

KOOPERATIVNÍ ADAPTIVNÍ SYSTÉMY PRO UDRŽOVÁNÍ RYCHLOSTI JÍZDY VOZIDLA

COOPERATIVE ADAPTIVE CRUISE CONTROL SYSTEMS CACC

Jiří Plíhal¹, Matúš Šucha²

Anotace: Předkládaný článek poskytuje základní přehled o kooperativních adaptivních systémech pro udržování rychlosti jízdy vozidla. Přináší informace z návrhu normy ISO / PWI 20035 o inteligentních asistenčních systémech a interpretuje je z pohledu dopravní bezpečnosti a vlivu systémů na chování řidiče.

Klíčová slova: Asistenční systémy pro řidiče, ADAS, rychlost, dopravní bezpečnost

Summary: Paper introduces basic characteristics of Cooperative adaptive cruise control systems CACC, based on the draft version of ISO/ PWI 20035 norm. Mentioned are safety and drivers behaviour issues.

Key words: Advanced driver assistant systems, ADAS, speed, traffic safety

Afiliace: Článek byl zpracován v rámci projektu TD03000195 s názvem „Adaptace člověka na asistenční systémy pro řidiče v motorových vozidlech“ podpořeného 3. veřejnou soutěží v programu na podporu aplikovaného společenského výzkumu a experimentálního vývoje TAČR OMEGA.

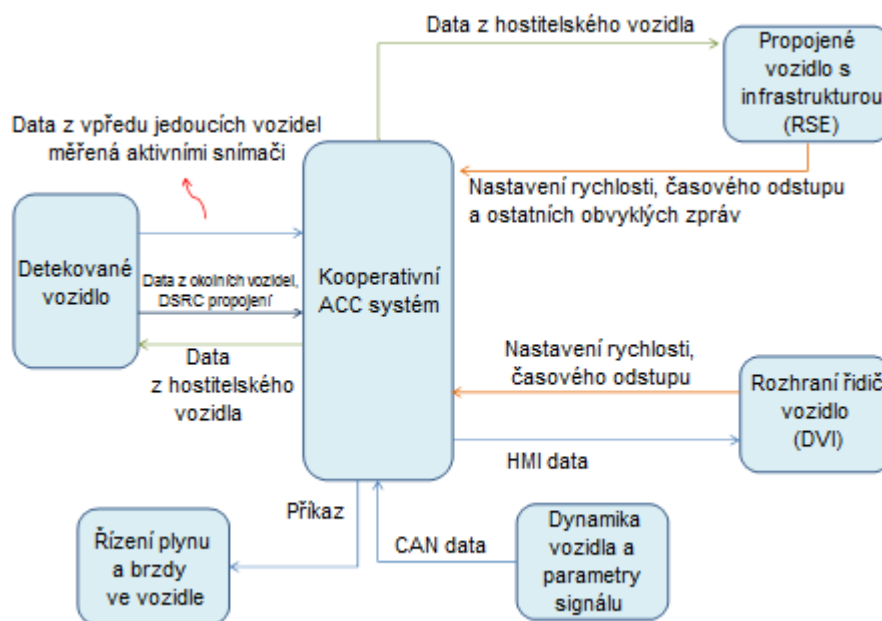
ÚVOD

Systém kooperativního adaptivního tempomatu (CACC) je rozšířením stávajícího systému ACC o složku bezdrátové komunikace s vpředu se nacházejícími vozidly a/nebo infrastrukturními systémy k rozšíření aktivního snímaného rozsahu. Jsou využívána aktivní snímaná data o vzdálenosti předesunutých vozidel, data z okolních vozidel a infrastruktury a vstupy pro řidiče sloužící k řízení vozidla v podélném směru prostřednictvím ovládacích prvků plynu a brzdy, zprostředkující řidiči odpovídající informaci o stavu systému CACC (obrázek 1).

Poznámka: Adaptivní tempomat (Adaptive Cruise Control) představuje rozšíření konvenčního systému tempomatů, které umožňuje předmětnému vozidlu následovat vpředu jedoucí vozidlo v příslušné vzdálenosti ovládním motoru a/nebo přenášeného výkonu či potenciálně aktivací brzd.

