

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 kihasználtságát, 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.

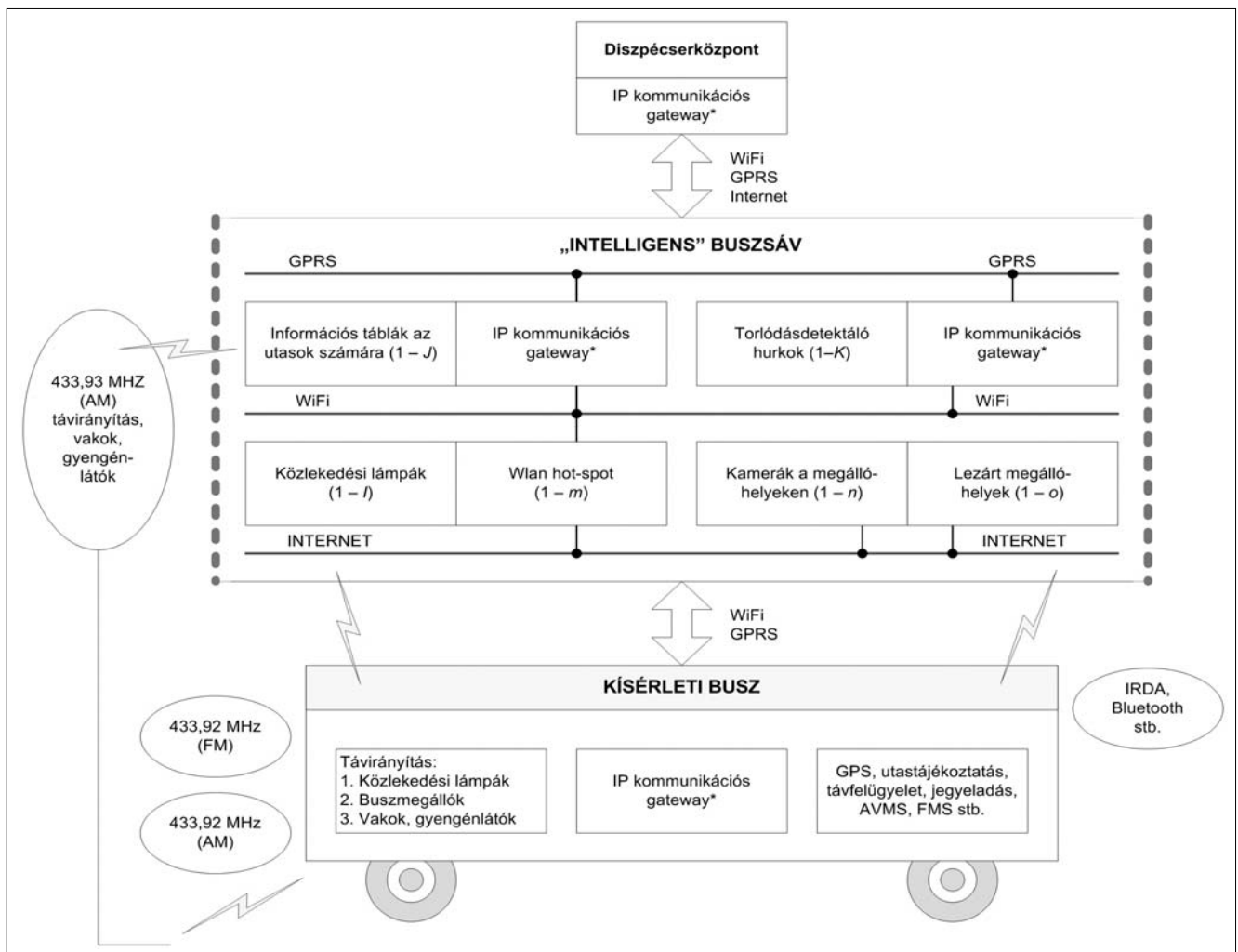
1.3. A városi közlekedés kulcsfontosságú ITS elemei

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 útinform rendszer – Radio Data System-Traffic Message Channel, RDS-TMC);
- a tömegközlekedéssel összehangolt parkolás, (dinamikus utas tájékoztatás);
- 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

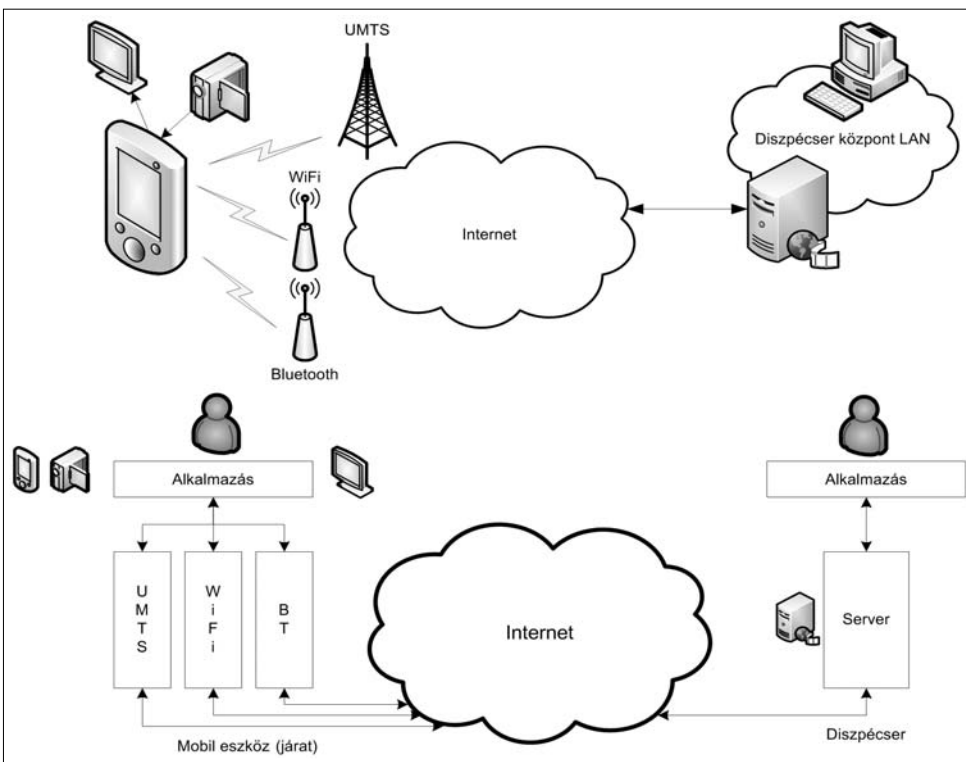
Az EU FP7 kutatás-fejlesztési keretprogramban meghirdetett „European Bus System of the Future” című projekt célja egy korszerű busz megtervezése, legyártása, és a prototípus példányok tesztkörnyezetben történő próbaüzeme, a tapasztalatok visszacsatolása a fejlesztőknek és a gyártóknak. Ez a korszerű, 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	β
Jelerősség	S
Számlázási tulajdonság	W
Terheltség	η

