

A V2X-kommunikáció alkalmazási területei, avagy miről beszélgetnek egyre okosabb járműveink?

BOKOR LÁSZLÓ¹, CSEPINSZKY ANDRÁS², VÁRADI ANDRÁS³, FARKAS KÁROLY^{1,4}

¹BME VIK Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék,

²NNG Szoftverfejlesztő és Kereskedelmi Kft., ³Commsignia Kft., ⁴NETvisor Zrt.

{bokorl; farkask}@hit.bme.hu, andras.csepinszky@nng.com, andras.varadi@commsignia.com

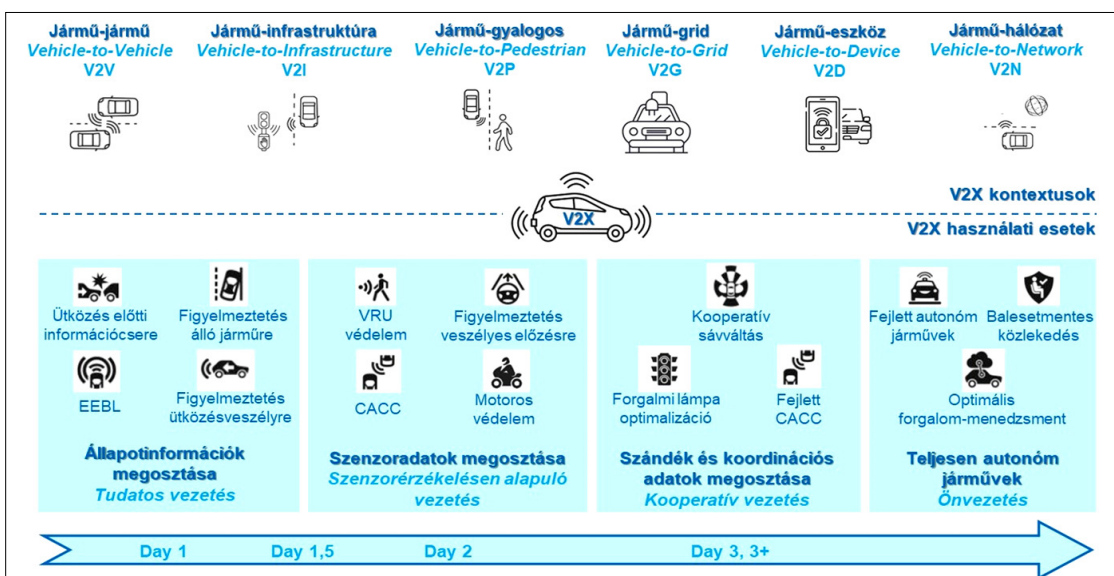
Kulcsszavak: V2X/C-ITS, járműkommunikáció, V2X alkalmazás evolúció, többretegű térkép koncepció

A járműkommunikációval kapcsolatos technológiák rohamos fejlődése a segítségükkel megosztható adatok körét tekintve is folyamatos bővülést eredményez, ami a V2X-alkalmazások egyre nagyobb választékát és gyorsuló terjedését hozza el. A folyamat jelenleg látható és a közeljövőre kivethető eredményeinek bemutatásához cikkünkben részletezzük, hogy miként jelentek meg a dinamikus adatok közlekedési rendszereinkben való felhasználási módjai, bemutatjuk ezen adatok szerepét, valamint a közlekedés biztonságát és hatékonyságát növelő alkalmazási lehetőségeit. Kitérünk a kooperatív kommunikáció önzetést támogató megoldásokon belüli jelentőségére, majd az alkalmazásevolúció fázisainak és fontosabb képviselőinek ismertetésével részletezzük a dinamikus adatok felhasználásában a V2X által lehetővé tett forradalmi fejlődést és annak potenciális hatásait.

1. Bevezetés

A V2X (Vehilce-to-everything) – melyet magyarul egyszerűen járműkommunikációnak nevezünk – egy speciális, szabványos architektúrára és protokollokra épülő [1], vezeték nélküli kommunikációs technológiacsoport, mely mára a legkülönbözőbb használati esetekben és kontextusokban alkalmazható, fejlődése pedig töretlen (1. ábra).

Megkülönböztetünk jármű-jármű közti (V2V) adatcsere-t, mely lehetővé teszi, hogy egymással szemben közlekedő autók képesek legyenek egymást digitálisan észlelni, és még arra is maradjon idejük, hogy automatikusan beavatkozzanak. Jellemzően ezekben az esetekben tíz másodperc alatt végbemegy a teljes folyamat az első adatcsomag vételétől a beavatkozás megkezdéséig. Létezik még jármű-infrastruktúra (V2I) kapcsolat, mely az autókkal közvetlen, biztonságos és megbízható adatcsere-t lehetővé tevő út menti eszközökkel való kommunikációt takar. Ezzel például jelzőlámpák állapotinformációit képes a „kereszteződés” elküldeni a járműnek. A gyalogosokkal és más sérülékeny közlekedőkkel (pl. kerékpárosokkal) való kapcsolattartást a V2P jelenti. Ide tartozik például a mobiltelefonnal vagy más okos eszközzel való információcsere. A V2V és V2I mellett legelterjedtebb kommunikációs fajta a V2N, mely a hálózattal való kapcsolattartásra utal és elsősorban 4G-, 5G- és majd 6G-alapú technológiákat foglal magában. Ide tartozik például a HD- (többretegű) térkép adatok szinkronizálása, mely az autonóm járművek bevezetésének egyik alappillére. Az irodalom megkülönbözteti még a V2D-t, azaz a járműhöz kapcsolt eszközökkel való kapcsolattartást és a V2G-kommunikációt, mely elsősorban az elektromos járművek és az elektromos hálózat közötti szimbiózist (és az azt lehetővé tevő adatkapcsolatot) foglalja magába.



1. ábra V2X-kontextusok és használati esetek

Bár a V2X alapvetően a kis késleltetésű, ad-hoc V2V-hálózati összeköttetések alapján szerveződő technológiaként indult, az alkalmazásokban ma már – ahogy az a különböző kontextusok és használati esetek széles választékából látható – az infrastruktúrának is fontos szerepe van (2. ábra).

Információk futnak össze a város vagy közútkezelő forgalommenedzsment-központjában (Traffic Control Center, TCC) és a vonatkozó entitásokban az útinfrastruktúrával, a forgalommal, az időjárással, az útmenti munkavégzésekkel és sok egyébvel kapcsolatban, melyeket az ún. Central ITS Station (C-ITS-S) segítségével a Roadside ITS Station nevű útmenti berendezések (R-ITS-S) adott V2X-szolgáltatásokat és használati eseteket alkalmazva hatékonyan kiküldhetnek az úthasználók felé. Ezek az útmenti V2X-állomások megfelelő lefedettség és penetráció esetén az ad-hoc V2V-kommunikációban is segíthetnek, valamint nem csak a járművek felé, hanem a járművek felől is közvetíthetnek adatokat. Ebben a rendszerben a járművek közötti közvetlen vezeték nélküli kapcsolatot jelenleg a Wi-Fi bizonyos szabványaira támaszkodó ETSI ITS-G5 nevű ad-hoc kommunikációs technológia biztosítja, ami a járművek és az útmenti R-ITS-S-állomások közti adatátvitelért is felel [2].

Az IP-alapon működő mobil celluláris átvitel (pl. 4G LTE, 5G) és az így elérhető mobil eszközök bevonásával a hibrid V2X (ITS-G5 + celluláris) [3] is hamarosan megjelenik, majd később a celluláris V2X (pl. 5G NR C-V2X) [4] is jelentős szerepet kaphat a járművek rádiós kommunikációjában. Az útmenti R-ITS-S-berendezések hálózatba integrálása és a központi C-ITS-S-állomással való összeköttetése alapvetően fényvezető alapú felhordó- és aggregációs hálózati szegmensen, valamint szolgáltatói kategóriájú maghálózattal oldható meg hatékonyan, de akár vezeték nélküli megoldások is elképzelhetők erre a célra. Itt már mindenképpen IP-alapú kommunikációról beszélünk, ami lehetővé teszi, hogy a C-ITS-S-entitás különféle forrásokból (diszpécserközpont, DATEX II hub stb.) kapjon a járművek felé továbbítandó adatokat és a

járművek felől érkező adatok feldolgozásra való továbbítása is megoldható, valamint az IP-alapú hibrid V2X-adatcsere-interfészek is támogathatók. Fontos még kiemelni, hogy a különböző technológiák és kommunikációs lehetőségek nem kompetitív módon, hanem egymást kiegészítve kerülnek telepítésre, ezzel biztosítva, hogy egy adott szolgáltatást mindenki harmonizált módon érjen el.

