

M / W 무선국에 미치는 비정지궤도 이동위성 시스템의 전파간섭 분석

An Analysis on the RFI of Non-GSO/MSS System into M/W Radio Stations

李成洙* · 李亨洙* · 姜榮興**

Sung-Soo Lee* · Hyung-Soo Lee* · Young-Heung Kang**

要 約

본 연구는 이동위성 통신시스템이 M/W 무선국에 미치는 전파간섭 분석을 2가지 측면에서 시행한 연구이다. 하나는 비정지궤도 이동위성의 PFD(Power Flux Density) 레벨에 의한 M/W 무선국에 수신되는 간섭량을 구하여 ITU-R SF.357에 규정된 기준치와 비교하였으며, 다른 방법에서는 기존의 고정서비스간의 간섭분석에 이용되는 C/I 값을 구해 간섭 보호비를 초과하는 시간율 및 초과지속시간에 대한 평가를 행하였다. 그 결과로서 이동위성 통신시스템 및 M/W 무선국 패러미터들을 변화시켜도 PFD 레벨에 의한 간섭량은 어느 경우나 기준치를 초과하지 않았다. 또한 이리듐 시스템이 한 M/W 무선국 루트에 미치는 간섭영향은 간섭 보호비 초과시간율이 32%로 장시간인 반면, 글로벌스타 시스템인 경우는 초과시간율이 1.71%로 아주 짧은 시간동안만 간섭보호비를 초과하였음을 알았다.

Abstract

In this paper, interference of non-GSO /MSS system into M /W radio stations has been analyzed as two aspects. One is that PDF(Power Flux Density) levels, which are received by M /W radio stations from non-GSO satellites, were simulated and compared with the threshold level specified in ITU-R SF. 357. The other is that C /I values, which have been utilized in estimating interference between conventional fixed services, were simulated and analyzed by means of calculating excess time percent and duration below the C /I protection ratio.

As the results, it was shown that interference levels received by M /W stations from non-GSO /MSS satellites don't exceed above the threshold level at all, even if changing parameters related with M /W stations. In addition, the excess percent time below the interference protection ratio is a long term of 32 % in the case of Iridium interfering into a M /W stations route, but only a short term of 1.71 % in the case of Globalstar interfering into a M /W stations route.

* 한국전자통신연구원 전자파공학연구소(Radio Science Section, ETRI)

** 군산대학교 정보통신공학과(Dept. of Telecommunication Engineering, Kunsan Univ.)

· 논문 번호 : 970618-041

· 수정완료일자 : 1997년 9월 12일

I. 서 론

최근 글로벌스타(Globalstar), 이리듐(Iridium) 시스템 등으로 대표되는 세계적 규모의 퍼스널통신을 지향하는 비정지위성을 이용한 이동위성 통신서비스(non-GSO/MSS : non-Geostationary Orbit Mobile Satellite Service)의 개발이 적극 추진되고 있다. 이러한 시스템의 개발로 상당한 주파수가 요구되어 왔으나 한정된 주파수자원을 효율적으로 운영하기 위해서는 기존 시스템간의 주파수공유가 필연적이다^[1]. 따라서 이동위성 통신시스템도 서비스링크(위성과 handset 간) 및 피이더링크(feeder link ; 위성과 hub 국간)에서 기존 M/W 무선국 등과의 주파수공유를 행하게 될 것으로 예상된다. 서비스링크면에서 이동위성 통신시스템은 기존 지상고정서비스(FS : Fixed Service)에서 사용되고 있는 지정주파수의 전체 16.5 MHz 중 10 MHz의 대역폭이 요구되고 있으며, 피이더링크면에서 광대역(200 MHz 정도)이 필요하여 기존 고정서비스 및 고정위성서비스(FSS : Fixed Satellite Service)와 주파수공유를 통한 C, Ku, Ka 대역이 고려되고 있다(부록 A 참조)^{[2],[4]}.

한편, 시스템간의 효율적인 주파수공유를 위해서는 새로운 시스템의 개발단계에서 기존시스템과의 주파수간섭 문제를 충분히 검토되어야 한다. 그 하나의 예로서 ITU의 무선통신규칙(Radio Regulation)^[4]에서는 위성지구국과 M/W무선국간의 간섭을 일으킬 가능성의 판단기준으로서 지구국 주변의 조정구역을 정의하여 그 계산방법이 제시되어지고 있으며, 이동위성 통신시스템도 마찬가지로 ITU-R 각 분과에서 다른 시스템과의 간섭기준, 간섭분석 방법 등 다각적인 측면에서 연구가 진행되고 있다. 또한 이동위성 통신시스템과 정지궤도 위성시스템간의 간섭분석^{[3],[5]}, 이동위성 통신시스템간의 간섭분석^[6] 등에 대한 연구가 수행되었지만 M/W 무선국과의 간섭분석에 대한 연구는 미비한 실정이며, 이동위성통신과 타 시스템간의 간섭분석

