

VŠB – Technická univerzita Ostrava Fakulta
Elektrotechniky a informatiky
Katedra Informatiky

Simulace a analýza pohybu mobilních telefonů
Simulation and Analysis
of Mobile Phones Movement

Ostrava 2011

Bc. Michala Drozdová

ZDE PROSIM VLOZTE ZADANI

Prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala. V Ostravě dne 1.5.2011

Bc. Michala Drozdová

Poděkování:

Touto formou bych chtěla poděkovat svému vedoucímu doc.Ing.Petru Rapantovi, CSc. za odborné konzultace a pomoc při tvorbě této diplomové práce. A dále také své rodině za podporu a trpělivost.

Abstrakt

Tato práce si klade za cíl navržení a otestování aplikace k simulaci pohybu mobilních telefonů na území města Ostravy. Nasimulovaný pohyb je monitorován prostřednictvím dat zachycených GSM sítí. Data použita pro simulaci pohybu byla uměle vygenerována díky profilům, vytvořeným na základě teoretických principů Time geography a informací uváděných Českým statistickým úřadem. Součástí aplikace je grafické uživatelské rozhraní, které zobrazuje jako podklad silniční a uliční síť města Ostravy. Nad touto mapou jsou vykresleny buňky GSM sítě s jednotlivými základnovými stanicemi a formou grafické animace demonstrován pohyb po městě.

Klíčová slova: simulace pohybu, sql spatial data, základnová stanice, GSM síť

Abstract

This work aims to design and test application, that will simulate movement of mobile phones in the city of Ostrava. Virtual motion is monitored through the data captured by the GSM network. The data used to simulate the movement has been artificially generated by user profiles established on the basis of theoretical principles of geography and time information, provided by the Czech Statistical Office. The application is a graphical user interface that displays a base street network of the city of Ostrava. Over this map are plotted in the GSM network cells with different base-stations. Movement around the city is demonstrated using graphical animations.

Keywords: simulation of movement, sql spatial data, basic transceiver station, GSM network

Seznam použitých symbolů a zkratk

OS - operační systém

SW - software

UP - unified process

WKT - well known text

WKB - well known binary

GML - geography markup language

OGC -open geospatial consortium

SRID - spatial reference system identifier

GIS - geographical information system

GSM - global system for mobile

BTS -base transceiver station

BSC - base station controller

1	Úvod	10
2	Moderní technologie v problematice časoprostorové mobility	13
2.1	Popis dosavadních přístupů	13
2.2	Návrh zlepšení	14
2.3	Filosofie řešení	14
3	Teoretický základ	16
3.1	Time geography	16
3.1.1	Základní pojmy	16
3.2	System GSM	20
3.2.1	Úvod	20
3.2.2	Celulární síť	20
3.2.3	Subsystemy sítě GSM	21
4	Použité technologie a nástroje	25
4.1	Prostorová data v Microsoft SQL Serveru	25
4.1.1	Datové typy prostorových dat	25
4.1.2	Prostorové indexy	25
4.1.3	SRID	28
4.1.4	Vizualizace	28
4.2	ArcGIS	29
4.2.1	Datový model	29
4.2.2	ArcToolBox	30
4.2.3	Data Management Tools	30
4.2.4	Analyst Tool	31
4.2.5	Network analyst	32
4.3	Google Directions API	32
4.4	Limity	32

4.5	Požadavek na službu	32
4.5.1	Parametry požadavku	33
4.5.2	Použití průjezdných bodů při plánování trasy	34
4.6	Odpověď služby	34
4.6.1	Výstup dat ve formátu XML	34
5	Analýza system.....	37
5.1	Specifikace požadavků	37
5.1.1	Nefunkční požadavky	37
5.1.2	Funkční požadavky.....	37
5.2	Dynamická analýza	39
5.2.1	Aktivitní diagramy	39
7	Návrh systému.....	42
7.1	Architektura systému.....	42
7.1.1	Návrhové vzory	43
7.2	Návrh databáze	43
7.2.1	Indexová analýza.....	43
7.2.2	Databázový diagram.....	43
8	Implementace	44
8.1	Předzpracování dat	44
8.1.1	Tvorba vlastních dat	44
8.1.2	Transformace dat v prostředí ArcGis	44
8.1.3	Import dat do prostředí MS SQL Serveru 2008	45
8.2	Popis implementace vybraných funkčních požadavků.....	45
8.2.1	FP 01	46
8.2.2	FP 02	47
8.2.3	FP 03	48

8.2.4	FP 04	48
8.2.5	FP 05	50
8.2.6	FP 06	50
8.3	Optimalizace.....	51
8.3.1	Generování prostorových tras pro pohyb MHD	51
8.3.2	Předzpracování pro simulaci pohybu	53
9	Zhodnocení dat	55
9.1	Zhodnocení generovaných dat.....	56
9.1.1	Zjistitelné výsledky	56
9.1.2	Neprůkazné výsledky	57
10	Závěr.....	58

1 Úvod

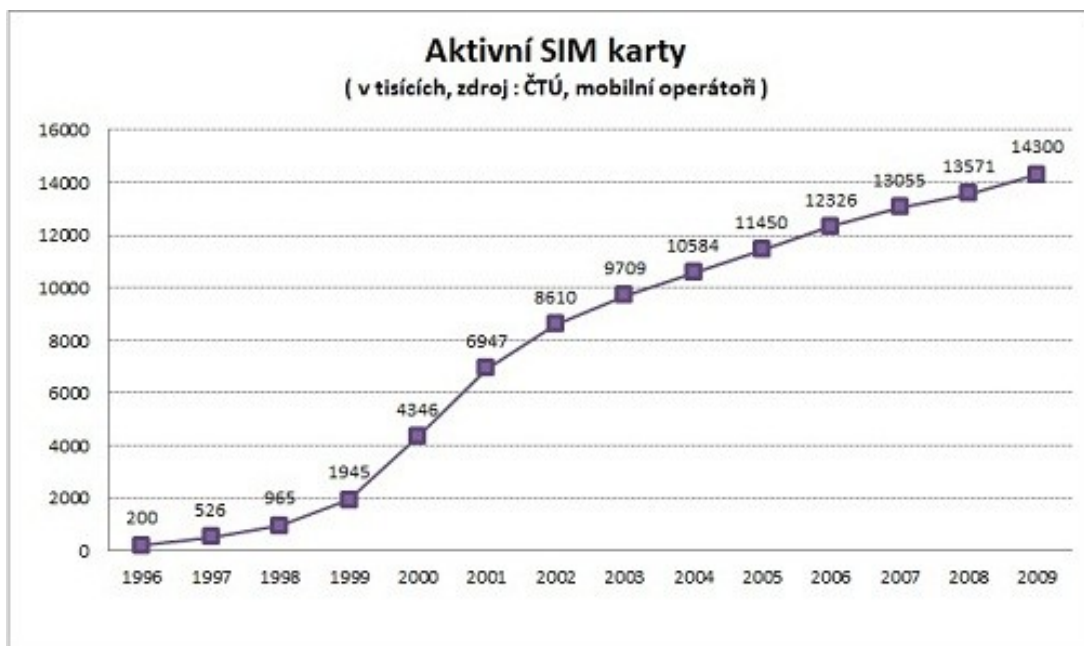
S časoprostorovou mobilitou obyvatelstva je spjata řada ekonomických, politických či demografických efektů a otázkou jejího monitorování se z různých hledisek zabývá široké spektrum vědních disciplín. Již dávno není tato problematika jen izolovaným objektem pro úzce zaměřené studie geografů, ale dostává se do popředí zájmů i mezioborových přístupů, protože právě mobilita lidí je jednou ze základních příčin urbanistických změn, problémů s životním prostředím a měnící se prostorovou organizací společnosti.

Pro studium časoprostorové mobility existují dva základní pohledy na mobilitu jako takovou. Jejich diferenciací je založena na definici několika bazových pohybů, které může objekt vykonávat. Tyto pohyby se dají rozdělit do dvou základních skupin. Pohyby spadající do první skupiny je možné popsat jako jednorázová přemístění, jejichž doprovodným efektem bývá změna trvalého bydliště. Terminologickým označením těchto pohybů je migrace. Migrační mobilitou, která je v porovnání s pohyby druhé skupiny méně četná, ale její dopad může být i přes tuto skutečnost značný, se ovšem v této práci nebudeme zabývat. Pozornost bude věnována periodické mobilitě, jež je tvořena kyvadlovými pohyby. Mezi tyto pohyby patří zejména každodenní dojíždění do zaměstnání nebo do školy, dále pak dojíždění za zábavou, kulturou, za nákupy atd.

Aby bylo vůbec možné zabývat se studiem časoprostorové mobility obyvatel, je nutné získávat data charakterizující pohyb osob v prostoru a čase, která jsou dále analyzována a vyhodnocována odborníky již konkrétních oborů, pro které mohou být výsledky získané touto analýzou přínosem. Jako ilustrační příklad jedné z těchto sfér lze uvést dopravní obslužnost a optimalizace dopravní sítě.

Pro sběr dat z oblasti časoprostorové mobility nejsou v České republice používány žádné nástroje a jejich získávání v takové míře, aby výsledky měly určitou výpovědní hodnotu, jsou velmi náročné. Zdrojem jsou nejrůznější terénní šetření. V případě podrobnějšího výzkumu periodické mobility jsou vhodným zdrojem dat takzvané deníkové záznamy, na jejichž základě je možné sestavit časový rozpis dne, který obsahuje informace o druhu, času, lokalizaci a délce trvání jednotlivých aktivit během dne. Všechna tato šetření jsou však náročná co do počtu respondentů a jejich ochoty se šetření účastnit. Nasnadě je tedy otázka, zda by bylo možné získávat data vhodná ke studiu časoprostorové mobility i jiným způsobem než vyčerpávajícími terénními šetřeními.

Jak do zmiňované problematiky zakomponovat přístup pohlížející na mobilitu obyvatel z technického aspektu? Vhodným způsobem by mohlo být užití nějaké stávající technologie, případně její rozšíření nebo pouhé využití veškerého potenciálu, který nabízí. Mobilní telefony se zařadily do společnosti rychleji než jakákoli jiná technologie v historii lidstva. Od roku 1996, kdy byl v České republice spuštěna první GSM síť, se počet uživatelů mobilních telefonů stále zvyšuje.

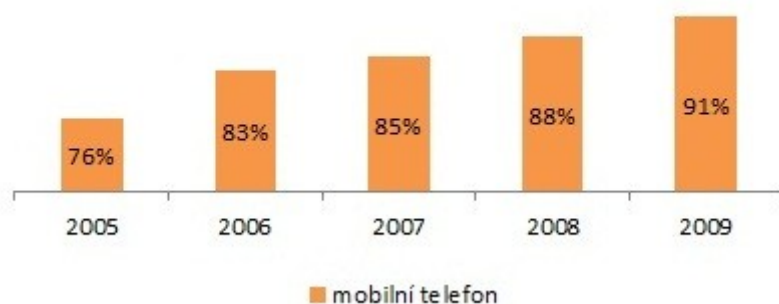


Obrázek 1: počet aktivních SIM karet v tisících

Hodnoty zachycené v grafu jsou mobilními operátory prezentovány jako počty jejich zákazníků, což ve skutečnosti znamená, že se jedná o počty aktivních SIM karet. To je důležité si uvědomit, protože SIM karty nejsou dnes integrovány pouze do mobilních telefonů, nýbrž také do datových karet umožňujících připojení notebooku k internetu, nebo do různých inteligentních zařízení jako jsou například zařízení pro sledování pohybu vozidel, nebo různé zabezpečovací systémy a alarmy.

Přestože tedy hodnoty poskytované mobilními operátory nejsou ekvivalentní počtu aktivně používaných mobilních telefonů, jsou i tato čísla poměrně vysoká. Z výsledků šetření za rok 2009 zveřejněných Českým statistickým úřadem vyplývá, že mobilní telefon používá 91% obyvatel ČR ve věku 16 – 54 let. V mladších věkových kategoriích je zastoupení uživatelů mobilního telefonu 98% a v kategorii starších jak 54 let 63%.

Graf 3: Uživatelé osobního počítače, internetu a mobilního telefonu



Obrázek 2: (% všech jednotlivců ve věku 16+)

Je možné tedy vyslovit předpoklad, že dnes již téměř každý člověk vlastní mobilní telefon, který má neustále u sebe. Na základě tohoto předpokladu existuje možnost převodu problému mapování časoprostorové mobility obyvatel na problém mapování časoprostorové mobility jednotlivých mobilních telefonů. Čeští mobilní operátoři jsou však na data generovaná provozem GSM sítě velmi opatrní, je tedy značně spekulativní, zda by monitorování pohybu jednotlivých mobilních přístrojů bylo adekvátním modelem pro získávání informací o časoprostorové mobilitě jejich držitelů. Právě tato spekulace je stěžejním podnětem pro tuto diplomovou práci.

Cílem práce je navrhnout simulátor, který bude schopen generovat, na základě definovaných statistik, parametry pro profily jednotlivých uživatelů mobilních telefonů a následně na základě těchto parametrů nasimulovat jejich pohyb po silniční síti nebo chodnicích města. Při simulaci pohybu mobilních telefonů, kdy mobilní zařízení přechází mezi buňkami GSM sítě, jsou odvozována data generovaná jednotlivými základnovými stanicemi. Tato data jsou ukládána a slouží jako vstupní hodnoty aplikace, která má za cíl odvozovat z dat generovaných základnovými stanicemi pohyb mobilních telefonů.

2 Moderní technologie v problematice časoprostorové mobility

V této kapitole jsou popsány přístupy vybraných zahraničních studií, které se zabývají problematikou časoprostorové mobility osob, využívajících k řešení moderních technologií v některých případech konkrétně i GSM síť. Jako další je uveden návrh na zlepšení stávajících postupů a v poslední části je zachycena filosofie konkrétního řešení, kterým se tato práce zabývá.

2.1 Popis dosavadních přístupů

V jihočínském městě Shenzen byla realizována studie zaměřená na zkoumání vzorů časoprostorové mobility obyvatel. Cílem výzkumu bylo prostorově i časově kvantifikovat, vizualizovat a v reálném čase zkoumat vzory denní městské mobility obyvatelstva. Tento projekt využívá k real-time vyhodnocení dynamiky městské mobility více zdrojů dat, které pokrývají většinu veřejné městské dopravy. Data byla získána z pěti tisíc GPS přístrojů umístěných ve vozech taxi a pěti miliónů čipových karet. Z celkového počtu taxi vozů sloužících v Shenzenu činily vozy, které se podílely na výzkumu, přibližně 50%. Čipové karty používané cestujícími v hromadné dopravě, byly v zastoupení 55% cestujících využívajících autobusy a 61% cestujících pohybujících se metrem. Každý den vzniklo z čipových karet 1,5 miliónu záznamů, charakterizujících přemístění svých uživatelů. Na základě dat, generovaných GPS přístroji i čipovými kartami, která byla shromažďována po dobu jednoho měsíce, byla následně provedena identifikace a analýza jednotlivých vzorů časoprostorové mobility.

Výše zmíněná studie ke svému řešení nevyužívá technologii GSM sítě. V kontextu této práce je však vhodné uvést některé studie, které již modelují problematiku mapování pohybu obyvatel po městě na problematiku mapování pohybu mobilních telefonů v síti GSM. Studie z roku 2009, publikována odborníky z Computer Science & Engineering University at Buffalo a MIT Media Laboratory Massachusetts Institute of Technology at Cambridge, je zaměřena na analýzu lidské mobility ve městě za pomoci celulární sítě. Obsahuje návrh a implementaci tzv. *Mobility profiler frameworku*, který pracuje se surovými daty získanými ze základnových stanic jednotlivých buněk sítě. Součástí studie je ověření a demonstrace vytvořeného frameworku na různých experimentech a analýzách získaných dat. Datová sada sloužící jako základ pro výzkum v této studii byla získána během časového údobí devíti měsíců, kdy 100 lidí dostalo k užívání mobilní telefon Nokia 6600 vybavený speciálním software, který umožňoval kontinuální logování dat generovaných při spojení se základnovými stanicemi. Ze shromážděných dat poté byly za pomoci vyvinutého frameworku analyzovány profily lidské mobility a jedním z výsledků je například zjištění, že uživatelé mobilních telefonů tráví 85% času zpravidla ve třech až pěti oblíbených místech (práce, domov, nákupní centra).

