

SENZORI DE ÎNDOIRE UTILIZAȚI LA COMANDA UNUI PREHENSOR ANTROPOMORF VIRTUAL

Prof. univ. dr. ing. Eur Ing Ionel STAREȚU, Dr. inf. Cătălin MOLDOVAN

Universitatea „Transilvania” din Brașov

REZUMAT. antropomorf cu cinci degete care poate fi folosit pe roboți. Această metodă de control aparține metodelor bazate pe utilizarea dispozitivelor de captare a mișcării ca diversele tipuri de mănuși de date. Soluțiile bazate pe mănuși de date pot digitiza mișcările umane și degetele umane în parametrii de intrare pentru un sistem de realitate virtuală. Senzorii care captează mișcarea acestor mănuși colectează date despre poziția mâinii și mișcarea ei într-un mod optim, dar au un dezavantaj mare, și anume prețul lor este foarte ridicat și experiența utilizatorului care utilizează aceste dispozitive, poate că este neplăcută, timpul de calibrare a sistemului și senzorii sunt foarte sensibili în ceea ce privește utilizarea pe termen lung. Lucrarea descrie soluția în detaliu și oferă elemente despre modulele software necesare.

Cuvinte cheie: senzori de îndoire, prehensor antropomorf, manuşă de date, sistem de control, mână virtuală.

ABSTRACT. The paper describes a control solution using sensors bending for an anthropomorphic gripper with five fingers usable on robots. This control method belongs among methods based on using motion capture devices capture data glove types. Solutions based on data gloves can digitize human hand and finger movements in input parameters for a virtual reality system. The sensors capture the movement of these gloves collects data about hand position and its motion in an optimal way, but they have a huge disadvantage, namely their price is very high, and user experience using these devices, you may unpleasant as it may take some time to calibrate the system and sensors are very sensitive in terms of long-term use. The paper describes the solution hard and give elements about the software modules required.

Keywords: bending sensors, anthropomorphic gripper, Data Glove, control system, virtual hand.

1. INTRODUCERE

Convențional metodele cunoscute de control al unui prehensor antropomorf virtual se pot grupa în două clase [1], și anume: metode bazate pe captura de mișcare folosind dispozitive de captură de tipul mănușilor de date și metode bazate pe captura de mișcare folosind algoritmi de procesare digitală de imagini. Prin folosirea mănușilor de date se pot digitiza mișcările mâinii umane și ale degetelor în parametrii de intrare pentru un sistem de realitate virtuală. Senzorii de captare a mișcării ai acestor mănuși colectează date despre poziția mâinii și mișcările acesteia într-un mod optim, dar, au și un dezavantaj important, și anume: prețul acestora este foarte mare, iar experiența utilizatorului, folosind aceste dispozitive, poate fi neplăcută deoarece poate dura un anumit timp pentru calibrarea sistemului, iar senzorii sunt foarte sensibili din punctul de vedere a folosirii îndelungate.

Abordările bazate pe folosirea de algoritmi de procesare de imagine, utilizează dispozitive de captură de imagine sau de captură de date de adâncime. Folosind aceste abordări, modul de comunicare între om și calculator devine mult mai natural.

Fiecare abordare însă vine cu un număr de avantaje și dezavantaje. Mănușile de date vin cu un

dezavantaj constând într-un preț mare și un mod de utilizare care nu este natural, în schimb, au o acuratețe foarte bună. Abordările bazate pe algoritmi pentru detecția mâinii și recunoașterea gesturilor au un mic dezavantaj în ceea ce privește acuratețea, dar, au foarte multe avantaje din punctul de vedere al comunicării, stocării și funcționalității, dintre care se enumără: eliminarea contactului fizic cu dispozitivul; reducerea spațiului de stocare necesar pentru mănușile de date; timp de utilizare mai mare prin eliminarea părților mecanice și a uzurii acestora; costuri reduse pentru configurare, execuție teste și modalitate de lucru în paralel.

În prezent dezavantajul cu care vin abordările bazate pe algoritmi de procesare de imagine este încet depășit odată cu evoluția dispozitivelor de captare de imagine. Odată cu această evoluție crește foarte mult și acuratețea abordărilor.

În această lucrare se descrie o soluție de captare de date pentru o arhitectură a unui sistem software care permite înlocuirea dispozitivului de captare de date fără a aduce alte modificări aplicației.

În Fig. 1 se prezintă schematic sistemul propus, acesta fiind format din: senzorii de îndoire dispuși pe o manuşă de date, un modul software HandCommander de transfer a datelor spre mâna virtuală, controlată de un alt modul software HandSIM.

SENZORI DE ÎNDOIRE UTILIZAȚI LA COMANDA UNUI PREHENSOR ANTROPOMORF VIRTUAL

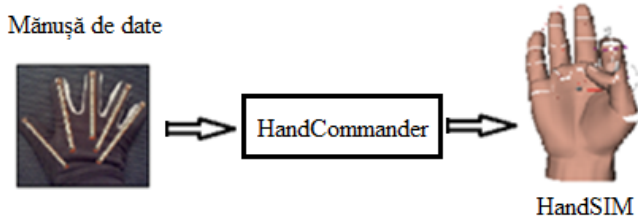


Fig. 1. Sistemul propus pentru comanda și controlul unui prehensurului antropomorf virtual.

Pentru transmiterea datelor de mișcare către mediul virtual și testarea protocolului de comunicație, s-a conceput o aplicație numită InterfaceController (Fig. 2). Această aplicație emulează mișcările mâinii umane pentru fiecare falangă în parte precum și pentru acțiuni de prindere și eliberare a unui obiect.

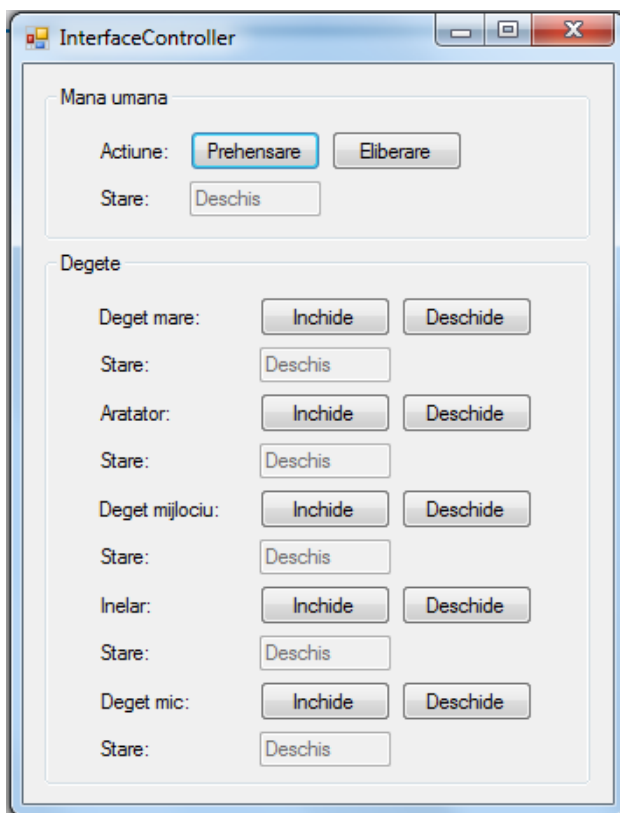


Fig. 2. Interfața vizuală a componentei InterfaceController.

Aplicația InterfaceController este creată în totalitate folosind framework-ul Microsoft .NET. Aplicația InterfaceController folosește funcționalitatea pusă la dispoziție de către clasa SerialPort pentru a scrie, și eventual a citi date dintr-unul din porturile seriale ale unui calculator. Aplicația este formată din două componente arhitecturale, și anume: HandCOMMANDER – care transmite datele către portul serial și permite citirea datelor de la portul serial și ViewComponent – componentă vizuală ce utilizează aplicația GraspIT [2], care permite recepția de semnale și transformarea lor în comenzi pentru un prehensur virtual (Fig. 3a și Fig. 3b).

Aplicația InterfaceController funcționează în modul următor: la inițializare, fiecare deget este setat pe poziția de deget deschis, ceea ce înseamnă transmiterea unei valori de 0 către componenta HandCOMMANDER pentru fiecare deget în parte. În cazul în care se dorește închiderea unui deget, pentru degetul respectiv, se transmite valoarea de 1 către componenta HandCOMMANDER. Deoarece componenta de vizualizare poate primi date numai pe portul serial, translatarea între valorile de 0 și 1 se face de către componenta HandCOMMANDER.

Folosind acest model de comunicare, în Fig. 3a se poate vizualiza rezultatul acțiunii de prehensare care se execută la apăsarea butonului „Prehensare”. Evident, fiecare deget poate fi controlat și în mod independent, cum se poate vizualiza în Fig. 3b, degetul mare și arătătorul sunt închise, în timp ce restul de trei degete sunt deschise.

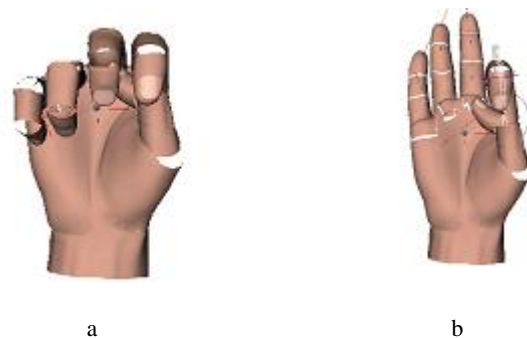


Fig. 3. Prehensurul antropomorf în poziția închis – simulare în realitate virtuală (a), prehensurul antropomorf închis parțial – simulare în realitate virtuală (b).

Deoarece se dorește captarea mișcării mâinii umane, și nu numai emularea acesteia, în cele ce urmează se prezintă modalitatea dezvoltată în cadrul acestei lucrări pentru detecția mâinii umane, a mișcărilor acesteia și recunoașterea de gesturi folosind senzorii de îndoire.

2. UTILIZAREA SENZORILOR DE ÎNDOIRE PENTRU CAPTURA MIȘCĂRII MÂINII UMANE

Senzorii de îndoire (Fig. 4) reprezintă rezistențe electrice analogice[3],[4]. Aceștia funcționează pe principiul de divizori variabili ai tensiunii. Senzorii de flexiune sunt creați dintr-un strat flexibil de silicon care înconjoară o rezistență de carbon. Cu cât în interiorul stratului flexibil se află mai mult carbon, cu atât rezistența este mai mare, ceea ce înseamnă că atunci când sensorul este îndoit, carbonul din interiorul stratului flexibil produce o rezistență direct proporțională cu raza de îndoire.



Fig. 4. Senzor de îndoire.

La momentul actual, există două tipuri de senzori de îndoire, grupați după lungimea lor, și anume senzori de tipul 1 și senzori de tipul 2, având lungimea de 5,5 cm respectiv 12 cm. Senzorii folosiți în cercetarea prezentată în această lucrare sunt senzori de tipul 2, de 12 cm, creați de către firma Flexibila[5] pe baza tehnologiei patentate de către Spectra Symbol. Senzorii au o rezistență care variază de la 10 KOhm, în cazul în care nu sunt îndoiți până la 125 KOhm.

În cadrul cercetării prezentate, s-au folosit 5 senzori de 12 cm care s-au atașat la o mănușă, fiecare senzor în parte fiind atașat la fiecare deget realizând componenta DigitalGlove ce este folosită în continuare pentru captarea de date de mișcare de la mâna umană.

Senzorii au fost conectați la mănușă astfel încât senzorii de flexiune să atingă fiecare articulație a fiecărui deget (Fig. 5), rezultând o modificarea a rezistenței sensorului la îndoirea degetului utilizatorului mănușii. Odată cu îndoirea degetului, rezistența pe senzor crește, iar curentul care trece prin senzor scade. Variația în curentul ce trece prin senzor poate fi măsurată și analizată folosind o placă de tipul microcontroler conectată la un calculator.

Cei cinci senzori de îndoire sunt utilizați pentru fiecare deget în parte cu scopul de detecție a îndoirii. La momentul îndoirii fiecărui deget, senzorii sunt de asemenea îndoiți în același unghi ca și degetul. Toți cei 5 senzori sunt conectați la microcontroler, acesta monitorizând fiecare port în parte în mod continuu. Odată semnalul receptat de microcontroler, acesta este analizat și transmis către portul serial al calculatorului. Calculatorul va recepționa semnalul pe care îl folosește în mediul virtual pentru mișcarea falangelor unui prehensor antropomorf virtual.



Fig. Error! No text of specified style in document.. Mănușă de date cu senzori de îndoire – DigitalGlove.

Sistemul implementat pentru captarea de date folosind senzorii de îndoire are patru componente principale (Fig. 6): mănușă de date cu cei cinci senzori – DigitalGlove; permite captarea de date de mișcare de la mâna umană și transferul lor către placa Arduino Leonardo; microcontroler ATmega32u4 (folosind implementarea Arduino Leonardo); permite analiza și transferul datelor către un calculator; componenta HandCOMMANDER: transformă datele recepționate de o mănușă de date, le interpretează și le transmite către componenta de vizualizare; componenta ViewComponent: permite vizualizarea mișcărilor mâinii umane prin intermediul aplicației GraspIT.

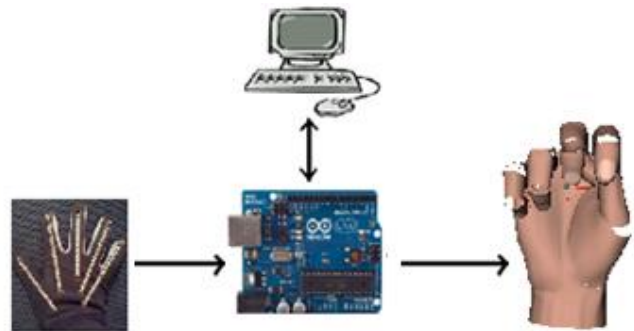


Fig. 6. Extinderea aplicației InterfaceController prin folosirea mănușii de date.

Pentru implementarea sistemului s-a extins aplicația InterfaceController și anume, extinderea s-a făcut prin folosirea componentei HandCOMMANDER pentru comunicarea cu aplicația GraspIT.

3. CAPTAREA, ANALIZA ȘI PROCESAREA MIȘCĂRII MÂINII UMANE

Senzorul de flexiune reprezintă o rezistență analogică variabilă care se modifică odată cu aplicarea unei îndoiri. Îndoirea poate fi măsurată în cazul în care senzorul este conectat la pinii analogi ai unei plăci Arduino Leonardo (Fig. 7). Pentru măsurarea rezistenței, se folosește un rezistor fix, care este folosit ca și standard de comparare (în cazul prezentat, s-a folosit un rezistor de 22 KOhm).

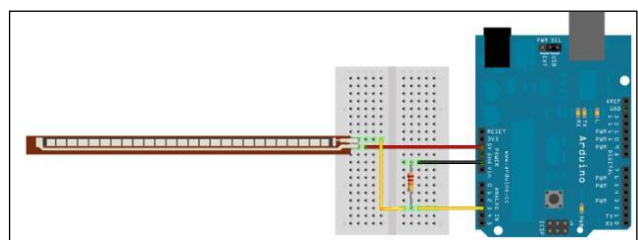


Fig. 7. Conectarea unui senzor de îndoire-flexiune la placa Arduino Leonardo.

SENZORI DE ÎNDOIRE UTILIZAȚI LA COMANDA UNUI PREHENSOR ANTROPOMORF VIRTUAL

Senzorul de flexiune se mai numește și divizor variabil de tensiune, deoarece, divide cei 5V primiți între senzorul de flexiune și rezistor. Astfel, citirea intrării analogice este de fapt un măsurător al voltajului. Cei 5 volți primiți ca și tensiune de intrare pe placă, sunt divizați în intervalul 0 și 1023, o valoare de intrare de 0V este citită ca și o valoare de 0 de către placa Arduino Leonardo, iar o valoare de 5V este citită ca și o valoare de 1023, sau, în cazul în care senzorul este îndoit în așa fel încât cei 5V sunt împărțiți în 2,5V pe fiecare parte, pe intrarea plăcii Arduino Leonardo se citește valoarea 512.

Cum s-a putut observa din paragraful anterior, senzorii de flexiune reprezintă dispozitive avansate ce pot prelua diverse îndoiri cu o acuratețe foarte mare. Din această cauză s-a ajuns la concluzia, că,

acești senzori se pot utiliza pentru captarea mișcării de îndoire a degetelor unui utilizator.

Folosind cinci astfel de senzori de 12 cm, s-a putut crea o mănușă de date capabilă să capteze îndoirea fiecărui deget al unui utilizator. Datele captate sunt transmise către componenta de testare a prehensiunii în mediul virtual (Fig.8).

Cum s-a constatat în urma testelor empirice efectuate (Fig. 8), mișcarea mâinii este captată cu o acuratețe foarte mare iar mișcarea fiecărui deget în parte al unui utilizator poate fi reprezentat în componenta de simulare funcțională.

Totuși, această metodă de captare, chiar dacă are o acuratețe foarte mare, nu reprezintă o modalitate naturală de comunicare.



Fig. 8. Interacțiunea cu mediul virtual utilizând mănușa cu senzori de captare a mișcării: mâna strânsă (a), numai doua degete strânse (b).

4. CONCLUZII

Metodele prezentate în această lucrare sunt considerate de succes deoarece satisfac cerințele funcționale și nefuncționale. Sistemul este utilizabil în timp real și este de asemenea accesibil - sistemul nu are nevoie de echipamente costisitoare. Orice tip de utilizator îl poate utiliza pentru cercetare sau pentru controlul unui prehensur antropomorf. În această lucrare am testat interacțiunea dintre om și mediul virtual, folosind senzori de îndoire pentru captarea mișcărilor mâinilor umane și a fost creat un sistem complet de comandă și control al unui prehensur an-

tropomorf virtual. În figura 9 este prezentată schema sistemului propus pe baza mănușii de date, echipată cu cinci senzori de îndoire.

Protocolul de comunicare este folosit ulterior de restul aplicațiilor de captare a gesturilor pentru a trimite date către mediul virtual și apoi la cel real, prehensurul antropomorf cu cinci degete. Modulele software obținute sunt HandProcessor, HandCommander și HandSim (vezi Figura 9).

Lucrarea este o variantă a unei versiuni în limba engleză și este destinată inginerilor de robotică și mecatronică din România, care au mai puțină tângență cu lucrările publicate în limbi străine.

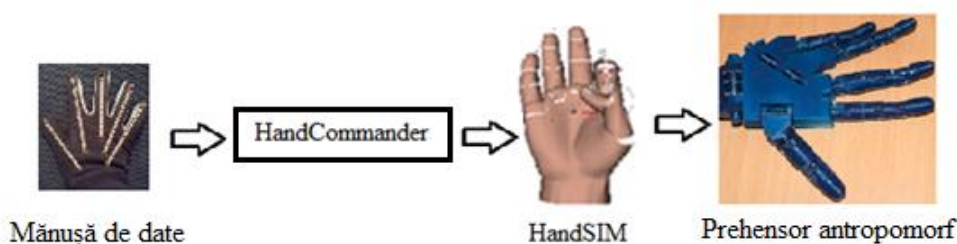


Fig. 9. Sistemul propus pentru comanda și controlul unei mâini antropomorfe virtuale și a unui prehensur antropomorf real.

BIBLIOGRAFIE

- [1] MOLDOVAN, C.C., STAREȚU, I., *Real time hand tracking and gesture recognition for interactive virtual hand control*, Presented in COMEC 2011 - The 4th International Conference on Computational Mechanics and Virtual Engineering, Brasov, Romania, 2011.
- [2] MILLER, A., *Grasp IT a versatile simulator*, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [3] LEE, S. et al, *A transparent bending-insensitive pressure sensor*, Nature Nanotechnology, **11**, 472–478, 2016.
- [4] GRENEZ, F., VILLAREJO, M.V., ZAPIRAIN, B.G., ZORRILLA, A.M., *Wireless Prototype Based on Pressure and Bending Sensors for Measuring Gate Quality*, Sensors, **13**(8), 9679-9703, 2013.
- [5] WEI, Y., et al, *Highly Stable and Sensitive Paper-Based Bending Sensor Using Silver Nanowires/Layered Double Hydroxides Hybrids*, ACS Appl. Mater. Interfaces, **7**(26), 14182–14191, 2015.

Despre autori

Prof. univ. dr. ing. Eur Ing Ionel STAREȚU

Universitatea „Transilvania” din Brașov

Este absolvent al Facultății TCM a Universității *Transilvania* din Brașov(1983). A obținut titlu de Doctor Inginer în specializarea Roboți Industriali în 1995. Specializări în :Tribologie (Universitatea *Transilvania din Brașov* - 1990), Robotique et Productique (*INSTN* din Saclay, Franța-1992/1993), Managementul Organizației (IAI și Universitatea *Transilvania din Brașov* - 1999/2000), Managementul Calității(2003) și Auditul Calității(2004) la Universitatea *Transilvania din Brașov*. Din 2003 este *Expert tehnic extrajudiciar și Consultant* certificat de CERTEXPERT București și A.E.X.E.A. Paris. Activează din 1985 la catedra de *Design de Prods și Robotica*, în prezent *Departamentul de Design de Prods, Mectronică și Mediu*, de la Universitatea *Transilvania din Brașov*. A publicat: 6 cărți, 5 lucrări didactice și peste 210 articole științifice în țară și în străinătate. Este autor sau coautor la 11 brevete de invenție. A contribuit la rezolvarea a peste 24 granturi de cercetare științifice naționale și internaționale (la 4 ca director de grant). Este președintele Filialei Brașov a Societății Române de Robotică, vicepreședinte al Sucursalei AGIR Brașov, membru ARoTMM și expert în Robotică al Societății Academice din România, membru CRIFȘT-Academia Română. Este conducător de doctorat în domeniul *Ingineriei Industriale*. Din anul 2017 este membru corespondent al Academiei de Științe Tehnice din România-ASTR. E-mail: staretu@unitbv.ro

Dr. inf. Cătălin MOLDOVAN

IBM România

Este absolvent al Universității *Transilvania* din Brașov, Facultatea de Matematică-Informatică, specializarea de licență Informatică(2007) și al masterului Algoritmi și produse software(2008). A fost admis la doctorat în anul 2009, în domeniul *Inginerie Industrială* și a obținut titlul de doctor în anul 2014. A rezolvat mai multe teme din domeniul modelării corpurilor în realitate virtuală, a realizat mai multe module software pentru comanda unui prehensor antropomorf în realitate virtuală și a unui prehensor antropomorf cu cinci degete, realizat prin prototipare rapidă. A publicat 13 lucrari indexate ISI sau BDI, cuprinse în proceeding-urile unor conferințe de prestigiu : Robotics 2012, OPTIROB, RAAD sau în reviste : Buletinul AGIR, Analele Univ. Dunărea de Jos din Galați, seria Inginerie mecanică. E-mail : mcatalin1983@yahoo.com.