

# Posudek oponenta diplomové práce

Jméno a příjmení autora posudku: Michal Bída

Jméno a příjmení autora práce: Miroslav Chomut

Název práce: Pathfinding within a Hierarchical Navmesh Based on Geometry Analysis

## Vlastní text:

Práce se zabývá vytvořením hierarchického algoritmu využívajícím navmesh pro nacházení cesty v 3D prostředí. Důraz je kladen na rychlost algoritmu, která má být lepší než algoritmu A\* a na využití "lidských" heuristik typu "lidé spíše chodí okolo hory než přes ni".

Práce začíná úvodem do problematiky a popisem příbuzných prací. Následuje analýza použitého přístupu, dále popis struktury využívané algoritmem pro hledání cesty (kap. 3) a dále popis algoritmu pro hledání cesty (kap. 4). Kapitola 5 se zabývá generováním hierarchické struktury a kapitola 6 se zabývá použitým kompresním algoritmem použitým pro paměťovou optimalizaci struktury. Kapitola 7 se zabývá časovou a prostorovou analýzou algoritmu a kapitoly 8 a 9 se zabývají porovnáním vytvořeného algoritmu s algoritmem A\*. Poslední kapitola shrnuje práci a nabízí výhled pro další zlepšení.

Student v rámci práce vyvinul algoritmus pro vytváření hierarchického meshe z výškových dat a jeho kompresi ve smyslu redukce počtu vrstev, dále algoritmus pro hledání cesty v této struktuře a grafický program implementovaný pomocí OpenGL pro analýzu algoritmu a porovnání s algoritmem A\*.

Práce je psána v anglickém jazyce a prospěla by jí pravopisná kontrola, která by odstranila chyby a překlepy. Celkově se práce čte spíše obtížně, kapitoly na sebe ne vždy dobře navazují a často chybí úvody, které by je zastřešily a zlepšily návaznost. Úvod práce je poměrně nešťastně strukturován. Chybí motivace práce (kapitola s názvem motivace obsahuje nástin přístupu k řešení problému navigace v práci). Kapitola related work je poměrně stručná a student se v ní vůbec nevynezuje k citovaným přístupům. Toto vymezení následuje až v další kapitole analýza, kde čtenář získá dojem, že motivací práce je vytvořit algoritmus, který by se inspiroval tím, jak problém hledání cesty řeší lidé. Toto ovšem nikde není explicitně sděleno - například by to mohlo být v úvodu ke kapitole, který ale chybí. Dalším problémem je, že student sice popisuje jakým způsobem řeší navigaci lidí, ale chybí jakákoli citace zdrojů, ze kterých vycházel. Není tedy jasně, jestli se tato pozorování zakládají na pozorování studenta, nebo se jedná o výsledky výzkumů v oblasti lidské navigace. To nepůsobí úplně dobře, vzhledem k tomu, že potom na základě těchto pozorování zakládá svou práci. Rozsahově je práce v pořádku.

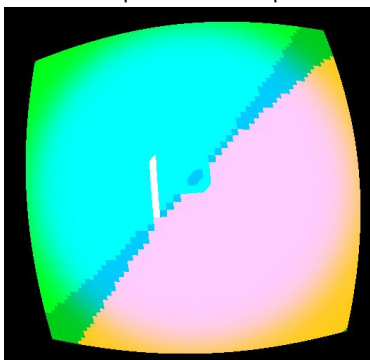
Co se týče zdrojů práce, tak student dvakrát cituje wikipedii - hesla pathfinding a IDA\*. Věřím, že v obou případech by bylo vhodnější místo toho odcitovat paper nebo knihu, která se problematikou zabývá. Toto samé platí pro B stromy a algoritmus A\*. Práce by potom působila rigidněji. Dále v bodech:

- Kapitole 3 opět chybí úvod, kde by bylo zmíněné, že se popisuje struktura, která je použita v práci.
- Kapitole 4.3 by prospělo dodání pseudokódu popisovaného algoritmu. Zvolený způsob popisu je poměrně nepřehledný.
- Na straně 20 je zmíněna "worst unit distance", která byla použita jako heuristika vzdálenosti mezi meshem na vyšší úrovni a jeho sousedy. Bylo by vhodné tuto vzdálenost explicitně definovat. Jediná zmínka o unit distance se nachází v textu o dvě strany dříve.
- Na straně 36 student diskutuje, že triangulace s gradienty by mohla zlepšit proces generování hierarchického meshe. Toto by mohlo potenciálně velmi zlepšit výsledky algoritmu. Proč nakonec nebyla implementována?
- Kapitola 6 - bylo by dobré, aby usability byla explicitně definována - je to klíčová část celého kompresního algoritmu.
- V kapitolách o časové a prostorové analýze by bylo vhodné mít složitější vzorce explicitně vypsané a označené a ne je všechny vpisovat do textu práce.

