

# IRIG 표준기반의 Telemetry 시스템과 상용 LTE-TDD간 상호공존을 위한 간섭분석

윤 덕 원\*, 최 주 평\*\*, 이 원 철\*\*\*, 김 춘 원\*\*\*\*, 한 정 우\*\*\*\*, 김 대 오\*\*\*\*

## Interference Analysis for Mutual Coexistence between Telemetry System based on IRIG Standard and Commercial LTE-TDD

Deok-Won Yun\*, Joo-Pyoung Choi\*\*, Won-Cheol Lee\*\*\*,

Chun-Won Kim\*\*\*\*, Jeong-Woo Han\*\*\*\*, Dae-Oh Kim\*\*\*\*

**요 약** Telemetry 수신국은 다른 RF 시스템으로부터 간섭에 민감한 고 이득의 지향성 안테나를 사용하고 있으며 간섭 방지에 대한 적절한 규정이 정해져있지 않기 때문에 임무수행 중 목표물 추적 실패 혹은 수신 데이터 손상 등의 사례가 발생할 수 있다. 이에 유럽 전자통신위원회(Electronic Communications Committee; ECC)에서는 2.3GHz 대역을 이용하는 LTE-TDD 수신국과 인접한 Telemetry 시스템 간 간섭분석 방안을 제시하였으며 본 논문에서는 ECC에서 고려하는 간섭분석 시나리오를 바탕으로 공간영역에서 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국 또는 단말기 개수별 상호공존 가능한 보호이격거리를 도출하였다.

**Abstract** Telemetry ground station use very high gain directional antenna systems that are sensitive to interference from other RF communication systems, Without appropriate interference protection, these systems could be severely impacted or even rendered useless for mission support. In ECC, we suggested an interference analysis method between LTE-TDD system and telemetry ground station using 2.3GHz. In this paper, based on the interference analysis scenario considered in Electronic Communication Committee, We have derived mutual coexistence separation distance between telemetry ground station and LTE-TDD system(Base station, User equipment) in Spatial domain.

**Key Words** : Interference analysis, Interference probability, LTE-TDD, Separation distance, Telemetry

### 1. 서론

S밴드 전 대역(2.2~2.3GHz)에서 사용이 가능하도록 대부분 광대역 특성을 갖고 있으며, 발사체 추적과 같은 우주응용분야에서는 수천 km 이상의 원거리 구간

에서 전송되는 미약한 신호를 수신하는데 충분한 링크 마진이 확보되도록 고 이득을 갖는 대형 접시 안테나가 사용된다. 그러나 인접한 2.3GHz대역을 사용하는 이동통신 기지국의 높은 출력은 상대적으로 매우 낮은 레벨의 신호를 수신하는 Telemetry 수신국에 큰 간섭을

---

This paper was conducted as a research project of Korea Aerospace Research Institute.

\*Department of Electronic Engineering, Soongsil University

\*\*Department of Institute of Cognitive Ratio Communication, Soongsil University

\*\*\*Corresponding Author : Department of Electronic Engineering, Soongsil University

\*\*\*\*Korea Aerospace Research Institute, Naro Space Center, Flight Tracking Technology Team

Received October 28, 2017

Revised November 06, 2017

Accepted November 15, 2017

일으킬 수 있다. Range Commanders Council(RCC)의 Inter Range Instrumentation Group(IRIG) "Telemetry Standard, RCC Standard 106-17" 문서에서도 현재 Telemetry 수신국에 대한 간섭 보호 기준이 마련되어있지 않으며, 다른 RF통신 시스템으로부터 간섭을 방지하기 위한 적절한 기준이 필요하다고 언급한바 있다. 실제 제주 추적소에서 운용중인 두 대의 Telemetry 안테나는 모노펄스방식의 약 45dBi 고 이득을 갖는 11m 대형 파라볼라 안테나로 운용 중에 있으며, 위 특성을 가진 수신전용 안테나에 대한 저 고각 성능 시험 중 특정 방향을 지향하였을 때 인근에 위치한 이동통신 기지국으로부터의 간섭에 의해 목표물 추적 실패, 수신데이터 손상 등의 현상이 발생한 사례가 조사되었다[1][2]. 이에 따라 향후 이동통신 기지국이 비약적으로 증가하는 추세를 감안하였을 때 이동통신 기지국으로부터 간섭영향을 무시할 수 없으며 이러한 간섭을 회피하기 위해서는 Telemetry 안테나에 최대허용치가 높은 LNA를 사용하거나 Cut-off 특성이 좋은 수신필터를 사용하는 방법이 있다. 그러나 고가이거나 G/T특성 손실을 감수해야 하는 어려움이 있어 현실적으로 기존 시스템을 변경하는 것은 힘들다. 따라서 현실적으로 시행 가능한 방법으로 본 논문에서는 Telemetry 수신국과 인접한 대역에 위치한 이동통신 기지국간 공간영역에서의 간섭분석을 통하여 간섭발생을 최소화 또는 극복하기 위한 방향을 제시하고자 한다. 먼저, 2장에서는 Telemetry 수신국과 인접한 대역인 2.3GHz 국내외 주파수 이용현황을 통해 발생 가능한 간섭요인에 대해 살펴보고, 3장, 4장에서는 인접한 2.3GHz 대역으로부터 발생 가능한 간섭 시나리오 및 간섭분석 방법을 설명한다. 마지막으로 5장, 6장에서는 간섭분석을 통해 Telemetry 수신국과 2.3GHz 대역을 이용하는 이동통신 서비스간 기기 개수별 상호공존 가능한 보호이격거리를 도출하고 이를 통해 향후 이동통신 기지국의 안전한 설치 및 확장 할 수 있는 가이드라인을 제시하였다.