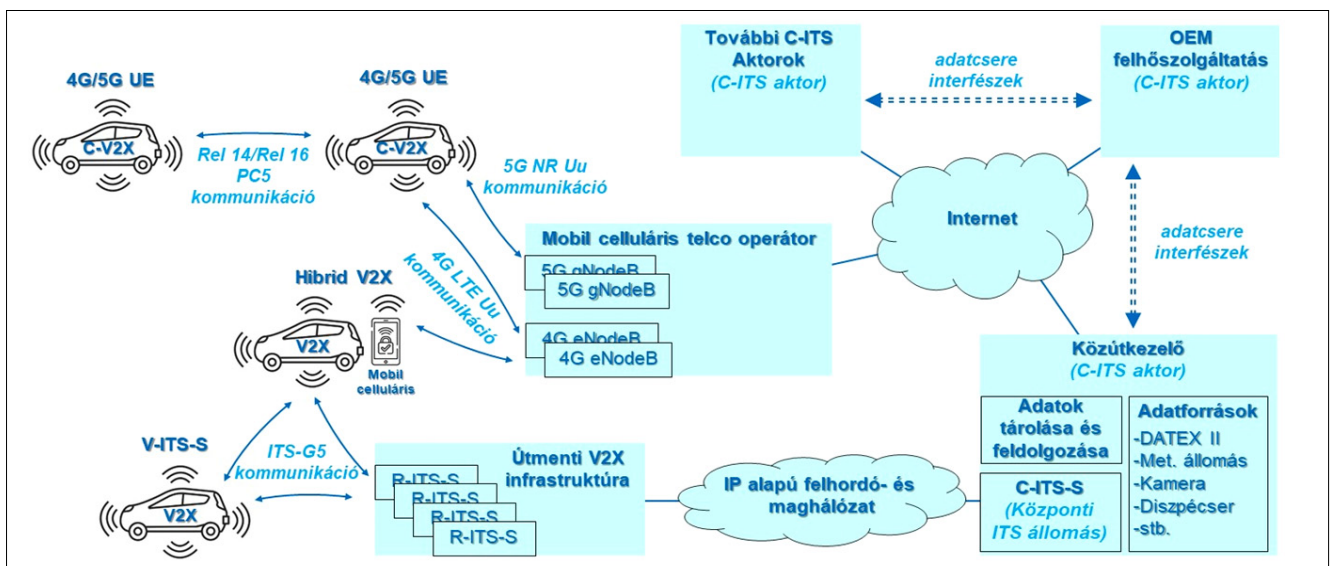
A cikk célja egy olyan körképet felvázolni, amely áttekinti, hogy ebben a járműkommunikációs hálózati környezetben és az elérhető kontextusokra támaszkodva milyen adatokat tudunk megosztani, milyen alapokra épül az adatok átvitele, hol tart jelenleg a járműkommunikáció az önvezetés alapvető infrastruktúrájává válás felé vezető úton, és mi várható a következő 5-10 évben a V2X terén. Továbbá rámutatunk, hogy ugyan lehetséges pusztán fedélzeti szenzorokra és adatokra támaszkodva gépi vezetést megvalósítani, azonban egy ponton túl nem növelhető sem a biztonság, sem a forgalom sebessége. A közlekedés további optimalizálása, így a balesetek számának csökkentése egy adott útszakasz áteresztő képességének egyidejű növelése közben csakis a közlekedők valós idejű adatkapcsolatának biztosításával, a közöttük lévő fejlett kooperációval, valamint a rendelkezésre álló és megosztható adatok körének és mennyiségének növelésével valósítható meg.

Ennek megvilágításához először áttekintjük a dinamikus adatok közlekedésben történő megjelenésének folyamatát, bemutatjuk ezen adatok szerepét, majd az alkalmazásevolyúció ismertetésével részletezzük a dinamikus adatok felhasználásában a V2X által lehetővé tett forradalmi fejlődést és annak potenciális hatásait.

2. Dinamikus adatok szerepe az intelligens közlekedésben

A közlekedés legkülönbözőbb folyamatainak befolyásolásához, javításához, ill. optimalizálásához adatokra van szükség, és ha ezeket az optimalizálási feladatokat a jár-

2. ábra V2X járműkommunikációs infrastruktúra



műben kell végrehajtani (például a sofőrnek egy bedugult városrész időben történő, alternatív útvonalat használó kikerülésével), akkor a nélkülözhetetlen adatokat el kell juttatni a járművekbe, a járművezetőkhez. Kezdetben az ilyen adatok szerepét statikusnak tekinthető térképadatok játszották, melyeket a járművekben előre telepítettek és úgy használtak. A térképek közötti gépjárművekben történő navigációs célú felhasználása nem mai keletű, az első járműfedélzeti navigációs rendszer már az 1930-as években megjelent (az olasz fejlesztésű Iter Avto), majd jelentős áttörést az 1980-as években a Honda által kifejlesztett Electro Gyro-Cator ért el, mint az első, kereskedelmi forgalomban kapható integrált térképalapú navigációs rendszer. Ezek a rendszerek még híján voltak az olyan digitális infrastruktúrának, mint a digitális térképadatok, műholdas helymeghatározás vagy a forgalmi információk megosztása [5].

A következő technológiai áttörést a digitális rendszerek megjelenése jelentette az 1980-as évek elején, amikor a Phillips és a Bosch az RDS/TMC (Radio Data System/Traffic Message Channel) alapjain kezdtek dolgozni, majd a digitális, úgynevezett SD-térképek kifejlesztése – a navigációs eszközökben használt szabványos felbontással rendelkező digitális térképek, melyek kis helyet foglalnak el –, ami az 1985-ben alapított Navtech (később Navteq, Nokia, HERE Technologies) nevéhez fűződik [5].

Az 1990-es évek elején felmerült az igény a valós idejű forgalmi adatok felhasználására: ennek eredménye lett egy, az európai DRIVE-program keretében végrehajtott projekt, amelyben kidolgozták és tesztelték az FM-rádiós technológián alapuló RDS/TMC-protokoll részletes specifikációját, melyhez az azt kiegészítő adatspecifikációt egy másik, de hasonló projekt eredményeire alapozva készítették el [6]. Az RDS/TMC további karbantartására és fejlesztésére létrehoztak egy szervezetet, a TMC Forumot. Ebben az időben a sajátos körülmények miatt Japánban szintén kidolgoztak egy RDS/TMC-szerű rendszert, ami FM Multiplex Broadcast-on 76–90 MHz-es tartományban működik, valamint rendelkezik infravörös és mikrohullámú (2,5 GHz-es ISM-hullámhosszú) jeladókat használó támogató rendszerrel [6].

A járművek megbízható és gyors helymeghatározásához nélkülözhetetlen digitális infrastruktúrát az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma által 1978-ban kifejlesztett Globális Helymeghatározó Rendszer (GPS) jelentette, melynek civil felhasználásának engedélyezését a Korean Air Flight 007 1983-as katasztrófáját követően jelentette be a Reagan-adminisztráció – bizonyos pontossági korlátokkal. Ennek feloldását a Clinton-adminisztráció jelentette be 2000-ben, és ezt erősítette meg a Bush-adminisztráció 2007-ben [7].

Az ekkorra felfutó ICT-forradalom az 1990-es években megnyitotta az utat a közúti gépjárművek fedélzeti navigációs eszközökkel való ellátása felé, melyek először a felső kategóriájú gépjárművekben jelentek meg meglehetősen borsos áron, majd a gazdasági siker és a rendszer hasznosságának következtében rohamosan terjedni kezdtek, mind integrált járműfedélzeti rendszerekként, mind úgynevezett nomád navigációs eszközök

formájában. Igazán átütő sikert azonban az okostelefonok elterjedésével, ingyenes navigációs szoftverek megjelenésével értek el.

Számos, kutatást és felhasználói hatásvizsgálatot lefolytató EU-finanszírozású projekt eredményeinek köszönhetően felmerült annak az igénye, hogy minél pontosabb, frissebb és megbízhatóbb adat álljon rendelkezésre az Advanced Driver-Assistance System (ADAS) vezetéstámogató rendszerek (navigáció, adaptív tempomat, kanyarsebességre figyelmeztető rendszer, prediktív erőátviteli rendszer stb.) számára. A gépjárművek vezetéstámogatásához szükséges adatigény a hálózatba kapcsolt gépjármű-technológiák továbbfejlesztésével vált lehetővé: az 1990-es években a gépjármű-telematika eredményesen gyártóspecifikus, korai mobil-telekommunikációs technológiákon alapuló (SMS-alapú) telematikai protollokat használt, melyeknek technológiai korlátai (az SMS-szolgáltatás alacsony hálózati prioritása, a üzenetek korlátozott mérete) valamint a szolgáltatás minősége miatt az adatok továbbítása időnként jelentős időeltolódással valósult csak meg. Hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a mobil telekommunikációs hálózatok fejlődése (3G, 4G stb.) elavulttá teszi ezeket a korai gépjármű-telematikai protollokat, ezzel megnyílt az út az IP-alapú (Internet Protocol) technológiák fejlesztése felé: olyan projektek láttak napvilágot, melyek a korábbi megoldások továbbfejlesztésével keresték az utat a jövő technológiai felé. A brüsszeli központú Telematics Forum segítségével 2004-ben elindult az az Európai Bizottság által támogatott projekt, mely létrehozta a korábbi SMS-alapú protollok összeolvasztásával és továbbfejlesztésével az első szabványnak tekinthető Globális Telematikai Protokollt, mely TCP/IP-alapú kommunikációt használt [8].

Ennek a projektnek az eredményeire alapozva indította meg az Európai Bizottság azt a programot, melyben három jelentős, több tíz millió eurós projektnek [9–11] köszönhetően létrejött a V2X-rendszerek koncepciója, és megkezdődött a szabványosítási folyamat is a különböző nemzetközi és európai szabványosítási szervezetek műszaki bizottságaiban.

