

유럽형 디지털 지상파 방송 서비스와 스펙트럼 인지 기반 개인/휴대형 TVBD와의 간섭분석

최주평*, 장형민**, 이원철***

Interference Analysis of the European Digital Terrestrial Broadcasting Service and the Personal/Portable TVBD based on Spectrum Cognition

Joo-Pyoung Choi*, Hyung-Min Chang**, Won-Cheol Lee***

요 약

본 논문은 TV 화이트 스페이스(TV white space) 대역에서 1차 우선 사용자인 DVB-T2(Digital Video Broadcasting - Second Generation Terrestrial) 차세대 유럽형 방송 서비스와 스펙트럼 인지 기능이 탑재된 IMT-Advanced LTE 기반 개인/휴대용 TVBD (TV Band Device) 무선기기와의 공존 가능성 파악을 위해 간섭분석을 수행하였다. 이를 위해 실제 유럽에서 적용되는 DVB-T2와 TVBD 각각에 대해 방사 및 블로킹 마스크, 안테나 높이 및 이득, 전송전력 및 대역폭, 송수신 링크에 대한 채널모델을 적용하였다. 이를 기반으로 DVB-T2의 인접채널에서 동작 가능한 TVBD 사용자의 허용가능 전송전력과 개수, 간섭확률 변화량에 대한 분석을 수행하였다. 또한 스펙트럼 인지 성능에 따른 허용가능 TVBD 총 개수의 변화량에 대해서도 분석을 수행하였다.

Key Words : TV white space, TVBD, interference analysis, spectrum cognition, interference probability

ABSTRACT

In this paper, we was performed the interference analysis to determine an optimal coexisting criteria for the european digital video broadcasting service (DVB-T2) and the IMT-advanced LTE based TV Band Device (TVBD). The TVBD was equipped with the spectrum cognition method. To this end, we set the various transmission parameters, that includes the emission and blocking mask, antenna height and gain, transmission power and bandwidth, channel model etc. Based on this parameters, we were calculated the allowable transmit power, the number of TVBD and the change in probability of interference for the TVBD user operating in the adjacent channels of the DVB-T2 user. Also this paper presents how many TVBD users can sharing with DVB-T2 for spectral cognition performance.

I. 서 론

전 세계적으로 디지털 TV 방송으로의 전환이 진행되고 있으며, 해당 주파수 대역인 UHF (Ultra High Frequency) 스펙트럼 영역에서 새롭게 생성 가능한 TV 화이트 스페이스 (TVWS; TV White Space)의 활용 가능성에 대해 관심이 집중되고 있다. 특히 최근에는 미국 및 유럽, 일본을 비롯한 선진국들을 중심으로 향후 주파수 자원의 부족에 대처하기 위한 핵심 주파수 자원으로서 TV 화이트 스페이스를 기

반으로 하는 국제 표준화 활동 및 서비스 모델 연구가 강화되고 있음이 파악되고 있다[1][2][3][4][5]. 미국 연방통신위원회 (FCC; Federal Communications Commission)는 2008년을 기점으로 총 세 차례에 걸쳐 공식적인 TV 화이트 스페이스 서비스 규격을 발표한 상태이다[6][7][8]. 또한 유럽에서도 2007년 12월 영국 Ofcom (Office of communications)에서의 'digital dividend' 주파수 대역 발표를 시작으로 현재는 유럽통신위원회 (ECC; European Communications Commission)에서 사용자의 지역적 위치를 기준으로 다양하

※ 이 논문은 방송통신위원회의 “방송통신인프라 원천기술 개발사업”(KCA-2012-12-911-01-107)과 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 “IT융합 고급인력과정 지원사업”의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0401-12-1004)

* 숭실대학교 인지무선통신연구소 (pyoung424@ssu.ac.kr)

** 숭실대학교 정보통신공학과 (hmchang@ssu.ac.kr)

*** 숭실대학교 정보통신전자공학부 (wlee@ssu.ac.kr), 교신저자 : 이원철

접수일자 : 2012년 10월 15일, 수정완료일자 : 2012년 10월 26일, 최종 게재 확정일자 : 2012년 11월 12일

게 변화 가능한 TVBD 전송전력 할당 방안에 대해 기술규격 연구를 진행하고 있는 상태이다[9][10].

