

Hol járunk?

Helymeghatározás autonóm járművekben

TÓDOR BALÁZS

BME, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
balazs.todor@mit.bme.hu

Kulcsszavak: robotnavigáció, lokalizáció, Particle Swarm Optimization

Az elmúlt években egyre gyakrabban találkozhatunk önállóan mozgó járművekkel, gépekkel, és néhány év múlva már akár a saját házukban is használhatunk ilyeneket. Ha közelebbről megvizsgáljuk az autonóm robotokat, az esetek döntő többségében a megoldandó probléma legmélyén a navigációt találjuk. Alaposabb vizsgálódást végezve láthatjuk, hogy ezek a feladatok két, nagy csoportra bonthatóak: egyesek olyan megoldásokat igényelnek, amelyeknek csak az ütközésmentes mozgást kell biztosítani a környezetben, míg a bonyolultabbak már célirányos navigációt követelnek meg – természetesen az akadályok kikerülése ekkor is megmarad alapvető követelménynek.

1. Az autonóm jármű

Hogyan is néz ki egy autonóm jármű belülről? Először is szüksége van néhány érzékelőre, amelyekkel az akadályokat észreveheti, illetve amelyekkel a mozgás célpontjait is felismerheti. Mivel a navigáció mindkét kategóriájában alapvető feladat az ütközésmentes mozgás, ezért legtöbbször távolságmérőket (például ultrahangos, lézeres, infravörös) szokás a robotokra szerelni.

A szenzoraink jeleiből a járművünknek fel kell tudnia építeni a környezet valamilyen modelljét, ami csak a lényeges információkat tartalmazza, azokat viszont – a navigáció szempontjából – a lehető legegyszerűbb formában. Ezt nevezzük világmodellnek, és az útkeresés, illetve az ezt követő útvonalkövetés is ezen a modellen fog dolgozni.

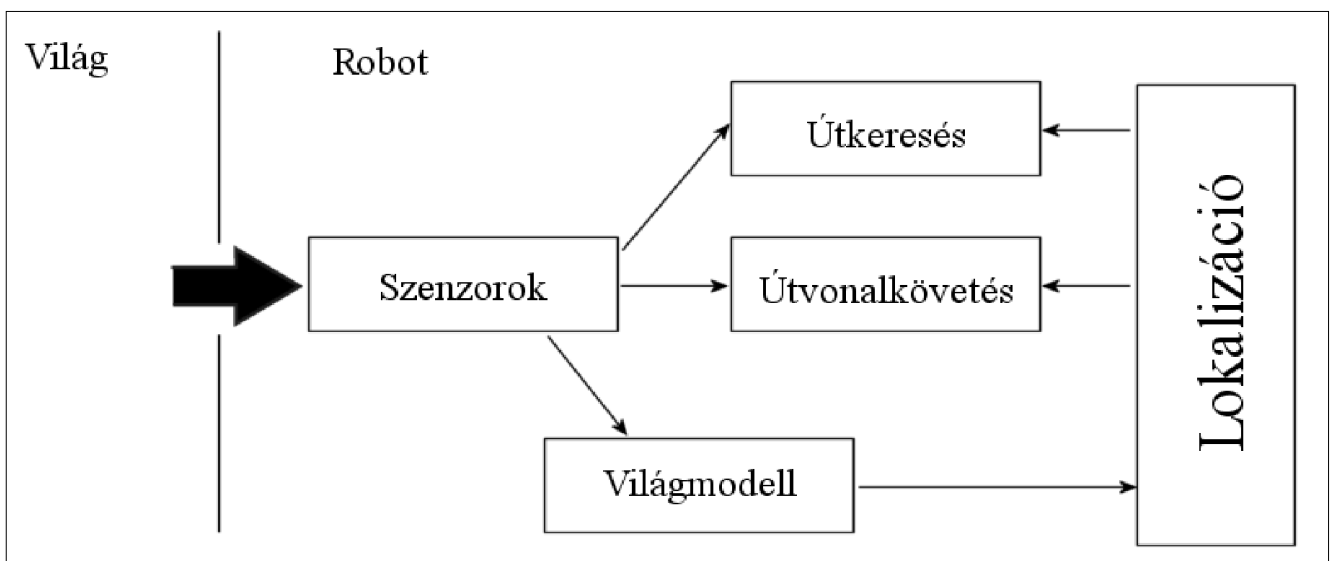
Már csak egy probléma maradt megoldatlan: a helymeghatározás. Adott ugyanis egy robot, ami csak tá-

