www.IrPDF.com

مهندسی رباتیک
www.robotics-engineering.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

مقدمه

شمار قابل توجهی از تصادفات که همه روزه اتفاق می افتد می تواند با شناخت به موقع تهدید و عکس العمل مناسب راننده در جلو گیری از برخورد ، اجتناب شود. که این نیز با هشدار به راننده در موقع مناسب و کنترل خودکار طولی یا جانبی خودرو قابل اجراست.

اما (Adaptive Cruise Control)ACC چیست؟

در واقع ACC برای کنترل طولی خودرو به کار می رود که راننده را در هنگام رانندگی از بخش زیادی از وظایف خود آسوده می سازد ، به این معنا که بخش بسیار مهمی از کنترل خودرو را در مواقع عادی یا بحرانی بر عهده دارد.

اساس آن با ثابت نگه داشتن سرعت بوده و عموما در مناطقی که شرایط ترافیکی اجازه تردد با سرعت ثابت را می دهد ، به طور گسترده ای استفاده می شود. مثلا در ایالات متحده آمریکا این سیستم در 90% وسایل نقلیه نصب شده است. اما مناطقی که شرایط ترافیکی آن بیشتر با سرعت های متغیر با تغییرات مکرر را می طلبد خیلی قابل استفاده نیست. در اروپا تعداد خودرو هایی که این سیستم در آنها نصب شده است به کمتر از 10% میرسد.

ACC بر گرفته از همان (cruise Control) CC است. اضافه شدن A در ابتدای آن معادل Adaptive به معنی تطبیقی است. بدین مفهوم که کنترل ، به صورت خودکار (تطبیقی) سرعت برای تنظیم فاصله ی خودرو با وسایل نقلیه ی جلویی یا عقب می باشد که برای تحقق این امر سیستم های محرکه ی مناسب استفاده شده است.

تار یخچه

پس از پژوهش ها و تلاش های مکرر طی سال های 1960-1970 اولین سیستم ACC در سال 1995 توسط شرکت ژاپنی Mitsubishi به بازار معرفی شد. به دنبال آن TOYOTA نیز سیستم ACC خود را معرفی کرد. دایملر کرایسلر در سال 2000 و BMW و سایر سازندگان خودرو در جهان شروع به معرفی و عرضه ی ACC مربوط به خود نمودند.

www.IrPDF.com

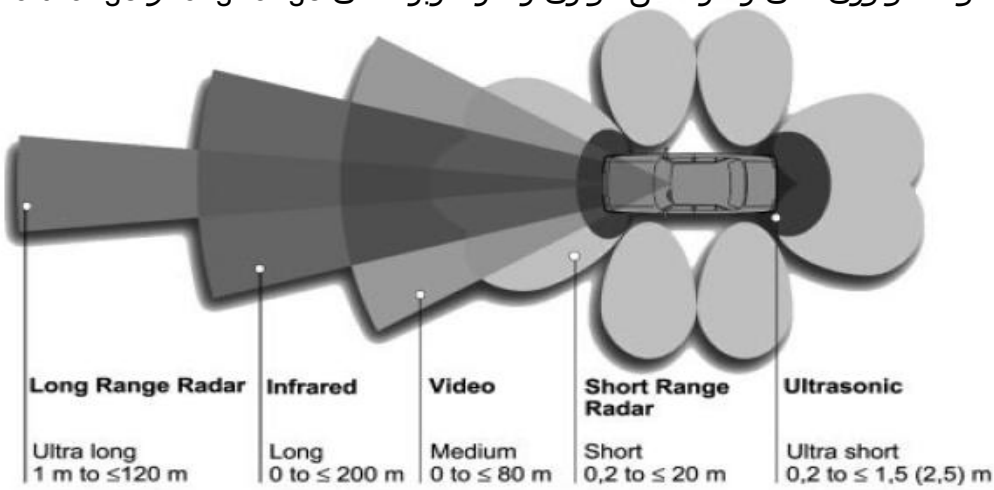
www.IrPDF.com

فناوری رادار ACC در دو مد محدوده ی طولانی(long range) و محدوده ی کوتاه (short range) به

کار می رود. Short rang mode که امروزه نیز در حال توسعه است، کمربند ایمنی مجازی (Virtual Safety belt) در اطراف خودرو ایجاد می کند. سیگنال هلی این نوع سنسور ها در ترکیب با سیگنال هایی از long range امکانات جدید دیگری از قبیل کنترل (Stop & Go) و (pre-crash) و کمک به پارک خودرو و ... را نیز فراهم میآورند.

فن آوری سنسور Sensor technology

شکل (1) تکنولوژی های مختلفی که برای تشخیص محدوده های مختلف که عموما در اطراف خودرو به کار می رود نشان می دهد. عنوان کمک راننده (Driver Assistant) نیز به آن اطلاق می شود. همانطور که مشاهده می شود تکنولوژی های رادار نقش موثری را در کاربرد های long range و short range ایفا میکند.



