

TV 유휴대역의 효율적인 사용을 위한 DTV 중계기와 소출력 기기 사이의 간섭 분석

김윤현*, 이경선*, 양재수**, 김진영*

Interference Analysis between DTV Relay System and Low Power Device for Efficient Utilization of TV White Space

Yoon Hyun Kim*, Kyung Sun Lee*, Jae Soo Yang** and Jin Young Kim*

요 약

2012년 12월 31일 아날로그 TV 신호가 전면적으로 디지털 TV로 전환되면서, TV 유휴대역의 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다양한 소출력 기기의 TV 유휴대역 사용이 예상되며, 따라서 TV 유휴대역을 사용하는 소출력 기기와 DTV 중계기 간의 간섭 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 DTV 시스템과 소출력 기기 간의 간섭영향에 관해 분석하였다. 두 시스템이 정상적으로 동작하기 위한 최소 이격 거리를 측정하도록 하며 간섭 분석 방법은 최소 결합 손실 방법을 이용하였다. 실험에서 피 간섭원은 DTV 시스템이고 간섭원은 소출력 기기들로 설정하여 실험 및 분석하였다.

Key Words : TV white space, DTV relay system, low power device, minimum coupling loss

ABSTRACT

According to convert from analogue TV signal to Digital TV signal on 31 December 2012, research on utilization of TV white space (TVWS) has been being actively proceed. It is expected that various low power devices use the TVWS, so interference between DTV relay system and low power devices using in TVWS can be occurred. Therefore, in this paper, we analyzed the interference between DTV relay system and low power devices. So, we calculated a minimum coupling loss (MCL) and compare the resulting value with a path loss for determining whether there exists a potential interference or not. The minimum separation distance is determined when the path loss is larger than the MCL. In the simulation results, we setup the victim and interferer system as DTV relay system and low power devices, respectively.

I. 서 론

급격한 주파수 사용의 증가와 함께 이용 가능한 전파는 주파수 대역이 점차 증가하고 있다. 이는 곧 고주파를 사용하는 서비스 상호간의 전파간섭 문제를 발생시킨다. 이때 강한 전파를 송수신하는 서비스에 비하여 전파천문업무와 같은 약한 전파를 송수신하는 서비스는 상대적으로 피해가 크기 때문에 후자와 같은 서비스에 대한 적절한 보호가 필요하다. 따라서 한정된 전파 자원을 상호 공존의 원칙 아래 효율적으로 사용하기 위해 국제통신연합 (ITU : International Telecommunication Union)에서는 전파 사용에 관한 규칙을

국제법으로 정하고 있으며, 국제통신연합 산하의 세계전파 통신회의 (WRC : World Radiocommunication Conference)에서 제반 규정을 주기적으로 제정 또는 개정하고 있다. 또한 유럽에서는 ETSI (European Telecommunications Standards Institute), ERO (European Radiocommunications Office) 등을 설립하여 주파수 관련 기술을 표준화하고 이의 관리, 활용 및 공유기술에 대한 연구를 수행하고 있다 [1-2].

또한 방송통신 위원회(이하 방통위) 역시 700MHz 주파수 대역에 대한 재배치를 논의 중이며 700MHz 대역을 사용 중인 이동방송 중계, 무선마이크, 도서통신 등을 2012년 말까

*본 연구는 2012년도 ETRI의 지원을 받아 수행되었음.

*광운대학교 전파공학과, 교신저자 : 김진영 **단국대학교 전기전자공학부

(yoonhyun@kw.ac.kr, sub3344@gmail.com, jinyoung@kw.ac.kr)

접수일자 : 2012년 11월 15일, 수정완료일자 : 2012년 11월 20일, 최종 게재확정일자 : 2012년 12월 3일

지 타 대역으로 전환하기로 결정하였다. 이에 따라 700MHz 대역은 향후 4세대 이동통신 및 차세대 방송통신 서비스용으로 활용될 전망이다 [3].

이와 같이 무선마이크의 700MHz대역사용이 금지되면서 2012년 이후부터 2차사용자로서 DTV대역을 사용하게 될 예정이다. DTV 대역은 그림 1과 같이 지난 2008년 방통위의 채널 배치 계획안에 따라 확정되었다. 따라서 동일 주파수대역을 사용하는 DTV 중계기와 TV 유희대역을 사용하는 소출력 무선 기기 사이의 간섭이 예상되며 특히 DTV와 같이 강한 전파를 송수신하는 서비스에 비하여 무전기와 같은 소출력 기기는 상대적으로 간섭에 의한 피해가 더욱 크기 때문에 이를 보호하기 위한 적절한 방안이 필요하다.

