«بـــــــه نام خـــالق آرامـــش»

نام کتاب: ارتباطات دیجیتال اتومبیل

نام نویـــنده: ــــــــــــــــــــ

تعداد صفحات: ۵ صفحه

تاریخ انتشار: ــــــــــــــــــــ

کافئین بوکلی

CaffeineBookly.com

@caffeinebookly

caffeinebookly

@caffeinebookly

caffeinebookly

t.me/caffeinebookly

ارتباطات دیجیتال اتومبیل

در سال‌های گذشته، سیستم‌های کنترل اتومبیل‌ها از حوزه‌ی آنالوگ به حوزه‌ی دیجیتال راه یافته‌اند و این تغییرات زیرسیستم‌های مخابراتی را نیز تحت تاثیر قرار داده‌اند. مرحله‌ی بعدی در این جهت‌گیری به دست آوردن درجه‌ی بالاتری از کارآیی، اطمینان و مجتمع‌سازی است که نیازهای رو به رشد مصرف‌کنندگان آینده را برآورده سازند.سیستم‌های x-by-wire به طور خاص، به عنوان مهم‌ترین موضوعات پژوهش در صنعت اتومبیل دهه‌ی آینده، نمایان شده‌اند. این مطلب بدان معناست که فناوری‌های جدید باید برای بالا بردن کارآیی سیستم‌های مورد نیاز در نسل آینده‌ی اتومبیل‌ها و شبکه‌های داخل اتومبیل، توسعه یابند.
پروتکل‌های TTCAN، TTPIC، Bloutooth برخی از راه‌حل‌های در حال ظهور مورد توافق هستند که پیش از این تعریف شده‌اند و می‌توانند به طور صحیح در پروژه‌های جدید به کار گرفته شوند. هر گاه که سخن از اتوموتیو به میان می‌آید، ارزیابی جنبه‌های کلیدی هر راه‌حل و قابلیت آن راه‌حل در برآورده کردن نیازمندی‌های کاربرد از اهیمت بالایی برخوردار است. در این مقاله ضمن توضیح این فناوری‌ها مشخصات آن‌ها با هم مقایسه می‌شوند.

آن‌چه که مسلم است در نسل‌های آینده‌ی اتومبیل‌ها نوآوری‌های مهمی به وجود خواهد آمد. پیشرفت‌های چشم‌گیر در حوزه‌ی ایمنی، محیط، تعیین مسیر، محاسبات و ارتباطات، راحتی و تفریح، دستیار راننده، تشخیص و نگه‌داری از جمله نوآوری‌های پدید آمده در نسل نوین اتومبیل‌ها هستند.
دانش‌های الکترونیک و فناوری اطلاعات، مهم‌ترین امکانات مورد نیاز حرکت به این سمت هستند. تعداد اجزای الکترونیکی موجود در بورد اتومبیل‌ها به سرعت در حال افزایش است و به احتمال زیاد میزان استفاده از آن‌ها در چند سال آینده به طور فزاینده‌ای رشد خواهد کرد. الکترونیک با سرعتی بی‌سابقه بخش‌های کارکردی اتومبیل‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با به کارگیری این دانش انواع مختلفی از ارتباطات میان یک وسیله‌ی نقلیه و محیط اطراف میسر خواهد شد. متخصصان بر این باورند که اتومبیل‌ها در آینده‌ی نزدیک توانایی‌های معمول یک کامپیوتر شخصی شامل ارتباطات دو طرفه بی‌سیم برای فرستادن و دریافت الکترونامه، گوش دادن به موسیقی، تماشای تلویزیون یا به دست آوردن اطلاعات سفر را به دست خواهند آورد. تعداد زیادی از دستگاه‌های الکترونیکی هوشمند که نسل‌های جدید اتومبیل‌ها را انباشته‌اند، به طور قابل ملاحظه‌ای اندازه‌ی داده‌های تولید شده و مصرف شده را در هر واحد زمانی افزاش خواهد داد. از سوی دیگر این دستگاه‌ها برای ارتباطات داخل اتومبیل و Extra-Car قدرت بیش‌تر و پشتیبانی انعطاف‌پذیرتر خواهند داشت.

