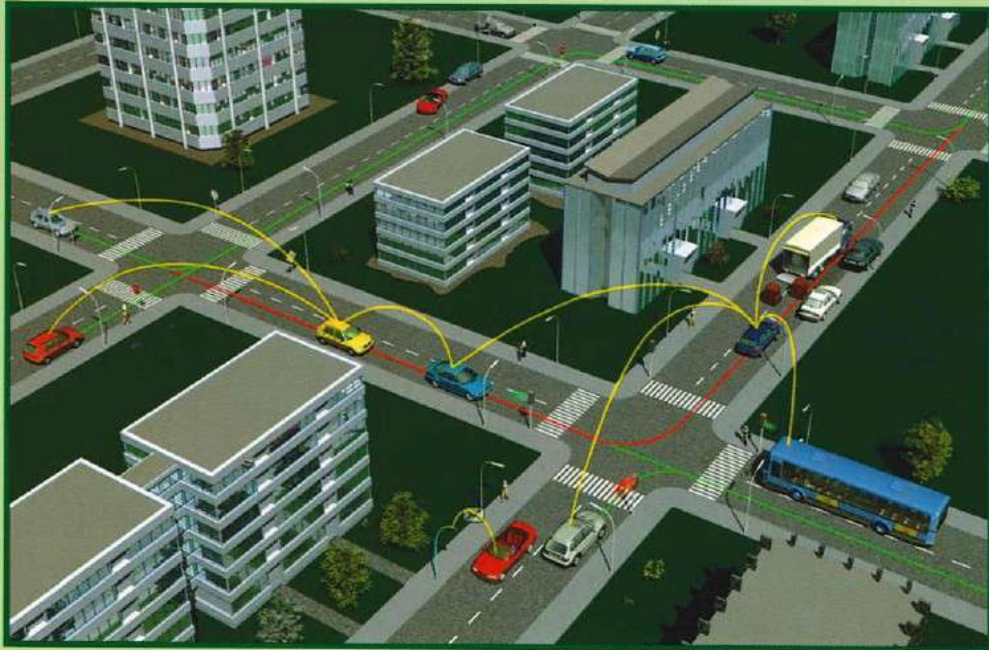


# **híradástechnika**

**1945 VOLUME LXIII. 2008**

## **hírközlés ■ informatika**



### **Infokommunikáció a közlekedésben**

**Kooperatív járművek**

**Járműhálózatok**

**Elektronikus útdíjszedés**

# **2008/9**

**A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata  
a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács együttműködésével  
és a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával**

**nka**

# Tartalom

<i>INFOKOMMUNIKÁCIÓ A KÖZLEKEDÉSBEN</i>	1
<b>Barsi Árpád</b> Mitől intelligens egy közlekedési rendszer?	2
<b>Gerháth Gábor, Török Attila, Laborczi Péter</b> Információtovábbítás a közlekedésben	5
<b>Nádai László, Kovács Roland</b> Kommunikációs protokollok intelligens közlekedési rendszerekben	11
<b>Szűcs Gábor</b> Közlekedéshez kifejlesztett szenzorhálózat kiépítése, tesztelése és előnyei a forgalomirányításban	18
<b>Máté Miklós, Vida Rolland</b> Kommunikációs megoldások közlekedési információk terjesztésére járművek közötti hálózatokban	25
<b>Siposs Árpád</b> Az elektronikus útdíjszedés hazai bevezetésének feltételei	30
<b>Mezny Balázs, Laborczi Péter, Gordos Géza</b> Ad-hoc sebességszabályozó algoritmus	35
<b>Máté Miklós, Vida Rolland</b> Forgalmi információk terjesztése korlátozott elárasztáson alapuló eljárással	41

---

## Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

---

## Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

## Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN  
BÁRSONY ISTVÁN  
BUTTYÁN LEVENTE  
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR  
KÁNTOR CSABA  
LOIS LÁSZLÓ  
NÉMETH GÉZA  
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ  
TÉTÉNYI ISTVÁN  
VESZELY GYULA  
VONDERVISZT LAJOS

# Infokommunikáció a közlekedésben

egyori@tmit.bem.hu  
heszberger@tmit.bme.hu

Szeptemberi számunkat a közlekedésinformatikának szenteltük. A nyári hónapokban szerzett közlekedési tapasztalatokkal a hátunk mögött, reményeink szerint minden kedves olvasónk kíváncsian veszi majd kézbe a lapot, hiszen ez az az időszak, amikor biztosan találkozunk azokkal a situációkkal, melyek a jelen számunkban megjelenő problémafelvetéseket, megoldásokat is ihlették.

A nyár a városi útjavítások, közműfelújítások időszaka, aminek következtében kaotikus közlekedési viszonyok alakulnak ki. Ezeket megtapasztalva, túlélve különösen kíváncsiak vagyunk arra, hogy várható-e a közeljövőben valami változás? Állandósulnak-e a dugók, s ez lesz a természetes, vagy sikerül olyan megoldásokat kidolgozni, amelyekkel megelőzhető, hogy órákat kelljen eltöltenünk az utakon várakozva? Adhat-e a technológiai fejlődés olyan eszközöket a kezünkbe, illetve építhet-e be a járműveinkbe, aminek a segítségével elkerülhetőek lesznek az idegesítő és nem utolsósorban energiapocsékoló várakozások a felforrst aszfalton?

Európa autópályáinak hossza örvedetesen növekszik. A növekedés különösen a térségünkben igen látványos. Európán belül autóval utazni egyre könnyebb, a távolságok egyre rövidebb idő alatt megtehetőek. Sok helyen már az országhatárok sem kényszerítenek megállásra bennünket. A jó utakon, kiváló műszaki állapotban lévő autókkal nagy sebességgel lehet közlekedni, ugyanakkor az autópályák nem sok változatossággal kényeztetik az utazókat. A monotonitás miatti figyelmetlenség balesetet is okozhat. Hosszú utak során az a jellemző, hogy a gázpedál nyomásán és a irány tartásán kívül órákon keresztül nincs más feladata a sofőrnek, így ezt megtehetné helyette egy automata is, miközben ő pihenhetne...

Az autóutak hosszának, minőségének növekedése, az emberek utazási kedvének, lehetőségeinek pozitív változása, a nagyobb volumenű áruszállítás mind-mind örvedetesek, de egyáltalán nem az a baleseti statisztikák romlása, s különösen szomorú a halálos balesetek magas száma. Tovább romlanak-e a baleseti statisztikák, vagy az egyre erősebb, egyre gyorsabb járművek egyre okosabbak is lesznek és képesekké válnak megfékez-

ni „urukat”, ha az nem az útviszonyok, a közlekedésbiztonság, vagy a KRESZ szabályainak megfelelő sebességre „kényszeríti” őket? Mit tehetnek, mit tesznek a szabályozók, a kutatók, a műszaki szakemberek, hogy a jobb lehetőségeinkkel élni is tudjunk és jól tudjunk élni?

A fokozott igény az utak használatára a karbantartási költségek növekedését, új utak építését, az utak melletti infrastruktúra kiépítését is megköveteli. Ugyanakkor az utakat nem egyforma mértékben használjuk. Jogosnak tűnik hát, hogy akik többet használják, többet is fizessenek érte. A kapus rendszer lehetővé teszi, hogy a megtett útszakasz arányában fizessünk az úthasználatért, de ezért cserébe a megállás miatt időt és üzemanyagot veszítünk. A matrica és az elektronikus útdíj kényelmes, de nem elég igazságos.

Mindannyian közlekedünk, mindannyiunkat érintenek a közlekedéssel kapcsolatos témák. Am ez önmagában még nem indokolja, hogy miért szentel a Híradástechnika egy teljes számot a témának. Az ok egyszerű: a felvetett problémák egy jó részét kellő időben, a megfelelő helyekre eljuttatott információkkal orvosolni lehetne. Az is nyilvánvaló, hogy az utak hálózatot alkotnak. Akkor pedig miért ne lehetne az utak menti információ-áramlás megszervezésére az informatikában felgyűlt tudásbázist felhasználni? Az autók lehetnének egy ad-hoc hálózat elemei, vagy szenzorhálózaté is, attól függően, hogy milyen információt kell továbbítani. Az informatika területén egy sor kutatási téma van, ami így, vagy úgy a közlekedéshez kapcsolódik, illetve a már korábban elért eredmények kis változtatással a közlekedés területén is alkalmazhatóak.

Az utak nem érnek véget az ország határán, ezért ismernünk kell azokat a terveket, elvárásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy az autókba épített eszközeinket ne csak az országon belül, hanem az országhatáron túl is használni tudjuk. Ezért itt is fontos, hogy figyelembe vegyük az európai ajánlásokat, illetve, hogy lehetőségeink szerint minél több európai uniós K+F projektből aktívan kivegyük a részünket.

*Győri Erzsébet, Heszberger Zalán  
vendégszerkesztők*

# Mitől intelligens egy közlekedési rendszer?

BARSI ÁRPÁD

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Építőmérnöki Kar, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék  
barsi.arpad@fmt.bme.hu*

**Kulcsszavak:** intelligens közlekedési rendszer, navigációs rendszer, járműnavigáció

*Az elterjedt navigációs rendszerek lényegében megfelelő térképi háttérrel, helymeghatározással, alkalmas algoritmusokkal és felhasználói felülettel rendelkeznek. Ezen komponensek esetében a dinamikus viselkedés, a korszerű megoldások beépítése egyre több lehetőséget nyújt, így egyre pontosabb információval szolgálhatnak. Lassan tehát intelligensnek mondhatjuk őket.*

## 1. Navigációs rendszerek

A mostanában nyaralni indulóknak barátaik gyakran tanácsolják, hogy vigyenek magukkal navigációs rendszert. A magyarázat persze meglehetősen vegyes: „az mindig naprakész”, „még a kis utcákat is tudja”, „vannak benne étteremajánlatok” stb. Érdemes tehát megvizsgálunk, hogy

- mi is a navigációs rendszer általában;
- általánosabban: mi a közlekedési rendszer; s végül
- hogyan kerül az intelligencia a rendszerbe.

A navigációs rendszer feladata, hogy a közlekedésben résztvevők, gyalogosok vagy (gép)járművel utazók eljussanak kívánt úticéljukhoz. Ehhez a rendszernek szüksége van

- megfelelő tartalmú és formátumú digitális térképre,
- helymeghatározó berendezésre,
- megfelelő számítási algoritmusokra és
- felhasználói felületre.

Amint azt a térképekről tudjuk, sajátos vonatkozási rendszerben készülnek. A navigációs célú alkalmazásoknál célszerű a térképnek vagy az adott ország saját vonatkozási rendszerében készülnie, vagy a helymeghatározó rendszereknél legtöbbször alkalmazott vonatkozási rendszerben. Előbbi Magyarországon az ún. Egységes Országos Vetületi Rendszer (EOV), amely nemcsak a használt koordináta rendszert, a viszonyításhoz szükséges alapfelületet (a Földhöz illesztett forgási ellipszoidot, majd az ahhoz csatlakozó gömböt) definiálja, hanem ehhez kapcsolódóan a vetítés menetét és a térképek szelvényezését is. Előnye, hogy hazánk térképezési munkálataihoz optimalizált rendszer; ebben készülnek a geodéziai felmérések, az ingatlan- és közműnyilvántartások és a létesítmények (pl. hidak, utak) kitűzési adatait is ebben a rendszerben adják meg. Hátránya azonban, hogy a műholdas helymeghatározás rendszereihez csak bonyolult összefüggések révén illeszthető.

A második lehetséges vonatkozási rendszer a műholdas helymeghatározásban alkalmazott globális rend-

szet, a World Geodetic System, rövidítve a WGS. Ennek egyik változatát használja a GPS-világ is; ez pedig a WGS-84.

A formátumon belül lényeges, hogy a térkép nem pusztán egy kellőképpen részletes papírtérkép beszkennelt változata! Az ugyanis egy képhez hasonló raszteres állomány lenne, ami nem segíti a legfontosabb feladatot, az útvonalak automatikus kiválasztását. A térkép tehát egy vektoros formátumú adathalmaz, amiben az utak, utcák, terek, rakpartok stb. gráfként tároltak. A gráfnak annyi csomópontja van, ahány lényeges törése van az útszakaszoknak, de minden egyes elágazásnál biztosan található csomópont, míg a csomópontokat összekötő élek alkotják az úthálózatot. Az utakhoz, azok szakaszaihoz számos tulajdonságot, térinformatikai szóhasználattal attribútumot rendelhetünk: sávok száma, maximális megengedett sebesség, utcánév stb. Minél több ilyen kiegészítő információ található a rendszerben, annál finomabb keresésre, tájékoztatásra nyílik lehetőség. Sőt, minél több ilyen információ lehet folyamatosan frissülő, dinamikus, annál pontosabb lesz a navigáció!

A digitális térkép továbbá tartalmaz olyan objektumokat is, amelyek elsősorban a megjelenítés, másodsorban az elemzés és ajánlás szempontjából lényegesek. Ide tartoznak a települések, vizek, vasutak, növényzet (erdők, rétek), manapság pedig akár a domborzat is.

A navigációs térképmű harmadik legfontosabb adat-típusa a Points of Interest (POI) néven ismert pontok, amelyek a különböző vásárlási lehetőségeket (áruházak, üzletek stb.), egészségügyi helyeket (kórházak, rendelők stb.), szállás- és turistahelyeket (szállodák, kilátók stb.), autós helyeket (benzinkutak, szervizek, trafipax-pontok stb.) tartalmazzák. Ezek az információk a leglényegesebbek a közlekedők számára, geometriailag egy beszűrési ponttal és több leíró adattal rendelkeznek. Akár a Geocaching („ládakeresés”) rejtekek is tárolhatók és megtalálhatók a rendszerekben, tehát játsszani is lehet a navigációs rendszerrel!

A helymeghatározó berendezés az esetek túlnyomó többségében a GPS-t jelenti, vagyis az amerikai

Navstar alapú rendszert. Az orosz Glonass, az európai Galileo vagy a kínai Beidou szintén ilyen célokból került kifejlesztésre, használatuk azonban már/még nehézségekbe ütközik. A műholdas helymeghatározás a navigációhoz szükséges pontosságot sok esetben nem tudja, ezért lényeges, hogy a navigációs berendezés algoritmusai között szerepeljen térképillesztés (map matching), amely a számított pozíció és a térkép alapján a közlekedőt „ráhelyezi” az útvonal megfelelő szakaszának megfelelő helyére.

A fejlettebb helymeghatározó rendszerek tartalmaznak úgynevezett dead reckoning (DR) eszközöket is, amelyek a műholdvétel korlátozásakor és/vagy a pontosság növelése érdekében kapcsolódnak be a számításba. Ilyen eszköz lehet a kerékfordulatszám-mérő vagy az elektronikus iránytű. A még jobb megoldás érdekében a ma még drága inerciális berendezések kerülnek a helymeghatározó egység mellé (GPS/INS). Ezekkel elfogadható pontossággal határozható meg a pozíció, akár teljes égbolt-takarás (például alagút) esetén is.

A számítási algoritmusok közül a legfontosabb az optimális út megkeresésére szolgáló eljárás. A pillanatnyi pozíció és a végcél között a keresés kiválasztja azt az útvonalat, amely a feltételeket legjobban kielégíti. Feltétel lehet a legrövidebb, leggyorsabb, vagy a gazdaságos út, ahol a rövideget, gyorsaságot és szakasz-hosszokat is figyelembe lehet venni. A navigációs rendszerekben gyakran több felkeresendő címmel is meg lehet birkózni: az út során több megálló is érinthető, sőt ezek optimális sorrendje is kiszámítható. A pillanatnyi helyzet, elmozdulás és a tervezett útvonal alapján a rendszerünk folyamatosan útmutatásokat ad: tarts jobbra, fordulj balra stb.

A felhasználói felület nem pusztán grafikus, hanem egyúttal ergonómikus is, hiszen vezetés közben igen rövid idő alatt meg kell kapni a szükséges információkat. Ebben segítség, hogy a felhasználónak „mondja” a rendszer a navigációs utasításokat – természetesen testreszabható módon: férfi/női hang, nyelv, beszédérősség stb. Az újabb navigációs berendezések képi megjelenítése (színek, vonalstílusok, felületkitöltés) is egyre kifinomultabb, ráadásul a nevezetesebb helyek háromdimenziós modelljét is tartalmazhatják.

## 2. Közlekedési rendszerek

Az eddig elhangzottak azokról a rendszerekről szólnak, amelyek képesek az utazás során folyamatosan a cél eléréséhez szükséges utasításokat és információkat közölni. Nem szokás, bár lehetséges ezeket az eszközöket utazás előtti tervezéshez is felhasználni, segítségükkel lehetséges útvonalat választani.

A közlekedési rendszerek csoportjában kiemelkedőek az előzetes útvonaltervező megoldások. Lényeges továbbá, hogy a közlekedés során információt lehessen kapni a többi közlekedőről, vagyis a forgalom nagyságáról is legyen képünk. Ebben a legismertebb szerepet a rádiós adatrendszer (RDS) használatára épülő közle-

kedési üzenetcsatorna (TMC) tölti be. A jobb képességű navigációs eszközök tudják fogni a TMC üzeneteket, figyelembe veszik azt, és ha lehetséges, a vezetőt elvezetik a dugóktól. A szolgáltatáshoz természetesen lényeges, hogy pontos és friss forgalmi információval rendelkezünk.

Az egyéni közlekedés támogatása mellett fontos a tömegek tájékoztatása, változtatható jelzéseképű táblák (VMS), változtatható burkolati jelek stb. használatával. Erre kiváló példa a német autópályákon megfigyelhető dugófigyelmeztetés, leálló és lehajtó sáv burkolati jeleinek és használatának dinamikus változtatása.

A közlekedés biztonsága érdekében telepítik a meteorológiai megfigyelő állomásokat, amelyek a burkolatról és annak közvetlen közeléből gyűjtenek időjárási adatokat: elsősorban információkat a csapadékról, hőmérsékletről és szélről. Ezen információknak a birtokában aktuális figyelmeztetést kaphatnak a járművezetők, hogy például síkos-jeges a burkolat, így mérsékelniük kell sebességüket. Ilyen rendszer üzemel már a magyar autópályákon is, például az M3 mellett.

A belvárosi közlekedésben nagy szerepet töltenek be a jelzőlámpák. A lámpák üzemelhetnek állandó kapcsolási program szerint vagy kicsit rugalmasabban, ha óra, napszak, esetleg a hét napjai szerinti programot követnek, és még rugalmasabban, a környező lámpákkal összehangoltan, a forgalom nagyságának függvényében. Ez utóbbi tehát a mérésekre támaszkodó szabályozást jelenti.

Végül a közlekedési rendszerek közül meg kell említeni azokat, amelyek különböző járműfajtákat együttesen használva juttatják el az embereket és árukat a céljukhoz. Ezeknek a multimodális rendszereknek egyre növekvő szerep jut aszerint, ahogy sikerül azokat egyre jobban összehangolni.

## 3. Intelligencia a közlekedésben

Az intelligens közlekedési rendszer (ITS) a fentiek alapján olyan rendszernek tekinthető, amely valamilyen módon a statikus programszerű futás helyett egyfajta dinamikusságot, esetleg alkalmazkodást is fel tud mutatni. Az értelmező szótár szerint az intelligencia felfogó és ítélőképességet jelent, sőt a tanulékonyssággal is összefüggő értelmi képesség. A közlekedési rendszerekre lefordítva mindez tehát kiemeli a mérések, az érzékelés szerepét, továbbá aláhúzza azokat a megoldásokat, amelyek döntési képességgel, esetleg adaptivitással, szabályozással és nem egyszerű vezérléssel rendelkeznek.

A hagyományos útvonalterv – amely szerint A-ból B-be egy lehetséges út található – mellé olyan aspektusok is hozzájönnek, amelyek időtől függnak. A kiválasztott útvonal tehát nem minden körülmények között, minden járműféleségre nézve azonos, hanem dátumtól, időtől, időjárástól, forgalomtól függően változhat. Nagyon lényeges azonban két szempont: biztonság és gazdaságosság. Gyakran ez utóbbiban a gyorsaságot hang-

súlyozzák, például romlandó áruk szállításakor. A biztonság viszont mindenképp felett áll: a modern technika minden eszközét bevetik a jelenleg finanszírozott kutatási projektek, hogy javítsanak a közlekedés sokszor nem éppen rózsás statisztikai mutatóin.

A szélvédőre felerősített navigációs eszköz tehát attól lesz majd intelligens, ha a folyamatosan frissen tartott térképi adatai (utca irányultsága, körforgalom beépítése, elkerülő út megépülése stb.) mellett az attribútumaiban (megengedett sebesség, benzinkút/étteremnyitva tartás, forgalomsebesség stb.) is folyamatosan frissül; ráadásul ezt tulajdonosának különösebb erőfeszítései nélkül automatikusan teszi. Továbbá ha majd a rendszer a közlekedési eszköz (az autó) adatainak és az úticélnak az ismeretében képes javaslatot tenni az optimális útvonalra, hogy ne csupán az teljesüljön, hogy gyorsan, kevés üzemanyag felhasználásával, biztonságosan eljussunk a célhoz, hanem menet közben szép tájakat is láthassunk és finom ételeket kínáló éttermekbe is betérhessünk.

Ha pedig ezeknek a feltételeknek úgy tesz eleget, hogy az autó számos fedélzeti műszerét (kamerát, lézeres távmérőt, gyorsulásmérőt, GPS-t stb.) felhasználva, az útba épített szenzorok megfigyeléseit begyűjtve és más „intelligens” jármű fedélzeti méréseit megkapva (járművek közötti automatikus kommunikációval) hozza meg döntését a javasolt útvonalra, akkor már csak egész kis lépés távolságra vagyunk attól, hogy az ilyen módon „értelmi képességekkel feljavított” járművek ne ma-guk vezessenek...

### A szerzőről

**BARSI ÁRPÁD** 1994-ben végzett a BME Építőmérnöki Karán, majd három év budapesti és bécsi doktoranduszi képzés után PhD fokozatot szerzett. A végzést követően a Fotogrammetria, később az Átalakulást követően a Fotogrammetria és Térinformatika Tanszéken dolgozik. Eleinte tanársegéd, tudományos munkatárs, majd adjunktus, jelenleg docens. 2004-ben habilitált, ugyanezen évtől tanszékvezető.

## Hírek

Az **OpenWorld** rendezvény közel 43 000 résztvevője előtt tartott megnyitó előadásában Larry Ellison, az Oracle vezérigazgatója bemutatta a rendkívüli teljesítményű adattárházakhoz fejlesztett **HP Oracle Database Machine** rendszert. A HP Oracle Database Machine egy Oracle adatbázisszerver-háló, valamint egy új Oracle Exadata tárolószerver-háló egyetlen rackbe szerelt ötvözetű, amely komplett rendszerként rendelhető meg. Az Oracle és a HP nagy múltra visszatekinthető mérnöki együttműködésének legújabb eredményeként kifejlesztett Oracle Exadata tárolószerverek felszámolják a szűk keresztmetszetet az adatbázisszerverek, illetve hagyományos tárolószerverek között, mivel kevesebb adatot mozgatnak nagyobb sávszélességű csatornákon keresztül. A rendkívüli teljesítmény eléréséhez a nagyméretű Oracle adattárházak esetében nincs szükség a meglévő lekérdezések, vagy más egyéb üzleti intelligencia alkalmazások módosítására.

\* \* \*

Tizenegy magyarországi egyetem 17 kari oktatója vesz részt az új, magas szintű informatikai képzést nyújtó **Oracle Academy** programban, melynek célja az oktatók továbbképzése, hogy hallgatóiknak a legfrissebb technológiai ismereteket lefedő, a munkaerőpiacon azonnal kamatoztatható tudást adhassanak át.

A programban a magyarországi felsőoktatási intézmények közül a BME, az ELTE, a Pázmány Péter Tudományegyetem, a Debreceni Egyetem, a Pécsi Tudományegyetem, a Pannon Egyetem és a Széchenyi István Egyetem vesznek részt.

A továbbképzést az Oracle University magyar oktatói tartják. Az előzetesen felmért igények alapján a négy napos kurzus témája az „Adattárház-készítés és adminisztráció”. A résztvevő tanároknak lehetőségük nyílik új technológiai készségek elsajátítására, az intézményi tananyag minőségének javítására, valamint a szakok által nyújtott tárgykörök bővítésére. Ezen kívül a képzést sikeresen befejező minden egyes résztvevőnek módjában áll, hogy Oracle Certified Professional minősítést szerezzen.

A képzés egy nemzetközi kezdeményezés része, mely júliustól októberig hét országban zajlik, vagyis Egyiptomban, Izraelben, Lengyelországban, Magyarországon, Németországban, Romániában és Szlovákiában. A tananyag legfőbb témái az adatbázis-programozás, a SOA, az adattárház-kezelés, valamint a Java-programozás. Az Oracle Academy programjai 1900 oktatási intézményt és ezeken keresztül 277 ezer hallgatót ért el az utóbbi évben az EMEA térség 59 országában.

# Információtovábbítás a közlekedésben

GERHÁTH GÁBOR, TÖRÖK ATTILA, LABORCZI PÉTER

*Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány  
{gerhath, torok, laborczi}@ikti.hu*

**Kulcsszavak:** *járművek ad-hoc kommunikációja, európai tevékenységek és projektek*

*A cikk első részében bemutatjuk a társadalmi és gazdasági hajtóerőket, amik miatt előtérbe került ez a kutatási terület. A következő fejezetben megismerhetjük a technológiai hátteret, a fontosabb projekteket, majd kitérünk az Európai Unió által támogatott feladatokra, akciókra. Ezen feladatok közül is leginkább a Magyarországon lévő kutatásokat, eddig elvégzett munkákat és a jövőbeni terveket ismertetjük. Végezetül, az utolsó fejezetben megismerhetjük a Budapesti Műszaki Egyetem, a Budapesti Műszaki Főiskola és az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet aktuális kutatásait ebben a témakörben.*

Napjainkban megnőtt az igény a baleseteket elkerülő és az utazási időt csökkentő elektronikus rendszerek iránt. A járművek száma nagyobb ütemben nő, mint az úthálózatok hossza, valamint a városokban a már meglévő útkapacitások csak irreális költségek árán bővíthetők tovább. A túlterhelt utak hamarabb tönkremennek és a városokban egyre több a szmog. A járhatatlan utak felújítása további lezárásokhoz és dugókhoz vezet. A társadalom felismerte ezeket a problémákat, ezért nyomást gyakorol az autógyártókra (takarékosabb, környezetkímélőbb autók előállítására) valamint a kormányokra (szigorodó környezetvédelmi törvények, előírások). A forgalomirányítás és -optimalizálás lehetőséget kínál a problémák megoldására, hatásai enyhítésére.

Az egyik ilyen lehetséges mód, ha mobil ad-hoc kommunikáció segítségével szerzünk információkat és irányítjuk a forgalmat. Ez az irányzat éppen ezért kiemelten támogatott területté fejlődött. Ezt bizonyítják az Európai Unió magas K+F támogatási keretei és az ezekhez kapcsolódó számtalan projekt. Magyarországon is – hasonlóan a nyugat-európai trendekhez – egyre fontosabb az autósok tájékoztatása, valamint az intelligens útvonal-irányítás.

A cikk első részében bemutatjuk azokat a társadalmi és gazdasági hajtóerőket, melyek miatt előtérbe került ez a kutatási terület. Ezután ismertetjük a technológiai hátteret, a fontosabb projekteket, majd kitérünk az EU által támogatott feladatokra, akciókra, ezek közül is leginkább a Magyarországon lévő kutatásokat, eddig elvégzett munkákat és a jövőbeni terveket ismertetjük. Végezetül bemutatjuk a Budapesti Műszaki Egyetem, a Budapesti Műszaki Főiskola és az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet (IKTI) aktuális kutatásait a témakörben.

## 1 A legfontosabb mozgatórugók

### 1.1. Biztonság

Több mint negyvenezer ember hal meg évente Európa útjain, a balesetek költsége évente mintegy 200

millió euró [1], amely az EU GDP-jének 2%-át teszi ki. A balesetek körülbelül 93%-át emberi figyelmetlenségek, rossz döntések okozzák. Éppen ezért a passzív biztonsági eszközök fejlesztése rendkívül nagy hangsúlyt kapott az elmúlt években. Az autógyártók hatalmas összeget költöttek légszákók, ABS (Anti-lock Braking System – blokkolásgátló fékrendszer), menetstabilizálók és egyéb elektronikus rendszerek kidolgozására. Ezek az eszközök, azonban „csak” a baleset közvetlen hatását tudják mérsékelni. A következő lépés azonban már a tényleges balesetek elkerülése, az autók fék- illetve kormányrendszereibe történő közvetlen beavatkozás. A beépített számítógép kiveszi a vezető kezéből az irányítást, így kerüli el a baleseteket, vagy csökkenti hatását a lehető legnagyobb mértékben (például fékezéssel, a biztonsági öv megfeszítésével).

Fontos feladatok közé sorolandó még az információt továbbító személy hitelességének ellenőrzése, elkerülve a rosszindulatú támadásokat vagy szándékos megtévesztést. Továbbá maga az információ megbízhatósága is sarkalatos szempont a rendszer megfelelő működéséhez.

### 1.2. Hatékonyság

A forgalmi dugók okozta torlódási költségek az EU GDP-jének 1%-át teszik ki (100 milliárd euró/év) [1]. Napjainkban körülbelül 300 millió embernek van jogosítványa, az elmúlt 30 év alatt megháromszorozódott az úthálózat hossza és ezek a számok az elkövetkező években tovább fognak emelkedni. Ezen előrejelzések mind azt mutatják, hogy egyre sürgetőbb a közlekedési dugók, torlódások kérdésének megoldása, mivel a forgalmi helyzet csak súlyosbodik.

Példa a hatékonyság növelésére:

A teherautókonvojoknál költségcsökkentő hatása van annak, ha kihasználjuk az utánuk keletkező, pár méteren fennálló szívóhatást. Ez többet jelent az első járművet követő teherautó sofőröknek. Így a követő autóknak kevesebb üzemanyagot kell elégetniük az adott sebesség megtartásához, mintha a KRESZ-ben előírt

követési távolságot tartanak. Ezt a néhány méteres távolságot azonban csak elektronikus eszközök használatával lehet biztosítani, mivel az emberi reakcióidő túl lassú ahhoz, hogy a vezető ezt biztonságosan megtarthassa.

### 1.3. Környezetvédelem

Az EU teljes energiafogyasztásának 26%-át a közúti szállítás teszi ki [1]. Habár egyre inkább nő a légi forgalom súlya, még mindig a földi szállítás igényel több üzemanyagot. Kutatások kimutatták, hogy a közúti szállítás fogyasztása 50%-al mérsékelhető, ha a járművezetőket hasznos útvonalinformációkkal látjuk el és ezzel a torlódások számát is csökkenthetjük. A navigációs berendezéseket ki kell még egészíteni olyan tudással, hogy képesek legyenek megmutatni a városban a szabad parkolóhelyeket, így átlagosan 18%-al kevesebb kilométert tesznek meg az autósok helyet keresgélve.

2001 szeptemberében jelent meg az EU úgynevezett „Fehér Könyv” („White Paper”) [2], mely az EU Bizottság közlekedéspolitikáját mutatja be: helyzetelemzésekből és programokból áll. Célja, hogy a közlekedésben a lakosság követelményei és igényei kerüljenek a középpontba, azaz a közlekedésbiztonság kérdése (2010-re felére szeretnék csökkenteni a közúti balesetek halálos áldozatainak számát), a környezetvédelem, valamint a fenntartható piaci növekedés.

## 2. Alkotóelemek

A következőkben ismertetésre kerülnek a hálózatban használható eszközök protokolljai és a lehetséges infrastruktúrális megoldások.

### 2.1. Vezetéknélküli protokollok

Az elektromágneses hullámok érzékenyek a körülötük lévő környezet kialakítására. Elnyelődhetnek akadályokban, mint például téglafalak, emberek, fák, illetve visszaverődhetnek, szóródhatnak fémfelületekről. Ráadásul az autók viszonylag nagy sebességgel folyamatosan mozognak, tehát egy térben és időben folyamatosan változó hálózatról van szó, ez pedig tovább rontja a vezetéknélküli technológiák hatékonyságát.

Ezen fizikai paraméterek figyelembe vételével fejlesztették ki az autó-autó közti kommunikációra a DSRC [4] (Dedicated Short Range Communications – célorientált rövid távolságú kommunikáció) rendszert.

Az IEEE 802.11p típusú protokollján [3] alapul és az 5.9 GHz-es frekvencián működik, az elméleti hatótávolsága maximum egy kilométer. Az OSI rétegben ez feleltethető meg a fizikai és adatkapcsolati rétegnek. A WAVE-ban (Wireless Access in the Vehicular Environment – vezetéknélküli hozzáférés közúti környezetben) definiálták a további járművek közti kommunikációhoz szükséges funkciókat – az OSI modellt tekintve – a hálózati rétegtől kezdve egészen az alkalmazási rétegelig. Ilyenek a hálózati szolgáltatások, például a routing, adatbiztonság, adatvédelem és autentikáció.

### 2.2. Hálózati struktúrák

Az autók irányítására, információk begyűjtésére és terjesztésére alkalmasak az alábbi hálózattípusok. A hálózatok tulajdonságai, a hatótávolság, kommunikációs költségek és az üzenetszám a fizikai megvalósítástól függ (1. ábra).

*Centralizált:* út mellett elhelyezett adó/vevő bázisállomás gyűjti az információkat a járművektől, a járművek pedig mindig a bázisállomástól kérik le az aktuális forgalmi adatokat. Előnye a nagy hatótávolság, hátránya a használatához szükséges kommunikációs költségek valamint a telepített állomások korlátozott kapacitása.

*Decentralizált:* a járművek csak egymással kommunikálnak ad-hoc módon, nincsenek nagyteljesítményű rádiós adótoronyok (vagy bármilyen más kiépített infrastruktúra), amik terjesztenék az információt, itt minden adat az autók között terjed. A DSRC-t ebben a környezetben használják, előnye az ingyenes frekvenciahasználat, hátránya a korlátozott rádiós hatótávolság.

