



**MILCAN**

توسعه MILCAN

MILCAN

پیام

همزمان

MILCAN

.....

موفقیت CANbus در کاربردهای اتوماسیون تجاری و نظامی بطور موثری قابلیت اطمینان و پشتیبانی بالای آنرا تضمین می کند. این حقیقت که CAN ذاتا نیرومند است آنرا برای استفاده در خودروهای جنگی مناسب می نماید.

البته در عمل خودروهای تجاری و جنگی در نیازمندی های عملیاتی تفاوت اساسی دارند. قطعیت انتقال داده، ایمنی در مواقع بحرانی و حالت های خرابی همراه با پوشش خطا از عوامل کلیدی هستند. البته تفاوت های سیستمی مهم دیگری نیز بین خودروهای جنگی و تجاری وجود دارد که باید لحاظ شود. برای مثال یک خودروی جنگی در طول عمر مفید خود باید به دفعات به روز شود و خصوصیات جدید به آن اضافه شود تا در نبرد ضعیف تر از دشمن نباشد. درحالیکه یک خودروی تجاری چنین نیازی ندارد. قابلیت همکاری بین قطعات تولید شده توسط تولیدکننده های مختلف و نیز شرکت های تست تجهیزات، برای خودروهای جنگی حیاتی است.

برای رسیدن به این اهداف MILCAN یک رابطی است که قصد دارد مشخصات یک اتصال را فراهم کند بطوریکه توسط توسعه دهندگان و تولیدکنندگان سیستم ها و تجهیزات به منظور بهبود قابلیت همکاری<sup>1</sup> محصولاتشان بکار رود.

MILCAN براحتی می تواند به سایر پروتکل های بر مبنای CAN متصل شود بویژه CUP، SAE J1939 و CANopen. وسایل MILCAN و SAE J1939 براحتی می توانند در یک باس یکسان با هم ترکیب

---

<sup>1</sup> - Interoperability

شده و بکار روند. وسایل CANopen باید توسط یک پل از وسایل MILCAN جدا شوند. در واقع MILCAN خصوصیتی را تعریف می کند که شامل پروفایل های وسایل CANopen با استفاده از پیام های یکسان MILCAN است.

### توسعه MILCAN

در سال ۱۹۹۸ در جلسه ای که توسط <sup>1</sup>IHSDB-UG ( که توسط ناتو پشتیبانی می شود) تشکیل شد یک گروه کارکننده CANbus<sup>2</sup> شکل گرفت تا به ایجاد MILCAN پردازند. زیرا پروتکل های CAN موجود نمی توانستند قابلیت سخت کارکردن در زمان واقعی را که در خودرو های جنگی مود نیاز است فراهم کنند. مشکل دیگر این پروتکل ها باز نبودن آنها بود.

اعضای این گروه تقریباً هر ۳ ماه یکبار جلسه داشتند. این جلسات به منظور ایجاد یک استاندارد باز برای تکنولوژی باس داده CAN بود بطوریکه پیاده سازی در تمامی کاربردهای خودرو های جنگی را پشتیبانی کند. این گروه با بررسی توانمندی های پروتکل های موجود و تلاش آگاهانه برای ساختن یک پروتکل جدید بر روی آنها فعالیت خود را آغاز کرد. در نتیجه MILCAN تا حد زیادی به استاندارد ISO 11898 نزدیک است و البته پروتکل های SAE J1938 و CUP نیز زیربنای MILCAN را شکل می دهند.

در حال حاضر جلسات این گروه هر ۶ ماه یکبار برگزار می شود. ناگفته نماند که اعضای این گروه از کشورهای امریکا، انگلستان، کانادا، سوئد و آلمان هستند.

