UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní fakulta Jana Pernera

Optimalizace využití městské hromadné dopravy v Pardubicích s využitím aktuální polohy a známého cíle cesty pomocí GPS

Bc. Tomáš Martiník

Diplomová práce

2010

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: **2009/2010**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Tomáš MARTINÍK**
Studijní program:	**N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor:	**Aplikovaná informatika v dopravě**
Název tématu:	**Optimalizace využití mětské hromadné dopravy v Pardubicích s využitím aktuální polohy a známého cíle cesty pomocí GPS**
Zadávající katedra:	**Katedra informatiky v dopravě**

Zásady pro vypracování:

Diplomová práce bude sloužit k ukázce využití GPS pro nalezení optimální cesty z předem známého výchozího bodu do definovaného cíle s využitím městské hromadné dopravy v Pardubicích. Naprogramovaný modul vyhodnotí optimální nástupní zastávku MHD s přihlédnutím k výchozímu a cílovému místu a časové dostupnosti výchozích zastávek MHD. Práce má následující cíle:

1. analýza dostupnosti modelových cílových bodů z jedné výchozí pozice,
2. navrhnout a implementovat programový modul, pro vyhodnocení optimální cesty,
3. otestování programového modulu na reálných příkladech,
4. možnosti rozšíření implementovaného modulu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 normostran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **KAPLAN, D. E., HEGARTY, J. Ch.** *Understanding GPS : principles and applications.* **2nd edition. Boston : Artech House, 2006. 703 s. ISBN 978-1-58053-894-7.**

2. **VOLEK, J.** *Operační výzkum I.* **Pardubice : Univerzita Pardubice, 2002. 111 s. ISBN 80-7194-410-6.**

3. **WRÓBLEWSKI, P.** *Algoritmy : Datové struktury a programovací techniky.* **Brno : Computer Press, 2004. 352 s. ISBN 80-251-0343-9.**

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Josef Horálek**
KIT FIM UHK

Datum zadání diplomové práce: **24. listopadu 2009**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2010**

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Volek, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. listopadu 2009

Souhrn

Diplomová práce se věnuje problematice způsobu výběru optimálního spoje a nástupní zastávky městské hromadné dopravy v Pardubicích. Práce obsahuje popis nejdůležitějších komponent, které systém bude využívat. Práce dále obsahuje analýzu implementace a algoritmů programu.

Hlavním cílem práce je návrh programového modulu pro vyhodnocení optimální cesty. Práce obsahuje popis metod a algoritmů pro návrh algoritmu pro výběr optimální cesty. Popsané metody jsou použity pro programové řešení problému.

Klíčová slova

Veřejná doprava, optimální výběr zastávky MHD, GPS, teorie grafů, hledání nejkratších cest, okružní jízdy

Title

Metz Optimizing the use of public transport in Pardubice, using the current location and destination using the known GPS

Abstract

The diploma thesis deals with problems of selecting the optimal method for transport links and bus stops in Pardubice. The work contains a description of the key components that will use the system. Work also includes the analysis of algorithms and implementations of the program.

The main goal is to design software module for assessing the optimal path. The work contains a description of methods and algorithms for the design of an algorithm for selecting optimal routes. The methods described are used for the programming problem.

Keywords

Public transport, optimal selection of bus stops, GPS, graph theory, searching for the shortest trips, tours

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Mgr. Josefu Horálkovi za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl v průběhu práce.

Obsah

1. Úvod 11

2. Teoretické principy určování polohy 12

2.1. Dopplerova metoda 12

2.2. Dálkoměrná metoda 14

2.3. Úhloměrná metoda 19

2.4. Interferometrická metoda 19

3. Navigační systém GPS (Global positioning system) 20

3.1. Podsystémy GPS 20

3.1.1. Řídící a kontrolní podsystém 20

3.1.2. Kosmický podsystém 21

3.1.3. Uživatelský podsystém 22

3.2. Signál GPS 25

4. Komunikace s GPS zařízením 27

5. Optimalizace trasy 33

5.1. Bellman-Fordův algoritmus 33

5.2. Floyd-Warshallův algoritmus 34

5.3. Dijkstrův algoritmus 35

6. Java ME 36

6.1. CLDC – Connected Limited Device Configuration 37

6.2. CDC – Connected Device Configuration 38

6.3. Profily Java ME 38

6.3.1. MIDP – Mobile Information Device Profile 38

6.3.2. IMP – Information Module Profile 39

6.4. Vývojové nástroje pro Java ME 40

7. Implementace programu 42

Seznam ilustrací

Obrázek 1 Princip Dopplerovy metody 13

Obrázek 2 Blokové schéma Dopplerovy metody 14

Obrázek 3 Princip dálkoměrné metody 15

Obrázek 4 Korelátor nesynchronních signálů 17

Obrázek 5 Korelátor synchronních signálů 17

Obrázek 6 Blokové schéma korelátoru 18

Obrázek 7 Princip interferometrické metody 19

Obrázek 8 Dráhy družic na oběžných drahách Země 21

Obrázek 9 Blokové schéma GPS přijímače 23

Obrázek 10 Sekvenční přijímač 23

Obrázek 11 Vícekanálový přijímač 24

Obrázek 12 Odvozování nosných frekvencí 26

Obrázek 13 Hledání nejkratší cesty Floyd-Warshallovým algoritmem 34

Obrázek 14 Vztah platforem Java SE a konfigurací Java ME CDC a CLDC37

Obrázek 15 TUlozisteZstavek 44

Obrázek 16 TZastavka 45

Obrázek 17 TLinka 46

Seznam vzorců

Výpočet pozice Dopplerovou metodou 13

Výpočet polohy dálkoměrnou metodou 14

Výpočet polohy dálkoměrnou metodou v pasivním systému 16

Výpočet úhlu mezi základnou a spojnicí 19

Obecný zápis RMC věty 28

Obecný zápis GGA věty 29

Obecný zápis GSA věty 30

Seznam zkratek

API Application Programming Interface, rozhraní pro programování aplikací

CDC Connected Device Configuration

CLDC Connected Limited Device Configuration

DP Dopravní podnik

DPMP Dopravní podnik města Pardubic

GPS Globální poziční systém

IDE Integrated Development Environment, integrované prostředí pro vývoj

J2ME Java Micro Edition

LBS Location-Based Services, Služby založené na lokalizaci

MHD Městská hromadná doprava

NB NetBeans

1. Úvod

Cílem práce bude popsat základní principy fungování globálního pozičního systému. Dalším cílem bude vytvořit modul vyžívající globální poziční systém pro určení optimální zastávky v městské hromadné dopravě od pevně daného výchozího bodu. V první části budou podrobně popsány teoretické principy určování polohy. Budou zde vysvětleny nejpoužívanější metody jako je Dopplerova metoda, dálkoměrová metoda, úhloměrná metoda a interferometrická metoda. Komplikovaný navigační systém GPS bude popsán tak, aby čtenáři poskytl dostatečný teoreticky základ pro pochopení fungování vytvořené aplikace. Budou zde zmíněny podsystémy GPS a podrobně rozepsán samotný komunikační princip mezi kosmickým segmentem GPS a uživatelskou stanicí. Jelikož cílem práce je vytvořit modul optimálního výběru nástupních zastávek městské hromadné dopravy. Budou zde rozebrány nejpoužívanější algoritmy pro nalezení optimální cesty. V práci tak bude popsán princip Bellman-Fordova algoritmu, Dijkstrův algoritmus a Floyd-Warshallova algoritmu.

Druhá část práce bude zaměřena na popis samotné aplikace. Aplikace bude vytvořena pomocí objektově orientovaného jazyka Java.

2. Teoretické principy určování polohy

Systém zjišťování pozice GPS (global position systém) pracuje na obdobném principu jako ostatní navigační systémy. K určení polohy využívá maják a palubní zařízení. V případě GPS je maják reprezentován sadou družic na oběžné dráze Země a palubním zařízením je elektronický přijímač.

Pozici palubní stanice proti majákům lze zjistit několika metodami. Nejpoužívanějšími jsou:

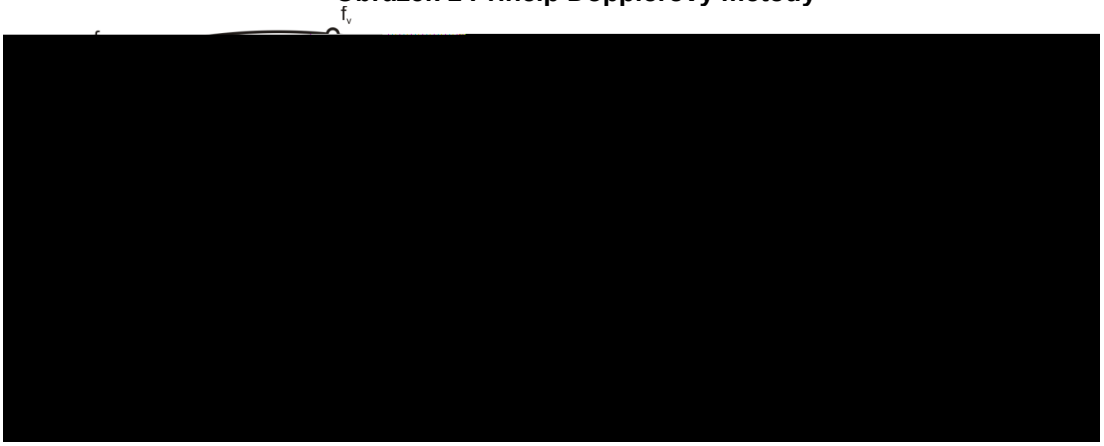
- Dopplerova metoda
- Dálkoměrná metoda
- Úhloměrná metoda
- Interferometrická metoda

Tyto metody si nyní popíšeme podrobněji.

