

## Járműszimulátor egység fejlesztése a BME kutatóegyetemi pályázat keretében

Gáspár Péter\*, Szalay Zsolt\*\*, Kánya Zoltán\*\*\*, Németh Balázs\*\*\*\*

\* tudományos tanácsadó, SZTAKI Rendszer és Irányításméleti Kutatólaboratórium

Budapest, Tel: +36 (1) 279-6171; e-mail: Gaspar@sztaki.hu

\*\* egyetemi docens, BME Gépjárművek Tanszék

Budapest, Tel: +36 (1) 463-3226; e-mail: zsolt.szalay@auto.bme.hu

\*\*\* műszaki vezető, Inventure Autóelektronikai Kutató és Fejlesztő Kft.

Budapest, Tel: +36 (1) 381-0970; e-mail: zoltan.kanya@inventure.hu

\*\*\*\* PhD hallgató, BME Közlekedésautomatikai Tanszék

Budapest, Tel: +36 (1) 463-1111; e-mail: bnemeth@sztaki.hu

**Absztrakt:** A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedés és Járműmérnöki Kara a Jármű, közlekedés és logisztika kutatóegyetemi pályázat keretében kitűzött célok eléréséhez az Audi Hungaria Motor Kft. által a kar rendelkezésére bocsátott Audi TT Coupé tesztjármű bázisán egy oktatási és kutatási célokra egyaránt alkalmas járműszimulátor rendszer kialakítását valósította meg. A cikkben a fejlesztés eredményeként létrejött rendszer felépítése, komponensei és működési üzemmódjai kerülnek bemutatásra.

### BEVEZETÉS

A hazai egyetemi oktatási rendszer átalakítása során kiemelt szempont a képzés színvonalának emelése, melyben az elméleti oktatás szerves kiegészítőjeként kulcs szerephez jutnak a laboratóriumi gyakorlati foglalkozások. Ezek során kerül a hallgató a modern technika kézzelfogható közelségébe. Színvonalas laboratóriumi gyakorlatok azonban elképzelhetetlenek modern laboratóriumi eszközök és berendezések nélkül. Ezért különösen fontos, hogy Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2010-ben elnyert egy TÁMOP pályázatot (TÁMOP-4.2.1/B-09/KMR-2010-0002) az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében, melyben lehetőség nyílt 5 kiemelt területen az egyetemi oktatási és kutatási infrastruktúra fejlesztésére.

A Járműtechnika, közlekedés és logisztika kiemelt kutatási területen a Közlekedésmérnöki Kar járműmérnöki képzéséhez igazodva fogalmazódott meg a járműszimulátor laboratórium iránti igény. A szimulátort az egyetemi oktatásban minden járműmérnök hallgató használni fogja, lehetővé téve a korszerű járművek működésének alapos megismerését, ezáltal növelve a jövő mérnökgenerációjának szakmai tudását és hozzáértését. Ezen túlmenően a berendezés olyan új járműkutatások lehetőségét vetíti előre, amelyek további jelentős tudományos eredményeket indukálnak.

Eredetileg egy használt személyautó átalakításával terveztük a szimulátor vezetőfülké létrehozását, azonban az AUDI HUNGARIA MOTOR Kft. támogatásának köszönhetően egy teljes értékű Audi TT Coupé alapjain alakíthattuk ki a szimulátor vezetőfülkét.

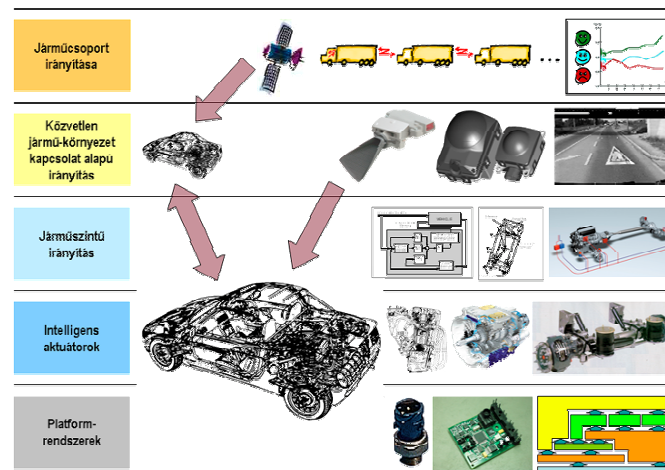
Ily módon azonban külön feladatként jelentkezett a jármű normál üzemképességének megtartása, azaz a szimulátor

