

AMBIENS INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSOK

– követelmények az infokommunikációs hálózatokkal szemben –

Gordos Géza

az MTA doktora, egyetemi tanár
BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány
Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet
gordos@tmit.bme.hu

Laborczy Péter

PhD
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány
Ipari Kommunikációs Technológiai Intézet
laborczy@ikti.hu

Az *ambiens* intelligencia (AmI) több tudományág, többek között a távközlés, a számítástechnika és a szenzorika új interdiszciplináris paradigmája. A koncepció lényege, hogy a felhasználókat olyan környezetbe ágyazott, feltűnésmentes számítási és infokommunikációs technológiákkal vegyük körül, melyekben a hangsúly a személyi számítógépekről egyre inkább a felhasználóbarát, hatékony és elosztott szolgáltatások hálózata felé tolódik el. A rendszerben intelligenciával, érzékelőkkel és aktuátorokkal rendelkező „AmI” elemek (továbbiakban a távközlési terminológiából véve: csomópontok) egymással *ad hoc* (spontán) kommunikációs kapcsolatot létesítenek. Ha ezt a technológiát úgy alkalmazzák, hogy a csomópontokat egy mozgó és/vagy álló objektumokból összetevődő rendszer egyes objektumaira helyezik, a rendszer viselkedése optimalizálható. Az *ambiens* intelligencia tehát egy olyan koncepció, melyben az emberek igényeikhez igazodó, egymással kommunikáló, intelligens eszközökkel vannak körülvéve.

Egyre nagyobb igény mutatkozik olyan újszerű AmI alkalmazások iránt, melyeket a jelenleg már kiforrott vezeték nélküli infokommunikációs hálózatok nem képesek kiszolgálni. Ilyen jövőbeli alkalmazások például a járművek spontán kommunikációjára épülő információs vagy balesetmegelőző rendszerek, vagy az „intelligens otthonokban”, illetve „intelligens munkahelyeken” a jövőben felszerelésre kerülő legkülönbözőbb balesetmegelőző, betegőrzést segítő rendszerek. Az ilyen rendszerekben az *ad hoc* kommunikáció, a szenzorika, az ember-gép interfészek és a mindezeket összehangoló új szoftver témakör technológiáinak varratmentes együttműködése és összehangolt fejlesztése szükséges. Jelenleg a kommunikációs hálózatok két legkritikusabb tulajdonsága, egyrészt, az *ad hoc* jelleg 10–1000 méter távolságon belüli megbízható működőképességére, másrészt, az adatbiztonságára vonatkozó igény, melyek kidolgozása és szabványosítása elkezdődött (például az IEEE 802 keretében), de még sok kérdés vár megválaszolásra. E cikkben e két alkalmazás

fényében áttekintjük az ambiens intelligencia követelményeit az infokommunikációs hálózatokkal szemben, vagyis az *ad hoc* (spontán kialakuló), jellemzően szenzorokkal és aktuátorokkal is felszerelt hálózatokban felmerülő kérdéseket és lehetőségeket.

Az ambiens intelligencia területén felmerülő kérdéseket az említett két gyakorlati példán szemléltetjük. Egyrészt a járművek közti kommunikációs alkalmazásokkal, ahol az „AmI csomópontok” nagy sebességgel és mobilitással rendelkeznek, másrészt a mindennapi életvitelt vagy munkát támogató alkalmazásokkal (assisted living, assisted working), ahol a csomópontok sebessége kisebb, viszont nagy megbízhatóságú kapcsolatokra van szükség.

1. Járművek közti kommunikációs alkalmazások

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 úticéljuk felé, levéve ezzel a járművezetőkről a pedálkezelés terhét. A jövőben várhatóan szinte minden autóban megtalálhatók lesznek az ilyen biztonsági vagy kényelmi funkciókat megvalósító megoldások, jelenleg azonban ezek a rendszerek még kutatási fázisban vannak.

