



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt CZ.1.07/2.3.00/09.0086

Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Adaptive Cruise Control

Doprovodný učební text

Ing. Jan Vavřík

2010

Obsah

1.	Definice základních pojmů.....	3
2.	Historie	3
3.	Adaptive Cruise Control.....	4
3.1	Výhody ACC	4
3.1.1	Snížení zatížení řidiče	4
3.1.2	Komfortní jízda	5
3.1.3	Udržování a přizpůsobení rychlosti.....	5
3.1.4	Hlídání bezpečného odstupu	5
3.1.5	Optimalizace spotřeby paliva	5
3.2	Nevýhody a omezení ACC	5
3.3	ACC systém.....	6
3.4	ACC v automobilech	6
3.5	ACC v nákladní dopravě	8
4.	Senzory používané u ACC	9
4.1	Radar.....	9
4.1.1	Princip radaru	9
4.1.2	Šíření signálu.....	9
4.1.3	Rozdělení radarů	11
4.1.4	MMW RADAR.....	11
4.1.5	FM-pulse Doppler radar	12
4.1.6	SRR	12
4.2	Lidar.....	12
4.2.1	Princip měření	12
4.2.2	1D měření.....	13
4.2.3	2D měření.....	13
4.2.4	Uplatnění Lidaru v ACC	14
4.3	Sonar	14
4.3.1	Užití sonaru v automobilech	15
4.4	Infračervená kamera	16
4.4.1	Focal plane array	17
4.4.2	PathFind IR	17
4.5	CCD, CMOS kamera.....	17
4.5.1	SuperCCD SR	18
4.5.2	Stereo kamera	19
4.5.3	Užití kamer v automobilech	19
5.	Nabídka ACC systémů	20
5.1	Nákladní automobily	20
5.1.1	DAF	20
5.1.2	MAN.....	21
5.2	Osobní automobily	22
5.2.1	Volvo.....	22
5.2.2	Audi	23
5.2.3	Volkswagen.....	24
5.2.4	Honda	24
5.2.5	Lexus	25
5.2.6	Ostatní	25
6.	Závěr.....	26
7.	Použitá literatura	27

1. Definice základních pojmů

Tempomat je zařízení sloužící k udržování nastavené rychlosti vozidla, aniž byste měli nohu na plynovém pedálu. Požadovaná rychlost je nastavena pomocí ovládací páčky u sloupku řízení či ovládacími tlačítky na volant. Z bezpečnostních důvodů i nejjemnější dotek brzdového pedálu okamžitě vypne tempomat a kontrolu rychlosti přejímá řidič vozidla.

Adaptivní tempomat (ACC = Adaptive Cruise Control) je podobný klasickému tempomatu s tím rozdílem, že je vozidlo vybaveno senzorem snímajícím vzdálenost od vpředu jedoucího vozidla. Elektronika adaptivního tempomatu dokáže samočinně přibrzdit a posléze zase zrychlit na nastavenou rychlost podle dopravní situace před vozem díky čemuž dodržuje bezpečnou vzdálenost od vozidla.

2. Historie

Myšlenka regulace a udržování konstantní rychlosti pochází již z doby parních strojů. Tehdy se o konstantní rychlost staral odstředivý regulátor. Podobný princip se používal i u benzínového motoru, kde se reguloval příděl paliva do válců.

Moderní tempomat patentoval v roce 1945 po desetiletém vývoji Ralph Teetor. Slepému Teetorovi při jízdách se svým právníkem vadilo, že když mluví, zpomaluje, a když zmlkne, opět zrychlí. Tento tempomat se poprvé komerčně objevil v Chrysleru Imperial v roce 1958.

Dnešní tempomaty, které jsou velmi často nabízeny v automobilech střední třídy, neudržují pouze dosaženou a posléze nastavenou rychlost vozu. Disponují ovladači ke snížení či zvýšení rychlosti a tlačítko, jež nastavenou rychlost vyvolá zpět. To se hodí, například když je řidič nucen funkci tempomatu přerušit přibrzděním.

Takzvané adaptivní tempomaty (ACC) přineslo do automobilového průmyslu Mitsubishi v roce 1995 a byly donedávna výsadou luxusních vozů. Prošly obrovským vývojem a čím dál častěji jsou nabízeny i v autech střední třídy. Umí přizpůsobit rychlost vozu aktuální dopravní situaci. Spolupracují s radarem v předě vozu, který hlídá bezpečný odstup od ostatních automobilů a překážek. Adaptivní tempomat pak zpomaluje a zrychluje vůz podle toho, jak se mu co připléče do cesty, čímž snižuje napětí a únavu řidiče a přispívá k uvolněnější a bezpečnější jízdě.

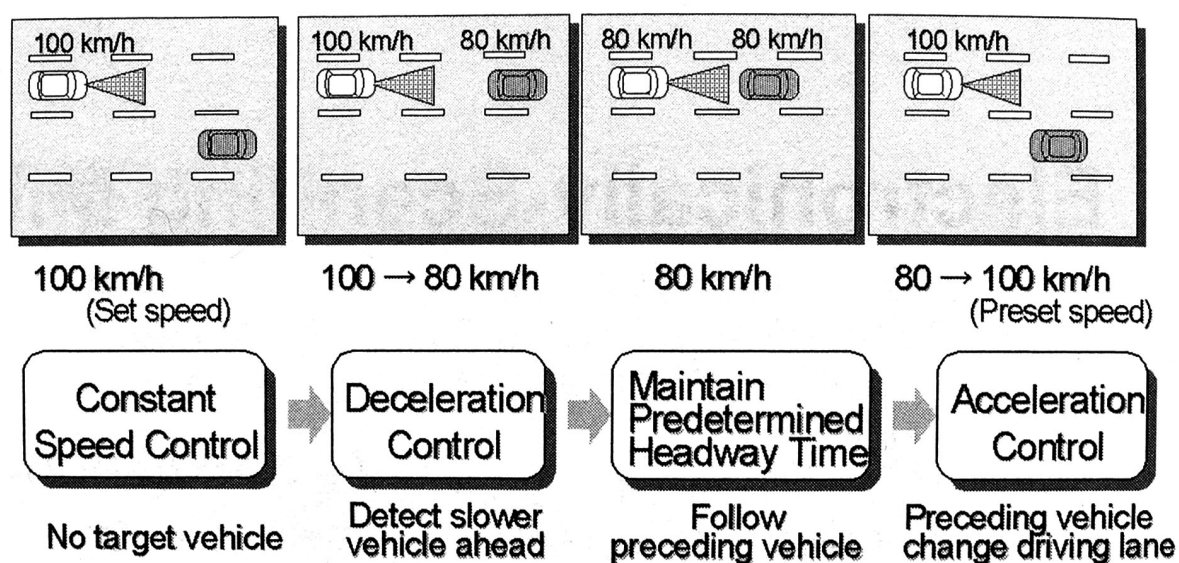
Sofistikovanější systémy využívají více druhů senzorů lépe pokrývajících okolí vozu a tempomat tak může pracovat od nulové rychlosti (ACC plus). Díky těmto systémům dokáže auto zastavit a poté se znovu rozjet, takže je lze využít například i při popojíždění městskou zácpou.

V současnosti jsou adaptivní tempomaty začleňovány do komplexního systému automobilu. Rychlost jízdy samy optimalizují za pomoci dat z řídicí jednoty motoru, pomocí map a navigačního systému GPS za pomoci informací o dopravní situaci a informací ze senzorů monitorujících okolí vozu. Do popředí se dostává funkce udržování bezpečné vzdálenosti a v případě neodvratitelné srážky příprava automobilu a posádky ke srážce s co nejmenšími následky na zdraví posádky, například Mercedes takový systém nabízí pod názvem Pre Safe.

3. Adaptive Cruise Control

Adaptivní tempomat ACC dokáže na rozdíl od klasického tempomatu nejen udržovat nastavenou rychlost, ale i reagovat na překážky před vozidlem, upravovat podle nich rychlost, varovat řidiče před hrozící srážkou nebo v případě nutnosti vozidlo připravit k intenzivnímu brzdění. ACC hlídá bezpečnou vzdálenost mezi vozidly, kterou určuje z aktuální rychlosti. Velikost dodržovaného rozestupu lze často podle potřeby nastavit ve třech různých úrovních: dlouhá, střední a krátká.

Ze statistik vyplývá, že přibližně 65 procentům nehod by se dalo zabránit, kdyby řidič začal brzdit o půl sekundy dříve. Například při rychlosti 60 km/h by se tím zkrátila brzdná dráha až o 8 metrů [16]. Včasné varování ve formě zvukového a světelného signálu ze strany ACC může tuto časovou prodlevu výrazně zkrátit.



