

# Vezeték nélküli hálózatok alkalmazása a közlekedésben

Laborczi Péter Gerháth Gábor Gordos Géza

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány (BZAKA),  
Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet (IKTI)  
Cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 130.  
Email: {laborczi, gerhath, gordos}@ikti.hu  
Tel.: (+36 1) 463-0510

## 1. Bevezetés

Ha a járműveket a vezeték nélküli kommunikáció képességével ruházzuk fel, és ad-hoc módon lesznek képesek egymással információt cserélni, akkor új távlatok nyílnak a közlekedés biztonságának és minőségének javításában. Balesetekről, útfelújításokról, úthibákról értesíthetik egymást; az útkereszteződésekben, be nem látható kanyarokban, ködben egymás tudomására hozhatják jelenlétüket; illetve akár egymással együttműködve egy dugóban automatikusan gyorsítva vagy lassítva, „konvojszerűen” haladhatnak úti céljuk felé, levéve ezzel a járművezetőkről a pedálkezelés terhét. A jövőben várhatóan szinte minden autóban megtalálhatók lesznek az ilyen biztonsági vagy kényelmi funkciókat megvalósító eszközök, jelenleg azonban ezek a rendszerek még kutatási fázisban vannak [1].

Az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazásainak egyik legfontosabb esete a *közúti balesetek megelőzése*, melyre két fő irányvonal létezik: az egyik a járművek egyéni helyi megfigyelése (pl. radar detekció) és reakcióján alapul, míg a másik módszer esetén a járművek egyéni megfigyeléseit a többi járművel is megosztja. Az utóbbi módszer járművek közti kommunikációt feltételez és megfelelő körülmények között jobb hatásfokot ér el, mint az egyéni reakciókon alapuló módszer.

A *forgalmi torlódások* által keltett problémákat már számos fejlett országban megpróbálják speciális ITS (Intelligent Transportation Systems) rendszerek kiépítésével megoldani. Ezek általában központosított (fix) vagy elosztott (ad hoc) kommunikációs infrastruktúrákat használnak a forgalmi információk begyűjtésére, illetve terjesztésére. Központosított rendszerben minden felhasználó a központba küldi a begyűjtött adatait, és onnan kéri le, elosztott esetben pedig a járművek ad-hoc módon cserélnek információt a közlekedés aktuális állapotáról.

A *hibrid rendszer pedig* ötvözi a fix és az elosztott rendszerek fő jellegzetességeit. Az elosztott rendszer tulajdonságait kihasználva szükségtelemmé válik, hogy az adatgyűjtő járművek a központot sűrűn értesítsék, így elkerülhető a fix rendszer kommunikációs hálózatának a leterhelése. Ugyanakkor, azokban az esetekben, amikor az elosztott rendszer valamilyen oknál fogva nem képes megfelelő információt szolgáltatni egy kritikus útszakaszról, a fix rendszer ezt észrevéve, lehetőséget biztosít az ebben érintett járművek értesítésére. Így egy igen hatékony, elosztott közúti forgalmi rendszert építhetünk fel, amely mentes a fent említett problémáktól [2].

A járművek közti kommunikáció esetén a legtöbb kutatási feladatot a hálózat ad-hoc jellege adja. Ebben az esetben a kommunikációs hálózat tervezésénél három fontos kihívással kell szembenézni. A hálózatot gyors, ugyanakkor bizonyos mértékig prediktálható topológia-változás, gyakori szakadás, valamint csekély redundancia jellemzi [3]. A jelenleg rendelkezésre álló technológiát, az IEEE 802.11 protokollcsaládot [4] leginkább házon belüli kommunikációra tervezték, ezért a rádió hatótávolsága 100 – 300 méter. Használható kiépített hálózatokhoz is, mint például egy iroda, de megvalósítható vele ad-hoc hálózat is. A szabvány ezeket központi irányítási funkcióknak, illetve elosztott irányítási funkcióknak nevezi. Az ad-hoc megvalósítás esetében a hálózatban résztvevő egységek (csomópontok) képesek csomagokat küldeni és fogadni, valamint képesek útválasztó funkciót is betölteni, amennyiben az adó és a vevő olyan messze van egymástól, hogy közvetlenül nem – hanem többugrásos („multi-hop”) módon – képesek kapcsolatba lépni egymással [5].

Az IEEE 802.11p szabvány keretei között, amely másik neve vezeték nélküli hozzáférés közúti környezetben (Wireless Access for the Vehicular Environment - WAVE) a 802.11-es családhoz olyan továbbfejlesztést dolgoztak ki, amely az intelligens közlekedési alkalmazások követelményeit elégíti ki. Ez többek között a nagy sebességgel mozgó járművek közti adatcserét, illetve e járművek és az útmentén elhelyezett bázisállomások közti adatcserét fogja támogatni. A 802.11p szabványosítása folyamatban van, megjelentetését 2008 júliusára tervezik.

## 2. Európai Kutatás-Fejlesztési Projektek

Ebben a fejezetben a témához kapcsolódó néhány fontos kutatási irányzatot mutatunk be.