Přístupy využívající GSM technologii ke studiu časoprostorové mobility osob se dají obecně rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny, kam patří i předchozí popsaná studie, se řadí všechny výzkumy, které praktikují logování dat vzniklých provozem v GSM síti ze strany mobilního stanice. V těchto případech se jedná o speciální mobilní telefony, nebo lépe řečeno o mobilní telefony vybavené speciálním softwarem uzpůsobeným k logování dat vznikajících při komunikaci se základnovou stanicí. Do druhé skupiny spadají výzkumy využívající data logovaná ze strany samotné GSM sítě. Ve studiích pohlížejících na problém z tohoto aspektu jsou popisovány a zkoumány situace, kdy jsou logována data při aktivní komunikaci s GSM sítí. To znamená při hovorech, přijímání a

odesílání textových zpráv a využívání dalších služeb, které síť poskytuje. Tyto situace je opět možné řešit v různém kontextu, jako je například zaměření se na frekvenci hovorů v jednotlivých buňkách, ze které je možné odhadnout, množství osob nacházejících se v určité lokalitě v danou dobu.

2.2 Návrh zlepšení

Všechny zmiňované studie popsané v předchozí kapitole, využívající k monitorování časoprostorové mobility obyvatel určitého území technologii GSM sítě, jsou v určitých směrech omezeny na velmi specifické modelové situace. Specifičnost těchto modelových situací, která se v globálním pohledu na danou problematiku zkoumání mobility stává omezující a pro širší využití výzkumu by se dalo říci až nevhodnou, tkví v následujících souvislostech.

Subjekty, jejichž pohyb má být prostřednictvím mobilního telefonu mapován, musí splňovat nejrůznější podmínky, aby mohly být do výzkumu zahrnuty. Jedná-li se o metodu, která pracuje s daty zachycovanými a zaznamenávanými na straně mobilního telefonu je omezení více než zřejmé. V tomto případě musí být mobilní stanice vybavena speciální funkcí, která umožní logování dat vzniklých při pohybu v síti. V důsledku této skutečnosti se rapidním způsobem snižuje počet osob, které mohou být do studie zahrnuty. Nastává situace, kdy je třeba vymezit určitou skupinu lidí, jimž je následně nutné vybavit mobilní telefon speciálním softwarem, který umožní logování potřebných dat na, kterých je pak založena analýza. Může však nastat případ, kdy je software zajišťující funkčnost k zachycování dat určen jen pro specifický typ mobilního telefonu. V tomto případě počet adeptů opět klesá, protože je nezbytné každému zúčastněnému dát takový mobilní telefon k dispozici.

Použití metody, která je založena na tom, že předmětem analýzy jsou data zachycovaná na straně sítě, nikoliv mobilní stanice, je méně náročná na podmínky, jejichž splnění implikuje nutný pokles možných účastníků studie, ovšem stále vyžaduje jisté specifické chování subjektů. Aby byla data získána, držitel mobilního telefonu musí aktivně komunikovat se sítí.

Přístup, kterým se zabývá tato práce, může být při zařazení do vhodného interpretačního rámce chápán jako návrh na zlepšení existujících metod využívajících síť GSM k monitorování časoprostorové mobility obyvatel města. Jistým řešením problému s omezením počtu možných zainteresovaných subjektů je už to, že data jsou zachycována ze strany sítě. Z tohoto aspektu je bráno i řešení diskutované v této práci. Počítá s tím, že data jsou zachycována na straně GSM sítě s tím rozdílem, že mobilní stanice nemusí vykazovat aktivní komunikaci se sítí. Tímto jsou eliminovány téměř všechny požadavky na držitele mobilních telefonů. Jediná nutná podmínka je, aby mobilní telefon byl zapnutý. Mapování pohybu je v tomto případě založeno na datech získaných přecházením mobilní stanice mezi jednotlivými buňkami sítě a tím, že může být zcela pasivní, nejsou zde kladeny žádné nároky na jejího držitele. Tímto způsobem by mohla být monitorována mobilita lidí v masovém měřítku, a výsledky získané analýzou takto nabytých dat by zajisté měly poněkud odlišný charakter.

2.3 Filosofie řešení

Základní myšlenkou této práce je, zda by skutečně bylo možné z dat zachycených v GSM síti při pouhém přemísťování se pasivních mobilních telefonů po jednotlivých buňkách sítě, odvodit nějaké

relevantní a přínosné závěry, vypovídající o časoprostorové mobilitě jejich držitelů. V důsledku toho, že tato data nejsou mobilními operátory v České republice poskytována, vyvstala myšlenka situaci uměle nasimulovat a následně podrobit analýze, aby bylo zřejmé, zda by tato metoda ve skutečném provozu mohla být určitým způsobem přínosná či nikoli.

První fáze realizace této myšlenky spočívá ve vytvoření modelu virtuálního obyvatelstva. Je nutné specifikovat a parametrizovat jednotlivé možné profily samotných uživatelů mobilních telefonů a následně i profily pohybů, které mohou vykazovat. Na základě vytvořeného modelu je pak navrhnout generátor datové sady. Vzniklá datová sada reprezentuje časoprostorové chování jednotlivých mobilních telefonů, resp. jejich držitelů během všech dní v týdnu.

Další fází je návrh simulátoru pohybu virtuálních obyvatel po městě. Zdrojem vstupních parametrů simulátoru je datová sada, vygenerovaná v předchozí fázi. Program algoritmicky pracuje nad daty reprezentujícími chování mobilních telefonů v prostoru a čase, a simuluje jejich pohyb po silniční síti města, respektive chodnicích. Na základě nasimulovaného pohybu jsou programově odvozována data generovaná jednotlivými základnovými stanicemi při přechodu mobilních telefonů mezi buňkami sítě.

Předmětem třetí, předposlední fáze, je navržení a vytvoření aplikace, jejímž vstupem je datová sada, obsahující data vygenerovaná základnovými stanicemi. Hlavním cílem této aplikace je odvození pohybů mobilních telefonů na základě dat vygenerovaných jejich pohybem v GSM síti. Nad takto odvozeným pohybem jsou vytvořeny statistiky, které pohyb dokumentují.

Poslední fáze se zabývá analýzou informací vyextrahovaných z dat generovaných základnovými stanicemi. Smyslem je porovnat, z jaké míry pohyb mobilních telefonů odvozený ze zachycených dat, odpovídá původnímu pohybu simulovanému nad daty vstupní datové sady, který byl vlastně podnětem pro generovaná data. Z výsledků srovnání statistik charakterizujících původní a odvozený pohyb, je pak možné vyvodit závěr, v jaké míře může být diskutovaná metoda efektivní.

3 Teoretický základ

3.1 Time geography

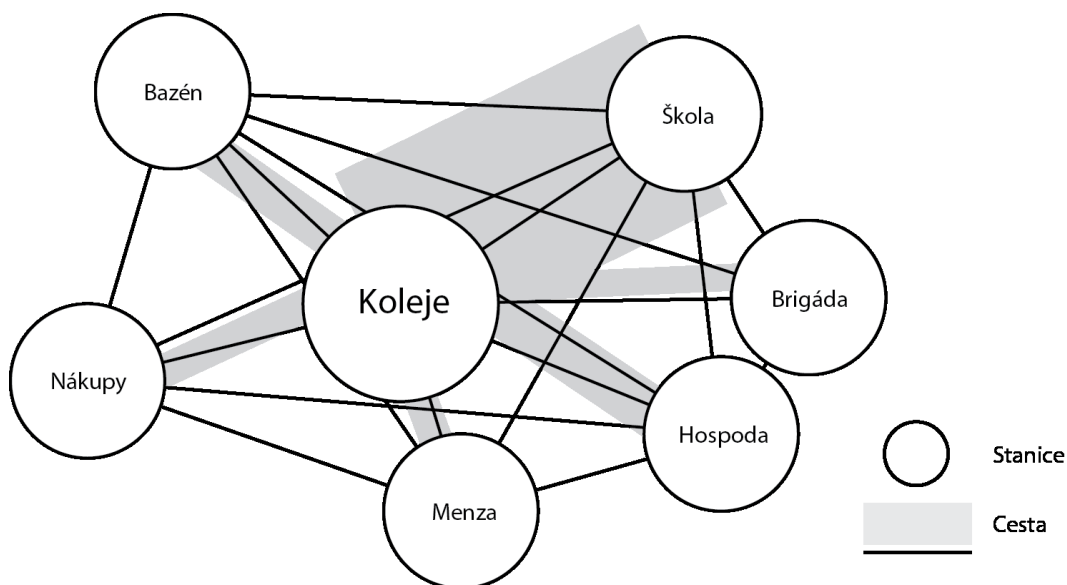
Geografie času neboli time geography vznikla v 70. letech 20. století na univerzitě v Lundu ve Švédsku. Jejím vzniku předcházela řada změn myšlení v oblasti socioekonomické geografie. Do této doby věnovali sociální geografové pozornost převážně prostorovým atributům prostředí. Až Lundská škola přidala k prostorovým atributům jako rovnocennou složku čas. Přístup time geography tedy propojuje jedinečnost času a jedinečnost místa, se kterým je daný časový okamžik neoddělitelně spjat. Podmínky pro časově-geografický výzkum se výrazně zlepšily s rozvojem lokalizačních technologií, které umožnily získávat geograficky přesná data a otevřely tak dveře k využití geografickým informačním systémům, což zdatelně rozšířilo dosavadní možnosti geografie času.

3.1.1 Základní pojmy

Geografie času definuje celkem 52 konceptů, díky kterým je možné pochopit projevy jistých událostí a sociálních interakcí a mnoho doplňujících pojmů popisujících základní stavební kameny této disciplíny. V této kapitole bude uvedeno jen několik vybraných z nich a to ty, které byly využity jako teoretický základ při tvorbě modelu virtuálních obyvatel.

Stanice (Stations)

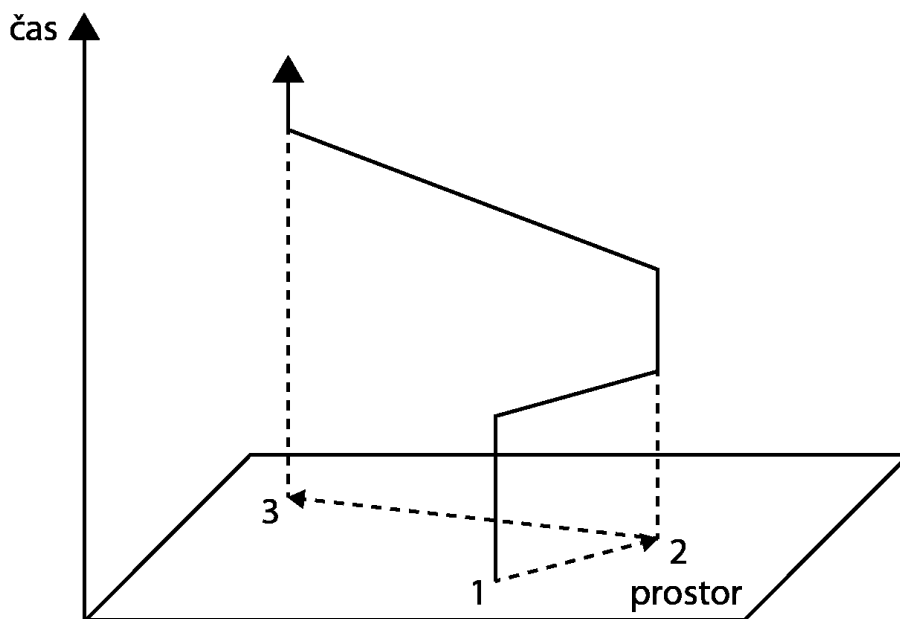
Stanice jsou lokality, kde jedinci tráví čas a realizují určité aktivity, pohybují se mezi nimi nebo si posílají zprávy za účelem sociální, ekonomické nebo kulturní spolupráce. Objevují se v prostoru v různém množství a koncentraci a vytváří struktury s různými relativními vzdálenostmi. Stanicí se stává každé místo, na kterém se jedinec nějakou dobu vyskytuje. Typickým příkladem je bydliště, práce, škola nebo nákupní centrum.



Obrázek 3: stanice zájmů

Cesty (Paths)

Život jedince je kontinuální proces, ve kterém je v každém časovém okamžiku vázán na konkrétní místo a aktivitu. Cestou rozumíme trajektorii, na kterou se jedinec promítne do prostoru. Význam počátečního a koncového bodu může být různý s ohledem na jakou část životního cyklu jedince je nahlíženo. Cesty jsou spojnicemi mezi jednotlivými stanicemi. Rychlosti přesunu po dané cestě odpovídá její strmost a doba strávená jedincem jednotlivé stanici je dána výškou kolmé části cesty.



Obrázek 4: časoprostorové vyjádření cesty

Činnosti (Activities)

Veškeré konání jedince je spjato s prostorem a časem a činnosti ve smyslu geografie času jsou brány jako jednotlivé části tohoto konání. Činnosti mohou být jednotlivci prováděny samostatně, nebo jsou koordinovány s jinými a lze je hodnotit z několika různých pohledů. Tyto aspekty jsou:

- Trvání - kvantifikovaná délka jednotlivých činností
- Časování - časové rozmezí, ve kterém jsou činnosti realizovány
- Frekvence - jak často jsou činnosti vykonávány
- Sekvence – množství činností není vykonáváno nezávisle na jiných. Sekvence určuje jejich posloupnost na základě vzájemné provázanosti a závislosti

Projekt (Project)

Projekt lze definovat jako souhrn činností vedoucích ke splnění daného cíle. Projekty se mohou lišit svým trváním a na základě toho je možné je rozdělit na dlouhodobé a krátkodobé. Příkladem dlouhodobého projektu je třeba dosažení vysokoškolského titulu a příkladem krátkodobého zase třeba uvaření večeře. Další možné dělení je na skupinové a individuální. Projekty mezi sebou mohou konkurovat a překážky k jejich splnění mohou představovat různá omezení.

Omezení (Constrains)

Omezení lze nazvat každou překážku, která jedinci brání v dosažení určitého cíle. Geografie času definuje tři typy omezení ve vztahu k fyzickým, sociálním nebo duševním možnostem jedince.

- Omezení dána schopnostmi (capability constrains)

Tato omezení jsou určena hlavně fyziologií jedince nebo pak jeho způsobilostí vykonávat určité aktivity.

- Omezení dána autoritou (authority constrains)

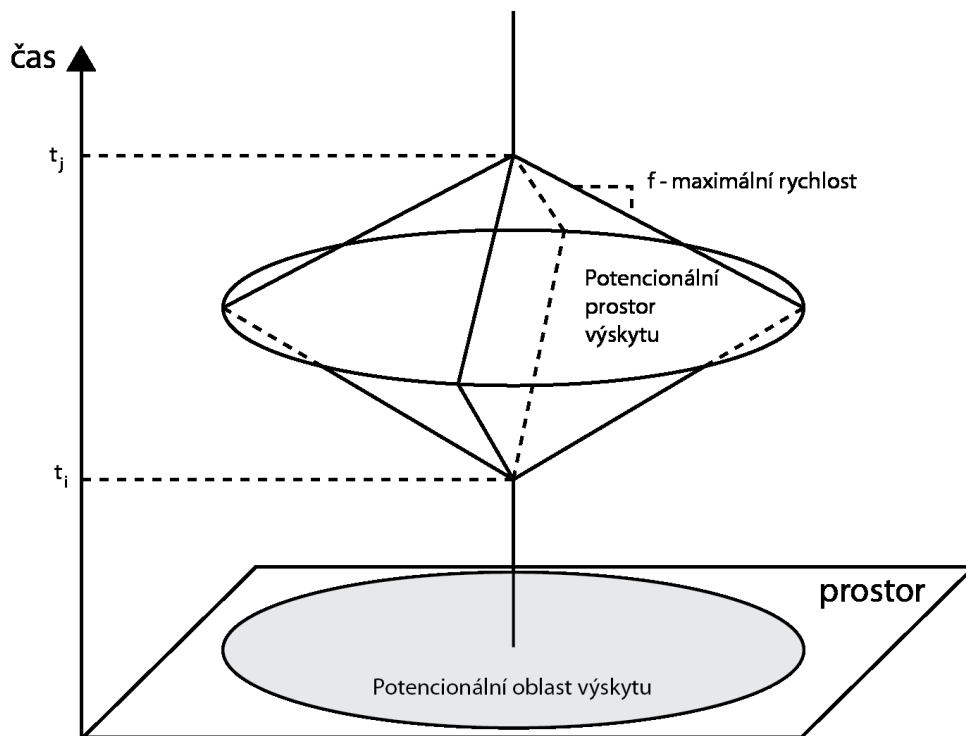
Tato omezení jsou určena mocenským systémem společnosti. Dají se obecně rozdělit na psaná, která jsou tvořena různými zákony, vyhláškami, a nepsaná tvořena na základě zvyklostí nebo etického kodexu.

- Omezení dána schopností setkat se (coupling constrains)

Určité činnosti není možné realizovat bez interakce s jinými jedinci, což vyžaduje jistou míru koordinace. Individuální rozhodování jedince jakou aktivitu bude v jakém čase a na jakém místě vykonávat je omezeno obdobným rozhodováním zbytku společnosti.

