

77GHz 자동차 레이더 부품 기술동향

Technology Trends of 77GHz Automotive Radar Components

스마트 & 그린 융합부품소재기술 특집

| | |
|-----------------|--------------------|
| 박민 (M. Park) | 디지털RF SoC연구팀 책임연구원 |
| 박필재 (P.J. Park) | 디지털RF SoC연구팀 선임연구원 |
| 김동영 (D.Y. Kim) | RF융합부품연구팀 책임연구원 |
| 김천수 (C.S. Kim) | 디지털RF SoC연구팀 책임연구원 |
| 구본태 (B.T. Koo) | 통방융합SoC연구팀 팀장 |
| 정희범 (H.B. Jung) | 시스템반도체연구부 부장 |
| 유현규 (H.K. Yu) | SW-SoC융합연구소 소장 |

목 차

-
- I. 서론
 - II. 자동차 레이더 부품 기술 개요
 - III. 자동차 레이더 부품 기술동향
 - IV. 결론 및 전망

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발 사업 (IT 융합)의 일환으로 수행하였음[10037207, 고집적 CMOS Multi-Radar Sensor 기반 차량안전시스템 개발].

자동차 레이더 부품 기술의 대표적인 활용 예인 차량안전시스템이란 지능형 교통시스템을 구현하기 위한 필수 기술로 열악한 기상조건 또는 운전자의 부주의로 인해 발생 가능한 사고를 미연에 방지할 목적으로 개발된 차량의 안전 운행 시스템을 의미한다. 특히 77GHz 주파수를 이용한 자동차 레이더 시스템은 차세대 안전 장비 중에서 가장 핵심적인 시스템이며, 미래 자동차 안전 산업 기술에 있어서 필수적이라 하겠다. 본고에서는 77GHz 자동차 레이더 부품 기술의 특징을 알아 보고 개발 현황 및 앞으로의 전망을 예측하고자 한다.

I. 서론

과학 및 물질 문명이 발달함에 따라 개개인 욕구가 우선시 되면서 점차 우리나라도 자동차 보유 수가 늘어가는 추세에 있다. 이와 관련한 자동차 및 교통 분야의 경우, 국내의 교통 환경은 심한 교통 체증 때문에 차량 이동성이 급격히 떨어지고 있으며 이러한 효율성의 저하는 결국 에너지 낭비, 자동차 배기 오염 물질의 증가로 생산성 감소를 유발하게 되어 우리의 삶의 질을 저하시킬 것으로 예상된다. 이런 면에서 자동차 레이더 기술은 주요 적용 분야인 차량용 안전 주행 시스템 외에도 다양한 레이더 센서 및 감시 시스템에 적용 가능하기 때문에 이를 교통 통제 시스템 및 무인 환경 감시용 센서에 적용 시 에너지의 절감은 물론 환경 오염 물질 배출의 최소화에도 기여함으로써 국가적으로 추진 중인 녹색성장에도 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

최근 자동차 레이더 시스템 개발은 짧은 거리를 감지하는 SRR과 긴 거리를 감지하는 LRR로 구분하여 진행되고 있다. SRR은 24GHz 대역과 79GHz 대역의 UWB 방식을 사용하였고 LRR은 77GHz 대역의 FMCW 방식을 사용해 왔으나 향후 SRR과 LRR을 통합한 하나의 레이더 시스템으로 구현되어 FMCW 모뉘레이션 방식이 널리 사용될 전망이다[1]. 특히 77GHz 주파수를 이용한 자동차 레이더 시스템은 차세대 안전 장비 중에서 가장 핵심 시스템이며, 기존 자동차 레이더 주파수인 24GHz 대역이 통신 장비와의 혼신으로 EU에서는 2013년 이후 77GHz로의 이동 중에 있다. 이와 같이 자동차 운행 중 레이더 센서를 통해 감지한 상황을 인식하여 충돌 경고, 에어백 작동, 차선 변경, 감속 후 주행 상황에 맞는 능동적인 대처를 통하여 안전하고 편리한 운행을 추구하는 미

래 자동차 안전 산업 기술을 지능형 순항 제어 시스템(ACC)이라고 한다.

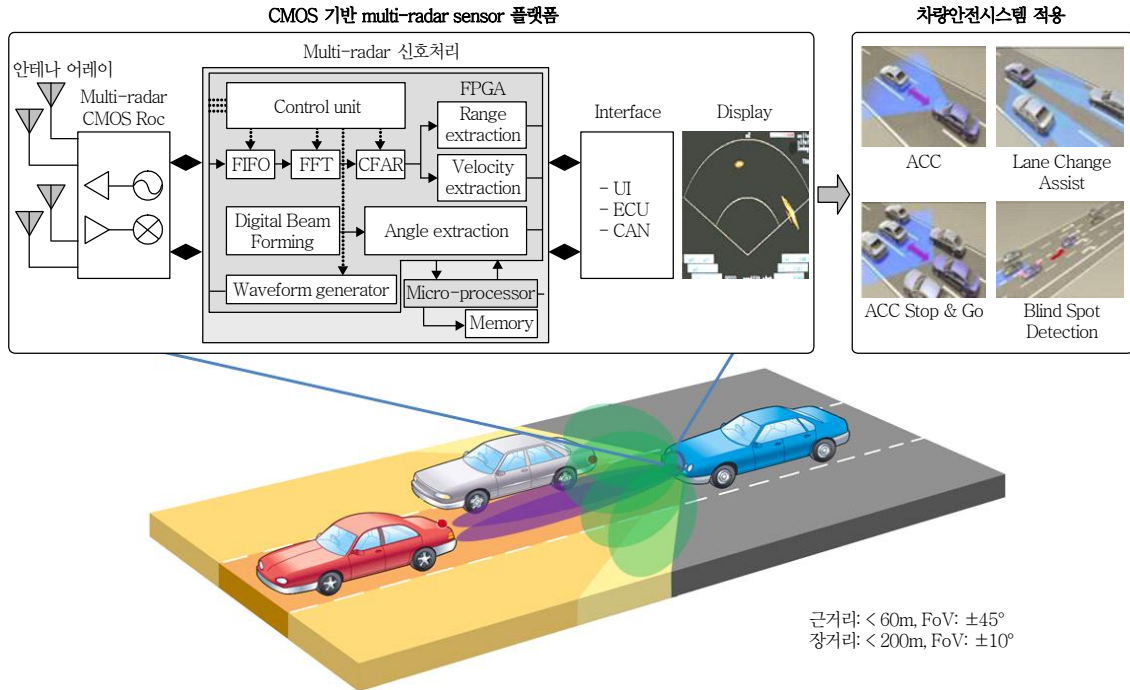
이러한 ACC 시스템의 핵심 기술은 레이더 센서로서, 전자파를 이용한 레이더는 1970년대 초부터 개발이 시작되어 1980년대 후반부터 미국과 유럽 및 일본을 중심으로 야간 장애물 감시 및 ACC 시스템을 중심으로 연구되었다[2].

