

Andrzej SUMOREK¹

ZRÓŻNICOWANIE PROTOKOŁÓW DIAGNOSTYCZNYCH, STERUJĄCYCH I MULTIMEDIALNYCH W POJAZDACH

Podzespoły elektryczne i elektromechaniczne pojazdu różnią się funkcjonalnością i szybkością działania. Jest to powód, dla którego pojazd wyposażony jest w kilka lub kilkanaście sieci informacyjnych również różniących się niezawodnością i szybkością komunikacji. Typowe opracowania dotyczące funkcjonowania sieci informatycznych pojazdów najczęściej dotyczą jednego typu sieci. W niniejszym artykule podjęto próbę porównania najważniejszych parametrów komunikacyjnych protokołów stosowanych w sieciach komunikacyjnych pojazdów.

THE VARIABILITY OF DIAGNOSTIC, CONTROL AND MULTIMEDIA PROTOCOLS IN VEHICLES

The electrical and electromechanical components of the vehicles differ in functionality and speed of operation. This is the reason why the vehicle is equipped with several types of information networks. The networks differ in reliability and speed of communication. Typical studies on the functioning of vehicles networks most often refer only one type of network. This article attempts to compare the main parameters of communication protocols used in vehicle communication networks.

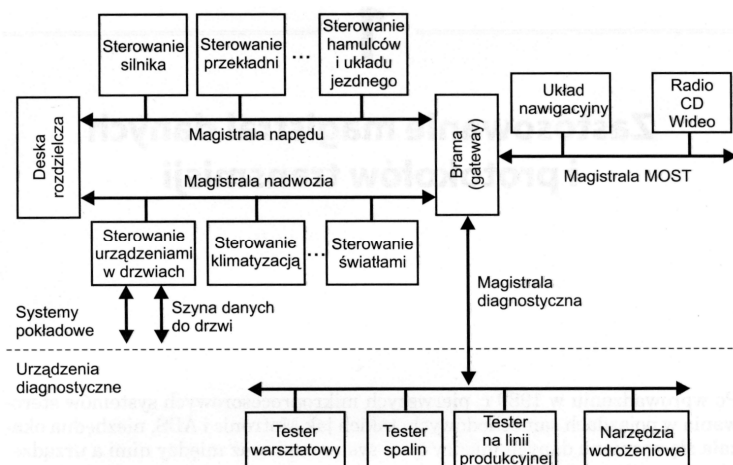
1. WSTĘP

Wśród użytkowników pojazdów można usłyszeć opinie o istnieniu w pojeździe tajemniczego komputera, którego zadaniem jest sterowanie wszystkimi podzespołami pojazdu. Praktyka warsztatowa i naukowa burzy jednak ten popularny pogląd. Pojazd jest obszarem, w którym współdziała kilka, kilkanaście, bądź kilkadziesiąt „komputerów”, które trafniej jest określać mianem sterowników, kontrolerów czy mniej lub bardziej skomplikowanych systemów wbudowanych. Współpracują one w grupach podobnie jak tradycyjne komputery (np. biurowe) i tak jak tradycyjne komputery tworzą sieci wymiany danych. O ile w przypadku komputerów najmniejsze sieci noszą nazwę sieci LAN (ang. Local Area Network), to w przypadku pojazdów sieci określa się terminem VAN (ang. Vehicle Area Network) [4].

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki; 20-817 Lublin; ul. Nadbystrzycka 38A, tel: + 48 81 538-4301, + 48 81 538-4299, Fax: + 48 81 538-4299, e-mail: a.sumorek@pollub.pl

Istnieje krytyczna różnica pomiędzy sieciami komputerowymi i sieciami pojazdowymi w poziomie administracji siecią. W przypadku sieci komputerowej właściciel sieci jest jej administratorem i ma możliwość definiowania zachowania, śledzenia aktywności, modyfikowania praw dostępu do sieci. Sieci pojazdów dają ich użytkownikom czyli kierowcom możliwość korzystania z sieci praktycznie bez jakiegokolwiek wpływu na sposób ich funkcjonowania (co może być uzasadnione). Niestety zależność ta przenosi się dalej, co oznacza, że pełny wpływ na funkcjonowanie każdej z pojedynczych sieci oraz ich współpracę ma tylko producent pojazdu. Niezależny punkt serwisowy często otrzymuje tylko informacje ogólne, wymuszone przez normalizację OBD, często niewystarczające do szybkiego i skutecznego usunięcia usterki w granicach kosztów akceptowanych przez właściciela pojazdu (a tym samym sieci VAN).

