

# Tehnologii asistive pentru îngrijirea persoanelor în vârstă. Abordări actuale

Ovidiu BICA

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

ovidiu.bica@ici.ro

**Rezumat:** În lucrarea de față se prezintă o parte din rezultatele cercetării obținute de colectivul de realizare a proiectului "Sistem de monitorizare non-invazivă și evaluare a sănătății persoanelor vârstnice într-un mediu inteligent (RO-SmartAgeing)", din cadrul Programului Nucleu. În lume au fost realizate multiple sisteme de monitorizare a sănătății persoanelor în vârstă. Pe baza analizei literaturii de specialitate în domeniu, autorul a prezentat, succint, noțiuni legate de IoT, protocoalele și beneficiile aduse de tehnologia IoT, impactul asupra persoanelor în vârstă, tehnologii asistive de monitorizare a activităților curente și a stilului de viață. Acestea constituie suportul pentru realizarea unui sistem de îngrijire a persoanelor în vârstă prin monitorizarea activităților curente și a stilului de viață.

**Cuvinte cheie:** IoT, senzori, platforme IoT, asistență autonomă la domiciliu (AAL), tehnologii asistive.

## Assistive technologies for the care of the elderly. Current approaches

**Abstract:** The present paper presents some of the results obtained by the research team of the project "Non-invasive monitoring system and health assessment of the elderly in an intelligent environment (RO-SmartAgeing)", within the Core Program. Worldwide, multiple systems for monitoring the health of the elderly have been developed. Based on the analysis of the literature in the field, the author briefly presents concepts related to IoT, protocols and benefits of IoT technology, the impact on the elderly, assistive technologies for monitoring current activities and lifestyle. These are the support for the development of a system of care for the elderly by monitoring the current activities and lifestyle.

**Keywords:** IoT, sensors, IoT platforms, Ambient Assisted Living (AAL), assistive technologies.

### 1. Introducere

În prezent, procentul populației îmbătrânite crește semnificativ și necesită tot mai multe resurse de îngrijire a sănătății. O proporție majoră a populației vârstnice suferă de probleme de sănătate legate de vârstă, cum ar fi boala Alzheimer, demența, diabetul, boala cardiovasculară, osteoartrita sau alte boli cronice. Aceste boli comune, combinate cu declinul progresiv natural al deprinderilor fizice și cognitive ale persoanelor în vârstă, îi împiedică pe mulți să trăiască independent în propriile lor case.

În ultimii ani, monitorizarea sănătății, a stilului de viață și a siguranței persoanelor în vârstă a devenit o preocupare globală. Tendința actuală este aceea de a sprijini procesul de îmbătrânire activă la domiciliu, iar tehnologiile asistive au potențialul de a susține această opțiune prin monitorizarea non-intruzivă a stării de sănătate și a stilului de viață, prin detectarea situațiilor neconforme cu anumite recomandări sau a celor de urgență și notificarea îngrijitorilor sau familiei în caz de pericol. Utilizarea noilor tehnologii asistive, contribuie la realizarea unor sisteme inteligente ce pot servi la detectarea timpurie a simptomelor asociate cu anumite patologii specifice persoanelor vârstnice (îngrijire proactivă), precum și la declanșarea unor alerte în cazul unor posibile incidente (îngrijire reactivă).

Progresele recente în domeniul tehnologiilor TIC, în special în domeniul tehnologiilor inteligente, au dus la apariția rapidă a unor medii inteligente. Sistemele de monitorizare a sănătății (Health Monitoring Systems - HMS) în medii inteligente au evoluat rapid, devenind o alternativă viabilă la soluțiile tradiționale de asistență medicală.

Tehnologia Internet of Things permite dezvoltarea următoarelor tipuri de aplicații IoT: orașe inteligente, mașini inteligente, clădiri inteligente, agricultură inteligentă. Locuințele inteligente pot

promova viața și siguranța independentă, pot optimiza calitatea vieții și pot reduce presiunea asupra centrelor de îngrijire a persoanelor în vârstă, precum și asupra îngrijitorilor specializați sau nu.

Există diferiți termeni care descriu tehnologia folosită pentru sprijinirea și monitorizarea persoanelor în vârstă, cel mai important fiind telemedicina. Aceasta reprezintă domeniul în care tehnologiile TIC sunt utilizate pentru furnizarea de asistență medicală clinică de la distanță.

IoT a apărut ca un model, care are ca scop furnizarea de procedee de comunicare, integrare, prelucrare de date și dezvoltare de dispozitive inteligente. Conectivitatea, integrarea și interoperabilitatea sunt componente esențiale ale sistemelor de comunicații IoT. Cu ajutorul acestei tehnologii, profesioniștii din domeniul sănătății pot răspunde de la distanță la datele colectate de la senzori, precum detectoare de mișcare sau dispozitive portabile care monitorizează ritmul cardiac și pot interveni în cazul activării unor alarme.

## 2. Utilizarea IoT ca tehnologie asistivă

### 2.1. Protocoale utilizate de tehnologia IoT

IoT permite obiectelor să interacționeze reciproc și să facă schimb de informații pentru luarea deciziilor. IoT transformă aceste obiecte simple în obiecte inteligente prin exploatarea tehnologiilor sale de bază. Interacțiunea dintre senzori, dispozitive, echipamente de comunicație, servere și aplicații este caracteristica esențială care descrie IoT. Ceea ce permite tuturor acestor lucruri (obiecte) inteligente să comunice și să interacționeze sunt protocoalele IoT. Un protocol de comunicare este asemenea unui limbaj (set de reguli) folosit de către obiecte pentru a interacționa între ele.

