

# Városi közlekedési rendszerek hatékonyságának javítása mobil ad-hoc hálózatok segítségével

VAJDA LÓRÁNT, KARDOS SÁNDOR, GERHÁTH GÁBOR, MEZNY BALÁZS,  
LABORCZI PÉTER, GORDOS GÉZA

Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány, Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet, Aml Csoport  
vajda@ikti.hu

Lektorált

**Kulcsszavak:** intelligens közlekedési rendszerek, mobil ad-hoc kommunikáció, elosztott rendszerek, valóság-hű szimuláció

*Napjainkban mind a járművezetők, mind utasaik részéről egyre nagyobb igény van az utazási időt csökkentő és komfortot növelő rendszerekre, megoldásokra. Lehet gyors és kényelmes autónk, ha éppen fontos találkozóra sietünk, de közben egy dugó kellős közepén veszteglünk. A legtöbb ember első reakciója tehetetlenségében az, hogy felsóhajt: „Bárcsak előre tudhattam volna, akkor biztosan nem erre jöttem volna!”. Munkánk erre a felkiáltásban megfogalmazott, lehetetlennek látszó kívánságra keresi és adja meg a választ. Ebben az esetben rendkívül hasznos lehet az olyan információ, amely alapján mintegy a „jövőbe látva” inkább egy kerülőutat választunk, hogy eljussunk a célunkig. Ezt az előrejelzést megkaphatjuk már indulásunkkor is, és az utunk során folyamatosan tájékozódhatunk az aktuális forgalmi viszonyokról. Fel lehet-e készülni időben egy baleset miatti torlódásra, egy épp aznap kezdődő útlezárásra, ráadásul, ha új helyen járunk, ott ismerjük-e a potenciális kerülőutakat?*

## 1. Bevezetés

Budapesten ezer főre 354 autó jut [1], ami európai viszonylatban nem magas érték, ám azt is figyelembe kell vennünk, hogy 1990 óta 50%-kal nőtt meg a forgalom a Duna hidakon és a városba bejövő autók száma megduplázódott. Ez azt jelenti, hogy évente 30 ezerrel több autó járja Budapest utcáit. Ezen adatok ismeretében (melyeket személyes tapasztalataink csak tovább erősítenek) mind inkább szükséges a közlekedésben olyan rendszereket, megoldásokat alkalmazni, melyek képesek ezt az évről-évre folyamatosan növekvő autós áradatot kezelni. A helyzet egyik megoldását abban látjuk, hogy az autósok alternatív útvonalakat használnak akkor, amikor a főutakon való közlekedés már lassabb és aránytalanul sok időt töltenének el az eredeti útvonalunkon.

Ahhoz, hogy az autósok egyáltalán elkezdjenek alternatív útvonalakat keresni, rendelkezniük kell valamilyen információval a jelenlegi forgalmi helyzetről. Ennek az információnak az eléréséhez kommunikációs képességekkel kell a járműveket felruházni. Az autók közötti kommunikáció és az információk terjesztése kétfajta hálózati elrendezéssel oldható meg. Az egyik, hogy a járművek egy központi egységnek küldik el az információikat, amit bárki lekérdezhet. A másik megoldás, hogy közvetlenül egymással kommunikálnak egy alkalmi (ad-hoc) hálózaton keresztül.

Az autók egymás közti ad-hoc kommunikációjának rendkívül nagy előnye a központosított megoldással szemben, hogy a balesetekre, vészhelyzetekre való reagálás így sokkal gyorsabb. Ahhoz, hogy ezek a szolgáltatások (baleset-megelőzés, forgalomirányítás) elérhetőek legyenek az átlagemberek számára, szükség van mobil ad-hoc kommunikációra alkalmas eszközök-

re, a helymeghatározáshoz pedig a már működő globális helymeghatározó rendszerek (Global Positioning System, GPS) tökéletesen megfelelnek. Magyarországon ma nincsen pontos kimutatás arról, hogy hány darab készüléket használnak az országban. Egyes becslések szerint ez a szám nem haladja meg az 50.000-et, de a piac az elkövetkező 10-15 évben hatalmas ugrás előtt áll (figyelembe véve a nyugat-európai trendeket) [2]. Nem kell megvárunk, hogy minden autóba legyen beépítve ilyen eszköz, mivel már a gépkocsik 10%-ába telepített mobil kommunikációt biztosító készülékek alkalmazásával lehetőségünk nyílik a szolgáltatás megfelelő minőségű használatára [5].