2.1. Dopplerova metoda

Pozice palubní stanice se měří pomocí změny frekvence pohybujícího se zdroje signálu nebo přijímače signálu (obr. 1). Maják vysílá frekvenci s konstantním kmitočtem f_v, ten v sobě obsahuje časové značky, vysílané v časech $t_1, t_{i+1}, t_{i+2}, \ldots$ posunuté o interval $T = t_{i+1} - t_i$. Díky tomu má přijímaný signál odlišný kmitočet, než vysílaný. Pro určení polohy se přivede frekvence oscilátoru s kmitočtem f_0 společně s přijatým signálem f_p do směšovače. Zde je signál o kmitočtu $f_0 - f_p$. Periody signálu jsou načítány čítačem, který je spouštěný přijímanými časovými značkami.

Obrázek 1 Princip Dopplerovy metody

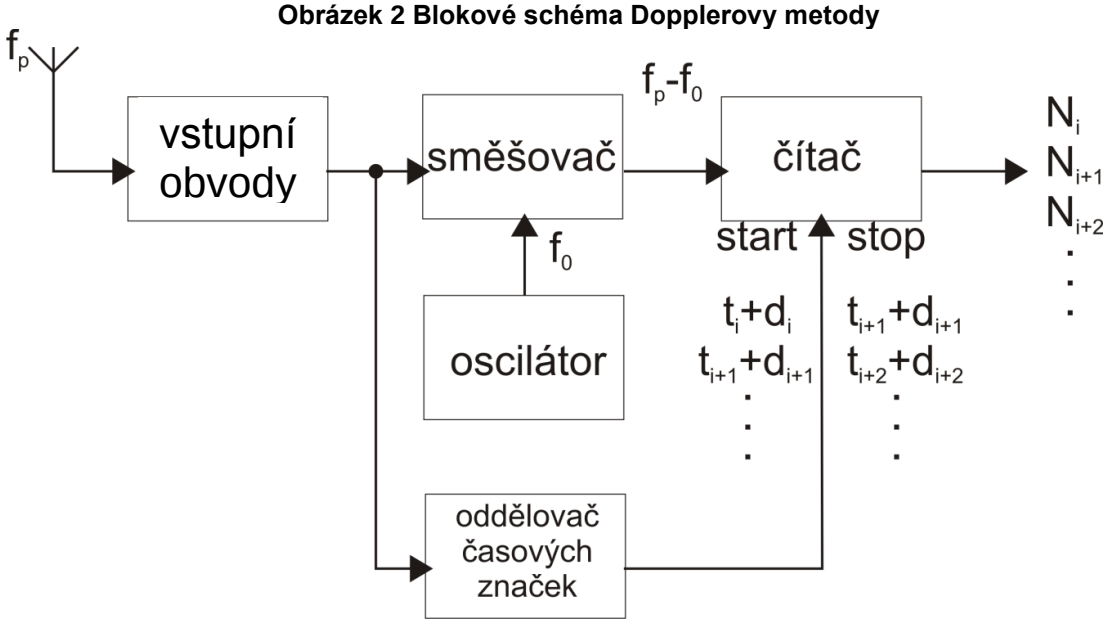


Vzdálenost palubního zařízení od majáku se za dobu mezi dvěma časovými značkami změní z d_i na d_{i+1}. Palubní zařízení tak přijímá časovou značku v době $t_i + \Delta_i$. Rozdíl $\Delta_i = \frac{d_i}{c}$ značí dobu cesty signálu po vzdálenosti d_i a při rychlosti signálu c. Nyní již můžeme uvést výpočet polohy rovnice (1)

$$N_i = TF + \frac{F_0}{c}\left[\sqrt{(x_{i+1} - x)^2 + (y_{i+1} - y)^2 + (z_{i+1} - z)^2} - \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}\right] \quad (1)$$

Pro výpočet je nutné provést tři měření. N_i, N_{i+1}, N_{i+2} v časech t_i, t_{i+1}, t_{i+2}. Díky tomu můžeme zavést tři rovnice o třech neznámých, a tím zjistit pozici určenou proměnnými x, y, z. Polohu družice získáme z parametrů její dráhy. Tyto parametry musí družice vysílat (obr. 2.).

Obrázek 2 Blokové schéma Dopplerovy metody



2.2. Dálkoměrná metoda

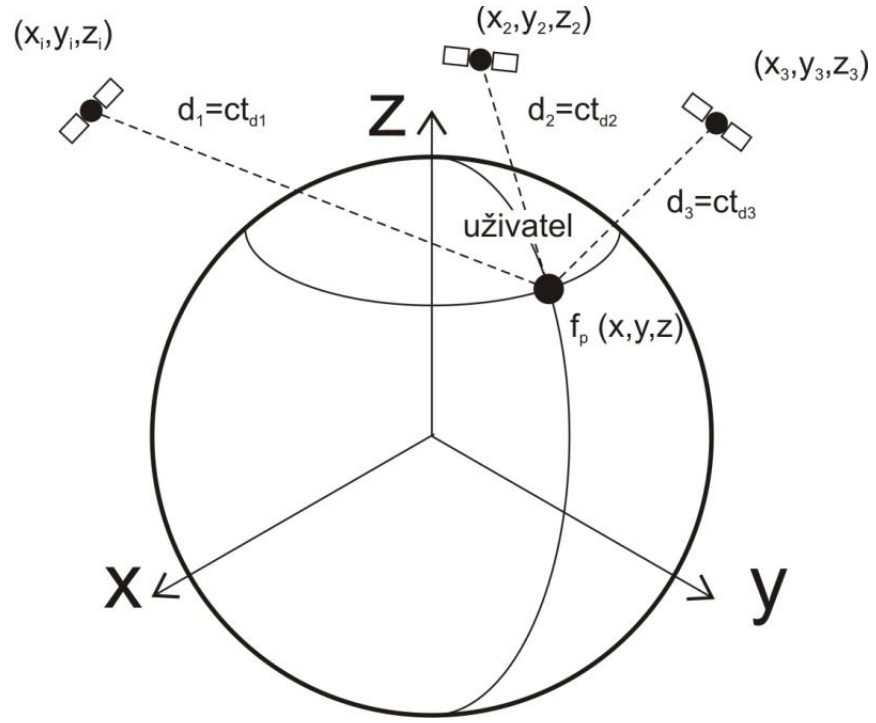
Existují dva typy systémů využívajících dálkoměrnou metodu. Aktivní a pasivní dálkoměrné systémy. V obou se využívá obdobného principu měření. Poloha palubního zařízení se určuje podle vzdálenosti od alespoň tří majáků (obr.3.). Tuto vzdálenost vypočítáme díky naměřenému času τ_{di}, potřebnému pro přenos signálu z majáku do palubního zařízení (rov. 2.). Známe-li polohu majáků určenou souřadnicemi x_i, y_i, z_i, můžeme dopočítat polohu palubního zařízení pomocí rovnice (2).

$$\tau_{di} = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \qquad (2)$$

Rozdíl mezi aktivními a pasivními systémy je ve způsobu komunikace mezi majákem a palubním zařízením. Aktivní systémy využívají obousměrnou komunikaci. Ta spočívá v odeslání dotazu palubním zařízením. Po jeho přijetí majákem dojde k identifikaci a maják zašle odpověď zpět k palubnímu zařízení. Následuje výpočet zpoždění mezi odesláním a přijetím signálu. Palubní zařízení musí znát polohu používaných majáků.

Nevýhodou je pak rádiová aktivita palubního zařízení. Dochází tak k velké zátěži na vysílacím systému palubního zařízení. V případech, kdy je vyloučena pozemní rádiová komunikace, například kvůli utajení zařízení není možné polohu určit.

Obrázek 3 Princip dálkoměrné metody



V pasivních systémech vysílá signál pouze maják. Ten přijímá palubní zařízení a zjišťuje čas příjmu. Vzdálenost d_i mezi majákem a palubním zařízením se určí výpočtem rozdílu času τ_{di} mezi odesláním a příjmem signálu (rov. 3.). Díky známé poloze vysílacího majáku, která je buď vysílána přímo majákem, nebo je odvozena z vysílaných parametrů dráhy majáku. Časová základna palubního zařízení není synchronní s časovou základnou majáku. Proto je nutné zajistit její dopočítání pomocí posunu o interval Δt. Ten je možné přepočítat na vzdálenost $b = c \cdot \Delta t$. Pro výpočet polohy tedy musíme základní rovnici rozšířit o další část. Přidáme tím další neznámou, a proto musíme vypočítat čtyři rovnice o čtyřech neznámých.

