

Forgalmi információk terjesztése korlátozott elárasztáson alapuló eljárással

MÁTÉ MIKLÓS, VIDA ROLLAND

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

{mate, vida}@tmit.bme.hu

Lektorált

Kulcsszavak: korlátozott elárasztás, pletykálás, autók közötti kommunikáció

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

1. Bevezetés

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

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

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

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

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

2. Kommunikáció városi környezetben

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

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

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

3. Üzenetterjesztés pletykálással

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

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

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

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

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

4. Döntési sémák

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

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

4.1. Memóriamentes séma

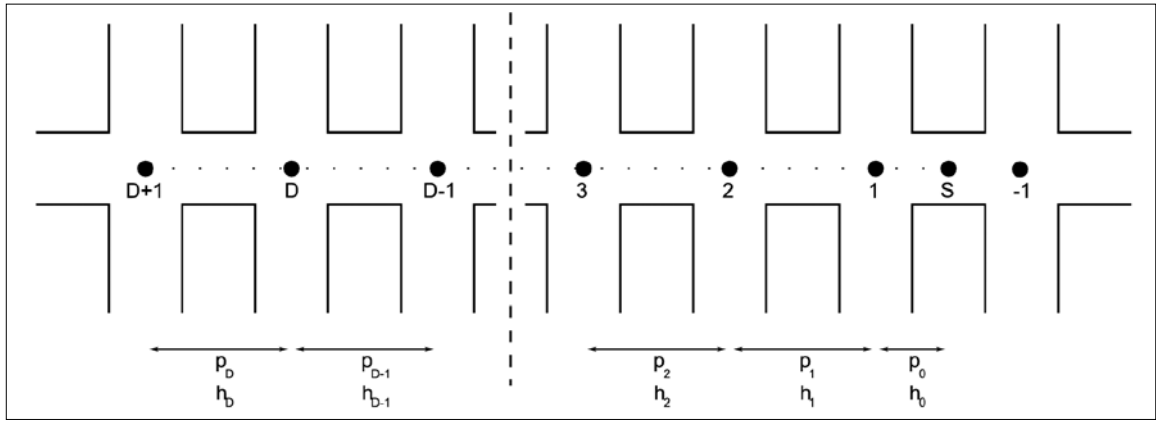
Ennek a megoldásnak az alábbi két esemény valószínűsége képezi az alapját:

A_i – az üzenet eljut az i -edik döntőhöz

B_i – az i -edik döntő a forráshoz megy

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

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



1. ábra
Az üzenet
terjedése
egy út mentén

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A forrás:

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

Az első döntő:

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

A második döntő:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

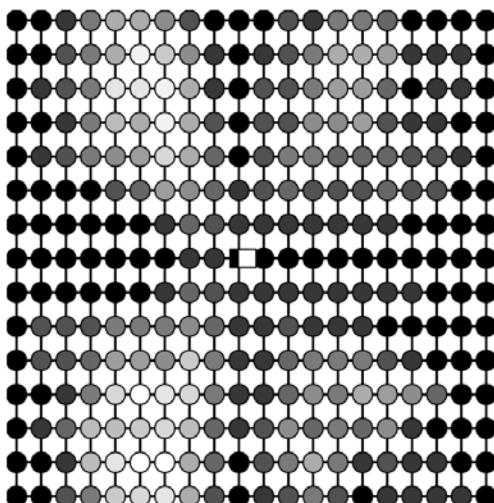
Ha két döntő azonos irányból érkezett a kereszteződésbe, akkor az alkalmazott számlálóalapú ismétlés-elynyomás kiejti azt, amelyik később akarja továbbítani az üzenet nála levő példányát, és nagy valószínűséggel csak egy példány indul el az adott útszakaszon. Ha különböző irányból érkeztek a döntők,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

3.2. Irányított terjedés

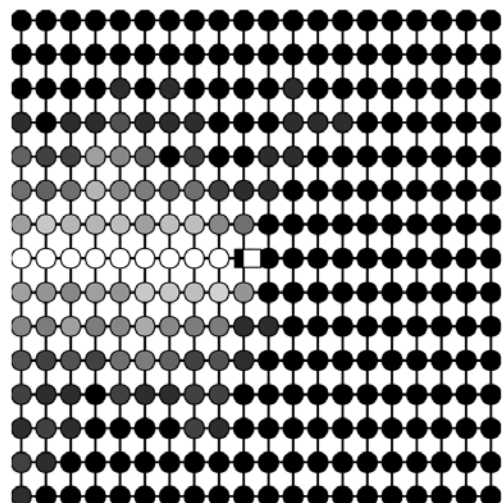
A memóriamentesség előnye az egyszerű számítás, nagy hátránya viszont, hogy a lefedési terület alakja és mérete nem szabályozható a forrás által, az kizárólag az úthálózattól és a felhasznált q és s értékektől függ. Az üzenetek a kereszteződésekben általában több úton indulhatnak tovább, és hasonlóképpen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

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

2. ábra
Memóriamentes
terjedés



3. ábra
Irányított
terjedés



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

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

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

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

4. Összegzés és további munka

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

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

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

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

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

A szerzőkről

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

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

Irodalom

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