

DBS(Doppler Beam Sharpening) 영상에서 표적 탐지 방안

Target Detection Technique in a DBS(Doppler Beam Sharpening) Image

공영주 · 권준범 · 김홍락 · 우선걸

Young-Joo Kong · Jun-Beom Kwon · Hong-Rak Kim · Seon-Keol Woo

요 약

DBS 알고리즘은 레이다가 방위각 해상도 성능을 향상시키는 방안이다. DBS 영상에는 레이다의 탐색영역 정보를 포함하기 때문에 탐지하고자 하는 표적외에도 다양한 클러터 성분이 존재한다. DBS 영상에서 원하는 표적을 탐지/추적하기 위해서는 표적과 클러터 성분을 식별할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 DBS 영상에서 표적을 식별하기 위하여 영상 크기와 지형 정보(DTED)를 이용하는 방안을 서술한다. 형태연산(morphological) 필터, 체인코드를 이용하여 영상의 크기 정보를 획득하고 클러터 성분을 배제하였고, DTED와 정합하여 표적을 결정한다.

Abstract

DBS(Doppler Beam Sharpening) algorithm is a way to improve azimuth resolution performance in radar. Since DBS image includes the is information about the search area of radar, various clutter components exist besides the target to be detected. To detect and track the desired target in a DBS image, it must be able to identify a target and the clutter components. In this paper, we describe how to use image size and terrain information(DTED) to identify the target in a DBS image. By using morphological filter and chain code, it acquires image size and excludes the clutter components. By matching with DTED, we determine target.

Key words : DBS, Morphological Filter, Erosion, Chain Code, DTED

I. 서 론

DBS(Doppler Beam Sharpening; 이하 DBS) 알고리즘은 SAR(Synthetic Aperture Radar; 이하 SAR)의 한 기법으로 도플러 주파수 천이 개념을 이용하여 방위각 해상도를 향상시키는 기술이다. 일반적으로 방위각 해상도를 향상시켜 표적 구분 능력을 증대시키는데, 특히 일정한 속도와 방향으로 움직이는 표적에 효과적이다. 그림 1과 같이 3개의 표적이 하나의 빔 폭 안에 들어오게 되어 같은 거리 셀에 위치하게 되면 일반적인 레이다에서는 하나의 표적으로 인식하게 되어 세 표적에 대한 구분이 힘들어

진다. 그러나 DBS 알고리즘을 이용하면 각 표적과의 상대적 각도의 차이를 발생시키는데, 이러한 각도의 차이는 상대적 속도의 차이를 만들게 되며, 이로 인해 도플러 천이 현상이 발생한다. DBS 알고리즘은 이런 도플러 천이 현상을 이용하여 방위각 방향으로 표적을 분리한다^[1].

DBS 알고리즘은 클러터 성분이 많은 해상 혹은 지상 표적을 탐지 시 주로 사용된다. 같은 거리에 표적과 클러터 성분이 동시에 존재할 경우, 그림 2의 LPRF를 이용한 표적 탐색처럼 표적과 클러터 성분이 겹쳐져서 보이기 때문에 구분이 힘들지만, DBS를 적용한 표적 탐색의 경

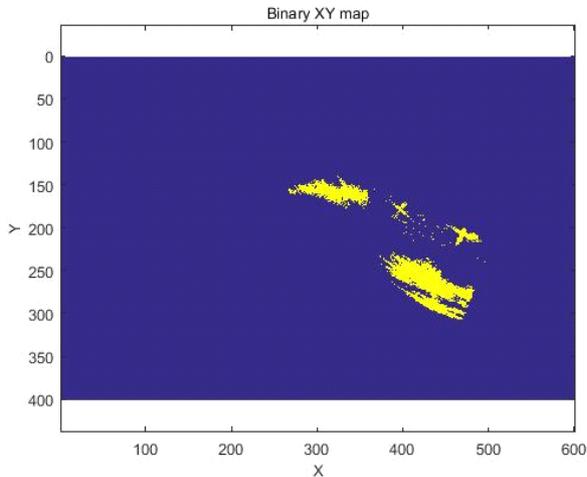
LIG넥스원(주)(LIG Nex1 Co., Ltd)

· Manuscript received February 9, 2017 ; Revised April 4, 2017 ; Accepted May 2, 2017. (ID No. 20170209-010)