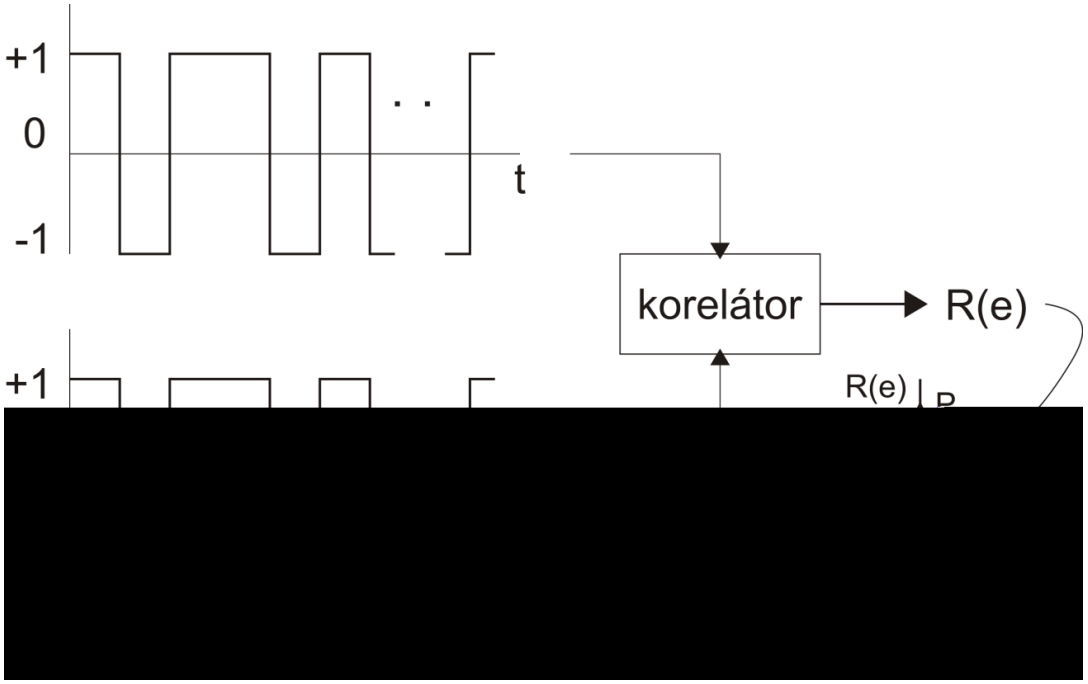
Proměnná D_i značí takzvanou pseudovzdálenost. Jde o přepočet časového posunu τ_{m_i} mezi časovou základnou palubního zařízení a palubním zařízením generovanou kopií signálu synchronizovanou s přijatým signálem.

Generátor kopie signálu se řídí napětím $u(e)$. Toto napětí má velikost odpovídající potřebnému posunu e. O vytvoření napětí $u(e)$ se stará korelační obvod.

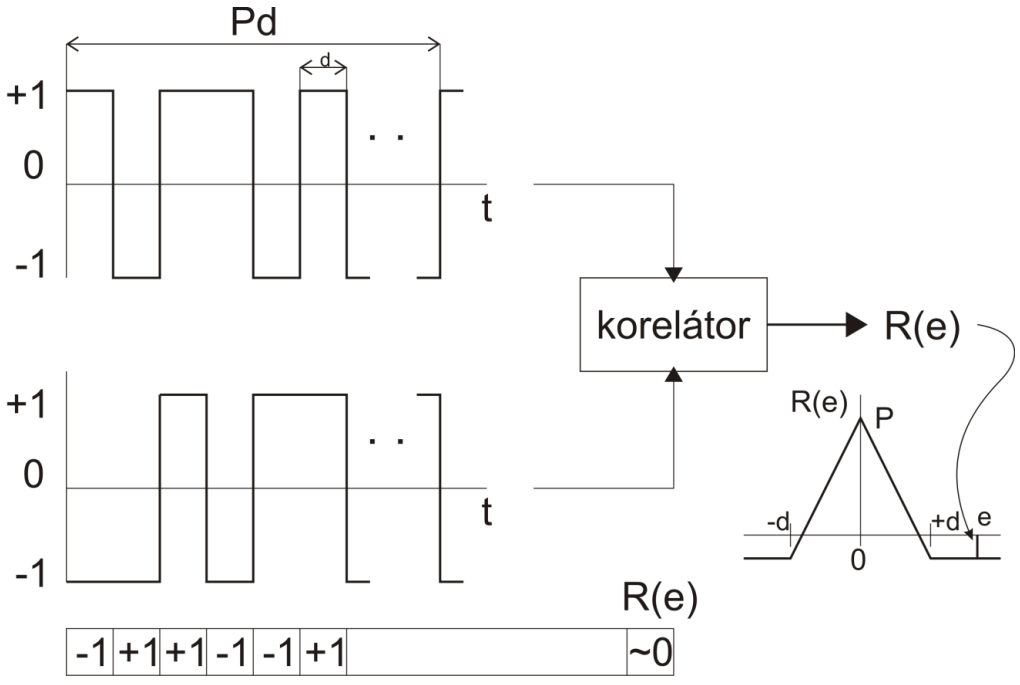
Tyto obvody slouží k výpočtu součtu součinů hodnot přijatého signálu s hodnotami vygenerované kopie Výstupem je korelační funkce, jejíž hodnota je závislá na vzájemném posunu signálů. Její hodnota se zvyšuje se snižováním vzájemného posunu signálů.

$$\sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} = d_i = \left(\tau_{m_i} + \Delta t\right) \cdot c = D_i + b \quad (3)$$

Obrázek 4 Korelátor nesynchronních signálů

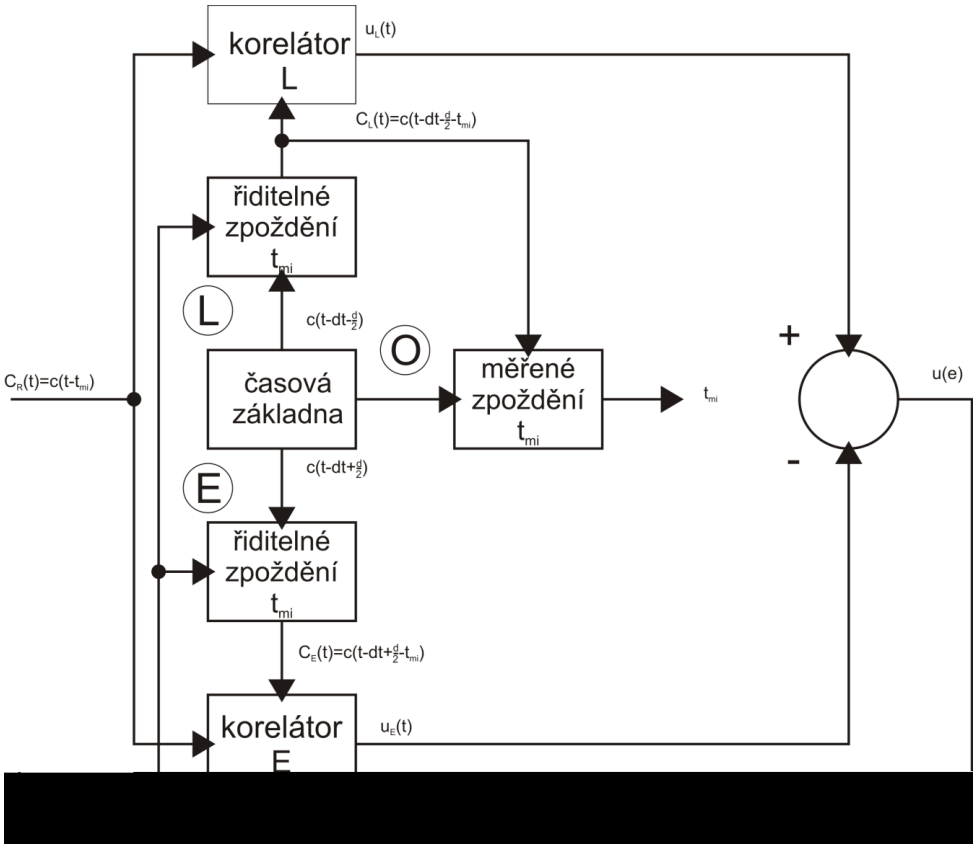


Obrázek 5 Korelátor synchronních signálů



Pokud použijeme dva korektory (obr. 4. a obr. 5.), do prvního přivedeme zpožděnou kopii signálu a do druhého předbíhající se kopii a odečteme-li vstupní napětí od jejich výstupu, vznikne takzvaný diskriminátor zpoždění. Tento obvod zajistí požadované napětí $u(e)$ závislé na posunu e. Na vstup obou korelátorů je přiveden přijatý signál $c_R(t)$ (signál vyslaný majákem, zpožděný o dobu τ_{di}). Tento signál odpovídá vzdálenosti majáku od palubního zařízení. Dále je na vstupy přiveden signál $c(t)$ z generátoru časové základny. Výstupní kopie signálu je zpožděna o Δt vůči přijímanému signálu z majáku (obr. 6.).

