

TVWS 대역 규정에 관한 분석 및 기술적 고려

Analysis and Technical Consideration for the Rules on Television White Space

김 영 수 · 조 상 인* · 정 병 장*

Young Soo Kim · Sang In Cho* · Byung Jang Jeong*

요 약

본 논문에서는 인지 무선 기술을 기반으로 한 주파수 공동 사용 기술을 적용하는 대역으로 주목을 받고 있는 TVWS 대역에 관하여 국내 기술 기준을 제정할 경우에 기존 서비스 보호, TVBD의 기술적인 요구 사항 및 TV 대역 DB 구축 관점에서 고려하여야 할 기술적인 사항들을 제안한다. 제안한 사항들의 기본 개념은 기존 서비스인 DTV 및 무선 마이크를 절대적으로 보호해야 한다는 점을 기반으로 하고 있다. 외국의 기술 규격을 분석한 결과, 영국의 Ofcom 접근 방법은 매번 채널 및 출력 선정 알고리즘을 계산해야 되므로 TV 대역 DB에 상당한 부하가 걸릴 수 있는 반면에 미국의 FCC 접근 방법은 상대적으로 신속한 채널 목록과 송신 출력을 지정해 줄 수 있는 장점이 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose the technical considerations for the rules on television white space(TVWS), that becomes a center of public notice, in terms of incumbent services protection, technical requirements of television band devices (TVBDs) and administration of TV band databases. The basic idea behind the proposed method is based on the perfect protection of incumbent services such as digital television and wireless microphone. It has been found that FCC's approach has the advantage that a list of available channels and transmission power are provided for TVBDs faster than Ofcom's approach that requires DB to perform the algorithm for determining frequencies and transmission power for TVBDs everytime DB is asked from TVBDs.

Key words : TVWS, TVBDs, TV Band DB, Incumbent Services Protection, Technical Rules

I. 서 론

Television White Space(TVWS)란 간섭을 방지하기 위하여 지역적 배치에 따라 공간적 혹은 시간적으로 사용하지 않고 있는 TV 방송 대역을 말하며, 기존

사용자(1차 사용자)에 대한 간섭 유발을 일으키지 않으면서 비어 있는 방송 채널을 사용해야 되므로 채널 점유 여부를 정확히 판단하여 간섭을 발생시키지 않는 간섭 회피 기술이 매우 중요하다.

FCC가 1995년에 2.4 GHz 면허 불요 스펙트럼을

「이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업 (NIPA-2012-H0301-12-1001)과 2009년도 한국연구재단의 지원(No. 2009-0076683)을 받아 수행된 연구임.」

경희대학교 전자전파공학과(Department. of Electronic and Radio Engineering, Kyung Hee University)

*한국전자통신연구원(Cognitive Radio Team, Radio Technology Department, Electronics and Telecommunications Research Institute)

· Manuscript received June 13, 2012 ; Revised June 27, 2012 ; Accepted July 30, 2012. (ID No. 20120613-09S)

· Corresponding Author : Young Soo Kim (e-mail : yskim@khu.ac.kr)

지정한 것이, Wi-Fi 네트워킹과 무선 전화와 같은 무선 장치의 기술을 획기적으로 발전시키는 계기가 되었다. 그러나 2.4 GHz는 통신의 목적에 있어서 쓸모 없는 대역으로 간주되어져 있었으며, 그 이유는 마이크로 오븐과 같은 주파수를 사용하기 때문이다. 이 주파수는 간섭이 일어날 수 있고, 전파가 벽과 가구와 같은 물리적인 사물을 투과하는 데 덜 효과적이다. 반면에 UHF 대역에 위치한 TVWS는 전파 특성, 주파수 이용 유형, 간섭 가능성 등의 측면에서 마이크로웨이브 대역에 비해 높은 회절성으로 인해 넓은 커버리지 확보가 가능하여 기지국 등 인프라 구축 비용 절감을 통한 경제적인 시스템 구축이 가능하다. 그리하여 TVWS 대역이 2.4 GHz 스펙트럼의 많은 문제를 해결할 수 있고, 스트리밍 오디오와 비디오와 같은 더 넓은 대역폭을 요구하는 응용에 적절한 대역이 될 것으로 기대되고 있다. Dell은 유휴 대역으로 알려진 미사용 TV 스펙트럼 접속을 제공하는 무선 칩을 설치하여 미래형 노트북에서 새로운 무선 방식 옵션을 추가하려고 한다. Dell, HP, Google은 특히 교외 지역에서의 추가적인 광대역 채택을 제공하기 위하여 유휴 대역의 이용을 점유하기 위한 경쟁이 회사들 사이에 치열하다.

TVWS의 가용 스펙트럼 대역폭량은 영국의 경우, 전국의 50%의 지역에서 약 150 MHz 이상, 90%의 지역에서 약 100 MHz 이상의 대역폭 확보가 가능하다는 분석 결과를 보여주고 있으며^[1], 미국의 경우, 뉴욕과 같은 대도시에서 약 50 MHz를, 대부분의 지역에서 100~150 MHz 정도의 주파수를 확보할 수 있을 것으로 예상하고 있어서, 지역에 따라 광대역을 이용한 고속 데이터 서비스도 가능하다는 것을 알 수 있다^[2]. TVWS 대역 지지자들은 TV 스펙트럼이 Wi-Fi보다 훨씬 광대역으로 신호를 보낼 수 있고, 스펙트럼 이용은 새로운 스마트폰 기기와 같은 것에 대하여 시장을 확장시키는 데 도움이 될 것으로 기대하고 있다. 국내에서도 TVWS를 이용한 주파수 공동 사용 정책 및 기술 기준을 마련 중에 있으므로 조만간 기술 기준 및 법 제도가 완료될 것으로 예상된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 미국의 기술 기준을 제정하기까지의 배경 및 보호 기준 등을 간략히 분석 소개하고, III장에서는 미국과 다른 방법으로 규정의 파라미터 값을 도출한 영국의