A másik oldalon az RDS/TMC-rendszer által biztosított forgalmi adatok technológiai korlátainak és szolgáltatási hiányosságainak eredőjeként létrejövő, a forrásadatok összegyűjtésének időpontja és a végfelhasználóhoz eljuttatása közötti jelentős időeltérés miatt – ami bizonyos esetekben akár 30 perc is lehet – az ipari szereplők létrehozták a TPEG- (Transport Protocol Experts Group) technológiát [12] és elindították Németországban a Mobile.info projektet. A TPEG-szabvány által definiált rendszer dinamikus, nem térképekbe kódolt helymeghatározási módszerek felhasználására is képes, többcélú szolgáltatást (forgalmi információk, időjárás információk, üzemanyagár-információk, tömegközlekedéssel kapcsolatos információk stb.) biztosítani tudó megoldás, mely többféle kommunikációs csatornát is képes használni: DAB-adást vagy internetes kapcsolatot. Ezeket a dinamikus térképi adatokat azonban továbbra is jellemzi bizonyos időeltolódás, vagyis a forrásadatok megjelenése és azok végfelhasználóhoz juttatása között akár

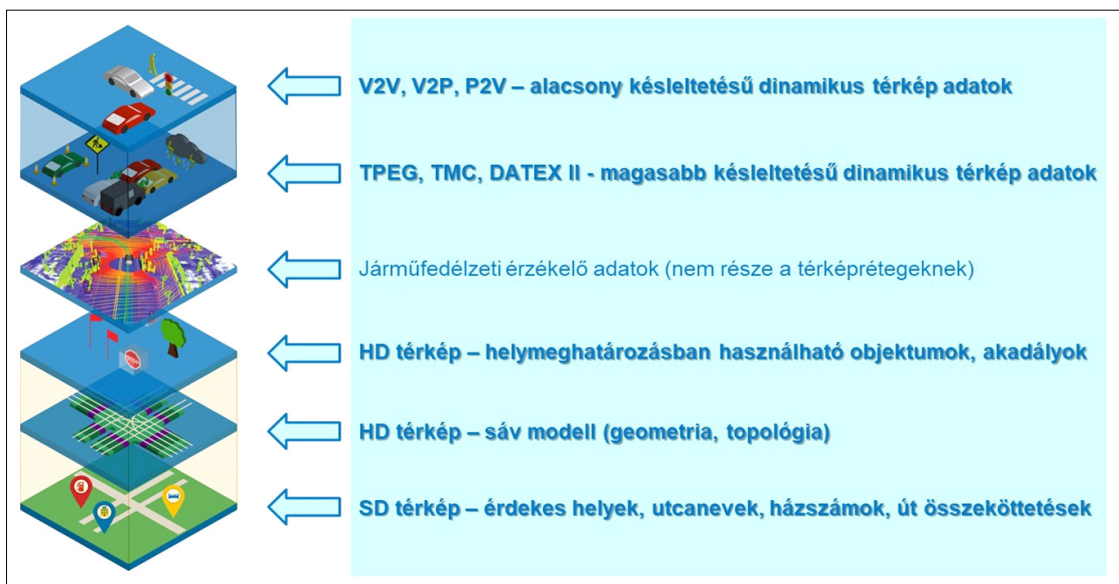
több perc is eltelhet a feldolgozás, ellenőrzés, kódolás és a végfelhasználó készülékére juttatás folyamatának időigénye miatt. Emiatt az alapvető, V2V biztonsági alkalmazások fejlesztése mellett a navigációs rendszerek evolúciója során is felmerült a V2X-adatok felhasználásának igénye [13], hogy az adatok elhanyagolható időeltolódással történő direkt felhasználásával jelentősen javíthassanak a gépjárművezetők kritikus forgalmi szituációkkal (balesetek, álló járművek, úton folyó munka stb.) összefüggő tájékoztatásán.

A gépjárművekben használt modern, nagy megbízhatóságú celluláris külső adatkapcsolatnak hála rendszeres módon, részlegesen vagy teljesen frissített digitális térképeknek, az ehhez kapcsolódó folyamatosan rendelkezésre álló dinamikus forgalmi és közlekedési információs szolgáltatásoknak és a rendkívül gyorsan, közvetlen kommunikációval a járművezetőhöz eljuttatott V2X-adatoknak köszönhetően a közlekedés biztonsága folyamatosan javul a projektek eredményei szerint. Ugyanakkor az új típusú, automatizált vezetési technológiákhoz felhasznált HD-térképek, a dinamikus adatok új formái, a járműautomatizálást szolgáló 3. generációs TPEG-technológia [14], valamint a V2X-adatszolgáltatások (pl. Collective Perception) és a kommunikációs technológiák (802.11bd, 5G NR C-V2X) fejlődése mind azt vetítik előre, hogy a digitális térképi adatok, legyenek azok statikus vagy dinamikus jellegűek, a közúti gépjárművek fedélzeti érzékelőinek természetes kiegészítőivé válnak, lehetővé téve olyan információk elérését, melyek az érzékelők hatótávolságán kívül esnek. A járműfedélzeti érzékelők hatósugarán kívül eső információk – akár statikus jellegűek, akár dinamikusak – hasznos adatokkal szolgálnak a jármű vezetéséért felelős rendszernek, amely így képes előre tekintve, prediktív módon alkalmazkodni. Ilyen szolgáltatások megkönnyítik a gépjárművezető dolgát, például a fényszórók, tompított világítás adaptív beállításával a kanyar geometriájának megfelelően, vagy az erőátviteli rendszer és az üzemanyag-ada-golás megfelelő beállításával kanyarokhoz, emelkedőhöz vagy lejtőhöz közeledve.

Ehhez azonban meg kell oldani a térképadatoknak a vezetéstámogató- vagy önvezető rendszerhez történő továbbítását, amelyért felelős összetevőt Térkép-Jármű-interfésznek nevezzük. Ennek már rendelkezésre áll a szabványosított változata, az ún. ADASIS-szabvány, mely az önvezetés különböző szintjeit [15] megcélözva igyekszik ellátni feladatát. 2-es változata tipikusan a fejlett vezetéstámogató rendszereket szolgálja ki a 2-es automatizáltsági szintig. 3-as változata, a nagy sáv szélességű belső autópályai technológiát használva alkalmas önvezető rendszerek támogatására akár az 5-ös automatizáltsági szintig – a még rendelkezésre nem álló teljes önvezetésig [16].

Érdemes még megemlíteni a térképi adatok frissítésére használható, úgynevezett járműeredetű adatok összességét, melyek alapulhatnak V2X-technológián, illetve más szabványosított [17,18], vagy gyártóspecifikus telematikai adatgyűjtő megoldáson is. A jármű tehát működése során felhasznál külső forrásból származó térképi adatokat, és elő is állít ilyeneket, melyeket megfelelő módszerekkel a közlekedés többi résztvevőjével, irányítójával megoszt, együttműködik velük. A térképi adatok állandó frissítését, folyamatos frissen tartását lehetővé tevő adatciklus a jövő „élő” térképének vagy másként nevezve az „öngyógyító térképnek” az alapvető komponense lesz. Ezeknek az adatoknak az együttese a megfelelő időbeli és térbeli referálhatóságot és reprezentációt biztosító térképi megvalósításokkal alkotja majd azt a környezeti modellt, amelynek alapján a járműautomatizálásért felelős rendszer taktikai (sávváltás, fékezés, gyorsítás), illetve stratégiai (útvonalválasztás, önvezető funkció ki- és bekapcsolása) döntéseket hozza, miután számára a Térkép-Jármű-interfész az adatokat elérhetővé tette.

Mindennek fényében érthető meg a 3. ábrán bemutatott többrétegű térkép koncepciója, melyben az egyes rétegek más és más célt szolgálnak. Az SD-térkép rendelkezik a cél kijelölésére szolgáló adatokkal (érdekes helyek, utcanev és házszám, út-linkek). A HD-térkép sávmodellje a geometria és topológiai adatokat hordozza,



3. ábra
Többrétegű térkép koncepciója az egyes rétegek funkcióival

a HD-térkép következő rétege pedig helymeghatározáshoz szükséges objektumokat és akadályokat jelentő tárgyakat tartalmaz. Ezek statikus adatok, ritkán változnak meg. A dinamikus rétegekben más térképi attribútumok találhatóak, amilyenek például a forgalmi adatok, balesetek, időjárás események, útfelületek minősége, melyek jellemzően gyakran változnak. Ehhez képest a jármű saját, közvetlen környezetéről információt biztosító V2X-adatokkal (CAM [19], DENM [20], IVIM [21], MAPEM/SPATEM [21] stb.) sokkal dinamikusabb változások információit közvetíthetjük, hasonlóan az olyan adatokhoz, amelyeket a járműfedélzeti érzékelőkből lehet kapni.

A kooperatív ITS/V2X-technológia fejlődése tehát alapvetően járul hozzá ennek a komplex koncepciónak a megvalósításához. A V2X alkalmazási területeinek evolúciójában érhető tetten a dinamikus adatok felhasználásában végbemenő fejlődés, mely során az emberi felhasználó (járművezető) információval való hatékony ellátását biztosító megoldások felől haladunk az autonóm közlekedés gépek közötti kooperációjával megvalósítható lehetőségek felé.

