

IMPACTUL TEHNOLOGIILOR EMERGENTE ȘI DISRUPTIVE ASUPRA SOCIETĂȚII 5.0: INTERNETUL LUCRURILOR (IoT)

THE IMPACT OF EMERGING AND DESRUPTIVE TECHNOLOGIES ON SOCIETY 5.0: INTERNET OF THINGS (IoT)

*Colonel (rtr.) prof. univ. dr. Gheorghe BOARU**

Cuvânt înainte: Tema acestui studiu științific a fost generată de Conferința Internațională, organizată la Sibiu, de Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” împreună cu Secția de Științe Militare a Academiei Oamenilor de Știință din România, intitulată *„Emerging and Disruptive Technologies` Impact on Global Security” (Impactul tehnologiilor emergente și disruptive asupra securității globale)*, care s-a desfășurat la data de 18 Noiembrie 2021.

Rezumat: *În acest studiu științific, am creat o provocare privind cercetarea și cunoașterea uneia dintre cele cinci tehnologii cele mai emergente și perturbatoare care deschid calea pentru lumea de mâine - Internetul lucrurilor (IoT).*

Dintre cele cinci tehnologii care sunt considerate cele mai disruptive - Inteligența Artificială (AI), Blockchain, Imprimarea 3D, Realitatea Virtuală / Augmentată (VR / AR) și Internetul Lucrurilor (IoT) - ultima menționată aici va fi dezvoltată în acest studiu.

Acest studiu științific tratează doar cele mai importante aspecte ale domeniului IoT, unde sunt analizate și prezentate: istoric, evoluții, structură, funcționare, importanță, beneficii, implementare, avantaje și dezavantaje, perspective de evoluție.

Prin utilizarea unor astfel de sisteme este posibilă îmbunătățirea nivelului de trai al cetățenilor, asigurarea utilizatorilor un mediu de viață mai sigur și să beneficieze de facilitățile oferite de implementarea conceptului de „oraș inteligent (smart city)”.

* Membru titular al Academiei Oamenilor de Știință din România; Membru titular al Academiei de Științe ale Securității Naționale; email: boarugheorghe@yahoo.com.

Fiecare dintre aceste sisteme aduce societății multe beneficii și rezultate bune pentru viața, munca și sănătatea oamenilor, dar și unele nedorite prin utilizarea malițioasă a noilor tehnologii.

Cuvinte cheie: *Tehnologii emergente, tehnologii disruptive, digitalizare, Internetul lucrurilor, inteligența artificială.*

Abstract: *In this scientific study, we have created a challenge on the research and knowledge of one of the five most emerging and disruptive technologies that pave the way for the world of tomorrow - the Internet of Things (IoT).*

Of the five technologies that are considered the most disruptive - Artificial Intelligence (AI), Blockchain, 3D Printing, Virtual / Augmented Reality (VR / AR) and the Internet of Things (IoT) - the last one mentioned here will be developed in this study.

This scientific study deals only with the most important aspects of the IoT field, where they are analyzed and presented: historic, evolutions, structure, operation, importance, benefits, implementation, advantages and disadvantages, evolution perspectives.

By using such systems, it is possible to improve the living standards of citizens, to provide users with a safer living environment and to benefit from the facilities offered by the implementation of the "smart city" concept.

Each of these systems brings to society many benefits and good results for people's lives, work and health, but also some unwanted ones through the malicious use of new technologies.

Keywords: *Emerging technologies, disruptive technologies, digitization, the Internet of Things, artificial intelligence.*

Introducere

Fără îndoială, tehnologia a modelat modul în care ne trăim viața, aducându-ne în era informației. Cu o cantitate nelimitată de informații la îndemână și cu nenumărate modalități de a ne conecta și de a comunica instantaneu, nu putem să nu ne întrebăm: ce urmează?

Acest studiu investighează modul în care noi, în calitate de cetățeni ai Societății 5.0, împrumutăm tehnologii disruptive precum Blockchain, IoT, cloud și rețelele definite de software din Industria 4.0, cu automatizarea și digitizarea acesteia a verticalelor de producție, pentru a schimba modul în care gândim și acționăm în spațiul cibernetic încorporat în viața de zi cu zi.

Conceptul **Societatea 5.0 (5.0 Society)**, a fost introdus de Japonia pentru a face față uneia dintre cele mai mari provocări cu care această țară se confruntă (îmbătrânirea populației), arată că prin digitalizare, foarte multe chestiuni care par a fi insurmontabile își pot găsi rezolvarea.

Așa cum **Industria 4.0** reprezintă conceptul care definește transformarea digitală a industriei prelucrătoare, societatea 5.0 își propune să abordeze mai multe provocări trecând de la digitalizarea economiei spre digitalizarea, la toate nivelurile, societății japoneze și transformarea (digitală) a societății în sine.

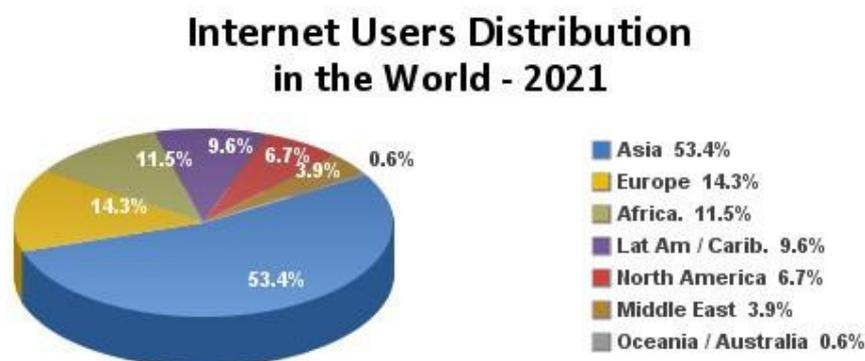
Pentru a pune acest număr în perspectivă: se așteaptă ca peste 20% din populație, la nivel global, să fie în vârstă de peste 60 de ani până în 2050. Este esențial să urmărim ceea ce face Japonia și modul în care această Societate 5.0 funcționează în realitate, deoarece vom avea multe lecții de învățat din perspectiva îmbătrânirii populației. Soluția este dezvoltarea tehnologiilor emergente și disruptive care să ajute și/sau să înlocuiască omul. Evoluția tehnologiilor s-a produs în pas cu creșterea numerică a populației planetei noastre.