Az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazásainak egyik legfontosabb esete a *közúti*

balesetek megelőzése, melyre két fő irányvonal létezik: az egyik a járművek egyéni helyi megfigyelésin (például radardetekció) és reakcióján alapul, míg a másik módszer a járművek egyéni megfigyeléseit a többi járművel is megosztja. A második módszer a járművek közti kommunikációt feltételezi, 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 cserélnék információt a közlekedés aktuális állapotáról.

A *hibrid rendszer* pedig ötvözi a fix és az elosztott rendszerek fő jellegzetességeit. Az elosztott rendszer tulajdonságait kihasználva szükségtelenné 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 útszakasról, 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.

A járművek közti kommunikáció esetén a legtöbb kutatási feladatot a hálózat *ad hoc* jellege adja. Ebben az esetben a kommunikációs hálózat tervezésénél három fontos kihí-

vással kell szembenézni. A hálózatot gyors, ugyanakkor bizonyos mértékig prediktálható topológiaváltozás, gyakori szakadás, valamint csekély redundancia jellemzi (Blum et al., 2004). A jelenleg rendelkezésre álló technológiát, az IEEE 802.11 protokollcsaládot 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 funkciónak, illetve elosztott irányítási funkciónak nevezi. Az *ad hoc* megvalósítás esetében a hálózatban részt vevő egységek (csomópontok) képesek csomagokat küldeni és fogadni, valamint képesek útválasztó funkciót is betölteni, amennyiben az adó és a vevő olyan messze vannak egymástól, hogy közvetlenül nem – hanem többugrásos („multi-hop”) módon – képesek kapcsolatba lépni egymással (Xu – Saadawi, 2001).

Az IEEE 802.11p szabvány keretei között, amelynek 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 út mentén elhelyezett bázisállomások közti adatcserét fogja támogatni. A 802.11p szabványosítása folyamatban van, megjelentetését 2008 júliusára tervezik.

2. Mindennapi életvitelt vagy munkát támogató alkalmazások

Másik példánk, a mindennapi életvitelt vagy munkát támogató alkalmazások esetében az otthonokban meglévő eszközök, tárgyak (például fűtés, légkondicionáló berendezés,

hűtőszekrény) intelligenssé tételére, távoli elérésére és vezérlésére, valamint emberek által szolgáltatott különböző paraméterek figyelésére, illetve ezek hálózatba kapcsolására van szükség. Ilyen rendszer például az idősek ápolását segítő alkalmazás, amely figyeli a felhasználó gyógyszereszedési szokásait, élettani paramétereit, aktuális pozícióját, és figyelmeztet gyógyszer beszedésére, vagy adott esetben riasztást küldhet a központba.

A mindennapi életvitelt támogató AmI alkalmazások esetén más problémák merülnek fel, mint a járművek közti kommunikáció esetén. Itt a csomópontok mobilitása viszonylag csekély, viszont nagy megbízhatóságú, robusztus, nagy adatátviteli sebességgel rendelkező kapcsolatokra van szükség (Laborci et al., 2006a). A mindennapi életvitelt és az irodai alkalmazásokat támogató mobil *ad hoc* hálózatok legfontosabb csoportja a vezeték nélküli személyi hálózatok (Wireless Personal Area Network – WPAN). A legfontosabb WPAN szabványok a Bluetooth, a WiMedia, és a ZigBee, melyek mester–szolga hierarchiájú topológiát valósítanak meg. A WiMedia szabvány nagy sebességű és garantált szolgáltatásminőségű (QoS) hálózatok kialakítását teszi lehetővé. A WPAN hálózatok területén fontos kutatási területek a többugrásos topológiák (scatternet) kialakításának a lehetősége, illetve a multimédia (például mozgókép) folyamok átvitelének a problematikája, mivel jelenleg a WiMedia hálózatok nem rendelkeznek scatternet-kialakító algoritmusokkal (Török et al., 2006).