본고에서는 이러한 자동차 레이더 센서 기술을 바탕으로 77GHz 자동차 레이더 부품 기술의 특징을 알아보고 개발 현황 및 앞으로의 전망을 예측하고 자 한다.

II. 자동차 레이더 부품 기술 개요

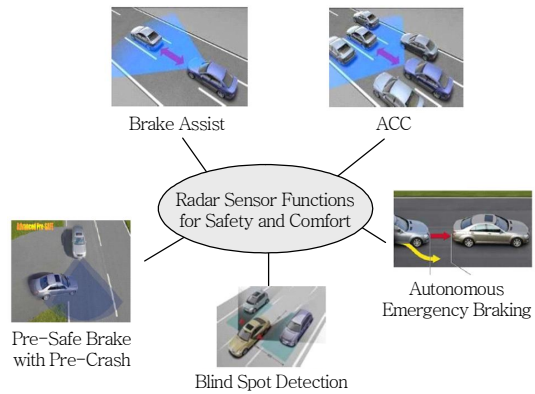
(그림 1)은 CMOS multi-radar sensor 기반 차량 안전시스템 개념도이다. CMOS 기반 multi-radar sensor 플랫폼을 기반으로 하여 차량안전시스템에 적용한 것으로 안테나를 통하여 들어온 신호를 CMOS로 구현된 Radar on a Chip(RoC)을 거쳐 하향 변환하고 DSP를 활용한 multi-radar 신호처리부를 거치면서 CAN 등 통신 프로토콜로 자동차의 ECU에 전달되어 설계된 여러 가지 응용으로 활용된다.

자동차 레이더 부품 기술의 대표적인 활용 예인 차량안전시스템이란 지능형 교통시스템을 구현하기 위한 필수 기술로서 열악한 기상조건 또는 운전자의 부주의로 인해 발생 가능한 사고를 미연에 방지할 목적으로 개발된 차량의 안전 운행 시스템을 의미한다. 이와 관련한 중대형 승용차의 차량안전시스템으로는 Smart Cruise Control(SCC), Stop & Go, Pre-Crash System(PCS), Blind Spot Detection(BSD), Lane Change Assist(LCA) 등이 있다. 차량용 안전 시스템 중 “multi-radar 센서 기반 자동차 레이더 시스템”은 근거리용 레이더(SRR)와 장거리용 레이더



(그림 1) CMOS Multi-Radar Sensor 기반 차량안전시스템 개념도

(LRR)를 통합하여, 77GHz 대역에서 동작하는 단일 형 멀티모드 레이더 센서 시스템이다. 넓은 방위각 범위를 갖는 SRR과 좁은 안테나 빔 폭의 고출력이 필요한 LRR이 동시 지원 가능하며, 저속 근거리 구간, 차간 거리 제어 시스템(Traffic Jam Assist System), 충돌 위험 순간, brake assist 또는 automatic braking을 통한 충격 완화 시스템(Collision Damage Mitigation System), 고속 장거리 구간, 차간 거리 제어 시스템(Adaptive Cruise Control Stop & Go), 전방 차량과 충돌 시간을 예측하여, 경고하는 시스템의 인터페이스 기능을 포함하고 있다. 특히 차세대 다기능 77GHz Radar System을 위한 핵심 센서인 77GHz 레이더 센서는 전방감지용 밀리미터파 대역 안테나 및 RF transceiver H/W, 중장거리 감지를 위한 detection S/W, 노이즈한 도로 환경에서 멀티 타깃 감지 성능 확보를 위한 tracking S/W, 그리고 이와 관련한 인터페이스 기능 블록 등으로 구성된다.



(그림 2) 기능별 자동차 레이더 센서 활용

(그림 2)는 기능별 자동차 레이더 센서 활용 사례를 나타낸 것이다. 차량 충돌 방지 및 안전을 위한 레이더 센서의 기능별 적용 내용이 잘 나타나 있다.

자동차 레이더 센서는 현재 Advanced Driver Assistance System(ADAS)에 적용되고 있는 24GHz 근거리용 레이더와 77GHz 장거리용 레이더 응용에 지원 가능한 다기능 레이더 센서 플랫폼을 의미한다.

이와는 달리 multi-radar 센서는 77GHz 고주파 대역에서 multi-range 및 multi-beam을 지원하기 위해서 다중 안테나 어레이를 이용한다.

Multi-radar 센서를 구현하기 위해서는 고가이며 양산성이 제한되는 갈륨 비소(GaAs)나 인듐 포스파이드(InP)와 같은 III-V 계열의 반도체에서 탈피하여 현재 비약적으로 발전하고 있는 90nm 이하의 고성능 CMOS 공정을 이용하여 multi-radar 센서를 단일칩(RoC)으로 구현함으로써, multi-radar 시스템의 성능, 크기, 가격 및 양산성을 획기적으로 개선할 수 있다. 또한 상대적으로 열악한 차량 환경에서 높은 신뢰도로 동작이 가능하게 하는 디지털 보상 및 인터페이스 기능을 이용할 수 있다.

