

ABORDAREA DEW COMPUTING CA EXTENSIE A ARHITECTURILOR ORIENTATE CLOUD - ANALIZĂ DE OPORTUNITATE

Gabriel NEAGU

gneagu@ici.ro

Marilena IANCULESCU

manina@ici.ro

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică - ICI București

Rezumat: Lucrarea semnalează conceptul dew computing, abordat în literatura de specialitate cu precădere în ultimii doi ani. Similar cu fog computing, apărut în contextul dezvoltării Internet of Things, dew computing reprezintă o soluție de îmbogățire a arhitecturilor distribuite orientate cloud computing, prin reconsiderarea rolului calculatoarelor locale în raport cu resursele cloud. Într-o asemenea arhitectură, un server dew, aflat în proximitatea utilizatorului local, are rolul de a rezolva problemele accesibilității și disponibilității datelor și serviciilor cloud la care acest utilizator are acces, în cazul întreruperii conexiunii Internet cu infrastructura cloud. Sunt prezentate specificul abordării dew bazat pe caracteristicile de independență și colaborare, arhitectura cloud-dew - o extensie a arhitecturii client-server bazată pe conceptul server dew, categoriile dew computing reprezentând resurse disponibile pe serverul dew (ca de exemplu subset de site web, spațiu de stocare sincronizat cu copia sa în cloud, bază de date cu rol de backup pentru o bază de date din cloud, produs software, platformă sau calculator în dew). Având în vedere tematica proiectului de cercetare suport pentru investigația care a stat la baza acestei lucrări, ultima parte a lucrării este dedicată problematicii sistemelor dedicate îmbătrânirii active și sănătoase, pentru care soluția poate fi o arhitectură flexibilă de tip cloud-fog-dew și utilizarea unor tehnologii moderne pentru suportul interacțiunii utilizator-sistem. Platforma integrată de servicii online ProActive Ageing este prezentată din perspectiva extinderii serviciilor furnizate prin utilizarea potențialului oferit de dew computing.

Cuvinte cheie: arhitectură client-server, fog computing, cloud computing, dew computing, arhitectura cloud-dew, categorii dew, sisteme dedicate îmbătrânirii active și sănătoase.

Abstract: The paper presents the concept of dew computing, which has been approached in the literature especially in the last two years. Similar to fog computing, developed in the context of Internet of Things development, dew computing is a solution to enrich cloud computing-oriented distributed architectures by reconsidering the role of local computing over cloud resources. In such an architecture, a dew server in the proximity of the local user has the role of addressing the accessibility and availability of cloud data and services that this user has access to when the Internet connection with the cloud infrastructure is interrupted. The specifics of the dew approach based on the independence and collaboration features, the cloud-dew architecture - an extension of the client-server architecture based on the dew server concept, the dew computing categories representing resources available on the dew server (such as a subset of the web site, synchronized storage with its cloud copy, backup database, software product, platform or dew computer) are detailed. Considering the topic of the research support project for the investigation underlying this paper, the last part of the paper is devoted to the problem of active and healthy aging systems, for which the solution can be a flexible cloud-fog-dew architecture and the use of some modern technologies to support user-system interaction. The integrated platform for online services ProActive Ageing is presented from the perspective of an expansion of services that are provided using the potential dew of computing.

Keywords: client-server architecture, fog computing, cloud computing, dew computing, cloud-dew architecture, dew categories, systems for active and healthy ageing.

1. Introducere

Dew computing (DC), ca și fog computing (FC), este o paradigmă de calcul apărută după acceptarea pe scară largă a cloud Computing (CC). Norul (cloud) este departe, ceața (fog) este mai aproape, iar roua (dew) este aproape, pe pământ. În plus, continuând comparația metaforică, o picătură de rouă este mult mai mare decât particulele de ceață. Astfel, CC este îndepărtat și depinde de conexiunile la Internet; FC se află în proximitatea utilizatorilor; DC este chiar la utilizator și implică echipamente mai puternice decât cele specifice FC.

Din punct de vedere al dispozitivelor de calcul din arhitectura sistemelor distribuite de tip IoT:

- CC implică servere mari și baze de date uriașe;
- DC implică calculatoare și baze de date de mărime medie (desktop, laptop, handheld);
- FC implică o cantitate imensă de dispozitive de automatizare mici, inclusiv senzori, controlere, chip-uri, discuri, dispozitive de rețea etc.

Această departajare după tipul echipamentelor cu care lucrează corespunde în fapt rațiunii pentru care au fost dezvoltate cele două modele de calcul.

