

Internet stvari – izzivi in priložnosti

Mihael Mohorčič

Odsek za komunikacijske sisteme, Institut "Jožef Stefan"

Povzetek — Internet stvari predstavlja enega izmed stebrov interneta prihodnosti, ki bo z uporabo standardiziranih komunikacijskih protokolov in omrežne infrastrukture, sposobne samostojne konfiguracije, razširil Internet na heterogene fizične in navidezne stvari, ki nas obdajajo v vsakdanjem življenju. Te stvari bodo komunicirale med seboj ali s končnimi uporabniki in tako z novo dodano vrednostjo v obliki informacije o stvarnem stanju postale aktivne udeleženke procesov na različnih področjih človeškega udejstvovanja. Ta koncept zahteva rešitev številnih izzivov na različnih področjih, hkrati pa odpira priložnosti za vrsto novih storitev, aplikacij in poslovnih modelov. Prispevek podaja pregled področij uporabe Interneta stvari, ki potrjuje njegovo vseprisotnost ter nakazuje priložnosti in pričakovan vpliv na industrijo, okolje in družbo. Nadalje sta na kratko predstavljeni temeljni tehnologiji Interneta stvari, to sta radiofrekvenčna identifikacija ter brezžična senzorska in aktuatorska omrežja, identificirane pa so tudi nekatere druge podporne tehnologije. Prispevek se zaključuje z raziskovalni in razvojni izzivi, ki stojijo na poti širše vpeljave koncepta v vsakdanje življenje, in trenutnimi trendi razvoja.

Ključne besede — Internet stvari, Internet prihodnosti, Splet stvari, senzorska in aktuatorska omrežja

Abstract — The Internet of Things represents one of the four main pillars of the Future Internet. Using standard and interoperable communication protocols and self configurable dynamic network infrastructure it will extend the Internet to include heterogeneous "smart" physical and virtual "things" that are part of our living environments. These things will communicate to each other as well as with end users. With the added value information about the actual status of things they will play an active role in various procedures in different areas of human activities. This opens an opportunity for a range of new services, applications and even business models, but at the same time poses several challenges requiring further research. In this paper we provide an overview of the application domains which confirms the planned omnipresence of the Internet of Things, reveals its opportunities and the expected impact on the industry, environment and society. The two fundamental technologies of the Internet of Things are briefly presented, the radio-frequency identification and wireless sensor and actuator networks, and some of the supporting technologies are also identified and discussed. The paper concludes with the research and development challenges that hinder broader introduction of the concept in everyday life and with the current development trends.

Keywords — Internet of Things (IoT), Future Internet, Web of Things (WoT), Sensor and Actuator Networks

I. UVOD

Mineva že več kot 10 let od zametka koncepta, ki je danes znan pod imenom Internet of Things, njegov izvor pa pripisujejo raziskovalni sferi, ki se je okrog leta 2000 ukvarjala s prehodom s črtnih kod na tehnologijo RFID [1]. Čeprav je bilo v tem času v razvoj Interneta stvari vloženi mnogo raziskovalnih naporov, pa se resnejši premiki kažejo šele v zadnjem

letu ali dveh, ko so se za idejo ogrela podjetja kot sta HP s CeNSE platformo in IBM s konceptom Smarter Planet, in jo začela uporabljati podjetja kot Nike v pametni obutvi Nike+ [2].

Velik pomen za razvoj Interneta stvari ima tudi prihod večnamenskih večsenzorskih naprav kot so pametni telefoni. Ti so tipično opremljeni z GPS sprejemnikom, merilniki pospeška, merilniki osvetlitve in temperature, in lahko poleg merjenja moči radijskega signala spremljajo tudi navade uporabnikov. Pojavljajo pa se že prvi pametni telefoni z vgrajenimi brezžičnimi tehnologijami kot so DASH7, NFC in Bluetooth Low Energy za neposredno povezovanje s "pametnimi stvarmi".

Začetnemu obdobju razvoja Interneta stvari bo v kratkem sledila tudi ekonomija obsega in s tem povezan padec cen in predvidena hitra osvojitve tehnologij. Tako Intel za leto 2015 napoveduje 15 milijard naprav povezanih v splet, Ericsson pa je v svojih napovedih še bolj drzen in za leto 2020 napoveduje kar 50 milijard različnih naprav z dostopom na splet.