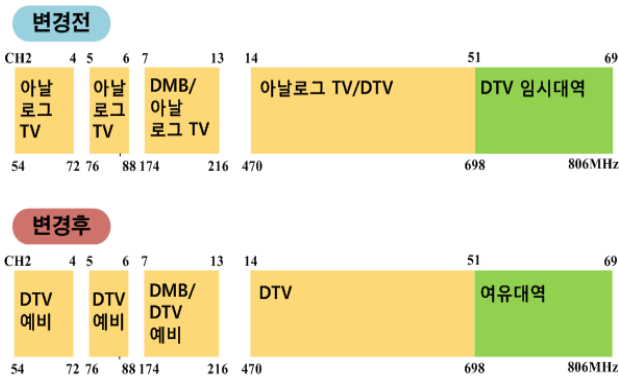


그림 1. DTV 채널 전환 계획안

이와 같이 주파수 자원을 효율적으로 사용하고, 새로운 시스템에 주파수를 할당할 때 필요한 것이 기존 시스템과 새로운 시스템 간에 영향을 분석하는 업무간 양립성 (Compatibility)을 분석하여야한다. 양립성이란 무선통신 업무가 다른 무선통신 업무들에 간섭을 발생시키지 않으며, 다른 무선통신 업무들로부터 간섭을 받지 않고 운용될 수 있는 능력을 말한다. 양립성을 분석하는 방법에는 간섭원의 방사전력, 간섭원과 피간섭원의 안테나 이득과 케이블 삽입 손실, 전파 경로 손실 등을 이용하여 간섭전력을 수학적으로 분석하는 방법과, 최소결합손실 (MCL : Minimum Coupling Loss), 동적 시스템 레벨 시뮬레이션, Snapshot 방법을 이용한 시스템 레벨 시뮬레이션 등을 이용하여 통계적으로 분석하는 방법이 있다.

본 논문에서는 DTV 시스템과 TV 유희대역을 사용하는 소출력 기기 간의 간섭영향에 대해 분석하고자 한다. 두 시스템이 정상적으로 동작하기 위한 최소 이격 거리를 측정하도록 하며 간섭 분석 방법은 최소 결합 손실 방법을 이용하였다. 실험에서 피 간섭원은 DTV 중계기 시스템이고 간섭원은 무전기 및 GPS 송/수신기 모듈로 설정하여 실험 및 분석하였다. 본 논문은 제 II장에서는 간섭 분석 방법을 설명하였고, 간섭 분석에 사용되는 시스템 모델을 제 III장에서 제시하였다. 제 IV장에서는 시뮬레이션을 통한 간섭 분석 결과를 제

시하였으며, 본 논문의 결론을 제 V장에서 나타내었다.

II. 간섭 분석 방법

본 논문에서는 DTV 시스템과 TV 유희 대역을 사용하는 소출력 무선기기 사이에서 간섭에 의한 영향이 발생하지 않도록 하기 위한 최소 이격 거리를 계산하기 위해 최소 결합 손실 (MCL : Minimum Coupling Loss) 방법 [4]을 이용한다. MCL은 최대 허용할 수 있는 간섭 조건을 만족시키기 위해 간섭원과 피간섭원 사이에 필요한 최소한의 전력 손실로써 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$MCL = P_{Interferer} + 10 \log \left(\frac{BW_{Victim}}{BW_{Interferer}} \right) - I_{max} \quad (1)$$

여기서 $P_{Interferer}$ 은 간섭원의 전력이고, BW_{Victim} 및 $BW_{Interferer}$ 는 각각 피간섭원과 간섭원의 대역폭이며, I_{max} 는 최대 허용 간섭 전력이다. 식 (1)에서 BW_{Victim} 가 $BW_{Interferer}$ 보다 크거나 같고 간섭원의 모든 전력이 피간섭 수신기에 수신되는 경우, MCL은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$MCL = P_{Interferer} - I_{max} \quad (2)$$

두 시스템 사이의 간섭이 발생하지 않기 위해 최대 허용 가능한 간섭전력(I_{max}) 은 다음의 식 (3) 또는 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{max} = K + T + B + F + I/N - G_{Victim} \quad (3)$$

$$I_{max} = S_{Victim} - C/I - G_{Victim} \quad (4)$$

여기서 I_{max} 의 단위는 [dBW]이고, K 는 볼츠만 상수로써 그 값은 $1.38 \times 10^{-23} J/K$ 또는 $-229 dBJ/K$ 이다. T 는 온도이고 그 값은 $300 K$ 또는 $25 dBK$ 이다. B 는 수신기 대역폭, F 는 수신기 잡음 지수, I/N 은 간섭 전력 대 잡음 전력비이다. G_{Victim} 는 수신기 주엽 안테나 이득이다. 또한 S_{Victim} 은 피간섭원의 민감도이고, C/I 는 carrier-to-interference ratio이다. 간섭 전력이 수신기 안테나에 수신되는 경우 최대 허용 간섭 전력은 식 (5)나 (6) 같이 계산한다.

$$I_{max} = K + T + B + F + I/N - G_{Victim} S_{delobe} = K + T + B + F + I/N - (G_{Victim} - L_{Sdelobe}) \quad (5)$$

$$I_{max} = S_{Victim} - C/I - G_{Victim} S_{delobe} = S_{Victim} - C/I - (G_{Victim} - L_{Sdelobe}) \quad (6)$$

식 (5),(6)의 $G_{V_{dim}, S_{delobe}}$ 는 피간섭 수신기 안테나 이득이고, $L_{S_{delobe}}$ 는 부엽 감쇠 레벨이다.

최대 결합 손실은 간섭원과 피간섭원간이 적절한 이격거리를 유지할 때 유효하며 이 때 두 시스템간의 간섭영향 없이 정상동작을 위한 이격거리는 전송손실(TL : Transmission Loss)을 계산하여 산출하며 다음의 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TL = 20\log(f) + 10n\log(d) - K - G_t - G_r + A \quad (7)$$

식(7)에서 f 는 주파수(Hz), n 은 감쇠상수 (자유공간=2, 지표전파=4), d 는 거리(m), G_t 는 송신 안테나 이득, G_r 는 수신 안테나 이득, A 는 추가 손실 (빌딩 침투 손실 등), K 는 기본 상수로서 다음 식 (8)과 같이 계산한다.

$$K = 20\log\left(\frac{C}{4\pi}\right) \quad (8)$$

식(8)에서 C 는 광속으로 $C = 3 \times 10^8$ m/sec 이다.

무선 통신 시스템 간 간섭에 의한 영향이 없도록 하기 위해서는 전송손실이 최소 결합 손실보다 커야한다. 따라서 이 조건을 이용하여 간섭원과 피간섭원 사이에 간섭으로 인한 영향이 발생하지 않기 위해 필요한 최소 이격 거리를 계산할 수 있다.

III. 시스템 모델

1. 실외 전송 모델 (Hata model)

본 논문에서는 보다 신뢰성 있는 실험을 위하여, II장에서 언급한 자유경로 손실 모델 이외에 실외 전송 모델 중에 하나인 hata model을 이용하여 실제 채널 모델에서의 실험 결과를 보이고자 한다.

Hata 모델은 Okumura에 의해 제공된 그래프로 나타난 경로 손실 데이터의 경험적 공식이고 150MHz에서 1500MHz까지 변화한다. Hata는 도시 지역 전파 손실을 표준 공식으로 나타냈고 다른 상황에 응용을 위한 수정 공식을 지원 했다.

도시 지역에 중앙 경로 손실의 표준 공식은

$$L_{50}(urban)(dB) = 69.55 + 26.16\log f_c - 13.82\log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55\log h_{te})\log d \quad (9)$$

로 나타냈다. f_c 는 150MHz에서 1500MHz까지의 주파수이고, h_{te} 는 송신 안테나(기지국) 높이(30m~200m), h_{re} 는 수신 안테나(단말기)의 높이(1m~10m), d 는 T-R 분리 거리

(km), 그리고 $a(h_{re})$ 는 서비스 구역의 사이즈의 함수인 단말기 안테나 높이의 교정 요소이다. 작거나 중간 크기의 도시에서는 단말기 교정 안테나는

$$a(h_{re}) = (1.1\log f_c - 0.7)h_{re} - (1.56\log f_c - 0.8) dB \quad (10)$$

로 나타나며 큰 도시의 교정 요소는

$$a(h_{re}) = 8.29(\log 1.54h_{re})^2 - 1.1 dB \quad \text{for } f_c \leq 300 MHz$$

$$a(h_{re}) = 3.2(\log 11.75h_{re})^2 - 4.97 dB \quad \text{for } f_c \geq 300 MHz$$

로 나타난다.

교외 지역에서 경로 손실을 얻기 위해서 표준 Hata 공식은

$$L_{50}(dB) = L_{50}(urban) - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4 \quad (12)$$

이며, 시골 지역에서는

$$L_{50}(dB) = L_{50}(urban) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33\log f_c - 40.94 \quad (13)$$

으로 주어진다.

비록 Hata 모델이 Okumura 모델에서 적용될 수 있는 경로 특정 교정을 가지진 않지만, 위 표현은 중요한 실제 값을 가지고 있다. Hata 모델의 예측은 기존의 Okumura 모델과 매우 근접하게 생각된다. 이 모델은 큰 셀 이동 시스템에 적합할 것이지만 개인 통신 시스템(PCS)에서는 적합하지 않다.

표 1. Hata model parameters

f_c	150MHz에서 1500MHz까지의 주파수
h_{te}	송신 안테나(기지국) 높이(30m ~ 200m)
h_{re}	수신 안테나(단말기)의 높이(1m ~ 10m)
d	T-R 분리 거리(km)
$a(h_{re})$	서비스 구역의 사이즈의 함수인 단말기 안테나 높이의 교정 요소

2. 실외 전송 모델 (Okumura model)

Okumura 모델은 도시 지역에서 신호 예측 모델로 가장 널리 쓰이는 것 중의 하나이다. 이 모델은 150MHz에서 1920MHz까지의 주파수와 1km에서 100km까지의 거리를 적용시킬 수 있다. 그것은 30m에서 1000m 범위의 기지국 안테나 높이에 사용된다.

Okumura는 200m 높이의 기지국 안테나(h_{te})와 3m의 단

말기 안테나(h_{re})의 약간 매끄러운 지형의 도시 지역에서 자유공간(A_{mu})과 관계된 중앙 감쇠를 곡선으로 나타내었다. 이 곡선은 기지국과 단말기 모두에 수직 무지향성의 안테나를 사용하여 광범위한 측정으로부터 전개되고 100MHz에서 1920MHz까지의 주파수의 함수와 기지국에서 1km에서 100km까지의 거리 함수로 그려졌다. Okumura 모델을 사용하여 경로 손실을 결정하기 위해서는 유입되는 지점들 사이의 자유공간 경로손실이 처음으로 결정되고 $A_{mu}(f, d)$ 의 값들이 지형의 유형이 고려되는 교정 요소와 더해진다. 이 모델은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \quad (14)$$

여기서 L_{50} 은 전파 경로 손실의 평균값이며 L_F 는 자유공간 전파 손실이다. A_{mu} 는 자유공간과 관련된 중앙 감쇠이고, $G(h_{te})$ 는 기지국 안테나 해발이득 요소, $G(h_{re})$ 는 단말기 해발이득 요소, 그리고 G_{AREA} 는 환경의 유형에 의한 이득이다. 안테나 해발이득은 엄밀히 높이의 함수이다.

$$G(h_{te}) = 20\log\left(\frac{h_{te}}{200}\right) \quad 1000m > h_{te} > 30m$$

$$G(h_{re}) = 10\log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad h_{re} \leq 3m$$

$$G(h_{re}) = 20\log\left(\frac{h_{re}}{3}\right) \quad 10m > h_{re} > 3m \quad (15)$$

다른 교정은 Okumura의 모델에 적용될 것이다. 중요한 지형과 관련된 몇 개의 파라미터들은 지형 기복 높이(Δh), 격리된 능선 높이, 지형의 평균 기울기 그리고 육지와 바다의 혼합된 파라미터이다. 지형과 관계된 파라미터는 계산되었고, 필수 교정 요소는 요구에 따라 더해지거나 뺄 수 있다. 이 모든 교정 요소들은 Okumura 곡선에 이용될 수 있다.