Protocoalele IoT pot fi catalogate în funcție de rolul pe care îl au în interiorul rețelei. Există protocoale utilizate în infrastructura de conectivitate (LPWAN), în comunicații (Wi-Fi, Bluetooth), în transmiterea de date (MQTT, CoAP, XMPP), în securitate (DTLS), în zona de aplicații orientate către mesaj (AMQP) și în gestionarea dispozitivelor (LwM2M).

#### 2.1.1. Protocoale de comunicație

Majoritatea dispozitivelor IoT necesită o lățime de bandă foarte mică, de ordinul kilobiților, de câteva ori pe zi. Aceste dispozitive se găsesc în diverse locuri fiind greu de înlocuit, astfel încât durata mare de viață a bateriei este esențială. LoRaWAN (Long Range Wide Area Network/Rețea de rază lungă pentru suprafețe mari) este un protocol pentru rețelele care se întind pe suprafețe mari. Acest protocol este proiectat pentru a susține rețelele foarte mari (de exemplu, orașele inteligente) cu milioane de dispozitive mai slabe. LoRaWAN poate furniza comunicare mobilă bidirecțională securizată în diferite industrii și la un preț mic.

În tabelul 1 sunt comparate câteva dintre protocoalele de comunicație folosite în prezent.

**Tabel 1.** Protocoale de comunicație actuale

Denumire protocol	Descriere	Avantaje	Dezavantaje
<b>NB-IoT (Narrow Band IoT): Nokia+Ericsson</b>	3GPP încă dezvoltă standardul NB-IoT, care va fi finalizat în anii următori. Nokia și Ericsson propun o versiune 4G cu putere mai mică.	- Interoperabil cu dispozitivele și rețelele 4G existente. - Criptat.	- Puterea nu este foarte mică. - Scump.
<b>LoRaWAN</b>	Un ecosistem multi-furnizor pentru module de comunicare cu putere redusă și lățime de bandă redusă.	- Oricine își poate crea propria rețea privată LoRa cu o rază de 5K.	- Transfer mic de date, insuficient pentru unele aplicații (0,3-50 kbps).

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suportat de comunitatea Raspberry Pi.</li> <li>- Legătura simetrică este bună pentru comunicațiile bidirecționale.</li> <li>- Criptat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interferențe între rețelele LoraWAN, când se suprapun.</li> <li>- Distanța limitată la 5-10 km.</li> <li>- Nu este ideal pentru aplicații în mișcare.</li> </ul>
<b>Sigfox</b>	Protocol de comunicare de putere redusă, cu lățime de bandă mică, dezvoltat de o companie franceză .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cele mai mici costuri cu lățimea de bandă.</li> <li>- Cea mai mică putere consumată.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementare limitată, în mare parte doar în Europa.</li> <li>- Nu este potrivit pentru aplicații de mobilitate.</li> <li>- Fără criptare</li> </ul>

### 2.1.2. Protocoale de transmitere a datelor

Protocolul **CoAP** (Constrained Application Protocol) este un protocol întâlnit la nivelul Aplicație. Este un protocol software creat pentru a fi folosit de dispozitivele electronice simple care pot comunica între ele prin intermediul Internetului. Dezvoltatorii pot interacționa cu orice dispozitiv CoAP în același mod în care puteau comunica cu un dispozitiv care se baza pe tradiționalul REST (Representational State Transfer) utilizat de World Wide Web. Serverele pun resursele disponibile sub o adresă URL și clienții pot accesa aceste resurse utilizând metode cum ar fi GET, PUT, POST sau DELETE. Acest protocol este, în particular, util atunci când se dorește comunicarea între dispozitive care necesită să fie controlate prin intermediul Internetului.

Ca și în cazul HTTP acesta este un protocol bazat pe cerere/răspuns (de tip REST), care respectă modelul tradițional client-server. CoAP și MQTT sunt protocoale binare simple cu antet fix de 4 octeți. Ca protocol de transport CoAP utilizează UDP. Dintre protocoalele disponibile pentru IoT, CoAP se remarcă prin capacități mai mari de securitate. Pentru asigurarea securității, CoAP se bazează pe DTLS (Datagram Transport Layer Security).

**MQTT** (Message Queue Telemetry Transport) este un protocol de mesagerie care folosește modelul publicare/abonare pentru comunicare. Este un protocol de comunicare mașină la mașină ce permite conectarea dispozitivelor mici la rețele restricționate. Arhitectura MQTT este formată din 3 elemente: editori, brokeri și abonați. Editorii sunt senzori care colectează datele și le transmit brokerului. Abonații sunt aplicațiile care se ocupă de datele colectate.

Protocolul folosește un model de tip client-server, în care fiecare senzor este un client ce se conectează la un server, denumit broker, prin intermediul TCP.

MQTT este un protocol orientat pe mesaje. Fiecare mesaj reprezintă o porțiune de date, care nu este vizibilă pentru broker. Fiecare mesaj este publicat la o adresă denumită topic. Clienții pot fi abonați la mai multe topicuri.

**XMPP** (eXtensible Messaging and Presence Protocol) este un un protocol de comunicație bazat pe IP (Internet Protocol) ce asigură suport pentru limbajul XML (eXtensible Markup Language). XML permite interschimbul de date între două sau mai multe entități conectate între ele. El este un protocol de comunicare în timp real conceput pentru a aborda problema eterogenității în rețelele IoT.

XMPP folosește o arhitectură de tip client-server, clienții neputând interacționa direct unul cu altul. Având o arhitectură necentralizată, fiecare client poate rula propriul server XMPP. Când un client trimite un mesaj altui client, mesajul este transmis inițial serverului XMPP.

