

# Autonóm jármű forgalomszimulátorba illesztése

Szalai Mátyás

2018

Konzulens: Dr. Tettamanti Tamás

# A szimulációs feladat

## Miért hasznos?

- ▮ Biztonságos környezetben nyújt lehetőséget az autonóm járművek forgalmi szituációkban való tesztelésére.
- ▮ Járművek és a forgalomirányítási rendszer közötti kommunikációs tesztek is elvégezhetők.
- ▮ Költség- és erőforráshatékony megoldás.

## Mi a célunk?

- ▮ Virtuális környezet érzékelésének megvalósítása.
- ▮ Valós jármű mozgásának egy forgalomszimulátorba való, valós idejű beillesztése
- ▮ A jármű és a szimulátor közötti kommunikáció mindkét irányú megvalósítása, valós időben.

# A forgalomszimulátorba illesztés lépései

Három lépésben, különböző problémák megoldása

Járműkövetési  
modellek

Kapcsolat a jármű és az  
AutoBox között

Szimulált  
forgalom 2D  
térben

Kétirányú kommunikáció a  
jármű CAN hálózatán  
keresztül

Szimulált  
forgalom 3D  
térben

Az elért eredmények  
megvalósítása 3D  
képlakotással

## A tesztjármű

- CAN kommunikációs hálózat
  - AutoBox rendszer
  - Megfelelő szenzorok
  - Autonóm működést biztosító aktuátorok
- 
- A tesztek során csak a gyorsítás és a lassítás autonóm