## 2. 국내외 2.3GHz 주파수 정책동향

본 절에서는 국내 2.3GHz 주파수 이용 현황, 주파

수 확보 용이성 등 국내 환경에 적합한 주파수 정책방향을 탐색하기 위하여 국내외 2.3GHz 주파수 정책동향 및 서비스들에 대하여 살펴보았다[3-7].

### 2.1 국외 2.3GHz 주파수 정책동향

미국의 2.3GHz 대역은 인접한 위성디지털라디오(Satellite Digital Audio Radio Service, SDARS) 간섭 및 기술 제약으로 활용되지 못하던 WCS(Wireless Communication Service) 대역을 LTE로 사용하기 위하여 30MHz폭을 할당하였으며, 그 중 10MHz폭 C&D(2,315~2,320MHz, 2,345~2,350MHz)블록을 TDD로 할당하였다. 또한, 2013년에는 Sprint가 Clearwire를 인수하여 WiMAX 가입자를 LTE-TDD 서비스로 전환하면서 2016년 3월에 WiMAX 서비스는 종료되었다. 중국의 경우 이동통신 3사에서 4G 상용 서비스인 'LTE/4세대 디지털 이동통신업무' 사업권을 발부하면서 LTE-TDD 용도로 1.9GHz, 2.3GHz, 2.6GHz대역 등에서 총 210MHz폭을 획득하였다. 이 중 130MHz는 차이나모바일을 통하여 2013년 12월에 LTE-TDD 상용서비스를 개시하였고 차이나텔레콤 및 차이나유니콤은 각각 40MHz씩 획득하여 2014년 2월 및 3월에 상용서비스를 시작하였다.

### 2.2 국내 2.3GHz 주파수 정책동향

국내의 경우 휴대인터넷(WiBro)을 통해 2006년 6월에 세계 최초로 2.3GHz 대역에서 TDD 상용서비스를 개시한바 있으며 2007년 ITU에서 WiBro 기술이 반영된 IEEE 802.16 d/e 계열의 IMT-2000 OFDMA TDD WMAN을 6번째 IMT-2000표준으로 채택되었다. 그러나 이후 3GPP 진영이 주도하는 세계 통신시장 주도권 경쟁에서 열위, 기존 이동통신 시장 잠식 우려에 대한 사업자의 소극적인 투자, 장비 및 단말 수급에 대한 규모의 경제 측면에서 WiBro시장은 LTE 계열에 비해 지속적인 성장과 발전을 이어가지 못했다. 이에 따라 국내 정부는 최근 4차 산업혁명에 대응한 중장기 주파수 종합 계획인 'K-ICT 스펙트럼'을 통해 2019년 3월 WiBro 이용기간 만료 시점과 함께 40MHz폭을 확보할 계획을 수립하였으며, WiBro 이용자 보호를 고려하여

사업자당 8.75MHz(SKT), 10MHz(KT)를 재활당하고 일부는 회수하여 LTE-TDD(2,310~2,330MHz, 2,340~2,460MHz)로 재활용할 것을 고려하였다. 반면 국내 이동통신사에서는 LTE 트랙픽 폭증에 따라 주파수의 중요성이 대두되고 있는 상황 속에서 WiBro 주파수를 LTE-TDD로 활용해야 한다는 주장이 지속적으로 제기되고 있는 중이다.

### 2.3 2.3GHz 이동통신 서비스

기존 2.3GHz 대역에 할당된 WiBro 시스템은 LTE-TDD 시스템과 기술적 유사성이 90%에 이르는 것으로 보고되고 있으며 주요한 유사점으로는 표 1에 나타낸바와 같이 TDD 및 OFDMA 방식 등을 들 수 있다. 또한, 대부분의 국내 기업에서 OFDMA 특허를 다수 보유하고 있어 WiBro망을 기반으로 LTE-TDD 망을 구축할 경우 공중선계와 가입자망 장비의 일부는 교체할 필요가 없어 투자비 절감이 가능한 것으로 파악되고 있다. 따라서 기존 2.3GHz 대역의 WiBro망을 보유한 사업자가 LTE-TDD망을 구축하는데 있어 주파수 확보가 상당히 용이하다.