Ne glede na točnost omenjenih napovedi je že na prvi pogled jasno:

- da danes prevladujoči internetni protokol IPv4 ne more zadostiti potrebam po priključevanju tolikšnega števila naprav;
- da bodo v kratkem v splet povezane naprave, za katere si tega še danes niti ne predstavljamo; ter
- da bo sčasoma obseg prometa komunikacije med napravami (*angl. machine-to-machine, M2M*) presegel obseg prometa komunikacije med ljudmi (*angl. human-to-human, H2H*) ter med napravami in ljudmi (*angl. machine-to-human, M2H*).

Navedeno nakazuje, da je pri nadaljnjem razvoju in vpeljevanju Interneta stvari pričakovati konsolidacijo na področju tehnologij in protokolov. Strojna oprema, s katero se bodo opremljale stvari oziroma bo v njih vgrajena, pa se bo morala prilagajati zahtevam področja uporabe in tudi konkretnim aplikacijam.

Namen prispevka je predvsem podati izzive in priložnosti, s katerimi se srečujemo pri razvoju in vpeljevanju koncepta Interneta stvari. V drugem poglavju umestimo koncept Interneta stvari v Internet prihodnosti in ga razmejimo od konceptov spleta stvari in senzorskih omrežij. Tretje poglavje navaja reprezentativna področja uporabe Interneta stvari, četrto poglavje pa podaja kratek opis temeljnih tehnologij in identificira nekatere ključne podporne tehnologije. V petem poglavju so naštetih pomembnejši raziskovalni in razvojni izzivi, ki jih je potrebno rešiti pred širšo vpeljavo Interneta stvari, podani pa so tudi trenutni trendi razvoja, prispevek pa zaključuje šesto poglavje z diskusijo o raziskavah in razvoju področja v Evropi in v Sloveniji.

II. UMESTITEV INTERNETA STVARI V INTERNET PRIHODNOSTI

Internet stvari poleg Interneta uporabnikov, Interneta vsebin in Interneta storitev predstavlja enega štirih stebrov Interneta prihodnosti [3].

Z vidika *Interneta uporabnikov* bo moral Internet prihodnosti podpirati interaktivno vključevanje vse večjega števila različnih uporabnikov z različnimi potrebami in pričakovanji. To bo privedlo do kreiranja virtualnih skupnosti ter izmenjave znanj in izkušenj med vključenimi uporabniki, pri čemer bodo pri zbiranju ogromnih količin informacij in znanj pomembno vlogo odigrale semantične tehnologije.

V okviru *Interneta vsebin in znanj* se bodo razvili mehanizmi, ki bodo presegli samo zbiranje in uporabo informacij. Omogočili bodo napredno obdelavo in razširjanje znanja na lokalni in globalni ravni ter ob tem vključevali zavestne intelektualne aktivnosti. Razvite bodo na primer napredne spletne aplikacije in večpredstavnostni iskalniki, ki bodo dajali znanje na voljo tako človeškim uporabnikom kot napravam oziroma stvarjem.

Internet stvari lahko opišemo kot dinamično globalno omrežno infrastrukturo, ki bo z uporabo standardnih komunikacijskih protokolov in sposobnostjo samostojne konfiguracije Internetu prihodnosti dodala možnost interakcije z realnimi fizičnimi objekti. Vključila jih bo v poslovne, informacijske in družbene procese, ki so del vsakdanjega življenja. Na ta način dobimo tako imenovano pametno okolje, v katerem lahko preko konteksta uporabe določenih stvari aktivno vlogo igrajo tudi ljudje. V tem okolju lahko rečemo, da

povezane stvari predstavljajo storitev oziroma so same uporabniki storitev.

Internet prihodnosti bo spremenil tudi način zagotavljanja in izvajanja storitev tako uporabnikom kot povezanim stvarjem in napravam. V okviru *Interneta storitev* je poudarek na storitveno orintiranem računalništvu, kontekstualiziranih in proaktivnih storitvah in orkestraciji storitev.

V povezavi z Internetom stvari naletimo na vrsto sorodnih konceptov, ki so lahko celo vsebovani v konceptu Interneta stvari. Predvsem je potrebno ločiti med Internetom stvari, spletom stvari (*angl. Web of Things, WoT*), komunikacijo med napravami (M2M) in brezžičnimi senzorskimi omrežji (*angl. Wireless Sensor Network, WSN*).