Obrázek 6 Blokové schéma korelátoru



3. Navigační systém GPS (Global positioning system)

Tento navigační systém je známý také pod názvem NAVSTAR (Navigation Using Time and Range). Pro svou funkci využívá pasivní dálkoměrný systém. Systém majáků je složen z 21 základních družic a 3 záložních na oběžných drahách. Tyto družice jsou umístěny v kruhových oběžných drahách s inklinací 55° ve výšce 20 200 km nad povrchem Země a doba jednoho oběhu je 11 hodin a 58 minut.

Existují i další systémy pro určení polohy, například GLONASS, Granas, Starfix nebo do budoucna plánovaný systém Galileo. Tyto systémy nebudeme dále rozebírat, protože nejsou implementovány v cílových zařízeních aplikace.

Systém GPS byl vytvořen jako vojenský projekt a na jeho vývoji se podílely americké vzdušné síly a námořnictvo. Počátky vzniku systému se dají zařadit do šedesátých let dvacátého století. Systém byl po plném uvedení do provozu v roce 1995 zpřístupněn i pro civilní veřejnost. Z bezpečnostních důvodů však byla ze strany družic vnášena umělá chyba, která znemožňovala zaměření pozice přesněji než s tolerancí desítek metrů. Tato záměrná chyba byla odstraněna v roce 2000, což podpořilo masivní rozšíření zařízení využívajících GPS.

3.1. Podsystémy GPS

Navigační systém GPS je složený ze tří podsystémů. První podsystém je řídící a kontrolní, druhý je kosmický podsystém a třetí uživatelský podsystém.

3.1.1. Řídící a kontrolní podsystém

Tento podsystém se skládá ze šesti pozemních stanic. Tyto stanice monitorují stav majáků a předávají informace do hlavní řídící stanice. Ta pak provádí změny v systému majáků. Tyto stanice se nachází na různých částech plochy Země.

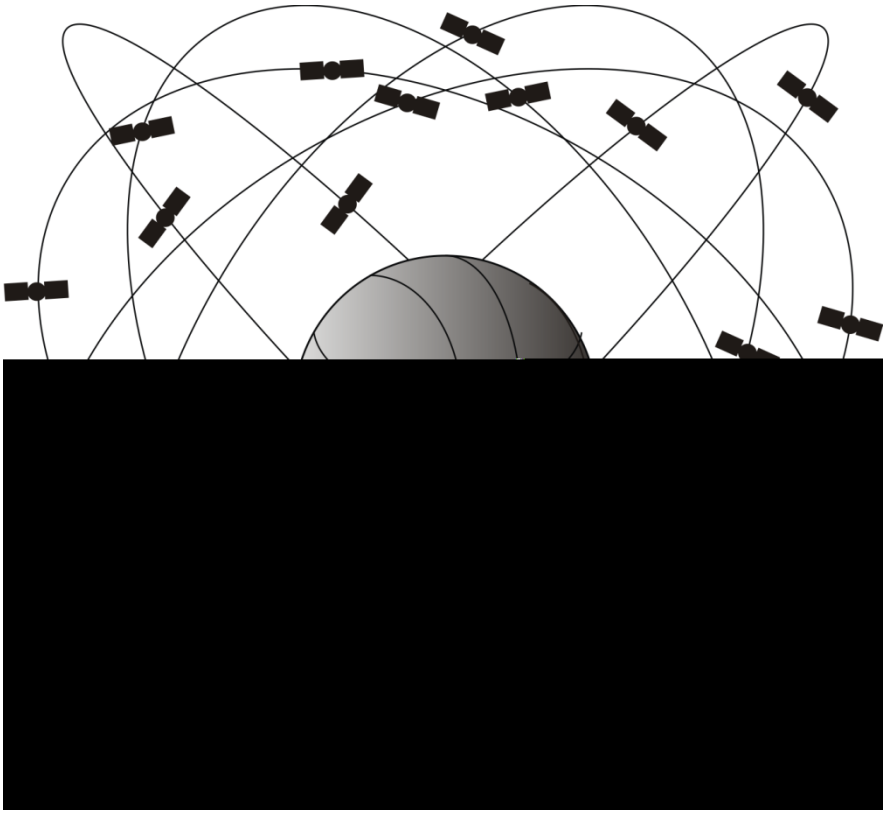
Hlavní řídící stanice je postavena v Colorado Springs v USA, zbývající monitorovací a řídící stanice se nacházejí na Havajských ostrovech, na Ascension Island v jižním Atlantiku, na Diego Garcia v Indickém oceánu, v Kwajalein na Marshallově souostroví a v Cap Canaveral, tuto stanici je možné využít jako záložní stanici v případě výpadku.

Stanice, které slouží k monitorování stavu majáků, jsou většinou bezobslužné, dálkově řízené hlavní řídící stanicí. Každá monitorovací stanice dokáže sledovat všechny „viditelné“ majáky. Stanice jsou vybaveny vlastními atomovými hodinami a provádí měření pseudovzdáleností. Výsledná data odesílají do hlavní řídící stanice, která je zpracuje a jednou za 24 hodin odešle majákům.

3.1.2. Kosmický podsystém

Tato část systému GPS se sestává z 24 aktivně nasazených majáků na oběžné dráze Země (obr. 8.). Majáky jsou rozmístěny po čtyřech na každé ze šesti oběžných drah. V případě selhání některého majáku jsou k dispozici i čtyři záložní.

Obrázek 8 Dráhy družic na oběžných drahách Země



Majáky jsou v průběhu let postupně obměňovány za novější typy. Některé starší jsou však stále aktivní, díky čemuž nyní pracuje celkem 32 majáků.

Každý maják po celou dobu provozu přijímá a zpracovává informace odesílané z pozemních řídících stanic. Majáky také monitorují svůj vlastní stav, a pokud je potřebná například korekce dráhy, uvede do chodu sadu raketových motorů a informuje o průběhu akce řídící stanici.

Dále majáky vysílají signály k uživatelským zařízením na řadě frekvencí. Přesné generování kmitočtů zajišťují rubidiové oscilátory. Frekvenční stabilita těchto oscilátorů se pohybuje mezi $1 \cdot 10^{-10}$ až $1 \cdot 10^{-13}$ sekund.

Průměrná životnost majáku se udává mezi devíti a jedenácti lety. Za tuto dobu je třeba maják pravidelně jednou ročně udržovat a seřizovat. V rámci údržby se seřizují dráhy letu a rubidiové oscilátory. Celý proces trvá do osmnácti hodin. Po tuto dobu je družice označena jako neplatná, je tedy funkční, ale neodesílá validní informace.

Každý z majáků nese troje až čtvery atomové hodiny. Dále pak sadu komunikačních antén pro spojení s pozemními kontrolními stanicemi, pro odesílání rádiových kódů a pro vzájemnou komunikaci mezi majáky. Protože jsou majáky především určeny pro armádní účely, nesou také elektromagnetické, rentgenové a optické senzory pro detekci cizích armádních těles.

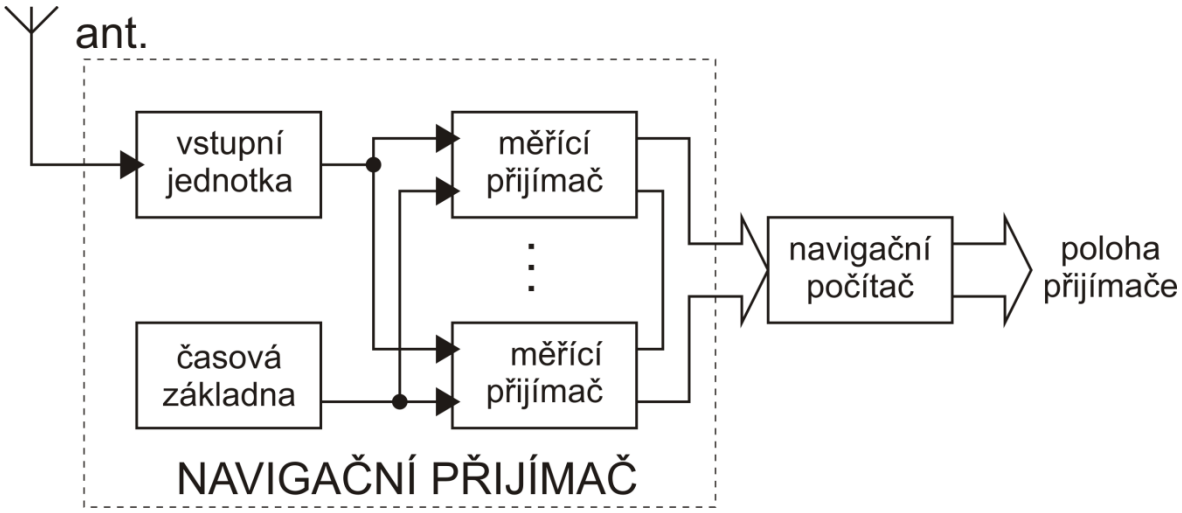
Veškerý provoz zajišťují integrované baterie, dobíjené pomocí solárních panelů.