Zrozumienie istnienia zróżnicowanych wymagań w stosunku do komunikacji sieciowej doprowadziło do opublikowania w roku 1994 podziału sieci komunikacyjnych rozwijających się już od lat osiemdziesiątych dwudziestego wieku na trzy grupy [4, 7, 9]. Na podstawie rys. 1 można wnioskować o występowaniu minimum 4 typów sieci [16].



Rys.1. Zróżnicowanie zakresów zastosowań sieci i protokołów w pojazdach [16]

Do pierwszej grupy należy zaliczyć sieci diagnostyczne dedykowane do odczytu i wyszukiwania błędów funkcjonowania pojazdów. Do obsługi sieci służy specjalizowany tester diagnostyczny bądź komputer z dedykowanym oprogramowaniem. Jedynie ta sieć jest ustandaryzowana w części tak, aby przesyłane komunikaty były ujednoczone w zakresie kontynentalnym lub światowym.

Druga grupa sieci i protokołów, to rozwiązania mające na celu uproszczenie komunikacji pokładowej poprzez wprowadzenie magistral komunikacyjnych. Magistrale mają za zadanie ujednoczenie sposobu komunikacji najczęściej pomiędzy urządzeniami komfortu, ograniczenie długości okablowania i dalsze dodatkowe obniżenie kosztów budowy i użytkowania pojazdu.

Trzecia grupa sieci, stanowi rozwinięcie sieci grupy drugiej. Występuje w niej konieczność pracy w czasie rzeczywistym. Dzięki ścisłym wymaganiom czasowym, sieci

tej grupy obsługują systemy sterowania układami bezpieczeństwa (hamulce, poduszki powietrzne, ...) i napędowe (silnik, skrzynia biegów, ...).

Uzupełnieniem wymienionych uprzednio rozwiązań są protokoły i sieci obsługujące urządzenia multimedialne i komputerowe pojazdu. Charakteryzują się one wysoką przepustowością, większą nawet niż w sieciach x-by-wire (3-cia grupa). Jednocześnie mniejszy nacisk kładzie się na zagadnienia bezpieczeństwa komunikacji. Na rys. 1 sieci te symbolizuje magistrala MOST [2, 16].

Wymieniony powyżej podział na cztery grupy jest inny od klasyfikacji stosowanej w normie SAE J1850 [4, 7, 9]. W SAE J1850 wyspecyfikowano trzy klasy systemów komunikacji. Kryterium podziału stanowi grupa zastosowań połączona z przepustowością magistrali.

Podstawowym zadaniem urządzeń klasy A jest eliminacja klasycznej wiązki elektrycznej poprzez zastosowanie pojedynczego przewodu magistralnego. Komunikacja ma obsługiwać sygnały dwustanowe i ciągłe, służące sygnalizacji kierowcy stanów urządzeń wyposażenia pojazdu oraz umożliwiające sterowanie kierowcy i pasażerom urządzeniami (np. lusterka, szyby, blokada drzwi). Od protokołów i magistrali w klasie A oczekuje się przepustowości maksymalnej rzędu 10-25 Kb/s [9, 16].

Przy komunikacji w klasie B kluczowym czynnikiem wyeliminowanie nadmiarowych czujników i elementów wykonawczych. Efekt osiąga się poprzez zastosowanie jednej, wspólnej magistrali wymiany danych cyfrowych pomiędzy sterownikami. Prędkość wymiany danych za pomocą protokołu klasy B dochodzi do 125 Kb/s. Protokoły obsługi sieci klasy B to np. single-wire CAN, CAN 2.0, ISO 11898-1, ISO 11898-2, ISO 11898-3, J1850, SAE J1939 [7, 9].

Głównym czynnikiem stanowiącym o przynależności do klasy C jest możliwość przesyłania przez wspólną magistralę danych cyfrowych reprezentujących sygnały generowane w układach pracujących w czasie rzeczywistym. Komunikacja klasy C powinna także spełniać funkcje klas A i B. Przepustowość sieci powinna być utrzymana w zakresie 125÷1000 Kb/s. Przykładowe protokoły klasy C to GMLAN (high), HSCAN, ISO 11898, J1939 [7, 9].

