

# STUDII SI EXPERIMENTARI PRIVIND REALIZAREA UNUI SISTEM ROBOTIZAT CU ACTIONARE PARALELA PRIN PATRU CABLURI

HARABARA Victor<sup>1</sup>

Conducător științific: Prof. dr. ing. Adrian NICOLESCU

**REZUMAT:** Sistemul robotizat cu acționare prin cablu (mai numit și cable-suspended robots și wire-driven robots) este un tip de manipolatoare paralele în care cablurile flexibile sunt folosite ca dispozitive de acționare. Robotica pentru aplicații sociale este un domeniu de interes în creștere în ultimele decenii. În special, în această lucrare se va prezenta un studiu pentru introducerea unui sistem robotizat ca parte a unei echipe de filmare la un meci de fotbal.

**CUVINTE CHEIE:** Robot industrial, Automatizare, Roboți paraleli, Comanda numerică, Robot cu cablu

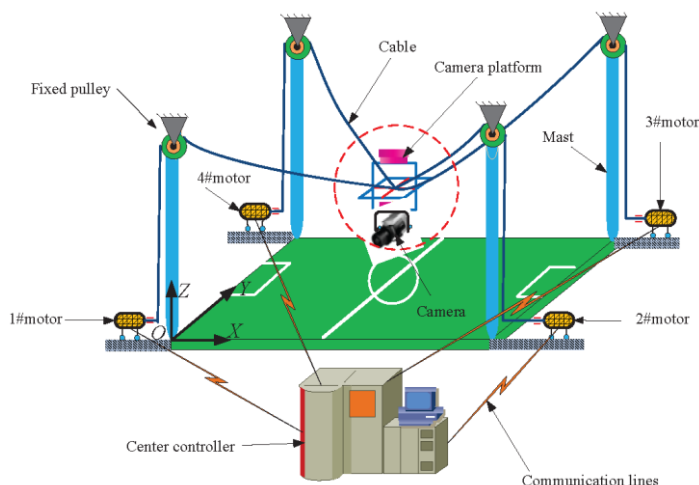
## 1 INTRODUCERE

Ultimele tendințe în robotică arată modul în care roboții viitorul va interacționa mai profund cu oamenii pentru mulți sarcini. Robotica pentru aplicații sociale este un domeniu de interes în creștere în ultimele decenii. În special, în această lucrare se va prezenta un studiu pentru introducerea unui sistem robotizat ca parte a unei echipe de filmare la un meci de fotbal. Acesta ar permite captarea de imagini din cele mai avantajoase locuri. Roboții pot fi de asemenea folosiți pentru sarcini cum ar fi transportul de greutate și de a ajuta persoanele cu dizabilități în orice mediu. Roboți care interacționează cu oamenii ar trebui în primul rând, să îndeplinească cerințele de siguranță, acestea nu trebuie să fie prea voluminoase.

**Sistemul robotizat cu acționare prin cablu** (mai numit și cable-suspended robots și wire-driven robots) sunt un tip de manipulatori paralele în care cablurile flexibile sunt folosite ca dispozitive de acționare. Un capăt al fiecărui cablu este depănat în jurul unui rotor răsucit de un motor, iar celălalt capăt este conectat la end-effector.

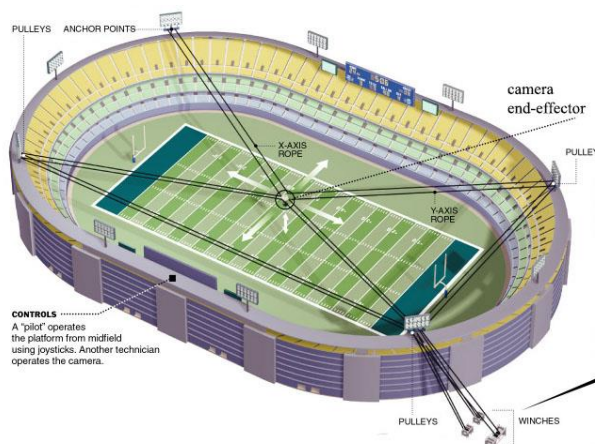
<sup>1</sup> Specializarea ROBOTICA, Facultatea IMST;

E-mail: [victor\\_harabara@yahoo.com](mailto:victor_harabara@yahoo.com);

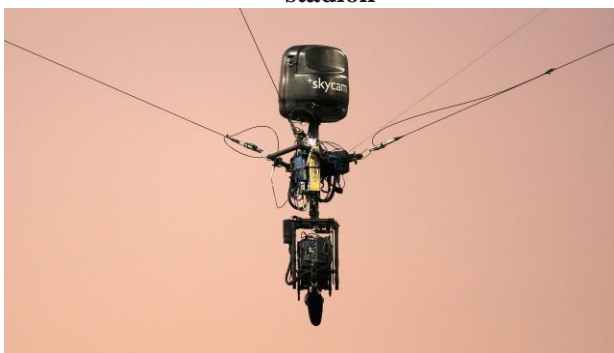


**Fig.1: Reprezentarea schematică a unui manipulator paralel acționat prin cabluri pentru filmări în arii deschise.**

Un exemplu celebru de roboți cu cablu este SKYCAM care este folosit pentru a muta o camera suspendată pe stadioane. Cablurile sunt mult mai ușoare decât legăturile rigide ale unui robot de serie sau paralel, și cabluri foarte lungi pot fi folosite fără a face mecanismul masiv. Ca rezultat, end-effectorul al unui robot de cablu poate realiza accelerații mari și viteze mari de lucru și într-un spațiu de lucru foarte mare (de exemplu, un stadion).



