

Projekt POV: Rozšířená realita

Petr Nohejl, xnohej00@stud.fit.vutbr.cz

15.10.2010

1 Úvod

Cílem práce bylo nastudovat možnosti knihovny ARToolKit a vytvořit aplikaci pro rozšířenou realitu využívající tuto knihovnu. Výsledná aplikace byla určena pro projekt Mimikry, který se prezentoval na výstavě Designblok 2010. Výstava se konala 5. - 10. 10. 2010 v Praze. Projekt jsem vypracovával samostatně ve spolupráci se studenty Akademie výtvarných umění v Praze pod vedením Ing. Aleše Láníka.

Projekt byl experimentální. Hlavním úkolem bylo vytvořit aplikaci rozšířené reality, která vykresluje 3D model kudlanky, mapovaný pomocí multipatterns (více trasovacích značek) na reálný model orchideje (plastika z tvrdého papíru o rozměrech cca 2m) a následně vytvořit určitou interakci s tímto modelem. Účelem práce bylo živě demonstrovat mimézi¹ pomocí výpočetní techniky s využitím počítačového vidění. Konkrétně se jednalo o fytomimézi, tj. napodobování rostlin (např. pakobylky a strašilky napodobují větvičky nebo listy rostlin). V naší performanci si divák prohlédl živý model orchideje, která se pomocí rozšířené reality "proměnila" v maskovanou kudlanku.

2 Teorie

2.1 Základní princip

V této kapitole si popíšeme, jak celý experiment funguje a co dělá. Projekt byl předváděn v zatemněné místnosti, kde se nacházela papírová plastika

¹Miméze je souborný pojem pro morfologické, fyziologické i etologické jevy, které živočichovi umožňují skrýt se, zamaskovat nebo uniknout pozornosti.



Figure 1: Prezentace projektu na výstavě Designblok 2010

orchideje, podepřená pevným stojanem. S papírovým modelem bylo možné otáčet zleva doprava. Na této plastice bylo nalepeno 7 trasovacích značek ARToolKit, vytisknutých na tvrdém papíru. Bylo použito více značek proto, aby bylo možné model prohlížet z více stran a z blízka, protože při snímání obrazu kamerou musí být viditelná vždy minimálně jedna značka. Značky byly rozmístěny tak, aby bylo možné prohlížet model pomocí kamery i z velmi krátké vzdálenosti. Trasovací značky měly více velikostí (20 cm a 15 cm).

Celá plastika byla osvětlena projektorem, který promítal jednoduchou texturu (bílá barva s růžovým nádechem). Textura měla připomínat, že se jedná o květ orchideje. Texturu bylo potřeba vytvořit tak, aby se bílá barva promítala přesně na celý model v místech, kde dopadá světlo projektoru na model. Do míst, kde dopadá světlo mimo model byla promítána černá barva. Osvícení projektorem zajistilo, že plastika byla více výrazná a zároveň tím byly

zajištěny světelné podmínky pro rozpoznávání značek ARToolKit.

V místnosti byl dále umístěn počítač, na kterém běžela aplikace pro rozšířenou realitu. Do počítače byla připojena webkamera Logitech Quick-Cam Pro 9000 o vysokém rozlišení (1600 x 1200 px), pomocí které se snímá obraz. Výsledný obraz rozšířené reality se promítal na velkou plazma obrazovku umístěnou na stěně. Uprostřed místnosti byl umístěn dřevěný podstavec, na kterém byla položena kamera, se kterou mohli návštěvníci výstavy hýbat a vyzkoušet si tak aplikaci na vlastní kůži.

