



UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE
ASACHI” IAȘI



Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia
Informației

Specializarea **Rețele de Comunicații**

PRINCIPIUL TRIANGULAȚIEI

Cadru îndrumător: Ș.l.dr.ing. **Daniela DEREVLEAN**

Student: **Ciprian AFANASE**

Grupa: **56RC**

Iași, 2024

CUPRINS

1. Introducere	3
2. Bazele teoretice ale triangulației în măsurători.....	4
2.1. Definirea Triangulației.....	4
2.2. Formula Triangulației.....	4
3. Tipuri de senzori utilizați în triangulație.....	5
3.1. Senzorii de Distanță.....	5
3.1.1. Senzori de distanță cu laser (LIDAR - Light Detection and Ranging).....	5
3.1.2. Senzori de distanță cu ultrasunete.....	5
3.1.3. Senzori de distanță cu infraroșu (IR).....	6
3.1.4. Senzori de distanță prin ToF (Time of Flight).....	6
3.1.5. Senzori de distanță cu radar.....	7
3.2. Senzori de Unghi.....	8
3.2.1. Senzori de unghi cu potentiometru.....	8
3.2.2. Senzori de unghi cu encoder rotativ.....	8
3.2.3. Senzori de unghi cu giroscop.....	9
3.2.4. Senzori de unghi pe bază de accelerometre.....	9
3.2.5. Senzori de unghi pe bază de fibre optice.....	10
4. Provocări și limitări ale triangulației.....	11
5. Viitorul triangulației în domeniul măsurătorilor și tehnologiei.....	13
6. Concluzii	13
Bibliografie	14

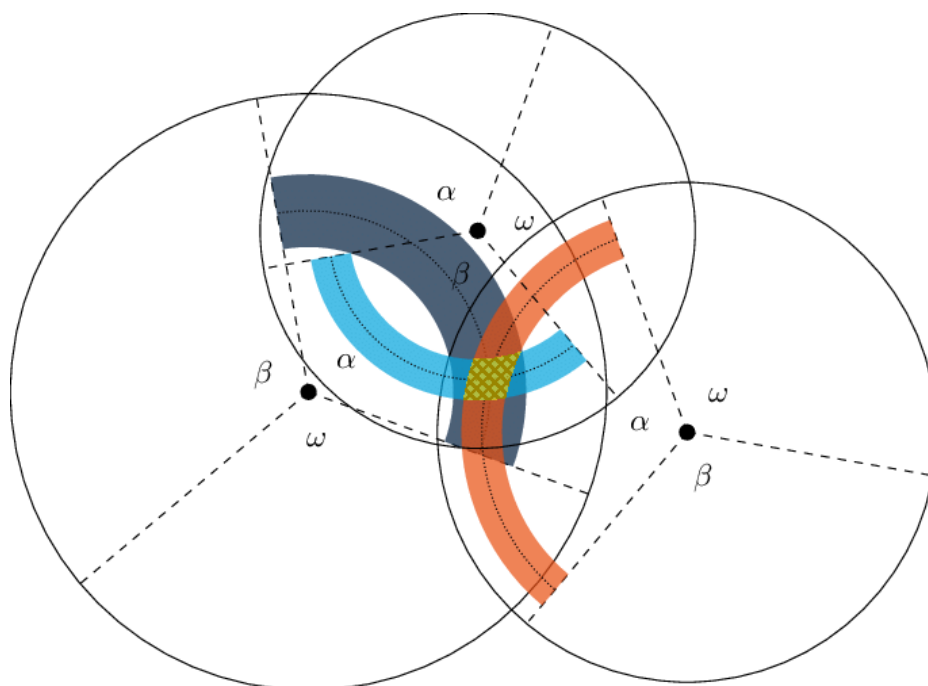
Principiul Triangulației în Măsurătorile de Distanță și Tehnologii de Detectare a Poziției

1. Introducere

Principiul triangulației reprezintă o metodă fundamentală utilizată pentru determinarea poziției unui obiect sau a unui punct într-un spațiu tridimensional, pe baza măsurării unora sau mai multor unghiuri sau distanțe de la un punct de observație. În esență, acest principiu se bazează pe geometria triunghiurilor și pe faptul că, cunoscând anumite distanțe sau unghiuri, se poate calcula cu precizie poziția unui obiect. Aplicarea acestui principiu în tehnologia senzorilor este esențială pentru măsurători precise ale distanței și pentru localizarea obiectelor în diverse medii.

