

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.

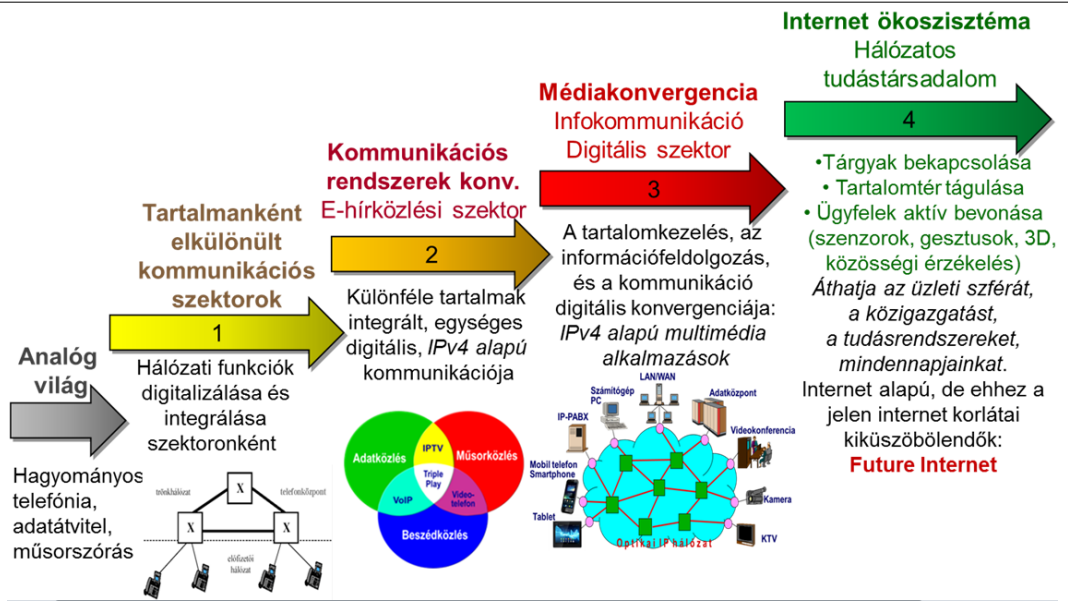
1. Az internet ökoszisztéma kialakulása, az internet kihívásai

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 információs 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 meghatá-

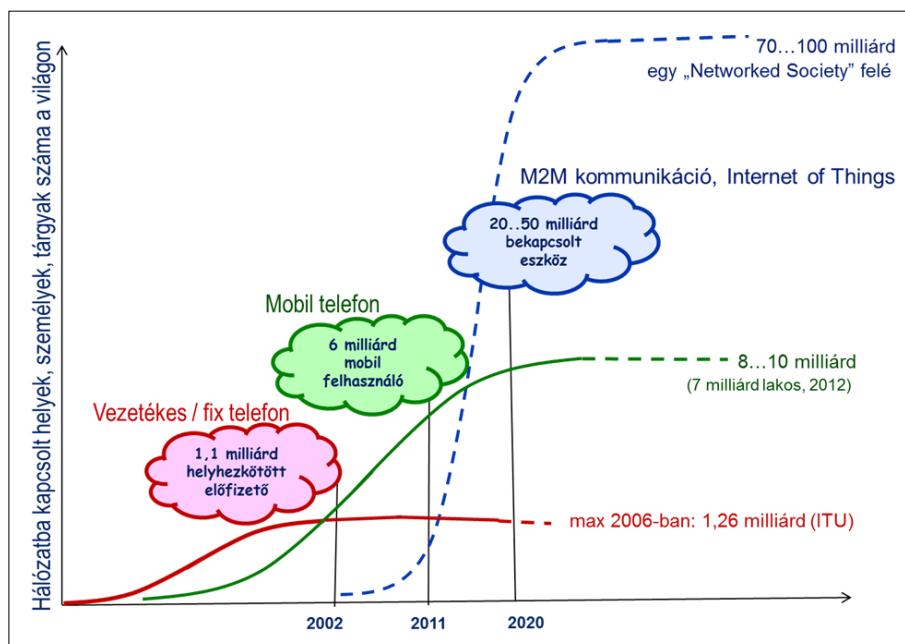


1. ábra
A digitális konvergencia fázisai, az internet ökoszisztéma kialakulása

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 tartalmi 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 tömegtájékoztatósi 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 áttöltése, 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 találatokban 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 adat tömegének 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 egyfajta 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

