



# Audi TT közúti jármű szimulátorként történő felhasználása a mérnökképzésben

**DR. SZALAY ZSOLT**

BME Gépjárművek Tanszék

**KÁNYA ZOLTÁN**

Inventure Autóelektronika

**DR. GÁSPÁR PÉTER**

MTA SZTAKI

**NAGY DÁVID**

BME Közlekedésautomatikai Tanszék

A BME Közlekedés- és Járműmérnöki Kara a Jármű, Közlekedés és Logisztika kutatóegyetemi program keretében az Audi Hungaria Motor Kft. által a kar rendelkezésére bocsátott Audi TT Coupé tesztjárműre alapozva egy oktatási és kutatási célokra egyaránt alkalmas járműszimulátor-rendszert fejlesztett ki. A cikkben a fejlesztés eredményeként létrejött rendszer felépítése, komponensei és működési üzemmódjai kerülnek bemutatásra.

The faculty of Transportation and Vehicle Engineering at the Budapest University of Technology and Economics has developed a simulator system which is based on a real car, which is equally suitable for educational and research purposes. All the vehicle engineer students use the simulator system during their curriculum, enabling the thorough understanding of modern vehicle functions, thus improving the competence of future generations of engineers. Moreover the simulator system projects ahead the opportunity of new vehicle research that induces additional considerable scientific results.

## BEVEZETŐ

A BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kara az Audi Hungaria Motor Kft. által a kar rendelkezésére bocsátott Audi TT Coupe tesztjárműre alapozva egy, hazai környezetben újdonságnak számító járműszimulátor-rendszert fejlesztett ki. A fejlesztés a Jármű, Közlekedés és Logisztika (JKL) kutatóegyetemi program egyik kiemelt kutatási projektje keretében valósult meg. A rendszer különlegessége, hogy a rendszer egyetlen kapcsolóval átváltható a szimulátor üzemmód és a teljes értékű közúti jármű között.



1. ábra: járműszimulátor-rendszer a BME-n

Oktatási szempontból egy olyan jármű-szimulátor kialakítása volt a cél, mely élethűen modellezi a járművezetés élményét, miközben magas műszaki színvonalon teszi lehetővé a járműirányítás oktatását. A szimulátort az egyetemi oktatásban minden

járműmérnök-hallgató használni fogja, lehetővé téve számukra a korszerű járművek működésének alapos megismerését, ezáltal növelve a jövő mérnökgenerációjának szakmai tudását és hozzáértését. Nem titkolt szándék volt még a hallgatók motiválása, mivel egy ilyen környezetben sokkal lelkesebben tanulják meg a modellalapú fejlesztés lépéseit, mintha csak a számítógép monitora előtt ülnének. Ezen túlmenően a berendezés olyan új járműkutatások lehetőségét vetíti előre, amelyek további jelentős tudományos eredményeket indukálnak.

## A JÁRMŰIRÁNYÍTÁS SZINTJEI

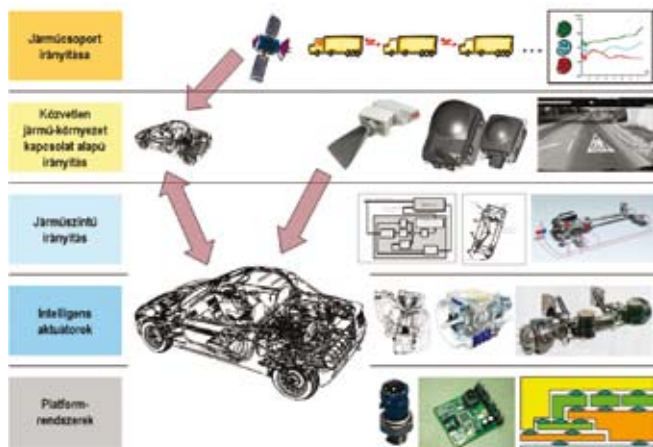
A közúti forgalom növekedésével egyre nagyobb figyelem fordul a járművek hatékony és biztonságos működtetésére, megbízhatóságára, valamint környezetre gyakorolt hatására. Ez egyre szigorodó követelményeket támaszt a járművekkel szemben, amelyek elektronikus rendszerek fejlesztését és alkalmazását igénylik.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

A BME Közlekedésmérnöki Karának kutatási programjához kapcsolódóan a járműirányítás szintjeit Palkovics professzor már 2004-ben definiálta, melyeket az 1-es ábra szemléltet [1,3,4]. A járműszintű irányítás kutatása a harmadik szinten valósul meg.

