

# NGSO/FSS와 HDFS간 공유 기준에 관한 연구

강 병 수, 권 태 곤, 이 성 팔  
한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 위성통신시스템연구부  
전화 : 042)860-3953 Fax : 042)860-6949

## A Study on the Sharing Criteria Between NGSO/FSS and HDFS

Byung-Su Kang, Tae-Gon Kwon, Sung-Pal Lee

Satellite Communications System Department, ETRI- Radio & Broadcasting Technology Laboratory

E-mail : kbs@etri.re.kr

### Abstract

The interference situation for the satellite networks using non-geostationary satellite orbit (NGSO) is more complicated than the situation between geostationary satellite orbit (GSO) networks because of the time varying orbital characteristics of NGSO systems. Most of frequency bands are allocated to fixed-satellite service and fixed-service in co-primary basis. In this paper, the sharing criteria between NGSO/FSS systems and HDFS (High Density Fixed-Service) are examined.

진행중이다. 주파수 자원의 경우에는 사용자 단말의 이동성에 대한 요구가 증가하면서 무선통신환경으로의 진행이 급격히 진행됨에 따라 다수의 통신시스템이 동일한 주파수 대역을 공유해야만 하는 상황으로 국제전기통신연합 무선통신분과(ITU-R)에서는 다양한 통신시스템간의 공유기준 및 간섭경감 기법에 대한 연구가 진행중이다.[1]

본 논문은 90년대 이후에 활발한 개발이 진행중인 비정지궤도 위성망과 지상망의 공유 가능성 분석의 일환으로 진행된 연구이며, 분석 대상 위성망은 미국에서 국제등록을 추진중인 저궤도 및 중궤도를 이용한

### I. 서론

1960년대에 정지궤도 위성이 발사되고 통신위성이 출현한 이래 위성통신 기술을 급속한 발전을 거듭하고 있으며, 각국은 위성통신 기술개발에 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 위성을 이용한 서비스는 서비스의 동보성, 광역성 그리고 시설 구축의 용이성 등의 이점을 가지고 있는 반면 요구되는 통신 용량이 증가함에 따라서 위성통신을 위해서 필수적으로 요구되는 위성궤도 및 주파수 자원의 한계라는 제약과 함께 있다. 위성 궤도 자원의 한계를 극복하기 위해 고갈되어 가는 정지궤도 이외의 궤도, 즉 저,중궤도와 타원궤도 등의 비정지궤도를 이용한 통신 위성망의 개발이 활발히

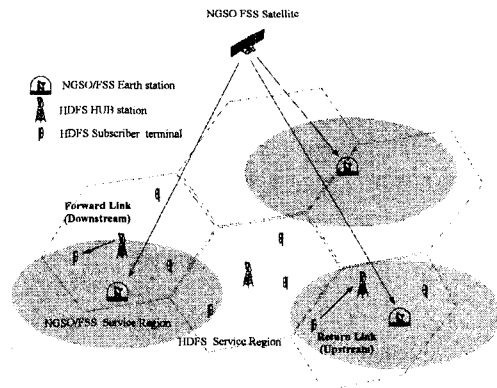


그림 1. NGSO/FSS와 HDFS간 간섭

비정지위성망을 간섭원으로, 간섭을 받는 지상망의 경우는 최근 다양한 검토가 진행중인 고밀도 고정업무(HDFS : High Density Fixed Services)로 가정하였다. 대상 주파수 대역은 37.5~40GHz 대역으로 가용 주파수 자원의 고갈로 인해 검토되고 있는 대역이다.

## II. 지상망/위성망간 간섭

### 2.1 37.5~40GHz 대역의 주파수 분배

37.5~40GHz 대역은 표1과 같이 지상의 고정 및 이동업무와 다양한 형태의 위성업무에 일차업무로 분배가 되어 있는 대역이므로 공유 기준의 정립 및 간섭 경감 기법의 연구가 활발히 진행중인 대역으로 전세계적으로 고밀도 고정업무로의 이용 가능성이 높고 발전 속도가 빠를 것으로 예상되는 대역이다.[2]

