

IDENTYFIKACJA PROTOKÓŁU TRANSMISJI MAGISTRALI CAN W POJAZDACH ROLNICZYCH

Jerzy Jantos, Jarosław Mamala

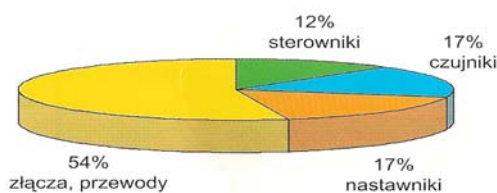
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych, Politechnika Opolska

Streszczenie: W pracy przedstawiono wybrane problemy związane z identyfikacją protokołu CAN w pojazdach rolniczych oraz przedstawione wstępne wyniki badań. Zwrócono uwagę na różnorodność elementów elektronicznych, z których zbudowano magistrale CAN BUS, a które determinują fizyczną stronę transmisji. Rozpoznanie i zidentyfikowanie transmisji daje nowe możliwości, nie tylko w zakresie kontroli warunków pracy ciągnika rolniczego czy agregatu ale również w kwestii oceny poprawności warunków pracy czy procesu diagnostyki.

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, magistrala CAN, transceiver, poziomy napięcie

Wprowadzenie

We współczesnych ciągnikach i maszynach rolniczych stosuje się najnowsze technologie elektroniczne i informacyjne, które zarządzają już nie tylko pracą samego silnika, ale również pracą pozostałych podzespołów tego pojazdu. Pierwsze układy elektroniczne pojawiły się w ciągnikach rolniczych w latach 60-tych, jednak ich gwałtowny rozwój nastąpił pod koniec lat 80-tych [Fellmeth 2003]. Podstawowym problemem, z jakim borykali się konstruktorzy była niezawodność tych układów, szczególnie w przypadku ciągników i maszyn rolniczych, które pracują często w bardzo trudnych warunkach. Doprowadziło to w konsekwencji do wzrostu awaryjności całego agregatu spowodowanych wzrostem połączeń oraz długości przewodów instalacji elektrycznej, co zostało przedstawione na rysunku 1.



Źródło: Mars 2003

Rys 1. Awaryjność komponentów elektronicznych w pojazdach drogowych
Fig. 1. Unreliability of electronic components in vehicles

Dopiero nowe standardy transmisji danych CAN (Controller Area Network), opracowane w latach osiemdziesiątych oparte na elektronicznych systemach przesyłu danych Databus (Binary Unit System) skutkowały powstaniem nowego protokołu transmisji CAN BUS. Zaś już we wczesnych latach dziewięćdziesiątych istniała potrzeba opracowania jednolitego standardu, który sprecyzowałby i ujedynolicił transmisje elektronicznego przesyłania danych. W wyniku tych prac opracowano standard transmisji ISO 11783 pt. *An Electronic Communications Protocol for Agricultural Equipment*, odpowiada on Niemieckiemu standardowi DIN 9684 oraz Amerykańskiemu SAE J1939.

Protokół transmisji CAN BUS umożliwia wymianę informacji w czasie rzeczywistym pomiędzy sterownikami ciągnika rolniczego czy całego agregatu. Dzięki temu większość podzespołów ciągnika i maszyny rolniczej jest sterowana i kontrolowana przez wiele sterowników, które powiązane są ze sobą jedną wspólną magistralą CAN BUS i pracują na tych samych danych. Przy czym do działania magistrali CAN BUS potrzebne są tylko dwa przewody i posiada ona wiele zalet m.in.: zmniejszenie rozmiarów i ilości przewodów, zmniejszenie ilości łącz i połączeń pomiędzy sterownikami, poprawa procesu diagnostyki ciągnika i maszyny rolniczej, mniejsze zapotrzebowanie mocy obliczeniowej sterowników, ułatwiona produkcja, co pozwala na znaczne skrócenie czasu montażu oraz obniżenie jej kosztów, zwiększenie udziału sygnałów cyfrowych w wymianie danych oraz zwiększenie odporności na zakłócenia zewnętrzne, zmniejszenie liczby czujników w wyniku ujedynolicenia przesyłanych informacji.

