

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija

Seminar:

Elektronički sustavi u automobilima

iz kolegija: *Sustavi za praćenje i vođenje procesa*

Student: Igor Stojković
Matični broj: 0036402456

Zagreb, 30.05.2006

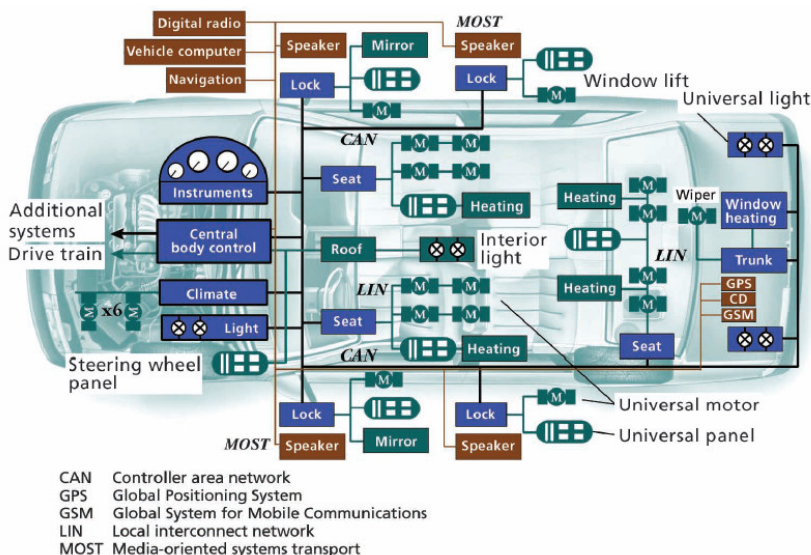
➤	Uvod	3
➤	Mreže u automobilima	3
➤	Controller area network (CAN)	4
➤	Ostali načini umrežavanja	4
➤	X-by-wire	5
➤	Anti Lock Braking Systems (ABS)	6
➤	Electronic Stability Control (ESC)	7
➤	Traction Control System (TCS)	9
➤	Adaptive cruise control (ACC)	10
➤	Blind-Spot Information System (BLIS)	12
➤	Lane-Departure Warning System (LDWS)	13
➤	Literatura	14

➤ Uvod

Zadnja četiri desetljeća je obilježio nagli porast broja i složenosti elektroničkih sustava u automobilima. Udio elektronike u današnjim automobilima čini čak 23% ukupne proizvodne cijene. Analitičari procjenjuju da više od 80% inovacija u automobilskoj industriji je temeljeno na elektroničkim sustavima. Sa porastom broja elektroničkih sustava u automobilima rastu i zahtjevi na strukturnu izgradnju jer u prosječnom automobilu se nalazi više od četiri kilometara raznih vodova dok je taj broj 1955. godine iznosio samo 45 metara. 1969. godine Apollo 11 je radio sa malo više od 150 Kbytes memorije dok samo 30 godina kasnije je potrebno više od 500 Kbytes da CD player u autu ne bi preskakao na neravninama.

➤ Mreže u automobilima

Kao što LAN-om možemo povezivati računala tako kontrolne mreže povezuju elektroničku opremu u vozilu. Tim mrežama se izmjenjuju podaci između raznih elektroničkih sustava i aplikacija koje se u njima vrte. U prošlosti su se komponente međusobno spajale žicama što je postalo problem kako je broj komponenata rastao. Glavni problem je u povećanju mase vozila, smanjenju pouzdanosti i zauzimanju sve više prostora. Tako je ožičenje postalo najsloženija i najskuplja komponenta u vozila. Današnje kontrolne i komunikacijske mreže se temelje na serijskim protokolima čime se uklonio problem složenog ožičenja. Tako je 1998. godine Motorola razvila kompletnu automobilsku kontrolnu i informacijsku mrežu temeljenu na LAN tehnologiji čijom je ugradnjom u tada novu klasu BMW-a smanjila težinu ukupnog ožičenja za 15 kilograma i povećala učinkovitost.



Slika 1. Primjer moderne arhitekture automobilske mreže

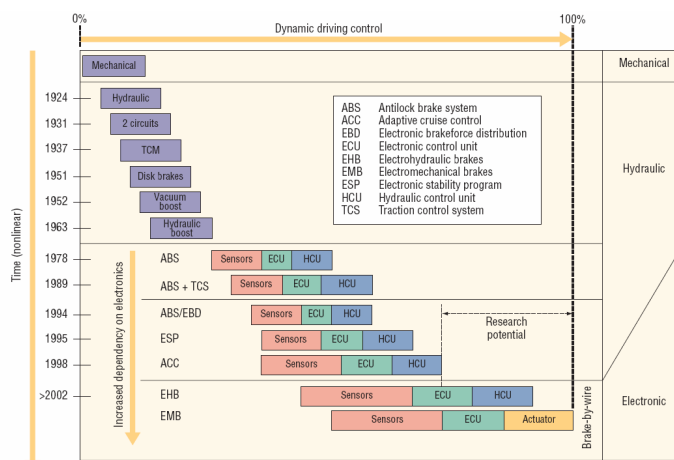
➤ Controller area network (CAN)

