

인지 무선 시스템을 위한 DVB-T2 및 Wi-Fi 6의 최적 스펙트럼 센싱에 관한 연구

Research on the Optimal Spectrum Sensing of DVB-T2 and Wi-Fi 6 for Cognitive Radio System

이 성 주 · 김 영 식*

Sung-Joo Lee · Young-Sik Kim*

요 약

본 논문은 인지 무선 시스템을 위한 DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호 스펙트럼 센싱 최적화에 관한 연구이다. DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호는 OFDM을 사용하며, 동기를 위해 신호의 프리앰블 특성을 이용한 검출기를 각각 구현하였다. 구현한 검출기의 성능을 최적화하기 위해 신호 대 잡음비가 -10 dB에서 10 dB까지 범위를 가지고 DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호가 혼재하는 채널에서 각 검출기의 성능을 분석하였다. 검출기는 각 신호의 프리앰블이 가지는 고유 특성에 기반한 자동 상관 기법을 사용하였다. 고유 자동 상관 기법의 검출기 출력으로부터 오검출 확률과 미검출 확률을 최소화하는 임계값을 설정하고, 그 성능을 분석하였다. 최적 임계값에서의 오검출 확률과 미검출 확률을 추출하고, 이를 바탕으로 신호 대 잡음비에 따른 검출 성능을 평가한 결과, 신호 대 잡음비 -6 dB의 DVB-T2, -4 dB의 Wi-Fi 6 신호에 대해 오검출이 없는 조건에서 미검출 확률이 각각 0.25 %, 0.21 % 이하의 우수한 결과를 얻었다.

Abstract

In this study, we propose the spectrum sensing technology of DVB-T2 and Wi-Fi 6 for cognitive radio systems. The implemented detectors use the unique preamble characteristics of DVB-T2 and Wi-Fi 6 signals. The performance of the detectors is optimized in a channel where DVB-T2 and Wi-Fi 6 signals are mixed along with the signal-to-noise ratio (SNR) over the range of -10 dB to 10 dB. The detector uses an autocorrelation that applies the distinctive characteristics of each signal preamble. Thresholds are searched in the output of the intrinsic autocorrelation detectors. The probabilities of false alarms and missed detections at each threshold are extracted to derive the optimal threshold to determine the presence of each signal. After the optimization, the detector shows that the missed detection probability is less than 0.25 % for DVB-T2 at -6 dB SNR and 0.21 % for Wi-Fi 6 at -4 dB SNR without a false alarm.

Key words: Auto-Correlation, DVB-T2, Spectrum Sensing, Threshold Optimization, Wi-Fi 6

「이 논문은 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가위원의 지원을 받아 수행된 연구임(2019-0-00964, 스펙트럼 챌린지를 통한 기존 무선국 보호 및 주파수 공유기술 개발).」

한동대학교 기계제어공학과(Department of Mechanical & Control Engineering, Handong University)

*한동대학교 전산전자공학부(Department of Computer Science and Electrical Engineering, Handong University)

· Manuscript received March 1, 2023 ; Revised March 20, 2023 ; Accepted May 8, 2023. (ID No. 20230301-017)

· Corresponding Author: Young-Sik Kim (e-mail: young@handong.edu)

I. 서 론

현대 무선 시스템에서 전파 자원의 포화 문제 해결은 핵심 과제이다. 지금까지 전파 자원의 효율을 개선하기 위해 동일 대역 전이중(in-band full duplex) 통신 기술과 인지 무선 시스템(cognitive radio, CR) 기술 연구가 활발히 진행되고 있다^[1]. 특히 인지 무선 시스템은 동일 대역에서 기존 무선국을 보호하면서 주파수 자원을 공유할 수 있는 기술이다. 현재 Wi-Fi 수요의 폭발적인 증가로 새로운 비면허 광대역 주파수 자원이 필요하다. 이를 위해 기존 이동방송중계 시스템이 사용하고 있는 대역을 공유하는 방식이 검토되고 있다. 따라서 이동방송중계 시스템의 DVB-T2(digital video broadcasting-second generation) 서비스를 보호하면서 차세대 Wi-Fi 서비스를 가능하게 하는 주파수 공유 시스템 개발이 필요하다^[2].

이러한 주파수 공유 시스템은 그림 1과 같이 이동방송중계 시스템의 우선 사용자(primary user, PU)와 비면허 Wi-Fi 6 서비스의 이차 사용자(secondary user, SU)가 상호 공존하는 환경에서 동작한다. 따라서 비면허 사용자인 SU는 먼저 우선 사용자 PU의 신호를 검출한다. 신호가 없는 경우, 자신 이외의 SU의 신호를 검출하여 채널 상황을 파악하고, 최적의 채널 및 접속 정보를 도출한다. 이동방송중계 대역 주파수 공유를 위해 DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호를 검출과 식별을 위한 스펙트럼 센싱 기술을 개발해야 한다.