La data de 27.11.2021 ora 19, populația globului număra **7,909,566,656** oameni și este în continuă creștere (în acest an a crescut cu **73.648.565**)¹, din care 5,168,780,607 utilizatori de Internet și posesori a 5,197,259 telefoane celulare.

Distribuția utilizatorilor de Internet pe continente este în funcție de numărul populației și de dezvoltarea tehnologică zonală și se prezintă în Figura 1.

¹ <https://www.worldometers.info/>, accesat la 27.11.2021.

Figura 1 Distribuția utilizatorilor de Internet²



Source: Internet World Stats - www.internetworldstats.com/stats.htm

Basis: 5,168,780,607 Internet users in March 31, 2021

Copyright © 2021. Miniwatts Marketing Group

Istoric - „Internetul lucrurilor” (IoT - Internet of Things)

Astăzi, Internetul este format din miliarde de dispozitive digitale, oameni, servicii și alte obiecte fizice cu potențialul de a se conecta, interacționa și face schimb de informații despre ei înșiși și despre mediul lor.

Organizațiile folosesc acum aceste dispozitive digitale și obiecte fizice pentru a produce și consuma servicii bazate pe Internet. Acest nou ecosistem de Internet este denumit în mod obișnuit Internetul oamenilor, lucrurilor și serviciilor (IoPTS-Internet of People, Things and Services)³.

² <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>, accesat la 27.11.2021.

³ Jessa Lingel, *An Internet For The People: The Politics And Promise Of Craigslist*, Series: Princeton Studies In Culture And Technology, Publisher: Princeton University Press, Year: 2020; Claire A. Simmers, Murugan Anandarajan, *The Internet of People, Things and Services: Workplace*, Series: Routledge Studies in Employment Relations, Publisher: Routledge, Year: 2018; Dustdar, Schahram; Nastić, Stefan; Šćekić, Ognjen, *Smart Cities : The Internet of Things, People and Systems*, Publisher: Springer International Publishing, Year: 2017; Dahir, Hazim; Dry, Bil; Pignataro, Carlos, *People, processes, services, and things: using services innovation to enable the Internet of everything*, Series: Service

Expansiunea tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC) de la desktopuri la laptopuri și la obiecte inteligente omniprezente, care percep și comunică direct prin Internet - IoPTS , ne oferă momentul oportun pentru a revizui modul în care Internetul ne transformă viața și locurile de muncă.

Internet of Things (IoT) este un cuvânt foarte la modă în zilele noastre. Literatura de specialitate din ultimii ani⁴ confirmă preocupările publicistice în acest domeniu și demonstrează că este o nouă provocare științifică pe toate continentele planetei Pământ.

Practic, este originar din domeniul Internetului, adică *rețelele de rețele*, domeniul de cercetare al *rețelelor de senzori* și domeniul *cloud computing*.

IoT este combinația tuturor acestor trei domenii. În accepțiunea mea, în cercetarea efectuată, au fost luate în considerare unele obiecte fizice, cum ar fi Internetul lucrurilor care constă din obiecte eterogene, cumva conectate între ele și capabile să transmită unele informații valoroase unul altuia și să gestioneze cererile de acțiuni fără intervenția umană.

„Internetul lucrurilor” (IoT) a adus o revoluție digitală în aproape fiecare aspect al vieții noastre, cum ar fi satisfacerea nevoilor noastre zilnice, performanța în mediul academic, fabricarea de produse, finanțe, comerț, multe altele și, în special, oferă mai multe conforturi și facilități vieții noastre de zi cu zi, dacă nu luăm în considerare problemele legate de confidențialitate și securitate ale IoT sau de utilizare malițioasă a tehnologiilor moderne, ca provocări majore pentru evoluțiile sale extinse pe mai departe.

Până în anul 2018, conceptul de Internet al lucrurilor a ieșit din faza embrionară și s-a impus treptat ca o componentă integrantă a viitoareii

systems and innovations in business and society collection, Publisher: Business Expert Press 2015, Year: 2015.

⁴ Haya Shajaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021; Monika Mangla (editor), Nonita Sharma (editor), Poonam Garg (editor), Vaishali Wadhwa (editor), Thirunavukkarasu K (editor), Shahnawaz Khan (editor), *Emerging Technologies for Healthcare: Internet of Things and Deep Learning*, Publisher: Wiley-Scrivener, Year: 2021; Errol S. van Engelen, *Emerging technologies: blockchain of Intelligent Things to boost revenues*, Series: Big data, business analytics, and smart technology collection, Publisher: Business Expert Press, Year: 2020.

tehnologii Internet. Având în vedere că tehnologiile de gestionare a accesului în IoT depind de modelul centralizat, care introduce provocări tehnice în gestionarea acestora la platformelor globale, Novo⁵ a propus un sistem de control bazat pe tehnologie Blockchain cu acces distribuit pentru diferite roluri și mai multe permisiuni în IoT.

El a implementat și evaluat această arhitectură pe modele IoT realiste, iar pentru scenariile IoT scalabile specifice, rezultatele au susținut că tehnologia Blockchain poate fi o opțiune potențială pentru tehnologia de gestionare a accesului.

Istoric

Internetul lucrurilor a fost inclus pentru prima dată într-o prezentare a lui Kevin Ashton⁶ în 1999, făcută la Procter & Gamble de la Institutul de Tehnologie din Massachusetts (MIT- Massachusetts Institute of Technology). Deși ideea dispozitivelor conectate a fost folosită din 1970, Kevin Ashton a vrut să atragă atenția conducerii P&G asupra RFID⁷ în timp ce făcea prezentarea la „Internetul lucrurilor”.

Un automat de vânzare a cocsului la începutul anilor 1980 a fost primul aparat de Internet, care a actualizat starea temperaturii cocsului din stoc și, de asemenea, informațiile despre ultimele reumpleri efectuate. De atunci a evoluat de-a lungul anilor iar acum, avem miliarde de dispozitive conectate la Internet. Într-un stadiu foarte incipient al dezvoltării sale, Internetul a fost folosit pentru a atribui conexiunea dintre oameni și lucruri.

În 2008, numărul de conexiuni între dispozitive prin intermediul Internetului a fost mai mare decât populația lumii; prin urmare, a condus la inventarea IoT.

Pentru a spune simplu, IoT se ocupă de obiectele din lumea reală sau obiectele fizice cu care sunt folosite diverse dispozitive de detectare și tehnologice pentru a obține date senzoriale din mediu și pentru a partaja informații prin intermediul Internetului.