Cikkünkben bemutatunk egy javaslatot az utakon keletkező torlódások enyhítésére. Megvizsgáljuk, hogy milyen formában lehet megvalósítani az információk elosztását, és ezeket a módszereket az általunk megvalósított szimulációs környezetben teszteljük.

## 2. Városi közlekedési rendszerek

A bevezetőben említett problémákra más országokban is elkezdtek megoldásokat keresni. Több nemzetközi együttműködés is született a témában, úgy az Európai Unió által finanszírozva, mint a nagy autógyárak saját kezdeményezéseként.

Ezen projektek száma és nagysága is mind azt bizonyítja, hogy mennyire fontos és kiemelt szerep jut az intelligens közúti alkalmazásoknak az elkövetkezendő évtizedekben. Így például a FleetNet-ben [3] felvázolták a jövőképet, és elkezdtek konkrét lépéseket is tenni annak érdekében, hogy bebizonyíthassák, hogy a kidolgozott rendszerük nem csupán egy utópia, hanem egy megvalósítható, életképes alkalmazás.

A NoW [7] projektben már piacképes termékek előállításán dolgoznak, amelyhez első lépésként a stabil, biztonságos kommunikáció felállításához és a szabványosításhoz szükséges feladatoknak már neki is álltak.

A Prevent [8] és a C2C [13] projektek leginkább a balesetmegelőzésre koncentrálnak, forgalommenedzsment kérdésekkel nem foglalkoznak. Az Invent projektnek [9] része a közlekedés menedzsment is, de ők csak konkrét, előre tudható útiránnyal rendelkező járműveket (például fuvarcégek autóit) irányítanak. Ennek előnye az egyszerűsége és olcsó kiépíthetősége, hátránya, hogy igazából a közlekedési dugók problémáját nem oldja meg, csak valamelyest csökkenti azok kialakulásának valószínűségét.

Az előbb ismertetett projektek tehát a forgalommenedzsment kérdésekre nem helyeznek kellő hangsúlyt (fő kutatási területeik leginkább a balesetek elkerülésére, megelőzésére fókuszálódnak). Mi éppen ezért helyeztük előtérbe a forgalomirányítás módszereit a közlekedési dugók számának csökkentése érdekében. Alapötletünk az, hogy ha a járműveket a megfelelő útvonalakra tereljük, kihasználva a már meglévő úthálózataink kapacitását, akkor esetenként kerülő úton, de mindenképpen gyorsabban juthatnak el céljukhoz az emberek.

### 3. Az általunk javasolt architektúra

A fent említett projektek nagyrészt a teljesen decentralizált megoldást részesítik előnyben a többi hálózati megvalósítással szemben. A mi javaslatunk szerint azonban egy hibridnek nevezett megoldás jobb alternatíva az autók közti kommunikáció biztosítására.

Annak érdekében, hogy kiderítsük melyik megvalósítás lesz a leghatékonyabb, megvizsgáltuk a lehetséges információterjesztési stratégiákat:

- **Centralizált:** egyetlen adó/vevő bázisállomás gyűjti az információkat a járművektől; a járművek mindig ettől a bázisállomástól kérdezik le az aktuális forgalmi adatokat.
- **Decentralizált:** a járművek csak egymással kommunikálnak ad-hoc módon, nincsenek nagyteljesítményű rádiós adótornyok, amelyek terjesztenék az információt, itt minden adat az autók közt terjed.

- **Hibrid megoldás:** a hierarchikus és elosztott hálózatok tulajdonságait egyesíti, melyben a járművek egymásnak is és egy központnak is továbbítják üzeneteiket, ami így egy hatékonyabb rendszert valósít meg.

#### 3.1. Az alrendszer felépítése

Az általunk javasolt forgalmi információs rendszer két fő részből áll: az autóba szerelhető *Beépített Egységből* (1. ábra) és a *Központi Egységből* (2. ábra) [10].