Sredinom osamdesetih godina Bosch je razvio komunikacijsku i informacijsku mrežu za ugradnju u vozila po imenu CAN. CAN je danas najrasprostranjenija mreža sa više od 100 milijuna komada ugrađeno samo u vozila u Americi 200. godine. Automobil može imati dvije ili više CAN mreža koje rade na različitim brzinama i tu možemo razlikovati podjelu na:

- low-speed CAN koji radi na manje od 125 Kbps i služi za rad elektronike zaslužne za komfor kao što je električno namještanje sjedala i upravljanje prozorima. Low-speed CAN većinu vremena radi u mirovanju i aktivira se na zahtjev korisnik. Kada je automobil isključen low-speed CAN prijeđe u stanje mirovanja i time se ne prazni akumulator vozila.
- Higher-speed CAN koji služi za rad kritičnijih sustava kao što su upravljanje radom motora, ABS-a tempomatom i sličnih sustava kod kojih je važna brzina odziva. Iako je moguće ostvariti prijenos informacija sa brzinama i do 1Mbps zbog visoke cijene se koriste mreže sa dvostruko manjim brzinama.

➤ Ostali načini umrežavanja

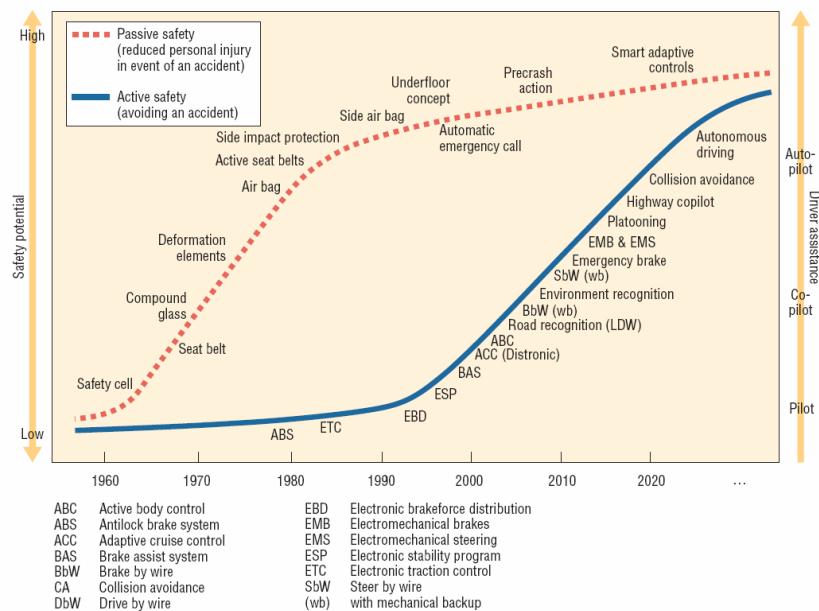
Osim standardnih načina povezivanja sustava žičanim kabelima postoje i razne metode povezivanja pojedinih sustava bežičnim vezama. Najpoznatija su bluetooth, D2B (Domestic Data Bus), TTP (time-triggered protocol), MML (mobile media link), FlexRay, TDMA (time division multiple access). Sve su to samo protokoli od kojih svaki ima neke prednosti i mane pa se ne koriste masovno u automobilima kako zbog kompleksnosti tako i zbog cijene. TTP se koristi za prijenos podataka u stvarnom vremenu kod sustava koji zahtijevaju veliku protočnost. Potencijalne upotrebe bluetootha su vezane uz rad DVD i CD playera, dijagnostičke opreme i ručnih računala. Mercedes S klase koristi D2B mrežu za upravljanje auto radiom, mobilnim telefonom i aplikacijama koje se zasnivaju na prepoznavanju govora. FlexRay protokol se koristi za veze gdje je potreban brži prijenos podataka kod naprednih sustava kao što je X-by-wire sistem.