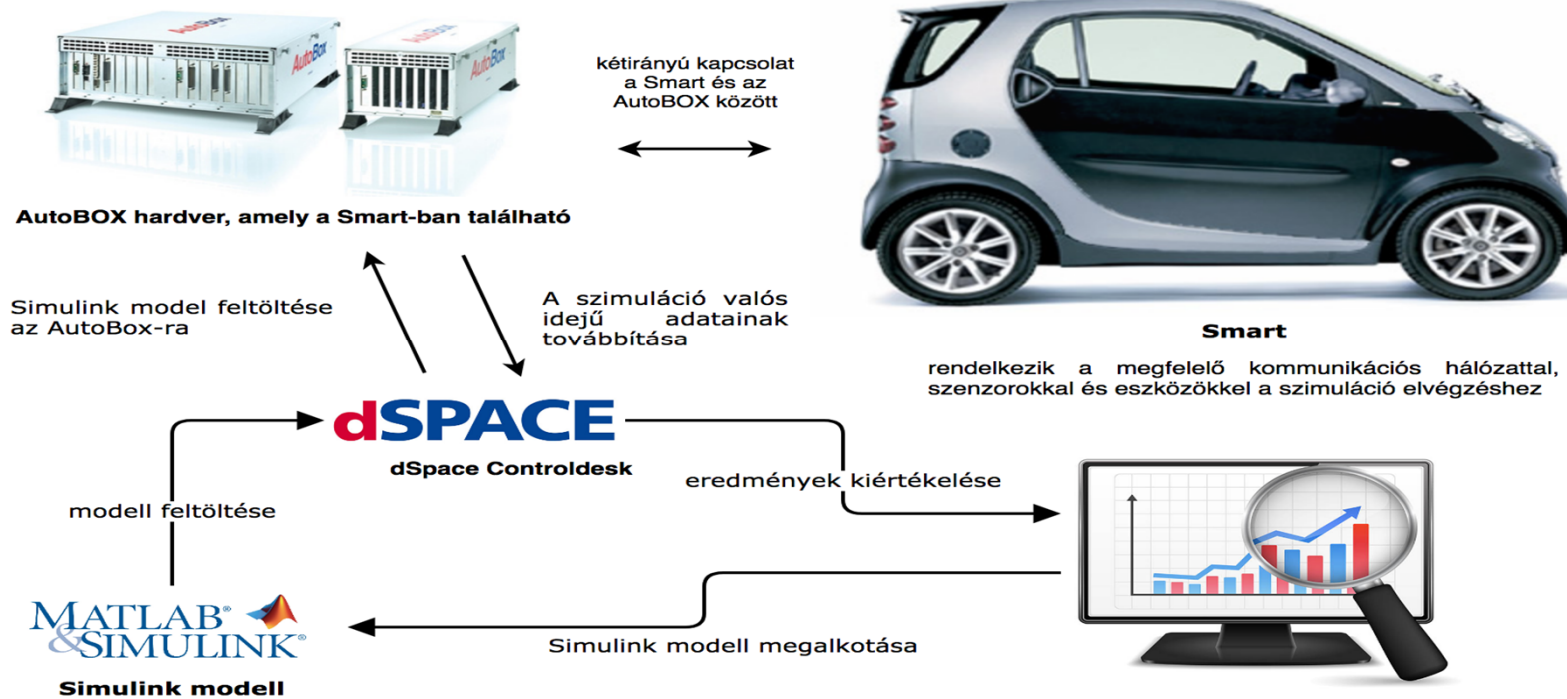


## Keretrendszerek

Keretrendszer a választott szoftverek együttműködésének megvalósítására, valamint a tesztjármű és a forgalomszimulátor közötti kommunikáció biztosítására.

- Valós idejű működés
- Célprogramok összekapcsolása
- Kommunikáció mindkét irányban
- Szimuláció biztos működéséhez szükséges frekvencia megtalálása

# Keretrendszer a járműkövetési modellekhez



# Járműkövetési modellek

## Lineáris járműkövetési modell

- Lineáris függvény írja le
- függ:
  - Járművezetőt jellemző reakció időtől
  - Járművezetőt jellemző érzékenységtől

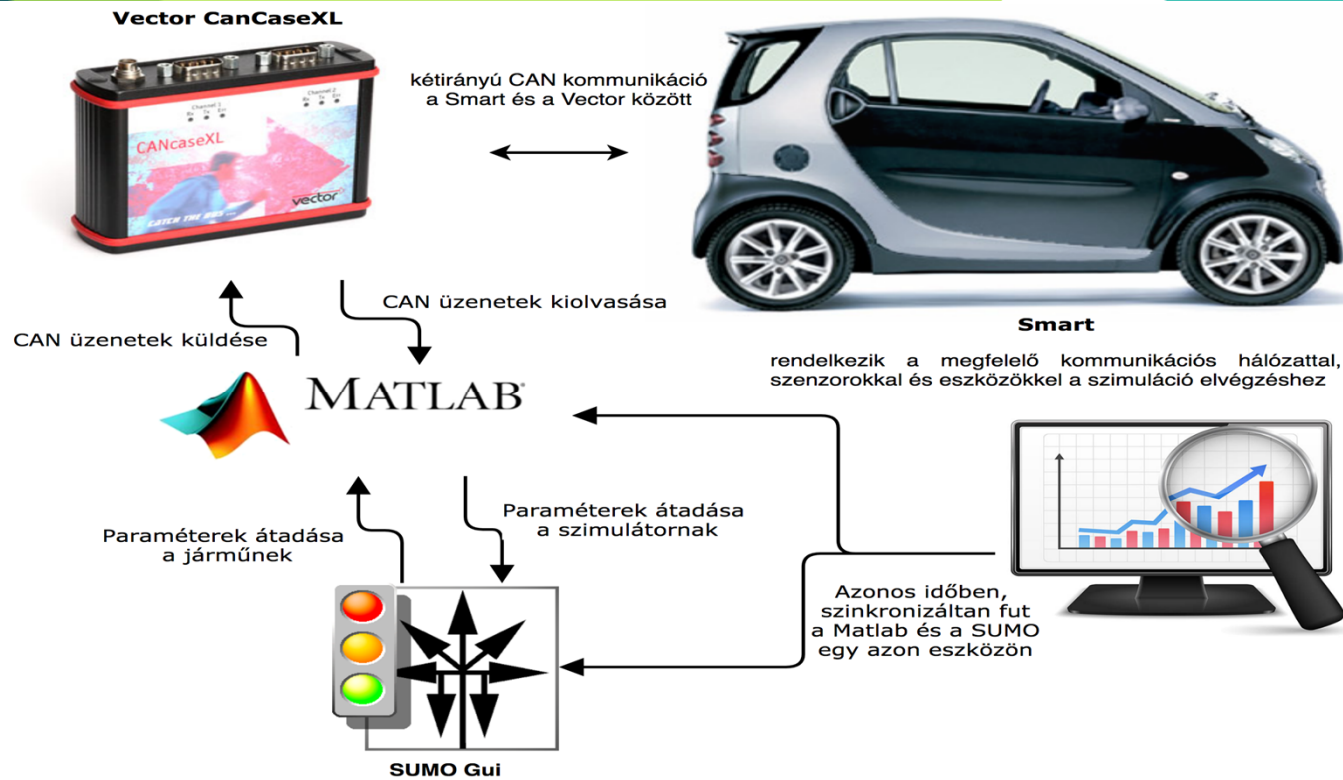
## Optimal velocity modell

- Optimális sebesség tartása minden járműre nézve
- függ:
  - A többi járműtől vett távolságtól
  - A kialakult sebesség különbségektől

## Generalized force modell

- A erő – ellenerő kölcsönhatás elvén épül fel
- A gyorsítási és lassítási manőverek alkotják az erőrendszert
- függ:
  - A tartani kívánt sebességtől
  - A tartani kívánt távolságtól

# Keretrendszerek a kiterjesztett szimulációkhoz





# Kiterjesztett szimulációk

## Egy irányú kommunikáció

- ▮ Valós tesztjármű forgalomszimulátorba illesztése
- ▮ Sebességadatok átadása a jármű felől a szimulátornak
- ▮ Valós teszt során a tesztjármű a szimulátorban is a valós sebességgel halad

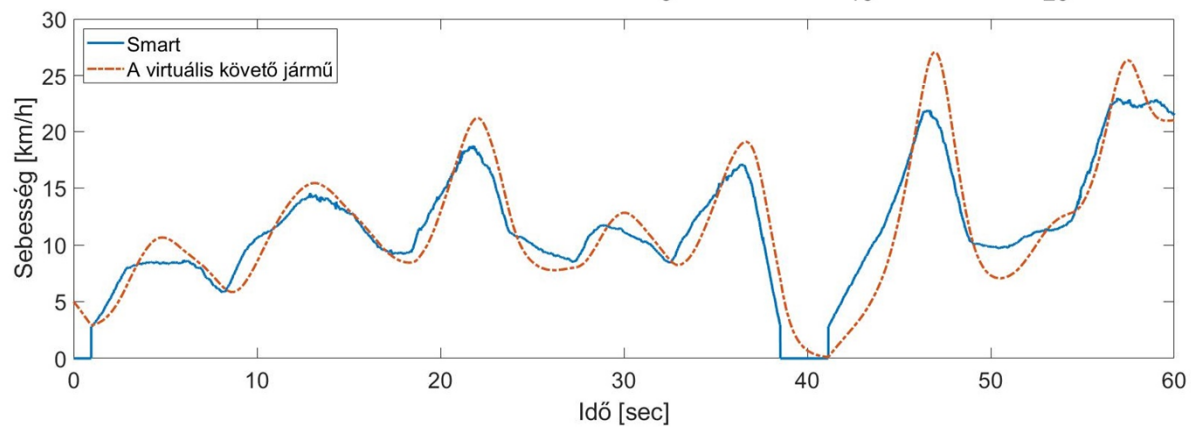
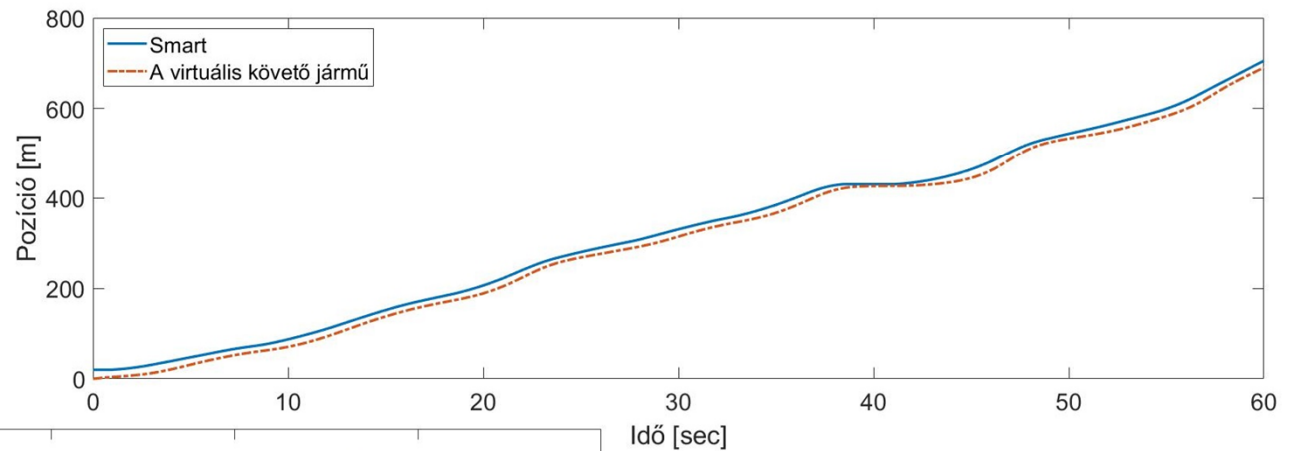
## Két irányú kommunikáció

- ▮ Virtuális valóságból származó információk tesztjárműhöz való eljuttatása
- ▮ A szimulátorba illesztett jármű a virtuális valóság alapján hoz döntést
- ▮ Valós teszt során vészfékezési manőver végrehajtása

# Eredmények

## Járműkövetési modellek

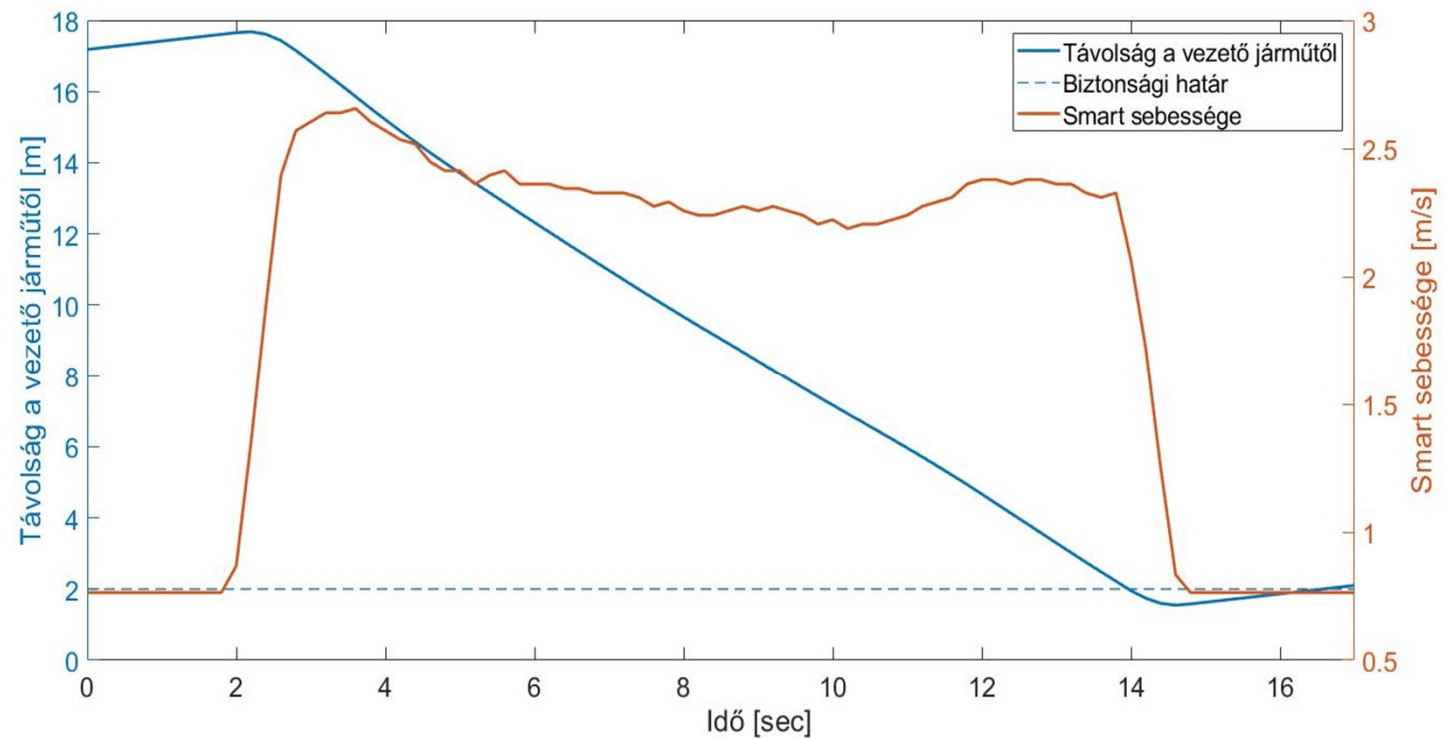
- Előzetes hangolás után is megfelelő eredmények
- Az OVM modell mutatta a legjobb eredményeket
- Csak alacsony sebességű tesztek végeztünk



