

고정위성업무와 마이크로파착륙장치 간의 주파수 공유 연구

A Study on Frequency Sharing of Fixed Satellite Service with Microwave Landing System

전병규*, 강지한*, 임상석*, 이재욱*, 오대섭**, 감혜미**

Byung-Kyu Jun*, Ji-Han Kang*, Sang-Seok Lim*, Jae-Wook Lee*,
Dae-Sub Oh** and Hye-Mi Gam**

요 약

본 논문에서는 C-대역에서 1차 업무로 할당되어 있는 마이크로파착륙장치 (MLS)와 고정위성업무 (FSS) 간 주파수 공유 가능성을 검토한다. ITU에서 국제표준으로 제시하고 있는 MLS와 FSS의 특성을 적용하고 국제민간항공기구 (ICAO)의 MLS 안전기준을 고려하여 간섭에 대한 3가지 시나리오를 구성하고 시뮬레이션을 통해 주파수 공유가능성을 분석한다. 시뮬레이션 결과로부터 공유를 위한 수신기 허용간섭기준 및 I/N (간섭대 잡음전력비) 보호기준을 사용하여 MLS 지상국과 고정위성업무 지구국의 이격거리를 산출한다.

Abstract

In this paper, we consider the frequency sharing feasibility of Fixed Satellite Service (FSS) with Microwave Landing System (MLS) allocated in the C-band. On the basis of characteristics of MLS and FSS suggested by ITU and safety standards of MLS by ICAO, three interference scenarios are built and numerical simulations are carried out for investigating the frequency sharing between the two systems. From the simulation results, we calculate the separation distance between MLS and FSS ground antennas, required for frequency sharing by employing standard protection limits regulating the interference to noise ratio (I/N) of the receiver.

Key words : Interference, Frequency Sharing, MLS, Aeronautical Mobile Service, Fixed Satellite Service

I. 서 론

다양한 무선기기와 시설이 사용됨에 따라 제한된 주파수의 분배와 보호는 더욱 중요해 지고 있다. 주파수 자원의 효율적인 분배와 관리를 위해 ITU (International Telecommunication Union)에서는 주파수 간섭을 최소화하기 위한 규칙과 권고안을 제정하고 있으며, 특히 동일대역 혹은 인접한 대역의 주파수를

사용하는 이중 시스템 간 주파수 공유를 위해 활발한 연구를 진행하고 있다. 하지만 국가적 이익과 직접적인 연관이 있는 주파수 자원은 그 제한성과 주파수별 특성으로 인해 효율적 분배와 관리가 매우 어려운 실정이다. 더욱이 주파수의 제한성은 동일 대역 혹은 인접대역에 서로 다른 통신기나 시스템을 이용하도록 권장하고 있다. 따라서 다양한 무선 서비스를 동시에 안정적으로 제공하기 위해서는 주파수 간섭

* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부(School of Avionics, Telecommunication and Computer Eng., Korea Aerospace University)

** 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 위성무선융합연구부(Electronics and Telecommunications Research Institute)

· 제1저자 (First Author) : 전병규

· 투고일자 : 2011년 1월 19일

· 심사(수정)일자 : 2011년 1월 19일 (수정일자 : 2011년 2월 17일)

· 게재일자 : 2011년 2월 28일

에 대한 면밀한 분석이 선행되어야 한다. 이에 ITU에서는 주파수 간섭을 피하기 위한 권고안을 제정하고 있으며, 특히 위성시스템 간 혹은 지상시스템과의 주파수 간섭에 대한 연구와 공유방안을 제시하고 있다 [1][2]. C-대역의 경우 MLS와 비정지궤도 이동위성업무[3], 무선항행위성업무[4], 그리고 텔레메트리용 항공이동업무[5] 간의 간섭연구 및 공유 방안은 연구되었으나 MLS는 이용도가 낮아서 고정위성업무에 대한 간섭영향의 연구는 수행된 바 없다. 하지만 최근 MLS가 속한 C-대역에 대한 주파수 공유 문제가 주요 현안으로 논의되고 있어 주파수 공유 간섭영향에 대한 연구가 시급한 상황이다.

