



ÓBUDAI EGYETEM

ALBA REGIA EGYETEMI KÖZPONT

GÉPI LÁTÁS A ROBOTKOOPERÁCIÓ SZOLGÁLATÁBAN

TDK dolgozat

Hársádi Máté

Konzulens: Dr. Reskó Barna

Kézirat lezárása: 2011. november 7.

ABSZTRAKT

Napjaink robotika fejlesztéseinek elhanyagolhatatlan részét képezi a gépi látás. Számos tudományterületen alkalmazzák nagy sikerekkel, azonban a felhasználási tere és annak a módja még koránt sem teljes. Napról napra egyre több új megoldás jön létre a gépi látást felhasználva.

A dolgozatom bemutatja a napjainkban használt és fejlesztés alatt álló autonóm robotok alkalmazásainak módját, különösen nagy hangsúlyt fektetve a gépi látás által szolgáltatott lehetőségekre. Továbbá a dolgozat ismerteti a „marker” alapú azonosítás módjait és a benne rejlő lehetőségeket ahhoz, hogy megbízhatóbb és univerzálisan felhasználható helymeghatározási és navigációs eljárásokat tudjunk alkalmazni kül-, és beltérben. A kutatási eredmények alapján a dolgozatban egy újfajta robotépítési és vezérlési szemlélet kerül bemutatásra.

Az általam kifejlesztett szoftver teszteredményeivel szeretnék rámutatni arra, hogy a kiterjesztett valóság (augmented reality) segítségével hogyan lehet megvalósítani egy ilyen univerzálisan felhasználható helymeghatározási rendszer alapját.

Tartalomjegyzék

ABSZTRAKT	0
ÖSSZEFOGLALÓ	2
MOTIVÁCIÓ	3
I. A ROBOTIKÁRÓL ÁLTALÁNOSÁGBAN	5
1.1 Autonóm robotok.....	6
1.1.1 Mesterséges Intelligencia	7
1.1.2 Tanulási folyamatok	8
1.2 Vezetőnélküli robotautó	10
1.3 Feladatorientált robotok.....	11
1.3.1 Automatizált PC-s vezérlés	11
1.3.2 RobLog System	12
1.4 Feladatát önállóan végrehajtó robotok	13
1.5 Felderítő robotok	13
1.6 Lego NXT – oktatási célú robotok	14
1.7 Repülő robotok	14
1.7.1 UAV - pilóta nélküli repülő szerkezetek	15
1.8 Navigáció és Útvonaltervezés.....	16
1.8.1 Zárt-, és kültérben történő navigáció.....	17
1.9 Navigációs módok	18
1.9.1 GPS problémája.....	18
1.9.2 Mesterséges jelek.....	18
1.9.3 Természetes jelek	18
1.9.4 Odometria	18
1.9.5 Kálmán-szűrő	19
1.9.6 Ultrahangos helymeghatározás.....	19
2.1 Gépi látás	20
2.1.1 Fizikai látásmódok.....	22
2.2.2 Kiterjesztett valóság	23
II. CÉLOK.....	26

III.	KUTATÁSI EREDMÉNYEK.....	28
3.1	Mindenütt jelenlévő” informatikai trend (Ubiquitous computing) felhasználása	31
3.2	Egy lehetséges vezérlési model	31
3.3	Marker alapú felismerés	32
3.3.1	Előnyök - Hátrányok	33
3.4	Szemléltető Példa	34
3.5	Esetleges felhasználási területek	37
IV.	A SZOFTVER.....	39
4.1	OpenCV	39
4.2	A megvalósított szoftver.....	40
4.2.1	A szoftver felépítése	40
4.2.2	Rendszer működése	41
4.2.3	Marker felismerés folyamata	42
4.3	Szoftver teszt eredmények.....	44
V.	KONKLÚZIÓ.....	47
	IRODALOMJEGYZÉK	48

ÖSSZEFOGLALÓ

Napjainkra a robotika hatalmas fejlődésen ment végig, azonban ez a fejlődés még számos új területet nem érintett. A különböző mobilizált robotoknak még számos problémáik ismertek. Ilyen probléma még mindig a helymeghatározás és térben való navigáció. Az eddigi technológiák mind valamilyen módon megoldják ezeket a problémákat, de egyáltalán nem megbízhatóak illetve működésük nem valós időben történik. Tekintve azt, hogy egy robotot úgy képzelünk el, mintha egy embert szeretnénk lemásolni számos hibát fogunk létrehozni, melyekkel az emberek is rendelkeznek.

Az ilyen jellegű problémák megoldására mindenféleképpen szükséges egy másfajta szemlélet a robotfejlesztés területén. A szemlélet azt takarja, hogy a robotaink köré helyezzük el a figyelő szenzorokat így kívülről jóval pontosabb értékeket tudunk mérni. Természetesen az sem mellékes előnye egy ilyen rendszernek, hogy a terhelés nem a robotokon van hanem egy dedikált szerver gépen.

Egy ilyen rendszernek képezi egy fontos részét a kutatásom alatt létrehozott gépi látáson alapuló szoftver, mely valós idejű és pontos helymeghatározást tud véghezvinni egy adott térben. Ez a fajta külső szenzor rendkívül sok információt tud gyűjteni a megfigyelt területről szemben az ultrahangos helymeghatározással. Egy ilyen szoftver segítségével egy adott képen több mesterséges jellel ellátott tárgyat vagy mobil robotot képesek vagyunk megtalálni és beazonosítani.

MOTIVÁCIÓ

Az egyetemi éveim alatt találkoztam életemben először a gépi látással illetve magával a robotikával. Számomra ez egy nagyon érdekes és izgalmas terület melyben próbálok új megoldásokat és fejlesztéseket alkotni. Leginkább az „*ubiquitous computing*” gondolatvilága fogott meg, ami szerint olyan eszközöket és rendszereket kell alkotni melyben teljesen más szemlélet uralkodik, mint a jelenleg általánosnak vett robotikában. A mesterséges intelligencia segítségével úgy gondolom egy ilyen paradigma tökéletesen megvalósítható, mely által így létrejövő rendszerek alkalmasabbak lesznek akár az individuális és kooperációban történő feladat végrehajtáshoz. Belső indíttatásból ezért szeretnék ezen tudomány területen tevékenykedni, melyben remélem, hogy ez a dolgozat is egy lépcsőfoka lesz a kutatásaimnak.

A világban jelenleg a robotika egy rendkívül meghatározó terület, számos fejlesztés és kutatás alapját képezi ez a műszaki terület. Azonban jelenleg mindenki a robotokat emberi formára próbálja meg kialakítani. A szenzorokat a robotokra szerelik és azokon keresztül történik a robot önirányítása. Viszont az én meglátásomban egy másik trendet is érdemes lenne követni mely az „Ubiquitous Computing” néven ismert. [3] Vagyis a nem a robotainkra helyezzük a szenzorok nagyrészét, hanem egy virtuális teret hozunk létre számokra és a szenzorok kívülről figyelik őket.[4] Ez alapján egy másik szemszögből építhetjük fel a robot eszközeinket és egy másfajta vezérlési és működési paradigmával tudjuk színesíteni az eddigi műszaki palettát.

Egy ilyen fejlesztési és tervezési paradigma nagyon sok új fajta eszközt lenne képes létrehozni, melyek meglátásom szerint sokkal hatékonyabbak lennének mint a mostani robotok.

I. Fejezet

I. A ROBOTIKÁRÓL ÁLTALÁNOSSÁGBAN

A robotok mára már fontos és elhagyhatatlan részét képezik iparunknak. A gyártósori robotoktól kezdve a mobil és repülő robotok jelenleg a hadsereg és az ipar igényeit nagy mértékben kielégítik, azonban szükséges a folyamatos fejlesztésük és az univerzális felhasználhatóság megoldása. A robotika szegmensein számos irányba komoly előrelépést értek el. Ezeknek a fejlesztéseknek köszönhetően az így létrejött robotok feladatorientáltakká váltak, ezért felhasználásuk korlátozott lett.

A robotok csoportosítása során én most a közlekedésben és az iparban használt, illetve a főbb robotika megoldásokat mutatnám be(1.ábra).



1. ábra

1.1 Autonóm robotok

Az autonóm robotok irányításához nem feltétlenül szükséges egy külső vezérlőegység. Mozgásukat, reagálásukat a környezetváltozásokra ezen vezérlőegység hiányában is képesek végrehajtani. Programozásukban fontos cél az hogy, az ilyen környezeti változások esetén képesek legyen reagálni, úgy hogy a feladatukat el tudják látni. Ezen robotok rendelkezhetnek fejlett beépített kamerákkal, melyekkel a környezetükben található objektumokat tudják lokalizálni és meghatározni. Ezt a lokalizációt és meghatározó képességet a képfelismerő szoftverek segítségével végzi el. Több beépített kamera segítségével képessé válik a sztereo látásra mely hozzájárul ahhoz, hogy a két kamerából származó képből térbeli érzékelést hozzon létre. Továbbá más szenzorokat is alkalmazhatnak az ilyen robotoknál, mint például: mikrofonok, szagérzékelők.

A valós világban az autonóm robotoknak az alábbi tényezőknek kell megfelelniük:

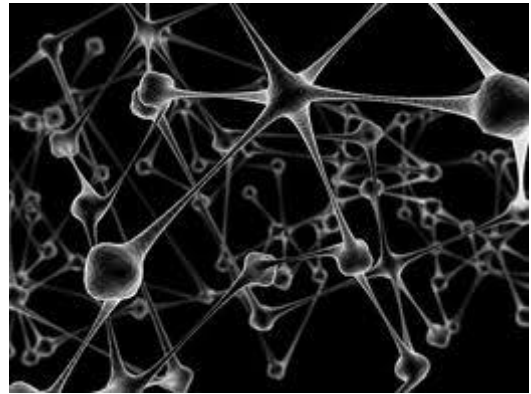
- Képes legyen információt szerezni a környezetéről
- Emberi beavatkozás nélküli folyamatos munkavégzés
- Emberi segítség nélküli helyváltoztatás
- Emberekre, tárgyakra, saját magára veszélyes szituációk elkerülése
- Bizonyos esetekben az önálló energiaellátás képessége és saját maga megjavítása külső beavatkozás nélkül.

