

Servicii inteligente de asistență medicală: o soluție centrată pe pacient bazată pe Cloud Computing

Adriana ALEXANDRU, Dora COARDOS

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

B-dul Marelui Alexandru Averescu nr. 8-10, București, 011455, România

adriana.alexandru@ici.ro, dora.coardos@ici.ro

Rezumat: Această lucrare trece în revistă modul de abordare a serviciilor inteligente de sănătate, explorând cerințele necesare realizării lor. Sunt prezentate succint conceptele utilizate: (1) Internetul obiectelor (IoT), ca o sursă importantă pentru viitor de servicii în domeniul îngrijirii medicale; (2) tehnologia elementelor inteligente și în mod special caracteristicile și beneficiile rețelelor de senzori wireless (WSN) și a dispozitivelor de identificare a frecvențelor radio (RFID); (3) noțiunile de bază în domeniul Cloud Computing și beneficiile lui în domeniul asistenței medicale. În plus, sunt prezentate concepte și caracteristici privind serviciile inteligente de sănătate, urmate de propunerea unui cadru pentru un sistem inteligent de sănătate bazat pe Cloud, care ilustrează sfera de aplicare a asistenței medicale electronice prin adoptarea de obiecte inteligente WSN-RFID.

Cuvinte cheie: IoT, WSN, RFID, servicii inteligente, Cloud Computing.

Smart healthcare services: a patient-centered solution based on Cloud Computing

Abstract: This paper reviews how to approach intelligent health services, exploring the requirements to achieve them. The following concepts are briefly presented: (1) The Internet of Things (IoT) as an important source for the future of health care services; (2) intelligent element technology and, in particular, the characteristics and benefits of Wireless Sensor Networks (WSN) and Radio Frequency Identification (RFID) Devices; (3) the basic notions in Cloud Computing and its benefits in healthcare. In addition, concepts and features for smart health services are presented, followed by a proposal for a framework for a smart Cloud-based health system that illustrates the scope of electronic healthcare through the adoption of WSN-RFID intelligent objects.

Keywords: IoT, WSN, RFID Smart services, Cloud Computing.

1. Introducere

Sistemele de asistență medicală din întreaga lume se confruntă cu numeroase provocări care influențează furnizarea serviciilor de asistență medicală: creșterea costurilor, exacerbarea bolilor cronice, o societate în curs de îmbătrânire și un număr redus de profesioniști în domeniul sănătății. Aceste dificultăți au o influență considerabilă asupra organizării și furnizării serviciilor de îngrijire a sănătății.

Ca răspuns la aceste dificultăți, instituțiile de asistență medicală se bazează pe implementarea Tehnologiilor Informației și Comunicațiilor (TIC) pentru inovarea și extinderea serviciilor de sănătate, care influențează modul în care este gestionată sănătatea unei persoane. Principalele tehnologii avansate pentru sistemul de asistență medicală ideală sunt tehnologia senzorilor, tehnologia de rețea și tehnologia de procesare a datelor. Tehnologiile digitale sunt integrate în mod continuu în sistemele de sănătate ca o modalitate suplimentară de a stabili o relație eficientă cu pacienții și de a sprijini medicina preventivă și proactivă. Profesioniștii din domeniul sănătății dispun de dispozitive și tehnologii digitale din ce în ce mai eficiente, care oferă posibilitatea de a împărtăși date medicale

cu experți de la distanță, acces la un număr imens de date și informații și, nu în ultimul rând, oferă modalități de prelucrare complexă a acestora. Protocoalele terapeutice sunt raționalizate, timpul de așteptare până la luarea unei decizii medicale este scurtat, se salvează resursele financiare ale medicilor, clinicilor și pacienților [3].

Adoptarea TIC în sectorul asistenței medicale a condus la conceptul de *sănătate electronică (e-Sănătate)* sau de *asistență medicală electronică* [12]. Acest concept se referă la procesele prin care serviciile de sănătate pot fi livrate mai eficient prin utilizarea inovativă a TIC. Scopul principal al asistenței medicale electronice este asigurarea unei comunicări și colaborări între pacienți și furnizorii de asistență medicală într-o manieră mai eficientă și mai rentabilă. Astfel, serviciile de e-Sănătate redefinesc modul în care serviciile de sănătate au fost furnizate de zeci de ani, prin integrarea componentelor IoT, cum ar fi elementele inteligente, adică tehnologiile senzorilor wireless (WSN) și a celor de identificare prin radiofrecvență (RFID).

Prin diagnoza la distanță, extinderea serviciilor tradiționale de sănătate la „*servicii inteligente de sănătate*“, permite o transformare fără precedent de la modul centralizat de tratament spitalicesc la un mod de asistență medicală descentralizată, centrată pe pacient, în care spitalele, comunitățile de asistență medicală, familiile și pacienții sunt implicați îndeaproape.