본 논문은 C-대역에서 1차 업무로 할당되어 있는 마이크로파착륙장치 (MLS)와 고정위성업무 (Fixed Satellite Service) 간 주파수 공유 가능성을 검토하고, 공유가 가능한 경우에 대해서는 수신기 허용간섭 기준 및 I/N (간섭대 잡음전력비) 보호기준을 사용하여 마이크로파착륙장치 지상국과 고정위성업무 지구국의 이격거리를 산출한다.

II. 마이크로파착륙장치

마이크로파착륙장치(Microwave Landing System, MLS)는 정밀접근 및 착륙유도를 위한 시스템으로서 항공기의 위치정보와 추가적으로 다양한 지상 및 대기정보를 제공한다[6]. 위치정보는 MLS가 가지는 운용범위 안에서 제공되며, 기준점에 대한 방위각, 고도각, 거리정보를 이용하여 항공기의 위치 및 정밀한 착륙 경로를 결정하는데 사용된다.

표 1. 기본형 MLS와 확장형 MLS의 구성
Table 1. Configurations of basic and extended MLS

기본형 MLS	확장형 MLS
전방 방위각 장치	전방 방위각 장치
전방 고도각 장치	전방 고도각 장치
거리측정장치 (DME/N)	거리측정장치 (DME/P)
	후방 방위각 장치
	플래어 고도각 장치

MLS는 기본적으로 3개의 시스템으로 구성되며

각 시스템은 필요한 데이터의 인코딩과 안테나 등 전송을 위한 부속 시스템을 포함하고 있다. 계기착륙시설 (Instrument Landing System, ILS)보다 더욱 정밀한 접근 유도를 위해, MLS는 추가적인 정보를 제공하기

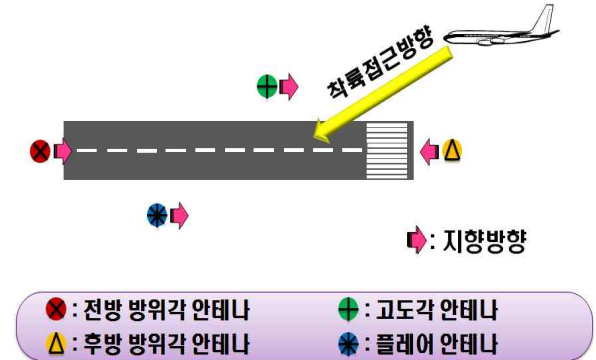


그림 1. MLS 안테나의 설치위치와 지향방향
Fig. 1. Location and bore-sight of MLS antennas.

위한 시스템을 포함할 수 있으며 2가지 시스템 구성은 표 1과 같다. 전방 방위각 장치와 전방 고도각 장치는 각각 항공기가 접근하는 방향에 대한 방위각과 고도각을 제공하기 위한 시스템이며, 후방 방위각 장치는 접근실패 (Missed Approach)시 재진입을 위한 항공기의 선회 방위각을 알려주기 위한 시스템이다. ‘플래어’는 착륙절차 중 활주로에 터치다운하기 직전 항공기의 기수를 올려주는 것을 말하며, 플래어 고도각 장치는 안전한 착륙을 위해 플래어를 시행해야 하는 지점을 고도 각도로써 알려주는 장치이다. 거리측정장치 (Distance Measurement Equipment)는 펄스신호를 사용하여 항공기와 DME 지상응답기 간의 직선거리를 제공해준다. 목록의 DME/N과 DME/P는 그 정밀성과 허용오차정도에서 차이가 있으며 N은 Normal 혹은 Narrow beam, P는 Precision의 머리글자이다. 각 시스템의 구체적인 설치거리 등은 공항마다 활주로 길이, 경사 및 공항등급에 따라 달라질 수 있다. 하지만 MLS의 모든 시스템은 활주로 인근에 설치되며 설치위치 및 안테나의 지향 방향은 그림 1과 같다.

