

INTERNETUL LUCRURILOR – O NOUĂ PARADIGMĂ A CONECTĂRII ÎN INTERNET

Daniel SAVU

dsavu@ici.ro

Mihaela TOMESCU

mtomescu@ici.ro

Lidia BĂJENARU

lidia.bajenaru@ici.ro

Institutul Național de Cercetare - Dezvoltare în Informatică - ICI București

Rezumat: Internetul lucrurilor (Internet of Things - IoT) este o tehnologie în curs de dezvoltare, care tinde spre a face parte din viața cotidiană din ce în ce mai mult. Multiplele aspecte ale IoT, precum și numărul din ce în ce mare de dispozitive, tehnologii și platforme în acest domeniu, au condus ca IoT să fie o tehnologie extinsă în multe domenii. Internetul lucrurilor reprezintă o tehnologie ce va permite intrarea într-o nouă eră economică pentru întregul glob. IoT este un concept care definește o lume în care toate obiectele (mașini, electrocasnice, sisteme de iluminat, dispozitive mobile, portabile etc.) sunt conectate între ele prin intermediul Internetului. În acest articol sunt prezentate cele mai importante caracteristici și aplicații majore ale IoT, precum și provocările tehnologice cu care se confruntă Internetul lucrurilor. IoT nu este rezultatul unei singure tehnologii noi, mai multe progrese tehnice complementare furnizează capacități care, luate împreună, ajută la eliminarea decalajului dintre lumea virtuală și cea fizică. Aceste capacități susțin IoT și perspectivele dezvoltării acestuia. În concluzie, organizațiile economice vor trebui să înceapă să implementeze tehnologia IoT dacă doresc să supraviețuiască pe termen lung, însă de asemenea vor trebui să pună în aplicare strategii care să răspundă numeroaselor riscuri asociate cu Internetul lucrurilor.

Cuvinte cheie: Internetul lucrurilor (IoT), distributivitate, interoperabilitate, scalabilitate, securitate.

Abstract: The Internet of Things (IoT) is an emerging technology that tends to increasingly become part of everyday life. The multiple aspects of IoT, and the increasingly large number of devices, technologies and platforms in the field, led to the development of IoT technology in many areas. The Internet of Things is a technology that will allow the entry into a new economic era for the entire globe. IoT is a concept that defines a world where all the objects (cars, appliances, lighting systems, mobile devices, portable devices etc.) are connected to each other via the Internet. In this paper, there are presented the most important characteristics and major applications of IoT, and the technological challenges that the Internet of Things is facing. IoT is not the result of a single new technology, several complementary technical advances provide capabilities that, together, help to bridge the gap between the virtual world and the physical one. These capabilities support the IoT and the prospects of its development. In conclusion, businesses will need to begin to implement IoT technology if they want to survive over the long term, but they will also have to implement strategies that account for the many risks associated with the Internet of things.

Keywords: Internet of Things (IoT), distributivity, interoperability, scalability, security.

1. Introducere

Internetul lucrurilor (Internet of Things - IoT) [1, 2, 3] este un concept care definește o lume în care toate obiectele (mașini, electrocasnice, sisteme de iluminat, dispozitive mobile, portabile etc.) sunt conectate între ele prin intermediul Internetului.

Internetul lucrurilor nu se bazează numai pe calculatoare ca să existe. Fiecare obiect, chiar și corpul uman, poate deveni o parte din Internetul lucrurilor dacă este echipat cu anumite componente electronice. Aceste părți variază cu siguranță, în funcție de ce trebuie să efectueze obiectul, dar se încadrează în două mari categorii:

- obiectul trebuie să fie capabil să captureze date, de obicei, prin intermediul senzorilor.

- obiectul trebuie să fie în măsură să transmită aceste date în altă parte prin intermediul Internetului.

Un senzor și o conexiune, prin urmare, sunt cele două părți electronice primare ale unui obiect inclus în Internetul lucrurilor.

Potrivit analiștilor din industrie, în anul 2015 existau între 10 și 20 de miliarde de obiecte conectate la Internet. Acest ecosistem de obiecte conectate formează fundamentul Internetului lucrurilor. Numărul de obiecte conectate în anul 2015 era mic în comparație cu cât de multe vor fi conectate în anul 2020. Estimările variază, dar, în general se previzionează faptul că numărul obiectelor conectate până în anul 2020 va fi de 40-50 de miliarde incluzând totul, de la stilouri la locuințe, mașini și echipamente industriale.

Reprezentarea grafică din figura 1 prezintă obiectele ce pot fi conectate între ele prin intermediul Internetului lucrurilor.

