

Posudek vedoucího diplomové práce

Název práce: Haptic rendering for 6/3-DOF haptic devices

Diplomant: Bc. Petr Kadleček

Vedoucí: Mgr. Petr Kmoch

Oponent: Mgr. Jan Kolomazník

Práce se zabývá problematikou interakce s virtuální scénou za použití haptického zařízení, což je zařízení, které zprostředkovává prostorový vstup a řízený silový výstup, čímž umožňuje hmatovou interakci. První část práce představuje problematiku včetně jejich biomechanických základů; obsahuje dobře strukturovaný úvod do principů haptického zobrazování, používaných postupů, vyřešených i otevřených problémů.

Druhá část pak představuje samotné jádro práce, tedy problém haptického zobrazování na zařízení se 6 stupni volnosti na vstupu (pozice, rotace) a 3 na výstupu (jen síla, bez momentu). Obsahuje rešerši existujících publikací (kterých pro tento problém není dostupných mnoho) a následně detailně popisuje postup, kterým se autor ubíral při hledání algoritmu pro haptické zobrazování na asymetrickém 6/3 zařízení. Velkým kladem této části je právě popis celého postupu včetně „slepých uliček“, zhodnocení jejich výhod i nedostatků a vlivu na zvolené finální řešení. Samotné řešení je popsáno velmi detailně a na vysoké odborné úrovni. Veškeré problémy i jejich řešení jsou dobře zdokumentovány, nejlepším příkladem je detailní rozbor vlastností „hodného“ a „zlého“ momentu síly v sekci 3.7.2.

Výsledkem této části je autorem navržený algoritmus pro zobrazování na 6/3 haptickém zařízení, který kompenzuje chybějící výstupní stupně volnosti (moment síly) kombinací převodu na sílu podle fyzikální definice a pseudo-haptické zpětné vazby. Ta má dvě podoby: vizuální zastavení virtuálního objektu reprezentujícího haptické zařízení a vibraci samotného zařízení.

Závěrečná část se věnuje uživatelské studii, ve které byl autorův algoritmus vyzkoušen. Autor připravil několik scénářů interakce, kterými uživatelé procházeli. Hodnotí jednak jejich schopnost scénář úspěšně naplnit, jednak jejich odpovědi na otázky studie. Podle výsledků studie hodnotili uživatelé algoritmus celkově jako realistický. Vibrační složka pseudo-haptické zpětné vazby vyžaduje určitý čas, než si na ni uživatel zvykne, ale autor konstatuje, že i prvotní reakce na ni je správná — uživatel přestane s rotačním pohybem, který vibraci vyvolal. Tím vibrace plní svoji funkci, kterou je naznačit nemožnost otáčet zařízením v daném směru.

Součástí práce je také samostatný program VirtualPhantom, primárně určený k simulaci haptického zařízení pomocí myši a klávesnice. Poskytuje však i možnost obsluhy pomocí skutečného haptického zařízení s možností záznamu pohybu zařízení a následného přehrávání i po odpojení. Tím představuje důležitý nástroj pro validaci haptických algoritmů. Takové nástroje jsou v oboru vzácné, což autor zmiňuje.

Klady práce

- + Autor představuje vlastní algoritmus haptického zobrazování použitelný v nepříliš probádané oblasti asymetrické haptické interakce, zde konkrétně 6/3 stupňů volnosti. Použitelnost a realističnost algoritmu byla navíc ověřena v uživatelské studii.
- + Teoretická část práce poskytuje srozumitelný úvod do problematiky haptického zobrazování, od obecné formulace 1D problému po praktické vlastnosti a algoritmy 3D a 6D situací.
- + Součástí práce je program VirtualPhantom, který umožňuje záznam a přehrávání pohybu haptického zařízení, což je velmi užitečné při ladění a validaci haptických algoritmů.
- + Práce je napsána velmi dobrou angličtinou a hojně ilustrována, obsahuje jen naprosté minimum překlepů.

Připomínky

- Bylo by možné prozkoumat využití širšího spektra pseudohaptických postupů k nahrazení chybějících stupňů volnosti (například zpomalení pohybu).
- Uživatelská studie byla poměrně omezeného rozsahu (6 účastníků); bylo by také vhodné konkrétněji uvést předchozí znalosti/zkušenosti účastníků v oblasti haptiky, interakce s virtuálními scénami apod.

Výše uvedené připomínky jsou jen drobného charakteru; vzhledem k celkovému rozsahu práce je zřejmé, že hlavní roli zde hrálo časové hledisko. Možnosti širšího využití pseudohaptiky ostatně naznačuje sám autor v části „Future work“. Celkově považuji práci za velice zdařilou, s vědeckým přínosem. Jednoznačně ji proto **doporučuji** k obhajobě.