Prisma (Prism)

Prizma definuje možnosti budoucího výskytu jedince v prostoru, které vycházejí ze znalosti současné lokace v prostoru a čase a rychlosti přemístování. Vzniká odvozením od základního lidského principu využívání prostoru a to principu návratu. Jedinec se například každý den vrací na místo bydliště.



Obrázek 5: jednoduchý model prizmatu

Dosažitelný akční prostor (Potential action space)

Dosažitelný akční prostor definuje potenciální prostor, kde všude by se mohl jedinec nacházet v jistém časovém intervalu. Jeho velikost je velmi individuální v závislosti na sociálně ekonomickém statutu jedince. Dosažitelný akční prostor principiálně odpovídá prismatu.

Skutečný prostor aktivit (Actual activity space)

Skutečný prostor aktivit je určen lokalitami, ve kterých se jedinec během určitého časového intervalu skutečně nacházel.

Pravidelné postupy (Routines)

Jestliže jedinec s určitou pravidelností opakuje činnosti v jistých časových intervalech, jedná se o tak zvané pravidelné postupy neboli rutiny. Ty mohou mít sociální charakter, jestliže se jedinci určitým způsobem vzájemně ovlivňují, ale mohou být i individuálního charakteru.

Kontextuální rámec (Contextual frame)

Každá činnost probíhající v prostoru a čase je hodnocena jako součást širokého spektra vzájemně se ovlivňujících událostí a jevů a lze na ni pohlížet z různých úhlů pohledu. Je proto vhodné a téměř i nutné vždy specifikovat kontextuální rámec, ve kterém jsou sledované události realizovány. Jsou definovány 4 typy kontextuálních rámců, vystihující nejdůležitější souvislosti mezi jedincem, jeho chování v prostoru a čase a prostředím.

- **Projektový kontext**

Tento kontext je v úzké souvislosti s konceptem projektu a zahrnuje soubor různorodých činností vykonávaných jedincem za účelem naplnění určitého dlouhodobého či krátkodobého cíle.

- **Každodenní kontext**

Každodenní kontext se zaobírá činnostmi vedoucími k naplnění různých projektů, vykonanými v rámci jednoho dne.

- **Sociální kontext**

V rámci sociálního kontextu je zkoumáno, jakým způsobem jedinec při vykonávání určitých činností kooperuje s ostatními jedinci.

- **Geografický kontext**

Řeší otázku, v jakých stanicích jsou vykonávány jednotlivé činnosti, jakým způsobem se mezi nimi jedinec pohybuje a kolik času spotřebuje během přesunu.

Časoprostorový harmonogram (Time-space budgets)

Účelem časoprostorového harmonogramu je zaznamenávání kontinuálních činností jedince po určité časové období. Jedná se většinou o kratší časové intervaly, řádově dny nebo týdny. Tyto harmonogramy vypovídají o tom, jakým způsobem jedinec spotřebovává a využívá čas. Nutnou součástí každého časoprostorového harmonogramu je údaj o lokalizaci a časovém období, ve kterém jedinec vykonává určitou činnost. Při zasazení do každodenního kontextu se jedná o spojitou řadu činností probíhajících v průběhu 24 hodin.

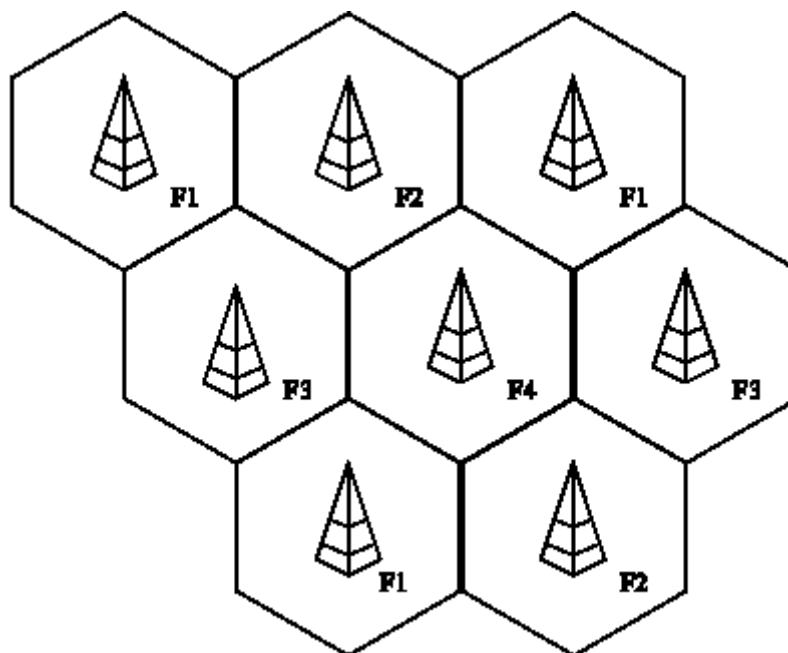
3.2 Systém GSM

3.2.1 Úvod

Systém GSM (Global System for Mobile Communications) je druhou generací mobilních systémů a lze jej charakterizovat jako digitální buňkový mobilní radiofonní systém. Je plně standardizován prostřednictvím ETSI (European Telecommunications Standards) Institute a masově využíván po celém světě. Strukturu GSM sítě tvoří celulární systém.

3.2.2 Celulární síť

Komunikace v GSM síti je uskutečňována prostřednictvím rádiových vln určitých frekvencí, které jsou pevně stanoveny. Pravomoc přidělování frekvencí jednotlivým operátorům má jen státní orgán pověřený správou frekvenčního spektra a každý operátor jich může v rámci své licence dostat jen velmi omezený počet. Rozsahy frekvencí přidělených jednotlivým operátorům se mohou lišit, ale nikdy nestačí na to, aby mohl operátor každému hovoru uvnitř své sítě přidělit samostatný komunikační kanál na jedinečné frekvenci. Řešením je vícenásobné používání stejných frekvencí, což v praxi znamená, že různé hovory ve stejnou dobu jsou přenášeny na shodné frekvenci. Aby se hovory využívající stejnou frekvenci vzájemně neovlivňovaly, je struktura celé sítě definována jako celulární systém. Princip celulárního systému spočívá v rozdělení obsluhované oblasti, na vhodně velké části, které jsou označovány jako buňky (cell). Uspořádání buněk je takové, že každá buňka má přidělenou určitou frekvenci a žádná z bezprostředně sousedících buněk nemůže využívat stejnou frekvenci. Jediné omezením je počet souběžných hovorů v jedné buňce a to do počtu frekvencí, které má buňka k dispozici. Pokud je potřeba zvýšit počet souběžně probíhajících hovorů na určitém území, je nutné vytvořit hustější síť buněk. Uvnitř každé buňky je umístěna základnová stanice BTS, která komunikuje s mobilními účastníky, kteří se nacházejí v dané buňce. (Obr [6])



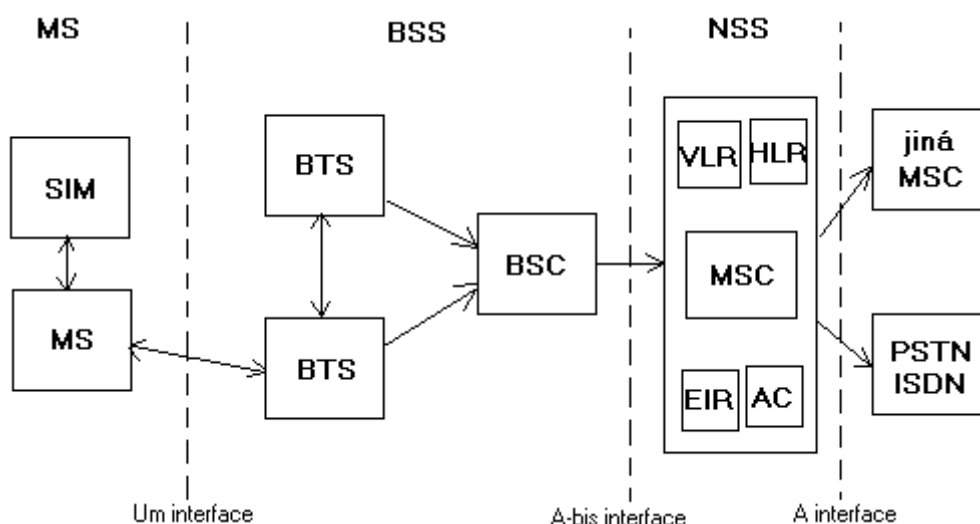
Obrázek 6: buňkový systém

Podle velikosti pokrytí jsou buňky rozdělovány do několika typů.

- Velké buňky, mají poloměr zpravidla větší než 3 km ale maximálně 35 a antény bývají umístěny nad nejvyšším bodem okolní zástavby.
- Malé buňky, mají poloměr menší než 3 km a antény jsou umístěny pod nejvyšším bodem okolní zástavby.
- Mikrobuňky, mají poloměr menší než 300 m a mají antény základnových stanic pod úrovní střech a okolních budov; signál se zde šíří v uličních "kaňonech" díky rozptylu a ohybu kolem těchto budov.
- Uvnitř budov a v místech s vysokou koncentrací osob mohou být použity pikobuňky, které zpravidla mívají dosah jen několik desítek metrů.

3.2.3 Subsystémy sítě GSM

GSM síť je rozdělena do tří základních subsystémů. Schématické znázornění na obrázku (Obr.)



Obrázek 7: schématické znázornění sítě

MS - Mobilní stanice

MS je označení pro subsystém mobilních stanic. Podle specifikací *GSM* se mobilní stanicí rozumí jednak vlastní přijímač/vysílač (mobilní telefon) a jednak modul (karta) *SIM* (Subscriber Identification Module), pomocí kterého je účastník identifikován v síti. Každá mobilní stanice je identifikována číslem *IMEI* (International Mobile Equipment), jenž je uloženo v její paměti.

IMEI je patnáctimístné číslo jedinečné ve světovém měřítku a nikdo jej nemůže modifikovat.

Struktura je následující:

- Kód schváleného typu (6 míst)
- Závěrečný montážní kód (2 místa)
- Sériové číslo (6 míst)
- Rezervní číslo (1 místo)

Ke zjištění IMEI existuje jeden univerzální kód ***#06#**, který zobrazuje IMEI u většiny mobilních telefonů.

BSS (Base Station Subsystem)

S tímto subsystémem přímo komunikují mobilní stanice (mobilní telefony) prostřednictvím rádiového rozhraní *Um*, někdy nazývaného taky *Air interface*. Subsystém *BSS* se skládá z určitého počtu základnových stanic *BTS* a řídicí jednotky *BSC* (*Base Station Controller*).

BTS (Base Transceiver Station)

BTS umožňuje fyzické spojení mobilní stanice (*MS*) ve formě rádiového rozhraní a síťového subsystému *NSS* přes *Abis* rozhraní. Udržuje a monitoruje spojení s mobilní stanicí.

Podle doporučení může stanice *BTS* obsahovat až 16 směrových modulů *TRX* (vysílač/přijímač). Ve skutečnosti se však jejich počet pohybuje od jednoho do čtyř.

BSC (Base Station Controller)

Řídicí jednotka *BSC* se stará o provoz rádiového rozhraní. Přiděluje uvolňuje rádiové kanály pro komunikaci *BTS* s mobilní stanicí, komunikuje s ústřednou a stará se o *handover* (předávání hovoru mezi buňkami). *BSC* ovládá více *BTS* (teoreticky až 48 *BTS*, ale bývá ponechávána rezerva) a komunikuje s ní pomocí rozhraní *Abis*.

NSS (Network and Switching Subsystem)

NSS je zkratka pro síťový a spínací subsystém, jehož hlavní funkcí je řízení komunikace mezi mobilními účastníky sítě *GSM* a ostatními účastníky. Z jedné strany je *NSS* napojen na subsystém *BSS* a z druhé strany na všechny dostupné externí sítě. Mimo klasické přepojovací funkce plní další úkoly vyplývající z mobility účastníků - obsahuje databáze účastníků a sleduje jejich pohyb.

Mobilní spínací ústředna MSC (Mobile services Switching Centre).

Zjednodušeně se dá říct, že slouží jako klasická ústředna v pevné síti. Sestavuje jednotlivá spojení v rámci mobilní sítě i směrem do ostatních sítí (pokud má funkci „brány“ tj. *GMSC*). Kontroluje přidělení kanálů, eviduje všechny uživatele a účtují se zde hovory. (*BSC* komunikuje s *MSC* pomocí *A* rozhraní)

Domovský lokalizační registr HLR (Home Location Register)

Jedná se o databázi, kde jsou shromážděny údaje o všech registrovaných účastnících. Každá *GSM* síť má tento registr pouze jeden. Jsou zde uložena čísla *IMSI* (identifikační čísla *SIM* karty), údaje o

dostupných službách a údaj o lokalitě účastníka (do jakého registru VLR byla data o účastníkovi zkopírovaná). Každý účastník je vždy registrován jen v jediné databázi HLR (většinou v místě, kde byla zakoupena SIM karta), aby se tak předešlo nežádoucím chybám vyplývajícím z nesynchronizovaných údajů, proto také mohou ostatní ústředny MSC přistupovat do databází HLR ostatních MSC sítě operátora je vždy minimálně jeden registr HLR, ale může jich být i více.

Návštěvnícký lokalizační registr VLR (Visitor Location Register)

Tento registr uchovává přechodně aktuální informace o mobilních účastnících pohybujících se v oblasti příslušné MSC. Jedná se o dočasnou neúplnou kopii HLR. Vždy, když se účastník přihlásí k dané MSC, zkopírují se do příslušného registru VLR data z hlavního registru HLR (identifikační IMSI a údaje o dostupných službách. VLR na základě čísla IMSI generuje dočasné identifikační číslo TMSI a zároveň přidá číslo LACI, které určuje oblast výskytu účastníka. Jakmile uživatel opustí oblast dané MSC, jsou tyto data zrušeny. Každá MSC má svůj registr VLR a většinou je již integrován přímo v hardware MSC.

Autentizační centrum AuC (Authentication Centre)

AuC je chráněná databáze obsahující klíče pro ověřování účastníků. Ověřuje totožnost každého účastníka před zahájením komunikace a zabezpečuje tak ochranu proti zneužití systému GSM. Bývá součástí HLR. Bloky HLR a AuC mohou být využívány i několika ústřednami MSC. Službu AuC využívá např. VLR (hledání v databázi AuC je na základě čísla IMSI).

Registr mobilních stanic EIR (Equipment Identity Register)

Tato databáze obsahuje identifikační čísla IMEI mobilních telefonů. Pomocí EIR se tak dá zamezit neoprávněnému používání mobilního telefonu. U některých telefonů se ale dá toto číslo lehce změnit. V současnosti se však vyrábí i telefony s nezměnitelným identifikačním číslem. EIR je těsně propojen s AuC a je pouze jeden v celé síti operátora. (v databázi EIR se hledá na základě identifikačního čísla mobilního telefonu)

Operační a podpůrný subsystém - OSS (Operation and Support Subsystem)

OSS je část systému GSM, která má na starost provoz a údržbu celého systému. Zajišťuje zároveň záležitosti finančního charakteru (tarifikace účastníků, evidence plateb, apod.)

Provozní a servisní centrum OMC (Operations and Maintenance Centre)

Řídí chod ostatních subsystémů (BSS, NSS), je odpovědné za ovládání a údržbu MSC, BSC a BTS.

Centrum managementu sítě NMC (Network Management Centre)

Podílí se na správě mobilních stanic - tyto stanice monitoruje. Zajišťuje celkové řízení toku informací v síti.

Administrativní centrum ADC (Administrative Centre)

Podílí se na správě a managementu účastníků sítě GSM. (tarifikace účastníků, registrace (aktivace), placení účtů apod.