⁵ Novo, Oscar, *Blockchain meets IoT: An architecture for scalable access management in IoT*. IEEE Internet of Things Journal, 5 (2)/2018, 1184–1195.

⁶ Kevin Ashton era co-fondatorul Auto-ID Laboratory de la MIT.

⁷ RFID - Radio Frequency IDentification.

Obiectul fizic principal al IoT este bazat pe RFID, care colectează informații în microcipuri și face ca aceste date să fie transferabile utilizatorului prin canal de comunicație fără fir.

Obiectivul principal al IoT este de a optimiza starea de lucruri într-un întreg organizat prin conectarea diferitelor obiecte fizice și de a efectua diverse funcții precum analiza datelor, detectarea informațiilor primite de la alte obiecte, aplicarea algoritmilor de învățare automată, pentru a urmări locația sensorului, precum și pentru identificarea, monitorizarea, gestionarea și decidera, în colaborare cu un sistem autonom distribuit de senzori, a informațiilor despre alte dispozitive.

Internetul lucrurilor (IoT) - evoluție

IoT a primit multă atenție și recunoaștere în ultimii ani, când de fapt oamenii de știință s-au concentrat pe ideea de a colecta micile părți de informații, oricât de rezonabile, de la o mașină sau un dispozitiv, pentru a fi transferate de la sursă la destinație.

Conceptele privind IoT sunt studiate și publicate de foarte mulți editori din lume și chiar dacă cercetătorii provin din diferite țări și continente ale planetei există multe puncte de vedere comune sau măcar similare.

„Internetul lucrurilor (IoT) este o rețea de obiecte fizice dedicate care implică tehnologie încorporată utilizată pentru a interacționa cu mediile interne sau externe. Se așteaptă ca IoT să ofere conectivitate și schimb de informații oricând și oriunde într-o mare varietate de obiecte fizice, cum ar fi senzori, vehicule și telefoane mobile”⁸.

⁸ Q. F. Hassan, *A Tutorial Introduction to IoT Design and Prototyping with Examples*, IEEE, 2018, pp. 153-190; M. Mohammadi, A. Al-Fuqaha, S. Sorour, and M. Guizani, *Deep learning for IoT big data and streaming analytics: A survey*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, Fourth Quarter, 2018, pp. 2923-2960; N. Nikaein, M. Laner, K. Zhou, P. Svoboda, D. Drajić, M. Popović, and S. Krco, *Simple traffic modeling framework for machine type communication*, IEEE ISWCS, August, 2013, pp. 1-5; J. Zheng, D. Simplot-Ryl, C. Bisdikian, and H. T. Mouftah, *The internet of things*, IEEE Communications Magazine, vol. 49, November, 2011, pp. 30-31, *apud* Haya Shajiaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.14.

Într-o altă accepțiune, „IoT este furnizat ca o paradigmă de rețea complet conectată, care este concepută pentru a crea o punte între comunicațiile de tip mașină MTCs (Machine-type Communications) și rețelele de date fără fir”⁹.

Alți doi autori consacrați domeniului consideră că „IoT este un sistem care include lucruri, comunicare, analiza datelor și aplicații. Implică un număr masiv de obiecte conectate la Internet. Aceste obiecte comunică între ele în timp ce există arhitecturi eterogene, care provoacă capacitatea de a securiza comunicațiile IoT”¹⁰.

Se consideră că, „În IoT, rețelele de senzori fără fir sunt folosite pentru a detecta obiectele și a trimite datele prin canale de comunicații, ceea ce poate duce la probleme de securitate”¹¹.

În domeniul asigurării securității comunicațiilor necesare pentru IoT, care poate constitui o vulnerabilitate a acestei noi tehnologii, se consideră că

⁹ S. Vural, P. Navaratnam, N. Wang, C. Wang, L. Dong, and R. Tafazolli, *In-network caching of internet-of-things data*, in IEEE International Conference on Communications (ICC), June, 2014, pp. 3185-3190, *apud* Haya Shajiaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.14.

¹⁰ F. Al-Turjman, E. Ever, and H. Zahmatkesh, *Small cells in the forthcoming 5G/IoT: Traffic modelling and deployment overview*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, First Quarter, 2019, pp. 28-65; S. Pattar, R. Buyya, K. R. Venugopal, S. S. Iyengar, and L. M. Patnaik, *Searching for the IoT resources: Fundamentals, requirements, comprehensive review, and future directions*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, Third Quarter, 2018, pp. 2101-2132, *apud* Haya Shajiaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.14.

¹¹ N. Neshenko, E. Bou-Harb, J. Crichigno, G. Kaddoum, and N. Ghani, *Demystifying IoT security: An exhaustive survey on IoT vulnerabilities and a first empirical look on internet-scale IoT exploitations*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, Third Quarter, 2019, pp. 2702-2733; I. Makhdoom, M. Abolhasan, J. Lipman, R. P. Liu, and W. Ni, *Anatomy of threats to the internet of things*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, Second Quarter, 2019, pp. 1636-1675.

„Provocările de securitate în comunicațiile IoT trebuie luate în considerare pentru proiectarea arhitecturilor și protocoalelor IoT”¹².

Sortimentul și partajarea informațiilor de către dispozitivele IoT sunt tehnologii și standarde acceptate de Blockchain¹³, cum ar fi standardele de comunicare fără fir și identificarea frecvenței (RFID).

Întrucât mai multe dispozitive IoT furnizează informații către o intrare, conducând informațiile către rețeaua Blockchain care funcționează pe tehnologia registrului distribuit, Blockchain și IoT, ca progrese discrete, sunt totuși limitate în aplicațiile lor în multe domenii. Cu toate acestea, Blockchain cu IoT este un concept care devine popular în aproape toate domeniile și nu ar fi greșit să spunem că în viitor, aproape totul va folosi caracteristici ale integrării Blockchain cu IoT.

IoT, cunoscut și sub numele de **Internet (web) of Everything (IoE)** sau **web economic**, este o altă inovație care ar putea fi privită ca o organizație mondială de mașini și gadgeturi echipate pentru a gestiona activitatea umană în timp ce acestea funcționează în viața de zi cu zi.

În confirmarea acestei afirmații citez afirmația lui Haler și colaboratorii care prezintă lumea în care trăim: „O lume în care obiectele fizice sunt integrate perfect în rețeaua de informații și în care obiectele fizice pot deveni participanți activi la procesele de afaceri. Serviciile sunt disponibile pentru a interacționa cu aceste obiecte inteligente prin intermediul Internetului, interogând starea lor și orice informații asociate cu acestea, luând în considerare probleme de securitate și confidențialitate a contului”¹⁴.