A robot rendelkezhet az autonóm tanulás képességével is:

- Külső segítség vagy beavatkozás nélkül képes megtanulni új adottságokat
- A környezetén alapuló stratégiákat dolgoz ki és a már meglévőket újabbakkal gazdagítja
- Külső segítség vagy beavatkozás nélkül alkalmazkodik a környezetéhez

1.1.1 Mesterséges Intelligencia

A tanulási képességeket mesterséges intelligencia programozásával oldják meg. Az ilyen jellegű tanulási folyamatokat illetve a gépi látással kapcsolatos tanulási képességeket neurális hálók alkalmazásával valósítják meg. A neurális hálók az emberi agyban található neuronokat szimulálják. Az emberi agy analóg jelek feldolgozásával értékeli ki az információkat, s csak így a neurális hálóban is szimulálják ezt a fajta információfeldolgozási



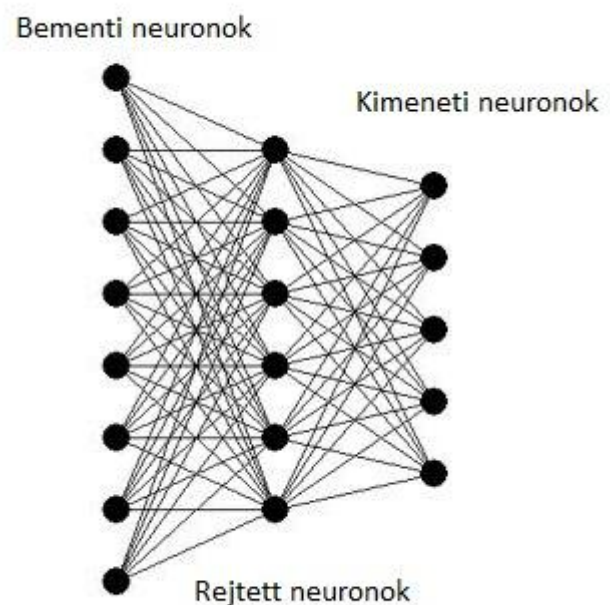
2. ábra Biológiai neurális hálózat

algoritmust. A neuronok egymással össze vannak kapcsolva és minden egyes neuronnak saját feladata (művelete) van. A neuronok összekapcsolásával komplex számítási feladatokat tud megoldani a hálózat csak úgy, mint az emberi agy. Egy ilyen hálózat képes a tanulásra és az elsajátított eredmények alapján döntéseket hozni, egy már megtanult szituációra hivatkozva mely a leginkább lefedi az aktuális feladatot. Általában egy irányított gráffal reprezentáljuk őket, amelyben a csomópontok az egyes neuronok, míg az irányok a kimenetektől a bemenetek felé mutatnak. Bonyolultabb esetekben ez a jelölésmód áttekinthetetlen lehet. [1]

Neurális hálózatok a tanulás alapkövei

Egy ilyen neurális hálót a neuronokon kívül még három részre tudjuk bontani. Ezek a részek definiálják az egyes feladatokat illetve az alap gondolkodási struktúráját a hálózatnak. Az egyes részek természetesen össze vannak kötve egymással. Ezek az összeköttetések egyirányúak, tehát egyik rétegből a másikba jutnak el az adatok.

- Bemeneti neuronok



3. ábra Neurális hálózat logikai felépítése

Ezek a neuronok továbbítják a hálózat felé a bemeneti jeleket.

- **Rejtett neuronok**

Ezek a neuronok végzik a jelfeldolgozást és kiértékelést. Több ilyen rejtett réteget is lehet definiálni egy hálózatban.

- **Kimeneti neuronok**

Ezek a neuronok továbbítják az információt a külvilág felé. Tehát a kiértékelt információkat itt találhatjuk majd meg.

A legtöbb esetben egy ilyen hálózatban nincsenek visszacsatolások. Természetesen megvalósítható ez a visszacsatolás, mely estében visszacsatolt hálózatról beszélhetünk. Ez alapján megoldható az, hogy a rejtett réteg eredményeit visszacsatoljuk a bemeneti neuronokra vagy ugyanazon réteg neuronjaira. Ezek alapján több hálózati struktúráról beszélhetünk és ezekhez is több fajta tanítási eljárás tartozik.

1.1.2 Tanulási folyamatok

Ellenőrzött tanulás

Összetartozó be- és kimeneti adatpárok állnak rendelkezésre. Tanításkor tehát egy adott bemenet esetén tudjuk, hogy mit várunk a kimeneten, vagyis a hálózat válaszát össze tudjuk hasonlítani a kívánt válasszal. A keletkező hiba, a két válasz különbsége felhasználható a hálózat tanítására. Némely esetben csak azt tudjuk egy adott válaszról, hogy helyes-e vagy sem, de a pontos értéket nem ismerjük. Ezt a tanítási formát megerősítő tanulásnak nevezzük. Az ellenőrzött tanulás esetében a célunk az, hogy a tanítandó hálózat működése minél jobban közelítse a vizsgált rendszer működését. Ez a megfelelő hálózat kiválasztásával és paramétereinek állításával történik.

Nem ellenőrzött tanulás

Nem állnak rendelkezésünkre összetartozó be- és kimeneti adatpárok. A hálózatnak a bemenetek alapján kell valamilyen viselkedést kialakítani. Általában a hálózatoknak valamilyen összefüggéseket, hasonlóságokat kell felderíteniük a bemeneti adatokban. Ezeket a hálózatokat hívják önszerveződő hálózatoknak is. A neurális hálózatok esetében leggyakrabban alkalmazott ilyen eljárások a „Hebb” és a versengő tanulás.

Hebb tanulás

Az eljárás biológiai analógián alapszik, vagyis két processzáló elem közötti súlytényező értéke a processzáló elemek kimenetének szorzatával arányosan növekszik. A probléma az eljárással, hogy a súlyok a végtelenségig nőhetnének, ezért általában valamilyen normalizált változatát használják a gyakorlatban.

Versengő tanulás

A versengő tanulás esetén a processzáló elemek közül egyet valamilyen szempont szerint kiválasztunk győztesnek, például a győztes kimenete 1 értéket vesz fel, míg a többi 0-t. A versengő tanulás célja a bemeneti mintatér tartományokra osztása úgy, hogy minden egyes tartományhoz tartozó bemenet esetén egy processzáló elem aktiválódjon. A kiválasztás történhet automatikusan is, ilyenkor a processzáló elemek között oldalirányú kapcsolatok vannak.

Analitikus tanulás

A megfelelő viselkedésű hálózatok kialakítása elméleti úton, a feladathól meghatározható, tehát valójában nem is tanulás történik ebben az esetben. Ilyenkor a tanító pontokból közvetlenül, analitikus összefüggéseken keresztül határozzuk meg a hálózat súlyait. Némely esetben valamilyen energiafüggvény képezi a súlyok meghatározásának alapját.

1.2 Vezetőnélküli robotautó

A Google és az Audi cég 2010-ben mutatta be a saját fejlesztésű vezetőnélküli gépjárműveiket. A tesztelést Toyota Prius és Audi TT személygépjárművökön történt. A technológia által az alábbi előnyöket fogalmazták meg:

- közúti balesetek megelőzése
- időmegtakarítás érhető el velük
- szén-dioxid kibocsátás is csökkenthető közös használatukkal
- folyamatos figyelés

A járművek tisztában vannak a közlekedési szabályokkal és az utat is ismerik. Elmondható, hogy ezen gépek nem csak biztonságosabbak, hanem gyorsabbak is az utakon mint az ember által vezéreltek.

Minden járműnek a tetején egy úgynevezett Light Detection and Ranging (LIDAR) rendszert helyeztek el, amely lézersugarakkal szkenneli az autó közvetlen környezetét. A kapott adatokból a szoftverek valós időben létrehozzák a környék 3D-s modelljét. A visszapillantó tükrök mellé kamerákat szereltek fel, amelyek többek között a lámpákra és az út szélén mozgó személyekre és objektumokra (gyalogosokra, kerékpárosokra) figyelnek. A rövid távolságú mérések elvégzéséhez a lökhárítóba beépített radarszenzorokat, a helyes pozíció meghatározásához pedig a fedélzeti GPS-vevőegységeket használják.



4. ábra Vezető nélküli robotautó

Rendszer számos újdonsága mellett könnyen megváltoztathatja a közlekedésünk jellegét és annak az információközlési megoldásait. Sok hasznos és egyben valósídejű

információt kapunk az adott járművek aktuális helyzetéről. A közlekedési lámpák fontossága is csökkenthető, mivel e járművek vezérlését a szoftver fogja megvalósítani, mely globálisan figyeli a környezetet és más autók pozícióit, cselekvéseit.

1.3 Feladatorientált robotok

Az ilyen robotok nem feltétlenül rendelkeznek tárolt információval az őket körülvevő környezetről. Belső térben való felhasználásuk során természetesen megadható számukra a terepleírása, de kültéri felhasználás esetén a robotoknak saját feladatuk a feltérképezés illetve a környezetük megismerése. Ilyen esetben fontos az, hogy akadályokat is képesek legyenek önállóan felismerni, mert ahhoz nem rendelkezik a rendszer külső szenzorral, hogy az akadályokat jelezze előre a robot számára. Ezen robottípusoknak két fajtája vált elterjedté.

- PC (server) által automatizáltan vezérelt vagy telerobot
- Feladatát önállóan végrehajtó

1.3.1 Automatizált PC-s vezérlés

Az ilyen architektúrán a robotok vezérlését egy központi számítógép valósítja meg. A feladatokat a PC szoftverébe adjuk meg, majd ezen feladatok alapján fogja a rendszer kiosztani a feladatokat az aktív robotok között. Számos paramétert folyamatosan figyel, mindeközben pedig a robotok teljes vezérlését valósítja meg. Ha a rendszerben bármilyen anomáliát észlel a központi számítógép, akkor jelzi mindezt a felügyelő személyzetnek, akik elhárítják a hiba okát.

Az iparban logisztikai feladatok ellátására számos ilyen rendszert alkalmaznak már napjainkban. Ezeknek a berendezéseknek nagy előnyük az, hogy egy raktárépületben megfelelő pontossággal és szervezhetőséggel látják el a feladatukat. Jól lehet szervezni általuk a gyártási folyamatokat és megbízhatóan dolgoznak. A rendszer erejét a szenzorok és a szervergép alkotja. A robotok számára nem szükséges az, hogy komoly intelligenciával rendelkezzenek mivel az ő és társaik mozgását a központi szerver felügyeli.

