

КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛИ У АУТОМОБИЛСКОЈ ИНДУСТРИЈИ И АУТОМАТИЗАЦИЈИ**COMMUNICATION PROTOCOLS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY AND AUTOMATION**Милош Адамовић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

Кратак садржај – Предмет овог рада су најчешће коришћени комуникациони протоколи у аутомобилској индустрији и аутоматизацији. Прво ће бити дат кратак историјат развоја аутомобилске индустрије као и електричних и електронских система који се користе у управљању. Од посебног значаја за рад јесу CAN, LIN и CANopen протоколи који су детаљно описано уз примере њихове примене у возилима и индустрији. На самом крају извршиће се поређење поменутих, дати одређене предности и мане, као и могућност даљег развоја и унапређења.

Кључне речи: Аутомобилска индустрија, CAN у аутоматизацији, Комуникациони протоколи

Abstract – The subject of this study is an analysis of the communication protocols in automotive industry and automation. First of all brief history of the development of the automotive industry as well as the electrical and electronic systems used in control will be given. The major importance for study are communication protocols CAN, LIN, CANopen which are detailed described with examples for every each. On the end comparison between mentioned communication protocols with advantages and disadvantages and as well as the possibility of further development and improvement will be made.

Keywords: Automotive industry, CAN in Automation, Communication protocols

1. УВОД

Услед изузетно брзог развоја аутомобилске електронике, комплексности система који се у данашње време уграђују у савремене аутомобиле, као и због великог броја различитих ECU јединица које се користе за управљање тим системима постоје потребе за што бржим, ефикаснијим, сигурнијим преносом података између истих.

Потребан је рад у реалном времену и нема простора за грешке приликом рада. Предмет овог рада представља опис и примену различитих комуникационих протокола у аутомобилској индустрији и аутоматизацији. Посебан осврт ће бити на употребу CAN протокола у аутомобилској индустрији као и његова широка примена у аутоматизацији.

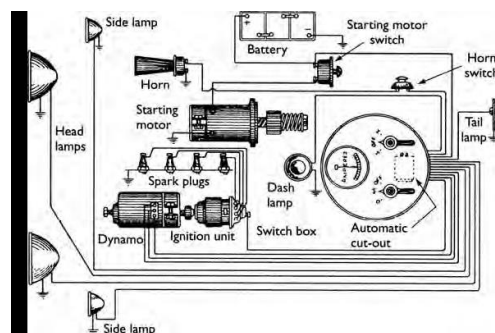
НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Марчетић, ред. проф.

2. АУТОМОБИЛСКА ИНДУСТРИЈА

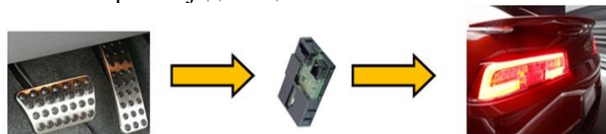
Развој аутомобила какве данас познајемо је почео 1885. године. Познати конструктори су се утркивали ко ће направити бољи патенат и увести неку новину што је и данас случај.

Руку под руку са развојем СУС мотора је ишао и развој електричних, а касније и електронских система. Прва електрична светла у возилима су уграђена 1908. године, а постају стандардни део опреме 1920. године.



Слика 1.1. Комплетна електрична шема типичног аутомобила из '30. година XX века

Најранији електрични системи коришћени у возилима су се појавили почетком XX века и након Другог светског рата долази до наглог развоја и примене електронике у аутомобилској индустрији да би се дошло до електричних система који се налазе на хибридни возилима и електричним аутомобилима. Системима на данашњим возилима управљају моћне ECU контролне јединице.



Слика 1.2. Пример једноставног управљања које врши ECU контролна јединица.

3. КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛИ

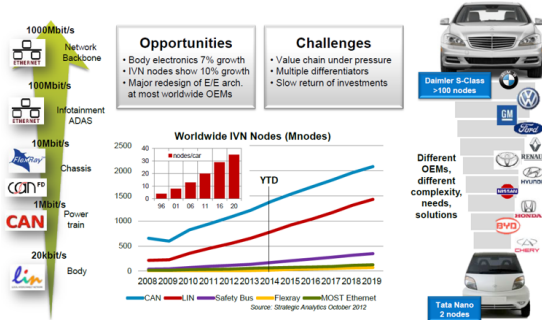
Као што је наглашено у уводу, комуникациони протоколи који се користе у аутомобилској индустрији треба да задовоље специфичне карактеристике преноса података..

У зависности од класе у којој се налазе, модерна возила могу да имају преко стотину ECU контролих јединица. Данас најзаступљенији комуникациони протоколи који се користе у савременим возилима су

CAN, LIN, MOST kao i FlexRay, Ethernet koji se koriste u moćnijim sistemima gde se zahteva velika brzina i protok informacija.

In-Vehicle Networking

A Fast Growing, Differentiated, Competitive Market

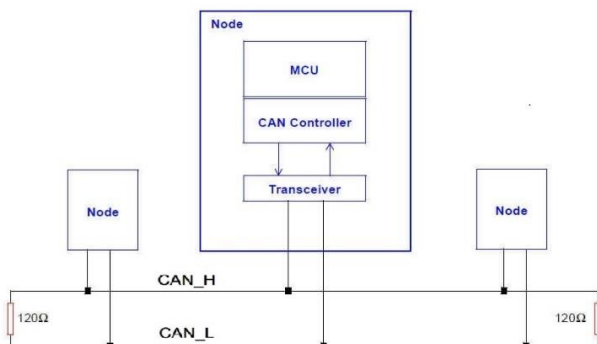


Слика 3.2 Примена комуникационих протокола у савременим возилима

CAN protokol sa svojim raznim poboljšanim varijantama kao npr. CAN FD je trenutno najzastupljeniji u automobilskoj industriji. Svakako jedan od najbitnijih je LIN protokol koristi se na onim mestima u kontrolnom sistemu vozila gde brzina prenosa nije kritična. MOST protokol je prilagođen za multimediju vozila. FlexRay je protokol koji ima izrazito bolje karakteristike od CAN protokola i u budućnosti će ga sigurno zaminiti. Ethernet protokol je takođe zastupljen upravo zbog sve više komplikovanih za upravljanje i sve više zastupljenih sistema koji treba da obezbede autonomnu vožnju kao što je ADAS sistem.

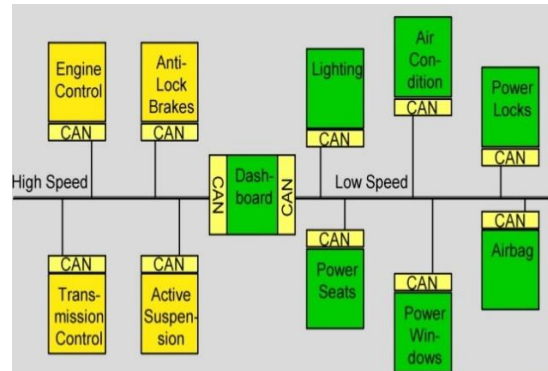
3.1. CAN protokol

Robert Bosch GmbH je 1982. godine uveo „CAN bus“ i tako zamenu dotedašnju komunikaciju uvođenjem jedinstvene magistrale. Prvi automobil koji je posedovao CAN magistralu i koji je ušao u masovnu proizvodnju bio je Mercedes-Benz S-Class iz 1991. godine. Na objedinjenoj magistrali je komuniciralo 5 ECU kontrolnih modula. ISO (International Organization for Standardization) je 1993. godine je prihvatio CAN protokol kakav standard ISO 11898. CAN je asinhrona „multi-master“ i „bidirectional half duplex“ serijska magistrala koja je realizovana pomoću para upletenih žica i razdvojena otpornikom različitih otpornosti zavisno od konkretnog standarda. Magistralu čine dva ili više čvorova priključenih na linearnu mrežu.