¹² F. Meneghello, M. Calore, D. Zuchetto, M. Polese, and A. Zanella, *IoT: Internet of threats? A survey of practical security vulnerabilities in real IoT devices*, IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, pp. 8182-8201, October 2019;

M. Yi, X. Xu, and L. Xu, *An intelligent communication warning vulnerability detection algorithm based on IoT technology*, IEEE Access, vol. 7, pp. 164803-164814, 2019.

¹³ Errol S. van Engelen, *Emerging technologies: blockchain of Intelligent Things to boost revenues*, Series: Big data, business analytics, and smart technology collection, Publisher: Business Expert Press, Year: 2020.

¹⁴ Haller, S., Karnouskos, S., & Schroth, C. (2008, September). *The internet of things in an enterprise context*, [Symposium]- Future Internet, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 14-28.

S-a estimat că IoT poate atinge douăzeci și șase de miliarde de unități până în 2020, față de 0,9 miliarde în 2009. IoT are domenii de utilizare variate, cum ar fi transportul, agricultura, serviciile medicale, generarea și distribuția de electricitate, securitate și apărare etc.

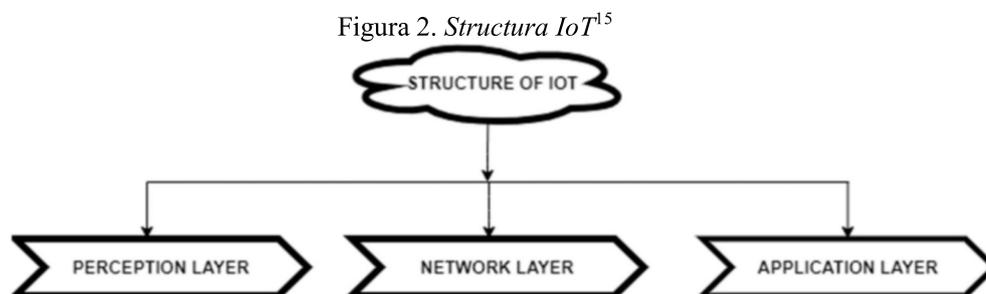
Structura IoT este compusă din următoarele straturi:

1. Stratul de percepție: Responsabil pentru detectarea mediului și trimiterea datelor colectate către stratul de rețea, există diferite tipuri de senzori utilizați în acest strat pentru a colecta date.

2. Stratul de rețea: Menit să se conecteze cu alte tipuri similare de senzori, acest strat este, de asemenea, responsabil pentru colectarea și transmiterea datelor senzorilor.

3. Stratul de aplicație: Folosit pentru a oferi utilizatorului final servicii specifice aplicației, acest strat a fost folosit pentru a dezvolta servicii centrate pe utilizator, cum ar fi casă inteligentă, sănătate inteligentă și oraș inteligent.

Structura IoT este prezentată grafic în Figura 2.



Funcționarea IoT

Sistemul IoT constă din obiecte inteligente care au procesoare, senzori și componente de conexiune încorporate pentru a detecta o

¹⁵ Vikram Bali (editor), Vishal Bhatnagar (editor), Sapna Sinha (editor), Prashant Johri (editor) *Disruptive Technologies for Society 5.0: Exploration of New Ideas, Techniques, and Tools*, Publisher: CRC Press, Year: 2021, p.18.

schimbare de stare sau a măsura o cantitate din obiect, a analiza și a transmite informațiile pe care le colectează din mediul lor ca semnal de intrare pentru un computer prin intermediul unui gateway IoT.

De asemenea, astfel de obiecte pot transfera date către alte dispozitive și pot procesa informațiile pe care le împărtășesc între ele.

Aceste dispozitive sunt capabile să facă față schimbării lor de stare fără intervenție umană, deși utilizatorii pot interacționa cu aceste dispozitive, poate pentru a le configura sau a oferi instrucțiuni sau a obține date.

Protocoalele utilizate cu aceste dispozitive depind în principal de aplicațiile IoT care sunt implementate.

Inteligența artificială și învățarea automată pot ajuta în continuare procesul de colectare a datelor mai ușor și mai dinamic.

Importanța IoT

Rețelele IoT ajută oamenii să-și facă viața inteligentă și să obțină un control mai bun asupra vieții lor cu ajutorul dispozitivelor/caselor inteligente/orașele inteligente (smart cities).

IoT a devenit esențial și pentru afaceri. IoT ajută companiile să obțină o imagine în timp real a modului în care configurația lor va funcționa de fapt, să ofere perspective asupra performanței lor și să se conecteze cu lanțurile de aprovizionare și operațiunile logistice, totul într-o configurație de afaceri conectată, activată la Internet.

IoT ajută companiile nu numai să automatizeze procesele și să reducă costurile cu forța de muncă, dar și să permită conectivitatea la un nivel în care seturile de date și procesele izolate sunt înlocuite cu mașini și sisteme superioare conectate, toate conectate la un sistem principal pentru a monitoriza și a lua măsuri atunci când este nevoie.

Mai mult, ajută la reducerea risipei și la eficientizarea furnizării serviciilor, de exemplu, prin reducerea intervalului de timp al inventarierii, dintre cererea de inventar și reprovizionare, astfel încât costurile de livrare a serviciilor să scadă, ceea ce aduce, de asemenea, transparență în gestionarea tranzacțiilor clienților.

IoT și-a asumat astfel importanța ca tehnologie de utilizare de zi cu zi și o vom vedea căpătând mai multă lumină a reflectoarelor odată ce alte companii încep să o folosească pentru a fi mai competitive.

Aplicațiile IoT se găsesc în multe domenii, cum ar fi: medicina, de exemplu, monitorizarea pulsului pacienților pentru a ține evidența datelor și a le trimite medicului; zona industrială, de exemplu, controlul calității produselor; orașele inteligente, de exemplu, monitorizarea autobuzelor pe traseu; echipamente de fitness, de exemplu, urmărirea caloriilor care trebuie arse; automatizarea casei, de exemplu, controlul temperaturii și a calității aerului casei sau a camerelor.

Alte provocări includ reducerea consumului de energie și minimizarea utilizării resurselor.

