

# An Architecture for the Industrial Internet of Things

Adrian POPOVICI, Ioan UNGUREAN

**Abstract**— Throughout history, several discoveries have caused major social and technological shifts – the industrial revolution, the transistor, the microchip, the Internet. The great challenge of this century, considered by experts to lead to the fourth industrial revolution, is the Internet of Things. As the IoT is still a new field of research, there are multiple viewpoints regarding it.

**Index Terms**— Internet of Things, IIoT, middleware, DDS

## I. INTRODUCERE

O serie de tehnologii existente au cauzat schimbări majore în viața cotidiană. Totul devine interconectat – telefoane inteligente care permit accesul la o multitudine de informații și comunicarea facilă cu alți indivizi, tag-uri RFID în magazinele retail pentru a simplifica modul de cumpărare al produselor, vehicule care încorporează un sistem GPS pentru determinarea locației, contoare inteligente care transmit furnizorilor de utilități datele pentru facturare și așa mai departe.

Acest nou sistem de sisteme este denumit Internetul Lucrurilor (Internet of Things), sub ambele aspecte – uman și industrial, astfel că devine necesară asigurarea existenței anumitor caracteristici ale acestuia – scalabilitate, fiabilitate, securitate.

În acest articol se prezintă o arhitectură IoT destinată în principal mediului industrial.

## II. PREZENTAREA LUCRURILOR (OBIECTELOR)

### A. Ce este Internetul Lucrurilor (IoT)?

În mod surprinzător, IoT nu are o definiție unanim acceptată, întrucât înglobează numeroase aspecte ale vieții de zi cu zi.

Internetul Lucrurilor este o paradigmă care vizează interacțiunea oamenilor cu alți oameni, oamenilor cu obiecte și a obiectelor cu alte obiecte.

### B. Este IoT o tehnologie nouă?

IoT a rezultat din integrarea obiectelor în rețeaua globală existentă, adăugând atribute fizice și un comportament virtual

obiectelor, care pot utiliza protocoale interoperabile pentru a comunica atât cu oameni cât și cu alte obiecte.

Ideea în sine nu reprezintă o noutate. Încă din 1926, Nikola Tesla lua în calcul comunicarea între oameni oriunde pe glob folosind dispozitive ce comunică fără fir [1].

În 1998, Mark Weber descrie conceptul de computing ubicuu ca fiind opusul realității virtuale – în timp ce realitatea virtuală aduce oamenii într-o lume generată de computer, computing-ul ubicuu forțează computerul să intre în lumea reală și să interacționeze cu oamenii.

Internetul Lucrurilor nu este o tehnologie nouă, ci este o colecție de tehnologii existente organizate într-un mod astfel încât să răspundă cerințelor noii societăți – societatea informațională.

Termenul IoT a fost propus în anul 1999 de Kevin Ashton de la MIT Auto-ID Center.

### C. Prima implementare

Primul obiect conectat la Internetul Lucrurilor aparține Universității Carnegie Mellon – un automat de Cola [2] care avea cel mai mic preț din întregul campus, dar care era situat destul de departe de facultatea de calculatoare. O serie de studenți au modificat automatul în 1982 pentru a urmări timpul de când sticlele de suc erau introduse în aparat și pentru a permite conectarea din rețea în scopul verificării stării sticlelor. Timpul scurs de la introducerea sticlelor era utilizat pentru a determina dacă sucul era sau nu rece.

### D. Ce sunt lucrurile?

Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor identifică patru dimensiuni ale Internetului Lucrurilor [3] – identificarea obiectelor, rețele de senzori, sisteme înglobate și nanotehnologie. Este posibilă atașarea unui tag RFID unui obiect fizic existent, iar acesta va funcționa ca “lucru” pe Internet.

## III. CLASIFICAREA INTERNETULUI LUCRURILOR

Există două mari componente ale IoT: HIoT – Human Internet of Things și IIoT – Industrial Internet of Things. Nici acești termeni nu sunt unanim acceptați – Tim O’Reilly preferă Internet of Things and Humans, iar General Electric utilizează direct Industrial Internet.

Diferența majoră între cele două componente ale IoT o constituie modul de control și funcționarea: HIoT vizează în principal obiectele interactive care funcționează pe bază de

Manuscript received December 2, 2014.

Adrian POPOVICI is with the Computers, Electronics and Automation Department, Stefan cel Mare University of Suceava, 13 University street, Romania (e-mail: [adpopovici@stud.usv.ro](mailto:adpopovici@stud.usv.ro)).

Ioan UNGUREAN is with the Computers, Electronics and Automation Department, Stefan cel Mare University of Suceava, 13 University street, Romania (e-mail: [ioanu@eed.usv.ro](mailto:ioanu@eed.usv.ro)).

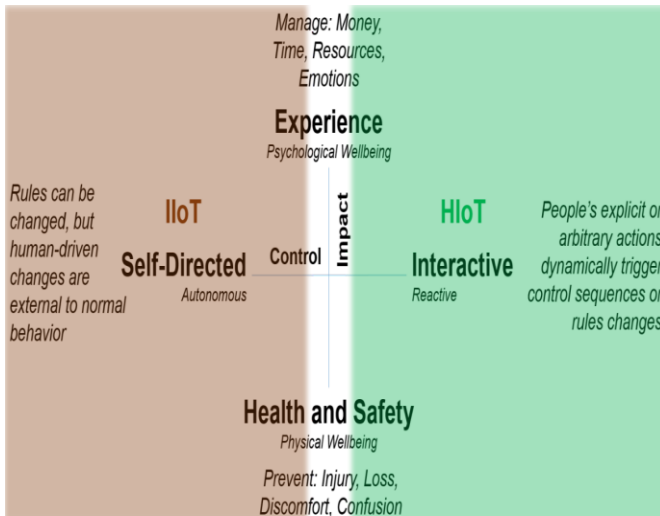


Fig. 1. Clasificarea Internetului Lucrurilor pe baza ambelor criterii – control asupra obiectelor și impactul asupra vieții umane [4]

reguli dinamice, modificate oricând de către utilizator, pe când IIoT presupune existența unor reguli clare ce vor fi utilizate pe o perioadă lungă de timp, dispozitivele din mediul industrial fiind autonome. În același timp, IIoT va îngloba infrastructura existentă – sisteme mecanice și digitale deja utilizate în industrie, față de HIIoT, care presupune și realizarea infrastructurii pentru a beneficia de servicii și de tehnologie.

Luând în considerare și impactul asupra vieții umane, se conturează o împărțire a obiectelor în patru cadrane (Fig. 1):

- Obiecte interactive pentru divertisment: ceasuri și bijuterii inteligente, jucării inteligente, televizoare inteligente;
- Obiecte interactive de utilitate casnică: sisteme rezidențiale de încălzire, ventilație, aer condiționat;
- Obiecte autonome de monitorizare: contoare inteligente, monitorizarea flotei auto;
- Obiecte autonome de utilitate industrială: sisteme industriale de încălzire, ventilație, aer condiționat, sisteme de securitate.

#### IV. ARHITECTURA IIOT

##### A. IoT sub aspect industrial

La nivel mondial, IoT prezintă o serie de avantaje importante în sectorul industrial. Experții recunosc necesitatea unei astfel de soluții – există servicii comerciale în cloud din categoria CBDM (Cloud-Based Design and Manufacturing) de care beneficiază o serie de mari firme pentru a urmări în mod unificat întregul ciclu de viață al produselor, începând de la planificare, logistică, producție și până la marketing și servicii post-vânzare.

Acest aspect nu este implementat numai la nivel de companie – guvernul german promovează inițiativa Industry 4.0 pentru computerizarea întregii industrii naționale, iar în Statele Unite un rol similar îl deține Smart Manufacturing Leadership Coalition.

##### B. Arhitectura IIoT propusă

Arhitectura IIoT din Fig. 2 este organizată pe trei niveluri: aplicație client, software intermediar și respectiv aplicație server, acesta din urmă compus din partea de furnizor de date și respectiv lucruri.

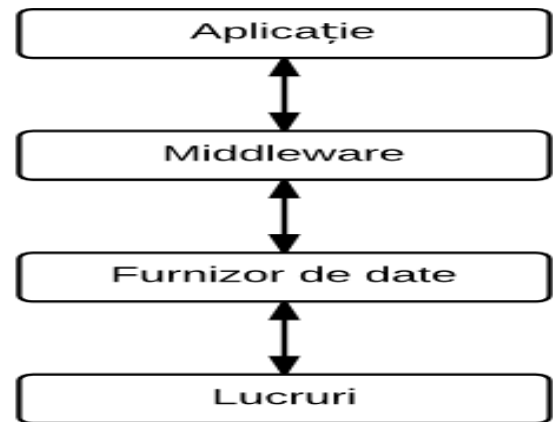


Fig. 2. Arhitectura IIoT propusă, pe cele patru niveluri [5]

##### C. Nivelul lucrurilor

Nivelul lucrurilor conține toate obiectele cu care se va comunica. În acest sens, există obiecte care se pot conecta direct la Internet, respectiv obiecte ce necesită un punct de acces intermediar pentru a se conecta.

##### D. Nivelul furnizorului de date

Acest nivel este la rândul său împărțit în două subnivele. Primul subnivel conține module de comunicație având driverele necesare și un wrapper ce furnizează nivelului superior un set de funcții standard. Avantajul utilizării unui wrapper îl constituie posibilitatea de a adăuga noi protocoale scriind doar wrapper-ul pentru a expune funcțiile necesare, fără a recompila aplicația.

Al doilea subnivel îl constituie managerul de date și rețelele industriale locale. Se utilizează conceptul de fișiere de descriere a obiectelor, respectiv interpretoare pentru aceste fișiere pentru a obține un dicționar de obiecte, obiecte ce vor fi accesibile din aplicație.

##### E. Nivelul middleware

Software-ul intermediar sau middleware-ul are rolul de a expune funcționalitatea obiectelor către nivelul aplicație, realizând în acest sens și transportul datelor. Se utilizează middleware datorită stabilității, existând standarde acceptate în mediul industrial – CORBA, OPC sub diverse forme etc. Există și implementări multiple, de exemplu JacORB, MICO, TAO (The ACE ORB) pentru CORBA.

##### F. Nivelul aplicație

Software-ul aplicație permite utilizatorului să monitorizeze starea obiectelor din lumea reală, a parametrilor înregistrați și să acționeze asupra acestora într-un anumit mod. Obiectele sunt aduse în spațiul local, degrevându-se astfel serverele de o parte dintre operațiile curente.

## V. PROTOCOALELE MIDDLEWARE

### A. Standarde existente

Există patru protocoale IoT importante [6], fiecare având cel puțin zece implementări: Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), eXtensible Messaging and Presence Protocol (XMPP), Data Distribution Service (DDS) și Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). Aceste protocoale sunt specializate – MQTT pentru conexiuni dispozitiv-server, XMPP pentru conexiuni dispozitiv-server având puncte de capăt rare, DDS pentru conexiuni dispozitiv-dispozitiv și AMQP pentru conexiuni server-server.

### B. Standardul DDS

DDS (Data Distribution Service) este un standard middleware pentru comunicația machine 2 machine dezvoltat de Object Management Group, orientat pe schimbul de date și nu mesaje [7].

DDS prezintă o arhitectură publish-subscribe (Fig. 3), de timp real, scalabilă, performantă; există multiple implementări, atât comerciale, cât și open-source.

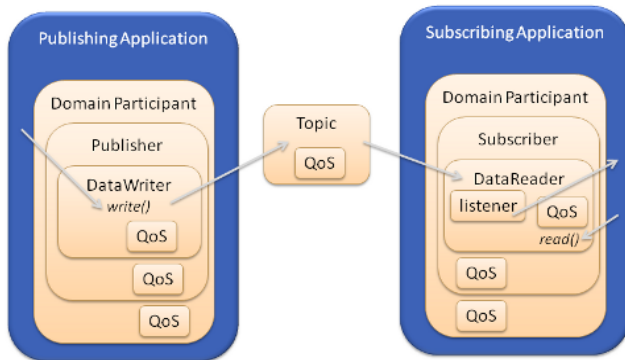


Fig. 3. Arhitectura DDS [8]

DDS a fost conceput pentru a satisface nevoile aplicațiilor critice precum sisteme militare de comandă și control, controlul traficului aerian, modelare și simulare, sisteme SCADA și alte aplicații ce lucrează cu *big data* [9].

