

**KVALITETA U POVEZIVANJU MEĐUSOBNO OVISNIH  
AUTOMOBILSKIH MEHATRONIČKIH SUSTAVA**

**QUALITY IN CONNECTING INTERDEPENDENT  
AUTOMOTIVE MECHATRONIC SYSTEMS**

**Mr.sc. Miroslav Grubišić**  
Sveučilište u Mostaru  
Fakultet strojarstva i računarstva  
Mostar

**Mr.sc. Jasmin Lučkin**  
ASA Auto d.o.o.  
Sarajevo

**REZIME**

*Sve veći zahtjevi u pogledu sigurnosti i komfora vožnje, smanjenja emisije ispuših plinova kao i potrošnje goriva, predstavljaju razloge ugradnje velikog broja mehatroničkih sustava u automobile današnjice. Posljedica toga je korištenje velikog broja upravljačkih uređaja, povećanje broja kablskih snopova, problemi s iznimno velikim brojem konektora kao i potreba za sve većom razmjenom podataka između ovih sustava. U skladu s opisanom problematikom, u ovom radu su analizirani različiti načini umrežavanja međusobno ovisnih automobilskih mehatroničkih sustava kao i modeli prijenosa informacija među njima na temelju čega je predložen optimalan model njihovog umrežavanja.*

**Ključne riječi:** automobil, mehatronički sustavi, sabirnice podataka, CAN

**SUMMARY**

*Increasing requirements in terms of safety and driving comfort, reduction of exhaust emissions and fuel consumption, are the reasons for installing a large number of mechatronic systems in cars today. The consequence of this is the use of a large number of control units, increasing the number of cable bundles, problems with extremely large number of connectors as well as the need for greater exchange of information between these systems. In line with these issues, this paper analyzes the different ways of networking interdependent automotive mechatronic systems as well as models of information transfer between them on the basis of what optimal model of their networking has been proposed.*

**Keywords:** vehicle, mechatronic system, data bus, CAN

**1. UVOD**

Sve veći zahtjevi u pogledu sigurnosti i komfora vožnje, smanjenja emisije ispuših plinova kao i potrošnje goriva u suvremenim motornim vozilima, predstavljaju razloge ugradnje velikog broja mehatroničkih sustava u motorna vozila. Izravna posljedica toga je ugradnja velikog broja upravljačkih uređaja, povećanje broja kablskih snopova, problemi s iznimno

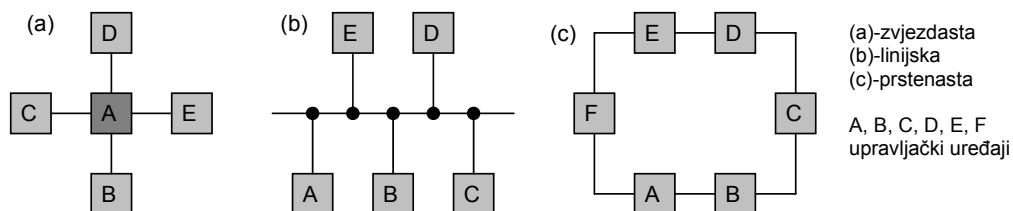
velikim brojem konektora kao i potreba za sve učestalijom razmjenom podataka između upravljačkih uređaja. Kako bi se eliminirali ovi problemi i osigurao način razmjene podataka među upravljačkim uređajima potrebno je jedno pogodno cjelovito tehničko rješenje. Upravo sabirnica podataka (engl. Data Bus) nudi takvo rješenje. Sabirnica podataka podrazumijeva međusobno umrežene upravljačke uređaje koji na temelju mrežne tehnologije zasnovane na računalnoj tehnici vrše brzu međusobnu razmjenu informacija.

Prijenos signala više se ne odvija preko pojedinačnih snopova kabela, nego preko zajedničke sabirnice podataka koju koriste svi upravljački uređaji. Pored navedenih prednosti, korištenjem sabirnice potreban je manji broj senzora, jer nakon mjerenja podatak se šalje svim upravljačkim uređajima kojima taj podatak treba, a zbog značajno smanjenog ožičenja javlja se ušteda u masi i cijeni. U mehatroničkim sustavima suvremenih motornih vozila u uporabi su slijedeće sabirnice podataka [1, 2]:

- CAN – Bus
- LIN – Bus
- MOST – Bus
- FlexRay – Bus.

