

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 vezető-segítéshez hatékony kommunikációs hálózat szükséges, az információk gyors és megbízható továbbításának érdekében. Jelen cikk egy rövid áttekintést nyújt az autók közötti kommunikációban használt útvonalválasztási és üzenet-terjesztési 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 tájékoztatás lehetőségeit és alkalmazhatóságát vizsgálják,

Az akadémiai kutatások ezzel szemben főképp a járművek közötti kommunikáció segítségével megosztott információ alapján történő beavatkozás és vezető-tájékoztatás 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 útvonlról 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 (többsadás) 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 rendelkezésre állás és a költség tényezők alapján történhet. A költségbe természetesen nemcsak a szükséges hardver beruházás, 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 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 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.