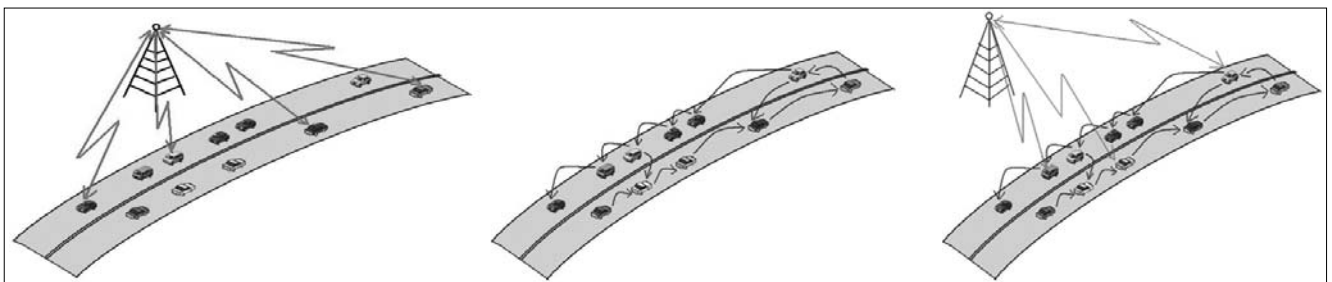
*Hibrid megoldás:* a hierarchikus és az elosztott hálózatok tulajdonságait egyesíti, melyben a járművek egymásnak is, és egy központnak is továbbítják üzeneteiket. Így egy gyorsabb és hatékonyabb rendszer valószínűsíthető meg.

## 3. Európai projektek

### 3.1. FleetNet

Ez volt az első jelentős projekt, amelyben vizsgálták és tesztelték az autó-autó közti kommunikációt [7]. Cél volt a járművek közötti mobil ad-hoc kommunikáció fontos területeinek meghatározása, majd ezek megvalósítása és tesztelése. A főbb alkalmazásokat és protokollokat később autókba is beépítették és a gyakorlatban is kipróbálták.

1. ábra Központosított, elosztott és hibrid hálózat





A kutatók három fő témakört definiáltak:

**1. A vezetőt segítő rendszerek**

Az autók szenzorjai által szolgáltatott adatokból következtetnek a járművek viselkedésére, így eldönthető, hogy fennáll-e balesethelyzet. Ilyen eset lehet például, amikor jégen vagy olajfolton megcsúszott autó képes tájékoztatni a mögötte haladókat a veszélyes útszakasról, vagy akár a vészfékezés is egy fontos információ a követő járművek számára.

**2. Autók közötti adatszolgáltatás**

Forgalmi adatok továbbítására, torlódások, dugók kikerülésére használhatjuk ezt a rendszert. Az autók az aktuális pozíciójukat ismerve, digitális térképpel és útvonaltervezővel felszerelve megállapítják, hogy az aktuális úton milyen sebességgel haladnak és erről egy kommunikációs berendezéssel képesek tájékoztatni a többieket. Így a beérkező adatokat feldolgozva a többi autós el tudja dönteni, merre érdemes továbbhaladni.

**3. Kommunikációs és információs alkalmazások a felhasználók részére**

Az internet nyújtotta lehetőségek kihasználása autóban utazva, például böngészés a világhálón, e-mail-ezés vagy a gyerekek online játékkal játszhatnak.

A FleetNet keretében megvizsgálták, hogy ha már a forgalomban résztvevő járművek 10%-a rendelkezik a fentebb ismertetett vezeték nélküli kommunikációra alkalmas egységgel, akkor hatékony és gyors ad-hoc kommunikációs hálózatot építhető ki [6]. A mérések azt mutatták, hogy ez a hálózat már 2%-os penetráció esetén működőképes. A FleetNet további publikált dokumentuma főleg a rádióátviteli és a mobil ad-hoc hálózatok útválasztási problémáival, vagy a mozgó autók ad-hoc hálózaton keresztüli internet elérésével foglalkozik.

**3.2. Car2Car**

A Car2Car konzorcium [8] legfőbb szándéka a WLAN (Wireless Local Area Network – vezeték nélküli helyi há-

lózat) technológiára alapuló kommunikációs rendszer szabványosítása, hogy Európa-szerte használható legyen, valamint az, hogy előmozdítsák az ezen a technológián alapuló aktív biztonsági megoldások fejlesztését. A szabványosítás mellett, a kommunikáció biztosítása érdekében egy ingyen használható frekvenciasáv lefoglalása is a terveik között szerepel.

A 2. ábrán láthatunk egy mintahálózatot, hogyan terjedhet szét az információ a járművek között.

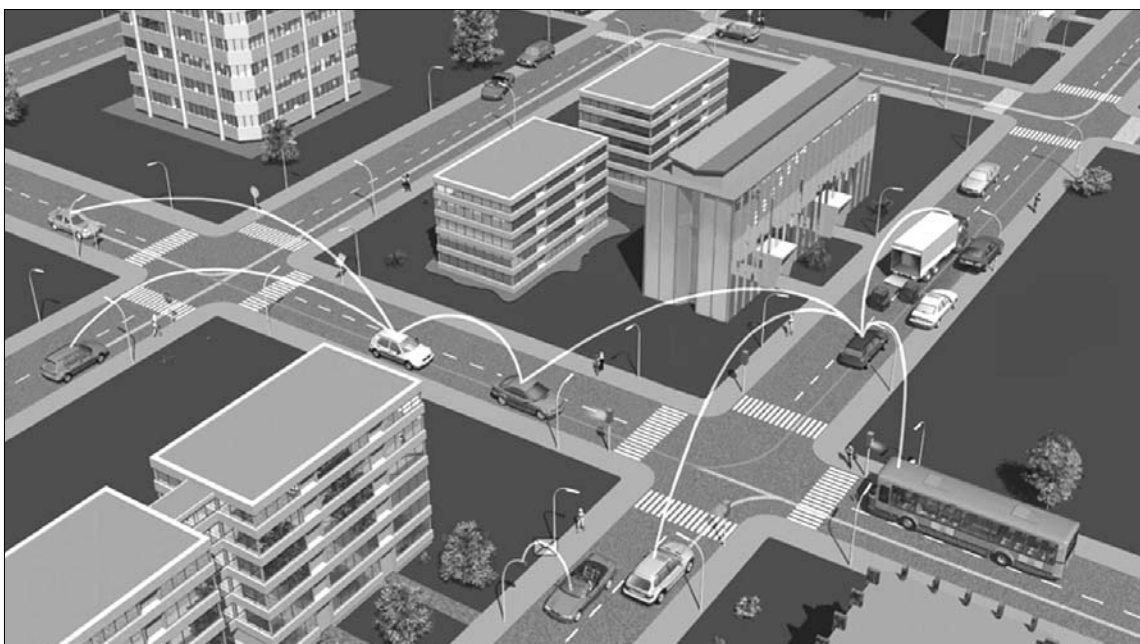
**3.3. ERTICO**

Az ERTICO-t (European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organisation – Európai Közúti Telematikai Alkalmazásokat Koordináló Szervezet) [1] 1991-ben hozta létre tizenöt alapító tag: vezető európai iparvállalatok és közlekedési miniszterek. Tagjainak száma mára száz fölé emelkedett. Az ITS (Intelligent Transportation Systems – intelligens közlekedési rendszerek) szervezettel szorosan együttműködik.

Az ERTICO jövőképe az, hogy Európa úthálózata minél biztonságosabban és hatékonyabban, valamint takarékosabban legyen fenntartható. Feladata a mobilitás és – a gazdaságosság szempontjaira ügyelve – az intelligens közlekedési rendszerek Európában történő támogatása, valamint az állami vállalatok (például útüzemeltető társaságok) és a magáncégek (például járműipar) együttműködésének segítése. Munkájukat bizottságok, projektek és fórumok keretei között végzik. 2003 májusától a Felügyelő Bizottságnak már magyar tagja is van.

**3.4. Prevent**

A Prevent [11] az ERTICO egyik részprojektje. A konzorcium célja a közlekedés biztonságának és az úton haladók kényelmének javítása. Megoldást keresnek a legfontosabb balesetveszélyes szituációk elkerülésére. Elsődleges számukra a biztonságos közlekedés elérése és az utasok, gyalogosok életének megóvása.



2. ábra  
Üzenetszórás mobil ad-hoc környezetben

### Főbb kutatási területeik

A SASPENCE (Safe speed safe distance) célja a biztonságos sebesség és követési távolság megtartása. A WILLWARN (Wireless Local Danger Warning – vezeték nélküli veszélyjelzés) a vezető látóterén kívüli balesetveszély felderítésével foglalkozik. A LATERAL SAFE (oldalbiztonság) projekt feladata a vezető látóterében lévő holtterek okozta balesetek elkerülése. Az INTERSAFE (Kereszteződés-biztonság) projekt pedig az útkereszteződéseknél segítené a vezetőt, (a forgalomirányító lámpákkal is kommunikálva), hogy elkerülje a balesetveszélyes helyzeteket.

### Eredményeik

2007. szeptember 19-20. között a franciaországi Versailles-ban tartottak egy bemutatót huszonöt tesztjármű segítségével, melyen a különböző projektek ismertették az eredményeiket. Megmutatták, hogy a kitűzött célokat elérték, létrehoztak ütközések, balesetek elkerülésére képes rendszereket.

### 3.5. CVIS

Az ERTICO egyik részprojektje [14], melynek célkitűzése, hogy az ITS alkalmazásokat telepítsen mind a járművekbe, mind az infrastruktúrába. Kifejlesztésre kerül egy célhardveren egy olyan nyílt forráskódú szoftverarchitektúra, amely segítségével lehetővé válik, hogy az eszköz biztosítsa a kommunikációt a többi járművel vagy az út mellé telepített berendezésekkel. Kezdeti lépéseként labor körülmények között, szimulátoron dolgozzák ki a kutatók a módszereket, majd autókba építve, de nyilvánosságtól elzárt helyen. A következő feladat nyilvános útszakaszokon (London, Milánó, Lyon, Göteborg), tesztüzemben kipróbálni a rendszer működőképességét.

### 3.6. ITS

Az európai ITS [1] projekt célja a már meglévő úthálózat maximális kihasználtsága. Ehhez szükséges az európai szabványosítás és együttműködés.

A közúthálózatot használók igénylik a pontos, aktuális információkat. Az autókba szerelt kommunikációs egységek (melyek kapcsolatba léphetnek az út melletti vagy más járművekbe épített berendezésekkel) információt szerezhetnek arról, mely útvonalakon érhetik el céljukat biztonságosan és gyorsan. Ezek a szempontok fontosak a szállítmányozásban is, mivel a logisztikai cégek számára rendkívül hasznos információ, ha tudják milyen úton (teherautók fogyasztása miatt) és mikor érkezik az áru.

Az ITS elkövetkezendő feladatai:

- valós idejű információ szolgáltatása a közúton haladók részére;
- összes jármű kommunikálhasson egymás és az infrastruktúra között, hogy lehetőségük legyen eldönteni, merre kerülnék el a dugókat és a baleseteket.

### ITS Magyarországon

Az ITS Hungary (Magyarország 1998. óta tagja az ITS-nak) [9] célkitűzései között szerepel a hazai intelligens közlekedési rendszerek és szolgáltatások megvalósításának támogatása, a transzeurópai hálózat szol-

gáltatásainak integrálása. Az Egyesület jelenleg 34 taggal működik, köztük az Állami Autópálya Kezelő Zrt., a Magyar Telekom Rt. és a Siemens Rt.

ITS-prioritások Magyarországon:

- autópálya-hálózat forgalomszabályozó és információs rendszerének kiépítése,
- forgalomirányító központok létrehozása,
- „szűk keresztmetszetű” úthálózatok megszüntetése,
- elektronikus útdíjgyűjtés,
- egységes elektronikus fizetési rendszer.

### 3.7. CONNECT

2004-ben indult az EU közép-európai regionális projektje (jelentése: Co-ordination and Stimulation of innovative ITS activities in Central and Eastern European Countries – innovatív ITS tevékenységek koordinációja és ösztönzése a közép- és kelet-európai országokban) [12]. A CONNECT projektben résztvevő országok: Ausztria, Németország, Olaszország, Lengyelország, Magyarország, Csehország, Szlovákia és Szlovénia.

Célja a közép- és kelet-európai országokban forgalmi- és útinformációk szolgáltatása. A CONNECT projektet négy fő csoportba sorolták, a fő célterületek: útfelügyelet, forgalommenedzsment, utazási információk szolgáltatása.

A CONNECT alkalmazási területei hazánkban [13]:

- közúti monitoring-infrastruktúra,
- forgalomirányító központok európai hálózata,
- forgalmi menedzsment és forgalomszabályozás,
- utazási információszolgáltatások,
- teherszállítási és járműflotta-menedzsment,
- elektronikus útdíjgyűjtő rendszerek,
- rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelése.

### A projekt fázisai, elvégzett feladatok

2004-2005-ben megvalósíthatósági tanulmányok születtek. Például az M7 autópálya forgalomszabályozó és információs rendszeréhez RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) rendszerek alapjainak alkalmazhatósága a hazai környezetben, együttműködési feltételek kialakítása, adatgyűjtés a forgalomról, időjárásról és sebességmérő szenzoroktól. A következő fázisban (2006-ban) a részprojektek műszaki előkészítése zajlott, majd a harmadik fázisban (2007-ben) az előzőleg megkezdett munkákat folytatták. Az autópályák főlé (M7, M3) 43 információs panelt (3. ábra) telepítettek, a sávok felett kijelzik a torlódási zónákat, dugó esetén az elkerülő útvonalat is mutatják.

3. ábra Információs panel az autópályán



*A CONNECT folytatása: EASYWAY*

Tervezett időtartama: 2007-2013. Az európai együttműködés az ITS rendszerek és szolgáltatások területén az EU Bizottság új költségvetési periódusában is tovább folytatódik.

**4. Magyarországi projektek**

**4.1. Közlekedésinformatikai és telematikai egyetemi tudásközpont (KITT)**

2005-ben a BME-n egy Elektronikus Jármű és Járműirányítási Tudásközpont (EJJT) [15] alakult. Létrejöttét a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) [16] támogatta. A tudásközpont célja Európa egyik meghatározó járműelektronikai és mechatronikai fejlesztő-szolgáltató központjává válás.

Ezt a KITT létesítése követte 2006-ban a Budapesti Műszaki Főiskolán [17]. A program célja ITS alkalmazások definiálása és megvalósítása, továbbá az ITS alkalmazások lehetőségeit gyakorlati példákon keresztül vizsgálnák. Fókuszterületeik közé tartozik a kooperatív jármű-infrastruktúra rendszerek vizsgálata gyakorlati alkalmazásokon keresztül, ITS protokollok összehasonlítása, járműcsoport irányításának tömegközlekedési vonatkozása és rendkívüli események adatmegosztási, adattovábbítási lehetőségeinek, paramétereinek vizsgálata.

**4.2. BZAKA-IKTI**

*4.2.1. Autó-autó közti szimuláció*

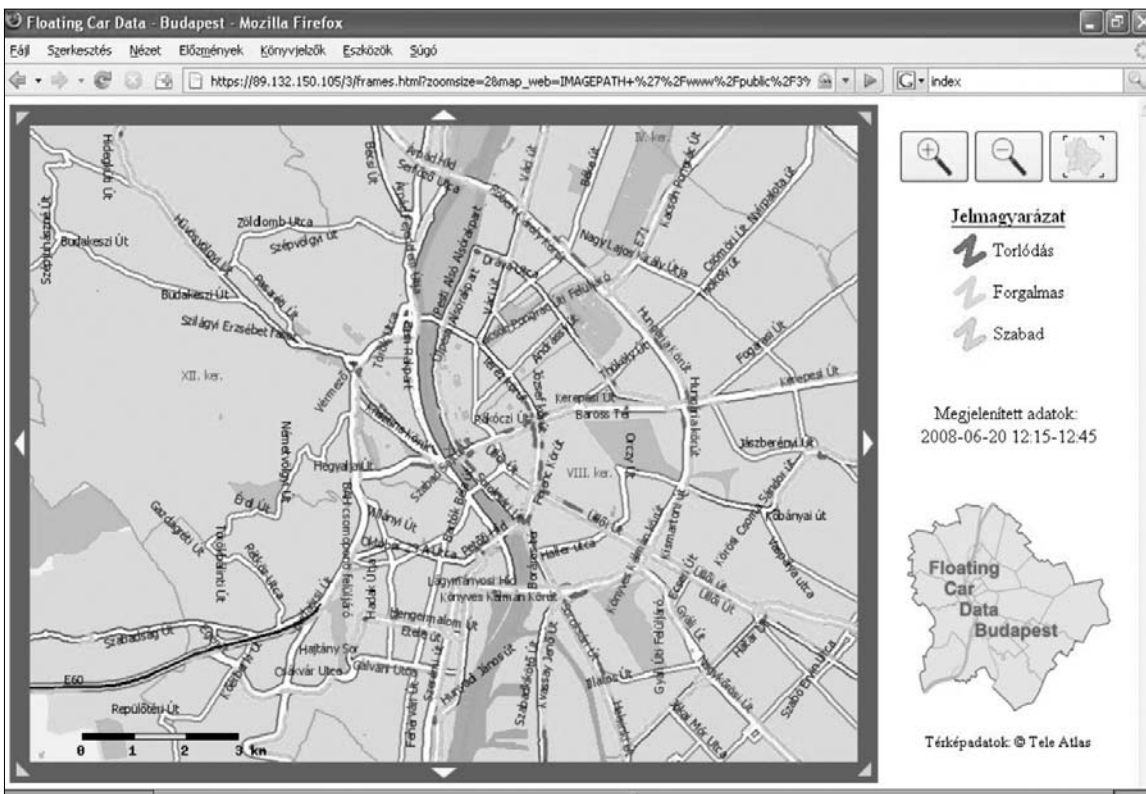
Az NS-2 (Network Simulator 2 – hálózat szimulátor 2) [20] és a VISSIM („Verkehr In Städten Simulations Mo-

dell” – városi közlekedés szimulációs modell) [21] forgalom-szimulátor-programok összekapcsolásával lehetőség nyílik egy realiztikusabb, az élethelyzeteket jobban megközelítő szimulációra. A két szimulátor egymással TCP kapcsolaton keresztül kommunikál, a VISSIM szolgáltatja az autók paramétereit (sebesség, koordináták, útvonal), míg az NS-2 felelős az autók egymás közti kommunikációjáért.

Ebben a projektben azt vizsgáljuk, miként lehetséges egy városi környezetben az autó-autó kommunikáció megvalósítása úgy, hogy minél kevesebb felesleges üzenetet generáljunk a hálózatban a maximális hatékonyság megőrzése mellett. Azaz egy olyan küldési protokollon dolgozunk, ami képes arra, hogy mindig csak a megfelelő útvonalon, a lehető legjobb pozícióban lévő autó továbbítsa az információt. Fontos szempont továbbá a szembeforgalom kihasználása, azaz olyan autók is vegyenek részt és szállítsák az üzeneteket, amik például egy dugóból kifelé haladnak [22].

*4.2.2. Ad-hoc tempomat*

Az előző pontban említett szimulációs környezetben lehetőségünk van konvojok kialakítására, amelyekben üzenetekkel értesítik az autók egymást pozíciójukról és sebességükről. Ezek közül mindegyik rendelkezik egy közvetlenül előtte haladó járművel (kivéve természetesen az elsőt), melyet követhet, amíg a vezető másképpen nem dönt. Ez a távolság akár néhány méteres követési távolságot is jelenthet, mivel a rendszer reakcióideje ezt lehetővé teszi. A követő autók képesek ugyanazzal a sebességgel haladni, mint a közvetlenül előtük haladó, rugalmasan változtatni a sebességüket, mindig igazodva a követendőhöz.



4. ábra  
FCD Budapest működés közben

#### 4.2.3. FCD (Floating Car Data):

##### Forgalommonitorozás mozgó szenzorokkal

Ebben a feladatban már nem szimulátoros tesztelést végzünk, hanem valós adatokból számítjuk ki a forgalom nagyságát Budapesten. Az utak forgalmi információit (az autók koordinátája, sebessége, haladási iránya) különböző flottáktól (csomagszállító, ételfutár stb.) kapjuk. A megérkezett adatokból egy FLEET [19] nevű program kiszámolja az adott úton lévő átlagsebességet periodikusan, amit a Mapserver program [1] egy térképen megjelenít. Az utakat három szinten színezzük ki a forgalom nagyságától és a haladási sebességtől függően (pirosra, sárgára, zöldre), így előállítottunk egy maximum negyedórás késleltetéssel működő aktuális forgalmi helyzetet megjelenítő rendszert, melyet egy honlapon keresztül érhetnek el az arra jogosultak. A 4. ábrán láthatjuk a program kimenetét működés közben.

## 5. Összefoglalás

A cikkünkben bemutattuk azokat a társadalmi és gazdasági hajtóerőket, melyek a közlekedésre irányították a szakemberek és kutatók figyelmét. Ezen okok közül a legfontosabbak a biztonság, a környezetvédelem és az energiafelhasználás. Az ilyen irányban erősödő lakossági (éppen ezért politikai) nyomásra lépnie kellett az EU-nak, a nemzeti kormányoknak és természetesen az autógyártóknak is. Elsősorban a biztonságos közlekedésre (baleset- megelőzésre és elkerülésére) helyeződött a hangsúly, a legtöbb projektet ebben a témakörben indították.

Magyarország is bekapcsolódott a nemzetközi kutatásokba (KITT, IKTI) és projektekbe (ITS\_Hungary). E mellett az EU által támogatott fejlesztések (CONNECT projekt) is hozzájárulnak a magyar utak biztonságosabbá és hatékonyabbá tételéhez.

### A szerzőkről

**GERHÁTH GÁBOR** 2007-ben végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. 2007-ben kezdte el a doktori fokozat megszerzéséhez a tanulmányait. Jelenleg kutatóként dolgozik az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetnél (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány) ITS témában. Kutatási területe mobil ad-hoc kommunikációs protokollok fejlesztése.

**LABORCZI PÉTER** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 1999-ben szerezte a diplomáját és 2002-ben doktori fokozatát. 2002 és 2004 között kutatóként dolgozott az Arsenal Research intézetnél, az Intelligens Közlekedési Rendszerek (Intelligent Transportation Systems, ITS) Marie Curie posztdoktori kutatási program keretén belül. Jelenleg kutatóként dolgozik az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetnél (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány). Részt vesz ITS hálózatok és alkalmazások fejlesztésében, nemzetközi és európai projektekben. Kutatási területe leginkább az ITS-hez kapcsolódó útvonalirányítás, hálózat optimalizáció és olyan alkalmazások kifejlesztése, mint például forgalom monitorozás mozgó szenzorokkal (Floating Car Data, FCD) vagy adaptív sebességszabályozás.

**TÖRÖK ATTILA** a Temesvári Műszaki Egyetemen szerezte a diplomáját 1999-ben. 1999–2003 között a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem doktori iskoláját végezte. Számos európai vezetőknélküli mobil ad-hoc projektben vett részt. 2003-ban egy évet töltött Koreai Elektronikai Technológiai Egyetemen Szöulban, Dél-Koreában. Jelenleg kutatóként dolgozik az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetnél (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány) ITS témában. Kutatási területe vezetőknélküli ad-hoc hálózatok és a közlekedésben alkalmazott hálózati protokollok. Laborczi Péterrel együtt az „Infokommunikáció a közlekedésben” tárgyat oktatja a BME-n.

## Irodalom

- [1] <http://www.ertico.com>
- [2] Dr. Golarits Péter, Dr. Lindenbach Ágnes: „Intelligens forgalomszabályozó rendszerek Magyarországon” <http://www.reginnov.hu/commonstrategies/Peter%20Golarits%20HU.pdf>
- [3] [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgp\\_update.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgp_update.htm)
- [4] [http://www.unwired.ee.ucla.edu/dsrc/dsrc\\_testbed\\_simple.htm](http://www.unwired.ee.ucla.edu/dsrc/dsrc_testbed_simple.htm)
- [5] Dr. Michele Weigle Standards: WAVE, DSRC, 802.11p, Spring 2008
- [6] Lars Wischhof, André Ebner, Hermann Rohling, Matthias Lott, Rüdiger Halfmann: SOTIS – A Self-Organizing Traffic Information System, 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conf., VTC 2003-Spring, Jeju, South Korea, April 2003.
- [7] <http://www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/>
- [8] <http://www.car-to-car.org/>
- [9] <http://www.its-hungary.hu/>
- [10] <http://frame-online.hu/>
- [11] <http://www.prevent-ip.org/>
- [12] [http://www.integratorforum.hu/index.php?Itemid=72&id=677&option=com\\_content&task=view](http://www.integratorforum.hu/index.php?Itemid=72&id=677&option=com_content&task=view)
- [13] [www.kte.mtesz.hu/05rendezvenyek/260711\\_34utugyi\\_napok0913-15/ea\\_binx/5szekcio/06\\_lindenbach.pps](http://www.kte.mtesz.hu/05rendezvenyek/260711_34utugyi_napok0913-15/ea_binx/5szekcio/06_lindenbach.pps)
- [14] <http://www.cvis.hu/>
- [15] <http://www.ejtt.bme.hu/>
- [16] <http://www.nkth.gov.hu/>
- [17] <http://www.kitt.bmf.hu/>
- [18] <http://www.bzaka.hu>
- [19] [www.arsenal.ac.at/](http://www.arsenal.ac.at/)
- [20] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [21] <http://www.english.ptv.de/>
- [22] Spatially Constrained Dissemination of Traffic Information in Vehicular Ad Hoc Networks, Attila Török, Péter Laborczi and Gábor Gerháth, IEEE VTC 2008-Fall, Calgary.
- [23] <http://mapserver.gis.umn.edu/>[23]

# Kommunikációs protokollok intelligens közlekedési rendszerekben

NÁDAI LÁSZLÓ

Budapesti Műszaki Főiskola, Közlekedésinformatikai és Telematikai Egyetemi Tudásközpont  
nadai@bmf.hu

KOVÁCS ROLAND

Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.  
roland.kovacs@knorr-bremse.com

**Kulcsszavak:** közlekedési protokollok, mobilkommunikáció, ad-hoc hálózatok, RDS-TMC

Cikkünkben áttekintjük az EU és a hazai közlekedéspolitika ITS-sel (Intelligens Közlekedési Rendszerekkel) kapcsolatos iránymutatásait és elvárásait, valamint az ITS alkalmazási lehetőségeit. Ismertetjük a gyakorlati implementációval kapcsolatos követelményeket és a lehetséges megoldások összevetése mellett gyakorlati példákat is bemutatunk.

## 1. Bevezetés

Az emelkedő életszínvonal a mobilitás és az áruszállítási igények növekedését eredményezi. A közlekedés a gazdasági fejlődésnek alapvető feltétele, az emberek számára szabadságot, javuló életminőséget biztosít. Ugyanakkor a közlekedés környezeti károkat okoz, emberi életet és egészséget veszélyeztet. A két oldal között ellentmondás feszül. Ennek az ellentmondásnak a feloldása, kiegyensúlyozása a közlekedéspolitika feladata: hogyan lehetséges a növekvő mobilitási igényeket a káros következmények minimalizálása mellett kielégíteni, a fenntartható mobilitást megvalósítani (*Magyar Közlekedéspolitika 2003-2015*).

Az Európai Unió 2010-ig érvényes közlekedéspolitikai irányelveit az ITS vonatkozásában a megfelelő „Fehér Könyv” (*European transport policy for 2010: Time to decide*) [1] tartalmazza, ezért először e kiadványt tekintjük át röviden.

### 1.1. Az európai közlekedéspolitika ITS irányelvei

A *Fehér könyv* négy fejezetre bontja az európai közlekedéspolitika Intelligens Közlekedési Rendszerekkel (ITS) kapcsolatos irányelveit. A könyv számos pontjában olyan elvárások fogalmazódnak meg, amelyek az ITS kialakítására, egységesen alkalmazandó protokollokra is jelentős hatást gyakorolnak. Ezek a pontok az alábbiak:

*Az ellenőrzések és büntetések szigorítása* (Első rész: I/A/3.). Nem ritka eset, hogy az EU egyik tagállamában bevont jogosítvány helyett a járművezető hozzá tud jutni egy jogosítványhoz az EU egy másik tagállamában. Ennek megnehezítését szolgálja a tagállamok közötti „információ rendszeres cseréjének ösztönzése”. Ennek biztosítására a technológiák folyamatos fejlődését követni képes információs rendszer kialakítása és folyamatos frissítése szükséges.

*Új technológiák a közlekedésbiztonság javításáért.* (Harmadik rész: I/B/2.) A közlekedésbiztonság növelése érdekében az EU 2010-ig átfogóan bevezeti a jár-

művezető támogató rendszereket (Driver Assistance Systems, DAS). Az esetleg bekövetkező balesetek körülményeinek pontosabb ismerete, a bírósági eljárások korrekt és gyors ügyintézésének elősegítése és egyéb üzleti szempontok miatt az EU fontolgatja a „fekete doboz” alkalmazását közúti járművekben is.

*Egységes jegyrendszer.* (Harmadik rész: III/A/1.) Az EU álláspontja szerint ösztönözni kell a különböző közlekedési módokra kiterjedő egységes jegyrendszerek bevezetését, ezáltal biztosítva a viteldíjak átláthatóságát.

*Galileo.* (Negyedik rész: II/C.) A jelenleg még ingyenes szolgáltatást biztosító, alapvetően amerikai fejlesztésű GPS rádió-navigációs műholdas rendszert várhatóan annak EU-s alternatívája, a „Galileo” rendszer fogja kiváltani az EU térségében. Az ITS rendszerek, de más egészségügyi, agrár, polgári védelmi stb. rendszerek számos alkalmazása igényli egy adott tárgy pontos helykoordinátáit egy adott időpontban, illetve magát a pontos időt. Az EU nem engedheti meg magának, hogy egy ilyen fontos alapszolgáltatás elérhetősége (QoS) az USA stratégiájától, vagy taktikájától függjön. Ezért tervezi, hogy 2008-tól, 30 felbocsátott műhold segítségével beindítja saját rádió-navigációs rendszerét. A cél az, hogy a Galileo kompatibilis legyen az amerikai GPS és az orosz Glonass rendszerekkel is.

### 1.2. A magyar közlekedéspolitika ITS irányelvei

A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium által kidolgozott, 2003-15 közti időszakra vonatkozó *Magyar Közlekedéspolitika* [2] különböző fejezeteiben célként fogalmazódik meg a közlekedésbiztonság javítása és ennek érdekében telematikai eszközök és megoldások használata az alábbiak szerint:

- Az informatika és a telematika hasznosítása a közlekedési ágazatban egyre nagyobb szerepet kap. A közúti közlekedésszervezésben és a forgalomirányításban a telematika elterjedése a forgalom torlódásainak mérséklését, az eljutási idő lerövidítését eredményezi. A hasznongépjárművek fedélzeti információs rendszerrel történő ellátottsága, a műholdas

helymeghatározó rendszerek alkalmazása javítja a járművek kihatásosságát, segíti nyomon követésüket, növeli a biztonságot. Az információs technikák fejlesztése a személyszállítás területén magas szinten valósítja meg az utastájékoztatót. A vasúti közlekedésben az új szállítási irányítás és a gazdálkodás számítógépes rendszere a magyar vasúti társaságok versenyképességének növelését eredményezi. A hajózásban és a légi közlekedésben – a versenyképesség fenntartása és a nemzetközi elvárások teljesítése miatt – az elektronikus utazási, utas- és ügyfélértékelési, adatkezelési és személyazonosító, továbbá légi fuvarozási dokumentumok, a műholdas navigációs berendezések és technikák alkalmazása teljes körűvé válik.

- Városi és elővárosi közlekedésben az egyéni, a helyi közforgalmú és a helyközi közlekedés összehangolása, intermodális csomópontok létesítésével és telematikai rendszerek alkalmazásával történik.
- A díjbeszedés valamint az integrált menetjegyrendszer korszerű telematikai megoldásainak bevezetése.
- A Magyar Információs Társadalom Stratégiában [3] meghatározott, kompatibilitást igénylő követelmények miatt a nemzeti léptékben egységes kezelést igénylő szervezeti, technikai, támogatás-elszámolási és telematikai megoldások szükségesegek.

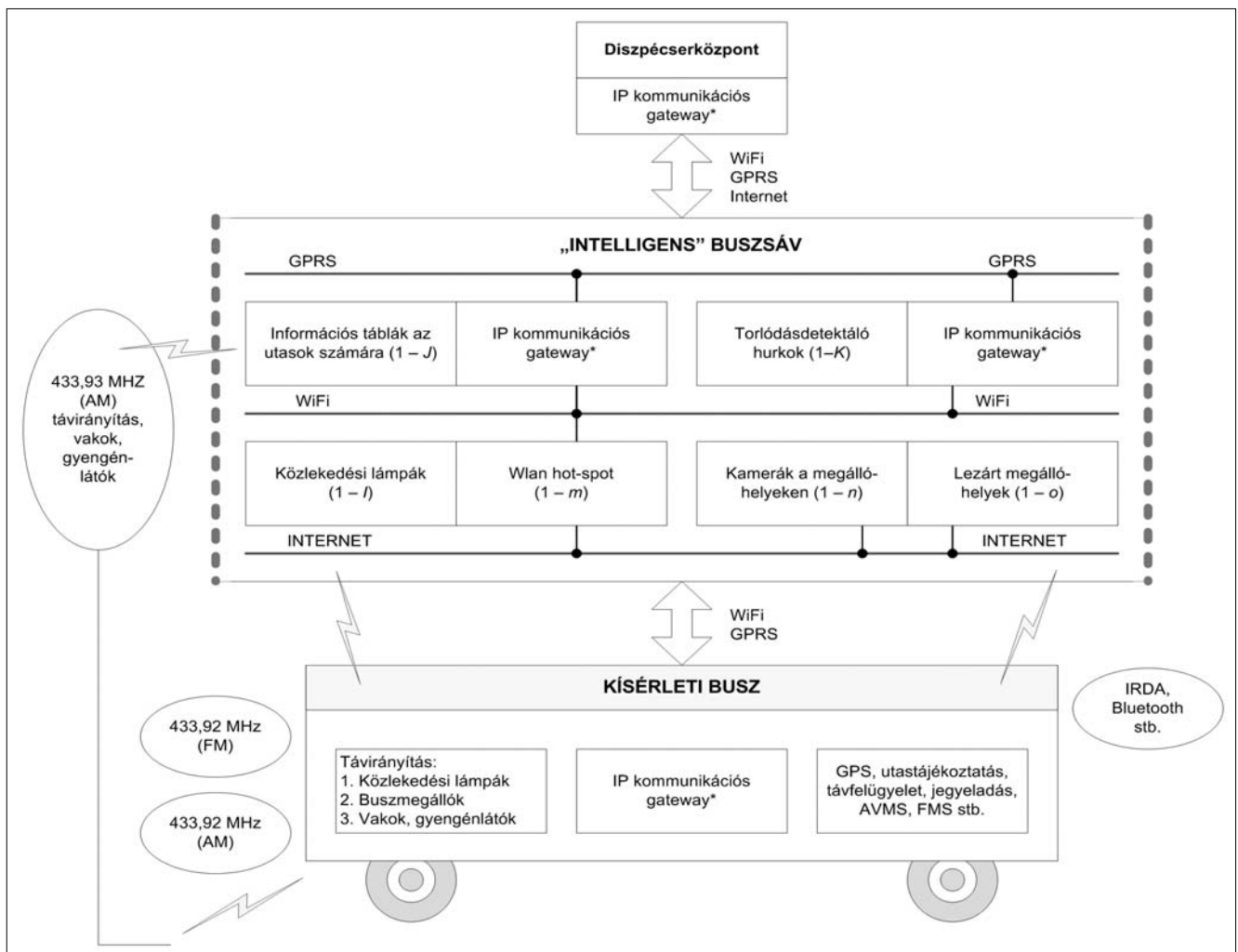
### 1.3. A városi közlekedés kulcsfontosságú ITS elemei

Míg az előzőekben a közlekedés általános ITS vonatkozásait tekintettük át, a jelen fejezet az ITS városi közlekedési alkalmazási lehetőségeivel foglalkozik az Európai Bizottság által meghatározottak szerint.