### 2.1 FleetNet

Az egyik első kutatási projekt a témában a "FleetNet - Internet on the Road" nevű projekt [6], amelyet a Német Szövetségi Képzési és Kutatási Minisztérium támogatott, és 2000 szeptemberétől 2003 végéig tartott. Célja az volt, hogy eszközöket fejlesszenek ki az autók közti kommunikáció biztosítására, mobil ad-hoc kommunikációra képes eszközök segítségével. Ez számtalan probléma elé állította a kutatókat, amelyek megoldásához ismerniük kellett a rádió hardver és protokoll egységeit és az internetes protokollokat. A FleetNet alkalmazások akkor a leghasznosabbak mind az utasok, mind a vezetők számára, ha a piaci elterjedtségük már elég magas, ezért a rendszer készítői úgy gondolták, hogy a gyártóktól függetlenül kell megvalósítani az autók közti kommunikációs rendszereket. Így olyan megvalósításokat hoztak létre, amelyek a nemzetközi szabványok alapján készültek. A FleetNet alkalmazásai és szolgáltatásai többek között az együttműködő, vezetőt segítő alkalmazások, az autók közti adatszolgáltatás és a felhasználók kommunikációs és információs alkalmazása.

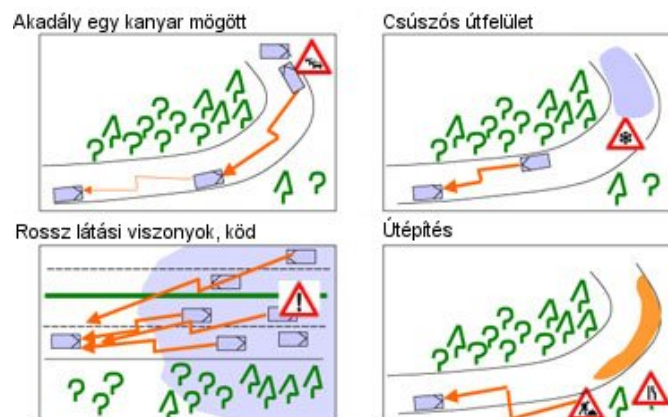
### 2.2 Prevent

A Prevent [7] konzorcium tagjai között egyetemek, kutatóintézetek, autógyártók, elektronikai eszközök gyártói vannak, mint például a BMW, az Audi, a Siemens, és a Passau Egyetem. A Prevent célja a közlekedés biztonságának és kényelmének javítása.

A kutatási területeik:

SASPENCE: (Biztonságos sebesség, biztonságos távolság - Safe speed safe distance), az adott útszakasznak megfelelő sebesség meghatározása, és az ehhez tartozó követési távolság ellenőrzése ennek a projektnek a feladata.

WILLWARN: (Vezeték nélküli veszélyjelzés - Wireless Local Danger Warning), a vezető látóterén kívüli balesetveszély felderítése a feladat. Ez magában foglalja a terepakadályok, úthibák, rossz látási viszony észlelését és az információ továbbadását rádió csatornán. Néhány példa az 1. ábrán látható.



1. ábra – WILLWARN példák

SAFELANE (Biztonságos sáv): E projekt keretében olyan rendszeren dolgoznak, ami a sávtartást biztosítja. Ha érzékeli, hogy a jármű elhagyta a sávot, akkor figyelmezteti a vezetőt, esetleg beavatkozik a kormányzásba, ezzel csökkentve a balesetveszélyt.

LATERAL SAFE (Oldal biztonság): a projekt célja a vezető látóterében lévő holtterek okozta balesetek megelőzése. Ilyen eset lehet például egy sávváltás vagy parkolás, ahol a rendszer figyelmezteti a vezetőt, hogy a manőver folytatása baleset bekövetkezéséhez vezethet.

INTERSAFE (Csomópont biztonság): az útkereszteződéseknél segítené ez a rendszer a vezetőt, esetleg a forgalomirányító lámpákkal is kommunikál, hogy elkerülje a balesetveszélyes helyzeteket.

UseRCams: Ennek a projektnek a célja egy kis költségű 3D szenzor kifejlesztése, amivel fel lehet ismerni a tereptárgyakat. Leginkább az ütközés elkerülés, holtter felderítés, és a közlekedés sérülékeny résztvevőinek (gyalogos, kerékpáros) detektálása.

COMPOSE, APALACI: Ez a kutatási feladat nem a baleset megelőzésével foglalkozik, hanem a bekövetkezésekor keletkező kár mérséklésével. A baleset bekövetkezése előtt egy másodperccel beavatkozik, például lefékezi az autót, ezzel csökkentve annak mozgási energiáját. A COMPOSE projekt az emberekkel való ütközésekkel, míg az APALACI a járművekkel történő ütközésekkel foglalkozik.

RESPONSE (Válasz): Ennek a projektnek a feladata, hogy kidolgozzon egy bevezetési eljárást az újonnan kifejlesztett biztonsági alkalmazások számára.