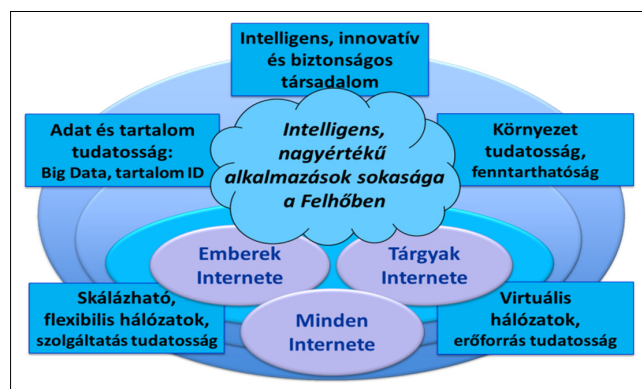
A jövő internet kutatása az elmúlt évtized közepén kezdődött. Elindulása formálisan a 2008. márciusi első FIA (Future Internet Assembly) rendezvényen aláírt Bled Declaration-hoz kapcsolható. Az internet jelenlegi korlátai, képességei bővítésének igénye, illetve a technológia lehetőségek megszabják a 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 célkitűzéseinek 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].

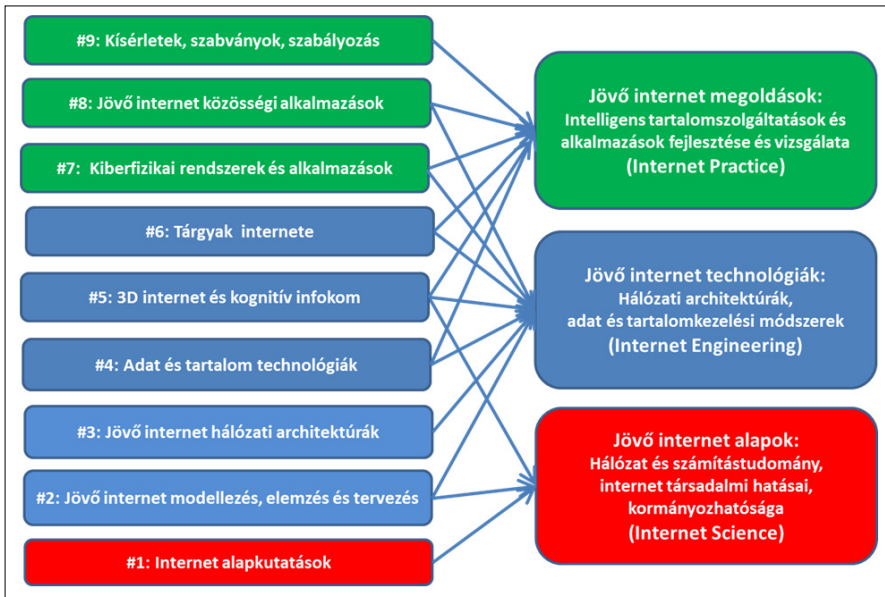
- **Az intelligens, innovatív és biztonságos társadalom**, mint a jövő internet általános célkitűzése foglalja magába a társadalmi célokat és szempontokat (társadalom tudatosság, szociális hálók, társadalmi kölcsönhatások, kiterjesztett valóság stb.). A kialakuló internet ökoszisztémában az internet 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-



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 rendszerttechnikai 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]:

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

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	7	18	12	DE
A) Hálózat tudomány (nagyméretű rendszerek kutatása, stb.)		3	3	ETIK BME
B) Számítástudomány		4	3	Óbudai E
C) Alapvető Jövő Internet technológiák (beleértve kvantum, nanotechnológiák)		4	2	Pécsi TE
D) Biztonság, kriptográfia		5	3	Szegedi TE
E) Humán szempontok (kognitív rendszerek, társadalmi hálók, bizalom, stb.)		1	0	ELTE
F) Internet gazdaságtan, játékelmélet		1	1	ATOMKI
G) Jog és kormányozhatóság (személyiségi jogok, hálózat semlegesség, stb.)		0	0	
2. Jövő internet modellezése, analízise és tervezése	6	9	7	DE
A) Hálózat modellezés és teljesítmény analízis		2	1	ETIK BME
B) Sorbanállási modellek, forgalom elemzés és tervezés		1	1	BME
C) Kommunikációs rendszerek: kódolás, hozzáférés, spektrumhasználat		2	2	NymE
D) Adatközpontok, erőforrás allokáció és optimalizációs módszerek		2	2	
E) Médiaszolgáltatások vizsgálata (videostreaming, IPTV, VoIP)		1	1	
F) Életképességi technikák, hibátűrő rendszerek, monitorozás, hibafeltárás		1	0	
3. Jövő internet hálózati architektúrák	7	13	12	ETIK BME
A) Követelmények: skálázhatóság, biztonság, rugalmasság... és koncepciók		1	1	MTA-BME Lendület
B) Internet irányítás: protokollok, eljárások		5	5	BME
C) Mobil hálózati technológiák: mobilitás menedzsment, FMC, 5G infrastruktúra		3	2	MTA SZTAKI
D) Jövő média hálózatok, tartalomtudas hálózatok		1	1	Széchenyi Egyetem
E) Hálózatos számítástechnika: ubiquitous, grid, cloud		1	1	Óbudai Egyetem
F) Virtuális hálózatok, szoftver definiált hálózatok (SDN)		1	1	Pécsi TE
G) Felhő infokommunikáció (NaaS: Network as a Service, PaaS...)		1	1	
4. Adat és tartalom technológiák	6	22	16	MTA SZTAKI
A) Adat, szöveg és média bányászat		4	3	DE
B) Big Data kihívások (3V: volume, velocity, variety) és megoldások		4	4	ETIK BME
C) Szemantikus kereső algoritmusok, tudásfeltárás		7	5	BME, NymE
D) Megjelenítés, vizualizáció		2	1	Szegedi TE
E) Digitális könyvtár funkciók		4	3	Pécsi TE, Miskolci E
F) Médiatartalom feldolgozása, információ menedzsment		1	0	
5. 3D internet és kognitív infokommunikáció	6	16	8	MTA SZTAKI
A) 3D internet architektúra és médiatartalom		5	3	3DICC Lab
B) Multimodális ember – gép interfészek, humán - ICT rendszerek		4	1	BME
C) Kognitív infokommunikációs csatornák, kognitív interakciók		1	1	Szegedi TE
D) Virtuális kollaboráció, 3D internet alapú szabályozás és kommunikáció		3	2	
E) 3D és 4D tartalom előállítása és megjelenítése, eszközök és eljárások		1	1	
F) Kognitív képességek, kognitív entitás, speechability, mathability		2	0	
6. Tárgyak internete (IoT)	5	11	6	DE
A) IoT képes technológiák (RFID, NFC, stb.), szenzorok, energia-tudatosság		3	0	ETIK BME
B) Azonosítási eljárások (IPv6, stb.)		2	2	BME
C) Az IoT eszközök kommunikációja: önmenedzselő hálózati rendszerek		2	2	Széchenyi Egyetem
D) Szoftver megoldások, adatkezelés, biztonsági eljárások, biztonságos IoT		1	0	MTA SZTAKI
E) Szolgáltatástámogató platformok, adatgyűjtő és feldolgozó infrastruktúrák		3	2	
7. Kiberfizikai rendszerek és alkalmazások	5	17	5	ETIK BME
A) Beágyazott és intelligens mérnöki rendszerek fejlesztése		6	4	Szegedi TE
B) Intelligens gyártási alkalmazások, fizikai folyamatok mérése, szabályozása		3	1	Óbudai E
C) Intelligens közlekedési, logisztikai és gépjármű alkalmazások		5	0	MTA SZTAKI
D) Intelligens mezőgazdasági és élelmiszeripari alkalmazások		2	0	
E) Energiahatékonysági kutatások, zöld ICT rendszerek		1	0	
8. Jövő internet közösségi alkalmazások	7	24	11	DE
A) Alkalmazási platformok és funkciók fejlesztése közösségi érzékeléshez		4	2	ETIK BME
B) Intelligens otthon és iroda alkalmazások		2	0	MTA SZTAKI
C) Intelligens egészségügyi és jóléti alkalmazások		9	4	Pécsi TE
D) Intelligens üzleti alkalmazások		2	0	BME
E) Intelligens közigazgatási alkalmazások		0	0	Óbudai Egyetem
F) Intelligens város alkalmazások		5	4	Magyar Telekom
G) Egyéb intelligens közösségi és kognitív alkalmazások		2	1	Safepay
9. Kísérleti rendszerek, szabványosítás, szabályozás	5	15	6	NIIFI
A) Kísérleti rendszerek, tesztedek, kísérleti módszerek		6	6	MTA SZTAKI
B) Kísérleti szolgáltatások, tapasztalatok		2	0	ELTE
C) Társadalmi-gazdasági tanulmányok, üzleti modellek		5	0	
D) Szabványosítás (kommunikáció, azonosítás, virtualizáció, biztonság)		0	0	
E) Szabályozás (műszaki, gazdasági, tartalom)		2	0	
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 téma-javasolataival (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 sorszámot (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 feltüntetettük 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 Basmaadjian, 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., Babarcsi, 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.