A forgalmi információkat és az autó paramétereit a Beépített Egység gyűjti össze. Ilyen adatok például az autó sebessége, vagy GPS koordinátái. Az adatokat csomagok formájában vezeték nélküli hálózaton keresztül küldi el a többi autó felé. Mindemellett, a környező kocsiktól folyamatosan kapja az adatokat, amelyeket (a saját adataival együtt) elraktároz egy adatbázisban, amelyet a kapott üzeneteknek megfelelően frissít.

#### 3.2. Helyi vezeték nélküli kommunikáció

A javaslatunk teljesítményének vizsgálatánál használt vezeték nélküli kommunikáció az IEEE 802.11 [4] protokoll családra alapszik.

#### 3.3. Forgalmi információk terjesztése

Ahhoz, hogy meg tudjuk előzni a torlódások kialakulását, vagy vészhelyzeti információt tudjunk szórni, szükséges az információküldés stratégiájának meghatározása. Ezen algoritmusok hatékonysága nagyban befolyásolja a rendszer működőképességét. Az üzenetküldési stratégia tág határok között változhat.

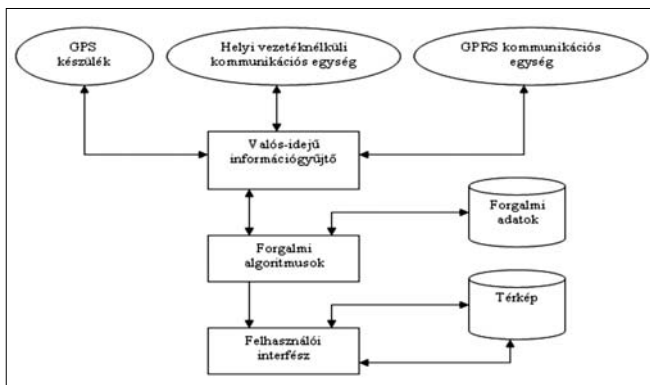
Küldhetünk üzeneteket *meghatározott időközönként*: ebben az esetben meg kell találnunk a középútát. Ha túl gyakran küldünk, nagyon leterheljük a hálózatot. Ezzel szemben, ha ritkán következik be a küldés, nem rendelkezünk elegendően friss információkkal.

Az üzeneteket küldhetjük *eseményhez kapcsolódóan* is: például most haladtunk át egy kereszteződésen, vagy ahhoz képest túl sok ideje vesztglünk egy útszakaszon, hogy a digitális térképünk alapján 50 km/h lenne a megengedett sebesség (dugó alakult ki).

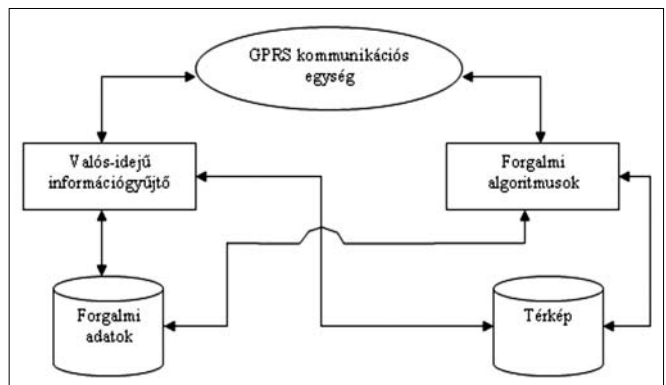
#### 3.4. Az optimális útvonal kiválasztása a térképen

Az autók folyamatosan küldenek egymás között információkat a forgalmi adatok mellett az útviszonyokról,

1. ábra Beépített Egység



2. ábra Központi Egység



esetleges vészhelyzetekről. A forgalmi adatoknál azonban felvetődik a kérdés, hogyan tudjuk a kapott üzenetekből a megfelelő végkövetkeztetést levonni? A megoldás a mi esetünkben az, hogy mindig az adott útszakaszra vonatkozó, az utolsó órában történt eseményeket, adatokat tároljuk el a digitális térképünkben. Az utak közül is csak azokat figyeljük, melyek beletartoznak a kitűzött célunkhoz vezető lehetséges útirányokba. Az így megszerzett információkból kiszámítjuk az átlagos utazási időt az adott útvonalra.