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 ζ indexhez jutunk, tehát: $\zeta = F \cdot \beta \cdot S \cdot W \cdot \eta$.

Látható, hogy ha bármely paraméter értéke 0, akkor ζ 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 *elfüggeszti* 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 adó 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

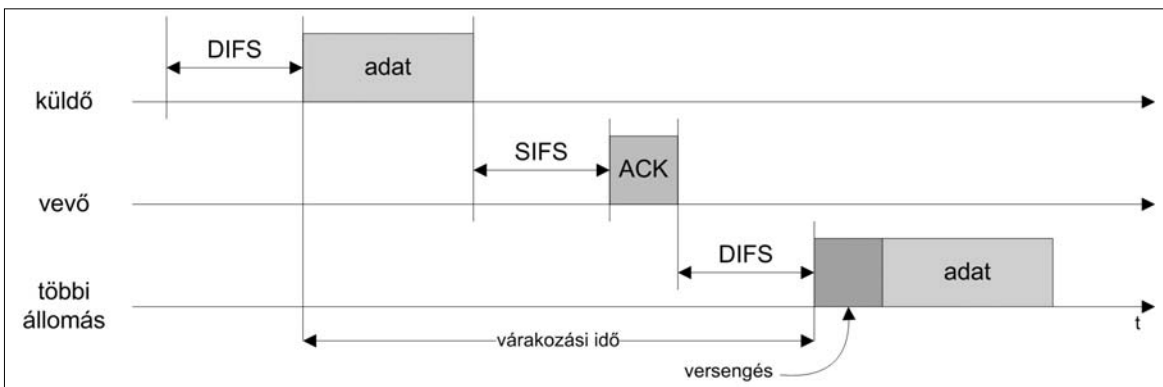
(ACK – Acknowledge), mellyel felszabadítja a csatornát. A leendő adóállomások a csatorna felszabadulását több módon is figyelhetik: a CTS csomagban lévő visszaigazolt várható üzenetküldési idő, az ACK csomag beérkezése, de természetesen a végső bizonyosság a csatorna figyelése a DIFS időtartam alatt, 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

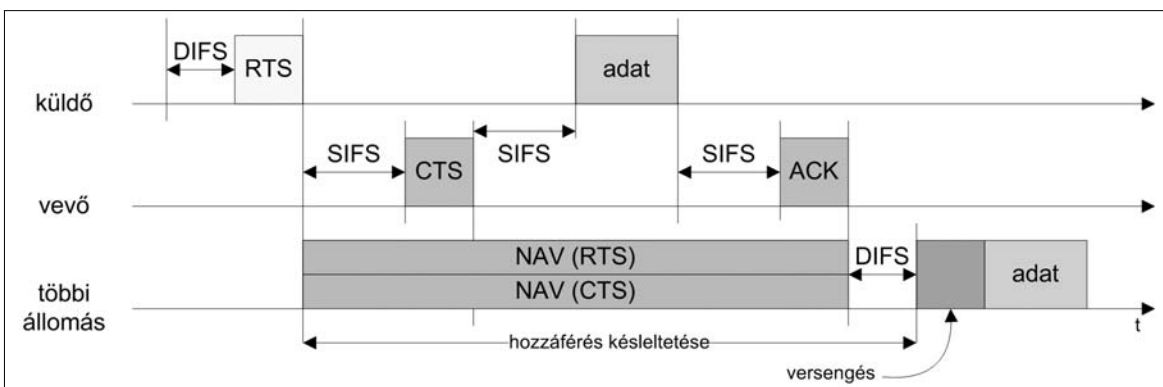
A hagyományos hálózatokban léteznek kitüntetett szerepű pontok (gateway, router), melyek információval rendelkeznek a hálózat topológiájáról, így képesek az útvonal megbízható megválasztására. Mobil ad-hoc hálózatokban célszerű igény szerinti (ad-hoc) útválasztó protokollokat alkalmazni. Ezek a protokollok 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 úmenti 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. Mindamelllett 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 fokozatát 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, rendszer-szimuláció, valamint intelligens közlekedési rendszerek fejlesztése.

Irodalom

- [1] http://ec.europa.eu/transport/white_paper/index_en.htm
- [2] http://www.kvvm.hu/cimg/documents/k_zleked_spolitika_2.pdf
- [3] http://www.itktb.hu/engine.aspx?page=MITSkazdo_hun