

## 차량용 밀리파 레이더 시스템의 개발

\*박홍민, \*이규한, \*최진우, \*\*신천우  
\* 센싱테크주식회사 부설 센싱기술연구소  
\*\* 경성대학교 정보과학부 멀티미디어공학과  
전화 : 051-620-4352 / 핸드폰 : 011-553-5421

### Development of Millimeter wave Radar System for an Automobile

\*Hong-Min Park, \*Kyu-Han Lee, \*Jin-Woo Choi, \*\*Cheon-Woo Shin  
\* Institute of Sensing Research and Development, SensingTech Co., Ltd.  
\*\* Dept. of Multimedia Engineering, Kyung Sung University  
E-mail : hmpark@sensingtech.com

#### Abstract

This paper introduce a millimeter-wave radar system.

As Fig 1 shows, This system consists of millimeter-wave radar front-end and digital signal processing parts through receive waves regarding up-coming obstacles.

The system works as follow process; (1) Generate regular tripodal waves using the FMCW pulse generator (2) Transmit/Receive waves regarding up-coming obstacles (3) Analog filtering (4) FIFO memory interface (5) FFT(Fast Fourier Transform) (6) Calculation of distance / speed between cars (7) Object display and calibration.

We have progress to solve the problem like as increase of traffic accidents causing damage and injuries due to the increased number of motor vehicles and long distance driving, and Need for a device to help drivers who are in trouble due to bad weather conditions.

We are expect to Take the lead as a core technology in the ITS industry and to develop

-----  
본 연구는 "정보통신산업기술개발사업"의 연구결과임.

circuit and signal processing technologies related to millimeter-wave bandwidth.

#### I. 서론

대부분의 차량 사고는 운전자의 실수에 의해서 발생하게 된다. 이러한 운전자의 실수를 보완하는 시스템을 개발한다면 사고를 줄일 수 있다. 이러한 자동차 사고를 줄이기 위한 일환의 노력으로 자동차의 전방이나 후방의 차량이나 장애물을 인식하는 레이더 시스템이 개발되고 있다. 이러한 차량용 레이더 시스템은 기상환경이나 도로 환경에 강하고 상대속도 검출이 가능해야 한다.[1,2]

본 논문에서는 차량주행의 안정성 증대와 운전자의 편리성 획득 목적으로 차량용 밀리파 레이더 시스템을 개발한다. 이 차량용 시스템이 실제 도로 환경에서 이용되기 위해서는 무엇보다 시스템의 안정된 신뢰도가 요구되며, 즉, 기상환경 및 다양한 도로환경에 무관하게 안정적인 시스템 신뢰도를 유지하기 위한 개발에 그 최종적인 목적이 있다.

이에 레이더 시스템을 통해 자차와의 거리 및 상대속도를 인지함으로써 최종적인 장애물(선행차, 교행차) 및 자차의 주행상황을 통해 안정적인 주행경보시스템

을 개발하고자 하는 것이다.[3,4,5]

## II. 밀리파 레이더 시스템

Fig1은 차량용 밀리파 레이더 시스템에 대한 전체구성도이다.

레이더시스템은 차량용 밀리파레이더 프론트엔드, 밀리파레이더 프론트엔드의 FM송신부로 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)의 선형삼각파를 발생시키기 위한 FMCW선형펄스발생회로, 밀리파레이더 프론트엔드의 수신부로부터 들어오는 수신신호에 대해 디지털로 변환하는 A/D convertor부, 레이더신호에 대한 전처리를 담당하는 전처리부, 장애물에 대한 거리 및 상대속도를 산출하는 연산 또는 알고리즘을 수행하는 후처리부, 차량과의 인터페이스를 위한 차량용 인터페이스부, 차량으로부터 들어오는 전원으로 부터 안정된 시스템전원을 공급하는 전원부, 그리고 최종 장애물에 대한 신뢰성 및 결과확인을 위한 디스플레이부로 구성된다.

또한 전처리부는 전처리프로세서와 전처리프로세서 메모리로 구성되며, 후처리부는 후처리프로세서와 후처리프로세서 메모리로 구성된다.

