

# Szenzorhálózatokra épülő közszolgáltatások



Vida Rolland



NEMZETI  
KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
BUDAPEST



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

SZÉCHENYI 2020

2020

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

**OKOSVÁROS-TECHNOLÓGIÁK**  
A technológia fejlődésének irányai és hatása  
XV. kötet

**Sorozatszerkesztő:**

Sallai Gyula

Vida Rolland

# SZENZORHÁLÓZATOKRA ÉPÜLŐ KÖZSZOLGÁLTATÁSOK



Nemzeti Közszerológati Egyetem  
Közigazgatási Továbbképzési Intézet  
Budapest, 2020

A kötet a Nemzeti Közszolgálati Egyetem **KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001**  
**„A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés”** projektje keretében,  
a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és  
Informatikai Karán létesült **„Okos város – okos közigazgatás”** kutatóműhelyben  
(2017/162/BME-VIK) készült.

**Szakmai lektor:**

Fehér Gábor egyetemi docens, BME-VIK

**A kézirat lezárásának dátuma:**

2018. június 30.

© Nemzeti Közszolgálati Egyetem  
Közigazgatási Továbbképzési Intézet, 2020

© Vida Rolland, 2020

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés  
és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem  
reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel,  
azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

---

# TARTALOM

<b>1. BEVEZETÉS</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>2. SZENZORHÁLÓZATOK ÉS (KÖZ)SZOLGÁLTATÁSOK AZ OKOS VÁROSOKBAN</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 <i>Motiváció és általános helyzetkép</i> . . . . .	9
2.2 <i>Érzékelési és kommunikációs infrastruktúra az okos városokban</i> . . . . .	10
<b>3. OKOS PARKOLÁS</b> . . . . .	<b>13</b>
3.1 <i>Beltéri parkolás</i> . . . . .	14
3.1.1 <i>Parkolóhelyek foglaltságának mérése beltérben</i> . . . . .	15
3.2 <i>Kültéri parkolás</i> . . . . .	17
3.2.1 <i>Parkolóhelyek foglaltságának mérése kültéren</i> . . . . .	17
3.2.2 <i>Parkolás jogosultságának ellenőrzése kültéren – szenzorok segítségével.</i> . . . . .	21
3.3 <i>Kiépített parkoló rendszerek – esettanulmányok</i> . . . . .	23
3.3.1 <i>SFpark, San Francisco, USA</i> . . . . .	23
3.3.2 <i>Spaceek</i> . . . . .	30
3.4 <i>Parkolás közösségi érzékeléssel</i> . . . . .	32
3.4.1 <i>ParkNet</i> . . . . .	32
3.4.2 <i>Google OpenSpot.</i> . . . . .	36
3.5 <i>Parkolási helyzetkép Budapesten</i> . . . . .	36
<b>4. SZENZOROK TOVÁBBI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREKBE</b> . . . . .	<b>41</b>
4.1 <i>Forgalomfigyelő kamerák és okos útkereszteződés Moszkvában és Utrechtben</i> . . . . .	42
4.2 <i>Az úthálózat állapotának monitorozása – BusNet.</i> . . . . .	44
4.3 <i>Forgalmi helyzet mérése közösségi érzékeléssel – Waze</i> . . . . .	46
4.4 <i>Közösségi érzékelés a tömegközlekedésben – Moovit.</i> . . . . .	50
<b>5. SZENZOROK ÁLTAL TÁMOGATOTT TOVÁBBI KÖZSZOLGÁLTATÁSOK.</b> . . . . .	<b>53</b>
5.1 <i>Intelligens közvilágítás szenzorok támogatásával.</i> . . . . .	53
5.2 <i>Vízálózat tisztaságának monitorozása szenzorokkal.</i> . . . . .	54
5.3 <i>Hulladékszállítás optimalizálása szenzorok segítségével</i> . . . . .	55

<b>6. OKOS VÁROSOK SZENZOROKKAL TÁMOGATOTT KOMPLEX RENDSZEREI</b> . . . . .	<b>58</b>
6.1 <i>Smart Santander</i> . . . . .	58
6.1.1 Telepített szenzorok . . . . .	59
6.1.2 A Meshilium gateway . . . . .	61
6.1.3 A teszthálózat telepítésének fázisai. . . . .	62
6.2 <i>Szingapúr</i> . . . . .	68
<b>7. ÖSSZEGZÉS</b> . . . . .	<b>70</b>
<b>8. IRODALOMJEGYZÉK</b> . . . . .	<b>71</b>

---

# 1. BEVEZETÉS

Ez a kismonográfia a negyedik elemét képezi annak a monográfiatorozatnak, amelyet a szenzoroknak, a vezeték nélküli szenzorhálózatoknak és azok okos városokkal kapcsolatos felhasználási lehetőségeinek szenteltünk. Az első, *Szenzorok és kommunikációs technológiák* [JAKAB 2018] című kismonográfiában főként az érzékelés tárgyát képező fizikai jelenségekkel, illetve az egyedi szenzorokkal foglalkoztunk. Bemutattuk azok felépítését, működését, és az általuk használt különböző vezetékes és vezeték nélküli kommunikációs technológiákat.

A második elemet képező *Vezeték nélküli szenzorhálózatok – az elmélettől a gyakorlatilag* [FEHÉR–VIDA–JAKAB 2018] című monográfiában ezután az egymással együttműködő szenzorcsomópontok által alkotott vezeték nélküli szenzorhálózatok (WSN, Wireless Sensor Networks) érdekesebb aspektusait mutattuk be. Szó volt az egyugrásos és többugrásos hálózatok közötti különbségekről, az idővezérelt, eseményvezérelt, illetve a lekérdezésalapú működési modellekről, az energiahatékonyság kérdéseiről, alvászvezérlő algoritmusokról, a közeghozzáférést szabályozó protokollokról, a vezeték nélküli szenzorhálózatok speciális igényeire szabott útvonalválasztó és adataggregációs megoldásokról, mobilitási stratégiákról, illetve a szenzorhálózatokkal kapcsolatos szimulációs keretrendszerekről és teszthálózatokról.

A sorozat harmadik részét képező, *Szenzorhálózatok biztonsági kihívásai az okos városokban* [FEHÉR 2018] című kismonográfiában először bemutattuk a lehetséges támadásokat és támadásokat különböző okos városokkal kapcsolatos, szenzorhálózatokra épített szolgáltatásokra vonatkozóan (mint a környezetmegfigyelés, közművek mérése, közlekedési alkalmazások, önkormányzati alkalmazások). Ezután ismertettük a szenzorhálózatok speciális igényeire szabott különböző kriptográfiai algoritmusokat, folyamatkosztókat, elemeztük az integritásvédelem kérdését és az aszimmetrikus kulcsok használatának lehetőségét. A kismonográfia második felében ezután bemutattuk a szenzorhálózati kommunikáció támadásának lehetőségeit a különböző rétegekben (fizikai réteg, adatkapcsolati réteg, hálózati réteg, alkalmazás réteg).

Ebben a negyedik részben konkrét esettanulmányokat mutatunk majd be a szenzorhálózatokra épülő különböző közszolgáltatásokat illetően. Egy rövid bevezető után, ahol röviden áttekintjük az okos városok digitális érzékelési és kommunikációs infrastruktúrájának a szükségességét és felépítését, részletesebben bemutatunk különböző olyan alkalmazási területeket, amelyek erre a digitális infrastruktúrára épülnek, ennek a szolgáltatásait próbálják meg kihasználni minél hatékonyabb módon. Konkrét esettanulmányokon mutatjuk be az okos, szenzorokkal segített parkolási rendszerek problematikáját, a közösségi érzékelésre építhető szolgáltatásokat, lesz majd szó az ivóvízhálózat monitorozásával kapcsolatos megoldásokról, az úthálózat aktuális állapotának a felügyeletéről, a közparkok monitorozásáról és azok automatikus öntözését biztosító megoldásokról, vagy intelligens közvilágítási rendszerekkel kapcsolatos konkrét fejlesztésekről is.

A kismonográfia címe a szenzorhálózatokra épülő közszolgáltatásokról szól, ennek megfelelően pedig próbáltuk viszonylag tág környezetben értelmezni a közszolgáltatásokat, viszont a kismonográfiánk nem foglalkozik olyan technológiákkal és alkalmazásokkal, amelyek bár szervesen az okos városok részét képezik, de közszolgáltatásnak nehezen minősíthetők. Példának okáért az okos otthonokról és az okos irodaházakban alkalmazott

szenzorhálózatokról nem igazán ejtünk szót, vagy ha igen, akkor is csak nagyon érintőlegesen, az összehasonlítás kedvéért, hiszen ezeket nem tekintjük a közszolgáltatások részének.

Bemutatunk viszont olyan kész okosváros-rendszereket, pilot projekteket, ahol nemcsak egy vagy két dedikált szolgáltatást üzemeltetnek, hanem egy globális képet szem előtt tartva próbálják meg a város működését hatékonyabbá, energiatakarékosabbá tenni úgy, hogy a különböző rendszerek, technológiák, alkalmazások és szolgáltatások egymásra gyakorolt hatásait is figyelembe veszik. Ennek megfelelően beszélünk majd részletesen a Smart Santander projektről, és bemutatjuk azt is, miért tekintik Szingapúrt az egyik legfejlettebb okos városnak manapság.

A szerző<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> *Dr. Vida Rolland*, a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kara Távközlési és Médiainformatikai Tanszékének egyetemi docense, a Nagysebességű Hálózatok (HSN) Laboratórium vezetője. PhD-fokozatát a párizsi Université Pierre et Marie Curie egyetemen szerezte 2003-ban. Kutatási területei közé tartoznak a szenzorhálózatok, a járműhálózatok, a tárgyak internete és ezek alkalmazásai az okosváros-rendszerekben. Az BME-n futó Okos város villamosmérnöki mellékspecializáció felelőse. Tagja az IEEE Smart Cities Steering Committee-nek, az IEEE Sensors Council Administrative Committee-nek, az IEEE Sensors 2019 és IEEE Sensors 2020 nemzetközi konferenciák tudományos programbizottságának elnöke, az IEEE International Smart Cities Conference 2020 nemzetközi tudományos konferencia társelnöke és az IEEE Sensors Letters tudományos folyóirat szerkesztője.



---

## 2. SZENZORHÁLÓZATOK ÉS (KÖZ)SZOLGÁLTATÁSOK AZ OKOS VÁROSOKBAN

### 2.1 MOTIVÁCIÓ ÉS ÁLTALÁNOS HELYZETKÉP

A városi lakosság utóbbi évtizedekben tapasztalható rohamos növekedésével nyilvánvalóvá vált, hogy új infrastrukturális beruházások és ezekre épülő új szolgáltatások váltak szükségessé ahhoz, hogy a városok működőképesek maradhassanak, és megfelelő életminőséget lehessen biztosítani a városlakóknak. Ennek megfelelően azt érezkelhettük, hogy rendkívüli módon megnőtt a különböző digitális eszközök, szenzorok, aktuátorok és különböző okos berendezések, készülékek (ideértve az okostelefonokat is) száma, amelyek egyre inkább körbevesznek minket, beépülnek a környezetünkbe, és új alkalmazásokat, szolgáltatásokat tesznek lehetővé. Ezeket az eszközöket, szenzorokat, aktuátorokat ma már össze lehet kötni, tudnak egymással kommunikálni, az úgynevezett dolgok internetét (Internet of Things, IoT) alkotva. Az ilyen jellegű kommunikáció a környezetünkben található különböző eszközök között korábban elképzelhetetlen volt.

De mire is tudjuk használni ezeket az okos eszközöket? Egyrészt a segítségükkel adatokat tudunk gyűjteni a városban zajló különböző folyamatokról, szükség esetén be tudunk avatkozni, hogy hatékonyabbá tegyük a város üzemeltetését, de a város hosszú távú fejlesztési kérdéseit is nagymértékben tudja mindez segíteni. Példaként említhetjük a tömegközlekedési eszközöket, amelyekről hasznos lehet tudni, hogy éppen hol tartózkodnak, mikor fognak megérkezni a következő megállóhoz, és hány utas utazik éppen rajtuk. Hasonlóképpen jó lenne tudni a városi kültéri és beltéri parkolóhelyek aktuális foglaltságát, a forgalmi állapotokat, a járműforgalom zsúfoltságát a különböző utcákon, kereszteződésekben, a levegő és az ivóvíz esetleges szennyezettségének mértékét vagy az aktuális környezeti viszonyokat (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, szélereősség, szélirány stb.). És szintén hasznos lehet ismerni az aktuális energiafogyasztást felhasználóra és akár eszközre, készülékre lebontva, a zajszennyezettség mértékét a város különböző pontjain, az utcai szemeteskukák telítettségét, vagy akár a talajnedvesség mértékét a városi közparkokban. Ezeket a folyamatokat érdemes tehát folyamatosan, napi 24 órában, a hét minden napján monitorozni, adatokat gyűjteni – nagyrészt dedikált szenzorok, szenzorhálózatok segítségével, majd az adatok feldolgozása, tisztítása, szűrése után emelt szintű, személyre szabott és kontextusfüggő szolgáltatásokat nyújtani a városok lakóinak.

A személyre szabottság alatt itt azt értjük, hogy minden városi lakosnak más és más adatok fontosak, hiszen egyfelől más az érdeklődési köre, más a mindennapi tevékenysége, illetve mások lehetnek a személyes preferenciái is arra vonatkozólag, hogy ő hogyan szeretné „elfogyasztani” a különböző szenzorok által gyűjtött adatokat. Egyénről egyénre változhat például, hogy valaki milyen gyakorisággal, milyen részletességgel, milyen formátumban (text, audio, video stb.), mennyire „nyersen” vagy mennyire feldolgozva, aggregálva, esetleg milyen nyelven szeretne információkat kapni. Akar-e saját maga időről időre adatlekérdezéseket megfogalmazni az okos város és az abban elhelyezett érzékelési infrastruktúra (szenzorok) felé, vagy inkább fel szeretni iratkozni bizonyos hírfolya-

mokra, amelyek folyamatosan, push üzemmódban küldik számára a fontosnak ítélt adatokat, információkat. Ebben sokat segít az, ha – a privacy-szemponatok megfelelő kezelése mellett természetesen – az adott egyénről a rendszer ki tud alakítani egy profilt, a korábbi viselkedési jellemzőit, illetve a korábbi információfogyasztási szokásait figyelembe véve. Mindemellett persze az adott személy kíváncsi lehet olyan adatokra is, amelyek korábban nem tartoztak az érdeklődési körébe, ilyenkor a rendszernek képesnek kell lennie adaptálódni ezekhez a változó igényekhez, és szükség szerint frissíteni is akár a megfelelő profilparamétereket.

De ahogy már említettük, fontos a kontextusfüggő szolgáltatások biztosítása is. Kontextus alatt rengeteg mindent érthetünk, de egy okos város esetében leginkább arra gondolunk, hogy az adott felhasználó milyen élethelyzetben található éppen, amikor a szolgáltatást nyújtjuk számára – mit csinál (dolgozik, étkezik, sétál, vásárol stb.), milyen kommunikációs eszközök vannak a közelében (okostelefon, tablet, desktop, PC stb.), milyen kommunikációs technológiákat tud igénybe venni, milyen környezetben található éppen (kültér, beltér, munkahely, étterem stb.), és még sorolhatnánk. Hogy érzékeltesük a kontextusfüggőség jelentőségét, vegyünk példaként a városi útvonaltervezés esetét. A feladat ismert, el szeretnénk jutni a város egy adott pontjáról egy másikba, és a kérdés az, hogy milyen útvonalon tegyük ezt meg. Az útvonaltervező szoftverek nagy része a legrövidebb, vagy esetleg a leggyorsabb utat fogja javasolni, ha épp autóval vagyunk, és a forgalmi viszonyok alapján nem a legrövidebb út bizonyul a leggyorsabbnak is.

Ennél azonban jóval szofisztikáltabb is lehet egy útvonaltervező algoritmus, ha a különböző kontextusfüggő paramétereket is figyelembe vesszük. Hiszen ha egy fiatal csinos lány szeretne hazagyalogolni szombat este egy szórakozóhelyről, akkor ebben a kontextusban egy olyan útvonalat kellene neki javasolni a városon keresztül, ahol jó a közvilágítás, az adott pillanatban éppen sokan járkálnak, illetve a hosszú távú statisztikai adatok alapján jó a közbiztonság. Ha viszont egy téli, fagyos, szeles napon szeretnénk a város egy bizonyos pontjára eljutni gyalog, akkor lehet, hogy az adott kontextusban az kap kiemelt fontosságot, hogy a javasolt utcák mennyire szélvédettek, és hol vannak esetleg jeges járdaszakaszok, amiket el kellene kerülni. A példát és a különböző kontextusparamétereket a végtelenségig fokozhatjuk, de a lényeg az, hogy ilyen jellegű kontextusfüggő szolgáltatásokhoz mindenképp szükség lesz rengeteg adatra, amit a város különböző pontjain beágyazott szenzorok, kamerák, a városban mozgó okos járművek vagy a városi lakosok mobiltelefonjai folyamatosan gyűjtenek.

## 2.2 ÉRZÉKELÉSI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS INFRASTRUKTÚRA AZ OKOS VÁROSOKBAN

Az okos városokban található IoT-infrastruktúra olyan eszközökből áll, amelyek általában szétszórva, elosztva helyezkednek el, alacsony számítási és tárolási kapacitással rendelkeznek, általában önkonfiguráló, önmenedzselő módon működnek, emberi felügyelet nélkül, és céljuk az okos városok megbízhatóságának, hatékonyságának és biztonságos működésének a biztosítása, úgy az infrastruktúrát, mint az arra épülő szolgáltatásokat illetően.

Elmondhatjuk azt, hogy a városok IoT-infrastruktúrája három rétegből áll: az érzékelési réteg, a hálózati réteg és az alkalmazási réteg. Az érzékelési réteg értelemszerűen olyan szenzorokból áll, amelyek különböző környezeti paramétereket, a járművek és az emberek mozgását vagy a kritikus városi infrastruktúra (úthálózat, vízhálózat, elektromos hálózat, csatornarendszer) különböző elemeit monitorozzák folyamatosan, a gyűjtött adatokat pedig az internetre kapcsolódva elküldik a központi adatfeldolgozó rendszereknek. Ide tartoznak értelemszerűen a szenzorok, a kamerák, különböző RFID (Radio Frequency identification Device) eszközök, vagy mondjuk a GPS (Global Positioning System) rendszerek.

Az érzékelési réteg által gyűjtött adatok továbbküldése az alkalmazási réteg felé, figyelembe véve a különböző eszközök korlátozott erőforrásait vagy a hálózat korlátozott kapacitását, a hálózati réteg feladata. A különböző IoT-eszközök ennek megfelelően különböző rövid távú és/vagy hosszú távú kommunikációs technológiákat használhatnak. Egyfelől lehetséges az, hogy olyan megoldásokkal, mint a Bluetooth vagy a Zigbee egy, a közelükben levő átvésző állomásnak küldik csak tovább az adataikat, másfelől viszont nagyobb távolságok is áthidalhatók más olyan technológiák segítségével, mint a különböző generációjú mobilhálózatok, vagy a különböző LPWAN rádiós technológiák, mint a LoRa vagy a SigFox.

Végezetül pedig az alkalmazási réteg az, ahol a különböző, már korábban említett, személyre szabott és kontextusfüggő alkalmazások és szolgáltatások megvalósulnak, biztosítva ezáltal egy élhetőbb, hatékonyabb, energia-takarékosabb városi életet. Napjaink okos városaiban egyre több okos alkalmazást telepítenek, üzemeltetnek, akár a kormányzat, az önkormányzat, szolgáltatócégek vagy akár egyszerű magánemberek is. Az alkalmazások száma ráadásul folyamatosan bővül, akár anélkül is, hogy ehhez új érzékelési vagy új kommunikációs eszközöket, technológiákat kellene telepíteni. Egyszerűen arról van szó, hogy bizonyos esetekben az alkalmazásokhoz telepítjük a technológiát, az infrastruktúrát, máskor viszont ez pont fordítva történik, előbb a technológia telepítése történik, majd utána találják ki az alkalmazásfejlesztők, hogy milyen konkrét alkalmazásokat, szolgáltatásokat is lehetne telepíteni a meglévő infrastruktúrára.

Az első esetre említhetjük példaként a parkolást érzékelő szenzorokat, amelyeket a különböző parkolóhelyeken, a betonba vagy aszfaltba ágyazva, vagy annak a felületére rögzítve telepítették. Itt előbb felmerült az igény, hogy szükséges lenne egy okos parkolórendszert fejleszteni, ahol a foglalt és az üres helyeket valamilyen szenzor segítségével tudnánk érzékelni. Ezeket az adatokat aztán feltöltve egy központi adatbázisba jól áttekinthetően láthatnánk majd, hogy a város különböző utcáiban hol vannak szabad parkolóhelyek. Megszületett tehát előbb az alkalmazási ötlet, utána pedig az alkalmazás igényeinek megfelelően telepítették a technológiát, azaz a parkolást érzékelő szenzorokat ebben az esetben.

Máskor viszont a helyzet fordított – létezik a technológia, csak egyelőre nem tudjuk, hogy mit csináljunk vele pontosan, vagy csak korlátozott elképzelésünk van a különböző felhasználási lehetőségekről. Hogy az előbbi példánál maradjunk, ha az első fázisban kidolgoztuk a különböző parkolást érzékelő szenzorokat, amelyek ultrahangos távolságméréssel vagy a mágneses tér változásának érzékelésével képesek annak detektálására, hogy tartózkodik-e jármű jelen pillanatban fölöttük vagy sem, némi gondolkodás után rájöhetünk arra, hogy ugyanazt a szenzort egy méterrel távolabb telepítve, immár nem az útszéli parkolóhelybe, hanem a közlekedő járművek által használt útfelületbe ágyazva arra is használhatnánk, hogy az adott útszakaszon áthaladó aktuális forgalmat mérjük vele.

Ugyanaz a szenzor tehát, ugyanaz a dobozolás, adott esetben akár ugyanaz a rádiós kommunikációs technológia is, csak egy másik alkalmazás igényeire szabva. A parkolás érzékelésénél ugyanis nem szükséges a nagyon sűrű mintavételezés, hiszen a parkolási események viszonylag ritkák, és ha egyszer elfoglalnak egy parkolóhelyet, akkor az huzamosabb ideig, akár órákon át is foglalt marad. Ráadásul a parkolóhely foglaltsági státuszának a megváltozását nem is szükséges „azonnal”, tizedmásodpercen belül érzékelnünk, akár az is elegendő lehet, ha csak percenként egy mérést csinálunk, ettől még az okosparkoló-rendszerünk teljesíteni fogja az elvárásokat, és a parkolási adatokat valós idejűnek tekinthetjük.

Ezzel szemben azonban, ha ugyanazt a szenzort az úttestbe ágyazva a forgalom mérésére szeretnénk használni, ott egy másik alkalmazás igényeire szabva egy teljesen más típusú működést várunk majd el az eszköztől. A percnkénti mintavételezés alapján nyilvánvalóan nem tudjuk megfelelően mérni az adott útszakaszon átha-

ladó forgalmat, ahhoz jóval sűrűbb, mondjuk másodpercenkénti mintavételezés szükséges. De lehet, hogy egy parkolási vagy egy forgalomszámlálási alkalmazás esetén teljesen másképp kell tárolni is az adatokat, esetleg feldolgozni azokat, vagy más periodicitással szükséges továbbküldeni az eredményeket a központi adatbázis felé. A létező technológiára tehát új alkalmazást találhatunk ki.

De továbbmenve, ha az úttestbe ágyazott szenzor képes mérni az áthaladó forgalmat, és arról értesíteni egy központi adatbázist, akkor az is elképzelhető, hogy ugyanazt az érzékelési és kommunikációs technológiát kihasználva az adatokat ne a felhőbe küldje el a szenzor, hanem az útkereszteződésben található közlekedési lámpának. A lámpák működtetésére pedig tudunk írni egy új alkalmazást, amely a különböző sávokba ágyazott szenzoroktól jövő információk alapján adaptívan változtatja a zöld jelzés idejének hosszát, attól függően, hogy egyik vagy másik irány éppen most mennyire forgalmas.

Persze sok esetben már a technológia telepítésénél tudhatjuk azt, hogy az adott szenzorokat több különböző célra is használnánk, különböző alkalmazásokat szeretnénk velük kiszolgálni, de ez nem feltétlenül szükséges. Ugyanez a begyűjtött adatok feldolgozását illetően is igaz lehet. Sokszor hallhatjuk, olvashatjuk azt, hogy rengeteg szenzort telepítettek egy adott városban, amelyek nagy felbontásban érzékelnek különböző jelenségeket, környezeti viszonyokat, amelyeket aztán eltárolnak nagyméretű adattárházakban, még akkor is, ha jelenleg nem is tudnak mit kezdeni az adatokkal. De lehet, hogy pár hónap vagy pár év múlva valaki előáll egy olyan alkalmazással, amelynek pont ezekre az adatokra lesz majd szüksége. Ilyen adat lehet például a légszennyezés vagy az ivóvíz szennyezettségének a mérése, amelyek segítségével évekkel később hosszú távú korrelációkat állapíthatunk meg esetleg a levegő vagy a víz minősége és a különböző betegségek kialakulása között.

Azt is érdemes figyelembe venni, hogy az okos városokat nem csak a digitális érzékelési és kommunikációs technológiák megléte, telepítése teszi okossá. Ezek szükséges elemek, a segítségükkel tudunk megfigyelni különböző folyamatokat, eseményeket, tudjuk érzékelni, mi is zajlik a városban. A várost azonban az teszi igazán okossá, ha az okos városlakók a saját igényeikre képesek szabni ennek a digitális érzékelési és kommunikációs infrastruktúrának a működését, a megfelelő alkalmazások kidolgozásával, telepítésével, futtatásával.

A következőkben részletesen bemutatunk néhány olyan tipikus alkalmazási példát városi közszolgáltatásokra, ahol jelentős mértékben lehet építeni a különböző szenzorok, szenzorhálózatok által gyűjtött adathalmazra.

---

## 3. OKOS PARKOLÁS

Napjainkban, a városok növekvő méretével és a járművek növekvő számával a parkolás kérdése egyre kritikusabbá kezd válni. A parkoláshoz ugyanis helyre van szükség, a hely pedig nagyon sok esetben kritikus erőforrás, nagyon kevés van belőle, főleg a városok központi részein. Hely hiányában a megoldás az, ha ugyanarra a helyre több autót próbálunk meg leparkoltatni, egymás alá vagy egymás fölé helyezve azokat. Ezt a szolgáltatást biztosítják a mélygarázsok és a föld felszínére épített többemeletes parkolóházak. Az újonnan épített irodaházaktól ma már elvárás, hogy olyan kapacitású mélygarázst építsenek az épület alá, amely biztosítja az irodaház dolgozóinak a parkolását, de ugyanez igaz sok esetben a nagyobb társasházakra is, amelyeknél a telken belüli parkolás biztosítása egy feltétele az építési engedély kiadásának. Ugyanígy elvárás a nagy kapacitású parkolók építése a bevásárlóközpontoktól is, bár ezek sok esetben a külvárosi területeken találhatók, ahol több hely áll rendelkezésre akár nagyméretű felszíni parkolók kialakítására is. Ha azonban a bevásárlóközpont a belvárosi részekben található (Budapesten például a Westend, az Allee, a MOM Park vagy a Mammut I–II.), akkor ott is elvárás a megfelelő méretű mélygarázs kialakítása, amellyel a vásárlók parkolási igényeit biztosítani lehet.

A többemeletes parkolóházak és a mélygarázsok megépítése viszont rendszerint nagyon drága beruházás, bár a belvárosi parkolási árakat figyelembe véve sok esetben még így is gyorsan megtérül egy vállalkozó számára. Emellett azonban kiemelt fontosságú az, hogy a korlátozott számú utcai parkolóhely jó kihasználtsággal, hatékonyan legyen kialakítva és kezelve. Szabad utcai parkolóhelyből ugyanis általában kevés van, főleg a belvárosi, frekventált helyeken és a járművek számához képest. Számos tanulmányt [SHOUP 2006] [HORN 2013] [BROOKE 2014] készítettek már emiatt arra vonatkozóan, hogy milyen mértékben járul hozzá a városi dugók kialakításához az, hogy az autósok egy szabad parkolóhely keresése miatt köröznek a városban, növelve a környezetszennyezést, felesleges üzemanyagot pazarolva, és komoly munkaidő-kiesést generálva saját maguk, illetve a miattuk dugóba kerülő többi város lakó számára.

Donald Shoup, a kaliforniai UCLA egyetem professzora egy kis pénzügyi negyedben vizsgálta ezt a problémát Los Angelesben, és az eredményei azt mutatták, hogy az adott negyedben évente több mint 950 000 mérföldet tesznek meg az autósok feleslegesen, parkolóhelyet keresve, ez 95 000 elfecsérelt munkaórát jelent, 47 000 gallon elhasznált benzint, és 730 tonna felesleges CO<sub>2</sub> kibocsátást [SHOUP 2006]. Egy másik hasonló célú tanulmányban spanyol kutatók azt állapították meg, hogy Barcelonában naponta 1 millió autós átlagosan 20 percet tölt el azzal, hogy parkolóhelyet keres. Végül pedig megemlítenénk még egy, a Texas Transportation Institute által készített tanulmányt [SCHRANK 2015], amely a 75 legnagyobb amerikai városban vizsgálta ugyanezt a kérdéskört. A tanulmány megállapította, hogy parkolóhely-keresés miatt ezekben a városokban évente 3,6 milliárd óra késés alakul ki a városok lakói számára, 21,6 milliárd liter benzint használnak el feleslegesen, a nemzetgazdaságnak pedig mindez 67 milliárd dollár termelés kiesést jelent éves szinten.

Ezen a gondon tudna komolyan enyhíteni az, ha szenzorok tudnák valós időben monitorozni azt, hogy melyik parkolóhely szabad és melyik foglalt a város különböző pontjain, ezt az információt elküldenék egy központi adatfeldolgozó egységhez, amely aztán a szabad helyet kereső járművezetők számára megjelenítene ezt, például egy mobil alkalmazás segítségével. A következőkben néhány ilyen konkrétan megvalósított okos parkolási megoldást fogunk bemutatni, a világ különböző pontjain található városokból.

### 3.1 BELTÉRI PARKOLÁS

Beltéren, egy bevásárlóközpont vagy egy irodaház mélygarázsában több ok miatt is jóval egyszerűbb és olcsóbb megvalósítani egy okos parkolórendszert. Egyrészt ezek a parkolók korlátozott számú be- és kijáratral rendelkeznek, és ezek általában sorompóval biztosítják azt, hogy csak az hajthasson be, akinek erre jogosultsága van, vagy az, aki megfelelő módon fizetni fog a parkolásért. Egy irodaház dolgozói tehát rendelkeznek egy mágneskártyával, amellyel felnyithatják a mélygarázs sorompóját. Egy bevásárlóközpont mélygarázsába való behajtáskor pedig a vásárlók egy mágnescsíkos vagy vonalkódos parkolójegyet kapnak, kihajtáskor pedig a sorompó csak akkor nyílik fel, ha előzetesen a fizetőautomatánál megfizették a megfelelő parkolás díjat.

A sorompók előnye mindenképpen az, hogy pontosan tudható, hogy egy adott pillanatban hány autó tartózkodik a mélygarázsban, hiszen tudjuk, hogy azon a napon hányszor nyílt fel a bemeneti sorompó vagy sorompók, és hányszor a kimeneti oldalon elhelyezett sorompók, ezeknek a különbségéből pedig kiszámítható a parkolóban levő autók száma. Ez persze azt feltételezi, hogy a sorompó felnyitásakor mindig csak egy autó halad át rajta, nincs úgynevezett „tailgating”, amikor egy autó megpróbál egy másik autóra „tapadva”, azzal együtt be- vagy kijutni a parkolóból, jogosulatlanul.

