



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

I. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2015eko maiatzaren 13, 14 eta 15
Durango, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

**CAN busa erabiltzen duten
sistemetan gailu berriak
integratzeko metodologia,
ibilgailuen interfazeetan oinarritua**

A. Bilbao

503-536 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.i.73>

ANTOLATZAILEA:



udako
euskal unibertsitatea

BABESLEAK:



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO



Bizkaiko Foru Aldundia
Diputación Foral de Bizkaia

eman ta zabal zaku



UPV EHU

LAGUNTZAILEAK:



Universidad de Deusto
Deustuko Unibertsitatea



MONDRAGON
UNIBERTSITATEA



UDALBILTZA



UPNA
Universidad
Pública de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

CAN busa erabiltzen duten sistemetan gailu berriak integratzeko metodologia, ibilgailuen interfazeetan oinarritua

Bilbao A.
bilbao.ainara@gmail.com

Laburpena

Joera berriek eta gero eta ohikoagoak diren gailu eta funtzio berriek beharrezkoa egiten dute ibilgailuaren eta bere arkitekturaren egokitzapena. CAN (Controller Area Network) sarea izanik ibilgailuetan gehien azaltzen den komunikazio sarea, artikuluan azaldutako tesiaren muina bere analisia eta optimizazioa proposatzen duen metodologia dira. Bere funtzionamendua eta erabilgarritasuna erakusteko kasu praktikoak ere garatu dira.

Hitz gakoak: CAN (Controller Area Network), ibilgailuen interfazea, simulagailuak, garraiorako adimendun sistemak, ibilgailu konektatua

Abstract

New trends and growing on-board devices have generated the adaptation of the automotive architecture. CAN (Controller Area Network) is the most used communication bus in vehicles, so the thesis presented in this paper is centered in its analysis and its optimization. To validate the presented methodology real cases have been developed..

Keywords: CAN (Controller Area Network), human machine interface, simulators, intelligent transportation systems, connected vehicle

1. Sarrera eta motibazioa

Gaur egun gidatzea, ibilgailu bat errepedetik eramate hutsetik harago doan zeregin bat da. Gidatzen ari garen bitartean inguruan ditugun sistema eta gailu kopuru gero eta handiagoa dugu horren erakusle SAE (Society of Automotive Engineers) elkartearen urteroko txostenak erakusten duen moduan (2012): telefono mugikorra, GPS nabigatzailea, ibilgailuak berak dituen sistema adimendunak, etab. Gailu guzti hauek eragin negatiboa daukate gidatzeko garaian (Ranney 2008): alde batetik, sistemek emandako informazio eta abisuek gidariaren karga mentala handitzen dute; beste aldetik, eskuak bolantetik eta begirada errepedetik aldentzea eragin dezakete, horrela gidatzeko beharrezkoa den arreta txikituz.

Ibilgailua eta gidariaren arteko komunikazio bide printzipala HMI (Human Machine Interface) edo interfazea da. Ibilgailuak bere HMI nagusian gidatzean beharrezkoa den informazioa erakusten du: momentuko abiadura, motorraren abiadura, egindako kilometroak, abisu desberdinak, etab. Gidariak berriz, botoi, pedal eta palanka desberdinak ditu ibilgailuarekin elkar-eragiteko. Horretaz gain, gailu bakoitzak bere HMI propioa ere badauka, ibilgailuarekiko modu independentean funtzionatzen duena.

Paradigma berri honek, ibilgailua bera egoera berri honetara egokitzera behartu du, batez ere gidariaren ikuspuntutik. Ildo honetan, joera nagusietako bat sistema guztien elkarrekintza bateratzea da, horretarako HMI guztiak integratuz eta momentu bakoitzean eman beharreko informazioa erabakiz. Interfaze bakar honek abantaila argiak ditu:

- Arreta puntuak gutxitzen ditu eta begirada errepedean mantentzea errazten du .
- Funtzionamendu independentea duten sistemen erantzuna bateratu eta koordinatzen du, arreta ezak eragindako arrisku momentuak gutxituz.