**DDS** (Data-Distribution Service) este un protocol similar cu XMPP, dezvoltat pe baza metodologiei de publicare-abonare. Protocolul DDS de comunicare M2M (machine to machine) în timp real permite schimbul de date scalabil, fiabil, performant și interoperabil între dispozitivele conectate fiind independent de hardware și platforma software. Spre deosebire de protocoalele MQTT și CoAP, DDS acceptă o arhitectură multicasting fără broker. Arhitectura protocolului DDS se bazează pe stratul DCPS (Data Centric Publish-Subscribe) și opțional stratul DLRL (Data-Local Reconstruction Layer). În timp ce stratul DCPS este responsabil pentru o distribuție de date conștientă de resurse, scalabilă și eficientă pentru abonați, DLRL oferă o interfață pentru funcționalitățile DCPS, permițând transmiterea datelor printre obiectele IoT conectate. Deși nu este o soluție tipică IoT, DDS se folosește în aplicații cum ar fi: controlul traficului aerian, managementul rețelei inteligente, vehicule autonome, sisteme de transport, robotică, generare de energie și servicii medicale.

**AMQP** (Advanced Message Queuing Protocol) este un protocol de tipul publicare/ abonare care a apărut în domeniul serviciilor financiare. AMQP este un protocol pentru nivelul de aplicație pentru mediile middleware orientate către mesaj. Este aprobat ca standard internațional. Lanțul de procesare al protocolului are trei componente care urmează anumite reguli (SamSolution, 2019), după cum urmează:

- schimb – primește mesajele și le așază în șiruri;
- șirul de mesaje – stochează mesajele până când acestea pot fi procesate în siguranță de către aplicația pentru client;
- cu caracter obligatoriu – declară relația dintre cele două componente.

Cel mai mare beneficiu al protocolului AMQP este modelul său robust de comunicații. Spre deosebire de MQTT, AMQP poate garanta tranzacții complete, ceea ce, deși este util, nu este întotdeauna ceva necesar în aplicațiile IoT.

### 2.1.3. Protocoale de gestionare a dispozitivelor

Protocolul **LwM2M** (Lightweight M2M) a fost special conceput pentru a satisface cerințele aferente manipulării complete a dispozitivelor constrânse de resurse. Lansat în 2014 de Open Mobile Alliance (acum OMA SpecWorks), oferă un standard bine definit pentru comunicarea de date IoT și gestionarea dispozitivelor (Avsystem, 2019).

## 2.2. Platforma IoT utilizată în proiectul RO-SmartAgeing

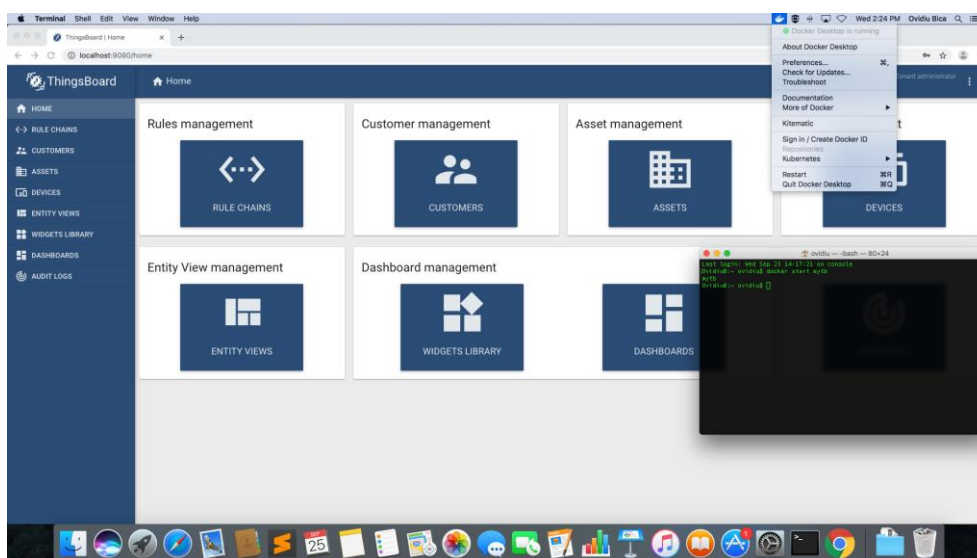
Platforma IoT reprezintă o tehnologie multi-nivel, care susține funcționarea și interconectarea tuturor componentelor din cadrul unui sistem IoT. Într-o astfel de platformă orice dispozitiv IoT are ca scop conectarea cu alte dispozitive și aplicații IoT, bazate pe cloud pentru a transmite informații folosind protocoale de transfer de Internet.

Platforma gestionează dispozitivele, protocoalele de comunicații hardware / software, colectează/analizează datele, rulează aplicații. Platformele IoT sunt rezidente în Cloud. În literatura de specialitate există prezentate o multitudine de platforme de tip IoT (Neagu și alții, 2017), (Minerauda et. al., 2016).

Pentru realizarea proiectului RO-SmartAgeing, aflat în derulare, am selectat, pentru utilizare, platforma IoT open-source **ThingsBoard** (ThingsBoard, 2019).

Această platformă permite colectarea, procesarea, vizualizarea și gestionarea datelor colectate de dispozitivele inteligente. Platforma este instalată într-un container de tip Docker (vezi Figura 1).

**Docker** este o platformă open-source pentru construirea, transportul și rularea aplicațiilor distribuite în interiorul containerelor (Docker, 2019).



**Figura 1.** Container Docker pentru Platforma ThingsBoard

Platforma ThingsBoard permite inclusiv conectarea dispozitivelor prin intermediul mai multor protocoale IoT standard - MQTT, CoAP și HTTP. ThingsBoard se concentrează pe garantarea integrității datelor.