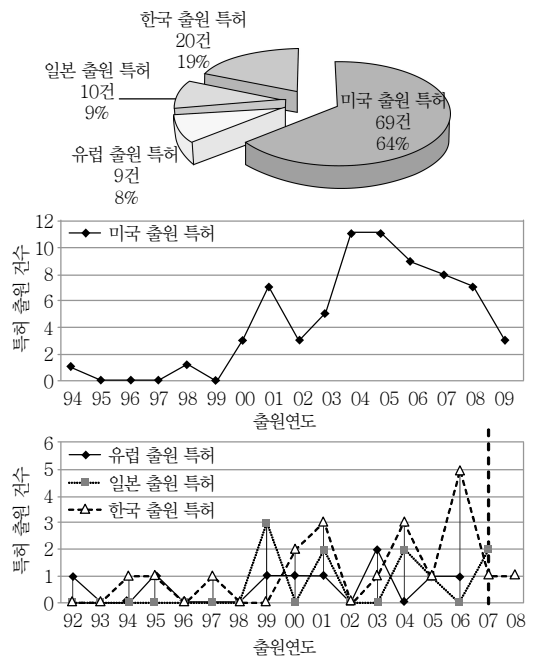
한편 향후의 자동차 레이더 시스템은 multi-range, multi-beam, multi-target tracking 등 multi functional radar를 요구하고 있으며 이에 따라 RoC와 연계한 DSP platform 기반의 새롭고 강력한 레이더 신호처리 시스템의 출현이 예상되고 있는 시점이다. 따라서 재구성 가능한 DSP platform을 기반으로 집적형 안테나 어레이 기술, multi-beam 생성 및 multi-range 감지가 가능한 디지털 빔포밍 기술개발이 필요하며, 거리/속도/각분해능의 고도화와, 도로 환경 clutter 신호 및 주행 환경에 둔감한 Constant False Alarm Rate(CFAR), multi-target tracking 등 다양한 레이더 신호처리 기술을 확보해야 할 뿐만 아니라 실시간 탐색을 위한 고속 신호처리 기술 등이 필요할 것이다.

III. 자동차 레이더 부품 기술동향

1. 자동차 레이더 부품 특허 동향

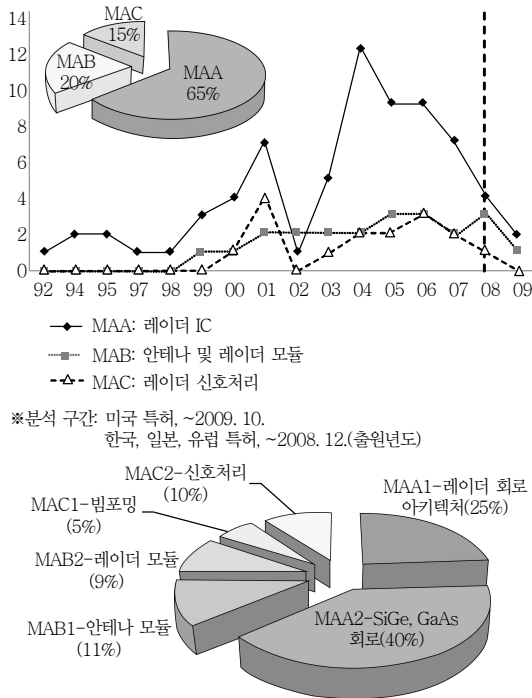
자동차 레이더 부품 기술 분야에서 특허 자동차 레이더 센서 기반 차량안전시스템 관련 분야 특허로

는 미국 특허의 점유율이 높고, 한국 특허가 그 뒤를 따르며, 일본 특허와 유럽 특허는 비슷한 수준에서 상대적으로 낮은 점유율을 나타내고 있다. 미국을 제외한 3국(한국, 일본, 유럽)의 연도별 출원율은 통계를 활용하기에 미비한 수준이다. 미국의 경우, 2000년 이후 꾸준한 증가세를 보이다가 2005년에 이르러 다시 감소세를 보이는데, 이는 출원 시부터 공개되는 시점까지의 유예기간을 감안하더라도 주목할 만한 수치로 사료되며, 새로운 수요 창출을 이끌 개척적, 선구적인 기술이라 할 수 있다. 미국 출원인 top 5에 독일 기업과 일본 기업이 다수 포함되어 있음에도 일본 및 유럽의 출원에 비해 미국 출원이 많은 것은 수요 시장 및 기술 시장으로서의 미국의 지위를 감안한 미국 특허 출원 경향이 주요 원인인 것으로 사료된다. (그림 3)은 연도별 국가별 특허 동향을 나타낸 것이고, (그림 4)는 관련 특허의 기술분류별 연도별 특허 동향이다.



※분석 구간: 미국 특허, ~2009. 10.
한국, 일본, 유럽 특허, ~2008. 12.(출원연도)

(그림 3) 연도별 국가별 특허 동향



(그림 4) 특허의 기술분류별 연도별 특허 동향

자동차 레이더 센서 기반 차량안전시스템 관련 세부기술별 특허 출원 건수를 살펴보면, 전체적으로 ‘77GHz 레이더 IC 개발’ 관련 분야의 특허가 65% 정도를 차지하여 이 기술 분야에서 활발하게 연구가 진행된 것으로 나타났다. 특히 이 분야의 세부기술 중

‘실리콘 게르마늄(SiGe), GaAs 회로 기반 레이더’ 관련 특허(40%)가 비율이 가장 높고, ‘77GHz 레이더 회로 아키텍처’ 관련 특허(25%)도 높은 비율을 나타내고 있다.

‘77GHz 레이더 IC’ 관련 분야의 특허출원이 가장 큰 폭의 증가와 감소를 반복하였으나 여전히 가장 높은 비율을 차지하고, ‘77GHz 안테나 및 레이더 모듈’ 관련 분야는 출원 건수에 큰 변화 없이 꾸준한 지속세를 보이고 있으며, ‘77GHz 레이더 신호처리’ 기술은 ‘77GHz 레이더 IC’ 출원 건수의 변화와 맞물려 증감하는 추세를 보이고 있어서, ‘안테나 및 레이더 모듈’ 관련 기술은 레이더 기술의 수요 및 개발 추이와 큰 관계없이 연구 개발이 진행되고 있으나, ‘레이더 신호처리’ 관련 기술은 레이더 IC 기술과 상당한 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다. <표 1>은 전세계 국가별 주요 출원인 top 5에 대한 자료를 나타낸 것이다.