Honek noski, gailu berriak kotxeko arkitekturan integratu beharra eskatzen du, ez bakarrik fisikoki, baita funtzionamenduari dagokionean ere. Horretarako beharrezkoa da sistema bakoitzaren seinaleak eta mezuak interfaze printzipalean integratzea.

Gaur egun, ibilgailu bateko kontrol elektronikoko unitateek CAN (Controller Area Network) sarea erabiltzen dute elkarren arteko mezuak banatzeko (Bosch 1991). Mezuak transmititzen

duten informazioaren arabera, abiadura desberdineko CAN sare edo domeinuak daude ibilgailuaren komunikazio sarean (Simonot-Lion eta Trinquet 2008): trakzioarekin lotutako informazioa CAN azkarraren bidez doa; informazio ez hain kritikoa, ordea, CAN geldotik.

Ibilgailuaren HMI nagusia kontrolatzen duen unitatea ere CAN sare bati lotuta dago eta, ondorioz, kanal horren bidez iristen zaio bertan erakutsi beharreko informazio guztia. Sistema berri baten jakinarazpena bertan erakutsi nahi bada, beharrezkoa da CAN sarean datu berriak sartzea. Eta hori da hain zuzen ere ikerketa eragin duen behar nagusia

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Gaur egun ibilgailu baten komunikazio sistema zentralita elektronikoa (ECU) eta protokolo desberdinetako komunikazio sareez osatuta dago. Gero eta gehiago dira zentralita berdinean aplikazio desberdinak elkartzeko dira eta funtzionalitate berriek zentralita askotako informazioa behar dute funtzionatu ahal izateko. Hau dela eta ibilgailu konektatua bezalako kontzeptuak erabiltzen dira gaur egun (Teepe, Remboski eta Baker 2002).

Honekin batera automozioiko arkitekturaren beharrak aldatu egin dira azken urteetan. Arkitekturaren malgutasuna eta sistema eragile desberdinetara egokitzeko ahalmena ez ezik, segurtasuna, fidagarritasuna eta sendotasuna ezinbesteko ezaugarriak bihurtu dira. Middlewarearen diseinua oso garrantzitsua da horretarako (Simonot-Lion eta Trinquet 2008). Laurogeita hamarreko hamarkadatik proiektu desberdinak garatu dira helburu berdinarekin eta 2003an AUTOSAR izeneko partzuergoa sortu zen automoziorako software esturktura bat estandarizatzeko asmoarekin¹.

Hala ere, AUTOSARen oinarritutako arkitektura gehienak sistema itxiak dira eta ez daude diseinatuta hasieran aurrekusi gabeko elementu berriak plataforman txertatzeko. DySCAS proiektua da salbuespen bakarrenetako bat (Qureshi 2009). Bere helburu nagusia hardware nahiz softwarean eman daitezkeen aldaketen aurrean erantzuteko gai den middleware baten espezifikazioa burutzea da.

CAN Robert Boschek garatutako komunikazio protokoloa da eta automobil-industrian gehien erabiltzen den sarea da. Bere hasierako helburua ibilgailuetako kable kopurua jaitea izan zen eta horregatik aukeratu zen bus topologia. Ibilgailu bateko unitateak busa osatzen duten bi harietako bakoitzera konektatzen dira mezuak elkarren artean trukatzeko. Mezu bakoitzak identifikatzaile desberdin bat du, bere lehentasuna adierazten duena.

CAN protokoloak OSI (Open System Interconnection) ereduaren bi maila baxuenak definitzen ditu (Bosch 1991): kapa fisikoa eta datuen loturako kapa. 1 Mbps-ekoa da gehieneko abiadura eta balio horrek mugatzen du denbora unitateko garraiatu daitezkeen informazio kopurua. Mezuak transmititu ahal izateko CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) protokoloa erabiltzen du eta horregatik lehentasun altueneko mezuaren iriste denbora ziurtatzen du. Komunikazio protokoloa sendoa eta segurua da eta gainera bere implementazioa merkea da.

