

مالتی پلکسینگ دسته سیم خودرو با استفاده از پروتکل CAN

مائه محمدی فر و هدی موفق مقدم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

E-mail: Maedeh.Mohamadifar@gmail.com, Hoda.Movafagh@gmail.com

چکیده - مالتی پلکسینگ سیم‌بندی خودرو، تکنولوژی است که با شبکه کردن چند نقطه مختلف در خودرو به منظور انجام کارهای مختلف با سرعت بالا بوجود می‌آید. چند بخش مختلف در یک سیستم مثل موتور خودرو که باید کارکرد آنها را کنترل کرد به عنوان یک گره واحد در نظر گرفته می‌شوند. کارهای کنترلی به وسیله نرم افزارها و نیمه هادی‌های مختلف انجام شده و سپس دستورات کنترلی مناسب در شبکه انتقال می‌یابد. تکنیک‌های انتقال اطلاعات بین گره‌های مختلف در یک شبکه به پروتکل معروف می‌باشد که در زمینه خودرو معروفترین آنها پروتکل CAN می‌باشد.

کلید واژه- مالتی پلکس، پروتکل CAN، SLIO، داوری

می‌باشد. مسأله داوری و حق تقدم یکی از مهمترین مباحث مورد بررسی در شبکه‌ها می‌باشد می‌باشد.

1- مقدمه

امروزه خودروها از صدها مدار، سنسور و قطعات الکتریکی تشکیل شده‌اند که موجب هزینه بر شدن سیستم سیم‌بندی خودرو شده است. از طرفی با کاهش روزافزون قیمت سیلیکون استفاده از این نوع قطعات بسیار مورد استقبال سازندگان خودرو قرار گرفته است. علاوه بر کاهش هزینه‌ها به کارگیری تکنولوژی دیجیتال منجر به افزایش ایمنی و اطمینان سیستم می‌شود. چند بخش مختلف در یک سیستم مثل سیستم موتور خودرو، که باید کارکرد آنها را کنترل کرد به عنوان یک گره واحد در یک شبکه در نظر گرفته می‌شوند، این گره با گره‌های دیگر تشکیل یک شبکه مالتی پلکسینگ را می‌دهند. گره‌ها اطلاعات خود را از طریق سنسورهای تبدیل مکانیکی به الکتریکی یا از طریق سوئیچ‌ها و رله‌ها دریافت می‌کنند. کارهای کنترلی به وسیله نرم افزارها و نیمه هادی‌های مختلف در شبکه انجام می‌شود و سپس دستورات کنترلی مناسب در شبکه انتقال پیدا می‌کند. گره‌هایی که نیاز به این دستورات دارند از طریق خطوط باس از آن استفاده می‌کنند و از طریق عملگرهای الکترونیکی به مکانیکی این دستورات را انجام می‌دهند. پروتکل CAN یکی از پرکاربردترین پروتکل‌های Autobus می‌باشد که در سیستم خودرو استفاده می‌شود. در این پروتکل هر پیغام دارای یک شناسه

2- مزایای مالتی پلکسینگ

با اجرای سیستم مالتی پلکسینگ در خودرو، 2 سیم برای انتقال اطلاعات و 1 سیم برای انتقال قدرت به بخش‌ها و قسمت‌های مختلف الکتریکی و کنترلی بکار می‌رود. حذف تعداد زیادی از سیم‌ها موجب کاهش سبزی دسته سیم خودرو و به دنبال آن کاهش اتصالات و ترمینال‌ها می‌شود، در نتیجه مصرف سوخت در خودرو نیز کاهش می‌یابد. باید توجه کرد که استفاده از سیستم‌های مالتی پلکسینگ تعداد مدارات را کم نمی‌کند، بلکه آنها را ساده‌تر و ارزانتر می‌کند این سیستم‌ها طوری طراحی می‌شوند که اگر یک گره در شبکه بر اثر حادثه‌ای خراب شود و یا از سیستم خارج شود، گره‌های دیگر به کار خود ادامه دهند. همچنین سیستم‌های مالتی پلکسینگ توانایی کار در خشن‌ترین محیط‌ها مثل محیط موتور خودرو را دارند. راحتی در مونتاژ و نصب، قابلیت انعطاف پذیری و باز بودن سیستم، تست پذیری بالای سیستم، راحتی در تعمیرات، مطابقت با طرح‌های زیست محیطی، قابلیت اطلاع رسانی دقیق در هر لحظه به راننده از قسمت‌های مختلف خودرو و افزایش ایمنی و راحتی برای سرنشینان از دیگر مزایای سیستم‌های مالتی پلکسینگ می‌باشند.