**Fig.2: Reprezentarea unui sistem de filmat (manipulator paralel actionat cu cabluri) pe stadion**



**Fig.3: Mecanismul de susținere a camerei**

Analiza dinamică a roboților de cablu nu este aceeași cu cel al altor roboți paraleli deoarece cablurile pot doar trage un obiect, ele nu pot împinge. Prin urmare, manipulatorul este capabil de a efectua o sarcină numai dacă forțele în toate cablurile sunt non-negativ. Prin urmare, spațiul de lucru al roboților de cablu este definit ca o regiune în spațiu unde end-effectorul este capabil să exercite cheia necesară (forță și moment de vectori) pentru mediul înconjurător în timp ce toate cablurile sunt în tensiune (forțe non-negativ). Multe lucrări de cercetare s-au concentrat pe analiza spațiului de lucru și optimizarea de roboți de cablu (de exemplu, vezi [3] pentru o metodă de calcul și [1] pentru o metodă analitică de obținere a spațiului de lucru). Spațiul de lucru și controlabilitatea manipuloarelor de cablu poate fi îmbunătățită prin adăugarea de cabluri la structura robotului. În consecință, redundanța joacă un rol-cheie în proiectarea de roboți de cablu.

Cu toate acestea, analiza spațiului de lucru și de a obține tensiuni pozitive în cablurile unui manipulator cu cablu redundant poate fi complicată.

În general, pentru un robot redundant, poate exista o soluție infinită, dar pentru un robot de cablu redundant este o soluție acceptabilă numai în cazul în care toate elementele vectorului tensiune sunt non-negativ.

Găsirea a o astfel de soluție poate fi o provocare, în special în cazul în care efectorul final este mișcat de-a lungul unei traiectorii și o distribuție continuă și armonioasă a tensiunilor este de dorit în cabluri. În literatura de specialitate au fost prezentate mai multe metode pentru a rezolva astfel de probleme (de exemplu, în [3], este introdusă o metodă de calcul bazată pe metoda Particle Swarm Optimization pentru a găsi soluții netede continue de-a lungul unei traiectorii pentru un robot prin cablu redundant).

## 2 PROTOTIPAREA LA SCARA A UNUI MANIPULATOR PARALEL ACTIONAT CU 4 CABLURI

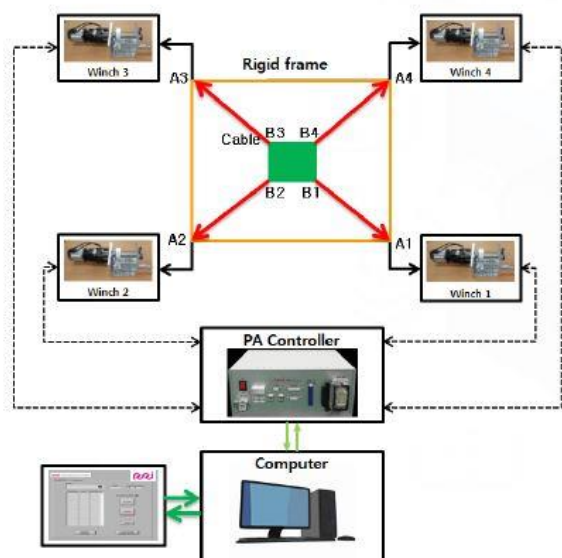
În această etapă a lucrării va fi prezentată prototiparea la scară a unui manipulator paralel actionat cu 4 cabluri, care va fi utilizat la elaborarea algoritmilor de cinematică directă și inversă, controlul tensiunii din cabluri și testări.

Principalele specificații a prototipului:

- Dimensiunile cadrului 700 x 700 x 700 [mm]
- Actionarea cu motoare pas cu pas (stepper)
- Controller Arduino Mega
- Sarcina utilă 1kg

Manipulatorul paralel actionat cu 4 cabluri este constituit din:

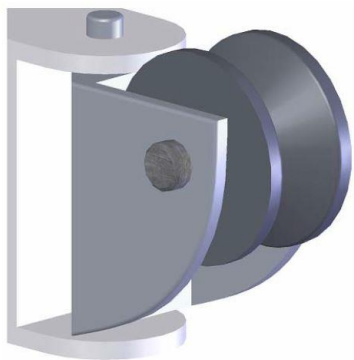
Structura rigida, 4 vincluri cu motoare pas cu pas, sistemul de control (controllerul), sistemul de comanda (PC)



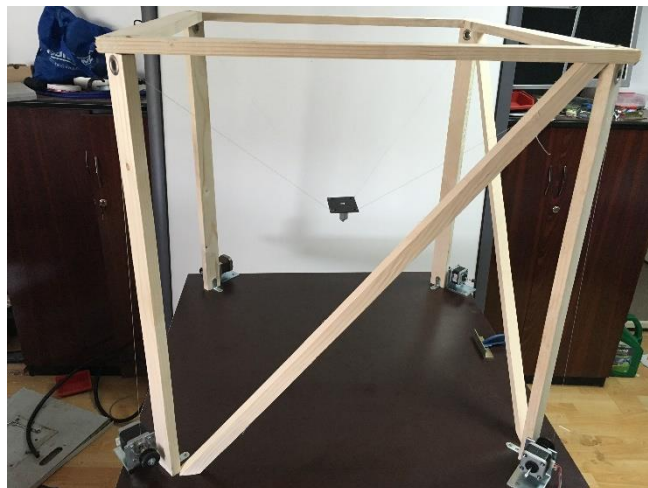
**Fig. 4: Structura sistemului**

### 2.1 Structura rigida:

Aceasta este o structura simpla realizata din profile care va sustine scripetii pentru suspendarea cablurilor.



**Fig.5: Scripete cu posibilitate de rotire la baza**



**Fig6. Structura prototipului**

### 2.2 Vinclu si motoare

Acesta este unitatea care va modifica lungimea cablurilor pentru realizarea deplasarilor si va sustine greutatea cablurilor si a end-effectorului.

