

대한민국 남해상(부산-제주도)에서의 TVWS 가용채널 이용에 관한 연구

Study on Use of TVWS Available Channels in South Sea of Korea (Busan-Jejudo)

정 찬 형 · 심 동 하

Chanhung Chung · Dongha Shim

요 약

본 논문은 우리나라 최초로 지상파 DTV(digital television) 방송 대역을 대상으로, 남해상에서 활용 가능한 TVWS(TV white space) 가용채널 이용에 대한 조사 및 분석 결과를 소개한다. 이를 위해 우리나라 남해의 부산-제주도 항로 구간을 중심으로 해상에서 DTV 방송 신호(채널 14-51번, 470~698 MHz)의 TVWS 주파수 이용 가능성에 대해 연구하였다. 국내 DTV 채널과 다른 특이한 측정 데이터 특성 분석을 통해서 일본 DTV 신호의 전파월경이 확인되었으며, 이로 인해서 남해상에서 사용할 수 있는 TVWS 가용채널에 영향이 있는 것으로 파악되었다. 분석 결과, 채널 39번(623 MHz)은 부산-제주도 항로 구간 모든 해상에서 기존 DTV 채널과의 간섭 없이 TVWS 가용채널로 활용할 수 있는 것으로 파악되었다. 그리고 채널 45번(659 MHz), 47번(671 MHz)의 2개 채널은 부산항과 제주항 인근을 제외한 부산-제주도 항로 구간에서 TVWS 가용 주파수로 활용 가능하다는 것을 확인하였다.

Abstract

This paper describes the first study in Korea on the use of available TV white space (TVWS) channels that can be used in the South Sea for terrestrial digital television (DTV) broadcasting bands. Focusing on the Busan-Jeju route in the South Sea of Korea, the possibility of using TVWS frequencies of DTV broadcast signals (channels 14-51 and 470~698 MHz) was studied. Through the characteristic analysis of domestic DTV channels and other unusual measurement data, the DTV spillover signals of Japan are confirmed, and it is deduced that the available TVWS channels that could be used in the South Sea are affected. The analysis confirmed that channel No. 39 (623 MHz) can be used as an available channel for TVWS without interference from existing DTV channels in all seas between Busan Port and Jeju Port. Additionally, two channels, channel 45 (659 MHz) and 47 (671 MHz), were found to be available for the TVWS frequencies on the Busan-Jeju Island route section, excluding Busan Port and Jeju Port.

Key words: TVWS, Maritime Frequency, DTV Available Channel, South Sea, DTV Spillover Signal

서울과학기술대학교(Seoul National University of Science and Technology)

· Manuscript received August 29, 2022 ; Revised September 14, 2022 ; Accepted October 1, 2022. (ID No. 20220829-067)

· Corresponding Author: Dongha Shim (e-mail: dongha@seoultech.ac.kr)

I. 서 론

일반적으로 지상에서 TVWS(TV white space) 서비스를 이용하기 위해서는 국립전파연구원에서 제공하는 가용 채널 검색시스템(<https://www.tvws.kr>)에 접속하여 서비스를 이용하고자 하는 장소의 주소 또는 좌표(위도, 경도)를 입력하여 그 지점의 가용 주파수 현황을 파악한 후 이용이 가능하다^[1]. TVWS 가용 주파수는 도심보다는 교외 지역에서 확보가 용이하며, 응용서비스로는 인터넷서비스 제공 수퍼 WiFi, 의료 및 관광 등 지역정보 제공, 산불감지 및 환경감시 등 녹색 정보제공, 교통 및 학교 안전 등을 위한 공공안전 서비스 등에 이용이 가능하다^[1]. 그림 1은 TVWS를 활용한 서비스 사례를 보여준다.

최근 주로 지상에서 이용되는 사물인터넷 서비스의 확대를 위해 청풍호와 소양호의 유람선에서 TVWS 이용을 위한 실험이 추진되었다^[2]. 그리고 그 결과를 반영하여 과학기술정보통신부 고시 제2022-20호(신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비의 기술기준 일부 개정)가 마련되었다^[3]. 한편 해상에서는 선박과 해양플랜트에서 통신 시스템의 데이터 처리증가 및 가두리 양식장 등의 스마트팜 추진 등에 따라서 TVWS를 기반으로 한 무선통망의 이용이 예상된다^{[4][5]}.

한편 해상무선통신망(LTE-M)은 기존 700 MHz 대역의 20 MHz 대역폭을 재난안전통신망(PS-LTE), 철도통합무선통신망(LTE-R) 등과 동일한 주파수를 공동으로 이용하며, 해상안전을 위한 공공 전용 주파수로 인터넷서비스

및 IoT 등 일반적인 무선통신 용도의 주파수 사용이 불가하다^[6].

현재 육상 이동 통신망은 고속의 유비쿼터스 환경을 제공하고 있으나, 이를 해상까지 확장하기 위해서는 여러 가지 기술적인 문제를 해결해야 한다. 해상에서 육상 통신의 품질을 유지하기 위해서는 해안가에 설치된 많은 기지국들의 출력을 높여야 하므로, 설치 및 유지에 따른 경제적 비용이 매우 크다. 또한 장거리 통신에 사용되는 HF 대역은 밤과 낮, 계절별 등 환경에 따라 통신 상태가 변하기 때문에 신뢰성 있는 고속 데이터 통신이 어렵다^[7].

지상파방송사업은 방송을 목적으로 하는 지상의 무선국을 관리·운영하며 이를 이용하여 방송을 행하는 사업이며, 지상파 DTV 신호는 지상에 설치된 송신소를 통해서 DTV 방송 수신을 목적으로 하는 서비스다^{[8][9]}.

