

코드비교에 의한 새로운 전파형 거리측정 알고리즘

강 병 무, 김 응 식, 김 완 주
국 방 과 학 연 구 소

A New RF Range Measurement Algorithm Using the Code Comparison

Byoungmoo Kang, Ungsik Kim, Wanjoo Kim
Agency for Defense Development

Abstract - In this paper we propose a new RF range measurement method. Using two codes which have different chip rate, we transmit one code toward the direction of targets and calculate the distance by comparing it with the other untransmitted reference code. Because the measuring process is fully digitalized, the stability, resolution, flexibility, and compactness of the system are good. Some experimental results are provided to show the validity and the performance of the proposed method.

1. 서 론

전파형 거리측정 방식은 크게 FM-CW, CW, Pulse방식, Multi-Frequency방법 등이 있다. 그중에서 Pulse를 사용하는 근거리용 방법에는 주로 코드 상관 방식을 이용한다. 코드상관 방식은 PRN 코드를 송신하고 측정거리를 왕복하여 수신된 코드와의 상관값을 이용하는 방식으로서 상관값은 송신코드와 수신코드의 배타논리합으로 구할 수 있고, 배타논리합의 출력은 거리에 따라 펄스폭이 비례하여 가변된다. 펄스폭을 측정하기 위하여 R,C 충전회로를 사용하고 펄스폭을 DC전압으로 변환하면 DC전압은 거리에 따라 비례하게 된다. 그러므로 DC전압을 측정함으로써 거리를 계산할 수 있다. 이러한 아날로그 방식에 의한 거리측정 시스템은 충전회로에 사용되는 R,C값의 오차범위에 의해서 회로의 성능이 의존되며, 온도변화에 따른 측정치 변화 등에 의하여 측정오차가 크고 그 시스템의 성능이 저하된다. 본 논문에서는 아날로그 방식의 거리측정 방법을 개선하고 측정 정밀도를 향상시키기 위하여 회로를 디지털화하고 버니어캘리퍼스의 원리를 응용한 새로운 거리측정 방식을 제안하고 구현하였다.

2. 새로운 전파형 거리측정기

2.1 버니어캘리퍼스의 원리

본 연구에서 제안하는 새로운 거리측정 방법은 버니어 캘리퍼스의 원리를 응용하고 있다. 버니어 캘리퍼스는 어미자 눈금과 아들자 눈금으로 나누어지며 아들자는 어미자의 19mm를 20등분한 구조를 하고 있다. 이러한 구조의 버니어 캘리퍼스는 아들자가 어미자의 1mm를 진행하는 동안에 눈금이 어미자와 일치하는 횟수가 차례로 20회 발생하므로 1/20mm의 측정 정밀도를 갖는다. 즉 이때 측정 정밀도는 [1/아들자눈금]mm로 계산된다.

2.2 캘리퍼스를 고려한 전파형 거리 측정기

본 연구에서 제안하는 새로운 거리측정 방법에서는 어미자의 눈금에 해당하는 어미코드의 칩을 11(10등분에 해당함)개로 배열하고 아들자의 눈금에 해당하는 아들 코드의 칩배열 11개(10등분)가 어미 코드의 9등분(칩10개)에 해당하도록 그림 1과 같이 설계하였다. 어미코드를 기준으로 사용하고 아들 코드를 ASK(amplitude shift keying)로 변조하여 거리를 측정하고자 하는 부분을 향하여 송수신한 후 수신된 코드를 어미코드와 비교하면 그림 1과 같은 형태가 될 것이다. 첫번째 코드 조우상태의 경우는 어미코드와 아들코드가 시간지연을 갖지 않는 경우이고, 세번째 경우는 20ns, 열번째의 경우는 100ns의 시간지연을 갖는 경우이다. 그림 1에서 코드의 교차점이 몇번째 위치인가를 판별하면 다음 식 (1)과 같이 거리를 계산할 수 있다.

$$d = r \times N_{CROSS} \text{ ----- (1)}$$

식 (1)에서 d는 측정거리이며, r은 미소거리로서 식 (2)와 같고, N_{CROSS} 은 겹침비트의 순서, t는 100ns

(어미코드칩의 넓이), c 는 광속, n^{-1} 은 측정 정밀도를 나타내며, 그림 1과 같은 관계에서는 식 (3)과 같다.

$$r = t/2 \times c \times n^{-1} \text{ ----- (2)}$$

$$r = 100\text{ns}/2 \times 3 \times 10^8 \times 10^{-1} = 1.5\text{m} \text{ ---- (3)}$$

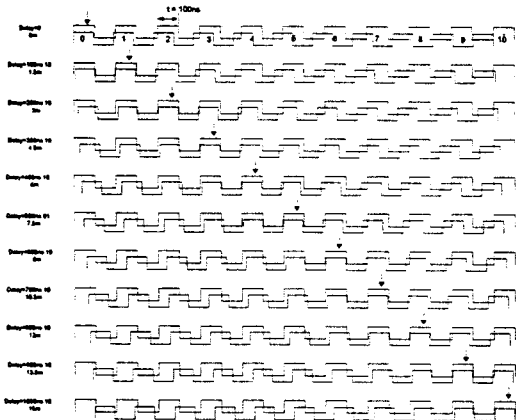


그림 1. 거리에 따른 어미코드와 아들코드 관계

2.3 시스템의 설계

본 연구에서는 RF 전단부를 그림 2와 같이 회로를 구현 하였다. 디지털 논리회로는 EPLD (EPM - 7192GC - 1)를 이용하여 설계하였으며, μ -P 는 ATMEL사의 AT89C51을 사용하였고 표시장치로서 노트북 PC를 사용하였다.

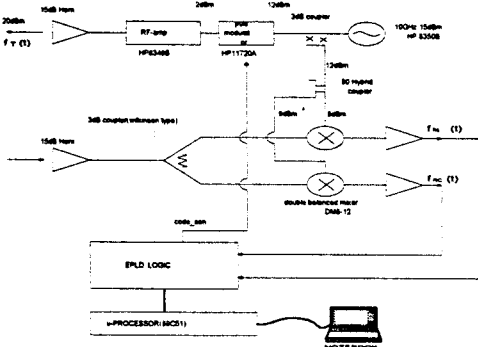


그림 2. 시스템 블록도

2.4 RF 전단부

그림 2과같이 구성된 RF 전단부로부터 ASK 변조된후 복조되는 코드의 관계는 식 (4),(5)와 같이 나타낼 수 있다. 식 (4),(5)의 결과에 의하면 복조된 코드는 캐리어의 위상의 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 수식에서 A는 ASK 변조된 진폭신호로서 코드의 논리가 '0' 혹은 '1' 일 때 각각 0 혹은 A를 나

타내고 θ 는 코드의 수신후 발생한 위상지연을 나타내며 lowpass filtering에 의하여 $\sin(2wt)$, $\cos(2wt)$ 성분은 제거 되었다.

$$f_T(t) = A \cdot \sin wt$$

$$\begin{aligned} f_{Rs}(t) &= \sin(wt + \theta) \sin wt \\ &= A \left(\frac{1}{2} \cdot \cos \theta - \frac{1}{2} \cdot \cos 2wt \cdot \cos \theta + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{2} \cdot \sin 2wt \cdot \sin \theta \right) \\ &\approx A \cdot \frac{1}{2} \cdot \cos \theta \text{ ----- (4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{Rc}(t) &= A \cdot \sin(wt + \theta) \cdot \cos wt \\ &= A \left(\frac{1}{2} \cdot \sin \theta + \frac{1}{2} \cdot \cos 2wt \cdot \sin \theta + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{2} \cdot \sin 2wt \cdot \cos \theta \right) \\ &\approx A \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \theta \text{ ----- (5)} \end{aligned}$$

식(4)(5)에서 f_T 는 ASK변조되어 송신된 신호 이고 f_{Rs} , f_{Rc} 는 각각 \sin , \cos 에의하여 복조된 신호 이다. f_{Rs} , f_{Rc} 는 로직회로로 입력되어 위상의영향에 관계없이 거리가 계산되도록 하였다.

2.5 거리계산용 논리회로

디지털 신호처리 논리회로는 클럭발생기, LEAD - LAG검출기, 데이터변환기로 구성되어있다. 클럭발생기는 어미코드와 아들코드를 발생시키는 부분이며 어미코드의 칩폭을 100ns로하여 그림 1 및 식 (1),(2),(3)과 같은 관계로 최대 측정거리 15m, 측정정밀도1/15, 미소거리 1.5m를 갖도록 어미코드의 chip rate를 5MHz가 되도록 하였다. 어미코드용 기본 클럭으로 40MHz를 사용하였을 때 아들코드의 경우 그림 1과 같은 구조에서는 식 (6)에 의하여 42MHz의 클럭이 계산된다.

$$\begin{aligned} 10 \times T_{MOTHER} &= 10.5 \times T_{SON} \text{ ----- (6)} \\ 10 \times 8 \times \frac{1}{40\text{MHz}} &= 10.5 \times 8 \times \frac{1}{x \text{ MHz}} \\ x \text{ MHz} &= 10.5 \times \frac{40\text{MHz}}{10} = 42\text{MHz} \end{aligned}$$

거리계산용 로직회로는 기본원리로부터 아들코드와 어미코드의 칩이 교차하는 번호를 찾는 기능을 주 기능으로 한다. 그림 3은 교차칩의 번호를 찾는 기본회로(LEAD-LAG 검출기) 이다. 그림 3과 같이 교차점의 위치에서는 어미자의 칩과 아들자의 칩이 상호간에 LEAD에서 LAG로 바뀌고 있다.

이러한 특징을 이용하여 교차점을 찾는 회로는 그림 3와 같이 어미코드 및 아들코드의 상승점의 순서를 찾아내는 회로로 구성하였다.

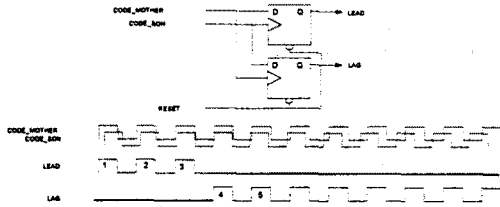


그림 3. 설계된 LEAD-LAG검출기 및 동작

이러한 경우에 교차점의 위치 N_{CROSS} 는 식 (7)과 같이 계산된다.

$$N_{CROSS} = (N_{LEAD} + N_{LAG})/2 \quad \text{--- (7)}$$

(예 : $N_{LEAD} = 3, N_{LAG} = 4 \therefore N_{CROSS} = 3.5$)

N_{LEAD} : 앞섬과 뒷섬이 바뀌는 지점의 칩번호

N_{LAG} : 앞섬과 뒷섬이 바뀌는 지점의 칩번호

2.6 실험방법

제작된 장치의 실험은 그림 2과 같은 구성을 하고 50cm × 50cm 크기의 철판을 사용하여 50cm마다 이동하면서 거리를 3회 측정하여 표 1과 같은 결과를 얻었다. 식 (7)로부터 N_{CROSS} 를 계산한후 평균 값을 계산하여 식 (1)로부터 거리를 계산하였다. 그림 4는 아날로그와 어미코드의 상관관계를 보여주는 측정파형인데 그림 4와 같은 경우는 $N_{LEAD}=2, N_{LAG}=3, N_{CROSS}=2.5$ 로 계산되는 경우이다.

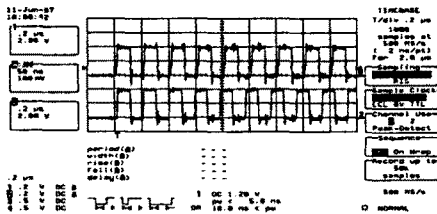


그림 4. 수신코드와 기준코드의 상관관계

2.7 실험결과

본 시스템의 이론적 측정오차는 $\pm 1.5m$ 로 설계되었으나 결과에 의하면, 이론상 오차범위 보다 훨씬 적음을 알 수 있다. 그 이유는 N_{CROSS} 값이 LEAD, LAG 신호의 형태에 따라 같은 교차점이라도 여러 값이 발생하기 때문이며, 또한 N_{CROSS} 을 3회 평균한 이유도 있다.

실제거리 (m)	1차	2차	3차	평균 N_{CROSS}	측정거리 (m)	오차 (m)
	N_{CROSS}	N_{CROSS}	N_{CROSS}			
0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1.5	0.5
4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.75	0.25
6	4	4	4	4	6	0
8	5	5.5	5	5.2	7.8	0.2
10	7	7	7	7	10.5	0.5
12	8	7.5	8	7.8	11.7	0.3
13	8.5	8.5	9.5	8.8	13.2	0.2

표 1. 실험결과

본 시스템의 측정안정도는 기존의 아날로그 거리 측정 방법에서 온도의 변화에 따른 R,C값의 변화보다 오실레이터의 변화가 적기 때문에 본 시스템의 안정성이 우수하다. 본 시스템에서 사용된 오실레이터는 XO(crystal oscillator)를 사용하였으나 만일 TCXO, VCXO 등을 사용한다면 시스템의 성능을 증가시킬 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 기존의 고속 거리측정 방법을 개선하고 정밀도 및 안정성, 견실성을 향상시킬 수 있는 디지털 거리측정 방법을 제안하고, 실험결과를 통하여 그 성능을 입증하였다. 시스템의 오류 측정 요소에는 외부 전파방해와 송수신시 코드폭의 변화가 있는데, 전파방해에 의한 영향은 현재 방법에서도 거의 제거할 수가 있다. 그 이유는 로직회로에서 프로세서에 전달되는 데이터가 그림 3의 경우에 단순히 LEAD, LAG 데이터를 전달하는 것이 아니고 LEAD 데이터에 대하여 시작점 1, 끝점 3, 개수 3을 보내고 LAG 데이터에 대하여 시작점 4, 끝점 11, 개수 8을 보내기 때문에 프로세서에서는 시작점, 끝점, 개수관계가 논리적으로 맞지 않거나 LEAD의 시작점이 1, LAG의 끝점이 11이 아니더라도 판단하기 때문이다. 코드의 송수신시 발생하는 칩의 폭변화에 따른 교차점 판단 오류는 근거리보다는 원거리일 경우에 문제가 될 수 있다. 이러한 요소들을 제거하기 위한 방법으로 전자의 경우에 대하여 PRN 코드를 사용하는 방법을 현재 연구중이며, 후자의 경우에 LEAD-LAG 검출기를 개선하는 방법을 연구중이다. 본 시스템은 측정 오류에 대한 방안을 보완하여 앞으로 각종 거리측정 센서에 이용될 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] MERRILL I. SKOLNIK, *Radar Handbook*, second edition, pp. 17.20-17.23, 1990.
- [2] Altera Corp., *Databook*, pp.127-135, 1993.