

POSUDEK BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název: Využití bezdrátové komunikace při distribuovaném řízení kolon autodráhových autíček

Autor: Šimon Wernisch

Práce se věnuje problematice distribuovaného řízení kolon aut, respektive jejich autodráhových modelů, které byly vytvořeny v rámci projektu *Slotcar platooning* skupiny AA4CC katedry řídicí techniky. Po úvodu do dané problematiky jsou uvedeny a krátce analyzovány nástroje pro zaznamenávání parametrů a metrik bezdrátové komunikace. Zejména je diskutován vznik komunikačního zpoždění, který je správně přiřazen k jevům komunikace po síti, souvisejícím s odesláním paketů a čekání na uvolnění sdíleného komunikačního média. Vzhledem k vlastnostem používaných komunikačních protokolů (TCP a UDP), je zpoždění proměnného charakteru. Lze ale u něj zpravidla vypočítat určité rozložení pravděpodobnosti. Jednotlivé jevy zodpovědné za vznik komunikačních zpoždění jsou nejprve analyzovány s ohledem na dostupnou literaturu. Posléze je navržen a implementován experiment s cílem získat charakteristiky zpoždění. Přínosem této části práce je především návrh a implementace metodiky synchronizace hodin počítačových modulů v autíčkách, která je důležitá pro určení aktuální hodnoty komunikačního zpoždění. Dále byla analyzována problematika ztráty paketů a byla podrobně diskutována problematika volby komunikačního protokolu pro minimalizaci komunikačního zpoždění a řešení krizových stavů při ztrátě komunikace.

Druhá část práce se věnuje problematice vlivu zpoždění na kvalitu a zejména stabilitu kolony aut (autíček) s uvažováním přístupu CACC – Cooperative Adaptive Cruise Control. Daný problém je krátce uveden, a to včetně modelu a algoritmů řízení jednotlivých aut v koloně. Stěžejní částí je analýza vlivu komunikačního zpoždění na tzv. řetězcovou stabilitu systému. Jak je demonstrováno, komunikační zpoždění má na daný typ stability destruktivní vliv. Následně, s uvažováním Padé aproximace odhadovaného zpoždění, je navržen jednoduchý heuristický algoritmus pro nastavení bezpečné vzdálenosti mezi auty, při kterém nedojde ke vzniku nestability při dané hodnotě komunikačního zpoždění. Dalším deklarovaným přínosem je návrh algoritmu, který ze sdílených informací mezi autíčky a znalosti zpoždění odhaduje chování autíček v koloně. Daný 'estimátor' je popsán velmi stručně, jeho funkčnost je demonstrována na simulačním experimentu. Dosažené výsledky jsou posléze shrnuty v závěrečné kapitole.

Bakalářská práce má standardní (dobrou) úroveň. Struktura je vhodně zvolena, cíle práce jsou jasně stanoveny, prezentace dosažených výsledků je (většinou) srozumitelná. Zdařilou částí práce je rozbor problematiky vzniku komunikačních zpoždění, včetně provedené experimentální analýzy. Práci lze vytknout přílišnou stručností klíčových částí v Kapitole 3 prezentujících vliv zpoždění na řetězcovou stabilitu systému, zejména pak formu prezentace dvou navržených algoritmů, které jsou uvedeny v příloze A. Zejména účel (a funkčnost) Algoritmu 2 není vhodně vysvětlen. Algoritmus navíc pracuje s diskrétním modelem předchozího auta, který v práci není uveden. Práci lze též vytknout nedostatečný průzkum literatury v oblasti vlivu komunikačního zpoždění na dynamiku řízených kolon a to včetně jeho vlivu na řetězcovou stabilitu (problematice se dlouhodobě věnuje například prof. Gábor Orosz, University of Michigan). Daná problematika též spadá do oblasti vlivu komunikačních zpoždění na řízení multiagentních systémů, která je významným tématem teorie systémů se zpožděním a věnuje se jí celá řada autorů.

Vzhledem ke zmiňované standardní kvalitě práce, poměrně zdařilé experimentální části, s uvažováním dílčích nedostatků v části týkající se vlivu zpoždění na řetězcovou stabilitu, práci jako celek **doporučuji k obhajobě a navrhuji známku C – dobře.**

Otázky k obhajobě

1. Vzhledem k rostoucímu využívání bezdrátové komunikace v průmyslových a jiných aplikacích (včetně uvažované problematiky řízení kolon) roste význam analýzy a zohlednění komunikačních zpoždění v systémech řízení. Jelikož je nutné počítat i s úplným výpadkem komunikace, při kterém zpoždění prakticky roste nade všechny meze, je ideálním stavem systémy řízení navrhovat tak, aby byly stabilní nezávisle na velikosti interních zpoždění. Daný případ je částečně řešen v části 3.2.1 věnované degradovanému CACC systému, který v dané situaci využívá prediktor zrychlení předchozího auta. Do jaké míry je daný přístup bezpečný? Nebylo by vhodnější v tomto nežádoucím případě kolonu řízeně zrušit, případně rozdělit na sub-kolony s funkční komunikací?
2. Z jakého důvodu je použita Padé aproximace zpoždění v části 3.2.1? V uvažované frekvenční oblasti by exponenciální charakter přenosů zpoždění neměl být překážkou.
3. Navržené Algoritmy 1 a 2 nejsou v práci dostatečně popsány a analyzovány. Bylo by vhodné jim věnovat zvýšenou pozornost v prezentaci při obhajobě práce.

V Praze, 5. červen, 2017

prof. Ing. Tomáš Vyhlídal, Ph.D.



Ústav přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní,
a Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky,
ČVUT v Praze