

USE OF MOBILE DEVICE SENSORS IN A CAR

Lukáš Aron

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xaronl00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Žák

E-mail: izakpa@fit.vutbr.cz

Abstract: This article is about how I can measure quality of roads with mobile devices like phone or tablet. It focuses on Android application which can measure quality by accelerometer and we also need GPS sensor to publish results to map. There is a solution of rotation problem of mobile device and procedure of scanning roads by mobile sensors. This article also describes measurement at all and shows some results data.

Keywords: accelerometer, GPS, mobile, car

1 ÚVOD

S rozvojem mobilních zařízení, jejich vybavení a neustále se zvyšujícím výkonu jsou tato zařízení více a častěji používána na úkoly, které v minulosti byly řešeny samostatným zařízením. Trendem poslední doby je integrace senzorů do mobilních zařízení. Všechna moderní mobilní zařízení dnes obsahují GPS senzor pro získání aktuální polohy a akcelerometr, který je primárně využíván pro natočení displeje. Tento článek pojednává o využití akcelerometru a GPS senzoru v mobilním zařízení (mobilní telefon, tablet) s operačním systémem Android, který je pevně ukotven v kabině automobilu.

Pozornost je věnována akcelerometru, který slouží pro získání údajů o kvalitě povrchu vozovky snímáním vibrací v automobilu. Existuje řešení měření povrchu kamerovým systémem, které je zpracované na základě počítačového vidění. Vybral jsem si měření na základě dostupných senzorů, protože bych chtěl eliminovat následné složité zpracování. Všechny výpočty mohou probíhat v mobilním zařízení s možností znázornit kvalitu silnic například vykreslením do mapy.

2 SENZORY

Akcelerometr je elektromechanické zařízení, které měří zrychlení sil. Tyto síly mohou být statické, jako je tíhová síla, nebo dynamické způsobeny pohybem či vibracemi. Akcelerometry dovolují měřit statické a zároveň dynamické gravitační zrychlení. U mnohých měření statického gravitačního zrychlení lze zjistit úhel vychýlení vzhledem k zemskému povrchu. Této vlastnosti je využito při snímání vibrací, které jsou vždy ve svislém směru. Podrobnější popis akcelerometru lze nalézt v [1, 2].

Systém GPS lze chápat i jako službu, která je poskytována zdarma pro všechna zařízení disponující GPS modulem. Služba GPS není časově omezená a lze ji využívat bez ohledu na polohu a počasí. Pro určení dvojrozměrné polohy (nejčastěji zeměpisná délka a šířka) postačí příjem signálu z minimálně tří družic (výpočet tří pseudo-vzdáleností), pro určení trojrozměrné polohy (navíc nadmořská výška) minimálně ze čtyř družic. Příjem menšího počtu družic znemožňuje výpočet polohy, vyšší počet družic naopak určení polohy dále zpřesňuje. Další informace lze nalézt v literatuře [1, 2]

3 IMPLEMENTACE

Implementace je v jazyce Java s využitím Java Android Development Frameworku včetně potřebných API rozhraní pro práci se senzory. Podrobný popis Android Development Kitu a způsob vývoje pro operační systém Android lze nalézt v literatuře [3].

Souřadný systém je pevně daný pro každé zařízení. Při natočení či náklonu zařízení dochází k promítání zrychlení automobilu do všech os. Tento jev lze odstranit natočením naměřeného vektoru do takového souřadného systému, ve kterém je vektor gravitačního zrychlení rovnoběžný s osou y .

Při spuštění aplikace je akcelerometr kalibrován vzhledem k natočení zařízení. Akcelerometr získá několik kontrolních hodnot statického gravitačního zrychlení a na základě těchto dat lze zjistit velikost odchylky zařízení od svislého směru. Na základě této odchylky jsou při měření hodnoty vždy převedeny (otočeny) s využitím matic otočení 1, převzaté z literatury [3]. Aplikace pro měření lze používat na výšku či na šířku dle pohodlí uživatele.

$$rotace_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} rotace_z = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Data, která jsou měřena, již neobsahují statické gravitační zrychlení. Odstranění zrychlení je provedeno na základě horní propusti, které odpovídá vzorec 2. Proměnná *gravity* obsahuje statickou gravitaci, kterou je nutné eliminovat a proměnná *result_value* obsahuje námi požadované zrychlení též nazývané jako lineární zrychlení. Proměnné *gravity* a *result_value* jsou zde zjednodušeny na jednu dimenzi. Ve vzorci je *alpha* konstantou, která je pro tento typ filtru vypočtena ze vztahu 3, kde t je časová konstanta dolní propusti a dT značí průtok událostí. Vzorce jsou převzaty z literatury [2].