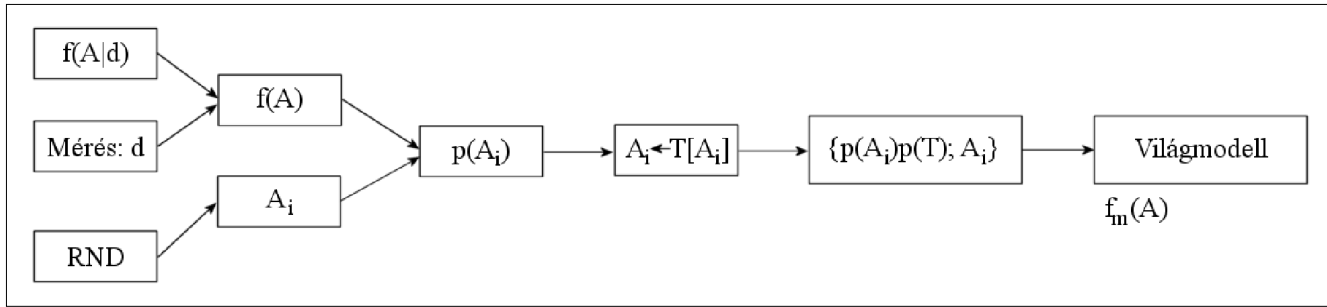
volságmérőkkel van felszerelve, és mint ilyen, fogalma sincs arról, hogy éppen merre lehet a világmodelljében, sőt, még azt sem tudja, hogy milyen irányba néz. Ezt hívjuk a lokalizáció (helymeghatározás) problémájának [3]. Robotunk blokkvázlata az 1. ábrán látható.

Természetesen, az elmúlt években több megoldás is született ebben a kérdéskörben is, amelyek közül terjedelmi okokból csak a két leggyakoribb kategóriát emeljük ki: az úgynevezett landmarkos, illetve a térkép- és modellillesztő eljárásokat. Az előbbieket a szenzorjelek között keresnek a megszokottól eltérő, kiugró, csak a környezet adott, kis részeire jellemző mintákat (landmarkokat), míg az utóbbiak az aktuális szenzorjeleket transzformálva általában valamilyen mintaillesztő algoritmussal próbálják kitalálni az aktuális helyet és irányt.

A következőkben bemutatott eljárás is ez utóbbi kategóriába tartozik.

1. ábra Egy általános autonóm jármű blokkvázlata





2. ábra A világmodell felépítése

2. Részecskesereg optimalizálás

A lokalizáció feladata egy olyan T transzformáció „kitalálása”, amely a robot lokális koordináta-rendszerét egy globálisba viszi át. Kétdimenziós mozgást feltételezve ez egy 2D-s vektorral való eltolást, illetve egy elforgatást jelent. Ezen a háromdimenziós keresési terén kívül adott egy úgynevezett jósági függvény, ami megmutatja, hogy melyik transzformáció mennyire felel meg az elvárásainknak. Tehát a keresési terünk minden pontja egy lehetséges eltolás-elforgatás párost ad meg, amelyeket a jósági függvény segítségével ki tudunk értékelni.

A lokalizáció legegyszerűbb megoldása az, ha véletlenszerűen kiválasztunk néhány pontot a keresési térben, majd azokat kiértékelve egyszerűen a legjobbat használjuk fel a T transzformációként. Ennél egy fokkal hatékonyabb módszer az, ha ezeket a pontokat olyan részecskéknek tekintjük, amelyek mozogni is tudnak. Mozgassuk a kiértékelő lépés után az összes részecskét a legjobb jósági értékű pont felé! Néhány ilyen kiértékelés-mozgatás páros elvégzése után elvileg az összes részecskék a legjobb transzformáció környékén fog tartózkodni.

Azért, hogy a pontjaink ne csak egy lokális legjobb érték köré álljanak be, hanem a globális optimumot találják meg, a pontok mozgatásán még kicsit finomítani kell. Így jutunk el a cikkben leírt lokalizációs algoritmus alapját képező Particle Swarm Optimization-ig (PSO, kb. „optimalizálás részecskesereggel”), amely alapvetően egy globális optimumkeresésre kitalált eljárás [2].