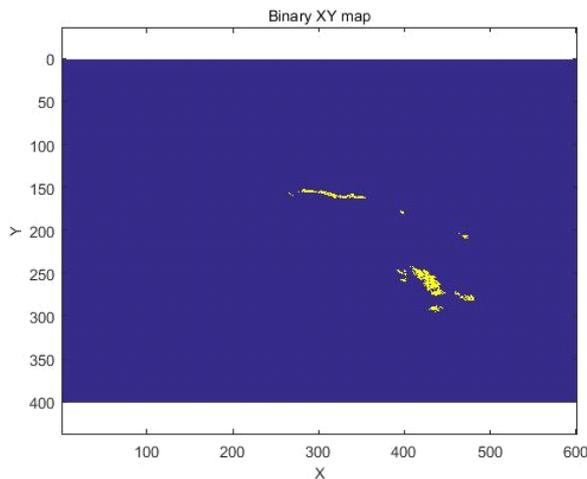
· Corresponding Author: Young-Joo Kong (e-mail: yjkong16@lignex1.com)

위해서는 이진화과정이 필요하다. 해수면 기준의 파워로 임계값을 설정하여 이진화를 수행한다. 이 때 임계값은 레이다 파라미터 및 프로세싱 파라미터에 따라 다르게 나타나며, 후처리를 통하여 임계값을 설정하였다.

그림 5는 임계값 설정에 따른 이진화 영상을 나타내었다. 그림 5(b)를 보듯이 임계값을 너무 크게 설정하면 작은 표적 및 지형 정보가 사라지게 되고, 그림 5(a)처럼 임계값을 작게 설정하면 지형 주변의 잡음 신호가 나타나



(a) 저임계값 설정에 따른 이진화 영상
(a) Binary image by low threshold value



(b) 고임계값 설정에 따른 이진화 영상
(b) Binary image by high threshold value

그림 5. 임계값 설정에 따른 이진화 영상 결과
Fig. 5. Result of binary image by threshold value.

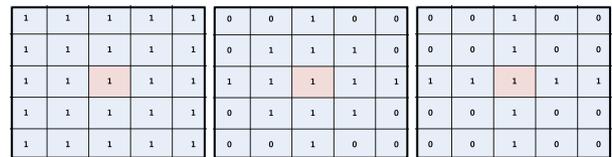
게 된다. 이 잡음 신호는 추후 필터링 연산 시간을 늘리게 된다.

2-2 형태연산(Morphological) 필터

단순 임계값에 의해 생성된 이진화 영상은 잡음 및 질감에 의하여 왜곡된다. 형태연산 필터는 이진화 영상이 가지는 많은 결함을 제거한다. 구조적 요소를 이용하여 이진화 영상은 새로운 이진화 영상을 생성한다. 구조적 요소는 테스트 셀을 중심으로 구성된 매트릭스이다. 이 매트릭스의 크기가 구조적 요소의 크기를 결정한다. 보통 매트릭스의 크기는 홀수이고, 구조적 요소가 테스트 셀의 값을 결정한다. 그림 6은 주로 사용되는 구조적 요소를 보여준다⁴⁾. 구조적 요소의 모양 및 크기는 적용할 이진화 영상의 형태 및 알고리즘 연산시간에 따라 달라진다.

형태연산 필터 중 가장 기본적인 방식은 침식연산과 팽창연산이 있다. 침식연산의 경우 구조적 요소가 모두 1 이어야 테스트 셀이 1이 되고, 팽창연산의 경우에는 구조적 요소 중 하나라도 1이면 테스트 셀이 1이 되는 필터이다. 침식연산을 사용하면 이미지 간의 간격이 커지고, 작은 이미지는 제거되며, 각 이미지는 축소된다. 반면에, 팽창연산은 침식연산과 반대로 이미지간의 간격은 좁아지고, 작은 홀은 채워지게 되며, 각 이미지는 확장된다.