Obr. 3-1: Funkce adaptivního tempomatu [1]

- I. Vozidlo má volnou cestu – ACC udržuje nastavenou rychlost vozidla
- II. Před vozidlem se objeví pomalejší vůz – ACC sníží rychlost
- III. Vozidlo následuje jiný vůz – ACC přizpůsobilo rychlost vozidlu vpředu
- IV. Vozidlo má opět volnou cestu – ACC zrychlí na nastavenou rychlost

3.1 Výhody ACC

Adaptivní tempomat přináší do automobilové dopravy řadu nesporných výhod a ulehčení. Mezi nejvýraznější patří:

3.1.1 Snížení zatížení řidiče

Adaptivní tempomaty snižují zatížení řidiče, protože udržují bezpečnou vzdálenost od vozidla jedoucího vpředu a dodržují nastavenou rychlost, například při jízdě městem, se řidič nemusí starat o překročení povolené rychlosti, také v hustém provozu na dálnicích nemusí stále přizpůsobovat rychlost a styl jízdy dopravě a může se plně věnovat řízení. Díky tomu se prodlužuje soustředěnost řidiče.

3.1.2 Komfortní jízda

Adaptivní tempomat zvyšuje bezpečnost a komfort jízdy. Výrazně se zjednodušuje ovládání vozidla.

3.1.3 Udržování a přizpůsobení rychlosti

Adaptivní tempomaty udržují nastavenou rychlost jízdy. V případě detekce pomaleji jedoucího vozidla ve stejném jízdním pruhu, toto vozidlo dojedou a přizpůsobí mu rychlost jízdy. ACC spolupracující s GPS navigací dokonce upraví rychlost při jízdě v zatáčkách a na výjezdech.

3.1.4 Hlídní bezpečného odstupu

Adaptivní tempomaty sledují vzdálenost od auta jedoucího vpředu a při překročení nebezpečné vzdálenosti upozorní řidiče zvukovým či světelným signálem. Pokud řidič nereaguje, vůz začne brzdit, aby nedošlo ke střetu. Některé adaptivní tempomaty, například v Audi A8 2010 sledují i odstup a upozorňují na auta v nebezpečné blízkosti za vozidlem.

Německý autoklub ADAC porovnal a otestoval v roce 2009 systémy sledující a reagující na nebezpečnou vzdálenost mezi vozidly. Jako vítěze testu vyhlásil Volvo XC60 a konstatoval, že systémy varující před kolizí mohou o další krok zvýšit bezpečnost v dopravě. [9]

3.1.5 Optimalizace spotřeby paliva

Adaptivní tempomat ve vozidlech DAF je optimalizován tak, aby neměl nepříznivý dopad na spotřebu paliva.

3.2 Nevýhody a omezení ACC

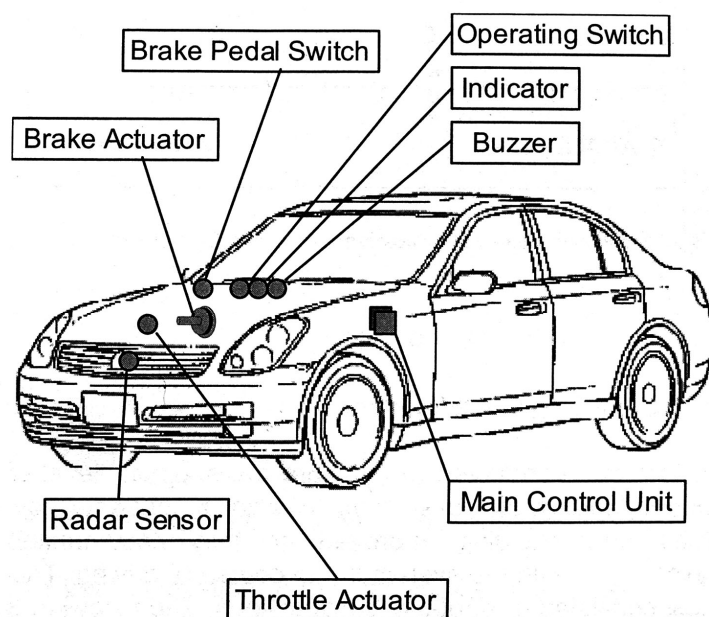
Adaptivní tempomat je podpůrný systém, který přispívá k uvolněnější a bezpečnější jízdě. Bohužel většina současných ACC systému je více či méně omezena v následujících případech:

- v klikatých zatáčkách a v prudkých kopcích
- za hustého deště či sněžení
- při jízdě křižovatkou či na parkovištích
- nemusí rozpoznat některé překážky, např. motocykly
- neregistrují zaparkovaná vozidla
- často fungují jen v určitém rychlostním rozmezí (30 – 180 km/h)
- neexistuje optimální vzdálenost k vpředu jedoucímu vozidlu
- cena

Některá omezení nové systémy a koncepce ACC překonávají a stávají se spolehlivějšími. Například systém ACC plus dovoluje použití tempomatu až do nulové rychlosti a usnadňuje tak popojíždění v kolonách.

Je však stále třeba mít na mysli, že adaptivní tempomat není automatický pilot. Řidič je po celou dobu plně zodpovědný za své vozidlo.

3.3 ACC systém



Obr. 3-2: ACC systém [1]

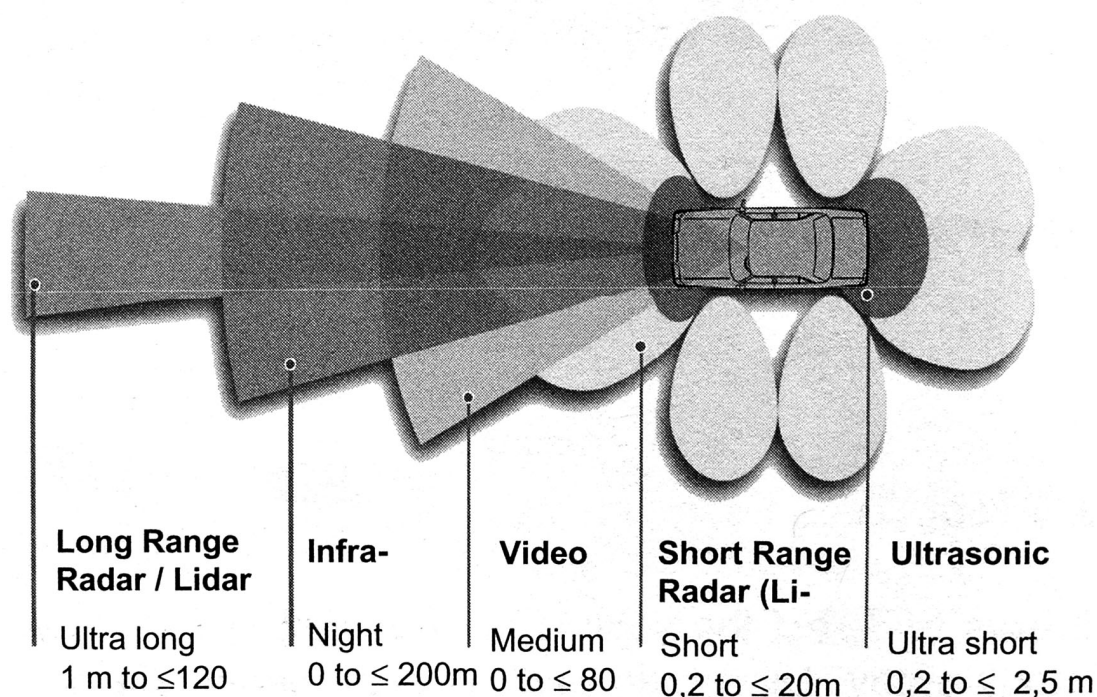
Systém adaptivního tempomatu ve své základní podobě zpracovává data z radaru, z jednotky motoru a navolená data řidičem. Ve spolupráci s centrální řídicí jednotkou automobilu ovládá podle potřeby brzdový či plynový aktuátor. S řidičem komunikuje prostřednictvím zvukové a světelné signalizace.

Automobily s automatickou převodovkou řadí převodové stupně dle požadavku centrální řídicí jednotky. V případě manuální převodovky je řidič upozorněn na potřebu změny převodového stupně na řídicím displeji.

3.4 ACC v automobilech

Vývojem systému ACC se zabývá více výrobců automobilové techniky, např. Bosch nebo Continental a velké množství automobilek, jako jsou Mercedes, Audi, BMW, Lexus, Mitsubishi, Volvo, Honda a další. Adaptivním tempomatem disponují nejen luxusní vozy, tento systém také pomalu proniká do vyšší střední třídy automobilů.

Kompletní adaptivní tempomat rozšířený o další funkce využívá ke své činnosti množství senzorů detekujících překážky. Takřka vždy ACC obsahuje mikrovlnný radar. Tento mikrovlnný radar pracující na frekvenci 76 nebo 77 GHz a je schopen detekovat překážku ve vzdálenosti až 150 m před vozidlem. Dalším snímačem je infračervená kamera, jejíž dosah je do 120 m. Následuje videokamera pracující ve viditelné části spektra s užitečným dosahem asi 80 m. Blízké okolí vozidla je sledováno několika mikrovlnnými radary pracujícími na frekvenci 24 GHz. Ty mají dosah menší, do 20 m a jsou určeny zejména pro systémy předcházející kolizi. Pro kritický případ kolize jsou vpředu a vzadu ultrazvukové snímače, jejichž dosah je jen do 3 m a využívají se k aktivaci ochranných zařízení, jestliže se již nelze vyhnout kolizi. V takovém případě dochází k dotažení pásu, nastavení opěrky hlavy, zavření okének a k aktivaci airbagů.