Az alapszolgáltatáson túlmenően kulcsfontosságú feladat

- a közlekedésbiztonság javítása (járművezető támogató rendszer- DAS, forgalomirányítás, segélyhívó rendszer: eCall);
- a torlódások mérséklése, (korszerű útinformációs rendszer – Radio Data System-Traffic Message Channel, RDS-TMC);
- a tömegközlekedéssel összehangolt parkolás, (dinamikus utastájékoztató);
- a rendszerek közti műszaki harmonizáció és interoperabilitás megteremtése;
- a használat arányos díjszabás-politika kialakítása, az integrált tarifarendszer biztosítása, (e-ticketing);
- a közösség által fizetett költségekkel történő elszámolás átláthatóságának biztosítása, (hiteles elszámoló központ – trusted center).

1. ábra  
Budapesti kommunikációs infrastruktúra  
(\*ISO/CALM szabvány szerint)



## 2. Korszerű mobilkommunikációs eszközök működési elve

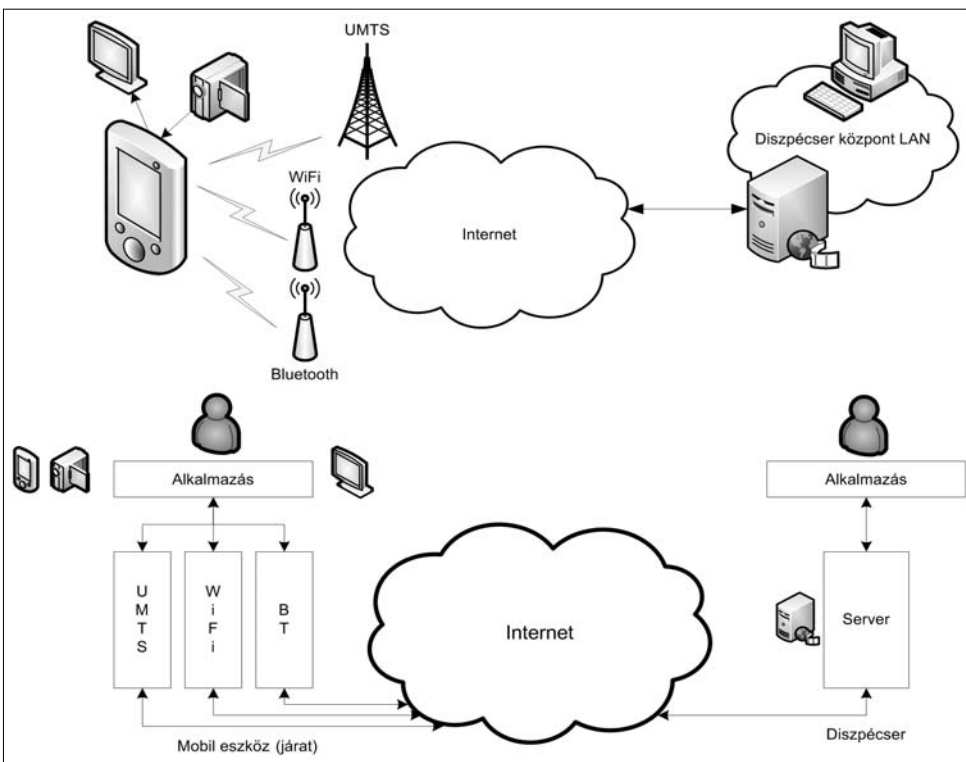
Az EU FP7 kutatás-fejlesztési keretprogramban meghirdetett „European Bus System of the Future” című projekt célja egy korszerű busz megtervezése, legyártása és a prototípus példányok tesztkörnyezetben történő próbaüzeme, a tapasztalatok visszacsatolása a fejlesztőknek és a gyártóknak. Ez a korszerű, úgynevezett „Concept Bus” minden szempontból – így a telematika szempontjából is – alkalmazni fogja a 21. századi megoldási lehetőségeket.

Az 1. ábrán jól látható, hogy a busznak számos kommunikációs készülékkel kell rendelkeznie, amely az infrastruktúrával, vagy esetleg másik járművel, úgynevezett „IP communication gateway”-en keresztül valósul meg. A gateway – a tervek szerint – az ERTICO által koordinált CVIS (<http://www.cvisproject.org>) elnevezésű FP6-os projekt keretében fejlesztés alatt álló, CALM kommunikációs protokollokat megvalósító gateway.

A CALM rövidítés a „Continuous Air-interface Long and Medium range” jelentést fedi (nagy- és közepes távolságú, szünetmentes, vezeték nélküli kommunikáció). A működés lényege, hogy a kommunikációs eszköz képes érzékelni, hogy a környezetében milyen vezeték nélküli technológiák érhetőek el az elvárt minőségben, és az útvonal választója (router) az elérhető csatorná(ka)t kínálja fel a kommunikációt igénylő alkalmazás részére.

A felkínált csatornák közül, amelyeknek jól definiált tulajdonságai vannak, ilyen például a sávszélesség, a QoS, a zavarérzékenység, a feléledési idő stb., egy alkal-

2. ábra  
Közösségi közlekedési alkalmazás vázlatja



mazásszintű „döntéshívást” választ. A döntéshívás a fentiek figyelembevételén túl a csatornahasználati díjak, az üzenet sürgőssége, fontossága és más egyéb szempontok alapján használja fel a router által kínált útvonalak valamelyikét. A váltás – azaz a vertikális *handover* – a csatornák között kiesés nélküli.

### 2.1. Példa egy városi közösségi közlekedési vállalat járműfedélzeti kommunikációs eszközt vezérlő döntési függvény definiálására

Egy közösségi közlekedési alkalmazás vázlatja a 2. ábrán látható. A döntési függvény jelen esetben három paramétert tartalmaz.

Az első paraméter az *információ típusa*. Az információ típusokhoz különböző prioritásértékeket ( $P_i$ ) rendelünk úgy, hogy a legfontosabb kapja a legnagyobb értéket és az összes érték nagyobb 0-nál. Például a városi közösségi közlekedésben használt üzenetek prioritásai a következők lehetnek:

Vészhívás	5
Figyelmeztetés	4
Státuszinformáció	3
Utastájékoztatási információ	2
Hirdetés, reklám	1

A második paraméter a *hálózat típusa*. A különböző hálózatokhoz az előzőhöz hasonlóan szorzókat rendelünk, még hozzá oly módon, hogy az általunk leginkább preferált hálózat kapja a legnagyobb számot és egyik hálózat se kapjon 0-t vagy annál kisebb értéket. Az értékeket jelöljük  $N_j$ -vel. A példában elérhető hálózatok és azok szorzói:

Wi-Fi	4
GPRS	3
UMTS	2
Bluetooth	1

A harmadik paraméter pedig az egyes hálózatok éppen *aktuális tulajdonságainak kombinációja*:

Feléledési idő	$F$
Sávszélesség	$\beta$
Jelerősség	$S$
Számlázási tulajdonság	$W$
Terheltség	$\eta$

Az egyes paraméterek értékei 0 és 1 közötti értékeket vehetnek fel. Itt is, mint az előző pontokban a nagyobb érték a „jobb”. Az egyes tulajdonságok értékészletét a maximálisan felvehető érték segítségével normáljuk a [0;1] intervallumba. A különböző tulajdonságokat összeszorozva a  $\zeta$  indexhez jutunk, tehát:  $\zeta = F \cdot \beta \cdot S \cdot W \cdot \eta$ .

Látható, hogy ha bármely paraméter értéke 0, akkor  $\zeta$  értéke is 0. (Ez, mint kizáró tényező szerepelhet.) A fentiek ismeretében felírhatjuk az alábbi összefüggést:

$$P = \frac{\xi \cdot N_f \cdot P_r \cdot 100}{(N_f)_{\max} \cdot (P_r)_{\max}}, \text{ ahol } \xi = F \cdot \beta \cdot S \cdot W \cdot \eta$$

Az összefüggés kiértékelését az összes elérhető hálózatra el kell végezni a megfelelő paraméterekkel. Végeredményként minden hálózatra kapunk egy-egy számot, amit aztán megvizsgálunk, hogy meghalad-e egy előre adott értéket. Az információ továbbítására a rendszer azt a hálózatot fogja használni, ahol az összefüggések alapján kapott érték a legnagyobb, feltéve, hogy az érték meghaladja az előre adott küszöbszámot.

A hálózatválasztási problémák mellett külön figyelmet kell fordítani a járművezetők navigációját segítő rendszerekkel való kommunikációra, hiszen nem kötött pályás járművek, mint például buszok esetében ez olyan fontos gyakorlati megoldásokat támogathat, mint a dugók elkerülése.

### 3. Járműkommunikációs technológiák, ad-hoc hálózatok

A továbbiakban figyelmünket a mobil-mobil és a mobiltelepített eszközök közti kétirányú, szünetmentes kommunikáció technológiai részleteire fordítjuk, hisz az intelligens autópályákon, illetve a városi (tömeg-) közlekedésben a legnagyobb realitása az ilyen megoldásoknak van.

A járművek közti adatcserére az *infravörös- és rádióhullámok* egyaránt alkalmasak. A VHF és mikrohullámok „broadcast”-típusú, míg az infravörös hullámok csak korlátozott irányú kommunikációra adnak lehetőséget (az adónak és a vevőnek „látnia” kell egymást). A mikrohullámok rövidtávú adatcsere lebonyolításához alkalmazhatók hatékonyan. Ilyen például a járművek körében is hatékonyan igénybe vehető kis hatótávolságú *bluetooth* technológia, amely a mobiltelefonok körében igen elterjedt. A járműinformatika területén a bluetooth technológia legfeljebb 80 km/h-val haladó járművekben, továbbá azok 80 méteres sugarú környezetében kínál megbízható adatátvitelt.

Az *Ultra-Wideband* (UWB) olyan rádiótechnológia, melyet rövid hatótávolságon, de nagy sávszélességű kommunikációra használnak a rádióspektrum szélesebb tartományában. A szélesebb tartománnyal elkerülhető a többi megoldásnál tapasztalható interferencia, így sok eszköz üzemelhet zavartalanul egymás mellett egy időben. A technológiát ma is használják radaros képalkotáshoz, precíziós helymeghatározáshoz, valamint nyomkövetésre.

A járművek közti kommunikáció esetén a legtöbb kutatási feladatot a hálózat „ad-hoc” jellege adja. Ilyen esetekben a kommunikációs hálózat tervezésénél három fontos kihívással kell szembenézni. A hálózatot gyors, ugyanakkor bizonyos mértékig előre jelezhető (prediktív) *topológiaváltozás*, *gyakori szakadás*, valamint *cse-*

*kély redundancia* jellemzi. A jelenleg rendelkezésre álló technológiát, az IEEE 802.11 protokollcsaládot eredetileg épületen belüli kommunikációra tervezték, ezért a rádió hatótávolsága 100-300 méter. Használható vezeték nélküli helyi hálózatokhoz csatlakoztatva is, például egy irodai hálózatban, de megvalósítható vele ad-hoc hálózat is. Az ad-hoc megvalósítás esetében a hálózatban résztvevő egységek (csomópontok) képesek a többiek csomagjait fogadni és továbbküldeni, valamint útválasztó funkciót is betölteni. Erre akkor van szükség, ha az adó és a vevő olyan messze vannak egymástól, hogy közvetlenül nem, csak többugrásos („multi-hop”) módon képesek kapcsolatba lépni egymással.

#### 3.1. Az IEEE 802.11-es szabvány

Az IEEE 802.11 az IEEE szabványosítási szervezete által kifejlesztett specifikációk gyűjteménye a WLAN technológiához. A szabvány alapvetően két alapelemet definiál. Az egyik a vezeték nélküli állomás (Wireless Station, WS), a másik a hozzáférési pont (Access Point, AP), amely a vezeték nélküli állomásokkal kommunikál. Az IEEE 802 szerinti szolgáltatások és protokollok a hétrétegű OSI modell szerinti alsó két réteg (adatkapcsolati- és fizikai réteg) funkcióinak felelnek meg. Az IEEE 802 az OSI adatkapcsolati rétegét két alrétegre osztja, amelyeket logikai kapcsolatvezérlésnek (LLC), és közeghozzáférés-vezérlésnek (MAC) neveznek.

1. táblázat Legelterjedtebb 802.11x szabványok

Típus	Maximális sebesség	Frekvencia
802.11a	54 Mbit/s	5 GHz
802.11b	11 Mbit/s	2,4 GHz
802.11g	54 Mbit/s	2,4 GHz
802.11n	300 Mbit/s	2,4 GHz

##### 3.1.1. Közeghozzáférési (MAC-) protokollok

A legelterjedtebb vezeték nélküli LAN-szabvány, az Ethernet közeghozzáférési protokolljának alapja, hogy ha a küldő állomás adása közben egy másik állomás által küldött keretet észlel, abban az esetben *felüggeszti* az aktuális keret küldését, majd véletlenszerű idő múlva újra megkísérli elküldeni a keretet. Ezt nevezzük CSMA/CD megoldásnak (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). A rádiós LAN-ok esetében azonban más elvet kell alkalmazni, aminek az az oka, hogy az állomások nem tudnak megbízhatóan ütközést detektálni.

A CSMA/CD helyett ezért a MAC-alréteg ebben a szabványban a CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) megoldást használja. Ennek lényege, hogy az állomások csak a vivőérzékelési információ felhasználásával, a keretek közötti megfelelő időzítések alkalmazásával és egy különleges nyugtaüzenet segítségével eleve *megpróbálják elkerülni* az ütközést. A nyugtacsomagot a vevőállomás akkor küldi, amikor az adatcsomag épségben megérkezett. Ha ezt az adóállomás érzékeli, akkor a csomag rendben elment



és nem ütközött. Ha azonban a nyugtjel nem érkezik meg, akkor egy véletlenszerű idő múlva az adó újra elküldi a csomagot. Ily módon az ütközések nagy része elkerülhető (3. ábra).

Egy másik alternatíva az RTS-CTS mechanizmus alkalmazása. Itt az adó szintén figyeli a csatornát, majd ha azt inaktív (szabad) állapotban találja, DFIS ideig várakozik, majd ezután küldi el RTS (Request To Send) csomagját a vevőnek. Ebben a csomagban közli, hogy mennyi ideig van szüksége a csatorna használatára az összes csomag átviteléhez. A vevő válaszul szintén küld egy csomagot (CTS – Clear To Send), melyben közli, hogy jöhetnek az adatcsomagok az adó által kért időtartamig. A vevőnél az RTS kérés és a CTS válasz között eltelt (SIFS – Short Inter Frame Space) időtartam kisebbnek kell lennie, mint a DIFS idő. Tehát a vevő válaszüzenetének kevesebbnek kell lennie, mint az adók által (az adásuk megkezdése előtt) a csatorna aktivitásának figyelésével eltöltött időnek, így a többi adó – mely adni kíván – érzékeli a csatornafelügyelési ideje alatt a vevő válaszcsoportját, így nem kezd adásba. Ha az adók fogják a vevő válaszcsoportját (CTS), akkor abban szintén meg van határozva az éppen adni készülő adó által kért (és a vevő által már lekötött) időtartam, tehát a többi adó ezen időtartam lejártáig biztosan nem fog adást kezdeményezni.

Ha egy adni kívánó adó nem fogja sem az első adó RTS csomagját, sem a vevő CTS csomagját, akkor el fogja küldeni a saját RTS adását és kialakítja a kapcsolatot az általa címzett vevővel, de ekkor biztos, hogy az újabb adó-vevő pár nem tudja zavarni az eredeti adó-vevő párt, mivel nem látják egymást. A vevő az összes csomag beérkezése után küld egy nyugtázó üzenetet

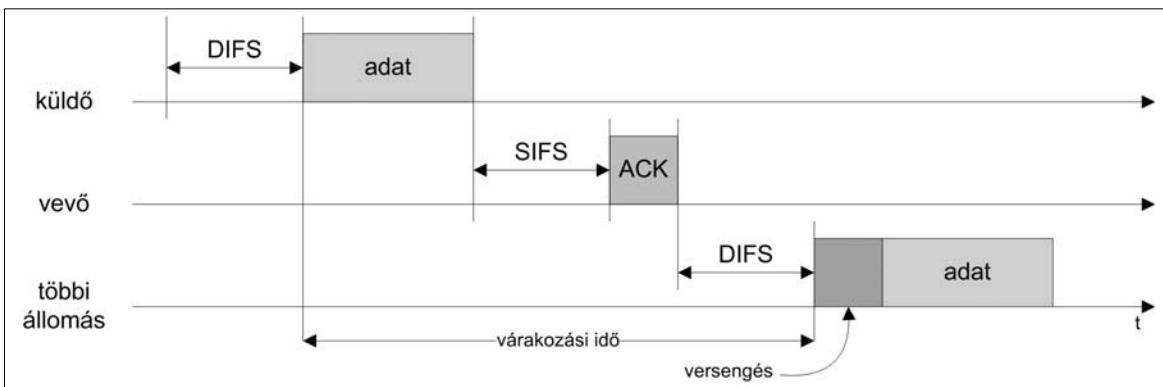
(ACK – Acknowledge), mellyel felszabadítja a csatornát. A leendő adóállomások a csatorna felszabadulását több módon is figyelhetik: a CTS csomagban lévő visszaigazolt várható üzenetküldési idő, az ACK csomag beérkezése, de természetesen a végső bizonyosság a csatorna figyelése a DIFS időtartam alatt, csak ennek letelte után kezdeményezhető adás. Ez az alternatíva minimum 8-10%-kal lassabb adatátviteli sebességet biztosít, mint a CSMA/CA, de ez az érték több is lehet a névleges adatátviteli sebesség függvényében.

### 3.2. Ad-hoc útválasztó protokollok

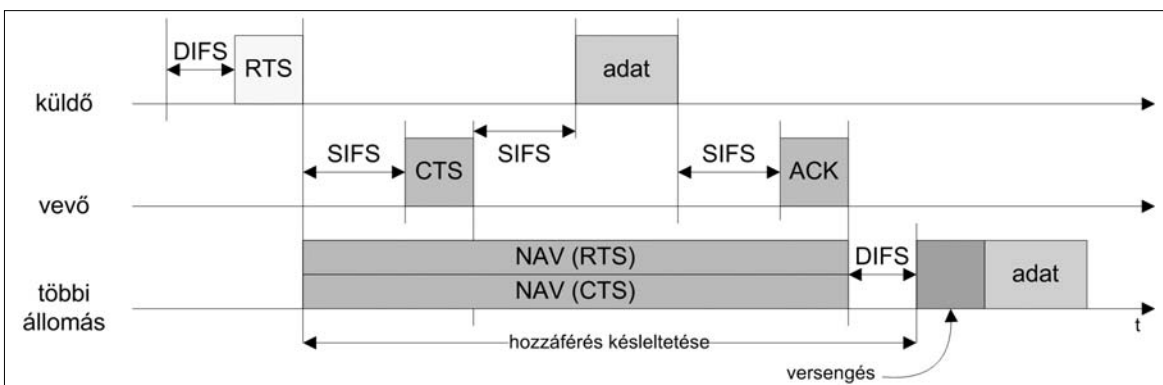
A hagyományos hálózatokban léteznek kitüntetett szerepű pontok (gateway, router), melyek információval rendelkeznek a hálózat topológiájáról, így képesek az útvonal megbízható megválasztására. Mobil ad-hoc hálózatokban célszerű igény szerinti (ad-hoc) útválasztó protokollokat alkalmazni. Ezek a protokollok olyan esetekben alkalmazhatók hatékonyan, amikor a hálózat csomópontjainak mobilitása és azok topológiája lassan változik.

#### 3.2.1. DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector)

A csomagok az egyes csomópontok között, az azokban eltárolt információk (routing table) alapján továbbíthatódnak. Minden táblázatban, minden csomópontnál fel van sorolva az összes lehetséges célállomás. A dinamikus változó topológiájú hálózatban a táblázatok konzisztenciájának megőrzése érdekében minden egység periodikusan frissítéseket sugároz, illetve ha lényeges változás történt, azonnal hirdeti szomszédjai felé a változásokat. A szétküldött csomagok arról tartalmazznak információt, hogy egy adott csomópont mely más cso-



3. ábra  
A CSMA/CA  
módszer  
vázlata



4. ábra  
Az RTS/CTS  
módszer  
vázlata

mópontokat ér el, és milyen hosszú úton. Az egyes bejegyzések a táblázatokban igen sűrűn változhatnak, tehát a periódusidőnek megfelelően kicsinek kell lennie, hogy követni tudja a változásokat és egy csomópont bármely lehetséges célt tetszőleges időpillanatban megtalálhasson.

3.2.2. DSR (Dynamic Source Routing)

A DSR egy egyszerű és hatékony útvonalválasztó protokoll, melyet kimondottan vezeték nélküli ad-hoc hálózatokhoz terveztek. Használatával olyan rendszer valósul meg, melyben az útvonalválasztás teljesen önszervező és önbeállító. A rendszer architektúrájának folyamatos változásait a DSR protokoll dinamikusan képes kezelni. Az átvitel során minden üzenet fejlécébe belekerül a teljes útvonallista, ezáltal az útvonal hurokmentessége garantált lesz. A rendszer működése során nincs szükség arra, hogy a közbülső résztvevők bármiféle aktuális információval rendelkezzenek. További előny, hogy az információkat vevő minden résztvevő eltárolhatja a kikövetkeztetett útvonal információt.

A DSR protokoll legfontosabb mechanizmusa az útvonal felderítése, mely akkor következik be, amikor egy forrás útvonalat szeretne keresni egy bizonyos címzethez. Ekkor egy útvonalkérő csomagot állít elő a küldő,

melyben feltünteti a címzettet és üzenetszórással terjeszteni kezdi. Minden szereplő, aki megkapja e csomagot, saját címével kiegészítve újra továbbküldi a kérést, ami így szétterjed a hálózatban. Amennyiben egy ilyen útvonalkérő csomag eljut a címzethez, a benne szereplő listából azonnal ismeri a csomag teljes érkezési útvonalát. Ezen útvonalon fordított irányban egy 'route reply' csomagot indít visszafelé, hogy a küldő tudtára adja, hogy sikerült útvonalat találni. Az útvonalkeresés folyamatának meggyorsítására a résztvevők fenntarthatnak bizonyos méretű gyorsítótárat (cache), melyben a működő útvonalak információit rögzítik. Az útvonalfelderítés sebessége így jelentős mértékben tovább csökkenhet.

3.2.3. AODV (Ad-Hoc on-Demand Distance Vector)

Az útvonalépítéshez egy 'route request'/'route reply' kereső ciklust használ. Amikor igény lép fel csomagok egy adott címzethez való eljuttatására, útvonalfelderítő folyamat indul el. Ha egy forrásként szereplő csomópont olyan célállomáshoz kér útvonalat, amelyhez eddig még nem volt felépítve ilyen út, akkor egy 'route request' csomag (RREQ) indul el a hálózaton broadcast formában. Minden csomópont, amelyik megkapja az RREQ csomagot, létrehoz a saját útvonalválasztó táblájában egy feladóra mutató (reverse route) bejegyzést, majd tovább terjeszti a kérést. Az a node, amelyik a célállomás maga, vagy nem a célállomás ugyan, de rendelkezik útvonallal a cél állomáshoz, küld egy nyugtázó csomagot (route reply, RREP). Más, egyéb esetben az útvonalkérő csomag újra kibocsátásra került (re-broadcasting).



5. ábra  
Egy RDS-TMC járműfedélzeti vevőkészülék



6. ábra  
RDS-TMC szolgáltatások a világban



#### 4. RDS-TMC, mozgójármű-adatok (FVD)

Az RDS-TMC (Radio Data System - Traffic Message Channel) az aktuális közlekedési információk járműnavigációs rendszerek részére történő továbbításának nemzetközi standardja. A járművekbe beépített, vagy beépíthető elektronikus, járművezetőt támogató rendszerek egyik eleme a műholdvezérlésű navigációs rendszer (GPS), amely kiegészíthető, vagy már gyárilag is kiegészítettek az RDS-TMC szolgáltatással. Ennek a komplex rendszernek a használata baleseti helyszínek, dugók elkerülését teszi lehetővé. Biztosítja, hogy egy adott közlekedési szituációban a lehető legrövidebb időn belül éri célba a jármű. Csökkennek a torlódások és biztonságosabbá válik a közutak használata.

A navigációs rendszer által használt digitális térkép kódjaihoz helyszínek kódokat rendeltek. A bekövetkező eseményeket szintén kódolták. (A digitális kódolás a CEN/ISO 14819-1,2,3 szabvány szerinti.) A kódokhoz tartozó tényleges üzenet nyelve szabadon választható, feltéve, hogy az eseménytábla készítője a választható nyelveken elkészítette a szöveges üzenetet. Az üzenetkódok és időpontok sugárzása és vétele FM, vagy digitális (DAB) rádiócsatornákon történik, anélkül, hogy az a normál rádióműsor vételét zavarná.

Maguk az aktuális (RTTI – Real Time Traffic Information) közlekedési információk különböző forrásokból kerülnek az RDS-TMC központba, illetve a rádióállomáshoz. Ilyenek az útfelügyelet, az Útinform, a rendőrség, az úti menti közlekedési kamerák, forgalomérzékelő hurkok, vagy a *közlekedő járművek adatai*. Ez utóbbiak kétfélek lehetnek: a G-FVD és a C-FVD, azaz a GPS-alapú Floating Vehicle Data és a Cellular Floating Vehicle Data. Az első esetben a közlekedő járművek adott időközönként GPRS-en keresztül közlik GPS helyszínek kódjukat a központtal. A központ a kapott adatokból képes következtetni a járművek sebességére, ezáltal az adott útvonal forgalmi szituációjára. A második esetben a járművek fedélzetén „együtt utazó” mobiltelefonok cellaváltási sebességéből tud képet alkotni a központ az adott útvonal forgalmi szituációjára.

Európa országaiban, amint az a *6. ábrán* feltüntetett térképen jól látható, széles körben elterjedt az RDS-TMC rendszerek használata. Az adott országok FM-rádiócsatornáin többnyire titkosítás nélkül, ingyenesen elérhető a szolgáltatás. Csehország, Szlovákia, Szlovénia és Magyarország csatlakoztak az EU-s „CONNECT Euro-regional project”-hez és ennek keretében folyik az egységes rendszer bevezetésének előkészítése.

#### 5. Összefoglalás

A cikkben röviden áttekintettük azt a szakmapolitikai környezetet, amelybe a különböző kommunikációs csatornáknak, mint az intelligens közlekedési rendszerek kiemelkedő fontosságú komponenseinek, be kell illeszkedniük. A kitekintés megmutatta, hogy a fenntartható fejlődés, az élhető környezet, a környezetvédelem és

egyéb célok eléréséhez – adott erőforrások mellett – a közlekedésfejlesztést kifinomultabb rendszerekkel kell végezni a jövőben. Az ITS fontos részét képezi Európa és hazánk közlekedéspolitikájának.

Elemzésünkben bemutattuk, milyen vezeték nélküli technológiák alkalmasak a különböző közlekedési rendszerek közötti szünetmentes adatkommunikáció megvalósítására. A legnagyobb technológiai kihívást a hálózatok „ad-hoc” jellege adja. A tervezésnél három fontos kihívással kell szembenézni: a hálózatot gyors, ugyanakkor bizonyos mértékig előre jelezhető topológiaváltozás, gyakori szakadások és csekély redundancia jellemzi. Megoldást jelenthet a CALM szabványon alapuló kommunikációs eszközök alkalmazása, ezek ugyanis képesek az éppen rendelkezésre álló vezeték nélküli csatornák közötti, adatvesztés nélküli váltásra.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy mind a vezetékes, mind a mobil kommunikáció esetén a szabványos protokollok széles tárházára lehet támaszkodni. Mindamellett adott ITS alkalmazás esetében tisztában kell lennünk a funkcionális követelményekkel ugyanúgy, mint a használható protokollok korlátaival – legyenek azok technológiai, vagy gazdasági jellegűek.

#### A szerzőkről

**NÁDAI LÁSZLÓ** a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán szerzett informatikus mérnöki oklevelet 1994-ben, doktori fokoztatást 2003-ban védte meg ugyanitt. Jelenleg a Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetében dolgozik tudományos főmunkatársként, illetve a Budapesti Műszaki Főiskola Közlekedésinformatikai és Telematikai Egyetemi Tudásközpontjának fejlesztési igazgatója. Szakterületei a dinamikus rendszerek modellezése, a rendszeridentifikáció, a közlekedésinformatika, valamint a kutatás-fejlesztési projektek stratégiai tervezése és menedzselése.

**KOVÁCS ROLAND** okleveles villamosmérnöként végzett 1997-ben a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán, illetve az Universitát Karlsruhe Villamosmérnöki Karán. Jelenleg a Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. szoftverfejlesztési csoportvezetője, illetve a Budapesti Műszaki Főiskola Közlekedésinformatikai és Telematikai Egyetemi Tudásközpontjának fejlesztési igazgatója. Szakterületei a biztonságkritikus szoftverrendszerek tervezése, fejlesztése, validációja, telematikai rendszerek tervezése, fejlesztése, rendszerszimuláció, valamint intelligens közlekedési rendszerek fejlesztése.

#### Irodalom

- [1] [http://ec.europa.eu/transport/white\\_paper/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/white_paper/index_en.htm)
- [2] [http://www.kvvm.hu/cimg/documents/k\\_zleked\\_spolitika\\_2.pdf](http://www.kvvm.hu/cimg/documents/k_zleked_spolitika_2.pdf)
- [3] [http://www.itktb.hu/engine.aspx?page=MITSkazdo\\_hun](http://www.itktb.hu/engine.aspx?page=MITSkazdo_hun)

# Közlekedéshez kifejlesztett szenzorhálózat kiépítése, tesztelése és előnyei a forgalomirányításban

SZÜCS GÁBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
szucs@tmit.bme.hu

**Kulcsszavak:** kooperatív és járműazonosító szenzorok, integrációs teszt, Smart Dust szenzor, útvonaltervezési algoritmus

A közlekedési balesetek egy jelentős részét a járművezetőhöz jutott információk pontatlansága, hiánya okozza. Jelen publikáció tárgya az információk bizonytalanságát csökkentő megoldások vizsgálata a biztonságosabb közlekedés megvalósítása céljából. A TRACKSS Európai Unió projekt a biztonság növelését a közlekedésben használt szenzorok hálózatba kapcsolásával és magasabb szintű felhasználásával kívánja elérni. Ebben a projektben különböző innovatív, infrastruktúrába és járműbe építhető új kooperatív szenzorokat dolgoztunk ki. A koncepció rövid bemutatásán kívül a publikációban a kooperatív, tudásmegosztó szenzorhálózat kidolgozott tesztelési módszere is tárgyalásra kerül. A cikk végül rávilágít arra, hogy az útvonaltervezési algoritmusok hogyan tudják a megosztásból származó plusz információkat felhasználni.

## 1. Bevezetés

A közlekedésben már régebb óta használnak érzékelőket és összekötik őket, hogy azok egymásnak elküldhessék az információkat. Azonban a hálózat kialakítás jelentőségét – ahol minden szenzor kommunikál minden másikkal – csak most kezdik igazán felismerni, hisz ezzel olyan széleskörű információmegosztás jöhet létre, ami a rendszer használójának minőségi ugrást jelent.

Egy Európai Unió projekt, a TRACKSS (Technologies for Road Advanced Cooperative Knowledge Sharing Sensors) [1] egy Kooperatív Közlekedési Rendszer (Cooperative Transport System, CTS) kifejlesztését célozta meg, mely megosztott intelligenciával rendelkezik, az infrastruktúra és a járművek közötti információáramlás olyan, hogy a közlekedés minél biztonságosabb és hatékonyabb legyen.

Ebben a projektben különböző új, illetve továbbfejlesztett szenzorokat és egy információmegosztó szenzorhálózatot dolgoztunk ki. Amíg az intelligens rendszerek az intelligens rendszerelemek (érezékelők, készülékek stb.) alapultak, addig a kooperatív rendszerek kulcsszava a kommunikáció, azaz a rendszerelemeknek is kooperatív módon kell működniük: ehhez meg kellett alkotni egy új modellt [2] a rendszer objektumai közötti információ megosztására, az ehhez kapcsolódó kutatás volt az egyik tudományos kihívás a projekt során.

## 2. A TRACKSS szenzorhálózata

A projektben kifejlesztésre kerültek különböző innovatív, közlekedési infrastruktúrába (útfelszín alá, közlekedési lámpába, oszlopra) és járműbe építhető kooperatív szenzorok, melyek a következők voltak:

- **Járműazonosító szenzor** (VI – Vehicle Identification), mely közeli infravörös tartományban működő jármű–jármű kommunikációt valósít meg.

- **Környezeti mennyiségmérő szenzor járműben** (SV – Smart Dust Vehicle)
- **Környezeti mennyiségmérő szenzor infrastruktúrában** (SI – Smart Dust Infrastructure)  
Az SV és SI egy olyan időjárásérzékelő állomás, mely különböző környezeti, fizikai mennyiségek mérésére alkalmas, mint hőmérséklet, páratartalom, fényerő; mindez jól használható a közlekedési rendszerekben is [3].
- **Radar-szenzor** (AR – AC20 Radar), amely egy továbbfejlesztett, érzékeny radar.
- **Felszín feletti forgalommérő szenzor** (AS – Airborne sensor)  
Légi járműre (helikopterre vagy léghajóra) erősíthető gépjárműforgalmat monitorozó egység.
- **Infrastruktúrába épített videokamera** (CI – Video Cameras Infrastructure), azaz valamilyen fix helyre rögzíthető videokamera.
- **Járműbe épített videokamera** (CV – Video Cameras Vehicle), ami egy dinamikus nagyfelbontású CMOS kamera, melyet a Boschnál fejlesztettek ki.
- **Jégérzékelő detektor** (IC – Ice Detector)  
A Fiat kutató intézetében, a CRF-ben (Centro Ricerche Fiat) laboratóriumi tesztelés alatt álló víz-, hó- és jégérzékelő detektor.
- **Induktív hurok** (IL – Inductive Loop)  
Megnövelt érzékenységgű, járműtípus detektálásra is alkalmas induktív hurok.
- **Lézeres járműérzékelő** (LS – Laser Scanners), amely egy továbbfejlesztett lézeres járműérzékelő detektor.