Cisco definește Fog computing drept o paradigmă care extinde CC și serviciile la marginea rețelei și care, similar cu CC, oferă utilizatorilor finali servicii de date, calcul, stocare și aplicații. Caracteristicile distinctive ale FC sunt, conform [2]:

- apropierea de utilizatorii finali;
- distribuția geografică densă;
- sprijinul pentru mobilitate.

O definiție recentă pune accentul pe conexiunea cu cloud [15]: "Fog computing este o arhitectură de calcul distribuită geografic, cu un bazin de resurse alcătuit din unul sau mai multe dispozitive eterogene conectate omniprezent la marginea rețelei și care nu sunt susținute exclusiv de serviciile cloud, destinată să furnizeze în mod colaborativ servicii elastice de calcul, stocare și comunicare (pe lângă multe alte servicii), în medii izolate, pentru o comunitate largă de clienți aflați în proximitate".

FC a apărut în contextul dezvoltării sistemelor Internet of Things (IoT) ca răspuns la cerința de a oferi resurse de calcul și de memorare cât mai aproape de locul de generare a datelor de către senzori și dispozitive inteligente. Datorită volumului mare de date IoT, al vitezei lor de generare și al problemelor de comunicații legate de migrarea integrală a acestora în cloud pentru a fi procesate și stocate, FC extinde arhitectura sistemelor IoT orientată exclusiv cloud cu un nivel intermediar, care oferă resursele necesare pentru pre-procesarea, analiza și filtrarea acestora.

DC este un subiect de cercetare relativ recent, fiind reflectat mai consistent în publicații în ultimii doi ani.

Lucrarea de față își propune să prezinte în sinteză acest concept și principalele aspecte legate de implementarea sa ca o componentă a infrastructurii distribuite orientate cloud. În continuare, lucrarea este structurată după cum urmează: Secțiunea 2 prezintă caracteristicile de independență și cooperare care stau la baza definirii acestui concept, precum și arhitectura cloud-dew ca soluție de organizare a datelor și

programelor de pe calculatorul local, de integrare a utilizării lor în context web și de sincronizare cu conținutul resurselor similare din cloud. În secțiunea 3 sunt trecute în revistă principalele categorii de resurse dew și specificul acestora. Secțiunea 4 este dedicată problematicii sistemelor dedicate îmbătrânirii active și sănătoase și prezentării unui exemplu din literatură de implicare a dew computing într-o soluție de arhitectură adaptată problemelor identificate. Secțiunea 5 prezintă beneficiile și oportunitățile pe care le poate aduce aplicarea unei arhitecturi cloud-dew în cazul unei soluții de eSănătate dezvoltată în cadrul proiectului ProActive Ageing. În secțiunea finală a lucrării sunt formulate câteva concluzii privind utilitatea și posibilitățile de valorificare a acestui concept.

2. Specificul abordării dew computing

2.1 Definiția conceptului

O definiție de dată recentă a conceptului este furnizată în [12], autorul articolului fiind unul din principalii promotori ai acestui concept: "*Dew computing este o paradigmă de organizare locală software-hardware în mediul cloud computing, conform căreia calculatorul local oferă funcționalitate independentă de serviciile cloud și are în același timp capacitate de colaborare cu serviciile cloud. Scopul DC este de a valorifica cât mai deplin potențialul calculatoarelor locale și al serviciilor cloud.*"

Conform definiției, caracteristicile esențiale ale acestui model de calcul sunt independența și colaborarea.

Independența înseamnă că o aplicație care funcționează pe un calculator local poate oferi funcționalitatea așteptată în lipsa serviciilor cloud și a unei conexiuni la Internet. De exemplu, un browser nu este o aplicație DC, deoarece nu poate oferi un serviciu independent fără o conexiune la Internet. Caracteristica de independență încurajează utilizarea cât mai mult posibil a resurselor locale, înainte de a trimite cereri către serviciile cloud, cu scopul de a valorifica potențialul de calcul local.

Colaborarea înseamnă că aplicația DC trebuie să facă schimb de informații cu

serviciile cloud în timpul funcționării. Această colaborare include sincronizarea, corelarea sau alte tipuri de interoperare. De exemplu, majoritatea aplicațiilor desktop, cum ar fi Microsoft Office, nu sunt aplicații DC. Caracteristica de colaborare necesită ca o asemenea aplicație să utilizeze servicii de cloud. Această caracteristică valorifică potențialul serviciilor cloud prin promovarea utilizării acestora în conexiune cu calculatoarele locale.

