

AUGMENTED SKY

Jan Plešek

Bachelor Degree Programme (3.ročník), FIT BUT

E-mail: xplese01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Koutný

E-mail: ikoutny@fit.vutbr.cz

Abstract: Night sky orientation can be difficult for beginners. Star maps printed on paper are deformed compared to position of real stars and constellations position. Main purpose of this work is to make an application for mobile devices, which allows observation of night sky in easy and intuitive way. Display shows the brightest stars, which are observed via mobile device. This concept is called Augmented Reality. Perception from real world is extended by information from digital world.

Keywords: mobile device, night sky, stellarium, stereographic projection, augmented reality

1 ÚVOD

Článek pojednává o návrhu aplikace, která usnadňuje pozorování noční oblohy. V aplikaci jsou zobrazeny hvězdy a souhvězdí včetně svých názvů. Jednotlivé spojnice hvězd stejně jako označení světových stran usnadňují orientaci na obloze. Po sklopení přístroje pod úroveň horizontu se zobrazí rejstřík, který obsahuje názvy všech hvězd, planet a souhvězdí. Pokud je některý z objektů v rejstříku vybrán, zobrazí se na displeji šipka ukazující směr k objektu.

Ve dne nejsou zobrazeny hvězdy, ale pouze Slunce se svou trajektorií a Měsíc. V noci je možné kromě hvězd pozorovat i některé družice nebo, v určitých dnech roku, meteorické roje.

2 ZPRACOVÁNÍ KATALOGOVÝCH DAT

Mobilní zařízení, na kterém má aplikace fungovat, musí obsahovat GPS, magnetometr a gyroskopy. Těmito senzory disponuje většina moderních smartphonů. Pro rozšíření standardní funkčnosti je používán multitouch displej a mobilní připojení k internetu.

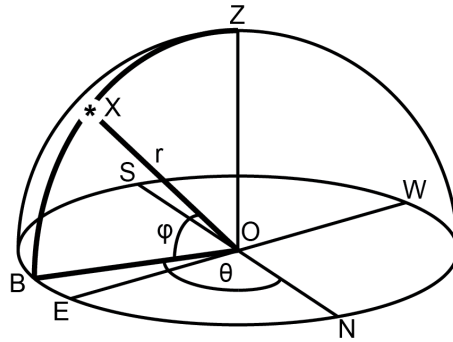
Aplikace využívá 1604 hvězd, které mají zdánlivou hvězdnou velikost menší než 5. magnituda (viz str. 11 v [4]). Pomocí těchto hvězd lze zobrazit prakticky všechna souhvězdí, a proto je výše uvedený počet hvězd dostatečný pro základní orientaci na obloze. Potřebné údaje, jako jsou souřadnice deklinace a rektascenze (viz str. 11 v [2]), lze získat z katalogu [1], který obsahuje polohu 9110 hvězd.

Souřadnice hvězd je nutné v závislosti na aktuální poloze pozorovatele na zemské kouli a aktuálním čase pravidelně přepočítávat. Získaným výsledkem jsou pak sférické souřadnice θ , φ , r (Obr. 1).

Souřadnice θ je úhel mezi vektorem směřujícím na sever (procházejícím body O a N) a vektorem procházejícím body O a B . Druhá souřadnice φ je úhlem mezi vektorem hvězdy (procházejícím body O a X) a vektorem procházejícím body O a B . Poslední souřadnici r , udávající vzdálenost hvězdy od počátku, můžeme pro zjednodušení položit rovnu 1.

Jelikož se souřadnice hvězd vůči frekvenci překreslování displeje mění relativně pomalu, je vhodné při každém jeho překreslení aktualizovat souřadnice jedné hvězdy. Vhodná délka aktualizacího cyklu je jedna minuta. Minimální frekvence překreslování displeje je tedy 27 snímků za sekundu (FPS).

Poloha Slunce, Měsíce a planet je vypočtena podle kapitol na stranách 83, 101 a 138 v [2].



Obrázek 1: Určování polohy bodu pomocí sférických souřadnic, inspirováno str. 26 v [2].

3 ZOBRAZENÍ NA DISPLEJI

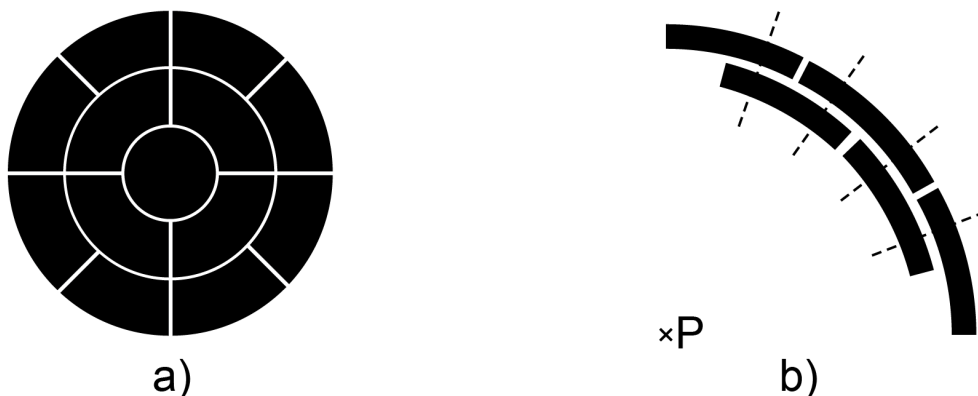
Aktualizované souřadnice definují bod na kouli, ve kterém je umístěna příslušná hvězda. Tyto sférické souřadnice je potřeba převést do dvourozměrné kartézské soustavy souřadnic, které lze snadno zobrazit na displeji. Převod vyžaduje množství výpočetně náročných operací, zejména goniometrických funkcí. V ideálním případě by se měla každou sekundu 27-krát přepočítat poloha všech hvězd. Výpočetní výkon současných mobilních přístrojů je pro takové výpočty nedostatečný. Proto je vhodné náročnost snížit pomocí heuristik popsanych v následujících podsekcích.