DDS este independent de sistemul de operare și limbajul de programare utilizat.

Implementările open-source cunoscute ale DDS sunt OpenDDS și OpenSplice; implementările comerciale se bazează tot pe variantele open-source, punând la dispoziția utilizatorilor și certificări, precum și suport tehnic adecvat.

## VI. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Ca și direcții viitoare de cercetare, se pot menționa:

- 1) Integrarea DDS ca nivel middleware în arhitectura prezentată (Fig. 2), utilizând implementarea OpenDDS, respectiv OpenSplice și realizarea de teste comparative între cele două implementări.
- 2) Integrarea altor protocoale de transport în middleware-ul OPC UA – de exemplu ZIOP, utilizat de TAO (în prezent, OPC UA implementează doar TCP și HTTP).
- 3) Implementarea specificațiilor DAIS/HDAIS în arhitectura

prezentată (Fig. 2), pe baza implementării TAO a standardului CORBA și realizarea de teste comparative cu alte middleware-uri deja integrate (OPC DA, OPC XI, OPC UA).

- 4) Acționarea la nivelul de furnizor de date, prin descrierea dispozitivelor/lucrurilor folosind Field Device Integration (FDI), sub rezerva accesului la specificațiile finale. FDI va înlocui soluțiile existente (EDDL, FDT), înglobând avantajele acestora.

## VII. CONCLUZII

Internetul Lucrurilor (IoT) constituie un concept de actualitate, care pătrunde tot mai mult în viața de zi cu zi. Sunt utilizate deja numeroase dispozitive conectate permanent la Internet, tendință ce va continua în viitor – s-a estimat un număr de 30 miliarde de dispozitive conectate până în 2030, conform [10].

Soluțiile propuse în cadrul lucrării sunt bazate pe tehnologii open-source, permițând atât auditul codului pentru a asigura calitatea și securitatea, cât și dezvoltarea ulterioară prin adăugarea de noi facilități.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Adam Sager - From Tesla to Touchscreens: The Journey of the Internet of Things, Disponibil online: <http://blog.canary.is/2014/07/31/from-tesla-to-touchscreens-the-journey-of-the-internet-of-things/>
- [2] [http://www.cs.cmu.edu/~coke/history\\_long.txt](http://www.cs.cmu.edu/~coke/history_long.txt)
- [3] ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things - Executive Summary, November 2005, Disponibil online: [http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings\\_summary.pdf](http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf)
- [4] Patrick Moorhead - Behaviorally Segmenting the Internet of Things, 2013. Disponibil online: <http://www.moorinsightsstrategy.com/research-paper-behaviorally-segmenting-the-internet-of-things-iot/>
- [5] Vasile Gheorghită Găitan, Nicoleta Cristina Găitan, Ioan Ungurean – Gradual development of an IoT architecture for real-world things, Submitted to IEEE Computing Magazine
- [6] Stan Schneider - Understanding The Protocols Behind The Internet Of Things. Disponibil online: <http://electronicdesign.com/embedded/understanding-protocols-behind-internet-things>
- [7] Hector Perez and J. Javier Gutierrez - A Survey on Standards for Real-Time Distribution Middleware, ACM Computing Surveys, Vol. 46, No. 4, Article 49, Publication date: March 2014
- [8] [http://www.twinoakscomputing.com/images/DDS\\_Architecture.png](http://www.twinoakscomputing.com/images/DDS_Architecture.png)
- [9] <http://www.prismtech.com/opensplice/technologies/what-dds>
- [10] Rob Newton - The Internet of Things—What it Takes to Accelerate to Mass Adoption. Disponibil online: <http://iotworldnews.com/2014/06/the-internet-of-things-what-it-takes-to-accelerate-to-mass-adoption/>