기술기준을 TV와 무선 마이크를 중심으로 분석 소개한다. IV장에서 국내에서 TVWS 대역 관련 기술 기준 제정시 고려되어야 할 사항들을 제안하고, 끝으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 미국의 TVWS 기술기준

2-1 배경

FCC는 TV 대역의 미사용 스펙트럼을 면허 불요 광대역 무선기기를 위하여 사용할 수 있도록 하기 위하여 2008년 11월에 2nd Report & Order 보고서를 출판하여, 기존 서비스를 위한 보호 기준, TVBD에 대한 기술 기준, TV 대역 DB 요구 사항 등을 제정하여 일반공고하였으나, 2년여에 걸친 다양한 방송업자 등의 면허 사용자와 주파수 공동 사용 옹호론자의 청원 및 요구에 대한 수정 요구를 받아들여 의견수렴 과정을 거쳐 2010년 9월에 FCC 최종보고서를 발표하였다^[3]. 본 절에서는 TVWS 대역 기술 기준 관련한 결정 사항들이 2010년 기술 기준 제정시 다시 고려된 배경을 다음과 같이 분석하였다.

- Part 15 규정을 만족하는 면허 불요 무선 송신기(기기)들은 비교적 낮은 전력(출력 1 W 이하)으로서 기존 서비스에 간섭을 일으키지 않는 상태에서 주파수를 공동 사용이 가능하다고 FCC는 전제하였다.
- TV 방송국 간의 간섭을 피하기 위하여, 동일 채널과 인접 채널을 사용하는 TV 방송국들은, 동일 채널 및 인접 채널 방송국 간에 거리 간격을 효과적으로 유지하는 많은 기술적인 규정을 준수하여야 하며, 대표적으로 동일 채널 혹은 인접 채널 방송국 간의 간섭을 피하기 위하여 DTV 방송국이 사용하지 않는 TV 채널들이 어떤 특정 지역에 많이 존재한다고 전제하였다.
- 낮은 안테나와 낮은 전력으로 동작하는 송신기(예 : 면허 불요 기기)는 훨씬 짧은 서비스 영역 및 짧은 간섭 영역을 가지고 있으므로, 이런 영역에서 간섭을 일으키지 않고 미사용 채널을 사용할 수 있으며, 경제적 혹은 다른 이유로 TV 방송국이 사용하지 않는 채널도 간섭을 일으키지 않으면서 면허 불요 기기들이 사용할 수 있

다고 전제하였다.

- 무선 마이크와 다른 저전력 보조국 송신기들이 간섭을 발생시키지 않는다는 조건하에 미사용 TV 채널을 무선 마이크와 다른 저전력 보조국 송신기들이 사용하는 것을 허용하였다.
- 통신하는데 최소 전력을 사용할 수 있도록 하기 위하여 모든 TVBDs는 적응 전력 제어 기능을 가지고 있어야 한다고 제한조건을 두었다.
- FCC는 면허 불요 고정국과 개인/휴대형 이동국의 TVWS 이용을 허용하였다. 고정형 기기는 최대 출력 4 W EIRP를 갖고 채널 2 ~ 채널 51 사용(채널 3, 4, 37 제외)이 가능하며, 개인/휴대형 이동기기는 최대 출력 100 mW 혹은 40 mW(인접 채널)을 갖고, 채널 21~채널 51(채널 37 제외) 사용이 가능하다.
- FCC는 고정형 및 개인/휴대형 기기는 잠재적인 간섭을 최소화하기 위한 수단으로서 TV 방송과 저전력 보조 서비스 무선국(예 : 무선 마이크) 신호를 센싱할 수 있는 능력을 가지고 있어야 하는 요구 조건을 제정하였다. 간섭이 발생한 경우에 보다 쉽게 검출하기 위하여 모든 고정형 기기는 DB에 자기 위치 및 자기에 관한 정보를 DB에 등록해야 하며, 개인/휴대형 기기도 DB에 자기 정보를 보내야 한다.
- FCC는 모든 TVBDs로 하여금 FCC 실험실로부터 인증을 받도록 요구하였다. TVBDs가 요구사항을 만족하는가를 확인하기 위한 테스트를 실시하기 위해서 연구소는 TVBDs의 표본을 요구할 수 있도록 하였다. 유해한 간섭을 발생시키지 않을 "기기 적합성" 기준을 만족하는가를 완전히 확인하기 위하여 실험실과 필드테스트 모두 실시하도록 하였으며, 면허 불요 기기의 인증에 대해서는 일관성 있게 조치를 취하고 있다.

2.2 기존서비스를 위한 보호기준

2-2-1 TV 방송국 관련 방송구역 경계

FCC는 TV 채널이 비어 있다고 생각될 때, TVBDs가 사용토록 하기 위한 기술 기준을 채택하였다. 기술 기준은 정의되어진 방송 신호 구역 경계 안에서 TV 방송국, Class A TV, 저전력 TV, TV 중계기, TV

부스터 무선국을 간섭으로부터 보호하게 되어 있다. TV 방송국의 방송구역 경계에 대하여 FCC 결정은 확고하며, TV 방송국의 방송구역 경계를 정의하는 신호 레벨은 방송국의 유형에 따라 변한다. 예컨대, 아날로그 TV 혹은 디지털 TV, 그리고 대역에 따라 (VHF, UHF), 아날로그 TV 방송국의 방송구역 경계는 위원회 기준에 명시되어 있는 F(50, 50) 커브에 따라 계산되고, 디지털 TV 방송국의 방송구역 경계는 F(50, 90)에 따라 계산된다. TV 방송구역 경계 계산방법을 사용할 경우에 송신 안테나의 빔 기울기를 고려하였다. 또한, 방송구역 경계 안에서의 TV 수신에 대한 간섭을 방지하기 위하여, FCC는 TVBDs로 하여금 디지털 TV 방송국과 같은 D/U비(Desired-to-Undesired Ratio)를 따를 것을 요구하였다.

