

# Infrastrukturális vagy közösségi érzékelés az okos városokban?

VIDA ROLLAND, FEHÉR GÁBOR

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformaticai Tanszék  
{vida, feher}@tmit.bme.hu*

*Kulcsszavak: okos város, infrastruktúra, érzékelés, crowdsensing, esettanulmányok*

**Ahhoz, hogy városainkat okosokká tegyük, szükségünk van egyre több adatra a város működéséről, mindennapi életéről, ezen adatok gyűjtéséhez pedig szenzorok kelljenek. Ezek a szenzorok lehetnek egy dedikált érzékelési infrastruktúra részei, de egyre inkább elterjednek azok a közösségi érzékelésre épülő megoldások is, melyek a felhasználók mobiltelefonjaiba integrált szenzorokra építenek. Ebben a cikkben előbb megvizsgáljuk az infrastrukturális és a közösségi érzékelés előnyeit és hátrányait, majd bemutatunk néhány konkrét esettanulmányt.**

## 1. Bevezető

Napjainkban az okos városok gondolata egyre inkább előtérbe kerül. Kormányok, önkormányzatok, cégek, mindenkori okos városokat szeretne építeni, de egyelőre nincs egységes szemlélet arra vonatkozólag, hogy hogyan is kellene mindezt csinálni. Jól jelzi, hogy mennyire nincs egyetértés a témában, hogy jelenleg nincs egy hivatalosan elfogadott meghatározása sem annak, hogy mit is értünk okos város alatt. Az ITU Smart Sustainable Cities munkacsoportja nemrég egy 70 oldalas tanulmányban [1] próbálta elemezni a fellelhető több mint száz, különböző akadémiai és ipari körökből származó definíciót, de az látható, hogy sokan sokféleképpen értelmezik az okos városok fogalmát. Van, aki a fenntarthatóságot helyezi előtérbe, van, aki az energiahatékonyságot, mások az életminőség javítását tartják meghatározónak.

Amiben viszont mindenki egyetért az az adatgyűjtés szükségessége. Ahhoz, hogy egy jól működő, energiahatékony, élhető várost alakítsunk ki, tudnunk kell, mi történik a városban, különböző hosszúságú időablakokra vetítve. Tudnunk kell, milyen időjárási és forgalmi viszonyok vannak a város különböző pontjain, merre járnak a tömegközlekedési eszközök illetve a gyalogosok, hol vannak szabad parkolóhelyek, hol kell kiüríteni a kukákat, és így tovább. Adatokat kell gyűjteni, a lehető legnagyobb időbeli és térbeli felbontással, még akkor is, ha sokszor nem is tudjuk előre milyen magasabb szintű, értéknövelt szolgáltatást tudunk majd később építeni ezekre az adatokra. Hogy Lord Kelvint idézzük, csak akkor érthetünk meg valamit igazán, ha meg tudjuk mérni, ki tudjuk fejezni számokban. A kérdés tehát csak az, hogy ezeket a méréseket hogyan valósítsuk meg: dedikált szenzorokból álló, a várost lefedő infrastruktúra kiépítésével és fenntartásával, vagy közösségi érzékeléssel, azaz a városban mozgó felhasználók (lakosok) saját okos eszközeinek segítségével. Ebben a cikkben amellet érvelünk, hogy a két megoldás valójában kiegészíti egymást, mindkettőnek vannak előnyei és hátrányai, egy igazán okos városban tudni kell ötvözni ezeket a rendszereket.

## 2. Kiépített infrastruktúrára épülő érzékelés

Nagyon sok okos város fejlesztésének egyik első lépése az, hogy telepítenek egy érzékelési infrastruktúrát, azaz miután eldöntik, hogy milyen jellegű adatokat szeretnének begyűjteni a városból, kihelyezik a megfelelő szenzorokat a város különböző pontjaira. Mindez történhet természetesen több fázisban, először kiépítve egy alap infrastruktúrát, melynek segítségével felmérhetjük, hogy mennyire működőképes az elképzelés, majd folyamatosan bővítve azt az alkalmazások és szolgáltatások igényeinek megfelelően. A Smart Santander projektben [2] például három ilyen telepítési fázis volt: az elsőben kb. 2300 fény-, hőmérséklet-, zaj-, illetve parkolószenzort helyeztek ki, a következő fázisokban pedig tovább növelték az eszközök számát.

Az érzékelési infrastruktúra fontos eleme a szenzorok kommunikációját, illetve tápellátását biztosító infrastruktúra is. Bár bizonyos esetekben olyan helyekre kerülnek kihelyezésre a szenzorok (pl. villanyoszlopok), ahol a folyamatos tápellátás a megfelelő feszültségátalakítás után biztosítható, sokszor az alkalmazások jellegéből adódóan mindez elképzelhetetlen, vagy csak nagyon nagy anyagi ráfordítással lenne megoldható (pl. az aszfaltba épített forgaloműréséget vagy parkolást érzékelő szenzorok esetén). Ezért, bár egyre többet próbálnak olyan szenzorokat telepíteni, melyek képesek saját maguk előállítani a működésükhöz szükséges energiát, például fotoelektromos, piezoelektromos, elektromechanikai vagy termikus átalakítók segítségével [3], arra is kiemelt hangsúlyt kell fektetni, hogy a szenzorok energiahatékonyan működjenek. És mivel az energia jelentős részét a rádiós kommunikációra használják el a szenzorok, szükséges olyan infrastruktúra elemeket is telepíteni, melyek a kommunikáció energiahatékonyságát segítik. Minél kevesebb adatot küldünk, minél kisebb távolságra annál kevesebb energiát fogyasztunk. Ennek megfelelően az egyes szenzorok nem mindig közvetlenül küldik adataikat a nyelőknek, hanem többugrásos megoldások-

kal, melyek során olyan ismétlődő csomópontokat is igénybe vesznek, melyek önmaguk nem tartalmaznak érzékelőket, csak a kommunikáció segítése miatt telepítették őket. Másfelől a hagyományos hálózati protokollok sokszor túl komplexek a szenzorok korlátozott erőforrásaihoz, ezért a szenzorok egymás között dedikált, egyszerűsített protokollokat használnak, a külvilággal való kommunikációhoz pedig átjárós csomópontokat telepítenek a város különböző pontjain.

Az érzékelési infrastruktúra tehát egy költséges megoldás, úgy a dedikált hardver eszközök, mint azok időjárás- és vandálbiztos dobozolása, telepítése, folyamatos karbantartása, szervizelése. Másfelől viszont, megfelelő tervezés és telepítés esetén egy megbízható, robusztus adatforrást kapunk. Ha az alkalmazások és szolgáltatások azt kívánják meg, akkor a megfigyelni kívánt terület egyenletes és teljes lefedettsége biztosítható. Telepíthetünk egy-két mágneses térerősséget mérő vagy ultrahangos távolságmérő szenzort a városban levő minden parkolóhelyre, forgalomszámláló szenzort minden útkereszteződés minden sávjába, szenzorokat az utcai szemetekre, GPS-t minden tömegközlekedési járműre, térfüggetlő és forgalomszámláló kamerákat az utcákba, illetve zajszintet, hőmérsékletet, fényerősséget vagy környezet-szennyezést mérő szenzort a város minden pontjára.

A teljes lefedettség biztosítható tehát érzékelési és kommunikációs szempontból is. Mindez azt jelenti, hogy nem marad olyan pontja a területnek, vagy adott esetben az egész városnak, amelyet nem monitoroz (legalább) egy szenzor, és nem lesz egyetlen olyan szenzor sem, melynek rádiós hatósugarába ne esne bele (legalább) egy olyan másik szenzor-, ismétlődő vagy átjárós csomópont, mely az adatok továbbításában tudna segíteni. Általában azonban ennél tovább megy egy jól tervezett infrastruktúra, és a többszörös lefedettséget célozza meg érzékelési és kommunikációs szempontból is, ezzel biztosítva a telepített hálózat minél hosszabb élettartamát és növelve az adatgyűjtés minőségét. Az így biztosított redundancia hátránya viszont a megnövekedett kiépítési és működtetési költség.

Mindemellett az is elterjedt, hogy nem a terület egyenletes lefedésére optimalizálunk, hiszen bizonyos pontjai a városnak „fontosabbak”, ahol több esemény történik, több gyalogos és jármű közlekedik, több mindenre van kihatással egy ott kialakuló dugó esetleg stb. Ezért ezeket a pontokat az infrastruktúra kiépítése és üzemeltetése során is kiemelten kezeljük, oda több szenzort telepítünk és azokat nagyobb sűrűséggel is kérdezzük le. Másfelől az is előfordulhat, hogy bizonyos területekre egyáltalán nem telepítünk infrastruktúrát, mert a telepítés és üzemeltetés költsége meghaladja az adott területen levő szenzorok által generált hozzáadott értéket.

Végül, de nem utolsó sorban, a kiépített érzékelési infrastruktúra komoly hátránya lehet, hogy a technológia hamar elavulhat. Manapság a szenzorok hardver és szoftver architektúráját, a rádiós kommunikációt és az alternatív energiaforrásokat (energy harvesting) illetően is folyamatos és rendkívül gyors a fejlődés. Hiába jelennek meg azonban egymás után egyre precízebb, megbízha-

több, hatékonyabb eszközök, ha egy városban komoly beruházási költségek mellett telepítettek egy adott technológiára épülő infrastruktúrát, akkor azt nem szívesen cserélik le néhány hónap vagy egy-két év után. És itt a beruházási költségek alatt nem csak a hardver eszközök költségeire gondolunk, hanem magának a fizikai telepítésnek a költségeire is (pl. útfelbontások).

### 3. Közösségi érzékelés

A közösségi érzékelés (angolul crowdsensing vagy participatory sensing) egy egyre inkább elterjedő alternatív megoldás az adatgyűjtésre az okos városokban [4]. Az alapötlete az, hogy egy telepített dedikált infrastruktúra helyett a városban mozgó lakosok mobiltelefonjainak segítségével történik a monitorozás. A mobiltelefonjaink ma már egyre okosabbak, és ez abban is megnyilvánul, hogy rengeteg szenzort tartalmaznak. Ma már a legtöbb okostelefonban van például fénymérő, hőmérő, gyorsulásmérő, magnetométer, giroszkóp, mikrofon, kamera és GPS, de bizonyos telefonokban olyan speciális szenzorokat is elhelyeznek, melyek képesek a pulzust, a véroxigén szintet, a páratartalmat, vagy az UV sugárzást mérni. Ha pedig ezek a telefonok, melyeket folyamatosan magunkkal hordunk, képesek monitorozni ezeket a fizikai paramétereket, már csak annyi szükséges, hogy ezeket az adatokat a mobiltelefonunk egy telepített alkalmazás segítségével felküldje egy központi adatbázisba. Ott aztán ezeket a nyers adatokat értékelik, szűrik, aggregálják, és értéknövelt információ formájában visszacsatolják a város lakosai számára.

A crowdsensing a crowdsourcing kifejezésből ered, mely egy adott feladat csoportos megoldását jelenti. Míg insourcing esetén a feladatot egy cég saját, belső erőforrásai bevonásával oldja meg, az outsourcing pedig a feladat kiszervezését jelenti egy külső partner felé, a crowdsourcing egy nagyobb közösség közreműködését feltételezi. A crowdsourcing előnye, hogy alacsonyabb költségek mellett, rövidebb idő alatt, egy szélesebb körű megoldást tud biztosítani minden olyan feladatra, mely jól párhuzamosítható és elosztott erőforrásokat tud igénybe venni. Jól ismert crowdsourcing példa a Wikipédia felhasználók által generált szócikkek, az OpenStreetMap térképei vagy a SETI@Home, mely a földön kívüli intelligencia nyomait kutató elosztott alkalmazás. Ezeknél a megoldásoknál a felhasználók ingyenesen ajánlják fel saját szellemi vagy számítási erőforrásaikat, de vannak olyan alkalmazások is, ahol mindezt anyagi ellentételezés mellett teszik. Az Amazon Mechanical Turk [15] például olyan feladatokra vár humán erőforrásokat, melyekhez az emberi intelligencia nehezen helyettesíthető, például a legjobb fotó kiválasztása, egy énekes felismerése, egy szolgáltatás minősítése. De hasonló anyagi motivációra alapulnak az Upwork [11], a Clickworker [12], a Passbrains [13] vagy a Testbird [14] alkalmazások is.

A crowdsensing tehát egy olyan speciális crowdsourcing megoldás, ahol a feladat az elosztott adatgyűjtés. Amint azt fentebb is említettünk, ez a magyar „közösségi érzékelés” kifejezés egyik angol fordítása. Az angol nyelv-

vű szakirodalomban viszont egy másik kifejezés is elterjedt, ez a participatory sensing. A két kifejezés között elég árnyalt a különbség, de azért érzékelhető: míg a participatory sensing a felhasználók aktív közreműködését feltételezi, például fényképek készítésével vagy SMS üzenetek küldésével, addig a (mobile) crowdsensing esetén a felhasználó feladata csak az alkalmazás telepítése saját telefonjára; a monitorozáshoz és az adatok beküldéséhez már nem szükséges az aktív hozzájárulása. Ez pedig egy jelentős előny, hiszen minél intenzívebb aktív közreműködést várunk el a felhasználóktól, annál kevesebb lelkes jelentkezőt találunk.

Az anyagi ellentételezést nélkülöző crowdsourcing megoldások egyik alapvető problémája a résztvevők motiválása. Az tapasztalható, hogy a felhasználók jelentős része csak igénybe szeretné venni az adott szolgáltatást, anélkül, hogy saját maga is hozzájárulna ahhoz. Erre a hozzáállásra elterjedt kifejezés a freerider („ingyenélő”). A Wikipédia esetén például csak néhány millió regisztrált felhasználó van és azoknak is csak a töredéke szerkeszt aktívan szócikkeket, ehhez képest viszont a felhasználók százmilliói olvassák naponta az adott oldalakat.

Crowdsensing alkalmazások esetén megjelenik a felhasználók attól való félelme is, hogy az adataikat bárki (a kormány, különböző cégek, a munkáltatójuk vagy akár a családjuk) az ő személyes megfigyelésükre használja. Figyelni kell tehát arra, hogy az érzékeny adatokat anonim módon és aggregálva tároljuk, annak érdekében, hogy ne lehessen azokat visszavezetni egy adott felhasználóra. Másfelől az is jellemző, hogy a felhasználók féltik saját erőforrásaikat, főleg akkor, ha nem is látják át pontosan, milyen jellegű terhelést jelent majd számukra az adott alkalmazás futtatása (mennyire foglalja le a telefonjuk erőforrásait, mennyire merül emiatt gyorsabban le a telefon, milyen méretű adatforgalmat generál stb.)

Egy közösségi érzékelésen alapuló szolgáltatás esetén viszont minél több aktív felhasználó van, annál több adatot tudunk gyűjteni, ennek köszönhetően pedig egyre jobb minőségű szolgáltatást tudunk nyújtani, ami újabb felhasználókat vonz majd. Ha azonban sok a freerider, akkor kevés adatunk lesz, alacsony lesz a szolgáltatás minősége, ezért akár a meglévő felhasználók is átpártolnak egy infrastruktúrára alapuló megoldásra, vagy egy másik crowdsensing-re építő alkalmazást kezdenek el használni, melynek nagyobb a felhasználói bázisa.

Alapvetően elmondható az, hogy egy crowdsensing alkalmazásnak szüksége van egy kritikus tömegre, egy olyan méretű felhasználói bázisra, mely képes egy elfogadható minőségű szolgáltatáshoz szükséges adatgyűjtés biztosítására. Ennek a kritikus tömegnek az elérése nem triviális és tovább nehezíti a feladatot az, hogy (legalább) ezt a kritikus tömeget folyamatosan fenn kell tartani és az alkalmazás aktív használatára kell buzdítani. Ha egy idő után megjelenik egy másik alkalmazás a piacon, mely valamilyen szempontból jobb szolgáltatással vagy egy jó marketing kampánnyal el tudja csábítani a felhasználókat, akkor a kritikus tömeg hamar eltűnhet a korábbi alkalmazás mögül, ami a szolgáltatásminőség drasztikus romlásával jár majd.

A megfelelő méretű felhasználói bázis biztosításának egyik módja a játékosítás (gamification), azaz a játékokban megszokott különböző ösztönző mechanizmusok alkalmazása (pl. pontok, jelvények kiosztása, szintek és ranglisták felállítása). Bár sokan kételkednek a játékosítás hasznosságában, az esetek többségében megfigyelhető, hogy az ilyen mechanizmusok ténylegesen ösztönzik a felhasználókat az aktív részvételre.

A közösségi érzékelés egy másik érzékeny pontja a felhasználók és az általuk gyűjtött adatok relatív megbízhatatlansága. Ez adódhat egyfelől a felhasználói eszközökbe (okostelefonok, okosórák) épített szenzorok pontatlanságából. Másfelől egyes felhasználók küldhetnek szándékosan rossz mérési adatokat, hogy ezzel számukra kedvezően befolyásolják a rendszer működését. Egy autós állíthatja például hamisan, hogy egy adott útvonalon torlódás van, csak azért, hogy a többi autóst elriasztssa attól az útvonaltól, és ezzel magának jobb közlekedési feltételeket biztosítson. Az ilyen jellegű problémákat viszont viszonylag könnyen kezelni lehet, egyrészt azaz, hogy a rendszer befolyásolásához több felhasználó egybehangzó véleménye szükséges, másfelől azzal, hogy a felhasználók folyamatosan értékelik egymást és a megbízhatatlan részvevőktől érkező adatokat kisebb súllyal vesszük csak figyelembe. Szintén hátránya a közösségi érzékelésnek az, hogy nem kapunk folyamatosan kellően megbízható és részletes információt a teljes területről. A felhasználók mozgásából adódóan lesznek olyan városrészek, melyekről nagyon sok adatot gyűjtünk be, más részekből viszont jóval kevesebbet, de akár lefedetlen fehér foltok is kialakulhatnak.

Mindezen hátrányok mellett viszont számos előnnyel is kecsegtet a közösségi érzékelés. A legfontosabb talán azt kiemelni, hogy nincs szükség kiépített érzékelési infrastruktúrára, hiszen érzékelésre a lakosok telefonjaiba épített szenzorokat használjuk, kommunikációra a meglévő vezeték nélküli (Wi-Fi) vagy mobil (3G/4G) hálózati infrastruktúrát, az érzékelők tápellátása pedig megoldott azáltal, hogy időközönként mindenki feltölti a telefonját. Az infrastruktúrát tehát alapvetően „ingyen” kapjuk kézhez. Másfelől a felhasználók viszonylag gyakran (átlagosan 2-3 évente) lecserélik telefonjaikat, ezzel biztosítva azt, hogy egy crowdsensing alkalmazás mögött álló felhasználói bázis egyre precízebb és megbízhatóbb technológiákra épülő eszközöket használjon.

## 4. Esettanulmányok

A következőkben bemutatunk néhány tipikus okos város alkalmazást és elemezzük azt, hogyan lehet ugyanazt a feladatot egy telepített infrastruktúrára, vagy közösségi érzékelésre építve megoldani. Természetesen az esettanulmányok sorát tovább lehetne bővíteni, de ebben a cikkben csak három konkrét esettel foglalkozunk.

### 4.1. Parkolás

A parkolóhelyek hiánya, főleg a belvárosokban, egy olyan probléma, mellyel mindenki küzd. Egy, a Texas Transportation Institute által kiadott tanulmány szerint [5],

a városi forgalmi dugók, melyek jelentős része a szabad parkolóhelyet kereső autóknak köszönhető, több mint 7 milliárd óra késést, 3 milliárd gallon feleslegesen elhasznált benzint és 160 milliárd dollár termelés kiesést okoz évente csak az Egyesült Államokban. Létszükséglet tehát egy okos városban egy olyan alkalmazás, mely megmondja, hol vannak a városban szabad parkolóhelyek.

Erre a kérdésre a világ számos városában építettek már ki dedikált érzékelési infrastruktúrát. San Franciscóban a SFPark [6] nevű pilot rendszer keretén belül több mint 7000 belvárosi parkolóhelyre telepítettek magnetométeres szenzorokat, melyek az elektromágneses mező változásából érzékelik, ha följük parkolt egy jármű. Az aszfaltba ágyazott szenzorok parkolóóráknak küldik az adataikat, melyek ismétlő és átjátszó csomópontok segítségével juttatják tovább azokat a központi adatbázis felé. A szabad parkolóhelyek ezután megtekinthetők webes felületen vagy okostelefonos alkalmazások segítségével is. Külön érdekessége a rendszernek, hogy az aktuális foglaltság függvényében lehetőség van az adaptív, akár tömbönkénti különböző árazásra is: ahol már kevés a szabad hely, ott átmenetileg megdrágul a parkolás, arra ösztönözve a lakosságot, hogy minél egyenletesebben foglalja el a helyeket a város különböző pontjain.

A szabad parkolóhelyek közösségi feltérképezését korábban a Google Open Spot [7] alkalmazás célozta meg. Az elképzelés az volt, hogy amint valaki elhagy egy parkolóhelyet, bejelöli azt a térképen szabad helyként, így segítve a többi autóvezetőt. A bejegyzés aztán egy idő után elavul és törlődik a rendszerből. A megoldás egyik hátránya az volt, hogy egy szabadnak jelzett hely nem biztos, hogy ténylegesen szabad volt, hiszen a parkolóhely foglaltságát fizikailag senki nem érzékelte; a kiálló autó után bárki elfoglalhatta rögtön a helyet, az alkalmazásban ettől függetlenül a bejegyzés elavulásáig az szabad helyként jelent meg. Másfelől az alkalmazás a felhasználók aktív részvételét igényelte, azoknak pedig nem volt meg a kellő motivációja a többi parkolóhelyet kereső autós segítségére.

Egy érdekesebb és hatékonyabbnak tűnő közösségi érzékelésre alapuló megoldás a ParkNet [8]. Az elgondolás az, hogy a járművünk ajtóiba épített ultrahangos távolságmérők segítségével tudjuk azt érzékelni, ha egy szabad parkolóhely mellett haladunk el. Persze a megbízható működéshez sok technikai kérdést kezelni kell, például a GPS pontatlanságából adódó hibákat, az oldalsó tárgyról visszaverődő hullámokat vagy a többsávos utak kérdését. Az első tapasztalatok viszont azt mutatják, hogy ha néhány száz autóba telepítünk ilyen szenzorokat, olyan autókba, melyek folyamatosan közlekednek a városban (pl. egy taxitársaság flottájába), akkor eléggé precíz képet kapunk a szabad parkolóhelyekről, a hagyományos telepített infrastruktúrához képest egy nagyságrenddel kisebb költségek mellett. Ez az alkalmazás persze akkor jelentene igazán közösségi érzékelést, ha a „civil” felhasználók járműveibe kerülne be alapértelmezett módon ilyen távolság-

mérő szenzorok, ami az automata autók előretörésével egyre inkább egyre valós jövőképnek tűnik.

#### 4.2. Utastájékoztató és útvonaltervezés a tömegközlekedésben

Az okos városokban egyre inkább elvárás egy olyan utastájékoztató rendszer kiépítése, mely megmondja, hogy egy adott megállóba mikor fog megérkezni egy tömegközlekedési eszköz, illetve mindezt továbbgondolva egy olyan alkalmazás, melynek segítségével optimális útvonaltervezést tudunk végezni a tömegközlekedési eszközök aktuális helyzete és a forgalmi viszonyok aktuális állapota alapján.

Erre a célra több nagyvárosban is kialakították már a szükséges infrastruktúrát, melynek alapvető elemei a járművekre szerelt GPS jeladók, illetve kiegészítésként a megállókba szerelt elektronikus kijelzők. Budapesten a Futár rendszert 2014 végén adták át, miután több mint 2300 járműre (villamos, busz, trolis) szereltek GPS jeladót; a teljes infrastruktúra kiépítése – a kijelzőkkel, illetve a kapcsolódó szoftvercsomagokkal együtt – több mint 6,7 milliárd forintba került. Felmerül tehát a kérdés; hogy ha egy városban nem áll rendelkezésre megfelelő anyagi háttér, hogyan tudunk megvalósítani egy hasonló szolgáltatást?