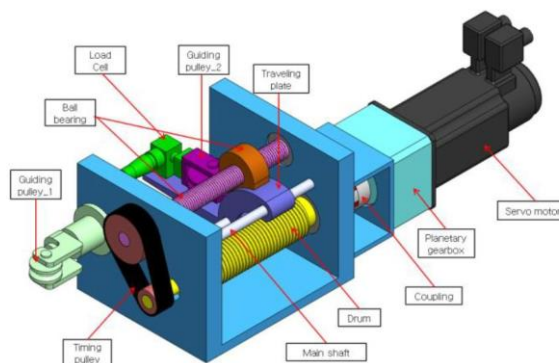
Tipuri de motoare utilizate la roboti:

- Servo motoare
- Motoare asincrone
- Motoare pas cu pas

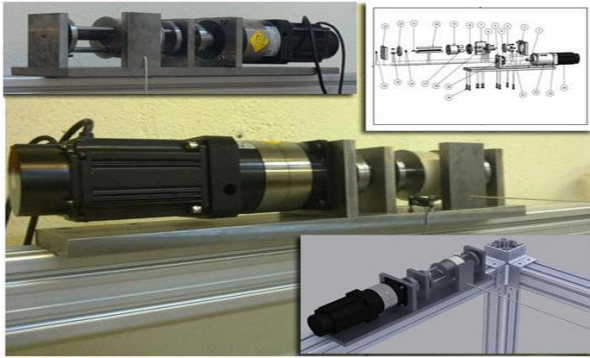
Pentru o infasurare mai sigura a cablului acesta este cu infasurare asistata pe tabur.

Au fost studiate 2 variante de infasurare asistata:

- Cu inaintarea cablului la infasurare
- Cu inaintarea taburului in timpul infasurarii



**Fig. 7 : Vinclu cu inaintarea cablului la infasurare**



**Fig. 8 : Cu inaintarea taburului in timpul infasurarii.**

**Variante de ghidare a cablului la infasurare:**

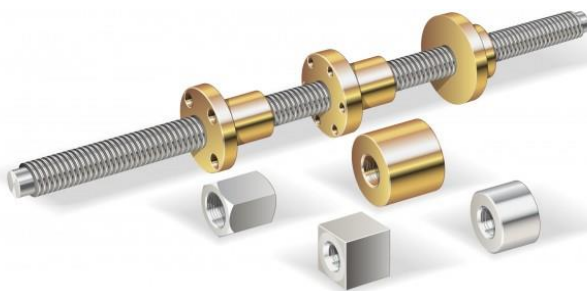
Pot fi utilizate mai multe variante de directionare a cablului in timpul infasurarii.

- surub cu schimbare automata a directiei, este utilizat in special pentru tamburi cu mai multe straturi de cablu infasurate

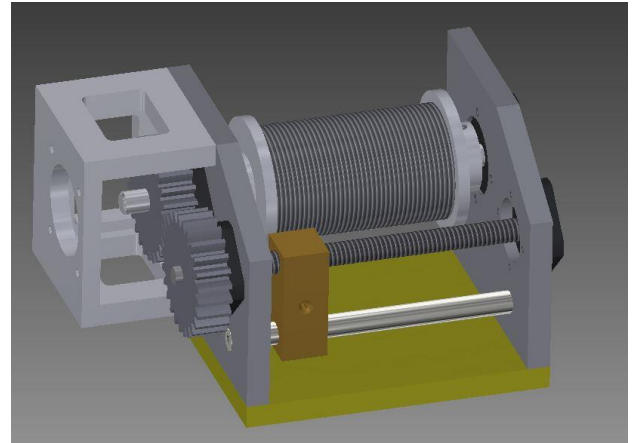


**Fig.9 : Surubul cu schimbare autoamata a sensului**

- surub trapezoidal/cu bile, permite ghidarea simpla a cablului in timpul infasurarii pe 1 strat

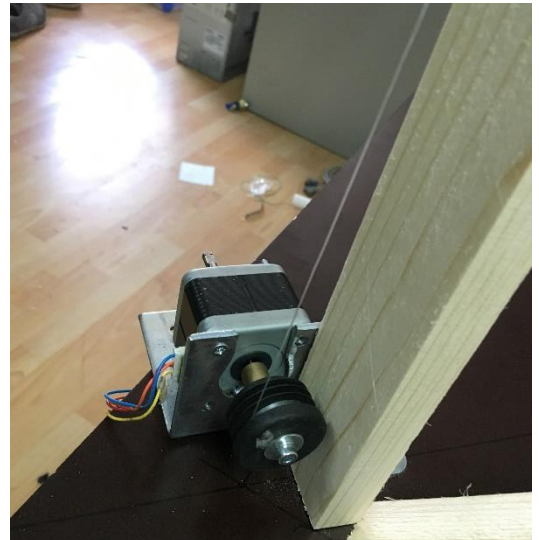


**Fig.10: Surub trapezoidal pentu deplasari lineare**



**Fig. 11 : Varianta de tambur care va fi implementata:**

La aceasta etapa a proiectului vor fi folosit vinclu inprovizat pentru punerea in functiune a maniuouloruli.



**Fig.12 : Motoarele pentru prototip**

Pentru urmatoare etapa a proiectului va fi implementata varianta de vinclu cu inaintarea cablului in timpul infasurarii.



### 2.3 Alimentarea cu tensiune

Pentru alimentarea camerei mobile cu tensiune, se va folosi cablul de suspendare, acesta fiind infasurat pe tambur, va fi implementat un sistem de transmitere a curentului in arborele tamburului, utilizand inele si perii de colectare.



Fig.13 : Ansablu de perii ( stanga ) si inele

Pentru vitor vor fi montate encodere de rotatie, care transforma unghiul de rotatie intr-un numar caracteristic de impulsuri, care va insemna variatia lungimii cablurilor pentru a asigura bucla inchisa si precizia sistemului de control.



Fig. 16: Encodere de rotatie

### 2.4Sistemul de control

Prototipul va fi controlat de Placa de dezvoltare ARDUINO Mega 2506 si 4 drivere A4988 Stepper Motor Driver STEP DIR pentru motoare pas cu pas.

