



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00482**

(22) Data de depozit: **28.06.2013**

(41) Data publicării cererii:
30.12.2013 BOPI nr. **12/2013**

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO

(72) Inventatori:
• FRATU AUREL,
STR. SPĂȚARUL LUCA ARBORE NR.5,
BL.1, SC.A, AP.7, BRAȘOV, BV, RO

(54) METODĂ ȘI INSTALAȚIE PENTRU PROGRAMAREA TRAIECTORIILOR DE MIȘCARE ALE ARTICULAȚIILOR UNUI BRAȚ ROBOTIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la o instalație de programare a roboților prin combinarea tehnicilor de programare off-line și on-line. Metoda conform invenției constă în folosirea unei platforme de programare unde se realizează prototipul virtual al brațului robotic real ce urmează a fi programat și al spațiului de lucru real în care acesta trebuie să lucreze; în programul robot se scrie un cod sursă ce va sintetiza traiectoriile de mișcare ale articulațiilor prototipului brațului robotic virtual; valorile numerice ale variabilelor articulare ale prototipului sunt transmise în registrul de date al unui port al sistemului informatic, ce, prin intermediul unei interfețe numerice, se transferă on-line în registrele de date ale controlerelor axelor motoare ale brațului robotic real; în final se obțin structuri de urmărire a traiectoriilor de mișcare ale articulațiilor brațului robotic virtual de către articulațiile brațului robotic real, generându-se astfel mișcare în spațiul de lucru real. Instalația conform invenției este constituită dintr-o platformă de programare (PLP) pe care se întocmește off-line un program robot, aceasta transmite în registrele de date ale unui port al structurii hardware valorile numerice ale variabilelor articulare ale prototipului brațului robotic virtual (BRV) și afișează pe o interfață grafică cu utilizatorul (IGU) evoluția prototipului brațului robotic virtual (BRV) în timpul realizării sarcinii robotice; o interfață numerică (IN) prin care se transferă date din registrele de date ale portului structurii hardware a platformei de programare în registrele de date ale comparatoarelor

numerice ale controlerelor axelor motoare ale brațului robotic real (BRR), ele constituind mărimi de referință ale buclilor de urmărire, rezultând un sistem de control (SC) ce urmărește traiectoriile de mișcare ale articulațiilor brațului robotic virtual, reproduse în spațiu real de către actuatorii din axele motoare ale articulațiilor brațului robotic real.

Revendicări: 2
Figuri: 2

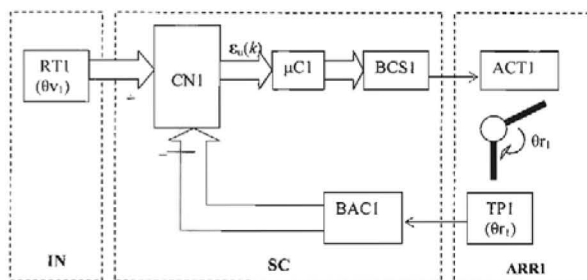


Fig. 2



Nr. înscr. B.P.T. : 216/17.06.13

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de înregistrare a invenției
Nr. a 2013 eo 482
Data depozitării 28-06-2013

24

Metoda si instalatie pentru programarea traiectoriilor de miscare ale articulatiilor unui brat robotic real

Inventia se refera la o metoda si instalatie de programare a robotilor prin combinarea tehnicilor de programare off-line si on-line. Folosind o platforma de programare se realizeaza bratul robotic virtual (prototipul virtual al bratului robotic fizic real) si se programeaza off-line bratul robotic virtual. Programul robot scris intr-un limbaj de programare va sintetiza o sarcina robotica specifica care va fi realizata on-line de cele doua entitati, bratul robotic virtual si bratul robotic real.

Se cunosc metode de programare a bratelor robotice prin tehnica on-line avand la baza diferite implementari care presupun invatarea traiectoriilor articulare ce urmeaza a fi realizate de acesta in exploatare. Invatarea se face prin conducerea manuala a bratului robotic fizic real, prin actiunea directa a operatorului uman sau cu ajutorul unor dispozitive specifice (joystick, teach pendant sau replici master) si inregistrarea de secvente de miscare care urmeaza sa fie reproduse de catre bratul robotic fizic real in regimul automat de functionare. Aceasta tehnica are dezavantajele unei productivitatii reduse deoarece pentru a obtine o precizie marita a traiectoriilor de miscare se fac mai multe incercari si astfel robotul va fi ocupat cu activitati de programare.