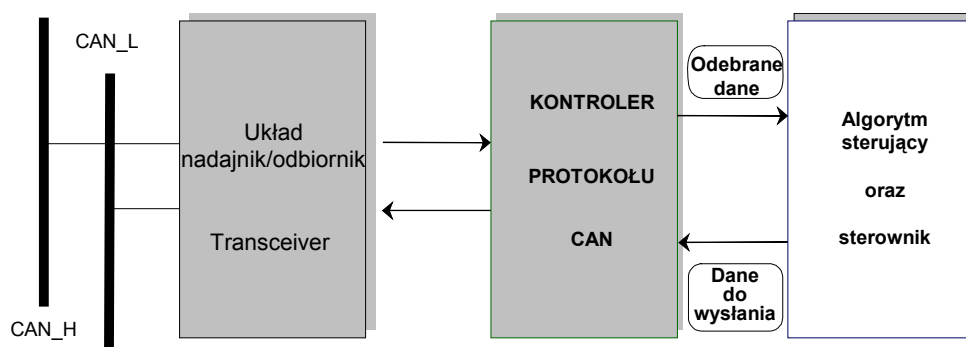
Opisane powyżej zalety doprowadziły do wzrostu niezawodności pojazdów rolniczych ich łatwiejszą diagnostykę oraz zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne.

Budowa magistrali CAN BUS

Jedną z istotnych zalet magistrali CAN BUS jest łatwość jej dalszego rozbudowywania, gdy tylko zaistnieje taka potrzeba. Rozbudowa ta uwarunkowana jest typologią sieci (liniowa, gwiazdzista, pierścieniowa, szeregowo-równoległa, drzewiasta) a może nastąpić przez bezpośrednie podpięcie nowego sterownika do magistrali lub przez mostki tzw. *bridge*. Zastosowanie mostków pozwala na łączenie różnych rodzajów sieci w tym o różnej prędkości czy architekturze (master/slave), mogą wówczas powstawać sieci lokalne tzw. LIN *Local Interconnect Network* [Mars 2003]. Ponadto ważną cechą magistrali CAN BUS jest jej odporność na zakłócenia od zewnętrznych pól elektromagnetycznych dzięki temu, że sygnał przesyłany przez magistralę oparty jest na dwóch poziomach napięć odpowiadających logicznemu 0 lub 1. Sygnał cyfrowy oparty na liczbach zerojedynkowych, jaki występuje w magistrali, jest pozbawiony opóźnień, przekłamań w przekazywanych informacjach oraz łatwy do dalszej rozbudowy.

Stąd rodzaj zastosowanej magistrali jest jednym najbardziej istotnych elementem w całym systemie współpracy ciągnika rolniczego z maszyną. W pracy [Scott i in. 2004] zaprezentowano rozwiązanie połączenia magistrali CAN BUS ciągnika rolniczego o strukturze kombinowanej szeregowo-równoległej połączonej pomiędzy sobą za pomocą mostków, które umożliwiają również połączenie ciągnika rolniczego z maszynami rolniczymi czy komputerem domowym.

Najprostsza magistrala składa się przynajmniej z dwóch układów nadajnik/odbiornik (Transceiver), którego parametry muszą być zgodne z przyjętym standardem przesyłu danych. Przykładową charakterystykę tych układów można znaleźć na stronie internetowej pod adresem www.can-cia.org [Philips 2004, ExportControl 1998]. Układ nadajnik/odbiornik podłączony jest do magistrali CAN BUS odpowiednio do linii CAN_H (Can High) oraz do linii CAN_L (Can Low) jak na rysunku 2.



Źródło: SYS TEC 2004.

