

Intelligens járműrendszerek

A cikk dr. Palkovics László, a Mindentudás Egyetemén, 2005. február 28-án elhangzott előadásának összefoglalása. Közlekedésünk fejlesztése a közlekedési rendszerek növekvő intelligenciájának irányába mutat. Az intelligens járműrendszerek növelik a közlekedési folyamatok biztonságát és az utak átbecsátó képességét. Elterjedésük kedvező hatással van a közlekedési rendszer többi elemének fejlődésére, ezért széles körű bevezetésük közérdekű feladat.

A közlekedési folyamatokat a közlekedési rendszer négy alkotóelemének (a vezetőnek, a járműnek, a közlekedés infrastruktúrájának és a társadalomnak) a kölcsönhatása határozza meg. Ezek ismeretében intelligensnek azokat a járműveket nevezzük, amelyek a jármű mozgását a forgalom biztonságával össz-

Az elektronikus járműrendszerek, érzékelők alapján végzett osztályozása		
	A rendszer működtetése vezetői beavatkozást igényel, illetőleg nincs autonóm beavatkozás	• A rendszer működtetése független a közvetlen vezetői beavatkozástól
A jármű mozgásállapotát mérő, járműre szerelt érzékelők	• ABS, ASR, TCS • 4WS, 4WD • Felfüggesztés irányító rendszer	• ESP • ROP
A járműre szerelt, a jármű környezetéről információt gyűjtő érzékelők	• A jármű környezetének megfigyelése • Tapadási tényező számítás • Kifáradásjelző	• ACC • A nem szándékolt sávvozhagyást megelőző rendszer
Külső infrastruktúrális érzékelők információi	• Navigációs rendszer • Kanyar sebesség figyelmeztető	• Teljesen automatizált járműirányító rendszer

hangban álló, vezetést támogató döntéshozattal és a vezetőnél gyorsabb beavatkozásokkal módosítják.

Aktivitásuk a járművek és a közúti infrastruktúra újfajta érzékelő és beavatkozó eszközökkel végzett kiegészítését, és a közlekedési rendszerek koordinált továbbfejlesztését igényli. Használatuk nagyságrenddel nagyobb úthálózat-fejlesztési költségek megtakarítását teszi lehetővé. Az intelligens járműrendszerek fejlesztésének, a közlekedési rendszer másik intelligens elemének, a járművezetőnek az adottságaiból kell kiindulnia. A rendszer valamennyi eleme közül ugyanis a jármű vezetője a leggyengébb láncszem.

Tekintettel arra, hogy egyedül neki vannak élettani korlátai a mesterséges rendszerelemekhez képest, emiatt nagyobb az észlelési, az információfeldolgozási, a döntési, a válaszadási és a beavatkozási késedelmek.

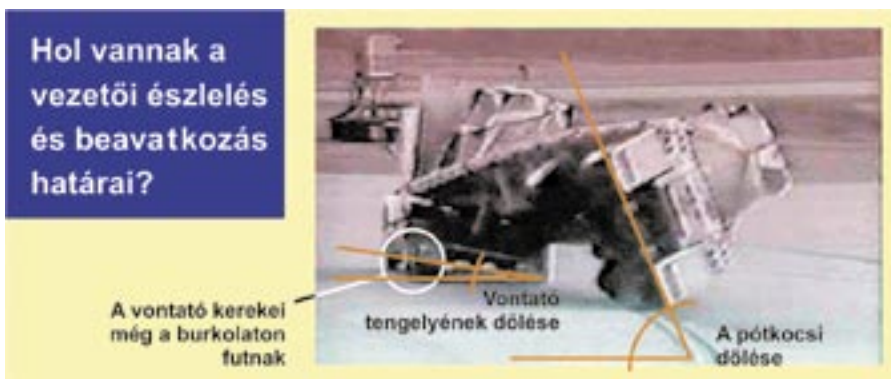
Jól szemlélteti mindezt a képünkön látható nyerges vontató felborulása, amely



Mai járműveink irányításának vázlata

azért következett be, mert az adott ívű és adott sebességű kanyarodás során a vezetőnek sem információja, sem ideje, sem megfelelő eszköze nem volt a borulásnak indult félpótkocsi stabilizálására. Belegondolni is szörnyű, ha hasonló esetre a közúti forgalomban kerül sor.