شکل ①

RADAR مخفف عبارت "Radio Detection and Ranging" است. مفهومی که از این عبارت در یافت می شود این است که امواج الکترو مغناطیسی برای اندازگیری فاصله بین آنتن و مانع استفاده می شود.

فرمول زیر فرم ساده ی معادله ای رادار است که حداکثر برد رادار Rmax را به وسیله تعدادی از پارامتر های کلیدی نشان می دهد :

$$R_{\max} = 4\sqrt{\frac{P_t G A_e \sigma}{(4\pi)2S_{\min}}}$$

where

P_t = transmitted power [W]

G = antenna gain

A_e = antenna effective aperture [m^2]

σ = radar cross section of the target [m^2]

$S_{\min}$ = minimum detectable signal [W]

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

به جزσ بقیه ی پارامتر های این معادله ساده ی رادار ، توسط طراح قابل تغییر است. اگر بازه های طولانی مطلوب باشد قدرت انتقالی باید بزرگ بوده ، تابش انرژی باید به پرتویی باریک متمرکز شود ، انرژی دریافت کننده باید به سیگنال های ضعیف نیز حساس باشد. برای اندازگیری فاصله با رادار ، اندازگیری Tf به وسیله ی امواج الکترو مغناطیسی صورت می گیرد. زمان پرواز tfمدت زمان انتشار و فرستادن سیگنال و دریافت آن به وسیله هدف است .

$$t_{\text{flight}} = 2\frac{d}{c}$$

D= فاصله بین مانع وسنسور

C= سرعت نور(300000 km/h)

در فاصله 100 متر tf=0.66 µs است ، با این اوصاف فاصله زمانی بسیار کوتاهی باید اندازه گیری شود . در حضور چند مانع برای اینکه اطمینان حاصل شود که رزولوشن مناسب بین آنها وجود دارد ،جدا سازی زمانی در حد چند نانو ثانیه صورت می گیرد . (برای این کار به پهنای باند بیش از 300MHz احتیاج است)

سرعت نسبی بین مانع و هدف یا وسیاه نقلیه برای ACCبسیار حائز اهمیت است . حداکثر خطای مجاز برای سرعت نسبی در بازه 0.25m/s -- 0.5m/s بوده که در فواصل مختلف ممکن است تغییرات جزئی داشته باشد .

سرعت نسبی ()بین مانع و خودرو می تواند به وسیله ی اثر دوپلر (Doppler) اندازه گیری شود

سیستم رادار با برد طولانی (long range radar system)

سنسور های رادار با برد طولانی که امروزه برای ACC به کار می روند ، رادار های 76.5GHz FMCW بوده که میدان دید آنها $\pm 4^{\circ}$ حدود درجه است،بازه ای از فواصل بین 2m – 150m (بسته به ابعاد و بازتابش سطح مانع reflectivity) که قابلیت آشکار سازی چندین مانع ، اندازه گیری فواصل ،سرعت نسبی و زاویه سطوح جسم را به طور همزمان دارد .

☑اندازه گیری زاویه عموما به اینگونه صورت میگیرد که برای اینکار از سه پرتو که بطور موازی و بدون سوییچ کارمیکنند استفاده میشود .

Frequency modulated continues wave radar (FMCW)

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

ابزار رادار دور برد FMCWرا با اندازه گیری غیر مستقیم tf به کار می گیرند .شکل7.7.2بلوک دیگرام بسیار سادهای از FMCWرا نشان می دهد که برای شناسایی و تشخیص اهداف متحرک با استفاده از دوپلر ،به کار می رود .

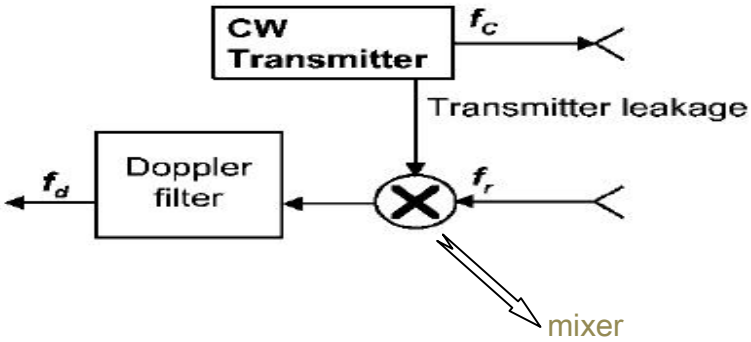
در عمل رادار CW (Continues wave) بسیار پیچیده تر است .در این رادار همزمان که می فرستد ، عمل انتقال نیز صورت می گیرد وسیگنال دریافتی را با سیگنال فرستاده شده مقایسه می کند.

پیش فرض اندازه گیری این است که فرکانس فرکانس فرستهده شده در طول زمان دچار تغییراتی خواهد شد .(به صورت $m = df/dt$. بیان می شود.) وقتی که سیگنال بعد از زمان tf=2d/c باز می گردد، فرکانس فرستاده شده با fd=inv(tf) تغییر کرده است ،بنابراین tf ، و به طور غیر مستقیم فاصله بین فرستنده و مانع ، با مشخص بودن اختلاف بین فرستنده و گیرنده محاسبه شود.