Pri Internetu stvari gre za funkcionalno, tehnološko in aplikacijsko heterogene stvari in predmete, tipično opremljene s senzorji, aktuatorji, RFID značkami, in podobno. Te stvari so enoznačno prepoznavne, lahko jih lociramo, naslovimo in nadziramo preko Interneta ter so z uporabo ustreznih tehnologij in standardiziranih komunikacijskih protokolov povezane v globalno omrežje. Stvari z enakimi komunikacijskimi zmogljivostmi se lahko z uporabo žične ali brezžične komunikacije povezujejo med seboj in obdelujejo izmenjane podatke v skladu z vnaprej dogovorjenimi pravili. Pri tem bodo pomembno vlogo igrale semantične tehnologije, s pomočjo katerih bomo lahko opisali tudi pristojnosti posameznih stvari. Na podlagi te splošne dostopnosti stvari se bodo razvile nove aplikacije, ki bodo bistveno spremenile dožemanje in upravljanje različnih predmetov in postopkov ter s tem vplivale na kakovost in način življenja.

Za razliko od Interneta stvari, ki omogoča dostopnost in povezovanje naprav in stvari, gre pri spletu stvari za integracijo vgrajenih naprav v splet z uporabo spletnih protokolov in storitev kot so HTML, XML, RSS in drugih, torej za dostopnost podatkov z naprav in stvari. Posebno vlogo v okviru povezanih vgrajenih naprav imajo senzorska omrežja, kjer gre običajno za brezžično povezana prostorsko porazdeljena vozlišča, ki skupno opazujejo oziroma spremljajo določen fizikalni ali kemijski pojav.

III. REPREZENTATIVNA PODROČJA UPORABE

Po napovedih naj bi Internet stvari s svojo vseprisotnostjo v stvarih in predmetih, ki nas obdajajo, izrazito vplival na praktično vsa področja človeškega udejstvovanja. Literatura je polna različnih primerov uporabe, od najbolj vsakdanjih, katerih zametke najdemo v omejenih oblikah že danes, do futurističnih, ki se najbrž še vrsto let ne bodo uresničili.

Glavne domene uporabe Interneta stvari obsegajo industrijo, okolje in družbo. V industrijski domeni gre za uporabo pametnih povezanih stvari v podporo

finančnim in komercialnim transakcijam med različnimi organizacijami, torej za aplikacije nadzora in krmiljenja proizvodnje, transporta in logistike, ponujanja storitev bančnega sektorja in javne uprave, itd.

Domena okolja obsega aktivnosti v zvezi z zaščito, nadzorom in razvojem naravnih virov. Aplikacije segajo od preciznega poljedelstva in reje do upravljanja z energetskimi viri, upravljanja z okoljem, nadzora življenjskih habitatov, ipd.

V družbeni domeni pa je vloga Interneta stvari v razvoju in vključevanju različnih skupnosti, mest in ljudi in obsega predvsem storitve za izboljšanje participacije državljanov in različnih družbenih struktur v javnem življenju.

Primeri področja uporabe v navedenih domenah so [4]:

- nadzorni sistemi in energetska učinkovitost v aeronavtiki,
- nadzorni sistemi v avtomobilski industriji, komunikacija med vozili ter komunikacija z obcestno infrastrukturo,
- podpora pametnim zgradbam (avtomatizacija, samodejno odčitavanje energetskih števec, brezžični nadzor, itd.),
- integracija osebnih telesnih omrežij z medicinsko tehnologijo za varovanje zdravja, nadzor vitalnih znakov, pozicioniranje, določanje lokacije v realnem času, in podobno,
- sistemi za nadzor in podporo mobilnosti in samostojnemu življenju starajoče se populacije,
- podporni sistemi za prodajo, logistiko in upravljanje z dobavno verigo,
- podpora proizvodnji in upravljanju z življenjskim ciklom produkta,
- sistemi za nadzor okolja in življenjskih habitatov,
- podporni sistemi za poljedelstvo in rejo za povečanje učinkovitosti pridelave in boljše sledljivost.

Uporaba tehnologij Interneta stvari na naštetih področjih odpira priložnost za nove poslovne koncepte in storitve na podlagi podatkov o fizičnih stvareh v realnem času, vpogled in boljše razumevanje kompleksnih postopkov, učinkovitejše ravnanje v primeru različnih nesreč, nadzor degradacije naravnega okolja, nadzor človeških aktivnosti, izboljšanje učinkovitosti rabe energije, in drugo.