Topologija jedne sabirnice podataka opisuje vrstu i način na koji su pojedini upravljački uređaji međusobno spojeni. U motornim vozilima primjenjuju se tri različite topologije sabirnice podataka (slika 1.) i to [3]:

- zvjezdasta topologija
- linijska ili Bus topologija
- prstenasta topologija.



Slika 1. Topologije sabirnice podataka – Bus topologije

Povezivanje automobilskih mehatroničkih sustava u jednu cjelinu preko sabirnice podataka provodi se kod svih proizvođača suvremenih automobila. Međutim, kako bi vozilo bilo cjenovno prihvatljivo i s druge strane suvremeno, potrebno je odrediti optimalan način povezivanja sustava primjenom odgovarajućih sabirnice podataka. U ovom radu je provedena detaljna analiza pojedinačnih sabirnice podataka na temelju čega su dobivene informacije o prednostima i nedostacima svake sabirnice. Također, analizirani su i načini međusobnog povezivanja automobilskih mehatroničkih sustava i u skladu s tim izrađen je optimalan model umrežavanja međusobno ovisnih automobilskih sustava.

## 2. SABIRNICE PODATAKA U MOTORNIM VOZILIMA

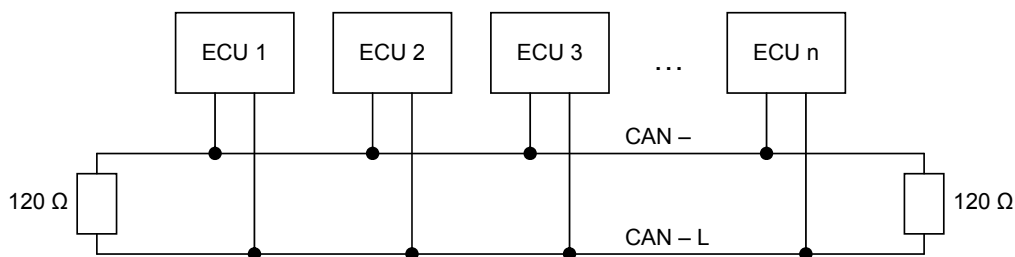
Sabirnice CAN–Bus, LIN–Bus, MOST–Bus i FlexRay su značajno zastupljene u mehatroničkim sustavima motornih vozila, tako da se njihova primjena koristi u velikom broju modernih automobila današnjice. Svaka sabirnica podataka ima svoje karakteristike, a u tablici 1. je prikazana usporedba sabirnice koje se koriste u motornim vozilima.

Tablica 1. Usporedba sabirnica podataka

Naziv sabirnice	Maksimalna brzina prijenosa podataka	Medij za prijenos podataka	Topologija	Primjena
CAN – Bus	1 MBit/s	Bakarni vodiči	Linijska	Umrežavanje sustava u području pogona i karoserije
LIN – Bus	20 kBit/s	Bakarni vodiči	Linijska	Povezivanje senzora i aktuatora u oblasti elektronike komfora
MOST – Bus	50 MBit/s	Optički vodiči	Prstenasta	Multimedija – prijenos audio i video podataka
FlexRay – Bus	10 MBit/s	Bakarni i optički vodiči	Linijska i zvjezdasta	Povezivanje sustava aktivne i pasivne sigurnosti

## 2.1. CAN sabirnica podataka

CAN-Bus (engl. Controller Area Network) predstavlja sabirnicu koja je razvijena specijalno za automobile i njenom primjenom omogućen je transport velikog broja informacija. Kod CAN sabirnice informacije između upravljačkih uređaja se razmjenjuju preko samo dva vodiča, neovisno o broju informacija i sudionika (upravljačkih uređaja) na sabirnici. U ovisnosti o brzini prijenosa podataka, danas u primjeni postoje dvije vrste CAN sabirnice i to CAN s velikom brzinom (High-Speed CAN), koji koristi brzinu prijenosa podataka do 1 MBit/s i CAN s malom brzinom (Low-Speed CAN), koji radi s brzinama prijenosa podataka do 125 kBit/s. Zbog svoje velike i široke primjene CAN sabirnica je standardizirana [4, 5], što omogućava da se upravljački uređaji različitih proizvođača mogu međusobno spajati i razmjenjivati podatke. Na slici 2. prikazan je način povezivanja upravljačkih uređaja preko CAN sabirnice.

