

Radar Target Extractor에 의한 선박운동정보의 추출에 관한 연구

이대재* · 김광식** · 변덕수***

*부경대학교, **마린전자상사, ***한국해양수산연수원
(2002년 7월 20일 접수)

Extraction of the ship movement information by a radar target extractor

Dae-Jae LEE*, Kwang-Sik KIM** and Duck-Soo BYUN***

*Pukyong National University, **Marine Electronics Corporation,
***Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology
(Received July 20, 2002)

Abstract

This paper describes on the extraction of ship's real-time movement information using a combination full-function ARPA radar and ECS system that displays radar images and an electronic chart together on a single PC screen.

The radar target extractor(RTX) board, developed by Marine Electronics Corporation of Korea, receives radar video, trigger, antenna bearing pulse and heading pulse signals from a radar unit and processes these signals to extract target information. The target data extracted from each pulse repetition interval in DSPs of RTX that installed in 16 bit ISA slot of a IBM PC compatible computer is formatted into a series of radar target messages. These messages are then transmitted to the host PC and displayed on a single screen.

The position data of target in range and azimuth direction are stored and used for determining the center of the distributed target by arithmetic averaging after the detection of the target end.

In this system, the electronic chart or radar screens can be displayed separately or simultaneously and in radar mode all information of radar targets can be recorded and replayed.

In spite of a PC based radar system, all essential information required for safe and efficient navigation of ship can be provided.

서 론

현재 우리나라 연안역에 있어서는 생활하수 및 산업폐수에 의한 해양오염이 심각하게 우려되고 있는 가운데 어업자원의 남획이 무분별하게 행해져 어업의 생산성 저하가 해를 거듭할수록 가속

되어 연안소형어선의 어업기반에 큰 변화가 초래되고 있는 실정이다.

이와 같은 상황하에서 과거에는 연안의 근거리 해역에 국한되던 소형어선의 조업구역이 해를 거듭할수록 점차 원거리의 근해해역으로 확장됨으로써 연안소형어선의 해난사고가 빈번하게 발생

하고 있어 이에 대한 대책의 수립이 절실하게 요구되고 있다.

현재 연근해 해역에서 조업하는 소형어선에 있어서는 GPS, video plotter, 어군탐지기와 같은 기본적인 항해 및 어업계측장치를 탑재하고 있으나, 기상이변시 자선주변의 해상 상황에 대한 정보를 파악하기 위한 레이더 장치를 탑재하고 있지 않아 향후 어장이 더욱 원거리화되고, 조업구역이 일일 항행권을 벗어나는 범위까지 확장되는

경우에 있어서는 레이더 정보에 의한 선박의 안전확보대책이 강구되어야 할 것이다.

최근 들어 일부 소형 연근해 어선에서는 소형 레이더 장치를 항해 및 어로장치와 함께 탑재하고 있으나, 소형 레이더에 있어서는 타선의 진운동정보(진침로, 진속력)나 충돌회피정보(CPA, TCPA), 또한 주위의 상황변화에 대한 다양한 물표정보(acquisition, tracking, vector 표시, 시행조선)를 제공할 수 없는 문제가 있다¹⁾. 그러나 ARPA