Principalele caracteristici ale platformei Thingsboard sunt:

- adaptabilitate la creșterea efortului de calcul: platforma este continuu optimizabilă, folosind tehnologii open-source;
- robustețe și eficiență: un singur server de nod poate gestiona informația trimisă de la zeci sau chiar sute de mii de dispozitive, în funcție de caz. Un ansamblu de noduri (cluster-ul) ThingsBoard poate gestiona informația venită de la milioane de dispozitive;
- zero toleranță față de erori: nu există posibilitatea unui eșec, fiecare nod din cluster reproducând identic informația stocată în celelalte;
- personalizare: adăugarea de noi funcționalități este comodă.

### 2.3. Tehnologii folosite pentru transferul datelor în IoT

Cele mai importante tehnologii implicate în dezvoltarea soluțiilor IoT sunt: rețelele de senzori wireless, dispozitive cu microprocesor încorporat, protocoale de comunicație, platformele IoT, cloud computing, Big Data Analytics. Cercetarea ne poate ajuta să înțelegem mai multe despre preferințele și nevoile individuale și despre modalitățile în care dispozitivele sunt integrate (sau nu) în obiceiurile și rutinele de zi cu zi ale persoanelor în vârstă.

*Wi-Fi* este cea mai utilizată tehnologie wireless de transfer al datelor în aplicațiile de tip IoT. Oferă transfer rapid și este capabilă să proceseze cantități mari de date.

Principalele caracteristici ale acestui tip de rețea sunt:

- integrare ușoară a dispozitivelor IoT;
- se bazează pe standardul IEEE 802.11;
- utilizează o lățime de bandă de 2.4 și 5 GHz;
- raza de acoperire este de aproximativ 50 m;
- viteza de transfer date: 150-200 Mbps, maximum 600 Mbps.

*GSM* este tehnologia digitală pe care au fost dezvoltate rețelele de telefonie mobilă. Este potrivită pentru aplicațiile IoT care trebuie să funcționeze pe distanțe mai mari. Există mai multe

generații de tehnologii mobile: GSM, 3G, 4G și 5G. Tehnologia este capabilă să transfere cantități mari de date, dar consumul de energie și cheltuielile sunt mai mari.

Principalele caracteristici ale rețelei GSM sunt:

- standard: GSM / GPRS / EDGE (2G), UMTS / HSPA (3G), LTE (4G), NR (5G);
- frecvențe: 900/ 1800/ 1900 / 2100 MHz, 30 GHz;
- raza de acoperire: 35km (GSM); 200 km (HSPA);
- viteza de transfer date: 35-170 kps (GPRS), 120-384 kbps (EDGE), 384 Kbps - 2 Mbps (UMTS), 600 kbps - 10 Mbps (HSPA), 3-10 Mbps, 45 Mbps.

*Bluetooth* este o tehnologie de comunicații cu rază scurtă de acțiune integrată în majoritatea telefoanelor inteligente și dispozitivelor mobile, ceea ce reprezintă un avantaj major pentru dispozitivele personale, în special pentru cele portabile. Pentru aplicațiile IoT a fost dezvoltată versiunea Bluetooth Low Energy (BLE) sau Bluetooth Smart. Această tehnologie reprezintă o bază reală pentru IoT, deoarece este scalabilă și flexibilă, are un consum redus de energie și permite accesul dispozitivelor inteligente la Internet fără a fi nevoie de un alt echipament suplimentar.

Principalele caracteristici ale tehnologiei Bluetooth:

- standard: Bluetooth 4.2;
- frecvență: 2.4 GHz;
- raza de acoperire: 50-150 m (Smart / BLE) ;
- viteza de transfer date: 1 Mbps (Smart / BLE).

*ZigBee* este o tehnologie de comunicație mai simplă și mai puțin costisitoare asemănătoare cu Bluetooth, folosită în aplicații care necesită un transfer mic de date pe distanțe mici, cu consum mic de putere (durată mare a bateriilor) și care rulează în rețele sigure. Tehnologia este utilizată în aplicații care necesită o securitate și flexibilitate sporită a rețelei, care să permită extinderea acesteia când este nevoie. Este prezentă în aplicațiile de control industrial, colectare de date medicale, automatizare a clădirilor etc.

Principalele caracteristici ale tehnologiei Zigbee:

- standard: ZigBee 3.0 bazat pe IEEE 802.15.4;
- frecvență: 2.4 GHz;
- raza de acoperire: 10-100 m;
- viteza de transfer date: 250 kbps.

*LoRaWAN* (Long Range Wide Area Network) este un protocol de comunicație folosit pentru realizarea de rețele mari ce se întind pe suprafețe extinse (orașe inteligente/ smart cities). Această rețea este formată dintr-o multitudine de dispozitive dispuse într-o arhitectură de tip stea pentru asigurarea unui consum redus de energie. Comunicarea în cadrul rețelei este de tip dispozitiv portal server. Comunicarea dintre portal și server se realizează printr-o conexiune IP standard, iar cea dintre dispozitive și portal este o comunicare de tip wireless (LoRa Alliance, 2019). Caracteristicile acestei tehnologii sunt:

- standard: LoRaWAN;
- frecvență: Diverse frecvențe;
- raza de acoperire: 2-5 km (zonă urbană), 15 km (zonă suburbană);
- viteza de transfer date: 0,3-50 kbps.

