

# 연안해역 전파환경의 분석과 운용개선 방안

\*목포해양대학교, \*\*한국해양수산연수원  
\*윤재준, \*\*김병옥, \*최조천

## A Plain on Operation Improvement according to the Analysis of Radio Field's Environment in Domestic Coastal

\*Mokpo Maritime University, \*\*Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology  
\*Jae-Jun Yun, \*\*Byung-Ok Kim, \*Jo-Cheon Choi

### 요 약

주파수 대역에 따른 전파의 전파환경은 현저하게 다르므로 통신환경도 VHF대는 직접파에 의하며 HF대는 대부분 전리층 반사파에 의한다. 우리나라 연근해역의 비SOLAS 선박들의 해상통신은 선박안전법 시행규칙에 의하며 선박들은 지정된 무선설비를 탑재 하여 통신을 수행하게 된다. 본 논문에서는 VHF 및 HF 무선전화에 의하여 해상통신을 수행하는 연근해 선박들의 통신환경을 조사하고자 전파환경 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 분석하였다. 그리고 연안 선박들의 현행 무선설비 탑재기준에 맞추어 분석된 자료를 근거로 전파환경과 통신현황을 예측하였으며, 관련규정을 합리적으로 개선시켜 나가는 방안과 VHF 해안국간의 네트워크 통합에 대한 필요성을 제시하였다.

### ABSTRACT

The radio field environment is very different according to frequency band, therefore communication condition is equation that VHF is passed by direct radiation and HF is via reflect radiation in ionosphere.

Load a ship according to the enforcement regulations of the ships safety act have specified the radio equipment that should be operating. This paper have analysed by the simulation program about radio field environment for research the communications condition, which is VHF & HF band in domestic coastal. We have Predicted to radio field environment and communications condition using the data of analysis and domestic radio regulation regard to coast navigational ship. Therefore have proposed the necessity for rationally plan on improvement the radio regulation and network cooperation of VHF radio station.

## 1. 서 론

연안여객선을 포함한 국내선, 어선, 총톤수 300톤 미만의 국제화물선 등은 SOLAS 협약의 GMDSS 관련 규정의 적용을 받지 않기 때문에 각 나라마다 다르게 무선설비의 탑재기준을 정하고 있으며 우리나라의 경우 선박안전법에서 그 기준을 정하고 있다[1]. 그러나 무선설비 및 통신환경의 변화로 인하여 평수구역 및 연해구역 항행선박의 VHF 및 HF SSB 무선전화의 운용 실태를 조사하고 법적, 이론적 근거와 주요 연안항로에 대한 전파환경의 조사를 통하여 무선전화의 탑재기준에 대한 객관적이고 합리적인 개선 방안이 필요하다. 국제적으로 추진되고 있는 AIS와 DSC 설비기준 및 DSC를 탑재한 저가형 반복신 VHF 무선설비의 출현 등을 고려한 연안항해 선박의 중장기 무선설비규정의 개정은

반드시 필요하다. 그러므로 현행 선박안전법의 무선설비 탑재기준에 대한 문제점을 조사하고, 전파환경 시뮬레이션에 의한 실태분석과 실측에 의한 자료를 토대로 연안해역의 해상안전을 추구하고 추진중인 전파법 및 선박안전법령 등의 관련법령 개정에 대한 방안을 제시한다.

## 2. 무선설비규정 현황과 운용실태

### 1) 무선설비규정 현황

연안항해 선박(어선 제외)은 현행 선박안전법 시행규칙 제5조 무선설비의 설치 규정에 의하여 10마일 이상을 항해하는 총톤수 10톤이상의 여객선과 총톤수 20톤이상의 화물선은 의무적으로 무선설비를 탑재해야 하며, 무선설비에 대한 탑재기준은 평수구역 항행선박과 연해구역 이상의 항행선박으로 구분하여 설비기준을 정하고 있다.

1998년과 2002년에 개최된 IMO(International Maritime Organization : 국제해사기구) 해사안전위원회에서 비협약선에도 2005년2월까지 VHF DSC를 갖출 것을 촉구하였으며, 2002년 COMSAR 회의에서는 가능한 한 2005년까지 비협약선에도 VHF DSC 설치를 강제화 하도록 자국 관계법령의 개정을 촉구하였다. 그리고 2004년 7월 정보통신부는 전파법 시행령을 개정하여 VHF 무선전화 통신에 반복신 방식을 허용하였다. 따라서 Class-D 타입의 DSC를 장착한 저가형 반복신 VHF 무선설비가 개발되어 출시되고 있으며, 이러한 저가형 VHF 무선설비는 향후 연안선박 탑재 장비의 주류가 될 전망이다. 즉, DSC 탑재의무와 함께 이에 대한 중장기 계획의

수립이 필요하다. 연안항해 선박의 현행 선박안전법 시행규칙 제5조 무선설비의 설치 규정에 의해 의무적으로 무선설비를 탑재해야 하는 기준은 표1과 같다[2].