Conform unui studiu efectuat de RAND Europe, potențialul economic global anual al Internetului lucrurilor în toate sectoarele vizate



Figura 1. Internetul lucrurilor

IoT a devenit unul din cele mai provocatoare subiecte de cercetare în domeniul TIC [3]. Internetul lucrurilor oferă un număr uimitor de oportunități pentru afaceri, multe dintre acestea fiind cunoscute doar de experții în domeniu. În general, mass-media își concentrează atenția asupra segmentului din Internetul lucrurilor dedicat consumatorului. Nu există nicio îndoială că produsele dedicate consumatorului dețin un loc important în universul Internetului lucrurilor, dar ele rămân, totuși, o nișă. Întreprinderile care nu sunt implicate în piața dedicată consumatorului pot crede în mod greșit că Internetul lucrurilor nu are ce să le ofere. Totuși, Internetul lucrurilor va avea implicații profunde asupra tuturor nivelurilor operațiunilor de afaceri, indiferent de tipul industriei [4]. Problemele cu care întreprinderile se confruntă de zeci de ani se vor diminua în mod semnificativ și, în multe cazuri, vor dispărea.

Împreună cu alte dezvoltări tehnologice, cum ar fi Cloud computing, rețelele inteligente, nanotehnologia și robotica, universul Internetului lucrurilor asigură un uriaș pas înainte spre o economie caracterizată prin eficiență sporită, productivitate, siguranță și profit [5].

variază de la 1,4 trilioane \$ (aproximativ 1,09 trilioane €) în anul 2015 la 14,4 trilioane \$ (aproximativ 11,2 trilioane €) în anul 2020, adică aproximativ, PIB-ul Uniunii Europene. Într-adevăr, până în anul 2020, Internetul lucrurilor nu va mai fi un segment TI izolat, ci va fi forța motrice din spatele unei mari părți a activității economice a lumii. Până în anul 2020, numărul activităților industriale care nu vor fi influențate de Internetul lucrurilor va fi nesemnificativ. Chiar și în anul 2015, existau puține industrii care nu utilizau deloc Internetul lucrurilor în activitățile și procesele lor. În consecință, numărul industriilor în care Internetul lucrurilor este indispensabil pentru derularea operațiunilor este din tot mai mare.

Gartner a estimat că, până în anul 2020, vor fi aproape 26 de miliarde de dispozitive pe Internetul lucrurilor. ABI Research estimează că mai mult de 30 de miliarde de dispozitive vor fi conectate wireless la Internetul lucrurilor până în 2020. Potrivit unui studiu recent realizat de Pew Internet Project Research, 83 la sută dintre experții în tehnologie și utilizatorii de Internet au fost de acord cu ideea că Internetul lucrurilor / Cloud, cu sisteme informatice integrate și portabile (și sistemele

dinamice corespunzătoare) vor avea efecte benefice larg răspândite până în anul 2025.

Toate oportunitățile prezintă un anumit nivel de risc și, în ceea ce privește Internetul lucrurilor, riscurile sunt la fel de importante ca recompensele. Pornind de la breșele cibernetice la transferul unei probleme privind dreptul de proprietate, întreprinderile nu își pot permite să intre în această nouă lume tehnologică nepregătite. De exemplu, orice obiect conectat la Internet este un punct de intrare prin care infractorii cibernetici pot pătrunde în sistemul de afaceri al unei întreprinderi.

Într-o lume în care mașinile încep să înlocuiască oamenii și devin factori de decizie, iar senzorii capturează date în mod continuu, apar întrebări serioase în ceea ce privește garanțiile privind securitatea, atacurile cibernetice având ca rezultat daune fizice și afectarea confidențialității. Chiar dacă nu se poate spune cu certitudine care sunt așteptările întreprinderilor până în anul 2020 se pot prezice problemele care vor deveni importante. O lume guvernată de Internetul lucrurilor este una în care sunt necesare măsuri adecvate, datorită creșterii complexității economice și dezvoltarea cadrului de lucru pe care industriile, precum și guvernele l-au adoptat pentru a stimula creșterea economică și concurența. Internetul lucrurilor va avea un impact în fiecare țară și economie de pe planetă, chiar și în lumea în curs de dezvoltare, în care beneficiile progresului tehnologic au fost de obicei negate.

2. Înțelegerea conceptului de Internet al lucrurilor

Termenul „*Internet of Things - Internetul lucrurilor*” a fost utilizat prima dată de Kevin Ashton într-o prezentare din anul 1998 [6]. El a menționat că „Internetul lucrurilor are potențialul de a schimba lumea, la fel cum a făcut și Internetul. Poate chiar mai mult”. În anul 2001, centrul Auto-ID al Massachusetts Institute of Technology (MIT) și-a prezentat viziunea referitoare la Internetul lucrurilor. Ulterior, termenul de Internetul lucrurilor a fost introdus oficial de către Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (ITU) în anul 2005 prin raportul Internet ITU.

În anul 2007, Ashton a dezvoltat acest termen într-un articol astfel: „Dacă am avea

calculatoare care să cunoască tot ceea ce este de știut despre lucruri - folosind datele colectate fără niciun ajutor uman - am fi capabili să urmărim, să evaluăm fiecare lucru și să diminuăm foarte mult numărul deșeurilor, pierderile și costurile. Am cunoaște când trebuie înlocuite, reparate sau reapelate lucrurile și am ști în permanență dacă sunt în stare bună și funcționează la parametrii normali.