Obr. 3-3: Senzory obklopující automobil [1]

Nejdůležitější snímač pro činnost samotného systému ACC je radar s poměrně úzkým vyzařovacím diagramem. Tento radar v dostatečně velké vzdálenosti zaznamená překážku a umožní určit její rychlost. Mnoho nabízených ACC systémů má pouze tento snímač, tudíž funguje správně pouze na rovné silnici. Pro jízdu v zatáčkách a v hustém provozu je nutné, aby byl doplněn infračervenou kamerou, popř. videokamerou. Kamera spolu s počítačem pro zpracování obrazu s příslušným programovým vybavením umožňuje průběžně analyzovat situaci před vozidlem. Radar i kamery v přídí vozu zachytí větší počet vozidel před sebou a na základě údajů o vozidlech je nutné vybrat nejbližší vozidlo ve stejném pruhu. Další již uvedené snímače, radary orientované svým vyzařovacím diagramem do stran a dozadu a sonar s krátkým dosahem, slouží k varování před kolizí a popř. jako součást protikolizních systémů.

Snímače s příslušným počítačovým vybavením pro analýzu situace jsou základem řídicí jednotky systému ACC. Tato řídicí jednotka pracuje ve dvou režimech. Na volné silnici, kde není v dohledu žádné jiné vozidlo, udržuje konstantní rychlost. Zaregistruje-li však před sebou automobil, či jinou překážku jedoucí menší rychlostí ve stejném pruhu přiblíží se k ní na předvolenou vzdálenost a přizpůsobí rychlost automobilu jedoucímu vpředu a sleduje jej. To znamená, že pokud má automobil automatickou převodovku, zadává ACC řídicí jednotce motoru žádanou rychlost a ta nastaví hodnotu otáček motoru a převodový stupeň. U vozidla s manuální převodovkou je řidiči v případě nutnosti indikován šipkou a zvukovým signálem pokyn k přeřazení. Jde-li o nepohyblivé se pevnou překážku, snaží se ACC optimálně brzdit, aby před ní zastavil. Když se překážka objeví příliš pozdě, než aby bylo možné zastavit, maximálně zmenší rychlost a aktivuje protikolizní systémy. Při zmenšování rychlosti musí řídicí jednotka systému ACC spolupracovat s řídicími jednotkami motoru a s řídicí jednotkou brzd.

Řídicí jednotka motoru řídí okamžik a dobu trvání vstřiku paliva do válce, množství nasávaného vzduchu a optimální okamžik zážehu směsi. Řídí tedy otáčky a výkon motoru a musí nastavovat odlišné podmínky pro dojíždění a pro brzdění motorem při malém rozdílu rychlostí. Při dojíždění výrazně pomalu jedoucího vozidla je rozdíl rychlosti větší a aktivuje se řídicí jednotka brzd. Ta je v současnosti řešena jako ABS, zaručuje tedy maximální zpomalení, při kterém ještě nedochází k prokluzu kol. Původně nezávislé systémy (řídicí jednotka motoru a řídicí jednotka brzd) se v rámci činnosti systému ACC chovají jako spolupracující vestavěný systém. Spolupráci umožňuje sběrnice CAN, ke které jsou všechny tyto jednotky spolu s jednotkou ovládacích a indikačních prvků na přístrojové desce připojeny. Pokud je tedy systém ACC v činnosti, udržuje podle druhu režimu vhodnou rychlost.

Radarové snímače, popř. kamery orientované dozadu a vykrývající slepé úhly, tvoří tzv. elektronické zpětné zrcátko, které může být využito především k varování řidiče před možnou kolizí. Varování je účinné, pokud má řidič dostatek času na rozhodování a zásah. Není-li dostatek času, automaticky zasáhne protikolizní zařízení. Zde se kombinují prvky aktivní bezpečnosti s prvky pasivní bezpečnosti. Systém ACC se snaží nejprve aktivně (brzděním) vyhnout kolizi či zmenšit energii při nárazu. Jestliže se kolizi nelze vyhnout, aktivuje systém ACC prvky pasivní bezpečnosti s cílem minimalizovat následky kolize. K tomu využívá ultrazvukové snímače, indikující na vzdálenost jednotek metrů vozidlo, s nímž téměř jistě dojde ke kolizi. Dobu do kolize, řádově desítky milisekund, lze využít k aktivaci prvků pasivní bezpečnosti jako je dotažení bezpečnostních pásů, nastavení sedaček do správné polohy, zavření okýnek, aktivace příslušných airbagů a podobně. Protikolizní zařízení může fungovat také jako černá skříňka, zaznamenávat důležité veličiny před nárazem a může lokalizovat místo nehody i automaticky přivolat pomoc.

Velmi užitečný je systém ACC plus, který je schopen pracovat při velmi malých rychlostech, při popojíždění v dopravních zácpách a ve městech ve špičkách provozu. V těchto situacích dochází velmi často k drobným nehodám, protože řidič neudrží po dlouhou dobu zvýšenou pozornost. Systém ACC plus umožní jízdu v koloně rychlostí řádově kilometry za hodinu, vždy s přesným zastavením ve vzdálenosti řádově metrů od automobilu jedoucího vpředu, jenž právě zastavil. Pokud se automobil vpředu opět rozjede, je na to řidič upozorněn optickým a akustickým signálem. Stačí, aby stiskl ovladač a ACC plus uvede vozidlo znovu do pohybu. [12]

3.5 ACC v nákladní dopravě

U kamionů mají adaptivní tempomaty takřka výhradně základní funkce, ke kterým patří udržování nastavené rychlosti, uzpůsobení rychlosti vpředu jedoucímu automobilu a kontrola odstupu mezi vozidly. K tomu využívají radar (podobně jako automobily) o frekvenci 76 nebo 77 GHz s dosahem do vzdálenosti 150 m. Tento radar vyzařující úzký paprsek lze uplatnit na rovných úsecích silnic či dálnic. K rozpoznávání překážek v hustém provozu a v nerovných úsecích je třeba doplnit radar o kameru či infrakameru. U kamionů zatím není rozvíjena možnost propojení prvků aktivní a pasivní bezpečnosti prostřednictvím aktivních tempomatů. Je zde však kladen důraz na rozšíření aktivní bezpečnosti a včasného varování právě díky těmto systémům.

4. Senzory používané u ACC

Veškeré sofistikované zařízení včetně adaptivního tempomatu se neobejde bez dat z nejrůznějších senzorů. A právě přesnost a aktuálnost těchto dat hraje významnou roli na funkci těchto systémů. Moderní automobily obsahují čím dál tím více nejrůznějších senzorů. V následující kapitole je představeno několik senzorů souvisejících s adaptivními tempomaty.

4.1 Radar

Radar neboli radiolokátor je zařízení, které se mimo jiné často vyskytuje u automobilů vybavených adaptivním tempomatem. Název radar je zkratka pro Radio Detecting And Ranging. Jak název napovídá, jedná se o elektronický přístroj určený k identifikaci, zaměření a určení objektů pomocí velmi krátkých elektromagnetických vln [22].

Bouřlivý rozvoj radarové techniky nastal v průběhu druhé světové války a koncem války už patřil radar k běžnému vybavení protivzdušné obrany i bojových letadel všech válčících stran. Posléze se ve velkém míře začal nasazovat k lokalizaci objektu a měření vzdálenosti v letecké a námořní dopravě, meteorologii, geodézii a kartografii, astronautice a kosmickém výzkumu, dopravě a samozřejmě ve vojenství.

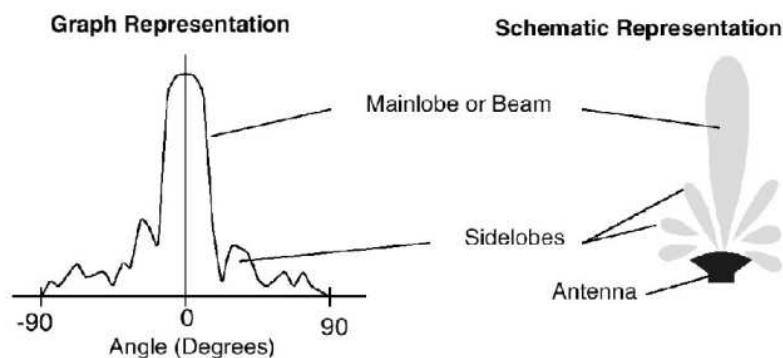
Výhody radaru, které ve velké míře přispívají k nasazení v ACC systémech, jsou malá citlivost na mlhu, déšť, sníh či jiné nepříznivé povětrnostní podmínky. Nevadí mu prašné prostředí a špatné světelné podmínky.

4.1.1 Princip radaru

Radar vysílá skrze anténu elektromagnetické vlnění o frekvenci od 30 MHz až po desítky GHz o velkém výkonu do požadovaného směru. Objekty v dosahu paprsku mohou tento signál odrazit, rozptýlit nebo pohltit. Záření, které se vrátí k přijímači, se převede na vektor reprezentující amplitudu přijatého signálu. Vzdálenosti detekovaných předmětů lze například určit pomocí časové korelace vyslaného a přijímaného signálu. Jako radiolokátory se často používají tzv.: panoramatické přístroje poskytují obraz v požadovaném úhlovém rozsahu, který docílí rotací antény nebo fázovou anténou umožňující měnit směr vysílání a příjmu i bez pohybu. V ACC se pro lokalizaci objektů uplatňují pevné přístroje vysílající a přijímající signál v daném směru.

