

Michał ŚMIEJA  
Sławomir WIERZBICKI  
Jarosław MAMALA

PTNSS–2015–3503

## Application of Ethernet protocol for communication in onboard diagnostic systems

*Diagnostic system is a source of informations about the state of a vehicle. The diagnostic symptoms are in the form of raw sensor data, processed diagnostic informations or decisions inflicting object being diagnosed. Taking into account the meaning of this informations for safe and efficient use of a vehicle, the requirements for the reliability and information capacity are put on the systems that support them. A standard protocol for data exchange in the area of OBD diagnostics is CAN. Increasing complexity of drive systems control and their evolution towards hybrid systems or alternate power sources involves the increase of the onboard network transfer rate (which supports this objects diagnostics). One of the most plausible scenarios is replacing the CAN in onboard diagnostics is the application of widely used in other areas Ethernet protocol. Numerous experiences (performed by various engineers) with Ethernet 802.3 founds its reflection in application of this protocol in OBD systems.*

Key words: OBD, Ethernet, DoIP, CAN-FD, vehicle diagnostic

### Wykorzystanie protokołu Ethernet do komunikacji w systemach diagnostyki pokładowej pojazdów

*System diagnostyczny jest źródłem informacji o stanie pojazdu w postaci symptomów diagnostycznych w formie danych pozyskiwanych wprost z sensorów, przetworzonych informacji diagnostycznych lub gotowych decyzji wpływających na funkcjonowanie diagnozowanego obiektu. Mając na względzie znaczenie tych informacji dla bezpiecznej i efektywnej eksploatacji pojazdu na obsługujące je systemy komunikacji nakłada się określone wymagania dotyczące wiarygodności i przepustowości informacyjnej. Klasycznym obecnie protokołem wymiany danych w zakresie diagnostyki OBD jest sieć CAN. Wzrastająca złożoność układów napędowych pod względem ich sterowania oraz ewolucji w stronę systemów hybrydowych czy wykorzystania alternatywnych źródeł zasilania wiąże się z potrzebą zwiększenia przepustowości sieci pokładowych obsługujących te obiekty od strony systemów diagnostycznych. Jednym z najbardziej realnych scenariuszy zastąpienia CAN w systemach diagnostyki pokładowej wydaje się być zastosowanie szeroko wykorzystywanego w wielu poza motoryzacyjnych obszarach protokołu Ethernet. Liczne doświadczenia z Ethernet 802.3 znajdują swe odbicie w podejmowanych przez środowiska inżynierskie działaniach w kierunku aplikacji tego protokołu w systemach OBD.*

Słowa kluczowe: OBD, Ethernet, DoIP, CAN-FD, diagnostyka pokładowa

### 1. Wprowadzenie

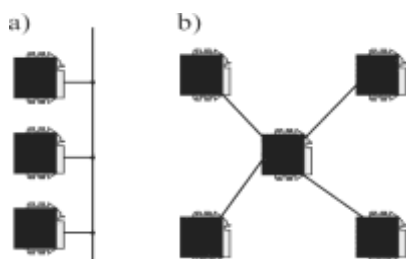
Równoległe do rozwoju obecnych w pojazdach samochodowych systemów mechatronicznych związanych z właściwą eksploatacją i diagnostyką układów napędowych, jak też systemów bezpieczeństwa czy komfortu następuje ewolucja systemów zapewniających efektywną i niezawodną wymianę informacji. Wymiana ta odbywa się zarówno wewnątrz obiektu, czyli pomiędzy podzespołami czy systemami pojazdu jak też pomiędzy pojazdem a systemami zewnętrznymi. W grupie strumieni komunikacyjnych pomiędzy pojazdem a otoczeniem zewnętrznym wymienia się na ogół przepływy danych związane z systemami lokalizacji GNSS i łączności GPRS. Z punktu widzenia efektywności i bezpieczeństwa eksploatacji najistotniejsze miejsce zajmują układy komunikacji odpowiedzialne za pozyskiwanie danych diagnostycznych informujących o stanie pojazdu. Klasyczne podejście do diagnostyki pojazdu związane z okresową kontrolą na