Wydaje się, że najbardziej trafne zestawienie protokołów i systemów komunikacji zaproponowali Autorzy pozycji [16], które zostało przedstawione w tab.1. Zestawienie rozszerza klasyfikację SAE J1850 o rozwiązania komunikacyjne, które zostały opracowane po opublikowaniu normy.

Tab. 1. Klasyfikacja systemów transmisji danych na podstawie przepustowości sieci [16]

Klasa/zakres	Przepustowość	Zakres zastosowań
Diagnostyka	<10 Kb/s	Diagnostyka, testery
Klasa A	<25 Kb/s	Urządzenia komfortu
Klasa B	25-125 Kb/s	Elektronika nadwozia
Klasa C	125-1000 Kb/s	Układ napędowy, jezdny
Klasa C+	>1 Mb/s	X-by-wire
Infotainment	>10 Mb/s	Multimedia, informatyka

Dalsza część opracowania została poświęcona skonfrontowaniu parametrów czterech protokołów reprezentujących takie grupy zastosowań: diagnostyka (KWP 2000), obsługa urządzeń komfortu (LIN), obsługa elektroniki nadwozia (CAN), obsługa multimedialnych (MOST).

2. PORÓWNANIE PROTOKOŁÓW

2.1. Zakres zastosowań protokołu

Protokół **KWP 2000** (Keyword Protocol 2000), chociaż odchodzi się od niego w kierunku CAN, jest aktualnie najbardziej rozpowszechnionym protokołem diagnostycznym. Możliwa jest jego fizyczna obsługa poprzez magistralę K-Line, co zostało unormowane przez ISO 14230-3 lub za pomocą magistrali CAN, co opisuje ISO 15765-3. W artykule skupiono się na pierwszym rozwiązaniu. Zestawienie opisów sterowników ECU dotyczące 40 typów pojazdów popularnych na rynku europejskim, zamieszczone w pozycji [10], potwierdza występowanie jednego lub obu rozwiązań obsługujących KWP 2000 w większości przypadków. KWP 2000 jest typowym protokołem diagnostycznym. Pozwala na odczytanie kodów błędów zapisanych w pamięci sterownika lub sterowników oraz przeprowadzania sesji diagnostycznych w celu określenia bieżącego stanu elementów mechatronicznych.

Protokół **CAN** (Controller Area Network) wprowadzono w pojazdach w roku 1991. Rozwinięto go poprzez wiele specyfikacji i standardów dotyczących warstwy sprzętowej i warstwy aplikacji. Można zastosować go w każdej klasie komunikacyjnej A, B lub C. Stanowi jeden z najpopularniejszych protokołów komunikacji urządzeń przemysłowych. Jego popularność wynika z prostej budowy ramki komunikacyjnej, elastycznej konfiguracji sieci (łatwa rozbudowa i modyfikacja), skutecznego mechanizmu arbitrażu, stosunkowo wysokiego transferu danych. Protokół CAN w bieżącej wersji 2.0 musi być oparty na jednej z dwóch specyfikacji protokołu oznaczanych A i B różniących się w przydziale zadań warstwowym protokołu oraz długości identyfikatora ramki protokołu (11 lub 29 bitów) [1, 12, 13].

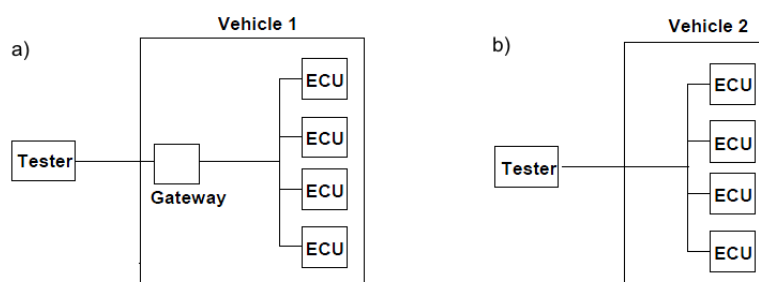
Protokół **LIN** (Local Interconnect Network) znajduje zastosowanie w komunikacji klasy B. Jest szeregowym protokołem komunikacyjnym do obsługi węzłów mechatronicznych w rozproszonych zastosowaniach komunikacyjnych. Prace nad LIN zapoczątkowano w roku 1998. Pierwsze zastosowanie elementów sieci LIN w samochodzie miało miejsce w roku 2001. Twórcy protokołu LIN zakładali, że komunikacja międzywęzłowa musi być 2-3-krotnie tańsza w porównaniu z CAN. Protokół sieci LIN ma znaleźć zastosowanie tam, gdzie wydajność, pasmo i pełna złożoność protokołu taka jak w przypadku CAN nie jest wymagana (lusterka, sterowanie siedzeń, ryglowanie drzwi) [8, 11].