فرستنده سیگنال سینوسی با فرکانس fcتولید می کند که نهایتا توسط آنتن تابیده می شود . بعد از اینکه از هدف باز تابیده شد ،سیگنال فرستاده شده توسط اثر دوپلر به اندازه $\pm f_d$ شیفت می یابد (البته علامت مثبت یا منفی بستگی به جهت حرکت نسبی دارد.)

در استفاده از شیفت یا جا به جایی دوپلر ،رادار باید قادر به تشخیص این باشد کهسیگنال دریافتی متفاوت با سیگنال فرستاده شده است . نشت سیگنال فرستاده شده به عنوان مرجعی عمل می کند تا مشخص شود که آیا جا به جایی اتفاق افتهده است یا خیر ؟

شکل ②



ترکیب کننده (mixer)،سیگنال دریافتی با فرکانس $f_c \pm f_d$ fr = را با سیگنال را با سگنال نشتی فرکانس ضرب می کند . فیلتر دوپلر ،اختلاف فرکانس را از خود خود عبور می دهد و از عبور فرکانس های بالا تر ممانعت میکند (در واقع با عمل سیگنال مزاحم نیز دفع می شوند)

☑همه سنسور های مدرن از تبدیل فوریه برای پردازش سیگنال استفاده می کنند

آنتن رادار Radar antenna

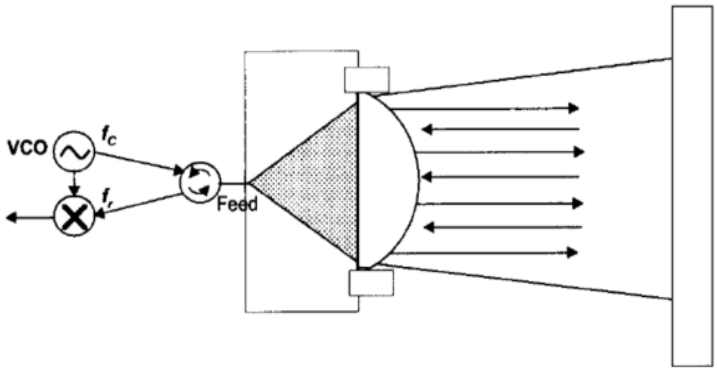
www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

گستره پرتوهای نور تحریک شده به وسیله لنز دی الکتریک (dielectric) متمرکز می شوند . آنتن های مونو استاتیک مکانیزم مشابهی را متمرکز سازی(focusing)سیگنال های فرستاده شده و دریافتی به کار می گیرد .مجزا سازی (decoupling) سیگنال های ورودی و خروجی برای FMCWنیاز است . همان طور که در شکل(3) مشهود است ._با طرفند هایی قابل اجرا است _

پنجره آنتن برای امواج میلیمتری یک لنز از مواد پلاستیکی است که برای افزایش قابلیت در زمستان می تواند به وسیله سیم هایی گرم شود ،کل ساختار این سنسور با شیار هایی خنک کننده هوا که در جلوی و پشت وسیله نقلیه نصب شده است پوشش یافته است .

و نهایتا به طور خلاصه ذکر نمود که از واحد های کنترل دیجیتال برای پردازش سیگنال ها استفاده شده که به زیرسیستم ها (subsystem) راه دارد .



شکل ③

برخی از اطلاعات فنی :

☑بازه دمایی(temperature range) -40_85

☑توان مصرفی (power consumption) 13w

☑ابعاد 12.4cm*9.1cm*9.7cm

☑وزن (weight) < 0.6kg

سیستم رادار کوتاه برد short range radar system

به عنوان اولین گام ،ریز موج های (microwave)سنسور های کوتاه برد ،در فرکانس کاری 24GHzمعرفی می شوند .این سنسور ها در واقع به عنوان کمر بند ایمنی مجازی (virtual safety belt)

در اطراف وسیله نقلیه استفاده می شوند که به نوبه خود وظایف مختلفی را بر عهده دارد.

کوتاه برد یا (SRR)از اندازه گیری TFذر رنج کاری (20Cm_20m)استفاده می کند .شکل (4)بلوک دیاگرام سنسور SRRرا نشا ن می دهد،یک نوسان ساز (CW)سیگنال هایش را به (PS)می دهد .خروجی هایش به سوییچ هایی با سرعت بالا در دو کانال می رود ،همان طور که در شکل مشهود است . در قسمت بالایی بلوک دیاگرام ، سیگنال هایی که از مولد پالس (PULSE GENERATOR)می آیند ابتدا شکل داده می شوند سپس به پایانه های سوییچ داده شده و نهایتابه سمت فرستنده هدایت می

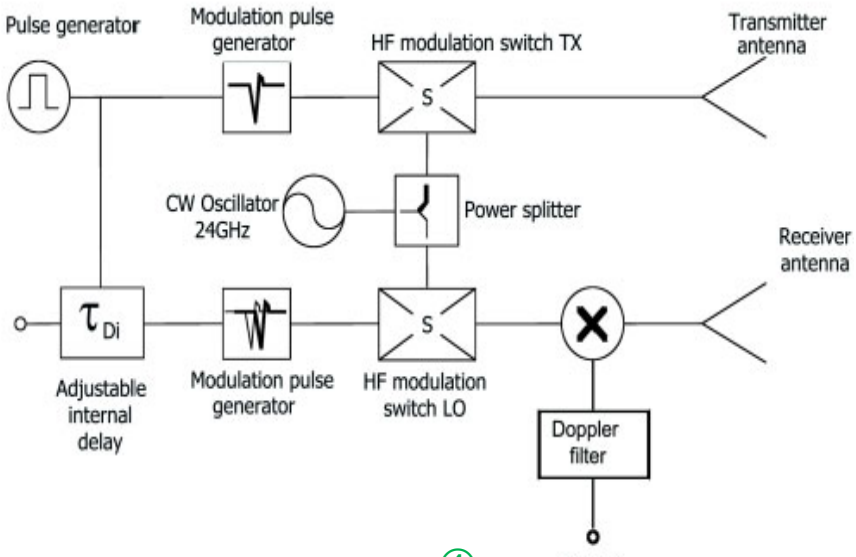
www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

شوند . در قسمت پایینی به صورت موازی یک تاخیر قابل تنظیم سیگنال های مرجع را فرم میدهد ،به قسمت سوییچ های سرعت بالا در قسمت دریافت می دهند .

سیگنال ورودی با خروجی نوسان ساز CW که نقش این را داردتا تغییرات فرکانس که در سیگنال ورودی ایجاد شده را تشخیص دهد .بدین ترتیب که پالس های فرستاده شده ذر سیگنال مرجع نگه داشته شده و تغییرات در فیلتر دوپلر مشخص می شود .شکل (5)نمایی از سنسور SRRرا نشان می دهد .

بعضی از اطلاعات فنی در مورد این سنسور ها به شرح زیر است :



شکل ④

☑توان فرستنده: 20db m

☑بازه :20m _2m.

☑بازه زاویه ای: $\pm 40^{\circ}$

☑رزولوشن شی: 20cm

☑دقت :$-/+ 3\ \mathrm{cm}$

☑حد اقل سیکل اندازه گیری: 2ms

☑بازه دمایی$-40\ \text{to}\ 85\ ^{\circ}\mathrm{C}$

☑قابلیت کارایی برای چند هدف

☑بعضی مواقع رفتار های غیر متقارنی در تابش به وجود می آید که علت آن در نحوه چینش و قرار گرفتن متعلقات آنتن در جلوی آن است برای این منظور از لنزهای عایق در جلوی آن استفاده می شود .

شکل ⑤

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

EXAMPLES مثال ها

سنسور های رادار برای توابع منفرد به کار می روند یعنی اینکه ، پردازش اطلاعات براساس سیگنال های دریافتی از یک سنسور است ،اما در اتومبیل data fusion صورت می گیرد،به این مفهوم که اطلاعات سنسور های گوناگون جمع آوری ،مقایسه و ترکیب شده و نهایتا تصمیم کنترلی اتخاذ می شود .از جمله مزایایی که این روش دارد می توان به ؛

☑ سرعت

☑ پایداری

☑قابلیت اعتماد پذیری

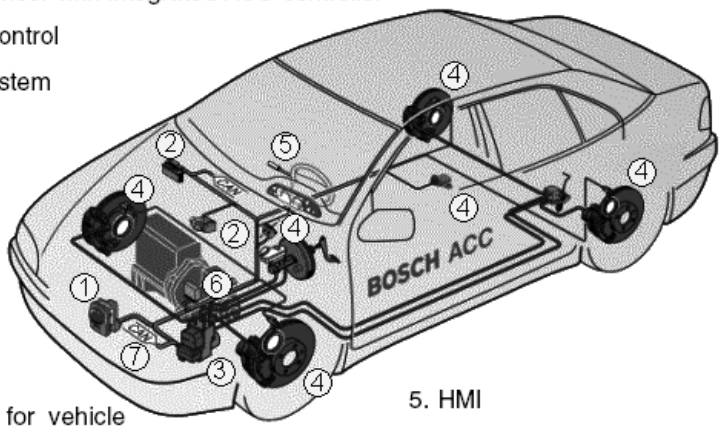
و... اشاره کرد .

