한국항해항만학회지 제27권 제5호, pp. 499~504, 2003 (ISSN-1598-5725)
*Journal of Korean Navigation and Port Research*

# 선박 레이더 영상신호를 이용한 파랑정보 검출에 관한 연구

송 재 욱* · 김 창 제* · 문 성 배**

*한국해양대학교 운항시스템공학부 교수, **한국해양대학교 실습선

# A Study on the Estimation of Ocean Surface Wave Information from Marine Radar Signals

*Chae-Uk Song** · *Chang-Je Kim** · *Seong-Bae Moon***

**Division of Ship Operation System Engineering, Korea Maritime University*
***Training Ship, Korea Maritime University*

**요 약** : 본 연구는 선박용 레이더로부터 디지털 신호처리보드를 통하여 영상신호를 획득하고, 일련의 디지털 신호처리 및 영상신호 분석을 통하여 선박에서 실시간으로 파향 및 파장 등의 파랑정보를 추정하기 위한 기법을 개발하고자 하는 것이다. 본 논문에서는 영상신호 분석영역을 사용자가 직접 설정하는 기존의 방법을 개선하여 분석영역을 자동으로 설정하는 기법 및 2차원 이산 푸리에 변환을 이용한 파향분석 알고리즘에 대하여 논하였다. 그리고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 파향분석 알고리즘의 유효성을 검증하였고, 기초실험으로 다양한 해상환경에서 X밴드 레이더로 획득한 13개의 영상신호에 대하여 파향정보 분석 결과를 예시하였다.

**핵심용어** : 선박용 X밴드 레이더, 영상신호 분석, 분석영역, 파향정보, 2차원 이산 푸리에 변환

**Abstract** : *This paper describes the system for evaluating the sea wave informations such as wave direction and wave length in real time, by using image data obtained from the marine X-band radar. We proposed here a method for automatic selection of the partial image data without the user's individual selection at the radar. We also discussed that the wave direction could be obtained by a 2-dimensional discrete Fourier transform algorithm. We carried some evaluation works on the algorithm through computer simulation. The obtained thirteen radar image data under several sea surface conditions were analyzed by the method described and the result was presented.*

**Key words** : *Marine X-band radar, Image data analysis, Partial image data for analyzing, Wave direction information, 2 dimensional discrete Fourier transform*

## 1. 서 론

최근 자연재해로부터 어업자원을 보호·육성하고, 해양토목공사의 안전성과 효율성을 제고함은 물론, 선박의 운항 안전성을 확보하기 위하여 해상에서의 파랑관측 및 분석에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

해상에서 파랑정보를 측정하기 위하여 파고계 등의 관측장비를 직접 해상관측지점에 설치하는 경우도 있으며, 관측대상 해역의 해안에 해양단파레이더를 설치하여 해표면류나 파랑을 관측하거나, 일반선박용 레이더를 이용하여 파랑정보를 관측하는 방법 등이 널리 사용되고 있다(兒島, 2002; Hashimoto, 2000; 石田, 1992, 1993, 1996).

선박용 레이더는 해상에서의 임의의 표적 즉 육지 지형물 또는 타 선박으로부터 반사되어 오는 미약한 수신신호를 검출하여 표적을 탐색·추적하고, 표적까지의 거리 및 상대방위를 탐지하는 장치이다. 그러나, 수신신호에는 표적으로부터의 반사신호 외에 항상 해면이나 비 등으로부터 반사되어 오는 잡음신호가 존재하기 때문에, 근거리에서는 수신이득을 낮추고 원거리에서는 반대로 수신이득을 높임으로써 이러한 잡음신호인 클러터(Clutter)를 억제하기 위해 STC(Sensitivity Time Control)회로가 레이더에 설치되어 있다.

그러나, 클러터는 표적탐지 등 레이더의 기본기능 수행에 방해가 되기도 하지만, 해면반사에 의한 클러터(Sea Clutter)의 경우에는 해면상태에 관한 정보가 포함되어 있기 때문에 레이더를 이용한 파랑 관측시 중요한 데이터로 사용될 수 있다. 이와 같이 해면반사에 의한 클러터를 레이더 영상의 일부 구간으로부터 추출하여 이를 분석함으로써 파랑에 관한 정보를 추출하는 파랑관측·해석 시스템에 관한 연구가 활발히 지속되어 왔으며, 영상처리기술의 발달에 힘입어 해상에서의 파고 또는 파향 등 파랑정보를 실시간으로 추정할 수 있게 되었다. 그러나, 기존의 연구 또는 개발된 시스템의 경우에는 파랑정보를 측정하기 위하여 레이더 이외에 파랑측정용 부표를 동