‘자동차 레이더 센서 기반 차량안전시스템’ 관련 분야에서는 IBM, Fujitsu, Hitachi, Infineon사가 활발한 특허활동을 나타내는 주요 출원인(특허권자)으로 조사되었으며, 특히 Fujitsu와 Hitachi는 미국, 유럽, 일본

(표 1) 전 세계 국가별 주요 출원인 Top 5

| 순위 | 미국 | | 한국 | | 일본 | | 유럽 | |
|----|---|----|---|----|------------------------|----|---|----|
| | 특허권자 | 건수 | 출원인 | 건수 | 출원인 | 건수 | 출원인 | 건수 |
| 1 | IBM (미국) | 11 | 한국전기연구원 (한국) | 3 | Fujitsu (일본) | 6 | Hitachi (일본) | 5 |
| 2 | Infineon Technologies (독일) | 4 | 한국전자통신연구원 (한국) | 3 | Denso Corporation (일본) | 2 | Fujitsu (일본) | 1 |
| 3 | California Institute of Technology (미국) | 3 | Raytheon Company (미국) | 2 | KYOCERA CORP (일본) | 1 | INTERUNIVERSITAIR MICRO-ELEKTRONICA CENTRUM VZW (벨기에) | 1 |
| 4 | Hitachi (일본) | 3 | California Institute of Technology (미국) | 1 | | | TRW INC. (미국) | 1 |
| 5 | Fujitsu (일본) | 3 | Hitachi (일본) | 1 | | | Hughes Aircraft Company (미국) | 1 |

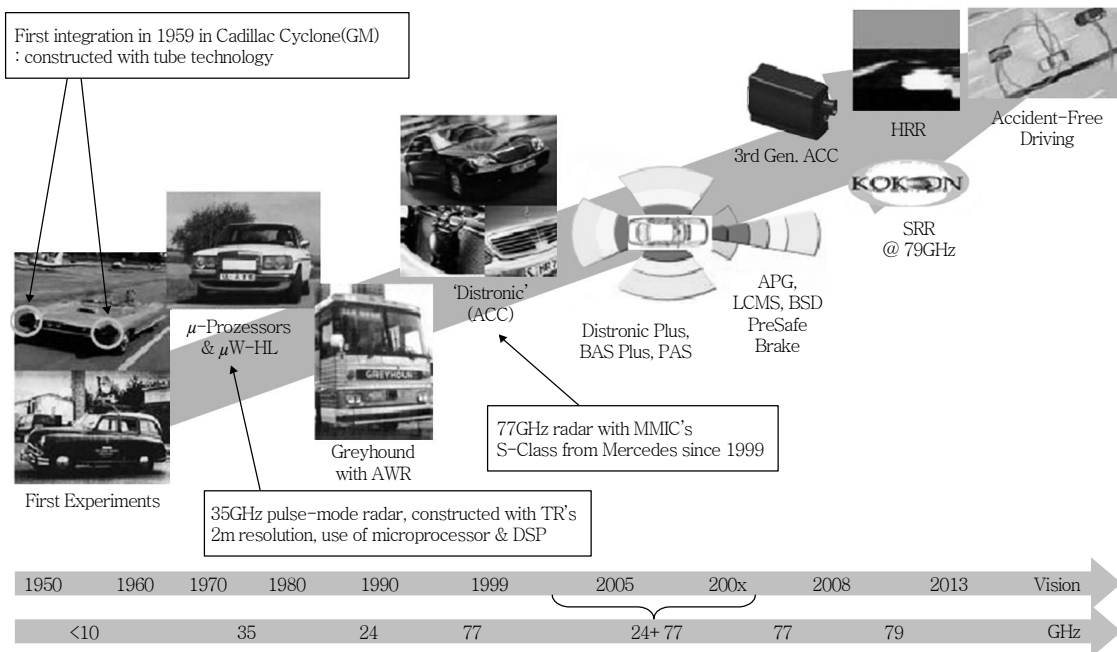
등지에 걸쳐 활발한 특허 활동을 나타내고 있으며, 한국전기연구원(KERI)과 한국전자통신연구원(ETRI)은 상대적으로 한국 특허에 집중된 것으로 조사되었고, 미국에서는 IBM사가 가장 많은 특허를 보유한 것을 알 수 있다. 한국전기연구원, 한국전자통신연구원 및 Fujitsu사의 특허는 '77GHz 레이더 IC' 관련 분야에서 출원이 집중되어 있으며, IBM사는 '77GHz 레이더 IC' 중에서 'SiGe, GaAs 회로 기반 레이더' 관련 분야에 집중적으로 출원하였고, Infineon, Hitachi사는 '77GHz 레이더 IC'뿐 아니라 '안테나 및 레이더 모듈' 관련 분야에도 출원하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 자동차 레이더 부품 기술 동향

자동차 레이더와 관련된 MMIC 칩의 개발은 자동차용 레이더의 개발과 함께 발전되어 왔는데 1980년대 초 일본에서 레이저를 이용한 레이더가 상용화된 적이 있었으나 레이저는 여러 가지 기상 조건에 민감

하여 밀리미터파를 이용한 방식이 널리 보급되었다. 자동차 레이더는 (그림 5)에서 보는 바와 같이 1959년에 GM사에서 처음 장착한 이후 지속적인 레이더의 개선 작업이 이루어져 왔다.

근거리 레이더는 특성상 높은 정밀도를 요구하므로 광대역의 신호원을 주로 사용한다. 미국의 경우 2002년에 FCC 02-48 Section 15.515에 의해 24GHz UWB 레이더에 대한 규정이 생겼으며 22~29GHz의 대역이 배당되었다. 유럽의 경우 77~81GHz 대역이 할당되었으나 해당 주파수 영역에서의 기술적 미성숙으로 인해 2013년까지 21.65~26.65GHz 영역이 한시적으로 배정되어 있다. 따라서 2013년 이후에 출시되는 모든 차량은 79GHz 대역의 근거리 레이더를 장착해야만 한다. 현재의 선진국 연구는 장거리 레이더를 위한 77GHz 대역의 FMCW 칩 및 모듈 개발과 근거리 레이더를 위한 24GHz 및 79GHz UWB 칩 및 모듈 개발로 분류될 수 있다. 그러나



(그림 5) 자동차 레이더 발전 역사

UWB 칩 기술이 충분히 성숙되지 못하여 FMCW 칩 기술을 이용한 근거리 레이더에 대한 연구개발도 최근 들어서 활발히 진행되고 있는 실정이다.