표1 연안항해 선박의 무선설비 탑재 기준  
Table1 Radio equipment req. of coastal ship

구분	VHF	SSB 2MHz	SSB all band	VHF DSC	MF/ HF DSC	NAV TEX	EPIRB	SART	2 <sup>4000</sup> VHF
여객선 화물선	평수구역 선박	○							
	연해 이상 선박	○	○		○		○		
	300톤 이상 선박	○	○	○	○	○	○	○	○

표1의 현행 선박안전법시행령에 의한 연해구역의 정의는 한반도와 제주도의 해안으로부터 20마일 이내의 수역과 특별히 지정된 5구의 수역을 말한다. 그러므로 선박직원법 시행지내의 섬이라고 할지라도 지정된 5구역과 제주도 이외의 경우는 평수구역인 호천, 향내를 벗어나면 근해구역으로 된다. 따라서 무선설비의 탑재기준을 정하는데 있어서 이러한 해역의 구분을 적용한 것은 통신환경을 전혀 고려하지 않은 것으로서 재검토할 필요가 있다. 또한 협약선과 비협약선으로 구분하여 각각의 무선설비 탑재 기준이 적용되기 때문에 조난통신의 이원화 문제 등이 발생하여 국제적으로 비협약선에 대한 무선설비의 탑재기준 권고안들이 논의되고 있다.

2) 운용실태

우리나라 한국해운조합에 소속된 여객선은 모두 182척이며 평균 총톤수는 821톤이다. 그리고 서남해안의 여객선 일부를 제외하고는 대부분 10마일 이상을 항해하기 때문에 선박안전법에 의해 무선설비를 갖추어야 하며, 연해구역을 항해하는 여객선의 경우에는 VHF 무선설비와 SSB 무선설비를 모두 갖추어야 한다. 그러나 연안 여객선 항로중 30마일 이상의 항로는 약30개 정도이며, 이 중에서 연안으로부터 30마일 이상 떨어져서 항해하는 항로는 제주와 울릉도 항로를 제외하면 소수에 지나지 않는다. 즉, 연해구역을 항해하는 여객선의 경우 대부분은 VHF 통신권내에서 항해하고 있음에도 불구하고 SSB 무선설비까지 갖추도록 되어 있다. 또한 일반 연안 항해 화물선의 경우에도 대부분은 VHF 통신권내에서 항해하고 있으나, 선박안전법상의 항행구역 설정은 통신설비의 통신권과 무관하게 포괄적으로 정해져 있기 때문에 비현실적으로 무선설비를 갖추도록 하며, 주파수를 필요 이상으로 할당하고 운용하는 비효율적인 문제점이 있다.

선박안전법 제4조제2항의 규정에 의하여 해양수산부령이 정하는 선박에 갖추어야 하는 무선설비와 사용주파수는 다음과 같다.

- ① 초단파대 무선전화 : 156.3MHz, 156.65MHz, 156.8MHz
- ※ 일반무선통신도 송수신 가능

- ② 중단파대 무선전화 : 2,182kHz
- ※ 일반무선통신도 송수신 가능
- ③ 중단파대 및 단파대 무선전화 : 2,182kHz, 4,125kHz, 6,215kHz, 8,291kHz, 12,290kHz, 16,420kHz
- ※ 일반무선통신도 송수신 가능
- ④ VHF 디지털선택호출장치(DSC) : 156.525MHz
- ⑤ MF대 및 HF대 디지털선택호출장치(DSC) : 2,187.5kHz, 4,207.5kHz, 8,312kHz, 8,414.5kHz, 12,577kHz, 16,804.5kHz
- ⑥ 네비텍스 수신기 : 518kHz
- ⑦ 위성비상위치지시용무선표지설비(EPIRB) : 406MHz~406.1MHz 또는 1,530MHz~1,545MHz, 1,626.5MHz~1,646.5MHz
- ⑧ 레이더 트랜스폰더 : 9,200MHz~9,500MHz
- ⑨ 양방향 초단파대무선전화장치 : 156.800MHz

따라서 평수구역 및 연해구역 선박에 탑재하는 무선설비 현황 및 VHF 무선설비와 SSB 무선설비에 대한 사용실태 그리고 통신권을 조사하여 무선설비 탑재기준에 대한 개선방안이 마련되어야 한다.

3. 항해구역의 구분

우리나라의 항행구역은 선박의 항행범위를 한정하여 감항능력을 유지함으로써 선박 항행상의 안전을 확보하기 위한 목적으로 선박안전법 시행규칙 제26조에서 규정하고 있으며, 여기에는 평수구역, 연해구역, 근해구역 및 원양구역 등 4개의 구역으로 분류되어 다음과 같다[3].

1) 평수구역

호수, 하천 및 항내의 수역(항만법에 의하여 항만구역이 지정된 항만에 있어서는 그 구역)과 지정된 18구의 수역을 말한다.

2) 연해구역

연해구역이라 함은 한반도와 제주도의 해안으로부터 20마일(1마일은 1,852미터로 한다)이내의 수역과 지정된 5구의 수역을 말한다. 그러므로 선박직원법 시행지내의 섬이라고 할지라도 지정된 5구역과 제주도 이외의 경우는 평수구역인 호천, 향내를 벗어나면 근해구역으로 된다.

3) 근해구역

동경 175도, 동경 94도, 남위 11도, 북위 63도의 선으로 둘러싸인 수역을 말한다.