Această tranziție profundă impune furnizorilor de asistență medicală adoptarea unei strategii de servire care să includă noile progrese în TIC pentru a sprijini procesele și pentru a extinde furnizarea de servicii în domenii noi. Extinderea sistemelor de sănătate poate fi realizată prin aplicarea IoT într-un sistem de asistență medicală. Prelucrarea datelor include procesarea imaginilor digitale, software-ul de diagnosticare și sistemele electronice de monitorizare a sănătății.

În această lucrare este scos în evidență rolul TIC și a tehnologiilor inteligente pentru furnizarea de servicii de sănătate inteligente.

În secțiunea următoare sunt prezentate: necesitatea utilizării asistenței medicale electronice și principalele sale beneficii în practica medicală. Secțiunea 3 prezintă tehnologia IoT, ca sursă pentru realizarea de servicii inteligente în asistența medicală electronică, oportunități și beneficii. În secțiunea 4 este descrisă tehnologia elementelor inteligente ca o alternativă atractivă la serviciile tradiționale de asistență medicală, iar în secțiune 5 se prezintă adoptarea în cadrul instituțiilor din domeniul sănătății a serviciilor de Cloud ca sprijin pentru soluțiile de asistență medicală bazate pe IoT. Secțiune 6 este dedicată deciziei unui cadru general pentru un sistem inteligent de sănătate bazat pe Cloud. Lucrarea se încheie cu o secțiune de concluzii referitoare la problematica abordată.

2. Asistență medicală electronică

Asistența medicală electronică poate fi definită ca fiind practica medicală susținută de dispozitive electronice și de comunicații, incluzând înregistrările medicale electronice, prescripțiile electronice, managementul cunoștințelor și monitorizarea de la distanță.

Punerea în aplicare la îngrijirea medicală a acestor noi practici este esențială pentru serviciile de îngrijire a sănătății de înaltă calitate și rentabilitate pentru prevenirea erorilor medicale, îmbunătățirea performanțelor personalului medical și a eficienței actului medical, precum și o mai bună relație medic-pacient.

Principalul beneficiu al asistenței medicale electronice se referă însă la utilizarea Internetului pentru difuzarea rapidă a informațiilor medicale, cum ar fi dosarul electronic de sănătate (DES) sau înregistrările medicale digitale. Aceste înregistrări furnizează informații referitoare la datele demografice ale pacienților, antecedentele medicale, rapoartele de progres, problemele cu care pacientul se confruntă, medicația, rezultatele analizelor și multe altele, generând o înregistrare completă a pacientului pe toată perioada de viață.

În urma studiilor și cercetărilor recente referitoare la asistența medicală, o soluție pentru o organizație de management a sănătății este să ofere realizarea unui sistem de asistență medicală

bazat pe convergența tehnologiilor (de exemplu: tehnologia senzorilor, tehnologia rețelei și tehnologia de procesare a datelor), pentru a servi pentru oricine, oricând și oriunde [4].

Figura 1 prezintă extinderea serviciilor tradiționale de sănătate la *servicii inteligente de sănătate* prin expansiunile timpului, spațiului, beneficiarilor și serviciilor pentru un astfel de sistem de asistență medicală.

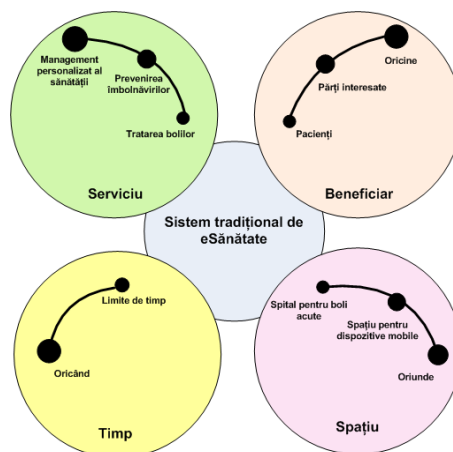


Figura 1. Extinderea serviciilor tradiționale de sănătate

3. Internetul obiectelor (IoT) – O nouă sursă de servicii pentru asistență medicală

IoT se referă la o nouă paradigmă care introduce pentru multe aplicații elemente inteligente, cum ar fi rețelele de senzori wireless și dispozitivele RFID, în scopul optimizării resurselor și extinderii ofertei de servicii ale utilizatorilor pentru nevoile speciale ale fiecărei zone. În acest scop, permite oamenilor și tehnologiilor să întreprindă acțiuni care să ofere valoare adăugată prin intermediul interacțiunilor sistemelor cheie de servicii: (1) de la om la om (H2H), (2) de la om la mașină (H2M) și (3) de la mașină la mașină (M2M) [2].