stacji diagnostycznej w coraz większym stopniu ustępuje bieżącej autokontroli systemu technicznego. Zbiór norm i standardów realizujących to zadanie pełni system On Board Diagnostic (OBD) [11]. W kontekście zagadnień sieciowych OBD zajmuje obszar zarówno komunikacji wewnętrznej jak i zewnętrznej. Efektywna wymiana danych pomiędzy podzespołami pojazdu odpowiadająca za przepływ sygnałów związanych ze sterowaniem wiąże się bezpośrednio z ich monitorowaniem i akwizycją na rzecz OBD. Struktura sieci wewnętrznej zbudowana w topologii liniowej z przyłączonymi przez system bram (Gates) podsieciami koncentruje się obecnie na sieciach CAN pełniących rolę głównej magistrali (tzw. BackBone). Liczba elementów terminalnych sieci w postaci indywidualnych sterowników którą we współczesnym samochodzie szacuje się na 70 do 140 i ciągle rośnie. Obserwowane w tym zakresie trendy sugerują zastąpienie CAN w roli głównej magistrali (BackBone) takimi

sieciami jak FlexRay czy Ethernet. Głównym argumentem jest tu ich wielokrotnie większa deklarowana specyfikacją przepustowość.

## 2. Ethernet jako alternatywa istniejących sieci pokładowych

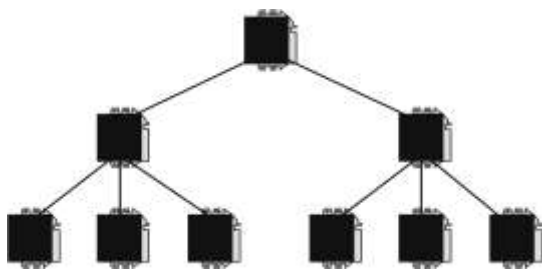
Tendencje w kierunku szerszego wykorzystania sieci Ethernetowych wpływają na formowanie się nowego podejścia do stosowanej w pojazdach architektury sieciowej [2, 5]. Klasyczne stosowane obecnie w motoryzacji schematy opierają się głównie na charakterystycznej dla CAN topologii liniowej rys. 1.a. Przedstawiony na rys. 1.b schemat sieci oparty na topologii gwiazdy przewidziany jest specyfikacją protokołu FlexRay.



Rys. 1. Topologia sieci wymiany danych: a) liniowa, b) gwiazdy

Fig. 1. Net topology: a) linear topology, b) star topology

Przeniesienie technologii Ethernet na grunt zastosowań motoryzacyjnych sugeruje ewolucję w stronę hierarchicznych sieci opartych o wykorzystanie wielu połączeń switchowanych przedstawionych schematycznie na rys. 2 [17].



Rys. 2. Hierarchiczna organizacja przełączanej sieci Ethernet

Fig. 2. Hierarchical switched Ethernet

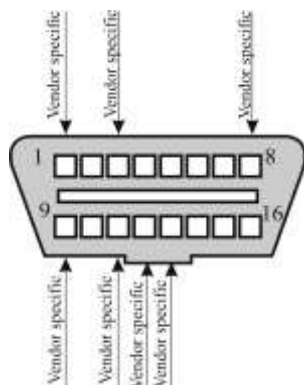
Stosowane na poziomie sterowania poszczególnych układów samochodu protokoły sieciowe to głównie CAN [4, 15, 20, 21, 24] w wersjach high i low speed, LIN oraz FlexRay [4, 16, 20, 23]. Kluczową rolę ze względu na OBD pełnią w tej grupie sieci odpowiedzialne za informacje związane ze sterowaniem układem napędowym, układem zawieszania i układami bezpieczeństwa. Ze względu na prędkość przesyłu, stopień determinizmu czasowego i stosowanie mechanizmu kontroli transmisji wykorzystuje się tu sieci CAN i FlexRay. Jakkolwiek bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo i

sprawność pojazdu pozostałych układów takich jak sterowanie klimatyzacją czy ustawienia foteli pozostaje drugorzędny, to związane z nimi sieci komunikacyjne muszą być rozważane w kontekście bezpieczeństwa danych całego systemu informatycznego samochodu, włączając w to warstwę diagnostyki. Jednym z decydujących o tym czynników jest zapobieganie potencjalnym atakom sieciowym dokonywanym z poziomu któregoś ze sterowników wchodzących w skład np. systemu sterowania wyposażeniem nadwozia.