Slika 2. Napredovanje u dinamičkom upravljanju vozilom

➤ X-by-wire

To je sistem koji u potpunosti zamjenjuje postojeće mehaničke i hidrauličke veze elektroničkim. Time se smanjuje ukupna težina vozila i konačna cijena, a raste pouzdanost jer X-by-wire se ne temelji na nikakvim mehaničkim sustavima. Složene opcije kao što su kontrola naprezanja šasije ostvarena pomoću pametnih senzora se ugrađuju u složena vozila dok će se u budućnosti ugrađivati u sva vozila. Procjena je da će do 2010 godine jedan od tri automobila imati elektroničko upravljanje skretanja prednjih kotača. Veze volana i prednjih kotača samo sa X-by-wire sistemom ima i manu jer vozač nema osjećaja o povratnoj reakciji sa ceste ali i to se rješava ugradnjom elektro motora u volan kojima bi se prenosile informacije sa podloge do vozača. Svi veći proizvođači automobila razvijaju vlastite izvedbe ovog sustava. Bosch, Continental AG, Visteon, Valeon i ostali veliki proizvođači automobilskih elektroničkih komponenata rade na x-by-wire sustavima koji se temelje na TTP i TTCAN protokolima. Koji će prevladati je pitanje cijene i koliko je koji protokol fleksibilan za korištenje u raznim sustavima.



Slika 3. Povećanje sigurnosti i razine pomoći razvojem pasivnih i aktivnih sigurnosnih sustava

Rad današnjih automobila je praktički nezamisliv bez sustava za koje ne znamo kako se zovu, ali vješto baratamo njihovim skraćenicama. Oni su samo nagovještaj toga što budućnost donosi u automobilskoj industriji. Najrašireniji sustavi su navedeni u nastavku sa opisima rada.

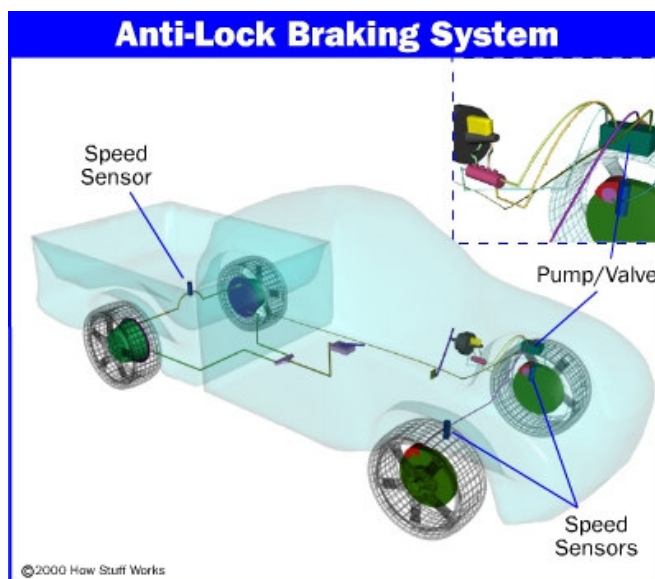
➤ Anti Lock Braking Systems (ABS)

ABS (engl. anti-lock brake system) je elektronsko-hidraulički mehanizam koji sprečava blokiranje kotača prilikom kočenja te tako skraćuje zaustavni put i omogućuje potpunu upravljivost automobila prilikom kočenja. Mnogi misle da je to pronalazak novijeg datuma. Sve je ipak počelo davno. Godine 1928. Nijemac Karl Wessels konstruirao je prvi regulator kočione sile u svrhu sprečavanja blokiranja kod kočenja, kojeg 1936. razrađuje Robert Bosch. Prvi učinkoviti uređaj za sprečavanje blokiranja konstruirao je njemački inženjer Fritz Ostwald. Početkom 1940. prijavio je patent 'pneumatsko-električnog regulatora kočenja', kod kojeg se kočioni pritisak regulira pomoću elektromagnetskog ventila.

Prvo operativno korištenje zbililo se 1950. u borbenom zrakoplovu. Do serijske je ugradnje u automobil prošlo još 28 godina - prvi ABS uređaj tvrtke Bosch serijski se počeo ugrađivati početkom 1978. u Mercedes 450 SE, a nekoliko mjeseci kasnije i u BMW 745i. ABS je sigurno najkorisniji i najvažniji dio (dodatne) opreme automobila. Njegovom ugradnjom znatno se poboljšavaju vozna svojstva, kočničke mogućnosti i sigurnost vožnje. Blokiranje kotača pri kočenju znatno se smanjuje koeficijent trenja, posebice u poprečnom smjeru. Zbog toga se produžuje zaustavni put, a automobil postaje potpuno neupravljiv.

ABS je elektronsko-hidraulički sklop sa središnjom upravljačkom jedinicom. Na temelju informacija od osjetnika za praćenje okretanje kotača, ABS dozira moment kočenja na svakom kotaču posebice i sprečava blokiranje. U trenutku kad se određeni kotač zaustavi, aktivira se osjetnik koji preko sklopa elektromagnetskih ventila snizuje tlak ulja u kočionom cilindru, sve dok se kočioni moment toliko ne smanji da se kotači počnu ponovo okretati. U tom trenutku osjetnik aktivira elektromagnetske ventile u suprotnom smjeru, tlak ulja i intenzitet kočenja se povećava te se na granici blokiranja kotača ciklus ponovo vraća na početak. Slikovito rečeno, uređaj obavlja kočenje 'na rate', s učestalosti od nekoliko desetaka ciklusa u sekundi. To je cijela 'tajna' ABS-a.