IoT rămâne un domeniu relativ nou de cercetare, iar utilizarea sa potențială pentru asistență medicală este încă la început. În domeniul medical, IoT face posibilă colectarea de date de la obiecte inteligente oriunde și oricând, facilitând o mai bună capacitate de luare a deciziilor, concentrată pe implicarea pacienților în prevenirea și tratarea bolilor.

IoT face posibilă monitorizarea de la distanță a sănătății, prin furnizarea unui flux continuu de date exacte pentru decizii de îngrijire mai bune. Această monitorizare poate fi utilizată pentru supravegherea pacienților non-critici la domiciliu, mai degrabă decât în spital, reducând astfel presiunea asupra resurselor spitalului, cum ar fi medicii și paturile. De asemenea, ar putea fi utilizată pentru a oferi un acces mai bun la asistența medicală pentru cei care trăiesc în zonele rurale sau pentru a permite persoanelor în vârstă să trăiască independent la domiciliu mai mult timp.

IoT poate aduce o gamă largă de oportunități și beneficii sistemului de sănătate, îmbunătățind calitatea îngrijirii prin urmărirea activităților zilnice ale pacientului, consumului alimentar și parametrilor fiziologici, activități utile pentru furnizarea diagnosticelor medicale, regimurilor de tratament și îngrijirii medicale. Astfel, se îmbunătățește eficiența, în timp ce costurile sunt reduse.

4. Elementele tehnologiei inteligente utilizate în asistența medicală electronică

Un element inteligent este un dispozitiv capabil să furnizeze anumite date despre el sau despre obiectul cu care este asociat și care are capacitatea de a comunica aceste informații.

Folosind funcția de urmărire a obiectelor în timp real, elementele inteligente furnizează informații cu privire la identitatea obiectului și mediul său printr-o comunicare wireless mai rapidă, îmbunătățind luarea deciziilor, reacția oportună și extinderea serviciilor de afaceri.

Tehnologia elementelor inteligente reprezintă o alternativă atractivă la serviciile tradiționale de asistență medicală atât din punct de vedere economic, cât și din punct de vedere al confortului pacientului.

Implementarea progresivă a tehnologiei elementelor inteligente în domeniul asistenței medicale pentru urmărirea modului de viață și a stării de sănătate a pacienților prin folosirea dispozitivelor de mici dimensiuni confortabile non-invazive [11] implică realizarea unui pas fără precedent către descentralizarea serviciilor de asistență medicală, permițând un nou scenariu caracterizat prin monitorizarea permanentă și pretutindeni a stării de sănătate în viața de zi cu zi.

4.1. Identificarea prin radiofrecvență (RFID)

RFID este o tehnologie de urmărire wireless care utilizează unde radio pentru colectarea și transferul de date, cu capacitatea de a trimite și de a primi informații fără implicarea umană. Componentele RFID de bază constau în cititori (balize), etichete (transpondere) și servere care procesează datele colectate din etichete. În principiu, această tehnologie permite oricărui dispozitiv etichetat să fie mobil, inteligent și să comunice cu departamentele TIC ale unei organizații.

Această tehnologie a fost adoptată în primul rând de instituțiile medicale pentru eliminarea mecanismelor bazate pe hârtie, reducerea erorilor medicale și a timpului de așteptare al pacientului.

De-a lungul timpului, utilizarea sa s-a răspândit foarte mult spre servicii noi, cum ar fi livrarea de medicamente în spitale, identificarea pungilor pentru transfuzia de sânge și urmărirea echipamentelor.

De asemenea, utilizarea sa a extins la domeniul de aplicare al serviciilor de asistență medicală; astăzi fiind posibilă utilizarea telefoanelor inteligente cu capabilități de senzori RFID ca platformă pentru monitorizarea parametrilor medicali, o nouă ramură tehnologică a e-Sănătății denumită în mod curent *m-Sănătate* [6]. Avantajul obținut constă în prevenirea și monitorizarea ușoară a bolilor, diagnosticarea ad-hoc și furnizarea de asistență medicală promptă în cazuri de urgență.

4.2. Rețeaua senzorilor wireless (WSN)

WSN-urile sunt sisteme de aplicații de rețea inteligente care colectează, integrează și transmit date în mod autonom prin încorporarea celor mai recente realizări tehnologice în domeniul microelectronicii, rețelelor și comunicațiilor.

Practic, conceptul de „rețea“ provine din interconectarea mai multor noduri de senzori. Prin noduri se face referire la dispozitive integrate, care comunică fără fir, ușoare și miniaturizate, capabile să perceapă, să proceseze și să comunice mai multe semnale fiziologice. Fiecare nod joacă un rol diferit în rețea, percepând simultan diferiți parametri, cum ar fi ECG (Electrocardiograma), EMG (Electromiografia), EEG (Electroencefalograma), printre altele.