현재 세계 자동차 산업을 선도하고 있는 기업으로 일본에는 Toyota, Honda 그리고 미국에는 GM, Ford 그리고 독일에는 Volkswagen과 BMW가 있다. 대형 부품 업체로는 일본의 Denso, 미국의 Delphi, Visteon 그리고 독일에는 Bosch, Siemens가 있으며 반도체 회사로는 일본의 Fujitsu, Renesas, 미국의 Freescale 그리고 독일의 Infineon이 산업 생태계를 이루고 있다.

<표 2>는 주요 자동차 부품 업체들의 자동차 레이더 기술개발 현황을 나타낸 것이며, <표 3>은 주요 77GHz 자동차 레이더 제품 현황 및 규격을 나타낸 것이다.

자동차 레이더 센서 기반 차량안전시스템을 구현하기 위해서는 자동차 레이더 센서 부품, 레이더 신호 처리 모듈 및 알고리즘, 실차 적용 테스트 부분으로 크게 3가지로 나눌 수 있다.




자동차 레이더 센서 부품 기술에 있어서는, 현재 77GHz에서 동작하는 LRR용 자동차 레이더의 경우

<표 2> 주요 자동차 부품업체들의 자동차 레이더 기술개발

| 기관 | 기술개발 현황 |
|-------------|---|
| M/A-COM | SiGe 기반의 24GHz UWB 레이더 센서 개발을 완료함 |
| Siemens VDO | 자회사인 Cambridge Consultant를 통해 24GHz UWB 레이더 센서 제품 개발 완료함 |
| Valeo | 24GHz FMCW 기반의 협대역 근거리 레이더 제품 출시함 |
| Hella | 24GHz FMCW 기반의 협대역 근거리 레이더 제품 출시함 |
| Fujitsu | 24GHz UWB 레이더 프로토타입 제품 개발함 76GHz FMCW 레이더를 Honda의 Inspire에 적용함 |
| Toyota | 1998년 Parking Aid System 개발함 2005년 Radar Cruise Control, Pre-crash Safety, Intelligent Parking Aid 등을 실차 탑재함 |

<표 3> 주요 77GHz 자동차 레이더 제품 현황 및 규격

• 77GHz LRR

| Manu. | Bosch | Delphi | Hitachi |
|------------|--|---|---|
| Appearance |  |  |  |
| Modulation | FMCW | FMCW | FSK |
| FoV | ±4° | ±5° | ±8° |
| Beamscan | Switching beam | Mechanical beamscan | Monopulse |

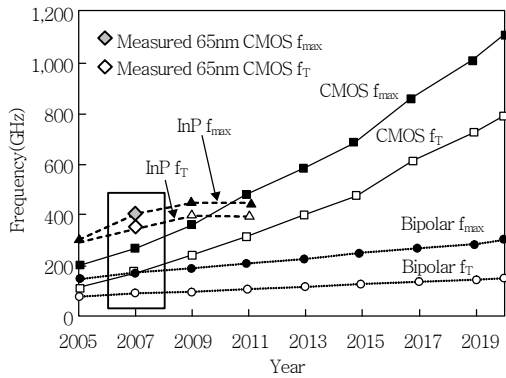
• 주요 사항

| | | | |
|-------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Range | > 150m | Temp. range | -40~+ 125℃ |
| FoV | ±12deg (azimuth) | Interface | CAN FlexRay |
| Update Rate | < 50ms | Size | W < 10cm H < 9cm D < 8cm |
| Resolution | < 1.5m(range) < 2km/h(vel.) | Power Consumption | < 10W |

고가이며 양산성이 제한되는 III-V 계열의 반도체 소자를 이용하여 제품화되어 있는 상황이고, Infineon과 같은 일부 업체에서 SiGe Heterojunction Bipolar Transistor(HBT) 소자를 이용하여 제품화를 상용화하고 있지만 아직은 고가여서 대량 생산 시 가격 경쟁력에 제한을 받는다.

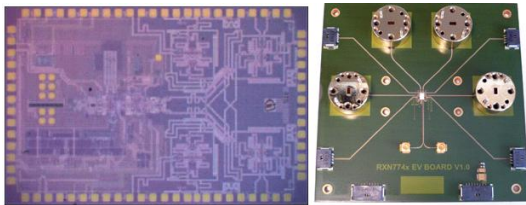
따라서 향후 개발될 자동차 레이더는 (그림 6)에서 보는 바와 같이 현재 성능이 비약적으로 발전하고 있고, 양산성이 아주 우수하며 디지털 보상회로 및 Electrostatic Discharge(ESD)와 같은 내부 회로 보호기능을 쉽게 추가할 수 있는 90nm 이하의 CMOS 소자로 대체될 전망이다.

2008년 12월에 Infineon Technologies는 자체 개발한 77GHz SiGe automotive radar transceiver MMIC 칩인 RASIC-RXN7740을 Bosch의 3세대 장거리/중거리 자동차 레이더 모듈에 장착하였다[3]. RXN7740은 76~77GHz에서 동작하는 SiGe MMIC 칩이며 사용된 SiGe 공정은 B7HF200으로 SiGe 트



<자료>: K.O. Kenneth, Univ. Florida, 2008.

(그림 6) 77GHz급 주요 반도체 소자의 주파수 특성 비교 및 발전 추세

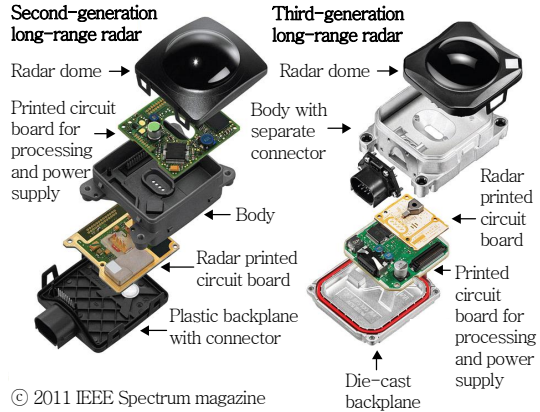


(그림 7) Infineon Technologies사의 RASIC-RXN7740

랜지스터의 차단주파수가 200GHz이며 8인치 양산 공정을 사용하여 제작되었다(그림 7) 참조).

