XIII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2008. március 14-15.

KÁLMÁN SZŰRŐ A JELFÚZIÓS TECHNIKÁK ALKALMAZÁSÁBAN

TAMÁS Levente, LAZEA Gheroghe

Abstract

The presented topic deals with measurement used in navigation systems such as odometric, infrared or ultrasonic. The first part of the paper presents these measurement systems such as the odometric, ultrasonic and infrared ones, while in the second part there are proposed algorithms for estimation such as Kalman filter and for fusion of the multisensor information.

Összefoglalás

A dolgozatban témája egy a navigációban használatos pozicionáló rendszer szereplő amely különböző típusú szenzorokra épül, valamint a több féle információt hordozó mérések együttes használatára, fúziójára. A dolgozat első felében az odimetrikus szenzorokkal tárgyalja, majd a nem mérendő felülettel nem érintkező, ultrahangos valamint infravörös szenzorokkal történő mérési módszereket. A különböző típusú jelek alap szintű fúziójára a Kálmán szűrő módszerét ismerteti.

1. Bevezetés

A címben megjelölt fúzió mint terminológia a különböző típusú információs forrásokból bejövő adatok egyesítését jelenti azon cél érdekében, hogy az így kapott összesített információ tartalma több legyen mint az egyenként hordozott források információ tartalma. A jelen pillanatban a fúziós folyamatról elmondható, hogy egy komplex folyamat amely több részre bontható.

Amint az 1-es ábrán is látható, több mérési eszköztől begyűjtött információra alapozva végzi a becslést a következő mérési időpontig. A becslés horizontja változhat, egyes algoritmusok esetében ez csak egy előrejelzett érték (one step ahead predictor), míg komplexebb algoritmusok megengedik több állapot előrejelzését is a jövőben.[4]

A jelenlegi (2008) szakirodalom szerint [1, 2], három alaptípusú fúziós algoritmus különböztethető meg a működési elvük alapján: kiegészítő, versengő valamint kooperatív. A nevük magukba foglalja azt a módszert amint a különböző forrásból származó információt kezelik, i.e. kiegészítésként, kizárásként vagy kooperatív alapokon.

1. ábra. A környezet modellezésére illetve állapot becslésére használt rendszer architektúrája

2. Navigációs rendszerek

A navigációs rendszerek segítségével történik a mobilis jármű vezérlése a térben. Első fázisban a navigáció csak a pozíció meghatározására valamint a korrekciós algoritmusokra volt visszavezetve. A mobilis járművek esetében a navigációs fogalom tovább bővült magába foglalva a mozgás megtervezését, megértését, valamint a környezet felismerését. Ennek értelmében a navigációs folyamatban három fő rész különíthető el: 1) a navigátor, amely a tervezés valamint a vezérlés feladatát látja el; 2) a végrehajtó rendszer; 3) a szenzor rendszer.

Nehézségek

A navigációs feladat akadállyal teli feladatnak számít. Néhány esetben a korlátozott számítási kapacitás, az akadályok felismerésének illetve kikerülésének a nehézségei valamint a környezetből származó információk feldolgozásában felmerülő nehézségek említendők.[1]

Hibák és bizonytalansági tényezők

Egy általános nehézségi tényező a zavar a mérések folyamán. Ezek lehetnek külső forrásból eredőek, valamint a mérési eszköztől származóak. Egy tipikus eset az odimetrikus mérések esetében fellépő hibaforrások. Ezek kiküszöbölésére is használhatóak a fúziós algoritmusok.

3. Odimetrikus mérések és Kálmán szűrő

Első lépésben az odimetrikus mérés technikákkal voltak mérések végezve. Ezek a mérések robusztusak, azonban a pontosságuk relatív kicsi, javarészt a földfelszíni navigációs méréseknél használják őket. A precízió javítása érdekében használhatók a fúziós algoritmusok, amelyek megengedik más típusú szenzoroktól származó mérések integrálását is. Ehhez a feladathoz a kiterjesztett Kálmán szűrő volt kiválasztva.[3]

Kiterjesztett Kálmán szűrő

A kiterjesztett Kálmán szűrő egy kibővítése a lineáris esetnek a nemlineáris rendszerekre. A linearizálás a Taylor sorbifejtést használva történik, a magasabb rendű tagok elhanyagolásával. Az új becsült állapota a rendszernek a legjobb lehetséges becslés abban az esetben ha a külső zaj fehér zajként vehető.

A linearizálás a megbecsült $\hat{x}_{k-1}^+$ pont körül történik a x_{k-1}^{nom} nominális pont helyett: $x_{k-1}^{nom} = \hat{x}_{k-1}^+$

Az algoritmus

Inicializálás

A kezdeti állapotot $\hat{x}_0^+$ és az ehhez tartozó bizonytalanságot P_0^+ értékkel jellemzi a 0 pillanatban.

