

# A radaralkalmazások jelene és jövője

## 1. Bevezetés

A világ vezető gépkocsigyártói több projekt keretében dolgoznak a fokozottan biztonságosabb közlekedés létrehozásán. Ennek fő formája az ACC (Adaptive Cruise Control, vagy Adaptive/Active/Autonomus Cruise Control = Automatikus/Adaptív/Szélesség/vagy Távolság) Szabályozó Rendszer).

Megjegyzés: már korábban is működtek Fejlett Vezetőt Támogató Rendszerek (ADAS = Advanced Driver Assistance System), de ezek csak nagyon korlátozottan használhatók a mai bonyolult közlekedési viszonyok mellett.

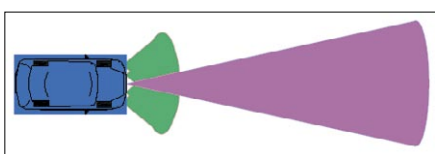
Az ACC egy fontos eleme a radarberendezés, ami jelentősen növeli a közlekedés biztonságát azzal, hogy méri a célok járművektől való távolságát, sebességét, vagy relatív sebességét és azimut (oldal) szögét.

A távolradarokat (FDS – Far Distance Radar Sensor) (még nevezik Long Range Radar – LRR néven is) kifejezetten az ACC működéséhez fejlesztették ki. Ezek maximális hatótávolsága 180 m és szűk antenna iránykarakteristikával rendelkeznek (1. a és 1. b ábra). Az 1. a ábra mutatja az antennakarakteristikák általános képét, az 1. b ábra pedig a karakterisztikák paramétereit.

Az ACC biztonságos alkalmazásához (CA-Collision Avoidance) és a baleset figyelmeztetésre (PC W – Pre Crash Warning) is. Erre a feladatra a közel radarok (NDS – Near Distance Radar, vagy nevezik Short Range Radar – SRR néven is) nagy nyílásszögű antenna-karakteristikával rendelkező radarok a legalkalmasabbak (2. a és 2. b ábra). A 2. a ábra a főbb elemek elhelyezkedését, a 2. b ábra pedig az elemek járművön történő elhelyezését mutatja.

Ezek a radarok nem mérik a célok azimutját, azonban ennek ismeretére is szükség van, ezért ezt a központi számítógép végzi multilaterációs technikával (3. ábra) (magyarázatot lásd később).

Egy tipikus ACC-rendszer (Roh95) távolradarjának és közelradarjának követelményeit



1. a ábra

1. TÁBLÁZAT – FDS TECHNIKAI PARAMÉTEREI			
Antenna-iránykarakterisztika nyílásszöge félteljesítménynél (3 dB)	12°	Maximálisan mérendő távolság	180 m
Felbontóképeség távolságban	1 m	Távolságmérés pontossága	0,2 m
Felbontóképeség sebességben	1 m/s	Sebességmérés pontossága	0,3 m/s
Azimut mérésének pontossága	0,5°	Cél felismerési ideje	100 ms

2. TÁBLÁZAT – NDS TECHNIKAI PARAMÉTEREI			
Antenna-iránykarakterisztika nyílásszöge félteljesítménynél	120°	Maximálisan mérendő távolság	30 m
Felbontóképeség távolságban	0,2 m	Távolságmérés pontossága	0,1 m
Felbontóképeség sebességben	1 m/s	Sebességmérés pontossága	0,3 m/s
Emelkedési szög (fok) (függőleges látószög)	±10	Cél felismerési ideje (msec)	20...100
Legnagyobb működési távolság jármű esetén (m) (min/max)	15/30	Legnagyobb működési távolság ember esetén (m) (min/max)	6/10

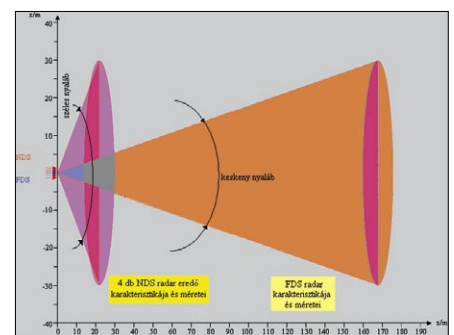
az 1. és 2. táblázat tartalmazza. Valójában ezek a követelmények általánosságban is megfogalmazhatóak.