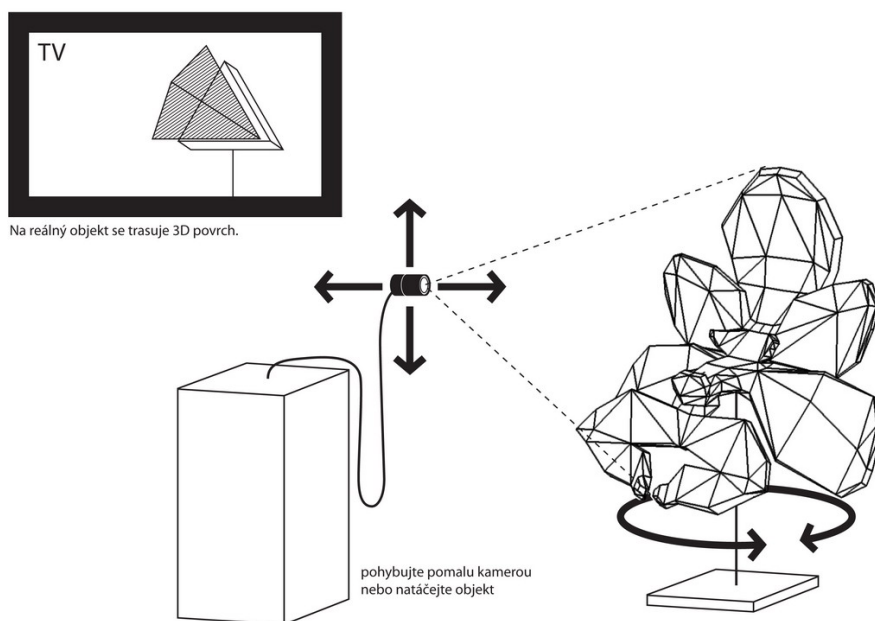
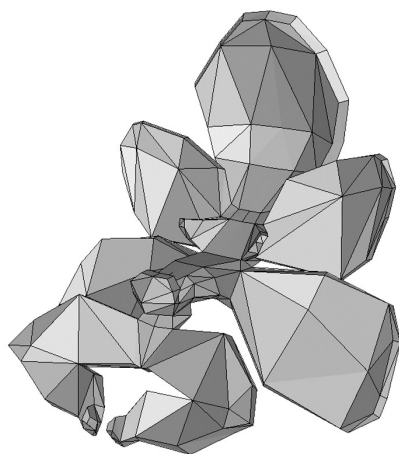
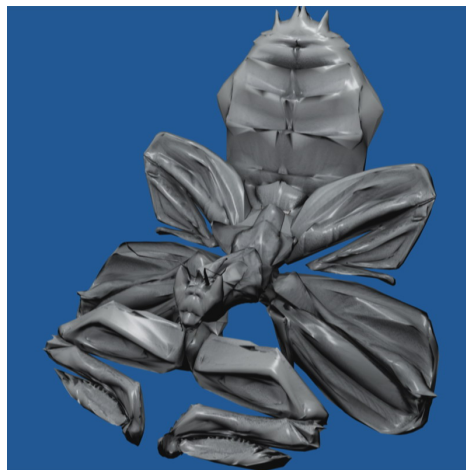


Figure 2: Instrukce pro návštěvníka výstavy

Aplikace rovněž umožnila určitou míru interakce uživatele s modelem. Z větší dálky se vykreslovaly 3D modely více podobné květu orchideje. Z blízka se potom vykreslovaly modely kudlanky s většími detaily.



(a) Papírový model květu orchideje



(b) 3D model kudlanky

Figure 3: Modely

2.2 ARToolKit

ARToolKit je knihovna, která umožňuje programovat aplikace s rozšířenou realitou (augmented reality). Jedná se o nástroj počítačového vidění, který snímá v reálném čase obraz pomocí videokamery a dokáže vypočítat pozici, vzdálenost a rotaci kamery vzhledem k daným objektům, které jsou označeny speciálními značkami (markers). Výsledkem je reálný obraz s dokreslenou virtuální (rozšířenou) realitou ve 3D. 3D objekty se obvykle vykreslují na trasovací značky a překrývají je. Trasovacích značek může být ve scéně použito více.