Importanța principiului triangulației se poate observa în numeroase domenii, cum ar fi **robotica**, **geodezia**, **ingineria**, dar și în **tehnologia senzorilor**. De exemplu, în robotică, triangulația este esențială pentru navigarea autonomă a roboților, deoarece permite senzorilor să determine distanțele și orientările precise față de obiectele din jur. În geodezie, triangulația a fost mult timp un instrument esențial în măsurarea și cartografierea terenurilor, iar în ingineria senzorilor, aceasta este folosită pentru realizarea de sisteme de măsurare de înaltă precizie. Datorită capacității sale de a oferi informații precise, principiul triangulației joacă un rol crucial în dezvoltarea tehnologiilor moderne, cum ar fi sistemele de navigație GPS, tehnologiile de scanare 3D și în multe alte aplicații industriale.

Scopul acestui referat este de a explora principiul triangulației, tehnologiile implicate, aplicațiile acestuia în diferite domenii și provocările întâlnite în utilizarea sa.



2. Bazele teoretice ale triangulației în măsurători

2.1 Definirea Triangulației

Triangulația se bazează pe principiul geometric conform căruia poziția unui obiect poate fi determinată prin măsurarea unghiurilor și distanțelor de la mai multe puncte de observație. Dacă sunt cunoscute unghiurile și distanțele față de obiectul de interes, se pot construi triunghiuri care să permită calcularea exactă a poziției acestuia în spațiu. Acest principiu este utilizat în mod frecvent în domeniul geodeziei și al măsurătorilor topografice.

În cel mai simplu caz, triangulația presupune măsurarea a două unghiuri din același punct de observație, iar din aceste unghiuri și distanțele respective se calculează poziția obiectului. În aplicarea modernă, triangulația se poate extinde și include tehnici de măsurare mai sofisticate, folosind senzori de distanță și instrumente electronice.

2.2 Formula Triangulației

Formula generală pentru triangulație presupune cunoașterea a cel puțin două unghiuri și a distanței de la punctul de observație la obiectul măsurat. Această informație poate fi introdusă într-un sistem de ecuații trigonometrice pentru a determina coordonatele exacte ale obiectului. În următoarele rânduri se pot observa pașii necesari în vederea efectuării calculului matematic:

1. *Definirea punctelor de observație:* Să presupunem că avem două puncte de observație A și B, plasate la o distanță cunoscută una față de cealaltă. Punctul de observație A va fi considerat ca punctul de referință inițial.

2. *Măsurarea distanțelor și unghiurilor:* Măsurăm distanțele d_1 și d_2 de la fiecare punct de observație (A și B) la obiectul de interes. De asemenea, se măsoară unghiurile θ_1 și θ_2 dintre linia care unește punctul de observație cu obiectul respectiv și o direcție de referință cunoscută (de obicei, axele coordonatelor sau linia de vizibilitate).

3. *Aplicarea legii cosinusurilor:* Dacă avem un triunghi cu unghiurile și două laturi cunoscute, putem utiliza legea cosinusurilor pentru a calcula distanța la obiect din punctul B sau unghiul dintre punctele A, B și obiectul măsurat. Legea cosinusurilor este dată de formula:

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(C)$$

unde a și b sunt laturile triunghiului (distanțele de la punctele de observație la obiect), C este unghiul dintre aceste laturi, iar c este distanța dintre punctele de observație A și B.