표 1. LTE와 WiBro 기술 규격  
Table 1. LTE and WiBro technical specifications

| Specification  | LTE   | WiBro   |
|----------------|---|---|
| Physical layer | DL: OFDMA<br>UL: SC-FDMA                            | DL: OFDMA<br>UL: OFDMA                            |
| Duplex mode    | FDD and TDD   | TDD   |
| Bandwidth      | 1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz                            | 3.5, 5, 7, 8.75, 10MHz                            |
| Data rates     | DL(4×4 antenna): 302Mbps<br>UL(2×4 antenna): 75Mbps | DL(2×2 antenna): 46Mbps<br>UL(1×2 antenna): 4Mbps |
| Latency        | Link layer<5ms<br>Handoff<50ms                      | Link layer~20ms<br>Handoff~35to50ms               |

## 3. 2.3GHz 간섭 시나리오

본 절에서는 앞에서 언급한바와 같이 S대역을 이용하는 발사체 추적과 같은 우주응용분야에서는 수천

km 이상의 원거리 구간에서 전송되는 미약한 신호를 수신하는데 충분한 링크마진이 확보되도록 고 이득을 갖는 대형 접시 안테나가 사용된다. 그러나 인접한 2.3GHz대역을 사용하는 LTE-TDD 기지국 또는 단말기의 높은 출력으로 인해 상대적으로 매우 낮은 레벨의 신호를 수신하는 Telemetry 수신국에 큰 간섭을 일으킬 수 있다. 유럽의 우편전기통신주관청(Conference of European Postal and Telecommunications administrations; CEPT)의 전자통신위원회(ECC)에서는 2,300~2,400MHz 대역에서 이동통신 서비스를 사용 시 인접한 S밴드 Telemetry 수신국과 공간 및 주파수 영역에서의 상호공존을 위한 목적으로 간섭분석을 수행하였으며 이를 통해 최소결함손실 또는 이격거리 등에 대한 결과를 제공하고 있다. 그림 1은 ECC에서 고려하는 Telemetry와 LTE-TDD간 간섭시나리오를 나타내며 인접한 대역에 위치한 LTE-TDD 시스템이 어떠한 링크로 서비스를 하느냐에 따라 다음과 같은 간섭 상황이 결정된다[8].

### 3.1 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국간 간섭 시나리오

그림 2는 발사체로부터 미약한 하향링크 신호를 수신받는 Telemetry 수신국을 중심으로 인접한 영역에 있는 LTE TDD 기지국이 단말에게 하향링크 신호를 전송하는 상황이다. 이때 LTE-TDD 기지국으로부터 높은 전력으로 전송된 하향링크 신호가 발사체의 하향링크 전송에 간섭으로 작용하게 되는 것을 나타낸다. 본 논문에서는 이와 같은 간섭 시나리오를 이용하여 Telemetry 수신국을 중심으로 반경 1km부터 22km 까지 1km간격마다 LTE-TDD 기지국의 위치 및 개수에 따른 간섭영향을 분석하였으며 이를 통하여 LTE-TDD 기지국 개수별 Telemetry 수신국과 상호공존 가능한 보호이격거리를 도출하였다.

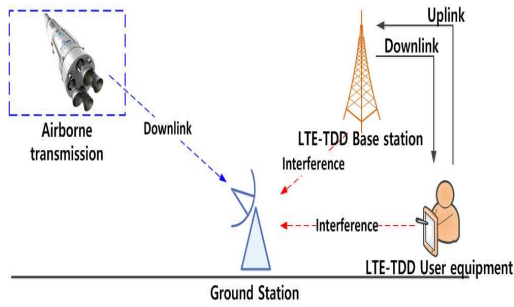


그림 1. Telemetry와 LTE-TDD간 간섭 시나리오  
Fig. 1. Interference scenario between telemetry and LTE-TDD

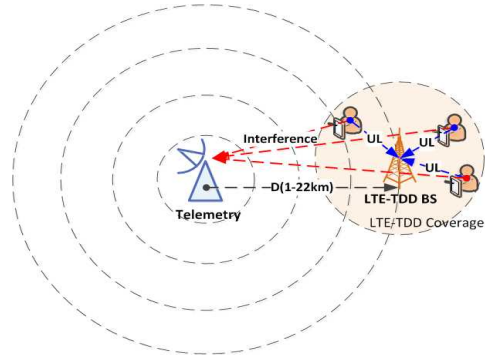


그림 3. Telemetry 수신국과 LTE-TDD 단말기 간 간섭 시나리오  
Fig. 3. Interference scenario between telemetry ground station and LTE-TDD user equipment(UE)

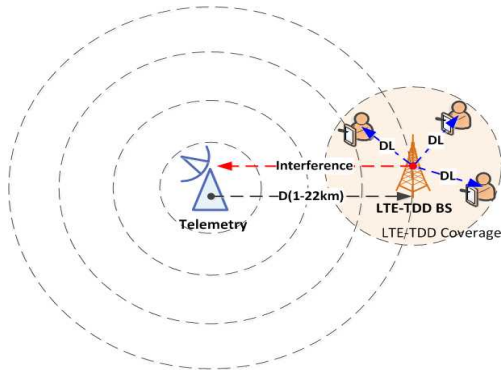


그림 2. Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국 간 간섭 시나리오  
Fig. 2. Interference scenario between telemetry ground station and LTE-TDD base station(BS)

### 3.2 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 단말기간 간섭 시나리오

그림 3은 Telemetry 수신국과 상호공존 가능한 거리에 LTE-TDD 기지국이 위치한 경우 해당 LTE-TDD 기지국의 서비스 영역 내 랜덤하게 분포한 LTE-TDD 단말기의 상향링크 신호가 발사체의 하향 링크 신호에 간섭으로 작용하게 되는 간섭 시나리오를 나타낸다. 본 논문에서는 이와 같은 간섭 시나리오를 이용하여 LTE-TDD 기지국 개수 및 Telemetry 수신국과의 이격거리 별 간섭확률 5%이내 기준을 만족하는 단말기의 개수를 도출하였다.

