



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00711

(22) Data de depozit: 08.10.2012

(41) Data publicării cererii:  
28.06.2013 BOPi nr. 6/2013

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

(72) Inventatori:  
• MĂCEȘANU GIGEL, STR. VIITORULUI,  
BL. 40, SC. B, ET. 1, AP. 5, SĂCELE, BV,  
RO;

• GRIGORESCU SORIN MIHAI,  
STR. FDT. HĂRMANULUI NR. 18, BL. B3,  
SC. B, AP. 13, BRAȘOV, BV, RO;  
• MOLDOVEANU FLORIN, BD. VICTORIEI  
NR. 6, SC. B, AP. 14, BRAȘOV, BV, RO

(54) METODĂ PENTRU CONTROLUL UNEI CAMERE STEREO  
CU 6 GRADE DE LIBERTATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru controlul unei camere video cu 6° de libertate, pentru a minimiza o eroare de poziție 2D. Metoda conform invenției constă în preluarea unor imagini de la o cameră (5) stereo, și prelucrarea acestora printr-o unitate (4) de procesare a imaginilor, cu analiza imaginilor de intrare pe trei direcții, două în plan și a treia dată de zoom, apoi în transmiterea unui semnal la unitatea (2) de control a camerei, care va compara semnalul primit cu semnalul poziției de referință, și va comanda, pe de o parte, deplasarea camerei pe cele două direcții, iar pe de altă parte, acționarea zoom-ului pe a treia direcție.

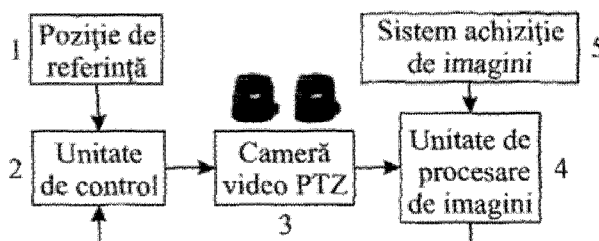


Fig. 1

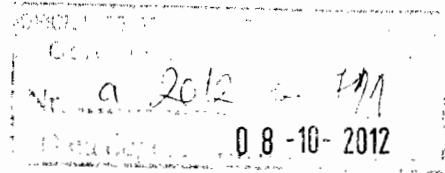
Revendicări: 2  
Figuri: 2



Ur. ad. DP: 143/21.09.12

a-2012-00711-

B -10- 2012



16

## METODĂ PENTRU CONTROLUL UNEI CAMERE STEREO CU 6 GRADE DE LIBERTATE

Invenția se referă la un sistem de poziționare ce realizează minimizarea erorii 3D dintre poziția caracteristicilor faciale ale unui subiect uman și poziția 2D a centrului optic al camerelor video utilizat ca mărime de referință. Această abordare, prin care este efectuată minimizarea unei erori de poziție 3D, introduce, spre deosebire de sistemele existente, încă două grade de libertate generate de adaptarea zoom-ului camerelor.

Se cunoaște, din literatura de specialitate, un sistem de orientare după azimut și elevație, conform brevetului US 7811008 [M. T. Dumm, "Camera control system and associated pan/tilt head", *Patent 7.811.008*, 2010], care este compus dintr-un mecanism de poziționare 2D. Configurația menționată poate fi utilizată pentru orientarea unui sistem de camere video. Dezavantajele soluției prezentate, constau, în principal, în limitările legate de utilizarea unei astfel de arhitecturi în scene dinamice, în care subiectul urmărit cu ajutorul camerelor video își modifică distanța față de acestea.

Pentru extragerea caracteristicilor faciale, care sunt utilizate la realizarea interacțiunii om-mașină, sunt folosite două clase de metode distincte: metodele ce au la bază clasificatori și metodele ce utilizează segmentarea de culoare. Caracteristicile faciale determinate și utilizate pentru reproducerea comportamentului uman sunt fizionomia, respectiv nasul unei persoane.

Dintre metodele prezentate în literatura de specialitate și folosite la detecția de caracteristici faciale este cunoscută metoda propusă de Viola în [P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features", *Proc. of the 2001 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 1, Kauai, USA, 2001, pp. 511-518] care utilizează *caracteristici de tip Haar* [G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, Sebastopol, Canada: O'Reilly Media, 2008] și *clasificatorul AdaBoost* [G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, Sebastopol, Canada: O'Reilly Media, 2008]. Această metodă este folosită pentru detecția capului unei persoane. Avantajul acestei metode este dat de faptul că permite detecția fizionomiei cu o rată foarte mare de succes, în schimb, dezavantajul principal al metodei este dat de incapacitatea algoritmilor să furnizeze rezultate corespunzătoare pentru fizionomii aflate în

profil. Pentru detecția nasului unei persoane, se are în vedere o metodă naturală de segmentare a unei imagini ce are la bază modelul de culoare CIE (*International Commission on Illumination*)  $L * a * b$ . Această reprezentare este asemănătoare modului de percepție specific oamenilor [E. Skodras and N. Fakotakis, "An Unconstrained Method for Lip Detection in Color Images", *2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2011, pp. 1013–1016]. Un astfel de model stochează informația de culoare în planuri separate ale imaginii, adică în planurile de culoare  $f_a(x, y)$  și  $f_b(x, y)$ . Culoarea pielii umane este foarte bine evidențiată în cele două planuri, "a", "b", care formează modelul  $L * a * b$ . Dezavantajul acestei metode este dat de necesitatea adaptării continue a parametrilor algoritmilor de segmentare în concordanță cu diferențele de iluminare din scenă.

Invenția propusă utilizează datele extrase cu ajutorul metodelor amintite și utilizează la adaptarea orientării unei perechi de camere video. Prin urmare, discutăm despre un sistem care primește la intrare ca date de referință poziții 3D și returnează noua orientare a camerei astfel încât criteriile de minimizare a erorii 3D să fie satisfăcute. Pentru a crește performanțele, comparativ cu un sistem cu cale directă de transfer de la intrare la ieșire, invenția folosește calea de reacție.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figura 1 și figura 2 care reprezintă:

- Fig. 1 schema bloc a structurii de control cu transfer a informației pe calea de reacție, de la structura de procesare de imagini (4) către unitatea de control (2);
- Fig. 2 schema bloc a modulului de adaptare a poziției pentru minimizarea unei erori tridimensionale.

Utilizându-se informația de pe calea de reacție, primită de la sistemul de procesare de imagini, se pune problema adaptării orientării a două camere video, cât și a zoom-ului, după anumite criterii. Din imaginile achiziționate trebuie determinate caracteristici faciale ce vor fi utilizate pentru estimarea poziției și orientării unui observator uman. Acest proces de estimare poate fi îmbunătățit dacă sunt satisfăcute două constrângeri: obiectul de interes să fie menținut într-o anumită regiune a imaginii; obiectul de interes să fie menținut la o dimensiune cât mai constantă. Pentru a se îndeplini aceste două constrângeri nu este suficientă doar adaptarea orientării camerelor, pe direcție verticală și orizontală, ci este necesară și adaptarea zoom-ului camerelor.

Hadoseu SMG<sup>2</sup> [Signature]

Sistemul de control va trebui să genereze o comandă prin care să se realizeze orientarea camerelor și adaptarea zoom-ului, în așa fel încât obiectul de interes să se situeze în centrul imaginii și să fie menținut la o dimensiune cât mai constantă. Acest lucru este posibil prin realizarea unei minimizări a trei erori de poziție, câte una pentru fiecare grad de libertate al camerei video. În figura 2 este prezentată schema de principiu a structurii de minimizare a erorii 3D considerate. Astfel, se poate observa poziția unui punct real 3D, reprezentat în spațiul cartezian, notată cu  $pt_{int}(x, y, z)$ , împreună cu poziția corespunzătoare 2D de pe planul imaginii, notată cu  $pt_{proj}$ .

Schema bloc a metodei de control propuse este prezentată în figura 1. Poziția de referință este reprezentată de punctul  $W(x_r, y_r, z_r)$  și marchează locul unde trebuie poziționată camera cât și distanța față de obiect, care trebuie menținută constantă. Datele pentru poziționarea camerelor sunt analizate de către unitatea de control (2), care transferă comanda către sistemul stereo de camere video (3). Imaginile achiziționate (5) sunt prelucrate în unitatea de procesare a imaginilor, pentru a se extrage caracteristicile faciale amintite.

Componenta de procesare digitală de imagini conduce la apariția unui timp mort în cadrul procesului, cu valoare egală cu timpul necesar procesării imaginilor. Timpul mort corespunde intervalului de timp în care sunt aplicați algoritmi pentru detectarea obiectelor de interes și calcularea pozițiilor corespunzătoare 3D. Ideea de bază avută în vedere când se realizează controlul unor astfel de sisteme este aceea de a se scoate timpul mort al procesului în exteriorul buclei de reglare și de a se proiecta un nou regulator care să asigure stabilitatea structurii fără timp mort. Acest regulator este utilizat ulterior pentru a se determina structura regulatorului sistemului ce include și timpul mort. Este cunoscută metoda propusă în [P. Corke, Visual Control of Robots: High-performance Visual Servoing. Taunton, England: Research Studies Press Ltd, 1996] prin care este posibilă sinteza unei legi de reglare ce are la bază reglarea cu predicție.

Pornind de la funcția de transfer în buclă deschisă, se impune proiectarea regulatorului sistemului fără timp mort. Pentru realizarea acestei sarcini este utilizată o metodă ce are la bază proceduri de alocare a polilor. Pe parcursul procesului de proiectare a regulatorului este impusă condiția obținerii unui regulator *Proportional-Integral-Derivativ*. Parametrii de acord ai acestuia sunt determinați pe parcursul procesului de sinteză, utilizându-se un polinom caracteristic dorit. Polinomul trebuie proiectat astfel încât să permită atin-

Liacesu

S. Gyam

la

gerca de performanțe optime pentru aplicații ce rulează în mod on-line. După detectarea parametrilor de acord expresia regulatorului este folosită pentru a se obține forma finală a sistemului de control cu timp mort. Modelul numeric al regulatorului este utilizat pentru controlul fiecărei dintre cele 6 DOF ale camerelor video.