4. *Determinarea poziției obiectului:* Odată ce au fost calculate unghiurile și distanțele, poziția obiectului poate fi determinată prin geometrie trigonometrică, folosind relațiile triunghiului și coordonatele punctelor de observație.

Un exemplu clasic de utilizare a triangulației este calculul coordonatelor unui punct pe o hartă pe baza distanței față de două puncte de referință și a unghiurilor formate între acestea.

3. Tipuri de senzori utilizați în triangulație

3.1 Senzorii de Distanță

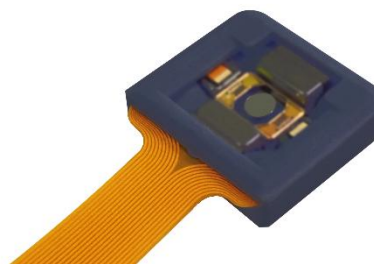
Senzorii de distanță sunt dispozitive utilizate pentru a măsura distanța până la un obiect sau o suprafață, folosind diferite tehnologii. Aceste dispozitive sunt esențiale în numeroase aplicații, de la navigația robotică, măsurători de teren și până la sisteme de siguranță auto. În funcție de tehnologia utilizată, senzorii de distanță pot oferi măsurători precise pe intervale variate și în diferite condiții de mediu.

3.1.1. Senzori de distanță cu laser (LIDAR - Light Detection and Ranging)

Tehnologia LIDAR utilizează lumina laser pentru a măsura distanța până la un obiect. LIDAR este un tip avansat de tehnologie de măsurare bazată pe principiul de timp de zbor, în care senzorul emite un impuls laser și măsoară timpul necesar pentru ca acest impuls să se reflecte de la obiectul țintă și să ajungă înapoi la senzor.



- **Aplicabilitate:** LIDAR este utilizat în cartografiere 3D, în vehicule autonome, în robotică, și pentru realizarea de hărți precise ale terenurilor. LIDAR poate obține informații detaliate despre topografia unui teren, prin măsurarea distanței până la obiecte aflate la distanțe de câțiva metri până la câteva sute de kilometri (în funcție de puterea laserului și sensibilitatea senzorului).



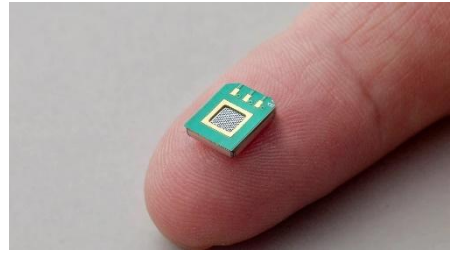
- **Avantaje:**
 - Precizie ridicată și viteză mare de măsurare.
 - Poate să măsoare distanțe mari și să colecteze date în timp real.
 - Capabil să măsoare atât ziua, cât și noaptea.
- **Dezavantaje:**
 - Costuri mai mari comparativ cu alte tipuri de senzori.
 - Sensibilitate la condițiile meteorologice (ex: ploaie, ceață).

3.1.2. Senzori de distanță cu ultrasunete

Senzorii de distanță cu ultrasunete utilizează unde sonore de frecvență înaltă (ultrasunete, 20 kHz - 200 kHz), care sunt emise de un transmițător, reflectate de obiectul țintă, ca mai apoi ecoul să fie captat de un receptor. Timpul necesar pentru ca unda sonoră să se întoarcă la senzor este măsurat pentru a determina distanța până la obiect.



- **Aplicabilitate:** Senzorii cu ultrasunete sunt utilizați pe scară largă în aplicații de proximitate, cum ar fi detectarea obstacolelor în vehiculele autonome, măsurători de nivel în rezervoare, sisteme de parcare asistată în automobile și în robotică pentru evitarea obstacolelor.
- **Avantaje:**
 - Costuri relativ mici.
 - Utilizați în medii interioare unde nu sunt necesare măsurători pe distanțe mari.
 - Ușor de implementat și integrat în sisteme simple.
- **Dezavantaje:**
 - Pot avea o precizie mai mică față de alți senzori, cum ar fi cei cu laser.
 - Limitați la distanțe mai scurte (de obicei, până la câțiva metri).
 - Performanță mai scăzută în medii cu zgomot sau la obiecte moi și absorbante (care nu reflectă eficient sunetele).