¹ Ing. Jiří Plíhal, PhD., ÚTIA AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4 182 08 Praha 8,
E-mail: plihal@utia.cas.cz

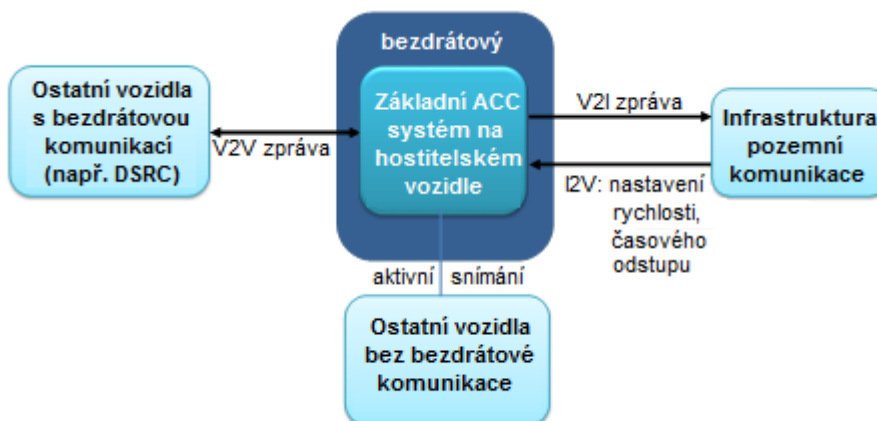
² PhDr. Matúš Šucha, PhD., Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, Katedra psychologie,
Křížkovského 10, 771 80 Olomouc, E-mail: matus.sucha@upol.cz



Zdroj: ISO / PWI 20035

Obr. 1 – Funkční prvky systému CACC

Systémy adaptivního tempomatu mohou být rozšířeny o kooperativní funkci umožňující přijímání informací doplněním schopnosti komunikace vozidlo-vozdlo (V2V) a komunikace infrastruktura-vozdlo (I2V), například dedikované komunikační systémy s krátkým dosahem (DSRC) a regulováním výkonu systému (obrázek 2).



Zdroj: ISO / PWI 20035

Obr. 2 – Rozšíření systému CACC oproti systému ACC

Prostřednictvím komunikace V2V může být systém ACC doplněn o pravidelné aktualizace hodnot rychlosti, zrychlení a příkazů (o poloze ovládacích prvků plynu a brzdy) různých dopravních prostředků nacházejících se v okolí předmětného vozidla vybaveného systémem CACC. To přispívá k následujícímu zlepšení parametrů systému ACC:

- vyšší přesnost řízení odstupu mezi vozidly při udržení "hladkého" průběhu jízdy,

- významně rychlejší odezva na změny rychlosti nejruznějších vpředu se nacházejících dopravních prostředků, a to nejen vozidel nacházejících se bezprostředně před předmětným vozidlem,
- nastavení kratší mezery odstupů mezi vozidly, bez vlivu na bezpečnost a komfort jízdy při zachování důvěry řidiče v tento systém.

Tato zlepšení vlastností systému přináší následující výhody:

- zvýšení důvěry řidiče ve schopnost systému reagovat na podněty, vedoucí k ochotě řidiče zvolit kratší mezeru mezi vozidly a využít systém ACC v širším rozsahu dopravních podmínek,
- méně zásahů do řízení v případě kratších odstupů, což systém ACC zpřístupňuje širšímu spektru řidičů,
- významné utlumení nerovnoměrností dopravního proudu, zlepšení dynamických parametrů dopravního toku a s tím související snížení energetických nároků a vzniklých emisí,
- významné zvýšení kapacity jízdního pruhu na rychlostních komunikacích.