Calculatoarele trebuie, prin propriile mijloace de colectare a informațiilor, să fie capabile să vadă, să audă și să simtă lumea, în toată splendoarea sa aleatoare. RFID (*Radio-Frequency Identification - Identificare prin frecvență radio*) și tehnologia senzorilor permit computerelor să observe, să identifice și să înțeleagă lumea, fără să existe limitările care se datorează datelor introduse de către om.”

În anul 2012, Rand Europe a definit Internetul lucrurilor într-un raport de cercetare al Comisiei Europene. În acest raport se evidențiază că: „Internetul lucrurilor este o dezvoltare a Internetului realizată prin crearea unei rețele universale de obiecte fizice conectate capabile să se auto-organizeze, identificabile și adresabile care permit dezvoltarea de aplicații în și între sectoare verticale cheie prin utilizarea de chip-uri, senzori și elemente de acționare încorporați și prin miniaturizare cu cost scăzut”.

De asemenea, există și alte definiții ale Internetului lucrurilor elaborate de diferiți cercetători sau organisme internaționale. În continuare sunt prezentate câteva dintre acestea:

- definiția elaborată de T. Lu și W. Neng: „Lucrurile au identități și personalități virtuale care operează în spații inteligente folosind interfețe inteligente pentru a se conecta și a comunica în cadrul contextelor sociale, de mediu și ale utilizatorului.”;
- definiția elaborată de Comisia Europeană: „Din punct de vedere semantic, expresia este compusă din două cuvinte și concepte: Internet și Thing (lucru), în care Internet-ul poate fi definit ca fiind o rețea universală de rețele de calculatoare interconectate, bazată pe un protocol de comunicare standard, TCP / IP

(*Transmission Control Protocol / Internet Protocol - Protocol de control al transmisiei / Protocol Internet*), în timp ce Thing (lucrul) reprezintă un obiect care nu este identificat cu precizie. Prin urmare, din punct de vedere semantic, Internetul lucrurilor are sensul de rețea universală de obiecte interconectate unic adresabile, bazate pe protocoale standard de comunicare.”;

- definiția elaborată de P. Guillemin și P. Friess: „Internetul lucrurilor permite oamenilor și obiectelor să fie conectate oricând, oriunde, cu orice și oricine, utilizând orice cale / rețea, precum și orice serviciu.”

Definițiile termenilor de bază [7] utilizați în Internetul lucrurilor sunt următoarele:

- *Dispozitiv al Internetului lucrurilor (Internet of Things device)*: orice dispozitiv de sine stătător conectat la Internet, care poate fi monitorizat și / sau controlat dintr-o locație aflată la distanță;
- *Ecosistem al Internetului lucrurilor (Internet of Things ecosystem)*: Toate componentele care permit întreprinderilor, guvernelor și consumatorilor să se conecteze la dispozitivele lor dedicate Internetului lucrurilor, incluzând telecomenzi, tablouri de bord, rețele, gateway-uri, date de analiză, stocarea datelor și securitatea;
- *Entitate (Entity)*: include întreprinderi, guverne și consumatori;
- *Strat fizic (Physical layer)*: hardware-ul care alcătuiește un dispozitiv dedicat Internetului lucrurilor, inclusiv senzori și componente de rețea;
- *Strat de rețea (Network layer)*: este responsabil pentru transmiterea datelor colectate de către stratul fizic la diferite dispozitive;
- *Strat de aplicație (Application layer)*: include protocoalele și interfețele utilizate de dispozitive pentru a identifica și a comunica între ele;

- *Telecomenzi (Remotes)*: activează entitățile care utilizează dispozitive dedicate Internetului obiectelor pentru a se conecta la ele și a le controla folosind un tablou de bord, cum ar fi o aplicație mobilă. Acestea includ smartphone-uri, tablete, calculatoare, ceasuri inteligente, televizoare conectate și telecomenzi netradiționale.
- *Tablou de bord (Dashboard)*: afișează informații referitoare la ecosistemul utilizatorilor, permițându-le acestora să-și controleze propriul ecosistem al Internetului lucrurilor. Este inclus, în general, într-o telecomandă;
- *Sisteme software de analiză (Analytics)*: sisteme software care analizează datele generate de dispozitivele dedicate Internetului lucrurilor. Analiza poate fi utilizată pentru o varietate de scenarii, cum ar fi mentenanța predictivă;
- *Depozit de date (Data storage)*: locul în care sunt stocate datele provenite de la dispozitivele dedicate Internetului lucrurilor;
- *Rețea (Network)*: stratul de comunicare pe Internet, care permite entităților să comunice cu dispozitivele lor și, uneori, permite dispozitivelor să comunice între ele.