을 위해서는 고정위성과는 달리 시간에 따른 위성의 이동성을 고려하여 위성의 궤도 배치형태, 궤도 경사각, 위성의 고도 및 위성 개수에 따른 간섭량을 도출하여야 한다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 고정위성서비스 시스템과 M/W 무선국간의 간섭분석 알고리즘을 토대로 2가지 측면에서 다루어진다. 즉, 하나는 M/W 무선국에 수신되는 비정지궤도 이동위성들의 PFD(Power Flux Density) 레벨에 의한 간섭량을 시간율에 따라 도출하고 ITU-R SF.357^[7]에 주어진 간섭기준치와 비교를 행한다. 다른 방법으로서 기존에 고정서비스간의 간섭분석에 이용되는 C/I를 이용하여 이동위성 피이더링크와 M/W 무선국간의 간섭분석을 행한다. 이는 비정지궤도 이동위성의 시간에 따른 이동성에 의해 C/I 값이 시시각각으로 변하므로 C/I 보호비를 초과하는 시간율 및 초과지속시간 등에 대한 평가를 행하여 향후 M/W 무선국 차국설계를 위한 데이터를 제공하는데 있다.

본 논문의 구성은 2장에서는 비정지궤도 위성이 특정 M/W 무선국에 나타날 빈도수 및 간섭의 강도를 구하기 위해 양각 및 M/W 무선국 안테나와 위성간의 각 거리(angle distance)를 구하는 과정을 설명한다. 3장에서는 PFD 레벨 및 시간율에 따른 간섭량을 시뮬레이션하기 위한 입력 파라미터에 대해 파악하고 시뮬레이션 결과를 이용해 간섭분석을 행한다. 그리고 4장에서는 이동위성 통신피이더링크가 M/W 무선국에 미치는 간섭을 평가하기 위해 C/I 값을 계산하여 C/I 보호비의 초과시간율 및 초과지속시간 등에 대해 평가를 도출한 후, 제5장에서 결론을 요약 제시한다. 또한 부록에 이동위성 통신대표적 시스템의 서비스링크 및 피이더링크용에 할당된 주파수에 대하여 알아 보고, 지상 고정 서비스보호를 위한 위성의 PFD 레벨제한에 관련된 ITU-R 규정을 알아본다.

II. 이동위성 통신위성의 가시성

이동위성 통신위성이 지상고정서비스 시스템에 미치는 간섭영향을 평가하기 위해서는 위성이 특정 M/W 무선국에 나타나는 빈도수 및 위성으로부터 수신되는 간섭의 강도를 결정하는 것이 중요하다. 위성이 M/W 무선국에 나타나는 빈도수를 알아내기 위해서는 무선국의 위성에 대한 양각으로 표현되는 가시성(visibility)을 구해야 하고, 간섭의 강도는 무선국과 위성간의 각 거리(angle distance)에 의존되므로 이를 구해야 한다.

무선국의 위성에 대한 양각 및 무선국과 위성간의 각 거리를 구하기 위해서는 먼저 그림 1의 위성궤도 패러미터를 이용하여 지구상의 sub-satellite (지구표면과 지구중심-위성간의 연결선과의 교차점) 점을 구한 후, 무선국과 sub-satellite 점과의 거리 X 및 방위각 Z 를 구한다^{*)}.

거리 X 가 산출되면, 지상국의 수평선상의 위성의 양각 H 에 대해서는 수평선각을 0° 라 가정하고 그림 2에 의거된 다음의 수식을 사용하여 구해진다.

여기서, R_E 는 지구반경이고, R_S 는 지구중심에서

$$H = \tan^{-1} \left[\frac{\cos X - R_E/R_S}{\sin X} \right] \quad (1)$$

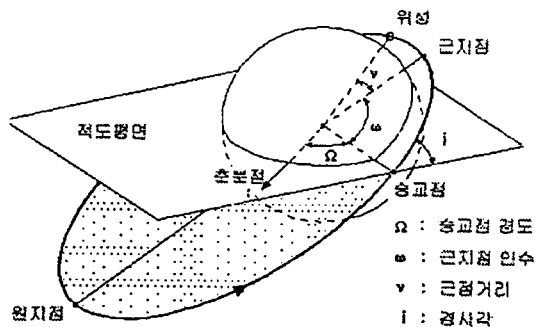


그림 1. 위성궤도 패러미터
Fig. 1. Satellite orbital parameters.

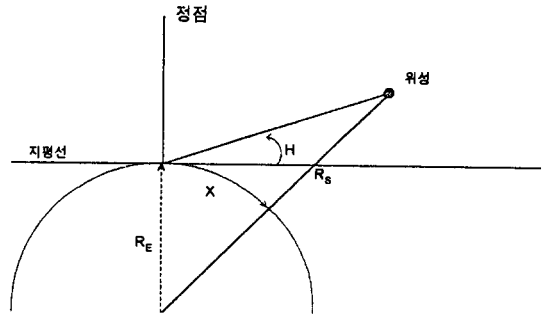


그림 2. 지구 중심, 지상국, 위성을 포함하는 평면도
Fig. 2. Plane containing Earth center, terrestrial station, and satellite.

위성까지의 거리이다.

