interface) tartozik. A projekt függőségeit pedig a Maven tartja karban a `pom.xml` fájl alapján.

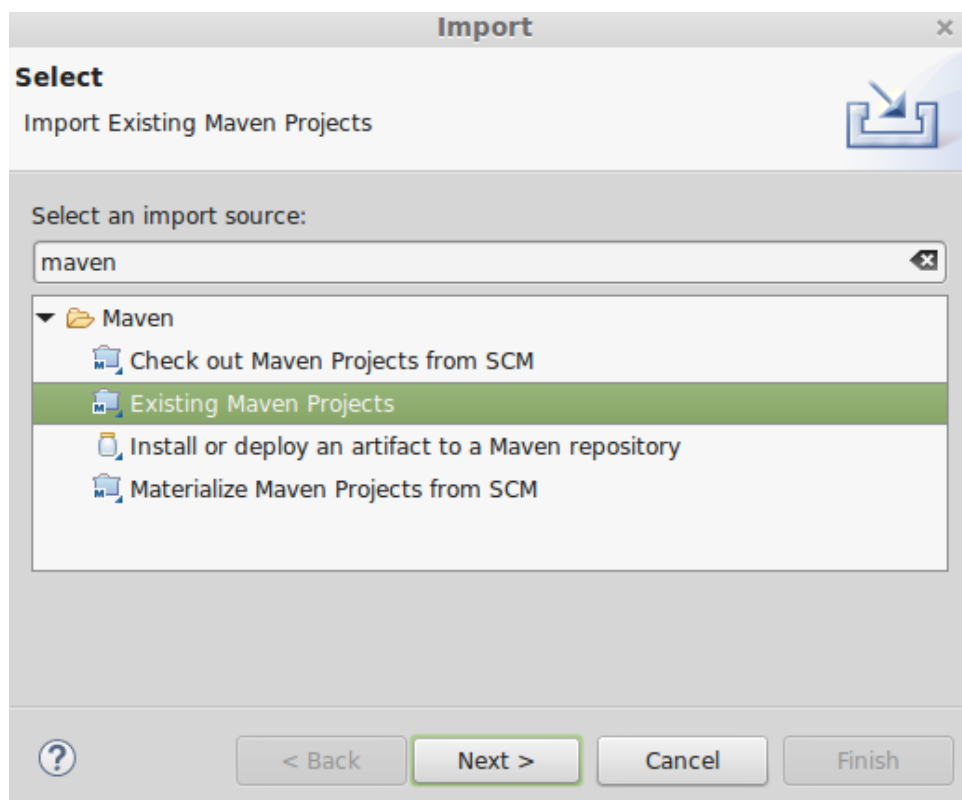
Ilyen függőség például JXMapView2 [45] (3.1.5. fejezet)).

4.1. Az alkalmazás elindítása

Az alkalmazás jelenlegi változata az Eclipse IDE alatt fut hibamentesen. Ennek az okát, illetve lehetséges javítására ötletet a 5. fejezetben lehet olvasni.

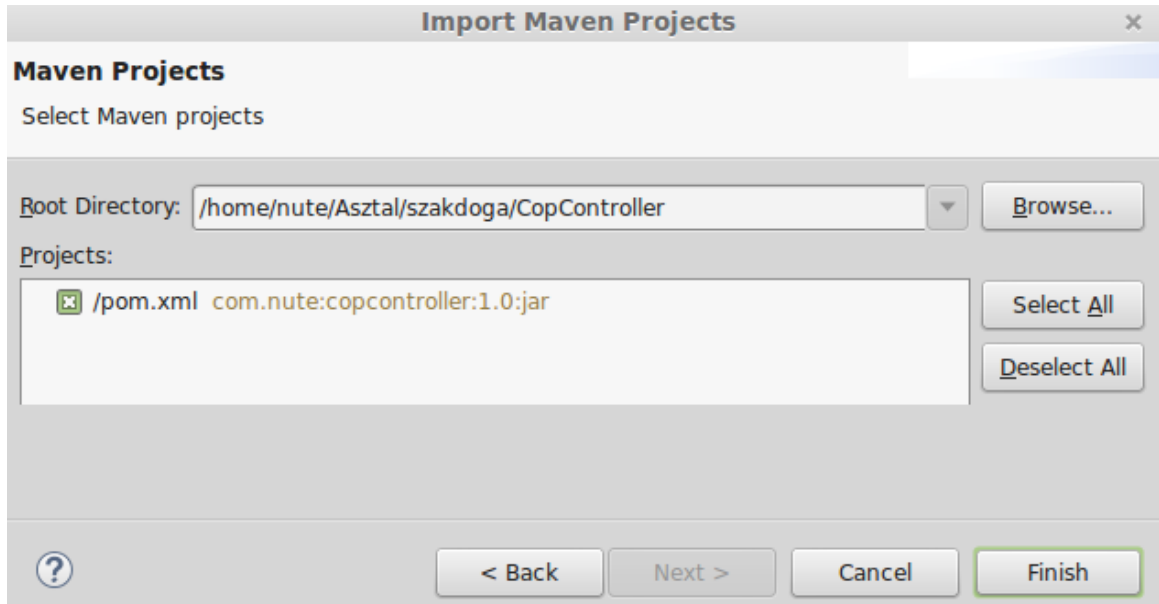
Az alkalmazást az Eclipse elindítása után a „File” menüpontra belül az „Import...”-ot választva tudjuk maven projektként importálni.

