A-6

연근해 소형 어선의 레이더 정보 수록 및 해석 시스템 개발
- CFAR에 의한 레이더 잡음 억제 -

이대재 · 김광식* · 신형일 · 변덕수** · 강희영
부경대학교 · *마린전자상사 · **한국해양수산연수원

서론

현재, 세계 여러나라에서 해상물표를 정확하게 탐지 및 검출하기 위한 방안으로 레이더 clutter 신호를 효과적으로 억제 및 제거하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 일반적으로 레이더 반사파에 대한 envelope 신호의 진폭는 Rayleigh 분포에 따라 변동하는 특성을 나타내지만, clutter의 진폭분포의 파라메터가 변동하여 분포형상이 변화하면, 오경보확률(false alarm probability)에도 변화가 발생하기 때문에 오경보확률을 충분히 낮은 일정치로써 억제시켜 일정오경보확률(constant false alarm rate, CFAR)을 유지하는 처리가 필요하다. 본 연구는 마린전자상사가 독자적으로 개발한 PC based RTX system에 대한 응용 연구의 하나로써, cell averaging CFAR 처리장치를 통해 레이더 echo 신호를 처리하여 clutter 신호 속에 묻혀있는 선박 반사신호의 효율적인 검출기법 및 오경보 확률의 설정치 변화에 따른 echo 영상의 변화패턴 등을 레이더 스코프상에서 직접 비교, 분석한 결과에 대하여 보고한다.

재료 및 방법

1. 이동표적의 추적 및 레이더 clutter의 억제

X-band 레이더(FR1832, Furuno) 및 radar echo generator(EG-3000, Furuno)를 사용하여 이동 선박의 echo 신호를 연속 관측하고, CFAR processor에 의한 sea clutter의 억제를 통해 이동선박의 탐지효율을 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 실험에서는 레이더에서 출력되는 analog video signal, trigger pulse, azimuth reset pulse(ARP), azimuth count pulse(ACP)를 RTX에 입력하고, 이득, 방위와 거리 offset, STC, 잡음레벨 등과 같은 각종 입력 파라메터의 초기치를 설정하였다. 이 때, 레이더 비데오 신호는 40MHz로써 sampling되었고, 거리방향의 sampling 수는 512, 1 sampling 시간간격에 대한 거리분해능은 3.75m, 레이더 스코프의 한 화면은 512×720 pixel로써 구성하였다.

Cell averging CFAR의 처리를 위해 Fig. 1에서와 같이 레이더 수신기의 포락선 검파 출력을 sampling한 후, 이 값을 2승 처리하여 전력(power)으로써 변환하였고, 이들 신호전력의 평균치가 1이 되도록 정규화 처리를 거쳐 range

cell에 입력시켰다. cell averaging CFAR processor에 대한 레이더 clutter power의 역치를 v_T, v_T의 확률밀도함수를 $p(v_T)$라 할 때, 오경보확률의 기대치 P_{FA}는

$$P_{FA} = \int_0^\infty e^{-v_T} p(v_T)\, dv_T = (1 + \frac{\alpha}{N})^{-N}$$

이 된다. 여기서, α는 scaling factor, N은 reference cell의 data sample수이다.

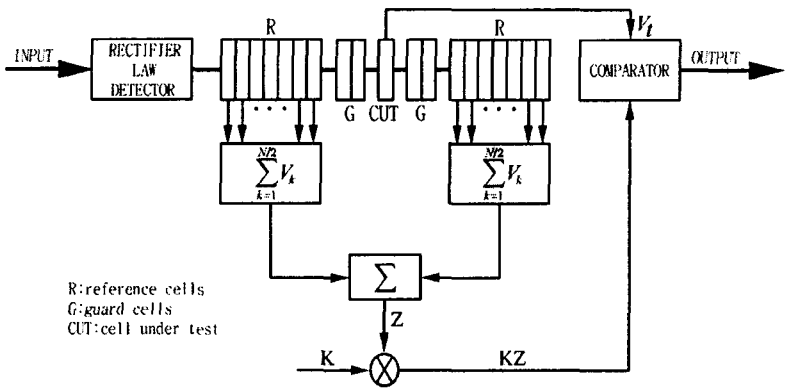

Fig. 1. Block diagram of cell-averaging CFAR processor.

본 연구에서는 오경보확률 기대치 P_{FA} 을 변화시키면서 clutter의 전력역치를 구하고, 이 전력역치의 변화에 따른 레이더 스코프상에 나타나는 선박영상의 성능개선특성을 조사, 분석하였다.

2. 음영구역(shadow zone)의 측정

레이더 안데나에서 발사된 전파가 공기중을 진행해 가는 도중에 대형 장애물이 존재하면, 전파의 진행이 차단되어 장애물 후방에 위치하는 표적의 탐지가 불가능하게 되는 데, 본 연구에서는 해상에 존재하는 표적의 후방에 발생하는 음영구역에 대해서도 정량적 검토를 행하였다.

결과 및 고찰

1. 추적정보의 표시 및 수록

전자해도(ENC)상에 레이더 영상을 중첩시켜 표시하고, 추적표적의 정보를 표시 및 수록한 결과의 일례는 Fig. 2(A)와 같다. Fig. 2(A)는 레이더 target extractor의 DSP에서 8 bit의 분해능으로 샘플링된 0~255 레벨을 16 레벨 간격으로 분할하여 컬러로써 설정한 후, 실시간으로 변동하는 레이더 영상신호를 PPI 스코프상에 컬러영상으로 나타낸 결과의 일례이다. Fig. 2(A)에서 동시에 추적이 가능한 표적의 수는 512 개이고, 각각의 표적에 대하여 번호, 방위,

거리, 속력, CPA, TCPA 등의 정보가 표시되도록 하였다.

2. 레이더 clutter의 억제

본 연구에서는 선박용 레이더의 clutter 신호를 억제시키는 방법을 개선하고, 이를 통해 표적의 탐지성능을 향상시키기 위해 부산 용호만을 통항하는 해상 이동표적을 대상으로 RTX를 이용하여 레이더 신호를 정량적으로 수록, 분석하였는 데, 그 결과의 일례는 Fig. 2(B)와 같다. 그림에서 (a)는 정박중인 선박, (b)~(e)는 육안으로 확인된 항주중인 선박이고, 레이더 scope상에는 광안대교의 영상이 선명하게 나타나 있다. 여기서는 레이더 스코프상의 line "A"에 대한 한 주사선의 echo 신호를 대상으로 cell averaging CFAR processor를 구성하여 표적의 탐지성능을 분석하였는 데, 그 결과는 Fig. 3과 같다. 또한, Ideal threshold에 의한 표적 검출의 성능을 향상시키기 위해 cell averaging CFAR proceesor의 CUT(cell under test) 전후에 각각 3 개의 guard cell(gap)과 20 개의 reference cell(lagging/leading window)를 설치하여 레이더의 video 신호를 입력하고, 오경보확률 P_{fa}를 $10^{-0.25}, 10^{-0.5}, 10^{-0.75}, 10^{-1.0}$의 4 단계에 걸쳐 변화시키면서 레이더 영상신호의 변화패턴을 비교, 고찰한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4(A)에서 각각 측정한 레이더 영상신호에 cell averaging CFAR 처리를 행한 결과, radar clutter는 매우 강력하게 억제되는 경향을 나타내었지만, 연구대상이 되는 표적, 즉 선박의 echo 레벨은 효율적으로 본래의 레벨을 유지하면서 정확하게 검출되고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 4(A)에서 오경보확률을 $10^{-0.25}, 10^{-0.5}, 10^{-0.75}, 10^{-1.0}$로써 점차 증가시켜 갈 때, 레이더 영상신호는 오경보확률의 설정치에 비례하여 억제되어 가는 경향이 뚜렷하게 나타나고 있지만, 선박의 영상신호는 그 억제강도가 radar clutter에 비해 매우 약한 경향을 나타내었다.

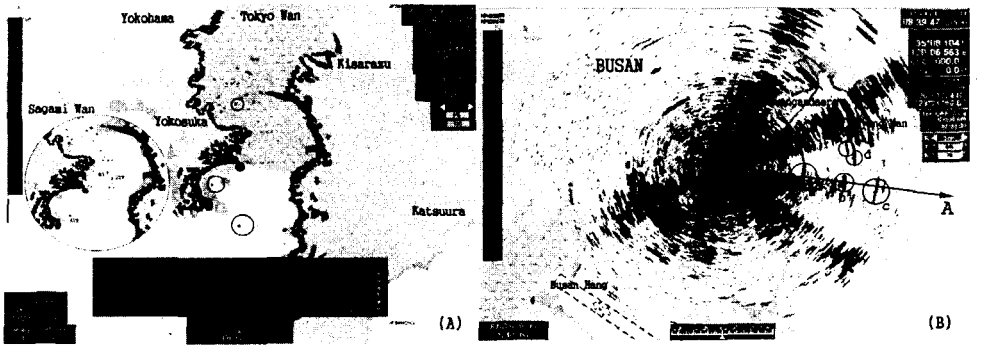

Fig. 2. (A) An example of echo trace and real-time ARPA information for continuous ship's target tracking in Tokyo harbor, Japan. (B) A example of the radar image showing the sea clutter and ship's targets(a~e) superimposed on the ENC in Busan harbor, Korea.