* 대표저자 : 송재욱(정회원), songcu@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4272
* 정회원, kimc@hanara.kmaritime.ac.kr 051)410-4226
* 정회원, msbae@hanara.hhu.ac.kr 051)410-4206

시에 이용하는 것일 뿐만 아니라, 레이더 화면에서의 분석대상 영역설정 이나 분석결과에 의한 파향 판별에 있어서도 분석자의 주관적 평가 및 의사결정이 포함되어야 하는 등의 개선점이 남아 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는, 한국해양대학교 실습선에 탑재되어 있는 선박용 레이더를 이용하여 항해중 다양한 해상환경상태에서의 레이더 영상신호를 추출하고, 기존의 파랑정보분석 방법을 개선한 분석영역의 자동설정 및 파향분석 알고리즘에 관하여 기술하고자 한다.

## 2. 선박용 레이더의 신호

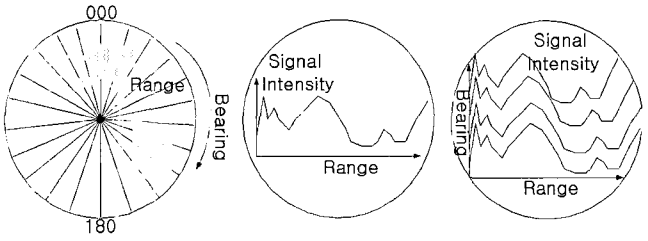
일반적으로 민간 선박용 레이더는 주사되는 전자파의 주파수에 따라 X-band와 S-band의 두 가지 종류가 널리 사용되고 있다. X-band 레이더의 경우는 약 9.4GHz대 주파수, S-band 레이더는 약 3.0GHz대 주파수의 마이크로파를 이용하며, 레이더 주변의 육지 지형이나 타 선박 등으로부터 반사되어 되돌아온 수신신호와 방위신호 및 동기신호를 이용하여 2차원의 레이더 영상신호로 변환하는 기능 등은 거의 같다.

위에서 설명한 바와 같이, 레이더의 반사수신신호에는 육지지형이나 타 선박 등 표적으로부터의 반사신호와 해면반사에 의한 클러터 등이 혼합되어 있다. 따라서 파랑에 관한 정보를 해석하기 위해서는 반사수신신호에서 표적으로부터의 반사신호를 제거하거나, 또는 표적으로부터의 반사신호가 없는 해역에서 얻은 레이더의 반사수신신호를 사용해야 할 필요가 있다.

본 연구에서는, 한국해양대학교 실습선 한나라호에 탑재되어 있는 X-band 레이더로부터 RSP(Radar Signal Processor)를 이용하여 반사수신신호와 방위신호 및 동기신호를 추출하였으며, 주변에 선박이나 육지지형이 없는 해역에서 얻은 이러한 신호들을 이용하여 파랑정보를 분석하기 위한 레이더의 영상신호를 작성하였다. 사용된 레이더의 주요 사양은 다음의 Table 1과 같다.

Table 1 Specifications of marine radar

| | | |
|---|---|---|
| Transmitting Frequency | | 9410±30 ㎒ |
| Peak Output Power | | 25 ㎾ |
| Horizontal Beam Width | | 0.95° |
| Vertical Beam Width | | 20° |
| Maximum Range | | 120 Miles |
| Pulse Length | Short | 0.08 ㎲ |
| | Long | 1.16 ㎲ |




(a) PPI type (b) A type (c) 2-D A type

Fig. 1 Indicating types

### 2.1 레이더 영상신호

레이더는 안테나, 송수신부 및 지시부로 구성되어 있으며, 송수신부에서 Table 1의 펄스폭과 펄스반복주파수에 맞추어 마이크로파를 만들어 이를 스캐너를 통하여 발신하고, 육지지형이나 타 선박으로부터 반사되어 되돌아오는 미세한 신호를 수신한 다음, 수신신호에 대해 검파와 증폭 등의 처리를 거쳐 이를 지시부에 나타낸다.

레이더 영상신호를 지시부에 표시하는 방법에는 화면의 중심점을 레이더 스캐너의 위치로 하고 안테나의 방위신호에 동기시켜 방사선상으로 수신반사신호를 표시하는 PPI(Plan Position Indicator)방식이 있고, 횡축과 종축에 레이더로부터 표적까지의 거리와 반사수신신호의 강도를 각각 표시하는 A-scope방식 등 여러 가지 표시방법이 있다(이 · 강,1999).