4) 원양구역

원양구역이라 함은 평수구역·연해구역·근해구역을 제외한 전 세계의 해역과 수역을 의미한다. 다만 원양구역을 항해하는 선박은 평수, 연해, 근해구역의 항로를 항해할 수 있다는 것으로 해석되어야 한다.

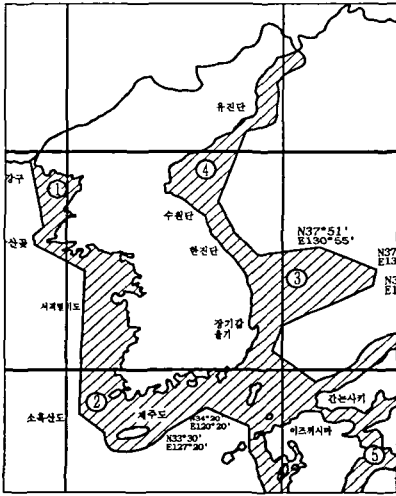


그림1 선박안전법에 의한 연해구역  
Fig.1 Coastal area by ships safety act

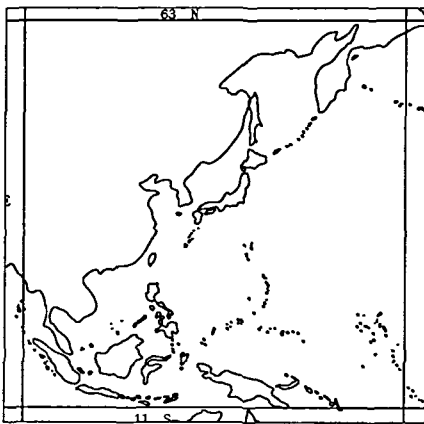


그림2 선박안전법에 의한 근해구역  
Fig.2 Around area by ships safety act

#### 4. 연안해역의 통신환경 분석

우리나라에는 일반 공중통신을 위한 1개의 단파 무선국(서울)과 3개의 중파 무선국(인천, 부산, 제주), 그리고 10개의 초단파 무선국(인천, 군산, 목포, 여수, 부산, 울산, 포항, 강릉, 제주, 울릉도)이 있다. 해양경찰청에서 운용하고 있는 구난무선국은 구조조정본부 산하 5개 무선국(인천, 목포, 부산, 동해, 제주)과 구조지부 산하 7개 무선국(속초, 태안, 군산, 여수, 포항, 울산, 통영)이 있다. 또한 한국해양조합에서 운용하는 무선국은 VHF 무선국 10곳, VHF 중계국 5곳, SSB

무선국 10곳 등이 있다. 이외에도 우리나라 해안을 중심으로 항무통신해안국, 어업무선국 등이 설치되어 있다. 따라서 연안여객선과 이러한 무선국을 사이에 VHF 무선설비로 통신이 가능한 연안해역을 고려할 때, VHF 통신권내에서 운항하는 연안선에 설치되어 있는 중단파 무선설비인 SSB의 탑재규정은 재고해 볼 필요가 있다.

VHF 통신은 직결파를 이용하여 통신을 하고 SSB 통신은 증파인 경우에는 지표파를, 단파인 경우에는 전리층 반사파를 이용하여 통신을 하기 때문에 사용 주파수대에 따라 전파환경이 다르다. 전파의 전파특성을 결정하는 모델에는 여러 가지가 있으나 해상에서와 같이 가시거리에서 VHF 통신하는 경우에는 일반적으로 적용 가능한 모델을 찾고 이러한 전파모델의 이론적인 배경을 근거로 통신환경 분석하였다.

##### 가. 전파의 분류와 특성

전파의 종별과 명칭을 분류하는 방법에는 여러 가지가 있으나 전파규칙상의 분류와 실용상 분류는 각각 다음의 표2와 같다.

표2 실용상 전파의 분류  
Table2 Classification of radio by use

분류	주파수 범위	파장의 범위
장파	100 kHz 이하	3 km 이상
중파	100 ~ 1,500 kHz	200 ~ 3,000 m
중단파	1.5 ~ 6 MHz	50 ~ 200 m
단파	6 ~ 30 MHz	10 ~ 50 m
초단파	30 ~ 300 MHz	1 ~ 10 m
극초단파	300 MHz 이상	1 m 이하

전파는 전계나 자계와 직각방향으로 진행하는 횡파이며 전파의 속도는  $3 \times 10^8 / \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$  m/sec 로서 공기나 진공 중에서는 속도가 일정한 특성을 나타내지만 매질의 투자율이나 유전율에 따라 달라질 수 있으며, 도전성을 가진 매질 내에서의 전파는 감쇠하는 특성을 가지고 있다.

또한 전파는 빛과 마찬가지로 굴절율이 다른 매질의 경계면에서 굴절하고 반사하는 성질이 있어 광학에서의 snell의 법칙이 적용되며 주파수가 낮을수록 회절현상이 심해지고 주파수가 높을수록 직진성이 강해진다.

##### 나. 전파환경 분석 모델

전파를 송신하는 기지국의 정확한 통달범위를 알기 위해서는 실제와 동일한 조건의 기지국을 설치하고 동일한 조건에서 측정을 하는 것이 가장 정확하지만 이는 비용과 시간의 측면에서 볼 때 불합리한 방법이다. 그러나 무선공학과 이동통신기술 및 컴퓨터 공학과 소프트웨어 기술의 발전에 힘입어 전파의 전파에 대한 연구는 실용적인 측면에서 충분한 신뢰를 갖는 분석기술이 구현되어 있으며 이를 사용하여 매우 저렴한 비용과 현저히 단축된 시간으로 전파환경에 대한 시뮬레이션이 가능하게 되었다. 전파환경 분석

에 대한 예측 모델의 종류와 본 연구에서 적용한 전파환경 분석 모델의 계산 방법은 다음과 같다[4].

1) Egli 모델

평면지구 모델에서는 이론적인 전계의 세기가 주파수에 비례하나 40MHz 이상의 주파수 대역에서는 신호가 불규칙한 지형을 지날 때 주파수에 무관하게 손실 값이 주어진다. 이런 경우를 고려하여 평면지구 모델을 보완한 것이 Egli 모델이며 전송손실의 정도를 나타내는 수치가 지형효과에 대한 주파수, 안테나 높이, 편파, 거리에 따라 분석되고 실험적으로 표시되어 있으며 모노그래프로 나타나 있다. 그러나 초보적이고 단순한 모델로서 이론적인 평면대지 전송손실에 준시가지 형태의 지형 계수를 고려한 실험적인 방식으로 실제 전송손실 예측에 적용하기에는 보다 정확도가 요구된다.

2) Carey 모델

45도 간격으로 각 8개 방향에 대한 16km까지의 지형을 산술평균하여 전송손실을 결정하는 방식이다. 그러나 경우에 따라 지형 형태가 상이한 경우에도 동일한 결과가 나올 수 있는 오류가 있어 문제가 있다.

3) Okumura 모델

이 모델은 도쿄 지역에서 측정을 통해 얻은 상세한 실험 데이터를 기초로 하여 제안된 모델이다. 이 모델은 먼저 준평활지형에 대한 전파손실을 예측한 후 이 결과를 다른 지형 조건에 맞추기 위해 보정 계수를 사용한다. 준평활지형에 대한 전파손실예측은 기지국 안테나 높이가 200m, 이동국 안테나 높이가 3m일때 거리 d에 따른 전파 손실을 주파수 f에 대하여 표현한 곡선 A(f,d)로부터 얻어진다. 이 곡선들은 자유공간손실에 대한 상대적인 전파손실을 나타낸다. Okumura 모델은 기존의 셀룰러 복잡한 환경의 육상이동통신 시스템에 대한 경로 손실을 예측하는데 가장 간단하고 정확성면에서도 양호한 것으로 평가된다. 도심이나 교외지역보다는 농촌 지역에서 더 정확한 특성을 보이거나 지형의 급격한 변화에 대한 응답이 느리다는 단점을 가지고 있다. 이 모델은 거리 1~100km, 기지국 유효안테나 높이 30~1,000m의 범위에 적용이 가능하며 또한 모든 계산 과정이 주로 그래프를 사용하기 때문에 불편하다.

4) Hata 모델

Hata 모델은 Okumura에 의해 제공된 그래프 경로손실 데이터의 경험적 공식화 과정에서 나온 결과이며 150MHz~1500MHz까지 유효하다. 특정 경로 정정을 할 수는 없지만 거리가 1km를 넘는 경우에는 Hata 모델에 의해 예측된 값과 원래의 Okumura 모델에 의해 예측된 값의 차이가 있다. 이 모델은 셀 규모가 큰 이동통신에는 비교적 정확한 값을 가지나 셀 반경이 1km의 몇 개 단위 형태인 통신방식에는 잘 맞지 않는 것으로

나타나있다. 또한 기지국 유효 안테나 높이가 200m, 구간 거리가 20km 이내에서 개발된 모델이기 때문에 이 범위를 벗어나는 경우에는 오차가 발생하여 적용하기가 어렵다.

5) William C. Y. Lee 모델

Lee 모델은 두 가지 성분을 갖는다. 첫 번째는 지역대 지역 경로손실 예측모델이고, 두 번째는 지역 경로손실을 기초로 하여 점대점 예측을 제공한다. 지역대 지역 전파손실 예측 모델은 특정 지형에 상관없이 일반적인 평탄한 지형을 지나 는 전파경로에 대한 손실이다. 만일 장애물로 인한 경로손실이 나타난다면 실제 측정값과 예측값은 상당한 차이가 발생한다. 지역대 지역 경로손실 예측에는 1마일 지점에서의 전력과 각 지형에 대한 경로손실 기율기를 기초로 계산한다. 따라서 1마일 지점의 손실 값과 각 지역에 대한 손실 기율기를 요구하기 때문에 직 지역에서의 측정이 먼저 선행되어야 하는 불편함이 있다.