funkciók oly módon történő megvalósítása, amely nem befolyásolja a jármű hagyományos módon történő használhatóságát önálló mozgásképességét.

A járműszimulátor egyes fázisainak kialakítása során ezt az elvet szem előtt tartva olyan skálázható megoldás került kidolgozásra, mely egy többlépcsős, egymásra épülő rendszerben lehetővé teszi a járműszimulátor egyes funkcióinak kialakítását a jövőbeli továbblépési lehetőségek korlátozása nélkül.

### A JÁRMŰIRÁNYÍTÁS SZINTJEI

A BME Közlekedésmérnöki Karának kutatási programjához kapcsolódóan a járműirányítás szintjeit Palkovics professzor már 2004-ben definiálta [1,3,4].



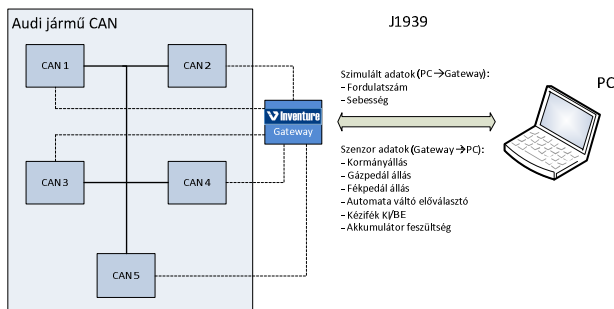
A járműirányítás szintjei [1]

A járműszintű irányítás kutatása a harmadik szinten valósul meg. A közúti forgalom növekedésével egyre nagyobb figyelem fordul a járművek hatékony és biztonságos működtetésére, megbízhatóságára, valamint környezetre gyakorolt hatására. Ez egyre szigorodó követelményeket támaszt a járművekkel szemben, amelyek elektronikus rendszerek fejlesztését és alkalmazását igénylik. A kutatás célja komponensekhez, illetve funkciókhoz kapcsolódó olyan szoftverek és eljárások fejlesztése, amelyek járműdinamikai szabályozó rendszerekben alkalmazhatók. A kutatás hosszabb távon kiterjed az autonóm járműirányítási rendszerek fejlesztéséhez szükséges rendszermodellezési, szabályozástechnikai, mechanikai, elektronikai és kommunikációs területeken történő kutatás-fejlesztési feladatokra is [5].

### JÁRMŰSZIMULÁTOR RENDSZER FELÉPÍTÉSE

Az Audi TT Coupé tesztjármű birtokában, az abban rejlő lehetőségeket figyelembe véve az eredeti koncepció újragondolásával, a jármű üzemképességének megtartásával hosszú távú oktatási és kutatási célok megvalósítására nyílik lehetőség. A tesztjármű mozgásképeségének megőrzésével később akár teszt pályás mérések is végrehajthatók, melyek olyan új kutatási projekt lehetőségeket teremtenek a kar számára, mint például a modern járműszerkezetek fejlesztése vagy a járműrendszerek elektronikus irányításának kutatása.

A cél egy olyan járműszimulátor kialakítása, mely élethűen modellezi járművezetés élményét miközben magas műszaki színvonalon teszi lehetővé a járműirányítás oktatását.



A járműszimulátor rendszer blokkvázlata

A járműszimulátor rendszer két részből tevődik össze. Áll egyrészt a HMI (Human Machine Interface) funkciókat megvalósító járműből, másrészt egy személyi számítógép alapú szimulátor alkalmazásból, melyen a szimuláció fizikai modelljét valósítja meg. A jármű és a szimulátor PC között szabványos – a járműiparban leginkább elterjedt J1939 [2] szabványon alapuló – CAN kommunikáció biztosít kétirányú, valós idejű kapcsolatot.