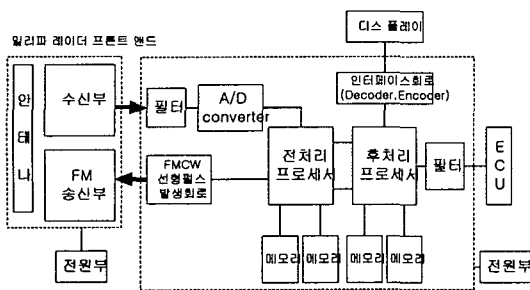


Fig 1. System Block Daigram

### 2.1 밀리파 레이더 프론트엔드

차량용 밀리파 레이더 프론트엔드에서 Gunn 다이오드를 이용한 FM Gunn발진기로부터의 출력은, Gunn 발진기를 필요로 하지 않는 반사파에서 보호하기 때문에 설치한 Circulator를 끼우고, 안테나에서 방사된다. 또 FM Gunn발진기의 출력의 일부는 방향성 결합기를 끼워 Lo파로서 믹서로 보내어 안테나로부터 수신된 목표물에서의 반사파와 함께 믹서에 입력된다. 믹싱에

의해 얻은 비트 신호는 IF앰프로 증폭된다. 이 비트 신호의 주파수를 측정해서 거리 및 상대속도를 구하는 것이다.[2,3]



Figure 2. Photography of prototype of millimeter wave radar

### 2.2 밀리파 레이더 신호처리보드

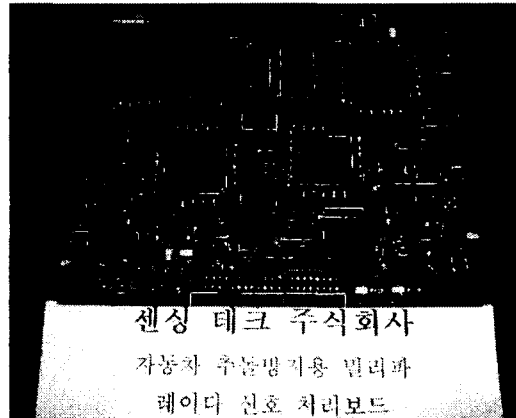


Fig 3. Signal processing board for millimeter wave radar front-end

#### (1) FMCW 선형펄스 발생회로

FMCW 밀리파 레이더 신호처리 시스템에서 FMCW 선형펄스 발생회로는 연속한 송신파에 주파수변조(일반적으로 삼각파로 조절)를 하고, 목표물로부터의 반사파에서 목표물의 상대속도 및 거리를 동시에 측정할 수 있게 하는 것이다. 구체적으로는 77GHz를 중심주파수로 하여 주파수 변조를 걸기 때문에 삼각파를 발생시키는 회로의 선형성이 중요하다. 따라서 본 발명에서는 12bit의 Digital to Analog convertor 또는 파형

## 차량용 밀리파 레이더 시스템의 개발

발생기를 이용하여 offset, amplitude, 주파수조절을 통해 FM변조시 가장 선형적이고 안정적인 구간을 사용한다. 도4는 FMCW 선형펄스 발생회로를 통하여 밀리파레이더 프론트엔드의 FM송신부를 통한 FM변조 특성을 나타낸다.

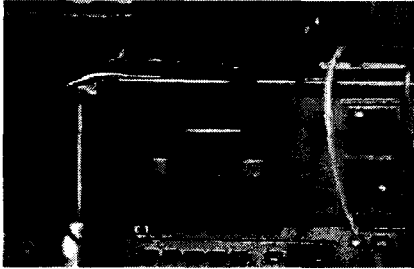


Fig 4. The photograph of FM modulated signal spectrum

### (2) A/D convertor부

밀리파 레이더 프론트엔드로부터 입력되는 IF신호(beat signal)는 고주파성분(노이즈)을 포함한 신호이므로, 저역통과 필터를 통하여 노이즈 제거후에 12bits로 Analog to digital 변환한다. 이 때, 펄스발생회로에서 신호출력을 시작하는 시점과 동기화 시킨다.

### (3) 전처리부와 후처리부

전처리부는 입력되는 디지털데이터의 실시간 처리를 위한 FIFO(First in First out)구조의 메모리 제어기능과 A/D convertor와 FMCW 펄스발생회로의 제어관리, 후처리프로세서와의 인터페이스, 최종결과출력을 위한 주변회로제어등의 기능을 수행하며 Gate화 시킨다.

후처리부는 DSP core CPU로서 본 연구에서는 Hitachi社의 RISC CPU를 채용하였다. 메모리를 통하여 들어오는 레이더신호는 FFT(Fast Fourier Transform)처리를 통해 신호의 Peak point를 검색하며 이 때에 나오는 타겟이 곧 장애물이 되는 것이다.

검출된 장애물의 개수, 주파수등의 데이터를 통하여 물체와의 거리, 상대속도를 계산하는 것이다. 물론, 이러한 신호처리를 위하여 적절한 Threshold설정이 Clutter의 제거가 중요하다.

송신파를 삼각파로 주파수변조(반복주파수  $f_m$ , 변조폭  $\Delta f$ )를 하면, 거리R, 상대속도 v로 이동하고 있는 목표물로부터 반사파는 Fig. 5의 점선과 같이 변화한다. 이때 송신파와 반사파의 믹싱으로 얻을 수 있는 비트 주파수는 Doppler효과에 의해 Fig. 5와 같이 된

다. 송신주파수가 증가하는 구간에서 비트 주파수를  $f_{b1}$ , 감소하는 구간에서 비트 주파수를  $f_{b2}$ 라고 하면  $f_{b1}$ ,  $f_{b2}$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$f_{b1} = \frac{4R \cdot \Delta f \cdot f_m}{c} - f_d, f_{b2} = \frac{4R \cdot \Delta f \cdot f_m}{c} + f_d$$

$$f_d : \text{도플러주파수 } (= 2 f_0 \frac{v}{c})$$

$c$  : 광속

$f_0$  : 송신파의 중심주파수 이다.

여기에서, 비트 주파수  $f_{b1}$ ,  $f_{b2}$ 의 합과 차를 얻어서 목표까지의 거리R과 상대속도 v를 구할 수 있다.

$$R = \frac{c}{8\Delta f \cdot f_m} (f_{b1} + f_{b2}), v = \frac{c}{4f_0} (f_{b1} - f_{b2})$$

레이더와 목표물이 함께 정지해있을 때(즉,  $v=0$ ) 비트 주파수는  $f_b = f_{b1} = f_{b2}$ 가 되고, 거리 R은 다음과 같이 된다.

$$R = \frac{c}{4\Delta f \cdot f_m} f_b$$

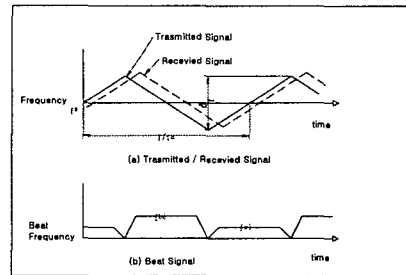


Figure 5. Beat signal between transmitted signal and received signal

### (4) 외부 인터페이스부

시스템의 외부 인터페이스는 결과확인용 디스플레이부 및 차량용 인터페이스부로 구성된다.

디스플레이부는 디스플레이용 인터페이스회로 및 디스플레이장치로 구성되며, 후처리 프로세스를 통하여 추출된 장애물은 정확도 및 결과의 검증을 위하여 전방의 카메라와 비교·분석 후 삼각파의 보정 또는 거리의 보정을 통하여 정확성을 향상시키는 역할을 수행한다. 디스플레이를 위한 인터페이스는 비디오용 디코더, 엔코더를 사용하여 IIC통신으로 제어·통신한다.

차량용 인터페이스부는 차량추돌방지용으로 동작하는 신뢰성있는 레이더를 개발하기 위해서는 차량의 주행상태에 대한 보고가 필요하다. 즉, TRNL/R(Turn Left/ Right) signal, Speed signal, Brake signal등의

입력을 통해 추돌가능성 및 전방의 차량과의 주행 상태를 분석 후 주행차량에 대한 경보 또는 제어를 수행한다.