3.1.3. Senzori de distanță cu infraroșu (IR)

Senzorii IR de distanță utilizează radiația infraroșie pentru a măsura distanța. Aceștia pot fi de două tipuri: senzorii pe bază de emisie-reflexie (similar cu ultrasunetele) și senzorii care măsoară puterea de reflexie a radiației infraroșii de la un obiect.

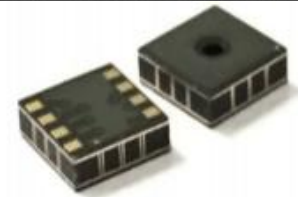
- **Aplicabilitate:** Senzorii de distanță IR sunt adesea utilizați în aplicații de proximitate, cum ar fi detectarea obstacolelor în vehiculele autonome, controlul distanței într-o cameră, și în dispozitivele de control la distanță (remote control) sau pentru aplicații de automatizare industrială.
- **Avantaje:**
 - Senzori ieftini și ușor de utilizat.
 - Pot funcționa bine în medii cu lumină puternică, deoarece nu sunt influențați de variațiile de lumină vizibilă.
- **Dezavantaje:**
 - Pot fi sensibili la condițiile de mediu (temperatură, umiditate).
 - Distanțe limitate și precizie mai scăzută comparativ cu alți senzori, cum ar fi LIDAR-ul sau senzorii cu laser.



3.1.4. Senzori de distanță prin ToF (Time of Flight)

ToF (Time of Flight) este o tehnologie similară cu LIDAR, dar care folosește diferite tipuri de semnale pentru a calcula distanța. În loc de un impuls laser, senzorii ToF pot utiliza și lumina vizibilă sau alte tipuri de radiație electromagnetică.

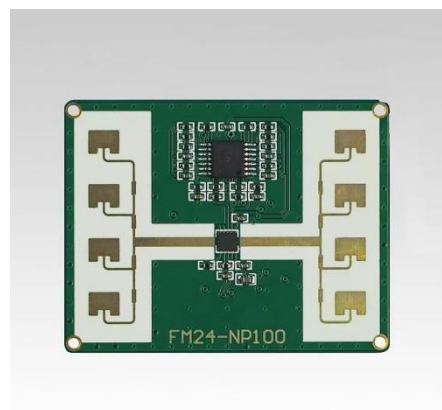
- **Aplicabilitate:** ToF este folosit în aplicații de măsurare precisă a distanțelor în robotică, în medii industriale pentru controlul distanțelor și poziționarea unor echipamente, și în aplicații de imagistică 3D, cum ar fi camerele ToF pentru recunoaștere facială.
- **Avantaje:**
 - Permite măsurători de distanță foarte precise.
 - Poate fi utilizat în diverse domenii, inclusiv imagistica 3D, precum și măsurători în mediile de înaltă precizie.
- **Dezavantaje:**
 - Poate fi mai costisitor decât alți senzori.
 - Sensibilitate la condițiile de iluminare (la lumina puternică, performanțele pot scădea).



3.1.5. Senzori de distanță cu radar

Radarul utilizează undele radio pentru a măsura distanțele. Similar cu LIDAR, radarul emite un semnal electromagnetic, care se reflectă de la obiecte și se întoarce la senzor.