3. 음역구역의 추정

Fig. 4(B)에서 표적영상 "a" 는 tugboat가 모래운반 barge선을 우현 선수에서 예인하고 있는 상황인 데, tugboat의 후방에는 영상의 수치값이 "0"인 음영구역이 2개의 분해능 cell에 걸쳐 나타나고 있고, barge 선의 우현측 후방에도 1~2의 분해능 cell에 걸쳐 음영구역이 나타나고 있다.

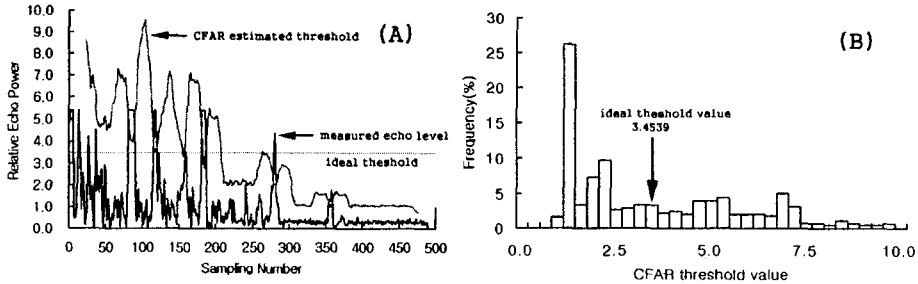

Fig. 3. (a) A example for cell-averaging CFAR processing for echo power of radar signal. (b) Histogram of cell-averaging CFAR threshold values for echo power.

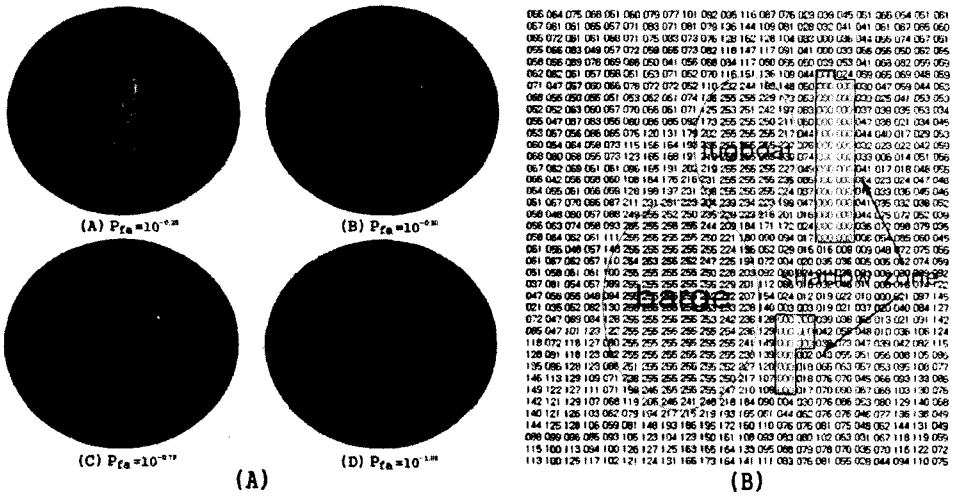

Fig. 4. (A) Comparison of cell averaging CFAR performance for the false alram probability $10^{-0.25}$, $10^{-0.5}$, $10^{-0.75}$, $10^{-1.0}$, respectively. (B) Shadow zones in radar images caused by the shape characteristics of radar targets.

참고문헌

1) 이대재 · 김광식 · 변덕수(2002) : Radar Target Extractor에 의한 선박운동정보의 추출에 관한 연구, 한국어업기술학회지, 38(3), 249-255.

2) Watts S. (1996) : Cell-averaging CFAR gain in spatially correlated K-distributed clutter, IEE Proc. Radar, Sonar Navig. Vol. 143, No. 5, 321-327.