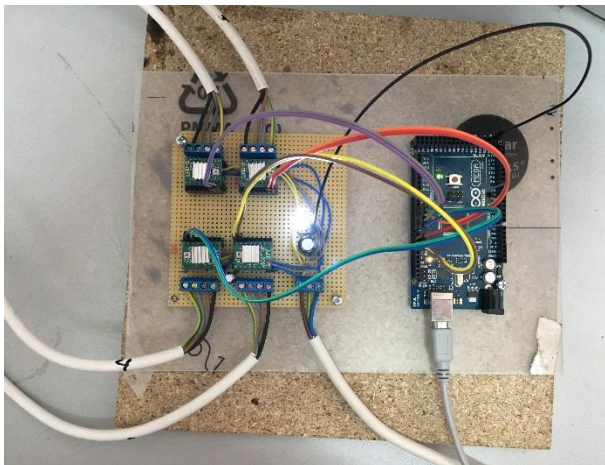


Fig.14 : Sistemul de control

### 2.5Camera mobila

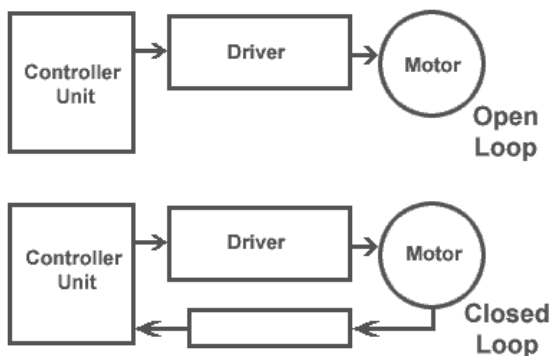
Pentru acest sistem, End Effector-ul va fi un mecanism de pozitionare cu 2 grade de libertate a caverii video.



Fig.17 : varianta comerciala de sistem de pozitionare Tilt si PAN

Acesta avand propriul sau controler pentru TILT si PAN

I aceasta faza sistemul este Open Loop



Feedback Control

Fig 15: Tipul sistemului de control

### Precise Control on Movements

#### Joystick Controller

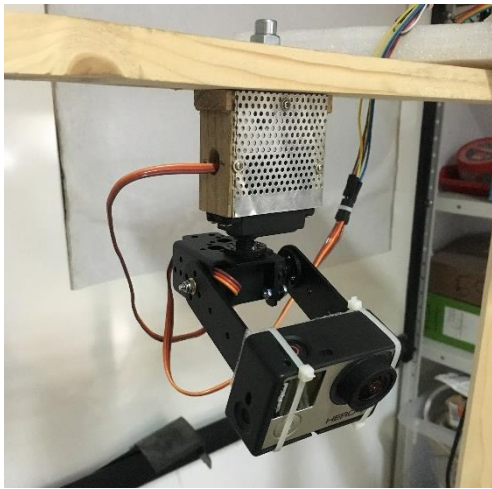


Fig.18 : Unitatea de comanda

In faza actuala Mecanismul de pozitionare este realizat cu ajutorul servo motoarelor si sistemului mecanic de sustinere:



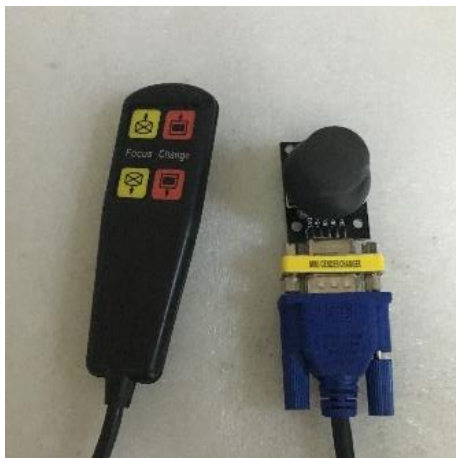
**Fig.19 : Sistemul mecanic de sustinere si servomotorul utilizat**



**Fig.21 : Sistemul actual de pozitionare**

In faza actuala acesta este suficient de mare pentru a sustine o camera GO-Pro.

Sistemul de comanda este realizat pe baza ARDUINO iar pentru controlul acestuia este utilizat un Joystick tip Playstation si 4 butoane pentru pozitii presetate.



**Fig.22 : Unitatea de comanda a prototipului**

Codul arduino pentur comanda servomotoarelor de pozitionare:

```
#include <Servo.h>

Servo panServo;
Servo tiltServo;

int servoPanPosition = 90;
int servoTiltPosition = 90;
int joystickPanPin = A0;
int joystickTiltPin = A1;
int joystickPanSpeed = 0;
int joystickTiltSpeed = 0;
int servoPanPin = 3;
int servoTiltPin = 5;
constint buttonPin1 = 8;
constint buttonPin2 = 9;
constint buttonPin3 = 10;
constint buttonPin4 = 11;

void setup(){
  pinMode(servoPanPin, OUTPUT);
  pinMode(servoTiltPin, OUTPUT);
  panServo.attach(servoPanPin);
  tiltServo.attach(servoTiltPin);
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
  pinMode(buttonPin2, INPUT);
  pinMode(buttonPin3, INPUT);
  pinMode(buttonPin4, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  joystickPanSpeed = (analogRead(joystickPanPin) - 512) / -150;
  joystickTiltSpeed = (analogRead(joystickTiltPin) - 512) / 150;
  servoPanPosition = constrain((servoPanPosition + joystickPanSpeed),
  1, 180);
  servoTiltPosition = constrain((servoTiltPosition + joystickTiltSpeed), 1,
  90);
  if (digitalRead(buttonPin1) == HIGH) {
    servoPanPosition = 160;
    servoTiltPosition = 30;}
  else { }
  if (digitalRead(buttonPin3) == HIGH) {
    servoPanPosition = 10;
    servoTiltPosition = 50;}
  else{ }
  if (digitalRead(buttonPin2) == HIGH) {
    servoPanPosition = 40;
    servoTiltPosition = 30;}
  else{ }
  if (digitalRead(buttonPin4) == HIGH) {
    servoPanPosition = 140;
    servoTiltPosition = 50;}
  else{ }

  panServo.write(servoPanPosition);
  tiltServo.write(servoTiltPosition);
  Serial.println(servoPanPosition);
  Serial.println(servoTiltPosition);
  delay(20);
}
```

Pentru viitor controlul mecanismului de pozitionare se va integra in cinematica sistemului de sustinere, pentru implementarea urmarii obiectului sau focusarea pe un punc fix in timpul miscarii.