Rys. 2. Sposób podłączenia układu nadajnik/odbiornik do magistrali CAN BUS
 Fig. 2. Connection diagram for transmitter/receiver system for CAN BUS

Magistrala jest zakończona po obu brzegach odpowiednią impedancją za pomocą odpowiednich terminatorów najczęściej 120Ω. Również spotyka się magistrale o regulowanej czy zmiennej oporności, wyposażone są one w element czynny w postaci tranzystora zabudowanego w sterowniku. Długość magistrali nie jest dowolna i zależy o zastosowanej szybkości przesyłu informacji. Długość ta dla magistrali bardzo szybkich 1 Mbit/s wynosi maksymalnie kilkadziesiąt metrów i jest ograniczona z powodu czasu propagacji sygnału. Czas propagacji można zapisać równaniem (1) i składa się z czasu:

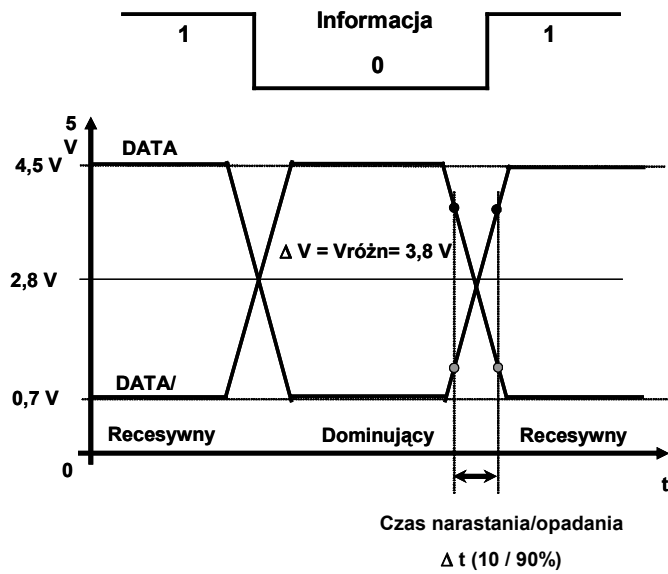
- przesyłu informacji (T_{cable}) przez magistralę ok. 5 ns/m,
- obróbki sygnału przez sterownik CAN ($T_{\text{controller}}$) ok. 50 do 62 ns,
- zabezpieczenia sygnału – optoizolacja ok. 40 do 140 ns,
- układu nadajnik/odbiornik ok. 120 do 250 ns.

$$T_{\text{propagacji}} = T_{\text{cable}} + T_{\text{controller}} + T_{\text{optocoupler}} + T_{\text{transceiver}} \quad (1)$$

Ograniczeniu długości ulegają również boczne odgańlenia magistrali i dla szybkich magistrali nie powinny wynosić więcej niż 1 m [8].

Podstawą przesyłu informacji w magistrali CAN jest różnica napięcia pomiędzy liniami magistrali CAN BUS, wywoływana przez układ nadajnik/odbiornik. Napięcie te wynoszą zazwyczaj dla linii CAN_L ok. 1,5 VDC oraz dla linii CAN_H ok. 3,6 VDC. Różnice potencjałów dla magistrali przedstawiono na rysunku 3. Magistrala CAN Low Speed różni się

od CAN High Speed przede wszystkim szybkością transmisji danych. Ponadto CAN Low posiada inną rezystancję magistrali, może nie posiadać terminatorów na końcu linii oraz jest wyposażona w układy diagnostyki.



Źródło: Philips 2004.

Rys. 3. Różnice potencjałów w magistrali CAN BUS dla CAN Low Speed zgodny z ISO 11519
Fig. 3. Potential variations in CAN BUS for CAN Low Speed consistent with ISO 11519

Norma ISO 11783 opisuje standard CAN Low Speed określony mianem CAN 2.0B do prędkości 256 KBit/s. W magistrali CAN 2.0B poziom napięcia recesywny (recessive) jest utrzymywany w stanie bezczynności. Węzeł sieciowy powinien rozpoznać stan recesywny magistrali, gdy napięcie na linii CAN_H jest nie wyższe od napięcia na linii CAN_L o około 5 [V]. Gdy napięcie linii CAN_H jest, co najmniej o 2 [V] wyższe niż CAN_L wtedy powinien być rozpoznawany dominujący stan magistrali. Nominalne napięcie dla stanu dominującego wynosi 3.6 [V] dla linii CAN_H, oraz 1.4 [V] dla linii CAN_L.