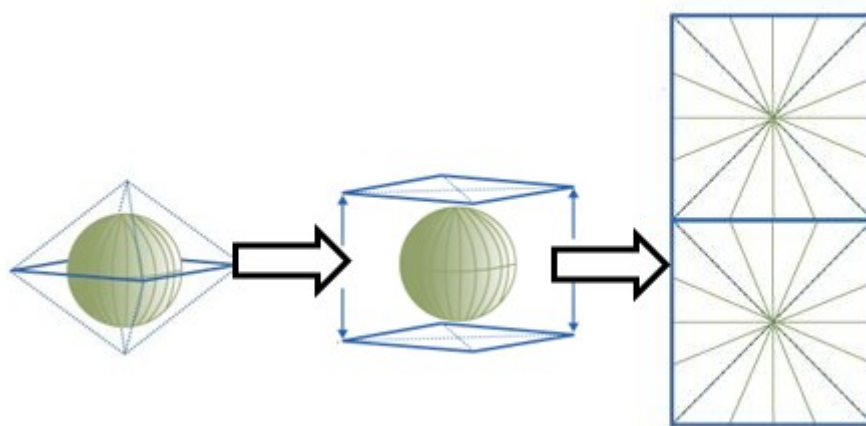
4 Použité technologie a nástroje

4.1 Prostorová data v Microsoft SQL Serveru

Microsoft SQL Server poskytuje komplexní podporu prostorových dat od své verze 2008. Datové typy reprezentující data v prostoru jsou implicitní součástí SQL Serveru 2008, a není tedy potřeba řešit nějaké dodatečné instalace. Spatial datové typy však nejsou součástí serveru jako například datový typ integer, nýbrž jsou v databazovém jádru implementovány jako uživatelem definovaný datový typ, jenž je implementován jako CLR (Common Language Runtime) rozšíření.

4.1.1 Datové typy prostorových dat

Za účelem reprezentace prostorových dat jsou v SQL Serveru implementovány dva speciální datové typy *geometry* a *geography*. Typ *geometry* je primárně určen pro reprezentaci planárních dat v konečném prostoru (v rovině vymezené souřadnicemi) a typ *geography* k reprezentaci stejných dat avšak na geodetickém elipsoidu, což vyžaduje větší opatrnost a pozornost při jeho používání. Plocha geodetického elipsoidu musí být totiž podrobena konkrétní projekci do roviny, kterou MS SQL Server 2008 realizuje tak, že každou polokouli promítne na stěny čtyřbokého jehlanu. Vzniklé dva jehlany poté zploští, čímž vzniknou dva rovinné útvary, které jsou na závěr spojeny do jedné roviny. Proces i výsledek projekce je zachycen na obrázku [8].



Obrázek 8: proces projekce

4.1.2 Prostorové indexy

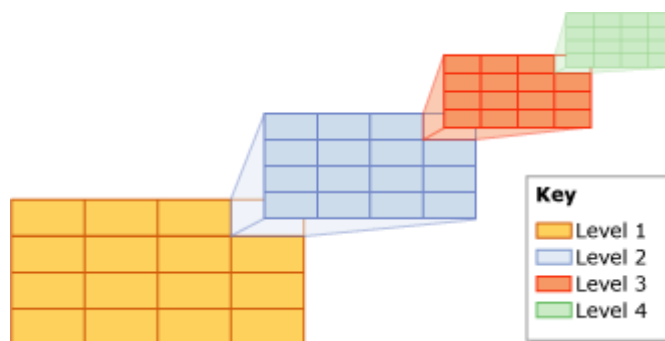
Prostorový index může být definován pouze na sloupci, jenž je datového typu *geometry* nebo *geography*, v tabulce, která má specifikován primární klíč. Maximální počet indexů nad jednou tabulkou je 249.

Definice indexů jsou pro datový typ *geometry* a *geography* rozdílné, což vychází z odlišných dat, které tyto datové typy představují.

Prostorový index je tvořen standardním B stromem. Dekompozice je prováděna ve čtyřech úrovních pomocí mřížky (obrázek [1]) a při tvorbě indexu je možné specifikovat, jak hustá mřížka na každé úrovni bude:

Možné typy hustoty mřížky

- LOW = 4×4
- MEDIUM = 8×8
- HIGH = 16×16



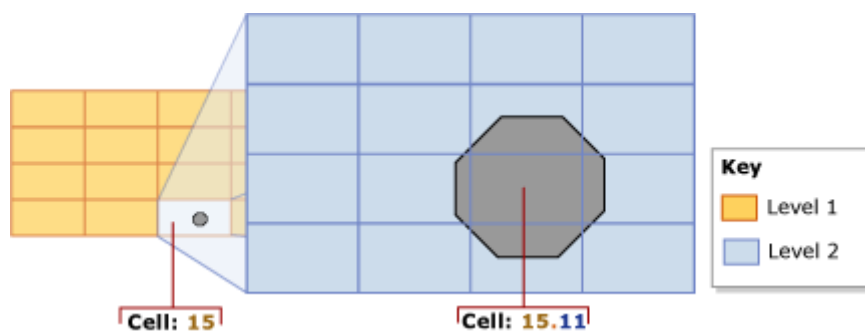
Obrázek 9: spatial index

Jakmile je prostor rozdělen do mřížky, je třeba přečíst jednotlivé řádky a vytvořit index. Tento proces zvaný teselace, je založen na průchodu jednotlivých řádků a přiřazení buněk, ve kterých se objekt nachází (nebo se jich dotýká). Aby se počet těchto buněk držel na rozumné hodnotě, existuje několik pravidel, která jej limitují.

Pravidla teselačního procesu:

- covering rule (obrázek [2])

Jestliže objekt vyplňuje celou buňku, pak je tato buňka označena za vyplněnou objektem. Vyplněné buňky jsou počítány, zaznamenány do indexu a už nejsou opětovně nikdy teselovány.



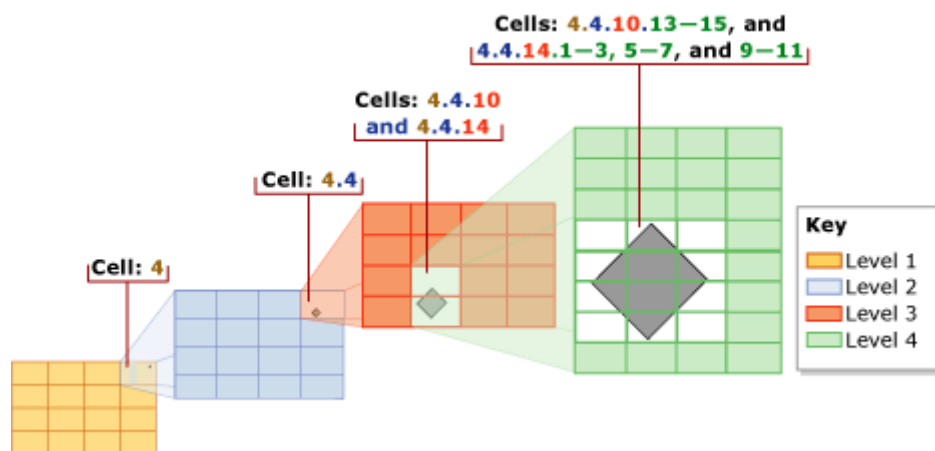
Obrázek 10: pravidlo pokrytí

- cells-per-object rule

Toto pravidlo specifikuje maximální povolený limit buněk, které může objekt pokrýt nebo se jich dotýkat. Na nižších úrovních se pravidlo aplikuje na vymezení množství informací, které mohou být o objektu zaznamenány.

- deepest-cell rule (obrázek [11])

Toto pravidlo generuje nejlepší možnou aproximaci objektu, díky zaznamenání pouze buněk nejnižší úrovně, které s incidují.



Obrázek 11: pravidlo nejnižší buňky

Významným parametrem při tvorbě prostorového indexu je omezující obdélník, ve kterém se objekty

nachází. Je-li specifikovaný obdélník příliš velký, je plýtváno zdroji na plochu, která není pokryta žádným objektem. Na druhou stranu je-li specifikovaný obdélník příliš malý, může se později stát omezujícím.

Pro tvorbu prostorových indexů samozřejmě neexistuje žádné pravidlo, které by bylo universální a správné pro všechny možné případy. Je důležité brát v potaz charakter prostorových dat, která jsou ukládána a také složitost dotazů, které budou nad těmito daty vykonávány.

Díky možnosti vytváření většího množství indexů s rozdílnou hustotou mřížky v různých úrovních, však nebývá problém obstojně postihnout většinu typů dotazů, které bude nucen databázový stroj řešit.

4.1.3 SRID

Každé instanci prostorových dat náleží prostorový identifikátor SRID (Spatial Reference Identifier). Tento identifikátor koresponduje s prostorovým referenčním modelem, založeném na specifickém elipsoidu, který je používán pro mapování všech planárních prostorových dat i dat zachycených pomocí projekce z geodetického elipsoidu.

SQL Server 2008 podporuje SRID podle EPSG (European Petroleum Survey Group) standardu. Všechny podporované identifikátory naleznete dotazem do `sys.spatial_reference_systems`.

```
SELECT * FROM sys.spatial_reference_systems
```

Část výsledku na výše uvedený dotaz vráceného Microsoft SQL Server Management studiem je zobrazen na obrázku [12]. Velmi častou používanou hodnotou SRID je 4326, která reprezentuje souřadnicový systém WGS84, jak je také vidět na obrázku [12]. Hodnota SRID pro souřadnicový systém JTSK používaný v České republice je 4156.

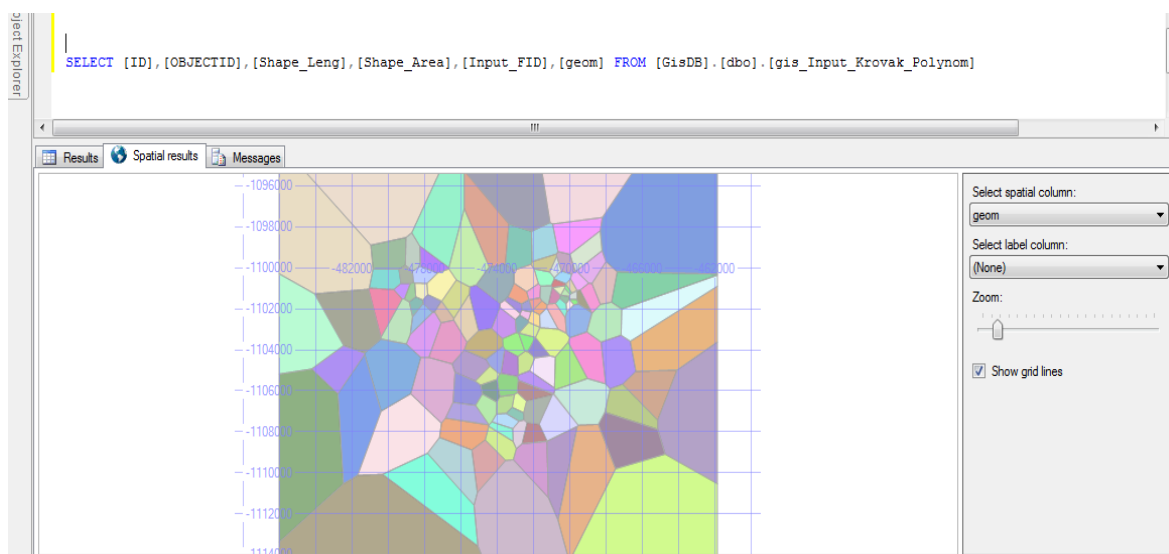
spatial_reference_id	authority_name	authorized_spatial_reference_id	well_known_text	unit_of_measure	unit_conversion_factor	
178	4319	EPSG	4319	GEOGCS["KUDAMS", DATUM["Kuwait Utility", ELLIPSOID[...	metre	1
179	4322	EPSG	4322	GEOGCS["WGS 72", DATUM["World Geodetic System 197...	metre	1
180	4324	EPSG	4324	GEOGCS["WGS 72BE", DATUM["WGS 72 Transit Broadca...	metre	1
181	4326	EPSG	4326	GEOGCS["WGS 84", DATUM["World Geodetic System 198...	metre	1
182	4600	EPSG	4600	GEOGCS["Anguilla 1957", DATUM["Anguilla 1957", ELLIPS...	metre	1
183	4601	EPSG	4601	GEOGCS["Antigua 1943", DATUM["Antigua 1943", ELLIPS...	metre	1
184	4602	EPSG	4602	GEOGCS["Dominica 1945", DATUM["Dominica 1945", ELLI...	metre	1
185	4603	EPSG	4603	GEOGCS["Grenada 1953", DATUM["Grenada 1953", ELLIP...	metre	1

Obrázek 12: výsledek dotazu na SRID

Prostorová data uložena v jednom sloupci mohou být opatřena různými SRID, nicméně pouze na data, která mají SRID shodný, je možné aplikovat prostorové funkce, které SQL Server podporuje.

4.1.4 Vizualizace

SQL Server Management Studio 2008 nabízí možnost zobrazení výsledku dotazů nad prostorovými daty v sekci Spatial Result (Obrázek [13]). Je-li proveden dotaz nad tabulkou obsahující sloupec s daty typu *geometry* nebo *geography*, je možné kromě klasického textového výsledku dotazu zobrazit i jeho grafickou podobu. Tato schopnost management studia je velmi přínosná zejména v případech, kdy se chce uživatel rychle přesvědčit, jestli jsou uložena data správná, a zda je jejich rozložení v prostoru korektní. Maximální počet záznamů, které je Management studio ve Spatial Result schopno zobrazit je 5000.



Obrázek 13: spatioal výsledek

4.2 ArcGIS

Produkt ArcGIS od ESRI je díky své integritě, škálovatelnosti a otevřenosti jedním z nejkompexnějších geografický informační systémů. Spolu s bohatými možnostmi datových modelů a správy dat disponuje také výkonnými nástroji pro editaci, analýzu a modelování geografických dat.

ArcGIS je souborem několika částí, které mohou být sestaveny do jednoho desktop systému nebo rozloženy do heterogenní počítačové sítě pracovních stanic a serverů. Uživatelé tak mohou seskupit různé části systému a vytvořit geografický systém libovolné velikosti. Při uživatelských úpravách software a při vývoji aplikací ArcGIS mohou uživatelé využít velkého množství zveřejněných SDK (např. SDK pro .NET Framework, Java platform, COM a další) k naprogramování vlastních funkcí.

ArcGIS je založen na průmyslových standardech, např. ISO, OGIS, FGDC, aj. a do značné míry je nezávislý na platformě a na použitém databázovém systému, na kterých jsou databázové a internetové servery provozovány.

4.2.1 Datový model

ArcGIS podporuje uložení dat prostřednictvím následujících třech datových modelů:

- Shapefile
- Personal Geodatabase (osobní databáze)
- File Geodatabase (souborová databáze)

Shapefile je tvořen minimálně třemi soubory (*SHP* - kresba, *SHX* – indexový soubor, *DBF* – atributy v tabulce dBASE). Důležitý je taktéž soubor *PRJ*, který obsahuje údaje o souřadnicovém systému souboru. Výhodou Shapefile je snadná přenositelnost a jednoduchost ovšem pro uložení většího počtu dat není vhodný, protože neumožňuje práci s topologií, doménami, subtypy, nebo prostorově závislými atributy. Shapefile také obsahuje data vždy jen k jednomu geometrickému typu (bod, linie, polygon).

Personal Geodatabase ukládá data do jediného *MDB* souboru (Microsoft Access) až do velikosti 2GB.

File Geodatabase je tvořena adresářem *NAZEV.GDB*, který obsahuje soubory s daty. Výhodou je neomezená velikost a rychlost odezvy oproti Personal Geodatabase. Obě geodatabáze umožňují práci s topologií, doménami, subtypy či prostorově závislými atributy. Nevýhodou může být horší přenositelnost. Obě geodatabáze se skládají z jednotlivých tříd prvků, které se mohou sdružovat do datasetů. Pro jednodušší práce je nejvíce vhodné uložení dat v Personal Geodatabase.

4.2.2 ArcToolBox

Jak již bylo řečeno je ArcGIS komplexní prostředek pro práci téměř se všemi druhy prostorově orientovaných dat i dalšími informačními zdroji. Je řešen modulárně tak, že poskytuje tři základní aplikace pro práci a daty. *ArcCatalog*, který je určen pro správu a organizaci dat, *ArcMap* jenž je slouží k zobrazování prostorových dat, vytváření a editaci map a *ArcToolBox*, který obsahuje specifické funkce pro analýzu a správu dat.

Níže je uvedeno jen několik nástrojů, které byly použity v kontextu této práce.

4.2.3 Data Management Tools

General --- Merge

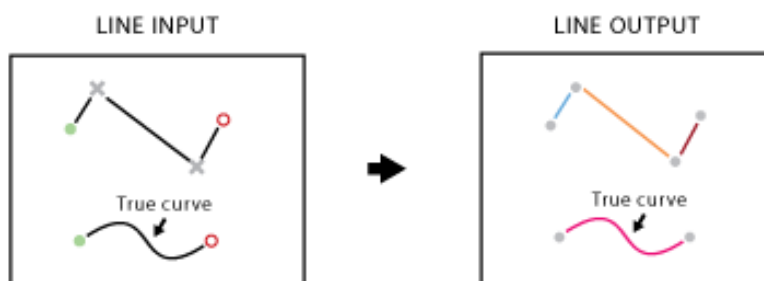
Tento nástroj je schopen zkombinovat více vstupních souborů dat, které jsou stejného typu, do výstupu ve formě jednoho dávkového souboru dat. Kombinovat lze objekty typu bod, linie, polygon nebo i třídy geoprvků (Feature Class) a tabulky.