Miután felugrott az ehhez kapcsolódó panel, válasszuk ki az „Existing Maven Projects” opciót (lásd: 4.2. ábra).



4.2. ábra. Maven project importálása Eclipse IDE-be. 1. rész.

Miután „Next”-re kattintottunk meg kell adnunk a relatív elérési útját a mappának melyben `pom.xml` fájl van. Miután azt megadtuk az Eclipse be tudja importálni a projektet (lásd 4.3. ábra).



4.3. ábra. Maven project importálása Eclipse IDE-be. 2. rész.

Importálás után a `CopController.launch` futtatási konfigurációban módosítani kell a `PROGRAM_ARGUMENTS` kulcs értékét a `SmartCity -node2gps` kapcsolója által létrehozott fájlnak a relatív elérési útjára.

A módosítás elvégzése után futtathatjuk a konfigurációs fájlunkat, melynek tartalmát a 4.1. forráskódrészletben láthatunk.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
2 <launchConfiguration type="org.eclipse.jdt.launching.
   localJavaApplication">
3   <stringAttribute key="bad_container_name" value="/CopController /
   eclipse/run.launch"/>
4   <listAttribute key="org.eclipse.debug.core.MAPPED_RESOURCE_PATHS">
5     <listEntry value="/CopController/src/main/java/com/nute /
   copcontroller/ui/CopController.java"/>
6   </listAttribute>
7   <listAttribute key="org.eclipse.debug.core.MAPPED_RESOURCE_TYPES">
8     <listEntry value="1"/>
9   </listAttribute>
10  <booleanAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.
   ATTR_USE_START_ON_FIRST_THREAD" value="true"/>
11  <stringAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.CLASSPATH_PROVIDER"
   value="org.eclipse.m2e.launchconfig.classpathProvider"/>
```

```

12 <stringAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.MAIN_TYPE" value="
com.nute.copcontroller.ui.CopController"/>
13 <stringAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.PROGRAM_ARGUMENTS"
value="/home/nute/debreceen-lmap.txt"/>
14 <stringAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.PROJECT_ATTR" value
="CopController"/>
15 <stringAttribute key="org.eclipse.jdt.launching.
SOURCE_PATH_PROVIDER" value="org.eclipse.m2e.launchconfig.
sourcepathProvider"/>
16 </launchConfiguration>

```

Forráskód 4.1. A CopController.launch futtatási konfigurációja

4.2. Az alkalmazás funkciói

4.2.1. Aktuális állás megjelenítése

Az aktuális állást egyrészt a főképernyőn lehet látni, másrészt az alkalmazás fejlécében összegezve van hogy a szimuláció mennyi időnél tart, illetve hogy melyik rendőrcsapat összesen hány gengsztert kapott el eddig (lásd: 4.1. ábra).

Ezt az információt a traffic szervertől kapja az alkalmazás egy socketen keresztül. Ebben az információhalmazban benne van az összes autó információja – beleértve a semleges autókat – is.

4.2.2. Rendőrök és gengszterek hozzáadása

Az alkalmazásban lehetőség van:

- 1 rendőr hozzáadására (4.2. forráskód);
- 10 rendőr hozzáadására (4.3. forráskód);
- 100 gengszter hozzáadására (4.4. forráskód).