고정형 기기와 Mode II 개인/휴대형 기기는 TV 서비스 구역 경계 밖에서 사용할 때는 40 mW 이상의 출력으로 동작이 가능하지만, 서비스 구역 경계 안에서는 인접 채널 사용시 개인/휴대형 기기의 송신 출력은 40 mW 이내이어야 한다. FCC는 고정형 기기와 Mode II 개인/휴대형 기기가 만족해야 할 동일 채널 및 인접 채널 TV 방송국의 방송 구역 경계로부터의 이격 거리표를 채택하였다. FCC는 TVBD의 송신 전력, 안테나 높이, TV 방송국 방송구역 경계, 그리고 간섭을 막기 위한 D/U 비를 기반으로 이러한 이격 거리를 결정하였다. 고정형 및 Mode II 개인/휴대형 TVBD가 TVBD DB를 접속하여 자기 위치 좌표를 제공할 때 DB는 위의 기준을 기본으로 하여 어느 TV 채널이 비어 있는가를 계산하여 TVBD에 빈 채널 목록을 제공해야 한다.

2-2-2 무선 마이크와 저전력 보조무선국

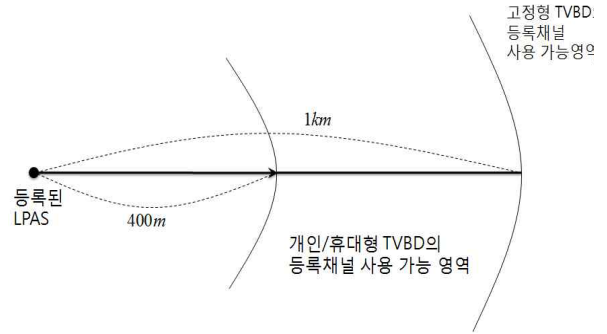
FCC는 작고 큰 행사 때문에 사람이 모이는 많은 다른 전시장에서 무선 마이크가 현재 사용되고 있는 많은 소비자들과 상업들이 이러한 저전력 보조 무선국 기기에 의존하고 있음을 인식하고 있다. TV 대역 DB에 행사장 및 전시장 사이트 등록을 허락함으로써 많은 면허 불요 무선 마이크를 사용하는 전시장 및 행사장과 TVBDs 간의 명목상의 이격 거리를 또한 제공하였다. 더욱이, 어떤 특별한 장소에서는 다양한 보호 요구 사항 적용 때문에 TVBDs용으로 사

용 가능한 TV 채널이 없을 수도 있다. 따라서 상당한 양의 스펙트럼이 TVBDs로부터 간섭 우려 없이 무선 마이크용으로 사용될 수 있으며, 이 정도의 스펙트럼은 많은 행사장에서 무선 마이크 용도로 충분한 주파수를 제공할 것으로 판단하고 있다.

면허 불요 무선 마이크에 대한 규정과 관련하여 다음과 같은 사항들을 FCC는 고려하였다. 발표자 혹은 연주자에 의한 한 개의 무선 마이크 사용부터, 10~20개의 마이크를 사용하는 작은 연주 연출에서 대형 연출까지, 그리고 100개 이상의 무선 마이크를 사용하는 브로드웨이 스타일 연출 및 프로 스포츠 같은 행사까지 무선 마이크의 응용은 광범위하다. 그러한 용도의 대다수가 TV 대역 DB에 등록된다 하여 유익하지는 않다. 마이크 사용개수가 비교적 적은 경우에는 면허 불요 마이크 사용자는 단순히 무선 마이크 전용 채널 혹은 TVBD가 사용 못하게 되어 있는 다른 TV 채널을 사용함으로써 TVBDs로부터의 간섭을 피할 수 있다. 2개의 무선 마이크 전용 TV 채널은 적어도 16개의 무선 마이크를 수용할 것이다. 반면에, 대형 스포츠 시합 및 거대한 연출 같은 행사장에서는 2개의 마이크 전용 채널과 그 위치에서 무선 마이크용으로 가능한 다른 채널로도 행사 진행이 가능하지 않을 수도 있다.

TVBDs로부터 간섭받지 않고 면허 불요 기반으로 무선 마이크를 사용하고자 하는 기관은 각 시장에서 마이크 전용 2개 채널이나 가용 TV 채널을 사용할 수 있다. 보호 받고자 하는 경우에 면허 불요 마이크 사용자는 사용 30일 전에 FCC에 등록을 신청하도록 하였다. 그리고 무선 마이크가 실제적으로 사용될 예정인 주일, 날짜, 시간을 포함하고 있어야 하며, 저전력 보조 면허자가 요구하는 다른 정보도 포함하고 있도록 하였다.

면허 무선 마이크와 면허 불요 무선 마이크 등록 절차 및 요구 조건은 다음과 같다. 등록된 무선 마이크의 면허 운용과 면허 불요 사이트를 보다 잘 확인하기 위하여, FCC는 다음의 등록 절차를 채택하려고 한다. 면허 무선 마이크 운용자는 지정 DB 관리자 중의 한 곳에 직접 사이트를 등록하고 규정에서 요구하는 정보를 제공할 수 있다. FCC는 무선 마이크의 호출 부호를 포함시키기 위하여 규정을 수정하려고 한다. 앞에서 지적한 것처럼, 면허 불요 무선



(Note) TVBDs는 채널 37의 양쪽 채널인 채널 36과 채널 38 사용 불가

그림 1. 무선 마이크 포함 LPAS를 위한 이격 거리
Fig. 1. Separation distance for low power auxiliary station including wireless microphone.

마이크를 사용하는 행사 개최지 운용자는 FCC에 그들의 사이트를 등록해야 하며, FCC는 TVBDs DB 관리자에게 그 정보를 보낼 것이다.

무선 마이크가 보호 받는 방법과 관련한 이슈를 환기하면서, 그림 1에 보여진 바와 같이 FCC는 TV 대역 DB에 등록되어 있는 저전력 보조 무선국과 이격 거리 1 km 이내에서는 고정형 TVBD가 동일 채널을 사용 못하게 하고, 저전력 보조 무선국과 Mode II 개인/휴대형 간의 이격 거리는 400 m로 요구 조건을 제정하였다.

2-3 TVBD의 기술기준

TVBD의 스펙트럼 센싱의 주요 기술 기준을 요약하면 다음과 같다.