3. A két alkalmazás összehasonlítása

Mindkét AmI rendszer legfőbb közös jellemzője a vezeték nélküli *ad hoc* kommunikációs képesség, viszont a kommunikációs protokol-

lokot a célalkalmazástól függően különböző tulajdonságokkal kell felruházni, azaz különbözőképpen kell optimalizálni.

A járművek közti protokollok esetében ilyen tulajdonságok például a *mobilitáspre-dikción alapuló gyors útvonalválasztás, csoportkommunikációs képesség, kontrollált információszórás vagy a szolgáltatásminőségi (QoS) paraméterek biztosítása*. A mindennapi életvitelt támogató alkalmazások esetében *nagy megbízhatósági, robusztus, nagy adatátviteli sebességgel rendelkező* kapcsolatokra van szükség.

Másik közös fontos kérdés az AmI *csomópontok helyének pontos meghatározása*. A járművek közti kommunikáció esetén ez a Globális Helymeghatározó Rendszer (GPS) segítségével valósítható meg, amely műholdak segítségével rendszeresen megadja a csomópont földrajzi koordinátáját – néhány méteres pontossággal. Probléma a fedett helyen történő helymeghatározás esetén lép fel, melynek kidolgozása jelenleg is kutatás alatt áll. Itt alapvetően három irányzat létezik: az ultrahang, az infravörös és a rádiófrekvencia (RF) alapú helymeghatározás.

Ugyanakkor ezekben az alkalmazásokban különösen fontos az adatok *biztonságára* való törekvés. Mivel az *ad hoc* hálózatok nem rendelkeznek kötött infrastruktúrával, és esetleg megbízhatatlan csomópontokat is használnak az adat és vezérlő üzenetek továbbításához, az adatbiztonság különösen nehezen valósítható meg. Az irodalomban különböző biztonságos útvonalválasztó protokollok ismertek, melyek azonban csak kisebb mobilitással rendelkező hálózatokban használhatók (Papadimitratos – Haas, 2002). Ezenkívül biztonságos adattovábbító protokollokat is kidolgoztak, melyek közül legismertebb a biztonságos üzenettovábbító (Secure Message Transfer – SMT) protokoll, amely az

üzenetet részekre darabolja, és a részeket különböző útvonalakon továbbítja. Ha az üzenet összes része célba ér, az üzenet dekódolható. E módszer alkalmazásához azonban több diszjunkt útra van szükség a hálózatban, ami járművek között szintén nehezen valósítható meg. Az adatok biztosítása érdekében „behatárolásfelderítő” rendszereket is kidolgoztak, melyek azonosítják azokat az AmI csomópontokat, amelyek rosszindulatúan üzeneteket generálnak, továbbítandó üzeneteket eldobnak vagy megváltoztatnak (Zhang – Lee, 2000). Ezekben a rendszerekben a csomópontok lehallgatják a szomszédai adását, hogy megbizonyosodjanak arról, azok megfelelően „viselkednek-e”. Ehhez a hallgatózó technikához többirányú antennára van szükség.

4. Kutatási területek

A továbbiakban bemutatjuk a három említett, ambiens intelligenciát támogató kommunikációs hálózatokat érintő kutatási kihívást.

4.1. A hálózat topológiájának gyors változása

Annak ellenére, hogy a járművek mozgása nagyban be van határolva (csak utakon haladnak), a hálózat topológiája igen gyorsan változik, elsősorban a járművek magas relatív sebessége miatt. Viszont a csomópontok mozgásából a kapcsolatok stabilitása előre jelezhető. Ez segíti a hálózat „szakadásának”, illetve hálózatok fúziójának előrejelzését, és az arra való felkészülést. Ennek egyik eszköze, hogy ha speciális mobilitásmodelleket használunk, az adatvesztés megelőzhető vagy csökkenthető. Például – ismerve egy jármű átlagos sebességét és mozgásirányát – megbecsülhetjük a jövőbeli helyét, és megfelelően előké-szíthetjük a többbugrásos útvonalakat.

