

# XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

## INTEGRÁLT KERÉKMODUL SZABÁLYZÁS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEI

Bári Gergely

### Abstract

In the last decade, computerized vehicle control has grown fast and it is now becoming more and more important. Recent studies show that the stability control systems reduced the amount of skidding accidents by 25%. **Error! Reference source not found.** Lately control of steering, braking, traction, and suspension aiming for better comfort and safety has appeared on the market. The problems, arising from the increasing number of control systems in the vehicle are referred as “integrated vehicle control”. Recently more and more papers are written about the possible control strategies in this area. The main question of the topic can be summarized with the question: “What would the car be like if the microprocessor had been invented before the automobile?” We believe that in this case the optimal vehicle system structure would have found earlier, and the engineers would have the opportunity to use intelligent actuators, and build mechatronic systems. In this way the idea of the so called “integrated wheel end control” would have appeared earlier too. The integrated wheel end control is an advanced integrated control, where the wheel modules at the four corners of the car are treated as a force production device, as an actuator, which has to produce the necessary forces to create the desired vehicle motion.

### Keywords:

vehicle control, wheelend, model following, 4WS, 4WD

### Összefoglalás

Az intelligens járműrendszerek száma egyre nagyobb a mai járművekben. A járműmozgás befolyásolására egyre több lehetőség nyílik, akár fékrendszeren ([1]), akár kormányrendszeren ([2]), vagy hajtásrendszeren([3]) keresztül. Napjainkban a legkorszerűbb sorozatgyártású járművekben aktív elemek jelennek meg a futóművekben is, melyekkel nem csak az utazási kényelem, hanem a jármű sajátkormányozottsági tulajdonságai is befolyásolhatók ([4]). Az integrált járműirányítások, e részrendszerek működését összehangolva egy komplex irányítási struktúrát hoznak létre, melynek révén jobb minőségi jellemzőkkel rendelkező szabályzások alakíthatók ki. Ennek az intergációnak egy következő szintje az ún. kerékmodul irányítás, melynek alapja hogy a járművön olyan kerekeket helyezünk el, melyek lehetővé teszik a kerékaltalponon ébredő erők precíz szabályzását.

### Kulcsszavak:

járműirányítás, elektromos kerékmodul, 4WS, 4WD.

### 1. Bevezetés

Az integrált járműirányítások problémakörét tekintve számos szakcikk is készült az elmúlt időszakban. E tanulmányokban igen változatos metódusok láttak napvilágot, a jármű szabályzásának tekintetében, az egészen egyszerű, egymástól függetlenül működő szabályzásoktól kezdve ([5]) az összetett optimális irányításokig. ([3]) Az integrált kerékmodul irányítás egy nagyon letisztult irányítási felépítést tesz lehetővé, hiszen a kerékmodulokra, mint a járműmozgást előidéző

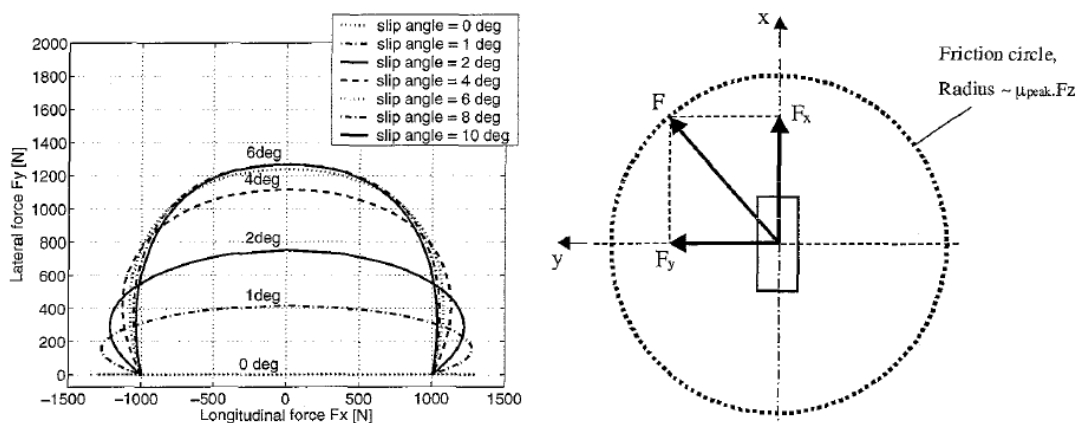
aktuátorokra lehet tekinteni. Egy ilyen szabályzás esetén, a kerékagyban elhelyezett elektromotorok a járművet hajtó hosszserők létrehozásáért felelősek, míg a keresztirányú dinamikát befolyásoló oldalerőket alapvetően az egyes kerekek elkormányzási szögének változtatásával lehet elérni. Az aktív felfüggesztés, mind hidraulikus, mind elektromos elven működhet. Az ilyen modulokkal szerelt jármű irányításának egy igen fontos részfeladata, az aktuátorok szabályzása oly módon, hogy az adott kerékmodul mindig a kívánt erőket állítsa elő.