(5) 전원부

전원부는 차량이라는 특수성을 내재하고 있어, 전원 공급원을 차량으로부터 입력받아야 한다. 상용차의 경우 24V, 승용차의 경우 12V를 입력받아 신호처리보드에서 사용되는 전원(12V, 5V, 3.3V)을 시스템에 공급해 주어야 한다. 특히, 밀리파 레이더 프론트엔드에는 주파수가 상당히 높은 밀리파 대역에 대한 캐리어를 사용함으로 노이즈(ripple) 제거에 주의 하여야 한다.

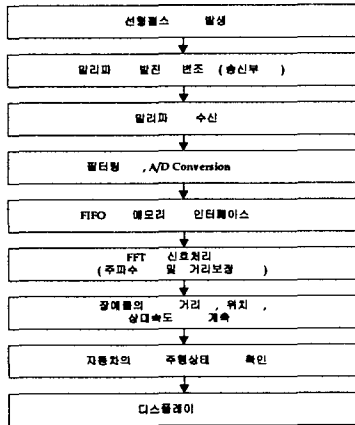


Fig 6. System Flowchart

III. 연구 결과

다음은 개발된 시스템 주요제원이다.

ITEMS	SPECIFICATION
Type of operation	FMCW(77GHz)
Radiation Power	10 mW
Bandwidth	< 100MHz
Detecable Range	5 ~ 150M
Range Resolution	< 0.7M
Range Accuracy	<1.0M @35~100M
A/D sampling time	6.25 MHz
A/D Resolution	12 bit
D/A Resolution	12 bit
변조주기(Δf)	70 kHz
FFT point	>1024
Data update	<100ms
송수신 Ant Gain	35 dB
전원	차량용 12V(24V)
Front-end Module Size	< 90 × 50 × 30(mm)
Radar DSP board Size	< 200 × 100 × 50(mm)

IV. 결론

차량용 레이더의 경우, 가격대비 성능 및 보급화가 중요한 관건인데, 기존의 시스템은 도로의 환경(흙탕물, 기후, 도로의 상태)에 상당히 민감하고 가격 또한 너무 높아 경쟁력이 없다. 이에 통신 및 전자기술의 발달로 이러한 고성능 차량용 레이더의 신호처리 시스템의 제작이 가능하게 되어 본 연구와 같이 NRD Guide기술로서 자동차 레이더를 개발하여 가격 경쟁력 및 성능향상을 위해 고성능 실시간 신호처리 시스템 등을 개발하여 신뢰성 있는 제품을 만들고자 한다.

차량용 레이더는 물체의 거리, 상대속도, 위치등을 정확히 측정하는 센서이므로, 영상센서를 이용한 차선이탈경보장치, 장애물인식장치등과 함께 연동하여 동작할 수 있는 Hybrid 차량용 안전장치를 개발할 것이다. 또한 차량용 안전장치 및 시스템(센서)은 인간의 안전과 밀접한 관계를 가지고 있는 만큼 충분한 필드테스트를 거친 후 상황에 따른 알고리즘 및 사양을 최적화할 계획이다. 뿐만 아니라, 국방 및 우주항공산업으로의 응용연구가 가능해 다양한 분야로의 적용이 가능하다고 사료된다.

참고문헌(또는 Reference)

[1] T. Yoneyama and S. Nishida : Nonradiative dielectric waveguide for millimeter-wave integrated circuits, IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-29, 11, pp. 1188-1192 (Nov. 1981).

[2] T. Yoneyama, M. Yaaguchi and S. Nishida : Bends in nonradiative dielectric waveguides, IEEE Trans. Microwave Theory & tech., MTT-30, 12, pp.2146-2150 (dec. 1982).

[3] T. Yoneyama, H. Tamaki and S. Nishida : Analysis and measurements of nonradiative dielectric waveguide bends, IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-34, 8, pp. 876-882 (Aug. 1986)

[4] T. Setsuo, " Automotive Application System using a Millimeter-wave Radar," Toyota technical review Vol.46 No.1 may 1996, pp.50-55.

[5] N. Okubo, K. Fuzimura, Y. Kondou, " 60GHz Millimeter-wave Automotive Radar," Fujitsu technical review Vol.47, No.4, 07, 1996, pp.332-337.

[6] A. G. Stove, "Linear FMCW radar techniques". IEE Proceedings-F, Vol. 139, No. 5, pp.343-350, Oct, 1992.