```

1 echo "<init guided Gergo 1 c>" | telnet localhost 10007

```

Forráskód 4.2. 1 rendőr hozzáadása; ahol a „Gergo” a rendőr csapatnevét jelenti.

```

1 echo "<init guided Gergo 10 c>" | telnet localhost 10007

```

Forráskód 4.3. 10 rendőr hozzáadása; ahol a „Gergo” a rendőrök csapatnevét jelenti.

```
1 echo "<init Gergo 100 g>" | telnet localhost 10007
```

Forráskód 4.4. 100 gengszter hozzáadása; ahol a „Gergo” azt a csapatnak a nevét jelenti amely hozzáadta a gengsztereket.

Mindhárom parancs működésének az alapelve megegyezik. A telnet protokollt felhasználva elküldjük a kívánt parancsnak megfelelő üzenetet, amit a szimulációs szerver feldolgoz. Ezeknek a parancsoknak az eredményeit azonnal láthatjuk (Erről többet a 2.3.1. fejezetben lehet olvasni).

Ezeknek a megoldásoknak az előnye hogy a parancsok egy teljesen különböző processzként futnak mint az alkalmazás, ezáltal nem zavarják a folyamatos adatáramlást, ami a megjelenítéshez szükséges. Példa az alkalmazásból 100 gengszter inicializálására a 4.5. forráskódrészletben látható.

```
1 /* ..... */
2 try {
3     String cmdPath = StaticUtils.getResourcePath() + "init_100_gangsters.
4         sh";
5     LOGGER.debug("Relative path: {}", cmdPath);
6     Process p = Runtime.getRuntime().exec(new String[] { "/bin/sh",
7         cmdPath });
8     p.waitFor();
9
10    LOGGER.debug("Added 100 gangsters.");
11 } catch (IOException | InterruptedException e) {
12     LOGGER.error(e.getMessage());
13 }
14 /* ..... */
```

Forráskód 4.5. 100 gengszter hozzáadása a 4.4. forráskódot felhasználva Java nyelven.

4.2.3. Rendőrök irányítása

Miután már van saját rendőrünk a szimulációban (lásd: 4.2.2. fejezet), Tudjuk őket irányítani is.

Alaphelyzetben nincs egy rendőr se kiválasztva. Ahhoz hogy egy rendőr-ágenst irányítani tudjunk egy rendőr közelébe kell kattintanunk a bal egérgombbal, és légvonalban 2500 méteren belül kell lennie a kattintás térképre vetített pontjának a rendőr helyzetétől. Amennyiben már volt kijelölve egy rendőr, de le szeretnénk venni a jelölést, úgy egyszerűen csak egy olyan pontra kell kattintanunk, amely nem esik bele egy rendőr 2,5 kilométeres körébe sem. Ennek a megvalósítása a 4.6. forráskódrészletben látható.