Ha tehát feltételezzük, hogy a sorompón mindig csak egy autó halad át, és tudjuk, hogy mekkora kapacitású a mélygarázs, akkor azt is ki tudjuk számolni, hogy hány szabad hely van még a garázsban egy adott pillanatban. Ezt általában a bejáratnál található kijelzőn szokták megjeleníteni, de nagyon könnyű ezt az információt integrálni egy, az egész városra kiterjedő okos parkoló alkalmazásba, amely amellet, hogy jelzi a járművezetőknek, hogy a város utcáin hol vannak szabad parkolóhelyek, azt is képes megjeleníteni, hogy a különböző, publikusan használható mélygarázsokban hány üres parkolóhely van. Másfelől a sorompónak megvan az az előnye, hogy ha a mélygarázs megtelt, akkor egyszerűen nem fog felnyílni a bemeneti sorompó addig, amíg a kimeneti oldalon el nem hagyja valaki a mélygarázst. Ezzel tehát el lehet kerülni azt, hogy valaki feleslegesen hajtson be a mélygarázsba, és keressen egy üres helyet, amikor ilyen hely nincs.



**3.1 ábra. Sorompó és a szabad helyek számát mutató kijelző a Mammut bevásárlóközpont mélygarázsánál, Budapesten**

*Forrás: SZÖRÉNYI 2007*

### 3.1.1 Parkolóhelyek foglaltságának mérése beltérben

Az, hogy vannak sorompók egy mélygarázs vagy egy többszintes parkolóház bejáratánál, abban segít, hogy láthatjuk valós időben, van-e szabad hely a parkolóban, és ha igen, hány. Abban viszont nem tud segíteni, hogy hol vannak azok a szabad helyek. Alapesetben a járművezetőnek kell megtalálnia ezeket, ami akár egy nagyon bonyolult és hosszadalmas folyamat lehet, főleg akkor, ha a parkoló méretéhez képest nagyon kevés a szabad hely.

Az egyes parkolóhelyek foglaltságának megállapítására viszont nagyon jól tudjuk használni a különböző szenzorokat. Többféle technológiát használhatnak az autók jelenlétének észlelésére egy adott helyen – ez megoldható ultrahangos távolságméréssel, optikai szenzorral vagy a mágneses tér változását érzékelő szenzorral. Sok esetben, az észlelés megbízhatóságának növelése miatt akár több különböző technológiát, több különböző szenzort is alkalmazhatnak ugyanarra a parkolóhelyre, bár ez nyilvánvalóan növelni fogja a költségeket is.

A beltéri parkolórendszerek nagy előnye, hogy az autók fölött ott a mennyezet, amely kiváló felületet képez arra, hogy parkolószenzorokat helyezünk el rajta. Egyfelől a szenzorokat nem kell besülyeszteni a betonfödémbe, mint ahogy tesszük azt egy kültéri parkolóhely esetén, ahol az útfelületbe (aszfalt vagy beton) kell beilleszteni a szenzort úgy, hogy a járművek áthajthassanak rajta anélkül, hogy károsítanák, tönkretennék. A mennyezetre elég csak egyszerűen felragasztani a szenzort, az ott biztonságban van, a járművek ugyanis a szenzorok alatt fognak elhaladni, nem felettük. Emiatt ráadásul a dobozolás is sokkal könnyebb és olcsóbb lesz, hiszen a mennyezeten nem járnak autók, és nem mossa fel a takarítónő.

Mindemellett a mennyezeten könnyen el lehet vezetni egy kábelcsatornában a szenzorhoz kapcsolódó különböző kommunikációs és tápkábeleket, és nem kell azokat is belevésni az aszfaltba vagy a födémbe. Ráadásul azzal, hogy egy vezetéken keresztül tud kommunikálni a szenzor, sokkal megbízhatóvá válik a szolgáltatás egy rádiós

kommunikációra alapuló megoldáshoz képest, hiszen a rádiós megoldások, egy olyan beltéri környezetben, ahol betonfödémek, falak és sok nagyméretű fémtárgy (maguk az autók) található, sokszor elég rossz adatátviteli minőséget tudnak csak biztosítani. Mindemellert tápkábel is könnyen vezethető a mennyezeten az egyes szenzorokhoz, ezáltal pedig nem kell foglalkozni feltétlenül az energiahatékony működéssel, ami egy kültéri parkolórendszer esetében létfontosságú kérdés. De ha nem is vezetünk tápkábelt a szenzorokhoz, hanem elemről működtetjük például azokat, akkor is sokkal egyszerűbb szükség esetén a mennyezetre ragasztott szenzorok elemeit kicserélni, mintsem a betonba vagy aszfaltba süllyesztett eszközöknél megtenni ugyanezt egy kültéri parkolás esetén.

Ennek megfelelően ma már nagyon sok parkolóházban és mélygarázsban építettek ki ilyen szenzorhálózatokat, Budapesten is. Minden egyes parkolóhely fölött, a mennyezeten erősítve található egy vagy két szenzor; ha ezek valamelyike foglaltnak érzékeli a helyet, akkor a parkolóhely fölötti piros LED világít majd. Ha a parkolóhely üres, akkor egy zöld LED világít. Több szenzor elhelyezésére különben azért van szükség, mert az autók hossza és szélessége változó lehet, illetve a járművezetők is néha nem pontosan a kijelölt téglalapba parkolnak, hanem úgy, hogy az autójuk átnyúlik kicsit a szomszédos parkolóhelyre is. Ilyenkor pedig megtörténhet az, hogy két parkolóhely dedikált szenzorjai is foglaltnak érzékelik a saját parkolóhelyüket, annak ellenére, hogy csak egy autó parkol azon a helyen. Ez különben nem feltétlenül jelent hibás működést, hiszen ha egy autót úgy parkoltak le, hogy két parkolóhelybe is belenyúlik, akkor lehet, hogy egy másik autó nem fog már tudni oda parkolni, tehát helyes az állítás, hogy ott már nincs szabad parkolóhely.

A LED-ekkel felszerelt parkolók nagyon könnyen áttekinthetők, hiszen a parkolóhelyet kereső járművezető távolról látja már, benézve egy adott sorra, hogy ott van-e zölden világító LED, azaz szabad hely, vagy sem.



**3.2 ábra. Zölden világító LED-ek mutatják, hogy hol vannak szabad helyek. Ilyen megoldás működik az Allee mélygarázsában is Budapesten**

*Forrás: [itt](#) (BROWAND 2019)*



## 3.2 KÜLTÉRI PARKOLÁS

A kültéri parkolás esete sok szempontból jóval nehezebben kezelhető, mint a beltéri parkolás. Egyrészt, ahogy már említettük, kültéren nincs „mennyezet” az autók felett, ahova a szenzorokat, illetve a kommunikációs és tápkábeleket lehetne rögzíteni. Másfelől nem egy zárt környezetről beszélünk, nincsenek sorompók, amelyek szabályoznák a be- és kihajtást, tehát a szabad parkolási kapacitásról globálisan sincs semmilyen könnyen megszerezhető információnk.

Ráadásul a helyzetet az is bonyolítja, hogy a városok utcáin nem mindenhol vannak felfestve az egyéni parkolóhelyek az úttestre vagy a járdára – sok esetben csak a parkolási terület elejét és végét jelzi felfestés, de hogy azon belül hány parkolóhely van, azt nem tudni. Hogy egy adott ilyen utcán, ahol nincsenek felfestések, hány autó fog tudni leparkolni, az nyilvánvalóan függ attól, hogy milyen hosszú járművek parkolnak majd ott, és egymáshoz képest mennyire szorosan állnak meg. Ha tehát egy ilyen utcarészen két autó között van némi szabad hely, akkor nem egyszerű eldönteni a kérdést, hogy ott ténylegesen van-e egy szabad parkolóhely, hiszen lehet, hogy egy rövid Mini Cooper be tud oda állni, egy nála jóval hosszabb kombi Cadillac pedig nem biztos. Zárójelben érdemes megjegyezni itt azt, hogy nagyvárosokban nagyon sokan kifejezetten azért vesznek kis méretű autókat maguknak, mert amellettt hogy ezek energiatakarékosak, sokkal könnyebben lehet velük parkolni, elférnek olyan kis helyeken is, ahova egy nagy méretű autóval lehetetlen lenne beparkolni.

Ezzel ellentétben ott, ahol minden egyéni parkolóhelyet külön felfestés jelez az utca szélén, pontosan tudhatjuk, hány parkolóhely van az adott utcában, és ezek közül hány foglalt, és hány szabad. Ilyen esetben ugyanis minden kijelölt parkolóhelyet egyetlenegy autó fog elfoglalni, függetlenül az autó méretétől. A kijelöléseket úgy kell méretezni, hogy egy nagyon hosszú jármű is elférhessen bennük (a kirívóan hosszú limuzinokat nyilván nem kell figyelembe venni). Ebből viszont az is adódik, hogy az előbbi példával élve, a Mini Cooper is egy ilyen nagy felfestésre fog beállni még akkor is, ha az háromszor olyan hosszú, mint maga az autó. A felfestések megléte és az egyéni parkolóhelyek kijelölése tehát nyilvánvalóan sokkal rendezettebbé, átláthatóbbá teszi a parkolást, ám megvan az a hátránya, hogy egyáltalán nem helytakarékos, annak ellenére, hogy a hely nagyon szűkös erőforrás a belvárosi részeken.

### 3.2.1 Parkolóhelyek foglaltságának mérése kültéren

Azt, hogy egy adott utcában milyen az aktuális parkolási helyzet, és hány szabad parkolóhely van, többféle módon lehet mérni. Az egyik megoldás az, hogy minden egyes parkolóhely esetében beágyazunk a betonfelületbe vagy aszfaltcsíkba egy szenzort, amely méri, hogy az adott helyen parkol-e jármű, vagy sem. Mint ahogy már említettük a beltéri parkolás esetén is, itt is különböző technológiákat használhatunk a járművek érzékelésére – ultrahangos távolságmérést, infravörös optikai szenzorokat vagy magnetométert.

A beltéri viszonyokhoz képest viszont kültéren számos olyan akadályozó tényezővel kell megküzdeni, amivel beltéren, egy mennyezetre rögzített szenzor esetén nem kell számolni. Egy kültéri parkolóhelyen ugyanis az ultrahangos vagy az optikai érzékelést megnehezítheti az, ha falevelek, szemét vagy a lehullott hó eltakarják a szenzorokat, azt a téves képzetet keltve a szenzorban, hogy azt a helyet elfoglalták. Emiatt inkább egy magnetométert érdemes használni, amellyel jó eséllyel ki lehet szűrni az ilyen jellegű hibákat, hiszen a mágneses mező változása

akkor is érzékelhető lesz, ha az ultrahangos vagy a lézeres optikai távolságmérés nem működik rendesen, az említett zavaró tényezők miatt.

Kültéri szenzoroknál emellett fokozottan fontos a megfelelő dobozolás, hiszen a szenzor dobozolása ki kell hogy állja az időjárási körülmények próbáját (eső, hó, jég, fagy), illetve ki kell bírnia azt is, hogy az autók áthajtsanak felette. A kezdeti verzióknál teljesen az aszfalt szintjébe volt süllyesztve emiatt a szenzor, ami eléggé nehézkessé tette a szenzor telepítését. Egy ilyen szenzor látható a 3.3. ábracsoport első ábráján. Ehhez képest ma már olyan megoldások is vannak, ahol a szenzorok dobozolása kellően robusztus ahhoz, hogy kibírja azt, ha egy nagyobb súlyú jármű rájuk hajt. Így viszont nem kell teljesen a földbe süllyeszteni a szenzort, lehet az aszfaltcsík felszínére rögzíteni, ahogy az látható a 3.3. ábracsoport utolsó két ábráján. A szenzorok telepítésének ideje így jelentősen lerövidül, a körülbelül 30 perces munka most 5 perc, a szükséges felszerelés is sokkal kisebb (ahogy az az ábrán is látható, egy egyszerű fúróval és csavarbehajtóval megoldható), és ennek a megoldásnak megvan az az előnye is, hogy a dobozban található szenzor, meghibásodás vagy lemerülés esetén, nagyon gyorsan lecserélhető. Másfelől ha az aszfaltba nem kell 3 méterenként bevésni parkoló szenzorokat, az nyilvánvalóan hosszabb élettartamot is biztosít magának az útfelületnek.



**3.3. ábra. Az aszfaltcsíkba illesztett szenzor Szentendrén, illetve az újabb megoldás, amikor az aszfalt tetejére rögzítik a szenzort**

*Forrás: [itt](#) és [itt](#)*

Mindemellett egy aszfaltba süllyesztett kültériparkoló-szenzor esetén nagyon fontos az energiatakarékos működés. A beltéri mélygarázsokban láthattuk, hogy viszonylag kis költséggel megoldható az, hogy a mennyezeten rögzítsék a tápkábeleket is minden egyes szenzor számára. Ez egyáltalán nem zavaró, és mivel egy mélygarázs esetében korlátozott kiterjedésű területről van szó, a megoldás kezelhető marad. Kültéri parkolás esetében viszont elképzelhetetlen az, hogy tápkábelt húzzunk minden egyes parkolószenzorhoz a város minden utcájába, bár új építésű utcáknál akár meg is oldható egy ilyen jellegű okos utca kialakítása a megfelelő alépítményekkel. Sokkal egyszerűbb és olcsóbb viszont, ha a szenzor működését teszem minél inkább energiahatékonyra.

Mint azt a korábbi kismonográfikákban már említettük, a szenzorok sok különböző feladatra használják az energiájukat – érzékelés, feldolgozás, tárolás vagy a rádiós kommunikáció. Maga az érzékelés a parkolószenzorok esetében nem annyira energiaigényes, bár ez a használt technológiától is függ. Egy ultrahangos távolságmérés például aktív folyamat, ahol a szenzor elküld egy ultrahangos jelet, majd annak a visszaverődését érzékeli, a két folyamat között eltelt időből pedig ki tudja számolni a távolságot az útfelület és a felette található bármilyen tárgy között,

amiről visszaverődnek a hanghullámok. Egy üres parkolóhely esetén ez nyilvánvalóan nem történik meg, vagy csak nagyon hosszú idő után, ha a hanghullámok egy távoli objektumról verődnek vissza. Beltéri parkolás esetén ez nyilvánvalóan egyszerűbb, mert a mennyezetre rögzített szenzor által kibocsájtott aktív jelet vagy egy ott parkoló autó fogja visszaverni, vagy maga az útfelület, ha az adott hely szabad.

Az ultrahangos távolságméréssel szemben a magnetométeres megoldás passzív mérést jelent, melynek lényege az, hogy egy nagyméretű fémtárgy (autó) megjelenése esetén változás történik a Föld mágneses mezejében, amit a szenzor érzékel majd. Bár a passzív mérések is igényelnek némi energiát, az aktív megoldásoknak jellemzően nagyobb az energiaszükséglete. Azt látni kell viszont, hogy a parkolás meglétének érzékelése nem kell nagyon sűrűn megtörténjen egy aktív mérés esetén sem. Bár nyilvánvalóan a cél az, hogy naprakész, friss, pontos információt kaphassunk minden egyes parkolóhely foglaltságáról, több másodperces „csúszás” is beleférhet, a foglaltsági állapota egy parkolóhelynek ugyanis nagyon ritkán változik, naponta csak néhányszor (egy parkolási esemény ugyanis több óráig is eltarthat), így tehát felesleges másodpercenként, vagy akár annál sűrűbben megismételni az aktív méréseket.

Visszatérve a szenzor energiafogyasztására, nyilvánvalóan az adatok feldolgozása és tárolása is energiaigényes. Egy parkolószenzor esetében viszont nincsenek igazán speciális adatok, amelyeket tárolni kellene. Az igazán fontos események azok, amikor megváltozik a parkolóhely státusza, foglaltról szabaddá válik, vagy fordítva, szabadról foglalttá. A köztes mérési eredményeket felesleges is eltárolni, és nem szükséges azokat semmilyen formában feldolgozni (mint például egy hőmérsékletet vagy páratartalmat mérő szenzor esetén, ahol sok köztes mérés átlagát fogja elküldeni a szenzor, vagy egy forgalomszámláló szenzor esetén, ahol sok köztes mérés összegét kell folyamatosan tárolni és feldolgozni, frissíteni). Az szükséges tehát csak, hogy a foglaltsági státusz változása esetén egy időbélyeget társítsunk ehhez a változáshoz, és azt küldjük el a központi adatfeldolgozó egységhez.

És itt jutunk el a leginkább energiaigényes feladathoz, parkolószenzorok esetén is, mégpedig a kommunikációhoz. Egy mélygarázsban, beltéri parkolás esetén láthattuk azt is, hogy a tápkábelek mellett akár kommunikációs kábeleket is vezethetünk a mennyezeten, vagy akár a kettőt integrálva, egy Power-over-Ethernet (PoE) megoldás keretében. Kültéren viszont a parkoló szenzorok ilyen jellegű bekábelezése nyilvánvalóan lehetetlen vagy vállalhatatlanul drága, ezért inkább rádiós kommunikációs technológiákban érdemes gondolkodni.

A néhány évvel ezelőtti parkolószenzoroknál az volt az alapvető elképzelés, hogy az energiaspórolás miatt csak kis teljesítménnyel sugározzanak a szenzorok rádiós egységei, a rádiós hatósugár csak néhány méter legyen. Ehhez persze biztosítani kell akkor, hogy a parkoló szenzorok közelében, néhány méteres távolságon belül legyenek olyan átvittelező eszközök, például a parkolóórákba integrálva, amelyeknek az áramellátása biztosított. Az átvittelezők telepítése minden utcába – vagy akár több helyre is ugyanabban az utcában – viszont nyilvánvalóan költséges infrastrukturális beruházás.

Emiatt az utóbbi években megjelentek olyan megoldások is, amelyek a sorozatunk korábbi kismonográfiáiban bemutatott LPWAN (Low Power Wide Area Network) rádiós kommunikációs technológiákat használják. Ezzel a megoldással a szenzorok városokon belül is képesek akár több kilométeres távolságra is elküldeni adataikat, kifejezetten kis energiafelhasználás mellett. Ehhez persze az kell, hogy nagyon kicsi legyen a forgalmazott adatmennyiség, és ritka legyen az adatküldés. A parkolószenzorok esetében viszont ez alapvetően így van, hiszen nemcsak hogy nem szükséges a köztes mérési eredményeket tárolni, ha nincs a parkolóhely állapotában változás, de azokat nem is kell elküldeni. Naponta tehát csak néhányszor történik adatküldés, a parkoláseseményekhez igazodva.

Ez esetenként változhat, hiszen egy P+R (Park & Ride) parkolóban jellemzően egész napra ott hagyják az emberek az autójukat, és felülnek egy tömegközlekedési eszközre, amellyel bemennek a belvárosba. Itt tehát sokszor csak két parkoláseseményről kell tudósítania a szenornak az egész nap folyamán – az első ilyen esemény során reggel egy autó elfoglalja a helyet, a szabad hely foglalttá válik, délután/este pedig a hely ismét felszabadul, amikor a jármű vezetője hazaindul a munkanap után.

Ezzel szemben egy iskola melletti parkolóban például reggelente nagyon sűrűk a változások, hiszen a szülők csak annyi időre parkolnak le, hogy a gyerekek kiszállhassanak, és elköszönjenek tőlük. Ezt a parkolási formát igen találóan Kiss & Ride-nak (K+R) nevezték el, és sok esetben az iskolák vagy más hasonlóan frekvenciált helyeken (például a repülőtereken) külön K+R parkolási zónákat alakítottak ki. Egy ilyen parkolóhely esetén tehát viszonylag sűrű adatküldésre kell számítani, a különböző LPWAN-technológiák tehát nem feltétlenül alkalmasak erre, és érdemes inkább egy LR-WPAN (Low Rate Wireless Personal Area Network) megoldásban gondolkodni, mint például az IEEE 802.15.4 szabványra épülő Zigbee. De az is elképzelhető, hogy a K+R rendszerben működő parkolóhelyekre nem is alkalmazunk parkolásfigyelést, hiszen ezeken a helyeken úgysem akar/tud majd senki hosszabb távon parkolni, hiszen ilyen célra szabályosan nem használhatóak. Ha tehát odaérünk a K+R zónához, és történetesen pont akkor nincs szabad hely, megvárjuk amíg 1-2 percen belül felszabadul egy.

Mindemellett érdemes azért azt is figyelembe venni, hogy egy szenzorokkal felszerelt parkolóhelynél, ha csak az állapotok változása esetén küldünk egyetlen üzenetet, az nem biztos, hogy kellően megbízható lesz. Egyfelől megtörténhet például, hogy a rádiós adatsomag egyszerűen elveszik, vagy azért, mert szándékos vagy véletlen interferencia áll elő a használt frekvenciatartományban, vagy azért, mert az adatkapcsolati rétegben nem volt megfelelően kezelve a közeghozzáférés, és csomagütközés történt. Ennek elkerülésére érdemes tehát az állapot változásáról szóló csomagot többször is elküldeni egymásután. Másfelől, ha egy adott szenzortól nem érkezik hosszú időn keresztül válasz egy adott parkolóhely foglaltságának a változását illetően, az lehet azért is, mert a szenzor egyszerűen lemerült vagy meghibásodott. Így ha biztosak akarunk lenni abban, hogy a szenzorok és az okos parkolórendszer megfelelően működik, érdemes arra kérni, azaz úgy programozni a szenzorokat, hogy időről időre mindenképp küldjék el az aktuális foglaltsági állapotukat akkor is, ha abban nem történt semmilyen változás az előző üzenetküldéshez képest.

Érdemes azt is megjegyezni, hogy nemcsak az adatküldés gyakorisága alacsony egy parkolószenzor esetén, hanem az elküldeni kívánt adatmennyiség is. Itt ugyanis általában nem kell semmilyen pontos mérési eredményt küldeni, mint mondjuk egy, a környezeti paramétereket monitorozó szenzor esetén, elegendő csak a szabad vagy foglalt állapotot közölni, amihez elméletileg elegendő egyetlen bit. Persze azért az adatsomagok a valóságban ennél nagyobbak, tartalmazzák az adott szenzor azonosítóját, általában egy időbélyeget is, és bizonyos esetekben akár plusz információkat is (a parkoló autó azonosítóját, vagy annak jogosultságait, ha erre elő van készítve az adott parkolószenzor és az adott gépjármű – de ezekre a speciális esetekre még külön visszatérünk). Ennek ellenére azonban összességében a parkolás olyan folyamat, amelynek monitorozása, illetve annak rádiós kommunikációs igényei megfelelnek az LPWAN energiahatékonyságából adódó szoros megkötéseknek.

### 3.2.2 Parkolás jogosultságának ellenőrzése kültéren – szenzorok segítségével

A parkolással kapcsolatosan nemcsak az a fontos kérdés persze, hogy hol vannak szabad parkolóhelyek, hanem az is, hogy a foglalt parkolóhelyeket jogosultan használják-e az ott tartózkodó járművek. Vajon tudnak-e ebben a kérdésben is segíteni nekünk a telepített szenzorok, szenzorhálózatok?

Itt is jelentős különbség van a beltéri és a kültéri parkolás között. Egy beltéri parkolóház vagy mélygarázs esetén sorompóval ellátott bejárat és kijárat van, minden egyes bejövő autó megkapja a bejáratnál a saját parkolójegyet, és kimenetkor csak akkor nyílik fel a sorompó, ha előzetesen befizették a megfelelő összeget a parkolóautomatánál. A járművezetőnek tehát muszáj fizetnie, különben nem tudja elhagyni a parkolót. Ennek az is a következménye, hogy nincs szükség parkolóőrre, aki folyamatosan cirkálna a mélygarázsban a parkoló autók között, és ellenőrizné a fizetés meglétét, hiszen biztosak vagyunk abban, hogy előbb-utóbb minden autó el fogja hagyni a parkolót, és előtte pedig kötelezően ki fogja fizetni a parkolási díjat.

Ezzel szemben a kültéri parkolás teljesen más. Ott nincsenek sorompók, mindenki szabadon leparkolhatja az autóját, ha talál üres parkolóhelyet, és bármikor tovább is állhat, ebben senki nem tudja megakadályozni. Ha viszont egy fizetős övezetben parkolta le az autóját, akkor valamilyen módon biztosítani kell azt, hogy kifizesse a parkolás díját, mielőtt továbbmenne. Ennek a biztosítására jelenleg parkolóőröket alkalmaznak, akik megbírságot adják azokat a járművezetőket, akik elmulasztották a fizetést.

A jogosulatlan parkolóhely-használatot tehát nem feltétlenül tudják megakadályozni a szenzorokkal felszerelt okos parkolórendszerek, a parkolóőrök munkáját viszont jelentősen meg tudják könnyíteni, és jóval hatékonyabb működtetést tudnak biztosítani. Jelenleg a parkolóőrök egy bizonyos ütemterv szerint járkálják körbe a területüket, és ellenőrzik a parkoló járműveket, megbizonyosodva arról, hogy egyfelől az adott jármű jó helyen parkol-e, jogosult-e az adott dedikált parkolóhely (például mozgássérült) használatára, illetve hogy kifizette-e a parkolási díjat. Ez a hagyományos rendszer viszont magában foglalja azt a lehetőséget, hogy egy autó pont akkor parkol le, amikor az ő már elhaladt az adott utcán, és egy rövid, 10-15 perces parkolás esetén már el is hagyhatja a helyet, fizetés nélkül, mielőtt az ő visszatérne ugyanabba az utcába. Ezt nyilvánvalóan kezelhetjük úgy, hogy több parkolóőrt alkalmazunk, akik így kisebb területekért lesznek felelősek, és sűrűbben érkeznek vissza ugyanarra a területre. Ez azonban nyilvánvalóan drága megoldás. A másik lehetőség az, hogy a kihelyezett parkolószenzorok mérései alapján folyamatosan, valós időben tájékoztatja a rendszer az őrt, hogy melyik utcában történt változás a parkolóhelyek státuszában, leparkolt-e esetleg valaki egy mozgássérült helyre, stb. A parkolóőr ezután személyesen kimehet, és ellenőrizheti az újonnan leparkolt autót, hogy kifizette-e a parkolási díjat, vagy jogosultan használja-e a mozgássérülteknek fenntartott parkolóhelyet.

Mindemellett sok városban, főleg a belvárosi területeken, korlátozott ideig, általában 3 vagy 4 óráig lehet csak parkolni egy adott helyen, utána kötelező módon el kell hagyni azt a parkolóhelyet. Ezzel nyilvánvalóan az a célja a városvezetésnek, hogy a lakosok ne parkolják le az autójukat a forgalmas belvárosi helyeken hosszabb időre, vagy akár egész napra, hiszen így ezek a belvárosi parkolóhelyek hamar elfognának, és utána hiába keringene a többi autós a belváros utcáin, senki nem tudna soha leparkolni. Ha viszont mondjuk csak 3 óráig lehet egy helyen parkolni, akkor folyamatosan felszabadulnak helyek, amelyeket új autók foglalhatnak el. A három óránál hosszabb parkolást viszont a parkolóőrnek viszonylag nehézkes felfedeznie, hiszen ebben az időszakban többször is vissza kell térnie ugyanarra az utcára, és mindig minden autót újból le kell ellenőriznie, nemcsak arra vonatkozólag, hogy elindult-e a fizetés az adott jármű esetén, hanem arra vonatkozólag is, hogy nem járt-e le a maximális parkolás idő.

Mindezt azonban jelentősen le tudja egyszerűsíteni egy szenzorokkal felszerelt okos parkolórendszer, hiszen a szenzor érzékeli, hogy mikor foglalták el az adott parkolóhelyet, és azt is, amikor az autó elhagyja később azt a helyet. Ha ez utóbbi nem következik be a maximális szabályos parkolás idő letelte előtt, akkor ismét csak riasztást küldhet a parkolóőrnek, megadva a kérdéses parkolóhely pozícióját, amit az őrnék le kellene ellenőriznie. Fontos, hogy az okos parkolórendszerek automatikusan nem szabnak ki bírságokat, de segítik a parkolóőrök munkáját, akik megtehetik ezt.

A parkolóőrök munkája is folyamatosan változik különben az utóbbi években. Míg korábban a szélvédőre kitett parkoló cédulát kellett leellenőrizniük, ma már a járművezetők jelentős része a mobilparkolást választja, tehát nem fizet közvetlenül a helyi parkolóóránál, hanem egy sms-t küldve jelzi a rendszernek, hogy leparkolt az adott forgalmi rendszámú autóval az adott körzetben. A parkolóőrnek tehát minden egyes autónál, ahol nem lát cédulát a szélvédőn, le kell ellenőriznie, hogy az adott rendszámra folyamatban van-e parkolási esemény.

A rendszámokat egyenként bepötyögni viszont elég hosszadalmas idő, ezért erre is bevezettek különböző technológiai megoldásokat. Egyfelől amikor a Google 2013 behozta a Google Glass nevű okos szemüvegét a piacra, az egyik lehetséges alkalmazási lehetőség, amiben komoly potenciált láttak a fejlesztők, az a parkolóőrök általi használat volt. Az okos szemüveg kamerájához készítették egy rendszámfelismerő modult, így a parkolóőrnek elég volt csak ránéznie a parkoló autóra, a szemüveg rögtön leolvasta a rendszámot, lekérdezte a központi nyilvántartásban, hogy fut-e fizetős parkolás az adott zónában arra a rendszámra, és ha nem, akkor ezt kivetítette a szemüvegre az őr számára. Bár aztán a Google Glass gyártása leállt, hasonló okos szemüvegek vannak ma is azért a piacon, tehát egy ilyen alkalmazási lehetőséget továbbra is el lehet képzelni. De még egy lépéssel tovább menve, sok helyen már teljesen kiváltják a gyalogos parkolóőr munkáját, és egy kamerával felszerelt járművel járók végig az utcákat. A jármű automatikusan felismeri a parkoló autók rendszámát, és leellenőrzi azok parkolási jogosultságát. A 3.4. ábrán egy ilyen járművet láthatunk.

A parkolási díj megfizetése mellett azonban még számos más kritérium befolyásolhatja a parkolás jogosságát. Bizonyos belvárosi kerületekben a kerületi önkormányzat lehetőséget adhat arra, hogy a kerületi lakosok ingyen parkolhassanak a saját utcájukban, ez a lehetőség viszont családonként csak korlátozott számú gépjárműre érvényes. Ha ennél több gépjárművel rendelkeznek, azokért általában kedvezményes éves díjat kell fizetni. Ezekben az esetekben tehát a parkolási jogosultság a gépjárművekre, és nem a tulajdonosokra vagy az autót használó személyekre vonatkozik. Ha tehát meg tudnánk oldani azt (és ezt a technológia ma már teljes mértékben lehetővé teszi), hogy egy adott jármű azonosítsa magát a parkolóhelybe beépített szenzornál, akkor teljes mértékben automatizálni tudnánk a parkolási folyamatot. A járművezetőnek már sms-t sem kell írnia, hogy elindítsa a parkolást, és nem kell megadnia az autó rendszámát se, hiszen az autó ezt közvetlenül elküldi a szenzornak, amely felett leparkolt. A parkolási esemény tehát automatikusan elindul, a jogosultság ellenőrzése is megtörténik, ha pedig az adott jármű nem jogosult ingyenes parkolásra az adott helyen, akkor automatikusan elindul a parkolási idő mérése a későbbi fizetéshez. Egy ilyen megoldás persze csak akkor működhet, ha a biztonsági kockázatait teljes mértékben ki tudjuk küszöbölni, hiszen megtörténhet az, hogy egy a tulajdonosa által „meghackelt” jármű szándékosan hamis azonosítót (rendszámot) küld a szenzor számára, mondjuk egy olyan kerületi jármű azonosítóját, amely ingyen parkolhat az adott utcában. Ha nincs parkolóőr, aki végigjárja az utcákat, akkor ezzel a megoldással bárki ingyen parkolhatna. A jogosult gépjármű azonosítására viszont vannak azért biztonsági megoldások, így az azonosítás meghackelése nem feltétlenül egyszerű.