이상적인 TV 화이트 스페이스 무선통신 서비스의 활용을 위해 정부를 비롯한 통신 서비스 및 단말업체에서 고려해야 할 선결 과제는 본 대역에서 보호되어야 할 방송 서비스와 TVBD와의 효율적 운용 및 상호공존 문제 해결이다. 이에 대한 사전 연구로 본 논문에서는 고정된 TVBD 허용가능 전송전력을 규정하고 있는 미국과 다르게 TVBD 위치에 따라 허용가능 전송전력이 다양하게 설정 가능한 유럽에서의 DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Second Generation Terrestrial)와 TVBD와의 주파수 공존 가능성에 대한 간섭 분석을 수행하였다. 이를 위해 TV 화이트 스페이스에 존재하는 DVB-T2를 1차 면허 사용자로 지정하고, 스펙트럼 인지 기능이 장착된 TVBD를 2차 비 면허 사용자로 가정하였을 때, 몬테카를로 알고리즘 기반의 간섭분석을 수행하여 DVB-T2와 TVBD의 상호 공존 가능 여부에 대한 전파환경 분석을 수행하였다[11]. 이를 통해 TVBD가 존재하는 중심 주파수 별 허용 가능 TVBD 수와 할당가능 전송전력 분포를 분석하였으며, 스펙트럼 인지 성능의 정확도 변화에 따른 허용가능 TVBD 총 개수 및 간섭확률 변화량에 대해 확인하였다.

II. 간섭환경 분석체계

1. 간섭환경 시나리오

본 논문은 그림 1과 같은 간섭환경 시나리오를 설정하여 유럽 방송 서비스 대역에서의 간섭분석을 수행하였다.

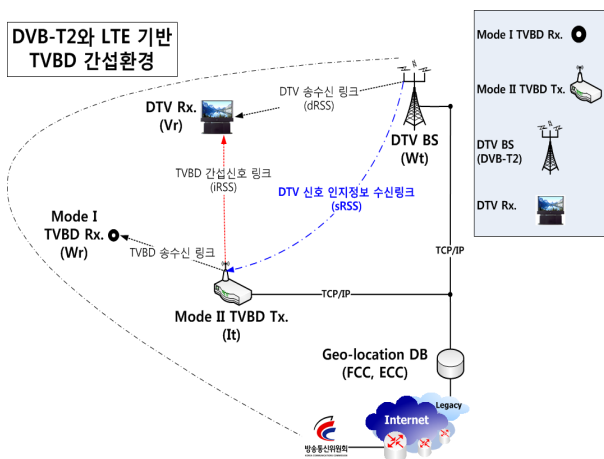


그림 1. 간섭환경 시나리오

그림 1에서 W_t (Wanted transmitter)와 V_r (Victim receiver)은 각각 DVB-T2 기지국과 수신기를 나타내며, I_t (Interfering transmitter)와 W_r (Wanted receiver)은 간섭원

인 TVBD의 송수신기를 의미한다. 또한 DVB-T2 서비스의 존재유무 파악을 위해 스펙트럼 인지 기술이 장착된 TVBD 송신기와 DVB-T2 기지국 사이에 $sRSS$ (sensing Received Signal Strength) 1차 사용자 인지정보 전달 링크가 존재한다. $sRSS$ 는 M 개의 전체 TV 화이트 스페이스 후보 채널 중 특정 채널 m 에 존재하는 DVB-T2의 전송전력과 안테나 이득 정보, DVB-T2 기지국과 TVBD 송신기 사이의 경로손실 값이 포함된 다음의 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$sRSS(f_m) = P_{Wt}(f_m) + g_{Wt \rightarrow Vr} + g_{Vr \rightarrow Wt} + pl_{Wt \leftrightarrow Vr} + hidden_node \quad (1)$$

식 (1)에서 'hidden_node'는 은닉 노드 문제로 인한 스펙트럼 인지의 성능저하 마진 값을 의미한다. 다음의 식 (2)와 식 (3)은 각각 DVB-T2 수신기에서 취득되는 DVB-T2 기지국과 TVBD 송신기로 부터의 수신전력 값을 의미한다.

$$dRSS = P_{Wt}^{supplied} + g_{Wt \rightarrow Vr}(f_{Vr}) - pl_{Wt \leftrightarrow Vr}(f_{Vr}) + g_{Vr \rightarrow Wt}(f_{Vr}) \quad (2)$$

$$iRSS_{spur} = 10 \cdot \log \sum_{j=1}^{N_{active\ TVBD}} 10^{i_{spur_j}/10} \quad (3)$$

$$i_{spur_j} = (emission(f_{Wt}, f_{Vr}) + g_{Wt \rightarrow Vr}(f_{Vr}) - pl_{Wt \leftrightarrow Vr}(f_{Vr}) + g_{Vr \rightarrow Wt}(f_{Vr})) \quad (4)$$

식 (2)에서 $dRSS$ (desired Received Signal Strength)는 DVB-T2 수신기에서 취득되는 W_t 로 부터의 수신전력이며, 식 (3)의 $iRSS$ (interference Received Signal Strength)는 DVB-T2 스퍼리어스 영역 내에 존재하는 TVBD 송신기로 부터의 수신전력을 의미한다. 식 (4)의 $emission(f_{Wt}, f_{Vr})$ 는 TVBD 송신기의 방사 마스크 설정치이며, g 와 pl 은 안테나 이득과 경로손실 값을 의미한다. 표 1은 간섭분석 구성 파라미터들의 정의를 나타내고 있다.