Az AmI hálózatok alkalmazásainak működéséhez fontos az alkalmazásokban részt

vevő csomópontok mozgásainak megértése és modellezése. Ezáltal lehetővé válik a mozgások predikciója, mely lehetővé teszi erőforrás-takarékos kommunikációs megoldások kidolgozását és alkalmazását. A szakirodalomból ismert számos mozgásmodell között kevés olyan van, mely képes az Aml csomópontok jellegzetes mozgásait reprodukálni.

A jól ismert véletlen bolyongás mobilitásmodell például bizonyos időközönként az irány és sebesség teljesen véletlenszerű választásával inkább csak részecskemozgások modellezésére alkalmazható. Ennek finomított változata a véletlen szakaszpont mobilitásmodell, mely előre sorsolt sebességgel, irányt és távolságot teljesít, majd bizonyos ideig vár. Ez a megoldás közelebb áll valós mozgásokhoz. A legtöbb mozgásmodell csak bizonyos esetekre és hosszadalmas paraméter-hangolással alkalmazható. Az Aml csomópontok mozgás-predikciójára az egyik legalkalmasabb modell az elsőrendű autoregresszív mobilitásmodell, amely a lineáris rendszereknek a vezeték nélküli hálózatokban gyakran használt típusa, és amely iteráció segítségével reaktív módon optimális paraméterbecslést valósít meg. Előnye, hogy egy bizonyos tanulási fázis után képes bármilyen modell alapján mozgó entitások jövőbeni pozíciójára becslést adni.

4.2. A hálózat gyakori szakadása

A hálózat gyakran több részre szakad, amelynek következtében a hálózat egyes darabjai nem érik el egymást. A csomópontok közti kapcsolatok rossz minősége miatt a hálózat átmérője is csekély. A kommunikációs útvonalak kiépítése esetén azok sokszor előbb megszakadnak, mielőtt adattovábbításra alkalmasak lennének. Ezért útvonalak feltérképezésére és kiépítésére nincs lehetőség.

A járművek kommunikációja üzenetszórásos protokoll alapján történik, melyek fontos

tulajdonsága a médium elárasztásának minimalizálása. A jelenlegi protokollok számos megoldást kínálnak az üzenetek számának csökkentésére, viszont sok esetben a megvizsgált esetek túlegyszerűsítettek. Számos megoldást például csak olyan környezetben vizsgáltak, ahol azonos tulajdonságokkal rendelkező járművek haladtak egyenes útszakaszon, egymástól azonos távolságra.

Az újabb protokollok (Laborczy et al., 2006b), mint a helyalapú útvalasztás, a jelenlegi megoldások gyerekbetegségein túllépve olyan rendszer bevezetését javasolják, amelyek kihasználják a speciális alkalmazási területnek (közlekedés) köszönhetően segítségünkre lévő eszközök (GPS vevő, digitális térkép) adta lehetőségeket. Így lehetőség nyílik arra, hogy a járművek a környezetüknek megfelelően értelmezzék az adott szituációt, és a kontextustól függően optimális döntést hozzanak a protokoll következő lépésére vonatkozólag. Ha például a baleset közelében egy útkeresztesződés található, akkor az üzenetet több irányba is terjeszteni kell. Ehhez szükség van arra, hogy a kommunikációban részt vevő járművek a környezetükről egy megfelelő képet tudjanak alkotni, és ez alapján a szükséges döntéseket meghozni. Ezért a GPS, a térkép és a jármű sebessége, gyorsulása, valamint a járművek egymáshoz viszonyított pozíciója alapján matematikai modellt (gráfot) alkotnak a környezetről. Az adatok alapján a matematikai modell képes az adott szituációnak megfelelő döntést hozni. A különböző alkalmazásokhoz kapcsolódó adatokat a járművek egymás között speciális protokollok segítségével terjesztik, melyeket *csoporthalkommunikációs módszereknek* is hívunk.