Protokół **MOST** (Media Oriented Systems Transport) jest następcą innego rozwiązania multimedialnego o nazwie Domestic Digital Bus. Zadaniem magistrali MOST jest obsługa sieci o przepustowości wystarczającej do dostarczenia zawartości multimedialnej takiej jak strumienie audio, video, danych nawigacji satelitarnej, usług sterowania głosem, obsługi telefonii komórkowej i naziemnej [14, 15]. Przy projektowaniu magistrali i protokołu MOST dużo większy nacisk położono na zagadnienia sterowania i obsługi sprzętu definiując w specyfikacji gotowe funkcje ich obsługi [3, 16].

2.2. Topologia magistral i przepustowość sieci

Opisywane dotychczas protokoły i magistrale można spotkać w każdej ze znanych możliwych topologii sieciowych. Niektóre magistrale obsługują tylko jedną możliwą topologię, inne całą ich gamę. Przykładem protokołu, w którym preferowany jest tylko jedna topologia jest **LIN**. Sieć LIN pracuje praktycznie w topologii magistrali liniowej. Liczba węzłów w segmencie sieci, zwanym tutaj klastrem, nie powinna przekraczać 16 węzłów. Największa dopuszczalna długość magistrali to 40 m. Dwa stany logiczne odpowiadające logicznemu „0” i „1” uzyskuje się korzystając z potencjału masy pojazdu i potencjału akumulatora. Sieć może pracować z dwiema przepustowościami: standardową 20,0 Kb/s oraz zmniejszoną w przypadku niekorzystnej konfiguracji sprzętowej 10,4 Kb/s [6, 11].

W przypadku protokołu diagnostycznego **KWP 2000** teoretycznie wydaje się, że typową konfiguracją pracy sieci, jest konfiguracja punkt-punkt. Takie wrażenie może wywoływać sposób funkcjonowania protokołu, którego funkcjonowanie opiera się „odpytywaniu” kontrolerów pojazdu o stan, funkcje, czy wywoływanie działania funkcji. Fizyczna konfiguracja punkt-punkt występuje tylko w przypadku, kiedy tester musi komunikować się z pośredniczącym modułem bramy (rys. 2a). Jeśli moduł bramy nie występuje, dopuszczalne są konfiguracje magistrali liniowej i połączenia gwiazdowego (rys. 2b). Przepustowość wynika z zastosowanej warstwy fizycznej i w przypadku ISO 14230 wynosi 10,4 Kb/s [8].

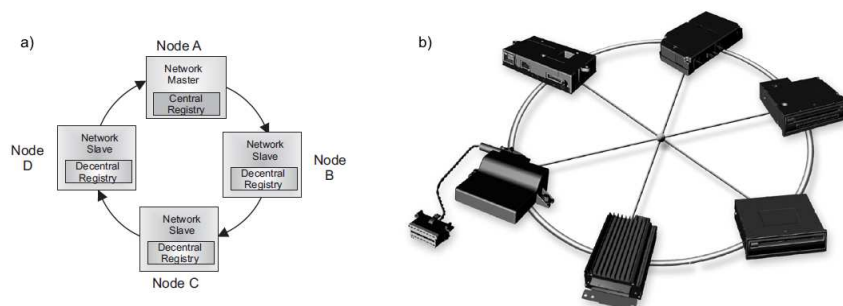


Rys.2. Współpraca testera sieci zgodnego z KWP 2000 ze sterownikami pojazdów [8]

Protokół i magistrala **CAN** wykazują największą elastyczność konfiguracji i można je stosować w każdej topologii. Strukturę linearną tworzą sterowniki połączone do tej samej magistrali. Liczbę węzłów w sieci linearnej CAN w praktyce ogranicza się do 32 i 128 w zastosowaniach specjalnych. Awaria jednego sterownika nie blokuje całkiem przepływu komunikatów. Wykorzystywana w sieciach CAN obsługujących sterowniki jednostki napędowej, układów bezpieczeństwa jazdy itp. Struktura gwiazdzista zawiera jednostkę centralną, która koordynuje przesyłanie informacji z pozostałych urządzeń. W przypadku jej uszkodzenia transmisja danych jest całkowicie zablokowana, więc taką topologię stosuje się w sieciach CAN urządzeń elektroniki nadwozia i komfortu. Cechą charakterystyczną dla topologii pierścieniowej jest kołowy obieg informacji. Zapewnia on wysoką niezawodność i dużą szybkość przesyłu. Sieci pierścieniowe zbudowane na bazie