본 논문에서는 이동방송중계 대역 공유를 위한 PU의 신호인 DVB-T2와 SU의 신호인 Wi-Fi 6이 공존하는 환경에서 DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호 검출을 위한 스펙트럼 센싱 기반 검출기의 성능 분석을 진행하였다. 따라서 그림 2와 같이 무선 신호 생성, 신호 검출기 설계, 잡음에 대한 임계값 최적화 과정을 통해 DVB-T2, Wi-Fi 6 신호 검출기를 구현하고, 그 결과를 제시한다.

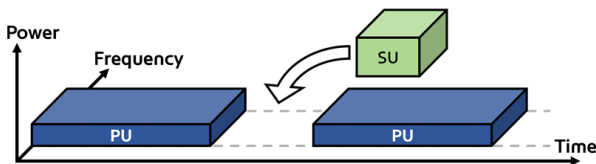


그림 1. 인지 무선 시스템
Fig. 1. Cognitive radio system.

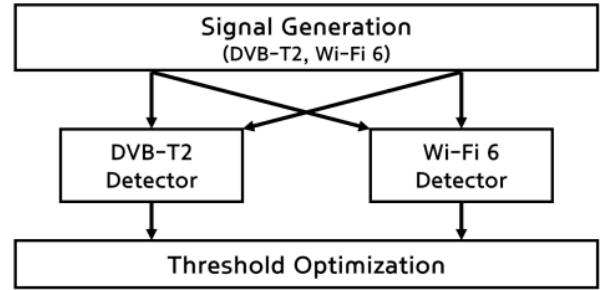


그림 2. 스펙트럼 센싱 기법의 순서도
Fig. 2. Flowchart of spectrum sensing technique.

II. 이론적 배경, 신호 생성 및 검출

2-1 DVB-T2 신호 생성 및 검출기 설계

DVB-T는 직교 주파수 분할다중(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 신호로 지상파 및 공중파 방송에 사용되는 디지털 텔레비전 전송 표준이다^[3]. DVB-T2는 이전 버전인 DVB-T보다 향상된 비디오, 오디오 품질을 제공하며, 더 빠른 데이터 속도를 지원하고, 가용한 스펙트럼을 더욱 효율적으로 사용하기 위해 개발되었다^[4]. H.264/MPEG-4 AVC 및 HEVC(H.265)와 같은 고급 코덱을 사용하여 데이터를 압축하고, 안정적인 수신을 보장하는 강력한 오류 정정 체계를 사용하는 장점이 있다^[5].

DVB-T2는 입력 처리, 비트 인터리브드 부호 변조(bit interleaved coding & modulation, BICM), 프레임 생성, OFDM 생성 단계로 구성되어 있다^[4]. 입력 처리 단계에서는 데이터 송신을 준비하는 단계로 비디오 및 오디오 부호화, 다중화, 오류 정정과 같은 작업이 수행된다. BICM 단계에서는 주어진 패킷 표준 프로토콜(packet level protocol, PLP)의 각 BBFRAME에서 모든 인터리빙, 복조 및 변조 작업이 진행된다. 프레임 생성 단계에서는 PLP의 셀을 T2 슈퍼 프레임 내 OFDM 신호의 데이터 반송파에 할당한다. 마지막 단계에서 OFDM을 통해 변조되어 무선 전송을 위한 준비 단계를 마친다. 이를 통해 전송 효율을 높이며, 외부 간섭의 영향을 줄이는 장점이 있다.

DVB-T2 구조 내 P1 심볼은 동기화 및 식별 정보를 포함하여 전송에 대한 중요한 정보를 전달하는 데 사용된다^[3]. 각 프레임 및 슈퍼 프레임의 시작 부분에 위치해 전송되며, 수신기에서 동기화를 통해 새 프레임 또는 슈퍼

프레임의 시작을 식별하고자 사용된다. P1 심볼은 OFDM 생성 단계에서 생성되며, 다음 4가지 목적이 있다. P1 심볼 검출만으로 DVB-T2의 식별이 가능하며, 프리앰블 자체를 T2 프리앰블로 식별하게 한다. 이는 동일한 슈퍼 프레임에 공존하는 다른 포맷과 구별점을 가지게 한다. 또한 초기화 프로세스 중 나머지 프리앰블을 복호화하는데 필요한 기본 송신 매개변수를 신호로 보내며, 수신기가 주파수 동기화를 감지 및 수정하도록 한다. P1 심볼은 OFDM 변조 방식을 통해 까다로운 수신 조건에서도 안정적으로 수신되는 견고한 구조로 설계되었다.

P1 심볼은 그림 3과 같은 구조로 구성된다^[3]. P1 심볼은 1,024개의 부반송파를 사용하여 데이터를 전송하는 1K OFDM 방식으로 설계되었다. 심볼 양쪽에는 가드 인터벌(guard interval, GI)과 유사한 역할을 하는 부분(C, B)이 이어져 있다. C 부분은 A 부분의 1,024길이 표본 중 앞 542개의 표본에 대해 주파수 이동을 하여 앞단에 이어졌으며, 같은 방식으로 482개의 표본으로 구성된 B를 뒤에 연결하여 총 2,048길이 표본으로 구성되어 있다.