### 3.5. Globális útoptimalizáció

A telekommunikációs és a közlekedési hálózatoknál hasonló algoritmusokat használhatunk útvonalválasztásra. E két hálózatban használt modellek analógiát mutatnak, mivel a hatékony forgalomelosztásban hasonló kérdések és feladatok merülnek fel. A távközlésben használt forgalommenedzsment kérdésekre (például: torlódás, útvonal-optimalizáció, új útvonalak keresése) a válaszkérés sokkal hangsúlyosabb volt, aminek következtében előrehaladottabb a híradástechnikai hálózatok karbantartása, mint a közlekedési hálózatoké. A forgalom irányításához szükséges alapötletek ezért a telekommunikációban alkalmazott módszerekhez hasonlóak.

## 4. Szimulációs környezet

Az említett architektúra megvalósításához egy szimulációs környezetet kellett felépítenünk. Szükség volt mind a kommunikációs hálózat, mind a járművek mozgásának szimulálására. Erre a feladatra nem érhető el egy-egy program, ezért saját szimulációs környezetet alakítottunk ki, amelyben egy telekommunikációs és egy közlekedési szimulátort kapcsolunk össze. A szimulátorprogramok kiválasztásában nagy hangsúlyt kapott a realiztikuság és a programozhatóság, hiszen a valós élethez hasonló, azt jól modellező környezetben kapunk reális értékeket.

Felismerve az előbb említett szempontok fontosságát, az autógyárak is használnak forgalomszimulátorokat bizonyos technológiák teszteléséhez, kifejlesztéséhez. A BMW Kutatási és Technológiai Részlege egyesítette a CARISMA nevű közlekedési és az NS-2 nevű távközlő hálózat szimulátor (Network Simulator-2) programokat, a Volkswagen AG pedig összekapcsolta az NS-2 programot a VISSIM közlekedési szimulátorral. A FleetNet projekt során a forgalomszimulátor a Daimler-Chrysler AG által kifejlesztett Videlio program volt.

A többféle kutatási terület és a hozzá kapcsolódó számos szimulációs környezet miatt létrehoztuk a többcélú általános szimulációs környezetet, amelyet *Vidéki és Városi elektronikusan támogatott – Utazás Hálózati Szimulátorának* (Rural & UrBan e-Travelling Network Simulator – *RUBeNS*) neveztünk el.

Sokféle közlekedési forgalommodellező programot vizsgáltunk meg (MITSIMLab, SUMO stb.), hogy a legmegfelelőbbet válasszuk ki, végül a realiztikuság és a

programozhatóság feltételeinek eleget tevő VISSIM elnevezésű forgalomszimulátor programra [12] esett a választásunk. A programkészítők célja az volt, hogy bármilyen forgalmi helyzet gyorsan és pontosan modellezhető, és a valósághoz leginkább hű legyen (3. ábra).



3. ábra VISSIM – működés közben

A RUBeNS információ-terjesztési és -feldolgozási részeit az NS-2 [11] általános hálózat szimulátorban valósítottuk meg. Az NS-2 egy diszkrét idejű szimulátor, esetünkben egymásodperces lépésekben számítja ki a hálózat adatait.

Az NS-2 egy eseményvezérelt, csomagszintű, ingyenes szimulátor, melynek segítségével lehetőség van TCP, útvonalválasztó, többesküldő (multicast), vezetékes, illetve vezeték nélküli hálózatok vizsgálatára.

### 4.1. A szimulációs modellünk alkotóelemei

A megvalósított szimulációs környezet funkcionális elemekre bontható, melyek egymástól függetlenül végzik feladataikat.

#### *Forgalmi mátrix modul*

A városi autóforgalom minél realiztikusabb modellezéséhez, a forgalom generálásához egy forgalmi mátrixot használunk. A mátrix azt írja le, hogy a város egyes kijelölt pontjaiból milyen gyakorisági jellemzők szerint indulnak járművek más kijelölt pontokba (például egy lakótelepről egyes munkahelyekre vagy bevásárlóközpontokba és viszont mennyi időnként indul egy-egy autó). A mátrix megadásához XML formátumú leírófájl állítunk elő, ami jelenleg egyenes vagy exponenciális eloszlású járműindítást tesz lehetővé.

