

방위각, 고각 및 주파수 기반의 PDW 군집화

*박병구, 조제일, 이정훈, 이창훈
국방과학연구소
e-mail : elcapbk@naver.com

PDW clustering based on bearing, depression angle and frequency information

*Byungkoo Park, Jeil Jo, JungHoon Lee, Chang Hoon, Lee
Agency for Defense Development

Abstract

This paper presents a new clustering algorithm for radar pulses to support reliable signal analysis. The proposed clustering algorithm uses bearing, depression angle, and frequency information in PDWs from electronic warfare system. Simulation results show that the proposed algorithm provides the reliable clustering results compared with a conventional clustering algorithm.

I. 서론

전자전시스템은 설정된 신호세기 이상의 위협 레이더 신호를 탐지하여 PDW(Pulse Description Word)를 생성한다. PDW는 주파수(Frequency), 신호 수신 방위각(Bearing), 펄스 폭(PD, Pulse Duration), 펄스 신호세기(PA, Pulse Amplitude), 펄스도착시간(TOA, Time Of Arrival) 등의 정보를 포함한다.

전자전시스템은 위협 레이더 신호를 분석하기 위해 'PDW 전처리', 'PDW 군집화', '펄스 간 변조분석', '펄스 내 변조분석', '스캔 형태 분석' 등의 과정을 순차 수행한다.

기존의 군집화 방법은 방위각, 주파수 기반의 1차원

또는 2차원 군집화를 일반적으로 수행하므로 위치가 서로 다른 경우에도 주파수 및 방위각이 유사한 경우 하나의 군집으로 군집화 되어 펄스 간 신호분석의 오류를 증가시킬 수 있다. 본 논문에서는 고각을 추가적으로 이용하여 PDW를 군집화 하는 방법을 제안하며 이러한 경우라도 서로 다르게 군집화 되어 신호분석 오류를 감소시킬 수 있음을 보인다.

II. 본론

전자전시스템은 레이더 신호를 수집하기 위한 수집 시나리오에 의해 N개의 PDW를 수집한다. 수집된 N개의 PDW는 전자전시스템의 자세 정보(Roll, Pitch, Yaw), 방위각 FOV(Field Of View), 고각 FOV 등을 이용하여 유효성을 검증한다.

M개의 유효한 PDW를 이용하여 지구를 구(Sphere)로 가정하고 PDW 내부의 측정된 방위각(α_m), 고각(γ_m)을 이용하여 다음 수식과 같이 PDW별 레이더 위치를 추정한다. R_e 는 지구 반지름, H_t 는 레이더 고도, H_s 는 전자전시스템 고도, lon_s 와 lat_s 는 전자전시스템 경도 및 위도, lon_t 와 lat_t 는 레이더 경도 및 위도를 의미한다.

추정된 M개의 레이더 위/경도를 2차원의 분리 셀(cell)에 매핑(mapping)하고 연속 스캔(scan) 방법으로

2차원 군집화를 수행한다. 분리 셀의 크기는 위도 및 경도 방향으로 약 10 km의 거리에 해당하는 0.1° 정도로 설정한다.

$$X_{k+1} = X_k - J(X_k)^{-1} F(X_k), \quad J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_{11}}{\partial x_{11}} & \frac{\partial f_{11}}{\partial x_{21}} \\ \frac{\partial f_{21}}{\partial x_{11}} & \frac{\partial f_{21}}{\partial x_{21}} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} f_1(lat_s, lon_s)|_{(lat_t, lon_t)} \\ f_2(lat_s, lon_s)|_{(lat_t, lon_t)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_{11} \\ f_{21} \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} lat_t \\ lon_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{21} \end{bmatrix}$$

$$f_{11} = \tan^{-1}(A) - \alpha_m, \quad f_{21} = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}(B) - \gamma_m$$

$$A = \frac{\sin(lon_t - lon_s) \cos(lat_t)}{\cos(lat_s) \sin(lat_t) - \sin(lat_s) \cos(lat_t) \cos(lon_t - lon_s)}$$

$$B = \frac{(R_e + H_t) \sin(\theta)}{(R_e + H_s) - (R_e + H_t) \cos(\theta)}$$

$$\theta = \cos^{-1}(\cos(\frac{\pi}{2} - lat_t) \cos(\frac{\pi}{2} - lat_s) + \sin(\frac{\pi}{2} - lat_t) \sin(\frac{\pi}{2} - lat_s) \cos(lon_t - lon_s))$$

위경도 기반 2차원 군집화로 구해진 각 군집에 대해 주파수 값을 이용하여 히스토그램을 수행하고 다시 주파수 기반 1차원 군집화를 최종적으로 수행하여 군집화를 종료한다.

III. 모의실험

표 1과 같은 변수를 기반으로 Matlab을 이용하여 모의실험을 수행하였다. 추정된 레이더의 위치는 그림 1과 같다.

구분	위도	경도	고도(m)
전자전시스템	36	126	10000
9 GHz 레이더 #1	37	127	0
9 GHz 레이더 #2	39	129	0
방위각/고각 정확도	0.4도 (RMS)/ 0.1도 (RMS)		

표 1. 모의실험 변수

기존의 방법은 주파수와 방위각을 이용하여 주파수-방위각 2차원 군집화 또는 주파수와 방위각을 기반으로 순차적으로 1차원 군집화를 수행한다. 그러므로 그림 2에서 보는바와 같이 주파수 및 방위각이 유사한 경우는 하나의 군집으로 군집화 된다. 반면에 본 논문에서 제안한 방법은 주파수와 방위각이 동일하더라도 그림 3과 같이 각 레이더별로 군집화가 됨을 보였다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 방위각, 고각 및 주파수 기반의 PDW

군집화 방법을 제안하고 모의실험을 통해 기존의 방법과 비교함으로써 그 성능을 검증하였다. 또한 군집화 소요시간, 방위각 및 고각의 측정 정확도에 따른 군집화 성능 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

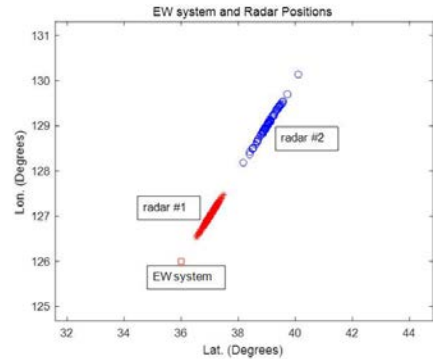


그림 1. 추정된 M개의 레이더 위/경도 위치

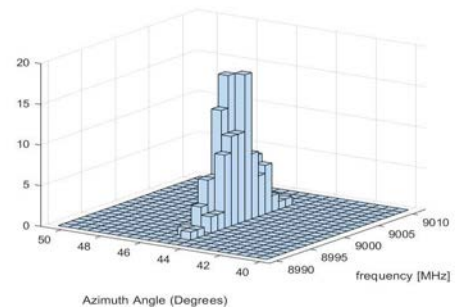


그림 2. 기존 주파수-방위각 2차원 군집화

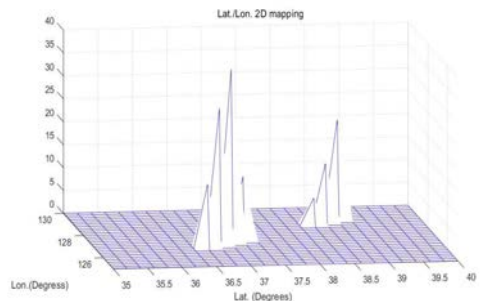


그림 3. 제안된 위경도 2차원 군집화 방법

참고문헌

- [1] D. L. Adamy, Introduction to Electronic Warfare Modeling and Simulation, Artech House, 2003.
- [2] Dong-Weon Lee, et al., "Adaptive radar pulses clustering based on density cluster window", ITC-CSCC 2008, pp. 1377-1380.
- [3] H. K. Mardia, "Adaptive multi-dimensional clustering for ESM", IEE Colloquium on signal processing for ESM systems, 1988, pp. 5/1-5/4.
- [4] www.mathworks.com