MLS는 시간 기준 스캐닝 빔 (TRSB)을 적용하여 시스템의 운용범위 내에서 특정 시간을 기준으로 빔을 일정한 속도로 왕복 주사하여 항공기에 수신된 주로 (To-scan) 펄스와 복로 (Fro-scan) 펄스의 시간간격을 측정함으로써 방위 및 고도각을 계산한다. 그림 2는 MLS의 운용범위와 항공기의 접근특성을 개념적으로 나타내고 있다. MLS 착륙특성을 비교하기 위해

항공기의 착륙유도에 현재 가장 많이 사용되고 있는 ILS의 접근특성도 함께 나타내었다. 그림에서 확인

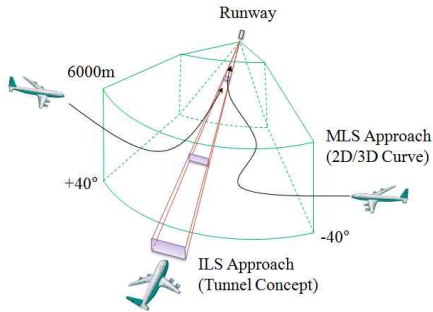


그림 2. MLS와 ILS의 운용범위 및 특성
Fig. 2. The coverage volume of MLS and ILS with tunnel-in-the-sky.

할 수 있듯이 ILS의 경우 활주로 중심에 대해 직선착륙만 가능하지만 MLS는 직선착륙은 물론 곡선적으로도 정밀접근 및 착륙을 할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 주거밀집지역, 장애물, 또는 군사제한구역 등 비행이 제한된 공역을 피해 접근을 수행할 수 있으며 분산접근으로 동시 운용 항공기 수를 증가시킬 수 있어 공항운용 효율을 증가시킬 수 있다.

III. 주파수간섭 시나리오 및 계산 알고리즘

활주로 인근에 설치된 MLS 지상 송신국과 항공기 수신국에 대해 발생 가능한 간섭 시나리오는 시스템 특성[6]을 고려할 때 그림 3과 같이 3가지 시나리오로 나타낼 수 있다. 각 시나리오의 간섭전력을 계산하기 위해 참고문헌 [7]의 알고리즘을 이용하고, 이 격거리 산출을 위한 경로손실은 자유공간손실 (Free Space Loss, FSL)만을 고려하는 경우 다음의 식(1)과 같이 주파수와 거리의 함수로 계산할 수 있다.

$$FSL = -147.55 + 20 \log(f) + 20 \log(R) \quad (dB) \quad (1)$$

이 식에서 f는 Hz 단위의 주파수이며 R은 m단위의 직선거리이다. 또한 간섭해석에 사용될 위성 상하향신호와 MLS의 채널은 동일한 중심주파수 및 대역폭을 가지며 편파특성이 같다고 가정한다. 다음에

는 각 시나리오에 대한 간섭을 고려한다.

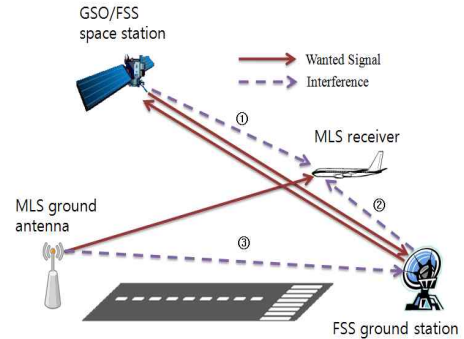


그림 3. MLS와 고정위성업무 간 주파수간섭 시나리오
Fig. 3. Interference scenarios between MLS and FSS.

3-1 위성에서 MLS 수신기로의 간섭

그림 3의 시나리오 ①과 같이 위성의 하향신호가 항공기에 탑재된 MLS 수신기에 미치는 간섭을 고려할 수 있다. 이 경우 간섭원인 위성 우주국의 안테나가 피간섭원인 MLS 수신국 안테나를 지향한다고 가정하고, 위성하향신호는 ITU에서 규정한 해당 주파수 대역의 최대 전력속밀도 (Power Flux-Density, PFD) 제한값을 적용함[8]으로써 식(2)를 사용하여 위성의 유효 등방성 방사전력 (Effective Isotropically Radiated Power, EIRP)을 계산할 수 있다.

$$EIRP_{max}^s = PFD + 4\pi R^2 \quad (dB) \quad (2)$$

또한, 식(3)을 통해 MLS 수신기에서의 간섭전력을 계산할 수 있다[7].

$$I = EIRP_{max}^s + G_r(\theta) - FSL \quad (dB) \quad (3)$$

이 식에서 Gr(θ)는 MLS 수신기의 안테나 이득으로서 송신 안테나는 수신 안테나를 지향하므로 수신 안테나 패턴만을 고려하여 계산할 수 있다[9]. 최종적으로 간섭 유무를 판단하기 위해서는 식(3)에서 산출한 I 값과 수신기 허용간섭기준을 비교하면 된다.

3-2 위성 지구국에서 MLS 수신기로의 간섭

고정위성업무의 지구국에서 송출하는 상향신호가 MLS 수신기로 간섭을 미치는 경우 (그림 3의 시나리오 ②), 최악조건으로서 지구국의 위성 양각의 가시선 (line-of-sight)상에 항공기가 존재하는 경우를 고려할 수 있다. 이 경우, FSL의 계산에 필요한 slant range R은 항공기의 고도 h를 위성 양각 α 의 sine값으로 나누면 얻어진다. 마지막으로, 식(2)에서 EIRP를 고정위성업무 지구국의 값으로 대입하고 위에서 산출한 R을 사용하여 FSL을 계산한 후 식(3)으로 간섭전력을 구할 수 있다. 시나리오 ①의 경우와 마찬가지로, 이 간섭전력과 수신기 허용간섭기준을 비교하여 간섭유무를 판단한다.

3-3 MLS 송신국에서 위성 지구국으로의 간섭

그림 3의 시나리오 ③은 MLS 송신국이 위성 지구국의 방위각 운용범위 내부에 배치되어 있고 송신기 안테나가 위성 지구국의 안테나를 향해 방사하고 있는 경우이며, 식(3)을 사용함으로써 간섭전력을 계산할 수 있다. 고정위성업무의 지구국이 위성을 향하는 양각을 α 라 하고, MLS 송신국과의 방위각을 β 라 하면 off-axis 각 θ 는 아래 식(4)와 같이 산출되며 이 각도에 따라 $G_r(\theta)$ 은 식(5)와 같이 계산된다.

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \alpha \cdot \cos \beta) \quad (4)$$

$$G_r(\theta) = \begin{cases} 51.78 - 2.5 \times 10^{-3}(160\theta) \quad (dBi), & \text{if } 0^\circ < \theta \leq 0.51^\circ \\ 35 \quad (dBi), & \\ \text{else if } 0.51^\circ < \theta \leq 0.75^\circ & \\ 32 - 25 \log \theta \quad (dBi), & \\ \text{else if } 0.75^\circ \leq \theta \leq 48^\circ & \\ -10 \quad (dBi), & \\ \text{else if } 48^\circ \leq \theta \leq 180^\circ & \end{cases} \quad (5)$$

이러한 지구국 안테나 패턴은 ITU 전파규칙[9]에서 제안하고 있으며, 여기서는 안테나의 직경 대 주

파수의 파장 비 (D/λ)가 100이 넘는 경우에 대해 적용하였다.

IV. 시뮬레이션 및 주파수 공유 방안 제시

4-1 위성에서 MLS 수신기로의 간섭 영향 해석

시뮬레이션에 사용한 MLS 및 위성 파라미터는 표 2 및 표 3에 각각 요약하였다[6][8][10][11]. 항공기의 고도는 정지위성궤도의 고도에 비하여 매우 작은 값이므로 무시하였으며 PFD 제한값은 $-148.26 \text{ dB (W/m}^2/150\text{kHz)}$ [8]를 사용하였다.

위의 시나리오 ①에 대해 시뮬레이션에서 얻은 결과는 MLS에 수신되는 간섭전력이 $-183.96 \text{ dBW}/150\text{kHz}$ 이므로 위성의 하향신호가 MLS 수신기에 미치는 간섭영향은 수신기가 감내할 수 있는 허용 간섭기준을 초과하지 않는다. 따라서 특별한 공유기준이 없더라도 위성하향신호와 MLS 수신기는 주파수를 공유할 수 있음을 알 수 있다.