1.3.2 RobLog System

A globalizáció hatására nagymértékben megnőtt az áru fuvarozás szárazföldön és a tengeren is. A hajóval történő szállítás során az áruk nagy része konténerekben vannak elhelyezve. Ezeket a konténereket manuálisan kell ki és bepakolni a kikötőkben, mely számos problémával jár. A konténerek tárolása meglehetősen kaotikus állapotokat tud okozni, a termék mennyiség óriási méreteinek köszönhetően, illetve hozzájárul az idő, mint tényező, melyet egy ilyen kikötőben történő rakodás esetén rendkívül kötött. Az általános szabályzat szerint, a 70kg-nál nagyobb tömegű konténerek már életveszélyesnek tekintendők, továbbá fenn áll a veszélye annak, hogy valamely alkalmazott mérges gázokat lélegezhet be.

Ennek a problémának a megoldására 2011 februárjában indították el a „European Integrated Project RobLog” nevű projektet melynek célja, hogy ezeket a viszonyokat megváltoztassák és teljesen számítógép vezérelté tegyék az adott kikötőket. A



5. ábra Rakodás a kikötőben

projekten jelenleg öt európai kutató csapat és két cég dolgozik közösen. A

Jacobs University is részt vesz a fejlesztésben, az ő feladatuk a háromdimenziós térben a robotok érzékelésének és modellezés problémájának a megoldása. Az érzékelés egy összetett folyamat. Nem csak az objektumokat kell tudni felismerni, hanem azok tényleges fizikai tulajdonságait is. Így a robotoknak helyesen kell kiértékelniük az adott szituációt, hogy helyes döntéseket tudjanak meghozni s mindezt valós időben is tegyék.

Ez alapján egy ilyen rendszer megvalósításához nem elegendő leprogramozni magát a feladatot, mivel a környezet akár percről perce is változhat. A rendszernek ezért képesnek kell lennie az önálló tanulásra, hogy az ismeret anyagát bővítve tudjon jó döntéseket meghozni.

1.6 Lego NXT – oktatási célú robotok

A Lego cég által kifejlesztett Lego NXT-k egy olyan új robotikai terület mellyel a fiatal, robotika iránt érdeklődőknek próbál megoldást nyújtani ahhoz, hogy alapvetően meg tudjanak ismerkedni a robotika alapjait képező eszközöknek. A robotok megépítéséhez lego elemeket szolgáltatnak illetve egy csomagban megtalálhatóak a léptetőmotorok és számos különböző szenzor.

Hatalmas sikere van ennek az építő programnak, mivel könnyen és viszonylag nagy megbízhatósággal képes az ember a különböző robotok megépítésére. Mára már a rubik kockát kirakó robotoktól kezdve a legoból épített automatizált gyártósorokig találunk kreatívnál kreatívabb építményeket. Ezzel is bizonyítva azt, hogy a robotok segítségével széles spektrumban alkalmazhatóak. Továbbá ezek a robotok rendkívül hasznosak az apróbb kutatásokban, mivel áruk és a hozzátartozó teljesítményük rendkívül jó arányban vannak.



7. ábra Lego NXT robot

1.7 Repülő robotok

Az iparban használt technológiák fejlődésének köszönhetően egyre jobb minőségű, nagy hatásfokú és megbízható hardver eszközök sikerült kifejleszteni. Ezek alapkövei a robotok által a természetnek való leutánpótlása s többek között ilyen a repülés is. Az első lépéseket természetesen a hadsereg tette meg, kiknek az volt a fő szempontjuk hogy, minél kevesebb pilótát veszítsenek el egy esetleges légi összecsapásban. Ötletük az volt, hogy maga a pilóták egy gépteremben vannak, és onnan irányítják a saját repülőjüket. Ezzel a megoldással csak a repülőgép van kitéve „veszélynek”, de a legértékesebb eleme a rendszernek, az embernek nem eshet baja.

1.7.1 UAV - pilóta nélküli repülő szerkezetek

Létfontosságú a hadszíntereken, de a természeti katasztrófák idején is a légi felderítés. Ilyen feladatokra ma már nem szívesen küldenek repülőgépet vagy helikoptert, mert a hadvezetés egyre többre értékeli az emberi életet. Ezért kapnak egyre nagyobb szerepet az UAV-k. [5]

Geoff Hatton mérnök ötletei és tervei alapján született meg a szerkezet. A működési elve egyszerű. A projekt információk szerint a repülő tetején található egy nagyméretű propeller, amely a helikopterhez hasonlóan lefelé préseli a levegőt az eszköz külső felületén. Emiatt alul nagyobb, felül kisebb légnyomás keletkezik, ezzel megszületik a hagyományos felhajtóerő. Hogy ne kezdjen el észvesztő tempóban forogni, a jármű külső felületén kis terelőlapok kaptak helyett. A gép alsó részén elhelyezkedő mozgatható lapok a kormányzásra szolgálnak.

Első olvasatra nem sokban különbözik a helikoptertől. Fontos az a tény, hogy a rotor védett térben van, így nem tud beakadni semmibe, amely a helikopterek esetében azonnali lezuhanás követ. A projekt vezetője, David Steel szerint a szerkezet sokkal könnyebben irányítható és stabilabb, mint egy hagyományos forgószárnyas. A gravitációs középpontjában kap helyet a raktér. Steel véleménye szerint a jármű másik nagy előnye, hogy tetszőleges méretben elkészíthető, a harminc centiméterestől, a több méteresig.



8. ábra Robot helikopter

1.8 Navigáció és Útvonaltervezés

Az útvonaltervezés és navigáció egy rendkívül nehéz feladat a robotok számára. Első lépésben fel kell tudniuk ismerni az akadályokat a lehetséges útvonalakat illetve viszonyítási pontokat kell létrehozniuk. Ám a navigáció során a térképet önmaga készíti el, ahol már adódhatnak pontatlan vagy esetleg hibás paraméterek. Ezeket a hibákat csak tetézni tudja a mozgásközben fellépő zajok mértéke. További problémákat okozhat az, ha egy robot nincsen felszerelve megfelelő számú szenzorral annak érdekében, hogy a saját mozgását is tudja figyelni. Gondolhatunk, itt például egy olyan eshetőségre mikor előre szeretnénk menni, azonban az egyik kerekünk késleltetve indult el. Egy ilyen helyzetben, ha önmagára van hagyva a robot, akkor meglehetősen nagy hibákat fog tartalmazni egy saját térképkészítésnél. A mesterséges ágensek esetén a radarok, kamerák tévednek, a göröngyös talaj vagy olyan akadálynak nem minősülő anyagok, mint például a víz is problémákat okoz.

A térképkészítés után még egy fontos folyamat az útvonaltervezés. A tervelkészítésénél figyelembe kell venni a járható utakat, melyeket valamilyen módon osztályoznunk is kell annak érdekében, hogy a robot ne egy olyan átjárón akarjon átmenni melynél akár ütközést is tud okozni valamilyen másik objektummal. Egy útvonaltervnel mindig figyelembe kell venni azt, hogy a környezetben vannak dinamikusán változó résztvevők. Ilyen például az, ha emberek közlekednek, a robotok között vagy esetleg vannak mobil akadálynak minősülő objektumok. Ezeket a változásokat is figyelnie kell a robotnak, mivel az autonóm robotoknál ez egy elhanyagolhatatlan feladat.

A térképezéssel kapcsolatban Brooks alkotott még egy teóriát, aki munkáiban amellet érvel, hogy intelligencia létrehozható reprezentáció és központi irányítás nélkül is. Ezért az általa készített robotok nem tartalmaznak teljes navigációs rendszert abban az értelemben, hogy céljuk csupán egy adatvezérelt, a külvilág által irányított mozgás a térben. Azonban a tér alapos felmérése, a külvilág reprezentációja nélkül optimális tervek létrehozása, hosszú távú döntések meghozatala nehezen kivitelezhető, ezért a tájékozódást középpontba helyező kutatások szinte mindegyike használ térképet.

1.8.1 Zárt-, és kültérben történő navigáció

Beltérben rendkívül fontos az, hogy a járművek helymeghatározása a lehető legpontosabb legyen, mivel számos precíziós mozgást kell végrehajtania. A pontosság mellett a megbízhatóság legalább olyan fontos, mivel ezeknek a rendszereknek folyamatosan a robotok rendelkezésére kell állnia. A zártterek előnye az, hogy, már előre pontos térképet el tudunk készíteni a robotok számára, így biztosítva azt, hogy kevesebb hibával kell kalkulálni a működése során. A beltérben történő változásokat pedig könnyebben meg tudjuk határozni, mivel egy folyamatos megfigyelés alatt álló területen mozgunk.



9. ábra Forgalmas fedett raktár

A kültérben mozgó járműveknél nagyobb hibatűrést szoktak megengedni. A nyílt területen való navigációt a tengeren való navigációhoz tudjuk a legkönnyebben hasonlítani. Itt mindenképpen rendelkezniünk kell, egy iránytűvel mely az alapját fogja képezni a pontos irányunknak. Ez mellett szakaszokra lebontott mozgásokat kell tudnunk meghatározni. Folyamatosan figyeljük a robot sebességét, mely által tudunk következtetni az aktuális pozíciójára.

Mivel a rendszerbe bármikor hibás érték képződhet, ezért időközönként valós mérésekkel javítják ki a jármű által felhalmozott hibás adatokat.

1.9 Navigációs módok

1.9.1 GPS problémája

A zárttérben nem használható a GPS technológia mert, ahogy a specifikációjában is le van írva, nagyjából 100 méteres eltérést engedélyez a valós értékekhez, biztonsági megfontolásból. Ezt az eltérést le lehet redukálni egy differenciál GPS megoldással körülbelül 4-6 méterre, azonban a navigációt illetően megengedhetetlen ez az érték.

1.9.2 Mesterséges jelek

A mesterséges jeleknek több évtizedes múltjuk van. Automatizált robotoknál előszeretettel használják raktározási és szállítási feladatokra. Ezek a jelek lehetnek a padlóra felfestett útvonalak, leragasztott mágnesszalagok, beépített jeladók illetve tárgyak mellé lehelyezett vonalkódok.

1.9.3 Természetes jelek

A természetes jelek segítségével is megvalósítható a helymeghatározás. Azonban ehhez ismernünk kell a kitüntetett pontokat az adott területen melyekből, ha már hármat képesek vagyunk felismerni, akkor triangulációval képesek vagyunk meghatározni a pontos helyünket a térképen. Természetesen feltétele ennek az a tény, hogy minden jel egyértelműen meghatározható és nincsen két hasonló kitüntetett pontunk.