지상파방송은 그 방송권역 내에서만 시청할 수 있는 것이 원칙이고^[10], 방송권역은 방송사가 허가를 받을 때 전파도달 범위를 정한 것을 말한다. 방송권역을 설정하는 목적은 기술적인 목적과 지역방송 보호정책의 목적을 가지고 있다. 기술적인 목적으로는 지상파방송의 주파수가 혼신을 일으키지 않도록 각 지역별로 방송구역을 정하여 그 구역 내에서 방송하도록 한 조치이다. 그러나 방송권역이 단지 기술적 문제만 관련되지는 않다. 그것은 방송권역이라는 장치를 통해서 지역방송을 보호하기 위한 성격 역시 강하다^[11].

위의 연구결과에 따르면 방송권역은 기술적 경제적 요소를 모두 내포하고 있으며 이에 따라서 해상은 방송사의 DTV 방송권역에서 벗어나 있다고 할 수 있다. 다만 방송전파의 특성상 육상에 인접한 해상 및 도서에 서비스를 제공하기 위한 일부 지상파 DTV 신호가 해상에서 수신되는 것이라 할 수 있다. 따라서 해상에서는 육상보다 더 좋은 환경에서 TVWS 가용채널을 이용할 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문은 육상과 달리 주변의 공중파 TV 시청 가구 및 무선마이크 등 보호를 위한 이격거리 확보가 필요 없는 해상이라는 특수 조건에서의 TVWS 주파수 이용을 특징으로 한다. 이와 같은 DTV 방송 신호 특성을 기반으로 우리나라 최초로 UHF 대역의 DTV 방송 채널 14~51번(470~698 MHz) 중 남해상에서 사용할 수 있는 TVWS 가

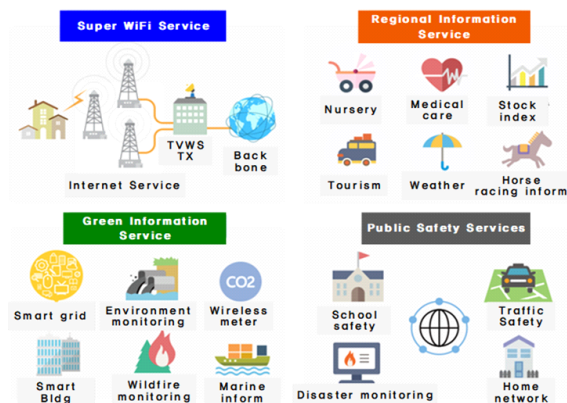


그림 1. TVWS 활용 주요 서비스 분류^[1]

Fig. 1. Key service categories utilizing TVWS^[1].

용채널 이용에 대한 연구이다.

만약 남해상에서 DTV 방송 채널 중 사용되지 않는 채널이 파악된다면 전파의 간섭 없이 TVWS 가용채널로 사용할 수 있는 새로운 주파수 자원의 확보가 되는 것이다. 따라서 남해상에서 이용이 가능한 TVWS 가용채널을 찾기 위해서 선박을 이용해 DTV 신호를 선상에서 수신하여 측정 분석하였다.

II. 본 론

2-1 TVWS 개념

TVWS는 DTV 방송 대역인 54~698 MHz 중 방송국 간의 간섭방지를 위하여 지역적으로 사용하지 않고 비어 있는 주파수 대역을 의미한다. 그러나 우리나라는 방송 주파수 정책에 따라서 VHF 대역을 제외한 UHF(470~698 MHz) 대역만을 TVWS 주파수 용도로 사용할 수 있다.

TVWS 주파수 대역은 2.4 GHz 또는 5.8 GHz 대역을 이용하는 WiFi 서비스보다 전파특성이 좋은 UHF 저대역을 이용하므로 농촌, 산간 및 해상지역 등을 대상으로 넓은 지역의 구축 비용을 절감할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그림 2는 국내 DTV 방송 대역 및 TVWS 대역을 보여 준다.

2-2 가용채널 측정 시나리오

3면이 바다인 우리나라의 지형적인 여건을 고려할 때 동해, 남해, 서해 모든 바다에서 공통으로 활용할 수 있는 주파수를 찾아내는 것이 바람직하다. 본 연구는 그 일환으로 해상에 섬이 많고 양식업 등이 발달한 남해상의 부산-제주도 구간을 중심으로 해상 전파환경을 측정 분석

| Channel | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 13 | 14 | 51 |
|------------|------|------|----------|------------|-----|-----|-----|-----|
| | DTV* | DTV* | DMB/DTV* | DTV (TVWS) | | | | |
| Freq.(MHz) | 54 | 72 | 76 | 88 | 174 | 216 | 470 | 698 |

그림 2. 국내 DTV 방송 대역 및 TVWS 대역
Fig. 2. Domestic DTV broadcast band and TVWS band (DTV*: DTV 예비 대역[reserved band]).

표 1. 방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법^[12]

Table 1. Criteria, preparation and indication method of electric field strength in broadcasting area^[12].

| Broadcast stations | | Electric field strength in broadcasting area (dBuV/m) | Note |
|--|----------|---|--|
| Terrestrial digital television station | LOW VHF | 28 | The antenna height is based on a height of 9 m above the ground. |
| | HIGH VHF | 36 | |
| | UHF | 41 | |

하였다. 부산-제주도 왕복 구간의 선상에서 측정한 데이터는 총 8,626개(227지점×38개 방송 채널)이며, 38개 채널 데이터 각각에 대해서 측정시간, 수신지점의 위도, 경도 및 전계 강도를 함께 기록하였다.

우리나라 「방송구역전계강도의 기준·작성요령 및 표시방법」은 표 1과 같다^[12].

UHF 대역을 이용하는 470~698MHz(채널 14~51번)의 방송수신 전계강도는 41 dBuV/m 이상 되어야 하며 수신 레벨(75 Ω 기준 수신전력)로 환산하면 약 -68 dBm 이다. 한편 국내 DTV 전송 규격은 ATSC 방식의 단일 반송파의 8-VSB(vestigial side band) 변조 방식을 채택하고 있다^[13]. 근래 디지털 실리콘 튜너의 개발로 수신기의 노이즈 특성이 개선되어 초기 수신기의 임계 수신전력이었던 -78 dBm보다 약 6 dB 낮은 -84 dBm까지 지원하는 수신기가 2005년 이후 등장하였다^[14].