Independența indică faptul că aplicația este în mod nativ distribuită, în timp ce colaborarea indică faptul că această aplicație este în mod nativ conectată.

2.2 Arhitectura cloud-dew

DC a apărut din necesitatea de a oferi răspuns la o altă problemă tehnică decât cea abordată în cazul FC: lipsa de control a utilizatorului asupra resurselor de calcul pe care le are la dispoziție, aflate la distanță.

Răspunsul la această problemă l-a constituit **arhitectura cloud-dew**, în care DC reprezintă o nouă paradigmă de organizare a software-ului specific calculatoarelor locale, din proximitatea utilizatorului [13].

Dacă un utilizator stochează toate datele sale în cloud, calculatorul său personal este utilizat doar pentru accesarea datelor. Avantajul acestei soluții constă în suportul oferit pentru mobilitate: datele utilizatorului pot fi accesate de oriunde, cu condiția existenței unei conexiuni la Internet. Dezavantajul constă în dependența de această conexiune și de funcționarea serverelor din cloud. Dacă apar probleme legate de aceste componente ale infrastructurii, utilizatorul nu își poate accesa datele.

O soluție o constituie păstrarea unei copii a datelor utilizatorului în calculatorul său local. Există două elemente de dificultate asociate cu această soluție:

- în primul rând, nu este ușor să menții permanent datele din calculatorul local sincronizate cu datele din cloud;
- în al doilea rând, utilizatorul ar trebui să rețină informația de localizare a datelor sale atât pentru cloud, cât și pentru local.

Când datele utilizatorului sunt complexe ca

structură și de volume mari, aceste două elemente de dificultate nu sunt triviale.

Arhitectura cloud-dew este o extensie a arhitecturii client-server. Termenul "server" din arhitectura client-server a fost înlocuit cu termenul "server cloud". În plus, a fost introdus "server dew", un nou tip de server instalat pe calculatorul local al utilizatorului. Serverul dew și bazele sale de date conexe au două funcții principale:

- oferă clientului aceleași servicii ca și serverul cloud;
- sincronizează bazele sale de date cu bazele de date ale serverului cloud.

Principalele caracteristici ale serverului dew sunt următoarele:

- este un server web lightweight, care deservește în mod normal utilizatorul local;
- stochează de obicei doar datele utilizatorului, deci volumul acestora este mult mai mic decât în cazul serverului cloud;
- nivelul de vulnerabilitate acceptat este ridicat, pentru că în cazul unei indisponibilități sau distrugerii, datele vor fi recuperate de pe serverul cloud;
- este accesibil cu sau fără conexiune la Internet, deoarece funcționează pe calculatorul local.

3. Categoriile DC

Categoriile se referă la resursele pe care le implică DC [12].

a) **Web in dew (WiD)** este o categorie DC în care un calculator local conține un subset web sau o copie modificată a acestui subset, care permite instalarea unui site web. Subsetul web de pe calculatorul local satisface caracterul de independență al DC. În același timp, acest subset permite sincronizarea cu resurse web la distanță, satisfăcând astfel caracteristica de colaborare a DC. Acest tip de WiD are un potențial deosebit, inclusiv în Internetul obiectelor (IoT).

b) **Spațiu de stocare în dew (STiD)** este o categorie DC în care un spațiu de stocare de pe calculatorul local este duplicat într-un serviciu cloud și conținutul său este sincronizat automat cu copia sa din cloud.

Un serviciu tipic STiD existent este Dropbox [3]. În primul rând, fișierele/directoarele din Dropbox sunt disponibile pentru utilizatori în orice moment, corespunzător caracteristicii de independență. În al doilea rând, acestea sunt sincronizate automat cu replica lor din cloud pentru a satisface caracteristica de colaborare.

Există multe alte aplicații cu funcționalitate similară, de ex. Google Drive [4]. Aparent, aceasta satisface caracteristica de colaborare, dar nu satisface caracteristica de independență, deoarece un fișier nu poate fi deschis dacă serviciul Google Drive nu este disponibil în acel moment. Astfel, Google Drive nu este o aplicație STiD. Pe de altă parte, Google Drive Offline este o aplicație STiD [5].

c) **Bază de date în dew (DBiD)** este o categorie DC în care o bază de date a unui serviciu cloud și o bază de date de pe un calculator local pot juca reciproc rolul de backup.

