

우주국·지구국 기술기준 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

우주국·지구국 기술기준 연구



국립전파연구원
National Radio Research Agency

제 출 문

본 보고서를 「우주국·지구국 기술기준 연구」과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2020 12. 31.

연구책임자 : 이 경 희(국제협력팀 위성자원담당)

연구원 : 홍 준 빈(국제협력팀 위성자원담당)

박 배 환(국제협력팀 위성자원담당)

Contents

제1장 서론	11
제2장 SpaceX 위성 기술 동향 및 간섭분석	15
제1절 SpaceX 위성 기술 동향	15
제2절 간섭분석	28
제3장 우주 파편 완화	39
제1절 배경	39
제2절 파편 완화를 위한 미국의 우주국 신청 규정	39
제4장 우주국·지구국의 무선설비 기술기준 개정 검토	45
제1절 주요 내용	45
제5장 결론	53
참고문헌	54

표 목차

[표 1]	Ku 대역 사용자/관문국 하향회선 (550 km 고도) 송신에 의해 생성되는 지표면에서의 PFD	18
[표 2]	Ka 대역 사용자/관문국 하향회선 (550 km 고도) 송신에 의해 생성되는 지표면에서의 PFD	18
[표 3]	지표면 도달 가능성이 있는 세 가지 부품	27
[표 4]	SpaceX 사용 주파수 대역	28
[표 5]	IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ku 대역)의 하향회선 파라미터	31
[표 6]	IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ku 대역)의 상향회선 파라미터	31
[표 7]	IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ka 대역)의 하향회선 파라미터	32
[표 8]	IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ka 대역)의 상향회선 파라미터	32
[표 9]	Ka, Ku 대역 주파수 분배표	33
[표 10]	무선설비 기술기준 제6조 일부 개정(안)	45
[표 11]	주파수 대역별 불요발사전력 허용치	48

그림 목차

[그림 1]	Ku 대역 빔의 가변 서비스 범위 (550km 고도)	15
[그림 2]	빔 가변 각도별 EIRP 밀도 변화	16
[그림 3]	지향각에 따른 EIRP 밀도 변화	17
[그림 4]	10.7~11.7GHz 대역에서 하향 PFD 제한 값의 만족	20
[그림 5]	12.2~12.7 GHz 대역에서 하향 PFD 제한 값의 만족	20
[그림 6]	17.7~19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 초기 관문국의	22
[그림 7]	17.7~19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 최종 관문국의 하향 PFD 제한 값 만족	22
[그림 8]	17.7~19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 초기 관제 운용의 하향 PFD 제한 값 만족	23
[그림 9]	17.7~19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 최종 관제 운용의 하향 PFD 제한 값 만족	23
[그림 10]	다양한 고도에서의 폐기 시간	25
[그림 11]	경사각 53도에서 고도 별 소멸되는 부품 수	27

The background is a white space filled with numerous thin-line, isometric-style icons of electronic devices and communication symbols. These include multiple laptops, smartphones, keyboards, mice, USB drives, speakers, headphones, a cloud, a Wi-Fi signal, a person icon, a speech bubble, a location pin, a play button, a star, a coin, a folder, a server rack, a document, a magnifying glass, a camera, a microphone, a game controller, a remote control, a lightbulb, a gear, a puzzle piece, a heart, a star, a circle, a square, a triangle, a diamond, a hexagon, an octagon, a circle with a dot, a square with a dot, a triangle with a dot, a diamond with a dot, a hexagon with a dot, an octagon with a dot, a circle with a cross, a square with a cross, a triangle with a cross, a diamond with a cross, a hexagon with a cross, an octagon with a cross, a circle with a star, a square with a star, a triangle with a star, a diamond with a star, a hexagon with a star, an octagon with a star, a circle with a heart, a square with a heart, a triangle with a heart, a diamond with a heart, a hexagon with a heart, an octagon with a heart, a circle with a smiley face, a square with a smiley face, a triangle with a smiley face, a diamond with a smiley face, a hexagon with a smiley face, an octagon with a smiley face, a circle with a sad face, a square with a sad face, a triangle with a sad face, a diamond with a sad face, a hexagon with a sad face, an octagon with a sad face, a circle with a neutral face, a square with a neutral face, a triangle with a neutral face, a diamond with a neutral face, a hexagon with a neutral face, an octagon with a neutral face, a circle with a surprised face, a square with a surprised face, a triangle with a surprised face, a diamond with a surprised face, a hexagon with a surprised face, an octagon with a surprised face, a circle with a angry face, a square with a angry face, a triangle with a angry face, a diamond with a angry face, a hexagon with a angry face, an octagon with a angry face, a circle with a happy face, a square with a happy face, a triangle with a happy face, a diamond with a happy face, a hexagon with a happy face, an octagon with a happy face, a circle with a sad face, a square with a sad face, a triangle with a sad face, a diamond with a sad face, a hexagon with a sad face, an octagon with a sad face, a circle with a neutral face, a square with a neutral face, a triangle with a neutral face, a diamond with a neutral face, a hexagon with a neutral face, an octagon with a neutral face, a circle with a surprised face, a square with a surprised face, a triangle with a surprised face, a diamond with a surprised face, a hexagon with a surprised face, an octagon with a surprised face, a circle with a angry face, a square with a angry face, a triangle with a angry face, a diamond with a angry face, a hexagon with a angry face, an octagon with a angry face, a circle with a happy face, a square with a happy face, a triangle with a happy face, a diamond with a happy face, a hexagon with a happy face, an octagon with a happy face.