방송구역 전계강도는 -68 dBm 이지만 실질적으로 수신전력 -84 dBm 신호까지 DTV 시청이 가능하기 때문에 비록 해상이지만 방송 수신을 보장하는 의미에서 본 논문에서는 DTV 시청이 불가능한 -84 dBm 미만의 채널을 가용채널 기준으로 설정하였다. 부산항에서 제주항까지 거리는 약 290 km이며 소요 시간은 약 12시간으로 평균 시속은 약 24 km이다.

2-3 측정 선박 및 TVWS 주파수 측정 장비

정규 여객선을 이용하여 부산-제주도 구간의 TVWS를 측정하는데 선상에서의 DTV 신호 측정이라는 특수성을 고려해서 현장에서 발생할 수 있는 문제를 최소화하기

위해서 사전 점검을 통해서, 측정 장비의 휴대성과 측정용 안테나의 결속 위치와 방법 등에 대해 사전에 검토했다.

한편, 안전하고 정확한 선상 측정을 위해 해운사와 선박안전에 대한 교육, 측정 장비 설치 및 선상 위 안테나 설치 협조, 측정 인원 등에 대한 사전 승인 등 여러 사항에 대한 사전 협의가 필요했다.

해상을 운행하는 선박에서의 측정이므로 파도와 바람에 의한 흔들림과 안전을 고려하여, 그림 3과 같이 안테나는 3 m 철재 막대를 이용해서 배의 2층 난간에 단단히 고정했으며, 랩톱과 휴대용 주파수 분석기는 선사의 협조로 빈 업무공간의 일부를 활용해서 실내에 설치했다. 선상 측정에 활용된 장비는 표 2와 같다.

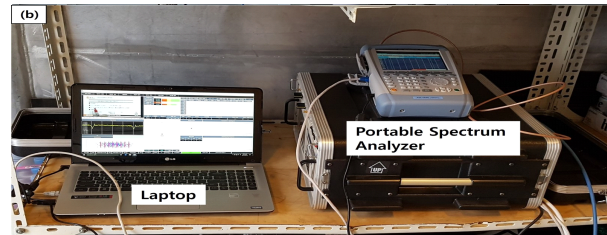
Ⅲ. 가용채널 측정 결과 및 분석

3-1 부산-제주도 구간 측정결과 분석

부산항-제주항 왕복 구간의 38개 DTV 채널별 227개 지점 신호(38개 채널의 총 데이터는 8,626개)의 수신 레벨의 평균값을 분석한 결과 그림 4와 같이 채널의 평균 수신레벨이 가용채널 기준인 -84 dBm (DTV 수신성능) 보다 낮아 DTV 수신이 불가능한 13개의 채널이 TVWS 가



(a) 옴니마린 무지향성 안테나
(a) Omnimarin omni-directional antenna



(b) 측정데이터 저장 및 분석용 랩탑(좌), 휴대용 스펙트럼분석기(우)
(b) Laptop for measurement data storage and analysis (left), portable spectrum analyzer (right)

그림 3. 선상에 설치한 휴대용 TVWS 대역 측정 시스템
Fig. 3. Portable TVWS band measurement system.

용채널의 후보로 판별되었다.

그림 5와 같이 각 채널별 저수신레벨 지점의 비율(%)

표 2. 해상 주파수 측정 시스템 상세 제원

Table 2. Detailed specifications of marine frequency measurement system.

| Product name | Model name | Specifications |
|--------------------|--------------------------------|--|
| Spectrum analyzer | FSH-13 (portable) | <ul style="list-style-type: none"> Frequency range: 9 kHz to 13 GHz High sensitivity (< -141 dBm [1 Hz]) with preamplifier < -161 dBm [1 Hz]) Low measurement uncertainty (< 1 dB) with Pre-AMP |
| Antenna | Omni-directional (omni-marine) | <ul style="list-style-type: none"> Receive band: CH 14~69 (UHF 470~806 MHz) Connector: F type Antenna gain: 0 dBi Impedance: 75Ω Size: 380×350×134 mm |
| DTV receiving card | Channel analyzer SKYDIGITAL | Monitoring the broadcast reception screen and capture |
| Consumables | Antenna pole, cable | 25 m cable, antenna pole up to 3 m |
| Measuring PC | Laptop | - |
| GPS receiver | USB type for laptop connection | - |

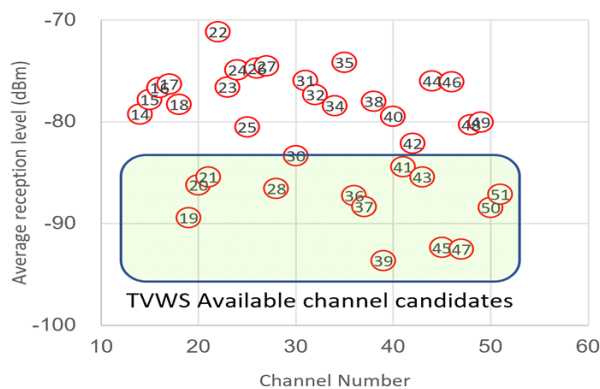


그림 4. 수신레벨 평균이 -84 dBm보다 낮은 13개 TVWS 가용채널 후보

Fig. 4. 13 TVWS available channel candidates whose average reception level is lower than -84 dBm.

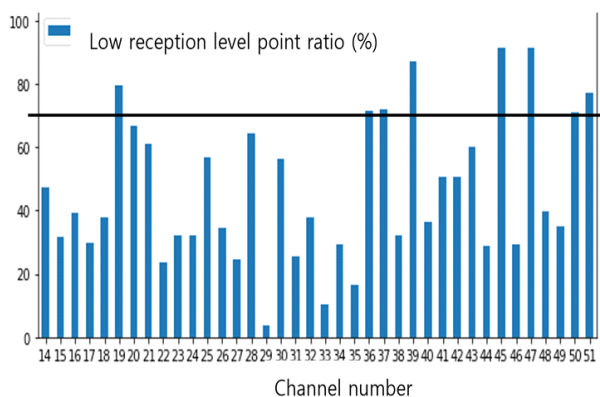


그림 5. 각 채널별 저수신레벨 지점의 비율

Fig. 5. Percentage of low-reception level points for each channel.