그림 4의 순서도 같이 P1 심볼을 생성하였다^[3]. P1 심볼 내에는 853개의 유효 반송파가 존재하고, 이 중 384개만 사용되며, 반송파의 인덱스는 고유티값으로 존재한다. 3비트의 S1, 4비트의 S2에 따른 16진수의 변조 패턴이 각각 존재한다. S1, S2에 따른 16진수의 변조 패턴을 2진수로 변환한 다음, 이들끼리 연결하는 작업을 진행하여 384길이의 시퀀스를 형성한다. 이후, 차동 이진 위상 편이 방식(DBPSK) 변조를 진행하여 -1, 1로 구성된 시퀀스를 형성한다. 다음 과정으로 15비트 의사 난수 이진 시퀀스

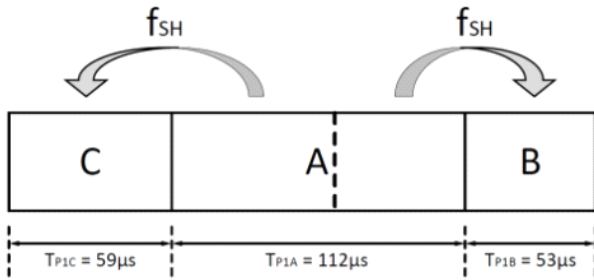


그림 3. 8 MHz 대역폭 환경의 P1 심볼 구조
Fig. 3. P1 symbol structure in 8 MHz bandwidth environment.

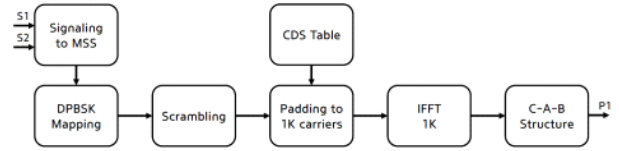


그림 4. P1 심볼 생성 순서도
Fig. 4. Flowchart of P1 symbol generation.

(PRBS15)를 통해 스크램블링을 진행한다.

$$p_{1A}(t) = \frac{1}{\sqrt{384}} \sum_{i=0}^{383} SCR_i \times e^{j2\pi \frac{k_{p1}(i) - 426}{1024} t} \quad (1)$$

식 (1)을 통해 스크램블링의 결과값으로 P1 심볼의 A 부분을 생성할 수 있다. 본 수식에서 SCR_i 는 스크램블링의 결과값, $k_{p1}(i)$ 는 사용되는 384개의 반송파에 대한 인덱스값이다. P1 심볼의 강인성을 늘리기 위해 A 부분에 대한 주파수 이동을 진행하여 542 표본에 대한 C 부분, 482 표본에 대한 B 부분을 생성한다.

그림 5는 P1 심볼의 B, C 부분과 A 부분의 상관관계를 구함으로 P1 심볼을 검출하는 방법을 나타낸다^[6]. 기존 검출기는 T_A 의 지연 시간을 주어 각 상관관계를 합하는 방식을 사용하였다. 그러나 해당 지연 시간은 각 상관관계 최댓값의 위치가 일치하지 않아, 낮은 SNR의 P1 심볼 검출은 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 지연 시간을 $2T_C$ 로 설정하여 각 상관관계로부터의 최댓값 위치를 그림 6과 같이 개선하였다. -10 dB부터 10 dB까지 SNR에 대한 DVB-T2 검출기 성능으로 기존 기법과 제안 기법의 비교를 그림 7에 도시하였다. 기존 기법은 -5dB까지 정확한 검출을 할 수 있는 데에 반해 제안 기법은 -6dB까지 검출할 수 있음을 확인하였다.

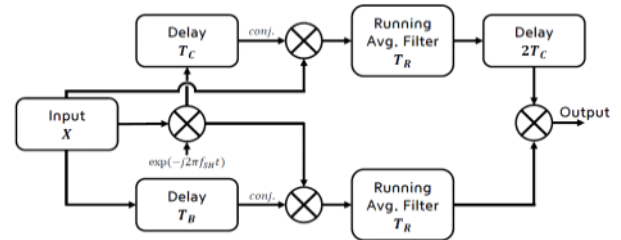


그림 5. P1 심볼 검출 모식도
Fig. 5. Flowchart of P1 symbol detection.