Ezt az algoritmust a kilencvenes években dolgozták ki úgy, hogy a kutatók az élelmet kereső madárrajok mozgását próbálták leutánozni. Jelenlegi formájában a részecskék („madarak”) elmozdulásvektorát leíró egyenlet a következőképpen néz ki (\vec{x} a keresési tér egy pontja):

$$\vec{v} = w \cdot \vec{v} + 2 \cdot RND_1 \cdot (\vec{P} - \vec{x}) + 2 \cdot RND_2 \cdot (\vec{G} - \vec{x}) \quad (1)$$

RND_1 és RND_2 véletlen számok a $(0..1)$ -ből, \vec{P} az adott részecske eddigi legjobb állapotát (personal best) tárolja, míg \vec{G} -be az egész raj legjobb \vec{P} értékét tesszük. A tapasztalatok alapján a konvergencia biztosítható akkor is, ha $w=1$, de ekkor az elmozdulásvektor hosszát maximalizálni kell.

Ha egy véletlen zajt adunk a \vec{v} -hoz, akkor a teljes beállítás helyett a részecskék egy kis térrészben fognak

mozogni az optimum körül. A (2)-ben ez a harmadik tag jelentősen elősegíti a gyorsabb beállást, ugyanakkor növeli is a lokalizáció hibáját. Szerencsére ez a zaj viszonylag nagy frekvenciájú, sokkal „gyorsabb”, mint a robot mozgása, ezért egy egyszerű exponenciális szűrővel hatékonyan eltüntethető.

$$\vec{v} = \vec{v} + 2.0 \cdot RND_1 \cdot (\vec{P} - \vec{x}) + 2.0 \cdot RND_2 \cdot (\vec{G} - \vec{x}) + 0.5 \cdot RND_3 \cdot (\vec{R} - \vec{x}) \quad (2)$$

Így sikerült elérni azt, hogy a PSO minden egyes számítási lépésben kis hibájú (tehát használható) eredményt ad. Ez azért lehetséges, mert egyrészt a részecskék sebessége jóval nagyobb, mint a roboté, másrészt a robot elmozdulása két lépés között kisebb, mint a részecskék által kitöltött térrész mérete.

A fentebb leírt \vec{G} és \vec{P} értékek a részecskék memóriáját jelentik, amelyek a környezetről tartalmaznak implicit információkat. Ezért, ha a robot mozog, ezeket időnként törölni kell.

3. A világmodell

A korábbi kutatások többnyire felülnézeti, valószínűségi térképet (gridet, rácsot), illetve gráfot használtak. Az előbbi túlságosan nagy tárterületet igényel, és a hosszútávú konzisztenciájának biztosítása is nehéz feladat – cserébe viszont könnyen felépíthető a szenzorjelekből. A gráfok ezzel szemben magasabb szintű információkat tartalmaznak, ezért rugalmatlanabbak, nehezebben felépíthetőek, viszont kevesebb memóriát igényelnek, és a navigációt is jelentősen megkönnyíthetik.

Mivel a fentebb leírt algoritmus egy alacsony szintű eljárás, ezért egy alacsony szintű világmodellt lenne célszerű hozzá használni: az akadályok valószínűségrészség-függvényét fogjuk véletlenszerűen mintavételezve lementeni (2. ábra).

A robot távolságmérő szenzorai valószínűségi működésűek, ezért a kimeneti jelet szintén egy *a priori* valószínűségrészségfüggvény adja meg. Ez megmutatja, hogy adott mért távolság (d) mellett melyik térrész (A terület) milyen valószínűséggel tartalmaz akadályokat. Jelöljük ezt $f(A|d)$ -vel! A d ismeretében ebből meghatározható $f(A)$. Ezután kiválasztunk néhány véletlenszerű A_i térrészt (P pontokat és ε sugarú környezetüket), majd ezeken a területeken egy integrálással kiszámítjuk, hogy mekkora valószínűséggel lehet akadály:

$$p(A_i) = \int_{A_i} f(A) \cdot dA$$

Ekkor az A_i térrész még a robot lokális koordináta-rendszerében van, ezért ezt a T segítségével át tesszük a globálisba. A világmodellben tehát eltároljuk a transzformált A_i térrészt, és annak $p(A_i) \cdot p(T)$ „valószínűségét”, ahol $p(T)$ a kipróbált transzformáció jóságát, „valószínűségét” adja meg.