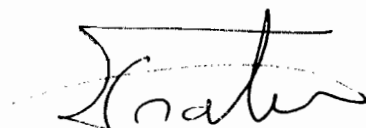
Se cunosc metode de programare textuala a robotilor prin tehnica off-line care presupun intocmirea unui program robot, de obicei, intr-un limbaj specific de programare (Agent Modeling Language (AML), ABB Rapid etc.) care sintetizeaza sarcina robotica de realizat printr-o succesiune de comenzi de tip text. Aceasta tehnica are dezavantajul major legat de operatiile costisitoare de calibrare necesare la implementarea programului sursa pe robot in vederea eliminarii abaterilor dintre datele considerate in mediul de programare si cele din mediul real robot.

Se cunosc sisteme automate de programare a robotilor bazate pe metode de programare demonstrativa prin imitarea structurilor biologice. Programarea automata demonstrativa presupune secventierea actiunilor robotului si dezvoltarea de demonstratori pentru actiuni simple urmata de combinarea acestora.

Scopul inventiei este obtinerea unei instalatii de programare bazata pe metoda de programare demonstrativa prin care *bratului robotic fizic real* va imita comportamentul *bratului robotic virtual* creat off-line pe o platforma de programare.

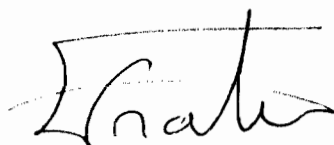
Problema tehnica pe care o rezolva inventia este de a programa prin demonstrare un *brat robotic real*, folosind ca demonstrator prototipul său virtual, *bratul robotic virtual*.

Metoda conform inventiei inlatura dezavantajele aratate mai sus *prin aceea ca*, in scopul programarii triectoriilor de miscare ale articulatiilor unui brat robotic real, *intr-o prima etapa*, folosind o platforma de programare un operator programator scrie off-line un program robot si genereaza, intr-un mediu informatic, prototipul virtual al bratului robotic real ce urmeaza a fi programat si respectiv prototipul virtual al spatiului de lucru



real în care acesta trebuie să lucreze; **intr-o a doua etapă**, în programul robot se scrie cod sursa care va sintetiza traiectoriile de mișcare ale articulațiilor exprimate prin variabilele articulare - funcții de timp - ale prototipului *brat robotic virtual*, sistemul informatic generând cod mașina și afișând pe o interfață grafică, prin imagini video, comportamentul prototipului *brat robotic virtual* în timpul realizării - în spațiul de lucru virtual - a unei sarcini robotice specifice și oferind operatorului programator informațiile necesare optimizării traiectoriilor sintetizate (programate); transmitând, **intr-o a treia etapă**, valorile numerice - în cod binar - ale variabilelor articulare optimizate ale prototipului *brat robotic virtual*, în registrele de date ale unui port al sistemului informatic; iar **intr-o a patra etapă**, folosind o interfață numerică se transferă on-line valorile numerice - în cod binar - ale variabilelor articulare ale prototipului *brat robotic virtual* din registrele de date ale portului sistemului informatic, în registrele de date ale blocurilor comparatoare numerice din buclele de urmărire constituite pentru fiecare axă motoare din articulațiile *bratului robotic real*; aceste valori numerice constituind marimile de referință ale buclelor de control individual al actuatorilor axelor motoare din articulațiile *bratului robotic real*; obținându-se, **în ultima etapă**, structuri automate de tip buclă de urmărire a traiectoriilor de mișcare ale articulațiilor *bratului robotic virtual* de către articulațiile *bratului robotic real*, acestea din urmă generând mișcare în spațiul de lucru real, și astfel *bratul robotic real* va imita gesturile (mișcările) *bratului robotic virtual*.