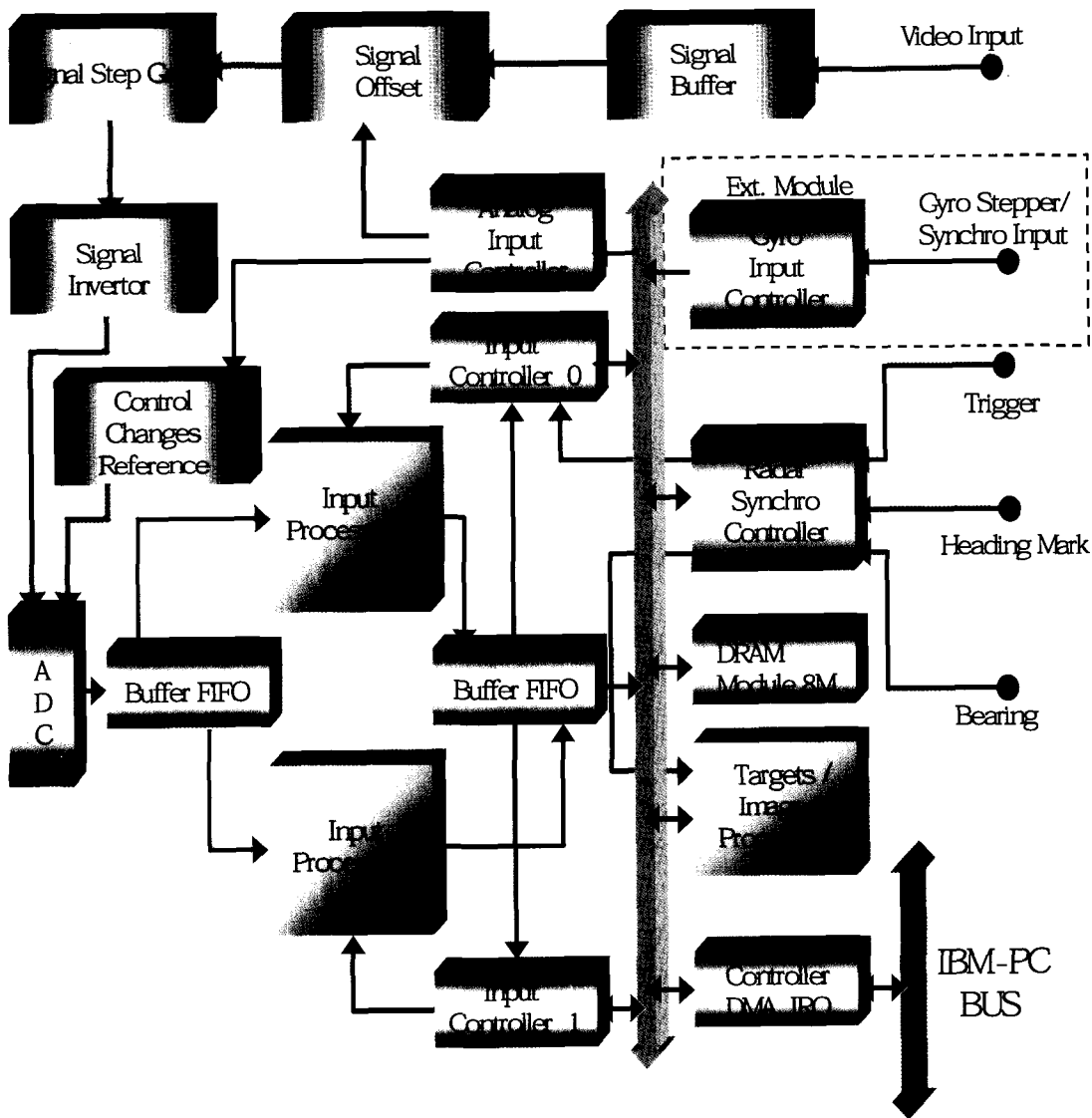


Fig. 1. A block diagram of a radar target extractor(RTX) developed in this study.