Scopul invenției este de a crește mobilitatea sistemului de achiziție video, prin aceea că este capabil să își adapteze orientarea și zoom-ul în funcție de un obiect din scena vizualizată.

Metoda propusă, conform invenției, rezolvă problema apariției situațiilor în care un subiect uman nu poate fi urmărit cu ajutorul camerelor video datorit distanței mari dintre aceștia. Rezolvarea presupune creșterea gradelor de libertate ale sistemului. Pentru a putea fi posibilă o astfel de abordare este necesară proiectarea unui structuri de control care să includă timpul mort, introdus în cadrul sistemului, de componenta de procesare de imagini. Orientarea sistemului de camere se face în concordanță cu un subiect uman care apare în scena vizualizată și a cărui detecție este făcută cu ajutorul unor metode probabilistice.

Metoda de control a unei camere cu 6 grade de libertate, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- extinderea limitărilor sistemelor clasice de adaptare a orientării prin introducerea unui modul de modificare a valorii zoom-ului;
- posibilitatea de a fi utilizată în aplicații cu subiecți în mișcare;
- permite încadrarea într-o regiune impusă a imaginii a unui subiect, pentru a se putea extrage caracteristici faciale.

Metoda propusă în invenție poate fi folosită în aplicații real-time (de ex. urmărirea containerelor pe linii de producție, ghidarea roboților mobili autonomi) în care este cunoscut modelul procesului și în care timpul mort trebuie luat în considerare la definirea funcției de transfer. Prin controlul celor 6 grade de libertate ale camerelor video sunt îmbunătățite, în mod substanțial, performanțele aplicației.

## 1. Revendicări

1. Sistem automat pentru adaptarea poziției și orientării unui modul de achiziție video destinat platformelor robotice utilizate pentru a efectua interacțiuni cu o ființă umană, **caracterizat prin aceea că:** folosește o cameră stereo (5) care furnizează imagini color pentru un modul de procesare digitală a imaginilor (4); utilizează un modul generator de mărimi de referință (1) folosit pentru a se obține, în cadrul unității de control a camerelor video (2), o mărime de comandă; utilizează un mecanism de adaptare PTZ (3), intern camerelor video, care realizează adaptarea orientării camerelor în concordanță cu obiectul considerat de interes.
2. Metodă robustă de calcul a parametrilor de acord ai regulatorului unui sistem cu timp mort ce descrie un sistem de procesare digitală a imaginilor **caracterizată prin aceea că:** sinteza regulatorului sistemului, în buclă închisă, prin utilizarea unei metode care are la bază predicția; utilizarea metodei de alocare a polilor pentru a se proiecta structura regulatorul sistemului fără timp mort, în condițiile impunerii unor performanțe; utilizarea unei sistem de generare a unei comenzi de minimizare a erorii între mărimea de referință și mărimea estimată; utilizarea unor algoritmi de conversie din sistemul de mărimi interne camerei video în sistemul de referință exterior camerei.



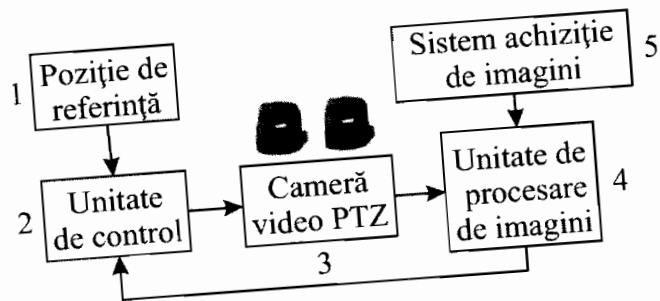


Figura 1.

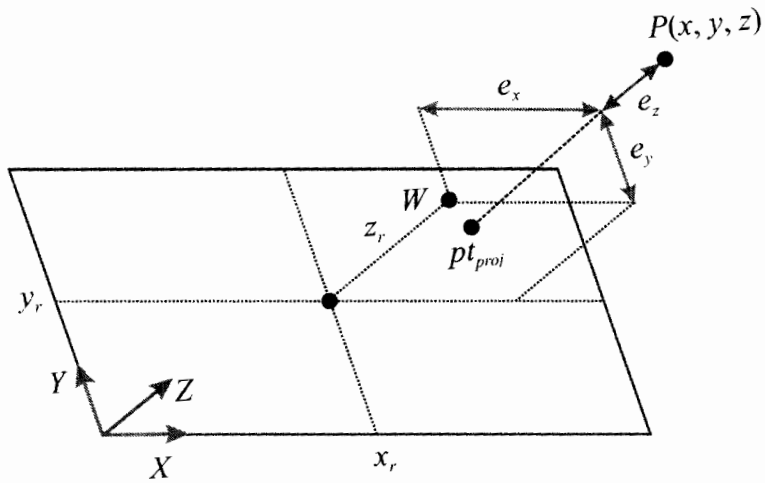


Figura 2.

Ilacodu <sup>6</sup> S. Kanyan