**3.4. ábra. Kamerákkal felszerelt, parkolást ellenőrző jármű Hollandiában**

Forrás: [itt](#)

Másfelől azonban a mozgássérült parkolóhelyeket például csak olyan gépjárművek vehetik igénybe, amelyekben mozgássérült tartózkodik, itt tehát a jogosultság nem a gépjárműtől függ, hanem személyhez kötött. Jelenleg ezt úgy kezelik, hogy a mozgássérült személynek van egy mozgássérültek számára kiadott kártyája, és azt kiteszi a szélvédőre parkolás esetén, bármilyen gépjárművet is használna. Ahhoz, hogy az ilyen parkolási eseményeknek az ellenőrzését automatizálhassuk, az kell csak, hogy ez a kártya képes legyen kommunikálni a parkolóhelyre beágyazott szenzorral, valamilyen rádiós technológia segítségével. Persze azt is mondhatnánk, hogy akár a kártyára sincs feltétlenül szükség, hiszen a mozgássérült személy azonosíthatná magát akár a mobiltelefonjával is, amelybe amúgy is be vannak építve olyan rádiós technológiák, amelyek lehetővé tehetik a parkolószenzorral történő kommunikációt. Mindez igaz, bár ha a mozgássérülteknek szóló kártyák használatáról lemondunk, akkor itt is el kell komolyan gondolkodni a mobiltelefonos közvetlen azonosítás lehetséges biztonsági kihívásairól.

### 3.3 KIÉPÍTETT PARKOLÓ RENDSZEREK – ESETTANULMÁNYOK

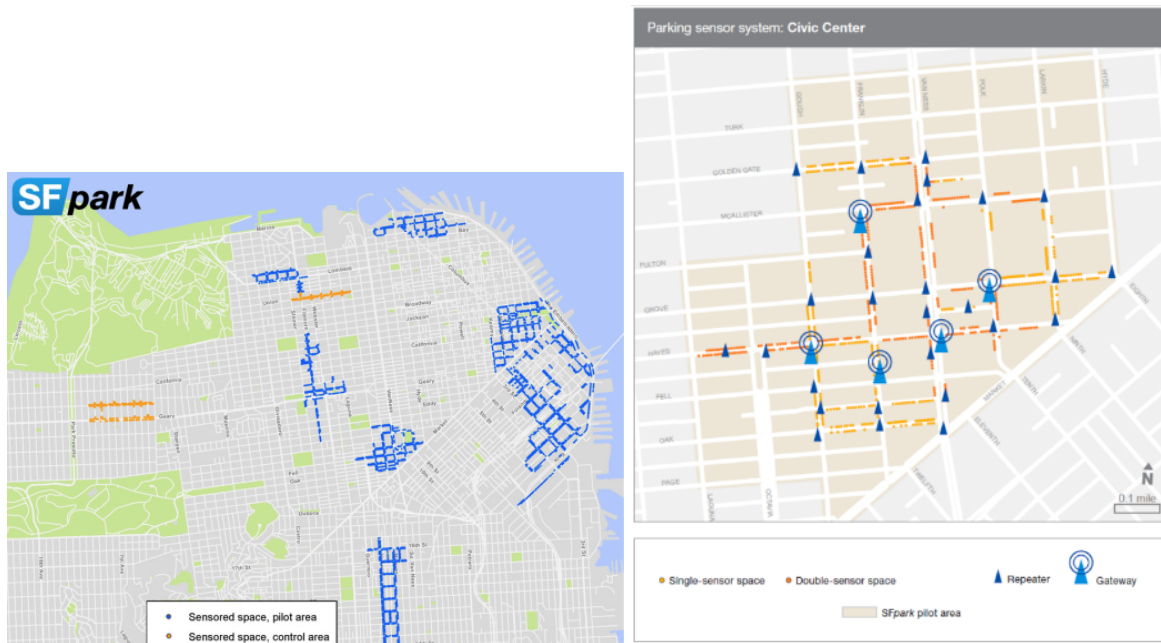
#### 3.3.1 SFpark, San Francisco, USA

Az egyik első nagy méretű okos parkolórendszert San Franciscoban telepítették, SFpark néven [RICHTEL 2011]. A rendszert a helyi közlekedési társaság (SFMTA, San Francisco Municipal Transportation Agency) működtette, a telepítés viszont kormányzati segítséggel, a Közlekedési Minisztérium (Department of Transportation) által finanszírozott Urban Partnership Program keretében valósították meg. A projektbe több, a témával foglalkozó egyes egyetemi embert is bevontak szakértőként (Donald Shoup – University of California at Los Angeles, Robert Hampshire – Carnegie Mellon University, Adam Millard-Ball – Stanford University, Rachel Weinberger – University of Pennsylvania).

A pilot projekt keretében 7 zónát jelöltek ki a belvárosban, ahová a parkolószenzorokat telepítették (3.4. ábra bal oldala) – 6 000 kültéri szenzort az utcákban (ez a városi fizetős parkolóhelyek negyedét jelentette), és 12 250 beltéri szenzort az SFMTA által üzemeltetett mélygarázsokban és parkolóházakban (ez az SFMTA beltéri parkolóhelyeinek a 75%-a). Összehasonlítás céljából emellett két olyan belvárosi területet is megfigyeltek, ahol nem voltak telepített szenzorok, hanem hagyományos módon működött a parkolás.

A rendszer tervezését 2009-ben kezdték el, a parkolá szenzorok kihelyezése 2010 elején kezdődött és körülbelül egy évig tartott, több fázisban. A parkolási adatok gyűjtése és a hatékonyság megfigyelése, a később részletezett adaptív árazással együtt 2011 augusztusa és 2013 júliusa között történt. A rendszert azután, a tapasztalatokat figyelembe véve, bővíteni tervezték.

A StreetSmart Technology LLC nevű cég által gyártott parkolá szenzorok csak magnetométeres érzékelést végeztek, a 3.3. ábrán látható, hogyan telepítették ezeket. A szenzorok csak a közelükben levő parkolóórákhoz küldték az adataikat, amelyek ismétlőként működtek, továbbították az adataikat néhány kihelyezett átjátszó (gateway) csomóponthoz, amelyek egy mobilhálózati interfészen keresztül küldték azokat tovább a központhoz. A felokosított parkolóórákat az IPS Group és a Duncan Solutions nevű cégek gyártották. A 3.5. ábrán látható a többugrásos kommunikációs hálózat, amit ily módon alakítottak ki:



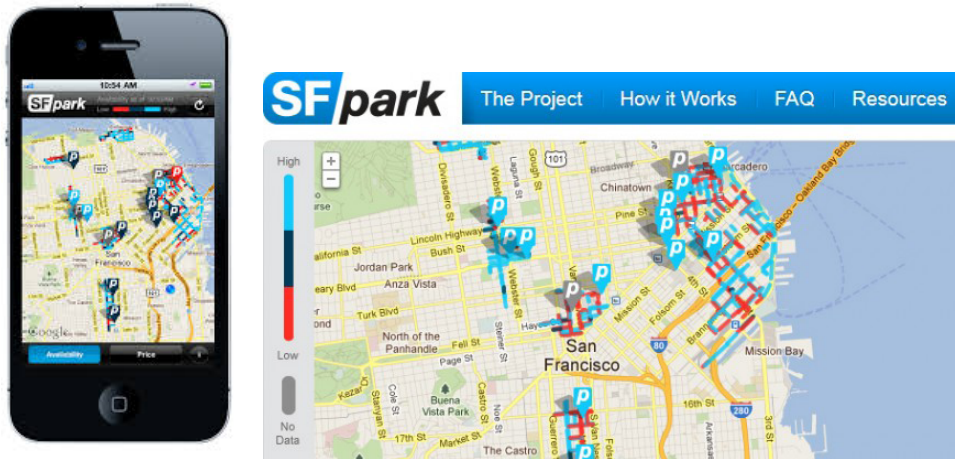
**3.5. ábra. A városrészek, ahova az SFpark rendszert telepítették és a többugrásos hálózat, amit kialakítottak a szenzorok, az erősítők, és az átjátszó állomások közreműködésével**

Forrás: [itt](#) és [itt](#)

A szenzorok adatait ezután összegezték, és webes felületen, illetve egy mobiltelefonos alkalmazás segítségével is elérhetővé tették. A 3.6. ábrán látható, hogy a különböző utcaszakaszok parkolóhelyeinek foglaltsága három különböző színnel van jelölve. A piros útszakaszokon nagyon kevés szabad parkolóhely van, a világoskék szakaszokon valamivel több, a sötétkék színnel jelölt szakaszokon pedig jóval több. Látható az, hogy a Smart Santander projekttel ellentétben, amelyet majd a monográfia utolsó fejezetében mutatunk be részletesen, itt nem az egyéni szabad parkolóhelyeket jelenítették meg, hanem átlagos foglaltsági adatokat mutattak. Ezzel el szeretnék volna kerülni az egyes egyéni helyekért való „küzdelmet” az autósok között, hiszen ha valaki a térképen szabadnak lát egy parkolóhelyet, akkor valamilyen szinten magáénak érzi, minél hamarabb oda szeretne érni, de ha a helyet időközben valaki más elfoglalja, annak csalódottság lesz az eredménye. Az SFpark rendszerben tehát nem jeleníthetők



meg az egyéni parkolóhelyek, noha azok aktuális foglaltságával nyilvánvalóan tisztában van a rendszer, hiszen ezekből a foglaltsági adatokból számolják ki az átlagos adatot, és színezik be az utcákat különböző színekkel.



3.6. ábra. Mobiltelefonos és webes felület az aktuális parkolási helyzet megjelenítésére az SFpark rendszerben

Forrás: [itt](#) (3. oldal) és [itt](#)

A pilot projekt 2011 augusztusától 2013 júniusáig tartott, de az okos parkolórendszer azóta is használatban van.

### Adaptív árazás

Az SFpark projekt egyik kiemelt célja az volt, hogy egy kereslet-kínálat alapú adaptív árazási algoritmus [SHRIVER 2016] segítségével kiegyensúlyozza a parkolóhelyek foglaltságát időben és térben, azaz egyfelől lehetőleg mindig legyenek szabad parkolóhelyek a legforgalmasabb utcákon is, másfelől a kevésbé frekvenciált helyeken is magasabb legyen a parkolóhelyek kihasználtsága. Ez különben maga a fizetős parkolás lényege, amire mint egyfajta forgalomszabályozó mechanizmusra kellene tekinteni, nem pedig mint egy büntetésre vagy adóztatásra. A hagyományos parkolási rendszerek, amelyekben a városok zónákra vannak osztva, és a belvárosi zónákban magasabb a parkolás díja, csak feltételezi azt, hogy a belvárosban több autós akar majd parkolni, ezért ösztönözni kellene őket magasabb parkolási díj megállapításával arra, hogy inkább távolabb, egy külsőbb kerületen parkoljanak. Ez azonban statikus feltételezés, ami nem feltétlenül igazodik az aktuális parkolási viszonyokhoz. Az SFpark rendszer ezt próbálta kicsit dinamikusabbá, adaptívabbá tenni.

Ami az utcai parkolóhelyeket illeti, a parkolószenzorok által mért foglaltsági adatokat órákra és utcákra bontva összegezték, és amennyiben egy adott utcában egy adott órában a foglaltság eltért a megcélzott 60-80%-tól, az árakat változtatták:

- ha a foglaltság 80–100% között volt az adott órában az adott utcában, akkor emelték az árat 25 centtel, arra ösztönözve az autósokat, hogy máshol parkoljanak;
- ha a foglaltság 60–80% között volt, az árakon nem változtattak;
- ha a foglaltság 30–60% között volt az adott órában az adott utcában, akkor csökkentették az árat 25 centtel, arra ösztönözve az autósokat, hogy ide jöjjenek parkolni;
- ha a foglaltság 30% alatt volt, akkor 50 centtel csökkentették az árakat.

Az egy órai parkolás árát nem engedték 6 dollár fölé egyik utcában sem, és ugyanígy nem engedték az árakat 25 cent alá se esni sehoh. A program idején, a begyűjtött adatok alapján átlagosan 8 hetente változtatták meg az árakat, 2011 augusztusával kezdődően, és két év alatt tíz alkalommal történt átárzás.

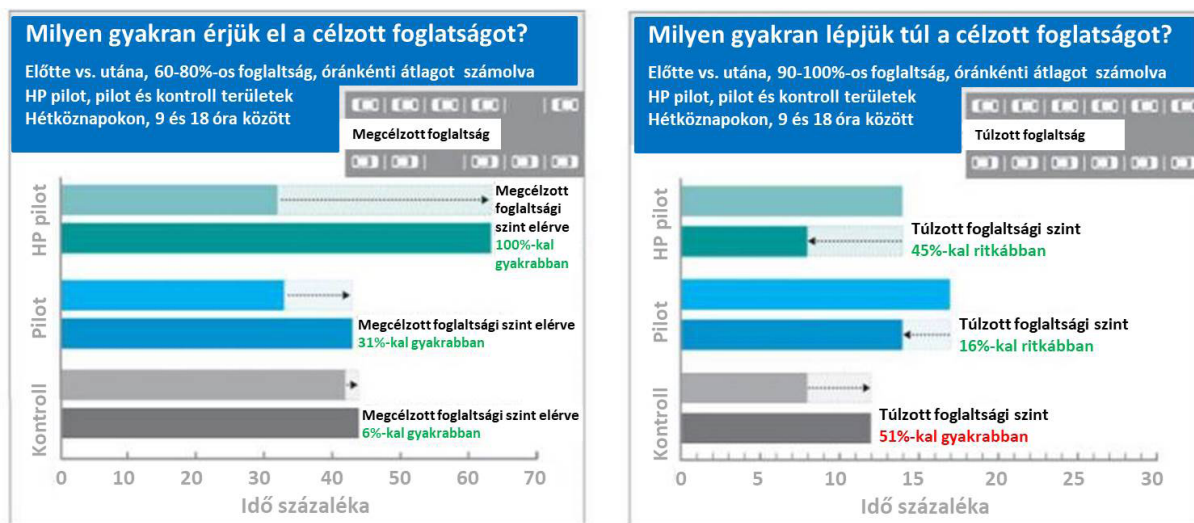
A program egyik célja az is volt, hogy a parkolóházak kihasználtságát is növeljék, hiszen azok előtte nem voltak annyira népszerűek, mint az utcán történő parkolás. Az SFMTA tehát a saját maga által üzemeltetett parkolóházakban megszüntette a különböző bérleteket és kedvezményeket, és az utcai parkoláshoz hasonló árazási megoldást alakított ki. Ennek megfelelően a parkolóházban az árak a következőképpen fluktuáltak:

- ha a foglaltság 80 és 100% között volt, akkor az árakat 50 centtel növelték;
- ha a foglaltság 40 és 80% között volt, az árakat nem változtatták;
- ha a foglaltság 40% alá esett, az árakat az adott parkolóházra 50 centtel csökkentették.

Összességében az adaptív árazásra épülő megoldásnak számos pozitív hatását állapították meg. Egyfelől az utcai parkolás óránként ára átlagosan 11 centtel csökkent, 2,69 dollárról 2,58 dollárra. Ezzel párhuzamosan a parkolóházak óránkénti díja 40 centtel csökkent, 3,45 dollárról 3,05 dollárra átlagban. Ez tehát azt jelenti, hogy az alacsonyabb árral való ösztönzés hatékony volt, és az emberek elkezdtek minél inkább használni az olcsóbb parkolóhelyeket.

Másfelől bár a pilot két éve alatt a gazdaság, a lakosság száma, és általában a parkolási igény egyaránt növekedett, az eredmények azt mutatták, hogy a parkolóhelyek kihasználtsága sokkal jobban közelített a kívánt 60-80%-hoz. A 3.7. ábrán jól látható ez a hatás. Az ábrán a bal oldali grafikon azt mutatja, hogy milyen sűrűn érték el a különböző útszakaszok az ideális 60-80%-os foglaltságot hétköznapiokon, reggel 9 és délután 6 között. Azt láthatjuk, hogy a pilotban részt vevő utcáknál (kék oszlopok) 31%-kal nőtt azoknak a periódusoknak a száma, amikor a foglaltság mértéke ideális volt. Ezzel szemben az összehasonlítás kedvéért kijelölt kontrollzónák esetében (szürke oszlop) ugyanez az ideális foglaltság eloszlás csak 6%-kal növekedett. Az ábrán külön ki vannak még emelve zöld színnel azok a pilot projektben részt vevő utcaszakaszok, amelyek kifejezetten népszerűek (HP Pilot – High Parking). Azt láthatjuk, hogy ezeknél az utcáknál az ideális foglaltságot felmutató időintervallumok száma gyakorlatilag megduplázódott.

A 3.7. ábra jobb oldali részén ugyanakkor azt látjuk, hogy milyen sűrűn fordult elő az, hogy egy adott utca teljesen beteljen, azaz azon az utcaszakaszon egyetlen szabad parkolóhely se legyen. Látható, hogy a pilot projektben részt vevő utcákon összességében 16%-kal csökkent a teljes foglaltságnak az előfordulási aránya, a kiemelten népszerű szakaszokon (HP Pilot) pedig ez a csökkenés elérte a 45%-ot. Ehhez képest a kontrollterületen a teljes foglaltság előfordulásának aránya 51%-kal nőtt.



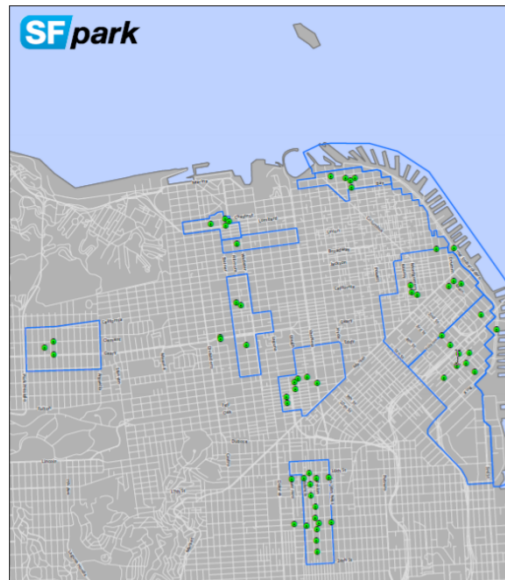
3.7. ábra. Az adaptív árazás hatása a szabad parkolóhelyek kiegyensúlyozottabb eloszlására

Forrás: Az SFpark projekt tanulmányából publikusan elérhető adatok alapján a szerző által készített ábra

Mindemellett az, hogy a járművezetők hamarabb találtak szabad parkolóhelyet a város okos parkolókkal ellátott részén, több másodlagos, közvetett előnnyel is járt. Egyfelől az üvegházhatást kiváltó gázok kibocsájtása a pilot területen 30%-kal csökkent 2013-ra, míg a kontrollterületen csak 6%-os csökkenés volt tapasztalható. Másfelől azt is megfigyelték, hogy az utcai parkolás rendelkezésre állása 22%-kal nőtt a csúcsforgalmi időszakokban, míg azokon kívül csak 12%-kal, a megoldás tehát akkor volt kiemelten hasznos, amikor leginkább szükség volt rá.

A pilot projekt keretében azt is vizsgálták, hogy az okos parkolórendszer és a parkolóhelyek kiegyensúlyozottabb kihasználtságát biztosító adaptív árazás mennyire csökkentette a forgalmat a város utcáin. Ehhez ugyanolyan magnetométerekkel felszerelt szenzoregységeket telepítettek az úttestekbe is (3.8. ábra), mint amilyenekkel a parkolást mérték. Sávonként két szenzor elhelyezésével így tudták mérni a felettük elhaladó járművek sebességét, illetve a forgalom sűrűségét. Az eredmények azt mutatták, hogy azokon a területeken, ahol a parkolóhelyek elérhetősége nőtt, ott a forgalom mértéke 8%-kal csökkent, míg azokon a helyeken, ahol nehezebb volt parkolóhelyet találni, ott a forgalom mértéke 4,5%-kal nőtt a vizsgált kétéves időszak során.

A járművek átlagos sebessége mindenhol csökkent a két év alatt, hiszen egyre több autó járt az utakon, és egyre nagyobb forgalmat kellett elvezetni, de amíg a kontrollzónákban ez a sebességcsökkenés 6%-os volt, addig az SFpark-szenzorokkal felszerelt részeken csak 3%-os sebességcsökkenés volt tapasztalható. Ezzel párhuzamosan, mivel kevesebb időt kellett eltölteni egy szabad parkolóhely keresésével, a teljes megtett távolság 30%-kal csökkent a két év alatt, a napi 8134 mérföldről 2011-ben a napi 5721 mérföldre 2013-ban.



**3.8. ábra. A forgalom sűrűségét mérő szenzorok a kék vonallal jelölt pilot területeken belül, illetve azokon kívül is**

Forrás: [itt](#), 3. oldal

Az okos parkolórendszer pozitív hatását az is jól szemlélteti, hogy az esti időszakban, amikor 18 óra után ingyenessé válik a parkolás, a parkolóhelyek foglaltsága hirtelen megnő, és gyakorlatilag sok esetben lehetetlenné válik szabad parkolóhelyet találni, főleg a frekvenciált területeken, például a kikötő környékén. Mindemellett azt is megállapították, hogy bár az adaptív árazás miatt a parkolási árak valamelyest csökkentek a területen, a parkoló-társaság bevétele éves szinten 1,9 millió dollárral nőtt, köszönhetően a parkolóhelyek nagyobb kihasználtságának.

Mindemellett azonban az SFpark rendszer kereslet-kínálat alapú adaptív árazási megoldását többen kritizálták is, jelezve egy olyan anomáliát, ami elméletben a megoldás hatásait teljesen a visszájára fordíthatja. Ennek megértéséhez tudni kell azt, hogy San Franciscóban számos különleges kártyával ellátott jármű (például mozgássérültek, rendőrök, orvosok stb.) ingyen parkolhat, és ezzel nagyon sokan vissza is élnek úgy, hogy akkor is kiteszik a táblát a szélvédőre, amikor a mozgássérült idős rokon otthon van például, de a gyereke vagy az unokája saját maga intézi a dolgait a városban, és ugyanígy a házi orvosok is kiteszik a táblájukat akkor is, ha nem beteglátogatás miatt álltak meg egy parkolóhelyen. Ezt persze nehéz orvosolni, bár személyes ellenőrzésekkel és büntetésekkel azért lehetne enyhíteni a problémát. Az adaptív árazás esetén viszont megtörténhet az, hogy a sok jogosulatlan parkoló miatt egy adott utca parkolóhelyei elfogynak, emiatt megemelik az árakat, ezzel arra ösztönözve a járművezetőket, hogy máshol keressenek olcsóbb, szabad parkolóhelyet. A felszabaduló üres helyeket viszont még több jogosulatlan parkoló foglalja el, akik, mivel ingyen parkolnak, nem érzékenyek az áremelkedésre. Ennek eredményeképpen az adaptív rendszer ismét árat emel, mindez pedig a végtelenségig, vagyis jobban mondva a 6 dolláros maximális árszintig folytatódhat. Mindennek eredményeképpen a parkolás vállalatlanul drága lesz, és szinte az összes parkolóhelyet jogosulatlanul ingyen parkoló járművek foglalják majd el. Ez a feltételezett anomália persze egy elméleti lehetőséget mutat be, de mivel a jogosulatlan kártyahasználat a lakossági vélemények alapján nagyon elterjedt, a félelem nem alaptalan.

Az adaptív árazás azonban összességében jó megoldás, számos pozitív hatással. Általánosítva elmondhatjuk azt, hogy minél inkább képesek vagyunk reagálni valós időben az aktuális viszonyokra, annál okosabb a városunk. Az SFpark rendszer azonban csak egy kis lépést tesz a jó irányba, az adaptivitás ugyanis nem valós idejű, hiszen az árakat csak átlagosan 8 hét után változtatták, igaz, többször is a két év alatt.

Az igazán adaptív árképzés az lenne, ha a parkolási árakat valós időben is képesek lennénk változtatni. Amint egy adott utcácsén elkezdene elfogni a parkolóhelyek, elkezdhetjük emelni az árat, és amint csökken a foglaltság, elkezdhetjük csökkenteni azt. Ez így egy olyan árazási rendszer lenne, mint az Uber által is használt *surge pricing* modell [MÖHLMANN 2017], amelyben az aktuális kereslet és az aktuális kínálat alapján alakul ki az ár. Ez pénzügyileg nagyon okos megoldás, hiszen a célfüggvény a rendszerben az, hogy a profitot maximalizálják. Ha kevés a parkolóhely, vagy az Uber esetén a szabad autó, és nagy a kereslet, akkor lehet emelni az árat, valaki úgyis meg fogja fizetni. Ha viszont sok a szabad parkolóhely, vagy az Uber esetén sok a szabad autó, akkor célszerű alacsonyan tartani az árat, hogy minél több lakos számára legyen vonzó és megfizethető a szolgáltatás, legalábbis bizonyos időszakokban. Ha ugyanis a csúcsidőknél vagy a frekvenciált belvárosi zónákon kívül is drága lenne a parkolás vagy egy Uber autó hívása, akkor az emberek más közlekedési megoldások után néznének, például rászoknának a tömegközlekedésre. És bár amúgy ez a városoknak nyilvánvalóan sok szempontból pozitív döntés lenne, az Ubernek csak korlátozott mértékben érdeke. A parkolótársaságoknál ennél picit árnyaltabb a kép, hiszen az üzleti modelljüknek itt el kellene válnia az Ubertől. Náluk nem a nyereség maximalizása kell hogy legyen a cél, hanem sokkal inkább a forgalomszabályozás, ahogy azt már említettük. Ennek ellenére sajnos bizonyos esetekben ez nincs feltétlenül így.

Az adaptív *surge pricing* megoldásnak meglenne különben egyfelől az a hátránya, hogy viszonylag kiszámíthatatlanná válna a parkolás ára. Másfelől sok szempontból lehetne kritizálni a jogosságát, hiszen két egymás mellett parkoló autó más-más díjat fizetne, de azért ez sem ördögtől való ötlet, hiszen a repülőről is két egymás mellett ülő ember más-más díjat fizetett a jegyért, és ezt a rendszert is elfogadjuk. Mindemellett az Uber *surge pricing* modelljének megvan az a tulajdonsága is, hogy nincs felső korlát az áron. Ha tehát nagyon megnő a kereslet egy „taxi” iránt, mondjuk egy szombat esti időszakban, a belvárosban, akkor az árak akár a tízszeresükre is nőhetnek, vagy akár annál nagyobb mértékben is. Emiatt az Ubert sokszor kritizálták, hiszen például a 2017-es londoni terrortámadás idején, amikor egy terrorista a tömegbe hajtott egy kisbusszal a Westminster hídon, a hirtelen kialakult pánikban mindenki menekülni próbált a helyszínről, többek között egy Uber-autóba is beülve, a hirtelen megnövekedett kereslet miatt viszont az árak vállalatlanul megnöttek. Ezt pedig úgy is lehetett értelmezni, hogy az Uber nyereszkesedik az emberek pánikhangulatán, ami rendkívül negatív képet festett a cégről. Emiatt aztán az Uber elnézést is kért, és visszafizette a felhasználóktól kért irreálisan magas összegeket. Az SFpark árazási modelljében ugyanakkor beállítottak egy felső korlátot, így az árak nem növekedhetnek a végtelenségig, bármekkora is lenne a kereslet parkolóhelyek iránt egy adott útszakaszon.

Persze kérdés az is, hogy a parkolás díja változhatna-e akár menet közben is. Ha több óráig parkolok, az első óra díját az aktuális foglaltsági állapotok alapján számolná ki a rendszer, de a második órára akár meg is változhatna az ár, hiszen akkor már lehet, hogy teljesen más lenne a parkolóhelyek foglaltsága. A rendszer tehát elméletben felajánlhatná azt, mondjuk egy sms-üzenetben, hogy bár az első órában viszonylag olcsóbban parkoltam, de a második órára emelkedik az ár – vagy itt maradok a drágább árért, vagy átparkolok pár utcával odébb, ahol aktuálisan olcsóbb a parkolás.

Ennek az extrém módon adaptív árazási rendszernek viszont teljesen egyértelműen számos negatív hatása is lenne, ami értelmetlenné tenné a bevezetését. Egyfelől a járművek vezetői nagy valószínűséggel az esetek többségében nem tudnak és nem is akarnak visszamenni az autójukhoz, és átparkolni egy másik utcába. Másfelől a parkolás közben változó ár nagy valószínűséggel sokak szemében negatív hatást váltana ki, még akkor is, ha bizonyos esetekben értelemszerűen a második órára csökkenhetne is a parkolás díja. Harmadrészt, ha az autósok az olcsóbb ár miatt mégis átparkolnak egy másik utcába, az ismét felesleges forgalmat generálna az utakon. Ráadásul az árkülönbségnek a két utca között nagyon nagyra kell lennie ahhoz, hogy egyáltalán megérje elgondolkodni azon, hogy átálljon valaki pár utcába odébb.

Általánosságban tehát elmondható, hogy az adaptív árazásnak, okosan alkalmazva, számos pozitív hatása lenne, az *SFpark* pilot rendszer tapasztalatai egyértelműen ezt mutatják. Ennek ellenére nem igazán találhatunk hasonló megoldásokat ma még a világ nagyvárosaiban, bár a parkolószenzorok egyre nagyobb számú telepítése megnyithatja a kapukat.

### 3.3.2 Spaceek

A Spaceek<sup>2</sup> egy Izraelben, 2014-ben alapított nemzetközi cég, amely ma már a világ számos országában kínál okosparkolórendszer-megoldásokat. A Spaceek által használt, aszfaltba ágyazott vagy annak felületére rögzített szenzorok mágneses és optikai érzékelés mellett hőérzékelést is végeznek, a nagyobb megbízhatóság érdekében. A szenzorok a begyűjtött adatokat a Bluetooth Low Energy (BLE) kommunikációs technológia segítségével küldik tovább a közelükben található gyűjtőállomások felé. A gyűjtőállomások tápellátását napelemekkel is lehet biztosítani, a szenzoroktól begyűjtött adatokat pedig vagy vezetékes, vagy vezeték nélküli (3G vagy WiFi) kommunikációs technológia segítségével küldik tovább a központi feldolgozóegységhez, ahol komplex feldolgozó algoritmusokat futtatnak a parkolási adatokra, különböző historikus statisztikákat állíthatnak össze, de előrejelzésekre is képesek lehetnek a várható parkolási adatokat illetően.

Amellett, hogy a Spaceek parkolószenzorjait és rendszerét a világ számos városában telepítették, érdemes említést tenni a cég egy magyarországi projektjéről is, amelyben közreműködött a Magyar Villamos Művek (MVM). A projekt bemutatását érdemes azzal a megállapítással indítani, hogy „a városi parkolóhelyek a jövő töltőállomásai”, hiszen az elektromos járművek töltése a jövőben nagyrészt utcai parkolóhelyeken történik majd. A járművek károsanyag-kibocsájtására vonatkozó korlátozó intézkedések és a növekvő üzemanyagárak egyre inkább hozzájárulnak az elektromos járművek számának növekedéséhez a városainkban. Ezeknek az autóknak biztosítani kell majd a megfelelő töltőállomásokat. Érdemes viszont figyelembe venni, hogy ezek a töltőállomások rendkívüli módon eltérnek a hagyományos üzemanyag-töltő-állomásoktól, benzinkutaktól, hiszen nincs szükség hatalmas, földbe ágyazott üzemanyag-tartályokra, nem kell kiépíteni dedikált bevezető és kivezető sávokat, és nem kell külön épület és alkalmazott a fizetéshez (bár ma már több városban is vannak olyan benzinkutak, ahol nincs személyzet,

<sup>2</sup> <http://www.spaceek.com/casestudies/>

hanem bankkártyás fizetéssel lehet a kútnál rendezni a tankolást). Az elektromos autók töltőállomásaihoz gyakorlatilag elegendő egy utcai parkolóhely, ahol van áramellátás.

