

NGSO/MSS 피이더 링크와 M/W 무선국간의 간섭분석

박 영 순*, 강 영 흥*

* 군산대학교 정보통신공학과

The Analysis of Interference between the Feeder Links of LEO/MSS and M/W Fixed System

Abstract

In recent years there has been a huge increase in demand for new various communication services due to the rapid advances in wireless communication. These new emerging services give rise to the interference with the existed radio system. As the new representative systems NGSO/MSS systems have been developed, using NGSO, especially Low Earth Orbit (LEO), satellites such as Iridium, Globalstar systems to provide the rapid transfer of information and the positioning services for the moving persons whenever they want to communicate, even if wherever they are. In this paper we have analysed on the interference between the feeder link of NGSO/MSS and M/W fixed system, that is the interference from the mobile satellite earth station into M/W station, as well as the interference from M/W station into the mobile satellite earth station, and the coordinated area.

I. 서 론

최근 정보화 사회로의 발전추세에 따라 통신서비스의 다양화, 새로운 서비스 및 시스템 도입으로 인한 주파수 자원문제가 크게 대두되어 한정된 주파수 자원을 효율적으로 운용하기 위한 시스템간의 주파수 공유가 필연적이다. 그 예로서 이전부터 지상무선중계시스템들과 지상, 위성시스템들에 관련된 많은 업무에서 기존 시스템과의 간섭문제가 충분히 고려되어야 한다.(1)

최근 개인 이동위성통신서비스(MSS; Mobile Satellite Service)를 제공하기 위한 위성 시스템 개발이 활발히 이루어지고 있는데, LEO(Low Earth Orbit) 위성을 이용하는 Iridium, Globalstar 시스템,

MEO(Medium Earth Orbit) 위성을 이용하는 INMARSAT의 ICO, Odyssey 시스템 등 여러 시스템들이 제안되었으며, 이들은 모두 비정지궤도(NGSO; Non-Geostationary Orbit)에 배치된 다수의 위성들을 이용하게 된다.(2)

본 논문에서는 새로운 NGSO/MSS 시스템 도입으로 인한 기존 고정서비스와의 주파수 공유 기준 설정을 위해 허브국과 고정무선국간의 피이더 링크상의 간섭을 분석하기 위한 수학적 모델 설정 및 이를 이용한 성능 평가를 행한다

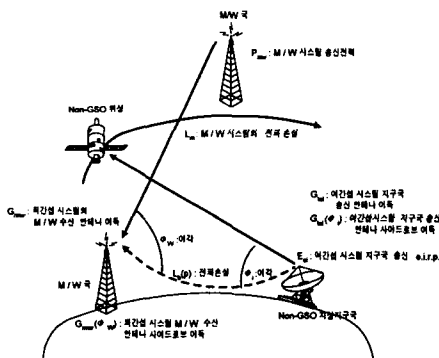
본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 LEO/MSS 지구국이 M/W 무선국에 미치는 간섭영향에 대하여 설명하고, III장에서는 M/W 무선국이 LEO/MSS

지구국에 미치는 간섭영향과 조정에리어에 대하여 평가를 행한후 IV장에서는 결론을 내린다.

II. 이동위성 지구국이 M/W 국에 미치는 간섭 영향

비정지궤도 이동위성 지구국이 M/W 국에 미치는 간섭모델을 제시하면 <그림 1>과 같으며 그림중에 나타낸 파라메타들을 이용하여 M/W 중계국에 있어서의 희망신호대 간섭잡음 전력비 C/I 는 아래의 수식과 같이 주어진다.(3)

$$C/I = P_{mw} - L_m(p) + G_{rmw} - E_{ei} + G_{tei} - G_{te}(\phi_i) + L_e(p) - G_{rm}(\phi_w) \quad (2-1)$$



<그림 1> 이동위성 지구국이 M/W 무선국에 미치는 간섭모델
 $C/I = C/I + FT$

여기서, FT 는 대역폭 조정인자로서 희망신호 및 간섭신호의 할당 및 점유 대역폭에 의해 다르게 주어지며 신호들의 스펙트럼 특성을 고려해야 한다.
 FT 는 다음과 같이 세가지 경우로 구분된다.

i) OBWW > OBWI 일때

$$FT = OBWW / ABWI$$

ii) OBWW ≤ ABWI이고 OBWW < OBWI일때

$$FT = OBWW / SRI$$

iii) OBWW ≤ ABWI이고 OBWW ≥ OBWI일때

$$FT = 1$$

여기서, OBW는 점유대역폭, ABW는 할당대역폭, SR은 심볼레이트(symbol rate), I는 간섭, W는 희망을 나타낸다.

