

CUPRINS

INTRODUCERE	7
CAPITOLUL 1	12
ROBOȚI HYPER-REDUNDAȚI	
1.1. Roboți hyper-redundanți – stadiul în domeniu	12
1.1.1. Introducere	12
1.1.2. Roboți continui	14
1.1.2.1. Robot continuu cu acționare extrinsecă cu o structură asemănătoare coloanei vertebrale	15
1.1.2.2. Robot continuu cu acționare intrinsecă de natură hidraulică / pneumatică	16
1.1.2.3. Roboți continui hibridi	20
1.1.2.4. Principalele avantaje oferite de roboții continui, comparativ cu roboții cu structură discretă	21
1.1.3. Modelul cinematic pentru un robot continuu.	22
1.1.3.1. Parametrii ce caracterizează deflexia unui robot continuu.	23
1.1.3.2. Analiza cinematică utilizând geometria bazică	25
1.1.3.3. Relațiile dintre arcuirea robotului și presiunea aplicată fiecărei camere.	30
1.1.3.4. Cinematica vitezelor	31
1.1.4. Modelarea dinamică și identificarea parametrilor.	35
1.1.4.1. Analiza dinamică a robotului.	36
1.1.4.2. Identificarea parametrilor comportării dinamice a robotului	39
CAPITOLUL 2	45
VISUAL SERVOING	
2.1. Introducere	45
2.2. Visual servoing – noțiuni fundamentale	47
2.2.1. Arhitecturi servoing	47
2.2.2. Controlul visual-servoing folosind poziția	48
2.2.2.1. Mișcarea bazată pe caracteristici	50
2.2.2.2. Task-uri bazate pe postură	53
2.2.2.3. Estimările	54
2.2.2.4. Discuții	56
2.2.2.5. Jacobianul imaginii	57
2.2.2.6. Exemplu de jacobian	57
2.2.2.7. Utilizarea jacobianului pentru calcularea vitezei efectorului	59
2.2.2.8. Metode alternative	60
2.2.2.9. Exemple de task-uri de visual servoing	60
2.2.2.10. Discuții	62
2.3. Un toolbox matlab pentru visual servoing	64
2.3.1. Citirea și scrierea	65
2.3.2. Operații pe imagini	66
2.3.3. Operații pe fereastre	68
2.3.4. Extragerea caracteristicilor imaginii	72
2.3.5. Operații pe puncte	75
2.3.6. Operații pe linii	76

2.3.7. Camere video virtuale	78
2.3.8. Imagini în mișcare	79
2.3.9. IBVS - image-based visual servoing	80
2.3.10. Concluzii	81
2.4. Un toolbox matlab pentru geometrie epipolara cu aplicabilitate în visual servoing	83
2.4.1. EGT	83
2.4.2. Notații vectoriale de bază	84
2.4.3. Modele ale camerelor de tip pinhole și omnidirectionale	86
2.4.3.1. Camere perspectiva	86
2.4.3.2. Modelul camerei catadioptrice centrale	89
2.4.4. Geometria epipolara	92
2.4.4.1. Geometria epipolara în cazul camerelor de tip pinhole	92
2.4.4.2. Geometria epipolara pentru camerele catadioptrice	95
2.4.4.3. Estimarea în geometria epipolara	98
2.4.5. Visual servoing	99
2.4.5.1. Visual servoing cu camere de tip pinhole pentru roboti cu 6 grade de libertate	99
2.4.5.2. Visual servoing cu camere panoramice pentru roboti mobili	101
2.4.6. Concluzii	105
2.5. VISP – o arhitectura pentru aplicatii de visual servoing	107
2.5.1. O platforma software generica pentru aplicatii robotice	107
2.5.2. VISP: prezentare generala și caracteristici principale	107
2.5.2.1. Problema controlului	107
2.5.2.2. Legea de comanda	108
2.5.2.3. O biblioteca de abilitati de tip visual servoing	110
2.5.2.4. Urmărirea bazata pe vedere	111
2.5.2.5. Posibilitati de simulare	116
2.5.3. Modalitati de implementare	117
2.5.3.1. O vedere de ansamblu asupra arhitecturii visp	118
2.5.3.2. Caracteristici vizuale și legi de comanda	118
2.5.3.3. Portabilitatea hardului	119
2.5.3.4. Procesarea și urmărirea imaginii	119
2.5.3.5. Matrice	120
2.5.4. VISP din punctul de vedere al utilizatorului final	120
2.5.4.1. Implementarea unui task 2d visual servoing	120
2.5.4.2. Introducerea unei procesari de imagini mai complexe și a unei sarcini secundare	122
2.5.4.3. Construirea unei sarcini de visual servoing 2.1/2-d	123
2.5.4.4. Concluzii	126
2.6. Mediul virtual în robotica	127
2.6.1. Aplicatiile robotice existente	127
2.6.1.1. Roboti militari	127
2.6.1.2. Robotica la locul de munca	128
2.6.1.3. Robotii casnici	128
2.6.2. Probleme fizice ale robotilor	128
2.6.2.1. Costul	129
2.6.2.2. Intretinerea și reparatiile	129