```

1  /* ..... */
2  for (Waypoint w : waypoints) {
3      if (w instanceof WaypointPolice) {
4          Double tmpDistance = mouseClicked.getDistance(new GPSLocation((
5              WaypointPolice) w));
6          if (tmpDistance < distance) {
7              if (selectedCop != null) {
8                  selectedCop.setSelected(false);
9              }
10             if (tmpDistance < 2500) {
11                 selectedCop = (WaypointPolice) w;
12                 selectedCop.setSelected(true);
13                 selected = selectedCop.getId();
14                 distance = tmpDistance;
15             }
16         }
17     }
18  /* ..... */

```

Forráskód 4.6. A legközelebbi rendőr kiválasztása amennyiben az 2500 méteren belül tartózkodik.

5. fejezet

Jövőbeli munka

5.1. Mesterséges intelligencia alkalmazása

Az OOCWC rendőr változatának egyik fő célja volt hogy mesterséges intelligenciát használva irányítsuk a rendőr-ágenseket. Most, hogy már lehetőség van a rendőröket más programozási nyelvvel is irányítani, ugyanúgy fenn áll a lehetősége – azon a programozási nyelven – a mesterséges intelligencia implementálásának.

5.2. Többszálásítás

Itt a többszálásítás alatt főként az adatok érkezésének, és annak feldolgozásának, illetve az adatok küldésének a szálankénti szétválasztására gondolok.

Jelenleg ez azért nem lehetséges, mert mivel csak egy traffic server fut egy ip-címen és porton, így csak egy socketet tudunk hozzá kötni. Az az egy socket jelenleg a `<disp>` parancs számára van fenntartva, hogy az aktuális állás megjelenítése folyamatos legyen.

Ahhoz, hogy egy sockettel működni tudjon az alkalmazás több szálon, arra lenne szükség hogy 200 ms-ba férjenek bele a következő műveletek:

- A socket lefoglalása, hogy csak a megjelenítő szál használhassa (lock),
- A `disp` parancs elküldése,
- A kapott adatok feldolgozása,
- Az állás frissítése,
- A socket feloldása, mivel ez a szál jelenleg már nem használja a socketet,
- Amennyiben az alkalmazás funkciói közül valamelyiket használni szeretnénk:

- A socket lefoglalása a küldő szál számára,
- A parancs létrehozása, és elküldése,
- A socket feloldása.

Amennyiben olyan eset alakul ki, amikor az egyik szál erőforrásra vár – pontosabban a socket feloldására – akkor könnyen lefagyhat a várakozási idő hosszára a programunk, illetve valószínűleg nem lesz folyamatos a megjelenítés, ami úgy vélem, egy ilyen alkalmazásnál kritikus szempont.

5.3. Webalkalmazás létrehozása

Az egyik legígéretesebb fejlesztésnek a webalkalmazássá történő módosítást látom.

Mivel egy ilyen webalkalmazásnak a back-end részének a business logikája megegyezik a jelenleg is használttal az alkalmazásban, így a fejlesztések fő része a webalkalmazássá való átírásban lenne.

Technológia szempontjából úgy gondolom hogy a back-end egy Spring [44] alapú webalkalmazásból állna, ami egy Jetty [29] szerveren fut. Front-end részről mindenképp AngularJS [2] a választásom a Bootstrap [8] segítségével.

Ezt azért tartom talán a legjobb továbbhaladási iránynak, mert ezáltal akár egyszerre az összes versenyző is tudná irányítani a rendőreit valós-időben, így a versenyek még jobban a valós-idejű vetélkedésre fókuszálnának.

A kinézetét, illetve működését, úgy tudom elképzelni, hogy a versenyző megnyitja a szerverhez tartozó weboldalt, ahol be kell elsőnek jelentkeznie (megadja a csapatnevét), és bejön a térkép. Az ilyen webalkalmazás tipikusan egy SPA (Single Page Application), és az AngularJS kifejezetten az ilyen alkalmazások számára lett fejlesztve.

A térképen való navigáláson, és a saját rendőr kijelölésén nem változtatnék a mostani implementációhoz képest.

6. fejezet

Összefoglalás

Az alkalmazás célközönsége a Robocar World Championship résztvevői, akik a jelentkezéshez (vagy akár az éles meccsekhez is) tudják használni a programot. Mint ahogy azt fentebb említettem, ennek természetesen előnyei, és hátrányai is vannak. Számomra hatalmas előny, hogy a 10 perces futási idő alatt folyamatosan gondolkodnom és strategizálnom kellett, hogy az aktuális rendőrömet merre irányítsam, hogy a lehető legtöbb gengsztert elkapjam, mivel minden egyes gengszter elkapása örömmel töltött el, tudván hogy a stratégiám bevált.

Az egyik hátrány ugyanúgy abból következik hogy valós időben bízzuk a felhasználóra a rendőr irányítását. Ezzel egyértelműen minimális hátrányba kerül a többi mesterséges intelligenciával ellátott rendőr-ágenssel szemben.

A másik hátrány szintén a valós-idejűségből, és az ember reakcióideje és a mesterséges intelligencia reakcióidejének az összehasonlításából adódik. Amíg a mesterséges intelligenciával ellátott rendőr-ágens minden egyes lépésben újratervezi az aktuális adatok alapján hogy merre tudná elkapni leghamarabb a következő gengsztert, addig az embernek kell legalább 5-10 lépés, mire az adatokat a térképről megérti, a megfelelő rendőr-ágensét kiválasztja, és azt akarata szerint irányítja.

Ahogy láthatjuk ezek a hátrányok az ember és a mesterséges intelligencia közötti különbségek által jöttek létre, így szerintem a további versenyeket érdemes lenne két részre bontani:

1. real-time versenyek, ahol a rendőröket mindenki maga irányítja,
2. normális versenyek, ahol a cél továbbra is a jobb mesterséges intelligencia fejlesztése, mint ahogy azt eddig is láhattuk az OOCWC kapcsán.

TODO

Irodalomjegyzék

- [1] About Java. About the java programming language., 2016. URL <https://www.java.com/en/about/>.
- [2] AngularJS. Angularjs, 2016. URL <https://angular.io/>.
- [3] Apache Ant. Apache ant, 2016. URL <http://ant.apache.org/>.
- [4] AWT. Abstract window toolkit, 2016. URL <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/awt/package-summary.html>.
- [5] BitKeeper. Bitkeeper, 2015. URL <http://www.bitkeeper.com/>.
- [6] Boost Graph Library. Boost graph library, 2001. URL http://www.boost.org/doc/libs/1_60_0/libs/graph/doc/index.html.
- [7] Boost logo. Boost logo, 2005. URL <http://boost.cvs.sourceforge.net/viewvc/boost/boost/boost.png?revision=1.2&view=markup>.
- [8] Bootstrap. Bootstrap, 2015. URL <http://getbootstrap.com/>.
- [9] N. Bátfai. robocar-emulator, 2015. URL <https://github.com/nbatfai/robocar-emulator>.
- [10] N. Bátfai, R. Besenczi, A. Mamenyák, and M. Ispány. Traffic Simulation based on the Robocar World Championship Initiative. *Infocommunications Journal*, 7(3): 50–59, 2015.
- [11] C++1998. ISO/IEC 14882:1998, 1998. URL http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=25845.
- [12] C++2003. ISO/IEC 14882:2003, 2003. URL http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38110.
- [13] C++2011. ISO/IEC 14882:2011, 2011. URL http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50372.
- [14] C++2014. ISO/IEC 14882:2014, 2014. URL http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=64029.

- [15] R. Carli, M. Dotoli, R. Pellegrino, and L. Ranieri. Measuring and managing the smartness of cities: A framework for classifying performance indicators. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2013 IEEE International Conference on*, pages 1288–1293. IEEE, 2013.
- [16] Cogito. Cogito, 2006. URL <http://git.or.cz/cogito/>.
- [17] R. De Santis, A. Fasano, N. Mignolli, and A. Villa. Smart city: fact and fiction, 2014. URL <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/54536/>.
- [18] Drive.ai. Drive.ai brings deep learning to self-driving cars, 2016. URL <http://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/driveai-brings-deep-learning-to-selfdriving-cars/>.
- [19] C. Du and S. Zhu. Research on urban public safety emergency management early warning system based on technologies for the internet of things. *Procedia Engineering*, 45:748–754, 2012.
- [20] Fi-Ware. Fi-Ware, 2015. URL <http://www.fiware.org/>.
- [21] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, R. Kalasek, N. Pichler-Milanovic, and E. Meijers. Smart cities-Ranking of European medium-sized cities. Technical report, Vienna University of Technology, 2007.
- [22] Git logo. Git logo, 2016. URL <https://git-scm.com/>.
- [23] Google Self-driving car image. Google Self-driving car image, 2015. URL <http://www.newsnish.com/cars/latest-car-news/robocar-google-deploys-nextgen-cars/>.
- [24] History of the Java language. History of the java language, 2016. URL <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/javahistory-index-198355.html>.
- [25] History of the OpenStreetMap. History of the openstreetmap, 2016. URL http://wiki.openstreetmap.org/wiki/History_of_OpenStreetMap.
- [26] iCity. iCity Project, 2015. URL <http://www.icityproject.eu/>.
- [27] Java Swing JPanel. Java swing jpanel, 2016. URL <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/swing/JPanel.html>.
- [28] JavaFX. Javafx, 2016. URL <http://docs.oracle.com/javase/8/javafx/get-started-tutorial/jfx-overview.htm#JFXST784>.
- [29] Jetty. Jetty, 2016. URL <http://www.eclipse.org/jetty/>.
- [30] JOSM. Josm, 2016. URL <https://josm.openstreetmap.de/>.

- [31] H. Kitano, M. Asada, Y. Kuniyoshi, I. Noda, and E. Osawa. RoboCup: The Robot World Cup Initiative. In *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, AGENTS '97, pages 340–347. ACM, 1997.
- [32] M. Loy, R. Eckstein, D. Wood, J. Elliott, and B. Cole. In *Java Swing (2 ed.)*, page 53. O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [33] Maps.me. Maps.me, 2016. URL <http://maps.me/en/home>.
- [34] Maven logo. Maven logo, 2016. URL <https://maven.apache.org/>.
- [35] Maven Repository Center. Maven repository center, 2016. URL <https://maven.apache.org/repository/index.html>.
- [36] S. Microsystems. Javasoft ships java 1.0. *Java's write-once-run-everywhere capability along with its easy accessibility have propelled the software and Internet communities to embrace it as the de facto standard for writing applications for complex networks*, 1996.
- [37] MyNeighbourhood. MyNeighbourhood Initiative, 2015. URL <http://my-neighbourhood.eu/>.
- [38] Navigant. Smart Cities Navigant Research, 2015. URL <http://www.navigantresearch.com/research/smart-cities>.
- [39] OOCWC Competitions. Competition Result of Debrecen, 2015. URL <http://justine.inf.unideb.hu/2015/Europe/Hungary/Debrecen/>.
- [40] OSM. OpenStreetMap, 2016. URL <https://www.openstreetmap.org/>.
- [41] Potlatch. Potlatch, 2015. URL http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Potlatch_1.
- [42] Smart City Logo. Smart city logo, 2016. URL <https://eu-smartcities.eu/content/spanish-ministry-industry-presents-report-prospect-development-smart-cities-spain>.
- [43] SmartSantander. SmartSantander, 2015. URL <http://www.smartsantander.eu/>.
- [44] Spring. Spring, 2016. URL <https://spring.io/>.
- [45] M. Steiger. jxmapviewer2, 2016. URL <https://github.com/msteiger/jxmapviewer2>.
- [46] The Jakarta Turbine Project. The jakarta turbine project, 2016. URL <https://turbine.apache.org/>.
- [47] L. Torvalds. "re: Kernel scm saga..". *linux-kernel (Mailing list)*. "So I'm writing some scripts to try to track things a whole lot faster.", 2005.

- [48] L. Torvalds. "re: Vcs comparison table". *git (Mailing list)*. A discussion of Git vs. BitKeeper, 2006.
- [49] L. Torvalds. "re: fatal: serious inflate inconsistency". *git (Mailing list)*. A brief description of Git's data integrity design goals., 2007.
- [50] United Nations. World Urbanization Prospects. The 2007 Revision, 2015. URL http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007/WUP_Highlights_web.pdf.
- [51] VITAL. VITAL, 2015. URL <http://www.vital-iot.eu/>.

Függelék

COPCONTROLLER is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

COPCONTROLLER is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with COP-CONTROLLER. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőm, és egykori tanárom, dr. Bátfai Norbertnek, akinek őszinte tanácsai nélkül ezt a munkát ma nem olvashatná a kedves olvasó. Szeretném továbbá megköszönni neki, hogy mint akkori prog2-es tanuló, részese lehettem a Robocar World Championship létrejöttének, és fejlődésének.

Szeretnék megköszönni az újabb, reguláris oktatásban résztvevő, prog1-es és prog2-es hallgatóknak is, hogy tovább formálják, éltetik, és folyamatosan gyarapítják az OOCWC közösségét.

Szeretnék továbbá köszönetet mondani régi, jó barátomnak, és kollégámnak, Iváncza Csabának, a folyamatos támogatásáért, és a technikai beszélgetéseink által az új perspektívák megnyitásáért számomra.

Hálásan köszönöm kedvesem kitartó türelmét és a mindennapi feladatokban nyújtott segítségét.

Szeretném megköszönni szüleimnek azt a sok gondoskodást és törődést, ami végigkísért tanulmányaim során.

Végül pedig szeretném Önnek, kedves olvasó, megköszönni hogy elolvasta ezt a munkát.