4.1.2 Šíření signálu

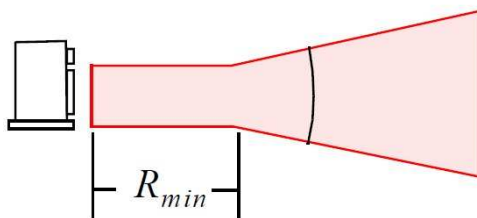
Signál radiolokátoru je šířen poměrně tenkým kuželem kruhového nebo eliptického průřezu. Pro přesné určování objektu je potřeba znát tvar a vlastnosti vysílaného paprsku. Vedle hlavního paprsku se generují i postranní slabší paprsky, které mají výrazně menší intenzitu než hlavní. I přesto, že jsou dosti zeslabeny, můžou být zdrojem silného šumu a komplikovat příjem a kvalitu hlavního signálu.



Obr. 4-1: Paprsek naměřený a teoretický [7]

Vrcholový úhel hlavního paprsku lze spočítat podle vzorce: $\theta = 1,02 \cdot \frac{\lambda}{D}$, kde D je průměr antény, λ je vlnová délka a θ vrcholový úhel.

Průchodem vysílaného a přijímaného paprsku atmosférou dochází k jeho zeslabení. V suchém a čistém vzduchu se uvádí zeslabení o hodnotě 0,2 až 0,4 dB/km. To značí, že radar má zeslabení na poměrně nízké úrovni. Jelikož dosah radarů používaných v ACC systémech je do 150 m, nemusí nás zeslabení signálu při této vzdálenosti výrazně trápit. K výraznějšímu utlumení však může dojít při zhoršených povětrnostních podmínkách, či při práci ve značně prašném prostředí. Je však obtížné exaktně definovat zhoršené podmínky. Tyto podmínky je třeba simulovat a experimentálně zjistit. Je prokázáno, že při provozu v běžných povětrnostních podmínkách nedochází k výraznému zeslabení vysílaného signálu.

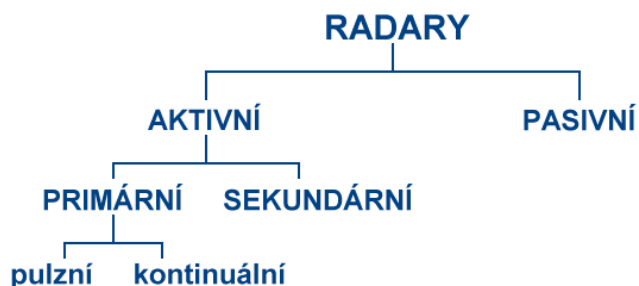


Obr. 4-2: Šíření radarového paprsku [6]

Vysílaný paprsek se podle předpokladu nešíří ve tvaru kužele. Bylo zjištěno, že dochází k jeho deformaci. Experimenty prokázaly, že paprsek se zprvu šíří jako válec o stejném průměru jako je anténa a až ve vzdálenosti R_{min} se začíná šířit podle předpokladu kuželovým tvarem. Vzdálenost přechodu z blízkého do vzdáleného pole R_{min} se nechá spočítat ze vztahu:

$$R_{min} = \frac{D^2}{\lambda}, \text{ kde } D \text{ je průměr antény a } \lambda \text{ je vlnová délka [4].}$$

4.1.3 Rozdělení radarů



Obr. 4-3: Dělení radarů

Vhodné a tudíž i nasazované radary pro adaptivní tempomaty jsou primární, aktivní radary. Jedná se o klasické radary, kdy vysílač vysílá mikrovlnnou energii ve formě impulzů nebo stálé vlny a v čase mimo vysílání přijímá odrazy od objektů, jež se nacházejí ve směru, kam je energie vysílána.

V případě, že nejsou vysílány impulsy ale stálá vlna, bývají anténní systémy pro vysílání a příjem zpravidla oddělené. Použití stálé vlny umožňuje preciznější měření. Stejný efekt je využíván i u impulsních radarů pro rozlišení pohybujících se cílů.

4.1.4 MMW RADAR

Klíčová komponenta ACC systému bývá MMW RADAR (milimeter-wave radar) s FMCW modulací. FMCW neboli Frequency Modulated Continuous Waves je metoda využívající spojitý mikrovlnný signál, jehož frekvence se v určitém pásmu lineárně mění. Vzdálenost měřeného objektu se stanoví porovnáním okamžité frekvence vysílaného signálu a přijímaného odraženého signálu.



Obr. 4-4: MMW Radar

Radary nasazované v ACC aplikacích se skládají z oscilátoru (generující milimetrové vlny), frekvenčního a pulzního modulátoru, antény, přijímače a procesoru pro zpracování dat. Často pracují na frekvenci 76 – 77 GHz. Paprsek je vysílán v úhlu $\pm 4^\circ$ s dosahem do 150 m. Anténa pro milimetrové vlny je plastová čočka v zimním období vyhřívaná. Radar je umístěn v přední části auta před nebo za plastovou mřížkou [1].

4.1.5 FM-pulse Doppler radar

Pulzní Dopplerův radar se díky svým vlastnostem uplatňuje namísto MMW radarů s FMCW modulací. Dopplerovým jevem dochází k posunu odražené vlny a po přijetí lze určit relativní rychlost odrazného objektu a časový údaj navíc koresponduje se vzdáleností od tohoto objektu. Pulzní Dopplerův radar lépe rozeznává jednotlivé cíle, přináší o těchto cílech přesnější informace a má menší pravděpodobnost špatného rozpoznání [23].

4.1.6 SRR

SRR neboli Short-Range-Radar spolu s lidarem či sonarem slouží jako virtuální bezpečnostní opasek automobilu. Rozšiřuje možnost použití adaptivních tempomatů pro malé rychlosti do 30 km/h a své uplatnění nachází v bezpečnostních systémech Pre-crash při hrozbě neodvratitelné srážky.

Short-Range-Radar pracuje na frekvenci 24 GHz. Pásmo pro měření je od 2 do 20 m.

4.2 Lidar

Lidar (Light Detection And Ranging) je optické přenosné zařízení, které slouží k detekci, určení vzdálenosti a dalších informací o nalezeném cíli. Principiálně je zařízení podobné radaru, k mapování však používá laserové pulsy namísto mikrovlnných vln. Pro tuto podobnost je často označován názvem „Laserový radar“. Lidar vyniká především vysokou přesností, velmi úzkým paprskem, velkým dosahem a vysokou rychlostí paprsku, tedy i celého měření. Nevýhodou je ale jeho cena.

Pojem laser pochází z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, tedy zesílení světla vynucenou emisí záření. Jedná se o optický zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku. Na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické. Koherence světla znamená, že kmitající fotony jsou společně ve fázi. V praxi to znamená, že laserové záření se chová jako jedna velká vlna a projevuje se jako vlnění, tedy včetně interference a difrakce. Monochromaticnost laserového záření znamená, že fotony mají stejnou nebo takřka stejnou vlnovou délku a tedy ekvivalentní energii [4].

Lidar i navzdory své ceně se uplatňuje v nesčetných aplikacích mimo jiné v armádě, v dopravě, meteorologii, geodézii, v robotice, astronautice a kosmickém výzkumu.

4.2.1 Princip měření

Základní rozdíl od radaru je, že lidar používá kratší vlnové délky elektromagnetického spektra záření. Stejně jako u radaru je potřeba vysílač, přijímač a vyhodnocovací zařízení. Vysílač vysílá paprsek v požadovaném směru, objekt nacházející se v cestě paprsku může tento signál odrazit, rozptýlit nebo pohltit. Odražený paprsek je po zachycení přijímačem vyhodnocen. Většina použitých systémů využívá laser o vlnové délce 850 až 1650 nm. Tento paprsek je neviditelný a zároveň je pro lidské oko nezávadný.