tradycyjnych przewodów elektrycznych nie są popularne. W grupie protokołów CAN można oczekiwać dużej rozpiętości przepustowości w zależności od wybranej mutacji protokołu. Wartości przepustowości zmieniają się w zakresie od 10 kbit/s do 1 Mbit/s. Najszybsza wersja zgodna z ISO 11898-2 (High Speed CAN, klasa C) to transmisja w zakresie 250 kbit/s ÷ 1 Mbit/s. Jednoprzewodowa magistrala (single wire CAN) zgodna z normą SAE J2411 dysponuje przepustowością 33 kbit/s [1, 2, 12].

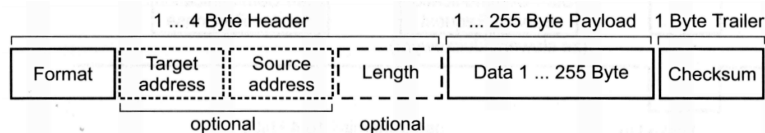
Protokół obsługi magistrali **MOST** nie ma krytycznego znaczenia dla bezpieczeństwa użytkowników pojazdu, ale charakteryzuje się najbardziej złożoną budową pod kątem konstrukcji protokołu i topologii sieci. Głównym kanałem komunikacyjnym jest światłowodowe połączenie pierścieniowe pomiędzy wszystkimi węzłami sieci, którym przesyłane są dane synchroniczne, asynchroniczne i sterujące. Mimo, że cała topologia tworzy pierścień, to względem siebie węzły sieci połączone są względem siebie w topologii punkt-punkt (rys. 3a) [5, 14]. To właśnie pierścień światłowodowy zapewnia niespotykaną dla uprzednio opisywanych magistral i protokołów, przepustowość rzędu 25, 50 lub 150 Mb/s (w zależności od wersji specyfikacji). Należy pamiętać, że oprócz szybkiego połączenia światłowodowego, węzły sieci połączone są strukturą gwiazdową za pomocą zwykłego połączenia kablowego (rys. 3b). Połączenie to ma za zadanie, tak jak w przypadku sieci Domestic Digital Bus, wspomaganie procesu wybudzania oraz umożliwienie poszukiwania punktu uszkodzenia pierścienia światłowodowego w przypadku jego awarii [16].



Rys.3. Prezentacja magistrali MOST: a) typowa, z zaznaczeniem istnienia pierścienia światłowodowego; b) z zaznaczeniem występowania dodatkowego, jednoprzewodowego, wewnętrznego połączenia elektrycznego [3]

2.3. Arbitraż i bezpieczeństwo danych

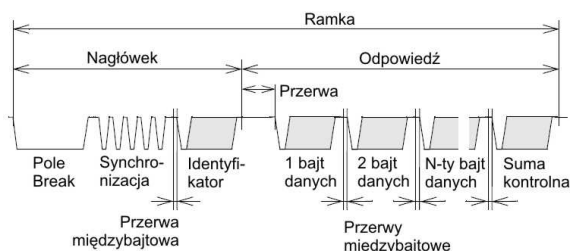
W przypadku protokołu **KWP 2000** trudno mówić o istnieniu typowego mechanizmu współzawodnictwa w dostępie do magistrali i konieczności prowadzenia arbitrażu. Komunikacja opiera się na wysyłaniu przez tester diagnostyczny komunikatów żądań oraz wysyłaniu, przez wymienione w żądaniu, sterowniki odpowiedzi. Stosuje się dwa rodzaje adresowania – fizyczne i funkcjonalne. Adresy fizyczne to ośmiobitowe słowa zadeklarowane przez producenta pojazdu. Adresy funkcjonalne definiuje się na podstawie normy SAEJ2178. Wybór stosowanego formatu adresowania deklarowany jest pierwszym komunikatu KWP 2000 (rys. 4) [16].



