

主題

NRD guide 방식을 이용한 자동차추돌방지용 밀리파레이더 프론트엔드의 개발

경성대학교 멀티미디어공학과 신 천 우

차 례

1. Introduction
2. 비방사유전체선로(NRD Guide)
3. NRD 가이드 FM-CW 레이더의 동작원리
4. NRD Guide Rader 회로설계 및 제작
5. 레이더의 특성실험
6. 결론

1. Introduction

최근 자동차의 보급이 확산되어 많은 숫자의 자동차가 도로를 달리고 있으나, 자동차간의 추돌사고, 대인사고 등이 상대적으로 늘어나 사회문제가 되고 있다. 이에 이러한 자동차사고를 줄이는 일환의 노력으로 밀리파 레이더를 개발하였다. 자동차가 도로를 달릴 때 비나 눈, 안개 등의 기상장애로 시야가 확보되지 않을 경우에는 이러한 레이더의 필요성이 더욱 요구된다. 자동차용의 레이더는 타 레이더와는 달리, 측정하는 장애물이 자동차나 오토바이, 사람 등의 비교적 소형인 관계로 측정용 빔이 매우 좁아야 장애물의 판독 및 분리가 가능하다[1,2,3].

일반적으로 이러한 목적으로는 레이저를 이용하여 손쉽게 구현이 가능하여 오래전부터 연구개발이

이루어져 왔다[2,3]. 이러한 이유로, 여러 연구단체에서 개발된 레이저를 이용한 장애물판독장치나 스캐닝 방식의 레이더는 빔이 좁은관계로 손쉽게 소형의 장애물을 판독, 분리가 가능하나 레이저의 파장이 짧은 관계로 비나 안개 등에 쉽게 흡수되어, 장애물의 판독 및 충돌감지시스템이 더욱 요구가 되는 악천후의 기상상황에서는 오히려 사용하기 어려운 문제점이 발생하였다[3,4].

이러한 악천후의 기상상황에서도 안정된 동작을 하는 밀리파식의 레이더 개발이 여러 연구기관에서 진행되어 이제는 실용화의 목전까지 와있는 상황이다. 밀리파식의 레이더를 구현하는 기술로서 고전적으로 MMIC방법으로 연구가 많이 진행되어 왔으나, MMIC방법은 제조사의 수급율이 낮은 등의 문제점을 가지고 있어 아직 양산을 하기에는 연구 및

개발의 노력이 필요한 상황이다[2,3].

여기서 또하나의 밀리파를 처리하는 기술로서 NRD Guide 라는 방법이 연구되어져 상당히 실용적인 기술로서 보고되었다[5,6,7]. NRD Guide 기술은 설계 및 제조가 간단히 될 수가 있고 제조공정이 MMIC기술과 비교해 매우 단순하며 성능이 매우 우수하여 밀리파이상의 주파수를 처리하는 기술로 각광을 받을 것으로 기대된다[7,8]. 본 논문에서는 이러한 장점이 많은 NRD Guide 기술을 이용하여 FM-CW 밀리파레이더를 개발하였기에 보고를 한다.

2. 비방사유전체선로(NRD Guide)

밀리파를 구현하는 기술로서, 60GHz정도의 밀리미터웨이브를 알루미늄판의 마이크로스트립에서의 손실은 60dB 이상이 되나, 유전체에서의 전송손실은 매우 적다는 것은 이미 보고된 바와 같다[6]. 유전체에서의 전송손실이 매우 적다는 것은 알려져 있으나 유전체를 이용하여 회로를 만드는 것은 간단한 일이 아니다. 유전체에서 전송파가 방사를 하기 때문에 목적지까지 도달하기가 어렵기 때문에 이 전송파를 방사하지 않게 하는 연구가 요네야마 교수에

의해 개발되었다[6,7]. 이것을 비방사유전체선로라고 명명하여 그림 1과 같이 두개의 금속판 사이에 유전체선로를 넣어 유전체를 따라 흐르는 전송파가 방사하지않게 하는 기술이다[4]. 전송파가 유전체 선로를 따라 흐를 때 양측에 금속판을 감싸 전송파의 방사를 막으며 특히 유전체 선로가 직선이 아닌 곡선일 경우에도 전송파는 손실 없이 유전체선로를 따라 흐른다는 것이 증명이 되었다[7,8]. 이때 전송파가 유전체 선로를 흐를 때는 그림 2와 같이 TE모드나 TM모드와 다른 LSM모드나 SLE모드로 바뀌며, 이때 전송손실이 적고 최저차 모드인 LSM모드를 선택하여 사용한다.

비방사유전체선로의 설계 식은 다음과 같다[3].

$$a / \lambda \approx 0.45 \quad (\text{equation 1})$$

$$\sqrt{\epsilon_r - 1} b / \lambda \approx 0.4 \sim 0.6 \quad (\text{equation 2})$$

이때 ϵ_r 은 유전체선로의 비유전율, λ 는 파장이다.

이번 FM 송신기의 개발 주파수는 60GHz 이므로 계산하면 $a = 2.25\text{mm}$, $b = 2.5\text{mm}$ 가 되며 이때 유전체 선로로서 사용하는 재료는 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene) 라고 하는 불소수지로서 비유전율은 2.04 이다. 이로서 금속판사이에