2.1 Caracteristici ale Internetului lucrurilor

Cele mai importante caracteristici ale Internetului lucrurilor [8] sunt următoarele:

- *Distributivitatea*: Internetul lucrurilor va evolua într-un mediu extrem de distribuit. Datele vor putea fi colectate din surse diferite și prelucrate de către mai multe entități într-un mod distribuit;
- *Interoperabilitatea*: dispozitivele provenite de la furnizori diferiți vor trebui să coopereze în vederea atingerii obiectivelor comune. Sistemele și protocoalele vor trebui să fie proiectate într-un mod care să permită obiectelor (dispozitivelor) provenite de la diverși producători să facă

schimb de date și să lucreze într-un mod interoperabil;

- *Scalabilitatea*: în Internetul lucrurilor se preconizează că miliarde de obiecte vor face parte din rețea. Astfel, sistemele și aplicațiile care rulează în partea de sus a rețelei vor trebui să gestioneze un volum fără precedent de date;
- *Deficitul de resurse*: atât puterea energetică, cât și resursele de calcul vor fi extrem de limitate;
- *Securitatea*: existența unui control extern necunoscut va genera frustrare în rândul utilizatorilor fapt care ar reprezenta un impediment serios în ceea ce privește implementarea Internetului lucrurilor.

2.2 Comparație între Internetul lucrurilor și concepte similare

Deși Internetul lucrurilor este de departe cel mai popular termen utilizat pentru descrierea fenomenului unei lumi conectate, există și alte concepte similare [9]. Majoritatea acestor concepte sunt similare în sens, dar au definiții ușor diferite. Aceste concepte sunt prezentate în continuare:

- *Mașină-către-mașină (Machine to Machine - M2M)*: Termenul este utilizat de peste un deceniu, fiind bine-cunoscut în sectorul telecomunicațiilor. Inițial, comunicarea M2M a fost o conexiune unu-la-unu, care leagă o mașină de alta. Dar, în prezent, explozia conectivității mobile are drept efect faptul că datele pot fi mai ușor de transmise, prin intermediul unui sistem de rețea IP, la o gamă mult mai largă de dispozitive.
- *Internet industrial*: Termenul de Internet industrial al lucrurilor merge dincolo de M2M, deoarece nu numai că se concentrează pe conexiunile dintre mașini, dar include, de asemenea, și interfețe umane.
- *Internetul lucrurilor (Internetul of Things - IoT)*: Termenul de IoT are o acoperire extinsă, deoarece include legături existente dincolo de contextul industrial,

cum ar fi dispozitivele ușor de purtat de către oameni.

- *Internet (așa cum este cunoscut)*: Conexiunile se realizează doar între oameni.
- *Web-ul lucrurilor (Web of Things)*: Web-ul lucrurilor are un domeniu mult mai îngust de aplicare în comparație cu celelalte concepte deoarece se concentrează exclusiv pe arhitectura software.
- *Internet a orice (Internet of Everything - IoE)*: Termenul de Internet a orice este încă un concept destul de vag. IoE își propune să includă toate conexiunile care pot fi imaginabile.
- *Industria 4.0 (Industry 4.0)*: Termenul de Industria 4.0 este puternic susținut de către guvernul german, dar este la fel de limitat ca și cel de Internet industrial deoarece se concentrează numai pe mediile industriale. Totuși, acest termen are cea mai mare sferă de aplicare dintre toate conceptele deoarece descrie un set de concepte care stau la baza următoarei revoluții industriale. Termenul de Industria 4.0 include toate tipurile de concepte de conectivitate, dar merge și mai departe pentru a include schimbările reale din lumea fizică cum ar fi tehnologiile de imprimare 3D, noua realitate hardware augmentată, robotica și materialele avansate.

3. Aplicații ale Internetului lucrurilor

În prezent, pentru public, Internetul lucrurilor apare ca fiind un amestec de aplicații casnice și componente industriale inteligente [10]. Dar, de fapt, are potențialul de a avea o rază mult mai largă de acțiune. Atunci când lumea conectată va deveni realitate, Internetul lucrurilor va transforma aproape toate segmentele majore - de la locuințe la spitale și de la automobile la orașe.

Figura 2 prezintă evoluția în timp a nivelului de dezvoltare a tehnologiei dedicată Internetului lucrurilor [11].