### 3. Tehnologii asistive destinate monitorizării stării de sănătate a persoanelor în vârstă

Termenul "*tehnologii asistive*" se referă la echipamente și servicii care susțin și mențin funcțiile fizice și cognitive aflate în declin din cauza vârstei și/sau a unei dizabilități (Reisinger, 2014). La nivel european, un alt termen asociat cu tehnologiile asistive este "*Ambient Assisted Living*". Acesta reprezintă un alt termen "umbrelă", ce presupune utilizarea tehnologiilor informației și comunicațiilor în crearea unui mediu de viață adaptat la nevoile persoanelor în vârstă și a celor cu dizabilități (Andrich, 2013). În tabelul 2 sunt afișate câteva concepte asociate termenului de tehnologii asistive:

**Tabel 2.** Servicii de îngrijire și asistență medicală bazate pe tehnologii asistive

<b>Case inteligente</b>	Termenul „casă inteligentă” se referă la un tip special de casă sau reședință echipată cu senzori, destinată monitorizării activităților și a stării de sănătate a pacienților la domiciliu.
<b>Servicii de îngrijire la distanță</b>	Aceste servicii oferă posibilitatea monitorizării pacienților, cu precădere a celor vârstnici în vederea menținerii cât mai mult timp posibil a autonomiei, independenței și a siguranței personale.
<b>Servicii de asistență medicală la distanță</b>	Permit schimbul de informații privind starea de sănătate între un pacient și un furnizor de servicii medicale folosind tehnologia TIC.

Alterarea capacităților funcționale și cognitive asociate cu vârsta înaintată, precum și creșterea prevalenței îngrijirii pe termen lung, reprezintă principalii factori ce contribuie la extinderea nevoilor de monitorizare frecventă a stării de sănătate a persoanelor în vârstă. Din acest considerent, eforturile de cercetare sunt îndreptate către realizarea unor dispozitive și sisteme asistive ce pot fi implementate la domiciliul utilizatorilor. Astfel, prin intermediul tehnologiei pot fi furnizate o gamă largă de servicii medicale la distanță, fără a mai fi necesară deplasarea către instituțiile de sănătate publică. Cele mai importante categorii de servicii ce pot fi oferite persoanelor în vârstă la domiciliul acestora sunt următoarele: servicii de îngrijire personalizată la distanță (Telecare services), servicii personalizate de asistență medicală la distanță (Telemedicine services), servicii personalizate de menținere și îmbunătățire a sănătății la distanță (Telehealth services).

Tehnologiile reprezintă o combinație de dispozitive (alarme, senzori etc.) și alte echipamente ce ajută persoanele vârstnice să trăiască independent și să evite instituționalizarea. Acest lucru se realizează prin monitorizarea schimbărilor survenite în timpul activităților curente și declanșarea unor alerte în situații de urgență, cum ar fi căderea, incendiul sau inundațiile.

Aceste tehnologii sunt concepute astfel încât să permită persoanelor în vârstă să rămână în propriile lor case prin implementarea unor soluții adaptate la nevoile de îngrijire ale acestora. De obicei, aceste tehnologii implică monitorizare la distanță și răspuns. De-a lungul timpului, au fost utilizate diferite "generații" de tehnologii de îngrijire în aplicații din ce în ce mai sofisticate, de la alarme simple la senzori de activitate și dispozitive de urmărire GPS. Aceste tehnologii au fost concepute în principal ca suport pentru populația vârstnică, adesea suferind de un anumit grad de dizabilitate sau vulnerabilitate.

În literatura de specialitate sunt descrise un număr important de dispozitive și tehnologii asociate cu serviciile de îngrijire la distanță. Unele dispozitive mai avansate combină mai multe tehnologii și/sau pot servi mai multor funcții. Dispozitivele utilizate de către serviciile de îngrijire sunt adesea clasificate ca "prima", "a doua" sau "a treia generație" în funcție de complexitatea lor.

*Dispozitivele de îngrijire din prima generație:* sunt reprezentate de echipamentele și dispozitivele de alertare prin acționare directă de către utilizator (buton, curea etc.). Alarma declanșată alertează un operator care va declanșa un răspuns prin inițierea procedurilor de contactare a îngrijitorului, aparținătorului etc.

*Dispozitivele de îngrijire de a doua generație:* se referă la echipamentele "proactive" și "inteligente" ce au evoluat prin introducerea serviciilor de alertare pe bază de senzori (fum, inundații etc.). Aceste dispozitive includ senzori care pot monitoriza spațiul de locuit, semnele vitale, factorii fiziologici și stilul de viață. Acești senzori pot să colecteze și să transmită informații în mod continuu despre deschiderea ușii, funcționarea apei în baie, utilizarea aparatelor electrice și mișcarea în interiorul și în exteriorul casei. Senzorii sunt activați în mod automat atunci când pacientul cade declanșând semnale de alarmă. Astfel, dispozitivele de alertare de a doua generație se bazează pe eveniment și nu pe utilizator pentru a iniția alarma.

*Dispozitivele de îngrijire de a treia generație:* Se referă la îmbunătățirea și creșterea disponibilității tehnologiei de comunicație în bandă largă, a celei de tip wireless și audio-vizuale. Această categorie de tehnologii oferă posibilitatea de a oferi servicii de consultare la distanță a personalului medical, reducând nevoia pacientului de a primi vizite la domiciliu sau de a fi internat în instituții spitalicești.

Dispozitivele utilizate astăzi fac parte din cea de a treia generație de tehnologii de îngrijire. Acestea pot fi clasificate în continuare în funcție de tehnologia pe care o folosesc:

- senzori și dispozitive de monitorizare a stării de sănătate a pacienților, cum ar fi patch-urile de detecție, senzorii atașați de utilizator sau senzorii corporali;
- detectoarele și sistemele de alertă detectează, de exemplu, căderile, pot localiza pacienții și pot declanșa servicii de alertare;
- dispozitivele de comunicare asigură contactul cu personalul medical și sunt adesea combinate cu dispozitive video sau de imagine sau dispozitive medicale specializate;
- dispozitivele video sau de imagistică (inclusiv cele pentru teleconferință) suportă comunicarea sau permit consultări și diagnosticare la distanță;
- aplicațiile inteligente pentru telefoane oferă suport în gestionarea problemelor de sănătate cronice sau furnizează asistență prin intermediul funcțiilor de avertizare sau a afișării de mesaje etc.;
- dispozitive medicale specializate conectate la internet pentru măsurarea parametrilor medicali și transmiterea datelor către furnizorii de servicii din domeniul sănătății.