3- روش های مالتی پلکسینگ

بطور کلی دو روش برای مالتی پلکسینگ سیم بندی خودرو وجود دارد : مالتی پلکسینگ بوسیله شبکه واحد و مالتی پلکسینگ بوسیله شبکه چند گانه. در شبکه واحد قسمتهای مختلف خودرو توسط یک شبکه کنترل می شوند. بطور مثال شبکه ای که برای کنترل بدنه استفاده می شود برای اتوماسیون موتور هم بکار می رود. نتیجه استفاده از این روش به وجود آمدن شبکه ای با تکنیک بالا می باشد که قیمت هر گره در آن بسیار زیاد است. علاوه بر این با نگاهی به مناطق مختلف خودرو درمی یابیم که شبکه واحد از نظر تکنیکی نیز کاملاً نامناسب است، زیرا بخش های مختلف در خودرو دارای نیازهای کاملاً متفاوت می باشند. در روش چندگانه، شبکه ها تنها در صورت لزوم با یکدیگر در ارتباط هستند. بطور مثال برای سیستم چراغها و بدنه از یک شبکه و برای قسمت موتور هم از یک شبکه استفاده می شود. در این نوع شبکه ارتباط بین شبکه ها و تست شبکه نسبت به حالت قبل دشوارتر می باشد.

3-1- کلاس های SAE

بر اساس فعالیتهای SAE کاربردهای ارتباطی در خودرو به کلاسهای زیر تقسیم می گردد:

کاربردهای کلاس A : کاربردهایی در بدنه اتومبیل. قسمتهای برق اتومبیل که از چند گره غیر هوشمند تشکیل شده است مانند سوئیچ ها، چراغ جلو، چراغ ترمز، چراغ راهنما، کنترل قفل درها و ... طول اطلاعات در این نوع کاربرد ها بسیار کم و همچنین نرخ بهنگام شدن اطلاعات نیز ناچیز است. نرخ بیت مورد نیاز برای این کاربردها کمتر از 10 کیلوبایت بر ثانیه است. روش های سیم کشی در این کاربردها بسیار ساده می باشد. مانند در نظرگرفتن 1 سیم برای سیگنال و بدنه به عنوان سیم زمین. هزینه اتصالات برای گره ها باید بسیار پائین باشد.

کاربردهای کلاس B : این کاربردها مشابه کاربردهای کلاس A ولی با حجم اطلاعات زیاتر می باشد. از کاربردهای این کلاس می توان ارسال اطلاعات داشبورد، کنترل تهویه هوا و ... را مثال زد. نرخ اطلاعات در این کلاس 40 کیلو بایت بر ثانیه است.

کاربردهای کلاس C : اطلاعات بلادرنگ که ارسال اطلاعات در سیکل های کمتر از 1 تا 10 میلی ثانیه و پاسخ آن زیر 1 میلی ثانیه مورد نیاز است. بسته پیغام معمولاً به طول یک یا چند بایت است. ارتباط بین کنترل های موتور، کنترل گیربکس، کنترل پایداری و ... از مثال های کاربردی کلاس C است. نرخ انتقال اطلاعات تا حد 1 مگابایت بر ثانیه برای این کلاس مورد نیاز است.

کاربردهای کلاس D : در این کاربردها بلوک اطلاعات طولی به میزان چند صد بایت تا چندین کیلوبایت دارد. این کلاس شامل کاربردهایی نظیر ارتباط سیستم رادیو در خودرو با تلفن، سیستم های هدایت مبتنی بر GPS، پخش CD و ... برای کاربردهایی مانند بارگذاری برنامه ها و یا تنظیم پارامترها و ... می باشند. معمولاً تعداد کمی گره وجود دارد و تقاضای ارتباط به صورت مکرر رخ نمی دهد. زمان مورد نیاز برای انتقال هر بسته اطلاعاتی در حدود 1 ثانیه و کمتر است. بنابراین نرخ ارتباط در حدود 1 تا 10 مگابایت در ثانیه است.