- **Aplicabilitate:** Senzorii radar sunt utilizați în aplicații de siguranță auto, în controlul traficului, în aviație și în cercetările meteorologice. De asemenea, radarul este utilizat în aplicații navale și maritime pentru detecția obiectelor la distanțe mari.
- **Avantaje:**
 - Poate măsura distanțe mari, chiar și în condiții meteorologice nefavorabile (ex: ploaie, ceață).
 - Mai puțin influențat de lumina ambientală sau condițiile de mediu.
- **Dezavantaje:**
 - Costuri mai mari față de alți senzori.
 - Necesită echipamente specializate și poate fi mai complex de implementat.



3.2 Senzori de Unghi

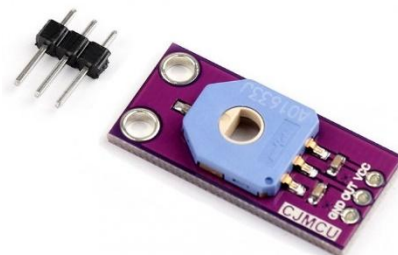
Senzorii de unghi sunt dispozitive care măsoară unghiurile de rotație sau de orientare ale unui obiect față de o referință prestabilită. Aceste tipuri de senzori sunt utilizate într-o gamă largă de aplicații, inclusiv în robotică, sisteme de navigație, inginerie mecanică, automatizări industriale și tehnologia de monitorizare a mișcării.

În funcție de principul de funcționare și aplicațiile specifice, senzorii de unghi pot fi împărțiți în mai multe tipuri. Iată câteva dintre cele mai utilizate tipuri de senzori de unghi și detalii despre modul în care funcționează:

3.2.1. Senzori de unghi cu potentiometru

Potentiometrele de unghi sunt senzori analogici utilizați pentru a măsura rotația unui obiect într-un interval specificat de unghiuri. Principiul se bazează pe variația rezistenței interne. Acestea sunt foarte simple și ieftine și sunt adesea folosite pentru măsurători de rotație sau pentru detectarea poziției unui obiect.

- **Aplicabilitate:** Potentiometrele de unghi sunt utilizate frecvent în aplicații precum ajustarea unghiurilor în servomecanisme, sisteme de direcție pentru vehicule, sau pentru determinarea poziției unor piese mobile în echipamente industriale.
- **Avantaje:**
 - Costuri reduse și implementare simplă.
 - Ușor de integrat în sistemele analogice.
- **Dezavantaje:**
 - Pot prezenta erori în timp din cauza uzurii mecanice.
 - Sensibilitate la fluctuațiile de temperatură.



3.2.2. Senzori de unghi cu encoder rotativ

Encoderul rotativ este un senzor de unghi digital care măsoară mișcarea de rotație a unui obiect. Acesta convertește unghiul de rotație într-un semnal digital (impulsuri) care poate fi procesat ulterior de un microcontroler sau un alt sistem de control.

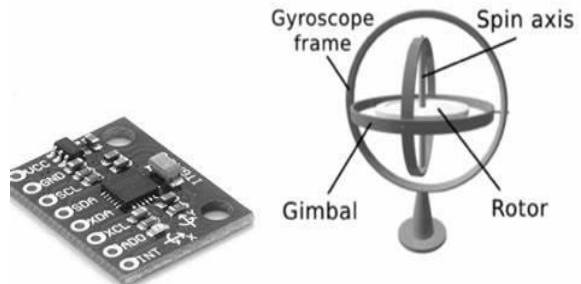
- **Aplicabilitate:** Encoderele rotative sunt folosite în aplicații care necesită măsurători precise ale poziției unghiulare, cum ar fi în robotică, sisteme de control al motoarelor, echipamente industriale și platforme de urmărire solară.
- **Avantaje:**
 - Precizie mare și măsurători digitale.
 - Pot funcționa pe distanțe mari și cu viteză mare de rotație.
 - Pot fi implementate în diverse medii, inclusiv industriale.



- **Dezavantaje:**
 - Pot fi mai costisitoare decât potentiometrele de unghi.
 - Sensibile la interferențe electromagnetice.

