

PLATFORMĂ INFORMATICĂ PENTRU MONITORIZAREA DE LA DISTANȚĂ VIA INTERNET A FUNCȚIONĂRII SISTEMELOR DE PRODUCȚIE ROBOTIZATE

STAN Elena - Liliana¹,

Conducător științific: Prof. dr. ing. Cristina PUPAZĂ, Prof. dr. ing. Adrian NICOLESCU

REZUMAT: Lucrarea prezintă un studiu de cercetare și dezvoltare al unei aplicații robotizate incluse într-un proces de fabricație, ce încorporează tehnologii pe baza conceptului Internet of Things. De la controlerul virtual folosit în programarea și simularea aplicației robotizate în mediul de lucru ABB RobotStudio, sunt preluate date de ieșire de la semnalele ce asigură funcționalitatea aplicației, cu ajutorul pachetului software Robot Web Services, și trimise către platforma informațională în timp real, unde pot fi folosiți algoritmi pentru vizualizarea și analizarea datelor iar de la platformă pot fi trimise semnale pentru controlul aplicației robotizate și alerte.

CUVINTE CHEIE: Programarea și simularea off-line a unui robot, Industrial Internet of Things, Cloud Robotics, Industria 4.0, ABB RobotStudio, ABB RobotStudio Web Services

1 INTRODUCERE

Dezvoltarea tehnologiei aduce potențialul dezvoltării unei noi generații de roboți și sisteme automatizate, conduse de rețele wireless, baze de date, tehnici de calcul avansate, noi metode de programare a RI, toate acestea având ca efect îmbunătățirea performanței și creșterea flexibilității în producție.

În această lucrare este prezentat un studiu de cercetare și dezvoltare al unei aplicații robotizate incluse într-un proces de fabricație, ce încorporează tehnologii pe baza conceptului Internet of Things.

Internet of Things este un concept care definește o lume în care toate obiectele (dispozitive informatice identificabile în mod unic) vor fi conectate între ele cu ajutorul internetului, o lume care înglobează perfect lumea virtuală a informației și a tehnologiei.

2 STADIUL ACTUAL

Adoptarea tehnologiilor pe baza conceptului Internet of Things în aplicațiile robotizate este un domeniu de interes actual, aflat în stadiu de cercetare și dezvoltare.

Printre principalii producători de roboți industriali ce sunt activi în dezvoltarea și implementarea tehnologiilor speciale IoT în robotică se află KUKA în parteneriat cu Microsoft Azure și ABB în parteneriat cu Cisco Jasper.

KUKA Robotics au dezvoltat o platformă astfel încât Windows Embedded și Windows .NET pot funcționa pe o singură unitate CPU, rezultatul fiind 259 de roboți conectați la 33 de controlere secundare conectate la un controler principal. [1]

Un al producător, ABB Robotics dezvoltă și implementează tehnologii IoT în domeniul roboticii în parteneriat cu Cisco Jasper pentru a putea administra și automatiza dispozitivele interconectate, obținând și analizând în timp real, date și informații de la roboții industriali aflați în producție.

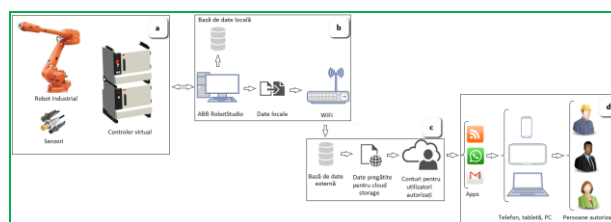


Fig. 1 Schema de principiu a dezvoltării unei aplicații ce încorporează tehnologii pe baza conceptului IoT

În Fig.1 este prezentată schema de principiu a platformei pentru monitorizarea de la distanță via Internet a funcționării sistemelor de producție robotizate.