6) Carey 모델

450~1,000MHz대역의 전송 손실에 대한 CCIR 모델을 기본으로 작성된 것으로서 송수신 안테나 높이, 구간거리 등의 조건에 따라 평균지형에 대한 전송손실이 결정되어지는 방식이다. 이 모델은 북쪽을 기준하여 45도 간격으로 8개 방향에 대하여만 검토할 뿐 아니라 16km까지나 되는 상당한 거리의 지형의 높이를 산술 평균하게 되므로 중간에 뾰족한 산이 있다 하더라도 평균 높이에 별 영향을 주지 않으므로 특정한 방향으로 높은 산이 계속 나타나지 않는 한 통신권의 형태는 각 방향별로 크게 변하지 않는 문제가 있기 때문에 실제 적용하기는 어렵다.

7) NBS Technical Note 101 모델

1965년 Rice에 의해 발표된 모델로서 750개 이상의 구간에서 장기적으로 측정된 데이터를 근거로 산출한 수식과 구체적인 그래프로 구성되어 있다. 이 모델은 모든 종류의 지형을 대상으로 40MHz~100GHz 주파수대에서 수km~수백km 까지 전송손실을 예측할 수 있다. 기지거리에서는 대기반사파 유무에 따라 나이프엣지 회절손실을 적용하여 계산하며 가지거리 보다 약간 먼 거리에서는 산란 감쇄 및 회절손실 추정치를, 가지거리 보다 훨씬 먼 거리에서는 스퀘터 이론을 적용하여 계산한다. 이 모델은 Longley-Rice 모델과 TIREM 모델에서 활용되고 있다.

8) Longley-Rice 모델

이 모델은 1968년 처음 발표된 방법으로 불규칙한 지형에서 자유공간 손실을 기준치로 하여 이로부터의 감쇄를 예측하는 것이다. 여기에는 주파수, 송수신 안테나 높이, 안테나의 거리, 평균 표면 굴절률, 대지의 도전을, 대지의 유전율, 지형의 불규칙도 등의 여러 가지 파라미터가 필요하다. 대부분의 수식은 NBS Technical Note 101 모델로부터 유도되어 보완되어 왔다. Longley-Rice 방법은 두 가지 모드로 동작한다. 하나는 Point-to-Point 예측모드로서 경로에 따른

정확한 지형의 형태를 알고 있는 경우에는 이러한 특정 파라미터를 지형에 근거하여 결정한다. 또 다른 것은 구역(Area) 예측 모드로서 지형의 형태를 정확하게 알지 못하는 경우에 특정 파라미터들을 추정하는 방법으로 결정한다. 이 모델에서 고려하고 있는 입력 조건은 주파수, 편파, 구간거리, 안테나 지상고, 지구 등가 반경, 기후, 지면 반사율, 대지 도전을, 대지 유전 상수, 안테나 유효 높이, 안테나 가지거리, 수평 양각, 경로의 불규칙 지형 등이다. 전파경로에서의 회절손실 계산은 지구 등가 반경에 따라 4가지로 구분하여 적용하고 있으며 안테나 높이는 지면으로부터의 높이를 기준하고 가지거리 여부에 따라 안테나의 유효높이 계산을 달리하고 있다. 이 모델은 특히 송수신 안테나의 유효높이를 결정하는 방법을 중요시하고 있으며 적용할 수 있는 범위는 주파수 20MHz~40GHz, 안테나 높이 0.5m~3m, 송수신간 거리는 1~2,000km이기 때문에 비교적 높은 주파수와 높은 안테나에서는 정확도가 떨어진다.

9) TIREM 모델

지형 데이터베이스를 사용하기 때문에 정확한 해석이 가능한 모델로서 지형 조건에 따라 12개의 전송모델로 구분되어 분석된다. 전파경로의 가지거리 여부와 안테나 유효높이, 주파수 대역 등에 따라 각각 다음과 같이 계산하는 방법을 달리하고 있다.

① 주파수에 따른 계산 방법

- 150MHz 이하의 주파수 : Longley-Rice식 적용
- 150~200MHz의 주파수 : Longley-Reasoner 실험식과 Longley-Rice 식으로 결정되는 가중치 평균 적용
- 200MHz 이상의 주파수 : Longley-Reasoner 실험식 적용

② 전파 모드에 따른 계산 방법

- 가지거리 : 프레넬 존의 반경에 따라 다음의 3가지로 구분하여 계산한다.
  - $h/r \geq 1.5$ 일 때 : 자유공간 모드 적용 계산
  - $h/r \leq 0.5$ 일 때 : 불규칙 지형 모드를 적용하며 전파경로 손실은 안테나 유효높이에 좌우된다.
    - $0.5 < h/r < 1.5$ 일 때 : Transition 모드를 적용하며 자유공간 손실과 불규칙 지형 손실을 복합적으로 고려한다.
- 비가지거리의 경우에는 다음의 모드를 선택하여 계산한다.

- knife-edge diffraction
- rough-earth diffraction
- effective knife-edge diffraction
- effective knife-edge diffraction/rough-earth diffraction 복합 계산
- tropospheric scatter
- effective double knife-edge
- diffraction-scatter
- diffraction and troposcatter losses

- diffraction and troposcatter losses with effective double knife-edge losses
- Troposcatter and effective double knife-edge losses

③ TIREM 모델의 유효 안테나 높이 산출 방법  
다음과 같은 Longley-Reasoner가 84개 가지거리 구간에서 실험한 안테나 유효높이의 결과식을 사용한다.

$$A_{cs} = 9[1 + \exp(-0.01\Delta h)] - 3.5\log(\min h_{e1,2}/\lambda) + 0.07d$$

여기에서 d는 구간거리, Δ는 지형계수, λ는 파장, he1,2는 안테나 유효높이를 나타내며 송신안테나의 지상고와 송신안테나 반경 16km내 지형의 평균높이 중 높은 것을 기준 한다.

전파환경에 대한 시뮬레이션의 가장 중요한 기술적 요소에는 예측 모델과 지형 데이터베이스의 설정이며 본 영역에서 사용한 예측 프로그램은 REGIS 프로그램을 사용하였다. 동 시뮬레이션 프로그램은 지형정보가 수록된 데이터베이스에서 지형정보를 읽어 들인 뒤 검토대상 구역내의 모든 수신지점에 대한 전파경로를 TIREM 모델을 이용하여 분석 계산된다.

전파경로에 따른 전계강도를 구하는 식은 가지거리와 비가지거리로 구분하여 각각 다음과 같이 계산된다.

① 가지거리에서의 전계강도

$$E(dB\mu V/m) = BFS(dB\mu V/m) + RAL(dB) + BAL(dB)$$

② 비가지거리에서의 전계강도

$$E(dB\mu V/m) = \min(BFS, DL) + RAL(dB)$$

상기의 식에서 BFS는 평지에서의 기본 전계강도 값이며 RAL은 수신안테나 높이에 따른 손실보정, BAL은 송신안테나 높이에 따른 손실보정 값이다. 송신 출력 1W를 기준으로 할 경우 BFS는 다음식과 같다.

$$BFS = -40.15 \cdot \log_{10}(d) - 2.91 \cdot \log_{10}(f) + 82.86 + 10\log(P_t) + G_m + G_b$$

또한 DL은 전파경로가 비가지거리인 경우 자유공간 전계강도값에서 회절손실을 뺀 값이다. 따라서 비가지거리에서의 최종 전계강도는 평지에서의 전계강도와 회절손실에 의한 전계강도를 계산하여 이 중 더 작은 값을 선택한 후 지역별 수신안테나 높이에 따른 손실을 보정하게 된다.

전파환경 분석에 사용된 지형정보는 한국전자통신연구소에서 개발한 것으로 해발고도와 지형 특성 데이터로 구성된 것이다. 이 데이터는

1:50,000 지도 원도에서 각 좌표별 고도 데이터를 추출하여 사용하며 지도 원도의 도엽(1도엽의 크기 = 15분×15분 분량)의 개수는 239도엽이며 도엽내 각 셀의 크기는 1초×1초(30m)의 그리드 형태의 데이터로 구성되어 있다. 이 데이터에는 각 셀의 해발고도를 2바이트의 이진 데이터로 표시하고 또한 지형 특성을 1바이트의 이진 데이터로 특성정보를 표시하고 있다.

시뮬레이션 처리 과정은 8단계로 이루어지며 각각의 단계는 다음과 같다.

■ 1단계 : 초기 입력 단계

무선국 데이터와 관련된 무선국 안테나의 좌표(경도, 위도), 주파수, 출력, 최대 반경 데이터, 안테나 높이(해발고+안테나고) 및 안테나 이득 등을 입력한다.

■ 2단계 : 지형정보 검색

입력된 좌표로부터 계산할 최대 반경을 고려한 방위각 0도 지점의 좌표를 산출한다. 계산할 방위각에 대해 선정된 기지국으로부터 30m(또는 n배의 샘플링)간격으로 증가시키면서 지형의 고도정보와 특성정보를 읽어 들인다.

■ 3단계 : 가시거리(Line-of-Sight) 여부 판정

추출한 고도 정보에 기인하여 가시거리인지 비가시거리인지 판정하기 위해 전파경로상의 최대 양각을 구한다.

$$\theta_{max} = \sum_{i=1}^{n-1} [\theta_i] \quad [mrad]$$

이 각이 송수신을 연결하는 양각보다 크면 비가시거리로 판정한다.

$$\theta_{max} > \theta_{id}$$

$$\theta_i = \frac{h_i - h_{is}}{d_i} - \frac{10^3 d_i}{2a_e}$$

$$\theta_{id} = \frac{h_{rs} - h_u}{d} - \frac{10^3 d}{2a_e}$$

여기에서  $h_i$ 는  $i$ 번째 지형데이터의 해발고도,  $h_{is}$ 는 송신국의 안테나 높이를 포함한 해발고,  $h_{rs}$ 는 수신국의 안테나 높이를 포함한 해발고를 의미한다. 이것이 만족되지 않으면 가시거리로 판정한다.

■ 4단계 : 기본 전계강도 계산

기본 전계강도를 다음 식에 의하여 계산한다.

$$BFS = -40.15 \cdot \log_{10}(d) - 2.91 \cdot \log_{10}(f) + 112.86 + 20 \log\left(\frac{h_{te}}{30}\right)$$

■ 5단계 : 회절손실 계산 및 전계강도 보정

장애물의 수가 1개인지 또는 2개 이상인지 그 수를 산출하여 보정한다.

