



AEBS, avagy radaralapú baleset- megelőzés haszongépjárműveknél

DÓCZY CSABA

Knorr-Bremse
Fékkendzerek Kft.

KOLESZÁR PÉTER

Knorr-Bremse
Fékkendzerek Kft.

A radaralapú balesetmérslő, illetve -megelőző rendszerek a radar- és fékkendzerek fejlődésével előtérbe kerültek, olyannyira, hogy kötelező előírás is vonatkozik már rájuk. A modern vezetőtámogató rendszerek ezen új válfaját, múltját, jelenét és jövőjét mutatjuk be a jelen cikkünkben.

Radar based collision mitigation and avoidance systems are quickly emerging because of the evolution of radar and brake systems. Furthermore there is a regulation available demanding mandatory fitment of these systems. In this article we present you the past, present and the future of this kind of driver-assistance-system.

BEVEZETÉS

Európai baleseti statisztikák szerint a halálos vagy súlyos kimenetelű balesetek 69%-a vezetőtámogató rendszerek használatával elkerülhető lett volna. Ezen balesetek egy jelentős része az ún. ráfutásos balesetek, melyeknek több mint fele a vezető kimerültségére vagy egyéb okok miatti figyelmetlenségére vezethető vissza. Bizonyos esetekben a kialakuló baleseti szituáció csak késve ismerhető fel, így az már nem elkerülhető. Megfelelő beavatkozással azonban a baleset következményeinek súlyossága csökkenthető. Ilyen beavatkozás lehet a vészfékezés, mely jelentősen csökkentheti a jármű kinetikus energiáját az ütközést megelőzően. Különösen fontos lenne ez a haszongépjárművek esetében, amik aránytalanul nagy arányban okoznak halálos vagy súlyos kimenetelű baleseteket, épp a méreteik és tulajdonságaik révén.

AEBS

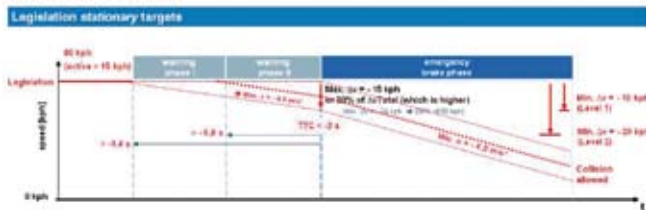
Út az AEBS-hez

Az ütközésmérslő – vagyis az ütközést megelőző, illetve a baleset súlyosságát mérslő – rendszerek (angolul Collision Mitigation, CM) alapját nyilvánvalóan a radaralapú adaptív sebesség-tartó automatika szolgáltathatja. (Adaptive Cruise Control, ACC) Az ACC egy eredetileg tisztán kényelmi funkciónak – tempomat – a továbbfejlesztése, mely képes a jármű hosszdinamikájába beavatkozni. Az ACC működése a következő: a vezető beállítja a kívánt sebességet, melyet a rendszer automatikusan tart (tempomat funkció). Egy radarszenzor segítségével érzékeli a rendszer, ha jármű előtt a járműnél lassabban halad egy másik jármű (céljármű, célobjektum). Ekkor az ACC automatikusan csökkenti a motor hajtónyomatékát, ha kell lefékezi a járművet, és felveszi a jármű előtt haladó céljármű sebességét. Ha a céljármű felgyorsul vagy lekanyarodik, az ACC felgyorsítja a járművet az előzőleg beállított sebességre, anélkül, hogy a vezetőnek saját magának gyorsítania kellene. Az ACC tehát komfortosabb vezetési feltételeket biztosít, csökkenti a tüzelőanyag-fogyasztást és növeli az úthálózat kihasználását. Fontos megjegyezni, hogy az ACC egy komfortfunkció. A vezető külön kezelőszerveken keresztül bekapcsolja, beállítja a kívánt sebességet és a követési távolságot/

időt, és a rendszer megpróbálja ezen beállított értékeket tartani. Az ACC fő bemenete egy akár 200 méteres hatótávolságú radar, kimenetein pedig a motort, retardert és üzemi fékeket vezérli, továbbá működéséről, a beállított sebességről és távolságról informálja a vezetőt. Az ACC – mint komfortfunkció – csak egy bizonyos szintű lassulást tud kivezérelni (általában maximum 2 vagy 3 m/s²), ennél nagyobb vagy akár vészfékezést nem! Abban az esetben, ha ennél az előre beállított értéknél nagyobb kellene fékezni ahhoz, hogy a jármű biztonságosan le tudjon fékezni a céljármű mögött, az ACC figyelmezteti a vezetőt és felszólítja (ún. Take-Over Request, TOR), hogy saját maga vegye kezébe az irányítást és szükség esetén fékezze az autót, vagy kerülje ki a célt. A vezető és a rendszer közötti kommunikációt – kezelőszervek, vezető tájékoztatása, műszerfali visszajelzések, TOR – egy ún. HMI végzi és koordinálja (HMI – Human-Machine Interface, Ember-gép kapcsolat). A HMI szerves részét képezi az ACC-rendszernek, mert ergonómikusnak kell lennie, könnyen kezelhetőnek, az általa adott riasztásnak egyértelműnek és jól érzékelhetőnek.

