# 간섭 송신기 신호 duty cycle에 따른 시스템 공유 성능 분석

조주필*

# Analysis on Co-use Performance of System according to Duty Cycle of Interfering Transmitter Signal

Juphil Cho**

요 약

본 논문에서는 이기종 시스템에서 간섭 송신기 신호의 duty cycle에 따른 전체 성능의 결과를 분석하였다. 기준치 설정에 대한 분석은 이기종 시스템들이 동일 주파수 대역을 공유하는 경우의 상호 공존을 위한 파라미터로 수행되었다. 두 시스템간의 duty cycle과 성능 관계를 분석하기 위해 간섭 송신기가 WLAN이고 WiBro가 희생 수신기인 경우를 고려하였다. 분석된 상호 공존 결과는 향후 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술개발에 활용할 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In this paper, we analyze the total performance according to duty cycle of interfering transmitter in hetero systems. We analyze this criteria as a parameter for co-use when hetero systems share the same frequency channels. In order to make an analysis of relationship between duty cycle and performances of two systems. We take into consideration on the case that WiBro is an victim receiver and WLAN is a interfering transmitter. Analyzed coexistence results may be widely applied into the technique developed to get the coexisting condition for wireless devices using many communication protocols in same frequency.

키워드

TV방송대역, 간섭확률, 동일주파수 대역, duty cycle

Key word

TVWS(TV Whitening Space), Interference probability, co-channel, duty cycle

* 정회원 : 군산대학교 전파공학과(stefano@kunsan.ac.kr)

접수일자 : 2011. 09. 14
심사완료일자 : 2012. 01. 17

## Ⅰ. 서 론

최근 ISM 대역 및 UNII 대역을 기반으로 동작하는 무선기기들(WLAN, Bluetooth, ZigBee, Digital Cordless Phone 등)은 자체적으로 전파 간섭을 최소화하거나 회피할 수 있는 알고리즘을 가지고 있으므로 동종 기기 간 간섭문제는 크게 대두되지 않는다. 그러나 이기종간의 전파간섭 및 혼신 문제는 시스템의 안정성을 열화 시킬 수 있는 요인이 될 수 있다. 현재 전 세계적으로 무선통신분야에서 통신과 방송의 융합을 추진하고 있으나 이런 기술적인 발전과 변화에 대응하기 위한 주파수 자원은 극히 부족한 상황이다.

이러한 전파자원의 부족현상을 해소하기 위해 특히 최근에 무선인지기술의 적용성이 가장 활발하게 일어나고 있는 분야중의 하나인 지상파 디지털방송과 관련된 센싱기술을 들 수 있다.[1] 또한 IEEE 802 산하의 표준화 기구에서는 TV 화이트스페이스를 이용한 무선 전송기술 표준을 개발하기 위한 움직임들이 활발하게 진행되고 있다.[2]

즉, TV 화이트스페이스라는 새로운 비면허 주파수 대역을 이용하는 무선 LAN (IEEE 802.11)등에 대한 검토가 적극적으로 이뤄지고 있는 실정이다.

또한 전세계적으로 지상파 TV가 아날로그 송출을 종료하고 DTV로 전환되는 시점이 도래함으로써, DTV 전환에 의해 도출되는 700MHz대역에 관한 효율적인 활용방안 또한 적극 검토가 되어야 할 시점이다. 국내에서는 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 방안으로 무선인지 기술(CR : Cognitive Radio)의 개념이 제시되고 있으며, 서로 다른 전파형식 또는 통신방식을 갖는 무선 시스템들이 상호간 간섭을 주지 않는 조건 하에서 공통으로 사용하는 주파수 대역을 의미하는 개념이 제시되었다[3][4].

