

Vyhľadávanie najefektívnejšej trasy v komunikačných sieťach s využitím projektu pgRouting

Radka Poláková, Dominik Abrahám

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; polakova.radka@gmail.com

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra kartografie, geoinformatiky a diaľkového prieskumu Zeme, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovenská republika; dominikabraham@gmail.com

Abstrakt

Východiskom tejto práce je routovanie, jeho využitie v praxi a implementácia nástroja pgRouting. Cieľom tohto článku je zoznámenie sa s existujúcimi algoritmi a open source nástrojmi pre vyhľadávanie najmenej nákladnej cesty v komunikačných sieťach. V rámci práce bola vytvorená priestorová databáza s routovacou funkciou a webová mapová aplikácia pre narábanie s ňou.

Kľúčové slová: *trasovanie; Dijkstra; pgRouting; PostgreSQL; GeoServer; webová mapová aplikácia*

Abstrakt

Searching the most effective routes in communication networks by using pgRouting project. The platform of this article is routing and its usage in practise. The work deals with the implementation tool for routing pgRouting. In this article we introduce the existing algorithm for routing and open source tools for searching the route of the lowest cost in communication network. As part of the work was created spatial database with routing function and web map application for operating with it.

Key words: *tracing; Dijkstra; pgRouting; PostgreSQL; GeoServer; web map application*

Úvod a formulácia cieľa

V tejto práci vám predstavíme projekt pgRouting, ktorý ponúka trasovacie funkcie pre databázový systém PostgreSQL. PgRouting je jedna z metód trasovania, ktorá je voľne dostupná pre širokú verejnosť, preto poukážeme na jej základné funkcie, popíšeme algoritmy, s ktorými je pgRouting schopný pracovať. Rozoberieme algoritmus Dijkstra, s ktorým sme sa rozhodli pracovať. Porovnáme proces fungovania trasovacích algoritmov na príklade našej aplikácie a projektu Open Source Routing Machine (OSRM), ktorý taktiež patrí do množiny open source aplikácii pre trasovanie. Na záver teoretickej časti porovnáme pgRouting s jedným z najznámejších nástrojov pre trasovanie, a to s projektom od spoločnosti Google. Proces trasovania budeme realizovať nad databázou s priestorovým rozšírením PostGIS a

s údajmi OpenStreetMap pre cestnú sieť. Pre lepšiu demonštráciu výsledkov bude vytvorená webová mapová aplikácia.

Na vypracovanie praktickej časti bol využívaný postup popísaný v materiáloch z pgRouting workshopu, ktorý je určený pre mierne pokročilého používateľa. Pri vytváraní databázy sa oboznámime so súčasťami potrebnými na riadenie a správu databáz, s dopytovacím jazykom SQL a procedurálnym jazykom PL/pgSQL. Práca prebiehala v databázovom systéme PostgreSQL a jeho užívateľskom rozhraní pgAdmin III. Výsledky boli publikované prostredníctvom mapového servera GeoServer. Na záver bola na webovom serveri Apache vytvorená webová mapová aplikácia, pracujúca v jazyku JavaScript a jeho knižnici OpenLayers.

Materiál a metódy

PgRouting je šíriteľná open source knižnica, ktorá ponúka rad nástrojov pre vyhľadávanie najefektívnejšej cesty ako rozšírenie PostGIS a PostgreSQL. Navigácia pre cestné siete vyžaduje komplexné smerovacie algoritmy, ktoré podporujú zákazy odbočenia a aj časovo závislé atribúty. pgRouting podporuje veľké množstvo trasovacích algoritmov, ktoré dodávajú funkcionality projektu, napríklad: All Pairs Shortest Path, Shortest Path A*, Dijkstra a veľa ďalších. pgRouting je dostupný pod licenciou GPL 2.0 a je podporovaný rastúcou komunitou jednotlivcov, firiem a organizácií. Projekt pgRouting je novodobý, progresívny projekt, ktorý má obrovský potenciál a ponúka praktické aj teoretické zručnosti pre všetkých riešiteľov danej problematiky. pgRouting patrí do množiny open source nástrojov pre trasovanie, čím sa stáva dostupnejším pre širokú verejnosť a má tendenciu zlepšovať svoju kvalitu. Jedným z hlavných dôvodov prečo sme si vybrali túto metódu trasovania je práve fakt, že patrí do množiny open source nástrojov. Budeme pracovať s najnovšou verziou pgRouting 2 vydanou v septembri 2013.

