

# 레이더 신호의 실시간 추출을 위한 소형 레이더 목표 추출기 개발

## Manufacture of a Small RTE for Real-Time Extraction of Radar Signal

성 태 경 · 김 동 식 · 조 형 래

Tae-Kyung Sung · Dong-Seek Kim · Hyung-Rae Cho

### 요 약

현재 사용되고 있는 소형 레이더 장치는 타선의 진운동정보(진침로, 진속력)나 충돌회피정보(CPA, TCPA) 및 주위 상황 변화에 대한 다양한 물표 정보를 제공할 수 없는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제에 주목하여 일반 소형 어선에 탑재되어 있는 저가형의 소형 레이더 장치로부터 analog video signal, trigger, bearing 및 heading pulse를 공급받아 현용의 자동 레이더 플롯팅 장치(Automatic Radar Plotting Aid, ARPA) 레이더에서 제공하는 수준의 각종 정보를 정량적으로 추출 및 제공할 수 있는 레이더 목표 추출 장치(Radar Target Extractor, RTE)를 개발하여 소형 레이더 장치에 부착시켜 소형 연근해 어선에서도 타선의 진운동정보 및 충돌회피 정보와 같은 항해 정보를 수집, 활용할 수 있도록 하였다.

### Abstract

Using of small Radar device can not supply the real exercise information of ellipse circumference or CPA, TCPA and the changing of surroundings for various target information. Therefore, for the above problem, we develop RTE that is able to abstract and offer each information from ARPA Radar which supply analog video signal, trigger bearing and heading pulse from low-cost small Radar device is equipped with general small fishing boat. The small fishing is equipped with small Radar device, so it is able to collect and apply sailing information such as real exercise information and TCPA.

Key words : Radar, Radar Target Extractor(RTE), Target Extractor, Target Tracking

### I. 서 론

최근 들어 국제간의 교역이 증가함에 따라 해상 교통량이 급증하고 있으며, 안전운항을 위한 선박의 항해 자동화 및 해상 교통관제의 필요성이 대두되고 있다. UN 산하의 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)와 국제수로기구(International Hydrographic Organization, IHO)에서는 선박의 충돌사고를 미연에 방지하고 효율적인 교통관제를 위하여 장애물 및 인접 선박의 위치, 침로, 속도, 유형 등 RTE 정보를 항해 장비에 사용하도록 권고하고 있다 [1],[2].

현재 국내 선박의 90 % 이상이 근접 선박의 추적이나 위험상황 발생시 경보기능이 없는 일반 소형레이더에 의존하여 운항하고 있는 실정으로, 소형 레이더 장치에 있어 타선의 진운동정보(진침로, 진속력)나 충돌 회피 정보 및 주위 상황 변화에 대한 다양한 target 정보를 제공할 수 없는 문제가 있다. 또한, 대형 선박에 필수적으로 사용되고 있는 ARPA 레이더는 충돌 예방 및 안전 운항에 필요한 첨단장비이지만, 대다수의 소형 어선 및 화물선 등에서는 높은 가격으로 인하여 사용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 일반 소형 어선에 탑재되어 있는 저가형의 소형 레이더 장치로부터 analog

한국해양대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20040419-048

· 수정완료일자 : 2004년 8월 17일

video signal, trigger, bearing 및 heading pulse를 공급 받아 현용의 ARPA 레이더 수준의 각종 정보를 정량적으로 추출 및 제공할 수 있는 RTE를 개발하고, 또한, 개발된 RTE를 기존 레이더와 연결하여 이동 및 고정 target의 벡터값을 계산하여 ARPA 레이더의 기능을 대체하고자 한다. 또한, 개발된 RTE에 응용프로그램을 적용하여 3D 전자해도와 중첩시켜 나타내도록 하였다<sup>[3],[4]</sup>.

## II. Radar Target Extractor

### 2-1 RTE의 개요

현재 선박들에 널리 탑재되고 있는 ARPA 레이더 장치는 선박의 진침로와 진속도 등을 실시간으로 모니터링하여 이들 선박의 이전 위치정보를 토대로 향후의 위치정보를 예측, 산출하는 target의 자동추적 기능을 보유하고 있다<sup>[5]</sup>. 본 논문에서는 이와 같은 기능을 소형 레이더 장치에서도 발휘하도록 하기 위해 RTE를 개발하였으며, 그림 1은 RTE의 블록 다이어그램이다. 소형 레이더 신호인 video signal, trigger, heading mark, bearing pulse 등의 신호가 RTE로 입력된다. 이러한 소형 레이더 신호 정보들은 input control을 통해 두 개의 processor로 전송된다. Video signal은 RTE 구동 파라미터와 일치시키기 위해 별도의 신호처리를 거친 뒤 pipeline 방식의 FIFO를 통하여 각각의 processor로 전송된다. 소형 레이더 신호 정보들은 이렇게 두 개의 processor에서 병렬처리 되어 표적의 침로, 속력 및 위치정보를 산출하게 되고 산출된 값들은 직접메모리접속(direct memory access,