Prvi ABS uređaji bili su dvokanalni - bili su opremljeni sa samo dva osjetnika koja su se postavljala na dva dijagonalna kotača. Sredinom osamdesetih počeli su se koristiti trokanalni, s jednim osjetnikom na pogonskom diferencijalu i dva osjetnika na preostalim kotačima. Od prije nekoliko godina svi se automobili opremaju četverokanalnim ABS-uređajem, s osjetnicima na svakom kotaču.



Slika 4. Raspored komponenti ABS sustava

➤ **Electronic Stability Control (ESC)**

ESC je elektronski sustav za poboljšanje dinamičke stabilnosti i upravljivosti, koji kočenjem pojedinim kotačima sprečava zanošenje i ispravlja putanju već zanesenog automobila.

Početkom 1995. (tadašnji) Daimler-Benz izazvao je pravu senzaciju sustavom ESC. Po prvi je put u automobil ugrađen sustav koji u kritičnoj situaciji uspostavlja 'prinudnu upravu' nad vozačem.

Electronic Stability Control (engl. program elektronske kontrole) uveo je revoluciju u postupak upravljanja. Mehanika upravljača i ovjesa te brojna elektronska logistika za sprečavanje blokiranja kočinskih i otežavanje proklizavanja pogonskih kotača osiguravaju optimalne uvjete za upravljanje, ali ne mogu djelovati samostalno.

ESC je prva aktivna potpora upravljanju automobila, koja vozaču omogućuje da u slučaju gubitka kontrole lakše dođe na željenu putanju. Danas svi automobili, od kompaktne klase na više, barem u dopunskoj opremi imaju ESC.

'Ideja' koju koristi ESC je genijalna, ali ne i nova. Putanja se ispravlja kočenjem pojedinih kotača, a na tom principu već gotovo cijelo stoljeće funkcionira upravljački sustav gusjeničara - kad se želi skrenuti desno zakoči se (blokira) desna gusjenica, i obrnuto. Kod automobila imamo četiri kotača, što omogućuje dobru kontrolu nad upravljanjem.



Slika 5. Simbolički prikaz korisnosti ESC-a

Dvije su osnovne mogućnosti:

- **PREUPRAVLJIVOST** (engl. oversteer), kad automobil proklizava stražnjim dijelom i okreće se prema unutrašnjem rubu zavoja. Ova se iznimno opasna situacija ispravlja povremenim kočenjem prednjeg vanjskog kotača.
- **PODUPRAVLJIVOST** (engl. understeer), kad automobil proklizava prednjim dijelom i okreće se prema vanjskom rubu zavoja. Nastaje opasnost tangencijalnog izlijetanja iz zavoja, što se ispravlja povremenim kočenjem stražnjeg unutrašnjeg kotača.

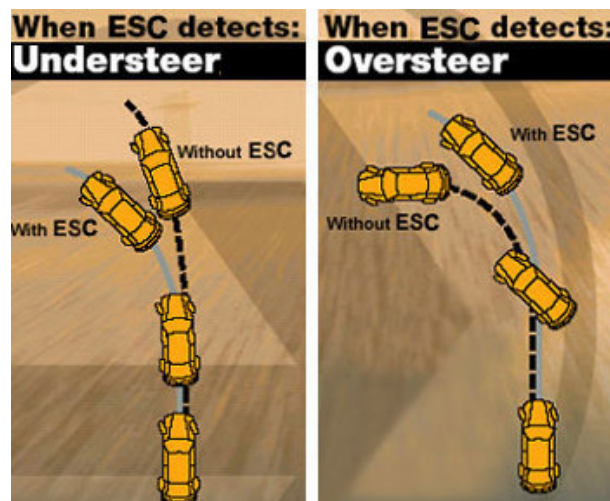
Ispravljanje preupravljivosti funkcionira besprijekorno, jer se s povećanjem poremećaja pojačava i mogućnost korektivnog djelovanja (povećava se opterećenje na prednjem vanjskom kotaču, pa on može efikasnije kočiti).

Nasuprot toga, mogućnost ispravljanja podupravljivosti je ograničena. S povećanjem poremećaja smanjuje se mogućnost ispravaka, jer se stražnji unutrašnji kotač rasterećuje (u ekstremnim slučajevima i podiže).

Po mišljenju većine stručnjaka to nije problem iz dva razloga:

- podupravljivost se rješava relativno lako dodavanjem volana, oduzimanjem gasa, odnosno, kratkotrajnim kočenjem
- energičnije ispravljanje podupravljivosti je opasno jer može izazvati preupravljivost.