A Moovit közösségi alkalmazás [9] ezt a célt szolgálja. Az utasok mobiltelefonjain futó alkalmazás egyrészt automatikusan beküldi a sebességet és a GPS pozíciót, a rendszer pedig a város digitális térképét és a tömegközlekedési eszközök útvonalait figyelembe véve meg tudja állapítani, hogy az adott felhasználó éppen gyalogol, autóban vagy villamoson ül-e, és mikor várható a megérkezése a következő megállóba. Másrészt az utasok aktív közreműködésével lehetőség van arra is, hogy jelezzék az adott jármű zsúfoltságát, az esetleges késés okát, de értékelhetik a jármű vezetőjét is. Jelenleg az alkalmazás több mint 800 városban működik a világban, és több mint 30 millió felhasználója van. Magyarországon ugyanakkor a felhasználói bázis jelenleg még nem éri el a kritikus tömeget, ezért az alkalmazás hatékonysága viszonylag alacsony, inkább csak a közlekedési társaságoktól átvett adatokat használja a felhasználóktól származó adatok helyett.

#### 4.3. Hatékony szemétszállítás

Manapság egyre inkább látszik egy olyan rendszer létjogosultsága is, mely a városban található szemetes kukák hatékony ürítését segíti. A kihelyezett szemetes kukák nyilvánvalóan nem egyszerre telnek meg, azért azokat nem is egyszerre kellene üríteni. A hagyományos szemétszállítás során viszont egy adott útvonal mentén, bizonyos előre meghatározott időközönként járnak be a várost a szemétszállító autók, függetlenül a kukák aktuális állapotától.

Az infrastrukturális megoldás erre a kérdésre az Enevo rendszer [10], melyben ultrahangos távolságmérő szenzorok mérik a szemetes kukák telítettségét, majd vezeték nélküli kommunikáció segítségével jelentik azt a központi adatbázis felé. A rendszer a beérkező adatok

alapján optimalizálja a személyszállító autók útvonalát, csak azokat a pontokat érintve, ahova szükséges eljutniuk. Ezáltal gyorsabban történik a bejárás, csökken az üzemanyag felhasználás és a környezetszennyezés.

A személyszállítás egy olyan alkalmazási terület, ahol nem tudunk közösségi érzékelésre alapuló megoldásokról. A kukák állapotát általában nehéz szabad szemmel megállapítani és a felhasználók mobiltelefonjaiban sincsenek olyan beépített szenzorok, melyek segítenének ebben. Egyre több városban vannak ugyan olyan közösségi alkalmazások (pl. Pace of the City Santanderben) melyek segítségével be lehet jelenteni a városban tapasztalt különböző megoldandó problémákat, akár egy túlsorduló szemetes kukát is például, ezek a sporadikus bejelentések azonban nem tudják helyettesíteni az infrastruktúrára építő megoldást.

## 5. Összegzés

A cikkben bemutatjuk, hogy az okos városok nagyméretű adatgyűjtési igényeire két különböző megoldás létezhet. A telepített infrastruktúrára építő érzékelés előnye a precizitás, a megbízhatóság, az igényekhez szabott kiépítés lehetősége, hátránya viszont a nagy beruházási és üzemeltetési költség, illetve az esetleges gyors technológiai elavulás. Ezzel szemben a közösségi érzékelésre alapuló megoldások előnye az infrastrukturális költségek hiánya és a naprakész technológiai megoldások egyszerű integrálhatósága, hátrányuk viszont a viszonylagos pontatlanság, megbízhatatlanság és a kritikus felhasználói tömegetől való függés.