به دلیل پیچیدگی تجهیزات الکترونیکی که کارهای بسیار متفاوتی در اتومبیل انجام خواهند دهند، محتمل‌ترین راه حل استفاده از یک معماری ارتباطی شامل تعدادی از شبکه‌هاست. در حال حاضر یک مدل غیررسمی رایج برای

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

ارتباطات داخل اتومبیل بر پایه‌ی سه کلاس اصلی ازشبکه‌ها استوار است، که شامل کنترل بدنه، کنترل دستگاه رانش-گر (دستگاهی که نیروی چرخشی موتور را به چرخ‌ها انتقال می‌دهد) و کاربردهای چند رسانه‌ای است. توابع کنترل توزیعی دستگاه Powertrain در اتومبیل‌های امروزی به وسیله‌ی شبکه‌های زمان واقعی بر مبنای فناوری شبکه-ی محلی کنترل‌گر (CAN) پیاده‌سازی می‌شوند. امروزه هیچ راه‌حل استاندارد سراسری، برای کنترل از راه دور عناصر بدنه مانند بالابرهای پنجره، قفل‌های در، موتورهای موقعیت صندلی، برف‌پاک‌کن‌ها، کنترل‌گرهای آب و هوا و غیره وجود ندارد. در آینده تقاضای در حال افزایش برای کارآیی، به احتمال زیاد CAN را برای کاربردهای کنترل زمان واقعی با سیستم‌های جدیدتری جای‌گزین خواهد کرد. برای مثال سیستم‌های موجود در روش x-by-wire (که x می‌تواند ترمز، فرمان، میله دنده، سوپاپ و غیره باشد) فناوری‌های جدید و نوظهور در این عرصه هستند. و یا TTP، Byte Flight، Flex Ray و TTCAN که می‌توانند تا حد زیادی به عنوان جانشین CAN مورد ملاحظه قرار گیرند. در مقاله‌های آینده در مورد فناوری شبکه محلی کنترل‌گر (CAN) توضیحات بیشتری ارایه خواهد شد.

در سطح بدنه‌ی اتومبیل فناوری‌های ساده‌تر و ارزان‌تر مانند شبکه‌ی هم‌متصل محلی (LIN) جانشین استفاده از سیستم‌های دسته‌ای می‌شوند. کاربردهای چندرسانه‌ای و Telematic به پشتیبانی ارتباطی قدرتمند برای سامان-دهی و نگه‌داری حجم وسیع داده‌ها در زمان‌های خیلی کوتاه – چه در داخل و چه در خارج اتومبیل– نیازمند هستند. در این زمینه راه‌حل‌هایی مانند توافق‌نامه‌ی حمل و نقل سیستم‌های رسانه‌گرا (MOST) به روشنی بیش‌ترین درخواست را خواهند داشت. ارتباطات بی‌سیم نقش کلیدی برای ارتباط دستگاه‌های متحرک مسافران و همچنین میسر کردن تبادل داده‌ها میان اتومبیل و محیط اطراف (مانند کامپیوترهای دستی، تلفن‌های همراه، تلفن‌های گوشی و غیره) بازی خواهند کرد. در بخش‌های مختلف این مقاله فناوری‌های شبکه‌ای در حال رشد برای کاربردهای اتوموتیو و مشخصات اصلی آن‌ها توضیح داده خواهد شد.

