

Autonóm jármű fejlesztése – egy sikeres projekt tapasztalatai

Prof. Dr. Szabolcsi Róbert*, Márkos Szilárd**, Böröczky Áron***, Králik Vidor****, Madarász Imre*****
Magnusz Mórió*****, Mészáros Ábris*****, Mészáros Levente*****
Papp Gábor*****, Sift Alexandra*****

*Óbudai Egyetem

Tel: 00361666-5349; e-mail: szabolcsi.robort@bgk.uni-obuda.hu

**Óbudai Egyetem

markos.szilard@bgk.uni-obuda.hu

***Óbudai Egyetem

aron.boroczky@gmail.com

****Óbudai Egyetem

kralikvi@gmail.com

*****Óbudai Egyetem

madarasz1977@gmail.com

*****Óbudai Egyetem

mario.magnusz@gmail.com

*****Óbudai Egyetem

meszarosabris@gmail.com

*****Óbudai Egyetem

meszaros.levente@bgk.uni-obuda.hu

*****Óbudai Egyetem

gabor.papp@gmx.com

*****Óbudai Egyetem

sift.alexandra@gmail.com

Abstract: A szerzők célja a Robert Bosch Kft által 2013-ban elindított autonóm járműépítő verseny eredményeinek és versenytapasztalatainak bemutatása. A hároméves járműépítő projekt kiváló lehetőséget nyújtott a hallgatók számára, hogy a szakmai elméleti-gyakorlati tudásuk fejlesztése mellett gyakorlati tapasztalatot szerezzenek a soft engineering számos egyéb területén is. A hallgatói csapat a verseny három éve alatt összekovácsolódott, a csapat tagjai a sikeréért és egymásért is tenni kész fiatal mérnökké, illetve mérnök-jelöltté váltak. A projekt kiváló teret teremtett a hallgatói tehetséggondozás számára: a hallgatók számos alkalommal vettek részt a versenyhez kapcsolt egyéb szakmai megmérettetésen, illetve gyárlátogatáson.

1. BEVEZETÉS

Az autonóm járművek kutatása, fejlesztése és gyártása számos közlekedési ágban messzemenően előre haladottnak mondható. Az intelligens jármű koncepciója, alkalmazásának újabb és újabb területei számos kihívás elé állítja a szakembereket.

Az autonóm légi járművek gondolata már régóta foglalkoztatja a tudósokat. A pilóta nélküli légi járműveket egyre szélesebb körben alkalmazzák úgy az állami-, mint a nem állami célú repülések során [1]. Az új tervezési

filozófiák, koncepciók és módszerek sok esetben a határokat feszegetik, és szakítanak a hagyományos gondolkodással. 2015-ben elkészült az első, teljes egészében 3Ds nyomtatással gyártott pilóta nélküli légi járműve, ami teljes egészében szakított a klasszikus, hagyományos légi jármű tervezéssel. A pilóta nélküli légi jármű sajátossága, hogy a fémépítésű gázturbinás sugárhajtóműve is 3Ds nyomtatással készült.

A felszíni-, a vízfelszíni-, a víz alatti autonóm járművek fejlesztése szintén több évtizedes múlttal rendelkezik [2]. Az alkalmazások széles tárházát felvonultatva tör utat magának a

robotok eme csoportja is, és ezzel is szélesíti a lehetséges alkalmazások körét.

A robotok autonóm tulajdonsága, a benne rejlő lehetőségek egyre szélesebb körben jelennek meg a modern járműiparban is. Az autonóm robotok képességei számos területen nagy átfedést mutatnak az autonóm járművek elvárt képességeivel. Az autonóm robotok megbízható felszíni navigációs képességsomagja például nagyon jól használható a járművek biztonságos, autonóm parkolása során.

Az autonóm go-kart fejlesztő verseny 2013-ban indult el, első évben öt csapat részvételével. Az Óbudai Egyetem csapata Safety Kart névvel nevezett a versenyre. A szerzők célja bemutatni a csapat eredményeit, és a csapatépítés tapasztalatait.

2. AZ ELSŐ ÉV – A CSAPATÉPÍTÉS ÉVE

A go-kart építés első évében a stratégiai célként tűztük ki a csapat megalapítását, és eredményes összekovácslását. Bár a versenykiírás szerint jóval nagyobb csapatlétszám is megengedett lett volna, úgy döntöttünk, hogy a legfontosabb cél a csapat vezethetősége, és irányíthatósága. Ily módon a minimális csapatlétszámmal kezdtük el a go-kart építés első évét. A csapat létszáma az első évben hat fő volt: minden csapattag egy-egy szakmai területért felelt, teljes mértékben.

