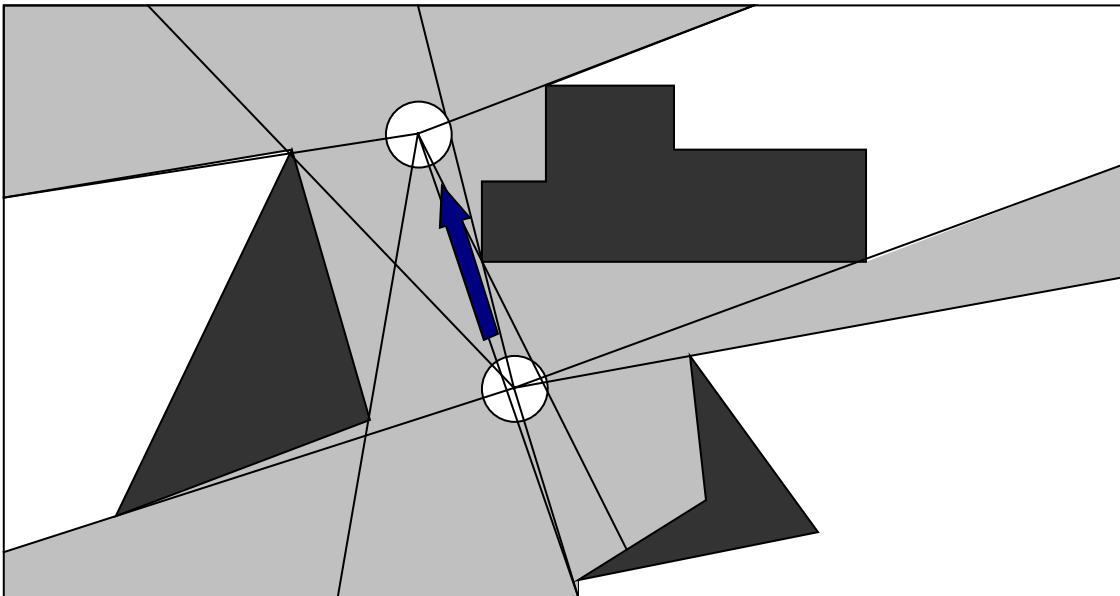


# Térkép alapú navigáció

Gépi Látás Laboratórium VI.

2002. május 9.

rev. 1.1



# Bevezetés

Napjainkban az automatizált gyártórendszerek elterjedése, illetve korszerűsítése alapvető kérdése az iparnak. A modern, nagy gyártási kapacitással rendelkező automatizált rendszerek képesek igen nagy mennyiségű, szabályozott minőségű termékeket előállítani alacsony gyártási ciklusidővel és igen alacsony selejt százalékkal. Ezek a gyártórendszerek képezik az alapját az egyre nagyobb igények elé állított tömegtermelésnek.

Sajnálatos módon azonban ezek a rendszerek – termelékenységük ellenére – nem annyira hatékonyak, mint azt első látásra hinnénk. Meglepő tény, hogy a tapasztalatok szerint az általánosan használt gyártórendszerekben a munkadarabok a gyártás egyes fázisaiban a teljes felhasznált időnek, mindössze 15-20%-át(!) töltik a hasznos technológiai folyamatban. A maradék időt az alkatrészek raktározása, illetve egyik technológiai folyamattól a másikhoz szállítása, valamint a minőségi követelmények biztosítására szolgáló minőségellenőrző-rendszerekkel végzett ellenőrző vizsgálatok teszik ki. Ennek az aránynak a javításával nagymértékű termelékenység-növekedés lenne elérhető, ezért intenzíven kell foglalkozni azon módszerek kutatásával és kifejlesztésével, amelyek ebbe az irányba hatnak. Jelen dokumentumban elsősorban az alkatrészek szállításának gyorsításával, automatizálásával foglalkozik, ismertetve a mobil robot navigáció egy szűkebb területét.

A mérés célkitűzése, hogy a hallgatók megismerjék a mobilis robotokhoz fejlesztett térképalapú pozíció meghatározás alapelveit. A mérés során megismerhetik a az ismeretlen környezetben való navigálást, a környezet feltérképezését, adatbázisokba mentését, valamint a már ismert környezetben, térkép segítségével történő navigálásának néhány módszerét.

A pozíció meghatározás a navigáció elengedhetetlen része. Általánosságban a navigáció során egy mobilis rendszert szeretnénk kívánt trajektória mentén irányítani, a váratlan akadályokat is figyelembe véve. Ennek érdekében, bizonyos időközönként pozíció meghatározást kell végezni. A kiszámolt, aktuális pozíció segítségével tudja a mobilis rendszer korrigálni pályáját. Tulajdonképpen, a robot a környezetéről csak a pozíció meghatározás során szerez információt, két pozíció meghatározás között szinte „vakon” közlekedik. Ezért a pontos pozíció meghatározás mellett fontos a megfelelő navigációs stratégia.