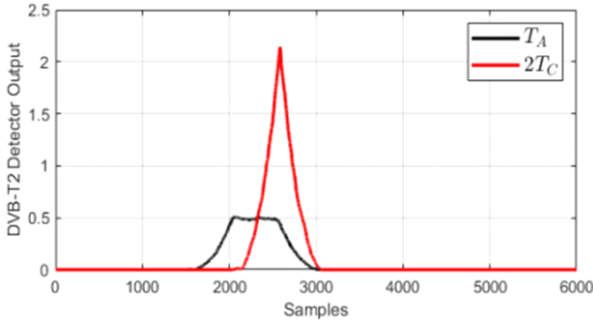


그림 6. 시간 지연값에 따른 검출기 출력 비교
Fig. 6. Comparison of detector output according to time delay value.

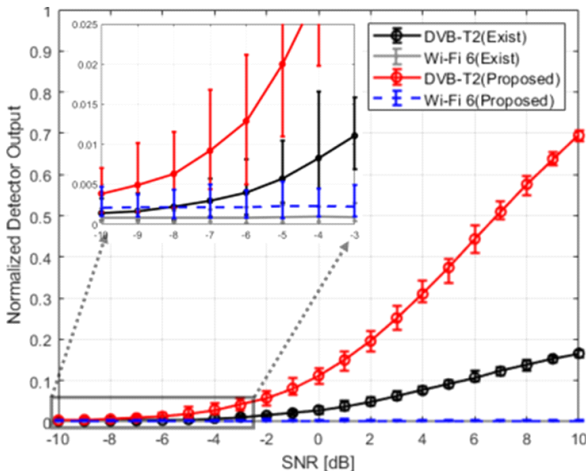


그림 7. SNR에 따른 DVB-T2 검출기 성능 비교
Fig. 7. DVB-T2 detector performance comparison according to SNR.

2-2 Wi-Fi 6 신호 생성 및 검출기 설계

Wi-Fi 6 신호는 IEEE 802.11ax 표준 규정을 따라 생성하였다. IEEE 802.11ax는 802.11a/n/ac 심볼 길이보다 4배 긴 심볼을 가지고 있으며, GI 비율 감소에 따른 전송 효

율 개선, 다중 경로 페이딩 및 타이밍 변동에 대한 견고성의 장점이 있다^[7]. 또한, 스펙트럼 가장자리에 추가 부반송파를 통한 데이터 속도 증가의 장점이 있다^[7]. 더불어 Wi-Fi 6은 기존 버전에서 OFDM 변조 방식을 사용했던 것에 비해 직교 주파수 분할 다중 접속(orthogonal frequency division multiple access, OFDMA) 변조 방식을 사용하여 다수의 이용자가 동일 대역에 대해 더욱 효율적인 사용을 가능하게 한다. 이는 OFDMA 변조 방식이 기존 OFDM과 같이 단일 주파수 대역이 아닌 각 사용자에게 부반송파의 하위 집합이 할당되는 방식을 사용하기 때문이다^[8].

Wi-Fi 6은 프리앰블, 물리 계층 헤더, 매체 접근 제어(media access control, MAC) 헤더, MAC 페이로드, 프레임 검사 순서가 연결된 구조로 구성되어 있다. 이 중 프리앰블은 송신기와 수신기를 동기화하며 통신 채널을 설정하는 데 사용되며, 그림 8과 같이 레거시 모드의 프리앰블 및 고효율 프리앰블로 구성되어 있다^[9]. 레거시 모드의 프리앰블은 단기 훈련 필드(legacy-short training field, L-STF)와 장기 훈련 필드(legacy-long training field, L-LTF)로 구성되어 있다. L-STF는 타이밍 및 주파수 동기화 설정에 사용되며, L-LTF는 공간 동기화를 설정하고 채널 특성을 추정하는 데 사용된다. 고효율 프리앰블은 고효율 모드에서 사용되며 HE-SIG-A, HE-SIG-B, HE-STF로 구성되어 있다. HE-SIG-A 필드는 L-STF, HE-SIG-B 필드는 L-LTF와 동일한 역할을 하며, HE-STF는 수신기 감도 향상에 사용된다. 레거시 신호(L-SIG)와 감쇠 레거시 신호(RL-SIG)는 전송되는 물리 계층 프로토콜 데이터 단위(physical layer protocol data unit, PPDU)의 유형을 식별하며, 이에 대한 정보 제공에 사용되는 필드이다. 각 필드는 PPDU 유형을 식별하며, 페이로드에 대한 정보를 제공하는 데 사용된다. 고효율 모드에서 단일 사용자(single user, SU), 확정 범위 단일 사용자, 트리거 기반, 다중 사용자의

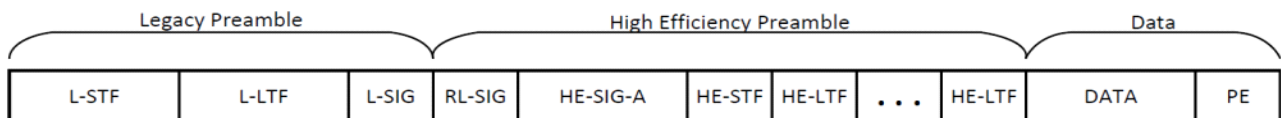


그림 8. 고효율 단일 사용자 물리 계층 프로토콜 데이터 단위의 구조
Fig. 8. HE (structure of high efficiency) SU (single user) PPDU (physical layer protocol data unit).