## 2.3 Coopers

A Coopers [8] (Együttműködő rendszerek az intelligens úthálózat biztonságáért - CO-OPERative SystEms for Intelligent Road Safety) projektben az autósok az autópályák melletti rádiós egységeknek továbbítják az információikat és innen kapják vissza az új adatokat. Ezek a rádiós egységek egymással is és egy központtal is összeköttetésben állnak. Az út mellett egyenlő távolságokra elhelyezett vezeték nélküli berendezésekkel biztosítják, hogy az autósok mindig egy adott csomóponton keresztül az előttük lévő útszakasról kapnak információt. Az információ visszajuttatása az autósokhoz történhet magával a rádiós egységgel is és az út felett elhelyezett elektronikus táblák segítségével is. Az elektronikus tábla segítségével megadhatjuk, hogy az autók mekkora sebességgel menjenek, melyik sávot válasszák. A csomópontok a forgalmi információk mellett a balesetokról is és az időjárási körülményekről is előre tudják tájékoztatni a vezetőt. Aki az adatok birtokában választhat más útirányt vagy időben felkészülhet az útviszonyokra, a kijelzett sebességek betartásával minimálisra csökkentheti a vészhelyzet kialakulását.

## 2.4 CALM

A CALM [10] célja egy olyan rétegzett felépítésű rendszer kifejlesztése, amely folytonos vagy kvázi folytonos kommunikációt létesít az autók és az infrastruktúra vagy maguk a járművek között, a vezeték nélküli kommunikációs hálózatok felhasználásával. A hálózati technológiák közül mindig azt választja, ami a felhasználónak a legmegfelelőbb. A különféle rendszerek közötti átjárás biztosítására egy univerzális (middleware) réteget hoz létre, amellyel a vezeték nélküli hálózati struktúra függetlenné tehető az alkalmazásaink számára. A CALM az Internet Protokoll 6-os verzióján (IPv6) alapul, azaz bármilyen internetes szolgáltatással képes együttműködni. A rendszert elsősorban a CVIS [9] projekt keretein belül fejlesztik.

## 2.5 Car2Car

Az Autó-autó kommunikációs konzorcium (Car2Car communication consortium, C2C) [11] az európai autógyárak kezdeményezésével indult annak érdekében, hogy a közlekedés biztonságát és hatékonyságát növeljék. Ezt a célt a járművek közötti kommunikáció megvalósításával akarják elérni. A C2C nyitott mind a gyárak mind a kutatók részére. Céljaik között szerepel a WLAN technológiára alapuló Car2Car (C2C) kommunikációs rendszer szabványosítása, hogy Európa-szerte használható legyen, és megnyissák az utat az ezen a technológián alapuló aktív biztonsági megoldások fejlesztése előtt. A szabványosítás mellett, a kommunikáció biztosítása érdekében egy ingyen használható frekvenciasáv lefoglalása is a terveik között szerepel.

### 3. Hálózati struktúrák

Jelen cikk elsősorban a fenti projektekben használt kommunikációkat vizsgálja szimulációs eszközökkel (központosított, elosztott), másrészt pedig egy új kommunikációs architektúrát javasol (hibrid), melynek hatékonyságát szimulációval bizonyítjuk.

Háromféle hálózati struktúrát vizsgálunk:

*Centralizált:* egyetlen adó/vevő bázisállomás gyűjti az információkat a járművektől, a járművek mindig ettől a bázisállomástól kérdezik meg az aktuális forgalmi adatokat.

*Decentralizált:* a járművek csak egymással kommunikálnak ad-hoc módon, nincsenek nagyteljesítményű rádiós adótoronyok (semmilyen kiépített infrastruktúra), amik terjesztenék az információt, itt minden adat az autók közt terjed. IEEE 802.11 –es protokoll család működése ilyen.

*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 rendszert valósít meg.

### 4. Szimulációs környezet: RUBeNS

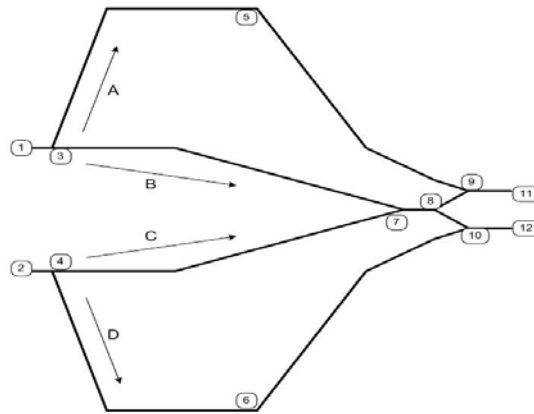
A fentebb említett architektúrák megvalósításához és vizsgálatához egy szimulációs környezetet alakítottunk ki. Szükség volt mind a kommunikációs hálózat, mind a járművek mozgásának szimulálására. Erre a feladatra nem érhető el egységes program, ezért saját szimulációs környezetet kellett kialakítanunk. A szimulátor programok kiválasztásában nagy hangsúlyt kapott a realizisztikusság és a programozhatóság, hiszen csak a valós élethez hasonló, azt jól modellező környezetben kaphatunk reális eredményeket. Felismerve az előbb említett szempontok fontosságát, az autógyárak is használnak forgalom szimulátorokat bizonyos technológiák teszteléséhez, kifejlesztéséhez. A BMW Kutatási és Technológiai Részlege egyesítette a CARISMA és a Hálózat Szimulátor (Network Simulator-2, NS-2 [12]) programokat a Volkswagen AG. összekapcsolta az NS-2 programot a VISSIM szimulátorral [13]. A FleetNet projekt során a forgalom szimulátor a DaimlerChrysler AG által kifejlesztett Videlio program volt [14].