시간율 p % 이하에서 기본전송손실 $L_m(p)$ 는 M/W 무선국간에 가시거리 (LOS; Line-Of-Sight)가 확보된다고 할 때 ITU-R PN.452에 다음과 같이 주어진다.(4)

$$L_m(p) = 925 + 20 \log f + 20 \log d + E_S(p) + A_g \quad (2-2)$$

여기서, f : 주파수 (GHz)

d : 경로길이 (km)

$E_S(p)$: 다중경로 및

포커싱(focusing)효과에 기인하는 단기간 손실 한편, 비정지궤도 이동위성 지구국으로부터 M/W 국에 이르는 경로손실, $L_e(p)$ 는 전파 모드(1)에 의한 전파손실을 가정한다. 모드(1) 전파는 초굴절(diffraction)전파 혹은 덕트(duct)전파라 불리우며, 하층대기의 굴절률의 불규칙성에 의해 극히 낮은 시간율에서 보통의 전파환경하에서는 도달하지 않는 거리까지 전파가 도달한다. 이 전파에 의한 신호전력의 손실치는 시간율 p %를 이용하여 p % 이외의 모든 시간에 있어서 전파손실이 상회하는 값 $L_e(p)$ 로서 주파수, 거리 등의 파라메타를 이용하여 ITU-

R PN.620-1에 다음과 같이 주어진다. (4)

$$L_e(p) = A_o + rd + A_h \quad (2-3)$$

$$A_o = 120 + 20 \log f + \log p + 5p^{0.5} \quad (2-3a)$$

여기서, r : 감쇠율 (dB/km)

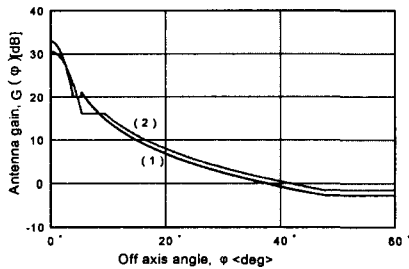
d : 이동위성 지구국과

M/W국간의 거리 (km)

f : 주파수 (GHz)

인데, A_h 는 수평각(horizon angle) 보정인자이다.

본 논문에서는 수평각 보정 $A_h = 0$ ($\epsilon = 0^\circ$)으로 가정하며, 존(Zone)은 육지(land)로 가정한다. 그리고 $G_{fmw}(\phi_w)$ 는 <그림 2>의 특성 (1)을 이용하였으며, (5) $G_{te1}(\phi_i)$ 는 ITU-R IS.849에 주어진 <그림 2>의 특성 (2)를 이용(4)하였다.



<그림 2> 안테나특성의 예

2-1. 시뮬레이션

여기서는 비정지궤도 이동위성 지구국의 위치를 대전(36.324°N, 127.42°E)으로 가정하고, M/W 무선국은 station 1의 위치를 (36°N, 126°E), station 2의 위치를 (36°N, 127.661°E)로 가정한다. 또한 비정지궤도 이동위성 지구국 및 M/W

무선국에 관련된 파라메타들은 별도로 <표 2> 및 <표 3>에 나타내었다.

<표 2> 비정지궤도 이동위성 지구국 파라메타

시스템	Globalstar	Iridium
주파수 (GHz)	5-5.25/6.875-7.707	29.1-29.3/19.4-19.6
점유대역폭 (MHz)	1.23	3
할당대역폭 (MHz)	1.23	4.37
Es (dBW)	- 5.0	14.0 - 23.7
Ee (dBW)	54.0	43.5 - 68.3
Gre (dBi)	46.0	53.2
Gte (dBi)	43.5	56.3
시간율 (%)	0.002	0.002

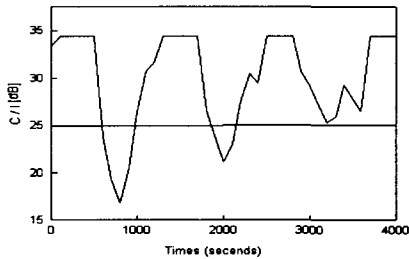
<표 3> M/W 무선국 파라메타

시스템	FS1	FS2
주파수 (GHz)	C band	Ka band
점유대역폭 (MHz)	3.5	18
할당대역폭 (MHz)	3.5	27.5
Pm (dBW)	- 1.0	- 8.86
Em (dBW)	32.0	37.0
Gm (dBi)	33.0	45.0
Gtm (dBi)	40.0	50.0
시간율 (%)	0.01	0.01

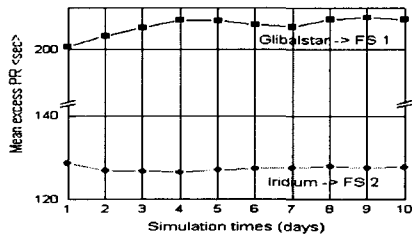
<표 2>~<표 3>의 파라메타를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과를 정리하여 <표 4>과 같이 제시한다. <그림 3>에서는 시간에 따른 C/I 값의 변화(Globalstar 시스템이 FS1에 미치는 간섭의 경우)를 나타내었고, <그림 4>에는 시뮬레이션 수행시간에 따른 평균간섭 보호비 초과시간의 변화를 나타낸다.

<표 4> 시뮬레이션 결과

항 목	Globalstar interfering into FS1	Iridium interfering into FS2
시뮬레이션 수행시간(days)	10	10
C/I 보호비 (dB)	25	25
최악의 C/I (dB)	16.79	19.04
총 간섭보호비 초과시간율 (%)	20.46	10.52
평균 간섭보호비 초과시간율 (sec)	207.17	127.82
최장의 간섭보호비 초과지속시간 (sec)	402	426



<그림 3> 시간에 따른 C/I (Globalstar interfering into FS1)



<그림 4> 시뮬레이션 수행시간에 따른 평균 간섭보호비 초과시간

<그림 3>에서 보는 바와 같이, 비정지궤도 위성이 시간에 따라 이동하므로 M/W 무선국에 미치는 C/I 값도 시시각각으로 변하고 있다. 예로서 C/I 값이 최저 16.79 dB에서 34.39 dB로 약 17.6 dB의 차를 나타낸다. <그림 4>으로부터 평균

간섭보호비 초과시간은 시뮬레이션 수행시간에 따라 변화가 크지 않으며, 예로서 Iridium 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭영향의 경우 최저 평균 지속시간이 126.5 sec에서 최고 128.7 sec으로 나타났다. 마찬가지로 Globalstar 시스템이 FS1 시스템에 미치는 간섭영향의 경우 최저 평균 지속시간이 200.7 sec에서 최고 207.7 sec로 나타났다.

한편, <표 4>의 시뮬레이션 결과로부터 Globalstar 간섭영향은 C/I 간섭보호비를 초과하는 시간율에서 알 수 있듯이 20.46 % 정도의 시간율 동안 간섭보호비를 초과하고 있으며, 마찬가지로 Iridium 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭영향은 10.52 %를 초과해 그 간섭의 영향이 Globalstar 시스템보다 작게 나타남을 알 수 있다.

Ⅲ. M/W국이 이동위성 지구국에 미치는 간섭영향

1. C/I계산

M/W무선국이 이동위성 지구국에 미치는 간섭영향을 분석하기 위한 모델을 <그림 5>에 보인다. M/W무선국이 이동위성 지구국에 미치는 희망신호대 간섭전력비 C/I는 식 2-1를 변형하면 다음과 같다.

$$C/I = E_{sw} - L_s + G_{rew} - G_{rew}(\phi_w) - E_{mi} + L_e(p) + G_{tmi} - G_{tmi}(\phi_i)$$

(2-4)

L_s 는 비정지궤도 위성과 지구국간의 전파손실로서 다음과 같이 주어진다.

$$L_s = 92.5 + 20 \log f + 20 \log d \quad (2-5)$$

또한, M/W 무선국과 지구국간의 전파손실 $L_e(p)$ 는 식 (2-1)의 $L_e(p)$ 와 동일한 전파손실을 가정한다.

