

Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la
Universitatea Politehnica Timișoara

Teza prezintă metode noi de corecție a traiectoriei pentru ghidarea roboților industriali. Aceste metode vizează aplicații industriale ce realizează aplicarea de materiale speciale pe părțile componente ale unei caroserii, corpul unui avion sau alte construcții similare.

Deoarece astfel de aplicații necesită o mare precizie în cicli de lucru rapizi, metodele prezentate nu vizează doar corectarea traiectoriei, ci și îmbunătățirea calității imaginilor, a metodelor de calibrare a senzorilor și a metodelor de detecție a markerilor în imaginile obținute prin intermediul senzorilor folosiți. Prin urmare, această teză introduce o metodă de detecție a punctelor de zgomot în imaginile senzorului de bandă laser, prin aplicarea metodelor statistice bazate pe mișcarea browniană cu derivație.

În plus, pentru a îmbunătăți detecția markerilor și în același timp a obține o viteză de execuție ridicată, metodă aleasă combină algoritmul Em-ICP cu algoritmul Douglas Peuker. În cele din urmă, nucleul acestei teze prezintă un algoritm ce determină corecția 6-dimensională a traiectoriei de aplicare a unui robot pe baza datelor obținute de la senzorul de banda laser. Subiectul final pe care îl abordează această teză este modul de a face aceste metode aplicabile în cadrul aplicațiilor de inspecție vizuală. Aceasta include o nouă abordare a calibrării pentru senzorii de bandă laser și, de asemenea, o adaptare a algoritmului de corecție a traiectoriei folosind măsuri relative de mare precizie.

Capitolul 1

Capitolul 1 este o introducere în conținutul acestei lucrări. Acesta începe cu o imagine de ansamblu a dezvoltării istorice a automatizării de la începuturi până la producția industrială modernă din zilele noastre. Mai departe oferă o scurtă introducere în sistemele de măsurare cu senzori vizuali. Aceasta include, de asemenea, o imagine de ansamblu a senzorilor de măsurare vizuali și anume camere și senzori de banda laser.

Se continua apoi cu o istoria liniilor de producție, care începe de la ideile lui Frederick Winslow Taylor, care a căutat mai multe modalități de îmbunătățire a rezultatelor producției industriale și trecând apoi la Henry Ford, care construia primele linii de producție auto, până la liniile de producție moderne de astăzi.

Capitolul se încheie cu o scurtă prezentare generală despre conținutul acestei teze.

Capitolul 2

Acest capitol prezintă noțiunile tehnice fundamentale necesare pentru cititor pentru a putea înțelege în profunzime conținutul acestei teze. Se începe cu camere simple și anume modelul camerei "pinhole", care este fundamentul matematic al camerei de fotografiat. Acest lucru va oferi cititorului perspectivă de a înțelege modul în care modelul matematic din spatele unei camere de fotografiat, împreună cu caracteristicile imaginii bidimensionale, vor fi transferate în lumea tridimensională. Înțelegerea acestor modele este esențială pentru înțelegerea lucrării. În continuare sunt prezentate modele de distorsiune provocate de lentile, precum și modelele matematice de calculare a acestor distorsiuni.

Bazându-se pe ecuațiile modelului pentru camera de fotografiat, cititorul va primi unele indicii despre modul în care este posibil să se măsoare cu camerele și modul în care funcționează

diferitele tehnici de măsurare. Va fi prezentată cititorului ideea de raze, care vor fi calculate pe baza ecuațiilor modelului introdus anterior. Mai departe se vor prezenta diferite abordări de combinare a acestor raze la măsurări. Una dintre aceste abordări va fi principiul stereo, iar cel de-al doilea principiul “bundle adjust”.

Se continuă prin a se prezenta principiul de funcționare a senzorilor laser de tip punct și de tip linie (banda). Urmează apoi explicații cu privire la diferite metode de calibrare pentru senzori de banda laser.

După prezentarea metodelor de calibrarea a senzorilor de banda laser, se poate găsi o introducere despre sistemele de ghidare a roboților bazate pe un astfel de senzor și modul în care acestea funcționează. Ca exemplu va exista o imagine de ansamblu asupra sistemelor de montare a anumitor panourilor.

Capitolul 2 se încheie cu o scurtă prezentare generală a stadiului actual al acestor tehnologii, și pune accentul pe cercetarea actuală și propunerile care au fost făcute în acest domeniu.

Capitolul 3

Capitolul 3 prezintă o nouă abordare pentru corectarea traiectoriei, care reprezintă nucleul contribuțiilor personale aduse prin aceasta teza. Prima contribuție personală este o metodă statistică nouă pentru filtrarea zgomotului în cadrul datelor provenite de la senzori, care introduce un algoritm pentru filtrarea punctelor de la scanerile cu banda laser.

A doua contribuție personală, este un algoritm pentru potrivirea flexibilă a conturului detectat. Algoritmul propus poate potrivi caracteristicile de contur arbitrare, predefinite, într-o anumită imagine a senzorului.

