Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta aplikovaných věd
Katedra informatiky a výpočetní techniky

Bakalářská práce

Hledání cesty pro robota/avatara ve VR

Plzeň, 2006 Petr Brož

Abstrakt

Path planning for a robot/avatar in VR

Path planning in an abstract environment has been extensively developed even before computer sciences arised. However, almost all developed techniques assume the examined environment is fully known and static. In addition to, many methods work over the graph representation and it can be very difficult to construct or obtain this structure in some real applications. All of it makes the conventional path planning methods unusable in many recent applications.

This project advances in development of a general model for the real-time path planning system that was first pioneered by Russel Ahmed Apu and Marina Gavrilova in the University of Calgary, Kanada. The main target of this model is to provide a hybrid technique combining the graph and grid representations of an examined space and capable of planning paths in a known, partially known, unknown and dynamic 3D environment. To achieve these capabilities, we use an adaptive mesh that copes with changes in the dynamic environment through the grid representation of this environment stored in a 3D matrix.

Obsah

1. Úvod 6

1.1. Cíl projektu 7

1.2. Zvolené řešení 7

2. První článek - CESCG 2006 9

3. Druhý článek 17

4. Závěr 27

4.1. Implementace 27

4.2. Výsledky 27

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne : Petr Brož

1. Úvod

Plánování optimálních cest v abstraktním prostředí je jednou ze základních problematik počítačových věd. Jelikož začal být tento problém zkoumán a řešen ještě před samotným vznikem informatiky, existuje dnes nepřeberné množství rychlých a efektivních metod pro nalezení optimální cesty v počítačem definovaném prostředí. Reprezentace takového abstraktního prostředí, se kterým jsou techniky pro plánování cest schopné pracovat, přitom definuje hlavní třídy pro jejich dělení. Nejčastěji pak rozlišujeme následující typy metod:

- Metody založené na grafové reprezentaci prostředí – obvykle vyžadují geometrickou definici překážek a dalších zakázaných oblastí, kterým se má hledaná cesta vyhnout. Z takové definice poté nejčastěji odvozují vlastní strukturu (např. neorientovaný a neohodnocený graf), nad kterou probíhá samotné hledání.
- Metody založené na rastrové reprezentaci prostředí – často pracují s již existující rastrovou strukturou, ve které je prohledávané prostředí specifikováno pomocí hodnot jednotlivých prvků v rastru.

S rostoucí náročností aplikací, do kterých mají být algoritmy pro plánování cest nasazovány, se však objevují nové problémy, které často vysoce omezují nebo dokonce znemožňují použití konvenčních metod. Nejčastěji jde přitom o problémy spojené právě s reprezentací prostředí, nad kterým má algoritmus pro hledání cest pracovat. Virtuální realita spolu s tzv. rozšířenou realitou (Augmented reality) patří k aplikacím, kde existující techniky pro plánování cest často selhávají. Grafová reprezentace skutečného prostředí je totiž málokdy k dispozici a její vytvoření je velice složité a náročné, často dokonce nemožné. Na druhé straně diskrétní reprezentace prostředí se zdá být pro zmíněné aplikace mnohem přístupnější alternativou, je ale časově velmi náročná kvůli obvykle vysokému počtu prvků rastru, které je při plánování cesty potřeba zpracovat. Dalším problémem konvenčních přístupů je dynamické nebo předem neznámé prostředí, které není v moderních aplikacích spojených s virtuální a rozšířenou realitou ničím neobvyklým a s postupem času se stává spíše samozřejmostí. Použití grafových technik, které obvykle vyžadují předzpracování vlastní struktury z definice prostředí, je tedy pro neznámé nebo dynamické prostředí naprosto vyloučeno a nezbývá, než použít časově náročné rastrové metody.

1.1. Cíl projektu

Cílem projektu této bakalářské práce je nalezení vhodného obecného modelu pro plánování cest, který by byl použitelný v aplikacích, kde selhávají konvenční přístupy. Návrh modelu by přitom měl poskytovat co možná nejvyšší univerzálnost, která zajistí použitelnost metod založených na tomto modelu v různých aplikacích. Dalším záměrem je poté odvodit z tohoto modelu takovou techniku pro plánování cest, která by pracovala v dynamickém a předem neznámém prostředí a byla by tak vhodná pro aplikaci ve virtuální, resp. rozšířené realitě. Nejdůležitějším úkolem projektu je ale samozřejmě implementace takové metody, která mimo jiné zajistí ověření jejích vlastností a použitelnosti ve zmíněných typech aplikací.