<sup>1</sup> - International High Speed Data Bus User Group

<sup>2</sup> - CANbus working group

## MILCAN

MILCAN شامل دو استاندارد MILCAN A و MILCAN B است. MILCAN A بر مبنای شناسه ۲۹ بیتی است و شباهت زیادی به SAE J1939 دارد و نیز انتقال داده قطعی بصورت همزمان و غیر همزمان را پشتیبانی می کند. MILCAN B بر مبنای شناسه ۱۱ بیتی است و توانایی استفاده از وسایلی که برای CANopen طراحی شده اند را نیز داراست. MILCAN B فقط ارتباط همزمان را پشتیبانی می کند. در اینجا در مورد MILCAN A صحبت می کنیم.

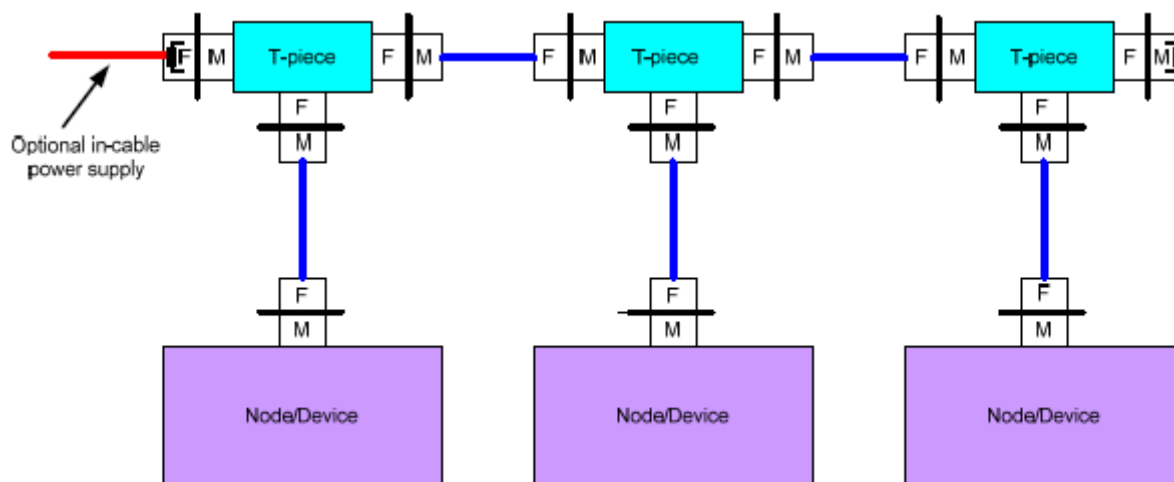
کلیه سیگنال های MILCAN ایزوله شده نوری<sup>۱</sup> هستند. وسایل بکار رفته در خودرو های جنگی باید بتوانند ناپایداری تغذیه و تغییر سطوح ولتاژ احتمالی را تا حدی تحمل کنند. از طرفی داشتن منابع تغذیه مجزا برای هر وسیله باعث بالارفتن هزینه خواهد شد. بنابراین MILCAN فرستادن تغذیه از طریق کابل به همراه سیگنال ها را پیشنهاد می کند. در واقع یک تغذیه مرکزی وجود دارد. البته انتقال تغذیه به این طریق اهمیت نوع کانکتور استفاده شده را افزایش می دهد. در این استاندارد هر کانکتور دارای خطوط تغذیه باید بصورت مادگی<sup>۲</sup> باشد.

برای MILCAN دو توپولوژی خطی و Daisy-chain پیشنهاد شده است. همانطور که در شکل<sup>۱</sup> دیده می شود در توپولوژی خطی گره ها برای اتصال به باس اصلی از کانکتور های T شکل می توانند استفاده کنند.

