Csatlakozz a beszélgetéshez

Böngészőből:

slido.com

Kód: # 1945781

VAGY

Kamerával:



Gemini Notebook

HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

Milyen útra készülünk?

Kalandozás a jövő közlekedési infrastruktúrájában

IX. Magyar Közlekedési Konferencia - 50. Útügyi Napok

2026.10.13-15.

Eger, Hotel Eger & Park



Dr. Bokor László

egyetemi docens, kutatócsoport vezető

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

bokorl@hit.bme.hu

MŰEGYETEM 1782

KTE

MAGYAR KÖZÚT

NEMZETI ÚTDÍJFIZETÉSI SZOLGÁLTATÓ

MÁV CSOPORT

EGY MAI INTELLIGENS JÁRMŰ KÉPESSÉGEI ÉS KORLÁTAI

- **Érzékelés:**
  - kamera, radar, LiDAR, ultrahang, GNSS
- **Értelmezés:**
  - szenzorfúzió, AI-alapú objektumfelismerés és környezetmodell, HAD térkép
- **Döntéshozatal:**
  - útvonal- és mozgástervezés, járművezérlés
- **Korlátok:**
  - kitakarás, időjárás, pozícióbizonytalanság, érzékelési hibák
- **Nyitott kérdés:** mi történik, ha a jármű saját érzékelése nem elegendő?

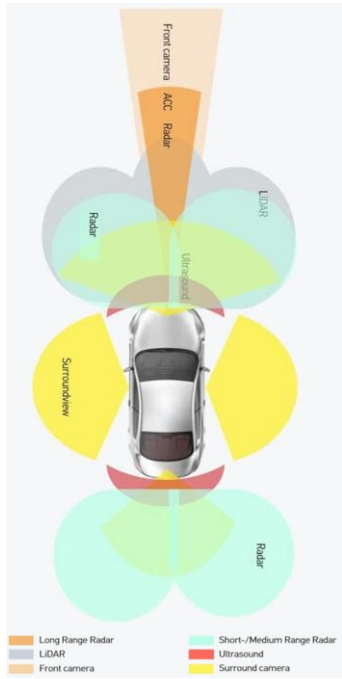
Ha a jármű önmagában korlátok közé szorul, akkor érdemes feltenni a kérdést: mit tud hozzátenni a környezete és maga az útinfrastruktúra?


Ford F-150


Mercedes-Benz E-Class


Tesla Model 3

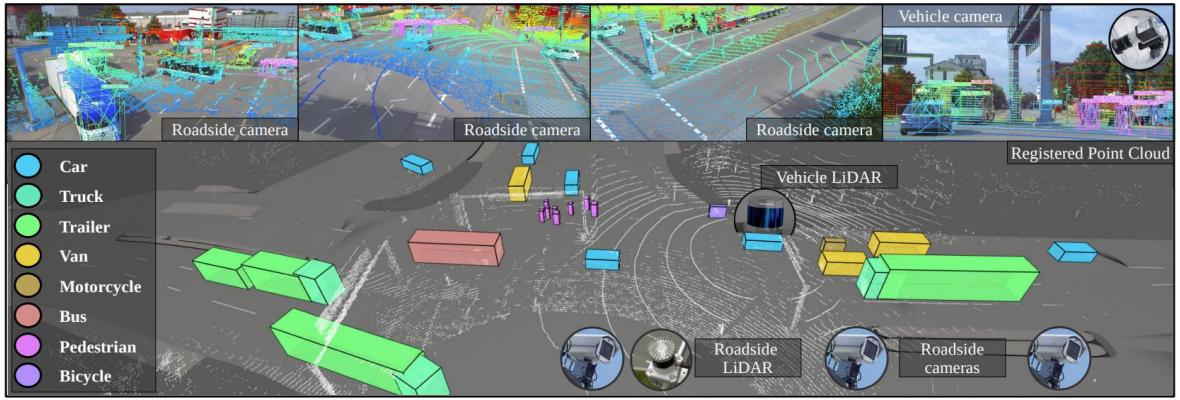

Hyundai Palisade



https://www.hella.com/techworld/fr/technique/adas/
https://cars.usnews.com/cars-trucks/advice/cars-that-are-almost-self-driving

INTELLIGENS ÚT: AMIKOR AZ INFRASTRUKTÚRA IS ÉRZÉKEL

https://tum-traffic-dataset.github.io/tumtraf-v2x/
https://arxiv.org/pdf/2403.01316



Az út többé nem passzív környezet, hanem a jármű érzékelését kiegészítő rendszer is!

- **Környezeti érzékelés:**
  - út menti kamerák, radarok és szenzorok
- **Infrastruktúra-intelligencia:**
  - objektumfelismerés, szenzorfúzió, forgalmi helyzet becslése AI-val, anomáliadetekció, forgalom-menedzsment
- **Kooperatív szolgáltatások:**
  - V2X-kommunikáció, veszélyjelzés, kollektív érzékelés (CPM)
- **Digitális infrastruktúra:**
  - jelzőlámpa-adatok, digitális térképek, forgalmi és útállapot-információk
- **Kiterjesztett érzékelési tartomány:**
  - a jármű számára kitakart vagy távolabbi események észlelése

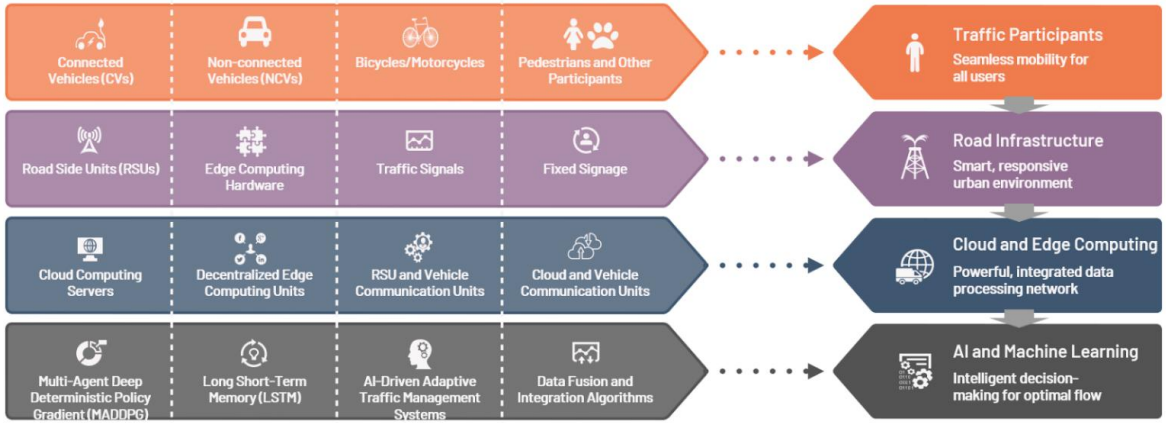
JÁRMŰ + INFRASTRUKTÚRA + AI: AZ EGYÜTTMŰKÖDŐ INTELLIGENCIA

Járműoldali intelligencia:
saját szenzorok · V2X · fedélzeti AI · lokális döntés

Útinfrastruktúra-intelligencia:
út menti érzékelés · RSU · edge AI · infrastruktúra-adatok · üzemi hírközlő hálózat · MEC · központi rendszerek

Hálózati és rendszerszintű intelligencia:
forgalmi előrejelzés · optimalizálás · digitális iker

AI/ML-alapú technológiák:
adaptív forgalommenedzsment · fúzió · előrejelzés · koordináció · döntéstámogatás · erőforrások



https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136655452600459X

AI minden szinten: érzékelés, előrejelzés és optimalizálás a járműtől az infrastruktúrán át a teljes közlekedési rendszerig

DE

Nem minden adatot és döntést kell ugyanoda telepíteni. A kérdés az, hogy melyik feladatot hol lehet a legbiztonságosabban és leghatékonyabban elvégezni!

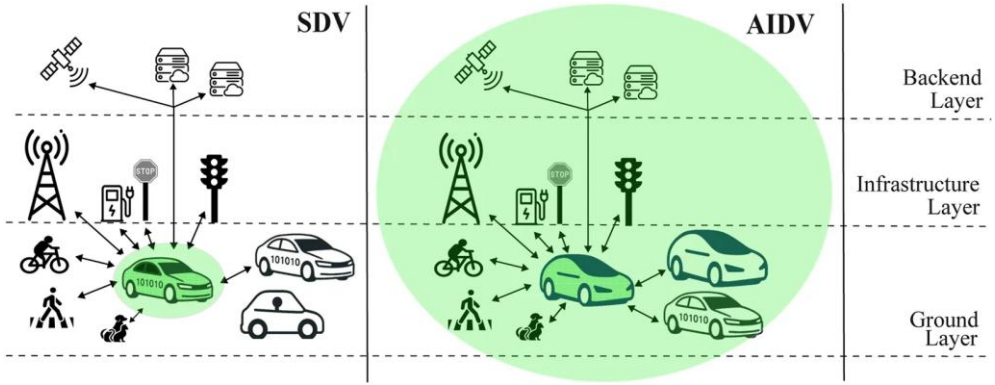
AZ AI VEZET ÉS AZ INFRASTRUKTÚRÁT IS ÜZEMELTETI

Software-Defined AI-native járművek

- Szoftverközpontú járműarchitektúra
- Folyamatos funkcióbővítés, tanulás
- AI-alapú fedélzeti intelligencia
- Centralizált és zonális E/E-architektúra
- Felhő–jármű–edge együttműködés
- Biztonságos, folyamatos evolúció

AI az útinfrastruktúrában

- AI-alapú környezetérzékelés és szenzorfúzió
- Kooperatív érzékelés támogatása
- Prediktív infrastruktúra-üzemeltetés
- Adaptív forgalomirányítás
- AI-alapú hálózat- és szolgáltatásfelügyelet
- Digitális iker és szimuláció



https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2026.1770121/full

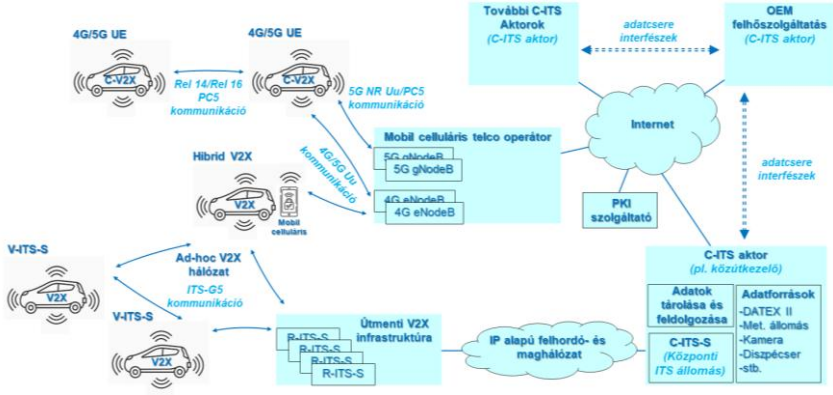


https://www.amiparadigm.ai/solutions

A LÁTHATATLAN FELTÉTEL: KOMMUNIKÁCIÓ ÉS ÜZEMI HÁLÓZAT

A kooperatív intelligencia csak akkor működik, ha az adatok megfelelő időben és megbízhatósággal eljutnak a megfelelő helyre!

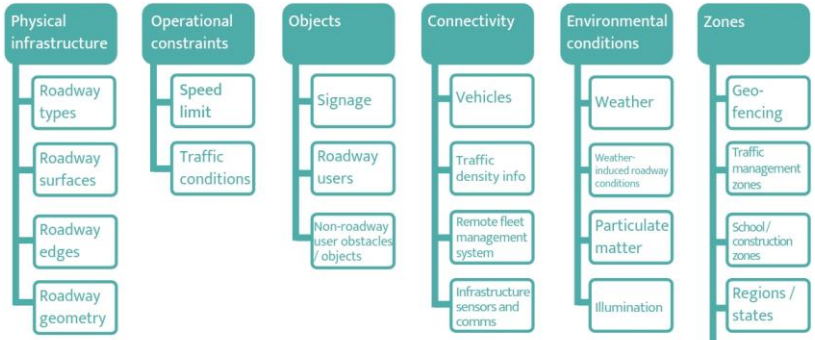
- **V2X-kommunikáció:**
  - járművek, út menti egységek és közlekedési rendszerek közötti adatcsere
- **Megbízható és kiszámítható kapcsolat:**
  - késleltetés, rendelkezésre állás, lefedettség és szolgáltatásminőség
- **Edge computing:**
  - helyi adatfeldolgozás a gyors reakciót igénylő szolgáltatásokhoz
- **Heterogén hálózatok:**
  - ITS-G5/DSRC, 5G NR V2X és más kommunikációs technológiák együttműködése
- **Kiberbiztonság és bizalom:**
  - hiteles üzenetek, adatvédelem és a hálózati szolgáltatások védelme
- **Üzemeltetés és felügyelet:**
  - hálózati állapot, kommunikációs hibák és szolgáltatási szintek folyamatos monitorozása
- **Az ÜHK szerepköre bővül, jelentősége tovább nő!**