1.9.4 Odometria

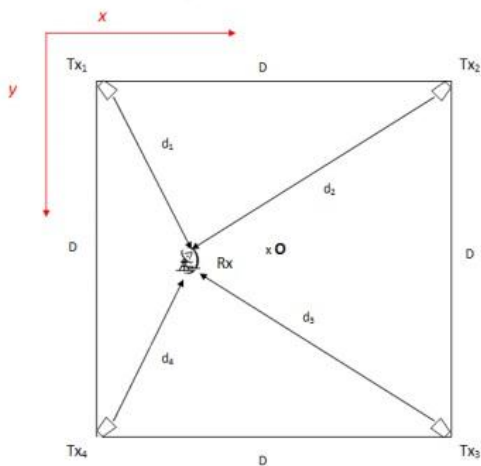
Ha nem áll rendelkezésre olyan, a külvilág ingereit érzékelő eszköz, amivel a robot pozíciója meghatározható, akkor az odometriát tudjuk alkalmazni. Ebben az esetben, ha kerekei vannak a robotunknak, akkor a kerekek elfordulásait számoljuk és ezekből az értékekből tudjuk visszaszámolni az aktuális pozíciót. Sajnos megbízhatóan ezt a megoldást sem tudjuk alkalmazni, mert itt is felmerülnek, zajok melyek a mért adatainkat erősen befolyásolni fogják. A szisztematikus zajokat például kerekek eltérő mérete, szabálytalan alakja, a szenzor véges felbontása, kis mintavételezési frekvencia bizonyos mértékig lehet ellensúlyozni, de a véletlen zajok, így a padló egyenetlenségei, a lábak megcsúszása vagy az ütközés ellen nincs hatékony védekezés. [2]

1.9.5 Kálmán-szűrő

A Kálmán-szűrő a robot pozíciójára egy Gauss-eloszlással közelít. Az eljárásban felhasználják az odometria adatait és a térkép segítségével meghatározzák a várható pozíciót. A módszer előnye, hogy csak két paraméterre van szükség és más szenzoroktól érkező adatokat könnyen össze lehet egységesíteni. A hátránya ennek a megoldásnak az, hogy azt feltételezzük, hogy egyenletesen eloszló zajok vannak a térben. [2]

1.9.6 Ultrahangos helymeghatározás

Az ultrahangos helymeghatározás esetén aktív és passzív eszközöket helyezünk el a zárt térben. Ezen eszközök segítségével valós időben képes a rendszer a helymeghatározással kapcsolatos információkat kiszámítani. A működéséhez elengedhetetlen az, hogy négyzet



10. ábra Ultrahangos helymeghatározás felülnézeti logikai felépítése

alakban legyenek a vizsgált területek. A négyzet mind a négy sarkába egy ultrahang szenzort helyezünk el. Ezek passzív résztvevői a komplex rendszernek. A belső térben pedig a mozgást végző objektumok foglalnak helyet, melyek mindegyike ultrahangos jelet fogad az adóktól s azok időkülönbségeik alapján tudja kiszámítani a pontos pozícióját az adott területen. A használatához nem kell

inicializálás. A folyamatosan működésben lévő adók jeleihez bármikor be lehet

csatlakozni. Természetesen tetszőleges számú vevővel. A síkbeli megvalósítás alkalmas lehet földfelszíni mozgások koordinálására, például guruló robotok térkép alapú pozícionálásának segítésére. [2][8]

2.1 Gépi látás

Az emberek számára a látás hétköznapi dolognak minősül, mivel nem is gondolunk vagy járunk utána annak, hogy maga ez a fajta észlelésünk mennyire is egy összetett rendszer alapját képezi. A minket körülvevő világról a legszembevetőbbben a szemünkön keresztül értesülünk. Ezen képi adatok alapján az agyunk információkat dolgoz fel a környezetről melyeket továbbít a megfelelő agyi központokba. Rendkívül összetett a kép feldolgozásának az eljárása az emberi agyban. Elegendő azt megfigyelni, hogy mi alapján döntjük azt el az utcán sétálva, hogy valakit éppen szeretetből átölelnek vagy pedig agresszív cselekedet történik. Ezt az emberi észlelést fogja össze a gépi látás.

A gépi látás (Machine Vision) mára már elég széles körben lefedi a műszaki tudomány területeket. A tanulmányomban a robotok látására szeretnék, fókuszálni ezért más



11. ábra A gépi látás általános modellje

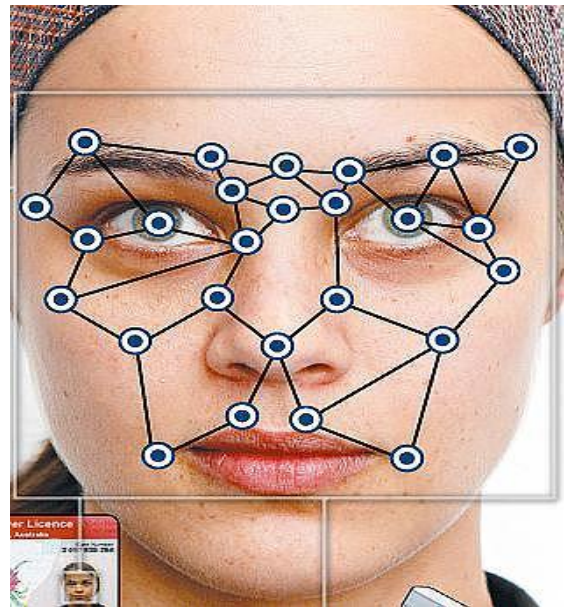
területeken elért eredményekről ebben a fejezetben nem tennék említést.

Az autonóm robotoknál rendkívül fontos volt az a szempont hogy, a robot figyelje a környezetét, azt megismerje, és ez alapján történjen térkép vagy útvonaltervezés illetve navigáció. Egy kamera felszerelésével képessé válik a robotunk arra, hogy a környezetéről képi információt kapjon. Az élőlényeknél is megfigyelhető hogy a szemünk által képzett

háromdimenziós képből rendkívül sok fizikai és emocionális ingert dolgozzunk fel. Tehát a képen keresztül képesek vagyunk objektumok beazonosítására és azok elhelyezésére a térben. Természetesen nem elegendő a kamera képe ezekhez a meghatározásokhoz. Szükségeltetik egy rendszer hogy, a képesség teljes legyen és működőképes. Az orvostudományban is sokat foglalkoznak az ilyen képi jellegű adatokból való információ megalkotásának a módjára. Habár jelenleg nagyon sok probléma megoldására használjuk a gépi látást, még mindig nagyon sok kutatás tárgyát képezi, hogy meg tudjuk közelíteni az emberi szinten történő információfeldolgozást.

Egy arcfelismerő rendszernél például egyedileg azonosítható pontokat keresünk meg a képen és tároljuk le őket. Mivel általában minden arcon másfajta jegyeket tudunk felismerni ezért az arcfelismerés technológia a gyakorlatban is beváltak minősül. Az arcokon továbbá vektoralapú adatokat is figyelnek, mint például a szemek közötti távolság. A vektoralapú adatok alapján még könnyebben tud az arcfelismerés működni.

Azonban olyan objektumok felismerése, mint egy szék, már bonyolódik a helyzetünk. A székekről el tudjuk mondani a fizikai megjelenésüket egyértelműen meghatározó tulajdonságait. Négy darab lába van illetve háttámlája. Ezzel az eljárással le tudjuk írni az absztrakt fogalmát egy szék objektumnak. De a világban rengeteg fajtájú széket találunk, melyeknél megtalálhatóak mind ezek a jegyek, ám a köztes részei teljesen más adatokat ad. Ezért a gépi látásnál szokásos neurális hálók alkalmazása, mellyel a rendszer meg tudja tanulni a különböző székeket s így képes lesz rá, hogy felismerje őket.



12. ábra Az arcfelismerés során figyelt vektorok

A képi adatokból való információ kinyerés meglehetősen összetett és erőforrás igényes eljárás. Ráadásul, ha a képi adatainkat finomítjuk, nagyobb részletességgel látjuk el akkor a feldolgozási ideje is ennek arányában fog növekedni. Így jelenleg „korlátozottan” tudunk hozzáférni ehhez a területhez (gyengébb hardverrel rendelkező robotoknál). További

problémát okozhatnak a természetes zajok, melyek megváltoztatják az adott tárgyak színeit, árnyalatait. Ezért a szín alapján történő felismertetés nehézkes folyamattá válik az állandóan változásra képes környezetben.

A gépi látást alkalmazó területek:

- Robotika
- Orvostudományok
- Biztonságtechnika
- Logisztikai területek
- Gyári automatizálási feladatok
- Emberi mozgással irányítható szoftverek

2.1.1 Fizikai látásmódok

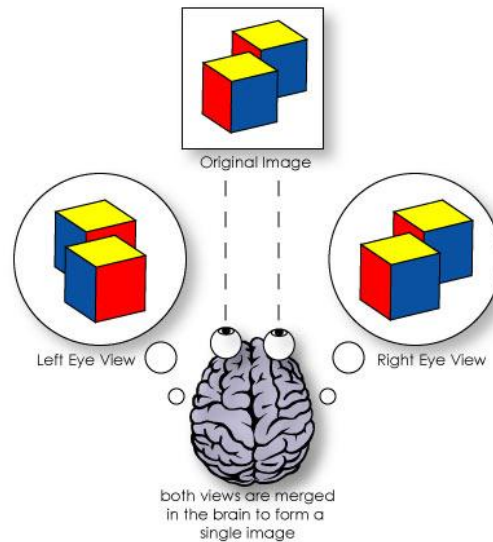
Mono Vision

A „mono vision” esetén rendszerünkben egy kamera található meg. Az egy kamerás rendszereket olyan területeken szokták alkalmazni, melyeknél az információ kinyeréséhez elegendő egy két-dimenziós kép. Ilyen területek például az arcfelismerés, közlekedési táblák, rendszámok beazonosítása.

Stereo Vision

Sztereo látás esetén két kamerát használunk. A két kamera képének összehangolásával a kapott képből mélységérzékelést tudunk megvalósítani. Ezt úgy kapjuk meg, hogy külön vesszük, egymástól a két kamera képet majd megkeressük rajta a közösnek gondolt pixeleket és az így kapott differencia fogja számunkra a mélység információt hordozni. Így mélységtérképeket is tudunk készíteni egy figyelt területről. Továbbá az ilyen mélységtérképekből számos új információra tudunk következtetni.[6][7] Ilyen például egy tárgy, mely útját állja a robotunknak. Hátránya a rendszernek hogy, a két kameraképet folyamatosan szinkronizálnunk kell egymással és számításigényes a mélységek meghatározása.