A közlekedési rendszer alkalmazási lehetőségeire három scenáriót deklaráltunk a projektben:

- jármű-scenárió,
- útkereszteződés-scenárió,
- hálózat-scenárió.

A *jármű-szenárió* a járművezetőkre vonatkozó helyzeteket, forgatókönyv lehetőségeket tartalmazza. Az *út-kereszteződés-szenárióban* egy kisebb infrastruktúrális részen (tipikusan egy útkereszteződésben) előfordulható szituációkra (gyalogos, jármű interakció) dolgoztunk ki megoldási módokat. A *hálózat-szenárió* egy nagyváros közlekedési helyzeteire, forgalmi állapotaira koncentrálva ad beavatkozási lehetőségeket több alforgatókönyv figyelembe vételével.

### 3. A tesztelés fázisai

A projektben kidolgoztunk egy olyan kiértékelési módszertant, amely átfogóan az alacsony szintű tesztelés-től a magas szintű, egész rendszerre vonatkozó ellenőrzésig terjed; ennek főbb részei, ahogy az 1. ábrán látható: a komponens-, az integrációs és a rendszerteszt.

#### Komponens-teszt

Az innovatív szenzorok kifejlesztése után végzett laboratóriumi tesztet tekintjük komponens tesztnek, ahol minden szenzor külön komponenst képvisel. A tesztet a gyártók végezték azt vizsgálva, hogy a termékük megfelel-e a tervezett specifikációnak; az így letesztelt szenzor kerülhetett ugyanis csak tovább a következő fázis-hoz, az integrációs tesztbe.

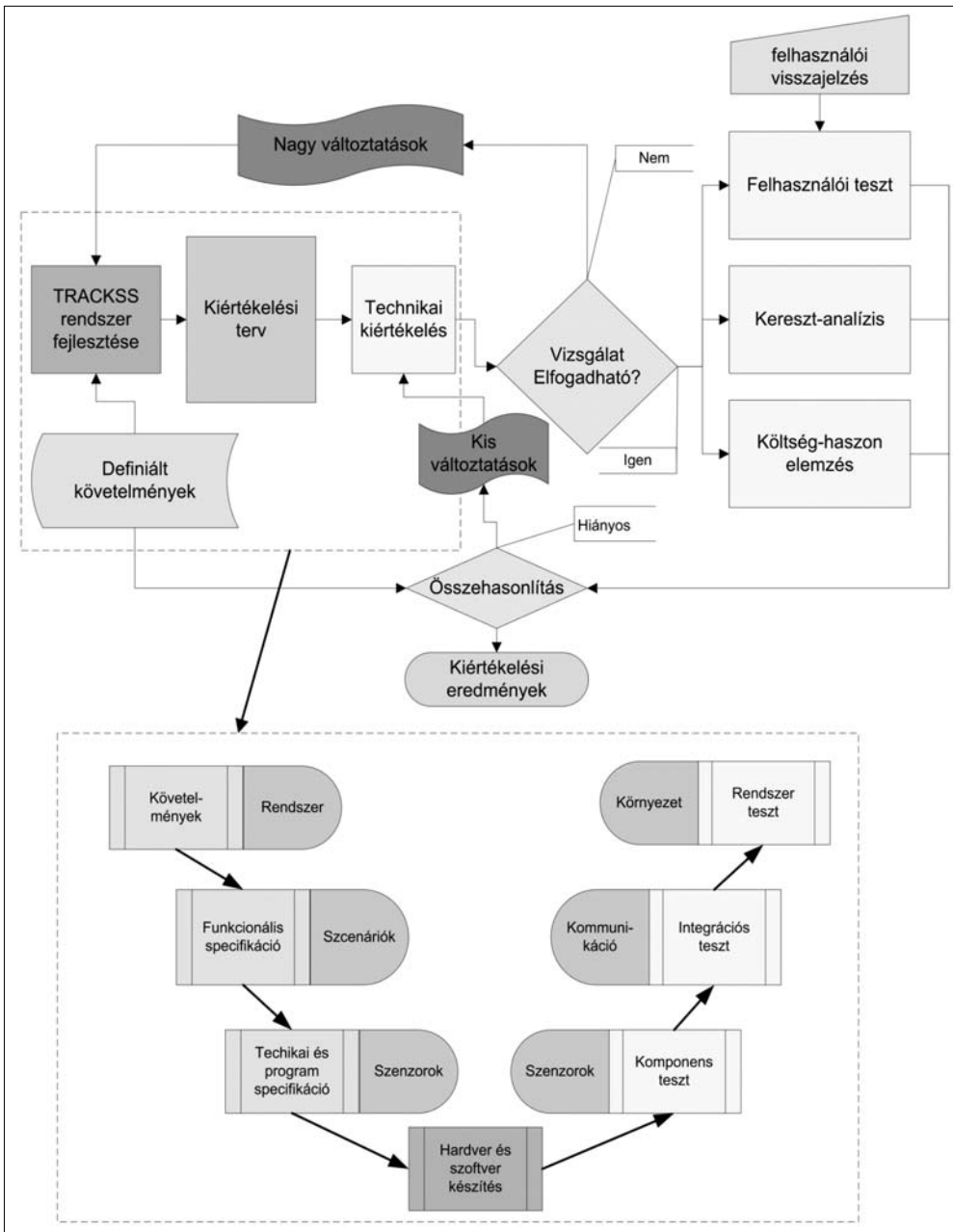
#### Integrációs teszt

Az integrációs tesztbe tartozik a komponensek, jelen esetben a szenzorok összekapcsolásának tesztelése. Ebbe beletartozik a kommunikáció létesítése az érzékelők között, a szenzoroknak a megfelelő helyre való illesztése, a kommunikációk tesztelése statikus helyzetben (és ahol lehet menetközben).

#### Rendszerteszt

A rendszerteszt annyiban több, mint az integrációs teszt, hogy ott már nem csak komponenspárok kerülnek ellenőrzésre, hanem az összes olyan szenzoregyüttes (végső soron a teljes rendszer), amely előfordulhat működés közben is. Ezen kívül a rendszerteszt már valódi környezetben történik, olyan körülmények között, ami bevezetés után is előfordulhat. A projektben a körülményeket a különböző szenáriók, valamint az időjárási körülmények határozták meg.

A rendszertesztben túlmenően (ahhoz szorosan kapcsolódóan) el kellett végezni olyan kiértékelési feladatokat is, melyek túlmutatnak a műszaki jellegű teszteken. Így a kiértékeléshez hozzátartozik egy keresztanalízis is, ahol a különböző szenáriók összevetése történik; felhasználói teszt, melynél a végfelhasználó ellenőrzi a rendszer használhatóságát; valamint gazdasági szempontból a költség-hason elemzés.



1. ábra  
A kiértékelés menete

#### 4. Integrációs teszt

Helyhiány miatt nem mutatjuk be az összes integrációs tesztet, csak a Vehicle Identification és a Smart Dust szenzorok közti tesztelést.

A *Vehicle Identification* (VI) járműazonosító szenzor két fő része a VI kamera és a VI adókészülék (emitter). A kamera egy alacsony felbontású gyors CCD kamera dekódoló algoritmussal, hogy interpretálni tudja a jeladó által küldött üzeneteket. Az adókészülék egy közeli infravörös (NIR: near-infrared) LED-alapú emitter, mely beépített kontrollert használ az azonosító (szám) kódolására a megadott protokoll szerint és ennek megfelelően emittálja az azonosítót időközönként villogó fény formájában.

A *Smart Dust Infrastructure* (SI) szenzor egy MIB520-as (USB csatlakozású) programozó kártyából és egy MPR2400 MICAz vezeték nélküli (ZigBee) mérőrendszerből áll. MIB520-as kártya USB-n keresztül PC-hez köthető és ez képezi a szenzor bázisállomását. A MPR2400 MICAz mérőberendezés képes a külső környezeti mennyiségek mérésére, mint a fényerő, hőmérséklet, atmoszférikus nyomás. A *Smart Dust Vehicle* (SV) szenzor ugyanezekből a részekből épül fel azzal a különbséggel, hogy a beépítés nem a közlekedési hálózat infrastruktúrájába, hanem a járműbe történik.

A két szenzor közti integrációs teszt előkészítése, kialakítása és végrehajtása a következő lépésekben történt:

##### Kommunikáció létesítése a VI és az SV érzékelő között

A TRACKSS rendszerben egy egységes XML alapú üzenetváltási protokoll működik, melynek neve KSM (Knowledge Sharing Model), így a VI és az SV közti kommunikáció kialakításának első lépése a két érzékelő KSM-el való bővítése volt, ezután következett a bővített szenzorok közti kommunikáció létesítése.

##### VI és SV szenzorok beépítése a teszt-személyautóba

A tesztautó külsejére rögzítésre került a külső környezeti mennyiségek mérésére alkalmas készülék (2. ábra), az autóba pedig be lett építve a VI kamera és egy PC (notebook) megfelelő szoftverekkel.

##### Kommunikációk tesztelése

Az összes kommunikációt teszteltük: a járműben elhelyezett vezetékkel összekötött (KSM-en keresztül kommunikáló) VI és SV, valamint a vezeték nélküli kommunikációt.

Ez utóbbiból két fajta volt: az infravörös VI és a SI/SV által használt ZigBee rádiós kommunikáló. A tesztelések statikus módon, azaz álló autóval történtek.

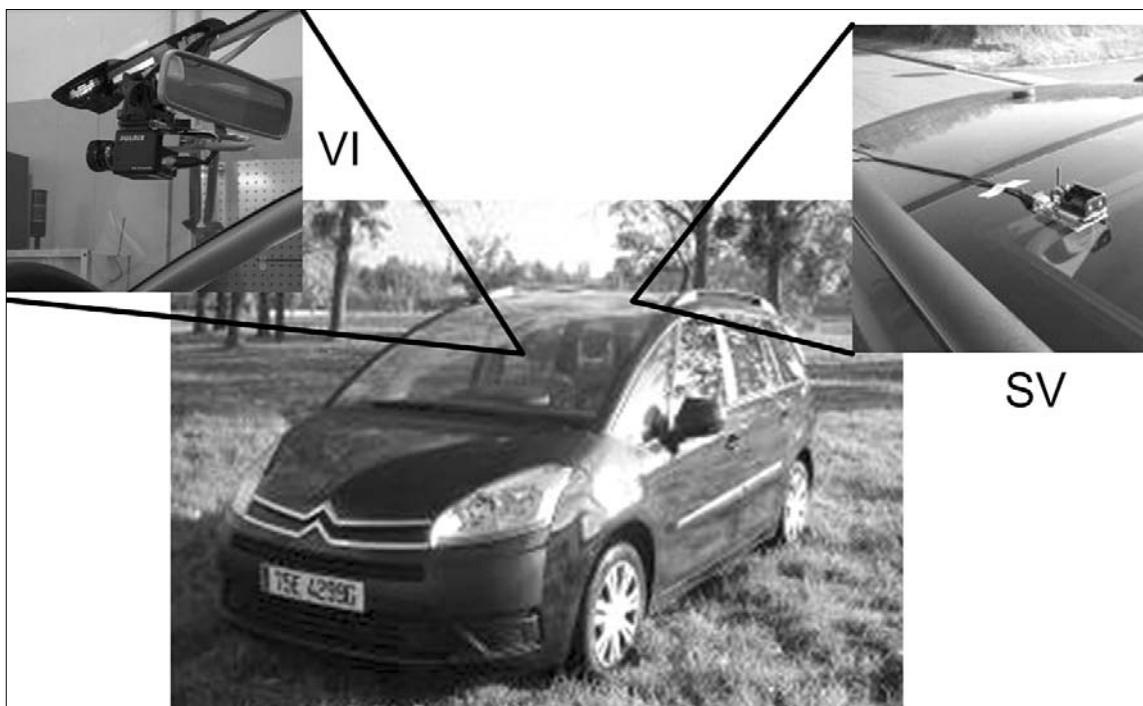
##### Kommunikációk tesztelése menetközben

A teszt az előző ponthoz hasonló volt, azzal a változtatással, hogy az álló autó helyett mozgó tesztautóval történt. A járművezetők szempontjából két típusú közlekedési információval végeztük el a tesztet:

- közlekedésitábla-típushoz tartozó információval (azonosítószám);
- közlekedési lámpához tartozó információval (szín, valamint az az idő, ameddig még ez a szín fennáll).

#### 5. Rendszerteszt

A TRACKSS teljes rendszertesztje tartalmazza mindhárom scenárióra vonatkozó teszteseteket több helyszínen (Berlin, Versailles és Valencia) külső körülményeket is figyelembe véve: napszakok, időjárási körülmények, forgalmi viszonyok. A teljes teszt ismertetése túllépi a jelenleg használható kereteinket, ezért csak részleteket mutatunk meg a jármű-szenárióra vonatkozóan.



2. ábra  
Két szenzorral  
felszerelt  
tesztautó

A *jármű-szenárió* rendszerteszt lényege, hogy több különböző közlekedési helyzetben vizsgáljuk meg a kifejlesztett új szenzorok használhatóságát. Az egyik közlekedési szituációtípus vezetés közben a táblák és lámpák észlelése, a rájuk vonatkozó információk begyűjtése. Az erre vonatkozó tesztet a VI, SI, SV szenzorokkal felállított tesztkörnyezetben lehetett elvégezni.

A teszt célja az volt, hogy prezentálni tudja a közlekedési tábla típusának detektálását és azonosítását elegendő távolsággal a tábla előtt, hogy a járművezetőnek időben lehessen küldeni egy figyelmeztető értesítést.

A tesztkörnyezet kialakítása (3. ábra) egy másodrendű úton történt. 50-es sebességkorlátozó táblához (ezen kívül „sebességkorlátozás vége” tábla, veszélyt jelző tábla, veszély végét jelző tábla is tesztelésre került) helytünk el egy VI és egy SI emittert. Rájuk kívül egy másik kódot sugárzó VI és SI emitter került egy távolabbi közlekedési lámpa mellé. A közlekedési tábla illetve lámpa felé a VI kamera és SV érzékelővel felszerelt tesztautó 70 km/h-s sebességgel közeledett.

Másik közlekedési szituációtípus egy autó követése [4]. A VI szenzorok segítségével a jármű azonosítása, követése megoldható úgy, hogy az elől haladó autó azonosító információt sugároz magáról, amit az őt követő venni tud, sőt a szenzor a két jármű távolságát is képes meghatározni.

## 6. A tesztelés kiértékelése

A teszt során mindkét szenzortípus párban működött, azaz VI emitter és VI kamera között, valamint a SI emitter és SV érzékelő között volt kommunikáció, a járműbe épített két szenzor pedig vezetékes kapcsolaton keresztül kommunikáltak egymással. Az emitterek broadcast üzenetben sugározták a megadott jeleket.

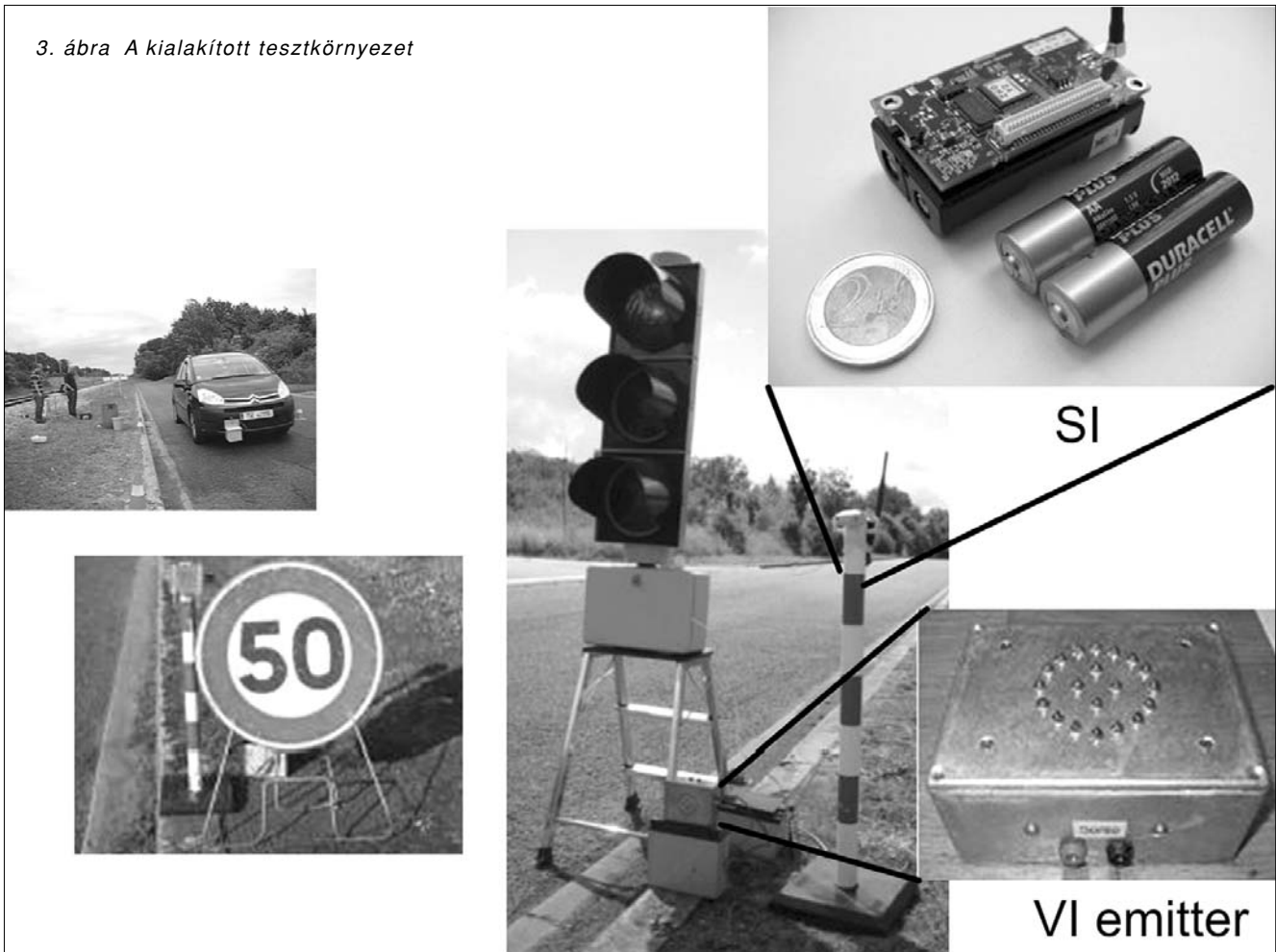
Az 50-es sebességkorlátozó tábla esetén a két szenzor megerősítés céljából kooperált egymással. A megerősített információ a jármű fedélzeti monitorán (display) jelenik meg a vezető számára.

A közlekedési lámpa esetén a két szenzor erős kooperációban működött együtt: a VI emitter a lámpa azonosító kódját küldte, az SI emitter pedig a lámpa színének kódját, valamint azt az időt, ameddig ez a szín még fennállt.

A következő oldali, 1-2. táblázatokban láthatjuk az SV, VI szenzorok kiértékelésének összesítését a teljes tesztkörnyezetben különböző kvantitatív és kvalitatív követelmények szempontjából.

Megjegyzés: Statikus esetben, amikor a kommunikáció álló Smart Dust adó és vevő között történt, akkor a 70 méteres távolság tesztje jól sikerült. Azonban mozgó jármű esetén ez a kommunikációképes távolság csökkent, 112 km/h-es sebesség esetén pedig ez 50 méter ( $\pm 5$  m) volt.

3. ábra A kialakított tesztkörnyezet



<b>SV (Smart Dust in Vehicle)</b>		
<i>Tesztelt követelmény</i>		<i>Kiértékelés</i>
<b>SV-F-0</b>	A Smart Dust szenzornak képesnek kell lennie 2,4 GHz 250 kbit/s IEEE 802.15.4 (Zigbee) vezeték nélküli kommunikációra.	Átment
<b>SV-F-1</b>	A Smart Dust kommunikáció legalább 70 m-es távolságot kell, hogy áthidaljon.	Átment, lásd megjegyzés
<b>SV-F-2</b>	A szenzor információt kell, hogy nyújtson a hőmérsékletről, fényerőről, a levegő páratartalmáról, gyorsulásról, atmoszférikus nyomásról.	Átment
<b>SV-F-3</b>	A szenzornak képesnek kell lennie jármű monitorozásra, adatgyűjtésre, feldolgozásra valóságos környezetben.	Átment

1. táblázat  
SV szenzor  
tesztelésének  
eredménye

A járműdetektálás tesztelésekor elvileg két típusú hiba fordulhat elő:

- a referencijármű (az érzékelővel felszerelt) előtt haladó járművet nem detektálja a szenzor,
- nem létező járműre detektálást jelez hibásan.

Az első típusú hiba nem fordult elő sem a 21 km-es nyílt tesztvezetésen, sem a 8 km-es autókövetési tesztvezetésen; azaz 100%-osan felismerte a tesztautó az előtte haladó járműveket, amint az a 3. táblázatban látható. Amásodik típusú hibának (téves riasztás) két oka lehetett: csillogófény-hazárd, ahol a követendő jármű egy részéről csillogó fény verődött vissza; illetve környezetifény-hazárd, ahol a fák lombja közt átszűrődő fény okozott a környezetéhez képest nagyobb fényintenzitást. Az érzékelő mindkét esetben tévesen értelmezte a jelet, az összesített eredményt a fenti, 3. táblázat tartalmazza.

### 7. Útvonalkeresés

Az információ megosztása és kombinálása több szereplő számára is igen fontos. A TRACKSS-ben továbbfejlesztett, illetve újonnan kifejlesztett szenzorok új információkkal tudnák ellátni a közlekedési szakembereket, illetve a járművezetőket az útvonaltervezésben úgy, hogy ezeket az információkat megadják az útvonaltervezési algoritmusoknak.

A sebességkorlátozó közlekedési tábla nem csak statikusan képzelhető el, hanem gyorsforgalmi utak esetén az autópálya kijelzőkön dinamikusan megadható egy korlát, illetve ajánlás a haladási sebességre. Ez a legközelebbi út útvonalának tervezésekor hasznos információ. Egy másik nagyon hasznos információ a közlekedési lámpa váltásának időpontja (mennyi ideig piros vagy zöld még a jelzés). Az útkereső algoritmusok ezt

<b>VI (Vehicle Identification)</b>		
<i>Tesztelt követelmény</i>		<i>Kiértékelés</i>
<b>VI-F-0</b>	A VI szenzornak képesnek kell lennie dekódolnia az egyedi jármű azonosító információt.	Átment
<b>VI-F-1</b>	A szenzor képes kell, hogy legyen lokalizálni detektált járművet, azaz meghatározni a referencia és a detektált jármű közti távolságot.	Átment
<b>VI-F-2</b>	A hatótávolságnak (a max. távolságnak, amin belül a jármű azonosítható) legalább 100 méternek kell lennie.	Átment (100-300 m)
<b>VI-F-3</b>	Az azonosításhoz szükséges idő maximum 1/3 másodperc kell, hogy legyen.	Átment (100 ms)
<b>VI-F-4</b>	Az azonosítók száma legyen a lehető legnagyobb (számukat korlátozza a használható kamera-frekvencia): az azonosítók száma legalább 10 biten legyen ábrázolható.	Átment

2. táblázat  
VI szenzor  
tesztelésének  
eredménye



Teszt	Hiba típusa	Hibák száma	Tesztvezetés hossza	Relatív hibaszám
Nyílt úton, forgalom nélkül	1. típusú hiba	0	21 km	0
	2. típusú hiba (téves riasztás)	5	21 km	0,24 db / km
Forgalomban, követendő járművel	1. típusú hiba	0	8 km	0
	2. típusú hiba (téves riasztás)	0	8 km	0

3. táblázat  
Jármű-  
detektálás  
tesztjének  
eredménye

úgy tudják figyelembe venni, hogy ha pont piros jelzés elejére érkezne a viszonylag közelben levő jármű, akkor ezt az ágat büntető súlyozással látják el (lehet, hogy egy másik úton haladva egy másik lámpánál zöldet kap, így a büntető súlyozás miatt a pirosat elkerüli); vagy ha pont zöld jelzés elejére érkezne a jármű, akkor ezt az ágat jutalmazó súlyozással látják el.

A járművek akkor keresnek új optimális útvonalat (azaz valamilyen szempontból legrövidebb útvonalat), amikor egy elágazáshoz, vagy útkereszteződéshez érkeznek. Az útvonalkereső algoritmus lelke a számítógéphálózatokból jól ismert Dijkstra-algoritmus.

Az algoritmus bemenete egy súlyozott irányított gráf és egy kiindulási csúcspont:  $V_0$ . Az algoritmus a futása során a gráf minden egyes  $V$  csúcspontjára nyilván tartja a  $V_0$  és a  $V$  közötti, a futás során addig legrövidebbnek talált út költségét: jelöljük a  $V$  csúcshoz tartozó ilyen értéket  $D(V, V_0)$ -val. Az algoritmus indulásakor ez az érték 0 a kiindulási pontra és végtelen a gráf minden más pontjára. Ez megfelel annak a ténynek, hogy kezdetben nem ismerünk egyetlen utat sem, ami a kiindulási pontból a többi pontba vezetne.

Az algoritmus két ponthalmazzal dolgozik: *vizsgált* és *nem vizsgált* halmazzal. A *vizsgált* halmaz tartalmazza a gráfnak azokat a pontjait, amelyekre  $D(V, V_0)$  értéke már a legrövidebb út költségét adja meg, és a *nem vizsgált* halmaz tartalmazza a gráf többi csúcspontját. A *vizsgált* halmaz kezdetben az üres halmaz, és az algoritmus minden egyes iterációja során egy csúcspont átkerül a *nem vizsgált* halmazból a *vizsgált* halmazba. Ezt a csúcspontot úgy választjuk, hogy megnézzük melyik pontnak a legalacsonyabb a  $D(V, V_0)$  értéke.

Amikor egy  $U$  csúcspont átkerül a *nem vizsgált* halmazból a *vizsgált* halmazba, akkor az összes  $(U, V)$  élre, azaz az  $U$  pont összes  $V$  szomszédjára leellenőrzi az algoritmus, hogy az addig ismert legrövidebb utak tovább rövidíthetőek-e úgy, hogy vesszük a kiindulási ponttól az  $U$ -ig vezető legrövidebb utat és hozzáadjuk a  $(U, V)$  él költségét. Ha így kisebb költségű utat kapunk, mint az eddig ismert legrövidebb út, akkor az algoritmus a  $D(V, V_0)$  értékét ezzel az új, kisebb értékkel helyettesíti.

A TRACKSS-ben a szenzorok által szolgáltatott új információk birtokában módosíthatjuk az  $(U, V)$  élek költségét: Ha például az időbeli legrövidebb utat keressük, akkor a költség az él megtételéhez szükséges idő lesz

valamilyen időegységben megadva. A sebességkorlátozás ezt a becsült időt fogja módosítani. Ha az egyik  $V$  pontban közlekedési lámpa van, akkor annak a jelzését a következőképpen vesszük figyelembe: a  $V$  pontba érkezésre jósolt piros jelzés esetén a  $V$ -hez vezető él költségét megnöveljük annyival, amennyit előre láthatóan várni kell majd a pirosnál, ellenkező esetben a költséget változatlanul hagyjuk (költséget csökkenteni is lehetne zöld jelzés esetén, ha az élhez rendelt alapértelmezett költség nem a minimum, hanem egy közepes érték lenne).

A  $D(V, V_0)$ -n kívül minden csúcshoz tartozik egy  $Előző(V)$  érték is. Ebben azt tároljuk, hogy a hozzá tartozó legrövidebb út melyik előző csúcson keresztül valósul meg. Azaz minden egyes „útrövidítés” esetén az adott csúcshoz feljegyezzük, hogy melyik csúcsból értük el. Így az algoritmus futásának befejezésével a  $D(V, V_0)$  érték minden csúcshoz a kiindulási csúcsból a  $V$  csúcshoz vezető legrövidebb út költségét fogja tartalmazni és egy adott  $V$  csúcsból kiindulva pedig az  $Előző(V)$  értékeken végigsétálva kiolvasható visszafele ez az útvonal.

## 8. Összefoglalás

A jelen cikkben felvázolt munka a vége felé tart, jelenleg a kiértékelés folyik: az integrációs teszt befejeződött, a rendszerteszt egy része sikeresen lezajlott, a másik felét most végezzük Berlinben, Párizs mellett és Valenciában. A rendszer legnagyobb újdonsága az újszerű szenzorokban (ilyenek például az útfelszín különböző állapotait, a vizet, jeget detektáló érzékelő és további innovatív szenzorok) és az együttműködésben rejlik.

Az együttműködés több mint a szenzorok egyszerű kommunikációja, hiszen nem csak küldik, sugározzák egymásnak az információkat, hanem a legtöbb esetben kölcsönösen fel is használják azt [5]. Megosztják egymás között az érzékelt és begyűjtött információkat, valamint néhány esetben a meglévők alapján következtéseket vonnak le: új információk születnek a TRACKSS rendszer úgynevezett Data Fusion [6] modulja segítségével, ahol több információ egyesítésével a járművezetők számára megbízhatóbb, biztosabb információval szolgálnak, ezáltal csökkentik a balesetek bekövetkezésének valószínűségét.

## Köszönetnyilvánítás

A munka részben a TRACKSS EU projektben valósult meg, részben pedig a Bolyai János Kutatási ösztöndíj támogatásával készült. A szerző ezúton mond köszönetet a TRACKSS projektben való részvételi lehetőségért és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai ösztöndíjáért.

## A szerzőről

**SZÜCS GÁBOR** 1994-ben villamosmérnök diplomát, 2002-ben Ph.D. fokozatot szerzett a műszaki tudományok informatika tudományágában a BME-n. Három éven át a KFKI MSZKI-ban dolgozott nagybonyolultságú rendszerek modellezési és optimalizációs módszerein, majd 1997-től a BME-n kutat és oktat. Több hazai és nemzetközi közlekedéssel foglalkozó projektben vett részt, többek között a PATRIC COPERNICUS, OSSA és TRACKSS uniós projekteken. Kutatási területéhez tartozik a közlekedési rendszerek vizsgálata, mesterséges intelligenciával vezérelt szimuláció. A nemzetközi tudományos életben is részt vesz, jelenleg a Hungarian Simulation Society (EUROSIM) alelnöke és a McLeod Institute of Simulation Sciences Hungarian Center igazgatóhelyettese.

## Irodalom

- [1] TRACKSS project, 2006.  
<http://www.trackss.net/>
- [2] Szűcs Gábor,  
Kooperatív közlekedési rendszerek nemzetközi megoldásai TRACKSS projekt kapcsán,  
Közlekedéstudományi Szemle, LVII. évf., 2007. dec.,  
pp.466–470.
- [3] M. A. Abdel-Aty, R. Pemmanaboina,  
Calibrating a Real-Time Traffic Crash-Prediction Model  
Using Archived Weather and ITS Traffic Data,  
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Sys.,  
Vol. 7, No. 2, June 2006,  
pp.167–174.
- [4] J. C. McCall, M. M. Trivedi,  
Video-Based Lane Estimation and Tracking  
for Driver Assistance: Survey, System, and Evaluation,  
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Sys.,  
Vol. 7, No. 1, March 2006,  
pp.20–37.
- [5] Marqués, A.,  
Cooperative Sensors Making use of  
a Common Knowledge Sharing Model,  
ITS Word Congress, Beijing, China, October 2007.
- [5] Tucker, M.,  
Sensor Fusion for  
Intelligent Vehicle Highway Systems,  
TRW advances, 4th quarter 2006, Issue 27,  
pp.13–16.

## Hírek

Új biztonsági szoftvert fejlesztett az amerikai **Sunbelt Software**. A **VIPRE** névre keresztelt program az új keresőmotorjának köszönhetően kiváltja az önálló antivírust és a kémprogram-eltávolító szoftvereket. A megoldás egyrészt a Sunbelt már meglévő programjára, a CounterSpy kémprogram-adatbázisára támaszkodik, amely mintegy 10 millió kártevőt tartalmaz, ezzel a világ egyik legnagyobb károkozó adatbázisa. A program új, proaktív vírusirtó motorja szakít a klasszikus védelmi megoldások felépítésével és teljesen új emulációs, illetve viselkedés-elemző eljárásokat alkalmaz. Öt-éves fejlesztése során a Sunbelt a szakma legelismertebb fejlesztőit is alkalmazta az új filozófiájú biztonsági szoftver kialakításához, mely egyéni felhasználók és vállalatok számára egyaránt elérhető, két különálló antivírus és antispyware program licencénél kedvezőbb árával a biztonsági szoftverpiac jelentős átalakítására készül.

\* \* \*

A Cisco bemutatta **Cisco Virtual Office** nevű megoldását, amely egyetlen eszköz segítségével „házhoz viszi az irodát”, azaz a területileg egyre inkább szétszórta dolgozó munkaerőt alkalmazó közepes- és nagyvállalatok igényeit kívánja kielégíteni azáltal, hogy alkalmazottaik számára elérhetővé teszi az üzleti csoportmunka-alkalmazásokat és szolgáltatásokat a vállalati központon kívül is. A Cisco Virtual Office megoldás egy központilag menedzselt eszköz, amely magában foglalja a hálózati (routing, switching), biztonsági, vezeték nélküli és szabályfelügyeleti funkciókat és nem utolsósorban az IP-telefóniát, így rendkívül biztonságos video-, hang-, adat- és vezeték nélküli szolgáltatást nyújt a felhasználóknak. Rugalmasságának köszönhetően az alkalmazottak szinte bárhol dolgozhatnak az irodai íróasztaluknál megszokott technológiákkal és szolgáltatásokkal. Az eszköz automatikus, előre beállított telepíthetőségének köszönhetően a „beavatkozás nélküli” telepítéssel a vállalatok több ezer helyszínre is kiterjeszthetik irodájukat, miközben biztosak lehetnek abban, hogy alkalmazottaiknál minimális a hibák lehetősége, így informatikai segítségnyújtásra sem szorulnak.

