

Henryk URZĘDNICZOK

ROZWÓJ MAGISTRALI CAN W KIERUNKU STANDARDU MILCAN

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono skrótowo właściwości magistrali CAN oraz różne jej modyfikacje zwiększające pewność i efektywność transmisji danych, przydatne w zastosowaniach przemysłowych i wojskowych. W dalszym ciągu przedstawiono typowe wymagania stawiane systemom elektronicznym instalowanym w pojazdach o przeznaczeniu militarnym. Opisano najistotniejsze cechy standardu MilCAN wynikające ze specyfikacji dotyczących warstwy fizycznej, warstwy łącza danych i warstwy aplikacji. W zamierzeniu opracowanie to nie stanowi kompletnego opisu nowego standardu, ma jedynie zwrócić uwagę czytelnika na ten standard i naświetlić jego najistotniejsze cechy.

Słowa kluczowe: wetronika, pojazdy militarne, CAN, MilCAN

1. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA STANDARDU CAN

1.1. Wprowadzenie

CAN (Controller Area Network) jest rodzajem multipleksowanej magistrali szeregowej. Oparta jest ona na łączu dwuprzewodowym, stosuje zasadę pół-dupleksu, wykazuje znaczną efektywną szybkość przesyłu danych, szczególnie przy przesyłaniu krótkich wiadomości. Oferuje szybką komunikację (do 1 Mbit/s), pozwalając na kontrolę w czasie rzeczywistym. Zastosowane mechanizmy ograniczania i wykrywania błędów sprawiają, że jest to sieć szczególnie niezawodna w warunkach zakłóceń. Pierwotnie CAN była zaprojektowana do zastosowania w systemach wbudowanych, przede wszystkim dla przemysłu samochodowego, ale stała się magistralą popularną także w automatyce przemysłowej [1], w automatyce budynków i wielu innych zastosowaniach, w tym w sprzęcie militarnym [2,3]. W trakcie ponad 20-letniego rozwoju magistrala ta podlegała rozwojowi, licznym modyfikacjom i coraz lepszej standaryzacji. Obecnie trwają prace nad wykorzystaniem magistrali tego typu w zastosowaniach militarnych, szczególnie w systemach mobilnych.

1.2 Rozwój magistrali CAN

Pierwsze prace nad uniwersalną magistralą rozpoczęto w firmie Bosch już w początku lat 80. Oficjalna prezentacja CAN odbyła się na kongresie SAE w Detroit w 1986 roku. System ten został zaprezentowany przez Boscha jako Automotive Serial Controller Network. Pierwsze scalone kontrolery magistrali CAN opracowano w firmach Philips i Intel w 1987 roku, a w 1991 roku wydano publikację CAN 2.0 [1] opisującą protokół CAN Kingdom wprowadzający komunikację warstw wyższych w systemie automatyki. W rok później podjęto próby zastosowania CAN w automatyce przemysłowej. W 1994r. opublikowano standard ISO11898 i ISO 11519. W kolejnych latach pojawiają się standardy CANOpen oraz DeviceNet, a w 2000 roku TTCAN.

1.3. Podstawowe cechy i specyfikacja CAN

Wymiana danych następuje poprzez przesyłanie ramek wiadomości (komunikatów). W ramce komunikatu CAN brak jest pola adresu odbiorcy wiadomości. Każde urządzenie CAN może śledzić cały ruch na magistrali i decydować czy wiadomość jest dla niego "interesująca", czy też nie. Zawartość wiadomości jest określana przez identyfikator obecny w ramce wiadomości. Stosowany jest mechanizm arbitrażu (i pole arbitrażu) dla określenia priorytetu wiadomości. W praktyce pole arbitrażu bardzo często pełni rolę identyfikatora wiadomości.

Pierwotną specyfikacją dotyczącą ramek CAN jest specyfikacja firmy BOSCH. Wersja 2.0 tej specyfikacji dzieli się na dwie części:

- standardowy CAN wersja 2.0A (Standard CAN), używa 11 bitów identyfikacji,
- rozszerzony CAN wersja 2.0B (Extended CAN), używa 29 bitów identyfikacji.