Fig.1은 레이더의 영상신호를 지시부에 나타내는 여러 가지 방식을 나타낸 것으로서, Fig.1(a)의 PPI방식은 레이더의 위치를 중심으로 표적정보가 전 방향으로 표시되기 때문에 주변상황을 전체적으로 파악하기 용이하다는 장점이 있기 때문에 선박용 레이더에서 주로 사용하고 있으며, Fig.1(b)와 Fig.1(c)의 A-scope방식은 화면이 계속적으로 변하기 때문에 표적정보 등 주변상황을 파악하기 어려운 단점이 있으나, 반사수신신호의 강도를 측정하거나 판별하기가 용이하기 때문에 정밀계측용 또는 자료수집용에 주로 사용된다.

기존의 선박용 레이더를 이용한 파랑정보관측 연구에서는 주로 PPI방식으로 작성된 2차원 영상데이터를 대상으로 영상처리기술을 적용하여 파랑정보를 분석하였으나, 본 연구에서는 PPI방식으로 작성된 2차원 영상데이터와 방위별로 반사수신신호의 강도측정이 용이하도록 A-scope방식을 2차원으로 변형한 데이터를 동시에 이용하여 파랑정보를 분석하였다.

이와 같이, PPI방식과 2차원 A-scope방식의 데이터를 얻기 위하여, 우선 레이더의 안테나와 수신부로부터 안테나 방위신호, 동기신호 및 반사수신신호를 각각 추출하고, 이를 디지털 신호처리보드를 통하여 디지털 데이터로 변환함으로써 PPI방식과 2차원 A-scope방식의 데이터를 획득하였다. 본 연구에서는 이미 디지털 신호처리보드를 개발하였으며, 이에 관한 자세한 내용은 송(2000)에 자세히 기술되어 있다.

### 2.2 반사수신신호 및 Sea-Clutter

레이더의 송신출력을 $P_t$ 라 할 때, 표적의 유효 반사 단면적(Radar Cross Section)이 $\sigma_c$ 인 표적으로부터 반사되어 수

신되는 신호전력 $P_r$ 는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_r = \frac{P_t G \sigma_c}{(4\pi)^2 R^4} A_e \quad (1)$$

단, $G$는 안테나의 이득, $A_e$는 유효 개구면적
$R$은 안테나로부터 표적까지의 거리

한편, 일반적으로 해면반사에 의한 클러터는 유효 반사 단면적보다는 유효반사밀도(Radar Cross Section Density) $\sigma^0$로 표시하며, 단위 면적당 해면반사 클러터에 대한 레이더 유효 반사 단면적은 식(2)와 같다.

$$\sigma^0 = \frac{\sigma_c}{A_c} \quad (2)$$

Fig.2에서와 같이 레이더가 해면에 대하여 $\phi$ 인 각도로 주사하는 경우에, 면적 $A_c$의 폭은 방위 빔폭 $\theta_B$ 에 의하여, 탐색거리는 레이더 펄스폭 $\tau$에 의하여 결정되므로, 식(2)를 이용하여 클러터의 단면적 $\sigma_c$를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\sigma_c = \sigma^0 A_c = \sigma^0 R \theta_B (c\tau/2)\sec\phi \quad (3)$$

여기서, c는 전자파의 속도이며, 식(3)을 식(1)에 대입하여 해면반사에 의한 클러터 신호 전력 $P_s$ 를 정리하면 다음의 식(4)와 같다.

$$P_s = \frac{P_t G A_e \sigma^0 \theta_B (c\tau/2)\sec\phi}{(4\pi)^2 R^3} \quad (4)$$