제1장

서론



제 1장 서론

최근, Space Exploration Technologies Corp.의 자회사인 Space Exploration Holdings, LLC (통칭하여, “SpaceX”)가 통신 위성을 발사하여 전세계에 초고속 인터넷을 보급할 계획이며, 이를 위해, 20년대 중반까지 1만2천여개의 위성을 발사 할 계획이다. SpaceX 뿐만 아니라 아마존, 원웹 등 글로벌 위성 사업자들은 수많은 위성을 발사 예정이며, 우주에는 수많은 위성들이 운용될 것이다.

위성 운용 증가와 새로운 위성기술이 개발됨에 따라 새로운 우주시대의 우주환경은 계속해서 변화하고 진화하고 있다. ITU 및 미국에서는 SpaceX 등과 같은 저궤도 상업 위성의 증가와 운용 휴지에 따른 충돌 및 우주 파편에 대해서 많은 논의가 진행되고 왔다. 미국에서는 우주 환경의 파편의 증가를 완화하기 위하여 제도를 개정하였다.

세계적인 저궤도 위성 활성화에 대비하여 우리나라 주파수 자원 등에 미치는 영향 등을 조사하기 위하여 미국의 우주파편 완화 제도와 SpaceX의 위성 기술 동향 등을 조사하였고, 이를 바탕으로 향후 우리나라 제도 등의 정비에 참고하고자 한다. 추가적으로 현재 우리나라 위성 관련 기술기준에 대한 기본적인 내용을 정비했으며, 이를 바탕으로 향후 제도 개선 방향을 잡아 나갈 것이다.

제2장

SpaceX 위성 기술 동향 및 간섭분석





제2장 SpaceX 위성 기술 동향 및 간접분석

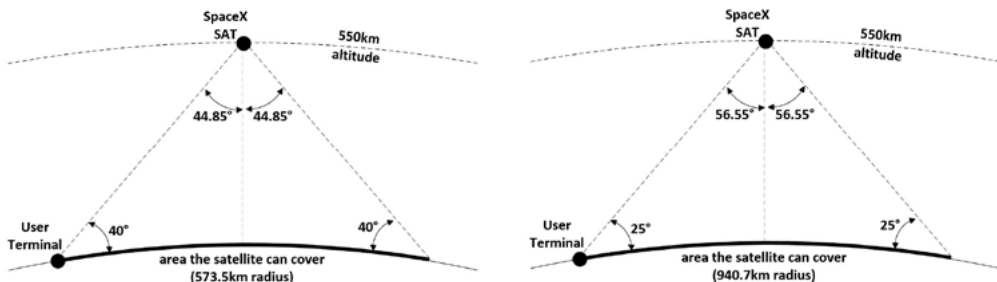
제1절 SpaceX 위성 기술 동향

SpaceX는 Ku 및 Ka 대역을 이용하는 4,425개의 비정지궤도 위성군을 구축하고 있다. 최근에 위성 및 업무의 배치를 가속화하기 위해 위성군 설계를 변경하였다. 또한, 1,150km에서 운용하도록 승인되었던 1,600 개 위성의 원래 부분 위성군을 재배치하여 550km에서 운용하는 1,584 개 위성으로 구성된 더 낮은 고도의 부분 위성군을 만들 계획이다.