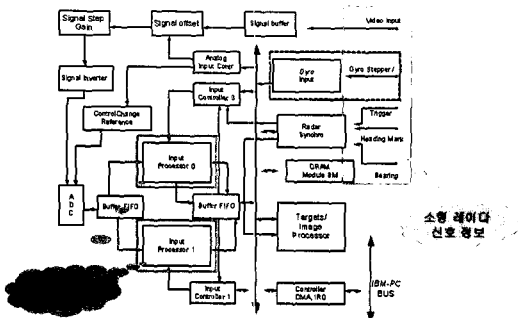


그림 1. RTE의 기능 구성도  
Fig. 1. Functional block diagram of RTE.

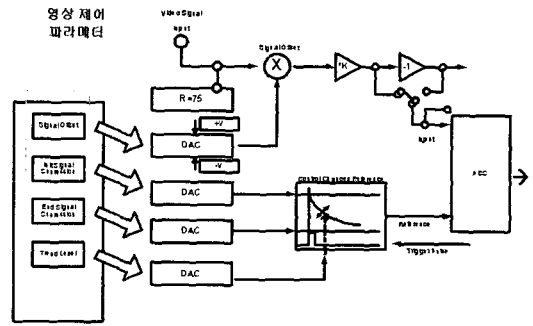


그림 2. RTE 비디오 입력의 기능 구성도  
Fig. 2. Functional block diagram of RTE video input.

DAM) 채널을 통하여 host computer로 전송되어 PPI 화면에 영상화된다. 또한 산출된 값은 다시 processor로 재입력되고 이후에 입력되는 소형 레이더 신호 정보와 비교하여 표적의 변화를 실시간으로 처리하고 표적 정보를 실시간으로 산출한다.

그림 2는 그림 1에서 입력된 video signal을 처리하기 위한 블록다이어그램으로, 레이더 수신 정보 중 하나인 video signal을 ADC에서 12 bit, 60 MHz로 양자화하여 영상화할 때 영상의 최적화와 관련되는 video signal offset, signal level, noise level, trend level 등의 파라미터를 RTE 구동 파라미터와 일치시키기 위한 구성도이다. 그림 1과 그림 2에서 target이 포착되면 target의 위치와 방위 좌표를 산출하고, target의 이동상태에 따라 거리 및 방위 방향의 tracking gate를 이동시키면서 target의 좌표위치를 연속적으로 산출하여 target의 이동방향과 속력 등을 추출하여 평면위치식별(plane position indicator, PPI) 방식으로 표시하도록 하기 위해 Visual C++로 프로그램 하였다.

기존의 ARPA 레이더에서는 대상 target에 대한 각각의 입력반사 신호를 양자화하여 target image를 표시하면서 양자화 된 신호의 중심위치를 target의 위치로 결정한다. 이때, 펄스폭을 짧게 하거나 또는 길게 할 경우 반사신호 폭의 차이에 의하여 target의 위치가 변동하는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 여러 개의 반사 신호에 대한 전단으로부터 휘점 크기의 절반에 해당하는 위치를 집합 평균하여 target의 거리좌표로 하고, 안테나의 회전에 동기하여 target image가 나타나기 시작하는 방위방향의 전단과 종단의 집합평균 위치를 방위좌표로 하여 tar-

표 1. 요구 기능

Table 1. Required functions.

Radar signal processing	Target extraction & Vectorial
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 MHz의 sampling 속도를 갖는 12 bits A/D 기능</li> <li>• Pipeline 방식의 parallel processing을 이용한 실시간 신호처리 기술</li> <li>• Non-synchronous &amp; noise suppression 기능</li> <li>• 해면에서 반사되는 2D 반사 잡음의 억제 기능 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반사된 신호의 적응적 검색 기능</li> <li>• Target 신호의 크기에 따른 데이터 추적 기능</li> <li>• Target의 좌표, 크기 추출 기능</li> <li>• 512~1,024개 target의 자동 검색 기능</li> <li>• Ripple filter를 이용한 target의 속도 및 코스 추출 기능</li> <li>• ECS overlay를 위한 complex zone 도출 기능 등</li> </ul>

get의 위치를 산출하였다. 일단, 수동이나 자동조작에 의해 추적희망 target이 지정되면, 해당 표적 위치를 중심으로 거리방향으로  $\pm m$  pixel, 방위방향으로  $\pm n$  pixel의 게이트 구간을 각각 설정하고, 이들 게이트 구간을 통과하는  $s$ 개의 target 반사신호에 대한 방위각을  $\theta_i$ , 거리를  $r_i$ , target 반사신호의 길이를  $p_i$ 라 하면, 표적의 거리  $r$ 과 방위  $\theta$ 는 다음 식 (1)에 의하여 구해진다<sup>[6],[7]</sup>.

