

NGSO / MSS 서비스링크와 기존 고정서비스 마이크로웨이브 시스템간의 주파수 공유에 관한 연구

A Study on the Sharing between NGSO/MSS Service Link and Existing Fixed-Service Microwave System

이성수 · 조삼모 · 김혁제

Sung-Soo Lee · Sam-Mo Cho · Hyuck-Je Kim

요 약

본 논문에서는 기존의 고정서비스 마이크로웨이브 시스템에 이미 할당된 주파수대역내에 새로운 NGSO /MSS 시스템의 도입으로 인한 주파수공유 기준을 설정하기 위한 한 방법으로서, M/W 국이 NGSO/MSS 서비스링크상의 핸드셋에 미치는 간섭영향과 핸드셋이 M/W 국에 미치는 간섭영향을 동시에 분석하여, 각각 조정영역도 및 시스템용량으로 그 기준을 설정하였다.

그 결과로서 9 홉, 홉간거리가 50 km인 M/W 시스템이 NGSO/MSS 핸드셋에 미치는 간섭의 경우는 M/W 국 안테나의 보어사이트(또는 트렌드라인)의 전방과 후방을 제외하고, 핸드셋이 트렌드라인과의 수직거리가 4 km 이상이어야만 두 시스템간의 주파수공유가 가능하였다. 한편, NGSO/MSS 핸드셋이 M/W 국에 미치는 간섭의 경우는 핸드셋이 7.0×10^{-14} handsets /m² 이하의 아주 작은 용량하에서 두 시스템간의 주파수공유가 가능하였다.

Abstract

This paper examined the feasibility of adding a new NGSO/MSS(Non-Geostationary orbit /Mobile satellite service) service link to a frequency band which is already allocated to fixed-service microwave(M/W) system. To achieve this goal, the NGSO/MSS handset performance under the influence of the M/W multiple stations and the influence of handsets on the M/W station were both analyzed. Sharing criterions were also obtained by means of coordination contour in the former case, and handset capacity in the latter case.

As the results, it was proven that sharing was feasible only when the vertical distance between handset and trendline was above 4 km except front and back points of M/W antenna bore sight under influence of 9 hops(the distance between hops = 50 km) M/W system on the NGSO/MSS handset, and only when the capacity of handset was below 7.0×10^{-14} handsets /m² under influence of handsets on the M/W station.

한국전자통신연구원 전자과학연구소(Radio Science Section, ETRI)

· 논문 번호 : 971031-077

· 수정완료일자 : 1997년 12월 10일

I. 서 론

최근 개인 이동위성 통신서비스(MSS ; Mobile Satellite Service)를 제공하기 위한 위성 시스템 개발이 활발히 이루어지고 있고, 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 비정지 궤도(NGSO ; Non-Geostationary orbit)에 배치된 다수의 위성들을 이용하게 될 것이다^{[1],[2]}.

비정지궤도 이동위성 통신서비스(NGSO/MSS) 시스템은 비정지 궤도 위성군, 개인통신서비스에 의해 제공되는 고품질의 음성 및 데이터 서비스에 액세스하는 이동 핸드셋(mobile handsets), 위성망과 지상의 공중통신망과의 접속 및 추적·관제 등의 여러 부가적인 기능을 수행하는 관문국(gateway)으로 이루어진다. 또한, 이 시스템은 위성과 핸드셋간의 서비스 링크(service link)와 위성과 관문국간의 피이더 링크(feeder link)로 나누어지며, 각기 다른 주파수대가 할당되어져 있다. WARC-'92에서 서비스 링크의 업/다운(up/down) 링크에 1~3 GHz 대역이 새로 할당되었으며, WARC-'95에서는 피이더 링크용 주파수로서 5~7 GHz(C밴드), 15~19 GHz(Ku밴드), 29 GHz(Ka 밴드) 등이 할당되었다. 이러한 NGSO/MSS 시스템에 새로 할당된 대역은 기존의 다른 서비스들, 특히 고정서비스(fixed service) 마이크로웨이브(M/W; Microwave) 시스템과의 주파수 공유가 필연적이어서 발생할 수 있는 모든 경우에 대한 주파수공유(sharing)의 원리 및 기준개발이 시급하다.

한편, NGSO/MSS시스템이 기존 시스템과의 간섭문제에 대한 연구는 극히 미약하며 참고문헌 [2]~[5] 등이 최근에 이루어진 연구결과이다. 이들 연구는 주로 관문국이 기존 GSO(Geostationary orbit) 지구국이라든지 기존 지상 M/W시스

템에 미치는 간섭분석에 관한 것으로 이동 핸드셋이 기존 고정 서비스 M/W 시스템과의 간섭문제에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 새로운 NGSO/MSS시스템 도입으로 인한 기존 고정서비스와의 주파수공유 기준설정을 위해 이동 핸드셋과 고정 M/W국간의 간섭분석을 위한 수학적인 모델설정 및 이를 이용한 성능평가를 행하고, 조정영역도(coordination contour)와 핸드셋의 용량(capacity)에 의해 그 기준을 구한다. 본 연구에서 이루어진 성능평가 및 주파수공유 기준설정의 결과는 NGSO/MSS 시스템과 고정서비스 시스템과의 주파수공유를 분석하는데 중요 데이터로서 활용될 것이다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. II장에서 NGSO/MSS 시스템 및 고정서비스 M/W 시스템의 구성 및 시스템 모델에 대해 설명하고, III장에서는 본 연구에 이용된 전파손실에 대한 수학적 모델설정 및 이의 분석을 행한다. 또한, IV장에서 다중홉(multiple hops) M/W 시스템이 NGSO/MSS 핸드셋에 미치는 간섭영향과 이의 반대의 경우, 즉 핸드셋이 M/W 국에 미치는 간섭영향을 분석하기 위해 그 수학적 모델설정 및 각 시스템 성능을 평가하였다. 이를 토대로 V장에서 결론을 제시한다.

II. 시스템 모델

2-1 NGSO/ MSS시스템

NGSO/MSS시스템은 일련의 위성군, 핸드셋 및 관문국과 같은 지구국으로 이루어지며, 유저와 위성간의 서비스 링크 및 위성과 관문국간의 피이더 링크를 갖는다. 현재 Iridium, Globalstar 등 많은 시스템들이 제안되어 있으며 각 시스템들은 다음과 같은 면에서 각자의 특징을 갖고 있다. 700~1,500 km의 아주 낮은 고도의 LEO위성을 이용하는 경우와 10,000 km 정도의 비교적 높은 고도의 MEO위성을 이용하는 경우로 나눌 수 있다. 각 시스템은 각기 다른 형태의 위성 중계기, 즉 디지털

재생(digital regenerative), 트랜스페어런트 디지털(transparent digital), 또는 벤트파이프(bent-pipe) 등의 형태를 가지며, 각기 고유의 변조/다중 액세스(modulation/multiple access)시스템을 사용한다^[1].

각 NGSO위성은 다수의 핸드셋 및 적어도 하나의 관문국과 통신이 기대되며, 핸드셋과의 통신은 통상 다중 스폿빔(multiple spot beams)을 이용한다. 이것은 스폿빔간의 주파수 재사용을 허용하여 전체 시스템 용량을 증가시키기 위한 것이다. 또한, 피이더 링크는 단일 글로벌 빔(global beam) 또는 적어도 관문국을 추적하는 하나의 스폿빔을 이용한다.

핸드셋은 개인 통신 서비스에 의해 제공되는 고품질의 음성 및 데이터 서비스에 액세스하는 장비로서 이상적으로 세계적인 통화권을 목표로 한다. 핸드셋의 안테나는 전방향(omni-directional)이며, 전력은 전원 및 장비상태에 따라 약 0.5 W~1 W로 제한된다. 또한, 트래픽 집중 지역에서 필요로 하는 대역폭은 전형적으로 약 10~13 MHz 정도이다^[2].

관문국은 위성망과 지상의 전화 및 데이터망을 연결한다. 또한 관문국에 의해 여러가지 부가적인 기능, 가령 추적 및 관제, 트래픽 및 위성제어 운영이 이루어진다. 관문국의 안테나는 고이득의 안테나를 이용하며, 피이더 링크는 다중캐리어로 구성된 200 MHz 정도의 대역폭이 요구된다^[2].

NGSO/MSS시스템은 1~3 GHz(L밴드) 서비스 링크와 C, Ku, Ka 밴드의 피이더 링크로 구분되어 있어 1~3 GHz대를 운영하는 고정서비스 M/W 시스템과의 간섭 평가에는 핸드셋에 의한 간섭으로 국한되어 간섭문제가 비교적 간단해진다. 본 논문에서는 1~3 GHz대의 핸드셋에 의해 M/W 시스템에 미치는 간섭문제로 제한한다.

2.2 고정 M/W 시스템

고정 M/W 시스템은 지정된 트렌드라인(trendline)을 따르는 일련의 랜덤 홉(random hops)으

로 구성된다. 트렌드라인의 전형적인 거리 및 각은 CCIR Recommendations 556-1 및 문헌[8]에 나와 있다. 또한 홉의 수에는 제한이 없으나 CCIR 기준 디지털 경로(digital path)인 경우 9 홉으로 하고 있다^[2].

고정서비스 M/W 시스템의 안테나는 보통 높은 타워(tower) 꼭대기나 고층빌딩 옥상에 설치되어 있는데, 여기서는 100 m~1,000 m로 가정한다. 이 안테나는 날카로운(sharp) 방향성을 가지므로 그 방사패턴(radiation pattern)이 중요하며 간섭해석의 중요한 한 파라미터이다. 그 패턴은 CCIR 또는 FCC와 같은 국가 조정위원회의 최소 요구조건을 만족해야 한다. 예를 들어, FCC규정은 다음과 같이 사이드로브 포락선(sidelobe envelope) 특성을 규정하고 있다^[6].

$$G(\varphi) = \begin{cases} 32 - 25 \log \varphi \text{ dBi}, & \text{for } 1^\circ \leq \varphi \leq 48^\circ \\ -10 \text{ dBi} & \text{for } 48^\circ < \varphi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (1)$$

여기서, φ 는 안테나의 메인로브(main lobe) 축으로부터 이루는 각이다. 본 논문에서 M/W 시스템의 안테나는 식 (1)의 특성을 갖는다고 가정한다.

NGSO/MSS 이동 핸드셋(mobile handset)과 고정서비스 M/W 국에 관련된 파라미터들을 표 1에 정리하여 제시한다.

III. 전파손실

NGSO 위성과 이동 유저(mobile user)간의 서비스 링크에는 자유공간 손실만을 고려하면 충분하지만 이동 유저와 기존 고정 통신망과의 주파수 공유를 평가하기 위해서는 이전부터 마이크로 셀룰러(microcellular) 시스템에서 이론분석 및 측정이 행해져 온 도시/시외지역(urban/suburban)에 있어서의 전파특성이 중요하다. 즉, M/W 국이 NGSO/MSS 핸드셋에 주는 간섭이나 반대의 경

표 1. NGSO/MSS 이동 핸드셋과 M/W 국 관련 파라미터

Table 1. Parameters related in NGSO/MSS mobile handset and M/W station.

Parameters	NGSO/MSS Mobile Handset	M/W Station
Modulation	CDMA/QPSK	QPSK
Transmit power	0.5~1 W	5 W
Feeder loss	0 dB	3 dB
Antenna gain	0 dBi	Eq. (1)
Receiver noise figure		5 dB
Receiver bandwidth /carrier	4.8 KHz *	10 MHz
Spread bandwidth /carrier	2.5 KHz *	
Antenna height	1.5 m	100~1,000 m
Frequency	2 GHz	2 GHz

*는 Odyssey 시스템의 예[1]

위의 간섭은 전파손실 L_p 에 매우 민감하다. 이것은 위성통신환경에 친숙한 자유공간 손실 특성과는 전혀 다른 이동전파환경의 다중경로(mutipath) 특성 등에 의한 것이다.

이동환경 전파손실 모델로서 최근 2경로(two-ray) 모델을 고려한 전파손실의 상·하한(upper/lower bound) [6] 또는 도시/시외지역 표현식이 만들어졌다[7]. 이와같이 간섭의 평가도 두 환경, 즉 간섭경로상에 LOS(line-of-sight) 조건이 만족되어 간섭영향이 큰 시외지역과 LOS 조건이 만족되지 않아 간섭보다는 다중경로 페이딩(mutipath fading) 영향이 강한 도시지역으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 한 NGSO/MSS 위성의 서비스 셀(service cell) 반경이 600~1,700 km로 광범위한 커버리지(coverage)를 가지므로[1], 도시지역 및 시외지역 특성을 모두 고려해야 하지만, 간섭에 의한 주파수공유 문제에 초점을 맞춘다면 간섭영향이 비교적 큰 시외지역에서의 평가에 한정한다. 시외지역에서의 전파손실, L_p (dB)는 문헌 [7]로부터 다음과 같이 주어진다.

$$L_p = l_b + 3 + \begin{cases} 15 \log(r/R_b), & r \leq R_b \\ 35 \log(r/R_b), & r > R_b \end{cases} \quad (2)$$

여기서, r 은 고정 M/W 국과 이동 NGSO/MSS 핸드셋간의 거리이고, R_b 는 2 경로 모델에서의 절점(break point) 거리로서[6],[7], 다음과 같이 표현된다.

$$R_b = 4 \frac{h_f h_m}{\lambda} \quad (3)$$

여기서 h_f , h_m 은 고정 M/W국과 이동 NGSO/MSS 핸드셋의 안테나의 높이이고, λ 는 파장이다. 2 경로 모델의 절점 R_b 에서의 전파손실 l_b 는 다음과 같다.

$$l_b = 20 \log_{10} \left(\frac{2\pi R_b}{\lambda} \right) \quad (4)$$

식 (2)에 의해 수신된 전력 P_r 은 문헌[6]에서와 같이 다음의 형식으로 쓸 수 있다.

$$P_r = \begin{cases} K_1 r^{-1.5} P_t, & r \leq R_b \\ K_2 r^{-3.5} P_t, & r > R_b \end{cases} \quad (5)$$

표 2. M/W 국과 NGSO/MSS 핸드셋간의 전파 파라미터

Table 2. Parameters for the propagation between M/W station and NGSO/MSS handset.

h_f	R_b	l_b	K_1	K_2
100 m	4,000 m	104.5 dB	4.50×10^{-6}	72.98
1,000 m	40,000 m	124.5 dB	1.42×10^{-6}	2.28×10^3

여기서, P_t 는 송신전력을 나타내며 K_1 및 K_2 는 비례상수이다.

일례로서, M/W 국의 안테나의 높이, $h_f=100$ m, NGSO/MSS 핸드셋의 안테나 높이, $h_m=1.5$ m라 가정하고, NGSO/MSS 대역은 시스템마다 다르지만 1.6~2.5 GHz의 주파수대를 이용하므로, 주파수를 2 GHz(파장 $\lambda \approx 0.15$ m)로 하였을 때, 절점, $R_b \approx 4,000$ m이고, 이 절점에서의 전파손실, $l_b \approx 104.5$ dB이다. 표 2에 M/W 국과 핸드셋간의 주파수공유 평가에 관련된 파라미터로서 $h_f = 100$ m 및 1,000 m 일때, K_1 , K_2 , R_b 및 l_b 에 관한 값을 정리해 놓았다.

IV. 간섭 평가

4.1 NGSO/MSS 핸드셋의 성능

M/W 고정 서비스 링크는 고정 트렌드라인상의 여러개의 랜덤 홉으로 구성되며, 홉의 수에는 제한이 없지만, CCIR 기준 디지털 경로로서 9 홉이 권고되고 있다^[2]. 또한 홉간 거리는 고정링크의 전체 길이가 250 km, 50 홉일때 50 km로 하여 여러가지 성능기준을 설정하고 있지만^[9], 구체적인 제한 조건은 없으며, 나라마다 또 지형에 따라 홉간 거리는 다르게 설정될 것이다. 따라서 본 연구에서는 임의의 n 개의 홉과 홉간 거리 r_h 를 설정하여 M/W 국이 NGSO/MSS 핸드셋에 주는 간섭영향을 평가한다(그림 1참조). 계산을 간단히 하기 위해 각 M/W국 안테나의 보어 사이트(bore sight ; 주빔

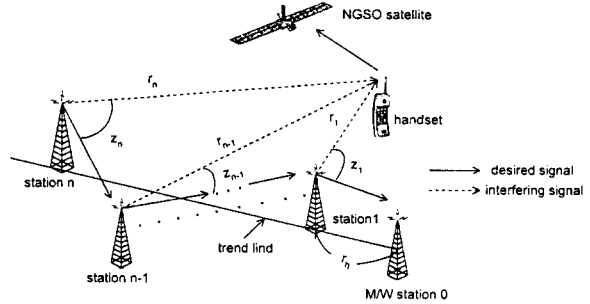


그림 1. M/W 국이 NGSO/MSS 이동 핸드셋에 간섭을 주는 경우

Fig. 1. The case of interfering from M/W stations into NGSO/MSS mobile handset.

의 방향)가 고정링크의 트렌드라인과 이루는 각을 0 deg로, 홉간 거리는 r_h 로 일정하다고 가정한다.

그림 1로부터 M/W station 1과 핸드셋간의 거리를 r_i , station 1 안테나의 보어사이트와 핸드셋이 이루는 각을 Z_i 이라 할 때, 임의의 station i 에서 핸드셋에 이르는 거리 f_i 및 각 Z_i 는

$$r_i = r_1 \cos Z_1 \left\{ \left(1 + \frac{(i-1)r_h}{r_1 \cos z_1} \right)^2 + \tan^2 z_1 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$Z_i = \tan^{-1} \left\{ \frac{\tan z_1}{1 + (i-1) \frac{r_h}{r_1 \cos z_1}} \right\} \quad (7)$$

이다.

식 (6)과 (7)은 station 1에서 핸드셋간의 거리 r_i 가 station 1과 임의의 홉간의 거리 $(i-1)r_h$ 보다 충분히 작다면,

$$r_i \approx (i-1)r_h \quad (8)$$

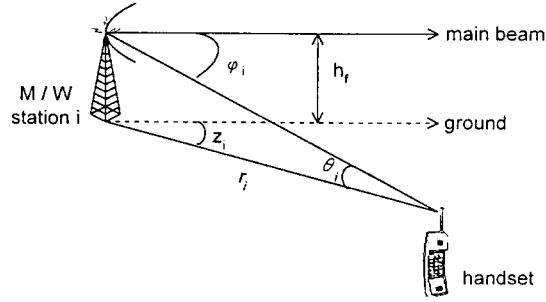


그림 2. 간섭계산 메카니즘

Fig. 2. The mechanism for calculating interference.

$$z_i \approx 0 \quad (9)$$

한편, 임의의 M/W station i로 부터 NGSO/MSS 핸드셋에 의해 수신되는 간섭전력의 계산은 그림 2로부터 다음과 같이 구할 수 있다. 그림 2에서 핸드셋이 M/W 국을 바라보는 양각(elevation angle) θ_i 는 M/W 안테나의 높이 h_f 가 핸드셋 안테나의 높이 h_m 보다 충분히 크다면, 즉 $h_f \gg h_m$ 이면,

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{h_f}{r_i} \right) \quad (10)$$

이고, 식 (7) 또는 식 (9)를 이용하여, 주빔(main beam)과 핸드셋이 이루는 각 ϕ_i 는 다음 식에 의해 구해진다.

$$\phi_i = \cos^{-1} \{ \cos \theta_i \cos (z_i - z_T) \} \quad (11)$$

여기서, Z_T 는 M/W 국이 트렌드라인과 이루는 각인데, 본 논문에서는 앞에서 가정한 바와 같이 $Z_T=0$ 으로 하였다.

NGSO/MSS 핸드셋에 의해 수신된 M/W 시스템의 간섭전력 P_f 는 식 (1), 식 (5) 및 식 (11)을 이용하여, 다음에 의해 구해진다.

$$P_f = \sum_{i=1}^n g(\phi_i) K_m \left(\sqrt{r_i^2 + h_f^2} \right)^{-m} P_i \quad (12)$$

여기서, $g(\phi_i) = 10^{\frac{G(\phi_i)}{10}}$, n 은 M/W 국의 수, 식 (5)의 조건에 의한 $K_m = K_1$ or K_2 및 $m=1.5$ 또는 3.5, P_i 는 각 M/W 국의 송신전력으로 본 논문에서는 $P_1 = P_2 \dots = P_n = P_f$ 로 가정하였다.

문헌[7]에서 고정서비스 시스템과 FPLMTS와의 주파수공유 조건으로 전체 간섭의 10%를 외부(external) 간섭원에 기인한다고 가정하여 FPLMTS 국을 위한 규정레벨로서 -119 dBm을 취하였다. 하지만 NGSO/MSS 핸드셋의 송신전력이 FPLMTS 국보다 약 25배 이상이므로 핸드셋의 보호규정 레벨도 -119 dBm 보다는 다소 높아지리라 예상된다. 따라서 본 논문에서는 M/W 시스템과 NGSO/MSS 핸드셋간의 주파수공유 조건으로서 핸드셋을 위한 기준레벨은 FPLMTS 보다 10 dB 마진을 두어 $P_{mu,max} = -109$ dBm으로 가정하였다.

NGSO/MSS 핸드셋에 의해 수신되는 비희망(unwanted) 신호전력, 즉 간섭전력 P_{mu} 는 $P_{mu,max}$ 를 초과해서는 안되며 문헌[7]에서와 같이 식 (12)에다 대역폭 및 피이더(feeder) 손실을 고려하면,

$$P_{mu} = P_f + 10 \log_{10} \{ (B_p / B_{SS}) \cdot \max(B_{SS} / B_f, 1) \} - L_f \quad (13)$$

이다. 여기서, B_f 는 M/W 시스템의 수신대역폭, L_f 는 M/W국 안테나의 피이더 손실이다.

그림 3에 식 (13)을 이용하여, M/W 시스템의 홉 수, n 및 홉간 거리, r_h 를 파라미터로 M/W국으로부터의 간섭신호전력을 기준레벨 $P_{mu,max}$ 와 비교하였다.

그림 3의 결과는 한 핸드셋이 M/W 시스템의 트렌드라인과 수직 (90 deg)을 이루면서 10 km의 거리에 있을 때, M/W 국들로부터 받은 간섭영향을 나타낸 것으로 홉간 거리가 어느 정도 멀리 떨어

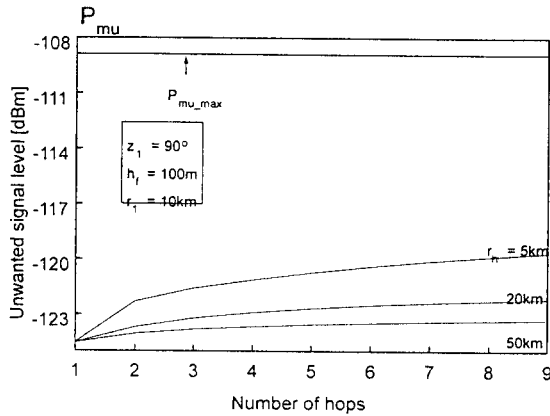


그림 3. M/W 홉 수, n과 홉간 거리, r_h 에 따른 간섭전력

Fig. 3. Unwanted signal level with the number of hops, n and the distance between hops, r_h .

져 있을 때는 홉수가 많아지더라도 간섭레벨은 그다지 증가하지 않지만 홉간거리가 짧아지면 홉의 수에 따라 간섭레벨이 증가한다. 예를 들어 홉간거리가 5 km 정도로 극단적으로 짧을 때, 홉 수가 9 이면 하나일 때보다 간섭레벨이 5 dBm 증가하여 최대허용 간섭레벨과의 마진은 10 dBm으로 낮아진다. 따라서 NGSO/MSS 핸드셋에 미치는 고정 서비스 M/W 국에 의한 간섭분석 및 두 시스템간의 주파수공유 평가에는 M/W 시스템의 홉의 수 및 홉간거리와 같은 파라미터에 절대적으로 의존한다는 것을 알 수 있다.

그림 4에 9홉, 홉간거리가 50 km 인 M/W 국의 안테나의 높이, h_t 와 핸드셋과 트렌드라인과의 수직 거리, r_1 에 따른 간섭영향을 나타내었다. 그림으로부터 알 수 있듯이 핸드셋이 M/W 트렌드라인과의 수직거리 20 km 이내에 위치하면, M/W 국으로부터 수신되는 간섭레벨이 급격하게 증가하며, M/W 국의 안테나가 높을수록 더 강한 간섭이 수신됨을 알 수 있다. 예로서, h_t 가 100 m에서 1,000 m로 높아지면 간섭 최대허용 레벨과의 차도 14 dBm에서 4 dBm으로 줄어든다. 따라서 NGSO

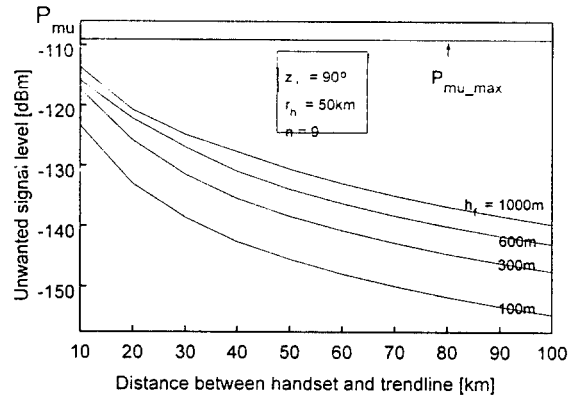


그림 4. M/W 국 안테나의 높이, h_t 와 핸드셋과 트렌드라인과의 거리, r_1 에 따른 간섭전력

Fig. 4. Unwanted signal level with the height of M/W station antenna, h_t and the distance between handset and trendline, r_1 .

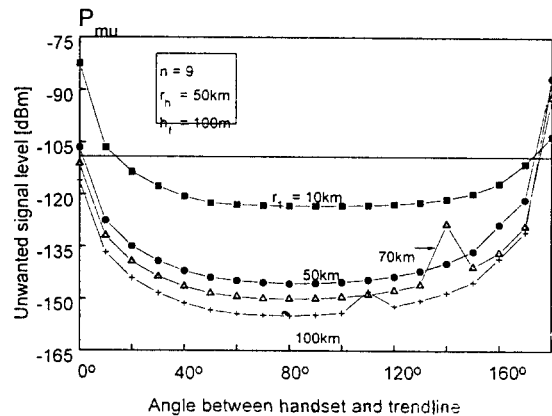


그림 5. 트렌드라인과 핸드셋간의 거리, r_1 및 양자간의 이루는 각, Z_1 에 따른 간섭

Fig. 5. Unwanted signal level with the distance, r_1 and the angle, Z_1 between trendline and handset.

/MSS 핸드셋은 M/W 국의 안테나가 높을수록 멀리 떨어진 지점에서 운영되어야 두 시스템간의 주파수공유가 가능함을 알 수 있다.

그림 5에 9홉, 홉간거리 50 km인 M/W 국의 안

테나의 높이를 100 m로 가정할 때, NGSO/MSS 핸드셋의 위치, 즉 M/W 트렌드라인과의 이루는 각, Z_1 및 수직거리, r_1 에 따른 M/W 국이 핸드셋에 미치는 간섭영향을 나타내었다. 그림으로부터 알 수 있듯이 NGSO/MSS 시스템과 지상고정 M/W 시스템간의 주파수공유를 이루기 위해서는 핸드셋이 트렌드라인과의 10 km 이상의 수직거리에서 M/W 안테나의 보어사이트 전방에서는 $\pm 18^\circ$ 이내, 후방에서는 $\pm 170^\circ$ 이내에 놓여서는 안된다. 또한, 핸드셋의 어떤 위치에서는 M/W 국들의 간섭의 합성이 크게 증가되는 경향을 보이는데, 예를 들면 $r_1=70$ km, $Z_1=140^\circ$, 또는 $r_1=100$ km, $Z_1=110^\circ$ 인 지점에서 간섭이 증대고 있다. 따라서 NGSO/MSS 핸드셋이 M/W 주변의 모든 위치에서 주파수공유 기준설정이 필요하므로 이를 위한 조정영역도(coordination contour)를 구하여 그림 6에 나타내었다.

그림 6으로부터 알 수 있듯이 9 홉, 홉간거리 50 km인 M/W 국의 안테나의 높이를 100 m라 가정할 때, NGSO/MSS 시스템과 M/W 시스템간의 주파수공유에 필요한 조정거리는 수직거리로 4 km 이상이 되어야 하며, M/W 안테나의 보어사이트의 전방이나 후방에서는 상당한 조정거리가 필요하다. 물론 후방에서는 최대 $9 \times 50 = 450$ km 이상이 될 것이며, 전방에서는 위의 예의 경우 60 km 이상

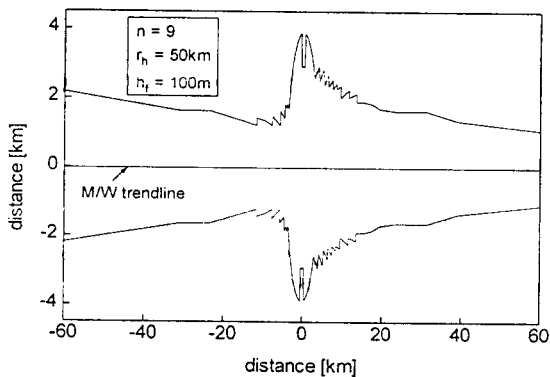


그림 6. 조정영역도의 한 본보기

Fig. 6. An example of the coordination contour.

으로 구해지고 있다.

4.2 M/W 시스템의 성능

문헌[6]에서의 PCN 포워드 링크(forward link)가 한 M/W 국에 미치는 간섭의 경우와 마찬가지로 NGSO/MSS 핸드셋으로부터 M/W 수신기에 의해 수신된 간섭전력은 여러가지 요인들, 즉 M/W 시스템 대역폭, 핸드셋의 분포밀도, 핸드셋의 송신전력 P_{ms} 에 따라 크게 좌우된다. 또한 M/W 전송에는 방향성 안테나가 사용되므로 안테나의 방사패턴이 간섭해석에 중요한 역할을 하며, 본 논문에서는 식 (1)의 안테나 패턴을 이용한다.

그림 7에서와 같이 한 NGSO/MSS 서비스 에리어(service area) 내에 핸드셋이 M/W 국 안테나의 전방향에 걸쳐 일정분포 ρ handsets/m²를 갖고, 모든 방향에서의 핸드셋 전력은 일정하다면, 한 M/W 국에 미치는 핸드셋의 간섭전력은 각 핸드셋의 간섭전력의 누적으로 구할 수 있다. 또한 본 논문에서는 II절의 전파손실에서 주어진 절점(break point), 즉 R_b 이상의 거리, r 에서 주파수공유 평가를 행한다고 가정하면 문헌[6]에서 주어

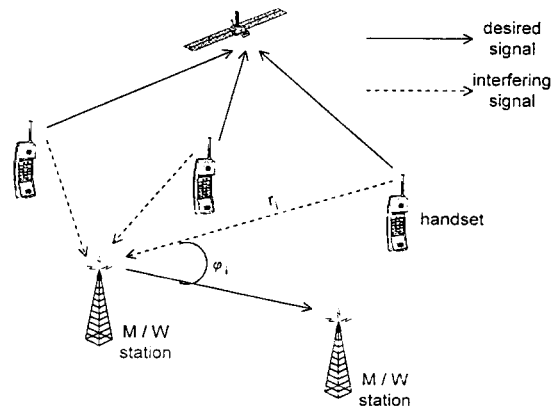


그림 7. NGSO/MSS 핸드셋이 M/W 시스템에 간섭을 주는 경우

Fig. 7. The case of interfering from NGSO/MSS handsets into M/W station.

진 표현식은 다음과 같이 간략하게 될 수 있다.

$$P_m = 2 \int_{\frac{\pi}{360}}^{\pi} g(\varphi_i) \int_{R_b}^{\infty} \frac{P_m}{2} \rho K_2(\sqrt{r^2+h_i^2})^{-n_2} r dr d\varphi_i$$

$$\cong P_m \rho K_2 \left\{ G \left(\frac{2\pi}{360} \right) \frac{2h_f^{-(n_2-2)}}{3(n_2-2)} \right.$$

$$\left. + \frac{11\pi h_f^{-(n_2-2)}}{150(n_2-2)} \right\} (r > R_b) \quad (14)$$

여기서 $g(\varphi_i) = 10^{\frac{G(\varphi_i)}{10}}$, $G = 32 \text{ dB} = 1585$ 이다. 또한, K_2 및 n_2 는 표 2에 주어진 전파손실 파라미터이고, 각 핸드셋의 전력은 P_m 으로 동일하다고 가정한다.

NGSO / MSS 시스템에 있어서 가능한한 M / W 시스템성능을 저하시키지 않으면서 최대의 핸드셋 용량(capacity)을 갖도록 하는 것이 중요하다. 이를 위해 M / W 시스템 보호를 위한 간섭허용레벨이 문헌[6],[7]에 주어져 있으며, 그 값은 핸드셋에 의한 간섭이 M / W 수신기의 출력 S / N(signal-to-noise ratio)을 1 dB 이상 저하시키지 않아야 하며, 등가적으로 배경잡음레벨(background noise level)보다 약 6 dB 이하여야 한다. 즉, 표 1

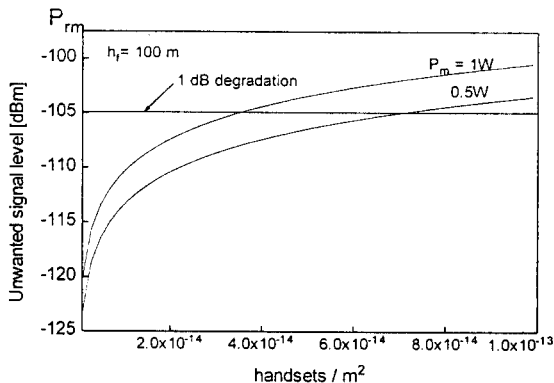


그림 8. 핸드셋의 분포에 따른 간섭전력

Fig. 8. Unwanted signal level with the distribution density of handsets.

과 같이 M / W 수신기의 잡음지수를 5 dB, 대역폭을 10 MHz라 가정하면, 문헌[6]으로부터 간섭허용레벨은 -105 dBm이다. 한편, NGSO / MSS 핸드셋에 의한 M / W 국에 미치는 간섭전력은 식 (14)로부터 핸드셋의 분포 ρ 에 따라 쉽게 얻어지며, 그 결과를 그림 8에 보인다.

그림 8로부터 알 수 있듯이 핸드셋의 분포 ρ 의 증가에 따라 M / W 국에 미치는 간섭전력은 지속적으로 증가하고 있으며, 간섭허용레벨 이하의 최대 허용 시스템용량(system capacity)은 0.52 W와 1 W의 핸드셋인 경우 각각 7.0×10^{-14} , 3.4×10^{-14} handsets / m²으로 아주 적은 용량을 보이고 있다. 이는 문헌[6]의 PCN의 수용용량 10^{-3} users / m²보다도 무려 10^{-11} 배 정도 적은 값인데, 그 차이는 NGSO / MSS 핸드셋의 전력이 0.5~1 W 정도로 PCN의 200 μ W에 비해 2,500~5,000배 크다는 점과 본 논문에서의 전파손실 모델은 간섭영향이 큰시외지역 모델인 것에 반해 문헌[6]의 PCN은 간섭이 아주 미약한 도시지역 모델을 사용하여 얻은 결과에서 온 것이라 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 NGSO / MSS 시스템의 도입으로 인한 기존에 이미 운용되고 있는 고정서비스 M / W 시스템의 대역내에 주파수공유 가능성에 대해 평가를 행하였다. 두 시스템간에 일어날 수 있는 간섭의 경우로서, M / W 시스템이 NGSO / MSS 핸드셋에 미치는 간섭의 경우와 이의 반대의 경우, NGSO 위성이 M / W 국에 미치는 간섭의 경우로 나누어, 각 경우에 있어서의 간섭분석 모델설정 및 관련 수식을 유도하여 각 시스템 성능을 평가하는 동시에 간섭 조정영역도 및 핸드셋의 시스템용량에 의해 주파수공유 기준을 평가하였다.

각 경우에 있어서 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. M / W 시스템이 NGSO / MSS 핸드셋에 미치는 간섭의 경우, 그 간섭전력은 주로 M / W

홉의 수 및 홉간거리에 의존한다. 두 시스템간의 주파수공유를 위해서는 핸드셋이 M/W 안테나의 보어사이트 전후방을 제외한 곳에서 트렌드라인과 수직거리가 4 km 이상이 되어야 한다. 물론 보어사이트의 전후방에서는 상당한 조정거리가 필요하다.

2. NGSO/MSS 핸드셋이 M/W 국에 미치는 간섭의 경우, 핸드셋의 분포밀도 ρ 및 핸드셋의 전력에 주로 의존한다. 그 예로서, 0.5 W 핸드셋인 경우 간섭허용레벨 이하의 최대 수용용량은 7.0×10^{-11} handsets/m²으로 PCN [6]보다 아주 작은 용량이 구해졌는데, 이는 핸드셋이 PCN 전력보다 상당히 큰 전력으로 운영되는 점에 기인한다.

결론적으로 PCN[6] 시스템과 마찬가지로 NGSO/MSS 핸드셋의 성능을 개선시키기 위해서는 M/W 협대역 신호를 저지할 수 있는 노취(notch) 필터를 이용하는 것이 효과적이다. 또한, 반대로 핸드셋으로부터의 간섭전력을 줄이기 위한 음성 액티비티(activity) 검출 등의 기술개발이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] K. G. Johannsen, "Mobile P-service satellite system comparison," *Int. Journal of Sat. Commun.*, vol. 13, pp.453-471, 1995.
- [2] J. Pahl and J. Parker, "A model for interference studies relating to multisatellite non-geostationary systems in the mobile satellite service," *Int. Journal of Sat. Commun.*, vol. 12, pp. 107-123, 1994.
- [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," *Tech. Rep. of IEICE*, SAT94-76, NW94-99, Dec. 1994.
- [4] M. C. James, "Interference considerations in frequency sharing between low earth orbit satellites and the geostationary fixed satellite and terrestrial service," *Int. Journal of Sat. Commun.*, vol.13, pp.171-176, 1995.
- [5] R. A. Nelson and W.L. Pritchard, "Interference between satellite systems in non-geostationary orbits," *Int. Journal of Sat. Commun.*, vol.12, pp.95-105,1994.
- [6] Y. R. Jsai and J.F.Chang, "Feasibility of adding a personal communications networks to an existing fixed-service microwave system," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-44, pp.76-83, Jan.1996.
- [7] P. Gardenier, M. Shafi, R. B. Vernall, and M. Milner, "Sharing issues between FPLMTS and fixed services," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 32, pp.74-78, June 1994.
- [8] "Model for comparison of interference to radio-relay systems from geostationary satellites," *The Bell Sys. Tech. Journal*, Jan. 1971.
- [9] ITU-R Recommendations F-series, *Fixed Service Radio-Relay Systems*, ITU, 1994.

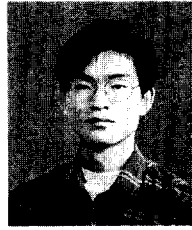
이 성 수



1983년 : 한국항공대학교 항공전자
공학과(공학사)
1990년 : 한국항공대학교 대학원 항
공전자공학과(공학석사)
1984년~현재 : 한국전자통신연구원
선임연구원

[주관심 분야] 무선망설계엔지니어링, 스택트럼관리 기술, 전
파전파 특성.

조 삼 모



1992년 : 경북대학교 전자공학과
(공학사)
1994년 : 경북대학교 대학원 전자
공학과(공학석사)
1994년~현재 : 한국전자통신연구
원 연구원

[주관심 분야] 전파전파 특성, 무선망 설계

김 혁 제



1993년 : 충남대학교 대학원 전자공
학과(공학사)
1995년 : 충남대학교 대학원 전자공
학과(공학석사)
1995년~현재 : 한국전자통신연구원
연구원

[주 관심분야] 전파전파 특성, 무선망 설계, 수동초고주파공
학