Współpraca z zewnętrznymi systemami diagnostycznymi realizowana jest we współczesnych samochodach w sposób scentralizowany. Klasycznym zadaniem takiej komunikacji jest wymiana danych z testerem diagnostycznym. Rolę centralnego punktu koncentrującego przepływ informacji diagnostyczny pełni jeden ze sterowników pojazdu połączony ze standardowym interfejsem w postaci tzw. gniazda DLC. Wykorzystanie tego złącza przewiduje komunikację wg protokołów: k-line, SAE J1850 oraz CAN. Ponieważ od 2008 roku pojazdy obowiązkowo wyposażone muszą być w interfejs CAN, należy się spodziewać że wraz z wycofywaniem z eksploatacji starszych pojazdów, w których aplikowane były pozostałe wymienione protokoły, funkcja złącza ograniczać się będzie do roli interfejsu CAN. W dalszej perspektywie należy się jednak spodziewać zastąpienia go złączem o większej przepustowości. Mimo 10-krotnie większej prędkości transmisji nie rozważa się w tym kontekście protokołu FlexRay, którego specyfika podyktowana jest raczej pierwotnymi założeniami o dedykowaniu tych sieci do zastosowań X-by-Wire. Takie mechanizmy jak bus guardian czy duże możliwości redundancji np. równoległa transmisja w dwu liniach, zapewniają w sposób oczywisty wysokie bezpieczeństwo danych. Maksymalne zakładane prędkości transmisji FlexRay na poziomie 10Mbit/s pozostają jednak na znacznie niższym poziomie niż 100Mbit/s proponowane obecnie przez Ethernet [14]. Pierwsze kroki w zakresie wykorzystania protokołu Ethernet w zastosowaniach OBD podjęła w roku 2008 firma BMW. Ze względu na obowiązujące przepisy nie wprowadziła ona nowego złącza diagnostycznego, wykorzystując wolne piny (vendor specific) interfejsu DLC których lokalizacje przedstawiono na rys. 3.

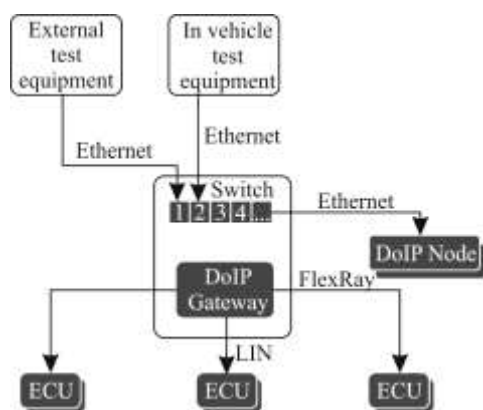
Połączenie systemu diagnostyki pokładowej z zewnętrznym testerem odbywa się w przedstawionym przypadku za pośrednictwem dedykowanego przewodu zakończonego od strony pojazdu złączem DLC a od strony testera wtykiem RJ45 zgodnym z normą T568A [26]. Wykorzystanie powszechnie stosowanego złącza RJ45 kształtuje nowe podejście do sposobu pozyskania i wykorzystania danych diagnostycznych. Obecność fizycznego interfejsu ethernetowego, którym jest RJ45 pozwala na dostęp do niego z poziomu większości komputerów osobistych. W takiej sytuacji kwestia przygotowania czy

modyfikacji testera diagnostycznego pozostaje w sferze czysto softwarowej. Niezwykle istotne jest tu również otwarcie krótkiej drogi dostępu do wielu sprawdzonych mechanizmów, opartych o łącza internetowe, takich jak budowanie baz danych, serwis „on line” itd.