A többféle kutatási terület és a hozzákapcsolódó számos szimulációs környezet miatt létrehoztuk a többcélú általános szimulációs környezetet, amelyet Vidéki és Városi elektronikus – Utazás Hálózat Szimulátornak (Rural & UrBan e-Travelling Network Simulator - RUBeNS) neveztünk el.

A RUBeNS információ terjesztési és feldolgozási részeit az NS-2 általános hálózat szimulátorban valósítottuk meg. Az NS-2 egy diszkrét idejű szimulátor, esetünkben egy másodperces lépésekben számítja ki a hálózat adatait.

### 5. Szimulációk

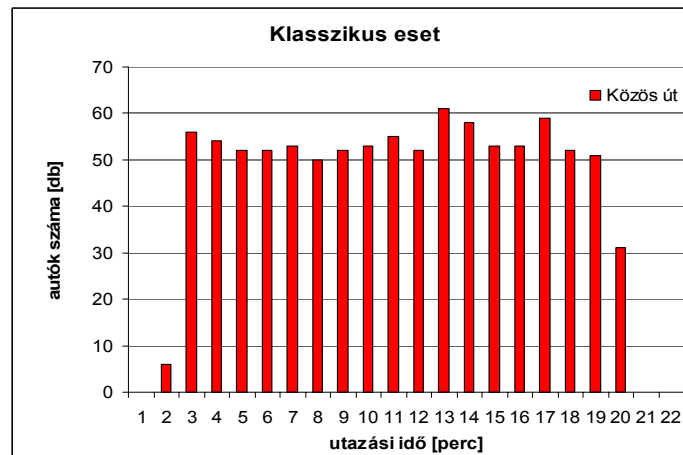
A szimulációkat először egy mintahálózaton (2. ábra) végeztük el. Ebben a hálózatban a járművek az 1. és 2. ponton lépnek be a hálózatba, és a 11. illetve a 12. pont felé haladnak. Minden másodpercben 15% valószínűséggel lép be egy autó. Az autók a 3. illetve a 4. ponton hoznak döntést arról, hogy merre haladjanak tovább. A rövidebb, középső utak 1100 méter hosszúak (ezt a további diagramokon középső útnak fogjuk nevezni), ezért alapesetben az autók ezt az utat választják. A kerülő utak 2000 méter hosszúak. Kerülőutat tehát a vezető akkor választ, ha megbízható üzenetet kap arról, hogy a kerülőutat rövidebb idő alatt tudja megtenni. A járművek bizonyos időközönként adatokat küldenek egymásnak, vagy a központnak. Az adatok között szerepelnie kell időbélyegnek, pozíciónak, valamint aktuális sebességnek. A jármű ezek alapján dönt az útválasztásról. A kommunikációs architektúra három esetére (3. rész) végeztük el a szimulációkat.



2. ábra: Mintahálózat

### Hagyományos útválasztás

Először azt vizsgáltuk, hogy milyen utazási időket kapunk, ha az autók nem törődnek a kerülőutakkal, hanem mindenki a legrövidebb úton akar céljához eljutni. A járművek nem továbbítanak forgalmi üzeneteket sem egymásnak, sem egy központnak. Az utazási idő hisztogram a 3. ábrán látható.

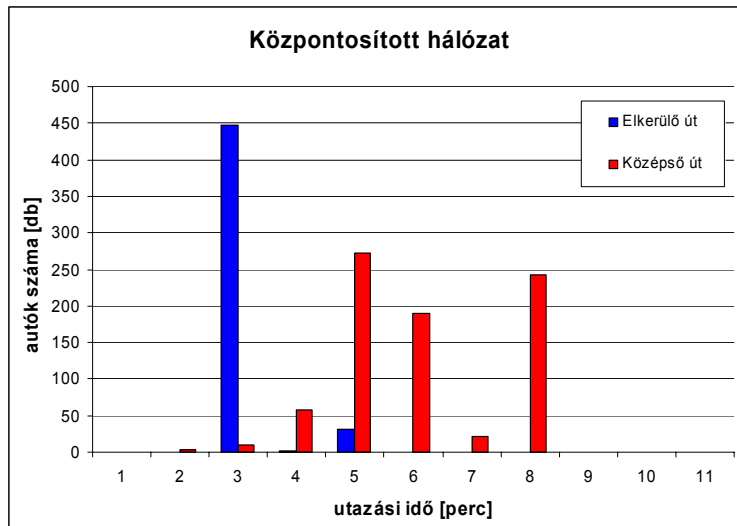


3. ábra: Mintahálózat

### Központosított eset

A központosított esetben a központ a beérkezett adatok feldolgozásából egyből tud következtetni, hogy kialakult-e dugó a különböző útszakaszokon, és ezt az információt visszajuttatja az érintett járművekhez. Az autók közvetlenül a bázisállomással kommunikálnak (mindig a központnak küldik el az utazási idejüket, aki ebből kiszámítja az adott útszakaszra vonatkozó átlagos utazási időt, a beérkezett információkat egy adatbázisban is letárolja) mely az egész közúti hálózatra kiterjedő hatósugárral rendelkezik, így ennél a szimulációnál ez a rendszer működését egyáltalán nem befolyásolta. Azonban a központ hátránya azonban a korlátos kapacitás, és a drága kommunikáció. A hálózatban az autók a 3. és a 4. pont előtt fordulnak a központhoz és kérdezik le ezt az adatbázist (vagyis a központot); a hosszabb út felé indulnak, ha a rövidebb úton a várható utazási idejük túllépi a döntési küszöböt.