4가지 송신 모드가 지원되며, 모드마다 PPDU 포맷이 달라진다. 본 논문에서는 고효율 단일 사용자 포맷의 PPDU 신호 생성 및 검출을 진행하였다.

Wi-Fi 6의 HE SU PPDU는 MATLAB WLAN Toolbox를 통해 생성하였다^[10]. 해당 송신 모드로 PPDU를 생성하고자 20 MHz의 채널 대역, 저밀도 패리티 검사(low density parity check, LDPC) 채널 부호화로 구성하였다. 해당 구성 요소를 통해 그림 8과 같은 구조의 HE SU PPDU를 생성하였다. 해당 PPDU는 총 1,040 표본으로 구성, 20 MHz 대역에서 52 μ s의 길이를 가진다. 채널 모델에는 4개의 다중 경로 레일리(rayleigh) 페이딩 채널 효과를 고려하였다. 신호의 가드 인터벌은 0.4 μ s이며, 다중 경로는 0.1 μ s, 0.2 μ s, 0.35 μ s의 지연 시간과 -2 dB, -4 dB, -7 dB의 진폭 감쇠를 설정하였다. 이후 AWGN 수신잡음과 임의의 반송파 주파수 오프셋을 적용해 수신 신호를 모델링하였다.

Wi-Fi 6 HE SU PPDU를 검출을 위해 송신기와 수신기 사이의 주파수 오프셋을 보상하는 과정이 필요하다^[11]. 주파수 오프셋 보정을 위해 먼저 저밀도 주파수 오프셋을 계산해 보정하였다. 이는 L-STF의 10개의 심볼 중 앞 9개와 뒤 9개의 상관관계를 분석한 뒤, 주파수 오프셋을 구해 보정하였다. 이후 L-LTF의 2개 심볼들의 상관관계를 통한 고밀도 주파수 오프셋 보정을 적용하였다. 이를 통해 수신된 Wi-Fi 6의 검출 확률을 향상하여 보다 안정적이고 효율적인 통신이 가능하다.

Wi-Fi 6 HE SU PPDU 내부 구조 특성을 응용한 자동 상관관계를 연산하여 Wi-Fi 6를 검출할 수 있다. L-STF의 10주기의 패턴, L-LTF의 2주기의 패턴, L-SIG와 RL-SIG, 그리고 HE-STF의 5주기의 패턴에서의 자동 상관관계를 통해 Wi-Fi 6 신호를 검출하였다. Wi-Fi 6 검출기 알고리즘에 대한 모식도는 그림 9와 같다.

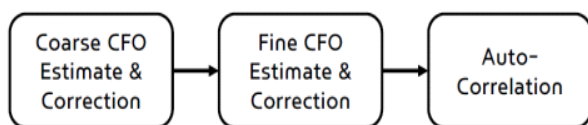


그림 9. Wi-Fi 6 HE SU PPDU 검출 모식도
Fig. 9. Wi-Fi 6 HE SU PPDU detection flowchart.

2-3 DVB-T2 및 Wi-Fi 6 신호 검출 성능시험

본 논문에서 DVB-T2 및 Wi-Fi 6 신호 검출 성능 시험을 하기 위해 앞서 그림 2와 같은 과정을 수행하였다. 검출기의 탐지 성능을 확인하기 위해 다양한 SNR 환경에서 테스트를 진행하였다. 시험한 수신 신호의 SNR 범위는 10 dB에서 -10 dB까지로 설정하였으며, 부가 백색 가우스 잡음을 사용하였다. 신호 표본을 검출기에 테스트하기 위해 표본의 IQ값 각각의 평균을 0, 표준 편차를 1로 정규화하였다. 정규화한 DVB-T2, Wi-Fi 6 신호를 DVB-T2 검출기와 Wi-Fi 6 검출기에 각각 인가하여 검출기 출력을 측정하였다. 이후 잡음이 없는 신호에 대한 검출기 출력값을 기준으로 검출기 출력을 정규화하였다.

각 SNR마다 1만 개씩의 신호 표본에 대해 DVB-T2와 Wi-Fi 6 검출기 출력을 구한 후, 오검출 확률(probability of false alarm, p_{FA})과 미검출 확률(probability of missed detection: p_{MD})의 상충 관계를 만족하는 임계값을 구하였다. 신호의 SNR이 높은 경우 p_{MD} 와 p_{FA} 가 모두 이상적인 0을 가지는 임계값이 존재하지만 낮은 SNR 환경에서는 임계값에 대한 최적화가 필요하다. 본 논문에서는 p_{MD} 와 p_{FA} 값이 임계값에 따라 상충 관계를 가지는 특정 SNR의 조건에서 임계값 최적화를 수행하였다. 주어진 SNR 조건에서 오검출 확률과 미검출 확률이 교차하는 지점을 상충 관계를 최적화하는 지점으로 설정하였다.