General --- Delete Identical

Nástroj smaže ve třídě prvků záznamy, které mají identické hodnoty v seznamu definovaných polí. Pokud je definováno pole *Shape*, budou smazány geometricky identické prvky.

Features --- Split Line At Vertices

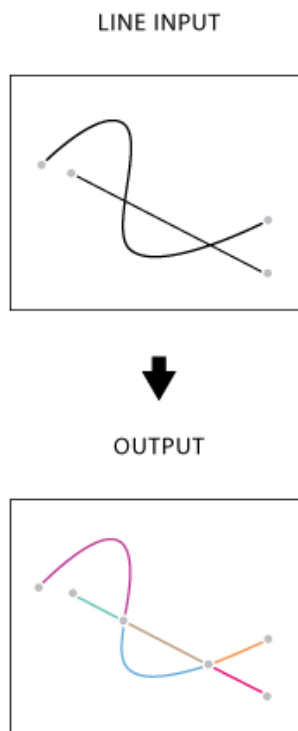
Tato funkce vytvoří třídu geoprvků obsahující linie, které vznikly rozdělením vstupní linie, nebo polygonu, podle vrcholů jimiž byly určeny.



Obrázek 14: aplikace metody split line at vertices

Features --- Feature to Line

Nástroj vytvoří třídu geoprvků složenou z linií, které vzniknou rozdělením původních objektů na dílčí linie v místech jejich vzájemného křížení.

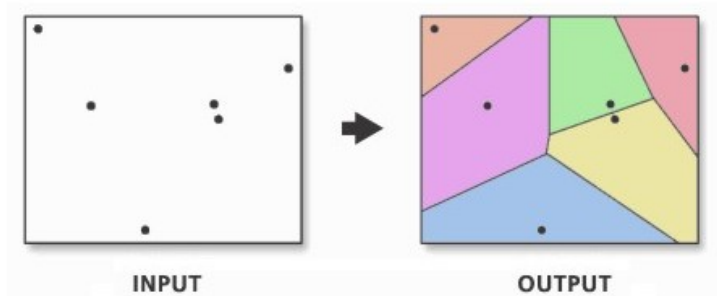


Obrázek 15: aplikace metody feature to line

4.2.4 Analyst Tool

Proximity --- Create Thiessen Polygons

Nástroj vytvoří z bodového vstupu novou třídu geoprvků obsahující Thiessenovy polygony. Každý Thiessenův polygon obsahuje pouze jeden bod ze vstupní třídy, a je zkonstruován tak, že vzdálenost každého bodu ležícího uvnitř polygonu je menší k vstupnímu objektu, kolem kterého byl vytvořen, než k jakémukoliv jinému vstupnímu objektu ležícímu uvnitř jiného polygonu.



Obrázek 16: aplikace metody Create Thiessen Polygons

4.2.5 Network analyst

Network Analyst je jednou z nadstaveb systému ArcGis. Skrze svou robustní funkčnost umožňuje uživatelům řešit nejrůznější problémy pomocí geografických sítí. Jeho funkcionalita mimo jiné zahrnuje řešení několika problémů síťových analýz, jako například

- analýzy podle potřebného času
- nalezení trasy od bodu k bodu
- vytvoření cestovního itineráře
- nalezení nejbližšího střediska obsluhy či zařízení
- nalezení nejkratší cesty
- nalezení optimální trasy
- vymezení oblastí pro obsluhu
- výpočet matice vzdáleností

Výsledky síťových analýz jsou ovlivněny kvalitou sítě do analýzy vstupující. Aby byly výsledky relevantní a použitelné, síť by měla být topologicky korektní a data, kterými je tvořena očištěna od přebytečných nedůležitých atributů.

4.3 Google Directions API

Google Directions API je služba, poskytovaná společností Google, sloužící k výpočtu trasy na s využitím HTTP požadavku. Vstupní parametry pro výpočet trasy mohou být zadány v textovém formátu nebo jako souřadnice souřadnicového systému WGS84 v decimálním tvaru. Tato služba je obecně určena pro výpočet tras mezi statickými objekty. Není vhodná pro určování tras v reálném čase mezi objekty, které jsou v pohybu.

4.4 Limity

Běžné používání Google Direction API je limitováno počtem 2 500 dotazů na službu během jednoho dne. Každý požadavek může obsahovat maximálně 8 bodů, kterými má být trasa vedena. K dispozici je i prémiový účet, jenž je omezen limitem 100 000 dotazů během dne a maximálně 23 bodů v každém požadavku. Dalším omezujícím faktorem, se kterým je potřeba počítat je délka URL, a to 2048 znaků.

4.5 Požadavek na službu

Požadavek obsahující dotaz na službu je možné poslat s využitím protokolu HTTP i HTTPS ve tvaru

```
http://maps.googleapis.com/maps/api/directions/output?parameters
```


Výstup (output) může nabývat následujících dvou hodnot

- *json* - značí výstup v JavaScript Object Notation (JSON)
- *xml* - označuje výstup v XML formátu

4.5.1 Parametry požadavku

Určité parametry jsou povinné, jiné jsou volitelné. Oddělovačem mezi jednotlivými parametry je znak ampersand (&).

Výpis důležitých parametrů a hodnot, kterých mohou nabývat:

- *origin* (povinný) – adresa nebo textový údaj zeměpisné šířky a délky, ze které je požadován výpočet trasy
- *destination* (povinný) – adresa nebo textový údaj zeměpisné šířky a délky, do které je požadován výpočet trasy.
- *mode* (volitelný, implicitní hodnota je *driving*) - specifikuje jaký způsob dopravy se využije při výpočtu trasy.
 - *driving* – jedná se o implicitní hodnotu a definuje výpočet trasy za použití dopravních komunikací
 - *walking* – výpočet trasy bude optimalizován pro pěší přepravu, budou využity chodníky a stezky pokud jsou na dané trase dostupné.
 - *bicycling* – výpočet trasy bude optimalizovaný pro jízdní kolo, budou vybírány cyklostezky a komunikace s vyhrazeným pruhem pro cyklisty. (zatím dostupné pouze v USA)
- *waypoints* (volitelný) – specifikují pole trasových bodů. Trasa bude následně přeměřována tak aby těmito body procházela. Použití trasových bodů.
- *alternatives* (volitelný) – pokud je nastaven na *true*, stanoví, že Direction API může poskytnout více než jednu trasu. Poskytnutí alternativních tras může zvýšit odezvu serveru.
- *avoid* (volitelný) – znamená, že vypočítaná trasa by se měla vyhnout komunikacím se specifikovaným parametry.
 - *tolls* – trasa by se měla vyhnout placeným komunikacím, případně mostům
 - *highways* – trasa by se měla vyhnout dálnicím
- *units* (volitelný) – určuje, jaký systém jednotek bude použit pro zobrazení výsledku.
 - *metric* – specifikuje využití metrického systému. Vzdálenosti budou uvedeny v kilometrech a metrech.
 - *imperial* – specifikuje využití imperiálního systému. Vzdálenosti budou uvedeny v mílích a stopách.
- *region* (volitelný) - kód regionu, které jsou uvedeny jako ccTLD („top-level domény“), dvou-charakterové hodnoty.
 - například „uk“ specifikuje Spojené Království (Anglii)

4.5.2 Použití průjezdných bodů při plánování trasy

Při výpočtu trasy přes rozhraní Directions API, je možné specifikovat průjezdní body. Použití průjezdních bodů umožní spočítat trasu vedenou přes konkrétní místa. Naplánovaná trasa povede přes všechny specifikované průjezdní body.

Průjezdní body jsou specifikovány v rámci waypoints parametru a skládají se z jedné případně více adres nebo souřadnic, které jsou odděleny znakem pípa(|).

Ve výchozím nastavení, je spočítána trasa přes všechny průjezdní body v zadaném pořadí. Volitelně lze zadat parametr *optimize*: true jako první argument v rámci waypoints parametru. Takto provede Directions service optimalizaci trasy, optimálním seřazením průjezdních míst. Pro toto seřazení se použije algoritmus Obchodního cestujícího.

4.6 Odpověď služby

4.6.1 Výstup dat ve formátu XML

```
<DirectionsResponse>
<status>OK</status>
<route>
  <summary>I-40 W</summary>
  <leg>
    <step>
      <travel_mode>DRIVING</travel_mode>
      <start_location>
        <lat>41.8507300</lat>
        <lng>-87.6512600</lng>
      </start_location>
      <end_location>
        <lat>41.8525800</lat>
        <lng>-87.6514100</lng>
      </end_location>
      <polyline>
        <points>a~1~Fjk~uOwHJy@P</points>
        <levels>B?B</levels>
      </polyline>
      <duration>
        <value>19</value>
        <text>1 min</text>
      </duration>
      <html_instructions>Head <b>north</b> on <b>S Morgan St</b> toward <b>W Cermak Rd</b></html_instructions>
      <distance>
        <value>207</value>
        <text>0.1 mi</text>
      </distance>
    </step>
    ...
    ... additional steps of this leg
```

```

...
... additional legs of this route
<duration>
  <value>74384</value>
  <text>20 hours 40 mins</text>
</duration>
<distance>
  <value>2137146</value>
  <text>1,328 mi</text>
</distance>
<start_location>
  <lat>35.4675602</lat>
  <lng>-97.5164276</lng>
</start_location>
<end_location>
  <lat>34.0522342</lat>
  <lng>-118.2436849</lng>
</end_location>
<start_address>Oklahoma City, OK, USA</start_address>
<end_address>Los Angeles, CA, USA</end_address>
<copyrights>Map data ©2010 Google, Sanborn</copyrights>
<overview_polyline>

<points>a~l~Fjk~uOnzh@v1bBtc~@tsE`vnApw{A`dw@~w\|tNtqf@l{Yd_Fblh@rxo@b}@xxSfytAblk
@xxaBeJxlcBb~t@zbb@jc|Bx)C`rv@rw|@rlhA~dVzeo@vrSnc}Axf]fjz@xfFbw~@dz{A~d{A|zOxbrBbd
Uvpo@`cFp~xBc`Hk@nurDznmFfwMbwz@bbl@lq~@loPpxq@bw_@v|{CbtY~jGqeMb{iF|n~mbDzeVh_Wr|
Efc\x`Ij{kE}mAb~uF{cNd}xBjp]fulBiwJpgg@|kHntyArpb@bijCk_Kv~eGyqTj_|@`uV`k|DcsNdwxAo
tt@r}q@_gc@nu`CnvHx`k@dse@j|p@zpiAp|gEicy@`omFvaErfo@igQxn1ApqGze~AsyRzrjAb__@ftyB}
pIlo_BflmA~yQftNboWzoAlzp@mz`@|}_@fda@jakEitAn{fB_a]lexClshBtmqAdmY_hLxiZd~XtaBndgC
</points>

<levels>BBBAAAAABAABAAAAAABBAAABBAAAAABBAAABABAAAAABABBAABAABAAAAABABABABBABAABB</leve
ls>
</overview_polyline>
<optimized_waypoint_index>0</optimized_waypoint_index>
<optimized_waypoint_index>1</optimized_waypoint_index>
<bounds>
  <southwest>
    <lat>34.0523600</lat>
    <lng>-118.2435600</lng>
  </southwest>
  <northeast>
    <lat>41.8781100</lat>
    <lng>-87.6297900</lng>
  </northeast>
</bounds>
</route>
</DirectionsResponse>

```

Jak je velmi dobře vidět odpověď ve formátu XML se skládá z jednoho tagu <DirectionsResponse> a dalších dvou prvků:

- "*status*" - obsahuje metadata o požadavku.
 - OK - znamená že odpověď obsahuje platný výsledek
 - NOT_FOUND – značí, že alespoň jedna lokace z počáteční adresy, cílové adresy nebo průjezdních bodů nebyla nalezena.
 - ZERO_RESULTS – znamená, že není možné nalézt cestu mezi cílovým a počátečním bodem
 - MAX_WAYPOINTS_EXCEEDED – znamená, že bylo v požadavku předáno velmi mnoho průjezdních bodů.
 - INVALID_REQUEST – znamená, že odeslaný požadavek je neplatný
 - OVER_QUERY_LIMIT – značí, že služba obdržela příliš mnoho požadavků z dané aplikace v určitém čase
 - REQUEST_DENIED – značí, že služba odmítla použít Direction service pro vaši aplikaci
 - UNKNOWN_ERROR – označuje, že požadavek nemůže být zpracován z důvodu chyby serveru. Problém je možné vyřešit opakováním dotazu.
- "*routes*" – obsahuje pole cest z počátečních souřadnic do cíle. I pokud služba nevrátí žádný výsledek (například pokud cíl neexistuje) stále vrátí prázdné pole routes. Každý element routes obsahuje jednu výslednou trasu ze specifikovaného počátku do cíle. Tato cesta může obsahovat jeden a nebo více prvků legs, což záleží na počtu specifikovaných průjezdních bodů. Dále je obsažen copyright a výstražné informace, které musí být uživateli zobrazeny.
- "*legs*" – obsahuje vnořené elementy leg, které reprezentují dílčí úseky trasy
- "*leg*" – obsahuje seznam elementů steps a dále informaci o délce úseku, nutnou dobu potřebnou k jeho projetí, textovou informaci o adrese startu a cíle, souřadnice startu a cíle
- "*steps*" – každý element step v seznamu steps reprezentuje jednotlivý krok trasy a obsahuje dodatečné informace o délce kroku, době trvání a souřadnice startovního a cílového bodu

5 Analýza system

5.1 Specifikace požadavků

V této části textu budou shrnuty funkční i nefunkční požadavky na vytvářený systém. Specifikované požadavky dokumentují vlastnosti systému, kterými by měl disponovat, služby, jež by měl poskytovat a omezení za kterých by měl pracovat.

5.1.1 Nefunkční požadavky

NFP 01

Definice: Systém bude schopen vytvořit korektní databázi

Specifikace: Systém bude schopen ukládat data do databáze tak, aby mezi nimi nevznikala redundance a byly udržovány v konzistentním stavu.

NFP 02

Definice: Systém bude obsahovat optimalizované dotazy pro zkrácení reakční doby databáze.

Specifikace: Vzhledem k množství a charakteru dat, se kterými bude databáze pracovat, by měla být odezva systému při práci s databází co nejkratší.

5.1.2 Funkční požadavky

FP 01

Definice: Systém bude schopen vytvářet entity osob a přidělovat jim chování.

Specifikace: Systém bude schopen, na základě datového číselníku adresních bodů daného území, tvořit entity osob a těmto algoritmicky přidělovat chování dle nadefinovaných vzorců.

FP 02

Definice: Systém bude schopen entitám přidělovat aktivity.

Specifikace: Systém bude schopen jednotlivým entitám, vzhledem k typu jejich chování, algoritmicky přidělovat aktivity.

FP 03

Definice: Systém bude schopen časově organizovat aktivity entit.

Specifikace: Systém bude schopen slučovat aktivity entit do několika časových úseků, s možností opakování se určitých aktivit, či celých časových údobí, vzhledem k definovaným profilům.

FP 04

Definice: Systém bude schopen definovat trasy.

Specifikace: Systém bude schopen definovat trasy spjaté s jednotlivými aktivitami přidělenými entitám, na základě informace o prostorovém umístění jejich konání.

FP 05

Definice: Systém bude schopen rozeznávat časové nároky tras.

Specifikace: Systém bude schopen při tvorbě tras rozeznávat časové prodlevy mezi jednotlivými aktivitami a vhodně tedy volit trasy, buď sekvenčně z jedné aktivity do druhé, nebo zahrnout případný návrat do místa bydliště.

FP 06

Definice: Systém bude schopen tvořit prostorové trasy.

Specifikace: Systém bude schopen vytvářet na základě „datových tras“ a přidělenému typu dopravy trasy prostorové.

FP 07

Definice: Systém bude schopen simulovat pohyb entit.

Specifikace: Systém bude schopen simulovat pohyb entit po vytvořených prostorových trasách a tedy.

FP 08

Definice: Systém bude schopen vytvořit celulární síť se základnovými stanicemi.

Specifikace: Systém bude schopen nad sledovaným územím rozmístit základnové stanice a vytvořit celulární síť.

FP 09

Definice: Systém bude schopen generovat data zachycená základnovými stanicemi.

Specifikace: Systém bude schopen na základě simulovaného pohybu generovat a ukládat data zachycena jednotlivými základnovými stanicemi.

FP 10

Definice: Systém bude schopen strukturalizovat uložená data.

Specifikace: Systém bude schopen restrukturalizovat data zachycená při pohybu v síti, z důvodu šetření času i prostředků při pozdější vizualizaci.