Pentru aplicația robotizată (a) s-a realizat programarea și simularea off-line în mediul de lucru ABB RobotStudio iar de la controlerul virtual vor fi preluate și transmise datele (b) către o platformă web (c), unde vor putea fi accesate doar de către persoane autorizate (d) cu scopul de a controla și monitoriza funcționalitatea sistemului de producție robotizat.

¹ Specializarea Robotică, Facultatea IMST;

E-mail: lili_ilil_19@yahoo.com;

3 PROGRAMAREA ȘI SIMULAREA OFF-LINE A UNEI CELULE DE FABRICAȚIE ROBOTIZATE UTILIZÂND MEDIUL DE LUCRU ABB ROBOTSTUDIO 6.05.

3.1 Definirea funcționalității aplicației și stabilirea componentelor majore.

Aplicația robotizată din cadrul temei de proiect este definită în cadrul operațiilor tehnologice de prelucrare (debavurare) ce necesită puteri mici de așchiere (sub 800 W).

Robotul industrial 1 este echipat cu un efector vacuumatic monofuncțional 4 pentru manipularea reperului de prelucrat (piesă cu bavuri) 7 și cu o sculă cu antrenare proprie cu complianță radială (acționată pneumatic) 2. Conveiorul de alimentare a celulei cu reperi de prelucrat 8 aduce reperul de prelucrat ce prezintă bavuri 7 pe masa de centrare de unde este preluat de către RI și fixat în sistemul de fixare acționat vacuumatic 3.

RI este echipat cu un sistem de cuplare-decuplare automat ce permite schimbarea efectorul vacuumatic monofuncțional 4 cu un efector de tip sculă cu antrenare proprie 2 pentru realizarea procesului de debavurare robotizată.

O dată terminat procesul de debavurare, efectorul de tip sculă cu antrenare proprie 2 este depus în sistemul de protecție 5 și este început procesul de inspecție video a reperului prelucrat urmând a fi cuplat efectorul vacuumatic monofuncțional 4 pentru preluarea reperului din sistemul de fixare 3 și depus pe conveiorul de evacuare 13.

În Fig. 2 este prezentat prototipul virtual 3D pentru ansamblul general al aplicației și componentele majore folosite în cadrul aplicației robotizate.

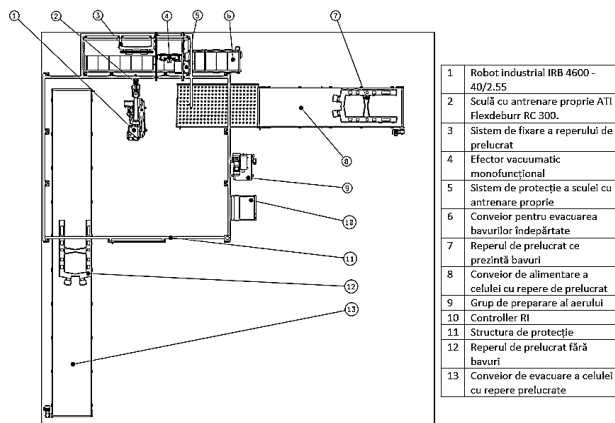


Fig. 2 Prototip virtual 3D pentru ansamblul general al aplicației. Componentele majore folosite în cadrul aplicației robotizate

În cadrul aplicației robotizate sunt folosite următoarele:

- Robot industrial cu arhitectură generală de tip braț articulat, ABB IRB 4600-40/2.55 ;
- Efector de tip sculă cu antrenare proprie cu complianță radială (acționată pneumatic), ATI Flexdeburr RC 300 ;
- Efector vacuumatic monofuncțional;
- Sistem de cuplare – decuplare automat, ATI QC - 41;
- Sistem de vedere artificial;
- Conveioare pentru alimentarea celulei cu semifabricate și evacuarea pieselor prelucrate.

Robotul are un număr de 6 axe și posibilitatea de a manevra o sarcină portantă de 40 kg. Raza maximă este de 2550 mm iar repetabilitatea în poziționare este de ± 0.05 mm. Controlerul pentru comanda și controlul robotului folosit în această aplicație este IRC5.