3.1.3. Uživatelský podsystém

Palubní zařízení slouží k příjmu GPS signálů, pomocí kterých jsou schopny určovat polohu nebo přesný čas. Tato zařízení jsou schopna navigovat v prostoru nebo v případě měřičství určovat korekce polohy odvozené od přijaté polohy přesně umístěnou stacionární stanicí.

Základem přijímače GPS signálu je anténa, dekodér přijatého signálu a navigační počítač (obr. 9.).

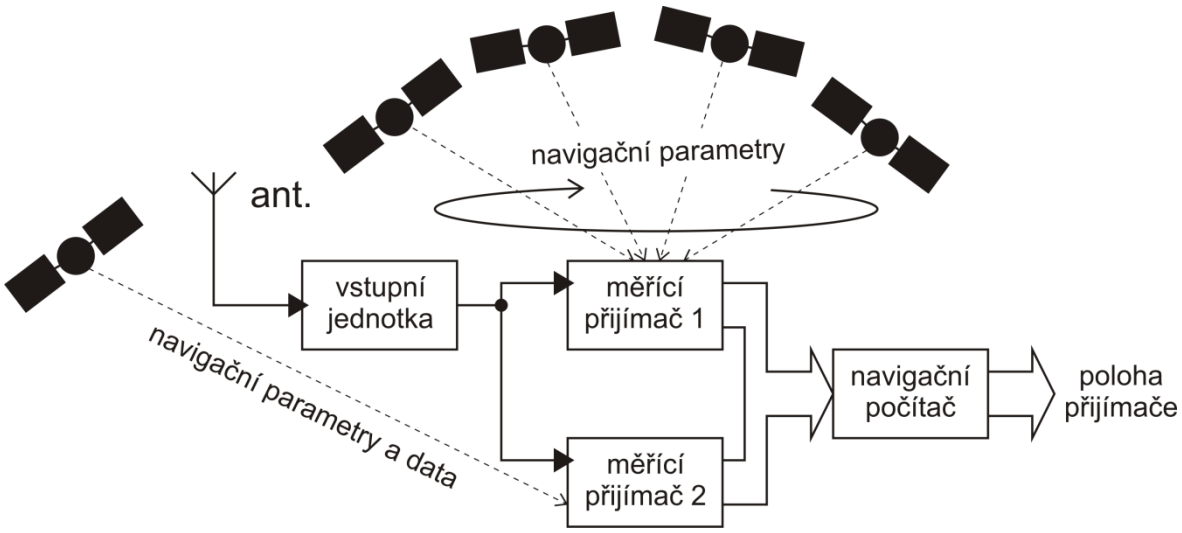
Obrázek 9 Blokové schéma GPS přijímače



3.1.3..1. Sekvenční přijímač

Jednotlivá měření probíhají postupně s každým viditelným majákem během krátkých časových intervalů (obr. 10.). Každý příjem sady navigačních dat trvá přibližně třicet sekund.

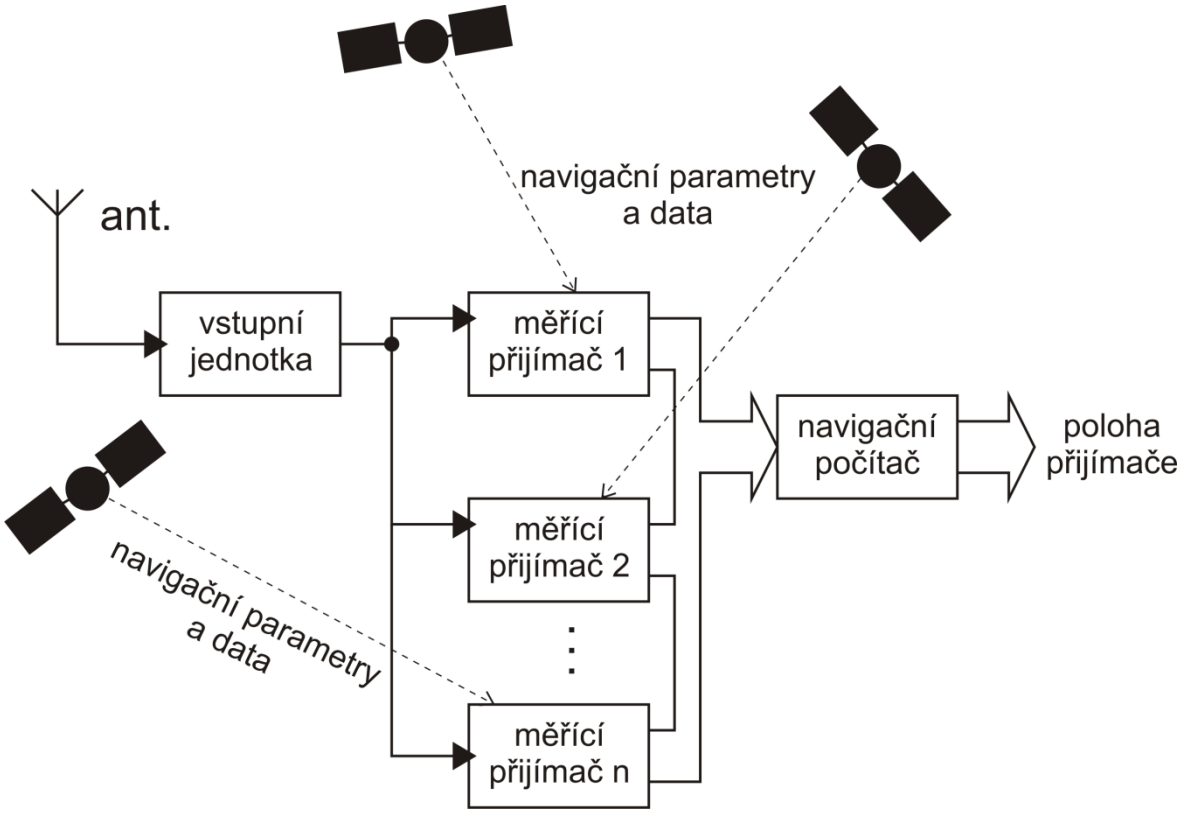
Obrázek 10 Sekvenční přijímač



3.1.3..2. Vícekanálový přijímač

Základní částí je vstupní jednotka, za kterou následují minimálně čtyři měřící přijímače. Každý měřící přijímač provádí měření zároveň ve stejném čase (obr. 11.). Díky tomu nedochází k časovým prodlevám a lze s přijímací jednotkou během měření pohybovat.

Obrázek 11 Vícekanálový přijímač



3.2. Signál GPS

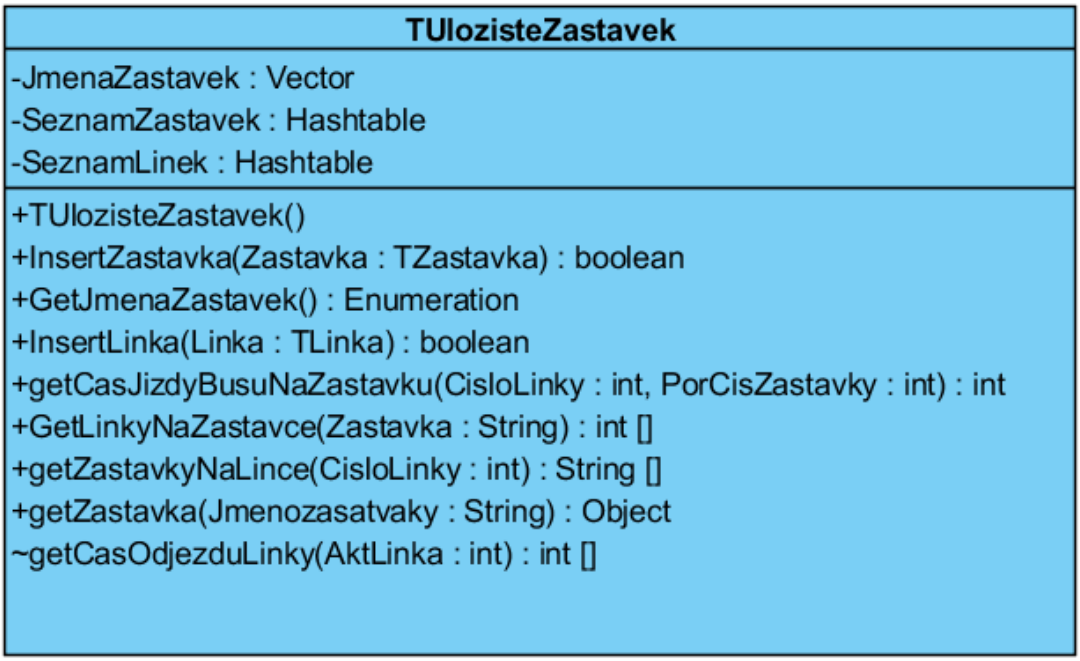
Při přenosu dat GPS dochází k přenosům na velké vzdálenosti. Používá se proto metoda statického vyhodnocování. Ta umožní přijmout signál s velkým poměrem signálu k šumu až do úrovně 20 dB. Vysílaný signál je kombinace dálkoměrného kódu a navigační zprávy modulovaných na nosnou vlnu. Základní frekvenci $f_0 = 10{,}23\ MHz$ udržují palubní hodiny na majáku.