3.1 OMEZENÍ MNOŽINY HVĚZD

Množinu redukuje přibližně na polovinu vyloučením těch hvězd, které v daný čas nelze z aktuální lokace vidět, protože jsou za obzorem.

3.2 PŘEPÍNÁNÍ DLAŽDIC

Polokouli s hvězdami nad obzorem lze vertikálně rozdělit na několik kulových pásů (Obr. 2b). Tyto pásy lze dále horizontálně dělit do dlaždic (Obr. 2a), ve kterých jsou umístěny hvězdy podle svých souřadnic. Dlaždice se horizontálně i vertikálně překrývají (Obr. 2b) a každá hvězda je umístěna zároveň ve čtyřech z nich, což se netýká hvězd blízko obzoru a v zenitu.



Obrázek 2: a) Pohled shora na polokouli (vyšší vrstva dlaždic). b) Část řezu polokoulí s překrývajícími se kulovými pásy.

Výška i šířka dlaždice musí být minimálně dvakrát delší, než je úhlopříčka přístroje. Díky tomu ak-

tivní dlaždice obsahuje všechny viditelné hvězdy na displeji. Kulový vrchlík, umístěný v zenitu, obsahuje jen jednu dlaždici. Ta zabírá největší plochu ze všech dlaždic a je v ní uloženo 3-krát více hvězd než v běžné dlaždici. Pod vrchní vrstvou na (Obr. 2a) je další vrstva, kde jsou dlaždice horizontálně posunuty vždy o polovinu své délky.

V jednom okamžiku může být aktivní vždy pouze jedna dlaždice. Aktivita se mění na základě směru normálového vektoru plochy dané zadní stranou přístroje. Poloha přístroje v prostoru se získává pomocí dat z gyroskopu ve 3 osách a magnetometru. Na (Obr. 2b) je naznačeno přerušovanou čarou, ve které pozici se mění aktivita dlaždic ve vertikálním směru. Bod P označuje pozorovatele.

Mapování na plochu se provádí vždy jen u aktivní dlaždice. Je tedy nutné 27-krát za sekundu přepočítat průměrně jen 57 hvězd, což představuje přibližně 96% redukci vzhledem k původnímu počtu hvězd. Režie přepínání aktivity dlaždic je přitom zanedbatelná.

3.3 STEREOGRAFICKÁ PROJEKCE

Stereografická projekce se nejčastěji používá v kartografii. Lze ji však použít i pro zobrazení noční oblohy. Jedná se o převod sférických souřadnic do kartézského dvourozměrného prostoru pomocí následujících vzorců (viz str. 282 v [3]):

$$x = k \cos(\varphi) \sin(\theta - \theta_0) \quad (1)$$

$$y = k (\cos(\varphi_0) \sin(\varphi) - \sin(\varphi_0) \cos(\varphi) \cos(\theta - \theta_0)) \quad (2)$$

$$k = \frac{2r}{1 + \sin(\varphi_0) \sin(\varphi) + \cos(\varphi_0) \cos(\varphi) \cos(\theta - \theta_0)} \quad (3)$$

Za centrální šířku φ_0 a centrální délku θ_0 dosadíme aktuální souřadnice zařízení. Ty jsou závislé na jeho poloze. Konstanty φ a θ reprezentují souřadnice hvězdy, jejíž souřadnice chceme vypočítat.

4 ZÁVĚR

Hodnota FPS u neoptimalizovaného řešení byla průměrně 7 snímků za sekundu. Řešení, které používá výše uvedené heuristiky je asi 15-krát rychlejší (průměrně 107 FPS).

Aplikace dokáže plynule zobrazovat všechny jasnější hvězdy tvořící souhvězdí. Úkazy jako Mléčná dráha viditelné nejsou a musely by se zobrazovat jinak než vykreslováním jednotlivých hvězd.

REFERENCE

- [1] HOFFLEIT, Dorrit; WARREN JR, Wayne H. Bright Sky Catalogue. In HOFFLEIT, Dorrit. Bright Sky Catalogue[online]. 5th Revised Ed. (Preliminary Version). Toronto : NSSDC/ADC , 1991, 02-Nov-1995 [cit. 2011-02-10]. Dostupné z WWW: <ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/cats/V/50/ReadMe>.
- [2] DUFFETT-SMITH, Peter. Practical Astronomy with your Calculator. 3 edition. Cambridge : Cambridge University Press, 1988. 200 s. ISBN 0521356997, ISBN 978-0521356992.
- [3] COXETER, H. S. M. Introduction to Geometry. 2nd edition. [New York] : John Wiley & Sons, 1989. 496 s. ISBN 0471504580, ISBN 978-0471504580.
- [4] DOLEJŠÍ, Tomáš. Fotografujeme noční oblohu. Vydání první. Brno : Computer Press, a.s., 2008. 184 s. ISBN 978-80-251-1685-2.