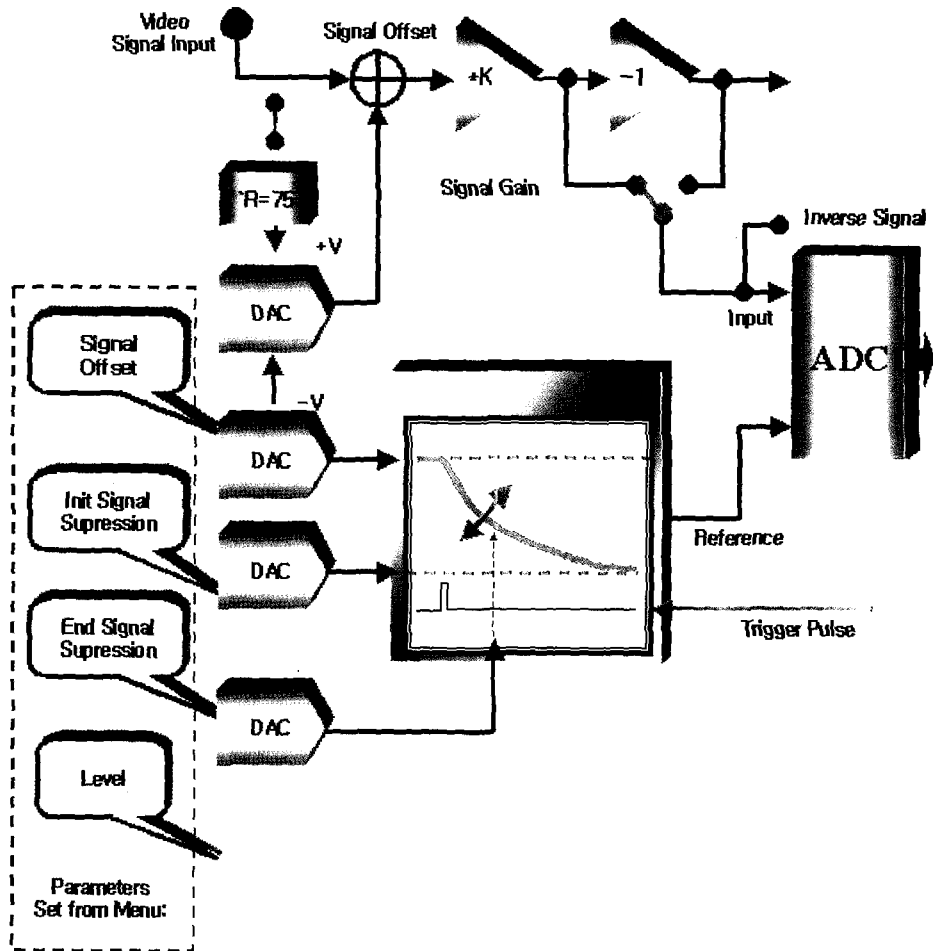


Fig. 2. System parameters of RTX to generate control signals which are varied according to the conditions, such as PRF frequency, signal offset, trend level, signal gain, bearing pulse, etc, in order to make the circuits adaptively perform their operation.

(automatic radar plotting aid) 레이더를 일반 소형 연근해 어선에 도입, 설치하는 데에는 가격, 공간, 취급상의 여러 문제 때문에 현실적으로 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제에 주목하여 일반 소형어선에 탑재된 저가형의 소형 레이더 장치에서 video signal, trigger, bearing, heading 신호를 공급받아 현용의 ARPA 레이더에서 제공하는 정보와 동일한 각종의 정보를 정량적으로 추출하여 제공하기 위한 radar target extractor(RTX, 레이더물표추적장치)를 개발하고,

이 장치를 소형 레이더 장치에 부착시켜 소형 연근해 어선에서도 타선의 진운동정보나 충돌회피 정보와 같은 각종의 항해정보를 활용토록 하기 위한 연구를 수행하였는데, 본 연구에서는 먼저 시스템의 구성과 물표정보를 정량적으로 추출한 실례에 대하여 보고한다.

재료 및 방법

선박 레이더는 레이더 송신부에서 송출되는 펄스신호가 해상에 존재하는 각종의 물표에 부딪쳐

생성되는 반사신호를 수신하여 자선 주변에 대한 타선박의 존재 및 동적거동을 파악하는 장치이지만, 현재 널리 탑재되고 있는 ARPA 장치에 있어서는 선박의 진침로와 진속도 등을 실시간으로 모니터링하면서 이들 선박의 지금까지의 위치정보를 토대로 향후의 위치정보를 예측, 산출하는 물표의 자동추적기능을 보유하고 있는 데, 본 연구에서 이들의 기능을 소형의 레이더 장치에서도 발휘토록 하기 위해 개발한 레이더물표추적장치의 기능적인 모식도는 Fig. 1과 같다.