Na predvedenie našej aplikácie sme si zvolili metódu porovnania s iným veľmi podobným projektom, ktorý ale pracuje s rozličným algoritmom. Ide o projekt Open Source Routing Machine (OSRM). Taktiež ako naša aplikácia pracuje s dátami z projektu OpenStreetMap. Tento projekt pracuje s algoritmom Contraction Hierarchies, čo spôsobuje, že za veľmi rýchlu dobu, zvyčajne pod 1 ms pri dátových súboroch ako je napríklad Európa, sa dostávajú spätné informácie. Základne charakteristiky OSRM sú veľmi rýchle smerovanie, primitívne cestovné pokyny, jednoduchý dátový formát uľahčujúci import vlastných dát. Contraction Hierarchies je algoritmus, ktorý počíta najkratšiu vzdialenosť na základe vytvárania skratiek. Na začiatku sú uzly zoradené podľa dôležitosti, hierarchia je potom

vytváraná alternatívnym skracovaním najmenej dôležitého uzla, pričom skracovanie uzla znamená nahradenie najkratšej cesty vedúcej cez jej skratky. Pre naše trasovanie sme využili algoritmus Dijkstra. Výhodou Contraction Hierarchies je, že dosahuje 5násobne väčšie zrýchlenie ako Dijkstra. Nevýhodami tohto prístupu k vyhľadávaniu je fakt, že graf je rozdelený podľa uzla, teda aj podľa typu cesty, kde vieme, že napríklad diaľnice by mali byť považované za najrýchlejšie cesty a cesty tretej triedy za najpomalšie, lenže neexistuje presná definícia čo je hlavná cesta, čo je cesta tretej triedy a tak podobne.

Dijkstra algoritmus patrí medzi najpoužívanejšie grafové algoritmy, je využívaný pri riešení tzv. single-source shortest path problémov (SSSP) to znamená, že vypočítava najkratšiu cestu z jedného zdrojového uzla do všetkých ostatných uzlov. Algoritmus začína vo vrchole „s“ a postupne prechádza cez všetky vrcholy grafu. V každom cykle vyberie z nenavštívených vrcholov najbližší k vrcholu „s“ a zistí vzdialenosť všetkých susedov tohto vrcholu od vrcholu „s“. Tento postup opakuje pokiaľ sú v grafe nenavštívené vrcholy, do ktorých vedie cesta cez už navštívené vrcholy. Vyžaduje len základné atribúty ako sú zdrojové a cieľové ID, čo znamená označenie začiatočného a cieľového bodu, samotný ID atribút na identifikáciu bodov a náklady, ktoré reprezentujú napríklad maximálnu povolenú rýchlosť daného úseku z trasy. Algoritmus Dijkstra môžeme chápať ako zovšeobecnenie vyhľadávania grafu do šírky. Pred začiatkom práce s týmto algoritmom je potrebná počítačová inicializácia. Jeho najväčšou výhodou je spoľahlivosť pri hľadaní najkratšej cesty, za predpokladu, že existuje. Taktiež je preferovaný kvôli jednoduchšej implementácii. Nevýhodami sú zbytočne veľký záber prehľadávaných území, ako aj zbytočné vyhľadávanie trás do všetkých uzlov. My sme si tento algoritmus vybrali na základe jednoduchšej implementácie a následnej práce. Naším kritériom vyhľadávania je len najkratšia vzdialenosť a na toto kritérium je najideálnejší práve tento algoritmus. [1]

Celá práca bola spracovaná vo voľne stiahnuteľnom pracovnom prostredí OSGeo-Live, čo je jeden z najjednoduchších spôsobov, ako získať množstvo open-source nástrojov v jednom balíku. Nachádzajú sa tu programy pre správu, analýzu a vizualizáciu priestorových dát. Funguje na operačnom systéme Linux – Xubuntu a obsahuje približne vopred 50 nainštalovaných geopriestorových open source aplikácií, dáta a príručky na používanie.

Pre realizáciu cieľov sme využili objektovo-relačný databázový systém PostgreSQL. Objektovo-relačné databázy sú také, ktoré umožňujú vkladanie zložitejších typov objektov. Umožňuje používateľovi definovať nové vlastné dátové typy, nové funkcie a operátory pre manipuláciu týchto vlastných typov. PostgreSQL považovaný za najvyspelejší a najsofistikovanejší voľne šíriteľný systém riadenia báz dát. Základnými charakteristikami

systemu sú napríklad zhoda so štandardmi SQL až do SQL 2008, dobrá architektúra medzi klientom a serverom, súbežné konštrukcie, vysoko kvalitný a udržiavaný softvér a množstvo ďalších. Ide o všeobecný nástroj pre manipuláciu, správu a organizáciu dát uložených v databáze, ktorý je adaptovateľný na akékoľvek prostredie.

