

Az intelligens infrastruktúra szerepe a közlekedésbiztonság, és az autonóm járművek fejlesztésében

A közlekedés teljesítményének állandó növekedése, a forgalom bővülése egyre több baleseti forrást hordoz. A balesetek számának és súlyosságának csökkentéséhez minden eszközt fel kell használni. Az intelligens rendszerek bevonása a forgalomirányításba elősegíti a közlekedés lebonyolításának biztonságosabbá tételét.

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2022.4.5>

Tomaschek Tamás Attila

forgalomszabályozási csoportvezető

Magyar Közút Nrt.

e-mail: tomaschek.tamas@kozut.hu

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a közutak üzemeltetése elképzelhetetlen elektronikai eszközök nélkül. Számos paramétert mérnek döntően on-line szenzorok a hálózat mentén, amelyek hasznos információt adnak az útpálya közvetlen környezetéről, illetve a forgalomról; egy-egy üzemeltetési vagy forgalmi menedzsment beavatkozás alapjául szolgálnak. Hasonló folyamat figyelhető meg a közúton közlekedő járművek esetén is, az ún. ADAS rendszerek (Advanced Driver Assistant System – Fejlett vezetést támogató rendszer) elterjedésével. Egyre több jármű használ különböző típusú szenzorokat a saját közvetlen környezetének érzékelésére. A szenzorok által gyűjtött információkat a járműben elhelyezett intelligencia dolgozza fel, és potenciális veszélyhelyzet esetén riasztást küld a vezetőnek, illetve akár be is avatkozik. A gépi tanulás és a mesterséges intelligencia fejlődésével egyre gyakorib-

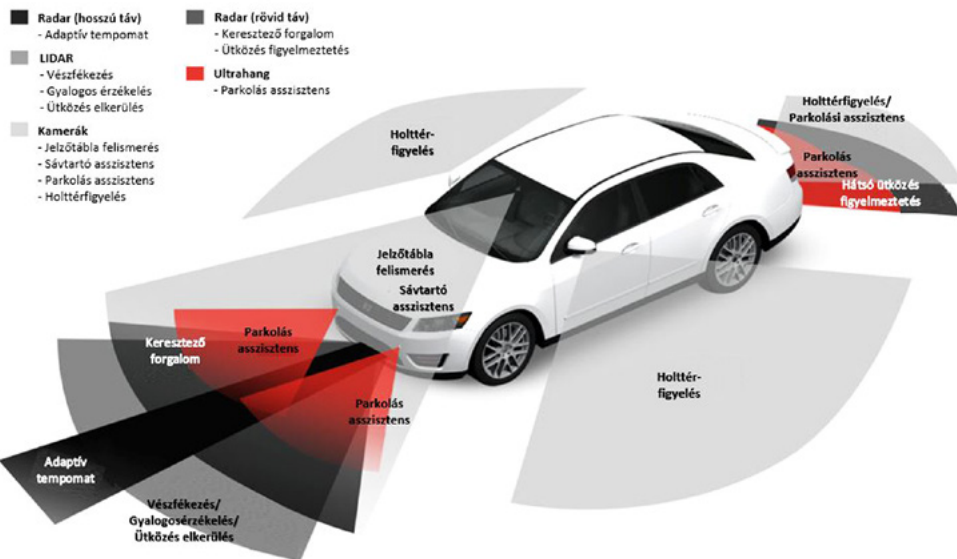
bá válhat a közvetlen beavatkozás, ezért az ADAS rendszerek fejlesztése az autonóm járműves fejlesztések szempontjából is kiemelkedő jelentőséggel bír. Tekintettel arra, hogy ezek a rendszerek már nem csak támogatják a vezetőt a döntés meghozatalában, illetve csökkentik az emberi hiba valószínűségét, hanem tényleges vezérlést is kifejtene. A nagy számú teszt végrehajtásához számos költséghatékony módszertant dolgoztak ki, úgy mint a *Vehicle-in-the-Loop*, vagy a *Scenario-in-the-Loop* [1] [2], amelyek a valós jármű tesztelését egy virtuális környezetben biztosítják, de nyílt közúti tesztelés esetén akár az infrastruktúra és az infrastruktúrába épített szenzorok is segíthetik a teszteket.

2. AZ ADAS RENDSZEREK

Az ADAS rendszerek fejlett szenzorok és automatika segítségével támogatják a járművezetőt haladás közben, illetve parkolási művele-

1. ábra: S szenzorok (Forrás: Robotics & Automation News)

ADAS: A biztonság, ami körbevesz



tek végrehajtásakor. A szenzorok detektálják a jármű környezetében található akadályokat, illetve felismerik a járművezető hibás döntéseit, és figyelmeztetnek, illetve kritikus helyzetben be is avatkoznak megelőzve a balesetet. Ennek megfelelően az ADAS rendszereket a hatásuk tekintetében négy fő területre lehet osztani:

- ráfutásos/utolérési balesetek megelőzésére szolgáló rendszerek,
- sávtartást segítő rendszerek,
- holtter érzékelők,
- tolatást/parkolást segítő rendszerek.

Az ADAS szolgáltatásokat többnyire az oldalsó tükrökben, illetve a jármű első és hátsó lökhárítójában elhelyezett kamerák, ultrahangos, radar- és lézeralapú távérzékelők (LiDAR) támogatják (1. ábra). Kiemelkedő jelentőségű ezeknek az eszközöknek a pontossága, illetve a szenzoradatok fúziójából nyert, a jármű környezetérzékelésének megfelelősége, valamint az egyes rendszerek esetén az egyes szcenáriók megfelelősége [3].

3. A HAGYOMÁNYOS MONITORING ESZKÖZÖK [4]

Az üzemeltetést támogató elektronikai eszközök alapvetően két nagy csoportra oszthatók. Az egyik fő csoport a monitoring berendezések, a másik a forgalombefolyásoló/irányító berendezések. A két csoport egymás nélkül csak korlátozottan, vagy egyáltalán nem használható fel az üzemeltetés támogatásához. Mindkettőből – megfelelő ellátottsággal – jelentős haszon érhető el. A hasznok jelentkezhetnek a közlekedők utazással töltött idejének rövidüléséből, és ezzel párhuzamosan a kisebb károsanyag-kibocsátásból, valamint a balesetek, torlódások esetén bekövetkező másodlagos vagy utolérési balesetek számának csökkenéséből. A monitoring eszközök a mért jellemzők alapján három részterületre oszthatók:

- forgalmi érzékelők,
- környezeti érzékelők,
- közúti ellenőrzés eszközei.

A berendezések közül az egyik legnagyobb csoport a forgalmi érzékelők csoportja. Ezek az eszközök mutatják a legnagyobb változást a mágneses elvű berendezésektől a lézeres technológiáig, de mindegyik a forgalom valamelyik fontos jellemzőjét (pl. sebesség, forgalomnagyság, forgalomsűrűség, tengelyszám- és terhelés) méri. A környezeti monitoring eszközök egyrészt az út közvetlen környezetének meteorológiai paramétereinek mérését, másrészt a közút környezetszennyező hatásait hivatottak mérni.

A harmadik csoportba az ellenőrzési tevékenységhez kapcsolatosan telepített eszközöket soroltam. A másik két csoporttal többé kevésbé átfedésben vannak az itt alkalmazott eszközök, de a felhasználásuk speciális.

3.1. Forgalmi érzékelők

Az induktív hurokdetektor a járműforgalom felvételére jelenleg leggyakrabban alkalmazott típus, mely az útpályában vagy azon elhelyezett érzékelő hurokból, kiértékelő egységből, és a kettőt összekötő speciális vezetékből, továbbá tápegységből áll. Az induktív hurokdetektor érzékelő része az útpályába épített vagy arra ragasztott szigeteléssel ellátott vezetékből áll. A hurokon váltakozó áramot vezetnek, amely a hurok körül mágneses erőteret kelt. Működésének alapelve, hogy az érzékelő hurok felett elhaladó járművek megváltoztatják annak mágneses terét, azaz a hurok „elhangelődik”. Ez a változás, ami impulzust kelt, kerül kiértékelésre és regisztrálásra. Az induktív hurokdetektorok vagy mint jelenléti, vagy mint impulzus detektorok működnek. A jelenléti detektorok olyan hosszan kitartott jelet adnak, ameddig egy jármű a megfigyelési zónájukban tartózkodik (statikus működési mód). Az impulzus detektorok járművenként egyetlen rögzített időtartamú jelet adnak (dinamikus működési mód). Az impulzusdetektorok technikailag egyszerűbben kivitelezhetők, de ugyanakkor csak bizonyos forgalmi jellemzők pl. forgalomnagyság meghatározására alkalmasak. A sebesség és járműtípus meghatározására általában egymás után elhelyezett hurokdetektort alkalmaznak, de egyes speciális detektorok erre egy hurokkal is képesek.