3. Forradalmi fejlődés a dinamikus adatok felhasználásában – A V2X alkalmazásevolutiója és fázisai

3.1. Állapotinformációk megosztása (Day 1)

Ahogy azt már érintettük, a V2X elsősorban a valós idejű (<100 ms), biztonságkritikus információk megosztására lett létrehozva, kiegészítve a kevésbé dinamikus és így lassabb (például egy perces) frissítésű adatokkal. A két terület késleltetési idő szerinti differenciálásához hasonlóan területi érvényesség is fennál, hiszen ha valami gyorsan változik, akkor annak pillanatnyi állapota elsősorban a közelben lévő entitásokat érinti. Így elmondható, hogy például az előző részben érintett HD-térkép-adatokkal szemben a V2X elsősorban kisebb területen releváns, általában 1 km vagy néhány száz méter távolságra lévő entitásokra vonatkozó információkkal foglalkozik.

A V2X-kommunikációt sokszor hasonlítják a fedélzeti szenzorokhoz, mi is ezt tettük, azonban egy lényeges tulajdonsága a szenzoroktól jelentősen különbözővé és ezáltal elengedhetetlenné teszi, mégpedig az, hogy nem korlátozza annak hatékonyságát a kommunikáló felek közötti esetleges akadály. Így képes ködben vagy akár épületek mögötti veszélyhelyzetről is információt szolgáltatni, melyre semmilyen más fedélzeti szenzor nem képes.

A „Day 1” használati eseteket megvalósító V2X-alkalmazások a tudatos vezetést („awareness driving”) támogatják. A tudatosság arra utal, hogy a V2X-protokollstack speciális, ún. Facilities-rétegbeli üzenetszolgáltatásai révén a sofőr, illetve az autó tisztában van a környezetével kapcsolatos alapvető állapotinformációkkal (környező V2X-képességekkel rendelkező járművek járműdinamikai adatai, eseményinformációk stb.), a környéken közlekedők legfontosabb paramétereivel, azáltal, hogy veszi és feldolgozza a partnereitől érkező periodikus/esemény-

vezérelt üzeneteket. Így tulajdonképpen előre „látható”, ha például a leállósávban vesztegel valaki, ha nehezen látható helyről tolat kifelé az úttestre, vagy ha baleset történt. A Day 1 alkalmazások közös jellemzője, hogy viszonylag egyszerűek, emberi járművezetőket vesznek alapul, így alapvetően nem avatkoznak be a vezetésbe, csak kiegészítő jellegű információval szolgálnak a vezetők számára. Az ide tartozó használati esetek és alkalmazások napjainkra már tipikusan jól ki vannak dolgozva, elérték a szabványosítás és az implementációs érettség azon fokát, hogy megfelelő biztonsággal telepíthetőek közúti járművekbe.

A legfontosabb Day 1 használati esetek közé tartoznak azok a V2V-alkalmazások, amelyek a periodikusan (1-10 Hz közötti gyakorisággal) küldött *Cooperative Awareness üzenetek (CAM)* által szállított státusz- és attribútum-információkra támaszkodva az úthasználók kooperatív tudatosságát növelik a „láss és legyél látható” elv alapján. Ide tartoznak a kereszteződésen való biztonságos áthaladást, a kanyarodást, a sávváltást, előzést támogató alkalmazások és a holtterfigyelés, valamint az ütközésveszélyre figyelmeztetés is. A kooperatív adaptív tempomat (*Cooperative Adaptive Cruise Control, C-ACC*) is ide sorolható, mert a csak haladási irányban való gyorsítás/lassítás kooperatív megvalósítása ebben az alkalmazásban is a CAM Day 1 üzenetszolgáltatásán alapul. A váratlan eseményekre való felkészülést segítik az eseményvezérelt *Decentralized Event Notification (DENM)* üzenetek hordozta információk, melyekkel a V2V kontextusában útmenti munkavégzésre, időjárás körülményekre, álló vagy lassú járművekre, tilos jelzésen való áthaladásra és egyéb hasonló veszélyhelyzetre figyelmeztethetik egymást az úthasználók. Európában elsődlegesen az ETSI és az autógyártókat tömörítő Car2Car Communication Consortium definiál első generációs V2V-alkalmazásokat [22,23].

A Day 1 alkalmazásokra az is jellemző, hogy a V2V kontextusán túl az infrastruktúra is szerves részét képezi a működésnek: megjelennek az infrastruktúra-alapú szolgáltatások (V2I, I2V) [24], melyek statikus és dinamikus információt közölnek az úthasználók számára az infrastruktúra állapotáról, vagy az úthasználók forgalmi és egyéb adatait gyűjtik és hasznosítják különféle célokra.

Ebben a csoportban kiemelkedő jelentőségű az útkarbantartási munkálatok és a vonatkozó forgalmi beavatkozások közvetítése az úthasználók felé. A „figyelmeztetés útkarbantartási munkálatokra” Day 1 alkalmazások (*Road Works Warning, RWW*) legfontosabb célja, hogy figyelmesebbé, információval jobban ellátottá váljon a járművezető: a munkaterület vagy a karbantartást végző járművek/berendezések megközelítése és meghaladása az autóban található információk és a közúti figyelmeztetések elektronikus közlésével és hatékony megjelenítésével biztonságosabbá tehető, így az útépités okozta forgalmirend-változások és az alkalmazandó vezetési előírások jobban lekövethetők. A hosszabb ideig tartó lezárások okozta változások során szintén könnyebb adaptációra lehet lehetőség, mivel a közlekedési korlátozások kevésbé váratlanná válnak, a hirtelen

bekövetkező eseményekhez képest jelentősen csökkenő balesetszámot és növekvő áthaladási hatékonyságot jelentenek.

Szintén alapvetően infrastruktúra-jármű-kommunikációra hagyatkozó információs szolgáltatás az „értesítés forgalmi veszélyhelyzetről” (*Hazardous Locations Notification, HLN*) nevet viselő alkalmazáscsoport, melynek segítségével potenciális veszélyhelyzetekre lehet felhívni az úthasználók figyelmét. A közúti közlekedés során bármikor létrejöhét olyan szituáció az utakon, amely a biztonságos úthasználatra és/vagy a forgalom hatékonyságára jelentős hatással lehet. A HLN-alkalmazásokat támogató V2X-alapú megoldások elsődleges célja, hogy az úthasználók időben értesüljenek a kialakult veszélyhelyzetekről, biztonsági kockázatokról, és így megelőzhetőek legyenek a potenciálisan kialakuló balesetek. Az úthasználók informálásához fontos paraméterek átvitele szükséges, melyek többek között a veszély formájáról, helyéről, távolságáról, a létrejöttét okozó körülmények fennállásának hátralévő idejéről, a megválasztandó sebességgel és a használandó forgalmi sávval kapcsolatos ajánlásokról szólnak. A releváns információk segítségével a járművezetők alternatív útvonalakat kereshetnek, így elkerülhetik a veszélyes szituáció helyszínét, az esetleges forgalmi torlódásokat. Ha pedig erre nincs lehetőség, a járművezető akkor is időben fel tud készülni a kockázatokra.

A „közlekedési információk megjelenítése” (*In-Vehicle Signage, IVS*) csoportba tartozó alkalmazások legfontosabb célja, hogy a közúti forgalomban kötelezően betartandó, statikus vagy dinamikus szabályozások és tájékoztató adatok az úthasználók számára a járműveken belül is megjelenítésre kerüljenek, ezáltal hatékonyabban juthasson el az információ a járművezetőkhöz, pontosabb legyen az infrastruktúra és az úthasználók közötti adatközlés, és nem utolsósorban a járművezető által választott nyelven (és formában) kerüljön minden megjelenítésre.

Az IVS-alkalmazások mögötti motiváció az, hogy a napjainkban a járművezetőkhöz az infrastruktúra felől adatokat közvetítő forgalmi jelzőtáblák, információs táblák, útburkolati felfestések és változtatható jelzéseképű táblák közös jellemző tulajdonsága, hogy az általuk hordozott információ leghamarabb a látótávolság határán érhet el az úthasználóhoz, az információátadás pedig a telepítés adott helyével korlátozott. Emiatt az esetleges rossz látási viszonyok vagy pillanatnyi figyelmetlenség is okozhatja az információk figyelmen kívül hagyását, nem beszélve arról, hogy a megtekintésre-feldolgozásra csak egy erősen korlátozott, sebességfüggő időablak áll a járművezetők rendelkezésére (vagyis minél gyorsabban megyünk, annál kevesebb időnk marad a nem egyszer kiemelkedő biztonsági vonatkozású adatok kinyerésére). Az IVS-alkalmazások segítségével azonban a hasznos adatok a fenti korlátozásokat feloldva, a fizikai telepítés korlátait kikerülve juttathatók el a járművezetőkhöz, illetve használhatóak közvetlen gépi feldolgozásra (például a tempomat által), hiszen például nincs szükség vizuális úton történő értelmezésükre.