# Eredmények

## Kiterjesztett tesztek

- A használt frekvencián elegendően gyors sebességátadás
- Vészfékezési manőver esetében az előzetesen várt időpillanatban fékezett a valós jármű



## Eredmények

A valós tesztek során elért eredmények alapján a kitűzött célt elértük:

- Megvalósult a valós jármű forgalomszimulátorba való illesztése.
- A valós jármű a virtuális valóság alapján képes döntéseket hozni.
- A CAN hálózat segítségével biztosított a kommunikáció a jármű és a célprogramok között.
- A megalkotott keretrendszer bővíthető, fejleszthető, és kiegészíthető a szimulációs feladatok igényei szerint.

# Eredmények

## Beküldött konferenciáikk a témából:



2018 IEEE International Conference on  
Vehicular Electronics and Safety

September 12-14, 2018  
Madrid, Spain

Sponsored by the IEEE Intelligent Transportation Systems Society



### Vehicle-In-the-Loop Test Environment for Autonomous Driving with Microscopic Traffic Simulation

1<sup>st</sup> Tamás Tettamanti  
Dept. of Control for Transportation and Vehicle Systems  
Budapest University of Technology and Economics  
Budapest, Hungary  
tettamanti@mail.bme.hu

2<sup>nd</sup> Máttyás Szalai  
Dept. of Control for Transportation and Vehicle Systems  
Budapest University of Technology and Economics  
Budapest, Hungary  
sm1248@hszk.bme.hu

3<sup>rd</sup> Sándor Vass  
Dept. of Automotive Technologies  
Budapest University of Technology and Economics  
Budapest, Hungary  
sander.vass@git.bme.hu

4<sup>th</sup> Viktor Tihanyi  
Dept. of Automotive Technologies  
Budapest University of Technology and Economics  
Budapest, Hungary  
viktor.tihanyi@git.bme.hu

**Abstract**—In our days, vehicle automation is in a continuous evolutionary phase consisting of experiments, testing and validation. Accelerating the development and deployment of autonomous vehicles and infrastructure is a real demand as these technologies have a great potential to improve traffic safety and resolve road transport problems. The Vehicle-In-the-Loop testing is therefore indispensable throughout the development process. As a potential solution to this need, this paper introduces a new approach for test environment capable to simulate realistic traffic around the autonomous test vehicle. The test car therefore can be put into virtual transportation network by applying real-time microscopic traffic simulation, i.e., the method enables safe vehicle testing. The proposed test environment was proved with real world autonomous car.