TVBDs는 아날로그 TV 신호 디지털 TV 신호, 무선 마이크 신호를 정의된 대역폭 내에서 -114 dBm 레벨을 센싱할 수 있도록 되어 있다. 0 dBi의 무지향성 수신 안테나를 기준으로 측정한다. 0 dBi 이하의 지향성 이득을 가진 수신 안테나가 사용된다면, 검출 임계값은 그것만큼 축소되어야 한다.

TVBDs는 최소 30초 동안 모니터링하여, 무선 마이크와 다른 LPAD 신호가 검출 임계값 이하이면, 동작 개시를 하도록 하였다. 사용 중에 최소 매 60초마다 동작 채널을 모니터링해야 한다. TVBDs가 동작 채널에서 무선 마이크 혹은 다른 저전력 보조기를 검출하면, 그 기기는 2초 내에 동작 채널에서의 모든 송신을 중지해야 한다.

기기의 안테나 높이가 증가됨에 따라 간섭을 받

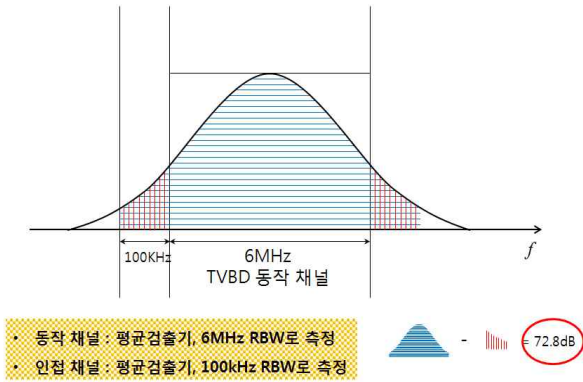


그림 2. TVBDs에 대한 방사 제한(Out-of Band Emission(OOBE))

Fig. 2. Out-of-band emission of TVBDs.

생시키는 범위가 증가되므로, 고정형 TVBD 안테나는 HAAT 76 m 이하의 고도에 설치되어야 하고, 송신 안테나 높이는 최대 30 m로 제한하였다. 개인/휴대형 기기의 소출력과 제한된 안테나 이득으로 고정형 기기보다는 짧은 거리로 전파되기 때문에 개인/휴대형 기기에 대한 안테나 높이는 제한을 두지 않았다.

대역의 방사 제한 관련 규정으로는 TVBDs가 동작하고 있는 채널의 바로 인접한 채널의 경우, 기기의 방사는 기기가 동작하고 있는 채널의 최대 평균 전력에서 최소 72.8 dB 이하이어야 한다. 동작 채널에서의 방사는 해상도 6 MHz 대역폭의 평균 검출기로 측정하며, 인접 채널에서의 방사는 최소 해상도 100 kHz 대역폭의 평균 검출기로 측정되어야 한다.

그림 3은 TVBD 대역의 방사 제한을 보여주고 있다.

2.4 TV 대역 DB

모든 고정형 기기와 Mode II 개인/휴대형 기기는 자기 위치를 DB에 주고 가용 채널 목록을 받은 후 통신이 가능하다. 특히 고정형 기기는 반드시 DB에 그 위치에서 자기 운용에 관한 정보(주파수, 전력 등)를 등록해야 한다. 여러 DB 관리자가 있을 경우에는 각 TVBDs 제조업자 혹은 사용자가 선택한 DB에만 접속해야 한다. DB 관리자는 수수료를 부과할 수 있다. TV 대역 DB는 다음에 관련된 정보를 가지고 있어야 한다.

- 1) 종합 서비스 및 LPTV 방송국을 포함하여 이미 정해진 서비스 영역을 갖고서 고정 송신기를

이용하여 TV 대역에서 운용되고 있는 모든 인증 서비스

- 2) 방송 보조 점대점 시설들의 서비스 경로(전파경로)
- 3) 채널 14~20 사이에서 운용되는 PLMRS/CMRS의 지리적인 서비스 영역 정보
- 4) 연안 무선 전화 서비스 영역
- 5) TV 방송국의 보호구역 바깥에 위치하고 있는 TV 중계기, 케이블 Headends와 LPTV 수신 사이트의 위치
- 6) 규칙적으로 혹은 사전 예정된 스케줄에 따라 사용되고 있는 무선 마이크와 다른 저전력 보조기기들이 사용하고 있는 사이트의 위치(예 : 스포츠 행사장, 전시회, 각종 이벤트 행사장 등등)

또한 FCC는 TVBDs와 TV 대역 DB 사이의 통신용 프로토콜 혹은 어떠한 특별한 보안 요구 사항도 제정하지 않았다.

무선 마이크와 다른 새로운 혹은 변형된 허가 시설의 적절한 보호를 위하여 FCC는 고정형 및 Mode II TVBDs에게 최소한 매일 DB를 재확인할 것을 요구하였다. TVBD가 어떤 특정 날에 DB 접속에 실패하면, 다음날 11:59 PM에 동작을 멈추도록 할 것이다. Mode II 기기는 그들이 activated 혹은 이동할 때마다, 가용 채널 목록을 얻기 위하여 그들의 위치 좌표를 재설정하고, TV 대역 DB를 접속해야 한다. 여러 DB 관리자가 허가되어 있다면, DB 관리자들은 보호받는 시설의 기록을 일관성 있게 보장하기 위하여, 매일 혹은 더 자주 데이터를 공유하기 위한 표준화된 과정을 개발하기 위하여 협조해야 한다. FCC는 DB 관리자들이 하여금 모든 비면허 TVBDs 사용자들에게 차별 없이(무차별로) 서비스를 제공할 것을 요구하였다.