\* \* \*

A **Microsoft** és a **Novell** bemutatta közös virtualizációs megoldását, amelyet a vegyes forráskódú környezetet használó ügyfelek számára optimalizáltak. A közös ajánlat tartalmazza a Novell SUSE Linux Enterprise Server rendszerét, amelyet úgy állítottak be, hogy optimalizált vendégrendszerként fusson a Windows Server 2008 Hyper-V operációs rendszeren. Az ajánlatot a vállalatok partnerei is támogatják, például a Dell a Massachusetts állambeli közös együttműködési laborban fogja tesztelni a megoldást, amely az első olyan átfogó és teljes mértékben optimalizált virtualizációs eszköz, amely a Windows és Linux környezet közötti átjárhatóságot lehetővé teszi az ügyfeleknek.

# Kommunikációs megoldások közlekedési információk terjesztésére járművek közötti hálózatokban

MÁTÉ MIKLÓS, VIDA ROLLAND

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék,  
Nagysebességű Hálózatok Laboratóriuma (HSNLab)  
{mate, vida}@tmit.bme.hu

**Kulcsszavak:** autók közötti kommunikáció, útvonalválasztás, adatterjesztés

A közúti járműforgalom optimalizálása a dugók és balesetek elkerülésével fontos gazdasági érdek. A megoldást jelentő számítógépes vezetősegítéshez hatékony kommunikációs hálózat szükséges, az információk gyors és megbízható továbbításának érdekében. Jelen cikk egy rövid áttekintést nyújt az autók közötti kommunikációban használt útvonalválasztási és üzenetterjesztési megoldások főbb tervezési irányvonalairól.

## 1. Bevezetés

Az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transportation Systems, ITS) a járművekbe és a közlekedési infrastruktúrába (utakba, útszéli eszközökbe, közlekedési táblákba) beépített érzékelőkből, kijelzőkből és beavatkozókba álló rendszerek, melyek célja a közlekedés biztonságának és az utak kapacitásának növelése, valamint egyéb kényelmi funkciók ellátása, a járművezetők tájékoztatása és kisebb beavatkozások (például automatikus sebességszabályozás) által. Felismerve az ilyen rendszerek iránt fellépő igényeket, a legtöbb autógyártó folytat ezirányú kutatásokat. A konkurenciaharc folytán az autógyártók által kínált megoldások a közlekedés többi résztvevőjétől független döntések meghozatalára készítik fel a járműveket, így a vezetők tájékoztatása félrevezető lehet.

Az akadémiai kutatások ezzel szemben főképp a járművek közötti kommunikáció segítségével megosztott információ alapján történő beavatkozás és vezető-tájékoztató lehetőségeit és alkalmazhatóságát vizsgálják,

felhasználva a vezeték nélküli ad-hoc és szenzorhálózatok terén elért eredményeket.

Ha egy jármű például jelentősen megváltoztatja a sebességét, akkor ezt megüzenheti a szomszédos járműveknek, azok pedig értesíthetik a vezetőiket a kialakult helyzetről anélkül, hogy az autóknak egymás sebességét mérniük kellene. A szomszédos járművek folytatják az üzenet terjesztését, így távolabbi autók vezetői már azelőtt értesülhetnek az eseményről, mielőtt látnák az azt kiváltó okot. Ha az út mentén egy kiépített vészjelző hálózat bázisállomásai vannak telepítve, akkor azok használatával az üzenetek gyorsan „teleportálhatók”, és már a távolabbi kereszteződésekben elkerülő útvonalakat lehet javasolni a vezetők számára. A közlekedésbiztonsággal összefüggő alkalmazások természetesen megbízható és kis késleltetésű adatátvitelt igényelnek, ám ezek egymásnak ellentmondó követelmények.

Az ábrán is látható, hogy a járművek vezeték nélküli kommunikációja a hagyományos ad-hoc hálózatokkal rokon, azonban attól gyökeresen eltérő tulajdonságo-



Autók közötti  
ad-hoc  
kommunikáció

kat is mutat. Az autók sokkal nagyobb sebességgel képesek mozogni, mint más ad-hoc hálózati csomópontok, az akkumulátorok kapacitása nem korlátozza a csomópontok által küldhető üzenetek mennyiségét, és a városban az interferencia szintje is jóval magasabb lehet; ennek köszönhetően az így létrejövő hálózatban a szomszédossági kapcsolatok sokkal instabilabbak, ami a hálózat összefüggőségének gyakori megszűnésével, több, egymáshoz nem kapcsolódó partíció kialakulásával jár.

Mindemellett a rendszerbe bekapcsolódó, különböző gyártóktól származó eszközök felépítése is jelentősen eltérhet egymástól, ami miatt a kommunikáció során a résztvevők képességeinek egyeztetése és a mérések koordinálása is szükségessé válhat a vészhelyzetek gyors és megbízható felismerése érdekében. Ezen okok miatt az autók közötti kommunikáció során a hagyományos ad-hoc hálózatokra kifejlesztett kommunikációs protokollok nem, vagy csak jelentős változtatásokkal alkalmazhatók.

## 2. Útvonalválasztás

Számtalan ad-hoc útvonalválasztó protokoll létezik, és ezek több szempont szerint is csoportosíthatók [1]. Az egysíkú (flat) címzésű protokollok esetében minden csomópont azonos szerepet tölt be, és a globálisan optimális útvonal megtalálása a cél. Ezzel szemben a hierarchikus protokollok csoportosítják a csomópontokat, és kiemelt állomások segítségével gyorsabban felderíthető, de nem feltétlenül optimális útvonalakat keresnek.

Az útvonalak felderítése és karbantartása történhet folyamatosan (proaktív módszer), vagy igény szerint (reaktív módszer). A proaktív módszer állandó többletterhelést okoz az adatforgalomtól függetlenül, viszont mentes a reaktív módszer esetén fellépő nagy kezdeti késleltetéstől. Az útvonalinformációk terjesztése kétféle módon történhet. A „distance-vector”-módszer alapja az, hogy a csomópontok a szomszédokkal egyeztetik, melyik célállomás milyen útvonalon érhető el. A „link-state”-módszer esetén a szomszédossági információkat minden csomópont szétküldi az egész hálózatnak, így a változásokról hamarabb értesülhetnek a távoli csomópontok, némileg nagyobb többletterhelésért cserébe.

A csomópontok helyzetének ismerete is segítheti az optimális útvonal megtalálását, amennyiben a pozícióinformáció elérhető a hálózatban résztvevő eszközök számára. Szabad térben ez a földrajzi koordináták felhasználását jelenti műholdas helyzetmeghatározó eszközök (GPS) segítségével. Autók esetében ez a technológia lassan az alapfelszerelések részévé válik és ha az út egy egyenes országút, úgy a probléma akár a koordináták alapján történő „mohó” továbbítással is megoldható.

Általános esetben ennél összetettebb útvonalválasztó algoritmusokra van szükség, ugyanis az utak gyakran kanyarodnak és elágaznak, az épületek és más te-

reptárgyak pedig akadályozzák a rádióhullámok terjedését, ezért többnyire nem lehetséges vagy nem érdemes az üzeneteket egy egyenes mentén terjeszteni [2]. A mai navigációs rendszereknek többnyire része egy digitális térkép, ennek a felhasználásával el lehet kerülni a lokális döntések következményeként kialakuló zsákutcákat és az ebből fakadó megnövekedett késleltetést.

A nagy mobilitás miatt az útvonalak felderítése és karbantartása az autók közötti kommunikáció során nehézségekbe ütközik. Az útvonalválasztó protokollok ezt a járművek mozgásának predikciójával ellensúlyozzák, a digitális térkép alapján ugyanis az autók jövőbeni pályája jól becsülhető. A legtöbb pozíció-alapú ad-hoc útvonalválasztó protokoll mohó továbbítást alkalmaz, ez a közlekedési hálózatokban kizárólag egy útszakasz mentén elfogadható, az útkereszteződésekben mindenképpen döntést kell hozni a további útvonalról a zsákutca elkerülésének érdekében [3]. Zsákutcanak természetesen nemcsak az számít, ami az autók számára zsákutca, hanem az is, ha az út visszakanyarodik, vagy túl ritkán vannak az autók és emiatt elakad az üzenet [4].

Ez utóbbi helyzet elkerülése érdekében az útvonalválasztás során figyelembe lehet venni a járművek várható eloszlását, és előnyben részesíteni azokat az útvonalakat, ahol nagy járműsűrűség várható. Az erre vonatkozó információk akár folyamatos forgalomfigyelésből származó aktuális adatok is lehetnek, ha a központ lekérdezésére van rádiós erőforrás. Ha a zsákutca elkerülése nem sikeres, akkor sem biztos, hogy azonnal kerülő utat kell keresni. Helyette inkább a jármű várható továbbítással, amíg kedvező szomszédossági viszonyok jönnek létre, és megtörténhet, hogy mindez kisebb késleltetést eredményez.

Az ehhez hasonló „tárol-továbbít” technika (melyet az irodalomban gyakran hívnak „data mule”-nak, azaz adathordó öszvérnek) bonyolult döntési algoritmusokat igényel, és csak statisztikailag tud késleltetés-csökkenést garantálni [5].

## 3. Üzenetterjesztés

A közlekedésbiztonsággal összefüggő üzenetterjesztés többnyire nem két végpont közötti útvonal felderítését igényli. A kommunikáció sokkal inkább multicast (többesadás) jellegű, vagyis egy forrás, amely észlel valamilyen vészhelyzetet, szétküldi az arról szóló értesítést minden olyan járműnek, melyet érinthet az adott vészhelyzet vagy az annak következtében kialakult forgalmi torlódás. Mivel az egyes járművek nem tudhatják, hogy melyek azok a szomszédok, amelyeket értesíteni kell (például ki az, aki a vészhelyzet irányába szeretne menni), ezért elküldik mindenkinek. Ennek fontos következménye, hogy minden csomópont üzenetszórással (broadcast) adja tovább a szomszédainak a csomagokat, így nem egyszerű megoldani az ütközések elkerülését és a nyugtázott átvitelt.

A megbízható adattovábbításhoz szükség van az üzenet vételének visszaigazolásra. Ha minden szomszédos csomópont vevőnek számít, akkor a legbiztosabb, ha az adás után az összes vevő nyugtát küld. Ezt azonban szintén koordinálni kell az ütközések elkerülése végett és a mobilitás miatt is könnyen meghiúsulhat a művelet. A megbízhatóságot nem csökkenti lényegesen az, ha csak egy kiválasztott szomszédtól vár nyugtát az adó [6], a művelet időigénye viszont jelentősen csökken ezáltal, ami a kommunikáció célját tekintve rendkívül fontos szempont.

### 3.1. Irányított üzenetszórás

A pozícióinformáció felhasználásával elosztott módon is kiválasztható az a szomszédos jármű, amelyik a legtávolabb van, vagyis várhatóan a legnagyobb területet fogja hozzáadni a lefedettséghez amikor továbbküldi az üzenetet. Hasonlóképpen meg lehet találni azt a szomszédot is, amelyik ráadásul a terjesztés irányába esik, így a globális cél elérése lokálisan mohó módszerrel is segíthető.

A megfelelő csomópont kiválasztása többnyire azon a megoldáson alapszik, hogy a forrás jelzésére a vevők a saját pozíciójukat figyelembe véve válaszolnak; minél rosszabbnak ítélik azt az üzenetszórás célját és irányát tekintve, annál később. Az lesz közülük a továbbító, amelyik a leghamarabb küldi a választát, ezt ugyanis hallja a többi várakozó csomópont és abbahagyják a folyamatot. A válasz lehet egy konkrét időpontra időzítve [7], vagy véletlenszerűen választva egy adott intervallumból (contention window) [8]. Az egyes intervallumok lehetnek diszjunktak, vagy kezdődhet mind nullától; ez utóbbi megoldás nem feltétlenül jól priorizál, de csökkentheti a késleltetést.

A vevők természetesen a forráshoz képest különböző irányokban helyezkednek el, ezért nincsenek mindnyájan egymás adóközetében. Ennek megfelelően megtörténhet mégis, hogy több válasz is visszaérkezik. Ilyenkor a forrásnak kell közülük választani, a csomag fejlcében megnevezve azt a szomszédját, amelyiktől a nyugtát várja és amelyiknek az üzenetet tovább kell adnia. Ha azonos időben érkezik több válasz és ütköznek a jelentkezések, akkor természetesen újra kell kezdeni a folyamatot.

Globálisan optimális terjesztési stratégiák vizsgálatával felderíthetők az üzenetek terjesztésének gyorsaságára és megbízhatóságára vonatkozó elvi határok [9]. Az erre vonatkozó elemzések tanulsága szerint az egy lépéses üzenetszórás megbízhatóságának hatása a távolsággal (azaz a lépések számával) arányosan csökken és ezt a hatást a járművek sűrűségének növekedése csak fokozza. Következésképpen az üzenetszórás megbízhatóságát nem érdemes mindenáron növelni, inkább a járművek sűrűségének függvényében kell azt szabályozni.

### 3.2. Forgalmi állapot terjesztése

Az autók közötti kommunikáció fontos része az aktuális forgalmi állapot (Traffic and Travel Information –

TTI) ismertetése a többi járművel, hogy azok a kapott információk alapján megtervezhessék vagy éppen módosíthassák az útvonalukat. Az üzenetek hatékony terjesztése rendkívül fontos a rádiós erőforrások szűkössége miatt, ezért érdemes azt adaptív algoritmusokkal korlátozni mind térben, mind időben.

Az *időbeli korlátozás* annak szabályozása, hogy a TTI üzeneteket a csomópontok milyen gyakorisággal küldjék szét a hálózatban. A legegyszerűbb megoldás az állapot periodikus ismertetése; ez nagy jelzésforgalmat generál, viszont minden járműnél mindig rendelkezésre állnak az aktuális információk. Ha a járművek csak akkor kezdeményeznek üzenetterjesztést, amikor valamilyen fontos eseményről tájékoztatni akarják a többi járművet, akkor kevesebb üzenet keletkezik [10]. Ebben az esetben, ha egy adott területről nincs információ, akkor feltételezni kell, hogy ott nem történt semmilyen esemény, ami lehet, hogy téves biztonságérzetet eredményez.

A terjesztés gyakoriságának adaptív beállítása is elképzelhető, például a vett üzenetek alapján, összehasonlítva az új információkat a korábban gyűjtött adatokkal [11]. A beérkező esemény lehet erősítő vagy gyengítő jellegű az adott járműre vonatkozóan, attól függően, hogy az adatszórás gyakoriságot növeli, vagy csökkenti. A módszer hátránya, hogy a korábbiaktól nagyon eltérő új TTI nagy terjesztési gyakoriságot válthat ki, ami jelentősen leterhelheti a hálózatot. A rendszer paramétereinek pontos beállítását az is nehezíti, hogy az optimális értékük erősen függ a terjesztendő TTI tulajdonságaitól.

A hálózatban jelenlevő felesleges üzenetek kiszűrése érdekében az időbeli korlátozás mellett *térbeli korlátozásra* is szükség van. Egy TTI üzenet csak egy adott útszakasz állapotát ismerteti, ezért nem minden jármű számára érdekes a tartalma. Mivel a járművek mozgása kötött az úthálózat által, elvileg meghatározható az a terület, ahol az adott üzenet hasznos információt hordoz, ezért el kell juttatni oda. Az ad-hoc útvonalválasztáshoz hasonlóan itt is alkalmazhatók proaktív és reaktív sémák: a data-push modell szerint egy adott célkörzeten belül proaktívan kell terjesztetni az üzeneteket, míg a data-pull modell szerint a forgalmi állapotot el kell juttatni a lekérdezőnek.

A *data-push modell* esetén a legfontosabb kérdés a célterület meghatározása. Ez történhet például a forrás által meghatározott terjedési függvény segítségével, ami egy kétváltozós (X,Y koordináták), egy-értékű függvény (domborzat), ahol a minimum helyek jelölik ki a célterületet és a terjedés egy minimum-keresés a gradiens mentén [12]. A módszer hátránya, hogy valós környezetben a terjedési függvény tetszőlegesen bonyolult lehet, ráadásul a forrás csak az úthálózat alapján állítja össze azt, mert nem ismeri a járművek eloszlását.

Egy másik lehetséges módszer a lokalizálásra a csomagok véletlenszerű eldobása, aminek következtében az üzenetek által a megtehető útvonal hossza korlátozható [13]. A továbbadási valószínűség beállításával szabályozható a lefedési terület mérete, a keresztező-

désekben pedig átállítható, ha a következő útszakaszon kisebb vagy éppen nagyobb valószínűséggel vannak olyan járművek, amelyeket érdekel az adott üzenet. A módszer előnye, hogy nem igényel bonyolult számításokat és állapotátrolást a csomópontokon, viszont az adattovábbítás nem megbízható és a lefedési terület alakja is csak statisztikailag határozható meg.

A vészhelyzetről szóló értesítést térben és időben korlátozó „helyi riasztó rendszer” is ebbe a kategóriába sorolható [14]. Itt minden eseménynek van egy célkörzete és egy érvényességi ideje. A célkörzeten belül minden járműnek tudnia kell a riasztásról, de ehhez elég csak a terület határán áthaladó útszakaszokon tartani egy-egy példányt az üzenetből (token) és ott periodikusan szórni az áthaladó járművek számára. Természetesen a token hordozója is mozog, ezért át kell adnia azt egy másik járműnek, mielőtt elhagyná a biztonsági sávot. Az üzenet érvényét veszti a célkörzeten kívül és a riasztás lejártá esetén.

A *data pull modell* ezzel szemben főleg kérdés-válasz alapú megoldásokat takar; egy jármű úgy értesül egy megadott útszakasz aktuális állapotáról, hogy elküldi oda egy lekérdezést, amire egy ottani jármű válaszol [15]. A módszer előnye, hogy csak annyi üzenet van a hálózatban, amennyi ténylegesen szükséges és a lekérdezés sebessége is javítható az üzenetek cache-elésével.

A két módszer keveréke a kihirdetés-feliratkozás (publish-subscribe) séma, ahol a feliratkozások terelik a megfelelő irányba az üzenetszórást [16]. Annak érdekében, hogy minden vevő megkapja az üzenetet, másolatokat (replica) hoznak létre; a másolatok mennyiségét és élettartamát szabályozni kell a vevők számának és a hálózat terheltségének függvényében.

#### 4. Infrastruktúra-alapú és hibrid megoldások

A tisztán ad-hoc megoldások mellett léteznek kiépített infrastruktúrára alapuló, például cellás mobil hálózatokat is felhasználó megoldások, a csak a járművekből álló hálózat ugyanis ezekhez képest kevésbé megbízható, és nem képes külső információforrásokat elérni. Az infrastruktúra-alapú kommunikáció felhasználási lehetőségei is szélesebbek, hiszen nemcsak a balesetmegelőzést szolgálhatja, hanem akár vezeték nélküli internet-elérést is biztosíthat a járművek utasai számára.

A felhasználható technológiák széles skálán helyezkednek el, a Wireless Wide Area Network (pl. a GPRS, UMTS), a Wireless Metropolitan Area Network (pl. a WiMAX) és a Wireless Local Area Network (pl. a Wi-Fi) kategóriák minden tagja potenciálisan alkalmas az autók és az infrastruktúra közötti kommunikáció megvalósítására [17].

A technológiák közötti választás a szükséges sávzélesség, a rendelkezésreállítás és a költségtényezők alapján történhet. A költségbe természetesen nemcsak a szükséges hardverberuházás, hanem a szolgáltatás

előfizetése is beletartozik, lévén hogy a meglévő infrastruktúrák főleg kereskedelmi célúak.

A kétféle módszer együttes alkalmazása is elképzelhető, kis távolságra ugyanis egy ad-hoc hálózat kis késleltetést és gyors kapcsolatfelépítést tud nyújtani, míg egy GPRS kapcsolat kiépítése sok időt vesz igénybe, ám segítségével tetszőleges távolságra el lehet juttatni az információkat egy kialakult dugó vagy baleset helyszínéről [18]. A nagyobb kereszteződésekben elhelyezett Wi-Fi-bázisállomások ezáltal a város egészéről szolgáltathatnak forgalmi információkat, így az autók időben értesülhetnek az eseményekről és szükség esetén módosíthatják az útvonalukat.

### 5. Összefoglalás

Az autók közötti vezeték nélküli kommunikáció jelentősen különbözik a többi ad-hoc hálózattól, elsősorban a csomópontok nagy sebessége és az úthálózathoz kötött mozgás miatt. Az ad-hoc hálózatokra kifejlesztett útvonalválasztó algoritmusok bizonyos mértékben hozzáigazíthatók ehhez a környezethez a GPS által szolgáltatott pozícióinformáció felhasználásával és a járművek mozgásának predikciójával. A kooperatív dugóelkerülés és a vészhelyzettel kapcsolatos információk terjesztése azonban alapvetően más kommunikációs sémára épül; az üzeneteknek nem egy meghatározott célállomáshoz kell eljutniuk, hanem egy adott körzeten belül minden járműhöz. Erre a feladatra egy irányított üzenetszórással kombinált korlátozott elárasztás sokkal alkalmasabb, mert kevesebb erőforrást igényel, mint az útvonalak folyamatos karbantartása.

Az itt bemutatott ad-hoc technológiák kombinálhatók a kiépített infrastruktúrákkal; a kétféle kommunikáció együtt hatékonyabb forgalomszabályozást tesz lehetővé és mindemellett folyamatos internetkapcsolatot is tud biztosítani. A számos megoldás ellenére az autók közötti kommunikáció tématerülete nem tekinthető lezártnak, hiszen rengeteg még a nyitott kérdés és az algoritmusok optimalizációjára is mindig van lehetőség. A tématerület napjainkban egyre fontosabb, ezért a kutatás intenzitásának növekedése és hasonló rendszerek egyre jelentősebb elterjedése várható a közeljövőben.

#### A szerzőkről

**MÁTÉ MIKLÓS** doktorandusz a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén, az MSc fokozatát is itt szerezte 2007-ben. Kutatási területei közé tartoznak többek között a skálázható útvonalválasztó protokollok és a hatékony információterjesztési stratégiák ad-hoc hálózatokban.

**VIDA ROLLAND** docens a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszéken. Egyetemi diplomáját a kolozsvári Babes-Bolyai Tudományegyetemen szerezte 1996-ban, évfolyamelsőként. MSc disszertációját az Institut Nationale Polytechnique de Grenoble vendéghallgatójaként írta 1997-ben, PhD fokozatát pedig a párizsi Pierre et Marie Curie Tudományegyetemen szerezte meg 2002-ben. 2003-2005 között Békésy György, 2007-ben pedig Bolyai János Kutatási ösztöndíjat kapott. Az utóbbi öt évben több mint 30 nemzetközi konferencia szervezésében vett részt, dolgozott számos nemzetközi és hazai kutatási projektben, oktatott hálózatokkal kapcsolatos tárgyakat Magyarországon, Romániában és Szlovákiában. 2008-ban megválasztották a HTE Külgügyi Bizottságának elnökévé.

## Irodalom

- [1] Xiaoyan Hong, Kaixin Xu, Mario Gerla, „Scalable Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks”, IEEE Network Magazine, Vol. 16, pp.11–21., July 2002.
- [2] J. Tian, L. Han, K. Rothermel, „Spatially Aware Packet Routing for Mobile Ad Hoc Inter-Vehicle Radio Networks”, in Proc. of IEEE Intelligent Transportation Systems, Vol. 2, pp.1546–1551., Shanghai, China, October 2003.
- [3] C. Lochert, et al., „Geographic routing in city scenarios”, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R), Vol. 9, No.1, pp.69–72., January 2005.
- [4] G. Liu, B.-S. Lee, B.-C. Seet, C.H. Foh, K.J. Wong, K.-K. Lee, „A routing strategy for metropolis vehicular communications”, in Proc. of ICOIN'04, the International Conference on Information Networking, Busan, Korea, pp.134–143., February 2004.
- [5] J. Zhao, G. Cao, „VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks”, in Proc. of IEEE Infocom 2006, Barcelona, Spain, April 2006.
- [6] G.. Korkmaz, E. Ekici, F. Özgüner, „An efficient fully ad-hoc multi-hop broadcast protocol for inter-vehicular communication systems”, in Proc. of ICC'06, IEEE International Conference on Communications, Istanbul, Turkey, pp.423–428., June 2006.
- [7] H. Fuessler, H. Hartenstein, J. Widmer, M. Mauve, W. Effelsberg, „Contention-based forwarding for street scenarios”, in Proc. of WIT 2004, the 1st International Workshop in Intelligent Transportation, Hamburg, Germany, pp.155–159., March 2004.
- [8] E. Fasolo, R. Furiato, A. Zanella, „Smart broadcast algorithm for inter-vehicular communications”, in Proc. of WPMC'05, International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Alborg, Denmark, September 2005.
- [9] G. Resta, P. Santi, J. Simon, „Analysis of multi-hop emergency message propagation in vehicular ad hoc networks”, in Proc. of MobiHoc'07, the 8th ACM Int. Symposium on Mobile Ad hoc Networking and Computing, New York, USA, pp.140–149., 2007.
- [10] S. Goel, T. Imielinski, K. Ozbay, „Ascertaining viability of Wi-Fi based vehicle-to-vehicle network for traffic information dissemination”, in Proc. of the 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.1086–1091., October 2004.
- [11] L. Wischhof, et al., „Adaptive Broadcast for Travel and Traffic Information Distribution Based on Inter-Vehicle Communication”, in Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, June 2003.
- [12] D. Sormani, et al., „Towards Lightweight Information Dissemination in Inter-Vehicular Networks”, in Proc. of ACM VANET'06, Los Angeles, CA, USA, September 2006.
- [13] M. Máté, R. Vida, „Probability-based information dissemination in urban environments”, in Proc. of Eunice'08, Brest, France, Sept. 2008.
- [14] Q. Sun, H. Garcia-Molina, „Using ad-hoc inter-vehicle networks for regional alerts”, Technical Report, Department of Computer Science, Stanford University, 2005.
- [15] M. D. Dikaiakos, et al., „Location-Aware Services over Vehicular Ad-Hoc Networks using Car-to-Car Communication”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, No.8, October 2007.
- [16] I. Leontiadis, C. Mascolo, „Opportunistic Spatio-Temporal Dissemination System for Vehicular Networks”, in Proc. of MobiOpp'07, San Juan, Puerto Rico, USA, June 2007.
- [17] A. Eriksen et al, „D.CVIS.3.1 Reference Architecture”, Technical Report, CVIS Project, 2006.
- [18] H. Wu, R. Fujimoto, M. Hunter, R. Guensler, „An Architecture Study of Infrastructure-based Vehicular Networks”, in Proc. of MSWiM'05, the 8th ACM International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Montreal, Canada, October 2005.



# Az elektronikus útdíjszedés hazai bevezetésének feltételei

SIPOSS ÁRPÁD

Állami Autópálya Kezelő Zrt, Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ  
siposs.arpad@kkk.gov.hu

**Kulcsszavak:** úthasználati díj, autópályadíj, díjpolitika, elektronikus díjszedés, interoperabilitás

*A közúti közlekedésben – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – immár hazánkban is elfogadottá vált, hogy bizonyos járművek után, kijelölt úthálózati elemeken útdíjat kell fizetnünk. A kérdés az, hogy hol, mennyit, hogyan, és a bevételeknek mi lesz aztán a sorsuk? A cikkben bemutatásra kerülnek a küszöbön álló közúti díjszedési reform kiváltó okai, a tisztázandó díjpolitikai célok, a különböző megoldások hatásai, illetve mindezeket a változtatásokat lehetővé tévő technológiai megoldások.*

A hazánkban 12 éve indult autópálya-díjszedés eleinte háromféle díjszintű és díjkategóriájú kapus rendszerben működött. Egységesítésük 2000-ben kezdődött meg a matricás rendszer fokozatos bevezetésével, amelynek eredményeként 2004. márciusára egy országosan egységes díjszedési rendszer alakult ki.

Ebben a matricás díjszedési rendszerben sikerült elérnünk azt, hogy az úthasználók túlnyomó többsége mára már elfogadja az autópálya díjat, mint finanszírozási formát. Az elfogadottság mértéke – piackutatásonként és kérdésfeltevésenként különböző mértékben – a kétharmados, sőt a háromnegyedes arányt is eléri! A közvéleménykutatásokban az elfogadottság lényegesebb feltételeit is sikerült azonosítani: az elfogadható díjszint, a keletkező bevételek maradéktalan visszaforgatása (szolgáltatási díj és nem adó jelleg), valamint a magasabb szolgáltatási színvonal a legfontosabb az úthasználók szemében.

## 1. A díjpolitikai váltás szükségessége

A 2253/1998. (XI.25.) Kormányhatározat 3.1. pontja alapján a jelenleg hatályos hazai díjpolitika alapelve, hogy „a gyorsforgalmi utak használati díja a jövőben legalább azok üzemeltetésének, fenntartásának és időszakszerű felújításának költségeit fedezze”. A jelen időszakban dinamikusan bővülő gyorsforgalmi úthálózaton az egyre növekvő területi elérhetőség miatt a rendszeres úthasználók kereslete – ha bár lassan is, de folyamatosan – az éves matricák felé tolódik el.

Az időtartammal arányos átalánydíjas matricás rendszer problémája, hogy a díjköteles hálózat növekedésével nem nő arányosan a bevétel, az nem támogatja a rövid távú autópálya használatot, továbbá a gyakori úthasználók aránytalanul kevesebbet fizetnek. A díjpolitika kereteit meghatározó EU 2006/38/EK irányelvvel módosított 1999/62/EK irányelv – a matricák díjképzésének alacsony szinten való maximálásával – pedig átértékelően a megtett úttal arányos rendszereket preferálja.

Az érvényességi időtartamokhoz kötött, átalánydíjas matricás rendszerben meghatározható az egyes díjkategóriák éves bevételtermelő képessége és az ugyanazon díjosztályokba tartozó gépjárművek által ugyanabban az évben realizált futásteljesítmények (jármű-km) hányadaként egy úgynevezett „virtuális” díjszint. Ezt a matricás rendszer 2000-ben történt bevezetése óta folyamatosan számon tartjuk és középtávú forgalmi, valamint bevételi előrebecsléseinkben is vizsgáljuk.

Az adatok alapján megállapítható, hogy az elmúlt 8 évben a virtuális díjszintek összehasonlító áron átlagosan már felére csökkentek és amennyiben nem történne változás a tarifarendszerben, a következő 10 évben ez a trend további 50%-os bevételtermelő képesség romláshoz vezethet. A szükséges források hosszú távú biztosításához ezt a kedvezőtlen folyamatot meg kell állítanunk, ami csakis egy megtett úttal arányos tarifarendszerrel, elektronikus díjszedési (ED) technológiával lehetséges.

## 2. Egy díjpolitika legfontosabb elemei

### 2.1. Alapelvek

Az infrastruktúrák üzemeltetésének, fenntartásának és fejlesztésének legfontosabb eldöntendő kérdése az, hogy ki viselje azok terheit. Ha egy ország gazdaságának teljesítőképessége azt megengedi, akkor dönthet úgy, hogy a terheket az állam – tehát valamennyi adófizető állampolgár – viselje. Ebben az esetben el lehet tekinteni az infrastruktúra használatáért szedett díjtól. Ha a gazdaság teljesítőképessége nem teszi ezt lehetővé, akkor a finanszírozhatóság – azaz az infrastruktúrák fenntarthatósága – érdekében elkerülhetetlen a díjszedés.

Mivel a használók teherbíró képessége függ az élet-színvonalától, ezért sok esetben nem terhelhetik a teljes költséget a használókra, mert ez elviselhetetlen díjszintet és ennek folyamányaként nemzetgazdasági szinten számos negatív hatást hozó forgalomátterelővé válna eredményezne.



A díjszedésnek a forgalmat befolyásoló hatásai miatt a közelmúltban egyre inkább elterjedőben vannak az elsősorban nem feltétlenül finanszírozási forrástermelő célból, hanem a keresletek térben és időben való befolyásolása céljából alkalmazott díjszedési megoldások. Megfelelő előkészítés, módszerek és megvalósítás mellett a pozitív nemzetgazdasági hatások sem maradnak el. A közlekedési infrastruktúrák finanszírozási forrásait és az egyes díjszedési módok szabályozási hatásainak összefüggését mutatja az 1. ábra. Az egyes megoldások trenden belüli pozíciói természetesen az adott megoldás részletes szabályai szerint változhatnak.

Az ábrából jól látható, hogy mindegyik megoldásnak van mind finanszírozási, mind pedig szabályozási vetülete is. Az alkalmazni kívánt megoldás keretében e két dimenzió közötti optimum megtalálása a cél. Az összességében legnagyobb bevételeket termelni képes adókon keresztül nagyon kicsi szabályozási hatás jelentkezik, arról nem is beszélve, hogy a leggyakrabban az alanyok bizonyos csoportjainak egymáshoz képesti terhelése egyáltalán nem arányos.

Egy személygépkocsihoz képest egy nehéz tehergépjármű messze nem fogyaszt annyival több üzemanyagot, mint amekkorával tengelyterhelésénél fogva jobban igénybe veszi az útburkolatot. Beszélni kell a növekvő nemzetközi tranzitforgalomról is, amelyben résztvevők nem is biztos, hogy tankolnak hazánkban, így bármilyen módon is részt vállalnak az adóbevételekben. Ez utóbbi ok az egyik legnyomósabb a kis területű, de fekvésüknél fogva nagy tranzitot elszenvedni kényszerülő országok számára a közvetlen díjszedés bevezetésére. A másik véglét tekintetében pedig az a jellemző, hogy mi-

nél nagyobb kereslet befolyásoló hatással – azaz árugal-massággal – bír egy intézkedés, összességében annál kisebb összes bevételt képes termelni. Ezt a helyzetet még rontja az is, hogy a városi díjszedési rendszerek általában jóval magasabb költséghányaddal üzemeltethetőek, tehát kevesebb felhasználható bevétel marad például az alternatívát jelentő közösségi közlekedés fejlesztésére.

## 2.2. Díjkategóriák

A díjszedési rendszerben biztosítani kell tudni bizonyos gépjárművek (például mentők, fegyveres és rendvédelmi testületek, közútkezelők) általános, illetve – akár térben, akár időszakilag – egyedi díjmentességének kezelését. A finanszírozás átláthatósága és a közlekedők ellenőrizhetősége miatt további esetleges díjmentességek jobb, ha nem a díjpolitika, hanem a szociális ellátórendszer részét képezik.

A díjkategóriák meghatározására a matricás rendszerben használt ösztömeg alapú „D” helyett az ED rendszerben ellenőrizhető, „J” járműosztályozást javasolt használni:

- J1: legfeljebb 3,5 t ösztömegű gépjárművek és járműszerelvények;
- J2: 3,5 t feletti kéttengelyes tehergépjárművek és valamennyi autóbusz;
- J3: 3,5 t feletti háromtengelyes tehergépjárművek;
- J4: 3,5 t feletti négy vagy több tengelyes tehergépjárművek.