A világon mindenhol egyre több ösztönző mechanizmust vezetnek be azért, hogy az embereket rávegyék az elektromos autók használatára. Ebbe beletartozik az anyagi támogatás az autók megvásárlásához (Magyarországon akár 1,5 millió forint állami támogatást is lehet igényelni), különböző adókedvezmények, dedikált buszsávok használata, dugódíjmentesség London belvárosában, de kiemelt fontosságú lehet az ingyenes parkolás. Persze ez csak ösztönző mechanizmusként képzelhető el, hosszú távon, ha nagyon elterjednek az elektromos autók, az ingyenes parkolás nyilvánvalóan nem lesz biztosítható. Egyelőre azonban sok városban biztosított ez a lehetőség, Budapesten a fővárosi közgyűlés ismét megszavazta a zöld rendszámmal rendelkező elektromos járművek ingyenes parkolását 2019 végéig.

Az egyik legkomolyabb probléma azonban, amivel az elektromos autók tulajdonosainak meg kell küzdeniük, az az úgynevezett „range anxiety”, azaz a félelem, hogy a jármű akkumulátora lemerül majd, mielőtt még elérnénk a célállomásunkat. Korábban, néhány évvel ezelőtt ez a félelem még igencsak megalapozott volt, hiszen az elektromos járművek hatótávolsága, azaz az egy töltéssel megtehető maximális távolság 25-30 kilométer volt, ami viszonylag kevés. Ma már ennek a távolságnak akár a tízszerese is megtehető egy töltéssel, a range anxiety tehát értelemszerűen enyhült, de ha a sofőr nem kellően figyelmes, most is bajba kerülhet. Egyfelől azért, mert elektromos töltőállomásból egyelőre jóval kevesebb van, mint benzinkútból, másfelől azért, mert ha sikerül is találni a közelben egy szabad töltőt, a töltési idő általában 25-30 perc, vagy annál is több, ami jóval hosszabb, mint egy hagyományos tankolás, amit 2-3 perc alatt meg lehet oldani.

Az elektromos járművek számának növekedése és a hosszú töltési idő miatt is célszerű tehát egyre több elektromos töltőoszlopot felszerelni az utcai parkolóba. Az Európai Unióban jelenleg is folyik a vita arról, hogyan kellene szabályozni az elektromos autóknak dedikált parkolóhelyek számát a hagyományos parkolóhelyek számához képest. Magyarországon a már kialakított „régii” parkolóhelyek tulajdonosainak (önkormányzatok, cégek, bevásárlóközpontok) kötelező minden 100 hagyományos parkolóhelyhez legalább 1 elektromos töltőoszloppal ellátott parkolóhelyet kialakítani, új parkolóhelyek esetén pedig minden 10 hagyományos parkolóhely után kell egy elektromos parkolóhelyet telepíteni.

A fennmaradó kérdés viszont az, hogy ha az elektromos töltőoszloppal ellátott parkolóhelyek a hagyományos parkolóhelyek között vannak „szétszórva” a városban, akkor honnan fogják majd tudni az érdekelt járműtulajdonosok, hogy hol találnak a közelükben egy szabad töltőt, és hogyan biztosítható az, hogy ezeket a parkolóhelyeket ne foglalják el hagyományos járművek? Itt jönnek a képbe a SpaceX parkolószenzorjai, illetve az MVM dedikált mobilalkalmazása, mely a szenzorok jelzései alapján a legközelebbi üres töltőállomáshoz tudja navigálni az autónkat.

Az elektromos töltőoszlopokkal felszerelt parkolóhelyeket alapvetően nem használhatnák parkolásra a hagyományos járművek, hiszen ezzel megakadályozzák a töltőoszlop használatát. De hogyan tudjuk ezt megakadályozni? A parkolóhelyre szerelt szenzor érzékeli majd, hogy parkol egy autó az adott helyen. Ha ezzel párhuzamosan a töltőoszlop használatban van, akkor valószínűleg egy jogosult, rendeltetésszerű használatról van szó. Ha viszont a töltőoszlop nincs használatban, akkor vagy már befejeződött egy elektromos autó töltése (ami után az adott jármű át kellene hogy adja a helyet egy másik, töltésre váró járműnek), vagy egy hagyományos jármű parkol az adott helyen, jogosulatlanul. Mindkét esetben a rendszer üzenetet tud küldeni a parkolóőrnek, hogy nem rendeltetésszerű használatot érzékelt az adott helyen. Az őr pedig oda tud menni, és gyorsan le tudja ellenőrizni, mi is történt valójában, szükség esetén pedig akár bírságot is ki tud osztani.

### 3.4 PARKOLÁS KÖZÖSSÉGI ÉRZÉKELÉSSEL

Amint azt a fentiekben láthattuk, ma már egyre több okos parkolórendszer épül ki világszerte a városokban, belvárosokba és külterületi parkolásra egyaránt. Ezeknek a megoldásoknak viszont továbbra is nagy hátránya az, hogy jelentős infrastrukturális beruházás szükséges ahhoz, hogy az egész város összes lehetséges parkolóhelyét lefedjük. Nagyvárosokban, akár Budapesten is, több százezer parkolóhelyről beszélünk, ezeket mind felszerelni szenzorokkal nagyon költséges lenne. Nem véletlen, hogy az SFpark rendszer keretében is „csak” néhány ezer szenzort helyeztek ki San Francisco legfrekvenciáltabb belvárosi részein, de a teljes város lefedését nem célozták meg, mert az nagyon drága lett volna.

A kiépített érzékelési infrastruktúra rendkívül magas beruházási költségeire viszont van megoldás, mégpedig a közösségi érzékelés. A cél az, hogy a város lakói valamilyen módon közösen térképezzék fel a lehetséges parkolóhelyeket, dedikált telepített parkolószenzorok nélkül, megspórolva ezzel a CapEx és OpEx költségeket egyaránt. A továbbiakban két egymástól teljesen különböző parkolórendszert mutatunk be, közös azonban bennük, hogy közösségi érzékelésre épülnek.

#### 3.4.1 ParkNet

A ParkNet projekt [MATHUR 2009] [MATHUR 2010] az amerikai Rutgers egyetem WINLAB kutatócsoportjához fűződött. Az alapötlet az volt, hogy az aszfaltba vagy aszfalt felületére telepített statikus parkolószenzorok helyett néhány jármű jobb oldali ajtajába építsenek ultrahangos távolságmérő szenzorokat, amelyek a jármű mozgásából adódóan így mobil szenzorként fognak viselkedni. Az ilyen szenzorokkal felszerelt autók pedig a város utcáin haladva folyamatosan mérik, hogy milyen távol vannak tőlük az útszélén levő tereptárgyak, az így begyűjtött adatok alapján pedig meg tudják majd állapítani azt, hogy hol parkolnak az út szélén autók, és hol vannak szabad parkolóhelyek.

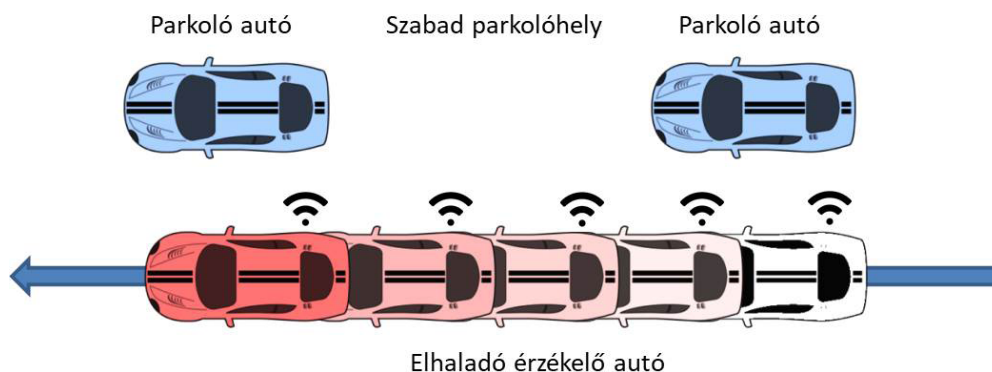
De lássuk kicsit részletesebben a javasolt megoldást. A jobboldali ajtóba épített szenzor egy egyszerű, olcsó ultrahangos távolságmérő, amelyből amúgy is sokat építenek már be a mai autókba, segítve az autók automatikus parkolását. Nem kell tehát dedikált hardverre költeni, sem azok beépítésére, csak a szoftvercsomagot kell frissíteni úgy, hogy a hagyományos parkolást segítő feladaton túl a szabad parkolóhelyek keresésében is segítséget nyújtsanak ezek az ultrahangos szenzorok.

A szenzorok hanghullámokat bocsájtanak ki 42 KHz-es frekvencián, 50 milliszekundumonként. Minden ciklusban egyetlen mérést végez, azaz megvárja a visszaverődő hanghullám megérkezését, és kiszámolja, milyen távol található az a tereptárgy, amelyről visszaverődött a hanghullám. Ezzel a megoldással a szenzor nagyjából 15 cm és 6,5 méter közötti távolságok mérésére képes. Ha tehát az út szélén vannak parkoló autók és szabad helyek is, akkor az utcán elhaladó autó be tudja majd mérni, hogy hol találhatóak ezek a szabad helyek, és azok milyen hosszúak.

A mérésnek azonban több nehézsége is akad. Egyfelől a hangsebesség korlátozza azt, hogy milyen sűrűn lehet mérni, feltéve, ha van egy maximális korlát a mérhető távolságot illetően. Mindez azért van így, mert a szenzor nem tud különbséget tenni a különböző visszaverődő hanghullámok között, azoknak nincs egyedi azonosítója vagy beépített sorozatszám. A következő hanghullám küldése előtt tehát meg kell várnia az előző visszaérkezését. Ha tehát a maximális távolságot 6,5 méterben határozzuk meg, és 50 milliszekundumonként küldünk egy újabb jelet,



akkor ez 50 km/h-ás sebesség mellett (ami általában a megengedett maximális sebesség városon belül) körülbelül 5 mérest tesz lehetővé 4 méteres távolságon belül.

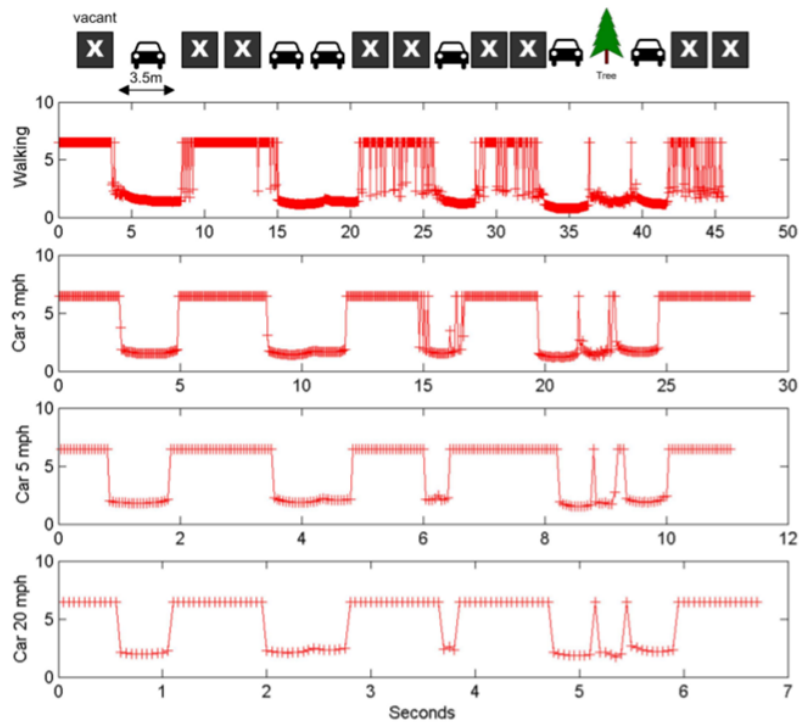


**3.9. ábra. A Parknet rendszer elvi működése**

*Forrás: a szerző saját ábrája*

A mérés pontossága persze nagyon sok tényezőtől függ. Egyfelől fontos a jármű sebessége, hiszen minél nagyobb sebességgel halad, annál nagyobb granularitással tudja csak feltérképezni az út szélén levő tereptárgyakat, feltételezve azt, hogy a mintavételezés sűrűsége sebességtől függetlenül változatlan marad. A 3.10. ábrán láthatók a mérési eredmények különböző sebességekre (gyalogolva, illetve autóban ülve, 3 mph  $\approx$  kb. 5 km/h, 5 mph  $\approx$  kb. 8 km/h és 20 mph  $\approx$  kb. 32 km/h sebességekkel haladva). Látható az, hogy bár a mintavételezés nyilvánvalóan egyre ritkább, ahogy nő a sebesség, a szabad helyeket folyamatosan helyesen detektálja a rendszer. Érdekes kiemelni a két parkoló autó közötti fenyőfa esetét is. Látható, hogy a szenzor érzékeli a fát, annak ellenére, hogy a fa két oldalán megjelenik egy-két nagyobb távolság érték is. Ehhez persze az kell, hogy a szenzorok kellő magasságban legyenek elhelyezve a mérő jármű ajtajában, ahol már a fának a lombkoronáját is lehet érzékelni. Ha ugyanis a szenzor magasságában még csak a fa törzse található, akkor nagy valószínűséggel a fát nem sikerül érzékelni, hiszen jó esély van arra, hogy a 20-30 cm széles törzs pont két egymást követő mérés közé essen. Ha viszont a jóval szélesebb lombkorona is érzékelhető már, akkor biztosan „láttni” fogja a jármű az útszéli fát.

Érdekes azt is megfigyelni, hogy 3 mph sebességnél kb. ugyanolyan formájú a jel, ugyanolyan széles a kis távolságot, azaz parkoló autót jelző intervallum minden egyes autó esetén, a mérés tehát nagyon megbízhatónak mondható. Ezzel szemben 20 mph sebességnél a balról negyedik parkoló autó esetén láthatjuk, hogy a kis távolságot jelző intervallum jóval szűkebb, mint a többi autó esetén. Ez valószínűleg annak tudható be, hogy ilyen viszonylag nagy sebesség esetén nagyon számít az, hogy pontosan hol történnek a mérések. Ilyenkor ugyanis akár 70-80 cm távolság is lehet két egymást követő mérés között, így lehet, hogy egy parkoló autó csak 2-3 egymás utáni mérést befolyásol, így a szabad helyet rövidebbnek érzékeljük majd. A mérési eredmények tehát nagyobb sebességek esetén kevésbé megbízhatóak.



3.10. ábra. Mérési eredmények különböző sebességekre

Forrás: MATHUR 2009, itt, 3. oldal

További problémát jelenthet az, ha a méréseket végző jármű nem a legszélső sávban halad, hiszen akkor a mellette haladó járművek befolyásolhatják a mérési eredményeket. Sajnos annak eldöntésében, hogy melyik sávban halad a jármű, a GPS se tud segíteni, hiszen annak a pontossága nem elég nagy ahhoz, hogy ennyire precízen meg tudjuk határozni a helyzetünket. Alapvetően a GPS-rendszer, civil és nem katonai felhasználás esetén, rendszeresen tévedhet 4-5 métert. Emiatt a sáv meghatározására, és ezáltal az eredmények felhasználhatóságának megállapításra a gépi tanulás módszereit használták. Ha ugyanis ugyanarról az útszakaszból több járműtől is érkeznek mérési eredmények, akkor kiszűrhetők azok az adatok, amelyek rossz sávból érkeznek. Mindemellett, szintén a gépi tanulásra alapozva, kellő számú mérés után a rendszer meg tudja majd különböztetni egy parkoló autó profilját egy a másik sávban elhaladó jármű profiljától. Ennek ellenére, mivel a szabad parkolóhelyek helyzete folyamatosan változik, egyáltalán nem triviális feladat egy olyan algoritmust kidolgozni, amely a különböző méréseket végző járművek adatait aggregálva megbízható információkat tud majd szolgáltatni a parkolóhelyeket illetően.

Végül érdemes azt is figyelembe venni, hogy az ultrahangos távolságmérő szenzorok alapján csak azt tudjuk megállapítani, hogy van-e szabad hely az út szélén, azt viszont nem tudhatjuk, hogy oda lehet-e parkolni. Lehet, hogy ott van pont egy tűzcsap vagy egy autókijáró, de az is lehet, hogy valamiért tábla tiltja a parkolást azon a helyen. A rendszer ezt is a gépi tanulás módszereivel próbálja majd kezelni, hiszen ha egy adott helyen valami miatt nem szabad parkolni, akkor ott az idő nagy részében nem is fognak majd parkolni. ha viszont egy olyan helyet érzékel a rendszer üresnek, ahol általában szoktak parkolni, akkor az jó eséllyel tényleg egy kihasználható parkolóhely.

Ezzel kapcsolatosan a rendszernek van egy olyan előnye is, hogy ha egy olyan helyen érzékel egy parkoló autót valamelyik méréseket végző jármű, ahol nem lenne szabad parkolni, akkor ezt tudja jelezni a környéken dolgozó parkolóőrnek, aki odamehet megvizsgálni a helyzetet. A hagyományos parkolórendszerekben, ahol a dedikált parkolóhelyekre helyeznek csak el parkolást érzékelő szenzorokat, egy ilyen szolgáltatás nem működhet, hiszen ott mondjuk egy kapukijáró elé, ahol tilos parkolni, nem fognak „feleslegesen” szenzorokat telepíteni. Egy mobil szenzorként működő jármű viszont ezeket a területeket is fel tudja térképezni.

Látni kell persze azt is, hogy egy üresnek érzékelt parkolóhelyre nem minden jármű fog elférni, hiszen vannak jóval rövidebb és hosszabb járművek. Ha viszont egy a ParkNet rendszerhez tartozó mobiltelefonos alkalmazásban beállítjuk a járművünk profiljában annak hosszát, akkor a rendszer csak olyan helyeket fog majd nekünk felajánlani, amelyek legalább olyan szélesek (vagy mondjuk egy fél méterrel szélesebbek, hogy be is lehessen parkolni). Olyan esetben, amikor felfestett, egyenlő szélességű parkolóhelyek vannak az út szélén, ez a kérdés nyilvánvalóan kevésbé éles, mint amikor nincsenek kiosztott helyek, és mindenki megpróbál a lehető legkisebb helyre is beparkolni.

Felmerül persze a kérdés, hogy hány autót kellene ilyen ultrahangos távolságmérő szenzorral felszerelni ahhoz, hogy egy kellő pontosságú és kellő felbontású, valós idejű térképet tudjunk összeállítani a város aktuális parkolási viszonyairól. Pontosabban fogalmazva: fontos lenne meghatározni, hogy egy véletlenszerűen választott utcán átlagosan milyen gyakran halad át egy távolságmérő szenzorokkal rendelkező autó, és ez a gyakoriság hogyan változik a mérőautók számának növekedésével. Ennek alapján lehetne ugyanis megállapítani azt, hogy a megoldás egyáltalán működőképes-e, vagy sem, és ha igen, milyen költségmegtakarítást lehetne vele elérni a hagyományos, aszfaltba szerelt szenzorok telepítéséhez képest.

A fenti kérdések megválaszolásához megvizsgálták 536 taxi nyilvánosan elérhető útvonaladatait San Franciscóban, egy hónapon keresztül. Az adatbázis minden egyes taxi időbélyeggel ellátott földrajzi koordinátáit tartalmazta, 60 másodperces bontásban. A köztes pozíciók becsléséhez lineáris interpolációt használtak. A teszt keretében két területet vizsgáltak – az egyik egy nagyobb régió volt, amely magában foglalta San Francisco agglomerációs részeit is, a másik pedig a belvárosi részekre korlátozódott, oda, ahol az *SFpark* projekt keretében is telepítették a parkolást érzékelő szenzorokat.

Az első megállapítás az volt, hogy a nagyobb zónában, amely az agglomerációs területeket is magában foglalta, viszonylag ritkán jártak a taxik, így az 536 taxi esetén az átlagos intervallum két egymás utáni „esemény” között, amikor ugyanazon az utcán áthalad egy szenzorokkal felszerelt taxi, több száz percen mérhető. Így megállapítható, hogy erre a nagy zónára ez a taxiflotta messze nem elegendő, hiszen a mérési adatok nem tudnak frissülni kellő gyorsasággal. Ezzel szemben a belvárosi területen, melyet az *SFpark* rendszer is megcélzott, nyilván jóval nagyobb volt a taxik sűrűsége. Itt a terület 80%-án olyan utcák voltak, ahol kevesebb mint tíz perc telt el átlagosan két szenzorokkal felszerelt taxi áthaladása között, ez pedig már kellően pontos információ, amelyre rá tudunk építeni egy okosparkoló-alkalmazást. Mindössze 536 szenzorokkal felszerelt jármű elegendő volt tehát több ezer belvárosi parkolóhely feltérképezéséhez, jóval alacsonyabb áron, mintha mindenhol aszfaltba épített szenzorokat telepítettünk volna.

Végezetül érdemes azt is látni, hogy a Parknet projekt egy 2010-es, tehát 8 évvel ezelőtti fejlesztés. Ma már a technológia sokkal pontosabb méréseket tesz lehetővé, de a közösségi észlelés alapelve megtartható. A Parknet által használt ultrahangos távolságmérésnek láttuk a hátrányait, de ma már az új járművek nagy részében van integrált holtterfigyelő-rendszer például, amely vagy az autó oldalára, vagy a visszapillantó tükörré rögzített radarokat vagy kamerákat veszi igénybe. Bár ezeket a megoldásokat nem az útszéli parkolóhelyek feltérképezésére

tervezték, egy kis módosítással erre a célra is használhatók lehetnek. Másfelől az önvezető autókban nyilvánvalóan meglesz majd a lehetőség arra, hogy a parkolóhelyeket automatikusan felismerjék, a kérdés tehát csak az, hogy ezeket az adatokat megosztják-e a többi autóval, vagy sem.

### 3.4.2 Google OpenSpot

A Google OpenSpot szintén egy közösségi alkalmazás volt parkolóhelyek feltérképezésére, amelyet 2010-ben indítottak el. Az elképzelés az volt, hogy amint egy felhasználó elhagy egy adott parkolóhelyet, jelzi azt egy Google térképen a többi autós számára, akik éppen parkolóhelyet keresnek a környéken. Minden bejegyzéshez egy színkód tartozik, amelyik azt mutatja, mennyire friss az adott információ. Kezdetben a szín zöld, 5 perc után sárgára vált, újabb 5 perc után narancssárgára, majd pirosra. Ha pedig eltelik 20 perc a bejegyzés óta, akkor a bejelölés egyszerűen eltűnik a térképről, hiszen jó eséllyel 20 perc alatt valaki más már elfoglalta azt a helyet.

Fontos tehát látni, hogy egy megjelölt pont a térképen, bármilyen színekkel is legyen, nem garancia arra, hogy az a hely jelen pillanatban is szabad, csak azt mondja meg, hogy néhány perccel ezelőtt az a hely felszabadult.

Tulajdonképpen azt is mondhatnánk, hogy ez nem egy szenzorhálózati alkalmazás, hiszen nem szenzorok segítségével érzékeljük a szabad parkolóhelyeket, hanem a felhasználók bejegyzései alapján szerzünk ezekről tudomást. Mivel viszont a cél ugyanaz, mint a korábban említett megoldásoknál, ezért döntöttünk úgy, hogy említést teszünk róla egy alfejezet erejéig.

Az Open Spottal kapcsolatban viszont mindenképpen meg kell említenünk, hogy ez az alkalmazás egyik lett azon kevés Google-termékek, amely nagyon hamar becsődölt, a projektet pedig leállították. Mindez azért történt meg, mert nem sikerült megtalálni a megfelelő ösztönző mechanizmusokat, amelyek rávennék az autósokat, hogy tényleg bejelöljék a felszabaduló parkolóhelyeket. Nem mintha nagyon bonyolult lett volna ez a művelet, de egy egyszerű gombnyomás is sok lehet, ha a felhasználókban nem tudatosul az, miért is kellene neki azt a gombot megnyomnia. A legtöbb közösségi alkalmazás kifejezetten épít arra, hogy legyen egy kritikus felhasználói tömeg mögötte, hiszen így tud csak igazán emelt értékű lenni a szolgáltatás. Minél több a felhasználó, annál hasznosabb lesz a szolgáltatás, ami új felhasználókat vonz majd. Az esetek többségében viszont szükséges az is, hogy a felhasználók aktívak legyenek, és ne csak élvezzék a rendszer által nyújtott előnyöket, hanem ők maguk is kiszolgáljanak másokat. Ennek megfelelően a Google Open Spot rendszerében is szükség lett volna egyfelől egy komoly felhasználói bázisra, hiszen így lehet csak adatokat gyűjteni a város több ezer parkolóhelyéről. Másfelől kellett volna az is, hogy minden járművezető, miután használta a rendszert, talált üres parkolóhelyet, majd néhány óra múlva elhagyta azt, saját maga is jelölje be az általa használt helyet üresnek, segítve ezzel a többi autóst a parkolóhely keresésben. A gyakorlat viszont sajnos azt mutatta, hogy ez az alkalmazás ebben a formában nem működött.

## 3.5 PARKOLÁSI HELYZETKÉP BUDAPESTEN

Budapesten jelenleg még nem igazán épültek ki beágyazott szenzorokkal ellátott nagy méretű okos parkolórendszerek, bár több kerületi önkormányzat is foglalkozott/foglalkozik már a kérdéssel. 2017 őszén például a józsefvárosi önkormányzat döntött egy 6 hónapos próbaüzem elindításáról, amelynek során a Horánszky utca, a Bókay

János utca, a Mária utca és a Kis Stáció utca 20-20 parkolóhelyére telepítenek parkolást érzékelő szenzorokat, amelyek adatait utána egy mobil alkalmazáson keresztül lehet majd elérni [JÓZSEFVÁROS 2017]. A tesztüzem célja az volt, hogy megvizsgálják, mennyire hatékony, mennyire megbízható és mennyire költséges a rendszert kiépíteni és üzemeltetni. Ha a megoldás beválik, utána céljuk az egész kerületre kiterjeszteni a megoldást, e monográfia írásának időpontjában azonban még nem kaptunk hírt a projekt folytatásáról.

Hasonló okos parkolórendszer elindításáról adtak hírt nemrég az V. kerületben, ahol első fázisban 135 mágneses érzékelőt süllyesztettek be parkolóhelyekbe, a szenzorok pedig a Vodafone NB-IoT rádiós hálózatát használva küldik el a foglaltsági adatokat a központi adatbázishoz [SZABÓ 2018]. 2016 őszén pedig Szentendrén jelentették be, hogy 66 parkolóhelyet szereltek fel aszfaltba süllyesztett érzékelőkkel, a kínai ZTE által vezetett mintaprojekt keretében [SZENTENDRE 2016]. Jól látható azonban, hogy egyelőre csak viszonylag kis területeket fednek le ezekkel a projekkel, ez kétségkívül egy biztató kezdeti fázis, de tekintettel arra, hogy Budapesten több mint 100 000 parkolóhely van, néhány száz okos parkoló még nem fogja megoldani sajnos a gondokat.

Bár nincsenek tehát még jelenleg kiterjedt okos parkolórendszerek a fővárosban, érdemes röviden megvizsgálni a parkolási helyzetet Budapesten, hogy felmérhessük, mennyire lenne szükséges a jelenlegi helyzeten változtatni. Budapesten és az agglomerációban a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján 2012-ben 987 670 személygépkocsit tartottak nyilván, ez 2015-ben már 1 061 772 személygépkocsira nőtt, ami kb. 75 000-es növekedést jelent három év alatt [TENCZER 2016]. Ebből körülbelül 600 000 gépjármű volt bejegyezve Budapesten, és kb. 460 000 az agglomerációban. Ha azt is figyelembe vesszük, hogy a Budapestre bejegyzett járműveknek jóval magasabb az éves kötelező felelősségbiztosítási (KGFB) díja, és emiatt sok tulajdonos vidéki, vagy akár külföldi címre jegyezteti be az autóját, akkor a városban közlekedő járművek száma még ennél is feltehetően jóval magasabb. Érdekes azt megjegyezni, hogy a 2008-as gazdasági válság idején és az azt követő néhány évben a gépjárművásárlások száma jelentősen visszaesett, 2012-ben azonban már visszaálltunk a válság előtti szintre, és 2015-re ez a jelenség már teljesen megszűnt.

A statisztikák azt is mutatják, hogy az agglomerációban bejegyzett kb. 460 000 gépjárműből közel 300 000 az, amelyik napi szinten ingázik Budapest és az agglomerációs települések között, ezt a jelentős forgalmat kell tudni elvezetni Budapest utcáin, és biztosítani ennek a hatalmas mennyiségű járműnek a parkolását a városban, kiegészülve persze azzal a 600 000 személygépkocsival, amelyik már eleve Budapesten lakó személyek tulajdonában van.

Az agglomerációból ingázók kezelésére persze az lenne a legjobb megoldás, ha azokat a járműveket a város szélén található P+R parkolóknak hagynák, onnan átszállnának tömegközlekedési eszközökre, este pedig a munkából hazafele visszaülnének a P+R parkolóban hagyott autókba. A realitás ma viszont az, hogy a közel 300 000, agglomerációból ingázó járműhez képest a teljes kiépített P+R kapacitása Budapestnek jelenleg összesen 5 200 parkolóhely. Ennek tükrében nem meglepő az, hogy az M1-M7 bevezetőn autózva reggelente szinte mindig azt láthatjuk, hogy bár a modern technológiát használva az autópálya felett látható elektronikus táblákon jelzik a különböző kelenföldi P+R parkolók aktuális szabad helyeinek a számát, ez a szám nagyon sokszor már reggel 8 előtt is nullát mutat, azaz a helyek nagyon gyorsan elfognak.

De ha a P+R parkolóhelyek kellő mértékű kiépítésére még várni kell, kérdés az, hogy hol parkol ez a rengeteg autó, amelyik napi szinten beözönlik a fővárosba. Nos, jelentős részük céges mélygarázsokban, parkolóházakban található napközben, egy kisebb százalékuk a fizetős parkolóhelyeket veszi igénybe, egy igen komoly részük viszont a külvárosi, ingyenes zónákban parkol egész napon át, gyakorlatilag P+R parkolónak használva a külvárosi,

kertvárosi részek kisebb utcáit. Ez a jelenség sok esetben ma már odáig fajult, hogy a csendes kertvárosi utcák forgalma jelentősen megnövekedett, az utcán a házak előtt ingázó idegenek autói állnak napközben, az utcán és a járdákon szinte már alig lehet közlekedni, a helyi lakosok pedig sokszor nem tudnak megállni a házuk előtt, és pár utcával odébb kell hogy megálljanak, hogy találjanak szabad parkolóhelyet. Este aztán, amikor az ingázók hazamennek, el lehet sétálni az autóért, és ismét le tudnak parkolni a saját házuk előtt.

Az is érdekes jelenség, hogy sok olyan budapesti lakos, akinek a társasházban van saját garázsa, inkább kiadja azt jó pénzért nem helyi lakosoknak, saját maga pedig inkább közterületen parkol, ezzel is elfoglalva a helyet mások elől.

A hosszú távú megoldás nyilvánvalóan az, hogy csökkenteni kell a járművek számát, és az embereket minél inkább rá kell szoktatni a tömegközlekedési eszközök, illetve a közösségi járművek használatára. A belvárosi lakosok jelentős része lassan le is mond a saját személyautóról, és tömegközlekedési eszközökkel, biciklivel vagy gyalog közlekedik. Ami a külső kerületek, kertvárosok lakosait illeti, ők még jellemzően ragaszkodnak a saját gépkocsijhoz, hiszen sok helyen még ingyenes a parkolás, és a tömegközlekedés sem annyira kiterjedt és jól használható, mint a belvárosi területeken. Párizsban vagy Londonban 15-20 metróvonal szeli keresztül-kasul a várost, gyakorlatilag szinte bárhol is laknánk, elvárható, hogy néhány száz méter távolságban legyen a közelben egy metrólejárát. Ehhez képest például Budapesten csak 4 metróvonal van, a külvárosi részekben tehát sok helyen nincs elérhető távolságban metróállomás. Ha tömegközlekedést szeretnének használni az emberek, kénytelenek buszokra szállni, azok viszont a kötöttpályás, ráadásul földfelszín alatti metróközlekedéshez képest, dedikált buszsávok hiányában sokkal kiszámíthatatlanabbak, megbízhatatlanabbak. Ráadásul sok buszjárat csillagszerűen a belváros felé közlekedik, két külvárosi pont között pedig az utas kénytelen többször is átszállni, és viszonylag hosszú menetidőhöz alkalmazkodni. Ilyen körülmények között a magán személyautó használatának a külvárosi, kertvárosi lakosok számára továbbra is van létjogosultsága sajnos.