Beneficii ale IoT pentru organizații

IoT este util în numeroase moduri pentru organizații, atât specifice unei industrii, cât și din mai multe industrii. Câteva dintre beneficiile obișnuite ale IoT pentru organizații includ: monitorizarea proceselor de afaceri și implementarea de îmbunătățiri, acolo unde este nevoie; îmbunătățirea experienței clienților prin eficientizarea procesului de livrare a serviciilor; furnizarea de soluții eficiente din punct de vedere al costurilor și din timp organizațiilor și clienților lor, reducând risipa, presiunea termenelor și timpul necesar pentru finalizarea furnizării serviciilor; creșterea productivității angajaților prin implementarea de mașini pentru munca repetitivă și lăsând fluxurile de lucru esențiale pentru intervenția umană; integrarea de noi modele în afaceri care infuzează idei noi în moduri de lucru învechite; luarea deciziilor în timp util pentru a se coordona cu schimbarea fluxului de lucru și, astfel, a ajuta la generarea de noi venituri.

IoT ajută companiile să revizuiască posibilele modalități de a-și desfășura activitatea, oferind perspective asupra proceselor izolate și ajută la improvizația abordării și strategiilor de afaceri cu ajutorul diverselor instrumente. Este folosit frecvent în organizațiile de producție și logistică, care folosesc diferiți senzori și dispozitive IoT, fiind folosit în agricultură, infrastructură și automatizarea locuinței.

De exemplu, în agricultură, IoT ajută fermierii prin colectarea de date despre vreme (ploaie, temperatură, umiditate etc.) și, de asemenea,

asupra conținutului de sol, în special solul care conține apă, nutrienți, deșeuri de plante și animale și alte caracteristici conexe, care ajută la automatizarea metodelor de agricultură și conectarea senzorilor la un server central monitorizat de oameni, reducând munca și timpul necesar pentru a răspunde la evenimentele critice.

În mod similar, industria infrastructurii folosește IoT pentru a supraveghea operațiunile de la producție la depozitare, nu doar economisind timp și costuri, dar și a menține fluxul de lucru fără hârtie, îmbunătățind calitatea fluxului de lucru, în timp ce senzorii monitorizează modificările în structurile clădirilor, poduri etc. și raportarea anomaliilor. Cea mai recentă utilizare a IoT este în industria de automatizare a locuinței, care, prin monitorizarea și manipularea sistemelor mecanice și electrice din clădiri, ajută la menținerea caselor în siguranță și locuibile atât de inteligent.

Astfel de case/orașe inteligente pot contribui la reducerea deșeurilor și a consumului de energie. Așadar, mai multe întreprinderi/industrii moderne din majoritatea sectoarelor (sănătate, finanțe, producție sau retail) încearcă să profite de beneficiile IoT precum și cele din domeniul de securitate și apărare (drone, vehiculele aeriene fără pilot-UAV (Unmanned Aerial Vehicle), sateliți de cercetare, camere de supraveghere, sisteme de iluminare a țintelor, casca inteligentă, sisteme de dirijare, recunoașterea facială,...).

Probleme de implementare

Specialiștii se concentrează pe provocările de performanță și securitate care afectează diferite tipuri de comunicații IoT. Sunt propuse diferite abordări matematice pentru îmbunătățirea performanței comunicațiilor IoT și dezvoltarea securității pentru a contracara măsurile pentru diferite tipuri de amenințări la securitate IoT.

Un rol foarte important în performanța comunicațiilor IoT îl joacă alocarea spectrului radio necesar fapt confirmat și de cercetătorii care abordează acest domeniu. Astfel, ..., „*Datorită creșterii rapide recente a serviciilor fără fir, benzile de spectru comercial sunt acum supraaglomerate, în timp ce alte benzi de spectru prealocate sunt subutilizate. Partajarea spectrului permite sistemelor fără fir să selecteze*

zone subutilizate ale spectrului, ceea ce ar crește considerabil eficiența utilizării spectrului”¹⁶.

Introducerea unei alocări a resurselor bazată pe o abordare de agregare a purtătorului (CA-Carrier aggregation) pentru a aloca resursele permanente de spectru ale rețelei, precum și resursele de spectru subutilizate pe baza acordului CA. Abordarea propusă a îmbunătățit performanța și calitatea experienței pentru utilizatorii finali. Se precizează că: „În plus, pentru a aborda limitarea utilizării spectrului, au fost sugerate licitațiile de spectru și s-au dovedit a fi o soluție promițătoare pentru a elibera spectrul subutilizat către potențialii utilizatori secundari. Licitările de spectru sunt vulnerabile la amenințările de securitate și la tranzacțiile din spatele acestora cauzate de posibilele manipulări ale licitației”¹⁷.

Problemele de securitate în licitațiile de spectru trebuie să primească suficientă atenție în preocupările celor în drept s-o facă.

Importanța asigurării unei benzi de frecvențe suficiente pentru IoT este și în atenția cercetătorilor din acest domeniu. Astfel, se afirmă că: „Punerea la dispoziție a unui spectru mai mare poate oferi un câștig semnificativ în capacitatea de bandă largă mobilă numai dacă acele resurse pot fi agregate eficient cu resursele existente ale sistemului mobil comercial”¹⁸.

¹⁶ M. Ghorbonzadeh, A. Abdelhadi, and T. C. Clancy, *Cellular Communications Systems in Congested Environments: Resource Allocation and End-to-End Quality of Service Solutions with MATLAB*, Springer International Publishing, 2017; A. Khawar, A. Abdelhadi, and T. C. Clancy, *On the impact of timevarying interference-channel on the spatial approach of spectrum sharing between s-band radar and communication system*, in Military Communications Conference (MILCOM), 2014; A. Khawar, A. Abdel-Hadi, and T. C. Clancy, *Spectrum sharing between s-band radar and LTE cellular system: A spatial approach*, in 2014 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks: SSPARC Workshop (IEEE DySPAN 2014 - SSPARC Workshop) (McLean, USA), April 2014.

¹⁷ Haya Shajaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.15.

¹⁸ H. Shajaiah, A. Khawar, A. Abdel-Hadi, and T. Clancy, *Resource allocation with carrier aggregation in LTE advanced cellular system sharing spectrum with s-band radar*, in Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), 2014 IEEE International Symposium,

Autorii lucrării despre securitatea și performanțele tehnologiei IoT¹⁹ au dezvoltat un proiect de cercetare în care au propus o licitație securizată a spectrului și au dezvoltat un sistem de partajare a spectrului, care oferă o utilizare eficientă a resurselor de spectru, un nivel esențial de securitate, confidențialitate și inteligibilitate, pentru a permite cea mai eficientă și fiabilă utilizare a spectrului partajat la un cost scăzut.