# Áttekintés

## *Robot navigáció*

A fő különbség az emberi és a robotikai navigáció között az eltérő érzékelési képességben rejlik. Az ember képes érzékelni, rendszerezni, felismerni a környezeti sajátosságokat szélsőséges környezeti feltételek mellett, függetlenül az orientációtól és a távolságtól. A mai robotok érzékelési és döntési képessége erősen korlátozott. Képesek felismerni objektumokat, detektálni az akadályokat bizonyos feltételek mellett. Sok kutatás foglalkozik a robot navigáció teljesítményének a növelésével - az érzékelés és a döntési képesség fokozása által.

A mobil robot navigáció különböző követelményeknek a skáláját fedi le. A követelményeket jelentősen befolyásolja az adott alkalmazás, jöllehet a megkívánt pontosság már a jármű méreteiből is adódik. A követelmény-skála egyik végében a mikro robotok találhatóak, melyek precíz navigálást kívánnak meg egy kis tartományon belül. A követelmény-skála másik végében helyezkednek el pl. a Jumbo-Jet, óceánjárók, melyek nagy pontosságot igényelnek méteres felbontásban, egy globális tartomány felett.

Általánosságban a navigáció három, főbb megközelítése:

Globális navigáció: egy objektum-pozíció meghatározásának a képessége, abszolút vagy térkép-referenciás feltételben, illetve objektum egy kiindulás pontból a célpont felé mozgásának a képessége.

Lokális navigáció: egy objektum-pozíció meghatározásának a képessége, más, álló vagy mozgó objektumhoz képest a környezetben, és nem ütközik a mozgó objektummal.

Személyi navigáció: különböző, autonóm részek pozícionálásának a képessége, mely részek kapcsolatban állnak egymással

A kontinensek közötti közlekedés a globális navigáció által valósul meg. Lokális navigáció kell, mikor a légi járműnek önállóan kell közlekednie a zsúfolt légi folyosón, vagy megközelítenie a leszálló pályát. A személyi navigációra nem kerül sor, mivel a repülő remélhetőleg nem kerül soha kapcsolatba más repülővel a navigáció alatt.

A mikro robotok általában a személyi és a lokális navigációban vannak érdekelve. Ezek a robotok a saját, közvetlen környezetükkel állnak kapcsolatban.

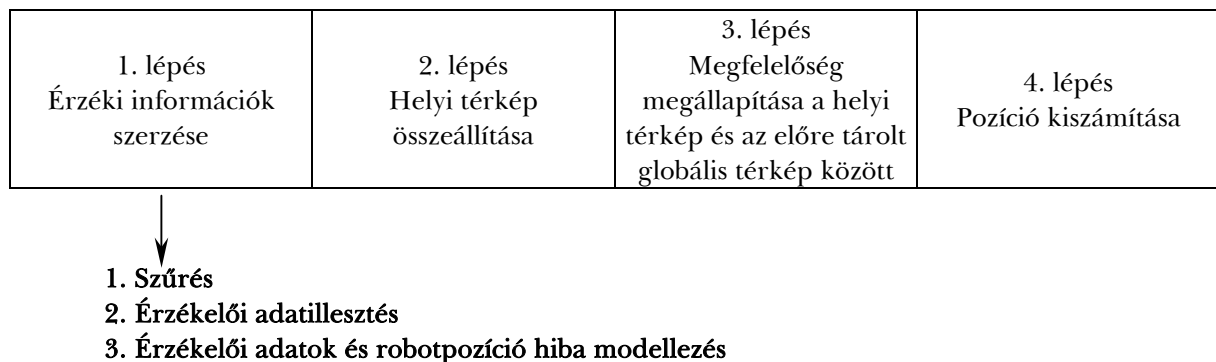
A fent említett, különböző fogalmak gyakran összefüggnek. Például, a lokális navigáció támogatja a globális navigációt a térképpel leírt környezetben, mivel egy ismert objektum pozíciója relatív a térkép egy ismert pontjához, mely meghatározza az objektum abszolút pozícióját.

A mobil robot egy mozgó koordináta rendszerben van, ezért a saját pozícióját egy álló koordináta rendszerhez képest kell meghatározni. Az álló koordináta rendszernek rendelkezésre kell állnia a robot számára, azért, hogy a robot a fedélzeti szenzorjai segítségével hivatkozni tudjon rá. Ezáltal a robot a saját, precíz pozícióját a környezetében meg tudja határozni. Tehát a robot érzékeli, és a fedélzeten tárolt kívánt útvonal segítségével korrigálni tudja a pályáját. A navigálás alapvető feltétele, hogy a mozgó szerkezet képes legyen arra, hogy meghatározza a saját pozícióját.