Ha $f(A|d)$ viszonylag egyszerű (például lézeres távolságmérő), akkor egy, esetleg két pont elég mérésenként, míg bonyolultabb függvény esetén többre is szükség lehet. Természetesen, minél több pontot használunk, annál pontosabb, stabilabb lesz az algoritmus, de a számításigénye is ezzel arányosan nő.

A világmodell azonban nem csak építeni, hanem felhasználni is tudni kell. A PSO esetében ez csak annyit jelent, hogy a részecskék állapotát ki kell értékelni – így kapjuk meg a P -ket és a G -t a sok részecske helyzetéből. Szerencsére, a világmodell egyszerűsége miatt ez sem nagyon bonyolult feladat.

Mindössze annyi a dolgunk, hogy a világmodellt és az aktuális érzékelések valószínűsége-sűrűség-függvényeit azonos koordináta-rendszerbe transzformáljuk, majd a világmodell ismert térrészeiben kiszámítjuk a szenzorjelek értékeit is. A kettő különbsége lesz a kipróbált transzformáció hibája (3. ábra). Ezeket a különbségeket átlagolva kapjuk a kipróbált transzformáció jóságát, „valószínűségét”, $p(T_i)$ -t.

4. Fejlesztési lehetőségek

Az eljárás jelenlegi formájában csak rövidtávon alkalmazható. Ez a valószínűségi működés miatt van így, ugyanis a világmodellben található akadálypontokhoz rendelt valószínűségek a kezdőponttól távolodva fokozatosan csökkennek. Ennek megoldására egy magasabb szintű algoritmusra is szükség van.

A beállást tovább lehetne gyorsítani, vagy, ami ezzel azonos értékű, a részecskeszámot csökkenteni, ha a robot fizikai modelljének részleteit figyelembe vesszük az eljárásban. Ezzel azonban vigyázni kell, hi-

szén minél több elemet veszünk be, annál rugalmatlabbá válik az algoritmus.

Ha a T összeállításánál a G helyett a legjobb néhány részecske P értékét vennénk figyelembe, akkor valószínűleg a részecskeszámot tovább lehetne csökkenteni.

5. Összefoglalás

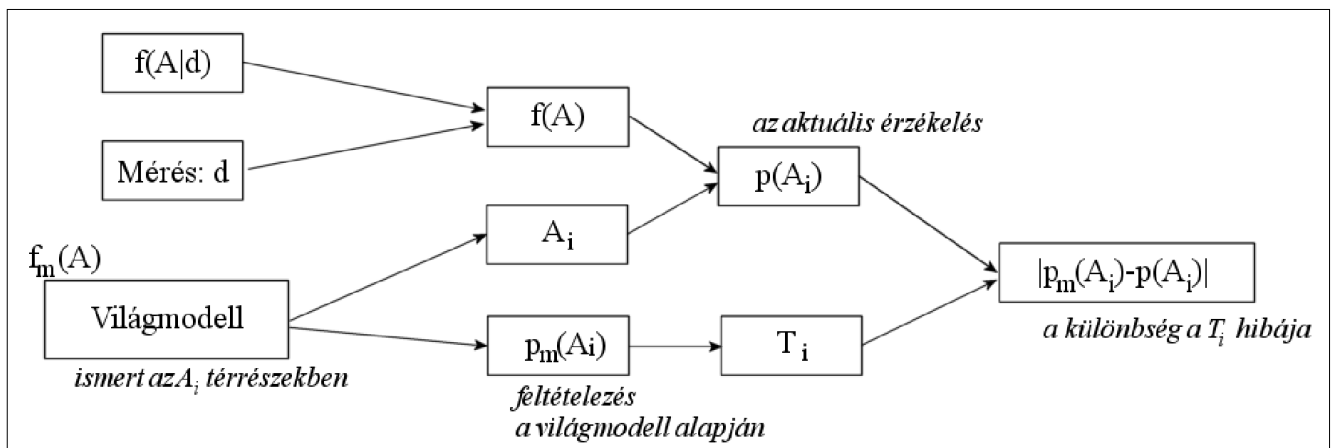
A fentebb bemutatott eljárás még jelenlegi, kezdetleges formájában is alkalmas az alacsony szintű lokalizációra, mivel a szimulációk szerint nagyjából huszonöt centiméteres hibával képes volt a jármű helyét meghatározni.