Au fost studiate, de asemenea, provocările de securitate ale rețelelor inteligente și metode de securitate și protecție a vieții private propuse pentru comunicațiile printr-o rețea inteligentă.

A fost dezvoltat un mecanism de programare securizat, pentru resursele de energie ale rețelei inteligente, printr-un proces de licitație.

Securitatea comunicațiilor pentru aplicațiile IoT este foarte esențială, având în vedere gama lor largă de aplicații comerciale, industriale și guvernamentale.

Metodele de securitate la nivel fizic sunt considerate soluții atractive pentru IoT. Cu toate acestea, nu toate tehnicile de securitate existente la nivel fizic sunt potrivite pentru aplicațiile IoT.

Secretul uplink²⁰ în IoT este foarte esențial, deoarece comunicațiile uplink conțin date a rapoartelor senzorilor potențial clasificați. Provocările de securitate IoT și soluțiile lor potențiale au fost studiate pe scară largă în diverse alte lucrări de specialitate.

Cu toate acestea, aceste studii nu s-au concentrat pe securitatea comunicației uplink IoT. Aceeași cercetători afirmă că au luat în considerare comunicarea uplink a rețelelor industriale IoT cu latență limitată care comunică date critice ale senzorilor. S-a propus un cadru de sistem rezistent la atac pentru raportarea datelor senzorilor pe legătura ascendentă IoT. Sub atacuri de la un interceptator capabil să intercepteze transmisii pe

April 2014, pp. 34-37; M. Ghorbanzadeh, A. Abdelhadi, and C. Clancy, *Quality of service in communication systems*, in Cellular Communications Systems in Congested Environments, Springer, 2017, pp. 1-20.

¹⁹ Haya Shajiaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, pp.15-16.

²⁰ Uplink-o cale de transmisie pentru date sau alte semnale de la o stație terestră la un satelit de comunicații.

uplink, se oferă contramăsuri la astfel de atacuri și se studiază costul securității în termeni de latență (întârzieri) și rata de backhaul (regres).

„Pe de altă parte, am luat în considerare vulnerabilitățile cibernetice a sistemului informatic pentru rețelele Machine-to-Machine (M2M) fiind conectat la Internet în general. Deoarece securitatea cibernetică perfectă și robustețea este o construcție idealistă, merită să fie proiectat un IDS²¹ pentru a detecta și a atenua rapid consecințele dăunătoare ale atacurilor cibernetice. A fost propus un nou cadru de detectare și clasificare a anomaliilor pentru un sistem general M2M uplink pentru a detecta atacurile distribuite de refuzare a serviciului (DDoS-Denial-of-Service), scenarii de urgență și defecțiuni ale dispozitivelor terminale”²².

Arhitectura de comercializare a spectrului²³

Luăm în considerare un scenariu de tranzacționare a spectrului în care proprietarul spectrului este o agenție federală de reglementare care își închiriază spectrul subutilizat de radarul de bord de 3,5 GHz pe termen lung unui broker, care gestionează activele spectrului și joacă rolul unui intermediar pentru proprietarul spectrului subutilizat (Owner), de exemplu, guvernul federal și WSP²⁴-urile.

Arhitectura acestor atribuiri de spectru este reprezentată printr-o piramidă a spectrului, așa cum se prezintă în Figura 3. În vârful acestei

²¹ IDS-Intrusion Detection Scheme - Schema de detectare a intruziunilor.

²² Haya Shajaiyah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.16.

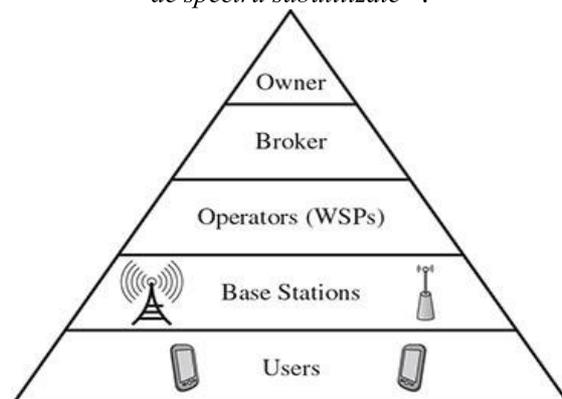
²³ A. Khawar, A. Abdelhadi, and C. Clancy, *Target detection performance of spectrum sharing mimo radars*, Sensors Journal, IEEE, September 2015, vol. 15, pp. 4928-4940; C. Sturm and W. Wiesbeck, *Waveform design and signal processing aspects for fusion of wireless communications and radar sensing*, Proceedings of the IEEE, July 2011, vol. 99, pp. 1236-1259; C. Shahriar, A. Abdelhadi, and T. C. Clancy, *Overlapped-mimo radar waveform design for coexistence with communication systems*, CoRR, 2015, vol. abs/1502.04117; X. Chen, X. Wang, S. Xu, and J. Zhang, *A novel radar waveform compatible with communication*, in International Conference on Computational Problem-Solving (ICCP), 2011, pp. 177-181.

²⁴ WSPs-Wireless System Providers (Furnizori de sisteme wireless).

piramide, se află proprietarul spectrului care închiriază benzile de frecvență subutilizate unui broker de spectru sub anumite reguli²⁵.

Brokerul reprezintă o piață secundară care scoate la licitație aceste benzi de frecvență către WSP. În partea de jos a piramidei se află dispozitivele utilizatorilor finali [adică echipamentele utilizatorilor (UE- User Equipment)] cărora li se atribuie spectrul de către BS²⁶-urile WSP. În această secțiune, specialiștii se concentrează pe proiectarea unei licitații securizate de spectru, între broker (adică, brokerul licitator) și BS-urile WSP, care să aloce benzile de frecvență subutilizate.

Figura 3. O piramidă a spectrului care reprezintă o arhitectură pentru atribuirile de spectru subutilizate²⁷.



Avantaje și dezavantaje ale IoT

- IoT ne ajută să accesăm informații oriunde, pe orice dispozitiv și în timp real.
- Îmbunătățește comunicarea între diferite obiecte interconectate.

²⁵ Federal Communications Commission, *Mobile Broadband: The Benefits of Additional Spectrum*, 2010.

²⁶ BS- Base Station (Stație de bază).

²⁷ Haya Shajaiah, Ahmed Abdelhadi, Charles Clancy, *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021, p.36.