4.3. Csekély redundancia

A hálózat redundanciája (túlméretezése) elengedhetetlen ahhoz, hogy a megfelelő sávszé-

lességet és az adatbiztonságot biztosítani lehessen. Nagyobb sávszélességigény esetén a hálózatban több csomópont szükséges, ugyanakkor az adatok biztonságának szavatolásához több diszjunkt útvonalra van szükség a forrás és a nyelő között. Ez egy otthonban vagy irodában biztosítható, viszont közúti környezetben a már említett „mostoha” körülmények miatt csak az út mentén elhelyezett bázisállomásokkal, illetve a jövőben hozzáférhető technológiákkal oldható meg.

4.4. Szimuláció

A fentiekből látszik, hogy az AmI hálózatok, különösen közúti környezetben még számos kutatási témát szolgáltattak, mielőtt a gyakorlatban bevezethető, robusztus, megbízható rendszerek lesznek. A járművek közti kommunikáció kutatásában – a gyakorlati tesztelés igen magas ára miatt – jól bevált és használt eszköz a számítógépes szimuláció. Ehhez szükség van egy, a csomópontok mozgását szimuláló eszközre, valamint az *ad hoc* hálózat diszkrét idejű szimulációjára. Ezek segítségével szimulálható mind a kommunikációs hálózat, mind a közúti hálózat forgalma,

valamint megtervezhető a használandó protokollok, elemezhető e biztonsági rendszerek fokozatos elterjedésének hatása, és jósolhatók a közúti forgalom megváltozásának jellemzői (Laborczi et al., 2006b).

5. Összefoglalás

Különböző ambiens intelligencia alkalmazások különböző követelményeket fogalmaznak meg az infokommunikációs hálózatokkal szemben. Járművek közti *ad hoc* kommunikáció esetén a legfontosabb kihívások a magas mobilitás okozta gyors topológiaváltozásokból, a hálózat gyakori szakadásából és redundanciájának hiányából erednek. A mindennapi életvitelt támogató alkalmazások esetében nagy megbízhatóságú, robusztus, nagy adatátviteli sebességgel rendelkező kapcsolatokra van szükség. Az ambiens intelligencia alkalmazások követelményei kihatnak az infokommunikációs hálózatok fizikai, adatkapcsolati, hálózati és alkalmazási rétegeire is.

Kulcsszavak: *ambiens intelligencia, infokommunikáció, ad hoc hálózatok, útvonalválasztás,*

adatbiztonság, assisted living, assisted working IRODALOM

- Blum, Jeremy J. – Eskandarian, A. – Hoffman, L. J. (2004): Challenges of Intervehicle Ad Hoc Networks. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 5, 4, 347–351.
- Laborczi Péter – Török A. – Vajda L. – Gordos G. (2006a): Scatternet Formation in High-Rate Wireless Personal Area Networks by Integer Linear Programming. 12th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS 2006), New Delhi, India, 6-9 November 2006.
- Laborczi Péter – Török A. – Vajda L. – Kardos S. – Gordos G. (2006b): Vehicle-to-Vehicle Traffic Information System with Cooperative Route Guidance. 13th World Congress on Intelligent Transport Systems, London, United Kingdom, 8-12 October 2006.

- Papadimitratos, Panagiotis – Haas, Zygmunt J. (2002): Secure Routing for Mobile Ad Hoc Networks. SCS Communication Networks and Distributed Systems Modelling and Simulation Conf., San Antonio, TX, January 2002.
- Török A. – Vajda L. – Laborczi P. – Fülöp Z. – Vidács A. (2006): Analysis of Scatternet Formation in High-rate Multi-hop WPANs. 17th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Helsinki, Finland, 11-14 Sept. 2006.
- Xu, Shugong - Saadawi, Tarek N. (2001): Does the IEEE 802.11 MAC Protocol Work Well in Multihop Wireless Ad Hoc Networks? IEEE Communications Magazine. 3, 39, 130–137.
- Zhang, Yongguang - Lee, Wenke (2000): Intrusion Detection in Wireless Ad-Hoc Networks. Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Boston, MA, August 2000.