Adott tehát egy rendszer, amely autonóm módon tud fékezni (és gyorsítani), és érzékeli a jármű előtti forgalmat. Kézenfekvő tehát, hogy az ACC alapjaira építkezve lehet létrehozni egy ráfutásos balesetek elkerülésére vagy mérslésére alkalmas immár biztonsági rendszert.

A CM alapja tehát egy radar. Sajnos a radar mérési elvéből fakadóan nem „látja” a járműveket, tárgyakat, csak a visszaverődések alapján (leginkább fémtárgyakról), azok helyéből, teljesítményszintjéből tud következtetni arra, hogy a jármű előtt mozgó vagy álló objektumok vannak. A mozgó objektumok – céljárművek – detektálása nyilvánvalóan könnyebb (ACC-nél is használt), az álló objektumok – például egy kanyarban az álló kocsisor vége vagy a ködfátyolban megbúvó jármű – érzékelése viszont komoly kihívás. Így a CM-rendszer legfontosabb eleme az a radar, ami mind az álló, mind a mozgó objektumokat olyan megbízhatóan kell hogy érzékelje, hogy az alapján a rendszer akár vészfékezést is tudjon indítani. További különbség az ACC és a CM-között, hogy míg az előbbi komfortfunkció, amit a vezető külön bekapcsol, beállít, és tudja, hogy az egy bizonyos szintig segítségére lesz, addig az utóbbi egy biztonsági rendszer, amit a vezető nem kapcsol be, hanem az mindig aktív, a háttérben figyel és szükség esetén beavatkozik, és talán életet is ment.



1. ábra: AEBS beavatkozási „kaszád” álló járműre

Törvényi előírások

A vezetőtámogató rendszerek (Driver Assistance Systems, DAS) segítségével csökkenthető balesetek legalább egyharmadát az ACC- és CM-rendszereknek hála lehet megakadályozni. Ezek a rendszerek gyorsan terjednek a személygépkocsik között – ahol a vásárlók hajlandók megvenni a kényelmet és biztonságot egyértelműen és bizonyítottan növelő funkciókat. Az európai haszongépjármű-piacon azonban, ahol teljesen más a hozzáállás és gazdasági modell – mint pl. az USA-ban – a vezetőtámogató rendszerek (pl. ESP) elterjedése sajnos lassú.

Ezen összefüggéseket felismerve a hatóságok kötelezően előírják (EU, ENSZ EGB) a radaralapú vészfékrendszerek felszerelését a haszongépjárművek bizonyos kategóriáira 2013-tól. Ezzel el is érkeztünk a címben szereplő mozaikszó értelmezéséhez, ugyanis az AEBS nem más, mint a haszongépjárművekre vonatkozó szabályzásban leírt ütközésmérséklő rendszer, az Advanced Emergency Braking System, vagyis fejlett vészfékező rendszer.

A rendelkezés főbb pontjai:

- A jármű, melyen AEBS van felszerelve, kötelezően felszerelendő ABS-szel is.
- Az AEBS riasztást ad abban az esetben, ha egy ütközés fenyeget egy olyan céljárművel, amely a saját sávjában a járműnél lassabban halad, megállt vagy álló.
- A riasztást követően egy automatikus vészfékezést kell indítsón, melynek célja a jármű sebességének jelentős csökkentése. Ebben a vészfékezési fázisban a jármű üzemi fékrendszerén keresztül legalább 4 m/s² lassulást kell megvalósítani.
- A riasztási stratégiát úgy kell meghatározni, hogy az tényleg a vezetőt segítse, a figyelmét a lehetséges ütközésre felhívja, és hagyjon a vezetőnek elég időt arra, hogy az automatikus vészfékezés előtt a forgalmi szituációra reagálni tudjon.
- A riasztás két lépcsőben és megfelelő időzítéssel érkezik: első lépcsőben legalább egyféle módon kell riasztani (akusztikus vagy heptikus riasztás), a második lépcsőben legalább kétféle módon kell riasztani (akusztikus, vizuális és heptikus).
- Heptikus riasztás (érintési/tapintási) lehet akár az övfeszítő meghúzása, a vezető ülésének rezgetése, stb, de akár egy vészfékezés erősségét el nem érő autonóm fékezés (általában 2-3 m/s²).
- A rendszernek aktívnak kell lenni min. 15 km/h felett egészen a jármű maximális sebességéig.
- Az AEBS minden gyújtásráadásakor aktiválja magát, a vezető ezt követően a rendszert kikapcsolhatja.
- Meg kell teremteni a lehetőséget, hogy a vezető az AEBS beavatkozást (riasztás, fékezés) bármikor felülbírálja (pl. indexléssel, kikerüléssel, gázpedál lenyomásával).