Pro potlačení šumu se využívají pseudonáhodné kódy s velmi přesnými časovými a kmitočtovými informacemi. Označují se PRN a jde o posloupnost hodnot -1 a +1. Tato posloupnost se v určitých intervalech opakuje a nenese žádnou informaci, přenáší pouze časové značky.

Pro přenos informací se od základní frekvence odvozují jednotlivé nosné vlny:

- $L1 \rightarrow 154 \cdot f_0 = 1575{,}42\ MHz = f_1$
- $L2 \rightarrow 120 \cdot f_0 = 1227{,}60\ MHz = f_2$
- $L3 \rightarrow 135 \cdot f_0 = 1381{,}05\ MHz = f_3$
- $L4 \rightarrow 180 \cdot f_0 = 1841{,}40\ MHz = f_4$
- $L5 \rightarrow 115 \cdot f_0 = 1176{,}45\ MHz = f_5$

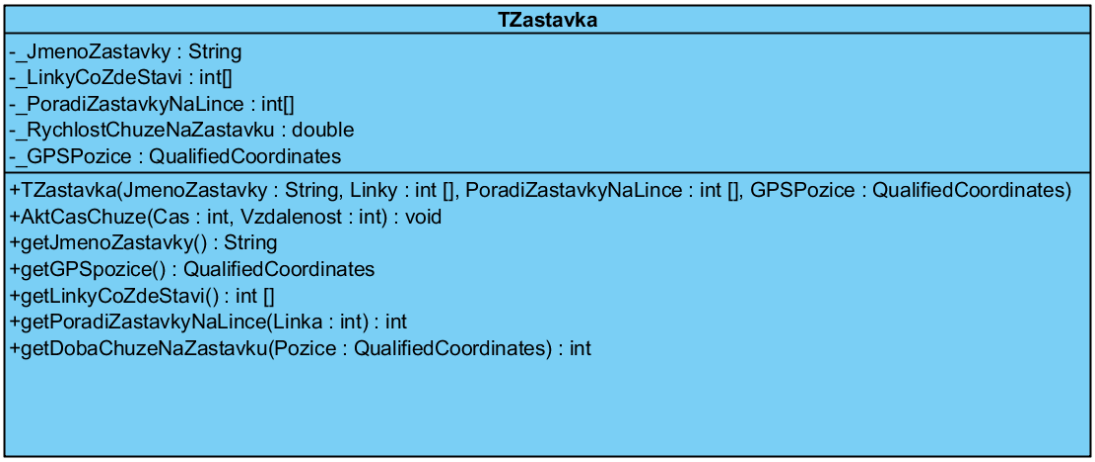
Proto byl navržen jednoduchý objekt pro ukládání, a to TUlozisteZastavek (obr. 14.), který obsahuje vektor JmenaZastavek, SeznamZastavek a SeznamLinek. Dále procedury a funkce pro vkládání a přístup k jednotlivým položkám. Dále jsou implementovány jednoduché vyhledávací funkce.



Obrázek 15 TUlozisteZstavek

Další objekt pro ukládání dat je TZastavka nesoucí údaje o zastávce MHD. Je to velice jednoduchý objekt, který má atributy a funkce pro ukládání načítání těchto atributů. Nese informace o pozici zastávky pro výpočet vzdálenosti od aktuální polohy uživatele.

Jedna ze zajímavých věcí je i individuální rychlost chůze vztažená na konkrétní zastávku. A to důvodu výpočtu vzdálenosti mezi uživatelem a zastávkou pouze na znalosti vzdálenosti vzdušnou čarou. To by mohlo představovat problém v husté zástavbě nebo ve složitějších městských aglomeracích, kde musí chůze vést přes vzdálené podchody, nadchody nebo jinak vymezené koridory pro chodce, které by algoritmus nedokázal odhalit a vypočítal by chůzi, která by zdaleka neodpovídala situaci. Proto po příchodu na cílové místo (zastávka MHD), se dá uložit průměrná rychlost chůze ke konkrétní zastávce tím způsobem, že se udělá průměr z uložené a aktuální rychlosti. Tento přístup není nejlepší možný, protože nezohledňuje, odkud uživatel přichází. Ale pro popsání konkrétní situace a složitosti terénu je tento přístup dostatečně přesný. Zvlášť když ostatní okolnosti, jako čekání na přechodech a povětrnostní podmínky, mají taky velice důležitou roli, která ovlivňuje průměrnou rychlost chodce.



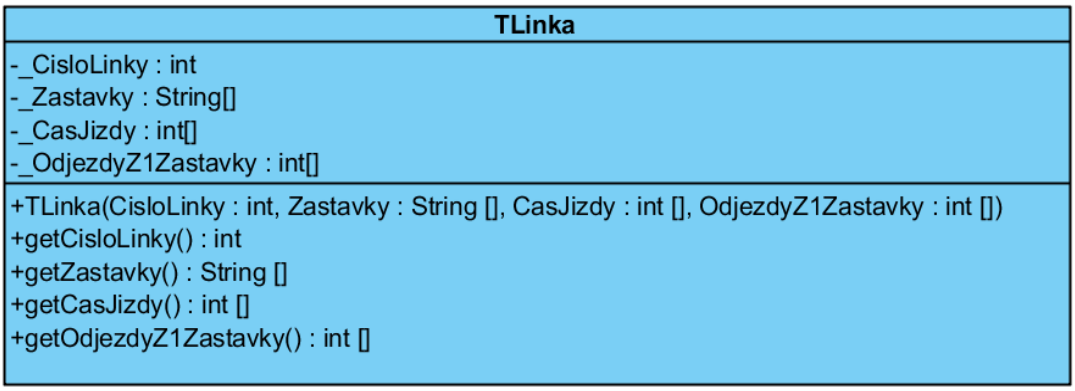
Obrázek 16 TZastavka

Následující datová struktura je navržena pro udržení struktury popisující linky a spoje. Tento triviální objekt je stejně jako TZastavka (obr. 15.)jen pro uložení dat spoje, kdy obsahuje data identifikační, jako je číslo linky, seznam jmen zastávek, v jakém pořadí na nich linky zastavují. Dále je zde pole obsahující dobu jízdy mezi zastávkami. Jako poslední atribut je seznam odjezdů z počáteční zastávky v minutách od půlnoci. Tato implementace byla zvolena zvláště proto, že MHD v Pardubicích nepovoluje přestupy, protože jsou zpoplatněné. Dále pro použití v J2ME je vhodné koncipovat tyto struktury s co nejrychlejším přístupem.

Objekt TLinka (obr. 16.) je navržen pro jednoduché ukládání informaci o linkách. Nese informace o číslu linky, seznamu zastávek, času jízdy mezi zastávkami a časy odjezdů z výchozí stanice.

Obecný problém reprezentace linek a spojů spočívá v tom, že pod pojmem linka se vyskytuje několik různých linek, které zastavují na jiných zastávkách nebo vykonávají jen částečný turnus. Nebo jsou i oblíbené zrychlené spoje, které vynechávají některé zastávky na trase. Jediným řešením jak s těmito spoji efektivně pracovat je vyčlenit je z jízdního řadu spoje a definovat pro ně nové linky. Typickým příkladem je linka 16. Která z 44 spojů za den má 26 končících předčasně, 2 jedoucí do jiné než uvedené zastávky, takže zbývá 16 spojů, které jedou podle jízdního řádu bez výjimky. Viz příloha A

Obrázek 17 TLinka



7.2. Implementace algoritmu pro vyhledání spoje a nástupní zastávky

Zadání práce jasně definuje podmínky pro běh programu a jeho vstupní a výstupní data. Známe souřadnice, kde se nachází uživatel a požaduje se zadání cíle. Tento cíl je definován jako zastávka MHD. Dále není povoleno přestupovat.

Z těchto předpokladů se dá odvodit to, že jako nejvhodnější postup je zjistit, jaké linky projíždí na cílové zastávce. Algoritmus musí prozkoumat zastávky na těchto linkách a ohodnotit je časovou dostupností chůzí od aktuální

pozice. Problematický je výběr zastávek, které podrobit zkoumaní a které již neprozkoumávat. Tento problém se nedá řešit pomocí postupného přidělování času chůze na zastávky od bodu výstupu, protože linky jsou navrženy tak, aby obsluhovaly místa s požadavky zákazníků. A proto by mohly být za nejbližší označeny zastávky, které se jen přiblížily k výchozímu místu a nejbližší zastávka by následovala, až se autobus vrátí z obsluhy oblastí, které jsou vzdálenější než zastávky před touto oblastí. Jako příklad může byt obsluha ulice Gorkého a Parama linkou č. 16 ve směru na Univerzitu. Proto se při rozsahu zastávek a linek v Pardubicích přistoupilo k jednoduchému, zato spolehlivému algoritmu, projít všechny zastávky na lince. Viz příloha B.