III. 검출기 성능평가 결과

그림 10은 DVB-T2와 Wi-Fi 6의 SNR에 따른 DVB-T2 검출기의 정규 출력을 나타낸다. 각 SNR에서 정규 출력값의 범위는 1만 개 표본에 대한 검출기의 출력 범위를 나타낸다. 그림 11은 이전 DVB-T2 검출기 성능 측정에서 사용된 동일 신호에 대한 Wi-Fi 6 검출기의 출력 범위를 도시한다. 두 그림을 통해 SNR이 낮아짐에 따라 검출할 목표 신호에 대한 검출기 출력값은 감소하며, 대응하는 간섭 신호에 대한 출력은 변화가 없음을 확인할 수 있다.

그림 10을 통해 SNR -6 dB 이하 환경에서 DVB-T2와 Wi-Fi 6 신호에 대한 DVB-T2 검출기 출력 범위가 서로 중첩되는 것을 확인할 수 있다. 이는 해당 SNR 조건에서

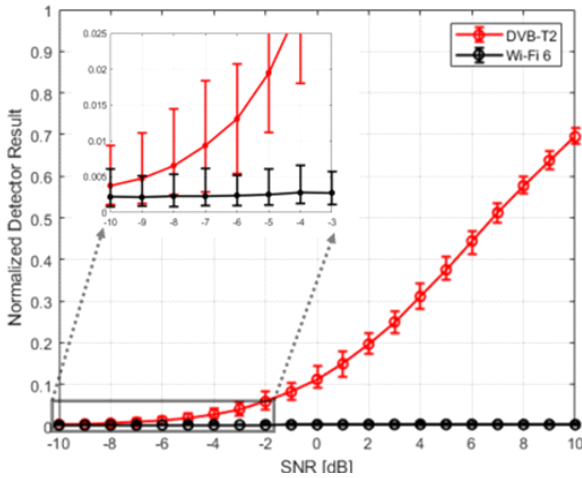


그림 10. SNR에 따른 DVB-T2 검출기 성능
Fig. 10. DVB-T2 detector performance according to SNR.

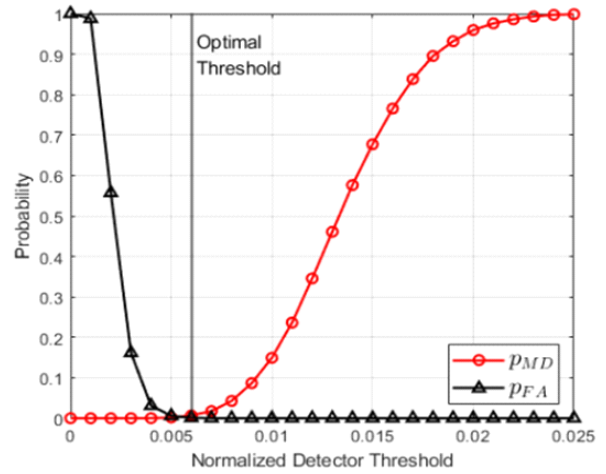


그림 12. DVB-T2 검출기 결과 임계값 스위프(SNR=-6 dB)
Fig. 12. Threshold sweep of DVB-T2 detector result.

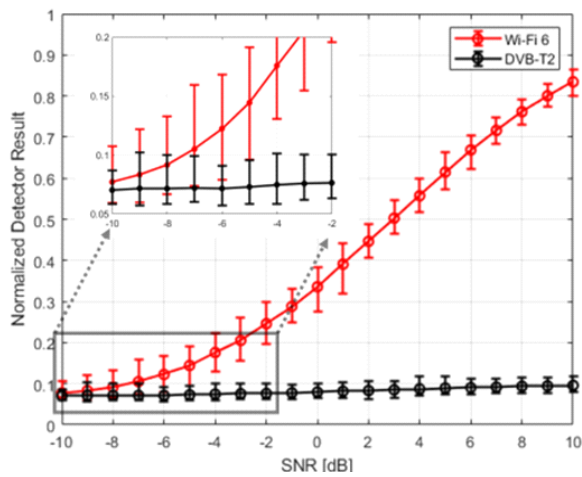


그림 11. SNR에 따른 Wi-Fi 6 검출기 성능
Fig. 11. Wi-Fi 6 detector performance according to SNR.