1.2. Zvolené řešení

Vzhledem k uvedeným záměrům a cílům byl projekt již od svého začátku veden ve spolupráci se zahraničním vědeckým týmem z University of Calgary v Kanadě, který jako první přišel s myšlenkou kombinace obou typů reprezentace téhož prostředí za účelem hledání optimálních cest – Russel Ahmed Apu pod vedením profesorky Mariny Gavrilové prezentoval v roce 2005 na konferenci 3IA ve francouzském Limoges (8th International Conference on Computer Graphics And Artificial Intelligence) článek **Adaptive Spatial Memory Representation for Real-Time Motion Planning** s řešením pro real-time plánování cest ve známém, částečně známém nebo neznámém 2D prostředí pomocí adaptivní sítě. Hlavním zaměřením naší spolupráce je tvorba a vyzkoušení obdobné metody pro 3D prostředí při zachování původního modelu. Kombinujeme tedy adaptivní síť, která se přizpůsobuje změnám v prostředí a určuje v něm veškeré možné cesty pro nalezení optimální cesty, s trojrozměrnou maticí, která toto prostředí definuje pomocí hodnot zaznamenaných v jednotlivých prvcích. Konkrétně je v každém elementu matice zaznamenána hodnota vzdálenosti tohoto prvku od jemu nejbližší překážky. V matici reprezentující prostředí tak vzniká obraz tzv. potenciálového pole, které je „generováno“ překážkami v tomto prostředí.

Z práce na tomto projektu brzy vzešla první implementace nové metody pro plánování cest v neznámém a dynamickém 3D prostředí a získané výsledky dovolily sepsání vědeckého článku, který byl prezentován na mezinárodní studentské konferenci CESCG (Central European Seminar on Computer Graphics) pořádané univerzitou Vienna University of Technology ve dnech 23. až 26.4.2006 v lokalitě Častá – Papiernička na Slovensku. Článek pojednával o původní variantě naší implementace, která ještě nezahrnovala adaptivní síť. Po prezentaci tohoto článku a další spolupráci s kanadským týmem byl připraven druhý článek, který již plně zachycuje vlastnosti algoritmu používajícího adaptivní síť a který porovnává jeho výsledky s hodnotami získanými při psaní vědeckého článku pro konferenci CESCG. V době dokončování dokumentace bakalářské práce je druhý článek ve stádiu připomínek zahraničních spoluautorů.

Na pokyn vedoucího práce bylo upuštěno od plánovaného sepisování teoretické a realizační části bakalářské práce a namísto toho jsou předkládány zmíněné 2 anglicky psané články doplněné úvodem a závěrem v češtině.

2. První článek - CESCG 2006

Path planning in combined 3D grid and graph environment

3. Druhý článek

Path planning in dynamic environment using an adaptive mesh

4. Závěr

4.1. Implementace

Prezentované řešení pro plánování cest v dynamickém prostředí bylo implementováno v jazyce C# 2.0 s použitím grafických knihoven DirectX (zdrojové kódy, přeložené programy a ukázky výsledků jsou k dispozici na přiloženém CD). Návrh metody a implementaci testovací aplikace spolu s implementací tříd pro hledání cest (struktura pro rastrovou reprezentaci prostředí, řídící třídy, …) zajistil autor této dokumentace. Implementaci adaptivní sítě zajistil Přemysl Zítka, kterému patří velký dík nejen za tuto spolupráci na projektu.

4.2. Výsledky

Připravený program byl testován na sestavě s procesorem AMD Athlon XP 1800+, pamětí 512MB DDR RAM a grafickou kartou WinFast A6600 GT. Získané výsledky (prezentované v článku 3. kapitoly) prokázaly, že je řešená metoda pro hledání optimálních cest vhodnou alternativou pro nasazení ve virtuální a rozšířené realitě. Především proto, že je tato technika rychlejší než konvenční rastrové metody a pracuje v dynamickém (nebo předem neznámém) prostředí, kde selhávají rychlejší přístupy založené na grafové reprezentaci tohoto prostředí. V představeném modelu pro plánování optimálních cest je ale stále spousta možností k vylepšení. Ty nejdůležitější a nejzajímavější jsou zmíněny na konci obou anglických článků a těmito směry bude také pokračovat spolupráce s vědeckým týmem z University of Calgary a panem Zítkou.