Identyfikacja protokołu transmisji magistrali CAN BUS

Pomimo obszernych dokumentacji serwisowych informacje na temat protokołów transmisji są lakoniczne lub pobieżne. Szczegółowo są opisane procesy diagnostyczne w oparciu o stary sposób transmisji danych. Polega to na tym, że informacje diagnostyczne są otrzymywane z modułu diagnostyki magistrali w postaci sygnału analogowego, który następnie w urządzeniu diagnostycznym jest dekodowany na odpowiedni kod usterki, mimo iż ciągnik rolniczy jest wyposażony w magistrale CAN BUS. Natomiast gdyby istniała

możliwość podłączenia bezpośrednio do magistrali ilość informacji jest nieograniczona. Ponadto gdyby znany był adres urządzenia w magistrali CAN BUS oraz protokół transmisji można byłoby testować czy diagnozować taki pojazd bez ograniczeń.

W Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej zakupiono urządzenie firmy SYS-TEC do identyfikacji protokołu transmisji magistrali CAN BUS w pojazdach drogowych [SYS TEC 2004]. Urządzenie to współpracuje z programem PCANVIEW oraz specjalistyczną nakładką programową CANbus Toolset firmy Expert Control pracującą w środowisku Matlab/Simulink.

Różnorodność producentów ciągników i maszyn rolniczych oraz stosowanych układów, z których zbudowano magistralę CAN BUS powoduje, że układy te, mimo pracy według jednego standardu, różnią się szczegółami wykonania i nie są w pełni kompatybilne np. co do poziomu napięcia czy formowania ramki transmisji. Dlatego w ofercie firmy SYS-TEC są urządzenia do konwersji różnych poziomów napięć, dostosowując je do oferowanych interfejsów.

Ważnym elementem w procesie identyfikacji protokołu transmisji magistrali może odegrać rozpoznanie marki i typu układu nadajnik/odbiornik. Zastosowany układ odpowiada określonym standardom, które są zgodne z normą ISO i przypisane są z reguły do odpowiedniego protokołu transmisji. Opisany powyżej standard transmisji CAN Low Speed posiada z reguły układ nadajnik/odbiornik (transceiver) typu TJA1054, AU5790, TJA1041, a każdy z nich w ramach jednego protokołu transmisji inaczej fizycznie wykonuje transmisję. Fizyczne rozpięcie układu TJA1054 zostało przedstawione w pracy [Philips 2004]. Informacje serwisowe nie podają takich szczegółów jak typ układu nadajnik/odbiornik. Można go natomiast zidentyfikować na elemencie wykonawczym urządzenia zastosowanego w ciągniku czy maszynie rolniczej. Po zidentyfikowaniu tego układu w celu odczytu protokołu transmisji magistrali należy dobrać odpowiedni interfejs np. firmy SYS-TEC. Dla protokołu transmisji CAN Low Speed jest odpowiedni interfejs SYS-TEC typu GW-002-010 (transceiver TJA1054) a dla CAN High Speed interfejs typu GW-002 (transceiver 82C251).

Protokół transmisji magistrali CAN BUS

Wybór odpowiedniego interfejsu umożliwi nam prawidłowe odczytanie całego protokołu transmisji CAN BUS. Protokół ten składa się z 9 ramek, z których tylko jedna ramka zawiera informacje o stanie danego urządzenia i nosi nazwę *Data Field*. Pozostałe 8 ramek to zakodowany protokół transmisji. Dlatego używane jest określenie transferu netto, które określa rzeczywisty transfer danych po usunięciu wszystkich bitów używanych na potrzeby protokołu (brana jest pod uwagę jedynie ramka danych) i transfer ten waha się w granicach od 40 do 80%.

W Katedrze Pojazdów Drogowych i Rolniczych Politechniki Opolskiej podłączono interfejsu SYS – TEC GW – 002 do magistrali pojazdu drogowego wyposażonego w silnik o zapłonie samoczynnym pracujący na biegu jałowym. Dokonano identyfikacji protokołu przez obserwację ramki pola danych w oknie programu.