Instalația pentru programarea traiectoriilor de mișcare ale articulațiilor unui brat robotic real, conform metodei de mai sus, este formată dintr-o *platformă de programare* - constituită la rândul ei dintr-o structură hardware, un sistem de operare, un limbaj de programare, o interfață grafică - pe care se întocmește off-line un program robot, scriind cod sursa în limbajul de programare ales și obținând apoi cod mașina după compilare, generându-se astfel bratul robotic virtual și spațiul de lucru virtual corespunzător bratului robotic real și respectiv spațiului de lucru real; prin programul robot sunt sintetizate traiectoriile de mișcare (variabilele articulare) ale prototipului brat robotic virtual pentru o sarcină robotică specifică efectuată în spațiul de lucru virtual și sunt transmise - ca valori numerice binare - în registrele de date ale unui port al structurii hardware; o *interfață grafică* cu utilizatorul pe care se afișează (vizualizează) evoluția (funcționarea) prototipului *brat robotic virtual* în timpul realizării sarcinii robotice specifice în spațiul de lucru virtual; o *interfață numerică* tampon prin care se transferă on-line, pe baza unui protocol, datele stocate în registrele portului structurii hardware în registrele de date ale unor blocuri comparatoare numerice; aceste date constituie marimile de referință ale buclelor de control a mișcării actuatorilor axelor motoare din articulațiile *bratului robotic real*; un *sistem de control* care conține blocurile comparatoare numerice, blocurile adaptoare-convertoare, microcontrolere, blocurile contactoare statice, care împreună cu actuatorii electrici și traductoarele de poziție ale axelor motoare din articulațiile bratului robotic real, formează buclele de urmărire automată pentru articulațiile bratului robotic real; traiectoriile de mișcare ale articulațiilor bratului *robotic virtual* realizate în mediul virtual și afișate prin imagini video pe interfața grafică vor fi reproduse în spațiul de lucru real de către articulațiile bratului robotic real.



Metoda si instalatia conform inventiei prezinta urmatoarele avantaje:

- Permite programarea off line a traiectoriilor de miscare, nefiind necesara ocuparea robotului cu activitati de programare;
- Oferă operatorului programator informatiile necesare optimizarii traiectoriilor articulare(monitorizarea vizuala) la nivelul prototipului brat robotic virtual;
- Aplicabilitate pentru programarea creativa si versatila a traiectoriilor articulare ale oricarui tip de brat robotic;
- Aplicabilitate la determinarea prealabila, cu cost relativ redus, a triectoriilor de miscare in spatiul de lucru virtual pentru diferite sarcini robotice..

Se da in continuare un exemplu de aplicare a metodei si instalatiei conform inventiei, in legatura cu fig. 1 si fig. 2 care reprezinta:

- fig. 1. schema de principiu a metodei de programare aplicata pentru un brat robotic cu trei articulatii rotoide (trei grade de libertate);
- fig. 2. schema bloc a unei bucle de urmarire automata.

Potrivit inventiei, pe platforma de programare **PLP** se realizeaza prototipul virtual al bratului robotic real ce urmeaza a fi programat si respectiv al spatiului de lucru real în care acesta operează. Prototipul brat robotic virtual **BRV** si spatiul de lucru din mediul virtual sunt afisate pe interfata grafica cu utilizatorul, **IGU** a platformei de programare. In aceasta etapa operatorul programator are posibilitatea sa testeze si sa optimizeze in mediul virtual- modificand programul (scriind cod sursa) in mod corespunzator-comportamentul (traiectoriile de miscare ale) bratului robotic virtual pentru diferite sarcini robotice, dupa diferite scenarii.

Traietoriile de miscare - exprimate prin valori numerice ale variabilele articulare functii de timp - ale articulatiilor prototipului *brat robotic virtual* **BRV**, sintetizate prin programul robot, vor fi inscrise in registrele unui port de iesire **PIE** al structurii hardware a platformei de programare. Valorile numerice - in cod binar - ale variabilelor articulare optimizate ale prototipului *brat robotic virtual* **BRV** din registrele de date al portului de iesire **PIE** sunt transferate in registrele de date tampon **RT1, RT2, RT3** ale intrefetei numerice **IN**. Din registrele tampon datele sunt transferate - prin program- in registrele comparatoare numerice **CN1, CN2, CN3** ale buclelor de urmarire din sistemul de control **SC**, al articulatiilor bratului robotic real. Valorile numerice din registrele comparatoare numerice reprezinta marimile de referinta ale buclelor de urmarire constituite prin siseml de control **SC**, pentru articulatiile **ARR1, ARR2, ARR3** ale bratului robotic real **BRR**.

Controlul miscarii din articulatiile bratului robotic real este asigurat de catre bucele standard de control automat in regim de urmarire; fiecare bucla continand un bloc comparator numeric, un microcontroler, un bloc contactor static, un actuator electric, un traductor de pozitie si un bloc adaptor- convertor.

Pentru articulatia **ARR1** a bratului robotic real **BRR**, bucla automata de urmarire contine un traductor numeric de pozitie **TP1** montat in articulatie, un bloc adaptor-convertor **BAC1**, un microcontroler **μC1**, un contactor static **BCS1**, un actuator electric **ACT1**.