Városi környezetekben üzeneteket közvetíthetünk a kereszteződések topológiájáról és a forgalmi jelzőlámpák fázisairól is [20]. Az ezt megvalósító „jelzőlámpás kereszteződések” (*Signalized Intersections, SI*) nevet viselő alkalmazási csoport célja kettős: egyrészt információt biztosítani az infrastruktúra irányából az úthasználók számára a kereszteződések topológiájáról, a jelzőlámpák állapotátmeneteiről és egyéb vonatkozó jellemzőiről, másrészt pedig jármű-(forgalmi) adatokat gyűjteni az úthasználók irányából a kereszteződések hatékonyságát, jelzőlámpák beállításait javítandó. A vonatkozó komplex forgalmi környezetek környezetvédelmi és költséghatékonysági szempontokból is optimalizálhatóak, elég csak a piros lámpánál motorjukat járattva várakozó gépjárművek fogyasztására és károsanyag-kibocsájtására gondolni. Egy kereszteződésen áthaladó forgalom hatékony kezelése, a biztonságos áthaladás szervezése azonban nem egyetlen jelzőlámpa- és sávcsoportot érint, hanem a forgalom többi szakaszára, további kereszteződésekre is kihat, amelyet a forgalmi környezet dinamikus hatásai is jelentősen befolyásolhatnak, s erre az adaptív átkonfiguráció, a jelzőlámpák ütemezésének dinamikus szabályozása lehet a megoldás. A speciális esetek kezelése, így például a megkülönböztetett jelzéseket használó járművek prioritizálása további előnyökkel járhat a közösségi közlekedés, a forgalommenedzsment, a kényelem, az energiahatékonyság és a biztonság tekintetében egyaránt.

Kifejezetten az úthasználók által mért/kinyert adatoknak az útkezelő (szolgáltatásnyújtó) számára történő begyűjtésére fókuszál az „úthasználói adatok gyűjtése” (*Probe Vehicle Data, PVD*) alkalmazáscsoport. Ebben a korszerű járművek által ismert alapvető állapotinformációs adatok (pozíció, sebesség, haladási irány, saját járműtípus stb.), valamint egyéb, a vezetési élményt és a közlekedés biztonságát egyaránt befolyásolni képes események beköszöntét jelezni képes szenzoradatok (ablaktörő állapota, ABS, ESC, ütközés-érzékelők stb.) gyűjthetők ki a járművekből, ezáltal az útkezelő a saját hálózatról, annak pillanatnyi állapotáról minden eddiginél pontosabb képet alkothat, különösen azokon a szegmenseken, ahol hurokdetektor, kamera, meteorológiai állomás vagy egyéb, útkezelő által fenntartott szenzor nincs jelen. Az úthálózatról ilyen módon akár valós időben készíthető, kiemelkedő pontosságú felméréssel a forgalom állapotáról, eseményeiről, az időjárás körülményekről, forgalommenedzsment-információkról is nyerhető adat. Ezeket az adatokat az útkezelő a forgalom biztonságának, hatékonyságának növelésére, egyéb I2V használati esetek javítására, a forgalommenedzsment-stratégiák fejlesztésére, statisztikai és modellezési célokra egyaránt használhatja.

Az ilyen és ehhez hasonló adatok feldolgozása és egyszerűbb fúziója mára a Day 1 V2X-alkalmazásokban elterjedtnek tekinthető. A Day 1 alkalmazások nem követelnek meg sávon belüli pozicionálási pontosságot, így a jelenlegi GPS-eszközökkel, sávszintű pozicionálást megcélözva is kielégítően pontos rendszerek készülhetnek.

Érdemes még megemlíteni a Day 1 fogalom definiálásának eredeti szükségességét. Az első generációs minimális szolgáltatási csomag definiálása azért volt kritikus, mert például a mobiltelefon-iparral szemben az autópálya és a közlekedési infrastruktúra is több tízéves ciklusokkal működik. Azaz a Day 1 fogalma a kooperatív V2X közlekedési rendszer alapját jelenti, az a legkisebb kerek egész funkciócsomag, melynek telepítése kellő előnyt (és hasznot) biztosít az iparági szereplőknek. A definíció során tapasztalható némi ellentmondás, miszerint minél előbb valósulnak meg ezek a szolgáltatások, annál hamarabb kezdik kifejteni a hatásukat és így csökkenteni a balesetek számát. Ezzel szemben azonban meg kellett azt is várni, hogy a 20+ évig az utakon (és utak mentén) lévő eszközök megfelelő alapot teremtsenek az új generációs szolgáltatásoknak is, abba beépülhessenek és életciklusuk végéig hasznosak maradjanak.

Összefoglalva tehát a Day 1 alkalmazások azon alapulnak, hogy a kommunikáció segítségével a járművek és az infrastruktúra megosztják a saját állapotukat, státuszukat, majd az alkalmazások ezeket az információkat felhasználva képesek a vezetőt például vészjelzéssel, vagy egyéb segítő jelzésekkel ellátni, így a potenciális veszélyekről és egyéb környezeti paramétereikről a járművezetők időben értesülhetnek. Ebben pedig az első fejezetben már áttekintett járműkommunikációs infrastruktúrának is kiemelkedő szerepe van, hiszen a már ismert alkalmazások nagy részéhez nélkülözhetetlen az információk központi és útmenti infrastruktúra-elemekre támaszkodó gyűjtése, rendszerezése/aggregálása és hatékony továbbítása.

3.2. Állapotinformációk megosztása, kiterjesztve multimodális alkalmazásokra (Day 1,5)

A Day 1,5 néven hivatkozott használati esetek azokra a felhasználási szituációkra vonatkoznak, ahol az állapotinformációk multimodális alkalmazásokban kerülnek megosztásra és felhasználásra [25, 26]. Ezek az alkalmazások alapvetően 6 csoportra oszthatók; így a parkolással, intelligens útvonaltervezéssel, fuvarozással, biztonsággal, ütközéssel és a helytelen menetiránnyal kapcsolatos alkalmazások csoportjára.

A parkolással összefüggő alkalmazások tulajdonképpen információs szolgáltatások arra vonatkozóan, hogy hol vannak szabad utcai vagy fedett parkolóhelyek, hol lehet letenni az autót és tömegközlekedésre váltani (P&R). Ezen szolgáltatások környezetre gyakorolt hatása is jelentős, hiszen segítségükkel csökkenthető a szabad parkolóhely keresésre szánt idő, és ezáltal minimalizálható a felesleges forgalmi és környezeti terhelés is. Hasonlóan, az intelligens útvonaltervezés kategóriába azok az információs szolgáltatások sorolhatók, amelyek segítséget nyújtanak a hagyományos vagy elektromos autók töltésére (is) alkalmas töltőállomások megtalálásában, az aktuális közlekedési információk begyűjtésében és a rájuk alapozott adaptív útvonaltervezésben, valamint a korlátozott hozzáférésű városi zónákban való tájékozódásban. A fuvarozással kapcsolatos alkalmazások elősegítik a városi parkolási zónákban a teherautók közle-

kedésének és parkolásának menedzselését, amely egyaránt előnyös a sofőrök, a gépjárműflotta-kezelők és a közútközlekedő szolgáltatók számára. A biztonsággal kapcsolatos alkalmazások a közutakon kevésbé védett és ezáltal sérülékeny közlekedők, így például a gyalogosok és a kerékpárosok fokozott védelmét szolgálják. Az ütközés megelőzésére szolgáló alkalmazások szintén biztonságkritikus szolgáltatások, amelyek a járművek közötti kommunikáció segítségével azok összeütközésének kockázatát próbálják csökkenteni – különösen korlátozott látási viszonyok között – olyan fokozottan veszélyes forgalmi szituációkban, mint az előzés, kikerülés, párhuzamos forgalmi sávba történő besorolás, vagy motorkerékpáros feltűnése. Végül a helytelen menetirányra való figyelmeztetés szintén egy biztonságkritikus szolgáltatás, amely egyrészt a sofőr figyelmét hívja fel, hogy a kijelölt menetiránnyal szemben halad, másrészt figyelmezteti a környező gépjárművek vezetőit az így kialakult vészhelyzetre.

A Car2Car Communication Consortium szintén definiál Day 1,5 szolgáltatásokat, azonban csak bizonyos megkötések mellett. Jelenleg is kérdés, hogy az utakon levő autók képesek-e szoftverfrissítéssel 1,5-ös szintre lépni, vagy az autópálya csak teljes generációkat támogat. Egy ilyen Day 1,5-ös alkalmazás a *MAI (Motorcycle Approach Indication) / MAW (Motorcycle Approach Warning)*, melyhez motorkerékpárokból származó V2V információk feldolgozása szükséges.

3.3. Szenzoradatok megosztása (Day 2)

A Day 1 állapotinformációkon alapuló, tudatos vezetéssel segítő alkalmazásai után a Day 2 fázis az érzékelt szenzoradatokra támaszkodó vezetéssel („sensing driving”) segítő alkalmazásokat hozza el. A Day 2 alkalmazások továbbviszik, több aspektusukban kiterjesztik a Day 1 alkalmazásokban rejlő lehetőségeket. Az itt kommunikált V2X-üzenetek már nem csak állapotinformációkat közölnek a járművekről, úthasználókról, hanem biztosítják a járművek által észlelt külső világból készített digitális leképezés (objektumok) megosztását is, így segítve elő új típusú, vagy kiegészített képességű szolgáltatásokat és használati eseteket/alkalmazásokat működését. Jó példa erre a *CPM-(Collective Perception Message)* protokoll és üzenetszolgáltatás [27].