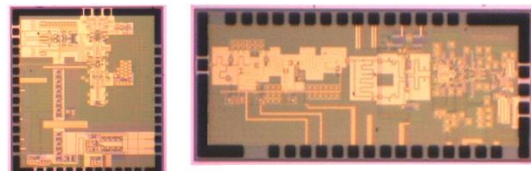
(그림 8)은 Bosch사의 77GHz 2세대 및 3세대 장거리 자동차 레이더 센서이다. 최신 자동차용 장거리 레이더 센서의 진화된 모습으로 레이더의 인쇄회로기판을 단순화 시킨 것이다. 77GHz 대역을 감지하는 레이더 센서로 증폭 및 감지 등에 GaAs 반도체를 사용하는 대신에 1~2개의 Infineon사의 SiGe 칩을 사용하였다. 특히 77GHz 대역의 3세대 장거리 자동차 레이더 센서는 다중 빔 지원이 가능하고 SiGe 칩을 Chip on Board(COB) 형태로 패키지 하였으며, 평면형 레이더 모듈을 위해서 4개의 평판 안테나 어레이를 함께 개발하여 실제 차량에 적용하였다[4].

2007년 6월 독일의 Freescale사는 하와이 호놀룰루에서 개최된 International Microwave Symposium(IMS)에서 SiGe-BiCMOS 기술로 76.5GHz



© 2011 IEEE Spectrum magazine

(그림 8) Bosch사의 77GHz 2세대 및 3세대 장거리 자동차 레이더 센서



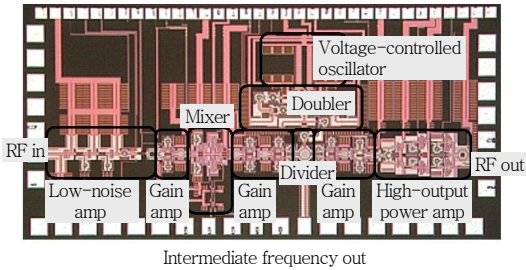
Chip-photo of the transmitter chip (2.4mm×2.6mm)

Chip-photo of the realized receiver (3.3mm×1.3mm)

(그림 9) 76.5GHz SiGe BiCMOS Tx/Rx MMIC 칩 (Freescale사)

에서 동작하는 수신단 MMIC 칩과 송신단 MMIC 칩을 개발하여 발표하였다. (그림 9)에서 보는 바와 같이 송신단 MMIC 칩은 2단 전력증폭기, 주파수 분주블록, 전력감지기, 중심주파수의 온도표 등을 보상하기 위한 연산증폭기로 구성되어 있다. 수신단 MMIC 칩은 38.5GHz 주파수 체배기를 기본으로 하고 있으며 76.5GHz 저잡음 증폭기, 수동 발룬, 평행형 주파수 혼합기 및 IF 버퍼로 구성되어 있다[5].

2009년 2월 Fujitsu Laboratories는 90nm 공정 이하 세대의 CMOS 기술을 적용하여 77GHz의 고주파 신호를 처리하는 자동차 레이더용 RF 송수신 집적 회로를 세계 최초로 개발했다고 발표하였다[6],[7]. 다층배선구조를 활용한 소면적 인덕터 소자를 활용하여 77GHz 주파수 대역의 LRR에서 동작이 가능한 면



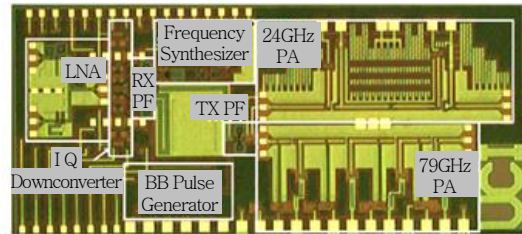
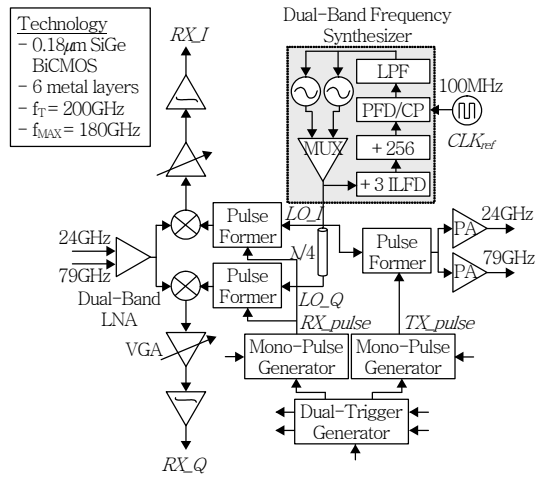
(그림 10) 77GHz CMOS Transceiver 칩(Fujitsu사)

적이 1.2mm×2.4mm인 세계 최소 크기의 one chip transceiver 칩을 개발하였다(그림 10) 참조.

(그림 11)은 University of California at Irvine (UCI)의 연구 결과로 2009년 2월 ISSCC에서 180nm BiCMOS 공정을 이용한 24GHz와 77GHz에서 근거리 자동차 레이더를 처리할 수 있는 dual-mode transceiver를 발표하였다[8].

일본의 경우 Toyota가 Celsior에, Nissan이 Cima, Premera의 차량에 자동차 레이더를 적용하였으며 Honda 또한 Fujitsu의 77GHz 레이더 시스템을 이용한 자동차용 CMS를 개발하여 Inspire에 적용하고 있다.

<표 4>는 상용 77GHz 차량충돌 방지용 레이더 제품별 기술을 요약한 것이며, <표 5>는 최근 학회에



- 0.18μm SiGe BiCMOS with six-metal Al backend.
- Die Size: 3.9mm×1.9mm
- Supply Voltage: 2.5V(analog), 1.8V(digital, PA).