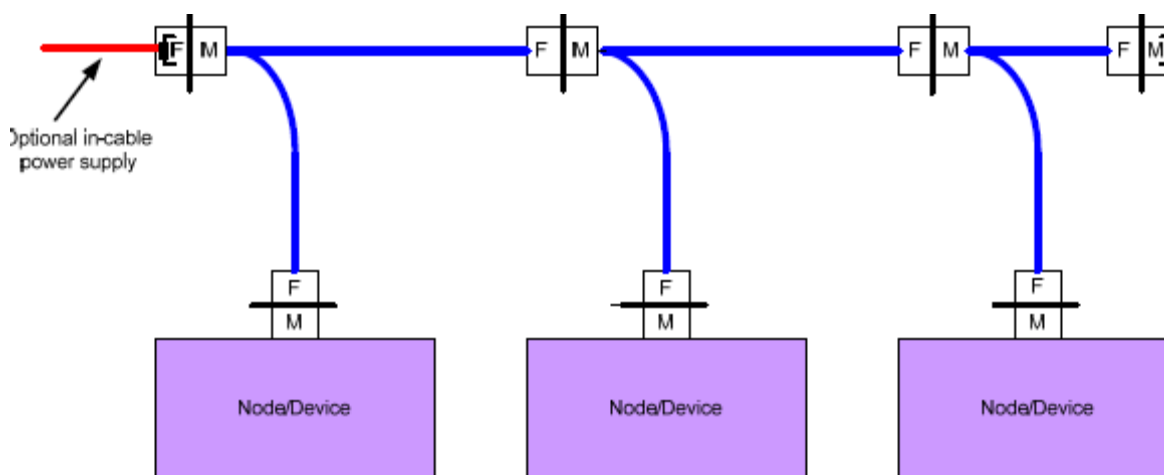
<sup>۱</sup> - Opto Isolated

<sup>۲</sup> -Female

راه حل دیگر استفاده از کابل های Bifurcated بجای کانکتورهای T شکل است. همانطور که در شکل ها دیده می شود نوع کانکتور بکار رفته در اتصالات از نظر نر یا مادگی با حروف F و M مشخص شده است.



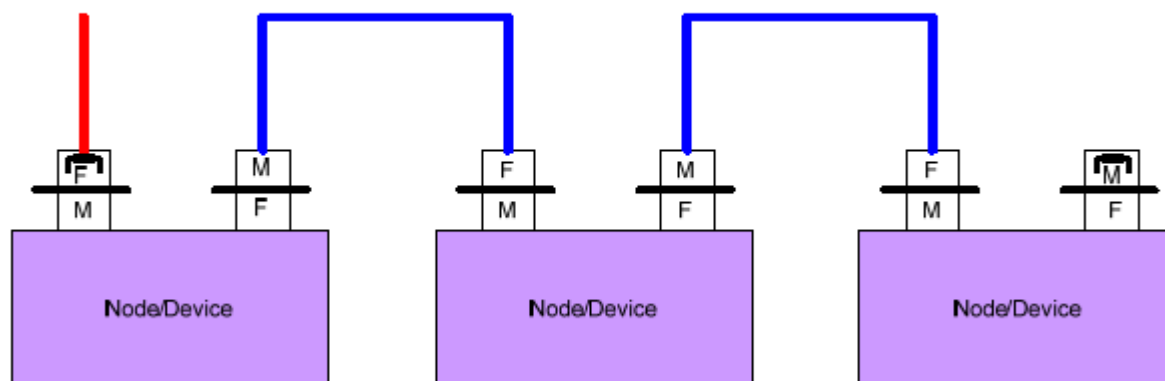
شکل ۱ - توپولوژی خطی با استفاده از کانکتورهای T شکل



شکل ۲ - توپولوژی خطی با استفاده از کابل های Bifurcated

گره های توپولوژی Daisy-chain نیز به یک کانکتور باس ورودی و یک کانکتور باس خروجی نیاز دارند و بصورت سری متصل می شوند.