Okumura 모델은 전체적으로 측정된 데이터를 기본으로 하며 어떤 분석에 의한 설명을 제공하지 않는다. 많은 상황에서, 그려진 곡선외의 위치한 것은 타당성이 주위 사정과 곡선의 매끄러움에 의존할지라도 측정 범위 밖에서 값들을 얻기 위해 만들어진다.

Okumura 모델은 혼란스러운 환경의 속고한 셀룰러와 지상 이동 무선 시스템을 위한 경로 손실 예측에서 가장 간단하고 정확한 것들 중에서 고려되어진다. 이 모델의 주요 단점은 지형에서 빠른 변화에 대한 느린 반응이다. 그러므로 모델은 상당히 도시지역과 교외 지역에서는 좋지만 시골에서는 좋지 않다. 예측되고 측정된 경로 손실 값들 사이의 공통 표준 편차는 10dB에서 14dB이다.

표 2. Okumura model parameters

L_{50}	전파 경로 손실의 평균값
L_F	자유공간 전파 손실
A_{mu}	자유공간과 관련된 중앙 감쇠
$G(h_{te})$	기지국 안테나 해발이득 요소
$G(h_{re})$	단말기 해발이득 요소
G_{AREA}	지형 유형에 의한 이득

3. DTV 중계기 시스템

DTV 시스템을 간섭원으로 하고 동작주파수는 채널 14에서 473MHz이고 대역폭은 6MHz를 갖는다. DTV 시스템의 파라미터는 표 3과 같다 [5-6].

표 3. DTV 시스템 파라미터

Parameter	Value
Transmit power	4KW
Channel bandwidth	6MHz
Carrier to noise ratio (C/N)	19.5dB
Antenna Gain	11.65dB
DTV receiver sensitivity	-64dBm

4. 소출력 무선 기기 시스템

본 논문에서 고려한 소출력 무선 기기는 산악/등산용 무전기와 실외 GPS 수신기를 고려하였다. 각 소출력 무선 기기의 시스템 파라미터는 표 4와 같다.

각 소출력 기기는 DTV 중계기 시스템에 간섭을 미칠 수 있는 간섭원으로 각각 12.5 / 25kHz 및 1MHz의 대역폭을 가진다. 또한 DTV 중계기 시스템과 인접 대역을 사용하면서, 4.8W 또는 5.4W의 소출력 무선 기기에 비해 비교적 높은 파워로 신호를 전송하기 때문에 반드시 최소 이격거리에 따른 두 시스템간의 이격이 필요하다.

표 4. 소출력 무선 기기 시스템 파라미터

	무전기(MYT710U)	GNSS 수신기(GRS-1)
Bandwidth	12.5kHz/25kHz	1MHz
Power	4.8W	5.4W
Frequency Band	435MHz	460MHz
Antenna Hight	1.5m	1.5m

IV. 모의 실험

본 논문에서는 DTV 중계기 시스템을 피 간섭원으로, TV 유휴대역을 사용하는 소출력 무선 기기들을 설정하여 간섭 분석을 한다. 소출력 무선 기기들은 무전기와 휴대용 GPS 송/수신기를 이용하였으며, 채널 모델은 각각 Hata 모델과

Okumura 모델에서 간섭 분석을 실시하였다. Okumura 채널 모델에서 자유공간과 관련된 중앙 감쇠 값은 28로, 지형 유형에 따른 이득은 8.9로 설정하였다. 여기서, 지형 유형에 따른 이득은 quasi urban 지형에 대한 파라미터 값이다. 또한 아래의 각 실험 결과에서 MCL은 각 피간섭원과 간섭원의 파라미터에 대한 식 (1)에 의한 결과 값이다.

그림 2는 MCL과 Hata 모델에서의 경로 손실을 비교하여 DTV 중계기와 GPS 송/수신 단말기 사이의 이격거리를 나타낸 그래프이다. 그림 3에서와 같이 두 시스템이 공존하기 위한 최소 이격거리는 경로 손실이 MCL 값 보다 커지는 275m 가 된다. 두 시스템이 275m 보다 가까이 존재할 경우 경로손실에 의해 DTV 중계기 시스템이 간섭을 받아 제대로 된 신호 전송이 불가능하게 된다.

그림 3은 MCL과 Okumura 모델에서의 경로 손실을 비교하여 DTV 중계기와 무전기 사이의 경로손실에 따른 이격거리를 나타내는 그래프이다. 두 시스템간의 MCL은 174.3으로 채널 모델에 따른 경로손실이 174.3 보다 커지는 582m가 두 시스템이 공존하기 위한 최소 이격거리가 된다.

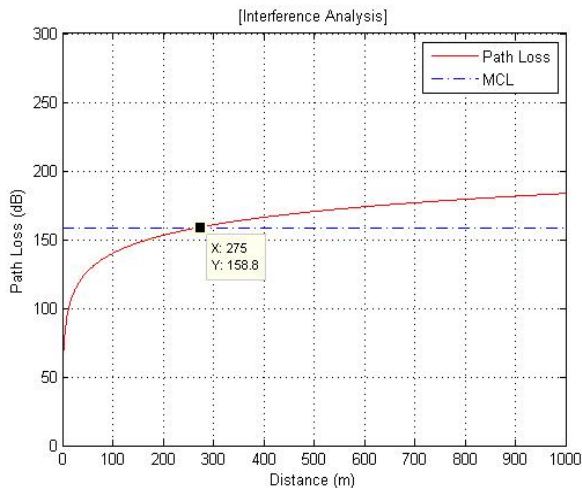


그림 2. DTV 중계기와 GPS 단말기의 이격거리 (Hata model)

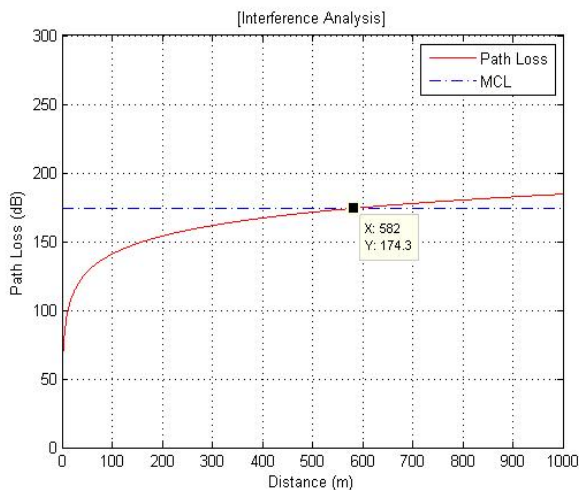


그림 3. DTV 중계기와 무전기의 이격거리 (Hata model)

그림 4와 5는 동일한 시스템의 Okumura 채널 모델에서의 이격거리를 나타내는 그래프이다. 그림 2와는 달리, 그림 4에서의 DTV 중계기와 GPS 단말기 사이의 최소 이격 거리는 약 3.5배 정도 차이가 나는 905m가 되며, 이는 각 채널 모델에 따른 경로 손실 값의 차이에 의해 발생된다. 즉, GPS 수신 단말기를 사용할 경우 최소한 가장 가까운 DTV 중계기에서 약 900m 떨어진 후 사용을 해야 한다.

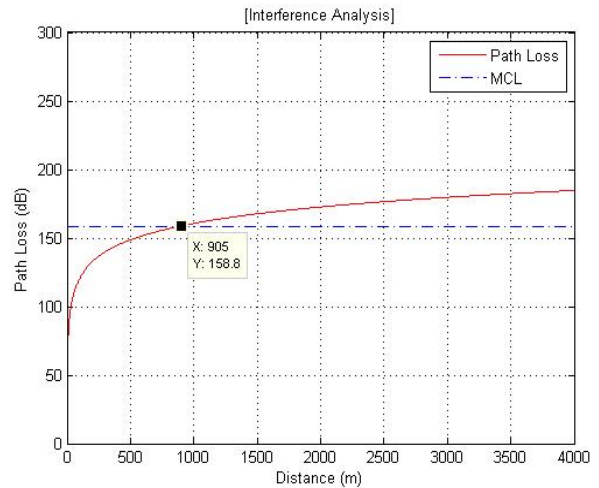


그림 4. DTV 중계기와 GPS 단말기의 이격거리 (Okumura model)

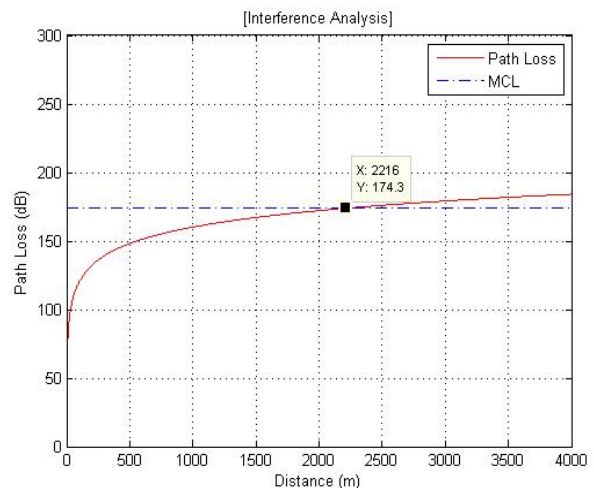


그림 5. DTV 중계기와 무전기의 이격거리 (Okumura model)

V. 결론

특정 GPS 수신단말기와 무전기는 DTV대역의 2차사용자로 470MHz~698MHz대역을 사용한다. DTV와 같이 강한 전파를 송수신하는 서비스에 비하여 GPS 수신기와 무전기 같은 소출력 기기는 상대적으로 간섭에 의한 피해가 더욱 크기 때문에 이를 보호하기 위한 적절한 방안이 필요하다.

본 논문에서는 DTV 시스템과 GPS 수신 단말 및 무전기

의 간섭의 영향에 대하여 분석하였으며, 간섭 분석 방법은 MCL 방법을 이용하였고 보호 거리에 따른 전송 손실을 계산한 후 이를 MCL과 비교하여, 두 시스템이 서로 간섭을 받지 않기 위해 필요한 최소 보호 거리를 산출하였다.

간섭 분석 결과, DTV 중계기 시스템이 소출력 무선 기기에 의한 간섭의 영향을 받지 않기 위하여 본 논문에서 제안한 시스템 파라미터 조건에서 실험 결과를 바탕으로 구한 이격거리 이상의 보호 거리를 유지하여야 한다. 따라서 DTV 중계기 시스템과 여러 소출력 무선 기기의 간섭에 의한 영향 없이 정상적으로 동작하기 위해서는 보호 거리 이외에 간섭 제거 기술, 간섭 회피 기술 등이 필요하다.

본 논문의 결과는 DTV 시스템을 서비스하는데 있어서 타 시스템과의 양립성을 분석하고 관련 정책을 결정하는데 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] ITU website; Available at <http://www.itu.int>.
- [2] ERO website; Available at <http://www.ero.dk>.
- [3] 방송통신위원회, "제 64차 방송통신위원회 회의록," Dec. 2009.
- [4] ERC Report 101, "A comparison of the minimum coupling loss method, enhanced minimum coupling loss method, and the Monte-Carlo simulation," May. 1999.
- [5] Recommendation ITU-R 11C/19-E, Planning parameters and allotment plan for DTV service in canada, Mar. 1998.
- [6] FCC, "Part 74 -Experimental radio, auxiliary, special broadcast and other program distributional services", available at http://www.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/cfr/1996/47cfr74.pdf

저자

김 윤 현(Yoon Hyun Kim)



- 2006년 2월 : 광운대학교 전파공학과 졸업
- 2008년 2월 : 광운대학교 전파공학과 석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정

<관심분야> : 가시광 통신, 협력통신, 인지무선통신

정회원

이 경 선(Kyung Sun Lee)



- 2011년 2월 : 광운대학교 전파공학과 졸업
- 2011년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

<관심분야> : 디지털 통신, 협력통신, 인지무선통신

정회원

양 재 수(Jae Soo Yang)



- 1991년 : 서울대학교 MBA 수료
- 1993년 : 미국 NJIT 전기 및 컴퓨터 공학과 공학박사
- 2011년 ~ 현재 : 단국대학교 교수

<관심분야> : 디지털통신, RFID/ USN, 차세대 이동통신

김 진 영(Jin Young Kim)



- 1998년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 2001년 2월 : SK텔레콤 네트워크 연구소 책임연구원
- 2001년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

<관심분야> : 디지털통신, 가시광통신, UWB, 부호화, 인지무선통신, 4G 이동통신

종신회원