ADAPTIVE CRIUSE CONTROL

ACC با سایر سیستم های کنتری که روی وسایل نقلیه نصب شده است متفاوت است چرا که در آن ،چندین واحدکنترل الکترونیکی(ECU) Electronic Control Unit برای انجام کار های مختلف به کار گرفته شده است .در حالی که سیستم های متداول کنترلی شامل یک سنسور ،سیستم محرکه وECUاست.ACCبر عملکرد سیستم ها ی موجود می افزاید ،از جمله مولفه های جدیدی ACCمثلا سنسور هایی برای سنجش فاصله ،سرعت نسبی ، موقعیت جانبی خود رو با اهداف و موانع احتمالی ،با استفاده از اپتیک و لیزر و نیز امواج میلی متری.

طراحی کنونی ACCبرای اسفاده در بزرگراه و یا جاده هایی با سرعت بالا در نظر گرفته شده است .به طور معمول برای سرعت بین 30km/h_50km/h سیستم کنترلی ACCخاموش شده و یا حداقل محدود به جلوگیری از شتاب مثبت می شود .

1. Radar sensor with integrated ACC controller
2. Engine control
3. Brake system



4. Sensors for vehicle yaw measurement
5. HMI
6. Automatic transmission
7. Data network (CAN)

شکل ⑥

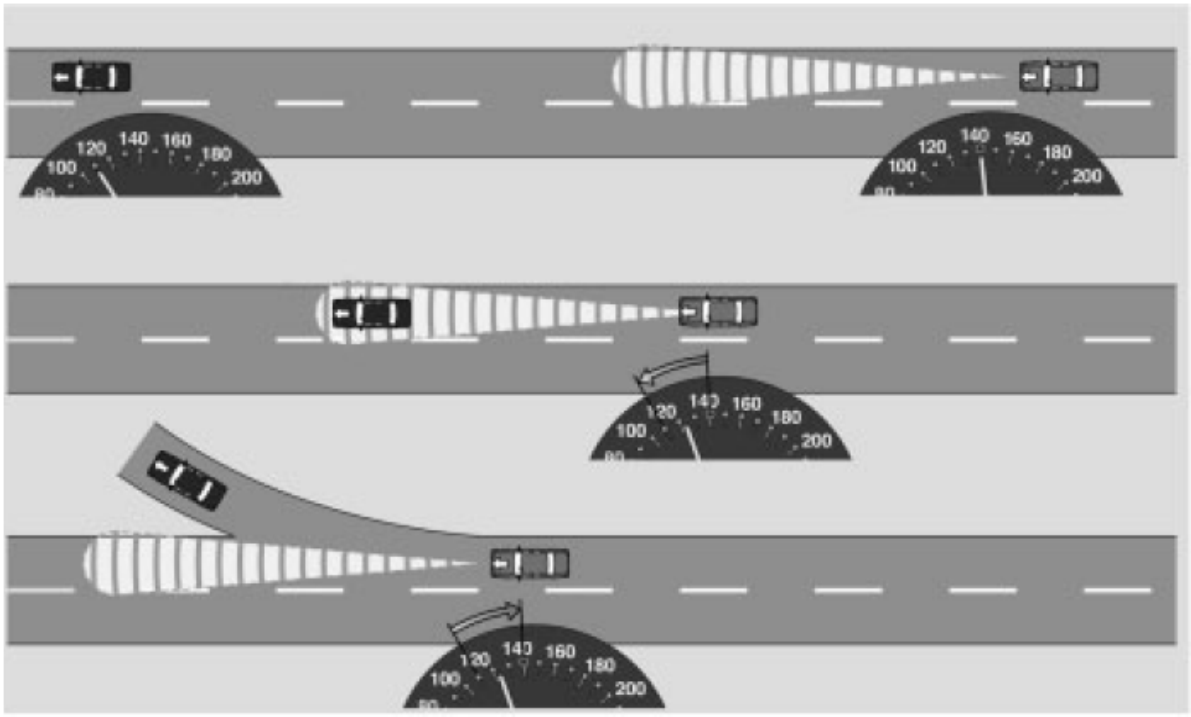
www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

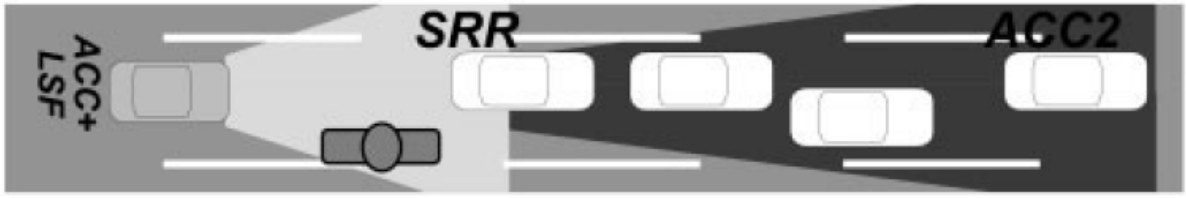
اطلاعات اولیه (خام) رادار ها طی ردیابی و سپس فیلتر کردن، می دهند برای اینست که الگوریتم کنترلی ACCبتواند شی مربوطه را شناسایی یا انتخب کند .با دریافت اطلاعات ،حلقه ها و زنجیره های کنترلی همزمان شروع به کار کرده و بر روی قست محرکه خودرو ،ترمز و تعلیق ،فرمان کنترلی مناسب را اعمال می کنند تا تا نتیجه یا ایمنی مطلوب حاصل گردد.