Programarea off-line a aplicației robotizate s-a realizat în mediul de lucru *ABB RobotStudio 6.05*. În Fig.3. este prezentat ansamblul final al aplicației robotizate în vederea programării și simulării off-line.

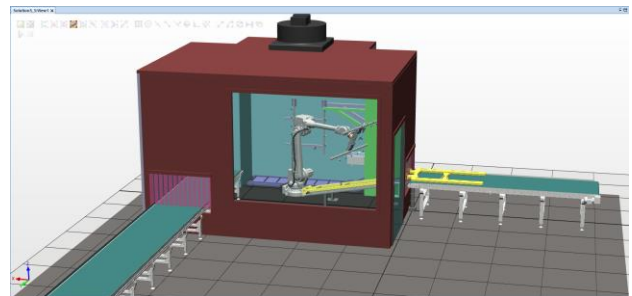


Fig. 3 Realizarea programării și simulării off-line a aplicației robotizate în ABB RobotStudio

În cadrul programării off-line au fost realizate următoarele operații pentru acționarea elementelor din cadrul aplicației:

- Pornire/Oprire conveior alimentare
- Pornire/Oprire conveior evacuare
- Acționare/Eliberare vacuum efector vacuumatic
- Acționare/Eliberare vacuum sistem fixare reper
- Deschidere/Închidere sistem protecție efector ATI RC 300
- Cuplare/Decuplare automata efector ATI RC 300
- Cuplare/Decuplare automata efector vacuumatic
- Operație control vizual

Etapa III:

Ultima etapă presupune evacuarea reperelor din celula robotizată. Dacă inspecția video determină debavurarea reperului corespunzătoare, robotul va avansa la suportul de susținere al efectorului vacuumatic și cuplarea acestuia, urmând să revină la sistemul de fixare și să preia reperul prelucrat în scopul depunerii acestuia pe conveior.

Senzorul S5 determină dacă robotul va avansa și depune reperul pe conveior – dacă semnalul este 0, atunci pe conveior nu se află niciun reper în poziția de depunere permițându-i robotului să continue procesul. O dată depusă piesa pe conveior, senzorul S5 va trimite semnalul 1 pentru acționarea conveiorului urmând a evacua reperul prelucrat din celula robotizată și va schimba și valoarea contorului pentru repere prelucrate.

Cunoscând scenariul aplicației robotizate se poate continua cu programarea robotului industrial.

3.3 Definirea sistemelor de coordonate locale asociate componentelor majore.

În mediul de lucru RobotStudio pot fi definite sisteme de coordonate atașate componentelor majore. Sistemele de coordonate definite în cadrul acestei aplicații sunt:

- Sistem de coordonate local atașat mesei de centrare
- Sistem de coordonate local atașat sistemului de fixare piese
- Sistem de coordonate de tip TCP atașat flanșei de cuplare Master
- Sistem de coordonate de tip TCP atașat efectorului vacuumatic
- Sistem de coordonate de tip TCP atașat efectorului de tip sculă ATI

În realizarea traiectoriilor robotului, fiecărui punct țintă i se va atribui sistemul de coordonate TCP corespunzător.

3.4 Programarea și simularea mișcărilor robotului cu ajutorul limbajului de programare RAPID.

Programarea robotului trebuie să cuprindă:

- Crearea unor puncte țintă care să formeze traiectorii;
- Setarea orientărilor și configurațiile cu care robotul poate ajunge la punctele țintă definite;
- Verificarea spațiului de lucru al robotului astfel încât robotul să poată ajunge la punctele țintă;
- Sincronizarea traiectoriilor realizate cu controlerul robotului;

- Verificarea și editarea programului RAPID sincronizat;
- Setarea parametrilor pentru detecția coliziunilor;
- Testarea programului.