#### *Gráfkészítő modul*

A blokk célja az, hogy matematikai háttérrel adjon az útkeresési, útvonalválasztási problémákhoz. A VISSIM úthálózatát felhasználva, létrehozuk az ennek tökéletesen megfelelő gráfot az NS-2-ben, melyben az útkecskésedéseket a gráf a csomópontjai, az utakat pedig a gráf élei reprezentálják. A legrövidebb út keresését az útszakaszokhoz tartozó átlagos utazási idő alapján számítjuk.

*Vészhelyzet jelző modul*

Ha hirtelen fékeznie kell egy autónak, akkor azonnal jelez a mögötte haladó többi járműnek is a balesetek elkerülése érdekében. A küldést az NS-2-ben található vezeték nélküli kommunikációs modul szimulálja realizáltikusan.

*Ad-hoc kommunikációval megvalósított forgalmi információ kezelése*

Ez a modul felelős a járművek által létrehozott alkalmi (ad-hoc) hálózatban az üzenetek küldéséért és fogadásáért. Ugyanúgy, mint az előbbi esetben, ezen kommunikációt is az NS-2 valósítja meg.

*Térképkészítő modul*

A valósághű modellezés céljából egy valós városrész elkészítésére van szükség. A térképek bevitele a VISSIM programba igen nehézkes. Ezt könnyítettük a térképkészítő modul kifejlesztésével, amely egy XML formátumú dokumentumból generál egy, a VISSIM által olvasható térképet.

**5. Szimulációs vizsgálat**

Szimulációink futtatásához választásunk a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) környezetére esett, mivel két híd is van mellette és a hidakon alakul ki leginkább torlódás a viszonylag kicsi átbecsátó képesség és a kerülroutak hiánya miatt. Ezt a térképet fordítottuk le a VISSIM számára. Budapest ezen része a 4. ábrán, a területről elkészült térkép pedig az 5. ábrán látható.

Kiindulási állapotként az 5. ábrán látható útvonalakon haladó járműfolyamokat vizsgáltuk. Látható, hogy az 1. pontból a 2. pontba haladó járműfolyam a Szabadság-hídnál találkozik a 3. pontból a 4. pont felé ha-

ladó járműfolyammal. Itt dugó fog kialakulni. Az 1. és 2. pontok között létrehoztunk egy alternatív útvonalat is, melyet az ábrán fekete színnel jelöltünk. Az 1. pontban 25% eséllyel lép be másodpercenként egy új autó a hálózatba, majd a 2. pont felé halad. Az ábrán látható világos (hármass útvonala) és sötét (négyes útvonala) folyamatok nem nagy forgalmú útvonalak (15 másodpercenként indul egy-egy autó), mivel a célunk az volt, hogy a valós életet minél inkább megközelítsük a többféle forgalommal.

**5.1. Szimulációs eredmények**

A szimulációkat elvégeztük a kommunikációs architektúra három esetére, illetve arra az esetre is, amikor nem történik információcsere az autók között.

*Hagyományos útválasztás*

Ebben az esetben nem történik kommunikáció a járművek között. A kiválasztott pontok között a lehető leg-rövidebb útvonalon haladnak az autók, ahogy az az 5. ábrán látható. Az útvonalak meghatározásából várható, hogy torlódás fog kialakulni és jelentős utazási idő növekedésre számíthatunk a hálózatunkon.

Az elvégzett szimuláció eredménye a 6. ábrán látható. Leolvasható, hogy nagyjából tíz perc eltelte után kezdtek feltorlódni az autók és az utazási idő elkezdett emelkedni, míg a szimuláció elejétől számított ötvenedik percnél elérte a maximumát és az útszakaszok teljesen bedugultak.