A HMI interfész az Audi TT Coupé jármű átalakításával, a személyi számítógépes szimuláció pedig a MATLAB környezetbe integrál CarSIM alkalmazás segítségével valósul meg.

### MECHANIKAI ELEMELK

Mivel a járműves szimulációk a jármű álló motorja mellett valósulnak meg, a szervórásegítéssel működtetett berendezések alapvető funkcióját biztosítani kellett. A fékberendezés és

szenzorjeleinek használhatósága nem romlik jelentősen az üzemi nyomás megszűnésével, így ennek rendszerébe mechanikailag nem avatkoztunk be. A kormányozhatóság megtartása érdekében két reális alternatíva adódott leállított motor esetére. Bár a lengőkarok alátámasztásával történő felemeléssel a kormánykerék könnyedén elfordítható, az adódó kirugózási magasságok miatt a jármű eredeti kinézete (az alátámasztási pontok lengőkarok forgáspontjától mért távolsága függvényében) jelentősen torzult.



Forgószámoly az első kerekek alatt

Optimális megoldásnak a forgószámolyos alátámasztás bizonyult, a lengőkaros megemeléshez képest nem okozott jelentős többletsúrlódást, miközben alkalmazása kicsit egyszerűbb, látványosabb. A kormány mozgatása kis erővel is lehetséges, ugyanakkor a jármű stabilitása szempontjából ez az alternatíva sokkal kedvezőbb.

### ELEKTRONIKUS BERENDEZÉSEK

A jármű elektronikus átalakítása során alapvető követelmény volt a rendelkezésre álló Audi TT Coupé tesztjármű elektronikus rendszereiből a jármű irányításához szükséges szenzorjelek előállítás. A specifikus jelek (gázpedál állás, kormányzó pozíció, fékpedál pozíció) kicsatolása CAN gateway segítségével, szabványos interfészen keresztül valósult meg. Az alapfunkciókon felül az alábbi berendezések kialakítása vált szükségessé a rendszer kényelmes és biztonságos működtetéséhez:

**Üzem mód-választó kapcsoló:** Feltétel volt a kialakításnál, hogy a felhasználó egyértelműen meg tudja állapítani, hogy a szimulációs rendszer éppen milyen üzemmódban van.

**Vészgomb:** A teszt pályás járműves méréseknél, illetve az autonóm járműirányításnál lehet később nagyobb jelentősége. Bármely üzemmódban a vészgomb megnyomásával visszakerül a jármű normál állapotba, semmilyen utólagos beépítésnek nincs hatása annak működésére.

**Leválasztó elektronikák:** Az utólagosan beépített elektronikák galvanikus leválasztását valósítják meg.

**Indítás blokkolás:** A megvalósított megoldás szerint – az emberélet és a műszaki értékek védelme érdekében - nem lehet a járművet beindítani a szimulációs üzemmódok egyi-

kében sem, kizárólag alap állapotban (*normál módban*), amikor is az utólagos beépítések hatástalanok.

## HMI ÜZEMMÓDOK

A járműbe utólagosan beépített üzemmód választó kapcsolónak megfelelően a jelen készülségi állapotban az alább felsorolt funkciók érhetőek el a járműszimulátoron.

### NORMÁL MÓD

Ebben az üzemmódban a jármű úgy működik, mint egyébként rendesen, tehát az utólag beépített eszközöknek semmilyen hatása nincs a jármű üzemszerű működésére. A járműszimulátor esetleges mozgatásához és tesztpályán tesztjárműként történő használatához ez elengedhetetlenül szükséges. A vészgomb bármely szimulációs üzemmódban való megnyomásával visszakerül a rendszer ebbe az állapotba.