Există multe modalități de a implementa DBiD. Utilizatorii pot decide care bază de date este principală și care este copia de rezervă. Există, de asemenea, diferite modalități de a genera copia de rezervă:

- replicarea bazei de date în timp real;
- copierea în timp real a jurnalului;
- copierea periodică a jurnalului.

Rolul DBiD este de a sprijini activitatea administratorului și de a ridica nivelul de siguranță al bazelor de date. Categoria DBiD satisface caracteristicile de independență și colaborare.

d) **Software în dew (SiD)** este o categorie DC în care dreptul de proprietate al unui utilizator asupra unui produs software achiziționat este materializat nu doar prin existența produsului respectiv pe calculatorul local al utilizatorului, dar și prin înregistrarea într-un serviciu cloud a informațiilor privind acest drept de proprietate și setările specifice produsului instalat. SiD ar trebui, de asemenea, să asigure re-descărcarea de către utilizator a acestui produs, dacă este necesar.

Mecanismele din App Store și Google Play de la Apple sunt exemple de SiD.

e) **Platforma în dew (PiD)** este o categorie DC caracterizată prin faptul că un mediu software, care suportă activitățile de dezvoltare

și operare pentru un domeniu specific, este instalat și funcționează pe un calculator local, iar setările și informațiile de utilizare sunt păstrate într-un serviciu cloud și sunt sincronizate dinamic cu ceea ce se întâmplă la nivel local.

Diferite tipuri de kituri de dezvoltare software (SDK) sunt aplicații candidate PiD. Un SDK instalat în sine nu este o aplicație PiD, este nevoie și de sincronizare, prin care se asigură backup-ul on line al informațiilor privind procesul de dezvoltare și de exploatare a mediului respectiv. GitHub este un exemplu de platformă care satisface cerințele PiD [9].

f) **Infrastructură de calcul / calculator în dew (IiD)** este o categorie DC în care un calculator local este susținut dinamic de serviciile cloud. IiD poate fi materializată în diferite forme, ca de exemplu:

- un calculator local duplicat ca instanță de mașină virtuală în cloud; starea acestei instanțe urmărește fidel evoluția stării calculatorului local;
- un calculator local cu toate setările/datele salvate într-un serviciu cloud; aceste setări/ date nu se referă doar la sistem, dar și la fiecare aplicație.

Implementarea acestei categorii permite separarea completă a datelor de echipamente. Dacă un laptop sau un telefon mobil este pierdut sau deteriorat, utilizatorul trebuie doar să cumpere un dispozitiv nou și toate setările/ datele vor fi recuperate complet în dispozitivul nou.

În prezent, unele companii de telefonie mobilă furnizează funcții de backup / restore, care în general nu asigură restaurarea tuturor setărilor de aplicații sau a tuturor datelor.

g) **Date în dew (DiD)** este o categorie DC în care aplicațiile sale satisfac cerințele de independență și colaborare, dar nu aparțin niciuneia dintre categoriile de mai sus, cum este cazul unor aplicații pentru telefoane mobile.

Tabelul 1 sintetizează informațiile despre categoriile DC prezentate mai sus.

Evident că lista acestor categorii poate fi completată în viitor, iar unele din categoriile existente pot fi rafinate în continuare. De asemenea, unele categorii pot fi deja exemplificate prin aplicații existente, altele pot inspira noi aplicații în viitor.

Tabelul 1. Categoriile de calculatoare [12]

Categoria	Resursa în Dew	Caracteristici	Aplicații existente
WiD	Subset Web	Accesarea unui subset web fără conexiune la Internet	
STiD	Memorie	Memorie în DC care are copie în cloud	Dropbox (2007)
DBiD	Bază de date	Baza de date locală cu backup în cloud	
SiD	Software	Informațiile privind dreptul de proprietate asupra unui produs software și setările acestuia au copie cloud	Apple App Store (2008), Google play (2008)
PiD	Platformă	Mediul de dezvoltare utilizat și proiectele soft adiacente au copie în cloud	GitHub (2008)
IiD	Infrastructura de calcul/calculator	Setările și datele de pe un calculator local au o copie cloud	
DiD	Date în alt format	Aplicații DC care nu se regăsesc în categoriile de mai sus	Novell Groupwise 7 (2005)

Din analiza categoriilor DC rezultă câteva concluzii. Tratarea unui calculator personal ca și calculator local extinde domeniul de aplicare al acestuia, prin asigurarea complementarității sale cu serverele cloud. Generic, calculatorul local, concept specific DC, vizează toate calculatoarele care nu sunt în cloud și include practic calculatoare personale, tablete, telefoane mobile, servere, clustere etc. De asemenea, valoarea adăugată a abordării DC nu este generată atât de puterea dispozitivelor de calcul implicate, cât mai ales de caracteristicile de colaborare și independență, specifice acestei abordări. Acestea extind domeniul de aplicare al DC către telefoanele mobile, ceea ce asigură o perspectivă certă de dezvoltare a acestui model de calcul.