Rys. 3. Lokalizacja wolnych pinów złącza DLC  
Fig. 3. Location of free lines of DLC

Schemat koncepcji diagnostyki pojazdu poprzez protokół internetowy przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Schemat koncepcji diagnostyki pokładowej z wykorzystaniem protokołu internetowego [19]  
Fig. 4. On Board Diagnostic Using Internet Protocol [19]

Idea ułatwienia dostępu do informacji diagnostycznej przez ustandaryzowanie warstwy sieciowej i transportowej modelu OSI sieci motoryzacyjnych [1], ujęta została w formalny sposób w normie ISO 13400 znanej również jako Diagnostic over Internet Protocol (DoIP) [8]. Komunikacja wg DoIP realizowana jest przez identyfikację diagnozowanego obiektu, ustalenie ścieżki komunikacji i właściwą wymianę informacji diagnostycznej.

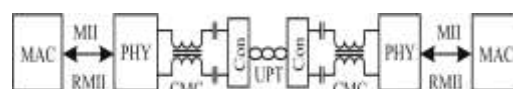
Warstwa danych DoIP (ISO13400-3) opiera się na Ethernet 802.3 oraz opisuje wymagania warstwy fizycznej.

Szeroki dostęp do danych na temat stanu pojazdu, w tym do kodów błędów Diagnostic Trouble Codes (DTC), z perspektywy internetu daje zupełnie nowe możliwości wykorzystania ich nie tylko jako doraźnej informacji pomocnej przy usprawnieniu poszczególnego pojazdu ale również jako mate-

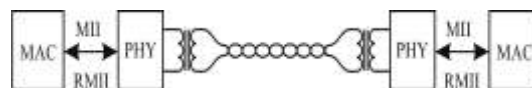
riał statystyczny mogący w znacznym stopniu przyspieszyć rozwój konstrukcji na wielu poziomach produkcji.

Ewolucja systemów diagnostycznych jest ściśle związana z diagnozowanymi obiektami tak pod względem rodzaju pozyskiwanych informacji jak i warunków w których obiekty te funkcjonują.

Jednym z istotnych czynników wyznaczających kierunki podejmowanych prac nad warstwą fizyczną Ethernet był rozwój pojazdów elektrycznych i hybrydowych, a co za tym idzie podwyższone wymagania w stosunku do systemów elektronicznych i kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) [6, 7]. Jedną z akceptowanych przez liderów rynku motoryzacyjnego technologii jest Broad R-Reach Technology przedstawiona schematycznie na rys. 5, która dzięki zastosowaniu sprzężenia pojemnościowego w miejsce tradycyjnych transformatorów jak na rys. 6, przy wykorzystaniu przewodu UTP wykazuje pożądane właściwości i relatywnie niską cenę, zachowano przy tym też ważną cechę klasycznego interfejsu Ethernet 802.3, jaką jest izolacja złącza na poziomie warstwy fizycznej. Właściwość ta pozwala uniknąć licznych problemów z różnicami potencjałów pojawiającymi się pomiędzy uczestnikami transmisji.



Rys. 5. Schemat realizacji Broad R-Reach Technology warstwy fizycznej Ethernet 802.3  
Fig. 5. Broad R-Reach Technology Ethernet 802.3 phy connection



Rys. 6. Schemat realizacji klasycznej warstwy fizycznej Ethernet 802.3  
Fig. 6. Classic Ethernet 802.3 phy connection

Dalsze modyfikacje w warstwie fizycznej Ethernetu uwzględniające zwiększenie prędkości transmisji i zmniejszenie wagi okablowania prowadzone są grupie roboczej PHY Study Group IEEE pod nazwą Reduced Twisted Pair Gigabit Ethernet [9, 18]. Prognozowane zatwierdzenie tego standardu datuje się na 2016 r.

### 3. Parametry transmisji i bezpieczeństwo danych

Wzrost prędkości transmisji związany jest ze zwiększoną konsumpcją energii przez urządzenia sieciowe. W [3] porównuje się przykładowe zużycie energii transceivera ethernetowego warstwy fizycznej 1000Base-T odpowiadającego prędkości transmisji 1 Gbit/s na poziomie 0.5W do 10GBase-T (10 Gbit/s) na poziomie 5W. Obok zwiększonych strat energii dodatkowym czynnikiem nadającym

