

논문 2005-42SP-5-18

적응표적 탐지용 레이다 환경 분류기 구현

(Implementation of Radar Environment Classifier for Adaptive Target Detection)

최 병 관*, 최 인 식*, 김 환 우**

(Beyung Gwan Choi, In Sik Choi, and Whan Woo Kim)

요 약

기존 적응 표적 탐지 기법의 경우 클러터 특성이 변하는 비 균일 클러터 상황에서는 만족할 만한 탐지성능을 갖지 못한다. 이는 레이다 좌표 공간상으로 변하는 클러터 파라미터를 신호처리 과정에 효과적으로 적용시키지 못함으로 인해 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는, 클러터 환경에 따른 적용 알고리즘 선택 및 선택된 알고리즘의 파라미터 추출을 가능하게 하는 클러터 분류기 사용이 요구된다. 본 논문은 이러한 목적으로 구현된 클러터 환경 분류기에 대하여 기술한다. Visual C++ 환경에서 구현된 본 환경 분류 소프트웨어에서는 적응신호처리에 필요한 파라미터 값 추출 및 알고리즘 선택이 가능하며, 또한 단계별 알고리즘의 수행 결과도 확인할 수 있다.

Abstract

The conventional adaptive detectors can not maintain sufficient detection performance at the presence of non-stationary clutter with unknown characteristics. This is caused by the lack of a priori information about clutter parameters changing over radar coordinates. To solve this problem, it is necessary to use clutter classifiers which have functions, such as the selection of the applied algorithm and its parameters extraction according to clutter conditions. In this paper, we describe the implementation of a clutter environment classifier for adaptive processing. In the environment classifier implemented on Visual C++, the extraction of the parameters and selection of processing algorithm for the adaptive processing unit are possible, and the result of algorithms can be verified at each stage.

Keywords: adaptive detector, clutter classifier, non-stationary clutter

I. 서 론

최신 레이다의 경우 레이다 운용모드 선택, 탐지 알고리즘 선택 및 탐지 임계값 결정 등 레이다 전반적인 운용에서 자동화에 대한 요구가 점차 높아지고 있다^[1]. 이러한 자동화 과정에서 탐지성능 저하 및 알고리즘의 복잡도를 증가 시키는 주요원인 중 하나는 시공간으로 변하는 클러터신호의 국부적 특성변화에 기인한다. 이와 같은 비 균일한 클러터는 특히 우리나라와 같이 섬

이나 산악지형이 많은 지역에서 많이 나타나며, 최근 증가하고 있는 고 해상도 레이다 및 저 지표각(low grazing angle) 레이다의 운용 시 더욱 많이 나타난다^[2,3].

현재까지 다중표적 및 클러터 경계 등이 존재하는 비 균일 클러터 상황에 대처하기 위해 많은 신호처리 기법이 개발되었다. 대표적인 기법으로는 추정 윈도우 내 신호크기를 정렬(sorting) 하여 특정 순위의 신호 값을 추정 값으로 선택하는 OS(order statistics) CFAR(constant false alarm rate) 방식^[4], 최대값으로부터 몇 개의 샘플을 제외한 후 평균수준을 추정하는 CMLD(censored mean level detector) 방식^[5], 스캔과 스캔 간의 평균 수준 추정을 하는 클러터 맵 CFAR 방식^[6], 균일 클러터 영역과 비 균일 클러터영역에 적합한

* 정회원, 국방과학연구소

(Agency for Defense Development)

** 정회원, 충남대학교 정보통신공학과

(Division of Electrical and Computer Engineering,

Chungnam National University)

접수일자: 2005년3월29일, 수정완료일: 2005년6월7일

알고리즘을 선택적으로 적용하는 방식^[7,8] 등이 알려져 있다. 하지만 이들 방식은 클러터 환경 변화가 심하지 않는 경우에 제한적으로 사용이 가능하나 클러터의 국부적 환경변화가 심한 경우, 즉 펄스와 펄스 및 거리 셀과 셀 간 신호변화가 큰 경우와 불규칙 간섭신호가 다수 존재하는 상황에서는 효과적인 탐지성을 갖지 못한다. 이는 전술한 알고리즘이 평균수준 추정 등 비교적 간단한 추정방식을 취함으로 인해 국부 클러터 영역에 대하여 정확한 정보를 획득하지 못함에 기인한다^[1]. 따라서 탐지성을 높이기 위해서는 정밀한 클러터 특성 분석에 기반을 둔 적응 신호처리 기법 사용이 요구된다. 이와 같은 정밀한 클러터 분석에 의한 표적탐지 방법은 탐지성 측면에서는 장점을 갖고 있으나 파라미터 추정에 많은 시간이 요구됨으로 인해 실시간 구현에 많은 문제점을 갖고 있다. 하지만 최근의 비약적인 디지털 전자부품의 발달로 인해 이러한 정밀 클러터 분석에 의한 표적탐지 방법이 구현 가능한 단계에 이르렀다.

본 논문에서는 적응신호처리의 주요 구성부인 클러터 환경에 따른 적응 알고리즘 선택 및 선택된 알고리즘의 파라미터 추출을 가능하게 하는 레이더 환경 분류기를 제안하고, 이의 구현에 대하여 기술한다. 구현된 레이더 환경 분류기의 특징은 기존의 클러터 분류기가 일차 및 이차 모멘트 추정방식을 취하는데 반해 고차 추정방식과 히스토그램 분포 특징 값 추정 방식을 취함으로 인해 추정에러를 줄였으며, 추정시간을 줄이기 위해 추정시간 측면에서 장점이 있는 기존 알고리즘인 이차원 블록 보간(two-dimensional block interpolation : TBI)^[9]방식에 의한 추정방식을 선택하였다. 또한 각종 추정 알고리즘 수행결과 및 각종 파라미터 적용에 따른 결과 분석을 용이하게 하기 위해 그래픽 및 테이블을 통한 전시가 가능하도록 하였다.

II. 레이더 환경 분류기

레이더 환경 분류기(radar environment classifier : REC)에 의한 레이더 프로세싱 구성도는 그림 1과 같다.

수신기 출력은 REC로 입력되고, REC는 이들 신호에 대한 신호 분석, 파라미터 추정, 클러터 분류 등의 기능을 수행한다. 이들 결과는 수신기에 입력되어 레이더 운용모드결정, 알고리즘 선택 및 알고리즘 파라미터 선택에 필요한 정보를 제공한다.

REC로의 또 다른 입력신호인 신호처리기 및 통제기

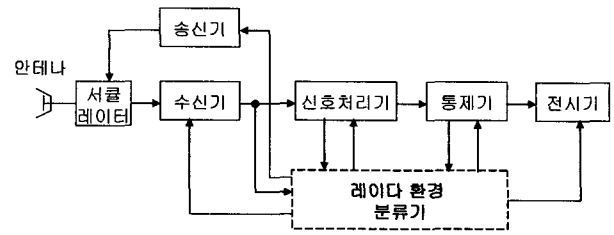


그림 1. 레이더 환경 분류기에 의한 레이더 프로세싱 구성도

Fig. 1. Block diagram of radar processing with REC.

처리 결과는 알고리즘 분석에 필요한 입력정보로 이용되어 다음 단계에 필요한 알고리즘 및 파라미터 선택을 가능하게 한다.

1. 레이더 환경 분류기 구성

레이더 환경 분류기의 주요 구성 부는 그림 2와 같이 신호분석모듈, 파라미터 필드 형성모듈, 정규화 모듈, 표적 추출 모듈 등으로 구성되어 있다.

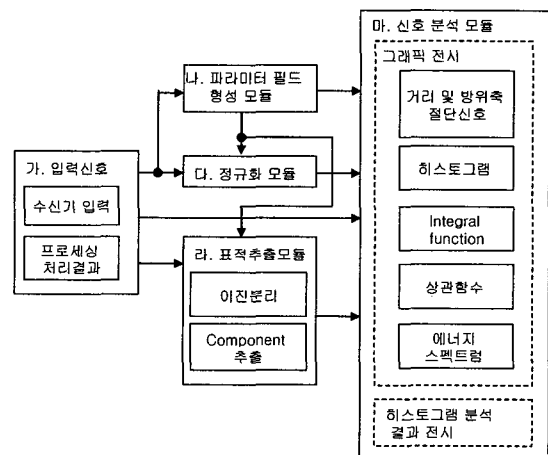


그림 2. 레이더 환경 분류기 구성도

Fig. 2. Block diagram of REC.

가. 입력신호

레이더 환경 분류기로는 수신기 출력데이터, 신호처리기 및 통제기에서의 프로세싱 처리 결과가 입력된다.

나. 파라미터 필드 형성모듈

파라미터 필드 형성방법은 이차원 블록 보간 기법이 사용된다. 이차원 블록 보간 기법은 레이더 수신신호를 거리 및 방위방향의 일정영역인 블록으로 나누어 대표 추정 값을 구하고, 이어서 결과 노드 값들에 대해서 보간을 수행하여, 각 셀에 대한 추정 값을 얻는 적응 파라미터 추정 방법이다. 대표 추정 값은 히스토그램 분석 결과인 분포위치특징 및 분포확산 특징 값이 사용된다.

기본적인 알고리즘의 구조는 다음과 같다.

$$\hat{m}_{RB}(i, j) = I_{RB}[B_{RB}(y(i, j))] \quad (1)$$

여기서 $B_{RB}(\cdot)$ 은 이차원 블록영역(크기 : 거리 1셀, 방 위 k 셀) 에서 노드 추정치를 구하는 기법이며, $I_{RB}[\cdot]$ 는 인접한 노드 추정 값으로 이차원 보간을 수행하는 함수이다.

이차원 보간 필터는 노드필터링 결과를 이용하여 각 셀에 대한 최종 추정치를 추출하는 과정이다. 3개의 노드 값을 이용한 quadratic 보간을 방위방향에 이어 거리 방향으로 수행한다. 보간 함수는 다음과 같다.

$$y_i(p) = w_0(p) \cdot N_0 + w_1(p) \cdot N_1 + w_2(p) \cdot N_2 \quad (2)$$

여기서 N_0, N_1, N_2 은 노드추정 값이고, $w_0(p), w_1(p), w_2(p)$ 는 노드 사이에 존재하는 p 샘플에 대한 Lagrange 보간 가중계수 값이다. 가중계수 값은 다음과 같다^[10].

$$\begin{aligned} w_0(p) &= 1 + U(p)/2 \cdot (U(p) - 3), \\ w_1(p) &= U(p) \cdot (2 - U(p)), \\ w_2(p) &= U(p)/2 \cdot (U(p) - 1) \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $U(p)$ 는 p/L_n 이며, L_n 은 노드 사이의 샘플수이며, p 는 $[0, L_n - 1]$ 의 값을 갖는다.

형성된 파라미터 값은 정규화 프로세싱 입력 값으로 사용된다.

다. 정규화 모듈

정규화는 비 균일 클러터에서의 표적탐지성능을 높이기 위해 국부영역의 추정 값을 이용하여 전체적으로 균일한 영상을 얻는 과정이다. 정규화 방법은 분포 위치 특징 값에 의한 정규화, 분포 확산 특징 값에 의한 정규화, 그리고 위치 특징 값과 확산 특징 값을 이용한 정규화가 있다. 두개의 특징 값에 의한 정규화는 다음 식과 같다.

$$y_s(i, j) = \frac{y(i, j) - p_1(i, j)}{p_2(i, j)} \quad (4)$$

여기서, $y(i, j)$ 는 좌표 i, j 에서의 신호크기이고, $p_1(i, j), p_2(i, j)$ 는 각각 좌표 i, j 에서의 분포 위치 추정 값과 분포 확산 추정 값이다.

정규화 모듈에서 사용되는 특징 값은 이차원 파라미

터 필드 형성과정을 통해 입력된다.

라. 표적추출 모듈

표적추출 모듈은 이진분리(segmentation)와 점유 셀 크기를 기준으로 표적을 분리하는 표적추출(component extraction)과정을 통해 표적을 추출한다.

1) 이진분리 알고리즘

이진분리 알고리즘은 다음 식과 같이 임계 값을 적용하여 이진 결과를 얻는 과정이다.

$$\gamma_s(i, j) = \begin{cases} 1, & y(i, j) \geq U(i, j) \\ 0, & y(i, j) < U(i, j) \end{cases} \quad (5)$$

여기서 $\gamma_s(i, j)$ 는 표적분할부호이고, $y(i, j)$ 는 정규화 된 레이다 영상이고, $U(i, j)$ 는 임계 값이고, i, j 는 각각 거리 및 방위 방향 샘플 인덱스이다.

레이다 배경신호가 균일한 상태인 경우, 식(6)과 같은 전역 임계 값이 사용된다.

$$U_{s1}(i, j) = h_s + d_h \quad (6)$$

여기서 h_s 은 기준 임계 값이고, d_h 는 기준 임계 값에 더해지는 오프셋(offset) 값이다.

기준 임계 값은 수신신호 분석결과 얻어지는 값이고 오프셋 값은 사용자에게 의해 임의로 결정되는 값으로 다중 임계 값이 사용되는 경우 서로 다른 오프셋 값이 선택된다.

식(7)은 히스토그램 상대누적도수 (relative cumulative frequency) 설정에 의해 임계 값이 결정되는 분위 수(quantile) 방식이다.

$$U_{s2}(i, j) = \hat{C}_{(1-P)} + d_c \quad (7)$$

여기서 P 는 임계 값 확률이고, $\hat{C}_{(1-P)}$ 는 확률(1-P) 분위 수이고, d_c 는 오프셋 값이다.

분위 수 $P=0.5$ 인 경우는 샘플분포의 중앙값(median)에 해당하는 임계 값이다. 중앙값에 의한 임계 값은 추정된도우내에 불규칙 간섭신호에 영향을 적게 받는 추정 값을 형성한다.

평균값에 의한 추정방식은 다음과 같다.

$$U_{s3}(i, j) = k_m \cdot \hat{m}_{y(i, j)} \quad (8)$$

여기서 k_m 은 오경보율(false alarm rate)을 결정하는

계수이고, $\hat{m}_{y(i,j)}$ 은 평균 추정 값이다.

평균 추정 방식은 표준편차가 정규화 되고 평균이 비균일 상태인 경우나 평균 및 레일리분포와 같이 표준편차와 평균이 함수관계를 가지는 경우에 적용될 수 있다.

평균 및 표준편차가 비 균일 상태를 보일 경우는 다음과 같은 임계 값이 적용되어야 한다.

$$U_{s4}(i,j) = \hat{m}_{y(i,j)} + k_{\sigma} \cdot \hat{\sigma}_{y(i,j)} \quad (9)$$

여기서 k_{σ} 은 오 경보 율을 결정하는 계수이고, $\hat{\sigma}_{y(i,j)}$ 은 표준편차 추정 값이다.

마. 신호분석 모듈

신호 분석 방법은 거리 및 방위 방향의 절단 신호크기 전시, 히스토그램 및 누적함수(integral function) 전시, 히스토그램 파라미터 추정 값 계산, 및 상관함수와 전력 스펙트럼 분석을 통해 이루어진다.

1) 히스토그램 파라미터 추정 값

샘플 분포(sample distribution)에서 얻을 수 있는 파라미터는 클래스 값(class value)의 위치 특징, 분포의 확산 특징, 그리고 분포의 형태 특징이 있다. 분포 위치 특징은 분포 무게중심인 평균과 도수함수(frequency function)값이 최대가 되는 클래스 값인 모드(mode) 및 상대 누적도수(relative cumulative frequency)의 분위수가 0.5인 중앙값이 대표적이며, 확산 특징은 분산, RMSD(Root Mean Square Deviation), FCAM(First Central Absolute Moment), 그리고 변동(variation)이 있다. FCAM은 다음 식과 같이 정의된다.

$$FCAM = M_1|x - C_{0.5}| = \sum_r |x_r - C_{0.5}| \cdot p_r \quad (10)$$

여기서 $M_1|\cdot|$ 은 일차 절대 모멘트(absolute moment)이고, x_r 은 랜덤 값이고, $C_{0.5}$ 은 상대 누적도수 확률이 0.5인 클래스 값이고, p_r 은 x_r 일 확률이다.

변동은 다음 식과 같이 정의 된다.

$$variation = \frac{\sigma}{M_1[x]} \quad (11)$$

여기서 $M_1[\cdot]$ 은 일차 모멘트이고, σ 은 RMSD이다.

분포 형태 특징은 기움(skewness)과 과잉(excess)가 있으며, 기움은 다음과 같이 정의 된다.

$$skewness = M_3[x]/\sigma^3 \quad (12)$$

여기서 M_3 은 삼차 모멘트이다.

기움은 분포의 좌우 비대칭 정도를 결정해주는 상수로서, 양의 값을 가지면 오른쪽으로 치우친 분포를 나타내며, 음의 값이면 좌측으로 치우친 분포를 나타낸다.

분포의 평탄정도(flatness)를 나타내는 과잉은 다음과 같다.

$$excess = \frac{M_4[x]}{M_2^2[x]} - 3 \quad (13)$$

여기서 M_2 , M_4 는 각각 이차와 사차 모멘트를 나타낸다.

분포 범위는 다음과 같다.

$$range = x_{max} - x_{min} \quad (14)$$

여기서 x_{max} 와 x_{min} 은 각각 최대 및 최소 값을 나타낸다.

히스토그램 파라미터 결과는 파라미터 필드 형성모듈 입력과 파라미터 테이블 전시에 사용된다.

2) 상관함수 및 전력 스펙트럼 특성 분석

상관함수 및 전력 스펙트럼은 수신신호 특성분석에 중요한 요소가 된다. 분석에 사용되는 영역은 고정영역(fixed zone) 혹은 임의영역(flexible zone)선택이 가능하며, i, j 축방향의 상관함수는 다음 식과 같다.

$$K(\pm d_i) = \frac{1}{N_{d_i} \cdot N_{z_j}} \sum_i^{N_{d_i}} \sum_j^{N_{z_j}} y(i, j) \cdot y(i \pm d_i, j), \quad d_i = \{0, \dots, N_{d_i}\}, \quad N_{d_i} = N_{z_i}/2 \quad (15)$$

$$K(\pm d_j) = \frac{1}{N_{d_j} \cdot N_{z_i}} \sum_j^{N_{d_j}} \sum_i^{N_{z_i}} y(i, j) \cdot y(i, j \pm d_j), \quad d_j = \{0, \dots, N_{d_j}\}, \quad N_{d_j} = N_{z_j}/2 \quad (16)$$

여기서 N_{z_i}, N_{z_j} 는 각각 i, j 방향의 영역(zone) 크기이고, d_i, d_j 는 각축방향의 이동(shift) 값이고, N_{d_i}, N_{d_j} 는 각축방향의 이동 최대 값이다.

전력 스펙트럼은 다음 식과 같이 상관함수의 DFT(discrete fourier transform)에 의해 계산된다.

$$S(f) = \sum_{d=0}^{N_d} K(d) \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot f \cdot d}{N_d}\right) \quad (17)$$

여기서 f 는 주파수이고, d 는 이동 값이고, $K(d)$ 는 상관함수이고, N_d 는 이동 최대값이다.

III. 구현 및 결과

소프트웨어는 윈도우 98 운영체제에서 마이크로소프트사의 Visual C++ 컴파일러 환경에서 구현되었다. 그림 3은 제안된 레이다 환경 분류기의 메인화면 및 알고리즘 트리를 보여준다.

그림 4는 소프트웨어의 입력신호로 사용되는 모의 신호 생성결과이다. 그림 4(a)는 잡음신호 모델링 결과이고, 그림 4(b)는 거리 방향으로 멱함수(exponential function)로 모델링 한 경우이고, 그림 4(c)는 격자 변조

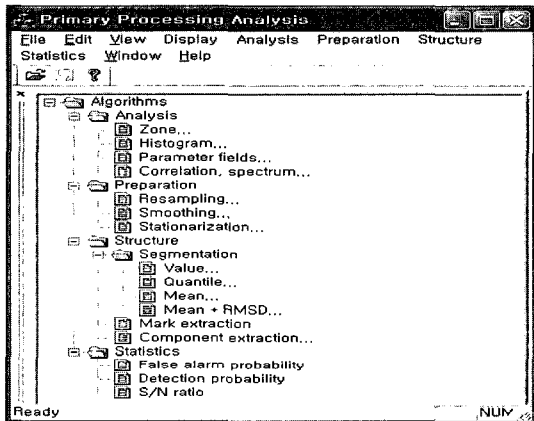


그림 3. 레이다 환경 분류기의 주 화면 및 알고리즘 트리

Fig. 3. Main screen and algorithms tree of the REC system.

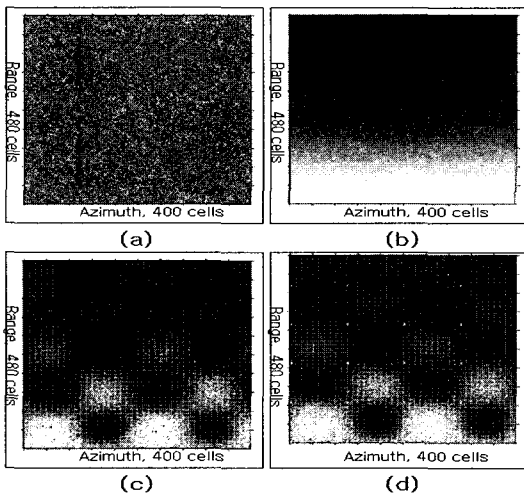


그림 4. 모의 입력신호 (a) 잡음신호 (b) 멱함수 (c) 격자함수 (d) 격자함수+표적신호

Fig. 4. Simulated input signals (a) noise (b) exponential (c) TMF (d) TMF+target.

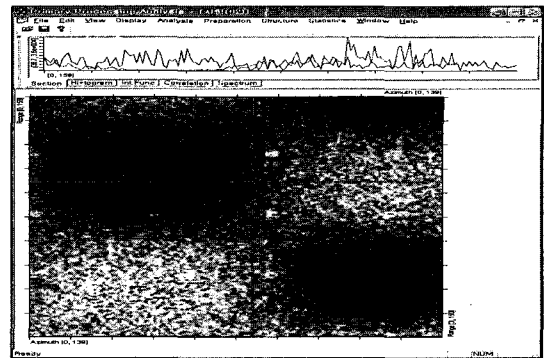


그림 5. 방위 및 거리의 절단 신호크기
Fig. 5. Signal amplitude sectionalized by range and azimuth.

함수(textural modulation function: TMF)에 의한 배경 모델링 결과이고, 그림 4(d)는 (a) ~ (c) 배경 모델이 모두 포함된 상태에서 표적신호가 위치하는 경우이다.

가. 임의 영역에 대한 신호 분석 모듈

임의 영역에 대한 신호 분석기능은 절단(section), 히스토그램, 누적함수, 식(15)과 식(16)의 상관함수, 식(17)의 전력 스펙트럼 분석을 통해 이루어진다. 절단 지점은 임의의 거리 및 방위에 대한 마우스 클릭에 의해 결정되며, 그 외 분석 기능은 마우스에 의한 직사각형 구간설정에 의해 결정된다. 그림 5는 임의 영역에 대한 신호 분석 모듈 중 한 가지 구현 예인 절단 수행 결과를 보여준다.

나. 세그먼트 특징 추출

세그먼트 특징 추출은 II장의 히스토그램 파라미터 추정 식에 의해 결정되는 값이다. 히스토그램의 위치, 퍼짐, 형태에 대한 값이 추출된다. 위치 특징은 평균, 중앙값, 모드가 있고, 퍼짐 특징은 식(11)의 변동, 식(10)의 FCAM, RMSD가 있고, 형태특징은 식(12)의 기움과

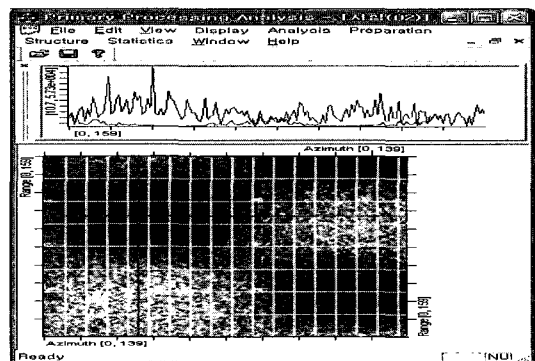


그림 6. 세그먼트 설정
Fig. 6. Segment setting.

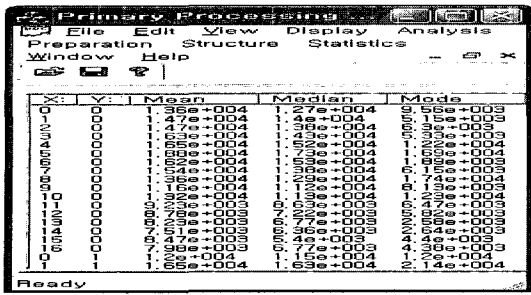


그림 7. 각 세그먼트에 대한 히스토그램 위치 특징 값 추출 결과
 Fig. 7. Histogram position feature extraction of segments.

식(12)의 과잉이 있다.

그림 6은 입력영상을 세그먼트(방위 : 8셀, 거리 : 20셀)로 나눈 결과를 보여주며, 그림 7은 II장에서 언급된 히스토그램 파라미터 추정 값 중 위치 특징 값인 평균, 중앙값, 모드추출 결과를 보여준다. X값은 방위 세그먼트 인덱스이고 Y는 거리 세그먼트 인덱스이다.

다. 특징 필드 형성

특징 필드는 식(1)에 의해 형성되며, 노드 추정 방식은 위치특징, 확산특징, 형태특징이 사용 가능하다. 각 세그먼트에 의해 형성된 특징추출 값을 입력 값으로 하여 이차원 보간을 수행하여 전체 영역에 대한 특징 영

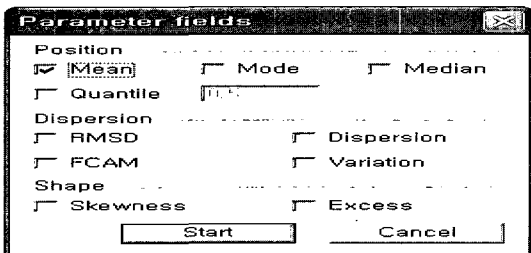


그림 8. 파라미터 특징 값 선택용 윈도우
 Fig. 8. Window for parameter selection for parameter field forming.

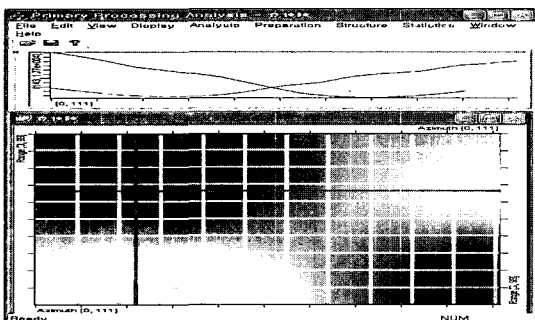


그림 9. 중앙값 파라미터에 의한 필드 형성 결과
 Fig. 9. Result of field formed by median parameter.

역 값을 형성한다. 그림 8은 노드 추정방식으로 위치 특징인 평균을 선택된 예를 보여준다.

그림 9는 중앙값을 세그먼트 특징 값으로 한 경우의 필드 형성 결과이다. 세그먼트 별 대표 추정 값을 이용하여 이차원 보간을 수행한 결과이다.

라. 정규화

식 (4)를 이용하여 입력신호에 대해 특징필드 형성 값을 적용하여 정규화 된 결과를 얻는다. 그림 10은 식 (4)에서 $p_1(i, j)$ 을 중앙값으로 하고, $p_2(i, j)$ 은 RMSD로 한 경우의 정규화 결과를 보여준다.

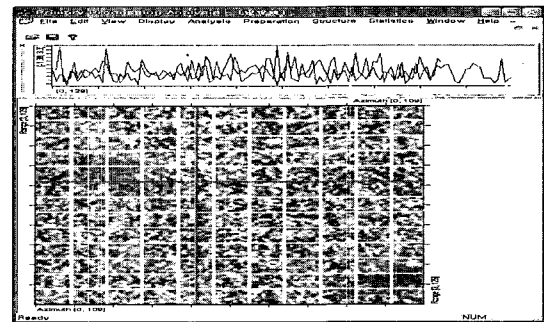
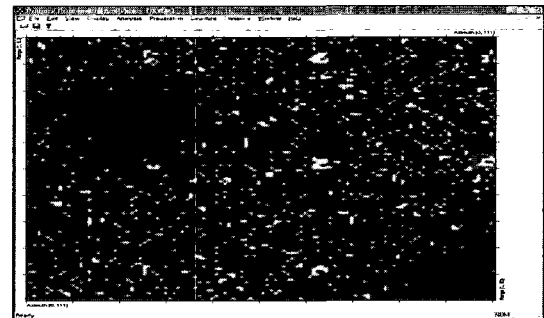
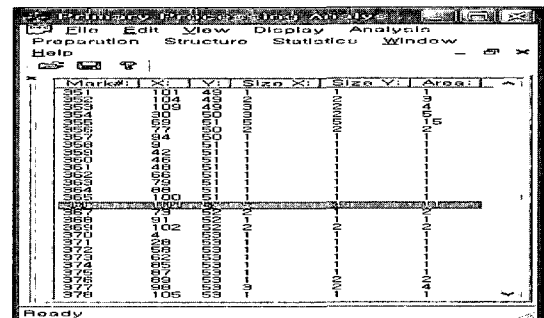


그림 10. 중앙값과 RMSD에 의한 정규화
 Fig. 10. Normalization by median and RMSD.

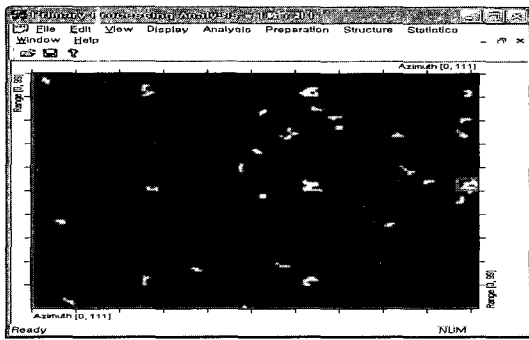


(a)

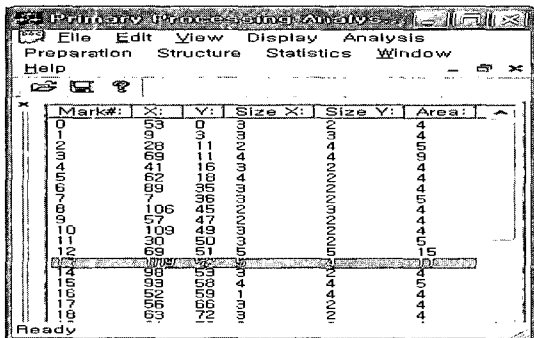


(b)

그림 11. 이진분리 (a) 영상 (b) 분리 결과
 Fig. 11. Segmentation (a) image (b) segmentation results.



(a)



(b)

그림 12. 표적 추출결과 (a)추출영상 (b)추출정보
 Fig. 12. Result of component extraction (a) extraction image (b) extraction information.

마. 표적판단(Decision)

정규화 된 신호는 식(5)의 신호 크기에 의한 이진 분리과정과 점유영역에 의한 표적추출과정을 통해 표적신호를 판단한다. 그림 11은 고정 임계 값 1.5를 적용시의 이진 분리결과이다. (a)는 이진분리 결과 영상이며 (b)는 분리 값이 "1"인 결과를 보여준다. (a)의 직사각형으로 된 영역이 (b)의 확인 바(bar)로 표시된 부분이다. 그림 12는 점유영역을 3 이상으로 설정한 경우의 표적추출 결과이다.

V. 결 론

본 논문은 비 균일 클러스터 환경에서의 적응신호처리에 필요한 사전 정보 제공을 위한 레이다 환경 분류기 구현 내용에 대하여 기술하고, 소프트웨어 수행을 통해 결과를 검증하였다. 구현된 레이다 환경 분류기는 국부 클러스터 특징 분석, 추정 알고리즘 단계별 결과 분석, 알고리즘 별 추정 값 결정 및 사용자 인터페이스 등의 기능을 포함하고 있다. 구현된 레이다 환경 분류기에 의해 얻어진 결과는 적응신호처리에 효과적으로 이용될

수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar systems*, 3rd ed., Ed. New York: McGraw-Hill, chapter 5, 2001.
- [2] K. D. Ward, C. J. Baker, and S. Watts, "Maritime surveillance radar Part 1 : Radar scattering from the ocean surface," *IEE Proc.*, vol. 137, no. 2, pp. 51-62, Apr. 1990.
- [3] C. J. Baker, K. D. Ward and S. Watts, "The significance and scope of the compound K-distribution model for sea clutter," *IEE Conf. Publ. 281*, Radar-87, pp. 207-211, 1987.
- [4] H. Rohling, "Radar CFAR thresholding in clutter and multiple-target situations," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-10, no. 4, pp. 608-621, July 1983.
- [5] M. Weiss, "Analysis of some modified cell-averaging CFAR processor in multiple-target situations," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-18, no. 1, pp. 102-113, Jan. 1982.
- [6] R. Nitzberg, "Clutter map CFAR analysis," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-22, pp. 419-421, July 1986.
- [7] R. Nitzberg, "CFAR signal processor for several types of interference," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-8, no. 1, pp.27-34, Jan 1972.
- [8] R. Nitzberg, "CFAR signal processor for locally nonstationary clutter," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, AES-9, no. 3, pp. 399-340, 1973.
- [9] 최병관, 이민준, 김환우, "이차원 블록 추정을 이용한 적응 CFAR 알고리즘," *전자공학회 논문지*, 제 41권 SP편, 제 1호, 101-108쪽, 2005년 1월
- [10] R. L. Burden and J. D. Faires, *Numerical Analysis*, Sixth ed., Ed. Brooks/Cole Publishing Company, ch. 3, 1997.

저 자 소 개



최 병 관(정회원)
 1991년 경북대학교 전자공학과
 학사.
 1993년 경북대학교 대학원
 전자공학과 석사.
 2001년~현재 충남대학교 대학원
 전자공학과 박사과정.

1993년~현재:국방과학연구소
 <주관심분야:레이다 신호처리>



최 인 식(정회원)
 1998년 경북대학교 전자공학과
 학사.
 2000년 포항공과대학교 대학원
 전자전기공학과 석사.
 2003년 포항공과대학교 전자전기
 공학과 공학박사.

2004년~현재 국방과학연구소
 <주관심분야: 레이다 신호처리>



김 환 우(정회원)-교신저자
 1977년 서울대학교 전자공학과
 학사.
 1979년 한국과학기술원 전기 및
 전자공학과 석사.
 1988년 6월 University of Utah
 전자공학과 공학박사.

1980년 6월~현재 충남대학교 정보통신공학부
 교수.
 1998년~현재 한국통신학회 대전충남지부 이사.
 2000년~현재 대한전자공학회 충남지부 이사.
 2002년~현재 IEEE 대전섹션 부의장.
 <주관심분야:디지털 신호처리, 디지털 통신>