2.6.2.3. Disponibilitatea echipamentului	129
2.6.2.4. Complexitatea tehnica	129
2.6.2.5. Flexibilitatea robotilor și a celulelor de lucru	130
2.6.2.6. Constrangerile	130
2.6.3. Modelarea și simularea virtuala	131
2.6.3.1. Depasind problemele fizice de implementare	131
2.6.3.2. Disponibilitatea echipamentului	132
2.6.3.3. Complexitatea tehnica	133
2.6.3.4. Robotul și celula de lucru flexibila	134
2.6.3.5. Beneficii aditionale	134
2.6.3.6. Neajunsuri ale vm&s	135
2.6.3.7. Modelarea și simularea de cel mai înalt nivel	135
2.6.4. Recapitularea simulatoarelor	135
2.6.4.1. Simderella	136
2.6.4.2. Khepera simulator	137
2.6.4.3. Roboworks	137
2.6.4.4. Evaluarea sistemelor revazute	138
2.6.5. Evaluarea arhitecturii VROBO	141
2.6.5.1. Prezentarea arhitecturii	141
2.6.5.2. Selectarea instrumentelor, costul, portabilitatea și utilizarea în retea	143
2.6.5.3. Proiectarea și implementarea sistemului	145
2.6.5.4. Flexibilitatea	145
2.6.5.5. Complexitatea	150
2.6.5.6. Utilizarea în retea	150
2.6.5.7. Evaluarea sistemului VROBO	151

CAPITOLUL 3.

MEDIU DE DEZVOLTARE PENTRU APLICAȚII DE CONDUCERE PENTRU ROBOȚI HYPER-REDUNDAȚI – APLICAȚII DE CINEMATICĂ	152
3.1 Introducere	152
3.2 Modulul grafic	154
3.2.1 DirectX	154
3.2.2 Direct3D	156
3.2.2.1 Spații și transformări	158
3.2.2.2 Modulul interactiv cameră	161
3.2.3 Iluminare	162
3.2.3.1 Componente ale unei surse de lumină	162
3.2.3.2 Materiale	163
3.2.3.3 Normalele vertecșilor	164
3.2.3.4 Surse de lumină	166
3.2.3.5 Sursele de lumină folosite în aplicații	168
3.2.4 Tehnici de texturare	168
3.2.4.1 Filtre	170
3.2.4.2 Mipmap	170
3.2.4.3 Texturare folosind bump-mapping	171
3.2.4.4 Combinarea texturilor	173
3.2.5 Shadere	180