## 4. 간섭분석

본 절에서는 Telemetry 수신국 인근에 위치하는 LTE-TDD 기지국 혹은 단말기와의 공간영역에서의 상호공존 가능한 보호 이격거리를 도출하기 위하여 유럽 전자통신위원회(ECC)에서 표준 간섭분석 기법으로 이용되는 몬테카를로 알고리즘 기반의 간섭분석을 수행하였다. 간섭분석 수행 과정은 그림 4와 같이 크게 Plug-in, Number of active transmitter, Event generation, iRSS & dRSS calculation, Interference calculation 순으로 진행되며 유럽 표준화 기구 및 Field test에서 적용하는 간섭확률 5%이내 기준을 만족하는 보호 이격거리를 도출하게 된다[10-14].

### 4.1 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 단말기간 간섭 시나리오

Plug-in 단계에서는 간섭분석 모의실험에 필요한 Telemetry 시스템 및 LTE-TDD 시스템의 주요 파라미터를 정의한다. 표 2는 S밴드에서 사용되는 Telemetry 시스템의 발사체와 수신국의 파라미터를 나타낸다.

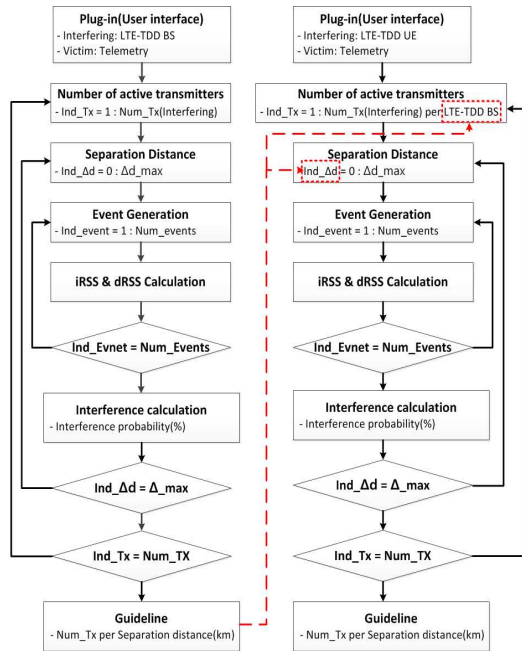


그림 4. 간섭분석 처리 과정도  
Fig. 4. Interference analysis processing

표 2. Telemetry 시스템 파라미터  
Table 2. Telemetry system parameters

| Parameters            |                   | Value |
|-----------------------|-------------------|-------|
| Airborne Transmission | Bandwidth(MHz)    | 2     |
|                       | Power(dBm)        | 43    |
|                       | Antenna gain(dBi) | 12    |
|                       | Feeder loss(dB)   | 2.49  |
|                       | Noise floor(dBm)  | -113  |
| Ground Station        | Sensitivity(dBm)  | -119  |
|                       | Antenna gain(dBi) | 45    |
|                       | Antenna heingt    | 9.4   |
|                       | SINR(dB)          | 13    |
|                       | I/N(dB)           | -6    |

그림 5는 ITU-R SA.509 권고에 따른 지구국의 수평 안테나 패턴을 나타낸다.

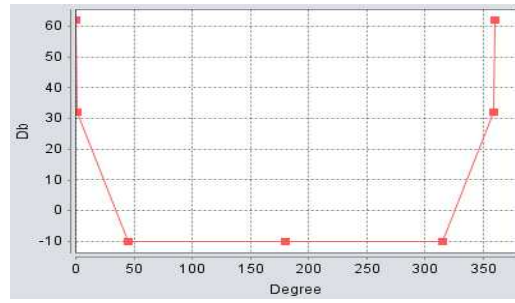


그림 5. Telemetry 수평 안테나 패턴  
Fig. 5. Telemetry Horizontal antenna pattern

표 3은 2.3GHz 대역을 이용하는 LTE-TDD 기지국 및 단말기에 대한 주요 파라미터를 나타낸다.

표 3. LTE-TDD 시스템 파라미터  
Table 3. LTE-TDD system parameters

| Parameters             |                   | Value |
|------------------------|-------------------|-------|
| LTE-TDD Base station   | Bandwidth(MHz)    | 20    |
|                        | Power(dBm)        | 46    |
|                        | Antenna gain(dBi) | 17    |
|                        | Antenna height(m) | 20    |
| LTE-TDD User equipment | Bandwidth(MHz)    | 20    |
|                        | Power(dBm)        | 23    |
|                        | Number of User    | 10    |
|                        | Antenna gain(dBi) | 0     |
|                        | Antenna heingt    | 1.5   |
| Frequency(MHz)         |                   | 2,310 |

그림 6과 그림 7은 ITU-R F.1336-2 권고에 따른 LTE-TDD 기지국의 수평(a), 수직(b) 안테나 패턴을 나타낸다.

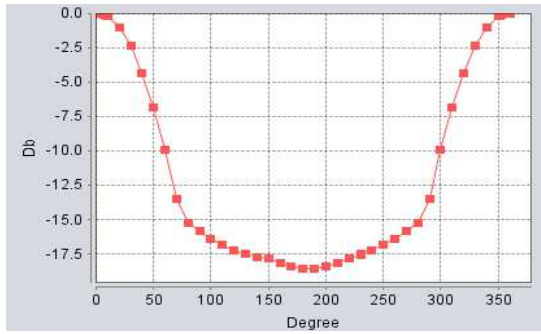


그림 6. LTE TDD 기지국 수평 안테나 패턴  
Fig. 6. LTE TDD BS Horizontal antenna pattern

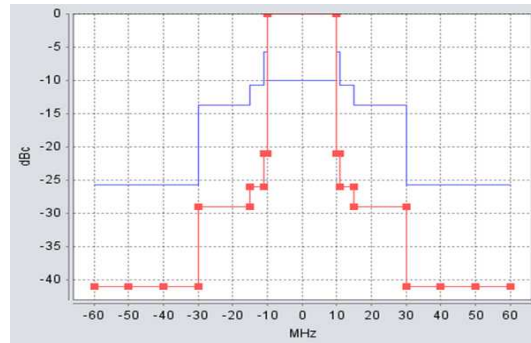


그림 9. LTE TDD 단말기 불요방사 마스크  
Fig. 9. LTE TDD UE unwanted emission mask

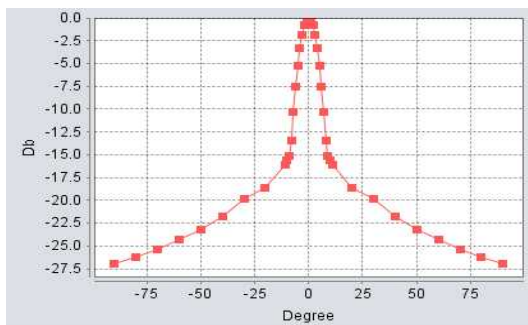


그림 7. LTE TDD 기지국 수직 안테나 패턴  
Fig. 7. LTE TDD BS vertical antenna pattern

그림 8과 그림 9는 3GPP TS 36.104 및 36.101에서 정의된 20MHz 대역폭 크기를 갖는 LTE-TDD 기지국 및 단말기의 불요방사 마스크를 나타낸다.

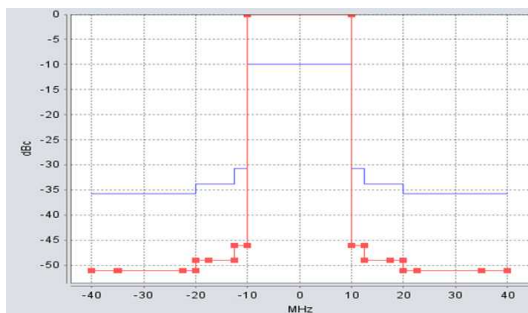


그림 8. LTE TDD 기지국 불요방사 마스크  
Fig. 8. LTE TDD BS unwanted emission mask

#### 4.2 Event Generation & iRSS, dRSS

본 절에서는 주파수 및 거리에 따른 전파환경, 안테나 이득, 간섭 송신기 마스크 규격 등에 따라 N개의 이벤트 동안 반복적인 모의실험을 통하여 발생하는 피간섭 신호 전력 dRSS(desired Received Signal Strength)와 간섭 신호 전력 iRSS(interference Received Signal Strength)의 통계자료를 획득하는 기능을 수행한다. 먼저, 피간섭 신호 전력은 발사체로부터 유입되는 수신전력을 의미하며, 발사체의 송신전력 및 안테나 이득, 수신기와 거리에 따른 경로손실, 수신기 안테나 이득 값들을 합하여 다음 식 (1)과 같이 정의한다. 여기서  $W_t$ 와  $V_r$ 은 Wanted transmitter과 Victim receiver의 약자로 Telemetry 발사체와 수신국을 의미한다. 또한, P의 단위는 dBm이며, g와 PL은 각각 dBi와 dB로 주어진다.

$$dRSS = f(P_{W_t}, g_{W_t \rightarrow V_r}, PL_{W_t \rightarrow V_r}, g_{V_r \rightarrow W_t}) = P_{W_t} + g_{W_t \rightarrow V_r}(f_{V_r}) + PL_{W_t \rightarrow V_r}(f_{V_r}) + g_{V_r \rightarrow W_t}(f_{V_r}) \quad (1)$$

간섭 신호 전력은 송신기의 완벽하지 못한 펄스 성형과 송신기를 구성하는 개별 소자에서 발생하게 되는 불요방사 성분에 의해 인접한 대역에 존재하는 다른 시스템의 성능을 열화 시키는 요인이다. 그림 10은 간섭송신기(Interfering transmitter)로 정의한 LTE-TDD 기지국 혹은 단말기의 불요방사에 의한 간

섭 현상을 나타낸 것이며, 불요방사로 인해 발생된 간섭 신호 전력은 식 (2)와 같다.

$$iRSS_{unwanted} = f\left( emission_{It}, g_{It \rightarrow Vr} \right) \quad (2)$$

$$= 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{iRSS_{unwanted,i}}{10}} \right)$$

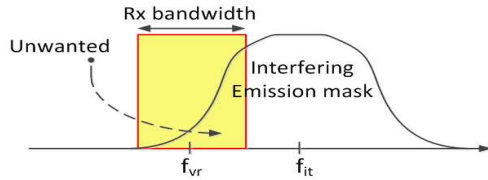


그림 10. 불요방사 마스크  
Fig. 10. Unwanted emission mask

식 (2)에서  $iRSS_{unwanted,i}$ 는 n개 이벤트 중 i번째 인접한 수신기에 유입되는 불요방사 신호 전력 ( $emission_{It}(f_{It}, f_{Vr})$ )을 의미하며 각각의 송수신기 이득( $g_{Vr \rightarrow It}, g_{It \rightarrow Vr}$ ) 및 LTE-TDD 기지국 혹은 단말기와 Telemetry 시스템간 거리에 따른 경로손실 ( $PL_{It \rightarrow Vr}$ )들을 합하여 식 (3)과 같이 표현할 수 있다. 여기서 It는 Interference transmitter의 약자로서 본 연구에서는 LTE-TDD 시스템을 의미한다.

$$iRSS_{unwanted,i} = \left( emission_{It}(f_{It}, f_{Vr}) + \left( g_{It \rightarrow Vr} - PL_{It \rightarrow Vr} + g_{Vr \rightarrow It} \right) \right) \quad (3)$$

### 4.3 Interference Calculation

본 절에서는 Telemetry 시스템의 간섭 보호 비  $C/(I+N)_{target}$ 을 기준으로 N개의 이벤트 동안 발생된 dRSS 및 iRSS의 통계자료를 이용하여 간섭발생 유무를 확인 한다. 식 (4)와 (5)는 간섭발생 유무를 판단하는 기본 수식을 나타내고 있다. 식 (4)에서 dRSS대 iRSS의 비가 간섭 보호비 보다 클 경우 간섭이 발생하지 않는 것으로 판단하게 되며, 식(5)에서 dRSS대 iRSS의 비가 간섭 보호비 보다 작을 경우 간섭이 발생하는 것으로 판단하게 된다. 즉, 발사체로부터 수신전

력 및 송수신 안테나 이득, 경로손실을 고려할 때 dRSS(C)는 -71.71dBm을 갖는다. 이때 Telemetry 시스템의 간섭 보호비를 적용하면 Telemetry 수신기에 미치는 LTE-TDD 송신기 및 단말기의 간섭 신호전력은 -84.71dBm을 초과해서는 안된다.

$$dRSS/iRSS_{trial} > C/(I+N)_{target} : \text{Goodevent} \quad (4)$$

$$dRSS/iRSS_{trial} < C/(I+N)_{target} : \text{Interfered} \quad (5)$$

식 (6)은 위와 같은 간섭여부 판단 과정을 N번 수행하였을 때 산출 가능한 간섭확률 식을 나타낸다. 식(6)에서  $N_{all}$ 은 모의실험을 위해 사용된 이벤트 수를 의미하며  $N_{good}$ 은 N개 이벤트 동안 간섭 보호비 보다 큰 경우에 대한 개수를 의미한다. 즉, 간섭이 발생되지 않는 확률을( $(N_{good}/N_{all})$ )라고 할 때 간섭이 발생될 확률 ( $P_{interference}$ )은 1에서 간섭이 발생되지 않는 확률을 뺀 값으로 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$P_{interference} = 1 - (N_{good}/N_{all}) \quad (6)$$

## 5. 간섭분석 결과

### 5.1 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국 간 간섭분석 결과

그림 11은 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국의 개수별 간섭확률 5%이내 기준을 만족하는 보호이격거리를 나타낸 것이다. 그림 상에 Y축은 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국간 이격거리를 나타내며, X축은 LTE-TDD 기지국의 개수를 나타낸다.

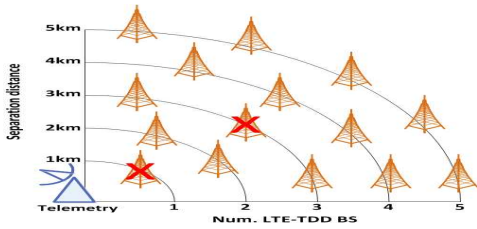


그림 11. Telemetry 수신국과 LTE-TDD기지국 간 간섭분석 결과  
 Fig. 11. Interference analysis between telemetry ground station and LTE-TDD BS

모의실험 결과 Telemetry 수신국으로부터 1km 떨어진 위치에서는 간섭확률 5%이내 기준을 만족하는 LTE-TDD 기지국이 없었으며, 2km와 3km 이격거리에서는 LTE-TDD 기지국을 2개까지 사용하였을 때 각각 4.61%, 2.08%로 간섭확률 5%이내 기준을 만족하는 것을 알 수 있다. 또한 4km의 경우 4개까지 사용하였을 때 4.49% 간섭확률이 산출되었으며, 5km에서는 4.41%의 간섭확률로 최대 5개까지 사용이 가능한 것을 확인하였다.

### 5.2 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국 및 단말기 개수 별 간섭분석 결과

그림 12는 LTE-TDD 기지국 개수 및 Telemetry 수신국과 LTE-TDD 기지국 간 거리별 간섭확률 5%이내를 만족하는 단말기 개수를 나타낸다. 모의실험 결과 Telemetry 수신국으로부터 1km 떨어진 위치에서는 기지국이 존재하지 않으므로 사용가능한 단말기의 개수는 없다. 2km에서 4km까지 거리에서는 기지국의 개수가 1개 인 경우 LTE 서비스 영역 내 단말기를 1개 사용할 수 있으며, 이때 간섭확률은 5%이내 기준을 만족한다. 이는 LTE-TDD 기지국의 반경 4km 서비스 영역 내 Telemetry 수신국이 존재하며 랜덤하게 분포하는 단말기가 Telemetry 수신국 인근에 위치하여 상향링크 신호를 송신할 때 큰 간섭요인으로 작용하기 때문이다. 5km거리에서는 기지국의 개수가 1개인 경우 단말기를 2개까지 사용이 가능하며 기지국의 개수가 2개인 경우 한 기지국 당 1개씩만 사용이 가능하다.

2.4.1절 모의실험을 통해서도 2km위치에서

LTE-TDD 기지국을 2개까지 사용이 가능하였으나 위와 마찬가지로 LTE-TDD 기지국의 서비스 영역 내 Telemetry 수신국이 존재하게 되므로 랜덤하게 분포하는 단말기의 상향링크 신호로 인해 간섭이 발생하게 된다. 따라서 LTE-TDD 기지국의 서비스 영역 밖인 5km부터 2개의 기지국에서도 단말기 사용이 가능한 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 거리가 증가함에 따라 기지국 당 사용가능한 단말기의 개수가 증가하게 되며 7km위치에서는 최대 5개까지 기지국을 사용하였을 때 한 기지국 당 1개씩 단말기를 사용이 가능한 것을 확인 하였다. 또한 본 연구에서는 LTE-TDD 기지국의 서비스 영역 내 사용가능한 단말의 최대 개수인 10개를 만족하는 이격거리를 확인 하였으며, 실험 결과 기지국의 개수가 1개인 경우 Telemetry 수신국으로부터 10km떨어진 위치에서 최대 10개까지 단말기 사용이 가능한 것으로 확인 하였다. 마찬가지로 2개의 기지국을 사용하는 경우 14km 위치에서 기지국 당 10개씩 단말기 사용이 가능하였으며, 3개부터 5개까지 각각 18km, 21km, 22km 위치에서 기지국 당 10개씩 사용이 가능한 것을 확인 하였다.

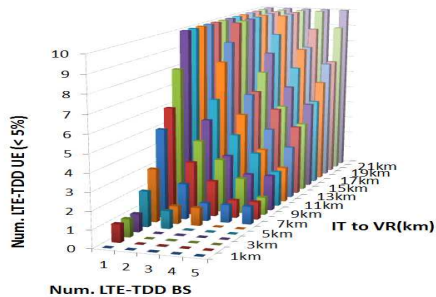


그림 12. Telemetry 수신국과 LTE-TDD 단말기 간 간섭분석 결과  
 Fig. 12. Interference analysis between telemetry ground station and LTE-TDD UE

## 5. 결론

최근 급증하는 이동통신 트래픽 환경에서 한정된 자원인 전파를 효율적으로 이용하기 위해서는 인접한 대역 간에 간섭이 최소화 되도록 적절한 규정이 마련되



어야 한다. 특히, RF 시스템으로부터 간섭에 민감한 고 이득의 지향성 안테나를 사용하는 Telemetry 수신국의 경우 인접한 2.3GHz 대역을 이용하는 LTE-TDD 수신국과의 간섭을 최소화하기 위한 보호이격거리가 확보되어야 한다. 본 논문에서는 LTE-TDD 시스템과의 보호이격거리를 효과적으로 확보하기 위하여 하향링크 및 상향링크 시 Telemetry 수신국에 간섭으로 작용하는 기지국과 단말기 개수별로 간섭확률 5%기준을 만족하는 보호이격거리를 확보하였으며, 향후 정부의 전파관리 및 운용에 있어서 Telemetry 수신국 인근에 이동통신 기지국의 안전한 설치 및 확장 할 수 있는 가이드라인을 제시하였다.