Rys.4. Ramka protokołu KWP 2000 [16]

Na podstawie struktury komunikatu (rys. 4) można wnioskować o zabezpieczeniach protokołu. Do wykrywania poprawności przesłania komunikatu mogą służyć dwa elementy komunikatu: zgodność długość komunikatu z bajtem danych deklarujących długość, zgodność sumy kontrolnej wysłanej przez nadawcę z obliczoną na podstawie. Dodatkowym elementem wpływającym na bezpieczeństwo komunikacji jest kontrola czasu oczekiwania na odpowiedź. Niezgodność przesyłanych komunikatów z jednym z czynników (długość, suma kontrolna, czas) powoduje ignorowanie żądań przez odbiorców, ponawianie żądań przez nadawców (przy braku „poprawnej” odpowiedzi).

LIN wymaga zastosowania jednego, dedykowanego nadrzędnego węzła master. Jego zadaniem jest sterowanie komunikacją poprzez wysyłanie nagłówków komunikatów stanowiących początkową część ramki komunikacyjnej. Czas i zawartość nagłówka ramki zdefiniowana jest za pomocą, definiowanej na poziomie projektu sieci, tablicy „Schedule table”. „Schedule table” zawiera sztywną informację o czasie i zawartości wysyłanego nagłówka. Węzeł master zgodnie z „schedule table” w konkretnych chwilach wymusza aktywność węzłów typu slave, pobiera lub dostarcza im wiadomości [11].

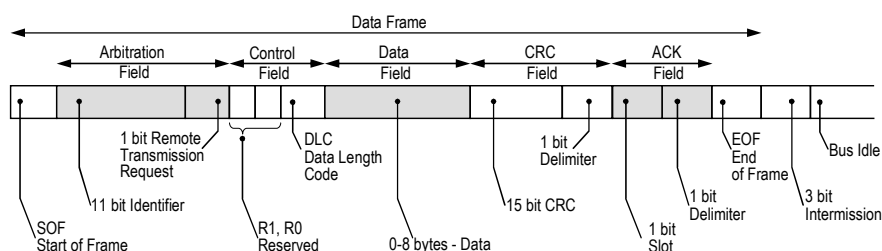


Rys.5. Ramka protokołu LIN [6, 11]

LIN wprowadza 3 metody zabezpieczeń komunikacji. Pierwsza z nich dotyczy zabezpieczania identyfikatora ramki za pomocą dodatkowych 2 bitów kontrolnych (6 bitów identyfikatora + 2 bity ochronne = 8 bitów nagłówka zabezpieczonego). Druga metoda wykrywania błędów to zamieszczanie jako ostatniego bajtu danych suma kontrolnej. Trzecia metoda kontrolowania transmisji polega na porównywaniu zgodności bitów transmitowanych z bieżącym stanem magistrali. O ile wykrywanie błędów jest realizowane w przedstawionym zakresie, to brak jest gotowych procedur korekcyjnych decydujących o retransmisji ramki. W takim przypadku wszystkie zadania związane z obsługą błędów muszą dodatkowo zostać ujęte w warstwie aplikacji obsługującej węzeł [6, 16].

Węzły magistrali CAN pracują w trybie multimaster tj. węzeł wysyła ramki, które nie zawierają konkretnego adresu nadawcy i odbiorcy. Informacje z magistrali pobiera węzeł,

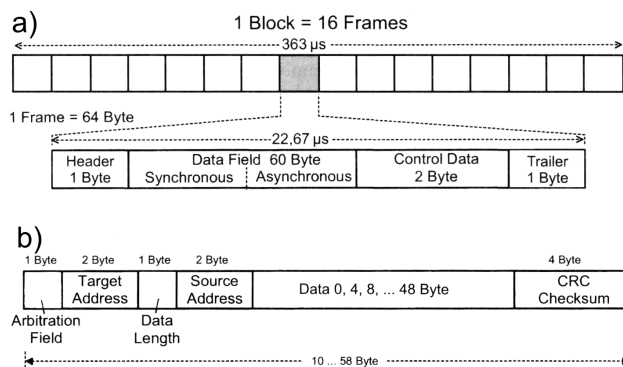
którego oprogramowanie uzna informacje za istotne. Jeśli minimum dwa węzły podejmą równocześnie nadawanie, arbitraż wykonywany jest w trakcie przesyłania bitów pola arbitrażu ramki komunikacyjnej („arbitration field” z rys. 6). Na magistrali pozostaje urządzenie, w którego polu arbitrażu występuje „więcej bitów dominujących” (większy priorytet komunikatu) Mechanizm arbitrażu zapewnia gwarancję wystąpienia na magistrali komunikatu o najwyższym w priorytecie w konkretnym momencie.