Hlavním problémem při vývoji aplikací s rozšířenou realitou je správně najít a trasovat zorný úhel pozorovatele (videokamery). Aplikace potřebuje znát přesnou pozici videokamery vůči značkám, aby byla schopna určit zorný bod, ze kterého se bude vykreslovat virtuální obraz. Jakmile je známa pozice videokamery, která se vypočte podle polohy a natočení značek, virtuální kamera může být umístěna do stejného bodu jako ta reálná a poté je možno vykreslit 3D modely přesně na místa značek. ARToolKit používá pro trasování pozice kamery algoritmy počítačového vidění, které jsou schopny počítat rychle v reálném čase. Výsledky jsou však závislé na použitém hardwaru a videokameře.

Fáze zpracování obrazu v reálném čase znázorňuje obrázek 4.

ARToolKit má určitá omezení, která je potřeba brát v úvahu při programování aplikací:

- viditelnost značek
- naklonění značek
- světelné podmínky
- výběr vhodných symbolů při tvorbě vlastních značek

ARToolKit má několik pokročilých funkcí jako např. stabilizaci trasování objektů pomocí historie, nebo trasování pomocí multipatterns (více značek).

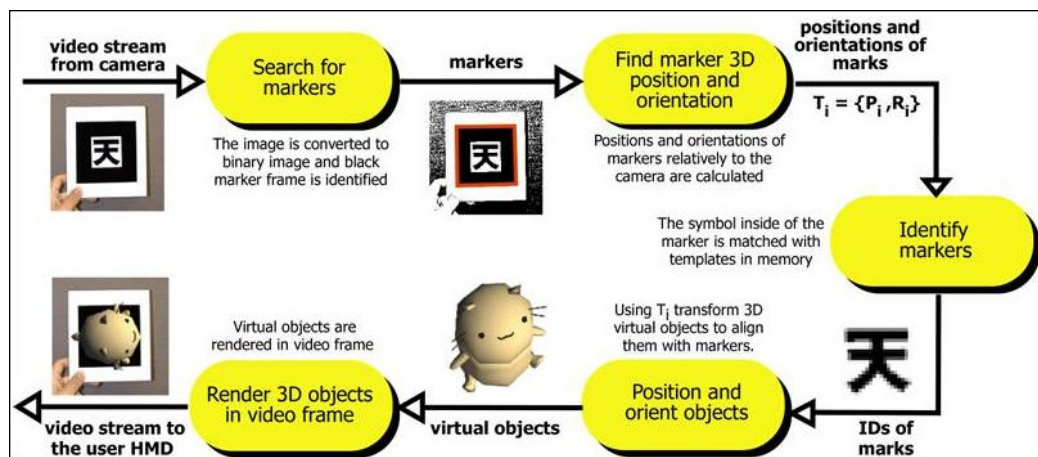


Figure 4: Fáze zpracování obrazu v reálném čase, zdroj: (1)

2.3 Implementace aplikace

Aplikace je implementována v jazyce C/C++, ve vývojovém prostředí Microsoft Visual Studio 2008 s využitím knihovny ARToolKit. Pro vykreslování 3D modelů potom byly použity knihovny OpenGL a OpenVRML.

Parametry trasovacích značek (název, datový soubor, fyzické rozměry v mm, střed značky) a seznam VRML modelů jsou uloženy v konfiguračních souborech. Nastavení kalibrace kamery je rovněž uloženo v souboru. V projektu byly použity standardní trasovací značky ARToolKit: patt.hiro, patt.kanji, patt.sample1, patt.sample2, patt.a, patt.c, patt.f.