3.2.5.1	<i>Introducere în limbajul HLSL (High Level Shading Language)</i>	180
3.2.5.2	<i>Vertex Shadere</i>	181
3.2.5.3	<i>Pixel Shadere</i>	182
3.2.6	Tehnici de desenare și animație folosite	184
3.2.6.1	<i>Aplicațiile 2D</i>	185
3.2.6.2	<i>Aplicațiile 3D</i>	187
3.2.6.3	<i>Algoritm de animație</i>	189
3.3	Cinematică directă 2D	190
3.3.1	Noțiuni generale, date de intrare și de ieșire	190
3.3.2	Modelul matematic	191
3.3.3	Rezultate experimentale	200
3.3.3.1	<i>Experimentul 1</i>	200
3.3.3.2	<i>Experimentul 2</i>	201
3.3.3.3	<i>Experimentul 3</i>	203
3.3.4	Concluzii	205
3.4	Cinematică directă 3D	207
3.4.1	Noțiuni generale, date de intrare și de ieșire	207
3.4.2	Modelul matematic	208
3.4.3	Rezultate experimentale	212
3.4.3.1	<i>Experimentul 4</i>	212
3.4.3.2	<i>Experimentul 5</i>	215
3.4.3.3	<i>Experimentul 6</i>	217
3.4.4	Concluzii	219
3.5	Cinematică inversă 2D	222
3.5.1	Noțiuni generale, date de intrare și de ieșire	222
3.5.2	Modelul matematic	226
3.5.2.1	<i>Calculul Jacobian-ului</i>	226
3.5.2.2	<i>Calculul inversei / pseudo-inversei Jacobian-ului</i>	229
3.5.2.3	<i>Recalcularea coordonatelor generalizate</i>	230
3.5.2.4	<i>Calcularea erorii de deplasare</i>	231
3.5.2.5	<i>Algoritm iterativ de cinematică inversă</i>	231
3.5.2.6	<i>Algoritmii de desenare și animație 2D</i>	233
3.5.3	Rezultate experimentale	234
3.5.3.1	<i>Experimentul 7</i>	235
3.5.3.2	<i>Experimentul 8</i>	236
3.5.4	Concluzii	238
3.6	Cinematică inversă 3D	241
3.6.1	Noțiuni generale, date de intrare și de ieșire	241
3.6.2	Modelul matematic	245
3.6.2.1	<i>Generatorul de expresii</i>	245
3.6.2.2	<i>Derivatorul de expresii - calculul Jacobian-ului</i>	252
3.6.2.3	<i>Calculul inversei / pseudo-inversei Jacobian-ului</i>	256
3.6.2.4	<i>Recalcularea coordonatelor generalizate</i>	257
3.6.2.5	<i>Calcularea erorii de deplasare</i>	258
3.6.2.6	<i>Algoritm iterativ de cinematică inversă</i>	259
3.6.2.7	<i>Algoritmii de desenare și animație 3D</i>	261
3.6.3	Rezultate experimentale	262
3.6.3.1	<i>Experimentul 9</i>	263

3.6.3.2	Experimentul 10	265
3.6.4	Concluzii	267
CAPITOLUL 4		272
MEDIU DE DEZVOLTARE PENTRU APLICAȚII DE CONDUCERE PENTRU ROBOȚI HYPER-REDUNDAȚI – APLICAȚII DE DINAMICĂ		
4.1	Introducere	272
4.2	Dinamică 3D	275
4.2.1	Noțiuni generale, date de intrare și de ieșire	275
4.2.2	Modelul matematic	278
4.2.2.1	Modelul dinamic pentru brațul tentacular ideal	278
4.2.2.2	Modelul dinamic real pentru un braț tentacular cu și fără încărcare	282
4.2.2.3	Motorul grafic pentru aplicațiile de dinamică	289
4.2.3	Rezultate experimentale	290
4.2.3.1	Simulare MATLAB	290
4.2.3.2	Simulare motor grafic 3D – experimentul 11	292
4.2.4	Concluzii	293
CAPITOLUL 5		297
TEROB6 – SISTEMUL DE VEDERE ARTIFICIALĂ		
5.1	Noțiuni generale	297
5.1.1	Vedere artificială	297
5.1.2	Lentile și camere	304
5.1.3	Frame-grabber-e	311
5.1.3.1	Funcția realizată de o placă de achiziție de imagini.	311
5.1.3.2	Legătura cameră - placă de achiziție.	311
5.2	TEROB6 – descrierea tehnică a sistemului de vedere artificială folosit	326
5.3	Calibrarea camerelor	329
5.3.1	Introducere	329
5.3.2	Algoritmi de poziționare și orientare a camerelor	337
5.3.2.1	Algoritm de calibrare cu obiecte specifice	340
5.3.2.2	Algoritm de calibrare folosind simulatorul de cinematică directă	347
5.4	Concluzii	355
CAPITOLUL 6		357
TEROB6 – SISTEMUL DE CONDUCERE PRIN VISUAL SERVOING		
6.1	Noțiuni generale	357
6.2	TEROB6 – modulul de procesare de imagine pentru conducerea prin visual servoing	358
6.2.1	Achiziția de imagine	358
6.2.2	Procesarea de imagine	360
6.2.3	Controlul camerei	370
6.2.4	Interfața grafică	371
6.3	Conducerea robotului	372
6.4	Concluzii	380
REZULTATE EXPERIMENTALE		382
CONCLUZII		
BIBLIOGRAFIE		