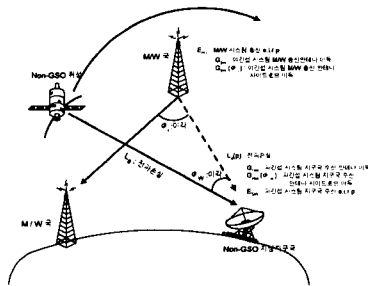
한편, C/I 보호비는 요구 C/N의 전체잡음전력 중 x % 허용하는 것으로 다음과 같이 정의된다.

$$C/I_{PR} = C/N_{req} - 10\log(x/100) + 10\log(OBWW/ABWI) - N_{self} \quad (2-6)$$

여기서, $OBWW$: 희망신호의 점유대역폭
 $ABWI$: 간섭신호의 할당대역폭
 N_{self} : 수신장치의 자체잡음,

디지털 시스템에서 전형적으로 1.87 dB

x : 간섭원으로부터의 전체잡음의 비



<그림5> M/W 무선국이 이동위성 지구국에 미치는 간섭모델

Rec. ITU-R S. 741 - 2에 의하면 GSO/FSS 망에서 디지털 신호를 수신하는 수신기 입력에서 단일 엔트리(single entry)에 기인하는 간섭은 전체잡음의 6%를 초과해서는 안된다. 비정지궤도 이동위성 지구국을 위한 전체잡음의 비에 대한 임계값(threshold level)은 정확하지 않지만 본 연구에서는 단일 엔트리 간섭으로부터 전체잡음

전력은 6%로 가정한다.

2. 시뮬레이션

<표 2> ~ <표 3>의 파라메타를 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 <표 5>에 정리해 놓았다.

<표 5>의 결과로부터 알 수 있듯이 FS1 시스템이 Globalstar 피더 링크에 미치는 간섭영향은 총간섭 보호비 초과시간율이 31.35%에 이르러 간섭영향이 크게 나타나고 있지만, FS2 시스템이 Iridium 피더 링크에 미치는 간섭영향은 총간섭 보호비 초과시간율이 0%로 전혀 간섭이 없음을 알 수 있다.

<표 5> 시뮬레이션 결과

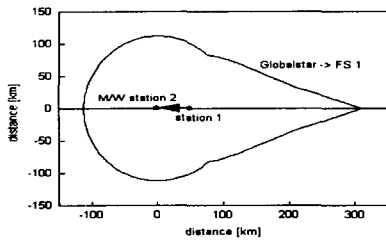
항 목	FS1 interfering into Globalstar	FS2 interfering into Iridium
시뮬레이션 수행시간(days)	10	10
C/I 보호비(dB)	20.89	25.97
최악의 C/I(dB)	- 1.16	62.92
총간섭 보호비 초과시간율(%)	31.35	0
평균간섭 보호비 초과시간율(sec)	264.86	0
최장간섭 보호비 초과시간율(sec)	521	0

3. 조정에리어

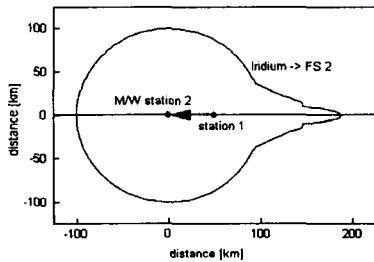
지상 M/W국과 비정지궤도 이동위성 지구국간의 주파수 공유를 결정하기 위해 여기서는 5장 3절의 조정에리어 또는 조정거리에 의한 평가를 행한다. 우선 수신 M/W국의 위치를 (0°N, 0°E)이라 하고, 송신 M/W국은 수신국과 거리 약 50 km 떨어진 동쪽, 즉 (0°N, 0.45°E)에 위치한다고 가정하며, M/W국간의 전파감쇄 특성은 가시거리 확보에 의한 식 (2-2)로 주어지는 $L_m(p)$ 로, 간섭지구국과 수신 M/W국간의 전파감쇄 특성은 전파모드(1)에 의한 식 (2-3)의

$L_e(p)$ 로 가정한다. 또한 최소 조정거리는 전파모드(1)인 경우 ITU-R IS.847에 100 km로 권고되고 있으므로 여기서도 M/W국과 비정지궤도 이동위성 지구국의 최소 조정거리를 100 km로 가정한다.