Kostra zdrojového kódu aplikace:

- Inicializace, nastavení videokamery, zpracování konfiguračního souboru značek a načtení modelů VRML
- Hlavní smyčka:
 - Načtení snímku z videokamery
 - Detekce trasovacích značek a rozpoznání vzorů
 - Výpočet pozice a rotace kamery vzhledem k rozpoznaným značkám
 - Vykreslení snímku a virtuálních objektů
- Ukončení snímání videokamery

2.4 Funkce aplikace

- rozšířená realita využívající knihovnu ARToolKit
- interakce modelu s uživatelem v podobě použití LOD objektů
- trasování 3D objektu pomocí multipatterns
- použití 7 trasovacích značek o různých fyzických rozměrech
- funkce pro snadnější výpočet transformačních matic multipatterns (ruční polohování objektu)
- využití stabilizace trasování objektu pomocí funkce historie
- využití knihovny OpenVRML pro vykreslování 3D modelů
- možnost vykreslování objektu z poslední známé pozice v případě nerozpoznání značek (použitelné pro statickou kameru)
- přizpůsobení prahu světelným podmínkám (ruční nastavení)
- debug mode zobrazující prahovaný obraz
- fullscreen mode
- možnost vypnutí zobrazení videa

2.5 Příprava projektu a zkušenosti

Instalace projektu probíhala přímo na místě konání výstavy, v Superstudiu Designbloku Bubenská 1 v Praze. Při instalaci bylo potřeba nalepit trasovací značky na plastiku a vypočítat transformační matice, udávající vzájemné polohy značek. Výpočet transformačních matic je náročný, a proto byla pro jejich zjištění do aplikace implementována funkce, která umožnila jednoduše umístit do scény 3D model kudlanky tak, aby přesně odpovídal pozici papírového modelu. Pomocí tlačítek pro posun a rotaci byl model umístěn přesně na místo kam patří a program vrátil informace o pozici a rotaci modelu. Tento postup se opakoval pro všechny trasovací značky. Tímto jsme získali transformační matice, potřebné pro použití multipatterns.