## REFERENCES

- [1] Range Commanders Council, "Telemetry Standards", *IRIG Standard 106-7*, July, 2017.
- [2] D. H. Kim, S. H. Kwon, C. Yul, H. K. Lee, "Analysis on the Interference of Telemetry Signal station by Mobile Communication Signal", Korea Aerospace Research Institute
- [3] J. H. Jang, "Trend and Prospect on TDD", *2017 Electronic and Telecommunications Trends*, Vol 32, No 2. April, 2017
- [4] FCC, "R&O and Order of Proposed Modification", *FCC 13-136*, October, 2013
- [5] Ministry of Science and ICT, "K-ICT Spectrum Plan Forum", December, 2016
- [6] Z. Abichar. J. M. Chang, "WiMAX vs LTE: Who Will Lead the Broadband Mobile Internet" *IEEE IT Professional*, Vol. 12, No. 3, pp. 44-51, May, 2009
- [7] H. Y. Yun, "LTE vs. WiMAX: Next Generation Mobile Communication Trend", *Journal of Radio Spectrum & Communications*, Vol 27, pp76-87, July, 2010
- [8] Electronic Communication Committee, "Broadband Wireless Systems Usage in 2300-2400MHz", *ECC Report 172*, March, 2012
- [9] Electronic Communication Committee, "SEAMCAT Handbook", January, 2010
- [10] Range Coorders Council, "Telemetry Standards", *IRIG Standard 106-11 Part1*, Jun, 2011
- [11] International Telecommunication Union, "Reference Radiation Patterns of Omnidirectional, Sectpral and Other Antennas in Point-to-Multipoint System for Use In Sharing Studies in The Frequency Range from 1 GHz to about 70GHz", *Recommendation ITU-R F.1336-2*, February, 2007
- [12] 3rd Generation Partnership Project, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Base Station(BS) Radio Transmission and station", *3GPP TS 36.104 V8.0.0*, December, 2007
- [13] 3rd Generation Partnership Project, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); User Equipment(UE) Radio Transmission and station", *3GPP TS 36.101 V10.3.0*, Jun, 2011
- [14] International Telecommunication Union, "Space Research Earth Station and Radio Astronomy Reference Antenna Radiation Pattern for Use in Interference Calculations, Including Coordination Procedures", *Recommendation ITU-R SA.590-2*, Jun, 2001

저자약력

**윤 덕 원 (Deok-Won Yun) [정회원]**



- 2011년 8월 호서대학교 정보통신공학과(공학학사)
- 2015년 2월 숭실대학교 전자공학과(공학석사)
- 2015년 3월~현재: 숭실대학교 전자공학과 박사과정

<관심분야> 간섭분석, Telemetry, TV White Space

**최 주 평 (Joo-Pyoung Choi) [정회원]**



- 2011년 2월 숭실대학교 전자공학과(공학석사)
- 2003년 3월~2006년 12월 새턴정보통신(주)전기정보사업부 책임연구원
- 2010년 8월: 숭실대학교 정보통신공학과(공학박사)
- 2010년 9월~2013년 2월: 숭실대학교 인지무선통신연구소 연구교수

- 2013년 7월~2013년 11월: 한국전파진흥협회 선임연구원
- 2013년 12월~현재: 숭실대학교 인지무선통신연구소 연구교수

• 2014년 3월~현재: TTA PG901 위원 및 WG9013 부의장  
Cognitive Radio, 주파수 공동사용, TV White Space, 간섭분석

**김 춘 원 (Chun-Won Kim) [정회원]**



- 2007년 2월 충북대학교 전자공학과 학사
- 2009년 2월 충북대학교 전파공학과 석사
- 2009년~2010년 국방과학연구소
- 2011년~2015년 삼성탈레스

• 2016년 1월~현재: 한국항공우주연구원 선임연구원  
텔레메트리(Telemetry), 원격자료수신장비, 안테나

<관심분야>

**이 원 철 (Won-Cheol Lee) [정회원]**



- 1986년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학사)
- 1988년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학석사)
- 1994년 5월: 미국 Polytechnic Institute of New York University, Electrical Engineering(공학박사)
- 1995년 9월~현재: 숭실대학교 정보

통신전자공학부 교수

- 2010년 1월~현재: 한국전자과학회 CR-SDR 연구회 위원장
- 2013년 1월~현재: 미래부 TV White Space 운영작업반 위원장

- 2013년 1월~현재: 한국통신학회 상임이사
- 2014년 3월~현재: 미래부 주파수 공동사용 제도개선 연구반 위원
- 2014년 3월~현재: TTA PG901 부의장 및 WG9013 의장

Cognitive Radio, TV White Space, 주파수 공동사용, 간섭분석, FBMC

<관심분야>

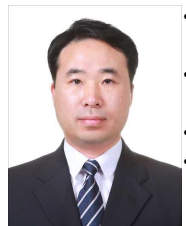
**한 정 우 (Jeong-Woo Han) [정회원]**



- 2007년 2월 한국해양대학교 전파공학과 학사
- 2009년 2월 한국해양대학교 전파공학과 석사
- 2014년 2월 한국해양대학교 전파공학과 박사
- 2015년 7월~현재: 한국항공우주연구원 선임연구원연구원 선임연구원 텔레메트리(Telemetry), 원격자료수신장비, 안테나

<관심분야>

**김 대 오 (Dae-Oh Kim) [정회원]**



- 1995년 2월 군산대학교 정보통신공학과 학사
- 2000년 8월 군산대학교 정보통신공학과 석사
- 2000년 10월~2002년 2월 LG전자 연구원
- 2002년 3월~현재: 한국항공우주연구원 선임연구원/팀장

<관심분야>

모노펄스(Monopulse) 추적, 추적레이다, Biastatic Radar RCS