

PAL-Commander

**Mornailla László, Pekár Tamás Gábor, Solymosi Csaba Gergő,
Vámosy Zoltán**

Neumann János Műszaki Informatika, Budapesti Műszaki Főiskola
Bécsi út 96/B, H-1034 Budapest, Hungary
E-Mail: palcommander@googlegroups.com
Web: <http://palcom.bmfik.hu>

***Abstract:** A cikk témája olyan autonóm robot megtervezése és kivitelezése, amely egy homogén, gyengén textúrázott környezet figyelembevételével önálló navigációra képes. Az egységeket a mobil robot, vezetékek nélküli, PAL optikával felszerelt kamera, a vezérlést végző számítógép, és a soros irányításon keresztül a távirányító teszi ki*

Kulcsszavak: PAL (Panoramic Annual Lens), omnidirectional vision, mobil robot, robot sensing systems, obstacle detection, obstacle avoidance.

I BEVEZETÉS

A projekt célja egy olyan guruló mobil robot készítése, mely a PAL-optika felhasználásával önálló ütközésmentes navigációra képes: homogén vagy gyengén textúrázott közegben való akadálykerülést, vonalkövetést végez. A hosszú távú célja a környezet autonóm módon való feltérképezése, ezen a térképen a felhasználó által kijelölt útvonalon ütközésmentes haladás, valamint előredefiniált objektum keresése. A következőkben a rendszer egyes részei kerülnek bemutatásra.

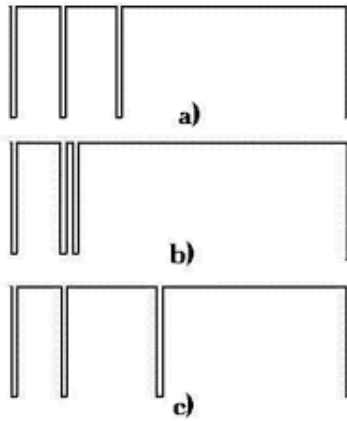
II. FELÉPÍTÉS

A robot alapját egy távirányítós Modell RC képezi. Erre van felerősítve a PAL optikával felszerelt wireless kamera. A kamera jele TV tuner segítségével van közvetítve a feldolgozó programba, mely pusztán ezekre a képekre támaszkodva automatikusan vezérli a robotot.

III HARDVER

A Modell RC képes precíziós irányításra: mind a sebesség, mind az irány nagy pontossággal állítható. Hatótávolsága 30-40 méter, maximális sebessége 20 km/h.

Az eredeti távirányítóra a PC plussz elektronikával csatlakozik be, majd két tranzisztort 3 impulzussal vezérel. Az impulzusokat 18F1320-as PIC mikrokontrollerrel szolgáltatja. A PIC programjában egy Timer megszakítást okoz 15ms-enként. Minden megszakításnál az első impulzus kiadása a periódus idő kezdetét jelöli. Ezzel "egy időben" egy másik Timer is elindul egy olyan számláló értékkel, amit a PC-ről kapott vezérlőérték határoz meg. Ha lejárt ez a számláló, akkor kiadásra kerül a második impulzus az irány beállításához, majd a számlálót újraindítva a harmadik adat a sebességet vezérli.



1. ábra

A vezérlő jelek: a, közép irány; b, nulla sebesség; c, maximális sebesség

IV. TELJESLÁTÓSZÖG

A PAL optika [4] segítségével a környezet képe körgyűrűre képezhető le. Nagy előnye, hogy az optikából kinyert képből tetszőleges, a környezetben elhelyezkedő objektum iránya meghatározható. A PAL optika a maga tükröződő, és fénytörő felületével egyetlen üvegdarabból áll. Egy kiegészítő optika azonban szükséges, hogy az optikában képződő virtuális teljeslátószöget egy érzékelőre –egy CCD chipre– vetüljön. Az ilyen optika szenzorként való alkalmazása nagymértékben csökkenti a szükséges szenzorok számát, és ezzel együtt az energiafelvételt is.

