

FMCW 충돌방지 레이더 테스트 시스템

엄승현*, 현유진**, 이종훈**, 오우진*

*금오공과대학교 전자공학부

**대구경북과학기술원 융합신호처리연구팀

e-mail: wjoh@kumoph.ac.kr

Implementation of FMCW Collision Warning System Testbed

Seunghyun Eum*, Eugin Hyun**, Jong-Hun Lee**, Woo-Jin Oh*

*Kumoh National Institute of Technology

**Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology

요 약

본 논문에서는 대구경북과학기술원연구원에서 개발한 77GHz FMCW ((Frequency Modulation Continuous Wave) 충돌방지 레이더 테스트 시스템에 대하여 소개한다. FMCW 레이더 개발에 적용된 기능 및 구현에 대하여 소개한다. 개발된 시스템은 RTS (Radar Test System)과 연동하여 성능을 검증하고, 차량에 장착하여 실제 주행시험을 실시하였다.

개발된 시스템은 150m의 거리까지 검출이 가능하며, 1024~8192point FFT를 적용하여 1km/h, 0.5m의 속도 및 거리 분해능을 제시하고 있다.

키워드

FMCW, 충돌방지, 77GHz

I. FMCW 레이더 개요

FMCW 레이더는 시간에 따라 선형적으로 sweep하는 삼각파를 FM으로 변환하여 송신하고 장애물로부터 반사된 수신신호와 송신 신호를 MIX 하는 방식을 사용한다. Mix된 신호는 LPF를 거치면서 합주파수 성분이 제거되고 차주파수 성분만 남게 되며 이를 비트주파수(fb:Beat Frequency)라 한다. 비트주파수는 시간 지연에 비례하므로 이를 이용하여 거리와 상대속도를 추정할 수 있다. 장애물과 자차의 상대 속도가 0인 경우에는 장애물과의 시간지연td가 발생하여 거리차에 의한 주파수값인 fr이 되고 이로부터 거리 R을 구할 수 있다.

$$f_r = \frac{t_d B}{T} \quad R = \frac{c T f_r}{2B}$$

여기서 c는 광속, T는 sweep 시간, B는 변조대역폭이다. 상대속도가 0이 아닌 경우에는 도플러 효과에 의한 주파수편이 fd가 발생하게 된다.

$$f_r = \frac{f_{b,down} + f_{b,up}}{2} \quad f_d = \frac{f_{b,down} - f_{b,up}}{2}$$

거리분해능, 속도분해능은 레이더 센서와 관련된 중심주파수(fc), 변조대역폭(B) 및 sweep 시간(T)과 신호처리부와 관련된 샘플링 주파수(fs), FFT point 수(N)에 의해 결정되어진다. 거리분해능(ΔR)과 상대속도 분해능(ΔVr)은 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta R = \frac{c T \Delta F}{2B} \quad \Delta V_r = \frac{c \Delta F}{2f_c}$$

여기서 주파수분해능(F=fs/N)은 거리 및 속도 오차를 결정하는 중요 요소임을 알 수 있다.

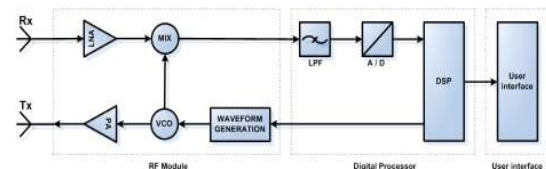


그림 1. FMCW 레이더 시스템 블록도

II. 개발 및 성능분석

본 논문에서는 실제 도로환경을 고려하여 거리 및 속도 분해능 각각 0.5m, 5Km/h을 목표로 FMCW 레이더를 설계하였다. 사용된 FMCW 레이더의 RF 특성은 $f_c=76.5\text{GHz}$, $B=300\text{MHz}$ 이며 본 연구에서는 표1에 보인 바와 같이 두 구간으로 나누어 송신 sweep 파형을 설계하였다. 이는 Near와 Far의 target간에 수신신호 전력차 문제를 해결하기 위한 것이다. 또한 실제 구현에서 낮은 주파수 신호는 아날로그부의 DC blocking 특성에 의해 영향을 받으므로 near에 의한 비트주파수 값을 높이기 위하여 사용하였다. [2]

표 1. 77GHz FMCW 레이더의 파라미터

중심주파수(f_c)	76.5GHz
주파수대역폭(B)	300MHz
샘플링주파수(f_s)	3MHz
sweep시간(T)	0.5ms (Near, <10m) 1.5ms (Far, >10m)
FFT point수(N)	4096

신호처리부는 그림 2와 같이 구현되었으며, TI사의 DSP와 고속 ADC 및 DAC, FPGA 등이 송수신단에 사용되었다. 고속 ADC후에 디지털 필터 등으로 적정 대역신호만 통과시키는 전 처리를 거친 후에 적정 sampling 주파수 및 sample 수로 변환하여 Near, Far를 구분하여 처리하게 된다.



그림 2. 개발된 보드

III. 실험결과

그림 3은 실제 주행을 통하여 얻은 측정값이다. 3차원 도시를 통하여 다수의 타겟이 서로 다른 신호의 세기로 감지되었음을 알 수 있다. 근거리, 즉

FFT 인덱스가 작은 경우에는 신호의 세기가 크며, 직선으로 나타난 것이 일정하게 나타난 것이 정지 타겟이며, 이동 타겟은 상대 속도에 따라 휘어져 나타남을 알 수 있다.

본 실험의 결과를 토대로 정지와 이동 타겟의 분류 방안을 향후에 계속 연구하여 MTI (Moving Target Indicator) 기법을 적용할 예정이다.

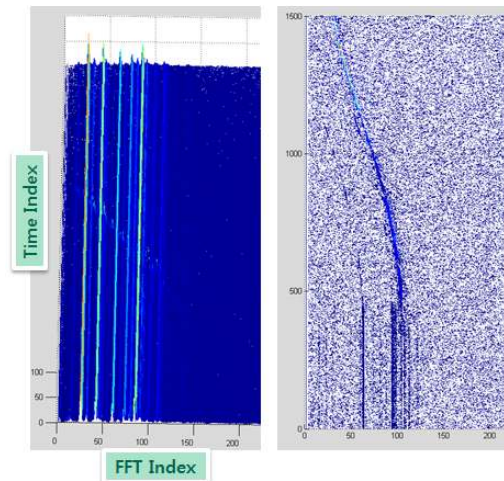


그림 3. 측정된 레이더 신호의 예

참고문헌

- [1] 김동호, 조평동, 차량용 레이더 응용 기술 및 발전방향, 전자통신동향분석 제18권 제1호 2003년 2월.
- [2] W. Chang, L. Huan, and L. Yubai, "A Practical FMCW Radar Signal Processing Method and Its System Implementation", International Conference on ITS Telecommunications (ITST'06). 2006. 6, pp. 1195~1199
- [3] 오우진, FMCW방식의 자동차 레이더 신호 처리부 설계 및 구현" 전자공학회논문지 제41권 TC편 제 12호, 2004.12, pp. 67 ~ 74