표 1. 간섭분석 구성 파라미터의 정의

| 구분 | 파라미터 정의 |
|------------------------------|---------------------------------------|
| $pl_{Wt \leftrightarrow Vr}$ | TVBD 송신기와 DVB-T2 수신기 사이의 경로손실 |
| $g_{Wt \rightarrow Vr}$ | DVB-T2 수신기 방향으로 향하는 TVBD 송신기 안테나 이득 |
| $g_{Vr \rightarrow Wt}$ | TVBD 송신기 방향으로 향하는 DVB-T2 수신기 안테나 이득 |
| $P_{Wt}^{supplied}$ | DVB-T2 기지국 안테나에 공급되는 최대 송신전력 |
| $g_{Wt \rightarrow Vr}$ | DVB-T2 수신기 방향으로 향하는 DVB-T2 기지국 안테나 이득 |
| $pl_{Wt \leftrightarrow Vr}$ | DVB-T2 기지국과 DVB-T2 수신기 사이의 경로손실 |
| $g_{Vr \rightarrow Wt}$ | DVB-T2 기지국 방향으로 향하는 DVB-T2 수신기 안테나 이득 |

식 (5)와 식 (6)은 간섭분석에서 고려하는 전체 주파수 대역 내 특정 대역폭 크기를 가지는 TVBD의 허용가능 평균 전송전력 및 TVBD 수에 대한 산출 식을 나타내고 있다.

$$AvgEIRP_{f_j} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{N_{active TVBD} \times N_{events}} P_{event} \right]_{f_j} \quad (5)$$

여기서

$$P_{event} = \sum_{i=1}^{N_{active TVBD} \times N_{events}} \frac{EIRP_i}{10} \quad (6)$$

$$N_{active TVBD}_{f_j} = \left[\frac{1}{N_{events}} \sum_{i=1}^{N_{events}} active TVBD_i \right]_{f_j}$$

식 (5)와 식 (6)에서의 허용가능 TVBD 평균 전송전력과 동작 가능 TVBD 개수는 사전에 정해진 스펙트럼 인지 성능의 정확도와 *sRSS* 값, DVB-T2의 원활한 서비스를 위한 최소 수신전력 기준 값과의 비교 과정 수행 후 해당 주파수 채널에서 산출되어 진다[12][13].

2. 스펙트럼 인지 알고리즘

본 논문에서 적용한 스펙트럼 인지 알고리즘 처리 과정은 다음의 그림 2와 같다.

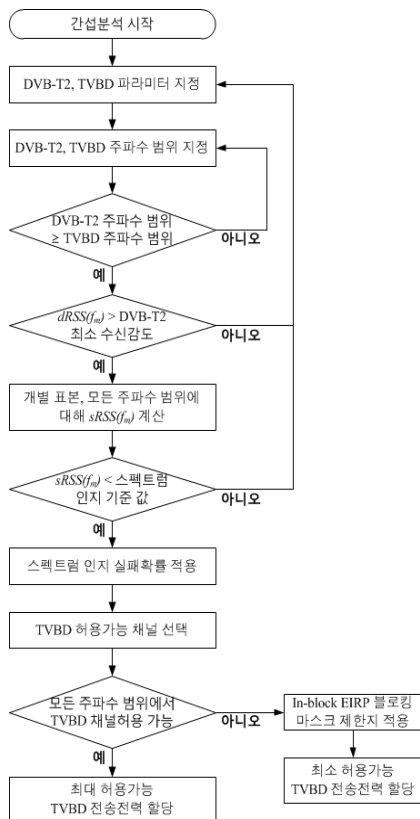


그림 2. 스펙트럼 인지 처리과정

그림 2에서 나타낸 스펙트럼 인지 처리과정의 세부적인 절차는 다음과 같다.