Astfel, acești parametri oferă pacienților și medicilor o viziune asupra semnalelor fiziologice și fizice de sănătate care sunt esențiale pentru detectarea, diagnosticarea și tratarea problemelor legate de sănătate.

Prin combinarea acestor parametri de sănătate în timp real, medicii și îngrijitorii sunt în măsură să ofere servicii de asistență medicală care sunt mai bine adaptate nevoilor specifice ale individului [9].

Implementarea acestora poate aduce beneficii importante personalului din domeniul sănătății, cum ar fi informarea în timp util, exactitatea informației, gradul de utilizare a sistemului, scăderea costurilor și satisfacția mare a utilizatorilor, urmată de o calitate superioară a serviciilor percepută de pacienți.

În asistența medicală, îmbunătățirea serviciilor este realizată prin intermediul unor elemente inteligente critice (adică WSN-RFID) utilizate ca dispozitive medicale capabile să ofere îngrijire constantă prin diagnosticarea și monitorizarea condițiilor de sănătate.

Scopul principal al unui *mediu inteligent* este crearea unui cadru personalizat, care să permită pacientului să-și continue viața cu demnitate într-un mediu familiar, în timp ce primește cea mai bună supraveghere a sănătății, tratament și asistență fizică [3].

Monitorizarea stării de sănătate a pacienților se bazează în principal pe două tipuri de senzori. Acești senzori sunt *senzori medicali* care sunt atașați de pacient pentru a măsura parametrii vitali și *senzorii de mediu* încorporați în și în jurul diferitelor părți ale spațiului (camerei) în care pacientul este prezent. Luate împreună, valorile citite de acești senzori prezintă situația în timp real a stării pacientului în orice moment [1].

5. Asistența medicală utilizând mediul Cloud

Definiția cea mai concisă și recunoscută pe scară largă pentru Cloud Computing este oferită de NIST (National Institute of Standards and Technology) ca fiind „un model care permite accesul la o rețea la cerere, într-un spațiu comun de resurse de calcul configurabile (de exemplu, rețele, servere, stocare, aplicații și servicii), care pot fi rapid furnizate și lansate cu un efort minim de gestionare sau de interacțiune cu furnizorii de servicii“.

Funcțiile Cloud le permit clienților să construiască, să testeze și să implementeze aplicațiile lor pe servere virtuale folosind diferite infrastructuri și sisteme de operare multiple. Furnizorii de servicii Cloud oferă trei tipuri diferite de servicii pentru a obține mai multă flexibilitate, cum ar fi Software-ul ca Serviciu (SaaS), Platforma ca Serviciu (PaaS) și Infrastructura ca Serviciu (IaaS). Cloud Computing oferă capacitate nelimitată de stocare a datelor. Prin urmare, organizațiile și utilizatorii care utilizează Cloud-ul nu trebuie să fie preocupați de dimensiunea fișierelor.

Cloud Computing a atras atenția instituțiilor din domeniul sănătății, în special datorită capacității sale de a schimba întregul scenariu al asistenței medicale, îmbunătățind calitatea serviciilor la costuri reduse, cu siguranță avantaje promițătoare care, într-un trecut recent, nu au fost atinse în acest sector.

În ultimele decenii, acest sector se confruntă cu o cerere crescândă privind serviciile de asistență medicală, în timp ce penuria de personal medical calificat, cum ar fi medici, asistente medicale și farmaciști, reprezintă una dintre cele mai dificile provocări cu care se confruntă furnizorii de asistență medicală.

Utilizarea arhitecturii sistem de servicii în mediul Cloud poate introduce mai multe oportunități pentru furnizarea serviciilor de asistență medicală, ceea ce înseamnă stocarea datelor și soluții software care facilitează programele și procedurile zilnice ale operațiunilor de asistență medicală într-un mod flexibil și scalabil printr-un contract de tip „plățiți pe măsură ce utilizați“.

Serviciile de Cloud au fost acreditate pe scară largă pentru a sprijini soluțiile de asistență medicală bazate pe IoT, oferind soluții pentru scalabilitate, analiză de date și fiabilitate [8]. Astfel de soluții au la bază *senzori IoT* sau *dispozitive portabile*, de exemplu, dispozitive conectate pe mână sau corp: oximetru pentru puls, monitor ECG, ceasuri inteligente, etc., care percep starea de sănătate a utilizatorilor. Aceste dispozitive se pot conecta cu alte echipamente destinate utilizatorilor prin intermediul transmisiei Bluetooth, ZigBee și infraroșu.

Cloud computing și IoT pot fi văzute ca două tehnologii complementare. Cloud-ul poate compensa constrângerile tehnologice ale dispozitivelor IoT, și anume limitările de procesare, stocare și energie, oferind o soluție scalabilă și rentabilă pentru cazurile de utilizare a internetului, iar IoT extinde utilitatea și valoarea Cloud-ului în lumea reală.