### **3.1. Colectarea și vizualizarea datelor primite de la senzori**

Componenta pentru colectarea datelor are două părți principale: hardware și software. Componenta hardware trebuie să fie cât mai puțin invazivă astfel încât persoanele în vârstă să nu fie deranjate în viața de zi cu zi. Dispozitivele trebuie să fie fiabile, sigure, cât mai discrete și să folosească comunicarea fără fir. Componenta software este dezvoltată pe tehnologia IoT și este responsabilă cu transmiterea, stocarea, analiza și securitatea datelor.

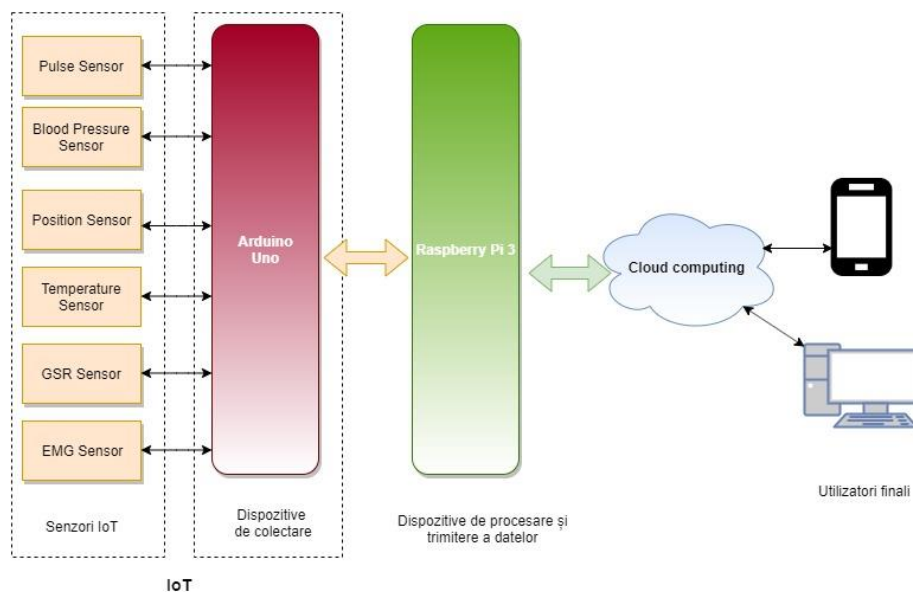
Colectarea și procesarea datelor primite de la senzori prin tehnologia IoT se poate realiza cu ajutorul unui sistem de monitorizare. Din punct de vedere hardware un astfel de sistem poate fi format din senzori medicali, senzori de mediu, o placă de dezvoltare Arduino Uno (Arduino, 2019) și un microcalculator de tipul Raspberry Pi 3 Model B (Raspberry, 2019).

Senzorii analizează diverși parametri medicali și furnizează date despre: puls, tensiune arterială, poziția corpului, temperatura corpului, răspuns galvanic la nivelul pielii, răspunsul electric al mușchilor etc. Acești senzori sunt conectați la dispozitivele Arduino Uno și Raspberry Pi.

Microcalculatorul Raspberry Pi este conectat la Internet și acționează ca un server ce trimite datele primite de la Arduino Uno la o locație aflată în cloud. Datele pot fi vizualizate și monitorizate de pe orice tip de dispozitiv smartphone, tabletă, calculator conectat în aceeași rețea sau la Internet prin accesarea unei adrese URL.

În figura 3 este reprezentată arhitectura unui sistem de monitorizare ce folosește Raspberry Pi și Arduino Uno.





**Figura 3.** Arhitectura unui sistem de monitorizare ce folosește Raspberry Pi și Arduino Uno

Platforma de procesare open source Arduino UNO este dezvoltată cu ajutorul software-ului Arduino, care oferă un mediu de dezvoltare integrat (IDE - Integrated Development Environment) folosit pentru codificarea semnalelor primite de la senzori. Datele prelucrate de Arduino sunt trimise la Raspberry Pi unde sunt pregătite pentru a fi afișate într-o pagină de Internet (Uplenchwar et. al., 2017).

### 3.2. Procesarea și analiza datelor IoT

Cantitatea masivă de date pe care o generează senzorii și dispozitivele IoT trebuie prelucrată pentru ca informațiile să poată fi utilizate. Deoarece datele provin adesea de la numeroase dispozitive și în diferite formate, există mai multe etape care se parcurg înainte de procesarea și analizarea datelor:

- standardizarea și transformarea datelor într-un format uniform, compatibil cu aplicația folosită;
- stocarea unei copii de rezervă a formatului nou transformat;
- filtrarea datelor ce se repetă, depășite sau nedorite, pentru a îmbunătăți precizia;
- integrarea de date structurate (sau nestructurate) din alte surse, pentru a îmbogăți setul de date actual.