을 정리하여 수신레벨이 기준인 -84 dBm 이하인 지점 수의 비율을 함께 고려하여 최종적으로 TVWS 가용채널을 평가하였다. 채널 39번은 100 %에 가까운 저수신레벨 비율을 보이며, 채널 45번, 47번도 80 %를 상회하는 비율을 보임을 알 수 있다. 반면에 채널 29번과 33번, 35번 등은 20 %에도 미치지 못하는 매우 낮은 저수신레벨 비율 특성을 보인다. 이와 같은 DTV 채널 신호는 특이 신호로 분류될 수 있다.

표 3의 ***로 표시된 3개 채널(39, 45, 47번)은 227개 지점 중 90 % 이상의 지점에서 저수신레벨로 분석되었고, 동시에 평균 수신레벨도 기준인 -84 dBm보다 더 낮은

표 3. 지상파방송 채널별 평균 수신레벨 및 저수신레벨 지점 비율

Table 3. Average reception level by DTV channel and ratio of low reception level points below -84 dBm.

| Ch. No. | Frequency (MHz) | Channel average reception level (dBm) | Number of points above -84 dBm | Number of points below -84 dBm | Point rate below -84 dBm (%) |
|---------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 14 | 473 | -79.24 | 120 | 107 | 47.1 |
| 15 | 479 | -77.82 | 155 | 72 | 31.7 |
| 16 | 485 | -76.64 | 138 | 89 | 39.2 |
| 17 | 491 | -76.31 | 159 | 68 | 30.0 |
| 18 | 497 | -78.30 | 141 | 86 | 37.9 |
| 19** | 503 | -89.42 | 46 | 181 | 79.7 |
| 20* | 509 | -86.23 | 75 | 152 | 67.0 |
| 21* | 515 | -85.43 | 88 | 139 | 61.2 |
| 22 | 521 | -71.16 | 173 | 54 | 23.8 |
| 23 | 527 | -76.61 | 154 | 73 | 32.2 |
| 24 | 533 | -74.91 | 154 | 73 | 32.2 |
| 25 | 539 | -80.50 | 98 | 129 | 56.8 |
| 26 | 545 | -74.75 | 149 | 78 | 34.4 |
| 27 | 551 | -74.51 | 171 | 56 | 24.7 |
| 28* | 557 | -86.55 | 81 | 146 | 64.3 |
| 29 | 563 | -69.27 | 219 | 8 | 3.5 |
| 30 | 569 | -83.33 | 99 | 128 | 56.4 |
| 31 | 575 | -75.93 | 169 | 58 | 25.6 |
| 32 | 581 | -77.32 | 141 | 86 | 37.9 |
| 33 | 587 | -67.48 | 204 | 23 | 10.1 |
| 34 | 593 | -78.41 | 160 | 67 | 29.5 |
| 35 | 599 | -74.17 | 189 | 38 | 16.7 |
| 36** | 605 | -87.25 | 65 | 162 | 71.4 |
| 37** | 611 | -88.36 | 64 | 163 | 71.8 |
| 38 | 617 | -77.97 | 154 | 73 | 32.2 |
| 39*** | 623 | -93.67 | 4 | 223 | 98.2 |
| 40 | 629 | -79.47 | 144 | 83 | 36.6 |
| 41* | 635 | -84.41 | 112 | 115 | 50.7 |
| 42 | 641 | -82.13 | 112 | 115 | 50.7 |
| 43* | 647 | -85.44 | 90 | 137 | 60.4 |
| 44 | 653 | -75.98 | 162 | 65 | 28.6 |
| 45*** | 659 | -92.38 | 19 | 208 | 91.6 |
| 46 | 665 | -76.06 | 160 | 67 | 29.5 |
| 47*** | 671 | -92.52 | 19 | 208 | 91.6 |
| 48 | 677 | -80.30 | 137 | 90 | 39.6 |
| 49 | 683 | -80.05 | 148 | 79 | 34.8 |
| 50** | 689 | -88.43 | 66 | 161 | 70.9 |
| 51** | 695 | -87.13 | 52 | 175 | 77.1 |

-90 dBm 이하로 분석된 우수한 TVWS 가용채널들이다. 또한 **로 표시된 5개 채널(19, 36, 37, 50, 51번)도 평균 수신레벨이 -84 dBm보다 낮으면서 70 % 이상의 지점에서 저수신레벨로 분석되어, TVWS 가용채널로 사용하기에 적절한 것으로 분석되었다.

반면에 *로 표시된 5개 채널(20, 21, 28, 41, 43번)은 채널 평균 수신레벨은 TVWS 가용채널 후보로 평가되었지만, 저수신레벨 지점의 비율이 70 %에 못 미치는 것으로 분석되어서 TVWS 가용채널로 이용하기에 다소 적절하지 못한 채널로 분석되었다.

측정 결과, 표 3을 보면 남해상에서 많은 DTV 방송 신호가 높은 신호 레벨로 수신되고 있음을 알 수 있다. 특히 그림 5를 통해서 채널 29번은 저수신레벨 지점 비율이 매우 낮은 것으로 파악되었다.

그림 6은 부산-제주도 구간의 남해상에서 수신되는 DTV 방송 채널들의 신호원을 KBS 수신 안내 지도(<https://map.kbs.co.kr/map.jsp>) 사이트를 통해서 파악한 것이다.