## JÁRMŰSZIMULÁTOR-RENDSZER FELÉPÍTÉSE

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



2. ábra: a járműirányítás szintjei

Ezt kizárólag a jármű kommunikációs hálózatának jelentős átalakításával lehetett megoldani úgy, hogy szimulátor üzemmódban a jármű kommunikációs hálózata feletti kontrollt a beépített szimulátoregységek veszik át. Ez teszi lehetővé, hogy az álló járművel úgy vezethessünk a szimulált tesztpályán, hogy a jármű minden fedélzeti egysége pontosan úgy működjön, mintha valódi úton közlekednénk: van motorhang, a műszerfal kijelzi az „aktuális” fordulatszámot, sebességet, hűtővíz-hőmérsékletet, tudunk sebességet váltani stb.

Az Audi TT Coupé teszttármű üzemképességének megtartásával további oktatási és kutatási célok megvalósítására nyílik lehetőség a későbbiekben. A teszttármű mozgásképességének megőrzésével valódi tesztpályás mérések is végrehajthatók, melyek olyan új kutatási projektlehetőségeket teremtenek, mint például a modern járműszerkezetek fejlesztése vagy a járműrendszerek elektronikus irányításának kutatása. 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 jármű-szimulációs környezet járműdinamikai szoftvereként a CarSim programot használtuk, mely tartalmazza a gépjármű hajtásláncának, fékrendszerének, kormányrendszerének, kerekeinek, futóművének nagy bonyolultságú, validált modelljeit és képes Real-Time Hardware-In-the-Loop szimulációra. A szimuláció során a valós időben érkező bejövő adatok segítségével a CarSim egy szintjén valós idejű animációt készít a járműről és környezetéről, melyet kivetít a jármű szélvédője elé, ezzel téve teljessé a vezetési élményt. A járműszimulátor-rendszer két részből tevődik össze. Áll egyrészt a HMI (Human Machine Interface) funkciókat megvalósító járműből, másrészt egy személyszámítógép-alapú szimulátor alkalmazásból, melyen a szimuláció fizikai modelljét valósítja meg. A jármű és a szimulátor PC között szabványos – a járműiparban leginkább elterjedt J1939 szabványon alapuló – CAN-kommunikáció biztosít kétirányú, valós idejű kapcsolatot.



3. ábra: a járműszimulátor-rendszer blokkvázlata

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

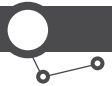
## VEZÉRLŐPANEL

A jármű elektronikus átalakítása során alapvető követelmény volt a rendelkezésre álló Audi TT Coupé teszttármű elektronikus rendszereiből a jármű irányításához szükséges szenzorjelek előállítását. A specifikus jelek (gázpedálállás, kormányszög-pozíció, fékpedál-pozíció) kicsatolása kétirányú CAN gateway segítségével, szabványos interfészen keresztül valósult meg. Az alapfunkciókon felül még további berendezések kialakítása is szükségessé vált a rendszer kényelmes és biztonságos működtetéséhez.

A szimulátor járműbe épített vezérlője (*Control Panel*) CAN gateway áramkörök, hanggenerátort és egy üzemmód-vezérlő elektronikát tartalmaz. A vezérlőpanel feladata többek között a műszerfal vezérlésének átvétele is szimulációs üzemmódban, vagyis a műszerfal egység mögötti teljes Audi TT jármű-elektronikai rendszer szimulációja. A kihívást ebben az jelenti, hogy a műszerfal ne jelezzen ki semmilyen hibát. Az ún. RBS (*Residual Bus Simulation*) úgy valósul meg, hogy a műszerfal-elektronika nem érzékeli, hogy mögötte nem a jármű van, hanem csak egy járműszimulátor.



4. ábra: a járműszimulátor vezérlőpanelje



A szimuláció során előállított fontosabb paramétereket a műszerfal valós időben jeleníti meg:

- Járműsebesség
- Motorfordulatszám
- Hűtőfolyadék-hőmérséklet
- Váltófokozat
- Egyéb hibalámpák, jelzőlámpák állapota.

A vezérlő panel további feladata a jármű kezelőszervek szenzoradatainak kicsatolása a szabványos külső CAN adatbuszra. A J1939 interfészen keresztül a PC számára elérhető szenzor adatok az alábbiak:

- Váltófokozat-előválasztó kar státusz
- Fékpedál-pozíció
- Fékpedálstátusz (lenyomva / felengedve)
- Kézifék státusz (behúzva / kiengedve)
- Gázpedál-pozíció
- Gázpedál kickdown kapcsoló
- Akkumulátorfeszültség
- Kormányszög
- Fordulatszám
- Járműsebesség
- Hűtővíz-hőmérséklet.