Pentru procesarea datelor generate se poate realiza o analiză IoT prin aplicarea unor instrumente sau proceduri de analiză pentru diferitele tipuri de dispozitive IoT. Folosind analiza IoT, informații valoroase pot fi extrase din colecții masive de date, care pot fi apoi utilizate pentru îmbunătățirea procedurilor și aplicațiilor. Există mai multe tipuri de analize de date ce sunt utilizate în IoT:

- *analiza descriptivă* - este utilizată pentru a analiza ce măsuri trebuie să se ia pentru o situație specifică. Este o combinație de analiză descriptivă și predictivă care ajută la descifrarea unor cantități mari de informații pentru obținerea de concluzii mai precise;
- *analiza spațială* - este o metodă utilizată pentru a analiza datele și aplicațiile IoT bazate pe locație. Analizele spațiale descifrează diferite modele geografice, determinând orice tip de relație spațială între diferite obiecte fizice. Aplicațiile pentru parcări inteligente, mașini inteligente și planificarea culturilor sunt exemple de aplicații care beneficiază de analize spațiale;
- *analiza fluxurilor* (Streaming Analytics) - facilitează analiza seturilor mari de date. Aceste

fluxuri de date în timp real pot fi analizate pentru detectarea unor situații de urgență, facilitând un răspuns imediat. Tipurile de date IoT care beneficiază de analiza streaming sunt cele utilizate în analiza traficului și urmărirea tranzacțiilor financiare;

- *analiza seriilor de timp* - datele sunt analizate pentru a descoperi orice anomalii, modele sau tendințe. Două sisteme care beneficiază foarte mult de analiza seriilor de timp sunt sistemele de monitorizare a stării de sănătate și de monitorizare a condițiilor meteo.

Cantitatea mare de date pe care dispozitivele de asistență medicală le trimit în timp real într-un interval de timp foarte scurt este greu de memorat și de gestionat dacă nu este disponibil accesul la Cloud.

#### 4. Impactul tehnologiilor IoT asupra persoanelor în vârstă

Pe măsură ce oamenii înainteză în vârstă, abilitățile acestora se schimbă. Aceste schimbări includ un declin la nivelul funcțiilor fizice, cognitive și senzoriale, în mod diferit în funcție de persoană. Acest aspect face din persoanele vârstnice un grup semnificativ și reprezintă o provocare pentru proiectanții tehnologiei IoT.

Impactul cel mai pregnant al tehnologiei IoT asupra vieții persoanelor vârstnice este acela al monitorizării bolilor și disfuncționalităților specifice vârstei prin intermediul diferitelor dispozitive inteligente. Noile tehnologii de eSănătate pentru monitorizarea la distanță oferă servicii care susțin îngrijirile de sănătate cum ar fi accelerometre și giroscopuri care detectează căderi sau senzori de frecvență cardiacă care pot efectua o electrocardiogramă utilizând o aplicație ECG.

Un exemplu al progresului tehnologiei informatice cu impact major în salvarea vieții vârstnicilor constă în utilizarea a Apple Watch Series 4 pentru frecvența cardiacă. Acesta permite utilizatorilor să efectueze citirea ECG direct de la încheietura mâinii prin aplicația ECG. Aplicația poate clasifica dacă inima bate într-un model normal sau dacă există semne de fibrilație atrială. Toate înregistrările sunt stocate în aplicația eSănătate într-un PDF care poate fi transmis medicilor. Funcția de detectare a căderii utilizează un accelerometru și un giroscop, care măsoară până la 32 de forțe, împreună cu alți algoritmi personalizați, pentru a identifica momentul în care apare o cădere. Prin analiza traiectoriei încheieturii mâinii și accelerarea impactului, Apple Watch trimite utilizatorului o alertă după o cădere, care poate fi respinsă sau utilizată pentru a iniția un apel către serviciile de urgență, potrivit companiei. Dacă Apple Watch sesizează imobilitatea timp de 60 de secunde după notificare, va apela automat serviciile de urgență și va trimite un mesaj, împreună cu locația, contactelor de urgență (Apple Watch, 2019).

Din ce în ce mai multe persoane, pe măsură ce îmbătrânesc, își exprimă interesul de a rămâne în casele lor cât mai mult timp. Ca urmare, piața de asistență medicală la domiciliu a înregistrat o creștere extraordinară, multe companii încercând să profite de oportunitate.

IoT joacă deja un rol fundamental în crearea unor așa-numite case inteligente, cu tot suportul lor inovativ (senzori, ferestre, uși, aer, aparate electrice etc.) care sunt puternic orientate spre monitorizarea îngrijirii vârstnicilor.

În 2016 Compania Apple a dezvoltat CareKit, o rețea software care permite monitorizarea condițiilor medicale la domiciliu cu un iPhone. Produsul are capacitatea de a monitoriza pacienții cu boală Parkinson. De asemenea, permite persoanelor fizice să împărtășească informații cu asistenții medicali, medici sau membri ai familiei pentru a urmări punctele de sănătate și a monitoriza simptomele (CareKit, 2019).

Aceste tipuri de dispozitive conectate, senzorii la domiciliu și datele colectate permit persoanelor să-și mențină viața independentă cu un risc mult mai mic. Spitalele, practicienii și producătorii de aparatură medicală utilizează IoT pentru a menține pacienții conectați la distanță de furnizorii de servicii medicale. Prin urmărirea semnalelor vitale ale pacienților și a indicatorilor privind starea de sănătate utilizând dispozitivele medicale conectate, acestea îmbunătățesc rezultatele pacientului, permițând furnizorilor să servească mai mulți pacienți și să reducă vizitele la spital, scăzând astfel costurile generale de asistență medicală. Ideea este de a eficientiza managementul sănătății astfel încât utilizatorul să poată continua să trăiască o viață normală acasă.

Dispozitivele trebuie să partajeze citirile în siguranță, astfel încât toate semnele de avertizare să poată fi preluate și orice informații de zi cu zi să poată fi trimise în mod proactiv pacienților.

În funcție de fragilitatea crescută și de susceptibilitatea la diferite boli (de exemplu, boli acute și cronice) la bătrânețe, monitorizarea stării de sănătate devine cea mai importantă parte a monitorizării la distanță a persoanelor vârstnice. Monitorizarea la distanță a sănătății nu numai că îmbunătățește calitatea vieții persoanelor în vârstă, notificând persoanele care îi îngrijesc în caz de urgență, dar și reduc perioadele de îngrijire medicală, de spitalizare și, ulterior, a costurilor de asistență medicală.