Při instalaci jakýchkoliv asistenčních systémů do vozidel musí být zajištěn základní požadavek, a to pozitivní dopad na bezpečnost silničního provozu. Asistenční systém má potenciál přispět k bezpečnosti silničního provozu, pokud je dostatečně spolehlivý na to, aby řidič reálně mohl využít „jeho asistenčních služeb“ a uvolnil mentální kapacitu pro jiné úkoly spojené s řízením. S tímto faktem souvisí problematika akceptace daného systému řidiči, pouze systémy vysoce funkční (tj. ve více než 95 %) jsou řidiči považovány za spolehlivé a mají potenciál pozitivního dopadu na dopravní bezpečnost. Z toho důvodu by ve vozidlech měly být pouze systémy, u kterých tuto funkčnost můžeme zajistit. Instalace nedokonalých systémů do vozidel (zejména z marketingových důvodů) je spíše hrozbou než příležitostí. Nutné je rovněž brát v potaz velmi heterogenní skupinu řidičů a rozdílnost jejich potřeb. Speciální pozornost je nutné věnovat zejména starším řidičům a řidičům nezkušeným (nikoliv nutně mladým řidičům).

Největší bezpečnostní efekt můžeme předpokládat, pokud je ACC používán na dálnici s nižší hustotou provozu (částečně pozorujeme nižší rychlosti a větší rozestupy vozidel), spíše negativní dopad používání ACC na dopravní bezpečnost pozorujeme v hustém provozu a na vedlejších silnicích (2. a 3. třídy). Zároveň má ACC určitý pozitivní efekt na spotřebu paliva a propustnost silnic (SWOV Fact sheet ACC, 2010).

Při odhadech bezpečnostních dopadů zavedení uvedených systémů je vždy nutné brát v úvahu tendence řidičů kompenzovat „získanou“ bezpečnost jiným rizikovým chováním. Tento princip popsal jako teorii homeostázy rizika Wilde (1982). Tato teorie uvádí, že každý řidič disponuje určitou úrovní ideální míry rizika a snaží se ji udržovat – tj. pokud situaci vnímá jako více rizikovou, snaží se riziko eliminovat, pokud jako málo rizikovou (nižší riziko než jeho individuální míra rizika), snaží se riziko zvýšit. V kontextu dopravy se nejčastěji jedná o věnování se jiné aktivitě než řízení – např. telefonování, ladění rádia aj. Tento princip byl prokázán na mnoha příkladech v minulosti (např. systém ABS, používání bezpečnostních

pásů). Z tohoto pohledu systémy, které mají největší bezpečnostní potenciál, jsou takové, které mají velmi vysokou funkčnost (spolehlivost) a zároveň nevyžadují interakci s řidičem.

Komunikace I2C může poskytovat systému ACC vstupy z lokálních dopravních řídicích systémů, které definují doporučené hodnoty pro nastavení rychlosti a odstup mezi vozidly. To může být využito ke zvýšení efektivity řízení dopravy na rychlostních komunikacích s omezeným přístupem, kde je možné stanovit rychlost a odstup mezi vozidly tak, aby byla maximalizována reálná kapacita v úsecích s úzkým jízdním profilem. To vede k plynulejší jízdě s méně akceleračními a brzdnými zásahy a v konečném důsledku ke snížení dopravního zdržení.

1. ČLENĚNÍ SYSTÉMŮ CACC

Systémy CACC se dělí podle typu dat přenášených bezdrátovým způsobem, jež svým obsahem mohou ovlivnit řízení vozidla v podélném směru. Podrobný popis je součástí mezinárodního návrhu normy ISO 22179.

Typy systémů CACC jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1 – Klasifikace systémů CACC