### 3 CALCULUL PRIMAR PENTRU ALEGEREA MOTOARELOR SI A CABLURILOR

O analiză statică a trebuie efectuată în scopul de a decide în mod corespunzător dimensionarea elementelor de acționare și cablurilor propuse pentru manipulator. În special, cele două cabluri sunt conectate la un singur capăt la efector final, așa cum se arată simplificat schemă din Fig. 13, în cazul în care  $m$  este cu masa efector final, plus sarcina utilă.

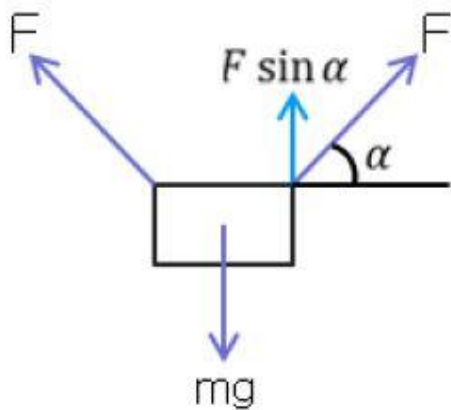


Fig.23 Schema simplificata bi dimensională

Pentru aceste condiții, fiecare cablu este încărcat de o tensiune  $F$  a cărei direcție este înclinată cu un unghi de  $\alpha$  față de planul orizontal. Acest lucru, se poate scrie

$$2F \sin \alpha = mg + ma \quad (1)$$

O  $F_{nec}$  maximă este necesară, forța poate fi calculată ca în (2) pentru a satisface specificațiile de masa a end-effectorului. Cuplul necesar pentru dispozitivul de acționare poate fi calculată ca în (3), luând în considerare raza tamburului și raportul de transmisie.

$$F_{nec} = \frac{m(g+amax)}{2\sin\alpha_{min}} \quad (2)$$

$$\tau_{nec} = \frac{F_{nec} * r}{G} \quad (3)$$

Acceleratia maxima si sarcina maxima se presupun a fi  $2.5m/s^2$  si respectiv  $1 \text{ kg}$ . Raza tamburului de infasurare si raportul de trasmise la tambur sunt selectate pentru a  $r = 40mm$  și  $G = 5$ , respectiv.

Este demn de remarcat faptul că, dacă  $\alpha$  devine  $0$  cuplu necesar devine infinit. De fapt, în cazul în care toate cablurile sunt orizontale este un caz singular, în care toate tensiunile din cabluri sunt ortogonale în raport cu forța dată de gravitație ( $mg$ ). Presupunând că  $\alpha_{min} = 20$  grade, putem obține  $F_{req} = 90N$  și  $\tau_{req} = 0.072Nm$ .

Astfel, pentru considerațiile de mai sus menționate fiecare cablu ar trebui să producă o forță mai mare decât circa  $90 \text{ N}$  și fiecare dispozitiv de acționare are un cuplu nominal de aproximativ  $0,1 \text{ Nm}$ .

Aceste proprietăți sunt realizate, la aceasta etapa a proiectului cu GUTA pe post de cablu si motoare pas cu pas cu acționare directă la tambur.



Fig.24 Schema simplificata bi dimensională

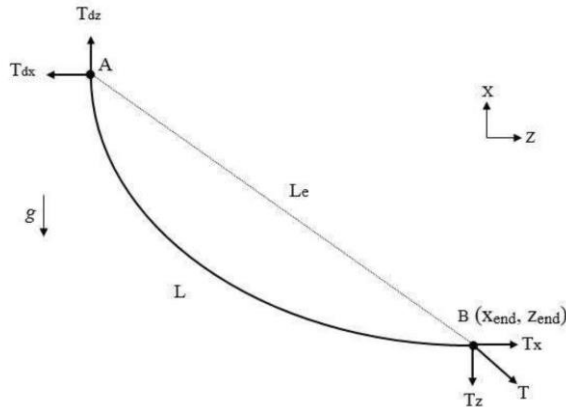
### 4. CINEMATICA

#### Cinematica si statica

Pentru aplicarea în practică și punerea în funcțiune a unui robot cu acționare paralelă prin cabluri, trebuie înțeleasă cum funcționează cinematica acestuia și cum este acesta caracterizat din punct de vedere static. Pentru aceasta se va studia modelul matematic al robotului cu acționare paralelă prin cabluri luând în considerare specificul roboților acționați prin cablu și anume faptul cablul poate doar să tragă și nu poate împinge, adică nu putem avea tensiuni negative în cabluri. De asemenea având în vedere efectele de curbare (atarnare) a cablului în urma suspendării. Ecuațiile elastice catenare vor fi aplicate pentru modelarea cablurilor. Folosind aceasta, diferența de lungimi de cablu între linia dreaptă și cablul suspendat va fi estimată.

Estimarea caderii cablului ( curburii in urma suspendarii)

Considerand un cablu suspendat intre 2 puncte A si B [ 10 ]



**Fig.24 Schema simplificata bi dimensionala**

Unde: A- punctul de susținere a cablului, B – punctul de susținere a End-effectorului, Le – linia dreaptă între A și B, L – lungimea reală a cablului între A și B, g – accelerația gravitațională, T – tensiunea în cablu, Tx și Tz – componentele X și Z a tensiunii cablului și punctului de suspendare a End-effectorului, Tpx și Tpz – componentele X și Z a tensiunii cablului și punctului desenat de cablu. ( Xend, Zend) – coordonatele cablului în punctul de atașare a end effectorului.

Pentru acest cablu ecuația de deplasare statică pentru caz simplificat este:

$$x_{end} = \frac{|T_x|}{\rho L g} \left[ \sinh^{-1} \left( \frac{T_z}{T_x} \right) - \sinh^{-1} \left( \frac{T_z - \rho L g L}{T_x} \right) \right] \quad (2.1)$$

$$z_{end} = \frac{1}{\rho L g} \left[ \sqrt{T_x^2 + T_z^2} - \sqrt{T_x^2 + (T_z - \rho L g L)^2} \right] \quad (2.2)$$

Unde  $\rho L$  este densitatea liniară a cablului.

Cinematica inversă și statică

Problema cinematicii inverse constă în calcularea lungimii active a cablurilor pentru poziția stabilită. Din cauza caderii cablurilor suspendate, tensiunea în cabluri și anume tensiunea minimă admisibilă trebuie să facă parte din calculul Cinematicii Inverse. Din ecuațiile de mai sus rezultă că problema de cinematică și statică, sau pseudocinematică, sunt cuplate și trebuie rezolvate simultan.

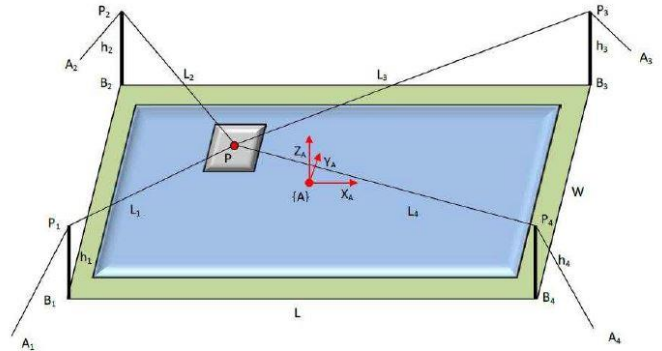
Cu alte cuvinte, doar ecuația în cazul liniei drepte este cinetostatică, dar în cazul cablurilor suspendate acestea sunt împreunate.

Rezultă un sistem de ecuații nonlineare implicite, de aceea nu există soluție analitică ceea ce impune metode de calcul numeric.

Unde  $F_x$ ,  $F_y$  și  $F_z$  sunt forțele în direcțiile X, Y, și Z respective.

Problema cinematicii inverse

Schita unui robot cu acționare paralelă prin cablu este prezentată în figura următoare.



**Fig. 25 Schema unui robot paralel cu acționare prin cabluri.**

Originea {A} este fixată în centrul spațiului de lucru cu 0 înălțime la nivelul solului/podului. End Effectorul – P ;  $h_i$  – înălțimile turnurilor de susținere a cablului, sau înălțimea de fixare a șipetilor de ghidare a cablurilor.

Punctele  $B_i$  și  $P_i$  sunt punctele caracteristice ale punctului de amplasare a turnurilor și respective punctele de amplasare a scripetilor ( varful turnurilor). Punctele  $A_i$  sunt amplasările troliilor cum motoarele de comandă.  $L_i$  lungimea cablurilor, simplificată la lungimea pe linie dreaptă a extremităților cablului (  $L$  – Lungimea Euclidiană)

Metodologia aplicării Cinematicii Inverse este descrisă în [9], Aceasta va fi aplicată și în acest caz cu modificările de rigoare, pentru codificarea acestuia într-un Motion Controller cu ARDUINO MEGA la bază.

Pășii care trebuie îndepliniți în calculul Cinematicii Inverse:

1. Procesarea valorilor inițiale pentru determinarea lungimii Euclidiene a cablului
2. Optimizarea tensiunii cablurilor
3. Calcularea lungimii efective a cablurilor

1. Procesarea valorilor inițiale.

În această etapă intrările necesare pentru soluționarea problemei CI, cum ar fi marimile necesare a dimensiunilor terenului ( spațiului de amplasare/lucru), variabilele robotului și proprietățile cablului trebuie introduse.

Necesarul de transformări a coordonatelor, cum ar fi transformarea din coordonată globală în coordonată unui cablu și invers.



In acelasi timp trebuie calculate lungimea Euclidiană a cablurilor și optimizarea tensiunilor.

Tabelul 1 : Date de intrare

Variabila	Simbol	Unitate
Lungimeaterenului	PL	m
Latimeaterenului	PW	m
Inaltimeaterenului	Ph	m
Diferentaterenului	$\Delta X$ și $\Delta Y$	m
Masa end-effectorului	m	kg
Diametrulcablului	d	mm
Densitateacablului	P	kg/m <sup>3</sup>
Locatia end-effectorului	(x,y,z)	M

Lungimea Euclidiană a cablului este calculată cu formula:

$$L_{ei} = \sqrt{(P_{ix}-x)^2 + (P_{iy}-y)^2 + (P_{iz}-z)^2}$$

Unde:

$$Ap1 = \{-PL/2 - \Delta X, -PW/2 - \Delta Y, Ph\} T$$

$$Ap2 = \{-PL/2 - \Delta X, PW/2 + \Delta Y, Ph\} T$$

$$Ap3 = \{PL/2 + \Delta X, PW/2 + \Delta Y, Ph\} T$$

$$Ap4 = \{PL/2 + \Delta X, -PW/2 - \Delta Y, Ph\} T$$

## 2. Optimizarea tensiunii cablurilor:

In aceasta etapa se va calcula tensiunea optima in cabluri. Cum am mentionat anterior este o ecuatie cu mai multe solutii corecte, pentru a gasi Solutia unica aceasta trebuie rezolvata ca o problema constransa de optimizare.

Problema static va fi solutionata ca o problema de programare liniara cu scopul de a minimiza tensiunea in cabluri. [11]

Problema este prezentata in felul urmatoare:

Obiectiv – Minimizarea ( T1+T2+T3+T4)

Luand in considerare faptul ca :

$$[AA]\{T\} + \{AF\} + m \{Ag\} = 0$$

$$T_{min} \leq T \leq T_{max}$$

Unde: {T} = {T1 T2 T3 T4} T, {AF} – forta externa in punctul A, T<sub>min</sub> și T<sub>max</sub> – tensiunile minime și respective maxime din cablu.

Aceasta este o problemă aliniară cu 4 variabile cu ecuația echilibrului static utilizată ca constrângere și limita a tensiunii cablului bazată pe condiția de funcționare T > 0.

Limitele ne vor ajuta nu numai să obținem soluții Non negative ( cee ace a-r însemna Tensiuni negative în cablu adică cablul trebuie să împingă) dar și să fie restricționat soluțiile la valori practice, cum ar fi tensiuni maxime care ar putea rupe cablurile sau care nu pot fi suportate de motoare sau trolii.

## 3. Calcularea practică lungimii cablurilor

Pentru calcularea Lungimii cablurilor se va folosi următoarea presupunere:

Coordonatele End Effectorului

var x = 6;

var y = 2;

var z = 3;

Coordonatele scripetilor

var fl\_pos = {x:0,y:0,z:10};

var bl\_pos = {x:0,y:10,z:10};

var br\_pos = {x:10,y:10,z:10};

var fr\_pos = {x:10,y:0,z:10};

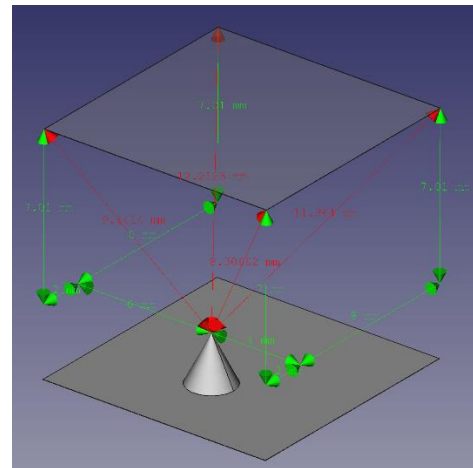


Fig.26: Schema unui robot paralel cu acționare prin cabluri.

```
// convert XYZ cartesian coordinates to XYZA
(fl,bl,br,fr) pulley lengths
// fl=front left, bl=back left, br=back right,
fr=front right
// Find hypotenuse length for fl,bl,br,fr in
xy plane
var fl_xy_hyp = Math.sqrt((x * x) + (y * y));
var bl_xy_hyp = Math.sqrt((x * x) + ((bl_pos.y
- y) * (bl_pos.y - y)));
var br_xy_hyp = Math.sqrt(((br_pos.x - x) *
(br_pos.x - x) + ((br_pos.y - y) * (br_pos.y
- y)));
var fr_xy_hyp = Math.sqrt(((fr_pos.x - x) *
(fr_pos.x - x) + (Math.abs(fr_pos.y - y) *
Math.abs(fr_pos.y - y)));

// Find hypotenuse length for z plane
var fl_hyp = Math.sqrt((fl_xy_hyp * fl_xy_hyp)
+ ((fl_pos.z - z) * (fl_pos.z - z)));
var bl_hyp = Math.sqrt((bl_xy_hyp * bl_xy_hyp)
+ ((bl_pos.z - z) * (bl_pos.z - z)));
```

```

var br_hyp = Math.sqrt((br_xy_hyp * br_xy_hyp)
+ ((br_pos.z - z) * (br_pos.z - z)));
var fr_hyp = Math.sqrt((fr_xy_hyp * fr_xy_hyp)
+ ((fr_pos.z - z) * (fr_pos.z - z)));

```

```

console.log("Pulley len FL:", fl_hyp, "len BL:",
bl_hyp, "len BR:", br_hyp, "len FR:", fr_hyp); [12]

```

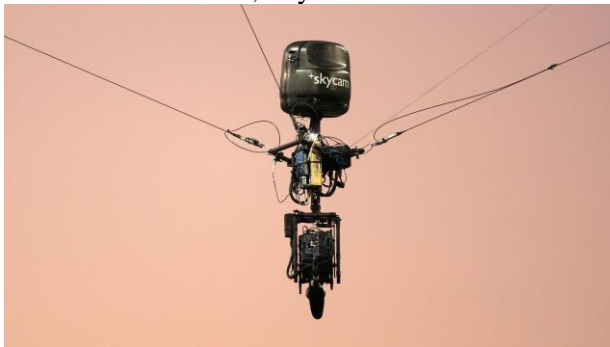
Rezultatul acestor calcule fiint Lungimea tuturor cablurilor: 9.4414; 12.2123; 8.3066; 11.364

## 5 CONCLUZII

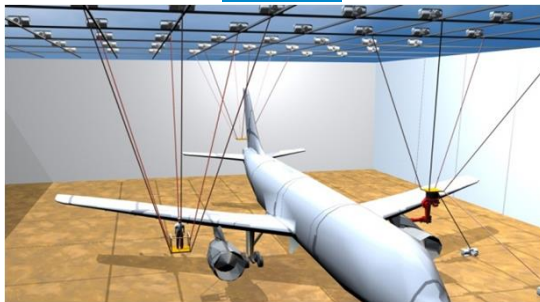
Manipuloarele paralele au o raspindire larga nu doar in unitati de productie dar sfera sociala.

Exemple de utilizare a manipuloarelor paralele actionate cu cabluri pot fi foarte multe unele din ele sunt:

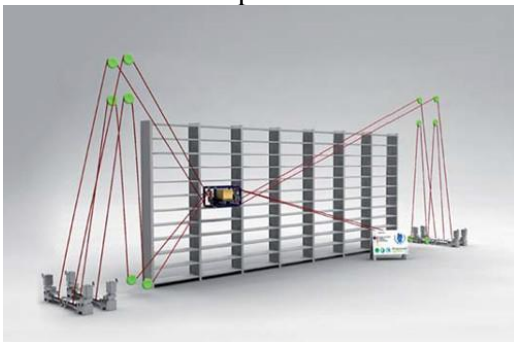
Sistem de achizitionare imagini pe un stadion/ arie extinsa; SkyCAM