Слика 3.1.1. Шематски приказ CAN чворова на магистralи (Node-ECU контролна јединица)

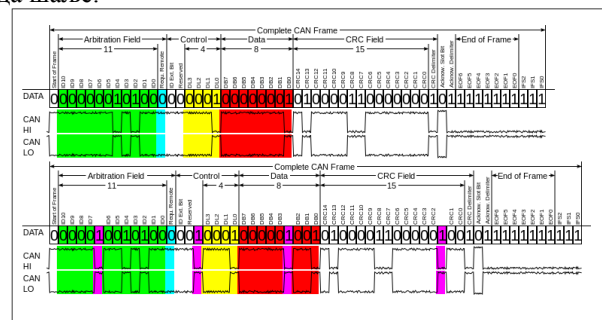
Возило може да поседује две или више CAN мрежа које раде на различитим брзинама. У зависности од потребе за брзином постоје Low-speed CAN и High-speed CAN.



Слика 3.1.2. Пример умрежавања електронских компоненти у возилу применом CAN магистralе

Модули у случају CAN протокола комуницирају тако што користе две одвојене жице за комуникацију, те жице се називају CAN H (од „CAN High“) и CAN L (од „CAN Low“), види слику 3.1.1. Пошто се комуникација ослања на напонску разлику између две магистралне линије, CAN сабирница није осетљив на индуктивне скокове, друга електрична поља или друге сметње. То чини CAN магистралу поузданим избором за мрежну комуникацију у системима који су потребни на возилима, као и у осталим индустријским системима.

Како је већ поменуто CAN protokol je asinhrona „multi-master“ мрежа заснована на порукама где сваки чвор има могућност да шаље и прима поруке. Да не би дошло до колизије на магистralи постоје правила по којима предност имају оне поруке које су вишег приоритета и због тога је дефинисано да на једној мрежи сваки чвор мора да има скуп порука које може да шаље.

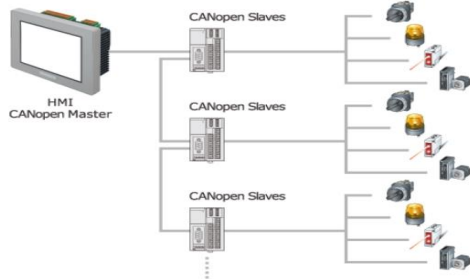


Слика 3.1.2.3. Порука у основном формату са приказаним електричним нивоима

3.2. CANopen protokol

Индустријске магистralе у индустријским мрежама се користе за повезивање „Field“ уређаја. Такве мреже су: ProfiBus, PROFINet, Modbus, Ethernet и многе друге, али оне нису предмет овог рада већ употреба CAN протокола у комбинацији са поменутима. Као што је написано поред „Fieldbus“ постоје и мреже засноване на CAN протоколу које чине основни CAN и виши CAN протоколи у које спада и CANopen.

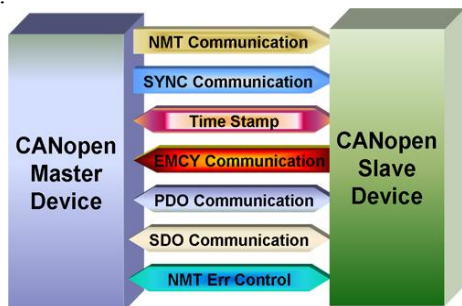
CANOpen магистрала је у већини случајева имплементирана у оквиру неког великог система и одговарајућим „gateway“ уређајима повезана са остатком тог великог система.



Слика 3.1.4.1. Приказ примене CANopen протокола у индустријском управљању

CANopen омогућава 127 чворова на магистралаи, док је избор могућих брзина преноса података далеко већи. На мрежи мора постојати бар два чвора од којих у сваком тренутку један мора бити „Master“, а други „Slave“.