A haszonjármű-ütközések ugyanis mind a személyi, mind az anyagi következmények szempontjából nagyságrenddel súlyosabbak a személygépkocsikénál. Az intelligens járműrendszerek fejlesztésének az az egyik legfontosabb célja, hogy a hasonló esetek megismétlődését elkerüljék. Ha ugyanis megelőzhető következtetéseket szolgáltat, egyetlen valós eset is elegendő a hasonló esetek megismétlődésének elkerüléséhez.



A nem intelligens járműveken a vezetőnek sem információja, sem ideje, sem megfelelő eszköze nincs a boruláselhárító beavatkozásra

Az elektronikus járműirányítás alapját képező rendszerek

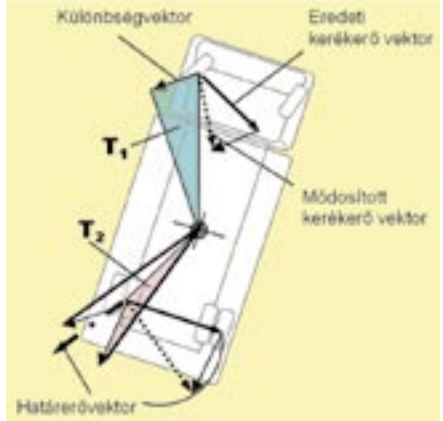


Az elektronikus irányítású járművek menetdinamikáját befolyásoló építőelemek

Hogyan avatkoznak be az intelligens rendszerek?

A járműről és annak forgalmi környezetéből folyamatosan 10^{11} bit/s-nyi információ-áram éri a vezetőt. Amikor ebből tudatos válasz születik, a válaszadás információ-árama 1–2 információra csökken, másodpercenként. Az intelligens rendszerek ennél legalább két nagyságrenddel kisebb válaszadási késedelemmel vagy tájékoztatják a vezetőt a jármű mozgásállapotáról, vagy be is avatkoznak helyette. Elektronikus járműirányító beavatkozás több szinten folyik. Áramkörü szinten, az intelligens beavatkozó eszközök szintjén, a járművek szintjén és a járműáramlatok/járműcsoportok szintjén. Az elektronikus járműirányító rendszereket az érzékelők elhelyezkedése és információik felhasználásán kívül aszerint szokták csoportosítani, hogy a működtetésük igényli-e a vezető közreműködését vagy az független a közvetlen vezetői beavatkozástól. Az elektronikus járműirányító rendszerek annál fejlettebbek, minél több, vezetőtől független működésű eszköz használatával segítik a jármű vezetését. Hogyan is vezetünk ma elektronikus irányító beavatkozás nélkül? A vezetést megelőzően, irányvektorként fogalmazzuk meg a jármű mozgásirányát, amelyet a vezető a szemmel látott utat követve megvalósít. A jármű mozgásirányát a vezető a szemmel látott utat követve megvalósítja. A jármű mozgásirányát a vezető a szemmel látott utat követve megvalósítja.

Síkelő szabályozást végző menetdinamikai szabályozórendszer



Az ESP működési vázlatja

nyitól beavatkozás nélkül? A vezetést megelőzően, irányvektorként fogalmazzuk meg a jármű mozgásirányát, amelyet a vezető a szemmel látott utat követve megvalósít. A jármű mozgásirányát a vezető a szemmel látott utat követve megvalósítja.



A ROP működési vázlatja

zódik meg bennünk az utazás célja és sebessége. A jármű haladását e cél elérése érdekében befolyásoljuk gyorsítással, lassítással, irányváltással. A jármű pedig, a maga beavatkozó szerveivel (aktuátoraival) a cél érdekében ad gázt, működteti erőátvitelét, fékjeit és kormányserveit. Ha a jármű eltér az elképzelt célvektortól, a vezető módosító beavatkozással korrigálja a jármű mozgását. A járművezető irányító beavatkozását jelentő információ mechanikus, pneumatikus, hidraulikus

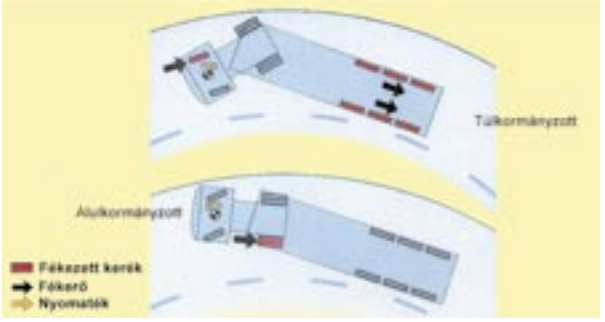
vagy elektromos közvetítéssel jut el a jármű megfelelő aktuátorához. A fejlett irányítású járműveken a vezető és a jármű aktuátorai közötti információátvitel elektronikus felügyelet alá kerül. Így a tényleges beavatkozás elkülönül és függetlenné válik a vezető pillanatnyi szándékától. Ha pedig a beavatkozás logikája vagy sebessége szükségessé teszi, a vezetőnél alacsonyabb szintű beavatkozás akár ellentétes is lehet a vezető pillanatnyi szándékával. A felügyelő irányítás ugyanis biztonsági, gazdaságossági vagy környezetvédelmi célból módosítja a közvetlen beavatkozás végrehajtását.

A szervomotor a vezetőnél lassabban ad gázt, hogy az óvatosabb fojtószelepkezelés csökkentse az üzemanyag-felhasználást és a károsanyag-kibocsátást. Vagy, hogy menetdinamikai példát említsünk, a blokkolásgátló a folyamatos pedálynomás ellenére, szakaszos fékezéssel kerüli el egy vagy több blokkoló kerék burkolaton való megcsúszását, és lehetőséget ad a jármű kormányozhatóságához szükséges oldalerők felépülésére.

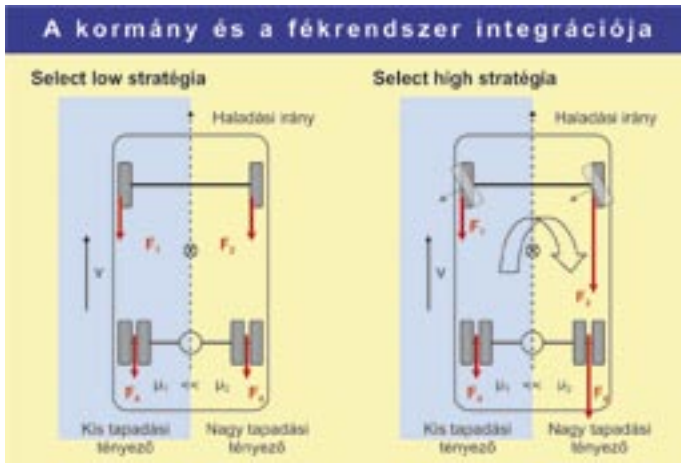
Elektronikus fékezés

Hogyan működik mindez a járművek forgalombiztonságát befolyásoló részrendszereken? Kezdjük mindjárt az elektronikus fékrendszerrel, ami közel egy évtizede használatos a haszonjárműveken. Az elektronikus fék igazi brake-by-wire, hiszen a vezető lassításra vonatkozó igénye vezetőkeken jut el ennek érzékelőjétől a beavatkozás mértékét egy sor további

Csuklós jármű menetdinamikai szabályozórendszere



ESP csuklós járművön



jellemző alapján meghatározó vezérlőegység, és attól a tényleges beavatkozást, többnyire pneumatikus nyomásként kifejtő kerékfékkamrákig. Az elektronikus fékrendszer villamos vezérlőkörének kiesése esetén, biztonsági megfontolásból, pneumatikus vezérlésű kiegészítő fékkörök lépnek működésbe.

A blokkolásgátlót is magába foglaló elektronikus fékrendszer számos olyan biztonságos beavatkozást végez, amelyek meghaladják a vezető észlelési képességeit. Ezek közül csupán az osztott tapadású úton végzett fékezést említjük, amelynek során a jármű egyik oldali kerekei nagy, a másik oldaliak kis tapadási tényezővel jellemezhető útfelületen futnak. Az ilyen körülmények között végzett fékezéskor a nagyobb tapadású útfelületen fékezett kerekeken nagyobb fékerő alakul ki a kisebb tapadásúakénál. Ez olyan nyomatókat hoz létre, amelyek a kívánt haladási irányból kitérítik, oldalra húzza a járművet.

A kitérítő nyomatók nem kívánt hatása, blokkolásgátló nélküli fékezett járművön, folyamatos ellenkormányzást kíván a jármű vezetőjétől. Az elektronikus szabályozott működésű fékrendszer részeként működő blokkolásgátló felismeri a járműkerekek oldalankénti tapadkülönbségeit, és a fékerők dinamikus kiegyenlítésével kiküszöböli a kormányelhúzást okozó nyomatókat.



Műholdas tapadás-előrejelzés

Elektronikus kormányzás

A fékezésnél is több biztonsági kérdést vet fel a jármű steer-by-wire rendszerű elektronikus kormánykerék és a kormányzott kerekek közötti mechanikus kapcsolat megszüntetése. Az elektronikus nyomatók-rásegítésű kormányrendszerek úgy működnek, hogy a rendszer nyomatóérzékelője méri a vezető elkörmányzási szándékát. Ennek, és egy sor további jellemzőnek a figyelembevételével, a vezérlő-

egység kiszámítja a rásegítő szervomotor kiegészítő nyomatókbeavatkozásának mértékét. Az elektronikus kormányrendszerek másik csoportja áttétel-módosítással segíti a jármű irányítását. Úgy, hogy az elektronikus irányítókörben villamos jelként érzékeli a kormányzási igényt, és a vezérlőegység ennek arányában, további jellemzők figyelembevételével állítja be, és kapcsolja be a kívánt áttételt a mechanikus beavatkozó körbe. A haladási sebességen kívül további jellemzőkkel módosítható a kormányzás áttétele. Optimális megoldást elektromos beavatkozású, steer-by-wire rendszerű, elektronikus kormányzás nyújthat. Ennek azonban két, egymástól független irányító és beavatkozó körből kell felépülnie, mivel ez a kormányzásmód híján van a kormánykerék és a kormányzott kerekek közötti mechanikus kapcsolatnak. A második, redundáns villamos beavatkozó körnek áramtalan helyzetben kell fenntartania a biztonságos kormányzást. Magas költségei miatt, vélhetően ennek a rendszernek az elterjedésére kerül legkésőbb sor.

Menetdinamikai szabályozórendszerek

A menetdinamikai szabályozórendszerek működése nem igényel közvetlen vezetői beavatkozást, ám nem is döntenek a vezető helyett. Az ESP például igen leegyszerűsítve úgy működik, hogy ha a vezető kormányoz, és a jármű nem a kezdeményezett irányban halad, a jármű mozgását a kezdeményezett irányba segíti. A jármű síkbeli viselkedésének ESP-vel végzett szabályozása a kerékfalperő vektor aktív befolyásolásán alapul. A se-



A járművezető további asszisztensei



Mire is kell alkalmasnak lennie a jövő optimális járműszintű irányításának?

besség nem megfelelő megválasztásakor előfordulhat ugyanis, hogy ívmenetben az első tengelyre jutó oldalirányú erő annyira megnő, hogy az járműkiperdülést okozhat. A járműkiperdülést megfelelő ellennyomaték kifejtésével ellensúlyozható. Úgy, hogy továbbra is forgásban maradnak az első kerekek, és eközben ellenkormányzással, vagy a bal hátsó kerék, az ábrán látható rózsaszínű háromszöggel, arányos fékerővel végzett megfékezésével, stabilizáló ellennyomatékot állítunk elő.

Tekintettel arra, hogy a keréken kifejthető legnagyobb stabilizáló nyomaték a megjelölt nyomatéki háromszögek maximális területeivel arányos.

Dőlésszabályozás

A másik irányító beavatkozás a jármű térbeli viselkedését a dőlés csökkentésével befolyásolja. A jármű akkor dől fel, ha valamelyik belső íven gördülő kerék talperőnagysága zérusra csökken. Ez az állapot mérhető és előrejelezhető. A billentő erőpárt a tehetetlenségi erő és az úton gördülő gumiabroncs oldalirányú összetevői alkotják. Magas jármű-tömegközéppont esetén az erőpár billentőnyomatéka olyan nagy lehet, hogy az könnyűszerrel felborítja a járművet. A járműborulás is fékbeavatkozással előzhető meg. A dőlésért felelős erőpárt csökkentő beavatkozás a sebesség- és az oldalerő-összetevők együttes csökkentését létrehozó abroncs-csúszás megnövelésével hozható létre. Úgy, hogy a rendszer a kipörgésgátlóhoz hasonlóan, a fojtószelep zárásával vagy fékezéssel csökkenti a jármű mozgási energiáját. A vezérlőegység előbb a talajtól megemelkedett kerekek fékjét

aktiválja, és megméri azok keréksebességét. Majd a perdületérzékelő jeleiből meghatározza az oldaldőlés mértékét, és ezzel arányos mértékben, rövid időre megfékezi a burkolaton gördülő kerekeket.

A beavatkozás hatására a jármű, kissé kifelé tolódva, nagyobb íven folytatja a kanyarodást. A jármű mozgását az úton gördülő első kerekek blokkolóra fékezése úgy stabilizálja, hogy a fékbeavatkozás

csökkenti a centrifugális erő ellen ható kerékdalerőt és a billentőnyomatékot. A kanyarsugár kis mértékben megnő ugyan, de a centrifugális erő is csökken egyben. Túlkormányzott viselkedésű jármű mellső kerekén ébredő, túlzottan nagy oldalerő kiperdítheti a járművet, vagy becsuklásnak indíthatja a járműszerelvényt. A nem kívánt irányeltérést a fékezésalapú menetdinamikai szabályozórendszer a kanyar külső ívén haladó hátsó kerék blokkolásig fékezésével korrigálja. Beavatkozása a szándékolt irányba fordító, stabilizáló nyomaték létrehozásával helyesbíti a kiperdülésnek indult jármű mozgását. Alulkormányzott kitérésű járművön a menetdinamikai szabályozórendszer a kanyar belső ívén haladó hátsó kerék blokkolásig fékezésével hoz létre a járművet a szándékolt

irányba fordító, stabilizáló nyomatékot. Nyerges szerelvényen az iránystabilizáló beavatkozás a pótkocsi megfékezésével és a vontató járművön végzett gázelvétellel hozható létre.

Az irányítórendszerek fejlesztése

A járműirányító rendszerek fejlesztése a rendszerintelligencia növekedésének irányába mutat. Már ma működnek olyan rendszerek, amelyek a napi közlekedés legfőbb problémáját jelentő, tapadási tényező becslését műholdas megfigyelőrendszerre bízják. A járműirányítás így jelentősen túlmutat az optimális irányítás jól ismert iskolapéldáján.

A tapadási tényező pontos ismerete és a követési távolság mérése az utóbbi, néhány méterre csökkentését is lehetővé teszi. Ez a járműforgalom tömörítésével az utak átbocsátóképességének növelésére ad lehetőséget, a forgalombiztonság javításával. Az intelligens járműrendszerek elterjedése hosszan tartó folyamat. A fejlődés 1990-es előrejelzését az azóta megélt fejlesztések jórészt igazolták. Amint táblázatunkból kitűnik, az intelligens járműrendszerek elterjedése ebben az évszázadban biztos elfoglaltságot nyújt a megvalósításukkal foglalkozó rendszerfejlesztőknek.

(Az előadás vázlat- és képanyagáért ezúton mondunk köszönetet Palkovics professzor úrnak.)

Petrók János

Az 1990-es előrejelzés validációja	
2010	Tipikussá válnak az adaptív sebességtartó rendszerek. Megjelennek az egyszerűbb, sávelhagyásra és ütközésre figyelmeztető rendszerek. Zárt pályákon, vezető nélküli autóbuszok közlekednek
2020	Tipikussá válnak a sávelhagyásra és ütközésre figyelmeztető rendszerek. Különösen veszélyes forgalmú helyeken, bevezetik az autonóm járműirányítást
2030	Az új járművek ütközés-, és nem szándékolt sávelhagyás megakadályozó rendszerekkel hozzák forgalomba. Zárt pályákon, bizonyos flották automatikus irányítással közlekednek
2050	Az új autópályákat autonóm járművek közlekedésére alkalmasnak építik, és a hagyományos forgalomban automatikus irányítású próbajárművek jelennek meg
2070	Általánosan elterjednek az automatikus áruszállító, és önrakodó rendszerek
2100	Az autonóm és a hagyományos rendszerek együtt közlekednek a közutakon

Az intelligens járműrendszerek elterjedésének becslése (Steven Shladover tanulmánya nyomán). A kipipált négyzetek a már kísérletileg is igazolt megoldásokat jelzik