획득된 DBS 영상을 해수면 기준의 파워로 이진화하여 이진화 영상으로 변환한다. 이 변환된 이진화 영상은 잡음이 많고 이미지의 외곽선이 뚜렷하지 않다. 그림 7은 해수면 파워로 생성된 DBS 이진화 영상과 정사각형 3 × 3 구조적 요소로 구성된 형태연산 필터 결과를 보여준다. 그림 7(b)의 침식연산이 적용된 영상은 이전 이진화 영상



(a) 정사각형 5×5 요소
(a) Square 5×5 element

(b) 다이아몬드 5×5 요소
(b) Diamond shaped 5×5 element

(c) 십자형 5×5 요소
(c) Cross shaped 5×5 element

그림 6. 구조적 요소의 예시
Fig. 6. Examples of structuring elements.

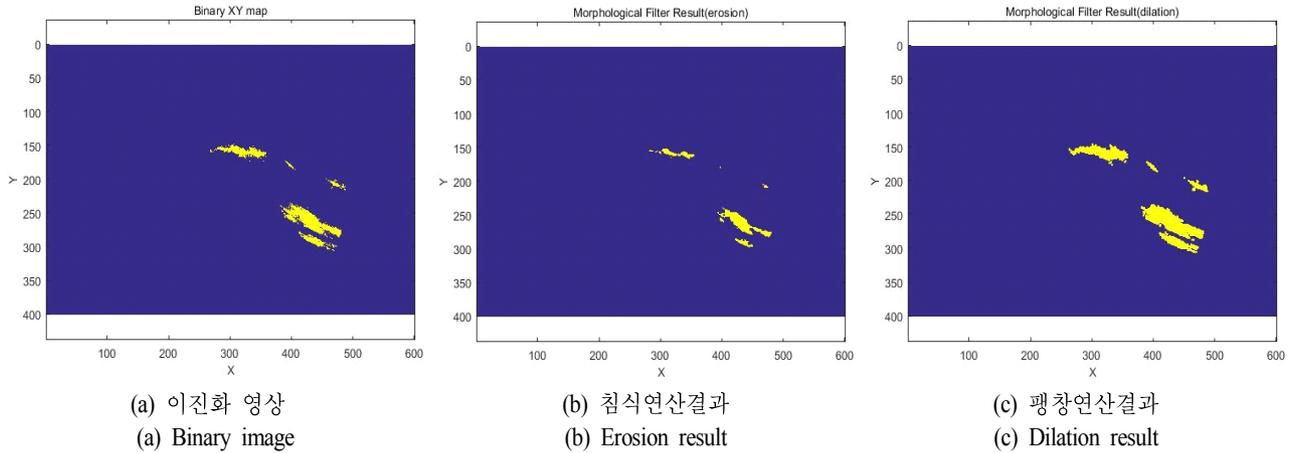


그림 7. 형태연산 필터 결과(침식연산과 팽창연산)
Fig. 7. Result of morphological filter(erosion and dilation).

보다 이미지가 축소되었으며, 잡음이 제거되었고, 이미지의 외곽선이 더 선명해짐을 알 수 있다. 그리고 작은 이미지는 제거되었는데, 작은 표적의 경우도 이처럼 제거될 가능성이 있으므로 DBS 해상도 설정이 중요하다. 해상도를 적게 하여 이미지 크기를 크게 한다면 제거될 가능성은 적어지게 될 것이다. 반면에, 그림 7(c) 팽창연산이 적용된 영상은 이미지간의 홀이 채워지고, 잡음과 이미지가 합쳐져서 각 이미지가 확대된다. 또한 잡음이 확장되어 표적처럼 오인될 가능성이 높게 되고, 이미지가 합쳐져 새로운 이미지가 생성되어 이미지 왜곡 현상이 심하게 된다. 이미지 왜곡이 덜하고 표적추출이 용이한 침식연산을 주로 적용되는 이유이다.

2-3 체인코드

체인코드는 외곽선을 추출하여 영역을 찾는 알고리즘이다. 이미지의 외곽선을 시작점에서 한 방향으로 돌면서 4방향 혹은 8방향 연결성을 이용하여 추적해 나간다. 코드값은 시작점 좌표를 기준으로 하여 인접경계점간의 방향정보를 이용하여 표현되어진다. 체인코드는 절대방향 체인코드와 상대방향 체인코드로 나누어진다. 절대방향 체인코드는 추적하는 외곽선의 방향에 상관없이 절대방향성을 가지는 반면, 상대방향 체인코드는 추적하는 외곽선의 상대적 방향으로 코드값을 나타낸다. 주로 절대방향 체인코드가 사용되어지며, 그림 8은 절대방향 체인코드

에서 널리 사용되는 4방향과 8방향 연결성을 나타내었다. 4방향 연결성은 상하좌우만을 연결하는 반면에, 8방향은 대각선까지 연결성을 가지고 있음을 알 수 있다.