3.2.3. Senzori de unghi cu giroscop

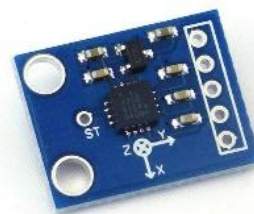
Giroscopul este un senzor care măsoară viteza de rotație (unghiul de viteză) pe una sau mai multe axe. Spre deosebire de encodere, care măsoară poziția unghiulară, giroscopul măsoară schimbările unghiulare și poate fi folosit pentru a urmări rotația unui obiect în timp. În giroscopurile moderne se folosesc tehnologii MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) care sunt mai compacte și mai precise.



- **Aplicabilitate:** Giroscopurile sunt folosite în aplicații de navigație, cum ar fi în avioane, nave, drone, telefoane mobile (pentru detecția mișcării) și în sistemele de stabilizare a imaginii.
- **Avantaje:**
 - Măsoară schimbările unghiulare în timp real.
 - Poate fi utilizat pentru măsurători precise de viteză unghiulară.
 - Poate fi integrat în sisteme mobile și compacte.
- **Dezavantaje:**
 - Poate acumula erori în timp, ceea ce poate afecta precizia pe termen lung fără un sistem de corectare.
 - Necesită un algoritm de integrare pentru a obține unghiul absolut.

3.2.4. Senzori de unghi pe bază de accelerometre

Accelerometrele măsoară accelerația liniară pe una sau mai multe axe, dar pot fi folosite și pentru a determina unghiurile de înclinare ale unui obiect. Aceasta se realizează prin măsurarea accelerației gravitaționale, care variază în funcție de unghiul de înclinare față de verticală.



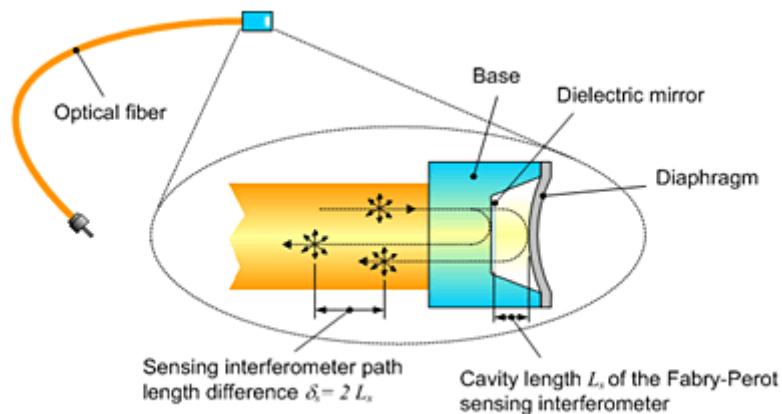
- **Aplicabilitate:** Accelerometrele sunt folosite în multe aplicații mobile, inclusiv telefoane și tablete pentru a detecta orientarea ecranului, în vehicule pentru stabilizarea direcției, în drone și în sistemele de monitorizare a vibrațiilor.
- **Avantaje:**
 - Ușor de implementat în dispozitive mobile.
 - Permite detectarea unghiurilor de înclinare cu un consum redus de energie.

- **Dezavantaje:**
 - Nu sunt la fel de precise ca giroscopurile pentru măsurarea rotației pure.
 - Pot fi influențate de accelerațiile externe, cum ar fi mișcările bruște.

3.2.5. Senzori de unghi pe bază de fibre optice

Senzorii de unghi pe bază de fibre optice folosesc schimbări în modul de propagare a luminii prin fibrele optice pentru a măsura unghiurile de rotație. În mod specific, atunci când unghiul de rotație se schimbă, semnalele de lumină sunt reflectate și modificate într-un mod măsurabil.

- **Aplicabilitate:** Senzorii de unghi pe bază de fibre optice sunt utilizați în aplicații de înaltă precizie, cum ar fi în telecomunicații, în industria aerospațială, medicină și în echipamentele de măsurare la distanță.
- **Avantaje:**
 - Foarte precisi și rezistenți la interferențele electromagnetice.
 - Pot fi folosiți în medii extreme (ex: temperaturi ridicate, presiune înaltă).
- **Dezavantaje:**
 - Costuri mari.
 - Necesită echipamente speciale pentru implementare și operare.