(그림 11) 24/79GHz Dual mode radar transceiver 칩 (UCI)

서 발표된 주요 77GHz 자동차 레이더 칩의 송/수신 칩 성능 비교 및 특성 평가를 요약한 것이다. National Taiwan University 연구 그룹의 65nm CMOS

<표 4> 상용 77GHz 차량충돌 방지용 레이더 제품별 기술 요약

| Manufacturer | Fujitsu | ADC | Delphi | Bosch | Honda elesys | Denso | Hitachi |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
| Appearance | | | | | | | |
| External Dimensions(mm) | 89×107×86 | 136×133×68 | 137×67×100 | 91×124×79 | 123×98×79 | 77×107×53 | 80×108×64 |
| Modulation Method | FM-CW | FM Pulse | FM-CW | - | FM-CW | FM-CW | 2-frequency CW |
| Detection Range | 4m to 120m or greater | Approx. 1m to 150m | Approx. 1m to 150m | 2m to 120m or greater | 4m to 100m or greater | Approx. 2m to 150m | Approx. 1m to 150m |
| Horizontal Detection Angle | ±8° | Approx. ±5° | Approx. ±5° | ±4° | ±8° | ±10° | ±8° |
| Angle Detection Method | Mechanical Scan | Beam Conversion | Mechanical Scan | Beam Conversion | Beam Conversion | Phased Array | Monopulse |
| EHF Device | MMIC | GUNN | GUNN | GUNN | MMIC | MMIC | MMIC |

〈표 5〉 77GHz 자동차 Radar Chip(송/수신 칩) 성능 비교 및 평가

| | ISSCC 2010[9] | ISSCC 2009[7] | RFIC 2008[10] | SSC 2010[11] |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|--|-------------------|
| <i>77GHz FMCW Transceiver</i> | | | | |
| Technology(nm) | 65nm CMOS | 90nm CMOS | 0.18 μ m SiGe | 90nm CMOS |
| Application(GHz) | 77G, LRR | 77G, LRR | 77G, LRR | 77G, LRR |
| Architecture | 1 Tx, 1 Rx | 1 Tx, 1 Rx | Phase array | 1 Tx, 1 Rx |
| Integration Block | $\Delta\Sigma$ FMCW Gen. | 38VCO \times 2 FMCW Gen. | 4 Rx, Tx | Chirp smooth FMCW |
| Beamforming at | - | - | Digital | - |
| Chip Size(mm ²) | 0.95 \times 1.1 | 2.4 \times 1.2 | Rx: 3.06 \times 3.06 Tx: 3.06 \times 3.06 | 3.5 \times 1.95 |
| Supply Voltage(V) | 1.2 | - | 3.3 | 1.2 |
| Power Con.(mW) | 243 | 920 | 2,950 | 517 |
| <i>Receiver</i> | | | | |
| Receiver Topology | Only I | Only I | Only I | Only I |
| LNA Gain(dB) | 17.5 | - | No | - |
| LNA NF(dB) | 7.4 | 6.8 | No | - |
| LNA Power(mW) | 30 | - | No | - |
| LNA IIP3(dBm) | -12.5 | - | -8.0 | - |
| Conv. Gain(dB) | 38.7 | 8 | 20 | 23.1 |
| Receiver NF(dB) | - | - | 17.7 | 15.6 |
| Power Con.(mW) | 55 | 260 | 550 | 111 |
| <i>Transmitter</i> | | | | |
| PA Gain(dB) | 13.7 | - | - | - |
| P _{1dB} of PA(dBm) | 6.7 | 6.3 | - | - |
| P _{sat} of PA(dBm) | 10.5 | - | 14.0 | - |
| P _{1dB} of Tx(dBm) | 5.1 | - | - | -2.8 |
| V _{DD} (V) | 1.2 | - | 3.3 | 1.2 |
| Power Con.(mW) | 115 | 390 | 2,400 | 305 |
| <i>Signal Gen.</i> | | | | |
| Topology | 77GHz VCO | 38G VCO \times 2 | 77GHz VCO | - |
| Osc. Freq.(GHz) | 75.6~76.3 | 73.5~77.1 | 76~77 | 78.1~78.8 |
| PN @ 1M(dBc/Hz) | -85.3 | -86.0 | -90 | -85.7 |
| Output power(dBm) | - | -7.3 | -6.0 | -13.0 |
| Supply Voltg(V) | 1.2 | - | - | 1.2 |
| Power Con.(mW) | 73 | 270 | - | 101 |

를 적용한 77GHz Radar System, Fujitsu의 90nm CMOS 공정을 적용한 77GHz transceiver, 0.18 μ m SiGe 공정을 적용한 Infineon 및 일본의 Toshiba 연구 그룹의 90nm CMOS 공정 적용 77GHz transceiver 칩 개발 등 양산 및 상용화를 위한 연구 결과를 보여 준다[9]-[11].

국내 대학에서의 자동차 레이더용 MMIC 칩 기술 연구는 KAIST, 동국대 밀리미터파 신기술 연구센터, 서울대 등에서 부분적으로 이루어지고 있었는데, 대부분의 경우 다양한 레이더 구조에 대한 MMIC 칩 개발 등 기초 연구 단계에 머물렀으며 실제 상용화에는 적용하지 못하였다.

국내의 차량 레이더 부품 생산 업체로는 센싱테크 (Sensing tech), 뉴멘 나노텍(Newmen nanotech), LG이노텍 등과 RF부품 제조 업체로 NRD 테크(NRD tech) 등이 있으며, 시스템 생산은 현대모비스와 만도가 선형 개발 및 양산을 목표로 기술개발을 진행하고 있다. 국내의 자동차 생산업계에서는 자동차 레이더를 장착하여 판매하는 차종이 독일의 콘티넨탈사의 제품을 도입하여 현대자동차의 제네시스에 적용되었고, 현재 국외의 우수 자동차 제조 업체들은 이미 자동차 레이더의 장착을 옵션으로 제공하고 있으며, 그 응용도 단순한 경고 수준을 넘어 차량의 직접적인 제어에까지 이르고 있다.

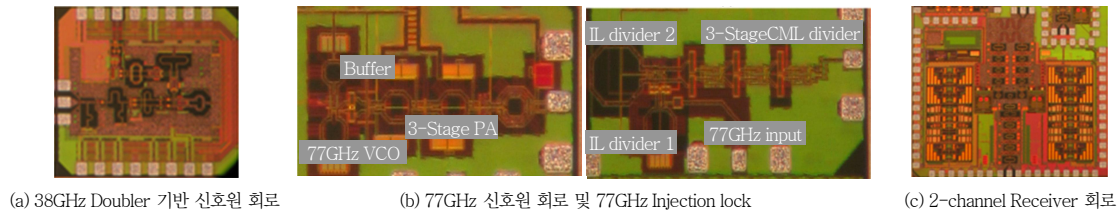
3. ETRI의 CMOS 기반 자동차 레이더 기술개발

ETRI에서는 2010년 6월부터 “고집적 CMOS multi-radar sensor 기반 차량안전시스템 개발” 과제를 2차년도 수행 중이며 (그림 12)는 1차년도 주요 설계결과물의 레이더 칩 사진을 나타낸 것이다. 연구 개발의 주요 특징은 CMOS 기술의 장점을 극대화한 자동차 레이더 구조의 제안 및 IPR을 확보하고 이를 표준화하는 노력을 추진하며, SiGe/GaAs 칩을 CMOS 칩으로 대체하고, 소형 Low Temperature Co-fired Ceramics(LTCC) 안테나와 같이 패키지함으로써 저가격/소형/고성능/저전력 시스템 구현으로, 현재 비싼 시스템 가격으로 고급 차량에만 장착된 시스템을 모든 차량에 적용을 목표로 연구 중이다. 아울러 하나의 레이더로 LRR 기능과 SRR 기능이 가능하게