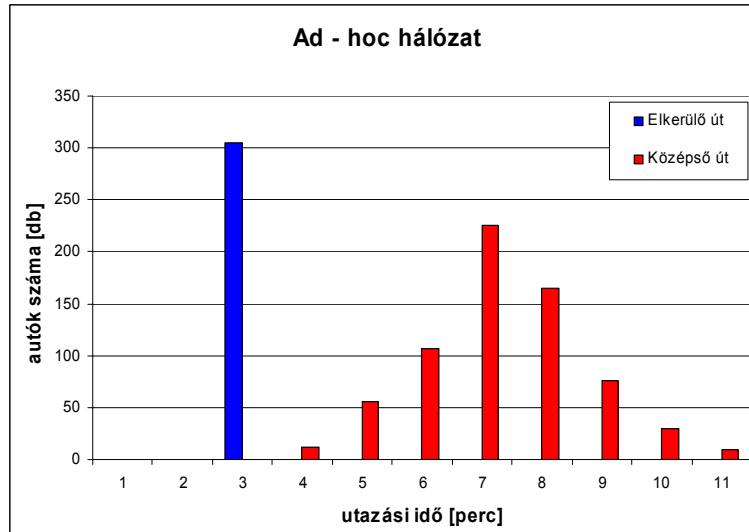
A kapott eredményt a 4. ábrán láthatjuk. A grafikonon az látszik, hogy az adott idő alatt hány jármű tette meg az adott szakaszt az elkerülő úton, illetve a középső úton. A grafikonon látszik, hogy a forgalmat terelve sokkal kisebb lesz a járművek átlagos utazási ideje, mivel nem terül el időben mint az előbbi pontban ismertetett esetben. Az elkerülő utat használók többsége a 3 perces sávba esett, ami azért történt, mivel sokan tudtak haladni körülbelül ugyanakkora sebességgel.



4. ábra: Központosított eset

### Elosztott hálózat

Ha csak ad-hoc hálózat által nyújtott információkra támaszkodunk, akkor számolnunk kell azzal, hogy ha nem kapunk egy útról hosszabb ideig információt, az nem feltétlenül jelenti azt, hogy az út üres. A 5. ábrán jól látható, hogy csak kevesen választották az elkerülő utat. Ezen az úton nem volt nagy forgalom, mindenki a maximális sebességgel tudott rajta haladni, ezért kaptunk olyan rövid utazási idővel haladó autókat. A kerülő utat csak abban az esetben választották, ha 3-as vagy 4-es pont és a 7-es pont között haladt néhány autó, akiken keresztül eljutott a dugóban várakozó autók üzenete.



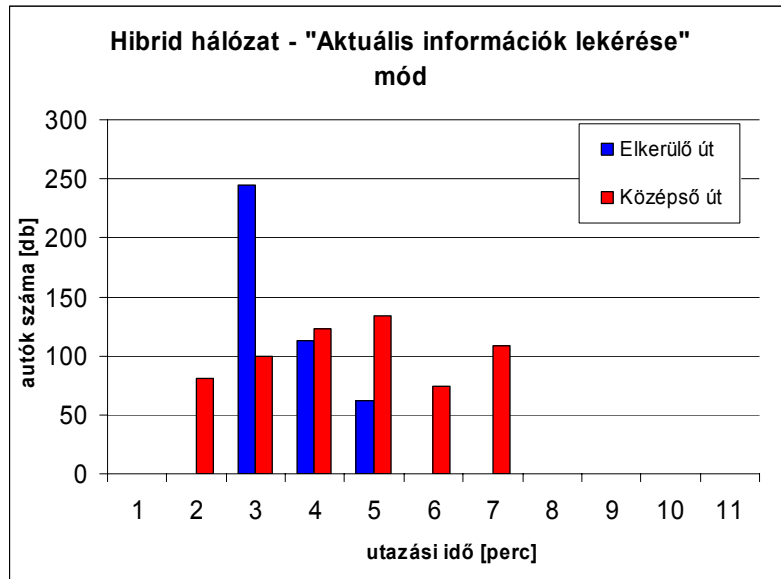
5. ábra: Elosztott eset

### Hibrid hálózat stratégiája

Ez a stratégia alapesetben az ad-hoc kommunikációt használja, mivel az ingyenes és általában elegendő információt biztosít az autók számára. Azonban bizonyos esetekben nem kapunk pontos képet az aktuális forgalomról az elosztott hálózattal sem. Ilyen eset például, ha a mintahálózat 7-es pontja körül dugó alakul ki, de erről nem jut el információ a hálózatba beérkező autókhoz, mivel a 2-es és 7-es pontok között nem jár egyetlen autó sem éppen. Így a dugóban álló autók nem tudják kinek hátrafele továbbítani az üzeneteiket (mivel nincs egyetlen autó sem a kommunikációs hatósugarukon belül.)