IV. TEHNOLOGIJE INTERNETA STVARI

Koncept Interneta stvari sloni na vrsti komplementarnih tehnologij med katerimi pa za temeljne tehnologije, ki povezujeta fizični svet z digitalnim, veljata radiofrekvenčna identifikacija (*angl. Radio-Frequency Identification, RFID*) ter brezžična

senzorska in aktuatorska omrežja (*angl. Wireless Sensor and Actuator Networks, WSN*).

Radiofrekvenčna identifikacija omogoča označevanje stvari in predmetov z elektronsko oznako ter s pomočjo ustreznega čitalca brezžično spremljanje fizičnega stanja, v katerem se označena stvar ali predmet nahaja. Elektronska oznaka je v splošnem sestavljena iz integriranega vezja in antene, lahko pa je opremljena tudi s senzorji ter v primeru aktivnega RFID sistema z baterijami oziroma sklopom za zbiranje energije iz okolja obratovanja. Glede na način napajanja oddajnika torej ločimo med pasivnimi in aktivnimi RFID sistemi, ki se posledično razlikujejo tudi po velikosti, ceni in največjim dometom med oznako in čitalcem. Trenutno so med pomembnejšimi aktivnostmi na področju razvoja RFID sistemov globalna standardizacija, usklajevanje označevanja in interoperabilnost sistemov, na raziskovalnem področju pa miniaturizacija in integracija s specifičnimi senzorji.

Komplementarni RFID oznakam, ki so še vedno v največji meri uporabne za identifikacijo v povezavi z lokacijo označenega predmeta in čitalca, so senzorji in akuatorji. Ti se vgradijo ali namestijo na stvari in predmete ter se uporabljajo za zaznavanje najrazličnejših fizikalnih in kemijskih veličin in pojavov. Miniaturizacija senzorjev in akuatorjev ter njihova namestitve na elektronska vezja (t.i. platforme) z mikrokrmilniki in komunikacijskimi moduli omogoča zajemanje, procesiranje, hranjenje in pošiljanje izmerjenih veličin neposredno ali preko več vmesnih platform običajno preko prehoda na strežnik s podatkovno bazo. Platforme se razlikujejo po vrsti lastnosti in zmogljivosti, v večini primerov pa se v senzorska in aktuatorska omrežja povezujejo z uporabo brezžičnih komunikacijskih tehnologij. Z namenom zagotavljanja medsebojnega delovanja heterogenih platform se je razvilo več komunikacijskih standardov. Na fizičnem sloju in sloju nadzora dostopa do medija MAC je nedvomno najpomembnejši in najbolj razširjen standard IEEE 802.15.4. Ta služi kot osnova različnim standardom za povezovanje senzorskih in aktuatorskih vozlišč v omrežja kot so ZigBee¹, MiWi², WirelessHART³, 6LoWPAN⁴, in drugi. Pri senzorskih in aktuatorskih omrežjih pogosto naletimo še na tehnologijo komunikacije bližnjega polja (*angl. Near Field Communications, NFC*), na različice standarda Bluetooth⁵ in tudi na WiFi⁶.

¹ <http://www.zigbee.org/>

² http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=S_S_GET_PAGE&nodeId=2113¶m=en520414

³ <http://www.hartcomm.org/>

⁴ <http://www.6lowpan.org/>

⁵ <http://www.bluetooth.com/>

⁶ <http://www.wi-fi.org/>

Prav veliko število nekompatibilnih komunikacijskih standardov je privedlo do tega, da lahko stvari in predmeti v različnih omrežjih sodelujejo le preko rešitev na aplikacijskem sloju z uporabo spletnih tehnologij kot so SOAP, XML in REST. Te spletne tehnologije že tudi prilagajajo za uporabo na strojni opremi z omejeno procesno in energetsko zmogljivostjo.

Poleg tehnologij RFID ter brezžičnih senzorskih in aktuatorskih omrežij je za koncept Interneta stvari ključnih še več podpornih tehnologij in njihova vertikalna integracija. Med temi velja izpostaviti storitveno orientirano arhitekturo (*angl. Service Oriented Architecture, SOA*), dinamično sestavljanje storitev in omrežij, virtualizacijo, semantične tehnologije, in koncept programske povezovalne platforme (*angl. middleware*), ki povezuje fizično zajemanja podatkov iz okolja z aplikacijami, ki te podatke potrebujejo.