Optional in-cable  
power supply



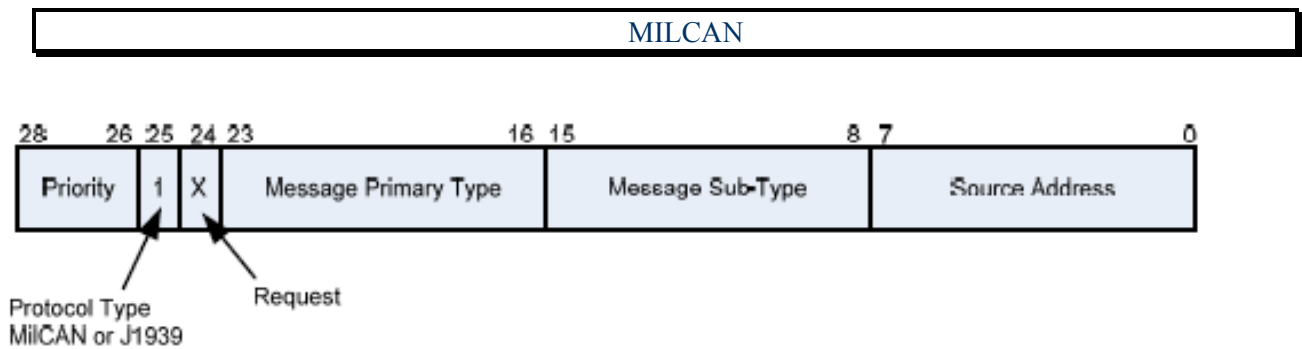
شکل ۳- توپولوژی Daisy-chain

این توپولوژی ها می توانند بصورت جداگانه یا ترکیبی بکار روند. خطوط تغذیه هم از یک طرف باس متصل می شود. در شکل محل مقاومت های پایانی باس نیز معین شده است.

در مورد حداکثر طول کابل ها و ماکزیمم گره های شبکه بر طبق استاندارد ISO 11898 رفتار شده است. Bit Timing نیز طوری رعایت شده که سازگاری با استاندارد های CANopen و SAE J1939 حاصل شود. نرخ بیت های قابل دسترسی نیز 250Kbps، 500Kbps و 1Mbps هستند.

MILCAN A از شناسه ۲۹ بیتی استفاده می کند. این فرمت بر مبنای SAE J1939 است که به منظور استفاده از هر دو فرمت روی یک باس مشترک بنا نهاده شده است. شکل ۴ میدان های مختلف شناسه را نشان می دهد.





شکل ۴- ساختار شناسه در MILCAN

همانطور که در شکل نیز مشخص است شناسه از ۵ میدان تشکیل شده است. بیت های ۰ تا ۷ آدرس منبع را تشکیل می دهند. این آدرس در واقع آدرس گره ای است که می خواهد این پیام را بفرستد. به این ترتیب گره مقصد متوجه می شود که این پیام از کدام گره رسیده است و پیام مشابه از گره های مختلف براحتی تشخیص داده می شوند. هر گره یک آدرس یکتا دارد و آدرس ۰ نیز رزرو شده است.

بیت ۲۴ برای درخواست داده استفاده می شود. در زمان درخواست داده این بیت ۱ شده و همچنین حوزه payload خالی می ماند.

بیت ۲۵ نوع پروتکل را معین می کند. ۱ نشان می دهد که این پیام تحت پروتکل MILCAN است و ۰ نشان دهنده پروتکل SAE J1939 است.

بیت های ۱۶ تا ۲۳ نوع پیام اصلی را نشان می دهد. این کار باعث می شود گروه بندی پیام ها براحتی صورت گیرد.

بیت های ۸ تا ۱۵ زیر پیام مربوط به پیام اصلی انتخاب شده در میدان قبلی را معین می کند. در مورد کاربرد این دو میدان آخر در بررسی لایه کاربرد بیشتر توضیح خواهیم داد.

بیت های ۲۶ تا ۲۸ نیز اولویت مستقل برای هر پیام تعریف می کند. بیشترین اولویت برای ارسال با سطح ۰ است. هر اولویت دارای یک حداکثر تاخیر است. کاربرد این میدان را در لایه کاربرد خواهیم دید.

در اینجا نیز هر پیام به همه گره های باس Broadcast می شود. بطور کلی پیام به ۵ دسته کلی تقسیم می شوند.

### پیام

الف. پیام وضعیت/دستور: این پیام در مواقع کار عادی بطور متناوب و یا در ناشی از وقایع ارسال می شود.