Specyfikacja dotyczy trzech warstw modelu ISO/OSI: warstwy fizycznej, warstwy łącza danych i warstwy aplikacji.

Za pomocą CAN można teoretycznie połączyć do 2023 urządzeń w pojedynczej sieci, jednak z powodu ograniczeń sprzętowych praktycznie może połączyć tylko do 110 urządzeń. Dane transmitowane są za pomocą sygnałów na magistrali CAN, która zawiera dwa przewody, CAN-High i CAN-Low, przenoszące napięcia w trybie różnicowym. Warstwa fizyczna nie jest częścią standardu CAN Boscha. Zgodnie ze standardem ISO 11898 impedancja kabla powinna wynosić 120+/-12 omów. Powinna to być skręcona para, ekranowana lub nieekranowana. Trwają również prace nad jedнопrzewodowym standardem SAE J2411.

Poziomy napięcie, jak również inne charakterystyki warstwy fizycznej określone są w standardach ISO 11898. Standard ten odnosi się do szybkich aplikacji i zapewnia transmisję z szybkością do 1 Mbit/s. Standard ISO 11519 ogranicza szybkość do 125 kbit/s. Maksymalna długość magistrali jest zależna od szybkości transmisji. Przy długości 40m, szybkość może wynosić do 1 Mbit/s, natomiast przy długości 6km szybkość musi być zredukowana do 10 kbit/s.

1.4. Modyfikacje CAN

TTCAN (Time-Triggered Communication)

CAN jest protokołem komunikacyjnym, który wykorzystuje reakcje na zdarzenia. Mechanizm arbitrażu zaimplementowany w tym protokole zapewnia przesyłanie wiadomości w kolejności odpowiadającej jej priorytetowi. W wielu zastosowaniach istnieje jednak potrzeba zapewnienia konkretnego czasu, w którym wiadomości mają być przesyłane oraz przesłania ich nawet wtedy, kiedy magistrala będzie zajęta. Protokół CAN został zatem rozszerzony o standard ISO 11898-4, nazwany TTCAN - Time Triggered CAN. Komunikacja w tym protokole oparta jest na cyklicznym wysyłaniu wiadomości odniesienia (Reference Message) z czasem odniesienia (znacznik czasowy) przez specjalne urządzenie czasowe (zegar). Takie rozwiązanie sprawia, że wykonywanie każdej czynności może być wywołane taktem czasowym zsynchronizowanym w całym systemie. Podczas normalnego trybu arbitrażu możliwe jest wysyłanie bieżących wiadomości. Mechanizm synchronizacji czasowej został również wykorzystany w MilCAN.

DeviceNet

Specyfikacja DeviceNet opisuje system komunikacji do przesyłania danych pomiędzy elementami systemu automatyki przemysłowej. Protokół DeviceNet definiowany jest jako standard otwarty, w założeniach podobny do CAN. W warstwie fizycznej jest jednak rozwiązaniem uproszczonym - pozwala na redukcję kosztów okablowania i instalowania urządzeń w zastosowaniach w rozległych systemach automatyki przemysłowej. Stosuje się tanie przewody telekomunikacyjne łączące poszczególne urządzenia. DeviceNet może

wykorzystywać te same scalone kontrolery, które zostały zaprojektowane dla CAN do zastosowań motoryzacyjnych. Specyfikacja DeviceNet obejmuje:

- DeviceNet protokół komunikacyjny (warstwa aplikacji),
- CAN i jego użycie w DeviceNet (warstwa łącza danych),
- DeviceNet warstwa fizyczna i media transmisyjne,
- rodzaje urządzeń, w celu zapewnienia ich prawidłowego działania oraz wymieniałości.

Składnia komunikatów oraz rodzaje danych DeviceNet są analogiczne jak w CAN. Znaczenie przesyłanych danych określone jest w warstwie aplikacji.

CANopen

System ten został przedstawiony przez Boscha. W 1995 r. mechanizmy tego systemu zostały przedyskutowane przez grupę CIA (CAN in Automation) zrzeszającą międzynarodowych użytkowników i wytwórców, co zaowocowało pewną liczbą ulepszeń. Począwszy od wersji 4.01, specyfikacja systemu zawiera również specyfikację warstwy aplikacji. Wersja ta została zgłoszona do europejskiej organizacji standaryzującej jako EN50325-4.