Nejčastěji používanou a nasazenou metodou pro vyhodnocení je metoda TOF neboli metoda měření času dopadu odraženého paprsku. Signál je vysílán v krátkých pulzech a měří se čas do dopadu odražených signálů. Přesnost je závislá především na rozlišení měřicí elektroniky. Pro nejhrubší měření musí dosahovat řádu nanosekund a nejpreciznější mají rozlišovací schopnost v pikosekundách. Pro rozlišení v desítkách centimetrů musí být elektronika přesná v nanosekundách a pro přesnost vyšší než milimetr jsou tomu maximálně desítky pikosekund. To je dáno rychlostí šíření laserových paprsků, tedy rychlostí světla v daném prostředí. [4]

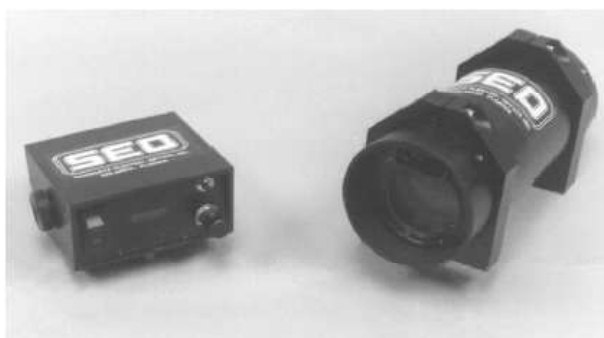
Druhou používanou metodou měření lidarem v ACC systémech je metoda měření fázového posunu. Tato metoda na rozdíl od předchozí (TOF) využívá kontinuální vlnění. Část vyslané vlny se odrazí rovnou zpět k detektoru. Detekovaná vlna se porovná s kontinuálním vlněním a změří se vzájemný vlnový posuv. Vzdálenost se může spočítat ze vztahu

$$\phi = \frac{4 * \pi * d}{\lambda} \qquad d = \frac{\phi \lambda}{4\pi} = \frac{\phi c}{4\pi f}$$

kde d je vzdálenost k překážce, λ je vlnová délka signálu, ϕ je fázový posuv, c je rychlost zvuku a f je frekvence signálu. [4]

4.2.2 1D měření

K jednorozměrnému měření slouží laserové dálkoměry. Úzký laserový paprsek je vyslán pouze požadovaným směrem.

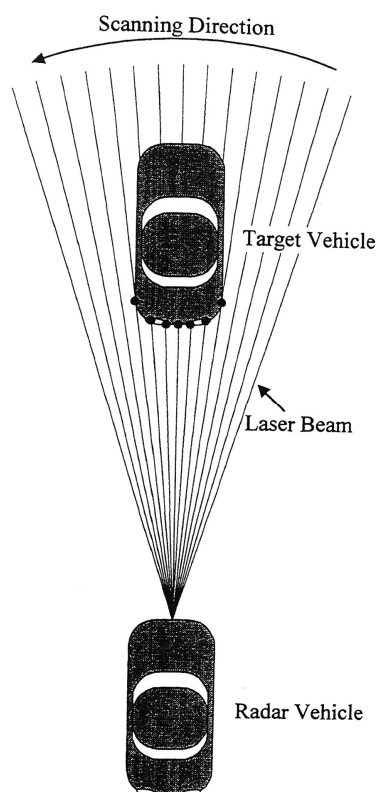


Obr. 4-5: SEO LRF-200

Zástupcem dálkoměru je SEO LRF-200 EOM vyráběný firmou Schwartz Electro-Optics. Dálkoměr disponuje kompaktními rozměry, vysokou rychlostí a přesností měření vzdálenosti většiny materiálů. Rozsah tohoto senzoru je 1-100 m, přesnost zhruba 30 cm, hmotnost 1kg, rozměry jsou 90 mm v průměru a je 180 mm dlouhý. Laser má vlnovou délku 902 nm. Napájen může být stejnosměrným zdrojem o napětí 8-24 V a spotřeba je 5 W. [4]

4.2.3 2D měření

Pro sledování okolí před automobilem je však třeba detekovat objekty v širším rozsahu, než který poskytují 1D dálkoměry. Proto je třeba použít 2D scannery. Tyto scannery jsou často založené na TOF laserech a mnohdy využívají jednorozměrné dálkoměry. K rozšíření měřeného úhlu používají rotujícího zrcadla. Zrcadlo je odkloněno o 45° od paprsku a osa rotace je rovnoběžná s laserovým paprskem. Skenovaná oblast je tedy radiální plocha kolmá k paprsku laseru. Otáčky zrcadla jsou v desítkách rotací za sekundu a během každé otáčky dojde k jednomu skenu zorného pole. Tedy skenuje se s frekvencí odpovídající otáčkám zrcadla. Během rotace se poloha zrcadla odčítá a poté se ze známého úhlu a vzdálenosti skládá výsledný obraz okolí.



Obr. 4-6: Skenování 2D laserem[1]

4.2.4 Uplatnění Lidaru v ACC

Lidar disponuje v porovnání s radarem pro aplikace ACC vyšší rychlostí měření. Laserový paprsek se šíří prostředím rychlostí světla zhruba rychlostí 3×10^8 m/s. Měření lze proto v naprosté většině případů považovat za okamžité. V porovnání s ostatními senzory jsou laserové dálkoměry velmi přesné. Vzhledem k velmi úzkému paprsku je dosahovaná vysoká směrová přesnost (běžně se pohybuje do maximálně 1°).

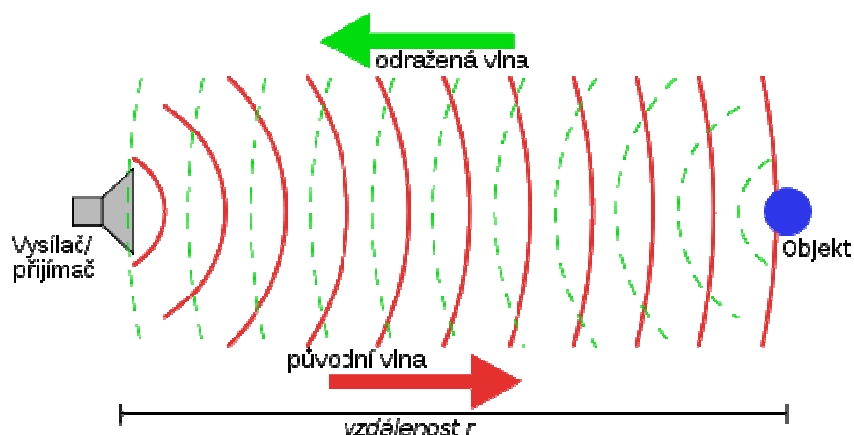
I přesto je jejich nasazení v ACC aplikacích mnohem menší než nasazení radarů pro daný rozsah měření. Hlavní nevýhodou, v porovnání s radary, je především vyšší citlivost na povětrnostní podmínky a na provoz v prašném prostředí.

4.3 Sonar

Sonar – zkrácenina anglického výrazu SOund Navigation And Ranging, neboli zvuková navigace a zaměřování, je zařízení na principu radaru, které místo rádiových vln používá ultrazvuk. V praxi se takřka výlučně používá ultrazvuk nad hranicí slyšitelnou pro lidské ucho o frekvenci vyšší než 20 kHz.

Aktivní sonar vynalezl v roce 1915 francouzský fyzik Paul Langevin pro použití v první světové válce. Jeho nasazení bylo zpočátku pod vodou pro detekci ponorek. Využití sonaru se od detekce předmětu ve vodě rozšířilo do nespočtu dalších aplikací pro detekci v nejrůznějším prostředí.

Aktivní sonar se skládá z emitoru generujícího zvukový signál a z přijímače. Zvukový signál vygenerovaný na emitoru se šíří prostředím a po odražení od překážky se vrací zpět. Systém zaznamená čas mezi vysláním signálu a jeho návratem. Ze známé rychlosti zvuku se snadno spočítá vzdálenost od překážky.



Obr. 4-7: Princip sonaru [22]

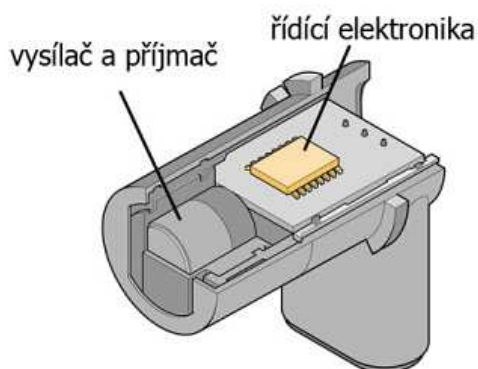
Tento jednoduchý princip má však několik nevýhod a omezení. Útlum vyslaného signálu je značný nejen v šířícím prostředí, ale také nastává při odrazu od překážky. Odražený signál navíc nemusí směřovat přímo k vysílači. Jeho směr se může několikrát změnit a přijímač zaznamená tzv. křížený odraz, který značně zkresluje naměřené výsledky. Další nevýhodou představuje samotný zvukový signál, který se nešíří jako paprsek, ale jako kužel o vrcholovém úhlu 10 až 40°. Díky tomuto faktu je těžké přesně určit směr detekované překážky. Nízká rychlost zvuku zamezuje použití sonaru pro lokalizování rychleji se pohybujících objektů. Rychlost zvuku v prostředí je důležitá hodnota pro přesné určení vzdálenosti předmětu. Tato hodnota je však závislá na mnoha faktorech a obvykle se mění v průběhu měření.

Typy emitorů:

- Piezoelektrický
- Elektrostatický
- Magnetostrikční

4.3.1 Užití sonaru v automobilech

Velmi časté uplatnění nachází sonar jako pomocník při parkování. Po zařazení zpětného rychlostního stupně dojde k aktivaci senzoru, který vydává přerušovaný zvukový signál. Při zkracování odstupu od překážky se zkracují i výstražné zvukové signály upozorňující řidiče. Některé nabízené parkovací asistenti mají i digitální display se zobrazením vzdálenosti od překážky. Sonary jsou umístěny v nárazníku vozidla a pracují obvykle na frekvenci 40 kHz.