wagę temu faktowi jest konieczność stosowania rozwiązań ograniczających wzrost temperatury elementów elektronicznych. Kwestia sprawności energetycznej urządzeń sieciowych pracujących w standardzie Ethernet była przyczyną podjęcia prac nad standardem 802.3az znanym jako Energy Efficient Ethernet (EEE). Istotą EEE jest wprowadzanie magistrali w tzw. low power idle state (LPI) funkcjonujące jako obniżone zużycie energii (low power) w stanach sieci określanych jako jałowe/bezczynne (idle) pomiędzy stanami aktywnej transmisji (active). Zużycie energii w stanie low power transceiverów sieciowych może być obniżone nawet do 10% zużycia w stanie active. Na rys. 7 przedstawiono schemat transmisji w trybie EEE uwzględniając stany przejścia do aktywnej transmisji, stany Idle oraz krótkie stany odświeżania (refresh) służące utrzymaniu połączenia.



Rys. 7. Aktywność magistrali przy zastosowaniu standardu IEEE 802.3az

Fig. 7. Bus activity in IEEE802.3az standard

Duże możliwości zmniejszania obciążenia sieci pozostają po stronie projektantów konkretnych systemów sieciowych. Znaczenie informacji zawartej w przesyłanym pakiecie z punktu widzenia odbiorcy jest ograniczone właściwie tylko do przesyłanych danych takich jak np. kod błędu czy wartość któregoś z monitorowanych parametrów eksploatacyjnych. Pozostała część pakietu niezbędna do prawidłowego funkcjonowania sieci, np. właściwego adresowania czy kontroli poprawności przesyłu, zwiększa tylko obciążenie sieci. Wymiar przenieszonej informacji w pierwszym przypadku nazywany transferem netto w stosunku do pełnej informacji uwzględniającej stosowanie transmisja zwanej transferem brutto wpływa bezpośrednio na efektywne wykorzystanie sieci. Takie podejście do wymiany informacji podlega oczywiście licznym uwarunkowaniom związanym z wymaganymi w konkretnym przypadku reżimami czasowymi jak również ze strukturą źródeł informacji po stronie nadajnika. Przyjmując klasyczny model kolejki FIFO dla informacji pochodzących z jednego źródła może pojawić się opóźnienie w przekazaniu danych do węzła odbiorczego związane z czasem uzyskania założonej wielkości pakietu. Jeśli dane składające się na pakiet dostępne są jednocześnie z wielu źródeł, bądź pozyskiwane są z jednego źródła w sposób ciągły, czas opóźnienia w dostarczeniu ostatniej danej może zostać skrócony o czas potrzebny do wielokrotnego przesłania części danych kontrolujących transmisję. Czynnikiem porównania obowiązującego na obecną chwilę interfejsu diagnostycznego CAN do rozważanego w artykule protokołu Ether-

net w kwestii prędkości transmisji należy zwrócić uwagę na fakt znacznego wzrostu możliwości transmisyjnych tego pierwszego w związku z jego kolejnym datującym się na 2012 wydaniem w wersji CAN-FD [12, 25]. Najistotniejszą cechą decydującą o wzroście prędkości transmisji to przewidziana tym protokołem możliwość zredukowania czasu trwania pojedynczego transmitowanego bitu. Dopuszczalna długość pola danych CAN-FD powiększona została do 64 bitów. Z punktu widzenia adaptacji istniejących sieci CAN do standardu CAN-FD istotny jest fakt że węzły CAN-FD akceptują wiadomości przesyłane w klasycznym standardzie CAN. Uzyskane w czasie testów prędkości transmisji CAN-FD na poziomie 2,5 Mbit [25] są jednak znacznie niższe niż uzyskiwane przy wykorzystaniu sieci Ethernet.

Ważnym aspektem w zastosowaniach protokołów sieciowych jest bezpieczeństwo przesyłanych danych. Podstawowa grupa czynników decydująca o tym czy system wymiany danych jest dostatecznie wiarygodny, a tym samym czy decyzje podejmowane na podstawie przekazywanych informacji są zgodne z założonymi algorytmami. Związane jest z niezamierzonymi oddziaływaniami środowiska bądź niewłaściwą konstrukcją sprzętu czy oprogramowania. Pierwszy etap eliminacji takich zagrożeń odbywa się na etapie projektowania i produkcji. W zakresie oprogramowania kluczową rolę odgrywa standard MISRA wywodzący się z Motor Industry Software Reliability Association, obligujący do zapewnienia przejrzystości i przenośności kodu źródłowego. Najistotniejszym składnikiem bezpieczeństwa na etapie eksploatacji sieci wymiany danych jest możliwość wykrycia przekłamań przez kontrolę poprawności transmisji z wykorzystaniem porównania tzw. cyklicznego kodu nadmiarowego CRC dołączanego do przesyłanych wiadomości [13].

