



TEZĂ DE ABILITARE ÎN CALCULATOARE ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

Cercetări și contribuții privind dezvoltarea arhitecturilor IoT pentru lucrurile din mediile industriale

Rezumat

Conf. dr. ing. Ioan UNGUREAN

Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor

Departamentul de Calculatoare

2025

Dezvoltarea accelerată a tehnologiilor informaționale și de comunicații a dus la apariția unor noi paradigme ce promit schimbări majore în organizarea, monitorizarea și controlul proceselor industriale. Printre acestea, Internetul Obiectelor (IoT – Internet of Things) și derivata sa industrială (Industrial Internet of Things – IIoT) au devenit concepte esențiale. Ele permit conectarea, monitorizarea și gestionarea de la distanță a unei game largi de dispozitive fizice sau virtuale, având în vedere cerințe stricte de timp real, fiabilitate și interoperabilitate.

Adoptarea pe scară largă a soluțiilor IIoT este strâns legată de tendințele Industry 4.0, un concept axat pe eficientizarea și flexibilizarea unităților de producție prin digitalizarea și interconectarea proceselor industriale. Arhitecturile IIoT permit colectarea și analiza volumelor mari de date în timp (aproape) real, optimizând considerabil producția, reducând timpii neplanificați de oprire și îmbunătățind gestionarea resurselor. Tehnologii precum Big Data, Machine Learning și Cloud, Fog și Edge Computing contribuie semnificativ la conturarea unor ecosisteme inteligente, în care datele sunt procesate la diverse niveluri, oferind sprijin avansat pentru deciziile manageriale și operaționale.

Lucrarea de față își propune să evidențieze contribuțiile științifice și profesionale obținute în domeniile IoT, IIoT și middleware pentru sisteme de monitorizare și control industrial. Se urmărește evoluția abordărilor de la concepte fundamentale de interconectare a dispozitivelor până la arhitecturi IoT avansate, subliniind aspecte de interoperabilitate, securitate și calitate a serviciilor (QoS). Totodată, lucrarea prezintă metodologii care permit extinderea comunicației și prelucrării datelor de la nivelul liniilor de producție până la aplicațiile de nivel superior, incluzând studii de caz și validări practice.

Structura lucrării

Capitolul 1 oferă o scurtă introducere și un rezumat al tezei de abilitare.

Capitolul 2 sintetizează realizările științifice, profesionale și academice, obținute după finalizarea studiilor doctorale în domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației (2011). Sunt evidențiate proiectele relevante, publicațiile, brevetele și activitatea didactică, elemente care atestă evoluția profesională și contribuțiile autorului în aria cercetării.

Capitolul 3 descrie în mod detaliat rezultatele cercetării științifice, publicate în articole de specialitate, și prezintă evoluția abordărilor propuse în domeniul IIoT. În prima parte (Secțiunea 3.1) este descrisă o arhitectură IoT concepută pentru integrarea și monitorizarea dispozitivelor din mediul industrial, cu accent pe modularitate și pe interconectarea rețelelor de tip fieldbus. În Secțiunea 3.2, arhitectura este rafinată prin utilizarea unui middleware avansat (DDS), care introduce paradigmele de tip publicare-abonare și parametrii de calitate a serviciului (QoS), adecvați aplicațiilor de timp real. Secțiunea 3.3 propune un framework IoT pentru monitorizarea la distanță a parametrilor

medicali, oferind soluții de securitate și analiză a datelor în contextul telemonitorizării pacienților. Următoarea secțiune (3.4) tratează implementarea comunicației wireless în terminale portuare de containere, adresând provocările interferențelor electromagnetice și prezentând o serie de soluții pentru rețele ZigBee mobile în astfel de medii solicitante.

În Secțiunea 3.5 se prezintă o evaluare a RTOS-urilor pentru microcontrolere în ceea ce privește performanțele de sincronizare pe baza unui eveniment, semafor și cutie poștală (mailbox) pentru 6 RTOS-uri: FreeRTOS 9.0.0, FreeRTOS 10.2.0, rt-thread, Keil RTX, uC/OS-II și uC/OS-III. Testele experimentale au fost realizate pe două MCU-uri bazate pe ARM Cortex™-M4 și ARM Cortex™-M0+.

În Secțiunea 3.6 se dezvoltă un model conceptual de arhitectură software IIoT pentru procese industriale, punând accent pe proiectarea distribuită și pe interfațarea cu dispozitivele industriale. Secțiunea 3.7 introduce un nod Fog Computing specializat pentru aplicații industriale, detaliind atât structura software, cât și opțiunile hardware de tip System on Chip (SoC) folosite pentru implementare. Această abordare ilustrează modul în care prelucrarea și filtrarea datelor poate fi adusă mai aproape de sursa lor, asigurând latențe mici și o scalabilitate crescută.

În final, Secțiunea 3.8 propune un framework IIoT dinamic, bazat pe paradigma publicare-abonare, care permite schimbul eficient de date în rețele industriale extinse și în condiții de mobilitate ridicată. Studiile de caz și discuțiile aferente subliniază aplicabilitatea practică a soluțiilor propuse, confirmând potențialul lor în optimizarea proceselor industriale, precum și în alte domenii cu cerințe stricte de timp real și fiabilitate.

Capitolul 4 prezintă direcții viitoare de dezvoltare a carierei academice și de cercetare, pornind de la temele studiate în capitolele anterioare și de la tendințele actuale în IIoT. Se pun în discuție obiective precum adoptarea metodologiilor de tip Edge/Fog Computing, creșterea securității aplicațiilor IIoT și integrarea tehnologiilor de inteligență artificială în procesele de automatizare industrială.

Capitolul 5 oferă concluziile lucrării, reliefând relevanța și utilitatea rezultatelor, iar **Capitolul 6** conține referințele bibliografice.