Enat

Semnalul electric furnizat de traductorul **TP1** este transmis prin intermediul blocului adaptor-convertor **BAC1** care va furniza valoarea numerica a variabilei articulare reale $\theta_{r1}(t)$, comparatorului numeric **CN1**. Comparatorul **CN1** va compara valoarea numerica a variabilei articulare $\theta_{v1}(t)$ a articulatiei bratului robotic virtual preluata din registrul **RT1** al interfetei numerice tampon **IN**, cu valoarea numerica a variabilei articulare reale $\theta_{r1}(t)$ furnizata de blocul adaptor-convertor **BAC1**. Marimea numerica de eroare de urmarire, $\varepsilon_u(k)$ va fi prelucrata de microcontrolerul **μ C1** care va comanda prin intermediul contactorului static **BCS1**, actuatorul electric **ACT1** plasat in articulatia **ARR1** a bratului robotic real, **BRR**.

Bucula automata de urmarire va actiona in sensul anularii erorii de urmarire si astfel va asigura ca variabila articulara $\theta_{r1}(t)$ a articulatiei bratului robotic real sa urmareasca variabila articulara, $\theta_{v1}(t)$ a articulatiei bratului robotic virtual; ambele marimi fiind functii de timp.

Dr. G. G. G.

Revendicari

1. Metoda pentru programarea traiectoriilor de miscare ale articulatiilor unui brat robotic real, *caracterizata prin aceea ca*, traiectoriile de miscare ale articulatiilor unui brat robotic real, sunt programate folosind o platforma de programare pe care se realizeaza, intr-un mediu informatic, prototipul virtual al bratului robotic real ce urmeaza a fi programat si respectiv al spatiului de lucru real în care acesta trebuie sa lucreze; in programul robot se scrie cod sursa care va sintetiza triectoriile de miscare ale articulatiilor prototipului *brat robotic virtual*, sistemul informatic generand cod masina si afisand pe o interfata grafica, prin imagini video, comportamentul prototipului *brat robotic virtual* in timpul realizarii unei sarcinii robotice specifice; valorile numerice - in cod binar - ale variabilelor articulare optimizate ale prototipului *brat robotic virtual*, sunt transmise in registrul de date al unui port al sistemul informatic; folosind o interfeta numerica se transfera on-line, valorile numerice - in cod binar - ale variabilelor articulare ale prototipului *brat robotic virtual* din registrul de date al portului sistemul informatic in registrele de date ale controlerelor axelor motoare ale *bratului robotic real*; aceste valori numerice constituind marimile de referinta ale buclelor de control individual al actuatorilor din axele motoare ale *bratului robotic real*; obtinandu-se, intr-o ultima etapa. structuri de urmarire a traiectoriilor de miscare ale articulatiilor *bratului robotic virtual* de catre articulatiile *bratului robotic real*, acestea din urma generand miscare in spatiul de lucru real, si astfel *bratul robotic real* va imita gesturile (miscarile) *bratului robotic virtual*.

2. Instalatia pentru programarea triectoriilor de miscare ale articulatiilor unui brat robotic real conform metodei de la revendicarea 1, *caracterizata prin aceea ca* este constituita dintr-o platforma de programare **PLP** (avand o structura hardware, un sistem de operare, un limbaj de programare, o interfata grafica), pe care se intocmeste off-line un program robot, scriind cod sursa in limbajul de programare ales si obtinand apoi cod masina dupa complilare, realizandu-se astfel prototipul brat robotic virtual si spatiul de lucru virtual in care acesta opereaza, corespunzatoare bratului robotic real si respectiv spatiului de lucru real de operare; platforma de programare transmite in registrele de date ale unui port al structurii hardware valorile numerice - in cod binar - ale variabilelor articulare ale prototipului *brat robotic virtual* **BRV**, calculate prin programul robot si afiseaza pe o interfata grafica cu utilizatorul **IGU**, evolutia prototipului *brat robotic virtual* in timpul realizarii sarcinii robotice; o interfeta numerica **IN**, prin care se transfera on-line, pe baza unui protocol, datele din registrele de date ale portului structurii hardware a platformei de programare, in registrele de date ale comparatoarelor numerice ale controlerelor axelor motoare ale *bratului robot-real* **BRR**; aceste valori numerice constituind marimile de referinta ale buclelor de urmarire, obtinandu-se astfel un sistem de control **SC**, care contine bucle de urmarire automata a traiectoriilor de miscare ale articulatiilor bratului *robotic virtual*, realizate in mediul virtual si afisate prin imagini video pe interfata grafica, si care sunt astfel reproduse in spatiul real de catre actuatorii din axelor motoare ale articulatiilor *bratului robotic real*.