### ***Térkép alapú pozicionálás***

A térkép alapú pozicionálás, melyet "térképillesztésnek" is neveznek, olyan eljárás, amelyben a robot az érzékelőit a helyi környezete térképének a létrehozására használja. Ezt követően ezt a térképet összehasonlítja a memóriában korábban tárolt globális térképpel. Ha igazodást talál, akkor a robot ki tudja számítani a tényleges helyzetét és irányát a környezetben. Az előre tárolt térkép a környezetnek egy CAD modellje lehet vagy az előzetes érzékelői adatokból is megszerkeszthető.

A térkép alapú pozicionáláshoz az alapeljárás a következő ábrán látható.



*Megjegyzések:*

1. A keresés azzal a feltevéssel határolható be, hogy az eredeti helyzetbecslés közel áll a valódi robothelyzethez.
2. Az érzékelői és robotmozgási hibamodellek alkalmazhatók a keresési terület behatárolásához.

1. ábra: A térkép alapú pozicionáláshoz szolgáló általános eljárás

### **A térkép alapú pozicionálásnak a fő előnyei a következők:**

- Ez a módszer tipikus beltéri környezet természetesen előforduló struktúráját használja fel pozícióinformációk szerzéséhez a környezet módosítása nélkül.
- A térkép alapú pozicionálás felhasználható a környezet aktualizált térképének a létrehozására. A környezeti térképek egyéb olyan mozgó robot feladatokhoz is fontosak, mint a globális pályatervezés vagy a "helyi minimális csapdák" elkerülése egyes helyi akadályelhárítási módszerek esetében.
- A térkép alapú pozicionálás lehetővé teszi, hogy a robot megismerjen egy új környezetet és javítsa a pozicionálási pontosságot felfedezés útján.

### **A térkép alapú pozicionálás megköveteli:**

- legyenek elégséges stacionárius, könnyen megkülönböztethető jellemző vonások, amelyek az illesztéshez felhasználhatók,
- az érzékelő térkép legyen elég pontos (a feladatoktól függően) a felhasználáshoz,
- jelentős mennyiségű érzékelési és feldolgozási energia álljon rendelkezésre.

### **Térképkészítés**

Két alapvetően eltérő kiindulási pont létezik a térkép alapú pozicionálási eljárásához. Vagy van egy előzetesen létező térkép, vagy a robotnak kell megépítenie saját környezeti térképét. Rencken a térképezési problémáját a következőképpen határozta meg: „*Adva van a robot helyzete és egy sor méréseredmény, mit látnak az érzékelők?*” Egyértelmű, hogy a robot térképezési képessége szorosan összefügg az érzékelési adottságával.

### **Talluri és Aggarwall összegezték a térképpel szemben támasztott alapkövetelményeket is:**

- Meg kell adnia a szükséges információkat és eljárásokat is a környezetben a robot pozíciójának és állásának a becsléséhez
- A pályatervezéshez, az akadályelhárításhoz és egyéb navigációs feladatokhoz szükséges információkat is könnyen lehessen szerezni
- A robot által használt térábrázolási rendszer típusa nyújtson módot arra, hogy következetesen beépítsük az újonnan érzékelt információkat a meglévő világmodellbe

### **Hoppen és mások a térképezéshez szolgáló érzékelői adatfeldolgozás három fő lépését sorolták fel:**

1. Jellemző vonások kinyerése a nyers érzékelői adatokból.
2. A különféle érzékelő típusoktól származó adatok összevonása.
3. Egy környezeti modell automatikus létrehozatala az absztrakció különböző fokozataival.

### **Crowley ugyancsak háromlépéses eljárásként összegezte egy összetett helyi világmodell létesítését és fenntartását:**

4. A legfrissebb érzékelői adatok absztrakt leírásának a létrehozása (egy érzékelői modell).
5. A legújabb érzékelői modellek és az összetett helyi modell aktuális tartalmi közötti megfelelés igazítása és meghatározása.
6. Az összetett helyi modell komponenseinek módosítása, továbbá az illesztés eredményeit tükröző megbízhatóság erősítése vagy gyengítése.

Térképezéssel összefüggő probléma az "önálló felfedezés". Egy térkép építéséhez a robotnak fel kell tárnia környezetét, hogy feltérképezetlen területeket térképezzen le. Tipikus módon feltételezhető, hogy a robot a felfedező munkáját a környezet

ismerete nélkül kezdi el. Majd bizonyos mozgásenergia következik, amely arra irányul, hogy a feltérképezett terület nagyságát maximalizálja a legkisebb időn belül. Az ilyen mozgásenergiát felfedezési stratégiának nevezzük és az erőteljesen a felhasznált érzékelők fajtájától függ.