Az ED rendszernek – EU előírásoknak megfelelően – meg kell különböztetnie a különböző környezetvédelmi osztályba (EURO-osztályozás) sorolt gépjárműveket.

1. ábra A finanszírozás és szabályozás összefüggése

Forrás: PIARC TC 1.1.2. Final Report 2004-2007: „Pricing as a tool for funding and regulation with equity in mind”



### 2.3. Útdíjszabás

Az e-matricás technológiával működő átalánydíjas tarifarendszer egy meghatározott időszakra ad hozzáférési jogosultságot. Más országok gyakorlata alapján (A, CH, CZ, SK, SLO) a J1 járműosztály átmeneti ideig még ebben maradhat. A hazai piackutatások alapján azonban komolyan igényelt alternatívaként akár lehetőséget is lehetne biztosítani a fix áras éves (és esetleg havi?) használati jogosultság vagy egy alacsony megtett úttal arányos tarifa közötti választásra. A megkérdezett úthasználók mintegy 10%-a ugyanis a matricás tarifarendszer eseti és rövid használatokat taszító jellege miatt nem használja ma (szabályosan?) a díjas autópálya szakaszokat.

A J2, J3 és J4 járműosztályokat az ED rendszer indulásakor egyértelműen javasolt áttenni a megtett úttal arányos tarifarendszerbe. Ezen kategóriák belső tarifarendszeri, illetve technológiai szétválasztása a tehergépjárművek alkalmanként pótkocsival vagy félpótkocsival alkotott járműszerelvénnyel jellege miatt nehezen kezelhető díjszedési és ellenőrzési folyamatokat eredményezne.

### 2.4. Területi hatály

A legelterjedtebb nemzetközi gyakorlatnak megfelelően (A, CZ, D, E, F, GR, HR, I, IRL, P, PL, SLO, SRB, TR) a gyorsforgalmi (autópályák és autópályák) úthálózaton a 3,5 tonna megengedett össztömeget meghaladó gépjárművek vonatkozásában – első fázisban, körülbelül két éven belül – (J2, J3, J4 járműosztály) teljes körű, megtett úttal arányos díjkötelezettséggel érdemes számolni. Tudjuk azonban, hogy a díjasítási intézkedések hatásai túlmutatnak magán a díjköteles hálózaton. A díjmentes szakaszok alapvetően helyi és főleg politikai szinten artikulálódó kérdést jelentenek, ezért ezek egységes kezelésére is szükség van. A matricás rendszerben ezt díjkategóriánként eltérő, de úgy tűnik megnyugtató módon sikerült már kezelni.

A forgalom és az igényfelmérések alapján biztosan állítható, hogy a díjmentességnek gyakorlati értelme csak az adott település szektorforgalmának tekintetében van. Az átmenő, valamint az eredő- és a célforgalom a díjköteles szakaszokon amúgy is fizet, tehát, az elkerülő szakaszt így amúgy sem hagyná el, lakott területen való lassúbb keresztülhajtás céljából.

A magasabb tehergépjármű osztályok tekintetében már hazánkban is vizsgálat tárgyát képezte a főúthálózat is, azonban ott a települési átkelési szakaszokat kezelése alapvető – Európában eddig még sehol sem megválaszolt – kérdéseket vet fel. Ennek ellenére több országban (CZ, NL, S, SK, UK) tervezik a szélesebb körű díjkötelezettség bevezetését, amit a gyakorlati kérdések megnyugtató tisztázását követően egy következő fázisban – 3-4 éven belül – érdemes lehet megtenni.

A rendszer maximumát az útkategóriáktól független (CH) – legfeljebb eltérő díjszintekkel – díjköteles hálózati lefedettség jelentheti. Ezt az európai díjpolitikai és technológiai fejlemények függvényében körülbelül 10 éves távlatban hazánkban is érdemes megfontolni, ter-

mészetesen olyan módon, hogy ezzel a gépjárműadózás jelenlegi rendszerét kellene felváltani egy valóban felhasználás alapú megoldásra (lásd NL terveit). Ez a megoldás azért is külön érdekes, mivel a helyi, önkormányzati utakra is kiterjedne, ami igen komoly társadalmi és jogszabályi egyeztetést kíván meg.

A hálózati hierarchia szerint a mintegy 31.000 km országos közúthálózat 3%-át kitevő gyorsforgalmi utak viselik a forgalmi teljesítmények 20%-át. Ha a főúthálózatot is beleszámoljuk, úgy 25%-nyi hálózaton realizálódik a forgalmi teljesítmények 2/3-a. Az eddigi elemzésekből az látható, hogy a gyorsforgalmi utak fajlagosan 2,6-szoros bevételt hoznak a főutakhoz képest, a gyorsforgalmi és főutak együtt fajlagosan 10-szeres bevételt hoznak a mellékutakhoz képest, a gyorsforgalmi utak pedig fajlagosan 20-szoros bevételt hoznak a mellékutakhoz képest (mindenhol azonos díjszintek mellett). Ezen túlmenően az országos közúthálózat ötszörösét kitevő önkormányzati úthálózaton jelenik meg az ország forgalmi teljesítményeinek a negyede. Az ED rendszer gazdaságossága és ellenőrizhetősége függ a hálózati kiterjesztéstől.

### 2.5. Egyéb differenciálási lehetőségek

A jövőben bevezetni kívánt díjszedési technológiának kellően rugalmasnak kell lennie, hogy

- a hálózat bizonyos pontjain különböző időszakokban (napszakos, napi, heti, éves stb.) eltérő mértékű díjszintek;
- a hálózat egyes, földrajzilag eltérő pontjain, vagy az egyes útkategóriák esetében eltérő mértékű díjszintek;
- a járművek bizonyos körére díjkedvezmények alkalmazására is lehetőség legyen.

Ilyen jellegű differenciálásokra az ED rendszer megvalósítását követően, a tényleges forgalmi áramlatok hely és idő szerinti pontos ismeretének, valamint a szükséges mérték meghatározásának függvényében kerülhet sor.

Itt kell megemlíteni azt a speciális helyzetet, ami Budapestet jellemzi. Hazánkban egyetlen településként az országos közúthálózat kezelői joga a városhatárnál megáll, ami azt jelenti, hogy eltérően a többi településtől, itt nincsenek állam által finanszírozott átkelési szakaszok. Az országos átlaghoz képest sokkal magasabb gépjárműellátottsági szint és forgalmi terhelések viszont alapvető hálózati elemekké avatták a környező gyorsforgalmi utakat. Így a főváros környéki állami díjszedési intézkedéseket csakis egyeztetett módon, a város saját behajtási korlátozásaival együtt, vagy akár a díjszedés helyi – zónás, kordonpontos – megoldásaival együttesen lehet kezelni.

### 2.6. Díjszintek

Valamennyi díjpolitikai kérdés közül a díjszintek meghatározása a legnagyobb körültekintést igénylő feladat. A forgalom viselkedése elsősorban az útdíjak mértékén és csak azt követően a tarifarendszeren (átalánydíjas vagy arányos), illetve az alkalmazott technológián (ma-

nuális vagy automatikus) múlik. A nagyságrendek érzékelteése céljából a nehéztehergépjárművek vonatkozásában a 2. ábrán látható összehasonlító grafikon bemutatja a jelenlegi legfontosabb európai díjszinteket és a hazai (az adott esetre maximális, aminél kisebb is kiszabható) vizsgálati eseteket.

### 2.7. A díjbevételek felhasználása

A keletkezett díjbevételeket elsősorban a díjköteles úthálózati elemekre, illetve útkategóriákra kell, esetlegesen a közúthálózat egyéb elemeire, illetve környezetvédelmi célból más közlekedési módokra is lehet fordítani. Ennek jól definiált, átlátható mechanizmusát, az ehhez kapcsolódó publikációs és kommunikációs kötelezettségeket, továbbá a tényleges társadalmi ellenőrzés módját is meg kell teremteni. Annak érdekében, hogy a díjpolitika alapján keletkező (többlet) bevételek hosszú távon valóban a közlekedési rendszerek fenntarthatóságát szolgálják, szükséges még az általános közlekedés finanszírozási stratégia megfogalmazása is.

A hazai díjpolitika megalapozása céljából készült eddigi tanulmányok elérhetőek a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ honlapján: <http://3k.gov.hu/pages/index.jsf?p=2&id=2069> (a menüből: Projektek, pályázatok / Megtett úttal arányos elektronikus díjszedés / Tanulmányok).

## 3. A rendelkezésre álló díjszedési technológiák

Az átalánydíjas tarifarendszert manuális, papíralapú matricás vagy fedélzeti eszközt (OBU) nem igénylő elektro-

nikus matricás, a megtett úttal arányos tarifarendszert pedig alapvetően kezelőt igénylő/nem igénylő manuális kapus, illetve – egy vagy több sávon – szabad áramlású elektronikus díjszedési technológia keretében lehet működtetni.

### 3.1. Jogszabályi háttér

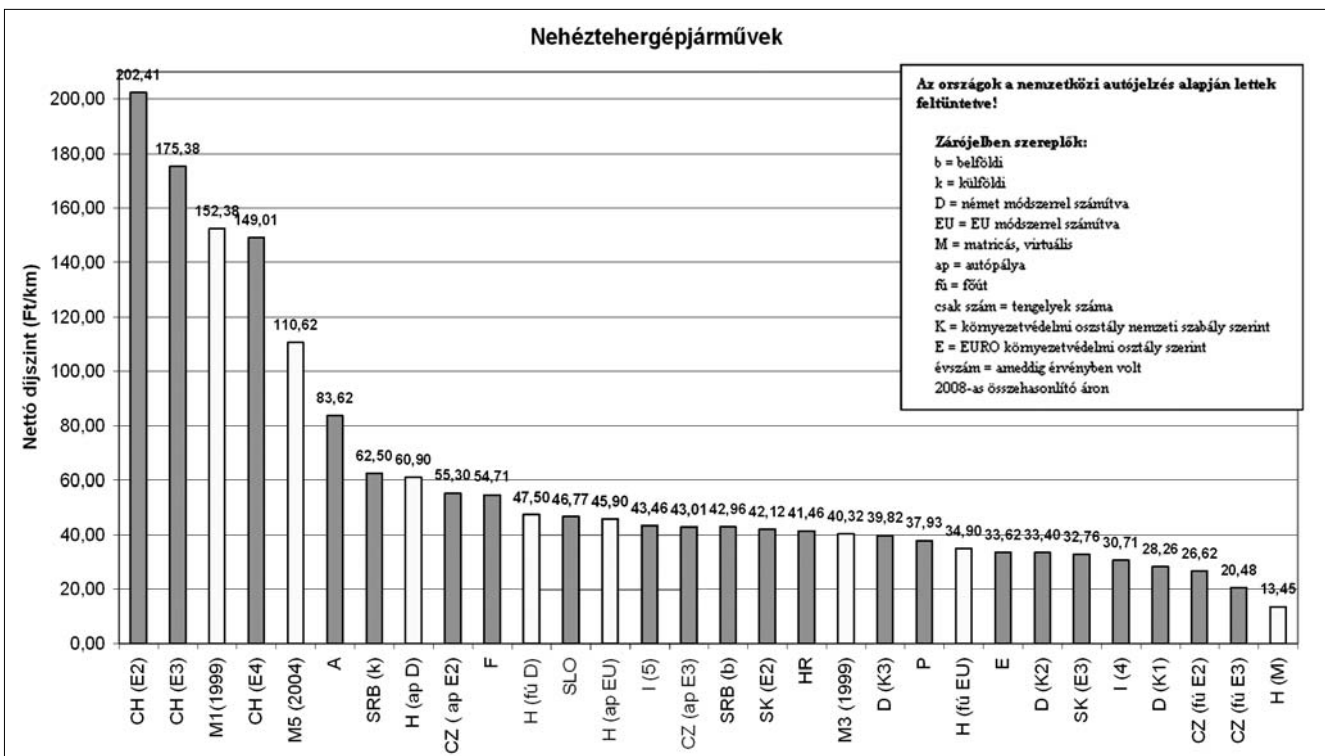
Az ED kialakításakor figyelembe kell venni az EU 2004/52/EK számú, úgynevezett „interoperabilitási” irányelvét. Ezt a 2007/47 (IV.17.) GKM rendelet ültette át a hazai jogszabályi környezetbe. Ezek szerint a fedélzeti eszközzel működő díjszedési rendszerek:

- műholdas helymeghatározás (GNSS vagy GPS),
- mobilkommunikáció (CN vagy GSM), valamint
- 5,8 GHz-es mikrohullámú technológia (DSRC) felhasználásával működhethetnek.

Az irányelv kimondja, hogy a díjszedési szolgáltatóknak az érdekelt úthasználók részére rendelkezésére kell bocsátaniuk olyan beltéri egységeket, amelyek alkalmasak az említett technológiákat alkalmazó tagállamokban üzemben lévő összes elektronikus útdíjszedési rendszer használatára, és amelyek alkalmasak – időben eltérően megadott járműosztályok szerint – mindenféle járműben való használatra.

Az irányelvben hivatkozott, az Egységes Európai Díjszedési Szolgáltatásról (EETS) részletesebb leírást adó határozatnak 2006. július 1-ig kellett volna megjelennie, azonban annak összeállítása még jelenleg is folyamatban van. Aktuális információk szerint e Bizottsági Döntésre 2008. végén vagy 2009. elején számíthatunk. E késedelmes kiadás miatt csúszni fognak az irányelvben előírt határidők is.

2. ábra A jelenlegi európai díjszintek  
Forrás: Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ, Díjstratégiai Iroda



Az interoperabilitás megteremtésében egyébként fontossági sorrendben a jogi, a pénzügyi, illetve elszámolás-technikai és csak legvégül a műszaki kérdések hátráltatják az elvárások pontos megfogalmazását.

### 3.2. DSRC (Dedicated Short Range Communication) / Mikrohullámú rendszerek

A DSRC rendszer esetében a kis méretű fedélzeti egység a jármű szélvédőjére van erősítve és a járműről, továbbá a terhelendő számláról tartalmaz információkat. Az út mentén telepített, DSRC kapukra szerelt adó-vevő egység, mikrohullámon kommunikálva a jármű fedélzeti egységével, kiolvassa a járműre, illetve a fizetés módjára vonatkozó adatokat, majd továbbítja a központba. A fedélzeti egység és a leolvasó közötti távolság maximumálisan néhány száz méter lehet.

Ez a technológia abban az esetben alkalmazható sikeresen, amikor a díjat jól körülhatárolható útszakaszokon kívánják általában nagy jármű populációtól beszédni, tipikusan autópályákon, gyorsforgalmi utakon, hidak és alagutak esetében jellemző. A rendszer kipróbált, a világ több mint 50 országában alkalmazzák, így folyamatosan bővül is. Az ellenőrzési résztől eltekintve a rendszer teljes körűen szabványosított (e hiányt 2009 elejére megszüntetik), így számos szállító kínál ilyen be rendezéseket.

### 3.3. GPS / Műholdas rendszerek

A rendszer fedélzeti egysége egy gépjárműbe épített GPS vevő, amely műholdak segítségével pontosan meg tudja határozni a gépjármű helyzetét, vagyis, hogy a jármű egy fizetés autópályaszakaszon, vagy a vele párhuzamosan haladó ingyenes úton halad-e. A pozíciónak megfelelő adatok küldése a számlázó központba GSM csatornán keresztül történik, ahol az úthasználati díjakat kiszámlázzák az előre regisztrált felhasználó számára.

Egyértelműen jövőbe mutató megoldást jelent. A rendszert sokkal könnyebb további szolgáltatásokkal kibővíteni, mint a DSRC megoldást. Ilyen módon szállítványozó cégek a műholdas rendszer segítségével egyéb flottamenedzsment szolgáltatásokhoz is hozzájuthatnak, például folyamatosan nyomon követhetik járműveik mozgását is. E technológiának létezik úgynevezett vékony és vastag kliens megoldása, ugyanakkor szabványosítása éppen csak hogy elkezdődött, és az EU ilyen irányú erőfeszítései ellenére sem várható 2011 előtt szabványosított eredmény, ami a rendszerszállítók számát, így a piaci felhasználhatóságot bizonyos mértékben korlátozhatja.

### 3.4. GSM / Mobil telefonos hálózatokra épülő rendszerek

Bizonyos kutatásokról szóló piaci hírek szerint a pozíció meghatározása és a jelenleginél fejlettebb logikájú térképi megoldások ötvözésével új, önálló megoldásként jelenhet meg a piacon. Egy skandináv helyi díjszedő rendszeren kívüli kereskedelmi alkalmazásáról nem tudunk.

## 4. Összefoglalás

A fentiekben ismertetett információkból – jóllehet sok területet csak igen felszínesen érintettünk – az olvasó láthatja, hogy az útdíjszedés milyen összetett és izgalmas kérdéskör. A nemzetközi trendek meghatározzák a díjpolitikai kereteket (lassan a környező országok többségében – legalábbis a teherforgalomra – megtett úttal arányos rendszerek működnek, ami a nemzetközi forgalmat hozzánk, az olcsóbb matrica irányába tereli), és ennek következtében a technológiai kereteket is.

Feladatunk, hogy ebben a helyzetben a hazai lakosság számára mind környezeti, mind forgalombiztonsági, mind pedig gazdasági szempontokból a legjobb és lehetőleg egy rugalmas megoldást találjunk meg.

### A szerzőről

**SIPOSS ÁRPÁD** 1991-ben végzett a BME Közlekedésmérnöki Karán. 1991-1999 között az APIG, UKIG-ben fejlesztési mérnök, koncessziós irodavezető helyettes. 1999-2003 között a NyuMA Rt. és az ÁAK Rt. díjszedési osztályvezető helyettese, osztályvezetője, 2003-tól az ÁAK Rt., UKIG, KKK díjstratégiai menedzsere, irodavezetője. 1994-1995-ben a Purdue University (USA) Építőmérnöki / Krannert Menedzsment Karán volt. Szakmai tapasztalatai között kiemelendők a díjszedési módszertanok és technológiák, EU szabályozás, matricás/tervezett elektronikus díjszedés jogi, gazdasági, társadalmi, műszaki, környezeti vonatkozásai, kommunikációs és marketing, valamint promóciós stratégiák. Őt infrastruktúra finanszírozással/díjszedéssel foglalkozó EU-projekt, illetve nemzetközi munkabizottság delegáltja. Négy hazai, illetve külföldi szakmai szervezet tagja, több, mint 20 szakmai előadás szerzője és előadója, 7 szakcikk szerzője/társszerzője. A hazai útdíjszedési rendszer egységesítéséért 2004-ban Közlekedésért Erdeméremmel tüntették ki.



# Ad-hoc sebességszabályozó algoritmus

MEZNY BALÁZS, LABORCZI PÉTER, GORDOS GÉZA

*Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány  
{mezny,laborczi,gordos}@ikti.hu*

Lektorált

**Kulcsszavak:** *vezeték nélküli ad-hoc hálózatok, adaptív sebességszabályozás, tempomat, algoritmus, szimuláció*

*Napjainkban az autógyárak a vevők kívánságainak megfelelően szerelik fel az autóikat kényelmi berendezésekkel, mint például tempomattal, melynek közreműködésével a vezető által beállított sebességet tartja a jármű. A csúcskategóriás luxusautókban ezt még kiegészíthetik egy távolságmérő szenzorral (radarral) is, ami az autó előtti tárgyak távolságát méri. Az ilyen rendszereknél beállítható egy követési távolság, amit az érzékelő által szolgáltatott adatok alapján kis gyorsításokkal, vagy fékezésekkel tart a tempomat. Az ilyen adaptív sebességszabályozó rendszerek azonban nagyon drágák és az autókba épített szenzoroknak korlátozott a hatótávolságuk és a látóterük. Nem ideális körülmények között egy autó sebességének a helyes megválasztása eseteként nehezen lehetséges. Ha egy kanyar vagy köd miatt nem látható az előttünk haladó autó, akkor bal-esethez vezethet, ha túl gyorsan, vagy túl lassan haladunk. Cikkünkben egy adaptív sebességszabályozó algoritmus működését mutatjuk be, mely az autók között ad-hoc módon kialakított vezeték nélküli hálózaton terjesztett adatok alapján állítja be a jármű sebességét, ezzel áthidalva a rossz látási viszonyok, vagy a rossz rálátás okozta problémákat. Az üzenetek tartalmazzák a küldő pontos helyzetét, haladási irányát, sebességét és ezek alapján az algoritmus meghatározza, hogy melyik üzenet küldőjét kell követni, miután a tempomatot bekapcsolta a vezető.*

## 1. Bevezetés

Napjainkban az autógyárak egyre több kényelmi szolgáltatással igyekeznek magukhoz csábítani a leendő autótulajdonosokat. Ezek a szolgáltatások mind azért vannak, hogy a vezetőnek minél kisebb erőfeszítésbe kerüljön a vezetés. A megfelelő sebesség megválasztása és megtartása esetenként nehéz lehet. Egy hosszú utazás az autópályán, ahol több órán keresztül kell tartani egy meghatározott sebességet, kimerítő a vezető számára. Egy tempomat rendszerrel ezt a feladatot elvégezhetjük a sofőr helyett. Ilyen célra már több tíz éve kaphatunk egyre tökéletesedő, egyre energiatakarékosabb megoldásokat a legtöbb autógyártótól.

Az így működő sebességszabályozó rendszerek nem képesek alkalmazkodni a forgalmi helyzet változásaihoz, csak az előre beállított sebességet tartják, amíg a vezető ki nem kapcsolja a rendszert. Ha megváltozik a forgalmi helyzet, például autópályán valami torlódást okoz és lelassul a forgalom, akkor a hagyományos tempomat rendszer nem tud segítséget nyújtani.

Napjainkban kezdenek elterjedni az olyan rendszerek, amik egy szenzor segítségével figyelik a jármű előtti útszakaszt és figyelmeztetni tudják a vezetőt az akadályokra. Az autóban lévő érzékelő és beavatkozó szervek integrációja miatt lehetséges beavatkozni a jármű fékrendszerébe és lelassítani az autót, hogy a vezetőnek legyen ideje cselekedni. Az így működő vezetéstámogató rendszer hátránya, hogy csak ideális körülmények között működik megfelelően. Rossz környezeti viszonyok mellett, ködben, esőben vagy kanyarban, ahol az előre néző érzékelő nem látja az utat, nem tud megbízhatóan információval szolgálni a jármű előtti útszakasról.

Cikkünkben az előbb említett problémákra mutatunk be egy megoldást, kihasználva azt a lehetőséget, hogy vezeték nélküli adatkapcsolatot lehet létesíteni a járművek között [1], így pontos információk alapján végezhetik a sebességszabályozást. A vezeték nélküli kommunikáció előnye, hogy nem szükséges közvetlen rálátás az előttünk haladó autóra, tehát kanyarokban is megfelelően tud működni, illetve a rádiós adatkapcsolat hatósugara 300 méter is lehet [2].

Egy másik lehetséges felhasználási terület a városi közlekedés. Egy városban nem jellemző, hogy egy adott sebességgel huzamosabb ideig tudjunk haladni. Ilyen körülmények között a hagyományos tempomat nem használható. A cikkben bemutatott rendszerrel lehetséges a saját autónk sebességét az előttünk haladóhoz igazítani, így ha az elől haladó autó fékez, akkor a követő autó is lassítani fog, illetve ugyanígy gyorsításkor is adaptálja a sebességet. Egy ilyen rendszer használata esetén a vezetőnek nem kell külön foglalkoznia a folyamatos gyorsításokkal és fékezésekkel, azt elvégzi helyette a beépített számítógép.

## 2. Az algoritmus

A tempomat-algoritmus egy célpontot választ ki az előtte haladó járművek közül, melyet követni fog. Az algoritmus célja a jármű sebességének szabályozása oly módon, hogy a követett járműtől való távolság a pillanatnyi sebességeknek megfelelően, betartva a biztonságos követési távolságot. Az algoritmus a rádiós interfészen kapott adatokat és a saját vezérlőegység által fogott GPS információkat használja fel a pillanatnyi sebesség meg-

határozásához. Szükség volt egy minimális, 20 km/órás korlátra, ami alatt kikapcsol a követés, mert ilyen alacsony sebességnél a követési távolság annyira kicsi, hogy már összemérhető a GPS vevő hibájával.

A jármű egy adott pozíciójánál tárolt értékek a következők:

- Lon*: hosszúsági koordináta radiánban kifejezve nyolc tizedesjegyre, ami hat centiméteres pontosságot jelent
- Lat*: szélességi koordináta radiánban kifejezve nyolc tizedesjegyre, ami hat centiméteres pontosságot jelent
- Vel*: sebességvektor hossza km/órában két tizedesjegyre
- Hdg*: sebességvektor iránya fokban két tizedesjegyre, ahol 0 fok északi irányt jelent
- Svs*: GPS vevő által nyomonkövetett műholdak (Space Vehicles) száma
- Tof*: a GPS információ időbélyege (Time of fix), óóppmm (óra, perc, másodperc) formátumban

Ezek mellett a rádiós interfészen elküldött üzenetbe a következő adatok kerülnek:

- *Eredeti küldő azonosító*:  
Annak az egységnek az azonosító száma, akitől az üzenet származik.
- *Küldő azonosító*:  
Ebbe a mezőbe minden egység a saját azonosítóját teszi továbbküldésnél.
- *TTL (Time To Live)*:  
Azt mutatja, hogy hányszor küldhető tovább az adott csomag. A tempomat-algoritmuskunk jelenleg csak 1 ugrás (hop) távolságra küld üzeneteket, tehát ennek a mezőnek az értéke mindig 1.

Az üzenetekben továbbított pozícióadat alapján az algoritmus kiszámítja a távolságot a két jármű között. Ennek a számításnak a pontosítására Kálmán-szűrőt [3] alkalmaztunk.

A fogadott üzenetben ellenőrizni kell az eredeti küldő és a küldő azonosítókat. Ha bármelyik megegyezik a saját azonosítóval, akkor csomagot eldobjuk.

Ezután össze kell hasonlítani az üzenetben lévő haladási irányt a saját haladási iránnyal. Ha a két irány között a különbség kisebb, mint egy küszöbérték, akkor úgy értelmezi az algoritmus, hogy egy irányba haladunk az üzenet küldőjével. Az összehasonításnál használt küszöbérték beállítható, ez jelenleg 20 fok.

Ha a haladási irány megegyezik, meg kell vizsgálni, hogy előttünk van-e a másik autó. Ezt hasonló módon teszi meg az algoritmus, mint a haladási irányok összehasonlítását. Az üzenetben kapott hosszúsági és szélességi koordináták által meghatározott vektorból kivonja a saját pozícióhoz tartozó koordinátákat és meghatározza ennek a vektornak az irányát. Ezt az irányt össze kell hasonlítani az aktuális haladási iránnyal és ha a kettő közötti eltérés kisebb, mint 90 fok, akkor előttünk van az üzenet küldője.

Ha ezek a feltételek nem teljesülnek, akkor az azt jelenti, hogy az autó, ami az üzenetet küldte, mögöttünk

van, vagy más irányba halad, mint mi, tehát nem tudjuk követni. Ebben az esetben az algoritmus nem foglalkozik tovább az üzenettel.

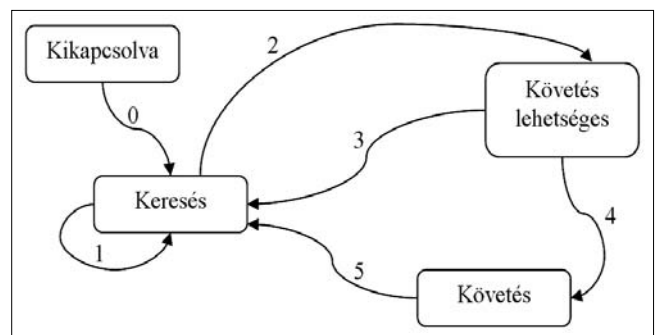
Ha az üzenet alapján az üzenet küldője velünk megegyező irányban halad és előttünk van, akkor lehetséges a követése. Ebben az esetben a következő részben bemutatott állapotgép végzi az üzenet további fel dolgozását.

## 2.1. Az állapotgép

A tempomat algoritmus a következő adatokat tárolja a döntések elvégzéséhez:

- követett jármű azonosítója
- követett jármű távolsága
- követett jármű távolsága a követés elkezdésének pillanatában
- követett jármű sebessége
- követett jármű sebessége a követés elkezdésének pillanatában
- követett járműtől vett utolsó üzenet időbélyege

Az algoritmus egy állapotgép alapján működik, melynek a vázlata a 1. ábrán látható.



1. ábra Tempomat állapotgép

### 2.1.1. Keresés

Bekapcsolás után az algoritmus ebben az állapotban indul és várja a többi jármű üzeneteit. Ha az előző részben bemutatott üzenet fogadási feltételeken túljutottunk, akkor itt el kell dönteni, hogy ténylegesen lehetséges-e a követése.

Először meg kell határozni, hogy milyen távolságban van az üzenet küldője. Ezt a csomagban elküldött és a saját GPS vevő által mért koordináták alapján a Haversine-formulával [1] lehet kiszámítani, ami egy gömbfelület két pontja közötti legrövidebb távolságot adja meg.

Ha már van követendő jármű (célpont), akkor meg kell vizsgálni, hogy tőle érkezett-e az üzenet, vagy valaki mástól, aki a célpontnál közelebb van.

Amennyiben a célpont küldte, akkor az üzenet fogadásának idejét és a célponttól való távolságot is tároljuk, valamint egy számláló értéke, ami azt mutatja, hogy hány üzenetet vettünk már ugyanattól a célponttól, eggyel növekszik.

Ha nem a célpont küldte az üzenetet, de az üzenet küldője közelebb van, mint a célpont, akkor őt tároljuk el új célpontként. Az üzenet fogadási idejét itt is el kell tárolni, és az üzenetszámlálót nullázni (1-es átmenet a 1. ábrán).

Ha még nincs követett jármű (célpont), akkor tároljuk ezt a távolságot, a küldő azonosítóját, valamint az időbélyeget. Az üzenetszámláló itt is nulláról indul. A követés megszűnik, ha a célpont sebessége a beállított 20 km/órás küszöb alá esik, vagy már öt másodperce nem érkezett tőle üzenet. Ekkor nullázódik az üzenetszámláló, de a célpont megmarad, mert még mindig ő a közvetlenül előttünk haladó jármű (1-es átmenet a 1. ábrán).

Akkor lépünk át a keresés állapotból a következőbe (követés lehetséges), ha a célponttól három üzenetet vettünk és még mindig ő a legközelebbi előttünk haladó jármű (2-es átmenet a 1. ábrán). Erre azért van szükség, hogy előzésknél legyen egy kis holtidő, ami alatt bizonyossá válhat, hogy melyik autó marad hozzánk képest stabil pozícióban a követéshez. Ha például autópályán követünk valakit és a belső sávban megelőznek minket, akkor amíg az előző autó kettőnk között van, ő lenne a célpont és az ő sebességére állnánk rá. Ez nem lenne jó megoldás, mert így nekimehetnénk annak, akit eredetileg követtünk.

### 2.1.2. Követés lehetséges

Ebben az állapotban van előttünk egy stabil pozíciójú autó és a követése lehetséges. A két jármű közötti távolságot minden üzenetnél frissíti az algoritmus.

Akkor történik visszalépés a keresés állapotba, ha megváltozik a célpont, például, mert megelőzött valakit, vagy minket előztek meg. A 20 km/órás küszöb alá itt sem eshet a követett jármű sebessége és a célponttól kapott üzenetek között eltelt idő nem lehet öt másodpercnél hosszabb. Emellett a jármű vezetőjének utasítására is visszaléphet az algoritmus a keresési állapotba.

### 2.1.3. Követés

Ebből az állapotból is visszatér az algoritmus a keresés állapotba, ha a célpont sebessége a küszöb alá esik, vagy megváltozik a célpont, illetve a járművezető is kikapcsolhatja a követést.

Az állapotba lépés pillanatában letárolódik a követett jármű sebessége és távolsága. Ezeket fogja felhasználni az algoritmus a pillanatnyi követési távolság meghatározásánál:

$$d_d = \frac{v}{v_0} \cdot (d_0 - l) + l, \quad (1)$$

ahol:

$d_d$ : elérni kívánt követési távolság (desired distance), méterben

$v$ : célpont aktuális sebessége

$v_0$ : célpont sebessége a követés bekapcsolásának pillanatában

$d_0$ : célpont távolsága a követés bekapcsolásának pillanatában, méterben

$l$ : változtatható paraméter, a GPS vevők közötti minimális távolság

A távolság értékeknél minden esetben a Kálmán-szűrő által kiszámított értéket kell érteni, mert a feldolgozatlan távolság adatokban nagy zavart okoz a GPS vevők különböző időben történő helymeghatározása. Mivel a GPS vevő frissítési frekvenciája 1 Hz, ezért szélsőséges esetben például 50 km/h sebességnél 13,8 méter eltérés is lehet a valós és a letárolt pozíció között.

A távolság /méterrel való kiegészítése azért kell, mert a távolság kiszámítása a két GPS vevő között történik, nem pedig a követett autó hátsó lökhárítója és a követő autó első lökhárítója között. Ez a paraméter beállítható különböző jármű típusokhoz, más értékkel kell számolni egy teherautónál (pl. 10 m), mint egy személyautónál (pl. 4 m).

Ezzel a módszerrel a követés kezdetén mért sebesség és távolság alapján meghatározunk egy egyenest, és amikor megváltozik a követett autó sebessége, akkor ezen egyenes mentén elmozdulva meghatározható a hozzá tartozó követési távolság (2. ábra).