Helburu nagusia CAN sareetan oinarritutako sistemen funtzionalitatea hobetzeko metodologia bat garatzea da eta bere zeregin nagusia sarean gailu berriak integratzea izango delarik. Horretarako, CEIT zentroan aurkitzen den neurri errealeko kamioi simulagailua prestatzea beharrezkoa da, automozioiko gailuak integratzeko plataforma bat diseinatuz.

3. Ikerketaren muina

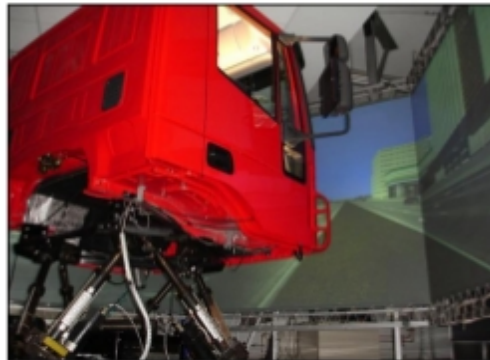
3.1 Automozioiko gailuak integratzeko plataforma eta simulagailua

Ibilgailuaren HMI nagusian elementu berriak integratu nahi baldin badira, garbi dago interfaze hau konfiguragarria izan beharko dela. Honetaz gain ibilgailuaren arkitektura ere gai izan beharko da gailu

1 Autosar on the road. www.autosar.org

berrien konexioa jasateko, bai hardware mailan, baita software mailan ere. Horretarako kamioi simulagailuaren arkitektura eta interfazea egokitzea da lehen lana (1. irudia).

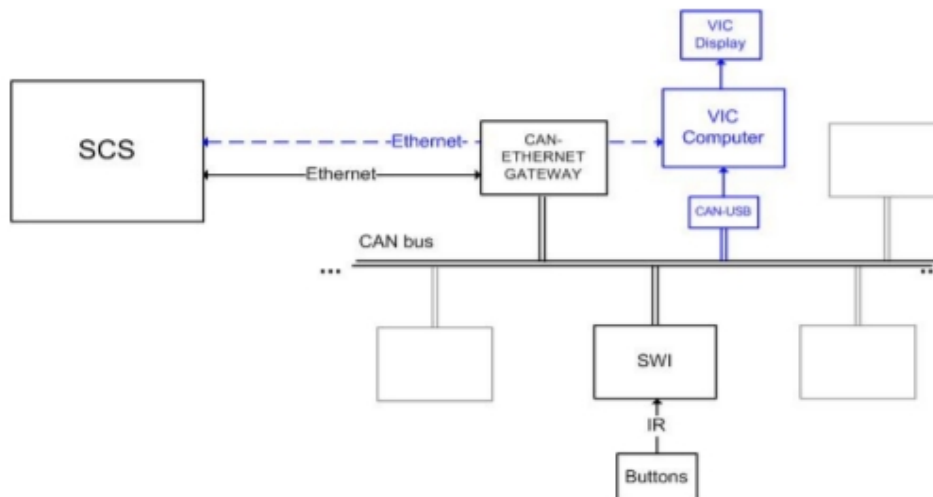
1. irudia. CEIT zentroko kamioi simulagailua.



Kamioiaren HMI printzipalaren ordez TFT (Thin-film transistor) pantaila bat jarri da bere lekuan (Bilbao et al, 2011), “instrument cluster” birtuala edo VIC (Virtual Instrument Cluster) osatuz. Honela interfaze guztiz konfiguragarria lortzen dugu eta posible gertatzen da hasiera batean aurreikusi gabeko interakzio modu berriak pantailan txertatzea.

