

# PUBLIC TRANSPORT SIMULATION IN BRNO

**František Němec**

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xnemec61@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Rozman

E-mail: rozmanj@fit.vutbr.cz

**Abstract:** This paper describes creation of public transport simulation in Brno. Simulation is based on cellular automaton and Nagel–Schreckenberg model, which is further expanded. Traffic network is constructed from OpenStreetMap data. Information about times and routes of public transport are extracted from online schedules.

**Keywords:** Traffic simulation, cellular automata, OpenStreetMap

## 1 ÚVOD

Cílem této práce je vytvořit simulátor městské hromadné dopravy, který automaticky z elektronických jízdnic řádů vyextrahuje informace o časech odjezdů jednotlivých linek ze zastávek. Souřadnice poloh cest, zastávek a tras linek MHD jsou zjištěny z mapy získané z projektu OpenStreetMap [1] (dále OSM).

## 2 SIMULAČNÍ MODEL

Základem simulačního modelu je Nagel–Schreckenbergův model [2] (dále NaSch). Tento model obsahuje čtyři základní pravidla. Tato pravidla jsou zrychlení, zpomalení v závislosti na bezpečné vzdálenosti, náhodné zpomalení a posun vozidel. Tato pravidla jsou definována pro pohyb vozidel v jednom pruhu, proto je nutné model rozšířit o možnost pohybu ve více proudech. Model je dále rozšířen o pohyb vozidel přes křižovatky, při dodržení pravidel přednosti jízdy.

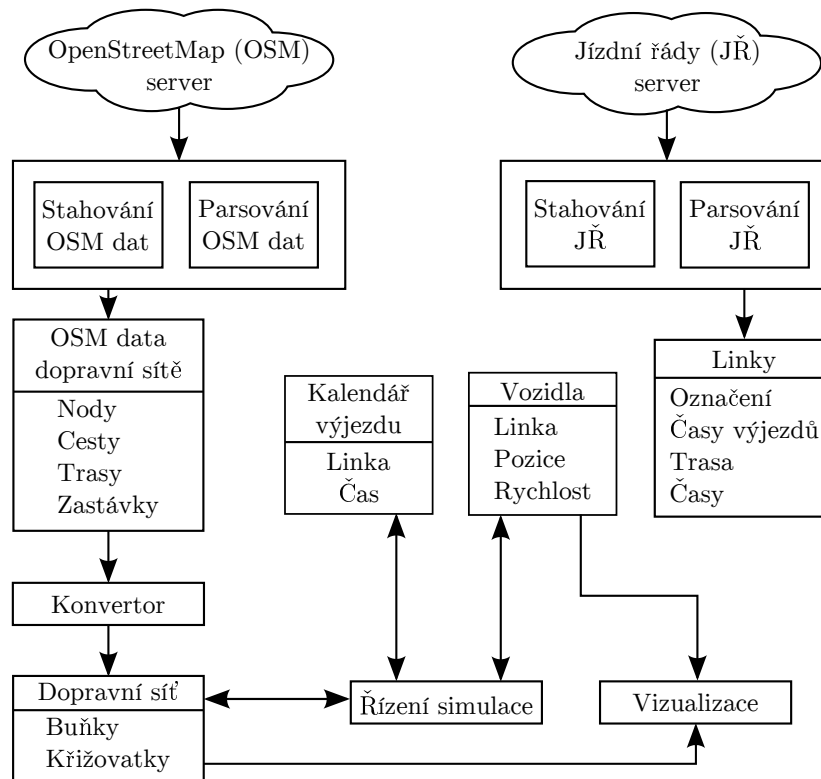
NaSch model definuje dopravní síť jako pole buněk přičemž jedno vozidlo může být obsaženo v právě jedné buňce. Od velikosti buňky se odvíjí délka vozidel a hlavně rychlosti jakých mohou vozidla nabývat. Za předpokladu, že velikost buňky odpovídá 7,5 metrů (jak je definováno v NaSch modelu) a délkou simulačního kroku 1 sekunda, mohou vozidla nabývat rychlosti v násobcích 27km/h, což není pro simulaci dopravy dostačující. Model je tedy rozšířen o možnost vozidel zabírat více buněk z čeho plyne možnost simulace vozidel s různou délkou a dále rozšíření poskytuje větší možnosti v nastavení rychlosti vozidla.

Rozhodování vozidla je popsáno tzv. řídicími modely, které mají za úkol rozhodovat o budoucím chování vozidla na základě okolí a podnětů z dopravní sítě.

- *Car–Following model* [3] se zaměřuje na popis chování v případě, že jedno vozidlo následuje jiné, přičemž vozidlo upravuje svoji rychlost na základě rychlosti vozidla před ním. Tento model je uplatněn i v případě, že se před vozidlem nenachází žádné vozidlo.
- *Lane–Changing model* [4] definuje chování vozidla v případě, kdy chce vozidlo přejet do vedlejšího pruhu. Nutnost změny pruhu může být způsobena ukončením pruhu, objetí překážky nebo za účelem sledování trasy.