Sieci CANopen mają szerokie zastosowanie, w szczególności jako systemy wbudowane. CANopen najczęściej jest instalowany w pojazdach (samochody, kolej, statki, samoloty), ale także w urządzeniach medycznych, w różnego rodzaju automatach i systemach informacyjnych oraz coraz częściej w systemach automatyki budynków.

CAN Kingdom

CAN Kingdom jest właściwie protokołem warstw wyższych, przede wszystkim warstwy aplikacji. Otwiera on możliwość projektowania systemu modułowego bez wnikania w szczegóły pracy poszczególnych węzłów i w to jak będą one zintegrowane oraz jakie protokoły warstw wyższych będą zastosowane. Wprowadza się mechanizm identyfikacji węzłów przy wykorzystaniu protokołu EAN/UPC. Zakłada się również stosowanie urządzeń typu „plug and play”. Podobny mechanizm jest proponowany w MilCAN.

2. STANDARD MILCAN

2.1. Wprowadzenie

Pojazdy mechaniczne, w tym pojazdy do zastosowań militarnych, wyposażone są obecnie w bardzo liczne podsystemy elektroniczne. Przyjęło się nawet specjalne określenie tego typu systemów: „wetrónica” (ang. vetronics – Vehicle electronics). Rozwój stwarza konieczność wzajemnej współpracy tych systemów, ich integracji w ramach jednego pojazdu przy wykorzystaniu magistral. Szczególne miejsce, ze względu na liczne wymienione wyżej zalety, zajmuje tu magistrala CAN, opracowana pierwotnie właśnie do zastosowań w pojazdach, aczkolwiek nie militarnych. Projektanci zauważają jednak [6,8], że ze względu na szczególnie wysokie wymagania stawiane systemom w pojazdach do zastosowań militarnych, dotychczasowe wersje magistrali CAN nie mogą w tym przypadku być w pełni funkcjonalne. Najważniejsze z tych wymagań to: ściśle deterministyczny mechanizm wymiany informacji, znaczna szybkość przesyłania danych, odporność na uszkodzenia przy trudnych warunkach pracy (wysoki poziom zakłóceń, narażenia mechaniczne i termiczne), redundantność, znaczną zdolność wykrywania i korekcji błędów transmisji danych, możliwość instalacji urządzeń bez wyłączania systemu itp. Należy wziąć pod uwagę także inne aspekty, na przykład uaktualnianie wyposażenia pojazdów wojskowych w okresie ich wieloletniej eksploatacji lub też kompatybilność podzespołów produkowanych przez różnych producentów. Magistrala CAN nie gwarantuje pracy w czasie rzeczywistym i innych wymienionych właściwości w rozumieniu wymagań formułowanych dla sprzętu wojskowego.

Podjęto prace nad opracowaniem nowego standardu magistrali CAN, określanego obecnie jako MilCAN, lepiej spełniającego wszystkie wymienione wymagania. Oparcie nowego standardu na magistrali CAN nie jest przypadkowe - wynika z sukcesu odniesionego przez to rozwiązanie w różnego rodzaju zastosowaniach. Gwarantuje to długookresowe wsparcie i dostępność urządzeń. Prostota CAN przy jej jednoczesnej elastyczności i efektywności sprawia, że podobne rozwiązanie wydaje się być atrakcyjne w zastosowaniach do pojazdów komercyjnych i militarnych. W założeniach MilCAN został pomyślany tak, aby zapewnić prostotę sprzęgania z innymi systemami wykorzystującymi magistralę CAN, szczególnie SAE J1939 i CANopen. Zasadniczym założeniem MilCANa jest, aby wykorzystać odniesienia do ISO 11898-1 za każdym razem, gdy jest to możliwe. Poza tym MilCAN bazuje również na J1939 i protokole CUP, opracowanym w Niemczech dla celów wojskowych. Uszczegółowione są jedynie te specyficzne odstępstwa i dodatki, które są wymagane, ze względu na wymagania zastosowań w pojazdach militarnych. Jest możliwe podłączenie urządzeń J1939 i MilCAN do tej samej magistrali. Urządzenia CANopen muszą być łączone poprzez tzw. mostek.