Ezt felhasználva az elérni kívánt követési távolsághoz a következő sebességet kell beállítani:

$$v_d = \frac{d}{d_d} \cdot v, \quad (2)$$

ahol:

$v_d$ : az elérni kívánt követési táv eléréséhez szükséges sebesség (desired velocity)

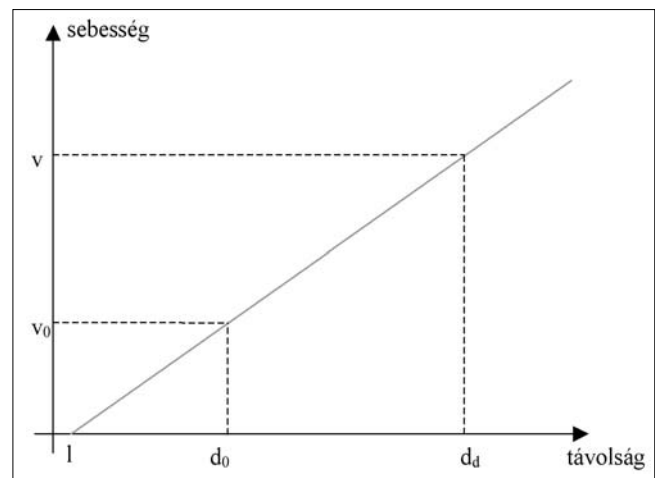
$d$ : aktuális távolság a célponttól

$d_d$ : elérni kívánt követési távolság

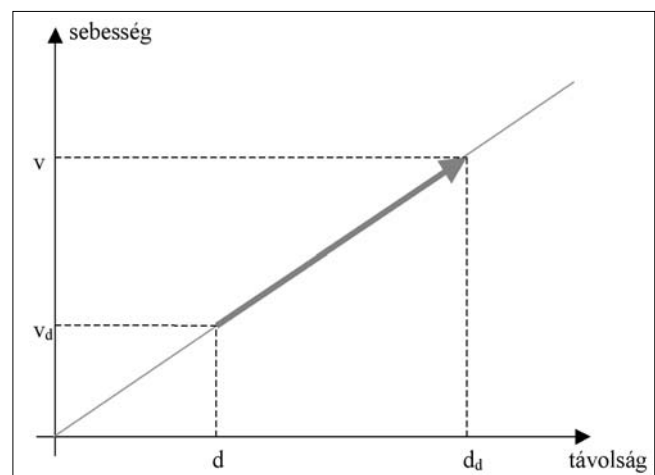
$v$ : célpont aktuális sebessége

A távolság értékeknél itt is a Kálmán-szűrővel megszürt értékek szerepelnek.

2. ábra A követési távolság meghatározása



3. ábra Sebességszabályozás



Azért, hogy ne kelljen folyamatosan beavatkozni a motor, illetve a fék vezérlésébe, egy hiszterézist iktattunk a szabályozásba. Ha a két autó közötti távolság 5 százalékos hibán belül megközelíti a meghatározott szükséges távolságot ( $d_d$ ), akkor az elérni kívánt sebességet ( $v_d$ ) beállítjuk a célpont sebességére.

A kívánt sebesség beállítása a 3. ábrán látható. Ha a célpontnak megváltozik a sebessége, akkor ahhoz a (1) összefüggés alapján kiszámítható a megfelelő követési távolság. Ezek alapján, a jelenlegi távolság ismeretében meghatározható, hogy mekkora sebességet kell beállítani, hogy közelítsünk az elérni kívánt távolsághoz.

Például a 3. ábra alapján tegyük fel, hogy a célpont stabil sebességgel halad és beállt az algoritmus által meghatározott követési távolság ( $d$ ). Ekkor  $v_d$  sebességgel halad mindkét autó. Ha a célpont sebessége  $v$ -re változik, akkor ehhez  $d_d$  követési távolság fog tartozni. Mivel a célpont gyorsabban halad a követő járműnél, ezért a közöttük lévő távolság növekedni fog. Ahogy a távolság közelít az elérni kívánt távolsághoz, úgy fogja az algoritmus fokozatosan növelni a követő jármű sebességét, míg el nem éri a követett jármű sebességét (2).

A motor és a fék megfelelő vezérléséhez ki kell számítani, hogy mekkora gyorsulást vagy lassulást kell megvalósítani. A gyorsulás kiszámítása a következő összefüggés alapján történik:

$$a_d = \frac{v_d - v_s}{T}, \tag{3}$$

ahol:

$a_d$ : a szükséges gyorsulás

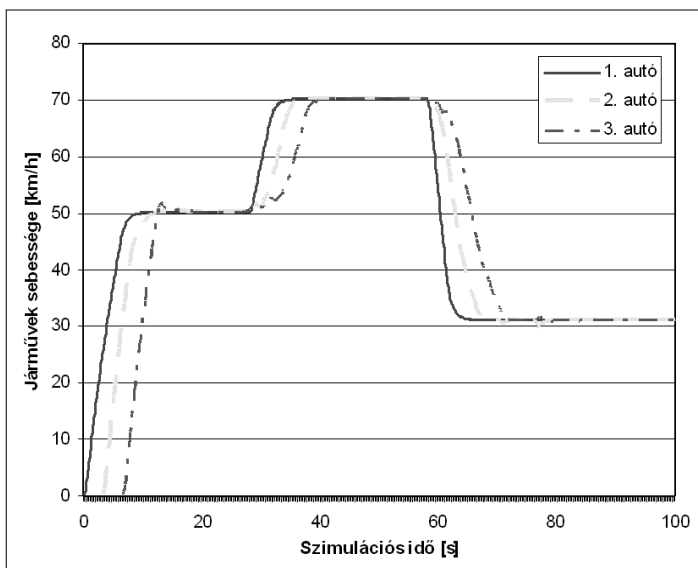
$v_d$ : az elérni kívánt sebesség

$v_s$ : a saját sebesség

$T$ : szabad paraméter, azt befolyásolja, hogy milyen gyorsan reagáljon az algoritmus a megváltozott sebességekre.

A lehetséges gyorsulás értékek maximuma  $5 \text{ m/s}^2$ , a minimuma  $-9 \text{ m/s}^2$ . Ezek egy tipikus személyautó maximális gyorsulásának és lassulásának felelnek meg.

4. ábra  
Sebességek 2 másodperces követési távolság esetén



Azért, hogy a gyorsulás értékét ne számítsuk ki minden egyes üzenetnél, csak akkor módosítja az algoritmus a gyorsulást, ha a célpont távolsága 1%-nál nagyobb mértékben eltér az elérni kívánt távolságtól, vagy ha a célpont sebessége 5%-nál nagyobb mértékben eltér az elérni kívánt sebességtől, illetve ha a célpont sebessége és az elérni kívánt sebesség között nagyobb a különbség, mint a saját sebesség és az elérni kívánt sebesség közötti különbség.

Tehát a sebesség szabályozásának a célja a megfelelő követési távolság beállítása. A motorvezérlés a jármű pillanatnyi sebessége és az elérni kívánt sebesség különbsége alapján történik (3).

### 3. Szimulációs eredmények

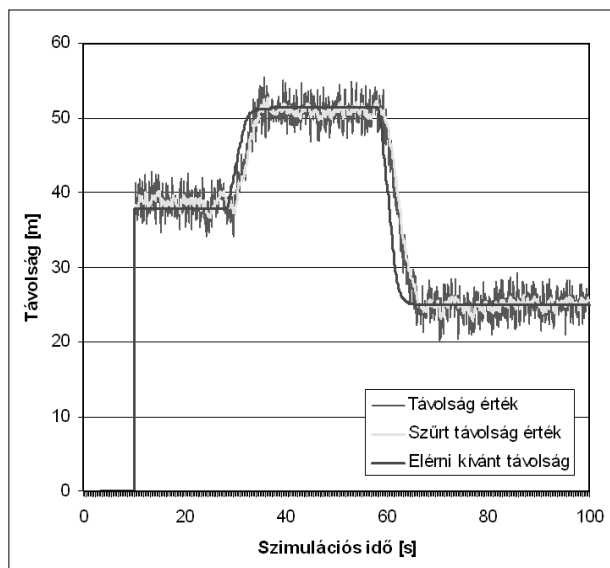
A tempomat algoritmus először a korábbi cikkekben bemutatott szimulátorban működött [5,7], később pedig autókba szerelve valós körülmények között is teszteltük.

A szimulátorban három egymás után haladó autó viselkedését vizsgáltuk. Az első autó sebességét először  $50 \text{ km/óra}$ -ra állítottuk be, majd a szimuláció harmadánál felgyorsított  $70 \text{ km/óra}$ -ra, végül lelassított  $30 \text{ km/óra}$ -ra. A másik két autó sebességét az algoritmus határozta meg. Az autók a pozíció információkat tartalmazó üzeneteket  $0,1 \text{ másodpercenként}$  küldték, a megfelelő pontosság elérése érdekében.

A szimulációban  $2 \text{ másodperces}$  követési távolságot vizsgáltunk, mert a KRESZ ezt írja elő, mint minimális követési távolságot. Ennek eredménye a 4. ábrán látható.

A szimuláció elején a hálózatba került autók felgyorsítanak a megadott  $50 \text{ km/órás}$  sebességre, ahol a tempomat algoritmus bekapcsol. Az ábrából látszik, hogy a járművek kis ingadozásokkal érik el a követett autó sebességét, illetve, hogy a követő autó sebessége kevésbé meredeken változik, mint a követett autó sebessége. Ez az algoritmus működéséből következik, és azt jelzi,

5. ábra  
Távolság értékek az első és második autó között





hogy a megváltozott sebességhez igazítja a követési távolságot. Gyorsításnál kicsit lemarad a követett autótól, lassításnál pedig közelebb kerül.

A szimuláció során regisztráltuk az autók közötti távolságokat, melyek alapján az algoritmus a sebességet szabályozza. Az első és a második autó közötti távolságok az 5. ábrán láthatók.

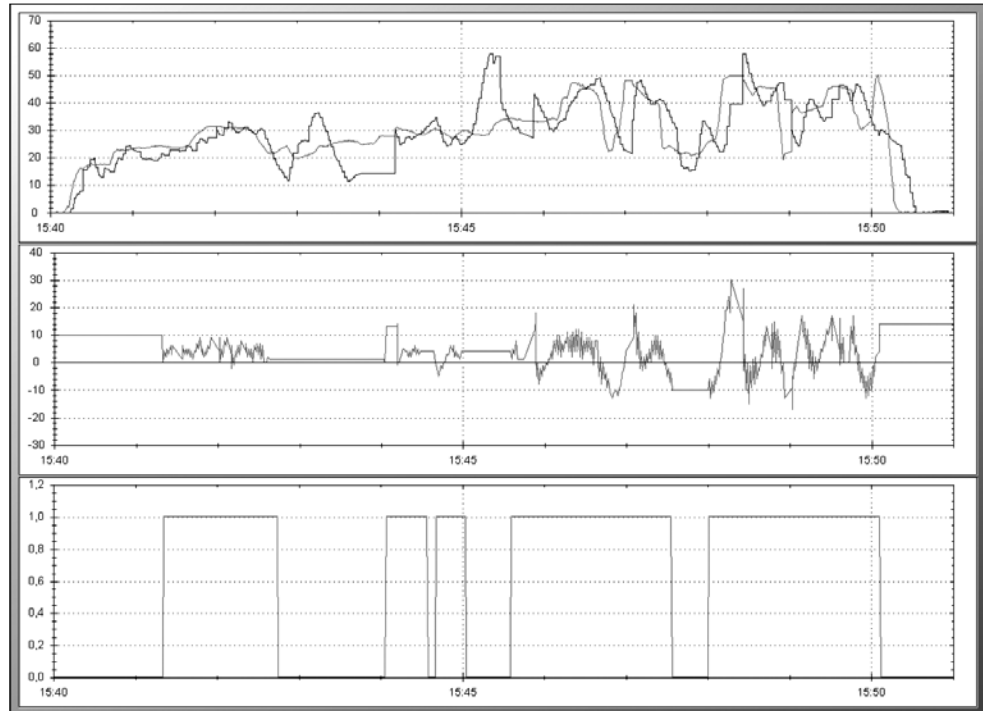
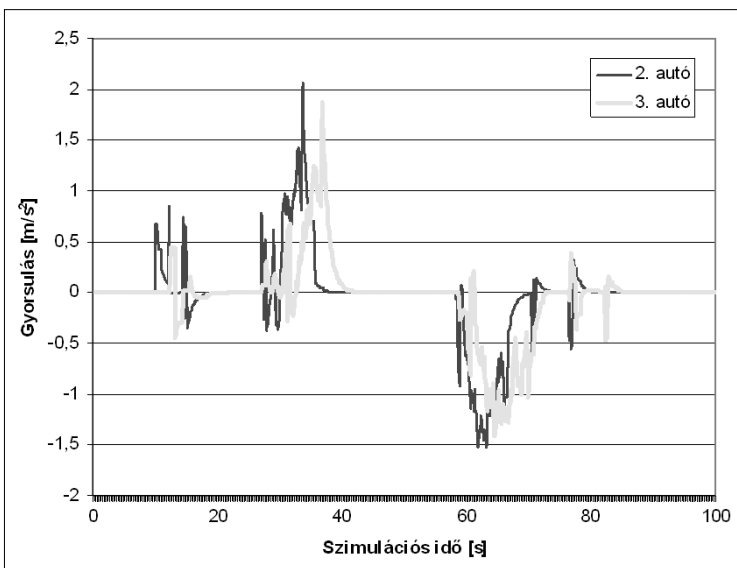
Az algoritmus a szimuláció 10. másodpercekor kapcsol be, ezért nincs előtte adat. A vékony vonallal jelzett érték a két autó közötti feldolgozatlan távolságot mutatja. Látható, hogy a nem azonos idejű mintavételezés zajt visz a mérési eredményekbe, emiatt nagyon ingadozik ez az érték. Ennek kiküszöbölésére szolgál a Kálmán-szűrő. A szűrő által korrigált távolságérték világos vonallal van ábrázolva. A vastag, sötét vonal az elérni kívánt távolság, amit az algoritmus a követés kezdetekor letárolt értékek és a követett autó aktuális sebessége alapján számított ki.

Az algoritmus a világos és a sötét vonal közötti eltérés minimalizálására törekszik és ez alapján módosítja az autók sebességét. Látható, hogy a követett autó sebességének változása okozta tranziensek lezajlása után a követő és a követett autó közötti távolság beáll a meghatározott elérni kívánt távolságra.

A három autó közül a második és harmadik autó szimuláció során kiszámított gyorsulás értékei a 6. ábrán láthatók.

6. ábra

Gyorsulás értékek 2 másodperces követési távolság esetén



7. ábra A tesztvezetés eredményei

A gyorsulás értékeket ábrázoló grafikonon nyomon követhető, hogy mikor történt gyorsítás, illetve lassítás, és látható, hogy sehol nem érte el a maximális értéket. Mivel a gyorsulás maximuma  $2 \text{ m/s}^2$ , illetve a lassulás maximuma  $1,5 \text{ m/s}^2$  volt, ezért valós helyzetben, az autóban ülő személy számára sem okozna kényelmetlen gyorsulást, illetve lassulást a tempomat algoritmus. A hirtelen, tükyszerű ugrásokat pedig az autó tehetetlensége csillapítaná.

#### 4. Tesztpályás tesztelés

Az algoritmus működését valós körülmények között is teszteltük, két vezérlőegységbe [8] letöltve egy teherautóba, illetve egy személyautóba építettük. A teherautóban lehetőség volt a CAN buszra csatlakozni, így az algoritmus szabályozni tudta a sebességet.

A tesztvezetések során az algoritmusban még nem szerepelt a Kálmán-szűrő, ez csak a fejlesztés későbbi szakaszában került bele. Emiatt a követés pontatlanabb mint a szimulációk esetén, illetve a pozíció információkat tartalmazó üzeneteket egy másodpercenként küldték az egységek, mert a használt GPS vevő frissítési frekvenciája ilyen sűrűséget enged meg.

Az egyik tesztvezetés alkalmával regisztrált adatok a 7. ábrán láthatók. Az ábrák vízszintes tengelyén az idő látható egy perces osztásokban.

A felső ábrán a két autó sebességértékei láthatók km/óraban. Világos vonallal a követett, sötét vonallal a követő autó van ábrázolva.

A középső ábra a követő autó CAN busz vezérlőjének átadott értéket mutatja, ami az algoritmus által meghatározott gyorsulással arányos. Az arányossági tényező eltérő gyorsítás és lassítás között, a pontos értéket az autóhoz kellett igazítani.

Az alsó grafikon azt mutatja, hogy mikor volt bekapcsolva az algoritmus. Ahol az értéke 1, ott automatikusan történt a teherautó sebességének beállítása, 0 értékeknél a vezető irányította az autót. Amikor a szabályozás be volt kapcsolva, akkor kis késleltetéssel – ami a ritka üzenetküldés miatt volt –, a teherautó hozzáigazította a sebességét az előtte haladó autóéhoz.

A vezérlőjelen látható zaj a távolságszámítás miatt lép fel, ugyanúgy, mint a szimulációk során, mivel a gyorsulási értékeket az aktuális és az elérni kívánt távolság különbsége határozza meg. A szimulációkban alkalmazott Kálmán-szűrővel itt is javítható ez a probléma. Ez a mérési zaj és az egy másodperces frissítési frekvenciájú pozíció meghatározás együttesen járul hozzá, hogy a szabályozás nem olyan pontos, mint a szimulációk során.

## 5. Összefoglalás

Cikkünkben bemutattunk egy algoritmust, melynek segítségével vezeték nélküli hálózaton kapcsolatot tartó autók egymáshoz igazíthatják a sebességüket. Ezzel a módszerrel az autók nem csak egy előre beállított sebességet képesek tartani, hanem az előttük levő járművek sebességétől függően képesek beállítani a sajátjukat.

Ennek a megoldásnak az elterjedését korlátozza, hogy csak abban az esetben működik, ha az előttünk haladó autók is rendelkeznek a megfelelő berendezéssel. Emiatt elsődlegesen a fuvarozó vállalatoknál jelenhet meg, mint alkalmazás, ahol a teherautó konvojokban csak az első autók vezetőjének kell fokozottan figyelnie, a követő autók felhasználhatják az ő sebességadatait, ezzel tehermentesítve a vezetőket.

### A szerzőkről

**MEZNY BALÁZS** 2008-ban szerezte diplomáját a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen és ugyanebben az évben kezdte meg doktori tanulmányait. 2007-től ösztöndíjjal a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Ipari Kommunikációs Technológiai Intézeténél dolgozik. Kutatási területe az Intelligens Közlekedési Rendszerekhez kapcsolódik.

**LABORCZI PÉTER** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett 1999-ben M.Sc. diplomát, majd 2002-ben Ph.D. doktori fokozatot. 2002 és 2004 között vendégkutatóként dolgozott az Arsenal Research intézetnél Intelligens Közlekedési Rendszerek (Intelligent Transportation Systems) témában egy EU Marie Curie posztdoktori kutatási program keretén belül. Jelenleg senior kutató az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézetnél (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány). Vezeték nélküli hálózatok és alkalmazások fejlesztésében vesz részt nemzeti és európai projektek keretében. Kutatási területe leginkább az ITS-hez kapcsolódó útvonalirányítás, hálózat-optimalizáció és olyan alkalmazások kifejlesztése, mint például forgalom-monitorozás mozgó szenzorokkal (Floating Car Data), vagy adaptív sebességszabályozó.

**GORDOS GÉZA** villamosmérnöki oklevelét 1960-ban, Ph.D. fokozatát 1966-ban és habilitált doktori címét 1994-ben szerezte meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. A műszaki tudomány doktora, emeritus professzor a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén és két csoportjának vezetője. A Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács tagjaként nem-

zeti távközléspolitikai és szabályozási kérdésekkel is foglalkozik. Szakmai pályafutása során három évet töltött amerikai és angol egyetemeken és hét évet az iparban. 1992-1993 között a Magyar Távközlési Vállalat igazgatótanácsának elnöke volt. Kutatási területei a távközlési rendszerek és szolgáltatások technikai és menedzselése, valamint a beszédfeldolgozás. 2004-ben az NKTH felkérte az Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet (IKTI) létrehozására és az igazgatói feladatok ellátására.

### Irodalom

- [1] Raymond Freymann, „Connectivity and Safety”, 5. Európai ITS kongresszus, Hannover, Németország, 2005 június.
- [2] A. Török, P. Laborczi, G. Gerháth, „Constrained Dissemination of Traffic Information in Vehicular Ad Hoc Networks” accepted for presentation at the IEEE 68th Vehicular Technology Conference (VTC2008-Fall), Calgary, Canada, 21-24 September 2008.
- [3] G. Welch, G. Bishop: „An Introduction to the Kalman Filter”, Technical Report, UMI Order Number: TR95-041, University of North Carolina, Chapel Hill, 1995.
- [4] W. Gellert, S. Gottwald, M. Hellwich, H. Kästner, H. Küstner, „The VNR Concise Encyclopedia of Mathematics”, 2nd Edition, Chapter 12, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
- [5] Gordos Géza, Gerháth Gábor, Kardos Sándor, Laborczi Péter, Mezny Balázs, Vajda Lóránt: „Városi közlekedési rendszerek hatékonyságának javítása mobil ad-hoc hálózatok segítségével”, Híradástechnika, Vol. LXI, No.12, 2006, pp.29–34.
- [6] P. Laborczi, A. Török, L. Vajda, S. Kardos, G. Gordos, „Vehicle-to-Vehicle Traffic Information System with Cooperative Route Guidance”, in Proc. of the 13th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, Paper no. 2237. London, UK, 8-12 October 2006.
- [7] P. Laborczi, A. Török, L. Vajda, S. Kardos, G. Gordos, „Vehicle-to-Vehicle Traffic Information System with Cooperative Route Guidance”, in Proc. of the 13th World Congress on Intelligent Transport Systems, CD-ROM, Paper no. 2237. London, UK, 8-12 October 2006.
- [7] Csák Bence, „Ambiens intelligencia a közutakon”, Híradástechnika, Vol. LXI, No.12, 2006, pp.35–39.

# Forgalmi információk terjesztése korlátozott elárasztáson alapuló eljárással

MÁTÉ MIKLÓS, VIDA ROLLAND

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
Nagysebességű Hálózatok Laboratóriuma (HSNLab)

{mate, vida}@tmit.bme.hu

Lektorált

**Kulcsszavak:** korlátozott elárasztás, pletykálás, autók közötti kommunikáció

A városokban tapasztalható növekvő járműforgalom miatt szükség van egy számítógéppel segített, robusztus balesetmegelőzési és forgalomirányítási rendszerre, amelynek fontos része lehet egy elosztott, autók közötti kommunikációs megoldás. Az autók egymás között egy speciális ad-hoc hálózatot alkotnak, amelyben a csomópontok gyorsan mozognak és a köztük lévő kapcsolatok nagyon instabilak. Éppen ezért a hagyományos ad hoc útvonalválasztó algoritmusok nem alkalmazhatók, az elárasztáson alapuló megoldások pedig túlzottan erőforrásigényesek. A mi javaslatunk, a Localized Urban Dissemination (LUD) protokoll, egy pozíció-információt felhasználó, pletykáláson (gossiping) alapuló megoldás, melynek segítségével az üzenetek terjesztését azokra a helyekre korlátozzuk, ahol a legvalószínűbb, hogy azok hasznosak lesznek.

## 1. Bevezetés

Az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transportation Systems, ITS) egyik legfontosabb célja a közlekedés biztonságának növelése. Ezt a célját úgy éri el, hogy a vészhelyzeteket hamar észleli és ezekről a járművezetőket hatékony értesíti. Egy ilyen rendszer csak akkor tud az elvárásoknak megfelelni, ha a járművek, illetve az azokba épített szenzorok kommunikálnak egymással és megosztják a mérési adataikat az optimális döntés érdekében.

A közlekedésbiztonsággal és kooperatív dugóelkerüléssel összefüggő üzeneteket érdemes elárasztással (flooding) terjeszteni, ugyanis azok jellemzően nem egy adott autónak vannak címezve, hanem minden olyan járműnek, amelyeknek értesülnie kell az eseményről a további károk megelőzése érdekében. Ezek a járművek a forrás adott sugarú környezetében vannak, a várható beavatkozások miatt ugyanis az esemény a távolabbi járművekre már valószínűleg nem lesz hatással. Az aktuális forgalmi állapotot tartalmazó üzeneteket eszerint csak a mérést végző járműtől egy bizonyos távolságig szükséges terjeszteni. Feltételezhető, hogy a kommunikációban résztvevő járművek rendelkeznek helymeghatározó berendezéssel (GPS), így könnyen megvalósítható egy korlátozott elárasztás, ahol a lefedési terület beállítása távolságalapú korlátozással történik.

A továbbiakban bemutatjuk az általunk javasolt Localized Urban Dissemination (LUD) protokollt, mely területi alapon korlátozza az elárasztást azokra a helyekre, ahol nagy valószínűséggel tartózkodnak olyan járművek, amelyeket érdekelhet az üzenet tartalma [1]. A célterület jellemzően nem egy kör, hiszen azokat a járműveket, melyek már áthaladtak a kritikus ponton, nem szükséges értesíteni. A terület meghatározását a legtöbb hasonló megoldástól eltérően itt nem az üzenet forrása végzi, hanem a terjesztés során bizonyos helyeken a továbbító járművek döntenek el, hogy az adott irányba érde-

mes-e tovább terjeszteni az információt. A megoldás jelentősen különbözik tehát egy egyszerű, ugrásszámú korlátozott elárasztástól. A protokoll elsősorban városi környezetben előnyös, ahol az épületek az úthálózatra korlátozzák az üzenetek terjedését és digitális térkép segíti a döntést.

Cikkünkben először bemutatjuk a városi környezet sajátosságait, majd a LUD protokoll által használt egyik legfontosabb technológiát, a pletykálást (gossiping) elemezzük. Bemutatjuk a lefedési terület kialakításhoz alkalmazott döntési sémákat, majd összefoglaljuk az eredményeket és vázoljuk a jövőbeni továbbfejlesztési lehetőségeket.

## 2. Kommunikáció városi környezetben

Városi környezetben az épületek, járművek és egyéb te-reptárgyak akadályozzák a rádióhullámok terjedését, csökkentve az egyes eszközök vezeték nélküli kommunikációjának hatótávolságát; ezért egy üzenet adott távolságig való eljuttatásához több lépésre (hop) van szükség. A korlátozott elárasztás szempontjából viszont előnyös az árnyékolás, mert feltételezhető, hogy az üzenetek az utak mentén képesek csak terjedni, így az úthálózat ismeretében el lehet dönteni, hogy merre lehetnek olyan járművek, amelyeket tájékoztatni kell az eseményről. Az üzeneteket az egyes útszakaszokon elég vakon továbbküldeni, a keresztezésekben pedig eldönthető, hogy a következő útszakasz része legyen-e a lefedési területnek, vagy sem. A lefedési területet így nem a forrás határozza meg előre, hanem a keresztezésekben hozott döntések láncolatával dinamikusan alakul ki.

Az úthálózat ilyen környezetben meglehetősen bonyolult rendszert alkot, ezért nem mindig nyilvánvaló feladat annak a területnek a meghatározása, ahol az értesítendő járművek tartózkodnak. Mivel közlekedésbiz-

tonsággal összefüggő üzenetekről van szó, melyek valamilyen vészhelyzetről tudósítanak, logikusnak látszik annak alapján meghatározni az értesítendő járművek körét, hogy azok milyen valószínűséggel mennek az üzenet forrásához, vagyis oda, ahol a vészhelyzet kialakult. Ez a valószínűség nem csupán a távolságtól függ, ugyanis a városban különféle rendű utak, útkereszteződések, egyirányúsítások vannak, ezért a járművek várható mozgását is figyelembe kell venni a célterület meghatározásakor.

### 3. Üzenetterjesztés pletykálással

Az általunk javasolt LUD protokoll egyik legfontosabb része a pletykálás alapú üzenetterjesztés. A pletykálás (gossiping) egy, a szenzorhálózatokban gyakran használt technika az elárasztás okozta többletterhelés csökkentésére [2]. A megoldás lényege az, hogy a csomópontok továbbküldik (pletykálják) a kapott üzenetet, de csak bizonyos valószínűséggel. A hagyományos útvonalválasztó protokollok esetében az útvonalak felderítése sokszor elárasztás segítségével történik, de ez egy minden irányba vakon elindított keresés. Ennek a rengeteg fölösleges üzenetnek egy részét ki lehet szűrni pletykálást használva anélkül, hogy az optimális útvonal megtalálásának valószínűsége lényegesen csökkenne. Ha egy út mentén haladó járművek a csomópontok, akkor a pletykálás hatására az üzenet által megtehető út hossza nem lehet végtelen; egy idő után valamelyik csomópont eldobja majd azt.

Egy útszakasz mentén a továbbadások láncolata egy úgynevezett Bernoulli-folyamat, ahol az elemi események két kimenetele, az eldobás és a továbbítás, a csomópontok egymástól független döntése, a  $p$  továbbadási valószínűség pedig – a pletykálás fő paramétereiként – az adott útszakaszon lévő minden csomópontnál azonos. Egy ilyen folyamat során az azonos kimenetek sorozatának hossza (például amíg minden eredmény „továbbadás”), mint valószínűségi változó geometriai eloszlású. Ennek a várható értékéből következik, hogy az üzenet által bejárt útvonal hossza  $1/(1-p)$ , ami valóban nem végtelen, ha a továbbadás valószínűsége  $p < 1$ . A lefedési terület mérete és alakja így egy valószínűségi változó lesz; a kereszteződésekben döntést hozó csomópontoknak a  $p$  továbbadási valószínűséget aszerint kell beállítaniuk, hogy a következő útszakaszt mekkora valószínűséggel szeretnék a lefedési terület részévé tenni.

A pletykálástól függetlenül is történnek csomagdobások. A rádiós interferencia és a keretek ütközése miatt azonban ezek számát célszerű minimalizálni, ha azt szeretnénk, hogy a ténylegesen lefedett terület megközelítőleg azonos legyen a célterülettel. Egy kézfogáson alapuló kerettovábbítás nagy megbízhatóságot garantálhat [3], de csak a késleltetés megnövekedése és a megengedett mobilitás csökkentése árán, ami autók közötti kommunikáció során nem szerencsés. Léteznek számláló alapú algoritmusok, melyek az üzenet több-

szörös vétele esetén letiltják az újraküldést és még a csomópontok helyzetét is figyelembe tudják venni annak érdekében, hogy az előző csomóponttól legtávolabbi csomópont küldje tovább az üzenetet [4]. Ezen megoldások azonban nem garantálnak megbízható átvitelt, ami némileg hátrányos a vészhelyzetek elhárítása során, viszont elősegítik azt, hogy egy útszakaszon ne tudjon visszafordulni a továbbítás. Ez a tulajdonság nagyon hasznos a LUD szempontjából, ezért fontos, hogy egy ilyen algoritmus bele legyen építve a protokollba.

Ahogy az üzenetek terjedése követi az úthálózatot, hurkok alakulhatnak ki. Ezek megelőzése fontos, különben végleg a forrás környezetében ragadhat az üzenet. Ha a döntők a kereszteződésekben csak olyan utcaiba engedik bejutni a csomagokat, amelyeken a következő kereszteződés nincs közelebb a forráshoz, mint az aktuális pozíció, akkor a hurokmentesség biztosított. A forrás koordinátáinak szerepelniük kell a csomag fejlécében ahhoz, hogy ezt meg lehessen tenni, de feltételezhető, hogy ez az információ amúgy is része az üzenetnek, ha az valamilyen veszélyhelyzetről tájékoztatja az autósokat.

### 4. Döntési sémák

A járműveknek az üzeneteket a forrás véges méretű környezetén belül kell csak terjeszteniük, azonban a terület pontos határvonala nem jelölhető ki egyértelműen. A kereszteződésekben végrehajtott döntések célja tehát a lefedési terület meghatározása a  $p$  továbbadási valószínűség segítségével annak alapján, hogy a következő útszakaszon járó autókat mekkora valószínűséggel érdekli az adott üzenet. Erre a feladatra nem létezik univerzális megoldás, tekintve, hogy mind az úthálózat felépítése, mind a járművek lehetséges útvonalai igen változatosak lehetnek.

A továbbiakban két egyszerű döntési sémát mutatunk be. Mindkét séma felhasználható a LUD protokoll részeként, de a választás alapvetően befolyásolja a kialakuló lefedési terület tulajdonságait. Az első séma teljesen memóriamentes, ezért kevés számolást és adattárolást igényel. A második egy állapot bevezetésével természetesebb lefedési területet hoz létre, viszont a leírása korántsem olyan formális, mint az első séma esetében.

#### 4.1. Memóriamentes séma

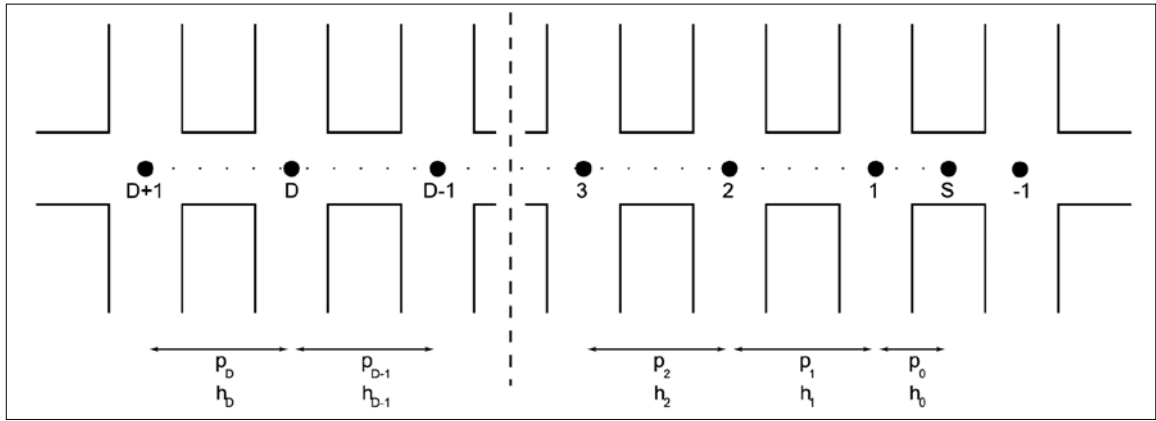
Ennek a megoldásnak az alábbi két esemény valószínűsége képezi az alapját:

$A_i$  – az üzenet eljut az  $i$ -edik döntőhöz

$B_i$  – az  $i$ -edik döntő a forráshoz megy

A megoldás hátterében az az elgondolás húzódik meg, hogy az üzeneteknek olyan valószínűséggel kellene eljutniuk egy adott pontba, amilyen valószínűséggel onnan valaki az üzenet forrásához menne. A séma alapegyenlete így a következőképp alakul:

$$P(A_i) = CP(B_i), \quad (1)$$



1. ábra  
Az üzenet  
terjedése  
egy út mentén

ahol a  $C$  konstans a forrás állítja be annak megfelelően, hogy az üzenetet milyen messzire szeretné eljuttatni. Mindkét esemény valószínűsége meghatározható, amennyiben kellően egyszerű modellt alkalmazunk a közlekedés leírására. Az alkalmazott modell eredményeképpen ez a séma ekvivalens a legegyszerűbb memóriamentes esettel, ami csak az aktuális kereszteződés adatait használja fel.