4. Provocări și limitări ale triangulației

Erori cauzate de geometria sistemului

De exemplu, chiar și o mică eroare în măsurarea unghiurilor poate produce o mare eroare în calculul distanței, mai ales când distanțele sunt mari. Formula triangulației este sensibilă la erori, iar micile abateri în determinarea unghiului pot duce la erori mari de distanță.

Soluție: Pentru a reduce erorile geometrice, senzorii trebuie calibrați cu atenție și trebuie utilizate tehnici de compensare a erorilor, cum ar fi algoritmi avansați de filtrare sau senzori multipli care pot îmbunătăți precizia măsurătorilor.

Limitări legate de câmpul vizual al sensorului

În cazul senzorilor de distanță care aplică triangulația, dacă obiectul măsurat se află într-o zonă cu vizibilitate limitată, triangulația poate deveni imprecisă. În plus, senzorii optici pot fi sensibili la condiții de iluminare, iar unghiurile greșite de iluminare pot afecta semnificativ precizia măsurării.

Soluție: Se pot utiliza mai mulți senzori plasați în locații diferite pentru a acoperi o gamă mai largă de unghiuri. De asemenea, este posibilă utilizarea tehnologiilor de corectare a distorsiunilor optice sau a sistemelor de viziune 3D pentru a îmbunătăți câmpul vizual și precizia.

Reflexia și dispersia luminii

Suprafața obiectului măsurat poate influența semnalul optic, iar un obiect cu o suprafață neregulată sau reflectorizantă poate duce la o reflexie difuză sau neuniformă.

Soluție: Tehnici de procesare a semnalului, cum ar fi filtrarea semnalelor de reflexie, pot ajuta la minimizarea erorilor de acest tip. De asemenea, se pot folosi senzori specializați pentru a detecta reflexiile multiple sau semnalele difuze.

Sensibilitatea la vibrații și mișcări

Dacă senzorul sau obiectul se mișcă în timp ce măsurătoarea este realizată, acest lucru poate afecta măsurătorile unghiurilor și distanțelor, deoarece relațiile geometrice dintre senzor, obiect și detector se modifică.

Soluție: Pentru a depăși aceste limitări, sistemele pot fi echipate cu stabilizatori de mișcare sau algoritmi de compensare a mișcărilor pentru a corecta erorile. De asemenea, în anumite aplicații se poate opta pentru măsurători mai frecvente pentru a obține valori mediate.

Calculul precis al unghiurilor

În mod particular, senzorii cu rezoluție mică pot introduce erori semnificative în măsurătorile unghiurilor. Mai mult, calcularea unghiurilor într-un sistem 3D poate deveni complexă, iar senzorii ieftini pot prezenta abateri considerabile.

Soluție: Alegerea unui senzor cu o rezoluție mai mare și integrarea mai multor surse de măsurători pot contribui la reducerea erorilor. De asemenea, folosirea algoritmilor de calcul avansați pentru determinarea unghiurilor poate ajuta la creșterea acurateții.

Limitări de mediu și interferențe externe

Senzorii optici sunt sensibili la factori precum lumina ambientală, fum, ceața, praful sau condițiile meteorologice extreme (ex. ploaie sau zăpadă). Aceste interferențe pot diminua semnalul luminos și pot afecta măsurătorile distanței și unghiului.

Soluție: Utilizarea senzorilor mai rezistenți la condiții de mediu sau integrarea de tehnologii suplimentare poate ajuta la reducerea acestui tip de problemă.