V této fázi algoritmu máme všechny zastávky ohodnoceny časem chůze na zastávku, ale to, co rozhoduje o času dosažení výstupního místa, je čas příjezdu linky na cílovou stanici. Ten závisí na tom, jakou linku a na kterém spoji jsme schopni dosáhnout. Proto je vhodnější přímo ohodnotit jednotlivé vrcholy příjezdem prvního autobusu každé linky, který je dosažitelný. Z tohoto ohodnocení vybereme ty nejnižší. Pro implementaci je nejsnazší tato formulace: Aktuální čas + doba chůze na zastávku – Doba jízdy autobusu z konečné na nástupní stanici musí být větší než čas, kdy odjíždí bus z konečné. Pokud toto platí, tak je spoj zařazen do skupiny, která je dostupná pro dosažení cíle. Rozdíl udává, kolik minut máme k dispozici jako rezervu.

Pro uložení ohodnocené zastávky na lince je navržena jednoduchá struktura TPrefeBod, která ukládá čas chůze na zastávku, čas příjezdu na cílovou zastávku, číslo linky a jméno nástupní stanice. Jediná výjimečnost tohoto objektu je, že je potomkem ComparableObject, což je třída, kterou jsem musel definovat jako abstraktní třídu, která zavádí porovnatelnost objektu.

Příklad:

Stojíme před vchodem DFJP a naším cílem je zastávka MHD Hlavní nádraží. Čas je 10:00.

Víme, že linky zastavující na Hlavním nádraží jsou 3, 8, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 23, 24. Pro tento příklad vybereme jen pár zastávek z linek, kdežto program ohodnotí všechny zastávky.

Linka, zastávka	Odjezdy (h)	Odjezdy (min)	Jízda z konečné na nástupní zastávku	Jízda z konečné na výstupní zastávku	Čas chůze (min)	Aktuální čas	Akt+Chůze-Příjezd	Rozdíl mezi výpočtem a odjezdem	Dojezd	Pořadí
10, Univerzita	09:10	550	0	9	1,7	600	600+1,7-9= 592,7	-42,7		
10, Univerzita	10:24	624	0	9	1,7	600	600+1,7-9= 592,7	31,3	633	2
3, Hradecká	09:53	593	18	28	4,1	600	600+4,1-18= 586,1	6,9	621	1
3, Stavařov	09:53	593	19	28,0	4,3	600	600+4,1-19= 585,1	7,9	621	1
23, Polabiny, Hotel	13:21	801	3	11,0	5	600	600+5-3= 602	199	812	3

V tabulce je přehledně zobrazen postup algoritmu. První sloupec obsahuje linku a zastávku kterou ohodnocujeme a která může být nabídnuta uživateli. Druhý sloupec ukazuje čas v který má autobus kdy bude na konečné, tento čas je převeden na minuty od začátku dne. Musíme znát, jak dlouho pojede autobus na zastávku, kterou hodnotíme. V prvních dvou případech je vidět, že se jedná o konečnou zastávku proto je uvedena 0 a v dalších 3 je dojezd 18 minut, 19 minut respektive 3 minuty u posledního zastávky. Následuje sloupec s časem potřebným k dosažení výstupní zastávky od konečné zastávky. Čas chůze z aktuální pozice na hodnocenou zastávku a dále je aktuální čas v minutách od začátku dne. Toto jsou hodnoty, ze kterých se vychází. Sedmý sloupec vypočítavá zdali v kolik hodin musí odjet bus z konečné, aby bez čekání mohl zákazník nastoupit. Pokud

je hodnota po odečtení ojedu autobusu z konečné záporná tento spoj je nedosažitelný a zamítáme ji jako na prvním řadku našeho příkladu. Ale pokud je kladný rozdíl, tak je dosažitelný a můžeme dále počítat a zjistit kdy dorazí na cílovou stanici. To zjistíme součtem času odjezdu a dobou jízdy na cílovou zastávku. Tento čas je určující pro výběr zastávky uživateli.

7.3. Rozšíření

Jako následující kroky pro doplnění a rozšíření programu se jeví tyto.

Jako jedno ze základních rozšíření se nabízí implementace mechanizmu pro stahování plánovaných změn, a to nových jízdních řádů, plánovaných výluk, objížděk a rozšíření spojů. Zejména těch, které jsou plánované v dlouhodobém horizontu.

Další zajímavá a velmi přínosná oblast by bylo rozšíření modulu o funkci zjištění aktuální pozice autobusů. Tak, aby byla zohledněna zpoždění, výluky a objížďky na trase linek. Většina dopravních podniků sleduje své spoje online, mají k dispozici aktuální polohy, předpokládaná zpoždění a pokud by tyto informace dokázal DP zveřejnit a online aktualizovat, tak by se zlepšil komfort cestujících a rapidně by se zpřesnilo určení dojezdové doby. To by prospělo nejenom k zpřesnění časů, ale nabízí se i možnost zobrazovat obsazení autobusu tak, aby člověk měl možnost vyvarovat se autobusů, do kterých se už nevejde. Všechny tyto údaje jsou jednoduše zjistitelné a jejich analýza je důležitá jak pro DP z dlouhodobého hlediska, tak aktuální informace jsou naopak důležité pro zákazníka, kterému je doporučen jiný spoj nebo jiná linka.

Jako další možnost je napojení tohoto systému na železniční spojení. Kdyby program dokázal vybrat takový spoj, aby minimalizoval přestup na nádraží a dokázal započítat i aktuální požděnní vlaků a MHD.

Ale veškeré tyto moduly vyžadují kooperaci s DP a vyvedení online dat pro veřejnost, což nebylo náplní této diplomové práce.

8. Závěr

Cílem práce bylo popsat základní principy fungování globálního pozičního systému. Dalším cílem bylo vytvořit modul využívající globálního pozičního systému pro určení optimální zastávky MHD od pevně daného výchozího bodu.

V první části byly popsány teoretické principy fungování globálního pozičního systému s přihlédnutím k jeho využití pro vytvořenou aplikaci.

Druhá část práce byla zaměřena na popis samotné aplikace. V práci je podrobně rozebrán protokol NMEA a specifikace CLDC a CDC. Dále práce obsahuje popis principů samotné aplikace. Jsou zde popsány profily Java ME a krátce jsou zmíněny vývojové nástroje pro Java ME. Na tento teoretický základ navazuje popis implementace algoritmů samotného programu. Zde je zmíněna struktura programu a implementace algoritmů podrobně popsaných v teoretické časti.

Na závěr jsou nastíněny další možnosti rozšíření vytvořené aplikace tak, aby byla univerzální a všeobecně použitelná.

Seznam použité literatury

[1] VOLEK, Josef. *Operační výzkum I*. Vyd. 1. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2002. 111 s. ISBN 80-7194-410-6.

[2] Oracle. *Sun developer center* [online]. 2009 [cit. 2010-04-24]. Java ME Technology APIs & Docs. Dostupné z WWW: <http://java.sun.com/javame/reference/apis.jsp>.

[3] WRÓBLEWSKI, Piotr. *Algoritmy : Datové struktury a programovací techniky*. Brno : Computer Press, 2007. 343 s. ISBN 80-251-0343-9, K0871.

[4] DARWIN, Ian F. *Java kuchařka programátora*. Brno : Computer Press, 2007. 801 s. ISBN 80-251-0944-5, K1223.

[5] EUBANKS, Brian. *Java na maximum*. Brno : Computer Press, 2006. 215 s. ISBN 80-251-1111-3, K1328.

[6] MARTIN, Robert C. *Čistý kód*. Brno : Computer Press, 2009. 423 s. ISBN 978-80-251-2285-3, K1646.

[7] KAPLAN, D. Elliott, HEGARTY, J. Christopher. Understanding GPS : principles and applications. 2nd edition. Boston : Artech House, INC., 2006. 703 s. ISBN-13 978-1-58053-894-7.

[8] J2ME. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 18. 3. 2006, last modified on 14. 5. 2009 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/J2ME>.

PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Příloha A: Vybrané jízdní řády

Příloha B: Mapa Pardubic s trasami vybraných linek

Příloha C: DVD s programovým modulem

Příloha A: Vybrané jízdní řády

10

Dopravní podnik města Pardubic a.s.