A fentiekből látszik, hogy a törvényalkotó kifejezett szándéka egy fejlett, vezető ténylegesen támogató rendszer előírása a ráfutásos balesetek hatásainak csökkentésére. Ezt külön ki kell emelni, hiszen a vezető mint legfontosabb „érzékelő” a járműben mindenkor a legfontosabb végrehajtó is, akinek mindig az irányítási hurokban kell maradnia, jó esetben csak ő tudja optimálisan megítélni az adott forgalmi szituációt. Így egy eszményi AEBS-rendszer az utolsó pillanatig megpróbálja felhívni a vezető

figyelmét a lehetséges veszélyre, és csak akkor indítani az automatikus vészfékezést, ha a baleset már a vezető beavatkozása által nem elkerülhető.

A tervezet tartalmaz több tesztleírást is, amivel az AEBS-rendszer működését kell a hatóságoknak a homologációnál ellenőrizni. A tesztek tartalmaznak funkcionális követelményeket is, továbbá téves riasztást ellenőrző követelményeket is. A törvényalkotó – nyilván a rendszer- és járműgyártók közreműködése lévén – tisztában van a radarok jelenlegi teljesítményével, az érzékelés jóságával és határaival, így különböző előírásokat alkotott az álló, illetve mozgó járművekkel szemben:

- Álló objektum esetén csak ütközésmérséklés a cél; a jármű sebességét a becsapódáskor az eredetihez képest 10 km/h-val (illetve 20 km/h, 2016 után) kell csökkenteni.
- Mozgó járművek esetén a cél az ütközés megelőzése, vagyis a rendszer a járművet a céljármű sebességére kell fékezze anélkül, hogy ütközés történne.

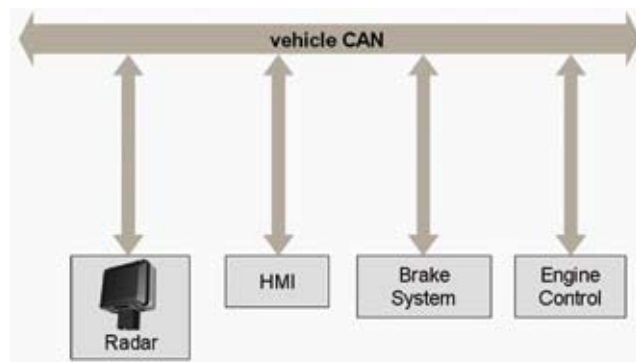
Említést érdemel az álló objektumokra elvégzendő vizsgálat vázlatra, mely alább látható:

- Az álló személyautót a vizsgált jármű 80 km/h-val közelíti meg.
- A riasztásnak (mindkét fázis), illetve a vészfékezésnek a becsapódás számított értékéhez képest (TTC, time-to-collision) a megfelelő időben kell kezdődnie.
- Az AEBS által elért teljes sebességcsökkenés minimum értéke adott, melynek max. 30%, avagy 15 km/h (amelyik nagyobb) lehet a heptikus riasztás során bekövetkező sebességcsökkenés.

Indokolt megemlíteni itt is a helyes riasztási kaszkád kialakításának fontosságát. Az ábrán ugyanis látható, hogy akár a riasztás első fázisában is történhet autonóm fékezés (heptikus riasztás), ebben az esetben már a riasztás során csökkentjük a jármű sebességét, így egy későbbi esetleges ütközés energiáját is. De ebben az esetben a vezető helyes és időszerű informálása csorbul, hiszen azt érzékeli, hogy a jármű egyszer csak magától fékez, úgymond minden figyelmeztetés nélkül. A másik véglet, ha a riasztás egyik fázisa során sem történik fékezés, így a vészfékezés kezdetekor a jármű még az eredeti – nagy – sebességgel robot, ebben az esetben viszont a vezetőt a riasztás hatására és időtartama alatt háborítatlanul kormányozhat, fékezhet, reagálhat a kialakult komplex forgalmi szituációra. Mint látható, a riasztás stratégiájának megfelelő megválasztása egy optimalizálási feladat, és valószínűleg a vevő igényei, ízlése fogja meghatározni.

A hamis riasztás teszt pedig a következőképpen épül fel:

- Két személyautó áll egymás mellett, közöttük 4,5 m távolság van, ugyanarra néznek amerre a vizsgált jármű halad
- A vizsgált jármű 50 km/h-val elhalad centrálisan közöttük
- Az AEBS-rendszer semmilyen riasztást vagy fékezést nem generálhat.



2. ábra: az AEBS-rendszer felépítése



A hamis riasztási teszt a törvényalkotó egyértelmű törekvését szemlélteti arra vonatkozólag, hogy jó, a vezető által elfogadható és a vezetőt tényleg támogató rendszert fogad csak el, mely csak indokolt esetben riaszt, és ezáltal nem ösztönzi a vezetőt arra, hogy a rendszert a gyújtás ráadását követően kikapcsolja.

Az fent összefoglalt AEBS-t több lépcsőben és több teljesítményszinttel kötelezően 2013 és 2016 között kell bevezetni bizonyos N2, M2, N3 és M3 kategóriájú járműveken (tehergépkocsik és buszok).