Această lucrare se concentrează asupra ideii de integrare între rețeaua de senzori wireless și Cloud Computing. După ce senzorii de sănătate care sunt conectați la organismele pacienților

colectează și transmite date către Cloud, serviciile care sunt disponibile în acest Cloud sunt responsabile de primirea, stocarea, prelucrarea și distribuirea acestor date. Această soluție oferă un scenariu adecvat pentru a furniza un serviciu cuprinzător de telemedicină (transferul datelor medicale electronice între două locații), care automatizează procesele de colectare a datelor de la pacienți pentru furnizarea de decizii medicale compatibile bazate pe condițiile actuale ale pacienților și pe datele lor medicale istorice.

Prin adoptarea Cloud Computing, instituțiile medicale se pot concentra mai mult pe creșterea calității asistenței medicale acordate, în loc să își administreze propriile activități de IT, reducând sau chiar eliminând costurile ridicate ale departamentelor tehnice care susțin și exploatează infrastructurile interne. Acesta este un beneficiu considerabil pentru spitalele mai mici, asistente și medici, care pot implementa acum infrastructuri și servicii IT avansate pentru a sprijini operațiunile lor de asistență medicală, fără a se confrunta cu costuri inițiale și operaționale ridicate.

În plus, Cloud Computingul facilitează schimbul de informații (intern și extern) și oferă acces oriunde / oricând la datele medicale pentru instituțiile medicale implicate în procesul de îngrijire, ceea ce este extrem de important în domeniul asistenței medicale [7].

În acest sens, natura sensibilă a datelor medicale necesită acordarea unei atenții deosebite politicilor de confidențialitate pentru a asigura protecția datelor, care a fost identificată ca una dintre provocările-cheie ale Cloud Computing.

În cele din urmă, potențialul și beneficiile promițătoare, incluzând costuri reduse, eficiență sporită, confort, ușurință în utilizare și convergența sa cu tehnologii precum calculatoarele mobile, rețelele wireless și tehnologiile senzorilor, fac din Cloud Computing progresul tehnologic capabil să transforme modul în care este practică asistența medicală [10].

6. Servicii inteligente în domeniul asistenței medicale

Serviciile inteligente de asistență medicală se referă la măsurarea condițiilor de viață și a stării de sănătate ale pacienților folosind dispozitive de dimensiuni reduse de colectare a datelor și detecție a incidentelor din viața de zi cu zi [6]. Aceste servicii permit oamenilor să-și îndeplinească programul, ocupațiile și activitățile zilnice obișnuite, în timp ce primesc informații de sănătate, în timp util și de înaltă calitate, fără limitări de timp și spațiu.

Scopul principal al serviciilor inteligente în domeniul asistenței medicale este furnizarea în timp real de informații personale de sănătate pentru sprijinirea profesioniștilor din domeniul sănătății. Astfel, prin accesul la informații, medicii sunt capabili să ofere o gamă largă de servicii, cum ar fi diagnosticarea, prevenirea, tratamentul, reabilitarea, sprijinul și îngrijirea. În plus, în timp, prin procesul de informatizare, aceste servicii pot fi personalizate pentru a satisface nevoile și cerințele speciale ale fiecărui pacient.

Integrarea elementelor inteligente WSN-RFID și a mediului Cloud Computing permite colectarea, procesarea și stocarea în timp util a unui volum mare de informații sensibile pentru pacienți. După colectare, instituțiile de asistență medicală pot utiliza informațiile furnizate sub formă de parametri de sănătate pentru a îmbunătăți serviciile existente și pentru a oferi servicii noi. Acest tip de servicii se numesc servicii încorporate sau „inteligente” și au succes în crearea unui avantaj competitiv și în accelerarea inovării serviciilor.

Pentru acest tip de servicii inteligente de asistență medicală, lucrarea prezintă un exemplu de cadru general pentru un sistem inteligent de sănătate bazat pe Cloud. Acest cadru ilustrează noul domeniu de aplicare al asistenței medicale electronice prin adoptarea de obiecte inteligente WSN-RFID și descrie un scenariu inteligent de asistență medicală în care elementele inteligente achiziționează datele de la pacienți și transferă informațiile către Cloud. Odată ce se află în Cloud, informațiile de sănătate personale ale pacienților pot fi utilizate de către instituțiile de îngrijire a sănătății pentru a monitoriza parametrii vitali ai pacienților și a efectua serviciile menționate anterior (adică diagnosticarea, prevenirea, tratamentul, reabilitarea etc.).

Cadrul general ia în considerare două grupuri principale de utilizatori:

1. Instituțiile medicale, reprezentate de medici și personal de îngrijire și
2. Membrii familiei (din toată casa), reprezentați de pacienți și rude.