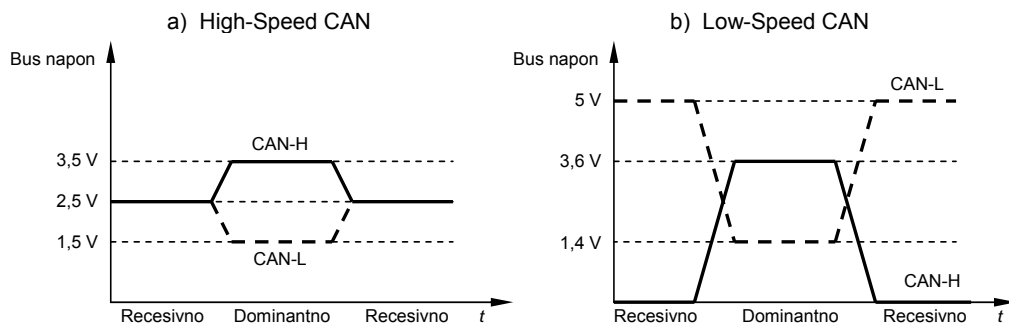


Slika 2. Povezivanje upravljačkih uređaja preko CAN sabirnice

Svaka CAN sabirnica se sastoji od slijedećih različitih komponenti: CAN kontroler, CAN transeiver, dva voda sabirnice i dva završna elementa.

Električni signali CAN sabirnice su u biti promjene napona na CAN vodovima. Kod High-Speed CAN sabirnice (sabirnica pogonskog sustava), u stanju mirovanja (logično stanje CAN transeivera 1) oba voda su na istoj naponskoj razini i ta vrijednost iznosi 2,5 V. Razina u mirovanju naziva se recesivno stanje, pošto ga je moguće promijeniti sa svakog priključenog upravljačkog uređaja na sabirnici. Kada se CAN transeiver nalazi u logičnom stanju 0, napon na vodu CAN-H raste za minimalno 1 V, a na vodu CAN-L opada za istu tu vrijednost (slika 3. a), a ovo stanje sabirnice se naziva dominantno [6]. Razlika napona između CAN-H i CAN-L voda u recesivnom stanju iznosi 0 V, a u dominantnom stanju minimalno 2 V. Kod Low-Speed CAN sabirnice (sabirnica komforanog i infotainment sustava) u recesivnom stanju

napon na CAN-H vodu je 0 V, dok je na CAN-L vodu 5 V. U dominantnom stanju napon na CAN-H vodu iznosi 3,6 V, a na CAN-L vodu napon je 1,4 V, (slika 3. b), [6].



Slika 3. Razina signala na High-Speed CAN i Low-Speed CAN

Zbog svoje efikasnosti i pouzdanosti u prijenosu podataka, CAN sabirnice imaju široku primjenu u suvremenoj automobilskoj industriji.

## 2.2. LIN sabirnica podataka

Povećano korištenje mehatroničkih sustava u motornim vozilima dovelo je do razvoja ideje o uvođenju jedne cjenovno povoljne sabirnice podataka koja bi bila alternativa za Low-Speed CAN sabirnicu. Idući prema tom cilju stvoren je nova sabirnica nazvan LIN – Local Interconnect Network. Kod LIN sabirnice se svi upravljački uređaji nalaze unutar jednog ograničenog ugradbenog prostora vozila (npr. krov, vrata i sl.), te se stoga LIN označava još kao i lokalni podsustav (Local Subsystem). LIN sabirnica se bazira na konceptu "Single Master / Multiple Slave" [7], što znači da postoji jedan upravljački uređaj "gospodar" (Master) i više uređaja "robova" (Slave). LIN koristi serijski komunikacijski protokol gdje se razmjena podataka vrši između LIN-Master upravljačkog uređaja i do maksimalno 16 LIN-Slave uređaja, a povezivanje ovih komponenti u svrhu razmjene podataka vrši se preko samo jednog voda. LIN sabirnica podržava maksimalnu brzinu prijenosa podataka od 20 kBit/s, što odgovara jednoj petini brzine prijenosa kod Low-Speed CAN. Zbog svoje niske cijene i velike učinkovitosti LIN–Bus ima značajnu primjenu u automobilima.

## 2.3. MOST sabirnica podataka

MOST–Bus (Media Oriented Systems Transport) je sabirnica podataka koja je specijalno razvijena za umrežavanje multimedijских i infotainment komponenti u motornim vozilima. MOST sabirnica omogućava velike brzine prijenosa podataka, do 25 MBit/s za varijantu sabirnice MOST25 i do 50 MBit/s za MOST50 [8]. Pojam MOST (Media Oriented Systems Transport) označava mrežu sa medijski orijentiranim prijenosom podataka, što znači da se adresirane poruke dostavljaju točno određenom prijemu. Informacije na MOST sabirnici se prenose putem svjetlosnih valova preko svjetlovodnih kabela (optičkih vodiča LWL), a upravljački uređaji su povezani u strukturu prstena, tj. imaju prstenastu topologiju.