Az FDS-rendszerrel szemben támasztott követelményt kielégítő megoldás lehet, pl. hogy több korlátozott rádiójellel működő érzékelővel vesszük körbe a járművet. Ennek a megoldásnak hátránya, hogy nő a költség az alkalmazott érzékelők számával. Másik megoldás a radarhálózat alkalmazása, amely alacsony költségű NDS-eket használ általában a lökhárító mögött szétosztva, illetve egy központi hálózati egységet. Minden NDS egy 30 m távolságú és 120°-os azimutszögű területet fed le, majd csatlakozik a központi egységhez. A helyes működés feltétele, hogy az NDS nagyon pontosan mérje a céltávolságot és a sebességet, de ne mérje a cél azimutszögét. A központi egység feladata, hogy ezt kiszámítsa multilaterációs technikával, mint már említettük korábban.

Ahhoz, hogy az azimutszöget is pontosan tudjuk mérni az szükséges, hogy a lökhárító mögé szerelt radarok egymáshoz képesti pontos távolságát ismerjük. De pontosan

kell ismerni azt a szöveget is, amit a radar tengelye bezár a gépkocsi hosszanti tengelyével (4. ábra).

A hagyományos FDS képes csatlakozni ehhez a radarhálózathoz és információt közöl a célokról, amelyek max. 180 m-re vannak a jármű előtt. A célok koordinátáit az egyszerűség kedvéért a rendszer nem polárkoordináta-rendszerben, hanem Descartes koordináta-rendszerben számítja és adja meg.



1. b ábra

A radarhálózat többszörös radarérzékelő csoportokból áll, vagyis nem összehangolt monostatikus NDS-t használ (5. ábra). A monostatikus rendszer általában katonai alkalmazásban, hajózásban, légi közlekedésben található. A bistatikus radartechnikánál külön van az adó és vevő, amelyet az ACC radarhálózatában nem alkalmaznak. Amennyiben egy radaradót és több vevőt alkalmazunk szétosztva, akkor multistatikus rendszert kapunk. Ezeknél a rendszereknél igazi kihívás az volt, hogy eljussanak az egymástól független monostatikus NDS-ektől az összehangolt multistatikus NDS-ig. Itt fontos szempont, hogy a szomszédos radarérzékelők ne zavarják egymást.

A multistatikus érzékelőcsoporton belül váltakozva van egy adó, míg a többi vevőként működik. Amennyiben „n” elemű NDS-ünk van és mindegyik adóként működik, akkor

$$\frac{n \cdot (n+1)}{2}$$

különböző vett jelet kapunk különböző időkésésekkel az ugyancsak „n” számú vevőn. Mivel azonban minden érzékelő szinkronban fut egymással és egyszerre csak egy radar működik adóként – mindig felváltva –, így a csoporton belüli szomszédos vevők között nincs zavar.

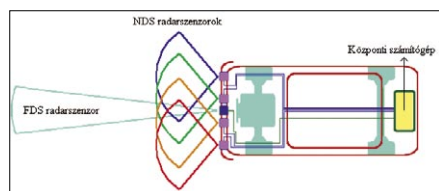
A csoporton belüli vevők egy céllistát adnak, amelyet egyszerre továbbítanak a központi egységbe, ami azonnal fel tudja dolgozni a listán szereplő információkat (távolság, sebességkülönbség).

A rendszer felépítését a 6. a és b ábra mutatja.

## 2. RadarNet általános ismertetése és alkalmazása

A RadarNet elnevezésű európai fejlesztési projekt középpontjában egy 77 GHz-en működő többfunkciós gépjármű-radarhálózatokat és néhány újszerű, ezen a frekvencián működő kis hatótávolságú érzékelőkkel működő hálózaton alapuló járműalkalmazás fejlesztése áll.

Megjegyzés: jelenleg a RadarNet-nek ez a típusa 2013-ig 24 GHz-en működik, ezért a későbbiekben foglalkozunk a jelenleg is kapható 24 GHz-es hálózattal. Mind-



2. a ábra

emellett a RadarNet keretein belül a majd jövőben üzemelő 19 GHz-es tartományú radarhálózat elvét tárgyaljuk, de ez nem különbözik a jelenleg működő 24 GHz-es radarhálózat elvétől.