첫 번째로 1차 보호 사용자인 DVB-T2와 간섭원으로 지정된 TVBD에 대한 위치 및 전송전력 크기, 주파수 대역폭, 안테나 이득, 채널모델과 같은 파라미터 설정을 수행한다. 다음으로 TVBD 동작 채널이 DVB-T2가 존재하는 전체 주파수 범위 내에 존재하도록 지정한다. 여기서 *M*은 DVB-T2 주파수 범위 내에서 TVBD가 동작할 수 있는 총 채널 수를 의미한다. 다음 단계로 몬테카를로 알고리즘을 통해 반복 산출되는 개별 데이터 표본 별로 DVB-T2의 최소 수신감도보다 큰 값을 가지는 *dRSS* 값을 추출하게 된다. 이를 토대로 모든 채널에 대해 *sRSS* 값을 추출하게 되며, 사전에 정의된 스펙트럼 인지 기준 값과 추출된 *sRSS* 값의 비교과정을 통해 TVBD의 허용가능 채널에 대한 존재 유무를 판단하게 된다. 만약 고려되는 모든 주파수 채널에서 TVBD 동작이 허용될 수 있다면, 해당 TVBD에 대해 허용가능 최대 전송전력 값이 할당될 수 있다. 이와는 반대로 몇몇 채널에 대해서만 TVBD 동작이 허용된다면, 사전에 정의된 DVB-T2 블로킹 마스크 설정 값을 기준으로 DVB-T2와 TVBD가 공존할 수 있는 허용가능 최소 TVBD 전송전력이 할당되게 된다. 그림 3은 특정 주파수 위치에서 TVBD 방사전력 제한을 위해 설정된 DVB-T2의 'In-block EIRP' 블로킹 마스크 설정치를 보여주고 있다.

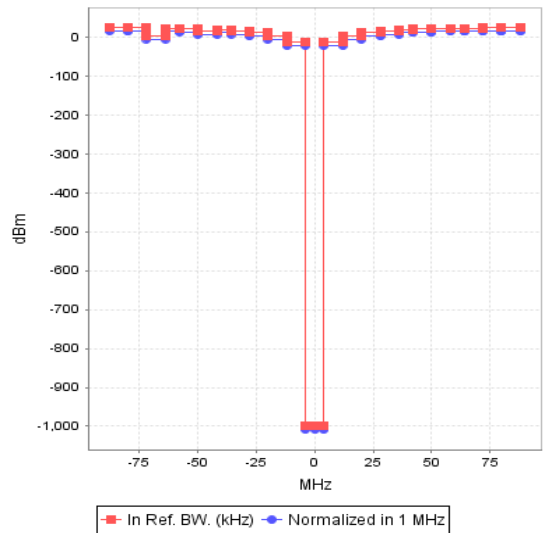


그림 3. DVB-T2의 In-block 블로킹 마스크 설정

그림 3에서 $-1000 dBm$ 값의 의미는 해당 DVB-T2 구동 주파수 위치에서 TVBD의 전송이 완전히 차단됨을 의미한다.

그림 4는 동적으로 중심 주파수가 변화하는 환경에서 DVB-T2의 첫 번째 왼쪽 인접 채널에 TVBD가 존재한다고 설정하였을 경우, 스펙트럼 인지 기준 값과 DVB-T2 수신전력 값과의 상관관계를 보여주고 있다.

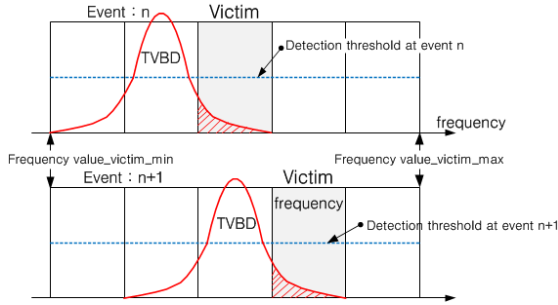


그림 4. 스펙트럼 인지 기준 값과 DVB-T2 수신전력 값과의 상관관계

본 논문은 TVBD의 스펙트럼 인지 실패 확률 값의 변화에 대해 허용가능 TVBD의 총 개수 변화량에 대한 분석을 추가로 수행하였다. 스펙트럼 인지 실패확률 값은 다음의 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Total num. of TVBD} \times P_{\text{failure}}(\%) \quad (7)$$

식 (7)에서 스펙트럼 인지 실패 확률을 의미하는 P_{failure} 값을 10%로 지정한다면, TVBD의 총 개수 대비 10%에 해당하는 TVBD가 DVB-T2 동일 대역에서 송신될 위험성이 발생하는 것으로 해석할 수 있다. 이로 인해 DVB-T2와 TVBD는 해당 주파수 대역에서 충돌이 발생하게 되며, 이는 간섭분석 과정에서 허용가능 TVBD 수의 감소로 산출되게 된다.

III. 시뮬레이션 결과

그림 5와 그림 6은 몬테카를로 알고리즘 기반 간섭분석 프로그램을 이용하여 생성된 TVBD와 DVB-T2 송수신 링크가 존재하는 실제 간섭환경 시나리오를 나타내고 있다.