A kutatás során a PSO-t a hozzáadott zajjal, szűrés-sel egészítettem ki, majd az algoritmust az új világmodellben futtattam, és így a tapasztalatok szerint egy jó kiindulási alapot kaptam egy teljes körű lokalizációs eljárás felépítéséhez. A működés pontosabb leírásához azonban egy jobb matematikai modellre van szükség.

Irodalom

- [1] Carlisle, A., Dozier, G.: “Adapting particle swarm optimization to dynamic environments”, Proceedings of International Conference on Artificial Intelligence (ICAI) 2000, Las Vegas, Nevada, USA. pp.429–434.
- [2] Eberhart, R. C., Kennedy, J.: “A new optimizer using particle swarm theory”, Proceedings of the 6th International Symposium on Micromachine and Human Science, Nagoya, Japan. pp.39–43, 1995.
- [3] U. Gerecke, N. E. Sharkey, A. J. C. Sharkey: “Common evidence vectors for self-organized ensemble localization”, Elsevier Neurocomputing, October 2003, Vol. 55, iss.3, pp.499–519.

3. ábra Egy transzformáció (T_i) kiértékelése



11. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás

2005. június 1-2. (szerda-csütörtök)
Hotel Hélicia (Budapest XIII. Kárpát u. 62-64.)

A konferencia fővédnöke:

Kovács Kálmán Informatikai és Hírközlési Miniszter

Fő támogató:

Antenna Hungaria Rt.

A részletes program és jelentkezési lap megtalálható a www.hte.hu honlapon.

Kérhető továbbá a HTE Titkárságán
Tel.: 353-1027; fax: 353-0451; e-mail: hte@mtesz.hu
Postacím: 1055 Budapest, Kossuth tér 6-8.

Amennyiben hallgatóként kíván részt venni a rendezvényen, kérjük, hogy a jelentkezési lapot kitöltve szíveskedjen visszaküldeni 2005. május 18-ig a HTE Titkárságra.

Részvételi díj

A konferencia részvételi díja
64.000 Ft+ÁFA/fő/2 nap,
mely összeg magában foglalja az alábbiakat:

- szekciókon való részvétel;
- konferencia kiadványának egy példánya;
- résztvevők listájának egy példánya;
- kávészüneteken és ebédeken való részvétel.

Egyéni HTE tagok részére megpályázható kedvezményes részvételi díj:
48.000 Ft+ÁFA/fő/2 nap.

Feltételek:

- legalább 1 éves érvényes HTE tagság
- nincs tagdíjmaradás

A konferencia a digitális technika és az információ technológia egyre szélesebb körű alkalmazása következtében forradalmi változásokat megelő tartalom-előállító és tartalom-továbbító szolgáltatások legfrissebb technikai és technológiai megoldásait kívánja bemutatni, felvillantva a közeljövő nem kevésbé izgalmas perspektíváit is. A konferencia egyaránt számít a tartalom-szolgáltatásban és a tartalom-továbbításban tevékenykedő mérnökök és technikusok, az e szakterületek felé orientálódó egyetemi hallgatók, de az e területeken kreatív vagy tartalmi, gazdasági, szervező munkát végző, nem technikai képzettségű menedzserek érdeklődésére is.

Kiállítás

A kiállításon épített kiállítási stand és építetlen kiállítási terület igényelhető.

Kiállítási árak 2 napra:

- bútorozott kiállítási stand: 50.000 Ft/nm + ÁFA
- építetlen kiállítási terület: 35.000 Ft/nm + ÁFA

A kérhető minimális kiállítási terület 6 nm.

A standok elrendezését a szervező bizottság végzi. A kiállítás területén éjszakai őrzést biztosítunk, de nappal minden kiállító maga felelős a standján elhelyezett tárgyakért, értékekért.

Amennyiben kiállítóként kíván részt venni a rendezvényen, kérjük, hogy a jelentkezési lapot kitöltve szíveskedjen visszaküldeni legkésőbb 2005. május 6-ig.

Kiadvány

A konferencián elhangzó előadásokat kiadványban jelentetjük meg, melyet a résztvevők a regisztrációnál kapnak meg. A kiadványban lehetőséget kínálunk hirdetés megjelenítésére, A4 oldal méretben 25.000 Ft+ÁFA díjért.

A hirdetések fehér papírra, jó minőségű fekete-fehér nyomtatásban legkésőbb 2005. május 6-ig kérjük eljuttatni a HTE Titkárságra.

Várjuk jelentkezését!

*A 11. Televízió- és hangtechnikai konferencia és kiállítás
Szervező Bizottsága*