2.2. Specyfikacja MilCAN

W dokumentach [4] opracowanych przez organizację MilCAN zdefiniowane są dwa warianty standardu: MilCAN A i MilCAN B. Pierwszy z nich jest oparty na wersji CAN 2.0B z 29 bitowym identyfikatorem wiadomości i ma wiele podobieństw do SAE J1939. Podstawowa różnica dotyczy tego, że MilCAN A zapewnia deterministyczny transfer danych i obsługuje zarówno transmisję synchroniczną jak i asynchroniczną. MilCAN B oparty jest na identyfikatorze 11-bitowym dopasowanym do urządzeń zaprojektowanych dla magistrali CANopen.

Specyfikacja dla MilCAN składa się z kilku dokumentów dla każdego z wariantów - specyfikacji warstwy fizycznej, specyfikacji warstwy łącza danych i specyfikacji dla aplikacji. Dokumenty te wymieniono w tabelach 1 i 2. Wymagania formułowane w tych dokumentach dzieli się na trzy rodzaje: obowiązkowe, rozszerzenia wprowadzone opcjonalnie, rozszerzenia zależne od systemu (projektanta).

Tabela 1. Dokumenty specyfikujące MilCAN A

<i>Nazwa specyfikacji</i>	<i>Wersja</i>	<i>Data wydania</i>	<i>Numer specyfikacji</i>
MilCAN A Specification	2	październik 2007	MWG-MILA-001
MilCAN A Physical Layer Specification	3	maj 2003	IHSDB-APP-GEN-D-030
MilCAN A Data Link Layer Specification	4	marzec 2003	HSDB-APP-GEN-D-031
MilCAN A Application Layer Specification	2	marzec 2003	HSDB-APP-GEN-D-032
MilCAN A Management Layer Specification	1	maj 2003	HSDB-APP-GEN-D-036

Tabela 2. Dokumenty specyfikujące MilCAN B

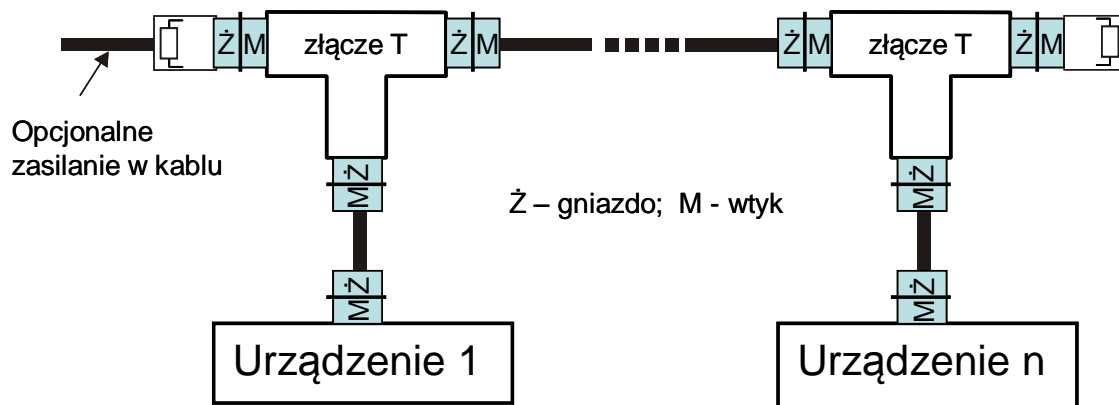
Nazwa specyfikacji	Wersja	Data wydania	Numer specyfikacji
MilCAN B Specification	2	wrzesień 2006	MWG-MILB-001
MilCAN B Physical Layer Specification	1	maj 2002	IHSDB-APP-GEN-D-033
MilCAN B Data Link Layer Specification	1	maj 2002	HSDB-APP-GEN-D-034
MilCAN B Application Layer Specification	1	maj 2002	HSDB-APP-GEN-D-035

Jak już wspomniano wyżej, standard MilCAN oparty jest na wcześniejszych wersjach magistrali CAN. Z tego względu w specyfikacjach MilCAN wprowadzono odniesienia do ISO 11898, wszędzie tam, gdzie było to możliwe.

