

논문 2010-3-8

DTV 서비스와 IMT 서비스간 간섭 영향 연구

A Study on Interference Effect between DTV Service and IMT Service

심용섭*, 이일규**, 장상현*, 조인경*

Yong-Sup Shim, Il-Kyoo Lee, Sang-Hyun Chang, Kyoung-In Cho

요 약 국내에서는 아날로그 TV를 디지털 TV (DTV)로 전환하는 과정에서 채널 14 ~ 채널 51(470 MHz ~ 698 MHz)에 DTV 서비스의 할당을 계획하고 있다. 그러므로 DTV 서비스와 인접한 채널에 할당될 잠재적 서비스와의 간섭영향 분석이 필요하다. 이에 본 논문은 DTV 서비스가 채널 51(692 MHz ~ 698 MHz), IMT 서비스가 채널 52(698 MHz ~ 704 MHz)의 할당을 가정한 후, Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool(SEAMCAT)을 이용하여 DTV 서비스와 IMT 서비스간의 간섭 영향을 분석하였다. 분석을 위해 네 가지 시나리오를 설정하고 IMT 서비스로부터 DTV 서비스에 미치는 간섭의 확률과 DTV 서비스로부터 IMT 서비스에 미치는 용량의 손실을 분석하여 이를 바탕으로 보호 대역을 산출하였다. 그 결과 편파감쇠를 반영한 IMT 서비스의 다운링크(Downlink)와 DTV간 간섭 분석시 8 MHz의 보호대역이 산출되었고, 최악의 경우인 도심지역에서 IMT 서비스 BS(Base Station)의 블러킹 레벨을 15 dB 증가한 후 DTV 서비스와 IMT 서비스 업링크(Uplink)간에 간섭 분석시 6 MHz의 보호 대역이 산출되었다.

Abstract Korea has made a plan to allocate CH 14~CH 51 (470 MHz~698 MHz) for DTV transition. Therefore, It is a necessary to take account compatibility between DTV service and other potential services. This paper assumes that DTV service operates on CH 51(692 MHz~698 MHz) and IMT service operates on CH 52(698 MHz~704 MHz), and then analyzes compatibility between DTV service and IMT service with Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool(SEAMCAT). The interference probability from IMT service to DTV service and capacity loss of IMT service due to interference from DTV service is studied, respectively. For the simulation, four interference cases in four different scenarios are considered. With considering the depolarization factor, a guard band of 8 MHz is required in the case of between IMT service downlink(DL) and DTV service, in the case of between IMT service uplink(UL) and DTV service, a guard band of 6 MHz is needed for the worst case of urban scenario on consideration of more than 15 dB increase of IMT system base station(BS) receiver blocking level.

Key Words : DTV, 간섭 분석, 보호 대역, IMT, SEAMCAT

I. 서 론

현재 미국, 영국, 일본, 한국 등 전세계적으로 아날로그 TV에서 디지털 TV(DTV)로 전환이 수행되고 있다.

*준회원, 공주대학교/정보통신공학과

**정회원(교신저자), 공주대학교/전기전자제어공학부

접수일자 2010.05.20 수정일자 2010.06.17

특히 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 DMB에 우선 사용하고 지역별 재사용이 가능한 경우에는 DTV 예

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

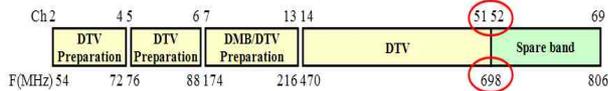


그림 1. 국내 주파수 할당 계획
Fig. 1. Frequency allocation plan in Korea

이에 본 논문은 DTV 서비스가 채널 51(692 MHz~698 MHz), IMT 서비스가 채널 52(698 MHz~704 MHz)의 할당을 가정한 후, Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool(SEAMCAT)을 이용하여 DTV 서비스와 IMT 서비스간 간섭의 영향을 분석하였다^{[3],[4],[5]}. 시뮬레이션을 위해 네 가지 시나리오를 설정하고 각 시나리오마다 네 가지 경우로 세분하여 DTV 서비스와 IMT 서비스간 양립성 확보를 위해 필요한 보호 대역을 산출하였다.

II. DTV 서비스와 IMT 서비스의 시스템 특성

국내 DTV 서비스는 미국의 Advanced Television Systems Committee(ATSC)방식을 채택하였으며 ATSC 방식의 특성은 표 1에 나타내었다^[6].