Categoriile DC reflectă reprezentativitatea acestui model de calcul și orientează în același timp eforturile de dezvoltare a lui. În acest sens, câteva din problemele de interes sunt următoarele:

Pentru categoria WiD:

- realizarea eficientă a sincronizării mai multor site-uri;
- instalarea facilă pe un calculator local a unui site web duplicat.

Pentru categoria STiD:

- reducerea costurilor pentru realizarea aplicațiilor STiD.

Pentru categoria DBiD:

- asigurarea funcționării replicării în cloud a unei baze de date instalate pe un calculator local și a restaurării

acesteia în cazul în care calculatorul local este deteriorat sau pierdut, cerință care implică setări în rețea care în mod curent depășesc nivelul de competență al utilizatorilor calculatoarelor locale.

Pentru categoria SiD:

- un framework deschis pentru facilitarea dezvoltării acestui tip de aplicații;
- analiza oportunității includerii acestei funcționalități în sistemele de operare.

Pentru categoria IiD:

- asigurarea decuplării datelor de dispozitivul de pe calculatorul local pe care rezidă, astfel încât pierderea sau deteriorarea unui laptop sau telefon mobil să nu mai reprezinte o problemă.

Așa cum s-a menționat deja, o problemă de interes general pentru categoriile DC o reprezintă posibilitatea de a propune noi categorii sau de rafinare/ reconsiderare a celor existente.

4. Utilizarea DC în sisteme dedicate îmbătrânirii active și sănătoase

4.1 Probleme specifice acestei clase de sisteme

Un aspect specific de care trebuie să se țină cont în realizarea acestei clase de sisteme o constituie inabilitatea și chiar reticența persoanelor vârstnice de a utiliza dispozitive IT, datorită declinului abilităților fizice și intelectuale [10]. Acest aspect, coroborat cu

dorința mării majorități a persoanelor vârstnice de a trăi și a fi îngrijit acasă cât mai lung posibil accentuează rolul important al persoanelor care pot contribui la actul de asistență/îngrijire și al coordonării activităților acestora [8].

Pornind de la analiza acestor considerente, lucrarea [6] identifică și analizează următoarele probleme în realizarea acestei clase de sisteme, a căror rezolvare care necesită abordări arhitecturale și tehnologice inovative:

- diversitatea comunităților pe care le deserveșc, inclusiv sub aspectul nivelului de pregătire privind utilizarea TIC;
- diversitatea perioadelor realiste de implementare pe scară largă (relevantă pentru evaluarea impactului generat) a acestor sisteme pentru comunitățile țintă;
- diferențele de mentalitate a persoanelor în vârstă, funcție de naționalitate și de zona geografică.

Comunitățile țintă ale sistemelor dedicate îmbătrânirii active și sănătoase includ:

- *indivizi*: persoane vârstnice autonome din punct de vedere al capacității de a controla atât obiectivele, cât și mijloacele de îngrijire (auto-îngrijirea);
- *familii*: vârstnici în cadrul familiei și/sau sprijiniți de familie în îngrijire: aceștia controlează mijloacele/instrumentele de îngrijire, dar nu și obiectivele îngrijirii (îngrijirea informală);
- *personal asistiv*: vârstnicii controlează obiectivele îngrijirii, dar nu și mijloacele/instrumentele de îngrijire (îngrijirea informală);
- *facilități specializate* pentru îngrijirea vârstnicilor: vârstnicii au control limitat sau nu au control asupra obiectivelor și a mijloacelor/instrumentelor de îngrijire (îngrijire formală).

Referitor la nivelurile de pregătire digitală a comunităților vizate, conform [14] citat în [6], acestea sunt următoarele (de la cel mai scăzut la cel mai ridicat): analfabetism absolut, fobie digitală, alfabetizare digitală de bază,

imigranți digitali, pregătire medie, vizitatori digitali, cunoștințe avansate, rezidenți digital, nativi digital.