각 지역에서 수신된 신호를 파악해 보면, 부산항 주변

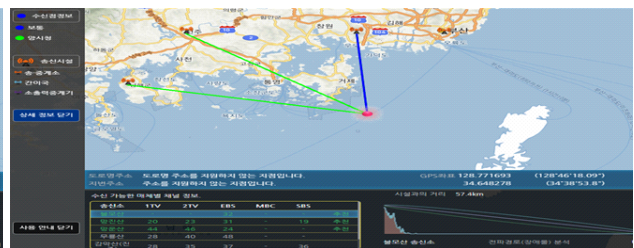
에서는 부산시, 창원시, 울산시 등에서 송신되는 DTV 신호가 수신되었다. 한편 거제도 인근 해상은 거제시, 창원시, 진주시, 남해군 등에서 송신된 신호가 수신되었고, 여수 남쪽 해상에서는 여수시, 순천시, 해남군 등의 신호가 수신되었다. 그리고 북제주 인근 해상에서는 제주도와 해남군의 신호가 수신되는 것으로 파악되었다^[15].

KBS 수신 안내 지도는 방송망을 구성하는 송신시설 정보와 지도정보를 기반으로 전파분석기법을 적용하여 시청자의 위치에서 지상파 방송 직접 수신정보를 얻을 수 있도록 개발된 시스템이다^[16]. KBS 지역방송국 정보를 이용하면 그림 6의 부산항-제주도 4곳의 해상에서 수신되는 DTV 채널 신호에 대응되는 송신소와 DTV 채널 정보를 표 4~표 7과 같이 정리할 수 있다^{[17]~[28]}.

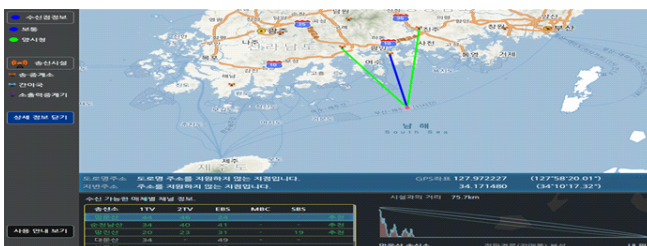
수신 채널 14, 16, 33번 등은 남해상의 3곳 이상에서 수신되는 것으로 나타났다. 표 4~표 7과 같이, 각 지점에서 수신되는 DTV 신호는 3~4개의 송신소로부터 전송된 신호들이며 일부 채널은 2~3개 지점에서 중복되어 사용되는 것을 알 수 있다. 이와 같이 중복되는 DTV 채널 신호가 많으면 다른 채널을 상대적으로 TVWS 가용 채널로



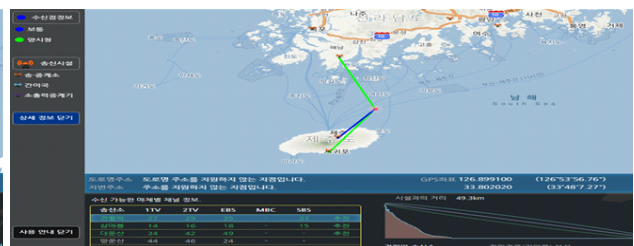
(a) 부산항의 DTV 방송 채널
(a) DTV broadcasting channel at Busan port



(b) 거제도 인근 해상의 DTV 방송 채널
(b) DTV broadcasting channels on the sea near Geoje island



(c) 여수 인근 남쪽 해상의 DTV 방송 채널
(c) DTV broadcasting channel on the southern sea near Yeosu



(d) 제주항 인근 해상의 DTV 방송 채널
(d) DTV broadcasting channel on the sea near Jeju port

그림 6. KBS 수신 안내 지도를 이용한 DTV 방송 채널 현황
Fig. 6. Status of DTV broadcast reception using KBS reception guidance map.

많이 사용할 수 있기 때문에 바람직하다고 할 수 있다. 그리고 표 4~표 7은 각 지점에서 수신되는 신호가 강한 대표적인 송신소를 기재한 것으로 실질적으로는 인근의 2~3개 송신소의 추가적인 채널 신호가 수신되고 있다. 이들 채널 신호는 표에는 기재하지 않았으나 그림 7과 같이 각 지점에서의 수신 채널 정보에 색채로 반영되어 있다. 따라서 19, 20, 36, 37, 39, 45, 47채널과 같이 표에는 기재되어 있지 않은 채널에 대해서도 그림 7의 측정신호 분석 결과를 반영하여 TVWS 가용채널을 판단해야 한다.

또한 KBS 수신 안내 지도에서 제공하는 정보만으로는 각 지점의 정확한 채널별 수신레벨과 TVWS 가용채널을 알 수는 없다. 예를 들어 채널 29번의 경우 남해상 4곳의 수신지점 중 유일하게 제주항 인근 해상에서만 수신된

표 4. 부산항 인근 남해상에서 수신되는 DTV 방송 채널 및 송신소 현황

Table 4. Status of received broadcasting channels and transmitters in the South Sea nearby Busan port.

| Transmission station name and output (location) | KBS1 | KBS2 | EBS | MBC | SBS |
|--|------|------|-----|-----|-----|
| Hwangnyeongsan relay station 2.5 kW (Jin-gu, Busan) | 14 | 16 | 18 | 17 | 15 |
| Cheonmasan transmission Station 20 W (Saha-gu, Busan) | 43 | 44 | 51 | 49 | 50 |
| Bulmosan transmission Station 2.5 kW (Seongsan-gu, Changwon) | 22 | 25 | 32 | 26 | 33 |
| Muryongsan transmission Station 2.5kW (Buk-gu, Ulsan) | 28 | 40 | 48 | 34 | 30 |

표 5. 거제도 인근 남해상에서 수신되는 방송 채널 및 송신소 현황

Table 5. Status of received broadcasting channels and transmitters in the South Sea nearby Geoje

| Transmission station name and output (location) | KBS1 | KBS2 | EBS | MBC | SBS |
|--|------|------|-----|-----|-----|
| Bulmosan transmission station 2.5 kW (Seongsan-gu, Changwon) | 22 | 25 | 32 | 26 | 33 |
| Mangunsan transmission station 2 kW (Seomyeon, Namhae-gun) | 44 | 46 | 24 | 16 | 38 |
| Mangjinsan transmission station 1 kW (Jinju-si, Gyeongnam) | 28 | 40 | 48 | 34 | 30 |