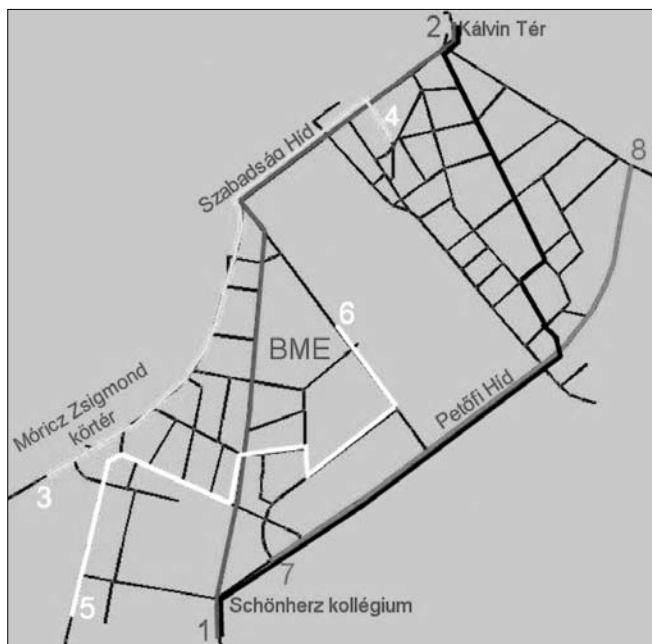
*Központosított irányítás*

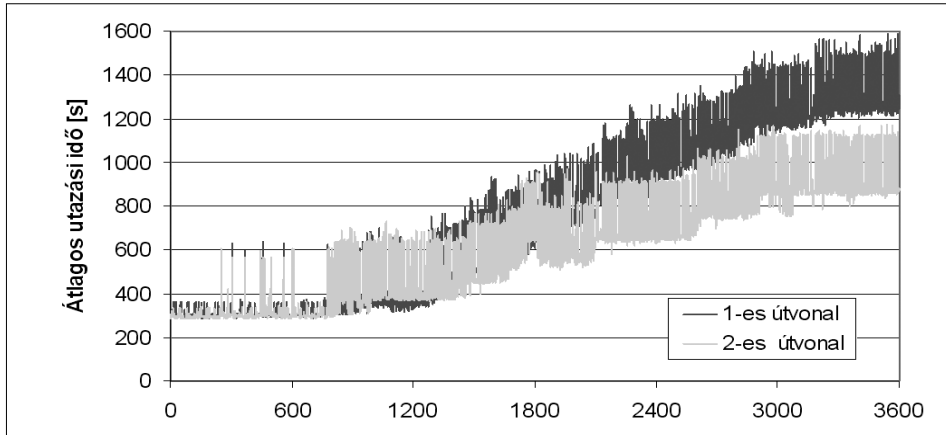
Ebben az esetben a lenti budapesti térképrészleten központosított útvonalválasztást alkalmaztunk. Amikor a Szabadság hídnál torlódás kezd kialakulni, akkor a központ a 2-es útvonalon haladókat a Petőfi híd felé irányítja.

4. ábra Budapest térképének részlete



5. ábra Kiindulási útvonalak



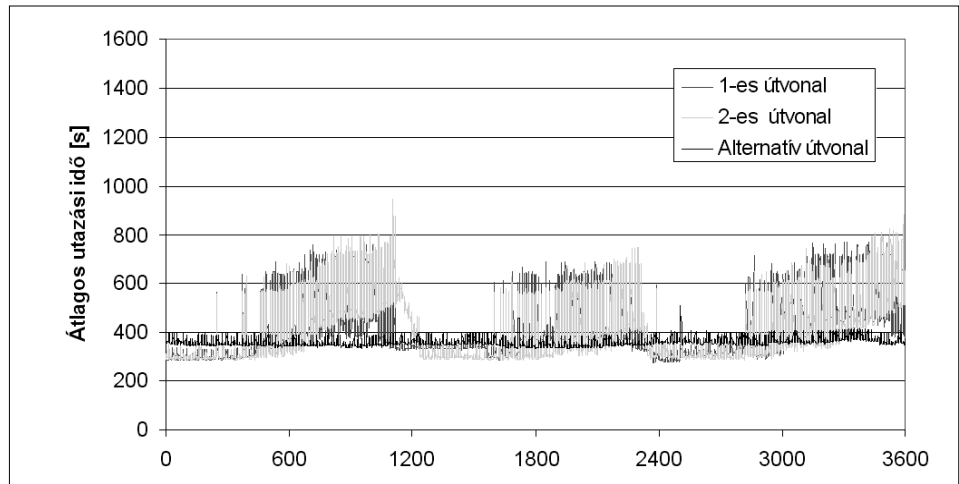


6-9. ábra

Hagyományos eset, központosított irányítás, ad-hoc irányítás és együttműködő útvonalválasztás a budapesti hálózaton

A 7. ábrán látható ennek a szimulációnak az eredménye, ahol az alternatív útvonal a Petőfi híd felé kerülő útvonalat jelzi.