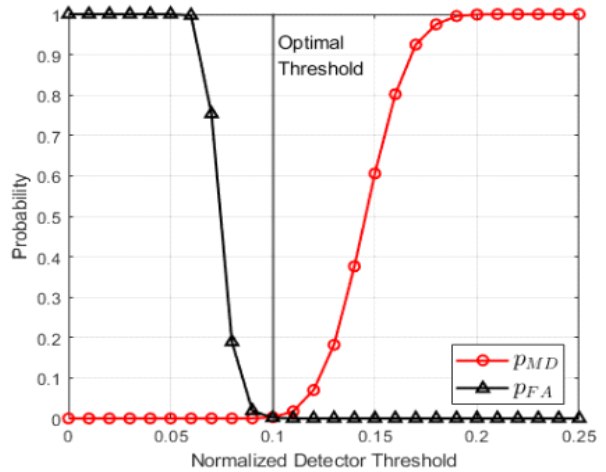


그림 13. Wi-Fi 6 검출기 결과 임계값 스위프(SNR=-5 dB)
Fig. 13. Threshold sweep of Wi-Fi 6 detector result.

오검출과 미검출 확률이 동시에 존재하며, 오검출 확률과 미검출 확률의 상충 관계를 만족하는 최적 임계값 설정이 필요하다. 최적의 임계값을 설정하기 위해 임계값에 따른 오검출 확률 및 미검출 확률을 비교하였으며, 교차하는 지점을 최적의 임계값으로 설정할 수 있다. 그림 12는 SNR -6 dB에서 임계값에 따른 DVB-T2 검출기의 p_{MD} 와 p_{FA} 를 나타낸다. 그림 12에서 오검출 확률과 미검출 확률이 교차하는 지점의 DVB-T2 검출기 출력으로 임계값을 설정하였다. Wi-Fi 6 검출기의 최적 표준 임계값

을 동일 방법으로 설정 시, 높은 SNR 환경에서 오검출의 확률이 증가하는 문제가 발생하였다. 따라서 그림 13에서 도시된 최적 표준 임계값에서 오검출 확률을 감소시키는 방향으로 임계값을 조정하여 표준 임계값을 설정하였다. 앞서 설정한 DVB-T2 검출기와 Wi-Fi 6 검출기의 임계값을 이용하여 SNR에 따른 오검출 확률과 미검출 확률을 시험하였으며, 그 결과를 그림 14 및 그림 15에 각각 도시하였다. DVB-T2 검출기를 예시로 미검출 확률을 위한 5,000 샘플의 DVB-T2, 오검출 확률을 위한 2,500 샘플의

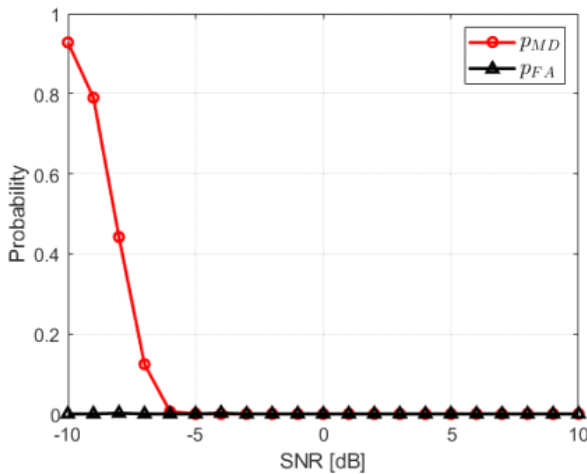


그림 14. SNR에 따른 DVB-T2 검출기 성능
Fig. 14. DVB-T2 detector performance by SNR.

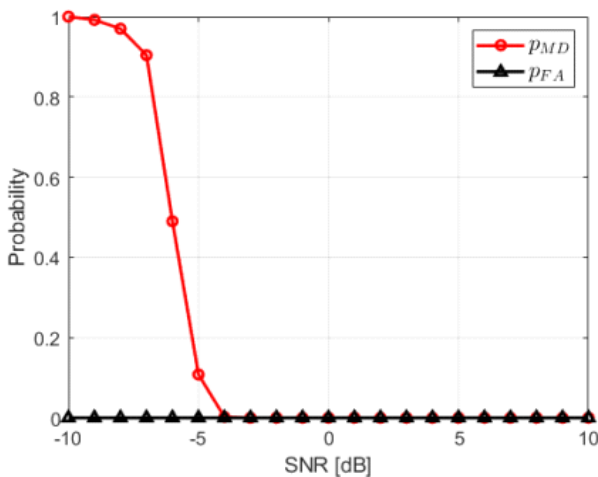


그림 15. SNR에 따른 Wi-Fi 6 검출기 성능
Fig. 15. Wi-Fi 6 detector performance by SNR.

Wi-Fi 6과 2,500 샘플의 백색 잡음으로 시뮬레이션을 진행하였다. 그 결과, DVB-T2 검출기는 SNR -6 dB 환경에서 $p_{MD} = 0.25\%$, $p_{FA} = 0\%$ 의 성능을 확인하였으며, -6 dB 보다 개선된 SNR 환경에서는 오검출 및 미검출 확률이 모두 0, 취약한 SNR 환경에서 미검출 확률이 급격히 증가하였다. 동일한 방식으로 Wi-Fi 6 검출기는 SNR -4 dB 환경에서 $p_{MD} = 0.21\%$, $p_{FA} = 0\%$ 의 시험 결과를 확인하였으며, DVB-T2 검출기와 마찬가지로 잡음이 더해진 환경에서 미검출 확률이 급격히 증가하였다.