Ďalšou dôležitou súčasťou našej práce bol PostGIS, ako nadstavba nad PostgreSQL. PostGIS je priestorové rozšírenie pre databázy PostgreSQL. PostGIS je projekt, ktorý ponúka viac ako 300 priestorových operátorov, priestorové funkcie, priestorové dátové typy a index vylepšenia. Zároveň je schopný pridávať ďalšie typy (geometria, geografia, raster ...) do PostgreSQL databázy. pgRouting rozširuje funkcie databázy o podporu geopriestorového smerovania, akými sú napríklad prejdená vzdialenosť, najkratšia cesta a obchodný zástupca, ktorý berie do úvahy rôzne náklady, ako je rýchlosť a rad obmedzení (napr. zákazky odbočenia).

pgAdmin III je najpopulárnejšia a na funkcie bohatá open source vývojová platforma pre PostgreSQL, pod ktorou sa uskutočňuje riadenie databázy. Je navrhnutý ako odpoveď na potreby používateľov na otázky písania jednoduchých SQL príkazov až po vytváranie komplexných databáz. Grafické rozhranie podporuje všetky možnosti PostgreSQL a zjednodušuje jeho administráciu. Tiež obsahuje aj editor jazyka SQL a PL/pgSQL.

Naším záujmovým územím bolo Slovensko. Dáta na spracovanie sme získali z projektu OpenStreetMap, kde sme si získali voľne dostupné dáta o cestnej sieti Slovenska. Dáta sme stiahli zo stránky geofabrik.de, ktorá poskytuje presné a celkové dáta v rôznych formátoch. Na import dát do databázy sme použili nástroj osm2pgrouting, ktorý importuje OpenStreetMap dáta do PostgreSQL databázy. Tento nástroj automaticky vytvorí sieťovú topológiu a následne tabuľky pre typy funkcií a cestných tried. Používa konfiguračný XML súbor na výber typov ciest a tried na import.

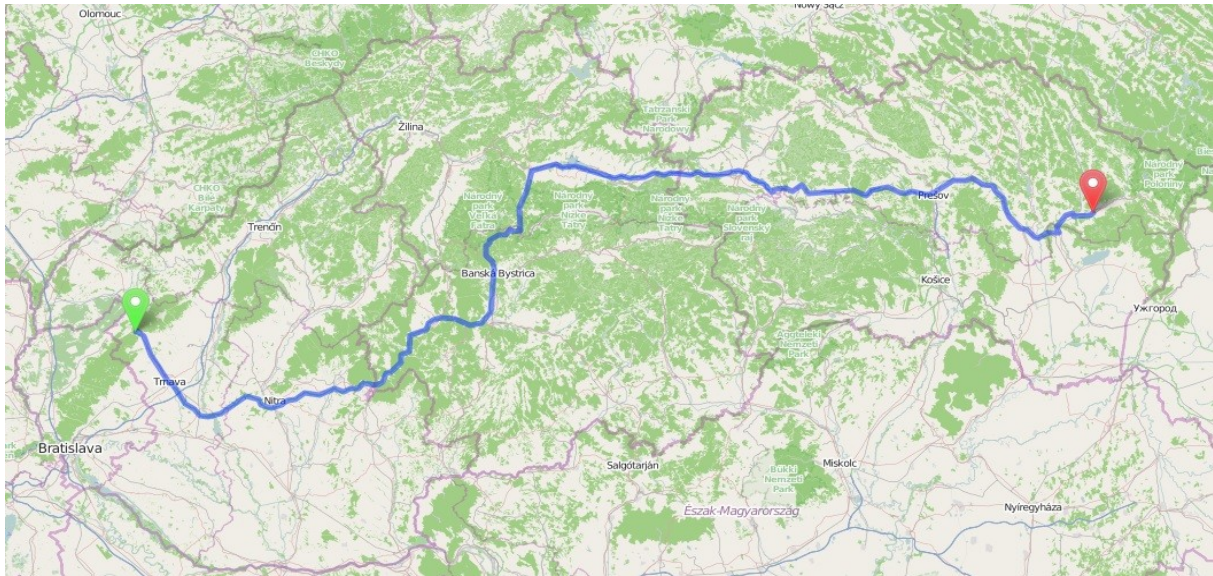
Open source softvér GeoServer funguje na platforme Java. Podporuje väčšinu štandardov konzorcia OGC a v súčasnosti je to jeden z najpoužívanejších mapových serverov. Umožňuje publikáciu obsahu PostgreSQL databáz s rozšírením PostGIS, a to cez OGC webové mapové služby WMS, WFS a WCS.