## 2. Meghatározó járműdinamikai törvények

A következőkben azon járműdinamikai alapelvek, jelenségek kerülnek ismertetésre melyek elemzése, modellezése különösen fontos ahhoz, hogy egy integrált, teljes körű járműirányítási eljárás elkészülhessen.

Az egyik legkritikusabb kérdés a gumiabroncs viselkedésének modellezésével kapcsolatos. Kis erőhatások, pl. alacsony sebességű haladás esetén a gumiabroncs viselkedése ugyanis elég jól modellezhető egy lineáris összefüggéssel, azonban a tapadási határ közelében, amikor a jármű például nagy sebességgel, nagy oldalgyorsulások mellett halad, akkor az abroncs viselkedése nemlineáris. Ezt a használandó szabályzási eljárás kiválasztásakor figyelembe kell venni.

Egy másik fontos abroncsjellemző, az abroncs által átvihető hossz-, oldal- és normálerő szoros összefüggése. Ez azt jelenti, hogy a hossz és oldalerő vektoriális összege nem haladhatja meg a pillanatnyi maximális tapadási tényező és normálerő szorzatát (1. ábra) További részletes információk a gumiabroncsok modellezéséről [6]-ban található



1. ábra. Hossz és oldalerő összefüggése

$$F_{x,y \max} = F_{z \max} \cdot \mu_{\max}$$

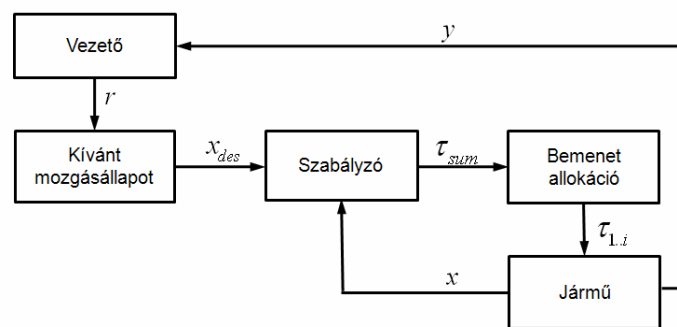
ahol  $F_{x,y \max}$  a maximális keréktalpponti erő,  $F_{z \max}$  a maximális normálerő, míg  $\mu_{\max}$  a maximum tapadási tényező. A síkbeli erők szabályzásakor a feladat tehát a gumiabroncs hossz és keresztirányú kúszásértékeinek olyan módon történő megválasztása hogy azok hatására a szükséges járműmozgást

előidézõ erõk alakuljanak ki.

A normálirányú erõk szabályzásakor az egyik cél a keréktalpponti erõk állandóságának biztosítása, mely fõként biztonsági kérdések miatt fontos, míg másik oldalról minél jobb lengéskényelemi mutatókra, és a karosszéria parazitamozgásainak csökkentése a cél. A normálerõknek azonban a jármû hossz és kereszt irányú mozgásának szempontjából is fontos szerepe van ami annak köszönhetõ, hogy az egy tengelyen kialakítható maximális erõátvivõ képesség a tengelyen lévõ kerekek közötti átterhelõdéssel csökken.([6])

### 3. A lehetséges irányítási struktúra

A korábbiakban vázolt jármûirányítási problémára az alábbi struktúrában készülhet egy megoldás.



2. ábra. Szabályzási struktúra

A 2. ábra alapján látható, hogy a szabályzás első eleme a vezető. A vezető, a számára rendelkezésre álló kezelőszerveken keresztül tudja kifejezni a járműmozgással kapcsolatban megfogalmazott igényét ( $r$ ). Fontos, hogy ez ezeknek a kezelőszerveknek nem kötelező kormánykeréknek, vagy pedáloknak lenniük, bármilyen interfész megfelel, aminek segítségével a pilóta ki tudja fejezni a szándékát. Ezt a jelet a következő szinten a szabályzó feldolgozza, és segítségével meghatározza a jármű kívánt mozgásállapotát. Erre azért van szükség, mert a vezető által produkált jelek, (pl. kormányzó, pedálállások, stb.) nem feleltethetők meg egyértelműen fizikai mozgásjellemzőknek (pl. legyezési szögsebesség, oldalkúszási szög, stb.) E feladatnak egyik általános módszere, hogy egy virtuális járműmodellt készítenek, melyre bemenetként a vezetői inputokat vezetik, míg a szabályozandó rendszer kívánt mozgásállapotának ezen modell állapotát tekintik. Ugyancsak egy lehetséges módszer, a vezető bemenetei alapján, azok prediktálásával, egy kívánt pályavonalat számítani és irányítási célként azt megfogalmazni, hogy jármű, e pályán haladjon végig. Ekkor a kívánt állapotokat a számított pálya alapján lehet megállapítani. Megemlítendő, hogy amennyiben a járműről és az azt körülvevő környezetről megfelelően részletes információk állnak rendelkezésre, bizonyos biztonsági kritériumok is figyelembe vehetők a pályamegtervezésekor.

A következő szint feladata ezen állapotnak a minél gyorsabb megvalósítása, és stabilizálása. A felhasználásra kerülő szabályzónak képesnek kell lennie kezelni a már említett fizikai jelenségeket,

nemlinearitásokat, mint például az átterhelődések hatása, és a gumiabroncsok karakterisztikája. E szabályzó kimenete az a teljes erőhatás lesz, ami a kívánt mozgás megvalósításához szükséges.

A jármű aktuátorai azonban redundánsak, a szabályozott állapotok száma kisebb, mint a bemenetek száma, így ezen erőhatás előállítása több módon is lehetséges. Az optimális szétosztás előállítása a következő blokk feladata. Ez az úgynevezett kontrol alokáció kérdésköre, melynek szintén nagyon szerteágazó irodalma van. Az alokáció több elv szerint is elvégezhető, melyek közül a legegyszerűbb az mikor minden aktuátort annak szaturációáig használnak, mielőtt a következő működésbe lépne. Egy másik lehetőség, valamilyen optimum szerinti választás, amelyre egy példát a Moore-Penrose pszeudoinverz szolgáltat.

#### **4. Következtetések**

Az elmúlt néhány oldalon bemutatásra kerültek az integrált kerékmodul irányítás legfőbb problémái. A fontosabb dinamikai jelenségek bemutatása mellett egy lehetséges szabályzási struktúra leírása, elemeinek bemutatása is megtörtént.

#### **Irodalom**

- [1] Zhao, C., Xiang, W., Richardson, P., *Vehicle Lateral Control and Yaw Stability Control through Differential Braking*, Industrial Electronics, 2006 IEEE International Symposium, pp. 384-389, 2006
- [2] L. Palkovics, *Effect of the Controller Parameters on the Steerability of the Four Wheel Steered Car*, Vehicle System Dynamics, 21, pp109-128, 1992
- [3] Boot J., *ATV Control Regulating a 4WD/4WS Autonomus Guided Vehicle*, TU/e Master Thesis, 2004-2005
- [4] Bari G., *Application of Active Anti Roll Bar Systems for Enchancing Yaw Stability*, FISITA Student Congress, F2008-SC-012, 2008
- [5] M. Yamamoto, *Active Control Strategy for Improved Handling and Stability*, SAE Technical Paper Series, 911902, 1991
- [6] H. B. Pacejka, *Tyre and Vehicle Dynamics*, Butterworth-Heinemann, Oxford, ISBN 0-7506-5141-5, 2002

**Bári Gergely**, PhD hallgató

Munkahely: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar,  
Gépjárművek Tanszék

Cím: 1111, Magyarország, Budapest, Stoczek utca,6. J. ép. 5. em.

Telefon / Fax: +36-1-463-2380

E-mail: [gergely.bari@auto.bme.hu](mailto:gergely.bari@auto.bme.hu)