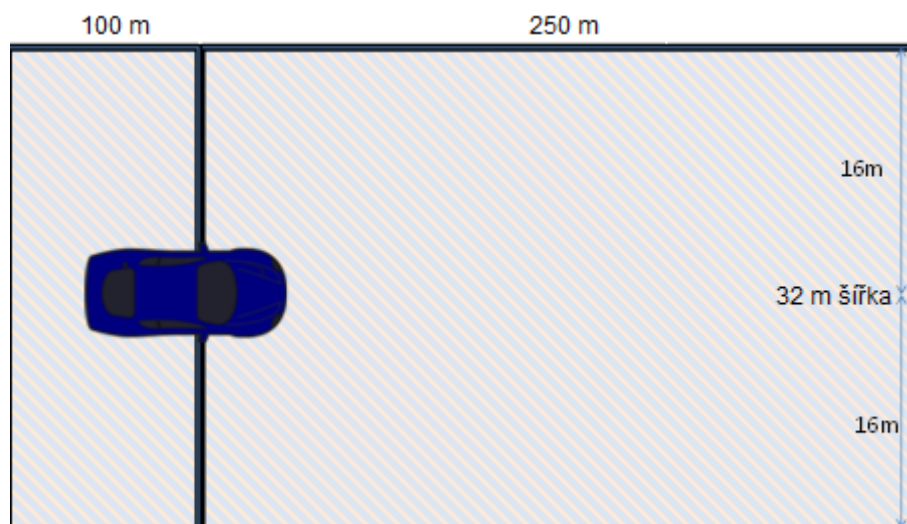
Typ systému CACC	Požadavek na aktivní snímání	Požadavek na bezdrátovou komunikaci (např. DSRC má malé zpoždění, 4G má vyšší zpoždění)	Typ dat ovlivňujících podélné vedení vozidla
V2V	ano	minimálním požadavkem je malé zpoždění	V2V data přenášena bezdrátově
I2V	ano	některá data mohou být vysílána s vyšším zpožděním	I2V data přenášena bezdrátově
Kombinace V2V a I2V	ano	minimálním požadavkem je malé zpoždění	V2V a I2V data přenášena bezdrátově

Zdroj: Autoři

Všechny výše uvedené CACC systémy vyžadují aktivní snímání, např. s použitím radaru, lidarů, nebo kamerového systému.

2. POŽADAVKY NA SYSTÉM

Oblast pokrytí tohoto systému je definována pro přímý úsek pozemní komunikace v souladu s obrázkem 3. Tato oblast je 32 m široká a sahá od místa řidiče předmětného vozidla do vzdálenosti 250 m před vozidlem a 100 m za vozidlem.



Zdroj: Autoři

Obr. 3 – V2V CACC oblast pokrytí

Potenciálním vozidlem zájmu je každé propojené vozidlo nacházející se v oblasti pokrytí systému V2V CACC, komunikující s předmětným vozidlem, jež není předmětem možného zájmu podélného vedení vozidla a které není cílovým vozidlem, například vozidlo, u něž se předpokládá vjetí do jízdního pruhu předmětného vozidla, či intenzivně brzdící vozidlo nacházející se před předmětným vozidlem. Potenciální vozidlo zájmu se tak může stát cílovým vozidlem.

Minimální požadovaná sada V2V údajů potřebná pro systém V2V CACC:

- dočasné ID vozidla / Mac adresa,
- typ palubní jednotky,
- vozidlová data, například limitní parametry brzdového systému, celková hmotnost vozidla aj.,
- 3D poloha (zeměpisná šířka, délka a výška),
- směrový úhel měřen od severu,
- rychlost vozidla,
- zrychlení vozidla v podélném směru,
- stáčivá rychlost vozidla,
- stav brzdového systému, například brzdy zapnuty/vypnuty, tlak v brzdovém systému,
- poloha plynového pedálu (například procento z celkového rozsahu),
- úhel natočení volantu,
- přesnost GPS dat aj.

V případě, že je vozidlo vybaveno systémem CACC, je dále požadovaná další sada V2V údajů:

- režim CACC,
- data z cílového vozidla (jedná se o data cílového vozidla poskytnutá pro systém CACC předmětného vozidla):