### **Térképépítés és érzékelők összevonása**

Számos kutató úgy véli, hogy egyetlen érzékelő típus sem tudja megfelelően felfogni egy valós környezet valamennyi fontos jellemzőjét. E probléma leküzdésére kombinálni kell a különböző érzékelő típusoktól kapott adatokat, mely eljárás *érzékelő összevonásként* ismeretes. Íme erre néhány példa:

- Buchberger és mások, valamint Jörg olyan mechanizmust dolgoztak ki, amely egy lézer-radar és egy szonár rendszertől kapott heterogén információkat használja fel, hogy megbízható és komplett világmodellt hozzon létre.
- Courtney és Jain három közös érzékelő forrást (szonár, kép és infravörös) épített be az érzékelő alapú térábrázolásba. Egy jellemző szintű módszert alakítottak ki az érzékelők összevonásához több érzékelőn alapuló rácstérképekből olyan matematikai módszer alkalmazásával, amely *térbeli impulzusokon és impulzus állandókon* alapul.

### **A fenomenológiai (jelenség alapú) ábrázolás szemben a geometriaival (Engelson és McDermott nyomán)**

Az érzékelő alapú térképkészítéssel foglalkozó legtöbb kutatás megkísérli minimalizálni a leképezési hibákat a legkorábbi szakaszban - amikor az érzékelői adatokat beviszik a térképbe. Engelson és McDermott azt állítják, hogy ez a metodológia csökkenő visszatérések pontját fogja elérni és ezért a további kutatásnak a kifejezett hibaészlelésre és -korrekcióra kell összpontosulnia. A szerzők megfigyelték, hogy a geometriai megközelítés érzékelési, észlelési adatokból a környezetről többé-kevésbé részletes geometriai leírást próbál szolgáltatni. Ennek az a megérzésen alapuló előnye, hogy észrevehetően jobban meghatározott kapcsolata van a valós világgal. Még azonban nincs igazán kielégítő ábrázolása a bizonytalan geometriának és nem világos, hogy valójában hasznosak-e azok az információmennyiségek, amelyeket potenciálisan gyűjthetünk a világ alakjáról.

E probléma leküzdésére Engelson és McDermott egy *topológiai* módszer használatát javasolta, amely a robot világgal fennálló potenciális kölcsönhatásainak egy *fenomenológiai ábrázolását* alkotja és így közvetlenül alátámasztja a navigáció-tervezést. A pozíciók helyi vonatkoztatási képkockákhoz viszonyítva kerülnek ábrázolásra a viszonylagos hibák szükségtelen felhalmozódásának az elkerülése végett. A képkockák geometriai viszonyait szintén explicite ábrázoljuk. Új vonatkoztatási képkockák jönnek létre mindenkor, amikor a robotpozíció bizonytalansága túlságosan megnövekszik; a képkockák összeolvadnak, amikor a bizonytalanság közöttük eléggé alacsonyra esik. Ez az irányelv helyileg kialakult bizonytalanságra terjed ki. Engelson és McDermott kimutatták, hogy az ilyen

hibakorrekció elvégezhető valaha tett valamennyi térképezési döntés nyomon követése nélkül. A metodológia környezeti struktúrát veszi igénybe a letérképezési hibák korrigálásához szükséges lényeges információk meghatározásához. A szerzők arra is rámutattak, hogy nem szükséges az, hogy kifejezetten beazonosítsák a hiba kijavításához azt a döntést, amely a hibát okozta. Elég, hogy a hibatípus beazonosítható. A módszer csak olyan szimulált környezetben került megvalósításra, amelyben a fenomenológiai ábrázolás eredményessége beigazolódott.

## **Térképillesztés**

A térkép alapú navigáció egyik legfontosabb és legkihívóbb aspektusa a *térképillesztés*, vagyis megfelelés létrehozása a jelenlegi *helyi térkép* és a tárolt globális térkép között. A számítógépes képvilágban a térképillesztésen folyó munka gyakran egy önkényes helyzetű és irányú képnek egy modellhez viszonyított illesztésének általános problémájára összpontosul. Általában az illesztést úgy érzük el, hogy először kiszűrjük a jellemzőket, amelyet a kép és a modell jellemzői közötti helyes megfelelés meghatározása és rendszerint bizonyos formájú behatárolt keresés követ.

Az ilyen illesztési algoritmusok vagy *ikon alapúaknak* vagy *jellemző alapúaknak* minősíthetők.