방송대역에서 휴대통신을 위한 주파수 공유 기술간 공유 파라미터 최적화 기술의 연구는 중요한 것으로 사료되며, 본 논문에서는 그 성능 및 효과를 기본 동향자료의 분석과 더불어 시나리오 기반의 시뮬레이션 결과를 통해 정량적인 분석을 제시하였다. 또한, 방송채널에서 WiBro와 WLAN의 공용을 가능케 하기 위한 사전 단계로 필요한 파라미터 및 그를 활용한 특성 분석등을 수행하였다.

본 논문에서는 Wireless LAN (WLAN)과 Wireless Broadband (WiBro)가 DTV 대역에서 작동하고, WiBro는 WLAN과 동일채널에서 작동한다고 가정한다. 또한 WLAN 단말이 간섭원으로 동작하고 WiBro 단말은 희생원으로 존재한다고 가정한다. 본 논문은 시스템의 최적화를 위한 공유 핵심 파라미터의 적절한 값을 찾기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위해 WLAN과 WiBro의 간섭 영향을 WLAN 단말이 WiBro에 간섭을 미치는 경우의 시나리오에 대해 분석하였다. 분석 방법으로는 WLAN UE와 WiBro MS 사이의 보호 거리, 이에 따른 간섭을 미치는 송신기의 duty cycle이 고려되었으며 duty cycle의 정의에 의해 이를 송신단말의 전송확률로 가정을 하였다.

## Ⅱ. 이종 시스템에서 동일채널 공유를 위한 시스템별 채널 모델

국내 방송에서의 주파수별 DTV/DMB 채널 배치 환경을 고려하여 본 논문의 분석은 진행되었다. DMB/DTV 채널의 174 - 698 MHz에서 WiBro와 WLAN 시스템의 공유를 위한 시나리오가 수행되었다. 표 1은 본 논문에서 사용된 WLAN 시뮬레이션 채널 모델의 주파수와 동작 영역, dRSS(desired Received Signal Strength)를 보이고 있다. 표에서와 같이, 전파 모델은 자유공간, Extended Hata, IEEE 802.11을 예로 들었으며 실제 성능 분석은 자유공간과 Extended Hata 모델에 대해 수행되었다. 자유공간에서의 동작 영역은 sensitivity에 따라 측정을 하였고, Extended Hata 모델에서의 모델 동작 영역은 자유공간의 dRSS를 만족시키도록 측정이 되었다.

표 2는 WiBro 실험 채널 모델들의 주요 값들을 보이고 있다. 해당 시스템의 수신 sensitivity인 -90.6 dBm 에 해당하는 값을 적용하여 와이브로 시스템의 서비스 영역을 계산하였다. 표 3에서 WiBro 이동단말의 경우, 주파수 옵셋이 -5 ~ 5 MHz인 경우 감쇠 값은 0 dBc이고, ±5.45 MHz의 경우에 -36 dBc가량 감쇠되도록 설정하였다.

표 1. WLAN 실험 채널 모델
Table. 1 Simulation Channel Models of WLAN

| | WLAN propagation model | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Free space | | | Extended hata | | | IEEE 802.11 | | |
| 주파수 [MHz] | 185 | 481 | 687 | 185 | 481 | 687 | 185 | 481 | 687 |
| WLAN 범위[m] | 2100 | 812 | 568 | 75 | 38.5 | 34.8 | 180 | 103 | 85 |
| dRSS [dBm] | -44.89 | -4486 | -44.99 | -44.76 | -44.91 | -44.97 | -44.97 | -44.82 | -44.99 |

표 2. WiBro 실험 채널 모델
Table. 2 Simulation Channel Models of WiBro

| | WiBro propagation model | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Free space | | | Extended hata | | |
| 주파수 [MHz] | 185 | 481 | 687 | 185 | 481 | 687 |
| WiBro BS 영역 [km] | 180 | 70 | 50 | 1.6 | 0.8 | 0.61 |
| dRSS [dBm] | -85.61 | -85.61 | -85.82 | -85.11 | -85.39 | -85.41 |

