

INTERNETUL OBIECTELOR (IO)

Titu-Marius I. BĂJENESCU, dr.ing. prof.

Elveția

1. INTRODUCERE

În ultimul deceniu al secolului trecut, treptat-treptat, conceptul de *societate informațională* a câștigat din ce în ce mai mult teren, devenind o realitate din momentul exploziei Internetului¹ - principalul vector al acestei noi societăți. Cu alte cuvinte, *societatea informațională* se bazează pe Internet, globalizarea fiind un fenomen specific societății informaționale. Atât globalizarea, cât și societatea informațională sunt astăzi niște procese inevitabile. Ca și Internetul (un sistem de rețele interconectate care pune la dispoziție *e-mail*, comerț electronic, tranzacții electronice, piață Internet, distribuție de conținut etc.), globalizarea nu este strict ierarhică iar ea nu și-a găsit (încă!) echilibrul și drumul firesc.

Prima versiune de poștă electronică (*e-mail*)² a circulat la *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) încă în anul 1965, iar introducerea ei - în 1972 - în sistemul ARPANET³ a produs o schimbare radicală în identitatea și scopurile ARPANET, căci ea reprezenta nu numai o împărțire a resurselor de calcul între participanții la rețea, ci a

¹ Vinton Cerf și Robert Kahn au fost principalii arhitecți ai Internetului. La 20 februarie 2001, Academia Națională de inginerie din S.U.A. le-a decernat (lor, precum și domnilor L. Kleinrock și L. Roberts) *premiul Charles Stark Draper*, în valoare de 500.000 USD.

² Primul program funcțional pentru poșta electronică *e-mail* a fost creat de Ray Tomlinson, programator la compania *Bolt, Beranek and Newman*.

³ Activitățile ARPANET au început în 1967-68, primele patru noduri ale rețelei au fost date în exploatare în 1969, iar serviciile *telnet* (*telecommunications network*) și transferul de fișiere FTP - elaborat în 1973 - au fost dezvoltate în anii imediat următori. Protocolul TCP stabilea o conexiune între două *hosts*, verifica și confirma sosirea corectă a pachetelor de date, compensa erorile prin retransmiterea pachetelor pierdute sau deteriorate și controla viteza transmisiunii datelor, limitând numărul pachetelor în tranzit. [Ulterior, în 1978, Cerf, Postel și Cohen - pentru a realiza o eficiență sporită - propun separarea protocolului TCP în două: un protocol *host to host* (TCP) - care coordonează pachetele de date în vederea unor legături fiabile între perechi de *hosts* - și un *Internet Protocol* (IP) - care transmite pachetele individuale între computere. Versiunea TCP/IP a devenit - aproape - un standard *de facto*, în 1980.]

dat și un nou sens activității rețelei. În 1982, ARPANET devine Internet și este divizat - în S.U.A. - în două rețele: o rețea de cercetare și o rețea militară MILNET. A urmat apoi etapa comercializării Internetului care a dus la expansiunea mondială pe care o cunoaștem, unde nimeni și nici un organism nu deține o deplină autoritate.

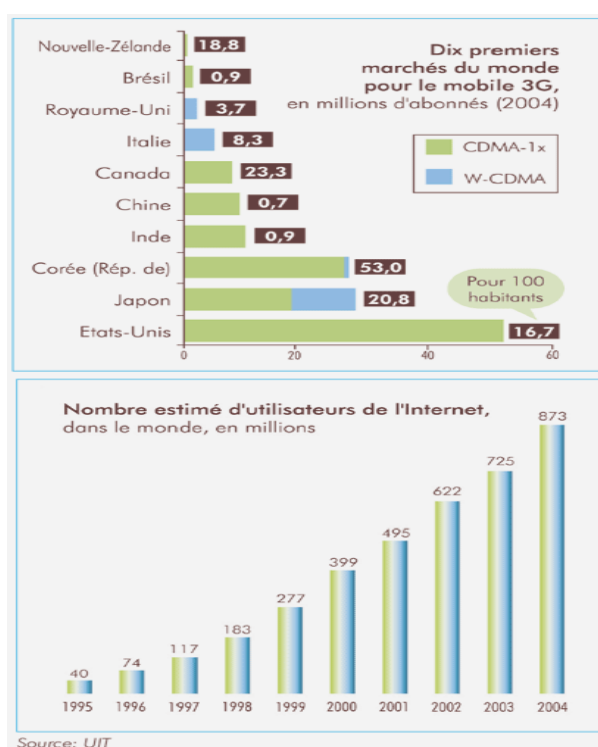


Figura 1. (Sus) Primele zece piețe, în lume, pentru mobile 3G, în milioane de abonați, la sfârșitul anului 2004 (pentru 100 locuitori). (Jos) Numărul estimat de utilizatori Internet (în milioane), la sfârșitul anului 2004, în întreaga lume. (Sursa: UIT).

Cea mai importantă transformare a Internetului a avut loc în 1990, datorită tehnologiei *World Wide Web* (*www*), pusă la punct în laboratorul de fizică de la CERN (Geneva, Elveția) de către Tim Berners-Lee, prin introducerea *hypertext* la nivelul întregii rețele mondiale. Utilizarea multimedia (audio și video) avea să dea naștere *www*. Berners-Lee, Cailliau și colaboratorii au creat limbajul HTML. Astăzi, nu se mai face deosebire între *web* și Internet, considerate și ca o invenție socială, ca un instrument social, Internetul

devenind un proces de auto-organizare la scară globală.

Învățarea este evoluția cunoașterii în timp. Cunoașterea nu poate fi măsurată, ci doar efectele ei (Brewer & Mishra [1], citându-l pe Siesfield, p. 92). Cunoașterea este informație - cu înțeles de informație care acționează; ea poate fi sau mentală (structural-fenomenologică, independent de faptul dacă este conștientă sau nu), sau structurală (o recunoaștere a faptului că și obiecte *nevi* - cum ar fi agenții inteligenți de astăzi - pot avea cunoaștere). Programul informatic este o formă de cunoaștere dinamică, activă. Cunoașterea este caracteristica principală a societăților de mâine, căci ea reprezintă baza și principiile care ghidează activitatea omului.

Efectul Internetului și al telefoniei mobile se traduce printr-o deosebită stimulare a creșterii economice, precum și prin apropierea dintre cele două tehnologii (Figura 1).

La nivelul EU, avem de-a face cu o triplă provocare: (i) Articularea de durată, partajabilă și ieftină, a rețelelor și a aplicațiilor diversificate; (ii) Ghidarea corectă a inovației și favorizarea simultană a creșterii economice; (iii) Concepția unei “rețele a rețelelor” ubicuitară, dar nu extrem de abuzivă.

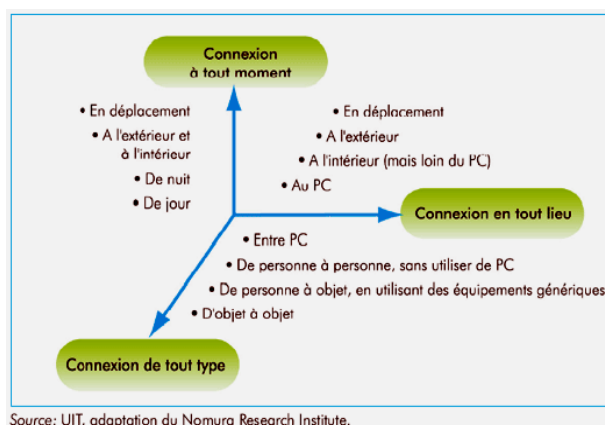
2. CONEXIUNEA ÎNTRE REAL ȘI VIRTUAL

Apariția și dezvoltarea ulterioară a Internetului au schimbat viața de zi cu zi a sute de milioane de oameni. Dar evoluția Internetului nu se oprește, ci evoluează permanent; așa se face că ne aflăm acum în pragul unei noi revoluții care va permite obiectelor neînsuflețite – în următorii 15...20 ani – să comunice între ele, pe cale electronică. De pildă, frigidererele vor putea face schimb de informații cu rafturile supermarketurilor, mașinile de spălat rufe vor proceda în același fel cu etajerele magazinelor de specialitate, ba chiar vestmintele pe care le purtăm vor putea vorbi cu celelalte obiecte care vă înconjoară. Noțiunea de conexiune între lumea reală și cea virtuală a Internetului poartă numele de *Internetul obiectelor* (în engleză: Internet of Things IoT). Ea a fost introdusă, pentru prima oară, de Kevin Ashton în 1998 [2].

În raportul Uniunii Internaționale de Telecomunicații (UIT) intitulat *The Internet of Things*, apărut în noiembrie 2005, se poate vedea cum un telefon mobil poate fi echipat cu un identificator unic care transmite datele privind utilizatorul *handy*-ului și localizarea acestuia; în același timp, el permite utilizatorului să primească

informații precise cu privire la localitatea în care el se află. Astăzi, etichete electronice înzestrate cu emițătoare radio sunt încorporate în multe bunuri manufacturate, ceea ce permite ca fiecare obiect să poată fi reperat electronic, în orice moment și în orice loc. Cum unele din aceste etichete sunt doar de mărimea unui grăunte de nisip, ele pot fi integrate așadar pe orice suport.

După cum se vede din Figura 1, infrastructura necesară Internetului avansează cu pași mari. Cu darea în exploatare a Internetului mobil, cu debit ridicat, utilizatorii din (aproape) orice punct al globului terestru pot avea acces la rețele, în orice moment, întrucât ei sunt conectați în permanență. În momentul de față⁴, se lucrează la extinderea la 128 biți a sistemelor de codare utilizate pentru definirea adreselor Internet, pentru a permite crearea de adrese suficiente, astfel încât să se poată atribui în fiecare zi obiectelor un bilion de etichete, și asta pentru un bilion de ani.



Source: UIT, adaptation du Nomura Research Institute.

Figura 2. O nouă dimensiune în peisajul telecom. (Sursa: UIT).

Așadar mediul ambient de mâine va gălga de rețele invizibile care vor conecta microprocesoarele comunicând unele cu altele, fără ca noi să ne dăm seama (Figura 2). Cu ajutorul identificării prin radiofrecvență (RFID) – inventată pe la mijlocul secolului trecut –, al captoarelor fără fir și al nanotehnologiilor, Internetul se va extinde la obiecte reale. Asocierea acestor tehnologii este la originea celebrelor obiecte “inteligente” (roboți, automobile, clădiri). Grație miniaturizării, obiecte din ce în ce mai mici au posibilitatea de a se conecta între ele și de a interacționa, atât cu rețeaua, cât și unele cu altele.

Recentele progrese obținute în domeniul nanotehnologiilor vor permite să se încorporeze capacități de tratament informatic din ce în ce mai

⁴ Este vorba de *Ucode* (un cod cu 128 biți), în curs de elaborare în Japonia, de către *Ubiquitous ID Center*.

puternice, pe suporturi din ce în ce mai miniaturizate. RFID permite reperarea obiectelor în funcție de localizarea lor, cerință esențială pentru comunicarea între obiecte. Ea este cea mai evoluată dintre tehnologiile de bază, iar protocoalele de normalizare și aplicațiile comerciale corespunzătoare constituie deja o piață în plină expansiune.

Internetul obiectelor va avea un impact deosebit asupra mai multor aspecte ale vieții de zi cu zi, dar și asupra comportamentului viitorilor utilizatori potențiali. Din punctul de vedere al unui utilizator privat, efectele Internetului obiectelor vor fi vizibile atât în câmpul domestic, cât și în cel al activităților lucrative. În acest sens, viața asistată (*assisted living*), căminele și birourile inteligente, *e-health*, sau procesul îmbunătățit de învățare sunt doar câteva exemple de scenarii posibile de aplicații în care paradigma va juca un rol important în viitorul apropiat [3]. Tot astfel, din perspectiva utilizatorilor de afaceri, consecințele cele mai vizibile vor fi în domeniul automatizării și al fabricării industriale, al logisticii și procesului de management al afacerilor, al transportului inteligent al bunurilor și călătorilor.

În momentul de față, mai multe organizații de cercetare și standardizare sunt active pentru a pune la punct soluții și a face ca ele să corespundă realității cerințele IO. În funcție de perspectivele comunității de cercetare, pot fi găsite în literatura de specialitate diferite definiții ale IO. Din punct de vedere sintactic, IO este alcătuit din doi termeni – Internet și obiecte. Primul este o rețea orientată către viziunea IO, celălalt tinde să se focalizeze către obiecte generice care urmează a fi integrate într-un cadru comun [2].

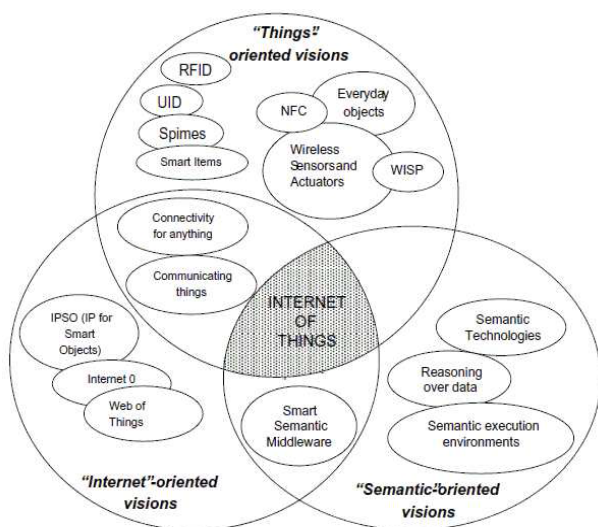


Figura 3. Convergența diferitelor viziuni ale IO [4].

Unii definesc IO ca fiind “*obiecte cu identități și personalități virtuale care operează în spații inteligente pentru a se conecta și comunica în interiorul unor contexte de utilizari variate*” [5].

Alții spun că IO reprezintă o revoluție, căci el permite să conecteze oameni și obiecte oricând, oriunde și de către oricine. Astfel de definiții pun accentul pe dimensiunea ubicuitară a IoT, personifică obiectele, le atribuie inteligență și capacitatea de a comunica, dar ele nu reflectă dimensiunea concretă legată de utilizările IO. Unii cercetători sunt de părere că rețelele de sensori sunt componentele esențiale ale IO [6].

Toate evenimentele din rețele sunt colectate și înregistrate în baze de date, apoi consolidate sau utilizate împreună cu alte informații, deja prelucrate în sistemele informatice existente, din necesități de trasabilitate, de gestiune logistică, de vânzări, etc.

Când este vorba de procese bine gândite și guvernate, aceste soluții funcționează destul de bine, iar tehnicile existente sunt satisfăcătoare. Abordarea aceasta nu satisface însă decât condițiile de gestiune ale lanțurilor de valoare închise sau semi-deschise: fiecare implementare este compartimentată strict și nu știe să interopereze cu celelalte implementări. Ar trebui așadar să vorbim mai degrabă de un ansamblu de Intraneturi de obiecte, căci folosirea cuvântului Internet este inexactă. Or, ambiția inițială era de a difuza informații despre evenimente pe Internet, astfel încât ele să fie accesibile tuturor actorilor care utilizează sau manipulează obiectele fizice astfel identificate.

Au apărut diferite tehnici standard pentru a putea publica și apoi cerceta aceste informații, cum ar fi ONS (Object Naming System). Alte soluții sunt propuse de Google pe Webul existent.

Toate abordările sau tehnologiile propuse astăzi presupun unul sau mai multe modele de organizare; EPCGlobal, de exemplu, se vrea exhaustiv și cât mai universal posibil pentru anumite sectoare ale economiei. Pe de altă parte, structurile propuse de metadata (între altele de W3C în cadrul Webului semantic) nu sunt adesea decât o organizare arbitrară de date. Or, oricare ar fi exhaustivitatea modelizării și relevanța sa, este totdeauna vorba de o interpretare subiectivă a lucrurilor; aceasta este cu atât mai adevărat pe Web, un ecosistem complex, unde se întâlnesc actori foarte diferiți: întreprinderi, persoane, servicii, obiecte. Așadar ceea ce convine unora, nu satisface neapărat toată lumea.

Într-un proces de control, de exemplu într-o întreprindere, este posibil să se programeze sistemul de informație în mod exhaustiv pentru ca el să știe să prelucreze toate cazurile și să găsească o soluție

provizorie a acestei probleme de interpretare – în context – a informațiilor transmise. Asta ia timp mult și e scump, dar e fezabil. Dimpotrivă, dacă dorim să lucrăm cu organizații heteroclitice și complexe sau să adresăm utilizări noi (așa cum e cazul pe Web care evoluează în permanență) definirea de modele înghețate de organizare sau de structuri formale de date sau de informații (metadate) este o sarcină zadarnică, căci actorii sunt autonomi, dispași, heterogeni sau situațiile sunt foarte variate. Abordarea trebuie așadar schimbată. Doar așa vom putea vorbi, în sfârșit, de Internetul obiectelor, de Web semantic, sau chiar de Web 3.0.

În felul acesta, tehnologiile sensoriale vor deveni “instrumente incontestabile” pentru cei care vor ști să utilizeze din plin informațiile captate din realitatea procesului.

Pentru a rezolva problema, trebuie să înțelegem că informațiile obținute din tehnologiile sensoriale nu au sens decât în cadrul finalităților sau obiectivelor pe care le urmăresc actorii respectivi în momentul în care intervin evenimentele (oricare ar fi actorii: persoane, servicii Web, obiecte, etc.). Trebuie deci să admitem că un obiect poate dispune de obiective. Când nu știm să dăm un sens precis unui eveniment, trebuie să-l replasăm - în mod sistematic - în contextul obiectivelor pe care le urmăream în momentul apariției sale. Crearea condițiilor unui Web semantic util IO nu este deci să încercăm să prevedem și să creăm legături între idei și cuvinte, ci să știm să interpretăm sensul unui cuvânt, al unui grup de cuvinte sau al unei informații într-un context precis: ce, unde, când, cum și mai ales de ce. Pentru a face aceasta trebuie să dispunem de o autonomie “locală” în materie de percepție, de analiză, de decizie și de a ști cum anume s-o facem. Altfel spus, să dispunem de o anumită inteligență la cel mai subsidiar nivel.

Pe Webul actual, actorii care dispun de această inteligență sunt ființele umane și rețelele sociale pe care aceștia le formează. Dacă vrem ca obiectele să devină adevărați actori, va trebui să le înzestram cu o inteligență adaptată rolurilor pe care dorim ca acestea să le joace și, mai ales, să le dăm capacitatea de a schimba ecosistemul informațional, trecând de la un sistem informatic la altul, în toată transparența.

Identificarea obiectelor plus reprezentarea și memorizarea informațiilor schimbate este adevărată provocare. În figura 3 sunt enumerate și clasificate principalele concepte, tehnologii și standarde, cu referințe la cele trei viziuni posibile ale IO. Din figură se desprinde clar viitoarea convergență a celor trei viziuni.

Din punct de vedere tehnic, IO este o extensie a sistemului Internet care traduce o convergență de identificatori numerici (adrese URL ale site-urilor web, de exemplu) și de elemente fizice (cum ar fi o paletă într-un depozit sau o vacă într-un șeptel). Însă identificarea este directă, grație utilizării unui sistem de identificare electronică (cip RFID, procesor și comunicație Bluetooth, etc.). Nu e nevoie să indicăm manual codul obiectului, iar rețeaua se întinde până la el și permite astfel crearea unei forme de pasarelă între lumea fizică și virtuală.

3. ARHITECTURA IO

Implementarea IO se bazează pe o arhitectură cu mai multe straturi, de la achiziția de date la stratul de aplicații (Figura 4), astfel încât să poată satisface cerințele industriei, întreprinderilor,

Network – supported services

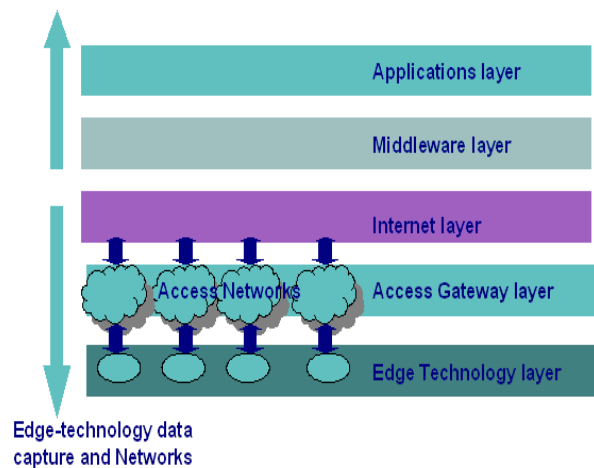


Figura 4. Structura generică în straturi a IO (după [4]).

societăților, institutelor, guvernelor etc. Structura în straturi are două împărțiri distincte cu un strat Internet la mijloc

care servește scopurile unui mediu comun pentru comunicații. Straturile de jos contribuie la captarea datelor, în timp ce cele două straturi de sus sunt responsabile pentru utilizarea datelor în aplicație.

4. TEHNOLOGII-CHEIE UTILIZATE

IO poate fi realizat doar prin desfășurarea mai multor tehnologii care acoperă domeniul hardware. Softul și aplicații extrem de robuste rotunjesc fiecare domeniu industrial și/sau sector de operații. Tehnologiile complementare cele mai importante pentru realizarea IO vor fi *embedded intelligence*

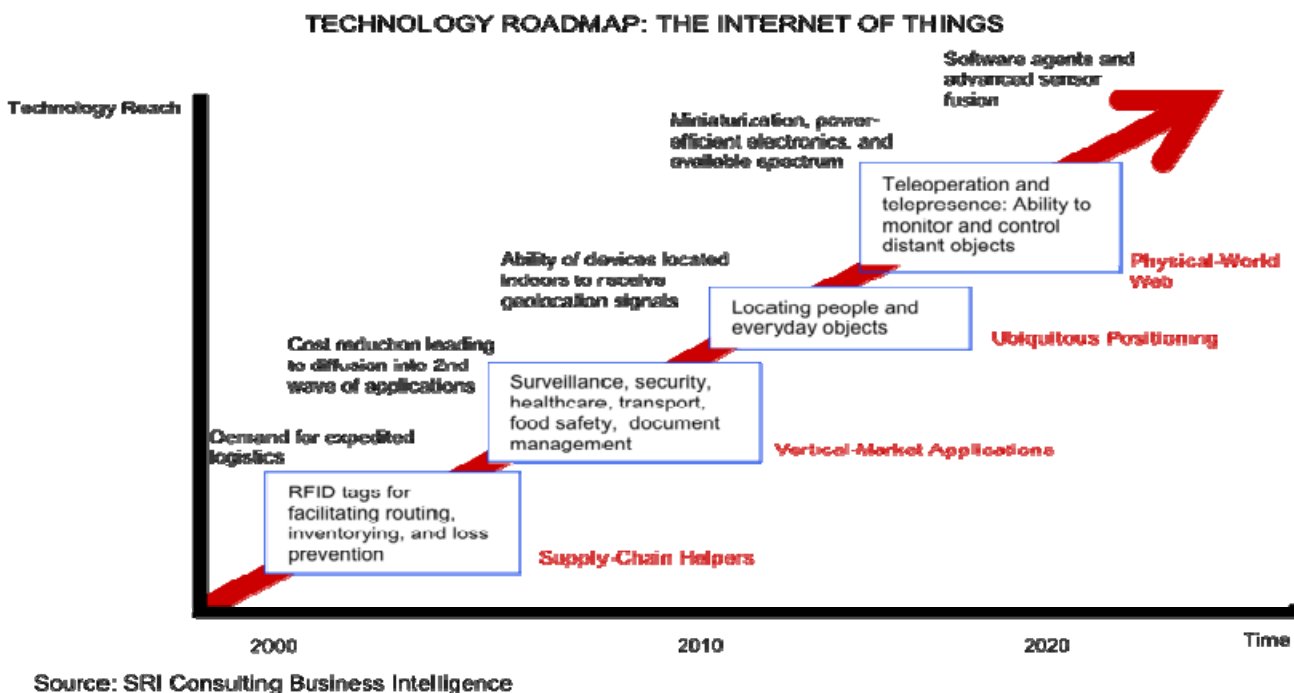


Figura 5. Evoluția IO în perioada anilor 2000/2020.

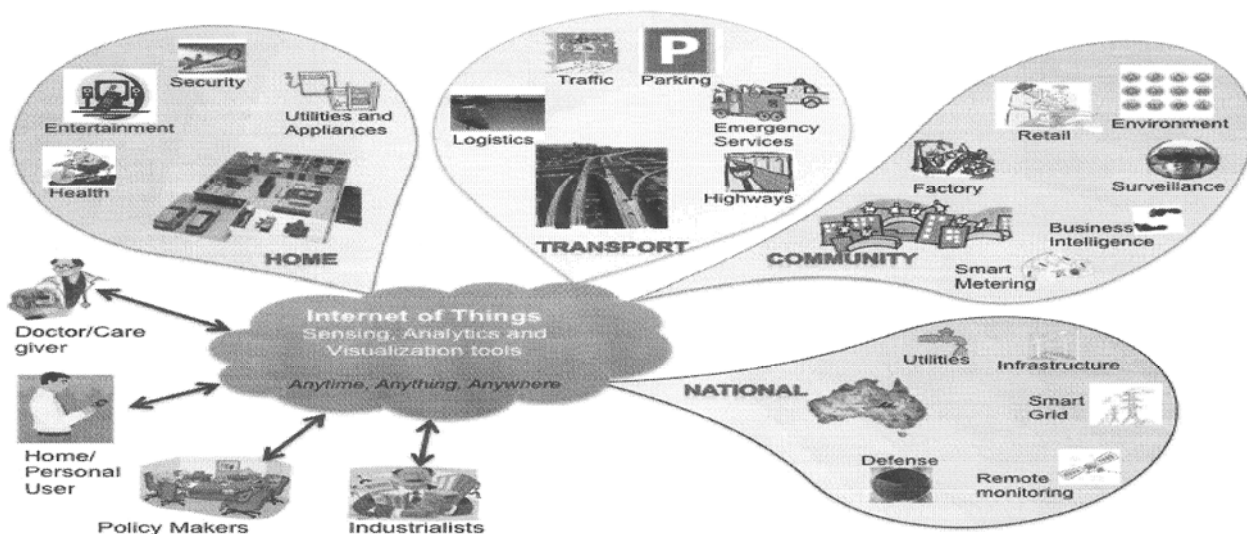


Figura 6. Reprezentare schematică a IO, cu utilizatorii finali și categoriile aplicațiilor de date [10].

(orașe inteligente, transporturi inteligente, locuințe înconjurător), realitatea augmentată (unitatea lumii inteligente, etc.), monitorizarea în timp real (aplicații medicale, managementul mediului, conservarea energiei și puterii, comunicațiile, programele soft și algoritmele, procesarea semnalelor și datelor, motoare de căutare, managementul rețelei, respectarea intimității (*privacy*)).

Evoluția IO este reprezentată în figura 5, iar în figura 6 sunt reprezentate, schematic, utilizatorii finali și categoriile de aplicații bazate pe date [10].

5. PRIVIRE ÎN VIITOR

Va fi nevoie de lucrări semnificative de cercetare în domeniul guvernancei, căci fără o abordare standardizată, vom asista la o proliferare de arhitecturi, de protocoale și frecvențe care va duce la fragmentarea IO, devenind astfel un serios obstacol în evoluția pe viitor a IO. Interoperabilitatea este o necesitate, iar comunicarea între etichete o precondiție pentru adoptarea IO pe scară largă.

În anii care vor urma, se așteaptă ca tehnologiile necesare desăvârșirii societății ubicultare să intre în stadiul utilizării practice. Tehnologia RFID va

deveni vectorul principal, permițând ca o vastă cantitate de obiecte să poată fi adresate și conectate la rețelele bazate pe IP, constituind astfel primul val al IO. Pentru a garanta accesul unitar la rețea vor trebui rezolvate două provocări: (i) coexistența a diferite rețele; (ii) veritabila dimensiune a IO.

Industria IO n-are experiență în domeniul dezvoltării unui sistem în care sute de milioane de obiecte sunt conectate la rețele IP.

Alte probleme vor fi: restricționarea adresei, punerea în funcțiune a unui sistem de adresare, asigurarea funcțiilor de securitate (autentificare, criptare), funcțiile multicast care să pună la dispoziție – în mod eficient – semnale audio și video. Va trebui elaborată o nouă legislație care să asigure tuturor utilizatorilor, din toate statele membre, dreptul la intimitate și securitate. În paralel, se va organiza o campanie care să reliefeze avantajele pe care noua tehnologie le va aduce tuturor cetățenilor, în viața de zi cu zi, datorită trasabilității îmbunătățite a alimentelor.

Cantitatea de inteligență pe care o vor avea obiectele din IO, precum și cazurile în care această inteligență va fi distribuită sau centralizată sunt elemente esențiale care vor deveni factorul-cheie al dezvoltărilor viitoare, astfel încât obiectele să poată coexista într-o ambianță pașnică. Aceasta va conduce la standarde interactive urmate, poate, de standarde de funcționare pentru sensori și actuatori care vor interacționa cu mediul ambiant în care au fost plasați.

Noduri inteligente vor fi integrate în rețelele fără fir hibride pentru a putea fi utilizate în aplicații destinate monitorizării mediului în clădiri, automatizărilor casnice, localizării, poziționării sau personalizării. Sisteme de localizare în timp real folosind aceste etichete în mod corespunzător vor putea fi incluse în această categorie. Aceasta va permite, de exemplu, integrarea în medicamente a unor etichete “manjabile”, ca urmare a unui pas gigantic de integrare a receptoarelor respective în pilulele medicamentoase [8].

În plus, IO va trebui să cuprindă și materialele reciclabile, subliniind astfel calitățile sale ecologice. Așadar viitoarele obiecte inteligente vor trebui să fie independente de putere, luându-și energia de la mediul înconjurător în care ele operează, fiind concomitent și foarte rezistente la condiții extreme de temperatură, vibrații, umiditate, etc. ale unui mediu ostil.

Bibliografie

1. **Brewer W. F., Mishra P.** *Science*. În volumul editat de William Bechtel și George Graham: *A Companion to Cognitive Science*. Blackwell Publishers, Oxford, UK, paperback, 1999.
2. **Santucci G.** *From Internet to Data to Internet of Things*. *Proceedings of the International Conference on Future Trends of the Internet* (2009).
3. **Atzori L., Lera A., Morabito G.** *The Internet of Things: A Survey*. *Computer Networks* 54(15), 2787-2805, (2010).
4. **Bandyopadhyay D., Sen J.** *Internet of Things - Applications and Challenges in Technology and Standardization*. *Wireless Personal Communications*, vol. 58(2011), Issue 1, pp. 49/69.
5. **Anonymus.** *Internet of Things in 2020. Roadmap for the Future, 1.1 ed.*, 27, Infso D.4 Networked (...), 2008.
6. **Perera, Ch., Zaslavsky A., Christen P., Georgakopoulos D.** *Context Aware Computing for the Internet of Things: A Survey*. *Communications Surveys Tutorials, IEEE. Early Access (n/a): 1–44*.doi:10.1109/SURV.2013.042313.00197(2013).
7. * * * *Définir l'internet des objets*, <http://books.openedition.org/editionsmsmh/84?lang=fr>
8. **Scholz-Reiter Bernd.** *An Integrative Approach on Autonomous Control and the Internet of Things*,” In Ranasinghe Damith, Sheng Quan, Zeadally Sherali, *Unique Radio Innovation for the 21st Century: Building Scalable and Global RFID Networks*, Berlin, Springer, 2010, pp.163–181. ISBN 978-3-642-03461-9. Accesat: 28 April 2014.
9. **Internet of Things in 2020 – A Roadmap for the Future**, http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_y3.pdf
10. **Gubbia, J., Rajkumar R., Marusica, S., and Palaniswamia, M.**, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Future Generation Computer Systems* 29 (2013), pp. 1645–1660.