### **Ikon alapú illesztés jellemzői:**

- érzékelési adatpontokat párosít a térképről a minimális távolság alapján kapott jellemzőkkel
- cél: távolságpontok és a megfelelő térkép jellemzők közötti távolsághibát minimalizálni
- kevesebb pontot használhat fel, mint a jellemző alapú helyzetbecslő, kevésbé ideális környezeteket tud kezelni és pontosabb is

### **Jellemző alapú illesztés jellemzői:**

- minden távolsági adatpontot a térképhez illeszt ahelyett, hogy a távolságadatokat a térképhez illesztendő jellemzők kis halmazához igazítaná
- gyors, nem követel meg jó kiindulási iránybecslést

A térképillesztésben az egyik probléma az, hogy az érzékelői leolvasási értékek és a világmodell különböző formátumúak lehetnek. Erre a problémára az egyik tipikus megoldás az, hogy az odometrián alapuló megközelítőleges pozíciót használjuk egy becsült vizuális helyszínnek (az előzetes tárolt globális térképből) való előállításához, amelyet a robot "láthatna". Majd ezt a becsült helyszínt a fedélzeti érzékelők által látott tényleges helyszínhez igazítjuk. Miután az illesztéseket elvégeztük a két (várható és tényleges) kép jellemzői között, a robot helyzete csökkent bizonytalansággal felbecsülhető.

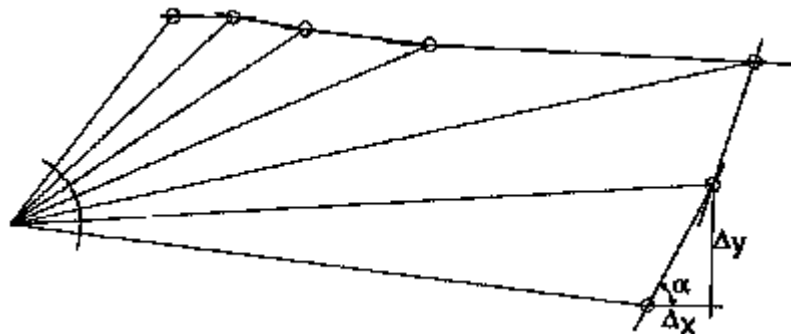
Ahhoz, hogy megbízhatóan illesszük az aktuális érzékelői adatokat a tárolt környezeti modellhez, egyidejűleg több jellemzőt kell használni. Ez különösen igaz

egy távolsági kép alapú rendszerre, mivel a jellemzők típusai egy távolsági képtérképre korlátozódnak. A hosszú falak és szegélyek a legáltalánosabban használt jellemzők a távolsági kép alapú rendszerben. Általában, minél több jellemzőt használunk egy illesztésben, annál kevésbé valószínű, hogy hibás illesztés forduljon elő, de a feldolgozás hosszabb időt vesz igénybe. Az odometriához tartozó realiztikus modell és a hozzákapcsolódó bizonytalanság az alapja a térkép alapú pozicionáló rendszer rendeltetésszerű funkcionálásának. Ez azért van így, mert a jellemző észlelése, valamint az aktualizált pozíció számítás odometriai becslésen alapul.

## Hinkel és Knieriemen – A szög hisztogram

Hinkel és Knieriemen egy *Szög Hisztogramnak* nevezett világ-modellezési módszert dolgozott ki. Munkájukban egy házilag kidolgozott, *Mobot III*-nak nevezett mozgó robotra szerelt lidart (lézerlokátort) használtak.

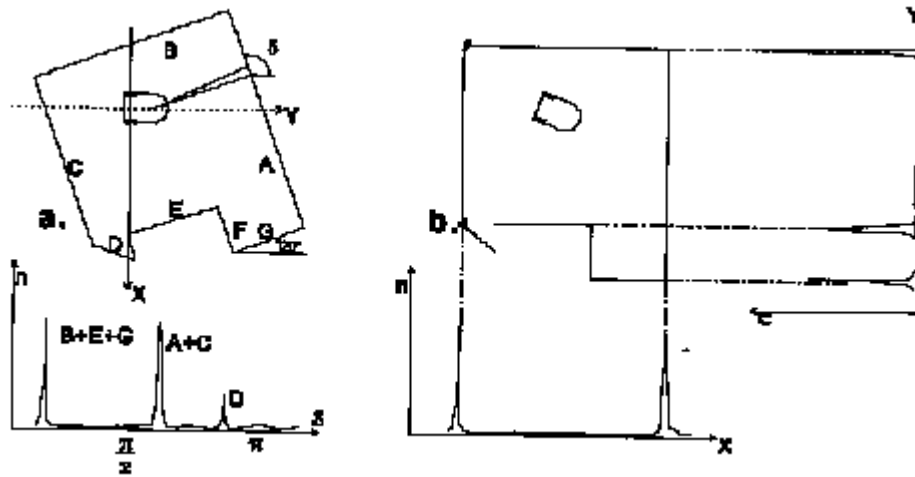
A szög hisztogramon alapuló módszer a következőképpen alkalmazható. Először elvégeztetjük a lidarral a helyiség 360 fokos letapogatását és a kapott "találatokat" egy térképen regisztráljuk. Majd az algoritmus leméri a viszonylagos  $\alpha$  szöget bármely két szomszédos találat között (lásd a 2. ábrát). Miután kiegyenlítettük a zajt az eredményekben (melyet a szomszédos találatok közötti helyzetben előforduló pontatlanságok okoztak), megépíthető a 3. ábrán látható szög hisztogram. A főfalak egyforma iránya a szög hisztogramban csúcsokként világosan látható. A  $\pi$  hisztogram moduló kiszámítása csak két fő csúcsot eredményez: egyet minden egyes pár párhuzamos falhoz. Ez az algoritmus igen hibátűrő a falakban, így az ajtóknak és ablakoknak, sőt a falakat bélelő szekrényekben található nyílásokat illetően.