$$k_i = \frac{P_i}{\sum_{i=0}^s d_i}, r = \sum_{i=0}^s (k_i \cdot r_i), \theta = \sum_{i=0}^s (k_i \cdot \theta_i) \quad (1)$$

### 2.2 RTE의 일반 요소 기술

RTE에 요구되는 일반 요소 기술은 다양한 종류의 레이더 신호로부터의 인터페이스, 분석, 신호처리, 실시간 target 추출 및 벡터화 기술, Electric Chart format의 분석, 레이더 영상과 ECS의 overlay 기술 등으로 구성된다. 또한, 레이더 스캐너의 아날로그 신호 및 60~16,384 Hz의 bearing pulse를 실시간으로 처리하여 디지털 영상신호 및 target 정보를 추출하기 위하여 표 1과 같은 기능들이 필요하다<sup>[8],[9]</sup>.

## III. 측정 및 분석

### 3-1 측정방법

본 논문에서는 실 제작한 RTE 보드의 성능을 측정하기 위해 실제 선박에 탑재하여 target에 대한 추출가능 여부를 확인하였다. 측정 조건은 실제 선박에 탑재되어 있는 17인치 PC 모니터와 12인치 TFT LCD 모니터와 소형 레이더를 사용하여 target의 추출 여부를 확인하였고 레이더의 사용주파수는 X-밴드 대역인 9,375 MHz이다. 또한 선박의 정박시와 항

해시 두 가지 경우에 대하여 측정을 시행하였다. 그림 3과 그림 4에는 실제 개발한 RTE 보드 및 측정에 사용된 레이더를 보여준다.

### 3-2 분석

그림 5는 대우통신(주)에서 개발한 GPS-98K형 함정용 Radar 전시기를 위하여 설계된 화면에 Koden MD3641 Radar로 수신된 신호를 개발한 RTE 보드를 이용하여 PC에서 동작시킨 화면으로, 레이더 영상

Analog Device ADC(AD9042) T1 DSP(TMS320C32)

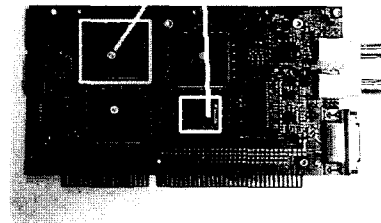


그림 3. 개발된 RTE  
Fig. 3. RTE board of manufactured.

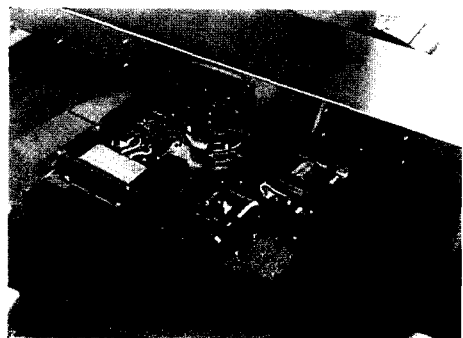


그림 4. RTE 측정시 사용된 레이더  
Fig. 4. Radar for RTE measurement.

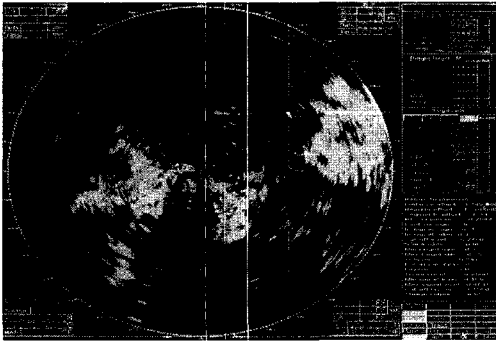


그림 5. 레이더 시스템과 트래킹 파라미터의 PPI 디스플레이 예

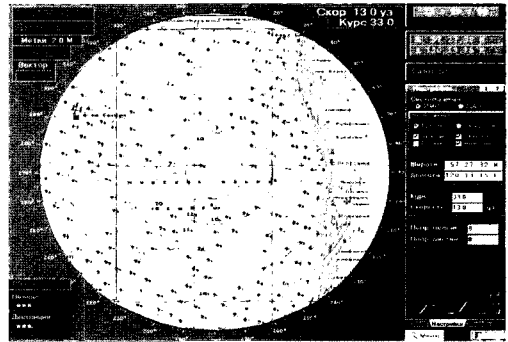
Fig. 5. An example of the PPI display with radar system and tracking parameters.