FP 11

Definice: Systém bude schopen zobrazit grafický výstup v uživatelském rozhraní.

Specifikace: Systém bude schopen zobrazit grafický výstup v podobě map silniční sítě sledovaného území a celulární systém se základnovými stanicemi.

FP 12

Definice: Systém bude schopen provést grafickou animaci.

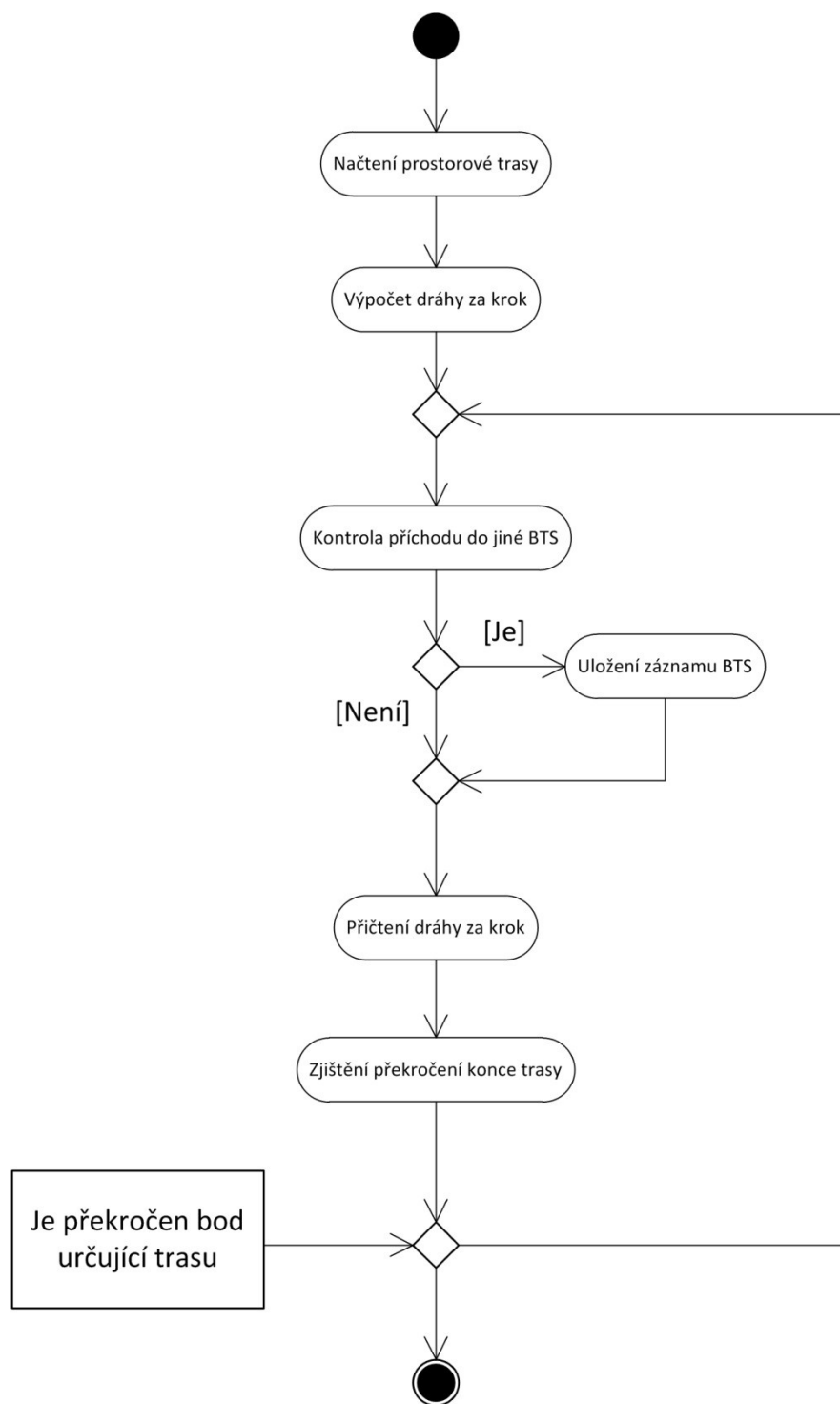
Specifikace: Systém bude schopen provést grafickou animaci demonstrující vytížení jednotlivých základnových stanic během zvoleného časového období.

5.2 Dynamická analýza

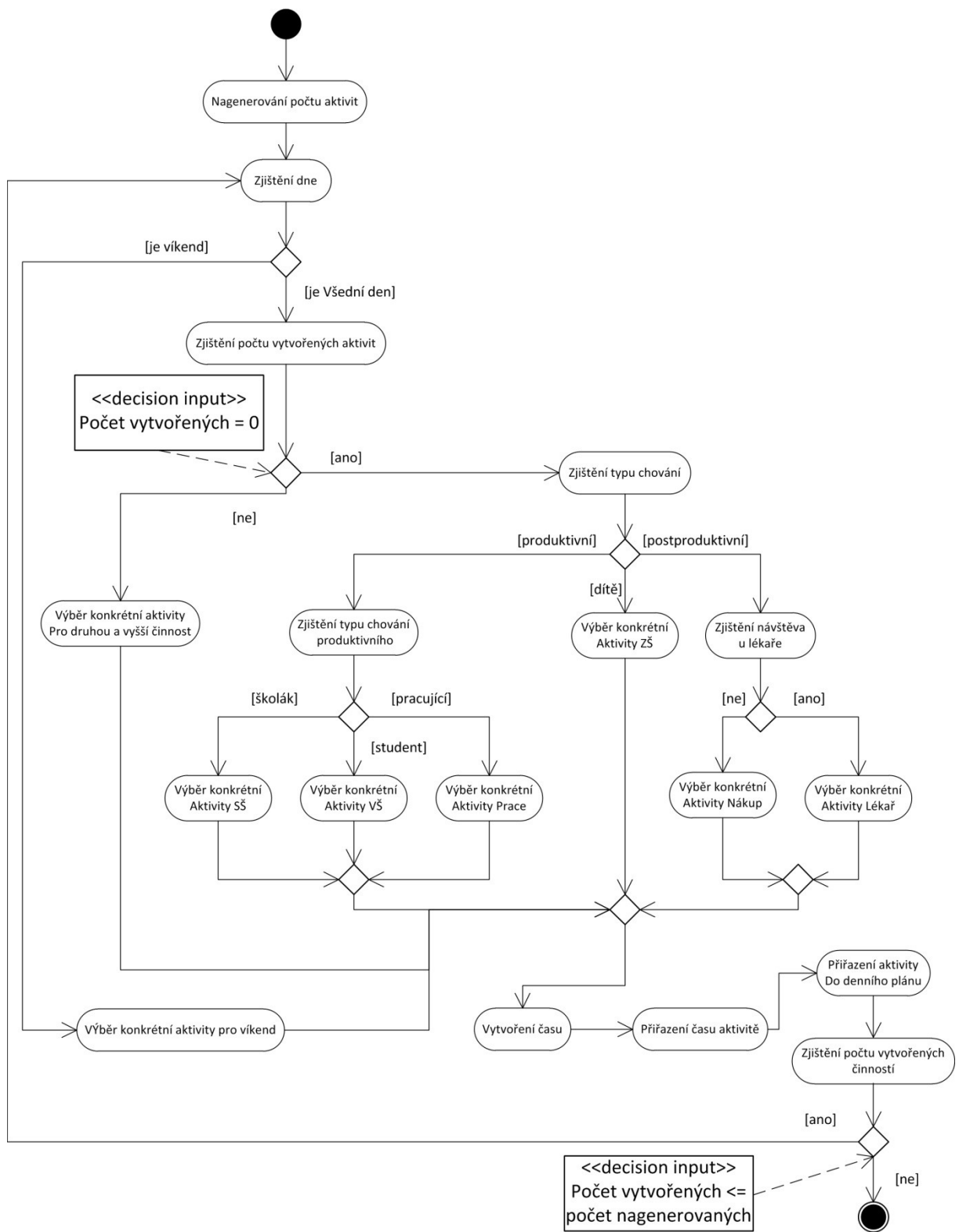
5.2.1 Aktivitní diagramy

Prostřednictvím aktivitních diagramů je možné úspěšně modelovat například obchodní procesy nebo pracovní postupy.

V konkrétním případě tohoto analyzovaného systému je diagramem aktivit namodelován proces přidělování konkrétních činností entitě v rámci jednoho dne na (Obr [17]) a na (Obr [18]) postup při simulaci pohybu entity po prostorové trase a generování záznamů, které zachytí základnové stanice.



Obrázek 17: generování trasy



Obrázek 18: vytváření denního plánu

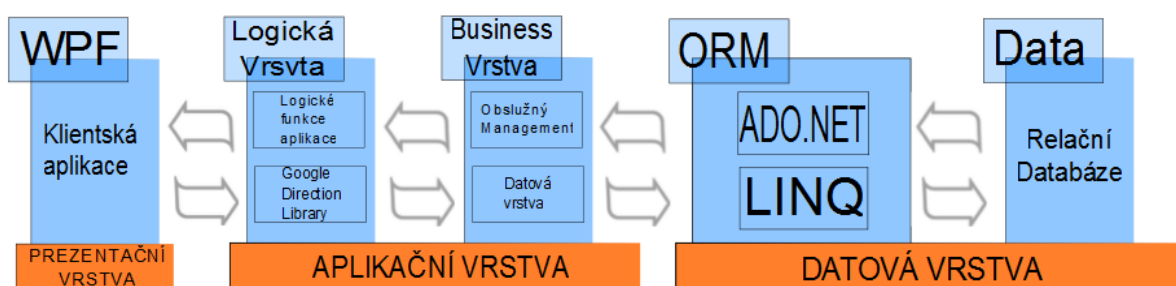
7 Návrh systému

Smyslem návrhu je již přesná specifikace jakým způsobem implementovat funkčnosti rozebrané z logického pohledu v etapě analýzy. V jednotlivých částech této kapitoly bude popsán návrh architektury celého systému, databáze, indexů a na závěr několik vybraných případů užití.

7.1 Architektura systému

Ze zadání a analýzy systému vyvstává nutnost použití vícevrstvé architektury, která odděluje funkčnost od reprezentace data a vzhledu.

Na obrázku [19] je znázorněno konkrétní rozložení vrstev systému a jejich mapování na tři základní vrstvy (datová, aplikační, prezentační).



Obrázek 19: vrstvy aplikace

Jednotlivé vrstvy plní následující funkci:

Prezentační vrstva

Vrstvou nejbližší k uživateli je vrstva prezentační, která zajišťuje prezentaci výsledků uživateli a komunikaci s ním. V této práci je k naprogramování graficky přívětivého programu použito technologie WPF.

Aplikační vrstva

Aplikační vrstva realizuje veškeré transformace vstupních a výstupních dat. V koncepci systému je realizována skrze dvě dílčí vrstvy, disponující níže popsanou funkcí.

Business vrstva: obslužný management datové vrstvy. Realizuje úspěšné spojení s databází, zasílání dotazů.

Logická vrstva: obsahuje logické funkce aplikace, jsou v ní implementovány algoritmy pro generování jednotlivých částí dat. Součástí je knihovna pro práci s API služby Google Directions.

Datová vrstva

Tato vrstva tvoří nejnižší úroveň třívrstvé architektury. Zajišťuje funkce pro vkládání, získávání, modifikaci dat a kontroluje jejich integritu. Stará se o objektově relační mapování, což znamená, že když ji business vrstva zašle SQL dotaz, tak datová vrstva vrátí odpověď formou konkrétního objektu. Základem je dotazovací jazyk LINQ, který však musí být doplněn o vlastní třídy pracující s klasickým ADO.NET, protože nepodporuje práci s prostorovými datovými typy.

7.1.1 Návrhové vzory

Z aktivitního diagramu (17), který modeluje proces vykonávání aktivit v průběhu jednoho dne, jsou evidentní jisté podobnosti. K zachycení procesu takového typu, je velmi vhodný návrhový vzor Factory method pattern. U tohoto vzoru se předpokládá existence několika tříd, které mají společného předka, ale poskytují různé služby nad různými daty. Factory method pattern potom dovoluje vybrat v průběhu programu vytvoření instance některé z těchto tříd.

7.2 Návrh databáze

Návrh databáze je jedním z klíčových faktorů ovlivňujících rychlost a celkovou efektivitu vytvářené databáze. V případě tohoto konkrétního systému, je databáze navržena s ohledem na co nejlepší výkon a rychlost odezvy a počítá s jistou redundancí, vzhledem procesu transformace dat pro složitější dotazy. Struktura databáze je zachycena databázovým diagramem.

7.2.1 Indexová analýza

Vzhledem k množství navržených tabulek, definovaným relacím mezi nimi a zejména faktu, že počty záznamů ve většině z nich mohou být v řádech statisíců, byly vhodně navrženy indexy i nad jinými atributy než těmi, které jsou označeny primárním klíčem a tvořeny SŘBD defaultně.

Odhad řádového množství záznamů ve statisících je reálný ovšem jen v případě, že bude generován vzorek dat s velmi nízkou procentuální hodnotou z celkového počtu obyvatel sledovaného území.

Kompletní datový slovník bude uveden v příloze této diplomové práce.

7.2.2 Databázový diagram

Z důvodů rozsahu je uveden v příloze na DVD.

8 Implementace

8.1 Předzpracování dat

Zdrojová data použitá při vypracování této práce jsou dvojího charakteru. Převážná část dat byla poskytnuta Magistrátem města Ostravy a Vysokou školou báňskou. Konkrétně se jedná o data popisující uliční a silniční síť města Ostravy, síť tras jednotlivých linek městské hromadné dopravy, lokalizované zastávky nad územím celého města a data zahrnující seznamy adresních bodů, vzdělávacích zařízení, firem a pracovišť. Tato data byla dodána ve formátu shapefile, což je vektorový formát vyvinutý ESRI k ukládání geometrické polohy a atributů popisujících přidružené informace daných objektů. Zbylá část dat byla manuálně vygenerovaná na základě dostupných informací nalezených prostřednictvím internetu.

8.1.1 Tvorba vlastních dat

Mezi data nezbytná pro vytvoření požadovaného systému patří bezesporu data reprezentující základnové stanice BTS, jež jsou rozmístěny na území města Ostravy. Datový soubor bylo nutné manuálně vytvořit z dat uvedených na portálu GSMWEB (<http://www.gsmweb.cz/>), na kterém jsou zveřejněny prostorové souřadnice popisující umístění amatérsky lokalizovaných základnových stanic. Z tohoto seznamu byly vybrány informace o základnových stanicích na území města Ostravy, tvořící GSM síť jednoho konkrétního operátora a zpracovány v programu MS Excel do přehledné tabulky. Vhodně strukturovaný soubor formátu *.xls*, byl pak importován do programu ArcGis od ESRI v němž byla data podrobena potřebným transformacím a projekcím, aby bylo možné vygenerovat soubor shapefile adekvátně odpovídající souborům shapefile, které byly dodány Magistrátem města Ostravy.

Tento proces byl opakován několikrát, s rozdílnými internetovými zdroji poskytujícími žádaná data. Obdobným způsobem byly vygenerovány soubory shapefile obsahující seznamy lékařů, nákupních center a větších obchodů, restaurací, pivnic a zařízení poskytující kulturní a sportovní vyžití.

8.1.2 Transformace dat v prostředí ArcGis

Jak bylo popsáno výše, program ArcGis nabízí nepřehledné množství funkcí pro práci s prostorovými daty. V této kapitole je popsáno konkrétní použití některých nabízených funkcí k předzpracování dat ve formě shapefile souboru, za účelem snadnějšího použití dat v různých částech systému.

Thiessenovy polygony

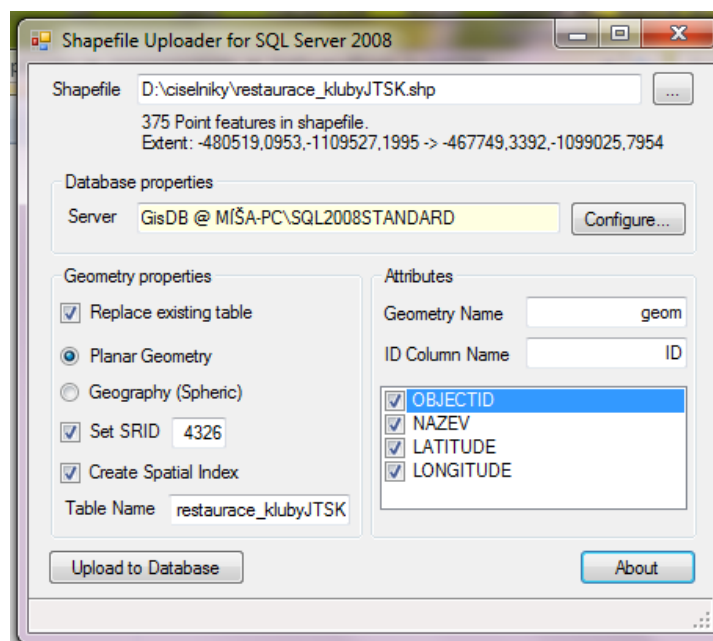
GSM síť je systém buněk, kde každé buňce náleží jedna základnová stanice BTS. Analyst Tool obsahuje v sekci Proximity funkci **Create Thiessen Polygon**, která na základě bodového vstupu vytvoří nad sítí bodů Voronoiov diagram, který je uložen do vlastního shapefile a v systému pak použit jako reprezentace GSM sítě.