ESC sustavom upravlja 'pametna' elektronika, na temelju informacija koje mjere odgovarajući senzori: zakrenutost upravljača, brzina vrtnje svakog kotača, uzdužna i bočna brzina automobila, uzdužno i bočno ubrzanje automobila, a najvažnija je brzina vrtnje automobila oko vertikalne osi (yaw rate). Na temelju tih informacija precizno se proračunava položaj vozila u odnosu na željenu putanju te se aktivira povremeno kočenje pojedinih kotača.



Slika 6. Ponašanje vozila u zavoju

➤ **Traction Control System (TCS)**

TCS - Traction Control system je elektronski sustav za sprečavanje pogonskog proklizavanja koji u određenim uvjetima osigurava najveću vučnu silu i sprečava nekontrolirano zanošenje automobila. Kad senzori registriraju proklizavanje jednog od pogonskih kotača, 'pametna' elektronika dozira smanjuje snagu motora i kočnicama blokira diferencijal.

Iako su automobili sve upravljiviji i sigurniji, vozač je i dalje krivac za većinu teških nesreća. Uzrok je najčešće u pogrešnoj procjeni situacije i neprilagođenoj brzini, kombiniranoj s primjerenom reakcijom (efekt panike).

Tada u pravilu dolazi do prelaska granice prionjivosti kotača, odnosno do bočnog proklizavanja, zbog deformacijskih pojava na gumi. Automobil prestaje slijediti željenu putanju, postaje dinamički nestabilan, odnosno dolazi do opasnog bočnog zanošenja. Nastaje situacija u kojoj se mnogi vozači teško snalaze jer se automobil počinje ponašati neuobičajeno. Zbog toga se skuplji automobili već godinama opremaju elektronskom logistikom za potporu prijanjanja koja sprečava neželjene situacije.

Traction Control System (TCS) je početkom devedesetih najavio revoluciju u stabilnosti i aktivnoj sigurnosti jer je omogućio sveobuhvatnu kontrolu prijanjanja i proklizavanja pogonskih kotača. Sprečavanjem pogonskog proklizavanja znatno su poboljšana vozna svojstva i dinamička stabilnost automobila te je 'traction control' postao dijelom obvezne opreme sportskih i skupljih automobila.

Kad dođe do proklizavanja kotača, znatno se smanjuje vučna sila, uz potpuni gubitak bočnog vođenja (mogućnosti preuzimanja bočne sile). Automobili s prednjim pogonom tada tangencijalno izlijeću iz zavoja, a kod stražnjeg pogona dolazi do nekontroliranog zanošenja repa i okretanja na cesti.

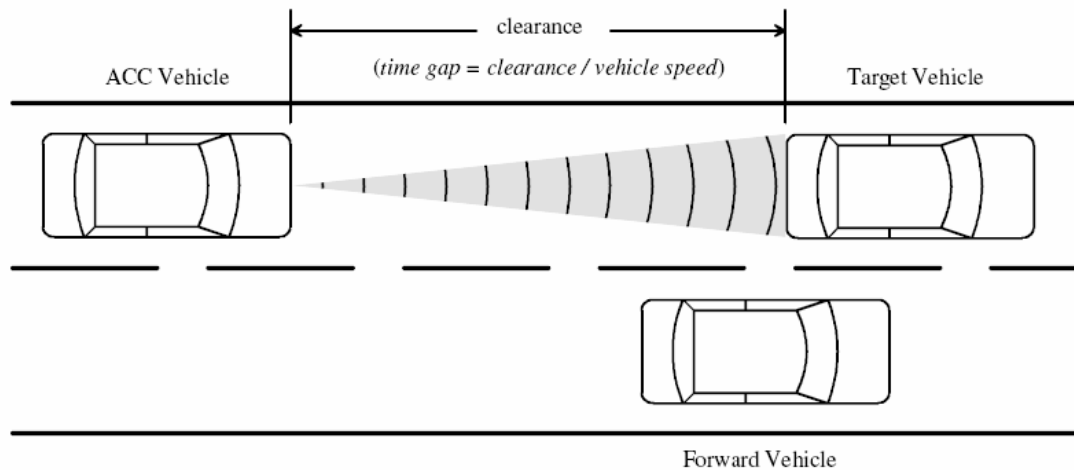
Osnovni mu je dio elektronski sustav za sprečavanje blokiranja (ABS), posebice njegov senzorski sustav. Svaki je automobilski kotač opremljen senzorom vrtnje, a signali se obrađuju u središnjem računar. Brzina vrtnje prednjeg desnog kotača referentna je za stražnji desni kotač, a isto je i na lijevoj strani.

Kada se jedan pogonski kotač počne okretati brže od slobodnog, elektronski se regulacijski sustav aktivira na dva načina: dozira smanjuje snagu motora (pogonski moment) i aktivira kočnice s ABS-om. Tako svaki pogonski kotač dobiva pogonski moment najmanje jednak kočnom na suprotnom kotaču. Doziranom se kočenjem postiže efekt zatvarača diferencijala te se sprečava gubitak vučne sile kad jedan pogonski kotač izgubi kontakt s podlogom.