획득된 체인코드의 길이로 이미지 크기를 알 수 있는데 체인코드의 길이는 절대방향과 상대방향, 시작점에 상관없이 동일하며, 어떤 방향 연결성을 사용하느냐에 따라 달라진다. 일반적으로 8방향 체인코드를 사용할 경우가 4방향보다 코드의 길이가 짧아진다. 그림 9는 이진화 영상에서 절대 4방향과 8방향 체인코드를 사용하였을 때 방향성 및 코드값의 차이를 나타내었다. 8방향 체인코드가 4방향 체인코드보다 코드 길이가 짧아짐을 알 수 있다^[5]. 그리고 4방향 체인코드는 대각선 방향의 이미지를 찾을 수 없기에, 하나의 이미지를 하나의 코드로 표현하지 못

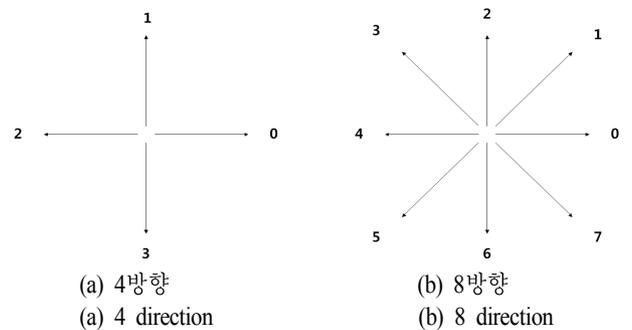


그림 8. 4방향과 8방향 연결성
Fig. 8. 4 direction and 8 direction scheme.

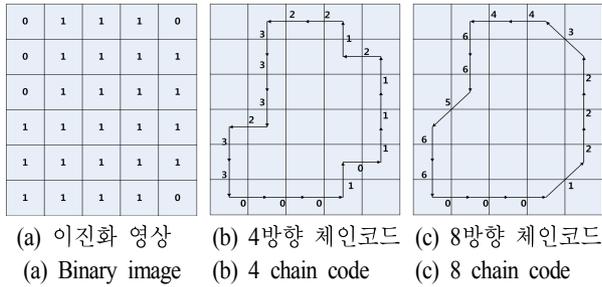


그림 9. 4방향과 8방향 체인코드
 Fig. 9. 4 direction and 8 direction chain code.

하기도 한다. 따라서 8방향 체인코드가 복잡한 이미지를 더 잘 표현하고, 연산시간이 줄어들기 때문에 주로 사용되고 있다.

앞서 형태연산 필터의 침식연산이 적용된 DBS 이진화 영상을 절대 4방향과 8방향 체인코드를 사용하여 획득한 코드 길이와 값을 표 1과 2에 나타내었다. 8방향 체인코드의 경우, 6개의 이미지에서 코드를 획득한 반면, 4방향 체인코드는 9개 이미지에서 코드를 획득하였다. 이는 4방향 체인코드가 대각선 방향으로 연결성을 추출하지 못하는 데에서 발생하는 경우로서, 대각선 이미지를 또 다른 이미지로 판단하여 새로운 코드로 획득하게 되었기 때문이다. 그리고 같은 이미지라도 코드 길이는 4방향 체인코드가 8방향 체인코드보다 긴 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 코드 값보다는 코드 길이에 중점을 두어, 코드 길이가 긴 이미지는 표적 후보에서 제외한다. 일반적으로 표적은 육지 또는 섬 같은 클러스터성분보다는 이미지 크기가 작다. 코드 길이 기준값은 대상 표적의 크기와 방향, DBS 영상의 해상도에 의해 달라진다. 대상 표적의 크기가 100 m×100 m이고, 영상의 해상도가 50 m라고 하고, 표적방향이 정면이라면 코드 길이 기준값은 4로 예상된다. 획득한 체인코드 길이를 비교하여 코드 길이 기준값보다 큰 이미지는 표적후보에서 제외한다. 4방향 체인코드의 경우, 표 2에서 보듯이 대각선 이미지를 따로 추출하기에 하나의 이미지에서 코드 길이가 짧은 이미지가 생기게 된다. 이로 인하여 클러스터라도 코드 길이 기준값보다 작게 된다. 4방향 체인코드보다는 8방향 체인코드가 표적 추출에 더 용이하다. 기준값 4에 대한 지형여부 판단 결과는 표 3, 표 4에 나타내었다.