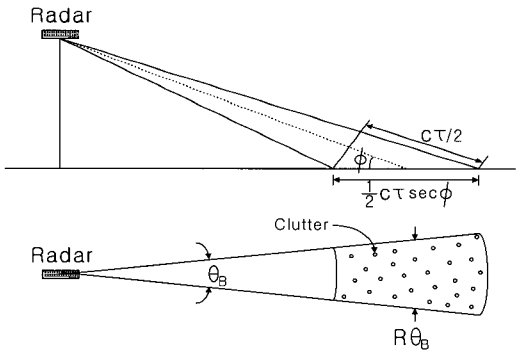



Fig. 2 Geometry of radar sea clutter

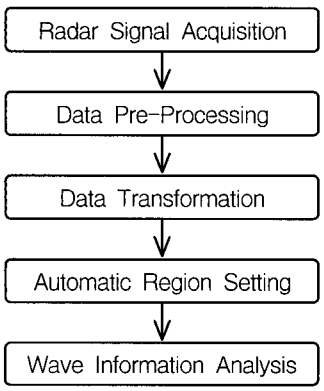



Fig. 3 Procedure for wave information analysis

식(1)과 식(4)를 서로 비교해 보면 해면반사 클러터의 수신신호는 거리의 3승에 반비례하고, 표적의 경우는 거리의 4승에 반비례하는 사실을 알 수 있다.

실제로 해면반사에 의한 수신신호는 파고, 바람의 속도, 바람이 불어오는 거리와 시간에 따라 결정되며, 레이더의 빔과 파도의 방향, 조수의 상태, 파도의 돌출, 바다의 오염상태 등의 영향을 받는다. 해면반사에 의한 클러터의 일반적인 사항에 대해서는 이미 많은 연구가 선행되었으나, 정량적으로나 정성적으로 이와 같은 현상들이 충분히 밝혀져 있지는 않다.

## 3. 파랑정보 해석방법

Fig. 3은 파랑정보의 해석과정을 개략적으로 나타낸 것이다. 레이더 수신부로부터 추출한 영상신호에 대하여 전처리 과정을 거친 후 2차원 A-scope방식과 PPI방식 형태로 데이터를 변환한다. 다음으로 2차원A-scope방식의 데이터를 이용하여 분석 대상 영역을 자동으로 설정하고, 설정된 영역의 PPI방식 데이터를 이용하여 파랑정보를 분석하였다.

### 3.1 데이터 전처리

2.2절에서 설명한 바와 같이, 해면반사에 의한 클러터 수신신호는 안테나까지의 거리와 그 외 여러 가지 외부요인에 의한 불필요한 성분이 포함되어 있기 때문에 이를 사전에 제거할 필요가 있다. 그러나 해면반사 클러터 신호로부터 이러한 불필요 성분의 신호를 정확히 분리하는 것은 어려운 작업이며, 더욱이 이용하는 레이더의 종류나 사용 연한에 의해서도 클러터 신호가 변하기 때문에 이번 연구에서는 불필요한 신호 전체를 하나의 Trend성분으로 취급하였다.

Trend 성분을 제거하는 기법으로 디지털 필터링 기법 중에서 급격한 차단특성 및 저지역에서의 안정된 진폭특성을 실현할 수 있는 역체브체프 IIR필터를 사용하였으며, 이 필터의 전달함수는 다음의 식(5)와 같다.

$$|H_{CN}(j\omega)|^2 = \frac{\varepsilon^2 C_N^2(1/\omega)}{1+\varepsilon^2 C_N^2(1/\omega)} \quad (5)$$

단, $C_N(\omega)$ 는 체브체프 다항식, $\varepsilon$ 은 통과역의 진폭손실,
$\omega$는 각주파수, $j$는 허수의 단위($j=\sqrt{-1}$)

Fig.4는 역체브체프 IIR필터를 이용하여 레이더 영상 데이터의 Trend 성분을 제거하기 전후의 파형을 나타낸 것이다. 그림에서 데이터 A는 해면반사 클러터 신호로서 한국해양대학교 실습선 한나라호에 탑재된 X-Band 레이더로 획득한 것으로서, 각 스캔 라인의 데이터 개수는 2,048이며 전체 스캔 라인의 개수는 2,200이다. 그리고, 데이터 B는 데이터 A로부터 Trend 성분을 제거한 파형을 나타낸 것이다. Fig.5는 실제 영상 데이터에서 Trend성분 제거전(a)과 제거후(b)의 해면반사 클러터 신호를 2차원 A-scope방식으로 나타낸 것이고, Fig.6은 Trend 성분에 제거된 해면반사 클러터 신호를 PPI방식으로 나타낸 것이다.

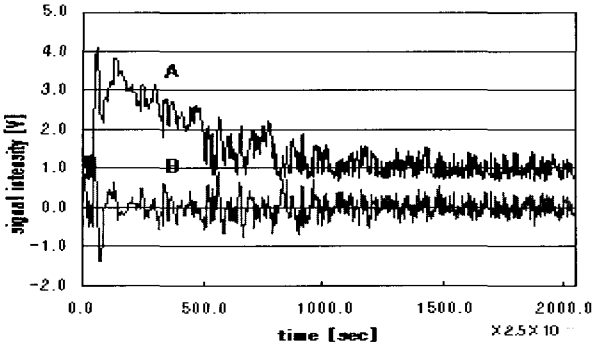
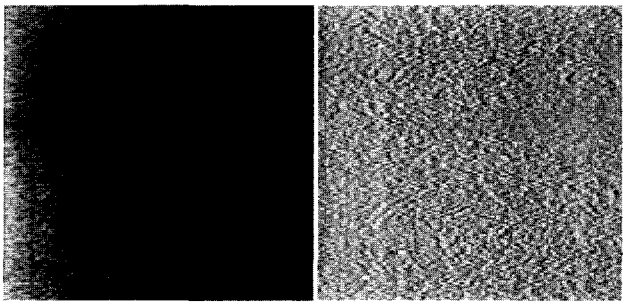



Fig. 4 Elimination of trend effects



(a) before (b) after elimination

Fig. 5 An example of 2-D A-scope type data

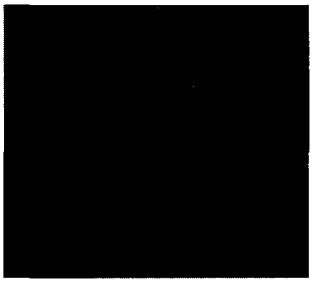


Fig. 6 An example of PPI type data

### 3.2 분석영역의 설정

PPI방식의 레이더 영상데이터에 파랑정보측정용 분석 대상 영역을 설정하고, 이 설정된 영역내의 데이터를 분석함으로써 파랑에 관한 정보를 얻는다. 기존의 연구분석 방법에서는 사용자가 직접 영상데이터를 육안으로 확인하면서 분석대상영역을 설정하였지만, 본 연구에서는 Trend 성분이 제거된 2차원 A-scope 데이터를 이용하여 분석대상 영역을 자동으로 설정할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

먼저, Fig.7과 같이 PPI 영상데이터를 4개의 사분면 영역으로 분할하고, 각 사분면의 중심 방향인 045°, 135°, 225° 및 315°에 분석대상 영역 후보를 설정한다. 그리고, 2차원 A-scope방식 데이터에서 각 스캔 라인별 반사수신신호에 대한 에너지 총량을 서로 비교하여 가장 에너지량이 많은 방위를 개략적인 풍파의 도래방향으로 간주하고, 이 방향과 가장 가까운 후보영역을 대상으로 구체적인 파향분석을 수행하였다.

Fig. 8은 각 방위별 에너지총량을 나타낸 것으로, A는 각 방위별 반사수신신호의 양의 에너지 총합을 나타낸 것이고, B는 각 방위별 일정영역(140~1023 Pixels)의 데이터에 대한 양의 에너지 총합을 나타낸 것이다. A와 B 모두 파선(a) 부근 약 300도 방향에서 에너지양이 최대이기 때문에 후보영역 4번이 가장 적합한 파랑분석 영역이 된다. 이는 실제 파랑이 도래하는 방향을 나타내고 있는 파선(b)와 비교할 때, 에너지양으로 파의 도래방향을 예측하는 것이 가능하다는 것이다. 또한, 이산 푸리에 변환 알고리즘을 통하여 구한 2차원 진폭스펙트럼은 그 특성상 원점을 중심으로 대칭을 이루게 되고 연산되는 파향도 180°의 차이를 이루는 2개의 결과가 구해진다. 기존의 파랑분석 기법에서는 이것을 사용자가 풍향 또는 파랑측정용 부표 등의 정보를 근거로 결정하였지만, 본 연구에서 제안하는 Fig.8과 같은 알고리즘을 통하여 자동으로 최적 탁월파향 값을 연산할 수 있다.

### 3.3 파랑정보(파향 및 파장) 해석

시간영역의 PPI방식 2차원 영상데이터를 2차원 고속 푸리에변환 알고리즘을 통하여 주파수영역으로 변환함으로서, 파향과 파장과 같은 파랑정보를 검출할 수 있다. 식(6)은 2차원 영상데이터 $f(k,l)$을 주파수영역으로 변환하기 위한 2차원 이산 푸리에 변환식을 나타낸 것이다.

$$F(m,n)=\frac{1}{M}\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{M-1}\sum_{l=0}^{N-1}f(k,l)\exp\left\{-j2\pi\left(\frac{mk}{M}+\frac{nl}{N}\right)\right\} \qquad (6)$$

여기서, $k$은 가로축 데이터열을 $l$은 세로축 데이터열을 나타낸 것이고, $m=1,2,\cdots,M-1$, $n=1,2,\cdots,N-1$이다.

Fig.9는 파랑정보 측정 알고리즘의 유효성 및 그 측정 성능을 검증하기 위하여 구현한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. Fig.9(a)는 정현파로 구현한 영상 데이터이고, Fig.9(b)는 이를 이산 푸리에변환 알고리즘을 통하여 구한 2차원 진폭스펙트럼을 나타낸 것이다.

이 진폭스펙트럼에서 직류성분인 중심점으로부터 어느 주파수 성분까지의 벡터성분으로 그에 해당하는 파향과 파장을 연산할 수 있다. Fig.9(b)에서 가로축을 x축, 세로축을 y축이라고 하고, 어느 지점까지의 x축 파수를 $\overline{m}$, y축 파수를 $\overline{n}$이라고 하였을 때, 파향 및 파장은 다음의 식(7) 및 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta=\tan^{-1}\left(\frac{\overline{n}}{\overline{m}}\right) \qquad (7)$$

$$\lambda=\frac{M\cdot c}{sf\cdot\sqrt{\overline{m}^2+\overline{n}^2}} \qquad (8)$$

여기서, $\lambda$은 파장[meter], $M$은 가로축 데이터 크기, $sf$는 샘플링주파수[Hz], $c$는 전자파의 속도[m/sec]를 나타낸다.

본 연구에서는 Fig.9(a)와 같은 다양한 2차원 영상데이터를 생성하여 파향과 파장을 측정하였고, 식(7)과 식(8)을 통하여 파향과 파장을 정확하게 연산할 수 있음을 알 수 있었다.

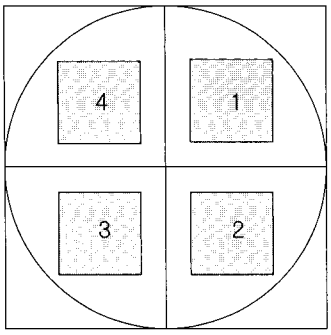
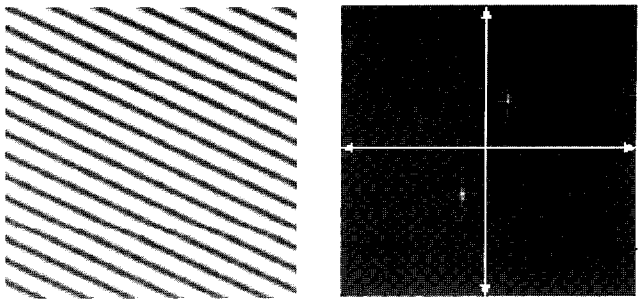



Fig. 7 Analysis region



(a) image data (b) amplitude spectrum

Fig. 9 Computer simulation for evaluation

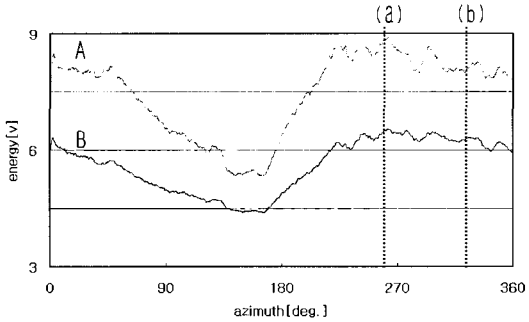
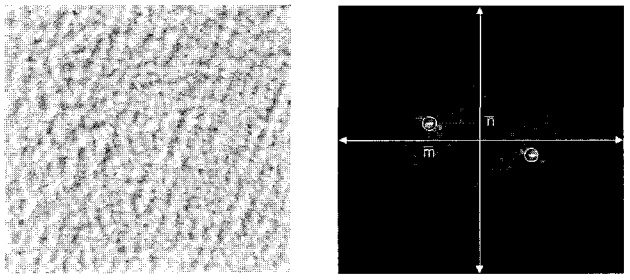