Pełne przedstawienie standardu MilCAN nie jest możliwe w ramach krótkiego artykułu – informacje szczegółowe czytelnik może znaleźć w dokumentach stanowiących specyfikacje zbiorcze, wymienionych na pierwszych pozycjach w tabelach 1 i 2. Dokumenty te dostępne są na stronie internetowej organizacji MILCAN [4]. W dalszym ciągu niniejszego opracowania przedstawiono skrótowo jedynie najważniejsze cechy standardu MilCAN, bez odnoszenia się do analogii lub rozbieżności z innymi standardami opisującymi różne wersje magistrali CAN.

2.3. Warstwa fizyczna

MilCAN zaleca, aby sygnały były optoizolowane i zasilane z izolowanego źródła. W pojazdach militarnych musi być tolerowany szeroki zakres napięć zasilających oraz przepięć. Sprawia to, że źródła zasilania są często skomplikowane i drogie. MilCAN zmierza dalej niż ISO 11898-2 w koncepcji zasilania „in-cable” po to, aby efektywnie dostarczać zasilanie do oddalonych węzłów z centralnego źródła zasilania. Ta właściwość sprawia, że w warstwie fizycznej MilCAN wprowadza zalecenie dotyczące typu złącza - każde złącze mogące stanowić źródło zasilania, bez względu na topologię, musi być żeńskie. Przykład połączenia zgodnego z topologią liniową pokazano na rys. 1. Na rysunku tym uwidoczniło także umiejscowienie rezystorów dopasowujących na końcach linii (terminatorów).

**Rys. 1.** Połączenie urządzeń z zasilaniem w kablu, topologia liniowa

2.4. Warstwa łącza danych

MilCAN A stosuje tylko 29 bitowy rozszerzony format zdefiniowany przez ISO 11898-1. Ten format jest oparty na SAE J1939 po to, aby pozwolić na używanie dwóch formatów na tej samej magistrali, rozróżnianych poprzez bit typu protokołu (bit 25). Tak jak w każdym przypadku magistrali CAN dane są rozgłaszane, a bity 0 do 7 identyfikatora zawierają zwykle adres fizyczny urządzenia, które aktualnie wysyła, a nie urządzenia odbierającego. To sprawia, że wiele węzłów może rozpoznać źródło wiadomości i rozróżnić jednakowe wiadomości pochodzące z różnych źródeł. Warstwa łącza danych MilCAN definiuje również typy wiadomości i poziom priorytetu, używając bitów nr 26-28 identyfikatora ramki. Dzięki temu w warstwie aplikacji możliwe jest wykorzystanie mechanizmów priorytetu wiadomości.

Wiadomości wieloramkowe

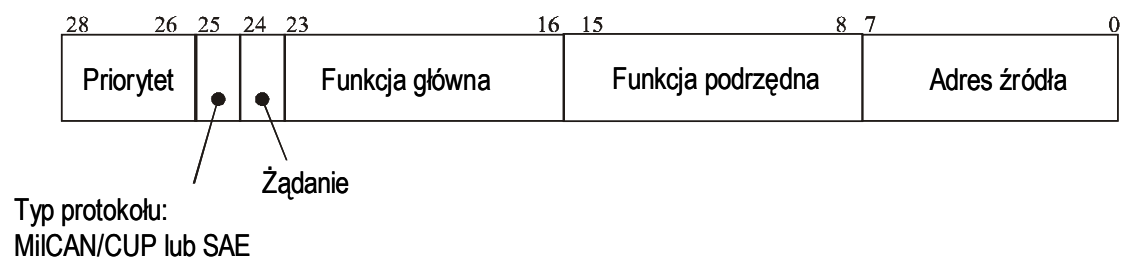
Jeżeli długość wiadomości przekracza 8 bitów, to musi ona zostać rozdzielona na kilka ramek. W zależności od natury danych może to być zrobione na jeden z dwóch sposobów. Dla zagwarantowania dostarczenia danych krytycznych ze względu na czas lub bezpieczeństwo, będą one normalnie transmitowane jako grupa pojedynczych wiadomości (ramek), każda z unikalnym identyfikatorem funkcji. Jeżeli zaś dane nie są krytyczne, to mogą one być przesłane jako wiadomość złożona z połączonych (zlinkowanych) ramek danych. Tego typu wiadomość jest nazwana wiadomością wieloramkową. Wymagany jest wówczas specjalny podprogram (tzw. handler) do umieszczania poszczególnych części w wiadomości wieloramkowej i dostarczenia jej do warstwy łącza danych.