한편 Fig. 1의 레이더 물표 추적장치에서 12 bit, 40 MHz로서 양자화된 비데오 신호를 PPI 방식으로 영상화할 때, 영상의 최적화와 관련되는 video signal offset, 잡음레벨, 신호이득, trend level과 같은 레이더 영상 제어 파라미터, 또한 레이더 장치의 시스템 파라미터와 레이더 표적추적장치의 구동 파라미터를 일치시키기 위한 각종 기능 파라미터의 설정에 대한 모식도는 Fig. 2와 같다.

보통의 ARPA에서는 대상표적의 위치를 결정할 때, 레이더 장치에서 송신되는 펄스신호가 표적에 부딪쳐 반사될 때, 각각의 입력반사신호를 양자화하여 물표영상을 표시하면서 양자화된 신호의 중심위치를 표적의 위치로 한다. 그러나 이 경우, 만일 펄스폭을 짧게 하거나 길게 조정하는 경우, 반사신호 폭의 차이에 기인하여 표적의 위치가 변동하는 문제가 발생한다. 따라서 여기서는 이점에 주목하여 수개의 반사신호에 대한 앞단으로부터 휘점크기의 절반에 상당하는 위치를 집합평균하여 표적의 거리좌표로 하고, 안테나의 회전운동기하여 물표영상이 나타나기 시작하는 방위방향의 전단과 종단의 집합평균위치를 방위좌표로 하여 물표위치를 산출하였다.

일단 수동이나 자동 조작에 의해 추적희망표적이 지정되면, 해당표적위치를 중심으로 거리방향으로 $\pm m$ pixel, 방위방향으로 $\pm n$ pixel의 게이트 구간을 각각 설정하고, 이들 게이트 구간을 통과하는 s개의 물표반사신호에 대한 방위각을 θ_i , 거리를 r_i , 물표반사신호의 길이를 p_i 라 할 때, 탐지물표의 거리 r과 방위 θ 는

$$k_i = \frac{p_i}{\sum_{i=0}^s p_i}, \quad r = \sum_{i=0}^s (k_i \cdot r_i),$$

$$\theta = \sum_{i=0}^s (k_i \cdot \theta_i)$$

에 의해 구하였다.

Fig. 1과 Fig. 2에서 일단 표적이 포착되면 표적의 위치와 방위 좌표를 상기의 알고리즘에 의해 산출하고, 표적의 이동상태에 따라 거리 및 방위 방향의 tracking gate를 이동시키면서 표적의 위치좌표를 연속적으로 산출하여 표적의 이동방향(진침로)과 속력(진속력) 등을 추출하여 PPI 방식으로 표시토록 하기 위한 프로그램은 Visual C++ 를 이용하여 작성하였다.

또한 본 연구에서 개발한 레이더 신호 처리장치(RTX)는 IBM PC의 ISA 슬롯에 장착하여 사용할 수 있도록 설계된 모듈로서, 표적의 추적기능이 없는 소형의 선박용 레이더에서 출력되는 analog video signal, trigger pulse(동기펄스), 선수선 표시펄스(azimuth reset pulse, ARP), 방위펄스(azimuth count pulse, ACP)를 직접 입력할 수 있도록 설계되었다^{2,4)}.

결과 및 고찰

1. 반사신호의 좌표변환 및 PPI 표시

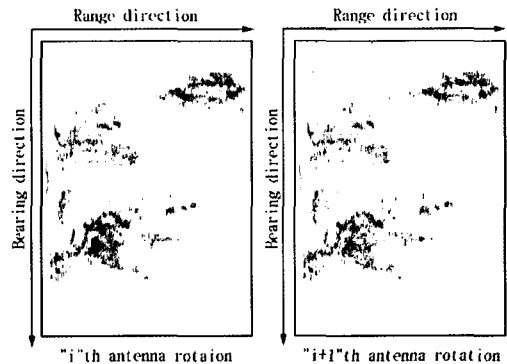


Fig. 3. Conversion of echo position coordinate for acquisition target.