Az ábrán megfigyelhető, hogy az átlagos utazási idő megemelkedik, de ekkor az 1-es útvonalon haladókat az alternatív útvonalra irányítjuk, így nem alakul ki nagyobb torlódás. Az ábrán jelölt alternatív útvonalon a forgalom egyenletes és nincs dugó.



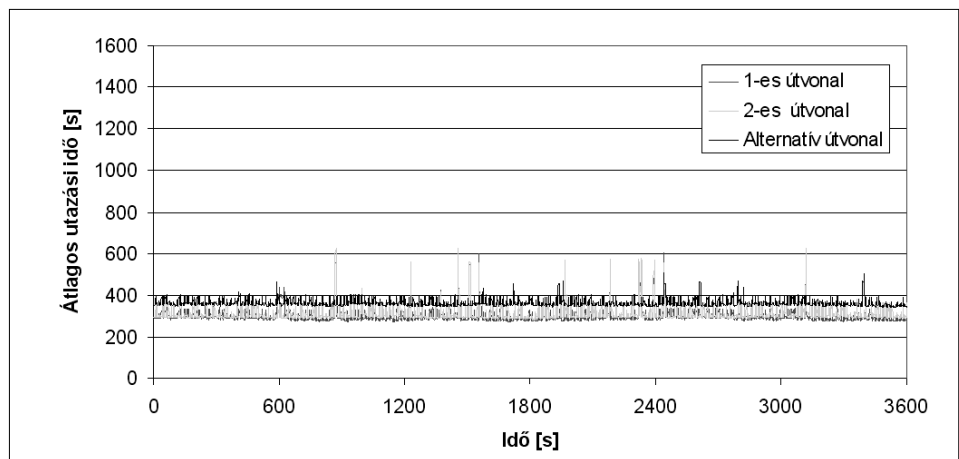
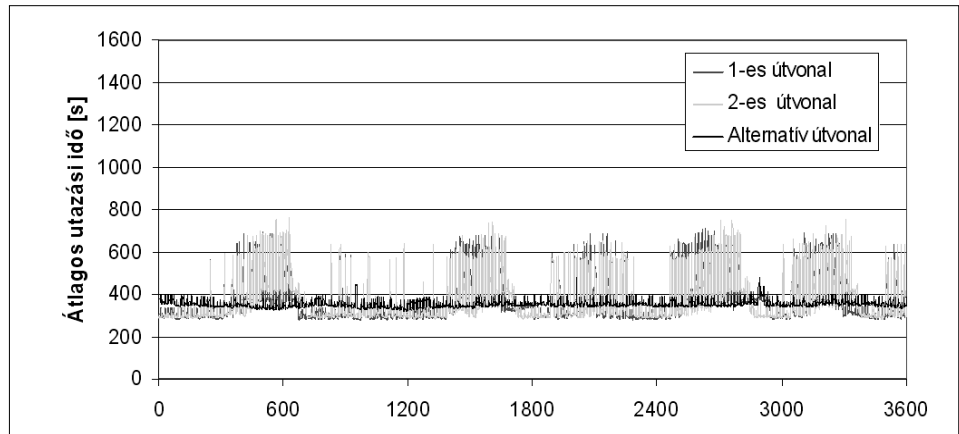
*Ad-hoc információ terjesztés*

Az elosztott útválasztási döntésekkel végzett szimuláció átlagos utazási idő grafikonja a 8. ábrán található.

Ebben az esetben is elkezdett kialakulni a torlódás, de az autók gyorsabban tudtak alkalmazkodni, mint a központosított esetben, ahol öt perc késés volt az adatbázis frissítésében. Az alternatív útvonalon itt is zavartalanul tudtak közlekedni.

*Együttműködő útvonalválasztás*

A legmegfelelőbbnek a hibrid, együttműködő irányítási mód bizonyult, hiszen egyenletes forgalomelosztást eredményezett, ahogyan az a 9. ábrán látható. Nem alakult ki torlódás és a járművek utazási ideje is végig egyenletes volt.



