

논문 2010-3-10

DTV와 CDMA 시스템간의 양립성 분석에 관한 연구

A Study on Compatibility between DTV and CDMA System

정연명*, 이일규**, 심용섭***, 김종태****, 이경근*****

**Yan-Ming Cheng, Il-Kyoo Lee, Yong-Sup Shim, Jong-Tae Kim,
Kyoung-Kun Lee**

요 약 한국의 DTV 서비스는 채널 14~51 (470 MHz~698 MHz)에 할당이 계획되어 있다, 이에 본 논문은 DTV 서비스가 채널 51 (692 MHz~698 MHz), CDMA 서비스가 채널 52 (698 MHz~704 MHz)에 할당된다고 가정 한 후, Minimum Coupling Loss (MCL) 방법을 이용하여 보호 이격 거리를 산출하고 Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (SEAMCAT)을 이용하여 5 % 간섭 확률을 만족하는 보호대역을 산출하였다. 그 결과 698.625 MHz에서 DTV 송신기와 CDMA Base Station (BS) 수신기 사이에서 665.67 km의 보호 이격 거리가 산출되었고 최악 경우인 Rural 지역에서 DTV 송신기와 CDMA Mobile Station (MS) 수신기 사이에서 5 MHz의 보호 대역이 산출되었다. 또한 CDMA MS 송신기와 DTV 수신기 사이에서는 심각한 간섭 현상이 발생되지 않았고 최악 경우의 Urban 지역에서도 CDMA BS 송신기와 DTV 수신기 사이에서 6.25 MHz의 보호 대역이 산출되었다. 위의 분석 결과는 이후 DTV 서비스의 할당 이전에 선행되어야하는 DTV와 다른 통신 시스템간 간섭 고려에 유용한 기준을 제공할 것으로 기대된다.

Abstract Korea has made a plan to allocate CH 14~CH 51 (470 MHz~698 MHz) for DTV. This paper assumes that DTV operates on CH 51 (692 MHz~698 MHz) and CDMA system operates on CH 52 (698 MHz~704 MHz) in spare band. Minimum Coupling Loss (MCL) method to get protection distance and Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool (SEAMCAT) to get guard band through 5 % interference probability are used. The protection distance is required to be 665.67 km at close frequency offset of 698.625 MHz between DTV transmitter and CDMA Base Station (BS) receiver. The required guard band between DTV transmitter and CDMA Mobile Station (MS) receiver is 5 MHz for the worst case of rural environment. There is no serious impact between CDMA MS transmitter and DTV receiver. The required guard band between CDMA BS transmitter and DTV receiver is 6.25 MHz for the worst case of urban environment. The analysis results may offer a reference and be helpful for considering interference between DTV and other communication systems.

Keywords : DTV, CDMA, 보호 이격거리, 보호 대역, Seamcat

I. 서 론

현재 미국, 영국, 일본, 한국 등, 세계적으로 DTV 전환이 수행되고 있다. 국내의 DTV 전환 계획은 그림 1과 같으며 그 내용은 다음과 같다^[1]. ① 채널 14~채널 51(38개 채널)을 DTV 주파수 대역으로 확정하고 ② 채널 2~채널 6(5개 채널)을 DTV 예비용으로 확보하되 채널배치를 보류하였다. ③ 채널 7~채널 13(7개 채널)은 지상파 DMB

*학생회원, 공주대학교/정보통신공학과 & Beihua University, Jilin, China

**정회원(교신저자), 공주대학교/전기전자제어공학부

***학생회원, 공주대학교/정보통신공학과

****학생회원, 성균관대학교/전기전자컴퓨터공학과

접수일자 2010.05.20 수정일자 2010.06.17

에 우선 사용하고 지역별 재사용이 가능한 경우에는 DTV 예비용으로 사용하기로 계획하였으며 ④ 채널 52~채널 69는 여유대역으로 할당하였다. 채널할당에 앞서 여유대역에 잠재적으로 할당될 가능성이 있는 IMT, WiMax, 4 G 서비스, CDMA 등과 DTV 서비스간의 간섭 영향 분석이 선행되어야 한다^[2].