III. 영국의 TVWS 기술기준

Ofcom은 DDR(Digital Dividend Review)에서 DTW 전환 후 TVWS 대역 이용에 관한 방안으로 TVWS 대역에서 CR 기술을 기반으로 하되 유해 간섭을 주지 않는 기기에 대한 면허 불요 사용을 규정하고 있는 Wireless Telegraphy Act 2006에 따라 면허 불요 사용을 허용하는 방안을 정하였다. TVWS 정책을 추진한 결과, 2009년 7월에 스펙트럼 센싱을 위한 기술

기준을 제정하였고, 위치 측위 및 DB 접속 방식 적용 방안 그리고 주파수 및 송신 출력 산정 알고리즘에 관한 방안에 대한 의견 수렴을 통하여 2010년 말에 마무리한 상태이다^[1].

Ofcom은 스펙트럼 센싱시 건물 등 장애물로 인한 수신신호 감쇄로 인한 TVBD의 잘못된 판단을 막기 위하여 은닉 노드 감쇄를 고려하여 TVBD 기기의 센싱 감도를 결정하였다. 또한, Ofcom은 DB를 간섭 회피 방법 이외에 스펙트럼 관리용으로도 활용할 수 있다고 판단하고 있다. Ofcom은 면허 사용자에게 간섭을 일으키지 않도록 보장하는데 필요한 센싱 전용 기기의 파라미터를 고려하고 있으며, TVWS의 면허 사용이 가장 두드러질 digital terrestrial television(DTT), program-making and special events(PMSE: 무선 마이크 포함) 및 이동 TV를 보호하기 위한 기술적인 쟁점을 분리시켜 다루고 있다. 현재 TVWS의 다른 사용들(예를 들면, 무선 광대역)이 TVBD로부터 보호 받을 만하다고 믿지 않지만, 상황이 바뀌면 Ofcom은 파라미터들을 적당히 수정할 것을 고려하고 있다. 더 나아가 인접 채널 사용으로 인한 문제가 있으며, 대부분 DTT 수신기를 포함한 많은 기기에 있어서 수신기가 사용하는 채널의 인접 채널에 강한 신호가 존재하면 유해한 간섭을 발생시킬 수 있으므로 빈 채널을 발견한 TVBD는 인접 채널($n\pm 1$)도 체크해야 하며, 그 채널이 사용 중이면, 그것의 송신 전력을 조절하도록 하였다. 미국처럼 스펙트럼 센싱 대안으로 TVBD가 자기 위치를 알고 그 위치에서 사용할 수 있는 주파수를 제공하는 위치 측위 DB를 갖도록 하였다. 본 논문에서는 DTT 및 무선 마이크와 관련하여 TVBD가 스펙트럼 센싱시 준수해야 하는 파라미터 값을 도출하는 방법을 분석하였다^[4].

3-1 DTT 보호

DTT를 위하여 감도, 부가적인 마진, 인접 채널 성능을 결정할 필요가 있으며, 그에 따라 전력 레벨을 정하였다. TVBD의 모든 숫자는 TVBD의 0 dBi 안테나를 가정하여 도출되었다. Ofcom은 가용 DTT 수신기의 측정 범위 설정을 ERA에 위임하였으며, ERA가 센싱 감도 측정을 수행하였다. ERA 측정 결과, DTT 수신기가 -84 dBm의 낮은 신호 레벨을 수신할 수 있는 능력을 가지고 있더라도, 실제로는 DTT

수신 가능 구역의 99.9 % 이상이 6 dB가 높은 -78 dBm 이상의 레벨을 수신할 것으로 판단하였다. Ofcom은 -78 dBm까지를 DTT를 보호하는 적당한 값으로 생각하였으나, 일부는 너무 낮다고, 방송사업자들은 너무 높다고 주장하고 있다.

부가적인 마진 계산은 DTT 수신기와 TVBD의 위치에 따라 매우 다양한 시나리오와 요구 사항을 가질 수 있다.

시나리오는 외부 안테나(대표적으로 지붕에 설치)와 내부 안테나(대표적으로 TV셋 위에 설치) 사용하는 경우로서, 내부 안테나 수신 보호는 현재의 간섭 정책하에서도 논의되지 않고 있다.

DTT 수신기의 외부 안테나에 대해서도 Ofcom은 그림 3에 설명된 최악의 경우를 고려하였다. Ofcom은 필요한 부가적인 마진을 결정하기 위하여 자문회사 ERA에 측정과 모델링 두 가지를 수행하도록 요

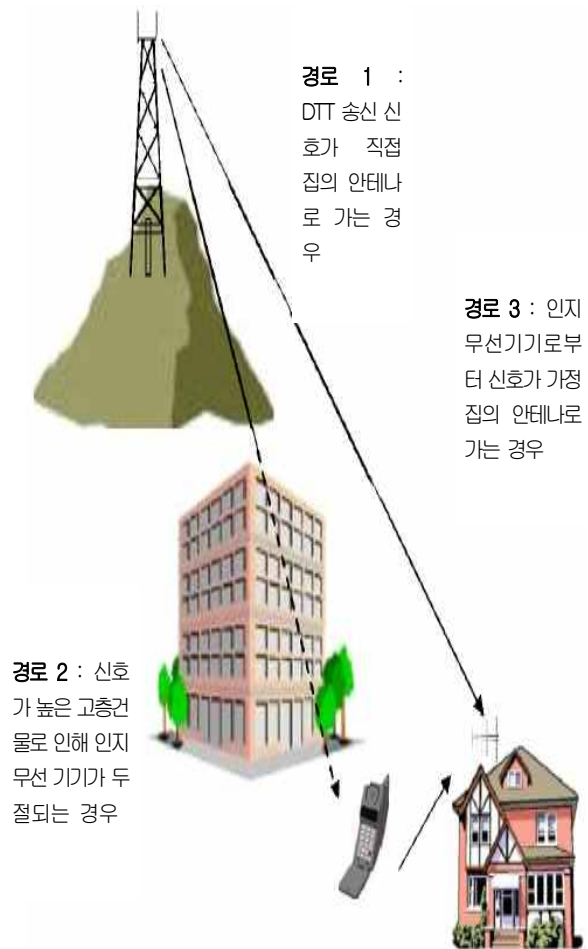


그림 3. 은닉 단말기의 문제점
Fig. 3. Problem of hidden-node.