A CPM segítségével szabványos formában tudjuk megosztani a jármű vagy az infrastruktúra érzékelői, illetve monitorozó rendszerei által érzékelt objektumokat, és/ vagy az objektumok közötti szabad („üres”) területet („free space”). Ezt a protokollt arra tervezték, hogy a használati eseteket implementáló alkalmazások a lehető legpontosabb képet kaphassák környezetükről, és a hagyományos állapotinformációk mellett a legkülönbözőbb szenzorok észlelési adatai is kölcsönösen megoszthatóak legyenek. A CPM-üzenetekben közvetített szenzorinformációk és észlelések szenzorfüzión eljárások bemenetül szolgálhatnak, amelyek ezen kiegészítő adatokat felhasználva és különböző pontosító algoritmusokat, eljárásokat futtatva sokkal pontosabb leképezést alkothatnak a járművet körülvevő világról, a környezet aktuális

jellemzőiről, valamint valós idejű szenzoradatokat kaphatnak olyan releváns területekről is, melyek esetleg a saját szenzorai előtt blokkolva vannak. Ez végső soron hatékonyabb szolgáltatásokhoz és az alkalmazások megfelelőbb működéséhez vezet, az evolúciós pálya egy adott szakaszán pedig az önvezető járművek vezérlésének is értékes, sőt, nélkülözhetetlen bemenetül szolgál. A szenzorok által észlelt adatok és információk megosztása emellett minden valószínűség szerint csökkenteni fogja a szolgáltatások és alkalmazások hatékony működéséhez szükséges V2X-penetráció szintjét is.

A Day 2 fázisban elérhető megközelítésekkel alkalom nyílik arra, hogy különböző, a V2X-kommunikációra alapvetően nem képes objektumokról is adatok kerüljenek a C-ITS kommunikációs láncba, az ilyen objektumokról is tudjanak a V2X-alkalmazások, és így jelentősen növekedjék az általuk érzékelhető, felderíthető tartomány. Ebbe a felhasználási területbe tartozik a *VRU- (Vulnerable Road User)* védelem, az előzésre figyelmeztetés és a továbbfejlesztett ütközésvédőrendszer is. A különböző járműtípusokhoz köthető különböző prioritások kezeléséhez és támogatásához a kereszteződésekben használható a Day 2 kategóriába sorolt *Signal Request Extended Message (SREM)* és *Signal Request Status Extended Message (SSEM)* üzenetszolgáltatás is [21]. Azonban azok a második generációs út menti eszközök, melyek támogatják a speciális szolgáltatások kérését (SREM/SSEM) – mint például a prioritást, azaz a közlekedési lámpa vezérlést –, képesek a többi Day 2 szolgáltatásra, így percpációs üzenetek küldésére is. Egy speciális autonóm közlekedéshez készült üzenet az RTCM [28], mely elsősorban az önvezető járművek megnövekedett pozíció-pontosságának elérésében segít azáltal, hogy helyi GNSS augmentációs (korrekciós) szolgáltatást nyújt, radikálisan javítva a GNSS pontosságát az adott területen. Ezen kívül komoly fegyvertény a különböző üzenettípusok integrációjának megjelenése ebben az evolúciós fázisban: például a „figyelmeztetés hosszútávú útkarbantartási munkálatokra” (Long-term Roadworks Warning) használati esetben két különböző üzenetszolgáltatás üzeneteinek együttes, kombinált használatára tesz kísérletet az Eco-AT projekt [29].

Mindez az ITS-G5-hálózaton jelentősen növekvő forgalmakat eredményez majd. A növekvő adatforgalomigény hatására szükségessé válhat bizonyos üzeneteket vagy üzenettípusokat a CCH (Control Channel) helyett egy alternatív csatornára helyezni, és hatékony erőforráselosztási technikákat (*Multi Channel Operation, MCO*) kialakítani [30]. Ennek oka a következőkben keresendő. Az európai Day 1 telepítések alapjait az ETSI EN 302 663 szabványa [2] fekteti le, ami az ECC/DEC/(08)01 döntést [31] és az ECC/REC/(08)01 javaslatot [32] követve meghatározza az európai V2X-frekvenciaprofil. Az ITS-alkalmazások ETSI-szabvány által nincsenek csatornához kötve, ám az iparági egyeztető fórumok megegyeztek abban, hogy egy adó állomás nem kezdhet el adni egy szolgáltatást más csatornán, mint amelyet a célzott fogadó figyel. Ezek alapján a Day 1 rendszerek esetén még kizárólag a CCH-n történő egycsatornás üzemelésről lehet

szó, minden támogatott szolgáltatást a CCH-n adnak és vesznek a V2X-berendezések. Nagy csatornaterhelés esetén a multihop-üzenetek csak egy ugrásig engedélyezettek a CCH-csatornán. Ha a Day 1 egyrádiós rendszer támogatja más csatornák kezelését, akkor a továbbküldés további ugrásokra az SCH1-en megvalósítható. Mivel a periodikus státuszinformációs üzenetek (*Cooperative Awareness Message, CAM*) 1-10 Hz-es rátával kerülnek kiküldésre, ezért a CCH terhelésének döntő többségéért ezek lesznek felelősek. Az eseményvezérelt üzenetek eseményvezérelt módon kerülnek a csatornára, illetve a további Day 1 üzenetek sem jelentenek jelentősen nagyobb terhelést a CAM-üzeneteknél.

A Day 2 és az utáni szolgáltatások és használati esetek azonban számukban és jellemzően nagyobb igényekben is más helyzetet fognak eredményezni, és az ITS-G5-csatornák kihasználási hatékonyságának növelését követelik meg. Az ETSI TS 102 637-1 szabvány [33] osztályozási módszere alapján létrehozható csoportosítás megfelelő prioritálást tesz lehetővé az alkalmazások között:

1. Aktív biztonsági alkalmazások (Active road safety).
2. Kooperatív forgalom-hatékonysági alkalmazások (Co-operative (road) traffic efficiency).
3. Kooperatív helyi szolgáltatások alkalmazásai (Co-operative local services).
4. Globális internetszolgáltatások alkalmazásai (Global Internet services).

Az egyes osztályokon belüli prioritálás ezután történhet egyedi prioritások hozzáadásával vagy akár egymás közti arbitrációval. Számos koncepció elérhető a többcsatornás használatra [34, 35], melyek legtöbbször igaz, hogy a jelenleg szabványos C-ITS közeghozzáférési megoldás valamilyen módosított alkalmazására alapul: a hatékony csatornahasználatot csatornánkénti vagy cross-channel implementációban biztosítja.

3.4. Szándék és koordinációs adatok megosztása (Day 3, 3+)

A Day 2 fázis után az úgynevezett kooperatív és szinkronizált kooperatív vezetési műveletek („Cooperative and synchronized cooperative driving”) alkalmazásai lehetnek az evolúció újabb lépései, melyek az önvezetés fejlettebb szintjeire érő járművek terjedésével nyernek majd egyre nagyobb szerepet. A Day 3 és Day 3+ alkalmazások legfontosabb újítása, hogy bevezeti a járművek szándékának és a koordinációval kapcsolatos adatoknak a megosztását (*Maneuvering Coordination Service, MCS*).

A CAV- (*Cooperative Automated Vehicles*) járművek már képesek lesznek ilyen információk cseréjére, így a közlekedés többi résztvevőjével összehangolhatják a manővereiket, megelőzhetik a konfliktusokat. Ide tartozik például az *AGLOSA- (Automated Green Light Optimized Speed Advisory)* alkalmazás, amely a sebesség aktív és adaptív szabályozásával képes a jelzőlámpák fázisátmeneteinek üteméhez igazítani a vezérelt CAV-járművek sebességét. A vonatkozó üzenetszolgáltatások üzeneteiben a közlekedés résztvevői megoszthatják a

tervezett trajektóriájukat, amivel a forgalom a jelenleginél sokkal folyamatosabb, zökkenőmentesebb lehet és elkerülhetővé válhatnak a vezetési szándék félreértelmezése miatti balesetek, vagy akár csupán a felesleges lassítások is [36]. A megfelelő kommunikációs szabványok jelenleg definiálás és kidolgozás alatt állnak, így az üzenetprotokollok és üzenetszolgáltatások tipikusan nincsenek még készen: futó vagy nemrég véget ért projektek foglalkoznak ezekkel, a szabványosítás legtöbbször csak kezdeti stádiumban van. Az alapvetően V2V-centrikus koncepciók mellett bizonyos aktivitások már az útinfrastruktúra potenciális, központosított koordináló szerepét is hangsúlyozzák, és az I2V/V2I-kommunikáció forgalommenedzsmentben betölthető szerepeire fókuszálnak. Az I2V koordinációs szolgáltatásokban az infrastruktúra személyre szabott ajánlásokat küldhet a CAV-járműveknek (pl. sávváltási javaslat, sebesség-javaslat), de az infrastruktúra akár át is veheti a CAV-októl az irányítást [37]. A kooperatív adaptív tempomat (C-ACC) jellegű kooperatív vezetéstámogató megoldások terjedése, továbbá a VRU-k passzív szerepének aktívvá válása is várható.

A Day 3+ alkalmazások tipikusan közel állnak a vezetés közvetlen befolyásolásához, így különösen érzékenyekké válhatnak a kommunikációs paraméterek degradációjára.