처리는 RTE에 탑재된 전용 DSP(TMS320C32, TI)와 데이터 컨트롤러를 사용하여 실시간으로 구현하였고, host computer와의 데이터 교환은 주로 DMA 채널을 통하여 수행하였다. 이 때, RTE는 DMA를 이용하여 ISA 버스로부터 비디오 신호처리에 필요한 알고리즘과 파라미터를 호출하고, host computer에서 제공하는 선박의 위치, 침로, 속력, 목표 추출 영역의 크기와 방향, target 추출을 위한 파라미터, 레이더 영상변환을 위한 스케일, 포착 target의 cursor 좌표와 같은 파라미터를 넘겨받아 target의 추적이 시작하고, 그 결과를 다시 host computer에 넘겨 표시토록 하였다. 또한, 영상의 출현 위치에 변화가 있거나 포착한 target 반사신호의 평면 위치의 이동상태를 추적하여 target의 침로, 속력, CPA 및 TCPA와 같은 정보를 산출하여 PPI 방식의 화면상에 모든 정보를 레이더 영상과 함께 표시하는 방법으로 해당 선박의 운동 정보를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 개발한 레이더 신호처리장치(RTX)는 target의 위치 좌표 및 이동 정보를 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 설계되었다. 그림 6(a)는 RTE에서 추출한 영상 및 target 정보를 나타내고, 작은 점으로 나타난 것은 표적에 해당하는 선박을 나타낸다. 그



(a) RTE에서 추출한 영상 및 target 정보  
(a) Extracted image and target information from RTE



(b) 전자해도에 overlay시킨 디지털 영상 및 target 정보  
(b) Digital image and target information overlaid with ENC

그림 6. RTE의 정보 및 ECS overlay  
Fig. 6. Information of RTE and ECS overlay.

림 6(b)는 추출된 디지털 영상 및 target 정보를 전자해도에 overlay시킨 것이다.

한편, 레이더 수신부에서 출력되는 비디오 신호는 먼저 디지털 신호로 변환되어 2 차원 필터링을 통해

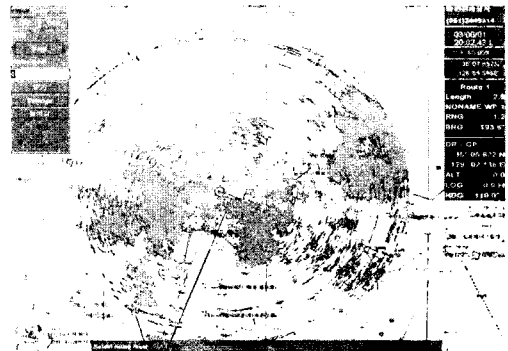


그림 7. 잡음처리전의 레이더 영상  
Fig. 7. Radar image before noise processing.

표 2. RTE에서 전송되는 target 정보

Table 2. Transmitted target information from RTE.

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

불규칙적인 잡음을 억제 또는 제거한 후에 영상화되었으며, 각종의 잡음을 포함하는 신호를 처리하기 전의 레이더 영상과 처리한 후의 레이더 영상은 각각 그림 7 및 그림 8과 같다.

그림 8에서는 바다와 육지의 레이더 이미지에 대하여 명암도 개선, 필터링 및 잡음억제처리를 행하여 화질을 개선하였으며 또한, 선박의 동요나 안테나의 불규칙한 회전에 기인하는 영상의 변동을 보상하는 기능을 내장하고 있다.

그림 9에는 입력 파라미터 설정의 예를 보이는 것

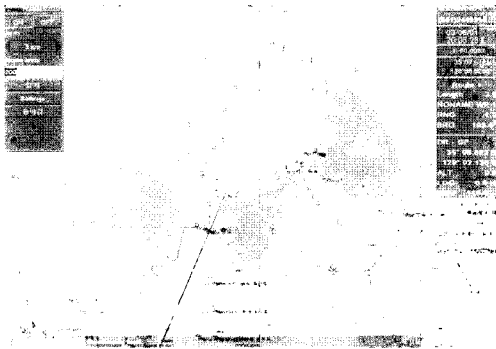


그림 8. 잡음처리후의 레이더 영상  
Fig. 8. Radar image after noise processing.