A PAL optika másik nagy előnye, hogy nincs szükség mozgó alkatrésze a környezet vizsgálatához, valamint változó távolságban az éles kép eléréséhez nem szükséges külön fókuszálni. Ezért az egy optikai érzékelő kielégítő mennyiségű információt biztosít a navigációhoz.

A környezet 360fokos képét 2 dimenzióra vetíti le ezzel körgyűrűs

képet alkot, azaz polár koordinátával leírható hengervetületet ad. Felépítéséből adódóan a közepén egy holttér található, mely a képalkotásban nem vesz részt. Az optika főbb tulajdonságai: a kép középpontja, a belső, külső sugár, valamint a lencse görbülete. A PAL-középpont gyakran eltolódva helyezkedik el a kép közepéhez képest, ezért korrigáció szükséges, amit a szoftver automatikusan elvégez.

A kamera a mobil RC tetején helyezkedik el, a földet nézve, emiatt csak a közvetlen környezetét képes vizsgálni.



2. ábra

A mobil robot

V ELŐFELDOLGOZÁS

A képfolyam az Input modulból érkezik, melynek feladata kamerából kép kinyerése, vagy teszt videó visszajátszása. Ez továbbítja a Döntéshozó, és Mapper moduloknak. A döntéshozó elemzi a képet, és százalékos értékeket küld a Navigation modulnak, mely soros porton irányítás és sebesség értékeket továbbít a PIC részére.

Annak érdekében, hogy a döntéshozás megfelelően működjön, a kép előszűrési folyamaton megy keresztül. A HSL[5] szűrő használatával a program a képet színárnyalat, intenzitás és megvilágítottság szerint szegmentálja. A színárnyalat (Hue) 0-360 intervallum közé, az intenzitás (Saturation) és megvilágítottság (Luminance/Brightness) 0-100 közé esik.

A HSL szűrés két esetben alkalmazott: vonalkövetésnél, ha a pálya teljesen homogén, valamint objektumkövetésnél, ha az objektum a környezettől jelentősen eltérő színű.

Az RGB szűréssel hasonló eredményt lehet elérni, ám az algoritmus jelentősen gyorsabban fut. A 3 színsatorna alapján minimum és maximum értékeken belül vizsgáljuk a pixelintenzitást, és ha a határok közé esik, akkor azt megjelenítjük, különben fekete marad.

A threshold szűrés segítségével binarizáció érhető el, így csak azok a pixelek fognak beleszámítani, amelyekre szükségünk van.

VI NAVIGÁCIÓ

Egyetlen komplex algoritmus valósítja meg mindhárom navigációt (vonalkövetés, objektum követés, valamint "free fall" navigáció)

Először a PAL kamerakép tulajdonságait kell meghatározni: középpont, belső holtter sugara (r_1) és belső sugár (r_2).

Ezek után szükséges még néhány, a felhasználó által megadott adat:

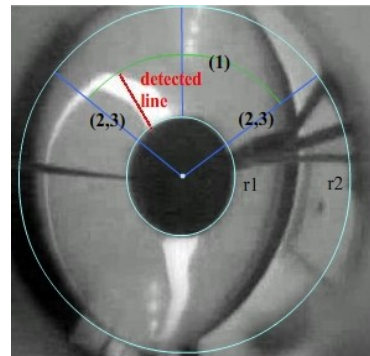
- Distance(1): a maximális figyelési távolságot százalékban adhatjuk meg az r_2 -höz képest;

- Scanning degree (2): a keresési szögnevezet 0-180fok-ig terjedhet;

- Turning degree (3): a maximális elfordulási szöge a robotnak;

- threshold minimum - a legkisebb elfogadható pixelintenzitások összege.

Az algoritmus egy olyan irányvonalat határoz meg a képen, mely a középpontban tart össze, a kezdete a középponttól r_1 távolságra van. A hosszát a *distance* értékkel tudjuk változtatni.