Arkitektura mailan interfaze hau simulagailuko CAN sarean lotu da horretarako plataforma (Bilbao et al, 2009) tartean jarritz (2. irudia). Plataforma hau, VIC Computer irudian, honen zeregin nagusia integratu nahi diren gailu berrien gateway funtzioa egitea da eta bestalde gidariarekin interakzioa erabakiko duena gidatze egoeraren arabera. Plataforma honek gidariaren, ibilgailuaren eta ingurunearen egoera ebaluatuko ditu eta horren arabera gidariarekin nola komunikatu erabakiko du.

2. irudia. Simulagailuaren komunikazio arkitektura.



VIC Computer ordenagailu bat da simulagailuan, baina etorkizunean ibilgailuetan mikrokontrolagailu batekin ordezkatzeko da. Ordenagailua CAN sarean konektatzeko CAN-USB gailu bat erabiltzen da eta honela simulagailuko gainontzeko zentralitekin konektatuta dago eta informazioa elkarbanatu dezakete. SCS (Simulation Control Server) blokeak simulagailuaren funtzio eta kontrol guztia irudikatzen du eta 8 ordenagailuz osatuta dago. Ordenagailu horietako informazio CAN sarean jarri eta bertako datuak SCS-ra eramateko CAN-Ethernet gailu bat garatu da. SWI (Steering Wheel Interface) blokeak bolanteko botoien egoera idazten du CAN sarean. Botoi hauen bidez kontrolatzen du gidariak interfazea.

Gidatze egoeran oinarritutako gidariarekiko interakzio berri hau implementatu ahal izateko zentralita desberdinen artean informazio eta datu berriak transmititu beharko dira eta honek CAN sarean mezu berriak egotea eragingo du. Horregatik ikerketaren muina CAN sarearen analisia eta optimizazioak osatzen du.

3.2 CAN sarearen analisia eta optimizazioa

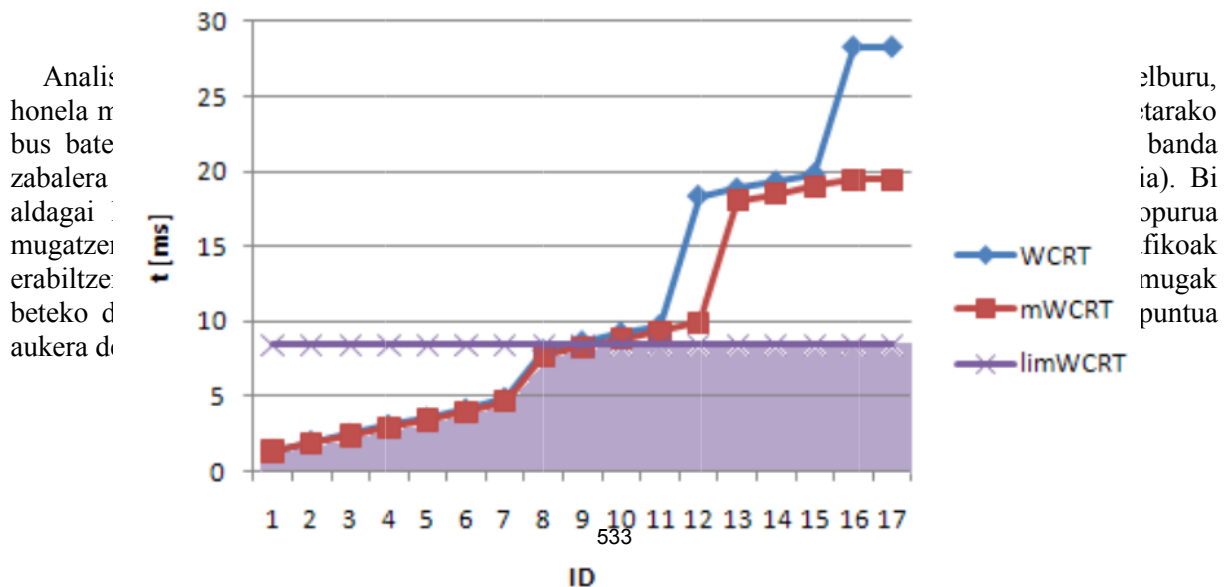
CAN sarea aztertzeko aurkeztutako metodologiak osagarriak diren hiru fase desberdin ditu; hala ere, fase bakoitza bere aldetik ere erabil daiteke. Lehenengo biek mezuen iriste denboraren ebaluatzea dute helburu eta hirugarrenak iriste denbora ez ezik, sarearen erabilera maila ere hartzen du kontutan.