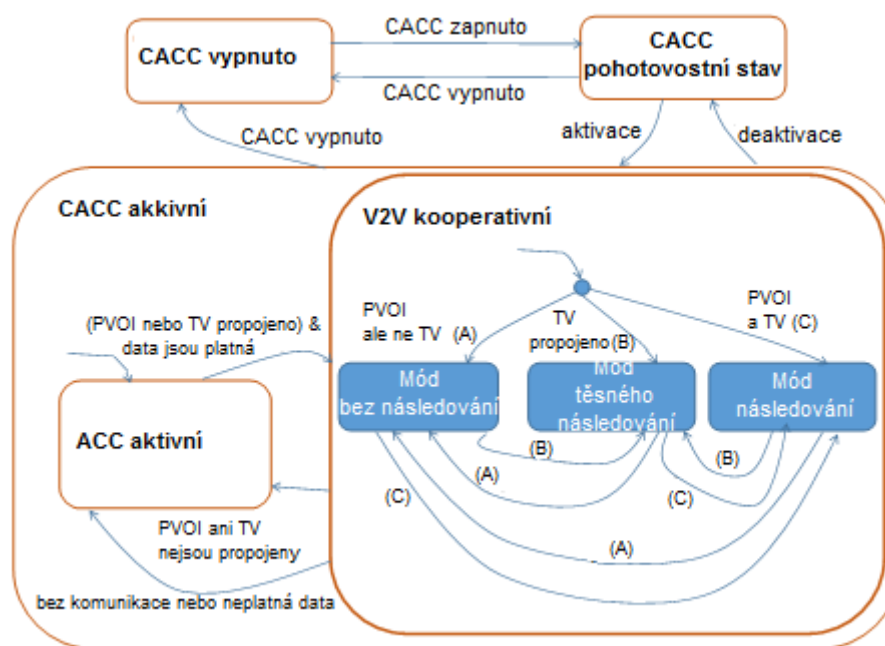
- dosah předmětného vozidla k cílovému vozidlu,
 - úhel azimutu cílového vozidla s ohledem na čelní stranu předmětného vozidla,
 - rychlost cílového vozidla,
 - nastavení časového odstupu,
 - odhadované podélné zrychlení cílového vozidla aj.
- požadované zrychlení/zpomalení systému CACC nebo ekvivalentní příkazy.

Minimální požadavky na frekvenci aktualizace V2V dat jsou obsaženy v návrhu normy ISO 22179, například v případě stanovení 3D polohy je to 10Hz.

Systémy CACC by měly jako minimum poskytovat následující strategii řízení a přechodové stavy:

- V případě, že je systém ACC aktivní, rychlost vozidla by měla být ovládána automaticky a to buď s ohledem na udržovaný odstup s vpředu jedoucím vozidlem, nebo s ohledem na udržení nastavené rychlosti, kdykoli je rychlost nižší. Změna mezi těmito dvěma řídicími režimy je systémem ACC prováděna automaticky.
- V ustáleném stavu může být odstup mezi vozidly upraven samočinně systémem nebo nastaven řidičem.
- Přejít systému ACC ze stavu pohotovostního do stavu aktivního by měl být potlačen v případě, že rychlost předmětného vozidla je nižší než minimální provozní rychlost systému. Případně, pokud rychlost vozidla poklesne pod minimální provozní rychlost systému, zatímco je systém ACC aktivní, automatické zrychlení by mělo být potlačeno. V tom případě může systém ACC přejít volitelně ze stavu aktivního do stavu pohotovostního.
- V případě, že se vpředu nachází více než jedno vozidlo, to, které bude následováno, musí být vybráno automaticky.

2.1.1 Diagram přechodů stavu



Zdroj: ISO / PWI 20035

Obr. 4 – Diagram přechodů stavu

Přechod A: cílové vozidlo (TV) se nenachází v oblasti pokrytí systému, ale potenciální vozidlo zájmu (PVOI) se v oblasti pokrytí systému nachází.

Přechod B: cílové vozidlo se nachází v oblasti pokrytí systému a je propojeno. Potenciální vozidlo zájmu se nenachází v oblasti pokrytí systému.

Přechod C: cílové vozidlo se nachází v oblasti pokrytí, ale není propojeno. Potenciální vozidlo zájmu se nachází v oblasti pokrytí systému.

3. PROVOZNÍ PRVKY A REAKCE SYSTÉMU

ACC systém musí poskytovat pro řidiče prostředky pro výběr požadovaného nastavení rychlosti.