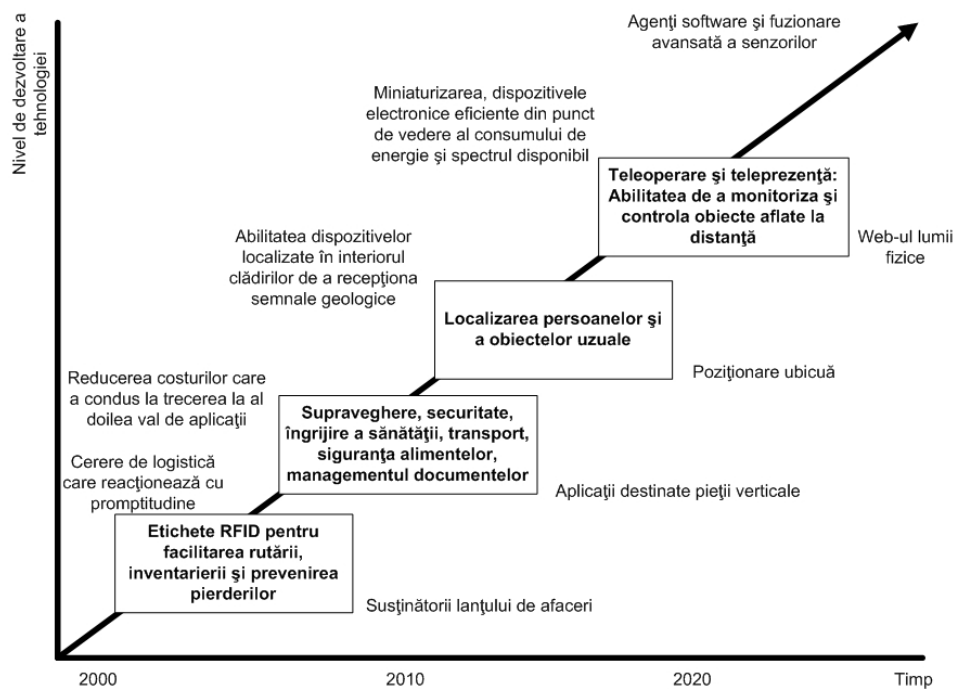


Figura 2. Evoluția tehnologiei dedicată Internetului lucrurilor - adaptare după [11]

Cele mai multe dintre aceste segmente poartă numele de „inteligente”, cum ar fi Smart Home (casă inteligentă) sau „conectat” cum ar fi Connected Health (sănătate conectată). În prezent, aplicațiile majore din domeniul Internetul lucrurilor includ:

- *Locuință inteligentă (Smart Home / Home automation):* conceptul de locuință inteligentă descrie conectivitatea din interiorul locuințelor. Astfel sunt incluse termostate, detectoare de fum, becuri, aparate, sisteme destinate divertismentului, ferestre, uși, încuietori și multe altele. Printre organizațiile cele mai cunoscute implicate în domeniu sunt incluse Nest, Apple, Philips și Belkin;
- *Dispozitive ușor de purtat (Wearables):* indiferent că este vorba de Jawbone Up, Flex Fitbit sau Apple SmartWatch, dispozitivele ușor de purtat constituie majoritatea dispozitivelor din domeniul aplicațiilor Internetului lucrurilor destinate consumatorilor;
- *Oraș inteligent (Smart City):* orașul inteligent acoperă o largă varietate de cazuri de utilizare, de la managementul traficului la distribuția apei, managementul deșeurilor, securitatea urbană și monitorizarea mediului. Soluțiile Smart City promit să vină în întâmpinarea problemelor

cu care se confruntă locuitorii orașelor. Aceste probleme includ congestiile din trafic, reducerea zgomotului și a poluării și susținerea siguranței orașelor;

- *Rețea inteligentă:* rețeaua inteligentă a viitorului promite să utilizeze informații despre comportamentele furnizorilor și consumatorilor de energie electrică într-un mod automat pentru a îmbunătăți eficiența, fiabilitatea și economia de energie electrică;
- *Internet industrial:* Numeroase studii de piață, cum ar fi Gartner sau Cisco consideră Internetul industrial ca fiind conceptul cu cel mai mare potențial din domeniul Internetului lucrurilor. Aplicațiile includ, printre altele, fabrici inteligente sau echipamente industriale conectate. În anul 2014, General Electric a raportat venituri de aproximativ 1 miliard \$ obținute prin utilizarea de produse ale Internetului industrial;
- *Automobile conectate:* se dă o adevărată bătălie pentru automobilul viitorului. Fie că este vorba de auto-conducere sau, pur și simplu, de șofer asistat, conexiunea cu alte mașini, serviciile de cartografiere sau de control al traficului vor juca un rol important. Generația următoare de sisteme de divertisment la bordul autovehiculului și de monitorizare de la distanță sunt, de

asemenea, concepte interesante de urmărit. O serie de mari producători, care joacă un rol important cum ar fi: Google, Microsoft și Apple, au realizat platforme dedicate mașinilor conectate;

- *Sănătate conectată (Sănătate digitală / Telehealth / Telemedicină)*: conceptele de sistem de sănătate conectat și de dispozitive medicale inteligente au un potențial enorm, nu doar pentru organizații ci și pentru bunăstarea oamenilor în general. Noile tipuri de instrumente de monitorizare a sănătății în timp real și de îmbunătățire a deciziilor medicale bazate pe seturi mari de date ale pacientului sunt unele dintre beneficiile preconizate;
- *Vânzarea inteligentă cu amănuntul (Smart Retail)*: publicitatea bazată pe proximitate, măsurarea comportamentului de cumpărare în magazin și soluțiile inteligente de plată sunt doar câteva dintre conceptele IoT ale Smart Retail;
- *Lanț inteligent de aprovizionare (Smart supply chain)*: lanțurile de aprovizionare devin din ce în ce mai inteligente. Soluțiile pentru urmărirea mărfurilor în timp ce acestea sunt transportate sau pentru schimbul de informații între furnizori sunt unele dintre aplicațiile lanțului de aprovizionare, care fac parte din Internetul lucrurilor;
- *Agricultura inteligentă*: Efectuarea operațiilor agricole de la distanță și posibilitatea monitorizării unui mare număr de animale fac ca agricultura să fie un domeniu interesant pentru Internetul lucrurilor.