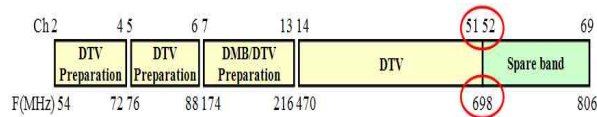


그림 1. 국내 주파수 할당 계획
Fig. 1. Frequency allocation plan in Korea

이에 본 논문은 DTV 서비스가 채널 51(692 MHz~698 MHz), CDMA 서비스가 채널 52(698 MHz~704 MHz)의 할당을 가정한 후, 두 서비스간의 양립성을 분석하였다. 최소 결합 손실(MCL) 방식을 사용하여 보호 이격거리를 산출하였고 Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool(SEAMCAT)을 사용하여 간섭 확률 5 % 이하를 만족하는 보호 대역을 산출하였다^{[3],[4]}.

II. DTV로부터 CDMA의 간섭 분석

1. DTV 서비스로부터 CDMA 서비스 BS의 간섭

표 1과 같이 국내 DTV 서비스는 미국의 Advanced Television Systems Committee(ATSC)방식이다^[5].

표 1. DTV 서비스의 특성
Table 1. Characteristics of DTV

특성	요구규격
전송 파워 (ERP)	4 kW (66 dBm)
주파수 대역	692 MHz~698 MHz
대역폭	6 MHz
전송 방식	8 VSB
변조 방식	FM or QPSK

DTV 서비스의 방사 제한은 그림 2와 같이 미국의 Federal Communications Commission(FCC)로부터 참고하였다^[6]. 정확한 분석을 위해 DTV 서비스의 전송 파워는 CDMA 서비스의 대역폭(1.25 MHz)으로 환산된 값인 59.19 dBm/1.25MHz이고 표 2는 DTV 서비스의 방사 마

스크를 나타낸다.

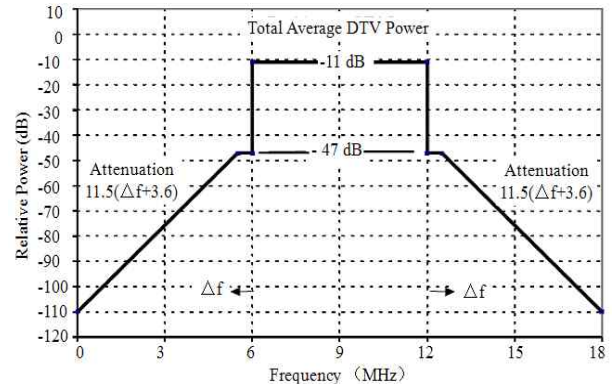


그림 2. FCC의 DTV 방사 마스크(500 kHz)
Fig. 2. DTV emission mask of FCC(500 kHz)

표 2. DTV 방사 마스크
Table 2. DTV emission mask

주파수 오프셋 (MH)	DTV ERP (dBm/1.25MHz)	감쇄 dBc
9~ 3.5	59.19 [11.5(Δf+3.6) 10.6]	[11.5(Δf+3.6) 10.6]
3.5~ 3	21.82	36.4
3~3	58.22	0
3~3.5	21.82	36.4
3.5~9	59.19 [11.5(Δf+3.6) 10.6]	[11.5(Δf+3.6) 10.6]

스크를 나타내었다^[7].

표 3. CDMA 서비스의 특성
Table 3. Characteristics of CDMA

특성	Mobile Station	Base Station
채널 대역폭	1.25 MHz	1.25 MHz
전송 파워	23 dBm	44 dBm
안테나 높이	1.5 m	30 m
안테나 이득	0 dBi	0 dBi
감도	119.5 dBm	117 dBm
C/I	6 dB	6 dB

그림 3의 시나리오와 같이 DTV 서비스의 채널과 인접한 채널에 CDMA 서비스가 위치하고 있기 때문에 DTV 서비스의 대역외 방사로 인한 신호가 CDMA BS에 간섭을 주게 된다. 이 때 간섭원 DTV의 송신기와 피간섭원 CDMA BS 사이의 거리를 증가 시키면 간섭량을 감소시킬 수 있다. 따라서 적정 보호 이격 거리의 산출을

위해 MCL 방법을 이용하였다.

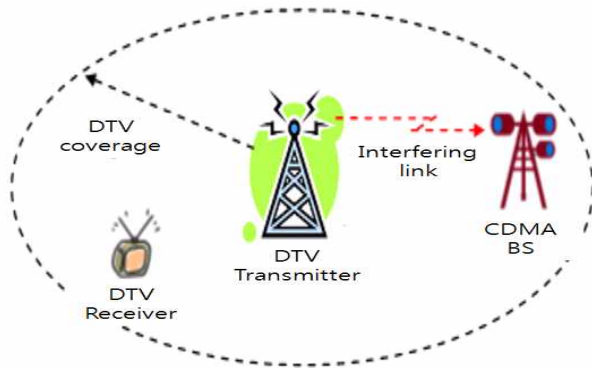


그림 3. DTV로부터 CDMA 서비스 BS의 간섭
Fig. 3. Interference form DTV into CDMA BS

DTV 서비스의 센터 주파수 오프셋에 따라 간섭원 역할을 하는 DTV 서비스의 대역외 방사를 표 4에 나타내었다.

표 4. DTV 서비스의 대역외 방사
Table 4. Out of band emission of DTV

주파수 오프셋 (MHz)	DTV ERP (dBm/1.25 MHz)
698.625	22.79
699.875	6.8
701.126	-7.5
702.375	-21.9
703.625	-36.3
704.875	-56.7
706.125	-65
707.375	-79.4
708.625	-93.8
709.875	-108.1
711.125	-122.5

보호 이격 거리를 구하기 위한 전파 모델은 자유공간 손실이며 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{자유 공간 손실(dB)} = 20\log(\text{거리}) + 20\log(\text{주파수}) - 27.56(\text{거리 m, 주파수 MHz}) \quad (1)$$

CDMA 서비스 BS의 감도(-117 dBm)와 C/I(6 dB)를 적용한 허용 가능한 최대 간섭 신호를 식 (2)와 같이 나

타낼 수 있다.

$$P_{\text{interference}} < -117 \text{ dBm} - 6 \text{ dB} = -123 \text{ dBm} \quad (2)$$

다시 말해 1.25 MHz의 대역폭에서 간섭신호는 -123 dBm보다 작아야만 통신이 가능하다. 자유 공간에서의 손실은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{자유 공간 손실(dB)} = P_{\text{DTVout of band}} - P_{\text{interference}} \quad (3)$$

식 (1)과 식 (3)을 이용하여 다음 식 (4)을 유도할 수 있다.

$$P_{\text{DTVout of band}} - P_{\text{interference}} = 20\log(\text{distance}) + 20\log(\text{frequency}) - 27.56 \quad (4)$$

식 (4)를 이항하여 최종적으로 식 (5)와 같이 보호 이격 거리를 구할 수 있다.

$$PD = 10^{\{[P_{\text{DTVout of band}} - P_{\text{interference}} + 27.56 - 20\log(\text{frequency})]/20\}} \quad (5)$$

DTV의 대역외 방사 파워를 이용하여 주파수 오프셋에 따른 보호 이격 거리를 표 5에 나타내었다.

표 5. 보호 이격거리
Table 5. Protection distance

주파수 오프셋 (MHz)	보호 이격 거리 (km)
698.625	665.67
699.875	105.43
701.125	20.29
702.375	3.86
703.625	0.73
704.875	0.069
706.125	0.026
707.375	0.005
708.625	0.00097

위의 산출 결과에 근거하여 DTV 서비스 송신기와 CDMA 서비스 BS 사이에는 최악의 경우로 CDMA 서비

스의 센터주파수가 698.625 MHz일 때 665.67 km의 보호 이격 거리가 요구된다.