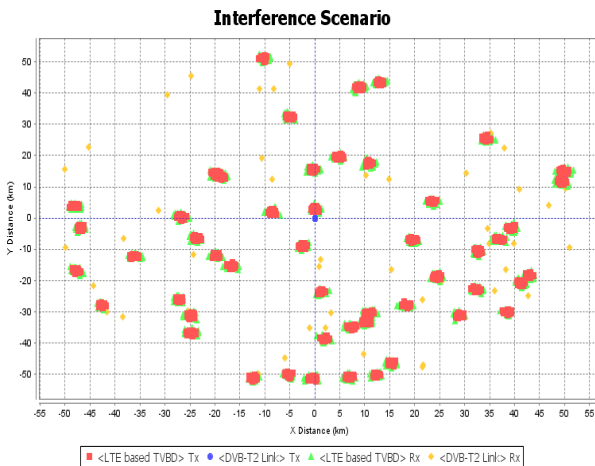


그림 5. 실제 간섭환경 시나리오

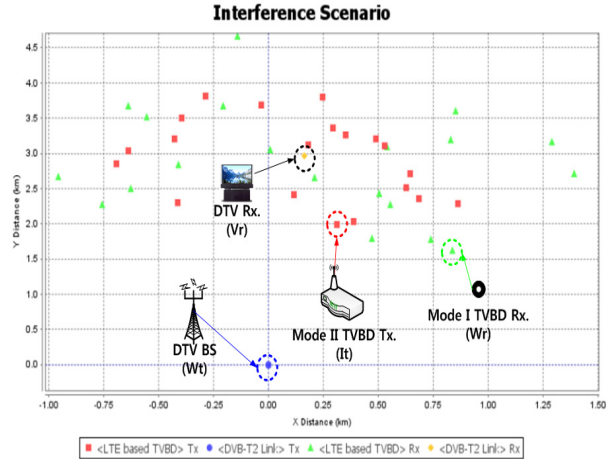


그림 6. 간섭환경 시나리오 세부 배치도

본 논문의 모의실험에서는 최대 52.8km의 전송 커버리지를 갖는 DVB-T2 서비스 영역 내 20개의 TVBD 통신링크가 하나의 DVB-T2 수신기 위치를 중심으로 반경 1km 지역 내 임의의 지점에 위치한다고 설정하였다. 그림 5에서 가로(X)와 세로(Y) 좌표가 (0, 0)인 지점에 하나의 DVB-T2 기지국이 위치해 있으며, 이를 중심으로 It 에 해당하는 TVBD 송신기가 20개의 단위로 복수의 그룹을 형성하여 Vr 에 해당하는 DVB-T2 수신기 주변에 존재하고 있음을 파악할 수 있다.

표 2와 표 3은 각각 모의실험을 위해 설정한 DVB-T2와 IMT-Advanced LTE 규격 기반의 TVBD 전송 파라미터 설정치를 나타내고 있다.

표 2. DVB-T2 전송 파라미터

| | | |
|------|------------|--------------------|
| 수신기 | 최소수신감도 | -68.02 dBm |
| | 대역폭 | 7.77 MHz |
| | 안테나 높이, 이득 | 10 m, 9.15 dBi |
| | 주파수 범위 | 470 ~ 550 MHz |
| | 잡음마루 | -98.07 dBm |
| 송신기 | 요구 C/I 비율 | 21 dB |
| | 송신전력 | 79.15 dBm |
| | 안테나 높이 | 200 m |
| 채널모델 | 전송 커버리지 | 52.8 km |
| | | JTG5-6 ver2, Urban |

표 3. TVBD 전송 파라미터

| | | |
|--|-------------------------|-------------------------------|
| 수신기 | 최소수신감도 | -103 dBm |
| | 대역폭 | 7.77 MHz |
| | 안테나높이 | 1.5 m |
| | 주파수 범위 | 470 ~ 550 MHz |
| 송신기 | 송신전력 | 20 dBm |
| | 안테나 높이 | 30 m |
| | 전송커버리지 | 1 Km |
| $It \leftrightarrow Vr$ | TVBD 개수 | 20 |
| $It \leftrightarrow Wr$ $It \leftrightarrow Vr$ | 채널모델 (Extended Hata) | Urban, Outdoor, Above roof |
| | 스펙트럼 인지기준 | - 130 dBm |

TVBD 송수신기의 경우, 모바일 무선통신 서비스의 간섭 분석을 위해 광범위하게 적용되고 있는 확장형 Hata 채널 모델을 적용하였다. 또한 DVB-T2 송수신 링크에는 기존 방송 서비스의 간섭분석에 주로 고려되었던 ITU-R. P1546 채널 모델에서 정확성을 개선한 JTG 5-6 버전 2 도심환경 채널 모델을 적용하였다. JTG 5-6 버전 2 도심환경 채널 모델은 UHF 대역에서 방송 및 모바일 서비스의 상호 공존 가능성 연구를 위해 10m에서 100km까지의 커버리지 범위 내에서 확장형 Hata 모델과 P.1546 채널 모델을 조합한 새로운 형태의 채널 모델이다. 본 채널 모델은 세계전파통신회의인 WRC (World Radio communication Conference)-11의 안건 (agenda item) 1.17에서 논의된 UHF 대역에서의 모바일 서비스와 방송 서비스와의 양립성 분석을 위해 최적의 채널 모델 후보로 제시된 바 있다[14].