Componenta finală a algoritmului nou de corecție a traiectoriei, care este propusă în acest capitol, este o metodă de combinare a datelor senzorului de banda laser cu un vector de corecție.

Capitolul 4

Capitolul 4 transmite rezultatele unora dintre propunerile formulate în capitolul 3 către sistemele de montare a panourilor. Sistemele de montare a panourilor sunt sisteme, care poziționează, de exemplu, părțile componente ale unei caroserii, cum ar fie ușile în cadrul caroseriei sudate. Ele îndeplinesc această sarcină prin utilizarea, de asemenea, a senzorilor de banda laser, care sunt în acest caz utilizați într-o buclă de control deschisă. Punerea în aplicare se bazează pe montarea panoului, care măsoară distanța dintre panou și cadrul de montare, prin două valori ortogonale, numite GAP și FLUSH.

Strategia pentru montarea cu o singură etapă a părților panoului, așa cum este propusă în capitolul 4, este de a combina ambele măsuri absolute, care s-ar putea realiza prin utilizarea algoritmului de corecție a traiectoriei introdus, atât pentru panou, cât și pentru cadru.

Deoarece roboții pentru un astfel de sistem de montare a unui panou manipulează, de obicei, panouri întregi în timp ce funcționează, sistemul mecanic de fixare, montat pe brațul terminal al robotului este, de obicei, destul de mare și, prin urmare, spațiul de mișcare este redus. Acest lucru induce necesitatea unei noi scheme de calibrare manuală a brațului robotului, care nu se bazează pe variații dinamice ale poziției în timpul calibrării. Algoritmul propus este construit ca o abordare în doi pași, care efectuează o primă parte a calibrării în laborator, înainte ca senzorul să fie montat pe brațul robotului. A doua și ultima etapă, va fi efectuată după ce senzorul este montat în poziția sa finală, folosind o placa de calibrare.

O cameră poate fi ușor calibrată prin realizarea unei singure imagini a unei plăci de calibrare. Astfel poate fi determinat sistemul de coordonate al camerei față de sistemul de referență considerat.

Având sistemele de coordonate ale camerei, ultimul lucru care trebuie determinat este relația dintre sistemul de coordonate al senzorului și sistemul de coordonate al camerei.

Capitolul detaliază toți pașii de implementare, pornind de la calibrarea obiectivului până la pașii necesari pentru obținerea relației dintre cameră și placa de calibrare, precum și poziția sistemului de coordonate al laserului.

Capitolul 5

În cadrul acestui capitol se discută rezultatele acestei teze. Aceasta începe cu o analiză a erorii sistematice așteptate pentru o anumită curbura a suprafeței. O eroare sistematică se încadrează în modelul matematic aplicat. Uneori, un model matematic va deveni pur și simplu prea complex în cazul în care reproduce realitatea perfect. Prin urmare, este de preferat să se introducă unele aproximări pentru a menține modelul simplu și ușor de gestionat. Modelarea tuturor factorilor care influențează comportamentul realist ar fi pur și simplu prea complexă. Influența diferitelor aspecte care au fost neglijate este un comportament sistematic nemodelat și, prin urmare, poate fi estimată. Un alt aspect sunt erorile pur aleatorii, care sunt induse de multiple influențe de mediu, precum și o limitare tehnică în timp ce înregistrează cantitățile dorite din sistem. Contrar erorilor sistematice, o eroare aleatorie nu este descriabilă deloc pentru o singură valoare.

În continuare, capitolul 5 prezintă un set de tabele care conțin rezultatele testelor unei implementări standard, realizată pentru corecția traiectoriei. Pentru a valida calitatea corecțiilor calculate, a fost creată o primă configurație a testului. În această configurație de testare, măsurările au fost efectuate pe un corp de producție în jurul cadrului ușii. Deplasarea obiectului a fost simulată printr-o deplasare de bază a robotului, iar măsurările rezultate au fost înregistrate pentru poziții multiple de schimbare, în care fiecare dintre măsurări a fost executată în poziții diferite.

Capitolul 6

În cadrul acestui capitol se poate găsi concluziile acestei lucrări. Acesta rezumă toate capitolele anterioare și subliniază contribuțiile personale prezentate în această lucrare.

- Optimizarea și filtrarea datelor senzorului: *Un estimator MAP bazat pe mișcarea geometrică browniană pentru eșantioane ale datelor de triangulare*
- *Potrivire rapidă și robustă a colecțiilor de puncte bazată pe prepoziționarea EM-ICP*
- Automatizarea proceselor de producție a componentelor de volum mare
- Corectarea traiectoriei: *Algoritm de corecție a traiectoriei bazat pe o colecție supradeterminată de măsurări*
- Calibrarea senzorului laser de banda static: *O metodă de determinare a parametrului extrinsec al senzorilor de triangulare laser, cu mobilitate redusă*
- Algoritm de montare a panourilor: *O abordare nouă pentru montarea automată a panourilor unei caroserie*

Această lucrare oferă, de asemenea, o perspectivă pentru cercetări suplimentare și aplicații ale tehnicilor propuse în domeniul detectării coliziunilor și al cuplării directe într-o interfață senzor-robot.