Fontosnak tartottuk, hogy már az első évben a csapat a szakmai eredményeivel valamilyen sikert is érjen el a versenyen. Lélektani szempontból kiemelkedően fontos volt az első év, hiszen a csapatok nem azonos feltételek mellett, és nem azonos körülmények mellett építették a járműveiket. Az Óbudai Egyetem csapata a Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar hathatós támogatása mellett számos támogatót is talált az egyes szakmai tartalmak megvalósításához. A szponzorok támogatása nélkül a csapat egy teljesen más szakmai tartalmat tudott volna megvalósítani, ami messze állt volna az autonóm jármű harmadik évre elvárt képességeitől.

2.1 A szakmai tartalom, járműképességek, és követelmények ismertetése

A járműépítésben résztvevő csapatok számára az első évben a rendelkezésre bocsátott go-karton az alábbi rendszereket kellett megépíteni, és a dinamikus versenyszámok közben működtetni is:

- elektronikus gázpedál;
- elektronikus fékrendszer;
- elektronikus kormányzás;
- hátramenet;
- automatikus parkolás.

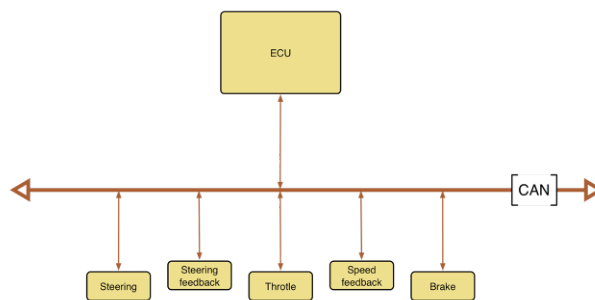
A fejezet többi része részletesen taglalja az egyes szakmai eredményeket, és tartalmakat.

2.2 A járműépítés eredményei

Can-Bus rendszer

Az autonóm jármű villamos beavatkozó szervei vezérlésének tervezésekor és a go-kart elektronikus rendszerének tervezésekor az elsődleges felépítésbeli szempontunk a modularitás volt. Ezáltal az egyes alegységek felépítése jóval leegyszerűsödik, meghibásodás esetén elegendő egy-egy alegység cseréje illetve javítása. Különösen fontos szempont, hogy a fejlesztés egyes feladatai jobban szétoszthatóak a csapat egyes tagjai között. Mindezekon túl, az egyes szervekhez tartozó alkatrészek egy áramköri lapon történő elhelyezése lecsökkenti az elektromos zajok okozta funkció zavarokat, illetve jobban kivédhetővé teszi azokat.

Az 1. ábrán a rendszer elvi vázlata látható. A központi elektronikus vezérlő egység (ECU) a hozzá CAN rendszeren keresztül beérkező jelek alapján az egyes végberendezések felé (pl. kormányzás, fék, gáz stb.) vezérlő jelet küld, és az eltérés elve szerinti működésre beprogramozott szabályozók mindaddig működtetik az egyes villamos beavatkozó szerveket, amíg az adott paraméter (pl. sebesség, távolság, stb.) pillanatnyi értéke el nem éri a referencia értékét. Ebben az esetben a hibajel zérus lesz, és az ECU megszünteti a beavatkozó szervek vezérlését.

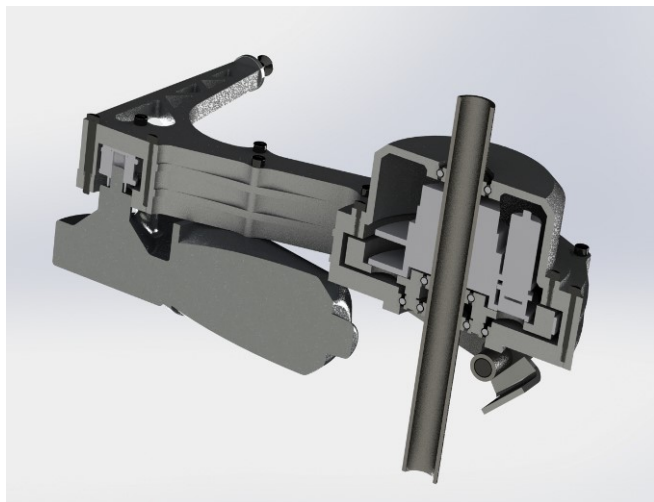


1. ábra. A CAN-Bus rendszer.