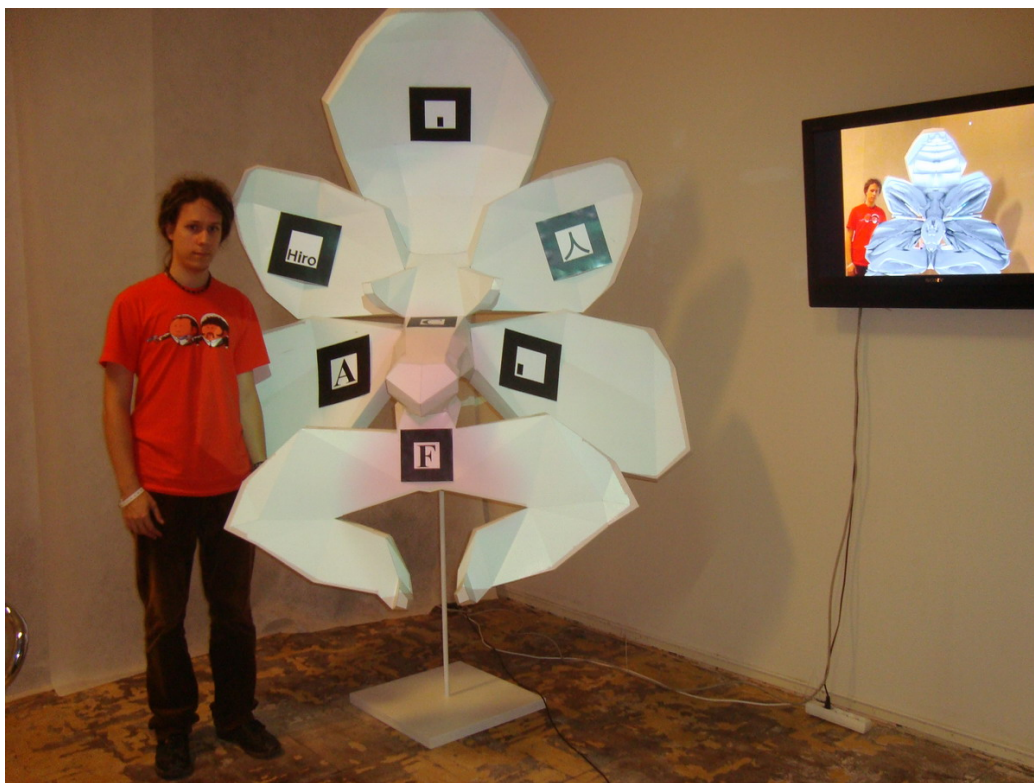


Figure 5: Ukázka plastiky s trasovacími značkami

Dále bylo během instalace nutné provést kalibraci kamery a vhodně nastavit nasvícení plastiky projektorem.

Během práce na projektu jsme se setkali s několika problémy. Původně bylo zamýšleno použít vlastní vzory trasovacích značek. Vlastní značky jsme navrhli a vytiskli. Provedli jsme trénování vzorů a posléze se ukázalo, že je nelze použít, protože je ARToolKit vzájemně zaměňuje. Příčinou bylo to, že symboly značek byly podobné. Při detekci značek dochází k normalizaci a změně rozlišení. ARToolKit pak detekoval dvě podobné značky jako jednu stejnou. Dalším problémem, se kterým jsme se setkali byla délka USB kabelu pro připojení webkamery. Nemohli jsme použít delší prodlužovací kabel než 3m, protože u delších kabelů docházelo k velkým ztrátám a přenos videa byl nestabilní. V projektu jsme také chtěli použít VRML model s animací, ale kvůli velkým hardwarovým nárokům to nebylo možné. Rovněž jsme se pokusili použít v aplikaci 3D virtuální brýle Z800 3D Visor, ale použitá grafická karta je nepodporovala.

Na projektu se podíleli:

- Jan Poupě, Tadeáš Podracký, Jan Novák, Eliška Vojtková - autoři projektu, papírová plastika, zajištění vybavení, organizace výstavy
- Petr Nohejl - software, pomoc s instalací
- Michal Slyusar - 3D modely

3 Závěr

Aplikaci se povedlo naprogramovat dle požadavků, nainstalovat pro daný fyzický model a úspěšně prezentovat na výstavě, pro kterou byla určena. Kvůli jistým omezením a nedostatku času pro instalaci se občas vyskytly chyby v pozicování virtuálního modelu. Dalším problémem bylo občasné nepochopení celého experimentu ze strany návštěvníků výstavy, a proto bylo nutné později vytvořit informační plakát, popisující účel projektu. Práce na experimentu byla pro mě velmi zajímavá a přínosná. Získal jsem mnoho nových zkušeností a seznámil se s principy rozšířené reality. Spolupráce se studenty Akademie výtvarných umění byla rovněž velkou zkušeností. Zajímavé byly názory lidí z ne-informatických oborů, kteří nahlíželi na problematiku rozšířené reality z trochu jiného pohledu než samotný programátor.

4 Zdroje

- (1) ARToolKit [online]. 2007 [cit. 2010-11-04]. ARToolKit Documentation - How does ARToolKit work. Dostupné z WWW:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/images/diagram.jpg>.
- (2) ARToolKit [online]. 2007 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- (3) ARToolKit. In Wikipedia : the free encyclopedia [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 16.1.2008, last modified on 11.6.2010 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW:
<http://en.wikipedia.org/wiki/ARToolKit>.
- (4) KATO, Hirokazu. Inside ARToolKit [online]. Japan : Hiroshima City University, 2002 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/Papers/ART02-Tutorial.pdf>.
- (5) KATO, Hirokazu; BILLINGHURST, Mark. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System [online]. Hiroshima City University and University of Washington : Faculty of Information Sciences and Human Interface Technology Laboratory, 1999 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/Papers/IWAR99.kato.pdf>.