- 장애물이 1개인 경우

$$BFS = \min(BFS, DL)$$

단,  $DL = E_f - J(v)$ ,

$$E_f = 107 - 20 \log(d),$$

$$v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

$$J(v) = 6.9 + 20 \log \sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \quad (dB)$$

- 장애물이 2개 이상일 경우

$$BFS = \min(BFS, DL)$$

단,  $DL = E_f - L_d$ ,

$$L_d = \sum_{i=1}^N L'_i$$

■ 6단계 : 지역별 수신국 안테나 높이 보정

추출된 지형특성 데이터에 따라 수신안테나 손실(RAL)을 보정한다.

$$E = BFS + RAL$$

■ 7단계 : 거리 증분 후 반복 계산

한 지점에 대해 계산이 끝나면 거리를 증가시켜 3단계부터 6단계까지 반복하며 한 경로의 입력한 최대거리가 끝날 때까지 반복한다. 한 경로가 끝나면 8단계로 진행한다.

■ 8단계 : 방위각 증가 후 반복 계산

한 경로(방위각)에 대해 계산이 끝나면 방위각을 1초 간격으로 증가시킨 후 2단계부터 7단계까지 반복한다. 그리고 방위각이 360도가 되면 전체 처리과정이 끝나고 메모리에 저장된 전계강도의 값에 따라 화면에 그 결과를 나타낸다.

다음은 본 연구에서 사용한 시뮬레이션 프로그램의 사양은 다음과 같다.

- ① 프로그램 명칭 : REGIS(ETRI 개발)
- ② 지형 데이터베이스 : ETRI 제작, 지형 DB, 1/50,000 지도 239도엽을 1초 간격으로 한 지형정보(지형고도, 고밀도 도시, 저밀도 도시, 산림, 밭, 논, 습지, 바다, 강, 호수 등) 수록.
- ③ 출력 프로그램 : SURFFER(Surface Mapper, GOLDEN SOFTWARE사 제작)

다. 전파환경 시뮬레이션

1) VHF 전파환경

VHF 통신권을 분석하 위한 전파환경 시뮬레이션 조건으로는 주파수 156MHz, 해안국 송신기출력 20W(43dBm), 동축피뢰기 및 기지국 커넥터 손실 각각 0.5dB, 해안국 급전선손실 50m 기준 1.5dB, 해안국 안테나이득 6dB를 감안하여 유효복사전력을 46.5dBm으로 하였으며, 선박국 안테나 높이 10m, 선박국 급전선손실 15m 기준 1.5dB, 이동국 피뢰기 및 커넥터 손실 각각 0.5dB, Fade 마진 90% 신뢰도 적용 8.18dB, 지

구 등가반경 4/3, 수신한계 레벨  $2\mu V(-101dBm)$ 를 기준으로 시뮬레이션을 수행하였다. 현재 국내 연안해역을 대상으로 운용하는 VHF 해안국은 해운조합과 KT 무선국이 있다[5].

2) SSB 전파환경

SSB 통신권을 구하기 위한 전파환경 시뮬레이션 조건으로는 주파수 2,123.4kHz, 해안국 송신기 출력 100W(50dBm), 동축 피뢰기손실 0.5dB, 해안국 커넥터 및 급전선손실 2.0dB, 해안국 안테나 이득 6dB 감안 유효복사전력은 53.5dBm, 선박국 안테나 높이 10m, 선박국 급전선 손실 15m 기준 1.5dB, 이동국 피뢰기 및 커넥터 손실 각각 0.5dB, Fade 마진 90% 신뢰도 적용 8.18dB, 수신한계 레벨  $6\mu V(15.563dB\mu V)$ 를 기준으로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 연안여객선 및 화물선과 통신을 운용하고 있는 해운조합의 무선국을 대상으로 하였다.

KT의 VHF 무선국은 영종도를 비롯하여 전국에 26개의 송신시설이 설치되었으며, 안테나의 해발 및 지상고의 환경이 매우 좋은 편이다.

표3 해운조합 VHF 무선국 현황

Table3 VHF radio station of the Korea shipping association

무선국	설치장소	안테나 높이(m)	
		해발고	지상고
인천	인천시 중구	34	29
보령	충남 보령시	35	30
군산	전북 군산시	14	17
목포	전남 목포시	14	12
완도	전남 완도읍	22	19
남방산	전남 완도읍	161	7
여수	전남 여수시	19	15
나로도	전남 고흥군	351	15
제주	제주 제주시	28	25
충무	경남 통영시	18	15
경승포	경남 거제시	14	12
마산	경남 마산시	20	10
실리도	경남 마산시	70	7
부산	부산시 중구	30	27
구덕산	부산시 서구	570	10



그림3 해운조합 VHF 해안국 전파환경  
Fig.3 VHF radio environment of the Korea shipping association

라. 시뮬레이션의 분석

그림3에서 해운조합의 VHF 전파환경은 전반적으로 해안국 안테나가 대부분 여객선터미널의 옥상에 설치되어 있어 안테나의 위치가 낮고 또한 주변의 섬으로 인하여 전파환경이 열악하였다. 전체적으로 남해안의 경우에는 섬 주변의 일부 난청지역을 제외하고 통신권에 포함되지 않는 지역이 있고, 동해안은 VHF 통신권이 형성되어 있지 않다. 반면 그림4에서 KT 해안국의 VHF 전파환경은 백령도를 제외한 연안해역 전체를 coverage로 하는 매우 이상적인 환경을 구축하고 있었다. 이러한 상태에서는 연안여객선 및 화물선의 항로를 모두 통신권내에 포함할 수 있을 것으로 분석된다.