1. 대역별 빔 특성

1.1 Ku 대역 빔

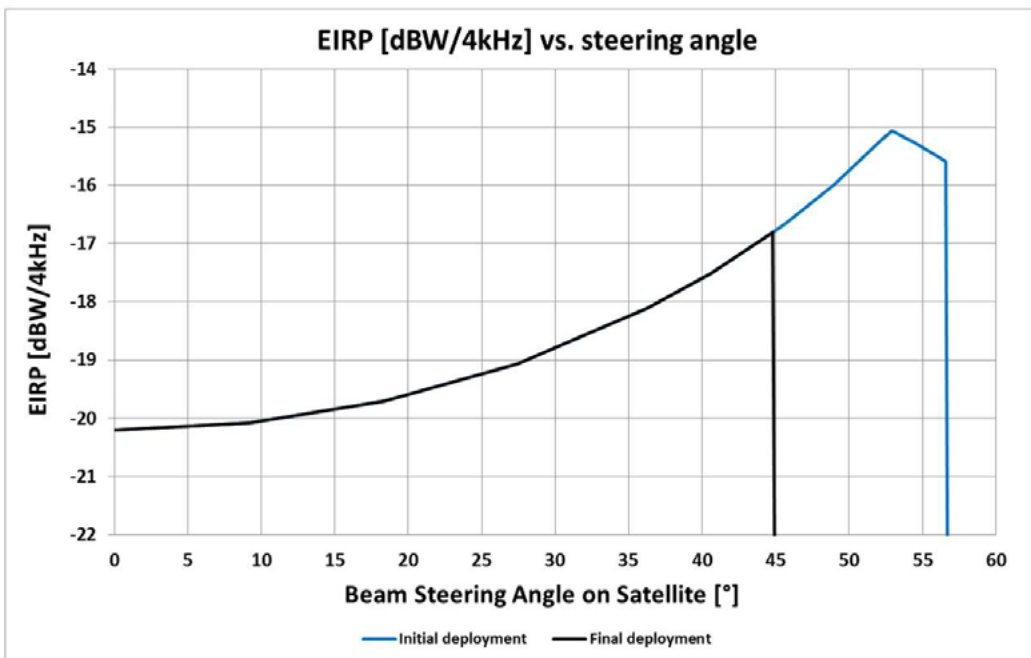
SpaceX 위성의 모든 Ku 대역 하향회선은 지구 전체 가시영역에서 독립적으로 가변한다. 그러나 사용자 단말 및 초기 배치 단계의 관문국은 최소 양각 이상의 위성군과만 통신한다. 위성군 배치의 초기 단계 때, 이 각도는 25도까지 낮아질 수 있지만 위성이 더 배치되면 40도로 되돌아간다. 결과적으로 아래의 그림 1에서 볼 수 있듯이 수정되는 부분 위성군에서 550km의 고도에서 운용하는 각 위성은 서비스 시작 시 빔중심(직하점)에서 최대 56.55도 떨어진 곳까지만 서비스를 제공하고 완전히 배치되면 최대 44.85도까지 서비스를 제공한다. 이 위성들은 약 $\pm 57^\circ$ 위도까지 서비스를 제공할 수 있다. 이 범위를 벗어난 서비스 지점에 대한 커버리지는 SpaceX의 극궤도에 포함된 위성들이 제공한다.



[그림 1] Ku 대역 빔의 가변 서비스 범위 (550km 고도)

위상 배열을 이용하는 안테나 빔의 범위는 빔 중심에서 멀어짐에 따라 점진적으로 넓어진다. 결과적으로 빔 중심에서 위상 배열 안테나 빔의 모양은 원형이지만 빔 중심에서 멀어지면 점점 타원형이 된다. 아래의 그림 2에 예시된 것처럼 송신 빔이 가변할 때 전력은 지표면에서 일정한 전력속밀도(PFD)¹⁾를 유지하고 안테나 이득 및 가변한 각도와 관련된 경로 손실의 변화값을 보상하기 위해 조정된다.