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.8 \\ gravity &= \alpha * gravity + (1 - \alpha).actual_value \\ result_value &= actual_value - gravity \end{aligned} \quad (2)$$

$$\alpha = t (t + dT) \quad (3)$$

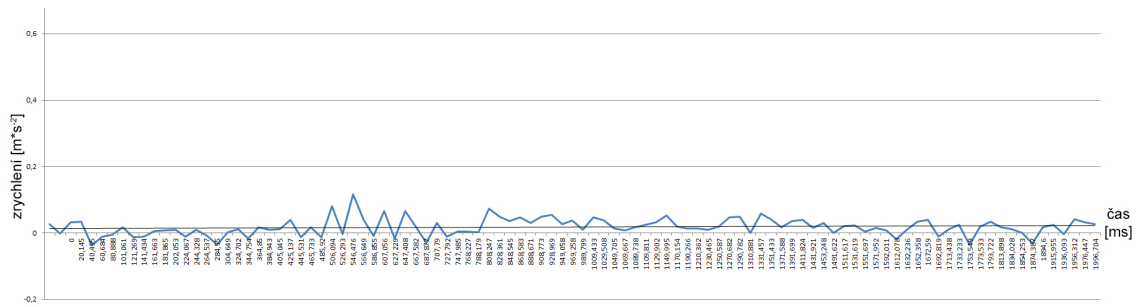
Data z akcelerometru jsou získávána v diskretním čase s co možná nejvyšší frekvencí. Na základě pokusů, na několika zařízeních, jsou data dostupná s časovým intervalem 20 ms. Data jsou ukládána do paměti a po určitém úseku zpracována. Zpracování probíhá vypočtením průměru nad celým úsekem. Nabízí se možnost využít medián pro výpočet střední hodnoty stavu vozovky. Tento způsob by působil negativně v případě detekce jedné nerovnosti způsobené hrbolem či prohlubní, kterou by naprosto eliminoval.

3.1 GPS SENZOR

GPS senzor nejprve hledá pozici automobilu a poté zjistí rychlost vozidla. Na základě rychlosti vozidla jsou upravovány velikosti úseků, které jsou měřeny akcelerometrem. Úseky lze rozdělit dle ujeté vzdálenosti či po uplynutí určité časové konstanty. Mezi dvěma body na mapě (GPS souřadnicemi) lze provést výpočet kvality vozovky dle dat získaných akcelerometrem.

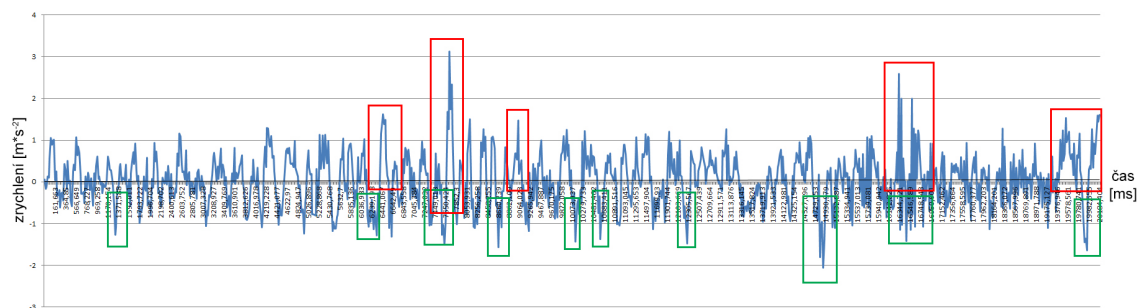
4 NAMĚŘENÁ DATA

V této části je přehled naměřených dat touto aplikací. Následující grafy vždy popisují naměřené velikosti zrychlení ve svislém směru ($m * s^{-2}$) v závislosti na čase (ms). Obrázek 1 popisuje naměřená data v klidovém stavu při nastartovaném motoru vozidla.



Obrázek 1: Data z akcelerometru při nastartovaném motoru automobilu.

Následující záznam (obrázek 2) pochází z dálnice D1 a jedná se o 80 vteřinový záznam kvality vozovky. Jsou zde velmi dobře vidět vystouplé překážky (označené červeně) a prohlubně (označené zeleně). V naměřených datech lze vyčíst stav vozovky, který je dán průměrem naměřených hodnot a v této oblasti se hodnota blíží velikosti $0.6m * s^{-2}$. Data jsou následně kategorizována do několika skupin dle naměřeného průměru hodnot. Na základě kategorie je vykreslena na mapu přímka spojující počáteční bod a koncový bod měřeného úseku určitou barvou, která odpovídá kvalitě daného úseku.



Obrázek 2: Data z akcelerometru při jízdě na dálnici D1

5 ZÁVĚR

Tento článek popisuje princip aplikace pro měření povrchu vozovky. Navrhuje způsob měření mobilním zařízením s využitím dostupných senzorů. Ukazuje další možnosti využití dnešních mobilních zařízení. Zvláště se zaměřuje na akcelerometr, který lze využít pro měření vibrací. Výsledná měření je možné shromážďovat a ukládat například na server. Na základě shromážděných dat lze vykreslit dopravní infrastrukturu a její kvalitu na mapu. Využití lze najít například pro získání aktuálního stavu dopravní sítě či vyhledání trasy s omezením na kvalitu silnic.

REFERENCE

- [1] Fraden, J.: Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications. American Institute of Physics, 1993, ISBN 978-1563961083.
- [2] Milete, G.; Stroud, A.: Professional Android Sensor Programming. Wrox, 2012, ISBN 978-1118183489
- [3] Meier, R.: Professional Android 4 application development. Wrox, 2012, ISBN 978-1118102275.