Ami az agglomerációból ingázókat illeti, ott a közösségi közlekedést, az egyre inkább elterjedő car sharing és car pooling (vagy más néven ride sharing) megoldásokat kellene még inkább népszerűsíteni. Ezeknek a célja egyfelől az, hogy minél több személy üljön egyszerre ugyanabban az autóban, amely az agglomerációból a belvárosba hozza az ott dolgozókat (ride sharing), hiszen ma a helyzet jellemzően az, hogy a járművek több mint 90%-ában csak egyetlen utas ül. Ha a ride sharing elterjed, akkor jóval kevesebb autónak kell majd biztosítani a P+R jellegű parkolását, nem beszélve arról, hogy jelentős mértékben mentesülnek majd a forgalomtól a főváros bevezető útszakaszai. Emellett fontos az is, hogy időben eltolva különböző személyek használhassák ugyanazt a személygépkocsit (car sharing). A statisztikák azt mutatják, hogy a járműveket a tulajdonosaik az idő 94%-ában nem használják, hiszen jellemzően csak munkába járásra, esetleg bevásárlásra vesszük ezeket igénybe, naponta átlagosan 1-2 óra erejéig. És ráadásul még ezek az üresen álló autók parkolóhelyet is foglalnak, vagy az otthonunk, vagy a munkahelyünk előtt. Ha egyre jobban elterjednének a car sharing szolgáltatások, akkor jelentős mértékben csökkenthetnénk a szükséges gépkocsiállomány mértékét, rengeteg parkolóhelyet felszabadítva ezáltal. Budapesten ma már működik két ilyen car sharing szolgáltatás, az egyiket a GreenGo nevű vállalkozás üzemelteti (kb. 100 járműből álló flotta, elektromos járművek), a másikat pedig a Mol (kb. 500 járműből álló flotta, egy része elektromos, de nagyobb része hagyományos üzemanyaggal működő gépkocsi). Ez a néhány száz gépjármű nyilvánvalóan nem tudja gyorsan megváltoztatni a közlekedési viszonyokat egy olyan városban, ahol több mint 1 millió jármű van az utakon, de ígéretes kezdeményezés, amit hasznos lenne támogatni.

Mindemellett azonban a kerületi önkormányzatok egyre inkább a fizetős parkolózónák bevezetésében és kiterjesztésében látják a megoldást a parkolási helyzet enyhítésére. Ha ugyanis fizetni kell a városi parkolásért, és ráadásul sok helyen csak korlátozott ideig engedélyezett az egy helyen történő parkolás, akkor az agglomerációból beáramló emberek sokkal inkább átgondolják majd, hogy mégis esetleg a tömegközlekedést használva jöjjenek be a városba. Érdekes jelenség különben, hogy sok esetben a külvárosi lakótelepek lakói kezdeményezik a kerületi önkormányzatnál, hogy a tömbházak közötti parkolóhelyeket is tegyék fizetőssé, mert egyszerűen nem tudnak leparkolni a saját házuk előtt a sok, agglomerációból érkező autó miatt.

Azt is látni lehet, hogy ha egy adott területen bevezetik a fizetős parkolást, akkor nagyon gyorsan a szomszédos és még ingyenes területre vándorol át az agglomerációs forgalom. Tipikus példa erre az, hogy amikor 2016 őszén a Pöttyös utcai metróállomás melletti, korábban ingyenes P+R parkolót fizetőssé tette az önkormányzat, kifejezetten az agglomerációból érkező forgalom csökkentésére, rövid időn belül érezhetően megnőtt az amúgy műemlékvédelmi területként nyilvántartott közeli Wekerletelepen az ottani kis utcákban parkoló agglomerációs járművek száma. De ugyanez igaz a különböző budai, hegyvidéki kerületekre is, amelyek kifejezetten a környezeti adottságaik, a zöldfelületek és a tiszta levegő miatt voltak igen népszerűek a tehetősebb lakosok körében, akik megengedhették maguknak, hogy ott vásároljanak maguknak lakást, ma már viszont egyre inkább azt tapasztalják, hogy jelentősen megnövekedett a forgalom, és ezáltal a környezetszennyezés is, romlott a levegő minősége, többek között a sok agglomerációs gépkocsi miatt is, amelyek P+R parkolónak használják ezeket a hegyvidéki utcákat.

A kerületi önkormányzatok tehát egyre inkább kiterjesztik a fizetős parkolózónákat, lassan már az összes külvárosi területen, Csepelen vagy Soroksáron is találunk ilyeneket. A fentebb említett indokok mellett, miszerint a helyi lakosoknak szeretnének parkolási lehetőséget biztosítani ezáltal, az önkormányzatoknak jelentős bevételi forrásokat is jelentenek a fizetős zónák. A 2015-ös adatok alapján csak a XIII. kerületben több mint 1,2 milliárd forint bevétel származott a közel 30 000 fizetős parkolóhelyből, de a többi kerület esetén is jelentős bevételekről beszélhetünk, több száz millió forintos nagyságrendekről.

A helyzetet viszont jelentős mértékben nehezíti az, hogy a főváros kerületei külön parkolási cégekkel üzemeltetik a parkolóikat, a pénz nem egy helyre folyik be, hanem szétaprózódik a kerületi költségvetésekben. Emellett pedig nincs egy egységes, fővárosi szintű koncepció arra, hogy a parkolási helyzetet hogyan is kellene kezelni, a különböző kerületekhez befolyt pénzeket nem lehet egységesen felhasználni a tömegközlekedési útvonalak, a járműpark fejlesztésére, vagy új P+R parkolók kiépítésére. Sőt, valójában az érzékelhető, hogy a kerületek igazából ellenérdekeltek abban, hogy a saját területükön belül alakuljanak ki új ingyenes P+R parkolók, hiszen az jelentős agglomerációs forgalmat vonzana a kerületbe. Sokkal inkább a fizetős parkolási zónák kiterjesztését preferálják, ezáltal viszont a főváros közlekedési viszonyait jelentősen nehezítik, egyre több a dugó, nagy a környezetszennyezés. A gépkocsivezetők megpróbálják elkerülni a beduguló főutakat a kis mellékutcákon, ahova különböző navigációs alkalmazások, mint például a Budapesten nagy népszerűségnek örvendő és nagy felhasználói bázissal rendelkező Waze vezeti őket, ezekben a mellékutcákban viszont jelentősen lelassítják a forgalmat az utca két oldalán parkoló autók, és egy idő után ezek a mellékutcák is bedugulnak. Egy, a XIII. kerületi önkormányzat számára készített 2016-os tanulmány szerint a kerületi kis utcák felületének 60%-át parkolási célra foglalják el a személyautók, a felület kb. 20%-án folyik a járműforgalom, és csak a maradék 20%-on tudnak osztozni a gyalogosok, biciklisek, illetve a zöldfelületet, fákat is ebbe a 20%-ba kell beleszámolni.

Az önkormányzatoknak emellett azt is mérlegelniük kell, hogy bár nyilvánvalóan a saját kerületi lakosaiknak szeretnék elsősorban biztosítani a parkolási lehetőséget, az ingyenes parkolási engedélyek kiadásával a fizetős parkolózáókban jelentős bevételektől esnek el. Egy belvárosi parkolóhely átlagosan több mint 1 millió forint éves bevételt termel, ez a pénz esik ki minden egyes kerületi lakosnak biztosított ingyenes parkolással. Másfelől viszont sok esetben számos olyan irodaépület van a kerületben, amelyeknek több száz férőhelyes mélygarázsuk részben kihasználatlanul áll. Nem ritka tehát az a megoldás, hogy az önkormányzat ezekben a mélygarázsokban biztosít parkolási lehetőséget a helyi lakosoknak, átvállalva az éves parkolási díj jelentős részét, vagy akár a 100%-át, de felszabadítanak ezzel egy utcai fizetős parkolóhelyet, amelyről jelentős bevételt remélnek.



---

## 4. SZENZOROK TOVÁBBI ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ INTELLIGENS KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREKBE

Napjainkban, mint ahogy azt már említettük, egyre több lakos költözik a városokba, és ennek megfelelően egyre több gépjármű is fut az utakon. Ezzel párhuzamosan a közlekedési infrastruktúra, az úthálózat nem fejlődik, nem bővül feltétlenül hasonló mértékben. Vannak városok, ahol ennek pénzügyi, gazdasági okai vannak – a város egyszerűen nem bírja olyan iramban fejleszteni az infrastruktúráját, mint ahogy erre szükség lenne, nincsenek hozzá az anyagi források. Más esetekben, főleg Európában, sokszor nincs egyáltalán hely az utak szélesítésére vagy új utak építésére, főleg a belvárosi részekben, ahol egyébként a legnagyobb a forgalom.

Megint más városok vezetése viszont tudatosan választja azt az utat, hogy nem fejleszti tovább az úthálózatát, függetlenül attól, hogy egyre több ember és egyre több gépkocsi van a városban. Ezekben a városokban a sok jármű miatt ellehetetlenülő forgalmat és a kialakuló hatalmas dugókat inkább ösztönző mechanizmusként értékelik, amelyek arra ösztönzik a lakosokat, hogy váltsanak más közlekedési megoldásokra a személygépkocsik használata helyett. Üljenek át tömegközlekedési járművekre, vagy használjanak közösségi közlekedési megoldásokat (car sharing, ride sharing), de mindenképpen járuljanak hozzá, hogy kevesebb autó legyen az utakon.

Vannak emellett olyan városok is, ahol akár forgalmas városi közlekedési útvonalak visszabontását is elrendelték, ezek helyén pedig zöldterületeket alakítottak ki, mondván, hogy a várost a városlakóknak, és nem a járműveknek kell fejleszteni. Szöulban például egy a 70-es években kialakított, nagyon nagy forgalmat ellátó, egyfajta körgyűrűként működő útszakaszt néhány évvel ezelőtt elbontottak, és helyére egy vízzel telt és zöldfelületekkel, parkokkal körbevett csatornát alakítottak ki (lásd az alábbi képet).



**4.1. ábra. Zöldfelületté alakított forgalmas közlekedési útvonal Szöulban**

Forrás: [itt](#)

De ugyanezt tapasztalhatjuk Portland városában is, Oregon államban, ahol a kikötő melletti rakparti területet alakították át, parkosították. Persze egy ilyen átalakítás csak úgy működhet, ha ezzel párhuzamosan a városvezetés jelentősen fejleszti a tömegközlekedési rendszerét, hiszen bár az emberek szeretnek sétálni, szeretik a zöld környezetet és a friss levegőt, közlekedniük azért továbbra is kell.

A megnövekedő forgalom és járműszám viszont, abban az esetben, ha nem tudjuk a közlekedési úthálózatot a lakosság növekedésének megfelelően bővíteni, egyértelműen hatalmas forgalmi dugókhöz vezet majd, amelynek számos hatása lesz az emberek egészségi állapotára, a környezetszennyezésre vagy az áruszállítás hatékonyságára. Nagyon fontos lenne tehát olyan szenzorokat, kamerákat, érzékelési és kommunikációs infrastruktúrát telepíteni, amelynek segítségével valós időben láthatjuk a város különböző részein az aktuális forgalmi viszonyokat, a kialakult dugók elkerülésére igénybe vehető menekülő útvonalakat, de a hatékonyabb forgalomirányítást is biztosíthatjuk akár a közlekedési lámpák adaptív, forgalomfüggő irányításával.

A járműforgalom intenzitásának mérésére több megoldás létezik. Helyezhetünk az aszfaltba indukciós hurkokat, ultrahangos távolságmérést végző szenzorokat, megfigyelhetjük a fontosabb útszakaszokat, útkereszteződések kamerákkal, de közösségi érzékelésre is támaszkodhatunk. Nézzünk most ezekre néhány konkrét eset tanulmányt.

#### 4.1 FORGALOMFIGYELŐ KAMERÁK ÉS OKOS ÚTKERESZTEZŐDÉS MOSZKVÁBAN ÉS UTRECHTBEN

Moszkva Európa egyik legnagyobb városa, naponta több mint 16 millió ember fordul meg benne, a helyi lakosokat és az agglomerációból érkezőket is ideértve, és több mint 6 millió jármű közlekedik ezalatt az utakon, hatalmas forgalmi dugókat generálva. Ráadásul az emberek és a járművek száma is folyamatosan növekszik. Nemrég a világ nagyvárosait feltérképező nemzetközi összehasonlításban a forgalmi torlódások méretét és gyakoriságát illetően Moszkvát a legsúfoltabb, a dugóktól leginkább megterhelt városnak nyilvánították az egész világon, így megelőzi Isztambul, Varsót és Marseille-t.

Ennek a helyzetnek a kezelésére a moszkvai városvezetés egy intelligens közlekedési rendszer (ITS, Intelligent Transportation System) kialakítását tűzte ki célul, amelynek keretében a hőkamerák piacán már a 70-es években ismertté vált, és manapság világszerte több mint 2600 alkalmazottat foglalkoztató amerikai FLIR cég forgalomfigyelő szenzorjaiból, kameraiból<sup>3</sup> telepítettek 3000 darabot a város különböző pontjain, leginkább a nagyobb útkereszteződésekben. Egy-egy útkereszteződésben 4 ilyen kamerát elhelyezve a város 750 útkereszteződésének az irányítását tették sokkal hatékonyabbá.

<sup>3</sup> A félreértések elkerülése végett, bár ez a monográfia nagyrészt olyan szenzorokról, szenzorhálózatokról és azok alkalmazási lehetőségeiről szól, amelyek kis méretű, beágyazott, akkumulátorral működő és korlátozott erőforrásokkal rendelkező eszközök, ebben a kontextusban az okos városokban felszerelt térfelügyelő, forgalomfigyelő, forgalomszámláló hagyományos kamerákat, infrakamerákat, vagy hőkamerákat is szenzoroknak tekintjük. Így teszi ezt a szakirodalom is, bár nyilvánvalóan itt nagyobb méretű, folytonos elektromos tápellátással rendelkező, és akár nagyon komplex képfeldolgozási feladatokat is helyben elvégezni tudó, sokkal komolyabb erőforrásokkal rendelkező eszközökről van szó. A fentebb említett FLIR cég kamerainak a neve is beszédes ebben a tekintetben, hiszen a Moszkvában felszerelt eszközök hivatalos neve „traficam x-tream vehicle presence sensor”.

A FLIR „Traficam x-stream vehicle presence detection sensor” elnevezésű eszközének segítségével lehetővé válik mind a várakozó, mind a közeledő járművek érzékelése, a forgalom mértékének megállapítása az útkereszteződés különböző irányából, ezek alapján pedig a forgalmi lámpák zöld jelzésének az adaptív működtetése, a zöld jelzés hosszának változtatása az aktuális forgalmi viszonyok alapján. A telepítés 2017-ben kezdődött, de a próbaüzem végeztével, amikor az összes FLIR Traficam működésbe lép, a közlekedési lámpák előtt várakozási idők jelentős csökkenésére számíthatnak.

A FLIR Traficam x-stream egy IP-címmel rendelkező, hálózatba kötött, távolról vezérelhető kamera/szenzor, amely MPEG-4 vagy H.264 formátumú, nagy felbontású, színes videostreamet tud küldeni a központi forgalom-irányítási rendszer felé, amelynek segítségével távolról felügyelhetők az útkereszteződések. A beépített CMOS-kamera mellett az eszközön egy olyan járműfelismerő szoftver is fut, amely helyben fel tudja ismerni a várakozó és közeledő járműveket, és már a képfelismerés adataival annotált videófolyamot küldi tovább a központ felé. Ebből kifolyólag a megküldött videostream alapján a forgalomirányítók pontosan láthatják, hogy milyen szögben, pontosan mit is érzékel, mit is számol a kamera, és ha szükséges, például egy hibás beállítás vagy változó forgalmi helyzetek esetén távolról tudják ezeket a kamerákat konfigurálni, forgatni, a megfigyelés szögét és ezáltal a megfigyelt terület méretét változtatni.



**4.2. ábra. Kihelyezett FLIR Traficam x-stream forgalomfigyelő kamera, illetve az általa annotált videostream, a különböző forgalmi sávokban felismert járművekkkel**

*Forrás: [itt](#) és [itt](#), 2. oldal*

Egy másik példa egy ilyen rendszerre: szintén a FLIR cég eszközeit, ezúttal a ThermiCam nevű speciális hőkamerát használják Utrecht városában, Hollandiában, azzal a speciális céllal, hogy az útkereszteződésekben meg lehessen különböztetni a motoros járműveket és a bicikliseket. Egyelőre ezt a kamerát csak egyetlen útkereszteződésben szerelték fel, tesztelés céljából, az Utrechtből Amersfoortba vezető útszakaszon. Mivel a hőkamera meg tudja különböztetni a bicikliseket a motoros járművektől, ezért egy biciklis jelenlétét külön tudja jelezni az útkereszteződést vezérlő közlekedési lámpának, amelyik ennek megfelelően tudja majd állítani a zöld jelzést.

A rendszernek kettős célja volt. A konkrét útkereszteződésben egy alacsonyabb rangú út találkozik egy magasabb rangú úttal, a cél tehát az, hogy az alacsonyabb rangú útról megadjuk a lehetőséget az ott közlekedők számára, hogy áthaladjanak az útkereszteződésen, de azt az időt, ameddig zöld a lámpa abban az irányban, célszerű minél rövidebbre állítani, hogy ezzel minél kevésbé zavarjuk meg a jóval nagyobb forgalmat bonyolító főútvonal hatékonyságát, áteresztőképességét. Egyrészt tehát, mivel a biciklisek álló helyzetből lassabban tudnak áthaladni az útkereszteződésen, ha a hőkamera biciklist vagy bicikliseket is érzékelt az alacsonyabb rangú úton a járművek között vagy mellett, akkor ennek megfelelően a lámpát érdemes kicsivel hosszabb időre zölden hagyni a mellékút számára, mint általában. Másfelől ha a mellékutcában csak biciklis várakozókat érzékel a hőkamera az útkereszteződésnél, akkor emiatt nem fogja feltétlenül leállítani a nagy forgalmú főút közlekedését. Amint viszont motoros járműveket is érzékel a rendszer, nagyobb prioritással fogja a mellékutat kezelni, és viszonylag gyorsabban megadja a zöld jelzést a mellékutcában várakozók számára is.

Fontos megjegyezni, hogy itt egy olyan közlekedési helyzetről beszélünk, ahol a motoros járművek és a biciklik közösen használják ugyanazt az útszakaszt. Nem arról van szó tehát, hogy dedikált biciklisávot kellene megfigyelni, hanem egy közösen használt útszakaszon kell különbséget tenni a két különböző típusú közlekedési eszköz között. Erre pedig a hőkameránál nem igazán látszik hatékonyabb megoldás. Az aszfaltba épített indukciós hurkok például nem tudják megbízható módon támogatni ezt a megkülönböztetést, a beágyazott ultrahangos távolságmérő szenzoroknak pedig már azzal is gondjuk van, hogy az autóknál keskenyebb közlekedési eszközöket, a bicikliket vagy akár a motorbicikliket is egyáltalán detektálják, hiszen ehhez azoknak át kell haladniuk pontosan a szenzor felett, ami nem magától értődő.

Fontos azt is látni különben, hogy a hőkamerák jóval megbízhatóbban működnek, mint a hagyományos kamerák, hiszen nem zavarják őket a különböző fényviszonyok, a lemenő nap fénye például, vagy más olyan körülmény, ami egy hagyományos kamera számára zavaró lehet.

## 4.2 AZ ÚTHÁLÓZAT ÁLLAPOTÁNAK MONITOROZÁSA – BUSNET

Érdekes kísérlet volt a BusNet projekt [DEZOYSA 2007], amelyben a University of Colombo (Srí Lanka), a SPIDER (Swedish Program for Information and Communication Technology in Developing Regions), illetve a Volvo és az Ericsson vettek részt. A projekt eredeti célja az volt, hogy környezeti paramétereket, hőmérsékletet és páratartalmat, valamint légszennyezettséget mérjenek minél hatékonyabban, olcsóbban, minél kevesebb szenzor segítségével lefedve minél nagyobb területet Srí Lankán. Az ötlet tehát az volt, hogy szereljék fel ezeket a szenzorokat távolsági buszokra, amelyek járnak az országot. Szenzorcsomópontként a Crossbow cég által gyártott MicaZ mote-okat használták, a szenzorok mellé egy GPS-vevőt is csatlakoztattak, amelynek segítségével az aktuálisan mért adatok mellé egy földrajzi koordinátát is tudtak társítani, az eszközök tápellátását pedig a busz akkumulátorával oldották meg.

Az elképzelés szerint a buszon levő szenzorok nem küldték azonnal tovább az adatokat egy központi egység felé. Egyfelől azért, mert erre nem is volt feltétlenül szükség, hiszen a környezeti paraméterek vagy a légszennyezettség nem olyan adatok, amelyeknél a valós idejű adatközlés általában elvárás lenne. Másfelől azért is, mert a 3G mobilhálózat kiépítettsége nem volt nagymértékű Srí Lankán a kísérlet idején. Az azonnali mobilhálózatos adatküldés helyett a buszok inkább a buszmegállókban adták le az adataikat, hiszen a buszmegállók kommunikációs képessége a központi rendszerrel biztosított volt.

A buszmegállóban azonban a tartózkodási idő változó volt, nagyrészt attól függött, hogy hány leszálló és felszálló utas volt. Ha viszont a busz csak rövid ideig állt a megállóban, nem feltétlenül volt biztosított az, hogy a teljes felhalmozott adatmennyiséget át tudja küldeni a szenzorcsomópont a buszmegállóban felszerelt fogadó egységhez. A busz vezetője különben nem volt a rendszer aktív része, azaz a megállóban való tartózkodási időt nem befolyásolták az adatátvitel igényei. Emiatt tehát egy olyan adatátviteli algoritmust találtak ki, amely megpróbálta a lehető leghasznosabban kihasználni a buszmegállóban töltött időt a legfontosabb adatok átvitelére.

Ennek megfelelően először egy 1000 méteres felbontású adatátvitel történt, azaz a korábbi és az aktuális buszmegálló közötti távolságot kilométerekre bontva, az adott, egymástól egy kilométerre elhelyezkedő pontokon gyűjtött környezeti és légszennyezettségi adatokat töltötték fel először. Ha pedig ezeknek az adatoknak a feltöltése után a busz még mindig a buszmegállóban tartózkodott, akkor sort kerítettek a köztes, 500 méterenkénti pontokban gyűjtött adatok feltöltésére is. A cél tehát az volt, hogy lehetőleg a teljes területről legyen valamilyen adat, ha pedig ez már biztosított, utána lehet majd finomítani a felbontáson, és köztes pontokból is bekérni adatokat. Mindemellett, mivel rádiós kommunikációról van szó, előfordulhat az adatvesztés is, az ilyen esetben szükséges újraküldést viszont csak akkorra ütemezték be, miután az összes adatot legalább egyszer már megpróbálták átküldeni.

A kezdeti tapasztalatok alapján és a változó igények miatt azonban a rendszert teljesen átalakították, mégpedig az utakon levő kátyúk monitorozására. A buszokra szerelt szenzorokat ennek megfelelően lecserélték, és a levegőminőséget mérő szenzorok helyett vízszintes és függőleges gyorsulást mérő szenzorokat helyeztek el, feltételezve azt, hogy ezeknek a szenzoroknak a mérési eredményei viszonylagos korrelációt mutatnak majd az útminőséggel. Természetesen a szenzorok lecserélésén túl itt egy teljesen más működési modell jelent meg, nem az egyenletes mintavételezés volt a prioritás, hanem a kátyúsabb szegmensek jelentése. Voltak ugyanis olyan útszakaszok, ahol nagyon jó minőségű volt az út, ott a gyorsulásmérő szenzorok adatait nem volt szükséges elküldeni, ahol viszont sok kátyúba hajtott bele a busz, ott egy kis területről is akár nagyon sok szenzoradatot gyűjtöttek be.

Az ígéretes elgondolásnak voltak azért hátrányai is. Egyfelől itt se volt szó valós idejű alkalmazásról, a buszok továbbra se küldtek valós időben adatokat minden egyes kátyúról, amibe behajtottak, de erre nem is volt szükség. A buszmegállóban letöltött adatok alapján az utak karbantartásáért felelős cégek megkapták az adatokat, hogy mely útszakaszokat érdemes minél hamarabb javítani. Komolyabb gondot jelent viszont az, hogy a nagyobb kátyúkat, amennyire lehet, kikerülik a buszsofőrök, így a szenzorok nem érzékelik azokat. Az adatgyűjtés nem lesz tehát teljes korrelációban az útminőséggel. Megtörténhet az, hogy az apró, de sűrű kátyúkkal ellátott területekről részletes információkat kapnak a hatóságok, viszont a ritka, de mély kátyúkról, egyáltalán nem szereznek tudomást. Pedig jó eséllyel ezek a kátyúk jelentik az igazi balesetveszélyt, hiszen ha egy út viszonylag jó minőségű, és látszólag nincsenek rajta kátyúk, akkor a sofőrök figyelme is lankad, és nagyobb sebességet is bevállalnak. Ha viszont ilyen nagyobb sebességnél futnak bele egy mély kátyúba, abból komoly gondok adódhatnak, kirobbanhat a gumibroncs, vagy más sérülést szenvedhet a futómű, a felfüggesztés stb.

Szintén fontos azt látni, hogy a gyorsulásmérő szenzorok által mért értékek nagyon sok mindentől függhetnek. Számít az, hogy milyen a busz felfüggesztése, milyen a súlyeloszlása, nagyon változó értékeket kaphatunk, ha a busz üres, vagy ha a busz tele van, de akár az is számíthat, hogy a busz melyik részében ülnek többen. Számít a kerekek mérete, keménysége, a vezetői tapasztalat, illetve a vezető stílusa. Ezért a pontos mérésekhez minden külön buszra, buszsofőrré, minden külön élethelyzetre kalibrálni kell a rendszert, ami meglehetősen nehézkes, bonyolult feladat.

### 4.3 FORGALMI HELYZET MÉRÉSE KÖZÖSSÉGI ÉRZÉKELÉSEL – WAZE

A fejezet elején említett megoldások, amikor az úttestbe ágyazott indukciós hurkokkal, ultrahangos távolságmérő szenzorokkal vagy az útkereszteződéseket figyelő forgalomszámláló kamerákkal próbáljuk felmérni az aktuális közlekedési helyzetet a városban, kétségkívül nagyon pontosak és hatékonyak, de csak pontszerűen, az adott utcáról, útkereszteződésről, vagy adott esetben csak egy adott sávról adnak információt. Sok esetben azonban ezekből a részinformációkból viszonylag nehéz pontos képet kialakítani a teljes város aktuális forgalmi helyzetéről.

Egy másik lehetséges megoldás az, hogy egy mintajárművel, vagy akár egy járműflottával bejárjuk a város különböző útvonalait, és a mintajármű(vek) haladási sebességéből próbáljuk megállapítani azt, hogy az adott útszakaszon hogyan lehet haladni, milyen mértékben alakulnak ki torlódások, forgalmi dugók. Ezt a megoldást hívják a szakirodalomban „floating car data”-nak [JESKE 2013]. A megoldásnak kétségkívül előnye az, hogy sokkal egyszerűbb, olcsóbb infrastruktúrát igényel, hiszen nem kell minden egyes útkereszteződés minden egyes forgalmi sávjába szenzorokat telepíteni, vagy nem kell kamerákat kitenni minden forgalmasabb útszakaszra. Másfelől viszont a kapott információ sokkal pontatlanabb, hiszen egy adott jármű esetleges alacsony sebességéből még nem tudjuk meg igazán, hogy mi okozza ezt a lassulást. Lehet, hogy egy forgalmi dugó, de az is lehet, hogy a járműnek vannak műszaki problémái, vagy a járművezető parkolóhelyet keres esetleg, és ezért halad lassabban, számos variáció elképzelhető. Ahhoz, hogy a floating car jellegű megfigyelések alapján megbízható következtetéseket vonjunk le a forgalmi viszonyokat illetően, kétségtelenül egy nagyobb flottától származó adathalmazra van szükségünk. Minél több járműtől sikerül begyűjtenünk GPS-koordinátákkal felbélyegzett sebességadatokat, annál precízebb képet tudunk majd kialakítani a teljes város aktuális közlekedési helyzetéről.

	Szenzorok/kamerák	Floating Car Data
<i>Mit mér?</i>	<i>Lokális forgalmi viszonyok</i>	<i>Átlagos sebesség</i>
<i>Reakcióidő</i>	<i>Gyorsan reagál a változásokra ✓</i>	<i>Kis késleltetés</i>
<i>Hol mér?</i>	<i>Lokális</i>	<i>Nagyobb területen ✓</i>
<i>Mennyibe kerül?</i>	<i>Magas költségek</i>	<i>Alacsony költségek ✓</i>
<i>Utazási idő</i>	<i>Becslés</i>	<i>Pontos információ ✓</i>

**4.1. táblázat. Összehasonlító táblázat a szenzorokkal, illetve kamerákkal megfigyelt közlekedési viszonyok és a floating cara data jellegű adatgyűjtésre alapuló közlekedési helyzetkép között**

*Forrás: a szerző saját szerkesztése*

A fenti táblázat az előbb bemutatott két megoldás előnyeit és hátrányait próbálja összehasonlítani. Látható, hogy a szenzorok, illetve a forgalomfigyelő kamerák lokális forgalmi viszonyokat tudnak megállapítani, pontszerű mérésekkel, de részletesebb információkat nem tudnak szolgáltatni az esetleges okokat illetően, illetve azt sem tudják érzékelni, ha a mérési pont után vagy előtt teljesen más közlekedési viszonyok alakulnak ki. Megtörténhet

például, hogy egy adott kamera képén alig látunk járműveket egy adott útszakaszon, és ebből arra következtünk, hogy kellemes a forgalmi helyzet azon a területen, nincsenek dugók, pedig lehetséges, hogy a kamera látóterén kívül történt egy baleset, amögött hatalmas torlódás alakult ki, de mivel a baleset miatt egy adott ponton az áteresztőképessége az útszakasznak jelentősen leszűkül, a kamera által megfigyelt területen már gyér lesz a forgalom. És persze ennek az ellentéte is megtörténhet, lehetséges az, hogy a kamerák vagy az aszfaltba épített szenzorok hatalmas torlódást érzékelnek, pedig csak egy pontszerű eseményről van szó, egy meghibásodott jármű miatt, amit kerülni kell, de ha ez sikeresen megtörtént, utána már folyamatos a forgalom, és nincs jelentősebb torlódás.

Ezzel szemben a floating car data jellegű megoldások folyamatos megfigyelést tesznek lehetővé, nemcsak pontszerűen, hanem egy hosszabb útszakasz mentén is akár, bár ahogy már említettük, a mintajárművek haladási sebességét sok minden befolyásolhatja, ezért viszonylag pontos következtetéseket csak akkor tudunk levonni, ha egy mintajárművekből álló nagyobb flottától tudunk adatokat kinyerni. Hogy egy adott járműtől beérkező adat önmagában mennyire nem releváns az adott útszakasz forgalmi viszonyait illetően, elég csak azt a példát említeni, amikor egy teljesen bedugult útszakaszon a mintajármű a buszsávot veszi igénybe, jogos vagy jogosulatlan módon, és egyszerűen elrobog a többi sávban várakozó járművek hosszú sora mellett. A GPS-adatok, mint már említettük, nem kellően pontosak ahhoz, hogy megállapíthassuk, melyik sávban is halad az adott jármű, ezért csak akkor tudunk pontosabban mondani az adott útszakaszcsoportról, ha onnan több autó adatait is megkapjuk, és ezáltal ki tudjuk szűrni az esetleges félrevezető, kirívó eseteket, az úgynevezett outlier-eket.

Érdekes azt is megnézni, hogy a hirtelen bekövetkezett változásokat milyen gyorsan tudják lekövetni a különböző rendszerek. Forgalomszámoló szenzorok vagy kamerák esetén ha baleset történik mondjuk a megfigyelt terület előtt, az ebből következő forgalmi helyzetváltozást ezek az érzékelők rögtön detektálják. Ezzel szemben a floating car data alapú adatgyűjtésre épülő rendszereknél el kell hogy teljen egy kis idő addig, amíg az esetleges változások megjelennek a rendszerben. Ez egyrészt annak is tulajdonítható, hogy itt inkább átlagos haladási sebességeket, menetidőket érdemes mérni viszonylag hosszabb útszakaszokon. Ha ezen az útszakaszon valahol pontszerűen egy kisebb torlódás alakul ki, az a globális menetidőt még nem biztos, hogy komoly mértékben befolyásolja majd. Másfelől ha egy adott mintajármű lelassul egy adott ponton, az nem jelenti feltétlenül azt, hogy ott dugó alakult ki, hisz lehet, hogy csak megállt, leparkolt a járművezető. Ebből viszont az is következik, hogy ha ténylegesen kialakul valahol egy dugó, ami lelassítja az egyik mintajárművet, akkor a rendszer még nem fogja azonnal elkönyvelni ezt dugónak, hanem várni fog addig, amíg további mintajárművek is megerősítik ezt az információt.

Végezetül azt is érdemes kiemelni, hogy a kihelyezett szenzorok, kamerák adatai alapján csak becsléseket tudunk adni egy adott hosszabb útvonalon várható utazási időre. Egy útvonaltervező alkalmazásnak ez is kétségtelenül fontos információ, de ezekhez a becslésekhez interpolálni kell a különböző, rendelkezésre álló pontszerű adatokból a teljes úthálózatra vonatkozó adatokat, ez az interpoláció pedig sok esetben nem kellően megbízható. Ehhez képest a floating car data alapú megoldásoknál pontos információink állnak rendelkezésre az utazási időket illetően. Ezek alapján pedig sokkal könnyebb a közeljövő forgalmi viszonyait is előrejelezni, hiszen ha az utóbbi 30 percben több jármű is bizonyos szűk időszávon belül tudta bejárni az adott útvonalat a város két pontja között, akkor jó esély van arra, hogy egy következő jármű is hasonló idő alatt tegye meg azt a távot a jelenlegi forgalmi viszonyok mellett. Persze erre nincs garancia, hiszen bármikor történhet egy pontszerű esemény, egy baleset, ami teljesen felborítja ezt, de a rendszer, kis késéssel bár, de reagálni fog majd erre is.

A városban közlekedő mintajárművek általi adatgyűjtés ötlete már viszonylag régen felmerült. A bécsi műszaki egyetem kutatói, más osztrák és görög egyetemi és ipari partnerek közreműködésével már 2006 és 2008 között részt vettek egy európai uniós finanszírozású kutatási projektben (Track&Trade), amelyben többek között Bécs belvárosi területeinek a közlekedési viszonyait próbálták meg felmérni egy taxitársaság körülbelül 500 járműből álló flottáját felhasználva. A járművekbe egy dedikált hardvert telepítettek, ami folyamatosan töltötte fel egy központi adatbázisba a jármű aktuális GPS-pozícióját, sebességét, illetve más releváns adatot. De ugyanilyen alapelveken működött már hasonló rendszer Berlinben és Nürnbergben is, már 2002-ben.

Ezeknek a megoldásoknak a hátulütője az, hogy egyfelől dedikált hardvert igényeltek, ennek beszereléséről pedig nem egyszerű meggyőzni se a járműtulajdonosokat, se az autógyártókat. Ezért volt jó és észszerű választás a taxitársaság, mert ott egy viszonylag nagy méretű flottához kaphatunk hozzáférést egyszerre, és a taxitársaság döntése alapján az összes járműbe be lehet szerelni a dedikált hardvert – ha az még nem lenne benne.<sup>4</sup> A hátránya a taxitársaságnak viszont az, hogy a taxisok sok esetben buszsávokban is közlekednek, ezért a tőlük begyűjtött adatok nem biztos, hogy relevánsak az „egyszerű” járművezetők számára is, a taxik haladási sebessége tehát nem feltétlenül tükrözi a valós forgalmi viszonyokat.

Hasonló ötletre épült napjaink egy legismertebb, közösségi érzékelésen alapuló navigációs alkalmazása is, a Waze. Az alapötlet itt viszont az volt, hogy dedikált hardver helyett használjuk ki az okostelefonokat, amelyek ma már mindenki zsebében ott lapulnak. Ezek az okostelefonok rengeteg szenzorral vannak felszerelve, az esetek nagy részében GPS-vevővel is rendelkeznek, különböző kommunikációs technológiákat használva (WiFi, 3G/4G) nagyon egyszerűen képesek adatküldésre is, ráadásul mivel személyes kommunikációs eszközként is használjuk őket, folyamatosan gondoskodunk arról, hogy fel legyenek töltve, és üzemképes állapotban legyenek. Ezeket az okostelefonokat lehetne tehát kihasználni arra, hogy akár a tulajdonosoktól teljesen függetlenül is, azok beavatkozása nélkül gyűjtsék folyamatosan a sebesség- és pozícióadatokat, és továbbítsák azokat egy központi adatbázishoz, ahol utána, kellő számú beérkező adat esetén, jól meg lehet becsülni a várható utazási időket, akár egy viszonylag hosszú útszakaszra vonatkozóan is.

A Waze külön előnye az, hogy a navigációs alkalmazások által használt digitális várostérképek egyfelől elavulhatnak, hiszen viszonylag ritkán, hathavonta vagy évente frissítik ezeket. Így ha átadnak egy új hidat, egy elkerülő utat, vagy esetleg hosszú távra lezárnak egy útszakaszt, a hagyományos térképek ezt nem tudják lekövetni. A Waze viszont a térképeit is saját maga építi, az autósok telefonjaitól bejövő információk alapján. Ha tehát azt látja, hogy több autós egy olyan útvonalon halad, ahol elvileg nem lenne a térkép szerint út, akkor azt feltételezi, hogy ott ténylegesen megnyílt egy új útszakasz, hiszen különben nem tudnának arra haladni a járművek.

A Waze alkalmazás fejlesztése 2006-ban indult, eredetileg még Freemap néven, Izraelben. A Waze nevet 2009-ben vette fel, jelenleg több mint 100 millió felhasználója van világszerte, ezek közül több mint 10 millió aktívan jelentő autós (az aktív és a passzív felhasználói viselkedések közötti különbségekre még visszatérünk), az autósoktól bejövő adatok alapján a térképek frissítését több mint 700 000 szerkesztő végzi, a Waze közösséget pedig

<sup>4</sup> A taxitársaságok jellemzően amúgy is beszerelték már a saját járműveikbe a GPS-es nyomkövetést lehetővé tevő rendszert, amelynek segítségével a taxik általában percenként jelentették az aktuális koordinátáikat a diszpécserszolgálat számára. A feladat tehát csak az volt, hogy ezeket az információkat kicsatolnassák és feldolgozzák, útszakaszokra lebontott sebességeket számoljanak belőlük, és ezek alapján beszénezzék a várostérképen a különböző utcákat a megfelelő szinkódokkal, pirossal jelezve az útszakaszokat, ahol torlódás tapasztalható, sárgával az utcákat, ahol közepes sebességgel lehet haladni, és zölddel a teljesen akadálymentes részeket.



150-200 úgynevezett „champion” szervezi. 2016-os adatok alapján abban az évben több mint 49 milliárd kilométer tettek meg a Waze alkalmazást használó autósok, és több mint 459 millió bejelentést tettek. Az országok, ahol az alkalmazás leginkább elterjedt és a legnagyobb felhasználói bázisa van az Egyesült Államok, Brazília, Malajzia, Franciaország, Izrael, Kolumbia, Indonézia és Mexikó, de Magyarország is nagyon előkelő helyen áll a rangsorban, főleg a teljes lakosság számára vetített összehasonlításokban. Érdemes azt is elmondani, hogy 2013-ban a Waze-t felvásárolta a Google, bár az alkalmazás jellegét és működési alapelveit ez nem igazán változtatta meg.

Amint azt már említettük, az alkalmazás lehetőséget ad aktív és passzív viselkedési módra is a felhasználók számára. A passzív viselkedés alatt azt értjük, hogy a mobiltelefon tulajdonosának semmilyen aktív tevékenységet nem kell végeznie azon kívül, hogy elindítja az alkalmazást, amikor beül az autóba. Az alkalmazás ezután passzív módon elkezd folyamatosan küldözgetni a sebesség- és pozícióinformációkat. Ezen túlmenően azonban lehetőség van arra is, hogy maga a járművezető vagy a mellette ülő utas viselkedjen „szenzorként”, és a különböző eseményekről, amelyeket menet közben észlel – útfelújítás, baleset, rendőrségi ellenőrzés stb. – aktív módon értesítse a közösséget, leginkább azokat az autósokat, akik a következő időszakban szintén arra felé járnak. Ezeknek az autósoknak különben az alkalmazás meg fogja jeleníteni ezeket a figyelmeztetéseket, az autósoknak pedig megvan a lehetőségük, hogy szintén aktív „szenzorként” viselkedve megerősítsék ezeket a veszélyhelyzeteknek a létezését, vagy adott esetben megcáfolják azt, hiszen megtörténhet, hogy egy korábban valaki által bejelentett veszélyhelyzet időközben már elhárult, az út szélén álló lerobbant autót elvontatták például, vagy a kihelyezett sebességmérő traffipaxot beszedte a rendőrség. Az aktív közreműködés persze nem elvárta a sofőröktől, a statisztikai adatok azt is mutatják, hogy a járművezetők 10-15%-a viselkedik csak aktív bejelentőként. Az alkalmazás felhasználói interfésze mindenesetre úgy van kialakítva, hogy egy adott észlelt vészhelyzet bejelentése vagy megerősítése ne vonja el túlzottan a járművezető figyelmét az autó irányításától.

A Waze alkalmazás kiemelt célja az, hogy a beérkező adatok alapján a lehető legjobb útvonalra navigálja a felhasználót – a sokat hangoztatott reklámszöveg az, hogy minden Wazernek (azaz a Waze alkalmazást futtató felhasználónak) minden nap megspórolnak 5 percet, [VASSERMAN 2015]. Mindemellett érdemes azért azt is megjegyezni, hogy az alkalmazásban még számos ponton vannak fejlesztési lehetőségek, még akkor is, ha a Waze egyelőre elzárkózik ezektől, legalábbis a publikus fórumokon, ahol ezek a lehetőségek szóba kerülnek. Magától adódó fejlesztés lenne például, ha a Waze számontartana felhasználói profilokat, megjegyezné, hogy minden felhasználója milyen útvonalakon szokott mozogni, melyek a preferált útvonal variációi, és csak akkor ajánlana fel ettől eltérő alternatívákat, ha azok jelentősen javítanának az utazási időkön. A felhasználók részéről ugyanis jogos elvárás, hogy nem feltétlenül szeretik, ha a Waze új, ismeretlen kis mellékutakra navigálja őket, ahol nem feltétlenül tudják előre, milyen lehetséges veszélyhelyzetekre, milyen közlekedési táblákra vagy sebességkorlátozásokra kell számítaniuk. Ezeket az alternatív útvonalakat akkor vállalnák csak be, ha a megszokott útvonaluknál jelentősen jobb, gyorsabb megoldást jelentenének. A Waze algoritmusa viszont jelenleg nem támogatja a felhasználói profilokat, ez nyilvánvalóan megnehezítené az algoritmus működését és a Waze felhasználók útvonalainak globális optimalizálását. De talán idővel, hatékony mélytanulási eljárások segítségével ez az opció is támogatott lesz majd.

Mindemellett azt is ki lehetne használni, hogy a Waze mögött nagyon komoly, közel százmilliós felhasználói bázis áll, a közösségi alkalmazások egyik neuralgikus pontja tehát, a kritikus tömegű felhasználói bázis már ki van építve. Felhasználók tízmillióinak a telefonjain fut az alkalmazás, de passzív módon egyelőre csak GPS-koordinátákat és sebességadatokat küldenek be a felhasználók. Felmerül azonban a kérdés, hogy nem lehetne-e ennél jóval több adatot összegyűjteni a résztvevőktől. Már maguk a telefonok is nagyon sok szenzorral vannak felszerelve,

rengeteg mindent mérnek, de ezen felül ma már számos különböző megoldás van arra, hogy az okostelefon az autóval kommunikáljon, és attól különböző szenzorok mérési adatait kérje le. Elvileg megvan tehát a lehetőség arra, hogy a Waze alkalmazáson keresztül az autók adatokat küldhessenek arról is automatikusan, ha megcsúszott a jármű a jeges úttesten, ha az esőérzékelő szenzor jelzésére elindult az ablaktörlő, vagy ha a járművezető felkapcsolta a ködlámpát. Jelenleg ezeket a szenzor adatokat nem terjeszti a Waze alkalmazás, bár technológiailag szinte minden adott ahhoz, hogy egy ilyen jellegű kiterjesztett szintű szolgáltatás működhessen. Számos hasznos adatot, információt tudnának így terjeszteni egymás között az Wazerek, a forgalmi viszonyokról, az útminőségről, a környezeti körülményekről, csak az alkalmazásba kellene mindezt beépíteni.

#### 4.4 KÖZÖSSÉGI ÉRZÉKELÉS A TÖMEGKÖZLEKEDÉSBEN – MOOVIT

Ha már közösségi érzékelésről esett szó, és a Waze alkalmazásról, mindenképp érdemes itt megemlíteni egy olyan másik közösségi érzékelésre épülő megoldást, amelyet ezúttal a tömegközlekedési eszközök mozgásának a monitorozására lehet felhasználni. Az alkalmazás neve Moovit, és nagyon sok közös vonása van a Waze-zel, többben a Waze alapítói közül a Moovit kidolgozásánál is bábáskodtak.

Az alfejezet bevezetéseként érdemes említést tenni arról, hogy a tömegközlekedési eszközök mozgását illetően nagyon hasznos lehet azt tudni, hogy egy adott vonalon hol tartózkodnak az egymást követő buszok vagy villamosok, és mikor fognak megérkezni várhatóan a következő megállóba. Ha ezt tudjuk, és az adatok megbízhatók, akkor erre alapozva hatékony útvonaltervező alkalmazásokat lehet írni, amelyek a város két pontja között több lehetséges alternatív útvonalat is meg tudnak vizsgálni, össze tudnak hasonlítani, akár úgy is, hogy az útvonal során az utasnak egyszer vagy többször is át kell szállnia egyik vagy másik tömegközlekedési eszközre.

Ahhoz, hogy a járművek tartózkodási helyét, mozgását nyomon követhessük, az egyik legkézenfekvőbb megoldás az, ha ezekre a járművekre GPS-vevőt, illetve valamilyen rádiós kommunikációs egységet szerelünk. A jármű folyamatosan lokalizálja magát, és a koordinátáit illetve a sebességét elküldi a központi adatbázis felé. Ezek alapján a rendszer ki tudja számolni, meg tudja becsülni a következő megállóig hátralevő időt, ezt az információt pedig meg tudja jeleníteni a várakozó utasok számára, egy, a peronon levő kijelzőn, egy mobiltelefonos alkalmazásban vagy egy webes felületen, illetve bemenetként tudja használni az útvonaltervező algoritmus számára.

Ezzel az elképzeléssel működik a BKK Futár szolgáltatás Budapesten már néhány éve. A főváros számos buszra és villamosra telepítette a szükséges technológiát, a megállókat felszerelte a megfelelő kijelzőkkel, és az útvonaltervezésre is képes mobilalkalmazás is elérhető. Ezt a szolgáltatást nyilvánvalóan örömmel fogadták a városban közlekedő utasok, a dolog egyetlen komoly hátulütője viszont a rendszer ára. A Futár rendszer kiépítése Budapesten, a szoftver és hardver elemek teljes körű kidolgozásával, telepítésével és tesztelésével, több mint 6 milliárd forintba került, ezt az összeget pedig nem tudja minden önkormányzat megfizetni. A Volánbusz járatain például, amelyek reggelente és délutánonként az agglomerációból a belvárosba ingázó tanulók és dolgozók tízezreit szállítják, nem elérhető ez a szolgáltatás. A megállóban állva reggel a diákok nem tudják kiszámítani, hogy késik-e esetleg a busz, ami beviszi őket az iskolába, beérnek-e az első órára, vagy sem. A buszok pedig sajnos rendszeresen késnek, sokszor egymásra torlódva érkeznek, csúcsidőben nincs ülőhely, míg a két perccel később érkező busz esetleg félig üres.

Felmerül tehát a kérdés, hogy nem lehetne-e a buszok helyzetét, érkezési idejét átláthatóbbá, kiszámíthatóbbá tenni anélkül, hogy hatalmas költségek mellett telepítenénk különböző infrastrukturális elemeket a tömegközlekedési járművekre. A választ pedig, a Waze-hez hasonlóan, megint a zsebünkben található okostelefonok nyújtják. Mint azt már említettük, a telefonok nagy többsége ma már rendelkezik GPS-vevővel, tehát tudja magát pozicionálni. A GPS-információkat rávetítve a város digitális térképére könnyen meg lehet állapítani, hogy az adott felhasználó milyen útvonalon halad a városban. Emellett a GPS-koordináták változásából ki tudjuk számolni az adott személy haladási sebességét is. Ha ez a sebesség nagyobb, mint 5-6 km/h, akkor kellő biztonsággal megállapíthatjuk, hogy az illető valamilyen jármű segítségével mozog.

Míg a személygépkocsik, a bennük ülő utasok aktuális igényeinek megfelelően keresztül-kasul mozoghatnak a városon belül, a tömegközlekedési eszközök előre definiált fix útvonalak mentén mozognak. Ha tehát egy mobiltelefon jelzése, egymás utáni GPS-koordinátái alapján azt látjuk, hogy a leírt útvonalat nem tudjuk megfeleltetni egyetlen tömegközlekedési útvonalnak sem, akkor nagy valószínűséggel az adott személy vagy biciklin ül, vagy személyautót használ a mozgásához. Ha viszont a leírt útvonal megegyezik egy tömegközlekedési útvonallal, akkor jó eséllyel az adott személy buszon vagy villamoson ül, amely azt az útvonalat követi, vagy egy személyautóban, ami az adott tömegközlekedési eszközökkel párhuzamosan halad ugyanabban az irányban. Ha viszont a mobiltelefonról érkező adatokból, GPS-koordinátákból azt látjuk, hogy az adott személy viszonylag nagy sebességgel halad egy adott buszjárat útvonalán, de időről időre rövid ideig megáll, pont azokon a helyeken, ahol az adott busznak a megállói vannak, akkor nagyon nagy valószínűséggel azon a tömegközlekedési eszközön található.

És ha ezt sikerült megállapítanunk, akkor már magától értetődő, hogy az adott személy okostelefonja képes ellátni ugyanazt a feladatot, mint amit a dedikált infrastrukturális elemek végeznek el a Futár rendszerbe becsatlakoztatott budapesti buszokon és villamosokon. A telefon ugyanúgy folyamatosan küldözgeti, hogy jelenleg épp hol tartózkodik (ő maga, és ezáltal az adott busz is), és milyen sebességgel halad, ebből pedig kiszámítható, hogy mikor fog megérkezni a következő megállóhelyre. A több milliárd forintba kerülő szolgáltatás kiépíthető tehát gyakorlatilag ingyen, egy egyszerű mobilalkalmazás segítségével, amit a városlakók ingyenesen letöltenek és futtatnak az okostelefonjukon.

Persze meg kell jegyezni, hogy a két megoldás nem feltétlenül egyforma a megbízhatóságot illetően. Míg a Futár rendszerbe becsatlakoztatott dedikált eszközök folyamatosan rendelkezésre állnak, és a buszok vagy a villamosok mozgását folyamatosan monitorozzák, illetve jelentik a központi adatbázis felé, addig a mobiltelefonra letöltött alkalmazás, bár folyamatosan futtat a háttérben a felhasználó telefonján, nem lesz képes folyamatosan beszámolni egy adott közlekedési eszköz mozgásáról, hiszen a telefon tulajdonosa sem fog egész nap az adott buszon vagy villamoson ülni.

Dedikált erőforrások hiányában, kizárólag közösségi alapon működve tehát, az alkalmazás megbízhatósága nem hasonlítható össze egy Futár rendszerhez hasonló megoldással. Ha viszont kellően nagy a felhasználói bázis, kellően sok utas futtatja telefonján az alkalmazást, akkor az elég megbízhatóan tud működni. És ne feledjük el, hogy a közösségi, peer-to-peer alapú szolgáltatásokra jellemző módon, ennek az alkalmazásnak is tud önerősítő hatása lenni, hiszen minél többen töltik le és futtatják, annál jobb minőségű, megbízhatóbb lesz a szolgáltatás, ez pedig újabb és újabb felhasználókat, letöltéseket tud generálni. Mindemellett persze mindig lehet a múltbéli adatokra is támaszkodni, és van egy menetrend is, ami meghatározza, hogy forgalmi fennakadás hiányában hogyan, mikor kell közlekednie a járműveknek. Ezeket az információkat is felhasználva a közösségi alkalmazások megbízhatósága, rendelkezésre állása növelhető.

A fent leírtakhoz hasonló módon működik a már említett Moovit szolgáltatás is, amelyet 2012-ben indítottak el. Mint azt már említettük, létezik valamilyen szintű összefonódás a Waze-zel, hiszen Uri Levine, a Waze egyik alapítója a Moovit vezetőségi tagja. A Moovit jelenleg a világ több mint 80 országában, és azon belül több mint 2500 városban üzemel, több mint 200 millió lakos töltötte le az alkalmazást, amelynek a felhasználó felülete 44 különböző nyelven érhető el. Az alkalmazás értelemszerűen fut Android- és iOS-platfommon is, de egy webes felületen keresztül is elérhető. Különböző csatornákon a cég eddig több mint 130 milliárd dollár támogatáshoz jutott. Magyarországon sajnos egyelőre nem terjedt el számottevően, bár Budapest és Székesfehérvár felkerült a Moovit térképére, de egyelőre csak a helyi tömegközlekedési vállalatától kapott statikus menetrend- információk érhetőek el rajta.

Ahogy azt már említettük, amint a felhasználó elindítja a telefonján a Moovit alkalmazást, az elkezd azonnal beküldeni a GPS- és sebességadatokat teljesen passzív módon, azaz anélkül, hogy a felhasználónak bármit is tennie kellene. A Waze-hez hasonlóan azonban itt is van arra lehetőség, hogy a felhasználók (utasok) aktív jelentéseket is feltöltsenek, arra vonatkozólag például, hogy minek köszönhető az esetleges késés, mennyire van tele a busz, mennyire kedves a sofőr, van-e Wifi a buszon, stb.

Egy érdekes esettanulmányként tekinthetünk arra, ahogyan a 2016-os Nyári Olimpiai Játékok alatt Rio de Janeiróban használták a Moovit alkalmazást. Rio, a maga 6 millió lakosával, alapesetben is sajnos meglehetősen rossz közúti közlekedési viszonyokkal rendelkezik, a buszhálózat túlterhelt, a metróhálózat pedig, bár megbízható, nem eléggé fejlett, kevés a nyomvonal. Ezt figyelembe véve sokan féltek attól, hogy amint az olimpiai játékokra hirtelen a városba tódul 12 000 sportoló, rengeteg edző, kiszolgálószemélyzet, médiamunkás és több mint egymillió szurkoló, a város közlekedési infrastruktúrája egyszerűen meg fog bénulni. Ennek tudatában a város vezetése pályázatot hirdetett meg még 2015-ben, egy olyan közösségi alkalmazást keresve, amely ki tudja egészíteni a város tömegközlekedéséhez kötött létező utastájékoztató rendszereket. A pályázatot a Moovit nyerte el.

A cél kettős volt. Egyrészt tájékoztatni kellett a sportolókat és a nézőket, szurkolókat arról, hogy milyen útvonalakon, milyen tömegközlekedési eszközök segítségével tudják elérni legkönnyebben, leghamarabb a különböző versenyek helyszíneit, illetve onnan hogyan tudnak majd hazajutni a nap végén. Másfelől biztosítani kellett azt, hogy a riói lakosok továbbra is tudják majd használni a városi tömegközlekedést az olimpia idején, annak ellenére is, hogy több mint 2000 buszjárat-módosítás vagy ideiglenes útlezárás történt a játékok miatt.

A Moovit ezért szorosan együttműködött a város forgalomirányítási központjával, közösen módosították valós időben a tömegközlekedési eszközök útvonalait a rendszerben, ha erre szükség volt, és létrehozta egy webes alkalmazást azok számára is, akik nem rendelkeztek okostelefonnal. A játékok alatt naponta több mint félmillió útvonalat terveztek meg az alkalmazás segítségével, és összesen több mint 3,5 millió aktív bejelentés érkezett a Moovit alkalmazás felhasználóitól.

---

## 5. SZENZOROK ÁLTAL TÁMOGATOTT TOVÁBBI KÖZSZOLGÁLTATÁSOK

### 5.1 INTELLIGENS KÖZVILÁGÍTÁS SZENZOROK TÁMOGATÁSÁVAL

Egy okos városhoz ma már mindenképpen hozzátartozik az energiahatékony városüzemeltetés, az okos energia-hálózat (smart grid), és ennek egyik hangsúlyos eleme az intelligens közvilágítás. Napjainkban a városok energiafogyasztásának körülbelül 20%-át teszi ki a közvilágítás, ami egy igen jelentős tétel, ezért kiemelten fontos lehet, ha a szenzorok segítségével hatékonyabbá tudjuk tenni ennek az üzemeltetését.

Ma már egyre több városban látunk tehát példákat arra, a világ minden táján, hogy szenzorokkal próbálják „felokosítani” a hálózatot, és a közterületeken kihelyezett lámpaoszlopokat. A megoldások lényege egyfelől az, hogy fénymérő szenzorok érzékelik azt, hogy milyenek a fényviszonyok a városban, és ennek függvényében tudják automatikusan be- vagy lekapcsolni a közvilágítást reggel és este, akár külön is választva a város kerületeit vagy akár egyedi utcáit, ha bizonyos helyeken valamilyen oknál fogva mások a fényviszonyok, mint máshol, vagy a fokozott biztonság érdekében arról döntenek, hogy bizonyos helyeken hamarabb kapcsoljon be a közvilágítás. Persze erre a differenciált vezérlésre fel kell hogy legyen készítve előzetesen a rendszer, ez nem feltétlenül van így jelenleg mindenhol.

Emellett arra is lehetőség nyílik a szenzorok segítségével, hogy olyan területeken, ahol az éjszaka folyamán nincs se mozgás, se jármű-, se gyalogos forgalom, a közvilágítás fényerejét csökkentjük. Különböző mozgásérzékelő szenzorok és zajmikrofonok segítségével folyamatosan lehet azért monitorozni, hogy történik-e valamilyen változás ebben a helyzetben, ha tehát megjelennek gyalogosok az adott utcában, vagy járművek, akkor ezt a szenzorok érzékelni fogják, és a fényerőt a megfelelő lámpák növelni fogják. Amikor az utca aztán megint elcsendesül, a fényerőt ismét csökkenteni lehet. A konkrét megvalósításban olyan megoldásokat is teszteltek, hogy a villanyoszlopok egymással egy hálózatot alkotnak, és jelzik egymásnak, ha valamilyen oknál fogva a szomszédos villanyoszlopoknak növelniük kell a fényerőt. Ahogy halad tehát a gyalogos a járdán, a villanyoszlopok követni fogják a mozgását, és egy bizonyos korlátos területen belül mindig a megfelelő fényerőt fogják biztosítani számára. Az eddigi mérési eredmények azt mutatták, hogy az ilyen okos, adaptív fényerőt használó közvilágítási rendszerek segítségével akár 15-20%-os megtakarítást is el lehet érni az energiaszámlán, ami nagyvárosok esetén jelentős, kézzelfogható megtakarítást jelenthet.

Mint azt már említettük, a világ számos városában léteznek már ilyen megoldások. Európában az első ilyen jellegű pilot projekt Oslóban volt, még 2006-ban, a tapasztalatok alapján pedig egy az EU által támogatott kutatás-fejlesztési projekt is elindult, E-Street Initiative néven. Budapesten is terveztek egy ilyen pilot projektet a közelmúltban, a cél a Szerémi út villanyoszlopainak felokosítása lett volna, a projekt azonban egyelőre nem valósult meg.

## 5.2 VÍZHÁLÓZAT TISZTASÁGÁNAK MONITOROZÁSA SENZOROKKAL

A szenzorok és szenzorhálózatok felhasználásának egyik nagy előnye az, hogy olyan folyamatokat tudunk rajtuk keresztül monitorozni, ráadásul olyan helyeken, ahol az emberi beavatkozás és felügyelet vagy nagyon nehézkes, vagy egyszerűen lehetetlen lenne. A városok vízhálózatának (WDN, Water Distribution Network) monitorozása, a víz esetleges szennyezettségének a feltárása, illetve az esetleges szivárgások észlelése olyan feladatok, amelyekre a szenzorok kiválóan alkalmasak.

A szenzorok felhasználása azonban számos kihívás elé állíthat bennünket. Egyrészt a föld alatti vezetékekben elhelyezett szenzorokat nem tudjuk majd kiasni és lecserélni bennük az akkumulátort, ha lemerültek, ezért az energiahatékony működés kiemelt kritérium. Másrészt kérdéses, hogy ha korlátozott számú statikus szenzort tudunk elhelyezni a hálózatban, akkor azokat a hálózat mely pontjaira helyezzük ahhoz, hogy lehetőleg minél részletesebb tájékoztatást kaphassunk a vízhálózat aktuális állapotáról, működéséről. Harmadrészt pedig szennyezések esetén azoknak a terjedését célszerű mobil szenzorokkal monitorozni, amelyeket behelyezünk bizonyos pontokon a hálózatba, azok pedig a vízzel együtt mozogva fogják feltérképezni a rendszert. A kérdés itt az, hogy a hálózat mely pontján, hány darab mobil szenzort szükséges elhelyezni ahhoz, hogy a szennyeződés terjedésének az útját és mértékét megállapíthassuk.

A vízvezeték-hálózatban áramló vizet kémiai és biológiai is lehet szennyezni, baleset eredményeképpen vagy szándékosan, egy terror-támadás részeként. Miután a szennyeződés bekerül a rendszerbe, utána olyan mértékben szét tud terjedni, hogy nagyon nagy területeket érint majd. 2014 áprilisában például a kínai Lanzhou város ivóvízhálózatában olyan mértékű toxikus szennyeződést találtak, amely több millió ember ivóvizét megfertőzte. Ha a szennyeződést felfedezték, utána azt valamilyen módon izolálni kell a még szennyeződésmentes víztömegetől, a szennyezett részbe pedig megfelelő tisztítóanyagokat kell keverni, amelyek feloldják, megszüntetik a szennyeződést, ha ez lehetséges. Ezért olyan szenzorokat kell a rendszerben elhelyezni, amelyek mérik a vízáramlás intenzitását, az oxigénszintet, a pH-szintet, és olyan aktuátorokat (pumpákat, szelepeket), amelyek lehetővé teszik a víztömeg folyamatos monitorozását és szükség esetén a valós idejű beavatkozást.

Másfelől az ivóvízhálózatokban jelentkező szivárgások hatalmas vízmennyiségek elherdálásához vezetnek, ami azért is nagyon aggasztó, mert az ivóvíz lassan a Föld egyik legfontosabb erőforrásává válik. Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezetének felmérése alapján ma a Földön 1,2 milliárd ember él olyan területen, ahol a megfelelő mennyiségű és minőségű ivóvíz nem biztosított, és ez a szám becslések szerint 2025-re 1,5 milliárdra fog nőni. A nagyvárosok előregedett vezetékain történő szivárgások mértéke viszont egyre nagyobb. Csak Londonban napi szinten 589 millió liter víz szivárog el a talajba a hálózatból, ami a napi átlagos vízhasználat 25%-a. A szivárgások feltérképezésére tehát olyan szenzorokat helyeznek be a hálózatba, amelyek az áramlás sebességét, a különböző rezgéseket és zajokat képesek érzékelni, ezek alapján pedig könnyebben rá lehet találni a szivárgások pontos helyére.

Több kutatási projekt is, mint a 2014-ben lezárult, EU-s finanszírozású Hydrobionets vagy a University of Kentucky kutatói által létrehozott TEVA-SPOT (Threat Ensemble Vulnerability Assessment Sensor Placement Optimization Tool) projekt is az ivóvízelosztó hálózat ilyen jellegű, statikusan telepített szenzorok általi megfigyelésére irányultak. Szingapúrban a WaterWiSe rendszer célja is a szivárgások feltérképezése, a bostoni hasonló rendszer neve Pipenet.

Emellett, amint azt már említettük, vannak olyan helyzetek is, amikor a hálózatba helyezett mobil szenzorokkal jobb eredményt lehet elérni. Ehhez persze szükséges az, hogy ezeknek a szenzoroknak a dobozolása vízhatlan legyen, és kellően kicsi ahhoz, hogy elférjen a vezetékekben. A Taivani Nemzeti Egyetemen fejlesztett Triopus [LAI 2012] szenzor (alább) poliphoz (octopus) hasonló, de csak három lába van, amelyekkel megpróbál megtapadni a vízvezeték belső falán. A szenzor egy kis motorral van felszerelve, amelynek segítségével tud mozogni a vezetékekben belül. Az elképzelés tehát az, hogy a szenzor időről időre elmozdul, hagyja magát sodorni a vízzel, aztán bizonyos helyeken megáll, motorja és tapadókorongjai segítségével megkapaszkodik a vezeték falán, méréseket végez, majd szükség esetén ismét továbbáll.



**5.1. ábra. A taivani egyetem kutatói által fejlesztett Triopus szenzor vízhatlan dobozolása és tapadókorongokkal felszerelt lábai, illetve a motorral nem rendelkező PipeProbe szenzor**

*Forrás: LAI 2012, itt, 4. ábra; és itt, 10. fólia*

Az ugyanazon kutatócsoport által fejlesztett PipeProbe szenzor [LAI 2010] ezzel szemben nem rendelkezik motorral és tapadókorongos lábakkal, a vízvezetékbe helyezve a szenzor egyszerűen csak a vízáramlással együtt mozog, a célja pedig a vízvezetékrendszerek ismeretlen topológiájának a felderítése. A vezetékben a vízzel együtt haladva a szenzor folyamatosan méri a nyomást és a szögsebességet, a mérési adatok feldolgozásával a fejlesztett algoritmus meg tudja állapítani az összes hajlítási pontot a vezetékben, ezáltal pedig végül fel tudja rajzolni a vezetékrendszer 3D-s térképét.

A vízvezetékben belül mozgó szenzorok egyik komoly problémája viszont a lokalizáció kérdése. A földben futó vezetékekben belül a GPS-alapú lokalizáció nyilvánvalóan nem tud működni, a szenzorok által mért adatoknak viszont sok esetben csak akkor van igazi értéke, ha pozicionálni is tudjuk a szenzort, és tudjuk, hogy a vezeték mely pontján készült a mérés. Az egyik megoldás, amit ilyenkor használni szoktak, az az RFID címkével történő pozicionálás.

### 5.3 HULLADÉKSZÁLLÍTÁS OPTIMALIZÁLÁSA SZENZOROK SEGÍTSÉGÉVEL

Egy másik olyan közszolgáltatás egy okos városban, ahol a szenzorok nagymértékben tudnak segíteni a szolgáltatás hatékonyságának a növelésében, az az utcai kukák, szemetesek kezelésének kérdése. Nyilvánvalóan a város tisztasága mind a városlakók, mind a városvezetés számára nagyon fontos, a tisztaságot pedig úgy lehet elérni, hogy a közterületeken, utcákban, közparkokban minél több szemeteskosarat helyeznek ki, ezeket pedig gyakran

ürítik, megelőzve azt, hogy túlcsoorduljanak. A szemetesek ürítését végző vállalat munkatársai egy algoritmus alapján járkák folyamatosan a város utcáit, tudják azt, hogy mely területeken, utcákon, parkokban szokott nagyobb lenni a forgalom, hol telnek meg hamarabb a kihelyezett szemetesek, és nyilvánvalóan ezeket a részeket sűrűbben járkák be, az ott lévő kukákat gyakrabban ürítik. Mindez azonban statikus adatokra épül, valamilyen elméleti becslés alapján, vagy jobb esetben az utóbbi hetek, hónapok megfigyeléseire alapozva.

Mint azt már említettük viszont, az okos város attól lesz igazán okos, ha folyamatosan tudjuk érzékelni az aktuális körülményeket, és azokra tudunk rögtön, valós időben reagálni, ha szükséges. Az utcai szemetesek esetén mindez azt jelenti, hogy a szemetesek fedelének belsejére rögzített ultrahangos vagy optikai távolságmérő szenzorokkal folyamatosan tudják monitorozni a szemetes kosarak telítettségi státuszát a városon belül, szemeteskosárra lebontva, így pedig tudják azt is, hogy mikor van szükség az egyes szemeteskosarak ürítésére. Ennek a szenzorok általi monitorozásnak nyilvánvalóan megvan az az előnye, hogy így a hirtelen változásokra, a szokásostól eltérő eseményekre is rögtön tudunk reagálni, hiszen egy hétféle rendezvény, egy tüntetés vagy bármilyen más váratlan esemény nagymértékben meg tudja változtatni az egy területen, egy utcában mozgó személyek számát, aminek nyilvánvalóan van ráhatása az általuk termelt szemét mennyiségére, és következésképpen a környékbeli szemetes kosarak telítettségi állapotára is.

Ha a szenzorok jelentései alapján a köztisztaságért felelős cég munkatársai látják, hogy hol mennyire telítettek a szemetesek, akkor az aktuális helyzetet figyelembe véve tudják optimalizálni a kukásautó útvonalát, ezzel pedig időt és üzemanyagot tudnak megspórolni mindamelllett, hogy a váratlan események okozta túlcsoorduló kukás szomorú látványát is meg lehet szüntetni. Mindezt persze nem úgy kell elképzelni, hogy a kukásautó útvonalának optimalizálását egyéni szemeteskosárra lebontva teszik meg. Nyilvánvaló, hogy ha a kukásautó befordul egy utcába, mert ott van egy szemetes, amelyik már 93%-ig megtelt és riasztást küldött, akkor már kiürítik az utcában levő többi szemetest is, még akkor is, ha azok esetleg csak 60-70%-os telítettséget mutatnak, hiszen még egyszer visszajönni ugyanabba az utcába, esetleg másnap, amikor azok a szemetesek is teljesen megtelnek, már nem feltétlenül lesz idő- és energiahatékony. Sokkal inkább úgy kell tehát az optimalizálási feladatra gondolni, hogy utcákat, parkokat általában együtt kezelnek, az ott található szemetesek átlagos telítettségét veszik figyelembe, ha viszont vannak olyan kosarak, amelyek riasztást küldenek, mert már a túlcsoordulás határán vannak azt az útvonaltervező algoritmus kiemelt prioritással kezeli majd.

Ma már több gyártó is van, amelyik ilyen szemeteskosár-telítettséget mérő szenzorokat forgalmaz, és több városban is felszerelték már ezeket, működtetnek hasonló rendszereket. Mi itt most a bostoni székhelyű, de finn alapítókkal rendelkező Enevo céget említjük meg, amelynek együttműködési megállapodása van több mint 60 nagyváros (többek között Edinburgh, Rotterdam vagy Amszterdam) önkormányzataival az okos szemeteskukák telepítését és üzemeltetését illetően, illetve a McDonald's és a Burger King étteremláncokkal is. 2016-ban az Enevo 15 millió euró értékű befektetést jegyezhetett az Európai Befektetési Bank (EIB) jóvoltából. Az alábbi képeken az Enevo telítettséget mérő szenzorjait láthatjuk.





**5.2. ábra. Az Enevo által gyártott, szemetes kukák telítettségét mérő szenzorok**

*Forrás: [itt](#) és [itt](#)*

---

## 6. OKOS VÁROSOK SZENZOROKKAL TÁMOGATOTT KOMPLEX RENDSZEREI

Ebben a zárófejezetben nem technológiákra vagy adott alkalmazásokra lebontva szeretnénk bemutatni különböző okosváros-megvalósításokat, hanem két város, Santander és Szingapúr példáján keresztül szeretnénk szemléltetni, hogy milyen sokrétű alkalmazásai lehetnek a szenzoroknak és szenzorhálózatoknak az okos városok, és azon belül a különböző közszolgáltatások hatékony és fenntartható működtetését illetően, illetve hogyan lehet ezeket integrálni egy közös okosváros-ökoszisztémába. Santander példája többek között azért érdekes, mert egy hozzánk viszonylag közel található európai kisváros, amelyre évekkkel a Smart Santander kutatásfejlesztési projekt lezárása után is referenciaként tekintenek. Szingapúrt pedig a nemzetközi közvélemény már évek óta úgy könyveli el, mint az egyik legfejlettebb, legokosabb várost az egész világon. Röviden bemutatjuk, miért.

### 6.1 SMART SANTANDER

A következőkben részletesebben bemutatjuk tehát egy sokoldalú okos város pilot projekt különböző aspektusait, a felhasznált érzékelési és kommunikációs technológiákat, a telepített szenzorokat és egyéb hardvereszközöket, a telepítés különböző fázisait, illetve a kiépített infrastruktúrára épülő alkalmazásokat, szolgáltatásokat.

A Smart Santander projekt [SANCHEZ 2010] [SANCHEZ 2011] egy, az Európai Unió által támogatott nemzetközi kutatásfejlesztési projekt volt, amely 2010 szeptembere és 2013 szeptembere között valósult meg. Bár egy lassan 5 évvel ezelőtti projektről van szó, de összetettsége, a széles körű konzorcium és a megvalósított kiterjedt szolgáltatáspalette miatt továbbra is referencia projektként tartják számon. A projekt összköltségvetése 8,67 millió euró volt, ebből 6 millió euró az EU támogatás, a fennmaradó összeg pedig a projektpartnerek önrésze. A konzorcium tagjai telekommunikációs szolgáltatók (Telefonica), gyártók (Ericsson, Alcatel Lucent), egyetemek (Universidad de Cantabria, University of Surrey, Universitat zu Lubeck, Lancaster University, University of Melbourne), kutató laboratóriumok (Commisariat a l'Energie Atomique, Computer Technology Institute, Alexandra Institutet) voltak, illetve a santanderi önkormányzat.

Santander egy tengerparti város Észak-Spanyolországban, körülbelül 180 000 lakosa van, területe pedig 35 km<sup>2</sup>, azaz kicsivel nagyobb, mint Budapest XI. kerülete. A projekt célja egy nagyméretű okosváros-tesztrendszer kiépítése volt, ehhez több mint 12 000 különböző szenzort telepítettek Santanderben. Emellett, szintén a projekt részeként, különböző kisebb teszhálózatokat telepítettek, körülbelül 8 000 szenzor kihelyezésével, további három városban: Lübeck, Belgrád és Guildford.

Megfigyelhető, hogy jellemzően nem a többmillió lakosságú metropoliszokban épülnek ki ilyen pilot rendszerek, hanem sokkal inkább a néhány százézes, kis-közepes méretű városokban (Lübeck: 210 000 lakos; Guildford: 80 000 lakos; vagy Magyarországon a Magyar Telekom együttműködésével fejlesztett okos városok: Szolnok: 70 000 lakos; Nyíregyháza 110 000 lakos). Mindez annak köszönhető, hogy egy kis-közepes méretű városban nem

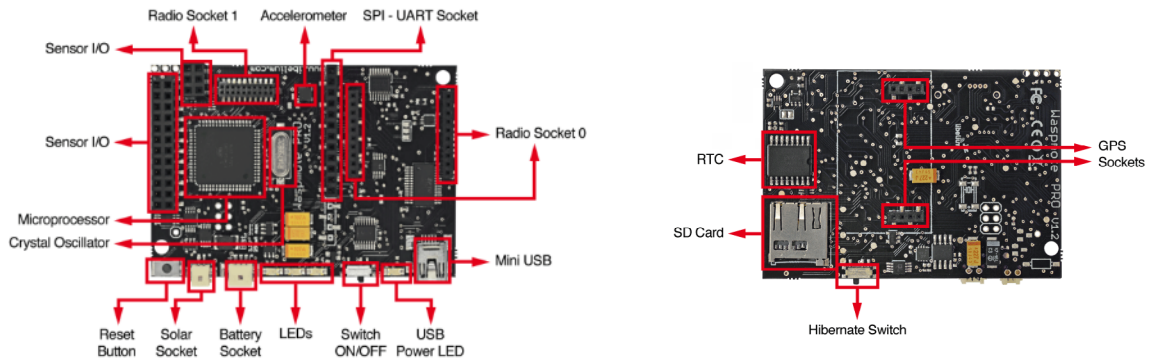
szükséges hatalmas összegeket költeni az okos város érzékelési- és kommunikációs infrastruktúra kiépítésére, hiszen jóval kevesebb szenzorral lefedhető az egész város, ezáltal pedig megfigyelhető az, hogy az adott technológia telepítése és a ráépülő szolgáltatások működtetése milyen hatással van a mindennapi városi életre, a városüzemeltetés hatékonyságára. Ezzel szemben például Budapesten több százezer parkolóhely van, ha tehát itt kialakítunk egy okos parkolórendszert néhány ezer parkolószenzor telepítésével annak a hatása gyakorlatilag érzékelhetetlen lesz a város egészének forgalmát illetően. Ha viszont a több százezer parkolóhely mindegyikét fel szeretnénk szerelni szenzorokkal, az olyan méretű infrastrukturális beruházást igényelne, amelyet sem a fővárosi önkormányzat, sem a vele kapcsolatban álló ipari szereplők nem hajlandók egyelőre felvállalni, különösen az aktuális szenzorárak mellett. Egy 100-200 000 lakosú város esetében azonban ezek a költségek vállalható nagyságrendben mozognak, és a város mérete kellően nagy is ahhoz, hogy legyen értelme a telepítéseknek, alakuljanak ki olyan forgalmi viszonyok, dugók, amelyeket hatékonyan enyhíthet például egy okos parkolórendszer.

Területét és lakosságának számát illetően tehát Santander is ideális helyszín volt egy okosváros-tesztrendszer kiépítéséhez. A városban egy háromrétegű architektúrát építettek ki. Az első réteget a különböző szenzorok képezték, amelyek képesek voltak hőmérsékletet, légszennyezést, zajt, fényviszonyokat, illetve parkolási eseményeket érzékelni. Ezek akkumulátorról működő egyéni szenzorok voltak, az energiahatékonyságukra tehát külön figyelmet kellett fordítani. A szenzorok egy részét a második réteget képező ismétlő csomópontokba integrálták. Az ismétlő csomópontok olyan egységek voltak, amelyek amellett, hogy bizonyos esetekben szenzorokat is magukban foglaltak, alapvetően a többi, akkumulátorról működő szenzor adatainak összegyűjtését és azok továbbküldését valósították meg a távoli gateway-csomópontok felé. Az ismétlőket jellemzően magasan a föld felett helyezték el, lámpaoszlopokon, közlekedési lámpákban vagy információs panelekben, biztosítva ezáltal a jobb minőségű rádiós kommunikációt (egy aszfaltba ágyazott parkolószenzor rádiós hatósugara például erősen korlátozott, főként, ha az energiahatékonyság miatt a küldési teljesítményt korlátozzuk, a szenzor felett pedig egy autó parkol, jelentősen leárnyékolva a kommunikációt). Mindemellett az ismétlő csomópontok tápellátása is biztosított volt, ebben az esetben nem kellett tehát az energiahatékonyság kérdéseivel foglalkozni.

Az architektúra harmadik rétegét az úgynevezett gateway-csomópontok képezték, amelyek begyűjtötték az ismétlőktől érkező adatokat, eltárolták vagy szükség esetén feldolgozták azokat, majd különböző vezetékes (ethernet) vagy vezeték nélküli (WiFi, GPRS/UMTS) interfészekon keresztül továbbküldték a központi adatbázishoz.

### 6.1.1 Telepített szenzorok

A telepített szenzorcsomópontok a Libelium nevű cég WaspMote csomópontjai voltak. Ezek tartalmaztak egy ATmega1281-es mikrokontrollert, 8 KB SRAM, 4 KB EEPROM és 128 KB Flash memóriát, egy 2 GB-os SD-kártyát, a súlyuk 20 gr, a méretük pedig 73 x 51 x 13 mm volt. A WaspMote energiafogyasztása bekapcsolt állapotban 15 mA, alvó állapotban 55 uA, hibernált állapotban pedig 0,7uA volt. A csomópontokhoz lehetett csatlakoztatni napelemet is, rendelkezett 7 analóg input, 8 digitális I/O, 2 UART, 1 I2C, 1 USB- és 1 SPI-interfészsel, Integrált szenzorként rendelkeztek hőmérővel, gyorsulásmérővel és fényérzékelővel.

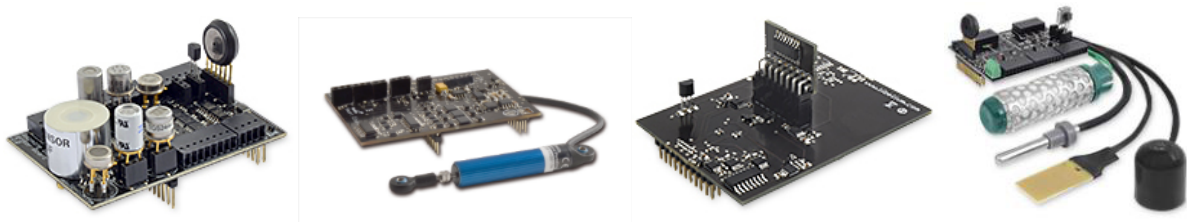


6.1. ábra. A Libelium Wasp mote alaplapjának két oldala

Forrás: [itt](#) és [itt](#)

Emellett több különböző szenzorkártyát lehetett csatlakoztatni hozzájuk. Ezek közül a Gas Sensor Board képes volt a levegőben található szén-monoxid (CO), szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>), ammónia (NH<sub>3</sub>), ózon (O<sub>3</sub>), kén-hidrogén (H<sub>2</sub>S), metilbenzol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>) és bután (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) mérésére, illetve a levegő páratartalmának és légnyo-  
másnak a mérésére.

A Libelium Wasp mote-hoz csatlakoztatható úgynevezett Smart City Board gyakorlatilag egy zajszenzort tartalmazott, amely a 20 Hz és 20 KHz közötti tartományban érzékelt a környezeti zajokat. A Parking Sensor Board egy aszfaltba ágyazott magnetométeres szenzor volt, amely érzékelt a felette parkoló autókat, az Agriculture Board pedig gyakorlatilag egy talajnedvességet mérő szenzort jelentett.



6.2. ábra. Csatlakoztatható Libelium szenzorkártyák  
(Gas Sensor Board, Smart City Board, Parking Sensor Board, Agriculture Board)

Forrás: [itt](#), [itt](#) és [itt](#)

Ma már természetesen újabb, hatékonyabb és több paraméter monitorozására képes szenzorkártyákat is gyárt ez a gyártó, mi azonban most a néhány évvel ezelőtti állapotot, a Santanderben ténylegesen telepített eszközöket mutatjuk be.

Ami a Waspote rádiós kommunikációs interfészeit illeti, az integrált Radio Expansion Board két rádiós egységet tartalmazott, ezek mindegyike a 2.4 GHz-es frekvencián működött. Az egyik rádiós interfészen a szabványos IEEE 802.15.4 protokoll futott, ezt az interfészt tesztelésre használták. Bárki írhatott és futtathatott tehát tesztalkalmazásokat a városban telepített teszhálózat eszközein, anélkül, hogy a teszhálózat működését és a valós fizikai / környezeti paraméterek monitorozását megzavarná.



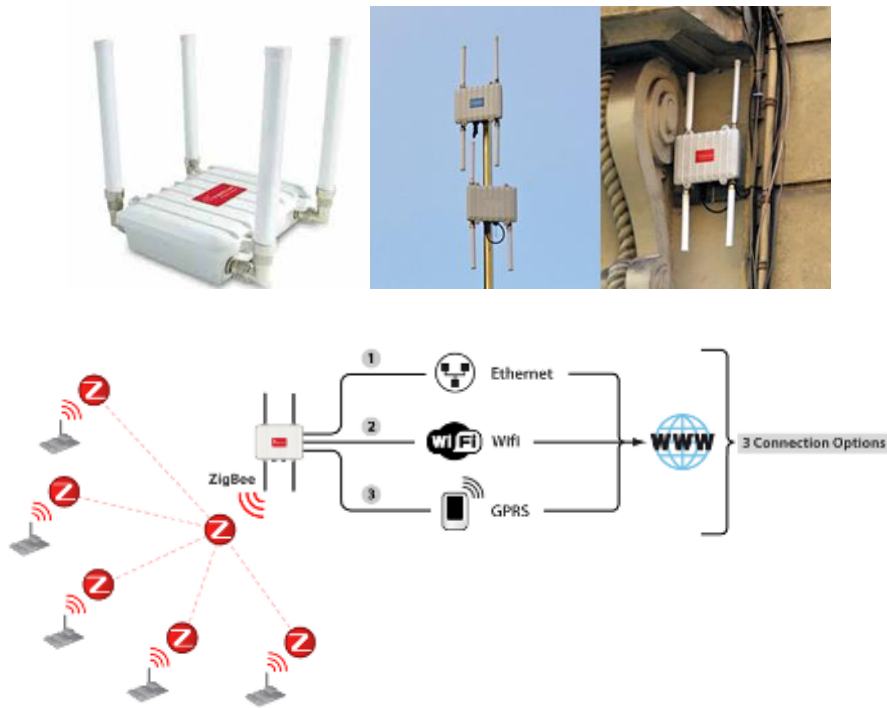
**6.3. ábra. Libelium Radio Expansion Board, dobozolás nélkül és dobozolva**

*Forrás: [itt](#) és [itt](#);*

Ezzel szemben a másik interfész a szenzoradatok begyűjtésére és a jelzésforgalom továbbítására szolgált (többek között a szenzorcsomópontok szoftverének flashelése is ezen az interfészen keresztül történt). Ezen az interfészen egy átalakított, egyszerű útválasztó algoritmussal működő, DigiMeshnek hívott protokoll működött. Ennek a proprietary (gyártóspecifikus) protokollnak a lényege az, hogy az egyes eszközök egyenrangúak, a topológia teljesen flexibilis, és bármelyik csomópont áttérhet alvó üzemmódba, ezzel energiát spórolva. Ezzel szemben a hagyományos IEEE 802.15.4 hálózatban megkülönböztetünk egy koordinátort, átjátszó csomópontokat és végpontokat. A végpontok lehetnek egyszerű, olcsó eszközök, a koordinátor és az átjátszóeszközök viszont kiemelt jelentőséggel bírnak, ezek az elemek nem aludhatnak. Ezeknek a hálózatoknak az előnye, hogy szabványosított protokollt használnak, így tehát lehetőség van arra, hogy különböző gyártók különböző eszközei együttműködjenek egymással egy ilyen hálózatba integrálva.

### 6.1.2 A Meshilium gateway

A városi szenzorhálózat kiépítéséhez szükség volt, mint ahogy már említettük, gateway-csomópontok telepítésére is, amelyek begyűjtötték az adatokat a kihelyezett szenzorcsomópontoktól, tárolták és szükségé esetén továbbították azokat egy központi feldolgozóegység felé. A kihelyezett gateway-csomópontokat szintén a Libelium nevű cég gyártotta. A Meshilium gatewayben egy 500 MHz-es processzor volt, 256 MB-os DDR memória, egy 8 GB-os merevlemez, Linux Debian operációs rendszer futott rajta, a tápellátását egy Ethernet-kapcsolaton keresztül kapta (Power over Ethernet), és a vezetékes kommunikációs interfész mellett rendelkezett WiFi, Zigbee (IEEE 802.15.4), Bluetooth és 3G rádiós interfésszel is.



**6.4. ábra. A Meshilium gateway telepítve egy santanderi épületre, illetve a gateway kommunikációs interfészeinek ábrázolása**

*Forrás: [itt](#), [itt](#) és [itt](#)*

A gateway-csomópontokat egy alumínium dobozban helyezték ki, amelynek súlya 1,2 kg, a mérete pedig 210 x 175 x 50 mm volt.

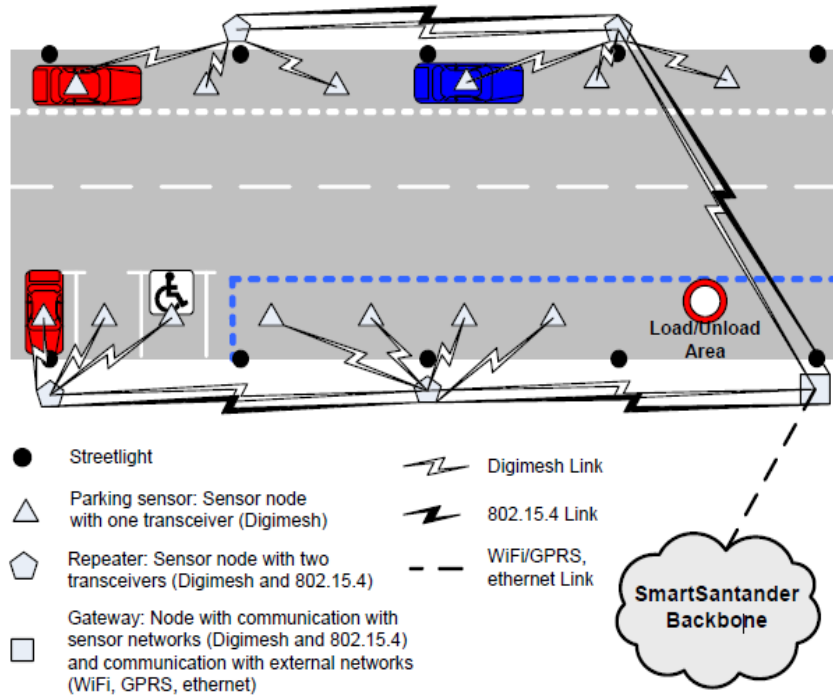
A teljes santanderi teszthálózatot klaszterekbe szervezték, egy klaszterbe több különböző, de azonos átjáróhoz (gatewayhez) tartozó szenzorcsomópontok és ismétlők tartoztak.

### 6.1.3 A teszthálózat telepítésének fázisai

A santanderi teszthálózat telepítése három fázisban zajlott, 2011 novemberében, 2012 novemberében, illetve 2013 augusztusában.

Az első fázisban kihelyeztek 373 parkolószenzort, 13 levegőminőséget mérő szenzort, 58 zajszintet mérő szenzort, 553 fénymérő szenzort, 74 hőmérsékletet mérő szenzort és 23 gateway-csomópontot (a szenzorok egy része ismétlőkbe volt integrálva). A két megcélzott felhasználási terület a környezetmonitorozás és a kültéri parkolás voltak. Érdeemes megjegyezni, hogy minden kihelyezett szenzorcsomópont rendelkezett a már említett duplázott rádiós interfésszel: az egyik a szenzorok által mért adatokat továbbították, míg a másodikat a teszthálózat felhasználói programozhatták, tesztelhetők. Ez alól kivételt képeztek azonban a parkolószenzorok,

amelyek csak a Digimesh rádiós interfésszel rendelkeztek, ezek tehát nem voltak programozhatók. A döntés hátterében az állt, hogy az aszfaltba elhelyezett parkolószenzorok energiahatékonyságára fokozottan vigyázni kellett, hiszen ezeknek az eszközöknek az újratöltése, abban az esetben, ha lemerült az akkumulátoruk, kifejezetten nehézkes. Emiatt tehát ezeknek a szenzoroknak „csak” a rendeltetés szerű működése volt biztosított, de kísérleti kódot nem lehetett rajtuk futtatni, mert az plusz energiahasználatra kényszerítette volna őket.



6.5. ábra. Parkolási infrastruktúra a Smart Santander projektben

Forrás: [itt](#)

A 6.5. ábrán jól láthatók ennek a telepített parkolási infrastruktúrának az elemei. Az aszfaltba ágyazott szenzorok csak kis távolságokra, a közelükben elhelyezett repeater (ismétlő) eszközökig küldik az állapotinformációjukat (foglalt vagy szabad). Ezeket az ismétlőket az út mentén található villanyoszlopokra helyezték fel, hasonlóan a gateway-csomóponthoz. Az ábrán látható az is, hogy a beágyazott szenzorok csak a Digimesh interfészen kommunikálnak.

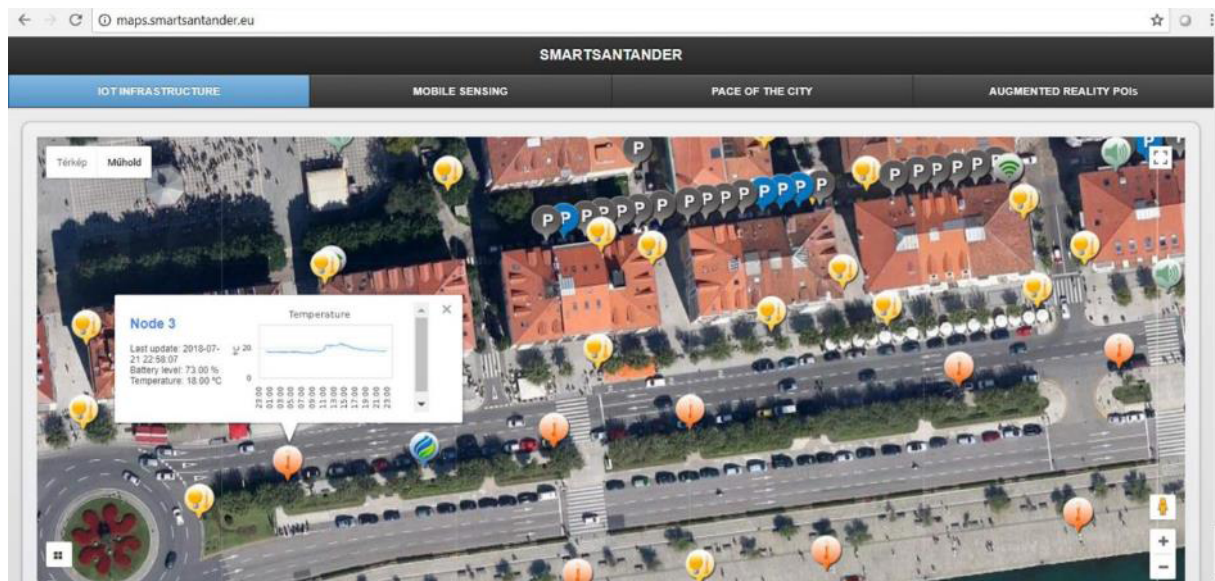
A teszhálózat telepítésének második fázisában hat új felhasználási területet (use case) céloztak meg: a forgalom monitorozását úttestbe épített szenzorok segítségével, környezetmonitorozást mobil eszközökkel (amelyek folyamatosan mozogtak a városban), intelligens öntözést a köztéri parkokban, navigálást a szabad parkolóhelyekre, NFC (Near Field Communications) -alapú jelenlét-érzékelésre épülő kiterjesztett valóság (augmented reality) szolgáltatásokat és közösségi érzékelés (participatory sensing) megvalósítását.

A telepítés során tehát a következő eszközöket helyezték ki ebben a fázisban:

- 5 új gateway-csomópont, amelyek közül 3 az intelligens öntözéshez telepített szenzorokat kötötte be a rendszerbe, 2 pedig a forgalmat monitorozó érzékelőket
- 58 db új ismétlő csomópont, amelyek különböző szenzorokat is tartalmaztak a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a szélesebbesség, a légnyomás, vagy a csapadékmennyiség mérésére.
- 70 db buszokra szerelt mobil érzékelő, amelyek a város különböző pontjain, az adott buszok útvonalán folyamatosan mérték a levegő minőségét, a hőmérsékletet, a relatív pártartalmat, a sebességet, illetve GPS segítségével a buszok aktuális pozícióját. Ezen szenzorok esetében a GPRS-kapcsolat mellett egy hagyományos IEEE 802.15.4 rádiós interfész is elérhető volt, az érdeklődő felhasználók tehát tudták telepíteni és tesztelni a saját programjaikat ezeken a mobil szenzorcsomópontokon.
- 80 db mobil érzékelő, amelyeket taxikba, illetve rendőrautókba telepítettek. A buszokhoz hasonlóan ezek a járművek is folyamatosan járnak a várost, bár a buszoktól eltérően nem rögzített útvonal mentén. Ezekbe a járművekbe is hasonló érzékelőket helyeztek el a levegőminőség, a páratartalom, a hőmérséklet vagy a sebesség érzékelésére, kommunikációs interfészként viszont csak a GPRS-kapcsolat állt rendelkezésre. Ily módon ezekre az eszközökre nem lehetett kísérleti alkalmazásokat telepíteni, ennek pedig nyilvánvalóan biztonsági okai voltak, hiszen máskülönben lehetővé vált volna a rendőrautóba elhelyezett eszközök átprogramozása, vagy akár a rendőrök nyomon követése bárki által.
- 59 db közlekedési szenzor, amelyek az aszfaltcsíkba meghatározott helyre telepítve képesek voltak mérni az aktuális forgalom sűrűségét, a járművek számát és sebességét.
- 2500 db NFC-s kiterjesztett valóság címke
- 6500 okostelefonra telepített közösségi érzékelést biztosító alkalmazás

A 6.6. ábrán egy képernyőkép látható a még a mai napig is publikusan elérhető [maps.santander.eu](http://maps.santander.eu) portálról. A lap tetején kiválasztható, hogy milyen szenzorok adataira vagyunk kíváncsiak. Az IoT infrastruktúra azt jelenti, hogy a fixen telepített érzékelési infrastruktúra elemeit akarjuk látni. A város térképére illesztve itt különböző ikonokat fedezhetünk fel. A kép felső részén sok parkolószenzort látunk egymás mellett egy adott utcában. A kék ikonok a szabad parkolóhelyeket jelzik, a szürkék pedig a foglaltakat. A narancssárga ikonok hőmérsékletmérő szenzorokat jeleznek, a sárgák fénymérő szenzorokat, a jobb felső sarokban látható zöld ikonok pedig zajmérő szenzorokat.





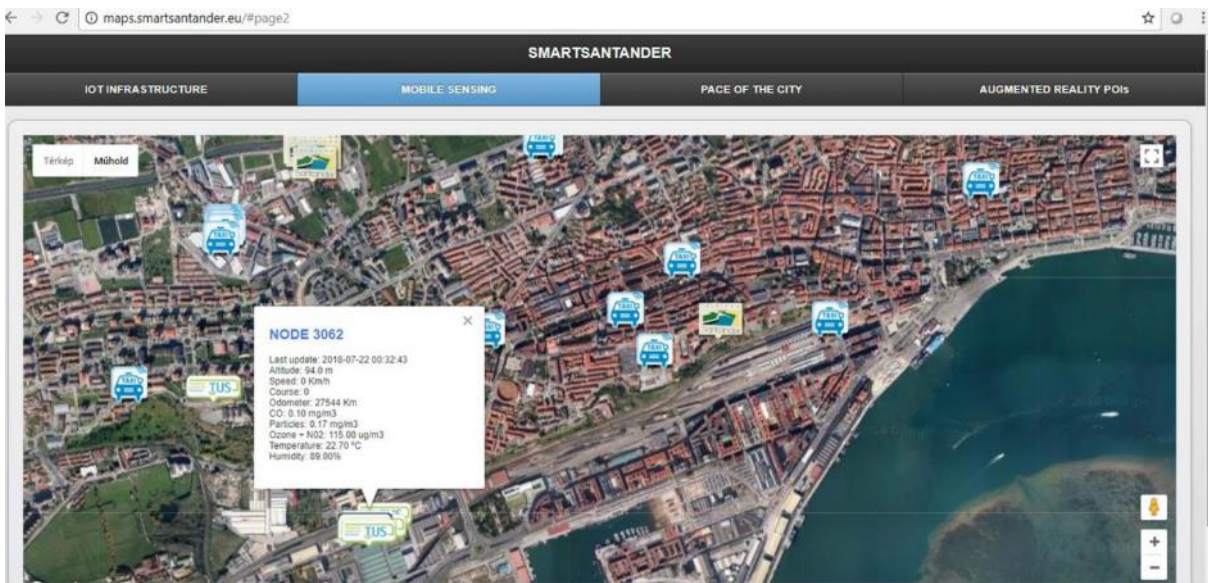
**6.6. ábra: Telepített szenzorok, illetve azok aktuális mérési eredményei**

*Forrás: [itt](#); a szerző saját képernyőmentése a publikusan elérhető Smart Santander portálról*

Ha bármelyik ikonra rákattintunk, akkor különböző információk jelennek meg az adott szenzorral kapcsolatban. A fenti képernyőképet a monográfia ezen oldalának írásakor, 2018. július 21-én este generáltam, látható, hogy a szenzor akkumulátorának töltöttsége 73%-on állt, a mért hőmérséklet pedig 18 °C fok volt. A megnyíló párbeszédablakban emellett látható az is, hogy az adott napon hogyan alakult a hőmérséklet a város adott pontján. Sajnos az ikonok egy részére hiába kattintunk azonban, nem történik semmi, valószínűleg azért, mert azok a szenzorok lemerültek. Más szenzorok emellett hamis adatokat küldenek, sok esetben 0 °C fokot láthatunk például, ami nyilvánvalóan nem hihető érték júliusban Spanyolországban, ez az érték valószínűleg a szenzor valamilyen meghibásodásának tudható be.

A szenzorok egy része tehát sajnos nem működik már rendeltetésszerűen, egy másik részük viszont továbbra is valós adatokat szolgáltat. Ez persze annak is tulajdonítható, hogy bár maga a Smart Santander projekt 2013-ban befejeződött, de ezek után is több más nemzetközi kutatásfejlesztési projekt épített a spanyol városban már meglévő infrastruktúrára. Ilyen volt például a ClouT (Cloud of Things) nevű projekt, mely az EU és Japán együttműködésével jött létre, és melyben Santander mellett Genova, illetve japán részről Fujisawa és Mitaka városaiban építettek okosváros-infrastruktúrát. A ClouT projekt 2016-ban ért véget, a folytatása azonban, BigClouT névvel jelenleg is fut, bár a santanderi önkormányzat itt már nem tagja a konzorciumnak.

A 6.7. ábra ezzel szemben a taxikba, illetve buszokba telepített mobil szenzorok elhelyezkedését mutatja. Ezt a képernyőt már 2018. július 22-én, kicsivel éjjel után mentettük le. A fehér párbeszédablakban egy buszon található szenzorok mérési adatait láthatjuk. Mivel már éjjel után vagyunk, látható, hogy több busz is egy helyen áll, a megjelölt busz sebessége 0 km/h, valószínűleg tehát ezek a buszok egy buszpályaudvaron vagy egy buszgarázsban parkolnak éjjel. Emellett azonban a levegő minőségére, a hőmérsékletre, illetve a páratartalomra vonatkozó adatok valószínűleg tényleg, és még azt is megtudhatjuk, hogy ez a busz már 27 000 kilométert futott.

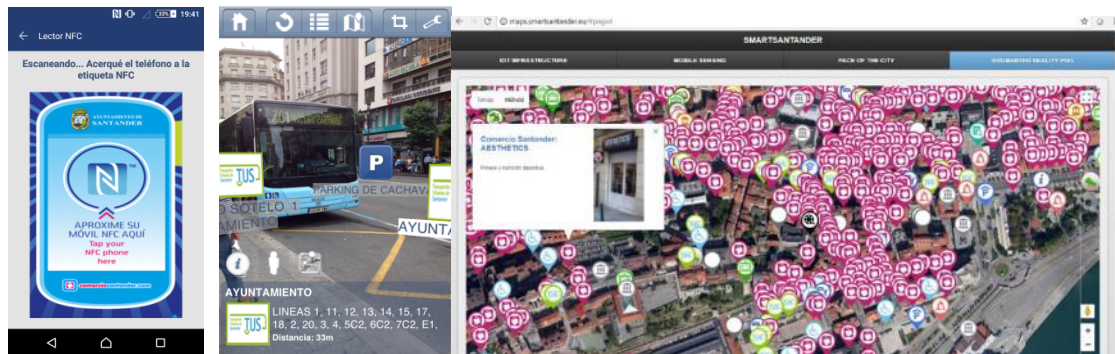


**6.7. ábra. Mobil szenzorok, illetve azok aktuális mérési eredményei**

*Forrás: [itt](#); a szerző saját képernyőmentése a publikusan elérhető Smart Santander portálról 2018. július 22-én*

Mint ahogy már említettük, ebben a második telepítési fázisban elhelyeztek 2000 NFC-címkét is a város különböző pontjain, leginkább a különböző POI-k (Point of Interest) jelzésére (látványosságok, műemlékek, éttermek, szállodák stb.). Ha az adott helyen a felhasználók elővették az okostelefonjukat és hozzáértették az NFC-címkéhez, különböző információkhoz lehetett hozzájutni, a mobiltelefon felhasználásával működő kiterjesztett valóság (augmented reality) alkalmazásokon keresztül. A 6.8. ábra bal oldalán egy ilyen kihelyezett címkét látunk, amelynek segítségével egy adott boltról kaphatunk információkat, ha épp a bolt előtt tartózkodunk, vagy a kihelyezett NFC-címke telefonunkkal történő megérintésével, vagy a megadott QR-kód leolvasásával. A középső képen ezután azt láthatjuk, hogy a telefon képernyőjén ezek az információk hogyan jelennek meg – gyakorlatilag információs réteggént, amelyet ráhelyeznek a kameraképre. Az ábra jobb oldalán pedig a város térképét látjuk, amelyre fel vannak helyezve a különböző fontos pontok (POI-k) a városban. Különböző színű ikonok jelzik a boltokat, a buszmegállókat, a műemlékeket, a mozgássérült parkolóhelyeket, a mozikat, a templomokat stb. Az ábrát a monográfia szerkesztéskor mentettük le a város egy bizonyos részére ráközelítve. Ha egy adott logóra rákattintunk a térképen, akkor a felugró ablakban egy fényképet és némi pluszinformációt kaphatunk az adott pontról (jelen esetben egy fitnesszteremről).

Az utolsó új szolgáltatás pedig, amit bevezettek a második telepítési fázis során, az a közösségi érzékelés (angolul participatory sensing) volt, mely szolgáltatást „Pace of the city”-nek, azaz „a város löktetésének” nevezték el. Ennek a lényege az, hogy egy mobilalkalmazás letöltésével a város lakóinak lehetősége nyílik arra, hogy okostelefonjaikat arra használják, hogy bizonyos bejelentéseket tehessenek a város vezetése felé a különböző tapasztalt anomáliákról – túlcorduló szemetesek, kátyúk, balesetveszélyes fák stb. A bejelentéshez rendszerint fotót csatolnak, amin látszik a bejelentés tárgya, emellett pedig az okostelefon segítségével automatikusan társulnak hozzá a GPS-koordináták is. A bejelentés kezelése után az önkormányzat visszajelzést küldhet a bejelentő lakosnak, egy képpel és egy üzenettel, jelezve, hogy a problémát elhárították.



**6.8. ábra. Kihelyezett NFC-címke beolvasása okostelefonnal, okostelefon képernyőjén megjelenített információk egy kiterjesztett valóság alkalmazással, illetve a POI-k megjelenítése a város térképén**

*Forrás: [itt](#) és [itt](#),*

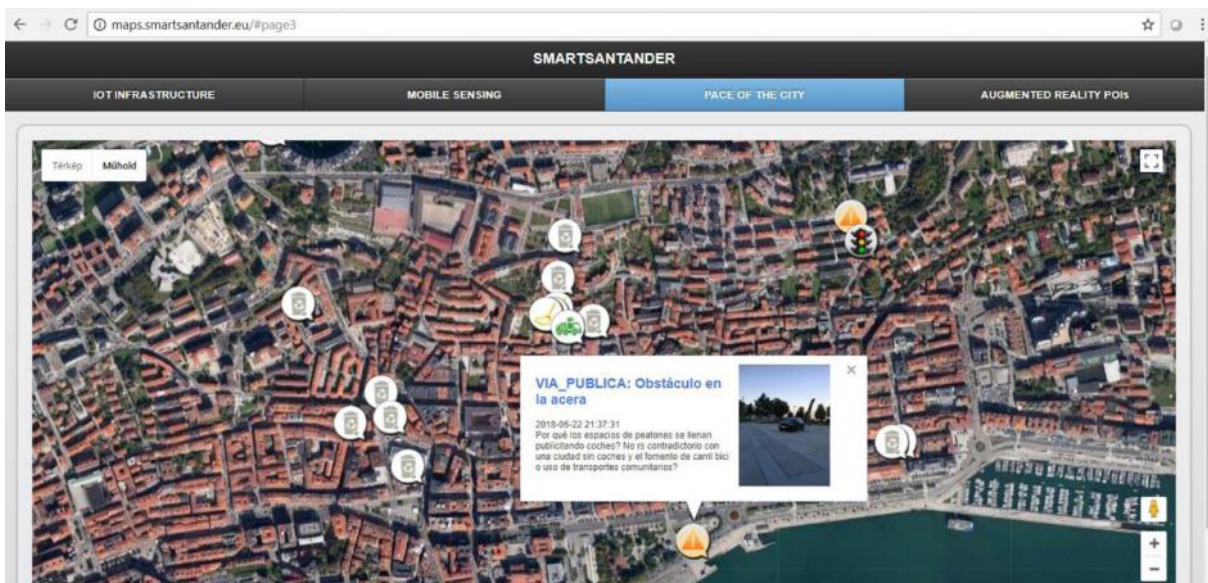
illetve a szerző saját mentése a Smart Santander portálról, [itt](#)

Hasonló szolgáltatás sok okos városban működik ma már, változó sikerrel. Vannak városok, országok, ahol teljesen elfogadott az, ha a lakókat a tapasztalt problémák bejelentésére ösztönzik. Más városokban, más kultúrákban ez nehezebb. Azzal viszont mindenhol egyetértenek, hogy a visszajelzések az önkormányzat részéről nagyon pozitív hatással vannak a lakosokra, hiszen azt éreztetik velük, hogy a véleményük fontos, a problémáikkal foglalkoznak, sőt, meg is oldják azokat. Emiatt aztán a lakók kedvet is kapnak a további bejelentésekhez, a rendszer pedig hatékonyan tud működni. Ha viszont a bejelentések nyomán hosszú ideig nem történik semmi, vagy ha történik is, de arról nem érkezik visszajelzés a bejelentők felé, a lakók nagyon hamar elveszítik a bizalmukat a rendszerben, és később értelmetlennek, időpazarlásnak tekintenek minden további bejelentést.

A 6.9. ábrán ezt a felületét láthatjuk a Smart Santander portálnak. A képernyőképet a monográfia írásakor mentettük le, és egy olyan bejelentés ikonjára kattintottunk, amelyben az egyik városlakó azt nehezményezi, hogy a belváros egyik sétálóutcájában egy reklámmal felmatricázott autó parkol, noha a városvezetés kifejezetten a gyalogos és biciklis közlekedést, illetve a tömegközlekedést próbálja ösztönözni. Sajnos azt láthatjuk, hogy a felületen viszonylag kevés bejelentés látható, és ezek nagy része is viszonylag régi (a megnyitott bejegyzés a monográfia írása előtt 1 hónappal keletkezett). Ez nyilvánvalóan betudható annak, hogy a Smart Santander projekt már több éve lezárult, ezért a város lakói valószínűleg nem is tudnak valószínűleg mind erről a lehetőségről. Másfelől viszont pozitívumnak tekinthető az, hogy továbbra is vannak olyan lakosok, akik használják a portált ilyen célra (is).

Visszatérve a telepítés fázisaira, a harmadik ütemben 3 újabb gateway-csomópontot, 37 új ismétlőeszközt, 25 új, buszokra szerelt mobil szenzorcsomópontot és 330 új parkolószenzort helyeztek ki.

Össességében tehát több mint 12 000 szenzort helyeztek ki a városban a projekt különböző fázisaiban, és ezek viszonylag nagy mennyiségű adatot generáltak naponta: 139 370 környezeti mérést a fix szenzoroktól, 82 726 környezeti mérést mobil szenzoroktól, 8 365 öntözéssel kapcsolatos adatot, 13 489 parkolásmérést, illetve 54 720 forgalmi mérést. Mindez 450 MB adatot jelent évente, ami azért kezelhető mennyiség, tekintve, hogy a szenzoroktól jövő adatok rendszerint kisméretűek.



**6.9. ábra. Lakossági bejelentésekre is alkalmas felület**

Forrás: [itt](#), a szerző saját képernyőmentése a publikusan elérhető Smart Santander portálról

## 6.2 SZINGAPÚR

Szingapúr [SINGAPORE 2017] egy városállam, mely 137 kilométerre északra helyezkedik el az Egyenlítőtől, a Maláj-félszigeten. A világ egyik legnagyobb népsűrűséggel rendelkező városa/országa, 597 négyzetkilométeres területén, ami nagyjából megegyezik Budapest alapterületével, több mint 5,5 millió ember él (2014-es adatok szerint). A lakossága nagyon vegyes, kínai, indiai, maláj és eurázsiai származású. Bár függetlenségét Nagy Britanniától csak 1963-ban nyerte el, ma a világ egyik legfejlettebb gazdaságának számít, az úgynevezett ázsiai kistigrisek, azaz a legdinamikusabban fejlődő gazdaságok közé sorolják.

Mivel Szingapúr területe viszonylag kicsi a lakosság méretéhez képest, a hatóságok próbálták különböző eszközökkel csökkenteni a lakossági gépjárművek számát, többek között úgy, hogy rendkívül magas regisztrációs adót vezettek be a személygépkocsikra, aminek következtében csak a leggazdagabbak engedhetik meg maguknak, hogy saját gépkocsijuk legyen. Emiatt az 5,5 milliós lakosság ellenére csak 650 000 autó van regisztrálva a városállamban, ami ha az egy főre jutó járművek számát nézzük, nagyjából az ötöde a budapestinek (Szingapúrban kb. minden 9 lakosra jut egy autó, Budapesten és az agglomerációjában minden 2 lakosra).

Emellett viszont természetesen nagyon fejlett tömegközlekedési rendszert fejlesztettek ki, többek között a kormányzat által meghirdetett Singapore Smart Nation projekt keretén belül. A budapesti Futár rendszerhez hasonló szolgáltatás például ott is működik, valós időben követve több mint 4700 tömegközlekedési jármű mozgását több mint 360 útvonalon. A buszok telítettségéről szintén kapnak az érdeklődő utasok információkat, különböző színkódokkal jelzik azt, ha a buszon vannak még ülőhelyek (zöld szín), ha már csak állóhelyek vannak (sárga szín), vagy ha a busz teljesen zsúfolt, és az állóhely is korlátozott (piros szín). Ezek alapján az utasok eldönthetik előre, hogy felszállnak-e egy adott buszra, vagy várnak esetleg a következőre.

Emellett a város több olyan érzékelő- és vezérlőrendszerrel is fel van szerelve, amelyek javítják a városi közlekedés hatékonyságát. A J-Eyes (Junction Electronic Eyes) kamerarendszer a nagyobb forgalmú útkereszteződésekben vizsgálja az aktuális forgalmi viszonyokat. A GLIDE (Green Link Determinig) olyan rendszer, amely folyamatosan monitorozza a forgalmi helyzetet, és adaptívan állítja a zöld lámpák hosszát, hogy a főbb útvonalakon lehetőleg minél hosszabb zöldhullámot lehessen biztosítani, az éppen aktuális forgalmi helyzethez igazodva. A Green Man megoldás segítségével pedig az idősek, illetve a fogyatékkal élők kérhetik egy gyalogátkelőnél, hogy a lámpa hosszabb ideig legyen zöld, biztosítva számukra is a biztonságos átkelés lehetőségét. Végül pedig, de nem utolsósorban, a világon az elsők között Szingapúrban vezettek be egy olyan elektronikus útdíjfizető rendszert (ERP, Electronic Road Pricing) amelyben az útdíj adaptívan változik az aktuális forgalmi viszonyok függvényében, egyfajta dugódíjként működve – minél nagyobb a forgalom, annál drágább lesz a behajtás a belvárosi részekre. A díjat különben automatikusan vonja le a rendszer egy okos kártyáról, amelyet a járművekbe integrálnak. Szintén fontos szerepet kap a városban az önvezető autók fejlesztésének és tesztelésének a támogatása, illetve 2017-ben telepítettek egy 125 elektromos járműből álló közösségi (car sharing) flottát is, melyet 250 töltőállomás szolgál ki.

Az okos közlekedés mellett pedig érdemes kiemelni Szingapúr vízgazdálkodását is mint egy másik létfontosságú rendszert, amelynek működését többek között szenzorok segítségével is javítják. Szingapúr évente átlagosan 2330 milliméter esővizet kap, de a korlátozott földterület miatt ennek csak egy részét tudja felfogni és tárolni. A városállam emiatt az ivóvízkészletének felét importálja, nagyrészt Malajziából. Emellett viszont a vízkészlet kb. 40%-át a használt víz tisztításával állítják elő, egy hatékony membrántechnológia és ultraviola fertőtlenítés segítségével. Ezt az arányt 2060-ra 55%-ra szeretnék emelni. A város alatt egy 48 km hosszú csatornahálózatot építettek ki, amely a használt vizet a megfelelő víztisztító üzemekhez vezeti. Ebbe a csatornahálózatba, illetve a városi vízhálózatba 320 szenzort helyeztek el, amelyek monitorozzák a nyomást és a vízminőséget, és detektálhatóakká válnak segítségükkel a csőtörések, szivárgások. Ahol lehetséges, ott szenzorokkal és kamerákkal felszerelt drónokat is elhelyeznek a vízvezetékben, csatornában, hogy a monitorozás minél hatékonyabb legyen.

Emellett a „Smart Nation” (okos nemzet) címszó alatt sok más okosváros-fejlesztés is történt Szingapúrban. A kormányzat elérhetővé tett több mint 9000 központi adatbázist, amelyek felhasználásával új alkalmazásokat, szolgáltatásokat lehet kiépíteni és tesztelni, Open Data alapokon. 2016 áprilisa óta 3200 otthont csatlakoztatnak be egy olyan pilot projektbe, amelynek célja az idős emberek otthoni felügyelete, különböző okosotthon-technológiák segítségével. Emellett több kórház is olyan kísérleteket végez, amelyek lényege az, hogy a krónikus betegségektől szenvedő páciensek végtagjaira erősített szenzorok segítségével lehet nyomon követni az otthoni rehabilitációs gyakorlatok végrehajtását.

Az 1950–1960-as években Szingapúr még fiatal nemzet volt, amelynek komolyan meg kellett küzdenie az urbanizáció által okozott nehézségekkel: magas munkanélküliség, nyomornegyedek, fejletlen infrastruktúra, a higiénia hiánya és képzetlen munkaerő. Ehhez képest ma Szingapúr minden létező rangsort vezet az okos és élhető városok nemzetközi összehasonlításában.

---

## 7. ÖSSZEGZÉS

Ebben a kismonográfiában, a szenzorokkal és szenzorhálózatokkal kapcsolatos monográfiásorozat lezárásaként megpróbáltuk röviden bemutatni azt, hogy a korábbi monográfiákban részletezett érzékelési és kommunikációs technológiák hogyan használhatók fel különböző, okos városokhoz köthető alkalmazási területeken, különböző közszolgáltatások hatékony és fenntartható működtetését támogatva.

Kiemelt részletességgel beszéltünk a szenzorokkal támogatott okos parkolási megoldások témaköréről, bemutatva többek között a San Franciscói *SFpark* rendszert, hiszen az intelligens közlekedési rendszerek, és azon belül is az okos parkolás kiemelten fontos eleme az okos városoknak. Emellett szintén az intelligens közlekedéssel kapcsolatosan beszéltünk a forgalomsűrűség mérésének fontosságáról, bemutatva néhány konkrét megvalósítást Moszkva és Utrecht utcáiról, beszéltünk a Srí Lankán megvalósított BusNet projektről, amely az úthálózat minőségének felmérését célozta meg, illetve részletesen bemutattunk két, nagy sikernek örvendő közösségi navigációs alkalmazást, amelyek közül a Waze a személyautókkal történő közlekedés, a Moovit pedig a tömegközlekedés hatékonyságának javítását célozza meg, közösségi alapokon, a mobiltelefonjainkban található szenzorok hathatós segítségével.

Ezután röviden bemutattunk néhány más olyan területet, közszolgáltatást, ahol a szenzorok és szenzorhálózatok segítségével szintén számíthatunk, szó volt itt az intelligens közvilágítási megoldásokról, az ivóvízhálózat monitorozásáról, illetve a hulladékgazdálkodás támogatásáról. Végezetül pedig részletesebben elemeztünk két közismert okos várost, Santandert és Szingapúrt, amelyekre a világ számos pontján referenciaként tekintenek ezen a területen.

---

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- BROOKE, S. – ISON, S. – QUDDUS, M. (2014): On-Street Parking Search: Review and Future Research Direction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2469). 65–75.
- BROWAND, B (2019): Parking Guidance System is Here. *University of Houston – Parking & Transportation Blog*, <https://www.uh.edu/af-university-services/parking/blog/20191/feb2019/parking-guidance-system-is-here.php>
- DE ZOYSA, K. – KEPPITIYAGAMA, Ch. – SENEVIRATNE G. – SHIHAN, W. W. A. T. (2007): A public transport system based sensor network for road surface condition monitoring. In *Proceedings of the 2007 Workshop on Networked Systems for Developing Regions*, pages 1–6. New York, NY, USA. ACM.
- FEHÉR, G. (2020): Szenzorhálózatok biztonsági kihívásai az okos városokban. *Kismonográfia, Okosváros-technológiák, 14. kötet*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Közigazgatási Továbbképzési Intézet, Budapest, 2020.
- FEHÉR G. – VIDA R. – JAKAB L. (2020): Vezeték nélküli szenzorhálózatok: az elmélettől a gyakorlatig. *Kismonográfia, Okosváros-technológiák, 13. kötet*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Közigazgatási Továbbképzési Intézet, Budapest, 2020.
- HORNI, A. – MONTINI, L. – WARAICH, R. A. – AXHAUSEN, K. W. (2013): An agent-based cellular automaton cruising-for-parking simulation. *Transportation Letters*, 5(4). 167–175.
- JAKAB L. – FEHÉR G. – VIDA R. (2020): Szenzorok és kommunikációs technológiáik. *Kismonográfia, Okosváros-technológiák, 12. kötet*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Közigazgatási Továbbképzési Intézet, Budapest, 2020.
- JESKE, T. (2013): Floating Car Data from Smartphones: What Google And Waze Know About You and How Hackers Can Control Traffic. *Black Hat Europe, Amsterdam, Netherlands*. <https://pdfs.semanticscholar.org/6aa2/34f9c33ee957d6f34dfe85f2efcdfaa85211.pdf>
- JOZSEFVAROS.HU (2017): Okos parkolás Józsefvárosban – Hat hónapos tesztüzemről döntött a kerület. Szeptember. <http://jozsefvaros.hu/hir/5045/okos-parkolas-jozsefvarosban>
- LAI, T. – CHEN, T. – HUANG, P. – CHU, H. (2010): PipeProbe: a mobile sensor droplet for mapping hidden pipeline. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, SenSys*, Zurich, Switzerland, November 3–5. 113–126. DOI: 10.1145/1869983.1869996.
- LAI, T. – CHEN, W. – LI, K. – HUANG, P. – CHU, H. (2012): TriopusNet: Automating wireless sensor network deployment and replacement in pipeline monitoring. *11<sup>th</sup> ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2012*, Beijing, China, April 2012. DOI: 10.1109/IPSIN.2012.6920951.
- MATHUR, S. – KAUL, S. – GRUTESER, M. – TRAPPE, W. (2009): ParkNet: Harvesting Real-Time Vehicular Parking Information Using a Mobile Sensor Network. *The S3 Workshop at the 10<sup>th</sup> ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc)*, New Orleans, USA.
- MATHUR, S. – JIN, T. – KASTURIRANGAN, N. – CHANDRASHEKHARAN, J. – XUE, W. – GRUTESER, M. – TRAPPE, W. (2010): ParkNet: Drive-by Sensing of Road-side Parking Statistics. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> ACM/USENIX Annual International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (MobiSys)* Breckenridge, Colorado, USA.

- RICHTEL, M. (2011): Now, to Find a Parking Spot, Drivers Look on Their Phones. *NY Times*, May 7.
- SANCHEZ, L. (2010): SmartSantander: Experimenting The Future Internet in the City of the Future, in *Proceedings of IEEE PIMRC 2010*, Istanbul, Turkey.
- SANCHEZ, L. – GALACHE, J. A. – GUTIERREZ, V. – HERNANDEZ, J. M. – BERNAT, J. – GLUHAK, A. – GARCIA, T. (2011): SmartSantander: The meeting point between Future Internet research and experimentation and the smart cities, *IST Future Networks & Mobile Summit*, Poland, Warsaw, 2011.
- SCHRANK, D. – EISELE, B. – LOMAX, T. – BAK, J. (2015): 2015 Urban Mobility Scorecard. *Texas A&M Transportation Institute report*, August 2015. <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/mobility-scorecard-2015.pdf>
- SHERWIN, I. (2011): Google Labs' Open Spot: A Useful Application That No One Uses. *Android Authority*, May.
- SHOUP, D. C. (2006): Cruising for parking. *Transport Policy*, 13(6). 479–486.
- SHRIVER, A. (2016): Understanding the Block-Level Price Elasticity of On-Street Parking Demand: A Case Study of San Francisco's SFpark Project. *Thesis for Economics*, Vanderbilt University.
- SINGAPORE (2017): Smart Cities – A case study of Singapore. *Knowledge Series on ICT for Development*, April 2017. <https://k-learn.adb.org/system/files/materials/2017/04/201704-knowledge-summary-smart-cities-case-study-singapore.pdf>
- SZABÓ, Zs. (2018): Forradalmi újítás a belvárosban – sok autós örülni fog. *Napi.hu*, 2018 szeptember. <https://www.napi.hu/tech/vodafone-parkolas-v-kerulet-iot.670356.html>
- SZENTENDRE (2016): Okos parkoló a Duna-korzón. *szentendre.hu*, 2016. július. <http://szentendre.hu/okos-parkolo-a-duna-korzon/>
- SZÖRÉNYI, A. (2017): Mennyiért áll az autó? *Vezess.hu*, 2007. december 19. <https://www.vezess.hu/magazin/2007/12/19/parkolas-az-arenatol-a-westendig/>
- TENCZER, G. (2016): Budapestet felzabálják az autók. *Index*, 2016. október. <https://index.hu/belfold/budapest/2016/10/24/budapest-egyre-nagyobb-dugokra-szamithat/>
- VASSERMAN, S. – FELDMAN, M. – HASSIDIM, A. (2015): Implementing the Wisdom of Waze. *Proceedings of the Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2015)*, Buenos Aires, Argentina.
- WENK, C. – SALAS, R. – PFOSE, D. (2006): Addressing the Need for Map-Matching Speed: Localizing Global Curve-Matching Algorithms. In *Proc. 18<sup>th</sup> Scientific Statistical Database Management International Conference (SSDBM)*. Vienna, Austria. 379–388.



# A Nemzeti Közszolgálati Egyetem kiadványa



Kiadó:

Nemzeti Közszolgálati Egyetem;  
Közigazgatási Továbbképzési Intézet  
[www.uni-nke.hu](http://www.uni-nke.hu)

Felelős kiadó:

Prof. Dr. Kis Norbert rektorhelyettes  
Címe: 1083 Budapest, Üllői út 82.

Olvasószerkesztő:

Dorogi Katalin

Tördelőszerkesztő:

Vöröss Ferenc

ISBN 978-963-498-393-4 (PDF)