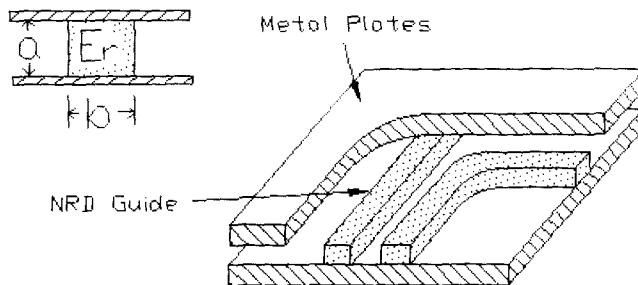


그림 1. Structure of NRD guide

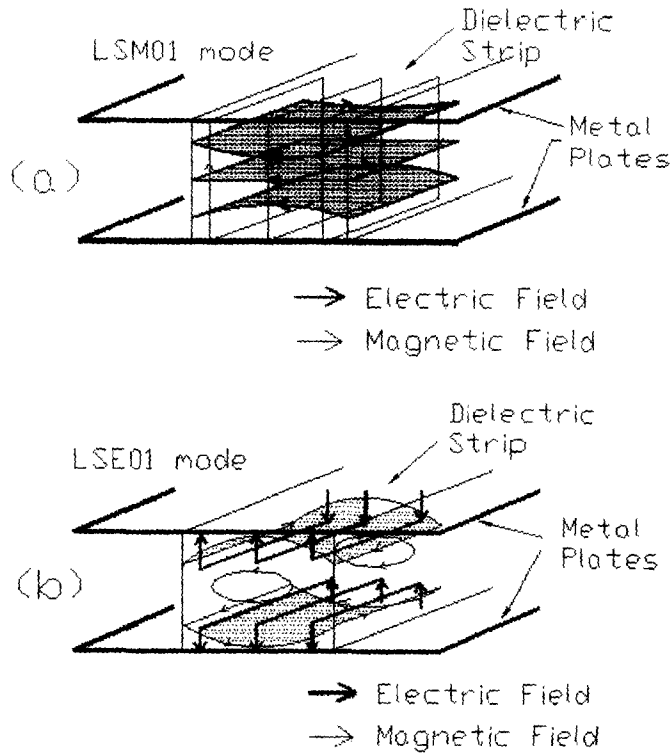


그림 2. The Electromagnetic Field on the NRD waveguide

2.25mm의 PTFE 블록을 넣어 밀리파의 전송선로로 사용하여 발진, 변조 등의 회로를 제작한다.

비방사유전체선로가 전송파를 방사하지 않아 손실이 거의 발생하지 않는다는 실험을 그림 3과 같이 하여 그 데이터를 그림 4와 같이 확인 할 수가 있다.

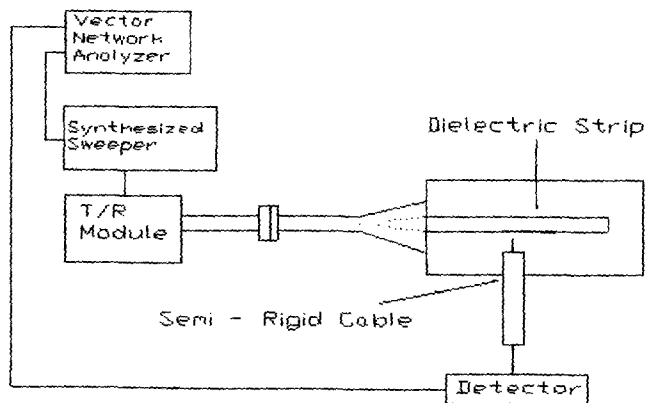


그림 3. VSWR measurement of NRD

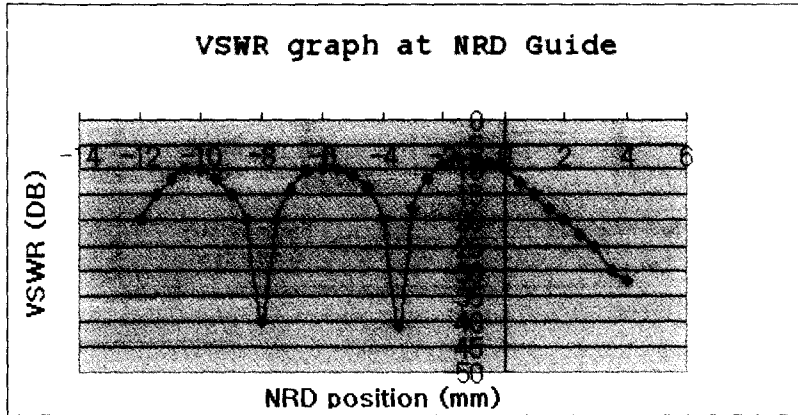


그림 4. VSWR graph of NRD at cutting edge

그림 3과 같이 PTFE 블록을 금속판사이에 넣어 Network Analyzer 로 60GHz 의 밀리파를 넣는다. 이때 밀리파는 PTFE 선로를 따라 전송되다가 최종절단면에 다달아 더 이상 진행이 되지 않아 다시 되돌아가게 되는데 이때에도 손실이 없이 모두 되돌아가는 것을 그림 4를 통하여 볼 수가 있다. 이것을 확인하기 위하여 금속판 사이의 PTFE 블록의 주위에 Semi-rigid cable을 넣어 전압정재파비를 측정함으로써 확인할 수가 있다. 전압정재파비를 측정하기 위하여 시그널소스에서 전송파를 넣을 때에는 손실이 발생하지 않게 wave guide type으로 하고 선로의 종단면을 단면으로 절단하여 전 전송파를 반사하게 한다. 이때 외부로 유출되는 전파를 측정하면 그림 4 과 같이 나타나. 이 그림에서 보는 바와 같이 절단면에서 전송파는 전부 반사되어 시그널소스로 되돌아가는 것을 확인 할 수 있으며 이때 최고치 와 최저치가 30dB 이상 차이가 나고, 진행방향을 향해 최고치 들의 차이가 별로 없음을 확인할 수가 있어, 이 선로가 손실이 거의 없음을 알 수가 있다.