표 1. 4 방향 체인코드 길이와 값
 Table 1. 4 direction chain code length and value.

순번	코드 길이	코드값
1	212	33332 33333 32330 33332 32320 03033 33223
		33233 23333 23203 33322 20333 32033 00333
		32333 30333 32233 32333 23332 33003 33330
		03011 11021 11101 11001 11011 01122 11212
		11110 21111 01111 01111 01110 01011 00112
		11110 12212 21111 11110 12111 11101 11102
		11
2	1	0
3	2	31
4	320	32323 23323 32333 23230 03333 22003 33323
		22232 22323 33222 32323 33233 22233 32232
		33232 33323 32333 23323 32333 33010 10010
		11000 00333 33322 32332 33323 23333 32323
		23233 32332 33323 32320 03003 00030 11110
		11101 10211 11111 00111 01110 11011 01102
		11110 11010 11010 01001 00101 10101 10110
		10110 10101 01101 11011 21111 01100 11110
		11101 01110 13233 23232 22212 11111 21111
		10101
5	28	33232 33233 32001 01010 10112 211
6	4	3012
7	98	32332 32323 32332 33233 32332 33323 32332
		30333 32030 01010 22111 11100 00031 10110
		11022 11110 01121 11101 10101 121
8	1	0
9	32	32332 22333 33233 31101 01101 10110 11

표 2. 8 방향 체인코드 길이와 값
 Table 2. 8 direction chain code length and value.

순번	코드 길이	코드값
1	159	66656 66665 66766 55507 76654 66565 66655
		76654 47665 76076 65666 67665 46656 65665
		66076 66607 02221 32212 21022 12122 43233
		22132 21222 12221 22101 21022 32212 43432
		22222 12322 22122 2132
2	230	65555 65656 65560 76654 07665 54454 45665
		44556 65654 43766 54565 56656 56656 56566
		66601 10121 00076 66654 56566 55666 65555
		66565 66565 50707 00702 22122 12132 22221
		02212 21212 12132 21211 21101 01012 11212
		11211 11212 21223 22121 02221 22112 21256
		55544 33222 23222 11212
3	19	65565 66500 11112 2432
4	4	6024
5	68	56555 65656 56656 56656 56567 66570 01143
		22221 00072 12121 43221 02232 21211 223
6	24	56544 66665 66621 12121 2122

표 3. 4 방향 체인코드 길이와 결과
Table 3. 4 direction chain code length and result.

순번	코드 길이	지형 여부 판단
1	212	지형
2	1	표적후보
3	2	표적후보
4	320	지형
5	28	지형
6	4	표적후보
7	98	지형
8	1	표적후보
9	32	지형

표 4. 8 방향 체인코드 길이와 결과
Table 4. 8 direction chain code length and result.

순번	코드 길이	지형 여부 판단
1	159	지형
2	230	지형
3	19	지형
4	4	표적후보
5	68	지형
6	24	지형

2.4 경위도 좌표 변환

일반적으로 지형 정보는 경위도 및 고도값으로 구성되어 있다. 따라서 DBS 영상과 지형 정보와의 정합을 위해서는 지구 절대좌표로 표현된 표적후보의 좌표를 경위도로 변환하여야 한다. 앞서 체인코드로 선택된 코드 길이가 짧은 표적 후보들의 중심점에 대한 경위도 좌표를 구하여야 한다. 지구 절대좌표로 표현된 표적 후보의 중심점 좌표를 지구반경 및 이심률 등을 이용하여 경위도 좌표로 변환한다. 아래 식들은 지구 절대좌표를 경위도 좌표로 변환하는 과정을 소개한 것이다^[6].

$$\phi = \phi_1 - \frac{N_1 \tan \phi_1}{R_1} \cdot \left[\frac{D^2}{2} - \frac{D^4}{24} (5 + 3T_1 + 10C_1 - 4C_1^2 - 9e'^2) + \frac{D^6}{720} (61 + 90T_1 + 298C_1 + 45T_1^2 - 252e'^2 - 3C_1^2) \right]$$