Ambele grupuri de utilizatori pot avea acces la informații în timp util prin intermediul sistemului de înregistrări medicale electronice și respectiv al portalului de îngrijire a pacienților. Grupul țintă pentru serviciile de sănătate inteligente este compus din pacienții cu o nevoie acută de îngrijire la domiciliu [5]. Acest tip de pacienți suferă de cele mai multe ori de boli cronice, de afecțiuni pe termen lung și de dizabilități fizice.

Elementele inteligente selectate pentru arhitectură sunt, în principal, senzori (WSN) pentru detectarea semnalelor electrice, termice, optice, chimice, genetice și a altor semnale fiziologice, capabile să evalueze caracteristicile indicative ale stării de sănătate a unei persoane. Senzorii, caracteristicile și utilizarea sunt descrise mai jos:

- Electrocardiografia (ECG) prezintă activitatea electrică a inimii, utilă pentru a descoperi aritmia cardiacă;
- Electromiografia (EMG) prezintă activitatea electrică a mușchilor scheletici, utilă pentru detectarea bolilor neuromusculare;
- Electroencefalografia (EEG) investighează activitatea electrică a creierului;
- Fotopletismografia (PPG) oferă date pentru măsurarea saturației oxigenului din sânge, utilă pentru detectarea volumului fluxului sanguin;
- Monitorul continuu de glucoză (CGM) furnizează date pentru a determina nivelurile de glucoză, procedură de diagnosticare pentru pacienții diabetici.

Cadrul propus este împărțit în cinci niveluri:

1. *Nivel introducere date despre pacient* - odată conectate la corpul unui pacient, elementele inteligente încep să perceapă, într-un mod discret, parametri fiziologici respectivi, în timp ce pacienții trăiesc viața normală.

2. *Nivel dispozitive inteligente* - la acest nivel, elementele inteligente sunt responsabile pentru detectarea și trimiterea informațiilor către dispozitivul de comunicații wireless. Acest dispozitiv stochează datele colectate de la nodurile senzorilor, date care vor fi puse la dispoziția utilizatorilor conectați la Internet prin cablu sau wireless.

3. *Nivel de agregare a datelor* - odată ce informațiile sunt recepționate de către dispozitivul de comunicații wireless, sunt transmise Cloud-ului respectiv (public, privat sau hibrid) în funcție de modelul de desfășurare ales de instituția medicală.

4. *Nivel cloud computing* - înregistrările de sănătate ale pacientului sunt stocate în modelul de implementare a Cloud-ului selectat de instituția de asistență medicală, de unde informațiile vor fi disponibile în timp util pentru grupurile de utilizatori [7].

5. *Nivel monitorizare rezultate* - în mod normal, pacienții, membrii familiei și personalul de îngrijire beneficiază de acces restrâns la informațiile medicale; în timp ce, medicii au acces deplin la dosarele medicale. Ei au chiar posibilitatea de a face note, prescripții și observații cu privire la diferite stări ale sănătății pacienților.

Fiecare nivel este reprezentat de constituenții fundamentali necesari pentru furnizarea de servicii de sănătate inteligente. Figura 2 ilustrează cadrul general al unui sistem de sănătate, bazat pe Cloud pentru serviciile inteligente de asistență medicală.

Arhitectura soluției propuse se bazează pe integrarea dintre senzorii medicali care sunt responsabili pentru colectarea parametrilor fiziologici ai pacienților și mediul cloud care asigură realizarea unui sistem inteligent de sănătate.

