

Posudek oponenta na diplomovou práci Bc. Ondřeje Filipa „Distributed Monte-Carlo Tree Search for Games with Team of Cooperative Agents“

Diplomová práce začíná definicí konečné hry s perfektní informací a její modifikací pro „týmovou hru“. Vadou na kráse je, že v obou definicích je stejná formální chyba v indexech. Na konci úvodní kapitoly diplomant naznačuje, že se v práci budeme zabývat problémy synchronizace hráčů v týmu.

V druhé kapitole nás diplomant krátce seznamuje s metodou Monte Carlo Tree Search, podrobněji se pak zaměřuje na metody paralelizace MCTS. Řešeny jsou jak metody pro více jader jednoho stroje, tak metody pro klastry. V prvním případě procesy sdílejí paměť, zatímco v druhém musí komunikovat pomocí zpráv. Zkoumány jsou paralelizace v listech (paralelní náhodné sehrávky), v kořenech (každé jádro pěstuje vlastní MCTS strom, na konci výpočtu jsou informace v kořenech stromů posčítány), stromová paralelizace (vlákna používají stejný strom, před dokončením simulace je simulace považovaná za prohranou, což podporuje paralelní výběr jiné větve MCTS stromu k prozkoumání). Pro případ klastrů je zkoumána metoda posílání výsledků simulací. Kde se pomocí zpráv snažíme synchronizovat MCTS stromy budované jednotlivými stroji. Překvapivým výsledkem je, že kořenová paralelizace na k jádrech dosáhla lepších herních výsledků než sekvenční implementace běžící k krát delší čas (domnívám se, že to naznačuje, že by sekvenční implementace dosahovala lepších výsledků, pokud by postupně vybudovala několik MCTS stromů a ty potom sečetla, to by ale naznačovalo, že parametry budování MCTS stromu nebyly zvoleny dobře). Není překvapivé, že listová paralelizace dopadla nejhůř a že u stromové paralelizace virtuální prohra nejen zlepšuje výběr větví k prohledávání, ale i zmenšuje čekání na uvolnění paměti.

Ve třetí kapitole diplomant řeší problémy synchronizace výpočtů v týmu. První variantou je, že každý hráč spočítá simulaci pro všechny hráče týmu a vybere nejlépe kooperující variantu. Předpokladem tohoto řešení je společně inicializovaný náhodný generátor a vždy bude proveden stejný počet simulací. Výhoda řešení je, že odpadá komunikace, nevýhodou je až t krát větší časová náročnost, kde t je počet hráčů týmu. Druhou variantou je, že každý hráč týmu navrhuje společný tah všech hráčů týmu. Nejčastěji navrhovaný tah je zahrán. Mělo by být definováno, jak určit společný tah v případě shody v hlasování. Výhodou je malá komunikace. Zdá se mi, že nutným předpokladem je velmi malý větvící faktor hry, protože jinak by zvolený návrh málokdy získal více hlasů. Třetí metodou je taky výpočet společného tahu každým hráčem, ale informace v kořenech jednotlivých MCTS stromů jsou posčítány obdobně jako v kořenové paralelizaci. Čtvrtou metodou je přeposílání výsledků simulací. Poslední zmíněnou metodou je průběžné zasílání části vybudovaného MCTS stromu (čímž je redukována velikost předávané informace o provedených simulacích, výhodou proti synchronizaci informace pouze v kořenech je zachování sdílené informace po odehrání každého kroku).

Čtvrtá kapitola je věnována experimentům, k nimž byl použit modifikovaný Ms Pac-Man vs Ghosts framework. Hlavní modifikací je odstranění power pills, druhou modifikací je ukončení simulace po 2000 kolech a třetí modifikací je odstranění akce originální hry nastávající s malou pravděpodobností v libovolném okamžiku, kde zásahem prostředí je otočen směr pohybu všech duchů. Vzhledm k tomu, že cílem práce je zkoumat synchronizaci hráčů v týmu, byl koncept, kdy jeden hráč ovládá všechny duchy nahrazen konceptem samostatných duchů, kde výsledný tah je získán po složkách od jednotlivých duchů. Co se týče prováděných simulací, diplomant si snížil větvící faktor předpokladem, že Pac-Man může měnit směr pouze na omezeném počtu míst. Toto rozhodnutí se mi nezdá býti vhodným. Nejlepší ovladače Pac-Manů, včetně toho, na němž byly prováděny experimenty využívaly toho, že duchové mohou měnit směr pouze na křižovatkách a často čekali na jejich rozhodnutí. Obvyklou situací bylo, že Pac-Man je těsně pronásledován jedním duchem a ostatní duchové se snaží vytvořit „sít“. Zdá se, že pro Pac-Mana je nevýhodné, pokud by odstup pronásledujícího ducha byl větší, proto na ducha často čekají. Diplomant se snaží vyhnout provádění game specifických rozhodnutí. V případě této konkrétní hry by asi stálo za to sloučit kroky, kdy mají všichni duchové jedinou možnou volbu do jednoho kroku simulace a protitahem Pac-Mana by byl výběr z pozic, kam se může během tohoto kroku dostat aniž

by byl chycen. Tím by bylo exponenciální větvení redukováno na lineární. Při vlastních experimentech bylo ověřeno, že nezávislí agenti (v případě naší hry vždy simuluje každý hráč všechny duchy současně) dávají srovnatelné výsledky se simulací jediným hráčem. Překvapením bylo, že paralelizace používající hlasování vedla k vylepšení zhruba 1.75 (při rychlosti komunikace řádově $2^{10}B/s$). Vážené hlasování na základě informací z kořenů jednotlivých MCTS stromů vedlo ke zlepšení zhruba 2.48 po odhalení chyby v programu bylo odhadnuto, že bez chyby by došlo k zlepšení zhruba 2.92. Na rozdíl od hlasování zde ale efektivitu podstatně ovlivňuje rychlost komunikace (vyžaduje řádově $2^{13}B/s$). Paralelizace založená na předávání výsledků simulací dosahovala vylepšení zhruba 1.60, tedy horších než hlasování, vyžadovala velikou propustnost komunikace (řádově $2^{18}B/s$), ale nebyla příliš citlivá na spolehlivost komunikace. Posílání části stromu dosáhlo zlepšení zhruba 2.07 (vyžaduje rychlost komunikace řádově $2^{16}B/s$). Obávám se toho, že rozhodnutí omezit chování Pac-Mana ve výpočtech a případné porušení dodatečných pravidel vyřešit tím, že z MCTS stromu předchozího tahu nezískáme žádný předpočítaný podstrom, má daleko menší vliv na synchronizaci založenou na hlasování či váženém hlasování (neboli kořenové paralelizaci), než na předávání části podstromu, jehož hlavní výhoda je v každém takovém kroku ztracena.

Práce je psána poměrně kostrbatou angličtinou. V definicích jsou nepřesnosti. Na přiloženém CD jsem našel textovou část práce, měření jednotlivých sehrávek a materiály z <http://pacman-vs-ghosts.net/>. Ve zdrojových kódech je minimum komentářů. Nepodařilo se mi spustit vizualizaci probíhající sehrávky, ani výsledků sehrávek. Očekával bych, že prezentace (vybraných) sehrávek by měla být součástí CD a doufám, že ukázkou uvidím alespoň při obhajobě. Zarazilo mne, že se diplomant nezabýval více zjištěním, kdy paralelní výsledek se součtem výpočetních časů t dával lepší výsledky než sekvenční výpočet v čase t .

Práci doporučuji uznat za diplomovou.

Vladan Majerech