표1. 37.5~40GHz 대역의 ITU-R 주파수 분배

Allocation to Services		
Region 1	Region 2	Region 3
37.5~38GHz	FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE SPACE RESEARCH (space-to-Earth) Earth exploration-satellite (space-to-Earth)	
38~39.9GHz	FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE Earth exploration-satellite (space-to-Earth)	
39.5~40GHz	FIXED FIXED-SATELLITE (space-to-Earth) MOBILE MOBILE-SATELLITE (space-to-Earth) Earth exploration-satellite (space-to-Earth)	

### 2.2 전력속밀도 제한값과 간섭 대 잡음비(I/N)

지상망의 위성망으로부터의 보호는 위성의 신호방사에 의해서 지표면에 도달하는 전력속밀도(PFD: Power Flux Density)를 제한함으로써 얻어지게 되는데, 전파규칙(Radio Regulation) S21조에서는 40GHz이하의 지상망과 공유가 필요한 주파수 대역에 대한 전력속밀도 제한값을 도달각(arrival angle)을 기준으로 정하고 있으며, 최근에 개최되었던 WRC(World Radiocommunication Conference)-2000에서 현재의 규정치가 지상망을 충분히 보호할 수 있는지에 대한 연구를 진행할 것을 결의하였다.

그림 2에서는 WRC-2000 이전에 적용되던 규정과 WRC-2000에서 개정된 PFD제한값을 비교하고 있다.[3]

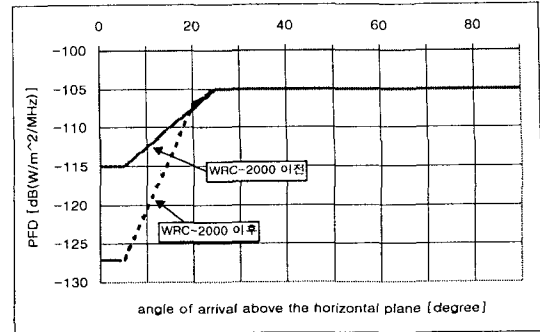


그림 2. 37.5~40GHz 대역의 위성 PFD 제한값 (RR S21조)

특정한 전력속 밀도가 정해질 때 지상망의 간섭 대 잡음비(I/N : Interference to Noise ratio)는 다음과 같이 구해진다.

$$I/N = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\left( \frac{pfd_i + G_{FS}(\alpha_i)}{10} \right)} \right) - 10 \log \left( \frac{4\pi}{\lambda^2} \right) - 60 - L_{atm} - N_o - L_{pol}$$

- I = FS 수신단에서의 간섭 밀도 [dB(W/Hz)]
- N = 열잡음 밀도 [dB(W/Hz)]
- n = NGSO/FSS 위성군의 위성수
- pfd<sub>i</sub> = i번째 위성으로부터의 전력속밀도 [dB(W/m<sup>2</sup>/MHz)]
- L<sub>atm</sub> = 대기중 손실 [dB]
- G<sub>FS</sub>(α<sub>i</sub>) = i번째 위성 방향(α<sub>i</sub>)으로의 FS 수신 안테나 이득 [dBi]
- L<sub>pol</sub> = 편파 분리도 [dB]

표 2 간섭 허용기준[4]

I/N	criteria [dB]	time percentage [%]	비고
C1	-10	20	
C2	9	0.01	fade margin = 14dB
C3	13	0.0003	fade margin = 14dB
C4	20	0.001	fade margin = 20dB
C5	5	0.012	fade margin = 10dB

표2에서는 37.5~40GHz 대역의 지상시스템에 대한 간섭 허용량에 대한 ITU-R의 권고기준을 보여주고 있다.

### 2.3 시스템 파라미터

위성망의 지상망으로의 간섭을 분석하기 위해서는 우선 간섭원으로 작용하는 위성망의 궤도 특성과 희망 통신망인 지상망 수신 파라미터를 정의하여야 한다.

다음의 표2와 3에서는 위성망의 궤도 파라미터와 지상망의 수신 파라미터들을 보이고 있다. 표3의 점대다점(P-MP : Point-to-Multipoint) 지상망 파라미터는 Hub station에 대한 값으로 사용자 단말의 파라미터는 점대점(P-P : Point-to-Point) 시스템의 파라미터와 동일한 것으로 가정한다.