Valódi térképkészítésre és használatra már a legkorábbi mobil robotok esetében is volt példa. A „Stanford Cart” volt az egyik első összetett világmodellt alkalmazó robot, mely teljes háromdimenziós környezeti térképet hozott létre sztereó látás segítségével. Azonban a modell felépítése akkora számításigénnyel járt, hogy a robot húsz métert nagyjából öt óra alatt volt képes megtenni.



13. ábra A Sztereó látás modellje

2.2.2 Kiterjesztett valóság

A kiterjesztett valóság (augmented reality) egy olyan területe a gépi látásnak, mikor a valóságot összemoszuk a virtuális valósággal, így létrehozva egy új dimenzióját az információnak.

Az ilyen kiterjesztett valóság megalkotásához mindenképpen rendelkezünk kell egy általunk elkészített mesterséges jelre (marker). Ezeket a jeleket kell a kamera képén



14. ábra Egy általános Marker felépítési képe

keresztül felismerni majd beazonosítani. A beazonosítást követően megkapjuk a markerünk pozícióját a képen. A

kétdimenziós képen ki lehet számolni egy ilyen marker irányvektorait. Ez alapján történik a kiterjesztett valóság megjelenítése. A vektorok alapján pontos irányokat és méreteket lehet kinyerni a képből, ezek segítségével háromdimenziós objektumot tudunk kirajzoltatni a monitoron a markerekre. Ezzel a megoldással bármilyen média anyagot el tudunk úgy helyezni a valós térben, hogy azokat saját szemeinkkel nem látunk, de a kameránk segítségével valóságossá tehetők.



15. ábra Mobiltelefonon futtatható Marker felismerő szoftver működés közben

A marker felismerésnél a tárolt információt teljesen személyre lehet szabni. Így saját kódolású markereket tudunk létrehozni, melyek segítségével teljesen titkosított információkat tudunk saját magunk részére eltárolni.

Ezt a technológiát továbbá alkalmazzák még a turizmusban is, mikor egy város utcáján barangolva az egyéb helyeket vagy találkozók helyszíneit meghatározó pontokat tudunk megismerni. Egy épület régebbi képét vagy háromdimenziós objektumát is meg tudja mutatni az érdeklődőknek.

II. fejezet

II. CÉLOK

- Beltéri és Kültéri navigáció megvalósítása
- Robot kooperációt segítése gépi látás felhasználásával
- Hordozható és gyorsan implementálható objektum felismerés
- Egyszerűen implementálható szoftver
- Alacsony költségű szoftver előállítása
- Könnyen gyorsan kalibrálható helymeghatározás
- Bármilyen rendszermaghoz könnyen hozzátelepíthető
- Általános rendszer model felépítése

III. Fejezet

III. KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A dolgozatom eredményei alapját az előzőekben ismertetett robot technológiai megoldások képezik. A jelenlegi robotika fejlesztések és iránymutatások mind ágens szintű megoldásokat takarnak. A gépi látás mely, egy igen meghatározó kutatási és fejlesztési terület az emberi szintű észlelést tartják szemelőtt.

Az kutatási eredményeim egy másik területtel foglalkoznak, melyben nem az egyes ágensek feladatai az elsődlegesek hanem a kooperációs feladat megoldást a robotikában és az azt elősegítő megoldások.

Láthatjuk azt, hogy a jelenleg univerzális helymeghatározás problémájára nem keresték illetve nem fejlesztenek megoldásokat. Ennek oka az, hogy a kutatókat és fejlesztőket jobban lefoglalják olyan területek melyek az egyes ágensek specifikus problémáit öleli fel. Szerintem jelenleg nem elegendő csak ezekkel a problémákkal foglalkozni, mivel ha a fejlődési ütem tartani fogja a jelenlegi koncepciókat akkor hamarosan egy globálisabb és univerzálisabb rendszereket hozhatunk létre. Egy ilyen rendszer valószínűleg számos autonóm robotot fog tartalmazni.

Ezek a robotok mindenképpen összehangolt működést és vezérlést igényelnek. Így minden robot képes lesz az autonóm feladatát ellátni. Továbbá képes önmagát tanítani és fejleszteni az ő általa elvégzendő feladat menetét. Egy ilyen rendszert azonban nem szabad továbbra sem magára hagynunk, vagyis mindenképpen felügyelnünk kell a működésüket. Mivel a jelenleg használt helymeghatározási és navigációs eljárások számos hibát takarnak és problémával küszködnek ezért a jelenleg használt ilyen módszerek nem adnak teljesen biztonságos és hibamentes megoldást. Mindenképpen szükségeltetik egy olyan kombinált megoldás mely képes arra, hogy az aktuális helymeghatározást segítse és így a rendszer egyik robotjának a pozícióját a valósághoz mérten meghatározza és frissítse a paramétereit. Ez az egyik probléma mely megoldást igényel, viszont van még egy eléggé fontos szempont mely egy ilyen rendszerben absztrakt gondolkodást igényel, mégpedig a csapatmunka. Ahhoz, hogy egy robotcsoport csapatban működjön nem elegendő az, hogy egymásról tudjanak és kommunikáljanak egymással. Egy ilyen jellegű kommunikáció és kooperálás folyamán is történhetnek téves információ cserék illetve bármilyen hiba felmerülhet a közös munkájuk során, melyre nem fognak egyértelmű mozgási és feladat kiosztási megoldást

találni. Fontos azt is figyelembe venni, hogy egy dinamikusan változó környezet esetén a robotoknak rendkívül nagy számítási igényrel kell rendelkezni, ezen felül még a csapatban való probléma megoldást és egymás segítésére is fókuszálniuk kell. Érezhetjük azt, hogy egy ilyen működési folyamat megvalósításához mindenképpen kevés az, hogy ha a robot csak az önmagára szerelt szenzorjai segítségével nyer ki információt a környezetéből.

Az eddigi tanulmányok és alkalmazott technikák alapján még senki sem dolgozott ki univerzálisan felhasználható kültéri és beltéri helymeghatározó rendszert. A beltérben használt technikák esetében nagyon sokan az ultrahangos helymeghatározást használják, ám az ehhez szükséges technológiát egy kültéri használat esetében nem megvalósítható valós feladatoknál. Gondoljuk el, hogy például egy építkezési vagy kültéri rakódási területre el kell helyeznünk adó-vevő egységeket. Ezek helyfoglalása mind korlátozza a működési lehetőségeinket. Továbbá ehhez a módszerhez még mindig szükségeltetik előfeldmérés a területről illetve pontos számítások, hogy az adó-vevő egységek pontosan hova legyenek elhelyezve. Pedig azt egyértelműen láthatjuk, hogy egy robot csapat működése érdekében ez egy alapvető építőkö melyre tudunk építeni. Amíg ez az univerzális helymeghatározás nem megvalósítható, addig a csapatban való robotmunka rendkívül nehézkes feladattá válik. A saját kidolgozott helymeghatározási módszerem megoldást nyújthat ezekre a problémákra. Az alap koncepcióm az volt, hogy hogyan lehetne a lehető legjobb felügyeleti megoldást találni a robotok folyamatos figyelésére. Ez alapján a gépi látást találtam az egyetlen jelenleg hasznos megoldásnak a problémára. Ennek több oka is van:

- Egy képből több információ nyerhető ki, mint egy szenzorból mely adatot szolgáltat
- A környezetet is lehet vele felügyelni
- Extra információkat is kaphatunk egy adott helyzetről
- Gyors és megbízható számítások végezhetőek egy képen
- Valós idejű megfigyelés, nem tartalmaz késleltetést
- A kiterjesztett valóság segítségével extra információkat és el tudunk helyezni egy vizsgált területen

Tehát egy kamerát kell használnunk a robotkánk figyeléséhez. Ám a beazonosítás és kamera elhelyezéssel még van feladat. Ugyanis ezeknél is a lehető legjobb megoldást

kerestem mely az alábbi. A kameránkat egy beltér esetében a plafonra helyezték el, kültérben pedig egy mobil repülőrobotra. Habár lehet, hogy túl általánosnak tűnik ez a fajta elgondolás, azonban észre kell vennünk azt, hogy nincsen olyan területe az emberi életnek melyben ne képeznénk egy átlátható képet az adott probléma térről. Egy terület pontos leképezéséhez a felülnézeti kép adja a legjobb perspektívát. Egy ilyen kép esetén már egyfajta térképet is kapunk az adott területről, mely a navigáció során rendkívül fontos tényező, mert ha nem rendelkezünk térképpel akkor a navigálás rendkívül számításigényessé válik illetve még a robot eltévedéséhez is hozzájárulhat. Tehát egy ilyen felülnézeti kép esetén már csak egy dolgunk van az pedig az adott tárgyak beazonosítása. Ennek a meghatározására fel tudjuk használni a kiterjesztett valóság által nyújtott lehetőségeket. Vagyis, minden számunkra fontosnak és követendő robotra egy jelet helyezünk el melyet így a kamera képén keresztül tudjuk követni és beazonosítani. Így sosem tud előfordulni az, hogy az adott robot eltéved vagy az, hogy nem áll rendelkezésünkre információ az aktuális lépéseiről. A rendszer maga teljesen használható kül-, és beltérben egyaránt, mivel nem szükséges hozzá semmilyen építmény a földön.

