دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش:

مخابرات

عنوان :

بررسی حسگر ها در اتومبیل‌های خودمختار

استاد راهنما:

دکتر حبیب‌الله زلف‌خانی

نگارش:

عارف فیاضی

شهریور 97

سپاس فراوان دارم از جناب آقای دکتر حبیب‌الله زلف‌خانی که در طول دوران کارشناسی و همچنین پایان نامه ام بسیار به من کمک نمودند.

از جناب آقای دکتر هاشم غریبلو نیز برای کمک ها و راهنمایی های ارزشمندشان در طول دوران کارشناسی ام سپاس گزاری فراوان به جای می آورم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که در طول دوران تحصیلم همواره پشتیبانم بودند.

فهرست مطالب و ضمائم:

فصل اول: مقدمه..1
زمینه‌ی خودمختاری در اتومبیل‌ها...1
مولفه‌های خودمختاری...2
حسگرها..2
فعال کننده‌ها..2
ارتباطات..3
هوش..4
جمع بندی...4

فصل دوم: حسگرها، برآورد کردن و ادغام آن‌ها..7
ویژگی‌های حسگرها...7
تشخیص محیط خارجی..8
رادار...9
معرفی و بررسی چند حسگر...12
بردیاب‌های صوتی...12
مدل محاسباتی بردیاب‌های صوتی...17
بردیاب‌های مادون قرمز...19
مدل محاسباتی حسگرهای مادون قرمز...23

فصل سوم: لیدارها........ 25
لیدار با کیفیت........ 29
روش‌هایی برای لیدار سه بعدی........ 31
لیدار مینیاتوری........ 32
شرکت لدار........ 33
مدل محاسباتی لیدارها........ 35

فصل چهارم: حسگرهای تصویری........ 36
حسگر نشانگر مسیر تک‌دوربینه........ 36
حسگر مانع با دید استریو........ 37
معایب دوربین‌ها........ 40
سیستم‌های ویژن در بازار........ 41

فصل پنجم: رادارها........ 42
چالش‌های تولید کننده‌های رادارهای دوربرد........ 45
چالش‌های تولید رادار........ 47

فصل 6: نتیجه‌گیری و جمع‌بندی........ 48
مقایسه‌ی کلی لیدار، سیستم‌های ویژن و رادارها........ 48
رادار و ویژگی‌های آن در یک نگاه........ 48
ویژگی‌های یک رادار........ 49
لیدار و ویژگی‌های آن در یک نگاه........ 49
ویژگی‌های لیدار........ 49
ویژگی‌های دوربین در یک نگاه........ 50

مقایسه..51
قیمت چند لیدار در بازار امروز..57
سیر تکاملی اتومبیل‌های خودران در سال‌های گذشته...62
استنلی...64
جونیور...65
فهرست منابع...68
ضمیمه..76

فهرست جداول:

جدول 1- برخی ویژگی‌های حسگرهای لیدار...29

فهرست اشکال

شکل 1– تصویر عمومی یک اتومبیل و سنسورهای آن..........3
فلوچارت 1– نقش بخش‌های مختلف ماشین..........5
شکل 2– یک اتومبیل و حسگرهای آن..........9
شکل 3 (الف)– MaCOM SRS 24-GHz UWB..........10
شکل 3 (ب)– Tyco long-range 77-GHz..........11
شکل 4– SRF08..........12
شکل 5– Mini-AE..........12
شکل 6– Senix TSPC-21S-232..........12
شکل 7– امواج رفت و برگشتی در حسگر مادون قرمز..........14
نمودار 1– نرخ اندازه‌گیری در Mini-AE..........15
شکل 8– پاسخ نمونه‌ی Mini-AE..........16
شکل 9– پاسخ نمونه‌ی SRF08..........16
شکل 10– پاسخ نمونه‌ی SFR08 بر روی یک پهپاد..........17
نمودار 2– نویز در بردیاب صوتی..........18
نمودار 3– اکوهای غلط در بردیاب صوتی..........18
نمودار 4– برد حداکثر در بردیاب صوتی..........19
نمودار 5– اثر نویز در بردیاب صوتی..........19
شکل 11– بردیاب مادون قرمز..........20
شکل 12– بردیاب مادون قرمز..........20
شکل 13– بردیاب مادون قرمز..........20
شکل 14– اندازه‌گیری در بردیاب مادون قرمز..........21

