

반사계수를 이용한 이동물체 식별에 관한 연구

박진옥, 유근호, 황순식, 이수동, 강오영, 오광춘
육군사관학교 전자공학과

Identification of moving targets based on reflection coefficients

Jin-Ok Park, Kaun-Ho Ryoo, Chun-Sik Hwang, Soo-Dong Lee Oh-Young Kang, Kwang-Chun Ho
Korea Military Academy

Abstract

This paper deals with signal processing and pattern recognition for the pulsed doppler radar. In order to identify the class of moving targets detected by radar, linear predictive analysis is utilized to extract reflection coefficients of each radar signal as features, and Bayes decision theory is applied to classify them.

1. 서론

인간의 판단 능력을 대신할 수 있는 기계를 실현하고자 하는 노력이 매우 오래 전부터 계속되어 왔는데 최근 반도체 기술의 눈부신 발전과 마이크로프로세서의 응용기술이 고도화 됨에 따라 인간-기계 장치에 관한 연구가 더욱 활발해지고 있다. 이들중 레이더의 신호처리도 한 응용분야가 되겠다.

펄스 도플러 레이더는 목표물의 방향과 거리뿐 아니라 이동 물체의 속도까지도 측정할 수 있다. 또한 레이더 반사신호에는 목표물이 가지는 여러 가지 특징물도 인한 영향도 포함되어 있어서 도플러 변이된 신호를 관찰함으로써 목표물의 종류를 식별할 수가 있다. 이러한 신호의 식별에 관한 유사한 연구 분야는 음성인식과 의공학 계통의 각종 자동진단장치의 개발이 좋은 예로서 여러 가지 방법적 측면을 이용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 펄스 도플러 레이더에서 반사파를 모히어런트 검파[1]를 한후 도플러 변이된 만큼 비례적으로 변환된 저주파 신호를 통하여 이동물체의 종류를 자동적으로 식별할 수 있는 방법을 찾고자 한다. 이를 위하여 저주파 신호를 선형 예측 방법으로 해석하여 반사계수를 구한 후 이를 기준 패턴으로 하여 패턴인식 방법의 가장 기본이 되는 최대 유사도 추정법을 기초로

한 베이스 결정 이론(Bayes decision theory)를 사용하여 신호의 종류를 식별한다.

II. 신호의 분석

도플러 변이된 신호의 분석을 통하여 각종 이동 물체에 대한 특징파라미터를 추출하게 되는 데 시간영역에서 신호의 변이를 추적하거나 주파수 성분을 분석하는 방법이 있다. 이러한 방법들은 음성신호의 인식에서 많이 사용되는 것들로서 지금까지 계속 많이 연구되어 오고 있다. [2] 그러나 레이더에서 발생된 저주파 신호는 특정한 목표에 대해서는 그림1에 보는 바와 같이 주파수를 분석하여 보면 물체의 이동 속도에 비례하는 주파수 성분이 가장 에너지가 높은 것으로 나타난다. 또한 이동물체 자체가 가지는 기파의 특징들이 반사신호에 영향을 미치므로 이들을 이용하기 위하여 여기서 선형 예측 부호화 방법을 이용하여 저주파 신호의 반사계수를 추출하였다.

(1) 선형예측 부호화

선형예측 해석은 저주파 신호의 표본을 $s(n)$ 이라고 하고 선형예측치 $\tilde{s}(n)$ 를

$$\tilde{s}(n) = \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) \quad (1)$$

로 표시하였을 때 실제 표본 값과 예측치와의 차이, 즉 예측오차

$$e(n) = s(n) - \tilde{s}(n) \quad (2)$$

의 자승치가 최소가 되도록 선형예측계수 $\{a_i\}$ $i=1, 2, \dots, p$ 를 결정하는 방법이다. 이때 식(1)에서 신호의 표본은 과거 p 개의 표본으로 부터 선형 조합으로 예측이 가능하다는 가정하에 이루어진 것으로 실제 저주파 신호는 인접 표본과의

높은 상관 관계가 있음을 알 수 있다.

선형 예측 방법에는, 대표적으로 자기 상관법과 공분산법이 있는데, 표본이 고정상태(stationary state)이고 표본의 수가 충분한 경우, 두가지 방법에 의한 결과는 거의 비슷하게 되지만 그렇지 않는 경우에는 자기 상관법에 의하여 안정된 계 선형예측계수를 구할 수 있는 장점이 있다.