2.5. Warstwa aplikacji

Warstwa aplikacji MilCAN realizuje metodę segmentowania wiadomości i stosuje elastyczny deterministyczny protokół po to, aby zachować zdolność do wprowadzania zmian zarówno wynikających z aplikacji, jak i z funkcji pojazdu.

Przydzielanie identyfikatora wiadomości

Stosowany jest 29-bitowy identyfikator MilCAN pokazany na rys. 2.



Rys. 2. Wykorzystanie pół 29 bitowego identyfikatora wiadomości

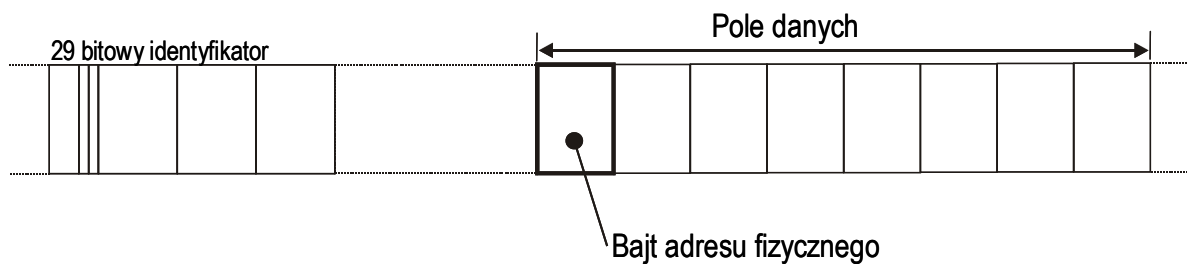
Bity 28-26 określają priorytet wiadomości, bity 23-16 określają jeden z 256 typów wiadomości, a bity 15-8 definiują jeden z 256 podtypów dla każdego typu. Określanie typów i podtypów pozwala grupować wiadomości np. według zadań (nawigacja, sterowanie mocą, urządzenia HMI, pozyskiwania danych itp.). Numerowanie typów i podtypów dokonywane jest sekwencyjnie, począwszy od zera, z opuszczeniem niewykorzystanych pozycji danej grupy. Takie podejście wykazuje szereg korzyści. Pozwala na:

- łatwe zgrubne filtrowanie np. tylko pierwszych ośmiu typów,
- dokładne filtrowanie określonych typów i podtypów,

- wsteczną kompatybilność, tzn. nowe wiadomości określonego typu „wyrastają” z wiadomości wcześniej wstawionych (właściwość dziedziczenia),
- proste uzupełnienie słownika wiadomości o zupełnie nowe typy.

Adresowanie „wieloinstancyjne”

Ten typ adresowania wynika z obserwacji, że gdy dokonywany jest wstępny przydział typu, liczba fizycznych instancji danej funkcji nie może być przewidziana. Przykładowo, jeżeli rozważy się funkcję sterowania kamerą, nie jest wiadomo ile kamer jest zainstalowanych, a ta liczba może być różna w każdym pojeździe. Dla rozwiązania tych wymagań, MilCAN wprowadza typ adresowania wieloinstancyjnego, które jest niezależne od typu wiadomości. W odpowiednich przypadkach element zawierający adres fizyczny jest umieszczony raczej w jednym z bajtów pola danych niż w polu adresu źródła (rys. 3).



Rys. 3. Wykorzystanie bajtu pola danych jako do wskazania adresu fizycznego

Takie rozwiązanie ma następujące zalety:

- adres źródła dotyczy węzła CAN i nie powinien być łączony z funkcją systemową, której używa ten węzeł dla dostępu do magistrali; przez umieszczenie adresu fizycznego w polu danych funkcje mogą być przenoszone z jednego węzła do drugiego;
- liczba fizycznych elementów w węźle może być zmienna, a powyższy schemat adresowania pozwala węzłom na ich rozróżnienie.