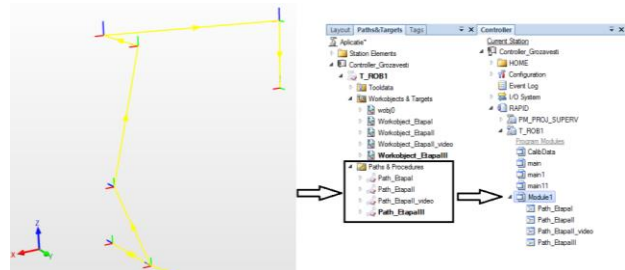


Fig. 6 Punctele și orientările sistemului de coordonate TCP. Realizarea sistemelor de coordonate locale asociate componentelor celulei robotizate și determinarea traiectoriei robotului. Sincronizarea traiectoriilor cu controlerul robotului.

Pentru programarea robotului în scopul preluării reperului de pe masa de centrare, a fost scris următorul program RAPID (Path_EtapaI), unde MoveJ reprezintă tipul mișcării robotului pe traiectoria de urmat, Target_n reprezintă punctele definite pentru a forma traiectoria robotului, v500 reprezintă viteza de deplasare a robotului, z50 reprezintă precizia pe care trebuie să o respecte robotul în abaterea de la traiectorie, Tooldata_TCP_VAC reprezintă sistemul de coordonate TCP atașat efectorului vacuumatic iar WObj reprezintă sistemul de coordonate atașat mesei de centrare.

```
PROC Path_EtapaI()
WaitDO S2, 1;
MoveJ Target_10,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_11,v400,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_20,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_21,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_30,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_31,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_32,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_70,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_80,v100,fine,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_81,v100,fine,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_90,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
MoveJ Target_91,v500,z50,Tooldata_TCP_VAC\WObj:=Workobject_EtapaI;
ENDPROC
```

Fig. 7 Programul RAPID pentru traiectoriile robotului pentru preluarea reperului de prelucrat de pe masa de centrare

3.5 Crearea controlerului virtual.

Mediul de lucru RobotStudio folosește un controler virtual pentru controlul roboților. Acest timp de controler folosește același program software precum controlerul real pentru a executa programele RAPID, pentru a calcula mișcările robotului și pentru controlul semnalelor de intrare și de ieșire. *Controlerul virtual* conține date și informații specifice fiecărui robot (caracteristici referitoare la precizie, configurații, etc.) în acest sens în această lucrare a fost definit un controler virtual IRC5

specific tipului de robot IRB 4600 – 40/2.55 căruia i s-au adăugat module pentru Multitasking și Vision.

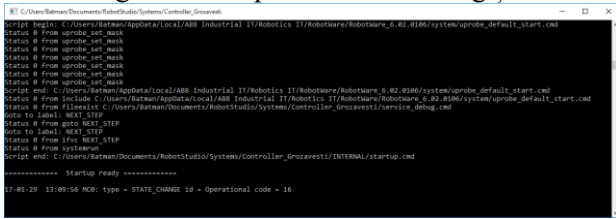


Fig. 8 Starea funcționării controlerului virtual

Programarea și simularea aplicației robotizate s-a făcut folosind următoarele funcții ale programului RobotStudio:

- Signal analyzer
- Gearbox heat
- Event manager

Funcția Signal Analyzer permite monitorizarea semnalelor din cadrul aplicației în timpul simulării. Intervalul de timp setat este de 24 ms.

În timpul simulării va fi urmărit atât comportamentul robotului cât și cel al întregului ansamblu, determinat de semnalele de intrare și ieșire. Vor fi urmărite și analizate mișcările robotului, vitezele cuplelor, schimbarea configurațiilor pentru a optimiza programarea acestuia.

4 CONTROLUL ȘI MONITORIZAREA DE LA DISTANȚĂ A FUNCȚIONĂRII APLICAȚIEI ROBOTIZATE.

4.1 RobotStudio PC SDK

Pachetul software RobotStudio PC SDK folosește Microsoft .NET Framework și Microsoft Visual Studio pentru dezvoltarea programării și simulării aplicațiilor robotizate. [2]

Sunt folosite sub-programe API pentru customizarea sau dezvoltarea proprie a funcționalității mediului de lucru în RobotStudio prin crearea unor extensii de tip *add-in* sau grupuri funcționale de tip *smart components*.