Elektromos kormányzás

A kormányt a Bosch 12V-os ablaktörlő DC-motor segítségével mozgatjuk (2. ábra). A motor szíjhajtáson keresztül csatlakozik egy mágneses kapcsolású tengelykapcsoló szerkezethez. A motor vezérlését egy Texas Instruments 32bit-es ARM mikro-vezérlővel (TM4C123GH6PM) valósítjuk meg. A mikrovezérlő CAN-bus hálózaton keresztül megkapja a kívánt és a pillanatnyi (aktuális) kormányzóértékeket, és ezek ismeretében PID-szabályozón keresztül 0-3V közötti PWM hibajelet generál. A PWM hibajelet H-híd segítségével felerősítjük, és az ablaktörlő motort ezzel a jellel a kívánt irányba működtetjük.

A kormány pillanatnyi szöghelyzetét egy sztereó potenciométerrel megvalósított feszültségosztó segítségével mérjük (2. ábra).



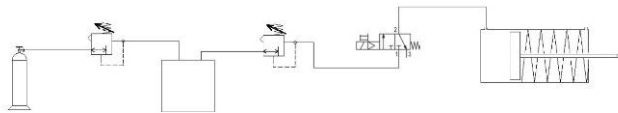
2. ábra. e-Kormány metszet.

Elektromos gáz

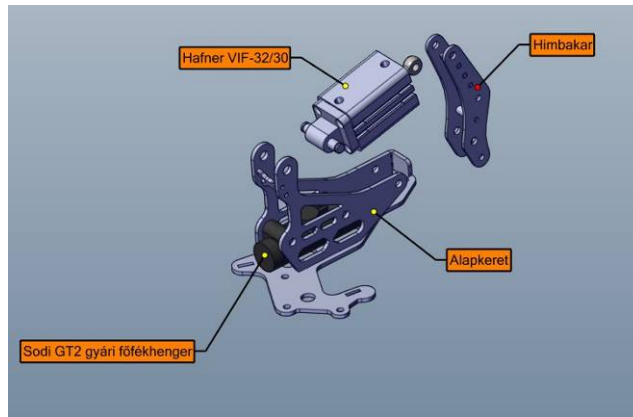
A go-kart gázadása kétféleképpen történhet. Hibrid üzemmódban gázadáskor egy előre definiált összefüggés alapján egyszerre működtetjük a Honda belsőégésű motort és a két Bosch BLDC motort. Tiszta elektromos üzemben csak a BLDC motorokat használjuk, és működtetjük. A belsőégésű motor szabályozására egy modellezők által is sikeresen használt villamos végrehajtó berendezést kapcsolunk a pillangószelepre, és a servo motor forgórészének szöghelyzetével változtatjuk a pillangószelep állását.

Elektro-pneumatikus fék

A fékezést az első kerekekre felszerelt hidraulikus tárcsafékekkel végezzük. A fékrendszer hidraulikus munkahengerét egy pneumatikus munkahengerrel mozgatjuk, ami egy elektronikus vezérelhető nyomásszabályzó szelepen keresztül kapja a táplevegőt (3. ábra). A pneumatikus munkahengert a fékpedálhoz rögzítjük, így ha a vezetőnek közbe kell avatkoznia, akkor az általa kifejtett erő hozzáadódik a pneumatikus munkahenger által kifejtett erőhöz (4. ábra). A fékrendszer a gyári mechanizmust kiegészítve képes a manuális, és az elektronikus vezérlésű fékezésre.



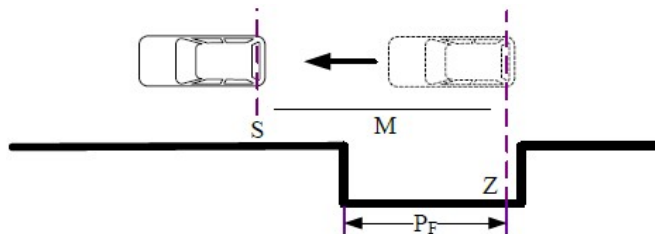
3. ábra. Az elektro-pneumatikus fék elvi felépítése.