### Hibrid módszer – aktuális információ kérése a központtól

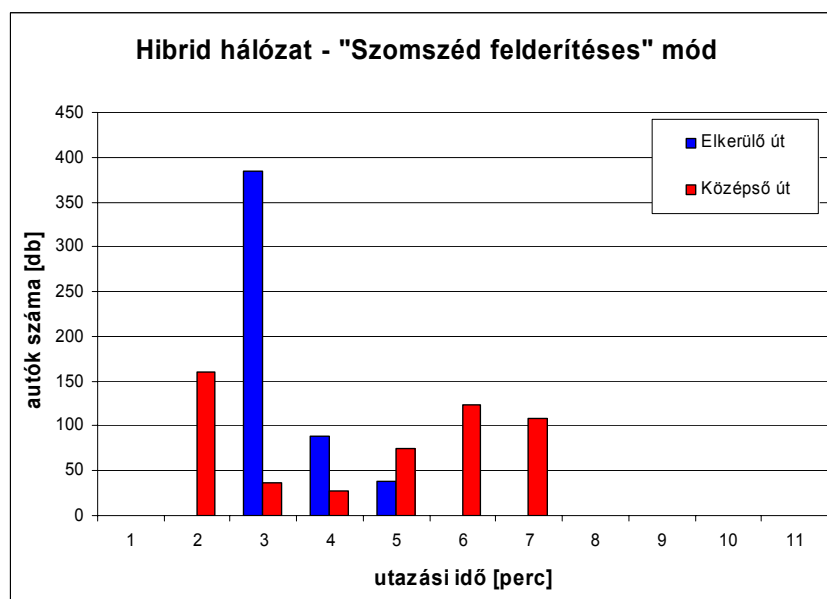
A hibrid hálózat stratégiája ebben az esetben az, hogy ha bizonyos ideig nem kap információt egy útszakaszról, akkor lekéri a központ legfrissebb adatát. A 6. ábrán jól látható, hogy az úthálózat kihasználtsága sokkal jobb lett, mint az előbb említett két esetben. Látható, hogy 6-7 perc alatt értek célba azok az autók, akik belefutottak a dugóba és várták amíg megszűnik.



6. ábra: Hibrid módszer – Aktuális információk kérése a központtól

### Hibrid módszer – Szomszéd felderítéses mód

A másik hibrid esetben az autók az ad-hoc üzenetek mellett HELLO típusú üzeneteket is küldenek, így az autók egymás között meg tudják határozni a körülöttük lévő autók számát, valamint egymáshoz viszonyított helyzetüket. Szemben a centralizált esettel itt nem mindenki továbbítja az üzeneteit a központnak, hanem csak egy autó: amely a sor végén halad. Egy algoritmussal meghatározzuk, hogy az autókonyjban mely jármű az utolsó. A bázis pedig broadcast üzenet formájában az összes járműnek elküldi az információt. Forgalom eloszlására jellemző (7. ábra), hogy az autók döntő többsége képes volt közel optimális utazási időt elérni. A 6. és a 7. perc körüli nagyobb értékeket a másik hibrid esethez hasonlóan itt is a dugóban álló autók okozták.



7. ábra: Hibrid hálózat – Szomszéd felderítéses módszer

A mintahálózaton végzett szimulációk eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze, ahol az összes a szimulációs idő alatt célját elért autó, utazási idejét átlagoltuk. Az érték az egész módszerre egy átlag, az elkerülő és a középső úton haladt járművek összes utazási idejének az átlaga. Ez a viszonyítási érték megfelelő alapot ad a különféle módszerek és technológiák összehasonlítására. Az autónként elküldött üzenetek átlagos (egészre kerekített) számát is ebben a táblázatban található.

**1. Táblázat Utazási idő és az üzenetek számának alakulása a különböző hálózati módok esetén**

	Hagyományos útvonalválasztás	Központosított irányítás	Elosztott hálózatban	Hibrid útvonalválasztás	
				Aktuális információk kérése	Szomszéd felderítéses mód
Átlagos utazási idő [s]	833	334	356	290	294
Küldött ad-hoc üzenetek száma	0	0	5441	6763	2780
Bázis-állomásnak küldött üzenetek száma	0	14	0	44	1
Bázisállomás által elküldött üzenetek	0	1,5	0	44	1

Látható, hogy az átlagos utazási idő, a hagyományoshoz képest közel a 40%-ára esett vissza a központosított módszert használva, Elosztott hálózat esetén már nem kaptunk ennyire jó értéket, ez pedig annak tudható be, hogy itt mutatkozott meg az ad-hoc rendszer egyik hátránya, ha egy adott útszakaszon nincs információnk, akkor behajtottunk arra az útszakaszra ahol dugó van. A két hibrid rendszer hozta a legjobb eredményt, és a kétféle módszer közül Az *aktuális információk kérése a központtól* algoritmusnál kaptuk jobb eredményt. A hálózati forgalmat tekintve jól látszik, hogy a Hibrid módszerek közül a Szomszéd felderítéses tűnik a leghatékonyabbnak. A másik hibrid módszer sok üzenetet generált az ad-hoc hálózatba is és a bázisállomáshoz is. Ennek magyarázata, hogy az autók sokszor nem kapják meg bizonyos utakról szóló információkat. A jelenlegi algoritmus alapján egy autó akkor is lekéri az út információit, ha azon már áthaladt.