Variantele privind perioada propusă pentru implementarea masivă a tehnologiilor/ mediilor propuse depind de maturitatea soluțiilor disponibile și de nivelul de alfabetizare digitală al comunității țintă: imediat (tehnologiile mature curente pot fi aplicate imediat), în viitorul apropiat (tehnologiile de perspectivă se pot maturiza în următorii 2-3 ani), în viitorul îndepărtat (nu poate fi precizată perioada în care se vor maturiza tehnologiile de perspectivă).

În Europa au fost observate și raportate deja diferențe de mentalitate pe criterii naționale sau geografice în ceea ce privește îngrijirea vârstnicilor [7], citat în [6]:

- îngrijirea informală este mai frecventă în Sud decât în Nord;
- îngrijirea informală este mai frecventă în "noile" state membre din "Est" decât în "vechile" state membre din "Vest";
- furnizarea de servicii de îngrijire informală pentru cineva din afara gospodăriei este relativ rară în țările mediteraneene, în timp ce îngrijirea persoanelor în vârstă la domiciliu este mai frecventă în aceste țări decât în statele UE în medie;
- în Nord, proporția scăzută a persoanelor care oferă servicii de îngrijire a vârstnicilor în propria gospodărie se explică prin raritatea gospodăriilor multi-generație.

4.2 O soluție de arhitectură cloud-fog-dew

Pe baza acestei analize, lucrarea [6] propune un model de sistem care să răspundă problemelor identificate, bazat pe o arhitectură furnizoare de servicii de calcul cloud-fog-dew și pe utilizarea unor tehnologii TIC moderne: interfețe utilizator multimodale, realitate îmbogățită – pentru interacțiune om-calculator (H2M) și calculator-om (M2H) neobstructive, învățare automată – pentru suport decizie și ghidare virtuală a utilizatorului, Internetul obiectelor (IoT) și interacțiune calculator-calculator (M2M).

Miza proiectului este să ofere un ecosistem deschis de integrare a tuturor componentelor specifice unui sistem performant, de la senzori la servicii de nivel înalt.

În acest sens, *ecosistemul AGE-Care* se bazează pe câteva principii de bază:

- rolul dominant al interacțiunii M2M în raport cu interacțiunea H2H;
- interacțiuni multimodale în locul celor mono-modale;
- feedback non obstructiv furnizat prin realitate îmbogățită, în locul unei comunicări directe, obositoare, cu numeroși senzori, dispozitive de acționare sau alte tipuri de dispozitive IT;
- proces decizional și asistență virtuale, bazate pe învățare automată, în locul serviciilor reale, bazate pe implicarea directă a factorului uman;
- durată redusă de învățare adaptivă, prin selectarea de metode specifice, bazate pe coaching virtual și compatibile cu principiul "long life learning", în locul abordărilor tradiționale și incomode, de tip "ghid de utilizare" sau "help contextul";
- infrastructură distribuită de servicii, bazată pe comunicare locală și la distanță.

Rolul principal al DC în concepția acestui sistem este de a oferi un mediu de servicii distribuite pentru a reduce încărcătura fizică, cognitivă și mentală a părților interesate din domeniul îngrijirii vârstnicilor, prin scăderea interacțiunilor H2H, H2M și M2H, în favoarea interacțiunii M2M.

Palierul DC al infrastructurii include rețele locale de mică dimensiune, care asigură concentrarea și pre-procesarea datelor culese de la senzori și, respectiv, preluarea datelor destinate elementelor de acționare multimodală (actuatoarelor), la nivelul controlerelor IoT, precum și partajarea acestora cu nivelul supraordonat al Fog computing.

Se constată că, în fapt, acest palier îndeplinește și funcțiuni specifice FC la nivel local.

Următorul palier de arhitectură implementează funcțiuni FC la nivelul regional, fiind constituit din rețele de mărime

medie, care găzduiesc datele preluate de la controlerile IoT și datele referitoare la acțiunile actuatorilor, la nivelul porților de acces (gateway-urilor) IoT. Aceste date sunt partajate atât cu palierul subordonat (DC), cât și cu cel supraordonat (CC).

Fluxurile de comunicare/ interacțiune în care este implicat palierul DC sunt cele de tip interacțiune M2M, adică fluxurile de date între senzori și dispozitivele de acționare. Acest canal de interacțiune reprezintă suportul pentru fluxurile de informații senzitive de context, furnizate de realitatea îmbogățită multimodală. Aceste informații susțin interacțiunile de tip om-IoT, plasate sub palierul DC și care au la bază fluxurile de date de la/către utilizatori, prin intermediul diverselor dispozitive.