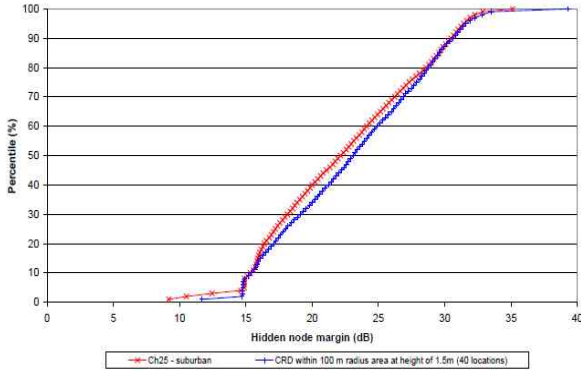


그림 4. 100 m 이내에 위치한 주거를 고려하여 수정된 마진

Fig. 4. Revised margin taking houses within 100 m into account.

구하였다. 광범위한 측정과 모델링 활동 수행 후에 그들은 그림 4에 보여진 마진을 보고하였다.

Ofcom은 모든 영역에서 보호하는 것이 중요하다고 생각하며, 그리하여 최악의 경우 즉 교외 지역에서의 결과를 택하였다. ERA의 결과는 위치의 100%를 커버하는 최악의 경우 마진은 약 35 dB라는 것을 보여주었다. 몇몇의 사람은 35 dB가 너무 보수적이라고 하고(너무 크다는 뜻), 다른 단체들은 불충분하다고 주장한다. 왜냐하면 지붕위 안테나와 TVBD와의 거리를 고려해야 되기 때문이다. 그래서 ERA에서 TVBD로부터 100 m 이내에 있는 DTT 수신기를 가지고 시뮬레이션한 결과의 그래프를 그림 4에 나타내었다.

TVBD의 안테나 이득 0 dBi 가정 하에 은닉 노드 감쇄를 35 dB로 결정한다. 대표적인 DTT 안테나의 이득은 약 12 dB이고, 케이블 감쇄(급전선 손실)는 5 dB로 가정하여 TVBD의 센싱 레벨은 다음과 같이 -120 dBm이 된다.

$$\begin{aligned} \text{TVBD의 센싱레벨} &= \text{DTT 수신기 수신감도} - \text{은닉 노드 감쇄} - \text{DTT 안테나 이득} + \text{급전선 손실} \\ &= -78 \text{ dBm} - 35 \text{ dB} - 12 \text{ dB} + 5 \text{ dB} \\ &= -120 \text{ dBm} \end{aligned}$$

위의 결과값은 간섭을 일으킬 확률이 0.045 %인 경우이다.

3-2 무선 마이크 보호

DTT 경우처럼 ERA는 TV 연출 스튜디오, 콘서트

장소 및 West End 극장을 포함하는 여러 현장에 걸쳐서 약간의 세밀한 측정과 모델링 연구를 수행하였다. 이 작업은 모델링으로부터 얻은 일부 결과들을 유효화하기 위하여 측정과 결부된 ray-tracing에 의한 신호 레벨의 컴퓨터 이용 예측과 현장의 3-D 모델링을 포함하고 있다. 이 연구에서 모든 경우에 마진은 39 dB 이하일 거라고 제안하였다.

이런 마진 이외에 무선 마이크를 가지고 있는 사람의 신체가 송신기와 TVBD 사이에 위치하고 있을 경우에 발생하는 신체 손실 가능성이 있다. 이러한 요인은 모델링 연구에 반영되지 않았으므로 마진에 부가될 필요가 있다. 무반향실에서의 측정 결과, 최악인 경우의 신체 손실은 20 dB 범위에 있으므로, 전체 마진은 39 dB + 20 dB = 59 dB가 된다.

그림 4에서 180° 방향으로로는 신체 손실이 없으며, 350° 방향으로 20 dB의 가장 큰 손실이 있으며, 극장에서는 보다 클 것이다. 그러므로 20 dB의 선택은 적당한 것으로 생각된다. 지금까지의 결과를 토대로, 무선 마이크에 대한 TVBD의 센싱 레벨은 -67 dBm - 59 dBm = -126 dBm이 되며, DTT인 경우보다 6 dB 작다. 그러나 DTT 수신기의 대역폭이 8 MHz인 반면에 무선 마이크 대역폭은 200 kHz이므로, 보다 좁은 대역폭은 16 dB 차이도 잡음 제거 효과가 있다.

$$\left(10 \log \frac{8 \text{ MHz}}{200 \text{ kHz}} = 16 \text{ dB} \right)$$

그리하여 지금까지의 분석 결과와 그에 대한 응답으로부터 무선 마이크 탐지를 위한 TVBD의 센싱

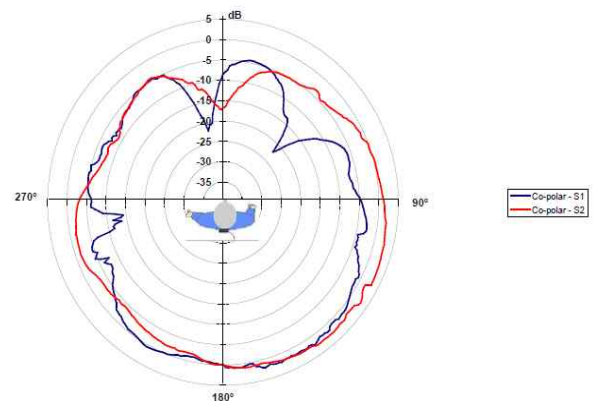


그림 5. West End 극장에서 작성된 전형적인 신체 손실 평면도

Fig. 5. Typical body loss plot made in a West End Theatre.

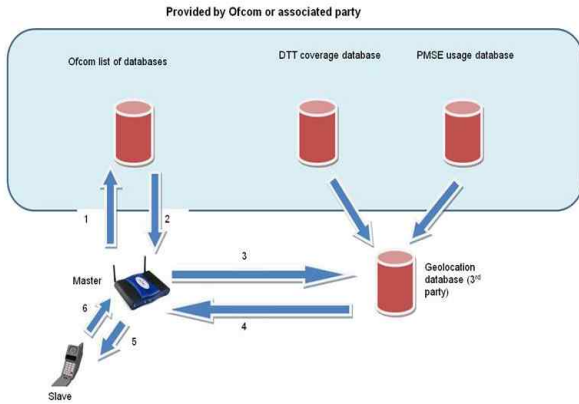


그림 6. DB 접속 절차
Fig. 6. Procedure for DB access.

레벨은 -126 dBm으로 결론지었다^[5].

3-3 DB 접속 절차

- ① 마스터 기기는 Ofcom 혹은 유사 기관이 관리하는 웹사이트를 접속한다.
- ② DB로부터 위치 측위 DB 목록을 받는다.(다양한 DB 제공업자가 존재) 매 접속시마다 24시간 동안 유효하며, 그 시간이 지나면 재접속을 해야 한다.
- ③ 마스터 기기는 접속하기를 원하는 위치 측위 DB를 결정한 후 접속을 시도한다.
기기는 최소 한도 다음과 같은 정보를 DB에 보낸다:
 - 경도, 위도로 구성된 위치 정보
 - 95 % 신뢰성을 갖는 위치 정확도(단위: m)
 - 모델 유형(제조 업자와 모델 숫자를 제공)
 - 지상 고도(마스트 혹은 유사한 종류 위에 고정 설치되어 있는 경우)
- ④ DB는 마스터 기기 영역에서 사용 가능한 주파수 목록을 마스터 기기에 제공하며, 제공하는 정보 내용은 다음과 같다.
 - 채널의 시작과 끝 주파수
 - 허용 송신 출력
 - 채널 사용 유효 시간(기기가 DB 재접속하기 전 까지 사용 가능한 시간)
 - 위치 측위 이외에 스펙트럼 센싱 기능 요구 여부(UK에서는 이 요구 사항이 필요하지 않지만, 국제적인 조율을 위하여 스펙트럼 센싱이 필요

한 경우에는, 검출 임계값 [dBm]과 면허사용자의 유형이 제공된다.)

이러한 응답은 DTT 커버리지 지도와 PMSE 용도 DB로부터 얻은 정보를 토대로 하고 있다.

- ⑤ 마스터 기기는 선택된 채널로 종속 기기에 허용 주파수와 송신 전력 레벨을 보낸다.
- ⑥ 종속 기기는 확인 혹은 데이터를 마스터 기기에 보내서 응답한다.

IV. 기술기준 제정시의 고려사항

최근의 주파수 부족 현상 문제와 더불어 인지 무선 기술의 특성이 overlay 방식으로서의 주파수 공동 사용 가능성을 더욱 부각시킴으로써 인지 무선 기반의 주파수 공동 사용 기술을 TVWS에 적용하게 된 배경이라 할 수 있다. 인지 무선과 같은 주파수 공동 사용 기술을 채택한 무선기기는 유해한 간섭 신호 발생 우려가 높기 때문에 주파수 관리 및 기존 면허 사용자 보호 측면에서 문제가 있을 수 있으나, 기술적인 규제 즉 기술 기준 및 보호 대상 서비스를 위한 보호 기준 제정 등을 통하여 해결이 가능하다고 판단하고 있다.

본 절에서는 해외 주요국의 TVWS 대역 기술 기준을 분석하여 조사한 결과를 토대로, 국내 기술 기준 제정시 반영할 수 있는 요구 사항들을 도출하고, 기존 서비스를 위한 보호 기준 제정, TVBD의 기술 기준 제정 및 TV 대역 DB를 개발할 경우에 고려되어야 할 기술적인 사항들을 제안한다.

4-1 기존 서비스를 위한 보호기준

- 보호대상 서비스를 정립하여 각 서비스별로 각각의 보호 기준을 제정한다.
- TVWS DB의 채널 선정 알고리즘에 따라 가용 채널수가 달라질 수 있으나, 기존 TV 대역 서비스의 보호를 전제로 하되, TVBD 이용 촉진 측면도 동시에 고려하여 개인/휴대형 기기 간의 이격간격이 고려되어야 한다.
- 기존 서비스에 대한 간섭을 효과적으로 줄이기 위하여 고정형 TVBD 설치를 위한 평균 고도 제한이 필요하다.
- 국내는 DTV 허가 방송 구역과 수신 가능 구역

이 다르기 때문에, 기술 기준 제정이 용이하지 않지만, 기존 TV 수신자의 보호를 최우선으로 한다는 차원에서 기술 기준을 제정하는 것이 바람직하며 전파 모델을 이용한 수신 가능 구역을 중심으로 기술 기준 제정을 제안한다.

- 방송구역 밖에 위치하고 있는 TV 중계기를 위한 보호 기준이 필요하다.
- CATV의 경우에 케이블 커넥터 등을 통하여 간섭이 발생할 가능성이 있으므로 이에 대한 보호 기준도 필요하다.
- DMB 서비스의 경우는 모든 송신소가 단일 주파수망으로 구성되어 있으므로 동일 채널을 고려한 보호 기준이 필요하다.
- 넓은 야외 행사장에서(예: 골프코스) 면허 무선 마이크를 사용하는 모든 시설이 보호받을 수 있도록 하기 위하여 기기를 등록한 기관이 사이트 내의 다중 위치 좌표를 명시하는 것을 허용할 필요가 있다.

4-2 TVBD의 기술기준

- 미국과 영국은 위치 측위 및 DB 접속 기능을 갖고 있는 TVBD가 동시에 스펙트럼 센싱 기능을 가지고 있을 필요가 없다고 발표하였다. 스펙트럼 센싱은 제작 기술 발전에 따라 향후 주요 핵심 기술로 대두될 수 있고, Ad-Hoc 망에서는 스펙트럼 센싱 기능이 중요하므로 국내에서도 간섭 회피 기술로 DB 접속 기능을 요구하고, 스펙트럼 센싱에 대한 기술 기준은 규정에만 권고하는 것이 바람직하다.
- TVBD의 송신 출력과 동시에 전력 스펙트럼 밀도 제한을 채택할 필요가 있다. 이는 좁은 대역폭을 이용한 TVBD의 고출력 송신으로 인하여 기존 서비스에 간섭을 줄 수 있기 때문에, 이를 방지하기 위한 규정이다.
- 통신하는 데 최소 전력을 사용할 수 있도록 하기 위하여 모든 TVBDs로 하여금 적응 제어 기능을 갖도록 요구한다.
- 방송구역 경계 안에서 TV 수신에 대한 간섭을 방지하기 위하여, TVBDs로 하여금 디지털 TV 방송국처럼 D/U비를 따를 것을 요구한다.