Neglijarea importanței îngrijirii persoanelor în vârstă poate duce la un nivel mai ridicat al dependenței vârstnicilor sau la forțarea acestora să locuiască într-o unitate de îngrijiri medicale. În acest context, monitorizarea la distanță a persoanelor vârstnice utilizând tehnologia IoT poate oferi servicii pentru abordarea problemelor menționate mai sus, pentru atenuarea consecințelor inevitabile, pentru a le permite să trăiască independent (Azimi et.al., 2017).

## 5. Concluzii și direcții viitoare de cercetare

IoT este o paradigmă în creștere rapidă, având potențial imens de a îmbunătăți profund multe aspecte ale vieții umane prin conectarea obiectelor și a oamenilor.

Dispozitivele și sistemele IoT fac posibilă colectarea, analizarea și monitorizarea mai precisă a datelor referitoare la starea de sănătate a persoanelor vârstnice.

Creșterea numărului de dispozitive medicale fără fir, folosite la monitorizarea stării de sănătate a pacienților de la distanță face posibilă îngrijirea mai multor pacienți. Este nevoie de a veni, încontinuu, cu soluții mai flexibile și mai puțin complexe pentru a asigura securitatea și confidențialitatea datelor medicale.

Dispozitivele, tehnologiile și sistemele medicale care sunt interoperabile ar trebui să poată schimba între ele cât mai eficient informații astfel încât să afișeze, interpreteze, analizeze și să acționeze în mod automat. Odată cu avansarea transformării digitale, furnizorii de servicii medicale vor trebui să adopte o varietate de aplicații interoperabile, cu acces direct la infrastructura IT. Pe viitor or să apară tot mai multe sisteme de asistență medicală formate din dispozitive inteligente interconectate într-o rețea IoT care să monitorizeze starea de sănătate a pacientului, identificând/atenționând automat situațiile în care este necesară implicarea medicului.

Noile tehnologii pot acționa ca și catalizatori în schimbarea percepției populației și a factorilor decizionali asupra adoptării soluțiilor digitale în sănătate. Soluții precum telesănătatea, terapiile digitale, inteligența artificială, dispozitivele IoT sau tehnologia blockchain reprezintă factorii care stau la baza digitalizării în industria serviciilor medicale.

## Confirmare

Această lucrare a fost realizată într-o primă etapă a proiectului de cercetare ”Sistem de monitorizare non-invazivă și evaluare a sănătății persoanelor vârstnice într-un mediu inteligent” (RO-SmartAgeing) din cadrul Programului Nucleu TIC-SMARTIC, 2019-2022, finanțat de Ministerul Cercetării și Inovării.

## BIBLIOGRAFIE

1. Andrich, R., Mathiassen, N. E., Hoogerwerf, E. J., Gelderblom, G. J. (2013). *Service delivery systems for assistive technology in Europe*, Technology and disability Journal, (25), pp. 127–146.
2. Apple Watch Series 5 (2019). <https://www.apple.com/apple-watch-series-5/>.
3. Arduino (2019), <https://www.arduino.cc/>.

4. Avsystem (2019). *IoT Standards and Protocols Guide*, <https://www.avsystem.com/blog/iot-protocols-and-standards>.
5. Azimi, I., Rahmani, A. M., Liljeberg, P., Tenhunen, H. (2017). *Internet of Things for Remote Elderly Monitoring: A Study from User-Centered Perspective*, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, vol. 8, no. 2, pp. 273-289.
6. CareKit (2019). <http://carekit.org/>.
7. Docker (2019). <https://www.docker.com>.
8. LoRa Alliance, (2019). <https://lora-alliance.org/>.
9. Minerauda, J., Mazhelis, O., Suc, X., Tarkomaa, S. (2016). *A gap analysis of Internet-of-Things platforms*, Computer Communications, vol. 89-96, pp. 5-16.
10. Neagu, G., Vrejoiu, M., Preda, Ș., Stanciu, A. (2017). *Platforme IoT – Soluții actuale și tendințe de evoluție*, Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 27, nr. 3, 2017.
11. Raspberry Pi Foundation (2019). <https://www.raspberrypi.org/>.
12. Reisinger, K. D. & Ripat, J. (2014). *Assistive technology provision within the Navajo Nation: user and provider perceptions*, Qualitative Health Research, vol. 24(11), pp. 501-1517, Retrieved from PubMed, Accessed 17/09/2016, 19:12.
13. Sam-Solution (2019). <http://sam-solutions.com>.
14. Thingsboard (2019). <https://thingsboard.io/>.
15. Uplenchwar, K., Vedalankar, A. (2017). *IoT Based Health Monitoring System using Raspberry Pi and Arduino*, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, vol. 5, Issue 12, December.



**Ovidiu BICA** lucrează în prezent la Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București în calitate de cercetător științific gradul III în cadrul Departamentului “*Sisteme și Aplicații pentru Societate*”. Absolvent al Universității Politehnica din București - Facultatea de Inginerie Electrică, are ca principale interese de cercetare: soluții și aplicații IT pentru energie și dezvoltare durabilă, dezvoltarea de e-tehnologii pentru prevenție și asistență medicală, Cloud computing, IoT.

**Ovidiu BICA** is currently working at the National Institute for Research and Development in Informatics - ICI Bucharest as Scientific Researcher III in the Department of Systems and Applications for Society. Graduate of the Polytechnic University of Bucharest - The Faculty of Electrical Engineering, has as main research interests: IT solutions and applications for energy and sustainable development, development of e-technologies for prevention and medical assistance,