3.ábra

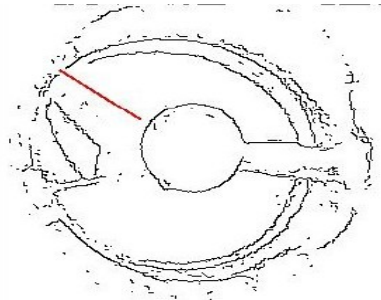
A PAL kép, és az irányvonal

Az algoritmus 90 foktól elkezdve a *scanning degree* értékig balra (>90 fok) illetve jobbra (<90 fok) kezd keresni a fokértékek között. A meghatározott vonalak mentén összeadja a pixelintenzitásokat, és amelyeknél az érték túllépi a *threshold minimum* küszöbszámot és a legtöbb, az a

szögérték lesz kiválasztva az irányítás számára. Ez a szögérték később ellenőrzésre kerül, hogy a robot elfér-e az adott szakaszon.

Ha az algoritmus nem talál megfelelő utat a kép felső részén, akkor a kép alsó részét hasonló módon vizsgálva küldi ki a megfelelő irányítási értékeket – tolatás megfelelő irányba vagy megállás.

Pályamenti navigáció (freefall) esetén Canny [6] élszűrést alkalmazva a zavaró objektumok kontúrja potenciális akadálnak minősül. Az algoritmus ezeket elkerülve a legtávolabbi (legbiztonságosabb) irány felé irányítja a robotot.



4. ábra

Track navigáció Canny élszűréssel.

Objektumkövetésnél az említett HSL és RGB szűrést alkalmazva szegmentáljuk az objektumot a kép többi részétől. Binarizálással kiemelt képen az irányító vonal az objektum felé tart.



5. ábra

Objektum követés

VIII. TÉRKÉPEZÉS

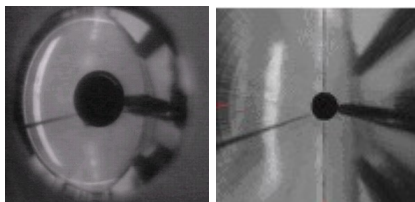
Jóllehet a térképező modul a cikk írásakor még fejlesztés alatt van, néhány eredmény már rendelkezésre áll.

A térképező modul a felhasználó útkiválasztásához lesz implementálva: miután a robot felépíti a környezet térképét, a felhasználó egy útvonalat jelöl ki rajta, amin a robot megpróbál ütközésmentesen végignavigálni.

A célja ennek a modulnak a robot kiindulási állapotától viszonyított lokalizációja, valamint egy felülnézeti térkép felépítése, és karbantartása. A hardver körülmények valamelyest hasonlítanak a Caboto-éhoz [2], de egy más fajta megközelítés került alkalmazásra.

A térkép felépítése érdekében a PAL optikáról érkező képet egy felülnézeti képpé transzformáljuk.

A transzformáció elvégzéséhez az algoritmus feltételezi, hogy a PAL kép szabályos körgyűrű. Így az egyes pixelek középponttól való távolságának transzformációjával egy felülnézeti, térkép-szerű képet lehet építeni. A transzformációs görbét néhány pont valós távolságának, valamint a PAL képen lévő távolságának arányából kapott pontokon egy spline interpoláció alkalmazva lehet kinyerni. Az algoritmus teljesítményének növelése érdekében egy transzformációs mátrix van beiktatva, amely meghatározza a célképen lévő egyes pixelek forrásképen lévő helyzetét. A mátrix felépítése után az minden további képre alkalmazható valós-időben.



6.ábra

Az eredeti PAL-kép, és a hozzá tartozó felülnézeti kép

A felülnézeti kép generálása után a modul egy statikus bitmaszkot alkalmaz azon részletek kivágásához, amelyek nem tartalmaznak a feldolgozáshoz információval (ilyen például a közéső vakfolt). Ezután az eredmény képen jellemző pontokat keres, és azokat követi. Ezen jellemző pontok alapján határozza meg a helyzetét, és irányát a robotnak, egy Kalman-szűrő segítségével [3].