شکل 15- حرکت کانون در حسگر مادون قرمز....... 22
نمودار 6- پاسخ بردیاب مادون قرمز....... 23
شکل 16 (الف)-نحوه‌ی کار لیدار....... 25
شکل 16 (ب)-نحوه‌ی کار لیدار....... 25
شکل 16 (پ)-نحوه‌ی کار لیدار....... 26
شکل 17- لیدار ساده....... 26
شکل 18 (الف)- Velodayne HD-32E....... 27
شکل 18 (ب) - Lbeo Lux....... 28
شکل 18 (پ)-SICK LMS291....... 28
شکل 19- لیدار در صنعت....... 30
شکل 20- لیدار کوچک....... 32
شکل 21- کاربرد لیدارها در ماشین....... 34
شکل 22- طرز کار حسگر تصویری....... 38
شکل 23- محاسبات حسگر تصویری....... 39
شکل 24- The Bosch LRR4....... 44
شکل 25- رادار در واقعیت....... 48
شکل 26- نمای اریب از تصویر لیدار....... 49
شکل 27- نمای عمودی از تصویر لیدار....... 50
شکل 28- تصویر دوربین....... 51
نمودار 7- حسگرها در شرایط یکسان....... 51
نمودار8- حسگرها در شرایط یکسان....... 52
نمودار 9 حسگرها در شرایط یکسان....... 52
نمودار 10- ویژگی‌های لیدار....... 53

نمودار 11- ویژگی‌های رادار.......... 54
نمودار 12- ویژگی‌های دوربین.......... 54
نمودار 13- ویژگی‌های سودار.......... 55
نمودار 14- تلفیق حسگرها.......... 55
شکل 29- بردیاب LIDAR-Lite 3 Laser.......... 57
شکل 30- پویشگر Sweep V1 360˚ Laser.......... 58
شکل 31- بردیاب LIDAR-Lite 3 Laser قوی.......... 59
شکل 32- پویشگر و بردیاب Hokuyo UST-10LX Laser.......... 60
شکل 33- پویشگر و بردیاب Hokuyo UXM-30LXH-EWA Laser.......... 61
شکل 34- خودروی خودران گوگل سال 84.......... 62
شکل 35- خودروی خودران گوگل سال 86.......... 62
شکل 36- خودروی خودران گوگل سال 89.......... 63
شکل 37- خودروی خودران گوگل سال 92.......... 63
شکل 38- استنلی و جزئیاتش.......... 64
شکل 39- جونیور و جزئیاتش.......... 65
شکل 40- داخل استنلی.......... 66
شکل 41- داخل جونیور.......... 67

چکیده‌ی مطالب

در پروسه ی اتوماتیک سازی یک وسیله ی نقلیه به فاکتور های متعددی نیازمندیم، قرار است یک انسان، با توانایی های بیشتر و تصمیمات دقیق تر شبیه سازی شده و وظیفه ی کنترل اتومبیل را بر عهده بگیرد، بدین دلیل ما به جایگزین هایی برای مغز، چشم و گوش و دست و پا نیاز خواهیم داشت.

مغز یک اتومبیل پردازنده های آن و سیستم کنترل، چشم ها و گوش ها حسگر ها و دست و پا فعال کننده ها خواهند بود، ترکیبی از انواع پردازنده ها برای کاربرد های مختلف مورد استفاده قرار میگیرند از جمله عده ای برای پردازش اطلاعات حسگر ها، عده ای برای بکارگیری الگوریتم ها و عده ای برای تولید رفتار خودمختار، فعال کننده ها وظیفه ی کنترل موتور ماشین، ترمز ها و فرمان را بر عهده دارند، حسگر های در واقع مهمترین تکه ی این پازل هستند.