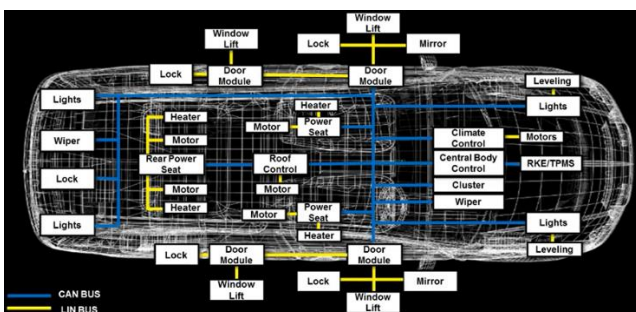
CANopen протокол врши сегментацију великих порука у 8-битне пакете и шаље их пакет по пакет у оквиру поруке дужине 111 битова. То омогућава да порука вишег приоритета увек прекине пренос велике поруке. CANopen уређаји у подржани са сервисом за администрирање на мрежи помоћу CANopen network management (NMT) slave state machine и она дефинише начин комуникације између уређаја на мрежи.



Слика 3.1.4.2. Приказ CANopen комуникације

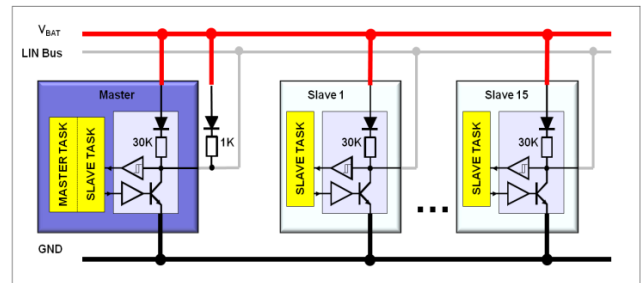
3.2. LIN протокол

LIN мрежа се у аутомобилској индустрији користи као подрежа CAN мреже, а може и независно да буде директно повезана на главни рачунар возила. Такође постоје одређени „Gateway“ уређаји који могу један протокол да прилагоде другом.



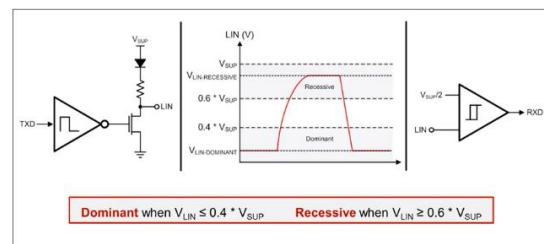
Слика 3.2.2. Приказ LIN протокола у савременим аутомобилима

LIN магистрала користи једну жицу за комуникацију и у оквиру LIN протокола постоји само један „Master“ и до 15 „Slave“ уређаја. Пренос података је синхрони и максималном брзином од 20Kbit/s. Физички ниво LIN протокола је заснован на стандарду ISO 9141 са неким модификацијама за возила. У данашњим топологијама умрежавања користе се микроконтролери који имају или UART могућност или намјенски LIN хардвер.



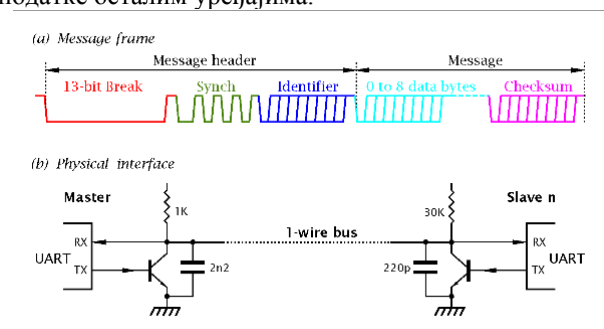
Слика 3.2.1.1. Шематски приказ физичког нивоа LIN магистрале

„Master“ и „Slave“ уређаји у свакој њиховој поруци помоћу примопредајника који претвара бит логике из микроконтролера у више напонске нивое и на тај начин формира поруку која је препознатљива свима на магистралаи.



Слика 3.2.1.2. Вредности напона LIN магистрале приликом примања и слања битова

Све поруке на магистралаи контролише „Master“ тако што шаље и захтева поруке које у себи садрже заглавље поруке (Message Header) и део поруке са одговором (Message Response). Одговор креирају „Slave“ уређаји који су прозвани, али може и сам „Master“ уколико је то потребно да пошаље одређене податке осталим уређајима.