Fig. 8 Total energy on each bearing

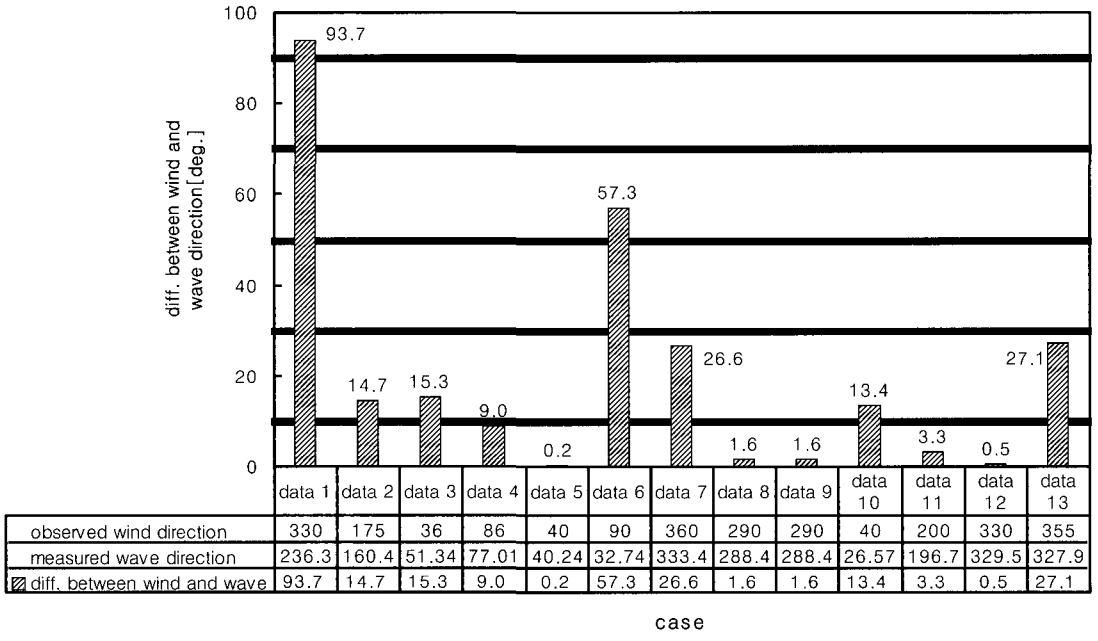


(a) partial image data (b) spectrum analysis of (a)

Fig. 10 Calculation of wave direction and length

Fig.10(a)는 Fig. 6의 PPI 데이터 중 정해진 분석영역(512×512 Pixels)에 대한 데이터를 나타내며, (b)는 이를 2차원 이산푸리에 변환하고 그 결과인 진폭스펙트럼을 나타낸 것이다.

이 진폭스펙트럼은 해상에서 발생한 다양한 파랑정보를 나타내는 것으로서, 직류성분인 중심점으로부터 어느 진폭값까지의 벡터성분으로부터 그에 해당하는 파향과 파장 정보를 추출할 수 있다.




| | data 1 | data 2 | data 3 | data 4 | data 5 | data 6 | data 7 | data 8 | data 9 | data 10 | data 11 | data 12 | data 13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| observed wind direction | 330 | 175 | 36 | 86 | 40 | 90 | 360 | 290 | 290 | 40 | 200 | 330 | 355 |
| measured wave direction | 236.3 | 160.4 | 51.34 | 77.01 | 40.24 | 32.74 | 333.4 | 288.4 | 288.4 | 26.57 | 196.7 | 329.5 | 327.9 |
| diff. between wind and wave | 93.7 | 14.7 | 15.3 | 9.0 | 0.2 | 57.3 | 26.6 | 1.6 | 1.6 | 13.4 | 3.3 | 0.5 | 27.1 |

Fig. 11 Comparison between wind direction and measured predominant wave direction

## 4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 선박용 레이더를 이용한 파향정보 측정 시스템과 알고리즘의 유효성 및 성능을 검증하기 위하여 기초 실험을 하였다. 먼저, 한국해양대학교 실습선 한나라호에 탑재된 X-band 레이더와 연결된 디지털 신호처리보드를 통하여 원양 및 근해구역을 평균 15knots의 속력으로 항행 중 획득한 13개의 영상데이터에 대하여 실험을 하였다. 그리고, 파랑에 관한 정보가 포함되어 있는 해면반사에 의한 클러터만을 얻기 위하여 육지지형이나 타 선박이 없는 해역에서 획득한 레이더의 영상신호를 사용하였다.

일반적으로 파향은 파랑의 발달상태, 취송시간 및 취송거리 등 해상의 다양한 환경변화로 인하여 관측지점에서 풍향과 일치하지 않는 경우가 많다. 그러나, 선박의 항해자는 목시관측으로 개략적인 파향을 결정하거나, 선박이 항해중 또는 목시관측이 불가능할 경우 풍향으로부터 파향을 유추하여 해석하는 것이 일반적이다.