4. Capabilități care susțin Internetul lucrurilor

Din punct de vedere tehnic, Internetul lucrurilor nu este rezultatul unei singure tehnologii noi; mai multe progrese tehnice complementare furnizează capabilități care, luate împreună, ajută la eliminarea decalajului dintre lumea virtuală și cea fizică [12]. Aceste capabilități includ:

- *Comunicarea și cooperarea*: obiectele au capacitatea de a se conecta cu resurse de pe Internet sau chiar unele cu altele, pentru a utiliza date și servicii și pentru a-și actualiza starea. Tehnologiile fără fir, cum ar fi GSM

(*Global System for Mobile Communications - Sistem global pentru comunicații mobile*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System - Sistem universal pentru comunicații mobile*), Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee și diverse alte standarde de rețea fără fir aflate în curs de dezvoltare, în special cele referitoare la WPAN-uri (*Wireless Personal Area Networks – Rețele fără fir din domeniul personal*), sunt de maximă importanță în domeniul Internetului lucrurilor;

- *Adresabilitatea*: în cadrul Internetului lucrurilor, obiectele pot fi localizate și abordate prin intermediul serviciilor de descoperire, de căutare sau de nume și, prin urmare, pot fi interogate sau configurate de la distanță;
- *Identificarea*: obiectele sunt identificabile în mod unic. RFID, NFC (*Near Field Communication - Tehnologie de schimb de date la foarte mică distanță, care permite identificarea prin frecvențe radio*) și codurile de bare optice sunt exemple de tehnologii cu care pot fi identificate chiar și obiectele pasive, care nu s-au creat prin resurse energetice (cu ajutorul unui „mediator”, cum ar fi un cititor RFID sau un telefon mobil). Identificarea permite obiectelor să fie legate de informațiile asociate cu un anumit obiect și care pot fi preluate de la un server, cu condiția ca mediatorul să fie conectat la rețea;
- *Detectarea*: obiectele colectează informații referitoare la mediul în care se află prin intermediul senzorilor, le pot înregistra, le pot transmite sau pot reacționa la informațiile respective;
- *Aționarea*: obiectele conțin elemente de acționare pentru a manipula mediul lor (de exemplu, prin transformarea semnalelor electrice în mișcare mecanică). Astfel de elemente de acționare pot fi utilizate pentru a controla de la distanță procesele din lumea reală prin intermediul Internetului;
- *Prelucrarea informațiilor încorporate*: obiectele inteligente sunt dotate cu un procesor sau microcontroler, plus o capacitate de stocare. Aceste resurse pot fi utilizate, de exemplu, pentru prelucrarea și interpretarea informațiilor provenite de la senzor sau pentru a oferi produselor o „memorie” privind modul în care acestea au fost utilizate;

- *Localizarea*: obiectele inteligente sunt conștiente de localizarea lor fizică sau pot fi localizate. GPS-ul (*Global Positioning System - Sistem de poziționare globală*) sau rețeaua de telefonie mobilă sunt tehnologii de localizare adecvate, precum și măsurarea timpului cu ultrasunete, UWB (*Band Ultra-Wide – Bandă ultra-largă*), balizele radio (de exemplu, stațiile de bază WLAN (*Wireless Local Area Network – Rețea locală fără fir*) din vecinătate sau cititoarele RFID cu coordonate cunoscute) și tehnologiile optice;
- *Interfețele cu utilizatorul*: obiectele inteligente pot comunica cu oamenii într-un mod adecvat (direct sau indirect, de exemplu prin intermediul unui smartphone). Paradigmele de interacțiune inovatoare sunt relevante, cum ar fi interfețele tangibile cu utilizatorii, display-urile pe bază de polimeri și metodele de recunoaștere a vocii, imaginii sau gesturilor.

5. Provocări tehnologice pentru Internetul lucrurilor

Internetul lucrurilor se confruntă cu provocările tehnologice [12] evidențiate în continuare:

