

F28335 기반의 FMCW BSD (Blind Spot Detection)

저가형 신호처리부 설계

박대한 · 오우진

금오공과대학교

Design of low cost FMCW BSD (Blind Spot Detection) signal processing unit using F28335 MCU

Daehan Park · Woojin Oh

Kumoh National University of Technology

E-mail : wjoh@kumoh.ac.kr

요 약

최근 차량 충돌 방지를 위한 다양한 기술이 상용화되고 있다. FMCW 기반의 레이더 시스템은 구현의 용이성으로 많은 상용차에서 전면 충돌 방지 시스템에 적용되고 있다. 측면 충돌 방지를 위한 BSD(Blind Spot Detection)와 차선변경 보조 시스템(LCA, Lane Change Assistant system)에서는 전방 레이더보다 인식거리가 줄어들고 갱신율이 낮아지므로 고속 FFT 등을 수행하는 신호처리부를 저가적으로 설계가 가능할 것이다.

본 연구에서는 TI사의 MCU인 F28335를 사용하여 근거리를 인식하는 신호처리부를 설계하였다. 이 MCU는 16채널 12bit ADC와 68KB RAM 및 512KB 플래시 메모리를 내장하고, 150MHz 부동소수점 연산을 지원하여 단일 칩으로 신호처리부의 구현이 가능하다.

구현된 시스템은 20m내외의 거리에 있는 장애물에 대하여 10Hz로 갱신이 가능하여 BSD를 위한 기본 기능이 확인되었다. 이러한 구현은 이전의 고가의 DSP나 FPGA를 사용하지 않고 15\$이내의 단일 MCU와 간단한 아날로그 회로로 설계되어 저가격의 시스템으로 상용화가 가능할 것이다.

키워드

FMCW, 레이더, 차량충돌방지, F28335

1. 서 론

능동형 차량안전 시스템은 자동주행, 전방차량 감지, 차선이탈 방지 등 많은 분야에서 개발되고 상용화 되고 있는 상황이다. 이들을 구현하기 위한 센서 기술로 레이더, 초음파, 영상, 레이저 등의 다양한 방안이 연구되고 있으며, 특히 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이더 기술은 정확도와 안정성 등으로 다양하게 활용되고 있다. 그림 1은 차량안전시스템의 연도별 개발 추이이다. [1].

본 연구에서는 FMCW 레이더의 신호처리부 설계에 있어서 기존의 고가형 DSP나 FPGA 구현 방식 대신에 고성능 MCU인 TI사의 F28 시리즈로 저가형으로 구현하는 방안을 제안한다. 제안된 방안은 전방차량 충돌 방지시스템보다는 BSD(Blind Spot Detection), LCA(Lane Change Assist)와 같은

근거리 시스템에 적합하며, 저가격으로 구현할 수 있는 장점이 있다.

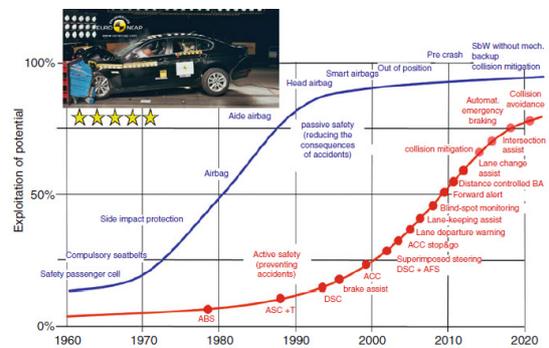


그림 1. 능동/수동형 차량안전시스템 개발동향

II. FMCW 레이더 원리[2]

FMCW 레이더의 블록도는 그림 1과 같다. 송신신호는 시간에 따라 주파수가 선형적으로 상승 또는 하강하는 FM신호이며, 장애물에 반사된 수신신호가 송신신호와 Mix되어 차 주파수 성분으로 변환된다. 이 주파수 차를 비트주파수(fb: Beat Frequency)라 하며 장애물과의 이격거리와 상대속도에 따라 달라진다.

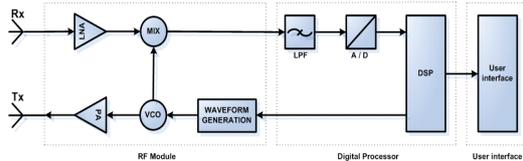


그림 2 FMCW 레이더 시스템 블록도

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

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

여기서 여기서 주파수분해능(ΔF)는 f_s/N 이다.

FMCW 레이더의 성능을 결정하는 것은 갱신시간(Update Time) 동안에 수행할 수 있는 FFT의 길이와 RF frontend의 BW에 따라 결정되는 되는 것이다.

III. 저가형 신호처리부 설계 및 구현

비용대비 성능을 극대화하는 방안으로 ADC 내장형의 프로세서, 주변회로를 최소화하기 위하여 micro controller를 검토하여 TI사의 실시간 MCU 계열인 F28335를 선택하였으며 그 특징은 다음과 같다. [3]

- 150MHz, 150MMACS
- 68KB RAM, 512KB Flash
- 16CH 80ns 12bit ADC
- PWM, CAN 지원
- 저가: 14\$/1K

F28335의 FFT 처리 속도는 dsplib에서 제공되는 수치를 계산하여 표1과 같이 예상되었다. LCA, BSD에서는 ISO에서 규정한 실험환경을 고려하면 측정 거리는 최대 30m, 검출 알람은 9.5m이며, 를 제시하고 있으며, 측정시간은 200ms에서 1초 이상까지이다. [1]

본 연구에서는 1024pt FFT로 구현하였으며, 2048도 가능하나 무리가 없을 것으로 판단하였다.

표1. FFT 수행 시간 예상값 (us)

FFTSize	RFFT		RFFT with ADC input		RFFT Magnitude(Scaled)	
	Cycle	Time	Cycle	Time	Cycle	Time
256	6145	20.48	6054	20.18	5683	18.94
512	13675	45.58	13360	44.53	11321	37.74
1024	30357	101.19	29466	98.22	22591	75.30
2048	67007	223.36	64709	215.70	45125	150.42

FMCW 레이더 알고리즘을 실제 구현한 수행 속도는 다음과 같다.

표2. FMCW 알고리즘 수행 시간

FFTSize	동작 시간	
	Cycle	Time (us)
256	5515	36.79
512	11019	73.50
1024	22027	146.92

그림 3은 개발된 시스템의 블록도이며, 그림 4는 개발 tool인 Code composer 상에서 동작 화면과 실제 측정과정을 보인 것이다.

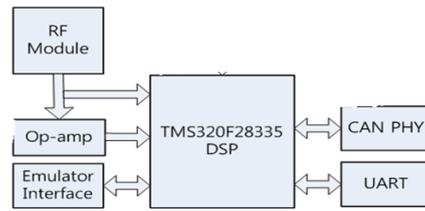
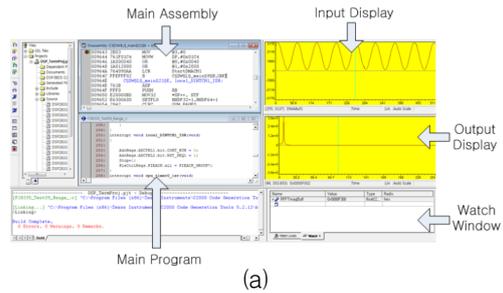
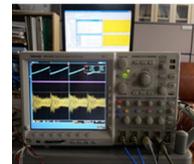


그림 3. 개발된 시스템 블록도

최근에는 dual core와 고속 ADC 기능을 갖춘 F28337이 발표되었으며 성능 개선이 필요한 경우 쉽게 변경할 수 있는 장점이 있다.



(a)



(b)

그림 4. (a) 동작화면 (b) 측정과정

IV. 향후 계획

현재는 실험실 수준의 성능 확인이 이루어 졌으나, 향후에는 차량에 장착하여 실제 실험을 수행할 예정이다. 실제 운영에 있어서는 BSD나 LCA의 기능을 위해서는 검출된 target 추적 등이 추가되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Handbook of Intelligent Vehicles. Eskandarian, Azim ed, Springer London, 2012
- [2] 오우진, “FMCW방식의 자동차 레이더 신호처리부 설계 및 구현” 전자공학회논문지 제41권 TC편 제 12호, 2004.12, pp. 67 ~ 74
- [3] TMS320F28335 Digital Signal Controllers (DSCs) Data Manual, Texas Instruments, 2012. 8