2. ábra: relatív  $\alpha$  szög

A szög hisztogram kiszámítása után a találat valamennyi szöge normalizálható. E transzformálás után két további hisztogram hozható létre, egyik az x- és a másik az y- irányban. Ekkor a csúcsok a falakig tartó távolságot mutatják x- és y- irányban. A szög hisztogram meglehetősen állandó a forgással és a haladással szemben. Ha csak az irányt változtatjuk meg két letapogatás között, akkor a második letapogatás szög hisztogramja csak fáziseltolódást mutat az első letapogatáshoz képest. Ha azonban a robot helyzete is megváltozik, akkor a szögek megoszlása is megváltozik. (Weiss alapján)





3. ábra: Szög hisztogram

### Geometriai és topológiai térképek

A térkép alapú pozicionálásban két gyakori ábrázolás szerepel: geometriai és topológiai térképek. A geometriai térkép az abszolút geometriai viszonyai szerint ábrázol tárgyakat. Ez lehet egy rács térkép vagy egy absztraháltabb térkép, mint vonaltérkép vagy sokszögű térkép. A térkép alapú pozicionálásban érzékelő által derivált geometriai térképeket kell hozzáigazítani egy nagy terület globális térképéhez. Gyakran ez rendkívül nehéz a robot pozícióhibája miatt. Ellenben a topológiai módszer azon alapul, hogy regisztráljuk az észlelt tereptárgyak közötti geometriai viszonyokat, nem pedig az abszolút helyzetüket egy önkényes vonatkoztatási koordináta kerethez képest. A kapott ábrázolás egy gráf alakját ölti, ahol a csomópontok képviselik az észlelt jellemzőket és a szegélyek ábrázolják a jellemzők közötti összefüggéseket. A geometriai térképektől eltérően a topológiai térképek a robot helyzetének a becslései nélkül is elkészíthetők és fenntarthatók. Ez azt jelenti, hogy ebben az ábrázolásban a hibák függetlenek a robothelyzet becsléseiben szereplő hibáktól. Ez a megközelítés lehetővé teszi a nagy területű térképek integrálását anélkül, hogy gondot okoznának a felgyülemlett odometriai pozícióhibák, mivel a csomópontok közötti kapcsolatok inkább viszonylagosak, mintsem abszolút jellegűek. Miután összeállítottuk a térképet, a pozicionáló eljárás lényegében a helyi térképnek a tárolt térképen található megfelelő helyhez való illesztési eljárása.

### Navigáláshoz szolgáló geometriai térképek

Különböző utak és módok vannak a geometriai térképadatok ábrázolására. Talán a legegyszerűbb módszer a betöltési rács alapú térkép. A Bizonyossági Rácson alapuló megközelítésben az érzékelő eredményeit a rácsba helyezük olyan valószínűségi profilok használatával, amelyek az algoritmus bizonytalanságát írják le tárgyaknak egyedi ráscellákon való létezéséről.

Két térkép és egy próbaeltolódás és forgás között az illesztési jóság mércéjét a két térképben található megfelelő cellák szorzatainak az összeadásával számítjuk ki. A távolságméréseket több szempontból szimmetrikusan beépítjük a térképbe. Az üres

térfogatok átfedése erősíti egymást és elősegíti az igénybevett térfogatok tartományának tömörítését. A térkép felbontás javul, amint több eredményt kapunk. A módszer eredményesen foglalkozik a zavaró visszaverődéssel és mozgástervezéshez, valamint hosszabb tereptárgy felismeréséhez használják fel.