4- ارتباط بین شبکه ها

همانطور که گفته شد بعضی از سیستم های موجود در خودرو هیچ احتیاجی به اطلاعات یکدیگر ندارند بنابراین می توان شبکه های این دو سیستم را بصورت کاملاً مجزا از هم طراحی کرد، بطور مثال سیستم کنترلی موتور و یک سیستم تفریحی در قسمت راننده هیچگونه ارتباطی به هم ندارند. در بعضی از اوقات شاید دو گره از دو شبکه جداگانه احتیاج به اطلاعات هم داشته باشند، طراحان خودرو یک خط کم هزینه را برای اتصال این دو گره بکار می برند و شبکه ها بصورت مجزا به کار خود ادامه می دهند.

گاهی دو شبکه وجود دارند که هر کدام با یک نوع پروتکل خاصی کار می کنند (مثل VAN و CAN) و دو شبکه باید با یکدیگر اطلاعات رد و بدل کنند ولی بدلیل وجود اختلافات بین قالب داده ها و سرعت ارسالی آنها باید یک تطبیق دهنده بین دو شبکه وجود داشته باشد تا بتواند اطلاعات را بصورت دو طرفه برای هر کدام از شبکه ها به شکل قابل فهم در آورد. به این تطبیق دهنده، gateway (دروازه) گفته می شود. شکل 1 این حالت را به نمایش می گذارد.

محتوی پیام را (مثلاً در خودروها این شناسه است که مشخص می کند داده موجود در پیام حاوی اطلاعات دور موتور است یا دمای موتور) بلکه الویت پیام را نیز مشخص می کند . این مورد در مواقعی که چند گره بطور همزمان می خواهند اختصاص گذرگاه را در دست بگیرند ، اهمیت پیدا می کند .

همانطوریکه در شکل 2 پیداست هر گره CAN معمولاً از سه قسمت تشکیل شده است :

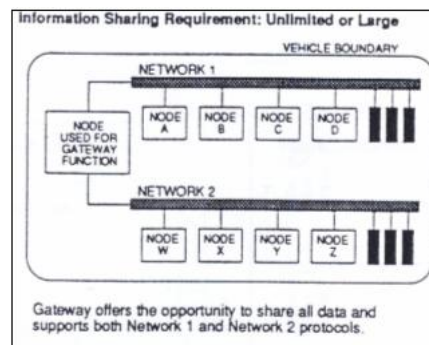
- 1- میکرو کنترلر
- 2- CAN کنترلر
- 3- CAN ترانسیور

برای ارسال و دریافت یک پیام بدین صورت عمل می شود که در ابتدا پردازنده ی گره ای که قصد ارسال پیام را دارد ، داده ای که باید ارسال شود و همچنین شناسه ای که به آن نسبت داده شده است را به تراشه CAN کنترلر آن گره ارایه می دهد ، این عملیات توسط پردازنده برای مشخص کردن انتقال داده انجام می گیرد . حال تراشه CAN کنترلر با استفاده از داده و شناسه قالب پیام را طبق پروتکل CAN ایجاد می کند و به محض اینکه اختصاص گذرگاه را در دست گرفت پیام را بوسیله تراشه ترانسیور ارسال می کنند و بقیه گره ها در شبکه دریافت کننده های این پیام می شوند .

هر گره ای که پیام را بصورت صحیح دریافت کرده است ، برای تعیین اینکه داده دریافت شده به آن گره بخصوص با ارزش باشد پردازش می شود ، در غیر اینصورت نادیده گرفته می شود .

در بعضی از مواقع بعلت اینکه یک گره احتیاجی به پردازش و تحلیل اطلاعات ندارد و فقط بصورت I/O عمل می کند ، می توان به جای میکروکنترلر از یک تراشه بنام SLIO استفاده کرد، که مخفف Serial link Input Output می باشد. شکل 3 نمایش به کارگیری تراشه ی SLIO در سیستم کنترل بدنه می باشد.