Obr. 4-8: Parkovací asistent H-002 []

4.4 Infračervená kamera

Slouží k detekci objektů pomocí infračerveného světla o vlnové délce 880 nm. Toto světlo je pro lidské oko neviditelné. Základní vlastností infrakamery je schopnost snímat a zobrazovat záření objektů ve formě obrazů, neboli termogramů, které je možné prezentovat i v barevných paletách. Infrakamera je neocenitelným nástrojem pro použití v různých odvětvích.

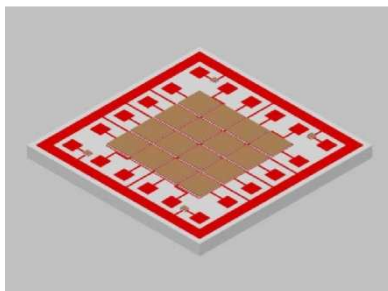
IR kamery umožňují řidiči vidět mnohem dále a lépe než se standardním světlem. Řidič může snadno detekovat a monitorovat překážky, zvěř, chodce a cyklisty či jiné objekty na vozovce nebo v její těsné blízkosti a má tak mnohem více času reagovat na potenciální nebezpečí. Data z infračervené kamery mohou snadno využívat jednotlivé sofistikované systémy, které včas varují řidiče v případě hrozícího nebezpečí. Oproti CCD a CMOS kamerám pracují IR kamery i v absolutní tmě, kouři, či lehké mlze.



Obr. 4-9: Porovnání obrazu z CCD a IR kamery [25]

4.4.1 Focal plane array

FPA je speciální pole obrazových bodů, které je používáno mimo jiné i pro infračervené kamery. Horní vrstva čipu je rozdělena do několika polí. Každé pole je formováno dvěma zlatými pláty a pokryto silikonem. V této horní vrstvě je pomocí laseru vytvořeno množství děr. Celá vrstva slouží jako filtr nepotřebné části elektromagnetického vlnění. Pod ní se již nachází buňky citlivé na infračervené záření. Technologie výroby FPA senzoru je značně složitá a náročná od čehož se odvíjí i vyšší cena IR kamer.



Obr. 4-10: FPA čip [23]

4.4.2 PathFind IR

Infračervená kamera PathFind IR od firmy Sierra FLIR je příkladem kamery určené pro použití v automobilech. K snímání využívá nechlazený mikrobolometr FPA o rozlišení 324 x 256 bodů. Kamera monitoruje oblast v zorném úhlu 27° s dosahem do vzdálenosti 880 m a s objektivem o průměru 19 mm. Hlavní rozměry činí 57 x 56 x 71 mm a hmotnost je 360g.



Obr. 4-11: Kamera PathFind IR a její umístění v mřížce pod značkou automobilu [26]

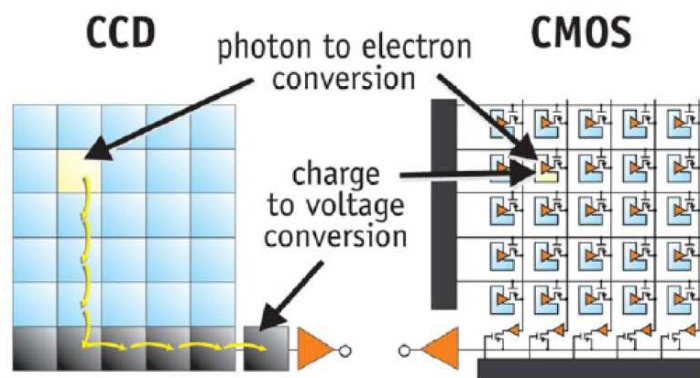
4.5 CCD, CMOS kamera

Technologie umožňující záznam digitálního obrazu se začala vyvíjet koncem šedesátých let dvacátého století spolu s rozvíjícím se dálkovým průzkumem Země. V roce 1970 byla představena první videokamera používající snímač CCD vyvinutá v Bellových laboratořích v USA. [27]

Ve vývoji senzorů spolu již od počátku soupeří především dvě technologie. Je to již zmíněná technologie CCD snímačů a technologie snímačů CMOS. Obě zkratky pochází z angličtiny a

jejich význam naznačuje princip, na němž oba senzory fungují. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což v překladu znamená zařízení s vázanými náboji a zkratka CMOS neboli Complementary Metal–Oxide–Semiconductor znamená doplňující se kov-oxid-polovodič.

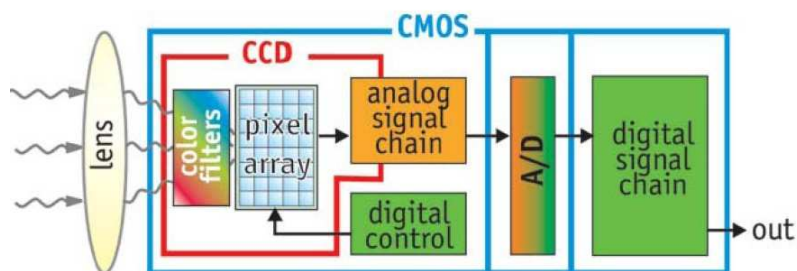
Rozdílný princip technologií CCD a CMOS spočívá v tom, že senzory CCD přesouvají vzniklý náboj z pixelu na pixel a převádějí jej na napětí až na výstupním uzlu, kdežto senzory CMOS převádějí náboj na napětí uvnitř každého pixelu.



Obr. 4-12: CCD a CMOS technologie [5]

Obecně se jedná se o polovodičový snímač měřící intenzitu světla, které na něj dopadá. Senzory jsou nejčastěji vyráběny z křemíku, který fotoelektrickým efektem převede světlo na elektrickou energii. Dopadající fotony světla zvyšují úroveň energie v křemíkové mřížce, ve které se uvolní elektrony a vznikne tak elektrický náboj. Měření probíhá tak, že vzniklý náboj je ve formě elektrického napětí zesílen a následně poté pomocí ADC převodníku převeden na binární číslo.

Rychlý a přímý start CCD senzorů hrál důležitou roli v nasazení v mobilních telefonech, videokamerách, skenerech a digitálních fotoaparátech a stejně dobře se uplatňují v nejrůznějších oborech jako například ve strojírenství, zdravotnictví a ve vědeckých a vojenských zařízeních. Vzestup technologie CMOS nebyl tak přímý jako v případě CCD, avšak za posledních několik let značně pokročil a nachází své uplatnění, navíc jeho technologie výroby jsou v současnosti schůdnější pro dosažení vysokého výkonu.

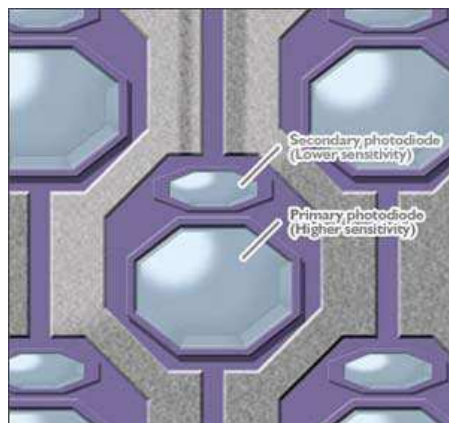


Obr. 4-13: Schéma kamery [5]

4.5.1 SuperCCD SR

Běžné digitální kamery mají úzký dynamický rozsah výsledného obrazu. Vznikají čistě bílé a naopak tmavé oblasti, v kterých není patrna žádná kresba. Tyto oblasti snímku jsou pro vyhodnocení nevhodné a značně komplikují a omezují rozpoznávání objektů. K detekci

předmětů je vhodné používat snímací technologie umožňující vyšší dynamický rozsah. Řešení přináší například SuperCCD SR, který má v každé buňce dvě fotodiody lépe zobrazující scénu s oblastmi s velkým rozdílem jasů a stínů.



Obr. 4-14: SuperCCD SR [27]

Velké a běžně citlivé „Primary photodiode“ v podstatě kopírují citlivost pixelů běžných CCD nebo CMOS snímačů. Jejich dynamický rozsah končí někde kolem 6 EV. Dopadá-li na ně jasnější světlo než jejich mezní hodnota, produkují již pouze čistě bílou, která se běžně projevuje do běla vypálenými místy na fotografii.

Naproti tomu „Secondary photodiode“ mají citlivost na světlo cca 4x nižší a tím "kreslí" i tam, kde již primární photodiody dávají pouze bílou. V důsledku toho je dynamický rozsah Super CCD SR čipu zvětšen. [27]

4.5.2 Stereo kamera

Své uplatnění v dané problematice nachází stereokamery. I přes svou jednoduchost dosahují kvalitních výsledků. V principu se jedná o dvě totožné kamery upevněné v daném rozestupu. Obě kamery snímají stejný prostor avšak z různých úhlů. Po současném zpracování obou snímků dosáhneme prostorového výstupu.



Obr. 4-15: Stereo kamera

4.5.3 Užití kamer v automobilech

Kamery se používají v automobilech čím dál častěji. Své uplatnění nachází v přední části vozu k detekci překážek, značek, pro sledování jízdních pruhů, v zadní části vozu pomáhají při parkování. Své místo nachází při hlídání mrtvých úhlů a v dalších aplikacích.