표 3. WiBro MS의 스펙트럼 마스크 @Pout=25dBm
Table. 3 WiBro MS spectral mask @Pout=25dBm

| Frequency offset [MHz] | Attenuation [dBc] | Reference B/W [kHz] |
|---|---|---|
| -5～+5 | 0 | 10000 |
| ±5.45 | -36 | 100 |
| ±10.9 | -42 | 100 |
| ±15.12 | -48 | 100 |
| ±20.26 | -52 | 100 |
| ±80 assumed | -82 | 100 |

## Ⅲ. 공유 핵심 파라미터 설정 및 시나리오

도심에서의 실내 환경이 기본으로 가정되었으며 이를 통한 공유 변수 설정 및 분석이 수행되었다. 이기종 시스템간의 주파수 공유를 위해 간섭 송신기 시스템의 duty cycle에 따른 성능을 분석하기 위해 간섭(Interfering) 시스템으로는 WLAN 시스템을, 희생(Victim) 시스템으로는 WiBro 시스템인 경우를 가정하였다. 또한, 전파 전파 모델중에서 3개의 채널 환경을 선택하여 각 송신단말의 duty cycle을 통한 상호 공존성 분석을 수행하였다. 3개의 채널환경에는 자유공간 모델, Extended HATA 채널 모델, IEEE 802.11b 채널 모델이 사용되었다.

그림 1은 duty cycle 추출을 위한 이기종 시스템간의 공유 시나리오를 보여주고 있으며, 간섭 송신기의 송신 신호 duty cycle에 따른 영향은 다음과 같이 구해진다. 이때 간섭송신기의 밀도를 10개/$km^2$ 로 설정한다. 전체 시나리오에 대한 영향 분석은 SEAMCAT을 통해서 이루어졌으며 간섭 발생여부를 결정하는데 사용되는 신호 감지레벨을 추출하기 위한 공유 시나리오를 통해 진행되었다.[5]

그림 2에서 전파간섭 시나리오는 크게 거리와 밀도에 따른 시나리오로 구분되며 ISM 대역에서 사용되거나 사용될 기기별로 경우의 수 만큼 짝지어 간섭원과 희생원으로 적용한다. 시나리오에서 간섭원에 의해 간섭을 받는 희생원은 victim receiver (Vr), 간섭의 영향이 전혀 없는 통신환경에서 희망신호를 Vr로 송신하는 기기를 wanted transmitter (Wt), Vr에 간섭신호를 발생시키는 간섭원을 interfering transmitter (It)로 정의한다. 그리고Vr와 Wt 사이의 전파경로를 victim system link, Vr과 It의 경로를 interference link, Wr과 It의 경로를 interfering system link라 한다. 간섭환경에서 전파응용설비는 통신기기가 아니므로 Vr가 될 수 없고 It로만 설정할 수 있다.

무선 시스템간의 간섭분석 방법으로 많이 사용되는 방법은 크게 MCL (Minimum Coupling Loss), E-MCL (Enhanced MCL) 및 Monte-Carlo 방식으로 나눌 수 있다.

MCL은 시스템 파라메타와 전파모델을 통해서 시스템이 간섭의 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해

떨어져야 하는 최소한의 거리 즉 이격 거리(Protection distance)를 계산한다.

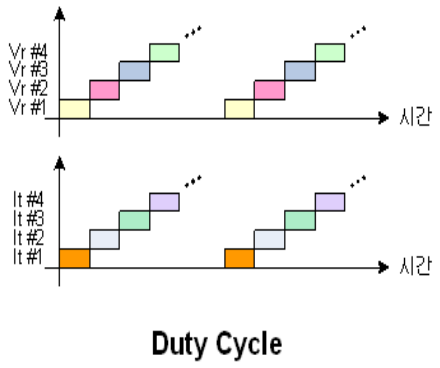



그림 1. Duty cycle 추출을 위한 이기종 시스템간의 공유 시나리오
Fig. 1 Co-use Scenario btw. hetero-systems for obtaining duty cycle

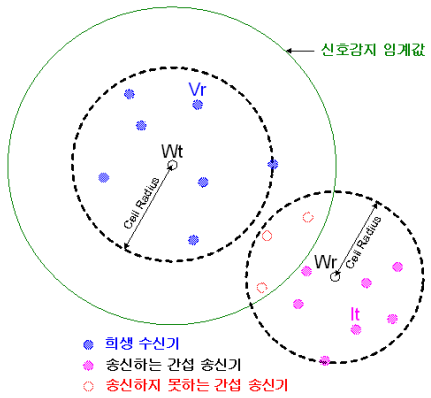



그림 2. 신호감지레벨 추출을 위한 이기종 시스템간의 공유 시나리오
Fig. 2 Co-use Scenario btw. hetero-systems for obtaining signal detection level

그러나 MCL은 송수신기의 활동률(Activity factor)을 무시하고 일정한 크기의 송수신 신호가 계속 수신되는 최악의 경우로 가정하므로 실제 적용하기에는 부적절할 정도의 큰 이격 거리 값이 계산 된다. MCL을 개선한 E-MCL은 링크 가용성(Link availability)을 고려하면서 이격거리와 간섭확률을 계산한다. Monte-Carlo 방법은 간섭환경과 관련된 모든 파라미터 값들을 지정하고 통계적인 방법에 의해 간섭 확률을 계산하는 방식으로 모든 간섭 환경을 시뮬레이션 할 수 있으나 복잡도가 큰 간섭분석 방법이다.

본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 기반으로 ERO (European Radiocommunications Office)에서 개발한 SEAMCAT simulation tool을 사용하여 앞에서 제안된 간섭 시나리오에 따라 방송 및 비면허 대역에서 사용되는 기기 중에서 WLAN(802.11g)과 WiBro의 간섭 시뮬레이션 결과를 고찰하였다.

## Ⅳ. 모의 실험

주파수 공유 분석시 적용된 WiBro 이동단말의 시뮬레이션 파라미터 값 및 WLAN 단말의 파라미터 값은 각각 표 4, 5와 같다. 두 시스템의 채널 사용은 인접한 채널이 아닌 같은 채널에서의 공유를 가정하였으며, WiBro 기지국의 송신출력은 33 dBm, 이동단말의 송신출력은 25dBm으로 가정하였다. 표 4는 WLAN 시스템의 공유 성능 분석을 위해 사용된 파라미터를 보이고 있다. DMB/DTV 채널에서 세가지의 독립적 주파수인 185/481/687 MHz에 대해 동일채널에서 송신시스템의 송신 단말기의 duty cycle에 따른 간섭확률 분석을 수행하였다.

모의실험에 이용된 각각의 시스템에 있어서 서로 다른 링크에 대한 전파 모델은 별도로 다음과 같이 가정된다: Victim 링크인 WiBro 시스템을 위해 확장형 Hata 모델이 사용되었고 (Wt: 원하는 송신기(Wanted transmitter) → Vr: 희생(Victim) 수신기), 확장형 Hata 모델은 간섭 링크인 WLAN(It: Interfering transmitter → Wr: Wanted receiver), 확장형 Hata SRD model은 간섭링크(It: 간섭 송신기 → Vr: 희생 수신기)에 각각 적용되었다. 실험 결과는 자유공간 채널 모델, Extended Hata 채널 모델을 적용하여 분석되었다. 이전에 도입된 시스템 매개 변수를 기초로 하여, 간섭 시나리오와 5% 미만의 간섭 확률을 WLAN의 성능 요구 사항에 대한 허용 수준으로 선택하였고, WLAN UE와 WiBro간의 동시 사용을 위해 동일채

널에서 각각의 인접 채널 간섭을 SEAMCAT으로 평가하였다.

표 4. WiBro MS의 주요 변수
Table. 4 Main parameters of WiBro MS

| Parameter | Value | Units |
|---|---|---|
| 간섭시스템 | WiBro Mobile Station | |
| Cell Deployment | Maximum WiBro Base Station Power: 33 dBm | |
| 중심 주파수 | 185/481/687 | MHz |
| Bandwidth | 10 | MHz |
| 송신 전력 | 25 | dBm |
| Antenna height | 1.5 | m |
| Noise floor | -107 | dBm/MHz |
| Noise Figure | 7 | dB |
| S/N | 9.4 | dB |
| Sensitivity | -90.6 | dBm |
| 서비스 환경 | indoor | |

표 5. WLAN user device의 주요 변수
Table. 5 Main parameters of WLAN user device

| Parameter | Value | Unit |
|---|---|---|
| Frequency | 185/481/687 | MHz |
| Reception Bandwidth | 22 | MHz |
| Receiver Sensitivity | -53.33 | dBm |
| Interference Criteria(C/I) | 10 | dBm |
| Noise Floor | -90.41 | dB |
| Antenna Height | Rx 1.5/Tx 2.5 | m |
| Antenna Azimuth | 0～360 | Deg. |
| Antenna Peak Gain | 6 | dBi |
| Antenna Pattern | Omni-direction | |
| Output Power | Rx 20/Tx 23 | dBm |
| 서비스 환경 | indoor | |

WLAN UE 및 WiBro간 시스템에서 co -channel 간섭 시나리오는 동일한 주파수로 WiBro와 WLAN을 동시에 운영하는 것으로 가정한다. 단일 WiBro MS에 WLAN UE 간섭이 영향을 미치는 경우, 25 dBm의 WiBro MS의 전송 전력에 따라, WiBro MS와 WLAN UE 사이의 보호거리는 5%의 허용 간섭 확률을 만족시키도록 구해져야 한다.

각 채널 모델에서 간섭 송신기 신호 duty cycle에 따른 영향을 비교한 결과는 그림 3 -4에서 보이고 있다. 그림 3은 자유공간 채널 모델에서 이종 시스템간의 간섭확률이 5%를 만족하는 경우, 중심주파수가 185(마름모), 481(사각형), 687 (삼각형)MHz 인 대역에서 간섭원인 WLAN 송신기 신호의 duty cycle에 따른 영향을 보이고 있다. 실제, 송신 단말의 전송확률을 duty cycle의 기술적 의미에 근거하여 같은 값으로 가정하고 본 실험의 결과는 분석되었다.

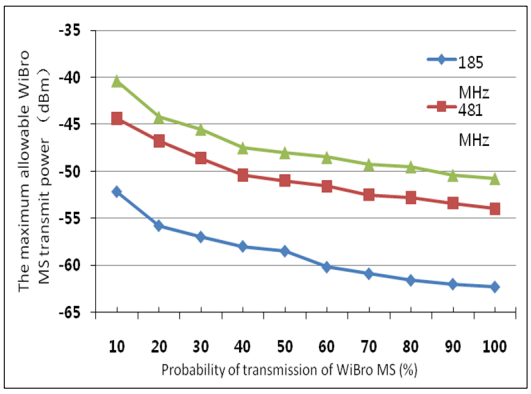



그림 3. 자유공간 채널 모델에서 간섭 송신기 신호 duty cycle에 따른 영향 : It= WLAN output 23 dBm, Vr = WiBro
Fig. 3 Performance according to duty cycle of interfering transmitter signal distance btw. devices in free space channel model : It= WLAN user device output power 23 dBm, Vr = WiBro MS

전송확률이 100% 즉, duty cycle이 100%인 경우 기대되는 최대 허용 송신단말의 전송 출력은 상대적으로 양호한 687 MHz 의 중심주파수 대역에서도 -50.75 dBm의 성능을 보여서 실제 시스템 공용이 어려운 결과를 예측케 한다. 또한 481, 185 MHz에서는 각각 -54, -62.3 dBm의 최대 허용 전송출력을 보이고 있다.