16. ábra Egy megfigyelt területen elhelyezett Marker megtalálása és beazonosítása



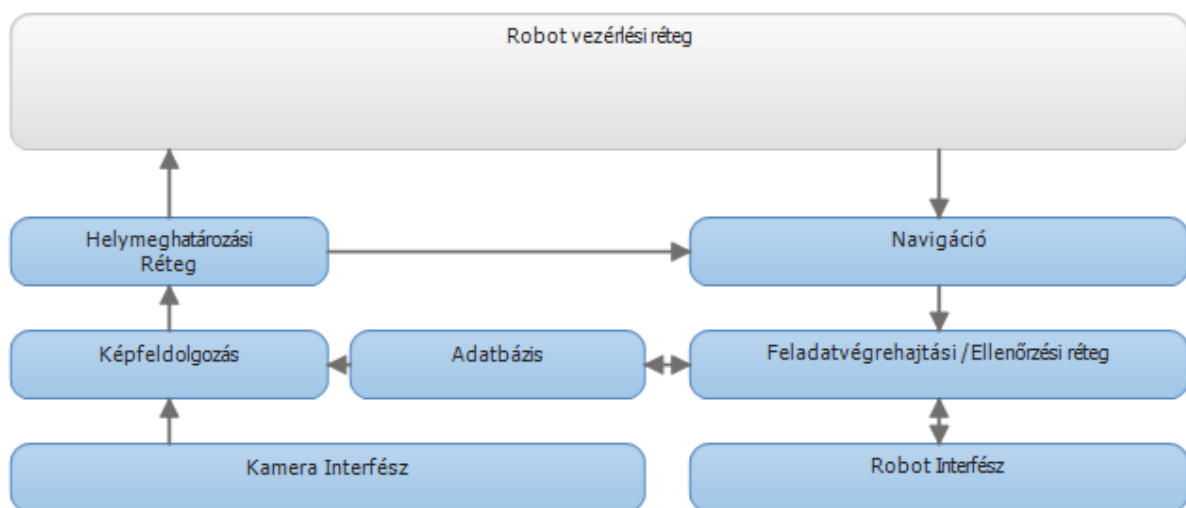
Ezzel az eljárással tehát kül- és beltérben tudjuk felügyelni az objektumainkat. Egy valósídejű figyelés esetén a navigálást is megtudjuk oldani, illetve egyszerre több ilyen objektumot is tudunk figyeltetni.

3.1 Mindenütt jelenlévő” informatikai trend (Ubiquitous computing) felhasználása

A robotikában és a számítástechnikában ez egy „újfajta” trend. Ez a fajta szemlélet rendkívül nagy hangsúlyt kapott az utóbbi években mivel szemben áll az eddigi paradigmákkal a robotika területén. Az ubiquitous computing-ot definiálni nem egyszerű dolog, de a lényege az, hogy olyan technológiákat hozunk létre melyek a felhasználó számára nem láthatóak. Ezek a technológiák mind szenzorokból merítik az adataikat. Az általános szemlélet szerint egy robotra kell elhelyeznünk a szenzorokat melyeket helyben dolgoz fel és tesz meg lépéseket az adott intelligencia szintjéhez mérten. Azonban követve az ubiquitous computing által diktált trendet a megoldásomban az szerepel, hogy a szenzorokat nem az eszközre helyezzük hanem egy virtuális teret hozunk létre a számára és azon belül vizsgáljuk azt. Egy ilyen megvalósítás esetén lekerül a teher az eszközünkről mivel számára csak feladat kiosztás történik melyek egy intelligens ágens fog számára vezérelni.

3.2 Egy lehetséges vezérlési model

Az kutatási eredményeim alapján elkészítettem egy lehetséges vezérlési modellt mely tartalmazza a főbb rétegeket egy ilyen rendszernél.

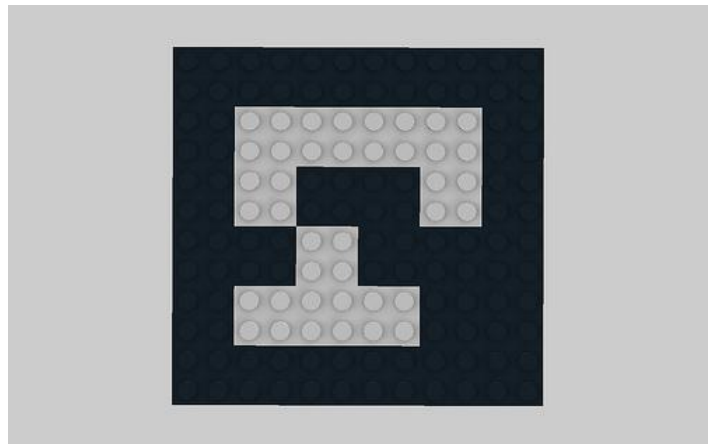


17. ábra Robot vezérlése a gépi látás segítségével

A model felépítésénél láthatjuk a jól elkülönített rétegeket, melyek együttesébe teljesen implementálható az általam kidolgozott univerzális helymeghatározás. A kamera interfészen keresztül érkező képi adatokat a rendszer feldolgozza. A feldolgozás során egy adatbázisban tárolt azonosítókat kereshetjük meg. Így megadható több paraméter is egyidőben. Ezzel a megoldással egyszerre több markert kereshetünk a kijelölt képen. A helymeghatározási réteg felelős a marker koordináták és információk feldolgozásáért, ezeket a virtuális koordinátákat át kell számolni a valóstérben lévő koordinátákra. A sikeres feldolgozás után a vezérlési réteg fogja az adott robotok feladatait beállítani, majd továbbítani a navigációs rétegnek. A robot interfészen keresztül nem csak parancsokat tudunk kiosztani az egyes robotoknak, hanem azoktól adatokat is fogadhatunk, melyeket a saját szenzoraik segítségével állítanak elő.

3.3 Marker alapú felismerés

A marker alapú felismerés segítségével a navigáció során szabad pályán tudjuk irányítani a mobil robotunkat. Egy ilyen eljárással tehát megoldható az, hogy a lehető legnagyobb szabadságot kapja meg a robot, ami csak lehetséges. A markereket sablonok alapján tudjuk megalkotni. Egy marker



szabályos négyzetalapra illeszthető. Azaz minden oldalának azonos hosszúnak kell lennie és a sarkainál tökéletesen 90°-ot kell bezárnia. Ahhoz, hogy egy ilyen markert megtaláljunk egy képen ahhoz a fekete-fehér szegély rendkívül sokat segít. Az algoritmus a képen tökéletes négyzeteket keres. A fekete-fehér szegély segítségével a mi markerünk más természetesektől minden esetben fel fogja tudni ismerni az algoritmus. A marker belső része egy mátrixot képez. Ebben a mátrixban az információt egy binárisként tudjuk tárolni. A kiolvasása rendkívül egyszerű eljárás, minden egyes mezőnek a közepén található színkódot kell lekérdezni, majd így áll elő a bináris kódunk. Az adatbázisban található kódtábla alapján így már képesek vagyunk az a tökéletes azonosításra. Természetesen az ilyen felismerésnek van egy nagy ellenfele. Ez pedig a fényviszony. A fényviszonyok miatt az egyes színek

18. ábra Marker, melyen jól elkülönülnek a bit-eket szimbolizáló cellák

változtatják az árnyalatukat. Így nagyon könnyen kapunk egy eredetileg fehér színből szürkét. Ebben a helyzetben a színkódok módosulásával az eljárás eredménye is módosul, így teljesen használhatatlanná válik. Azonban erre is van két megoldás.

A szoftveres megoldás esetén képmanipulációt kell alkalmaznunk, mellyel egy küszöbérték esetén módosítjuk a képünket. A módosítás után a képünk a tökéletes fekete vagy fehér pixeleket fog tartalmazni.

A hardveres megoldás esetében a markerünket alulról egy erős ledes háttérvilágítással kell megvilágítani, így a marker színereje nem módosul akkora mértékben.

3.3.1 Előnyök - Hátrányok

A marker alapú felismerés előnyei:

- Gyors felismerés
- Megbízható koordináta meghatározás
- Több marker felismerése valós időben
- Rengeteg marker típust lehet definiálni

A marker alapú felismerés hátrányai:

- Kamera minősége meghatározza a felismerés megbízhatóságát
- Két dimenziós környezetet tud felügyelni

A marker alapú felismerés egyik hátránya ami egyben előnye is, hogy a kamera eszközünk minősége meghatározza a felismerés megbízhatóságát. Természetesen ezt úgy kell érteni, hogy a kameránk minősége a távolság érzékelést befolyásolja a legnagyobb mértékben. Egy rosszabb minőségű kamera esetén a felügyelhető terület száma arányosan csökken. Ennek az az oka, hogy a képmanipulálás során a kiválasztott markerbe túl nagy zaj kerül bele, mely a felbontásra vezethető vissza.

Egy másik hátránya és szintén egyben előnye a rendszernek az, hogy ezzel a felügyeleti megoldással csak két dimenziós képeken tudunk információkat kinyerni. Egy ilyen két dimenziós látásnál a probléma ami fel tud merülni az az, hogy ha a követendő

tárgyunk el tud bújni egy objektum mögé. Ezért olyan helyeken ahol ez elő tud fordulni, kamera mátrixokat kell létrehoznunk, hogy a követendő objektum semmiképpen se tudjon elbújni a kamerák elől. Ennek a két dimenziós látásnak az előnye viszont az, hogy jóval könnyebben és gyorsabban számolunk vele, mivel csak látszólagos két dimenziós képen kell a képmanipulálási eljárásokat lefuttatni.

3.4 Szemléltető Példa

Felmerülhet a kérdés minden olvasóban, hogy ez a rendszer gondolat miért is állja meg a helyét illetve miért találom fontosnak a robot kooperációban. Azért, hogy jobban lehessen szemlélni a problémát egy példán szeretném bemutatni a gondolat létjogosultságát.



19. ábra Egy hétköznapi futball meccs, melyen mi jóval jobb szögből látjuk a játékosok mozgását és pozícióját

A példám mint a képen is látható egy futball meccs. A dolgozatom első részében ismertettem az autonóm robotokat és azok sajátosságait. Ezt az ismeretet felhasználva tekinthetünk egy csapat adott tagjára úgy mint, egy autonóm robotra. Tehát a játékosoknak (robotoknak) az alábbi funkciókat kell tudniuk.

- Tanulási képesség
- Adott szituációk felismerése és a betanult megoldások közül az optimális kiválasztása és végrehajtása
- Folyamatos tréning és fejlődés
- Feladat orientált gondolkodás
- Változó környezethez való dinamikus alkalmazkodás
- A szabályok betartása

Tehát a játékosok képesek észlelni a környezetüket és az általuk észlelt környezethez képesek alkalmazkodni. Azonnal megtudják azt határozni, hogy a csapatuk támad vagy éppen védekezik. Azonban sok olyan eset van amikor nem képes egy adott játékos felmérni az adott szituációt. Ilyenek általában egy adott csapat támadás vezetésénél alakulnak ki. Sokszor fordul elő, hogy egy játékos nem passzolja le a labdát egy jobb helyzetben lévő játékosnak, azonban ennek az oka legtöbbször az, hogy nem veszi észre a másik játékost és ami a legfontosabb annak a helyzetét. A helyzetét szó alatt sok minden paraméter meg tud bújni.

- Adott játékos aktuális iránya
- Játékos következő navigációs lépései

Tehát ezek a paraméterek tudatában már könnyen el lehet azt dönteni, hogy az adott játékos paszsoljon-e vagy sem .