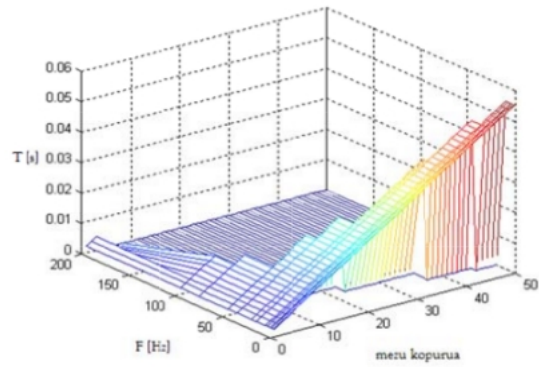
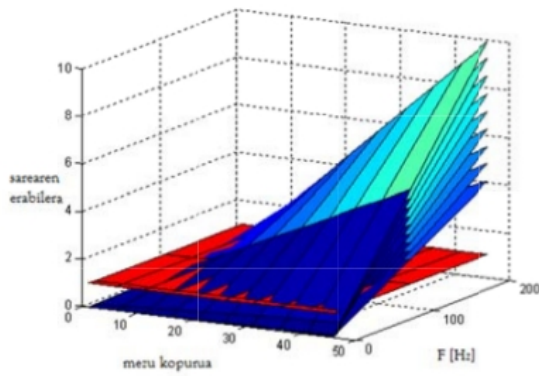
Lehen metodoa, mWCRT (modified Worst Case Response Time) deiturikoa, kalkulu teoriko bat da eta bere helburua Tindell-ek (1995) aurkeztutako azterketa klasikoaren ziurgabetasuna txikitzea da. Iriste denborak hiru osagai ditu: J_i , w_i eta C_i . J_i , jitter deituriko denbora da eta muga fisikoen ondorioz denboran ematen den aldakortasuna adierazten du. Normalean oso txikia izaten da beste elementuekin konparatuz. w_i , mezuak ilaran zain emandako denbora da, busa libre aurkitu arte pasa beharrekoa. Eta azkenik, C_i transmisio denbora da, mezuak busean bertan unitate batetik bestera joaten behar izan duen denbora. C_i mezu bakoitzaren luzera eta busaren abiaduraren araberrakoa da. Gainera, mezu bakoitzaren transmisio denborak gainontzeko mezuek ilaran pasa beharreko denboran (w_{i-n}) eragingo dute.

Tindellek proposatutako analisisan, WCRT (Worst Case Response Time) delakoan, C_i -ren balio txarrena erabiltzen. Hala ere, mezuak ezagunak baldin badira, mezu bakoitzaren transmisio denbora zehaztasun handiagoz kalkulatu daiteke, nahiz eta momentu bakoitzean transmitituko diren datuak ez jakin. Eta hau da hain zuzen ere mWCRT metodoak erabiltzen duena WCRT-aren bidez lortutako balioak txikitzeko eta kalkulu teorikoak errealitatera gehiago hurbiltzeko.