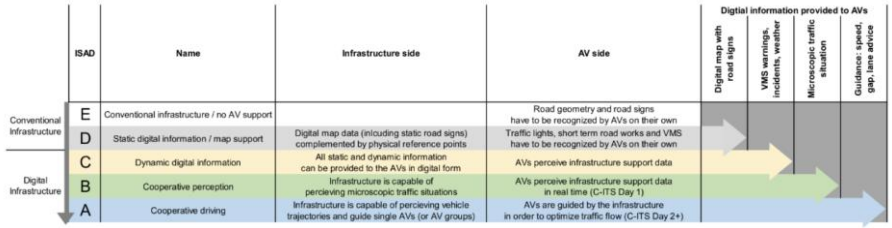
https://www.hte.hu/documents/4652308/4695917/HT2021-ksz1_3-Bokor-etal.pdf

Kérdés: ha a jármű, az infrastruktúra és a kommunikáció képességei ennyire összefüggenek, milyen útszakaszon, milyen körülmények között bízhatjuk rájuk a közlekedést?

ODD ÉS ISAD: HOL ÉS MILYEN FELTÉTELEKKEL MŰKÖDIK A RENDSZER?



https://www.york.ac.uk/assuring-autonomy/about/aaip/body-of-knowledge/required-behaviour/1-1/defining-operating-environment/automotive/
https://www.inframix.eu/wp-content/uploads/D5.4-Infrastructure-Classification-Scheme.pdf



- **Operational Design Domain (ODD):**
  - azok a működési feltételek, amelyek között az automatizált közlekedési rendszer használható (működési tartomány)
- **Infrastructure Support for Automated Driving (ISAD):**
  - az infrastruktúra támogatási szintje a hagyományos úttól a kooperatív vezetés támogatásáig
- **Környezeti feltételek:**
  - útgeometria, időjárás, látási viszonyok, forgalom és infrastruktúra
- **Digitális és kommunikációs felkészültség:**
  - térképadatok, út menti érzékelés, V2X-lefedettség és szolgáltatásminőség
- **Jármű–út kompatibilitás:**
  - a jármű képességeinek és az adott útszakasz jellemzőinek összehangolása
- **Operational Road Section (ORS):**
  - az úthálózat olyan szakaszokra bontása és értékelése, amelyek alkalmassága külön vizsgálható
- **Fokozatos bevezetés:**
  - a működési tartomány kiterjesztése mérések, validáció és igazolt biztonság alapján

A biztonság nem az AI jelenlététől, hanem a képességek és a működési feltételek igazolt összhangjától függ!

MIT ÉPÍTSÜNK MA A HOLNAP KÖZLEKEDÉSÉHEZ?

Ha nem minden útszakasz alkalmas ugyanarra az automatizálási szintre, akkor mit érdemes ma megépítenünk úgy, hogy az a jövő változó technológiáihoz is alkalmazkodni tudjon?

Moduláris infrastruktúra
bővíthető érzékelők számítási kapacitás és kommunikációs rendszerek

Nyílt szabványok és interoperabilitás
különböző gyártók járművei és infrastruktúrái közötti együttműködés

Digitális felkészültség
megbízható térképek, géppel feldolgozható útadatok és digitális infrastruktúra-modellek

Skálázható AI és edge computing
a helyi feldolgozástól a hálózati szintű optimalizálásig

Mérhető szolgáltatási szintek
lefedettség, rendelkezésre állás, késleltetés, adatminőség és biztonság

Fokozatos, use case-alapú fejlesztés
valós közlekedési igényekre épülő pilotok, mérés és validáció

MIRE TERVEZZÜK AZ UTAT, HA MÁR NEM MI VEZETÜNK?

- **A legfejlettebb funkciók már nemcsak a járműtől függenek:**
  - a közlekedési környezetnek is támogatnia kell az automatizált működést
- **Az infrastruktúra váljon digitálisan felkészültté:**
  - érzékelés, kommunikáció, megbízható digitális adatok és edge computing
- **Az intelligencia működjön együtt:**
  - jármű- és infrastruktúraoldali AI, hálózati szolgáltatások
- **A képességeket és a feltételeket együtt értékeljük:**
  - ODD, ISAD és az útszakaszok alkalmassága
- **Fokozatosan, mérhető eredmények alapján fejlesszünk:**
  - biztonság, megbízhatóság és gazdaságosság

A jövő útja nem attól lesz intelligens, hogy mindent érzékel vagy mindent kiszámít, hanem attól, hogy képes együttműködni az intelligens járművekkel!



https://citiesabc.com/the-evolution-of-smart-roads-technology-paving-the-way-for-smarter-transportation

HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

MŰEGYETEM 1782

Köszönöm a figyelmet!

Kérdések?

© Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék