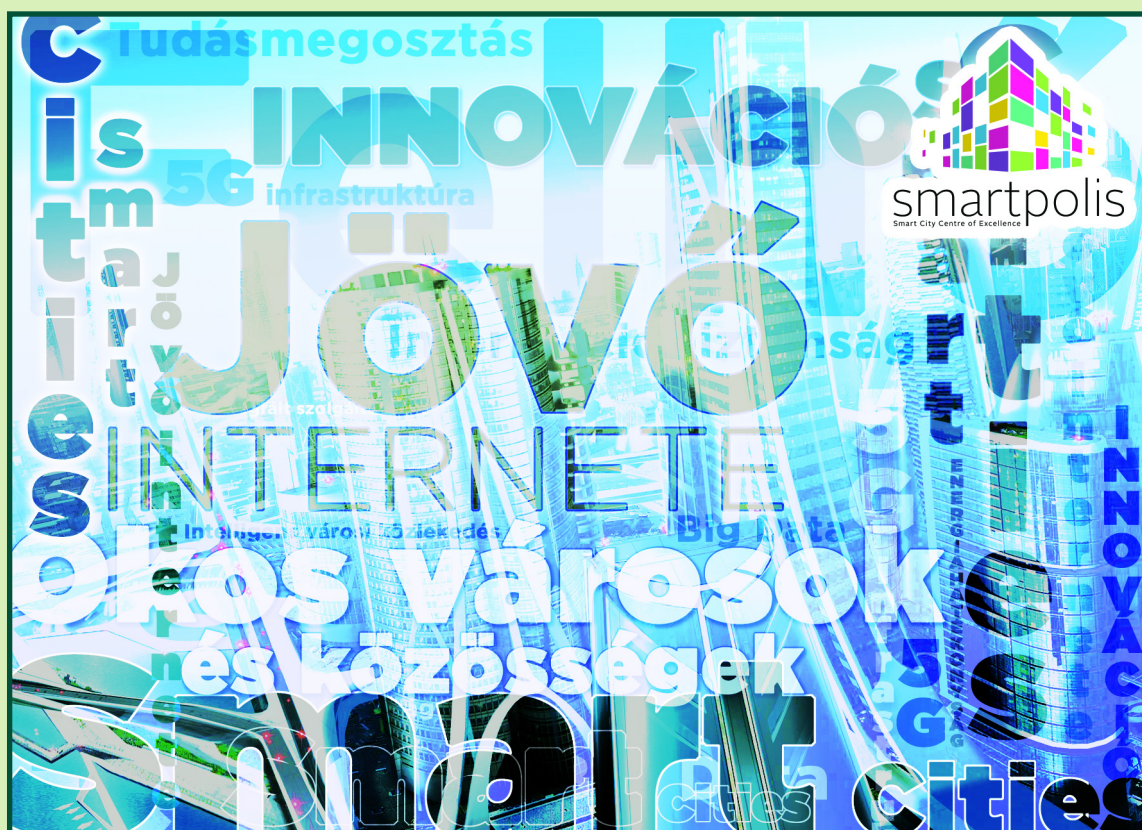


híradástechnika

1945 VOLUME LXXI. 2016

hírközlés - informatika **1**



Magyar Jövő Internet Konferencia 2015

„Smart City a célkeresztben”

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom / Contents

Sallai Gyula, Szabó Csaba Attila

ELŐSZÓ / FOREWORD

1

Sallai Gyula

A jövő internet kutatás célkitűzései és területei

Objectives and areas of Future Internet research

3

Kovács Kálmán, Bakonyi Péter

Future Internet and Smart Cities, avagy a jövő internete és az okos városok

Future Internet and Smart Cities

15

István Gódor, Jan Höller

Okosváros-infrastruktúrák trendjei (angol nyelven)

Trends in Smart City infrastructures

22

Cristina Olaverri Monreal

Intelligens mobilitás-technikák az okos városokban (angol nyelven)

Intelligent technologies for mobility in Smart Cities

29

Aurel Gontean

Okosváros-kezdeményezések Temesváron – tervek és akciók (angol nyelven)

Smart City initiatives in Timisoara – plans and action

35

Cinkler Tibor, Simon Csaba, Szabó Örs, Székely Sándor, Jakab Csaba

5G hálózatok architektúrája

The architecture of 5G networks

40

Vida Rolland, Fehér Gábor

Infrastrukturális vagy közösségi érzékelés az okos városokban?

Infrastructure-based or crowdsensing in Smart Cities?

47

Tóth János, Hajdu András

Képfeldolgozó algoritmusok teljesítményértékelésére szolgáló

online kollaborációs kutatási keretrendszer

An online collaborative research framework for the evaluation of

image processing algorithms

53

Varga István, Tettamanti Tamás

A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása

The impacts of future intelligent vehicles and infocommunications

59

A konferencia rendezői:



Future Internet Research Coordination Center



Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület • www.hte.hu

Elnök: Magyar Gábor

H-1051 Budapest, Bajcsy-Zsilinszky út 12., 5. em./502. • Tel.: 353-1027 • Fax: 353-0451 • e-mail: info@hte.hu

Az Egyesületet a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács támogatja

Elnök: Vágújhelyi Ferenc

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA (BME, Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék)

Vendégszerkesztő

SALLAI GYULA (BME, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék)

Felelős kiadó: NAGY PÉTER

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt. • Nyomda: FOM Media

www.hiradastechnika.hu

„Smart City a célkeresztben”

A jövő internetének kutatása az infokommunikációs kutatások legkiemeltebb területeinek egyike, a jövő internete az innováció egyik legjelentősebb hajtóereje, a kibontakozó digitális ökoszisztéma és társadalom meghatározó eleme.

A Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC) és a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform (FI NTP) 2015. november 11-én, a Tudomány hónapja keretében, közösen rendezte meg Budapesten a 2. Magyar Jövő Internet Konferenciát (MJIK 2015), amelynek társrendezői a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE), a Hungarnet Egyesület, a rendezvényt támogató Smartpolis projekt, valamint a rendezvénynek helyet adó Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) voltak.

Az 1. Magyar Jövő Internet Konferencia (MJIK 2014) a jövő internetének első átfogó hazai szakmai fóruma volt, amely az internet trendjeiről, a feltáruló lehetőségekről kívánt átfogó képet adni. A 2. Magyar Jövő Internet Konferencia az első konferenciához hasonló szakmai fórum volt, melyen 140 szakember vett részt. Az MJIK 2015 programjának szervezése során a jövő internet témakörének széles palettájából idén a Smart City/Okos város technológiáira és alkalmazásaira helyeztük a hangsúlyt, figyelembe véve e témakör kiemelkedő európai jelentőségét és hazai eredményeit. Ezt fejezte ki a konferencia alcíme is: „Smart City a célkeresztben”.

A BME, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, a német Fraunhofer Fokus és Urban Software intézetek Smart City kiválósági központ létrehozását célzó konzorciumi együttműködése, a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpontja (BME-EIT) által menedzselt Smartpolis projekt sikeresen szerepelt a Horizon2020 Teaming-2014 pályázatán és a szakmai program ke-

retét adta. A konferenciát megnyitó vezetői köszöntők – Vajta László dékán a BME-VIK, valamint Kovács Kálmán igazgató a Smartpolis nevében – után a „Smart City ökoszisztémák” angol nyelvű szekció előadói a jövő formálódó ökoszisztémájának infrastruktúráját, szolgáltatásait, az eddigi tapasztalatokat és terveket mutatták be. Az ebéd utáni két magyar nyelvű szekció egyikében az egészséginformatika trendjeit helyeztük előtérbe, a másikat a jövő internet műszaki kérdéseinek, kihívásainak, elsősorban a Smart City mérnöki megvalósításának szenteltük. A három szekcióban összesen tizenöt előadás hangzott el, közöttük öt külföldi előadóval. A hazai előadók között üdvözölhettük az Ericsson, a Lechner Tudásközpont, az MTA-SZTAKI, az SAP, a BME, a Debreceni Egyetem, a CEU és más egyetemek képviselőit. A szekciók szervezői Bakonyi Péter, Mihálydeák Tamás és Sallai Gyula voltak. Az MJIK2015 elhangzott előadásainak prezentációi elérhetők a HTE honlapján, www.hte.hu/mjik2015.



A Híradástechnika folyóirat e különszámának fókuszában a Smart City témaköre áll, a számot az MJIK 2015 előadójának szakmai cikkeiből állítottuk össze, kiegészítve a jövő internet kutatások és a Smart City koncepció átfogó bemutatásával. Az angol nyelven elhangzott és készült cikkeket angolul, fordítás nélkül jelentetjük meg. A különszám nyomdai megjelentetését a Smartpolis projekt támogatta.

Sallai Gyula „A jövő internet kutatás célkitűzései és területei” című bevezető cikke az internet ökoszisztéma kialakulásának fázisait, a jelen internetének kihívásait és a jövő internetének célkitűzéseit, koncepcióit, valamint a kutatás területeit tekinti át. Mára a jövő internetének kutatása az ICT kutatások legkiemeltebb területévé vált, amely általános célként tűzi ki a szolgáltatás-, erőforrás-, tartalom- és környezet-tudatosságot, felöleli a tárgyak internetét, az új internet architektúrák kutatását, a hálózat-, adat- és kognitív tudományok kapcsolódó szinergikus területeit, és természetesen a jövő internet alapú szolgáltatások és alkalmazások folyamatosan bővülő körét. A cikk bemutatja a Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program tevékenységét is.

Kovács Kálmán és Bakonyi Péter „Future Internet and Smart Cities, avagy a jövő internete és az okos városok” című írása bemutatja az Európai Unió Smart City/Okos város stratégiájának koncepcióját és prioritásait, megvilágítja a jövő internet és az okos város kutatás-fejlesztési tevékenység összefonódását. Ismereti továbbá a BME-n folyó jövő internet kutatásokat és a Smart City koncepció megvalósításához összeállított kompetencterületeket és kutatási témákat, valamint a Smart City Regionális Kiválósági Központ megvalósítását nemzetközi konzorcium keretében célul kitűző Smartpolis projektet. A Smartpolis projekt jelentősen előmozdíthatja az okos város fejlesztési együttműködések kialakítását a közép-kelet európai régióban és a régió bekapcsolódását az EU átfogó okos város programjaiba.

Gódor István – Jan Höller „Trends in Smart City infrastructures” című cikke az okos városok sajátosságait a technológiai kihívások szempontjából vizsgálja és ad technológiai válaszokat. Az okos várost integrált,

nyitott környezetnek tekinti, amely képes a város életének minden releváns információját gyűjteni, elemezni, megosztani és hasznosítani. Ehhez kapcsolódóan a város működésének struktúrájára egy horizontális, integráló megközelítést és az adatok integrált kezelésére építő szolgáltató platformot mutat be, amelynek megvalósításában a korszerű IT megoldások, különösen a big data és a felhő technológiák meghatározó szerepet kapnak. A cikk sikeres példákkal alátámasztva mutatja be az okos infrastruktúra kialakításának lépéseit.

Cristina Olaverri Monreal „Intelligent Technologies for Mobility in Smart Cities” című írása az okos városok minősítésének különböző szempontjait tekinti át. Kiemeli a szenzortechnológia alkalmazásának jelentőségét a lakossági visszajelzések gyűjtésében, lehetőségeit egy környezetbarát, biztonságosabb és hatékonyabb közúti közlekedés megteremtésében. A forgalmi viszonyok monitorozásával a legalkalmasabb közlekedési eszköz és útvonal megválasztására, a forgalmi torlódások és a károsanyag-kibocsátás csökkentésére nyílik lehetőség. Felvázolja az autonóm járművek alkalmazásának közúti feltételeit és forgalomtechnikai előnyeit is.

Aurel Gontean „Smart City Initiatives in Timisoara: Plans and Action” című cikke Temesvár (Timisoara) okos város akcióit, eredményeit és terveit mutatja be, amelyek központjában a fenntartható fejlődés és a megújuló energia témájú projektek állnak. Kiemeli az ország földrajzi adottságai kiaknázásának lehetőségeit, az EUTámogatású projektek és a temesvári önkormányzat elkötelezettségének pozitív, illetve egy országos, átfogó megközelítés hiányának negatív szerepét.

Cinkler Tibor, Simon Csaba, Szabó Örs, Székely Sándor és Jakab Csaba „5G hálózatok architektúrája” című írása összefoglalja és értékeli az ötödik generációs hálózatokkal szemben megfogalmazott követelményeket, amelyek a tárgyak internetének elvárásait is teljesítendő, a hálózati architektúra átfogó és teljes átgondolását

igénylik és a szolgáltatók automatikus együttműködését is elvárják. Az EU nagy hangsúlyt fektet az 5G hálózatok kutatására, tervezésére és szabványosítására, támogatja a szolgáltató és gyártó cégek innovációs törekvéseit. A cikk két olyan európai kutatási projekt eredményeiről számol be, amelyek részesei az 5G hálózatok nemzetközi tervezési erőfeszítéseinek és egymást kiegészítve meghatározó elemei lehetnek az 5G hálózatok architektúrájának.

Vida Rolland és Fehér Gábor „Infrastrukturális vagy közösségi érzékelés az okos városokban?” című kérdésfelvetése alatt két merőben különböző megoldást mutatnak be az okos városok nagyméretű adatgyűjtési igényeinek kielégítésére. A telepített infrastruktúrára építő érzékelés előnye a precizitás, a megbízhatóság, az igényekhez szabható kiépítés lehetősége, hátránya a nagy beruházási és üzemeltetési költség, az esetleges gyors technológiai elavulás. A közösségi érzékelésre alapuló megoldások esetében infrastrukturális költségek nem lépnek fel és az újabb technológiai megoldások is egyszerűen integrálhatók, hátrány azonban a relatív pontatlanság, megbízhatatlanság és a felhasználói tömegtől való függés. A cikk megmutatja a két megoldás előnyös alkalmazási körülményeit, egymást kiegészítő voltát, valamint rámutat együttműködésük lehetőségére is.

Tóth János – Hajdu András „Képfeldolgozó algoritmusok teljesítményértékelésére szolgáló online kollaborációs kutatási keretrendszer” című írása a jövő internet alapú eHealth/mHealth rendszerek képfeldolgozó komponenseinek fejlesztését tárgyalja és egy olyan online keretrendszert mutat be, amely lehetővé teszi a képfeldolgozás területén dolgozó kutatócsoportok által fejlesztett algoritmusok tesztelését megfelelően annotált képi adatbázisok biztosításával, és az algoritmusok teljesítményének standardizált körülmények között történő automatikus kiértékelését. A kvantitatív kiértékelés lehetőséget ad az azonos funkciójú algoritmusok objektív összehasonlítására és rangsorolására.

Varga István és Tettamanti Tamás „A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása” című cikke a közlekedés várhatóan jelentős változásaira mutat rá, amelyben az infokommunikációs technológia rohamtempójú begyűrűződése játssza a meghatározó szerepet. Ezek a változások nagy hatással vannak a közlekedésben részt vevő járművekre, az infrastruktúrára és a közlekedő személyekre, általában véve a társadalom egészére. Kiemelt példaként az autonóm, önvezető járművek esetét vizsgálja, ahol olyan erősen interdiszciplináris jellegű problémák merülnek fel, amelyekben a műszaki, gazdasági és a jogi szempontok, valamint az emberi tényező egyaránt megkerülhetetlenek.

Különszámunkban a Smart City/Okos város terén végzett hazai és nemzetközi kutatásokról és fejlesztésekről igyekeztünk körképet adni. Reméljük, hogy olvasóink érdekesnek és hasznosnak találják majd a cikkeket.

Sallai Gyula vendégszerkesztő
Szabó Csaba Attila főszerkesztő

A jövő internet kutatás célkitűzései és területei

SALLAI GYULA

Budapesti Műszaki Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
Debreceni Egyetem, Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ
sallai@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: jövő internet víziók, internet tudomány és technológiák, internet architektúra, tárgyak internete, internet ökoszisztéma

Az internet globális elterjedtsége, kihívásai és lehetőségei a jövő internetének kutatását kiemelten fontossá tették. A cikk felvázolja a jövő internet (Future Internet) célkitűzéseit és koncepcióit, beleértve a szolgáltatás-, erőforrás-, tartalom- és környezettudatosságot, a tárgyak internetét (IoT), a FI-ware alkalmazásokat. Azonosítja, és kilenc fejezetbe rendezi a releváns kutatási témaköröket az alapkutatástól kezdve a mérnöki alkalmazott kutatásokon keresztül az internetes megoldások fejlesztéséig és vizsgálatáig. Végül a Jövő Internet Nemzeti Kutatási Programban regisztrált kutatási témákról nyújt áttekintést.

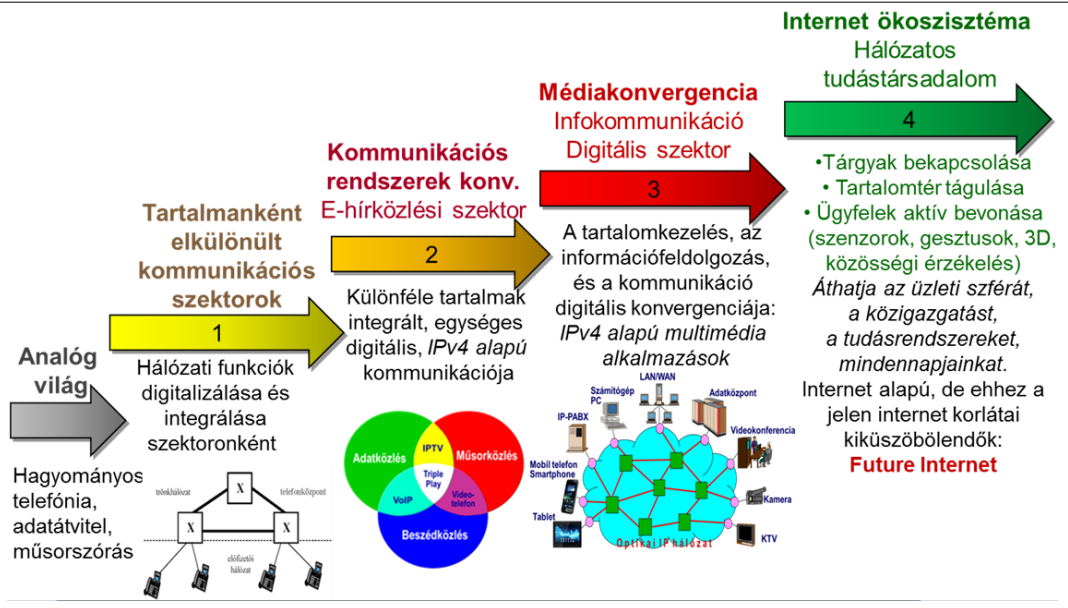
1. Az internet ökoszisztéma kialakulása, az internet kihívásai

Az elmúlt 40-50 év során az integrált áramköri technológia, a mikroelektronika töretlen fejlődése – a Moore-törvényt mind a mai napig követve – digitalizálta a távközlést és a médiatechnológiát, integrálta a távközlést, informatikát és médiát. Ennek folyamatát *digitális konvergenciának* szokás nevezni, amely a technológián túl a szolgáltatások és az érintett szektorok konvergenciáját is felöleli, és kihat szabályozásokra is.

Az 1. ábra mutatja a digitális konvergencia fázisait, a digitális technológia és az internet behatolásának lépéseit. Az 1. fázisban a hálózati funkciók digitalizálása és integrációja kommunikációs szektoronként, elkülönülten valósult meg. A 2. fázisban a különféle tartalmak integrált, egységes kommunikációja jött létre. A 3. lépés a kommunikáció, az információfeldolgozás és a tartalomkezelés digitális technológián alapuló konver-

genciája. A távközlés infokommunikációvá szélesedik, megszületik az ICT (Information and Communications Technology) fogalma, egy digitális technológiájú szektor jön létre [68]. A különféle tartalmak egységes digitális kommunikációjának legsikeresebb technológiája az Internet Protocol v4 (IPv4) lett, amely egy globális méretű hálózat technológiájává vált, és az információ feldolgozásában és a tartalomkezelésben is hasznosnak bizonyult. Mindez az internet ökoszisztéma kialakulásához vezetett (4. fázis), amely a digitális információk infrastruktúrán kívül a felhasználókat, az üzleti, kormányzati és civil szervezeteket is magába foglalja [14, 84]. Internet alapú szolgáltatások sokasága valósul meg, amelyek az életünk szinte minden területén megjelennek, életvitelünket áthatják, átalakítják. Az összetett okos szolgáltatások mind gyakrabban az ügyfelet is bevonják, aktivitására építenek.

A *technológiai konvergencia* általánosságban azt jelenti, hogy különféle szolgáltatások nemcsak megthat-

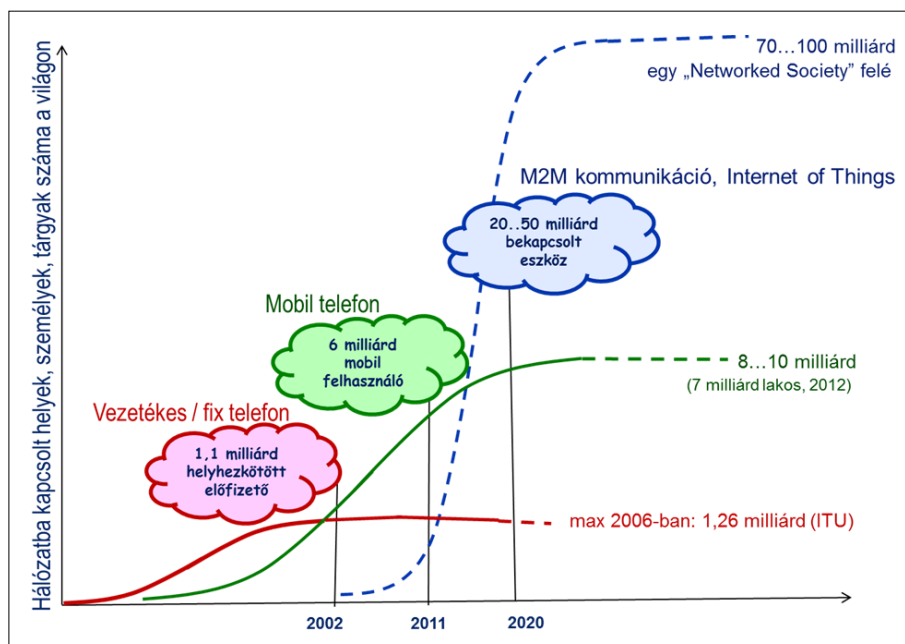


1. ábra
A digitális konvergencia fázisai, az internet ökoszisztéma kialakulása

rozott platformokon valósulhatnak meg, hanem különféle platformokon, többé-kevésbé azonos módon [29, 53, 68]. A folyamat jellemzően oda vezet, hogy további platform vagy platformok születnek, amelyek számos szolgáltatás nyújtására egyaránt, így hatékonyabban alkalmassak, sőt további szolgáltatások létrehozására sarkallnak. E másodgenerációs szolgáltatások már az elődszolgáltatások kombinációi lehetnek, előnyösen ötvözve az összetevők funkcióit. E szinergikus hatásokat tekinthetjük a technológiai konvergencia legfőbb hajtóerejének, ami a szektorok konvergenciáját is kiváltja, és a szektorok szabályozásának harmonizálását is elkerülhetetlenné teszi. Ez történt a 2. fázisban, a különféle *kommunikációs rendszerek konvergenciája* során, amikor a beszéd, adat és kép/video átvitele egy egységes digitális szélessávú hálózaton valósult meg (IPv4 alapon), egy elektronikus hírközlési szektor jött létre, amelynek technológia-semleges szabályozását céloztuk meg [29].

Ez történik a 3. fázisban a különféle *médiák konvergenciája* során, amikor a rádió, televízió, nyomtatott sajtó, előadások, rendezvények, CD/DVD-k tartalmai az interneten egyaránt elérhetővé válnak, újszerű kombinációk, többféle médiatípust magába foglaló multimédia tartalmak jelennek meg, amelyben a mobilitás mind meghatározóbb szerepet játszik [15, 16, 30]. Sőt az internetes, online média az egy-sok tömegtájékoztatói funkció mellett, a sok-sok kapcsolati rendszerhez is platformot nyújt, az időbeliség kötöttségeit oldani képes (a keresett információ bármikor és bárhol elérhetővé válik); és a tartalom előállítók körét szélesre tárja, társadalmasítja (social media/közösségi média). Egyre könnyebb és elterjedtebb a különböző tartalmak átdolgozása, más platformokra való átültetése, a médiafogyasztók is egyre többen képesek tartalmat létrehozni és terjeszteni, megosztani [86].

2. ábra A hálózatosodás fázisai, a hálózatba kapcsolt helyek, személyek és eszközök száma



Az internet áthatja az üzleti, banki szférát, közigazgatást, egészségügyet, oktatást, közlekedést, agráriumot, a tudásrendszereket, egész életvitelünket. A felhasználók már nemcsak fogyasztói a digitális tartalomnak, hanem irányíthatják, hogy hol, mikor és hogyan fogyasztják a tartalmat, és részt vehetnek a digitális tartalmak létrehozásában és terjesztésében, egy digitális közösség részeseivé válnak. Ennek megjelenései azok a különféle okos városi, közösségi alkalmazások, amelyek a felhasználók aktív bevonására törekednek (crowdsourcing) [78]. Ezért beszélnek a *digitális ökoszisztéma* (Digital Ecosystems) kialakulásáról [84], amelyet – az internet technológián alapuló megvalósítást, a hálózatosodást és a globális, társadalmi jellegű találgatásban kifejezve – mind gyakrabban inkább *internet ökoszisztémának* neveznek. Az internet ökoszisztéma a tárgy internetbe kapcsolásával és a kognitív képességek bevonásával teljessé válik ki (4. fázis).

A hálózat mérete, összetettsége nagyságrendileg növekszik a szenzorok tíz milliárdjainak hálózatba való bekapcsolásával, a *tárgyak internete* (Internet of Things, IoT) koncepció kiteljesedésével [37, 76, 81, 82]. A földrajzi helyek, majd a személyek hálózatba kapcsolása után az eszközök hálózatba kapcsolása a hálózatosodás nagyságrendi növekedését jelenti (2. ábra). Az internetbe kapcsolt intelligens, kommunikációra képes eszközök számát 2020-ra 20-50 milliárdra becsülik, ami az internet hálózati architektúrájának és a forgalom menedzselésének szükségszerű újragondolását, önmenedzselését követeli meg, a szenzorok által generált adatözmény tárolása, feldolgozása és hasznosítása pedig egy átfogó adattudomány és technológia (Data Science & Engineering) megszületéséhez vezet. A különféle IoT rendszerek beágyazódnak a társadalmi, üzleti folyamatokba, mindennapjainkba és IoT ökoszisztémává állnak össze. Az IoT technológia 2014-ben a Hype görbe csúcsán helyezkedett el, és az innováció legfőbb technológiai forrásának tekintették [42].

A *kognitív képességekkel* a tartalmak köre bővül, amikor a hagyományosnak tekinthető beszéd, kép, video, adat, szöveg, web-es tartalom mellett gesztusok, érzelmek, észlelések és bármely más kognitív tartalom is a tárolandó, feldolgozandó, továbbítandó. A tartalomtér ilyen értelemben vett kiterjesztése az infokommunikáció és a kognitív tudományok ötvöződésével, konvergenciájával valósul meg, amelynek technikáit, módszereit, alkalmazási lehetőségeit a kognitív infokommunikáció (Cog-InfoCom) diszciplínája vizsgálja, kutatja [8, 18, 19, 21]. A kognitív infokommunikáció elsődleges célja, hogy az emberi agy kognitív funkciói ne csak kiterjesztődjenek

az infokommunikációs eszközök segítségével, földrajzi távolságtól függetlenül, hanem a mesterséges kognitív rendszerekkel kölcsönhatásba is kerülhessenek. Természetesen a CogInfoCom megvalósítása internet technológián alapul, ezért beszélünk 3D internetről a gesztusok kapcsán [20, 25, 66], és beszélhetünk általánosságban kognitív internetről, akár az emberek, akár a tárgyak internetének humán, illetve mesterséges kognitív képességekkel való kiegészítése esetén. E körbe tartozó technológiák a kiterjesztett észlelés (kognitív funkcióink javítása), a kiterjesztett valóság (a valóság egy fajta virtuális kibővítése), a gesztusokkal való vezérlés stb. [9].

Az internet világhálóvá vált, méretében, az elérhető tartalomban gyorsan bővül, alkalmazási lehetőségei radikálisan kiszélesedtek. A mobil médiaforgalom intenzív növekedése, az intelligens tárgyak milliárdjainak bekapcsolása és a generált nagymennyiségű adat, a tartalomtér kognitív kiterjesztése a jelenlegi IPv4 alapú hálózati architektúra újragondolását indította el az elmúlt évtized közepén. Az IPv4 címtartománya kimerülőben van, hatékonyabb, jól skálázható mobilitás kezelést és hálózatmenedzsmentet, garantált és differenciált szolgáltatásminőséget és információbiztonságot, rugalmasabb alkalmazásfejlesztést lehetővé tevő megoldások, mechanizmusok szükségesek, ugyanakkor a növekedés fenntarthatósága az energiahatékonyság markáns javítását elengedhetetlenné teszi. Mára a klasszikus internet korlátainak felszámolása, a jövő internetének kutatása az ICT kutatások legkiemeltebb területévé vált [4, 16, 31, 37–40, 43, 44, 50, 62, 65, 76, 78, 82].

2. A jövő internet kutatás célkitűzései

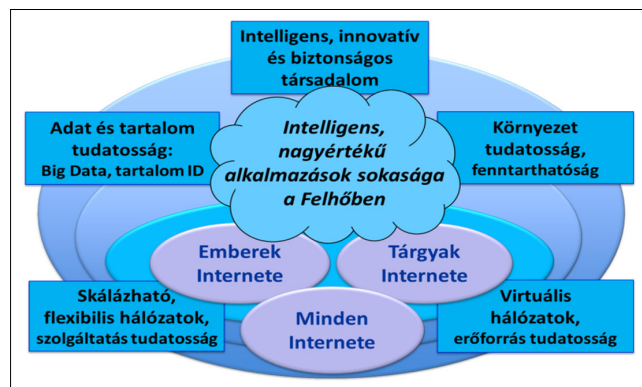
A jövő internet kutatása az elmúlt évtized közepén kezdődött. Elindulása formálisan a 2008. márciusi első FIA (Future Internet Assembly) rendezvényen aláírt Bled Declaration-hoz kapcsolható. Az internet jelenlegi korlátai, képességei bővítésének igénye, illetve a technológia lehetőségek megszabják a kutatás-fejlesztési célokat, a kritikus kutatási kérdéseket, és a klasszikus internet koncepciójának átgondolására és az internet jövőképeinek, vízióinak megfogalmazására készítetnek.

A jövő internethez köthető első jövőképet a japán National Institute of Information and Communications Technology (NICT) készítette 2008-ban az Új Generációs Hálózatok (NWGN – New-Generation Networks) számára, amely kutatási célok, technológiai követelmények felállítását célozta meg úgy, hogy az NWGN új értékeivel társadalmi problémák megoldását (energia szükségessége, egészségügyi ellátás, bűnözés megelőzése, technológiai szakadék stb.) és a jövő tudástársadalmának megvalósítását mozdítsa elő [62]. Víziójuk sémáját a jövő internet európai seregszemlék (FIA 2010 Gent, FIA 2011 Spring Budapest, FIA 2011 Autumn Poznan, FIA 2012 Aalborg, FIA2013 Dublin, FIA2014 Athén) átvették jövő internet víziójukhoz és folyamatosan továbbfejlesztették; a jövő internet általános törekvéseként egy intelli-

gens, fenntartható világot, egy innovatív, biztonságos társadalmat fogalmaztak meg [37–40, 83].

Az International Telecommunication Union Távközlésszabványosítási szektora (ITU-T) a jövő hálózatok (Future Networks – FN) szabványosításának megalapozásaként készítette el vízióját. Az ITU-T két, egymást kiegészítő megközelítést kombinált: a „top down” módszert, a célkitűzésekből és tervezési szempontokból való kiindulást, és a „bottom up” módszert, a szóba jövő, viszonylag már érett technológiákból való építkezést [56]. Az ITU-T Y.3001, 3011, 3021 és 3031 Ajánlásai (Recommendations) olyan alapvető célokat azonosítottak, amelyek a jelenlegi hálózatok tervezése során még nem kaptak elegendő figyelmet [45–48, 53]. A jövő internetéhez hasonlóan az Ajánlások FN-t úgy írják le, mint a kommunikációs, számítási és tárolási erőforrások (azaz együtt: hálózati erőforrások) egységes infrastruktúráját, amely összekapcsolja és összehangolja az emberek, tárgyak, tartalmak, számítógépek és felhők jövőbeni internetét.

3. ábra Jövő internet vízió



A 3. ábra szerinti jövő internet vízió a NICT kutatóorientált víziójának és az ITU szabványosítás-orientált víziójának formai és tartalmi kombinációja, amely számításba veszi a FIA seregszemlék eredményeit is. Az ábra demonstrálja az emberek internetét, a tárgyak internetét és az egyetemes minden internetét, mint a vízió pilléreit, megjelöli a trendeket reprezentáló öt stratégiai célkitűzést és jelzi az intelligens, nagy értékű, felhőben szolgáltatásként nyújtott alkalmazások sokaságát [69, 70].

A vízió három pillére közül az *emberek internete* a hagyományos internetet, a *tárgyak internete* az internet alapvető kiterjesztését, a tárgyak, dolgok, eszközök bekapcsolását képviseli. A *minden internete* (Internet of Everything – IoE) e kettő egyesítését és holisztikus kiterjesztését reprezentálja, amelybe beleértjük a tartalmak internetét és a kognitív internetet is [9, 40, 76].

A stratégiai célkitűzések az NWGN és FN víziók célkitűzésein és a kutatási trendeken alapulnak, és az alábbiak:

- **A skálázható, flexibilis, szolgáltatás tudatos hálózat** célkitűzése egy kapacitásában bővíthető, funkcionálisan rugalmas hálózati architektúrára utal, amely különféle és fejlődő követelményű szolgáltatások

széles körét befogadni képes. A jövőbeni hálózati architektúráknak nemcsak a jelenlegi szolgáltatásokat (e-mail, böngészés stb.) kell támogatniuk, hanem az újonnan jelentkező szolgáltatásokat is, mégpedig úgy, hogy az igényelt többlet funkciók a hálózati (kommunikációs, számítási és tárolási) erőforrások és a működési költségek gyökeres növekedése nélkül nyújthatók legyenek. A hálózati architektúrának fejlett mobilitás kezelési képességekkel kell rendelkeznie és képesnek kell lennie – fokozott megbízhatósági és biztonsági követelményű, illetve szuper valós idejű – kritikus szolgáltatások támogatására is. E követelményrendszer teljesítését jelenleg az IPv6 bevezetésében, az ún. ötödik generációs (5G) hollisztikus infrastruktúra kialakításában és a hálózati erőforrások szolgáltatásként nyújtásában, az ún. felhőszolgáltatásokban (Cloud Computing & Networking, NaaS, PaaS, CaaS, SaaS stb.) látjuk [17, 27, 34, 60, 74, 90].

- **A virtuális, erőforrás-tudatos hálózat** célkitűzése a hálózati erőforrások és funkciók virtualizációjára és egy egységes hatékony hálózati erőforrás menedzsmentre utal. A hálózat virtualizációja, amelyet újabban a hálózat szoftverizációjának is neveznek, a hálózati funkciók és erőforrások felbontását, a részek absztrahálását, valamint a virtuális hálózati funkciók és erőforrások szükség szerinti felhasználásával logikailag egymástól elszigetelt, szoftver alapú virtuális hálózatokba (Software Defined Network – SDN) való egyesítését jelenti. Ily módon a szolgáltatások a virtualizált erőforrásokat rugalmasan, programozhatóan vehetik igénybe, és lehetővé válik egy fizikai hálózaton több logikailag elkülönült, virtuális hálózat létrehozása [11, 46, 54, 63, 64, 74].
- **Az adat és tartalom tudatosság** célkitűzése a nagyméretű adathalmazok (Big Data) kezeléséhez, átviteléhez és hasznosításához kapcsolódik. A tárgyak internete és a különböző médiaforrások sokféle, hatalmas mennyiségű adatot generálnak, beleértve 3D és kognitív tartalmakat is, amelyek hatékony továbbítást és feldolgozást igényelnek. Az adattudomány (Data Science) ennek a kihívásnak a megválaszolására bontakozik ki. A kommunikáció a jelenlegi hálózatokban globális helyazonosításon és hely alapú irányításon alapul. A tartalmak azonosításával, azaz ha a különböző adatközpontokban elhelyezett azonos tartalmak azonos tartalom azonosítót (ID) kapnak, a kívánt tartalom egy tartalom ID alapú irányítás révén a legközelebbi adatközpontból elérhető [9, 31, 48, 76, 85, 87].
- **A fenntarthatóság, környezet tudatosság** célkitűzése az energia tudatosságra és a hatékony spektrum használatra utal, de felölelhet bármilyen más ökológiai szempontot is. Az internet forgalom óriási növekedése az energiafelhasználás intenzív növekedését eredményezi; ezért az energiatudatosság kulcstényezővé vált (Zöld hálózat). Az energiával való takarékosság érdekében egyrészt a hálózatok optimalizálására, a forgalmi terhelések és hálózati kapacitások

csökkentésére kell törekednünk, másrészt javítani kell az energiafelhasználás hatékonyságát alacsony teljesítményigényű elektronikai eszközök és dinamikus szabályozási technikák alkalmazásával [2, 6, 17, 61, 89].

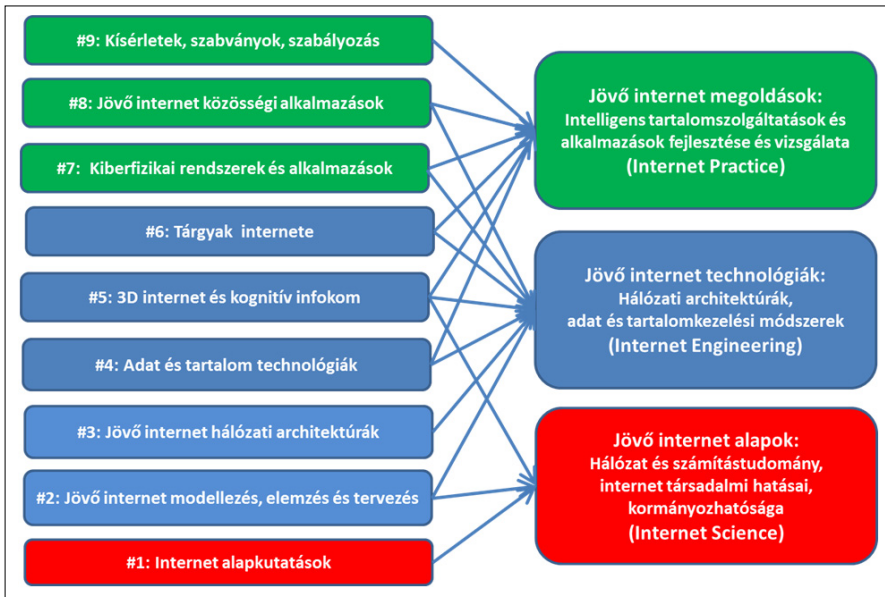
- **Az intelligens, innovatív és biztonságos társadalom**, mint a jövő internet általános célkitűzése foglalja magába a társadalmi célokat és szempontokat (társadalom tudatosság, szociális hálók, társadalmi kölcsönhatások, kiterjesztett valóság stb.). A kialakuló internet ökoszisztémában az internet nélkülözhetetlen infrastruktúrává, közművé válik, a globális hálózathoz való hozzáférés várhatóan az egyik alapvető emberi jog lesz. A jövő internetének tekintetbe kell venni társadalmi-gazdasági célokat, mint az internet kormányozhatóságát (pl. a piacra lépés korlátai, a létesítés és működtetés élettartam költségei, univerzális szolgáltatások), az internet alapú innováció ösztönzését, az információ biztonságot, a személyes adatok védelmét [22, 32, 33, 53, 59, 86].

A jövő internet alapú alkalmazások (intelligens város, otthon, iroda, gyártás, közlekedés, energia, agrárium, e-business, e-közigazgatás, e-egészségügy, e-oktatás, 3D média stb.) mint szoftvermegoldások a jövő internet vízió végcélját jelentik [22, 38–40, 44, 78]. Az alkalmazások fejlesztését segítő a Future Internet Public-Private-Partnership (FI-PPP) szervezésében „FI-ware” felhő alapú generikus alkalmazás-fejlesztő platformot hoztak létre. A generikus platform alkalmazási terület specifikus modulokkal egészült ki, mint FI-Content (audiovizuális média, webes tartalom, metaadatok, játékok, felhasználói készítésű tartalmak kezelésére), FI-Space (közlekedés, logisztika, agrárium-élelmiszer), FITMAN (gyártástechnológia), FI-star (egészségügy), FINENSCE (megújuló energia) stb. Az FI-PPP intenzíven támogatja FI-ware alapú alkalmazások fejlesztését (FIware Accelerator program) és a platform elterjesztését Európában és Európán kívül is (FIware Regions és FIware Mundus programok) [27, 40].

3. A jövő internet kutatás területei

A jövő internet kutatási témákat, közleményeket tanulmányozva, különösen a FIA (Future Internet Assembly) 2010 és 2014 közötti rendezvényeit és kiadványait [31, 37–40, 83], a Horizon 2020 munkaprogramját [31], valamint a hazai jövő internet kutatási tevékenységet [4], azonosíthatjuk a kutatási területeket és a releváns kutatási témaköröket. A kutatási területeket egy rétegmodell szerint rendeztük, amelynek egyes rétegei a jövő internet kutatás fejezeteit képezik, az alapkutatástól kezdve az alkalmazott műszaki kutatásokon keresztül az internet gyakorlatáig [69, 70].

A 4. ábra mutatja a kilencrétegű modellt, a kilenc kutatási fejezetet és azok kapcsolódásait a kutatás-fejlesztés-innováció három fő célterületéhez. Az internet tudomány (Internet Science) képezi a legalsó, alapkutatási réteget, az 1. fejezetet. Felette az Internet Engineer-



- A) Hálózat modellezés és teljesítmény analízis;
- B) Sorbanállási modellek, forgalomelemzés, tervezés és optimalizálás;
- C) Kommunikációs rendszerek (moduláció, kódolás, hozzáférés, spektrumhasználat);
- D) Adatközpontok, erőforrásallokációs és optimalizációs módszerek;
- E) Hálózatos médiaszolgáltatások vizsgálata (video folyam/streaming, VoIP, IPTV);
- F) Életképességi technikák, hibatűrő rendszerek, monitorozás, hibafeltárás, hibalokalizálás.

4. ábra A kilencrétegű modell

ing, a mérnöki kutatások, öt réteget alkotnak (2-6. fejezetek). Az Internet Practice, a különféle alkalmazások, kísérleti rendszerek, szabványosítás és szabályozás három réteget képeznek (7-9. fejezetek).

A következőkben definiáljuk a kutatási fejezeteket és azonosítjuk releváns kutatási témaköreiket, kutatási fejezetenként 5-7 témakört, összesen 54 témakört [9,69].

1) Internet alapkutatások (Internet tudomány)

Az internet alapkutatások az internet hálózatoknak és a társadalommal való egymásra hatásának integrált, interdiszciplináris megértését célozzák, felölve az összes, internetet tanulmányozó tudományterületet (matematika, műszaki, humán, társadalmi stb.). A releváns kutatási témakörök az alábbiak [3,7,13,32,33,35,36,51,53,59,84]:

- A) Hálózat tudomány, nagyméretű rendszerek modellezése, jellemzőinek kutatása stb.;
- B) Számítástudomány, a számításelmélettől a számítógép architektúráig;
- C) Kapcsolódó alapvető technológiák, mint kvantum- és nanotechnológia stb.;
- D) Biztonság, kriptográfia;
- E) Humán szempontok (viselkedés, bizalom, kognitív folyamatok, társadalmi hálók);
- F) Internet gazdaságtan, játékelmélet;
- G) Jog és kormányozhatóság (személyiségi jogok, hálózat semlegesség stb.)

2) Jövő internet modellezése, analízise és tervezése

E fejezetbe tartozó rendszerteknikai jellegű kutatási témák a jövő internetét megalapozó modern infokommunikációs rendszerek, hálózati koncepciók és technológiák modellezését és sokoldalú elemzését (teljesítmény, skálázhatóság, stabilitás, rendelkezésre állás, rugalmasság, szolgáltatás minőség stb.), valamint új vizsgálati és tervezési módszerek kidolgozását célozzák. A releváns kutatási témakörök [3,10,24,26,32,55,58,77,80]:

3) Jövő internet hálózati architektúrák

Új hálózati architektúrák szükségesek a társadalmi kihívások teljesítéséhez, amelyeket a jelenlegi, klasszikus internet nem képes hatékonyan kielégíteni. E központi jelentőségű kutatási terület az új hálózati architektúrákra és protokollokra, működési mechanizmusokra, a szolgáltatás központúságra és a hálózat virtualizációjára fókuszál, mint [17,28,30,31,34,37–40,49,54,56,57,60,65,74,77,87,88]:

- A) Követelmények (skálázhatóság, biztonság, szolgáltatásminőség, rendelkezésre állás, robusztusság, rugalmasság stb.) és koncepciók (pl. virtualizálás);
- B) Internet irányítás: protokollok, eljárások, tartalomelosztás stb.;
- C) Mobil/holisztikus hálózati architektúrák: mobilitás kezelés, fix-mobil konvergencia (FMC), 5G szuper valós idejű hálózati infrastruktúra;
- D) Jövő média hálózatok, tartalomtudatos (centrikus, elosztó) hálózatok (CCN, CDN);
- E) Network computing: mindenütt jelen levő (ubiquitous), grid, felhő számítástechnika;
- F) Virtuális hálózatok, szoftver definiált hálózatok (SDN), hálózati funkciók virtualizálása (NFV);
- G) Felhő infokommunikáció (NaaS – Network as a Service, PaaS, CaaS...).

4) Adat és tartalom technológiák

A hatalmas mennyiségben jelentkező adat és multimédia tartalom kezelése a jövő internet fejlesztések alapvető hajtó ereje. Az ide tartozó kutatási témák az adatok jelentésének, összefüggéseinek feltárását, bármilyen formájú információ gyűjtésének, keresésének, kezelésének és közzétételének támogatását célozzák. A releváns kutatási témakörök [3,11,31,38,39,43,44,66,73,79,85]:

- A) Adat, szöveg és média bányászat;
- B) Big Data kihívások (3V: volume, velocity, variety) és megoldások;

- C) Szemantikus kereső algoritmusok, tudásfeltárás;
- D) Megjelenítés, vizualizáció;
- E) Digitális könyvtár funkciók;
- F) Médiatartalom feldolgozása, információ menedzsment.

5) 3D internet és kognitív infokommunikáció

A háromdimenziós (3D) kommunikáció képes magába foglalni kognitív rendszereink teljesebb körét, nemcsak a hallást és látást, hanem a tapintást, gesztust, érzést, érzelmet stb. is. A 3D internet hatalmas potenciális távlatokat nyit a kognitív képességek kiszélesítésére, egy virtuális világ megvalósítására, amelyek számos kutatási kihívást jelentenek [1,8,9,18–21,23,25,41,66]:

- A) 3D internet architektúra és médiatartalom;
- B) Multimodális ember–gép interfészek, humán-ICT rendszerek;
- C) Kognitív infokommunikációs csatornák, kognitív interakciók;
- D) Virtuális kollaboráció, 3D internet alapú szabályozás és kommunikáció;
- E) 3D és 4D tartalom előállítás és megjelenítése, eszközök és eljárások;
- F) Kognitív képességek, kognitív entitás, speechability, mathability.

6) Tárgyak internete (IoT)

A tárgyak internete (Internet of Things – IoT) a jövő internet vízió kulcseleme, amely a legkülönbébb eszközök (dolog, szenzor, gép stb.) milliárdjainak valós idejű összetett összekapcsolását és együttműködését célozza. A kapcsolódó kutatások a felmerülő technológiai, kommunikációs, működtetési és biztonsági kérdésekre keresik a megoldást [37–40,62,76,81,82,90]:

- A) IoT képes technológiák (RFID, NFC stb.), szenzorok és aktuátorok, energia- és spektrumtudatosság;
- B) Azonosítási eljárások, nevezés, címezés, IPv6 stb.;
- C) IoT eszközök kommunikációja, IoT infrastruktúrák, önmenedzselő hálózati rendszerek;
- D) Szoftver megoldások, adatkezelés, biztonsági eljárások: önadaptív biztonsági mechanizmusok és protokollok, önmenedzselő biztonságos IoT;
- E) Szolgáltatástámogató platformok, heterogén adatgyűjtő és feldolgozó infrastruktúrák.

7) Kiberfizikai rendszerek és alkalmazások

A kiberfizikai rendszerek (Cyber-physical Systems, CPS) a beágyazott ICT rendszerek olyan következő generációját jelentik, amelyek a tárgyak internetén keresztül összekapcsolódnak, együttműködnek és innovatív intelligens alkalmazások és szolgáltatások széles körének nyújtására képesek. A legfontosabb kutatási irányok az alábbiak [3,35,40,50,61,76,81,89,90]:

- A) Beágyazott és intelligens mérnöki rendszerek fejlesztése;
- B) Intelligens gyártási alkalmazások, fizikai folyamatok mérése, szabályozása;
- C) Intelligens közlekedési, logisztikai és gépjármű alkalmazások;

- D) Intelligens mezőgazdasági és élelmiszeripari alkalmazások;
- E) Energiahatékonysági kutatások, energiatakarékos megoldások, zöld ICT rendszerek.

8) Jövő internet közösségi alkalmazások

A felhasználók állandó (always on) hozzáférést igényelnek olcsó, biztonságos, felhasználóbarát, személyre szabott, környezettudatos mobil alkalmazások sokféleségéhez, amelyek egy növekvő összetettségű, erősen összekapcsolt infrastruktúrán valósulnak meg. Az IoT releváns az intelligens környezet és tér megteremtésében. A felmerülő kérdések megválaszolása interdiszciplináris kutatásokat kíván [3,19,22,37–40,76,78,82,89]:

- A) Alkalmazási platformok és funkciók fejlesztése közösségi érzékeléshez;
- B) Intelligens otthoni és irodai alkalmazások;
- C) Intelligens egészségügyi és jóléti alkalmazások;
- D) Intelligens üzleti alkalmazások;
- E) Intelligens közigazgatási alkalmazások;
- F) Intelligens városi alkalmazások (Smart City);
- G) Egyéb intelligens közösségi és kognitív alkalmazások.

9) Kísérleti rendszerek, szabványosítás és szabályozás

Ez a fejezet olyan gyakorlatias témákat ölel fel, mint a kísérleti és vizsgáló rendszerek követelményei, tervezése és együttműködése, a kísérletek műszaki, üzleti és szociális tapasztalatai, a jövő internethez kapcsolódó szabványosítási tevékenység, valamint a felmerülő komplex szabályozási kérdések. A témakörök az alábbiak [38–40,45–48,53,56,67,82]:

- A) Kísérleti rendszerek, tesztbedek, kísérleti módszerek;
- B) Kísérleti szolgáltatások, tapasztalatok;
- C) Társadalmi – gazdasági tanulmányok, üzleti modellek;
- D) Szabványosítás (kommunikáció, azonosítás, virtualizálás, együttműködés, biztonság);
- E) Szabályozás (műszaki, gazdasági, tartalom).

4. A Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program

A hazai jövő internet kutatások szervezett indítását az Új Széchenyi Terv keretében az előremutató infokommunikációs technológiák kutatására 2012-ben kiírt TÁMOP pályázat (TÁMOP 4.2.2.C) tette lehetővé, amelynek egyik nyertese a „Jövő Internet kutatása az elmélettől az alkalmazásig (Future Internet Research, Services and Technology – FIRST)” című pályázat lett. A 2012 októberétől 2014 végéig tartó FIRST projekt a Debreceni Egyetem vezetésével konzorciumi szervezetben valósult meg, amelynek tagjai a Debreceni Egyetem Informatikai Kara (DE IK), az Egyetemi Közi Távközlési és Informatikai Központ (ETIK), a Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Intézet (NIIFI) és az MTA Atommagkutató Intézete (ATOMKI) voltak. A FIRST projekt keretében 2013 elején

1. táblázat
A JINKA
tagszervezetei

Tagszervezetek (2015. december)	Státusz	Témajavaslat	Kutatási jelentés
Debreceni Egyetem (DE)	Alapító	igen	igen
Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC)	Alapító	szervező	szervező
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)	Alapító	igen	igen
Egyetemközi Távközlési és Informatikai Központ (ETIK)	Alapító	igen	igen
Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Intézet (NIIFI)	Alapító	igen	igen
MTA Atommagkutató Intézet (ATOMKI)	Alapító	igen	igen
AITIA International Zrt.	Rendes 2013	-	-
Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft	Rendes 2014	igen	-
Budapesti Corvinus Egyetem (BCE)	Rendes 2013	igen	-
Campden BRI Magyarország Kft.	Rendes 2013	igen	-
Central European University, Budapest (CEU)	Rendes 2015	-	-
Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE)	Rendes 2013	igen	igen
Eszterházy Károly Főiskola, Eger (EKF)	Rendes 2013	igen	-
General Electric Hungary Kft	Rendes 2014	-	-
Magyar IPv6 Forum	Rendes 2013	igen	-
Magyar Telekom Nyrt.	Rendes 2013	igen	igen
Miskolci Egyetem (ME)	Rendes 2013	igen	igen
MTA Számítástudományi és Automatizálási Kutató Intézet (SZTAKI)	Rendes 2013	igen	igen
MTA-BME Lendület Jövő Internet Kutatócsoport	Rendes 2013	igen	igen
Neumann János Számítógép-tudományi Társaság (NJSZT)	Rendes 2014	igen	-
Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság (NMHH)	Rendes 2013	igen	-
Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron (Nyme)	Rendes 2013	igen	igen
Óbudai Egyetem (ÓE)	Rendes 2013	igen	igen
Országos Széchényi Könyvtár (OSZK)	Rendes 2013	igen	-
Pannon Egyetem, Veszprém (PE)	Rendes 2013	igen	-
Pázmány Péter Katolikus Egyetem (PPKE)	Rendes 2013	igen	-
Pécsi Tudományegyetem (PTE)	Rendes 2013	igen	igen
Szegedi Tudományegyetem (SZTE)	Rendes 2013	igen	igen
Széchenyi István Egyetem, Győr (SZE)	Rendes 2013	igen	igen
3DICC Kutatólaboratórium	Rendes 2013	igen	igen
Antenna Hungária Zrt.	Pártoló 2013	-	-
Fujitsu Technology Solutions Kft.	Pártoló 2013	-	-
Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE)	Pártoló 2013	igen	-
IBM Magyarország Kft.	Pártoló 2013	-	-
NMH - ITK Párbeszéd Bizottság	Pártoló 2013	-	-
Oracle Hungary Kft.	Pártoló 2013	-	-
Safepay Kft.	Pártoló 2013	igen	igen
SAP Magyarország Kft.	Pártoló 2013	-	-
Összesen	38	28+1	17+1

jött létre a *Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC)*, amelynek alapítói a konzorciumi tagok, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME). A FIRCC-hez 2014-ben csatlakozott az MTA SZTAKI is. A FIRCC-t a TÁMOP kiírása alapján legalább 2019 végéig működtetni kell.

A Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program/Akcióprogram (JINKA) a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform (FI NTP) és a Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC) kezdeményezésére jött létre 2013 márciusában. A Program alapvető célja az internet technológia és tudomány hazai művelésének ápolása, a hazai jövő internet témakörű kutatási, fejlesztési és innová-

ciós tevékenység nyomon követése, támogatása, sinergiák keresése, együttműködések elősegítése, új kutatási irányok kezdeményezése [3,5,71].

A Programhoz 2015 végéig 38 szervezet (6 alapító, 24 rendes, 8 pártoló tag) csatlakozott, közöttük 13 egyetem, 10 vállalat, illetve vállalkozás, 7 kutató-fejlesztő intézet, illetve kutatóhely, de a tagok között szerepel az Országos Széchényi Könyvtár, a Nemzeti Média és Hírközlési Hatóság, a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület, a Neumann János Számítógép-tudományi Társaság és a Magyar IPv6 Fórum is. A JINKA tagszervezeteit, belépésük évét és programbeli szerepüket a fenti, 1. táblázat mutatja.

JÖVŐ INTERNET FEJEZETEK ÉS TÉMAKÖRÖK	T.kör	Téma	Report	Riportálók
1. Internet alap kutatások A) Hálózat tudomány (nagyméretű rendszerek kutatása, stb.) B) Számítástudomány C) Alapvető Jövő Internet technológiák (beleértve kvantum, nanotechnológiák) D) Biztonság, kriptográfia E) Humán szempontok (kognitív rendszerek, társadalmi hálók, bizalom, stb.) F) Internet gazdaságtan, játékelmélet G) Jog és kormányozhatóság (személyiségi jogok, hálózat semlegesség, stb.)	7	18	12	DE ETIK BME Óbudai E Pécsi TE Szegedi TE ELTE ATOMKI
2. Jövő internet modellezése, analízise és tervezése A) Hálózat modellezés és teljesítmény analízis B) Sorbanállási modellek, forgalom elemzés és tervezés C) Kommunikációs rendszerek: kódolás, hozzáférés, spektrumhasználat D) Adatközpontok, erőforrás allokáció és optimalizációs módszerek E) Médiaszolgáltatások vizsgálata (videostreaming, IPTV, VoIP) F) Életképességi technikák, hibátűrő rendszerek, monitorozás, hibafeltárás	6	9	7	DE ETIK BME BME NymE
3. Jövő internet hálózati architektúrák A) Követelmények: skálázhatóság, biztonság, rugalmasság... és koncepciók B) Internet irányítás: protokollok, eljárások C) Mobil hálózati technológiák: mobilitás menedzsment, FMC, 5G infrastruktúra D) Jövő média hálózatok, tartalomtudas hálózatok E) Hálózatos számítástechnika: ubiquitous, grid, cloud F) Virtuális hálózatok, szoftver definiált hálózatok (SDN) G) Felhő infokommunikáció (NaaS: Network as a Service, PaaS...)	7	13	12	ETIK BME MTA-BME Lendület BME MTA SZTAKI Széchenyi Egyetem Óbudai Egyetem Pécsi TE
4. Adat és tartalom technológiák A) Adat, szöveg és média bányászat B) Big Data kihívások (3V: volume, velocity, variety) és megoldások C) Szemantikus kereső algoritmusok, tudásfeltárás D) Megjelenítés, vizualizáció E) Digitális könyvtár funkciók F) Médiatartalom feldolgozása, információ menedzsment	6	22	16	MTA SZTAKI DE ETIK BME BME, NymE Szegedi TE Pécsi TE, Miskolci E
5. 3D internet és kognitív infokommunikáció A) 3D internet architektúra és médiatartalom B) Multimodális ember – gép interfészek, humán - ICT rendszerek C) Kognitív infokommunikációs csatornák, kognitív interakciók D) Virtuális kollaboráció, 3D internet alapú szabályozás és kommunikáció E) 3D és 4D tartalom előállítása és megjelenítése, eszközök és eljárások F) Kognitív képességek, kognitív entitás, speechability, mathability	6	16	8	MTA SZTAKI 3DICC Lab BME Szegedi TE
6. Tárgyak internete (IoT) A) IoT képes technológiák (RFID, NFC, stb.), szenzorok, energia-tudatosság B) Azonosítási eljárások (IPv6, stb.) C) Az IoT eszközök kommunikációja: önmenedzselő hálózati rendszerek D) Szoftver megoldások, adatkezelés, biztonsági eljárások, biztonságos IoT E) Szolgáltatástámogató platformok, adatgyűjtő és feldolgozó infrastruktúrák	5	11	6	DE ETIK BME BME Széchenyi Egyetem MTA SZTAKI
7. Kiberfizikai rendszerek és alkalmazások A) Beágyazott és intelligens mérnöki rendszerek fejlesztése B) Intelligens gyártási alkalmazások, fizikai folyamatok mérése, szabályozása C) Intelligens közlekedési, logisztikai és gépjármű alkalmazások D) Intelligens mezőgazdasági és élelmiszeripari alkalmazások E) Energiahatékonysági kutatások, zöld ICT rendszerek	5	17	5	ETIK BME Szegedi TE Óbudai E MTA SZTAKI
8. Jövő internet közösségi alkalmazások A) Alkalmazási platformok és funkciók fejlesztése közösségi érzékeléshez B) Intelligens otthon és iroda alkalmazások C) Intelligens egészségügyi és jóléti alkalmazások D) Intelligens üzleti alkalmazások E) Intelligens közigazgatási alkalmazások F) Intelligens város alkalmazások G) Egyéb intelligens közösségi és kognitív alkalmazások	7	24	11	DE ETIK BME MTA SZTAKI Pécsi TE BME Óbudai Egyetem Magyar Telekom Safepay
9. Kísérleti rendszerek, szabványosítás, szabályozás A) Kísérleti rendszerek, tesztedek, kísérleti módszerek B) Kísérleti szolgáltatások, tapasztalatok C) Társadalmi-gazdasági tanulmányok, üzleti modellek D) Szabványosítás (kommunikáció, azonosítás, virtualizáció, biztonság) E) Szabályozás (műszaki, gazdasági, tartalom)	5	15	6	NIIFI MTA SZTAKI ELTE
JINKA 3.1 - 2015. december, 38 tag, ÖSSZESEN	54	145	83	17

2. táblázat A hazai jövő internet kutatás megoszlása témakörök szerint

A Program kezdeti listája (JINKA 1.0) a FIRST projekt kutatási programjára épült, összesen 29 témát foglalt magába. A Program azóta folyamatosan kiegészült más kutatási pályázatokban nyertes jövő internet témakörű kutatási témákkal és a Programhoz csatlakozók témajavaslataival (JINKA 1.1...1.4, 2.0...2.4, 3.0. 3.1). A 2014 februárjában megjelent JINKA 2.1 már 132 témát regisztrált és a hazai jövő internet kutatások szinte teljes gyűjteményének volt tekinthető. A JINKA 2.1 szolgált a kutatási eredményeket bemutató *FIRCC Jelentés/Report 2014* magyar, illetve angol nyelvű kiadványok alapjául, amelyek 83 kutatási jelentést tartalmaznak [3,4]. A legutolsó kiadás, a JINKA 3.1 a 2015. decemberi állapotot tükrözi, 145 kutatási téma annotációját tartalmazza [5]. A kutatási témákat a definiált kutatási fejezetek, és az azokon belüli témakörök szerint rendeztük. A kutatási témák azonosítója TNMP alakú, ahol N (1, 2...9) a fejezetet, M (A, B...G) a témakört, P a témakörön belüli sor-számot (1, 2...) jelöli, pl. T2F7.

A 2. táblázat a JINKA 3.1 alapján mutatja a hazai jövő internet kutatási aktivitást. A táblázat kutatási fejezetként, azon belül témakörönként mutatja a regisztrált témák és a FIRCC Jelentés/Report 2014 kiadványokban szereplő témajelentések számát. Láthatóan egyes témakörökben nincs aktivitás (pl. szabványosítás), máshol pedig intenzív kutatás folyik (pl. intelligens egészségügyi alkalmazások). A táblázatban feltüntettük az egyes kutatási fejezetek – témajelentést beküldő – szereplőit is.

5. Összefoglalás

A jövő internet kutatása felöleli az internet technológia és tudomány legkritikusabb kérdésköreit, a jelen internet kihívásainak vizsgálatát és a jövő internet lehetőségeinek kibontakoztatását.

Témakörei kiterjednek elméleti alapkérdésekre, rendszertechnikai, forgalommodellezési és -menedzselési vizsgálatokra, a hálózati architektúra sokoldalú átgondolására és megfelelőbb kialakítására, az információ és hálózatbiztonságra, a nagyméretű adathalmazok és médiatartalom, ezen belül a háromdimenziós és kognitív tartalom kezelésére és elemzésére, a tárgyak internetének problematikájára, szenzorhálózati problémák megoldására, kiberfizikai rendszerekre és alkalmazásaira, humán-centrikus, innovatív közösségi alkalmazásokat támogató technológiák kidolgozására és intelligens alkalmazások kialakítására, valamint a kapcsolódó hálózati kísérletekre, szabványosítási és szabályozási kérdésekre, továbbá az alkalmazások gazdaságra, életmódra és emberi kapcsolatokra való hatásának vizsgálatára is.

A cikk megfogalmazza a jövő internet kutatások hajtóerőit és célkitűzéseit, valamint rendszerezi a kutatási témákat és összegzi a hazai kutatási programban regisztrált tevékenységet.

Irodalomjegyzék

- [1] Alpcan, T., Bauckhage, C., Kotsovinos, E.: Towards 3D Internet: Why, What, and How? In: International Conference on Cyberworlds, CW'07, pp.95–99. 2007
- [2] Antonopoulos, A., Samdanis, K., Verikoukis, Ch. (eds): Energy Efficient 5G Wireless Technologies, Special Issue in Telecommunication Systems, pp.1–187. Vol. 59. No.1, May 2015. Springer, ISSN-e 1572-9451
- [3] Bakonyi P., Sallai Gy. (szerk.): Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program eredményei, FIRCC jelentés 2014, p.180., ISBN 978-963-473-716-2 Debreceni Egyetem, 2014.
- [4] Bakonyi, P., Sallai, Gy. (eds): Future Internet Research in Hungary, FIRCC Report 2014, p.128., ISBN 978-963-473-718-6 University of Debrecen, 2014.
- [5] Bakonyi P., Sallai Gy.: A Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program – JINKA 3.1, p.70, ISBN978-963-473-918-0 Budapest, 2015. december
- [6] Ballon P., Weiss M. B.H. et al (eds.): Cognitive Radio and Dynamic Spectrum Assignment. Special Issues in Telecommunications Policy, pp.83–240. Editorial: Regulation and Markets, pp.83–86. ISSN 0308-5961, Vol.37. No.2-3. March/April 2013. Elsevier, Amsterdam
- [7] Barabási, A-L., Newman, M., Watts, D. J.: The Structure and Dynamics of Networks, Princeton Studies in Complexity. ISBN 0-691-11357-2 Princeton University Press, 2006
- [8] Baranyi P., Csapó A.: Definition and Synergies of Cognitive Infocommunications. Acta Polytechnica Hungarica, ISSN 1785-8860, Vol. 9, No. 1, 2012, pp.67–83.
- [9] Baranyi P., Csapó A., Sallai Gy.: Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), p.219. ISBN 9783319196084, Berlin, Springer, DOI: 10.1007/978-3-319-19608-4, Oct. 28, 2015.
- [10] Bíró, J.: Novel Equivalent Capacity Approximation through Asymptotic Loss Analysis. Comp. Communications, Special issue for Heterogeneous Networks: Performance Analysis and Traffic Engineering. Vol. 33. No. 1. pp.152–156. (2010)
- [11] Boiko, B.: Content Management Bible, Wiley, p.1176., Nov. 2004, ISBN 0-7645-7371-3.
- [12] Borcoci, E.: Network Function Virtualization and Software Defined Networking Cooperation, Tutorial, InfoSys 2015 Conf., May 24-29, 2015, Rome http://www.iaria.org/conferences2015/files/ICNS15/InfoSys_2015_NFV_SDN_v2.1.pdf
- [13] Buttyán L., Czap L., Vajda I.: Detection and Recovery From Pollution Attacks in Coding Based Distributed Storage Schemes, IEEE Trans. on Dependable and Secure Computing, Vol. 8. No. 6, pp.824–838., 2011.
- [14] Cerf, V. G.: The Day the Internet Age Began, Nature 461 (7268): pp.1202–1203., 2009, DOI: 10.1038/4611202a, PMID 19865146.
- [15] Chiariglione, L., Szabó Cs. A.: Multimedia Communications: Technologies, Services,

- Perspectives, Part I.: Technologies and Delivery Systems. Infocommunications Journal, HTE, Vol. VI. No. 2. pp.27–39. June 2014.
- [16] Chiariglione, L., Szabó Cs. A.: Multimedia Communications: Technologies, Services, Perspectives, Part II.: Applications, Services and Future Directions. Infocommunications Journal, HTE, Vol. VI. No. 4. pp.51–59. Dec. 2014.
- [17] CloudNet 2014 (3rd IEEE Int. Conference on Cloud Networking), Oct. 8-10, 2014, Luxembourg
- [18] CogInfoCom 2010 (1st Int. Conf. on Cognitive Infocommunications), 29 Nov.-1 Dec, 2010, Tokyo, Japan
- [19] CogInfoCom 2012 (3rd IEEE Int. Conf. on Cognitive Infocommunications), 2-5 Dec, 2012, Kosice, Slovakia
- [20] CogInfoCom 2013 (4th IEEE Int. Conf. on Cognitive Infocommunications), Dec 2-6, 2013, Budapest, ISBN 978-1-4799-1-1543-9, In CogInfoCom2013: Workshop on Future Internet Science and Engineering.
- [21] CogInfoCom 2015 (6th IEEE Int. Conf. on Cognitive Infocommunications), Okt. 19-21, 2015, Győr
- [22] Cohen, Boyd: The Smartest Cities in the World 2015: Methodology. <http://www.fastcoexist.com/3038818/the-smartest-cities-in-the-world-2015-methodology>
- [23] Csapó A., Baranyi P.: An Interaction-Based Model for Auditory Substitution of Tactile Percepts. In: 14th IEEE Int. Conf. on Intelligent Engineering Systems (INES 2010). Paper 5483833. pp.271–276. Las Palmas, Spain, 5-7, May 2010.
- [24] Csoma A., Sonkoly B., Csikor L., Németh F., Gulyás A., Tavernier, W., Sahhaf, S.: ESCAPE – Extensible Service ChAin Prototyping Environment using Mininet, Click, NETCONF and POX. In: Proceedings of ACM SIGCOMM (Demo), Aug. 17-22, 2014, Chicago, USA. <http://dl.acm.org/authorize?N71297>
- [25] Daras P., Alvarez, F.: A Future Perspective on the 3D Media Internet. In: Towards the Future Internet – An European Research Perspective, Edited by Tselentis, G., et al. pp.303–312., ISBN 978-1-60750-007-0, IOS Press, 2009.
- [26] Do, V. T., Chakka, R., Sztrik, J.: Spectral Expansion Solution Methodology for QBD-M Proc. and Applications in Future Internet Engineering. In: Nguyen N. T., Do V. T., Hoai A. T.: Advanced Computational Methods for Knowledge Engineering. Genova, Springer-Verlag, 2013. pp.131–142.
- [27] ECFI – 1st European Conf. on the Future Internet, Future Internet PPP, Brussels, April 2-3, 2014. <http://www.ecfi.eu/brussels2014/>
- [28] ETSI: Network Functions Virtualisation: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action, Oct. 2012, http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf
- [29] European Commission: Green Paper on the Convergence of the Telecommunications, Media and Information Technology Sectors, and Implications for Regulation. Towards an Inf. Society Approach, 3 Dec, 1997, COM (1997) 623.
- [30] European Commission: Future Media Networks – Research Challenges 2010, Future Media Networks Cluster of Networked Media Systems, FP7 projects. 2010. ISBN 978-92-79-17393-6 DOI:10.2759/37178
- [31] European Commission: HORIZON 2020 – The Framework Prog. for Research and Innovation. Work Programme (2014–2020) 5.i. Leadership in enabling and industrial technologies: Information and Communication Technologies. Annex 6 to Decision. Brussels, Dec. 2013. p.107. http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/work-programmes/information_and_communication_technologies_draft_work_programme.pdf
- [32] European Commission: International Conference on Internet Science. The FP7 European Network of Excellence in Internet Science, Brussels, April 9-11, 2013. http://internetscienceconference.files.wordpress.com/2013/04/internet_science_conference_proceedings.pdf
- [33] European Commission: 2nd Int. Conference on Internet Science. Societies, Governance, Innovation. EINS project, the FP7 European Network of Excellence in Internet Science. Brussels, May 27-29, 2015. <http://internetscienceconference.eu/>
- [34] Fettweis, G. P.: The Tactile Internet – Applications & Challenges. IEEE Trans. on Vehicular Technology Magazine, Vol. 9. Issue 1. March 2014, pp.64–70. DOI: 10.1109/MVT2013.2295069
- [35] Fischer, A., Beck, M. T., and de Meer, H.: An Approach to Energy-efficient Virtual Network Embeddings. In 5th Int. Workshop on Management of the Future Internet (ManFI 2013), 2013. *Google ScholarBibTex Fischer2013benenergyefficient.pdf*
- [36] Földesi, P. and Botzheim, J.: Computational method for corrective mechanism of cognitive decision-making biases. In: CogInfoCom 2012, Kosice, Slovakia, 2012, pp.211–215.
- [37] Future Internet Assembly 2010: Towards the Future Internet – Emerging Trends from European Research, Valencia, 15-16 April 2010, Ed. by Tselentis, G. et al. ISBN 978-1-60750-538-9/539-6, 2010, IOS Press, Amsterdam
- [38] Future Internet Assembly 2011: The Future Internet – Achievements and Technological Promises, Budapest, 17-19 May 2011, Ed. by Dominigue, J. et al. LNCS 6656, ISBN 978-3-642-20898-0, 2011, Springer, Heidelberg
- [39] Future Internet Assembly 2012: The Future Internet – From Promises to Reality, Aalborg, 9-11 May 2012, Ed. by Alvarez, F. et al. LNCS 7281, ISBN 978-3-642-30240-4, 2012, Springer, Heidelberg
- [40] Future Internet Assembly 2013: The Future Internet – Validated Results and New Horizons, Dublin, 8-10 May 2013, Ed. by Galis, A. and Gavras, A. LNCS 7858, ISBN 978-3-642-38081-5, 2013, Springer, Heidelberg
- [41] Galambos, P., Weidig, C., Baranyi, P., Aurich, J. C., Hammann, B., Kreylos, O.: VirCA NET: A Case Study for Collaboration in Shared Virtual Space, In: CogInfoCom 2012, Kosice, Slovakia, 2012, No. 42, pp.273–277.
- [42] Gartner Inc.: Gartner's 2014 Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business. Stamford, Connecticut, USA, August 11, 2014. www.gartner.com/newsroom/iod/2819918

- [43] Garzo, A., Benczur, A.A., Sidlo, C.I., Tahara, D., Wyatt E.F.: Real-time Streaming Mobility Analytics. 2013 IEEE International Conference on Big Data. 6-9 Oct. 2013, pp.697–702. DOI: 10.1109/BigData.2013.6691639 Silicon Valley, California, USA
- [44] Hajdu A., Hajdu L., Jónás Á., Kovács L., Tomán H.: Generalizing the majority voting scheme to spatially constrained voting. IEEE Trans. on Image Processing 22(11), 2013. pp.4182–4194.
- [45] ITU-T Recommendation Y.3001: Future Network Vision – Objectives and Design Goals, 2011 <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.3001-201105-I/en>
- [46] ITU-T Recommendation Y.3011: Framework of Network Virtualization for Future Networks, 2012
- [47] ITU-T Recommendation Y.3021: Framework of Energy Saving for Future Networks, 2012
- [48] ITU-T Recommendation Y.3031: Identification Framework in Future Networks, 2012
- [49] Kreutz, D., Ramos, F.M.V., Verissimo, P., Rothenberg, Ch.E, Azodolmolky, S., Uhlig, S.: Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey, Proceedings of the IEEE, 2015 Jan. <http://arxiv.org/abs/1406.0440>
- [50] Lee, E. A. and Seshia, S. A.: Introduction to Embedded Systems – A Cyber-Physical Systems Approach, 2011, <http://LeeSeshia.org>
- [51] Lewis, Ted G.: Network Science: Theory and Applications, Wiley, March 11, 2009. ISBN 0-470-33188-7
- [52] Lian, S. and Gritzalis, S. (eds.): Innovations in Emerging Multimedia Communication Systems. Special Issue in Telecommunication Systems, pp.289–413. Vol. 59. No.3, July 2015. ISSN-e 1572-9451, Springer
- [53] Liu, Yu-li (ed.): Convergence in the Digital Age. Special Issue in Telecommunications Policy, pp.611–685., Editorial pp.611–614. ISSN 0308-5961, Vol.37. No.8. Sept. 2013. Elsevier, Amsterdam
- [54] Lynch, P., Haugh, M., Kurtz, L., Zeto, J.: Demystifying NFV in Carrier Networks: a Definitive Guide to Successful Migrations. Ixia, 1st edition, 2014. https://www.ixiacom.com/sites/default/files/resources/whitepaper/demystifying_nfv_in_carrier_networks_a_definitive_guide_to_successful_migrations.pdf
- [55] Matera, F., Listanti, M. Pióro M. (eds): Recent trends in network planning to decrease the CAPEX/OPEX cost. Special Issue in Telecommunication Systems, Vol. 61, No. 2, Feb. 2016, pp.205–347.
- [56] Matsubara, D., Egawa, T. et al: Open the Way to Future Networks – A Viewpoint Framework from ITU-T. In: Future Internet Assembly 2013: Validated Results and New Horizons. pp.27–38. 2013, Springer, Heidelberg
- [57] Meer, H. de, Hummel, K.A. and Basmađjian, R. (eds.): Future Internet services and architectures: Trends and visions. Special Issue in Telecom Systems, Vol. 51. No. 4. Dec. 2012. pp.219–303.
- [58] Mészáros, A., Telek, M.: Canonical Representation of Discrete Order 2 MAP and RAP. Computer Performance Engineering. Vol. 8168 of the series Lecture Notes in Computer Science pp.89–103. Springer 2013.
- [59] Mueller, M., Bohlin, E. (eds.): Global Internet Governance Research and Public Policy Challenges for the Next Decade. Special Issue in Telecommunications Policy, pp.449-501. Editorial pp.449-450. ISSN 0308-5961, Vol.36. No.6. July 2012. Elsevier, Amsterdam
- [60] NetWorld2020 European Technology Platform: 5G – Challenges, Research Priorities and Recommendation. Joint White Paper, p.45., September 2014. <http://networld2020.eu/wp-content/uploads/2015/01/Joint-Whitepaper-V12-clean-after-consultation.pdf>
- [61] Nguyen, K. K., Cheriet, M., Lemay, M., et al: Renewable Energy Provisioning for ICT Services in a Future Internet: In: Future Internet Assembly 2011, Achievements and Technological Promises, pp.419–429, Springer, Heidelberg, 2011.
- [62] Nishinaga, N.: NICT New-Generation Network Vision and Five Network Targets. IEICE Trans. on Communications, Vol. E93-B, No.3. pp.446–449. March 2010. Online ISSN: 1745-1345, Print ISSN: 0916-8516
- [63] Open Networking Foundation: Software-Defined Networking: The New Norm for Networks, ONF White Paper, April 13, 2012 <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>
- [64] Open Networking Foundation: OpenFlow-enabled SDN and Network Functions Virtualization, ONF Solution Brief, February 17, 2014 <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/solution-briefs/sb-sdn-nvf-solution.pdf>
- [65] Papadimitriou, D., Zahariadis, T., et al: Design Principles for the Future Internet Architecture. In: Future Internet Assembly 2012, From Promises to Reality, pp.55–67. 2012, Springer, Heidelberg
- [66] Prekopcsák, Z., Makrai, G., Henk, T., Gáspár-Papanek, Cs.: Radoop – Analyzing Big Data with RapidMiner and Hadoop. In: RCOMM 2011, RapidMiner Community Meeting and Conference. Dublin, 8-9 June 2011. pp.1–12.
- [67] Sales, B., Darmais, E. et al: A Systematic Approach for Closing the Research to Standardization Gap. In: Future Internet Assembly 2012, From Promises to Reality, pp.18–29. Springer, Heidelberg, 2012
- [68] Sallai, Gy.: Defining Infocommunications and Related Terms. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 9, No. 6, 2012. pp.5–15
- [69] Sallai, Gy.: Chapters of Future Internet Research. CogInfoCom 2013 – 4th IEEE Int. Conference on Cognitive Infocommunications, ISBN 978-1-4799-1-1543-9, Paper 27, pp.161–166. Track on Chapters of the Future Internet Science and Engineering. Dec 2-6, 2013, Budapest
- [70] Sallai, Gy.: Future Internet Visions and Research Clusters. Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 11, No. 7, 2014. pp.5–24.
- [71] Sallai Gy.: A Jövő Internet Nemzeti Kutatási Program és eredményei, 1. Magyar Jövő Internet Konferencia,

- Innotrends, Budapest, 2014. okt. 17., Prez., p.25.
http://www.jovointernet.hu/sites/jovointernet.hu/files/1-4_Sallai_Gyula.pdf
- [72] Sallai Gy., Schreiner W., Sztrik J. (eds.):
 Special Issue on Future Internet. Part I and II.
 Infocommunications Journal, HTE, No. 3 and 4.
 Vol. VI, Sept. and Dec. 2014, ISSN 2061-2079
- [73] Sharp, T., Keskin, C., Robertson, D., Taylor, J., Shotton, J., Leichter, D., Izadi, S.:
 Accurate, Robust, and Flexible Real-time Hand Tracking.
 In Proc. of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems,
 pp.3633–3642., ACM, April 2015
- [74] Shenker, S.:
 The Future of Networking and the Past of Protocols,
 Open Networking Summit. October 17-19, 2011.
 Stanford University, California, USA
<http://opennetsummit.org/archives/oct11/shenker-tue.pdf>
- [75] Simon Cs., Maliosz M.:
 Network Coding Based Caching for Near Real-Time Streaming Media. Infocommunications Journal, HTE, Vol. VII. No. 1. pp.7–4. March 2015.
- [76] Smith, Ian G. (ed):
 The Internet of Things 2012. New Horizons.
 IERC – Internet of Things European Research Cluster,
 3rd edition of the Cluster Book, p.360.
 Halifax, UK, 2012. ISBN: 978-0-9553707-9-3
http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Cluster_Book_2012_WEB.pdf
- [77] Stratogiannis, D., Tsiropoulos, G. et al (eds.):
 Mobile Computing and Networking Technologies.
 Special Issue in Telecommunication Systems,
 Vol. 52. No. 4, April 2013. pp.1714–2145.
- [78] Szabo R., Farkas K., Ispany M., Benczur A.A., Baffai N., Jeszenszky P., Laki S., Vagner A., Kollar L., Sidlo Cs., Besenczi R., Smajda M., Kover G., Szincsa T., Kadek T., Kosa M., Adamko A., Lendak I., Wiandt B., Tomas T., Nagy A.Zs., Feher G.:
 Framework for Smart City Applications based on Participatory Sensing. In: CogInfoCom 2013, Budapest, 2013. Dec. 2-5. pp.295–300.
- [79] Szűcs, G.:
 Index Picture Selection for Automatically Divided Video Segments, International Journal of Computers, 2014, 8, pp.183–192.
- [80] Tapolcai, J., Ho, P.-H., Babarczy, P., Rónyai, L.:
 On Signallinf-Free Failure Dependent Restoration in All-Optical Mesh Networks. IEEE/ACM Trans. on Networking. Vol. 22. No. 4. Aug. 2014. pp.1067–1078.
- [81] Vermesan, O., Friess, P. (eds.):
 Internet of Things – Global Technological and Societal Trends. p.315,
 ISBN 978-87-92329-67-7, River Publ., Aalborg, 2011.
- [82] Vermesan, O., Friess, P. (eds.):
 Internet of Things – Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems,
 p.363. E-Book, ISBN: 978-87-92982-96-4,
 River Publishers, Aalborg, 2013.
http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf
- [83] Wainwright, N., Papanikolaou, N.:
 The FIA Research Roadmap, Priorities for Future Internet Research. In: Future Internet Assembly 2012: From Promises to Reality,
 pp.1–5., 2012, Springer, Heidelberg
- [84] World Economic Forum: Digital Ecosystem – Convergence between IT, Telecoms, Media and Entertainment: Scenarios to 2015,
 World Scenario Series, 2007.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_DigitalEcosystem_Scenario2015_ExecutiveSummary_2010.pdf
- [85] Wu, X., Zhu, X., Wu, G. Q., & Ding, W.:
 Data Mining with Big Data.
 IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering, Vol. 26. No. 1. pp.97–107. 2014.
- [86] Yoonaidharma S., et al (eds.):
 Moving Forward with Future Technologies: Opening a Platform for All. Special Issue in Telecommunications Policy,
 pp.659–714. Editorial pp.659–661. ISSN 0308-5961, Vol.38. No.8-9. Sept. 2014. Elsevier, Amsterdam
- [87] Zahariadis, T. et al:
 Towards a Content-Centric Internet.
 In: Future Internet Assembly 2010: Emerging Trends from European Research, Ed. by Tselentis, G. et al. pp.227–236, 2010, IOS Press, Amsterdam
- [88] Zahariadis, T. et al:
 Towards a Future Internet Architecture.
 In: Future Internet Assembly 2011, Achievements and Technological Promises, Ed. by Dominique, J. et al., pp.7–18, 2011, Springer, Heidelberg
- [89] Zeller, D., Olsson, M. et al:
 Sustainable Wireless Broadband Access to the Future Internet – The EARTH Project.
 In: Future Internet Assembly 2013, Validated Results and New Horizons, pp.249–271. 2013, Springer, Heidelberg
- [90] Ziegler, S., Crettaz, C. et al:
 IoT6 – Moving to IPv6-based Future IoT.
 In: Future Internet Assembly 2013, Validated Results and New Horizons, pp.161–172. 2013, Springer, Heidelberg

A szerzőről



SALLAI GYULA okleveles villamosmérnök, az MTA doktora. 1968-tól a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszékén, 1975-től kutatóként a Posta Kísérleti Intézetben dolgozott, amelynek 1984-től igazgatója is volt. 1990-től a Magyar Távközlési Rt. stratégiai ágazati igazgatója, majd szolgáltatási vezérigazgató-helyettese. 1995-től a Hírközlési Főfelügyelet nemzetközi igazgatója, majd infokommunikációs elnökhelyettese. 2001-től a BME egyetemi tanára, 2002–2010 között a Távközlési és Média-informatikai Tanszék vezetője, ezzel egyidejűleg 2004–2008 között a BME stratégiai rektor-helyettese. A HTE-nek és az MTA Távközlési Rendszerek Bizottságának hat-hat évig volt elnöke. Tagja a Telecommunication Systems (USA) és más folyóiratok szerkesztő bizottságának. Jelenleg a BME professzor emeritusza, a Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ tudományos vezetője, a HTE tiszteletbeli elnöke. Szakmai tevékenysége a távközlés/infokommunikáció legkülönbözőbb területeire terjedt ki, meghatározó szerepet játszott a hazai távközlő hálózat technológiai és strukturális korszerűsítésében. A Műegyetemen az infokommunikáció menedzsment szakterület kialakítója, a mérnöki menedzsment tárgyak előadója, kutatási területe az infokommunikáció stratégiai és szabályozása, jövő internet trendek. A Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform szakmai vezetője, a Magyar Jövő Internet Konferencia 2014 és 2015 szakmai szervezője.

Future Internet and Smart Cities, avagy a jövő internete és az okos városok

KOVÁCS KÁLMÁN, BAKONYI PÉTER

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Egyesült Innovációs és Tudásközpont
kovacsk@mail.bme.hu, bakonyi@eit.bme.hu

Kulcsszavak: okos város, jövő internet, IoT, Big Data, integrált intelligens infrastruktúra, Smartpolis – Smart City Regionális Kiválósági Központ

A gyorsuló urbanizációs folyamat, az egyre nagyobb koncentráció révén keletkező tömegszolgáltatási problémák mellett növekszik az egyéni igényeket kielégítő szolgáltatások iránti tömeges kereslet is. Olyan intelligens megoldásokat kell találnunk, amelyek egyrészt igen hatékonyak és fenntarthatóak, másrészt elősegítik a gazdasági prosperitást és az egyre komfortosabb, biztonságosabb életvitelt. A jövő internet az a platform, amely ezeket a kihívásokat kezelni tudja és az okos város (Smart City) koncepció egyike azon megoldásoknak, amelyek a jövő internet segítségével a fent felsorolt problémákra megoldást kínálnak. Ezért felértékelődött, s mára már különösen fontossá vált a jövő internetének és ezzel párhuzamosan az okos városok kialakításának egyidejű kutatása, s ehhez kapcsolódóan a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem bázisán létrejövő Smart City Regionális Kiválósági Központ (Smartpolis).

1. Bevezetés

A 20. század elejétől kezdve – elsősorban az iparosítás, majd az újabb és újabb technológiai fejlesztések által indukált, egyre bővülő közösségi szolgáltatások rendkívül gyors fejlődése és elterjedése révén – rohamosan növekszik a világ energia- és ásványianyag-felhasználása, a forráskészletek felélése, környezetünk terhelése, s mindezekkel párhuzamosan gyorsul az urbanizáció folyamata. A felmérések alapján a harmadik évezred elejére a folyamatok fenntarthatósága szempontjából több területen is elértük a kritikus pontot. Van, ahol magát a trendet kell gyökeresen megváltoztatnunk. Ilyen például a széndioxid kibocsátás, a fosszilis energia-készletek, az esőerdők, vagy az édesvíz készletek területe, ahol a további növekedés helyett csökkenést kell elérnünk. S természetesen van, ahol a trendet magát nem tudjuk megváltoztatni. Ilyen például az urbanizáció folyamata: a világ lakosságának több mint fele városokban él, s ezen belül a fejlett országokban ez az arány még magasabb, az Európai Unió esetében már eléri a 75 százalékot. Ráadásul a városokban növekszik a leggyorsabban az energiaszolgáltatás (és nő a környezet terhelése), hiszen az egyre nagyobb koncentráció révén keletkező tömegszolgáltatási problémák mellett rohamosan növekszik az egyéni igényeket kielégítő, testre szabott szolgáltatások iránti társadalmi méretű kereslet is. Városi környezetben kell tehát elsődlegesen megtalálnunk azokat a megoldásokat, amelyek a hosszú távú fenntarthatóságot biztosíthatják.

Az IKT (Infokommunikációs Technológia) az a kulcs-technológia, amely ezeket a kihívásokat kezelni tudja és a Smart City (másnéven okos város) koncepció egyike azon megoldásoknak, amelyek az IKT segítségével a fent felsorolt problémákra hatékony választ kínálnak. Az IKT, és annak meghatározó elemeként az internet ösz-

szeköti és erősíti az ember–ember, ember–gép, gép–gép kapcsolatokat, elősegíti azok bővítését, az infrastruktúra fejlesztését, az üzleti tevékenységet. Így épül ki fokozatosan az IKT és a társadalom egymásra utaltsága és fonódik össze a jövőbeli fejlődésük. Ennek IKT oldali kritikus eleme a „jövő internete” (Future Internet), azaz a robbanásszerűen növekvő igények kielégítésére alkalmas kommunikáció-technológiai felület létrehozása.

Ilyen módon a jövő internet kutatása és fejlesztése, valamint a okos város alkalmazás-kutatási és szolgáltatás-fejlesztési tevékenységek szorosan összekapcsolódnak. Hiszen a következő évtizedek intelligens városi szolgáltatásainak kifejlesztésekor figyelemmel kell lennünk arra a megváltozó internetes technológiai környezetre (jövő internete), amelyen meg kell valósulniuk. És fordítva, a jövő internet kutatások során fontos szem előtt tartanunk azokat a nagy fejlesztési és szolgáltatási irányokat, amelyek kiszolgálására hosszú távon alkalmas (azaz gyors, biztonságos és nem utolsó sorban energiatékony) eszközt kívánunk megalkotni. Ennek a szakmai felismerésnek köszönhetően jött létre a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform keretében az azóta már jelentősen önállósodott Smart City Tagozat.

Ennek a cikknek a tárgya a jövő internet és ezzel párhuzamosan az okos város szolgáltatások kutatása jelentőségének, előzményeinek és lehetőségeinek elemzése és bemutatása. A második szakaszban bemutatjuk az EU Smart City kezdeményezését. A harmadik szakaszban röviden áttekintjük a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME vagy Műegyetem) folyó jövő internet kutatásokat, a negyedikben a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont (BME EIT) koordinálásában kialakított smart city K+F+I kompetenciát. Az ötödik szakaszban pedig bemutatjuk a Smartpolis program keretében a Műegyetem bázisán megvalósuló Smart City Regionális Kiválósági Központot.

2. Az EU Smart City kezdeményezése

E részben bemutatjuk az Európai Unió Smart City kezdeményezését, a Horizon 2020 célokkal összhangban kidolgozott fejlesztési stratégiáját és támogatási rendszerét.

2.1. Társadalmi és szakmai kihívások

A városok a gazdaság és a társadalom kiemelt szereplőivé válnak, elsősorban az urbanizáció és a tudásintenzív gazdaság kialakulása, valamint az egyre növekvő fogyasztás és károsanyag-kibocsátás miatt [1]. Az EU 20-20-20 célkitűzésének teljesítése (20% károsanyag-kibocsátás csökkentése, 20% megújuló energia, 20% energiahatékonyság-növelés) azt jelenti, hogy az energia-felhasználás, a közlekedés és az infrastruktúra területén dinamikus változás szükséges és ebben a városoknak kulcsszerepük van. Az EU-ban a lakosság 75%-a városokban él, a felhasznált energia 70%-át használja fel és ugyanez az arány a károsanyag-kibocsátás területén.

Az EU-ban 2005-ben széles körben történtek intézkedések az energiafelhasználás csökkentésére, de a kezdeti kedvező hatások 2009 után már nem érvényesültek, s a rendszer 2013-ra lényegében visszaállt ugyanarra a gradiensű növekedési pályára [2]. Az elemzők az okokat többek között abban látták, hogy az egymástól független iparági megoldások nem álltak össze integrált, egymást erősítő rendszerre, a kezdeményezések nem koncentráálódtak a legkritikusabb területre, a városokra, s megoldások hosszú távú üzleti modellje sem készült el.

2.2. Intelligens válaszok

A városokban számos más feszültségpont is van. Ilyenek a közüzemek (pl. gáz- és vízellátás, a közlekedés), a mindennapi élet környezetei (pl. a lakóépületek, intézmények, munkahelyek), az ipari-szolgáltató övezetek és a zöldterületek. Olyan intelligens vagy más néven „okos” megoldásokat kell találnunk, amelyek igen hatékonyak és fenntarthatóak egyrészt, másrészt elősegítik a gazdasági prosperitást és az egyre komfortosabb, biztonságosabb életvitelt. Ezt úgy lehet leghatékonyabban elérni, ha mobilizáljuk a város összes erőforrását és koordináltan, az új technológiák alkalmazásával alakítjuk ki a fejlesztési stratégiát. Az okos város (Smart City) kezdeményezés, stratégia, majd megvalósítási terv különösen a következő területek fejlesztésére hat ki: kormányzás, életvitel, mobilitás, gazdaság, környezetvédelem és energiaellátás.

2.3. Az EU Smart City stratégia és megvalósítási terve

Az új kezdeményezés lényege, – tanulva a 2005-ben bevezetett első intézkedések sikertelenségéből – hogy széleskörű, átfogó, integrált, fenntartható „okos város” megoldásokat fejlesztünk ki az energetika (épületek és szolgáltatások), a mobilitás (azaz a közlekedés) és az infokommunikációs technológiák területén. Ezek a megoldások közösek és átvihetők városról városra. Számos megoldás már kifejlesztésre került, de még hiányzik a nagyobb mértékű ipari bevezetés.

Az EU Smart City program új paradigmaként jelenik meg a városok technológiai, gazdasági és szociális témájú fejlesztéseiben:

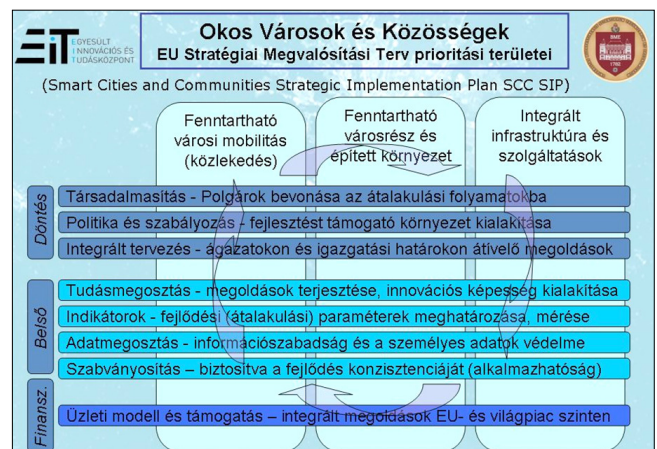
- Felgyorsítja az innovációt és a befektetéseket, hogy a társadalmi, gazdasági és környezeti feltételek javuljanak.
- Jelentős előrelépést hoz az életminőség, a fenntarthatóság és a versenyképesség területén:
- Fenntartható üzleti modelleket alakít ki és kínál, növeli a hatékonyságot és versenyképességet helyi és EU szinten.

A stratégia megvalósítási tervében az EU tizenegy egymással összefüggő prioritási területet jelölt meg [3]:

1. Társadalmasítás – polgárok bevonása az átalakulási folyamatokba.
2. Politika és szabályozás – fejlesztést támogató környezet kialakítása.
3. Integrált tervezés – ágazatokon és igazgatási határokon átívelő megoldások.
4. Tudásmegosztás – megoldások terjesztése, innovációs képesség kialakítása.
5. Indikátorok – fejlődési (átalakulási) paraméterek meghatározása, mérése.
6. Adatmegosztás – információszabadság és a személyes adatok védelme.
7. Szabványosítás – biztosítva a fejlődés konzisztenciáját (alkalmazhatóság).
8. Üzleti modell és támogatás – integrált megoldások EU- és világpiac szinten.
9. Fenntartható városi mobilitás (közlekedés).
10. Fenntartható városrész és épített környezet.
11. Integrált infrastruktúra és szolgáltatások.

Megvizsgálva ezek kölcsönhatásait, az egyes prioritásokat csoportosítani lehet aszerint, hogy a döntési folyamathoz, a társadalmi kohéziót erősítő belső információ és tudásmegosztás kérdésköréhez, vagy a finanszírozás, azaz a működés anyagi fenntarthatósága kategóriájába tartozik. Az első nyolc prioritás horizontálisan megjelenik mind a három szakmai prioritásterületen. A maradék három prioritás pedig valójában a megvalósítás átfogó szakmai területeit jelenti. Ezt a kölcsönhatást és a stratégia megvalósításának belső folyamatait mutatja be az 1. ábra.

1. ábra A Smart City stratégia prioritás területei [4]



3. Jövő internet kutatások a BME-n

A 2. szakaszban bemutatott Smart City stratégiai elképzelések megvalósítása szükségessé teszi a környezet, az eszközök, az igények és a szolgáltatások közös adaterendszerének létrehozását és az arra épülő integrált intelligens megoldásokat. Ehhez nyilvánvalóan jelentős kutatásokat és fejlesztéseket kell végrehajtanunk az IKT területeken, különösen a jövő internet témakörökben. Itt is a jövő internet fogalmának tágabb értelmezését használjuk, beleértjük az Internet of Things (IoT), a Big data, az IPv6, a cloud és egyéb kapcsolódó témaköröket is.

A következőkben ezért rövid áttekintést adunk a Műegyetemen, elsősorban a Villamosmérnöki és Informatikai Karon (VIK) folyó jövő internet kutatási és alkalmazott kutatási eredményekről. A téma szerteágazó jellege miatt nem törekszünk teljességre, de számos jellemző tématerületet bemutatunk. A példákat javarészen a BME jelentős szerepvállalása mellett megvalósuló, kitűnő eredményeket hozó „Jövő internet kutatások az elmélettől az alkalmazásig (FIRST)” [5] és az „Infokommunikációs technológiák és a jövő társadalma (FuturICT.hu)” [6] című TÁMOP projektekből vettük. Külön kitérünk a Smart City területekhez kapcsolódó kutatási témákra.

3.1 A jövő internetének elméleti alapjai

A jövő internetének elméleti alapjai témakörben a BME leginkább az adatvédelem, adatbiztonság megerősítésének lehetőségeit kutatta, valamint az informatikai hálózatok matematikai (logikai) modellezésével, számítástudományi megalapozásával foglalkozott. Az adatbiztonság az okos város szolgáltatások megbízhatósága és a biztonságos szolgáltatásba vetett bizalom szempontjából alapvető kérdés.

3.2 A modern hálózati technológiák

A jövő internet kutatások másik nagy fejezete a modern hálózati technológiák (pl. xDSL, LTE, Wi-Fi, WiMAX) sztochasztikus modellezése, valamint olyan fontos területek, mint például a médiaszolgáltatások (VoIP, video streaming, IPTV) minőségi paramétereinek online vizsgálhatósága, a skálázható forgalomnedzsment és erőforrás-allokációs módszerek kutatása. A smart city alkalmazhatóság szempontjából is meg kell felelnie a jövő internetének olyan kihívásoknak, mint a

- hozzáférés biztosítása bárholnan, bármilyen eszköztől az elvárt minőségben,
- mobilitás biztosítása tetszőleges hálózati technológiák és rendszerek között,
- felkészülés a tárgyak internetének (IoT) hálózati kihívásaira az átbocsátóképesség jelentős növelésével,
- a növekvő arányú multimédia-forgalom hatékony kezelése.

A BME által elért néhány releváns eredmény:

- Többszörös hozzáférésű csatornák modellezése.
- Mérések a földi digitális sugárzású TV sávok vételi frekvenciáinak környezetében, mozgó eszközökön elhelyezett műszerekkel, városi környezetben.

- A DFCP transzport protokoll sikeres összehasonlító teljesítményelemzése teszthálózati, ns-2 szimulációs és EMULAB környezetben.

3.3. Tartalomfejlesztés és adatbányászat

A tartalomfejlesztés területén elsősorban a testreszabható tartalomkezelő eljárások, azaz a felhasználó által előírt elvárásoknak megfelelő alkalmazások létrehozása és az alkalmazást alkotó komponensek felhasználóbarát áttekinthetőségének biztosítása a cél, amelyhez multimodális kommunikációt megvalósító felhasználói felület tartozik. A BME-VIK munkatársai további kutatásokat céloznak meg a szemantikus keresés témakörében, valamint vizsgálják, miként lehet a 3D interneten megjelenő 3D-s tartalmat és a tárgyak internetét, azaz, az interneten megjelenő valós tárgyak, eszközök, robotok által biztosított interaktív dinamikus tartalmat hatékonyan kezelni távolságtól függetlenül több felhasználó együttes kollaborációjában.

Itt is érdemes kiemelni néhány fontos eredményt:

- Szemantikus képkeresés olyan esetekben, amikor nem állnak rendelkezésre metaadatok a kereséshez, csak a képek tartalmi információit tudjuk használni.
- Tanulóállományra építő gépi tanulási módszer alkalmazása ismeretlen képi állományban történő szemantikus keresés során.
- Saját titokvédő algoritmusok továbbfejlesztése.
- Videó-visszakereséssel, böngészéssel és multimédia visszakeresést támogató adatszerkezetek vizsgálata.

3.4. A tárgyak internete

Mint a bevezetőben említettük, a jövő internet fogalmakör tágabb értelmezésével dolgozunk, amelynek egyik fő eleme a tárgyak internete. Ebben a témakörben a BME-n többek között az alábbi területeken végeztek kutatásokat:

- Infokommunikációs eszközök energiahasználatának hatékonysága.
- Az IoT heterogén, nagyszámú kommunikációs elemek rendszerszintű modellezése és tervezése. IoT hálózat függőségének olyan módon történő kialakítása, ami a megbízhatóságot, biztonságot és titkosságot a több milliárd különböző, heterogén eszköz egyedi hitelesítési mechanizmusánál is figyelembe veszi.

A tárgyak internete témakörben megjelennek a Smart City szolgáltatások kutatására és fejlesztésére irányuló témák is, mint például:

- Időskori életvitel intelligens segítése (távfelügyelet) érdekében internetre csatlakozott, fejlett érzékelőkkel, elektronikai és automatizált eszközökkel kialakított monitoring és beavatkozó rendszerek fejlesztése.
- Időjárásmérő és -előrejelző hálózat fejlesztése, klímaváltozáshoz való intelligens alkalmazkodás kutatása.

Néhány kapcsolódó további eredmény:

- Adatfeldolgozási algoritmusok Sensor Web szolgáltatáshoz.

- Szenzoradatok integrálása Sensor Web szolgáltatáshoz.
- Szenzorok, mérőrendszerek hibáinak kompenzálása inverz módszerekkel.

3.5. Jövő internet közösségi alkalmazások

Külön említjük a jövő internet közösségi alkalmazások K+F témakörét, mert közvetlenül kapcsolatban vannak az okos városi szolgáltatások fejlesztésével.

A cél olyan szolgáltatási platformok, és hozzájuk tartozó, közösségi érzékelésen, intelligens eszközökön és rendszereken alapuló adatgyűjtési és feldolgozási módok kutatása és kifejlesztése, amelyek biztosítják a Smart City koncepcióba illeszkedő intelligens szolgáltatások fejlesztési környezetét. A szerteágazó témából itt is kiemelnénk a – számos érzékelő szenzorral (pl. GPS, mikrofon, kamera stb.), vezeték nélküli interfésszel (pl. Wi-Fi, Bluetooth, GSM/3G/4G stb.) és állandóan kommunikációs kapcsolattal, valamint egyre növekvő teljesítményű processzorral rendelkező – okos telefonra épülő pilot-alkalmazásokat, valamint ezzel összefüggésben a nyitott, mobil-alapú közösségi érzékelés keretrendszer és szolgáltatási platform kifejlesztését.

Néhány idevágó eredmény:

- Mobil-alapú közösségi érzékelés területén crowdsourcing és crowdsensing alkalmazásokat támogató kommunikációs és szolgáltatási keretrendszerek vizsgálata.
- Adattárházak építése elosztott technológiákra alapozva.
- Intelligens oktató–hallgató (UDPROG) rendszerek fejlesztése.
- Kontextus (hely, idő, jármű típus) alapján várható események előrejelzése (pl. utastájékoztató rendszer mintaalkalmazás fejlesztése).
- Pontatlan adatokból megfelelően nagy megbízhatóságú adatok előállítás mobil környezetben.

Fontos lépés a hazai jövő internet K+F+I területén a Jövő Internet Kutatáskoordinációs Központ (FIRCC) által [7] 2013-ban elindított Jövő Internet Nemzeti Kutatási Akcióprogram (JINKA), amely a hazai jövő internet kutatások folyamatos feltérképezését és koordinációját célozza [8].

4. Okos város K+F+I a Műegyetemen

4.1. Okos város kutatások a BME EIT koordinációjában

Az BME Villamosmérnöki és Informatikai Kara 2009-ben azzal a céllal hozta létre az Egyesült Innovációs és Tudásközpontot (BME-EIT), hogy kari szintű szolgáltató központként részt vegyen a VIK feladatainak ellátásában, szolgáltatásaival segítse a kar szervezeti egységeinek és munkatársainak tevékenységét, valamint a különböző VIK-érdekeltségű szakterületeken integrált, koordinált K+F+I feladatokat lásson el. Az EIT az elmúlt hat évben 12 projektet (összesen mintegy 6 Mrd Ft pályázati támogatást) menedzselte sikeresen.

Az EIT feladata többek között, hogy a több tanszékhez, esetleg több karhoz tartozó, több szakterületet érintő

komplex tématerületeket koordinálja. Az egyes tanszékek, illetve kutatócsoportok önkéntesen vesznek részt az EIT koordinációban, azzal a céllal, hogy a közösen felmutatott szakmai potenciál révén nagyobb eséllyel tudnak bekapcsolódni nagyobb konzorciumokba, K+F+I pályázati és ipari projektekbe. Ilyen koordinációs terület például a Műegyetemen folyó úrkutatási tevékenység, vagy éppen az okos város kutatások és fejlesztések.

Az okos város témakörben az EIT jelentős hazai és nemzetközi aktivitást fejt ki. Az EIT szervezi a Jövő Internet nemzeti Technológiai Platform keretében létrejött Smart City Tagozatot, melyben részt vesznek a kormányzat, az önkormányzatok, a ipari szolgáltatók és az akadémiai oldal képviselői is. Az EIT szervezésében a BME részt vesz több H2020-as nemzetközi pályázati konzorciumban is Smart City témában.

4.2. A BME okos város kompetencia területei

A BME EIT az elmúlt másfél évben hét kar önkéntes együttműködésében összeállított egy javaslat- és kompetencia gyűjteményt [9] az EU követelményeit teljesítő Smart City koncepció implementációjához. Ennek alapján az alrendszerek és a koordináló BME karok listája a következőképpen alakult:

1. *Smart energetika:*
Villamosmérnöki és Informatikai Kar és Gépészmérnöki Kar
2. *Intelligens urbanisztika:*
Építészmérnöki Kar
3. *Intelligens közlekedés:*
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
4. *Klímaváltozás:*
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
5. *Környezetvédelem:*
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar
6. *Életminőség – egészségügy:*
Egyesült Innovációs és Tudásközpont
7. *Közösségi részvétel a városfejlesztésben:*
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar
8. *Vízminőség és vízgazdálkodás:*
Építőmérnöki Kar
9. *Integrált intelligens infrastruktúra:*
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
10. *Smart alrendszerek informatikai támogatása:*
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Az alrendszerek integrációját az Egyesült Innovációs és Tudásközpont végzi.

4.2.1. Smart energetika

Az intelligens energia és hatékony hálózatok területén célszerű mintaprojekteket indítani, amelyek a helyi adottságoktól függően az alábbi feladatokat oldanák meg:

- villamos hálózati energiamenedzsment, megújuló energiák, energiatárolás, vezérlés, fogyasztói befolyásolás összehangolása nagyvárosi szinten,
- a városi (közúti és vízi közlekedés) és a nagyávolságú (vasúti) közlekedés, valamint a villamosenergia-rendszer együttműködése tárolási funkciók megvalósításával,

- hőszivattyúk bevonása a villamosenergia-rendszer szabályozásába,
- különböző energiaszállító infrastruktúrák összekapcsolása energiatárolás céljából,
- intelligens közvilágítási rendszerek kialakítása.

A már működő és a létesítendő mintaprojektek során keletkező adatokat egy közös platformra gyűjtve lehetővé válik a rendszerszintű szabályozási tartalékok felajánlásából és igénybe vételéből adódó megtakarítások optimalizálása.

Online épületenergetikai döntéstámogató rendszer kidolgozása (Smart Buildings as Microgrids), amelyben megvalósul az épületállomány hő- és villamosenergia-fogyasztásának mérése és távfelügyelettel történő nyomon követése, elemzése (optimalizálása) és a beavatkozás lehetősége.

4.2.2. Intelligens urbanisztika

Cél az évszázadok, évezredek során megszerzett, megtapasztalt tudás felelevenítése és „újrahasznosítása” az intelligens – azaz védett, biztonságos, természetközeli, költséghatékony és emiatt fenntartható – épített városi környezet érdekében. A megvalósítás eszközei:

- Egyensúlyi helyzetek megteremtése az épületek és köztér egymást kiegészítő, harmonikus egyensúlyában, az időjárás szélsőségei hatásainak csökkentésével.
- Energiagazdálkodásban a helyi energiák felhasználása, a „szelíd” (emberi erővel folytatott) közlekedés lehetőségeinek bővítésével.
- Fenntarthatóság a városépítészetben a regionális karakterek erősítése, a felhagyott városrészek funkcióváltása, helyi, illetve újrahasznosított anyagokból építkezés stb.
- Fenntartható közösségek, több generációban gondolkodva.

Az IKT alkalmazása lehetőséget ad a hasonló adottságú területekkel való összevetésre, a mindenkori optimumok keresésére és a folyamatos monitoringra.

4.2.3. Intelligens közlekedés

Egy intelligens közlekedési rendszer tipikus K+F+I elemei:

- Pálya: energia-visszatápláló rendszerek, járműirányító rendszerelemek pozíciójelző elemek.
- Jármű: e-gépkocsi rendszerek (töltőállomás-kiosztás), autonóm járművek, flották.
- Irányítás: dinamikus forgalomirányítás, a közlekedési ágazatok információcseréje, csúcsok optimalizálása a forgalmi dugók elkerülése érdekében, dinamikus érkezési és távozási útvonal optimalizálás, csoportszintű vezérlés.
- Szolgáltatás: útvonalválasztási tanácsadó rendszer, aktív és passzív útvonalirányító és konfliktuskezelő rendszerek.

4.2.4. Klíma

Éghajlati szélsőségek kezelése városi környezetben:

- A klímaváltozással összefüggő szélsőségek gyakoriságának és intenzitásának lokális feldolgozása, a hősziget-hatás fokozó hatásának kezelése (pl. a lakó- és irodaépületek intelligens hűtési rendszere).
- Egyes légszennyező anyagok esetében (pl. PM₁₀, PM_{2.5}, O₃) a városokon kívülről származó nagytávolságú légköri transzport szerepe.
- Az időjárás változékonyságának élettani (keringési, pszichés), közlekedési (baleseti), korróziós stb. hatásainak vizsgálata, előre jelzése, mérséklése.

4.2.5. Környezetvédelem

A környezetvédelmi kutatások kapcsolódó témái:

- Városi szennyezett (főként ipari) területek megtisztítása (remediációja) „talajcsere” helyett új, innovatív biotechnológiák alkalmazásával, amelyekkel hosszútávon fenntartható a talaj minősége. A cél olyan intelligens talajkezelési technológia kidolgozása, amely az atmoszférába történő szénkibocsátást és a szerves szén talajban tartását, egyszersmind a leromlott és szennyezett talajok javítását is szolgálja.
- Hulladékok kockázatmentes hasznosítása innovatív technológiai megoldással talajjavításra és termeszto közeg létrehozására a városi zöld területek növelése érdekében.
- Szennyvízkezelés hatékonyságának növelése speciális szenzorok és intelligens szűrőrendszerek alkalmazásával.

4.2.6. Életminőség és egészségügy

A K+F célja olyan IKT technológiák alkalmazása, melyek segítségével az idős emberek életminősége javítható, biztonságérzete növelhető saját otthonukban, illetve megszokott környezetükben. Távfelügyeleti rendszerek segítségével az eddig csak kórházban végzett rehabilitációs folyamatok nagy része elvégezhetővé válik kontrollált környezetben, a saját otthonunkban is. E rendszerek másik eredménye, hogy a megfelelő élettani paraméterek, viselkedési minták és mentális képességek követésével a betegségek hamarabb detektálhatók, és ezáltal könnyebben gyógyíthatók.

A kutatott technológiák többek között a következők:

- 3D kamerán alapuló, emberi mozgást felismerő programok a rehabilitációs tornagyakorlatok tanulására és ellenőrzésére;
- Virtuális társas jelenlétet visszaadó kommunikációs eszköz;
- Otthoni tevékenységek detektálására, az egészségállapot figyelésére passzív szenzorok, okos mérők, intelligens beavatkozó rendszerek.

4.2.7. Közösségi részvétel a városfejlesztésben

Cél az érintett közösségek bevonása, aktív részvétele a városfejlesztésben, az „okos kormányzás” megvalósítása a legújabb IKT technikák felhasználásával.

Például:

- különböző városi társadalmi csoportok, valamint az Y és a Z generációs („IKT bennszülött”) fiatalok város használati (azaz épület-, közlekedés-,

- munkahely-használati stb.) módjának és média szokásainak feltérképezése,
- ezek összefüggésrendszerében kreatív kulturális és társadalmi tőkék felmérése és az abban rejlő fenntartható városfejlesztési potenciál kihasználása.

4.2.8. Vízhatalóság és vízgazdálkodás

A jelenlegi infrastruktúrát a mára hibásnak tekintett koncepció jellemzi: a jelenlegi rendszer nem fenntartható, nem érvényesül a költség- és energiahatékonyság, hiányzik az erőforrás-menedzsment és a körforgások zárása (víz és anyagok – foszfor, nitrogén, nehéz fémek stb.), nincsenek benne „okos” megoldások (pl. intelligens mérők). Alapvető cél a szürke szennyvíz, csapadékvíz, öblítéses WC, szennyzők szétválasztása, szabályozás a keletkezés helyén és decentralizáció.

A megvalósítás legfontosabb elemei:

- A smart elemek (pl. intelligens fogyasztásmérők) alkalmazása.
- A háztartásokban a különböző vízhasználatok során keletkező és lényegesen eltérő szennyezettességű vizek szétválasztása és eltérő kivezetése, új szennyvízcsatornázás és tisztítási rendszer (pl. decentralizált tisztítás).
- A szállított vízmennyiségek és a rendszer energiaigényének csökkentése.
- Csapadékvíz-visszatartás és -használat (ivóvízhasználat részleges kiváltása, ivóvíz és szennyvízrendszeren szállított vízmennyiségek csökkentése).
- Szennyvíz-hőenergia hasznosítása környező épületek fűtésére és hűtésére.
- Zérus energiamérlegű, illetve energiatermelő szennyvíztisztító telepek.

4.2.9. Infokommunikáció

Célkitűzések:

- Városi szintű kapcsolt adatbázisok, valamint közcélú nyílt adatbázisok létrehozása és folyamatos töltése a legkorszerűbb adatgyűjtési technikákkal.
- A jövő lehetséges infokommunikációs szolgáltatásainak bevezetése a helyi lakosság és vállalkozások interaktív bevonásával.
- Az így kialakult infokommunikációs szolgáltatások működőképességének, használhatóságának, fogadtatásának tesztelése.
- A lakosság képzése az infokommunikációs eszközök és a smart szolgáltatások igénybevételének segítése céljából.

Közvetlen alkalmazási területek:

- Városkártya (arcképes intelligens kártya) segítségével korszerű, közösségi szolgáltatások igénybevétele. A csatlakozó helyi kkv-k hatékony marketing-eszközhöz jutnak.
- Virtuális idegenvezető: a város turisztikai kínálatát bemutató mobilalkalmazás, valós idejű és teljes értékű idegenvezető, amellyel a legfrissebb városi programok is elérhetőek.
- Felhőalapú szolgáltatások, szerverek, adattárolók és szolgáltatások (pl. dokumentum-kezelés) kiváltására.

- Biztonság (pl. járműkövetés, iskolai diákazonosító beléptető rendszer stb.).
- Tanulás, oktatás (virtuális közösségi tér a virtuális tanteremben).

5. A BME Smartpolis programja

A BME Smart City Regionális Kiválósági Központot kíván létrehozni a „Smartpolis” uniós pályázati projekt keretében, amelyben a BME konzorciumi partnerei a Fraunhofer Fokus Institute (Berlin), az Urban Software Institute GmbH (Chemnitz), valamint a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala (SZTNH).

A BME EIT szervezésében, az SZTNH vezetésével létrejött nemzetközi konzorcium a Horizon 2020 Teaming kétfordulós pályázati program első fordulójában közel 400 ezer euró támogatást nyert egy budapesti, több országra kiterjedő, regionális kiválósági központ létrehozását megalapozó üzleti terv kidolgozására, amelyben igazolnia kell, hogy a létrehozandó központ mind a hazai, mind a közép-kelet-európai, régiós okosváros-fejlesztésekhez jelentős szakmai hozzájárulást tud majd hosszú távon is biztosítani [10].

A Teaming második fordulójában a kidolgozott üzleti tervek alapján kilenc nyertes pályázat lehet, amelyek egyenként 15 millió Euro EU-s támogatást kapnak, hogy létrehozzák és elindítsák az általuk választott szakmai területen működő kiválósági központot. A második pályázati forduló megnyeréséhez jelentős – a támogatás nagyságrendjében eső – hazai kormányzati forrást is biztosítani szükséges, az ipari finanszírozás mellett. A Smartpolis pályázat esélyét javíthatja, hogy az első fordulóban a 169 pályázatból nyertes 31 pályázat közül csak ez az egy pályázat foglalkozott az okos városok témájával.

A BME rendelkezik mindazokkal a multidiszciplináris tudományos és technológiai ismeretekkel, amelyek egy okos város szakmai kiválósági központ létrehozásához szükségesek. A külföldi partnerek jelentős nemzetközi elismertséggel rendelkeznek, és így hozzájárulhatnak a szükséges know-how átadásához. A konzorcium vezetője az SZTNH, mely a szellemi tulajdon védelmének, illetve hasznosításának támogatása területén bírt tapasztalatokkal, az akadémiai világ és az ipar együttműködését segíti elő.

A Smart City Regionális Kiválósági Központ katalizátorként működik az European Innovation Partnership Smart City (EIP-SCC) tevékenységének a régióban történő elterjesztésében, amelynek eredményeképpen a városok, az ipar és az állampolgárok együttműködése javítja a városi életminőséget a fenntartható integrált megoldások révén. Hasonlóképpen szoros együttműködést alakít ki a Központ az e területen működő iparvállalatokkal. Segíti kis- és középvállalatok bekapcsolódását az okos városfejlesztési projektekbe, hiszen az okos város szolgáltatások új piaci lehetőségeket nyújtanak a helyi szolgáltató kis- és középvállalkozásoknak, s ezzel jelentős mértékben javítják a helyi foglalkozta-

tást. A Smartpolis keretében megvalósuló jelentős hozzájárulást adhat okos város fejlesztési együttműködések kialakításra a közép-kelet európai régióban és a régió bekapcsolására az EU átfogó Smart City programjaiba. A projekt során keletkezett eredmények, know-how-k megosztásra kerülnek az régióban együttműködő partnerek között, így segítve a felzárkózást az európai élvonalhoz.

6. Összefoglalás

Cikkünkben rámutattuk arra, hogy a jövő internet kutatása és fejlesztése, valamint a Smart City alkalmazás-kutatási és szolgáltatás-fejlesztési tevékenységek szorosan összekapcsolódnak. Egyfelől a következő évtizedek intelligens városi szolgáltatásainak kifejlesztésekor figyelemmel kell lennünk arra a megváltozó internetes technológiai környezetre (jövő internete), amelyen meg kell valósulnia. És fordítva, a jövő internet kutatások során fontos szem előtt tartanunk azokat a nagy fejlesztési és szolgáltatási igényeket, amelyek kielégítésére hosszú távon alkalmas (azaz gyors, biztonságos és nem utolsó sorban energiahatékony) eszközt kívánunk megalkotni.

Konkrét témákon keresztül mutattuk be a Műegyetemen párhuzamosan folyó, egymásra kölcsönösen ható jövő internet és okos város kutatásokat és fejlesztéseket, valamint a BME Smartpolis (Smart City Regionális Kiválósági Központ) programját.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak azért a tevékenységért, amelyet az elmúlt közel két évben Bóna Krisztián, Bozó László, Charaf Hassan, Feigl Viktória, Henk Tamás, Jereb László, Molnár Mónika, Orbán Annamária, Pálffy Sándor, Prikler László, Raisz Dávid, Rohács Dániel Somlyódy László, Vajda Lóránt, Varga István és munkatársaik a BME EIT szervezésében a Smart City fejlesztések és elképzelések összeállításának területén végeztek, s ezzel segítették a cikk elkészítését.

Irodalomjegyzék

- [1] EU Energy, Transport and GHG Emissions Trends to 2050, Reference Scenario (2013), http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/trends_to_2050_update_2013.pdf (2016.03.15.)
- [2] EU primary energy consumption scenarios for 2020 (2013): http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/sip_final_en.pdf, p.5. (2016.03.15.)
- [3] Strategic Implementation Plan, see "An Energy Policy for Europe" [COM(2007) 1 final] for the 20/20/20 energy and climate targets, p.3.
- [4] Implementation of EU Smart City Strategy (2010), http://ec.europa.eu/eip/smartcities/files/operational-implementation-plan-oip-v2_en.pdf, p.5. (2016.03.15.)
- [5] Sztrik, J. (ed.): Future Internet Research, Services and Technology,

Final Workshop, 28-29 Nov 2014, Conference Proceedings, Debreceni Egyetem, Debrecen 2014. pp. 4–79. (ISBN: 978-963-473-757-5)

- [6] Agócsi Cs. (ed.): Infokommunikációs technológiák és a jövő társadalma, Zárókiadvány, Szeged 2014.
- [7] Bakonyi, P., Future Internet Research Coordination Center, In: Sztrik, J. (ed.) Future Internet Research, Services and Technology, Final Workshop, 28-29 Nov. 2014, Conference Proceedings, Debreceni Egyetem, Debrecen 2014. pp.75–79. (ISBN: 978-963-473-757-5).
- [8] Bakonyi P., Sallai Gy. (szerk.): A Jövő Internet Nemzeti Kutatási program eredményei (FIRCC jelentés 2014), DE FIRCC, Debrecen 2014. (ISBN: 978-963-473-716-2)
- [9] Kovács K. (szerk.): A BME intelligens város koncepciója és szakmai potenciálja – a BME EIT koordinációjában, BME EIT kiadvány, Budapest 2015, pp.9–28. http://eit.bme.hu/download/Urbania/Intelligens_varos_Urbania21.pdf (2016.03.15.)
- [10] Bakonyi P., Kovács K.: „Smartpolis projekt”, Okos város kiválósági központ létrehozása a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, In: Bíró K., Sebestyén-Pál Gy. (ed.), SzámOkt 2015, XXV. Nemzetközi Számítástechnika és Oktatás Konferencia (konferencia kiadvány), EMMTT, Arad 2015, pp.177–182. (ISSN: 1842-4546).

A szerzőkről



KOVÁCS KÁLMÁN 1957-ben született Budapesten. A BME-n diplomázik 1982-ben matematikus-mérnök szakon. PhD fokozatot térinformatikai alkalmazásokból szerz. 1984-től oktat a Műegyetemen matematikát, informatikát és térinformatikai alkalmazásokat, egyetemi docens. 1994 és 1998 között közlekedési, hírközlési és vízügyi államtitkár. 2002–2006 között informatikai miniszter. 2001-ben Eisenhower ösztöndíjas (USA). 2005–2008-ig az UN (ENSZ) Internet Governance Forum Advisory Board tagja. Több mint két évtizede részt vesz a hazai úrkutatás irányításában, 13 éven keresztül a Magyar Úrkutatás Tanács elnöke volt. 2009-től a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Egyesült Innovációs és Tudásközpontjának igazgatója. A Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform Smart City Tagozatának vezetője.



BAKONYI PÉTER 1965-ben diplomázott a Budapesti Műszaki Egyetem villamosmérnöki karán, 1970-ben egyetemi doktori címet szerzett, 1974-ben pedig a műszaki tudományok kandidátusa lett. 1987-ben vendégprofesszorként az Észak-Karolinai Egyetemen tanított. 1965-től az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetének (SZTAKI) tudományos munkatársa, majd főosztályvezetője, 1982–1990-ig, majd 2004–2011-ig ismét tudományos igazgatóhelyettese. 1975 és 1990 között az MTA számítóközpontját irányította. 1986-tól 1999-ig a Nemzeti Információs Infrastruktúra Programot vezette. 1991-től az Allianz Hungária Biztosító IT vezetője. 2002 júniusától 2004 decemberéig az Informatikai és Hírközlési Minisztérium „Információs Társadalom Stratégia” helyettes államtitkára. 2004–2008 között a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács kormány által delegált tagja. 2011-től a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont vezető tanácsadója. 1997-ben a BME-n címzetes docensi kinevezést kapott, 2007-ben címzetes főiskolai tanár lett a BMF-en. 1991–2010 között a Magyar Internet Társaság elnöke, 1990-től a Hungarnet Egyesület ügyvezető elnöke. 2002-től 2008-ig a Neumann János Társaság elnöke, jelenleg tiszteletbeli elnöke. 2011-től a Jövő Internet Nemzeti Technológiai Platform elnöke, a Magyar Jövő Internet Konferenciák szervezője. Kitüntetései és díjai: Sport érdemérem arany fokozata (1964, 1968), Eötvös Loránd díj (1986), Széchenyi-díj (1993), Magyar Köztársaság Érdemrend Tisztikeresztje (2003), Neumann János díj (2014).

Trends in Smart City infrastructures

ISTVÁN GÓDOR, JAN HÖLLER

Ericsson Research
istvan.godor@ericsson.com

Keywords: smart city, big data, analysis, city administration

A smart city is envisaged to be an integrated open environment, which is able to collect all relevant information about city life, analyze this information and create a meaningful knowledge base. ICT is the enabling common infrastructure and together with a horizontal approach enables targeting data and information driven complex problems. We are looking forward to generic and open standards enabling development of open APIs and a participatory community that could drive the ecosystem into a next level. Naturally, the computation needs should build on the best performing big data analytics components; meanwhile combine them in a smart way to exploit the most of these open source solutions. Some examples are already developed and municipalities are able to use them today.

1. Introduction

The continuously changing landscape of workplaces and internal migration of inhabitants within and towards cities calls for adaptive urban planning and operations. To help authorities cope with this evolving environment and prepare the infrastructure of cities to deal with the challenges of the future, the best technologies for infrastructure for smart cities are being researched, and that require the inclusion of all stakeholders; citizens, enterprises and authorities. Having more than 7 billion mobile subscribers, digital city programs to connect meters, sensors or any devices rhyme to our vision about anything that benefits from being connected will actually be connected. In this Networked Society, people, knowledge, devices, and information are networked for the growth of society, life and business.

Such transformation of life and operations requires a digital representation of the real world updated in real-time, powered by embedded devices and connectivity and supported by the emerging 5G system and technologies to serve the needs of the Networked Society. Moreover, technology should be designed not to uncomfortably interfere with people's life. Nevertheless, to operate smart cities we need a strong cooperation between all the partners in cities ensuring the most benefit for our future.

2. What makes a city smart?

Smart devices appear more and more in our daily life, even at great celebrations like the initiation of popes. As usual in the past, both Pope Benedict and Pope Francis attracted tens of thousands people to the Saint Peter's square in the Vatican and billions of people over the television broadcasts even with the help of the Internet. *Figure 1* shows groups of people looking forward to the result of the pope elections and the first talk of the new pope in 2005 and 2013, respectively.

The impact of mobile device technology and everywhere viable connectivity is clearly evident by the massive update of smartphones and tablets in this simple illustration.

However, having such applications available for public does not make cities smarter automatically. That is, using the available technologies and having an infrastructure in operation are a must for smart cities, but not enough to be a sufficient criterion. Moreover, there are many definitions for smart cities, and applications span a very wide range, e.g. exemplified by the use cases and scenarios we were part of developing in the EU FP7 CityPulse project [1].

A smart city has to be well operated and must be a place where everything is done in cooperation with all the interested parties including the municipality, the in-



Figure 1. Pope Benedict the XVth succeeded John Paul the IInd in 2005 (left) and Pope Francis succeeded Benedict the XVth in 2013 (right)

[source: AP,
© L. Bruno, M. Sohn]

dustries, enterprises and citizens. For this to happen, a smart city must have integrated infrastructures and processes across segments, and information and communication technology (ICT) is the enabling common infrastructure that can provide this.

3. Towards billions of connected things

What is needed for a smart city in particular? First of all, the availability of proper and timely information is a must for operating the cities and finding the synergies between the traditionally vertically completely separated departments of the city administrations (see actual examples in Section 4). In order to have the information available all the components of the city operation should be connected in one way or another.

3.1. Transformation examples from industry segments

Nevertheless, there are some important steps ahead of us. On the one hand, we should make these components of city life to be able to cooperate with each other. On the other hand, we should understand how these components will change to support the cooperation. And these changes bring the transformation of many aspects of our life. Let us give some examples illustrated by Figure 2.

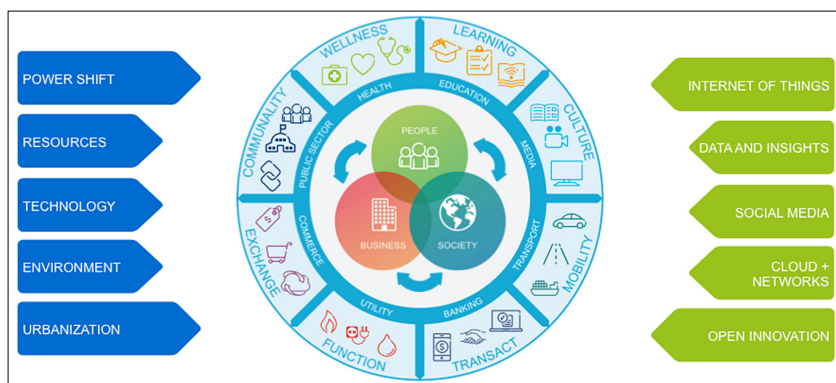


Figure 2. Driving forces and enabling technologies impact all sectors
[source: Ericsson]

The major connecting points of our life to the cities are the utility services, be it energy, transportation or other.

Energy and smart grids were one of the first targets of smart city activities. Of course the required developments in the energy industry are not limited to the technologies serving the energy distribution, but require an always-on communications, monitoring services, analytics solutions and management system beyond the capabilities of simply connecting assets of the energy infrastructure.

Regarding renewable and green energy, even in the administration area of the European Union, it is a great challenge to modernize the infrastructure that is able to cope with varying power consumption and highly distributed generation requiring adaptive feed-in management. As a consequence, individuals cannot sell their

extra energy even to their direct neighbors simply because the lack of control of in- and out-flow of energy. A first step to achieve this latter is the introduction of smart meters. *"The EU aims to replace at least 80% of electricity meters with smart meters by 2020 wherever it is cost-effective to do so. This smart metering and smart grids rollout can reduce emissions in the EU by up to 9% and annual household energy consumption by similar amounts."* [2]

Another primary target example is transport and automotive, where enabling intelligent transport systems are manifold. Integration of various transport means for both people and goods are key in multi-modal transportation. We have also witnessed an increasing development of vehicle technologies in the last few years. Driver assistance systems are already available in the premium segment of cars, focusing on lane keeping/following systems, intelligent cruise control systems that are a great help on motorways, one way traffic city drive or traffic jams. Fully autonomous driving in dense areas is foreseen as highly assisted task by road side infrastructures and being heavily disputed in standardization bodies involving car manufacturers and telco companies, as well. As a future advantage for cities, the traffic will be much better controlled, and adaptive to traffic load, which can be much better redistributed in case of accidents or traffic blockage reducing the throughput of given road segments within the city. On the industry side this can mean a better tracking of goods, loading and unloading ships at docks.

Without going into detail, it is still worth to mention also emergency situation support that requires necessary tools for ad hoc adaptive measures in unpredictable events. For example orchestration and appropriate information to rescue teams, police and fire brigades to be able to more efficiently prepared to emergency situations and response to them like in case of natural disasters, accidents or panic at sport events or music concerts without bad interference with peoples' normal life.

Naturally all such examples need integrated environments and urban solutions in a sustainable way.

3.2. Be horizontal and go mainstream

What is needed to create such an integrated environment across sectors? The first step will be the digital representation of the real world for all those things, places or anything that are relevant in the physical world. Such a representation is needed to support monitoring and controlling objects, and give identities to everything.

The underlying foundation includes sensors, actuators and communications, however, the ultimate goal is to let everything be able to interact with each other, and make them be valuable part of the whole ecosystem (see Figure 3).

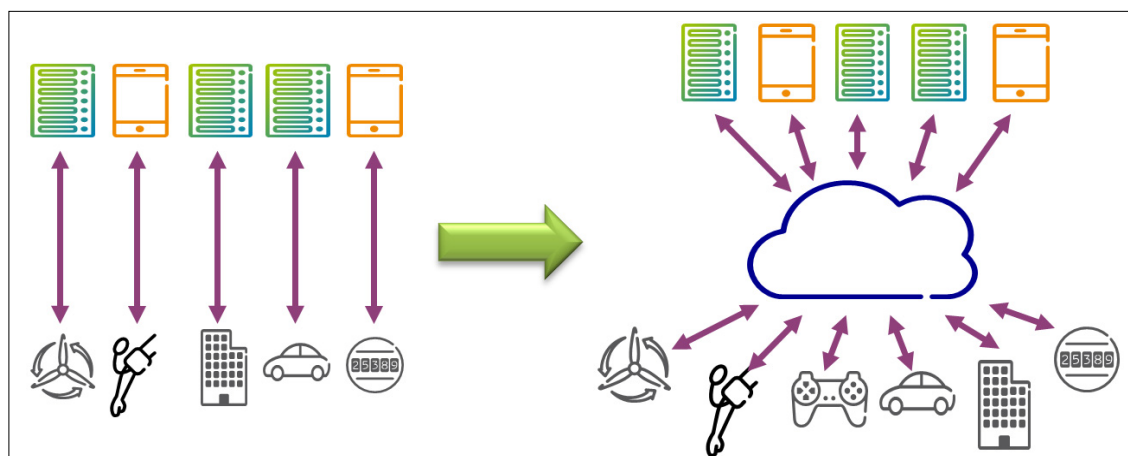


Figure 3.
Illustration of
today's vertical
approach (left)
and tomorrow's
horizontal
approach (right)
[source: Ericsson]

However, such ecosystems are rather limited today. Most of the solutions follow a vertical approach by focusing on a given single problem. In many cases, they are solved by specific and proprietary technologies, IT is kept in house by companies and hardly anything is shared with others. This is not the way how a smart city should be built up.

In cities we need a horizontal approach in order to be able to target data and information driven complex problems and even enable cross-domain solutions. We are looking forward to generic and open standards enabling development of open application programming interfaces (APIs) and a participatory community that could drive the ecosystem into a next level. As it was mentioned above, the strong cooperation between parties could give the most benefits to the whole city.

One of the most important things in such a horizontal system is the creation of a digital data and information marketplace which can be a part of the cloud solution given in the middle right of Figure 3. The broker functionality connects the users and controls how the data can be exchanged between the applications. The broker is responsible for agreeing with the participants about which sensor data or information is shared, what format is used, how often the data is reported and what incentives the participants get. In such a system the negotiation is limited to a single broker and not via a separate functionality dedicated for all applications individually. Of course, the application logic can be dedicated for the given application, but much wider selection of correlations and analytics can be used from the enriched data input pool.

In order to create such broker functionality, the interoperability of devices should be improved. It can be achieved by going mainstream.

3.3. Add intelligence to data

Once all data sources are connected together in an interoperable way, let us summarize how to get from the raw data to the intelligence. There are several steps from the atomic services from sensors and actuators, via resource abstraction, the proper semantic annotation, analytics and knowledge representation. Here we would like to summarize maybe one of the most interesting

tasks that is how to close this intelligence creation loop with cloud compute and control solutions.

Why to choose cloud control? Because it has quite some advantages and it is an essential component a cooperative environments and horizontal solutions that are envisaged for smart cities. Especially, if we think on a city level, we are certainly talking about big data to be handled, which call for cloud technology.

There are three main benefits we can get from cloud control:

1. The first benefit is the possible access to a richer context that a cloud compute and control should support. This richer context might include: static information sources, periodic reports, push or poll data sources, real-time data sources, and learned historical patterns, as well.
2. The second benefit is the collective knowledge behind. Since more participants are envisaged, so more knowledge can be shared between the parties of the smart city ecosystem. We can learn patterns from all, find the correlation between them. And finally create data-driven models much better describing the world out there than anyone can calculate in a dark room of the city administration.
3. Finally, cloud simply removes the integration barrier across multiple stakeholders by relying on the same infrastructure.

In summary, the benefits are rich context, collective knowledge and easier management.

In order to enable and utilize those nice benefits given above, one needs a cloud compute platform. Naturally, such a platform builds on the best performing big data analytics components; meanwhile combining them in a smart way to exploit the most of these open source solutions. Even if it is surprising to see, the best solutions for big data analytics are coming from open source communities today.

These communities are far beyond young engineers and student coders, but supported by the world's largest companies contributing either directly to these projects or via their academic partners. The companies include IBM, SAS, SAP and many others including all major telecom vendors, as well.

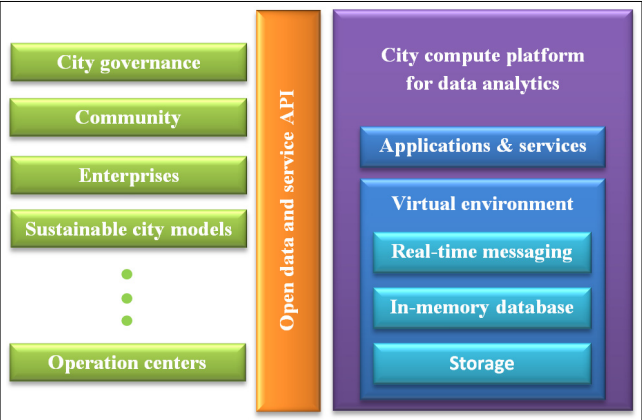


Figure 4. Example of a city compute platform

An example of a city compute platform is illustrated in Figure 4 where all the applications and services requested by the city can be accessed via an open data and service API.

The platform itself can be realized in a cloud solution, where container technologies like Docker [3] can provide a lightweight virtual environment for the users. Such technologies group and isolate processes and resources from the host and any other containers. Technologies like Yarn [4] allow splitting up the functionalities of resource management and job scheduling/monitoring into separate daemons via a container in a container concept. By this, “application containers” can include special libraries needed by the application, and they can have different versions of Perl, Python, and even Java.

When running the actual applications and services, the industry moves towards Spark [5] providing data parallelism and fault-tolerance. Naturally, Spark has built in support for the above cited languages being able to handle both static and streaming data. Even streaming SQL can be handled by Esper in Spark. Via these languages the users can handle files, offline and in-memory databases, and streams, as well. Nevertheless, Spark is included in most Apache Hadoop distributions [6].

Beyond the software environment, the virtual environment should have efficient storage solution. For example, Hadoop Distributed File System (HDFS) [7] is the de-facto big data storage solution today. Complementary to file based data access, in-memory databases are often needed to provide a high-speed data lookup or correlation solution. Among some options, Redis [8] is often used because of its fault tolerant and scalable properties. Since there are many subscribers to the data coming into or calculated by the system, a messaging solution is needed to provide a flexible data access. There are several alternatives for messaging including ActiveMQ [9], ZeroMQ [10] and Kafka [11] all having different strengths; while no ultimate solution is applied in the industry.

In such an environment, application and service developers can work independently meanwhile having efficient and controlled way of access to all data available in the city environment.

Thereby, such a compute platform can serve the computational needs of a smart city. Nevertheless, a city architecture is not just a data analytics platform, but much more. Just consider the possible technologies providing the connectivity for the included parties (like data sensors, users, decision makers, etc.), where 5G technology will play a central role. However, going into details of 5G is beyond the scope of the paper.

4. What is a smart city? – via examples

The smart city is an integrated open environment, which provides analytics, knowledge and automation for infrastructures, things and people, i.e. all involved stakeholders in a city environment, see Figure 5 below.

In this section, we present some examples well illustrating the data and the intelligence created from the data. The CityPulse project (an EU FP7 project) has collected hundred and one use cases relevant for city life,

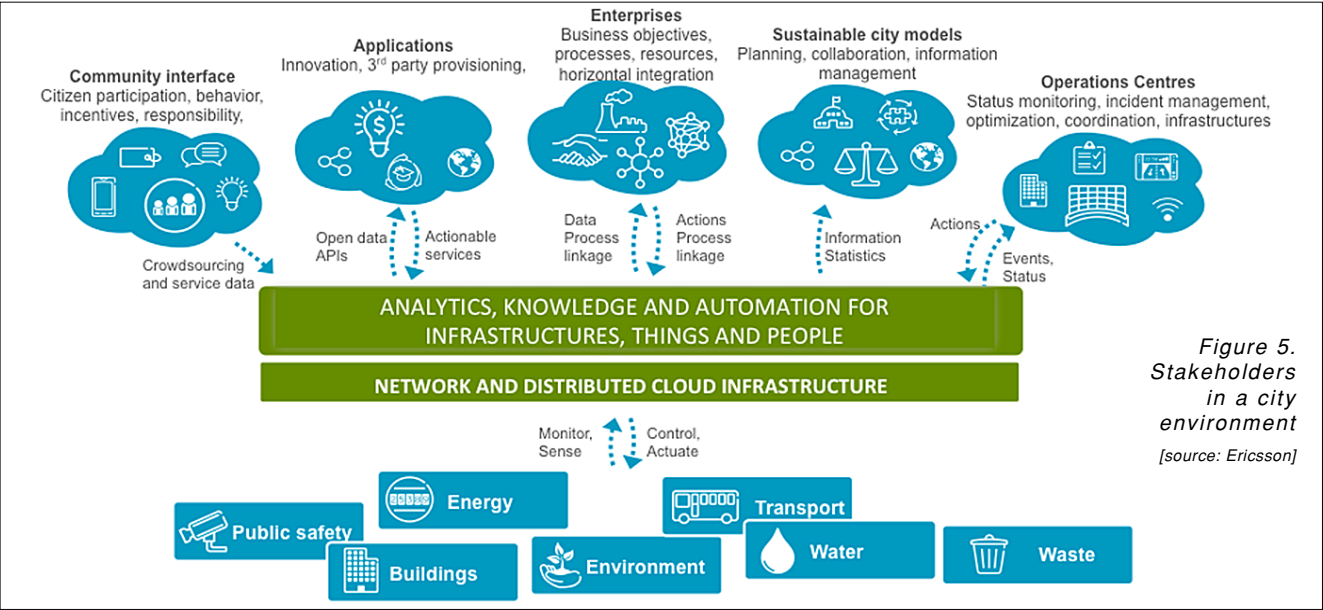


Figure 5. Stakeholders in a city environment [source: Ericsson]

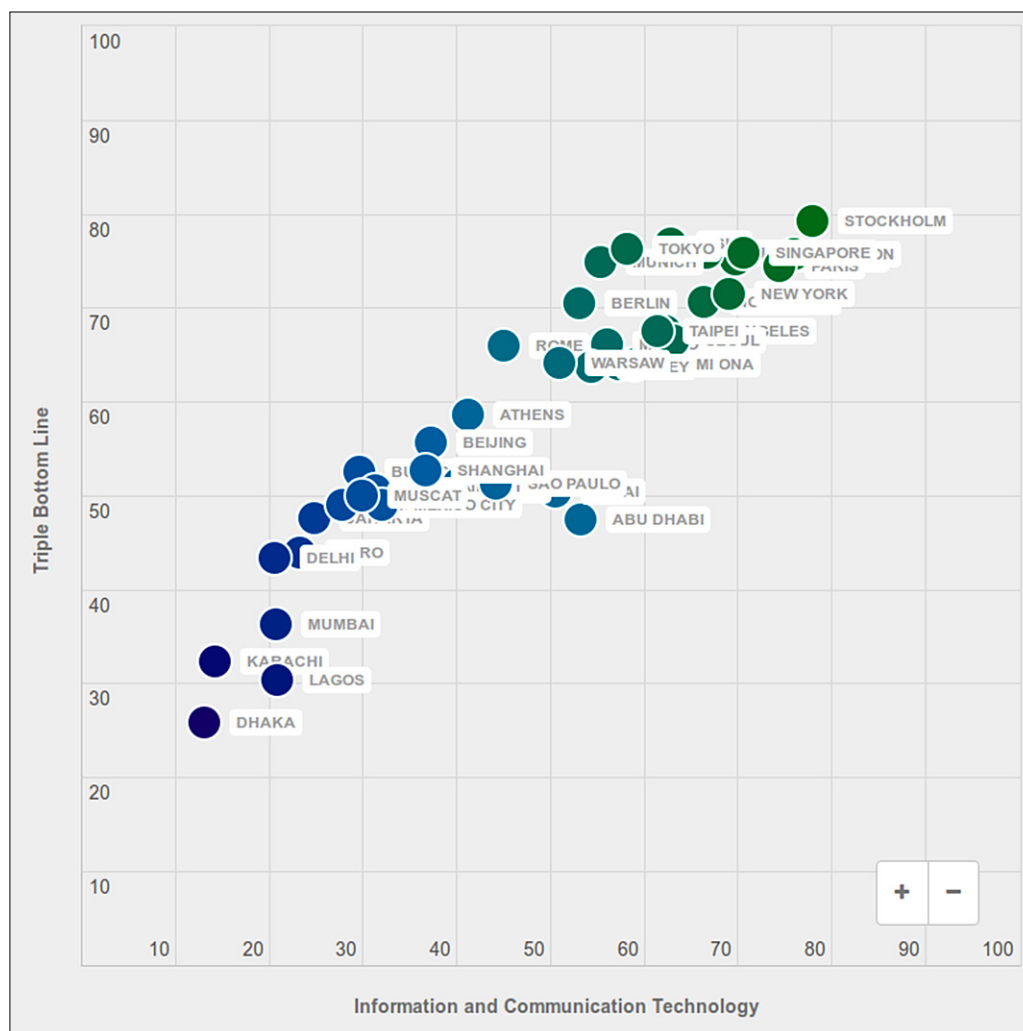


Figure 6.
ICT maturity versus
Triple Bottom Line
development [12]

and classified them based on their relevance, input data type and decision support among others [1]. Such use cases covers multi-modal public transport, parking management, public lighting, pollution monitoring, adaptive traffic routing and many others from which we have selected five aspects and particular examples being already developed and municipalities are able to use them:

1. Be able to measure your city and compare with others.
2. Know what is happening in your city and understand its structure.
3. Make city data open and share them with all interested parties.
4. Encourage cooperation of parties.
5. Utilize the cooperation.

4.1. Understand the city

A city has to measure its status and compare it with other cities around the world. In Ericsson's Network Society City Index, we investigate how ICT maturity of cities is connected to their Triple Bottom Line development including social, environmental and financial maturity [12].

As you can see in Figure 6, the Networked Society City Index shows a strong correlation between ICT maturity and Triple Bottom Line development. Overall, Stockholm ranks as number one in ICT maturity dimension,

while also ranking well for Triple Bottom Line. Other cities that show high ICT maturity include London, New York, Paris and Singapore.

4.2. Follow the real-time structure of the city

Once the city understands its status and position in the world, the next step is to maintain a real-time knowledge about what happening in their city.

For example, a structure of the city should be known in a more up-to-date form than a 10-yearly census poll of citizens. Our study has shown that one can understand the structure of city from the spatio-temporal variation of telecom traffic activity and thereby can have a practically real time follow-up about how the evolution of the city takes place actually [13].

Figure 7 illustrates how the structure of city is reflected in mobile traffic activity [14]. People use various applications depending on the time and their location. "In residential areas, many people start their day by checking weather forecasts, news or social network apps, while in the evening they watch video, play games or communicate, including extensive use of SMS. Recreational areas like amusement parks, golf courses and public parks show similar usage patterns to residential areas, but with greatly increased traffic activity over the weekends. In business areas, people call and

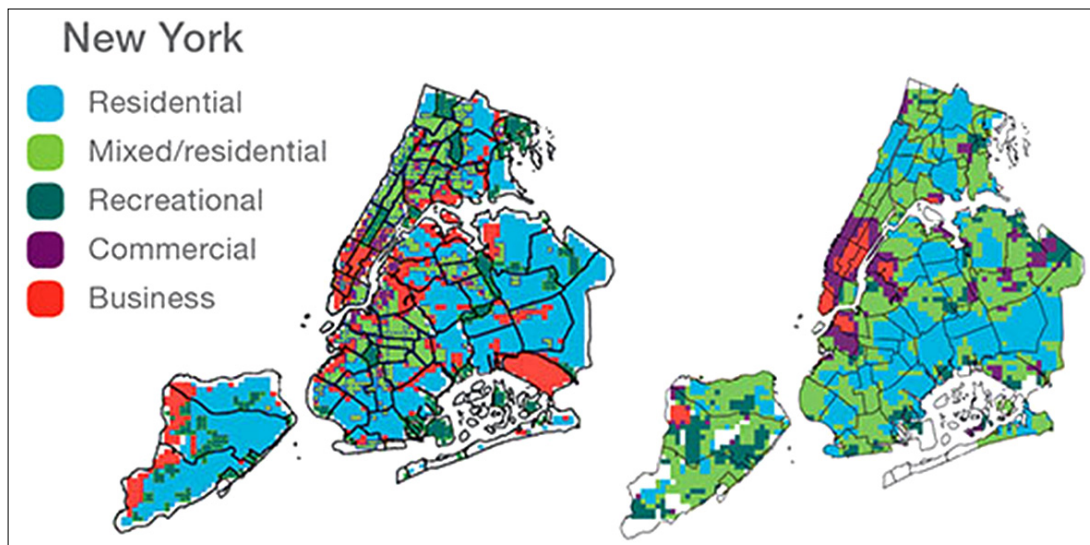


Figure 7.
Comparing land use and mobile traffic patterns: official census-based land use map (left) versus traffic-based land use map (right) [14]

[source: NYC Department of City Planning]

text their clients and business associates with high intensity, mainly during work hours. Commercial areas show similarities with business areas, but with more activity during early evening.” [14]

4.3. Make city data open

Similar analysis can be done for all aspects of city life including energy or water usage of different districts of the city, commutation patterns within the city, how easy to access education, healthcare or other services of the city. Naturally the administration of cities has limited resources to analyze all the possibilities and aspects of how to make their city even better based on the knowledge the city can collect about its structure and actual operation. Thereby it is essential to involve all the interested parties into this analysis via letting this information be an open knowledge.

For example, we were given an unprecedented opportunity from operators around the world to present telecom activity of cities for almost a year in an open web tool [15]. You can check Los Angeles, New York, London and Hong Kong and their various aspects illustrated in Figure 8 like:

- Density maps as a user defined function of population and telecom activity in arbitrary combination;
- You can check the land use maps of the cities based on user activity patterns,
- And you can check the profiles of the districts of the cities.

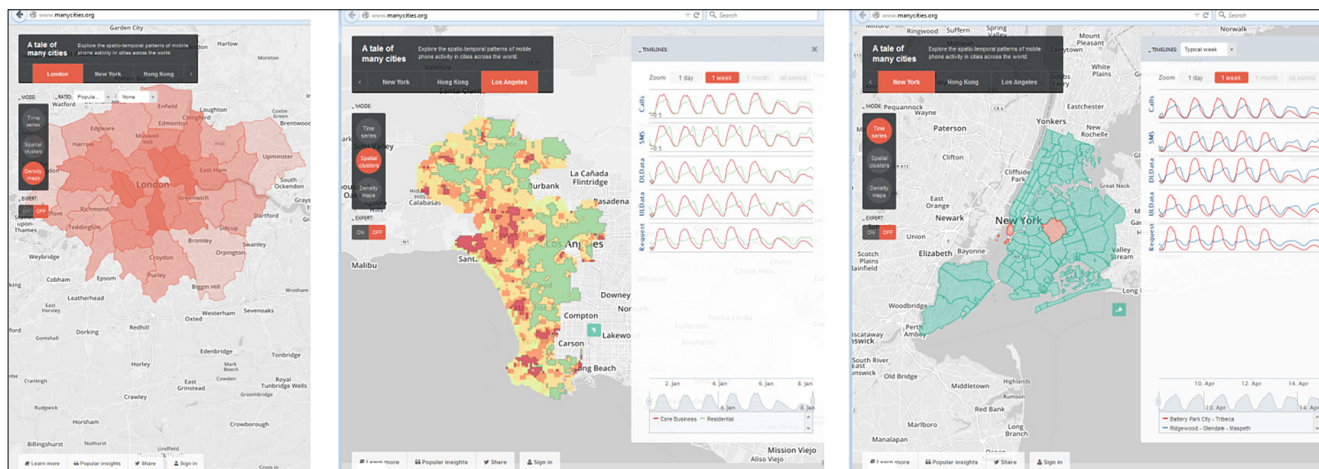
4.4. Let us cooperate

The operation of smart cities requires strong cooperation between partners of the cities. To highlight the importance of cooperation between partners of the cities, let us present a banal example of garbage trucks.

Why do these trucks collect only the garbage and do nothing more, meanwhile they are going around the whole city day-by-day? They should check the street lights, the potholes or in general the status of the environment may be reported via pull from the truck towards all the sensors deployed along the roads.

These connection points should be identified in more and more segments of city life, where citizens can be a great supporter of the administration. Then the administration can encourage the partners to cooperate. Many

Figure 8.
Snapshots from mobile activity around the world available at manycities.org: density (left), land use (middle) and district profiles (right) [15]



cases these partners are companies own and operated by the city, so saving money could be a great incentive to utilize these possibilities. Another aspect of cooperation is vital in public safety and emergency response tasks of the cities. For example, a dedicated coordination center could be vital in areas having many bushfires, like in Australia, where such a center and related functionalities are being developed together with Telstra (Australia's largest telecom company).

5. Summary

Smart city is envisaged to be an integrated open environment, which is able to collect all relevant information about city life, analyze this information and create a meaningful knowledge base that can be updated even in real-time where it is needed. Based on these, the city can create automation and control system for its infrastructure thereby vitalizing both things and people.

The city is the right entity to drive the transformation and utilize the advantages of a horizontal approach in the structure of city operation and city life in general. For that, cities can utilize the technologies developed in the IT world, can utilize the big data technologies including cloud compute and control solutions. In order to start up these technologies, the city has to be able to measure and compare its status even in real time, and create meaningful data driven city models.

To ensure this, the most important step is to be open for this trend and cooperate.

References

- [1] EU FP7 CityPulse project
<http://www.ict-citypulse.eu/page/>
- [2] European Commission, Smart grids and meters,
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters>
- [3] Docker,
<https://www.docker.com/what-docker>
- [4] Apache Hadoop YARN,
<https://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-yarn/hadoop-yarn-site/YARN.html>
- [5] Apache Spark,
<http://spark.apache.org/>
- [6] Apache Hadoop,
<http://hadoop.apache.org/>
- [7] Hadoop Distributed File System (HDFS),
https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_user_guide.html#Overview
- [8] Redis
<http://redis.io/>
- [9] ActiveMQ
<http://activemq.apache.org/>
- [10] ZeroMQ
<http://zeromq.org/>
- [11] Apache Kafka
<http://kafka.apache.org/>
- [12] Ericsson's Network Society City Index, 2014,
http://www.ericsson.com/thinkingahead/networked_society/city-life/city-index/graph

- [13] S. Grauwin, S. Sobolevsky, S. Moritz, I. Gódor, C. Ratti: Towards a comparative science of cities: using mobile traffic records in New York, London and Hong Kong, Computational Approaches for Urban Environments, Springer, pp.363–387, 2015
- [14] I. Gódor, Zs. Kallus, D. Kondor, S. Grauwin, S. Sobolevsky: The Signatures of City Life, Ericsson Mobility Report, pp.28–29, November 2014
- [15] MIT SENSEable City Lab and Ericsson project:
<http://senseable.mit.edu/manycities> and
<http://www.manycities.org>

Authors



ISTVÁN GÓDOR is a senior researcher at Ericsson Research, Traffic Analysis and Network Performance Laboratory of Ericsson Hungary. He has received MSc and PhD degrees from Budapest University of Technology and Economics. He is a member of the IEEE and a member of Public Body of Hungarian Academy of Sciences. He has been awarded the 2014 IEEE Communications Society Fred W. Ellersick Prize. His research interests include network design, combinatorial optimization, cross-layer optimization, self-organizing networks, energy efficiency, traffic analysis & modeling and smart cities.



JAN HÖLLER is a Fellow at Ericsson Research with the responsibility to define and drive the Ericsson IoT research strategy and agenda. He is also contributing to the overall IoT strategy of Ericsson and in particular on IoT technology strategies including standards and industry alliances. Jan was an early promoter of Internet of Things and M2M at Ericsson by establishing the research activities in the area over a decade ago, and has over the years made significant contributions to Ericsson's early portfolio and standardization strategies on both the Group and Business Unit levels. He has been active in a number of international research programmes on the Internet of Things, and is co-author of the book "From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence". He is a frequent speaker at international events ranging from academic conferences to industry shows. Jan also serves as secretary on the Board of Directors at the IP for Smart Objects Alliance, the industry's first IoT alliance founded in 2008.

Intelligent technologies for mobility in Smart Cities

CRISTINA OLAVERRI-MONREAL

*University of Applied Sciences Technikum Wien, Dept. of Information Engineering and Security
olaverri@technikum-wien.at*

Keywords: Smart Cities, Internet of the Things, Ubiquitous Sensor Technology

Smart Cities are associated with a higher quality of life that is determined through several factors including for example basic services, safety and security. Technology makes it possible to compile massive amounts of real-time data to optimize the urban infrastructure, thus improving efficiency and effectiveness of citizens' ability to navigate. The analysis of these location-based data enables us to determine which services could be useful for citizens at a certain time, for example, thereby improving the efficiency of public and transport services. Various aspects of technologies that enable smart mobility in cities are presented in this paper.

1. Introduction

In an effort to organize the characterization of Smart Cities, different categories such as economy, people, governance, mobility, environment, and living Smart Cities have been compiled within the EU project "European Smart Cities" [1]. Other decisive factors that characterize Smart Cities include: information and communication systems; energy efficiency and sustainability initiatives; citizen engagement and empowerment; open data and government transparency; transportation; public safety and security; parking and traffic management, and several other factors [2].

To determine if societal needs or technological trends affect this selection of parameters, it is crucial to investigate the role of the citizens. Similarly to the development process of a software product according to user-centered design principles, it is important to consider the knowledge of future users to find out their needs and guarantee a citizen-friendly living environment. Taking this into account helps prevent, unnecessary growth and development of undesirable or useless information and infrastructure, which would only overwhelm and upset citizens and negatively affect their quality of life.

Knowledge resulting from the analysis of massive amounts of data compiled using technology, can assist in the creation of extensive social benefits [3]. Particularly, digital technologies derived from real-time data optimize the urban infrastructure, thus improving efficiency and effectiveness of citizen navigation. The growing trend towards ubiquitous information communication that results from pervasive computing is particularly embodied in today's smart devices, which already integrate a variety of cost-efficient embedded sensors and facilitate the acquisition of data to study mobility patterns [4].

Research related to these location-based data enables us to take a decision about which services could

be useful for citizens in order to improve the efficiency of public and transport services and citizens' quality of life.

This paper addresses different technological approaches for Smart Mobility within cities. It is organized as follows. The upcoming section reviews the state-of-the-art and related work in the area of Smart Cities. Section 3 demonstrates the importance of urban traffic data in Smart Mobility. Section 4 describes the introduction of Autonomous Vehicles in Smart Cities. Concluding thoughts are provided in the final section of the paper.

2. State of the art and related work

A. Smart Cities

Smart Cities are associated with a high quality of life. Quality of life is determined through several diverse factors that include basic services, safety and security, as well as the availability of green open spaces and sustainable transport systems. Other less obvious indicators are actively promoted and elevated citizen interaction and social inclusion, which can be embodied by shared public spaces for cultural and sport activities, for example [5].

The European Initiative on Smart Cities aims to support cities and regions in taking ambitious measures to make certain progress by 2020 towards a 40% reduction of greenhouse gas emissions through sustainable use and production of energy [6]. Similarly, the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities (EIP-SCC) intends to develop collaborative and participatory approaches for cities, industry and citizens to improve urban life through sustainable solutions that include a more efficient use of the energy, transport and Information and Communication Technologies (ICT) [7]. There are already over 14 European projects that have their focus in the sectors "Energy", "Transport & Mobility"

or “ICT” that resulted from this European Partnership [8]. Energy-related aspects are addressed by 9 of the 14, while 3 cover all the areas Energy, Transport & Mobility and ICT.

According to [9] European cities have better public transit, and a stronger focus on sustainability and low-carbon solutions. The cities in Europe that in 2014 had developed the most innovative actions related to infrastructures and technologies are Copenhagen, Amsterdam, Vienna, Barcelona, Paris, Stockholm, London, Hamburg, Berlin and Helsinki. However, there is still room for improvement at a European level aiming at a decrease of pollution and carbon dioxide emissions. For example, several European cities have already started plans to restrict traffic and parking in downtown areas, with interruption of the production of industrial plants, or via speed limitations [10] to alleviate the current high levels of carbon dioxide output.

B. Connectivity

There has been a drastic increment in the number of systems which rely upon sensor data collection. This in turn generates a large body of information and sources to analyze.

Furthermore, there is an overall increase in the application of digital technologies through the deployment of physical sensors in homes, buildings and cities to improve the quality of life of the citizens. The overall goal is to make cities more attractive and sustainable by means of reducing costs and resource consumption. This pervasive computing context opens the possibility of designing Smart City applications which base their functioning on intelligent technologies that simultaneously reside in other applications that communicate with each other. This integration of ICT in conventional city infrastructures is part of the strategic initiatives of the international joint projects of the Connected Smart Cities Network described in [11].

In this context of connectivity in recent years a huge amount of work has been dedicated to sensors supported by Internet of Things (IoT). Intelligent displays in appliances as platforms to share information with additional mobile devices, to manage a healthier diet or to save energy in the household are some of the applications based on IoT.

But at a citizen level, big expectations have been put into the IoT as technology for an ubiquitous information access via the Internet. The large concentration of resources and facilities that attract people from rural areas to cities [12] is causing a population growth that is making it increasingly challenging for city governance and politics to enact efficient city management. There is great potential in the IoT in developing and connecting technologies which assist in improved city management and better quality of life for the growing citizenry. The number of devices connected to the Internet predicted for 2020 by the European Commis-

sion (between 50 to 100 billion) [13] will build the base for cooperation frameworks for access to knowledge resources.

To receive the label “smart” Cities rely on broadband connectivity [3]. A concept representing the elements that constitute a Smart City using digital technologies has been proposed in [14]. A Smart City was differentiated from non-Smart Cities by the authors as an assemblage of different components to understand and coordinate urban problems with innovative technologies in an effective and feasible manner. Their framework covered different dimensions including urban governance and functioning, infrastructure organization, transport, and energy.

The vision of the Internet components, Internet of Things and Internet of Services (IoS), to transform a Smart City into an open innovation platform has been specified in [15,16].

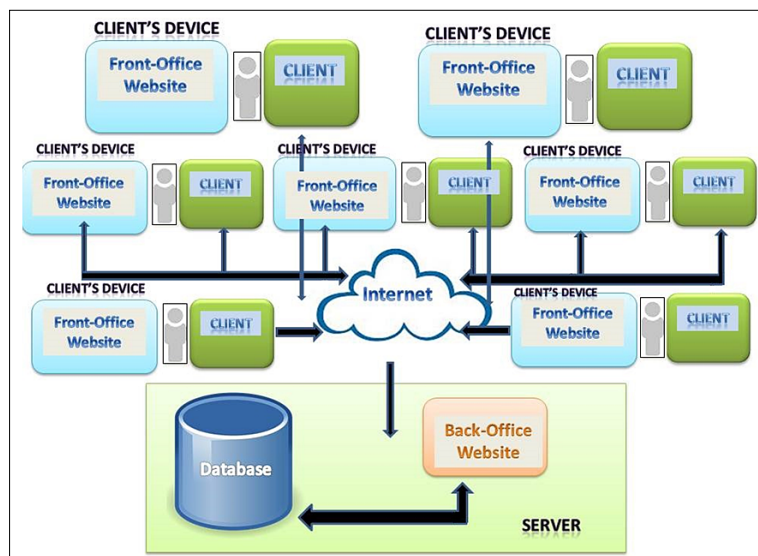
The authors also present a generic concept implementation based on Ubiquitous Sensor Networks.

As the use of IoT to support sustainable development of future Smart Cities entails several difficulties that are related to the different nature of the connected objects, a work was proposed in [17] that described a management framework for IoT. Within this system, objects are represented in a virtualized environment. Through the use of cognitive and proximity approaches the authors make it possible to select the most relevant objects to Smart Cities.

C. Collaborative Approaches

Collaborative teamwork based on shared mental models is required to create frameworks for understanding joint work [19,20]. This work has to be collectively conceived and shared by several users relying on activity awareness, and this collaboration is also crucial in Smart Cities, where it can occur at local or intercity levels.

Figure 1.
Client-server architecture to share urban information
(adapted from [18])



As local based solutions are expensive to develop and maintain, it is essential to develop frameworks and platforms to share knowledge and best practices. To this end, methodologies that capture data related to citizens preferences and habits help to identify and understand their needs and goals. For example, through measurements to establish relationships between independent variables such as citizen's age and other dependent variables such as ease of use of a certain service provided by the city for which several tasks have been defined.

Citizen feedback on issues and suggestions for improvement of services [21] are a fundamental requisite for a sustainable, efficient city. Modern pervasive communication technologies make it possible to share widely available information between citizens and public authorities so that a subsequent data analysis can be performed by taking advantage of crowd-sourcing data technologies. *Figure 1* shows an example of information client-server architecture to share urban information.

3. Urban mobile data

Roads are a shared space for people and vehicles. In the same manner that applied sensor technology is fundamental in IoT and IoS, sensors can be integrated into road infrastructure to recognize and monitor a wide repertoire of activities related to the transportation sector. According to [22] the European Commission's Action plan for the deployment of intelligent transport systems in Europe aims to make road transport and its interfaces with other transport modes more environmentally friendly, efficient and safer. To this end, European standards, for example for the exchange of data, need to be set. Moreover, the EU aims to encourage the use of different transport modes to reduce congestion and greenhouse gas emissions, decrease the number of road traffic accidents and energy consumption.

A. Mobility Patterns

The monitoring of mobility patterns can be used to study driving behavior for improving traffic flow through a reduction of traffic congestion and an increase of road safety [23,24]. In addition, pedestrians and other vulnerable road users (VRU) can be supported by mobile applications for use in public spaces or transport in their route choices to minimize potential dangers. Mobility patterns determine habits and selected route, therefore they are crucial in providing personal multi-modal mobility services. Crowd-sourcing data available through mobile devices and processed through cloud-based architectures facilitate the monitoring process. *Figure 2* depicts a framework to acquiring, storing, processing and analyzing mobility related data using smartphone sensors.

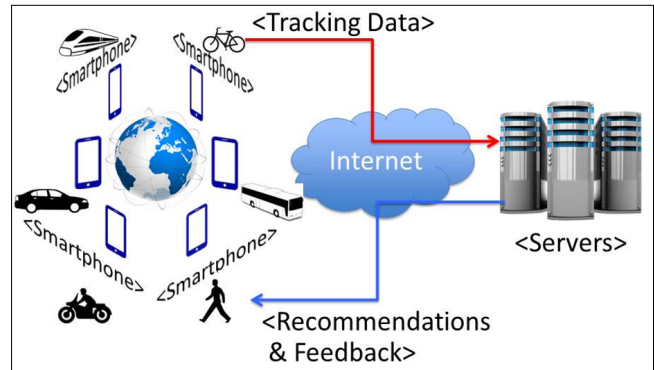


Figure 2.
Framework for the acquisition, storage, processing and analysis of mobility-related data using smartphone sensors [4]

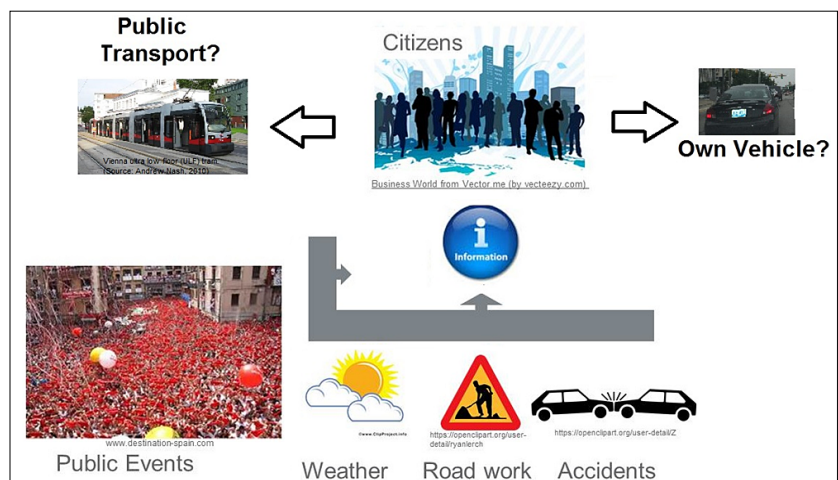
Similarly, pedestrian distraction associated with mobile phone usage can be monitored, as it is becoming a very prominent safety issue, particularly relevant in urban environments with high traffic density [25].

Vehicle-to-pedestrian (V2P) and pedestrian-to-vehicle (P2V) communication technologies for exchanging information work towards improving road use and safety through warnings for users regarding potential dangers. Research, mostly based on GPS data, has been developed in this field. For example, the authors in [26] developed a system based on wireless pedestrian-to-vehicle communication which was able to issue warnings of collision risk.

Since perception and communication are essential for VRU safety, theoretical models and studies have additionally been performed in real-world environments to test the reliability of several systems in [27]. A cooperative system as a combination of both approaches that integrates the outputs of the communication and perception systems was proposed as the optimal solution by the authors.

The use of mobile devices in a road context by drivers and VRU is rapidly increasing. In a vehicular context, proper in-vehicle warnings and function location

Figure 3.
Selected factors that determine the use of public transportation or private vehicles



that enhances visibility and reduces the distraction potential has been the focus of design by automotive manufacturers for many years [28].

Urban mobile data makes it possible to develop intelligent mobility concepts, in which public transportation replacing private vehicles, and a traffic reduction account for an efficient flow of the remaining vehicles, consequently lowering total carbon emissions. The goal is to achieve a balanced optimization of transit use and personal vehicles, for a faster commute and environmental benefits.

To this end, improvements in urban mobility have been initiated through planning of routes in real time. As several factors such as weather, maintenance work, accidents, public events, etc. determine the use of public transportation but also of private vehicles [3], it is important to provide clear and accurate real time information that allows commuters to make decisions regarding the use of public transportation or personal vehicles, and also to select the mode of transportation that better fits everyone's needs (Figure 3).

B. Urban Traffic Data

Urban traffic data can be acquired through sensors available on road infrastructure or on the cars themselves. The authors in [29] deployed Bluetooth scanners along the freeway/arterial network in the road proximity to study and characterize urban traffic conditions. The collected travel time information enabled an effective traffic management, control and flow optimization as well as the basis for improving existing routing algorithms, positively affecting costs related to logistics and reducing the environmental impact. Exchange of information through cooperative systems is imperative to enhance road safety. To this end, urban environments provide the test bed conditions required to perform realistic field test experiments with massive amounts of valuable data. This allows for the testing of a variety of protocols, as well as interaction with in-vehicle systems and services.

For example, within the design and development of the See-Through System [30,31] experiments under real conditions were performed in order to test potential connectivity issues and data transmission delays using the 802.11p standard wireless communication protocol.

4. Introducing autonomous vehicles in Smart Cities

Realistic Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs) and the related technology, for example those implemented in autonomous car applications, will change cities as we know them. As stated by the executive director of the car manufacturer Ford, Mark Fields, "2016 will be a revolutionary year for automotive and transport, in which we will see radical advances that will change the way to move".

According to the International Organization for Road Accident Prevention [32], human error is the cause of 90 percent of the road accidents. To alleviate the number of accidents, the introduction of Autonomous Vehicles (AV) on our roads represents an opportunity for increased road safety as the automation will make driver intervention in the control of the vehicle unnecessary (Figure 4).



Figure 4.
Autonomous vehicle passenger that does not require overseeing the driving task

Other advantages of the use of driverless vehicles will be an uninterrupted traffic flow and energy consumption reduction through a decrease of the aerodynamic impact on the vehicles. This will be ensured by sensors that will control the spaces between vehicles and the observance of the safety distance. Moreover, Autonomous Vehicles will foster the sharing of vehicles without the need of owning them.

It is expected that AV represent more opportunities to develop innovative in-vehicle technology for entertainment or information purposes that will require a cockpit design adaptation and modification of the car controls for more flexibility of movement within the vehicle.

The potential boredom and road monotony associated with the higher automatism of the vehicles might lead to a driver situation awareness reduction. This condition will have to be compensated by new ways of prominent and understandable continuous feedback that might, on the other hand, decrease the joy of use. Research in the field is imperative to guarantee an optimum level of automation that demands a balance of cognitive workload.

Autonomous Vehicles are already reshaping our current societal business organization as they enable new business opportunities based on car sharing. It is not clear yet who will be the future customers or who will maintain ownership of the vehicles, for example whether they will be owned by the suburban commuter population themselves. Maybe the comfort that AV provides

will cause an increase in population relocation to suburbs, and consequent environmental problems will follow. If self-driving cars are getting popular among citizens, and downsides such as potential hacking exposure or safety concerns are surpassed, their traveling comfort and privacy will seriously compete with the use of public transportation.

On the other hand, AV will require a lower number of cars per household, create more opportunities for car sharing, demand fewer parking lots and will entail better use of road space (as they allow for narrower city lanes and therefore more room for pedestrians and green spaces). This in turn will count towards an improvement of the quality of life in cities.

Whether road redesign will be required (i.e. by adding dedicated lanes for AV) or adaptation of infrastructure such as marking for road signals, or even VRU marking for better recognition, is necessary, is not yet clear; but in this case it will represent an opportunity for improvement.

5. Conclusion

This paper gives an overview of different aspects and factors that determine the qualification of modern “Smart Cities”.

Even if a big number of projects and initiatives have been started to provide citizens with efficient and effective services, there is still room for improvement, particularly concerning environmental benefits. Applied sensor technology is fundamental in sharing knowledge and fostering communication within and between cities, as well as in gathering feedback from citizens, in particular those adopting IoT and IoS technologies in their cities. Environmentally friendly, efficient and safer road transport that fosters multimodal transport through the exchange of data, is a crucial objective to reduce congestion and greenhouse gas emissions. To this end, sensors can be applied into road infrastructure to recognize and monitor a wide repertoire of activities related to the transportation sector.

Acknowledgment

This work was supported by the KiTSmart Project – City of Vienna Competence Team for Intelligent Technologies in Smart Cities, funded by national funds through the MA 23, Urban Administration for Economy, Work and Statistics, Vienna, Austria.

References

- [1] “Smart Cities, Ranking of European medium-sized cities”
<http://www.smart-cities.eu>
- [2] W. P. Cisco,
“Smart City Readiness: Understand the issues to accelerate the journey”, 2014.
<http://www.cisco.com>
- [3] D. Pickeral,
“Smarter transportation infrastructure means smarter choices”, 2014.
<http://insights-on-business.com/government/smarter-transportation-infrastructure-means-smarter-choices/>
- [4] J. Goncalves, J. S. Goncalves, R. J. Rossetti, and C. Olaverri-Monreal,
“Smartphone sensor platform to study traffic conditions and assess driving performance”,
In: 17th International Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE, 2014, pp.2596–2601.
- [5] DevelopmentProgress,
“Urban quality of life concepts and measurements”, 2015.
<http://www.developmentprogress.org/blog/2014/02/06/urban-quality-life-concepts-and-measurements>
- [6] Setis,
“European initiative Smart Cities”, 2014.
<https://setis.ec.europa.eu/set-plan-implementation/technology-roadmaps/european-initiativesmart-cities>
- [7] “Smart Cities and Communities the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities”,
<http://ec.europa.eu/eip/smartcities/>
- [8] “Market Place of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities”,
<https://eu-smartcities.eu/eu-projects>
- [9] B. Cohen,
“The 10 smartest cities in europe”, 2015.
<http://www.fastcoexist.com/3024721/the-10-smartest-cities-in-europ#2>
- [10] M. Planelles,
“Los problemas de la polución se hacen visibles en Espana,” El País, 2015.
- [11] “Connected Smart Cities, strategic initiatives”,
<http://www.oascities.org/strategic-initiatives/>
- [12] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, D. Georgakopoulos,
“Sensing as a service model for Smart Cities supported by internet of things,” Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, Vol. 25, no. 1, pp.81–93, 2014.
- [13] H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, and S. Woelfflé,
“Vision and challenges for realising the Internet of Things,” 2010.
- [14] M. Batty, K. W. Axhausen, F. Giannotti, A. Pozdnoukhov, A. Bazzani, M. Wachowicz, G. Ouzounis, and Y. Portugali,
“Smart Cities of the future,”
The European Physical Journal Special Topics, Vol. 214, no. 1, pp.481–518, 2012.
- [15] J. M. Hernández-Munoz, J. B. Vercher, L. Munoz, J. A. Galache, M. Presser, L. A. H. Gómez, J. Pettersson,
Smart Cities at the forefront of the future internet.
Springer, 2011.
- [16] L. Sánchez, J. A. Galache, V. Gutierrez, J. M. Hernandez, J. Bernat, A. Gluhak, and T. Garcia,
“Smartsantander: The meeting point between future internet research and experimentation and the Smart Cities,”
In: Future Network & Mobile Summit (FutureNetw), IEEE, pp.1–8, 2011.
- [17] P. Vlacheas, R. Giaffreda, V. Stavroulaki, D. Kelaidonis, V. Foteinos, G. Poullos, P. Demestichas, A. Somov, A. R. Biswas, and K. Moessner,
“Enabling Smart Cities through a cognitive management framework for the Internet of Things,”
Comm. Magazine, IEEE, Vol. 51, no. 6, pp.102–111, 2013.
- [18] C. Olaverri-Monreal and J. Goncalves,
“Collaborative system to investigate mental models:

- The information architecture automatic tool (IAAT)," In: International Conf. on Collaboration Technologies and Systems (CTS), IEEE, pp.616–621, 2014.
- [19] J. Yen, X. Fan, S. Sun, R. Wang, C. Chen, K. Kamali, and R. A. Volz, "Implementing shared mental models for collaborative teamwork," In: the Workshop on Collaboration Agents: Autonomous Agents for Collaborative Environments in the IEEE/WIC Intelligent Agent Technology Conference, Halifax, Canada, 2003.
- [20] J. M. Carroll, M. B. Rosson, G. Convertino, and C. H. Ganoe, "Awareness and teamwork in computer-supported collaborations," *Interacting with computers*, Vol. 18, no. 1, pp.21–46, 2006.
- [21] "Why Connected Smart Cities?" <http://www.oascities.org/portfolio/simpleportfolio-test/>
- [22] J. Walker, "Intelligent Transportation Systems Report for Mobile GSMA Connected Living Programme," 2015. <http://www.gsma.com/connectedliving/wpcontent/uploads/2015/09/ITS-report-new.pdf>
- [23] J. C. Herrera, D. B. Work, R. Herring, X. J. Ban, Q. Jacobson, and A. M. Bayen, "Evaluation of traffic data obtained via gps-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 18, no. 4, pp.568–583, 2010.
- [24] A. M. Bayen, J. Butler, and A. D. Patire, *Mobile Millennium final report*. California Center for Innovative Transportation, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 2011.
- [25] S. Schwarz, D. Sellitsch, M. Tscheligi, and C. Olaverri-Monreal, "Safety in pedestrian navigation: Road crossing habits and route quality needs," In: *Future Active Safety Technology Towards zero traffic accidents, FASTzero 2015 Symposium*, Gothenburg, Sweden, pp.305–310, 2015.
- [26] C. Sugimoto, Y. Nakamura, and T. Hashimoto, "Prototype of pedestrian-to-vehicle communication system for the prevention of pedestrian accidents using both 3g wireless and wlan communication," In: *3rd Int. Symposium on Wireless Pervasive Computing, ISWPC*, IEEE, pp.764–767, 2008.
- [27] P. Merdrignac, O. Shagdar, I. Ben Jemaa, and F. Nashashibi, "Study on perception and communication systems for safety of vulnerable road users," In: *IEEE 18th Int. Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, IEEE, pp.1876–1881, 2015.
- [28] C. Olaverri-Monreal, A. E. Hasan, J. Bulut, M. Körber, and K. Bengler, "Impact of in-vehicle displays location preferences on drivers' performance and gaze," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 15, no. 4, pp.1770–1780, 2014.
- [29] J. Filgueiras, R. J. Rossetti, Z. Kokkinogenis, M. Ferreira, C. Olaverri-Monreal, M. Paiva, J. M. R. Tavares, and J. Gabriel, "Sensing Bluetooth mobility data: potentials and applications," In: *Computer-based Modelling and Optimization in Transportation*, Springer, pp.419–431, 2014.
- [30] C. Olaverri-Monreal, P. Gomes, R. Fernandes, F. Vieira, and M. Ferreira, "The See-Through System: A VANET-enabled assistant for overtaking maneuvers," In: *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, IEEE, pp.123–128, 2010.
- [31] P. Gomes, C. Olaverri-Monreal, and M. Ferreira, "Making vehicles transparent through v2v video streaming" *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 13, no. 2, pp.930–938, 2012.
- [32] NHTSA, "Traffic safety facts, research note."

Author



CRISTINA OLAVERRI MONREAL graduated with a Masters degree in Computational Linguistics, Computer Science and Phonetics from the Ludwig-Maximilians University (LMU) in Munich 2002 and received her PhD 2006 in cooperation with BMW. After working several years in the US, Portugal and Germany, both within the Industry and academia, she currently leads the Competence Team "Intelligent Technologies in Smart Cities" at the University of Applied Sciences Technikum Wien, Austria. Her research aims to minimize the barrier between users and systems in complex, dynamic scenarios that are critical to decision making processes, such as driving a vehicle and innovative forms of mobile and ubiquitous interaction approaches to human mobility. Dr. Olaverri is a member of the IEEE Intelligent Transportation Systems (ITS) Council Executive Committee, Vice-president of Educational Activities, and a member of the IEEE ITS Board of Governors (BoG). In addition, she serves as chair of the Technical Activities Committee on Human Factors in ITS and editor of the ITS Research Lab Spot Light column of the IEEE ITS Magazine.

Smart City initiatives in Timisoara – plans and actions

AUREL GONTEAN

*Politehnica University, Electronics and Telecommunications Faculty, Timisoara
aurel.gontean@upt.ro*

Keywords: smart city, energy harvesting, Thermo Electric Generators (TEG), traffic management, solar panels, electric bicycles

The main goal of this paper is to review the status of the past and current initiatives in order to align the second most important town in Romania with European and world wide smart cities objectives. A lot of effort has been performed, results are available, however there is still a long way to go. The second goal is to reflect the historical context of the region with its particularities in order to prove the background of the decisions. Future actions are also presented.

1. Introduction

The paper is organized as follows. The first chapter covers the geographical position and some commented numbers concerning Timisoara. The second chapter lists the City Hall's goals and objectives in the Smart City initiative. Renewable energy sources are reviewed in the third part, focusing on the current status and legislation issues. The next chapter details the specific actions currently performed in Timisoara, while the last one points out to some future plans.

2. Generalities

Geographical position

Timisoara is situated in western Romania, at the intersection of the parallel 45°47' North latitude with the meridian 21°17' East longitude, and is located, in the Northern hemisphere, at distances almost equal between the North Pole and the Equator, and in the Eastern hemisphere, in the time zone of Central Europe (*Figure 1*). Timisoara is situated on the course of two corridors of the European transport network TEN-T: Rhine–Danube and Orient/Eastern Mediterranean at a distance of less than 700 km from 13 European capitals. People use to say that Vienna is closer than Bucharest, as one needs 5 hours to reach the Austrian capital compared to 8 hours to Bucharest.

At a national level, Timisoara is the largest city in western Romania, the city's area is 129 km². Timisoara's location in the western part of Romania, near the border with Serbia and Hungary, gave the city a permanent role of intercultural and economic bridge between the three neighboring countries. The prospects of this function were amplified with the establishment in 1994 of the Euro region Danube–Kris–Mures–Tisa (DKMT), a border region which covers 77,456 km² and has a population of about 6 million inhabitants. Timisoara has perspectives of affirmation as a polarizing euro regional center due to its

central position in the Euro region, to the fact that it is also the region's biggest economic center, a renowned center of learning, a multicultural center and it is well served in terms of urban and technical infrastructure, communication and movement. Timisoara is also a renowned example of multi-ethnic understanding.

Technical facts

The town population as of July 1st 2014 is 333,531 inhabitants. This is an official number, according to the City hall records. However, a large number of persons live and work in Timisoara (students, specialists and so on) coming from all parts of Romania due to the attraction of available working places. There is a small amount of persons recorded and not living here effectively, so my own estimation is the real population is around 380,000 inhabitants.

The number of cars as of 2012 is 108.029, while the number of goods vehicles is 11.791. Again, the real numbers are much higher, up to 50% higher for cars and even 100% higher for good vehicles (almost all leasing cars are registered in Bucharest).

Figure 1. Locating Timisoara in Central Europe



3. Main goals of the City Hall related to the Smart Cities initiative

Smart City itself is not clearly mentioned as a distinct task. However, a lot of objectives cover the Smart City concept [1]. The claimed goals of the City Hall are (abstract):

- to consolidate Timisoara's profile as a dynamic and innovative economic center,
- to be competitive at the European level,
- to maintain a multicultural and sustainable context,
- to ensure a good quality of life for its population.

The main *objectives* related to these goals are:

- to ensure a sustainable economic development, based on high-tech industry, telecommunications, informatics and high value-added services;
- to improve the technical infrastructure, so that in the near future it will be connected, complex and flexible;
- To achieve an ecological and attractive habitat, for example to achieve and exceed the European Union's target of reducing carbon emissions by 20% by 2020. The revised version of the Sustainable Energy Action Plan was approved by the Local Council in 11.11.2014.

It is worth mentioning here that all political parties agreed upon these objectives [2].

4. Renewable Energy

Green certificates

Green certificates represent a support mechanism for encouraging electricity production from RES (Renewable Energy Sources projected to an ambitious 38% in 2020). They apply to electricity generated from: a) hydro energy used in the power stations (<10 MW); b) wind energy; c) solar energy; d) geothermal energy; e) biomass and bio-liquids; f) waste fermentation gas; and g) gas from the fermentation of sludge from used water cleaning plants. These certificate applied initially to large scale investments and to private owners, but the value of one certificate declined over time (so a lot of projects were dropped and many are on sale) and the bureaucracy makes them unattractive for private owners. There is a lot to improve here.



Green house program

This program is another initiative backed by the Government and represents a one-time subsidy, 1300 Euro worth, for one house, if it complies with one or more of the above RES alternatives. According to my own experience, this approach make RES attractive for a standard house in Romania.

For example the Ariston Solar panel installation (2 panels, 1300 liter tank, the subsequent automation and installation are around 2500 Euro and related to the standard natural gas price it makes a 20-25 years period for investment return. The period is reduced to a half with the green house program. Unfortunately, the program was stopped in 2014.

Research Institute for Renewable Energy (Politehnica University, Timisoara)

A big EU funded project, the Research Institute for Renewable Energy in the Politehnica University Timisoara [7] has a dedicated building, state of the art equipment and houses the top specialists in this field.

Hydro energy

Concern to use hydro energy is quite old – for example the old Plant (*Figure 2*) was established 131 years ago, being designed by Emil Szilard, and was one of the first in Europe (and the first in Romania). Today hydro energy is exploited by the Local Heating Company COLTERM. The output power was 1,370 MWh in 2014.

Geothermal energy

This aspect is quite interesting, being not so spread in Europe. Romania has the 3rd highest geothermal potential of European nations with major potential locations on the Western Plain, where Timisoara is situated. In a recent development Liu and Li [3] proved that relatively low temperature geothermal water can drive 1 kW electrical generators based on thermoelectric generators (TEGs). Even more importantly, the total cost of investment after including the capacity factor is lower for TEGs when compared to photovoltaic (PV) and wind. This is an interesting topic to be further investigated, as the current interest in geothermal water is just for leisure.



Figure 2.
The old power plant
(located on the
Bega River)

Solar energy

Timisoara lays in a medium – good solar region in Romania (Figure 3), making solar energy attractive for investments. However, these initiatives are tightly linked to subsidies, and without central support they prove to be economically inefficient.

As mentioned above, many PV projects were stopped. In our county for example, the Covaci Solar Park [6], was intended to be one of the world's largest thin-film PV power systems, being built on a 60-hectare plot of land to the north of Timisoara. The power plant was projected to be 35 MW (35 GWh yearly generation), the investment amounted to Euro 180 million.

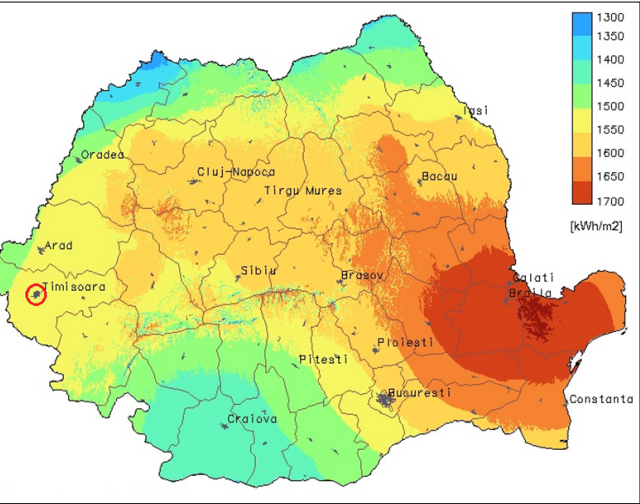


Figure 3. Sun yearly irradiation is around 1550 kWh/m² in Timisoara [4]

Compared to the ideal yearly energy, my 3.48 m² Ariston Kairos fast CD2 solar panels [5] not ideally installed harvested 0.95 MWh from 24.04.2015 to 31.12.2015, providing enough warm water for my 4 people family – no additional heating source was needed until 15th of October. Even in Dec. 2015, an unusual warm month, up to 15% of the necessary heating requirement was provided by the solar panels (arguably a positive fact).

Wind Energy

The Politehnica University Timisoara has an almost 50 year old tradition for wind energy research, with good results and applications. A detailed study [8] reviews the past and current initiatives and the overall conditions for wind harvesting in Romania.

5. Smart City Actions

Many of the Smart city directions are on development, and will be highlighted next. Due to cumbersome legislation, some of the actions are unnecessary delayed due to bid reclaims, making difficult to respect the projected milestones. In the Local Council, all political players reached a conclusion to support infrastructure, pollution reduction, and public transportation in an effort to

bring the town to a respected European level. Vision 2030 Timisoara is a sustainable concept for development of the infrastructure in Timisoara, approved by the Local Council in 2007. The City of Timisoara has been committed to the European Covenant of Mayors in 2010 and is nominated for European Capital in 2021.

Building refurbishment

Most block of flats were built during the socialism years and need rehabilitation. This is a major concern for the local authorities and citizens. For example, in 2015, as many as 51 blocks of flats were under reconstruction, an estimated 10 million Euro investment (60% being EU funded). Besides sparing the energy and overall life conditions improvement, this objective modified the street view, adding nice colors to the old gray preferred by the communists.

Smart lighting

Started in 2014, in Children's Park, reduces up to 35% the energy consumption and allows smartphone control, remote monitoring. It is a state of the art achievement, well received by the inhabitants. Gradually the technology evolved in other several districts over the town. My own proposal to further improve the system is to add infrared movement sensor, to reduce the light to a minimum during the night during quiet periods. This can be even more improved with a prediction algorithm in order to estimate the direction of movement.

Excellence in internet speed

According to OOKLA Net Index, 9 cities in Romania are among the top 15 cities in the world, with the highest download speed of fixed broadband internet connections. Timisoara is ranked #9 with 86.55 Mbps average download speed. There are several available offers rated at 1 Gbps, and the prices are affordable (4G+ networks offer 300 Mbps download speeds in main Romanian towns, including Timisoara).

CO₂ Emissions

In 2008 – the Baseline Emission Inventory year, the total energy consumption was 3,711,006 MWh, the corresponding CO₂ emission being 1,179,453 tons (3.8 tons/capita – population 311,481 in 2008. The Monitoring Emission Inventories compiled till 2013, is presented in Figure 4.

Figure 4. CO₂ Emissions

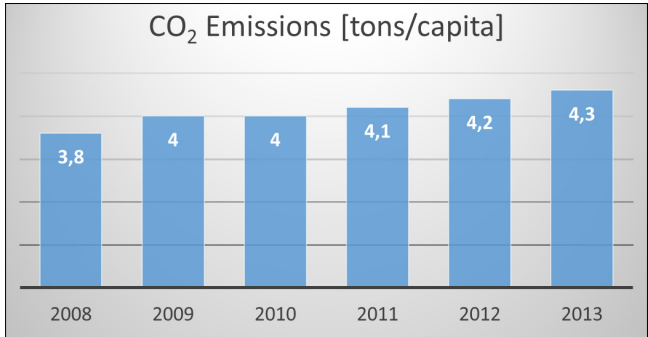


Figure 5.
Transportation
on the Bega
River in the
19th Century
(left),
and the map of
the water road
(right)



(Almost) free bicycles

Included in a very nice initiative, 300 new bicycles are offered free of charge in 1 hour time slots, from one station to the other. The offer is restricted to public transportation card owners and is particularly used in sunny periods (March-November). Due to the size of the city, a 1 hour time ride is more than enough to reach the destination point.

Water road

This is a very interesting topic, as our region had the first water road in Romania (built 1728–1760), with a considerable length of 114 km (Figure 5), from Timisoara to Titel (Serbia). It used to link Timisoara to Vienna and consequently up to Rotterdam. The rehabilitation of Bega River Banks is completed, but full 114 km navigation is prohibited for the moment. However the City Hall organized a bid to buy as many as 7 electrical boats, capable to transport 40-60 persons each, to be used both for public transportations and tourism. The boats, called Vaporetto, are expected to arrive in Timisoara starting February 2016 (at the time of writing this paper, the first is 95% completed).

Traffic Management

A dedicated control center is on the final stage of development. This corresponds to a 4 million Euro investment and will provide 134 linked crossings and 230 real-time video cameras. The system is expected to be fully operational in 2016.

6. Future Plans and Development

Openville

This is a private 220 million Euro investment, started in 2015, to be finished in 2018. It is a 594.000 m² area (including a 55.000 m² green park), owning the highest building in Romania (155 m, 27 floors), thought as an office, leisure and commercial neighborhood (Figure 6). Most of the works can be seen on site, some of them being in advance.

City Hall's further plans

The public transportation is a main concern. Various projects are envisaged, such as the Underground subway, intermodal public transport stations and a Smart-City Control Center to control the parking are just some topics to improve traffic management. Healthcare monitoring for aged people and proper waste management are among other objectives. The City Hall intends to have its own power and data network in the main districts, to overcome issues due to a third party ownership.

The Future

Merging two important western cities of Romania, thus uniting Arad and Timisoara (the towns are 50 km away) is not a new idea. This will pop-up a 1 million+ inhabitants metropolis (Figure 7). Talks started in 2008, in October the two mayors (Gheorghe Falca and Nicolae Robu) agreed on principles. It is to be seen if the project will be finally implemented.



Figure 6.
OpenVille,
a private
investment to
create a high
tech and
leisure area –
a town within
a town



Figure 7.
Arad and Timisoara
to be united in
a new metropolis town

7. Conclusions

This paper performed a review of the Smart City actions, initiatives and plans in Timisoara, Romania. Due to space constraints, only a limited number of topics were covered. Personal opinions and comments were inserted. As a final word, I will highlight some strengths in this area: a good commitment from local authorities and good results in fighting against corruption at the national level. On the local site, many on-going EU-funded projects changed the shape of the town. On the negative edge, the main weaknesses are linked to the political instability (mainly legislation and bureaucracy), the lack of a national holistic approach. On the site, a lot of investments are still needed and the City Hall has to fight in some areas with citizens' reluctance when promoting new actions.

Acknowledgement

The author is grateful to the City Hall staff; we worked together for more than a year to develop the project Smart Cities and Communities. During this period I got a new perspective of the variety of problems the small amount of persons had to deal with and I gained a lot of personal appreciation of the vice mayor, Dan Diaconu who had a major contribution in the project.

Author



AUREL GONTEAN graduated the Electronics and Telecommunications Faculty, "Politehnica" University of Timisoara, Romania in 1986. He received the PhD degree in 1998, from the same university. He became a full professor in 2005. He is a PhD Advisor since 2008 (field: Electronics and Telecommunications); 5 PhD thesis were delivered meanwhile. Starting 2009, he is visiting professor at Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Loerrach, Germany. From 2004 till 2012 he was vice dean of the Electronics and Telecommunications Faculty, Timisoara, Romania. He has been appointed as EU expert for evaluating project proposals for the Scientific Research Fund, Sofia, Bulgaria, from 2008 to 2009. He published over 150 papers, 8 books, 3 chapters in international books, has over 25 contracts and grants and holds 2 patents. His current research interests are Energy Harvesting, Memristors and Smart Cities.

References

- [1] Definitions for Smart and Innovation Cities
<http://www.innovation-cities.com/a-definition-of-a-smart-cities-compared-with-an-innovation-city/1322>
- [2] The official website of the City Hall in Timisoara, available in Romanian, English and German)
<http://www.primariatm.ro/index.php>
- [3] Changwei Liu, Pingyun Chen, Kewen Li, A 1 KW Thermoelectric Generator for Low-temperature Geothermal Resources, Proc. of 39th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, February 24-26, 2014, pp.1-12. Using TEGs for geothermal energy harvesting at low temperature.
<https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2014/Li.pdf>
- [4] Shows the yearly sun irradiation in Romania
<http://www.constructii.ro/meteo/expunere%20solara%20romania.htm>
- [5] Ariston solar system Kairos Fast CD2
http://www.ariston.com/ro/kairos_fast_cd2
- [6] The Covaci planned Solar Park in Romania
https://en.wikipedia.org/wiki/Covaci_Solar_Park
- [7] The Research Institute for Renewable Energy, Politehnica University Timisoara
http://www.upt.ro/Informatii_research-institute-for-renewable-energy-_121_en.html
- [8] I. Szeidert, O. Prostean, et al, Actual Situation and Perspectives on Wind Energy Usage in Banat Region, WSEAS Trans. on Systems and Control, Issue 8, Vol. 4, August 2009, pp.369-378. online:
https://www.researchgate.net/publication/228685340_Actual_situation_and_perspectives_on_wind_energy_usage_in_Banat_region
- [9] Internet Speed testing
<http://www.ookla.com/>
- [10] 4G/4G+ offered in Timisoara
<https://www.orange.ro/tehnologii/4G/index.html>

5G hálózatok architektúrája

CINKLER TIBOR, SIMON CSABA, SZABÓ ÖRS, SZÉKELY SÁNDOR, JAKAB CSABA

BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
{cinkler, simon}@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: 5G hálózat, hálózati architektúra, virtuális hálózati funkciók, tárgyak internete, heterogén rádiós hozzáférés, Wi-Fi átterhelés

Ebben a cikkben összefoglaljuk és értékeljük az ötödik generációs hálózatokkal szemben megfogalmazott követelményeket, amelyek a tárgyak internetének elvárásait is teljesítendő, a hálózati architektúra átfogó és teljes átgondolását igénylik és a szolgáltatók automatikus együttműködését is elvárják. Az EU nagy hangsúlyt fektet az 5G hálózatok kutatására, tervezésére és szabványosítására, támogatja szolgáltató és gyártó cégek innovációs törekvéseit. A cikk a COMBO és 5GEx európai kutatás-fejlesztési kutatási projektek eredményeiről számol be, amelyek részesei az 5G hálózatok tervezési erőfeszítéseinek és egymást kiegészítve meghatározó elemei lehetnek az 5G hálózatok architektúrájának.

1. Bevezetés

A nagyteljesítményű mobil eszközök és a különböző alkalmazási területeken használható szenzorok széleskörű elterjedése új szolgáltatásokat, felhasználói igényeket generálnak. A felhasználók jellemző módon a korábban az asztali gépeken megszokott szolgáltatásokat és minőséget várják el a mobil környezetben is. Az információtechnológia széleskörű elérhetősége nemcsak az egyének, hanem a közösségek szervezését és kiszolgálását is segíti, ennek egyik kortárs megnyilvánulási formája az Okos Város (Smart City) [1]. Ezeknek az új felhasználói és szolgáltatási mintáknak fontos jellemzője a folytonos kommunikációs igény. Az intenzitásában és gyakoriságában egyaránt növekvő forgalom meg fogja haladni a most üzemben levő hálózatok kapacitásait. Lényeges változás, hogy a kommunikációs felhasználói igény nem korlátozódik az adatátvitel kapacitásának növelésére és a mobilitás támogatására. Az új, önszerveződő közösségi szolgáltatások kialakítása nagyfokú rugalmasságot igényel, valamint az elérhető erőforrások okos, közös kihasználását.

A fenti igényekre a kutatás-fejlesztés különböző fázisaiban és a szabványosító szervezetek napirendjén levő új, ötödik generációs (5G) hálózat adhat választ. A technológiai fejlődés alapján valószínűsíthető, hogy középtávon az iparági szereplők egy, a jelenleginél nagyobb teljesítményű rádiós hozzáférési standardot fognak kidolgozni [2]. Az 5G rádiós interfész csúskapacitása a negyedik generációs (4G) hálózatok által ígért 1 Gbit/s tízszeresét fogja nyújtani, az 5G hálózati csomagkésleltetés pedig 5 msec lesz, ami szintén tízszeres javulás a 4G értékeihez képest [3]. Az 5G hálózat túlmutat a fenti előnyökön, a vele és az általa támogatott szolgáltatásokkal szemben támasztott szolgáltatói elvárás, hogy azok rugalmasak, skálázhatóak és üzletileg fenntarthatók legyenek [4]. Gyártói oldalról ezt az igényt úgy próbálják teljesíteni, hogy szolgáltatásorientált és több

tartományt kezelő (multi-domain) megoldást terveznek [5]. Így az 5G hálózatok a végfelhasználók számára egy olyan végponttól-végpontig (end-to-end) terjedő megoldást nyújtanak, amely az igényekhez igazodó, minőségi osztályokba sorolt folytonos mobilitást és összeköttetést biztosít.

Az 5G hálózatok architektúrájával kapcsolatos tervezési döntések során markánsan figyelembe kell venni a fenti szempontokat, mert ezek teljesítése alapjaiban fogja meghatározni az 5G hálózatok elfogadottságát és elterjedését. Az ilyen irányú kutatásainkat az Európai Unió (EU) aktuális kutatási pályázati támogatási rendszerén belül végezzük, mely hangsúlyos eleme a páneurópai 5G K+F erőfeszítéseknek. Az EU nagy hangsúlyt fektet az 5G hálózatok tervezésére, támogatja az európai világszintű, piacvezető szolgáltató és gyártó cégek innovációs törekvéseit, amelyek az EU 5G-PPP tevékenységében csúcsosodnak ki [6].

A cikkben bemutatandó kutatási projektjeink ennek a problémahalmaznak két olyan hangsúlyos részletével foglalkoznak, amelyek egymást kiegészítve meghatározó elemei az 5G hálózatok architektúrájának (de nem érintik a rádiós technológiát), szorosan kapcsolódnak az aktuális nemzetközi kutatási trendekhez és részesei az 5G hálózatok tervezési erőfeszítéseinek. Munkánk során a hálózat architektúrájának fogalmába beleértjük magát a hálózati infrastruktúrát (hálózati eszközök, összeköttetések és a rendelkezésre álló fizikai erőforrások), amely kiegészül a hálózat működtetéséhez szükséges logikával (interfészek, protokollok, eljárások összessége) [7].

A következő részben röviden áttekintjük az 5G hálózatokkal szembeni elvárásokat, majd bemutatjuk a több tartományt kezelő és több operátor együttműködését biztosító 5G hálózati architektúra javaslatot. Ezt követően ismertetjük a heterogén rádiós hozzáférési megoldások egységes, optimális kezelésére tett javaslatunkat, végül összefoglalással zárjuk a cikket.

2. Az 5G hálózatokkal szemben megfogalmazott követelmények

Jelenleg a negyedik generációs (4G) mobil hálózatok képviselik a legkorszerűbb technológiát a távközlési piacon, az azt megvalósító LTE (Long Term Evolution) gyakorlatilag a világ minden régiójában kiépítésre került [8]. Az első LTE hálózat 2009-es telepítése óta [9] elmondható, hogy a korábban jellemzően áramkörkapcsolt technológiáról a kommunikációs rendszerekben a csomagkapcsolt technológia vált irányadóvá. Ez a tény, illetve a 4G hálózatok nagyobb teljesítménye együttesen biztosítják a korábban a vezetékes hálózatokban megszokott szolgáltatások (email, web, VoIP, IPTV) teljes körű (beleértve a mobil) megvalósítását. Ugyanakkor az elmúlt évtizedben a korábbiak mellett új elvárások (virtualizáció, IoT) is számottevő igényt generálnak az infokommunikációs környezetben, amelyet már csak egy újabb generációs hálózat képes kielégíteni. Ebben a szakaszban az ezt az igényt kielégítő 5G hálózatot ismertetjük.

Amíg a korábbi hálózatokban (3G – UMTS, 4G – LTE [8]) a fejlesztések legfontosabb eleme a rádiós interfész volt és a vezetékes tartományban bevezetett változásokat is elsősorban a rádiós hozzáférés igényei szerint alakították, az 5G hálózatok esetében a hálózati architektúra többi eleme legalább ugyanakkora figyelmet kap. Ez annak köszönhető, hogy a hálózattal szemben támasztott elvárások kibővültek a teljesítmény jellegűen túlmutató elemekkel. Az 5G hálózat a digitális világ kulcsfontosságú eleme lesz, ahol a kommunikáció és a számítástechnika összeolvad [4]. Értelemszerűen a vezetékek nélküli rádiós interfész technológiai korlátai a hálózat felett nyújtott szolgáltatások számára is erős korlátot jelentenek, emiatt nem lehet elhanyagolni a rádiós interfész fejlesztését. Azonban elsőként a fontos új típusú elvárásokat tekintjük át.

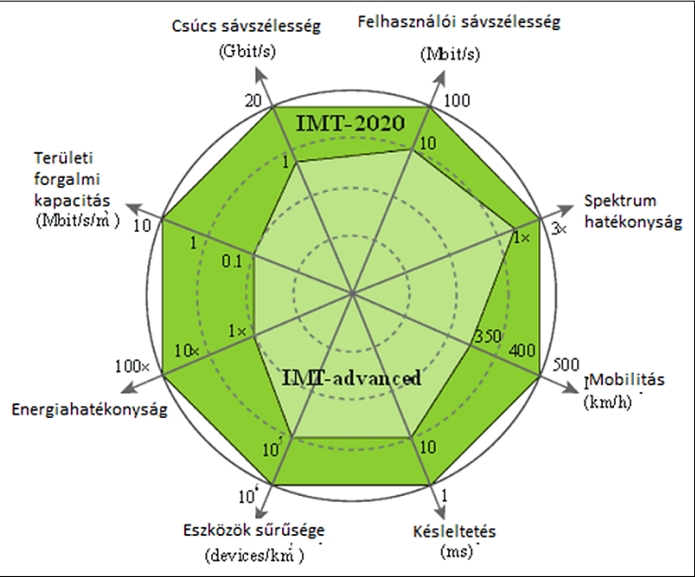
Az 5G hálózatok esetében hangsúlyos felhasználói igény lesz a Tárgyak Internete (Internet of Things – IoT) támogatására, ami a humán előfizetőknél egy nagyságrenddel nagyobb számú, kevés adatot forgalmazó esz-

köz jelent. Jellemző felhasználási területként az Okos Várost (Smart City), a járművek közti kommunikációt (vehicular communication), valamint a modern ipari robotok távvezérlését lehet kiemelni. Belátható, hogy ezeken a területeken a klasszikus humán felhasználási esetekkel szemben nem a nagy sáv szélesség, hanem az alacsony késleltetés a kritikus. Látható tehát, hogy az 5G hálózatok nagyon változatos igények együttes kiszolgálását kell lehetővé tegyék.

Az Nemzetközi Távközlési Egyesület (International Telecommunication Union – ITU) ajánlása szerint az 5G hálózatok (IMT-2020 az ITU terminológiája szerint) minden kulcsparaméterében legalább egy nagyságrendi javulást kell elérni [10]. Az ajánlás az 1. ábrán ismertetett módon foglalja össze azt az elvárt javulást, amit a 4G (IMT-Advanced) hálózatokhoz képest kell teljesíteni. Látható, hogy nemcsak a rádiós interfész csúcsteljesítményére (pl. kiemelt esetekben 20 Gbit/s sáv szélesség, 1ms késleltetés, 500 km/h mobilitás támogatása), hanem az átlagos felhasználók által jellemzően észlelt teljesítményt leíró paraméterek is definiáltak (felhasználói sáv szélesség, eszközök sűrűsége, területi forgalmi kapacitás). Szintén fontos elvárás az erőforrások hatékonysága, ezt számszerűsítik az energia- és spektrumhatékonyság paraméterek megadásával.

Végül az 1. táblázatban azt foglaltuk össze, hogy az 5G PPP keretében a rádiós interfésszel kapcsolatban melyek azok a kiemelt paraméterek, amelyeket a kísérleti megvalósítások során előtérbe helyeztek [4,11]. További elvárás volt, hogy a teljesítmény növekedése ellenére a teljes rendszer ne haladja meg a korábbi generációs mobil hálózat költség- és energiafogyasztás szintjét.

Ezeket a célokat heterogén rádiós rendszerek üzemeltetésével érik el, ahol a megszokott (legacy) interfészek mellett új rádiós interfészeket is telepítenek és okos és aktív rádiós koordinációval csökkentik az interferenciát. Az új rádiós interfészek tervezésekor az alábbi jellemző megoldásokat alkalmazzák: milliméteres hullámhosszú rádiós frekvencia használata (6 GHz és 100 GHz között), magasabb rendű moduláció igénybe vétele (pl.



1. ábra
Az 5G rádiós interfészével szemben támasztott követelmények, az ITU-R ajánlása szerint (IMT-2020 = 5G, IMT-advanced = 4G)
Forrás: [10]

1. táblázat
5G hálózatok teljesítményének javulása a 4G hálózatokhoz képest (5G PPP)

Paraméter	Javulás mértéke
A rendszer összkapacitása	1000-szeres
Cella szintű kapacitás	25-szeres
Kapcsolódott eszközök száma	100-szoros
Felhasználói sáv szélesség	100-szoros
Akkumulátor élettartama (alacsony teljesítményű IoT kommunikáció esetén)	10-szeres
Végponttól-végpontig mért késleltetés	5-szörös

256 QAM), masszív MIMO alkalmazása (pl. 100 antenna/adóállomás), nyalábalakítás (beamforming), a szoftvervezérelt rádió nyújtotta rugalmasság kihasználása.

A fent bemutatott, rádiós interfészekkel kapcsolatos elvárások megvalósítása meg fogja határozni az infrastruktúra teljesítményét, de az általunk kutatott terület számára ez csak kiindulási alapként szolgál. A vezetékes tartományt is magába foglaló 5G hálózat számára további elvárásokat is megfogalmaztak a szakirodalomban [12]:

- a hálózat rugalmasságának növelése;
- új szolgáltatások gyorsabb bevezethetősége;
- jobb minőség (QoS) biztosítása, akár szolgáltatásonkénti bontásban;
- magasabb rendelkezésre állás biztosítása;
- az energiaigény csökkentése.

A rádiós elvárások megvalósítása az infrastruktúra (pl. új rádiós interfész) kidolgozásán túl megköveteli a rádiós logika (radio resource control) átgondolását, a heterogén rádiós technológiák együttes szervezését, valamint az optimalizációs lehetőségek kihasználását. Amint azt a cikk 4. szakaszában részletezzük, az általunk végzett kutatások során megmutattuk, hogy miként lehet optimális, erőforrást kímélő módon kihasználni a több rádiós technológia nyújtotta lehetőségeket.

A 5G hálózati elvárások maradéktalan teljesítése új megközelítést követel, elsősorban a szolgáltatóktól. A végfelhasználó számára a tartományokra és szolgáltatókra szabdaltnak érzett környezet egy merev, erőforrás-pazarló állapot. Az új szolgáltatások létrehozására vonatkozó elvárás csak úgy teljesíthető, ha a hatékony erőforrás-kihasználás jegyében átnyúlnak a tartomány- és szolgáltatói határok felett. Ennek érdekében az alapesetben egymással erős versenyben levő szolgáltatók rákényszerülnek az esetenkénti együttműködésre. Erre mutató egyedi példák már láthatók a gyakorlatban, amikor a mobilszolgáltatók közös adóállomás-infrastruktúrát üzemeltetnek. Ezt a viselkedést írja le az együttműködés (cooperation) és verseny (competition) szavakból származtatott co-ompetition elnevezés, illetve az általa leírt fogalom [13]. A jelenlegi megvalósult versenytársak közti kooperációk hosszas egyeztetések árán jöttek létre, de az 5G hálózatokban az együttműködést automatikus, előre lefektetett szabályok szerint kell megoldani. Iparági konszenzus van arról, hogy ennek a megvalósítása csak az új hálózati technológiák felhasználásával érhető el – különös tekintettel a szoftver definiált hálózatokra (SDN) [14] és felhő (cloud) [15] megoldásokra. A kutatások arra a kérdésre kell választ adjanak, hogy ezt miként lehet megvalósítani – a következő szakaszban az általunk javasolt keretrendszert ismertetjük.

3. Szolgáltatók és tartományok közti rugalmas együttműködés

Amint az előző szakaszban is bemutatottuk, az 5G hálózatokkal szembeni elvárások nem teljesíthetők kizárólag a transzport technológiák teljesítményének növelésével. Az infrastruktúra kapacitásának növelése nem képes helyettesíteni az új szolgáltatások megvalósítását

és bevezetését célzó megoldásokat, valamint az operátorok közti együttműködést biztosító eljárásokat. Ezeknek a céloknak az elérését csak az 5G hálózati architektúra megfelelő kialakításával lehet elérni. Az EU által finanszírozott, az 5G PPP konzorcium tagjai által vezetett 5GEx innovációs projektben azon dolgozunk, hogy több, egymással piaci versenyben levő operátor képes legyen egymás erőforrásait rugalmasan és automatikus módon akár új szolgáltatások nyújtására is megosztani.

Az EU 5G-PPP 16 projektet finanszíroz, amelyek a rádiós interfésztől kezdve szolgáltatás szervezési kérdésekig az 5G hálózat kutatás-fejlesztésének széles témaköréit fedik le. A 16 projekt egyike az 5GEx (5GExchange [16]), amely egy új koncepción dolgozik és az üzleti logika által megkövetelt felső szintű igényekből indul ki. Az innovációt ösztönző probléma abból áll, hogy új szolgáltatás létrehozása nemcsak időigényes, de rugalmatlan és költséges is. Az 5GEx hipotézise az, hogy csak akkor lehet hatékony a szolgáltatás-szervezés, ha a felhasználó nincs „bezárva” a szerződött szolgáltatója egyik tartományába. Ebből az igényből kiindulva olyan architektúrát javasol, amelyben a szolgáltatók szabályozott interfészekon keresztül tudnak erőforrásokat egymásnak átadni [16]. Ezzel a megoldással az 5GEx IKT iparági szereplői a jelenlegi internetes üzleti valóság és szolgáltatási piaci helyzet kedvező irányú megváltozását remélik az alábbi öt területen:

- *Felgyorsított szolgáltatás adaptáció* – a projekt által javasolt szolgáltatásbővítést támogató keretrendszerben a szolgáltatásokat gyorsabban lehet a változó igényekhez és piaci feltételekhez adaptálni.

- *A hálózatok feletti alkalmazások (Over-The-Top – OTT) kérdésének rendezése* – az alkalmazások jelenleg több hálózati tartományon keresztül generálnak forgalmat, az infrastruktúra „felett”, mindezt minőségbiztosítás (Quality of Service – QoS) garanciák nélkül. Az alkalmazások számára az az előnyös, ha a hálózatok erőforrásai a szükségesnél bővebben állnak rendelkezésre. Amennyiben rugalmasan lehet egyénre szabható, de legalábbis szolgáltatástípusra szabott QoS garanciákat kérni és biztosítani, akkor egyrészt az erőforrások túlbiztosítását lehetne csökkenteni (azaz hatékonyabb erőforrás kihasználást lehet elérni), másrészt az OTT alkalmazások is a minőségi kapcsolatért arányos mértékben vehetik ki részüket az erőforrások költségeiből.

- *Automatizált szolgáltatás-létrehozási környezet* – a kidolgozandó keretrendszer képes kell legyen a tartományok és szolgáltatók közti ellenőrzött és automatikus információ- és erőforráscserére. Ez alapfeltétele az automatikus tartományok felett átvitelő automatikus szolgáltatás létrehozásának.

- *Validált technológiák és szabványok* – a tartományok közti (inter-domain) funkciók hiányának pótlása együtt jár új szabványok, illetve az azokat megvalósító technológiák kidolgozásával.

- *Menedzselt virtuális hálózati funkciók (Virtual Network Functions – VNF) és infrastrukturális erőforrások cseréje/kereskedése* – az eseti és strukturálatlan erőforrás-kereskedés a különböző szolgáltatók közt korlá-

tozta az együttműködési lehetőségeket, megakadályozta a co-ompetition elterjedését az iparágban. A kidolgozandó keretrendszerben automatizált, ellenőrzött és fair módon lehet ezt a cserét/kereskedést megvalósítani.

Annak érdekében, hogy a fenti célok elérhetővé váljanak, az 5GEx egy olyan referencia architektúra keretrendszert javasol, amelyik képes a szolgáltatások alapjait képező hálózati és VNF erőforrások cseréjét dinamikusan megoldani [17]. Az architektúra feltételezi, hogy tartományonként egy „orchestrator” felelős a szolgáltatás- és erőforrás-menedzsmentért. Jelenleg még nem alakult ki a megfelelő magyar terminológia az „orchestrator” elnevezés kiváltására, a felhő rendszer virtuális erőforrásainak koordinálását, a virtuális gépek menedzsment és vezérlési feladatait ellátó funkcionális elemet nevezik így. A cikkben az „orchestrator” által megvalósított funkciót („orchestration”) harmonizálásnak fogjuk nevezni. Az architektúra megvalósításának alapfeltétele, hogy olyan „orchestrator” típust vezet be, mely képes több tartomány együttes kezelésére. Az „orchestrator” által a végfelhasználó számára úgy tudja gyorsan, hatékonyan és dinamikusan létrehozni az igényelt szolgáltatást, ha a tartományok „orchestratoroktól” igényelt erőforrásokat úgynevezett szeletekbe (slice) szervezve tudják elkérni. A szeleteket a több tartományú „orchestratorok” kérésére, a hatékonyság érdekében az adott szolgáltatásokhoz igazítva igény szerint állítják elő [2]. Szolgáltatói oldalról a szeletek a szolgáltatók közti erőforrás-használat elszámolásához is nagy segítséget nyújtanak.

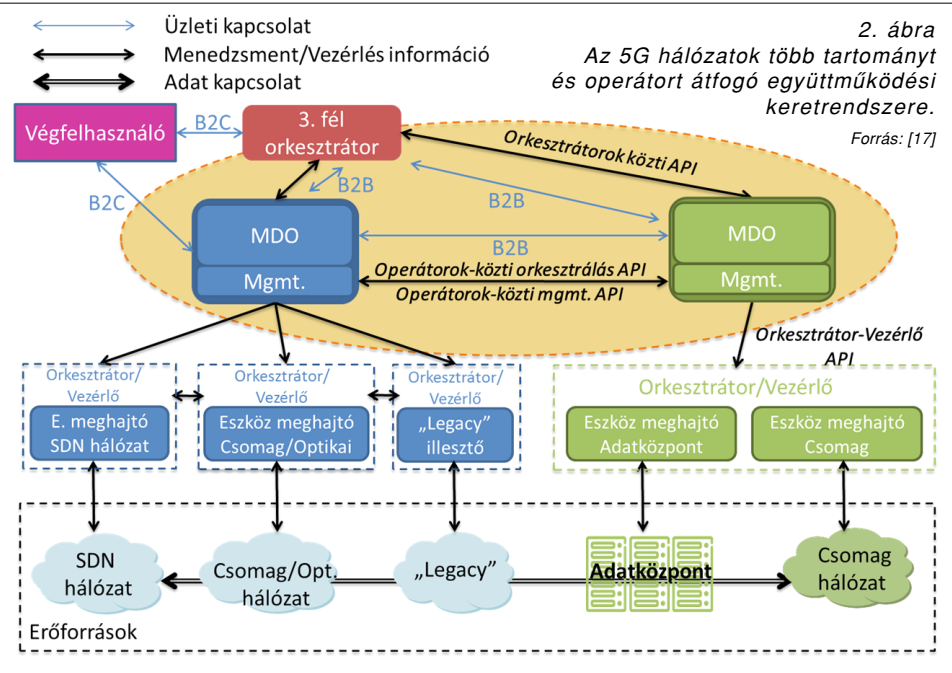
Az 5GEx által javasolt megoldás egy olyan architektúra, amely különböző tartományokat ötvöz egységes szolgáltatást létrehozó platformmá. A javaslat lényege a tartományokat kezelő „orchestratorok” közti kommunikációt megvalósító interfészek, amelyek technikai vezérlési síkot biztosítanak úgy a fizikai, mint a virtuális erőforrásoknak. Szintén ezek az interfészek biztosítják az VNF-ek menedzsmentjét is. Ezt a keretrendszert szem-

lélteti a 2. ábra, ahol külön számozással van kiemelve az az öt interfész, amelyek az 5G hálózati együttműködés megvalósításában kulcsszerepet játszanak. Az 5G hálózati architektúra alapját a különböző hálózati erőforrás-típusok képezik, mint a hozzáférés (Wi-Fi, 3G, 4G, Ethernet stb.), aggregációs és maghálózati kapcsolatok, valamint a felhő rendszerekben jól ismert számítási (compute) és tárolási (storage) erőforrások (amint az ábra első részében fel vannak tüntetve).

A végfelhasználó igénye (bal felső szereplő), hogy szolgáltatást vásároljon saját szolgáltatójától. Két lehetősége van erre. Egyrészt az 1-es típusú interfészen keresztül a 3. fél „orchestratorhoz” fordulhat, amelyik egy megbízott erőforrás-brókerként az erőforrásokat különböző operátoroktól fogja megvenni. Másik megoldásként a végfelhasználó a hagyományos módon saját szolgáltatójától vásárol, ebben az esetben a szolgáltató saját tartományaitól rendeli meg a szükséges erőforrásokat, ezt képviseli a többtartományos harmonizálást (Multi-Domain Orchestration – MDO). A különböző operátorok által üzemeltetett MDO-k közti változatos kommunikációs szerepek a 2-es típusú interfészen valósulnak meg és ezen keresztül a szolgáltató automatizált módon vásárolhat (rendelhet) más operátoroktól a szolgáltatáshoz nélkülözhetetlen területi lefedettséget, kapacitást vagy más képességet. Jelenleg nem létezik hálózatokat összekötő hasonló interfész. A következő szinten minden szolgáltató ezeket a megrendeléseket lebontja saját tartományaira (pl. külön mobil és vezetékes tartományaira) – ezt valósítja meg a 3-as típusú interfész. Ebben a lépésben a felhasználói szolgáltatás igényt felosztottuk tartomány-szintű harmonizációs (Domain Orchestration – DO) igényekre. Egyes esetekben azonos szolgáltatóhoz tartozó, de különböző tartományt kezelő „orchestratorok” egymással is információt kell cseréljenek, ezt a 4-es típusú interfész biztosítja. Ettől a ponttól kezdve a tartományon belüli technológia határozza meg, hogy

az igény milyen módon konvertálódik konkrét vezérlési eljárássá, amelyet az 5-ös típusú interfész közvetít.

Az 5GEx által javasolt több szintű harmonizálást (orchestration) lehetővé tevő referencia-architektúra segítségével elérhető a heterogén felhasználói igények kielégítése, mivel testreszabott szolgáltatást akár egyéni szintre lebontva is létre lehet hozni a saját szolgáltató által biztosított „orchestrator” segítségével. Mivel ez a keretrendszer megnyitja az utat más szolgáltatónál elérhető VNF erőforrások használatára is, globális szinten optimálisabb erőforrás kihasználtságot érhetünk el.



4. Hozzáférés választás

E szakaszban olyan architektúráis megoldásokat és technikákat javasolunk, melyek a 2. szakaszban felsorolt elvárások megvalósítását szolgálják. Fel kell ismerni, hogy e célok részben ellentmondanak. Például ha szeretnénk jobb minőséget és magasabb rendelkezésre állást biztosítani, akkor az energiaigény csökkentését nem tudjuk megvalósítani, hiszen több hálózati elemet kell folyamatosan bekapcsolva tartani. Ezért olyan kompromisszumot keresünk, ahol a minőség és rendelkezésre állás kívánt szintje mellett, a lehető legalacsonyabb fogyasztás valósul meg. Az előző szakasz bevezette a rugalmas, több tartomány és több operátor közti rugalmas erőforrás kihasználást és együttműködést lehetővé tevő keretrendszert. Ebben a szakaszban azt mutatjuk meg, hogy miként lehet rugalmasan és hatékonyan megoldani a felhasználó hozzáféréseit a szolgáltatóhoz.

A felhasználó hozzáférés-váltásának három módját különböztetjük meg:

1. Az első a hagyományos vízszintes, homogén vagy földrajzi átadás (handover). Ezt ismerjük már a mobil hálózatok korai generációi óta. A felhasználó, ahogy földrajzilag mozog, váltja a cellákat.

2. A második a függőleges, heterogén, vagy technológiák közötti átadás. Néha multi-RAT vagy inter-RAT átadásnak is nevezik, ami arra utal, hogy több rádiós hozzáférési technológia (Radio Access Technology) közt váltunk. Lényege, hogy adott ponton, akár anélkül is, hogy mozogna, a felhasználó hozzáférést vált, áttér egyik technológiáról másikra. Például LTE hálózatról a felhasználó átvált Wi-Fi hálózatra, ha nagyobb a sávszélesség, vagy olcsóbb a szolgáltatás. Ezt a szakirodalomban „Wi-Fi offload”-nak, Wi-Fi átterhelésnek nevezik. Javasolt módszerünkönél ez az átterhelés mindkét irányba megvalósulhat, sőt több különböző hálózati technológiát is érinthet, akár NFC, Bluetooth, de bármely 3GPP és Wi-Fi szabvány is lehet. Módszerünk a technológiák közti átadást is megszákítás nélkül valósítja meg, akár csak a homogén átadásnál.

3. A harmadik a szolgáltatók közötti átadás. Lényege, hogy ahogy országok közt megtörténik az átadás az egyik szolgáltató hálózatából a másikéba, vagy, ahogy külföldi roamingban tartózkodva több szolgáltató között szabadon mozoghatunk, úgy a belföldi roaming is megvalósítható. A belföldi roaming általában nem engedélyezett, vagy csak korlátozásokkal lehetséges. Például a Google nemrég egy országon belül (USA) két szolgáltató (Sprint és T-Mobile) hálózata felett hozott létre egy MVNO-t (Mobile Virtual Network Operator) így téve lehetővé a felhasználó átadását a két fizikai hálózat között [18]. Szintén érdekes példa a Magyar Telekom és Telenor együttműködése [19]. Ennek lényege, hogy a 800 MHz-es frekvenciatartományban megpályázott és 2029-ig elnyert 10+10 MHz-nyi blokkot nem külön-külön, hanem együtt használják, viszont földrajzilag felosztják; Dunától keletre a Telekom, Dunától nyugatra a Telenor használja a 20 MHz-es sávot. Az NMHH műszaki szempontok alapján előzetesen jóváhagyta, azonban értesítette a GVH-t, amely versenyfelügyeleti eljárás indított a versenyjogi szempontok érvényesülésé-

nek vizsgálatára. Ez is alátámasztja, hogy műszakilag megvannak a feltételek, azonban számos szabályozási és versenyjogi szempont még nyitott. E példa is alátámasztja, hogy a belföldi roaming az egymással versenyhelyzetben lévő szolgáltatók közt is megvalósítható.

A fenti három hozzáférés-váltás történhet a fenti három mód közül bármelyikén, de lehet e módokat együttesen is alkalmazni, például egyrészt technológiát, másrészt szolgáltatót váltunk, esetleg földrajzilag is más hozzáférést választunk, de nem három külön váltást valósítunk meg, hanem mindez egy lépésben történik. Nyilván itt az azonosítás is fontos szerepet kap. A COMBO projektben [20] az UAG (Universal Access Gateway) az általános hozzáférési átjáró az az egység, amely biztosítja a legjobb hozzáférés kiválasztását, esetleg a többutas átvitel megvalósítását, a váltáshoz szükséges felhasználó-azonosításokat, de akár a cachelést (gyorsítótárazást) is.

Mind a technológiák közötti, mind a szolgáltatók közötti váltás esetén egyidőben egynél több aktív összeköttetést tartunk fenn, és ezek felett többutas átvitelt biztosító protokollt kell alkalmazni. A több aktív összeköttetés fenntartása és együttes használata megvalósítható az alábbi három protokoll bármelyikével:

- MPTCP (Multipath Transmission Control Protocol) [21,22]
- SCTP (Stream Control Transmission Protocol) [23]
- IMS SIP MPRTT (IP Multimedia Subsystem – Session Initiation Protocol – Multipath extension to Real-time Transport Protocol (RTP)) [24]

Valódi tesztkörnyezetben a többutas átvitelt MPTCP-vel valósítottuk meg, melyet elsősorban azért választottunk, mert több működő implementáció volt elérhető.

4.1. A hozzáférés megválasztásának módszerei

A háromféle hozzáférés-váltás közötti választás kritériuma a lehető legalacsonyabb fogyasztás elérése, miközben a szolgáltatás minősége (QoS: Quality of Service) egy megkövetelt szint felett van, és a szolgáltatók a felhasználókat pártatlanul szolgálják ki.

A [25] és [26] cikkekben összesen négy különböző módszert javasoltunk a felhasználók hozzáférési hálózatokhoz rendelésére, úgy hogy a lehető legalacsonyabb energiafogyasztás mellett is a minőségi és a rendelkezésre állási feltételek teljesüljenek. A kapott eredmények érdekessége, hogy különböző hozzáférési topológiák jelentősen befolyásolják a fenti három követelmény kompromisszumát. Megmutattuk, hogy ha minden felhasználó minden pillanatban akár két olyan hozzáférésre is csatlakozhatna, melyek nem tartoznak egy közös kockázatu csoportba – ahol egy meghibásodás mindkét hozzáférést ellehetetleníti – akkor látványosan javul a rendelkezésre állás és a minőség is. Ezért igen fontos a hozzáférési hálózatok részeinek megfelelő bekötése, hiszen kis tőkeárfordítással (CAPEX) jelentős üzemeltetési ráfordítás (OPEX) takarítható meg.

A [27] cikkben megvizsgáltuk egy többszolgáltatós környezetben, ahol engedélyezett a szolgáltatók közti hozzáférés választás és a szabad átjárás szolgáltatók

között, hogy különböző prioritások és korlátok mellett hogyan alakul az energiafogyasztás, minőség és rendelkezésre állás hármasság kompromisszuma. Alacsony forgalmú órákban, mikor a hálózati terhelés alacsony, az energiamegtakarítás látványos.

A [28] cikkben a hangsúlyt a rendelkezésre állás növelésére helyeztük. Ennek több technikája lehet. Egyrészt az infrastruktúra alkalmas megválasztása, beleértve a hozzáférési rész topológiáját, másrészt a szolgáltatók közti együttműködéssel is javíthatjuk a rendelkezésre állást. Az energiafogyasztás csökkentését valamennyi esetben a konszolidáció és a szelektív kikapcsolás segíti. Ennek lényege, hogy a felhasználókat minél kisebb számú hozzáféréshez csatlakoztatjuk, míg az összes többi szelektíven lekapcsoljuk, vagy ideiglenesen energiatakarékos üzemmódba kapcsoljuk, ügyelve arra, hogy a minőségi korlátok ne sérüljenek.

4.2. A hozzáférés megválasztásának és váltásának demonstrációja

Javasolt módszereink működését a 3. és 4. ábrán szemléltetett tesztágyon mutattuk be. A két ábrán jól látni, hogy három lehetséges hozzáférés közül választhat a felhasználó: Wi-Fi AP1, Wi-Fi AP2 és LTE eNB. Ez két külön Wi-Fi és egy LTE hálózatot jelent. Mindhárom laborunkban állítottuk össze és csatlakoztattuk az internethez. Saját LTE hálózatunkat igen kis teljesítménnyel az ISM sávban valósítottuk meg. A felhasználó-oldali LTE modemekben saját SIM kártyáink voltak. A felhasználó (UE1 és UE2) szabadon csatlakozhat e három hozzáférés bármelyikéhez. Demonstrációnkban bemutattuk, hogy videotartalom-szerverről (Streaming Server) cachelés nélkül, a hozzáférést váltogató felhasználói eszközön valós időben is megszakadás és minőségvesztés nélkül fogadható a videotartalom. Tesztösszeállításunkkal igazoltuk módszereink megvalósíthatóságát és a technológiák és a szolgáltatók közti átadások stabil, minőségvesztés nélküli működését [29].

Az 5G hálózati architektúra nemcsak új rádiós interfészt jelent, hanem számos új infrastruktúrális, architektúrális és funkcionális újítást is. E leírt funkciókat, noha LTE hardverrel valósítottuk meg és mutattuk be működé-

süket, már túllépik a 4G határait, és az 5G követelményrendszerének részeit teljesítik be.

5. Összefoglalás

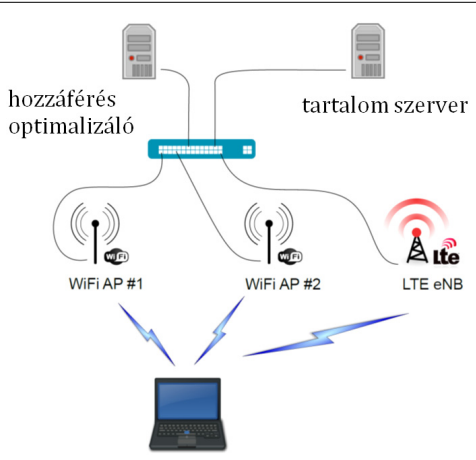
A mobil hálózatok felhasználói változatos igényekkel lépnek fel, egyesek számára nagy sávszélességet kell biztosítani (pl. nagyfelbontású multimédia), más esetben nagyon alacsony késleltetést (pl. távvezérelt ipari robotok), esetleg alacsony energiafelhasználást (pl. IoT). Ráadásul ezt a heterogén igényt a jelenleginél nagyságrendekkel nagyobb előfizetői létszám mellett kell kielégíteni. A cikkben bemutattuk, hogy ez a változatos igényhalmazból miként alakultak ki és melyek lettek az újgenerációs, kutatás-fejlesztés és szabványosítás alatt álló 5G hálózatokkal szembeni követelmények.

Az elvárások része az erőforrások hatékony kihasználása és a gyors szolgáltatásnyújtás, amit csak a különböző vezetékes tartományok által biztosított erőforrások automatizált cseréje biztosíthat. Hasonlóan fontos a vezeték nélküli hozzáférési technológiák egységes optimalizálása. A cikkben olyan kutatói és fejlesztői munkáinkról számoltunk be, amelyek az 5G hálózatok ilyen jellegű architektúrális kérdéseire adnak választ. Munkánk során együttműködünk a vezető európai berendezégyártó és szolgáltató ipari szereplőivel, ezáltal eredményeink részét képezik az 5G PPP égisze alatt formálódó összeurópai 5G hálózatfejlesztési erőfeszítéseknek.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott eredményekhez vezető munkát részben a COMBO 317762. számú pályázati szerződés keretében (EU FP7/2007-2013), részben az 5GEx 671636. számú pályázati projekt keretében (H2020-ICT-2014) végeztük. Sem a pályázati konzorcium, sem az Európai Bizottság nem felelős semmilyen, az itt közölt információ alapján elkövetett cselekményért. A bemutatott munka részben a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program „Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

3. ábra COMBO demonstráció konfigurációja



4. ábra A COMBO demonstrációs összeállítás fényképe



Irodalomjegyzék

- [1] K. Farkas, G. Fehér, A. Benczúr, C. Sidlo, "Crowdsending based public transport information service in smart cities" IEEE Comm. Magazine, 53(8):158–165, August 2015.
- [2] "5G Systems," Ericsson White Paper, Uen 284 23-3244, January 2015.
- [3] B. Cha, "What Is 5G, and What Does It Mean for Consumers?," March 2015.
<http://recode.net/2015/03/13/what-is-5g-and-what-does-it-mean-for-consumers/>
- [4] "5G Vision: The 5G Infrastructure Public Private Partnership: the next generation of communication networks and services," 5G PPP Brochure v1, February 2015.
- [5] I. Fried, "Interview with Ericsson CEO Hans Vestberg on 5G" <http://recode.net/2015/03/11/ericsson-ceo-on-5g-apple-suit-and-net-neutrality/>, March 2015.
- [6] EU 5G PPP honlapja, <http://www.5g-ppp.eu>
- [7] "Architecture definition", April 2006.
<http://whatis.techtarget.com/definition/architecture>
- [8] S. Sesia, "LTE: the UMTS long term evolution," New York: John Wiley & Sons, August 2009.
- [9] J. Markendahl, A. Ghanbari, B. G. Mölleryd, "Network Cooperation Between Mobile Operators-Why and How Competitors Cooperate?," In: IMP Conference, Atlanta, USA, September 2013.
- [10] "IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," Recommendation ITU-R M.2083, September 2015.
- [11] A. Osseiran et al., "The foundation of the Mobile and Wireless Communications System for 2020 and beyond Challenges, Enablers and Technology Solutions," In: VTC Spring 2013, June 2013.
- [12] NGMN 5G White Paper, NGMN Alliance, February 2015.
- [13] M. Bengtsson, J. Eriksson, J. Wincet, "Co-opetition dynamics – an outline for further inquiry," Competitiveness Review: An Int. Business Journal, Vol. 20, Issue 2, pp.194–221, 2010.
- [14] B. Sonkoly et al., "Multi-domain service orchestration over networks and clouds: a unified approach," In: ACM Conference on Special Interest Group on Data Communication, pp.377–378, September 2015.
- [15] O. Sefraoui, M. Aissaoui, M. Eleuldi, "OpenStack: toward an open-source solution for cloud computing," Int. Journal of Computer Applications 1;55(3), Jan. 2012.
- [16] "5GEx Multi-domain Service Creation – from 90 days to 90 minutes," A 5GEx White Paper, March 2016.
<http://www.5gex.eu/wp/wp-content/uploads/2016/03/5GEx-White-Paper-v1.pdf>
- [17] C. J. Bernardos, O. D. Dugeon, A. Galis, D. Morris, Cs. Simon, R. Szabó, "5G Exchange (5GEx) – Multi-domain Orchestration for Software Defined Infrastructures," In: EuCNC 2015 – European Conf. on Networks and Communications, Issy les Moulineaux, France, June 2015.
- [18] "Hivatalos: mobilszolgáltató (is) lesz a Google", Márc. 2015
http://hvg.hu/tudomany/20150302_mobilszallgaltatast_indit_a_google_nexus
- [19] „Közös 4G-t fejleszt a Telenor és a Telekom”, eGov Hírlevel, Február 2015.
<http://hirlevel.egov.hu/2015/02/26/kozos-4g-t-fejleszt-a-telenor-es-a-telekom/>
- [20] EU FP7-es COMBO projekt honlapja,
<http://www.ict-combo.eu/>
- [21] A. Ford et al., "TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses," IETF RFC 6824, January 2013.
- [22] Multipath TCP protocol – MultiPath TCP – Linux Kernel implementation, September 2015.
<http://multipath-tcp.org>
- [23] R. Stewart, Ed., "Stream Control Transmission Protocol," IETF RFC4960, September 2007.
- [24] V. Singh et al., "Multipath RTP (MP RTP)", IETF Draft draft-ietf-avtcore-mprtp-02, March 2016.
- [25] Á. Ladányi, T. Cinkler, A. Mitcsenkov, "Impact of optical access topologies onto availability, power and QoS," In: DRCN2014, 10th Int. Conf. on the Design of Reliable Communication Networks, Gent, Belgium, April 2014.
- [26] Á. Ladányi, T. Cinkler, Gy. Sallai, "Tradeoffs of a converged wireless-optical access network," In: Networks2014, 16th Int. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium, Funchal, Madeira, Portugal, September 2014.
- [27] Á. Ladányi, T. Cinkler, A. Mitcsenkov, "Power saving tradeoffs in a multi-operator scenario," In: HPSR 2015, 16th IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing, Budapest, Hungary, July 2015.
- [28] T. Cinkler, Á. Ladányi, "Resilient access via 3D Hand-Over," In: RNDM 2015, 7th International Workshop on Reliable Network Design and Modelling, München, Germany, October 2015.
- [29] Á. Ladányi, P. Olaszi, P. Varga, T. Cinkler, "Network initiated Wi-Fi – LTE Handovers with Multipath TCP," in HPSR 2015, 16th IEEE Int. Conf. on High Performance Switching and Routing, Budapest, Hungary, July 2015.

A szerzőkről



CINKLER TIBOR 1994-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet, majd 2000-ben PhD fokozatot a BME-n, az MTA doktori címet 2013-ban nyerte el. Jelenleg egyetemi tanár a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén. Kutatási területe az 5G, IP, MPLS, ngSDN, OTN és általában az optikai alapú GMPLS-vezérelt heterogén (többtrétegű, többtartományú) hálózatok optimalizálása. Több mint 180 bírált kutatási cikk és 4 szabadalom szerzője vagy társszerzője. Számos európai és hazai projektben vett részt, valamint tagja volt sok nemzetközi konferencia programbizottságának.



SIMON CSABA mérnök informatikus a doktori címét 2012-ben a BME Informatikai Doktori Tudományok Iskolájában szerezte, jelenleg a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén egyetemi adjunktus. A mobil hálózatok témakörében több, az EU által finanszírozott nemzetközi kutatási projektben vett és vesz részt (OverDRIVE, Ambient Networks, 5GEx). Kutatási területe a Jövő Internete, 5G hálózatok és felhő alapú hálózatok.



SZABÓ ÖRS 2016-ban a BME-n szerzett mérnök-informatikus mesteri diplomát csomagkapcsolt gerinchálózati forgalom osztályozásának témakörében. Tanulmányaival párhuzamosan az Ericsson Magyarország Kft. részmunkaidős alkalmazottjaként 4G mobil hálózatok csomagkapcsolt beszédátvitelének és szolgáltatásainak megvalósításával kezdett el foglalkozni. Jelenleg a cég rendszertervező mérnökként dolgozik.



SZÉKELY SÁNDOR 2005-ben védte meg doktori disszertációját a BME Villamosmérnöki Tudományok Doktori Iskolájában. A Siemens, majd a Nokia Siemens Networks csomagkapcsolt beszéd és TV szolgáltatást megvalósító termékeinek fejlesztésében vett részt. 2014-től a Huawei európai részlegének innovatív multimédia (videó) megoldásait megvalósító részlegét vezeti. Kutatási területe a csomagkapcsolt multimédia szolgáltatások.



JAKAB CSABA 2014-ben szerezte meg a BME Villamosmérnöki BSc oklevelét, jelenleg a BME Villamosmérnök mesterképzésén az Infokommunikációs rendszerek szakirány hallgatója. 2013-ban gyakornokként a TeliaSonera optikai gerinchálózatának hibáinak felderítésével foglalkozott. Kutatási területe az optikai gerinc hálózatok optimalizálása és az 5G hálózatok.

Infrastrukturális vagy közösségi érzékelés az okos városokban?

VIDA ROLLAND, FEHÉR GÁBOR

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

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

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

1. Bevezető

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

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

2. Kiépített infrastruktúrára épülő érzékelés

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Közösségi érzékelés

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. Esettanulmányok

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

4.1. Parkolás

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

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

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

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

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

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

4.2. Utastájékoztató és útvonaltervezés a tömegközlekedésben

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

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

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

4.3. Hatékony szemétszállítás

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

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

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

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

5. Összegzés

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

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

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

Irodalomjegyzék

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

A szerzőkről



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



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

A HTE-ről dióhéjban

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE) 67 éves múltjával hazánk infokommunikációs szektorának legpatinásabb szakmai szervezete, tevékenysége a távközléstől és az informatikától a hagyományos postai szolgáltatásokon át az internetig és a médiavilágig terjed. Az egyesület 60 jogi tagot, valamint közel 1000 magánszemélyt számlál. Berkein belül több mint 20 szakmai közösség (szakosztályok, klubok, munkahelyi és területi csoportok) munkálkodik. A HTE évtizedek óta testvérszervezete a világszintű mérnökszervezetnek, az IEEE-nek és az IEEE Communications Society-nek. A HTE a magyar infokommunikációs szakterület meghatározó szereplőjévé vált és rendszeres véleményformáló fejlesztési és szabályozási kérdésekben. A HTE lehetőséget biztosít arra, hogy az ágazat valamennyi szereplője fontos kérdéskörökben kommunikáljon, kifejtse véleményét, megossza tapasztalatait, bemutassa jövőbeli elképzeléseit, ugyanakkor az egyének szakmai kapcsolatrendszerének és karrierjének építésére is teret biztosít. A HTE tevékenységét, véleményformálását elismerten a szakszerűség, a kiegyensúlyozottság és a semlegesség jellemzi.

A HTE naptárában nem telik el hét szakmai találkozó, előadások, kerekasztal beszélgetések és egyéb szervezett események nélkül, de házigazdája volt számos tekintélyes nemzetközi tudományos konferenciának is, mint a *HPSR 2015* (IEEE 16th International Conference on High Performance Switching and Routing), az *ICC2013* (IEEE International Conference on Communications), a *FIA2011* (EU Future Internet Week), a *WCNC 2009* (IEEE Wireless Communications & Networking Conference), a *Networks 2008* (13th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium) stb., valamint olyan nagy látogatottságnak örvendő országos szakmai nagyrendezvény-sorozatoknak is, mint:

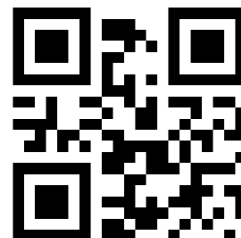
- a projektmenedzserek információcseréjét segítő, évente megrendezett *Projektmenedzsment Fórum*,
- a páratlan években megrendezett médiatechnológiai esemény, a *HTE MediaNet konferencia*,
- a páros években megrendezésre kerülő *HTE Infokom konferencia*, amely az infokommunikációs hálózatok és alkalmazások piaci, műszaki és szabályozási kérdéseit öleli fel.

A *HTE Infokom 2016* konferencia, amely elődjeivel együtt már 20. a sorban, idén október 12. és 14. között Tapolcán kerül megrendezésre. Szakmai programjában megtaláljuk az aktuális szakmapolitikai, hálózatfejlesztési és szabályozási témákat ugyanúgy, mint az okos város, a jövő internet, a tárgyak internete, az 5G hálózatok, a felhőkommunikáció és a big data napi közelségbe kerülő izgalmas témaköreit, valamint mindezek társadalmi hatásainak és szakmánk perspektíváinak vizsgálatát.

A HTE ars poeticájában tradicionálisan hangsúlyos szerepet kap a fiatalokkal való kapcsolat ápolása, a széles látókörű és tudományos érdeklődésű diákok tanulásának és pályaindításának segítése – hiszen ők alkotják majd a jövő szakembereit. Az egyesület amellet, hogy az arra érdemes hallgatóknak biztosítja a különböző rendezvényeken, konferenciákon, fórumokon való kedvezményes részvételt, különböző pályázatokat is hirdet. A *HTE Diplomaterv és Szakdolgozat Pályázatára* például az ország 15 egyeteméről nevezhetnek, de említést érdemel a *HTE Infokom diákszekciójának* szervezése is, vagy a *HTE Akadémia*, amelyek szintén a következő infokommunikációs nemzedék szakmai fejlődését kívánják támogatni.

HTE időszakos kiadványai mellett hagyományosan két folyóiratot jegyez: a *Híradástechnikát* és az *Infocommunication Journalt*. Míg a Híradástechnika inkább a hazai szakmai élet tükré, különszámai egy-egy fontos hazai konferenciához kapcsolódnak, az angol nyelven megjelenő Infocommunication Journal tudományos folyóirat. Az Infocommunication Journal elismertségét jelzi, hogy a Scopus, a Compendex és az Inspec nemzetközi adatbázisokban is szerepel.

További információkért keresse fel a HTE honlapját: www.hte.hu, kérdéseit, észrevételeit, javaslatait pedig az info@hte.hu e-mail címre készséggel várjuk!



Képfeldolgozó algoritmusok teljesítményértékelésére szolgáló online kollaborációs kutatási keretrendszer

TÓTH JÁNOS, HAJDU ANDRÁS

Debreceni Egyetem Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék
{toth.janos, hajdu.andras}@inf.unideb.hu

Kulcsszavak: képfeldolgozás, algoritmusok teljesítményértékelése, nyilvános adatbázisok, aszinkron verseny

Cikkünkben egy olyan kollaboratív keretrendszert mutatunk be, amelynek elsődleges célja, hogy segítse a képfeldolgozás területén dolgozó kutatókat az általuk fejlesztett algoritmusok tesztelésében megfelelően annotált képi adatbázisok biztosításával, valamint, hogy lehetővé tegye az algoritmusok teljesítményének standardizált körülmények között történő automatikus kiértékelését. Ez a kvantitatív kiértékelés lehetőséget ad az azonos funkciójú algoritmusok összehasonlítására és rangsorolására is. A keretrendszer működéséhez annak felhasználói annotált képi adatbázisokkal és azok validálásával járulhatnak hozzá.

1. Bevezetés

A képfeldolgozás területén dolgozó kutatócsoportokkal szemben egyre fokozódó elvárás, hogy az elért eredményeiket kvantitatívan is ellenőrizhető módon jelentsék. E cél elérésének érdekében két feltételnek kell teljesülnie. Az egyik, hogy a különböző kutatócsoportok ugyanazokon az adatokon tudják végezni a tesztjeiket, a másik pedig, hogy a kvantitatív kiértékeléshez kialakított protokollnak is azonosnak kell lennie. A fentiek szempontjából viszont problémát jelent az, hogy számos szakterületen nincs kellő mennyiségű vagy kellően különböző típusú, megbízható és a nyilvánosság számára is elérhető adathalmaz, valamint, hogy ezekhez sok esetben hiányoznak az ún. *ground truth* adatok. Azonban még abban az esetben is, ha a szükséges adathalmazok elérhetőek és a kiértékelési protokoll is azonos, akkor is előfordulhat, hogy a protokollt a különböző kutatócsoportok más-más módon hajtják végre, ami nagyban megnehezíti az eredményeik objektív összehasonlítását.

Cikkünk egy olyan teljesítményértékelési keretrendszert mutat be, amely megfelelően annotált adathalmazok biztosításával, valamint az egyes algoritmusok kimeneteinek azonos feltételek melletti és standardizált protokollok szerint történő kiértékelésével segíti a kutatókat a különböző képfeldolgozási (detektálási és osztályozási) feladatok megoldására szolgáló algoritmusaik fejlesztésében.

Munkánkat nagyban motiválta a Retinopathy Online Challenge [1], azonban a bemutatott keretrendszer jelentősen átfogóbb és általánosabb megközelítést nyújt annál. Elsődleges célunk a keretrendszer létrehozásával az volt, hogy lehetővé tegyük széles társadalmi réteget érintő egészségügyi problémák megoldását célzó jövő internet alapú eHealth/mHealth rendszerek képfeldolgozó komponensei fejlesztésének támogatását.

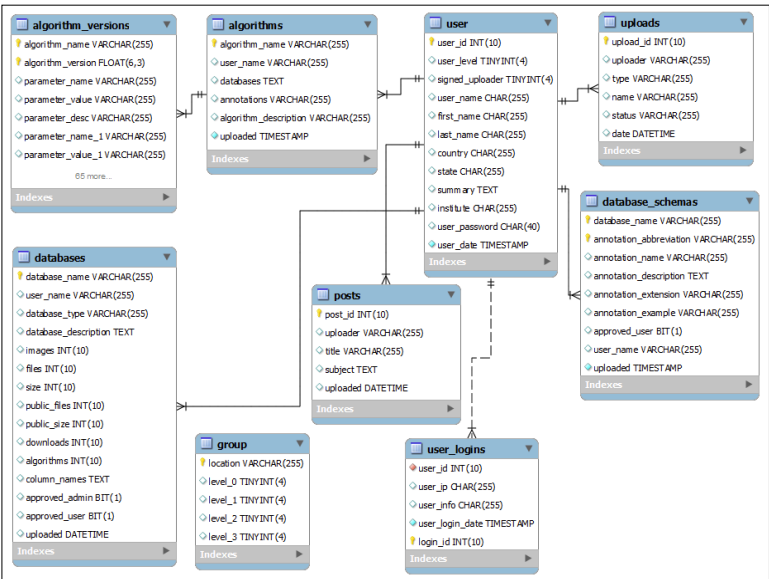
A továbbiakban először rövid áttekintést adunk a keretrendszer adatkezeléséről, majd bemutatjuk a keretrendszer felhasználói felületét és az azon keresztül elérhető rendszerfunkciókat. Ezt követően a felhasználók által feltöltött algoritmikus-kimenetek kiértékelésének módját mutatjuk be, végül pedig egy rövid összefoglalást adunk.

2. A rendszer adatkezelésének rövid áttekintése

Annak érdekében, hogy olyan teljesítményértékelő keretrendszert valósíthassunk meg, amely kellően általános ahhoz, hogy a legkülönbözőbb képfeldolgozó algoritmusokhoz is alkalmazható legyen, különválasztottuk a „nyers” adatok tárolását és azok strukturális leírását egymástól.

A rendszer ennek megfelelően két fő adatbázist tartalmaz: a rendszer működtetéséhez szükséges és a teljesítményértékeléshez használt adatokat tartalmazó adatbázist.

1. ábra A rendszer működtetéséhez szükséges adatbázis



Ahogy az 1. ábrán látható, a rendszer működtetéséhez szükséges adatbázis tartalmazza a felhasználókkal kapcsolatos összes információt és a különböző hozzáférési jogosultságokat, az adathalmazok sémaleírásait, valamint az algoritmusok leírását és az azok verziókövetéséhez szükséges adatokat is.

Az egyes adathalmazok sémaleírásai az azokban szereplő képekhez megadható annotációk nevéből, típusából, azok leírásából, valamint egy-egy példa-adatelemből állnak, továbbá tartalmazzák, hogy egy adott annotáció-típust milyen felhasználói jogosultságok birtokában lehet elérni, és hogy melyik felhasználó hozta azt létre. A rendszerben minden adathalmazt egy nyilvános és egy privát részre kell osztani: a nyilvános részhez tartozó képek és annotációk szabadon letölthetők a felhasználók által (pl. gépi tanuláson alapuló algoritmusok fejlesztéséhez), míg a privát rész annotációi csak a rendszer számára érhetők el és az algoritmusok kiértékeléséhez lesznek felhasználva.

Az algoritmus-leírások egy-egy algoritmus nevét, tulajdonosát, részletes leírását, paramétereit valamint az algoritmus által generált kimenet típusát tartalmazzák. A rendszer minden algoritmushoz automatikus verziókövetést biztosít, azaz lehetővé teszi ugyanazon algoritmus egy újabb verziója által generált kimenetek feltöltését is úgy, hogy a korábbi kimenetek is visszakereshetők maradnak. Könnyen belátható, hogy a rendszer e tulajdonsága kiemelten fontos, mivel így az egyes algoritmus-verziókhoz tartozó kiértékelési eredmények is reprodukálhatóvá válnak, amely kiemelten hasznos a tudományos publikációk írása során. Egy további értékes tulajdonsága a verziózásnak, hogy támogatja az algoritmusok paraméter-optimalizálását is, amennyiben az egyes verziók csak a paraméterek értékében térnek el egymástól.

A teljesítményértékeléshez használt adatbázis tartalmazza az összes feltöltött adathalmaz és annotáció nyers adatait a sémaleírások alapján automatikusan létrehozott táblákban, valamint a kiértékelendő algoritmus-kimeneteket is, amelyek táblái az algoritmus-leírások és a feltöltéskor megadott adatok alapján kerülnek előállításra (lásd a következő szakaszt).

3. A rendszer felhasználói felülete

A rendszer felhasználói felülete két fő komponensből áll: az adatbázis front-endjéből és egy adathalmaz-böngésző felületből.

3.1. Felhasználói szerepkörök a rendszerben

A rendszer az *adminisztrátor*, a *feltöltő* és az *általános felhasználó* fő szerepköröket különbözteti meg.

A regisztráció után minden felhasználó automatikusan az általános felhasználó csoportba kerül, azaz áttekintheti a rendszer által nyújtott szolgáltatásokat, listázhatja, böngészheti és letöltheti az egyes adathalmazokat és a nyilvánosan elérhető annotációkat, valamint megtekintheti az egyes algoritmusok teljesítményértékeléseit is. Az általános felhasználók a regisztráció után

igényelhetnek feltöltő szerepkört is. Azok a felhasználók, akik ebbe a csoportba tartoznak – az igényelt jogosultságaik függvényében – javasolhatnak vagy kiterjeszthetnek adathalmaz-sémákat és fel is tölthetnek új adathalmazokat, annotációkat és algoritmus-kimeneteket a rendszerbe. Végezetül, a rendszer adminisztrátorai teljes hozzáféréssel rendelkeznek a rendszer funkcióihoz és az abban tárolt adatokhoz.

3.2. Az adatbázis front-endje

Az adatbázis front-endje egy webes alkalmazásként került implementálásra, amely lehetővé teszi a rendszer felhasználói számára az adatbázisban történő navigációt és azon rendszerfunkciók használatát, amelyek a jogosultsági szintjükkel elérhetőek.

Adminisztrációs felület: A front-end biztosítja a szükséges eszközöket az adminisztrátorok számára a felhasználói fiókok, az adathalmazok, a sémák és az algoritmusok átfogó kezeléséhez, valamint az egyes rendszerfunkciók engedélyezéséhez és letiltásához.

A felhasználói fiókok esetében az adminisztrátoroknak lehetőségük van az egyes felhasználói regisztrációk elfogadására vagy elutasítására, a megfelelő szerepkörök és jogosultságok hozzárendelésére, valamint a fiókok törlésére. Az adathalmazok és sémák esetében az adminisztrátorok listázhatják és felülvizsgálhatják azokat, annak érdekében, hogy döntsenek azok elfogadásáról vagy elutasításáról, továbbá adathalmazok esetében lehetőségük van arra is, hogy a korábban már elfogadotakat új adatokkal egészítsék ki.

2. ábra
Egy újonnan feltöltött adathalmaz engedélyezése az adminisztrációs felületen

diaretdb12	
Uploader:	Csaba Kiss
Uploaded:	2014-07-28 15:15:19.0
Type:	Retina
Images:	89
Files:	1439
Public Files:	689
Size:	285.08 MB
Public Size:	218.34 MB
Description:	
Back Approval Delete	

Általános felhasználói és feltöltői felület: Az elérhető adathalmazok böngészésén és az algoritmusok teljesítményértékelésének megtekintésén kívül a felhasználóknak lehetőségük lehet továbbá adathalmazok feltöltésére, sémák javaslatára, annotációk létrehozására a rendszerben lévő adathalmazokhoz, valamint algoritmus-kimenetek feltöltésére is.

Új adathalmaz hozzáadásához a felhasználónak először ki kell választania egy már korábban definiált sémát, majd ki kell jelölnie, hogy az új adathalmaz ezek közül mely annotációkat tartalmazza, és végül meg kell adnia egy tömörített állományt, amely tartalmazza a képfájlokat és az azokhoz tartozó annotációkat. Abban az esetben, ha az adathalmaz nem kompatibilis a kiválasztott sémával, a rendszer visszajelzést ad a felhasználó számára a kijavítandó hibák listájával. Továbbá arra is van lehetőség, hogy az egyes annotációk privátként ke-

rüljenek megjelölésre kép vagy akár annotáció-típus szinten. A felhasználónak természetesen lehetősége van új annotációk feltöltésére is egy már létező adathalmazhoz annak kiválasztásával az adott sémához tartozó adathalmazok listájából.

Azon felhasználók, akik az algoritmusaik teljesítményét szeretnék kiértékelteni, az adathalmazok hozzáadásához hasonló módon tölthetik fel az algoritmusaik kimeneteit a rendszerbe. Ehhez a felhasználóknak először meg kell adni az algoritmus nevét és leírását, vagy ki kell választani egyet a korábban már hozzáadott algoritmusaik listájáról. Ezután ki kell választaniuk azt az adathalmazt, amelyen a futtatás történt, és meg kell adniuk, hogy milyen típusú kimenetet állított az algoritmus ehhez elő, végezetül pedig fel kell tölteniük egy tömörített állományt, amely magukat a kimeneteket tartalmazza.

A felhasználónak jogosultsága lehet ahhoz is, hogy sémákat ajánljon a különböző szakterületek adathalmazaihoz, megadva a séma nevét, az abban található annotációk számát, valamint minden annotációhoz annak nevét, rövidítését, leírását és típusát. A séma validációjának megkönnyítésének érdekében részletes sémaleírás és egy kapcsolódó publikációkat tartalmazó lista is megadható. A felhasználóknak továbbá fel kell tölteniük egy példa-adathalmazt is, amely legalább egy képfájlt tartalmaz a sémának megfelelő annotációkkal együtt.

A rendszer minden felhasználója számára lehetőség van megtekinteni a saját profilját, ahol ellenőrizheti, milyen jogosultságokkal rendelkezik, kilistázhathatja azokat az adathalmazokat, sémákat, és annotációkat, amelyeket ő adott hozzá a rendszerhez és megtekintheti az ezekhez tartozó statisztikákat is. Továbbá, a felhasználók áttekinthetik a tevékenységnaplójukat, például hogy ellenőrizték, mely adathalmazuk vagy sémájuk vár engedélyezésre, lett elutasítva vagy törölve, valamint kezelhetik a személyes adataikat, például az e-mail címüket és jelszavukat is.

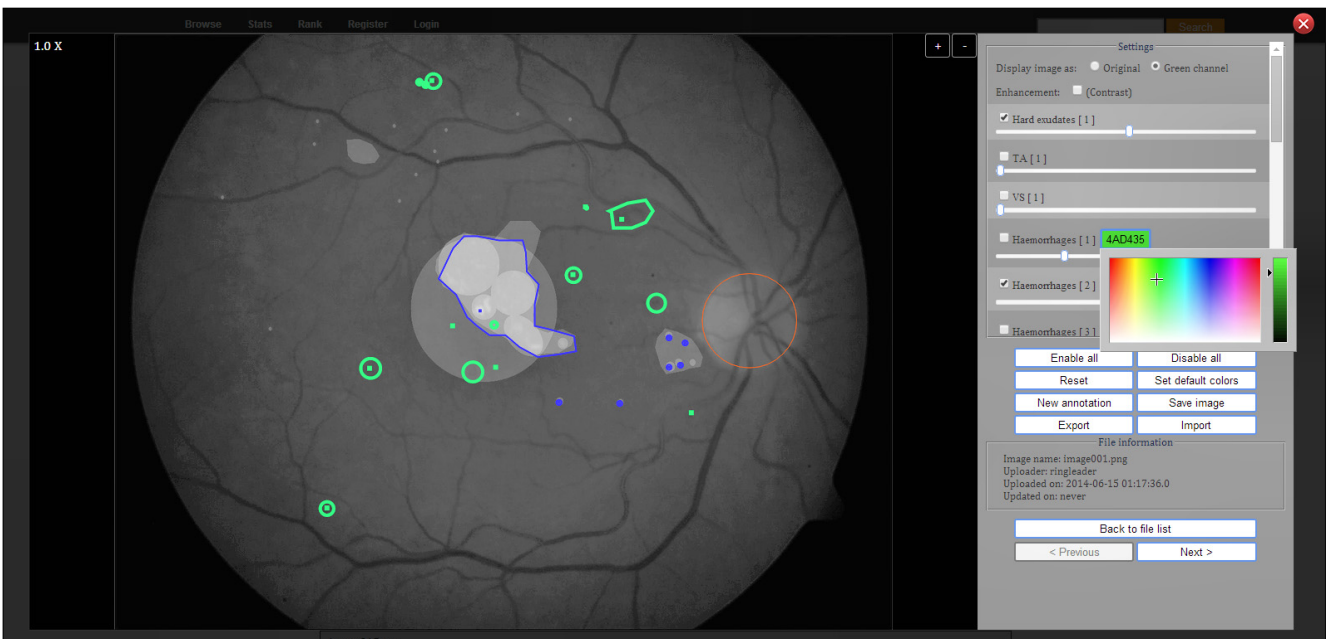
3.3. Az adathalmaz-böngésző felület

A rendszer adathalmaz-böngésző felülete lehetővé teszi a megfelelő jogosultságokkal rendelkező felhasználók számára, hogy az egyes adathalmazokban tárolt képeket és a hozzájuk tartozó annotációkat megjelenítsék, valamint hogy új annotációkat hozzanak létre. A rendszer e komponense is webes alkalmazásként lett megvalósítva, így a felhasználók akár mobiltelefonokról és táblagépekről is ugyan azokat a funkciókat tudják elérni. Az alkalmazás asztali környezetben kiegészítésre került kézgesztusokon alapuló vezérléssel is a minél hatékonyabb és intuitívabb interakció lehetővé tételének érdekében.

Képek böngészése: Miután a felhasználó kiválasztott egy adathalmazt, a rendszer kilistázza az abban tárolt képeket. Az adott adathalmazhoz beállított engedélyektől függően van a felhasználónak lehetősége ezeket annotációkkal együtt vagy azok nélkül megnyitnia.

Az alkalmazás főképernyője (3. ábra) a bal oldalon a kiválasztott képet, a jobb oldalon pedig az annotációk listáját jeleníti meg, amely dinamikusan töltődik fel annak függvényében, hogy milyen annotációk érhetőek el a felhasználó számára az adott képhez. A jobb oldali panel segítségével a felhasználó kiválaszthatja, hogy az eredeti képet vagy annak zöld csatornáját szeretné-e használni. Mindkét opció esetében elérhető a kontraszt-limitált adaptív hisztogram-kiegénylítés (CLAHE) képjavító funkció. Fontos megjegyezni, az eredeti kép változatai nem a kliensoldalon állnak elő, hanem a kiszolgálóról töltődnek le szükség esetén. Az elérhető annotációk mint a vizualizáció egy-egy rétege kapcsolhatóak be és ki a megfelelő jelölőnégyzetekkel vagy egyszerre a panel megfelelő gombjaival. A bekapcsolt annotációs rétegek egymásra helyezése a kliens oldalon történik a minél jobb felhasználói élmény érdekében. Képalapú annotációk esetében az egyes rétegek áttetszősége, a

3. ábra Az adathalmaz-böngésző felület fő képernyője néhány bekapcsolt annotációs réteggel



koordináta-alapú annotációk esetében pedig a jelölő vonalvastagsága egy-egy csúszka segítségével szabályozható. Mindkét annotáció-típus esetében az azokhoz rendelt szín szabadon megváltoztatható egy felugró színválasztó panel segítségével.

Az összes fent említett funkció eseményvezérelt, azaz a változások dinamikusan kerülnek alkalmazásra a vizualizációra, így a felhasználó könnyen testre szabhatja azt az igényeinek megfelelően. A megjelenített kép nagyítható és kicsinyíthető, valamint szabadon mozgatható a megjelenítő kereten belül, így lehetővé téve az összetett annotációkat tartalmazó vagy/és nagy felbontású képek részletesebb vizsgálatát. A felület használhatóságának javítása érdekében a felhasználó adott sémához tartozó vonalszín, vonalvastagság és áttetszőség preferenciái a klienseszközön egy böngésző cookie formájában tárolásra kerülnek és az alkalmazás következő indításakor automatikusan beöltődnek. Az alkalmazás lehetővé teszi egy olyan kompozit kép exportálását is, amely tartalmazza az alapként választott képverziót és az afelett megjelenített annotációkat. E kompozit kép előállítására szerveroldalon történik.

Képek annotálása: A megfelelő jogosultságokkal rendelkező felhasználóknak lehetőségük van új annotációk létrehozására a megnyitott képhez az annotációs panel jelölőeszközeinek használatával (4. ábra):

- pont: egy objektum reprezentatív pontjának vagy középpontjának jelölésére,
- kör és ellipszis: körszerű objektumok és régiók körvonalának jelölésére és
- poligon: tetszőleges alakú objektumok és régiók körvonalának jelölésére.

A rajzolási fázisban az objektumok és régiók minél pontosabb és kényelmesebb megjelölhetőségének érdekében a felhasználó nagyíthatja, kicsinyítheti és mozgathatja a képet, hasonlóan mint azok böngészése során.

Egy adott annotáció a mentés előtt szabadon szerkeszthető, törölhető és újrarajzolható ahányszor csak szükséges. A mentés előtt minden annotációhoz meg kell adni annak típusát, kiválasztva egyet az adott adathalmaz sémájában definiált típusok közül az annotációs panel megfelelő legördülő menüjéből, azonban új típusok definiálására nincs lehetőség e felületen keresztül. A különböző annotációk könnyebb megkülönböztethetőségének érdekében azokhoz egyedi vonalszínek rendelkezhetők, amely beállítások perzisztensek a felhasználói munkamenet teljes ideje alatt. Az annotálás befejezését követően a felhasználó elmentheti az annotációkat a rendszer adatbázisába vagy exportálhatja azokat a kliens eszközre.

A rendszerben eltárolt annotációk a többi felhasználó számára csak azután válnak elérhetővé, hogy egy adminisztrátor áttekintette és jóváhagyta azokat.

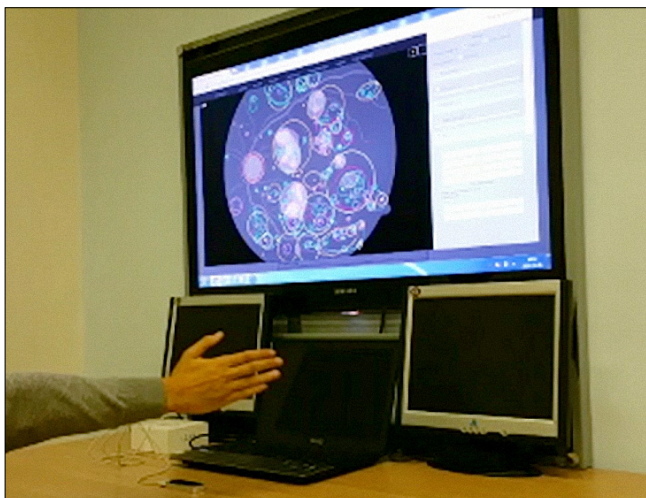
A fenti módon a rendszer azon felhasználói, akik például egy adott terület szakértői új annotációkat készíthetnek az adathalmazokban tárolt képekhez, annak érdekében, hogy megbízható ground truth-t biztosítsanak az algoritmusok kiértékeléshez, valamint hogy új objektumokat jelöljenek meg a korábban már annotált képeken.

Gesztusvezérlés: Az utóbbi években a gesztusvezérlés az ember–számítógép interakció egyre elterjedtebb módjává vált, és ma már olyan területeken is alkalmazák, mint a szórakoztató-elektronikai eszközök irányítása [2] vagy a műtétek során történő képi navigáció [3]. A célunk a gesztusvezérlés alkalmazásával az volt, hogy minél természetesebb és hatékonyabbá tegyük az adathalmaz-böngésző kezelését, mind a képek böngészése, mind azok annotációja során.

A gesztusvezérlés megvalósításához a Leap Motion Controller-t (LMC) [4] választottuk, mivel ez felelt meg a legjobban a céljainknak az elérhető megoldások közül. Az LMC egy kisméretű, USB 2.0 csatlófelületű eszköz,

4. ábra Egy retinafelvétel annotálása az adathalmaz-böngésző felületen keresztül





5. ábra Gesztusvezérlés az adathalmaz-böngészőben

amely előre definiált objektumok pozícióját követi egy jobbsodrású térbeli derékszögű koordináta-rendszerben, amelynek origója az eszköz tetejének közepén található. Az összegyűjtött adatok elemzése és a koordináták meghatározása a csatlakoztatott számítógépen történik. A gyártó cég szerint az eszköz 150 fokos látószöggel rendelkezik és képes követni a kezek és az egyes ujjak mozgását akár 10^{-2} mm-es pontossággal 290 kép/másodperc sebességgel 25 és 600 mm távolságon belül az eszköz fölött, azaz alkalmas apró kézmozdulatok felismerésére is egy átlagos irodai környezetben. Weichert és munkatársai 2013-as tanulmányukban [5] megmutatták, hogy az LMC mozgáskövetési pontossága jobb, mint az azonos árkategóriájú hasonló célú más eszközöké. A gesztusvezérlés implementálásához az LMC JavaScript SDK-ját és a LeapJS könyvtárat használtuk, amelyek elérhetőek a Leap Motion weboldalon [6].

Azzal, hogy a leggyakrabban végzett műveletekhez kézgesztusokat rendeltünk, elsősorban arra törekedtünk, hogy fokozzuk a feladatvégzés hatékonyságát, szükségtelemné téve a billentyűzet és az egér használatát az esetek többségében. Az alkalmazás jelenlegi verziójában használható kézgesztusokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Az adathalmaz-böngésző által támogatott gesztusok listája

Művelet	Kézgesztus
A következő kép megnyitása	Balra seprés
Az előző kép megnyitása	Jobbra seprés
Nagyítás/Kicsinyítés	Szét-/Összezsíppentés
Nagyított kép mozgatása	Koppintás és mozgatás
Annotációk be- és kikapcsolása	Tenyér nyitása/zárása
Új annotáció létrehozása	Kör rajzolása

A jövőben azt tervezzük, hogy kiegészítjük ezeket egy teljes kézgesztusokon és koppintáson alapuló vezérléssé, amely az annotációs felület összes jelölő eszközét támogatja majd, valamint lehetővé teszi az annotációk interaktív módon történő kinyerését is egy pont kiválasztásával a képen.

4. Automatikus algoritmus-kiértékelés

Ahogy a korábbi szakaszokban már említésre került, a keretrendszer egyik fő célja, hogy megbízható és standardizált teljesítményértékelést nyújtson képfeldolgozó algoritmusok számára. Ehhez elsődlegesen biztosítani kell, hogy a kiértékelés a kapcsolódó szakirodalomban általánosan elfogadott módszerek szerint történjen [7]. Ennek érdekében a rendszerben implementálásra kerültek a képfeldolgozás területén leggyakrabban használt kiértékelő összefüggések, így az algoritmusok teljesítményének mérése mindig a legmegfelelőbb módon történhet.

A rendszerbe az egyes képekhez tartozó kézi annotációk és az algoritmusok által generált kimenetek egyszerű szöveges állományok, valamint bináris vagy szűrkeskálás képek formájában kerülnek be. A szöveges állományokban leggyakrabban címkéket (pl. igaz/hamis), képpontok vagy poligonok koordinátáit, valamint koordinátpárokat és egy ezekhez tartozó sugarat és/vagy konfidencia értékeket találunk. Abban az esetben, ha az adott algoritmus a kép a feldolgozás szempontjából érdekes részeit szegmentálja, az eredmény egy bináris maszk lesz, amely egy vagy több különböző alakú foltot tartalmaz. Ha a kimenet ezen felül konfidencia-értékeket is tartalmaz a szegmentáláshoz, akkor szűrkeskálás képek állnak elő.

Ahhoz, hogy az egyes algoritmusok kiértékeléséhez használt összefüggéseket (mint például a szenzitivitás, specificitás, pontosság, pozitív prediktív érték, negatív prediktív érték, F-score, valamint a ROC/fROC görbék [8, 9] és az alattuk lévő terület) kiszámíthassuk, először az olyan alapvető statisztikák definiálására van szükség, mint a *valós pozitív (VP)*, *hamis pozitív (HP)*, *valós negatív (VN)* és *hamis negatív (HN)*. Általánosságban ezek a statisztikák interpretálhatóak úgy, mint helyes/helytelen azonosítás (*VP/HP*) és helyes/helytelen elvetés (*VN/HN*).

Egy egyszerű bináris osztályozási feladat esetében ezek a statisztikák könnyen definiálhatóak. Például, ha egy algoritmus egy elváltozástípus jelenlétét keresi egy orvosi felvételen és kimenetként egy igen/nem címkét ad. Azonban, ha egy algoritmus koordinátpárokat generál kimenetként, akkor a kiértékelés már a manuális annotációval megadott koordinátáktól mért euklideszi távolság alapján történik. Abban az esetben pedig, amikor a rendszer két foltszerű alakzatot hasonlít össze Hausdorff-távolság, matematikai morfológián alapuló távolság vagy akár inverz távolság alkalmazására is szükség lehet. Végezetül, ha a mért távolság kisebb, mint egy előre definiált érték, akkor a kimenetet helyesként, ellenkező esetben pedig helytelenként kell kezelni.

A rendszerben a *VP*, *HP*, *VN* és *HN* statisztikák értelmezése – a fentieket figyelembe véve – a kimenet típusa alapján automatikusan történik. Azonban, mivel a keretrendszer úgy lett megtervezve, hogy tetszőleges képfeldolgozási probléma megoldására szolgáló algoritmusok kiértékelését is lehetővé tegye, így lehetőség van a fenti statisztikák újradefiniálására is egy erre szolgáló felületen keresztül.

Ez a teljesítményértékelési módszer csak akkor alkalmazható hatékonyan, ha az annotációk mindössze egy része (az ún. tanulóhalmaz) nyilvános, míg a másik része (az ún. teszhalmaz) kizárólag a kiértékelő rendszer számára érhető el. Az annotációk tanuló- és teszhalmazokra történő felosztására azok feltöltése során van lehetőség az egyes képekhez tartozó annotációk privátként történő megjelölésével, illetve ha ez elmarad, a rendszer automatikusan végzi el a felosztást.

A rendszer minden felhasználójának lehetősége van arra, hogy megtekintse az egyes algoritmusok teljesítményértékelését és az azonos funkcionalitású algoritmusok különböző statisztikai mérőszámok szerinti rangsorát egy erre dedikált felületen.

5. Összefoglalás

Cikkünkben egy olyan online keretrendszer működését ismertettük, amely lehetővé teszi a különböző kutatócsoportok által fejlesztett algoritmusok aszinkron versenyt. A rendszer biztosítja, hogy az egyes algoritmusok futtatási eredményeinek kiértékelése minden esetben azonos körülmények között és ugyanazon tesztadatok felhasználásával történjen, valamint, hogy a kutatócsoportok folyamatosan nyújthassanak be új eredményeket. Az algoritmusok kiértékelésén túl a rendszer lehetővé teszi a felhasználói számára, hogy különböző új képi adatbázisokat, valamint azokhoz tartozó annotációkat tegyenek közzé. Bemutattuk, hogy hogyan történik a tárolt adatok kezelése, hogy milyen funkciók érhetőek el a rendszer felhasználói felületén keresztül, és hogy milyen módon támogatja a rendszer a tisztességes versenyt az algoritmusok objektív teljesítményértékelésével.

A szerzőkről



TÓTH JÁNOS 2010-ben szerzett okleveles programtervező matematikus diplomát a Debreceni Egyetem Informatikai Karán. Jelenleg a Debreceni Egyetem Informatikai Tudományok Doktori Iskolájának hallgatója.



HAJDU ANDRÁS 1996-ban szerzett matematikus, matematikatanár és angol szakfordító diplomát, majd 2003-ban PhD fokozatot; 2008-ban habilitált. 2008-tól egyetemi docens, 2011-től tanszékvezető a Debreceni Egyetem Informatikai Karán. A Magyar Képfeldolgozók és Alakfelismerők Társaságának jelenlegi elnöke, az IEEE SPS társaságának szenior tagja; 34 folyóiratcikk és 84 konferenciakikk szerzője.

Irodalomjegyzék

- [1] M. Niemeijer et al., "Retinopathy Online Challenge: Automatic Detection of Microaneurysms in Digital Color Fundus Photographs," *IEEE Trans. Med. Imaging*, Vol. 29, no. 1, pp.185–195, 2009, doi: 10.1109/TMI.2009.2033909.
- [2] S. Lian, W. Hu, and K. Wang, "Automatic User State Recognition for Hand Gesture Based Low-cost Television Control System," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol. 60, no. 1, pp. 107–115, 2014, doi: 10.1109/TCE.2014.6780932.
- [3] M. G. Jacob, J. P. Wachs, and R. A. Packer, "Hand-gesture-based Sterile Interface for the Operating Room Using Contextual Cues for the Navigation of Radiological Image," *J. Am. Med. Inform. Assoc.*, Vol. 20, no. 1, pp.183–186, 2012, doi: 10.1136/amiajnl-2012-001212.
- [4] Leap Motion Controller, <https://www.leapmotion.com/product>
- [5] F. Weichert et al., "Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller," *Sensors*, Vol. 13, no. 5, pp.6380–6393, 2013, doi: 10.3390/s130506380.
- [6] Leap Motion Developer Portal, <https://developer.leapmotion.com/>
- [7] J. Swets, "Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems", *Science*, Vol. 240, no. 1, pp.1285–1293, 1988, doi: 10.1126/science.3287615.
- [8] T. Fawcett, "An Introduction to ROC Analysis", *Pattern Recogn. Lett.*, Vol. 24., no. 8, pp.861–874, 2006, doi: 10.1016/j.patrec.2005.10.010.
- [9] D. P. Chakraborty, "Clinical Relevance of the ROC and Free-response Paradigms for Comparing Imaging System Efficacies", *Radiat. Prot. Dosimetry*, Vol. 139. no. 1, pp.37–41, 2010, doi: 10.1093/rpd/ncq017.

A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása

VARGA ISTVÁN, TETTAMANTI TAMÁS

*BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék
{ivarga, tettamanti}@mail.bme.hu*

Kulcsszavak: önvezető autó, autonóm jármű, intelligens infrastruktúra, forgalommodellezés, forgalomirányítás

Napjaink egyik új fejlődési iránya és innovációja az önálló döntéshozásra képes, autonóm módon közlekedő járművek kutatása és fejlesztése, amelyben az infokommunikációnak meghatározó szerepe van, és amely számtalan további kapcsolódó szakterület innovációját is magával hozza. Az emberi beavatkozástól független működés a közlekedés minden ágazatában megjelenik, legyen az vízi, légi vagy a földfelszíni közlekedés.

Cikkünkben elsősorban a közúti járműforgalomban megjelenő autonóm járművek hatását vizsgáljuk.

1. Bevezetés

Napjainkban jelentős változáson megy keresztül a közlekedés. Ennek talán legfőbb oka, hogy ezen a területen is rohamtempóban gyűrznek be az informatika és az infokommunikációs technológia legkorszerűbb megoldásai. Ezek a gyorsan bekövetkező változások nagy hatással vannak a közlekedésben részt vevő járművekre, az infrastruktúrára és a közlekedő személyekre, általában véve a társadalom egészére.

Jelen cikkünkben az autonóm jármű és a kapcsolódó infrastruktúra fejlesztések jövőben várható új kihívásait kívánjuk megvilágítani, ezen belül is elsősorban a közlekedési rendszer és a közlekedésmérnöki megközelítésből fontos változásokat megfigyelve. Ez a terület olyan új irány, amely erősen interdiszciplináris jellegű problémákat feszeget, hiszen figyelembe kell venni a műszaki, a gazdasági, a jogi és a társadalmi aspektusokat egyaránt.

2. A járművek és a közlekedés fejlődési iránya

A járművek és különösen a közúti gépjárművek fejlődése az elmúlt időszakban felgyorsult. A változás egyik kézzelfogható eredménye, hogy a gépjárművekben egyre több a számítástechnikai feldolgozó egység. Egy mai, átlagosnak nevezhető, középkategóriás gépkocsiban például 40-50 darab ECU (Electronic Control Unit) található. Ezek a jármű alapvető működtetésén (pl. motorvezérlés) túl, növelik a jármű biztonságát (pl. menetstabilizáló rendszer), segítik a járművezetést (pl. gépjárművezetés-támogató rendszer), és nem utolsósorban emelik a vezető és az utasok komfortját az utazás során. Természetesen ezek az egységek is egyre intelligensebbé válnak, így egyre több funkció integrálódik bennük. Mindemellát a legtöbb mai új járműben már megjelenik valamilyen kommunikációs rendszer is, amely más járművekkel

vagy a környező infrastruktúrával képes kapcsolatot létesíteni. Ezek az úgynevezett V2V (Vehicle to Vehicle, azaz járművek közötti) és V2I (Vehicle to Infrastructure, azaz jármű és infrastruktúra közötti) kommunikációs technológiák. Természetesen ezek fejlesztése, szabványosítása is folyamatosan halad előre [3].

A kifejezetten közlekedés specifikus műszaki megoldások mellett ma már kulcsszerepet játszanak a közlekedő személyek által generált adatok is. Egyre több és részletesebb információ keletkezik az utazásokról, amelyeket egyelőre leginkább szeparáltan használnak fel. Ugyanakkor a közlekedésszervezés szempontjából óriási lehetőségek nyílnak meg ezen – ma már gyakran csak big data néven illetett – információk intelligens kiaknázásával. Például megfelelő adatfúziós eljárással a mindenhol érkező „adatmorzsákból” a jelenleginél sokkal pontosabb forgalmi modellezés és előrejelzés érhető el, továbbá a forgalmi igények befolyásolásával – és nem kényszerítésével – az adott közlekedési hálózatok kapacitáskihasználása is optimalizálhatóvá válhat (pl. dinamikus útdíj-rendszer).

A közlekedési rendszerrel kapcsolatos kutatások és alkalmazások jelenleg az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transport Systems: ITS) megvalósítására törekednek. Az ITS rendszerekben megjelennek az intelligens közlekedési infrastruktúrák is, amelyek az intelligens funkciókkal felruházott vagy akár teljesen automata járművekkel közösen egy komplex hálózatot hoznak létre.

Mindehhez kapcsolódik napjaink egy másik érdekes kutatási iránya: az emberi élet hétköznapijainak és így a közlekedés kiszámíthatóságának vizsgálata. Barabási Albert-László – többek között – a mobiltelefonok mozgásának a megfigyelése alapján az emberek jövőbeli helyváltoztatásának becsülhetőségét vizsgálja [2]. Az ilyen kutatások is mind hozzájárulnak a közlekedési folyamatok alaposabb megértéséhez és tervezhetőségéhez. Ráadásul az autonóm járművek fejlődésével ezek az eredmények jelentősen átalakítják majd a közleke-

dési igényeket és szokásjellemzőket, amelyek végül visszahatnak az újonnan kialakuló intelligens infrastruktúra kialakítására.

A felsorolt műszaki újítások már egy évtizede lehetővé tették, hogy elgondolkodjunk az önvezető autó, vagy más néven autonóm közúti jármű lehetőségéről. A közutakon ember nélkül cikázó autókat elképzelve ezt ma még természetesen sokan idegenkedve fogadnák. Ugyanakkor gondoljunk bele, hogy a repülőgépeket vezető robotpilóta vagy a vezető nélküli metrószerelvények már mai is hétköznapijaink szerves részei.

3. Az autonóm közúti jármű „fogalma” és szintjei

Az autonóm közúti jármű forgalmi viselkedéséhez és a közlekedésben betöltött szerepéhez először bemutatjuk az autonóm jármű (autonomous vehicle) alapvető megfogalmazását és definícióját. Azt mondhatjuk, hogy azokat a közúti gépkocsikat, amelyek képesek a környezetük fejlett érzékelésére, valamint humán vezető nélküli, szabályozott haladásra, autonóm közúti járműnek hívhatjuk (ezen autókat gyakran vezetőnélkülinek, önvezetőnek, vagy robotjárműnek is nevezik).

A SAE (Society of Automotive Engineers) International 2014-ben szabvány formájában definiálta az autonóm gépjárművek terminológiáját, ill. megfogalmazta azok szintjeit az automatizáltság tekintetében [5]. Az 1. táblázat ezeket a szinteket ismerteti. A táblázat utolsó két oszlopa a SAE szintek körülbelüli megfeleltetését mutatja egyrészt a Német Szövetségi Útügyi Kutatóintézet (BASt: Bundesanstalt für Straßenwesen), másrészt az amerikai egyesült államokbeli Nemzeti Közúti Közlekedésbiztonsági Hivatal (NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration) szintjeihez képest.

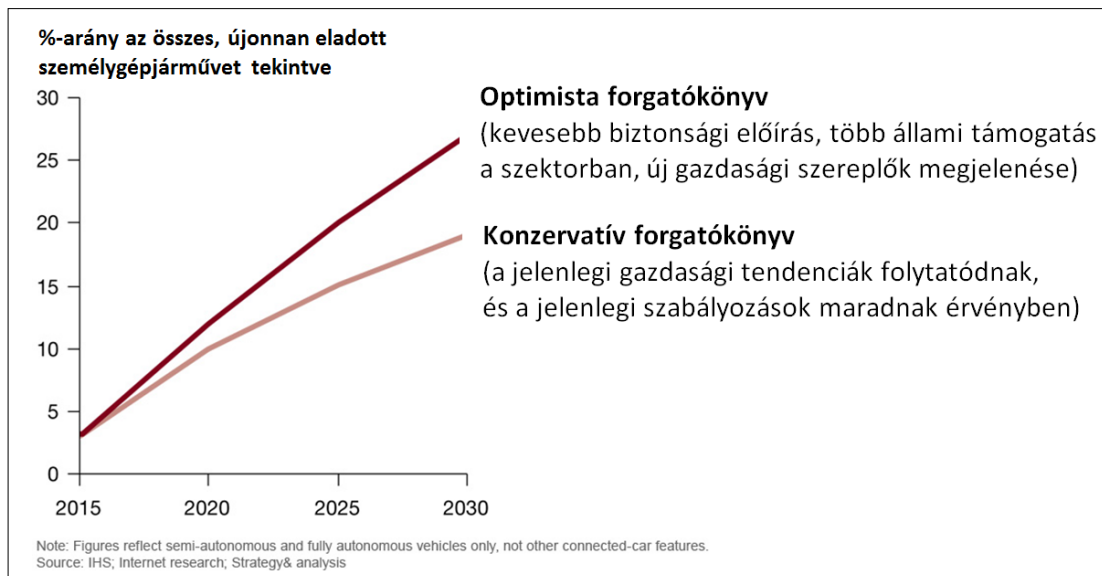
A táblázat értelmezéséhez a SAE a következőket fogalmazta meg:

„Ezek a szintek inkább irányadók és technikai jellegűek, mint jogi definíciók. Nem utalnak a piaci bevezetés sorrendjére. Az egyes szinteken a minimális és nem a maximális rendszerképességek vannak definiálva. Egy adott gépjármű több automatikus vezetési tulajdonsággal rendelkezhet, ezáltal különböző szinteken üzemelhet attól függően, hogy mely képességeit alkalmazuk.” [5]

A definiált szintek alapvetően azt mutatják meg, hogy a dinamikus vezetési műveletek hogyan oszlanak meg az ember és a gép között a 0. (nincs automatizáltság) szinttől az 5. (teljesen automata rendszer) szintig. A teljes

1. táblázat
Az autonóm gépjárművek SAE (Society of Automotive Engineers) által megfogalmazott szintjei (forrás: [5])

Szint	SAE szint	Definíció	Kormányzás, gyorsítás/lassítás	Vezetési környezet figyelése	A dinamikus vezetési műveletek átvétele az automatikus rendszerek teljesítményének visszaesése esetén	Az automata rendszer képessége a vezetési módokat tekintve	BASt szint	NHTSA szint
0	Nincs automatizáltság	A humán járművezető végez minden vezetési műveletet folyamatosan. A jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető	Humán járművezető	-	-	Csak humán járművezető	0
1	Gépjárművezetés támogatása	A gépjárművezetés-támogató rendszer a kormányzási vagy a fékezési/gyorsítási műveletet átveheti, ill. segítheti a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Támogatott gépjárművezetés	1
2	Részleges automatizáltság	A gépjárművezetés-támogató rendszer vagy rendszerek a kormányzási és a fékezési/gyorsítási műveleteket egyszerre átvehetik, ill. segíthetik a biztonságosabb működtetést. Mindemellett a jármű teljes mértékben emberi irányítás alatt áll.	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Részben automatizált	2
3	Feltételes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet feltételezve, hogy szükség esetén a humán járművezető megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre vagy át tudja venni a vezetési műveleteket.	Automata rendszer ¹	Automata rendszer	Humán járművezető	Egyes vezetési módok	Magas szinten automatizált	3
4	Magas szintű automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja az összes dinamikus vezetési műveletet, még akkor is, ha a humán járművezető nem megfelelően reagál egy beavatkozási kérésre.	Automata rendszer	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok	Teljesen automatizált	3/4
5	Teljes automatizáltság	Az automata járművezető-rendszer irányítja minden dinamikus vezetési műveletet folyamatosan. Minden - a humán járművezető által is kezelhető - út, ill. környezeti körülményt képes kezelni. A jármű ember nélkül is közlekedhet.	Automata rendszer	Automata rendszer	Automata rendszer	Minden vezetési mód	-	



1. ábra
A részlegesen vagy teljesen automatizált személygépkocsik arányának változási trendje az IHS nemzetközi piackutató cég becslése alapján [6]

automatizáltságig két evolúciós út lehetséges: a „valami mindenhol” és a „minden valahol” koncepciók [1]. Az első variációban az automatikus vezetési rendszerek fokozatosan fejlődve kerülnek beépítésre a hagyományos gépkocsikba, követve az 1. táblázat szerinti lépéseket a 0. szinttől az 5. szintig. Ezen a fejlődési úton a járművezetők egyre több dinamikus vezetési műveletet engednek át az automata rendszereknek. (Az „automata rendszer” kifejezés a gépjármű vezetés-támogató rendszerre, azok kombinációjára vagy az automata járművezető rendszerre utal. A másik – „minden valahol” – variáció szerint viszont a legmagasabb szintű automatizáltságú gépjárművek egyből „bevezethetők” és közlekedtethetők járművezető nélküli üzemmódban is a hagyományos autók mellett egészen addig, míg ki nem szorítják a régi, illetve részlegesen automatizált járműveket.

Az IHS nemzetközi piackutató szerint akár már 2025-re az összes újonnan eladott személygépjármű 20%-a részlegesen vagy teljesen automatizált lesz (lásd 1. ábra). Ugyanakkor még a kevésbé optimista forgatókönyv alapján is 2030-ig ez a szám 18% lesz. Ez pedig csupán 15 éven belül várható, ami a technológiai változás mértékét tekintve nagyon rövid idő.

4. Az autonóm járművek alkalmazhatóságának spektruma és a velük járó új kihívások

Amikor önvezető gépjárműveket vizionálunk a közutakon, akkor általában mindenki a személyautós felhasználásra gondol először. Ám az autonóm járművek alkalmazásának spektruma óriási. Gyakorlatilag teljes mértékben felölel minden – személy- és áruszállításban alkalmazott – technológiát.

A személyszállítást tekintve egyértelműen adódik a közösségi közlekedési járművek automatizálása, hiszen ezek egy része kötött pályán mozog eleve, másik részük pedig, ha közúton is, de általában kötött útvonalon

közlekedik. A másik nagy terület, ahol az autonóm járművek gyors előretörése várható, az a taxis és minden ehhez hasonló személyszállítási piac. Példaként említhetjük a népszerű Uber Technologies vállalatot, amely nem titkolt célja, hogy a közeljövőben vezető nélküli taxi szolgáltatást nyújtson (ehhez már saját fejlesztő központot is létrehozott, lásd www.uberatc.com). Mindemellett a magántulajdonú személyautók is új értelmet nyerhetnek, amennyiben autonóm üzemre képesek. A telekocsi szolgáltatásokkal (car sharing) például egy autótulajdonos csökkentheti a fenntartási költségeit vagy akár még kereset is vele. Egy önvezető jármű esetén például már nem jelenthet gondot, hogy a telekocsi rendszerben üzemeltetett gépjármű akkor is fusson, amikor a tulajdonosa az irodában dolgozik, vagy éppen otthon alszik.

A bemutatott személyközlekedésen túl az áruszállítás területén már jelenleg is komoly tesztek és kísérletek folynak haszongépjárművekkel, pl. Volvo, Mercedes Benz (2. ábra). Az országúton vezető nélkül cirkáló kamionok és teherautók jelentősen átalakítják majd az áruszállítás piacát. Lerövidülnek a szállítási láncok, nő a gazdaságosság, miközben biztonságosabbá válnak a közutak. A vezető nélküli teherszállítás elterjedésével jelentős fejlődés várható a városok áruellátásában is (city logisztika). A változások hatására a jelenlegi logisztikai, áruszállítási rendszerek alapjaiban változhatnak meg.

A fentiek mellett érdemes szót ejteni még az autonóm járművek hatásáról a klasszikus közlekedési modellekre és a forgalomirányításra. A jelenlegi közúti forgalomirányítás a – klasszikus értelemben vett – járműforgalmi modelleken alapul. Ez azt jelenti, hogy minden statikusan vagy dinamikusan alkalmazott forgalomirányítási intézkedés kizárólag ember által vezetett járműforgalomra van felkészítve. Az önvezető gépkocsik megjelenésével azonban egy sokkal komplexebb irányítási feladatot kell majd ellátni. Ennek legfőbb oka az, hogy az autonóm járművek dinamikája sok esetben erősen eltérhet a hagyományos autókhoz képest.

A változás első időszakában feltételezhetően az önvezető autók óvatosabban fognak közlekedni, mint az ember által vezetett járművek. Ez azt jelenti, hogy – lévén minden szabályt betartanak – kezdeti penetrációjuk során a forgalomban meg fognak nőni a jelenlegi követési távolságok. Emellett az autonóm jármű szabálykövető sebességtartási magatartása következtében az átlagsebesség is várhatóan csökkenni fog (legalábbis addig, amíg heterogén járműállomány fog az utakon futni). Más részről azonban a fejlődő kommunikációs rendszereknek köszönhetően a járművek rengeteg adatahoz jutnak majd hozzá az emberi vezető érzékszerveivel tapasztalt információhoz képest. Emiatt hosszabb távon, a járműmozgások becsült információja és a kooperatív járműirányítás segítségével várhatóan elkezdene majd csökkenni a követési távolságok és ezzel együtt az átlagsebesség is növekedni fog.

Mindezen változások azt eredményezik, hogy a jelenleg használt járműforgalmi modelleket jelentősen át kell írni. Különösen a mikroszkopikus járműkövetési modelleket, ahol az egyik legjelentősebb tényező a követési távolság, amelyben paraméterként megtalálható a járművezető reakcióideje. A makroszkopikus modellek esetében a járműmegmaradás törvényei továbbra is igazak lesznek, de a fundamentális diagram [4] jellemző küszöbértékei átalakulnak. A jelenlegi – kritikus forgalomsűrűség feletti – instabil tartomány dinamikája át fog alakulni, hiszen az ott kialakuló, hirtelen stabilitásvesztést alapvetően az emberi viselkedés véletlenszerűsége okozza.

Fontos kiemelni, hogy a fentebb felsorolt alkalmazási lehetőségek a technológiai fejlődéssel párhuzamosan számos újszerű gazdasági, társadalmi és jogi problémát hoznak magukkal. Ezekre a kihívásokra pedig az adott tudományágaknak és szakterületeknek kell a megfelelő válaszokat kidolgozni.

5. Társadalmi változások, várható hasznok

Legyen szó bármilyen közlekedési alágazatról is, a közlekedési rendszerek fejlesztési célkitűzéseivel szemben támasztott követelmények közül a legfontosabbak a balesetek számának és súlyosságának csökkentése, a környezetterhelés csökkentése, valamint a forgalomtechnikai paraméterek javítása (pl. az úticélbajutási idők csökkentése, a megállások számának csökkentése, az átlagsebesség növelése). Természetesen ezek egymással is összefüggnek, de egy mindegyiket átszövő fontos szempont a hatékonyabb, gazdaságosabb üzemeltetés.

Tételeken megvizsgálva a követelményeket látható, hogy mindegyikben a járműveket vezető ember szerepe kulcsfontosságú. Gondoljunk a balesetekre, ahol a balesetek okai döntő részben a vezetők felelősségére vezethetők vissza. Általában igaz az, ha a korszerű, összetett műszaki rendszerekben az ember részt vesz az irányítási láncban, akkor a fejlesztés szempontjából az ember maga az egyik „leggyengébb” láncszem. Ennek fő oka, hogy az emberi hibákra sokkal nehezebben lehet felkészülni, mint a potenciális műszaki meghibásodásokra.

Éppen emiatt az autonóm járművek elterjedésével, és ezáltal az emberi tényezők kiküszöbölésével jelentősen csökkenthetnek a balesetek, javulhatnak az emissziós értékek és a forgalomtechnikai célok. Ezzel együtt a társadalom szélesebb rétegének nyílhat lehetősége a mobilitásra. Olyanok is „vezethetnek” autót, akiknek nincs jogosítványa, gyerekek, idősek, mozgás-, hallás és látássérültek. Az autonóm járművek nem kötődnek már szorosan a személyek mozgásához, hiszen azok „egyedül” is tudnak majd mozogni. Sőt természetesen külső irányítással is el lehet küldeni egyik helyről a másikra üresen is, nem feltétlen kell embernek tartózkod-



2. ábra
A Mercedes vezető nélküli kamionja

(forrás: <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/the-long-haul-truck-of-the-future>)

nia a járműben. Ezzel párhuzamosan pedig olyan új közlekedési igények generálódnak, amelyek a jelenlegi, gazdasági és demográfiai alapú – például munkahelyek, iskolák, lakókörnyezetek alapján felállított – közlekedési modelljeinket is teljesen felülírják.

6. Összefoglalás

A gépjárművek fejlesztése területén is megfigyelhető, hogy az utóbbi évtizedekben folyamatosan nő az automatizáltság szintje, egyre nagyobb tért hódítanak az infokommunikációs technikák. Ebbe beletartozik a gépjármű környezetérzékelő szenzorainak fejlődése, a kommunikációs technológiák minden szinten történő megjelenése, a különböző irányítástechnikai és elektronikai vezérlők jelentős fejlődése.

Az elmúlt évek műszaki fejlesztései lehetővé tették az autonóm (önvezető) járművek kialakulását, amelyek most alapvetően változtatják meg a jövő fejlesztési irányait. Cikkünkben bemutattuk ennek a technológiának a kialakulását és felvázoltuk a lehetséges hatásait a közlekedésre és az infrastruktúrára. Ezen rendszerek szoros együttműködése révén jöhetnek majd létre az új, intelligens vagy „okos” közlekedési rendszerek, valamint a rájuk is épülő „okos” városok.

A szerzőkről



VARGA ISTVÁN a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett közlekedésmérnöki diplomát 1997-ben, majd PhD fokozatot 2006-ban. Jelenleg a BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar dékánja, egyetemi docens a Közlekedési- és Járműirányítási Tanszéken, továbbá az MTA SZTAKI Rendszer- és Irányításelméleti Kutatólaboratóriumának tudományos főmunkatársa. A közlekedésirányításhoz kapcsolódó kutatásai keretében a közúti forgalomirányító rendszerek tervezésével és megvalósításával foglalkozik. Kutatási területei közé tartozik emellett a nagybiztonságú irányítórendszerek elmélete is. 2 könyv és több mint 100 publikáció szerzője, illetve társszerzője.



TETTAMANTI TAMÁS a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett közlekedésmérnöki diplomát 2007-ben, majd PhD fokozatot 2013-ban. Jelenleg a BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék adjunktusa. Kutatási területe a korszerű technológiák alkalmazása a közúti járműforgalom mérésére, becslésére és modellezésére, valamint az optimalizálási módszerek felhasználása a közlekedési irányítórendszerekben. Két könyv és több mint 50 publikáció szerzője, illetve társszerzője.

Irodalomjegyzék

- [1] Automated and Autonomous Driving, Regulation under Uncertainty, Corporate Partnership Board Report, OECD, International Transport Forum, 2015.
www.internationaltransportforum.org
- [2] A-L. Barabási:
Villanások – a jövő kiszámítható.
Nyitott Könyvműhely, 2010, ISBN 9789633100141.
- [3] Gáspár P., Aradi P., Décsei-Paróczy A., Aradi Sz., Szalay Zs.: Highly Automated Vehicle Systems, BME MOGI, 2014, ISBN 978-963-313-173-2.
http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/index.html
- [4] Luspai T., Tettamanti T., Varga I.:
Forgalomirányítás, Közúti járműforgalom modellezése és irányítása,
Typotex Kiadó, Budapest, 2011, ISBN 978-963-279-665-9.
- [5] SAE International: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems, SAE standard, nr. J3016_201401, 2014-01-16.
http://standards.sae.org/j3016_201401
- [6] R. Viereckl, D. Ahlemann, A. Koster, S. Jursch:
Connected Car Study 2015, Racing ahead with autonomous cars and digital innovation by Published: Sept. 16, 2015.
<http://www.strategyand.pwc.com/reports/connected-car-2015-study>

Objectives and areas of Future Internet research

Keywords: Future Internet visions, Internet Science, IoT, FIware applications, Internet Ecosystem

Considering the global spread, challenges and opportunities of the Internet, the future of the Internet became an important research area. The paper draws up the objectives and concepts of the Future Internet, including service, resource, content and environmental awareness, Internet of Things, FIware applications. It identifies and clusters the relevant research topics into nine research chapters from basic research on Internet Science through the Internet Engineering up to Internet Practice as solutions and experiments. The Hungarian Future Internet research activity is also surveyed.

Future Internet and Smart Cities

Keywords: Future Internet, IoT, integrated intelligent infrastructure, Smartpolis – Smart City Centre of Excellence

In our article we showed that the research and development of Future Internet and the application research and service development activities of Smart City are closely linked. As when developing the intelligent city services for the next decades, we need to consider the changing Internet technology environment (Future Internet) on which it ought to be implemented. And vice versa, in the course of researching Future Internet, it is important to consider those comprehensive development and service trends for which we intend to create tools that are capable of servicing them in the long run. We presented through concrete examples the interactivity of the Future Internet and Smart City researches and developments done at the Budapest University of Technology and Economics (BME), and the program of BME Smartpolis.

Trends in Smart City infrastructures

Keywords: Big Data, analysis, city administration

A smart city is envisaged to be an integrated open environment, which is able to collect all relevant information about city life, analyze this information and create a meaningful knowledge base. ICT is the enabling common infrastructure and together with a horizontal approach enables targeting data and information driven complex problems. We are looking forward to generic and open standards enabling development of open APIs and a participatory community that could drive the ecosystem into a next level. Naturally, the computation needs should build on the best performing big data analytics components; meanwhile combining them in a smart way to exploit the most of these open source solutions. Some examples are already developed and municipalities are able to use them today.

Intelligent technologies for mobility in Smart Cities

Keywords: Smart Cities, Internet of Things, Ubiquitous Sensor Technology

Smart Cities are associated with a higher quality of life that is determined through several factors including for example basic services, safety and security. Technology makes it possible to compile massive amounts of real-time data to optimize the urban infrastructure, thus improving efficiency and effectiveness of citizens' ability to navigate. The analysis of these location-based data enables us to determine which services could be useful for citizens at a certain time, for example, thereby improving the efficiency of public and transport services. Various aspects of technologies that enable smart mobility in cities are presented in this paper.

Smart City initiatives in Timisoara – plans and actions

Keywords: Smart City, energy harvesting, solar panels, Thermo Electric Generators, traffic management

The main goal of this paper is to review the status of the past and current initiatives in order to align the second most important town in Romania with European and world wide smart cities objectives. A lot of effort has been performed, results are available, however there is still a long way to go. The second goal is to reflect the historical context of the region with its particularities in order to prove the background of the decisions. Future actions are also presented.

The architecture of 5G networks

Keywords: 5G network, network architecture, VNF, IoT, heterogeneous radio access, Wi-Fi offloading

This article summarizes and evaluates the requirements of the fifth generation networks. In order to be able to support the new user demands, including those of the Internet of Things, the network architecture needs to be thoroughly reconsidered and also requires the automatic cooperation of the network- and service providers. This paper presents the results of the EU funded COMBO and 5GEx projects, which are parts of the design efforts leading to the development of the 5G networks, and thrive to become defining parts of their architecture.

Infrastructure-based or crowdsensing in Smart Cities?

Keywords: Smart City, infrastructure, crowdsensing, sensing, case studies

To make our cities smarter, we need more and more data about the day-by-day operation of the city. These data can be gathered by sensors deployed as part of a dedicated sensing infrastructure, but crowdsensing solutions, which make use of the sensors embedded in people's smartphones become more and more popular. In this paper we investigate the advantages and drawbacks of these two solutions, and present some specific case studies.

An online collaborative research framework for the evaluation of image processing algorithms

Keywords: image processing, algorithm benchmarking, public databases, asynchronous competition

In our paper, we introduce a collaborative framework which has the primary function to assist the researchers of the field of image processing in testing their algorithms through providing adequately annotated image databases. Its further function is to make possible the automatic evaluation of the performance of their algorithms in standardized circumstances. This quantitative evaluation makes us capable of comparing algorithms of the same function and of ranking them.

The impacts of future intelligent vehicles and infocommunications

Keywords: self-driving car, autonomous vehicle, intelligent infrastructure, traffic modeling, traffic control

One of the hottest topics in engineering innovation is the research and development of self-driving vehicles. Furthermore, this field also involves the innovation of several other professional fields. The unmanned operation appears in all transport subsectors, i.e. in road, railway, air, and water vehicles. This paper investigates the main impacts of autonomous road vehicles, particularly focusing to the changes in present transportation engineering.

Smartpolis projekt

Smart City Regionális Kiválósági Központot létrehozására

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) bázisán megvalósítandó Smart City (okos város) Regionális Kiválósági Központot kíván létrehozni a BME, a német Fraunhofer Fokus Intézet (Berlin) és az Urban Software Institute (Chemnitz), valamint a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala által alkotott nemzetközi konzorcium a „Smartpolis” uniós pályázati projekt keretében.

A Kiválósági Központ katalizátorként kíván működni az Európai Smart City Innovációs Együttműködés (EIP-SCC) tevékenységének a közép-európai régióban történő elterjesztésében. Alapvető célja, hogy a városok, az ipar és az állampolgárok együttműködése javítsa a városi életminőséget a fenntartható integrált megoldások révén. Hasonlóképpen szoros együttműködést kíván kialakítani a Kiválósági Központ az intelligens szolgáltatások kifejlesztésében érintett vállalatokkal. Támogatja a kis- és középvállalkozások bekapcsolódását az „okos város” fejlesztési projektekbe. Elősegíti, hogy a régió integrálódjon az EU átfogó smart city programjaiba.

A BME rendelkezik azokkal a tudományos és technológiai ismeretekkel, amelyek egy okos város szakmai kiválósági központ létrehozásához, a nemzetközi know-how átvételéhez, valamint a szükséges K+F+I tevékenységben való részvételhez szükségesek.

A Smart City Regionális Kiválósági Központ örömmel fogadja a vállalati és az önkormányzati partnerek együttműködését szándékát, az okos város fejlesztések létrehozása és fenntartható üzemeltetése érdekében.

<http://smartpolis.eit.bme.hu/>



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