초기 배치에서 가장 높은 등가등방성복사전력(EIRP)²⁾밀도는 -15.75 dBW/4kHz 이며, 약 53도의 각도(지구국에서 양각 약 30도에 해당)에서 발생한다. 최종 배치의 경우, 가장 높은 EIRP 밀도는 -16.82 dBW/4kHz 이며 약 45도의 각도(지구국에서 양각 약 40도에 해당)에서 발생한다. 수신빔의 경우, 빔이 직하점으로 부터 멀어짐에 따라 안테나 이득이 약간 감소한다. 결과적으로 최대 $G/T^3)$ (8.4 dB/K)는 직하점에서 발생하는 한편, 최소 G/T 는 최대 경사 (초기 배치의 경우 4.9 dB/K , 최종 배치의 경우 6.4 dB/K) 에서 발생한다.



[그림 2] 빔 가변 각도별 EIRP 밀도 변화

1) 전력속밀도(PFD) : Power Flux Density

2) 등가등방성복사전력(EIRP) : Equivalent Isotropically Radiated Power

3) G/T : 간섭 잡음 대비 안테나 이득

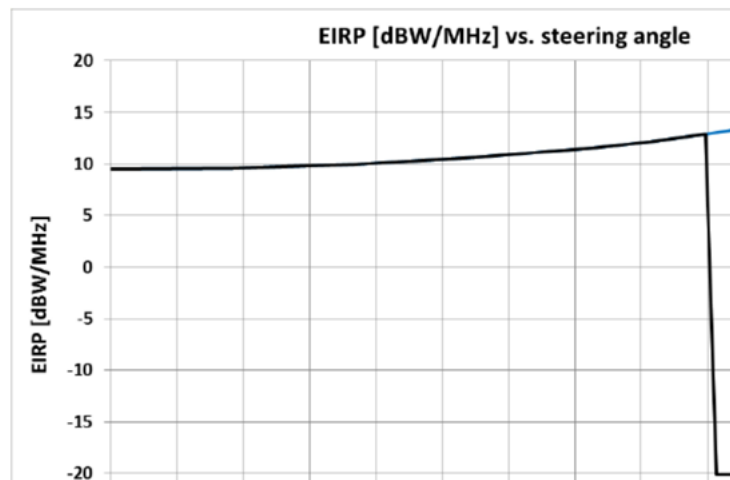


1.2 Ka 대역 관문국 빔

위에 명시된 빔과 같이, SpaceX 위성에 탑재된 Ka 대역 관문국 하향링크는 독립적으로 지구 가시 영역 전체에 대해 지향 가능하다. 여기에서도 관문국은 최소 양각 이상에 위치하는 위성과만 통신한다. SpaceX가 서비스를 개시할 때, 이 양각은 25도 만큼 낮을 수도 있지만 위성군이 모두 구축되면 40도에 이를 때까지 높아질 것이다. 각 위성은 동일 주파수(우선회 원형편파 및 좌선회 원형편파)를 갖는 두 개의 빔을 송신한다. 최대 4개 위성이 관문국으로 동일 주파수를 갖는 최대 8개 빔의 송신이 가능하다.

Ku 대역 빔과 같이, 관문국 빔의 형태는 중심점으로부터 멀어지게 되면 타원형이 된다. 위성은 지구표면에서 일정한 PFD 값을 유지하기 위해 출력(양 편파에서)을 조절한다. 그림 3에 나타난 것처럼 초기 구축 단계에서 최고 EIRP 밀도는 15.7 dBW/MHz 이고, 약 57도 지향각(지구국에 대해 25도 양각에 해당)에서 발생한다.

최종 구축 단계에서 최고 EIRP 밀도는 12.88 dBW/MHz 이고 약 45도 지향각(지구국에 대해 40도 양각에 해당)에서 발생한다.



[그림 3] 지향각에 따른 EIRP 밀도 변화

수신 빔의 경우 안테나 이득은 빔 중심점으로부터 멀어질수록 조금씩 낮아진다. 결과적으로 최대 G/T (13.7 dB/K) 는 빔 중심점에서 발생하고 최소 G/T (11.1 dB/K) 는 지향각 약 57도에서 발생한다.