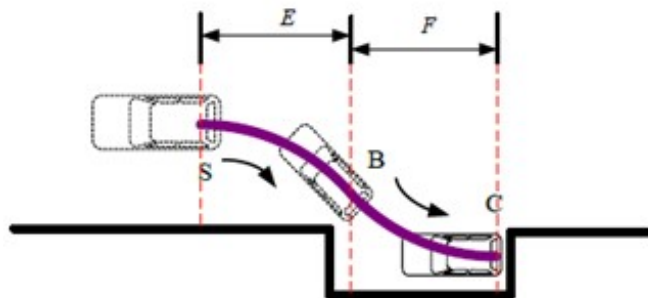
4. ábra. Az elektro-pneumatikus fék elvi felépítése.

Automatikus parkolás

A feladatnak két fő része van: az első a parkolóhely felismerése (5. ábra), míg a második a parkolási manőver végrehajtása (6. ábra). A parkolóhelyet kereső algoritmus elindítása előtt el kell dönteni, hogy jobb vagy bal-oldalon keresünk, és a párhuzamos, vagy merőleges parkolási lehetőségek közül melyiket választjuk ki. Az algoritmus az előrehaladás során, amikor az első alkalommal a kiválasztott parkolási formának megfelelő mélységet észlel, akkor megjegyzi a parkolóhely pozícióját. Az algoritmus e szakaszából, akkor lép tovább a parkolási szakaszra, ha a megjegyzett pozíciótól az adott parkolási formának szükséges parkolóhely hosszánál nagyobb távolságot tett meg egy előre definiált hosszal. Ha a detektált mélység a szükségesnél kisebb, és még nem találta meg a parkolóhelyet, akkor visszalép a parkolóhely kezdetének keresésére.



5. ábra. Párhuzamos parkolás - parkolóhely keresése.



6. ábra Párhuzamos parkolás – tolatás.

Komplex hajtómű funkciói

Aktív differenciálmű

Az általunk tervezett differenciálműnek nem eleme az úgynevezett „klasszikus” differenciálmű, így a hajtóműbe való behajtás nem feltétlenül jelenik meg az egyik vagy a másik tengelyen, nem úgy, mint a klasszikus aktív differenciálmű esetében, ami arra képes, hogy a behajtott fordulatszámot, és nyomatékot valamilyen előre definiált algoritmus alapján leossa a kihajtott kerek között. Azzal, hogy a hajtás indirekt kapcsolátű, kihajtás előtt további módosításokat hajthatunk végre a beérkező paramétereken. Aktív differenciálműves vezérlés esetén az ívkülső, és ívbelső kerek fordulatszámainak aránya megegyezik az ívhosszak arányaival.

Hibrid hajtás

Soros-párhuzamos nyomatékosztós hibrid hajtást alakítottunk ki, a belsőégésű motor és a BLDC - motor külön - külön és egyszerre is képesek hajtani (8. ábra).

Generátoros tengelykapcsoló

A generátoros tengelykapcsoló esetében a szinkronizált (összefékezett) tengelykapcsolás közben keletkező veszteségek jelentős, akár a 80%-a is visszatáplálásra kerül a BLDC-motorokat tápláló akkumulátorokba.

Fokozatmentes váltó – tolatás

A belsőégésű motort az adott célnak megfelelő (alacsony fogyasztás, maximális nyomaték, maximális teljesítmény, maximális fordulatszám) állandó fordulatszámon járatta, a BLDC - motor fokozatmentességét és viszonylag egyenes nyomatékeloszlását kihasználva, a kihajtott tengelyen bizonyos határok között tetszőleges fordulatszám is beállítható.

A belsőégésű motor alapjáraton fordulatszámához tartozó haladási sebesség lassítása esetén a BLDC - motor az előre haladáshoz képest ellentétes irányban hajt be. Ebben az esetben egyensúlyi állapot lép fel és a gokart a két ellentétes behajtás eredményeként egy helyben áll. Ha az egyensúlyi állapot megtartásához szükséges fordulatszámot a BLDC - motor meghaladja, a go-kart tolatni kezd.

Önindító

A hajtóműben integrált BLDC - motorok képesek beindítani a belsőégésű motort. Ebben az esetben a behajtás iránya ellentétes a gokart előre haladásához szükséges behajtás irányával. Az indítózás alatt a gokartot fékezni kell, mivel a hajtás mindig a kisebb ellenállás irányában valósul meg. Ha a hajtott kerek szabadon elfordulhatnak, akkor elektromos üzemi tolatás megy végbe.

Regeneratív fékezés

A fékezés kezdeti szakasza a regeneratív fékezés, ezután ha szükséges bekapcsolódik a hagyományos fékrendszer, ilyenkor párhuzamosan működnek, majd a fékhatás csökkentését követően először a tárcsafékes és csak ezt követően a generátoros fék kapcsol ki, így a fékezés teljes szakaszát végigkíséri a generátoros fék. Ezzel a felépítéssel nyerhető ki a lehető legtöbb energia.