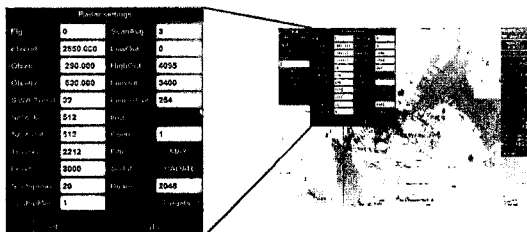


그림 9. 입력 파라미터 설정  
Fig. 9. Input parameter setup.

으로, 입력 파라미터 창에 적절한 파라미터를 설정하면, RTE에서 신호처리 후 각 target에 대하여 target ID를 부여하며, 각 target 정보를 host computer로 전송하여 파일로 저장하고, 다른 정보와 함께 PPI 화면에 표시된다.

표 2는 레이더에 포착된 target에 target ID를 순차적으로 부여하고, 각 target ID에 대한 거리, 방위, 속도 및 코스에 대한 정보를 나타내고 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서 개발한 RTE는 IBM PC의 ISA Bus를 통해 데이터를 입출력할 수 있도록 설계된 신호처리 장치로서, 일반 선박용 레이더에서 출력되는 video signal, trigger, antenna bearing pulse, antenna heading mark를 직접 입력할 수 있도록 하였다. 이 장치는 레이더 펄스신호가 해상에 존재하는 target으로부터 반사되어 수신될 때 그 target의 신호정보 및 위치좌표 정보를 RTE에 내장된 전용 DSP를 이용하여 실시간으로 처리하도록 하였다. RTE에서 비디오 신호는 analog devices사의 12 bit, 40 MHz monolithic ADC (AD 9224)를 이용하여 디지털 신호로 변환되고, 그 화상 신호는 CRT에 PPI 방식으로 표시되었다. 이때, 안테나가 회전하면서 탐지한 레이더 target의 echo 신호는 echo 신호의 강도가 증가하면서 다른 target의 위치와 구별되면 하나의 target으로서 판정한다. 이 경우, target 식별 알고리즘은 target이 미리 설정한 target acquiring zone내에 있고, 해당 target의 크기와 다른 target과의 거리등에 대한 데이터가 식별기준을 만족하는가에 대한 처리를 수행하도록 개발되었다. 본 논문에서 개발한 RTE 보드를 선박에

탑재하여 측정한 결과 개발한 RTE 보드를 부착한 소형 레이더에서도 ARPA 레이더 수준의 진침로와 진속도 등과 같은 항해 정보에 대하여 실시간 모니터링이 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] <http://www.imo.org/home.asp>  
 [2] <http://www.iho.shom.fr>  
 [3] 김광식, 3차원 전자해도, patent no. 10-1999-0026333, 1999년.  
 [4] 김광식, 3차원 전자해도, literary property no. 99-

01-12-3763, 1999년.  
 [5] A. G. Bole, W. O. Dineley, *Radar and ARPA Manual*, Butterworth-Heinmann, Jul. 1994.  
 [6] Barton, Cook and Hamilton, *Radar Evaluation Handbook*, Artech House Inc., 1991.  
 [7] E. Brookner, *Radar Technology*, Artech House Inc., 7th, Oct. 1986.  
 [8] 이대재, 레이더 항법 -이론과 실제-, 태화출판사, 2000년.  
 [9] 이상철, 강정수, 레이다 공학, 보성문화사, 1995년.

성 태 경



1996년 2월: 동의대학교 전자통신 공학과 (공학사)  
 1999년 2월: 동의대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2002년 2월: 한국해양대학교 전파 공학과 박사수료  
 1999년 3월~2002년 6월: 동의대학

교 겸임전임강사  
 2002년 7월~2004년 1월: 동의대학교 전자세라믹스센터 연구원  
 [주 관심분야] OFDM 시스템, 차세대 이동통신 등

조 형 래



1978년 3월~1982년 2월: 광운대학교 응용전자공학과 (공학사)  
 1982년 3월~1984년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1989년 3월~1993년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1996년 4월~현재: 한국해양대학교

전파·정보통신공학부 교수  
 1997년 7월~2000년 12월: 한국해양정보통신학회 상임이사  
 2002년 1월~2003년 12월: 한국전자과학회 영남지부 지부장  
 2002년 3월~현재: 전파교육기반강화사업 단장  
 2002년 6월~현재: 정보통신부 EMC 기준전문위원회 소위원장  
 2004년 4월~현재: (사)조선기자재연구원 원장  
 [주 관심분야] 차세대 이동통신, 디지털 홈네트워크 등

김 동 식



2003년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학사)  
 2003년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 석사과정  
 [주 관심분야] OFDM 시스템, GPS 시스템 등