A forgalomszámláló állomásokhoz a hurokdetektorok mellett gyakran piezo érzékelőket is telepítenek. A speciális kábelből álló piezo érzékelő közvetlenül a pályafelület alá, a haladási irányra merőlegesen, egyenes vonalban kerül lefektetésre. A járművek kerekeinek nyomására a kábelben elektromos feszültség (piezo-hatás) keletkezik, amely kiértékelésre kerül. A detektor dinamikus hatásra dolgozik, azaz csak a mozgó járművek megfigyelésére alkalmas. Felhasználható tengelyek számának meghatározására, tengelyterhelés mérésére és sebességmérésre. A kétféle érzékelő különböző elrendezése (száma, sorrendje), kombinációja útján olyan mérőhelyek alakíthatók ki, amelyek – kiküszöbölve az egyes detektorok hátrányait, kihasználva és egyesítve azok előnyeit – lehetővé teszik szinte valamennyi forgalomtechnikai jellemző egyidejű mérését (forgalomnagyság, járműtípus, sebesség, tengelyterhelés, követési időköz). A kihelyezett automata forgalomszámláló állomások (detektorok) által szereshető adatok felhasználhatósága rendkívül sokrétű, alkalmazási területük kiterjedt. A legfontosabbak ezek közül:

- forgalmi vizsgálatok (forgalomszámlálások, statisztikák, forgalom elemzések, forgalom előrebecslések),
- forgalomszabályozás (csomópontok, útvonalak, hálózatok, váltakozó irányú sávhasználat, torlódásfigyelés, sebesség-befolyásolás),
- különleges alkalmazások (bizonyos járműfajták pl. tömegközlekedés, megkülönböztetett járművek stb. előnyben részesítése, parkolási rendszerek.)

A forgalmi vizsgálatokhoz a forgalmi adatfelvételeknek egységes és 1927 óta működő rendszere alakult ki Magyarországon. A keresztmetszeti forgalomszámlálás alapelemei a számlálási keresztmetszetek (automatikus vagy kézi számlálóállomások). Az egyes számlálóállomások lehetnek a tagjai egy vagy több hálózatnak is, attól függően, hogy adataikat mihez használják, azokkal mit akarnak reprezentálni. A keresztmetszeti forgalomszámlálás terén különböző hálózati fogalmak (átfogó hálózat, figyelemmel kíséresi hálózat, törvényszerűségi állomások hálózata) ismertek. Ez egyben azt is meghatározza, hogy az

2. ábra: HU-GO ellenőrző kapu a 4-es főúton Kisvárdánál (Forrás: Magyar Közút Nzt.)

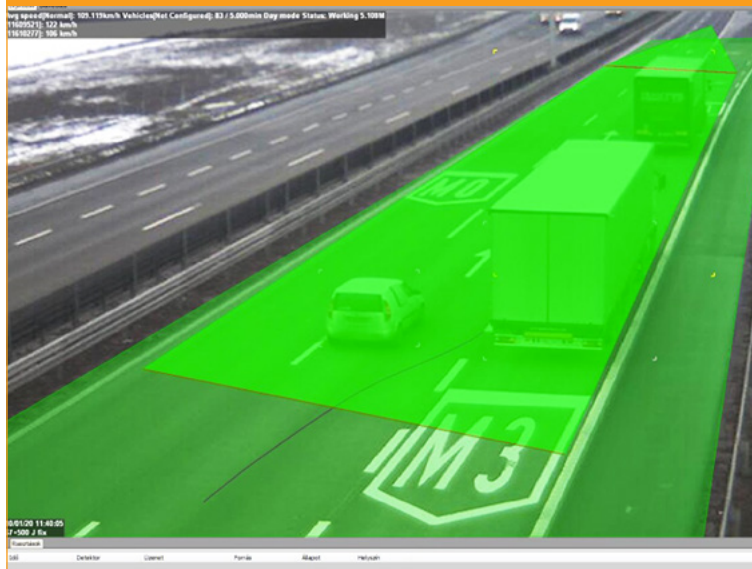


adott keresztmetszetben milyen gyakran, és milyen hosszú ideig végeznek forgalomfelvételt. A gyorsforgalmi hálózaton telepített automaták az országos keresztmetszeti számlálásba is szolgáltatnak adatokat, de elsődleges szerepük a forgalomszabályozás igényeinek kielégítése. Ezért a gyorsforgalmi utakon lényegesen sűrűbb mérőhálózat alakult ki. Jellemzően minden egyes csomópont-közben találunk nyílt vonali forgalomszámláló automatát, amelyek 0-24 órában működnek az év minden napján. Ezen felül több csomópontban is található detektor, ami a fel-lehajtó forgalmakat számlálja.

Természetesen a mágneses elven működő detektorok mellett már más, korszerűbb érzékelők is megtalálhatók a hálózat mentén nagyobb számban, elsősorban lézerszennekerek, radarok és okos kamerák. A lézerszennekerek a tehergépjárművek használatarányos díjfizetését (HU-GO) ellenőrző hálózat portáljain (2. ábra), illetve a Magyar Közút üzemeltetésében lévő egyes tengelysúlymérő állomásain működnek. Ezek többek között nagy segítséget jelentenek a túlméretes járművek azonosításakor. A HU-GO rendszerhez kapcsolódóan egyébként több helyen

mozgás közbeni tengelysúlymérést (Weigh-in-motion) lehetővé tévő berendezéseket is telepítettek. A mérés és a kamerafelvétel alapján megállítással nélkül is bírságozhatók a túlméretes/túlsúlyos rakománnyal közlekedő, a forgalomra potenciális veszélyt jelentő tehergépjárművek. Az okos kamerák (AID kamerák – Automatic Incident Detection) az M0 autópályát északi és keleti szektorának átadásával, 2008-ban jelentek meg nagy számban az országos közúthálózaton. Ezek a kamerák a video jelfolyamból a kvázi statikus háttér kiszűrésével azonosítani tudják a mozgó járműveket, illetve nagyobb méretű tárgyakat a megfigyelt területen. Képesek érzékelni a haladási sebességben történő változásokat, megállásokat, forgalommal szembe haladást, és a sávok lehatárolása után a leállósávon történő közlekedést is. A kamerák fix állásúak, és infrareflektorral együtt kerültek telepítésre, hogy az eseményérzékelés éjszaka is megfelelő pontosságú legyen. A képek kiértékelése pl. az M0 esetén a helyszínen történik, de vannak olyan rendszerek is, amelyek egy központi helyen futtatják a képelemző algoritmusokat. Ez utóbbi nagyobb sávszélességet igényel. A technológia alkalmas forgalomszámlálásra, illetve bizonyos szintű járműka-

3. ábra: AID kamera detektálási zónái (Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



tegorizálásra is képes, de ehhez lehetőség szerint a sávok fölé, a pálya középvonalaiba kell helyezni, és minél meredekebb szögben kell állnia, hogy minimális legyen a kitakarás. Ilyen szögben lényegesen rövidebb a belátott szakasz, ahol működik az eseményérzékelés (3. ábra).

3.2. Környezeti érzékelők

A környezeti monitoring és egyben a téli üzemeltetés alapeszköze a meteorológiai állomás. Ezeket az állomásokat döntően olyan helyszínekre kell elhelyezni, amelyek várhatóan korábban fognak lefagyni a pálya többi szakaszánál, vagy valamilyen más tekintetben kirovók, mint pl.:

- hosszabb műtárgyak (pl. vízfolyás felett átívelő hidak),
- vízfolyás keresztezések (ahol a vízpára miatt könnyebben kerülhet víz a pályára, illetve könnyebben alakul ki köd),
- fagyzugos helyek (ahol a hideg levegő tartósan megmarad),
- völgykatlanok, ahol a szél felgyorsul és váratlanul erős oldalszél/szélleőkésések veszélyeztethetik a forgalmat.

