

ON THE SENZORIAL APPLICATION OF WALKING SYSTEMS OF THE BIPEDS ROBOTS – the first part

Ionel ȘTEFAN*, Ioan STROE**

Transilvania University of Brașov, Dept. of the Product Design and Robotics

e-mail: *simst7@yahoo.com, **stroei@unitbv.ro

Keywords: sensor, robot, walking, forces, optical.

1. INTRODUCERE

Activitatea omului în procesul de producție și în cel de investigare și exploatare a mediului, se caracterizează prin faptul că necesită contribuția centrilor de coordonare nervoși pentru identificarea parametrilor de mediu și optimizarea, după diferite criterii, a acțiunilor întreprinse. Astfel, funcția de informare reprezintă una dintre principalele funcții în conducerea eficientă a unui proces.

În cazul roboților bipezi, pentru conducerea procesului de pășire, respectiv comanda și controlul lor, operațiile de măsurare, informare sunt efectuate de senzori.

Inițial majoritatea cercetărilor asupra roboților humanoizi s-au focalizat pe pregenerarea unei traiectorii de mers stabilă, urmată apoi de generarea unei traiectorii de mers stabilă on-line. Mai târziu, pentru mersul bipezilor în medii necunoscute, s-au dezvoltat tehnici bazate pe senzori de evitare a obstacolelor, pentru ca în final să se ia în considerare informațiile globale ale sistemelor senzoriale, fapt ce oferă roboților abilitatea de a păși peste anumite obstacole la fel ca și oamenii.

Informațiile globale necesare pentru elaborarea algoritmului pășirii se pot obține prin implementarea unor senzori capabili să răspundă la o serie de reacții ale robotului în raport cu propria structură sau în raport cu mediul. Se utilizează în acest sens senzori de forță implementați în fiecare picior (talpă) senzori ce ajută la păstrarea echilibrului robotului prin informațiile furnizate privind starea solului pe care pășește, senzori de imagine ce permit informarea robotului cu privire la mediul în care lucrează, senzori de înclinare ce ajută la păstrarea echilibrului și senzori de tip busolă digitală ce oferă informații referitor la orientare. Performanțele unui sistem de control sunt legate de capacitatea sensorului de „a culege” informațiile și de abilitatea lui de a le transmite sistemului din care face parte.

2. CLASIFICAREA SENZORILOR

Tehnologia roboților humanoizi a progresat rapid în ultimii câțiva ani, urmărindu-se pe lângă dezvoltarea structurală a mecanismelor de pășire și o dezvoltare senzorială prin realizarea și implementarea de senzori inteligenți ce permit obținerea unor informații globale atât despre robot cât și despre mediu. Acest lucru permite o clasificare a senzorilor utilizați în sistemele de pășire ale roboților bipezi după șapte criterii, anume:

1. după *caracteristicile de măsurare*, senzorii pot fi:

-interni (proprioceptivi atunci când măsoară o caracteristică a robotului, respectiv poziție, viteză, accelerație);

-externi (exteroceptivi atunci când măsoară și transmite informații despre mediu sau despre interacțiunea robot-mediu; servesc la identificarea prezenței și stabilirea tipului, poziției, orientării, culorii obiectelor aflate în mediul de lucru);

2. după *modalitatea de generare a informației*, senzorii pot fi:

- activi, atunci când generarea informației este directă (caz în care senzorul efectuează transformarea unui fenomen fizic direct într-un semnal electric utilizabil);
- pasivi, atunci când conductibilitatea senzorului este schimbată de fenomenul fizic;

3. după *forma informației la ieșire* (dată de metoda de reprezentare a mărimii măsurate), senzorii sunt:

- de informație logică, informație în care sunt posibile doar două stări (da/nu);
- de informație numerică (discretă), informație ce constă într-o succesiune de informații ordonate fie logic, fie simbolic (cod ASCII), fie numeric;
- de informație analogică, ce pun în evidență orice variație a mărimii măsurate (stările măsurate nemaifiind discrete, ci continue);

4. după *tipul mărimii fizice de intrare* senzorii pot fi:

- absoluți, când semnalul electric de ieșire reprezintă toate valorile posibile ale mărimii fizice de intrare (raportate la o origine de referință aleasă);
- incremental, când nu poate fi stabilită o origine pentru toate punctele din domeniul de măsurare, fiecare valoare măsurată reprezintă originea pentru cea următoare;

5. după *numărul elementelor traductoare* și al dimensiunilor atribuite valorilor măsurate, senzorii se clasifică în:

- scalari (un traductor, o dimensiune);
- vectoriali (măsurări după trei direcții ortogonale);
- matriciali (un anumit număr de traductoare dispuse după o matrice mono-, bi- sau tridimensională);

6. după *proprietățile ce le pun în evidență*, senzorii pot fi:

- de formă, determină formele și dimensiunile (pentru evaluarea în mediul de lucru);
- de proprietate, determină proprietățile fizice ale obiectelor (forță, cuplu, elasticitate);

7. după *principiul de funcționare* al senzorilor electrici avem:

- senzori parametrici sau modulatori, senzori la care mărimea neelectrică, influențând proprietățile electrice ale unui corp este convertită într-o mărime electrică pasivă, de exemplu rezistență, inductivitate, capacitate, etc;
- senzori generatori sau energetici, caz în care este necesară o sursă auxiliară de energie pentru efectuarea măsurării (senzori inductivi, etc).

La rândul lor senzorii din categoriile de mai sus se pot clasifica după mai multe subcriterii și anume:

- după distanța de culegere a informației: senzori de contact- tactili, de relief, de alunecare, de efort- și senzori fără contact -de proximitate, optici(zonă apropiată), de investigare(zonă îndepărtată);

- după natura contactului: de cuplare directă(senzorii de forță plasați în talpă) și de cuplare indirectă(cazul senzorilor de forță-moment plasați în articulații).

3. SISTEMATIZAREA SENZORILOR DE FORȚĂ / MOMENT

Senzorii de forță/moment realizează conversia energiei mecanice în energie electrică prin măsurarea deformației fizice pe care forța în cauză a produs-o elementului senzorial. Această deformație poate fi cauzată direct pe traductor sau (mai uzual) transmisă traductorului prin intermediul unui material suport (realizându-se protecția la deteriorarea traductorului). Natura, forma materialului suport și calitatea adezivului, în cel de al doilea caz, afectează mult performanțele traductoarelor de forță, în particular domeniul său dinamic de măsurare.

Senzorii de forță/moment utilizați în sistemele de pășire au la bază diferite principii de măsurare, determinate de tipul traductoarelor utilizate pentru sesizarea efectelor forțelor și momentelor măsurate. Există trei tipuri principale de senzori de forță și anume:

- nerezistivi;
- rezistivi;
- intermediari.

3.1. Cei mai cunoscuți senzori nerezistivi de forță sunt cei capacitivi, care produc o schimbare a capacității electrice proporțională cu presiunea exercitată pe armătură.

Un senzor de forță capacitiv este prezentat în fig. 1

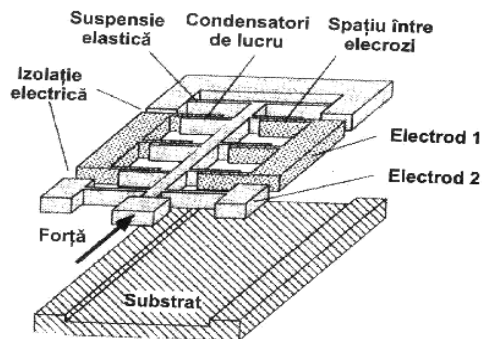


Fig. 1 Senzor de forță capacitiv fabricat din siliciu.

Electrozii sunt alcătuiți dintr-o structură planară, în formă de pieptene.

Elementul senzor este compus din două părți, și anume:

- a. – o structură elastică mobilă, care transformă o forță într-o deplasare;
- b. – o unitate de transformare constând din electrozi care transformă deplasarea într-o variație măsurabilă a capacității. Revenirea la poziția inițială este realizată de o traversă elastică de suspensie.

Condensatoarele constau din doi electrozi subțiri, izolați electric, având între ei un spațiu foarte îngust (aproximativ 10 μm). Ei sunt așezați pe ambele fețe ale cipului, determinând creșterea capacității, pe o parte, și scăderea ei pe cealaltă parte. Prin măsurarea separată a variației capacității pe ambele fețe, se obține o liniaritate și o sensibilitate ridicate.

Unitatea senzor este fabricată prin corodare anizotropică din siliciu și, apoi, este fixată pe un substrat de pyrex prin lipire anodică.

3.2. Traductori de forță rezistivi, în funcție de modul de proporționalitate al rezistenței cu forța de măsurat, sunt de două feluri:

- a. – invers proporțional, rezistor detector de forță;
- b. – direct proporțional, traductor electro-tensometric rezistiv (TER).

La baza lor stă, totuși, același principiu de funcționare și anume transformarea variației unei mărimi mecanice în variația unei rezistențe electrice. Această variație de rezistență este prelucrată electronic și transformată în informație digitală, necesară în procesul de comandă și control al robotului.

a. Rezistorul detector de forță

Senzorul constă într-o foiță de polimer pe care se fixează niște electrozi planari, peste care este așezat un film polimer semiconductor – vezi fig. 2

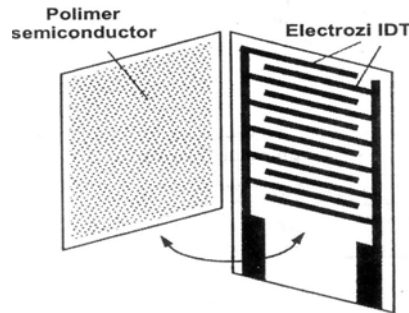


Fig. 2 Rezistor detector de forță.

Dacă electrozilor li se aplică o tensiune și nu există nici o forță, rezistența este cel puțin de un megaohm ($1 \text{ M}\Omega$). Atunci când se aplică o forță, rezistența descrește datorită curentului care se scurge prin foița polimerică semiconductoră de șuntare.

Domeniul dinamic al senzorului poate fi influențat de structura electrozilor, iar sensibilitatea se modifică odată cu grosimea foii.

Dezavantajul major îl reprezintă histerezisul care apare în timpul modificărilor de forță. În ciuda acestui fapt, dispozitivul poate fi folosit în mod eficace în multe aplicații de măsurări dinamice, el fiind compact, robust și rezistent la influențele exterioare.

b. Tensorezistor

Cel mai răspândit mijloc de măsurare în analiza experimentală a forțelor (tensiunilor) din diverse structuri elastice rămâne însă traductorul electrotensometric rezistiv (TER), cunoscut și sub denumirea de „**tensorezistor**” sau „**marcă tensometrică**”.

Aceștia se pot clasifica:

b.1. după forma captoarelor pe care sunt aplicate traductoarele electrotensometrice rezistive senzorii sunt:

- senzori cu captori lamele elastice utilizați îndeosebi ca senzori tactili(fig. 3.a)
- senzori cu captori bare articulate(fig. 3.b)
- senzori cu captori bare curbe închise (fig. 3.c)
- senzori combinați (celule de captare) fig. 4.

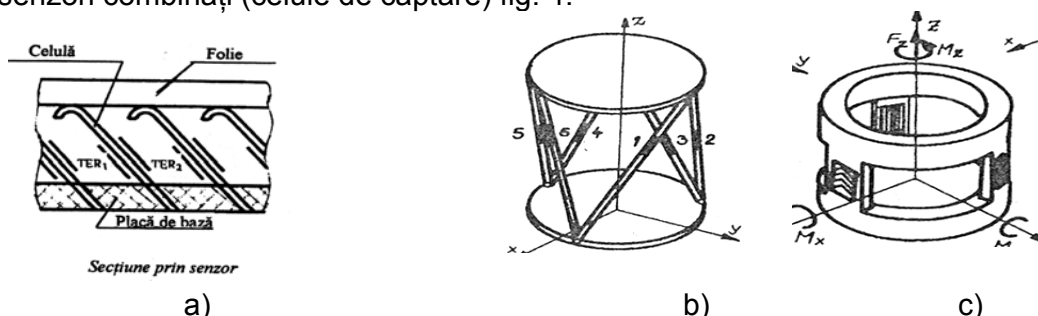


Fig. 3 Tipuri de captori pentru senzori de forta.

a) suport de tip lamele elastice b) suport de tip bara articulată c) suport de tip bara curba închisa

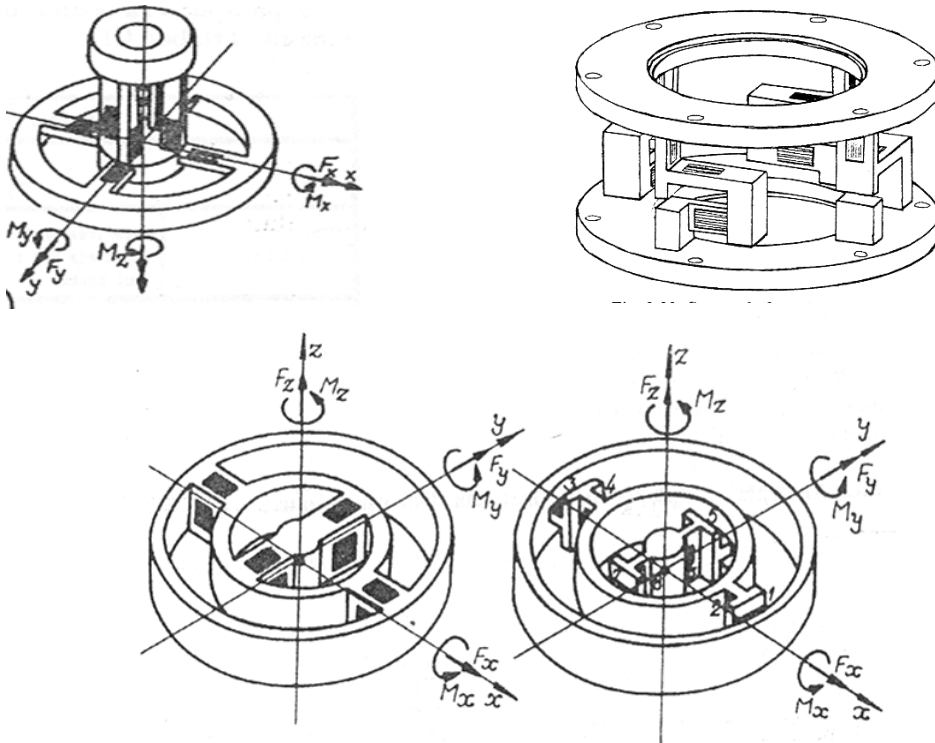


Fig. 4 Celule de captare.

Pentru măsurarea forței de apăsare cel mai bine se comportă captoarele sub formă de bară curbă închisă sau celule elastice fixate pe o placă de bază

Având în vedere că forțele de apăsare pe talpa robotului sunt destul de mari, este de preferat a fi utilizat captorul sub formă de bară curbă închisă, care determină și un cost mai scăzut al sistemului senzorial.

b.2. după numărul componentelor sesizate avem:

- senzori având captorul constituit din elemente elastice sensibile la una cel mult două componente;
- senzori ale căror elemente elastice un număr mai mare de două componente ale torsorului.

b.3 după poziția elementelor elastice:

- cu elemente elastice dispuse în cruce;
- cu elemente elastice dispuse vertical;
- cu elemente elastice dispuse orizontal;
- cu elemente elastice dispuse orizontal și vertical.

3.3. Senzorul de forță intermediar utilizează ambele principii, atât cel rezistiv cât și cel capacitiv. Un astfel de senzor a fost realizat de către firma Tekscan Sensors purtând denumirea de FlexiForce(fig. 5).

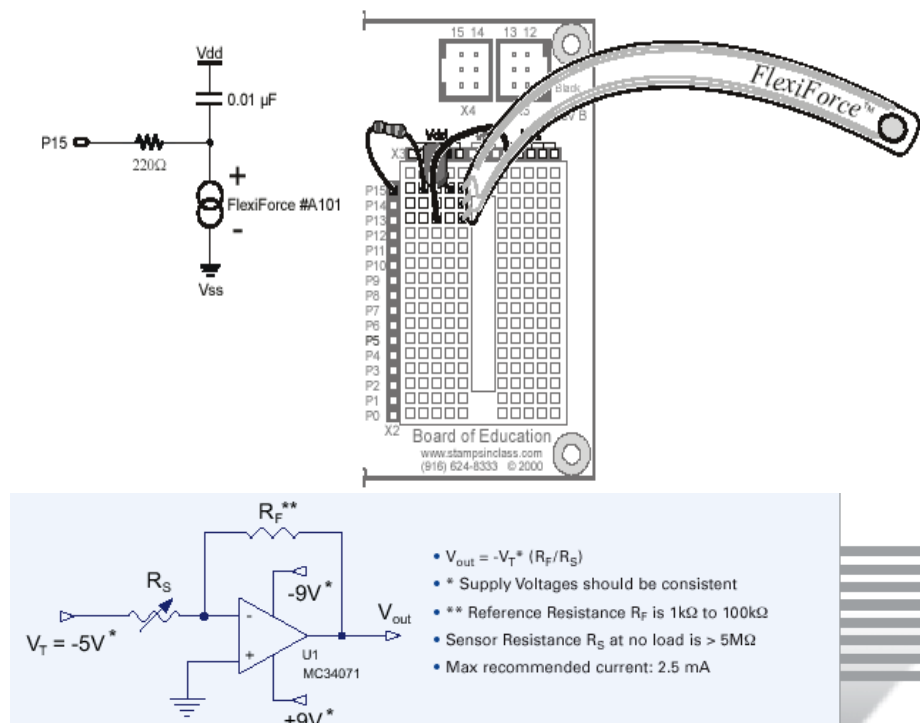


Fig. .5 Senzor de forță intermediar.

4. CONCLUZII

Un aspect esențial este acela că utilizatorul se vede pus, vrând-nevrând, în situația de a utiliza senzori de tipuri și complexități diferite, achiziționați de la furnizori diferiți. Dacă aceștia nu „vorbesc o limbă comună” cu sistemele de comandă a robotului, eforturile de integrare a lor depășesc, de multe ori, un nivel critic. Se impune, deci, ca întreaga comunicație dintre senzori și roboți să se integreze în standardele internaționale consacrate pentru interconectarea sistemelor deschise, care statuează protocoalele de comunicație. Utilizarea modelului general ISO pentru elaborarea unor convenții privind interfațarea sistemelor senzoriale cu sistemul de comandă a robotului, facilitează folosirea unui limbaj comun de interconectare.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1] Demian, T., ș.a. Sisteme senzoriale pentru roboți. București, Editura Medro, 1996;
- [2] Fatikow, S., ș.a. Tehnologia microsystemelor și microrobotică. București, Editura Tehnică, 1999;
- [3] Pantelimon.B., Măsurarea electrică a mărimilor neelectrice. București, Ed. Tritonic 1995;
- [4] Munteanu, O., ș.a. Bazele roboticii. Roboți industriali. Brașov, Editura Lux Libris, pag.72-82, 1995;
- [5] Stroe, I. Senzori și traductoare pentru roboți industriali. Brașov, Universitatea Transilvania, 2000;
- [6] *** www.Tekscan.com;
- [7] *** www.expo 2000.de.