Kalkulu teoriko eta simulazioaz aparte, bada martxan dagoen bus bat aztertzeko emaitzak doitzen laguntzen duen modu bat: neurketa zuzena. limWCRT (limited Worst Case Response Time) deitutako neurketa metodologiari esker, bus bateko gehieneko atzerapen denbora mugatzeko modua proposatu dugu. Metodologia hau “busy period” kontzeptuan oinarrituta dago. CAN bus batek bi egoera posible ditu: inor ez denean transmititzen ari (idle) eta norbait mezu bat transmititzen ari denean (busy). Busy period kontzeptuak sarea beteta dagoen denbora tarte jarrairik luzeenari dagokio. Hasiera batean prozesadoreen arlorako definitu zen kontzeptu hau (Lehoczky 1990), baina CAN sarea ere erabiltzen da (Davis 2007). Tesian bertan frogatutako hipotesiaren arabera, beteta dagoen denbora tarte hori baino luzeagoa den atzerapen denborarik ez dago. Honela, nahikoa da busa okupatuta dagoen denbora tarterik luzeena neurtzea, itxarote denbora mugatua izateko.

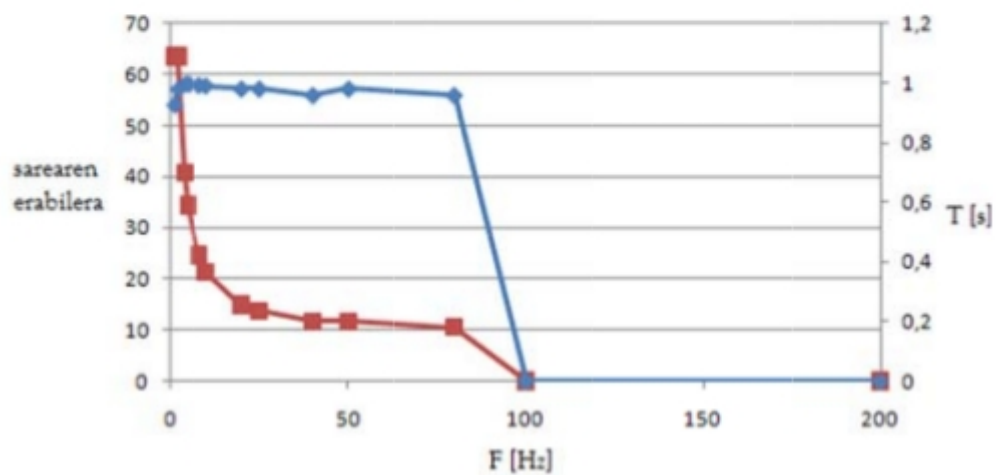
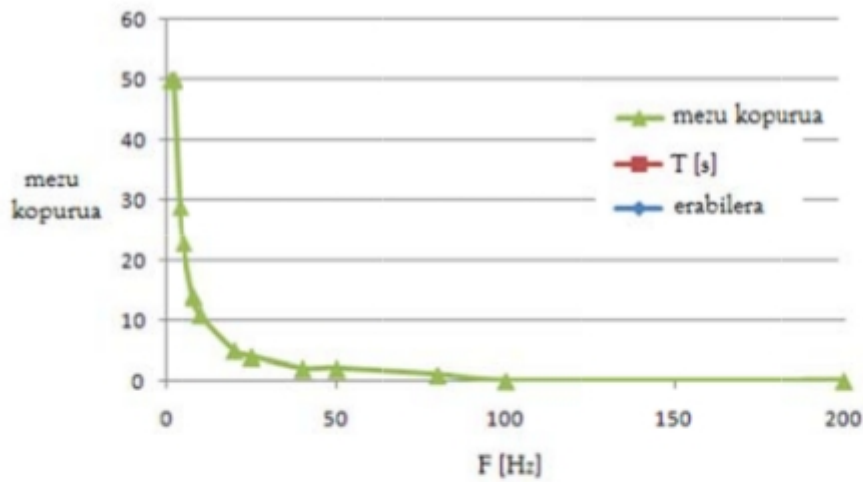
Hurrengo irudian ikusi daitezke Tindellen WCRT eta lan honetan proposatutako bi metodoen arteko konparaketa. Abzisa ardatzean CAN sareko mezuak azaltzen dira lehentasunaren arabera ordenaturik, hau da ID1 lehentasun handieneko mezua da eta ID17 lehentasun txikieneko mezua. Ordenatu ardatzean mezu bakoitzaren iriste denbora txarrena azaltzen da ms-tan. Ikusi daitekeen moduan denbora txarrenaren balioa asko jaitsi daiteke.