A meteorológiai állomások alapvetően két fő részből állnak, egy légköri mérőegységből, valamint egy útszondából, amit a burkolatba építenek. A légköri egység moduláris, sokféle érzékelőt lehet kérni hozzá, de az esetek túlnyomó többségében a csapadékkéntesség és halmozállapot mellett a levegő paramétereit (lég hőmérséklet, látótávolság, páratartalom), illetve a szél erősségét és irányát méri. Ezen kívül számos paramétert kalkulál a műszer, amelyek közül a harmatpont a legfontosabb a téli üzemből. Ez az a hő-

mérséklet, amikor a levegőben található vízpára kicsapódik a felületeken (pl. az úton is). Az útszonda elsődleges feladata a burkolaton lévő vízfilm vastagságának mérése, és ebben a sókoncentráció meghatározása. Ezen paraméterek segítségével lehet meghatározni azt a hőmérsékletet, amikor a burkolatra kerülő víz megfagy. Minél magasabb a koncentráció, ez az érték annál alacsonyabb. A szonda a burkolat felszínén és a felszín alatt is méri a hőmérsékletet, amivel ellenőrizhető, hogy elegendő volt a kijuttatott szóróanyag. Az útszonda és az ahhoz tartozó kábelezés sérülékeny, és a burkolatban is elindulhat a környezetben egy úthiba kialakulása. Ma már vannak olyan berendezések is, amelyek útszonda nélkül is képesek a hőmérséklet és sókoncentráció értékeket meghatározni színképelemzéssel és hőkamerával.

Az időjárási és klimatikus adatok mérése elsődleges, de mindemellett természetesen vannak a környezetterhelést mérő zaj- és levegőtminőség szenzorok is. A környezetterhelés alapján néhol a forgalomszabályozásba is beavatkoznak (például szmogriadó esetén vagy az éjszakai zajterhelés csökkentése érdekében).

3.3. A közúti ellenőrzés eszközei

Ma már megállítással nélkül lehet egy sor dolgot közlekedésbiztonsági ellenőrzésként végrehajtani. Kamerák és burkolati érzékelők képesek érzékelni a futófelület megfelelőségét, a guminyomást, a tengelyterhelést, és ami az alagutak védelme szempontjából rendkívül fontos, a kerekek és a fékek hőmérsékletét. Univerzális ellenőrzési eszköz a kamera, ami a sebességmérés, a vezetői viselkedés (szabálytalan sávváltás, tiloson áthajtás) mellett még az övviselés, esetleg mobiltelefon kézben tartásának ellenőrzésére is alkalmas. Ezen rendszerek esetén nem a szankcionálás a fő cél, hanem a forgalombiztonság növelése, illetve a forgalomszabályozási intézkedések betartatása.

4. A KOOPERATÍV RENDSZEREK (C-ITS)

4.1. A C-ITS bemutatása

A C-ITS (Cooperative Intelligent Transport Systems) egy olyan telematikai szolgáltatás, amely kétirányú vezeték nélküli kommunikációt tesz lehetővé a jármű és a forgalomirányító központ, a jármű és az infrastruktúra, valamint a jármű és jármű között [5]. A C-ITS szolgáltatások megvalósításához többféle kommunikációs megoldás is felhasználható. Az európai országokban folyó projektek esetén leggyakrabban a rövid hatótávolságú, vezeték nélküli, 5,9 GHz-es technológiát (ún. DSRC) építették ki. A másik gyakran alkalmazott megoldás a celluláris, vagyis a GSM hálózatokat igénybe vevő kommunikáció (pl. 4G, LTE-V, 5G). Előfordul még ezen két megoldás kombinációja (ún. hibrid kommunikáció), illetve felhő alapú adatkapcsolat is. A most még kevésbé elterjedt technológia a közeljövő fontos forgalomszabályozási és információs rendszere lesz, ami közvetlen, kétirányú információátadást tesz lehetővé a járművek és az infrastruktúra között (ún. V2I, Vehicle to Infrastructure vagy V2X Vehicle to Everything kommunikáció), ezzel is támogatva a hálózatba kapcsolt és autonóm járművek közlekedését. A C-ITS fejlesztésére az EU létrehozta a tagállamok szakértői, hatósági és kormányzati részvételével a C-ITS

Platformot. Ez 2017-ig tartó működése során definiálta a legfontosabb C-ITS funkciókat és azok megvalósítási ütemének tervezetét [6]. A platform működése során külön munkacsoportokba szerveződve fogalmazta meg az európai C-ITS szolgáltatások működési, jogi és technikai hátterének szükséges és javasolt tartalmát. A C-ITS Platform két szinten különböztette meg a C-ITS szolgáltatásokat: az ún. Day 1 szolgáltatások, amelyek a közlekedés biztonságát, hatékonyságát és megbízhatóságát hivatottak szolgálni. Ezek azok a szolgáltatások, amelyeket első körben szükséges megvalósítani a hatékony közlekedésmenedzsment érdekében. A második kör a Day 1,5 elnevezésű, amelyben már inkább a társadalmi oldalról értéknövelt szolgáltatások, mint például a töltőállomás információk, parkolás és egyéb összekapcsolt vagy okos navigációs szolgáltatások szerepelnek. A C-ITS-szel kapcsolatos Uniók egységesítési törekvések a C-ROADS projektben, és a projekt részeként életre hívott C-ROADS Platformban folytatódtak. A projekt globális célja, hogy az európai C-ITS pilot helyszínek nemzetközi összefogással, összehangoltan valósuljanak meg, ezzel is biztosítva az országok közötti átjárhatóságot. A C-ROADS együttműködés nemzetközi fórumot biztosít a harmonizációra, vizsgálva a kísérleti helyszínek működését, szervezeti kérdéseket (üzleti modellek, jogi-, szabályozási háttér), műszaki kérdéseket (interfészek, szabványok, kapcsolódás a forgalomirányításhoz), és a rendszerek hatékonyságának mérését.

4.2. DAY 1 szolgáltatások

A C-ROADS Platform ("Common C-ITS Service Definitions - Version 2.0") által meghatározott „DAY 1” szolgáltatások tételesen [6]:

Figyelmeztetés veszélyes helyre (Hazardous location notification): Ez a C-ITS szolgáltatás az infrastruktúra-jármű irányú figyelmeztető üzeneteket írja le potenciálisan veszélyes eseményekre vonatkozóan, ahol a helyszín felé közeledő úthasználó még a helyszínre érkezés előtt információt, s ezáltal figyelmeztetést kap a várható veszély pontos helyszínéről és jeléről, valamint – amennyiben ismert – fennál-

lásának várható időtartamáról. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Accident zone (AZ)', azaz baleseti helyszín előjelzése,
- 'Traffic Jam Ahead (TJA)', azaz a torló-dásra figyelmeztetés
- 'Weather Condition Warning (WCW)', azaz időjárási eredetű veszélyhelyzetre figyelmeztetés,
- 'Temporarily Slippery Road (TSR)', azaz a valamely oknál fogva csúszóssá vált burkolatra történő figyelmeztetés,
- 'Slow or Stationary Vehicle (SSV)' azaz a lassú vagy álló (pl. műszaki hibás) járműre történő figyelmeztetés,
- 'Animal or Person on the Road (APR)', azaz az élő állatra vagy emberi jelenlétre való figyelmeztetés,
- 'Obstacle on the Road (OR)', ami az úton található akadályra való figyelmeztetés.

Figyelmeztetés úton folyó munkára (Road Works Warning): Ezen szolgáltatás az úthasználók figyelmeztetésére szolgál az úton folyó munkákról, amelyek lehetnek mozgó vagy fix-, ill. rövidebb vagy hosszabb távú korlátozások, egy sáv, vagy akár a teljes keresztmetszet lezárására vonatkozóan.

Járművön belüli kijelzés (In Vehicle Signage): Az IVS szolgáltatás az úthasználók tájékoztatására szolgál az aktuális statikus/dinamikus (virtuális) közúti jelzésekről (pl. jelzőtáblákról) a járművön belül rendelkezésre álló rendszerek felhasználásával (pl. beépített kijelzőn). Ezek a jelzések lehetnek kötelező érvényűek vagy javaslatok. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Dynamic Speed Limit Information (DSLII)', azaz a szakaszon érvényes, ideiglenes sebességkorlátozás kijelzése járművön belül,
- 'Dynamic Lane Management (DLM)', azaz a sávok aktuális állapotáról – úgy mint lezárt/rendekezésre álló – tájékoztató információ és az
- 'Other Signage Information (OSI)', úgy mint további, járművön belül kijelzett, csak Változtatható Jelzéstartalmú (Jelző) Táblákon (VJT) vagy egyéb dinamikus csatornán keresztül rendelkezésre álló

információk, valamint a VJT-ken szabad szöveges formában megjelenő üzenetek járművön belül történő megjelenítése 'Embedded VMS "Free Text" (EVFT)'.

Jelzőlámpás csomópontok (Signalized Intersections): Ez a szolgáltatás arra szolgál, hogy információt nyújtson az úthasználók számára a jelzőlámpás csomópontokban a biztonságos és hatékony átkeléshez, pl. a jelzőlámpa fázisterv adatai alapján a piros jelzésből még hátralévő idő, vagy a zöldhullám elérése érdekében javasolt sebesség. A hozzá kapcsolódó használati esetek:

- 'Green Light Optimal Speed Advisory (GLOSA)', amely olyan sebességet javasol a jelzőlámpa felé közeledőnek, amivel a jelzőlámpához érve, az már zöldre vált,
- 'Signal Phase and Timing Information (SPTI)', azaz a jelzőlámpa fázistervének publikálása, azon belül a zöld jelzésig még hátralévő időről tájékoztatás,
- 'Imminent Signal Violation Warning (ISVW)', amely jelzi a piros jelzés ellenére a kereszteződésbe hajtó járműnek a szabálysértést, illetve tájékoztatja a többi irányból közlekedőt is a potenciális veszélyhelyzetről
- és a két előnyben részesítést megvalósító használati eset, 'Traffic Light Prioritisation (TLP)' és az 'Emergency Vehicle Priority (EVP)'.

Jármű szonda adatok (Probe Vehicle Data): Ez a szolgáltatás a járművek felől érkező adatok fogadását jelenti, ezáltal kétirányú kommunikációt megvalósítva.

4.3. DAY 1,5 szolgáltatások

A C-ITS Platform által meghatározott ún. „DAY 1,5” szolgáltatások:

- üzemanyag töltőállomásokra vonatkozó információ (ideértve az alternatív üzemanyag töltő / elektromos töltő állomásokat is),
- védtelen úthasználók védelme,
- szegély menti parkolás irányítás és információ szolgáltatás,
- egyéb (nem utcai) parkolási információk,

- „parkolás és továbbhaladás” (P+R) információk,
- összekapcsolt és kooperatív navigáció ki- és befelé a városba („first and last mile”, parkolás, útvonal ajánlás, közlekedési lámpák koordinációja),
- forgalmi információk és okos útvonaltervezés.

5. HAZAI C-ITS FEJLESZTÉSI PROJEKTEK

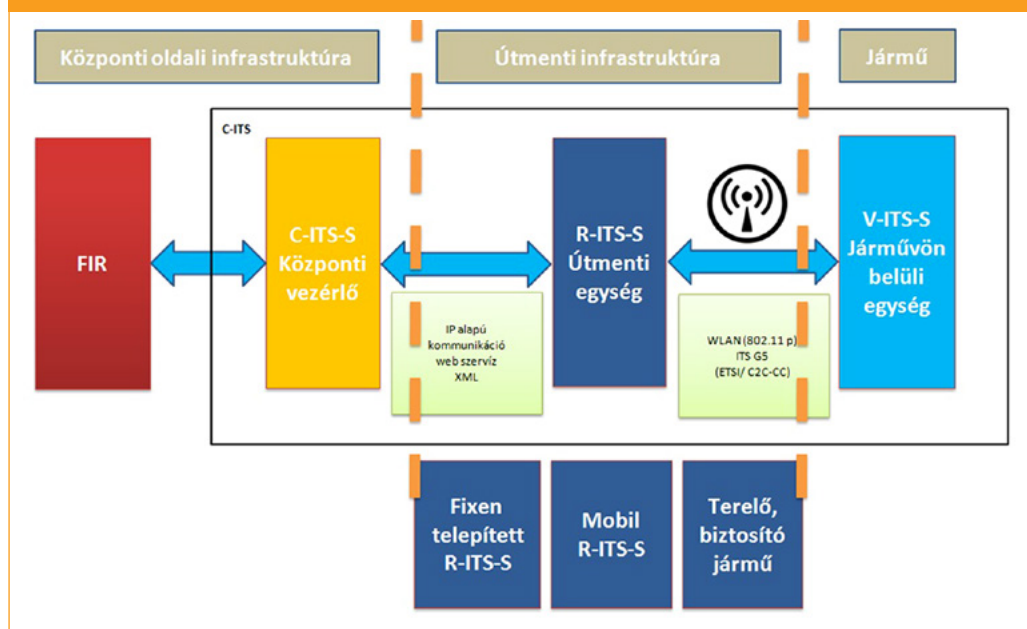
5.1. Gyorsforgalmi és városi pilot helyszínek

Az első hazai C-ITS tesztszakasz 2015-ben, az M1 autópályán készült el, ezt követte 2019-2020 évben a C-ROADS projekt első fázisában a győri városi pilot. (Ezzel nagyjából egy időben Budapesten is készült C-ITS pilot az M1-M7 bevezető szakaszán, illetve a Hungária körút egy csomópontjában.) A 2015-ben telepített majd felújított és kibővített pilot rendszer felépítése követi a 4. ábrán szereplő láncolatot, azaz elkészült a központi oldal. Létesültek útmenti egységek (un. Road Side Unit,

RSU) ill. elkészült egy teszt vevőegység, ami a végfelhasználó oldali megjelenítést képes demonstrálni.

Ebben a sémában a központi oldal (C-ITS-S) felelős az információ menedzsmentért: információt továbbít a forgalomirányító rendszer felől az útmenti eszközök (R-ITS-S), illetve a járművek (V-ITS-S) felé („lefelé”), valamint az üzemeltetési munkákat végző flotta, ill. a járművek felől a forgalomirányító központ felé („felfelé”). A lefelé irányhoz a forgalomirányító rendszertől fogadja a forgalmi (esemény) információkat, amelyekből szabványos üzeneteket gyárt, és azokat a megfelelő útmenti eszközöknek (R-ITS-S) továbbadja [7]. A pilot rendszer központi eleme a Magyar Közút Nzrt.-nél működő és a CROCODILE projekt keretein belül megújult forgalomirányító (FIR) rendszer egy új, beágyazott alrendszereként valósult meg. A terepi adókon keresztül kisugárzott forgalmi információk a Magyar Közút Nzrt. Útinform szolgálatától átvett forgalmi események (DATEX formátumban), illetve az üzemeltetési flotta mobil egységeiből szár-

4. ábra: A C-ITS rendszer felépítése (Forrás: Eco-AT)



mázó jelzések. A járművekkel a kommunikációs kapcsolatot az útmenti infrastruktúra (R-ITS-S) biztosítja, amelyek lehetnek:

- fixen telepített,
- ideiglenesen kihelyezett (pl. ideiglenes forgalomterelés esetén),
- mobil – üzemeltetési járműveken elhelyezett (pl. mozgó munkavégzések esetén) rövid hatótávolságú (un. DSRC) adók valósítják meg.

Az eredeti, 2015-ben megvalósított projekt kiemelten koncentrált az úton folyó munkák biztonságának növelésére, ezért a fejlesztés részeként 20 db üzemeltetési járművön (útellenőr jármű, eszközhordozók, brigádszállítók, terelő/VJT-s utánfutók) került telepítésre egy-egy mobil adó, döntően a Bicskei Mérnökségi flotta gördülő állományán. Az üzemeltetési járműveken telepített eszközöknek (5. ábra) alapvetően két működési állapota van. Attól függően, hogy a központtal felépült-e a kommunikáció, beszélhetünk összekapcsolt („Connected”) és autonóm („Stand alone”) üzembről. Amikor él a kapcsolat az eszközök és a C-ITS rendszer között, akkor a figyelmeztetés az útmenti fix adókon keresztül kerül sugárzásra, a központi rendszerfelügyeletével. Amennyiben a kapcsolat valamilyen okból nem épül fel, a járművek

fedélzeti egysége mobil adóként (RSU) kezd el működni („stand alone” funkció) és közvetlenül bocsát ki jelzést a forgalomban közlekedő járművek számára a központ közbeiktatása nélkül. A megfelelő DENM üzenet előállításához a kezelőszemélyzet számára egy egyszerű kapcsolótábla áll rendelkezésre, amelyen keresztül a munkavégzés/veszély jellege könnyedén megadható [8].

Az országos közúthálózathoz tartozó gyorsforgalmi utak közül az M0-n, az M1-en, az M7-en összesen 124 helyszínen, főúton – Győrben – 10 db jelzőlámpás csomópontban kerültek üzembe útmenti adó-vevő egységek (RSU-k) 2021 év végéig. A C-Roads projekt második fázisában előkészítés alatt van a második városi pilot kialakítása Zalaegerszegen.

5.2. Az elvégzett mérések értékelések

A győri városi pilotnál már a helyszín kiválasztásakor is fontos szempont volt a zöldhullámot támogató optimális sebességajánlás (GLOSA) szolgáltatás megvalósítása. A Magyar Közút a pilot helyszíneken számos működési tesztet is elvégzett, Győrben pedig kiemelten vizsgálta a GLOSA szolgáltatás hatékonyságát. A vizsgálatához összesen kilenc teszt futást hajtottak végre egyidőben két teszt-

5. ábra: Fedélzeti egység és kapcsolótábla az egyes állásokhoz tartozó kódolással
(Forrás: Magyar Közút Nzrt.)



járművel (öt alkalommal csúcsidőszakokban, négy alkalommal a csúcson kívül). A tesztek során másodpercenként rögzítették a járművek pozícióját és sebességét. Az egyidőben, azonos körülmények között végrehajtott futások alkalmával az egyik jármű vezetője alkalmazta a GLOSA ajánlásokat, a másik pedig a forgalommal haladt szabadon [9]. A „vele” és a „nélküle” mérésekhez tartozó értékek öt indikátor mentén kerültek összevetésre:

- utazási idő (a teljes útszakasz megtételéhez szükséges utazási idő),
- átlagsebesség (a teszt szakasz hosszának és az utazási időnek a hányadosa),
- megállások száma (a futások alatt, amikor a jármű megállásra kényszerül, azaz a sebessége 0 km/h),
- várakozási idő (a futások alatti megállások időtartama, amíg a jármű sebessége 0 km/h volt),
- átlagos várakozási idő (a megállások átlagos időtartama).

Az előző mutatószámok a forgalomlefordítás hatékonyságát, zavartalanságát szemléltetik. A GLOSA szolgáltatás hatását az összes mutató tekintetében érdemes vizsgálni. A környezetvédelmi szempontok csak közvetve jelennek meg a hatékonysági mutatók esetén a megállások számában, illetve a teljes utazási időben. Az egyes mért indikátorok eredményeit a **1. táblázat** mutatja be. Az átlagértékek a kontrolljármű („nélküle”) és a tesztjármű („vele”) esetekre kerültek feltüntetésre, a százalékos eltéréseket az utolsó oszlop tartalmazza.

A GLOSA szolgáltatás igénybevétele nem befolyásolta érdemben a teljes utazási időt és az átlagsebességet. Ennek oka lehet a győri útvonal forgalmi terheltsége, illetve a viszonylag rövid tesztszakasz, ahol a megengedett legnagyobb sebesség mindenhol 50 km/h. Jelentős javulás tapasztalható azonban a megállások számában (több mint 20%-os csökkenés) és a teljes várakozási időben (több mint 10%-os csökkenés). Az átlagos várakozási idő 13%-kal nőtt, ami önmagában kevésbé kívánatos eredmény, azonban ezek a megállások döntően a jelzőlámpa piros fázis kezdetéhez esnek, így hosszabbak is, mint a piros jelzés vége kör-

1. táblázat: GLOSA szolgáltatás vele és nélküle mérések összegzése (Forrás: Magyar Közút Nrt.)

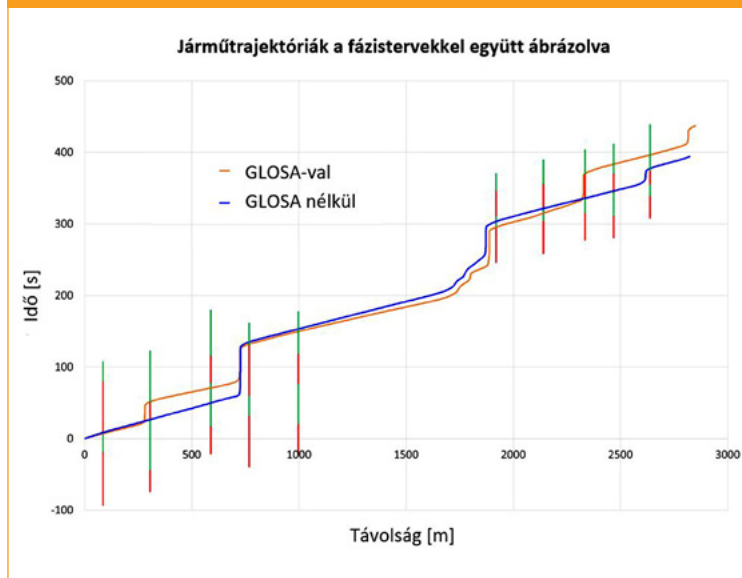
Indikátor	vele/ nélküle	Átlag	Eltérés (%)
Utazási idő (sec)	vele	314.67	0.39%
	nélküle	313.44	
Átlagsebesség (km/h)	vele	32.26	-0.39%
	nélküle	32.39	
Megállások száma	vele	2.11	-20.83%
	nélküle	2.67	
Várakozási idő (sec)	vele	57.22	-10.43%
	nélküle	63.89	
Átlagos várakozási idő (sec)	vele	27.11	13.14%

nyékén, korán érkező járművek rövid idejű megtorpanásai, amelyek rövid megállások az átlagos várakozási időt csökkentik a nélküle esetben. Annak ellenére, hogy a teszteredmények azt mutatják, hogy bizonyos hatékonysági mutatók (teljes utazási idő és átlagsebesség) gyakorlatilag változatlanok a vele illetve a nélküle esetben a GLOSA szolgáltatások egyértelműen hozzájárulnak a forgalom gördülékenyebbé tételéhez, és a környezetre is pozitív hatással vannak. A pozitív hatások elsősorban a megállások számának csökkenéséből fakadnak, aminek következtében kevesebb a fékezés és a gyorsítás. Bár a károsanyag-kibocsátás és az üzemanyag-fogyasztás közvetlen mérésére nem került sor, mivel az általános eredmények összhangban vannak más hasonló tanulmányokkal. A GLOSA szolgáltatás használatával a következő hatások valószínűsíthetők:

- 3-7% üzemanyag fogyasztás csökkenés a kereszteződéshez közeledve,
- 5% CO-kibocsátás csökkenés,
- 2% HC-kibocsátás csökkenés,
- 2% NO_x-kibocsátás csökkenés.

A 6. ábra a GLOSA szolgáltatásokban rejlő lehetőségeket mutatja be a tíz kereszteződésből álló tesztszakasz csomópontjainak fázistervébe illesztett vele és nélküle járműtrajektóriák ábrázolásával. A mérés csúcsidőszakban történt, a járművek trajektóriáit követve két

6. ábra: A járműtrajektóriák a fázistervekkel együtt ábrázolva
(Forrás: Magyar Közút Nzt.)



megállás látható a nélküle esetben: a 2. és 8. csomópontoknál, illetve az utolsó kereszteződés után egy, de még mérés határon belül. Sőt, a tesztútszakasz közepén, közvetlenül a 6. kereszteződés előtt a GLOSA szolgáltatásokat igénybe vevő jármű pályája sokkal egyenletesebb, mint a kontroll járműé, ami csökkenti a várakozási időt.

6. „OKOS ÚT” – INTELLIGENS INFRASTRUKTÚRA

6.1. Az okos út

Az okos út – intelligens infrastruktúra számos tulajdonságot, jellemzőt fed. A Mobilitás Platform által használt definíció szerint az okos út, vagy más néven automatizált autópályarendszer olyan intelligens közlekedési technológia, amely elsősorban az automatizált járművek közlekedését segíti egy előre meghatározott útvonalon. Elsődleges célja a forgalmi torlódások mérséklése azáltal, hogy jelentős mértékben csökkenti az egyes járművek közötti követési távolságot, lehetővé téve, hogy az út több gépjárművet legyen képes befogadni. Magyarországon az okos út

kifejezés az M76 gyorsforgalmi úttal kapcsolatban került be a köztudatba, amelynek egyik legfontosabb jellemzője, hogy autonóm járművek fejlesztésére és tesztelésére is alkalmassá kívánják tenni. Ezen túl a forgalomirányító jelzőlámpák hatékonyabb működtetését, az intelligens közvilágítás szabályozását, a burkolat állapotát és az aktuális forgalmi terhelés figyelemmel kísérését támogató, biztosító technológiákkal is rendelkezhet egy okos út. Az okos út adatokat gyűjt a környezetéről, a forgalomról, és továbbítja azokat a közpon-

ti forgalomirányítás felé és az útszakaszon közlekedő, szabványos V2X kommunikációra képes járművek felé, azaz a 4. pontban említett C-ITS szolgáltatások megvalósítását a telepített útmenti infrastruktúra és az ahhoz tartozó központi rendszerek támogatják. Az okos út infrastruktúrája tartalmazhat további tetszőleges, okos megoldásnak tekintett gépészeti, energetikai, informatikai és műszaki megoldásokat, melyek alkalmazása a közútkezelés-fenntartás és a kapcsolódó infrastruktúra üzemeltetése során felmerülhet. A forgalomirányításba bevont tradicionális ITS berendezéseken (mint például VJT-k, meteorológiai és forgalomszámláló állomások, térfigyelő- és AID kamerák) túl az új típusú és/vagy „haladó” logikát igénylő eszközökön (mint például bluetooth szkennerek, C-ITS RSU-k) át egészen a pihenőhelyek gépészeti berendezéseinek „okos” megoldásáig (mint például intelligens közvilágítás) terjednek a kapcsolódó eszközök, illetve rendszerek.

6.2. Az okos infrastruktúra besorolása

Az önvezetési képességek infrastruktúra-támogatását jellemző besorolás alapötlete az

2. táblázat: Az okos utak kiépítési szintjei (ISA) – a járműveknek nyújtott támogatás szerint (Forrás: Inframix)

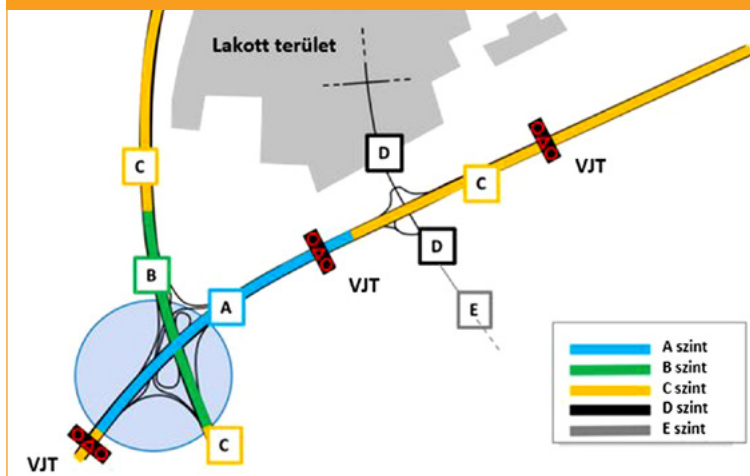
	Szint	Név	Leírás	Az AV-k számára szolgáltatott információ			
				Digitális térkép statikus közúti jelzésekkel	VJT, figyelmeztetések, balesetek, időjárás	Mikroszkopikus forgalmi helyzetek	Irányítás: javaslat sebességre, követési távolságra, sávra
Hagyományos infrastruktúra	E	Hagyományos infrastruktúra, nincs AV	Hagyományos infrastruktúra digitális információ nélkül, AV-k fedélzeti eszközökkel érzékelnek forgalmat és közúti jelzéseket				
	D	Statikus digitális információ, térképes támogatás	Digitális térkép biztosítása statikus közúti jelzésekkel. A térkép adatai esetleg tájékoztató pontokkal bővíthetők. Jelzőlámpákat, rövid ideig tartó sávlezárásokat és VJT-eket csak fedélzeti eszközökkel érzékelnek az AV-k.	X			
Digitális infrastruktúra	C	Dinamikus digitális információ	Minden dinamikus és statikus digitális információ az AV-k rendelkezésére áll.	X	X		
	B	Kooperatív észlelés	Az infrastruktúra képes érzékelni mikroszkopikus forgalmi helyzeteket, tájékoztatja az AV-eket.	X	X	X	
	A	Kooperatív járműírányítás	A járművek mozgását folyamatosan követve, az infrastruktúra képes a járműveket vezérelve optimalizálni a forgalmi folyamatot.	X	X	X	X

SAE ADAS szintjeitől származik, de attól teljesen függetlenül értelmezendő (tehát pl. az SAE 3. szintjének nem feltétele és nem is következménye a digitális infrastruktúra követelményeknél szereplő ISA B szint, és fordítva sincs összefüggés). Az egyes szintek leírását a **2. táblázat** tartalmazza szintenként a járművek számára szolgáltatott információ-csomagokkal [10].

Az említett besorolási szintek elsősorban inkább útszakaszokra vonatkoznak, mint teljes autópályákra vagy hálózatrészekre. Ez teljesen hasonlóan működik, mint az infrastruktúra-fejlesztés általános gyakorlata: a forga-

lomirányító rendszerhez új elemeket azokon az útszakaszokon vagy azokban a csomópontokban terveznek és építenek, ahol valamilyen forgalmi probléma van (rendszeres torlódás, baleset, stb.), míg más szakaszokon nincs szükség fixen telepített forgalombefolyásoló rendszerekre. Az ISA támogatási szintek is szakaszonként szakaszra változhatnak (7. ábra), ahogy a forgalmi helyzet megköveteli. Ha egy bonyolult csomópont szükségessé teszi, helyi érzékelők telepítésével akár B vagy A szintű (tehát csaknem teljes) kiépítés segítheti a csomópont közvetlen környezetének forgalmát, míg az autópályán távolabb csak C szintű kiépítés van (pl. a VJT digitális jelét távolabb is

7. ábra: Példa az egyes ISA-szintek kiépítésére egy autópálya-főút csomópont környezetében (Forrás: Inframix)



lehet „fogni”). Ezeken felül a keresztező főút is kaphat digitális térkép-támogatást az autópálya bizonyos környezetében (D szint), de távolabb mindössze hagyományos infrastruktúra található [11].

Az egyes szintekhez különböző kapcsolati követelmények tartoznak. D szinten a digitális térképhez és a kapcsolt statikus adatokhoz való hozzáférés alkalomszerű kapcsolatot igényel. C szinten, ahol már dinamikus információ is eljut a járművekbe, néhány másodpercenkénti rendszeres adatkapcsolatra van szükség. A valós idejű szenzoradatokkal dolgozó A és B szintek nagyon gyakori (másodpercenként több százszor használható) és stabil kapcsolatot igényelnek.

7. AUTONÓM TESZTSZAKASZOK, CCAM LIVING LAB HELYSZÍNEK

7.1. Járműipari tesztek

A digitális infrastruktúra, illetve annak magasabb szintjei ezidáig csak néhány helyen valósultak meg és jellemzően az autonóm járművek közúti tesztjeinek helyszínein, mint például a bajorországi A9 autópálya egy szakaszán vagy az osztrák A2-es autópálya Graz melletti szakaszán. Magyarországon a zala-

egerszegi próbapálya megépítésével lehetővé vált a magas szinten vagy teljesen automatizált járműtechnológiák zárt pályán (közforgalom elől elzárt területen) történő tesztelése [12], azonban az ilyen technológiákkal felszerelt járművek közforgalomban való részvételéhez, valós körülmények közötti közlekedésükhöz [13], továbbá az ilyen járművekkel szembeni közbizalom és elfogadottság kialakításához szükséges a megfelelő kontroll és felügyelet

mellett történő közúti tesztelés. Magyarországon járműiparban betöltött szerepének növeléséhez (ide értve a járműipari teszthelyszínné válását) szükséges, hogy ne csak zárt pályán, hanem a próbapályát elhagyva a közúton is biztosított legyen a tesztelés lehetősége, a közlekedés- és a közbiztonság csökkenése nélkül. Járműfejlesztési, tesztelési szempontból a közúti tesztkörnyezet akkor mondható ideálisnak, ha

- eseménydús, azaz változatos közlekedési környezetet biztosít vagy annak kialakítását teszi lehetővé,
- felügyelt, azaz a környezet és a tesztelési eljárás paraméterei, jellemzői kellő részletettséggel mérhetők, felügyelhetők és naplózhatók,
- infokommunikációs technológiával (ICT) támogatott, azaz gyors, magas rendelkezésre állású és biztonságos adatkapcsolati lehetőséget biztosít.

Azonban figyelemmel arra is, hogy a járműfejlesztési tevékenység (különös tekintettel a magas szinten vagy teljesen automatizált járműtechnológiák fejlesztésére) elválaszthatatlan a közlekedési rendszer, illetve általánosságban a mobilitás más részeinek (pl. infrastruktúra) fejlesztésére irányuló tevékenységtől, valamint az információs és kommunikációs

technológiáktól, ezért a tesztkörnyezet kialakításának meghatározásánál ezen fejlesztések tesztelésére alkalmas környezetre is gondolni kell. A teljesség igénye nélkül a közúti környezet:

- az eseménydússágát befolyásoló, növelő szempontok (ívvíziók, csomópontok, tereptárgyak, úttartozékok, műtárgyak),
- a felügyeltségét befolyásoló, növelő szempontok (kamerás lefedettség, HD map, különböző szenzorok, mérőeszközök, DGPS),
- az ICT támogatottságát befolyásoló, növelő szempontok (mobilkommunikációs lefedettség, wifi lefedettség, adatfeltöltési pontok, kapcsolódás a fejlesztőközpont-hoz).

Hazánkban is lehetséges a közúti tesztelés, amelyről szóló 5/1990 (IV.12.) és 6/1990 (IV.12.) KöHÉM rendelet 2017. április 12-től engedélyezi bizonyos feltételek betartása mellett a közúti teszteket. Országunk határain belül sem területi, sem időbeli korlátozás nincs erre vonatkozóan. A szabályozást a nyugati-európai és amerikai példákra alapozva hozták létre az ipari szereplők hozzájárulásával. A teszt engedélyezése előtt megvizsgálják azt is, hogy az adott cég rendelkezik-e kellő tapasztalattal biztonságkritikus funkciók fejlesztésében. Ilyen kötelek közé tartozik például, hogy a cég alkalmaz-e belső minőségbiztosítási eljárásra vonatkozó folyamatokat. A tesztet megelőző benyújtandó kérelemnek olyan adatokat kell tartalmazni, mint például a járműfejlesztő neve és címe, a jármű gyártmánya, típusa stb. A teszt sofőrre vonatkozó követelménye olyan tesztsofőrt enged, aki legalább három éve szerzett vezetői engedéllyel és fejlesztési célú járművön szerzett, a munkáltató által biztosított dokumentumban feltüntetettek alapján legalább egy év gyakorlattal rendelkezik. A járműre vonatkozó követelmények előírják, hogy meghibásodás vagy zavar esetén a sofőrnek képesnek kell lennie a jármű irányítását haladéktalanul átvenni. Így a tesztsofőr felel a jármű biztonságos működéséért függetlenül attól, hogy az automatikus vagy kézi üzemmódban van. Ezen felül bizonyí-

tani kell, hogy a jármű átesett már sikeresen minősített zárt tesztpályás teszten. A tesztelt járművet úgy kell fejleszteni, hogy üzemzavar vagy meghibásodás esetén hangjelzéssel kell azt a sofőr felé jelezni, amelyet vizuális jelzés is kísér. Az automatizált fékezési,- és kormányrendszerét pedig úgy kell megtervezni, hogy meghibásodás esetén manuális irányítással lehessen fékezni és kormányozni. A fejlesztési járművet egy olyan adatrögzítő eszközzel kell ellátni, amelyen az adatok egy esetleges baleset esetén rekonstrukció céljából elérhetők legyenek.

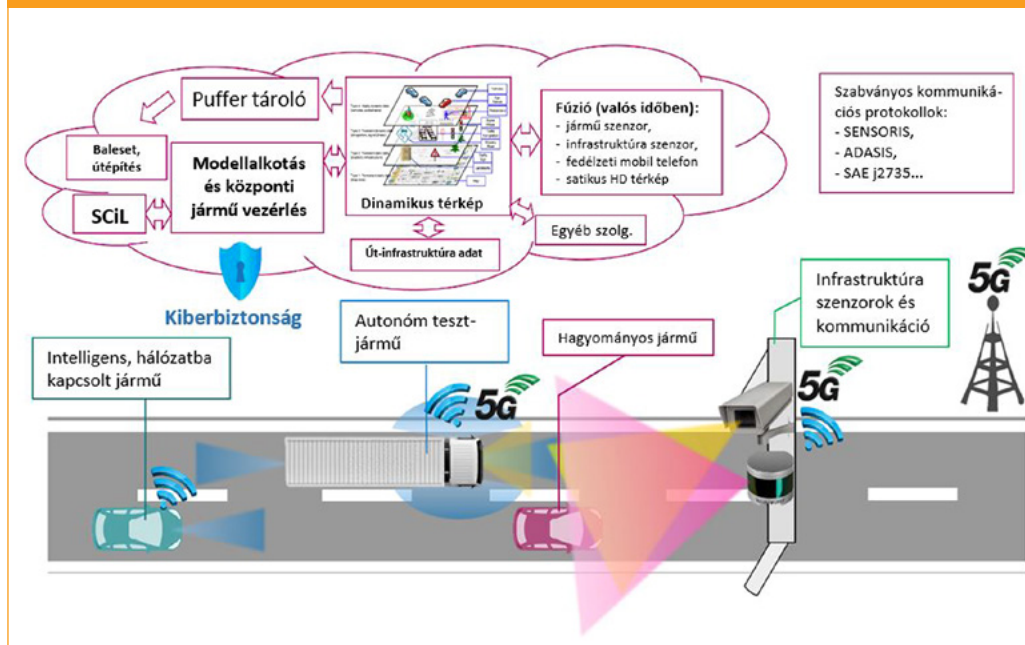
7.2. Az intelligens infrastruktúra szerepe a járműipari tesztekben

Ugyan bárhol az országban végezhetőek közúti tesztek, megfogalmazódott az igény, hogy legyen a hálózaton több helyszín, ún. CCAM Living Lab, ahol rendelkezésre áll a fizikai eszközpark, amelynek segítségével különböző érzékelőkkel adatokat lehet gyűjteni a forgalmi paraméterekről, a forgalmi helyzetekről, a járművek mozgásáról, a közúti infrastruktúra aktuális jellemzőiről, és továbbítani lehet azokat egy központi adatplatformba az infrastruktúrában kialakított kommunikációs hálózat segítségével [15]. A fizikai és digitális infrastruktúrával szemben támasztott igények:

- autonóm közlekedéshez kapcsolódó információcseré támogatása (V2V, V2X),
- autonóm közlekedéshez kapcsolódó tesztek támogatása,
- járműfedélzeti adatok gyűjtésére módszerek és eljárások fejlesztése, kipróbálása,
- módszerek, eljárások kísérletezése és fejlesztése valós közlekedési körülményekből származó adatok feldolgozására és elemzésére,
- valós idejű környezetérzékelésre és digitális iker megvalósítására.

Ezen teszthelyszíneken várhatóan kiváló lehetőség nyílik mind az ADAS rendszerek, mind az önvezetés, mind pedig a jármű és az infrastruktúra (illetve a központi forgalomszabályozás) együttműködésének tesztelésére [16]. Az első ilyen helyszín, a *Central System* pro-

8. ábra: A Central System projekt koncepciója [14]



jekt keretein belül az M1-M7 autópályák közös szakaszán megvalósuló tesztszakasz, ahol a közel 1 kilométer hosszon öt szenzorsziget létesül különféle kamerákkal és egyéb szenzorokkal (LiDAR, Radar).

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az intelligens infrastruktúra támogatja az önvezető gépjárművek közlekedését és tesztelését, a szabályozói tevékenységet, illetve a közlekedési szabályok változtatásának lehetőségét, tehát kiváló helyszínek az ADAS rendszerek közötti tesztjeinek végrehajtására is. Az önvezető gépjárművek fokozatos bevonása a közlekedésbe számos előnnyel jár. A legfontosabb, hogy megfelelő szabályozás kialakításával, az autonóm gépjárművek szabályozott közlekedésbe való bevonásával jelentősen növelhető a közutak biztonsága, a személyi sérüléssel járó balesetek száma és súlyossága is jelentősen csökkenhet, valamint a torlódások csökkentését eredményezheti. Azonban az önvezető járművek elterjedése előtt is érdemes az okos utak, azaz a digitá-

lis infrastruktúra megvalósítására áldozni, hiszen különböző forrásokból elérhető egyre nagyobb mennyiségű és egyre részletesebb információ, illetve a modern szenzorokból származó hatalmas mennyiségű nyers és feldolgozott adat miatt részletesebb képet lehet alkotni az aktuális forgalmi helyzetről. Ez azt is jelenti, hogy sokkal jobb, a valóságot jobban reprezentáló modelleket lehet alkotni, és jobban előre lehet jelezni a forgalom várható alakulását egy hálózaton akár 30-60 perces időtávra is. A digitális infrastruktúra, és a V2X kommunikáció ezen kívül lehetővé teszi számos C-ITS szolgáltatás megvalósítását, amelyek az önműködés nélkül is jelentős mértékben képesek javítani a biztonságot és a hatékonyságot.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Horváth, M.T.; Lu, Q.; Tettamanti, T.; Török, Á.; Szalay, Z.: Vehicle-in-the-loop (VIL) and scenario-in-the-loop (SCIL) automotivesimulation concepts from the perspectives of traffic simulation and traffic

- control. Transport and Telecommunication Journal 2019, 20, 153–161. DOI: <https://doi.org/f9v5>
- [2] Solmaz, S.; Rudigier, M.; Mischinger, M. A Vehicle-in-the-Loop Methodology for Evaluating Automated Driving Functions in Virtual Traffic. 2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2020, pp. 1465–1471 DOI: <https://doi.org/h3m5>
 - [3] Robotics & Automation News <https://roboticsandautomationnews.com/2017/07/01/adas-features-of-advanced-driver-assistance-systems/13194/>
 - [4] BME – Magyar Közút – DMLAB Közúti gépjármű forgalom raj-viselkedésének elemzésére alkalmas kutatás-fejlesztési infrastruktúra és kompetencia létrehozása - Megvalósíthatósági tanulmány Innovatív Mobilitás Program, KTI_KVIG_9-3_2021
 - [5] Nagy, Á. – Tomaschek, T.: “Towards Connected and Automated Driving – Achievements of Crocodile, and Plans of Future”, XV. European Transport Congress and X. International Road Congress, Budapest, 2017. június 8-9. ISBN 978-615-5298-99-8
 - [6] C-Roads, The platform of harmonised C-ITS deployment in Europe, <https://www.c-roads.eu/>
 - [7] ECo-AT (European Corridor – Austrian Testbed for Cooperative Systems) <http://eco-at.info/>
 - [8] Tomaschek Tamás: “Towards Connected and Automated Driving in Hungary – The Changing Role of the Road Operator” - PROCEEDINGS MAÚT25 International Scientific Symposium Budapest, 2019. szeptember 17-18. ISBN 978-615-00-6240-2
 - [9] Magyar Közút Nrt. C-Roads National Evaluation Report for Hungary: PVD and GLOSA (Version 1.0), C-Roads Working Group 3 – Evaluation and Assessment, June 2021
 - [10] INFRAMIX prepare the road infrastructure with specific affordable adaptations and to support it with new models and tools, to accommodate for the step-wise introduction of automated vehicles <https://www.inframix.eu/>
 - [11] Carreras A., Daura X., Erhart J., Ruehrup S. Road infrastructure support levels for automated driving (EU-TP1488) 25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 17-21 September 2018
 - [12] Szalay, Zs.; Hamar, Z.; Simon, P. (2018) A Multi-layer Autonomous Vehicle and Simulation Validation Ecosystem Axis: ZalaZONE. In: Strand, Marcus; Dillmann, Rüdiger; Menegatti, Emanuele; Ghidoni, Stefano (editor) Intelligent Autonomous Systems 15, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 954-963. ISBN: 9783030013707
 - [13] Lengyel, H.; Tettamanti, T.; Szalay, Zs. Conflicts of Automated Driving With Conventional Traffic Infrastructure, IEEE Access PP(99):1-1 DOI: <https://doi.org/gjr2v9>
 - [14] Tihanyi, V.; Tettamanti, T.; Csonthó, M.; Eichberger, A.; Ficzer, D.; Gangel, K.; Hörmann, L.B.; Klaffenböck, M. A.; Knauder, C.; Luley, P.; et al. Motorway Measurement Campaign to Support R&D Activities in the Field of Automated Driving Technologies, Sensors 2021, 21, 2169. DOI: <https://doi.org/gjkip5w>
 - [15] Tihanyi, V.; Rövid, A.; Remeli, V.; Vincze, Zs.; Csonthó, M.; Pethő, Zs.; Szalai, M.; Varga, B.; Khalil, A.; Szalay, Zs. Towards Cooperative Perception Services for ITS: Digital Twin in the Automotive Edge Cloud, Energies 2021, 14(18), 5930 DOI: <https://doi.org/gndb36>
 - [16] Kakan C. Dey; Li Yan; Xujie Wang; Yue Wang; Haiying Shen; Mashrur Chowdhury; Lei Yu; Chenxi Qiu; Vivekgautham Soundararaj A Review of Communication, Driver Characteristics, and Controls Aspects of Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume 17, Issue 2, Feb. 2016, pp 491–509. DOI: <https://doi.org/f7945p>



The role of intelligent infrastructure in the development of road safety and autonomous vehicles

Intelligent infrastructure supports the traffic and testing of self-driving vehicles, as well as regulatory activity and the possibility to change traffic rules, providing an excellent location to carry out road tests of ADAS systems. There are a number of benefits to the gradual integration of self-driving vehicles into transport. Most importantly, the development of appropriate regulations and the inclusion of autonomous vehicles in regulated traffic can significantly increase road safety, significantly reduce the number and severity of accidents involving personal injuries and result in reduced congestion.



Die Rolle intelligenter Infrastruktur bei der Entwicklung der Verkehrssicherheit und von den autonomen Fahrzeugen

Die intelligente Infrastruktur unterstützt den Verkehr und die Erprobung von selbstfahrenden Fahrzeugen, die regulatorische Aktivitäten und die Möglichkeit, die Verkehrsregeln zu ändern, und bietet einen hervorragenden Ort, um Straßentests von ADAS-Systemen durchzuführen. Die allmähliche Integration selbstfahrender Fahrzeuge in den Verkehr hat eine Reihe von Vorteilen. Vor allem aber kann die Entwicklung geeigneter Regelungen und die Einbeziehung autonomer Fahrzeuge in den geregelten Verkehr die Verkehrssicherheit deutlich erhöhen, die Zahl und Schwere von Unfällen mit Personenschaden deutlich reduzieren und Staus reduzieren.

E számunk lektorai

Horváth Lajos ■ Dr. Katona András
Dr. Tettamanti Tamás ■ Dr. Tóth János