- *Gap-acceptance model* nepracuje samostatně a nerozhoduje o chování vozidla, ale úzce spolupracuje s lane-changing modelem, pro který zjišťuje, zda je změna pruhu možná.

### 3 STRUKTURA SIMULÁTORU



**Obrázek 1:** Schéma struktury simulátoru

#### 3.1 DOPRAVNÍ SÍŤ

Základem dopravní sítě je buňka. Buňka obsahuje informace jako poloha, vozidlo na dané buňce, zda se na buňce nachází zastávka, odkaz na křižovatku v případě, že se jedná o poslední buňku cesty, která je připojena na křižovatku a odkazy na okolní buňky. Spolu s buňkami dopravní síť tvoří křižovatky, které poskytují informace o trasách propojení cest a dále o přednostech v jízdě.

#### 3.2 STAHOVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ OSM DAT

Po stažení OSM dat je provedeno jejich zpracování při kterém jsou ukládána jen užitečná data jako informace o cestách, zastávkách a trasách městské hromadné dopravy. Protože OSM data obsahují velké množství informací nejen o cestách, ale např. o památkách, cyklostezkách nebo také o datu a autorovi vytvořených dat je po zpracování originálních souborů vytvořen nový soubor, který obsahuje jen zmíněná užitečná data. Vytvoření nového souboru významně redukuje čas potřebný na zpracování dat v budoucím spuštění aplikace.

#### 3.3 PŘEVOD OSM DAT NA DOPRAVNÍ SÍŤ

Podle parametrů cest jako délka, počet silničních pruhů, zda cesta obsahuje tramvajové koleje aj. je vytvořen příslušný počet buněk, pro které je vypočtena poloha a které jsou vzájemně propojeny. Pokud se v jednom bodu stýkají tři a více cesty je vytvořena křižovatka. Vytvoření křižovatky zahrnuje

vytvoření buněk tras propojení všech cest jdoucí do křižovatky a zároveň jsou vytvořena pravidla předností v jízdě podle dopravního značení.

### 3.4 STAHOVÁNÍ A ZPRACOVÁNÍ JÍZDNÍCH ŘÁDŮ

Jízdní řády stahují přímo z WWW stránek <http://jizdnirady.idnes.cz/>, které obsahují zastávkové jízdní řády. Podle seznamu simulovaných linek, aplikace posílá požadavky na severy zastávkových jízdních řádů. Po přijetí html souboru je provedeno parsování, které podle označení `id` a `class` html elementů uloží potřebné informace. Výstupem je XML soubor s informacemi o lince, kterými jsou označení, trasa, časy výjezdů z počáteční zastávky a časy dojezdů do následujících zastávek.

### 3.5 KALENDÁŘ VÝJEZDŮ

Zpracované jízdní řády jsou použity pro vytvoření kalendáře výjezdů, který obsahuje záznamy o budoucích výjezdech linek MHD. Jedná se o seřazený seznam se záznamy, které obsahují čas výjezdu a označení linky.

### 3.6 ŘÍZENÍ SIMULACE

Algoritmus řízení simulace zahrnuje tyto kroky:

1. Aktualizace simulačního času.
2. Vyhodnocení aktuální situace vozidel a nastavení nových rychlostí případně změn pruhu. Rozhodování zajišťují dříve zmíněné řídicí modely.
3. Kontrola křižovatek bez značení, kde může dojít k uvíznutí vozidel.
4. Posun vozidel v síti podle aktuální rychlosti.
5. Generování nových vozidel na základě kalendáře výjezdu.
6. Odstranění vozidel na hranici simulované oblasti nebo na konečné zastávce.

## 4 ZÁVĚR

V rámci této práce byly nastudovány simulační modely dopravy založené na celulárních automatech a ty dále rozšířeny. Dále byla provedena analýza dat z OpenStreetMap projektu, podle kterých je konstruována dopravní síť simulace. V poslední řadě byly analyzovány elektronické jízdní řády z kterých jsou extrahovány informace o linkách MHD podle kterých simulace určuje kdy a kam vložit nové vozidlo a také jakou trasu má vozidlo sledovat.

## REFERENCE

- [1] COAST, S.: OpenStreetMap. URL <http://www.openstreetmap.org>.
- [2] NAGEL, K.; SCHRECKENBERG, M.: A cellular automaton model for freeway. *Journal de Physique*, 1992: s. 2221–2229.
- [3] JIMÉNEZ, T.; MUSSI, P.; SIEGEL, G.: A road traffic simulator : car-following and lane-changing. In *European Simulation Multiconference 2000*, Gent, Belgium, 2000, s. 241 – 245.
- [4] AHMED, K. I.: Modeling Drivers' Acceleration and Lane Changing Behavior. Dizertační práce, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 1999.