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{1}{\cos \phi_1} \left[D - \frac{D^3}{6} (1 + 2T_1 + C_1) + \frac{D^5}{120} (5 - 2C_1 + 28T_1 - 3C_1^2 + 8e'^2 + 24T_1^2) \right]$$

여기서,

$$\textcircled{1} M = M_0 + \frac{(X - \Delta X)}{k_0}$$

$$\textcircled{2} \mu_1 = \frac{M}{a \cdot \left(1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} \right)}$$

$$\textcircled{3} e_1 = \frac{1 - \sqrt{1 - e^2}}{1 + \sqrt{1 - e^2}}$$

$$\textcircled{4} \phi_1 = \mu_1 + \left(\frac{3e_1}{2} - \frac{27e_1^3}{32} \right) \sin 2\mu_1 + \left(\frac{21e_1^2}{16} - \frac{55e_1^4}{32} \right) \sin 4\mu_1 + \left(\frac{151e_1^3}{96} \right) \sin 6\mu_1 + \left(\frac{1097e_1^4}{512} \right) \sin 8\mu_1$$

$$\textcircled{5} R_1 = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi_1)^{3/2}}$$

(위도 ϕ_1 에서의 자오선의 곡률 반경)

$$\textcircled{6} C_1 = e'^2 \cos^2 \phi_1$$

$$\textcircled{7} T_1 = \tan^2 \phi_1$$

$$\textcircled{8} N_1 = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi_1}}$$

(위도 ϕ_1 에서의 묘유선의 곡률 반경)

$$\textcircled{9} D = \frac{Y - \Delta Y}{N_1 \cdot k_0}$$

⑩ ϕ : 경도, λ : 위도

⑪ Y : East 좌표, X : North 좌표

⑫ ΔX : East 원점 가산값, ΔY : North 원점 가산값

⑬ M_0 : 투영원점에 대한 자오선호장

⑭ k_0 : 원점축척계수

⑮ a : 타원체 장반경

⑯ e^2 : 제1이심률, e'^2 : 제2이심률

2.5 지형 정보 정합

구해진 경위도를 지형 정보와 정합하여 해당 경위도가 지형인지 아닌지 확인한다. 현재 주로 사용되는 지형 정

보로는 DEM이 있다. DEM은 Digital Elevation Model의 약자로, 수치표고모델이라 하며, 지리정보시스템 구축을 위해 사용되는 자료의 통칭으로 고도값을 포함한 3차원 좌표로 나타낸다. 이 중 지형을 표현한 수치지형모델로는 DTM(Digital Terrain Model), DTD(Digital Terrain Data), DSM(Digital Surface Model), DTED(Digital Terrain Elevation Data; 이하 DTED) 등이 있다.

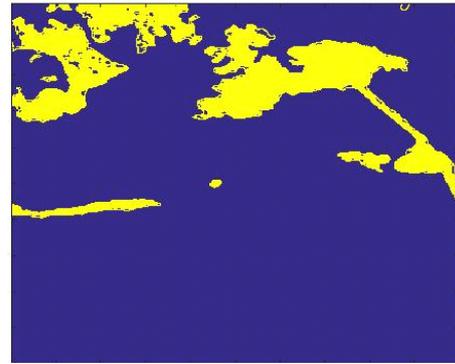
본 논문에서는 DTED 와 정합하여 지형 정보를 제거하도록 한다. DTED는 경도/위도에 해당하는 지형모델을 나타내는 정보이다. DTED에는 해당 경위도를 일정한 간격으로 분포된 지점의 고도값을 포함하고 있다. DTED에는 3가지 레벨의 형태가 있는데 각 레벨마다 해상도가 다르다. 레벨이 높을수록 해상도는 좋아지고 고도값을 표현하는 간격이 좁아진다. 일반적으로 레벨 0의 해상도는 900 m, 레벨 1의 해상도는 90m, 레벨 2의 해상도는 30 m로 구분된다. 표 5는 레벨과 경위도에 따른 DTED 해상도를 나타내었다⁷⁾.

앞서 구한 표적 후보의 경위도 좌표를 DTED와 정합하여 지형여부를 판단한다. DBS 영상의 중심에 대한 경위도 좌표 및 Range Walk, INS 오차 등을 고려하여 표적 후보의 좌표 반경 1 km 내에 지형이 있을 경우에는 해당 표적 후보는 지형으로 판단하여 배제토록 한다. 반경 1 km 내에 지형이 없는 표적 후보만을 최종 표적으로 선택한다.

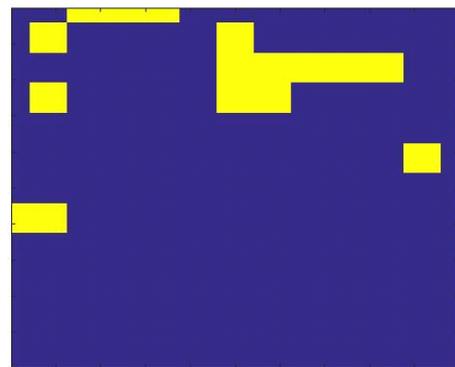
그림 10에 DTED 레벨 0과 레벨 1에 따른 지형 정보를 나타내었다. DTED 레벨 2에 대한 지형 정보는 보안상 공유되지 않고 있다. 그림과 같이 DTED 레벨이 높을수록 지형 정보를 더 많이 포함하고 있기 때문에 정합할 때 지

표 5. DTED 해상도
Table 5. DTED resolution.

	Latitude range	Level 0 (arc secs)	Level 1 (arc secs)	Level 2 (arc secs)
Latitude space	All	30	3	1
Longitude space	0~50°	30	3	1
	50~70°	60	6	2
	70~75°	90	9	3
	75~80°	120	12	4
	80~90°	180	18	6



(a) DTED level 1



(b) DTED level 0

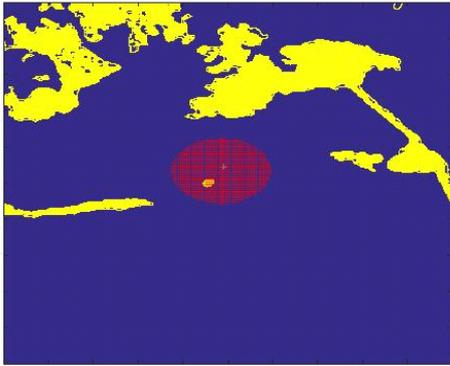
그림 10. DTED 레벨에 따른 지형 정보
Fig. 10. Terrain information by DTED level.

형 정보 배제가 더 용이하다. 레벨이 낮으면 작은 지형은 DTED에 포함되지 않기 때문에 정확한 표적 탐지를 위해서는 DTED 레벨이 높아야 한다. 그렇지 않으면 작은 지형들은 DTED와 정합시 지형 정보로 배제되지 못하고 표적으로 인식하여 오폭적할 가능성이 높아진다.

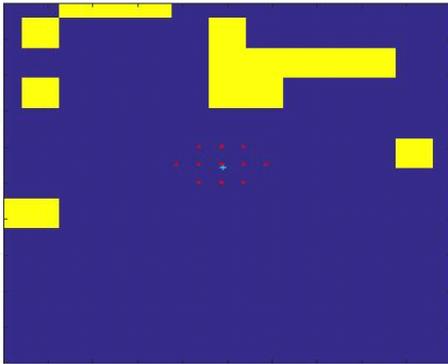
지형정합을 통하여 최종 선택된 표적 후보의 거리, 각도 정보를 추출하여야 한다. 현재 위치 정보와 표적 후보의 경위도 좌표를 이용하여 거리/각도 정보를 획득한다.

2-6 시뮬레이션 결과

8 방향 체인코드 결과로 정해진 표적후보에 대하여 DTED와 정합한 결과를 그림 11에 나타내었다. 체인코드 길이가 4인 표적후보의 중심점에 대해서 경위도 변환을 수행하여 DTED 레벨 1과 DTED 레벨 0에 대하여 지형정합하였다. 그림 11(a)와 그림 11(b)을 보듯이 DTED 레벨 0



(a) DTED 레벨 1의 정합결과
(a) Matching result by DTED level 1



(b) DTED 레벨 0의 정합결과
(b) Matching result by DTED level 0

그림 11. DTED 레벨에 따른 정합결과
Fig. 11. Matching result by DTED level.