Elektronikus nyomatékhataló

A hajtómű konstrukciója úgy lett kialakítva, hogy a kihajtott tengely körül képes elfordulni, mint egy mérleggép. A reakció nyomaték megjelenik a hajtóművön, melynek értékét két, kikötött ponton elhelyezett nyúlásmérő bélyeggel mért erő és az erőkarok hosszának szorzata határozza meg. A két kikötött pont a jobb és bal keréken megjelenő kerületi erők reakció erőiből számítható a keréken megjelenő nyomaték. Így a féltengelyeken fellépő nyomatékokat már meghatározhatjuk.

Sávtartás asszisztens

Ez a rendszer arra alkalmas, egyenes, vagy enyhe ívű útszakaszon a gokartot a forgalmi sávban tartsa. A komolyabb irányváltási beavatkozásokat továbbra is a kormánymű végzi. Sávtartásnál, ha a sávközép és a gokart hossz tengelye között szögeltérés van, akkor a szögeltérés mértékének megfelelően a hajtás átterhelődik az ívkülső kerékre.

Home Zone Assist

A funkció alap gondolata az, hogy az otthoni környezetben való parkoláshoz a gokartnak meg kell tanulnia egy útvonalat, majd a „megtanult” utat a lehető legpontosabban kell reprodukálnia. Ehhez szükséges ismernünk a gokart által megtett út különböző paramétereit. Ezek lehetnek bizonyos időközönként rögzített helyrajzi koordináták, a megtett úthossz, vagy az ahhoz tartozó kormány szögállás értékek.

Kormány szög-állás mérése

A kormány állását egy lineáris sztereó-potenciométerrel mérjük. A potenciométer forgórésze a kormányrúddal van összekötve így követi le annak mozgását. A kormányt forgatva a potenciométerrel megvalósított feszültség osztóval 0-3V-ig változó egyenfeszültséget kapcsolunk az ADC bemenetére.

Megtett út mérése

A megtett utat a keréken lévő encoder segítségével mérjük. Mind a négy keréken elhelyezünk egy fogas társát, melynek a fogaiban mágnes korongok találhatóak. A négy kerékről mért adatokat átlagoljuk, illetve figyeljük az egyes kerek

értékeinek a különbségét, ezáltal tudjuk kiszűrni, ha valamelyik szenzor hibásan működik, vagy éppen valamelyik kerék megcsúszik.

Betanítási funkció

A betanítási funkció bekapcsolásával elkezdjük mérni a go-kart által megtett távolságot, és egy előre beállított távolság értékenként az aktuális kormánysszög állással együtt elmentjük.

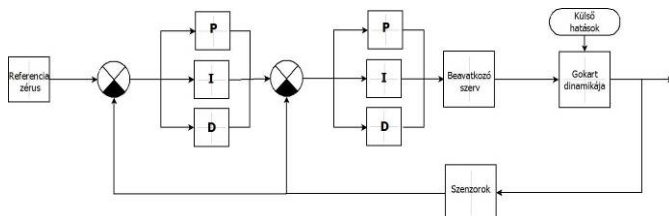
Végrehajtás

A go-kart egy előre meghatározott, alacsony sebességgel haladva, az útvonal alapján szabályozza a megtett úthoz tartozó kormánysszög-állást. A parkolási folyamat során az ultrahangos szenzorokat használva figyeljük a jármű környezetét, és ha a mozgását akadályozza valami, akkor a go-kart akadályjelzést adva leáll.

Lane Keep System (Forgalmi sávtartó rendszer)

A rendszer alapvető feladata és célja, hogy a go-kart megtartsa azt a forgalmi sávot, amelyben éppen halad. Tekintettel egy szabványos forgalmi sáv szélességére, és a go-kart méreteire, a legegyszerűbb, ha a sáv közepén halad a go-kart, mert ebben az esetben áll rendelkezésre a legtöbb idő az esetleges eltérések korrigálására. A radar és a kamera adatainak fúziója után a következő releváns adatok állnak rendelkezésre további feldolgozásra: a kamera által észlelt sávhatárok távolsága a jármű hossz tengelyétől, a jármű hossz tengelye és a sáv középvonala által bezárt szög, és a sávhatár görbülete és a görbülete.