표 1. DTV의 특성
Table 1. Characteristics of DTV

특성	요구규격
전송 파워 (ERP)	4 kW (66 dBm)
주파수 대역	692 MHz~698 MHz(CH 51)
대역폭	6 MHz
전송 방식	8 VSB
변조 방식	FM or QPSK

미연방통신위원회(FCC)가 정한 DTV 서비스의 방사 마스크는 그림 2와 같다^[7].

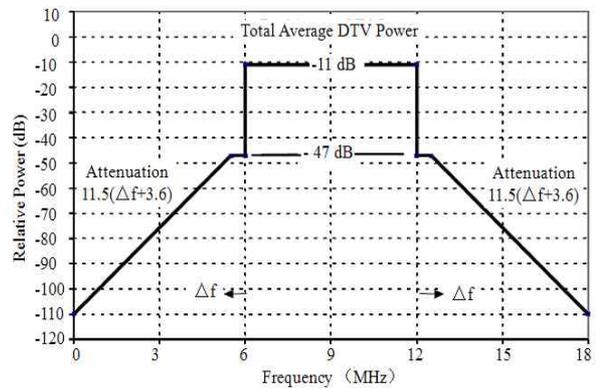


그림 2. FCC의 DTV 방사 마스크(500 kHz)
Fig. 2. DTV emission mask of FCC(500 kHz)

그림 2에 따른 DTV의 방사 마스크를 오프셋 주파수에 따른 전력 감쇠 값을 표 2에 나타내었다.

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

주파수 오프셋 (MH)	DTV ERP (dBm/1.25MHz)	감쇠 dBc
9~ 3.5	59.19 [11.5(Δf+3.6) 106]	[11.5(Δf+3.6) 106]
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) 106]	[11.5(Δf+3.6) 106]

DTV 서비스의 수신 블록킹(Blocking) 특성은 표 3과 같다.

표 3. DTV 서비스의 블록킹
Tale 3. Blocking of DTV service

오프셋주파수 (MHz)	-15	-12	-6	-3	0	3	6	12	15
블록킹 (dB)	40	40	40	0	0	0	40	40	40

표 4는 IMT 서비스의 시스템 특성을 나타낸다.

표 4. IMT의 특성

Table 4. Characteristics of IMT

요구사항	기지국(BS)	이동국(UE)
안테나 높이	100 m 일치형의 Rural지역 (시나리오_1) 50 m 불일치형의 Rural지역 (시나리오_2) 30 m 불일치형의 Rural지역 (시나리오_3) 30 m 불일치형의 Urban지역 (시나리오_4)	1.5 m
전송 파워	43 dBm	21 dBm
대역폭	3.84 MHz	
안테나 이득	12 dBi (cable loss 포함)	0 dBi
수직 패턴	ITU-R F.1336-1	
잡음 플로어	-103 dBm	-96 dbm
감도	-121 dBm	-114 dBm
커버리지 반경	Rural지역: 40km(일치형, 시나리오_1) Rural지역: 20km(불일치형, 시나리오_2) Rural지역: 10km(불일치형, 시나리오_3) Urban지역: 1km(불일치형, 시나리오_4)	
전파 모델	Extended Hata	

IMT Base Station(BS)의 특성은 3GPP TS25.104, User Equipment(UE)의 특성은 TS25.101을 참고 하였으며 표 5는 IMT BS의 방사 마스크를 나타낸다.

표 5. IMT BS의 방사 마스크

Table 5. Emission mask of IMT BS

오프셋 주파수(MHz)	dBc	기준대역(kHz)
+/-2.499	0	5000
+/-2.5	-57	30
+/-2.7	-57	30
+/-3.499	-69	30
+/-3.5	-56	1000
+/-12.499	-56	1000
+/-12.5	-79	1000
+/-25	-79	30

표 6은 IMT UE의 방사 마스크를 나타낸다.

표 6. IMT UE의 방사 마스크

Table 6. Emission mask of IMT UE

오프셋 주파수(MHz)	dBc	기준대역(kHz)
+/-2.499	0	5000
+/-2.5	-35	30
+/-3.499	-50	30
+/-3.5	-35	1000
+/-7.499	-39	1000
+/-7.5	-39	1000
+/-8.499	-49	1000
+/-8.5	-49	1000
+/-12.5	-49	1000

표 7 과 표 8은 IMT BS와 IMT UE의 수신기 블로킹 특성을 나타낸다.