Za vpeljavo Interneta stvari je izrednega pomena tudi prihod večnamenskih naprav z vgrajenimi senzorji kot so pametni telefoni, ki so tipično opremljeni z GPS sprejemnikom, merilniki pospeška, merilniki osvetlitve in temperature, za povezovanje z drugimi napravami pa lahko uporabljajo že vgrajene komunikacijske vmesnike.

V. IZZIVI IN TRENDI RAZVOJA

Kljub pomembnemu napredku na področjih identifikacijskih, senzorskih in aktuatorskih tehnologij je pred širšo vpeljavo koncepta Interneta stvari še vrsta raziskovalnih in razvojnih izzivov, ki jih je potrebno rešiti. Med pomembnejše izzive štejemo [5][6][7]:

- sposobnost integracije heterogenih naprav, tehnologij in storitev,
- brezžično povezljivost v okviru omejitev glede porabe energije, izvedbe antene, uporabe radijskih tehnologij, itd.,
- skalabilnost komunikacijskih protokolov na različnih slojih,
- razvoj novega transportnega protokola prilagojenega napravam z omejenimi zmogljivostmi,
- problematika imenovanja, naslavljanja, identifikacije in upravljanja z mobilnostjo,
- zagotavljanje zasebnosti podatkov in zaščite pred nepooblaščenim dostopanjem do stvari in podatkov,
- karakterizacija prometa značilnega za komunikacijo med napravami, določitev zahtev po kakovosti storitev s stališča naprav in shem za njihovo zagotavljanje,
- sposobnost naprav za konfiguriranje, upravljanje in optimizacijo samih sebe v skladu z zavedanjem o svojem kontekstu,

- učinkovito upravljanje z energijo in zbiranje energije iz okolja obratovanja,
- vertikalno integracijo rešitev zgornjih raziskovalnih in razvojnih izzivov.

Navedeni izzivi so medsebojno povezani, nekatere rešitve pa so pogojene tudi s specifičnimi zahtevami področja uporabe. Kljub temu so pri različnih rešitvah vidni nekateri skupni trendi kot so:

- Modularna in odprta zasnova strojne in programske senzorske platforme (npr. Arduino⁷, Versatile Sensor Node⁸, itd.);
- Odprte platforme s podporo semantičnih tehnologij za zbiranje, napredno obdelavo in dajanje na razpolago velikih količin ustrezno anotiranih podatkov v realnem času iz različnih vrst senzorjev, naprav, omrežij (npr. Pachube⁹, Sensor.Network¹⁰, itd.);
- Razvoj koncepta uporabe senzorjev kot storitve (*angl. Sensor-as-a-Service*), ki bo na podlagi souporabe senzorjev omogočal sestavljanje virtualnih priložnostnih senzorskih omrežij na zahtevo posamezne aplikacije;
- Napredni skupki aplikacij (*angl. mash-up*), ki ne bodo temeljili le na podatkih iz različnih povezanih stvari ampak bodo z uporabo napredne obdelave podatkov zajetih na različnih napravah, na različnih lokacijah in ob različnih časovnih trenutkih, ter njihovi obogatitvi z informacijami iz alternativnih virov, postali vir dodatnega znanja in vedenja z možnostjo napovedovanja.

VI. ZAKLJUČEK

Namen tega prispevka je predstaviti koncept Interneta stvari kot enega stebrov Interneta prihodnosti. S tega stališča je podan pregled reprezentativnih področij, na katerih pričakujemo prve primere vpeljave koncepta, predstavljene so ključne tehnologije, ki ga tvorijo, identificirani pa so tudi glavni izzivi in trendi razvoja.

Podobno kot na vrsti drugih področij Evropska skupnost podpira raziskave in razvoj na področju Interneta stvari predvsem preko 7. okvirnega programa. V okviru tega programa so trenutno sofinancirani projekti kot so ASPIRE¹¹, CASAGRAS¹², ebbits¹³, ELLIOT¹⁴, GRIFS¹⁵, IoT@Work¹⁶, IoT-A¹⁷, IoT-i¹⁸,

⁷ <http://www.arduino.cc/>

⁸ http://videlectures.net/wsn2010_mihelin_vsn/

⁹ <http://www.pachube.com/>

¹⁰ <http://sensor.network.com/>

¹¹ <http://www.fp7-aspire.eu/>

¹² <http://www.iot-casagras.org/>

¹³ <http://www.ebbits-project.eu/news.php>

¹⁴ <http://demos.txt.it/elliott-project/>

¹⁵ <http://www.grifs-project.eu/>

iSURF¹⁹ in drugi. Ti projekti so tudi povezani v raziskovalni grozd IERC²⁰ (*European Research Cluster on the Internet of Things*), katerega namen je koordinacija zmogljivosti in aktivnosti na področju Interneta stvari in iskanje širokega konsenza o viziji njegovega uvajanja v Evropi.