2. DTV 서비스로부터 CDMA 서비스 MS의 간섭

그림 4와 같이 MS는 이동성을 가지므로 DTV 서비스와 CDMA 서비스 MS 사이의 간섭 분석으로 보호대역이 고려되어야한다.

보호대역 산출을 위해 SEAMCAT 시뮬레이션을 실행하였고 이 때 필요한 간섭 링크의 주요 파라미터 표 6 과 같이 나타내었다.

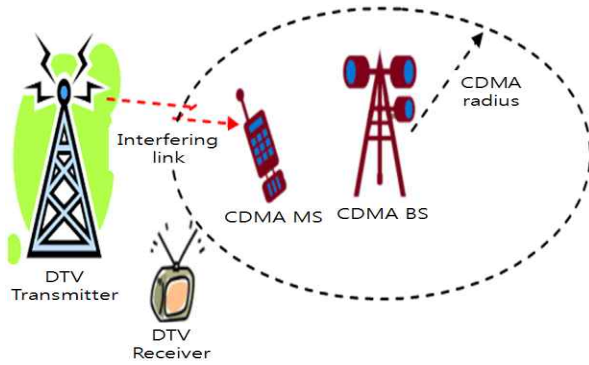


그림 4. DTV로부터 CDMA 서비스 MS의 간섭
Fig. 4. Interference from DTV into CDMA MS

표 6. 간섭 링크(DTV)
Table 6. Interference link(DTV)

항 목	특 성
주파수	695 MHz
전송 파워	4 kW(66 dBm)
안테나 높이	100 m
안테나 최대 이득	0 dBi
불요 방사 마스크	표 2
커비리지	50 km
전파 모델	Extended Hata
보호 이격 거리	100 m
간섭원 수	1 개

피간섭 링크의 파라미터는 표 7과 같다.

표 7. 피간섭 링크(CDMA MS)
Table 7. Victim link(CDMA MS)

항 목	특 성
주파수	698.625 MHz
수신 대역폭	1.25 MHz
안테나 높이	1.5 m
안테나 이득	0 dBi
잡음지수	8 dB
잡음 플로어	-104.9 dBm
감도	-119.5 dBm
C/I	6 dB
C/(I+N)	3 dB
dRSS	-116.5 dBm
블러킹 응답	constant 0

그림 4에서 보듯 CDMA 서비스의 MS는 DTV 송신기와 근접하여 위치한 경우 DTV 서비스로부터의 잠재적 간섭에 노출되어 있다. 간섭 분석을 위해 SEAMCAT을 이용하여 보호대역을 산출하였다.

SEAMCAT을 이용한 결과 DTV 서비스로부터 CDMA 서비스 MS의 간섭 확률을 표 8에 나타내었다.

표 8. DTV로부터 CDMA MS의 간섭 확률
Table 8. Interference probability from DTV into CDMA MS

CDMA MS 주파수 (MHz)	CDMA system cell type and radius(km)		
	Urban(3.5)	Suburban(7)	Rural(20)
698.625	96.6	96.6	98.4
699.875	75.3	74.5	84.2
701.125	33.4	34.4	43.5
702.375	9.9	11.1	15.6
703.625	2.4	3.3	4.9
704.875	0.3	0.8	0.9
706.125	0	0.2	0.2
707.375		0.1	0.13
708.625		0	0.1
709.875			0

분석 결과 DTV 서비스와 CDMA MS 사이에 간섭 확률 5 % 이하를 만족하기 위한 보호대역이 Urban, Suburban, Rural일 때 모두 5 MHz가 요구된다.

III. CDMA로부터 DTV 간섭분석

1. CDMA 서비스 MS로부터 DTV 서비스의 간섭
 앞선 시나리오와 반대로 CDMA 서비스 MS가 DTV 서비스의 수신기에 간섭을 주는 시나리오를 구성하였다.

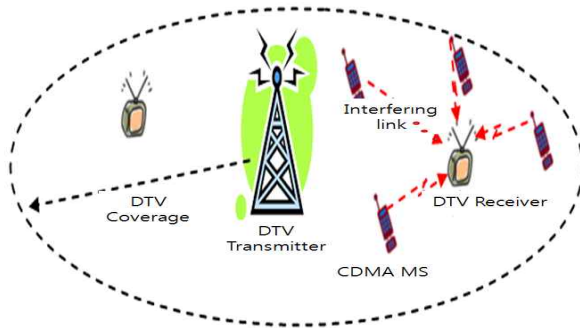


그림 5. CDMA MS로부터 DTV의 간섭
 Fig. 5. Interference from CDMA MS into DTV

그림 5와 같이 CDMA MS의 송신기가 DTV 서비스의 수신기 근처에 존재한다. 이 때 CDMA 서비스 MS로부터 DTV 서비스에 미치는 간섭 확률을 SEAMCAT을 이용하여 산출하였고 이를 바탕으로 CDMA 서비스 MS와 DTV 서비스 사이의 적정 보호 대역을 산출하였다. 시뮬레이션 수행을 위한 간섭 링크의 주요 파라미터는 표 9와 같다⁷⁾.

또한, CDMA 서비스 MS의 방사 마스크는 표 10과 같다.

표 9. 간섭 링크(CDMA MS)
 Table 9. Interference link(CDMA MS)

항목	특성
주파수	698.625 MHz
전송파워	23 dBm
안테나 높이	1.5 m
안테나 최대 이득	0 dBi
불요방사 마스크	표 10
셀 직경	3.5/7/20 km
간섭원의 송신기 수	25/15/5 개
전파 모델	Extended Hata

표 10. CDMA 서비스 MS의 방사 마스크
 Table 10. emission mask of CDMA MS

주파수 오프셋	방사 제한
885 kHz	-47 dBc/30 kHz
1.125 MHz	-54 dBc/30 kHz
1.98 MHz	-67 dBc/30 kHz
4.00 MHz	-82 dBc/30 kHz
4.00 MHz ~ 10.00 MHz	-74 dBc/100 kHz

피간섭 링크의 주요 파라미터는 11과 같다⁸⁾.

표 11. 피간섭 링크(DTV)
 Table 11. Victim link(DTV)

항목	특성
주파수	695 MHz
수신대역폭	6000 kHz
안테나 높이	10 m
안테나 이득	10 dBi
잡음지수	10 dB
열 잡음	-106.2 dBm
잡음 플로어	-96.2 dBm
감도	-83 dBm
C/I	23.2 dB
C/(I+N)	20.2 dB
블러킹 응답	표 12
커버리지	50 km

표 12는 DTV 수신기의 블러킹 응답을 나타낸다⁴⁾.

표 12. DTV 수신기의 블러킹 응답
 Table 12. Blocking response of DTV receiver

주파수 오프셋 (MHz)	15	12	6	3	0	3	6	12	15
블러킹(dB)	45	38	20	3	10	3	20	38	45

SEAMCAT을 이용한 분석 결과, CDMA 서비스 MS로부터 DTV 서비스의 수신기에 미치는 간섭 확률을 표 13에 나타내었다. 표 13에서 보듯 CDMA 서비스 MS로부터 DTV 서비스의 간섭 영향은 미미하다.

표 13. CDMA MS로부터 DTV의 간섭 확률
Table 13. Interference probability from CDMA MS into DTV

CDMA MS 주파수 (MHz)	CDMA System cell type and radius(km)		
	Urban(3.5)	Suburban(7)	Rural(20)
	간섭 확률(%)	간섭 확률(%)	간섭 확률(%)
698.625	3.7	0.7	0
699.875	1.8	0.3	
701.125	1.1	0.17	
702.375	0.8	0.15	
703.625	0.7	0.12	
704.875	0.5	0	
706.125	0.3		
707.375	0.27		

2. CDMA 서비스 BS로부터 DTV 서비스의 간섭
그림 6과 같이 DTV 서비스의 수신기가 다수의 CDMA 서비스 BS와 인접하여 위치할 때 3개의 CDMA 서비스 BS로부터 DTV 서비스에 미치는 간섭을 분석하기 위해 SEAMCAT을 이용한 간섭 확률을 바탕으로 보호대역을 산출하였다.

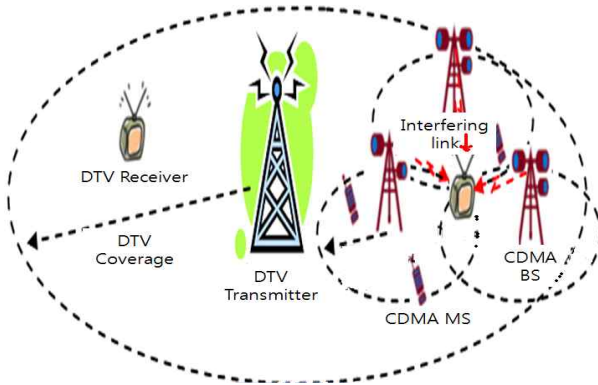


그림 6. CDMA BS로부터 DTV의 간섭
Fig. 6. Interference from CDMA BS into DTV

SEAMCAT 시뮬레이션을 위한 DTV와 CDMA 서비스의 파라미터는 설정되어야 하고 CDMA 서비스 BS의 방사 마스크는 표 14와 같다.

표 14. CDMA 서비스 BS의 방사 마스크
Table 14. emission mask of CDMA BS

주파수 오프셋	방사 제한
750 kHz	45 dBc/30 kHz
885 kHz	60 dBc/30 kHz
1.125 MHz to 1.98 MHz	65 dBc/30 kHz
1.98 MHz to 4.00 MHz	75 dBc/30 kHz
4.00 MHz to 6.00 MHz	80 dBc/100 kHz
> 6.00 MHz	89 dBc/100 kHz

SEAMCAT 시뮬레이션 수행을 위한 간섭 링크의 주요 파라미터는 표 15와 같다.

표 15. 간섭 링크(CDMA BS)
Table 15. Interference link(CDMA BS)

항 목	특 성
주파수	698.625 MHz
전송 파워	44 dBm
안테나 높이	30 m
안테나 최대 이득	0 dBi
불요 방사 마스크	표 14
커버리지	3.5/7/20 km
시뮬레이션 직경	3.5/7/20 km
Path distance factor	1
간섭원의 수	3 개
전파 모델	Extended Hata

피간섭 링크의 DTV 서비스의 파라미터는 앞서 수행한 1과 같다. 필요 파라미터를 입력한 후 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 표 16에 나타내었다.

표 16. CDMA BS로부터 DTV의 간섭 확률
Table 16. Interference probability from CDMA BS into DTV

CDMA BS 주파수 (MHz)	CDMA System cell type and radius(km)		
	Urban(3.5)	Suburban(7)	Rural(20)
간섭 확률(%)	간섭 확률(%)	간섭 확률(%)	간섭 확률(%)
698.625	69.1	42.4	4.1
699.875	46.5	21.7	0.9
701.125	26.3	9.3	0.2
702.375	17.1	5.1	0.1
703.625	10.1	2.6	0
704.875	4.7	1.1	
706.125	2.2	0.4	
707.375	0.9	0.2	
708.625	0.4	0	
709.875	0.2		
711.125	0.1		
712.375	0		

표 16에서 보듯, DTV 서비스와 CDMA 서비스 BS 사이에 간섭 확률 5 % 이하를 만족하기 위한 보호 대역이 Urban 일 때 6.25 MHz, Suburban 일 때 5 MHz, Rural 일 때 0 MHz가 요구된다.

표 8과 표 16을 비교하면, 표 8의 DTV로부터 CDMA MS로의 간섭은 Urban, Suburban, Rural의 경우와 관계 없이 동일한 보호대역이 요구되었고 표 16의 CDMA BS로부터 DTV의 간섭은 Urban, Suburban, Rural에 따라 각각 다른 보호대역이 산출되었다.

V. 결 론

아날로그 TV의 디지털 전환시 DTV 서비스와 잠재적 할당 가능한 서비스와의 양립성 분석이 선행되어야 함을 인지하여 본 논문은 DTV 서비스와 CDMA 서비스간 간섭을 분석하였다. 분석을 위해 DTV 서비스가 CDMA 서비스 BS에 간섭을 주는 최악의 경우의 시나리오를 구성하고 보호 이격 거리를 구하기 위해 MCL 방식을 사용하였다. 그 결과 CDMA 서비스의 센터 주파수가 698.625 MHz일 때 665.67 km의 보호 이격 거리가 산출되었다.

보호 대역 산출을 위해 다음의 세가지 시나리오를 설정하였다.

첫 번째, DTV 서비스로부터 CDMA 서비스 MS의 간섭.

두 번째, CDMA 서비스 MS로부터 DTV 서비스의 간섭.

세 번째, CDMA 서비스 BS로부터 DTV 서비스의 간섭.

각 시나리오를 설정한 후 Urban, Suburban, Rural로 세분하여 분석을 수행하여 간섭 확률 5 % 이하를 만족하는 보호 대역을 산출하였다.

첫 번째의 시나리오에서 Urban, Suburban, Rural일 때 모두 5 MHz가 요구된다.

두 번째의 시나리오에서 Urban, Suburban, Rural의 경우 모두 간섭의 영향이 미미하였다.

세 번째의 시나리오에서 Urban일 경우 6.25 MHz, Suburban일 경우 5 MHz, Rural의 경우 0 MHz의 보호 대역이 산출되었다.

본 논문에서 제시한 간섭영향 시나리오, 간섭 분석 방법 및 결과는 향후 DTV 전환에 따른 여유 대역에 여타 서비스의 할당시 보호대역 산출에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] "Frequency policy & using technology workshop", Korea Information & Communications Society, pp.8,15, 5th Jun. 2009.
- [2] Trasnfinitive Systems Ltd, "Digital Dividend Review, Derivation of Power Flux Density Spectrum Usage Rights", pp.4, May 2008.
- [3] <http://www.ero.dk/seamcat> and <http://www.seamcat.org/>
- [4] ECC Report 104: "Compatibility between Mobile Radio Systems operating in the range 450-470 MHz and Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T) system operating in UHF TV Channel 21(470-478 MHz)", June 2007.
- [5] Broadcasting and Technology, Korean Broadcasting Institute: The consecutive number 76. Jan.~Feb. 2001
- [6] "ATSC Recommended Practice: Transmission Measurement and Compliance for Digital Television", Advanced Television Systems Committee, pp.6-8, May 2008.
- [7] ETSI TR 102 260 V1.1.1, pp.26-28, Nov. 2003.
- [8] "ATSC Recommended Practice: Receiver Performance Guidelines", Advanced Television Systems Committee, pp.11-14, Nov. 2007.

저자 소개

정 연 명(준회원)



- 2000: Jilin Institute of Technology Electric Engineering(공학사)
 - 2007: 공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
 - 2008~현재: 공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학박사과정)
- <주관심분야: UWB 통신, 전파 간섭>

이 일 규(정회원)



- 1994: 충남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2003: 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1997~2004: ETRI 선임연구원
- 2004~현재: 공주대학교 전기전자제어공학부 부교수

<주관심분야: RFID/USN 기술, 이동무선통신, 안테나 및 전파전파, 통방융합기술, 전파 간섭>

심 용 섭(준회원)



- 2005: 공주대학교 정보통신공학부 전기전자정보공학과(공학사)
 - 2010: 공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
- <주관심분야: RF 시스템, 전파 간섭>

김 종 태(정회원)



- 1987: University Of California at Irvine 전기 및 컴퓨터공학과 석사
- 1992: University Of California at Irvine 전기 및 컴퓨터공학과 박사
- 1991년 ~ 1993년 : 미국 The Aerospace Corporation 연구원
- 1993년~1995년 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수

• 1995년~현재 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 교수

<주관심분야: ASIC 설계, 임베디드 시스템, 이동무선통신>

이 경 근(준회원)



- 2010: 한국외국어대학교 학사
 - 2010~현재: 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학과 석사과정
- <주관심분야: 이동무선통신, 임베디드 컴퓨터 시스템>