Слика 3.2.2.1. Приказ физичке архитектуре и изгледа LIN поруке која се шаље на магистралу

3.3. Кратак преглед и основне особине комуникационих протокола који су тема овог рада

Како је већ наглашено, различити комуникациони протоколи се користе у различитим системима и на различитим деловима тог система.

Одлуку где ће се користити који протокол углавном доносе произвођачи у складу са потребама система и финансијским могућностима.

Тип магистрале	CAN	LIN	Flexray	MOST	Ethernet
Брзина преноса	1Mbit/s	20Kbit/s	10 Mbit/s	24 Mbit/s	10 Gbit/s
Повезивање	2 жице	1 жице	2 и 4 жице, оптички кабел	оптички кабел	2 жице
Архитектура	Multi-Master, до 64 чвора	Single-Master, до 16 чвора	Multi-Master, до 64 чвора	Multi-Master, до 64 чвора	Multi-Master, неограничен број
Начин комуникације	Асинхрони	Синхрони	Асинхрони и Синхрони	Асинхрони и Синхрони	Синхрони
Надоградња	могућа	могућа	могућа	могућа	могућа
Употреба	Контрола мотора и комфора	Конфор	Контрола мотора и сигурности	CD и DVD, GPS навигација	360° камера и мултимедија
Цена	srednja	niska	visoka	srednja	visoka

Табела 3.3.1. Приказ поређења комуникационих протокола у аутомобилској индустрији

4. МОДЕРНИ СИСТЕМИ НА ВОЗИЛИМА И СПЕЦИЈАЛНИ ЗАХТЕВИ

Опрема у возилу се с временом развила тако да укључује разне аутомобилске системе нове генерације који захтевају специјалну повезаност, попут напредног система аутономне вожње и помоћи возачу - advanced driver assistance systems (ADAS) и многи други.

Ови системи брзо постају стандардна опрема на многим возилима данашњице.

Поред тога, услед страховитог пораста истраживања и развоја аутономних возила, електронска опрема има задатак да испоручује сигнале велике брзине, велике пропусности и велике снаге за управљање тим системима.

Такође захтева се да комуникациони протоколи у овим системима испуне све задатке који се стављају пред њих велика брзина, велика пропусна моћ локалне мреже као и у новије време потребе за комуникацијом са спољним светом, GPS-ом, осталим возилима у околини и саобраћајним системима

5. ЗАКЉУЧАК

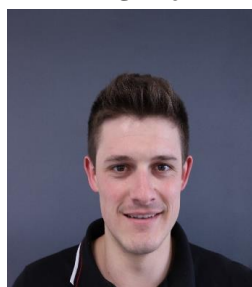
Моторна возила последњих година су кренула вртоглаво да се развијају. Сам управљачки систем мора да одговори на све веће захтеве. Комплексност система диктира цену возила и произвођачи истих се боре да смање цену производње, како би били конкурентни на тржишту.

У системима данашњих возила да би била задовољена функционалност и безбедност потребни су комуникациони протоколи који ће на ефикасан и брз начин повезати цео систем. Рад у реалном времену је захтев број један који треба испунити. Комуникациони протоколи који контролишу пренос података морају да имају велику пропусну моћ и брзину преноса података.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tom Denton, *Automobile Electrical and Electronic Systems, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004*
- [2] Dr. Wilrid Dubitzky, Turgut Karacay, "CAN – From its early days", *CAN Newsletter, 1/2013*
- [3] J. Lee, K. Choi, and J. Lee, "Collecting Big Data from Automotive ECUs beyond the CAN Bandwidth for Fault Visualization", *Hindawi Mobile Information Systems Volume 2017, Article ID 4395070, 13 pages, 27 February 2017*
- [4] Марчетић, „Микропроцесорско управљање енергетским управљачима” ФТН Издаваштво, Нову Сад, Србија
- [5] Веб сајм: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/obrada-signala/canopen-visi-can-protokol.html>
- [6] Веб сајм: <https://www.can-cia.org/can-knowledge/can/systemdesign-can-physicallayer/>

Кратка биографија:



Милош Адамовић рођен је у Београду, Република Србија 17.4.1993. Године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства - Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2019. године. Контакт: adamovicmilos993@gmail.com