표2. NGSO/FSS 궤도 파라미터

	MEO15	LEO72	MEO32
위성수	15	72	32
위성수/궤도수	3/5	12/6	4/8
고도	10355km	1350km	10355km
상승각	50°	47°	50°
궤도주기	6시간	1.9시간	6시간
위성간 phasing	120°	30°	90°
궤도간 위성 phasing	24°	25°	22.5°

표3. HDFs 시스템 파라미터[5][6]

항목	P-P system	P-MP system
수신 안테나 이득	44 [dBi]	16 [dBi]
앙각	0~60°	0°
수신 잡음	4 dB	800K, 1740K
안테나 방사패턴	ITU-R F.1245 & ITU-R F.699	

### III. 분석 결과

그림 3은 간섭원을 새로이 정해진 전력속 밀도를 적용한 MEO32 시스템으로 하였을 경우 P-P 시스템의 앙각에 따른 간섭 대 잡음비를 분석한 결과로 앙각이 15도 이상일 경우에는 작은 편차를 보이는 것을 알 수 있다.

그림 4와 5는 지상망의 앙각을 30도로 하였을 경우 각 간섭 위성망이 단일 간섭원으로 작용할 경우의 지상망이 받는 영향과 다중 간섭원(하나 이상의 위성망이 동시에 존재할 경우)으로 작용할 경우의 간섭량을 분석한 결과이다.

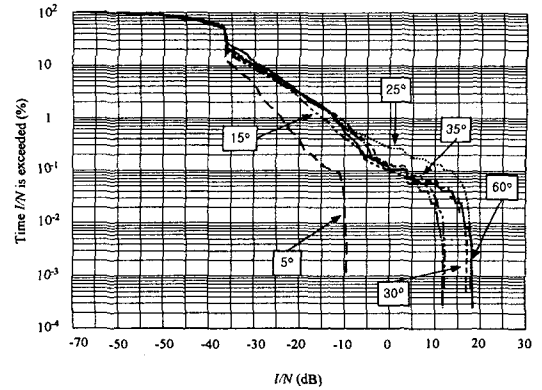


그림 3. P-P 시스템의 간섭 대 잡음비  
( $G_{FS} = 44\text{dBi}$ ,  $NF = 8\text{dB}$ , 간섭원 = MEO32  
Radiation pattern = Rec. F.699-4)

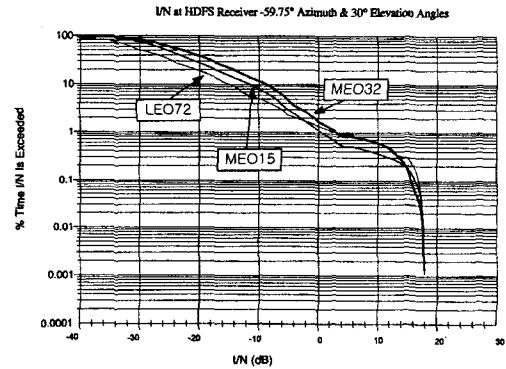


그림 4. 간섭원에 따른 P-P 시스템의 신호 대 잡음비  
(앙각=30°, Radiation pattern = Rec. F.1245,  
 $NF = 8\text{dB}$ ,  $G_{FS} = 44\text{dBi}$ )

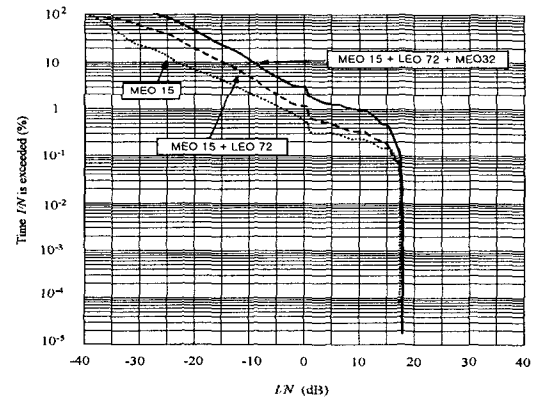


그림 5. 다중간섭원에 대한 P-P시스템의 신호대잡음비  
(앙각=30°, Radiation pattern = Rec. F.1245,  
 $NF = 8\text{dB}$ ,  $G_{FS} = 44\text{dBi}$ )

그림 6과 7은 P-MP 시스템을 희망 통신망으로 하였을 경우 있어서 Hub station으로의 간섭량을 분석한 것으로 하나의 위성망이 간섭원으로 작용할 경우와 다중 간섭원이 존재할 경우에 대한 간섭 대 신호비를 보여 주고 있다.