AEBS-rendszer felépítése, működése

Az AEBS-rendszer egy integrált vezérlőegységben kerül megvalósításra, amely magában foglalja a radarszenzort, a jelfeldolgozóhoz szükséges speciális célelektronikát, valamint egy általános célú mikroprocesszort is, amiben a funkciót megvalósító algoritmusok és a CAN kommunikáció kezelése fut. Ezekon kívül a rendszer része még az általában a műszerfalba, heptikus riasztás esetén az ülésbe, biztonsági övbe szervesen integrált HMI is, ami a riasztásokat, illetve az esetleges hibákat közvetíti a járművezetőnek. Ezeket és a fék, illetve a motor vezérléséhez szükséges információkat a rendszer a haszongépjárműveken elterjedt szabványos SAE-J1939-es CAN-kommunikáció segítségével közvetíti, illetve ezen a csatornán keresztül gyűjti be a működéshez szükséges járműadatokat is.

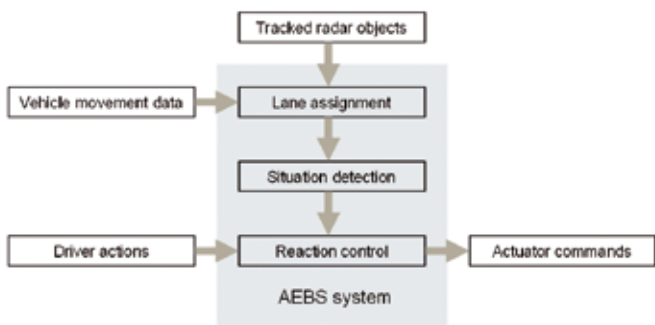
AEBS-rendszer működése

Az AEBS-funkció sematikus felépítését a **3. ábra** szemlélteti, amelyen láthatóak a rendszer ki- és bemenetei, illetve a belső építőelemei is.

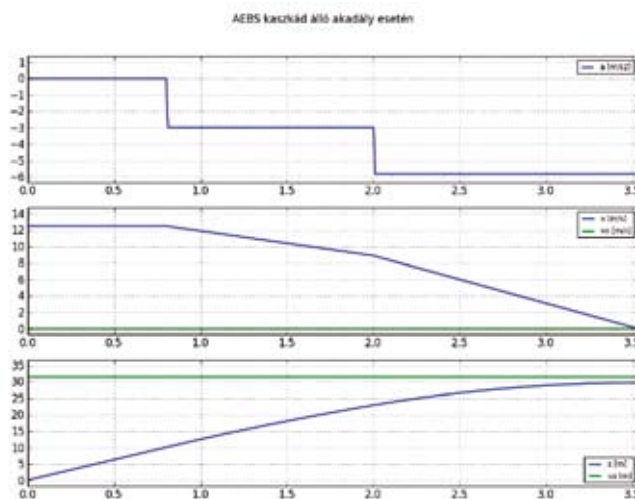
A rendszer elsődleges bemenete a radarszenzorok által feldolgozott, követett és múlttal rendelkező objektumok listája. Az objektumok járműhöz viszonyított koordinátái és relatív sebességei mellett fontos adat még az előfeldolgozás alatt kapott különböző címkék – mint például álló vagy mozgó – és a mérés jóságát, megbízhatóságát leíró statisztikai jellemzők, mint például a mért hossz- és keresztirányú távolság szórása. Ezek az adatok szükségesek ahhoz, hogy az AEBS-funkció számára releváns objektumok kiválaszthatóak legyenek.

A következő fontos bemeneti jelcsoport a jármű mozgását leíró jellemzők, elsősorban a jármű keréke sebességei és a legyezési szögsebesség értéke, amelyek együtt már alkalmasak a jármű állapotának modellezésére és haladási pályájának előrejelzésére. Ezek az adatok szerencsére a mai modern elektronikus fékrendszerrel és menetstabilizáló rendszerrel ellátott haszongépjárműveken a CAN-buszon elérhetőek, bár a megfelelő minőségüket további jelfeldolgozással biztosítani kell. A menetstabilizáló rendszer nélküli járművek esetén egy a legyezési szögsebesség értékét mérő további szenzorra lehet szükség.

Ezen adatok alapján először meghatározható egy út- vagy sávmodell, amely analitikusan leírható görbékkel írja le a jármű előtti útszakaszt. A következő lépésben az objektumokat a megfelelő



3. ábra: az AEBS-rendszer működése



4. ábra: AEBS fékezési kaszkád elméleti lefolyása

sávokhoz kell rendelni, annak érdekében, hogy eldönthető legyen, melyik objektum jelent tényleges veszélyt. Az előbbieken leírt követelmények alapján látható, hogy a riasztási kaszkád megvalósításához az objektumokat már közel 70 méteres távolságból is pontosan azonosítani, és lehetőleg megszakítás nélkül követni kell, ugyanakkor a bevágási és hirtelen irányváltóztatási manőverek miatt nagy dinamikára is szükség van. Ez a radar és a jármű mozgásának mérési bizonytalanságai miatt nem egyszerű feladat. Ezért az egyszerű geometria elhelyezés helyett a sávhozrendeléshez szükség van az objektum előző állapotait és a járművek valós „szokásait” figyelembe vevő valószínűségi modell használatára.

A következő lépés a forgalmi szituáció helyes felismerése, és a számunkra valóban releváns objektum kiválasztása. Az igazán veszélyes szituációt a saját sávunkban közvetlenül előttünk, nálunk kisebb sebességgel haladó vagy álló objektum jelent, ugyanakkor a komplex forgalmi helyzetek elemzése érdekében figyelembe kell venni a saját sávunkban második legközelebbi járművet, amelynek hirtelen lassulása előre jelezhet egy rövidesen eszkalálódó szituációt, illetve a szomszédos sávokban hozzánk legközelebb haladókat is, akik elénk bevágva okozhatnak hirtelen veszélyt. Itt nyílik lehetőség olyan szituációk felismerésére is, amelyek tipikusan hamis riasztást okozhatnának, mint például egy autópályaki-hajtón előttünk lévő tábla.

Ha megvan a veszélyt jelentő jármű és szituáció, akkor következik a helyes reakció megválasztása, és a riasztási, beavatkozási kaszkád végrehajtása. Itt a legfontosabb dolog az, hogy a teljes folyamat alatt biztosítani kell, hogy a járművezető a riasztást vagy a beavatkozást megszakíthassa, vagy a helyzet enyhülése vagy megszűnése esetén magától megszakadjon, ha például az előttünk lévő jármű gyorsítani kezd. Ehhez szükség van a járművezető tevékenységét mutató jelek vételére, amelyek a CAN-buszon a fék (fékpedálállás, kormánysszög), motorvezérlő (gázpedálállás) és egyéb fedélzeti elektronikák (irányjelző) felől szabványos vagy gyártóspecifikus üzenetekben rendelkezésre kell álljanak. A feladat megvalósítását egy összetett állapotgép végzi, amelyben a kaszkádnak megfelelő viselkedést megfelelő időzítők, a felülbírást a sofőrreakció által vagy a szituációs bementek által kiváltott állapotátmenetek biztosítják. A kimenetek pedig a jármű aktuátorait vezérlő CAN-üzenetek, az akusztikus és/vagy optikai riasztást biztosító HMI, a lassulási igényt megvalósító fékrendszervezérlő egység és az ezzel párhuzamosan szükséges hajtónyomaték-limitálást megvalósító motorvezérlő felé.

A követelmények vizsgálata és alkalmazása valós szituációban

Az előbbieken leírt hatósági előírások a minimálisan teljesítendő kritériumokat specifikálják, a gyártók és a megrendelők ezeknél szigorúbb követelményeket is megfogalmazhatnak, aminek elsősorban a technikai korlátok szabnak határt. A jelenlegi radartechnológiák egyik legnagyobb kihívása az álló objektumok osztályozása. Amennyiben ugyanis egy követett objektum mozog, vagy a követés kezdete óta mozgott, akkor arról elég nagy biztonsággal állítható, hogy egy figyelembe veendő akadály. Ha azonban csak állóként érzékeltük, akkor ez a döntés sokkal nehezebb. A radar működési elvéből következően ugyanis egy aknafedél, egy út felett átívelő híd vagy egy jármű között nem könnyű különbséget tenni, márpedig egy híd előtt az üres úton vészfékezéssel megállni nemcsak zavaró, hanem a mögöttünk jövőkre és az esetleges stabilitásvesztés miatt a saját járművünkre is nagyon veszélyes manőver. Lehetséges ugyan, hogy közelebb érve a rendszer már észreveszi a saját hibáját és megszakítja a riasztást vagy a már elkezdett beavatkozást, de a rendszer szempontjából ez sem megfelelő, a hamis riasztások ugyanis nagymértékben csökkentik a rendszer elfogadottságát, főleg mivel haszongépjárművekről és az azokat vezető hivatásos sofőrökről van szó. Így a követelmény kettős:

- elkerülni vagy az előírt mértékben csökkenteni a balesetet, és
- minimalizálni a hamis riasztások számát.

A következőkben megvizsgáljuk, hogy milyen távorról kell egy járműről eldönteni, hogy veszélyt jelent-e. A számításához a jelenleg még előkészítés alatt lévő előírásban szereplő számokat használjuk és a következő kaszkádot alkalmazzuk a beavatkozásra:

- 1. fázis:** akusztikus és/vagy optikai riasztás 0,6 másodpercig, autonóm fékezés nincs.
- 2. fázis:** részfékezés, mint heptikus riasztás folyamatos 3 m/s² lassulással 0,8 másodpercig, és közben akusztikus/optikai riasztás.
- 3. fázis:** vészfékezés, itt 5,8 m/s² lassulással számolunk, mivel nehézhaszongépjárművekre ezzel a lassulással lehet számolni még maximális terhelés mellett is.

Ezenkívül a manőver végén szeretnénk egy biztonsági távolságot megtartani, aminek értéke 1,0 m.

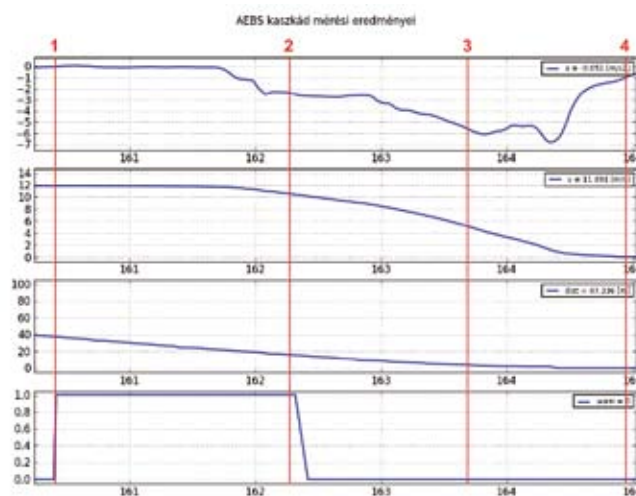
Az **1. táblázatban** feltüntettük néhány tipikus manőver főbb paramétereit, úgy mint a riasztás megkezdésekor szükséges, az akadály és a saját járművünk közötti távolság, a részfékezés alatti sebességcsökkenés és a vészfékezés kezdetekor értelmezett TTC értékét. Az előírások az utóbbi két értékre vonatkozóan is tartalmaznak határértékeket. A TTC mindig az adott pillanatban a relatív sebesség és a távolság alapján számolt idő. Látható, hogy 80 km/h-ról fékezve egy álló akadály előtt már 65 m-rel megszólal a riasztás és 1,76 másodperccel a várható becsapódás előtt kezdődik a vészfékezés.

Az **4. ábrán** látható grafikonon a táblázat utolsó sorában leírt AEBS-beavatkozás időbeni lefolyása figyelhető meg a riasztás kezdetétől a megállásig, míg az **5. ábrán** egy az adott kaszkáddal végrehajtott tényleges fékezés mérési adatai láthatóak. Az itt számokkal bejelölt időpontokban a **6. ábrán** a saját készítésű méréskiértékelő rendszer segítségével készült képek láthatóak, ahol a videóra rajzolt és a felülnézeti képen látható radarobjektumok, az útmodell és a radar látószöge is megfigyelhető.

Az 1-essel jelölt időpontban szólal meg az akusztikus riasztás, amit az ábra negyedik tengelyén lévő jel mutat. A 2-es pillanatban már megkezdődött a részfékezés, a sofőr itt már ténylegesen érzi, hogy a helyzet fokozódik, de még mindig közbe is léphet, akár el is kerülhetné az akadályt. A 3. momentum már a vészfékezés szakaszában van, az ütközés már elkerülhetetlen lenne, és végül az utolsó, 4-es időpont a biztonságos megállás után mutatja a távolságot.

Természetesen a manőver sikeréhez kellett a jó tapadású aszfalt, hogy az akár 6 m/s² feletti lassulások is realizálhatók legyenek. A mérésen jól látható, hogy az elmélethez képest a gyakorlatban a lassulás a féknyomás felépülésének és a tapadási viszonyoknak megfelelően késleltetéssel épül fel, és az ezeknek a hatásoknak a kompenzálására készült zárt szabályozókörfolyamatosan, akár a tervezettnél nagyobb lassulással kompenzálja ezeket a bizonytalanságokat.

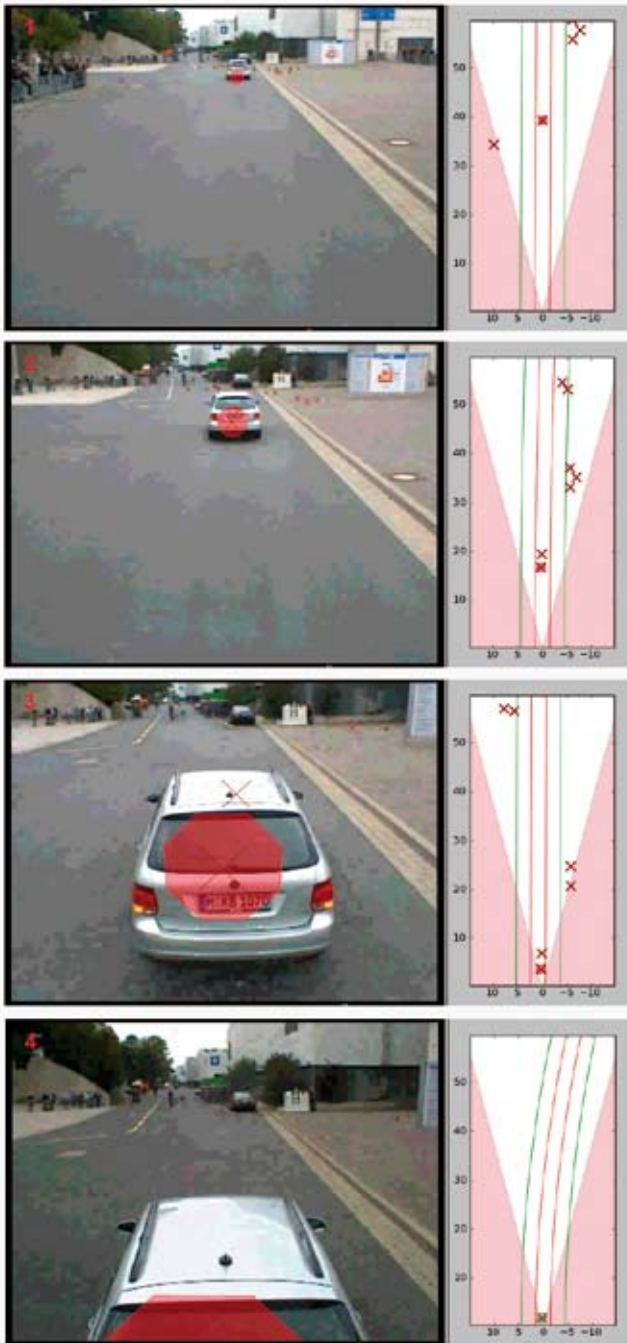
A bemutatott példán jól látható, hogy a rendszer 45 km/h sebességről biztonságosan képes elkerülni az ütközést egy álló személyautóval.



5. ábra: AEBS-fékezési kaszkád a gyakorlatban

A SAJÁT JÁRMŰ SEBESSÉGE [KM/H]	AKADÁLY SEBESSÉGE [KM/H]	1. FÁZIS HOSSZA [S]	2. FÁZIS HOSSZA [S]	TÁVOLSÁG A RIASZTÁS KEZDETEKOR [M]	SEBESSÉGCSÖKKENÉS A RÉSZFÉKEZÉS ALATT [KM/H]	TTC A VÉSZFÉKEZÉS KEZDETEKOR [S]
80.00	32.00	0.60	0.80	29.01	8.64	0.57
80.00	12.00	0.60	0.80	49.92	8.64	1.23
80.00	0.00	0.60	0.80	65.02	8.64	1.76
45.00	0.00	0.60	0.80	26.33	8.64	0.97
45.00	0.00	0.80	1.20	31.67	12.96	0.99

1. táblázat: AEBS-manőverek főbb paramétereit



6. ábra: AEBS-fékezés álló személyautóra

Ez tehát a jövő (és kicsit a jelen is): autonóm módon fékező 40 tonnás szerelvények a biztonságosabb közlekedés érdekében.

AZ AEBS-RENDSZER FEJLESZTÉSEINEK LEHETŐSÉGEI

Hogy mit hozhat a jövő az ütközésmérséklő rendszerek terén? Ehhez vegyük alapul azokat a jelenlegi tulajdonságokat, amik a mai CM-rendszer teljesítményét korlátozzák:

1. Objektumok – főleg az álló – helyes és megbízható felismerése.
2. A remélhetőleg helyesen felismert objektumok helyes és a valóságnak megfelelő sávhoz rendelése.

3. A riasztás és vészfékezés stratégiájának menet közbeni, a vezetőnek és az útviszonyoknak megfelelően testreszabott változtatása.

A felsorolás az ütközésmérséklő rendszer architektúrájának blokk-sémája alapján sorolható (a radarbemenettől a riasztás felé haladva), és ez az adott esetben nagyjából megegyezik a jelenlegi teljesítményt leginkább korlátozó tényezővel, illetve azal, hogy milyen potenciálok rejlenek az adott területen történő fejlesztésekben.

Az első pont képezi tehát a jelenlegi rendszerek talán legnagyobb problémáját, az álló objektumok érzékelését. A radar működési elvéből származó probléma: a visszaverődéseket ugyan pontosan méri, távolságát, elhelyezkedését (x-y síkban) pontosan tudja meghatározni, de egy erősen visszaverő objektumról – akár aknafedél – nem mindig tudja megmondani, hogy az releváns, az AEBS számára fontos objektum vagy nem, egyszerűen áthajthat felette a jármű. A sávelhagyásra figyelmeztető rendszerek (LDW, Lane Departure Warning) és az ACC-alapú ütközésmérséklő rendszerek együttműködése során az álló/haladó objektumok felismerése sokkal pontosabbá és gyorsabbá tehető, így a lehetséges ütközés számítása is javítható. Az extra információ a radar, illetve a kamera által szállított jelek összesítésével (SDF, Sensor Data Fusion) – **8. ábra** – nyerhető ki, így a hagyományos radar-alapú ütközésmérséklő rendszerek további biztonsági tartalékokat mozgósíthatnak. A kamera által szállított információ segítségével a radar által érzékelt akadályok akár olyan biztonsággal is érzékelhetők lesznek a jövőben, hogy elképzelhető álló akadály esetén is az ütközés teljes elkerülése, és nem csak mérséklése.

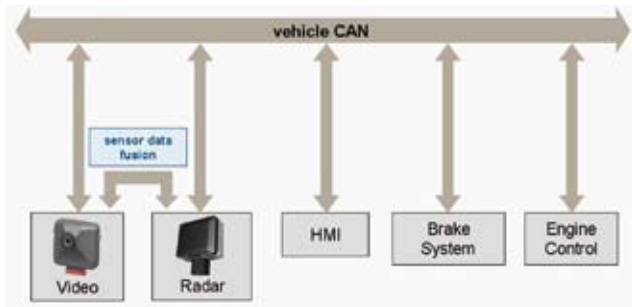
A második pont által felvetett probléma szintén nem triviális. Könnyen belátható ugyanis, hogy a radar által megfelelően érzékelt objektumot, melynek ismert és a járműhöz képesti helye, nem olyan egyszerű sávhoz rendelni. A probléma ugyanis az, hogy jelenleg általában a jármű pillanatnyi mozgása – sebessége, legyezési szögsebessége – alapján becsült sávokhoz rendeljük a célobjektumokat, noha az út vonalvezetése, és így a jármű jövőbeni mozgása sem ismert az adott pillanatban. Ha egy valóságnak nem megfelelő sávhoz rendelés történik egy előttünk 60, 80 vagy akár 100 méterre lévő objektum esetében, az nyilvánvalóan hamis riasztást (esetleg fékezést) vagy fordított esetben épp kimaradt riasztást és fékezést okozhat. A helyes sávhoz rendelés teljesítményének javítására a következő lehetőségek állhatnak rendelkezésre:

- SDF, ismét. A kamera segítséget nyújthat a sáv megfelelő modellezéséhez azáltal, hogy a sávtartó algoritmusok meg tudják határozni a sávot leíró görbéket, azok polinomjait.
- Fejlettebb sávleíró modellek alkalmazása, amely nemcsak a vizsgált jármű mozgása alapján határozza meg a sávmodell, hanem egyéb érzékelt, mozgó vagy álló objektumok segítségével, vagy az infrastruktúrával történő kommunikáció segítségével, vagy GPS segítségével.

A harmadik pontban említett fejlesztési lehetőség abban rejlik, hogy az ütközésmérséklő (vagy megelőző) rendszer paraméterei,



7. ábra: AEBS-fékezés álló személyautóra



8. ábra: radar és kamera szenzorfüziója

riasztási és fékezési stratégiája a fejlesztés során kikristályosodnak és azt követően már nem változnak. Ugyanúgy fog tehát riasztani télen és nyáron, jó látási és tapadási viszonyok között is, mint éjszaka jeges úton. Nem is beszélve arról, ha a rendszer tudná, hogy milyen egészségi/éberségi állapotban van a vezető, akkor az adott szituációra indított riasztást is ennek megfelelően állítaná be, hisz

nyilván egy alvó sofőr figyelmét más módon, hosszabb időtartam alatt lehet felhívni, mint egy éber, de a ködben az akadályt nem érzékelő járművezetőét. A lehetőséget tehát:

- SDF, immár harmadszor. A sávelhagyás, detektálás, a sávban tartózkodás pillanatnyi helyének információja segíthet abban, hogy a vezető éberségére, állapotára utalhassunk. Akár össze is lehet hangolni egyéb, pl. sávelhagyásra figyelmeztető rendszerek riasztásaival.
- Tapadási együttható mérésével vagy becslésével a figyelmeztetési és fékezési beavatkozások idejét, mértékét lehet menetközben változtatni, hiszen ha a rendszer tudja, hogy nem áll rendelkezésre 5-6 m/s² lassuláshoz szükséges tapadás (pl. jeges úton, $\mu=0,2$) akkor előbb riaszthat, előbb fékezhet.
- Járművek közötti, avagy jármű-infrastruktúra közötti kommunikáció (akár platooning) is értékes bemenetekkel szolgálhat a riasztási kaszkád testre szabásában. A jövőben olyan alkalmazások is elképzelhetőek, amik a fenti bemenetek elemzése révén akár úgy is dönthetnek, hogy az adott esetben a fékezés többet érthet, és pl. a kikerülésre szólítja fel a vezetőt, ha az az optimális az adott forgalmi szituációban. ●

IRODALOM

- [1] S. Blackman and R Popoli, „Design and Analysis of Modern Tracking Systems”, Artec House, 1999
- [2] Y. Bar-Shalom, „Multi-Target Multi-Sensor Tracking 1-2”, Artec House, 1990
- [3] Y. Bar-Shalom and T.E. Fortmann, „Tracking and Data Association”, Academic Press, 1988
- [4] H. Winner, S. Hakuli, G. Wolf, „Handbuch Fahrerassistenzsysteme Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort”, ATZ/MTZ Fachbuch
- [5] H. Durrant-White, “Multi Sensor Data Fusion”, Australian Centre for Field Robotics, The University of Sydney, Australia, 2001
- [6] G. Renner and S. Mehring, “Lane departure and drowsiness - two major accident causes - one safety system”, in 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, 1997, CD-Rom
- [7] P.H.Batavia, D.A Pomerlau, and C.E.thorpe, “Predictig lane position for roadway departure prevention”, in Intelligent Vehicles '98 Symposium, Octobre 28-30, 1998 Stuttgart, Germany, pp.5-10
- [8] G. Kovács, J. Bokor, L. Palkovics, L. Gianone, Á. Semsey and P. Széll, “lane departure detection and control system for commercial vehicles”, in IEE International Conference on Intelligent Vehicles, Octobre 28-30, 1998 Stuttgart, Germany, pp.5-10
- [9] G.P. Siegmund, D.J.King and D.K.Mumford, “Correlation of steering behaviour with heavy-truck driver fatigue”, Sensor, Safety Systems and Human Factors, pp.17-38, 1996
- [10] M. Baret, S. Baillarin, C. Calesse and L. Martin, “Sensor Fusion: lane Marking Detection and Autonomous Cruise Control System”, Collision Avoidance and Automated Traffic management (Proc. SPIE vol 2592), pp150-162, 1995