### RENDSZER ÖNTESZT ÜZEMMÓD (DEMO MÓD)

A rendszerbe épített utólagos elektronikák PC nélkül demonstrálják az általuk megvalósítható funkciókat (fordulatszám-változás demonstrációja a kijelzőn, motorhang, stb.)

### AUTONÓM SZIMULÁCIÓS ÜZEMMÓD

A járműbe szerelt utólagos elektronikák valósítanak meg önállóan egy egyszerű szimulációt, mely során a pedál és a sebességváltó előválasztó kar jeleket felhasználva állítjuk elő a műszerfal által kijelzett sebesség és fordulatszám értékeket demonstrációs célból. Az autonóm szimulációs üzemmód egy beágyazott rendszeren implementált egyszerűsített modellel teszi lehetővé a járműszimulátor vezetésének élményét, mely az alábbiakat tartalmazza:

- Egyszerűsített motor modell
- Egyszerűsített automata sebességváltó modell
- Egyszerűsített fékrendszer modell



A járműszimulátor HMI laboratóriumi tesztje

## PC SZIMULÁCIÓ MÓD

Ebben az üzemmódban az adatcsere folyamatos a szimulátor PC és a járműbe utólagosan beszerelt gateway-ek között. A PC megkapja a szükséges alapjeleket, míg a jármű kijelzőjére a PC által előállított szimulált értékek kerülnek. A PC-re kicsatolt jelek az alábbiak:

**Kormányoszög jel:** A kormány forgásának mértékét mutatja radiánban. Előjeles érték, abszolút szögelfordulást mutat.

**Gázpedál állás:** A gázpedál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.

**Fékpédál állás:** A fékpédál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.

**Sebességváltó aktuális pozíció:** Az automata sebességváltó előválasztó karának aktuális pozíciója (*manuális fokozatok, automata/sport üzemmód*).

**Kézfék állapot:** A kézfék aktuális állapota (*behúzott, kinyitott*).

**Gázpedál kickdown állapot:** A gázpedál ún. *kickdown* (*padlógáz*) állapota.

**Gyújtás állapot/feszültség szint:** A gyújtáskapcsoló aktuális állását, valamint az akkumulátor feszültségét tartalmazza.

A kicsatolt jelek folyamatosan, késedelem nélkül kerülnek továbbküldésre. A fontosabb szenoradatok 50-100 ms-os gyakorisággal frissülnek. A továbbított jelek tesztelési célból történő megjelenítése egy szabványos CAN interfész és egy PC-s szoftver segítségével valósulhat meg. Így egyszerűen ellenőrizhetők a kicsatolt jelek aktuális értékei, továbbá grafikus megjelenítő segítségével vizuálisan is megvizsgálható azok időbeli alakulása.

A fenti felsorolásból látszik, hogy egy jármű vezetéséhez minden szükséges bemeneti paraméter rendelkezésre áll, így a személyi számítógépen futtatható bármilyen járműmodell megvalósítható segítségével. Mivel a rendszer valós idejű (real-time) és kétirányú kommunikáció is megvalósítható rajta, így a PC-től a CAN gateway-en keresztül visszairányú információkat is lehet küldeni a jármű irányába. Ekkor a jármű saját műszerfa a PC-ről érkező szimulált adatoknak megfelelő értékeket fogja kijelezni. Eszerint a HMI által kicsatolt alapjeleknél (*gáz, fék, váltófokozat, kormányoszög*) megfelelően a járműmodell kimeneti jelei (*sebesség, fordulatszám*) visszavezethetők a jármű műszerfal egységére így fokozva a virtuális vezetési élményt. A szimulációs szoftver segítségével előállított válaszjelek a jármű számára:

**Járműsebesség:** A jármű – a PC-s modell által előállított - aktuális sebessége, mely az eredeti műszerfalon kerül kijelzésre.

**Motor fordulatszám:** A jármű motorjának aktuális fordulatszámja.

A műszerfal még élethűbb üzemelése érdekében további visszairányú jelek küldése is lehetséges, úgymint: *hűtővíz hő*

mérséklet, üzemanyag tankszint, kilométeróra állás, idő, vizs-  
szajelző lámpák állapota, stb.