در CAN مفاهیم Broadcast و Multicast صادق هستند . در حالت Broadcast transmission یک فرمانده می تواند پیغامش را برای کل گره های شبکه اعم از فرمانده و فرمانبر ارسال کند ولی در حالت Multicast transmission یک فرمانده فقط می تواند پیغامش را



شکل 1- انتقال اطلاعات بین دو شبکه به وسیله Gateway

Gateway که برای اتصال بین دو شبکه با پروتکل های مختلف به کار می رود باید مانند یک کامپیوتر بتواند سه پروسه زیر را انجام دهد:

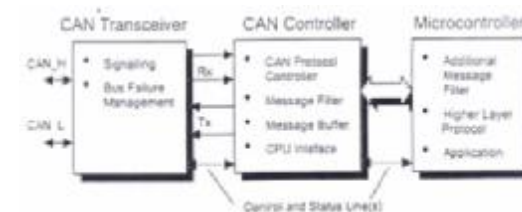
فعالیت درخواست

فعالیت های شبکه اول

فعالیت های شبکه دوم

بنابراین نیازهای اولیه یک gateway : CPU ، ROM و RAM می باشد تا بتواند عمل تطبیق بین دو پروتکل را انجام دهد.

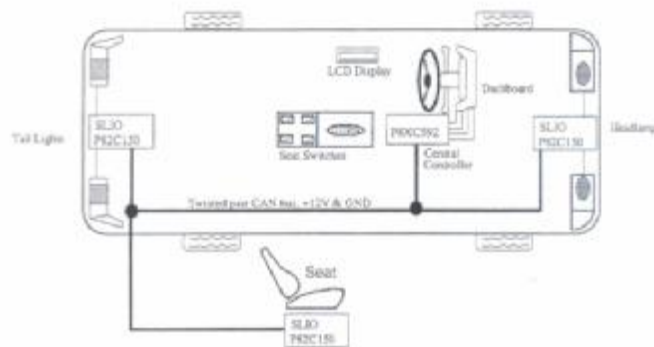
حالت دیگر این است که هر دو شبکه مجزا با یک پروتکل کار می کنند (مثل VAN با VAN) ، برای اتصال دو شبکه به هم از یک تطبیق دهنده به نام bridge پل استفاده می شود.



شکل 2- بلوک دیاگرام یک گره در شبکه

5- طریقه عملکرد شبکه CAN

انتقال داده در CAN بر این اصل استوار است که وقتی داده توسط یکی از گره ها در شبکه ارسال می شود ، ایستگاه بخصوصی آدرس دهی نمی شود ، یعنی تمام گره های موجود در شبکه پیام ارسالی را دریافت می کنند ، در عوض محتوی پیام توسط یک شناسه که در شبکه یکتاست ، برچسب گذاری می شود . این شناسه نه تنها



شکل 3- سیستم کنترل بدنه با بکارگیری تکنولوژی SLIO

نماید (شکل 4) . در حالتی که بیش از یک گره به صورت همزمان تقاضای دسترسی به باس را دارند، برخورد به وجود می آید که با پروسه داوری بیتی که بر روی فیلد مشخصه صورت می گیرد این مشکل قابل حل است . این ویژگی تضمین می کند که پیام هایی با الویت بالا بدون آنکه تاخیری صورت بگیرد ارسال شوند و سپس پیامی با الویت پائین تر انتقال یابد . پس از اینکه قالب داده ارسال گردید یک دور جدید برای الویت دسترسی به باس آغاز می گردد.

3-6- پراکندگی Broadcast

در CAN ارتباط بطور اساسی Broadcasting است . وقتی یک فرستنده اطلاعات باس را در اختیار گرفت و اطلاعاتش را ارسال کرد تمامی گره ها این اطلاعات را دریافت می کنند و مبادرت به بررسی خطاهای آن می نمایند . ولی تنها آن دسته از اطلاعاتی که از فیلتر مشخصه پیام رد می شوند وارد کنترلر می شوند . فیلتر پیام توسط برنامه کاربردی تعریف می شود و از طریق این فیلتر است که تعیین می شود چه پیغامی برای ذخیره در بافر انتخاب شود . روشهای متعددی برای فیلتر کردن وجود دارد که عبارتند از : معماری . “Basic can”, “Full can”. بسیاری از پروتکل های Auto Bus نیز این خاصیت را دارند.

4-6- کشف خطا و تصحیح آن در سطح پیام

این ویژگی در CAN شامل یکی از قوی ترین روشهای کشف خطا می باشد که اساس آن کد 15 بیتی CRC با فاصله همینگ 6 ، که کشف خطای خرابی 5 بیت در هر

برای یک گروه از پیش تعیین شده از فرمانده و فرمانبرها ارسال نماید . تنظیم ولتاژ بیت خروجی و انتقال آنها در CAN از وظایف لایه فیزیکی مدل OSI می باشد. سیگنال ها روی گذرگاهی که شامل دو سیم با نام های CAN High و CAN Low است، ارسال می شوند. این دو سیم برای کاهش اثر اغتشاش روی گذرگاه ، در حالت تفاضلی کار می کنند.

6- مشخصات عمده CAN

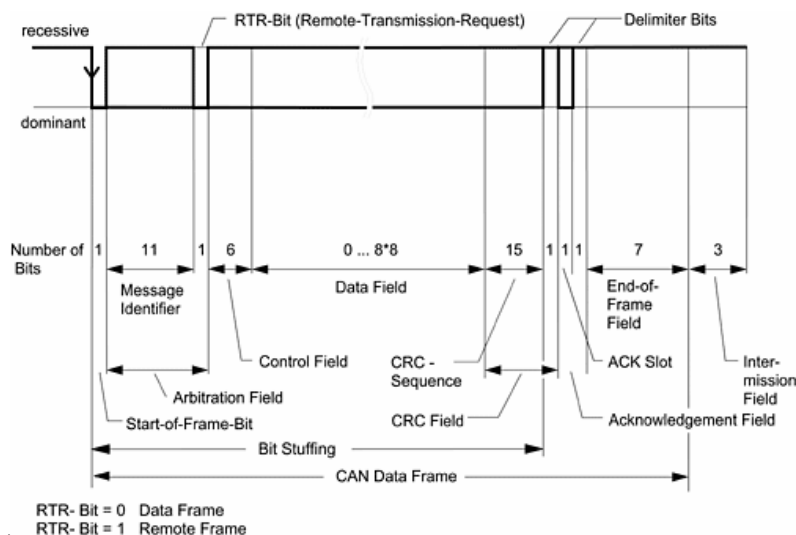
در این بخش به صورت مختصر به بررسی برخی از ویژگی های پروتکل CAN می پردازیم.

1-6- Multimaster

این قابلیت CAN به جهت ایمنی و دسترسی بیشتر مد نظر قرار گرفته است . اگر یک گره دچار اشکال گردد ، کل سیستم دچار مشکل نمی گردد و فقط کارایی سیستم قدری تنزل می یابد.

2-6- تکنیک دست یابی به مسیر

CAN دارای تکنیک دستیابی چند گانه با قابلیت کشف خطای برخورد (دستیابی همزمان چند فرستنده به خط) و رفع آن می باشد. هر گره که قصد تصرف مسیر را دارد صبر می کند تا باس بیکار شود و سپس اقدام به ارسال اولین بیت شروع اطلاعات برای سنکرون کردن تمامی اطلاعات می کند و در ادامه 11 بیت مشخصه که بیان کننده اسم و الویت پیام است را ارسال می کند. و سپس 6 بیت کنترل، 8 بایت اطلاعات، 16 بیت CRC ، 2 بیت تصدیق و در انتها 7 بیت پایان فریم و 3 بیت فاصله بین فریم ها را ارسال می -



شکل 4- نمایش قالب داده در پروتکل CAN

کنترلی وضعیتی برای این منظور وجود ندارد مگر آنکه از پین های ورودی خروجی کنترلر CAN برای این منظور استفاده کنیم . در این خصوص نسل جدید کنترلرهای CAN در حال تکامل هستند و با استفاده از استاندارد CAN بهبود یافته این معایب نیز مرتفع گردیده است.

6-6- تصدیق کردن

CAN دارای یک فیلد تصدیق کلی می باشد در صورتیکه حتی یکی از گیرنده ها پیغامی را دریافت کند فرستنده را از دریافت پیغام مطلع می گرداند . بنابراین فرستنده در می یابد که آیا هنوز به باس متصل است یا نه . با توجه به اینکه CAN بر اساس Broadcast ارتباط برقرار می کند . تمامی گره هایی که پیغام را بدون خطا دریافت می کنند سیگنال تصدیق را ارسال می کنند .

6-7- ثبات انتقال پیام گسترده

هر پیامی که در CAN انتقال می یابد ، با توسط تمامی گره ها پذیرفته می شود و یا رد می گردد . اگر حتی یک گره خطایی را کشف کند سیگنال خطا را می فرستد و سپس قالب خطا به گره فرستنده اطلاع می دهد که پیغام را تکرار کند و به تمامی گره های دیگر ابلاغ می کند که پیام دریافتی را در نظر نگیرند . این به معنی آن است که یا تمامی گره ها یک پیام را در یک زمان می گیرند و یا هیچکدام . این نکته از ویژگی های مهم یک سیستم کنترل توزیع شده می باشد زیرا این روش امکان اینکه هیچ گاه

پیام را تضمین می کند می باشد . علاوه بر این روش مکانیزم های کشف خطاهای دیگری نیز در CAN پیش بینی گردیده مانند قالب کشف خطا ، خواندن بعد از نوشتن و بیت توازن . تصحیح خطا با ارسال مجدد بعد از تشخیص خطا توسط گره گیرنده و ارسال قالب خطا توسط آن صورت می گیرد . در مورد پروتکل های دیگر باید گفت که از روش های مختلفی استفاده می کنند ولی قوی ترین آنها را CAN دارا می باشد.

6-5- کشف خطا در سطح خط انتقال

CAN می تواند خرابی های مختلف خط انتقال را از قبیل: قطع خط ، اتصال خط به زمین ، اتصال خط به VCC ، اتصال یک خط با خط دیگر (در مد دیفرانسیل) و مشکلاتی که در مدار ترمیناتور بوجود می آید را تشخیص دهد . پروتکل CAN مشخص نکرده است که در صورت بروز این خطاها چه واکنشی باید صورت گیرد . با این وجود در طراحی های جدید فرستنده گیرنده های CAN این مسئله منظور شده است . در حالتی که خطا رخ دهد و سیستم در حالت دیفرانسیل باشد (از یک زوج سیم برای هر خط ارتباط استفاده می کنند) سیستم بطور خودکار به حالت غیر دیفرانسیلی رفته و از خطی که هنوز سالم است برای ارتباط استفاده می نماید . با آنکه فرستنده گیرنده ها ممکن است مشکلات خط را حل کنند ولی در معماری CAN برای این مسئله پیش بینی نشده و اطلاعات



8. سیستم‌های CAN از تئوری تا کاربردهای عملی. اثر: ولفهارد لارنز ترجمه: مهندس میرغلامرضا مرتضوی و مهندس حسن ذبیحی کولائی.

کنترلری با اطلاعات متفاوت با دیگران عمل نکند را تضمین می کند .

7- نتیجه گیری

به کارگیری تکنولوژی دیجیتال در خودرو علاوه بر کاهش هزینه‌ها منجر به افزایش ایمنی و اطمینان سیستم می‌شود. چند بخش مختلف در یک سیستم مثل سیستم موتور خودرو ، که باید کارکرد آنها را کنترل کرد به عنوان یک گره واحد در یک شبکه در نظر گرفته می شوند ، این گره با گره های دیگر تشکیل یک شبکه مالتی پلکسینگ را می دهند. تکنیک های انتقال اطلاعات بین گره های مختلف در یک شبکه به پروتکل معروف می باشد که در زمینه خودرو معروفترین آنها پروتکل CAN می‌باشد.

مراجع

1. <http://www.autosar.org>. Homepage of the develop partnership Automotive Open System Architecture (AUTOSAR).
2. <http://www.can-cia.de>. Homepage of the organization CAN in omation (CIA).
3. <http://www.osek-vdx.org>. Homepage of a joint project of the automotive industry on a standard for an open-ended architecture for distributed control units in vehicles.
4. CAN Specification. Varsion 2.0, Robert Bosch Gmbh, Postfach 30 02 40, D-70442 Stuttgart.
5. Low-cost CAN-based Body Control System. International CAN Conference.
6. CAN-Base for New Application in vehicles. International CAN Conference.
7. <http://www.freepatentsonline.com> Multiplex transmission system for use in vehicles.