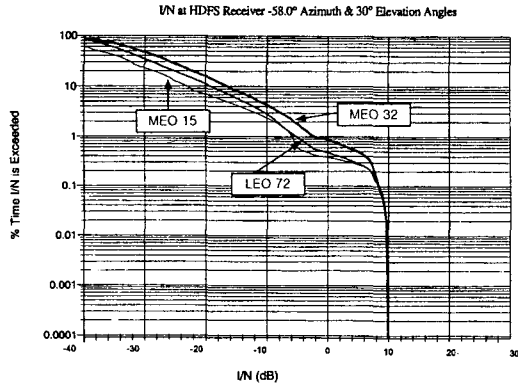


그림 6. 간섭원에 따른 P-MP 시스템의 신호 대 잡음비 (앙각=30°, Radiation pattern = Rec. F.699-4, NF = 4dB, G<sub>FS</sub> = 16dBi)

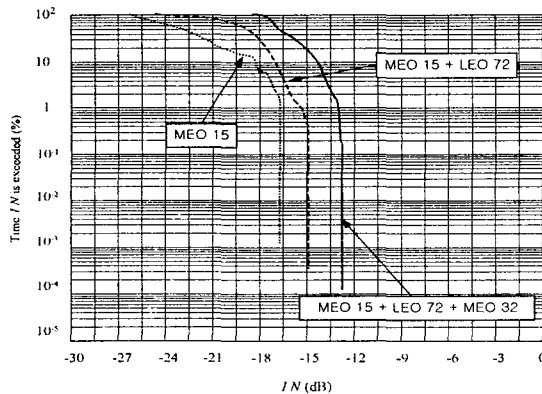


그림 7. 다중간섭원에 대한 P-MP(Hub station) 시스템의 신호 대 잡음비 (앙각=30°, G<sub>FS</sub> = 16dBi Radiation pattern = Rec. F.1245, NF = 4dB)

### V. 결론

이상에서 37.5GHz에서 40GHz 대역을 위성망과 지상망이 공유할 경우 지상망이 받는 간섭의 영향을 분석해 보았다.

분석 결과 지상망의 앙각에 따른 간섭량은 일정한 앙각 이상에서는 일정한 형태를 가짐을 알 수 있었다.

하나의 비정지궤도 위성망만이 간섭원으로 존재하는

경우에는 비정지궤도 위성망의 위성군 구성에 따른 간섭량의 편차는 크지 않은 것을 알 수 있었으며, 하나 이상의 위성망이 다중 간섭원으로 작용할 경우에는 누적되는 현상을 관찰할 수 있었다.

이상의 분석에서 사용한 파라미터와 가정들은 이 주파수 대역에서 제안된 개략적인 것으로 좀 더 엄밀한 값을 사용할 경우 더욱 실제와 가까운 간섭량 분석이 가능할 것이다.

이러한 형태의 분석은 현실적으로 비정지궤도 위성망의 독자 개발이 어려운 우리나라와 같은 국가의 경우에 있어서도 전세계를 서비스 영역으로 도입하고자 하는 타국가의 위성망 도입시 국내 지상망 보호와 함께 국내 위성망 보호에 있어서 근거 자료로 이용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

- [1] International Radio consultative Committee "Handbook of Satellite Communication ", 1988
- [2] Radio Regulation Article S5 " Frequency allocation", 1998
- [3] Radio Regulation Article S21 "Terrestrial and space services sharing frequency bands above 1GHz", 2000
- [4] ITU-R JWP 4-9S/31 "Impact of Non-GSO/FSS PFD limits on HDFS in the 37.5~40GHz Band and amendments to recommendation ITU-R SF.1484", 2000
- [5] ITU-R Rec. F.699-4 "Reference Radiation Patterns for Line-of-Sight Radio-Relay System Antennas for use in Coordination Studies and Interference Assesment in the frequency range from 1 to about 40GHz", 1997
- [6] ITU-R Rec. F.1245 "Mathematical model of average radiation patterns for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in certain coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 to about 40 GHz", 1997