Perdikció

Rekurziós formában minden lépésben kiszámolandó az állapot valamint a bizonytalanság becslése:

$$\hat{x}_k^- = f(\hat{x}_{k-1}^+) \quad P_k^- = A_k P_{k-1} A_k^T + Q_{k-1} \quad A_k = \left. \frac{\partial f(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1}^+}$$

Korrekcio

Mérés után korrektálható a becslés valamint a szűrő erősítési faktora:

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1} \quad \hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - h(\hat{x}_k^-)) \quad P_k^+ = (I - K_k H_k) P_k^- \quad H_k = \left. \frac{\partial h(x)}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_k^-}$$

Mért eredmények

Az odometrikus mérések egy P2 roboton voltak elvégezve, a mérés eredményei a 2-as rajzon láthatóak.

2. ábra A P2 mobilis robot és az odometrikus mérések

4. Ultrahangos és infravörös mérési rendszer

A tervezett adatbegyűjtő lapka egy PIC18f4431 típusú jelfeldolgozó processzorra alapszik. Az említett processzor kiválasztásánál figyelembe voltak véve a mintavételezési rendszer követelményei valamint a rendelkezésre álló fejlesztési eszközök.

Az ultrahangos mérés az SR40-es adó vevő párost használva volt megtervezve a megfelelő meghajtó résszel (MCP4128) az adó fele valamint az MCP6s22-es váltóztatható erősítésű erősítővel illetve a szükséges szűrőkkel.

Infravörös mérések

Az infravörös érzékelés nagyon függött a tárgy színétől, anyagától, a szögtől amelyről visszaverődött a kiadott jel valamint a környezetben már meglevő fény kompozíciójától. A sötétebb felületről kisebb erősségű jelet lehetett venni mint egy világos színű felületről történő visszaverődés esetén. Bizonyos anyagok (pl. papír) nem csak visszaverődéses karakterisztikát mutattak, hanem az áteresztét is lehetett mérni ebben az esetben.

Több adó vevő párost használva, nem csak egy pontszerű visszaverődést lehetett mérni, hanem egy akár egy adott felület, forma érzékelését is lehetővé teszi. Annak érdekében, hogy nagyobb távolságokon is lehessen mérni, a programozható erősítőt is lehet használni annak érdekében, hogy a különböző intervallumokon szükséges erősítéseket lehessen megvalósítani. Ezzel a prototípussal sikerült pár tíz centiméteres távon belül méréseket végezni.

Ultrahangos mérések

Az ultrahangos mérés esetében egy adó és két vevő volt használva. A két vevő szerepe akkor lehet fontos, ha a levegő mozogásban van a mérés alatt. E légmozgás zavaró hatása kiküszöbölhető a két vevő segítségével.

A mérés a kiadott jel és beérkezett visszhang közt eltelt idő mérésén alapszik. A kiadott jel egy PWM segítségével 40KHz-es jelalak, míg a visszaverődött jelet egy ADC csatornán mérhető 200Ksps mintavételezéssel. Ez a mintavételezési frekvencia elégséges arra, hogy a szinuszos 40KHz jelet rekonstruálni lehessen. Ez a rekonstrukció azért is fontos, hogy ez által lehessen megállapítani a visszaverődött jel kezdetét egy zajos mérési környezetben. Egy tipikus mérés eredményei az alábbi 3-as ábrán láthatóak:

3. ábra. Az ultrahangos mintavételezés szkópon és a mikrovezérlőn

5. Következtetések / Összefoglaló

A multiszenzoriális rendszerekben a több forrásból beérkező információ használata komplex folyamat, amely után többlet információ érhető el. A különböző mérési eredmények kiegészíthetik egymást, a mérés során felhalmozódott hibák csökkenthetők.

Irodalom

- [1] R. Negenborn: Robot Localization and Kalman Filters, MSc. Thesis, 2003.
- [2] G. Welch, G. Bishop: *An Introduction to the Kalman Filter*, UNC, 2003.
- [3] S. J. Julier, J. K. Uhlmann and H. F. Durrant-Whyte. A New Approach for the Nonlinear Transformation of Means and Covariances in Linear Filters. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 1996.
- [4] P. S. Mayback, Stochastic models, estimation and control. Academic Press, Inc., New York, USA (1979).
- [5] G. Welch and G. Bishop, *An Introduction to the Kalman Filter*, Chapel Hill (2001).

Tamás Levente, doktorandus

Munkahely: Kolozsvári Műszaki Egyetem, AC, Automatizálás

Cím: Románia, Kolozsvár, Daicoviciu, 12

Telefon +40 – 726 280 667

E-mail: levente.tamas@aut.utcluj.ro