본 연구에서는 레이더의 수신부 자체에서 이득, STC, FTC 및 기타의 초기 조정을 거쳐 출력되는 analog video signal를 12 bit의 분해능과 40 MHz의 주파수로서 양자화한 후, 수동 및 자동포착기능에 의해 지정된 포착 물표를 대상으로 물표반사신호가 출현하는 거리 r과 방위 θ 를 먼저 산출하였다. 그 후 레이더에 포착된 물표반사신호의 변동을 추적하면서 그 이동정보를 실시간

으로 추출하기 위해 해당물표의 반사신호가 출현하는 레이더 거리와 방위좌표를 x, y 의 평면좌표로서 변환하였는데, 그 때 레이더 반사신호의 array frame format은 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 레이더 안테나가 1 회전할 때마다 거리방향(y축 방향)과 방위방향(x축 방향)으로 512×720 pixel의 echo frame의 memory map이 생성되고, 1 pixel의 video data는 8 bit(256 color)로 변환되어 저장된다. 따라서 Fig. 3과 같은 레이더 영상 map을 중첩시켜 영상의 출현위치에 변화가 있거나 수동으로 포착한 물표반사신호의 평면위치의 이동상태를 추적하여 물표의 침로, 속력, CPA 및 TCPA와 같은 정보를 산출하여 Fig. 4와 같은 PPI 방식의 화면상에 모든 정보를 레이더 영상과 함께 표시하였다.

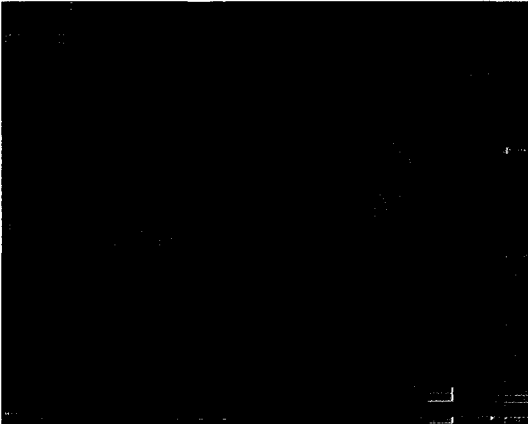


Fig. 4. An example of the PPI display with radar system and tracking parameters.

Fig. 4에서 레이더 영상처리는 레이더표적추적 장치에 탑재된 전용 DSP(TMS320C32, TI)와 data controller를 사용하여 실시간으로 구현하였고, host computer와의 Data 교환은 주로 DMA 채널을 통하여 수행하였다. 이 때 레이더표적추적 장치는 DMA를 이용하여 ISA bus로부터 비디오 신호처리에 필요한 알고리즘과 파라미터를 호출하고, host computer에서 제공하는 선박의 위치, 침로, 속력, 물표 추출 영역의 크기와 방향, 물표 추출을 위한 파라미터, 레이더 영상변환을 위한 스케일, 포착물표의 cursor 좌표와 같은 파라미터를 넘겨 받아 물표의 추적을 시작하고, 그 결과를 다시 host computer에 넘겨 표시토록 하였다.

한편 레이더 수신부에서 출력되는 비디오 신호

는 먼저 디지털 신호로 변환되어 2 차원 필터링을 통해 불규칙적인 잡음이 억제 및 제거된 후에 영상화되었는데, 각종의 잡음을 포함하는 신호를 처리하기 전의 레이더 영상과 처리한 후의 레이더 영상은 각각 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다.

본 연구에서 개발한 레이더 신호처리장치(RTX)는 물표의 위치좌표 및 이동정보를 실시간으로 추적 및 출력하기 위하여 아날로그 비디오 신호를 디지털 신호로 변환하여 래스터 레이더 이미지(raster radar image)로 구성하고, 동시에 이 레이더 이미지를 전자해도(electronic navigational chart, ENC)와 중첩 표시할 수 있도록 설계하였는데,

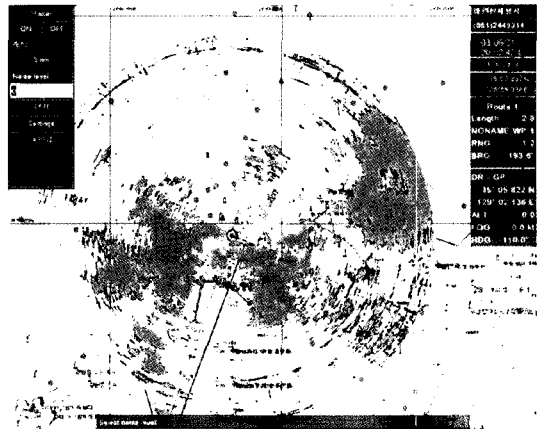


Fig. 5. A radar PPI image with spike clutter superimposed on the ENC.

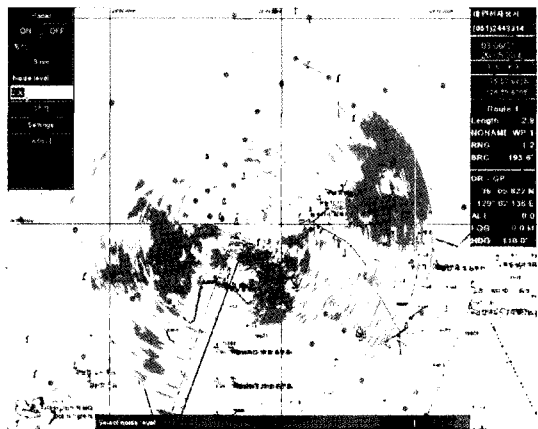


Fig. 6. A radar PPI image after 2D filtering and spike clutter suppression superimposed on the ENC.

Fig. 5 및 Fig. 6은 이 방식에 의해 전자해도와 레이더 영상을 중첩 표시한 결과의 일례이다.

Fig. 6에서 바다와 육지의 레이더 이미지에 대하여 명암도 개선, 필터링 및 잡음억제처리를 행하여 화질을 개선하였고, 선박의 동요나 안테나의 불규칙한 회전에 기인하는 영상의 변동을 보상하는 기능을 내장하고 있는데, 이 RTX에서 추적 가능한 최대의 표적수는 512개이다.

한편 Fig. 7은 RTX의 구동 및 echo의 위치좌표 추출에 필요한 trend level, 방위 offset(ofsetP), 거리 offset(ofsetD), gain, ACP(방위펄스)와 같은 입력 파라미터의 설정화면의 일례를 나타낸 결과이다. 이들의 파라미터에 의해 RTX에서 레이더 비디오 신호가 처리되면 표적의 위치추적이 성공적으로 수행된 표적에 대해서는 표적의 포착번호가 순서대로 부여되고, Table 1과 같이 각 표적의 방위, 거리, 침로, 속력에 대한 정보가 실시간으로 host computer에 전송되어 파일

로서 저장되고, 그 결과는 다른 정보와 함께 PPI 레이더 화면상에 표시된다. 또한 각 물표에 대한 CPA, TCPA 및 기타의 정보는 이들의 데이터를 전송받아 host computer에서 실시간으로 산출되어 사용자의 요구에 따라 표시된다.

요 약

소형 레이더 신호를 정량적으로 분석하여 해상 물표의 운동정보를 실시간으로 추출 및 표시하기 위한 radar target extractor(RTX)를 개발하고, 이 장치를 소형 레이더 장치에 부착시켜 소형 연근해 어선에서도 타선의 진운동정보나 충돌회피 정보와 같은 각종의 항해정보를 활용토록 하기 위한 연구를 수행하였다.

본 연구에서 개발한 RTX는 IBM PC의 ISA bus를 통해 데이터를 입출력할 수 있도록 설계된 신호처리장치로서, 일반 선박용 레이더에서 출력되는 video signal, trigger, antenna bearing pulse, antenna heading mark를 직접 입력할 수 있도록 하였다.

이 장치는 레이더 펄스신호가 해상에 존재하는 물표로부터 반사되어 수신될 때, 그 물표의 신호정보 및 위치좌표정보를 PC의 CPU에 의해 처리하지 않고 RTX 자체에 내장된 전용 DSP를 이용하여 실시간으로 처리하도록 하였다. 이 장치에서 video 신호는 analog devices사의 AD9042 (12 bit, 40 MHz monolithic A/D converter)를 이용하여 digital 신호로 변환되고, 그 화상 신호는 CRT에 PPI 방식으로 표시되었다. 이 때 안테나가 회전하면서 탐지한 레이더 물표의 echo 신호는 echo 신호의 강도가 증가하면서 다른 물표의 위치와 구별되던 하나의 물표로서 판정한다. 이 경우, 표적식별 알고리즘은 물표가 미리 설정한 물표포착영역(target acquiring zone)내에 있고, 해당 물표의 크기와 다른 물표와의 거리 등에 대한 데이터가 식별기준을 만족하는가에 대한 처리를 수행하도록 개발되었다.

본 연구는 현재 소형어선에 탑재되고 있는 소형 레이더의 성능 향상에 크게 기여할 것으로 판단되고, 또한 소형어선용 저가형 ARPA 시스템의 국산화에 필요한 기반기술을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

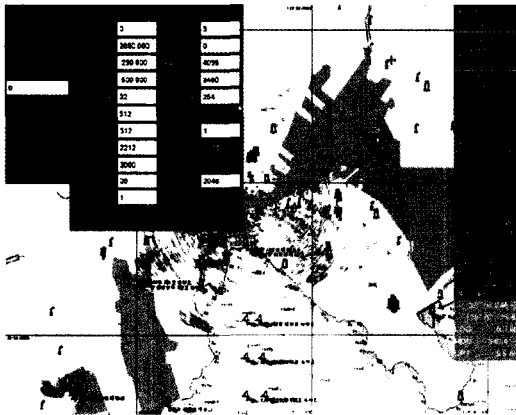


Fig. 7. An example of input parameters to operate the radar target extractor.

Table 1. An example of output from radar target extractor

Target ID : 5	Dist(nm) : 0.05	Bearing : 209.5	Speed(kt) : 0.0	Course : 40.6
Target ID : 7	Dist(nm) : 0.07	Bearing : 293.0	Speed(kt) : 0.0	Course : 248.4
Target ID : 11	Dist(nm) : 0.15	Bearing : 208.8	Speed(kt) : 0.0	Course : 118.3
Target ID : 14	Dist(nm) : 0.18	Bearing : 171.5	Speed(kt) : 0.0	Course : 140.8
Target ID : 15	Dist(nm) : 0.21	Bearing : 179.3	Speed(kt) : 0.0	Course : 154.1
Target ID : 16	Dist(nm) : 0.36	Bearing : 131.5	Speed(kt) : 0.0	Course : 34.5
Target ID : 20	Dist(nm) : 0.24	Bearing : 74.0	Speed(kt) : 0.0	Course : 333.9

참고문헌

1. 이대재(2000) : 레이더 항법, -이론과 실제-, 태화출판사, 118~149.
2. Lee, S. Y. (1993) : Video signal processor for radar system, US patent No. 5254999, 9.
3. Chung-Sheen Liu(2000) : Radar scan converter and method of mixing image, US patent No. 6087982, 9.
4. William M. P.(1989) : Radar video scan converter, US patent No. 4845501, 40.