본 모의실험에서 지정한 스펙트럼 인지 기준 값은 미국 연방통신위원회 제한치인 $-114dBm$ 에 은닉노드 마진 값을 고려한 $16dB$ 가 더해진 총 $-130dBm$ 으로 설정하였다. 그림 7의 모의실험 결과는 개별 TVBD 송수신기에서 획득한 스펙트럼 인지 기준 값 대비 $sRSS$ 값을 나타내고 있다.

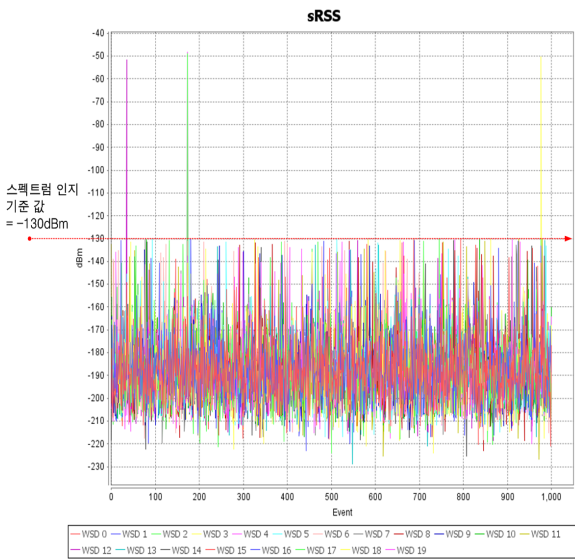


그림 7. 스펙트럼 인지 기준 값 대비 $sRSS$ 발생 분포도

개별 $sRSS$ 값이 $-130dBm$ 으로 지정된 스펙트럼 인지 기준 값을 넘어서는 경우 TVBD 송수신기는 신호를 전송하려는 해당 주파수 대역에 DVB-T2가 존재한다고 사전에 판단하게 된다. 이로 인해 TVBD는 DVB-T2 사용자가 존재하는 주파수 대역을 제외한 여타 다른 TV 화이트 스페이스를 반복해서 탐색하는 과정을 수행하게 된다.

그림 8과 그림 9는 각각 DVB-T2와 TVBD에 대한 방사 마스크 설정치를 나타내고 있다.

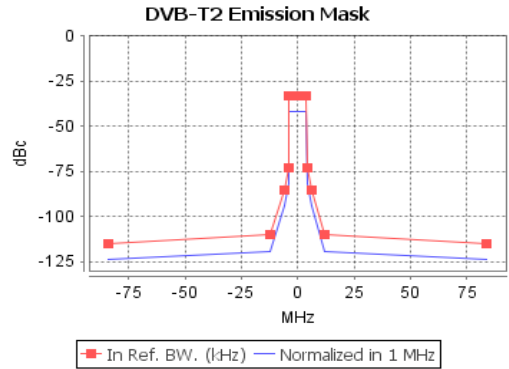


그림 8. DVB-T2 방사 마스크 규격

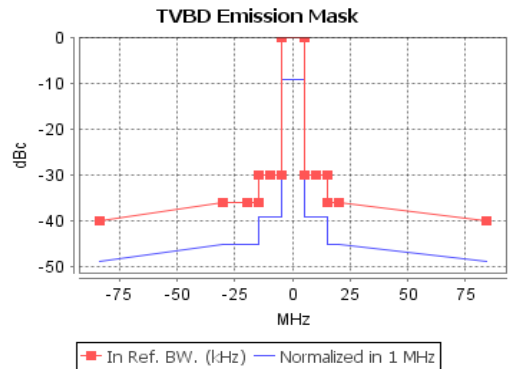


그림 9. TVBD 방사 마스크 규격

그림 8과 그림 9에서 사각 형태의 점이 존재하지 않는 실선으로 표시된 방사 마스크 설정치는 참조 대역폭이 1 MHz로 정규화 되었을 때의 방사 마스크 변환 값을 의미한다[10].

그림 10의 모의실험 결과는 470 MHz ~ 550 MHz의 주파수 범위에서 동작하는 20개의 개별 TVBD에 대한 방사전력 분포도를 나타내고 있다. 또한 그림 11은 7.77 MHz의 대역폭 크기를 가지는 11개의 개별 TV 화이트 스페이스 대역폭에서 동작 가능한 TVBD의 평균 개수 분포도를 의미한다.