ب. پیام درخواست: این پیام برای درخواست داده استفاده می شود و باید بیت ۲۴ شناسه ۱ شود و حوزه payload هم خالی بماند.

### همزمان

در هر باس حداقل یک همزمان کننده اصلی<sup>۱</sup> وجود دارد که پیام همزمان سازی<sup>۲</sup> را به همه گره ها ارسال می کند. پیام Sync Frame در شناسه خود از 0x00 در میدان انتخاب نوع پیام و از 0x80 در

<sup>۱</sup> - Sync Master

<sup>۲</sup> - Sync Frame Message

میدان زیر نوع استفاده می کند همچنین سطح اولویت نیز باید \* باشد. انتخاب همزمان کننده اصلی در لایه کاربرد انجام می شود.

الف. پیام وارد شدن به حالت پیکربندی سیستم: در وارد شدن به این حالت این پیام به همه گره ها فرستاده می شود تا فعالیت خود را متوقف کنند. باید ۳ بار این دستور را فرستاد تا معتبر باشد.

ب. پیام خارج شدن از حالت پیکربندی سیستم

تمام گره های موجود در باس باید وضعیت کلی گره را از طریق این پیام گزارش دهند. حوزه payload حداقل شامل ۱ بایت که نشان دهنده سالم بودن یا نبودن گره است، می باشد.

به غیر از پیام های عملیاتی بقیه پیام ها دارای شناسه از پیش تعیین شده می باشند ( البته فقط میدان های نوع پیام و زیر نوع و اولویت). این شناسه توسط گروه کارکننده CAN ارائه شده تا قابلیت همکاری قطعات و تجهیزات مختلف به بیشترین حد ممکن برسد.

۱

اگر داده یک پیام از ۸ بایت بیشتر باشد می تواند توسط پیام چند فریمی ارسال شود. یک پیام چند فریمی به عنوان گروهی از پیام های مرتبط تعریف می شود که همگی شناسه یکسان دارند. در این مکانیزم

<sup>1</sup> - Multi Frame Message

بایت اول payload به عنوان شمارنده ترتیب در نظر گرفته می شود و در هر پیام ۷ بایت داده ارسال می شود.

شکل ۵ این مکانیزم را بخوبی تشریح می کند.

		Byte No							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Frame No.	0	Message Count	Byte Count			Reserved			
	1	Message Count	Data						
	↓	↓	Data						
	249	Message Count	Data						
	250	Message Count	CRC (Optional)			Reserved			

شکل ۵- ساختار پیام چند فریمی

همانطور که در شکل نیز دیده می شود پیام اول شروع کننده روند است و در آن داده ای ارسال نمی شود. داده ها از فریم ۱ به بعد ارسال می شوند. شمارنده ترتیب که ۸ بیت است از مقدار ۰ تا ۲۵۰ می تواند تغییر کند. مقدار ۲۵۰ نشان دهنده پایان اطلاعات است. اگر با رسیدن به عدد ۲۴۹ بایت های داده تمام نشده باشند پس از ۲۴۹ مجدداً شمارنده ترتیب به ۱ ریست می شود. هر جا که داده تمام شد شمارنده ترتیب را در فریم بعدی ۲۵۰ قرار می دهیم و فریم پایانی را ارسال می کنیم. در فریم پایانی می توان کد CRC<sup>۱</sup> نیز قرار داد که البته انتخابی است.

<sup>۱</sup> - Cyclic Redundancy Check

نکته دیگر اینکه نیازی به تأیید دریافت<sup>۱</sup> نیست. این وظیفه بصورت سخت افزاری انجام شده و در حین ارسال فریم چک می شود. اگر جایی نیاز به پیاده سازی این مکانیزم بود این کار باید در لایه کاربرد و توسط طراح سیستم انجام گیرد.

الیه روش دیگری نیز برای ارسال داده های بیشتر از ۸ بایت وجود دارد که در مورد داده های حیاتی می تواند بکار رود. یعنی داده ها به دسته های ۸ بایتی شکسته شده و به هر دسته یک شناسه مجزا داده شود و با تعیین اولویت ارسال شود. که در صورت زیاد بودن داده ها ممکن است منجر به محدودیت در شناسه ها گردد.

