THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE. 2019 Feb.; 30(2), 177～180.

http://dx.doi.org/10.5515/KJKIEES.2019.30.2.177
ISSN 1226-3133 (Print) · ISSN 2288-226X (Online)

스캔 영상 기반의 밀리미터파(Ka 밴드) 복합모드 탐색기 표적인식 알고리즘 연구

Target Recognition Algorithm Based on a Scanned Image on a Millimeter-Wave(Ka-Band) Multi-Mode Seeker

노 경 아[1] · 정 준 영[2] · 송 성 찬[3]

Kyung A Roh[1] · Jun Young Jung[2] · Sung Chan Song[3]

요 약

유도무기의 명중률 개선을 위해 해상 클러터 환경에서 표적을 정확하게 탐지하고 인식하는 연구가 다수 수행되고 있다. 해상 표적과 클러터의 신호가 다양하고 복잡한 특성을 보이기 때문에 능동 표적인식 기술에 대한 연구가 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 스캔 영상(scan image)으로 형성된 이미지에 프랙탈 차원기법(fractal dimension)인 FS(Fractal Signature) 분류기와 영상정합기법(scene matching)인 HRTI(High Resolution Target Image)을 적용하여 표적과 클러터를 구분하고 표적 간의 인식하는 알고리즘을 제안한다. 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 수행 결과, HRTI 분류기는 표적1과 표적2를 모두 100 %, FS 분류기는 표적 1과 표적 2를 각 각 90 %, 93 % 이상 구분 및 인식한다.

Abstract

To improve the accuracy rate of guided weapons, many studies have been conducted on the accurate detection and identification of targets from sea clutter. Because of the variety and complicated characteristics of both sea-clutter and target signals, an active target recognition technique is required. In this study, we propose an algorithm to distinguish clutter and recognize targets by applying a fractal signature(FS) classifier, which is a fractal dimension, and a high-resolution target image(HRTI) classifier, which applies scene matching to an image formed from a scanned image. Simulation results using the algorithm revealed that the HRTI classifier recognized targets 1 and 2 at a 100 % rate, whereas the FS classifier recognized targets 1 and 2 at rates of 90 % and 93 %, respectively.

Key words: Target Recognition, Scan Image, Scene, Matching, HRTI(High Resolution Target Image), FS(Fractal Signature)

Ⅰ. 서 론

대함 유도탄용 탐색기는 해양 클러터 환경에서 표적을 탐색한 후, 위협도가 높은 표적을 탐지하여 정밀 추적하는 시스템이다. 밀리미터파 탐색기는 마이크로파 탐색기에 비해 거리, 각도 해상도가 높은 장점으로 전천후 환경에서 표적과 클러터를 구분하는 것과 표적 간의 인식이 유리하다. 하지만 저속/고정 해상 표적은 거리, 각도, 속도를 이용하여 클러터와 구분하기 어려운 점이 있다. 따라서 넓은 영역을 스캔하여 2차원 영상을 형성한 후 표적

한화시스템(Hanwha Systems)
1: 연구원, 2: 선임연구원, 3: 수석연구원
· Manuscript received January 24, 2019 ; Revised February 8, 2019 ; Accepted February 21, 2019. (ID No. 20190124-013)
· Corresponding Author: Sung Chan Song (e-mail: sungchan.song@hanwha.com)

ⓒ Copyright The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science. All Rights Reserved.

과 클러터를 구분하고, 표적 간의 인식하는 방법이 필요하다. 스캔 영상기반으로 표적을 인식하는 방법에는 1차원적 프로파일을 이용한 프랙탈 차원기법[1]~[4]과 2차원적 이미지를 이용한 영상정합기법이 있다. 영상정합기법은 스캔영상을 통해 2차원적인 이미지를 생성[5]~[8]한 후 고해상도 표적 이미지 분류기를 이용하여 표적을 구분하고 인식한다. 동일한 해상도로 고해상도 영상을 획득하려면 스캔 각도에 따라 레이다 영상 신호처리 시간이 다르다. SAR(Synthetic Aperture Radar) 방법으로 영상 획득[5]~[8]시 특정 스캔 각도에서 신호처리 시간이 1초 이상 걸리므로 (표 1), 조건에 따라 프랙탈 차원기법 또는 영상정합기법을 적용하여 표적 구분 및 인식해야 한다. 따라서 본 논문은 프랙탈 차원기법과 영상정합기법을 모두 적용한 스캔 영상 기반의 표적인식 알고리즘을 제안한다.