Megjegyzés: 2013 után is alkalmazható a még működő 24 GHz-es hálózat, de az új járművekbe már a 79 GHz-es tartományban működő berendezéseket alkalmazhatják.

A fő alkalmazások: városi ütközésselhárító, ütközésfigyelmeztető, ütközésérzékelő és Stop&Go, ami egy kiegészített ACC. A projekt 2000. január 01-jén indult és 2004. október 31-ig tartott. Az Európai Bizottság (European Commission – EC) az Információs Társadalmi Technológiák (Information Society Technologies – IST, a megállapodás száma: IST 1999-1A-14031) program finanszírozásában hjtotta végre a feladatot.

A RadarNet projektben az EU öt országból kilenc partnercég által létrehozott konzorcium vett részt.

A RadarNet járműalkalmazásai a következők lehetnek:

### a) Városi ütközésselhárító rendszer (Urban collision avoidance – UCA)

Ennek legalapvetőbb funkcionális követelménye az ütközés megelőzése, vagy legalább az ütközési sebesség csökkentése. Információt kell szolgáltatnia a céltárgyak helyzetéről, sebességéről, vagy relatív sebességéről városi környezetben a járműtől 30 m távolságon belül. Az UCA feladata eldönteni, hogy a céltárgyak helyzete mekkora ütközési kockázatot rejt, illetve szükséges-e működésbe hozni a jármű fékrendszerét, vagy pedig nem.

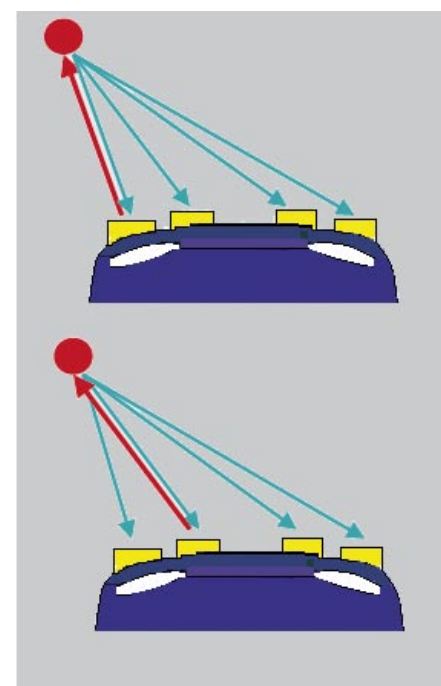
A rendszer ezen alkalmazásának fő célterülete a városok és azok környéke, vagy azok az utak, ahol a sebesség 80 km/h alatt van.

Fontos követelmény a rendszerrel szemben, hogy alacsony legyen a téves riasztások aránya még olyan városi környezetben is, ahol a céltárgyak (járművek) különböző irányokból érkehetnek, pl.: kereszteződésben, sőt akkor is, ha a céltárgy hirtelen irányt vált. Rendelkeznie kell azzal a tulajdonsággal, hogy meg tudja különböztetni azokat a céltárgyakat is, amelyek nem az útról származnak.

Az UCA-rendszer határozza meg, hogy melyik célpont becsapódása jelenti a legnagyobb fenyegetést. E követelmény alapja az ütközés elkerüléséhez szükséges fékerő nagysága. Amennyiben a rizikófaktor elég magas, akkor a fékrendszer működésbe lép.



2. b ábra



3. ábra

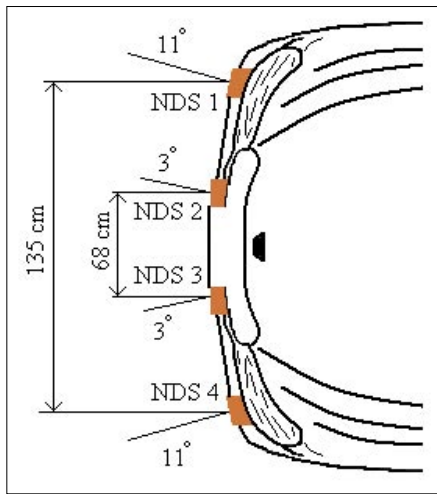
### b) Ütközés előtti érzékelés (Pre-crash)

Az ütközés előtti érzékelő fő funkciója, hogy időben érzékeljen egy másik járművet, vagy akadályt történő ütközést. Ma a becsapódásnak nagy a valószínűsége, a biztonsági korlátozásokért felelős ECU rövid idő alatt (néhány msec) információt szolgáltat a becsapódó tárgyról még mielőtt az bekeverkezne. A RadarNet által gyűjtött adatok olyan döntések meghozatalát befolyásolják, mint pl.: a légszák kinyitása, természetesen a jármű lassításával együtt, amelyért a gyorsulásszenzor felelős.

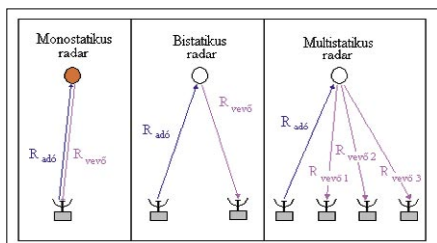
A valós ütközés előtti érzékelő rendszerek működéséhez – amelyek a becsapódás előtt egy meghatározott idővel lépnek működésbe – az ütközés előtti információknak már jóval a becsapódás előtt (kb. 200 msa) rendelkezésre kell állni. Ezt az időtartományt, amíg a rendszerkorlátozások életbe lépnek, nevezik „time to impact”-nak,

vagyis a becsapódásra történő felkészülési időnek, amelynek értéke állandó.

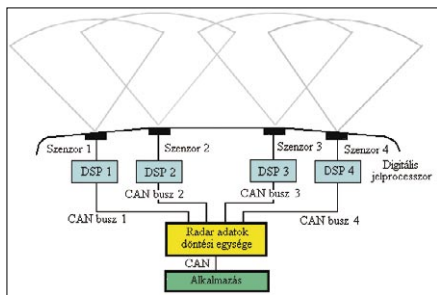
A time to impact és a relatív sebesség segítségével meghatározható a RadarNet számára szükséges célfelderítési tér, vagyis ezen paraméterek alapján számítható ki egy döntési távolság. A döntési távolságnál az utolsó érték, amelynél a RadarNet még el tudja küldeni azokat az információkat, amelyek alapján a rendszer éppen dönteni tud, hogy életbe lépjenek-e a korlátozások, vagy ne. Ennek következménye, hogy a hamis riasztások alacsony volta és az éppen elkerült ütközések miatt a rendszerkorlátozások visszafordíthatók, feltétlenül aktiválnak, pl. olyan pirotechnikai rendszereket, mint a légszák.



4. ábra



5. ábra



6a. ábra

3. TÁBLÁZAT - A PRE-CRASH KÖVETELMÉNYEI

Jellemző	Optimális érték
Legkisebb járműsebesség (km/h)	5
Legnagyobb járműsebesség (km/h)	250
Akadály legkisebb sebesség (km/h)	0
Akadály legnagyobb távolsága (m)	25
Téves riasztások aránya (db/óra)	0,0001
Elmaradt figyelmeztetések aránya (db/ütközés)	0
Megkésett figyelmeztetések aránya (db/ütközés)	0
Rendszer max. holtideje (sec)	0,02

4. TÁBLÁZAT - ISO SZABVÁNYOK SZERINTI MEGHATÁROZÁS

Osztály	Görbületi sugár
I.	Nincs meghatározva
II.	Görbületi sugár > 500 m
III.	Görbületi sugár > 250 m
IV.	Görbületi sugár > 125 m

A légszák ütközés előtti figyelmeztető jelzés fontosabb követelményei a 3. táblázatban láthatóak:

c) Kiemelt parkolást segítő rendszer

A parkolás definíciószerűen azt jelenti, hogy egy a forgalomból kilépő járművet egy közel eső helyen jelentősebb ideig mozdulatlanul, vezető nélkül állni hagyunk. A parkolásegítő célja, hogy segítséget nyújtson a jármű vezetőjének a parkolási manőver során. Ez több szinten is végbemehet. A legalsó szintű feladat információt szolgáltatni optikai vagy akusztikus úton, amennyiben akadály található a parkolást végrehajtó jármű előtt vagy mögött. Ez kombinálható valamilyen figyelmeztető jelzéssel. Ekkor a vezetőnek egyedül kell dönteni, hogy a hely alkalmas-e a parkolásra és azt végrehajja-e. Jelenleg a legalsó szint azokban a járművekben érhető el, amelyeknél a távolságmérés ultrahangos érzékelővel megvalósítható.

A parkolásegítés következő szintjén a rendszer feladata, hogy a kiválasztott parkolóhelyről információkat szolgáltatson. Egy újabb szint lehet, amikor a jármű által felajánlott útírány és sebességmérése is létrejön. A legmagasabb szinten az egész parkolási manővert a jármű maga végzne. A parkolás segítését szolgáló RadarNet szenzorok információkat adhatnak azokról az akadályokról, amelyek a parkolást végző jármű közelébe kerülnek. Ezek az információk tartalmazzák a távolságot, oldalszöveget és a relatív sebességet. Ebben az esetben a vezető figyelmeztetésére különböző frek-

venciájú hangjelzést küld - attól függően, hogy az akadály elöl vagy hátul van-e, de a távolság függvényében még a lejátszott hangsor is változik. Másik lehetőség a különböző színeket használó optikai kijelző, de lehet vegyesen is a kettőt alkalmazni.

Az információk frissítési gyakoriságainak szükségessége a kis manőverezési sebesség miatt alacsony. A parkolást elősegítő RadarNet rendszer csak az autókat, falakat, oszlopokat és egyéb fémből és/vagy műanyagból készült tárgyakat képes érzékelni.

d) Stop&Go

A Stop&Go az ACC kiegészítésének tekinthető, amely megnöveli az alkalmazkodó (adaptív) automatikus sebességtartás előnyeit és lehetővé teszi, hogy városi környezetben is alkalmazható legyen a rendszer. Fő különbség a ma használt ACC-rendszerekhez képest, hogy a Stop&Go rendszer képes a járművet teljesen megállítani, majd, amennyiben az elöl haladó jármű továbbhalad, akkor felgyorsítani (Follow-to-Stop funkció).

A Stop&Go fontos funkciója, hogy a járműnek lehetősége nyíljon megállni egy olyan céltárgy előtt, amely a jármű útjában áll, de legyen képes arra is, hogy megállíthassa a járművet, amennyiben az előtte haladó teljesen lefékezi a járművet, vagy hirtelen bevágnak a jármű elé.

A következőkben felsoroljuk a Stop&Go rendszer azon tulajdonságait, amelyet az eddigi kutatások fontosnak tartanak az optimális működés érdekében:

- A Stop&Go rendszernek alacsony (0...50 km/h) sebesség mellett és nagyobb sebesség (50...110 km/h) mellett egyformán biztonságosan kell az előtte haladó járművet követnie. Látható, hogy a követelmények érvényesek a megállásra is.
- A Stop&Go rendszernek akkor is képesnek kell lennie teljesen megállítani a járművet, amennyiben az útjában egy mozdulatlan járművet észlel. Ez az akadály lehet bármilyen jármű, vagy az úttesten haladó gyalogos, amelyik a jármű útjában áll.
- A Stop&Go funkciónak kezelni kell azokat az eseteket is, amikor jobb vagy bal oldalról bevág egy jármű a saját (a jövőben host) jármű elé.
- A Stop&Go funkciónak biztonságosan kell átállnia egyik céljárműről a másikra sávváltás esetén is.
- A Stop&Go funkciónak 2 irányú forgalom és kanyarodó útvonal esetén is működni kell.
- A Stop&Go funkciót nem szabad megzavarni, ha szembejövő forgalom van, vagy egy jármű keresztezi az útját.
- A Stop&Go funkciónak csak azokat a járműveket kell figyelembe venni, amelyek a saját útvonalban vannak, vagy várhatóan rövid időn belül oda kerülnek.

A legnagyobb nehézséget a Stop&Go helyes funkciónak megvalósítása során a host jármű pályájának meghatározása jelenti. Vajon megmondhatunk valamit is előre, amíg a járművek helyes sávban haladnak? Ez a kérdés különösen fontos, mivel a kontrollreakciót ilyenkor is időben meg kell kezdeni.

**e) Ütközésre történő figyelmeztetés (Collision Warning – CW)**

Az ISO szabvány jelenleg érvényben lévő előírásai az ütközés figyelmeztetésére: Elöl Haladó Jármű Ütközés Figyelmeztetés (Forward Vehicle Distance Warning System – ISO CW). Az ISO szabvány 4 rendszerkategóriát határoz meg, aszerint, hogy az észlelt akadály milyen összefüggésben van az ütközésével (4. táblázat).

A következő (5. táblázat) összegzi az ISO szabványok szerinti optimális működéshez szükséges feltételeket.

A következő részekben tárgyaljuk a RadarNet 24 GHz-en és 77 GHz-en működő radardektorainak felépítését és a teljes rendszer működését.

Felhasznált irodalom:

1. „Toyota Wows the World with Automated Parking”, www.lvsource.net, September 12, 2003.

**5. TÁBLÁZAT – ÜTKÖZÉSFYELMEZTETŐ RENDSZER MŰKÖDÉSI KÖVETELMÉNYEI**

Jellemző	Optimális érték
Osztályozás (ISO)	IV.
Legkisebb ívsugár (m)	125
Legkisebb járműsebesség km/h	0
Legnagyobb járműsebesség km/h	≥150
Legnagyobb járműlassulás száraz úton fékezéskor (m/s <sup>2</sup> )	5
Legnagyobb oldalirányú gyorsulás (m/s <sup>2</sup> )	2,3
Legnagyobb oldalirányú sebesség sávváltás esetén (km/h)	3
Akadály legkisebb sebessége (km/h)	0
Akadály legnagyobb sebessége (km/h)	180
Akadály max. oldalirányú sebessége (km/h)	>3
Akadály max. távolsága (m)	180
Legkisebb hatótávolság (m)	0
Hibás riasztások aránya (db/óra)	0
Elmulasztott riasztások aránya (db/óra)	0
Megkésett riasztások aránya (db/óra)	0
Figyelmeztetés típusa (akusztikus, vizuális)	akusztikus, vizuális
Rendszer legnagyobb késés ideje (s)	0,2

2. Mattox, T., „Eaton-VORAD System”, presented at the FMCSA Workshop on Deployment of Active Safety Systems for Heavy Trucks, March 14, 2004.

3. www.fta.dot.gov, Bus Rapid Transit Main Page, accessed May 31, 2004.

4. www.who.int/features/2004/road\_safety/en

5. www.europa.eu.int/comm/energy\_transport/library/1b\_texte\_complet\_en.pdf

6. Karl M. Strohm, Robert Schneider, Josef Wegner: Kokon: A Joint Project for the Development of 79

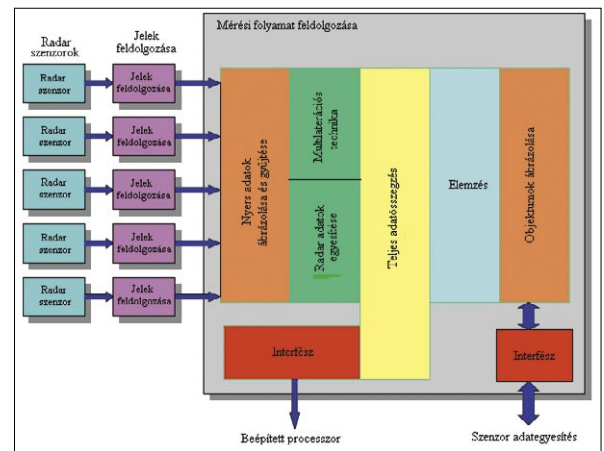
GHz Automotive Radar Sensors - International Radar Symposium IRS 2005, Proceedings, 06-08 Sept. 2005. Berlin.

7. www.Kokon-project.com

8. www.Fka.de

9. A. Dankers, L. Petersson, A. Zelinsky: Driver Assistance: Contemporary Road Safety The Australian National University. 2004.

10. The European Product-Standars EN 302 288 Parts 1 and 2 (24 GHz SRR)



6. b ábra

and EN 302 264 Parts1 and 2 (79GHz SRR) are after completion available int he Internet ETSI-Homepage (www.Etsi.org)  
 11. www.densetraffic.org  
 12. www.radarnet.org  
 13. www.enclide-en.org  
 14. M. Klotz-H. Rohling: 24 GHz radar sensors for automotive application - Journal of Telecommunications and InformationTechnology. 2001. 4.

DR. OLÁH FERENC