- *Scalabilitatea*: Internetul lucrurilor are un domeniu potențial de aplicare globală mai mare decât Internetul convențional. Lucrurile, însă, cooperează în principal într-un mediu local. Deci, funcționalitățile de bază, cum ar fi comunicarea și descoperirea de servicii trebuie să funcționeze la fel de eficient în ambele medii, atât pe scară mică, cât și pe scară largă;
 - *Acceptarea și operarea*: obiectele inteligente utilizate zi cu zi nu trebuie să fie percepute precum calculatoarele care solicită ca utilizatorii lor să le configureze și să le adapteze la anumite situații. Lucrurile mobile, care adesea sunt folosite doar sporadic, au nevoie să stabilească conexiuni în mod spontan și să se organizeze și să se configureze pentru a se potrivi mediului lor specific;
 - *Interoperabilitatea*: așa cum lumea lucrurilor fizice este extrem de diversă, în Internetul lucrurilor fiecare tip de obiect inteligent are capacități diferite de prelucrare și comunicare a informațiilor.
- Obiectele inteligente pot fi supuse unor condiții foarte diferite, cum ar fi energia disponibilă și lățimea de bandă necesară pentru comunicații. Totuși, pentru a se facilita comunicarea și cooperarea, sunt necesare practici și standarde comune. Acest lucru este deosebit de important în ceea ce privește adresele obiectului. Acestea ar trebui să respecte o schemă standardizată, dacă este posibil, conformă liniilor standardului IP utilizat în domeniul Internet-ului convențional;
- *Descoperirea*: în mediile dinamice, serviciile pentru lucruri trebuie identificate în mod automat, ceea ce necesită mijloace semantice adecvate de descriere a funcționalității lor. Utilizatorii pot dori să primească informații legate de produs și să folosească motoarele de căutare care pot găsi lucruri sau care furnizează informații referitoare la starea unui obiect;
 - *Complexitatea software-ului*: deși sistemele software din obiectele inteligente funcționează cu resurse minime, pentru administrarea obiectelor inteligente și oferirea de servicii de sprijin este necesară, la fel ca sistemele integrate convenționale, o infrastructură software mai extinsă în rețea și pe serverele de background;
 - *Volumele de date*: în timp ce unele scenarii implică comunicare scurtă, cu frecvență redusă, altele, cum ar fi rețelele de senzori, logistica și scenariile pe scară largă de „conștientizare a lumii reale” necesită volume mari de date pe nodurile sau serverele centrale de rețea;
 - *Interpretarea datelor*: susținerea utilizatorilor de obiecte inteligente implică interpretarea cât mai exact posibil a contextului determinat de senzori la nivel local. Pentru ca furnizorii de servicii să profite de datele disperate care vor fi generate, trebuie să fie posibil să extragă unele concluzii generalizabile din datele interpretate provenite de la senzori. Totuși, generarea de informații utile din datele brute provenite de la senzori care pot declanșa o acțiune ulterioară nu este în niciun caz o acțiune ușoară;
 - *Securitatea și confidențialitatea datelor personale*: în plus față de aspectele legate de securitate și de protecție a Internetului, familiare majorității utilizatorilor (cum ar fi confidențialitatea comunicațiilor, autenti-

citarea și credibilitatea partenerilor de comunicare, precum și integritatea mesajelor), există și alte cerințe care sunt importante în Internetul lucrurilor. De exemplu, un utilizator poate permite ca lucrurile să aibă doar un acces selectiv la anumite servicii sau le poate împiedica să comunice cu alte lucruri în anumite momente sau într-un mod necontrolat; tranzacțiile comerciale care implică obiecte inteligente ar trebui să fie protejate împotriva accesului neautorizat al competitorilor de pe piață;

- *Toleranța la erori:* lumea lucrurilor este mult mai dinamică și mobilă decât lumea calculatoarelor, existând contexte care se schimbă rapid și în moduri neașteptate. Totuși, utilizatorii își doresc să se bazeze pe lucruri care funcționează în mod corespunzător. Structurarea Internetului lucrurilor într-un mod robust și de încredere necesită redundanță pe mai multe niveluri și capacitatea de adaptare automată la condițiile schimbate;
- *Alimentarea cu energie:* lucrurile, în mod obișnuit, nu sunt alimentate de la rețea, astfel încât inteligența lor trebuie să fie alimentată de la o sursă de energie auto-suficientă. Cu toate că transponderile RFID pasive nu au nevoie de propria lor sursă de energie, funcționalitatea lor și gama de comunicații sunt foarte limitate. În multe scenarii, bateriile și blocurile de alimentare de la rețea sunt problematice, din cauza dimensiunii și greutateii lor și în special din cauza cerințelor de întreținere. Din păcate, tehnologia bateriilor progresează relativ lent, și „recoltarea de energie”, adică generarea de energie electrică din mediul înconjurător (folosind diferențele de temperatură, vibrațiile, curenții de aer, lumina etc.), nu este încă suficient de dezvoltată pentru a satisface cerințele energetice ale sistemelor electronice actuale în majoritatea scenariilor de aplicare. Există speranțe în ceea ce privește viitoarele procesoare cu consum redus de energie și unități de comunicații pentru sisteme integrate, care pot funcționa cu mult mai puțină energie. Economisirea de energie este un factor important nu numai în arhitectura hardware și de sistem, dar și în software, de exemplu, implementarea stivei de protocol, în cazul în care fiecare octet de

transport va trebui să-și justifice existența. Există deja senzori wireless fără baterii care își pot transmite informațiile la o distanță de câțiva metri. La fel ca sistemele RFID, își obțin energia de care au nevoie, fie de la distanță, fie din procesul de măsurare în sine, de exemplu prin utilizarea de materiale piezoelectrice sau piroelectrice pentru măsurarea presiunii și temperaturii;