Mivel jelenleg közös a féknyomás, ezért nem lehetséges a két oldalon eltérő nagyságú fékezést kialakítani, így az ezzel való iránytartásra való ráségítésről le kell mondani. A differenciálmű segítségével viszont eltérő fordulat alakítható ki a bal és jobb oldali hátsó kereken. Az ilyen módon való ráségítést érdemes megvizsgálnunk. Természetesen a jelentősebb korrekció igény esetén a beavatkozást, továbbra is a kormányműre bízunk.



9. ábra. Radar és kamera fúziója.

Telemetria

A telemetria megvalósításához képesnek kell lennünk az beavatkozó szervek állapotának a mérésére. Ezeket az

értékeket analóg és digitális szenzorok segítségével végezzük. A telemetria megvalósítására a Microchip RN-171 típusú Wi-Fi modult használjuk. A modul a vezérlővel UART soros kommunikációval valósítja meg a kapcsolatot. A Wi-Fi modul egy saját hálózatot hoz létre, melyre telefonnal vagy számítógéppel a jelszó megadása után felcsatlakozhatunk. A modulon egy előre beállított IP címen és porton TCP/IP szerver működik, melyre kliensként csatlakozunk, az adatok megjelenítésére szolgáló készülékkel.

3.3 A járműépítés tapasztalatai

A második évben nagyobb hangsúlyt fektettünk a gépészeti megoldások tervezésére, és kialakítására. A 3D marással készülő hajtóműház gyártása tervezettnél hosszabb időt vett igénybe. Így az ütemtervünkhöz képest jelentős csúszásba kerültünk. Ez a csúszás nagy nyomást helyezett az elektronikával és a programozással foglalkozó csapattagokra. Bár az elektronika, és a szoftver elkészült, de a tesztelésre, és a finomhangolásra már csak nagyon csekély időkeret állt rendelkezésünkre. A verseny napján az első versenyszám a gyorsulás volt. A tesztfutásokon elvárásainknak megfelelően szerepelt a go-kart. Azonban a verseny megkezdése előtt a bal hátsó kerék blokkolt, és ebben az állapotában maradt. A versenynapon a teljes hajtást szétbontottuk. Sikertelenül azonosítottuk a meghibásodást is: a hibát az egyik BLDC motor megrepedt háza okozta. A versenynap felét szereléssel töltöttük, de a hibás alkatrész cseréje után a versenynap utolsó számába már újra bekapcsolódtunk. Bár ezen a versenynapon nem sikerült helyezést elérnünk, a csapatot mégis büszkeséggel töltötte el az a tudat, hogy mi mindent megtettünk a siker érdekében.

4. HARMADIK ÉV – A CSAPAT MEGTARTÁSÁNAK ÉVE

4.1 A szakmai tartalom, járműképességek, és követelmények

Tekintettel a versenytapasztalatokra, a 2015. évben kimosódott a „Senior” és „Junior” kategóriákban való gondolkodás, és helyette egy képességalapú szemlélet honosodott meg: az utolsó tervezői év három nagy területére bármely csapat jelentkezhetett, ily módon érvényesült az azonos esélyek elve. A csapatunk úgy döntött, hogy mindhárom (Hatékony Go-kart, Intelligens go-kart, Autonóm go-kart) kategóriában vállalja a megmérettetést, és nevezett minden kategóriában.

Az autonóm járműépítő verseny harmadik, egyben utolsó évének megoldandó szakmai feladatai és kihívásai az alábbiak voltak:

- Automatic Cruise Control (ACC) rendszer megtervezése, és megépítése;
- Műholdas navigációs rendszer megtervezése és megépítése;
- Ultrahang-érzékelős navigációs képességek megtervezése és megépítése (USS);

- Vészfékező rendszer megtervezése és megépítése;
- Útburkolati jelek felismerése kamera segítségével;
- Jelzőlámpák jeleinek felismerése kamera segítségével.

4.2 A járműépítés eredményei

Automatic Cruise Control

Az ACC rendszer fontosabb üzemmódjai az alábbiak voltak:

- ACC free mode: A beállított haladási sebességet tartja;
- ACC follow mode: A megadott sebességet tartja, mindaddig, amíg az előttünk haladó járműtől mért követési távolság a beállított minimális értéket el nem éri, ebben az esetben a gokart lassít. Ha a lassabban haladó jármű elhagyja a forgalmi sávot, akkor a gokart visszagyorsít a korábbi sebességre. Amennyiben a közlekedési táblán a korábban beállított sebességnél alacsonyabb érték szerepel: a gokart lelassít erre az értékre. Vagyis minden esetben a kisebb sebesség lesz az irányadó.