Ⅱ. 표적 인식 방법

Ⅱ절에서는 제안한 표적인식 알고리즘을 소개한다. 그림 1은 스캔 영상 기반의 표적 인식 순서도이다. 10 km × 10 km 해수면을 15 m × 15 m의 해상도로 스캔하면서 Real Beam으로 이미지 프레임을 형성한다. 전체 1개의 이미지 프레임은 10개의 부분 이미지 프레임으로 구성되므로 이 과정을 10번 반복한다. 형성된 입력 값들은 분류기를 통해 표적별로 데이터베이스화된 기준 값들과 비교하여 표적을 구분 및 인식한다. 데이터베이스화된 기준 값들은 표적의 방향각인 Yaw, Pitch, Roll 값에 따라 달라진다. 표적의 모든 각도별 데이터가 한정적이며, 물결에 크게 영향을 받지 않는 대양 가운데의 중형 선박 이상의 함정을 대상으로 인식한다고 가정하였다. 따라서 시뮬레이션을 할 때 스캔 영상을 통해 획득한 표적의 방위각 중 Pitch, Roll은 0°로 고정한 후 Yaw의 각도만을 사용했다. 그림 1의 알고리즘에서는 2가지 종류의 분류기를 사용하였다. HRTI 분류기는 Yaw를 30°에서 5°씩 50°까지 5가지 각도를, FS 분류기에서는 30°에서 10°씩 120°까지 10가지 각도를 사용하였다. HRTI 분류기는 획득한 이미지 프레임보다 고해상도 이미지를 형성해 표적을 인식하며, FS 분류기는 획득한 이미지 프레임에서 1차원 프로파일을 추출하여 프랙탈 차원을 계산한 후 표적을 인식한다. 각 분류기를 사용하는 기준은 신호처리 시간으로 나누었다.

표 1. 표적과 탐색기의 Azimuth 각도에 따른 신호처리 시간 비교
Table 1. Comparison of signal processing time by azimuth angle of target and seeker.

	Azimuth angle [°]	Profile formation time (Millimeter-wave signal processing) [msec]	Image formation time (SAR) [msec]
1	10	4	1,187
2	5	7.1	2,134
3	1	13.5	4,046

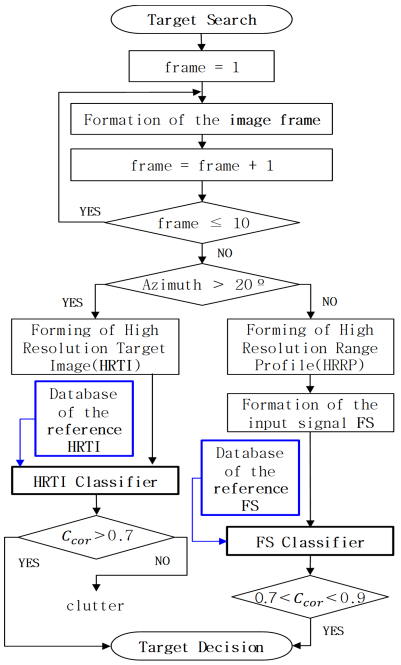


그림 1. 표적 인식 알고리즘 순서도
Fig. 1. Target recognition algorithm flow chart.

표 1은 탐색기와 표적의 Azimuth 각도에 따른 프로파일과 고해상도 이미지를 형성하는데 소요되는 시간을 보여준다. 각도가 10°보다 작을 경우 고해상도로 이미지를 형성하기 위한 SAR 신호처리 시간이 1초 이상으로 오래 걸린다. HRTI 분류기는 Azimuth 각도가 10°보다 확연하게 큰 20° 이상일 때 사용한다. 20°보다 작을 경우에는 프로파일을 이용한 FS 분류기를 사용한다.

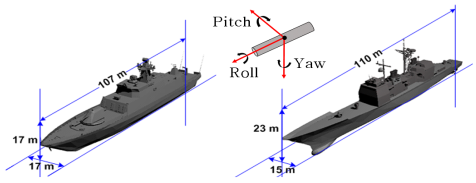
Ⅲ. 표적 인식 시뮬레이션 결과 및 분석

Ⅲ절에서는 Ⅱ절의 알고리즘으로 표적 인식 시뮬레이

션한 결과 및 분석을 보여준다. 시뮬레이션을 위한 서로 다른 가상 함정 표적의 3D 형상을 그림 2에 도시하였다. 시뮬레이션 조건인 탐색기와 표적의 Azimuth 각도는 30°로 하였다. 20°보다 크므로 영상정합기법을 적용한 HRTI 분류기를 사용하였다.

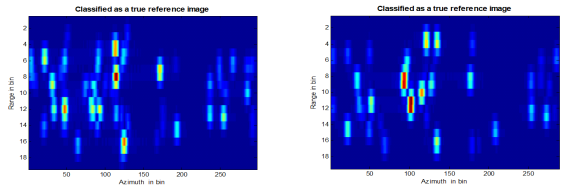
그림 3은 HRTI 분류기에 사용되는 입력 이미지와 2종류의 기준 이미지다. 기준 이미지(HRTI)는 그림 2의 표적 1과 표적 2를 스캔하여 획득한 이미지 프레임에서 SAR 방법을 이용하여 만들었다. 시뮬레이션이므로 입력 이미지(HRTI)는 목표 표적의 기준 이미지에 표준 가우시안(Gaussian) 잡음을 더하여 만들었다. 입력 HRTI와 기준 HRTI의 중첩 적분(Convolution) 연산 후 구해진 연산 값이 최댓값일 때 입력 이미지와 기준 이미지들의 상관계수(Correlation Coefficient, C_{cor})를 구한다. 이 값이 0.7 이상이며 제일 높을 경우 비교된 기준 이미지로 표적을 인식하며, 0.7 보다 작으면 클러터로 인식한다. 그림 4는 표적별, 각도별 입력 이미지와 기준 이미지의 상관계수 비교 그래프이다. 그림 4에 따르면 입력 이미지인 그림 3의 (c)는 가장 높은 상관계수 0.8179 값을 가진 Yaw = 30°일 때 표적 2로 인식 및 구분하였다. 영상정합기법의 분산과 오차를 분석하기 위해 각 각도마다 200번의 시뮬레이션을 수행하였다. 표 2의 시뮬레이션 결과를 보면 200 번 모두 표적을 100 % 정확하게 인식하였다.

그림 5는 각 표적별 입력 FS와 기준 FS의 비교 그래프이다. 시뮬레이션 조건인 탐색기와 표적의 Azimuth 각도는 10°로 하였다. 20°보다 작으므로 FS 분류기를 사용하였다. FS 분류기는 스캔 영상으로 형성된 이미지 프레임에서 추출 후 밀리미터파 신호처리에 의해 계산된 고해상도 거리 프로파일(high range resolution profile: HRRP)로 부

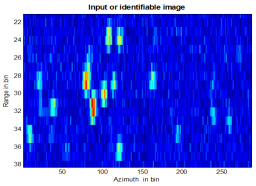


(a) Target 1 (b) Target 2

그림 2. 가상 표적의 3D 형상
Fig. 2. 3D modeling of virtual targets.



(a) 표적 1의 기준 이미지 (b) 표적 2의 기준 이미지
(a) Reference image of Target 1 (b) Reference image of Target 2



(c) 스캔영상을 통해 획득한 입력 이미지
(c) Input image acquired through scan image

그림 3. HRTI 분류기에 사용되는 입력과 기준 이미지
Fig. 3. Input and reference images used HRTI classifier.

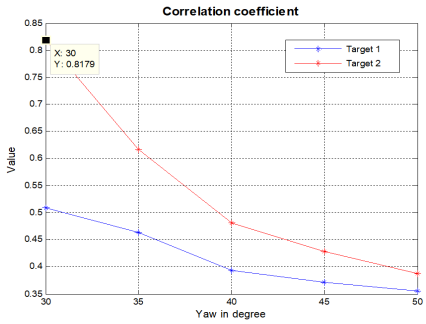


그림 4. 입력 이미지와 기준 이미지의 상관계수 비교 그래프
Fig. 4. Correlation coefficient comparison graph of input image and reference image.

표 2. Azimuth > 20°일 때, HRTI 분류기를 사용한 표적 인식 시뮬레이션 결과
Table 2. When azimuth > 20°, simulation results of target recognition using HRTI classifier.

Yaw in degree-Target 1	Percent classified as Target 1(%)	Percent classified as Target 2(%)	Yaw in degree-Target 2	Percent classified as Target 1(%)	Percent classified as Target 2(%)
30	100	0	30	0	100
35	100	0	35	0	100
40	100	0	40	0	100
45	100	0	45	0	100
50	100	0	50	0	100

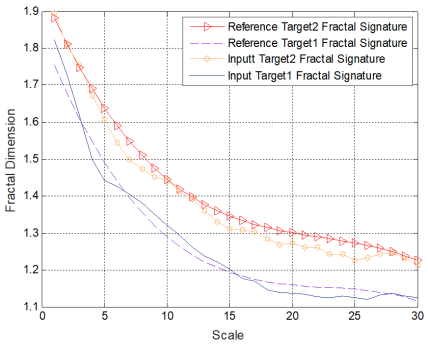


그림 5. 각 표적별 입력 FS와 기준 FS의 비교 그래프
Fig. 5. Comparison of input FS and reference FS for each target.

표 3. Azimuth < 20°일 때, FS 분류기를 사용한 표적 인식 시뮬레이션 결과
Table 3. When azimuth < 20°, simulation results of target recognition using FS classifier.

Yaw in degree-Target 1	Percent classified as Target 1(%)	Percent classified as Target 2(%)	Yaw in degree-Target 2	Percent classified as Target 1(%)	Percent classified as Target 2(%)
30	100	0	30	0	100
40	100	0	40	0	100
50	100	0	50	0	100
60	100	0	60	0	100
70	99.5	0.5	70	0	100
80	100	0	80	0	100
90	90.5	9.5	90	2.5	97.5
100	99.5	0.5	100	7	93
110	95	5	110	7	93
120	93.5	6.5	120	0	100

터 Higuchi 계산 방법을 이용하여 프랙탈 차원을 계산한다[3]. 데이터베이스화된 기준 프랙탈 차원과 비교하여 HRTI 분류기와 동일하게 연산하여 $0.7 < C_{cor} < 0.9$일 경우 표적으로 인식한다[4]. 표 3은 프랙탈 차원 기법의 분산과 오차를 분석하기 위해 각 각도 당 200번 시뮬레이션한 결과이다. 표적 1은 90 % 이상, 표적 2는 93 % 이상 인식하였다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 표적을 구분 및 인식하기 위한 대함 유도탄용 밀리미터파 탐색기 신호처리의 표적인식 알고리즘을 제안하였다. 스캔 영상을 통해 프로파일과 이미지를 만들고 프랙탈 차원기법과 영상정합기법을 적용하여 표적을 인식하고 종류를 구분하였다. 표적과 탐색기의 Azimuth 각도가 20°보다 작을 경우 SAR 특성상 이미지를 형성하는 신호처리 시간이 오래 걸리기 때문에 프랙탈 차원기법을 사용한다. 시뮬레이션 수행 결과, HRTI 분류기는 표적 1과 표적 2를 각각 100 %, FS 분류기는 표적 1과 표적 2를 각각 90 %, 93 % 이상 구분 및 인식한다.

본 논문에서 제시한 알고리즘을 적용하여 실시간으로 들어오는 표적을 인식하기 위해서는 비교하여 분석할 수 있는 다양한 기준 데이터가 필요하다. 표적은 위치, 각도, SNR, 송신 출력 세기 등이 모두 다르고 고유한 특성을 가지기 때문에, 특징별로 구조화하는 추가적 연구가 필요하다. 제안된 알고리즘과 다양하게 구조화된 기준 데이터는 해상과 지상의 다양한 표적을 인식하는 탐색기 신호처리 개발에 있어 핵심적인 연구로 사료된다.

References

[1] B. B. Mandelbrot, *Fractals: Form, Chance and Dimension*, San Francisco, Freeman, 1977.

[2] B. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, San Francisco, Freeman, 1982.

[3] T. Higuchi, "Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory," *Physica D: Nonlinear Phenomena*, vol. 31, no. 2, pp. 277-283, 1988.

[4] 노경아, 정준영, 송성찬, "프랙탈 차원을 이용한 밀리미터파 탐색기 표적인식 알고리즘 연구," 한국전자파학회논문지, 29(9), pp. 731-734, 2018년 9월.

[5] D. L. Mensa, *High Resolution Radar Cross-section Imaging*, Norwood, Artech House, 1991.

[6] D. R. Wehner, *High-Resolution Radar*, 2nd ed. Dedham, Artech House, 1994.

[7] 신승용, 임호, 명로훈, "레이다 표적 인식에서 표적에 대한 2차원 산란점 추출 및 ISAR 영상 형성에 대한 성능 개선" 한국전자파학회논문지, 18(8), pp. 984-996, 2007년 8월.

[8] K. T. Kim, D. K. Seo, and H. T. Kim, "Efficient classification of ISAR images," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, no. 5, pp. 1611-1621, May 2005.