چرا CAN برای پاسخ‌گویی به نیازهای اتومبیل‌های نسل آینده نامناسب است؟

شبکه محلی کنترل‌گر (CAN) برای اولین بار در اواخر دهه ۸۰ معرفی شد. این شبکه با هدف به کارگیری یک سیستم ارتباطی با کارآیی بالا برای کاربردهای اتوموتیو و به طور خاص برای کنترل سیستم رانش‌گر پا به عرصه وجود گذاشت.در حال حاضر، هنوز این توافق‌نامه شبکه‌ی اتوموتیو را فرمانروایی می‌کند. هرچند به نظر نمی‌رسد که برای پشتیبانی پیشرفت‌های بسیار جدید در سیستم‌های کنترل اتوموتیو مانند سیستم‌های X-By-Wire، مناسب باشد. در این مورد یک رفتار مشخص و قطعی و درجه‌ُ بالاتری از ایمنی مورد نیاز است و همچنین کارآیی به طور قابل توجه افزوده شده است. در بخش بعدی مقاله نشان داده می‌شود که چرا CAN به سختی قادر است نیازمندی-

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

های توضیح داده شده در بالا را برآورده کند. افزون بر این محدودیت‌های اصلی CAN و چند پروتکل جدید برای کمک به مشکلات CAN توضیح داده می‌شود.

کاستی‌های CAN

۱-۲- قطعیت

برخی ادعا می‌کنند که CAN یک توافق‌نامه‌ی قطعی است. از طرفی خیلی از کاستی‌های CAN نشان می‌دهد که این نوع از شبکه‌ها در بروز رفتار قطعی شکست می‌خورند. هر دو ویژگی تا حد زیادی درست هستند. درستی این خصوصیات به نوع تعریفی که از واژه‌ی قطعیت ارایه می‌شود، بستگی دارد.

به دلیل طرح انتخابی بیتی غیرمخرب این توافق‌نامه، CAN می‌تواند با یک روش قطعی هر تضاد احتمالی را بر روی باس حل کند. به طور خاص هرگاه بیش از دو گره به طور هم‌زمان شروع به انتقال می‌کنند، مالکلیت باس به پیغامی با اولویت بالاتر نسبت داده می‌شود (یعنی شناسه با کم‌ترین مقدار). در این مورد نه زمان و نه پهنای باند، هیچ‌کدام هدر نمی‌رود. از این رو، در این دیدگاه CAN یک توافق‌نامه با قابلیت بروز رفتار قطعی به شمار می‌آید. به عکس اگر به گره‌ها اجازه داده شود که پیغام‌های غیر هم‌زمان را روی خط خود تولید کنند، باید CAN را یک پروتکل غیرقطعی دانست. تولید پیغام‌های غیر هم‌زمان بر روی خطوط گره‌ها راهی است که به طور معمول، سیستم‌های رخدادگرا بر مبنای آن عمل می‌کنند.

برای تشخیص دقیق زمان واقعی فرستاده شدن یک پیغام ارسالی، راهی وجود ندارد. چرا که پیش‌بینی تعداد واقعی برخوردهای یک گره با پیغام‌های با اولویت بالاتر وجود ندارد. این رفتار منجر به لرزش‌های خطرناک می‌شود، که ممکن است الگوریتم‌های کنترل را با یک روش منفی تحت تاثیر قرار دهند و دقت آن را کم‌تر کنند. حتا ممکن است بعضی از پیغام‌ها نتوانند مهلت خواسته شده را برآورده کنند. زمان‌های پاسخ در یک شبکه CAN می‌تواند با در اختیار داشتن دوره‌ی تناوب گردشی تبادل داده‌ها و کم‌ترین زمان رسیدن داده‌های غیرچرخشی ارزیابی شود.

تکنیکی که در بالا مورد توجه قرار گرفت، نتایج معناداری را تنها در مواردی که خطاهای انتقال بر روی باس وجود ندارند، ایجاد می‌کنند (دلیل ایجاد این نتایج ویژگی انتقال مجدد خودکار CAN است که ممکن است بار روی باس را به طور غیر قابل پیش‌بینی افزایش دهد).

برای کاهش این عیب، بعضی از کنترل‌گرهای مدرن یک وجه انتقال یک‌باره تهیه می‌کنند (هیچ انتقال مجددی در موارد خطا یا گمشدن انجام نمی‌گیرد). روشن است که این راه حل فقط وقتی داده‌های پردازه به طور متناوب و در یک نرخ مساوی تبادل و دوباره‌سازی می‌شوند، ماندگار است.