A szimulációkat a Budapest egy részét modellező térképen (8. ábra) is elvégeztük. Kiindulási állapotként a 8. ábrán látható útvonalakon haladó járműfolyamokat vizsgáltuk. Látható, hogy az 1. pontból a 2. pontba haladó járműfolyam (piros útvonal) a Szabadág Hídnál találkozik a 3. pontból a 4. pont felé haladó járműfolyammal (fekete útvonal). Itt dugó fog kialakulni. A hálózatba berajzoltunk egy lehetséges alternatív útvonalat is (kék vonallal jelöltük). Ebben a hálózatban 35% valószínűséggel lép be másodpercenként egy új autó a hálózatba.

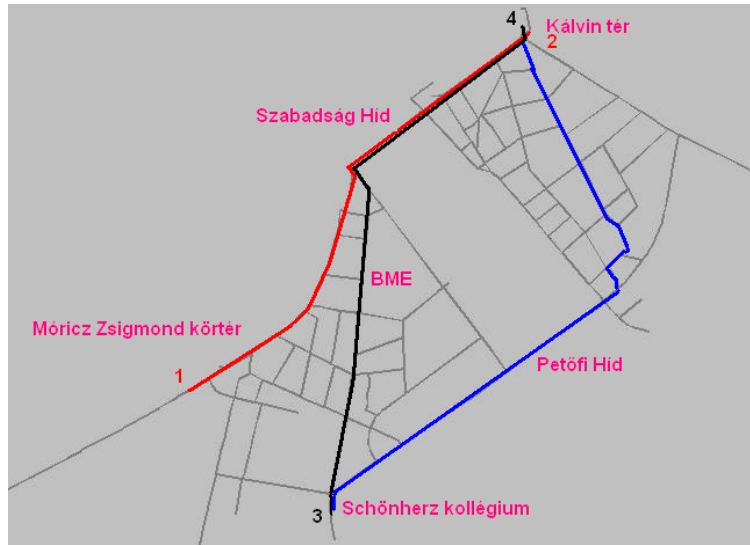
A kapott eredményeket a 9. ábrán látható hisztogramon összesítettük. Az autók száma itt kevesebb, mint a Mintahálózaton, mivel fél órás szimulációs időre vizsgáltuk a forgalom irányító módszerek hatékonyságát.

Az ábrán látszik, hogy a legjobb eredményt most is a Hibrid módszer használatával kapjuk, ugyanis az Elosztott (ad-hoc) és a Központosított esetben még 17 perces utazási idő felett is találunk autókat. Ez a Hibrid módszer esetén a Szomszéd felderítéses esetben nem fordul elő, az Aktuális információk kérése módban pedig csak csekély mértékben. Összességében elmondhatjuk, hogy a Hibrid módszerek egyenletesebb forgalomelosztást eredményeztek.

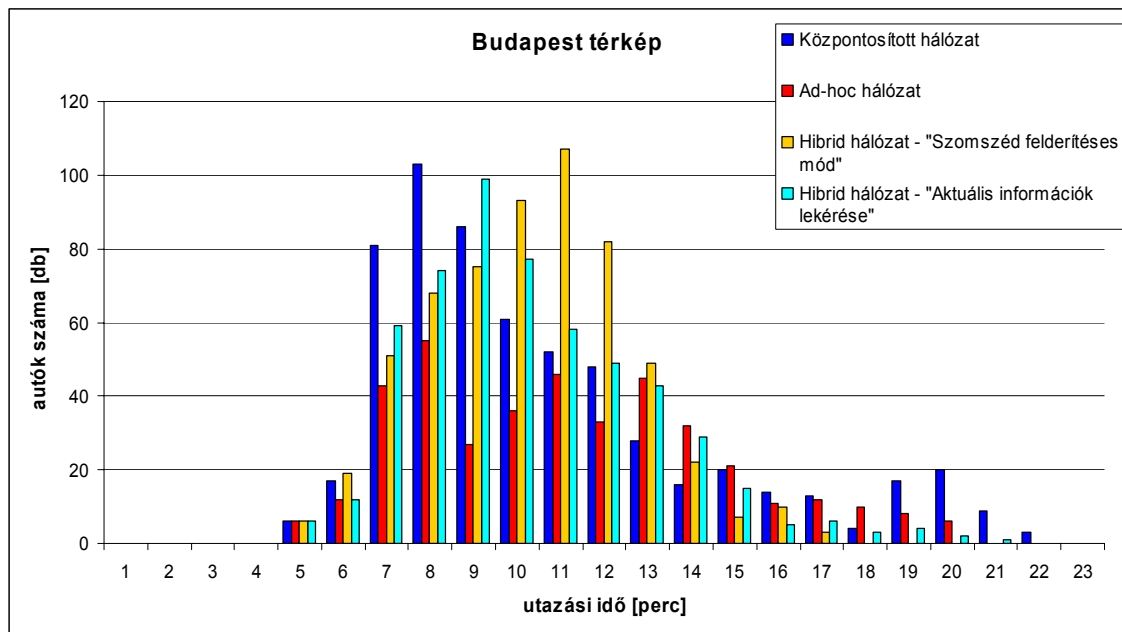
Az 2. táblázatban láthatjuk az átlagos utazási időt és az autónként elküldött üzenetek átlagos (egészre kerekített) számát a különböző módszerek esetén. Jól látszik, hogy ismét a Hibrid útvonalválasztással értük el a legjobb eredményt. Az elosztott hálózat szerepelt ebben az esetben is a legrosszabbul, ennek