5. Perspective de dezvoltare a unei soluții de eSănătate prin folosirea dew computing

Un sistem dedicat îmbătrânirii active și sănătoase "centrat-pe-vârstnici" implică proiectarea unor servicii suport pentru acte medicale care să țină cont de specificitățile îngrijirii unor persoane care suferă de afecțiuni degenerative și cronice multiple.

În acest context, în cadrul proiectului "Prelungirea vieții active pentru o îmbătrânire independentă și sănătoasă – ProActiveAgeing" a fost dezvoltată o platformă integrată de servicii online care este centrată pe o persoană care îmbătrânește atât prin furnizarea unor informații ce susțin o calitate ridicată a vieții vârstnicului și a familiei acestuia, cât și prin servicii online pentru specialiștii din domeniul medical implicați în domeniile geriatrie, gerontologie sau alte specialități conexe procesului de îmbătrânire [1].

Platforma ProActive Ageing este organizată în trei module principale (vezi Figura 1):

- *Centru de îmbătrânire activă*: vizează responsabilizarea și susținerea persoanelor vârstnice prin asigurarea accesului la informații structurate actualizate referitoare la procesul de îmbătrânire, la acțiuni comportamentale motivaționale și de adaptare a mediului familiar la disfuncționalități legate de vârstă;

- *Materiale de instruire cu o tematică largă pentru specialiștii care se ocupă de persoanele care îmbătrânesc:* centralizează o curricula de cunoștințe actualizate pentru îngrijitorii persoanelor vârstnice în vederea unei pregătiri practice și teoretice adaptată la nevoile specifice ale persoanelor care îmbătrânesc;
- *Toolkit pentru susținerea cercetărilor medicale direcționate către o îmbătrânire activă și sănătoasă:* este dedicat susținerii personalului medical care desfășoară activități inovative specifice domeniului îngrijirii celor care îmbătrânesc.



Figura 1. Platforma ProActive Ageing

Platforma integrată de servicii online ProActiveAgeing poate fi dezvoltată cu ajutorul arhitecturii dew computing pentru diversificarea unor servicii furnizate care să răspundă mai bine nevoilor și cerințelor pacienților în vârstă.

Dat fiind faptul că pacienții în vârstă sunt cei mai mari consumatori de resurse de sănătate din cauza numărului de afecțiuni degenerative de care suferă, prin folosirea unei baze de date în dew (DBiD) se pot optimiza și integra date heterogene multiple care pot susține o cercetare clinică ce își propune să dezvolte noi modele predictive pentru o îngrijire centrată pe pacient, preventivă și proactivă, mai eficientă din punct de vedere al costurilor serviciilor medicale.

Extinderea platformei ProActive Ageing cu o platformă în dew (PiD) care să susțină optim servicii bazate pe utilizarea tehnologiei Internet of Things pentru culegerea și procesarea în

timp real a unor date medicale sau de alarmă are potențialul de a facilita o reacție medicală preventivă într-o situație de urgență, un tratament adecvat mai personalizat, precum și diminuarea vulnerabilităților persoanelor în vârstă.

O dezvoltare viitoare a platformei integrate ProActive Ageing prin folosirea facilităților oferite de dew computing induce o serie de oportunități, cum ar fi:

- eficiență sporită a unor servicii medicale personalizate și mai bine centrate pe persoanele în vârstă;
- identificare mai rapidă a unei situații cu risc ridicat pentru pacienții cu multiple afecțiuni degenerative;
- monitorizare mai exactă, mai performantă și mai personalizată a comorbidităților și a proceselor degenerative legate de îmbătrânire;
- mai bună responsabilizare a persoanelor în vârstă și a familiilor lor în abordarea unor probleme practice pentru obținerea unei îmbătrâniri active și independente;
- noi facilități pentru consolidarea informațiilor și datelor medicale dintr-o mare varietate de surse în resurse cuprinzătoare și coerente care să poată susține mai eficient atât actele medicale curente, cât și cercetările pentru identificarea unor noi protocoale terapeutice care vizează persoanele vârstnice.

6. Concluzii

Arhitectura cloud-dew este o extensie a arhitecturii client-server, bazată pe conceptul dew server – un server web instalat pe calculatorul local, care permite navigarea pe web în lipsa conexiunii Internet, pe baza sincronizării între resursele de date și aplicații accesibile în local cu datele și serviciile cloud. Lucrarea prezintă specificul dew computing în raport cu fog computing și în contextul arhitecturilor distribuite orientate cloud computing. Deși implementări punctuale în spiritul conceptului au existat și anterior formulării acestuia, promovarea sa în ultimii doi ani pune accent pe complemetaritate în raport cu celelalte două concepte și pe contribuția

sa în reconsiderarea rolului resurselor locale, din proximitatea utilizatorului, într-o astfel de infrastructură distribuită.