مساله‌ی واقعی در CAN که ممکن است قطعیت را تحت تاثیر قرار دهد، به نمونه ی رخدادگرا بستگی مستقیم دارد. وقتی بر طبق این روش عمل می‌شود، در واقع اطلاعات رخداد فقط یک بار فرستاده می‌شود و در گاه بعضی از

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سناریوهای خاص خطا، آن‌ها ممکن است فقط به وسیله یک زیرمجموعه از گره‌های مقصد مورد نظر دریافت شوند. این امر باعث حذف، تکرار و در حالت کلی تناقض در تصویر واقعی حالت سیستم می‌شود. تصویر واقعی حالت یک سیستم به وسیله‌ی گره‌های مختلف قابل مشاهده است.

یکی دیگر از کاستی‌های CAN که باز هم ناشی از همان دلایل یاد شده است، تضمین نشدن سازگاری است. بدان معنا که وقتی زیرسیستم‌های مختلف به یک شبکه متصل می‌شود، کل سیستم ممکن است از کار بیفتد و نتواند نیازمندی‌های زمانی را برآورده کند. هرچند که هر یک از زیرسیستم‌ها به طور جداگانه امتحان شده باشند و رفتار درست آن‌ها اثبات شده باشد. این محدودیت شدید به منظور مجتمع کردن زیرسیستم‌های سازندگان مختلف در نظر گرفته شده است و بنابراین کار طراحی را مشکل می‌کند.

یکی دیگر از کاستی‌های CAN وقتی که در محیط‌های ایمن بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مساله‌ی babbling idiot است. به طور خاص یک گره خراب که به طور تکراری یک پیغام با اولویت خیلی بالا را بر روی باس منتقل می‌کند، می‌تواند کل شبکه را به هم بریزد. نتایجی که این خرابی ممکن است در یک سیستم dry x-by-wire به دنبال داشته باشد، قابل تصور است. در این صورت با سیستمی روبه‌رو خواهیم بود که یک مسیر پشتیبان مکانیکی یا هیدرولیکی ایجاد نمی‌کند. بدتر آن‌که این نوع خرابی نمی‌تواند به وسیله‌ی واحد محصور کننده خرابی که در تراشه نهفته شده، آشکار شود؛ زیرا این خطا وابسته به خرابی‌های فیزیکی نیست، بلکه در زمره خطاهای منطقی قرار می‌گیرد.

۳- شبکه‌های داخل ماشین با کارایی بالا

برای غلبه بر محدودیت‌های CAN که در بخش قبل به آن‌ها اشاره شد، به تازگی طرح‌هایی برای طراحی شبکه‌هایی که بهتر از CAN رفتار می‌کنند، ارایه شده است که این بهبود از لحاظ قطعیت، قابل اعتمادتر و کارآتر است. در بخش‌های بعدی بعضی از این تفاوت‌ها به طور مختصر شرح داده می‌شود.

به جز TTCAN همه‌ی این شبکه‌ها سرعت‌های انتقالی بالاتر از CAN را به دست می‌دهند. افزون بر این TTPIC و FlexRay، هم پشتیبانی ذاتی از افزونگی دارند و هم (به دلیل payload بزرگ‌تر که اجازه می‌دهد چندین سیگنال با هم در یک فریم جمع شوند) در مقایسه با CAN کارآیی بالاتری ایجاد می‌کنند.

۳-۱- توافق‌نامه‌های Tire-triggered

ایده‌ی تکیه بر یک روش به طور کامل Tire-triggered برای به دست آوردن ارتباطات زمان واقعی مطمئن، کم و بیش قدیمی است.

در سال ۱۹۹۴ توافق‌نامه‌ی TTP تعریف شد که برای تضمین قطعیت، بر ارتباطات TDMA تکیه داشت.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

طرح TDMA استفاده از نگه‌دارنده‌ی باس را برای افزایش ایمنی میسر می‌کند، که این کار به وسیله جدا کردن اسلات‌ها از یک‌دیگر انجام می‌شود.