과의 정합결과에서 나타나지 않은 지형이 DTED 레벨 1과의 정합결과에서는 나타나게 된다. 이로 인하여 그림 11(a)에서는 지형으로 판단한 표적후보가 그림 11(b)에서는 표적후보의 경위도 반경 1 km 내에 지형 정보가 없기에 지형이 아닌 표적으로 판단하게 된다. 정확한 지형정합을 수행하기 위해서는 DTED 레벨이 높아야 하는 이유이다.

III. 결 론

본 논문에서는 해상 운용 상황의 DBS 영상과 지형 정보와의 정합을 통하여 지형여부를 판단하여 표적 정보를 추출하는 방안에 대해서 알아보았다. 현재 해상 운용 상황의 DBS 영상에서는 클러스터 성분 때문에 표적 식별이

불가능하기에 DBS 영상으로 표적 탐지/추적이 어려웠다. 본 논문에서 제기된 방안으로 DBS 영상 내에서의 표적 탐지/추적 기능을 향상시킬 수 있다. 특히 영상 크기 정보를 이용하여 클러스터를 배제하는 기술을 서술하였다. 이로 인하여 연산시간은 충분히 단축시킬 수 있다.

도플러 프로세싱 등을 통하여 획득한 DBS 영상을 해수면 기준의 파워로 이진화하여 이진화 영상을 생성하였다. 정사각형 3×3 구조적 요소를 가진 형태연산(Morphological) 필터의 침식연산 알고리즘을 이용하여 잡음을 제거하였고, 각 이미지의 외곽선을 선명하게 표현하였다. 그리고 절대방향 8 체인코드를 이용하여 각 이미지의 외곽선 길이를 획득하여, 그 길이를 비교하여 대상표적의 외곽선 길이보다 긴 이미지를 배제하도록 하였다. 이미지의 외곽선 길이가 짧은 표적후보의 경위도 좌표를 DTED와 정합하여 표적후보의 지형여부를 판단하여 지형일 경우 배제하도록 한다. 이로 인하여 지형 정보가 배제된 표적만 탐지/추적하도록 한다.

추후에는 본 논문에서 후처리로 통하여 설정한 이진화 임계값을 프로세싱 파라미터 등을 이용하여 구하는 방안을 설계할 예정이다. 그리고 power PC 등 RTOS(Real Time OS)을 이용하여 본 논문에서 제안된 방안의 실시간성을 확인토록 하겠다.

References

- [1] E. Byron, *Radar : Principles, Technology, Applications*, Prentice-hall, pp. 616-620, 1993.
- [2] G.W. Stimson, *Introduction to Airborne RADAR*, Scitech, pp. 431-438, 1998.
- [3] K. Kim, S. Kim, and J. Ui, "Detection of ship targets near coastline by using Doppler beam sharpening technique", *Proc. of 3rd International Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar*, pp. 1-4, 2011.
- [4] Nick Efford, *Digital Image Processing: A Practical Introduction Using JavaTM*, Addison Wesley, pp. 271-297, 2000.
- [5] N. A. Jusoh, J. M. Zain, "Application of Freeman chain codes: An alternative recognition technique for malaysian car plates", *IJCSNS*, vol. 9, no. 11, pp. 222-227,

Nov. 2009.

[6] 국토지리정보원, "www.nagii.go.kr"

[7] MIL-PRF-8902B, "Performance specification digital terrain elevation data(DTED)", May 2000.

공 영 주



2009년 2월: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학사)
2009년 1월~현재: LIG넥스원(주) 선임연구원
[주 관심분야] 레이더 신호처리, 마이크로파 탐색기 등

김 홍 락



1995년 2월: 대구대학교 전자전기컴퓨터공학부 (공학사)
1997년 8월: 대구대학교 전자공학과 (공학석사)
1997년 7월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원
[주 관심분야] 초고주파 회로 설계, 마이크로파 신호처리기 등

권 준 범



1997년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1999년 2월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원
[주 관심분야] 마이크로파 신호처리, 마이크로파 탐색기 등

우 선 결



2001년 2월: 광운대학교 전자공학부 (공학사)
2003년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 7월: 광운대학교 전자공학과 (공학박사)
2007년 8월~현재: LIG넥스원(주) 수석연구원
[주 관심분야] 레이더 신호처리, 마이크로파 탐색기 등