- Economisește timp și bani prin transferul datelor prin Internet în timp real.
- Automatizează locurile de muncă, astfel, îmbunătățirea calității serviciului cu cele mai puține erori umane până la eliminarea intervenției umane.
- Problemele de securitate apar pe măsură ce dispozitivele cresc și o mulțime de informații sunt partajate în rețea, crescând astfel riscul de hacking/furt de informații.
- Pe măsură ce sistemele devin mai mari - cu poate milioane de dispozitive implicate – gestionarea datelor de la un număr atât de mare de dispozitive poate deveni o provocare în sine.
- O eroare în sistem poate deteriora fiecare dispozitiv care este conectat la rețeaua IoT.
- Din cauza lipsei oricărui standard internațional dedicat dispozitivelor IoT, poate deveni dificil pentru dispozitive să comunice între ele, atunci când sunt achiziționate de la diferiți vânzători.

Perspectivă de evoluție

O extensie a acestui domeniu poate fi implementarea modulului de recunoaștere a vorbirii în text pentru utilizatorii cu dificultăți vizuale de a interacționa cu astfel de sisteme.

Pentru implementare, este nevoie de instalarea unor camere de recunoaștere facială (ieftine) pentru a spori securitatea și confidențialitatea utilizatorului.

Această activitate poate fi implementată și pentru diferite platforme, de exemplu iOS²⁸ și Android.

Concluzii

Studiile în acest domeniu de cercetare se concentrează în principal pe automatizarea locuinței, sistem care utilizează rețeaua de senzori fără fir pe cloud. Cercetările au definit procedura de lucru și de gestionare a

²⁸ **iOS** (iPhone Operating System OS) - desemnează sistemul de operare de la compania americană Apple Inc. pentru următoarele calculatoare și aparate inteligente.

diverselor tipuri de aparate electrice și electronice folosind sisteme controlate de la distanță.

Acest mod de a lucra și de a gestiona aparatele se numește sistem de automatizare, care servește la completarea rutinelor noastre zilnice.

Sistemul propus este ușor de utilizat, se bazează pe platforma IoT, este conectat la rețele de senzori wireless și necesită cloud computing.

Sistemul bazat pe rezultate este foarte economic, eficient 100% și consumă puțină energie. Pentru ca sistemul să funcționeze pe tot parcursul, baza sa de date este stocată în cloud, unde toate fișierele sau înregistrările sunt actualizate și sincronizate zilnic și sunt disponibile pentru a fi accesate numai de utilizatorii autorizați.

Prin utilizarea unor astfel de sisteme, avem tendința de a îmbunătăți standardele de viață, de a oferi utilizatorilor un mediu sigur și de a face dispozitivele de manipulare foarte rapide și de a-i scăpa de grijile legate de manipulare și de a face față oricăror tipuri de accidente.

Pentru a integra mai multe funcții IoT, cum ar fi urmărirea tiparelor de somn ale utilizatorilor, condițiile de sănătate sau îmbunătățirea stilului de viață model al utilizatorilor, pot fi implementate capabilitățile inteligenței artificiale și algoritmi de învățare automată.

Toate acestea vor fi mai performante cu cât canalele de comunicații wireless vor fi mai dezvoltate cum ar fi rețelele 5G și/sau 6G și mai mult.



BIBLIOGRAFIE

- BRADEN R. A., *The Applied Ethics Of Emerging Military And Security Technologies*, Series: Library Of Essays On The Ethics Of Emerging Technologies, Publisher: Routledge, Year: 2016.
- BALI V., BHATNAGAR V. , SAPNA S. (ed.), PRASHANT J.i (eds.), *Disruptive Technologies for Society 5.0: Exploration of New Ideas, Techniques, and Tools*, Publisher: CRC Press, Year: 2021.

- BARNABY F., TER BORG. (eds.), *Emerging Technologies and Military Doctrine: A Political Assessment*, Publisher: Palgrave Macmillan UK, Year: 1986
- BOZKURT A., *Handbook of Research on Emerging Pedagogies for the Future of Education: Trauma-Informed, Care, and Pandemic Pedagogy*, Series: *Advances in Educational Technologies and Instructional Design*, Publisher: IGI Global, Year: 2021.
- CARON J.F., *Contemporary Technologies and the Morality of Warfare: The War of the Machines*, Series: *Emerging Technologies, Ethics and International Affairs*, Publisher: Routledge, Year: 2020.
- CARSTEN B., *Artificial Intelligence for a Better Future: An Ecosystem Perspective on the Ethics of AI and Emerging Digital Technologies*, Series: *Springer Briefs in Research and Innovation Governance*, Publisher: Springer, Year: 2021.
- CHEN X., WANG X., S. XU, J. ZHANG, *A novel radar waveform compatible with communication*, in International Conference on Computational Problem-Solving (ICCP), 2011
- VAN ENGELEN E.S., *Emerging technologies: blockchain of Intelligent Things to boost revenues*, Series: *Big data, business analytics, and smart technology collection*, Publisher: Business Expert Press, Year: 2020
- GHORBONZADEH M., ABDELHADI A., CLANCY T., *Cellular Communications Systems in Congested Environments: Resource Allocation and End-to-End Quality of Service Solutions with MATLAB*, Springer International Publishing, 2017.
- GHORBANZADEH M., ABDELHADI A., CLANCY T., *Quality of service in communication systems*, in Cellular Communications Systems in Congested Environments, Springer, 2017
- HALLER S., KARNOUSKOS S., SCHROTH C., *The internet of things in an enterprise context*, [Symposium] Future Internet, Springer, Berlin, Heidelberg, September, 2008.
- HASSAN Q.F., *A Tutorial Introduction to IoT Design and Prototyping with Examples*, IEEE, 2018.
- HASSANIEN A.E. (ed.), DARWISH A.(ed.), *Digital Transformation and Emerging Technologies for Fighting COVID-19 Pandemic:*