Rys.6. Struktura ramki protokołu CAN (A, Standard) [1, 12]

Protokół CAN w wersji 2.0B zawiera pięć sposobów wykrywania błędów. *Bit monitoring* polega na tym, że transceivery węzłów CAN prowadzą równoległe nadawanie informacji i kontrolę stanu magistrali. Jeżeli poziom bitu nadawanego i odczytanego bitu różnią się, to sygnalizowany jest błąd bitu. Mechanizm *bit stuffing* polega na tym, każde pięć kolejnych bitów o tym samym poziomie wzbogacane jest o dodatkowy szósty bit o przeciwnym poziomie do wychodzącego strumienia bitów. Jeżeli więc więcej niż pięć kolejnych bitów występujących na magistrali ma ten sam poziom, sygnalizowany jest „stuff error”. *Cyclic redundancy check* polega na wyliczaniu dla każdego transmitowanego bloku danych wielomianu kontrolnego po stronie węzła nadawczego i odbiorczego. *Acknowledgement check* opiera się na tym, że w strukturze komunikatu magistrali CAN, pomiędzy polem CRC, a bitem End of Frame zarezerwowano dwa bity (ACK Slot i ACK Delimiter). Jeśli węzeł odbierający wiadomość nie wykryje w wiadomości błędów, wprowadza do Acknowledgement Slot bit dominujący. *Frame check* polega na kontroli typowo stałego formatu większość pól ramki CAN (np. SOF, CRC Delimiter, ACK Delimiter, EOF). Jeżeli dowolny kontroler przyłączony do magistrali CAN wykryje niewłaściwą wartość w jednym z tych pól, sygnalizuje błąd typu frame error [12].

Sterowanie dostępem do magistrali **MOST** realizowane jest dwutorowo. Wynika to z podziału wszystkich typów przesyłanych danych na synchroniczne (obraz ruchomy, dźwięk), asynchroniczne (obrazy nieruchome, dane GPS, pakiety danych sieci komputerowej), sterujące (zarządzanie urządzeniami sieciowymi i konfiguracją sieci). W związku z tym już w trakcie uruchomienia pierścienia MOST tworzy się przydziały kanałów dla danych synchronicznych na poziomie warstwy aplikacji (rys. 7a). Dzięki temu komunikaty danych synchronicznych nie muszą dalej konkurować o obecność w ramce. Dane asynchroniczne konkurują o dostęp w zarezerwowanym dla nich asynchronicznym polu danych ramki za pomocą pola arbitrażu występującego na początku ramki (podobnie jak to ma miejsce w przypadku CAN) (rys. 7b). Podobnie sytuacja wygląda dla danych sterujących, przy czym pole arbitrażu ma 4 bajty.



Rys.7. a) Blok i ramka danych; b) synchroniczny pakiet protokołu MOST [3, 16]

Ze względu na złożoną budowę fizyczną magistrali MOST (światłowód i przewody metalowe), dużą przepustowość oraz złożony charakter danych, zapewnienie bezpieczeństwa przesyłu jest trudne. W warstwie fizycznej magistrala sprawdza poprawność zgłaszania się elementów sieci w takcie procesu spinania pierścienia. Dodatkowo okresowo sprawdzane są opóźnienia przesyłu pakietów optycznych czyli poziom rozszynchronizowania pierścienia. W warstwie protokołu stosuje się podobnie jak w CAN kontrolę CRC polegającą porównaniu wyliczanych sum CRC po stronie nadawcy i odbiorcy. Dodatkowa kontrola ramki polega na sprawdzeniu obecności i długości obowiązkowych pól ramki CAN wraz z pola danych deklarowaną w polu „length” ramki (rys. 7b).

3. WNIOSKI

Zaprezentowane powyżej zestawienie podstawowych cech protokołów i magistral komunikacyjnych stosowanych w pojazdach, a niekiedy w urządzeniach automatyki przemysłowej i gospodarstwa domowego, pozwala sformułowanie poniższych wniosków.