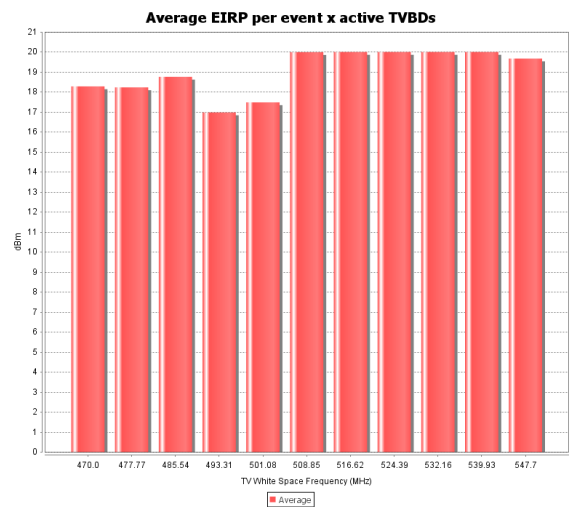


그림 10. 개별 주파수 대역별 TVBD 평균 방사전력 분포도

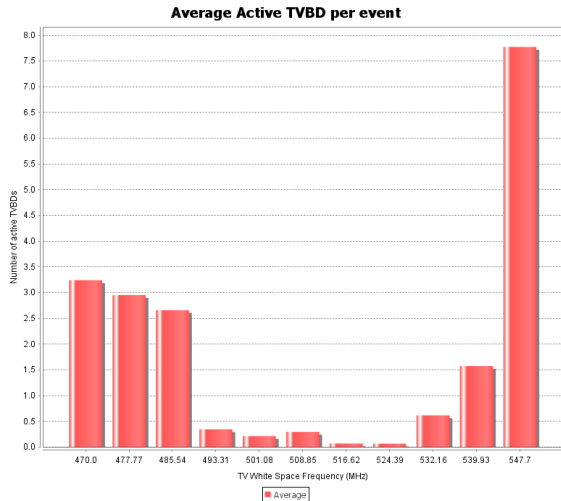


그림 11. 개별 주파수 대역별 평균 구동 TVBD 개수

그림 10의 모의실험 결과에서 알 수 있듯이 TVBD 송신 기들은 확률적으로 16.98 dBm에서 20 dBm의 범위 내에서 전송전력을 이용하고 있음을 파악할 수 있다. 또한 스펙트럼 인지 실패 확률을 0%로 고정하였을 경우, 그림 11의 모의실험 결과를 통하여 547.7 MHz의 중심 주파수를 가지는 TV 화이트 스페이스 대역에서 허용 가능 TVBD 개수가 가장 많이 존재하고 있음을 파악할 수 있다. 여기서 개별 주파수 대역에 허용되는 TVBD의 총 수는 그림 11에 나타난 각각의 스토그램의 최대 값을 모두 합한 값으로 표현할 수 있으며, 사전에 설정한 TVBD 개수 20개에 근접하는 19.8264가 산출됨을 확인하였다.

그림 12의 모의실험 결과는 동일한 간섭 시나리오 및 전송 파라미터 설정 환경에서 스펙트럼 인지 실패 확률 값의 변화에 따른 전체 주파수 대역에서의 허용가능 TVBD의 총 개수와 간섭확률 변화량을 나타내고 있다.

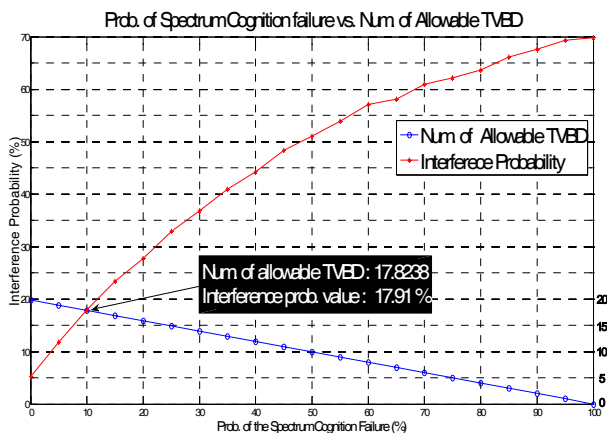


그림 12. 스펙트럼 인지 성능 변화에 따른 허용가능 TVBD 총 개수 및 간섭확률 변화량

그림 12의 모의실험 결과에서 가로축은 스펙트럼 인지 실패 확률 값의 변화량을 의미하며, 왼쪽 세로축의 값은 간섭확

률, 오른쪽 세로축의 값은 허용가능 TVBD의 총 개수를 의미한다. 모의실험 결과에서 알 수 있듯이 스펙트럼 인지 실패 확률이 증가할수록 간섭확률은 증가하게 되며, 허용가능 TVBD 총 개수는 감소하고 있음을 파악할 수 있다.