4. irudia. Sarearen erabilera maila mezu kopurua eta beraien bidaltze frekuentziaren arabera.

5. irudia. Mezuen iriste denbora mezu kopurua eta beraien bidaltze frekuentziaren arabera.



6. irudia. Funtzionamendu puntuen muga, sarearen erabilpen eta iriste denbora maximoen ebakidurak emana. Goiko grafikoak sareko mezu kopurua erakusten du eta behekoak sareko erabilera eta mezuen iriste denbora, balio guztiak mezuen bidaltze frekuentziaren arabera.

Honela, azaldutako hiru metodo hauen bidez posible da kalkulu teorikoak nahiz neurketak erabiliz diseinatuta dagoen edo martxan dabilen CAN bus baten egoera aztertzea eta gainera ikus dezakegu bus horretan mezu berriak sartzeko aukerarik badagoen ala ez sarearen mugak gainditu gabe. Dena den ikerketa honetan pausu bat aurrera eman eta egoera aztertu ez ezik, CAN sarearen egoera hobetzeko optimizazio metodo bat ere proposatzen da. Bere helburua mezuen iriste denbora jaitsi eta sarearen banda zabalera librea handitzea da.

Optimizazioari dagokionean orain arte proposatutako metodo desberdinen analisi bat egin da ikerketan eta emaitzaren arabera proposamen bat luzatzen da CAN sare batean mezu berriak sartzeko helburuarekin. Bi fase ezberdinez osatutako metodologia da:

- Paketatzea: integratu nahi diren seinale guztiak paketatzen dira banda zabalera minimoa hartu dezaten, beti ere haien lehentasunak kontutan izanik.
- Atzerapenak ezartzea: aurkeztutako algoritmoaren bidez mezu bakoitza zein momentutan bidali behar den kalkulatu da. Honela mezu berriek ahalik eta gutxien eragingo dute gainontzeko sareko trafikoa.

3.3 Metodologiaren aplikazioa

Metodologia honetan oinarritutako CAN sarearen analisia modu praktikoan erakusteko aplikazio erreal bat garatu dugu. CEIT zentroan aurkitzen den simulagailuan HMI integratu bat inplementatu dugu eta aplikazio erreal bat txertatu dugu bertan: esku libreko telefono aparailua. Gainera, mota desberdinetako gailuak fisikoki ibilgailuan integratzen dituen plataforma bat ere garatu dugu. HMI nagusi gisa interfaze birtual bat garatu dugu, bere itxura erabat konfiguratu daitekeelarik.

Honetaz gain CAN busaren optimizazio metodologia erakusteko simulagailuko sarearen optimizazioa egin da bertan transmititzen den informazioak banda zabalera txikiagoa har dezan eta mezuen iriste denbora txikiagoa izan dadin. Frogatu ahal izan dugu paketatzeak banda zabalera txikitzen duela eta atzerapenen ezartze egokiak laguntzen duela sareko iriste denbora luzeena txikitzen.

4. Ondorioak

CANaren analisisan oinarritutako metodologiak eta simulagailuaren interfaze berriak abantaila handiak eskaintzen ditu bai sistema berrien garapen fasean eta baita aplikazio mailan ere.