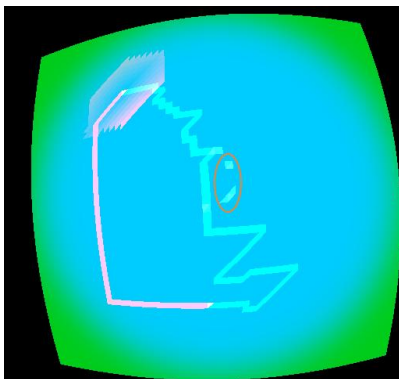
Program je psán v jazyce C++ a obsahuje celkově 10818 řádků z toho 6098 řádků kódu a 3516 řádků komentářů. Programátorská dokumentace je k práci přiložena ve formě Doxygen. Vzhledem k tomu, že větší část práce se zabývá popisem implementace, považují toto za dostatečné. Uživatelská dokumentace je přiložena v práci ve formě přílohy. Rozběhání programu nebylo na základě této dokumentace přímočaré. Některé z .bat souborů přiložených na CD nefungovaly (způsobovali pád aplikace). Uživatelské dokumentaci chybí zejména bodový návod jak spustit program, výčtový seznam klávesových zkratk, které ovládají program (přítom mezi zdrojovými soubory jsem našel soubor Controls.txt, který toto přehledně obsahuje - nikde o něm ale není ani zmínka) a obrázky, které by demonstrovali jednotlivé vlastnosti programu (tedy například, jak vypadá vizualizace krokového pathfindingu a podobně). V uživatelské dokumentaci v práci je nepřesně uvedený způsob, jak zapínat a vypínat jednotlivé vizualizace pomocí SHIFT a klávesy - funguje to přesně naopak.

K samotnému programu mám následující dotazy a připomínky:

- Klávesa L nastavuje vizualizaci vrstvy hierarchického meshe ve smyslu, že se bude vizualizovat jen vrstva ve vzdálenosti N od nevyšší položené Meshe. Hodnota této proměnné byla nastavena na nesmyslně vysokou hodnotu (miliardy). Došlo k přetečení proměnné?
- Klávesa Y a SHIFT Y má ovládat velikost oblasti vizualizované pro "vlnovou" vizualizaci pathfindingu. Z mého pohledu toto nefungovalo - ať jsem volil jakoukoli kombinaci vizualizací, změna tohoto parametru neovlivnila nic.
- Nepodařilo se mi zprovoznit fungování krokového pathfindingu pomocí SHIFT + G. Viděl jsem pouze toto:



- Dále mám dotaz k runnerům, při nastavení aby následovali vypočítanou cestu se občas stalo, že vyjeli mimo, viz. obrázek. Proč?



Výsledky práce nejsou jednoznačné. Na jedné straně výsledný algoritmus funguje o řád rychleji než A\* a v průměrném případě nachází cesty zhruba dvakrát delší než A\*. Ovšem v 1/4 případů nachází cesty 7-10 krát horší než A\* na reálných mapách. V práci je diskutováno, že je to zejména artefakty, které vznikly při generování meshů. Pokud by měl být algoritmus opravdu použit v praxi, bylo by nutné se těchto artefaktů zbavit, protože se domnívám, že 7-10 krát delší cesta v 25% případů, by mohla být překážkou pro praktické použití algoritmu. Evaluaci by také prospělo přidání porovnání s A\* na mapě, která artefakty neobsahuje, aby se prokázalo, že je problém opravdu způsoben tímto. Celkově by dle mého názoru mělo být v práci věnováno více prostoru těmto artefaktům a jejich řešení.

S výše uvedeným úzce souvisí další - hlavní - připomínka a tou je nenaplněná část zadání práce v bodě "A part of the work should be an analysis of the proposed heuristics for human-like navigational behavior of virtual agents.", kterou chápu tak, že bude výsledný algoritmus diskutován ve smyslu použití pro navigaci virtuálních agentů. Začlenění této kapitoly by mohlo vrhnout výsledky algoritmu výše do jiného světla (např. by se mohlo ukázat, že delší cesty vlastně nejsou problémem). Menší připomínka pak souvisí s tím, že algoritmus není explicitně analyzován ve smyslu používání lidských heuristik při hledání cesty - jen je na několika místech zmíněno, že v určitém případě našel cestu odpovídající lidské heuristice - to ale nenahradí rigorózní analýzu.

Celkově je práce rozporuplná. Na jedné straně student prokázal pokročilé programátorské dovednosti při implementaci generování hierarchického meshe a OpenGL aplikace pro analýzu algoritmu, na straně druhé stojí text práce, kterému by prospěla ještě minimálně jedna iterace připomínkování a nejednoznačné výsledky algoritmu, který nebyl diskutován z hlediska jeho využití pro navigaci virtuálních agentů, čímž student nezcela splnil zadání práce, které bylo ale na druhé straně poměrně rozsáhlé (a z převážné části naplněné). Na základě výše zmíněného mám jisté pochybnosti ohledně obhajitelnosti práce. Spíše se přikláním k tomu, aby práce byla připuštěna k obhajobě. Konečné rozhodnutí bude ale záviset na tom, jak se student s výše zmíněnými připomínkami vypořádá před komisí.

#### Doporučení k obhajobě:

Z výše uvedených důvodů práci *doporučuji* k obhajobě.

Vynikající práce vhodná pro soutěž studentských prací	ANO <input type="checkbox"/>
---	------------------------------

Seznam soutěží studentských prací, viz <http://www.mff.cuni.cz/studium/bcmgr/prvzoryace/>

Pokud jste výše zaškrtnli ANO, zdůvodněte prosím svůj návrh, případně uveďte konkrétní soutěž, pro kterou je práce vhodná (rámeček lze nechat prázdný, pokud za dostatečné zdůvodnění považujete text posudku):

V Praze dne: 16.5.2014

Podpis: