

# 국내 DTV 서비스 보호를 위한 은닉 노드 마진 연구

## A Study on Hidden Node Margin to Protect DTV Service in Korea

강 규 민 · 조 상 인 · 정 병 장

Kyu-Min Kang · Sang-In Cho · Byung-Jang Jeong

### 요 약

본 논문에서는 국내 전파 환경에서 DTV 서비스를 안전하게 보호하면서 동시에 TV 유휴 대역 기기를 효과적으로 운용하기 위해 은닉 노드에 의한 DTV 신호 감쇄 영향을 살펴본다. 이를 위해, 국내 전파 환경을 지리적 특성에 따라 해안형, 분지형, 도시형 지역으로 분류하고, 각 지역을 지형적 특징에 따라 다시 8개 지형으로 세분화하여 측정 지점을 선정한 후 DTV 신호의 은닉 노드 감쇄 정도를 측정하고 분석한다. 국내 대도시의 경우 빌딩 건물 지역과 주상 복합 지역이 다른 나라에 비해 상대적으로 밀집해 있기 때문에, 국내 DTV 서비스를 안전하게 보호하기 위해서는 은닉 노드 마진을 최소한 38 dB 이상 설정해야 한다.

### Abstract

In this paper, we investigate hidden node problem to effectively utilize TV band devices(TVBDS) in the TV white space(TVWS), and also to protect digital television(DTV) service in Korea. Firstly, we classify the radio propagation environment into an urban area, a basin area, and a coastal area based on geographical characteristics. Thereafter, we measure and analyze local shape based hidden node attenuation at eight segmented positions in each geographic area. Because commercial buildings as well as residential and commercial buildings in Korea are located in closer proximity to each other than in other countries, hidden node margin should be more than 38 dB in order to safely protect DTV service in Korea.

Key words : TVWS, Hidden Node Attenuation, TVBD, DTV, Hidden Node Margin, Detection Threshold

### I. 서 론

방송 대역에서는 DTV(Digital Television)나 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등 허가된 서비스가 사용되지 않고 비어 있는 주파수 대역이 지역별 또는 특정 시간 대에 존재하는데, 이를 TV 유휴 대역(TVWS: TV White Space)이라고 하며, 이 주파수 대역은 기존의 무선 랜(WLAN: Wireless Local Area Network)이나 근거리 무선 개인 통신망(WPAN: Wireless Personal Area Network) 등에서 사용하고

는 주파수 대역보다 채널 환경이 훨씬 좋기 때문에 이 주파수 대역을 이용해서 통신 시스템을 운용하기 위해 전세계 대기업, 연구소, 대학교 등에서 표준화 작업과 다양한 연구 활동을 활발히 진행 중이다<sup>[1]~[6]</sup>. 최근 IEEE 802.22에서는 인지 무선(CR: Cognitive Radio) 기술을 이용한 TV 대역 고정 무선 통신망인 WRAN(Wireless Regional Area Network) 시스템에 대한 PHY(Physical layer) 및 MAC(Medium Access Control) 표준을 완료하였다<sup>[1]</sup>. 따라서, 국내에서도 TV 유휴 대역 기기(TVBDS: TV Band Devices)가 TV 방

「본 연구는 방송통신위원회의 전파방송위성 원천기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(KCA-2011-KI002061/09911-01105).」

한국전자통신연구원 인지무선연구팀(Cognitive Radio Research Team, ETRI)

· 논문 번호 : 20111028-135

· 교신저자 : 강규민(e-mail : kmkang@etri.re.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 12월 12일

송 대역 내 기존 서비스들을 충분히 보호하면서 TV-WS를 효율적으로 사용하기 위한 기술 기준이 요구되기 때문에, DTV, 지상파 DMB, 무선 마이크 등 기존 서비스를 보호하기 위한 보호 기준만 마련뿐만 아니라 TVWS의 효율적 사용을 위한 TVBD의 종류, 동작 채널, 출력 전력 등과 같은 세부 기술 기준안을 마련하기 위해 다양한 시뮬레이션과 검증 시험을 진행 중이다<sup>[7]</sup>.

현재 TVWS를 운용 중이거나 운용 계획 중인 대부분의 국가에서는 TVWS내 TVBD의 가용 채널 결정시 위치 측위 및 데이터 베이스 접속 방식을 선택해서 사용하고 있지만, TVWS내 다양한 네트워크가 공존하는 환경에서 TVBD를 효율적으로 운영하기 위해서는 궁극적으로 센싱 기능이 탑재된 센싱 전용 기기가 필요하다는 것을 인식하고 있다<sup>[8]~[10]</sup>. 이를 위해, incumbent 신호 센싱 임계값, TVBD가 처음 동작할 때 채널 가용성 확인 시간, TVBD 운용 중 가용 채널 모니터링 주기 등 센싱 전용 기기를 위한 기준이 필요하며, 무엇보다도 DTV 센싱 임계값 레벨을 신중하게 결정해야만 방송 대역에서 DTV 서비스를 안전하게 보호하면서 동시에 TVWS를 효과적으로 운용할 수 있게 된다.

DTV 센싱 임계값(detection threshold) 레벨을 결정할 때는 DTV 수상기 수신 감도(sensitivity level), 은닉 노드 마진(hidden node margin), DTV 수상기 안테나 이득 및 급전선 손실 등을 고려해야 한다<sup>[10]</sup>. 여기서 DTV 수상기 수신 감도란 DTV 수상기에서 수신된 영상 신호가 잡음 없이 잘 보이는 최소한의 수신 신호 세기를 의미하며, minimum level이라고도 부른다. 일반적으로 TV 수신 안테나는 지상으로부터 대략 10 m 정도의 높이에 설치되어 있지만, 개인/휴대형 TVBD 안테나의 경우 1.5 m 정도의 높이에 위치하기 때문에 TVBD가 채널 사용 여부 감지 시 장애물 등의 요소로 인해 DTV 신호가 감쇄될 수 있는데, 이를 은닉 노드 감쇄(hidden node attenuation)라 한다(그림 1 참조). 이처럼, 은닉 노드 감쇄로 인해 인지 무선 기기가 미사용 채널로 판단하여 해당 채널을 사용하면 TV 수상기에 간섭을 줄 수 있기 때문에 센싱 임계값 레벨을 정할 때 은닉 노드 감쇄를 고려하여 은닉 노드 마진을 충분히 두어야 한다. 은닉 노드 감쇄는 지리적 환경뿐만 아니라 지형적 환경에 따라

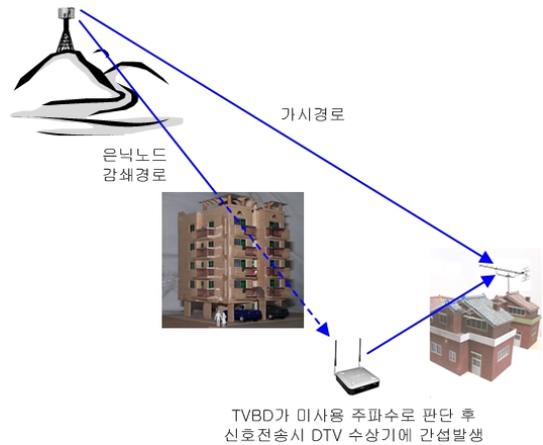


그림 1. 은닉 노드 개념도

Fig. 1. Hidden node issue.

그 값이 천차 만별이기 때문에 해당 국가의 전파 환경에 맞게 다양한 측정과 분석을 통해 신중하게 결정해야 한다.

서론에 이어서, 제 2장에서는 영국의 DTV 센싱 임계값 레벨 및 은닉 노드 마진 결정과 관련된 최근 기술 기준 동향을 기술한다. 제 3장에서는 서울, 대구, 부산 지역에서 은닉 노드에 의한 지형별 UHF (Ultra High Frequency) 대역 방송 신호 감쇄를 실환경 측정을 통해 살펴본 후, 제 4장에서 국내 지형적, 지역적 분류에 따른 은닉 노드 감쇄 결과를 비교 분석하고, 제 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 영국의 기술 기준 동향

최근 영국 Ofcom에서는 스펙트럼 센싱시 주택, 빌딩 건물 등과 같은 장애물로 인한 은닉 노드 문제를 제기하고, 이에 대한 측정과 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 센싱 임계값 기준에 반영하였다<sup>[10]</sup>. 영국의 지역 유형별 은닉 노드 감쇄 측정 결과를 살펴보면 표 1과 같다. 영국 Ofcom에서는 이 측정 결과를 참고하여 은닉 노드 감쇄에 따른 은닉 노드 마진을 35 dB로 조금 보수적으로 결정하였다.

알려진 바와 같이 DTV 수상기의 수신 감도는 -84 dBm 정도이다<sup>[2],[4]</sup>. 하지만, Ofcom에서 DTV 신호 수신 감도를 측정한 결과, 측정 지역 99.9% 이상의 DTV 수상기가 -78 dBm 이상의 수신 신호 세기로 DTV 신호를 수신하였으며, 실제 수신기 감도인 -84

표 1. 영국의 지역 유형별 은닉 노드 감쇄 측정 결과  
Table 1. Hidden node attenuation for different area types in the UK.

지역 유형	전체 지역중 % 지역의 은닉 노드 마진(dB)		
	90 %	95 %	99 %
도시(밀집)	18.5	22.4	29.2
도시	28.1	30.2	32.5
부도시	30.5	31.4	32.9
시골	14.9	15.6	16.6

dBm을 적용하게 되면 센싱 감도가 비현실적으로 작아지므로 영국에서는 DTV 센싱 임계값을 결정할 때 TV 수상기 수신 감도로 -78 dBm을 적용하였다. 이어서, DTV 수상기 안테나 이득으로 12 dB, DTV 급전선 손실로 5 dB를 고려함으로써 DTV 센싱 임계값을 -120 dBm(=-78 dBm -35 dBm -12 dB+5 dB)으로 결정하였다. 이처럼, DTV 센싱 임계값 기준을 결정하기 위해서는 DTV 수상기에서 감지하는 수신 신호 세기 분포를 고려함은 물론이고, 해당 국가의 지리적 환경, 지형적 환경 등을 고려한 은닉 노드 마진을 정확하게 결정해서 적용해야 한다. 본 논문에서는 국내 방송 대역 전파 환경에 적합한 DTV 신호의 은닉 노드 마진을 다양한 실환경 측정을 통해 살펴보고자 한다.

### Ⅲ. 국내 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정

국내 전파 환경에 적합한 DTV 신호의 은닉 노드 마진을 살펴보기 위해 국내의 지리적 특성과 지형적 특성에 적합한 분류 기준을 설정한다. 먼저, 표 2와 같이 국내 전파 환경을 지리적 특성에 따라 해안형, 분지형, 도시형 지역으로 분류하고, 보다 자세한 측정 및 분석을 위해 각 지역을 지형적 특성에 따라 주상 복합 건물 지역, 빌딩 건물 밀집 지역, 판상형 아파트 밀집 지역, 주택 밀집 지역, 원룸/빌라 밀집 지역, 공단 지역, 공원 지역, 평야 지역으로 세분화하여 측정 지점을 선정한 후 DTV 신호의 은닉 노드 감쇄값을 측정한다. 또한, 측정 결과의 신뢰도를 높이기 위해 지형적 특성에 따라 세분화된 지점에서 은닉 노드 감쇄값 측정을 최소한 30회 이상 각각 실시한다.

표 2. 지리적 분류

Table 2. Geographical classification.

구분	지역	지형 설명
해안형	부산	남해와 동해가 인접해 있는 지형
분지형	대구	4면이 산으로 둘러 싸인 지형
도시형	서울	고층 건물이 밀집되어 있는 지형

### 3-1 측정 방법 및 측정 시스템 구성도

그림 2에서 보는 바와 같이 측정 시스템은 차량에 스펙트럼 분석기, 도래각 측정 시스템, 수신 안테나, 노트북 컴퓨터, GPS(Global Positioning System) 등을 장착하여 스펙트럼 분석기에서 측정된 채널 전력은 GPS 위치 데이터와 함께 자동으로 노트북 컴퓨터에 저장된다. 또한, 그림 3과 같이 omni 안테나와 비슷



그림 2. 측정 시스템 구성도

Fig. 2. Configuration of a measurement system.

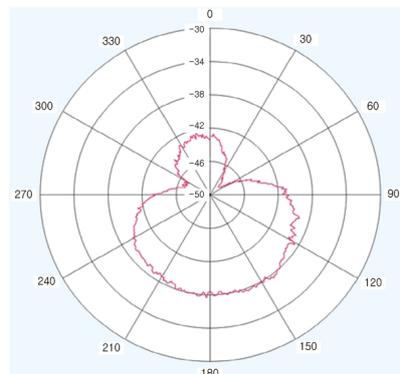


그림 3. 도래각 측정 시스템을 이용한 최대 수신 신호 레벨 측정

Fig. 3. Maximum received signal level detection using an angle of arrival measurement system.

한 효과를 주기 위해 도래각 측정 시스템을 이용하여 1도씩 360도 회전시키면서 회전각에 의한 수신 신호 레벨을 측정한 후 최대값을 측정 지점에서의 은닉 노드 감쇄값으로 사용한다. 또한, 차량이 진입하기 힘든 장소에서는 휴대형 스펙트럼 분석기 및 휴대형 소형 안테나를 사용하여 수신 신호 레벨을 추가로 측정한다.

3-2 서울 지역 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정

도시형 지역으로 분류되는 서울 지역에서 주상 복합 건물 지역, 빌딩 건물 밀집 지역, 관상형 아파트 밀집 지역, 주택 밀집 지역, 원룸/빌라 밀집 지역, 공단 지역, 공원 지역, 평야 지역에서 차량용 측정 시스템과 휴대형 스펙트럼 분석기 등을 이용하여 각 지점에서의 은닉 노드에 의한 UHF 대역 신호 감쇄를 측정하였으며, 서울 지역에서는 관악산 송신소에서 송출한 15번 채널(476~482 MHz) 신호를 측정하였다.

그림 4의 서울 방배동 주택 밀집 지역은 관악산 송신소 북쪽 방향에 위치하고 있으며, 송신소와 해당 지역과의 직선 거리는 대략 6 km이다. 그림 5는 서울 방배동 주택 밀집 지역의 각 측정 지점을 나타낸다. 차량 측정시 송신소 방향으로 LOS(Line-of-Sight)가 어느 정도 확보되는 장소에서는 -26 dBm/6 MHz 정도의 높은 수신 신호 레벨을 보인 반면, 주



그림 4. 관악산 송신소와 서울 방배동 주택 밀집 지역 간의 거리

Fig. 4. Distance between DTV transmitter at Mt. Kwanaak and densely populated area of standard house at Bangbae-dong, Seoul.



그림 5. 서울 방배동 주택 밀집 지역 주변도  
Fig. 5. Map around densely populated area of standard houses at Bangbae-dong, Seoul.

택가가 밀집된 골목 지점에서는 -46 dBm/6 MHz 정도의 낮은 수신 신호 전력 레벨을 보였다. 본 측정에서는 서울 방배동 주택 밀집 지역에서 보다 정확한 수신 신호 레벨을 측정하기 위해 휴대용 스펙트럼을 이용하여 좁은 골목 및 건물 주변 등에서 추가로 수신 신호 전력을 측정하였으며, 측정 결과 최대값은 -18.7 dBm/6 MHz로 측정되었고, 최소값은 -48.7 dBm/6 MHz로 측정되었다.

그림 6은 서울 지역 지형별 은닉 노드 감쇄 측정 결과를 나타낸다. 아파트 밀집 지역, 빌딩 건물 지역, 주상 복합 건물 지역의 측정 결과값은 비슷한 경향을 보이며, 측정 위치에 따라 은닉 노드 감쇄가 넓게

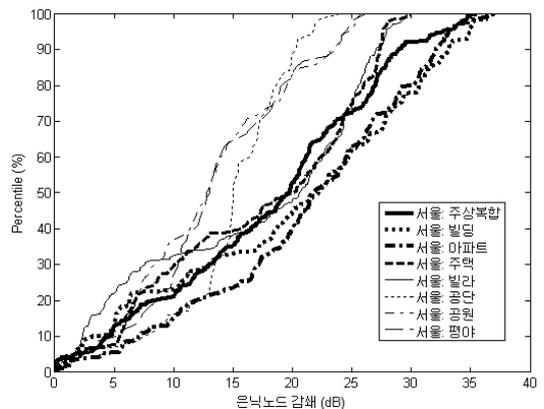


그림 6. 서울 지역 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과

Fig. 6. Local shape based hidden node attenuation of DTV signal in Seoul.

분포하는 경향을 보이는 반면에, 주변에 건물이 상대적으로 적은 공단 지역에서는 은닉 노드 감쇄가 23.9 dB 이하로 측정되었다. 측정 결과, 서울 아파트 밀집 지역과 빌딩 건물 지역 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 36 dB 이상인데 반해, 서울 공원 지역에서는 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 23 dB 정도로 측정되었다.

### 3-3 대구 지역 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정

그림 7은 분지형 지역으로 분류되는 대구 지역에서의 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과를 나타낸다. 대구 지역에서는 팔공산 송신소에서 송출한 14번 채널(470~476 MHz) 신호를 차량용 측정 시스템과 휴대형 스펙트럼 분석기 등을 이용하여 측정하였다. 서울 지역과 마찬가지로 아파트 밀집 지역, 빌딩 건물 지역, 주상 복합 건물 지역의 측정 결과값은 비슷한 경향을 보이며, 측정 위치에 따라 은닉 노드 감쇄가 넓게 분포한다. 반면에, 주변에 건물이 상대적으로 적은 공단 지역에서는 은닉 노드 감쇄가 16.4 dB 이하로 측정되었다. 대구 지역에서는 아파트 밀집 지역과 빌딩 건물 지역 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 37 dB 이상으로 측정되었고, 공원 지역에서는 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 16 dB 정도로 비교적 낮게 측정되었다.

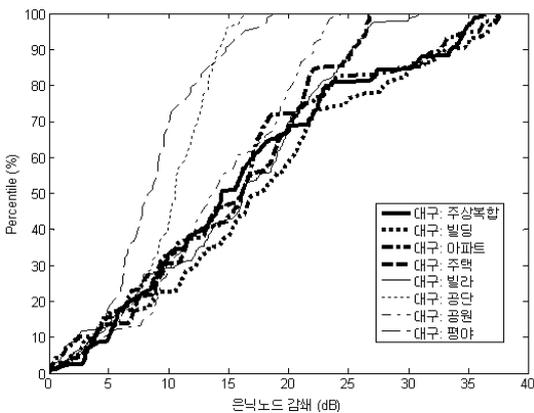


그림 7. 대구 지역 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과

Fig. 7. Local shape based hidden node attenuation of DTV signal in Daegu.

표 3. 누적 백분을 90 %, 95 %, 99 % 지점에서의 국내 지형별 은닉 노드 감쇄(dB)

Table 3. Local shape based hidden node attenuation for % of locations in Korea.

지역유형	은닉 노드 감쇄(dB)		
	90 %	95 %	99 %
주상 복합 밀집 지역	29.5	33.7	35.3
빌딩 밀집 지역	32.5	35.1	37.4
아파트 밀집 지역	32.0	33.7	36.6
주택 밀집 지역	26.4	27.3	28.2
원룸/빌라 밀집 지역	26.2	27.8	29.6
공단 지역	18.9	20.3	22.3
공원 지역	28.8	29.6	29.8
평야 지역	19.2	23.0	26.2

### 3-4 부산 지역 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정

그림 8은 해안형 지역으로 분류되는 부산 지역에서의 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과를 나타낸다. 부산 지역에서는 황령산 송신소에서 송출한 14번 채널(470~476 MHz) 신호를 차량용 측정 시스템과 휴대형 스펙트럼 분석기 등을 이용하여 측정하였다. 공원 지역을 제외한 부산 지역의 지형별 측정 결과값은 서울, 대구 지역과 유사한 경향을 보인다. 부산 공원 지역의 은닉 노드 감쇄값 측정은 용호동에 위치한 이기대공원에서 실시하였는데, LOS가 확보되는 장소에서는 -23 dBm/6 MHz 정도의 높은

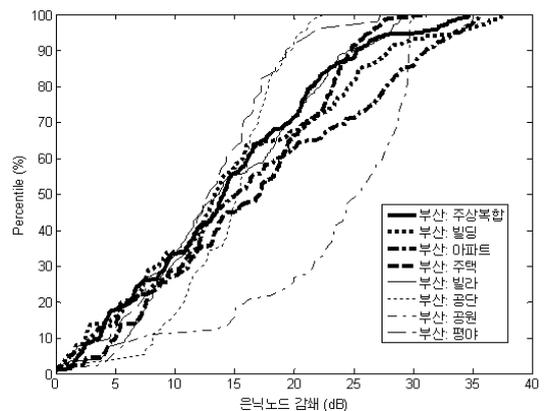


그림 8. 부산 지역 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과

Fig. 8. Local shape based hidden node attenuation of DTV signal in Busan.

수신 신호 레벨을 보였다. 하지만, 황령산 송신소 남동 방향에 위치한 이기대 공원 대부분의 수신지점이 산으로 가로막혀 있는 지형이기 때문에, 전체 측정 지점의 50 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 25 dB 이상으로 높게 측정되었다. 이처럼, 서울, 대구, 부산 지역에서 측정한 결과를 비교해 볼 때 공원 지역이라도 지역의 특수한 형태에 따라 은닉 노드에 의한 신호 감쇄 분포에 차이가 있음을 알 수 있다.

#### IV. 은닉 노드 감쇄 결과 분석

그림 9는 서울, 대구, 부산 지역에서 측정한 UHF 대역 DTV 신호의 은닉 노드 감쇄 측정 데이터를 국내 지형별로 통합한 결과를 보여주고 있으며, 표 3은 누적 백분율 90 %, 95 % 및 99 % 지점에서 방송 신호의 은닉 노드 감쇄 정도를 국내 지형별로 보여주고 있다. 분석 결과, 국내 빌딩 건물 지역과 아파트 밀집 지역에서는 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 37 dB 내외로 영국의 도심/부도심 지역과 비교할 때 4 dB 이상 더 크게 측정되었다. 반면에, 공단 지역의 경우 전체 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 22 dB 정도로 비교적 낮게 측정되었다. 또한, 그림 10은 UHF 대역 DTV 신호의 은닉 노드 감쇄 측정 데이터를 국내 지역별로 통합한 결과를 보여주고 있으며, 표 4는 누적 백분율 90 %, 95 % 및 99 % 지점에서 방송 신호의 은닉 노드 감쇄 정도를 국내 지역별로 나타내고 있다. 서울, 부산의 경우 측정 지점의 99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 35.1 dB이며, 대구의 경우 이보다 큰 36.8 dB로 분석되었다. 또한, 전국 은닉노드 감쇄 측정 자료를 통합하여 분석한 결과 측정 지점의

표 4. 누적 백분율 90 %, 95 %, 99 % 지점에서의 국내 통합 은닉 노드 감쇄(dB)

Table 4. Hidden node attenuation for % of locations in Korea.

측정 지역	은닉 노드 감쇄(dB)		
	90 %	95 %	99 %
서울	29.2	32.1	35.1
대구	27.2	33.1	36.8
부산	29.4	29.8	35.1
전국	28.2	31.8	36.0

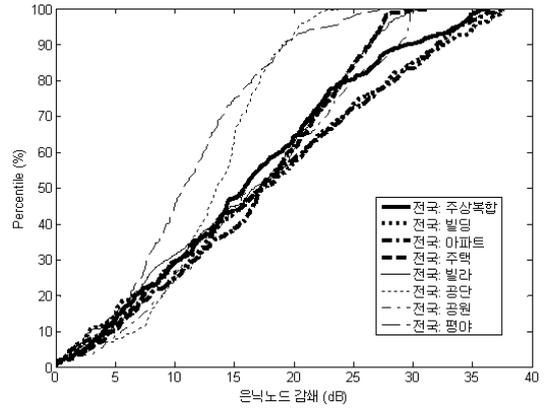


그림 9. 국내 지형별 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과

Fig. 9. Local shape based hidden node attenuation of DTV signal in Korea.