وظایف لایه کاربرد عبارتند از:

۱- ترتیب بایت های داده در حوزه payload

۲- تأیید دریافت ( اگر واقعا لازم باشد- انتخابی است)

۳- انتساب شناسه پیام

۴- آدرس دهی چند نمونه ای<sup>۲</sup>

۵- پشتیبانی از انتقال داده قطعی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> - Acknowledgement

<sup>۲</sup> - Multi instance addressing

<sup>۳</sup> - Deterministic Message Transmission

اگر یک دیکشنری پیام مرجع برای MILCAN تعریف بشود که همه طراحان سیستم ها و تولیدکنندگان تجهیزات از آن استفاده کنند، بسیار ایده آل خواهد شد. که البته هدف MILCAN نیز همین است. در بخش های قبلی راجع ساختار شناسه صحبت شد (شکل ۴). بیت های ۱۶ تا ۲۳ نوع پیام اصلی را معین می کنند. این کار باعث گروه بندی پیام ها شده و فیلتر کردن پیام ها را آسان می کند. بیت های ۸ تا ۱۵ نیز زیر نوع هر پیام را مشخص می کند. که این نیز در هنگام فیلترکردن یک پیام خاص می تواند بکار رود.

همانطور که ذکر شد تعدادی از شناسه ها به منظور افزایش قابلیت همکاری تجهیزات از قبل استاندارد شده است. البته فقط بیت های ۸ تا ۲۳. برای مثال شناسه 0x0080 برای Sync Frame Message و یا شناسه 0x0081 برای وارد شدن به حالت پیکر بندی در نظر گرفته شده است.

۱

تخصیص بهینه پیام امری حیاتی است، اما باید به این نکته دقت کنیم که ممکن است در تخصیص اولیه پیام ها همه نمونه های فیزیکی یک تابع پیش بینی نشود. برای رفع این مشکل می توان از آدرس دهی چند نمونه ای استفاده کرد. البته در صورت عدم استفاده از آدرس دهی چند نمونه ای می توان برای هر نمونه فیزیکی یک شناسه مجزا در نظر گرفت. یعنی در یک گره چندین پیام وجود دارند که یک کار را انجام

می دهند ولی روی نمونه های فیزیکی مختلف. استفاده از آدرس دهی چند نمونه ای باعث می شود با

<sup>1</sup> - Multi instance addressing

تعداد پیام کمتری بتوان این کار را انجام داد، ضمن اینکه آدرس دهی مستقل از نوع پیام خواهد بود و همچنین آدرس منبع فقط به گره CAN وابسته می شود و به عملیاتی که قرار است انجام شود وابسته نخواهد بود.

نحوه عمل نیز به این صورت است که بایت ۷ از payload را به عنوان آدرس نمونه فیزیکی در نظر می گیریم. یعنی همه نمونه دارای شناسه یکسان هستند و بایت هفتم از payload تعیین کننده شماره نمونه فیزیکی خواهد بود. با این روش تعداد نمونه های فیزیکی روی یک گره می تواند متغیر باشد.

۱

در محیط های جنگی در مواقع زیادی باید داده بین گره های مختلف در زمان های دقیق و قابل تکرار منتقل شود که این انتقال باید قطعی باشد. MILCAN از دسترسی اولویت بندی شده به باس با گذردهی محدود پشتیبانی می کند. تعدادی سطوح واحد زمانی تعریف شده که هر کدام یک حداکثر تاخیر را تضمین می کنند. گره های مستقل فقط اجازه دارند که پیام را در زمان تخصیص داده شده منتقل کنند.