4.2 Robot Web Services

Robot Web Services are la baza funcționării o arhitectură de tip REST folosită pentru pagini și aplicații web. Sunt utilizate seturi de sub-programe, protocoale și unelte pentru programarea de aplicații și software, cunoscute sub numele de API. [3]

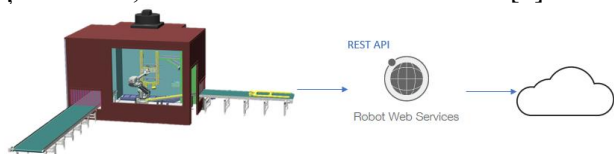


Fig. 9 Schema de principiu pentru trimiterea datelor de interes din aplicația robotizată către platformă folosind ABB Web Services

Printre cele mai importante funcții din arhitectura de tip REST folosită în cadrul lucrării pentru interacțiunea cu resursele programului ABB RobotStudio sunt:

- GET, pentru obținerea unei resurse
- PUT, pentru crearea sau actualizarea unei resurse
- POST pentru actualizarea unei resurse
- DELETE pentru ștergerea unei resurse

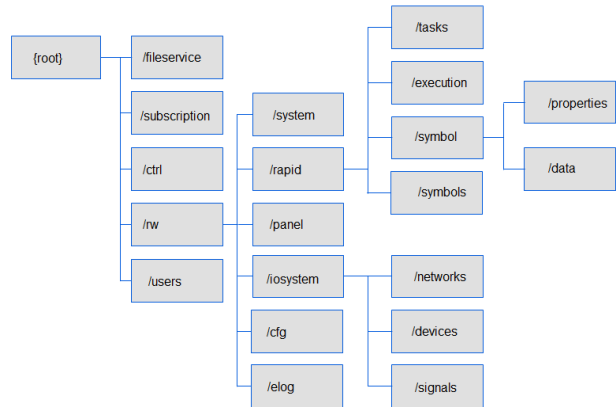


Fig. 10 Serviciile și resursele disponibile pachetului software Robot Web Services.

În Fig. 10 sunt prezentate serviciile de la care Robot Web Services obține resursele de interes. Spre exemplu serviciul /rw are acces la serviciile RobotWare precum /rapid (pentru accesul la programul RAPID al robotului) sau /iosystem (pentru accesul la semnalele de intrare și de ieșire ale aplicației).

4.3 Realizarea platformei pentru controlul și monitorizarea funcționării aplicației robotizate.

Pentru realizarea platformei web și pentru folosirea serviciilor ABB Robot Web Services trebuie respectată locația stocării paginii html. Pentru logare sunt folosite datele de autentificare create utilizatorilor programului ABB RobotStudio.[4]

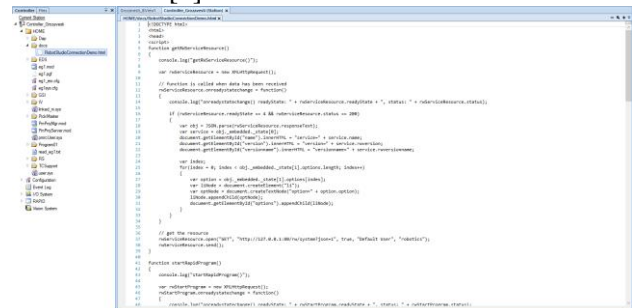


Fig. 11 Stocarea paginii html. Codul sursă pentru obținerea informațiilor referitoare la controlerul virtual.

În Fig.11 este prezentată locația stocării paginii html pentru a face posibilă conectarea la pagina web, codul sursă pentru obținerea datelor despre controlerul virtual și comanda aplicației.