A betöltési rács alapú térképek előnyei:

- magasabb sűrűséget tesznek lehetővé, mint a sztereoszkópikus térképek,
- kevesebb számítást igényelnek és gyorsabban felépíthetők,
- különböző érzékelőktől származó adatok könnyű integrálását teszik lehetővé és
- felhasználhatók arra, hogy statisztikailag kifejezzék az adatok helyességébe vetett bizalmat

A beépítési rács alapú térképek hátrányai:

- az észlelt jellemzőkkel kapcsolatos nagy bizonytalansági területekkel rendelkeznek,
- aktív érzékeléssel kapcsolatos nehézségeik vannak
- a dinamikai akadályok modellezésével kapcsolatos nehézségeik vannak és
- komplexebb becslési eljárást igényelnek a robot járműhöz

### **Navigáláshoz szolgáló topográfiai térképek**

A topológiai (helyrajzi) térképek a megfigyelt jellemzők közötti geometriai összefüggések regisztrálásán alapulnak, mintsem az abszolút pozíciójuk rögzítésén egy önkényes vonatkoztatási koordinátaképhez viszonyítva. Egy topológiai térkép két alapfunkciót:

a. Helyfelismerés – Ezzel a funkcióval meghatározásra kerül a robot környezetbeli aktuális helyzete. Általában a helynek a leírása, vagy a térképi csomópont, tárolódik a helyvel. Ez a leírás lehet kivonat vagy egy helyi érzékelői térkép. Minden egyes csomóponton az illesztés az érzékelt adatok és a csomópont leírás között történik.

b. Útválasztás – Ezzel a funkcióval megállapítunk egy pályát az aktuális helyszíntől a globális helyszínig.

### **Összefoglalva**

A térkép alapú pozicionálás még mindig a kutatási fázisban van. Jelenleg ez a technika laboratóriumi környezetekre korlátozódik és jó eredményeket csak jól strukturált környezetekben értek el. Nehéz megítélni, hogy egy laboratóriumi robot teljesítménye hogyan illeszkedik egy valós világi alkalmazáshoz.

### **A térkép alapú navigációs rendszerek:**

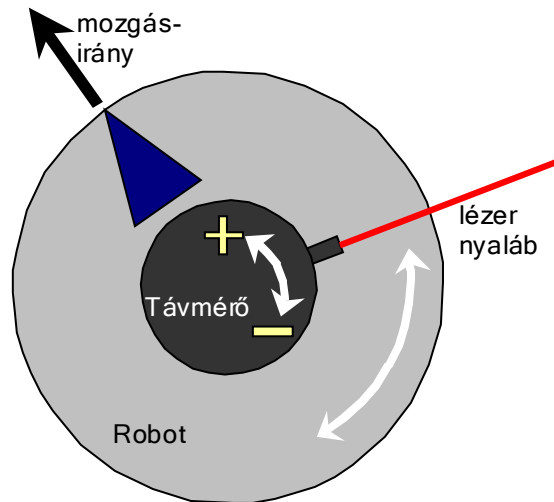
- még mindig a kutatási fázisban vannak és laboratóriumi környezetekre korlátozódnak,
- nem próbálták ki azokat nagyüzemileg valós világi körülmények között,
- jelentős nagyságú feldolgozási és érzékelési adottságokat követelnek meg,

- erőteljes feldolgozást igényelnek, a használt algoritmusoktól és a felbontástól függően,
- kezdeti odometriai becsléseket igényelnek a kezdeti jellemző keresés kisebb területre való korlátozása végett.