지상국의 수신안테나가 수평선상의 양각 H_T 와 방위각 Z_T 를 가진다면, 이 지상국 안테나의 주빔(main beam)과 위성간의 각거리(angular distance) ϕ 는 그림 3에 의거하여 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\phi = \cos^{-1} (\sin H_T \sin H + \cos H_T \cos H \cos (Z - Z_T)) \quad (2)$$

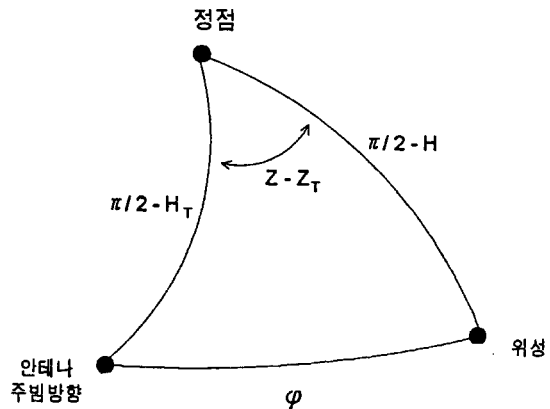


그림 3. 지상빔과 위성간의 각 결정을 위한 구조
Fig. 3. Spherical triangle for determination of the angle between the terrestrial beam and the satellite.

Ⅲ. 이동위성에 의한 간섭

3-1 PFD 레벨에 의한 간섭분석

비정지궤도 이동위성 우주국과 주파수를 공유하는 지상 M/W 시스템을 위한 주파수 공유결정에는 한 M/W국에서 보이는 모든 우주국으로부터의 PFD(Power Flux Density) 레벨을 고려해야 한다. 이 PFD 레벨은 부록 B의 지상고정서비스 보호규정을 참고로 양각에 따라 일반적으로 다음과 같은 형으로 정의된다.

$$F(\theta) = \begin{cases} PFD_{low} & \text{for } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ PFD_{low} + 0.05(PFD_{hi} - PFD_{low})(\theta - 5) & \text{for } 5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ \\ PFD_{hi} & \text{for } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases} \quad (3)$$

여기서, PFD_{low} : 저양각(low elevation angle)에서의 허용레벨
 PFD_{hi} : 고양각(high elevation angle)에서의 허용레벨

또한 무선중계 수신 안테나 이득이 모든 평면상에서 같다고 가정하면 간섭위성 방향에서의 이득 $G(\varphi)$ 는 Rec. ITU-R. F.699*에 다음과 같이 규정되어 있으며, 그 특성은 그림 4의 (1)과 같다.

$$G(\varphi) = \begin{cases} G_{max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \varphi \right)^2 & \text{for } 0 \leq \varphi < \varphi_m \\ G_1 & \text{for } \varphi_m \leq \varphi < 100 \frac{\lambda}{D} \\ 32 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \varphi & \text{for } 100 \frac{\lambda}{D} \leq \varphi < 48^\circ \\ 10 - \log \frac{D}{\lambda} & \text{for } 48^\circ \leq \varphi < 180^\circ \end{cases} \quad (4)$$

여기서, φ : off-axis각

D : 안테나 반경

λ : 파장

G_1 : 첫번째 사이드로브의 이득 = $2 + 15 \log D / \lambda$

$\varphi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{max} - G_1}$

한편 무선중계 수신기에 수신된 전체 간섭전력은 시야에 들어오는 모든 위성들의 각각의 분포를 합하면 얻을 수 있다. 각 위성의 간섭 분포는 식 (3) 및 (4)를 이용하여 다음 식에 의해 계산된다.

$$I_B = f(\theta) \times g(\varphi) \times \frac{\lambda^2}{4\pi h} \quad (5)$$

여기서, $f(\theta) = 10^{\frac{F(\theta)}{10}}$

$g(\varphi) = 10^{\frac{G(\varphi)}{10}}$

λ : 반송파의 파장

h : 피이더 손실

3-2 시뮬레이션

이동위성 통신위성의 PFD 레벨에 의한 M/W 무선국에 미치는 간섭량은 식 (5)에 의해 구해지는

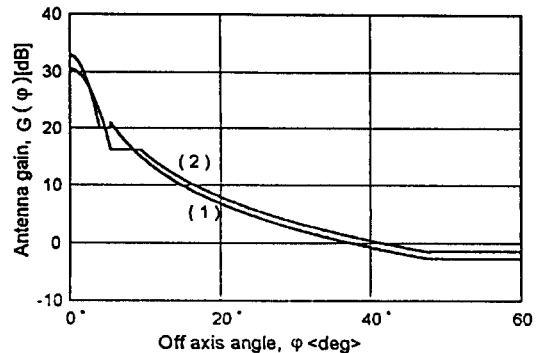


그림 4. 안테나특성의 예

Fig. 4. Examples of antenna characteristics.

데, 이론적인 해석은 불가능하여 본 논문에서는 프로그램을 구성, 시물레이션을 수행하였다. 이를 위해 요구되는 각 입력 패러미터 및 가정된 입력값을 정리하면 아래의 표 1과 같다.

표 1의 입력 패러미터들 중에서 특히, 대표적인 비정지궤도 이동위성에 관한 시스템 패러미터들은 표 2와 같다.

본 연구에서는 이동위성 통신위성의 PFD 레벨에 의한 M/W 무선국에 미치는 간섭량을 구하기 위해 표 1 및 2의 패러미터들과 그림 4의 특성 (1)을 이용하여 시간율에 따른 간섭량을 시물레이션하여 그 결과를 그림 5 ~ 그림 8에 나타내었다.

그림 5는 이리듐(Iridium) 및 오디세이(Ody-

표 1. 입력 패러미터와 입력값

Table 1. Input parameters and assumed input values.

입력 패 러 미 터	· 주파수
	· 무선중계 route trendline의 중심의 위도 및 경도
	· 무선중계 수신 안테나 이득
	· 무선중계 route의 수
	· 위성궤도 높이 (각 궤도마다 동일)
	· 위성궤도의 수
	· 각 궤도의 승교점(ascending node)의 경도
	· 궤도 경사각 (각 궤도마다 동일)
	· 궤도당 위성수 (각 궤도마다 동일)
	· 고양각(high elevation) 위성 PDF 레벨
· 저양각(low elevation) 위성 PDF 레벨	
· 지상국의 안테나의 수평선상의 방위각	
· 지상국의 안테나의 수평선상의 양각	
입력 값	· 50 hop, 2500 km route, hop의 방향은 Monte Carlo방법에 의해 선택됨.
	· 수신기 잡음 온도 : 1,750K
	· Hop 당 4 kHz 대역폭 열잡음 : 25 pW
	· 수신안테나 특성 : Rec. ITU-R F.699 규정
	· 피어더 손실 : 3 dB

표 2. 비정지궤도 이동위성 시스템 패러미터

Table 2. Non-GSO system parameters.

구분	Iridium	Odyssey	Globalstar
궤도높이(km)	780	10,355	1,414
궤도수	6	3	8
궤도당 위성수	11	4	6
경사각(deg)	86.5	55	52

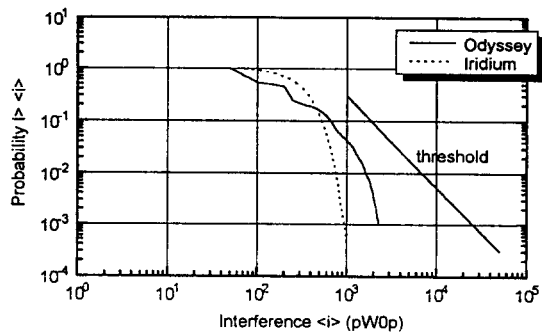


그림 5. M/W 무선국에 미치는 이리듐과 오디세이 시스템의 간섭 비교

(latitude = 40°, 2 GHz, PFD= -142/-152 dB (W/m² / 4 KHz))

Fig. 5. Comparison of interference of Iridium and Odyssey system into M/W stations.

yssey) 시스템이 50 hops M/W 무선국에 미치는 간섭량을 비교한 것으로서 ITU-R SF.357에 규정되어 있는 기준치(threshold)와 같이 나타내었다. 오디세이 시스템이 기준치에 접근되어 있어 이리듐 시스템보다 강한 간섭을 미친다는 것을 알 수 있다. 그 일례로 간섭량이 10³ (pW0p) 일때 기준치가 20%의 시간율에 대해 오디세이 시스템은 3%, 이리듐 시스템은 0.03%의 낮은 시간율을 나타내고 있다. 그림 6은 M/W 무선국의 위도에 따른 이리듐 시스템의 간섭특성을 나타낸 것으로서 위도가 높아 질수록 간섭이 증가하며, 10³(pW0p)의 간섭량에서 위도가 65° 일때 0.1%, 40° 일때 0.03%, 20° 일때 0.01%의 시간율로 간섭이 낮아지고 있다. 그림 7

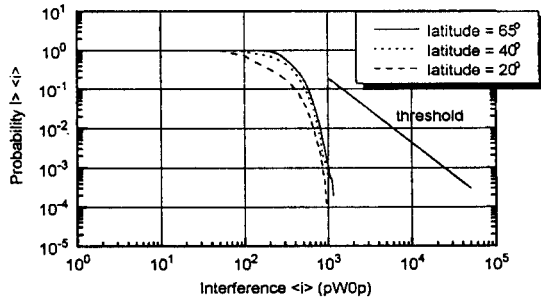


그림 6. M/W 무선국의 위도에 따른 간섭
(이리듐 시스템, 2 GHz, PFD= -142 / -152 dB
(W/m² /4 KHz))

Fig. 6. Interference vs. Latitude of M/W stations.

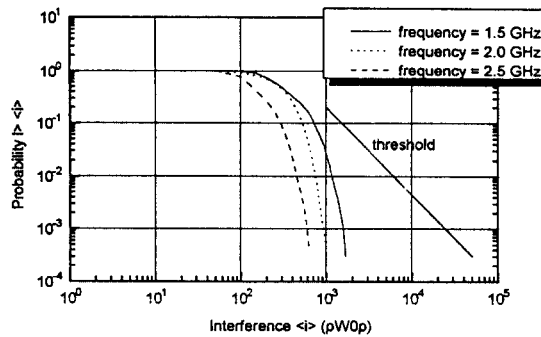


그림 7. M/W 무선국의 주파수에 따른 간섭
(이리듐 시스템, latitude = 40°, PFD= -142 /
-152 dB(W/m² /4 KHz))

Fig. 7. Interference vs. frequency of M/W stations.

은 M/W 무선국 운용주파수에 따른 이리듐 시스템의 간섭특성을 보인 것으로 주파수가 낮을수록 간섭이 강하게 나타나지만 어느 경우나 기준치 이하인 것을 알 수 있다. 그리고, 그림 8은 이리듐 위성으로부터 M/W 무선국이 수신하는 PFD의 고양각(high elevation) 특성에 따른 간섭을 나타낸다. -142 dB나 -137 dB(W/m²/kHz)일 경우

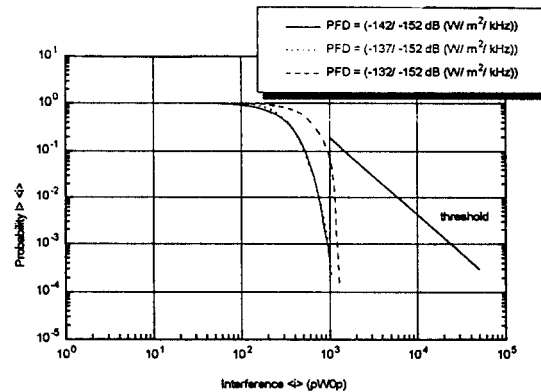


그림 8. 비정지궤도 이동위성의 PFD 제한에 따른 간섭
(이리듐 시스템, latitude = 40°, 2 GHz)

Fig. 8. Interference vs. PFD limits of non-GSO satellites.

에는 거의 같은 특성을 나타내고 있지만, -132 dB(W/m²/kHz)로 커짐에 따라 현저히 기준치에 근접하는 강한 간섭을 미친다는 것을 알 수 있다.

IV. 이동위성 지구국에 의한 간섭

이동위성 통신시스템은 이동위성과 이를 추적관제하는 지구국(hub 국)에 의한 피이더링크로 이루어지며, 피이더링크는 2장에서 서술된 바와 같이, 기존의 고정위성서비스(FSS) 시스템과 주파수공유를 행하게 되므로 피이더링크는 기존의 고정위성과 지상고정서비스(FS)와의 간섭평가 방법을 이용할 수 있다. 고정서비스간의 간섭문제를 평가하는 일반적인 방법은 C/I(Carrier-to-Interference ratio)를 계산한 후 C/I 보호비(protection ratio)와 비교하여 시스템간의 조정거리 등을 산출하고 있다. 따라서, 본 장에서는 기존의 방법과 유사하지만 이동위성 지구국은 시간에 따라 이동하는 위성을 추미하므로 시간에 따른 C/I의 변화를 예상하여 간섭보호비를 초과하는 시간율이라든지, 초과지

속시간 등에 대하여 분석된 사항을 제시한다.

4-1 C/I에 의한 간섭분석

이동위성통신 지구국과 M/W 무선국간의 간섭 모델을 제시하면 다음의 그림 9와 같다.

그림 9에서는 이동위성 통신지구국이 M/W 무선국에 미치는 간섭 예를 나타낸 것으로 그림 중에 나타낸 패러미터들을 이용하여 M/W 중계국에 있어서의 희망신호대 간섭잡음전력비 C/I는 아래의 수식과 같이 주어진다.^{3),15)}

$$C/I = P_{ms} - L_m + G_{rms} - E_{ei} + G_{tei} - G_{tei}(\phi_i) + L_b(\rho) - G_{rms}(\phi_w) \quad (6)$$

여기서, 각 변수의 첨자 m 및 e 는 각각 M/W 무선국 및 이동위성 통신지구국을, w 및 i 는 피간섭시스템 및 여간섭시스템을, t 및 r 는 송신 및 수신을 각각 나타낸다. ϕ_i 및 ϕ_w 는 여간섭지구국 및 피간섭 M/W 무선국에 있어서의 안테나 주빔방향에서 지평선방향으로의 편이각을 나타내고 있다. L_m 은 자유공간손실, 대기흡수손실, 피더손실, 결합손실 및 현장보정 등으로 정의되고 있지만⁵⁾, 여기서는

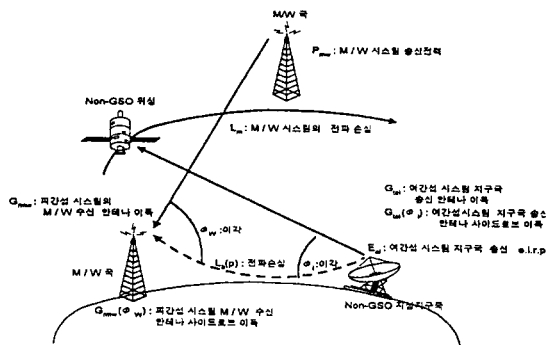


그림 9. 이동위성 통신지구국과 M/W 무선국간의 간섭모델

Fig. 9. Interference model between non-GSO/MSS Earth station and M/W radio stations.

간단히 하기 위하여, 다음의 자유공간 손실만을 고려한다.

$$L_m = 32.4 + 20\log f + 20\log d \quad (7)$$

여기서, f 는 주파수(GHz), d 는 거리(m)이다. 또한 $L_b(\rho)$ 는 $p\%$ 시간율에서 M/W 무선국과 지구국간의 경로손실로서 ITU-R IS.847⁹⁾에 규정되어 있으며, 본 연구에서는 식 (7)을 이용하였다. 그리고 $G_{rms}(\phi_w)$ 는 그림 4의 특성 (1)을, $G_{tei}(\phi_i)$ 는 ITU-R IS.849⁹⁾에 주어진 특성 (2)를 이용하였다.