Inaba

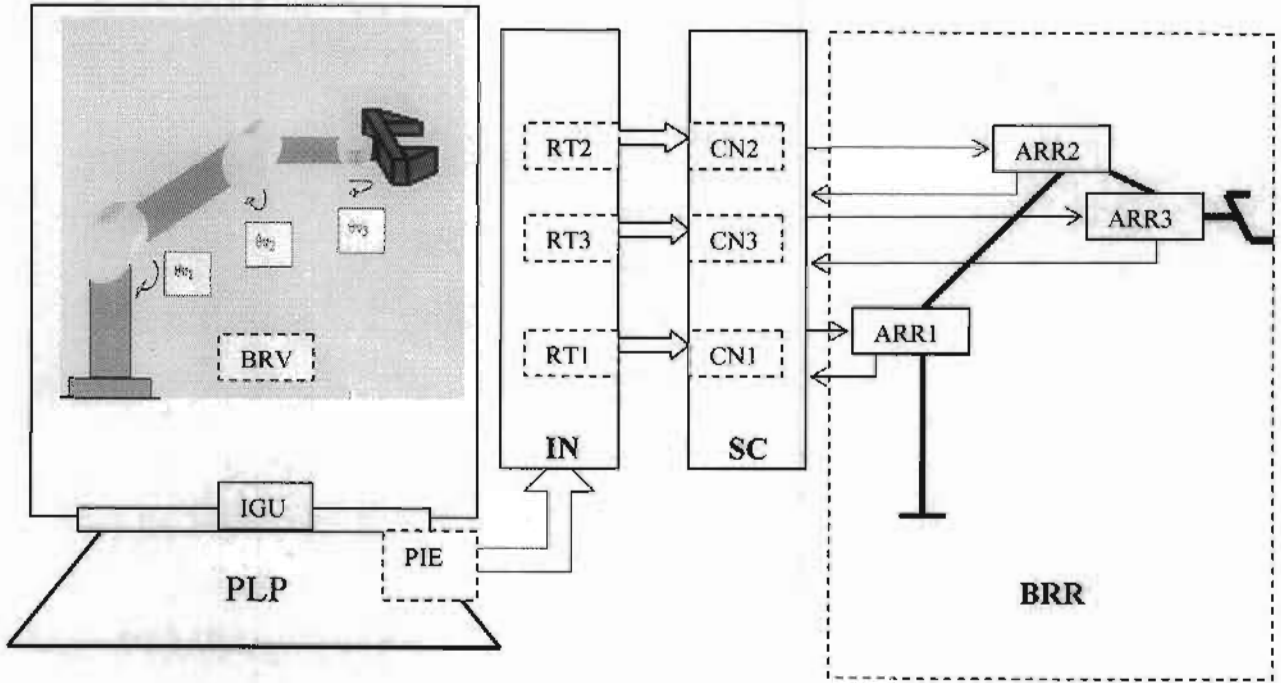


Fig. 1

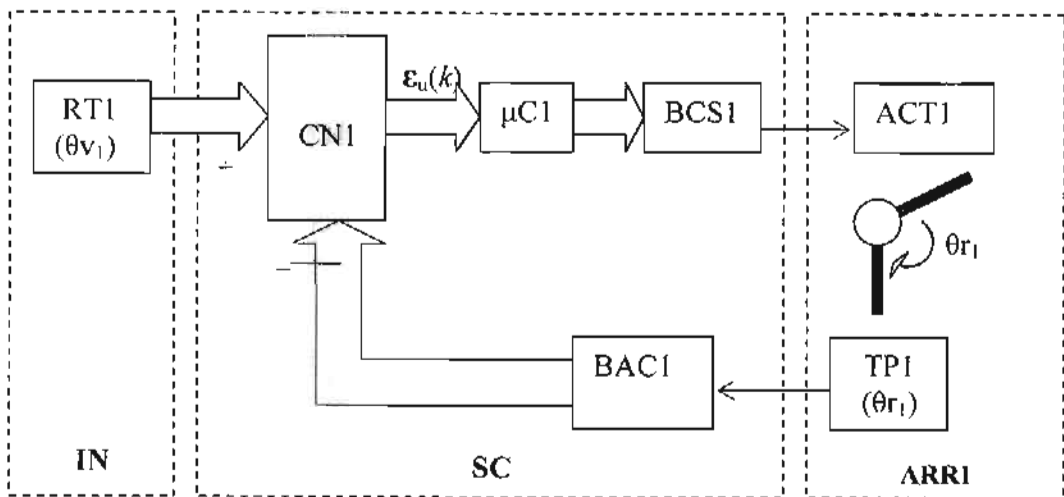


Fig.2

Inate