Rolul funcțional al platformei cuprinde:

- Elemente grafice pentru monitorizarea producției robotizate (având la baza generării datelor funcția din RobotStudio – Signal Analyzer)
- Elemente pentru urmărirea în timp real a robotului în timpul funcționării (conectarea la un controler real permite monitorizarea cu ajutorul funcției din RobotStudio – Online monitor; conectarea la un controler virtual permite monitorizarea cu ajutorul unui livestream)
- Accesul la date doar persoanelor autorizate
- Trimiterea unor mesaje (SMS, mail, whatsapp) pentru alerte

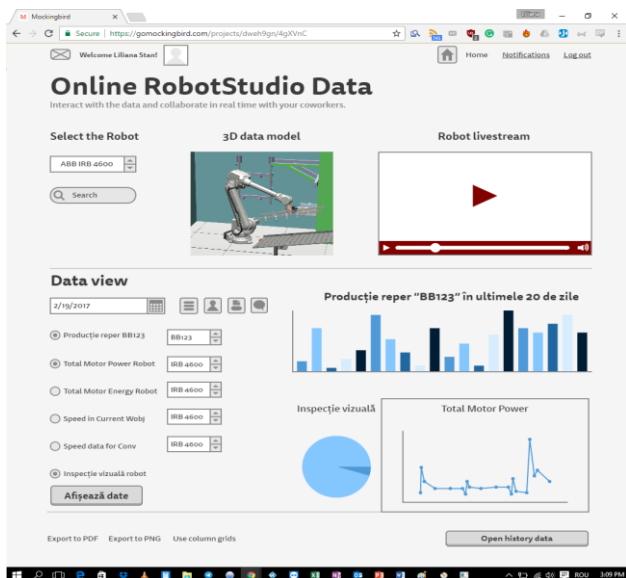


Fig. 12 Schema preliminară a platformei pentru monitorizarea de la distanță via Internet a funcționării sistemelor de producție robotizate

5 CONCLUZII

Dezvoltarea tehnologiei și convergența către Industrial IoT aduce potențialul dezvoltării unei noi generații de roboți și sisteme automatizate, conduse de rețele wireless, baze de date, tehnici de calcul avansate, noi metode de programare a RI, toate acestea având ca efect îmbunătățirea performanței și creșterea flexibilității în producție.

În această lucrare a fost prezentat modul în care s-a realizat programarea și simularea off-line a unei aplicații robotizate și conectarea controlerului virtual la o platforma web.

Realizarea programării și simulării off-line a unei aplicații robotizate aduce multiple avantaje:

- Reducerea costurilor asociate funcționării sistemelor de producție robotizate
- Identificarea și diagnosticarea problemelor ce apar în timpul funcționării sistemului
- Simularea unui număr mare de alternative fără a implica sistemele fizice
- Testarea componentelor active din cadrul aplicației robotizate și a comportării robotului înaintea implementării
- Datele obținute în timpul simulării pot fi analizate
- Optimizarea programării având impact benefic asupra productivității

Scopul platformei prezentate este acela de a pune doar la dispoziția unor persoane autorizate, comanda și controlul robotului și monitorizarea facilă a unui sistem de producție robotizat, notificarea unor alerte setate preliminar sau date referitoare la istoricul producției.

Rolul funcțional al platformei poate fi dezvoltat prin adăugarea unor soluții caracteristice conceptului Internet of Things: Augmented reality (Vuforia), Data Analysis pentru mentenanță predictivă, Machine learning, Smart Enterprise Control, Asset Performance Management.

6 MULȚUMIRI

Mulțumesc dnei. Prof. dr. ing. Cristina Pupăză și dlui. Prof. dr. ing. Adrian Nicolescu pentru sprijinul și cunoștințele oferite în alegerea și dezvoltarea temei.

7 BIBLIOGRAFIE

- [1] KUKA_Microsoft_Internet_of_Things_Case_Study
- [2] http://developercenter.robotstudio.com/robotstudio/api_reference
- [3] http://developercenter.robotstudio.com/webservices/api_reference
- [4] <127.0.0.1/docs/robotstudioconnectiondemo.html>