

VTS를 위한 레이더 신호처리 알고리즘 설계

† 김병두 · 김도형 · 이병길

† 한국전자통신연구원 융합보안연구팀

요 약 : 해상감시레이더는 관제지역의 레이더 영상 정보 및 선박의 위치, 속도에 대한 추적 정보를 제공하는 해상교통관제시스템의 주요 센서로 정밀한 레이더 영상정보의 추출 및 이를 기반한 정확한 선박의 추적을 위하여 레이더 수신신호에 포함된 다양한 클러터 및 잡음을 효율적으로 제거하기 위한 신호처리 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 해상교통관제시스템에 사용되는 해상감시레이더를 위한 논-코히어런트 기법을 이용한 신호처리 알고리즘을 설계하고, 모의실험을 통하여 설계된 알고리즘에 대한 검증을 수행한다.

핵심어 : 해상교통관제시스템, 해상감시레이더, 신호처리, 해면 클러터

1. 서 론

해상교통관제시스템(VTS)은 체계적이고 안전한 선박의 입출항 관리를 통하여 해양사고 예방 및 항만 운영의 효율성 증대를 위한 시스템으로 관제지역의 레이더 영상 및 선박의 위치, 속도 정보를 얻기 위하여 다수의 2차원 해상감시레이더와 선박의 위치, 속도 및 선박정보를 획득하기 위한 자동선박인식시스템(AIS)을 주요 센서로 사용하고 있다.

해상감시레이더는 일정한 주기로 회전하면서 신호를 송신하고, 해상환경으로부터 반사된 신호 즉, 선박과 같은 목표, 섬 또는 연안과 같은 지형 클러터, 파도와 같은 해면 클러터, 눈 또는 강우와 같은 기상 클러터로부터 반사되는 신호와 잡음을 포함하여 수신한다(Skolnik(2001), Barton(1988)). 따라서, 다양한 클러터 및 잡음을 효율적으로 제거하여 정밀한 레이더 영상을 관제화면에 도시하는 것은 물론 레이더 영상으로부터 추출된 선박의 위치를 이용하여 정확한 추적을 수행하는 것은 VTS 성능 개선 및 서비스 고도화에 매우 중요한 요소기술이다.

본 논문에서는 VTS에 적용하기 위하여 해상감시레이더의 신호처리 알고리즘을 설계하고, 모의실험을 통하여 설계 검증을 수행한다. 일반적으로 해상감시레이더는 논-코히어런트(Non-coherent)레이더가 사용되고 있으므로 이를 기반한 신호처리 알고리즘을 설계한다.

2. 레이더 신호처리 설계

VTS에 적용하기 위하여 본 논문에서 설계한 해상감시레이더 신호처리 알고리즘은 Fig. 1과 같은 블록으로 구성된다.

Pulse Integration은 레이더 수신신호의 잡음을 감쇄시키기 위하여 수평빔폭 이내의 수신신호를 적분하는 방법을 사용하며 N개의 수신신호를 적분하는 경우, 전체 데이터량이 $1/N$ 으로

감소하게 되는 효과가 있다. 따라서, 신호처리 알고리즘에 의한 연산량을 최적화 하기 위하여 Pulse Integration을 첫 번째 단계에서 수행하도록 설계한다.

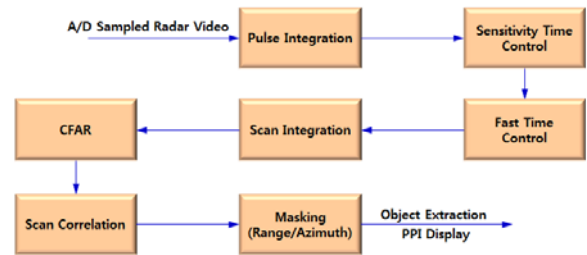


Fig. 1 Design of radar signal processing for VTS

Sensitivity Time Control (STC)은 근거리에서 반사되는 레이더 신호에 의한 수신단의 포화 방지 및 근거리 표적 탐지를 위하여 거리에 따른 신호세기를 감쇄시키는 기능을 수행하며, Fast Time Control(FTC)은 고주파 필터로 강우와 같은 우설 반사파를 감쇄하기 위한 기능을 수행한다. Scan Integration (Shyu, 1994)은 이전 스캔들과 현재 스캔을 적분하는 방법을 사용하여 해면반사파를 감쇄하는 기능을 수행하며, CFAR는 Scan Integration 결과를 이용하여 선박과 같은 관심 목표에 의한 레이더 영상만을 추출하는 기능을 수행한다. Scan Correlation은 Scan Integration시 발생하는 목표의 잔상을 제거하기 위한 기능을 수행하며, 거리/방위 또는 영역에 대한 Masking은 연안, 섬과 같은 지형에 의한 레이더 영상을 제거하기 위한 기능을 수행한다.

최종 신호처리된 레이더 영상은 추적을 위하여 목표의 위치 정보를 추출하는 Object Extraction 모듈로 전달되며, VTS 운용시스템으로 전송되어 PPI-scope로 변환과정을 거쳐 관제화면 위에 도시된다.