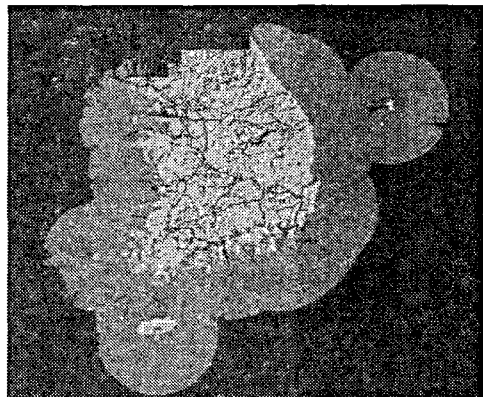


그림4 KT VHF 해안국 전파환경  
Fig.4 VHF radio environment of the KT

표4 해운조합 HF 무선국 현황  
Table5 HF radio station of the Korea shipping association

무선국	설치장소	안테나고(m)	
		해발	지상고
인천	인천시 중구	34	29
보령	충남 보령시	35	30
군산	전북 군산시	14	10
격포	전북 무안군	18	10
목포	전남 목포시	14	12
완도	전남 완도군	22	19
여수	전남 여주시	19	15
제주	제주 제주시	28	25
충무	경남 통영시	18	15
부산	부산시 중구	30	27
포항	경북 포항시	27	25

그림5에서 SSB 전파환경은 중단파 전파의 특성상 지표파 전파를 하기 때문에 VHF 통신권보다 광범위하며 주변의 섬에 의한 전파의 감쇠가 발생하지만 음영지역은 VHF 통신보다 매우 작게 나타나는 특성을 보인다. 특히 해안국 환경이 양호하며 주변의 장애물이 없고 지표파의 전파에 가장 좋은 지형을 가지고 있는 제주 해안국의 SSB 통신권은 매우 광범위하게 나타나고 있으며 대부분의 SSB 통신권은 해안국별로 상호 중첩되어 나타나고 있다. 그림6은 연안해역의 주요 항로를 나타낸 것으로 부분적으로 해운조합 VHF 무선국의 음영지역을 표기하고 있으나 KT의 VHF 통신권에서는 전혀 문제가 없다.

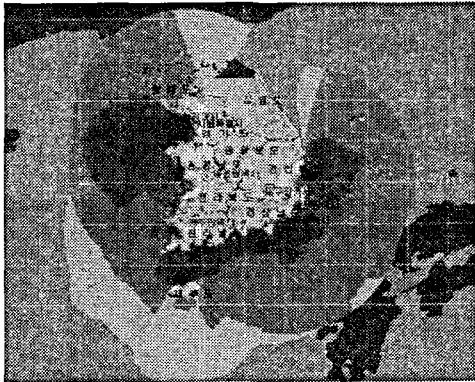


그림5 해운조합 HF 해안국 전파환경  
Fig.5 HF radio environment of the Korea shipping association



그림6 연안해역의 주요 항로  
Fig.6 Major sea route of coastal

### 5. 결론

지금까지 VHF 및 HF 무선전화에 의하여 해상통신을 수행하는 연근해 선박들의 통신환경을 조사하였고 전파환경 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 분석하였다. 연안항해 선박의 경우 대부분은 VHF 통신권 내에서 항해하고 있으나, 선박 안전법상의 항행구역 설정은 통신설비의 통신권과 무관하게 포괄적으로 정해져 있기 때문에 비현실적으로 2중화된 무선설비를 갖추도록 하여 필요이상의 주파수를 할당하고 운용하므로써 유사한 귀중한 자원을 비효율적으로 사용하는 문제점이 있다. 앞으로 Class-D 타입의 DSC를 장착한 저가형 반복신 VHF 무선설비가 개발되어 출시되고 있으며, 이러한 저가형 VHF 무선설비는 연안선박 탑재장비의 주류가 될 전망이다. 이에 대한 중장기적인 설비규정의 개선이 필요하다. 특히, KT VHF 해안국의 우수한 전파환경을 최대한 활용하기 위해서는 기관별 독립적으로 운영하는 VHF 해안국을 VoIP 등의 네트워크로 통합하여 운영하는 방안이 가장 효율적이며 당면한 과제라고 평가된다[6].

### 참고문헌

- [1] "GMDSS 實務 マニュアル", 成山堂, 東京, 2002.2.
- [2] "선박안전법", 해양수산부.
- [3] "연안항로자료", 해운조합.
- [4] "이동통신과 마이크로파통신의 실무와 이론", 이강영저, 도서출판 기다리, 2000.
- [5] "항로표지 장기개발 계획에 관한 조사 연구", 해양수산부 연구보고서, 2000.
- [6] "데이터 통신을 이용한 디지털 어업통신망 구현에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 논문지 제7권제6호, 2003.03.