MLS 수신기의 안테나가 항공기 동체에 부착되는 경우 안테나 패턴이 변할 수 있다. 위에서의 결과는 수신기 안테나가 이상적인 무지향 특성을 갖는 것으로 가정하였으나 수신기 안테나가 동체에 부착되는 경우 동체의 영향을 고려하면 MLS 수신 안테나의 이득이 약 5 dB 증가한다[12]. 하지만 이 경우에도 수신기에 대한 간섭영향은 허용기준보다 작기 때문에 위의 결과와 주파수 공유에 별다른 문제가 발생하지는 않는다.

표 2. MLS 파라미터
Table 2. The MLS parameters

파라미터	값
f (사용주파수)	5.150 GHz
Gt (송신 안테나 이득)	- primary AZ : 31.4 dB - back AZ : 25.5 dB - EL : 21.5 dB - flare : 29 dB
Pt (송신 전력)	10 dBW
I _M (MLS 수신기 허용간섭기준)	-160 dBW/150kHz
MLS수신기 안테나 패턴	Omni-directional
β (지향 대비 방위각)	0 ~ 180°

표 3. 고정 위성 파라미터

Table 3. The fixed satellite parameters

파라미터	값
f (사용주파수)	5.150 GHz
R (위성고도)	36000 km
α (위성양각)	40°
θ (off-axis 각)	식 (4)
$G_r(\theta)$ (지구국안테나 수신이득)	식 (5)
G_t (지구국안테나 송신이득)	32 dBi
P_{T_g} (지구국 송신전력)	30 dBW
I/N (지구국 간섭대 잡음비)	-12 dB [6]
N_0 (시스템잡음)	-98.09 dBW/150kHz
pdf_M (전력속밀도제한)	-148.26 dB(W/m ² /150kHz)

4-2 위성 지구국에서 MLS 수신기로의 간섭 영향 해석

시나리오 ②에 대한 시뮬레이션 결과에 의하면 위성 지구국과 항공기의 MLS 수신기가 1km 거리에 있을 때 수신기에는 -44.69 dBW/150kHz의 간섭이 발생한다. 이 값은 MLS 수신기 허용간섭기준인 -150dBW/150kHz를 크게 넘어서는 값이며 MLS 운용 범위의 최대고도인 6km에서도 -64.09 dBW/150kHz의 간섭전력이 수신된다. 따라서 시스템의 운용범위 내에서는 위성 지구국과 MLS 수신기의 주파수 공유가 불가능하다. 결국 위성양각 α 값에 따라 달라지는 위성 지구국과 위성의 가시선이 MLS 운용범위와 겹치지 않도록 지구국이 설치되어야 주파수 공유가 가능하기 때문에 이 요구를 만족하기 위해서는 MLS 운용범위 내에서의 항공기 최대고도 6km를 tangent 40°로 나눈 값인 7.15km의 추가 격리가 필요함을 알 수 있다.

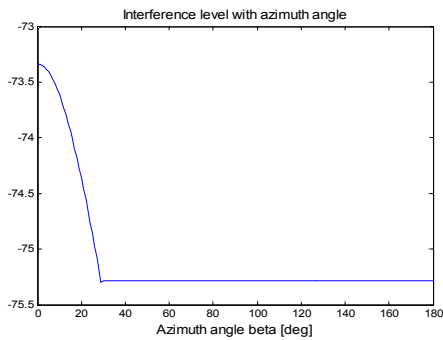


그림 4. 방위각에 따른 주파수 간섭전력
Fig. 4. Interference level vs. azimuth angle

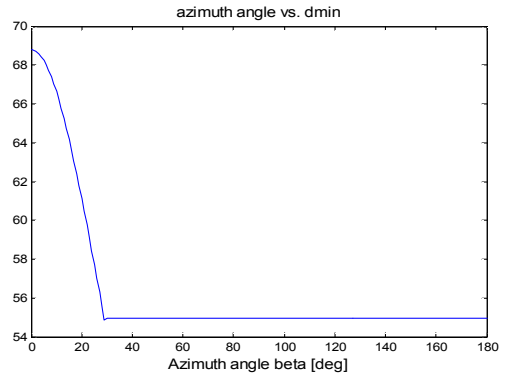


그림 5. 방위각에 따른 MLS와 FSS 최소이격거리
Fig. 5. Minimum separation distance vs. azimuth angle

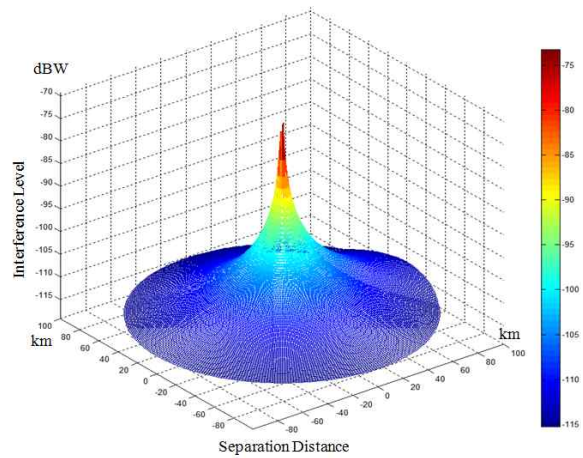


그림 6. 방위각 및 이격거리에 따른 MLS 지상국의 간섭전력

Fig. 6. Interference level of MLS ground station vs. azimuth angle and separation distance

4-3 MLS 송신국에서 위성 지구국으로의 간섭 영향 해석

시나리오 ③에 대하여 표 2의 파라미터에서 MLS 시스템들은 모두 10 dBW의 동일 전력을 방사하며 결국 안테나 이득이 큰 시스템이 가장 높은 EIRP값을 가진다. 이는 그 하부 시스템이 고정위성업무와 주파수 공유가 가능해야만 전체 시스템의 주파수 공유가 가능하다는 의미이다. 따라서 여기서는 MLS 송신국의 하부 시스템 중 가장 넓은 운용범위를 가지는 전방 방위각 안테나의 경우를 대표적으로 평가하였다.

먼저 간섭원과 피간섭원의 거리가 1km일 경우에 방위각에 따른 간섭전력을 계산하면 그림 4와 같다.

한편, 고정위성업무 지구국의 간섭대 잡음비로부터 얻어지는 허용간섭기준 값은 두 안테나가 서로 지향하는 경우 -110.09 dBW/150kHz 이다. 추가적으로 모든 방위각에 대해 지구국에 수신되는 간섭전력이 허용기준보다 더 큰 값을 나타냄으로 공유를 위해서는 충분한 이격거리가 확보되어야 함을 의미한다.

그림 5는 식(1)과 식(3)을 사용하여 계산한 결과이며 허용간섭기준을 넘지 않기 위해 요구되는 방위각에 따른 최소이격거리를 보여준다. 이 결과를 보면 MLS 송신국의 안테나가 고정위성업무 지구국을 향하는 경우 최소한 68.79km의 이격거리가 확보되어야 모든 방위각에 대해 주파수 간섭이 일어나지 않음을 알 수 있다. 한편, 그림 6은 방위각 및 이격거리에 따른 MLS 송신국의 간섭전력을 입체적으로 나타내었으며 주파수 간섭이 일어나지 않기 위한 이격거리 및 방위각 정보를 좀 더 가시적으로 보여준다.

V. 결 론

본 논문은 C-대역의 주파수 공유 가능성을 분석하기 위해 고정위성업무와 항공업무 MLS의 간섭여부를 분석하였다. MLS 시스템의 특성을 고려하여 구성된 세 가지 시나리오에 적합한 간섭해석 알고리즘을 제시하였다. 이를 통해 주파수 공유의 가능성을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

ITU에서 제시하는 파라미터와 국제표준 MLS 시스템의 파라미터를 사용하였을 때 위성이 간섭원으로 동작하는 경우 MLS에는 간섭영향이 없다는 것을 확인하였다. 대조적으로 고정위성업무의 지구국은 MLS 수신기에 간섭을 일으키는 것을 확인하였다. 이 경우 간섭을 피하여 주파수를 공유하기 위해서는 위성각이 40° 일 때, FSS 지구국은 MLS 최대운용범위를 감안할 때 최소한 44.19km의 이격거리가 확보되어야 한다는 결과를 얻었다. 끝으로 MLS 지상국의 송신신호가 FSS 지구국에 간섭을 일으킴을 확인하였으며 주파수 공유를 위해서는 MLS 지상국과 FSS 지구국 간 최소 68.79km의 이격거리를 확보해야 한다는 결론을 얻었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [2008-F-013-03 스펙트럼공학 및 밀리미터파대 전파자원 이용기술 개발]