함으로써 ACC 시스템뿐만 아니라, SRR 기능을 이용한 pre-safe brake with pre-crash, blind spot detection, autonomous emergency braking, brake assist, parking assist 등 차량의 안전에 필수적인 다양한 자동차 레이더 센서 응용 분야에 활용될 수 있도록 연구 수행 중이다.

IV. 결론 및 전망

차량주행안전시스템으로 초음파, 레이저, 카메라 등의 다양한 센서가 이용되어 왔지만, 우천/눈/안개 등의 다양한 차량 주행 환경에서 가장 안정적인 성능 및 높은 가격 경쟁력을 가질 수 있는 자동차 레이더 센서 기술의 개발은 향후 미래 자동차 산업에서 꼭 필요한 기술이 아닐 수 없다. 특히 자동차 레이더 센서 제작에 있어서 CMOS 공정을 이용할 경우 기존의 레이더의 크기 및 가격을 획기적으로 개선을 할 수 있고, 현재 이용되고 있는 24GHz SRR과 77GHz LRR을 단일 센서로 통합할 수 있어서 가격 문제로 고급 차량에만 탑재되었던 차량 레이더 시스템을 일반 차량에도 탑재 가능할 것이다. 특히 향후 기술 전개 과정으로 보아 SRR/LRR을 동시 지원하기 위한 단일 송수신 MMIC, 가변빔 안테나 기술 및 이를 하나의 초소형 모듈로 실장하는 FEM 기술, 그리고 SRR/LRR 통합 레이더에 적합한 고정밀/고속 레이더 신호처리 모듈 및 알고리즘 기술과 이러한 레이더 시스템을 실제 차량에 탑재하여 성능 평가 및 신뢰성 검증을 위한 실차 테스트



(그림 12) ETRI에서 개발한 77GHz 자동차 레이더 칩 사진

트에 이르는 통합적인 시스템 개발이 필요할 것으로 예상되고, 앞으로 경쟁이 치열할 것으로 예측되므로 자동차 레이더 시스템의 저가격화가 가속될 것이다.

현재 세계 자동차 산업을 선도하고 있는 3대 국가는 일본, 미국, 독일이다.

세계 5위의 완성차 업체가 국내에 있고 한국이 IT에 강한 면모를 보인다는 점을 감안할 때 IT와 자동차 그리고 레이더를 접목하는 자동차 레이더 부품 기술, 더 나아가 자동차 SoC 반도체 분야를 특성화해서 관련 기술의 확보에 노력한다면 우리 기술의 미래 또한 낙관적이라 하겠다.

● 용어해설 ●

자동차 레이더: 자동차(이동체)에 탑재되어 밀리미터파를 이용하여 전후방 및 측방의 주변 환경에 관한 정보를 운전자에게 제공하고 필요한 경우에는 차량을 제어하여 운전자의 안전 주행을 돕는데 응용되는 차량안전시스템의 핵심 기술

약어 정리

| | |
|------|---|
| ACC | Adaptive Cruise Control |
| CAN | Controller Area Network |
| CMOS | Complementary Metal-Oxide Semiconductor |
| CMS | Collision Mitigation System |
| DSP | Digital Signal Processing |
| ECU | Electronic Control Unit |
| FCC | Federal Communications Commission |
| FEM | Front-End Module |
| FMCW | Frequency Modulated Continuous Wave |
| IF | Intermediate Frequency |
| IPR | Intellectual Property Right |
| LRR | Long Range Radar |
| MMIC | Monolithic Microwave Integrated Circuit |
| RoC | Radar on a Chip |
| SoC | System on Chip |

| | |
|-----|-------------------|
| SRR | Short Range Radar |
| UWB | Ultra WideBand |

참고 문헌

- [1] Automotive Radar Workshop, European Radar Conference (EuRAD), 7th, 2010.
- [2] 이상주, 박공만, “자동차 충돌방지용 밀리미터파 레이더 기술동향,” 전자공학회지, 제26권, 제10호, 1999. 10.
- [3] <http://www.infineon.com>
- [4] R. Stevenson, “Long-Distance Car Radar,” *IEEE Spectr.*, Oct. 2011, pp. 46-49.
- [5] R. Reuter et al., “Fully Integrated SiGe-BiCMOS Receiver(RX) and Transmitter(TX) Chips for 76.5 GHz FMCW Automotive Radar Systems Including Demonstrator Board Design,” *IEEE Int. Microw. Symp. (IMS)*, IEEE/MTT-S International 3-8, June 2007, pp. 1307-1310.
- [6] <http://www.fujitsu.com>
- [7] Y. Kawano et al., “A 77GHz Transceiver in 90nm CMOS,” *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech., Papers*, 2009, pp. 310-311.
- [8] V. Jain et al., “A single-Chip Dual-Band 22-to-29GHz/77-to-81GHz BiCMOS Transceiver for Automotive Radars,” *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech., Papers*, 2009, pp. 308-309.
- [9] Y. Li et al., “A Fully Integrated 77GHz FMCW Radar System in 65nm CMOS,” *IEEE Int. Solid-State Circuits Conf. (ISSCC) Dig. Tech., Papers*, 2010, pp. 216-217.
- [10] H. Forstner et al., “A 77GHz 4-Channel Automotive Radar Transceiver in SiGe,” *IEEE Int. Radio Freq. Integr. Circuits Symp. (RFIC)*, 2008, pp. 233-236.
- [11] Y. Mitomo et al., “A 77GHz 90 nm CMOS Transceiver for FMCW Radar Applications,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 45, no. 4, Apr. 2010, pp. 928-937.