3. 시뮬레이션

본 논문에서는 VTS용 레이더의 신호처리 알고리즘 설계에 대한 검증은 위하여 표 1과 같이 레이더 및 모의 표적에 대한 파라미터를 설정하고 아날로그 레이더 수신신호를 생성하였다. 8bit A/D 샘플링 후, Fig 1에서 제안한 신호처리 블록 구성에 따라 신호를 처리하고 각 단계별 결과를 확인하였다.

Table 1 Simulation parameters

| 구분 | 파라미터 | 구분 | 파라미터 |
|---------|---------|-----------|---------|
| 송신 파워 | 25 kW | Sea State | 3 |
| 안테나 이득 | 30 dBi | T1 | 정지선박 |
| 시스템 손실 | 7.4 dBi | T2 | -10 KTS |
| 펄스폭 | 50 ns | T3 | -60 KTS |
| 샘플링 주파수 | 50 MHz | T4 | Land |

Pulse Integration은 3개의 A-scope 데이터에 대한 평균을 취하는 방법을 이용하였으며, 결과는 Fig. 3에 도시하였다. Fig. 4는 Scan Integration 결과를 나타낸 것으로 해면반사파에 의한 클러터가 감쇄됨을 알 수 있으나, T2표적에 실제 표적보다 크게 나타나며, T3와 같은 고속 표적에 대하여는 잔상이 발생함을 알 수 있다. Fig. 5는 Cell Averaging 기법 (Watts, 2000)을 이용한 CFAR 처리 결과이다. Fig. 6은 Scan Correlation기법을 통하여 Scan Integration에서 발생한 잔상을 제거한 결과를 나타낸 것이며, Fig. 7은 지형 클러터를 Masking하여 제거한 결과를 나타낸 것이다.

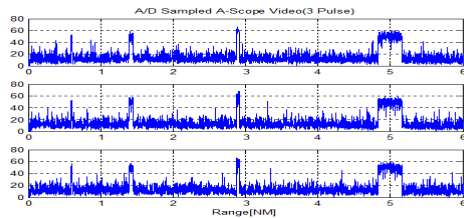


Fig. 2 8Bit sampled A-scope radar videos

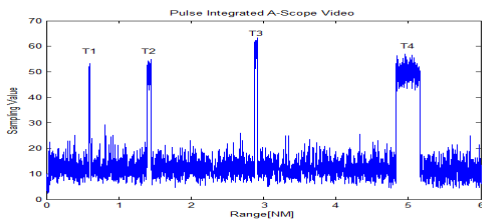


Fig. 3 Pulse integrated A-scope radar video

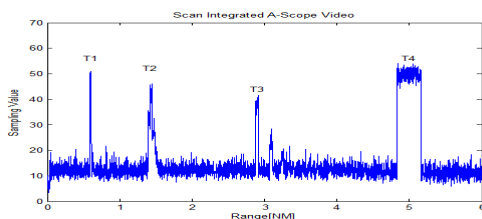


Fig. 4 Scan integrated A-scope radar video

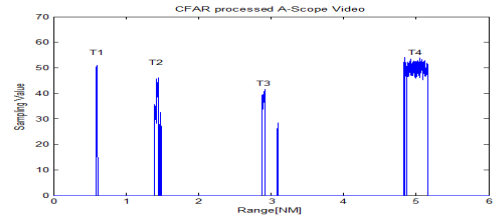


Fig. 5 CFAR processed A-scope radar video

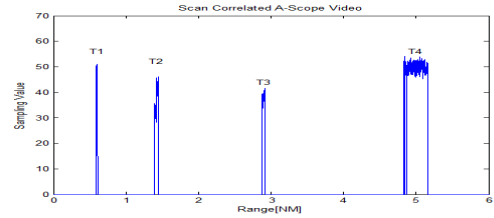


Fig. 6 Scan correlated A-scope radar video

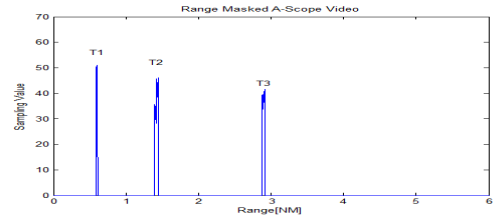


Fig. 7 Range masked A-scope radar video

4. 결 론

본 논문에서는 VTS에 적용하기 위하여 레이더 신호처리 알고리즘에 대한 설계를 수행하고, 성능 검증을 위하여 설계된 레이더 신호처리 알고리즘에 대한 모의실험을 수행하였다.

모의실험으로부터 설계된 레이더 신호처리 모듈은 레이더 수신신호에 포함된 잡음 및 클러터를 효과적으로 감쇄하고 물 표를 탐지함을 볼 수 있었다.

향후, 실제 VTS 레이더의 운용 환경을 고려한 레이더 신호처리 모듈의 최적화 및 성능 향상을 위한 연구를 수행하여야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Skolnik, M.I.(2001), Introduction to Radar Systems 3rd ed. McGraw-Hill, New York
- [2] Barton, D.K.(1988), Modern Radar System Analysis. Artech House, Massachusetts
- [3] Shyu H.C., Sun Y.S. and Shen W.H.(1994), "The Analysis of Scan-to-Scan Integration Techniques for Sea Clutter", IEEE National Radar Conference, pp.228-233.
- [4] Watts, S.(2000), "The performance of cell-averaging CFAR systems in sea clutter", IEEE International Radar Conference, pp.398-403.