참 고 문 헌

- [1] General principles and methods for sharing between radiocommunication services or between stations, *ITU-R SM. 1132-2, ITU*, July 2001
- [2] <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>
- [3] "Method for determining coordination distances, in the 5GHz band, providing feeder up-link services", *Rec. ITU-R S.1342, ITU*, Apr. 1997
- [4] "Method for determining coordination distances, in the 5 GHz band, Earth-to-space)", *Rec. ITU-R M.1582, ITU*, July 2002
- [5] "Method for determining the necessary geographical separation distances, in the 5 GHz band", *Rec. ITU-R M.1829, ITU*, Oct. 2007
- [6] International Standards and Recommended Practices Annex 10, Volume I Radio Navigation Aids, *ICAO*, July 1996 (Amendment 74, 2001)
- [7] "Frequency and distance separations", *Rec. ITU-R SM.337-6, ITU*, Oct. 2008
- [8] Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation, Doc 9718-AN/975 5th Edition, *ICAO*, 2010
- [9] Radio Regulations, *ITU*, 1998
- [10] 전파통신 업무별 보호비, *한국정보통신기술협회* Dec 2010
- [11] R.M. Cox, and J.R. Sebring, "MLS-A Practical Application of Microwave Technology," *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. *MTT-24*, no. 12, pp. 964-971, Dec. 1976
- [12] C.A. Penwell, "Prediction of VHF Radiation Patterns on Gulfstream Aircraft," *IEEE/ACES International Conference*, 2005

전 병 규 (田秉圭)



2009년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(공학사)
2011년 1월 : 한국항공대학교
항공전자공학과 석사과정
관심분야 : 항공전자, 소프트웨어
인증, CNS/ATM, SVS, TCAS,
TAWS 등

강 지 한 (姜志韓)



2009년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(공학사)
2011년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과 석사(공학 석사)
관심분야 : 위성 배열 안테나,
EMI/EMC 대책기술

임 상 석 (林尙石)



1976년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(공학사)
1984년 9월 : Ottawa Univ. 전자 및
컴퓨터 공학과(공학석사)
1990년 3월 : Ottawa Univ. 전자 및
컴퓨터 공학과(공학박사)
1976년~1982년 : 국방과학연구소 연구원
1990년 ~ 1992년 : Canada Royal Military College, R.A.
1992년 ~ 1995년 : DREO Canada, Research Scientist
1995년 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신
공학부 교수
관심분야: 항공전자, CNS/ATM, SVS, UAV, 필터설계

이 재 욱 (李宰旭)



1992년2월 : 한양대학교
전자공학과졸업(공학사)
1994년2월 : 한국과학기술원
전기및전자공학과(공학석사)
1998년2월 : 한국과학기술원
전기및전자공학과(공학박사)
1998년3월~2004년2월 : 한국전자
통신연구원 디지털방송연구단 전파기반연구그룹
2004년 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신
공학부 교수
관심분야: 마이크로파 및 밀리미터파 능,수동소자 해석 및
설계, EMI/EMC 대책기술, 고출력 증폭기 및 고출력
안테나 설계, 위성 배열 안테나

오 대 섭 (吳大燮)



1996년 2월: 경북대학교 전자공학과
(공학사)
1998년 2월: 경북대학교 전자공학과
(공학석사)
2000년 7월: LG정보통신 주임연구원
2000년 7월~현재: 한국전자통신
연구원 선임연구원
관심분야 : 위성통신, 전파통신, 디지털통신공학

감 혜 미 (甘惠美)



2005년 2월 : 한국항공대학교
전자공학과(공학사)
2007년 2월 : 한국항공대학교
전자공학과(공학석사)
2008년 7월~현재 : 한국전자통신
연구원 연구원
관심분야 : 위성통신, 무선통신