Jako klasyczną miarę zdolności protokołu sieciowego do wykrywania różnicy między informacją wysłaną a otrzymywaną między dwoma węzłami sieci wykorzystywany jest dystans Hamminga. Dla transmisji CAN oraz CAN-FD dystans Hamminga wynosi  $HD=6$ . W celu zapewnienia stałej wartości  $HD$  w CAN-FD algorytm obliczania CRC różni się czynnikami wielomianu generującego w zależności od długości pola danych ramki wiadomości. Szczegółowe informacje na ten temat zawarto w [25]. W przypadku transmisji Ethernet, wskaźnik  $HD$  przyjmuje różne wartości w zależności od długości analizowanego ciągu bitów, przykładowo:  $HD=8$  dla 91bitów,  $HD=7$  dla 171bitów,  $HD=6$  dla 268bitów,  $HD=5$  dla 2974bitów.

Niezwykle szeroki obszar zagadnień dotyczących kwestii bezpieczeństwa związany jest z zamierzonym aktywnym oddziaływaniem na magistralę danych w celach nieuprawnionego dostępu do informacji, jak też bezpośrednio do zarządzania funkcjonowaniem pojazdu. Wraz z importem do obsza-

rów diagnostyki skomunikowanych w standardzie IP, sprawdzonych w aplikacjach internetowych usług i protokołów takich jak np. DHCP, ARP, NDP, TCP, UDP pojawia się cała grupa towarzyszących im zagrożeń. Interesujące opracowanie w tym zakresie przedstawiono w [10].

## Podsumowanie

Pierwotna koncepcja towarzysząca powstawaniu OBD dotycząca dostępu do informacji diagnostycznej wychodzi daleko poza okresową kontrolę w warsztacie. Pod tym kątem szerokie wykorzystanie Ethernetu 802.3 wydaje się być najbardziej prawdopodobnym scenariuszem rozwoju komunikacji w branży motoryzacyjnej.

Intensywne prace nad kolejnymi coraz szybszymi wersjami sieci internetowych wraz z ciągle wzrastającą popularnością mobilnych urządzeń umożliwiających transfer ogromnych ilości danych coraz wyraźniej kreują rzeczywistość tzw. Internet of Things. Rola środków transportu w funkcjonowaniu cywilizowanych społeczeństw lokuje w tej rzeczywistości pojazdy samochodowe na najbardziej znaczących miejscach. Skala wymagań w stosunku do konieczności zapewnienia bezpieczeństwa oraz racjonalnego gospodarowania zasobami energii jednoznacznie wskazuje na potrzebę dalszego rozwoju sprawnej wymiany informacji. Widoczna ekspansja protokołu Ethernet 802.3 w zastosowaniu motoryzacyjne potwierdza jego zalety w kontekście realizacji tego celu.

## Skróty i oznaczenia

OBD – On Board Diagnostic  
DoIP – Diagnostic over Internet Protocol  
ECU – Electronic Control Unit  
EMC – ElectroMagnetic Compatibility  
CAN – Control Area Network  
CRC – Cyclic Redundancy Code  
DLC – Data Link Connector

LPI – Low Power Idle  
DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol  
ARP – Address Resolution Protocol  
NDP – Neighbor Discovery Protocol  
TCP – Transmission Control Protocol  
UDP – User Datagram Protocol  
HD – Hamming Distance