	Hagyományos útvonalválasztás	Központosított irányítás	Ad-hoc információ alapján	Együttműködő útvonalválasztás
<b>Átlagos utazási idő [s]</b>	<b>579,99</b>	<b>388,91</b>	<b>364</b>	<b>320,68</b>

10. ábra A budapesti hálózat eredményei

## 5.2. Az eredmények összegzése

A négy irányítási módszer alkalmazásával kapott eredményeket *táblázatban* gyűjtöttük össze (10. ábra). Itt is látszik, hogy minden megoldás jobb, mint ha nem alkalmazunk intelligens útvonalválasztást.

A központosított és az ad-hoc irányítás közel azonos eredményt hozott. A vártnak megfelelően legjobban az együttműködő, hibrid útvonalválasztás teljesített, aminek segítségével az átlagos utazási idő közel a felére csökkent.

## 6. Összefoglalás

A nagy, európai projektek a biztonságos közlekedésre helyezik a hangsúlyt, a forgalmi információk ad-hoc terjesztésével, kezelésével kevésbé foglalkoznak. Pedig ha tudjuk előre, hogy előttünk néhány száz méterre dugó alakult ki, akkor még időben felkészülhetünk a fékezésre, illetve, amennyiben lehetséges, kikerülhetjük a kialakult dugókat.

A másik nagy előnye a torlódások elkerülésének az ilyen módon megtakarított idő, mivel sokkal több időt töltünk el egy dugóban, mint ha egy kicsit hosszabb úton (de folyamatosan) haladtunk volna.

A szimulációs eredményeinkkel bebizonyítottuk egy budapesti városrészben, hogy létjogosultsága van a különböző forgalomirányító módszereknek és elképzeléseink szerint minimális beruházással elérhetővé válik az emberek többsége számára. A legjobb eredményt nyilvánvalóan az hozná, ha az autók útvonalát előre tudhatnánk és megmondhatnánk a vezetőnek, hogy melyik utat válassza. De ettől még messze járunk, mivel ehhez szükség volna az emberek teljes együttműködésére, alkalmazkodóképességére.

A forgalom menedzselése természetesen nem csak a városi közlekedésben hoz számottevő javulást, hanem az elővárosi és autópályás közlekedés esetén is. Bár erre most nem végeztünk külön szimulációkat (jövőbeni terveink között szerepel), de általánosságban elmondható, hogy ha városi esetben javulást értünk el, akkor a többi helyen is elérhető bizonyos mértékű utazási idő csökkenés.

Szimulátorunkat annak szellemében építettük fel, hogy minél realiztikusabb, a valós életet leginkább megközelítő szimulációval biztosítsuk eredményeink hiteltelenségét. Ennek érdekében használtuk a VISSIM-et is, és az NS-2-ben kialakított modulokat is úgy terveztük, hogy szimulálja úgy az élet véletlenszerűségét, mint a vezető „kiszámíthatatlanságát”.

## Irodalom

- [1] Liberális város, 3.szám, 2006. augusztus, <http://www.demszky.hu/assets/doc/ujzag11.pdf>
- [2] Pricewaterhouse Coopers: Hatástanulmány Magyarország Galileo-programban történő részvételéről, 2005. június 30.
- [3] Dr. Walter Franz: <http://www.et2.tu-harburg.de/fleetnet/index.html>
- [4] <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [5] 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.
- [6] Kendy Kutzner, Jean-Jacques Tchouto, Marc Bechler, Lars Wolf, Bernd Bochow, Thomas Luckenbach: Connecting Vehicle Scatternets by Internet-Connected Gateways, February 14, 2003.
- [7] <http://www.network-on-wheels.de>
- [8] <http://www.prevent-ip.org/>
- [9] Intelligent traffic and user-friendly technology: <http://www.invent-online.de/index.html>
- [10] Laborczi Péter, Török Attila, Vajda Lóránt, Kardos Sándor, Gerháth Gábor: „Vehicle-to-vehicle Traffic Information System with Cooperative Route Guidance”, Intelligent Traffic Systems Conference, Taiwan, 2006.
- [11] The Network simulator: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [12] Ptv simulation – VISSIM: [http://www.ptv.de/cgi-bin/traffic/traf\\_vissim.pl](http://www.ptv.de/cgi-bin/traffic/traf_vissim.pl)
- [13] Car2Car-Communication Consortium: <http://www.car-to-car.org/>