Brzdění řidičem musí deaktivovat systém CACC stejným způsobem, jako je deaktivován v systému ACC. Větší z výkonových požadavků na ovládání, buď řidiče, nebo systému ACC, bude využit k řízení akčních členů výkonu motoru (například ovladač škrtkové klapky). To dává řidiči vždy prioritu při ovládání výkonových parametrů vozidla před systémem ACC. Pokud je požadavek na výkon ze strany řidiče větší než od systému ACC, automatické brzdění bude zastaveno s okamžitým uvolněním brzdící síly. Zásah řidiče na akcelerační pedál nesmí vést k významnému zpoždění reakce na řidičův podnět. Automatická aktivace brzdového systému (pouze ACC typ 2) nesmí vést k zablokování kol na delší časový úsek, než dovolí antiblokovací zařízení ABS. Toto nemusí vyžadovat přítomnost antiblokovacího systému (ABS). Automatické řízení výkonových parametrů vozidla systémem ACC nesmí vést k nadměrnému nucenému skluzu kol na časový úsek delší, než dovolí regulace trakčního systému. Toto nemusí vyžadovat přítomnost kontrolního systému výkonu. Systém ACC může automaticky přizpůsobit časovou mezeru bez akce ze strany

řidiče za účelem reakce na jízdní podmínky (například velmi špatné počasí). Nicméně nastavená časová mezera nesmí být menší než minimální časová mezera zvolená řidičem.

Pokud systém umožňuje řidiči zvolit požadovanou časovou mezera, metoda výběru musí být přizpůsobena jednomu z následujících pravidel:

- pokud systém uchovává naposledy zvolenou časovou mezera, poté, co je přepnut do stavu ACC OFF, časová mezera musí být zřetelně znázorněna řidiči alespoň při aktivaci systému;
- pokud systém neuchovává naposledy zvolenou časovou mezera, poté, co je přepnut do stavu ACC OFF, časová mezera musí být nastavena na předdefinovanou implicitní hodnotu 1,5 s nebo větší.

Pokud jsou navíc k systému ACC integrovány konvenční funkce regulace rychlosti jízdy vozidla, nemůže být umožněno automatické přepínání mezi systémem ACC a konvenčními funkcemi regulace rychlosti jízdy vozidla.

ZÁVĚR

Systém kooperativního adaptivního tempomatu (CACC) rozšiřuje systém adaptivního tempomatu (ACC) a to zejména o složku, která umožňuje sledovat vozidlo jedoucí před řízeným vozidlem v předem stanoveném rozestupu. Představovaná norma poskytuje základní charakteristiky, které by dané systémy měli splňovat, a tím zajišťuje homogenitu mezi systémy vyvíjenými různými výrobci. Z pohledu uživatele, tj. řidičů a dalších účastníků silničního provozu je homogenita klíčová pro správné využívání systému a pozitivní dopad na dopravní bezpečnost. Při aplikaci systému do praxe je nutné brát v potaz případné negativní dopady na bezpečnost provozu, a to zejména z pohledu ovlivnění chování řidiče – přenášení zodpovědnosti na systém (a následnou nižší míru věnování pozornosti řidiče řízení) a dostatečnou míru (správné) funkčnosti systému – tj. nabízet uvedené systémy ve výbavě automobilu až v momentu, kdy je zabezpečena dostatečná funkčnost (tj. určitý procentuální podíl správných odezev systému) systému. V opačném případě je možné očekávat negativní dopad zavedení systému na dopravní bezpečnost.

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) SWOV. *Fact sheet Advanced Cruise Control (ACC)* [online]. c2010 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z <http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_ACC_UK.pdf>.
- (2) WILDE, G. J. The theory of risk homeostasis: implications for safety and health. *Risk Analysis*, 1982, roč. 2, č. 4, s. 209 - 225, ISSN: 1539-6924.
- (3) ISO / PWI 20035, *Návrh normy Intelligent Transport Systems – Cooperative Adaptive Cruise Control Systems (CACC) - Performance requirements and test procedures*.