Fig.11은 파랑의 도래방향을 개략적으로 추정하고, 이 방향에 따라 파랑정보 측정용 데이터를 자동으로 설정하여 측정한 파향정보 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 가로축은 영상데이터 획득시 진풍향과 이 데이터를 이용하여 측정한 파향을 360°방위식으로 나타내는 것이고, 세로축은 진풍향과 측정된 파향의 차이를 도시한 것이다. 측정결과 풍파의 도래 방향은 측정시 관측한 풍향과 많은 차이를 보이는 경우도 있어서 관측된 풍향을 파향으로 간주하는 현행 항해자의 파랑정보 측정 방식으로는 선박의 안전항해를 도모하는데 어려움이 따를 수 있다는 것을 알 수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는, 고주파 장비를 이용한 파랑정보 실시간 측정용 신호처리 모듈의 개발연구의 기초연구로서, 선박용 레이더(X-Band)에 수신된 레이더 영상데이터로부터 파향 정보를 유도해내는 방법을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 파향 정보 유도 방법에서는, 먼저 선박용 X-Band 레이더에 수신된 아날로그 신호를 ADC(Analog Digital Converter)를 통하여 디지털 Raw Data로 전환함으로서 A-scope 데이터를 생성하여, 나중의 신호처리에 적합하도록 각 스캔 라인 데이터에 일련의 신호처리를 한다. 그 다음으로, 2D A-scope 형태의 데이터를 2차원 레이더 영상 데이터인 PPI 형태로 전환하고, 이 영상 데이터로부터 파향 및 파장을 측정하기 위한 서브 데이터 영역을 설정하여 2차원 영상데이터에 적절한 디지털 신호처리 및 연산처리를 함으로써 파향 및 파장의 정보를 검출한다.

이미 언급한 바와 같이, 파랑에 관한 정보들을 얻기 위한 해양관측은 그 자연적 특성으로 인하여, 정보를 획득할 수 있는 방법이 극히 한정되어 있고 관측 장비의 설치 및 유지·보수에 막대한 비용이 소요되고 있어서, 현재 항만통제센터, 해양관측선 및 일반 상선 등에서 널리 사용되고 있는 X-Band용 레이더 등의 고주파 장비들을 이용한 파랑정보 추출방법은 그 개발 의의 및 경제적 효과가 실로 크다고 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 개발한 시스템에서 하드웨어 및 알고리즘의 보완을 통하여 해상에서의 파랑에 관한 특성, 즉 파향과 파장에 관한 정확한 정보를 실시간으로 측정할 수 있는 신호처리 모듈이 개발될 수 있을 것이며, 이를 이용한다면 해양관측설비의 설치와 유지보수에 따른 높은 비용을 절감하고, 동시에 신뢰성 있는 파랑정보를 획득할 수 있어서 선박의 운항안전성을 확보함은 물론, 한반도 주변해역에서의 해양 환경 보호에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌


[1] 송재욱(2000), "Radar Signal Detecting & Processing 장치의 개발에 관한 연구", 한국항해학회지 24-5, pp.435-441.

[2] 이상설, 강정수(1999), "레이다공학", 보성문화사

[3] 兒島正一朗, 橋本典明, 佐藤裕司, 吉松みゆき(2002), "海洋短波レーダーによる面的波浪觀測法關する研究", 港湾空港技術研究所報告, Vol.41, pp.3-50.

[4] Hashimoto N, Kojima S and Tokuda M(2000), "Estimation of Directional Spectra from HF Radar Surface Backscatter", Coastal Engineering, Vol.2, pp.1349-1362.

[5] 石田.廣史, 井上篤次郎, 林 美鶴, 細田龍介(1993), "舶用レーダーによる波浪觀測と解析-Ⅰ", 日本航海學會第89回講演會集, pp.23-31.

[6] 石田.廣史, 井上篤次郎, 塩谷茂明, 市川義文, 細田龍介(1996), "舶用レーダーによる波浪觀測と解析-Ⅱ", 日本航海學會第95回講演會集, pp.47-52.

[7] 石田.廣史, 井上篤次郎, 前田智城, 細田龍介(1992), "舶用レーダーによる波浪解析とその海面反射シミュレーション畫像", 日本航海學會第86回講演會集, pp.217-225.


원고접수일 : 2003년 5월 13일
원고채택일 : 2003년 8월 29일