표 7. IMT BS의 수신기 블로킹 특성

Table 7. Blocking of IMT BS

오프셋 주파수(MHz)	dBc
+/-2.499	0
+/-2.5	63
+/-7.499	63
+/-7.5	75
+/-25	75

표 8. IMT UE의 수신기 블로킹 특성

Table 8. Blocking of IMT UE

오프셋 주파수(MHz)	dBc
+/-2.499	0
+/-2.5	33
+/-7.499	33
+/-7.5	45
+/-17.499	45
+/-17.5	58
+/-25	58

III. 간섭 시나리오 및 시뮬레이션 분석

DTV 서비스와 IMT 서비스간 간섭 영향 분석을 위해 Rural 지역과 Urban 지역에 걸쳐 일치형(Coordinated)과 불일치형(Uncoordinated)으로 구분하여 총 네 가지 시나리오를 설정하였다. IMT 서비스가 DTV 서비스에 미치

는 간섭 확률과 DTV 서비스가 IMT 서비스 UL/DL에 미치는 용량 손실을 SEAMCAT을 이용하여 분석하였다.

1. 시나리오

Rural 지역에서 시나리오 1~3, Urban 지역에서 시나리오 4를 설정하였다.

가. 시나리오 1.

그림 3과 같이 IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 일치하는 경우를 설정하였다. 이 때 IMT 서비스의 안테나 높이는 100 m이고 DTV 송신 안테나 높이는 300 m이며 IMT 서비스와 DTV 서비스의 셀 범위는 40 km이다.

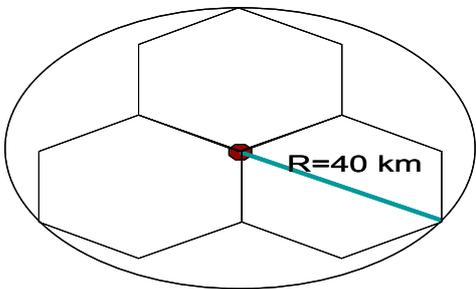


그림 3. IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 일치하는 경우 (Rural)
Fig. 3. Coordinated(Rural)

나. 시나리오 2

그림 4와 같이 3개의 IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 불일치 하는 경우를 설정하였다. 이 때 IMT 서비스의 BS들의 안테나 높이는 50 m, DTV 송신기의 높이는 300 m, IMT 서비스와 DTV 서비스의 셀 범위는 각각 20 km, 40 km이다.

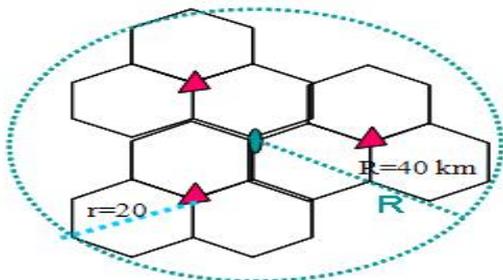


그림 4. 3개의 IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 불일치하는 경우
Fig. 4. Uncoordinated(Rural)

다. 시나리오 3

그림 5와 같이 IMT BS와 DTV 송신기가 불일치하는 경우로써 IMT 네트워크는 IMT BS로 이루어져있으며, DTV 송신기는 IMT 네트워크 중앙에 위치해 있다. 이 때 IMT 서비스 BS의 안테나 높이는 30 m, DTV 서비스의 송신 안테나 높이는 300 m, IMT 서비스와 DTV 서비스의 셀 범위는 각각 10 km, 40 km이다.

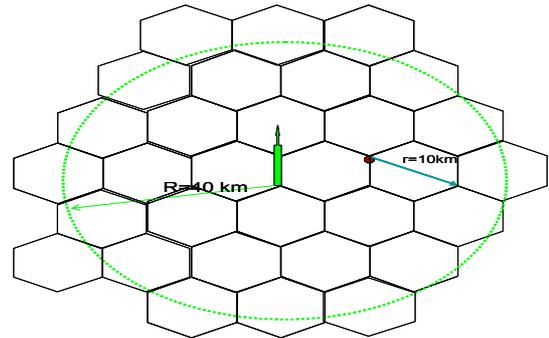


그림 5. IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 불일치하는 경우 (Rural)
Fig. 5. Uncoordinated(Rural)

라. 시나리오 4

그림 6과 같이 시나리오 3과 유사한 형태로써 이동 IMT 서비스의 네트워크가 3 섹터를 가진 다수 BS들로 구성되어 있는 경우를 설정하였다. 이 때 IMT BS의 안테나 높이는 30 m, Urban 지역의 중심에 위치한 DTV 송신 안테나의 높이는 300 m이다. 이 연구지역은 셀 범위 30 km의 DTV 커버리지 내에 있으며 IMT 서비스의 셀 범위는 1 km이다.