Összességében elmondhatjuk, hogy ezekre a megoldásokra nem feltétlenül úgy kell tekinteni, mint egymás versenytársaira, hiszen sok esetben inkább kiegészíthetik egymást. A belvárosban például, ahol sok felhasználó mozog, nagyban támaszkodhatunk egy közösségi alkalmazásra, itt lehet tehát a kiépített infrastruktúrát gyébrebbre telepíteni. A külső városrészekben viszont csak a telepített infrastruktúra lesz képes megbízható adatszolgáltatást nyújtani. Ugyanez igaz a mintavételezés időbeni eloszlását illetően is, a telepített infrastruktúra energiahatékonyságát növelhetjük ugyanis azzal, ha a rendszert ritkább mintavételezésre állítjuk olyan helyeken, ahol egy közösségi alkalmazás kiegészíti azt.

Az elkövetkező évek egyik kihívása tehát az, hogy ezeknek a megoldásoknak a hatékony együttműködését támogató rendszerek épüljenek ki, melyek ötvözni tudják az infrastrukturális érzékelés megbízhatóságát a közösségi érzékelés alacsony telepítési és működési költségeivel.

## Irodalomjegyzék

- [1] ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities, "Smart sustainable cities: An analysis of definitions", Technical Report, 2014. október
- [2] José A. Galache, "SmartSantander: A playground towards M2M/IoT standardization", BEREC Machine 2 Machine Workshop, Brüsszel, 2013. november
- [3] S. Sudevalayam, "Energy Harvesting Sensor Nodes: Survey and Implications", IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 13, Issue 3, 2011. szeptember
- [4] Á. Petkovics, V. Simon, I. Gódor, B. Böröcz, "Crowdsensing Solutions in Smart Cities towards a Networked Society", EAI Endorsed Transactions on Internet of Things, 2015. október
- [5] D. Schrank, B. Eisele, T. Lomax, J. Bak, "2015 Urban Mobility Scorecard", Texas A&M Transportation Institute Tech. Report, 2015. augusztus
- [6] "SFPark Pilot Project Evaluation", SFMTA Report, 2014. június
- [7] I. Sherwin, "Google Labs' Open Spot: A Useful Application That No One Uses", Android Authority, 2011. május
- [8] S. Mathur et al, "ParkNet: A Mobile Sensor Network for Harvesting Real Time Vehicular Parking Information", ACM MobiHoc, New Orleans, 2009. május
- [9] Moovit – Home: Free Public Transportation App, <http://moovitapp.com/>
- [10] Enevo – Optimising Waste Collection, <https://www.enevo.com/>
- [11] Upwork – Hire Freelancers & Get Freelance Jobs Online, <https://www.upwork.com/>
- [12] Clickworker, <https://www.clickworker.com/en>
- [13] Passbrains – Digital Assurance & Crowdttesting, <https://www.passbrains.com/>
- [14] Testbirds – Crowdttesting: tesztelés valódi felhasználókkal, <https://testbirds.hu/>
- [15] Amazon Mechanical Turk, <https://www.mturk.com/mturk/welcome>

## A szerzőkről



**VIDA ROLLAND** jelenleg a BME Távközlési és Médiainformaticai tanszékének docense. PhD fokozatát a párizsi Université Pierre et Marie Curie egyetemen szerezte 2003-ban. Több mint 10 éve foglalkozik a vezetékek nélküli szenzorhálózatok témakörével, néhány éve pedig azok alkalmazási lehetőségeivel az okos városokban. A BME Villamosmérnöki és Informatikai karán 2015-ben induló Okos város specializáció felelőse, oktatója. Az IEEE Sensors Council vezetőségi tagja, az IEEE Communications Society zászlóshajó konferenciáit szervező bizottság ügyvezetője, több nagy presztízsű konferencia szervezőbizottsági tagja. 2016 januárja óta az Infocommunications Journal főszerkesztője.



**FEHÉR GÁBOR** 1998-ban végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem mérnök-informatikus szakán. 2004-ben szerezte PhD. fokozatát, melynek témája IP hálózatok erőforrás vezérlése volt. Jelenleg is az egyetemen dolgozik, mint egyetemi docens. Az általa tartott előadások témái a számítógépes biztonság és az okos városok infokommunikációs területeihez kötődnek. Az egyetemi előadások tartása mellett számos nemzeti és nemzetközi kutatóprojektben vesz részt. A projektekben az alap kutatástól kezdve a prototípus készítésig végez különböző feladatokat.