4-2 시뮬레이션

이동위성통신 지구국의 위치를 (37°N, 120°E)로 가정하고, M/W 무선국은 9 hops(hop간의 거리 50 km)의 50개의 루트를 Monte Carlo 방법에 의해 랜덤하게 발생시켜 그 중에서 최악의 C/I 값을 갖는 루트를 택하였다. 그림 10에 50개의 루트 중 최악의 C/I 값을 갖는 M/W 무선국 루트와 이동위성 통신 지구국의 위치를 나타낸다.

또한, 이동위성 통신지구국 및 M/W 무선국에 관련된 패러미터들을 별도로 표 3과 표 4에 나타내었다.

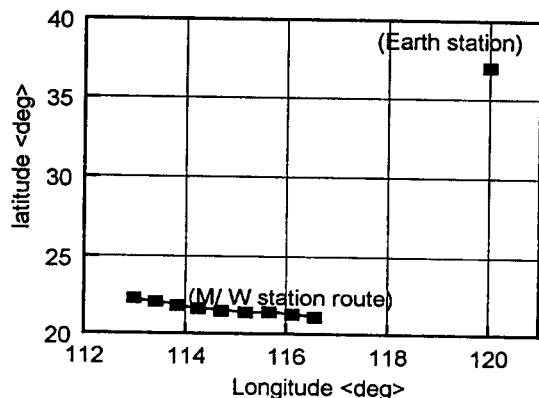


그림 10. 최악의 경우의 M/W 무선국 루트와 이동위성 통신지구국의 위치

Fig. 10. The position of M/W stations route and non-GSO/MSS Earth station in worst case.

표 1, 표 3 및 표 4의 패러미터를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과를 정리하여 표 5에 제시한다. 그림 11에서는 시간에 따른 C/I 값의 변화(이리듐 시스템이 FS2에 미치는 간섭의 경우)를 나타내었고, 그림 12에는 시뮬레이션 수행시간에 따른 평균 간섭 보호비 초과시간의 변화를 나타낸다.

그림 11에서 보는 바와 같이, 이동위성이 시간에 따라 이동하므로 M/W 무선국에 미치는 C/I 값도 시시각각으로 변하고 있다. 예로서 C/I 값이 최저 -8.86 dB 에서 23.14 dB로 약 32 dB의 차를 나타낸다. 그림 12으로부터 평균 간섭보호비 초과

표 3. 이동위성 통신지구국 패러미터

Table 3. Non-GSO/MSS Earth station parameters.

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

표 4. M/W 무선국 패러미터

Table 4. M/W radio station parameters

시스템	FS1	FS2
주파수 (GHz)	5-5.25	29.1-29.3
점유대역폭 (MHz)	29	18
할당대역폭 (MHz)	40	27.5
Pm (dBW)	10.0	-8.86
Em (dBW)	52.0	37.0
Grm (dBi)	47.0	45.0
Gtm (dBi)	50.0	50.0

표 5. 시뮬레이션 결과

Table 5. Simulation results.

항 목	Globalstar interfering into FS1	Iridium interfering into FS2
시뮬레이션 수행시간(days)	10	10
C/I 보호비 (dB)	25	19.5
최악의 C/I (dB)	14.03	-8.86
총 간섭보호비 초과시간을 (%)	1.712	32.122
평균 간섭보호비 초과시간을 (sec)	68.91	259.88
최장의 간섭보호비 초과지속시간 (sec)	105	2,473

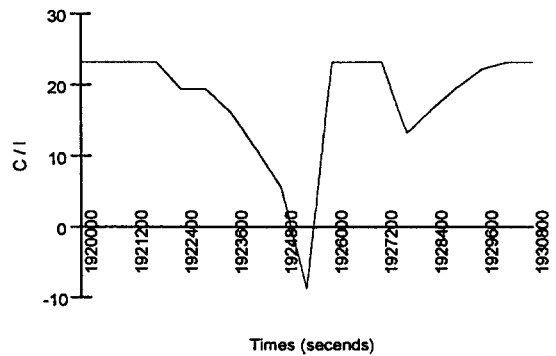


그림 11. 시간에 따른 C/I(FS2에 미치는 이리듐 간섭의 경우)

Fig. 11. C/I vs. time.(Iridium interfering into FS2)

시간은 시뮬레이션 수행시간에 따라 변화가 크지 않으며, 예로서 이리듐 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭영향의 경우 최저 평균 지속시간이 247.71 sec에서 최고 259.88 sec으로 나타났다. 마찬가지로 글로벌스타 시스템이 FS1 시스템에 미치는 간섭영향의 경우 최저 평균 지속시간이 68.32 sec

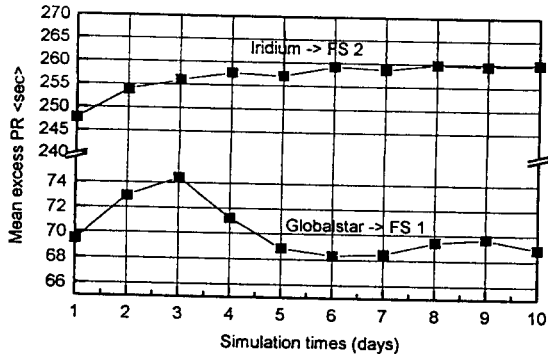


그림 12. 시뮬레이션 수행시간에 따른 평균 간섭보호비 초과시간

Fig. 12. Mean excess protection ratio of interference vs. simulation times.

에서 최고 74.42 sec으로 나타났다.

한편, 표 5의 시뮬레이션 결과로부터 글로벌스타 간섭영향은 C/I 간섭보호비를 초과하는 시간율에서 알 수 있듯이 1.71 % 정도의 아주 낮은 시간율 동안 간섭보호비를 초과하므로 간섭의 영향이 아주 경미하지만, 이리듐 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭영향은 32 %를 초과해 그 간섭의 영향이 강하다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 이동위성 통신시스템이 M/W 무선국에 미치는 간섭영향을 분석하기 위해 이동위성의 PFD 레벨에 의한 간섭평가와 이동위성 피이더 링크에 의한 간섭영향을 C/I에 의해 평가하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 어느 이동위성 통신시스템이나(780 km의 저고도인 이리듐 시스템이나 10,355 km의 비교적 고고도인 오디세이 시스템), M/W 무선국 루트의 위도, 운용주파수, PFD 레벨 등을 어느 정도 변화시켜도 그 간섭량은 항상 ITU-R SF.357의 기준치 조건을 만족하고 있다.
2. C/I 값은 시간적으로 변화를 가져오기 때문

에 시스템에 따라 매우 다르게 나타나며, 이리듐 시스템이 FS2 시스템에 미치는 간섭영향은 C/I 간섭보호비 초과시간이 30 %로 장시간 동안 허용범위를 초과하는데 반해, 글로벌스타인 경우 FS1에 미치는 간섭보호비 초과시간은 1.71 %의 아주 짧은 기간 동안 허용범위를 초과하고 있어 간섭이 매우 작게 나타남을 알 수 있다.

한편, 본 연구에서는 ITU-R SF.357에 규정된 간섭기준치는 기존의 정지위성 시스템을 위해 설정된 것이지만, 이동위성 통신시스템의 간섭평가에도 그 응용이 예상되므로 이 기준치와 비교평가를 행하였다. 앞으로 이동위성 통신시스템을 위해 기준이 설정된다면, 설정된 기준치와의 비교평가도 이루어져야 할 것이다.

또한 C/I 평가에서 M/W 무선중계에 있어 문제되는 전파조건, 예를들어 대기흡수손실, 강우 감쇄 등에 대한 분석이 동시에 이루어져야 하는데, 앞으로는 이에 대한 분석을 통해 좀 더 정확한 간섭평가를 수행할 예정이다. 더 나아가 M/W 무선국이 이동위성 통신시스템에 미치는 간섭분석을 수행한 후, 두 시스템간의 조정거리 평가 등을 행해 주파수 공유문제를 분석하는 문제도 앞으로의 과제이다.

부 록

A 이동위성 통신용 주파수

이동위성 통신시스템의 도입 및 개발은 ITU의 무선통신규칙에 의해 조정이 되며, 새로운 시스템의 도입을 위한 공식적인 절차, 운영절차 및 조정기준은 동규칙에 의해 어느 정도 다루어지고 있는데, WARC(World Administrative Radio Conference)에 의해 주기적으로 개정된다. 가장 최근에 이루어진 것은 WARC-95^[4]이다.

A-1 업무용 주파수

WARC-'92에서 이동위성 업무용으로 할당된 주파수 개정이 이루어졌으며, 가장 중요한 사항은 상향회선 및 하향회선에 1~3 GHz의 대역이 새로 할당된 점이다. 현재 설계 및 개발단계에 있는 이동위성 통신시스템(전세계적인 음성 전화 서비스 제공)의 계획된 주파수 대역은 다음의 표 A-1과 같다.

A-2 피이더 링크용 주파수

비정지궤도 위성시스템의 피이더링크 관련 주파수 할당은 WARC-95에서 이루어져 Resolution

표 A-2. 이동위성통신 피이더 링크용 주파수

Table A-2. Frequencies for non-GSO/MSS feeder links.

주파수 대역	방 향	제안 시스템
5091 ~ 5250 MHz	Earth-to-space	Globalstar, ICO
5150 ~ 5216 MHz(*)	space-to-Earth	Elekon-STR
6700 ~ 7075 MHz	space-to-Earth	Globalstar, ICO, ECCO Ellipsat, Constellation
7025 ~ 7075 MHz(*)	Earth-to-space	Elekon-STR
15.4 ~ 15.7 GHz	space-to-Earth	
15.45 ~ 15.65 GHz	Earth-to-space	Ellipsat, Constellation 2nd generation-other systems
19.3 ~ 19.6 GHz	space-to-Earth	Iridium, TRW
29.1 ~ 29.4 GHz	Earth-to-space	Iridium, TRW

*이전회의 (WARC-'92)에서 할당된 대역

표 A-1. 이동위성통신 업무용 주파수

Table A-1. Frequencies for non-GSO/MSS service links.

시스템 명	사용자 링크 (MHz)	
	상향회선	하향회선
Iridium	1616 ~ 1626.5	1616 ~ 1626.5
Globalstar	1610 ~ 1626.5	2483.5 ~ 2500
ICO	1980 ~ 2010	2170 ~ 2200
Odyssey	1610 ~ 1626.5	2483.5 ~ 2500

114~121에 따라 사용되며, 그 내역은 표 A-2와 같다.

B 고정서비스 보호규정

Rec. ITU-R SF.358^[7]에 정지궤도 위성에 의한 지구표면에서 발생하는 PFD의 최대허용값이 주어지며 그 세부내용은 아래와 같다.

2.5~27.5 GHz 주파수 대역에서 주파수 공유를 행하는 고정위성서비스와 LOS(line-of-sight) 무선중계 시스템간에 있어서 한 위성으로부터 방사되는 최대 PDF는 변조방법 및 모든 조건에 관계없이 그림 B-1과 같이 제한되고 있으며, F_1 및 F_2 , F_1 과 F_2 사이의 기울기 값은 수평선 상에서 파의 도래각 θ 에 의해 표 B-1과 같이 주어진다.

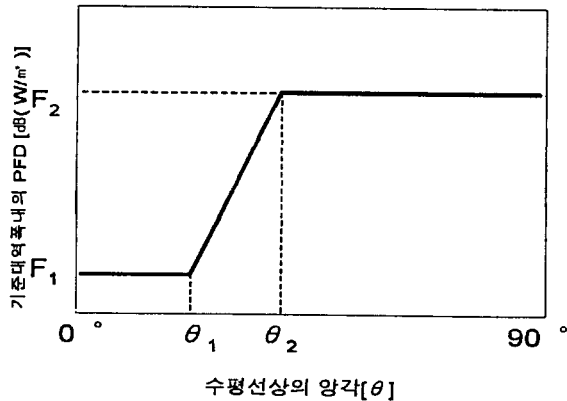


그림 B-1. 도래각에 따른 PFD.
Fig. B-1. PFD limits vs. angle of arrival.

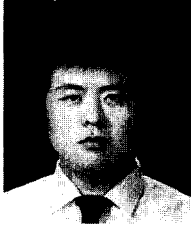
표 B-1. PFD의 제한값
Table B-1. Limits of PFD.

주파수 범위 (GHz)	PFD의 제한값 [dB(W/m²)]			기준 대역폭
	$\theta \leq 5^\circ$ (F ₁)	$5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ$ (F ₁ ~ F ₂)	$25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ (F ₂)	
1.7 ~ 2.5	-154	$-154 + 0.5 \cdot (\theta - 5)$	-144	4 kHz
2.50 ~ 2.69	-152	$-152 + 0.75 \cdot (\theta - 5)$	-137	
3 ~ 8	-152	$-152 + 0.5 \cdot (\theta - 5)$	-142	
8 ~ 11.7	-150	$-152 + 0.5 \cdot (\theta - 5)$	-140	
11.7 ~ 15.4	-148	$-148 + 0.5 \cdot (\theta - 5)$	-138	
15.4 ~ 27.5	-115	$-115 + 0.5 \cdot (\theta - 5)$	-105	

참고 문헌

- [1] 한국전파진흥협회, “무선통신기술과 초고속 정보통신,” 1996.
- [2] K. G. Johansen, “Mobile P-service satellite system comparison,” *Int. Journal of Sat. Comms.*, vol. 13, pp. 453-471, 1995.
- [3] Pahl and J. Parker, “A model for interference studies relating to multisatellite non-geostationary systems in the mobile satellite service,” *Int. Journal of Sat. Comms.*, vol. 12, pp. 107-123, 1994.
- [4] International Telecommunication Union : Radio Regulations, Geneva, 1996.
- [5] 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, MW 94-99*, pp. 87-93, 1994.
- [6] R. A. Nelson and W. L. Pritchard, “Interference between satellite systems in non-geostationary orbits,” *Int. Journal of Sat. Comms.*, vol. 12, pp. 95-105, 1994.
- [7] ITU-R Recommendations SF-Series, *Frequency Sharing between the Fixed - Satellite Service and the Fixed Service*, ITU, 1994.
- [8] ITU-R Recommendations F-Series, *Fixed Service Radio-Relay Systems*, ITU, 1994.
- [9] ITU-R Recommendations IS-Series, *Inter-Service Sharing and Compatibility*, ITU, 1994.

이 성 수



1983년 : 한국항공대학교 항공전자
공학과 (공학사)
1990년 : 한국항공대학교 항공전자
공학과 (공학석사)
1984년 ~ 현재 : 한국전자통신연구
원 선임연구원

[주 관심분야] 무선망설계엔지니어링, 스펙트럼관리 기술, 전
파전파특성

강 영 홍



1989년 : 한국항공대학교 통신공
학과 (공학사)
1986년 : 한국항공대학교 전자공
학과 (공학석사)
1993년 : 한국항공대학교 전자공
학과 (공학박사)

1990년 현재 : 군산대 정보통신공학과 부교수
[주 관심분야] 위성통신, 무선통신, 이동통신

이 형 수



1980년 : 경북대학교 전자공학과
(공학사)
1985년 : 연세대학교 전자계산학과
(공학석사)
1995년 : 성균관대학교 정보공학과
(공학박사)

1983년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
[주 관심분야] 전파전파특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망설계