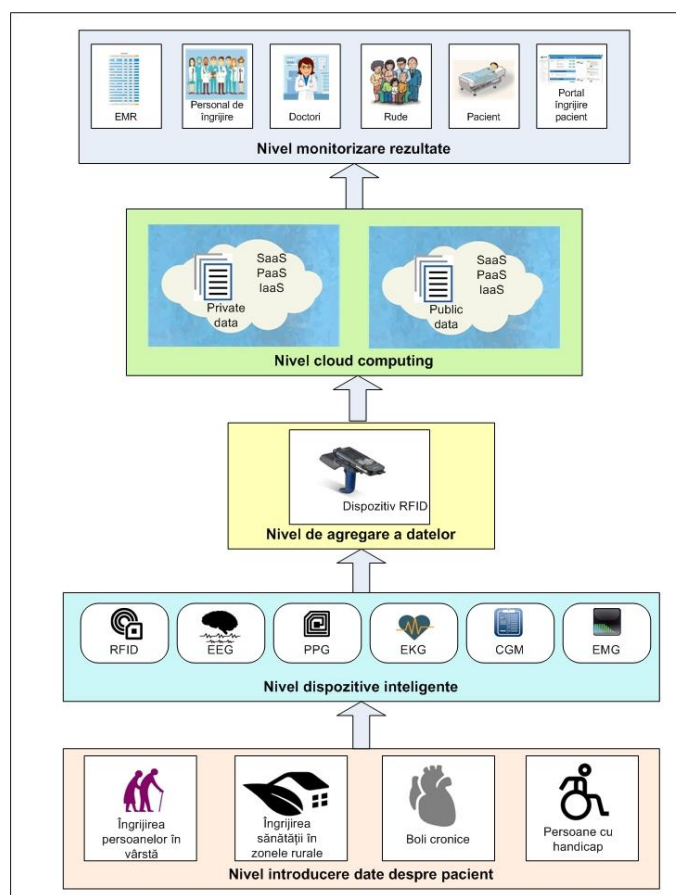


Figura 2. Exemplu de cadru general pentru un sistem inteligent de sănătate bazat pe Cloud

Principalele avantaje ale unui astfel de sistem sunt: (1) furnizarea de date culese în timp real; (2) eliminarea procesului de colectare manuală a datelor, care uneori include erori de introducere a datelor; (3) monitorizarea unui număr mare de pacienți care depind de un număr limitat de personal medical; (4) asigurarea faptului că ocuparea paturilor în spitale este numai pentru pacienții care au nevoie de ele.

7. Concluzii

Arhitectura sistemului prezentat se bazează pe senzori medicali care măsoară parametrii fiziologici ai pacienților, cât și parametrii de mișcare și ambientali prin utilizarea senzorilor wireless. Acești senzori transferă datele prin rețeaua wireless la mediul Cloud. Pacienții vor avea servicii de înaltă calitate, deoarece sistemul inteligent de sănătate electronică sprijină personalul medical prin furnizarea de date în timp real, eliminând colectarea manuală a datelor și permițând astfel monitorizarea unui număr mare de pacienți.

Există numeroase motive care susțin un astfel de sistem inteligent de sănătate bazat pe Cloud:

- (1) Îmbunătățirea accesibilității serviciilor medicale pentru persoanele care nu au acces la furnizorii de asistență medicală din comunitățile lor;
- (2) Facilitarea asistenței medicale pentru persoanele care nu au acces la mijloacele de transport în comun pentru a merge în spitale;
- (3) Creșterea numărului de paturi disponibile în spitale, în special în timpul evenimentelor publice în care un număr mare de persoane se întrunesc într-un singur loc;
- (4) Mărirea timpului disponibil personalului medical pentru a acorda atenție pacienților care au nevoie de mai multă grijă;

(5) Prevenirea întârzierilor în trimiterea informațiilor medicale ale pacienților către furnizorii de asistență medicală, în special în situații de accident și de urgență; și

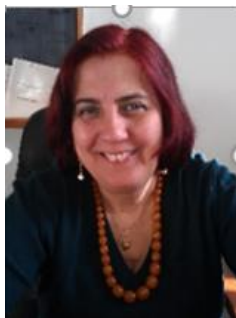
(6) Reducerea introducerii manuale a datelor pacienților, activitate care împiedică monitorizarea în timp real și restricționează personalul medical în monitorizarea eficientă a pacienților.