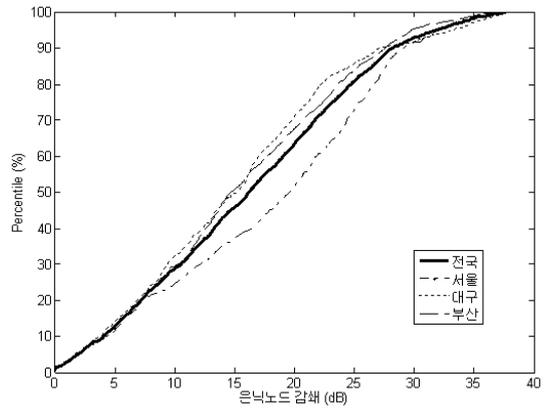


그림 10. 국내 통합 DTV 신호 은닉 노드 감쇄 측정 결과

Fig. 10. Hidden node attenuation of DTV signal in Korea.

99 % 이상에서 은닉 노드 감쇄값은 36.0 dB로 분석되었다.

#### V. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 국내 대도시의 경우 빌딩 건물 지역과 아파트, 주상 복합 지역은 영국, 미국 등에 비해 상대적으로 밀집해 있기 때문에 DTV 신호의 은닉 노드 감쇄값이 상당히 높게 측정되었다. 국내 지형별 분류 및 지역별 분류에 따른 은닉 노드 감쇄 측정 결과를 비교 분석한 결과, 국내 전국 환경에서는 DTV 서비스를 안전하게 보호하기

위해서 은닉 노드 마진을 최소한 38 dB 이상으로 설정하고 DTV 센싱 임계값 기준을 결정해야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

[1] IEEE-SA, "IEEE standard for wireless regional area networks -part 22: Cognitive wireless RAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications: Policies and procedures for operation in the TV bands", *IEEE Std 802.22<sup>TM</sup>-2011*, Jul. 2011.

[2] G. L. Stüber, S. M. Almalfouh, and D. Sale, "Interference analysis of TV-band white space", *Proc. IEEE*, vol. 97, no. 4, pp. 741-754, Apr. 2009.

[3] C. Stevenson, C. Cordeiro, E. Sofer, and G. Chouinard, "IEEE 802.22 functional requirements document", *IEEE 802.22-05/0007r47*, Jan. 2006.

[4] Advanced Television Systems Committee, "ATSC recommended practice: Receiver performance guidelines", *Doc. A/74*, Jun. 2004.

[5] C. Cordeiro, K. Challapali, and D. Birru, "IEEE

802.22: An introduction to the first wireless standard based on cognitive radios", *Journal of Comm.*, vol. 1, no. 1, pp. 38-47, Apr. 2006.

[6] 고광진, 박창현, 송명선, 엄중선, 유성진, 임선민, 정희윤, 황성현, "TV white spaces에서의 CR 기술 동향", *전자통신동향분석*, 24(3), pp. 91-102, 2009년 6월.

[7] 최성용, 조상인, 강규민, 홍헌진, 정병장, 박승근, "TV 화이트 스페이스 이용 기술 기준 동향", *전자통신동향분석*, 26(4), pp. 68-78, 2011년 8월.

[8] FCC, "Second report and order and memorandum opinion and order in the matter of unlicensed operation in the TV broadcast bands", *ET Docket 08-260*, Nov. 2008.

[9] FCC, "Second memorandum opinion and order in the matter of unlicensed operation in the TV broadcast bands", *ET Docket 10-174*, Sep. 2010.

[10] Ofcom, "Digital dividend: cognitive access", *Statement*, Jul. 2009.

### 강 규 민



1997년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)  
 1999년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)  
 2003년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)  
 2003년~현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 통신 시스템 설계 및 이론, 신호처리

### 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 인지무선연구팀 팀장  
 [주 관심분야] 통신 신호 처리, Cognitive Radio 및 이동 통신 전송 기술

### 조 상 인



1997년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 1999년 2월: 전북대학교 정보통신공학화 (공학석사)  
 1999년~현재: 한국전자통신연구원

선임연구원

[주 관심분야] 무선 통신시스템, 디

지털신호처리