IV. 결 론

인지 무선 시스템에서 한정된 주파수 자원을 활용하기 위해 스펙트럼 센싱은 핵심 기술이다. 본 논문에서는 이 동방송 중계 주파수를 공유하기 위해 DVB-T2, Wi-Fi 6 신호가 혼재하는 간섭 조건에서 목표 신호의 검출과 식별을 위한 고유 스펙트럼 센싱 기법과 성능 최적화 방식을 연구하였다. 신호의 SNR에 따른 각 검출기의 오검출과 미검출 확률을 통해 최적의 임계값을 설정하는 방식을 제시하였으며, 제안한 방식을 통한 검출기의 성능시험 결과를 제시하였다. 본 논문에서는 SNR -6 dB 이상의 DVB-T2 신호, SNR -4 dB 이상의 Wi-Fi 6 신호 환경에 대해 오검출 확률이 없는 조건에서 각각 DVB-T2 미검출 확률 0.25 % 이하 그리고 Wi-Fi 6 미검출 확률 0.21 % 이하의 성능을 나타내었다.

본 논문은 DVB-T2와 Wi-Fi 6 서비스 주파수 공유를 위해 간섭 신호가 혼재하는 전파 환경에서 검출기 구현 방법과 오검출과 미검출 확률의 상충 관계를 최적화하여 적절한 임계값을 설정하는 방법을 제시하였다. 제시된 기법은 주파수 공유 시스템 개발을 위한 신호들의 검출 및 식별에 유용하게 적용될 것으로 판단된다.

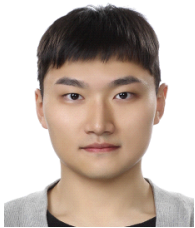
References

- [1] F. Javed, A. Mahmood, I. Shafi, and S. Ali, "Open research areas in cognitive radios," in *2012 Fourth International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation*, Kuantan, Sep. 2012, pp. 375-380.
- [2] S. N. Kim, I. K. Lee, and J. Y. Sung, "A coexistence study of low-power short-range wireless network and incumbent service in the 6 GHz band," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 25, no. 8, pp. 1074-1081, Aug. 2021.
- [3] *Digital Video Broadcasting(DVB); Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2)*, ETSI EN-302-755, 2011.
- [4] I. Eizmendi, M. Yelez, D. Gómez-Barquero, J. Morgade,

- V. Baena-Lecuyer, and M. Slimani, et al., "DVB-T2: The second generation of terrestrial digital video broadcasting system," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 60, no. 2, pp. 258-271, Jun. 2014.
- [5] DVB, "DVBSCENE: Finding the key to high efficiency video coding," 2010. Available: <https://dvb.org/wp-content/uploads/2019/12/DVB-SCENE36.pdf>
- [6] S. Cazalens, G. Lesthient, B. Ros, and C. Boustie, "Theoretical study of P1 detection(synchronisation for DVB-T2 standard)," in *2013 36th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, Rome, Jul. 2013, pp. 249-253.
- [7] Y. Inoue, "Recent technical trend for wireless LANs, IEEE 802.11 standardization: IEEE 802.11ax," in *Micro-wave Workshop & Exhibition(MWE)*, Yokohama, Nov. 2018.
- [8] Q. Song, Y. Huang, Z. Ning, and F. Wang, "Subcarrier allocation in multi-hop orthogonal frequency division multiple access wireless networks," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 40, no. 2, pp. 599-611, Feb. 2014.
- [9] H. Park, J. Yoon, and Y. Kim, "In-band full-duplex wireless communication using USRP," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 30, no. 3, pp. 229-235, Mar. 2019.
- [10] MATLAB, "WLAN Toolbox." Available: <https://kr.mathworks.com/products/wlan.html>
- [11] M. S. Kim, Y. S. Kim, "SDR implementation of 64-QAM OFDM using USRP," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 32, no. 3, pp. 250-256, Mar. 2021.

이 성 주 [한동대학교/석사과정]

<https://orcid.org/0009-0006-3689-1927>



2023년 2월: 한동대학교 기계제어공학부 (공학사)
2023년 3월~현재: 한동대학교 기계제어공학과 석사과정
[주 관심분야] 인공지능 신호 처리, 이중 센서 정보융합 등

김 영 식 [한동대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0003-1590-8233>



1993년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)
1995년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
1999년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)
1999년 3월~현재: 한동대학교 전산전자공학부 정교수
[주 관심분야] 센서 네트워크 개발, RFID, 무선 송·수신용 RF/Analog IC 설계, 무선 통신용 모듈 설계, RF 전력 증폭기 개발