

차량용 밀리파 레이더 프론트엔드의 개발

*신천우, **이규한, **박홍민

* 경성대학교 정보과학부 멀티미디어공학과

** 센싱테크주식회사 부설 센싱기술연구소

전화 : 051-620-4352 / 핸드폰 : 011-9313-4352

Development of Millimeter wave Radar Front-end for Automobile

*Cheon-Woo Shin, **Kyu-Han Lee, **Hong-Min Park

* Dept. of Multimedia Engineering, KyungSung University

** Institute of Sensing Research and Development, SensingTech Co., Ltd.

E-mail : cwshin@star.kyungSung.ac.kr

Abstract

This paper has been developed a millimeter-wave radar to prevent car collision. This system needs to progress the problem as follows; (1) Increase of traffic accidents causing damage and injuries due to the increased number of motor vehicles and long distance driving, (2) Need for a device to help drivers who are in trouble due to bad weather conditions.

(3) Need for a millimeter-wave radar as obstacles which need to be detected are small.

This system is composited with some major technologies, Narrow beams to recognize obstacles or other objects, One-side circuit technology to prevent interference between electric waves, and parts designed for radar products which are able to transmit millimeter-waves.

The system has a various a application Field, Car distance auto-control system, prevent bump collision due to unexpected stoppage of the front car or careless driving, obstacle warning system, Car following system, and industrial and military purposes system.

본 연구는 “정보통신산업기술개발사업”의 연구결과임.

We have a looking forward to propose to develop field tests under various road conditions and hybrid car sensor by combining with other sensors

I. 서론

자동차의 수요증가 및 장시간 운전으로 인한 추돌·대인사고가 증가하고, 기상장애로 인한 시야장애에서 운전자의 보조장치가 필요하게 되었다. 또한 계측하는 장애물이 움직이는 소형의 물체이며, 기존센서의 한계로 인해 밀리파 레이더가 필요하게 되었다. 따라서, 밀리파 대역의 회로제작에 대해 NRD Guide를 이용하여 개발함으로써 운전자의 요구 및 자동차시장의 변화에 대응하는 데에 그 목적이 있다.

자동차 추돌 방지용 레이더의 경우, 도로사정이나 기 후에 따라 운전자가 인지하는 데에 있어서 판단이 불가능한 상황에도 동작이 가능해 차간의 추돌을 예방할 수 있어 대형사고를 예방할 수 있을 뿐만 아니라, 밀리파 대역의 통신기술에 대한 새로운 이론을 제시할 수 있다.

따라서 본 연구를 통해 기존의 MMIC방법으로는 해결되지 않은 여러 문제점을 NRD Guide를 이용하여 무선 송수신하는 데에 성공하였고 편파회로(전파

polarization 회로), Narrow beam의 전파, 누설과 안테나 회로 등을 개발함으로써 밀리파 회로에 대한 성공적인 결과를 얻었기에 이에 보고한다[5,6,7,8].

II. 밀리파레이더 프론트엔드의 구성

차량용 레이더는 대상 장애물이 주로 차량, 오토바이, 자전거 및 사람 등이기 때문에, 측정 물체가 소형이며 측정정도가 1M 이내로 되어야 원하는 목적을 달성할 수가 있다. 그러므로 측정정도 및 소형 물체를 측정하기 위하여 사용주파수를 밀리파 대역인 77GHz 또는 60GHz를 사용하며, 송신출력은 10mW 내외로 결정하였다. 또한 차량의 범퍼나 도어의 벽에 부착하여야 함으로 소형으로 제작이 되어야 한다.[16,17,18]

FM-CW Radar를 구성하기 위해서는 밀리파를 발진하여 FM 변조를 하여 변조파를 안테나를 통하여 송신하는 송신부와, 장애물에서 반사된 반사파를 수신하여 발진주파수와와의 차이를 얻어내는 믹서회로 등을 구성하는 수신부로 구성된다.[24,25]

2.1 밀리파 송신부

밀리파를 송신하는 FMCW 레이더를 구성하기 위해서는 밀리파를 발진하는 발진회로와 FM 변조를 하는 변조회로로 나눌 수가 있는데, 계측하고자 하는 장애물과의 거리 및 상대속도의 계측정도를 높이기 위하여 발진주파수의 안정도를 높이는 노력과 변조의 바이어스 전압에 의한 주파수 변화 비율을 선형화 시키는 작업이 필요하다.[19,20,21]

(1) Gunn 발진기

Fig. 1과 같이 금속판 위에 Gunn Diode를 장착하고 바이어스 전압을 인가하면 밀리미터 웨이브가 발진된다. 이때 금속 공진기로 공진 주파수를 미조정하여 비방사유전체선로를 통하여 전송시킨다. Gunn Diode에서 발진된 밀리미터 웨이브는 Fig. 1에 있는 스트립 공진기를 통과하여 유전체 선로를 따라 흐르게 된다.

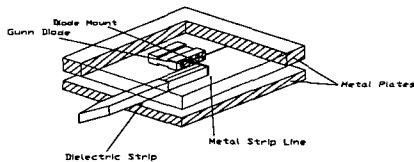


Figure 1. Structure of Gunn oscillator

Fig. 2에서 스트립 공진기의 금속판의 길이 변화에

의한 주파수 변화를 볼 수가 있다. 스트립 공진기에 있는 금속판의 길이는 사용주파수의 반파장 정도에서 공진 특성을 얻을 수 있다. 이때 금속판의 길이를 사용 주파수의 반파장 보다 길게되면 공진 주파수가 낮게되고, 짧게되면 공진 주파수가 높게 공진 된다. Fig. 2에서 금속판의 길이변화에 따른 공진 주파수의 변화 및 이때의 발진출력 변화특성을 볼 수가 있다. 그림에서 볼 수가 있듯이 스트립 공진기의 금속판의 길이 변화에 따라 주파수가 변화하는 것을 볼 수가 있으며 이때에도 발진출력의 변화는 미미하여 스트립 공진기 조정에 의한 주파수 변화에 따라 출력이 안정되는 것을 볼 수가 있다.

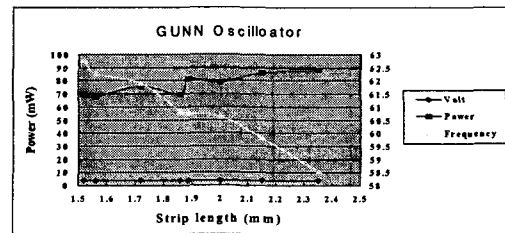


Figure 2. Frequency variance response by strip resonator

(2) FM 변조기

FM 변조기의 기본 구성도는 Fig. 3과 같다. 우선 Gunn Diode를 이용하여 밀리파를 발진시킨 다음 변조기를 통과시켜 주파수 변조를 거는 형태로 되어있다.

실제 회로를 구성하기 위해서는 Gunn Diode에서 발진된 캐리어 신호에 FM 변조를 걸기 위해 선로 단면에 바락터 다이오드를 이용하여 캐패시터를 변화시켜 주파수 변조를 건다. 바락터 다이오드를 부착하는 회로는 Fig. 4와 같이 밀리파 필터와 바이어스 전압을 공급하는 단자로 구성되어 있다. 외부 회로에서 제어하는 신호에 따라 주파수 변화를 얻어내는 간단한 방법으로 주파수 공진점에 바락터 다이오드를 부착하여, 이 다이오드에 역전압을 인가하여 전압을 가변 시킴으로 인하여 주파수를 변화시킨다. 회로는 Fig. 5와 같이 Gunn Diode와 연결된 비방사유전체 선로의 절단면 방향으로 바락터 다이오드가 부착된 기판을 위치시켜, 이 기판에 역전압을 인가함으로써 캐패시터를 변화시키는 방법을 사용한다.

외부 회로에서 변조를 하기 위하여 변조할 신호에 바이어스 전압을 인가하여 바락터 인가전압으로 사용한다. Fig. 5에서 IF Signal Input 단자에 이 신호와 바이어스가 혼합된 전압을 인가하게 된다. Fig. 12에서 보는 바와 같이 Gunn Diode에서 발진된 마이크로파는 스트립선로를 통하여 적정 주파수로 공진 되고 PTFE

차량용 밀리파 레이더 프론트엔드의 개발

선로를 따라 밖으로 전송되는데, 이때 뒤쪽에 위치한 바락터 다이오드에서 또 다른 공진점을 형성하여 변조를 걸게 된다.

변조가 일어나게 되면 주파수변화에 따른 주위 파라메타의 변화에 의해 발진 출력의 변화가 예상되나 출력이 안정이 되는 점을 찾아 공진 포인트를 설정한다. 주파수 변화에 따른 출력변화의 사진을 Fig. 12에서 볼 수가 있다. 이 사진에서 보여지듯이 바락터 다이오드 인가전압이 2V에서 5V 사이가 비교적 주파수 변화에 따른 출력변화가 안정 되다는 것을 알 수가 있다. FM 변조를 할 때에는 선형성(Linearity)을 유지하기 위하여 이 바이어스 전압변화에 의한 주파수 변화가 평탄한 부분을 사용하여야 하며, 선형성이 높게 되면 레이더의 거리 및 상대속도 계측 정도가 높게 된다.

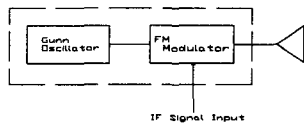


Figure 3. Block diagram of FM modulation

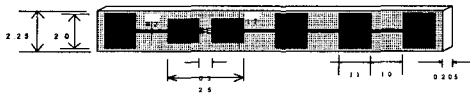


Figure 4. Varactor diode circuits

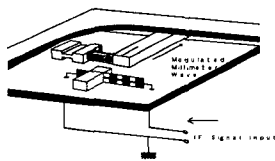


Figure 5. Structure of FM modulation circuit

이 회로에서는 바락터 다이오드의 인가 전압을 0V에서 10V 까지 변화 시켜 최대 약 1.2GHz 정도의 주파수 변화 특성을 얻을 수 있다. 그러나 변조의 선형성(Linearity)을 유지하기 위하여 비교적 평탄한 영역을 선택하고 출력의 변화가 적은 범위를 사용하기 때문에 최종적으로 Fig. 12에서 바이어스 전압을 2V에서 5V 사이를 사용하는 변조회로를 제작한다. 이 주파수 변조 특성은 송신기의 송신대역폭을 의미하며 대역폭이 넓을수록 계측정도를 높일 수 있으나, 선형성이 나빠지면 다시 계측정도가 나빠지므로, 선형성을 유

지하면서 대역폭이 넓게 되도록 주변 파라메타를 조정할 필요가 있다.

2.2 밀리파 수신부

밀리파를 FM변조하여 차량의 전방에 발사하여 수신된 밀리파에는 차량전방에 위치한 장애물들의 거리 정보가 포함된 주파수 쉬프트된 밀리파의 형태로 나타난다. 이 수신된 신호에서 장애물들의 거리정보와 상대속도 정보만을 얻어내기 위해서는 송신된 FM변조신호와 수신신호와의 차이 성분만을 얻어내면 원하는 정보만을 구할 수가 있게 된다.

(1) Directional Coupler

FM Gunn 발진기에서 출력의 일부를 Lo파로서 Balanced mixer에 공급하기 위해 필요한 Band를 이용한 방향성 결합기가 필요하다. 직선선로와 Band에서 만들어진 방향성 결합기의 구조를 샘플 제작한 레이더에 사용할 방향성 결합기와 함께 Fig. 6에 나타낸다.

이번 레이더에 사용하는 방향성 결합기에는 Band의 곡률 반경 및 각도는 회전의 소형화, 불필요한 모드 발생에 의한 손실을 고려해서 곡률 반경 25mm의 90° Band로 하였다.

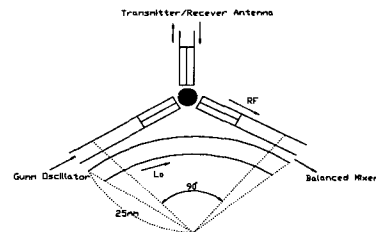


Figure 6. Structure of directional coupler

(2) Balanced Mixer

Fig. 7과 같은 Balanced mixer 회로를 설계하여 송신된 신호의 일부와 수신된 신호를 mixer하게 된다. 두 송/수신 신호의 차이를 얻는 Balanced mixer의 특성 그래프가 Fig. 8에 나타나 있다. 이 특성을 Conversion loss 라고 칭하고, 수신신호에서 mixer를 통하여 얻어진 차이성분이 신호레벨로 어느 정도 낮아진 것인지를 확인하는 특성 그래프가 된다. 이 그래프에서 0에서 100MHz 까지는 Conversion loss 가 약 8dB 정도로 양호한 특성을 가지는 것을 볼 수가 있으며, FM-CW 레이더에서의 비트 신호는 측정거리를 약 150M정도를 기준으로 할 때 10MHz 이내로 얻어 지므로, 이 그래프의 결과로 보아 근거리를 의미하는 저주

파 대역에서의 변환손실이 적어 자동차충돌방지용의 레이더용의 수신부의 수신감도는 충분하다는 것을 알 수가 있다.

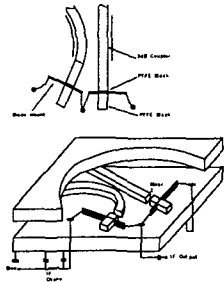


Figure 7. Structure of balanced mixer

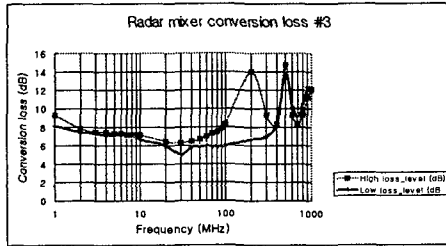


Figure 8. Conversion loss of balanced mixer

III. 실험결과

밀리파 프론트엔드를 구동하기 위하여, 외부에서 FM 변조용 삼각파를 넣어 밀리파를 FM 변조시켜 송신하고, 반사체에서 반사된 비트 신호를 증폭하여 그 스펙트럼사진을 그림 9 및 10에서 볼 수가 있다. 사진에서 주파수가 0인 부분이 비트 신호가 0이 됨을 의미하며, 레이더 자신의 위치가 된다. 오른쪽으로 이동할수록 비트주파수가 높아지며 레이더와의 거리가 멀게 됨을 의미한다.

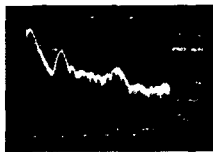


Figure 9. Spectrum 1 at 20m and 52m objects

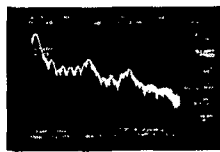


Figure 10. Spectrum 2 at 30M and 52M objects

IV. 결론

NRD guide를 이용하여 제작된 밀리파 FM-CW 레이다는 멀티타겟의 장애물을 계측 할 수 있으며, 또한 각 장애물들의 상대속도 까지 계측 할 수 있기 때문에 비교적 널리 사용되는 방식이다.

따라서, 향후 Hybrid형 차량용 안전장치로서의 주요 기능을 수행하기 위하여 영상센서를 이용한 차선이탈 경보장치, 장애물인식장치 등과 함께 연동하여 동작할 수 있는 시스템을 개발하고, 차량용 안전장치 및 시스템(센서)의 특성상 인간의 안전과 밀접한 관계를 가지고 있는 만큼 충분한 필드테스트를 거친 후 상황에 따른 알고리즘 및 사양을 최적화 할 계획이다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] T. Yamawaki, S. Yamano, " 60GHz Milli meter-wave Automotive Radar, " Fujitsu technical review Vol.15 No.2, pp.9-18.
- [2] T. Setsuo, " Automotive Application System using a Millimeter-wave Radar," Toyota technical review Vol.46 No.1 may 1996, pp.50-55.
- [3] N. Okubo, K. Fuzimura, Y. Kondou, " 60GHz Millimeter-wave Automotive Radar," Fujitsu technical review Vol.47, No.4, 07, 1996, pp.332-337.
- [4] Kunihiko Sasaki and 5 persons, " Inp MMICs for V-band FMCW Radar," IEEE MTT-S, 1997 Vol WE3F-49, pp.937-940.
- [5] 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).
- [6] T. Yoneyama, M. Ya,aguchi and S. Nishida : Bends in nonradiative dielectric waveguides, IEEE Trans. Microwave Theory & tech., MTT-30, 12, pp.2146-2150 (dec. 1982).
- [7] 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)
- [8] T. Yoneyama, N. Tozawa and S. Nishida : Coupling characteristics of nonradiative dielectric wave guide, IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-31, 8, pp. 648-645 (Aug. 1983)