20. ábra Egy virtuális futball meccsen lekövethetőek a mozgások és az aktuális pozíciók

Egy ilyen csapatmunka esetén mint már írtam, az egyedüli helyes vezérlési megoldást egy univerzális helymeghatározás tudja biztosítani. Tehát ha minden játékosra elhelyezünk egy markert akkor, tudjuk figyelni a mozgásukat és navigációjukat. Ezen aktuális paraméterek és információk tudatában irányítjuk az egész csapat mozgását és feladat kiosztását.

Az előző ábrán is jó látható, hogy egy ilyen nézetpontból is jól átlátható az adott területen történő helymeghatározás. A egy ilyen folyamat esetén folyamatosan tároljuk az egyes robotok mozgását akkor könnyen tudunk számolni a várható mozgásaikkal illetve egy betanult csoportos mozgást is véghez tudnak vinni. Egy ilyen feladatban ez rendkívül fontos. Nem győzöm hangsúlyozni azt a tényt, hogy egy ilyen esetben ha csak egymással kommunikálnak a robotok és nincsen külső megfigyelő rendszerünk akkor nem lesznek képesek rá, hogy csapatban és nem mellelesleg tanult koreográfiákat tudjanak bemutatni.

3.5 Esetleges felhasználási területek

Egy ilyen rendszer felhasználási területei eléggé széleskörűek. Kezdve a sportoktól egészen az ipari megoldásokon keresztül, hasznosan alkalmazható eljárást takar. Mivel a rendszer egyáltalán nem költséges jellegű ezért ez az implementálása során fokozottan nagy előny. A kalibrálás és telepítés után nincsen szükség további szakmai felügyeletre mivel a szoftver a nap 24 órájában tökéletesen ellátja a feladatát. Teljesen személyre szabható megoldásokat lehet egy ilyen szolgáltatás köré építeni. Az egyszerű statisztikai feladatokra is alkalmas egy futball meccs esetén, de akár egy öntanuló rendszert magját is megalapozhatja ez a megoldás.

IV. Fejezet

IV. A SZOFTVER

Az általam készített szoftver segítségével egy ilyen marker alapú felismerést sikerült kidolgoznom, melynek a megbízhatósága 100%-os és a felismerési hibája mind küszöbértékek alatt van. Továbbá semmilyen fénybeli zaj nem tudja a felismerési megbízhatóságát befolyásolni. Maga a rendszer .Net környezetben lett megírva a C# programozási nyelv felhasználásával. Azért választottam ezt a programozási nyelvet, mert ezen a nyelven megírt programot könnyen lehet implementálni más programozási nyelvekkel, illetve C++-ban írt .dll fájlokat is képes a fordítója felismerni és használni annak függvényeit, osztályait. A

képfelismeréshez az OpenCV nevű nyíltforráskódú matematikai eljárásoknak a C#-os wrapper könyvtárát használtam fel, melynek neve: EmguCV. Gyakorlatilag az összes OpenCV-ben deklarált függvényt el tudjuk érni s mindenek további előnye, hogy sikerült megtartani a tisztán C++-ban írt OpenCV gyors és megbízható feldolgozási képességeit.



21. ábra OpenCV logója

4.1 OpenCV

Az OpenCV (Open Source Computer Vision) egy nyílt forráskódú könyvtár, melyben valósidejű képmanipulációs eljárások vannak összegyűjtve. Ezek az eljárások mind matematikai függvények, melyeket a tudományterület elismert tudósai gyűjtöttek össze ebben a témakörben. A könyvtárat az alábbi nyelveken lehet elérni:

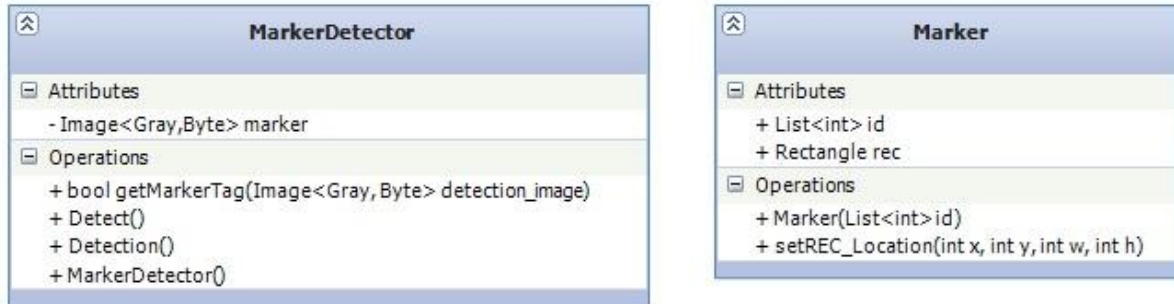
- C++
- C
- Python
- Java

Támogatott operációs rendszerek

- Windows
- Linux
- Mac

4.2 A megvalósított szoftver

4.2.1 A szoftver felépítése



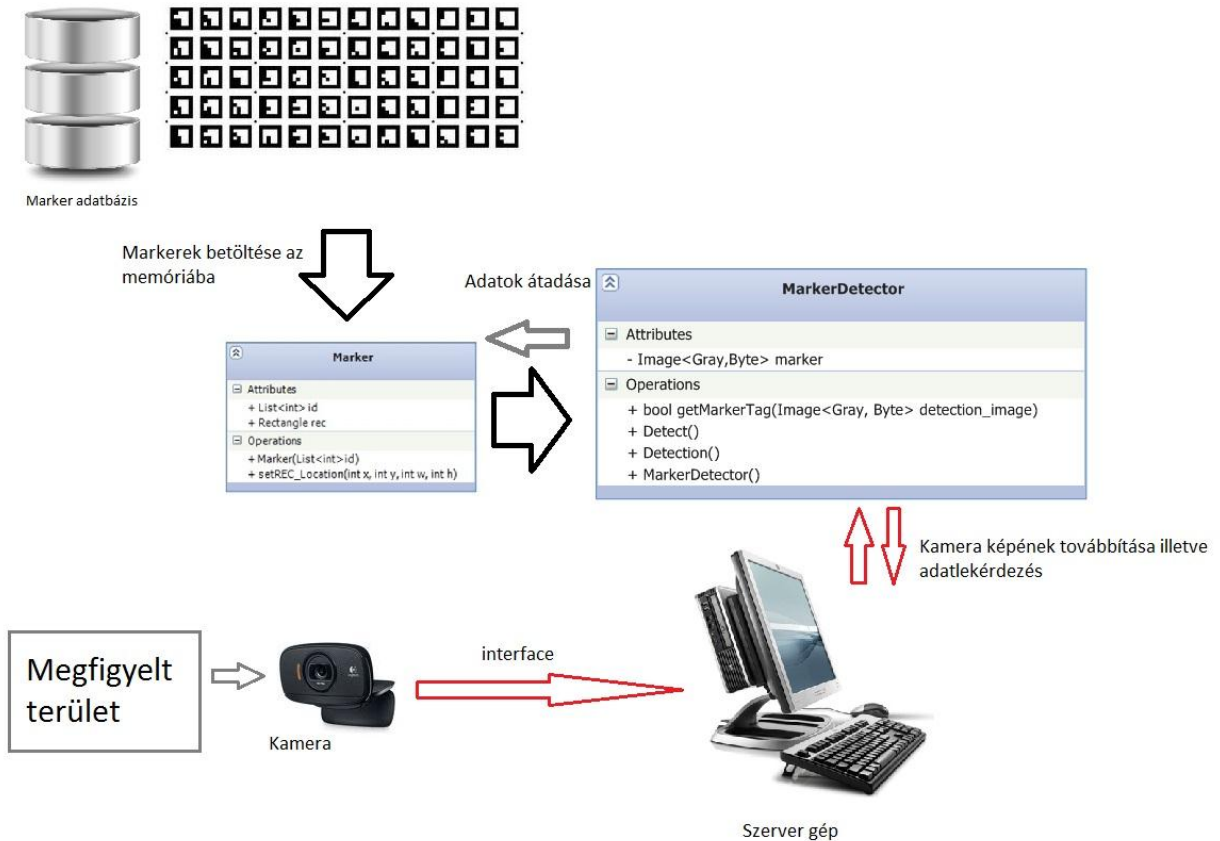
22. ábra Leegyszerűsített UML diagrammja a szoftvernek

Az UML diagrammból is jól látható, hogy maga az eljárás nem igényel semmilyen paraméter átadást. A megfelelő marker megtalálásához szükséges Marker objektumokat kell csak átadnunk a **MarkerDetector** osztálynak. A **Marker** osztály jelenleg csak alapvető információkat tartalmaz, de a detektáláshoz itt megtaláljuk a definiált „id” tulajdonságot. Ez az „id” lesz az a **Marker** melynek információt hordozó belső része megegyezik ezzel a bináris számsorozattal. Természetesen bármilyen matematikai tulajdonsággal bővíthető a **Marker** osztály, mindezt azért nem tettem meg, mert jelenleg nem fontos része a kutatásomnak egy adott specifikus területen való alkalmazása, a szemléltetés lényege, hogy mint láthatjuk univerzálisan fel lehet használni egy ilyen osztály struktúrát.

Másik szempont alapján az is látható, hogy szenzorspecifikus az eljárás. Egy kamera kép alapján rengeteg információ dolgozható fel, ezt is jelképezi a diagramm.

4.2.2 Rendszer működése

A rendszer működése megkezdésekor betölti az összes adatbázisban található markert. Az így létrejövő objektumokat a deketálást végző osztály kapja meg. A kamera képét egy usb interfészen keresztül kapja meg a szervergépünk amely alapján a MarkerDetector objektumunk fogja a detektálást végrehajtani a már inicializáláskor megadott



23. ábra A Marker felismerés folyamata

markerekre vonatkozóan. Tehát a rendszer csak az adatbázisba található markereket tudja észlelni első indításkor.

A valósidejű figyeltetés megoldása az, hogy maga ezt a detektálási folyamatot egy külön szálon indítjuk el. Elkülönítve így más feladatokat egy ilyen fajta eljárástól.