oka ugyanaz, mint a Mintahálózat esetén, vagyis nincs szembejövő forgalom és ez lerontja az üzenetek szétterjedését.



8. ábra: Budapest térkép részlet - Kiindulási útvonalak



9. ábra: Budapesti hálózaton vizsgált módszerek eredménye

A bázisállomásnak küldött üzenetek számát tekintve a legjobb eredményt a Szomszéd felderítéses módszerrel kapjuk. A bázisállomásos módszer most nem hozott sokkal gyengébb eredményt, ez azért következett be, mivel a budapesti hálózaton az autók sokfelé elkanyarodnak (hasonlóan a valós élethez) és nem minden esetben lehet eldönteni egy autóról, hogy az egy konvoj legutolsó autója-e. Az Aktuális információk kérése módban pedig ezen a hálózaton már kevesebb volt az ad-hoc forgalom, mint a másik Hibrid módszernél. Ennek oka, hogy a hálózatban jóval több autó van, mint a Mintahálózat esetén és így jóval több HELLO üzenet is küldődött szét a hálózatban.

A Szomszéd felderítéses módban az autók a bázisállomásnak pontosan annyi üzenetet továbbítottak, mint amennyit a bázisállomás broadcastolt. Ennek az oka az algoritmus működésében keresendő, vagyis egy autó akkor értesíti a bázisállomást, amikor az dugót észlelt, így a központ a beérkezett csomagot egyből broadcastolja.

## 2. Táblázat - Utazási idő és az üzenetek számának alakulása a különböző hálózati módok esetén

	Központosított irányítás	Elosztott hálózatban	Hibrid útvonalválasztás	
			Aktuális információk kérése	Szomszéd felderítéses mód
Átlagos utazási idő [s]	639	648	583	576
Küldött ad-hoc üzenetek száma	0	17301	11067	12620
Bázis-állomásnak küldött üzenetek száma	48	0	79	46
Bázisállomás által elküldött üzenetek	11	0	0.5	46

### Konklúzió

Előadásunkban bemutatjuk a nagy európai projektekben használt kommunikációs protokollokat, valamint lehetséges alkalmazásait. Ezeket az intézetünkben kifejlesztett RUBeNS szimulátor segítségével vizsgáljuk, valamint bemutatjuk a hibrid módszert, melynek hatékonyságát szimulációkkal bizonyítottuk. A hibrid hálózati architektúrán belül a *Szomszéd felderítéses mód* bizonyult a leghatékonyabbnak mind a költségek mind pedig a forgalom irányítás hatékonyságának területén.

### 6. Irodalomjegyzék

- [1] Gordos G., Laborci P., „Ambiens intelligencia alkalmazások: követelmények az infokommunikációs hálózatokkal szemben”, Magyar Tudomány, 2007/07, 910-915. o.
- [2] Laborci P., Török A., Vajda L., Kardos S., Gordos G., „Vehicle-to-Vehicle Traffic Information System with Cooperative Route Guidance”, 13th World Congress on Intelligent Transport Systems, London, United Kingdom, 8-12 October 2006.
- [3] Blum, J. J. – Eskandarian, A. – Hoffman, L. J. (2004): Challenges os Intervehicle Ad Hoc Networks. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 5, 4, 347-351.
- [4] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [5] Xu, S. - Saadawi, T. (2001): Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop wireless ad hoc networks? IEEE Communications Magazine, 3, 39, 130–137.
- [6] Dr. Walter Franz: <http://www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/index.html>
- [7] <http://www.prevent-ip.org/>
- [8] <http://www.coopers-ip.eu/>
- [9] <http://www.cvis.hu/>
- [10] <http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ISO%2021214:2006>
- [11] <http://www.car-to-car.org/>
- [12] The Network simulator: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [13] Ptv simulation – VISSIM: [http://www.ptv.de/cgi-bin/traffic/traf\\_vissim.pl](http://www.ptv.de/cgi-bin/traffic/traf_vissim.pl)
- [14] Christian Lochert, Hannes Hartenstein, Jing Tian, Holger Füßler, Dagmar Hermann, Martin Mauve: A Routing Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks in City Environments, 58th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference VTC 2003-Fall, pp. 156-161, Orlando, FL, USA, October 2003