در این مطلب ما به سمت چشم و گوش های یک اتومبیل خودمختار رفته و آنها را بررسی خواهیم کرد.
چشم ها و گوش های یک وسیله ی نقلیه حسگر های آن هستند، انوع و اقسام حسگر ها از اولتراسونیک ها گرفته که پیش پا افتاده ترین نوع آن ها هستند تا لیزر ها یا همان لیدار ها که پیشرفته ترین و سریع ترین نسل حسگر ها می باشند.

حسگر ها برای کاربرد های مختلفی با توجه به توانایی های منحصر به فردشان در اتومبیل های خودمختار مورد استفاده قرار می گیرند. اولترا سونیک ها و حسگر های مادون قرمز بیشتر برای تشخیص و اندازه گیری فاصله، رادار ها برای تشخیص موقعیت اجسام، دوربین ها برای تشخیص مسیر و علائم جاده ای و لیدار ها برای نقشه برداری دقیق از کل محیط مورد استفاده قرار می گیرند.

هر یک از این حسگر ها محدودیت های خاص خود را دارند و برای رسیده به هدفمان یعنی یک اتومبیل کاملا خودران نیاز به استفاده از تلفیقی از این حسگر ها کاملا به چشم می خورد. با تلفیق حسگر ها و بهینه سازی این پروسه امروزه ما با جدید ترین نسل های خودرو های خودران روبرو هستیم.

کلمات کلیدی: حسگر، فاصله، برد، جهت، اتومبیل، لیدار، رادار، تصویر، خود مختار، خودران، مسیر، مانع.

فصل اول: مقدمه

زمینه‌ی خودمختاری[1] در اتومبیل‌ها

ما خودمختاری در یک اتومبیل را به عنوان توانایی آن در اتخاذ تصمیم‌های لازم برای حرکت، بدون هرگونه دخالت انسان تعریف می‌کنیم. نمونه‌هایی از خودمختاری (یا خودرانی) امروزه در برخی خودروها وجود دارند که یکی از متداول‌ترین نمونه‌های آن سیستم‌های کروز کنترل[۲] (سیستم کنترل سرعت وسایل نقلیه‌ی موتوری برای تسهیل رانندگی در جاده‌ها و آزادراه‌ها) می‌باشد. از جمله سیستم‌های خودمختاری دیگر می‌توان به کروز کنترل پیشرفته، سیستم پیشگیری خروج از مسیر[۳]، سیستم‌های اجتناب از موانع، سیستم‌های اخطار دهنده‌ی احتمال تصادف، اخطار دهنده‌ی تعویض مسیر، سیستم‌های کمکی در پارک دوبل و... اشاره کرد. سیستم‌های فوق می‌توانند برای حذف کلی دخالت انسانی در کنترل وسایل نقلیه و یا افزایش دقت و کاهش خطرات و سوانح رانندگی مورد استفاده قرار بگیرند.

مطالعات در رفتار خودمختار وسایل نقلیه، تمرکز بر روی حسگرها، دقت و کنترل آنها سال‌ها است که در جریان هستند. پتانسیل‌های موجود در این مطالعات را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- دنبال کردن یا همراهی کردن یک اتومبیل دیگ

---

[1] Autonomy
[2] Cruise Control
[3] Lane

- حرکت در یک مسیر مشخص و یا تغییر مسیر
- توقف اضطراری
- اجتناب از موانع
- موارد یاد شده کلیدهای رفتار خودمختار در اتومبیل‌ها بوده و آینده‌ی آنها را دستخوش تغییر و پیشرفت قرار خواهد داد.

در هر یک از عملیات‌های یاد شده، اتومبیل باید عموماً توانایی اندازه‌گیری و محاسبه‌ی سرعت و شتاب خود به کمک یک جی‌پی‌اس و پایگاه داده‌ی یک نقشه و همچنین محاسبه‌ی دیگر اطلاعات لازم با توجه به

ویژگی‌ها و تغییرات لحظه‌ای محیط اطراف مانند خط‌کشی‌ها، شاخص‌های مخصوص در جاده‌ها، موانع، دیگر وسایل نقلیه و غیره را داشته باشد.