Obr. 4-16: Parkovací kamera

Jako příklad parkovacích kamer sledujících okolí vozidla je uvedena miniaturní barevná kamera s CCD snímačem. Kamera vhodná pro vnitřní i venkovní použití. Obsahuje přisvícení pro noční vidění. Kamera je určena pro montáž do nárazníku automobilu. Pomocí Cinch lze přímo připojit kameru k monitoru.

5. Nabídka ACC systémů

Adaptivní tempomaty se z luxusních automobilů přesouvají i do nižších tříd, kde se stávají příplatkovou výbavou. Velké množství automobilek vyvíjí své systémy, které uplatňuje ve vyráběných automobilech. Existují však i výrobci, jako je například Bosch či Continental, kteří vyvíjí a poté samostatně distribuují ACC systémy.

Existuje několik možností jak získat automobil vybavený adaptivním tempomatem. Nejsnadnější možnost je pořídit si luxusní vůz, kde toto zařízení často bývá ve standardní výbavě. V jiném případě lze adaptivní tempomat získat jako příplatkovou výbavu.

V následující kapitole jsou popsány funkce a možnosti adaptivních tempomatu nabízených jednotlivými automobilkami.

5.1 Nákladní automobily

Adaptivní tempomaty se ve velké míře ujaly v nákladní dopravě u tahačů. Díky sledování odstupu od vpředu jedoucího vozu byla výrazně snížena únava řidičů, kteří se nemusí starat o bezpečný odstup. Adaptivní tempomat v současné době nabízí mnoho výrobců, ať už se jedná o Scani, Volvo, MAN či DAF.

5.1.1 DAF

Adaptivní tempomat využívá ke své činnosti data z radaru umístěného před maskou chladiče a je připojen k systému správy vozového parku pro ovládání brzd, výkonu motoru, řazení AS Tronic a ovládání zpomalovače. To umožňuje přímý zásah adaptivního tempomatu do těchto systémů.



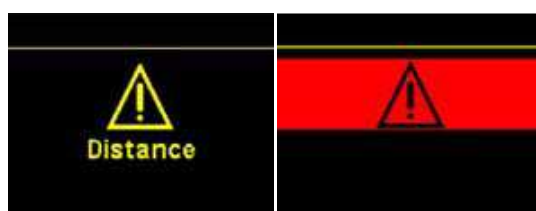
Obr. 5-1: Umístění radaru, radar a signalizace ACC u DAFu [18]

Řidič nastaví požadovanou rychlost podle tempomatu a režim odstupu pro vozidlo vpředu. V případě potřeby adaptivní tempomat přizpůsobí rychlost vozidla tak, aby udržovalo přednastavenou vzdálenost mezi vozy.

Pro zpomalení jsou použity tyto prostředky v následujícím pořadí:

- plyn motoru
- brzda motoru
- automatické přeřazení na nižší stupeň
- sekundární retardér
- provozní brzdy

Při překročení nastaveného odstupu je řidič nejprve upozorněn světelným signálem a posléze zvukovým. Pokud situace vyžaduje maximální brzdovou sílu, aby nedošlo ke srážce, je řidič upozorněn pomocí červené výstrahy a zvukového signálu.



Obr. 5-2: Varovná signalizace [18]

Tento adaptivní tempomat nabízený u tahačů DAF má však tyto zásadní omezení:

- systém je určen pro použití na silnicích 1. třídy a dálnicích
- zorné pole radarového snímače je omezené
- dopravní situace může být zjištěna pozdě nebo vůbec, např. u motocyklů
- nereaguje na stojící objekty a dopravu v protisměru
- pracuje od rychlosti 25 km/h

5.1.2 MAN

Podobný adaptivní tempomat i se stejným omezením jako DAF nabízí také MAN.



Obr. 5-3: Umístění radaru na tahači MAN [21]

5.2 Osobní automobily

U osobní dopravy se čím dál častěji setkáváme s adaptivními tempomaty. Jednotlivé automobilky vyvíjí, stále vylepšují a doplňují tempomaty novými a novými funkcemi, které rozšiřují původní použití a překonávají omezení prvních generací ACC systémů.

5.2.1 Volvo

Volvo doplňuje adaptivní tempomat pracující od rychlosti 30 km/h systémem City Safety vybavený laserovým čidlem, který rozpoznává vozidla nejen jedoucí rychlostí do 30 km/h, ale také vozidla stojící.

Systém ACC upozornění na nebezpečí kolize s funkcí automatického brzdění, který je primárně určen pro jízdu po dálnicích všemi rychlostmi, dokáže rozpoznat riziko srážky a upozornit řidiče na hrozící nebezpečí. Radar umístěný za mřížkou chladiče a digitální kamera za čelním sklem nepřetržitě sledují vzdálenost od vozidla před vámi až na hranici 150 metrů. Pokud toto vozidlo náhle zpomalí (nebo stojí) a systém rozpozná zvýšenou pravděpodobnost srážky, upozorní vás na hrozící nebezpečí blikajícím červeným výstražným světlem na čelním skle doprovázeným zvukovým signálem. Tato technologie navíc podporuje řidičem iniciované brzdění – v takovém případě systém s předstihem zvýší tlak v brzdovém systému a připraví se na panické brzdění, čímž se zkrátí celková reakční doba. Pokud ani přes upozornění nezareagujete a srážka se stane nevyhnutelnou, dojde k automatické aktivaci brzd. Systém upozornění na nebezpečí kolize s funkcí automatického brzdění vám tak včasným zásahem pomůže hrozící nebezpečí odvrátit a v některých situacích pomůže snížit závažnost srážky. [20]

Systém City Safety určený k prevenci nehod byl vyvinut společností Volvo a představuje první standardně dodávaný systém na světě zaměřený na zvýšení bezpečnosti jízdy ve městech. Tento systém je součástí standardní výbavy Volva XC60. Při rychlostech do 30 km/h dokáže tento laserový systém rozpoznat, zda vozidlo vpředu ve vzdálenosti 6-8 metrů stojí nebo se pohybuje pomaleji. V hustém městském provozu i při popojíždění v kolonách jsou nárazy do vpředu jedoucího vozidla časté. Přibližně k 75 % nehod dochází v rychlostech nižších než 30 km/h a studie ukazují, že v 50 % řidič druhého vozidla před nehodou vůbec nebrzdil. [13] Pokud systém City Safety rozpozná hrozící srážku, dojde ke zvýšení tlaku v brzdovém systému, který je díky tomu schopen rychleji reagovat na sešlápnutí pedálu. A pokud brzdit nezačnete, systém City Safety začne brzdit automaticky a navíc uzavře škrtky klapku, čímž vám pomůže srážce předejít, nebo alespoň zmírnit její následky. Systém City Safety se aktivuje při nastartování vozidla, je možné jej ale vypnout.

Aktivní systém pro automatickou regulaci rychlosti a odstupu od ostatních vozidel je v současnosti dostupný pro Volvo XC60, Volvo XC70, Volvo V70, Volvo S80 a Volvo S60.

Nedávno představené Volvo S60 udělalo také další krok ke zvýšení bezpečnosti na silnicích. Kromě výše popsaných systémů disponuje S60 světovou novinkou, systémem, který rozpozná chodce v jízdní dráze auta, a to jak stojícího, tak pohybujícího se. Při detekci chodce pomocí vestavěné kamery se rozezná výstražný signál a na palubní desce se rozsvítí výstražný pás červených diod. Pokud řidič nestihne zareagovat, auto začne samo brzdit. Při rychlostech do 35 km/h dokáže zastavit, aniž by došlo ke kolizi, při vyšších rychlostech se alespoň snaží zpomalit tak, aby byly následky střetu pro chodce co nejmenší. [9]

5.2.2 Audi

Zajímavý systém MMI Navigation Plus představený v Audi A8 2010 spojuje navigaci GPS s dalšími systémy, mimo jiné i s adaptivním tempomatem. Díky tomuto spojení ví vůz, kde se nachází a podle toho jedná. Je-li například vozu zpomalnému pomaleji jedoucím vozidlem opět uvolněna cesta a ví, že po pár metrech bude sjíždět či odbočovat již nezrychluje na nastavenou rychlost. Toto spojení navigace a ACC šetří palivo a přispívá k plynulejší a komfortnější jízdě.

Radar adaptivního tempomatu používaný u vozů Audi A4 se nachází v levé části přední mřížky. Jeho dosah je přibližně 180 metrů a vykřívá úhel přibližně 8°. Radar pracuje na frekvenci 76.5 GHz.



Obr. 5-4: Signalizace ACC u Audi [28]

V Audi Q7 se nachází adaptivní tempomat ACCplus od firmy Bosch. Od předchozí generace funguje systém ACCplus až do nulové rychlosti. Při detekci pomaleji jedoucího automobilu před vozidlem dochází k zpomalování jízdy, v případě potřeby až do zastavení. Vizuální a zvukový signál upozorní řidiče, jakmile se automobil v popředí opět rozjede. Po krátkém stisknutí tlačítka kontroly ACC se aktivuje adaptivní tempomat a automobil se rozjede podle vozidla vpředu.