Univerzita	J	0
Stavařov	Q	2
Zimní stadion		3
Masarykovo nám.	J Q	5
Autobusové nádraží	J	7
Hlavní nádraží, Albert HM	Q	9
Albert HM		10
Dopravní podnik		15
Dukla, u náměstí		17
Dukla, KD		18
Gorkého		20
U kapitána	Q	21
Ulice Svobody		22
Krematorium		23
Nemošice, škola		27
Nemošice, Nábřežní		28
Nemošice, 5.května		29
Nemošice, točna		30
Ostřešany, škola		30
Ostřešany, park		32
Ostřešany, točna		34

Pracovní dny 1.9. - 30.6		PD 1.7. - 31.8.		Soboty, neděle a svátky	
03		03		03	
04		04		04	
05	10N 30k	05	13N 33k	05	37N
06	13N 25k	06	13k	06	43N
07	13♿N 27p 53H	07	16♿N 45p	07	30k
08	20N 50♿N	08	35N	08	07N
09	20N 52p	09	00♿N 48p	09	10N
10	15♿N 45p	10	20♿N	10	24N
11	15N 45♿N	11	06p 40♿N	11	33N
12	15N 40k	12	24N 40k	12	03p 50N
13	15♿k 43p	13	15♿k 43p	13	
14	02N 43H	14	02N	14	08N 33N
15	00k	15	02k	15	23N 43H
16	02p 32♿N 52k	16	02p 55p	16	29k
17	22p 52♿N	17	22♿p	17	10N 46N
18	36p	18	10p 50♿N	18	40H
19	10N 35♿k	19	30k	19	17N
20	00N 30p	20	30♿p	20	09p 30N
21	00♿N 39N	21	00N 39♿N	21	10N 35N
22	09♿H 39p	22	09H 39♿p	22	44p
23		23		23	

N – jede do st.Nemošice, točna
k – jede do st.Ostřešany točna
p – jede do st.Ostřešany park
H – končí na st. Hlavní nádraží
♿ – garantovaný nízkopodlažní spoj
J – Jízdenkový automat
Q – zastávka je bezbariérově přístupná

Platnost od 1.11.2009
POZOR !- zohlednění tarif. pásem
dle trasy jednotlivých spojů

16

Dopravní podnik města Pardubic a.s.

Hlavní nádraží	J	0
Autobusové nádraží	J	2
Palackého	J	3
Masarykovo nám.	Q	5
Zimní stadion		7
Stavařov		8
Polabiny, Hradecká	Q	10
Cihelna, točna		12
St. Hradiště, Fáblovka		14
St. Hradiště, Fáblovka t.		16
St. Hradiště, hostinec		18
St. Hradiště,Psinek		20
St. Hradiště,Brozany		22
Ráby,křižovatka		24
Ráby,Jednota		25
Ráby, odb. Kunětická hora		27
Němčice, chaloupky		28
Němčice		29
Dřítеč		32

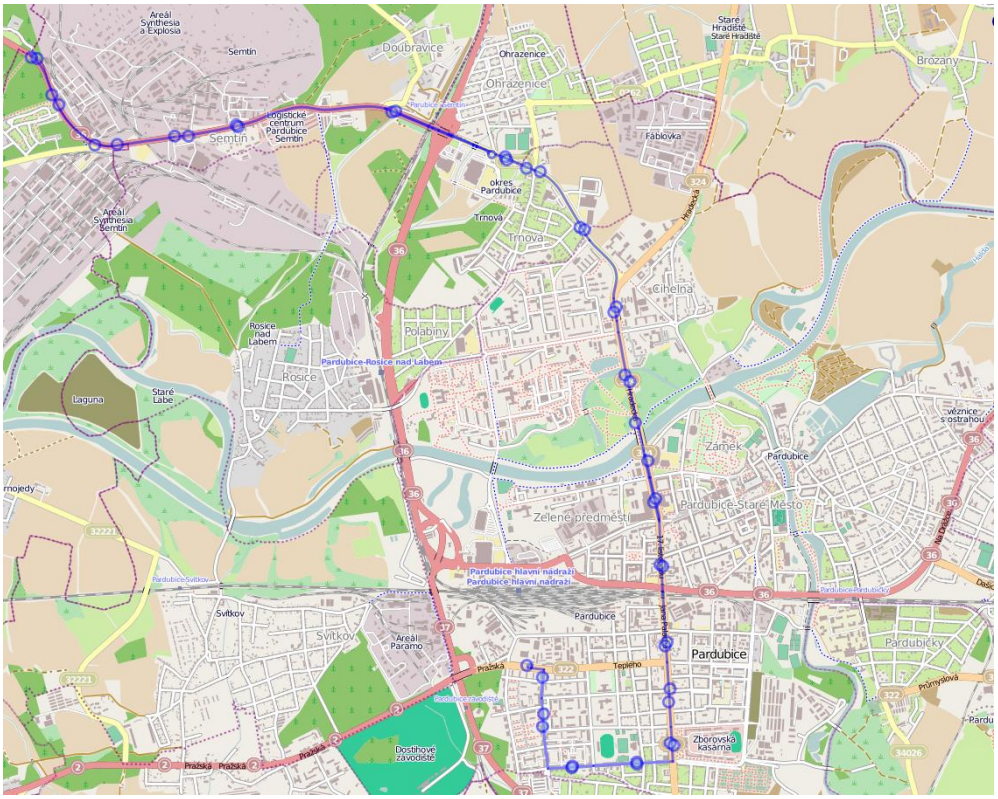
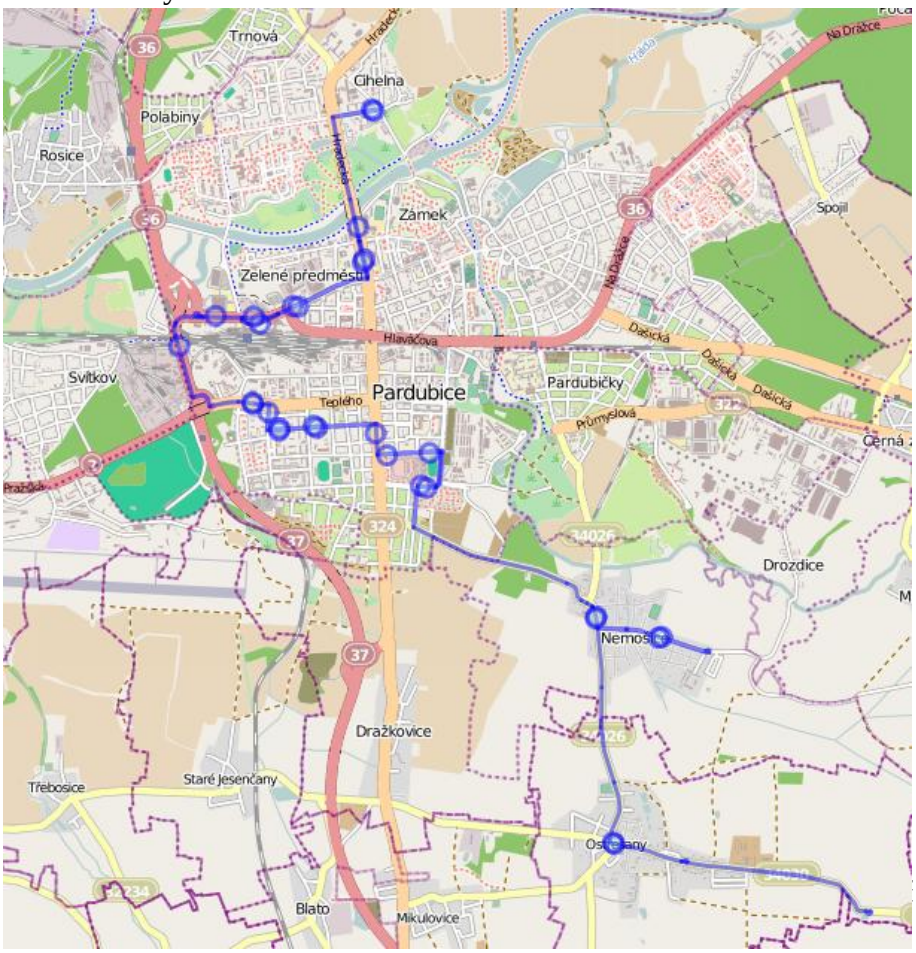
Pracovní dny 1.9. - 30.6		PD 1.7. - 31.8.		Soboty, neděle a svátky	
03		03		03	
04		04		04	
05	32HZ 50CZ	05	32HZ 50CZ	05	53A
06	32HZ	06	32HZ	06	
07		07		07	
08	33CN	08	33NC	08	35RN
09		09		09	
10		10		10	15BN
11		11		11	
12	30NR	12	30CN	12	
13		13		13	08BN
14	01NH 21CZ	14	01NH 21CZ	14	
15	01NH 23A	15	01NH 23A	15	56CN
16	01NH	16	01NH	16	
17	41RN	17	41RN	17	
18		18		18	54CN
19		19		19	
20		20		20	
21		21		21	
22	27NC	22	26R	22	27NC
23		23		23	

H – končí na st. St.Hr. hostinec
C – končí na st.Němčice
Z – jede přes st. St. Hr. Fáblovka, točna
N – nezajíždí do st. St.Hr.,Fáblovka , točna
R – Dřítеč
A – končí na st.St.Hr.,Fáblovka , točna
B – končí na st.Ráby, Kunětická hora
J – Jízdenkový automat
Q – zastávka je bezbariérově přístupná

Platnost od 16.11.2009
POZOR !- zohlednění tarif. pásem
dle trasy jednotlivých spojů

Příloha B: Mapa Pardubic s trasami vybraných linek

Trasa linky 7 (zdroj http://www.openstreetmap.org/)



Trasa linky 10