표 6. 여수시 인근 남해상에서 수신되는 방송 채널 및 송신소 현황

Table 6. Status of received broadcasting channels and transmitters in the South Sea nearby Yeosu

| Transmission station name and output (location) | KBS1 | KBS2 | EBS | MBC | SBS |
|--|------|------|-----|-----|-----|
| Mangunsan transmission station 2 kW (Seomyeon, Namhae-gun) | 44 | 46 | 24 | 16 | 38 |
| Mangjinsan transmission station 1 kW (Jinju-si, Gyeongnam) | 28 | 40 | 48 | 34 | 30 |
| Namsan relay station 90 W (Suncheon-si, Jeollanam-do) | 34 | 40 | 41 | 14 | - |

표 7. 제주항 인근 남해상에서 수신되는 방송 채널 및 송신소 현황

Table 7. Status of received broadcasting channels and transmitters in the South Sea nearby Jeju port.

| Transmission station name and output (location) | KBS1 | KBS2 | EBS | MBC | SBS |
|--|------|------|-----|-----|-----|
| Daedunsan transmission station 2 kW (Hyeonsan-myeon, Haenam) | 34 | 42 | 49 | 23 | 40 |
| Gyunwolak transmission station 1 kW (Jeju-si, Jeju-do) | 27 | 29 | 35 | 31 | 33 |
| Sammaebong relay station 500 W (Seogwipo-si, Jeju-do) | 14 | 16 | 18 | 17 | 15 |

신호다. 또한 채널 29번은 제주도의 건월약 송신소에서만 이용하는 채널임에도 부산-제주 구간의 평균 수신레벨이 -69.27 dBm으로 높은 편이며, 저수신지점 비율도 3.5 %로 매우 낮게 나타났다. 이와 같은 현상은 정상적인 DTV 방송 신호 수신 상황이 아닌 것으로 판단되었다. 따라서 그 원인을 찾기 위해 남해안 지역의 DTV 방송 채널 관련 연구결과를 조사한 결과, 일본의 후쿠오카와 키타큐슈 지역의 TV 신호가 우리나라 해상으로 전파월경을 하여 수신되는 것으로 파악되었다^[29].

이 연구결과에 따르면 부산지역에서 수신된 일본 DTV 신호의 전계강도는 $53 \sim 64$ dBuV/m로, 우리나라 방송구역 최소 전계강도인 41 dBuV/m 보다 12~23 dB 초과한 것으로 나타났으며 일본 DTV 방송국 송신소의 제원은 표 8과 같다^[29].

표 8에 의하면 일본의 후쿠오카 DTV 송신소의 채널 22, 26, 28, 30, 31, 32, 34번 신호와 일본 키타큐슈 DTV

| Ch. No. | Frequency (MHz) | Reception strength by section between Busan port and Jeju port | Ch. No. | Frequency (MHz) | Reception strength by section between Busan port and Jeju port |
|---------|-----------------|--|---------|-----------------|--|
| 14 | 473 | | 24 | 533 | |
| 15 | 479 | | 25 | 539 | |
| 16 | 485 | | 26 | 545 | |
| 17 | 491 | | 27 | 551 | |
| 18 | 497 | | 28 | 557 | |
| 19 | 503 | | 29 | 563 | |
| 20 | 509 | | 30 | 569 | |
| 21 | 515 | | 31 | 575 | |
| 22 | 521 | | 32 | 581 | |
| 23 | 527 | | 33 | 587 | |
















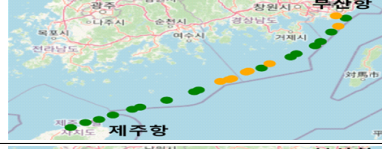
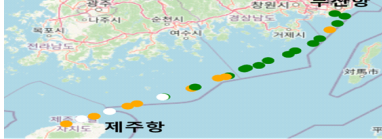

| Ch. No. | Frequency (MHz) | Reception strength by section between Busan port and Jeju port | Ch. No. | Frequency (MHz) | Reception strength by section between Busan port and Jeju port |
|-----------|-----------------|---|---------|-----------------|---|
| <u>34</u> | 593 |  | 43 | 647 |  |
| 35 | 599 |  | 44 | 653 |  |
| 36 | 605 |  | 45 | 659 |  |
| 37 | 611 |  | 46 | 665 |  |
| 38 | 617 |  | 47 | 671 |  |
| 39 | 623 |  | 48 | 677 |  |
| <u>40</u> | 629 |  | 49 | 683 |  |
| 41 | 635 |  | 50 | 689 |  |
| <u>42</u> | 641 |  | 51 | 695 |  |

그림 7. 부산항-제주항 구간 지점별 각 채널의 수신 레벨 세기(지도상의 검은선은 12해리[약 22km] 영해를 표시)

Fig. 7. Receipt level strength of each channel by location of Busan port-Jeju Island port (The black lines on the map represent 12 nautical miles [about 22 km] of territorial waters).

표 8. 일본 후쿠오카와 키타큐슈 DTV 방송국의 송신
제원^[29]Table 8. Transmitter parameters of Fukuoka and Kitakyushu
DTV stations in Japan^[29].

| Japanese DTV transmission station | Distance (km) | ERP (dBW) | Height (m) | Japanese DTV Channel |
|---|------------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| Fukuoka | 210 | 38.2 | 237 | 22, 26, 28, 30, 31, 32, 34 |
| Kitakyushu | 209 | 39.6 | 663 | 27, 29, 30, 31, 32, 40, 42 |

송신소의 채널 27, 29, 30, 31, 32, 40, 42번이 우리나라 남해안에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이와 같은 기존 연구결과를 반영해 보면, 본 연구에서 측정 분석한 남해안의 DTV 신호는 일본의 DTV 방송 신호가 강하게 유입되고 있다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 일본에 의한 DTV 전파월경 신호들로 인해서 우리나라 남해안에서 사용할 수 있는 TVWS 가용채널이 많은 영향을 받았을 뿐만 아니라, 동해, 남해, 서해 모든 해상에서 사용할 수 있는 전 해상 공동이용 TVWS 가용채널의 가능성도 줄어들게 되는 것이다. 이에 대한 추가연구와 일본에 대한 대응방안이 검토되어야 할 것이다.

3-2 부산-제주도 구간 TVWS 가용채널 이용

부산항-제주항 구간의 선상에서 측정한 지점 수는 총 227개이며, 38개 채널별로 각각 선상 이동측정이라는 환경에 따라 누적된 데이터 수가 8,626개였다. 측정 당시 날씨는 다소 흐린 날씨였으며, 16~23도의 기온으로 전파측정에 환경적인 영향은 크지 않았다. 수집된 데이터를 지도상에 모두 표시할 경우 실선으로 나타나 구간별 이용 가능 주파수를 시각적으로 식별하는 데 어려움이 있다. 따라서 약 1시간 간격(약 24 km)으로 각 채널별로 수신된 신호를 약 1/5로 샘플링하고, 수신레벨을 3단계로 구분하여 지점별 DTV 수신레벨에 대한 시각적 효과를 높였다. 흰색(−68 dBm[41 dBuV/m] 이상)은 높은 수신레벨의 방송신호로 방송 시청이 우수한 신호이다. 옐로우색(−68 dBm~−84 dBm)은 중간 수신레벨의 방송 신호로 일부 지역에서 DTV 방송 시청이 가능하다. 초록색(−84 dBm

(25 dBuV/m) 미만)은 낮은 수신레벨의 DTV 신호로 방송 시청이 불가능하며, TVWS 채널로 사용이 가능하다.

그림 7은 표 3과 그림 4 및 그림 5에서 제공하는 TVWS 가용채널 후보에 대해서 위치별로 실제 사용이 가능한 채널 정보를 시각적으로 보여준다. 표 3과 그림 4 및 그림 5는 각 채널의 평균 수신레벨이 가용채널 기준인 −84 dBm 대비 얼마나 작은지, 측정 지점 중 몇 곳에서 기준보다 작은지의 정보만 제공하는 반면, 그림 5는 위치에 대응하는 수신레벨을 알 수 있어서 해당 지점에서 어떤 채널이 가용채널인지 쉽게 판단할 수 있다.

수집된 자료들을 기반으로 부산항을 출발해서 제주항까지 해상의 DTV 방송 신호 38개 채널(14~51번)을 분석한 결과, 채널 39번은 전 구간에서 TVWS 가용채널로 판단되어 이용이 가능한 것으로 분석되었다. 채널 45, 47번(2개 채널)은 부산항 또는 제주항 인접 구간을 제외한 나머지 해상에서 TVWS 가용채널로 사용이 가능한 것으로 나타났다. 해당 3개 채널(39, 45, 47번)은 표 3에서 판별된 평균 수신레벨 −90 dBm 이하의 우수 TVWS 가용채널 3개(***)와 저수신레벨 지점 비율을 분석한 그림 5의 결과와 일치하여 해당 채널들의 높은 가용성을 다시 한번 확인할 수 있다.

한편 채널 19번의 경우 평균 수신레벨이 −89.42 dBm 이하이며 저수신레벨 지점수의 비율도 79.6 %로 거의 80 %이기 때문에, 지도상의 분석결과 같이 여수시 남쪽 일부 해상을 제외한 다른 지점에서 TVWS 가용채널로 사용하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

표 8을 통해서 알 수 있었던 일본으로부터의 전파월경 DTV 신호들에 대해서도 그림 7을 통해서 잘 분석해 볼 수 있다. 채널 번호에 밑줄이 그어진 11개의 전파월경 DTV 신호들은 확연하게 TVWS 가용채널로 사용할 수 없음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 국내 최초로 남해의 부산항-제주항 구간의 해상에서 사용할 수 있는 DTV 방송 신호의 TVWS 가용 주파수 이용을 연구했다. 정규 운항 선박의 항로상에서 측정한 데이터이기에 우리나라 남해 전체의 전파환

경을 대표한다고 할 수는 없다. 하지만, 남해상의 부산을 출발해서 제주도까지 남해의 주요 해상을 측정 및 분석했다. 연구결과 채널 39번은 부산항-제주항 전구 간에서 TVWS 가용채널로 사용할 수 있으며, 채널45, 47번은 부산항과 제주항 인근에서만 사용이 어렵고 나머지 지점에서는 TVWS 가용채널로 사용이 가능한 것으로 나타났다. 다도해 남해에서 38개 DTV 채널에 비해서 매우 적은 수의 TVWS 가용채널이 확인된 원인은 우리나라 DTV 방송채널이 많이 사용되었다기보다는 일본으로부터 DTV 채널 신호 11개가 전파월경되어 발생한 것으로 볼 수 있다. 즉, 일본의 후쿠오카와 기타큐슈에서 전파월경된 일본의 DTV 신호가 우리나라 남해안에 영향을 준 것으로 파악되었다. 해상에서는 전원공급이 원활하지 못하며, 태양전지를 이용하거나 선박의 발전기 전원을 이용해야 한다. 따라서 고풍력을 이용하는 시스템의 구축이 원활하지 못할 수 있다. 또한 수온, 용존산소량, 녹조 등의 측정센서를 이용한 비면허 소출력 해상 IoT 센서 네트워크 무선망의 구축 시에, 월경전파 채널에 의한 간섭으로 가용채널 주파수가 줄어드는 결과가 초래될 것으로 예상된다. 향후 우리나라 남해상에서 더 많은 TVWS 가용채널이 확보될 수 있도록 관련된 추가연구와 일본에 대한 대응 검토가 필요하다.

국립전파연구원에서 제공하는 TVWS 가용채널 시스템은 방송권역을 기준으로 육상에서 DTV 채널 이용조건별로 가용채널 산출 결과를 제공하는 시스템으로 방송권역이 아닌 해상에서는 적용하기 어려운 것이 현실이다. 또한 기존 TVWS의 이용은 육상에서 공중과 직접수신 TV 시청자와 무선마이크의 보호 등을 최우선으로 가용채널이 산출되어 있다. 그러나 해상에는 이와 같은 보호 대상이 최소화되어 있는 상황이므로, 허가 없이 많은 TVWS 주파수를 편리하게 사용하고자 하는 방안 연구의 필요성을 제기하는 것이 본 논문의 정책 제안이다.

References

- [1] National Radio Research Agency, "TVWS available channel search system." Available: <https://www.tvws.kr/info.do>
- [2] H. J. Song, "Simulation of the Cheongpoong lake, Soyang lake TVWS radio interference effects for the IoT service enlarge," *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 58, no. 8, pp. 24-30, Aug. 2021.
- [3] Ministry of Science and ICT, "(Ministry of Science and ICT notice no. 2022-20)Partial revision of the technical standards for radio equipment for radio stations that can be opened without notification," 2022. Available: https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=&mPid=&bbsSeqNo=83&nttSeqNo=3175561&formMode=&pageIndex=&searchCtgy=&searchCtgy2=&searchCtgy3=&R_LS_YN=&searchOpt=&searchTxt=
- [4] J. W. Kim, "e-TMS and super Wi-Fi for improving telecommunication systems environment on ships and offshore plants," Ph.D. dissertation, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 2018.
- [5] S. C. Yoo, "Evolving fisheries 'ICT-based smart farm'," 2016. Available: <http://www.hanryeotoday.com/news/articleView.html?idxno=34627>
- [6] Ministry of Oceans and Fisheries, "Launch of a wireless resource sharing system between maritime-disaster-railway," 2020. Available: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156421554>
- [7] D. W. Jang, "Present and future of maritime communication," *The Proceeding of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 25, no. 4, pp. 34-48, Jul. 2014.
- [8] Korea Ministry of Government Legislation, Broadcasting Act. Act No. 18732, Jan. 2022.
- [9] UHD Korea, "What is terrestrial broadcasting?" Available: <http://uhdkorea.org/지상파-방송은-무엇인가요/>
- [10] J. Y. Choe, "Case study on copyright infringement of remote transmission of television program," *Journal of Korea Infomation Law*, vol. 15, no. 1, pp. 131-152, Apr. 2011.
- [11] D. Kim, "Meaning and issues of the broadcasting area," *Korean Journal of Communication and Information*, vol. 19, pp. 65-93, Oct. 2002.

- [12] Ministry of Science and Technology, "(Ministry of Science and Technology notice no. 2020-82)Criteria, guidelines for preparation, and methods of displaying the field strength of broadcasting areas," 2020. Available: https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=108&mPid=103&bbsSeqNo=83&nttSeqNo=3175303&formMode=&pageIndex=2&searchCtgy=&searchCtgy2=&searchCtgy3=&RLS_YN=&searchOpt=ALL&searchTxt=
- [13] Y. W. Suh, H. J. You, M. H. Park, J. S. Park, G. Y. Kim, and J. S. Seo, "Analysis on DTV indoor reception environments," *Journal of Broadcast Engineering*, vol. 13, no. 5, pp. 636-650, Sep. 2008.
- [14] O. Bendov, J. F. X. Browne, C. W. Rhodes, Y. Wu, and P. Bouchard, "DTV coverage and service prediction, measurement and performance indices," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 47, no. 3, pp. 207-217, Sep. 2001.
- [15] KBS Terrestrial digital television broadcasting reception information system. Available: <https://map.kbs.co.kr/map.jsp>
- [16] J. Kim, S. Jeon, J. Lee, and Z. Yim, "Broadcast information system for DTV viewers," in *2014 Korean Society of Broadcast Engineers Summer Conference*, Jeju, Jun. 2014, pp. 112-113.
- [17] KBS Busan Broadcasting Station, "Introduction of KBS Busan regional station." Available: <https://busan.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [18] Wikipedia, "Korea Busan broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS부산방송총국>
- [19] KBS Changwon Broadcasting Station, "Introduction of KBS Changwon regional bureau." Available: <https://changwon.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [20] Wikipedia, "KBS Changwon broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS창원방송총국>
- [21] KBS Ulsan Broadcasting Station, "Introduction of KBS Ulsan regional bureau." Available: <https://ulsan.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [22] Wikipedia, "KBS Ulsan broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS/KBS울산방송국>
- [23] KBS Jinju Broadcasting Station, "Introduction of KBS Jinju regional bureau." Available: <https://jinju.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [24] Wikipedia, "KBS Jinju broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS진주방송국>
- [25] KBS Suncheon Broadcasting Station, "Introduction of KBS Suncheon regional bureau." Available: <https://suncheon.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [26] Wikipedia, "KBS Suncheon broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS순천방송국>
- [27] KBS Jeju Broadcasting Station, "Introduction of KBS Jeju regional bureau." Available: <https://jeju.kbs.co.kr/index.html?sname=localmain>
- [28] Wikipedia, "KBS Jeju broadcasting system." Available: <https://ko.wikipedia.org/wiki/KBS제주방송총국>
- [29] Y. Her, K. Kim, W. Kwon, and Y. Son, "Analysis of sillover by the Japan TV broadcasting signals," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea TC*, vol. 27, no. 12, pp. 104-110, Dec. 2010.

정 찬 형 [서울과학기술대학교/박사과정]

<https://orcid.org/0000-0002-8753-566X>



1985년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학사)

1988년 2월: 연세대학교 공학대학원 전자공학과 (공학석사)

2017년 9월~현재: 서울과학기술대학교 정보통신미디어공학과 박사과정

2003년 11월~현재: 한국전파진흥협회 연

구위원

[주 관심분야] 비면허 주파수, TVWS, 무선전력전송, 이동통신 등

심 동 하 [서울과학기술대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0002-6070-3790>



1996년 2월: 서울대학교 원자핵공학과 (공학사)

1998년 2월: 서울대학교 전기공학부 (공학석사)

2011년 5월: 미국 University of Florida 전자공학과 (공학박사)

2011년 9월~현재: 서울과학기술대학교

MSDE학과 교수

[주 관심분야] RF/THz CMOS 집적회로 등