کاربرد اصلی basic function

حداقل کاری که ACCانجام می دهد تنظیم سرعت در یک مقدار ثابتی با توجه به شرایط است .فرض کنید خودروی شما در جاده، در پشت خودروی قرار می گیرید که سرعت پایین تری داردیا شما در جلوی خودرویی با سرعت بالا تری قرار گرفته اید. در همان مو قعیت اول ،وقتی به خودروی جلویی که سرعت کمتری دارد نزدیک می شوید ، ACCشرایطی را فراهم می آورد تا کاهش سرعت ماشین متناسب با موقعیت طولی و ایمنی ایجاد شود . به شکل نگاه کنید .



شکل ⑦



www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

تعیین مانع TARGET SELECTION

علی رغم منطق پیچیدهای که برای انتخاب مانع و کنترل در ACCورجود دارد اما باز به ندرت موقعیتهایی پیش می آیدکه ACCنمی تواند خواسته مطلوب راننده را ارضا کند .از جمله این موقعیت ها می توان به شرایط هندسی یا مشکلات جاده ای و یا عملکرد ACCدر تمیز و یا تشخیص اهداف ثابت و...اشاره کرد.

این نتیجه این است که ACCتنها آن هایی حداقلی از سرعت (Km/h)آنها اندازه گیری شده است ،را بررسی میکند .این محدودیت ضروری است و علت آن هم محدودیت ناشی از توانایی سنسور لست و نیز محدودیت هایی در تعاریف کنترلی ،آن را ایجاب می کند .از آن جا وسایل دیگری در جاده به غیر از وسایل نقلیه نیز وجود دارد ،در بازه تشخیص سنسورهای ACCواقع می شوند مثلا در پائین ،کنار ،بالا ،و... موانعی وجود دارد .که اگر آنها را در چرخه ی کنترلی به عنوان اشیا ثابت از اهداف ثابت تمییز ندهیم گاهی اوقات منجر به ایجاد واکنش های کاذب می شود . حتی اگر اشیا ثابت به عنوان یک وسیله نقلیه واقعی تشخیص داده شوند،اغلب واکنش های مورد نظر این است که متوقف نشود و آن را بدون تاخیر زمانی (توقف کوتاه) رد کنند . وسیله نقلیه ای که در وسط راه پارک شده است و یا در شانه جاده ساکن است می تواند مثال خوبی برای این موقعیت باشد .

☑ عکس العمل احتمالی "ایستادن در مقابل اهداف ثابت "در عملکردتابع ACCنیست .

محدودیت ها LIMITATIONS

☑محدودیت های مکانی TOPOLOGY LIMITATIONS

☑ محدودیت های آب و هوایی WEATHER LIMITATION

محدودیت های مکانی TOPOLOGY LIMITATIONS

انحناي عمودي و افقي در جاده عملکرد ACCرا دچار محدوديت مي کند ،برد يا رنج سنسور به دليل هندسه بسيار نا مکتقارن مثل شکست هاي تيز دچر محدوديت مي شود .

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

محدوديت هاى آب و هوايي WEATHER LIMITATION

علي رغم وجود تكنولوژي هاي مختلف كه براي سنسور ها در مقابل تغييرات آب و هوايي و دمايي ،باز هم مقاومت (ROBUSTNESS) به طور كامل اوجود ندارد ، در شرايط آب و هوايي شديد (به طور مثال باران و برف و يخبندان و...)عملكرد كامل و دقيق سنسور ها را نمي توان تضمين نمود _حجم بزرگي از خاك ممكن است فاكتور منفي در اي عملكرد باشد .

زماني كه بازه يا برد سنسور در تشخيص از راننده نيز كمتر مي شود بايد عملكرد منطق سيستم كنترل ،منطبق با اطلاعاتي باشد كه راننده از شرايط محيطي ذر يافت مي كند .

ACC Stop &X

‘گام بعدي كه در توسعه ACC وجود دارد توابع (stop &x) هستند .بهبود عملكرد زماني حاصل مي شود كه سيگنال هاي سنسور هاي ديگر را با سيگنال هاي سنسورهاي ACCتركيب شود كه عمل به اين روش data fusionناميده مي شود .

توجه به شكل 7.7.9 نياز به اين هم را پر رنگ تر مي كند .

در اين شكل LSF ACC : Low Speed Following نشان داده شده است(كه البته stop & roll نيز ناميده مي شود.) زماني كه وسايل نقليه در جلوي خودرويي كه سيستم ACCدارد ،قرار گيرد ،توسط سيستمرادار تشخيص داده مي شود . موانع يا اشيايي كه در نزديكي واقع اند (مثل موتور ي كه در سمت راست ماشين واقع است)به دليل محدوديتي كه در زاويه رزولوشن رادر ACCاست، مشخص نمي شود.