- Zróżnicowanie zadań, dla których zostały opracowane protokoły powoduje naturalną odmienność ich cech w zakresie możliwej do zastosowania topologii, przepustowości, sterowania dostępem do magistrali oraz sygnalizacji i obsługi błędów. Wyjątkiem w tym zakresie jest protokół CAN. Występują odmiany tego protokołu, które sprawdzają się w prawie wszystkich zastosowaniach oprócz zastosowań multimedialnych.
- Najczęściej spotykaną topologią sieci jest magistrala liniowa. Nieco rzadziej spotyka się układy gwiazdowe. W układach pracy testerów diagnostycznych dominuje układ punkt-punkt (tester-gateway sieci) lub układ magistrali liniowej. Sieci multimedialne wprowadzają nośniki optyczne i preferują magistrale pierścieniowe (MOST, D2B).
- Przepustowość sieci i szybkość pracy związanego z nim protokołu zmienia się w bardzo szerokim zakresie począwszy od 1,2 kb/s w zastosowaniach diagnostycznych, do planowanych 150 Mb/s w zastosowaniach multimedialnych.
- W ramach jednego pojazdu mogą współpracować protokoły, w których praktycznie nie występuje arbitraż (LIN, KWP 2000), przez protokoły z przydziałami czasu, aż po protokoły, w których arbitraż stosowany jest przy każdym dostępie do medium (CAN).

- W zależności od grupy zastosowań, protokół może dysponować wieloma mechanizmami wykrywania i obsługi błędów (CAN) lub jedynie okrojoną metodą wykrywania błędów i znikomą ich sygnalizacją (LIN).

Zróznicowanie cech protokołów skutkuje możliwością osiągnięcia wysokiej funkcjonalności podzespołów pojazdów oraz urządzeń wyposażenia wewnętrznego. Poza wzrostem funkcjonalności taka odmienność stanowi problem dla konstruktorów, których zadaniem jest wypracowanie płaszczyzny współpracy podzespołów komunikujących się różnymi językami/protokołami. Niejednolitość cech stanowi również poważny problem dla osób serwisujących pojazdy, które dysponują często jedynie urządzeniami pozwalającymi na kontakt z „pojazdem” jedynie na minimalnej płaszczyźnie wyznaczonej normami OBD.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bosch R. GmbH: *CAN Specification. Version 2.0*, Stuttgart, 1991.
- [2] Bosch R. GmbH: *Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2008.
- [3] Grzemba A.: *MOST - The Automotive Multimedia Network*, Frazis Verlag GmbH, 2008.
- [4] International Organization for Standardization: *ISO 11519-3 Road Vehicles – Low Speed Serial Data Communication – Part 3: Vehicle Area Network (VAN)*, 1994.
- [5] Kaparuk J.: *Pokładowe systemy diagnostyczne OBD i EOBD oraz sieci transmisji danych. Wybrane zagadnienia. Cz. 1*, Poradnik serwisowy, 4/2010, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski 2010.
- [6] LIN Consortium, 2006: *LIN Specification Package Revision 2.1*, <http://www.lin-subbus.org/index.php?pid=7&lang=en&sid=40196e2bfe83bdc51aa65e0d4f79ef26>.
- [7] Lupini C.A.: *In-Vehicle Networking Technology for 2010 and Beyond*, SAE International, USA 2010.
- [8] Magnusson L. (Mecel AB): *SSF 14230 Road Vehicles - Diagnostic Systems. Keyword Protocol 2000: Part 1 - Physical Layer*, 22.10.1997; *Part 2 - Data Link Layer*, 22.04.1967; *Part 3 - Application Layer*, 01.02.2000.
- [9] Merksiz J., Mazurek S.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2007.
- [10] Olszowiec P.: *Oznaczenia pinów dla sterowników ECU w wybranych pojazdach. Poradnik serwisowy*, 6/2010, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski 2010.
- [11] Sumorek A., Buczaj M.: *Przyszłość magistrali Local Interconnect Network*, Motrol - Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, tom 12, 2010, s. 145-157.
- [12] Sumorek A.: *Safe Communications Among Vehicle Sub-assemblies on the Basis of the Embedded Functions of CAN Protocol*, Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, vol. X, 2010, s. 432-439.
- [13] Widerski T., Kędzierski J.: *Samochodowe sieci informatyczne (CAN)*, Auto Moto Serwis, 4/2004, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski, s. 38-42.
- [14] Widerski T., Kędzierski J.: *Samochodowe sieci informatyczne (MOST)*, Auto Moto Serwis, 6/2004, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski, s. 35-37.
- [15] Widerski T.: *Samochodowe sieci informatyczne. Poradnik serwisowy*, 5/2005, Warszawa, Wydawnictwo Instalator Polski 2005.
- [16] Zimmermann W., Schmidgall R.: *Magistrale danych w pojazdach. Protokoły i standardy*, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności 2008.