(2) 반사계수

저주파 신호나 음성의 발생 모델을 p 개의 무손실 음향관을 연결해 놓은 것으로 생각할때 반사계수는 인접된 2개의 음향관의 단면적의 함수로 표시할 수 있다. 여기서 무손실 음향관을 통한 신호 발생모델의 전달함수와 선형예측 방법에 의한 전달함수가 동일한 형식으로 표시된다. [3] 이때 선형 예측 계수로 부터 반사계수 $\{r_i\}$, $i=1,2,\dots,p$ 를 역순환 방법으로 구할 수 있다. 즉 $i=p$ 에서 부터 시작하여 $p-1,\dots,1$ 에 이르기 까지 각각 식(3) 을 계산하면 된다.

$$a_j^{(p)} = a_j, \quad 1 \leq j \leq p$$

$$r_i = -a_1^{(i)} \quad (3)$$

$$a_j^{(i-1)} = \frac{a_j^{(i)} + a_1^{(i)} a_{i-j}^{(i)}}{1 + r_i^2}, \quad 1 \leq j \leq i-1$$

III. 신호분석 및 식별

(1). 신호분석

펄스 모뎀러 레이더에 포착되는 대표적인 표적 9 가지에 대하여 표본을 추출하고 선형 예측방법을 이용하여 반사계수를 추정한다. 이 때 레이더에서 생성된 표적식별용 신호는 2KHz 이하의 저주파로서 이것을 8 KHz 표본 주파수를 가지는 12 비트 아나로그/ 디지털 변환기를 거쳐 마이크로 컴퓨터에 저장한 후 256샘플씩을 1개의 프레임(32 msec) 으로 하여 반사계수를 구한다. 이 과정을 그림2 의 블록 선도로 나타내었다.

먼저 높은 주파수 영역도 강조 하기 위하여 식(4) 와 같이 프리엠플리시스 어파를 한 후 레밍턴도수를 사용하여 신호의 스펙트럼 왜곡을 제거한다.

$$y(n) = s(n) - (0.01 * PR) s(n-1) \quad (4)$$

이렇게 처리된 각 프레임에 대하여 자기 상관법을 이용하여 선형예측 계수를 구한 다음 반사계수를 추정한다.

표1 에 대표적 이동물체에 대한 반사계수를 나타내 보이고 있다.

(2) 패턴 인식

선형예측법을 이용하여 추정한 각 프레임의 반사계수를 8개의 프레임마다 (256 msec) 평균하여 기준패턴(reference pattern)으로 하여 기준패턴과 시험 패턴간의 최대 유사도 추정방법에 의하여 추정된 평균 벡터와 공분산 행렬을 이용하여 베이스 결정방법(Bayes decision)으로 식별한다[4]. 이때 선정된 각 표적들에 대한 선형적 확률(a priori probability) 은 동일한 것으로 가정하였다. 이 과정을 그림3 에 블록선도로 표시하고 있다. 이러한 방법으로 이동물체의 인식 결과를 표 2에 나타내었다.

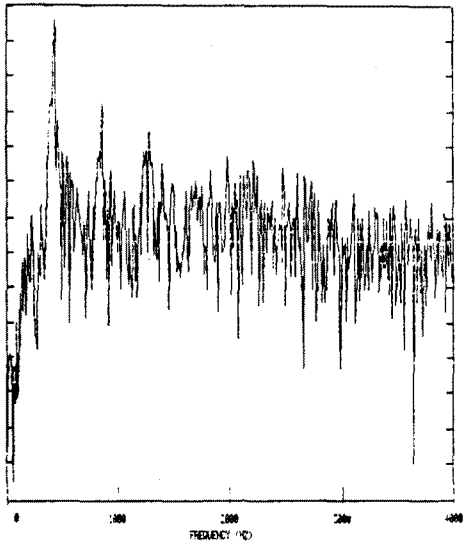
IV. 결론

펄스 모뎀러 레이더에 의한 이동표적을 추적 식별하는데 신호처리와 패턴기법을 이용하여 자동적으로 처리할 수 있음을 보여 주었다. 이러한 시도를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

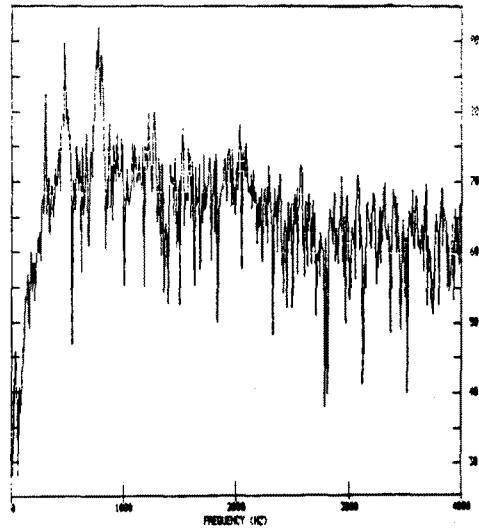
- (1) 펄스 모뎀러 레이더에서 방향, 거리 및 표적의 이동뿐만 아니라 이동표적의 특성을 나타내는 정보가 신호에 포함되어 있으며 이를 인공 기법을 도입하여 식별이 가능하다.
- (2) 이러한 처리 기법을 다른 분야에서도 응용이 가능하다. (외국학분야, 품질 검사등)
- (3) 송더 많은 표적에 대한 신호와 한 종류의 신호에 대해서도 다양한 상황하의 표본을 수집 하여 기준패턴을 완성하면 정확한 자동표기정보체계도 이용할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. Skolnik, Introduction to Radar Systems, McGraw-Hill, 1980, pp.101-148
- [2] S.Saito and K.Nakata, Fundamentals of Speech Signal Processing, Academic press, 1985, pp.42-61
- [3] H.Rabiner and R.Schafer, Digital processing of Speech Signals, Prentice-Hill, Inc., 1978, pp.116-344
- [4] R.Duda and P.Hart, Pattern classification and scene analysis, Wiley & Sons, 1973, pp.10-80



(a) 인원 음성



(b) 지프

그림1 이동물체의 스펙트럼

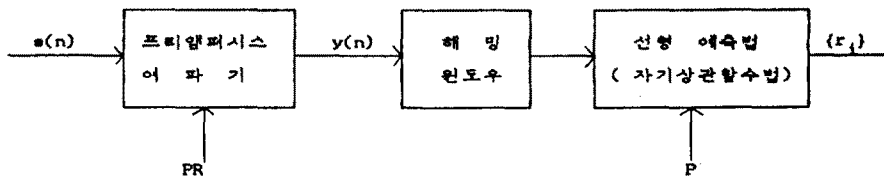


그림2. 신호 분석 과정

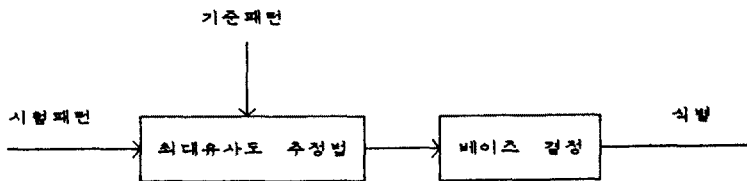


그림3 패턴인식 과정

표1. 이동표적에 대한 반사계수

신호의 증류 반사 계수	인원 8명	지 프	탱 크
1 차 반사 계수	-6.9264	-6.6876	-7.3666
2 차 반사 계수	1.1291	3.4070	1.7588
3 차 반사 계수	-0.7189	1.4589	2.1598
4 차 반사 계수	2.0124	2.3544	0.9183
5 차 반사 계수	2.4413	2.5113	1.1032
6 차 반사 계수	1.4003	1.8019	0.7849
7 차 반사 계수	1.3903	0.3309	2.8315
8 차 반사 계수	2.7772	-0.0145	0.0644
9 차 반사 계수	2.4749	0.5145	-0.0403
10차 반사 계수	1.4744	0.4745	1.8680
11차 반사 계수	1.0839	0.2809	2.0157
12차 반사 계수	1.9463	0.5361	0.0494

표2. 인식 결과

시험패턴 기순패턴	인원 2명	인원 8명	인원 10명	버스	트럭	지프	탱크	트랙터	마차
인원 2명	114	8	10						1
인원 8명	8	105	16						2
인원 10명	5	15	102						1
버 스				116	7	3		4	
트 럭				8	117	5	3	6	
지 프				3	2	120	1		
탱 크							124		
트랙터				1	2			112	6
마 차	1							6	118