이러한 자유공간에서의 실험이 극한적인 상황에서의 채널 공유를 위한 기술개발에 도움이 될 것으로 생각한다. 그림 4는 Extended Hata 채널 모델이 적용된 경우로, 자유공간채널의 경우보다 개선된 성능을 보이고 있으나, 가장 양호한 성능을 보이는 687MHz 대역의 경우

전송확률이 10%인 경우에-10dBm의 출력을 보여서 요구 출력인 23dBm에 크게 못 미치는 결과를 보이고 있다. 이는 단말의 기술적 특징때문인 것으로 판단되며 간섭원으로 WiBro를 사용하는 경우 우수한 성능을 보일 것으로 기대된다.

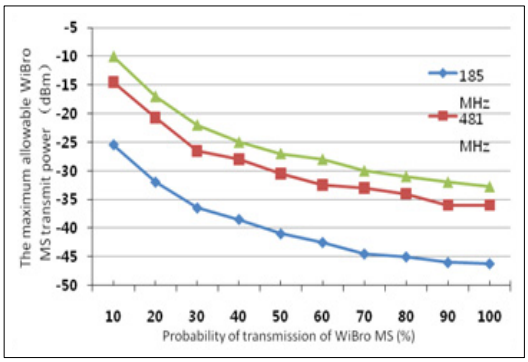



그림 4. Extended Hata 채널 모델에서 간섭 송신기 신호 duty cycle에 따른 성능 : It= WLAN 출력 23 dBm, Vr = WiBro

Fig. 4 Performance according to duty cycle of interfering transmitter signal distance btw. devices in Extended Hata channel model : It= WLAN user device output power 23 dBm, Vr = WiBro MS

## V. 결 론

TVWS내에서 WiBro와 WLAN간의 송신 단말기의 duty cycle에 따른 성능 영향을 분석하였다. WLAN 단말이 WiBro 에 대한 간섭원으로 작용하였으며 각 성능은 자유공간모델과 Extended Hata 모델에 대해 분석되었다. 채널 공유에 있어서, WLAN의 전송 전력을 23dBm으로 한정하고, 중심주파수가 687 MHz인 경우에서도 상대적으로 양호하지만 실제 구현에는 어려운 성능 결과를 보였다. 향후 간섭원을 WiBro로 한 경우 우수한 결과를 보일 것으로 기대되며 이를 통해 분석한 결과는 향후 동일 주파수 환경에서 다양한 통신 프로토콜을 이용하는 무선기기에 대한 상호 공존 조건을 마련하는 기술개발에 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

[1] IEEE P802.22TM/D0.2 Draft 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, 2008.01.

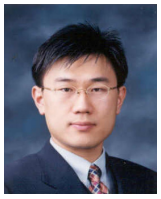
[2] 고광진, 황성현 외 3명, “IEEE 802.22 WG에서의 CR 응용 : WRAN MAC 설계”, 한국전자파학회, 전자파기술 제 17권 제 2호, 4월, pp. 38-49, 2006

[3] 정보통신부, "RFID 주파수이용방안 연구" 2003. 12.

[4] http://www.dtv.gov/whatisdtv.html

[5] Ling Zang, System and circuit design techniques for wlan-enabled multi-standard receiver, CNC, pp.85-89, 2005.

## 저자소개



**조주필(Juphil Cho)**

2001년 : 전북대학교 전자공학과 공학박사

2000년~2005년 : ETRI 이동통신 연구단 선임연구원

2006년~2007년 : ETRI 초빙연구원

2011년 ~ : 미국 USF , Visiting Researcher

2005년~ 현재 : 군산대학교 전파공학과 부교수

※관심분야 : Cognitive-Radio, 주파수 융합기술, LTE