

# 12.75-13.25 GHz 대역 항공기 ESIM과 고정업무간 주파수 공유 연구 동향 분석

오대섭  
한국전자통신연구원

trap@etri.re.kr

## A Study on the frequency sharing between A-ESIM and FS system operating in the frequency band 12.75 - 13.25 GHz

Oh Daesub  
ETRI

### 요 약

본 논문은 현재 ITU-R 에서 연구중인 12.75-13.25 GHz 대역 정지궤도위성망과 통신하는 이동형지구국(ESIM) 운용 방안 연구의 일환으로 연구되고 있는 해당 대역의 항공 이동형지구국 (A-ESIM)과 지상 고정업무간 주파수 공유 연구 현황에 대해 분석하고 있다. A-ESIM 으로부터 지상업무 보호를 위해 전력속밀도(Power Flux Density) 제한값을 적용하여 지상업무와의 주파수 공유 방안을 도출하였다.

### I. 서 론

지상 이동통신 서비스의 발전과 더불어 위성 통신 서비스도 기존의 고정된 위치에서 통신하는 방식에서 이동체에 지구국을 탑재하는 형태의 서비스로 발전해가고 있다. 최근 고정위성업무 주파수 대역에서 이동 서비스를 제공하기위해 이동형지구국 (Earth Stations in Motion; ESIM)시스템이 출현하였으며, ESIM 시스템 운용을 위한 주파수 이용 방안에 대해 국제전기통신연합 무선통신섹터 (ITU-R)에서 연구가 진행되고 있다 [1].

본 논문에서는 최근 논의되고 있는 12.75-13.25 GHz 대역에서 송신하는 항공기탑재 ESIM (A-ESIM)과 지상업무간 주파수 공유를 위한 전력속밀도 (PFD) 마스크 개발에 대해 분석하고 있다.

### II. 본론

전파규칙의 주파수 분배표에 따르면 12.75 - 13.25 GHz 대역은 고정위성업무 뿐만 아니라 지상업무도 일순위 업무로 분배되어 있다. 따라서, 동 대역의 A-ESIM 이 운용되는 경우 지상업무와의 주파수 공유 방안이 필요하다 [2].

A-ESIM 과 지상업무간 주파수 공유 조건을 도출하기 위하여 우선 A-ESIM 의 송신은 아래의 식(1)의 PFD 제한값을 준수한다고 가정한다.

$$\begin{aligned} & -123.5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} & \text{for } \theta \leq 5^\circ \\ & -128.5 + \theta \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} & \text{for } 5 < \theta \leq 40^\circ \\ & -88.5 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))} & \text{for } 40 < \theta \leq 90^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

A-ESIM 으로부터 간섭 받는 지상업무(FS) 무선국의 경우 안테나 양각은 0 도, 안테나 패턴은 권고서 ITU-R F.1245 를 이용한다고 가정한다. 또한, QPSK 변조를 이용하는 경우 안테나 이득은 29 dBi 와 48 dBi, 512 QAM 변조의 경우 30 dBi 와 50.9 dBi (4dB feeder loss 적용)를 각각 적용하였다 [3].

간섭 시나리오에서 FS 무선국과 동일 채널을 이용해 송신하는 A-ESIM 의 수가 6 개라고 가정하면 FS 시스템의 전체 I/N 값은 다음 식(2)과 같이 계산할 수 있다.

$$I/N_{agg_i} = 10 \log_{10} \left( \sum_{k=1}^6 10^{\left(\frac{I/N_k}{10}\right)} \right) \quad (2)$$

여기서,

$$I/N_k = G_{FS \rightarrow ESIM_k} - NRX + PFD_{ESIM_k \rightarrow FS} + 10 \log_{10} \left( \frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - GasAtt_k$$

$I/N_k$ : k 번째 A-ESIM 으로부터 FS로 수신된 I/N ( $k \in \llbracket 1, 6 \rrbracket$ ) (dB)

$NRX$ : FS 수신국 잡음 전력 밀도 (dB(W/MHz))

$G_{FS \rightarrow ESIM_k}$ : k 번째 A-ESIM 방향 FS 안테나 이득 (dB)

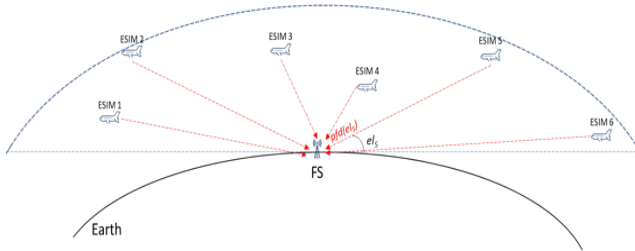
$PFD_{ESIM_k \rightarrow FS}$ : k 번째 A-ESIM에서 FS 방향으로의 pfd (dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz)))

$\lambda$ : 파장 (m)

$GasAtt_k$ : 권고서 ITU-R P.676-12 (dB) 대기 손실.

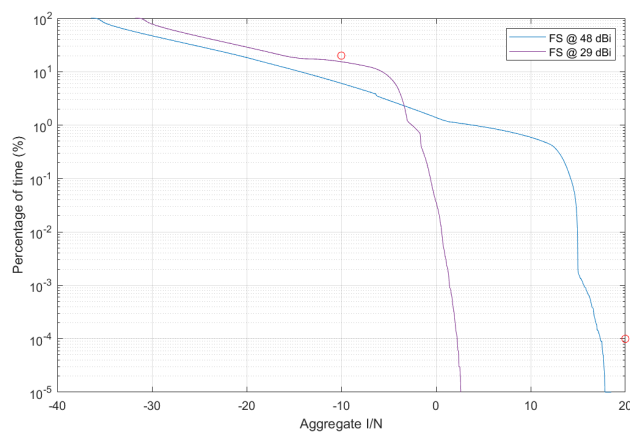
FS 시스템에 대한 long-term 보호기준은 시간을 20%에 대한  $I/N = -10\text{dB}$ , short-term 보호기준은 시간을 0.0001%에 대한  $I/N = +20\text{dB}$ 로 가정한다.

(그림 1)은 A-ESIM 과 FS 시스템간 주파수 공유 시나리오이다. A-ESIM 의 위치를 랜덤 분포로 가정하여 10,000,000 번의 반복을 통해 간섭 분포를 계산하였다 [4].

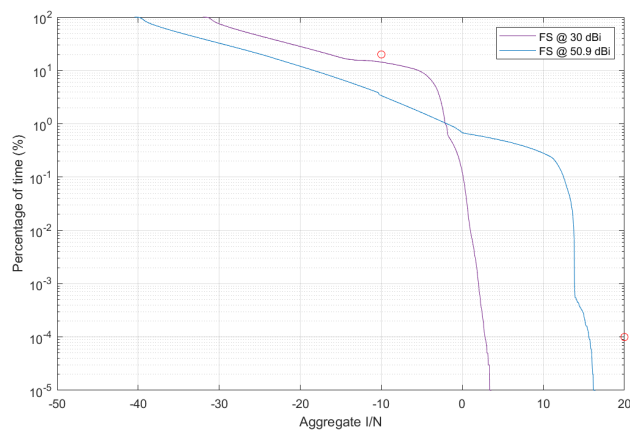


(그림 1) A-ESIM 과 FS 주파수 공유 시나리오

앞에서 기술한 주파수 공유 시나리오를 통해 식(1)의 PFD 제한값이 FS 시스템을 보호할 수 있는지 분석한 결과는 다음과 같다.



(그림 1) QPSK FS 시스템의 간섭 CDF



(그림 2) 512 QAM FS 시스템의 간섭 CDF

(그림 2), (그림 3)의 결과를 보면 6 개의 A-ESIM 으로부터 수신하는 전체 간섭 레벨이 FS 의 long-

term, short-term 간섭 보호 기준 레벨을 초과하지 않음을 알 수 있다. 따라서 식(1)의 PFD 제한값을 A-ESIM 에 적용함으로써 FS 시스템과의 주파수 공유가 가능하다고 볼 수 있다.

### III. 결론

본 논문에서는 Ku 대역에서 운용하는 A-ESIM 과 FS 시스템간 주파수 공유를 위한 PFD 제한값 적용 가능성을 분석하였다. A-ESIM 이 지상 업무 보호를 위해선 PFD 와 같은 기술적 조건 뿐만 아니라, 예기치 못한 상황에서 간섭이 발생하는 경우, 간섭 문제를 해결하기 위한 A-ESIM 의 적절한 조치 규정도 필요하며, 이러한 규정적 방안도 ITU-R 에서 논의를 통해 개발되고 있다.

위성 통신 분야에서 이동성을 제공하기 위해 ESIM 시스템에 대한 관심과 연구는 매우 활발하게 진행되고 있으며, 글로벌 위성 통신 시장의 확대에 따라 ESIM 시스템 운용 방안 및 주파수 공유에 대한 연구가 더욱더 필요할 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2022 년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2021-0-00719, 비정지궤도 위성망 주파수 간섭평가/공유기술 개발)

### 참 고 문 헌

- [1] ITU-R, "Draft allocation of ITU-R preparatory work for WRC-23," Doc. CPM23-1/TEMP/4, 2019
- [2] ITU-R, "Article 5 of Radio Regulations," Edition of 2020, 2020
- [3] ITU-R WP5C, "Additional characteristics for fixed service systems operating in the frequency band 12.75-13.25 GHz," ITU-R Doc. 4A/265, 2021
- [4] ITU-R, "PROTECTION OF TERRESTRIAL SERVICES FROM INTERFERENCE FROM EARTH STATIONS ON AIRCRAFT UNDER WRC-23 AGENDA ITEM 1.15, "ITU-R Doc. 4A/639, 2022