# A mérés menete

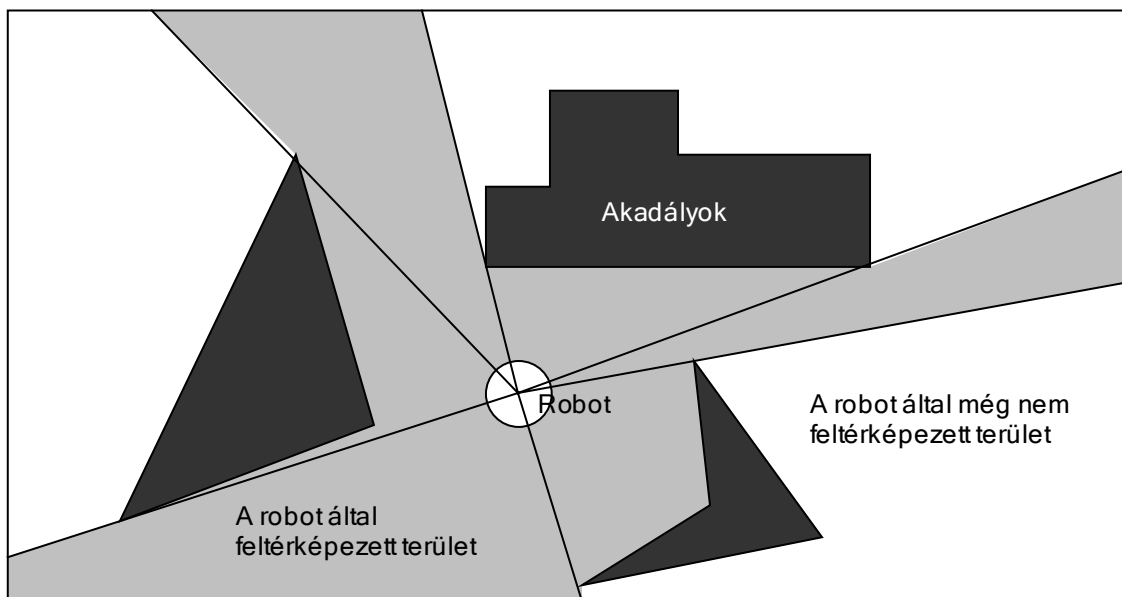
## *Mérési környezet*

A mérés során egy szimulált környezetben mozoghatunk robotunkkal. Rendelkezésünkre áll a robotra szerelve egy lézeres távolságmérő berendezés, mely tetszőleges szöggel elforgatható. A robot mozgása során a robotnak megadhatjuk, milyen szöggel forduljon jobbra, vagy balra, illetve, mennyit menjen előre:



4. ábra: A robot felépítése

A robot, körbefordítva a rajta található távolságmérő eszközt egy pontról a területnek csak egy részét láthatja. A térkép elkészítése során ez nem elegendő, Meg kell keresni a terület azon pontjait, melyekről körülnézve összességében a teljes terület feltérképezhető.



## 5. ábra: A robot által egy pontból feltérképezett terület

A hallgatóknak rendelkezésére állnak a robot, és a távolságmérő berendezés paraméterei, illetve berendezés által szolgáltatott adatok. A paraméterek a hallgató által állíthatóak, ezeket a mérésvezető adja meg. A programot a hallgatók MATLAB környezetben írhatják meg.

### A mérési környezet paraméterei:

- **ROBOT\_DIAMETER**: robot átmérője
- **ROBOT\_FORWARD\_ERROR**: robot mozgásának hibája (% , gauss eloszlás)
- **ROBOT\_TURNING\_ERROR**: robot forgásának szöghibája (% , gauss eloszlás)
- **DISTMEAS\_ORIENT\_ERROR**: távolságmérő orientációjának szöghibája (° , gauss eloszlás)
- **DISTMEAS\_DISTANCE\_ERROR**: távolságmérő távolságadatának hibája (% , gauss eloszlás)

### A mérési környezet függvényei:

- **goforward**(distance): a robot előre megy *distance* távolságnyi.
- **turnright**(angle): a robot jobbra fordul *angle* szöggel
- **turnleft**(angle): a robot balra fordul *angle* szöggel
- **dmeasorient**(angle): beállítjuk a távolságmérő egység irányát (robot testéhez viszonyítva)
- distance = **getdistance**(): visszaadja azt a távolságértéket, melyet az adott irányba nézve a távolságmérő egység mér
- distance = **getaround**(divisions): visszaadja azon távolságértékeket, melyeket a készülék távolságmérő egysége körbefordulva kap.
- **initenv**: Inicializálja a mérési környezetet, létrehozza a globális változókat...
- **loadenv**(envname): betölti az *envname* nevű környezetet (akadályok, robot elhelyezkedése, paraméterek)
- **showmap**(): kirajzolja az aktuális térképet, és benne a robot pozícióját és orientációját
- **savebmp**(bmpfile, X, map): elment egy bmp típusú lépet (raszteres térképhez), *X* a kép mátrix-a, *map* egy „szín-táblázat”

## Feladatok

### 1, Környezet térképének felvétele

Ha a mérésvezető által kiválasztott környezet paraméterei 0-tól különbözőek, állítsa az összeset 0-ra!

a, Készítsen raszteres alapú képet arról, amit a robot az adott helyről lát.

b, Készítsen raszteres alapú képet a teljes területről

*Ötletek:*

- Ha a két igen közeli távolságmérő orientáció által szolgáltatott távolságérték komoly mértékben eltér (ugrás), feltehetőleg egy objektum további területeket takarhat ki.

- Mélységi keresés elvén (pl. rekurzíven) triviálisan konvergens megoldáshoz juthatunk
- c, Módosítsa az algoritmust úgy, hogy a robot mérete 0-tól különböző legyen, ugyanakkor sohase menjen a falnak
- d, Vizsgálja meg, hogy a különféle zavaró tényezők, miként befolyásolják mérését
- e, Vegye fel a térképet vektoros formában

## **2, Navigáció**

- a, Vegyen fel egy képet, s határozza meg, az eltárolt térkép melyik területén lehet a robot.
- b, Dolgozzon ki eljárást, hogy egy adott pontba hogy tud a legkönnyebben eljutni.
- c, Juttassa el oda a robotot, zajjal terhelt környezetben. Itt szükség van az időnkénti újra mérésre, hogy az adott pozíciót pontosabban ismerjük.