Kao i većina sigurnosnih sustava, TCS ima i mana. Budući da učinkovito sprečava proklizavanje, prestaje i mogućnost kontroliranog zanošenja stražnjeg kraja pogonskim momentom motora (power slide). To većini vozača s 'kerozinom u žilama' nije po volji. Mana je i na tzv. kohezijskim podlogama (snijeg, suho blato), kada traction control više smeta nego koristi. Zbog toga se kod skupljih i specijalnih vozila može isključiti u vožnji.

➤ Adaptive cruise control (ACC)

ACC (engl. adaptive cruise control) je automatski uređaj za podešavanje udaljenosti od vozila ispred, koji kontinuirano mjeri udaljenost među vozilima te po potrebi ubrzava ili zaustavlja automobil.

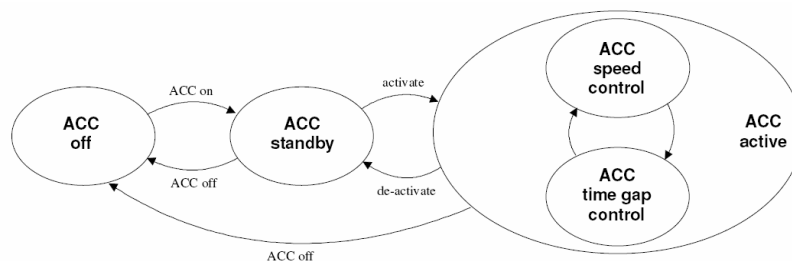


Slika 7. Odnosi koje regulira ACC sustav

Sustav ACC se nadograđuje na sustav 'tempomat' koji elektronskim nadzorom održava brzinu automobila. Podešena se brzina uspoređuje s izmjerenom te se po potrebi smanjuje, odnosno povećava otvor zaklopke u usisnoj cijevi. Održavanje brzine je uz kosinu ograničeno raspoloživim momentom motora, a niz kosinu kočionom sposobnošću motora. 'Mozak' sustava je upravljačka elektronika s radarskim osjetnikom udaljenosti. Smješten je u prednjem dijelu vozila (masci ili reflektorima). Radi na osnovi Dopplerovog efekta (zbog tog se efekta na utrkama mijenja visina zvuka nadolazećeg i odlazećeg bolida) mjereći relativnu brzinu u odnosu na automobil ispred.

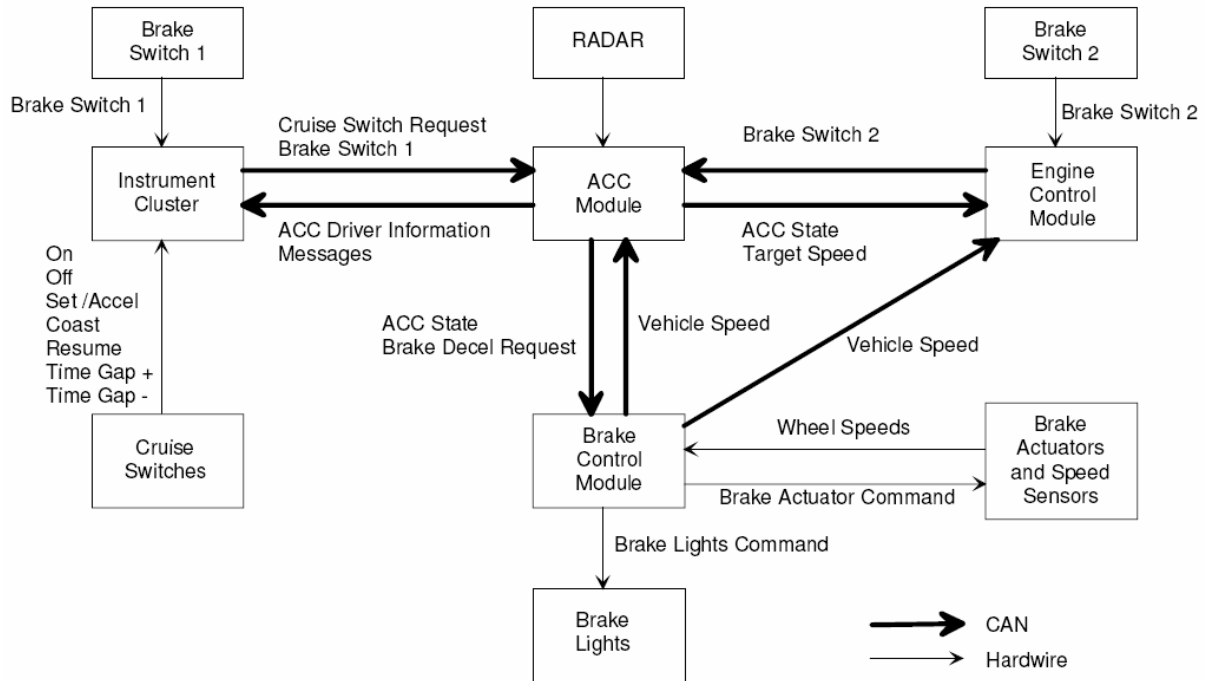
ACC se može nalaziti u tri stanja rada:

- off stanje – onemogućen je izravan pristup u stanje pripravnosti
- standby stanje – sustav je spreman da ga korisnik aktivira
- active stanje – sustav upravlja brzinom automobila
 - stanje kontrole brzine – ispred vozila se ne nalazi drugo vozilo i sustav ne mijenja brzinu već ju drži konstantnom
 - stanje kontrole razmaka – sustav snima vozilo ispred sebe i prema njemu prilagođuje brzinu



Slika 8. Stanja rada ACC sustava

Sučelje prema vozaču je slično kao kod tempomata. Vozač upravlja sustavom preko skupa prekidača smještenih na volan. Funkcije prekidača su iste, ali postoje i dva dodatna koji služe za namještanje razmaka od vozila koje se nalazi ispred vozačevog. Također postoji i display na kome se ispisuju poruke koje opisuju trenutno stanje sustava i potencijalne opasnosti. Vozač pokreće ACC sustav tako da prvo pritisne tipku ON koja stavlja sustav u 'standby stanje', a zatim 'ACC active' tipku koja u potpunosti uključuje ACC sustav koji namješta brzinu obzirom na vozilo koje se nalazi ispred.

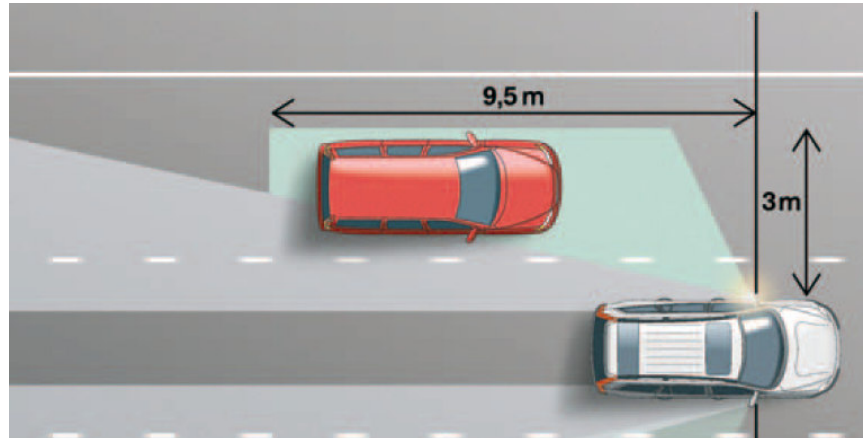


Slika 9. Blok shema ACC sustava

➤ **Blind-Spot Information System (BLIS)**

BLIS koristi dvije digitalne kamere i napredni kompjuterski softver za detektiranje vozila u vozačevom 'mrtvom kutu'. Nalazi se u prodaji od 2005. godine na Volvu XC70 i XC90.

On kontrolira zone oko automobila koje vozač ne vidi. Kada neko vozilo uđe u jednu od tih zona koja je 9.5 metara duga i tri metra široka BLIS aktivira žuto upozoravajuće svjetlo koje se nalazi na samom retrovizoru.



Slika 10. Područje pokrivenosti BLIS-a

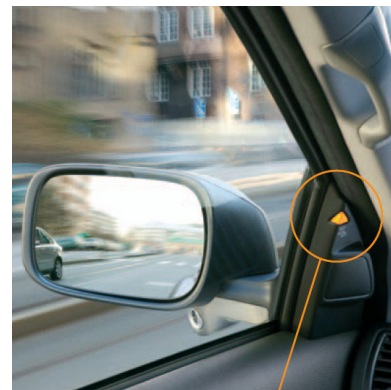
Dvije digitalne kamere, po svaka na jednom retrovizoru snimaju do 25 slika u sekundi, a softver uspoređujući susjedne slike donosi zaključak da li se nalazi kakvo vozilo u zoni koju vozač ne vidi.

Sustav radi danju i noću, a u uvjetima vrlo slabe vidljivosti ne radi. Ako je to slučaj, sustav obavještava vozača. Na rad BLIS-a ne utječu parkirana vozila, stupovi uz cestu ili neke druge prepreke.

Aktivan je na brzinama većim od 10 km/h i reagira na vozila koja se voze do 20 km/h sporije ili 70 km/h brže od vlastitog.