Ez igaz a kooperatív járműkonvoj („cooperative platooning”) alkalmazások esetén is, melyekben a C-ACC menetvezérlő algoritmusok alkalmazása mellett a konvoj járműveinek közös, szinkronizált manőverezése a feladat, így a CAM-en kívül további kiegészítő üzenetszolgáltatásokra van szükség. A kooperatív járműkonvoj és a kooperatív adaptív tempomat is arra épül, hogy a járművek egymást követik egy formációban, de míg a járműkonvoj-alkalmazásnál nagy hangsúly van az automatizáláson, a komplex manőverek támogatásán, a konvoj tagságának flexibilis kezelésén és az egyes járművek közötti kis távolságon, addig a C-ACC a hagyományos tempomat CAM-alapú kooperatív kiterjesztéseként van értelmezve. Ezek az alkalmazási területek mind arra mutatnak, hogy a fejlett vezetéstámogató rendszerek egyre nagyobb mértékben támaszkodnak a kooperatív kommunikációra, egyeseknek pedig a V2X már egyenesen elengedhetetlen feltétele lesz [38].

3.5. Teljesen autonóm járművek

A harmadik evolúciós fázis funkcióit áttekintve felmerülhet a kérdés, hogy elégséges-e mindez az önvezetéshez? Nos, önmagában biztosan nem, és sok – a cikk keretein belül és kívül eső – technológia együttes, kellő fejlettsége szükséges a megvalósításához. Ahogy az EuroNCAP, az európai járművek egyik kulcsfontosságú biztonsági validáló szervezete is megmutatta egy nemrég megjelent tanulmányában [39]: már a részleges önvezetéshez is javulnia kell például a járművezetőt figyelő rendszereknek, melyek az éberséget ellenőrzik. Továbbá meg kell említenünk a szükséges jogi, törvényi vonatkozásokat is (melyekkel cikkünkben nem foglalkoztunk).

Ha megfigyeljük azonban az önvezetéshez szükséges alapvető információfajtákat, akkor látjuk, hogy a fundamentális építőelemek a Day 3 rendszerekkel elérhetővé válnak, azaz képesek leszünk megosztani minden szükséges információt és le tudjuk fektetni a megfelelő eszközkészletet. Ennek segítségével pedig megtörténhet a generációváltás, melynek során egyre kevesebb emberi beavatkozásra lesz szükség a járművek biztonságos manőverezéséhez, végül már a kormány is eltűnik majd az autókából. Természetesen a gépi manőverezés kísérleti és tesztelési fázisaiban számtalan hiányzó funkcionális összetevő fog még előkerülni, azonban a lényegi elemek már csak fejlődni fognak, alapjuk minden bizonnyal változatlan marad.

4. Összefoglalás

A fentiek alapján megválaszolhatjuk a cikk címében feltett kérdést: járműveink V2X-interfészeiken alapvetően dinamikus, valós idejű, biztonságkritikus információkat fognak egymással megosztani annak érdekében, hogy a környezet folyamatosan változó részleteinek digitális reprezentációit megbízhatóan, ellenőrizhetően a többi jármű rendelkezésére bocsáthassák. Minél közelebb vannak egymáshoz a közlekedésben résztvevők, annál frissebb, dinamikusabb adatokra van szükségük egymásról, hiszen kis távolságokon a vezetés taktikai döntései és feladatai várnak megoldásra: előzés, sávváltás, kanyarodás, lassítás/gyorsítás és hasonlók. A nagyobb távolságra vonatkozó stratégiai döntések (pl. útvonal meghatározása és frissítése) támogatásához mindez kiegészül a kevésbé dinamikus és így lassabb frissítésű adatokkal. A navigációs rendszerek statikus térképadatainak használatával kezdődő folyamatban a változó forgalmi adatok, események megosztásán keresztül jutottunk el a járműkommunikációhoz azért, hogy előbb a járművezetőket, majd az autonóm járművek vezérlő algoritmusait is mindig megfelelő frissességű adatokkal láthassuk el, amivel biztonságosabbá és kényelmesebbé tehetjük a közlekedést. Később az emberi tényezőt bizonyos forgatókönyvekből teljesen kiiktatva, magas szintű automatizálással optimalizálhatjuk a közlekedés bizonyos területeit. Ebben a technológiai evolúcióban a V2X fejlődése egyre jelentősebb mértékben egészíti ki a járműfedélzeti szenzorokat, ami végül a szenzorok egy teljesen új generációjának alapjait teremti majd meg.

Hivatkozások

- [1] Á. Petkovics, Cs. A. Szabó, A. Wippelhauser, N. Varga, and L. Bokor, „A V2X járműkommunikáció alapjai,” *Útgyi Lapok*, Vol. 8, no.14, 2020, doi: 10.36246/UL.2020.2.01.
- [2] ETSI 302 663, „ETSI EN 302 663 V1.3.1, Jan. 2020. European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band.” Accessed: May 10, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302663/01.03.01_60/en_302663v010301p.pdf

- [3] "C-ROADS C-ITS IP Based Interface Profile Version 1.8, Working Group 2 Technical Aspects, Taskforce 4 Hybrid Communication," Dec. 2020.
- [4] G. Naik, B. Choudhury, and J. Park, "IEEE 802.11bd 5G NR V2X: Evolution of Radio Access Technologies for V2X Communications," IEEE Access, Vol. 7, pp.70169–70184, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2919489.
- [5] N. Krausz, A. Csepinsky, V. Potó, Á. Barsi, "Az autós térképtől az önzetetésig: a járműnavigáció története," Geod. és Kartogr., Vol. 1, no.71, pp.14–18, 2019, doi: 10.30921/GK.71.2019.1.3.
- [6] S. Sakana, "ITS Radio Systems in Japan," presented at the 2nd ETSI TC ITS Workshop, Accessed: Feb. 10, 2010. [Online] https://docbox.etsi.org/workshop/2010/201002_itsworkshop/1_openingandkeynote/sakanaka_micjapan.pdf
- [7] "United States Opening GPS Data for Civilian Use Creating a Global Public Utility," The global impact of open data. Accessed: Sep. 10, 2020. [Online] <https://odimarket.org/case-united-states-opening-gps-data-for-civilian-use.html>
- [8] P. Van der Perre, E. Vermassen, and S. Dupuis, "Global System For Telematics, Deliverable 1.3 Final Report," 2007. [Online] https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20121214_155427_26165_DEL_GST_1_3_Final_Report_v1.0.pdf
- [9] "Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems (CVIS Project), European (6th RTD Framework Progr.), 07/06–06/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/cooperative-vehicle-infrastructure-systems>
- [10] "Co-operative Networks for Intelligent Road Safety (COOPERS Project), European (6th RTD Framework Programme), 02/06–01/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/co-operative-networks-intelligent-road-safety>
- [11] "Cooperative Systems for Road Safety (SAFESPOT Project), European (6th RTD Framework Programme), 02/06–01/10." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://trimis.ec.europa.eu/project/cooperative-systems-road-safety>
- [12] M. L. Sena, "Data Strategy for Telematics, Data Strategy White Paper," Mobility Research Special Report, 2006. [Online] <http://www.michaellsena.com/wp-content/uploads/Reports/DataStrategyforTelematics.pdf>
- [13] "SCOOP@France, A pilot project for the deployment of cooperative intelligent transport systems." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <http://www.scoop.developpement-durable.gouv.fr/en/>
- [14] M. Unbehau, T. Hendriks, M. Pfeifle, and P. Pauwels, "TPEG3: Dynamic Information for Automated Vehicles," pres. at the Virtual ITS European Congress, Nov. 2020, Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://tisa.org/wp-content/uploads/TPEG3_Dynamic-Information-for-AD_v1.1.pdf
- [15] SAE, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles," 2018. Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/
- [16] "Advancing map-enhanced driver assistance systems leading to Automated Driving (ADASIS)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://adasis.org/>
- [17] "Sensor Interface Specification (SENSORIS)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] <https://sensoris.org/>
- [18] "Vehicle Sensor Specification (GENIVI consortium)." Accessed: Jun. 10, 2020. [Online] https://github.com/GENIVI/vehicle_signal_specification
- [19] ETSI 302 637-2, "ETSI EN 302 637-2 V1.4.1, European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service." Apr. 2019, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263702/01.04.01_60/en_30263702v010401p.pdf
- [20] ETSI 302 637-3, "ETSI EN 302 637-3 V1.3.1, European Standard, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service." Apr. 2019, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263703/01.03.01_60/en_30263703v010301p.pdf
- [21] "ETSI TS 103 301 V1.1.1, Technical Specification, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Facilities layer protocols and communication requirements for infrastructure services." Nov. 2016, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103301/01.01.01_60/ts_103301v010101p.pdf
- [22] C2C-CC, "CAR 2 CAR Communication Consortium – Key player with high reputation in driving C-ITS developments and assisting to achieve vision zero," 2020. Accessed: May 10, 2020. [Online] <https://www.car-2-car.org/>
- [23] ETSI TS 102 637-2, V1.2.1 (2011-03), Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service. ETSI, 2011.
- [24] "Common C-ITS Service and Use Case Definitions Version 1.7.0 – C-ROADS Platform documentation, Working Group 2, Technical Aspects, Taskforce 2 Service Harmonisation." Jun. 24, 2020.
- [25] "C-ITS Platform, Final Report," Jan. 2016. [Online] <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- [26] M. Botte, L. Pariota, L. D'Acerno, and N. Bifulco Gennaro, "C-ITS Communication: An Insight on the Current Research Activities in the European Union," Int. J. Transp. Syst., Vol. 3, pp.52–63, 2018.
- [27] ETSI 103 562, "ETSI TR 103 562 V2.1.1, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Analysis of the Collective Perception Service (CPS); Release 2." Dec. 2019, Accessed: Jun. 24, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103562/02.01.01_60/tr_103562v020101p.pdf
- [28] R. M. Kalafus, and K. Van Dierendonck, "The New RTCM SC-104 Standard for Differential and RTK GNSS Broadcasts," Portland, Sep. 2003, pp.717–747.