2. PFD 제한 값 특성

SpaceX는 매우 낮은 고도인 550 km에서 부분 위성군들을 운용할 것이다. 낮은 궤도에서 운용하는 것을 고려하여, SpaceX 는 지구 표면에서의 PFD 값을 낮추기 위해 매우 감소된 EIRP로 운용할 계획이다. 아래 표 1 및 표 2 에서 보다 낮은 고도의 부분 위성군에 대해 빔 중심점과 최대로 떨어진 점에서의 Ku 대역 사용자/관문국 빔과 Ka 대역 관문국 빔의 PFD 계산 결과를 각각 보여준다. 각 경우에 있어, 표는 550 km 고도에서의 운용에서 최악의 상황으로 볼 수 있는 약 ± 57 도까지의 위도에서의 최대 PFD 시나리오로 운용하는 것을 반영한다.

구 분	빔중심점	25도 양각 (초기 구축)	40도 양각 (최종 구축)
EIRP 밀도 [dBW/Hz]	-56.22	-51.60	-52.84
4 kHz 당 EIRP [dBW/4 kHz]	-20.20	-15.58	-16.82
1 MHz 당 EIRP [dBW/1 MHz]	3.78	8.40	7.16
지구까지 거리 [km]	550.00	1123.42	812.11
공간 손실 [dB]	-125.80	-132.00	-129.18
4 kHz 당 PFD [dB(W/m ²)/4kHz]	-146.00	-147.59	-146.00
1 MHz 당 PFD [dB(W/m ²)/1MHz]	-122.02	-123.61	-122.02

[표 1] Ku 대역 사용자/관문국 하향화선 (550 km 고도) 송신에 의해 생성되는 지표면에서의 PFD

구 분	빔중심점	25도 양각 (초기 구축)	40도 양각 (최종 구축)
EIRP 밀도 [dBW/Hz]	-50.50	-44.30	-47.12
1 MHz 당 EIRP [dBW/1 MHz]	9.50	15.70	12.88
지구까지 거리 [km]	550.00	1123.42	812.11
공간 손실 [dB]	-125.80	-132.00	-129.18
1 MHz 당 PFD [dB(W/m ²)/1MHz]	-116.30	-116.30	-116.30

[표 2] Ka 대역 사용자/관문국 하향화선 (550 km 고도) 송신에 의해 생성되는 지표면에서의 PFD



추가적으로, 위성 하향 송신 전력은 궤도상에서 조절 가능하기 때문에, SpaceX는 필요에 따라 모든 임무 단계 동안 위성의 PFD 값을 관리할 능력을 갖고 있다. 아래에 SpaceX 시스템이 사용하는 여러 가지 주파수 대역별로 해당되는 관련 PFD 제한 값에 대한 PFD 값들을 반영한다.

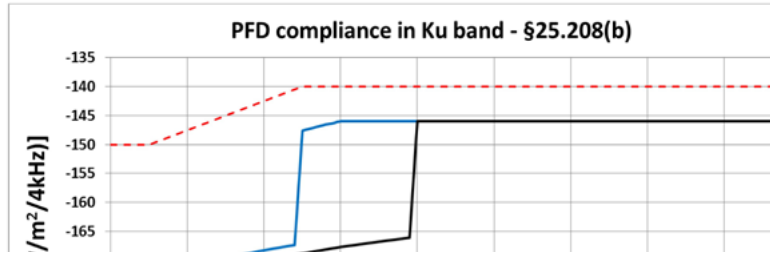
2.1 Ku 대역의 PFD 제한 값

ITU에서 요구하는 Ku 대역에서의 PFD 제한 값은 단위 위성에 대해 적용한다. 신청서 원본에서, SpaceX 는 계획한 가장 낮은 고도 (당시, 1,100 km)와 최대 PFD 시나리오인 약 $\pm 55^\circ$ 의 위도에서의 운용을 가정하여 해당되는 위성당 PFD 제한 값을 만족하는 것을 보였다.

높은 고도의 부분 위성군에서의 운용은 그대로 유지될 것이고 이전에 보여준 사항들이 위성군의 변경되지 않는 부분에 대해 유효하게 유지될 것이다. 그러나 제안된 변경점에 따라 SpaceX는 550 km 고도에서 감소된 EIRP로 위성들을 운용할 것이다. SpaceX는 낮은 고도의 부분 위성군에 대해 유사한 최악의 상황을 분석했다.