بعد از معرفی TTP دو نسخه از آن تعریف شد: TTP/A و TTP/C . TTP/A بر مبنای یک روش master/slave استوار است و پیاده‌سازی آسان‌تری را میسر می‌کند. TTP/C بر یک مکانیزم به طور کامل توزیعی تکیه دارد و درجه‌ی بالایی از تحمل‌پذیری در برابر خطا را دربرمی‌گیرد که نیازمندی‌های اتوموتیو را برآورده می‌کند. هدف‌های اصلی که منجر به تعریف TTP/C شدند، ایمنی، ترکیب‌پذیری و کارآیی بودند.

به تازگی موفقیت TTP/C در محیط‌های اتوموتیو در مقایسه با CAN کم شده است گرچه در حال حاضر استفاده از آن بالا رفته است و دستگاه‌هایی که از آن‌ها استفاده می‌کنند، وجود دارند. در حال حاضر جزییات این توافق‌نامه به وسیله‌ی یک کنسرسیوم با نام گروه TTA، نگه‌داری می‌شود که شامل بزرگ‌ترین سازندگان اتومبیل جهان و یک سازنده‌ی هواپیماست. در کنار توپولوژی باس یک توپولوژی ستاره پیش‌بینی می‌شود که نگهدارنده‌های باس را درست در وسط دستگاه متصل کننده ستاره، یکپارچه می‌کند. افزون بر این TTP/C از کانال‌های دوچندان شده پشتیبانی می‌کند و مدیریت افزونگی را هم تلفیق می‌کند. برخلاف CAN روش دست‌رسی TTP/C هیچ محدودیت ویژه‌ای را روی نرخ بیت تحمیل نمی‌کند و از این رو قابل گسترش است.

در حال حاضر بیش‌ترین سرعت انتقال پشتیبانی شده Mb/s ۲۵ است. انتقال داده‌ها در TTP/C به صورت رشته-ای از دورهای TDMA که همگی دارای یک مدت زمان مشابه هستند، سازمان‌دهی می‌شوند. الگوی ثابتی از دورهای TDMA به طور تناوبی در سراسر شبکه تکرار می‌شود که با نام "سیکل کلاتر" شناخته می‌شود. به طور منظم هر دوره‌ی TDMA از تعدادی اسلات با اندازه‌ی ثابت تشکیل می‌شود. وقتی طول اسلات‌ها و ترتیب فرستادن گره‌ها مورد توجه است همه دوره‌های TDMA مساوی هستند. تنها تفاوت ممکن بین دو دوره TDMA محتوا و طول فریم‌های فرستاده شده در اسلات است. هر گره به طور دقیق به یک اسلات وابسته است، البته این مساله محدودیت شمرده نمی‌شود، زیرا بسیاری از پیام‌ها می‌توانند در یک اسلات واحد قرار گیرند. از آن جایی که بیش‌ترین سربار در TTP/C، ۲۴۰ بایت است، تعدادی از پیغام‌ها قادر خواهند بود در همان فریم جمع شوند. این کار باعث افزایش قابل توجه بازدهی ارتباطی در مقایسه با CAN می‌شود. (در TTP/C به طور معمول بازدهی ارتباطی ۶۰ تا ۸۰ درصد است در حالی که در CAN این میزان در حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد است.) هم‌چنین برای بهبود استفاده‌ی بیش‌تر از پهنای باند، این امکان وجود دارد که گره‌های مختلف یک اسلات را با هم تسهیم کنند. (به چنین اسلاتی، اسلات مالتی‌پلکس (تسهیم) شده گفته می‌شود) هر کدام از این گره‌ها می‌توانند در اسلات مالتیپلکس شده، تنها در بعضی از دوره‌های TDMA انتقال دهند. با این کار به دو گره اجازه داده می شود که داده‌ها را یک بار در هر تعداد از دوره‌ها مبادله کند.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly