

차량용 레이더의 기술발전과 동향

I. 서론

최근 10년간 미국과 유럽을 중심으로 많은 국가들이 차량 사고로 인한 인명피해의 심각성을 알고 해결방안을 찾는 노력(유럽: e-Safety programme)을 진행하여 왔다. 이와 같은 맥락에서 국가 기관에서는 자동차 제조회사에 사고를 줄일 수 있는 장비 개발에 대한 강력한 요구가 있어 왔다. 과거에는 차량 생산자들이 편리한 운행에 초점을 맞추어 개발하였으나, 최근에는 안전 운행에 중점을 두고 있다. 초기의 안전 운행을 위한 장치는 에어백과 안전벨트와 같은 수동 장치이었으나, 현재는 적응형 주행제어 시스템(Adaptive Cruise Control system: ACC)의 개념을 사용하여 운전자에게 편리함을 제공하는 기능(comfort function)과 안전 운행을 가능하도록 하는 기능(safety function)을 지원하고 있다.

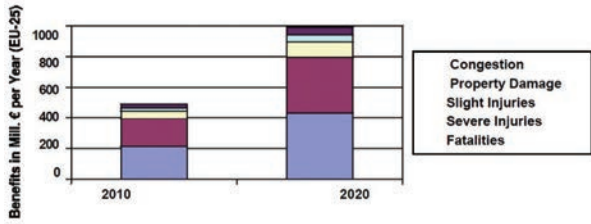
2005년 SEiSS study에서는 77GHz의 장거리용 레이더만을 이용한 ACC로부터 얻을 수 있는 재산상의 이점을 <그림 1>과 같이 제시하였다^[10].

- i) 2010년까지는 총 490,000만 유로 그리고 2020년에는 990,000만 유로의 재산상의 절감 효과를 얻을 수 있다.
- ii) 사망사고와 심각한 부상사고는 각각 40%의 감소, 단순 부상인 경우는 10%, 그리고 재산상의 손실과 교통체증은 각각 5%의 감소를 예측했다.

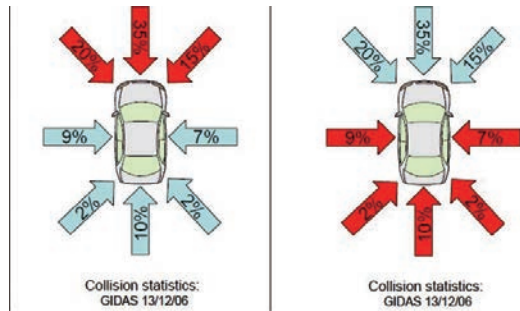
<그림 2>의 GIDAS(German On-Depth Accident Study)와 NHTSA(National Highway Traffic Administration)에 따르면, 전체 사고의 70%는 앞면에서 발생하며 나머지 30%는 측면이나 뒷면으로의 충돌로 보고되었다^[10]. 이러한 이유로, 차량용 레이더는 전방을 감지하는 장거리용 레이더 위주로 개발되어 왔다. 이 시스템은 77GHz



고 석 준
제주대학교 부교수



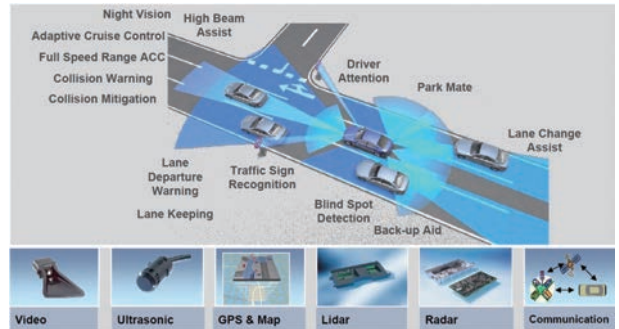
〈그림 1〉 ACC를 이용한 경우 사회적 경제적 이득



〈그림 2〉 위치에 따른 사고발생 통계

대역에서 FMCW (FM continuous wave)방식을 이용하여 300m까지의 거리를 감지하여 사전 충돌 감지 (pre-crash sensing)나 충돌 완화 (collision mitigation)와 같은 안전운행을 위해 사용되어졌다. 최근에는 장거리 및 단거리 차량용 레이더(Long Range Radar: LRR and Short Range Radar: SRR)를 이용한 능동적인 안전 장비들이 개발되고 있다. LRR에 대한 개발이 이미 마무리 단계이며, 최근에는 79GHz대역에서 동작하는 SRR에 많은 관심이 모아지고 있다. 본 고에서는 단거리 차량용 레이더인 UWB SRR에 대한 내용을 위주로 언급하고자 한다.

기존의 안전 운행을 위한 장비는 영상장비, 레이저, 또는 초음파 센서를 이용하여 주차를 돕는데 많이 사용되어졌다. 그러나 이러한 장치들은 어두운 상황이나 눈비 내리는 안 좋은 날씨상황에서는 좋은 성능을 발휘하지 못하였으며, 차량에 부착하는 부분에서도 어려움을 갖고 있다. 초기에는 장거리용 레이더를 이용하여 사전 충돌 감지 및 ACC 기능을 제공하였으며, 현재는 보다 다양한 기능을 제공하기 위해 〈그림 3〉과 같이 단거리용 레이더(UWB SRR: UltraWideBand Short Range Radar)의 역할이 중요해지고 있다. 다음은 차량용 레이더에서 제공하는 기능을 요약한 것이다.



〈그림 3〉 차량용 레이더에서 제공하는 기능과 제품군

- 1) Stop-and-go operation: 고속, 저속, 정지 등 다양한 주행조건에서 전, 후방 차량과 안전거리를 유지하면서 자동으로 주행하는 시스템, 차량의 속도뿐만 아니라 전방차량과의 거리를 자동으로 제어함.
- 2) 사전 충돌 경고(Pre-crash warning)
- 3) 사각 지역 모니터링(Blind spot monitoring)
- 4) 주차 보조(Parking aid)
- 5) 차선 변경 도우미(Lane change assistant)
- 6) 후진시 충돌 경보(Rear crash collision warning)

II. 스펙트럼(Spectrum)

2001년, 차량 생산업자들과 공급업자들간의 컨소시엄인 SARA(Short-range Automotive Radar frequency Allocation)에서는 단거리 차량용 레이더(SRR) 센서에 대한 주파수 할당 이슈들을 처음으로 통합·조정하였다. SARA에는 FCC (Federal Communications Commission), ETSI (European Telecommunications Standards Institute), ITU (International Telecommunication Union)등과 같은 국제 표준화 규격 결정기구들로 구성되어 있다^[1].

이를 시작으로, 2002년에는 미국 FCC에서 24GHz 대역을 차량용 레이더용으로 사용할 수 있도록 허가 하였다^[1,4]. FCC에서 정의한 표준화 규격은 다음과 같이 정리할 수 있다.

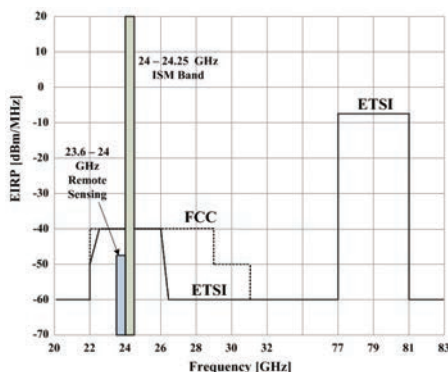
- 주파수 대역은 22~29GHz이다.
- fractional bandwidth는 스펙트럼에서 최고값으로부터 -10dB 지점에서의 대역을 의미하며 적어도

20% 이상이거나 500MHz 이상이어야 한다.

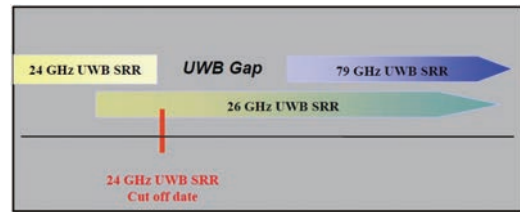
- 중심 주파수 또는 최고 전력을 갖는 주파수는 24.575GHz보다 커야 한다.
- 평균 전력 밀도는 -41.3 dBm/MHz 보다 작아야 한다.
- 23.6~24GHz 대역에서 천문학 관측과 지국 센싱 위성과의 잠재적 간섭을 줄이기 위하여 수직면으로 30o 이상에서 안테나 사이드 로브(side lobes)의 EIRP는 2014년까지 -76.3dBm/MHz를 넘을 수 없도록 되어 있다.
- 최고 전력 방사(emission) 근처의 50MHz 주파수 대역에서 -17dBm/MHz로 제한되어야 한다. 최대 duty cycle은 0.4근처가 된다.

2005년 1월 17일, EC(European Commission)는 차량용 단거리 레이더를 24GHz 주파수 대역 할당을 승인하였다. 주파수 영역은 21.625~26.625GHz이지만, 2005년 7월 1일부터 2013년 6월 30일까지 일시적으로 사용하는 것을 목적으로 할당하였다. 2013년 중반 이후는 79GHz 대역을 할당하였으며, 이에 대한 표준화 규격은 다음과 같다^[2, 4].

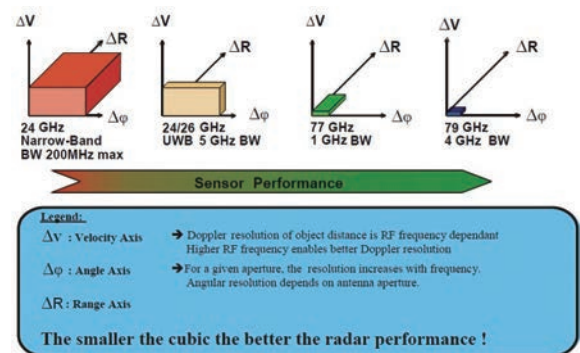
- 단거리 차량용 레이더(SRR) 센서들은 77~81GHz (79GHz 대역) 대역에서 동작
- ECC에서 결정 (2004년 3월 19일)
- EIRP: -3dBm/MHz
- Peak limit: 55dBm EIRP
- 차량 외부에서 측정시 최대 평균 전력 밀도 (maximum mean power density) $\leq -9\text{dBm/MHz}$ EIRP



〈그림 4〉 단거리 차량용 레이더의 Spectrum mask



〈그림 5〉 UWB SRR의 개발 로드맵



〈그림 6〉 반송파 주파수 및 BW에 따른 해상도 성능

〈그림 4〉는 미국 FCC와 유럽 EC 및 ETSI에서 정한 단거리 차량용 레이더의 주파수 스펙트럼 규격을 나타내고 있다. 24.125GHz 대역은 ISM (Industrial, scientific, Medical) 주파수가 할당되며, 23.6~24GHz는 무선을 이용한 천문학(radio astronomy observations)과 원격 리 센싱 (remote sensing)용으로 사용된다. 최종적으로, SARA에서는 〈그림 5〉에서와 같이 24GHz대 UWB SRR의 개발은 중단되며, 단거리용 레이더로 26, 79GHz대역의 사용을 권장하고 있다.

〈그림 6〉은 레이더의 기술방식에 따른 속도, 거리, 각도의 해상도의 성능을 그림으로 나타낸 것이다. 24GHz Narrow-Band(NB) 기술은 해상도가 너무 커서 다른 기술들에 비해 가장 좋지 않다. 24/26GHz UWB 5GHz BW는 거리 해상도는 좋으나 각도와 속도 해상도는 큰 편으로 단거리용 레이더에 사용된다. 77GHz 1GHz BW 기술은 거리 해상도가 크므로, 주로 장거리용 레이더에 사용된다. 79GHz 4GHz BW 기술은 모든 면에서 해상도가 좋으며, 향후 단거리용 레이더로 사용할 목적으로 개발되고 있다^[10].

III. UWB SRR 송수신기 구조

〈그림 7 (a)〉는 1998년도에 M/A-COM에서 제안한 구조이다. 이 시스템의 동작 방식은 다음과 같다. 24GHz의 DRO(Dielectric Resonator Oscillator) RF 신호는 3dB power splitter에 의해 송신기와 수신기로 분류된다. 고속 GaAs Schottky 스위치는 송신기와 수신기에서 사용된다. 4MHz PRF(Pulse Repetition Frequency) 오실레이터는 펄스를 생성하기 위해 사용되며, 신호 발생기에 트리거(trigger) 신호로 사용된다. 신호 발생기는 두 개의 SRD(Step Recovery Diode)로 구성된다^[8].

모든 영역을 스캔(scan)하기 위하여, 수신 경로에 있는 고속 스위치의 트리거 펄스는 조정가능한 지연기(electrically adjustable delay)에 의해 지연된다. 특정 전파 거리에 해당하는 지연 시간에 대해 이와 일치하는 지연 시간이 지연기에 의해 형성되며 따라서 이에 해당하는 거리 게이트(range gate)가 생성된다. 최소 측정거리부터 최대 거리까지 전체를 측정하기 위해 스위핑(sweeping) 신호에 의해 조정되며 전체 거리를 측정 한 후 초기화되어 지연기는 처음 위치로 되돌아 간다. 따라서, 측정해야 하는 모든 거리를 검색하기 위해서

는 많은 시간이 소요된다. IF 출력(output)은 inphase와 quadrature 채널로 이루어지며 수신 RF 신호와 LO pulse가 일치되었을 때 최대값이 된다. IF output을 누적하여 SNR을 증가시킬 수 있다^[8].

〈그림 7(b)〉의 ROACH는 송신기부와 수신기부로 나누어진다. 클럭 발생기(clock generator)에서 생성된 클럭을 이용하여 PRF 생성기는 10MHz의 클럭을 발생한다. 송신기에서는 주기적으로 펄스 생성기(pulse generator)에 의해 가우시안 펄스가 생성된다. 최종적으로, 반송파가 곁해진 후 안테나를 통해 방사된다.

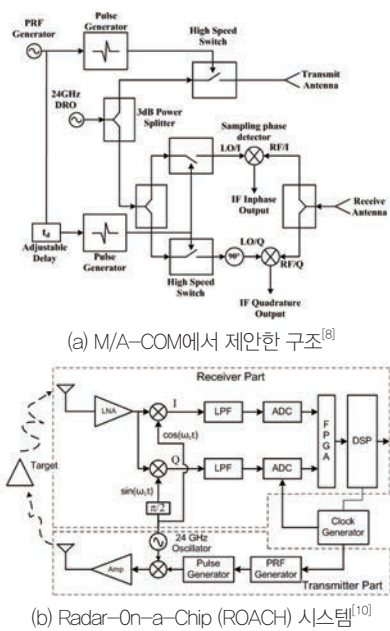
수신기에서는 물체로부터 반사되어 안테나를 통해 들어오는 신호를 반송파와 곁한 후 inphase와 quadrature 채널 신호를 ADC(Analog-to-Digital converter)에 의해 샘플링한다. 샘플 값들은 FPGA (field-programmable gate array)에서 누적되면서 저장된다.

〈그림 7〉의 구조가 갖는 가장 큰 차이점은 거리 게이트(range gate)를 생성하는 과정이다. M/A-COM에서 제안한 구조는 지연기를 이용하여 수신기에서 적절한 지연 신호를 발생하여 거리 게이트(range gate)를 생성하는 반면에, ROACH 시스템에서는 펄스폭과 동일한 클럭을 갖는 ADC를 이용하여 거리 게이트(range gate)를 생성한다. 그러나 ROACH 시스템에서는 매우 짧은 펄스를 사용하기 때문에 매우 높은 샘플링 주파수의 ADC가 요구되어진다.

IV. 간섭 문제

2012년 MOSARIM (MOre Safety for All by Radar Interference Mitigation)에서는 〈그림 7〉과 같은 다양한 경우에 대한 간섭 문제를 제기하였다. 테스트용으로 아래와 같이 7가지의 경우로 나누어 분류하였다^[12].

- 1) BTS1 : Victim and interferer passing each other. Victim is following target.
- 2) BTS2 : Interference with forward looking sensor, target is overtaking.
- 3) BTS3 : Oncoming interferer with high RSC (truck), target has low RCS (pedestrian).



〈그림 7〉 단거리 차량용 UWB 펄스 레이더의 송수신기 구조

Interference from crossing traffic.

- 4) BTS4 : Traffic in the same direction with similar velocities, Target following
- 5) BTS5 : Interference from crossing traffic
- 6) BTS6 : Parking slot
- 7) BTS7 : Interference with backward looking sensor

다른 차량에서 발생된 신호는 UWB SRR의 수신기에서 ghost target으로 매우 크게 나타날 수 있으며, 이를 해결하기 위한 다양한 송신 신호 및 수신기 구조가 개발되고 있다.

Short & Long Range applications 11 / 17 brands launched 77GHz LRR 4 / 17 launched lidar (cheaper than 77GHz)		Short & Mid Range Applications 11 / 17 launched 24GHz radars 1 / 17 will launch 24GHz < end 2010	
• AUDI	77GHz+vision	• AUDI	24NB
• BMW	77GHz+24UWB+vision	• BMW	24NB
• DAIMLER	77GHz+24UWB+vision	• DAIMLER	24UWB
• JLR	77GHz+vision	• JLR	24NB
• OPEL	vision	• OPEL	-
• PSA	24GHz NB	• PSA	-
• Renault-Samsung	-	• Renault-Samsung	-
• VOLVO	77GHz+vision, lidar	• VOLVO	vision
• VW	77GHz	• VW	24NB
-----		-----	
• CHRYSLER	lidar	• CHRYSLER	24UWB
• FORD-NA	77GHz+vision	• FORD	24NB
• GM	77GHz+vision	• GM	24NB
-----		-----	
• HONDA	77GHz+vision	• HONDA	24UWB announced (US, JP)
• HYUNDAI	77GHz	• HYUNDAI	-
• MAZDA	lidar	• MAZDA	24NB(JP,EU), 24UWB(US)
• NISSAN	lidar +vision	• NISSAN	24NB
• TOYOTA	77GHz+vision	• TOYOTA	77-SRR (Rear Pre-crash)

(a) Front Sensors (b) Rear Sensors

<그림 9> 차량용 레이더를 사용하고 있는 회사들

<표 1> 회사별 시장점유율과 사용 레이더 기술

V. UWB SRR 제품 현황

<그림 9>에 나와 있는 보고에 따르면, 2009년 작성된 기준으로 개발된 제품은 대부분이 77GHz대의 FMCW방식의 LRR로 일부 회사에서만 24GHz대의 UWB SRR를 개발하였음을 알 수 있다^[10]. 그리고 현재는 79GHz 대역에서의 UWB SRR로 간섭 문제를 해결할 수 있는 제품 개발에 중점을 두고 있다. 24GHz대역의 UWB SRR를 사용하고 있는 회사를 국가별로 분류하면 다음과 같다.

- 1) 유럽 : BMW, DAIMLER
- 2) 미국 : CHRYSLER

BRANDS	January - December 2009		Basis radar technology	
	%Share	Units	Front sensors	Rear sensors
VW Group	21.1	3 064 748	77GHz	24NB
PSA Group	13.0	1 885 788	24NB	-
FORD Group	10.4	1 503 290	77GHz	24NB
RENAULT Group	9.3	1 348 256	-	-
GM Group	8.8	1 282 854	77GHz	24NB
FIAT Group	8.6	1 254 952	-	-
TOYOTA Group	5.0	730 536	77GHz	77GHz
BMW Group	4.9	708 357	24UWB + 77GHz	24NB
DAIMLER	4.7	684 113	24UWB + 77GHz	24UWB
NISSAN	2.5	368 478	-	24NB
HYUNDAI	2.4	346 028	77GHz	-
SUZUKI	1.7	249 789	-	-
HONDA	1.7	244 325	77GHz	24UWB
KIA	1.8	256 926	-	-
MAZDA	1.5	210 711	-	24NB (JP, EU) + 24UWB (US)
MITSUBISHI	0.7	97 267	-	-
JAGUAR LAND ROVER Group	0.6	85 868	77GHz	24NB
CHRYSLER Group	0.4	54 628	-	24UWB
OTHER	1.0	125 170	-	-
ALL BRANDS	100,0	14 524 084		

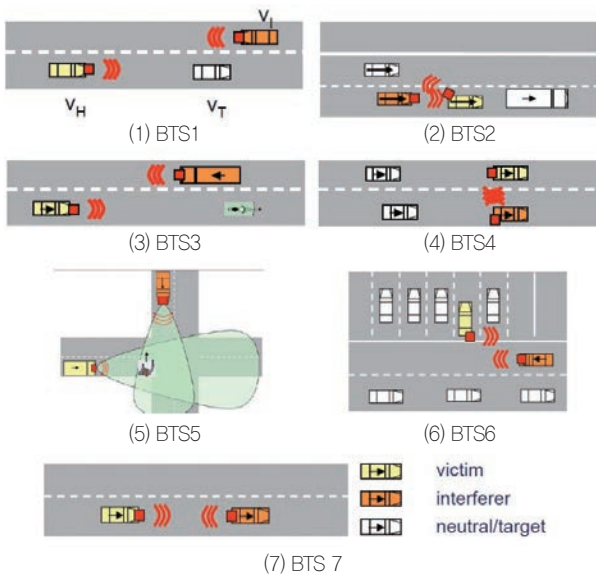
3) 일본 : HONDA, MAZDA

2009년 기준으로 국내 기업인 현대, 기아는 아직 단거리 레이더에 대한 개발이 없는 상태이다.

VI. 결론

1999년, Mercedes-Benz S-class는 처음으로 레이더를 이용한 적응형 주행제어 시스템을 이용한 차량을 처음으로 선보였다. 현재, 자율주행자동차가 큰 이슈로 작용하며, 차량용 레이더 센서에 대한 관심 또한 커지고 있다. 아직까지는 자동차 제조회사들이 주로 장거리용 레이더에 중점을 두고 있으나, 앞서가는 회사들은 이미 단거리용 레이더인 UWB SRR를 개발하여 다양한 응용에 적용하여 사용하고 있다. 국내의 대표회사인 현대기아는 아직까지는 이에 대한 대응이 늦은 편으로 그 격차는 앞으로 점점 더 커질 것으로 예상된다.

단거리용 레이더인 UWB SRR는 24GHz대역에서



<그림 8> 간섭문제의 테스트 시나리오



79GHz대역으로 넘어가면서 안테나 및 RF단의 기술을 포함하는 MMIC와 간섭 문제에 대한 해결 방안 등 향후 해결해야 하는 문제점들도 많이 남아 있는 상황이다.

참고 문헌

[1] I. Gresham, A. Jenkins et al., "Ultra-wideband radar sensors for short-range vehicular applications," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. 52, NO. 9, pp. 2105–2120, Sept. 2004

[2] Karl M. Strohm, Hans-Ludwig Bloecher, Robert Schneider, and Josef Wenger, "Development of future short range radar technology," European Radar Conference, 2005

[3] Josef Wenger, "Automotive radar – Status and Perspectives," IEEE CSIC 2005

[4] Martin Schneider, "Automotive Radar – Status and Trends," GeMic 2005

[5] Hans Dominik, "Short range radar – status of UWB sensors and their applications," European Radar Conference, 2007

[6] Bruno Neri and Sergio Saponara, "Advances in technologies, architectures, and applications of highly-integrated low-power radars," IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems Magazine, pp. 25–36, January 2012

[7] Michael Klitz, An Automotive Short Range High Resolution Pulse Radar Network, Ph. D. Dissertation, Jan. 2002.

[8] W. Weidmann and D. Steinbuch, "A High Resolution radar for short range automotive applications", in 28th European Microwave Conference, Amsterdam, Netherlands, 1998, pp.590–594.

[9] Mende, R, Zander, A "A multifunctional Automotive Short Range Radar System", German Radar Symposium, GRS2000, Berlin, October 10–11, 2000.

[10] CEPT Report 37, "Automotive Short-Range Radar systems (SRR)," 2010.

[11] Mei Li, Robin J. Evans, Efstratios Skafidas, and Bill Moran, "Randa-on-a-Chip (ROACH)"IEEE conference, 2010.

[12] Alicja Ossowska, "Conducted laboratory and real world interference tests," European Radar Conference, 2012.



고석준

- 1996년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학석사)
- 2000년 2월 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 (공학박사)
- 2002년 3월~2004년 5월 삼성전자 책임연구원
- 2005년 3월~현재 제주대학교 부교수

〈관심분야〉

레이더 및 통신 신호처리, Estimation and Detection,