- *Interacțiunea și comunicațiile cu rază scurtă de acțiune:* comunicațiile fără fir pe distanțe de câțiva centimetri sunt suficiente, de exemplu, în cazul în care un obiect este atins de un alt obiect. În cazul în care sunt implicate astfel de distanțe scurte, este nevoie de foarte puțină energie, este simplificată abordarea (adesea există doar o singură destinație posibilă) și de obicei nu există riscul interceptării. NFC este un exemplu de acest tip de comunicare. La fel ca RFID, folosește cuplaj inductiv. În timpul comunicării, un partener se află în modul activ, iar celălalt poate fi în modul pasiv. Unitățile NFC active sunt suficient de mici pentru a fi utilizate în telefoanele mobile; unitățile pasive sunt similare cu transponderile RFID și sunt semnificativ mai mici, mai ieftine și nu au nevoie de propria sursă de putere;
- *Comunicațiile fără fir:* din punct de vedere energetic, tehnologiile wireless, cum ar fi GSM, UMTS, Wi-Fi și Bluetooth sunt mult mai puțin adecvate; standardele WPAN mai recente cum ar fi ZigBee și altele încă în curs de dezvoltare pot avea o lățime de bandă mai îngustă, dar ele folosesc în mod semnificativ mai puțină energie.

6. Concluzii

Internetul lucrurilor (IoT) va permite intrarea într-o nouă eră economică pentru întregul glob. Perspectivele oferite de IoT nu se referă numai la simple îmbunătățiri ale proceselor și modelelor economice existente, ci mai degrabă la transformarea domeniului de aplicare a acestora.

Economia IoT va revoluționa modul în care organizațiile economice își desfășoară activitățile de producție, funcționare și dezvoltare. Iar schimbarea se întâmplă mai repede decât în orice revoluție industrială anterioară.

În același timp, Internetul lucrurilor va produce provocări semnificative în toate sectoarele și pentru toate industriile. Deși rezolvă probleme care au afectat afacerile timp de zeci de ani, dacă nu chiar secole, va crea, însă, dileme procedurale și etice complet noi.

Temerile cu privire la confidențialitatea datelor personale, securitatea cibernetică, precum și proprietatea și responsabilitatea asupra produselor vor crește odată cu dezvoltarea de noi aplicații specifice Internetului lucrurilor.

Organizațiile economice vor trebui să înceapă să implementeze tehnologia IoT dacă doresc să supraviețuiască pe termen lung, însă de asemenea vor trebui să pună în aplicare strategii care să răspundă numeroaselor riscuri asociate cu IoT.

BIBLIOGRAFIE

1. **ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G.:** The Internet of Things: A survey, *Computer Networks*, Vol. 54, Issue 15, 2010, pp. 2787-2805.
2. **KARKOUCH, A.; MOUSANNIF, H.; AL MOATASSIME, H.; NOEL, T.:** Data quality in Internet of Things: A state-of-the-art survey. *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 73, 2016, pp. 57-81.
3. **ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G.:** Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, Vol. 56, 2017, pp. 122-140.
4. **WEBER, R. H.; WEBER, R.:** Internet of Things. *Legal Perspectives*. Springer Berlin Heidelberg, 135 p., 2010.
5. **DÍAZ, M.; MARTÍN, C.; RUBIO, B.:** State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing, *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 67, 2016, pp. 99-117.
6. **CONSUMER TECHNOLOGY ASSOCIATION (CTA) & AMERICAN INTERNATIONAL GROUP INC. (AIG):** The Internet of Things: Evolution or Revolution? <http://www.aig.com/content/dam/aig/america-canada/us/documents/business/casualty/aigi-english-report.pdf>, 2015.
7. **GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M.:** Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, Volume 29, Issue 7, 2013, pp. 1645-1660.
8. **ABDMEZIEM, M.R.; TANDJAOU, D.; ROMDHANI, I.:** Architecting the Internet of Things: State of the Art. In Koubaa, A., Shakshuki E., (Eds.). *Robots and Sensor Clouds*, Vol. 36 *Studies in Systems, Decision and Control*, 2016, pp. 55-75.
9. **AIJAZ, A.; AGHVAMI, A. H.:** Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Things: A Protocol Stack Perspective. În *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 2, no. 2, 2015, pp. 103-112.
10. **BASSI, A.; HORN, G.:** Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. *European Commission: Information Society and Media*, 2008.
11. **SRI CONSULTING BUSINESS INTELLIGENCE / NATIONAL INTELLIGENCE COUNCIL:** A Technology Roadmap of the Internet of Things. Appendix F of *Disruptive Technologies Global Trends 2025*, p. 1, 2008.
12. **FRIEDEMANN, M., FLOERKEMEIER, C.:** From the Internet of Computers to the Internet of Things. In Sachs, K., Petrov, I., Guerrero, P. (Eds): *From Active Data Management to Event-Based Systems and More*, Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 242—259.