☑فقط سنسور هاي (Near angle) در اين مواقع قادر به تشخيص خواهد بود .رادار هاي كوتاه برد براي اين مواقع بسيار مناسب هستند .كه نيز تمام بازههاي سرعتي را پوشش مي دهند و براي ترافيك شهري كارايي زادي دارند .

SHORT RANGE RADAR

سنسور هاي SRR،24GHz،قابليت اندازه گيري سرعت و مسافت را با روش با رزو لوشن بالا دارند .كه همين قابليت يك سري امكانات را فراهم مي آ ورد كه در زير به آ نها به اختصار اشاره شده است:

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

1. كمك در پارك خودرو parking aid _backing aid

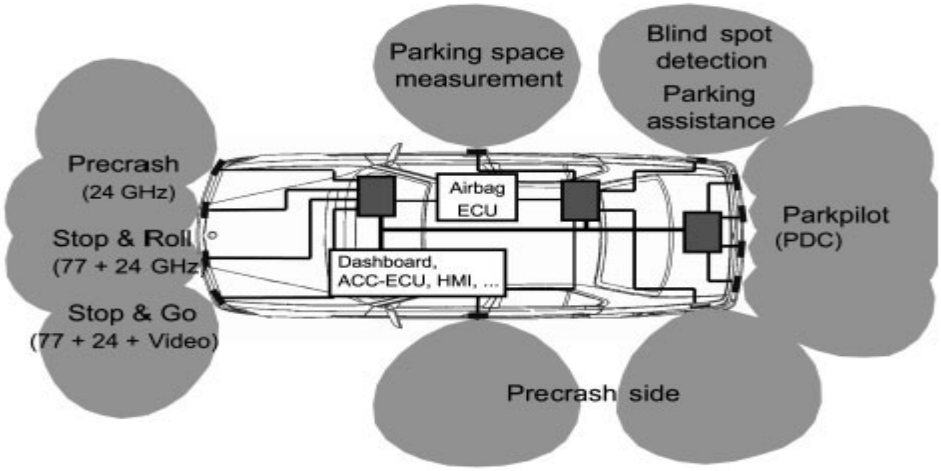
2. تشخيص نقاط كور blind spot detection

3. اندازه فضاي پاركينگ (طول _عمق)

4. تشخيص قبل از برخورد (pre crash)در قسمت جلو و عقب

هر چند در معرفي اين نوع از سنسور ها تعداد كارها يا توابعي كه انجام مي دهند به يك يا دو مورد مي رسد اما تحقيقات بيشتر نشانداده است كه هشت سنسور (بسته به اندازه خودرو)پوشش كامل وسيله نقليه را با كار كرد تمام فراهم مي آورد .

قابل ذكر است كه استفاده از سنسورهاي چند گانه در كاهش قيمت نيز مؤثرند . براي درك بيشتر به 7.10 توجه كنيد .



شكل ⑧

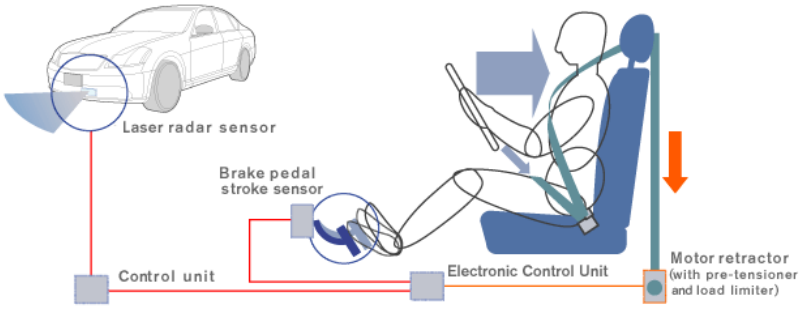
عملكرد قبل از تصادف PRE CRASH FUNCION

عملكرد ايمني غير فعال بر مبناي سنسور هاي SRRبحث مهمي است كه در ايمني كامل خودرو محسوب مي شود .بهينه سازي تصادف crash optimizingوسايل نقليه اعم از ساختار و جايگاه ايمني مسافران موضوعي است در خودرو هاي جديد كه شامل كمر بندكششي و كيسه هاي هوا مي باشد .علاوه بر آن استفاذه از كيسه هاي هوا يي از بقل و بالا به سر عت در حال افزايش است و اي نوعكيسه ها براي قسمت زانو نيز در آينده به توليد خواهد رسيد. نكته مهمي كه در بهبود و ارتقا عملكرد كيسه هاي هوا در مورد ، نياز سنجي آن حايز اهميت است اين است كه عكس العمل مناسب و ايمني بيشتر تنها به كمك حس كردن هوشمند(intelligent sensing) ,و راه اندازيمحركه هاي الكترونيكي صورت مي گيرد . البته به شدت تصدف نيز بستگي دارد .