- Innovative Approaches (Studies in Systems), Decision and Control*, 322, Publisher: Springer, Year: 2021.
- HASSANIEN A.E., BHATTACHARYYA S., CHAKRABATI S, BHATTACHARYA A., DUTTA S., *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security: Proceedings of IEMIS 2020*, Volume 1, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, 1286, Publisher: Springer, Year: 2021.
- HAZIM D., BIL D., PIGNATARO C., *People, processes, services, and things: using services innovation to enable the Internet of everything*, Series: Service systems and innovations in business and society collection, Publisher: Business Expert Press 2015, Year: 2015.
- HENNING K., *Gamechanger AI: How Artificial Intelligence Is Transforming Our World*, Publisher: Springer, Year: 2021.
- KHAWAR A., ABDEL-HADI A., CLANCY T., *Spectrum sharing between s-band radar and LTE cellular system: A spatial approach*, in 2014 IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks: SSPARC Workshop (IEEE DySPAN 2014-SSPARC Workshop, McLean, USA), April, 2014.
- KHAWAR A., ABDEL-HADI A., CLANCY T, *On the impact of timevarying interference-channel on the spatial approach of spectrum sharing between s-band radar and communication system*, in Military Communications Conference (MILCOM), 2014.
- KHAWAR A., ABDEL-HADI A., CLANCY T, *A mathematical analysis of cellular interference on the performance of s-band military radar systems*, in Wireless Telecommunications Symposium (WTS), April 2014.
- KHAWAR A., ABDEL-HADI A., CLANCY T, *Target detection performance of spectrum sharing mimo radars*, Sensors Journal, IEEE, vol. 15, September, 2015.
- KOSAL M.E., *Disruptive And Game Changing Technologies In Modern Warfare: Development, Use, And Proliferation*, Series: Advanced Sciences And Technologies For Security Applications, Publisher: Springer, Year: 2020

- LELE A., *Disruptive Technologies for the Militaries and Security*, Series: Smart Innovation, Systems and Technologies 132, Publisher: Springer Singapore, Year: 2019.
- LINGEL J., *An Internet For The People: The Politics And Promise Of Craigslist*, Series: Princeton Studies In Culture And Technology, Publisher: Princeton University Press, Year: 2020.
- MADRY S., *Disruptive Space Technologies and Innovations: The Next Chapter*, Series: Space and Society, Publisher: Springer International Publishing, Year: 2020.
- MAGLARAS L.(ed.), KANTZAVELOU I.(ed.), *Cybersecurity Issues in Emerging Technologies*, Publisher: CRC Press, Year: 2021.
- MANGLA M.(ed.), SHARMA N.(ed.), GARG P.(ed.), WADHWA V.(ed.), THIRUNAVUKKARASU K.(ed.), SHAHNAWAZ K.(ed.) *Emerging Technologies for Healthcare: Internet of Things and Deep Learning*, Publisher: Wiley-Scrivener, Year: 2021.
- ALBERT J. M.(editor), *Cyber Forensics: Examining Emerging and Hybrid Technologies*, Publisher: CRC Press, Year: 2021.
- MENEGHELLO F., CALORE M., ZUCCHETTO D., POLESE M., A. ZANELLA, *IOT: Internet of threats? A survey of practical security vulnerabilities in real IoT devices*, IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, pp. 8182-8201, October, 2019.
- MIELKE S., *In the Age of AI: How AI and Emerging Technologies Are Disrupting Industries, Lives, and the Future of Work*, Year: 2021
- MOHAMMADI M., AL-FUQAHA A, SOROOR S., GUIZANI M., *Deep learning for IoT big data and streaming analytics: A survey*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, Fourth Quarter, 2018.
- NIKAEIN N., LANER M., ZHOU P., SVOBODA P., DRAJIC D., POPOVIC M., KRICO S., *Simple traffic modeling framework for machine type communication*, IEEE ISWCS, August, 2013
- OSCAR N., *Blockchain meets IoT: An architecture for scalable access management in IoT*. IEEE Internet of Things Journal, 5 (2)/2018.
- PATTAR S., BUYYA R., VENUGOPAL K.R., IYENGAR S., PATNAIK L.M., *Searching for the IoT resources: Fundamentals, requirements, comprehensive review, and future directions*, IEEE

- Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, Third Quarter, 2018.
- PIERCE T., *Warfighting and Disruptive Technologies: Disguising Innovation*, Series: Strategy and History, Publisher: Routledge, Year: 2004.
- SAKURAI M., SHAW R., *Emerging Technologies for Disaster Resilience: Practical Cases and Theories*, Series: Disaster Risk Reduction, Publisher: Springer, Year: 2021.
- SCHAHRAM D., STEFAN N., OGNJEN S., *Smart Cities : The Internet of Things, People and Systems*, Publisher: Springer International Publishing, Year: 2017.
- SHAHRIAR C., ABDELHADI A., CLANCY T., *Overlapped-mimo radar waveform design for coexistence with communication systems*, CoRR, 2015, vol. abs/1502.04117.
- SHAJAIAH H., KHAWAR A., ABDEL-HADI A., Clancy T., *Resource allocation with carrier aggregation in LTE advanced cellular system sharing spectrum with s-band radar*, in Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), 2014 IEEE International Symposium, April, 2014.
- SHAHRIAR C., ABDELHADI A., CLANCY T., *Performance and Security for the Internet of Things: Emerging Wireless Technologies*, Publisher: McGraw-Hill Education, Year: 2021.
- SIMMERS C.A., ANANDARAJAN M., *The Internet of People, Things and Services: Workplace*, Series: Routledge Studies in Employment Relations, Publisher: Routledge, Year: 2018.
- STURM C., WIESBECK, W., *Waveform design and signal processing aspects for fusion of wireless communications and radar sensing*, Proceedings of the IEEE, vol. 99, July, 2011.
- MANUEL R., TAVARES S., CHAKRBARTI S., BHATTACHARYA, A., GHATAK S., *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*, Proceedings of IEMIS, 2020, Volume 3, Publisher: Springer, Year: 2020.
- AL-TURJMAN F., EVER E., ZAHMATKESH H., *Small cells in the forthcoming 5G/IoT: Traffic modelling and deployment overview*,

- IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, First Quarter, 2019.
- VURAL S., NAVARATNAM P., WANG N., WANG C., L., *In-network caching of internet-of-things data*, in IEEE International Conference on Communications (ICC), June, 2014.
- M. YI, X. XU, L. XU, *An intelligent communication warning vulnerability detection algorithm based on IoT technology*, IEEE Access, vol. 7, 2019.
- ZHENG, D., SIMPLOT-R., BISDIKIAN C., MOUFTAH H.T., *The internet of things*, IEEE Communications Magazine, vol. 49, November, 2011.
- ***Federal Communications Commission, *Mobile Broadband: The Benefits of Additional Spectrum*, 2010.
- *** <https://www.worldometers.info/>, accesat la data de 27.11.2021.
- *** <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>, accesat la data de 27.11.2021.