## 2.4. FlexRay sabirnica sabirnica

FlexRay–Bus je sabirnica koja se koristi za povezivanje sustava među kojima je potrebna velika brzina prijenosa podataka. FlexRay protokol primjenjuje brzinu prijenosa podataka do 10 MBit/s, a koristi linijsku i zvjezdastu topologiju, kao i njihovu kombinaciju. FlexRay se koristi kod naprednih tzv. X-By-Wire sustava, koji u cijelosti zamjenjuju postojeće mehaničke i hidrauličke veze elektroničkim. Elektroničko upravljanje zakretanjem prednjih

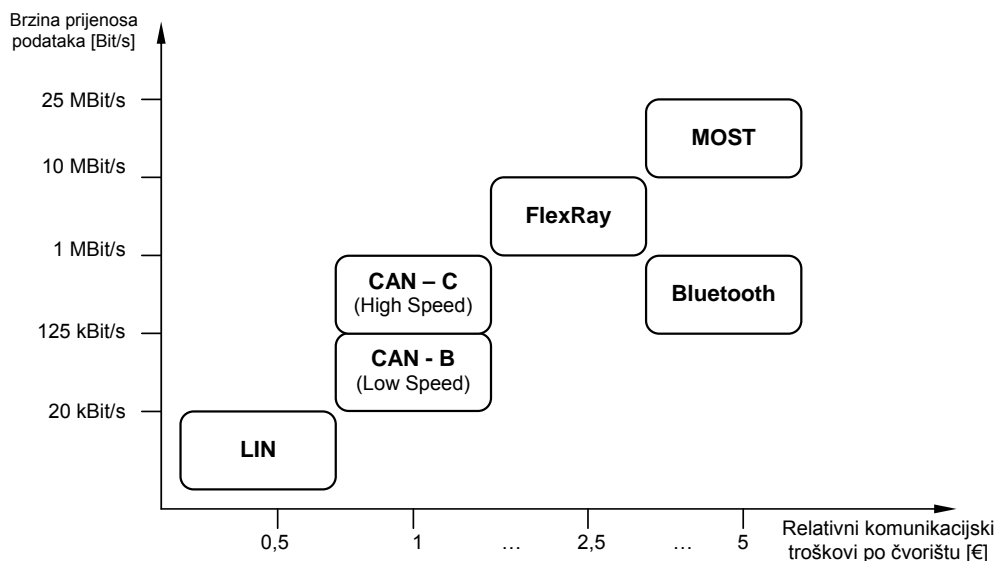
kotača vozila predstavlja jedan primjer X-By-Wire sustava. S obzirom na činjenicu da se FlexRay nalazi još uvijek u razvoju, stoga nema svoju značajniju primjenu u serijskim motornim vozilima, ali se šira primjena ove sabirnice očekuje u budućem vremenu.

## 2.5. Dijagnostičko sučelje sabirnice podataka – Gateway

Kako su elektronički sustavi motornih vozila umreženi različitim vrstama sabirnica podataka (CAN, LIN, MOST, FlexRay) za funkcioniranje vozila, kao jednog cjelokupnog sustava, potrebno je vršiti razmjenu podataka između ovih sabirnica. Zbog različitih brzina prijenosa podataka, različitih komunikacijskih protokola, kao i različitih razina napona, ove sabirnice nisu kompatibilne i njihovo jednostavno povezivanje nije moguće. Stoga je problem riješen uspostavom posebne veze među sabirnicama podataka, ugradnjom uređaja nazvanog Gateway. On se može usporediti s prevoditeljem koji predstavlja sponu između osoba koje govore različitim jezicima, a u tehničkom smislu to je jedno računalo koje podatke poslane na mrežu najprije pročita, a potom ih prevede u drugi odgovarajući format. Na taj način upravljački uređaji na različitim sabirnicama podataka mogu međusobno razmjenjivati informacije. Gateway se također koristi i kao dijagnostičko sučelje sabirnice podataka preko kojeg se vrši povezivanje vozila s vanjskim dijagnostičkim uređajem.