Slika 11. Smještaj digitalne kamere

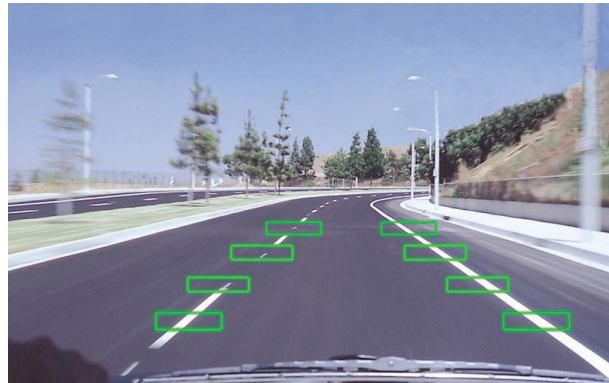


Slika 12. Smještaj signalnog svjetla

➤ Lane-Departure Warning System (LDWS)

LDWS je još jedan inteligentan sustav koji pomaže u vožnji. Glavna zadaća mu je detektiranje nepoželjnih prelazaka preko crta koje označavaju pojedine trake i to kod brzina većih od 80 km/h.

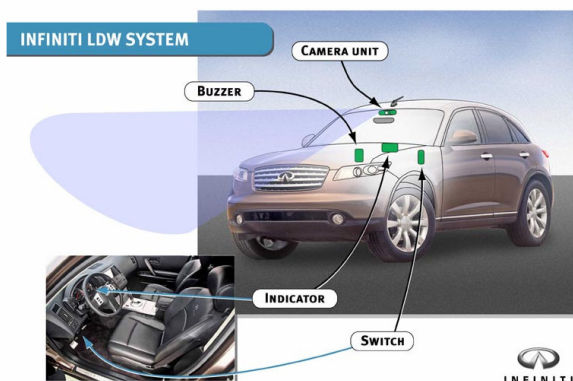
Sustav se uključuje kada vozilo prijeđe crtu. Rad sustava je slijedeći. Ako vozač prijeđe preko crte na cesti, a da nije uključio pokazivač smjera sustav automatski obavještava vozača vibriranjem sjedala. Postoje dva vibrirajuća motora ugrađena u vozačevo sjedalo. Jedan se nalazi na lijevoj, a drugi na desnoj strani. To omogućuje paljenje odgovarajućeg motora ovisno sa koje je strane vozač prešao crtu. Sustav se aktivira pritiskom na gumb smješten na kontrolnoj ploči vozila i ostaje uključen sve dok vozilo radi.



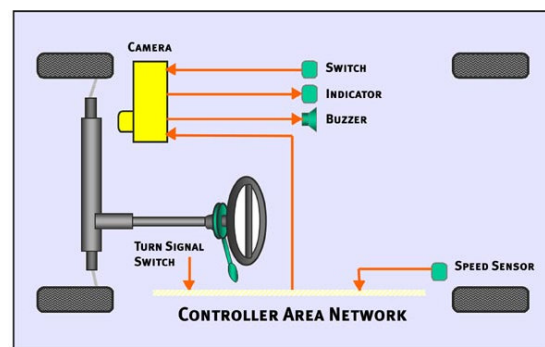
Slika 13. Prepoznavanje linija (Infinity sustav)

Da bi detektirao nepoželjne prijelaze crte LDWS koristi šest infracrvenih senzora. Senzori su smješteni u prednji odbojnik vozila i to po tri komada sa svake strane. Svaki od njih ima crvenu emitirajuću diodu i detektirajuću ćeliju. Prijelaz preko crte se detektira promjenom između reflektirane i primljene zrake. Infinity je razvio svoj sustav koji ne koristi infracrvene senzore već kameru smještenu u putničkoj kabini koja gleda na cestu kroz prednje staklo vozila.

Senzor može detektirati kako bijele, tako i privremene žute, crvene i plave oznake korištene u nekim Europskim zemljama. Također sustav identificira pune i isprekidane linije i ostale cestovne oznake kao što su strjelice za pokazivanje smjera, ali ne i nestandardne simbole



Slika 14. PDWS sustav na vozilu marke Infiniti



Slika 15. Funkcijski ustroj LDWS sustava

➤ Literatura

1. “Electronic Brake Management,” ALEX Current Fact-. book, BMW Research and Development, <http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/expanding.pdf>
2. Anti-lock braking system - Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system
3. Electronic Stability Control (ESC), http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_Stability_Program
4. Traction control - Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Traction_control
5. Adaptive cruise control system overview, 5th meeting of the U.S. Software System Safety Working Group, April 12th 2005 @ Anaheim, California USA
6. Blind-Spot Information System, <http://www.mynrma.com.au/blis.asp>
7. Lane-Departure Warning System, <http://www.citroen.com/cww/en-US/technologies/security/afil/>