Confirmare

Acest articol a fost realizat în cadrul proiectului CPN 301 100/2019 - *Sistem de monitorizare non-invazivă și evaluare a sănătății persoanelor vârstnice într-un mediu inteligent (Ro-Smart Ageing)*, din Programul Nucleu al Ministerului Cercetării și Inovării, competiția 2019-2022 și al proiectului CS 385 /2018 - *Studiu privind sisteme inteligente de analiza comportamentală (instituțional și la nivel de utilizator) privind serviciile publice online*, din Planul Sectorial al Ministerului Comunicațiilor și Societății Informaționale.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexandru, A. & Coardos, D. (2017). Big Data: concepte, arhitecturi si tehnologii, *Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control - Revista Română de Informatică și Automatică*, ISSN 1220-1758, 27(1), 15-24;
2. Alexandru, A., Coardos, D., Nicolau D. (2018). A Platform for Future Internet of Things-Based Remote Monitoring of Chronic Diseases, *Proceedings of 17th International Conference on INFORMATICS in ECONOMY (IE2018)*, Education, Research & Business Technologies, Iași, 17-20 mai 2018, 93-98, ISSN 2284-7472, ISSN-L 2247-1480;
3. Alexandru, A., Ianculescu, M. & Coardos, D. (2018). Streamlining the e-Health ecosystem for an integrated management of Silver Digital Patients' personalized assistance, *Proceedings of IASTEM - 480th International Conference on Science Technology and Management (ICSTM)*, 21st - 22nd Oct 2018, Prague, Czech Republic, pp. 1-7, ISBN 978-93-87405-18-9;
4. Jeong J.O., Han O., and You Y-Y. (2016). A Design Characteristics of Smart Healthcare System as the IoT Application, *Indian Journal of Science and Technology*, 9(37), DOI: 10.17485;
5. Jeong, J.S., Han, O. & You, Y.Y. (2016). A Design Characteristics of Smart Healthcare System as the IoT Application, *Indian Journal of Science and Techonology*, 9(37);
6. Joshi, G. P., Acharya, S., Kim, C. S., Kim, B. S., & Kim, S. W. (2014). Smart Solutions in Elderly Care Facilities with RFID System and Its Integration with Wireless Sensor Networks, *International Journal of Distributed Sensor Networks*;
7. Kaur, P. D., & Chana, I. (2014). Cloud based intelligent system for delivering health care as a service, *Computer methods and programs in biomedicine*, 113(1), 346-359;
8. Mahmud, R., Koch, F.L. & Buyya, R. (2018). Cloud-Fog Interoperability in IoT-enabled Healthcare Solutions, *ICDCN '18*, January 4-7, Varanasi, India;
9. Othman, S. B., Bahattab, A. A., Trad, A., & Youssef, H. (2014). Secure Data Transmission Protocol for Medical Wireless Sensor Networks. *Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 649-656;
10. Parane, K. A., Patil, N. C., Poojara, S. R., & Kamble, T. S. (2014). Cloud based Intelligent Healthcare Monitoring System, *Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques (ICICT)*, 697-701;
11. Sadiku, M. N. O., Eze, K.G. & Musa, S. M. (2018). Wireless Sensor Networks for Healthcare, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(7), 210-213;
12. Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I. S., Ramos, V., Falcone, F., ... & Martínez-Ballesté, A. (2014). Smart health: A context-aware health paradigm within smart cities, *IEEE Communications Magazine*, 75.



Adriana ALEXANDRU a absolvit Facultatea de Automatică, Universitatea *Politehnica* din București (1976), Facultatea de Matematică, Universitatea din București (1982) și este doctor în Informatică Aplicată la Universitatea *Politehnica* București (1998). Este cercetător științific gradul I și Director General al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică din București și profesor la Universitatea *Valahia* din Târgoviște. A coordonat mai multe proiecte naționale în domeniul e-Sănătății, schimbărilor climatice, eficienței energetice și energiilor regenerabile și a fost responsabil de proiect în 11 proiecte europene în programele europene PECO, INCO COPERNICUS, SAVE, IST, EIE și Comenius. Este autoare a 3 cărți, coautor a 6 cărți și a scris peste 230 de articole publicate în România și în străinătate. Prof. Adriana Alexandru este membru al IEEE, ISES, VDI, SRIM, WASET și al Comitetelor de Evaluare pentru programele naționale de cercetare RELANSIN, INFOSOC, CEEX și PNII, PNIII și evaluator pentru programele FP V, EUREKA și POC UE.

Adriana ALEXANDRU graduated the Faculty of Automatic Control, Politehnica University of Bucharest (1976), the Faculty of Mathematics, University of Bucharest (1982) and is PhD in Applied Informatics at Politehnica University of Bucharest (1998). She is Senior Researcher 1st degree and General Director of National Institute for Research and Development in Informatics, Bucharest and Professor at Valahia University of Târgoviște. She coordinated several national projects in the field of e-Health, climate change, energy efficiency and renewable energy and was scientist in charge of 11 European projects in PECO, INCO COPERNICUS, SAVE, IST, EIE and Comenius European programmes. She is author of 3 books, co-author of 6 books and wrote over 230 articles published in Romania and abroad. Prof. Adriana Alexandru is member of IEEE, ISES, VDI, SRIM, WASET, and of the Evaluation Board for RELANSIN, INFOSOC, CEEX, and PNII, PNIII national research programmes and evaluator for FP V, EUREKA, and POC EU programmes.



Dora COARDOȘ este cercetător științific gradul III în Departamentul „Sisteme și Aplicații pentru Societate” din cadrul ICI București. A absolvit Facultatea de Matematică-Mecanică din cadrul Universității București, precum și cursurile de specializare în Informatică (anul V). Principalele domenii de interes pentru activitatea de cercetare includ: modelare matematică, business intelligence, dezvoltarea de sisteme informatice în domeniul valorificării patrimoniului cultural, educației, administrației publice, mediului, utilizarea Big Data în guvernare, utilizarea TIC în sănătate.

Dora COARDOȘ is a third degree scientific researcher in the „Systems and Applications for Society” Department of ICI Bucharest. She graduated from the Faculty of Mathematics and Mechanics of the University of Bucharest, as well as the specialized courses in Informatics (year V). The main areas of interest for the research activity include: mathematical modelling, business intelligence, development of information systems in the field of valorisation of cultural heritage, education, public administration, environment, use of Big Data in governance, and use of ICT in health.