4.2.3 Marker felismerés folyamata

A Marker felismerésnek a lépései rendkívül kötött eljárásokat takar. Az első ilyen fontos lépés az, hogy tárolnunk kell a memóriában az aktuális kamera képet. Természetesen ez színes formátumban van alapértelmezetten. Azonban egy színes képen való detektálás meglehetősen zajos környezetet teremt, mivel rengeteg szín van és árnyalat ezeket a zajokat szükségszerűen redukálnunk kell. Ezért a képet átalakítjuk fekete-fehér színkódú képpé. Ezen a képen a színzajok így már nem zavarják a felismerés menetét. A soron következő feladat, hogy egy „canny” szűrőt teszünk a képre egy adott „threshold” értékkel és típussal. Ez a szűrő az éleket fogja kiemelni és minden más nem élnek értelmezett rész torzulni fog. Ezek az alapvető eljárások fogják nekünk megteremteni az a képi adatot melyen már könnyen tudunk alakzatokat keresni és definiálni. Mivel mindez a memóriában történik rendkívül gyorsan fogja végrehajtani az adott képmanipulációs eljárásokat.

A kontúrok szűrése és megtalálása során egy előre definiált alakzatot fogunk keresni, mely esetünkben egy négyzethez hasonló síkidom. Mindenképpen fontos azt megjegyezni, hogy a négyzet definiálásánál nem a tisztán matematikai szabályokat kell megadni, mert a képen nagyon sokszor nem tökéletes négyzetként fog megjelenni a Markerünk. Azért, hogy a felismerésnél a lehető legjobb négyzetfelismerést kapjuk, ezért a szokásos 90° megadása helyett intervallumot adunk meg. Egy ilyen intervallum az én esetemben 80° - 100° -ot takar.

A rendszer így már képes megtalálni a négyzeteket a képen melyek valószínűleg a Markereink lesznek. A Marker pontos azonosításához azonban az kell, hogy a belső információt is kiolvassuk, mely ha számunkra tárolt Marker egyike, akkor biztosan mondhatjuk azt, hogy megtaláltuk. A kiolvasás menete rendkívül egyszerű megoldás. Mivel egy 4×4 -es mátrixunk van mely az adatcellákban tárolja az adott értékeket. Ezek az értékek 0 és 1 bináris számokat vehetnek fel, annak függvényében, hogy fekete vagy fehér színkód van tárolva az adott cellában. Azért, hogy a cellákban a színkódok egyértelműek legyenek egy negálást kell elvégezni egy „threshold” érték segítségével. Ez azért fontos, mert az szürkeárnyalatú képünkön a számunkra fehérnek látott szín valódi pixel intenzitása nem 255 értéket vesz fel, akkor nem mondhatjuk azt, hogy ez egy fehér cella, pedig lehet, hogy a valódi cellaszín 253-as kódot tartalmazza. Tehát egy ilyen negálás és threshold segítségével kétirányba fogjuk a színkódokat beállítani. A Markeren belül a celláknak tudjuk a pontos

középpontjait, mivel egy szabályos alakzatot képez az általunk létrehozott kép. Ezért egyszerűen csak a cellák középpontjainak a pixelértékét nézem meg. Az így előálló bináris kódot ellenőrzi az algoritmus, hogy megtalálható-e a memóriába betöltött Markerek között és ha megtalálja, akkor frissíti az adott Marker objektum adatait.

Van az algoritmus működésében egy nagyon fontos és elhagyhatatlan eljárás, ez pedig egy perspektivikus transzformáció az eredeti képen található Markeren. Erre azért van szükség, mert a Markerünk a valóstérben bármilyen szögbe forgatható viszont nekünk a kétdimenziós térben ez rendkívüli torzulásokat tud okozni. Ez a transzformáció nekünk pontosan ezt a kétdimenzióba való kifesztítést fogja megvalósítani.



24. ábra Térben elforgatott síkidom visszaállítása eredeti pozíciójába

Láthatjuk az, hogy az algoritmus segítségével egy ilyen adott térben szöggel elforgatott Markert képes az algoritmus számunkra feldolgozható formába transzformálni.

4.3 Szoftver teszt eredmények

Az alábbi képek mind a szoftverrel lettek elkészítve. A fentebb leírt algoritmus működését nagyon jól prezentálják az egyes Markerek elhelyezései a valóstérben. Ezeknél a teszteléseknél egy HD minőségű webkamerát használtam. A kamera ebben az esetben USB porton keresztül jutatta el az adatokat a számítógép számára. A Marker felismérésénél teszteltem a távolsági korlátokat is. Ezek alapján egy 20cm oldaltávolságú Markert 10méteres távolságig képes volt a rendszer felismerni és beazonosítani. Természetesen ezeket a paramétereket lehet növelni egy jobb minőségű kamera segítségével.



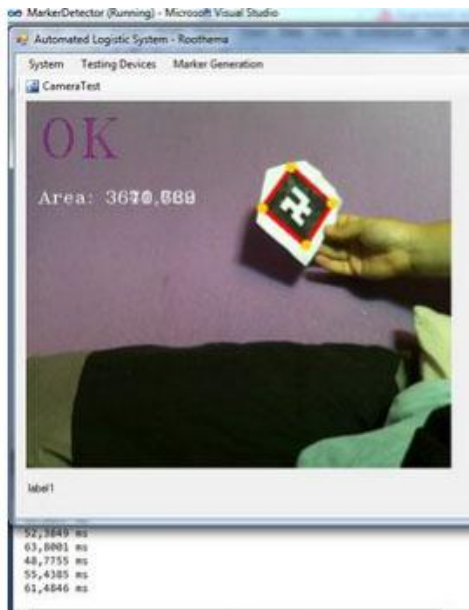
25. ábra Tesztelési kép



27. ábra Tesztelési kép, enyhén forgatott Marker



26. ábra Tesztelési kép, erősen elforgatott Marker



28. ábra Tesztelési kép, minden irányba elforgatott Marker is képes felismerni a rendszer

Ezen a képen látható az, hogy az algoritmus megjelölt számunkra egy Markert, mely nincsen benne az adatbázisunkban. Az algoritmus futásideje lehetővé teszi, hogy valós idejű (realtime) követés valósuljon meg. Futási idő: 40-80ms

Mint látható az alábbi teszt képek remekül bemutatják azt, hogy a Marker felismerés elegendő forgatási tűréshatárral képes megtalálni és beazonosítani azt. Természetesen bármennyi Markert képes egy időpontban felismerni az algoritmus, így lehetővé teszi azt a funkciót, hogy egyszerre több Markert követünk nyomon illetve azonosítjuk be őket. Ha egy Marker nincsen benne a megadott keresendő objektumok között akkor is képes rá, hogy azonosítás nélkül jelezze nekünk azt, hogy adott helyen egy „keresetlen” Marker található a képen.



29. ábra Tesztelési kép, más Markert is képes megtalálni az adott képen

V. Fejezet

V. KONKLÚZIÓ

A kutatásom során tehát az alábbi pontokat sikerült megvalósítani.

- Beltéri és Kültéri navigációt valósítottam meg egy képalkotási technológiával
- Robot kooperációt támogató technológiát hoztam létre
- Hordozható és gyorsan implementálható objektum felismerés vált így lehetővé
- Egyszerűen implementálható szoftver architektúrát alakítottam ki
- Alacsony költségű berendezés lehetőségét valósítottam meg
- Könnyen gyorsan kalibrálható helymeghatározást definiáltam
- Bármilyen rendszermaghoz könnyen hozzátelepíthető kódot hoztam létre
- Általános rendszer model struktúrát alakítottam ki

A gépi látáson alapuló helymeghatározás rendkívül gyors és megbízható eredményeket ad egy közegben. Mivel a rendszer külső szenzoros érzékelésen alapszik ezért szabad mozgást tesz lehetővé a kül- és beltérben egyaránt. Ilyen jellegű megoldást eddig még nem sikerült másoknak elérniük ezért mindeképpen egy fontos eredményként tekinthetünk rá. Ráadásul egy kamera rendszer kiépítésének költsége elenyésző a jelenleg használt ultrahangos helymeghatározó rendszerekhez képest, továbbá egy ultrahangon alapú rendszer rendkívül lassú és folyamatos kalibrációt igényel a működése során.

Annak érdekében, hogy egy robot csapatot megfelelően tudjunk követni és azok mozgását a lehető legjobb mértékben tudjuk koordinálni mindenféleképpen egy ilyen külső megfigyelő állásra van szükségünk. A dolgozatomban bemutattam egy életszerű példát arra vonatkozóan, hogy a csapatban történő munka során mindenképpen rendelkezniünk kell egy ilyen szenzorral, melyel átláthatjuk a vizsgált területet egy olyan perspektívában mely alapján az ember is képes helyes döntéseket hozni, s ez alapján egy számítógép is a megfelelő intelligenciával párosítva.

A előállított szoftver rendkívül rugalmasan felhasználható és tovább bővíthető egyéb geometriai számításokkal. Ezáltal bármilyen területen alkalmas lehet mint, megfigyelő vagy akár vezérlést megvalósító rendszerek esetében. Továbbá észre kell azt vennünk, hogy a gépi látás segítségével több információt tudunk kinyerni egy adott kamera képéről. S ezen kutatási területen számos ilyen fejlesztést lehet megvalósítani nagy sikerrel.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Gábor, H. (1998.). *Neurális hálózatok és műszaki alkalmazásai*. Budapest: Megyetemi Kiadó.
- [2] Gergely, P. (2009). *Felderítő Robotok - GPS-es helymeghatározás*. Forrás:
<http://dea.unideb.hu/dea/bitstream/2437/91032/1/Szakdolgozat.pdf>
- [3] Kazuyuki Morioka, J.-H. L. (2002). *Intelligent Space for Human Centered Robotics* . Forrás:
<http://www.intechopen.com>: http://www.intechopen.com/source/pdfs/5431/InTech-Intelligent_space_for_human_centered_robotics.pdf
- [4] Péter, B. P. (dátum nélk.). *3D Internet alapú kognitív infokommunikáció*. Forrás:
http://alpha.tmit.bme.hu/speech/docs/education/kognitiv_3d_net
- [5] Polansky, M., Papageorgiou, G., Vanek, B., & Kanovsky, P. (2008). Advanced Autopilot for Fixed Wing RC Aircraft. Prague: Civil Unmanned Aerial Systems 2008 conference.
- [6] Richárd, S. (2008.). Mobil ágensek navigációjának vizsgálata szimulációs környezetekben. *Doktori értekezés*. Budapest.
- [7] University Cambridge, P. (2000. September 08). Machine vision-based sensing for helicopter flight control. *Robotica*, old.: 299-303.
- [8] Zoltán, V. (2009). *Felderítő Robotok - Képfelismerésen alapuló helymeghatározás*. Forrás:
<http://dea.unideb.hu/dea/bitstream/2437/91031/1/Szakdolgozat%5BVargaZolt%C3%A1n%5D.pdf>