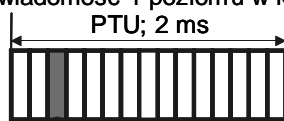
Obsługa wiadomości deterministycznych

Urządzenia podłączone do magistrali MilCAN różnią się znacznie możliwościami, dlatego też obsługa deterministycznego przesyłania wiadomości musi być dostępna zarówno przy skomplikowanych, jak i prostych urządzeniach. Ponadto niektóre urządzenia wymagają synchronizowanej komunikacji pomiędzy sobą, podczas gdy inne nie. MilCAN używa priorytetowego dostępu do magistrali ze skokowo przepustowym protokołem. To zapewnia determinizm dla tych urządzeń, które tego wymagają i zapewnia wystarczającą elastyczność dla tych, które tego nie wymagają. Zdefiniowano po prostu pewną liczbę poziomów jednostek czasu; każda gwarantuje określone opóźnienie i poszczególne węzły mogą transmitować jedną wiadomość w przydzielonym im czasie. Wiadomości o wysokim priorytecie (level 1) są zawsze typu Hard Real Time (HRT) i będą dostarczone jednokrotnie w każdej podstawowej jednostce czasu (Primary Time Unit, PTU), tzn. w ciągu 2ms przy szybkości 1 Mbit/s. Wiadomości o niższym priorytecie (level 2) mogą być HRT lub SRT (Soft Real Time) i jest zagwarantowane dostarczenie ich w ciągu 16 ms (8 PTU) i tak dalej odpowiednio. Zasada ta jest zilustrowana w tabeli 3 i na rys. 4.

Tabela 3. Przydział priorytetów wiadomości

Priorytet (bity 28-26)	Kryterium poziomu
0 (najwyższy)	Wiadomości operacyjne protokołu (np. SYNC)
1	HRT1 – Poziom 1, gwarantowane opóźnienie w ramach 1 PTU (2ms przy 1 Mbit/s)
2	HRT2 – Poziom 2, opóźnienie do 8 PTU (16ms przy 1Mbit/s)
3	HRT3 – Poziom 3, opóźnienie do 64 PTU (128ms przy 1Mbit/s)
4	SRT1 – Poziom 2, opóźnienie do 8 PTU (16ms przy 1Mbit/s)
5	SRT2 – Poziom 3, opóźnienie do 64 PTU (128ms przy 1Mbit/s)
6	SRT3 – Poziom 4, opóźnienie do 512 PTU (1024ms przy 1Mbit/s)
7 (najniższy)	Non Real Time (NRT), dowolny czas

1 x wiadomość 1 poziomu w każdym PTU



lub 8 x wiadomość 2 poziomu w każdych 8 PTU; 16 ms



lub 64 x wiadomość 3 poziomu w każdych 64 PTU; 128 ms

lub 512 x wiadomość 3 poziomu w każdych 512 PTU; 1024 ms

Rys. 4. Wykorzystanie mechanizmu jednostek czasu do przesyłania wiadomości o różnych priorytetach

Takie rozwiązanie wykazuje następujące cechy:

- wprowadza zróżnicowanie priorytetów wiadomości: HRT, SRT i NRT,
- zapewnia obsługę wiadomości zarówno zdarzeniową jak i periodyczną,
- nie ma ograniczenia co do ilości wiadomości w jednostce czasu, co zapewnia efektywną transmisję wiadomości o niskim priorytecie,
- pozwala na włączenie wiadomości synchronizujących jeden raz na jednostkę czasu dla tego węzła, który tego wymaga,
- zapewnia korekcję błędów transmisji, redukcję „jitteru” i innych błędów w timingu wiadomości.

Wsparcie dla synchronizacji pomiędzy urządzeniami.