با فرض بیشترین طول داده برای هر پیام (۸ بایت) پروتکل MILCAN ارسال حداکثر ۱۵ پیام را در هر واحد زمان اصلی PTU<sup>۲</sup> تضمین می کند، که این ۱۵ پیام می تواند ۱۵ پیام سطح ۱ باشد. در عمل در هر PTU چندین پیام سطح ۱ و بقیه پیام ها از سطوح ۲ و ۳ و ۴ ارسال می شوند. این سطوح اولویت برطبق بیت های ۲۶ تا ۲۸ شناسه بدست می آیند.

همانطور که در جدول ۱ دیده می شود پیام ها از نظر اولویت به چند دسته تقسیم می شوند:

<sup>۱</sup> - Deterministic Message Transmission

<sup>۲</sup> - Primary Time Unit

سطح ۰ که بیشترین اولویت را داشته و شامل پیام های عملیاتی و سنکرون سازی و پیام های با Jitter کم می باشد. دسته دیگر پیام ها HRT<sup>۱</sup> هستند یعنی پیام هایی که تاخیر و زمانبندی<sup>۲</sup> هر دو مهم هستند. دسته دیگر SRT<sup>۳</sup> که زمانبندی مهم است ولی تاخیر بحرانی نیست. و دسته آخر NRT<sup>۴</sup> که نه تاخیر اهمیت دارد نه زمانبندی.

Priority (bits 28-26)	Message Transfer Performance Criteria
0 (highest)	Protocol Operation Messages (e.g.SYNC) and low jitter messages
1	HRT1 – Level 1, latency guarantee-within a PTU (2ms@1Mbit/s)
2	HRT2 – Level 2, latency guarantee 8 PTUs (16ms@1Mbit/s)
3	HRT3 – Level 3, latency guarantee 64 PTUs (128ms@1Mbit/s)
4	SRT1 – Level 2, latency guarantee 8 PTUs (16ms@1Mbit/s)
5	SRT2 – Level 3, latency guarantee 64 PTUs (128ms@1Mbit/s)
6	SRT3 – Level 4, latency guarantee 512 PTUs (1024ms@1Mbit/s)
7 (lowest)	Non Real Time (NRT), use any available space

جدول ۱- انتساب اولویت پیام

## MILCAN

اولین پیاده سازی MILCAN در یک خودروی جنگی بنام CR2<sup>۵</sup> در انگلیس انجام گرفت. در این تانک باس داده MILCAN ارتباط بین منابع پردازشی مختلف در خودرو را فراهم کرده و اطلاعات ضروری را برای فرمانده تانک و نیز راننده می فرستد تا روی نمایشگر ها نشان داده شوند. سعی بر این است با حداقل انتقال ها و داشتن انتقال قطعی، فرامین و اطلاعات به سرعت منتقل شوند.

<sup>۱</sup> - Hard Real Time

<sup>۲</sup> - Timing

<sup>۳</sup> - Soft Real Time

<sup>۴</sup> - None Real Time

<sup>۵</sup> - Challenger 2



در حال حاضر خودروهای جنگی دیگری نیز در انگلیس تحت عناوین TITAN، TROJAN و TERRIER با استفاده از MILCAN تولید شده اند.



شکل ۶- تانک CR2 که بر مبنای MILCAN پیاده سازی شده است.



شکل ۷- خودروی جنگی TROJAN که بر مبنای MILCAN تولید شده است.

هدف MILCAN ایجاد یک استاندارد باز بر مبنای تکنولوژی CANbus است که اتصال زیر سیستم ها در خودروهای جنگی را آسان کند. MILCAN انتقال قطعی<sup>1</sup>، Robust، قابل اطمینان و کم هزینه را فراهم می نماید.

---

<sup>1</sup> -Deterministic

- 1 . Basic MILCAN Specification Physical Layer IHSDB-APP-GEN-D- 030  
April 2001
2. Basic MILCAN Specification Data Link Layer IHSDB-APP-GEN-D-031  
April 2001
- 3 . Basic MILCAN Specification Application Layer IHSDB-APP-GEN-D- 032  
June 2001
4. Steven T. Majoewsky, MILCAN Adapting COTS CANbus to Military  
electronics, General Motors Defense Colin Davies, Radstone Technology