Internet stvari je izredno zanimivo področje tudi za Slovenijo, tako za raziskovalne organizacije, saj sloni na znanjih in tehnologijah, ki jih posamezne skupine že obvladujejo, kot za gospodarstvo, saj te tehnologije za pilotsko testiranje in zagon proizvodnje zahtevajo razmeroma nizke finančne vložke. Raziskovalne in razvojne skupine se v aktivnosti na področju Interneta stvari vključujejo tako na evropski ravni (npr. preko posameznih projektov ali pa preko evropskih tehnoloških platform in povezav) kot preko slovenskih povezav in združenj (npr. FI.SI) in domačih projektov (npr. kompetenčni center KC OPCOMM).

Kot je prikazano v prispevku gre pri Internetu stvari za aplikativno naravnano področje, in rešitve vsakega posameznega problema lahko ob ustreznem načrtovanju in integraciji predstavljajo del celotne rešitve. V luči tega se kot najprimernejši način nadaljnega razvoja in vpeljevanja koncepta kaže postavljanje pilotskih sistemov in njihova integracija z drugimi domačimi in evropskimi pilotskimi sistemi za navzkrižno testiranje rešitev v heterogenih okoljih. Tak pristop po eni strani zagotavlja razvoj odprtega koncepta Interneta stvari s podporo enostavni integraciji različnih tehnologij in rešitev na različnih nivojih, po drugi strani pa tudi participacijo slovenskih raziskovalnih in razvojnih skupin v evropskih projektih, kjer so pilotske postavitve vedno iskane.

ZAHVALA

Avtor se zahvaljuje sodelavcem SensorLaba za mnoge tvorne pogovore o konceptih, tehnologijah in izzivih Interneta stvari, ki so sooblikovali razumevanje področja in se v določeni meri odražajo v pričujočem prispevku.

LITERATURA

- [1] SRI Consulting Business Intelligence, Disruptive Technologies APPENDIX F: The Internet of Things, Global Trends 2025.
- [2] R. MacManus, Top 10 Internet of Things Developments of 2010, *ReadWriteWeb*, December 15, 2010, http://www.readwriteweb.com/archives/top_10_internet_of_things_developments_of_2010p2.php.
- [3] D. Papadimitriou (Ed.), Future Internet, The Cross-ETP Vision Document, Version 1.0, January 8, 2009.
- [4] O. Vermesan, M. Harrison, H. Vogt, K. Kalaboukas, M. Tomasella, K. Wouters, S. Gusmeroli, S. Haller, Internet of Things: Strategic Research Roadmap, September 15, 2009.

¹⁶ <https://www.iot-at-work.eu/>

¹⁷ <http://www.iot-a.eu/>

¹⁸ <http://www.iot-i.eu/>

¹⁹ <http://www.srdc.com.tr/isurf/>

²⁰ <http://www.internet-of-things-research.eu/>

- [5] M. Zorzi, A. Gluhak, S. Lange, A. Bassi, From Today's INTRAnet of Things to a Future INTERnet of Things: A Wireless- and Mobility-Related View, *IEEE Wireless Communications*, December 2010, Vol. 17, No. 6, pp.44-51.
- [6] A. Iera, C. Floerkemeier, J. Mitsugi, G. Morabito, The Internet of Things [Guest Editorial], *IEEE Wireless Communications*, December 2010, Vol. 17, No. 6, pp.8-9.
- [7] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, The Internet of Things: A survey, *Comput. Netw.* 54, 15 (October 2010), pp. 2787-2805.



Mihael Mohorčič je višji znanstveni sodelavec in vodja Odseka za komunikacijske sisteme na Institutu "Jožef Stefan". Doktoriral je leta 2002 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Leta 2006 je bil na Mednarodni podiplomski šoli Jožefa Stefana izvoljen v naziv docent. Tam je tudi dopolnilno zaposlen in izvaja več predmetov na 2. in 3. stopnji bolonjskega študija. Njegovo raziskovalno delo sodi na področja satelitskih, stratosferskih, brezžičnih, kognitivnih in senzorskih omrežij.