Ahogy az 1. ábrán is látható, az üzenet egy adott útvonal mentén történő terjedésekor minden kereszteződésben új  $p_i$  továbbadási valószínűség értéket kap és az útszakaszok  $h_i$  hop hosszúak. Annak a valószínűsége, hogy az  $i$ -edik útszakaszon végig tud menni az üzenet  $p_i^{h_i}$ , így annak a valószínűsége, hogy eljut a  $D$ -edik döntőhöz

$$P(A_D) = \prod_{i=0}^{D-1} p_i^{h_i} \quad (2)$$

A járművek útvonala nem ismert a döntők számára, de az autók átlagos viselkedésének ismeretére szükség van, mert a döntőknek nem a saját útvonaluk alapján kell dönteniük, hanem azt kell megbecsülniük, hogy az utánuk jövők merre fognak menni. Az ábrán például a  $D$  döntő, amely  $D+1$  felől jön, annak alapján állítja be a csomag továbbítási valószínűségét, hogy a  $(D+1, D)$  útszakasról érkező járművek milyen valószínűséggel fognak  $D-1$ , vagyis az üzenet forrása felé továbbmenni.

Ezeket a kanyarodási valószínűségeket a továbbiakban  $q_{i,j,k}$  fogja jelölni, ahol  $i$  az aktuális kereszteződés,  $j$  az előző és  $k$  a következő. A modell pontosságát növelni lehet azzal, ha figyelembe vesszük, hogy a járművek útvonalai véges hosszúságúak. Ezt úgy lehet megtenni a legegyszerűbben, hogy egy  $s_i$  megállási valószínűséget rendelünk minden útszakaszhoz. Ezek felhasználásával egyelőre indexelés nélkül

$$P(B) = \prod q_{i,j,k} (1 - s_i) \quad (3)$$

Az 1. ábrán bevezetett kereszteződés-számozást felhasználva az  $i$ -edik döntő, aki az  $i+1$ -edik kereszteződésből jött azt számolja ki, hogy a következő,  $i+1$ -edik kereszteződésbe milyen valószínűséggel jusson el az üzenet. Ezért a behelyettesítések után az (1) egyenlet a következő alakot ölti:

$$\prod_{i=0}^D p_i^{h_i} = C \prod_{i=D}^1 q_{i,i+1,i-1} (1 - s_i), \quad (4)$$

ahol a jobboldalon a fordított indexelés a járművek útját követi a forrás felé.

Látható, hogy a (4) egyenlet rekurzív, a korábbi döntések eredményét felhasználhatják a későbbi döntők, így nem kell ismerniük a csomag teljes útvonalát. Sőt, mivel az egyenlet egy geometriai eloszlású valószínűségi változót ír le, minden döntés független a korábbi döntésektől, mert a geometriai eloszlás memóriamentes. Ezt a legszemléletesebben úgy lehet belátni, ha az ábrán végigkövetjük a döntéseket az első pár lépésben, figyelembe véve, hogy a kereszteződések úgy vannak számozva, mintha a forrás lenne a 0-dik kereszteződés:

A forrás:  

$$p_0^{h_0} = C(1 - s_0)$$

Az első döntő:  

$$p_0^{h_0} p_1^{h_1} = C(1 - s_0)(1 - s_1)H_{1,2,-1} \rightarrow p_1^{h_1} = (1 - s_1)H_{1,2,-1}$$

A második döntő:  

$$p_0^{h_0} p_1^{h_1} p_2^{h_2} = C(1 - s_0)(1 - s_1)H_{1,2,-1}(1 - s_2)H_{2,3,1} \rightarrow p_2^{h_2} = (1 - s_2)H_{2,3,1}$$

Látható, hogy mindig csak az aktuális kereszteződéshez tartozó paraméterek maradnak meg.

A memóriamentesség érdekes következménye, hogy  $p_i > p_{i-1}$  is lehetséges, vagyis a döntők akár növelhetik is a lefedési terület méretét a korábbi döntéshez képest. A  $C$  módosító tényező is eltűnik az első lépés után, aminek következtében a lefedési területet kizárólag az úthálózat felépítése, a  $q$  kanyarodási valószínűségek és az  $s$  megállási valószínűségek határozzák meg. Ezek két forrásból válhatnak ismertté a döntők számára: becsülhetők a térkép alapján, vagy a térképet ki kell egészíteni erre vonatkozó információkkal.

Az úthálózat alapján történő becslésnél például azt feltételezhetjük, hogy egy főútvonalon haladva kisebb a valószínűsége annak, hogy letérünk egy mellékutca-ba, mint annak, hogy továbbmegyünk. Két mellékutca találkozása esetén a három lehetséges irány valószínűségének választható  $(1/4, 1/2, 1/4)$ , de ugyanígy figyelembe lehet venni az egyirányú utcákat és a kanyarodó sávok meglétét.

Ez a becslés a valóságban rendkívül pontatlan lehet, ugyanis a felüljárók, parkolók és egyéb, a térképen

nem szereplő, vagy ideiglenes hatások jelentősen befolyásolhatják a járművek viselkedését. Ha fontos, hogy az elárasztás korlátozása pontosan kövesse a járművek várható eloszlását, akkor kiegészítő információkra van szükség. Például abban az esetben, ha sok forrás van és csökkenteni kell a hálózatban keringő üzenetek mennyiségét a rendszer vészhelyzet-elhárító képességének romlása nélkül.

Egy szolgáltató figyelheti a forgalmat és annak alapján összeállíthat egy adatbázist, ami a kereszteződésekre és útszakaszokra empirikus  $q$  és  $s$  értékeket tartalmaz, ami megfelel az utóbbi időszak átlagos forgalmi helyzetének. Ezt az adatbázist minden jármű navigációs eszközébe le kell tölteni és időnként frissíteni, mert potenciálisan bármelyik eszköz kerülhet döntési helyzetbe. Az adatbázis mérete függ a város nagyságától, de várhatóan elhanyagolható a digitális térképhez képest, ezért a frissítése akár útközben is megtörténhet az autók közötti kommunikációs hálózat segítségével. Ehhez természetesen egy olyan csatornát kell használni, ami nem a közlekedésbiztonság számára van fenntartva, hanem például internetelérésre.

Az a feltételezés, hogy az épületek miatt az úthálózatot követi az üzenetek terjedése, nem mindig teljesül. A parkok és a beépítetlen telkek nem képeznek akadályt a rádióhullámok számára, ezért ezeket a LUD által használt térképen kereszteződésként kell feltüntetni. Ezen erőfeszítések ellenére előfordulhat, hogy az épületek nem árnyékolnak eléggé (ha például két ház között van egy elég széles rés és ott valamilyen valószínűséggel átjutnak üzenetek), de ezt a többletterhelést is el kell kerülni a hatékony működés érdekében. A döntési láncolat működéséhez a csomagok fejlécében szerepelnie kell a legutóbbi döntés helyének és azon kereszteződés azonosítójának, ahonnan a döntő érkezett; ide kell eljutnia a csomagnak. A két végpont egyértelműen kijelöl egy útszakaszt és a csomópontoknak csak azokat az üzeneteket szabad továbbítaniuk, amelyek az adott útszakasznak vannak címezve. Ez a korlátozás nemcsak az eltévedt üzenetek kiszűrésére hasznos, de lehetővé teszi azt is, hogy a forrás csak egy irányba indítsa el a terjesztést.

Az 1. ábrán például a forrás az (1,-1) útszakasz közepén van, így ezt a két azonosítót írja bele a csomag fejlécébe. Az 1-es kereszteződésben a csomagot elfogadják a járművek, döntenek róla és továbbítják, mert a csomag célja valóban az 1-es kereszteződés volt. A -1-es kereszteződésben viszont ugyanezen okból eldobják a csomagot, mert úgy ítélik meg, hogy az eltévedt.

A kereszteződésekben általában egyszerre több jármű tartózkodik, ezért amikor elér oda egy üzenet, minden jármű, amelyik megkapta azt, döntővé válik. Ez elvileg azt eredményezhetné, hogy a döntések ütköznek egymással, vagyis több üzenetpéldány különböző  $p$  értékkel indulna tovább. A LUD protokoll automatikusan kiküszöböli ezt a hibalehetőséget.

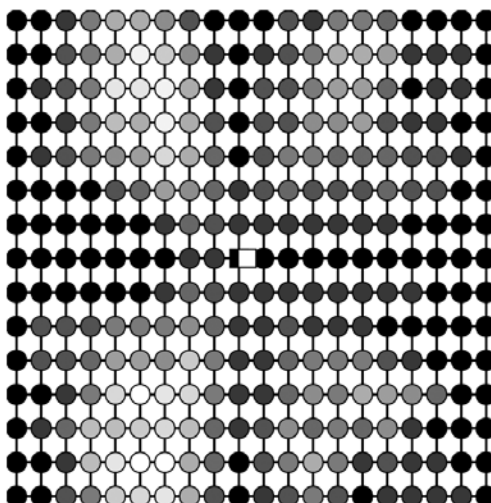
Ha két döntő azonos irányból érkezett a kereszteződésbe, akkor az alkalmazott számlálóalapú ismétléselemlenyomás kiejti azt, amelyik később akarja továbbítani az üzenet nála levő példányát, és nagy valószínűséggel csak egy példány indul el az adott útszakaszon. Ha különböző irányból érkeztek a döntők, akkor pedig nem is tudnak ütközni, mert a döntés után már különbözőni fog a két csomag célja, ezért onnantól különböző csomagnak számítanak.

### 3.2. Irányított terjedés

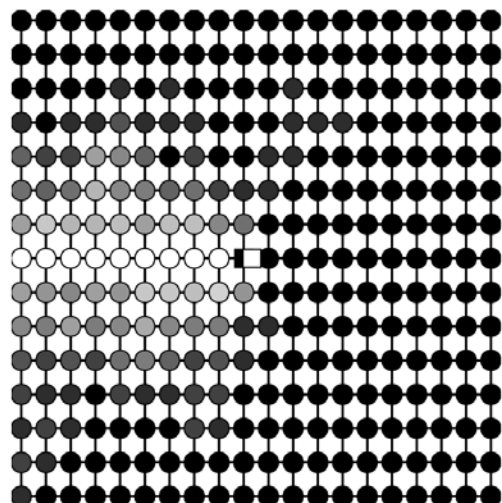
A memóriamentesség előnye az egyszerű számítás, nagy hátránya viszont, hogy a lefedési terület alakja és mérete nem szabályozható a forrás által, az kizárólag az úthálózattól és a felhasznált  $q$  és  $s$  értékektől függ. Az üzenetek a kereszteződésekben általában több úton indulhatnak tovább, és hasonlóképpen összeolvadhatnak egy üzenet több irányból érkezett példányai. A többutas terjedést szimulációs környezetben a legegyszerűbb vizsgálni.

Az általunk kifejlesztett úthálózat alapú szimulátor azt számolja ki, hogy az egyes kereszteződésekbe hány különböző útvonalon lehet eljutni a forrástól, a pletykálást pedig úgy utánozza, hogy véletlenszerűen kihúz elemeket az útvonalak listájából. Az eredmény grafikus megjelenítésekor a kereszteződések helyén levő karikák annál világosabbak, minél többször ért el oda a forrás (a fehér négyzet) üzenete.

2. ábra  
Memóriamentes  
terjedés



3. ábra  
Irányított terjedés



Manhattan-topológia esetén jól megfigyelhető a 2. ábrán, hogy a memóriamentes séma főleg átlósan terjeszti az üzeneteket. Az egyenes úton viszont, amin a forrás éppen halad, az üzenet alig tudott megtenni pár útszakasnyi távolságot az adott futás során, pedig az egy nagyon fontos célterület (attól függetlenül, hogy a forrás mekkora távolságot tett meg korábban az adott utcán). Ezeket a hiányosságokat csak egy olyan döntési sémával lehet kiküszöbölni, ami eltárol bizonyos információkat a csomagok fejlécében, hogy azt a későbbi döntések során fel lehessen használni.

A számtalan lehetséges megoldás közül a legkézenfekvőbb az, hogy azon az úton, ahol a forrás halad, megnöveljük a továbbadási valószínűséget. Ez a megnövelt valószínűség az úgynevezett K-zónán belül érvényes, vagyis K kereszteződés után, vagy az útról való letérés esetén szűnik meg. Ennek a változtatásnak a hatása a 3. ábrán látható,  $K=\infty$  választással.

A K-zónával kiegészített irányított terjesztés során is figyelembe lehet venni a főútvonalak hatását a járművek átlagos viselkedésére. Ha a K-zónán belül az üzenet elér egy keresztbe menő magasabb rendű utat, akkor ott véget kell vetni a K-zónának, ugyanis, ahogy már korábban szó volt róla, a főútvonalról kis valószínűséggel kanyarodnak le az autók. Ha viszont egy főútvonalon indul el a terjesztés, akkor egy keresztező főútvonalon is érdemes lehet továbbküldeni az üzenetet, és L kereszteződésig megtartani a megnövelt továbbadási valószínűséget.

Ilyen és ehhez hasonló intuitív szabályok hozzáadásával a korlátozott elárasztás hozzáigazítható a járműforgalom jellemzőihez. Ezzel egyidőben azonban elvesztjük a séma formális leírásának lehetőségét, ami megnehezíti a protokoll analitikus vizsgálatát.

#### 4. Összegzés és további munka

Az itt bemutatott LUD protokoll a pletykálási eljárás segítségével, vagyis a csomagok adott valószínűségű eldobásával korlátozott elárasztást valósít meg. Városi környezetben az épületek miatt az üzenetek leginkább csak az úthálózat mentén képesek terjedni, ezért a digitális térkép adatainak segítségével meghatározható az a terület, amit az üzenetek terjesztésével le kell fedni. A keresztezésekben levő járművek el tudják dönteni, hogy a következő útszakaszra érdemes-e továbbadni az adott üzenetet, így a döntések láncolatával a lefedési terület dinamikusan alakul ki. A lefedési terület a döntési algoritmustól függ, azonban univerzális algoritmus egyelőre nem ismert, és tekintve a probléma nehézségét nem valószínű, hogy megkonstruálható egy olyan döntési séma, ami képes figyelembe venni a járművek átlagos útvonalát befolyásoló összes tényezőt.

A cikkben két egyszerű módszert ismertettünk: a memóriamentes sémát és az ezt egy úgynevezett K-zónával kiegészítő irányított sémát. Az elméleti megfontolások és a szimulációs vizsgálatát alapján elmondható, hogy a pletykálás valóban véges lefedési területet ered-

ményez; a terület alakját elsősorban az úthálózat határozza meg, de a csomagok fejlécében továbbadott állapot segítségével aktívan szabályozható mind a forrás, mind a döntők által.

A továbbiakban az elsődleges cél a minél jobb döntési sémák megalkotása, amihez ki kell dolgozni egy objektív mérőszámot a lefedési terület minősítésére. Az elméleti vizsgálatok több vonalon is továbbvihetők, a járművek eloszlásának elégtelen ismerete okozta hiba például várhatóan meghatározható a kódelmélet segítségével, a terjedés aszimptotikus viselkedése pedig a perkolációelmélet felhasználásával.

A további vizsgálatokhoz pontosabb szimulációkra is szükség lesz. A jelenlegi, úthálózat alapú szimulátor továbbfejlesztése és kibővítése mellett egy csomagszintű szimulátor segítségével meg kell vizsgálni az út menti terjedést, és azt, hogy mi történik egy kereszteződésben akkor, amikor egyszerre több csomag érkezik. A vizsgált úthálózatnak is bonyolultabbnak kell lennie egy egyszerű Manhattan-topológiánál, ami már az egyszerű K- és L-zóna vizsgálatánál is erősen korlátozta a lehetőségeket, például azzal, hogy minden út egyenrangú.

#### A szerzőkről

**MÁTÉ MIKLÓS** doktorandusz a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén, az MSc fokozatát is itt szerezte 2007-ben. Kutatási területei közé tartoznak többek között a skálázható útvonalválasztó protokollok és a hatékony információ-terjesztési stratégiák ad-hoc hálózatokban.

**VIDA ROLLAND** docens a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszéken. Egyetemi diplomáját a kolozsvári Babes-Bolyai Tudományegyetemen szerezte 1996-ban, évfolyamelsőként. MSc disszertációját az Institut Nationale Polytechnique de Grenoble vendéghallgatójaként írta 1997-ben, PhD fokozatát pedig a párizsi Pierre et Marie Curie Tudományegyetemen szerezte meg 2002-ben. 2003-2005 között Békésy György, 2007-ben pedig Bolyai János Kutatási ösztöndíjat kapott. Az utóbbi öt évben több mint 30 nemzetközi konferencia szervezésében vett részt, dolgozott számos nemzetközi és hazai kutatási projektben, oktatott hálózatokkal kapcsolatos tárgyakat Magyarországon, Romániában és Szlovákiában. 2008-ban megválasztották a HTE Külső Bizottságának elnökévé.

#### Irodalom

- [1] Miklós Máté, Rolland Vida, Probability-based Information Dissemination in Urban Environments, Proceedings of Eunice 2008.
- [2] Zigmunt J. Haas, Joseph Y. Halpern, Li Li, Gossip-based ad hoc routing, IEEE/ACM Transactions on Networking, pp. 479-491, 2006.
- [3] Ravi M. Yadumurthy, Adithya C. H., Mohan Sadashivaiah, Ranga Makanaboyina, Reliable MAC broadcast protocol in directional and omni-directional transmissions for vehicular ad hoc networks, Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Vehicular ad hoc networks (VANET '05), pp.10-19, 2005.
- [4] Holger Füßler, Hannes Hartenstein, Jörg Widmer, Martin Mauve, Wolfgang Effelsberg, Contention-Based Forwarding for Street Scenarios, Proc. of the 1st International Workshop in Intelligent Transportation (WIT 2004), pp.155-159, 2004.

## Hírek

A **Magyar Telekom** bejelentette újgenerációs hozzáférési stratégiáját, amelynek alapján a vállalat újgenerációs optikai és kábelhálózatok fejlesztésébe kezd, hogy a vezeték és mobil szélessáv terén betöltött vezető szerepét megerősítve ügyfeleinek a jelenleginél sokkal gyorsabb vezeték szélessávú hozzáférést nyújtson. 2013 végére körülbelül 780 ezer háztartást terveznek elérni **fiber-to-the-home** (optikai kábel a fogyasztó lakásához, FTTH) hálózattal, valamint további 380 ezer kábelhálózattal lefedett háztartásban EuroDocsis 3.0 technológiával fejlesztik tovább hálózatukat. Az EuroDocsis 3.0 nem igényel a fizikai hálózatban további beruházásokat, csupán a fejállomásnál és az ügyfelek lakóhelyén van szükség a berendezések fejlesztésére.

Az újgenerációs hálózatokon az akár 100 Mbit/s-t elérő sávszélességgel az ügyfeleknek lehetőségük lesz arra, hogy egyszerre használjanak több sávszélesség-igényes szolgáltatást, mint a HDTV, a videótöltés és a gyors internet-hozzáférés. Az optikai hálózat kiépítése során elsősorban FTTH G-PON (Gigabyte Passive Optical Network, gigabites passzív optikai hálózat) technológiát használnak, ugyanakkor az egyedi körülmények figyelembevételével, eseti alapon egyéb technológiák használatára is sor kerülhet. A G-PON technológia egy pontból több fogyasztó lakóhelyéig viszi el az optikai szálát, az egyetlen optikai szálon pedig áramellátást nem igénylő (passzív) eszközök osztják meg a sávszélességet, ezáltal a technológiát költséghatékonyan jellemzi. 2013 végére a tervezett hálózatfejlesztések eredményeképpen összesen mintegy 1,2 millió háztartásban lesz elérhető újgenerációs hozzáférési hálózat.

\*\*\*

A **T-Mobile** a sikeres első alkalom után hagyományt teremtve **MobilNet II.** címmel ismét mobil szélessáv pályázatot hirdetett a Budapesti Corvinus Egyetemen, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen és a Magyar Képzőművészeti Egyetemen, a 2008/2009-es tanévben is folytatva mobilinternettel kapcsolatos programját a hazai felsőoktatás támogatására, a vállalat és a felsőoktatási intézmények, illetve hallgatóik kapcsolatának bővítésére. A „Kreatív közösségi megoldások mobil szélessávon” címmel szeptemberben megjelent pályázat újdonsága, hogy a szervezők egyetlen témát hirdettek mindhárom egyetem diákjai számára, akik akár egyénileg, akár egyes csapatokat is alkotva pályázhatnak. Ennek keretében konkrét, megvalósítható ötletek és megoldások kidolgozása a cél, amelyek a mobil szélessáv és a mobiltelefon kreatív alkalmazását célozzák és elősegítik a közösségépítést.

Az egyéni pályázatokat egyetemenként külön erre a célra felállított, háromtagú, rangos szakmai zsűri bírálja majd el. A Corvinus Egyetemen készülő pályamunkákat Dr. Nemeslaki András, az egyetem Gazdálkodástudományi karának nemzetközi dékánhelyettese, Novák Péter, a Kirowski digitális marketingügynökség ügyvezetője és Langsteiner Marianne, a Magyar Telekom Lakossági Szolgáltatási Üzletágának marketingigazgatója értékeli. A BME-n születő pályamunkákat Dr. Charaf Hassan, egyetemi docens, az Alkalmazott Informatika csoport vezetője, Dr. Prof. Arató Péter egyetemi tanár, valamint Fekete László, a T-

Mobile IP multimédia igazgatója zsűrizik majd. A Képzőművészeti Egyetemen a zsűri tagjai: König Frigyes, a Magyar Képzőművészeti Egyetem rektora, Dr. Petrányi Zsolt, a Múcsarnok ügyvezető igazgatója, valamint Winkler János, a Magyar Telekom vezérigazgató-helyettese, a T-Mobile vezetője. A csoportok által benyújtott munkák értékelését az egyetemek által közösen kijelölt zsűritagok végzik majd.

Tavaly, az első MobilNet pályázat alkalmával a Corvinus Egyetem hallgatói „Mobil szélessáv és WEB 2.0” témában adhatták be munkáikat, feltárva a mobiltechnológia és a WEB 2.0 összekapcsolásából adódó lehetőségeket. A BME diákjai a mobil szélessáv kreatív alkalmazásán alapuló rendszerekkel – okostelefon, mobilweb és mobilmultimédia alkalmazásokkal – pályázhattak. A Képzőművészeti Egyetemen pedig a mobil szélessáv kreatív kihasználásán alapuló interaktív médiaművészeti alkotásokkal lehetett indulni.

\*\*\*

A **Nextent Informatika Zrt.** világvizonylatban is egyedülálló innovatív technológiákon alapuló érzelem- és beszéd felismerő hangbányászati rendszerrel jelent meg a hazai piacon. A magyar fejlesztésű **Voice Miner**-rel a vállalat a CRM rendszerek hatékonyságát kívánja növelni azáltal, hogy az ügyfél és az ügyintéző közötti kommunikációt a létező technológiáktól eltérően emocionális és protokolláris oldalról is elemzi. A Nextent fejlesztése azért is kiemelkedő a hazai piacon, mert kifejezetten a magyar nyelvre koncentrált.

A Voice Miner három alapfunkciója közül a hatékony beszélőazonosító technológia elkülöníti az ügyintéző és az ügyfél hangját, majd külön történik a kulcsszó- és az érzelem detektálás, mely utóbbi összesen három (pozitív, semleges, negatív) alaphangulat, illetve további öt érzelmi szegmens (elégedetlen, szomorú, aggódik, örül, neutrális) alapján osztályozza a beszélgetést. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a technológia információkat nyújt arról, hogy a partnerek milyen hangnemben, stílusban kommunikáltak egymással, illetve az ügyintéző mennyire tartotta be a beszélgetés elvárt struktúráját, protokollját, amelyek rendkívül fontos, befolyásoló tényezők az ügyfélelégedettség, valamint a cégről alkotott kép kialakításában, az elvándorlással kapcsolatos döntések meghozatalában.

A technológia öt üzleti modulja segítségével lehetőség nyílik jelentések készítésére, a problémás beszélgetések listázására, az ügyfélevándorlás mérésére, teljesítményértékelésre valamint a marketing és értékesítési kampányok visszamérésére. Az adatfeldolgozás után a szoftver a kivonatolt információkat megfelelő formában tárolja és biztosítja a könnyű hozzáférhetőséget és kezelhetőséget annak érdekében, hogy a szükséges információk könnyen továbbíthatóak legyenek a döntéshozó számára. A Voice Miner rendszer elemzési és riportoló funkcionalitását a korszerű Oracle BI Suite Siebel termékei biztosítják.

Egy mai átlagos kétfélszoros processzoron egy beszélgetés feldolgozása az eredeti időtartam mintegy tizedét veszi igénybe, de hamarosan várható az algoritmus grafikus processzoron (GPU) futó változata, ami egyszerre több száz szálon párhuzamosítja a feladatot, így nagyságrendekkel felgyorsítja a működést. Ezzel lehetővé válik a realtime feldolgozás is.



# Tájékoztatás a Híradástechnika szerzőinek

A Híradástechnika szerkesztőbizottsága szeretné, ha egyre több szerzője lenne különböző területekről, így tovább bővülne az újságban megjelenő témák köre, és változatosabbá válna az eltérő szemléletű szerzők gondolatvilágától. Leendő szerzőink számára a cikkírással kapcsolatban szeretnénk néhány tájékoztató gondolatot közölni:

- **Témák:** A lap profilja egyfelől felöleli a távközlés „klasszikus” műszaki témaköreit, továbbá az informatika távközléshez, kommunikációhoz kapcsolódó vonatkozásait, a média-technológiák és média-kommunikáció kérdéseit, ezzel is elősegítve a távközlés-informatika-média konvergenciájának folyamatát. Másfelől helyet adunk a távközléshez és média-kommunikációhoz kapcsolódó gazdasági, szabályozási, marketing, menedzsment témáknak és a távközlés-informatika-média társadalmi vonatkozásainak is.

- **Terjedelem:** A szakmai cikkek az újságban általában 4-8 oldal terjedelemben jelennek meg. Ennél rövidebbek inkább csak a hírek vagy beszámolók lehetnek. 8-10 oldalnál hosszabban pedig csak olyan alapvető újdonságok írhatók le, ahol a megértéshez az elméleti alapok és a gyakorlati megvalósítás egyaránt szükséges. Ez azt jelenti, hogy ábrák nélkül 12-20 ezer karakter lehet egy cikk szövege. Nyomtatott oldalanként max. 1-3 ábra elhelyezése teszi az olvasó számára áttekinthetővé, vonzóvá az ismertetést.

- **Forma:** Sem betűtípus, sem rajzkivitel nem köti a szerzőket. Az újság egységessége kedvéért ugyanis az elektronikusan érkező szövegeket a layoutban használt betűtípusban dolgozzuk fel. A cikkeket minden esetben elektronikus formában is kérjük, tehát e-mailen, vagy lemezen. A szövegeket *word formátumban* kérjük elkészíteni. Az ábrák megrajzolásánál egyetlen köztétesség, hogy az újság *fekete-fehér kivitelben* jelenik meg, így a színes ábrák is szürkeárnyalatos képként lesznek láthatók az oldalakon. Ennek megfelelően kérjük a szerzőket, hogy lényeges dolgokra ne hivatkozzanak úgy, hogy a piros vonal, vagy a kék alapterületű rész, ehelyett szaggatott, pontozott, vastag és vékony vonalak legyenek megkülönböztethetők, illetve a területnél sraffozással lehet különbséget tenni. Fotóillusztrációk esetén lehetőség szerint nagyfelbontású, külön képfájlokat is kérünk.

- **Szerkezeti elvárások:** A cikk kötelező részei a Bevezetés (első fejezet) és az Összefoglalás (utolsó fejezet). A bevezetésben a szerzők röviden ismertessék a téma háttérét, a cikk fő mondanivalóját és azt, hogy a további részekben miről lesz szó. A cikkhez csatolni kell egy rövid, néhány mondatos tartalmi összefoglalót magyar és angol nyelven, továbbá meg kell adni néhány jellemző kulcsszót is, szintén magyarul és angolul. A cikk

végén kérjük a kapcsolatos, vagy előzményként felhasznált publikációkat megadni. A hivatkozásokat szögletes zárójelben számozzuk, amely után következik a szerző, majd a cikk vagy a könyv címe, a megjelenés helye és időpontja.

- **Lektorálás:** A cikkek különböző minősítési folyamatoknál értékes pontokat jelenthetnek. Az új eredményeket tartalmazó cikkeket a szerkesztőség bíraltatja. A bírálók véleménye alapján a cikket visszaadhatjuk a szerzőnek javításra, esetleg átdolgozásra. Minden félév végén az azt megelőző öt számból kiválogatjuk azokat a cikkeket, melyek a külföldi, nem magyar anyanyelvű olvasók számára is érdekesek lehetnek. Ezeket angolra fordítva az 1. és 7. számban „Selected Papers” címen jelentetjük meg, ami idegen nyelvű publikációnak számít.

- **Megjelenés:** A folyóirat minden hónap végén jelenik meg. A pontos időpont függ az ünnepektől és a hétfőgék helyzetétől. Mindig az előző hónap utolsó napjáig végleges változatban beérkezett cikkeket vesszük számításba. Tematikus megfontolásokból előfordulhat, hogy egy későbbi számban előnyösebbnek látszik az adott téma tárgyalása. Általában a beküldést követő negyedévben helyet kap a munka az újságban. Kérés esetén az átnézés vagy lektorálás után a beküldéstől számított két héten belül a szerző visszaigazolást kaphat a cikk elfogadásáról.

- **Szerzői adatok:** Annak érdekében, hogy az olvasók problémáikkal, véleményükkel közvetlenül kapcsolatba léphessenek a szerzőkkel, a cikk előtt lévő szürke részben (a cím alatt) szerepel nevük, munkahelyük és e-mail címük. Célszerű tehát, hogy a cikkeket úgy küldjék be, hogy a felsorolt adatokat, valamint a szerzők telefonos elérhetőségét tartalmazzák. Ez utóbbi a szerkesztés, illetve a lektorálás közbeni esetleges kérdések tisztázásához elengedhetetlen.

- **A beküldés módja:**

A cikkek eljuttathatók a főszerkesztőhöz:

*Szabó Csaba Attila*

(BME, Híradástechnikai Tanszék, szabo@hit.bme.hu)

vagy a HTE titkárságára:

*Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület*

(Bp., Kossuth L. tér 6-8. IV.emelet, info@hte.hu).

Reméljük, hogy ezen ismeretek segítik kollégáinkat, hogy gondolataikat, új eredményeiket, műszaki megoldásaikat, számítási módszereiket közkinccsé tegyék. Várjuk tehát a cikkeket az oktatási intézményekből, fejlesztőhelyekről, gyártóktól, üzemeltetőktől, tanulóktól, szakértőktől, oktatóktól és mindenkitől, akinek mondanivalója van a közösség számára.

A Szerkesztőbizottság

### **How is intelligence embedded in a transportation system?**

*Keywords: intelligent transportation system, navigation system, vehicle navigation*

The widely spread navigation systems consist of suitable map background, positioning system, adequate algorithms and user interface. For these components the dynamic behaviour, the integration of modern solutions bring more and more possibilities, hence they can provide more accurate information. Soon we can call them intelligent.

### **Information dissemination in vehicular networks**

*Keywords: vehicular ad-hoc networks, European activities and projects*

In the first section in this paper, we introduce the drives of society and economy, because of which this project came to the front. In the next section, we can discover the technology background and the most important projects in this theme then we touch upon projects and activities supported by the European Union. Most of all we introduce the Hungarian researches, the already done work and the future plans of these tasks. Finally in the last chapter we can review the current projects of Budapest University of Technology and Economics, Budapest Tech Politechnical Institution and Institute for Applied Telecommunication Technologies in this theme.

### **Communication protocols for intelligent transportation systems**

*Keywords: transport protocols, mobile communication, ad-hoc networks, RDS-TMC*

The paper reviews ITS guidelines and expectations in the European and Hungarian transportation policy, and outlines the application areas of intelligent transportation systems. Furthermore, the functional requirements are specified and possible solutions are compared. Finally, some practical examples from public transportations are illustrated.

### **Building and testing of a sensor network developed for transport and its advantages in traffic routing**

*Keywords: cooperative sensors, vehicle identification, integration and system test, route planning algorithm*

The inaccuracy of the obtained information forwarded to drivers or the lack of information induce a remarkable part of traffic accidents. This paper deals with solutions that decrease the uncertainty of information in order to increase the traffic safety. The TRACKSS EU project aims at attaining the enhancement of safety by building a network of sensors and by a higher level usage of sensors in the network. In this project, different innovative, new cooperative sensors have been developed, which can be built into infrastructure or into vehicles. Besides introducing the concept the developed testing method of cooperative, knowledge sharing sensor network is described in this paper. The paper finally highlights how the route planning algorithms can utilize the information obtained from sharing.

### **Spreading traffic information in wireless vehicular networks – a survey**

*Keywords: inter-vehicle communication, routing, data dissemination*

Road traffic optimization, aiming to avoid traffic jams and accidents, is an important economic interest. To provide

that, a computerized driving assistance system is needed, which requires an efficient communication network that can provide fast and reliable information transfer. This paper gives a short overview of the routing and information spreading methods used in inter-car communication by showing their main design patterns.

### **Necessary conditions for an electronic toll collection in Hungary**

*Keywords: user charge, motorway toll, road toll, toll policy, electronic toll collection, interoperability*

In Hungary – as well as in the international practice – it became accepted to pay a defined toll for certain vehicles on designated road sections. The basic issues are: where, how much, by what kind of means to collect the toll and what will happen with the incomes generated? The article gives the reasoning for the soon to be implemented toll policy reform, the basic toll policy targets, the influences of the different possible solutions, and the technical solutions which can make possible these changes.

### **Ad-hoc adaptive cruise control algorithm**

*Keywords: wireless ad hoc networks, adaptive cruise control, tempomat, algorithm, simulation*

Nowadays, nearly all car manufacturers can build a cruise control system (tempomat) in their cars if the customer demands. The tempomat system can be extended with a distance measurement sensor in some top-end luxury cars, to measure the distance of objects in front of the car (this can be another car or some kind of obstacle). By using these systems, a certain following distance can be set, and the tempomat tries to maintain it by using small amounts of acceleration or breaking according to the data provided by the sensor. These adaptive cruise control systems are expensive, and the detection range and field of view of the sensors are limited. In this paper, we present an adaptive cruise control system, which sets the speed of the vehicle according to messages distributed over an ad-hoc wireless network. The wireless communication eliminates the problems caused by bad visibility or being out of line of sight.

### **Disseminating traffic information using a controlled flooding scheme**

*Keywords: restricted flooding, gossiping, inter-vehicle communication*

Due to the increasing traffic density in urban areas, a computer-aided robust collision avoidance and traffic control system should be established, based on decentralized inter-vehicle communication. Vehicles group themselves into a special ad hoc network with high mobility and low link reliability. Traditional ad hoc routing solutions cannot cope with these conditions, while flooding based approaches consume too many resources. Our proposed scheme, Localized Urban Dissemination (LUD), is a location aided gossiping protocol, which concentrates the information spreading to areas where it is most likely to be useful.