Výsledky a diskusia

Ako sme už vyššie spomínali rozhodli sme sa pre porovnanie 2 algoritmov na 2 rozličných aplikáciách. Z ponuky open source aplikácii pre trasovanie sme si vybrali OSRM, ktorá funguje na algoritme Contraction Hierarchies. Na obrázku 1. môžeme vidieť trasu, ktorú vypočítal tento algoritmus v OSRM. Na druhej strane naša aplikácia pracuje pod algoritmom

Dijkstra, ktorého najväčšou výhodou je práve vyhľadávanie skutočne najkratšej vzdialenosti, čo je jasne vidieť na obrázku 2.. Zatiaľ čo Obr. 1. volí cestu obchádzkou cez najbližšie krajské mesto Trnavu, môžeme na Obr. 2. vidieť jednoznačne kratšiu a priamočiarejšiu cestu. OSRM ale dosahovalo vyššiu rýchlosť pri počítaní výsledkov.

Obr. 1 OSRM – Open Source Routing Machine



Obr. 2 Algoritmus Dijkstra v našej aplikácii



Funkcionalitu vytvorenej databázy demonštruje naša webová mapová aplikácia. Pri jej tvorbe boli využité viaceré technológie. HTML slúži na vytvorenie štruktúry webovej stránky

s aplikáciou a pomocou CSS sme definovali štýly jej zobrazenia. Funkcie pre dynamickú mapovú aplikáciu nám poskytla knižnica OpenLayers, ktorá sa využíva v jazyku JavaScript. Kľúčová funkcia umožňuje určenie začiatočného a koncového bodu.

Následne sa podľa ich súradníc GeoServer dopytuje na našu databázu, ktorá vykoná výpočet najkratšej vzdialenosti medzi bodmi a vráti ju GeoServeru. Ten prostredníctvom služby WMS zašle aplikácii vrstvu s výsledkom, ktorá sa naloží na podkladovú vrstvu. Podkladová vrstva je na aplikáciu napojená priamo z OpenStreetMap. Užívateľ má tiež k dispozícii nástroj, ktorým zobrazí výsledky predchádzajúceho trasovania. Naša aplikácia je dostupná na adrese <http://dabraham.eu/gis/pgrouting.html>. [2]

V porovnaní s produktom od spoločnosti Google je naša aplikácia výhodnejšia z hľadiska neobmedzenosti a z hľadiska voľby dát, s ktorými pracuje. Projekt Google Directions API, ktorý využíva napríklad aj populárna služba GoogleMaps, ponúka 2 možnosti využívania – free a business. Obe verzie sú však limitované počtom vyhľadávania trás za 24 hodín. Free verzia umožňuje hľadať 2500 trás a business verzia 100000. Zároveň je užívateľ obmedzený len na dáta spoločnosti. Užívateľ má naopak možnosť zvoliť si určitý obmedzený počet prechodných bodov trasy. [3]

Záver

Všetky nami zadané ciele boli splnené. Nadobudli sme teoretické a praktické poznatky v oblasti trasovania pomocou nástroja pgRouting. Popísali sme s akými trasovacími algoritmami je schopný pracovať. Dostatočne sme analyzovali algoritmus Dijkstra, s ktorým sme aj pracovali. Porovnali sme ho s algoritmom Contruction Hierarchies podľa ktorého pracuje ďalší open source nástroj pre trasovanie a to projekt OSRM, s ktorým sme porovnali našu aplikáciu. pgRouting ako jednu z metód trasovania sme porovnali s projektom od spoločnosti Google, definovali sme výhody medzi open source nástrojmi ako je pgRouting a platenými nástrojmi a dátami od spoločnosti Google. Oboznámili sme sa s open source nástrojmi cez projekt OSGeo Live, ktorý zoskupuje veľké množstvo voľne dostupných nástrojov. Taktiež sme si predstavili a následne pracovali s projektom OpenStreetMap, odkiaľ sme získali voľne prístupné dáta. Vytvorili sme vlastnú databázu s trasovacou funkciou, kde sme pracovali s nástrojom na import a úpravu dát osm2pgrouting.. Využívali sme databázu PostgreSQL s nadstavbou PostGIS, pričom sme vysvetlili ich základnú funkcionality. Ako posledný cieľ sme si stanovili vytvorenie vlastnej aplikácie s použitím knižnice OpenLayers, napojenej na mapový server GeoServer, ktorý publikuje údaje z databázy prostredníctvom WMS služby.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Poláková R. (2013) Vyhľadávanie najefektívnejšej trasy v komunikačných sieťach s využitím trasovacích algoritmov. (Bakalárska práca) Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovensko, p. 60
- [2] pgRouting workshop [Citované: 8. 3. 2014] <<http://workshop.pgRouting.org>>
- [3] The Google Directions API [Citované: 12. 3. 2014] <<https://developers.google.com/maps/documentation/directions/>>