3. NRD 가이드 FM-CW 레이더의 동작원리

FM-CW 레이더는 연속한 송신파에 주파수변조(일반적으로 삼각파로 조절)를 하고, 목표물로부터의 반사파에서 목표물의 상대속도 및 거리를 동시에 측정할 수 있게 한 것이다. 그림 5와 같은 상황에서 FM-CW 레이더를 그림 6과 같이 구현하여 그림 7의 실선에 나타나듯이 송신파를 삼각파로 주파수변조(반복주파수 f_m , 변조폭 Δf)를 하면, 거리R, 상대속도 v로 이동하고 있는 목표물로부터 반사파는 그림 7의 점선과 같이 변화한다. 이때 송신파와 반사파의 믹싱으로 얻을수 있는 비트 주파수는 Doppler효과에 의해 그림 과 같이 된다. 송신주파수가 증가하는 구간에서 비트 주파수를 f_{b1} , 감소하는 구간에서 비트 주파수를 f_{b2} 라고 하면 f_{b1} ,

f_{b2} 는 다음과 같이 표현된다.

$$f_{b1} = \frac{4R \cdot \Delta f \cdot f_m}{c} - f_d, f_{b2} = \frac{4R \cdot \Delta f \cdot f_m}{c} + f_d \quad (\text{equation 3})$$

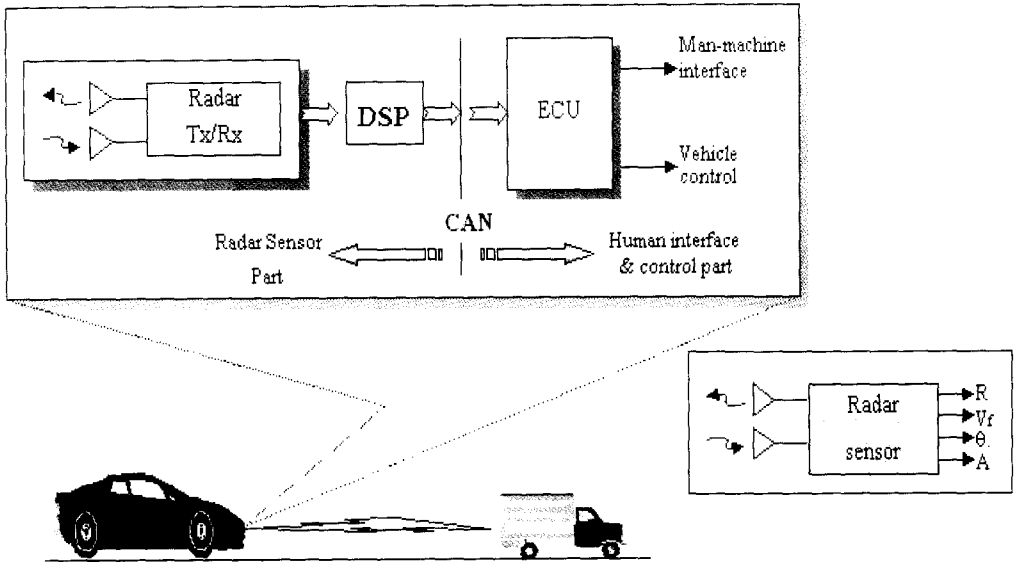


그림 5. Radar for car collision avoidance

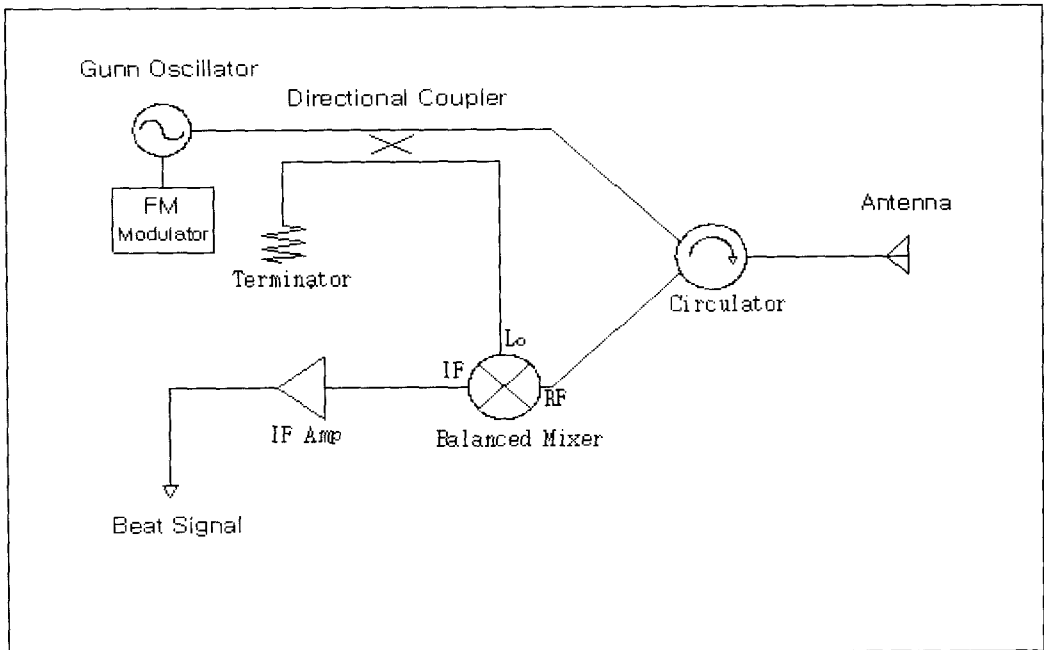


그림 6. Block-diagram of FM-CW radar

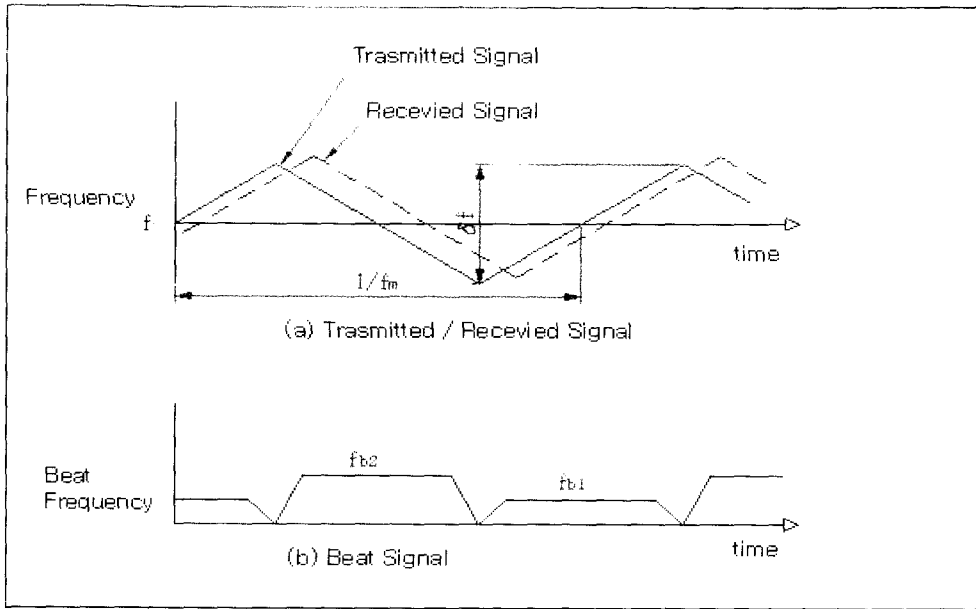


그림 7. Beat signal between transmitted signal and received signal

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

c : 광속

f_0 : 송신파의 중심주파수

거리R은 다음과 같이 된다.

$$R = \frac{c}{4\Delta f \cdot f_m} f_b \quad (\text{equation 6})$$

이 비트 주파수 f_{b1} , f_{b2} 의 합과 차를 얻어서 목표까지의 거리R과 상대속도 v 를 구할 수 있다.

$$R = \frac{c}{8\Delta f \cdot f_m} (f_{b1} + f_{b2}), v = \frac{c}{4f_0} (f_{b1} - f_{b2}) \quad (\text{equation 4. 5})$$

레이더와 목표물이 함께 정지해있을 때(즉, $v=0$) 비트 주파수는

$$f_b = f_{b1} = f_{b2} \text{가 되고,}$$

이번에 샘플 제작한 NRD 가이드 FM-CW 레이더의 Block도 및 구조도를 그림 6에 나타낸다.

Gun다이오드를 이용한 FM Gun발진기로부터의 출력은, Gun발진기를 필요로 하지 않는 반사파에서 보호하기 때문에 설치한 Circulator를 끼우고, 안테나에서 방사된다. 또 FM Gun발진기의 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 구한다.

4. NRD Guide Radar 회로설계 및 제작

차량용의 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 밀리파대역인 60GHz로 결정하였으며 송신출력은 10mW 내외로 결정하였다. 또한 차량의 범퍼나 도어의 벽에 부착하여야 함으로 소형으로 제작이 되어야 한다.

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.

4-1. 밀리파 송신부

밀리파를 송신하는 FM-CW 레이더를 구성하기 위해서는 밀리파를 발진하는 발진회로와 FM변조를 하는 변조회로로 나눌 수가 있는데, 계측하고자 하

는 장애물과의 거리 및 상대속도의 계측정도를 높이기 위하여 발진주파수의 안정도를 높이는 노력과 변조시의 바이어스전압에 의한 주파수 변화 비율을 선형화 시키는 노력을 할 필요가 있다.

4-1-1. 60GHz Gunn 발진기

FM-CW 레이더를 구성하기 위하여 사용주파수를 60GHz로 사양을 결정하였으며, 이때 발진소자는 GUNN Diode를 사용하기로 한다. GUNN Diode는 밀리미터웨이브에서 쉽게 동작하고 비교적 손쉽게 구할 수 있기 때문에 적용하기로 한다. 그림 8과 같이 금속판 위에 GUNN Diode를 장착하고 바이어스 전압을 인가하면 밀리미터웨이브가 발진이 된다. 이때 금속 공진기로 공진 주파수를 미조정하여 비방사유전체선로를 통하여 전송시킨다. 사용주파수를 60GHz로 결정하였기 때문에 PTFE 블록의 사이즈는 2.5mm * 2.25mm로 결정되어, PTFE 판을 이 사이즈로 절단하여 전송선로로 사용한다. 건발진기에서 발진된 밀리미터웨이브는 그림 8에 있는 스트립 공진기를 통과하여 유전체 선로를 따라 흐르게 된다.

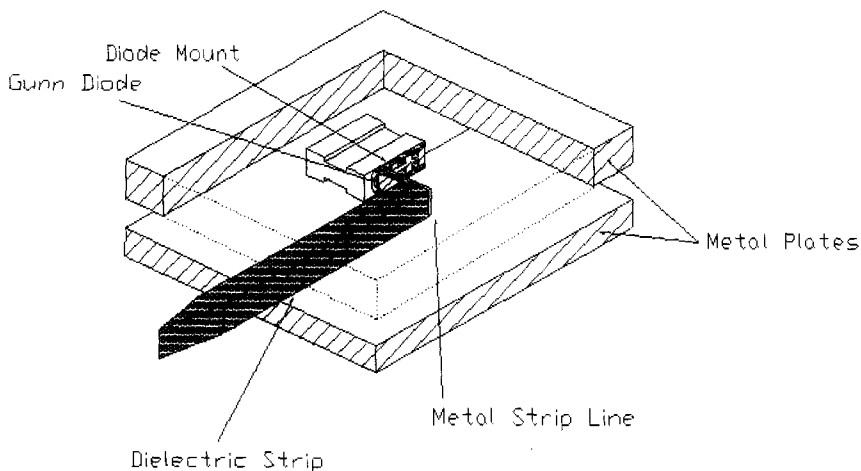


그림 8. Structure of gunn oscillator

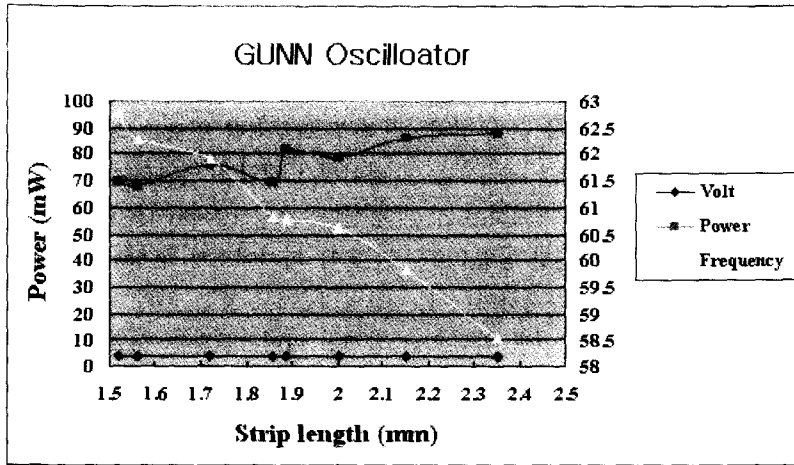


그림 9. Frequency variance response by strip resonator

Gunn Diode에서 발진된 60GHz 밀리파는 Gunn Diode 자체의 구성소자가 코일과 커패시터 임피던스로 외부 온도나 바이어스 전압변화에 의해 쉽게 변화될 수 있어, 안정된 주파수의 확보와 발진주파수의 미조정을 위하여 스트립공진기의 금속판의 길이로 조정을 한다. 그림 9에서 스트립공진기의 금속판의 길이 변화에 의한 주파수변화를 볼 수가 있다. 스트립 공진기에 있는 금속판의 길이는 사용주파수의 반파장 정도에서 공진 특성을 얻을 수 있다. 이때 금속판의 길이를 사용 주파수의 반파장 보다 길게 되면 공진 주파수가 낮게되고, 짧게되면 공진 주파수가 높게 공진 된다. 그림 9에서 금속판의 길이변화

에 따른 공진 주파수의 변화 및 이때의 발진출력 변화특성을 볼 수가 있다. 그림에서 볼 수가 있듯이 스트립공진기의 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.

4-1-2. FM 변조기

FM 변조기의 기본 구성도는 그림 10과 같다. 우선 GUNN 다이오드를 이용하여 60GHz 밀리파를 발진시킨 다음 변조기를 통과시켜 주파수 변조를 거는 형태로 되어 있다. 실제 회로를 구성하기 위해서

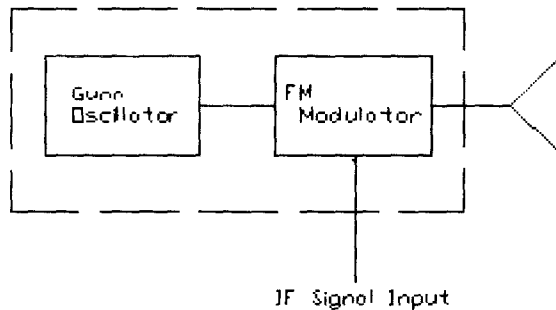


그림 10. Block diagram of FM modulation

는 GUNN Diode에서 발진된 캐리어 신호에 FM 변조를 걸기 위해 선로 단면에 바락터 다이오드를 이용하여 캐패시터를 변화시켜 주파수 변조를 건다. 바락터 다이오드를 부착하는 회로는 그림 11과 같이 60GHz 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 변화 시킨다. 회로는 그림 12와 같이 GUNN Diode와 연결된 비방사유전체 선로의 절단면 방향으로 바락터 다이오드가 부착된 기

판을 위치시켜, 이 기판에 역전압을 인가 함으로 캐패시터를 변화시키는 방법을 사용한다.

외부 회로에서 변조를 하기 위하여 변조할 신호에 바이어스 전압을 인가하여 바락터 인가전압으로 사용한다. 그림 12에서 IF Signal Input 단자에 이 신호와 바이어스가 혼합된 전압을 인가하게 된다. 그림 12에서 보는 바와 같이 GUNN Diode에서 발진된 마이크로파는 스트립선로를 통하여 적정 주파수로 공진 되고 PTFE 선로를 따라 밖으로 전송 되는데, 이때 뒤쪽에 위치한 바락터 다이오드에서 또 다른 공진점을 형성하여 변조를 걸게된다. 이 외

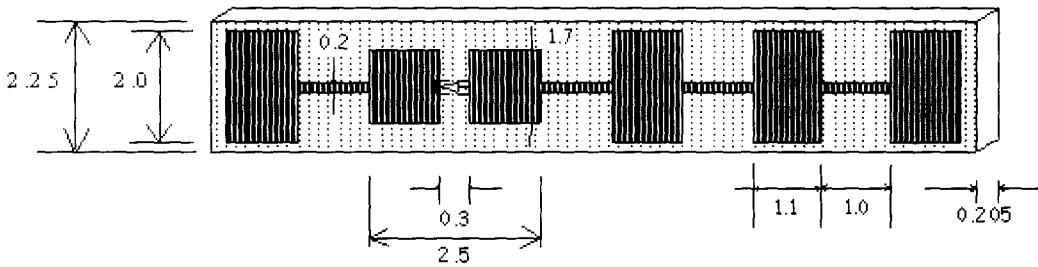


그림 11. Varactor diode circuits

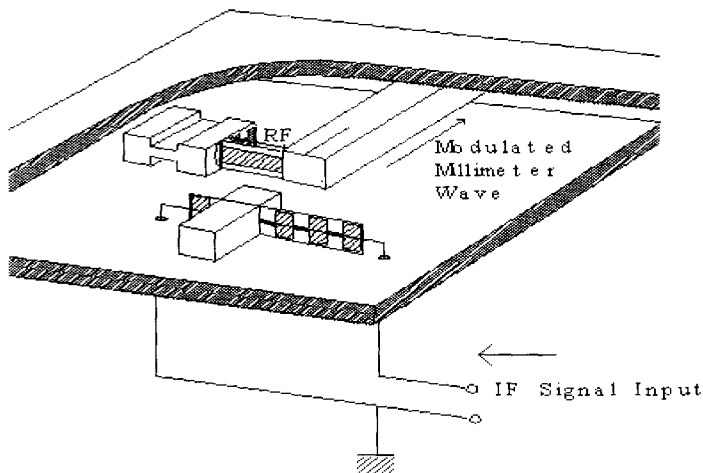


그림 12. Structure of FM modulation circuit

부 공진 회로를 바락트 다이오드와 PTFE 신호의 L 성분이 합쳐져 공진집을 형성한다. 이때 PTFE의 사이즈는 고정임으로 바락트 다이오드의 가변 콘덴서로 공진 주파수를 바꾸게 되어 FM 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 그림 13에서 볼 수가 있어 이 사진에서 보여 지듯이 바락트다이오드 인가전압이 2V에서 5V 사이가 비교적 주파수 변화에 따른 출력변화가 안정 된다는 것을 알 수가 있다. FM 변조를 할 때에는 선형성 (Linearity)을 유지하기 위하여 이 바이어스 전압 변화에 의한 주파수 변화가 평탄한 부분을 사용하여야 하며, 선형성이 높게 되면 레이더의 거리 및 상대속도 측정정도가 높게 된다.