**Index Terms**—autonomous vehicle, Vehicle-In-the-Loop test, CAN communication, microscopic traffic simulation, SUMO, TraCI

#### I. INTRODUCTION

Autonomous vehicle technology will basically transform our life in the near future [1]. The general impact of autonomous transport has been examined in several recent papers. The major social impacts have been summarized as the gains due to safer roads, travel time reduction, more personalized services, improvement of energy efficiency and better parking possibilities [2]–[4]. The most important benefits are the safety-related issues as the majority of traffic accidents (app. 95%) are caused by human imperfection. It is estimated that self-driving technology could eliminate 90% of road traffic accidents [5]. Market researches estimate different scenarios for the penetration of autonomous cars [6]. However, even the worst case scenario [7] predicts the wide spread of fully

driverless vehicles by 2045 at the latest. Nevertheless, it is apparent that in the next decades a significant part of road vehicles will be equipped by highly automated functionalities.

Autonomous driving and related intelligent infrastructure developments open immense possibilities for scientific and technological advance. Beyond the liability issues [8], the main condition of practical deployment is, however, the proper and reliable functioning which is guaranteed by continuous testing and validation in engineering practice [9], [10].

In case of traditional vehicles, manufacturers have plethora of experiences, i.e., millions of test kilometers making possible to correct problems. Moreover, human drivers are educated in a similar way and so have identical knowledge on traffic rules. Contrarily, autonomous vehicles just “start learning” the driving and have not yet gathered that amount of experiences. Due to possible errors testing on public roads with traditional traffic is not allowed in most of the countries. Therefore, it is necessary to create test sites and develop systems that enables autonomous vehicle testing in realistic environments with arbitrary traffic situations. As an example for this, the new test track of Hungary is mentioned which is designed to support the automotive industry throughout the whole process from prototype testing to mass production [11]. The Hungarian proving ground will be realized (close to the city of Zalaegerszeg) through an investment of 130 million Euros by 2019. The planned proving ground is especially dedicated to testing connected and autonomous vehicle functionalities according to the SAE levels [12]. The 250 ha area will incorporate vehicle dynamics testing and validation, environment preparation (obstacles, traffic signs, traffic control, other vehicles, vulnerable road users), complex driving and traffic situations, smart city features.

One of the possible future extension of the test track

The project has been supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund EROP-3.6.2-16-2017-00002 as well as by the Janos Bolyai Research Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences.

# Távlati lehetőségek

## Járműkövetési feladat

A feldolgozott járműkövetési modellek alapján a kiterjesztett szimulációs környezetben

## GPS rendszer használata

Két antennás GPS rendszer segítségével pontosabb sebesség mérés és pozicionálás megvalósítása

## Kormányzás megvalósítása

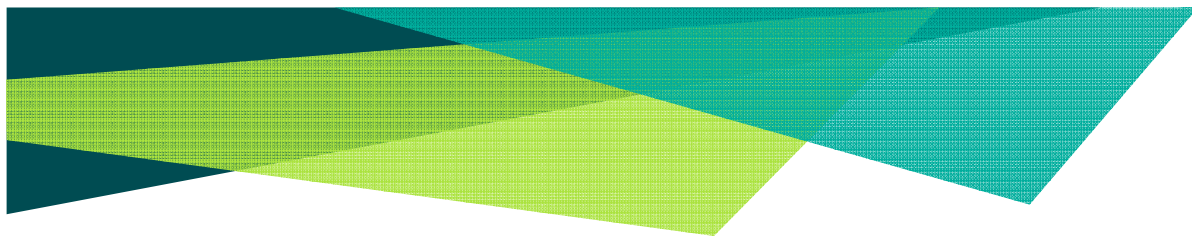
Olyan lehetőségek feltárása, melyek alapján a jármű teljes autonóm funkciókkal tesztelhető

## Működési frekvencia növelése

Lehetőségek keresése a működési frekvencia növelésére, becslési eljárások alkalmazása

## 3D megjelenítés

Olyan forgalomszimulátor, vagy egyéb szoftver használata, amivel az itt elért eredményeket valós időben, 3D-ben tudjuk megjeleníteni



**Köszönöm a  
figyelmet!**