Navigációs feladatok megoldása a GPS rendszer segítségével

A go-kart navigációjához a GPS és a gyorsulásmérő adataira támaszkodunk, és ezek fúziójából állapítjuk meg a jármű aktuális helyzetét, valamint ezeknek az adatoknak a segítségével határozzuk meg a gokart jövőbeli pozícióját is. Egy megfelelően paraméterezett Kálmán-szűrővel a GPS adatokkal csökkenthetjük a gyorsulásmérésből adódó pontatlanságot, és becslést végezhetünk a jármű aktuális pozíciójáról. A feladat megoldásához az MPU6050 típusú gyorsulásmérő modult használjuk. Előnye, hogy beépített GSM-modult is tartalmaz, ami későbbi esetleges fejlesztési lehetőségeket hordoz magában.

Navigáció ultrahangos érzékelők segítségével

A gokart fontos előírt képessége volt, hogy az úton található akadályokat a gokart felismerje, és kikerülje. Ehhez elengedhetetlenül szükséges, hogy felismerjük a statikus (például parkoló autó) vagy dinamikus (például másik jármű a forgalomban) akadályokat, és ennek függvényében döntsön a vezérlő automatika, hogy kikerül, vagy követi az előtte haladót. Fontos az akadály kikerülésénél hogy ne ütközzünk fel a padkára, de a szembe forgalmat se tartsuk fel.

Akadályok detektálása

Az USS rövid látótávolsága miatt (kb. 1 m) csak nagyon lassan lehetne haladni, hogy időben tudjunk reagálni az akadályozó tárgyakat. De kihasználhatjuk a gokarra telepített radar jeleit is, így csak akkor kell lassítani, amikor a radar akadályt érzékel. Majd csak lassítás után hagyatkozunk az USS által szolgáltatott adatokra (10. ábra).



10. ábra. Ultrahang szenzor beépítése.

Statikus vagy dinamikus akadály detektálása

A gokart haladása során, már a navigáció a korai fázisában el kell dönteni, hogy kikerülni szeretnénk a statikus akadályt, vagy követési távolságot tartva haladni szeretnénk a dinamikus akadályok mögött. Ezt radarral még a lassulási fázisban el lehet dönteni. Ismerjük a gokart elmozdulását és a radarral mért távolságot. Ha a mért távolság csökkenése egyezik a gokart által megtett úttal, abban az esetben az akadály statikus, azt ki kell kerülni. Ha a mért távolság csökkenése kisebb a megtett útnál, akkor az akadály dinamikus, és a megfelelő sebességre lassítás után követjük az előttünk haladót. Előfordulhat, hogy a távolságcsökkenés meghaladja az általunk megtett utat, akkor előttünk tolatnak, vagy esetleg az ellentétes forgalmi irányba kerültünk.

Vészfékezés

A vészhelyzet felismeréséhez ismernünk kell a gokart fékútját. A fékút értéke függ a sebességtől és a lassulástól, azaz attól, hogy mennyire vagyunk képesek fékezni a gokartot. Az állandó lassulás választása esetén, bár a fékút várhatóan hosszabb lesz, mint az elérhető maximális lassulás használata esetén, de kisebb eséllyel becsüljük alá a szükséges távolságot, és így csökkentjük az összeütközés esélyét. A fékezési határpozíció megállapításához el kell dönteni, hogy:

- a gokart pályája mentén található az akadály (esetleg keresztezi azt);
- elhaladunk az akadály mellett;
- a gokart közeledik az akadályhoz, vagy attól távolodik.

Ha vészfékezés során arra kényszerülünk, hogy manuálisan is beavatkozzunk, akkor a manuális üzemmód magasabb prioritással bír. Ebben az esetben minden más sebességet befolyásoló funkciót inaktívvá kell tennünk. A lassulás mértékéről a gyorsulásérzékelő szenzor alapján kapunk visszajelzést, és egyszerű P-szabályzó jele alapján tudjuk a fékerőt a szükséges és megfelelő szintre beállítani.

Jelzőlámpa jeleinek felismerése

A jelzőlámpa felismerő képesség kialakítása és működtetése során a vezérlés az alábbi alrendszerrel (funkciókkal) működik együtt, és szolgáltat azok számára elsődleges információt:

- Automatic Cruise Control (ACC) rendszer megtervezése, és megépítése;
- Automatikus parkolás;
- Navigáció
- forgalmi sávtartó rendszer.

Az egyes funkciókat befolyásoló jelzőlámpa-jelzések az alábbiak voltak:

- Piros lámpa esetén meg kell állnia a gokartnak, tehát az ACC által eltárolt sebesség a megállás során ideiglenesen felülírásra kerül;
- Sárga lámpa esetén a távolság függvényében a gokart megáll, vagy áthalad a jelzőlámpa előtt.
- Zöld lámpa esetében, ha egy korábbi ACC módban megállt a piros lámpa miatt a gokart, akkor a gokart elindulást hajt végre;
- Ha a lámpa csak bizonyos irányú haladást tesz lehetővé, akkor a navigációban a többi lehetséges haladási irány letiltása.

Az egyes funkciókat befolyásoló jelzőtáblák megjelenése esetén a gokart vezérlése az alábbi logikák mentén dönt:

- Ha a „Sebességkorlátozás” jelzőtáblán szereplő érték kisebb, mint az ACC által eltárolt kívánt haladási sebesség, akkor a táblán szereplő érték lesz a maximális megengedett, amíg a tábla feloldásra nem kerül;
- a „Megállni tilos” és a „Várakozni tilos” jelzőtáblák esetén a parkoló hely keresése csak a feloldás után kezdődik újra, ha eme táblákig nem talált a gokart parkolásra alkalmas helyet;
- a „Kötelező haladási irány” jelzőtábla esetén, illetve különféle tiltott haladási irányok (Balra bekanyarodni tilos, jobbra bekanyarodni tilos, megfordulni tilos) esetén a navigáció működésénél, csak a tábla által engedélyezett irányba haladhat tovább a gokart;
- a „Behajtani tilos” jelzőtábla esetén a navigáció működésénél kizárjuk az egyenes továbbhaladást a lehetséges továbbhaladási irányok közül;
- „Előzni tilos” jelzőtábla esetén a navigáció nem kerülheti ki az előtte haladó járművet, egészen addig, amíg feloldásra nem kerül.

4.3 A járműépítés tapasztalatai

A harmadik évben a gokart szakmai tartalmának komplexitása olyan mértékűvé vált, hogy ismét előjötték az első évben tapasztalt rendszer integritási problémák. A CAN hálózaton rendre ütköztek az üzenetek, a szenzorokból érkező adatok sokszor megbízhatatlanok voltak. Tanulva a második éves időmenedzsment hibáinkból, ebben az évben jelentős időkeretet különítettünk el az elektronika és a szoftver fejlesztésére és tesztelésére.

Végül az egyes funkciókhoz tartozó beavatkozó szervek és szenzorok csoportosításával, és a többi az adott funkcióhoz, nem szükséges eszköz lekapcsolásával sikerült kiküszöbölni a problémáink jelentős részét.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Az autonóm járműépítés hároméves komplex programja alatt a hard engineering mellett a soft engineering egyes területeivel is sikerült a csapatoknak gyakorlatban is megismerkedni. A tervező-fejlesztői csapat építése, a csapat folyamatos összetartása és motiválása, a tervezői-fejlesztői munka szakmai-szervezeti vezetése, a gokart építéssel járó pénzügyi-gazdálkodási kérdések (humán erőforrás, idő, pénzügyi források, eszközök, anyagok stb.) folyamatos megoldása újszerű feladat volt, amivel korábban a csapatok jelentős része nem is találkozott.

Az autonóm járműépítő verseny során számos alkalom nyílt megismerkedni a Robert Bosch Kft gyáregységeivel, telephelyeivel, a cég tervező-fejlesztő tevékenységével. A kapcsolódó hallgatói események és hallgatói terek nagyban segítettek a csapatokat a mérnökké válás folyamatában.

A 2016 évi versenyen a „Hatékony gokart” kategóriában első helyezést ért el a „Safety Kart” nevű csapatunk, az abszolút kategóriában pedig III. helyezést értünk el, aminek rangját és jelentőségét emeli az a tény is, hogy ezt a helyezést rangos hazai felsőoktatási intézmények (pl. BME, SZE, PE, PTE) tízcsapatos mezőnyében sikerült elérni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Szabolcsi, R. (2016) *Légi robotok automatikus repülésszabályozása*, Óbudai Egyetem, ISBN 978-615-5460-23-4, p478, Budapest.
- Dorf, R. C. and Bishop, R. H. (2014) *Modern Control Systems*. 12th Edition. Pearson Education Ltd., ISBN 978-1-292-02405-9. p1042, Edinburg Gate, Harlow, England.
- Robert Bosch műszaki dokumentációk, szakmai követelmények.