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 평탄

한 영역을 선택하고 출력의 변화가 적은 범위를 사용하기 때문에 최종적으로 그림 13에서 바이어스전압을 2V에서 5V 사이를 사용하는 변조회로를 제작한다. 이 주파수 변조 특성은 송신기의 송신대역폭을 의미하며 대역폭이 넓을수록 계측정도를 높일수 있으나 선형성이 나쁘게 되면 다시 계측정도가 나빠지므로 선형성을 유지하면서 대역폭이 넓게 되도록 주변 파라메타를 조정할 필요가 있다. 이번 레이더용의 FM 변조기에서 바이어스전압변화에 따른 주파수변화가 비교적 평탄한 2V에서 5V 범위에서 약 100MHz의 대역폭을 얻을 수가 있었다.

4-2. 밀리파 수신부

밀리파를 FM변조하여 차량의 전방에 발사하여 수신된 밀리파에는 차량전방에 위치한 장애물들의 거리 정보가 포함된 주파수 쉬프트된 밀리파의 형태로 나타난다. 이 수신된 신호에서 장애물들의 거리 정보와 상대속도 정보만을 얻어내기 위해서는 송신된 FM변조신호와 수신신호와의 차이 성분만을 얻어내면 원하는 정보만을 구할 수가 있게된다. 차이 성분을 얻기 위하여 수신된 신호 RF 와 발진주파수에서 얻어지는 Lo 신호를 3dB Coupler를 통하여

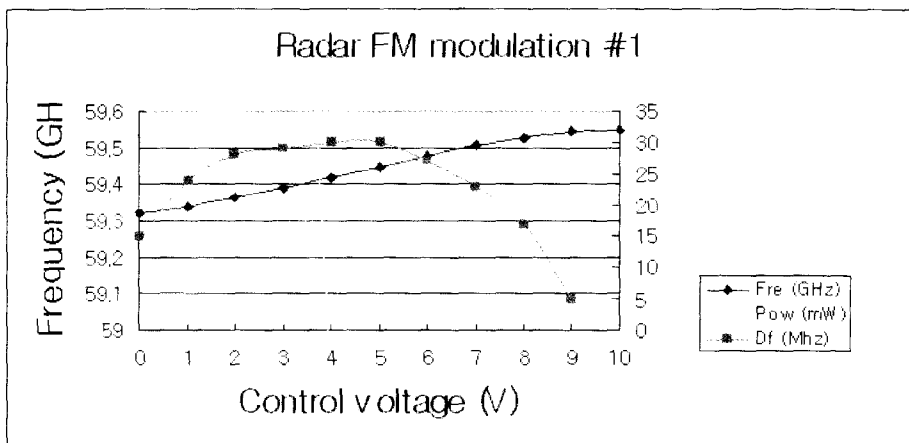


그림 13. Graph for FM modulation

섬은 후에 Mixer Diode에서 차이성분을 얻는 구조로 되어 있다.

4-2-1. Directional Coupler

FM Gun발진기에서 출력의 일부를 L_0 파로서 Balanced mixer에 공급 하기 위해 필요한 Band를 이용한 방향성 결합기가 필요하다. 또 Balanced mixer에 있어서도 RF파와 L_0 파를 Mixer 다이오드에 공급하기 위해 방향성 결합기가 필요하다. 제작한 방향성 결합기는 FM-CW 레이더의 효율적인 구조를 만들기 위하여, 직선선로와 Band에서 만들어진 것을 이용한다. 직선선로와 Band에서 만들어진 방향성 결합기의 구조를 샘플 제작한 레이더에 사용할 방향성 결합기와 함께 그림 14에 나타낸다.

이번 레이더에 사용하는 방향성 결합기에는 Band의 곡률 반경 및 각도는 회전의 소형화, 불필요한 모드의 발생에 의한 손실을 고려해서 곡률 반

경 25mm의 90° Band로 하였다.

4-2-2. Balanced Mixer

장애물에서 일어난 반사파는 수신안테나를 통하여 입력되고, 수신신호는 송신신호에서 장애물과의 거리정보 및 상대속도정보가 포함된 형태로 나타나므로, 원하는 거리정보 및 상대속도 정보는 수신신호에서 송신신호를 제거한 차이성분이므로, 이 수신신호에서 송신신호와의 차이를 디텍트 하면 된다. 이 차이신호를 얻기 위하여 그림 15와 같은 Balanced mixer회로를 설계하여 송신된 신호의 일부와 수신된 신호를 mixer하게 된다. 두 송,수신 신호의 차이를 얻는 Balanced mixer의 특성 그래프가 그림 16에 나타나 있다. 이 특성을 Conversion loss라고 칭하고, 수신신호에서 mixer를 통하여 얻어진 차이성분이 신호레벨로 어느 정도 낮아진 것인지를 확인하는 특성 그래프가 된다.

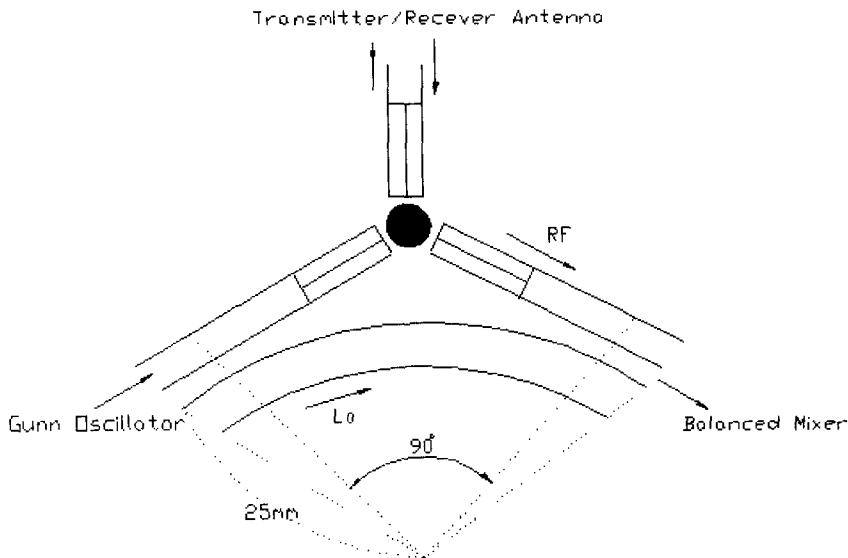


그림 14. Structure of directional coupler

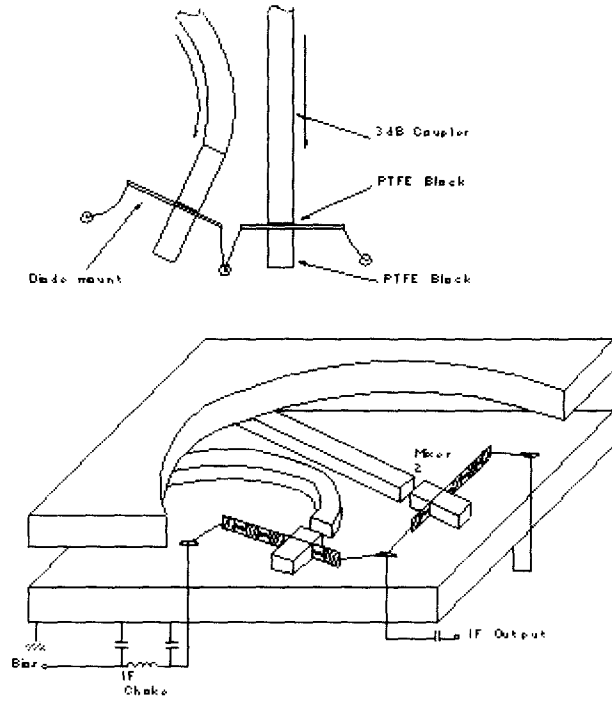


그림 15. Structure of balanced mixer

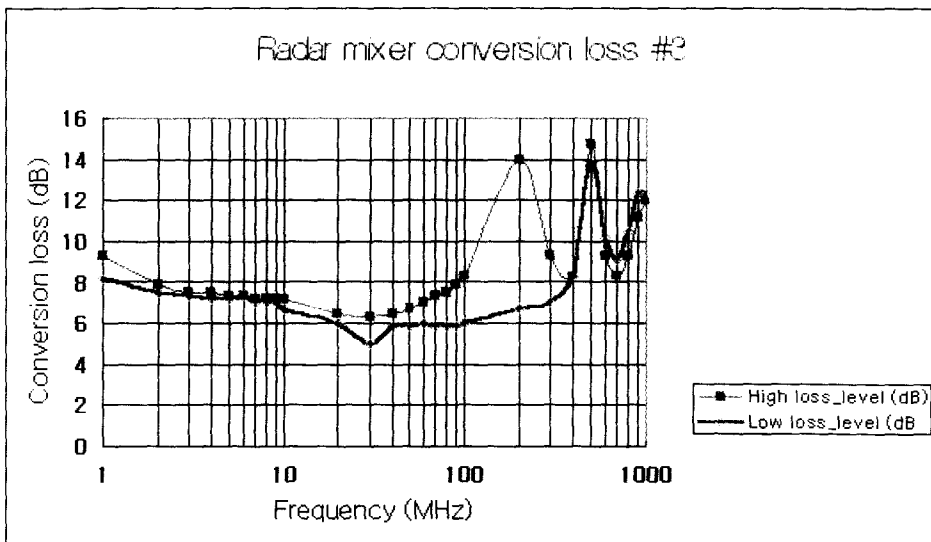


그림 16. Conversion loss of balanced mixer

이 그래프에서 장애물에서 반사된 밀리파가 수신 안테나를 통하여 유입되어, 이 conversion loss 만큼 뺀 만큼의 레벨로 되어 수신된다는 것을 알 수가 있다. Conversion loss가 적으면 적을수록 수신감도가 우수하게 된다. 이 그래프에서 0에서 100MHz까지는 conversion loss 가 약 8dB 정도로 양호한 특성을 가지는 것을 볼 수가 있으며, FM-CW 레이더 에서의 비트 신호는 측정거리를 약 150M정도를 기준으로 할 때 10MHz 이내로 얻어 지므로, 이 그래프의 결과로 보아 근거리를 의미하는 저주파 대역에서의 변환손실이 적어 자동차충돌방지용의 레이더용의 수신부의 수신감도는 충분하다는 것을 알 수가 있다.

5. 레이더의 특성실험

위에서 설계, 제작한 레이더의 송, 수신기를 조합하여 레이더를 조립하여 그림 17과 같은 외형으로 완성이 되었다. 실험을 위하여 개발된 밀리파레이더를 연구소의 복도 한측 끝에 설치하여 복도의 끝 부분에서 레이더 측까지 사람정도 크기의 알루미늄 반

사체를 이동시켜 거리측정을 하였다. 실험을 행하는 복도의 끝까지의 거리는 약 52M이며, 레이더와 복도 사이를 반사체를 이동시켜 반사체에서 반사되는 비트 신호의 스펙트럼을 관측하고, 그 위치를 확인함으로써 거리측정을 할 수가 있게 된다.

밀리파 프론트엔드를 구동하기 위하여, 외부에서 FM변조용 삼각파를 넣어 밀리파를 FM 변조시켜 송신하고, 반사체에서 반사된 비트 신호를 증폭하여 그 스펙트럼사진을 그림 18 및 19 에서 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. 그림 18에서 52M 전방에 위치한 복도의 끝 부분의 스펙트럼이 약 2.2MHz 부근에 나타나며, 20M 전방에 위치한 이동반사체의 스펙트럼이 0.8MHz 부근에서 볼 수가 있다.

또한 그림 19에서 레이더가 위치한 기준점에서 52M 정방 벽면의 반사파 스펙트럼이 2.6MHz 부근에 나타나 있으며, 레이더로부터 30M 떨어진 점



그림 17. Photography of prototype of millimeter wave radar

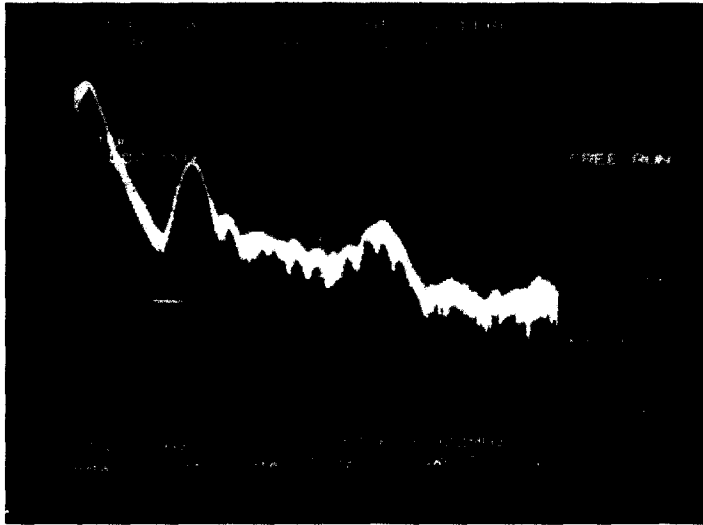


그림 18. Spectrum 1 at 20M and 52M objects

에 위치한 이동반사체의 반사 스펙트럼이 1.4MHz 부근에 나타나 있다. 여기서 이동 반사파 신호 주변에 조그만 하게 보이는 신호들은 벽면에 위치한 기둥들에서 반사된 신호이다.

6. 결론

이상으로 NRD guide를 이용하여 60GHz 출력 10mW 정도의 밀리파 FM-CW 레이더를 개발하였다. FM-CW 방식은 멀티타겟의 장애물을 계측할 수 있으며, 또한 각 장애물들의 상대속도 까지 계

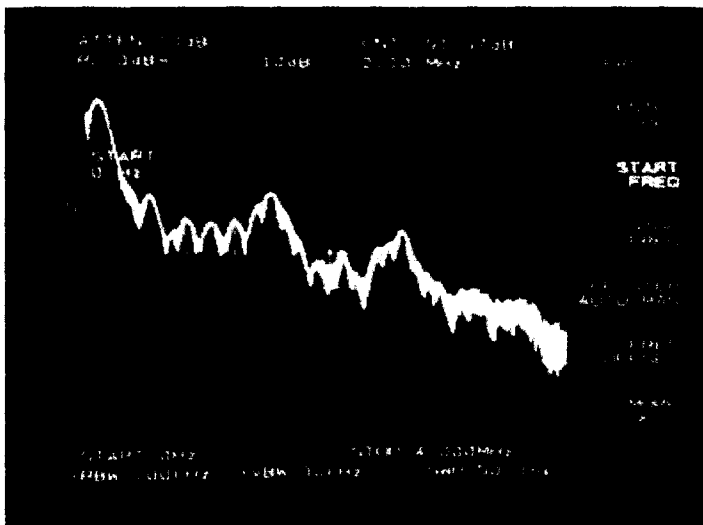


그림 19. Spectrum 2 at 30M and 52M objects

측할 수 있기 때문에 비교적 널리 사용되는 방식이다.

이 레이더로서 약 150M 거리 정도의 자동차를 계측할 수 있었으며 50M 이내에는 사람 정도의 밀리파 반사특성이 나쁘며 소형의 장애물도 계측할 수가 있었다. FM 변조폭을 약 100MHz 정도로 한 결과 계측정도는 0.7M 정도로 계측할 수가 있었다.

레이더 회로에 밀리파를 구현하는 방식으로 NRD guide를 사용하였기 때문에 제조가 염가로 간단히 될 수가 있고, 재현성이 우수한 것이 큰 장점이라고 할 수가 있다.

개발된 밀리파레이더는 고성능이며 소형이고 회로가 간단하며, 무엇보다 재현성이 우수하여 자동차 추돌방지용의 레이더로서 충분한 성능을 가졌다고 여겨지며 대량생산이 가능하므로 곧 실용화가 가능할 것으로 생각된다.

추후에 신호처리부를 개발하여 이번에 개발된 레이더의 Front-end부와 연결하여 장애물감지, 추돌예측, auto-crusing용의 hybrid센서로 완성해 나갈 예정으로 있다.

※ 참고문헌

1. T. Yamawaki, S. Yamano, "60GHz Millimeter-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. Kunihiro 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 : Non-radiative dielectric waveguide for millimeter-wave integrated circuits, IEEE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-29, 11, pp. 1188-1192 (Nov. 1981).
6. 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).
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)



신 천 우

- 1984년 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
- 1987년 영남대학교 대학원 석사과정 전자통신전공(공학석사)
- 1990년 아주대학교 대학원 박사과정 통신전공
- 1996년 3월 일본 오사카대학 기초공학부 시스템공학과 박사과정(공학박사) 3차원화상처리전공
- 1985.4~1985.12. 한국전자통신기술연구소 연구원
- 1986.4~1990.8. 대경전자 기술연구소 소장
- 1986~1989. 경남대학, 부산수산대학 외래강사
- 1990.8.~1992.10. 일본 삼기 시스템 엔지니어링(주) S/W개발부 연구원
- 1992.10.~1993.4. 일본 (주)다이폴(컴퓨터시스템 및 자동제어시스템 제조업) 개발부 과장
- 1993.4.~1997.12. 일본 (주)다이폴 기술고문
- 1994.2.~1996.2. 일본 (주)에크셀(화상처리용 카메라 및 화상보드 생산업체) 기술고문
- 1995.5.~1996.3. 한국과학기술원 시스템공학연구소 기술자문위원
- 1996.3.~1997.12. 일본 협화비즈니스서비스(주) 기술고문
- 1996.3.~1999.3. 동명정보대학교 공학부 정보통신공학과 조교수
- 1996.3.~1997.2. 동명정보대학교 부설 센서기술연구소 소장
- 1999.3.~현재. 경성대학교 멀티미디어대학 정보공학부 조교수