Garapen fasean sistema berrien txertatze denbora txikitzea ahalbidetzen du. Sistema bakoitzak behar dituen mezuak jakinik, aurkeztutako metodologiak mezuok nola integratu adieraziko digu. Honela, benetako ibilgailuen komunikazio arkitektura mantenduz, hau da CAN sarea erabiliz, nahikoa da HMIaren portaera berria definitzea. Ondoren, funtzionamenduaren ebaluazio fasean, ingurune errealista batean gailu berriak gidariarengan duen eragina aztertu daiteke.

Aplikazio mailan ere badira HMI integratu baten abantailak: sistema guztien erantzuna koordinatzen du, sistema hauekiko interakzioa askoz seguruago gertatu dadin. Gainera, HMI kudeatzaile batekin konbinatuz, gidariarentzako karga handiko momentuak ekidin daitezke.

Bestalde, ibilgailu baten diseinuan aurreikusi gabeko sistema berriak ibilgailuaren funtzionamenduan bertan integratzen lagun dezake aurkeztutako ikerketak. Egia da tesi honetan baldintza egonkorak soilik kontsideratu direla eta errealitatea konplexuagoa dela. Ondorioz, momentuz ez da posible ibilgailu erreal batean CAN mezu berriak sartzeko segurtasun osoa mantenduz. Hala ere, egindako analisia eta lortutako ondorioak pausu bat gehiago dira etorkizuneko erronka berri honentzat.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Bide desberdinak jorratu daitezke lan honi segida emateko. Alde batetik oso onuragarria litzateke hardware estrukturan sakontzea eta benetako birkonfigurazio dinamikoa lortzera

bidean pausak ematea. Honek asko erraztuko luke ibilgailuetan gailu desberdinak modu errazean integratzea.

CAN sarearen analisiari dagokionean, aurkeztutako analisi metodologia osoa modulu fisiko batean garatzea proposatzen da. Modulu hau edozein CAN saretan konektatuz posible izango litzateke bere momentuko egoera ezagutzea modu grafiko eta dinamikoan.

CAN sarearen optimizazioa ere oraindik osatu eta garatzeko dagoen ikerketa lerro bat da. Mezu bakoitzaren atzerapena ez ezik, mezuen lehentasuna ere kontutan hartzen duten algoritmoak izan daitezke aurrera egiteko bide bat.

6. Erreferentziak

- (2010). *Intelligent Vehicle Initiative (IVI) Technology Advanced Controls and Navigation*, SAE International.
- Bilbao, A. et al. (2009) ASISTE – Intelligent transportation systems integration platform for industrial vehicles, in IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Txina
- Bilbao, A. et al. (2011) *Virtual Instrument Cluster for enhancing the configurability of an automotive simulator*, Simulation: Transactions of the Society of Modeling and Simulation International.
- Bosch, R. (1991). *CAN Specification Version 2.0.*, Stuttgart, Alemania.
- Davis, R., et al. (2007) *Controller Area Network (CAN) Schedulability Analysis: Refuted, Revisited and Revised*. Real-Time Systems, 2007, vol. 35, no. 3. pp. 239-272. ISSN 0922-6443
- Lehoczky, J. P. (1990) *Fixed Priority Scheduling of Periodic Task Sets with Arbitrary Deadlines*. in Real-Time Systems Symposium.
- Qureshi T. N. (2009) Towards model-based development of self-managing automotive systems: modeling, simulation, model transformation and algorithms: supporting the development of the Dyscas middleware
- Ranney, T. A. (2008) *Driver Distraction: A review of the Current State-Of-Knowledge*, NHTSA.
- Teepe G. et al. (2002). *Towards information centric automotive system architecture*, Pennsylvania
- Tindell, K., Burns, A. eta Wellings, A. (1995) Calculating Controller Area Network (CAN) Message Response Times. Control Engineering Practice, vol. 3. pp. 1163-1169
- Simonot-Lion F. eta Trinet Y. (2008). Vehicle Functional Domains and their Requirements in Taylor & Francis (2008) Automotive Embedded Systems Handbook