مولفه‌های خودمختاری

حسگرها

یکی از اصلی‌ترین مولفه‌های یک اتومبیل خودمختار[1] حسگرها هستند (شکل 1). وسیله‌ی نقلیه در ابتدا باید اندازه‌گیری و محاسباتی را در مورد وضعیت فعلی خود داشته باشد. بنابراین نیازمند این است که بتواند سرعت و جهت حرکت خود را توسط حسگرهای نصب شده بر روی چرخ‌هایش در دست داشته باشد. اتومبیل همچنین می‌تواند از اطلاعات گردش نمای دوار[2] و زاویه‌سنج فرمان به عنوان دستگاه‌های استاندارد برای کسب این اطلاعات استفاده نماید. اطلاعات موجود در جی‌پی‌اس هم می‌توانند برای این اطلاعات مورد استفاده قرار گیرند. دسته‌ی دوم سنسورها توسط اتومبیل برای یافتن موقعیت خود نسبت به موانع و دیگر اتومبیل‌ها استفاده می‌شود، که از آن‌ها می‌توان به سیستم‌های بینایی[3]، رادارها، لیدارها[4] و سنسورهای مافوق صوت اشاره کرد.

در آخر، وسیله‌ی نقلیه باید موقعیت خود را نسبت به جاده نیز بیابد، حسگرهای زیادی برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند که بین آنها می‌توان به سیستم‌های دید، رادارها، حسگرهای میدان مغناطیسی[5] و سامانه‌های بازشناسی به امواج رادیویی[6] اشاره کرد. اطلاعات جی‌پی‌اس هم برای این منظور با نقشه‌های

---

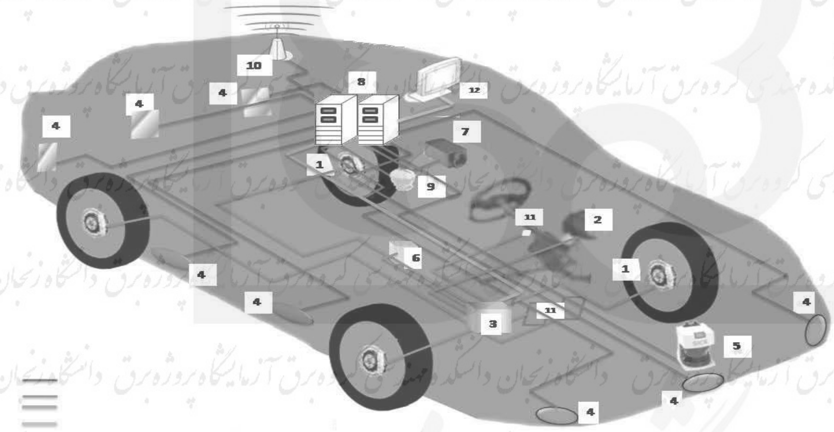
[1] Autonomous
[2] Rate Gyro
[3] Vision Systems
[4] LIDAR (Light Direction and Ranging)
[5] Magnetometers
[6] RF ID tags

دیجیتال خوب مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

فعال‌کننده‌ها[1]

بدین منظور که بتوان اتومبیل را به صورت خودمختار کنترل کرد، باید آن را با یک رابط به یک کامپیوتر متصل کرد. این کار امکان کنترل‌های مختلفی از جمله کنترل سرعت، فرمان و ترمز را به صورت خودمختار به ماشین می‌دهد، دنده‌ی ماشین نیز باید اتوماتیک‌سازی شود. یک وسیله‌ی نقلیه با تمامی این ویژگی‌ها را یک اتوموبیل رانده شونده با سیم[2] می‌نامند. فعال کننده‌ها همان موتورهای ما می‌باشند که می‌توانند انواع دیزلی، هیبریدی یا الکترونیکی باشند که توسط کنترلر ما کنترل خواهند شد. به عنوان مثال، در یک موتور دیزلی دریچه‌ی سوخت برای کنترل شتاب خودرو، در خودروهای هیبریدی ترکیبی از کنترل قبلی و همچنین کنترل ترمزها و چرخ‌ها بر عهده‌ی کنترلر بوده و در خودروهای صرفاً الکتریکی، صرفاً کنترل ترمزها و چرخ‌ها بر عهده‌ی سیستم کنترل قرار می‌گیرد.