Prostorové trasy

Nadstavba ArcGisu Network analyst, je určena pro síťové analýzy. Nabízí funkci pro vytvoření trasy mezi startovním a cílovým bodem, respektive množinou startovních a cílovou bodů. Tato funkce s názvem Closest facility byla použita k vygenerování tras mezi zastávkami všech typů městské hromadné dopravy nad sloučenou sítí veškerých linek. Aby bylo možné tuto analýzu provést, musela být data, ze kterých je síť sestavena speciálním způsobem upravena. Všechny funkce popužité v této části zpracování dat zastřešuje Data Management Tool. Nejprve byla na spojení liniových vrstev tras všech typů městské hromadné dopravy použita funkce **Merge** ze sekce General. Po té byly linie jdoucí paralelně v rozmezí několika málo metrů centralizovány nad sebe a pomocí funkce **Delete Identical**, taktéž ze sekce General, odmazány duplicitní linie. Posledním krokem přípravy sítě pro analýzu Closese Facility byla aplikace funkcí ze sekce Feature a to **Feature at Line** a **Split line to Verteces**.

8.1.3 Import dat do prostředí MS SQL Serveru 2008

Všechna prostorová data, důležitá pro tvorbu systému, jsou uložena ve formátu shapefile. Aby bylo možné s těmito daty při tvorbě systému programově pracovat, je nutné, aby se stala součástí relační databáze. K importu dat ze zdrojového shapefile do prostředí MS SQL Serveru, byl použit existující nástroj třetí strany Shape uploader to SQL Server 2008. Uživatelské rozhraní nástroje je zobrazeno na obrázku (Obr [20]).



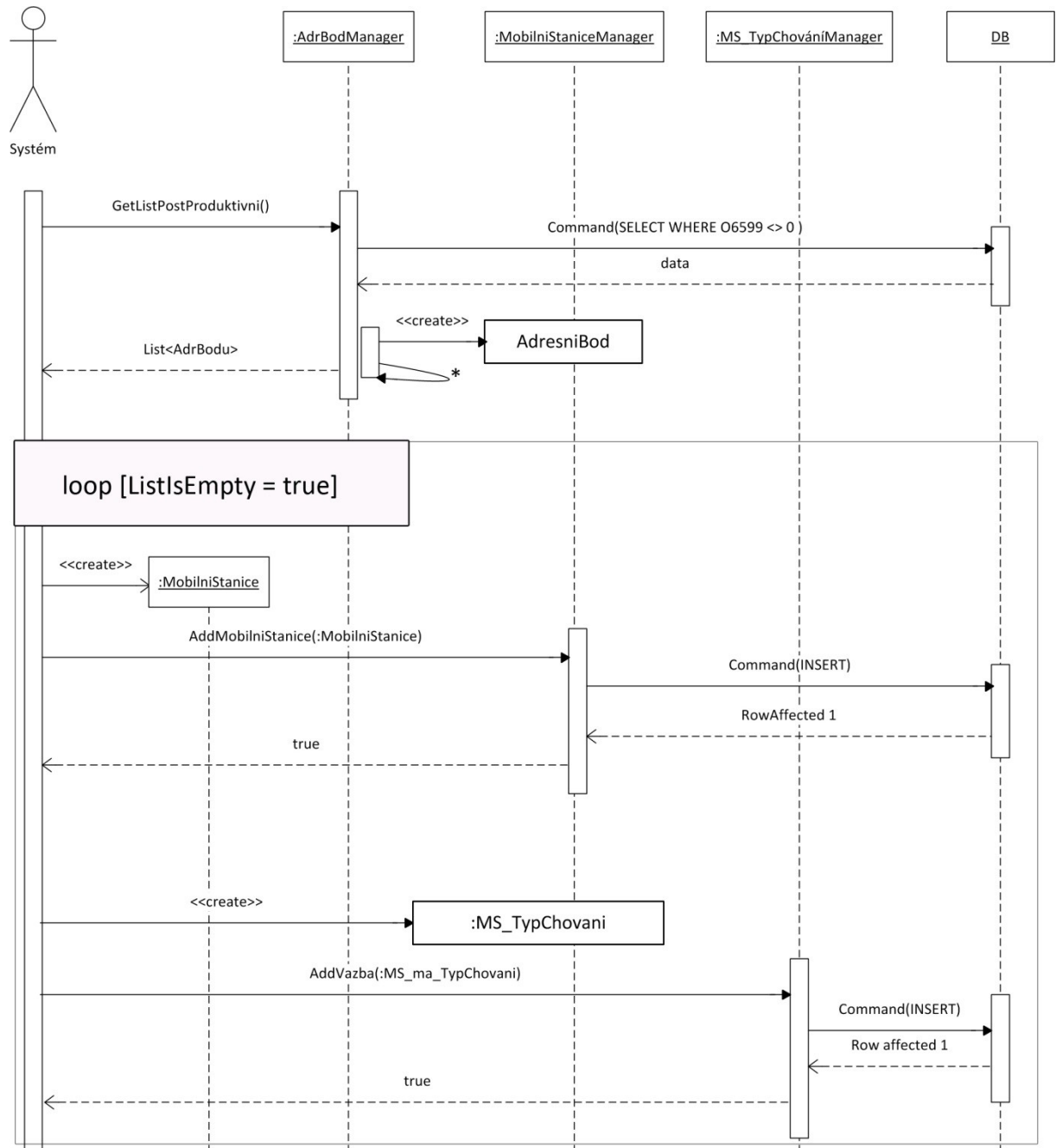
Obrázek 20: shapefile uploader

8.2 Popis implementace vybraných funkčních požadavků

V této části jsou popsány postupy implementace jednotlivých funkčních požadavků definovaných v kapitole Analýza. Implementace každého požadavku je zjednodušeně popsána buď sekvenčním diagramem, pseudokódem nebo textovým popisem.

8.2.1 FP 01

Definice: Systém bude schopen vytvářet entity osob a přidělovat jim chování.



Obrázek 21: sekvenční diagram přiřazení typu chování

8.2.2 FP 02

Definice: Systém bude schopen entitám přidělovat aktivity.

Pro každou Mobilní Stanici MS

```
{
  TydenniPlan TP = new TydenniPlan();
  VložTydenniPlan()
  FOR (i = 0, i < 7, i++)
  {
    DenníPlán DP = new DenníPlán()
    IF (je všední den)
    THEN
      GenerujPočetČinnostiVeDni()

    FOR (j = 0, j < početČinnostíVeDni, j++)
    {
      VyberČinnost(TypChování typ)
      VytvořČasČinnosti()
      VytvořKonkrétníČinnostDanéhoTypu(TypČinnosti typ, ČasČinnosti čas)
      VložČinnostDoDenníhoPlánu(Činnost činnost)
    }
    ELSE
      GenerujPočetČinnostiVeDni()

    FOR (j = 0, j < početČinnostíVeDni, j++)
    {
      VyberVikendovouČinnost(TypChování typ)
      VytvořČasČinnosti()
      VytvořKonkrétníČinnostDanéhoTypu(TypČinn typ, ČasČinn čas)
      VložČinnostDoDenníhoPlánu(Činnost činnost)
    }
  }
  END
  VložDenníPlánDoTýdenníhoPlánu()
}
```

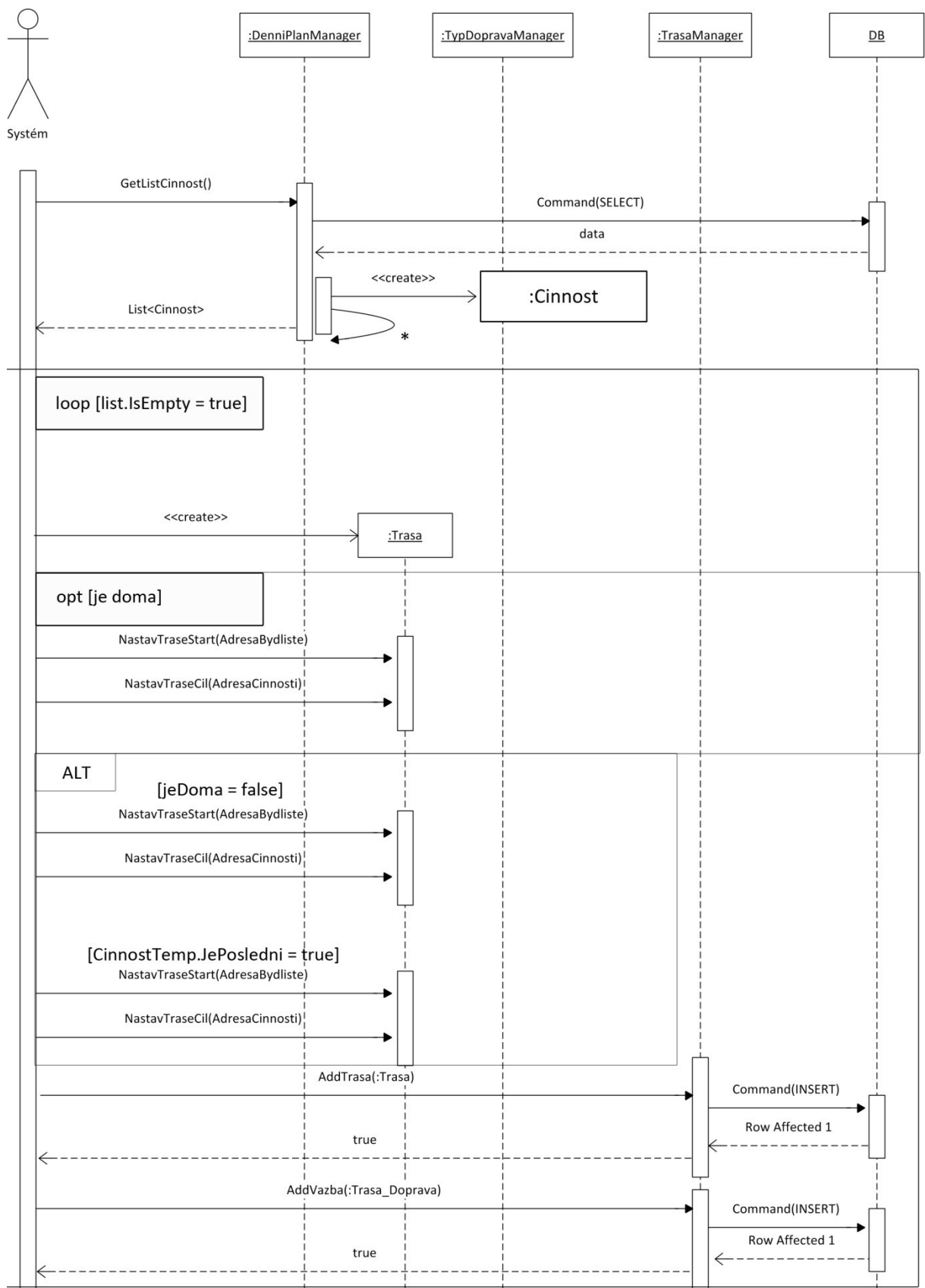
8.2.3 FP 03

Definice: Systém bude schopen časově organizovat aktivity entit.

Tento požadavek je v systému implementován ve dvou úrovních. Obě implementace jsou obsluhovány logickou vrstvou systému. První úroveň časové organizace aktivit je realizovaná za pomoci větvení v rámci generování objektů Činnost a jejich přiřazování k objektu DenníPlán., tak aby každá entita MobilníStanice reprezentující jedno konkrétního fiktivního obyvatele města, měla každý všední den shodnou první činnost, respektive činnost se s hodným časem a místem konání, je-li jí to uloženo jejím typem chování. Implementace druhé úrovně časové organizace aktivit, která zachycuje možnost periodického opakování určitých denních plánů během jednoho týdne, zahrnuje vytvoření pomocné struktury dvouhodnotových datových typů. Na základě hodnot obsažených v této struktuře je řízeno generování nových entit Činnost, není-li zjištěno periodické opakování již vytvořeného dne, nebo přidělování již vygenerovaných entit Činnost k nové entitě DenníPlán, je-li zjištěna periodicitu.

8.2.4 FP 04

Definice: Systém bude schopen definovat trasy.



Obrázek 22: sekvenční diagram tvorba tras

8.2.5 FP 05

Definice: Systém bude schopen rozeznávat časové nároky tras.

Tato funkcionalita systému je naimplementována do procesu generování tras, kde je v rámci všech činností náležících jedné entitě DenníPlán, počítána časová prodleva mezi koncem jedné entity Činnost a začátkem po ní následující. Jeli tato prodleva větší jak dvě hodiny je k entitě DenníPlán přiřazena nová entita Činnost s časovým zařazením mezi těmi dvěma a konáním v adresním bodě.

8.2.6 FP 06

Definice: Systém bude schopen tvořit prostorové trasy.

Tato funkcionalita je implementována ve dvou částech, v závislosti na tom jaký má být k přepravě použit typ dopravního prostředku. Každé entitě Trasa je v závislosti na typu dopravy přiřazena entita SpatialTrasa.

Jedná-li se o trasu, která má jako dopravní prostředek určen automobil, algoritmus k vytvoření entity SpatialTrasa využívá funkce knihovny s názvem GoogleDirection, pro komunikaci se službou Google Direction a zpracování výsledků, které tato služba vrátí. Princip metody na generování spatial trasy je následující. U každé entity Trasa jsou zjištěny prostorové souřadnice, jejího startu a cíle. Aby bylo možné souřadnice použít jako parametry *origin* a *destination* do požadavku na službu Google Directions, musí se jednat o souřadnice ze systému WGS 84 v decimálním formátu. Po úspěšném zpracování požadavku obdrží systém http odpověď ve formě xml, na kterou je aplikován parser, jenž z ní vyextrahuje potřebné informace pro vytvoření objektu Sql Geometry, charakterizující požadovanou prostorovou trasu. V dokumentaci ke Google Directions je uveden denní limit 2 500 požadavků na jednu IP adresu. Ve skutečnosti je však tento limit velmi variabilní a jeho výše je ovlivňována mnoha faktory. Například rychlostí s jakou jsou požadavky na službu posílány. V praxi je tedy velmi časté, že je limit mnohem nižší, než je uvedeno v dokumentaci. Implementovaná metoda komunikující se službou Google Directions je sestavena tak, využívá skutečnosti, že jsou za sebou jdoucí požadavky zpracovávány v dávkách o velikosti přibližně 25. Systém tedy pošle počet požadavků, který pojme jedna dávka, a s posláním příští dávky počká přibližně 350 sekund. Tímto způsobem je možné poslat až kolem 250 dávek, než služba rozhodne, že už toho bylo dost a pro daný den již nedovolí na danou IP adresu vracet odpovědi s požadovaným výsledkem.

Je-li trase určená jako dopravní prostředek městská hromadná doprava, generují se entity SpatialTrasa přidružené k daným entitám Trasa naprosto odlišným způsobem. V tomto případě jsou využita předzpracovaná data, konkrétně trasy (route) vygenerované programem Network Analyst. Metoda generující spatial trasy na tomto datovém základu, intenzivně pracuje s OGC metodami geometrických instancí. U každé trasy jsou zjištěny prostorové souřadnice jejího startu a cíle a nalezeny zastávky MHD, mající od nich nejkratší vzdálenost, a tyto jsou použity jako start a cíl hledané trasy prostorové. Prostorová trasa popsána pouze startovním a cílovým bodem, je následně vyhledána v předpřipravených datech.

8.3 Optimalizace

Vývoj systému byl rozdělen do několika dílčích kroků, kde každý krok byl iterativně zdokonalován od primitivního prototypu až ke konečnému výsledku. V každé iteraci byla doimplementována nová funkčnost, ale samozřejmě i nalezená nějaká chyba nebo neefektivní řešení. Vzhledem k množství dat, a časovým nárokům na jejich generování, které bylo nutné provádět opakovaně, vždy když byla nalezena chyba, se smyslem jednotlivých iterací stalo nejen rozšíření, ale z velké míry i optimalizace stávajícího stavu.