Megvalósításra került továbbá a szimulált fordulatszám-  
megfelelő motorhang generálása a járműben egy speciális  
elektronika segítségével. Az elektronika hangkimenete a jármű  
audio rendszerére van közvetlenül csatlakoztatva, így a  
gyári Bose hangrendszeren keresztül élvezhetjük a szimulált  
motorhang élményét.

## JÁRMŰDINAMIKA SZOFTVER

Az épülő járműszimulációs környezet járműdinamikai szoft-  
vere egy nagy komplexitású programcsomag, a CarSim. A  
CarSim személygépjárművekkel kapcsolatos dinamikai szim-  
ulációk végzésére készült Matlab alapú program, mely  
többféle személygépjármű típust képes kezelni.

Az alap CarSim szoftvercsomag tartalmazza a gépjármű haj-  
tásláncának, fékrendszerének, kormányrendszerének, kereke-  
inek, futóművének nagy bonyolultságú, többféle validált mo-  
delljeit. A program része egy, ezekhez a rendszerekhez tarto-  
zó adatbázis, mely a különböző járműtípusok rendszereinek  
paramétereit tartalmazza, egészen a kisebb méretű és tömegű  
kétajtós személygépkocsiktól a kishason- és kisebb katonai  
gépjárművekig. Az alap CarSim program különböző kiegészítők-  
kel bővíthető, mint például a rugalmas kocsi model-  
lezésre alkalmas csomag, nagyobb vontatmányok modellezé-  
sét és irányítását lehetővé tevő csomag, Real-Time Hardware-  
In-Loop kiegészítő, Driving Simulator, vagy AutoBox  
használatához alkalmazható dSPACE szoftver csomag. A  
BME Közlekedésmérnöki Karán épülő szimulációs környezet  
az alap CarSim mellett a Driving Simulator kiegészítő hasz-  
nátát teszi szükségessé. A kiépített rendszerben a CarSim az  
Audi TT kormányzóg jeladó és főfékhenger nyomás jeladó  
átalakított jeleit kapja meg a jármű CAN BUS hálózatról.  
Ezen jelek feldolgozásához az alkalmazott PC egy CAN kártyá-  
val rendelkezik, mely CAN kártya jeleit a Matlab  
Simulink képes fogadni és tovább feldolgozni. A CarSim  
program a beállított Audi TT Coupé járműparaméterek, köz-  
lekedési környezet, időjárási paraméterek alapján egy több  
fájlból álló csomagot készít, melyet átad a Matlabnak. A  
Simulink modell fájl tartalmaz egy S függvény blokkot, mely  
blokk átveszi a CarSim-től kapott fájlcsomagot, valamint  
meghívja az adott járműtípushoz tartozó, komplex járműmo-  
dell tartalmazó S függvényt. A szimuláció futtatása a valós  
időben érkező bejövő adatok és a CarSim-től kapott fájlcsom-  
ag segítségével már elvégezhető, miközben a CarSim egy  
szintén valós idejű animációt készít a járműről és környezetéről.  
Ezek után a Matlab Simulink a CarSim-nek visszaadja a  
szimulációs eredményeket, melyek alapján a kívánt járműdi-  
namikai mutatókat kirajzolja a CarSim, valamint egy menthe-  
tő videófájl készíti a szimulációról. A CarSim feladata tehát a  
szimuláció során a preprocessálás és postprocessálás, va-  
lamint a futtatás közbeni grafikus megjelenítés biztosítása. A  
Matlab Simulink pedig végzi a szimuláció futtatását, a jár-  
művet leíró differenciálegyenletek megoldását. A Matlab  
Simulink lehetővé teszi, hogy a bejövő mért jelek alapján  
járműdinamikai szabályozók kerülhessenek kipróbálásra.