- [29] "ECo-AT project," Aug. 24, 2020. Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <http://eco-at.info/>
- [30] T. Leinmüller, P. Spaanderman, M. Boban, A. Brakemeier, and R. K. Schmidt, "Multi-channel Usage in Day 2 and beyond EU V2X Systems," 2015.
- [31] "ECC Decision (08)01. The harmonised use of the 5875–5925 MHz frequency band for Intelligent Transport Systems (ITS), latest amendment on 06 March 2020." May 14, 2008, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.ecodocdb.dk/download/b470d271-048b/ECCDEC0801.pdf>
- [32] "ECC Recommendation (08)01. Use of the band 5855–5875 MHz for Intelligent Transport Systems (ITS), latest amendment on 06 March 2020." Feb. 21, 2008, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.ecodocdb.dk/download/798c1836-20c6/REC0801.pdf>
- [33] ETSI 102 637-1, "ETSI TS 102 637-1 V1.1.1, Technical Specification, Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 1: Functional Requirements." Sep. 2010, Accessed: May 10, 2020. [Online] https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/10263701/01.01.01_60/ts_10263701v010101p.pdf
- [34] T. Leinmüller, P. Spaanderman, and A. Festag, "Next steps for Multi-channel Operation in EU V2X Systems," 2016. [Online] <http://leinmueller.de/doku.php/publications/>
- [35] J. Härrri and J. Kenney, "Multi-Channel Operations, Coexistence and Spectrum Sharing for Vehicular Communications," in Vehicular ad hoc Networks: Standards, Solutions, and Research, C. Campolo, A. Molinaro and R. Scopigno, Eds. Cham.: Springer International Publishing, 2015, pp.193–218.
- [36] "Co-operative Systems in Support of Networked Automated Driving by 2030 – AutoNet2030," Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://cordis.europa.eu/project/id/610542>
- [37] "TransAID, Transition Areas for Infrastructure-Assisted Driving." Aug. 24, 2020, Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.transaid.eu/>
- [38] A. Schwab and J. Lunze, "Vehicle Platooning and Cooperative Merging," IFAC-Pap., Vol. 52, no.5, pp.353–358, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.09.057>
- [39] EuroNCAP, "2020 Assisted Driving Tests." Accessed: Aug. 24, 2020. [Online] <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/safety-campaigns/2020-assisted-driving-tests/>

A szerzőkről



BOKOR LÁSZLÓ 2004-ben diplomázott a BME Villamosmérnöki Karának Műszaki Informatika szakán. A BME Informatikai Tudományok Doktori Iskolájába az Ericsson HSN Laboratory PhD-ösztöndíjasaként nyert felvételt, 2014-ben doktorált. A Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék Mobil Kommunikáció és Kvantumtechnológiák Laboratóriuma és a Mobil Innovációs Központ tagjaival számos hazai és uniós projekt munkájában vett részt. IEEE tag, tagja a

MEDIANETS Laboratóriumnak, a HTE-nek, az ITS Hungary Egyesületnek és az MSZT Intelligens közlekedési rendszerek Műszaki Bizottságának, valamint külső szakértőként a TISA egyesület TPEG Application Working Group munkacsoportjának. A BME-n tanít, a járműkommunikáció ku-

tatócsoport vezetője, a KTI által alapított Mobilitás Platformban a hálózatba kapcsolt járművekkel foglalkozó munkacsoport irányítója, számos oktatási anyag és publikáció szerzője, illetve társszerzője. Szakmai tevékenységét a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület 2013-ban HTE Ezüst Jelvényel, 2015-ben Pollák-Virág díjjal, 2018-ban Arany Jelvényel ismerte el. 2016-ban az Új Nemzeti Kiválóság Program felsőoktatási posztdoktori kutatói ösztöndíjjal jutalmazta, 2018-ban a járműkommunikáció területén folytatott oktatási és kutatási tevékenységéért dékani dicséretben, 2020-ban a HIT tanszék kiváló oktatóinak járó díjban részesült.



CSEPINSZKY ANDRÁS 1995-ben diplomázott a Strasbourg-i Louis Pasteur egyetem biokémiá szakán. 2006-tól rendszer-elemzőként és projektmenedzserként dolgozott a Connexis Kft.-nél, főleg autóiipari telematikai projekteken. 2009–2014 között a brüsszeli ERTICO-ITS Europe-nál folyó autóiipari K+F projekteken dolgozott, valamint szabványosítási szakértőként az ISO TC204, a CEN TC278 és az ETSI TC ITS szervezetekben, melyek az Intelligens Közlekedési Rendszerek szabványosításával foglalkoznak. Ilyen minőségében 2009–2011 között az ISO TC204 WG6 Communications munkacsoportjának rapportőre volt, ahol a C-ITS-rendszerek kommunikációs technológiájának szabványosításában vett részt. 2011–2014 között, valamint 2020 óta a Traveller Information Services Association ISO TC204-hez delegált kapcsolattartója. A TISA-ban a TMC és TPEG szabványosításának szervezetében 2015 óta vezető a Business Analysis WG-t és 2019 óta a Content and Services Committee-t. 2020 óta a SENSORIS Innovation Platform társvezetője, itthon pedig a KTI-ben megalapított Mobilitás Platform járműlokalizációs munkacsoportját vezeti. 2014 óta vendégelőadóként vesz részt a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék munkájában. Tagja a SAE-nak, részt vesz a Navigation Data Standard Association munkájában és tagja a vezetőségi testületének. Szabványosítási munkát végez az ADASIS Aisbl New Features WG core group-jában és 2019 óta társvezetője az ISO TC204 Advisory Group 1-nek, mely a Big Data és Mesterséges Intelligencia Intelligens Közlekedéshez kapcsolódó szabványosítási területéért felel. Magyar szakértőként részt vesz a CCAM Single Platform munkájában a „Physical and digital road infrastructure” és a „Communication and digital infrastructure” munkacsoportokban. 2021-ben megválasztották az Open AutoDrive Forum szóvivőjének.



FARKAS KÁROLY 1998-ban szerzett műszaki informatikus mérnök, majd 1999-ben bankinformatikus szakmérnök diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Doktori tanulmányait a BME-n, majd a Zürichi Műszaki Egyetemen (ETH Zürich) folytatta, ahol 2007-ben megszerezte a PhD-fokozatot. 2007–2012 között a Nyugat-magyarországi Egyetem (NymE) Informatikai és Gazdasági Intézetének, 2008-tól a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszékének docense, ahol 2017-ben habilitált. 2016 szeptemberétől a NETvisor Zrt. K+F igazgatója. A 2011/2012-es tanévet a Universitaet Zürich-en töltötte vendégprofesszorként. Farkas Károly oktatási és kutatási tevékenységét elsősorban a kommunikációs hálózatok területén végzi autonóm, önszerveződő vezeték nélküli mobil hálózatok, IoT, Ipar 4.0 és mesterséges intelligencia témakörökben. Több mint 100 tudományos publikációval rendelkezik, rendszeresen szerepel reguláris vagy meghívott előadóként, valamint szervezőként különböző hazai és nemzetközi eseményeken, konferenciákon, tanfolyamokon. 2016-ban az MTA elismerő oklevélben részesítette a MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíj keretében végzett kiemelkedő kutatói munkájáért. Farkas Károly a koordinátora a BME-n működő lokális Cisco Hálózati Akadémiának, a Cisco IPv6 Tréning Laboratóriumnak, valamint kezdeményezője és főszervezője a BME-Pannon-HTE NetSkills Challenge országos tanulmányi versenynek. Rendelkezik számos Cisco ipari vizsgával, 2017-ben pedig Cisco Instructor Excellence Advanced Award díjban is részesült. Tevékenységét a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület 2015-ben Arany Jelvényel és Pollák-Virág díjjal ismerte el. 2020-tól a HTE tudományos területét felelős elnökségi tagja.



VÁRADI ANDRÁS a BME Villamosmérnöki Karán végzett, évtizedes tapasztalattal rendelkezik a járműkommunikáció területén. Karrierjét a Lesswire-nél kezdte, ahol EU-s kutatási projektek koordinációja mellett az IPv6 ITS-es kiterjesztéseinek alapuló prototípusprojektek vezetésére volt a fő feladata. A Commsignia Kft.-hez hat éve csatlakozott termékmenedzserként, 2017 óta pedig kutatási igazgatóként a cég kutatási és szabványosítási tevékenységének kialakításáért és vezetéséért felel, valamint számos szakmai fórumon képviseli a vállalatot. Delegáltként részt vesz a Car2Car konzorcium és a 5GAA munkájában és tisztségviselő az ISO TC204 és a CEN 278 szabványosítási munkacsoportokban. Az ITS Hungary elnökségi tagja, emellett az ETSI STF 558-as szabványosítási munkacsoportjának tagja.