A vezérlőpanel ezen felül megoldja az utólagosan beépített elektronikák galvanikus leválasztását, illetve megoldja, hogy – az emberélet és a műszaki értékek védelme érdekében – nem lehet a járművet beindítani a szimulációs üzemmódok egyikében sem, kizárólag alapállapotban (normál módban), amikor is az utólagos beépítések hatástalanok.

## HMI ÜZEMMÓDOK

A járműbe épített szimulátor vezérlőpanel üzemmódválasztó kapcsolójának segítségével az alább felsorolt funkciók érhetőek el a járműszimulátoron.

### Normál mód

Ebben az üzemmódban a jármű úgy működik, mint egy hagyományos közúti jármű, tehát az utólag beépített eszközöknek semmilyen hatása nincs a jármű üzemszerű működésére. A jármű esetleges mozgathatóságához, illetve a teszt pályán tesztjárműként történő használatához ez a funkció elengedhetetlenül szükséges. A vészgomb bármely szimulációs üzemmódban való megnyomásával a rendszer ebbe az alapállapotba kerül.

### Szenzor teszüzemmód

A szimuláció szempontjából fontos a járműbe épített érzékelők használhatóságát ellenőrző funkció. Segítségével a kormányoszóghelyzet, a fékpedál-pozíció, a gázpedál-pozíció és a sebességváltó előválasztó kar érzékelőinek működését lehet tesztelni úgy, hogy az egyes szenzorok jelei a műszerfalra kerülnek kijelzésre.

### Demonstrációs üzemmód

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

### Autonóm szimulációs üzemmód

A járműbe szerelt utólagos elektronikák valósítanak meg önállóan egy egyszerű szimulációt, mely során a pedálok és a sebességváltó előválasztó kar jeleket felhasználva állítjuk elő a műszerfal

által kijelzett sebesség- és fordulatszámértékeket demonstrációs célból. Az autonóm szimulációs üzemmód egy beágyazott rendszeren implementált egyszerűsített modellel teszi lehetővé a járműszimulátor vezetésének élményét, mely az alábbiakat tartalmazza:

- Egyszerűsített motormodell
- Egyszerűsített automata sebességváltó modell
- Egyszerűsített fékrendszermodell.

Megvalósításra került továbbá a szimulált fordulatszámnak megfelelő motorhang generálása, ahol az elektronika hangkimenete a jármű eredeti audiorendszerével van összekötve, így a gyári Bose hangrendszeren keresztül élvezhetjük a szimulált motorhang élményét.



5. ábra: a műszerfal laboratóriumi RBS tesztje

### PC-szimulációmód

Az adatcsere folyamatos a szimulátor PC és a járműbe utólagosan beszerelt szimulátor vezérlőpanel között. A PC megkapja a szükséges alapjeleket, míg a jármű műszerfalának kijelzőire a PC által előállított szimulált értékek kerülnek. A PC-re kicsatolt jelek az alábbiak:

- Kormányoszóggjel: a kormány forgásának mértékét mutatja radiánban. Előjeles érték, abszolút szögelfordulást mutat.
- Gázpedálállás: a gázpedál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.
- Fékpedálállás: a fékpedál lenyomásának mértékét mutatja százalékban kifejezve.
- Sebességváltó aktuális pozíció: az automata sebességváltó előválasztó karának aktuális pozíciója (manuális fokozatok, automata/sport üzemmód).
- Kézifékállapot: a kézifék aktuális állapota (behúzott, kiengedett).
- Gázpedál kickdown állapot: a gázpedál ún. kickdown (padló-gáz) állapota.
- Gyújtás állapot/feszültség szint: A gyújtáskapcsoló aktuális állását, valamint az akkumulátor feszültségét tartalmazza.

A kicsatolt jelek folyamatosan, késedelem nélkül kerülnek továbbküldésre, a fontosabb szenzoradatok 50–100 ms-os gyakorisággal frissülnek. Mivel a rendszer valós idejű (real-time) és kétirányú kommunikációra alkalmas, így a PC-től a vezérlőpanelen keresztül visszirányú információkat is lehet küldeni a jármű irányába. Ebben az esetben a jármű műszerfala a PC-ről érkező szimulált adatoknak megfelelő értékeket fogja kijelyezni. Eszerint a HMI által kicsatolt alapjeleknek (gáz, fék, váltófokozat, kormányoszó) megfelelően a PC-n futó járműmodell kimeneti jelei (sebesség, fordulatszám) visszavezethetők a jármű műszerfal egységére így fokozva a virtuális vezetési élményt. A szimulációs szoftver segít

ségével előállított válaszjelek a jármű számára:

- Járműsebesség: a jármű – a PC-s modell által előállított – aktuális sebessége.
- Motorfordulatszám: a jármű motorjának aktuális fordulatszámja.
- Hűtővíz-hőmérséklet, üzemanyag-tankszint, kilométeróra-állás, idő, visszajelző lámpák állapota stb.