V. 결론

본 논문은 차세대 유럽형 디지털 이동방송 서비스인 DVB-T2와 동일 주파수 범위 내에서 스펙트럼 인지 기능을 탑재한 TVBD와의 공존 가능성을 간접분석을 통하여 확인하였다. 모의실험 결과에서 알 수 있듯이 스펙트럼 인지 정보를 기반으로 TVBD 사용자가 사전에 정해진 20 dBm의 최대 허용가능 전송 전력을 넘지 않는 범위 내에서 DVB-T2와 상호 서비스 운용이 가능함을 파악할 수 있었다. 또한 DVB-T2에 대한 간섭영향 대비 허용가능 TVBD 총 개수 및 간섭확률의 변화량에 대해서도 분석을 수행하였다.

향후 본 연구에서는 미국 연방통신위원회에서 제시한 다양한 형태의 TVBD 및 여러 가지 무선통신 서비스 모델을 고려한 간접분석을 추가로 진행 할 예정이다. 또한 TVBD 사용자가 위치하는 지형적 특성에 따라 다양한 크기의 TVBD 전송전력 할당이 가능한 유럽 ECC에서 연구되고 있는 TV 화이트 스페이스 전송규격을 고려하여 미국형과 유럽형에 대한 TV 화이트 스페이스 서비스 공존 규격에 대한 비교분석을 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] FCC, "Mobile Broadband : The Benefits of Additional Spectrum," OBI Technical Paper Series, October 2010.
- [2] Spectrum Bridge, "Improving Access to High Speed Broadband," White Spaces Success Stories.
- [3] 석용호, "TV 화이트 스페이스에서 Wi-Fi 표준화 동향," TTA 저널, vol.140, 2012년 3월.
- [4] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4m.html>
- [5] <http://www.ieee802.org/22/>
- [6] FCC, "Second Report and Order and Memorandum Opinion and Order," FCC no. 08-260, Nov. 2008.
- [7] FCC, "Second Memorandum Opinion and Order," FCC 10-174, 23 September, 2010.
- [8] FCC, "Third Memorandum Opinion and Order," FCC no. 12-36, April 2012.
- [9] Ofcom, "Digital Dividend : Cognitive Access, Consultation on License-exempting Cognitive Devices using Interleaved Spectrum," Feb. 2009.
- [10] ECC Report 159, "Technical and Operational Requirements for the Possible Operation of Cognitive Radio Systems in the 'White Spaces' of the Frequency Band 470-790 MHz," 2011.
- [11] ERC Report 68, "Monte-Carlo Simulation methodology for

the use in sharing and compatibility studies between different radio services of systems," February 2000.

[12] ECO, "Manual on Cognitive Radio Simulation," July 2010.

[13] J. Deloziere, A. Toury, and M. L. Devendec, "SEAMCAT User Manual," ERO, February, 2004

[14] ECC, ECC/CPG11 PT-D(09)024, April 2009.

중위원회 위원장
 · 1995년 9월 ~ 현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수
 <관심분야> : Cognitive Radio, Software Define Radio, TVWS, 이동통신시스템, 적응 빔형성 기법, 디지털 필터

저자

최 주 평(Joo-Pyoung Choi)



- 1999년 2월 : 안양대학교 정보통신공학(공학사)
- 2001년 2월 : 숭실대학교 정보통신학과(공학석사)
- 2003년 3월 ~ 2006년 12월 : 새틴정보통신(주) 전기정보사업부 책임연구원
- 2010년 8월 : 숭실대학교 정보통신공학과 (공학박사)
- 2010년 ~ 현재 : 방송통신위원회 TV 유희대역 정책연구반
- 2011년 4월 ~ 현재 : CR/SDR 포럼 서비스/정책분과 간사
- 2010년 9월 ~ 현재 : 숭실대학교 인지무선통신연구소 연구교수

<관심분야> : Cognitive Radio, TVWS DB, 간섭분석, 스마트 그리드, 배열 안테나 빔형성, SONAR, 아크/스파크 감지 알고리즘

장 형 민(Hyung-Min Chang)



- 2005년 2월 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 (공학사)
- 2007년 2월 : 숭실대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : Software Define Radio, TVWS, 디지털 필터, 스마트 그리드

이 원 철(Won-Cheol Lee)



- 1986년 2월 : 서강대학교 전자공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1994년 5월: Polytechnic Institute of New York University(공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 숭실대학교 산학협력단 단장
- 2010년 2월 ~ 현재 : 방송통신위원회 TV 유희대역 정책 연구반 연구반장
- 2011년 4월 ~ 현재 : 방송통신위원회 TV 유희대역 정책 연구반 DB분과 분과장
- 2012년 6월 ~ 현재 : 방송통신위원회 TVWS 기술기준 검