A lokalizáció után a modul elforgatja a képet a robot eredeti szöge szerint, majd ezt a képet illeszti bele a globális térképbe.

Annak érdekében, hogy a térkép dinamikus növelhető legyen amint új területet jár be a robot, egy statikus bitmap nem elég; ehelyett a modul a térképet számos kisebb képrészletre bontja, és az egyes képrészletek egymáshoz viszonyított pozícióját tárolja.

A globális térképbe való beillesztése az egyes képrészleteknek statisztikai módszerrel történik: az egyes pixelek értékei átlagolódnak a hozzájuk tartozó képrészletek pixelei alapján.

IX. EREDMÉNYEK

A robot tesztelése először folyosón történt, külön épített tesztpályán. Elfogadható eredményeket ért el vonalkövetés, pályanavigáció, és objektumkövetés terén.

A beltéri környezetnek három hátránya volt: a keskeny folyosó, valamint a neon, és az ablakon beszűrődő nap fénylődése a padlón (lásd a 3.ábrát). Ezek kiküszöbölésére a robot szabad terepen, aszfalton lett tesztelve, ami biztosabb navigációt eredményezett.

Mérésre került a használt algoritmusok futási ideje, valamint processzor használata, az eredmények az 1. táblázatban láthatóak.

	<i>Időérték</i>	<i>Processzor használát</i>
Átlagos idő tesztvideóval	< 1 ms	3%
Vonalkövetés	< 1ms	5%
Canny	6 ms	35%
HSL	43 ms	70%
RGB filter	2 ms	10%
Threshold	5 ms	24%

Table 1

Mérési eredményei a használt szűrőknek

IX. TOVÁBBFEJLESZTÉS

A jelenlegi rendszernek számos hátránya van, amit a továbbfejlesztés érdekében ki kell küszöbölni.

Hardver részről a hatótávolság, valamint jelminőség növelése a cél, egy új kamera segítségével. A felhasznált perifériák számát is csökkenteni kell.

Ezen célok elérése érdekében egy új robot van tervezés alatt, mely a feldolgozó egységgel wireless kapcsolaton keresztül kommunikál, így csökkentve a külső perifériák számát,

és növelve, a hatótávolságot. A roboton belülré kerül egy laptop, amely fizikai kapcsolatban áll a kamerával, és a motorvezérlő pic-el. A videójelet stream-elve küldi a feldolgozó egységnek, majd kapja vissza az irányítási értékeket szintén a vezeték nélküli hálózaton.

Konklúzió

A készített rendszer, egy alacsony költségvetésű robot, amit könnyű reprodukálni. A rendszer a jelenleg kitűzött kritériumainak megfelel: autonóm módon képes ütközésmentes navigációra, felfestett pályán való haladásra, valamint objektumkövetésre homogén környezetben.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OM TDK támogatta, az OM FPO 245540/2005 alapján.

Referenciák

- [1] The Page of Omnidirectional Vision
<http://www.cis.upenn.edu/~kostas/omni.html>
- [2] The Caboto Project
www.dei.unipd.it/~emg/papers/caboto.pdf
- [3] An Introduction to the Kalman Filter
http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/kalman_intro.pdf
- [4] Veress, M. and Greguss, P. (1998), Centric Minded Imaging in Space Research, In: Proc. of 7th International Workshop on RAAD'98, (K. Dobrovodsky (Ed.)), pp. 121 - 126. Bratislava, Slovakia.
- [5] Adrian Ford and Alan Roberts: Colour Space Conversions
<http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf>
- [6] Canny edge detector
<http://www.pages.drexel.edu/~pyo22/students/designTeams/kite2001WorkFolder/cannyEdgeDetector.pdf>