Interesul pentru această abordare este legat de identificarea unor direcții de actualizare arhitecturală și tehnologică pentru sisteme dedicate îmbătrânirii active și sănătoase, abordate în cadrul colectivului de cercetare. În mod concret, este avut în vedere proiectul ProActiveAgeing. Extinderea platformei integrate de servicii online ProActiveAgeing cu ajutorul dew computing are potențialul de a facilita persoanelor în vârstă accesul la servicii de sănătate mai eficiente și personalizate, cu un accent puternic pe incluziune, calitate a vieții și independență.

Recunoaștere

Prezenta lucrare a beneficiat de suportul proiectului ProActive Ageing, finanțat prin programul PN-II-PT-PCCA-2014 Parteneriate, în perioada 2014-2017.

BIBLIOGRAFIE

1. **ALEXANDRU, A.; IANCULESCU M.:** Enabling Assistive Technologies to Shape the Future of the Intensive Senior-Centred Care: A Case Study Approach, *Studies in Informatics and Control*, ISSN 1220-1766, vol. 26(3), 2017, pp. 343-352.
2. **BONOMI, F.; MILITO, R.; ZHU, J.; ADDEPALLI, S.:** Fog computing and its role in the internet of things. In *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, AMC, 2012, pp. 13–16.
3. **DRAGO, I.; MELLIA, M.; MUNAFO, M.; SPEROTTO, A.; SADRE, R.; PRAS, A.:** Inside dropbox: Understanding personal cloud storage services. In *Proceedings of the ACM conference on Internet measurement conference*, New York, NY, USA, 2012, pp. 481-494.
4. **Google Inc.:** Google Drive, accesat 22.03.2017. (<https://drive.google.com>)
5. **Google Inc.:** Google Drive Offline, accesat 22.03.2017. (<https://support.google.com/drive/answer/2375012?co=GENIE.Platform%3DDesktop&hl=en>)
6. **GORDIENKO, Y. et al.:** Augmented Coaching Ecosystem for Nonobtrusive Adaptive Personalized Elderly Care on the Basis of Cloud-Fog-Dew Computing Paradigm. In *Proceedings of the MIPRO 2017 Conference*, 22-26.05.2017, Opatija, Croatia, pp. 387-392.
7. **HABERKERN, K.; SZYDLIK, M.:** State care provision, societal opinion and children's care of older parents in 11 European countries. *Ageing and Society*, 30(2), Cambridge University Press, 2010, pp. 299-323. doi.org/10.1017/S0144686X09990316.
8. **HERNANDEZ, C. et al.:** Integrated care services: lessons learned from the deployment of the NEXES project. *Int. Journal of Integrated Care*, 15(1), 2015. (<https://www.ijic.org/articles/10.5334/ijic.2018/>)
9. **MUSLU, K.; BIRD, C.; NAGAPPAN, N.; CZERWONKA, J.:** Transition from Centralized to Decentralized Version Control Systems: A Case Study on Reasons, Barriers, and Outcomes. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, Hyderabad, India, 2014, pp. 334-344.
10. **SMITH, A.:** Older adults and technology use: Adoption is increasing but many seniors remain isolated from digital life. *Pew Research Center*, 2014. (<http://www.pewinternet.org/2014/04/03/olderadults-and-technology-use/>).
11. **WANG, Y.:** The Relationships among Cloud Computing, Fog Computing, and Dew Computing. *Dew Computing Research*, accesat 08.06.2017. (<http://www.dewcomputing.org/index.php/2015/11/12/the-relationships-among-cloud-computing-fog-computing-and-dew-computing/>)

12. **WANG, Y.:** Definition and categorization of dew computing. *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, 3(1), 2016, pp. 1–7.
13. **WANG, Y.:** Cloud-dew architecture. *International Journal of Cloud Computing*, 4(3), 2015, pp. 199–210.
14. **WHITE, D. S.; LE CORNU, A.:** Visitors and Residents: A new typology for online engagement. *First Monday*, 16(9), 2011. (<http://firstmonday.org/article/view/3171/3049>)
15. **YI, S.; HAO, Z.; QIN, Z.; LI, Q.:** Fog Computing: Platform and Applications. In *Proceedings of the Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb)*, Washington, 12-13.11.2015, pp. 73-78.