Systemy elektroniki w pojazdach militarnych normalnie składają się z wielu rozproszonych podsystemów i w rezultacie zastosowana architektura komunikacyjna musi zapewniać

determinizm i koordynację wymiany danych. Protokół MilCAN definiuje wiadomość żądania synchronizacji (sync generator claim message) i sposób jej użycia jako części procesu arbitrażu. Jej źródłem jest generator synchronizacji, który rozgłasza ramkę synchronizacji w każdym PTU po to, aby umożliwić koordynację działań poszczególnych węzłów.

Naturalne wymaganie prężności dotyczy każdego militarnego systemu komunikacji i każdy węzeł, który żąda użycia ramki synchronizacji musi monitorować również jej brak. Jeżeli węzeł stwierdzi, że ramka synchronizacji jest spóźniona (z powodu uszkodzenia generatora synchronizującego lub przeciążenia magistrali), to musi wyzwolić ponowny proces żądania dostępu w celu ponownej synchronizacji. Raz uruchomiony proces żądania dostępu wymaga jedynie transmisji dwóch ramek. Pierwsza to wybrana transmisja i druga sygnalizująca węzłom utratę sygnału w celu anulowania ich procesów żądania dostępu. Nowy generator synchronizacji natychmiast rozpoczyna wysyłanie ramek synchronizujących.

3. PODSUMOWANIE

Obecnie specyfikacja MilCAN jest traktowana jako dokument doradczy, inicjujący proces w ujednoczenia komunikacji w sprzęcie militarnym. Jednakże zamierzenia są takie, aby stanowił on podstawę do opracowania otwartego standardu odpowiedniego do ratyfikowania w najbliższym czasie. Organizacja MilCAN udostępnia na swoich stronach internetowych specyfikacje standardu MilCAN, zastrzegając jednak, że ich wykorzystanie jest dobrowolne i wiąże się z wyłączną odpowiedzialnością użytkownika.

Standard MilCAN zapewnia zgodność zasad przesyłania wiadomości z protokołami istniejącymi wcześniej w sprzęcie militarnym, jednak bez gwarantowania ścisłej z nimi zgodności. Mimo fakultatywnego charakteru można przyjąć, że MilCAN spełnił swój najważniejszy cel, to jest dostarczył solidnej podstawy dla wykorzystania operatywności magistrali CAN w zastosowaniu do sprzęgania elektronicznych podsystemów w pojazdach wojskowych. Pojawiające się w literaturze [5-8] oraz na stronach internetowych opisy zastosowanych bądź projektowanych rozwiązań wskazują na to, że standard MilCAN będzie zdobywał coraz szersze uznanie wśród projektantów i konstruktorów systemów elektronicznych stosowanych w sprzęcie wojskowym.

4. LITERATURA

- [1] CAN Specification. Version 2.0., Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Germany, 1991.
- [2] MAJOEWSKY S., DAVIES C.: Adopting COTS CANbus to Military Vetronics. 8-th International CAN Conference, 2002, USA
- [3] TAYLOR G.: CANbus on Engineering Vehicles for the British Army. The 11-th International CAN Conference, Stockholm, 2006.
- [4] MilCAN Specifications. <http://www.milcan.org>
- [5] CHARCHALAKIS P., VASLAMAKIS G., CONNOR b., STIPIDIS E.: MilCAN and Ethernet. The 9-th International CAN Conference, Munich, 2003.
- [6] QABAZ A.: Implementation of MilCAN on Main Battle Tank, The 10-th International CAN Conference, Rome, 2005.
- [7] CHARCHALAKIS P.: MilCAN testbed based on VSI Standards, CAN Newsletter 3/2007, pp. 48-50.
- [8] MilCAN for Military Vehicles. CAN Newsletter, 1/2004, pp. 48-50.

DEVELOPMENT OF CAN-BUS TOWARDS MILCAN STANDARD

Abstract: More important properties of CAN bus are shortly presented in this paper. Some modifications aimed to improve of its data transfer effectiveness, useful in military and industrial applications are pointed. The typical requirements for the electronic interconnection systems installed in military vehicles are mentioned. The more important features of MilCAN standard included in its specifications concerning the three layers: physical, data link and the application one are described.

In assumption the main aim of this paper is not to completely describe new standard, but only to draw attention on this standard and shortly present its main features.

Keywords: vetronics, military vehicles, CAN bus, MilCAN

Recenzent: Holger ZELTWANGER