Zde je popsána optimalizace komunikace s databází, protože právě při vykonávání databázových dotazů docházelo k největším časovým prodlevám a procesorovému vytížení. Pro demonstraci efektivity jednotlivých optimalizačních kroků, jsou po každém vylepšení uvedeny délky časové odezvy databáze, při spuštění dotazu na výpočetním serveru a průměrném notebooku, níže popsaných konfigurací.

Server: 2x Intel Xeon X5670 2,93GHz, 96 GB RAM
OS Windows Server 2008 R2 Data Center
Microsoft SQL Server Data Center Edition (64-bit)

Notebook: Intel Cor2Duo , 2,00 GHz, 4 GB RAM
OS Windows 7 Professional (32-bit)
Microsoft SQL Server 2008 Standart R2

8.3.1 Generování prostorových tras pro pohyb MHD

Při generování prostorových tras pro entitu pohybující se MHD, byly provedeny následující 4 optimalizační kroky. Důvod vysoké časová i výpočetní náročnosti tkví v množství předpřipravených dat, ve kterém je prostorová trasa vyhledávána, a ve vyšší náročnosti OGC funkcí, které pracují s prostorovými datovými typy.

```
declare @p3 sys.geometry
set
@p3=convert(sys.geometry,0xE6100000010C96B52375BDB01CC113C8189E34CC30C1)
```

```
declare @p4 sys.geometry
set
@p4=convert(sys.geometry,0xE6100000010C0EE34454AE261DC1B963DD3EC5CC30C1)
```

```
exec sp_executesql N'select TOP 1 geom from gis Routes where
(geom.STStartPoint().STIntersects(@startZastavka.STBuffer(10)) = 1 AND
geom.STEndPoint().STIntersects(@cilZastavka.STBuffer(10)) = 1) OR
(geom.STStartPoint().STIntersects(@cilZastavka.STBuffer(10)) = 1 AND
```

```
geom.STEndPoint().STIntersects(@startZastavka.STBuffer(10)) =
1)',N'@startZ geometry,@cilZ geometry',@startZ=@p3,@cilZ=@p4
```

Server : 85 000 ms (1:25)

Notebook : 135 000 ms (2:15)

```
declare @p3 sys.geometry
set
@p3=convert(sys.geometry,0xE6100000010C96B52375BDB01CC113C8189E34CC30C1)
```

```
declare @p4 sys.geometry
set
@p4=convert(sys.geometry,0xE6100000010C0EE34454AE261DC1B963DD3EC5CC30C1)
```

```
exec sp_executesql N'select TOP 1 geom from gis_Routes where
geom.STStartPoint().STDistance (@startZastavka) < 30 AND
geom.STEndPoint().STDistance (@cilZastavka= 1) < 30 OR
geom.STStartPoint().STDistance (@cilZastavka) < 30 AND
geom.STEndPoint().STDistance (@startZastavka) < 1)',N'@startZ
geometry,@cilZ geometry',@startZ=@p3,@cilZ=@p4
```

Server : 40 000 ms (0:40)

Notebook : 80 000 ms (1:20)

```
declare @dist int
select @dist = @startZastavka.STDistance(@cilZastavka)
select top 1 geom from gis_Routes where Total_Leng > @dist
geom.STStartPoint().STDistance(@startZastavka) < 50 and
geom.STEndPoint().STDistance(@cilZastavka) < 50
order by geom.STStartPoint().STDistance(@startZastavka),
geom.STEndPoint().STDistance(@cilZastavka)
```

Server : 11 000 ms (0:11)

Notebook : 35 000 ms (0:35)

```

declare @dist int

select @dist = @startZastavka.STDistance(@cilZastavka)

select top 1 geom from gis_Routes where Total_Leng > @dist and Total_Leng
< (@dist * 10)

and geom.STStartPoint().STDistance(@startZastavka) < 50 and
geom.STEndPoint().STDistance(@cilZastavka) < 50

order by geom.STStartPoint().STDistance(@startZastavka),
geom.STEndPoint().STDistance(@cilZastavka)

Server : 4 000 ms (0:04)

Notebook : 20 000 ms (0:20)

```

8.3.2 Předzpracování pro simulaci pohybu

Tímto způsobem byla patřičná data sloučena do nové tabulky připravené k sekvenčnímu čtení při simulaci pohybu entity v prostoru a generování dat zaregistrovaných základnovými stanicemi. V databázi po této optimalizaci sice vznikne redundance, ale je zanedbatelná vzhledem k ušetřeným časovým a výpočetním prostředkům.

```

SELECT DP.ID as DenniPlanID, C.ID as CinnostID, CS.Zacatek,

(SELECT TOP 1 ID FROM (SELECT * FROM Trasa WHERE ID = (SELECT TOP 1
ID_Trasa FROM Cinnost_Trasa WHERE ID_Cinnost = C.ID)) as TR) as TrasaId,

(SELECT geom FROM gis_SpatialTrasa WHERE ID = (SELECT ID_SpatialTrasa
FROM Trasa_SpatialTrasa WHERE ID_Trasa = (SELECT TOP 1 ID FROM (SELECT *
FROM Trasa WHERE ID = (SELECT TOP 1 ID_Trasa FROM Cinnost_Trasa WHERE
ID_Cinnost = C.ID)) as TR))),

(SELECT ID FROM MobilniStanice as MS WHERE ID_TydenniPlan = (SELECT ID
FROM TydenniPlan WHERE ID = (SELECT ID_TydenniPlan FROM
TydenniPlan_DenniPlan WHERE ID_DenniPlan = DPC.ID_DenniPlan))) as
MobilniStaniceId,

(SELECT Nazev From Den WHERE Den.ID = (SELECT ID_Den FROM DenniPlan_Den
AS DPD WHERE (DPD.ID_DenniPlan = DPC.ID_DenniPlan))) as Den

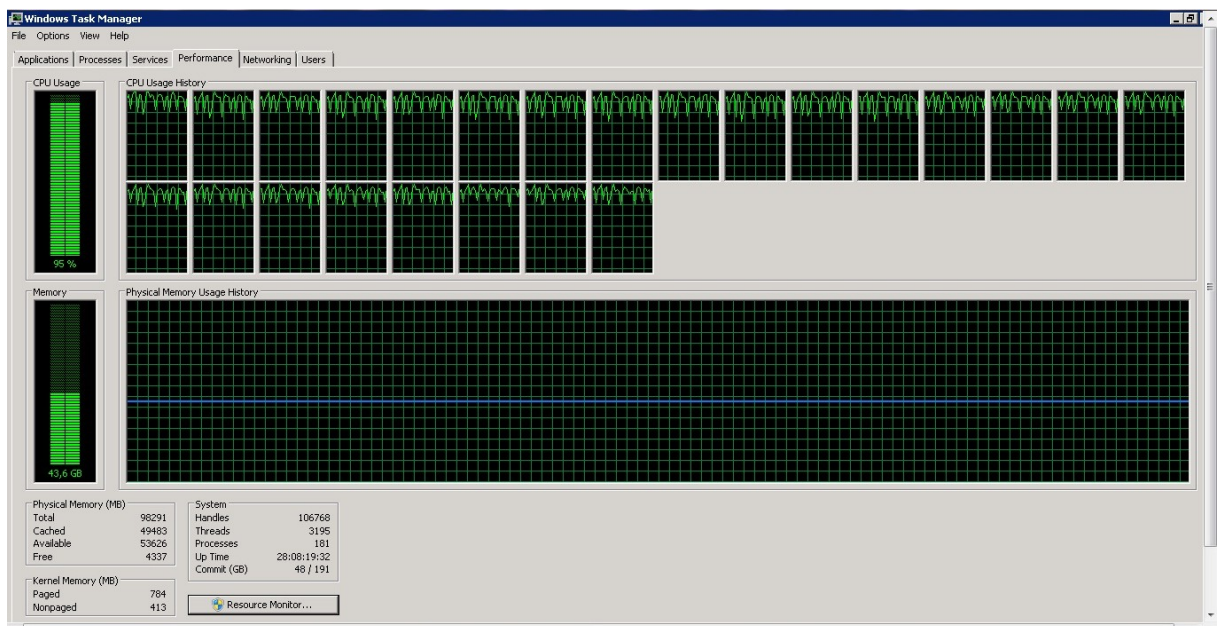
```

```

FROM [student].[dbo].[DenniPlan] as DP inner join
    DenniPlan_Cinnost as DPC on DP.ID = DPC.ID_DenniPlan inner join
    Cinnost as C on DPC.ID_Cinnost = C.ID inner join
    Cinnost_Cas as CC on C.ID = CC.ID_Cinnost inner join
    Cas as CS on CC.ID_Cas = CS.ID

where ((select ID_Doprava from Trasa_Doprava where
Trasa_Doprava.ID_Trasa = (SELECT TOP 1 ID FROM (SELECT * FROM Trasa WHERE
ID = (SELECT TOP 1 ID_Trasa FROM Cinnost_Trasa WHERE ID_Cinnost = C.ID)) as
TR))=2)

```



Obrázek 23: Zátěž při generování prostorových tras

9 Zhodnocení dat

Obsahem následující kapitoly je popis metody generování dat včetně informačních kanálů, které data omezují a rozdělují.

Několik demografických údajů (<http://www.czso.cz/xt/edicniplan.nsf/p/13-8129-04>):

- Celkový počet obyvatel Ostravy je přibližně 343 000.
- Denně do Ostravy přijede 63 700 lidí.
- Denně z Ostravy odjede 17500 lidí.

S použitím dodaných dat a jejich transformací do SQL tabulky, byl do databáze vložen následující počet virtuálních obyvatel.

Vstupní data uložena v DB	
0 - 14	40 411
14 - 65	292 249
65 +	51 825
Dojíždějící	63700
Celkem	384 485

Jako další vstupní předpřipravená data byly do databáze importovány trasy vytvořené programem Network analys, realizující vzájemné spojení mezi všemi zastávkami městské hromadné dopravy. Importem vznikla tabulka o 789 852 záznamech.

Podle využívání mobilních telefonů jednotlivými věkovými skupinami lze data dle ČSU [] procentuálně rozdělit následujícím způsobem:

Z věkové skupiny 0 až 14 let vlastní mobilní telefon 72% osob. V produktivní skupině 14 až 65 let vlastní mobilní telefon 91% obyvatel. Obyvatelé v postproduktivním věku používají, mobilní telefon v 63% případů. Na základě této skutečnosti jsou při generování konkrétních mobilních stanic (respektive osob) jednotlivých věkových skupin, počty poníženy, vzhledem k procentu osob používající mobilní telefon.

Pro účely testu (vzhledem k náročnosti generování všech potřebných dat a samotné simulaci) bylo zvoleno omezení na výběr 0,25% celkového počtu obyvatel. Generování dat zachycených základnovými stanicemi při simulaci pohybu pro takto omezený vzorek probíhalo na testovacím zařízení 47 minut. Při 100%ním výběru by generování BTS záznamů při simulace zabralo přibližně 13 dní. Omezení na počet vytvořených mobilních stanic, bylo zvoleno zajisté i z paměťových důvodů.

Aby bylo možné simulovat pohyb virtuálních obyvatel (respektive jejich mobilních telefonů), byla zvolena časová jednotka jednoho týdne, pro kterou bylo definováno sedm denních plánů. Do každého denního plánu byly algoritmicky přiřazeny 1 až 4 činnosti, jejichž výběr byl závislý na různých

faktorech vzhledem k typu chování osoby, času apod. Na základě prostorového umístění místa konání jednotlivých činností, byly vygenerovány trasy charakterizující přesuny mobilní stanice během dne.

Seznam typů činností:

- Práce
- Nákupy
- Sport
- Lékaři
- Vysoká škola
- Škola
- Kroužky
- Kultura
- Restaurace
- Víkend

Každému virtuálnímu uživateli mobilního telefonu byl přidělen jeden týdenní plán, na základě kterého dostal definované časoprostorové chování v rozmezí jednoho týdne. V průběhu simulace jsou ukládány data reprezentující záznamy zachycené základnovými stanicemi a výsledkem celé simulace je ohodnocení jednotlivých BTS zatížením přihlášených mobilních stanic nacházejících se v buňce.

9.1 Zhodnocení generovaných dat

Z výsledků testů a simulací se dá vydedukovat, že jisté skutečnosti lze díky informacím z BTS sledovat. Jako i to, že některé analýzy pouze na základě dat, které jsou poskytovány BTS, provádět nelze.

9.1.1 Zjistitelné výsledky

Informace o pohybu

Z dat obdržených od BTS stanice je možné sledovat pohyb obyvatel na území. Z dat je možné vyčíst nejvyužívanější trasy v určitou hodinu a nejexponovanější trasy a cílové body celkem.

Data základnových stanic dále umožňují zjištění dobu, kdy dochází k největšímu množství přesunů. Data mohou také sloužit ke zjištění nástupů a útlumů pohybu obyvatelstva. Z těchto informací je tak možné získat časy potenciálních dopravních kolizí.

Informace o věku

Ačkoliv BTS data neobsahují žádné informace o věku uživatelů, lze tuto informaci do jisté míry odvodit. U mobilních stanic, které se v pracovní dny vyskytovaly v jistém časovém rozmezí v dosahu vždy stejných BTS stanic, jejichž počet byl větší nebo roven jak 11 byla zjištěna 68 procentní shoda s počtem osob, jenž mají přidělen profil chování člověka v produktivním věku.

10 Závěr

Záměrem této práce bylo ověřit na simulovaných datech možnosti mapování pohybu mobilních telefonů ve městě a získávání informací o prostorovém chování jejich držitelů. K tomuto účelu bylo využito vlastní datové sady reprezentující fiktivní obyvatele města a jejich časoprostorové chování v rozmezí jednoho týdne. Z pohybu odvozeného na základě dat vygenerovaných základnovými stanicemi, která by mohla zachytit i reálná GSM síť, bylo možné vysledovat jisté skutečnosti odpovídající původnímu modelu.

Metodika monitorování časoprostorové mobility obyvatelstva města popsána v této práci, se ukázala jako použitelná a výsledky zobrazené prostřednictvím animace, i popsány textově v kapitole Zhodnocení dat, jako relevantní. Podrobnější statistiky a analýzy, které by bylo možné nad získaným vzorkem dat ještě provádět, ovšem již přesahují rámec této práce.

1. Davies , K.H., Biddulph, R. and Balashek, S. (1952) Automatic Speech Recognition of Spoken Digits, J. Acoust. Soc. Am. 24(6) pp.637 – 642
2. Review of Neural Networks for Speech Recognition, Richard P. Lippmann, MIT Lincoln Laboratory, Lexington, MA 02173, USA
3. Jenny Preece, editor. Human-computer interaction, chapter 11.5 and 11.6, pages 224 - 229. Addison Wesley, 1994. isbn: 0-201-62769-8.
4. http://www.zmms.tu-berlin.de/de/veranstaltungen/eyes_tea/Clarke.pdf
5. <http://www.namahn.com/resources/documents/note-eyetracking.pdf>
6. <http://www.freedomsscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>
7. CUED SPEECH HAND GESTURES RECOGNITION TOOL, Thomas Burger, Alice Caplier and Stéphane Mancini
8. <http://tim.timginn.com/wp-content/uploads/2007/12/497-long-paper.pdf>
9. Kalloniatis, Michael and Luu, Charles. "Psychophysics of Vision: The Perception of Color". Retrieved 2007-04-02.
10. <http://www.insighthome.eu/CITIB.html>
11. Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson. The Unified Software Development Process. s.l. : Addison-Wesley Profesional, 1999.
12. Jim Arlow, Ila Neustadt. UML a unifikovaný proces vývoje aplikací. s.l. : Computer Press, 2003.
13. Interval. [Online] <http://interval.cz/clanky/navrh-aplikaci-v-jazyce-uml-unified-modeling-language/>.
14. Oficiální fórum. [Online] www.silverlight.net.
15. Scott Guthrie's blog. [Online] <http://weblogs.asp.net/scottgu/>.
16. Wynapse. [Online] http://www.wynapse.com/Silverlight_Tutorials.aspx.
17. Microsoft library. [Online] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms752059.aspx>.
18. Oficiální stránka ASP.NET. [Online] <http://www.asp.net>.
19. Geek blog. [Online] <http://www.misfitgeek.com/> .
20. Blunár, K., Diviš, Z.: Telekomunikační Sítě 1. VŠB-TUO. Ostrava. 2004. knižní publikace 620 stran. ISBN 80-248-0391-7.
21. Diviš, Z., Blunár, K.: Telekomunikační Sítě 2. VŠB-TUO. Ostrava. 2006. knižní publikace 630 stran. ISBN 80-248-1077-8
22. Lena Sanders. Models in Spatial Analysis, 25.května 2005, knižní publikace, ISBN 1905209096