## Literatura

- [1] Aboubacar D.: *OSI layers in automotive networks*. IEEE 802.1 Plenary Meeting – Orlando 2013-03-20.
- [2] Bruckmeier R.: *Ethernet for Automotive Applications*, Freescale Technology Forum, Orlando, 2010.
- [3] Christensen K., Reviriego P., Bruce N., Bennett M., Berkeley L.M.M., Maestro J.A.: *IEEE 802.3az: The Road to Energy Efficient Ethernet*. IEEE Communications Magazine, November, 2010.
- [4] Fryśkowski B., Grzejszczyk E.: *Systemy transmisji danych*. WKiŁ, Warszawa, 2010.
- [5] Hammerschmidt C.: *Ethernet to gain ground in automotive applications*. EETimes, 03.02.2011.
- [6] Hank P., Muller S., Vermesan O., Van D.K.J.: *Design automotive Ethernet: in-vehicle networking and smart mobility*. Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), 2013.
- [7] Hank P., Suermann T., Müller S.: *Automotive Ethernet: Evolution in the fast lane*. EETimes, 2013.
- [8] Johanson M., Pal D., Söderberg A.: *Remote vehicle diagnostics over the internet using the DoIP protocol*. The Sixth International Conference on Systems and Networks Communications, 2011.
- [9] Kirsten M.: *Structural support for developing automotive Ethernet*. 3RD Ethernet&Ip @Automotivetechnology Day Leinfelden-Echterdingen, 25-26.9.2013.
- [10] Lindberg J.: *Security analysis of vehicle diagnostics using DoIP master of science thesis in the programme networks and distributed systems*. Göteborg, Sweden, May 2011.
- [11] Merksiz J., Mazurek S.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*. WKiŁ, Warszawa, 2007.
- [12] Pradeep Y.B.: *CAN-FD and Ethernet create. Fast reliable automotive data buses for the next decade*. Automotive Compilation ATMEL, 2013.
- [13] Rahmani M., Muller-Rathgeber B., Steinbach E.: *Error detection capabilities of automotive network technologies and Ethernet – A comparative study*. Intelligent Vehicles Symposium, 2007 IEEE, Istanbul.
- [14] Steinbach T., Korf F., Schmidt T.C.: *Comparing time-triggered Ethernet with FlexRay: An evaluation of competing approaches to real-time for in-vehicle networks*. 8th IEEE intern. Workshop on Factory Communication Systems, Piscataway, 2010.
- [15] Śmieja M.: *Car subassembly management with CAN*. Journal of KONES, Vol. 16, 2009.

- [16] Śmieja M.: *FlexRay networks in modern motorcars*. Journal of KONES, Vol. 17, 2010.
- [17] Schönember P.: *Introduction of Ethernet*. 6 Thvector Congress, Stuttgart, 2012.
- [18] Werner H., Schaal S.M.: *Challenge of Ethernet use in the automobile*. Vector Technical Article, 2013.
- [19] Weber M.: *The future of Ethernet in AUTOSAR*. 7<sup>th</sup> AUTOSAR Open Conference Detroit, 2014.
- [20] Zimmermann W., Schmitgall R.: *Magistrale danych w pojazdach*. WKiŁ, Warszawa, 2008.
- [21] *Sieci wymiany danych w pojazdach samochodowych*. BOSCH - informator techniczny, 2008.
- [22] AUTOSAR, *Requirements on Ethernet support in AUTOSAR*, V1.0.0 R4.0 Rev. 1, 2009.
- [23] *FlexRay communications system protocol specification*. Version 2.1, Revision A.
- [24] *CAN Specification Version 2.0*. Robert Bosch GmbH, Stuttgart 1991.
- [25] *CAN with Flexible data-rate specification version 1.0 BOSCH*. (released April 17th, 2012)
- [26] *Dokumentation zum Ethernet diagnose stecker technologie montage*. BMW AG Munchen 2007, TI-430 v1.0.

Michał Śmieja DEng. – doctor in the Faculty of Technical Sciences at University of Warmia and Mazury in Olsztyn.

*Dr. inż. Michał Śmieja – adiunkt na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.*



Sławomir Wierzbicki DEng. – doctor in the Faculty of Technical Sciences at University of Warmia and Mazury in Olsztyn.

*Dr. inż. Sławomir Wierzbicki – adiunkt na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.*



Mr Jarosław Mamala, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Mechanical Engineering at Opole University of Technology.

*Dr hab. inż. Jarosław Mamala – profesor na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej.*