1- سیستم ترمز ضد قفل	2- رابط الکترونیکی کنترل[3]	3- شبکه‌ی کنترل محلی[4]	4- حسگر رادار
5- حسگر لیدار	6- واحد اندازه‌گیری داخلی[5]	7- دوربین دید به جلو	8- کامپیوتر
9- حسگر جی‌پی‌اس	10- دستگاه ارتباطات بیسیم	11- ورودی‌های سیستم	12- صفحه‌ی نمایش



شکل 1: تصویر عمومی یک اتومبیل و سنسورهای آن

---

[1] Actuators
[2] Drive-by-Wire
[3] Electronic Steering Interface
[4] CAN (Controller Area Network)
[5] IMU (Internal Measurement Unit)

ارتباطات

اگر یک وسیله‌ی نقلیه دسترسی به اطلاعات از طریق شبکه‌ی بیسیم داشته باشد می‌تواند به پروسه‌ی خودکار کردن پروسه‌ی راندن آن کمک زیادی بکند. ارتباطات می‌توانند علاوه بر اخطارهای لحظه‌ای به راننده، اطلاعاتی عمومی را ارائه کنند که جایگزین اندازه‌گیری‌ها شود.

یکی از ساده‌ترین استفاده‌های ارتباطات بین دو اتومبیل در انتقال اطلاعات، در مورد موقعیت و سرعت نسبی بین دو وسیله‌ی نقلیه می‌باشد. این اطلاعات می‌تواند جهت جایگزینی یا تقویت اطلاعات حسگرها مورد استفاده قرار بگیرد.

هوش

هوش موجود در اتومبیل‌ها توسط قوانین و پروسه‌های برنامه‌نویسی شده توسط انسان‌ها به وجود می‌آید. به عنوان مثال، امروزه ماشین‌های خودمختار توانایی شبیه‌سازی طرز رانندگی انسان‌ها را دارند. این مفهوم که از آن با نام هوش یاد کردیم، توسط یک یا چند پردازنده در اتومبیل پیاده‌سازی می‌شود. این پردازنده‌ها را می‌توان به سه دسته‌ی اصلی تقسیم کرد:

- نوع مورد استفاده برای پردازش اطلاعات حسگرها
- نوع مورد استفاده برای الگوریتم‌های کنترل پایه و حلقه بسته برای فعال کننده‌ها.
- و نوع سوم برای تولید رفتار خودمختار در اتومبیل

جمع بندی

پس از آشنایی با اجزاء یک اتومبیل خودمختار، حال وقت آن است که نگاهی به فلوچارت زیر داشته و نقش و جای هر یک از این بخش‌ها را در پروسه‌ی رانش اتومبیل‌های مذکور ببینیم.

از آنجایی که توضیحات لازمه در مورد ویژگی‌های این بخش‌ها در ابتدای فصل داده شده و توضیحات تکمیلی نیز در بخش‌های بعدی مطلب خواهد آمد، صرفاً به توضیحی اجمالی بر روی فلوچارت بسنده می‌کنیم.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فهرست منابع

[1] Schneider, S., and Ü. Özgü ner, "A Sensor Fault Controller Scheme to Achieve High Measurement

Fidelity for Intelligent Vehicles, with Applications to Headway Maintenance," *Proceedings of the Intelligent Transportation Society of America 8th Annual Meeting and Exposition*, Detroit, May 1998, pp. 1-13.

[2] apgsensors.com

[3] Schneider, S., and Ü. Özgü ner, "A Framework for Data Validation and Fusion, and Fault

Detection and Isolation for Intelligent Vehicle Systems," *Proceedings of IV*, Stuttgart, Germany, October 1998.

[4] Lee, S. C., "Sensor Value Validation Based on Systematic Exploration of the Sensor Redundancy

for Fault Diagnosis," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 24, April 1994, No. 4, pp. 594-605.

[5] Acarman, T., et al., "Test-Bed Formation for Human Driver Model Development and Decision

Making," *Proc. IEEE ITSC 2007*, Seattle, WA, 2007, -pp. 934-939.

[6] www.baslerweb.com/ccdtocmos