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

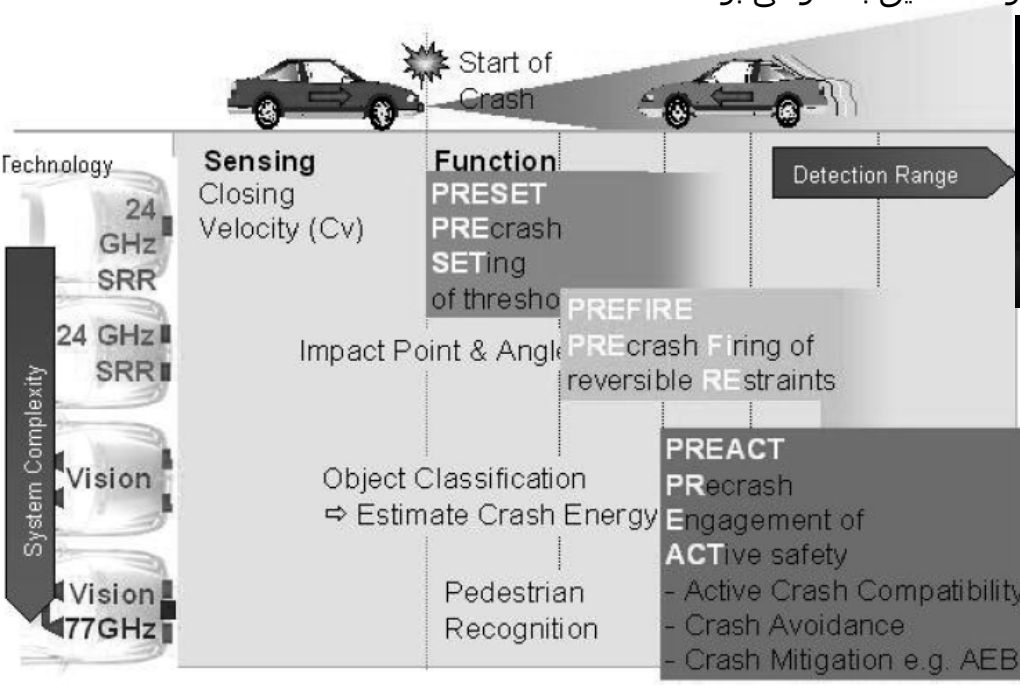
شرکت Bocshحس کردن قبل از تصادف (precrash _sensing) را به سه مرحله یاطبقه مختلف تقسیم می کند:



1. Preset
2. Prefire
3. Preact

در قسمت اول preset سنسور ها رادار اطلاعات از قبیل سرعت نسبی و... را ارائه می دهند .سیستم این اطلاعات را به قسمت تصمیم گیری برای تحریک (سیستم محرکه)می دهد ،به دلیل اینکه سنسسور ها دارای رادار نمی توانند هیچ اطلاعاتی راجع به جرم مانع در برخورد بدهند ،سیستم بر اساس تحریک طبعی که بر اساس سنسور های شتاب صورت می گیرد ،تصمیم گیری می کند. به طور مثال presetبه کمر بند ها اجازه می دهد تا زود تر سفت شود یا می تواند کیسه های هوایی ره فعال سازد .روی هم رفته تابع presetشناخت ، شدت و نوع تصادف را ارتقا داده است .

از سال 2004به بعد کار بر روی prefireصورت گرفته که بر همان مبنای presetبوده فقط تغییر این تحریک طی مراحل بیشتری صورت می گیرد . در تربه سوم preactقرار دارد که هدف آن مینیمم کردن شدت تصادف است که در مرحله تحقیق به سر می برد .



شکل ⑨

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

References

1 Winner, H. in *Automotive Electronics Handbook*, 2nd edn. McGraw Hill, New York, NY, USA, **1999**, pp. 30.1–30.38.

2 *Strategy Analytics*, March **2001.**

3 Skolnik, M.I. *Introduction to Radar Systems*, 3rd edn. McGraw Hill, New York, NY, USA, **2001.**

4 Winner, H., Witte, S., Uhler, W., Lichtenberg, B., SAE technical paper 961010.

5 Watanabe, T., Kishimoto, N., Hayafune, K., Yamada, K., Maede, N., in *Proc. 2nd ITS World Congress*, Yokohama, Japan, **1995**, pp. 1229–1235.

6 Olbrich, H., Beez, T., Lucas, B., Mayer, H., Winter, K., SAE technical paper 980607.

7 Zechnall, M., presented at *4th International Automotive Press Conference*, Boxberg, **2001**.

8 Seger, U., Knoll, P. M., Stiller, C., in *Proc. Sensor Vision and Collision Warning Systems, Convergence Conference*, Detroit, MI, USA, **2000**.

حمید رضا رضایی ندامانی 8541022

مهندسی رباتیک

درس :سنسور های ربات

استاد :جناب آقای دکتر الفی

دانشگاه صنعتی شاهرود

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com

www.IrPDF.com