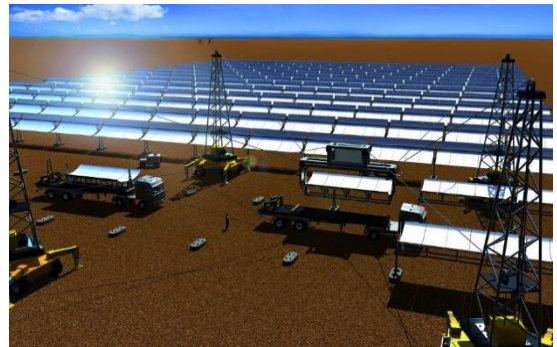
Sisteme de manipulare in cadrul productiei de aeronave, manipulare piese de dimensiuni mari [CableBOT](#)



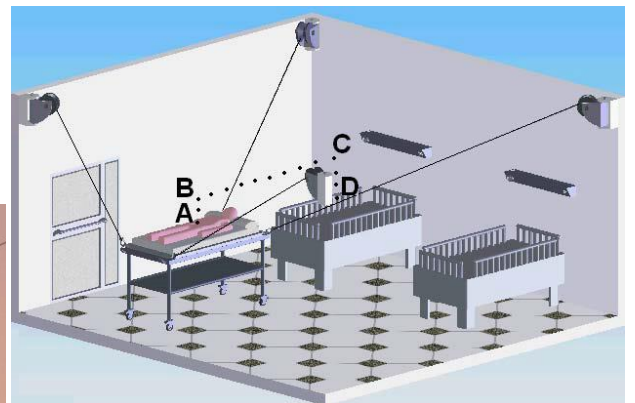
Sisteme de depozitare automate



## Constructii



## Asistare



## Simulatoare



Avantajele de roboți paralele bazate pe cabluri

Manipuloarele paralele actionate cu cablu sunt nu numai robuste dar, de asemenea, portabile și pot fi puse în aplicare în mod flexibil. Acest lucru le permite să fie utilizate într-o gamă largă de medii de lucru. În funcție de aplicație, un spațiu de lucru de până la 100m x 100m x 30m este realizabil.

Transmisia eficientă a puterii prin intermediul cablurilor și utilizarea vinciurilor cu macara permit fiecărui cablu să suporte o sarcină de până la câteva

tone. In acelasi timp pentru aplicatii de masa mica se pot obtine viteze foarte mari de deplasare.

În aplicațiile în care siguranța este un factor critic, cum ar fi atunci când ridicarea sarcinilor extrem de grele sau fragile, cabluri suplimentare pot fi adăugate cu ușurință pentru a oferi o protecție mai mare împotriva eșecului componentelor individuale. În mod alternativ, spațiul de lucru poate fi prelungit. Acest lucru permite procese de fabricație și aplicații sociale care implică componente foarte mari pentru a fi automatizate, cum ar fi lamele rotorului pentru turbine eoliene sau aeronave fuzelaje.

Manipulatoarele paralele actionate prin cabluri sunt un domeniu important în dezvoltarea robotilor industriali și sociali, acestea au un viitor strălucit datorită mobilității acestora și varietății mari de aplicații.

Pentru această etapă am definit cinematica robotului, structura mecanică, componentele și principiul de aplicare și funcționare a acestora, urmează implementarea mecanică, soluționarea practică a cinematicii, realizarea finală a acestuia.

## 6 MULȚUMIRI

Vreau să mulțumesc dlui Prof. dr. ing. **Adrian NICOLESCU** pentru încrederea acordată și **Eurodidactica SRL** pentru acordarea spațiului de lucru în care am realizat acest proiect.

## 7 BIBLIOGRAFIE

[1] O. Saber, S. Abyaneh, H. Zohoor (2010), "A Cable-Suspended Robot with a Novel Cable Based End Effector", In Proceedings of the ASME 2010, 10th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, ESDA2010, Istanbul, Turkey, vol. 3, pp. 799-808.

[2] O. Saber (2014), "A Spatial Translational Cable Robot". Journal of Mechanisms and Robotics (ASME), DOI: 10.1115/1.4028287.

[3] O. Saber, H. Zohoor (2013), "Workspace Analysis of a Cable-Driven Robot with Active/Passive Cables", In Proceedings of the 37th Mechanisms and Robotics Conference, ASME International Design Engineering Technical Conferences, (IDETC/CIE), August 4-7, Portland, OR, DETC2013-12646.

[4] S. Abyaneh, O. Saber, H. Zohoor (2013), "A Cable Driven Grasping Mechanism Using Lock/Unlock Constraints", In Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and

Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE), August 4-7, Portland, OR, DETC2013-13109.

[5] Paone A., "Design and Experimental Validation of a Cable Driven Parallel Manipulator", *Master Thesis*, LARM, University of Cassino, 2004.

[6] Four-cable-driven parallel robot XueJun Jin<sup>1</sup>, Dae Ik Jun<sup>1</sup>, Andreas Pott<sup>2</sup>, Sukho Park<sup>1</sup>, Jong-Oh Park<sup>1\*</sup> and Seong Young Ko<sup>1\*</sup>

[7] A Low-Cost Easy Operation 4-Cable Driven Parallel Manipulator Erika Ottaviano, Marco Ceccarelli, Alessio Paone and Giuseppe Carbone

[8] A 4-4 Cable-Based Parallel Manipulator for an Application in Hospital Environment E. Ottaviano\*, M. Ceccarelli and M. De Ciantis

[9] Mathematical Modeling of Cable Sag, Kinematics, Statics, and Optimization of a Cable Robot -Dheerendra M. Sridhar 2015

[10] Yao, R., Li, H., and Zhang, X., 2013, "A Modeling Method of the Cable Driven Parallel Manipulator for FAST," Cable-Driven Parallel Robots, T. Bruckmann, A. Pott, eds., Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 423-436.

[11] "MATLAB Documentation" [Online]. <http://www.mathworks.com/help/matlab/>.

[12] <https://www.science-education.ru/pdf/2012/6/494>

[13] <http://www.arduino.cc/en/Reference>