Limitările în aplicațiile de măsurători pe distanțe mari

La distanțe mari, senzorii de distanță prin triangulație pot deveni mai puțin preciși, deoarece erorile de măsurare ale unghiurilor și reflexiilor devin mai semnificative. Acesta este un aspect important în aplicații de măsurare a distanței pe terenuri mari sau în aplicațiile de topografie.

Soluție: În acest caz, se pot utiliza tehnici mai sofisticate, cum ar fi măsurători prin laser sau tehnici de calibrare avansată, pentru a compensa erorile de măsurare pe distanțe mari.

5. Viitorul triangulației în domeniul măsurătorilor și tehnologiei

Tehnologiile senzorilor evoluează rapid, cu apariția unor senzori optici și acustici mai sensibili și mai preciși. De exemplu, senzorii lidar și senzorii de distanță cu laser devin din ce în ce mai accesibili și mai preciși. În ultimele decenii, a apărut tendința de a combina senzorii de distanță cu alte tehnologii avansate, cum ar fi GPS, camerele de luat vederi și radarul. Această integrare permite obținerea unor măsurători mult mai precise și mai fiabile, chiar și în condiții dificile sau în medii complexe.

Inteligența artificială (AI) joacă un rol important în procesul de triangulație, având capacitatea de a analiza și corecta erorile care apar în timpul măsurătorilor. Algoritmii avansați de învățare automată (machine learning) pot fi utilizați pentru a optimiza estimările de distanță și unghiuri, chiar și în medii dificile sau condiții de interferență. Algoritmii de procesare a semnalului și de optimizare a măsurătorilor vor deveni mai avansați, permițând integrarea de tehnici mai sofisticate de calibrare și corectare a erorilor.

Tehnologiile IoT și 5G vor permite dezvoltarea unor aplicații de triangulație mai sofisticate în domenii precum monitorizarea mediului, agricultura, siguranța publică și sisteme de transport autonome, datorită capacității de a colecta și transmite date din mai multe surse în timp real. Totodată, triangulația va fi utilizată și pentru a crea hărți dinamice ale mediului înconjurător.

6. Concluzii

Triangulația reprezintă una dintre cele mai puternice și precise metode utilizate în măsurători, fiind esențială în domenii precum navigația, topografia, robotica, domeniul vehiculelor autonome și multe altele. Prin utilizarea principiului geometric al triunghiurilor, această tehnică permite determinarea distanțelor și unghiurilor cu o acuratețe ridicată, bazându-se pe senzorii de distanță și unghiulari.

În concluzie, triangulația bazată pe senzori va continua să joace un rol fundamental în tehnologiile de măsurare, fiind un instrument versatil și esențial pentru obținerea unor date precise într-o gamă largă de aplicații. Deși sunt necesare soluții pentru a depăși provocările existente, viitorul acestei tehnici este unul promițător, cu un impact semnificativ asupra progresului tehnologic și inovării.

Bibliografie

1. „LIDAR Technology and Its Applications in Modern Mapping”, Brown D.
2. LIDAR - <https://dronshop.ro/lidar-o-tehnologie-promitatoare-de-senzori-cu-possibilitati-nelimitate>
3. „Applications of Triangulation in Robotics and Autonomous Vehicles”, Wilson P.
4. Triangulație - <https://ro.wikipedia.org/wiki/Triangulație>
5. Triangulation in Metrology - <https://www.zeiss.com/metrology/en/explore/topics/triangulation.html>
6. Triangulation Algorithm for Mobile Robot Positioning- <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/157469/1/Pierlot2014ANewThree.pdf>
7. Distance Measurement Utilizing Image-Based Triangulation - <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6263263>
8. IEEE Xplore Digital Library. Sensor Fusion for Triangulation and Positioning - <https://ieeexplore.ieee.org/>
9. Law of cosinus. Triangulation - https://www.youtube.com/watch?v=JELi828727o&ab_channel=GoatMath
10. Senzor giroscopic și accelerometru - https://www.youtube.com/watch?v=81dzWYjI-N0&ab_channel=LuchiiianAlexandru