- TVBD의 센싱 레벨 선정시 최악의 시나리오를 가정하되, 수신기 감도, 은닉 노드 감쇄, 안테나 이득 등 부가적인 마진을 고려한 실제적인 환경에서 전파 환경 측정 및 시뮬레이션으로부터 도출된 값을 적용하는 영국식 기술 기준 결정 과정을 참고할 필요가 있다.
- TVBDs가 요구 사항을 만족하는 가를 확인하기 위한 테스트를 실시하기 위하여 방통위가 TVBDs의 표본을 요구할 수 있도록 한다.
- 시험 절차와 조건은 일반인에게 공고하며, 유해한 간섭을 발생시키지 않을 “적합성 기기 인증” 기준을 만족하는가를 확인하기 위하여 실험실과 필드 시험 모두 실시하도록 한다.
- 고정형 기기에 대한 안테나 높이 제한을 규정하여 간섭을 방지하도록 하고, 개인/휴대형 기기에 대한 안테나 높이 제한은 비실용적이므로 규정이 필요 없다.
- 고정형 TVBD로 하여금 인접 채널을 사용하지 못하게 하고, 개인/휴대형 TVBD가 특정 채널들을 사용 못하게 함으로써 무선 마이크 혹은 저전력 보조기기로 하여금 많은 지역에서 여러 채널을 사용할 수 있도록 하는 방안도 검토할 필요가 있다.

4-3 TV 대역 DB 요구 사항

- TVBDs와 TV 대역 DB간의 통신 안정성을 요구한다.
- TVBD의 허용 송신 출력 계산시 사용하는 전파 모델은 DTV와 무선 마이크인 경우에 각각 다른 전파 모델을 사용해야 한다. 왜냐하면 무선 마이크는 지붕 위 레벨보다 낮은 곳에 위치하는 반면에 DTV는 지붕 위 안테나 혹은 그 이상의 레벨에서 신호를 수신하기 때문이다.
- 면허 무선 마이크 사용자는 TV 대역 DB에 직접 사이트를 등록하고 규정에서 요구하는 정보를 제공해야 한다. 등록정보에 무선 마이크의 호출 부호를 포함시키도록 하는 규정이 필요하다.
- 원활한 등록을 위하여 종합 면허 시스템과 같은 전자 보관 시스템(Electronic Filing System)을 통하여 정보를 보관하는 형식을 개발할 필요가 있다.

- 고정형 TVBD 등록정보를 일반인에게 알림으로써, 보호받는 단체들이 간섭원의 위치를 알아내어, 기기 운용자로 하여금 수정하도록 할 필요가 있다.

V. 결 론

주파수 공동 사용 기술을 적용하는 대역으로 주목받고 있는 TVWS 대역에 관한 미국 및 영국의 기술기준을 분석하였으며, 국내 전파 환경에 적합한 기술기준을 제정할 경우에 기존 서비스 보호, TVBD의 기술적인 요구 사항 및 TV 대역 DB 구축 관점에서 고려하여야 할 사항들을 제안하였다. 미국 FCC는 실험실과 필드 테스트를 통하여 이격 거리와 송신 출력 중심으로 기술 기준을 제정한 반면에 영국의 Ofcom은 다양한 시나리오 환경에서 최악인 경우를 가정하여 전파 채널 모델을 이용한 시뮬레이션과 필드 테스트를 통하여 기술 기준을 정하였다. 영국

의 접근방법은 매번 채널 및 출력 선정 알고리즘을 계산해야 되므로 TV 대역 DB에 상당한 부하가 걸릴 수 있는 반면에 미국의 접근 방법은 상대적으로 신속한 채널 목록과 송신 출력을 지정해 줄 수 있는 장점이 있다.

참 고 문 헌

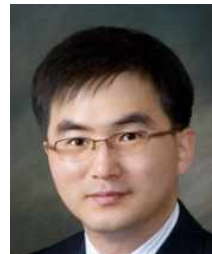
- [1] Ofcom, "Digital dividend: cognitive access", Jul. 2009.
- [2] FCC 08-260, "Second report and order and memorandum, opinion and order", Nov. 2008.
- [3] FCC 10-174, "Second memorandum opinion and order", Sep. 2010.
- [4] Radio system in the white space of the frequency band 470~790 MHz", Jan. 2011.
- [5] Ofcom, "Implementing gelocation: consultation", Nov. 2010.

김 영 수



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1988년 12월: Arizona State University 전기공학과 (공학박사)
 1985년 5월~1986년 5월: Consultant, Signal-System Technology Inc., U.S.A.
 1986년 6월~1988년 12월: Research Associate, Arizona State University.
 1989년 1월~1992년 8월: 한국전자통신연구원 전파기술부 전파응용연구실 실장
 2002년 1월~2003년 2월: Visiting Faculty, MPRG, Virginia Tech., U.S.A.
 1992년 9월~현재: 경희대학교 전자전파공학과 교수
 [주 관심분야] 이동통신, RFID, SDR, 스마트안테나, 스펙트럼 공학

조 상 인



1997년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1999년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 1999년 3월~2006년 2월: 한국전자통신연구원 연구원
 2006년 3월~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
 [주 관심분야] 디지털신호처리, 무선통신시스템, 스펙트럼 공학

정 병 장



1988년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1992년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1997년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1996년~2003년: 삼성종합기술원 전

문연구원

2003년~현재: 한국전자통신연구원 인지무선연구팀장

[주 관심분야] 통신신호처리, Cognitive Radio 및 이동통신 전송기술