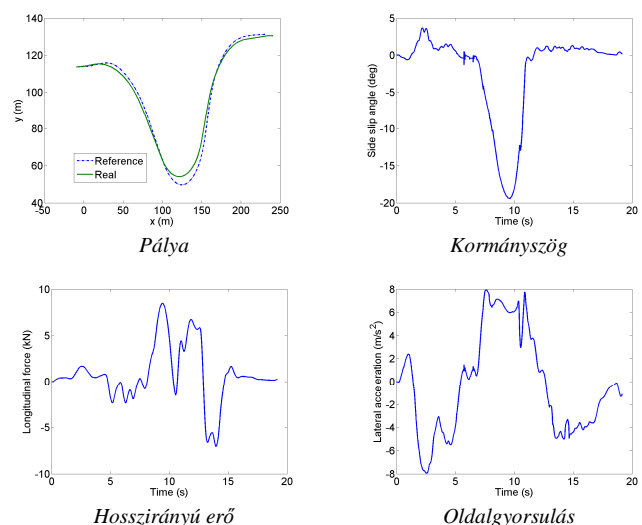
A gépjármű rendszereit különbözőféle modellek írják le. A  
hajtáslánc egyes összetevői a gépjármű típusnak megfelelően

variálhatók, mint például a hajtott kerekek száma és elrende-  
zése. A belsőégésű motor a fordulatszám-terhelés-nyomaték  
görbéivel van leírva, melyek a rendelkezésre álló adatbázis-  
ból, vagy külső forrásból behívhatók. A váltó esetében lehet-  
séges mind manuális, mind automata váltót kiválasztani, és  
beállítani a kívánt fokozatszámot, áttételeket, és az egyes  
fokozatok esetében a váltó tehetetlenségi nyomatékait beállí-  
tani. Fékrendszer esetében a rendszer egyes elemeinek áttét-  
elei állíthatók be, valamint maga a CarSim is tartalmaz beépí-  
tett ABS rendszert (mely lecserélhető saját rendszerre is). A  
kerék többféle modellel vehető figyelembe. Egyfelől van  
lehetőség karakterisztikákat behívni, illetve beolvasni. Ehe-  
lyett viszont használható például a jól ismert Pacejka kerék-  
modell, vagy a Delfti Műszaki Egyetem egy félempirikus  
modellje. A futómű modelljében van lehetőség mind a stati-  
kus, mind a dinamikus futómű paramétereket változtatni:  
momentáncentrum magasság, kerékösszetartási, kerékdőlési  
karakterisztikák stb. Emellett a gépjármű felépítményének  
inerciái, súlypontmagassága, tengelytávok és nyomtávok is  
beállíthatók.

Az alábbiakban egy kanyarodási manőver vizuális megjelení-  
tésére és a manőver során kapott időtartományi függvényekre  
mutatunk példát.



A jármű vizuális megjelenítése



Járműmanőver időtartományi függvényei

## KONKLÚZIÓ

A BME Gépjárművek Tanszék és Közlekedésautomatikai Tanszék együttműködésében elkészített járműszimulátor mindazon funkciókkal rendelkezik, amely egy modern eszköztől elvárható. A rendszer különlegessége, hogy egy valódi személygépkocsi bázisán került kialakításra. A laboratóriumi gyakorlatok alkalmával remélhetőleg érdekes, ugyanakkor hasznos eszköznek bizonyul majd a jövő járműmérnökeinek képzése során.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

A cikkben bemutatott kutatásokat az OTKA CNK 78168 pályázat támogatta

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Palkovics, L. „Elektronikus Jármű és Járműirányítási Rendszerek” *Regionális Egyetemi Tudásközpont pályázati koncepció*, 2004. Budapest
- [2] SAE J1939 Oct. 2007 Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network.
- [3] Bokor J.: *Intelligens út- és járműrendszerek: vezetünk vagy vezetnek?*, Magyar Tudomány, 5:522, 2005.
- [4] Palkovics L.: *Járműirányítás és menetstabilizálás*, Magyar Tudomány, 5:561, 2005.
- [5] Bartha T., Gáspár P: *Integrált irányítási alkalmazások járműrendszerekben*, *Jövő Járműve*, 28-31, 2007.