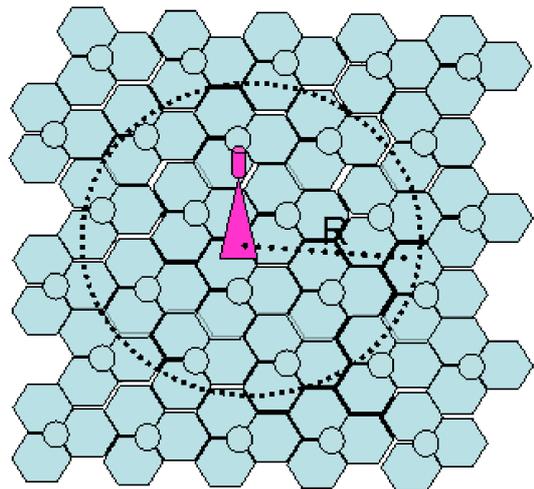


그림 6. IMT 서비스 BS와 DTV 송신기가 불일치하는 경우 (Urban)
Fig. 6. Uncoordinated(Urban)

2. 시뮬레이션 분석 내용

DTV 서비스와 IMT 서비스간 간섭을 평가하기 위해 SEAMCAT을 이용하여 각각의 시나리오마다 아래의 네 가지 경우로 구분하여 시뮬레이션 하였다.

가. 경우 1

IMT 서비스의 Down Link(DL)로부터 DTV 서비스의 간섭 확률

나. 경우 2

IMT 서비스의 Up Link(UL)로부터 DTV 서비스의 간섭 확률

다. 경우 3

DTV 서비스의 간섭으로 인한 IMT 서비스 Down Link(DL)의 용량 손실

라. 경우 4

DTV 서비스의 간섭으로 인한 IMT 서비스 Up Link(UL)의 용량 손실

Monte-Carlo 시뮬레이션에서 IMT 시스템 네트워크는 UL에서 6 dB의 잡음 상승과 함께 75 %의 셀을 로드한다. DL에서 C/I 문턱값에 기초한 5 %의 시스템 불능을 만족하기 위한 Quality of Service(QOS) 문턱값을 유지 하도록 네트워크를 로드한다. 이 때 C/I는 Eb/N0와 관련 된다.

IMT 서비스 UL/DL로부터 DTV 서비스의 간섭은 C/I = 15 dB의 기준으로 분석되었고 수신 블로킹 특성과 불요방사가 적용되었다.

IMT 서비스 DL로부터 DTV 서비스, DTV 서비스로부터 IMT 서비스 UL의 간섭을 분석할 때 16 dB의 편파감쇠를 적용하였고 DTV 서비스로부터 IMT 서비스 DL, IMT 서비스 UL로부터의 dTV 서비스의 간섭을 분석할 때 UE의 Ground 레벨인 10 dB의 편파감쇠를 적용하였다.

3. 시뮬레이션 결과

각각의 보호대역에 따른 간섭 확률과 용량 손실을 산출하였다.

가. Rural 지역의 시나리오 1(일치형)

(1) 경우 1의 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9. IMT의 DL로부터 DTV의 간섭 확률
Table 9. Interference Probability from IMT DL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	1.9%	0.6%	0.3%	0.3%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 9에서 보듯, 간섭의 영향이 미미하다.

(2) 경우 2의 결과를 표 10에 나타내었다.

표 10. IMT의 UL로부터 DTV의 간섭 확률
Table 10. Interference Probability from IMT UL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	0%	0%	0%	0%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 10에서 보듯, 간섭이 발생하지 않는다.

(3) 경우 3의 결과를 표 11에 나타내었다.

표 11. DTV의 간섭으로 인한 IMT DL의 용량손실
Table 11. Capacity Loss from DTV into IMT DL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	8.87%	5.25%	5.0%	4.89%
편파감쇠 적용(16 dB)	5.59%	5.1%	4.24%	4.2%

표 11에서 보듯, 약간의 간섭이 발생한다.

(4) 경우 4의 시뮬레이션은 일치형이라고 하더라도 실제로는 DTV 서비스의 송신기와 IMT 서비스 UL의 송신기 사이에는 20 m의 이격 거리가 존재한다. 하지만 이 이격거리는 전파 모델을 적용하기에는 너무 좁은 거리이므로 경우 4의 시뮬레이션의 분석은 의미가 없다.

나. Rural 지역의 시나리오 2(불일치형)

(1) 경우 1의 결과를 표 12에 나타내었다.

표 12. IMT DL로부터 DTV 간섭 확률

Table 12. Interference Probability from IMT DL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	2.8%	0.7%	0.6%	0.6%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 12에서 보듯, 간섭의 영향이 미미하다.

(2) 경우 2의 결과를 표 13에 나타내었다.

표 13. IMT의 UL로부터 DTV의 간섭 확률

Table 13. Interference Probability from IMT UL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	0%	0%	0%	0%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 13에서 보듯, 간섭이 발생하지 않는다.

(3) 경우 3의 결과를 표 14에 나타내었다.

표 14. DTV의 간섭으로 인한 IMT DL의 용량손실

Table 14. Capacity Loss from DTV into IMT DL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	9.49%	5.04%	5%	4%
편파감쇠 적용(16 dB)	5.2%	4.12%	3.97%	2.92%

표 14에서 보듯, 약간의 간섭이 발생한다.

(4) 경우 4의 결과를 표 15에 나타내었다.

표 15. DTV의 간섭으로 인한 IMT UL의 용량손실

Table 15. Capacity Loss from DTV into IMT UL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	50.24 %	50.23 %	27.3 %	26.69 %
편파감쇠 적용(16 dB)	35.93 %	9.24 %	0.47 %	0 %

표 15에서 보듯, 심각한 간섭이 발생한다.

다. Rural 지역의 시나리오 3(불일치형)

(1) 경우 1의 결과를 표 16에 나타내었다.

표 16. IMT DL로부터 DTV 간섭 확률

Table 16. Interference Probability from IMT DL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	20.6%	13.6%	10.4%	10%
편파감쇠 적용(16 dB)	4.0%	1.2%	0.8%	0.6%

표 16에서 보듯, 상당한 간섭이 발생한다.

(2) 경우 2의 결과를 표 17에 나타내었다.

표 17. IMT의 UL로부터 DTV의 간섭 확률

Table 17. Interference Probability from IMT UL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	0%	0%	0%	0%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 17에서 보듯, 간섭이 발생하지 않는다.

(3) 경우 3의 결과를 표 18에 나타내었다.

표 18. DTV의 간섭으로 인한 IMT DL의 용량손실

Table 18. Capacity Loss from DTV into IMT DL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	7.99%	3.91%	3.65%	3.61%
편파감쇠 적용(16 dB)	5.53%	2.45%	2.42%	2.4%

표 18에서 보듯, 간섭이 발생한다.

(4) 경우 4의 결과를 표 19에 나타내었다.

표 19. DTV의 간섭으로 인한 IMT UL의 용량손실

Table 19. Capacity Loss from DTV into IMT UL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	36.23 %	36.12 %	34.12 %	33.48 %
편파감쇠 적용(16 dB)	36.16 %	16.34 %	0.17 %	0.06 %

표 19에서 보듯, 상당한 간섭이 발생한다.

라. Urban 지역의 시나리오 4(불일치형)
 (1) 경우 1의 결과를 표 20에 나타내었다.

표 20. IMT DL로부터 DTV 간섭 확률
 Table 20. Interference Probability from IMT DL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6	8
편파감쇠 미 적용	43.3 %	28.5 %	26.9 %	24.8 %	24.4 %
편파감쇠 적용 (16 dB)	12.7 %	6.6 %	6.2 %	5.5 %	4.3 %

표 20에서 보듯, 심각한 간섭이 발생한다.

(2) 경우 2의 결과를 표 21에 나타내었다.

표 21. IMT의 UL로부터 DTV의 간섭 확률
 Table 21. Interference Probability from IMT UL into DTV

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	0%	0%	0%	0%
편파감쇠 적용(16 dB)	0%	0%	0%	0%

표 21.에서 보듯, 간섭이 발생하지 않는다.

(3) 경우 3의 결과를 표 22에 나타내었다.