여기서는 <그림 2>의 이동위성 지구국이 M/W 무선국에 미치는 경우에 있어서만 ϕ_w 를 파라메타로 하여 시뮬레이션을 수행한후, 그 결과를 <그림 6>~<그림 7>에 나타낸다.



<그림 6> Globalstar 시스템이 FS1 시스템에



미치는 간섭 조정거리

<그림 7> Iridium 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭 조정거리

<그림 6> 및 <그림 7>은 각각 Globalstar

시스템이 FS1 시스템에 미치는 간섭의 경우의 조정에리어 및 Iridium 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭의 경우의 조정에리어를 나타내는 것으로 <그림 7>과 마찬가지로 M/W국의 트랜드라인 선상에 있어서는 조정에리어가 각각 320 km, 190 km정도로 넓게 나타나지만 트랜드라인과 어느정도 각을 이루며는 조정에리어도 좁게 운용될 수 있다. 예를 들어 M/W 국의 트랜드라인과 90° 수직을 이루는 국에서 이동위성 지구국이 운용된다면 각각의 경우에 있어서 112 km 및 100 km정도로 조정에리어 폭이 줄어들게 된다.

IV. 결론

본 논문에서는 NGSO/MSS 시스템이 기존에 이미 운용되고 있는 고정서비스 M/W 시스템의 대역 내에 주파수 공유 가능성 및 두 시스템간의 간섭 영향에 대해 평가를 행하였다.

두 시스템간에 일어날 수 있는 간섭의 경우로서 피더 링크상의 간섭분석으로 C/I 레벨 평가 및 조정 에리어 분석을 통한 주파수 공유를 평가 하였다. 이로서 얻어진 결과는 C/I 값은 시간적으로 변화를 가져오기 때문에 시스템에 따라 매우 다르게 나타나며 Globalstar 시스템에 FS1 시스템에 미치는 간섭영향은 C/I 간섭 보호비 초과시간이 20.46%로 장시간 동안 허용범위를 초과하는데 반해 Iridium 인 경우 FS2 에 미치는 간섭보호비 초과시간은 10.52%의 기간동안 허용범위를 초과하고 있어 간섭이 작게 나타남을 알 수 있다. 이와는 달리 FS1 이 Globalstar 시스템에 미치는 간섭의 영향은 간섭보호비 초과시간이 31.35%로 아주 심각한 간섭을 미치고 있지만, FS2 가 Iridium 시스템에 미치는 경우는 0%로 전혀 간섭의 영향이 없다는 것을 알 수 있다.

- (1) 피이더 링크상의 조정에리어 기준 설정에 있어서는 Globalstar 시스템이 FS1 시스템에 미치는 간섭의 경우에는 최고 320km 에서 최저 112km 로, Iridium 시스템이 FS2 에 미치는 간섭의 경우에는 최고 190km 에서 최저 100km 로 설정되었다.

참 고 문 헌

1. 進士昌明, 無線通信과 電波傳播, 電子情報通信學會, 1994.
2. 한국전파진흥협회, "무선통신기술과 초고속 정보통신", 1996.
3. N.Araki,H.Shinonaga,H.Kobayashi and Y.Ito,"Interference between GSO/FSS and non-GSO/MSS earth stations under reverse band operation of non-GSO/MSS feeder links," Technical Report of IEICE,SAT 94-76,MW94-99,pp87-93, 1994.
4. ITU-R Recommendations IS-Series, Inter Service Sharing and Compatibility, ITU 1994.
5. ITU-R Recommendations F-Series, Fixed Service Radio-Relay Systems, ITU 1994.