Tento systém je dále doplněn bezpečnostním systémem nazvaným Predictive Collision Warning (PCW). Radar adaptivního tempomatu vyhodnocuje kritické dopravní situace a závčas informuje řidiče. Nereaguje-li řidič okamžitě na vzniklou situaci, vyvodí systém krátký brzdící impuls a připraví se na případné intenzivní brzdění. V případě neodvratitelné kolize se předepnou bezpečnostní pásy a aktivují se další prvky pasivní bezpečnosti.



Obr. 5-5: ACCplus od firmy Bosch [29]

5.2.3 Volkswagen

Druhá generace Volkswagen Touareg přináší ve své výbavě adaptivní tempomat s funkcí Front Assist, který dokáže zabrzdít a sledovat automobily do úplného zastavení. Adaptivní tempomat mimo jiné sdílí data s funkcí Area View (monitorování okolí vozidla čtyřmi kamerami). Prostor před vozidlem přitom sledují dva radarové senzory, jejichž paprsky s úhlem rozevření 40° mají dosah 200 metrů.

Na volné dálnici lze s adaptivním tempomatem ACC teoreticky zrychlit až na rychlost 250 km/h. Pokud se ve stejném jízdním pruhu pohybuje pomalejší vozidlo, systém automaticky přibrzdí, aby byl dodržen bezpečný odstup. Řidič si může tento odstup upravit ve čtyřech krocích a zároveň zvolit pro adaptivní tempomat jeden ze tří jízdních programů Standard, Comfort, nebo Dynamic.

Pokud řidič na dálnici zapne směrovky, pak to systém rozpozná a akceleruje dynamičtěji s ohledem na vzadu jedoucí vozidla. Pokud však vpředu jedoucího vozidla brzdí až do úplného zastavení, touareg zastaví za ním. Pokračuje-li vpředu stojící vozidlo v jízdě během následujících tří sekund, pak ho adaptivní tempomat automaticky následuje.

Při delším stání může řidič stiskem tlačítka na volantu aktivovat režim, v němž se touareg automaticky rozjede podle vpředu jedoucího vozidla. Zejména v kolonách tak nevznikají zbytečné mezery mezi popojíždějícími vozidly.



Obr. 5-6: Adaptivní tempomat u Volkswagenu [30]

5.2.4 Honda

Adaptivní tempomat u Hondy Accord využívá data z radaru umístěného v čelní mřížce vozidla. Tempomat funguje v rychlostním rozsahu od 25 km/h do 180 km/h, při poklesu rychlosti pod 30 km/h se ozve třikrát pípnutí a adaptivní tempomat se deaktivuje. Pomaleji jedoucí vozidla ve stejném pruhu jsou monitorována až do vzdálenosti 100 metru před vozidlem. Ovládací prvky tohoto tempomatu se nalézají na volantu.

Tlačítkem RES/ACCEL lze zvýšit či snížit rychlost bez sešlápnutí pedálu. Dále máte možnost tlačítkem DISTANCE nastavit požadovanou vzdálenost od vozidel jedoucích před Vámi ze tří variant: dlouhá, střední a krátká. Pro jednotlivé režimy je vypočítán rozestup mezi auty pro rychlost, kterou právě jedete. Například pro režim „dlouhá“ je při rychlosti 80 km/h

vypočtený odstup od vpředu jedoucího vozidla 47 metrů. Při stejné rychlosti pro režim „krátká“ je rozestup 26 metrů. [31]



Obr. 5-7: Ovládací prvky ACC u Hondy Accord [31]

Ke komunikaci je použit multifunkční display v kapličce za volantem názorně zobrazující aktivaci a jednotlivé režimy tempomatu.



Obr. 5-8: Multifunkční display [31]

Vjede-li do vašeho jízdního pruhu pomalu jedoucí vozidlo, systém vůz začne zbrzdňovat a na displeji je zobrazí velká oranžová tabulka s vykřičníkem a nápisem „crash“ za doprovodu varovného zvukového signálu. [31]

Jakýmkoliv zásahem do řízení přebíráte vládu nad vozidlem a můžete libovolně zrychlit nebo zpomalit.

5.2.5 Lexus

Lexus CT200h představený v roce 2010 přináší adaptivní tempomat a Pre-crash systém v nižší střední třídě automobilů. Adaptivní tempomat udržuje odstup od pomalejších vozidel jedoucích ve stejném jízdním pruhu a spolupracuje s Pre-crash systémem, který zmírňuje následky nevyhnutelné kolize.

5.2.6 Ostatní

Další sofistikované a dobře propracované systémy nabízí ve svých vozech například Mercedes, BMW, Toyota, Ford a další.

6. Závěr

Trend v automobilovém průmyslu jednoznačně ukazuje stoupající důležitost elektroniky v automobilech. Její podíl na celkové ceně vozu výrazně roste. S tím souvisí i objem a složitost řídicího softwaru. Velký důraz je kladen na prvky aktivní bezpečnosti, které se snaží předcházet nehodám.

Adaptivní tempomat lze zařadit právě mezi prvky aktivní bezpečnosti. Vyhledává automobily nebo jiné překážky v okolí vozu a vhodně na tyto podněty reaguje, změnou rychlosti jízdy a zvukovým nebo světelným signálem upozorní řidiče. Adaptivní tempomat ve svém základním provedení s radarovým snímačem v přídě vozu monitoruje pouze úzký pruh před vozidlem a je v mnoha funkcích a případech omezen. Nové koncepty ACC doplněné kamerou nebo infrazamerou umožňují rozpoznávání jízdních pruhů a velice tak přispívají k rozšíření použití adaptivních tempomatu v hustém provozu a v zatáčkovitých pasážích. Radar s krátkým dosahem a sonar navíc umožní využít adaptivní tempomat při nízkých rychlostech při popojíždění v kolonách. Propojení s navigací GPS usnadňuje a zpřesňuje nastavení vhodné komfortní rychlosti.

Všechny senzory popsané v kapitole 4 zajišťují jednoznačné rozpoznání překážky v provozu a dokážou tak odhalit hrozící nehodu. Tyto snímače jsou shrnuté pod pojmem Pre-crash senzory, které umožňují propojit prvky aktivní s prvky pasivní bezpečnosti. Automobil díky tomu dokáže předvídat a přizpůsobit vůz pro nouzové brzdění a v případě neodvratitelné kolize včas aktivovat airbag, dopnout pásy, zavřít okénka či nastavit polohu sedadla.

Očekává se rozšiřování nabídky automobilů disponujících adaptivními tempomaty a díky jeho přínosu do oblasti bezpečnosti můžeme předvídat další vývoj.

7. Použitá literatura

- [1] JURGEN Ronald K.: Adaptive cruise control. USA, SAE International 2006
- [2] JURGEN Ronald K.: Object detection, collision warning and avoidance system. USA, SAE International 2007
- [3] Robert Bosch GmbH.: ACC Adaptive Cruise Control, ISBN: 0-8376-1046
- [4] BARTÁK, P.: Senzory a navigační systémy pro mobilní roboty. Plzeň 2007.
- [5] LITWILLER, D.: CCD vs. CMOS: Maturing Technologies, Maturing Markets. Photonics Spektra. Laurin Publishing Co. Inc, 2005.
- [6] ALEX FOESSEL-BUNTING: Radar Sensor Model for Three-Dimensional Map Building, Carnegie Mellon University
- [7] ALEX FOESSEL, DIMI APOSTOLOPOULOS, WILLIAM WHITTAKER: Radar sensor for an autonomous antarctic explorer, Carnegie Mellon University
- [8] <http://www.auto.cz/>
- [9] <http://news.auto.cz/>
- [10] <http://www.hybrid.cz>
- [11] http://www.tyden.cz/rubriky/auta/slovnicek/spasitel-nebo-skudce-v-moci-tempomatu_125966.html
- [12] http://www.auto-car.ic.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=64
- [13] <http://www.odbornecasopisy.cz/>
- [14] <http://www.zavolantem.cz/>
- [15] <http://www.mmspektrum.com/>
- [16] <http://www.cz.motofocus.eu>
- [17] <http://www.autembezpecne.cz>
- [18] <http://www.daftrucksneva.cz/>
- [19] <http://auto.honda.cz>
- [20] <http://www.volvocars.com>
- [21] <http://www.man-mn.com>
- [22] <http://cs.wikipedia.org/>
- [23] <http://en.wikipedia.org/>
- [24] <http://www.autodoplňkyfro.cz/>

- [25] <http://www.volkswagen.de>
- [26] <http://www.flir.com/cvs/eurasia/en/content/?id=4950>
- [27] <http://www.fotografovani.cz/>
- [28] <http://www.carpages.co.uk/>
- [29] <http://fourtitude.rely.net/>
- [30] <http://www.volkswagen.cz/>
- [31] <http://www.tipcars.com/>
- [32] <http://en.wikipedia.org/>
- [33] <http://cs.wikipedia.org/>
- [34] <http://auto.idnes.cz/>
- [35] <http://evworld.com/guides/>
- [36] www.mitsubishi-fuso.com/
- [37] www.bmw.com/
- [38] www.mercedes-benz.com/
- [39] www.toyota.com/