표 22. DTV의 간섭으로 인한 IMT DL의 용량손실
 Table 22. Capacity Loss from DTV into IMT DL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	4.04%	3.65%	3.63%	2.63%
편파감쇠 적용 (16 dB)	3.89 %	3.19 %	3.15 %	2.04 %

표 22에서 보듯, 약간의 간섭이 발생한다.

(4) 경우 4의 결과를 표 23에 나타내었다.

표 23. DTV의 간섭으로 인한 IMT UL의 용량손실
 Table 23. Capacity Loss from DTV into IMT UL

보호대역 (MHz)	0	2	4	6
편파감쇠 미 적용	36.14 %	36.1 %	35.86 %	35.86 %
편파감쇠 적용 (16 dB)	36.07 %	35.9 %	35.9 %	35.77 %
IMT BS 수신블록킹 특성 15 dB 증가, 편파감쇠 적용(16 dB)	35.88 %	35.75 %	7.29 %	2.38 %

표 23에서 보듯, 상당한 간섭이 발생한다.

V. 결 론

본 논문은 실제 예상 가능한 네 가지 시나리오를 설정한 후 DTV 서비스와 IMT 서비스간 간섭영향을 분석하였고 분석 결과는 다음과 같다.

1. 모든 시나리오에서 IMT 서비스 UL로부터 DTV 서비스의 간섭은 무시할 만큼 작기 때문에 추가적인 보호대역이 필요치 않다. 이것은 IMT 서비스 UE의 효율적인 송신 전력레벨 조절로 인해 IMT 서비스의 간섭 신호가 제한되었기 때문이다.
2. IMT 서비스 DL로부터 DTV 서비스의 간섭은 보호대역을 통해 감소될 수 있으며 분석 결과 16 dB의 편파감쇠를 적용한 경우에 간섭 확률 5 % 이하를 만족하기 위해 8 MHz의 보호대역이 요구된다.
3. DTV 서비스로부터 IMT 서비스 DL의 간섭 영향은 IMT 서비스 DL의 용량 손실로 표현되며 분석 결과 10 dB의 편파감쇠를 고려한 경우에 용량 손실 5 % 이하를 만족하기 위해 2 MHz의 보호대역이 요구된다.
4. DTV 서비스로부터 IMT 서비스 UL의 간섭은 DTV 서비스의 불요 방사와 IMT 서비스 BS 수신기의 블록킹 효과와 큰 관련성을 가진다. Rural의 경우 16 dB의 편파감쇠를 적용하였을 때 DTV 서비스의 간섭으로 인한 IMT 서비스 UL의 용량 손실 5 % 이하를 만족하기 위해 4 MHz의 보호대역이 산출되었다. Urban의 경우에는 15 dB 증가된 IMT 서비스 BS의 수신기 블록킹 레벨을 적용하면 IMT 서비스 UL의 용량 손실 5 % 이하를 만족하기 위해 6 MHz의 보호대역이 요구된다.

본 논문에서 제시한 간섭 영향 시나리오, 간섭 분석 방법 및 결과는 향후, DTV 전환에 따른 여유 대역에 여타 서비스 할당 시 보호대역 산출에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Korea Information & Communications Society, Frequency policy & using technology workshop,

pp.8,15, 5th Jun. 2009.
 [2] Trasnfinite 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] ERO, Example scenarios for SEAMCAT, Updated : August 2007

[5] SEAMCAT User Documentation, August 2001.
 [6] Korean Broadcasting Institute: The consecutive number 76, Broadcasting & Technology, Jan.~Feb. 2001
 [7] Advanced Television Systems Committee, ATSC Recommended Practice: Transmission Measurement and Compliance for Digital Television, pp.6-8, May 2008.

저자 소개

심 용 섭(준회원)



- 2005:공주대학교 정보통신공학부 전기전자정보공학과(공학사)
- 2010:공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)

<주관심분야 : RF 시스템, 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>

장 상 현(준회원)



- 2006:공주대학교 전기전자정보공학부(공학사)
- 2009:공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
- 2008~현재:공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학박사과정)
- 2008~현재:ETRI 위촉연구원

<주관심분야 : RF 송수신시스템 설계, 분석>

조 인 경(준회원)



- 2009:공주대학교 정보통신공학부(공학사)
- 2010~현재:공주대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사과정)

<주관심분야 : RF 시스템 , 전파 간섭 분석>