## 3. PREDLOŽENI MODEL UMREŽAVANJA AUTOMOBILSKIH MEHATRONIČKIH SUSTAVA

Povezivanje sustava s elektroničkim upravljanjem u jednu cjelinu preko sabirnica podataka provodi se kod svih proizvođača suvremenih automobila. Međutim, kako bi vozilo bilo cjenovno prihvatljivo i s druge strane suvremeno, potrebno je odrediti optimalan način povezivanja sustava primjenom odgovarajućih sabirnica podataka. Provedena detaljna analiza za svaku sabirnicu podataka pojedinačno daje informacije o prednostima i nedostacima svake sabirnice. Za odluku o izboru vrste sabirnice, pored njene kvalitete, značajan faktor je cijena same sabirnice. Međusobni odnos relativnih komunikacijskih troškova po čvorištu i brzine prijenosa podataka pojedinih sabirnica prikazan je na slici 4.



Slika 4. Sabirnice podataka – odnos troškova i brzine prijenosa podataka

Na temelju analiza karakterističnih osobina i načina rada svake sabirnice podataka, kao i podataka o troškovima umrežavanja (slika 4), predložen je optimalan model umrežavanja međusobno ovisnih automobilskih mehatroničkih sustava sukladno tablici 2. i to za svaki segment vozila (klasu) posebno. Predloženi model predstavlja optimalno rješenje za sve automobilske sustave u svakoj klasi vozila, pri čemu se vodilo računa da predloženi model umrežavanja ne utječe značajno na povećanje ukupne cijene vozila, kao i da se prijenos podataka između automobilskih sustava obavlja neometano.

Tablica 2. Model optimalnog umrežavanja automobilskih mehatroničkih sustava

Klasa vozila	Automobilski mehatronički sustav			Dijagnostičko sučelje
	Pogon	Komfor	Infotainment	
Segment A0 (niža klasa)	CAN-High Speed	CAN-Low Speed, LIN	CAN-Low Speed	Gateway
Segment A (niža srednja kl.)	CAN-High Speed	CAN-Low Speed, LIN	CAN-Low Speed	Gateway
Segment B (srednja klasa)	CAN-High Speed	CAN-Low Speed, LIN	CAN-Low Speed, Bluetooth	Gateway
Segment C (viša srednja kl.)	CAN-High Speed	CAN-Low Speed, LIN	MOST, Bluetooth	Gateway
Segment D (visoka klasa)	CAN-High Speed	CAN-High Speed, LIN, FlexRay	MOST, LIN, Bluetooth	Gateway

#### 4. ZAKLJUČAK

Iz predloženog modela umrežavanja vidljivo je da je najbolji način povezivanja upravljačkih uređaja pogonskog sustava (kod svih klasa automobila) ostvaren preko CAN-High Speed sabirnice. Stoga se može zaključiti da je ova vrsta sabirnice najpouzdanija i najprimjerenija pogonskom sustavu. Također je iz predloženog modela vidljivo da su sve različite vrste sabirnica (po brzini prijenosa podataka i komunikacijskom protokolu), kod svih segmenata vozila, povezane preko Gateway-a u jedan cjeloviti elektronički sustav. Stoga se zaključuje da Gateway predstavlja jedno integralno rješenje u cilju prijenosa i međusobne razmjene podataka, kao i rješenje za komunikaciju s dijagnostičkim uređajem pri provođenju dijagnostičkih metoda.

#### 5. LITERATURA

- [1] Krüger, M.: Grundlagen der Kraftfahrzeugelektronik – Schaltungstechnik, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2008.
- [2] Reif, K.: Automobil-elektronik, 2. Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2007.
- [3] Schiepeck, G.; Ebner, G.: Diagnose Elektrik/Elektronik für Kfz-Mechatroniker, 3. Auflage, EPV, Duderstadt, 2006.
- [4] Standard ISO 11898 – 2: Road vehicles – Controller Area Network (CAN) – Part 2: High-speed medium access unit, International Organization for Standardization ([www.iso.org](http://www.iso.org)), 2003.
- [5] Standard ISO 11898 – 3: Road vehicles – Controller Area Network (CAN) – Part 3: Low-speed, faulttolerant, medium-dependent interface, International Organization for Standardization ([www.iso.org](http://www.iso.org)), 2006.
- [6] Zimmermann, W.; Schmidgall, R.: Bussysteme in der Fahrzeugtechnik, 3. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2008.
- [7] LIN Local Interconnect Network: LIN Specification Package Rev. 2.1, [www.lin-subbus.org](http://www.lin-subbus.org), 2008.
- [8] Grzempa, A.: MOST – The Automotive Multimedia Network, Franzis Verlag, Poing, 2008.