ITU는 SpaceX 시스템이 사용하는 Ku 대역 스펙트럼의 다른 주파수 범위에 대해 다른 하향 PFD 제한 값을 적용하고 있다. 이러한 각각의 제한 값들에 대해, 낮은 고도의 부분 위성군(550 km 고도에서 약 $\pm 57^\circ$ 위도까지)에서 운용하는 위성의 양각에 따른 최악의 PFD 값과 관련 있는 제한 값을 반영하여 초기 구축 단계에서 만족함을 입증한다. 또한 최종 구축 단계에서 변경된 전체 위성군에 대해 최악의 경우 관련 있는 제한 값도 반영한다. 제한 값의 첫 번째는 10.7-11.7GHz 대역에 적용한다.

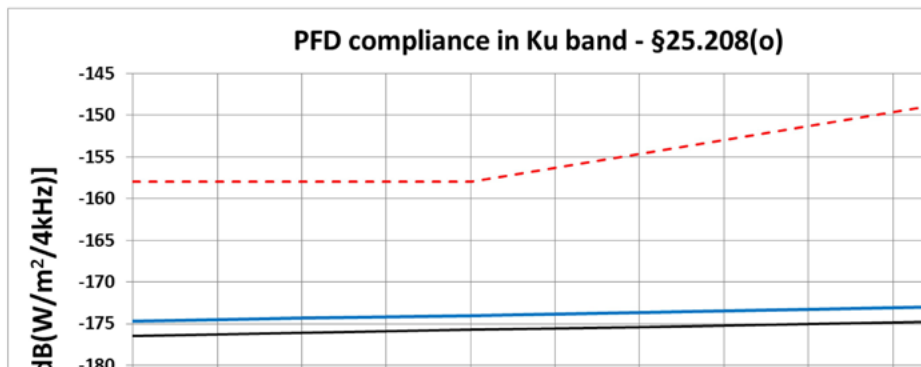
for the entire constellation (as modified) at final deployment. The first set of limits apply to the 10.7-11.7 GHz band.¹²



[그림 4] 10.7-11.7GHz 대역에서 하향 PFD 제한 값의 만족

전파규칙 제21조의 표 21-4에서 11.7-12.7GHz 대역에서의 PFD 제한 값은 위에 도시한 10.7-11.7GHz 대역에서의 PFD 제한 값보다 2dB 높게 규정하고 있다. 그래서, 변경된 시스템이 10.7-11.7 GHz 대역에 해당되는 더 낮은 제한 값을 만족하는 것을 고려하면, 11.7-12.7 GHz 대역에 해당되는 제한 값도 만족할 것이다. 다채널 비디오 및 데이터 분배 서비스(MVDDS)⁴⁾를 보호하기 위해 위원회의 규칙에서 12.2-12.7 GHz 대역에 해당하는 낮은 양각의 PFD 제한 값을 규정한다. 아래 그림 5 는 초기 및 최종 구축 단계에서 이러한 제한 값들도 만족함을 보여 준다.

these limits as well.



[그림 5] 12.2-12.7 GHz 대역에서 하향 PFD 제한 값의 만족

4) 다채널 비디오 및 데이터 분배 서비스(MVDDS) : Multi-Channel Video and Data Distribution Service



그래서, 변경된 위성군에서 운용하는 SpaceX 위성들로부터 모든 Ku 대역 하향 송신 신호는 위원회와 ITU가 정한 PFD 제한 값을 만족할 것이다.