PC-szimuláció üzemmódban a CarSim által generált motorhang, illetve kerékcsikorgás hangok kerülnek bevezetésre a jármű audiorendszerébe, ezáltal még élethűbb hangokat élvezhetünk ebben az üzemmódban.



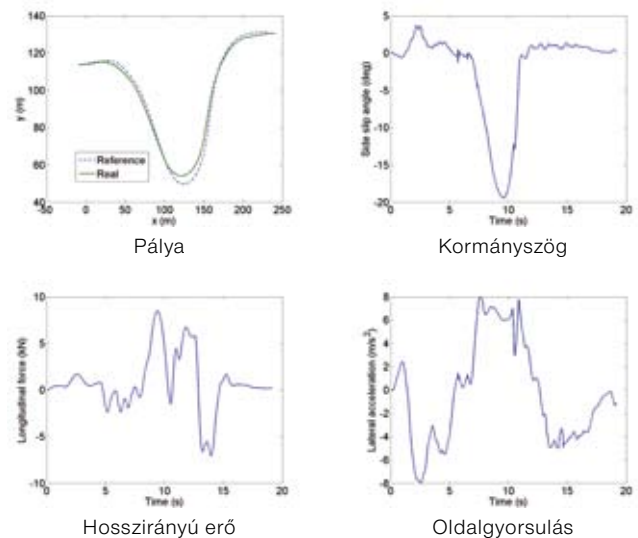
6. ábra: a szimulátorban teljes a járművezetési élmény

## JÁRMŰDINAMIKAI SZOFTVER

A jármű-szimulációs környezet járműdinamikai szoftvere a CarSim, amely személygépjárművekkel kapcsolatos szimulációk elvégzését biztosítja. A program adatbázisa különféle járműtípusok paramétereit tartalmazza, egészen a kisebb méretű és tömegű kétajtós személygépkocsiktól a kishaszon- és kisebb katonai gépjárművekig. A program különböző kiegészítőkkal bővíthető, mint például a rugalmas kocsiváz modellezése, vontatmányok modellezése és irányítása vagy az AutoBox használatához alkalmazható dSPACE szoftvercsomag. A BME Közlekedésmérnöki Karán épült szimulációs környezet az alap CarSim mellett a Driving Simulator alkalmazza. A kiépített rendszerben a CarSim az Audi TT kormányzójeladó és főfékhengernyomás-jeladó átalakított jeleit kapja meg a jármű CAN kommunikációs hálózatáról. Ezen jelek fogadásához és feldolgozásához az alkalmazott PC egy CAN-kártyával rendelkezik. A CarSim program a beállított Audi TT Coupé járműparaméterek, közlekedési környezet, időjárás paraméterek alapján egy több fájlból álló csomagot készít. A szimuláció

a valós időben érkező és a CarSim-től kapott adatok birtokában történik, miközben a CarSim egy valós idejű animációt is elkészít. A CarSim-hez ugyanakkor Matlab/Simulink szoftver is kapcsolható, amely lehetővé teszi, hogy a bejövő mért jelek alapján különféle járműdinamikai szabályozók kerülhessenek kipróbálásra.

Az alábbiakban egy kanyarodási manőver során szimulált időtartományi függvényekre mutatunk példát.



7. ábra: járműmanőver időtartományi függvényei

## KONKLÚZIÓ

A BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán elkészített járműsimulátor mindazon funkciókkal rendelkezik, melyek a kutatási és oktatási tevékenységeket egyaránt lehetővé teszik. A szimulátor lehetővé teszi a jármű hajtáslánc-elemeinek fejlesztését, sőt távlati célként a jármű autonóm, akár vezető nélküli irányításának megvalósítását is. ●

### HIVATKOZÁSOK

- [1] Palkovics, L.: Elektronikus Jármű és Járműirányítási Rendszerek. Regionális Egyetemi Tudásközpont koncepciója, 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, A Jövő Járműve, 28–31, 2007.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A járműsimulátor-rendszer fejlesztése az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében történt (TÁMOP-4.2.1/B-09/KMR-2010-0002).