Wybiórcze informacje zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zmiana w bitach dla poszczególnych adresów

Table 1. Bit changes for various addresses. Reference: Author's development

Adres informacji	Urządzenie lub wielkość sterowana	bajt 1	bajt 2	bajt 3	bajt 4	bajt 5	bajt 6	bajt 7	bajt 8
412h	Światła stop	10	00	00	00	00	5C	08	00
		30	00	00	00	00	5C	08	00
552h	Zegar czasu	14	20	C0	A9	00			
		14	21	B0	A9	00			
612h	Światła postojowe	73	20	01	42	00			
		73	21	01	42	00			
612h	Światła mijania	73	20	01	42	00			
		73	23	01	42	00			
612h	Światła drogowe	73	20	01	42	00			
		73	24	01	42	00			

Źródło: Opracowanie własne

W tabeli nr 1 pochyłym pismem i pogrubionym oznaczono bity zmienione wyniku wykonanej akcji. Adres informacji zmienia się od 108h do 7F2h, a długość słowa zmienia się od 2 do 8 bitów. Okres próbkowania zmienia się od 9 do 1000 ms, w zależności od wagi informacji.

Podsumowanie

Tematyka poruszona w niniejszym opracowaniu jest poruszana niezwykle rzadko, zarówno w dokumentacji serwisowej jak i czasopismach fachowych. Natomiast spotkać można szereg opracowań na temat perspektywnego rozwoju standardu ISO 11783 w dziedzinie rolnictwa jako systemu LBS czy systemu ISOBUS [Fellmeth 2003; Lorencowicz 2006]. W standardach tych przewiduje się budowę otwartych systemów wręcz platform informatycznych wykorzystujących najnowsze technologie, które mają wspierać pracę w dziedzinie rolnictwa. Systemy te wykorzystują nawigację GPS, światłowody, wirtualne mostki do łączenia różnych maszyn czy technologii przesyłu informacji Bluetooth. Jednak zaszyfrowany protokół transmisji CAN oraz brak danych zmusza do zakupu gotowych systemów. Dokonanie pełnej identyfikacji umożliwiłoby otwarcie systemu CAN i wykorzystania przesyłanych informacji do celów diagnostycznych czy np. statystycznych.

Bibliografia

- Fellmeth P.** 2003. CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783, CAN Newsletter, September 2003. s. 6.
- Lorencowicz E., Jukowski M.** 2006. Standardy komunikacji i przesyłu danych w maszynach rolniczych. Rolniczy Przegląd Techniczny nr 9. ISSN 15078701.
- Mars D.** 2003. CANBUS Networks – Break into mainstream use controller-area-network protocol, The University of Liverpool, Dostępny w Internecie: <http://www.liverpool.ohecampus.com>
- Scott A. Shearer, Timothy S. Stombaugh, Matthew Veal, Matthew Darr, Carl R. Dillon.** 2004, Precision Agriculture: CAN-Based Precision Seed Placement, Kentucky Agricultural Experiment Station, University of Kentucky. s. 8.
- Philips.** 2004. Philips Semiconductors. CAN Transceiver Application Note AN96116, Biuletyn elektroniczny firmy Philips – Materiały serwisowe. s. 15.
- ExpertControl.** 1998. Dokumentacja techniczna, Biuletyn elektroniczny firmy ExpertControl GmbH – Materiały serwisowe, Germany 1998-2003. s. 6
- SYS TEC.** 2004. USB-CANmodul GW-002 Systems Manual Edition, Biuletyn elektroniczny firmy SYS TEC electronic GmbH – Materiały serwisowe. s. 30.

IDENTIFICATION OF CAN BUS DATA TRANSFER PROTOCOL IN AGRICULTURAL VEHICLES

Summary: The paper presents selected issues pertaining to identification of the CAN protocol in agricultural vehicles as well as initial test results. Particular attention was drawn to a variety of electronic components used to build CAN BUS systems and determining physical features of transmission. Recognition and identification of the transmission allows for new possibilities not only within the agricultural tractor or equipment operation condition control, but also for the evaluation of operating correctness or diagnostics process.

Key words: agricultural tractor, Can bus, transceiver, voltage levels

Adres do korespondencji:

Jarosław Mamala; e-mail: j.mamala@po.opole.pl
Katedra Pojazdów Drogowych i Rolniczych
Politechnika Opolska
ul. Mikołajczyka 5
45-271 Opole