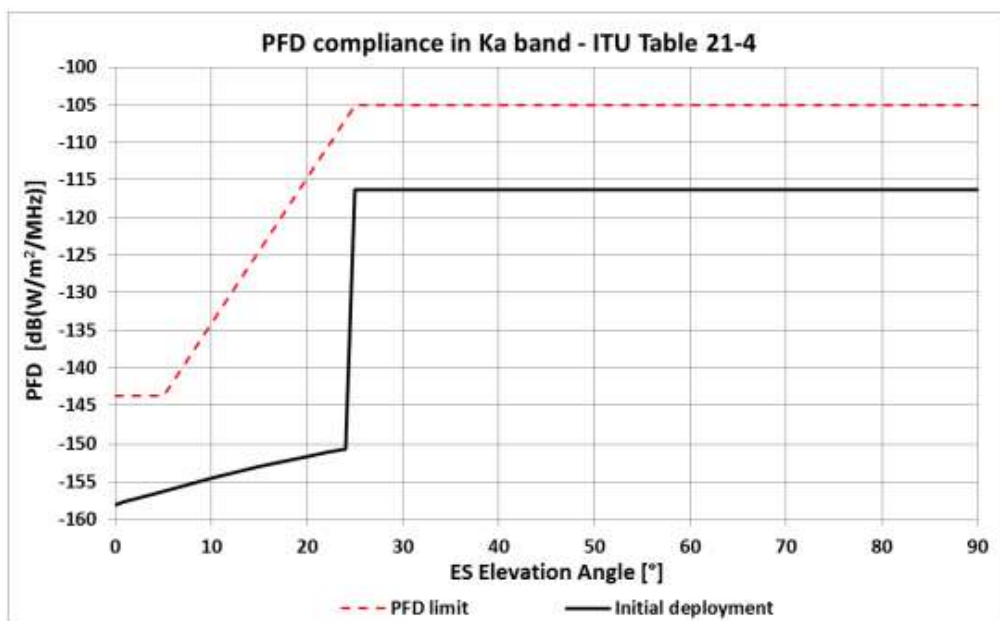
2.2 Ka 대역의 PFD 제한 값

ITU는 17.7-19.3GHz 전체 대역에서 NGSO 시스템에 대한 PFD 제한 값을 전파규칙 제21조에 명시하였다. Ku 대역에 해당되는 제한 값과는 달리, Ka 대역 제한 값들은, 위성들이 지상시스템의 가시 영역에 있는 지 또는 위성들이 운용 중인지에 대해 고려하지 않고, 전체 NGSO 시스템의 위성 수를 함수로 나타낸다. 이러한 제한 값은 다음과 같다.

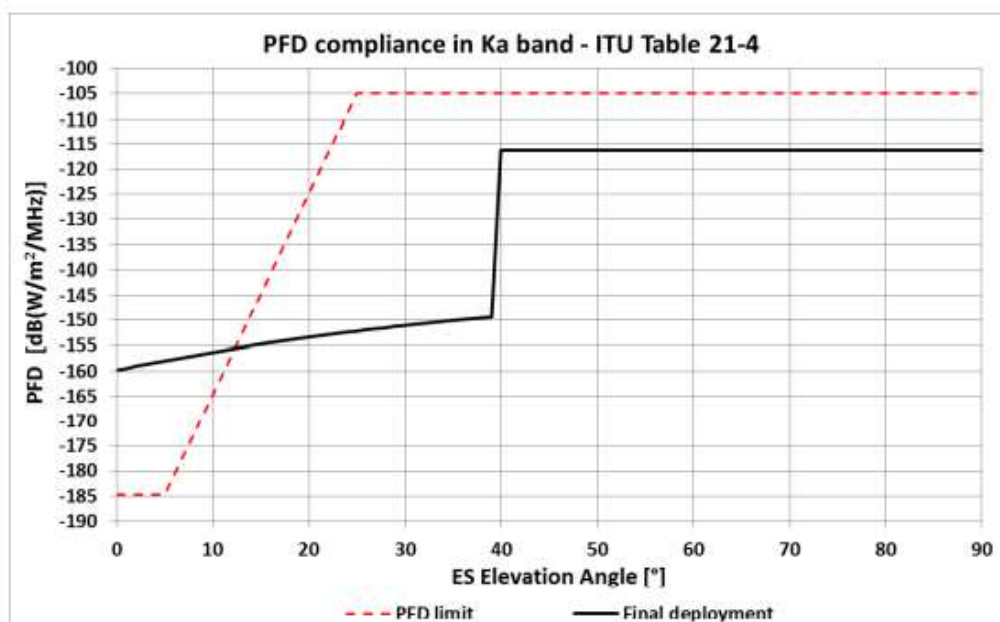
- $-115 - X \text{ dB(W/m}^2 \cdot 1 \text{ MHz)}$: 수평면 위로 0도에서 5도사이의 도래각에 대해
 - $-115 - X + ((10+X)/20)(d-5) \text{ dB(W/m}^2 \cdot 1 \text{ MHz)}$: 수평면 위로 5도에서 25도 사이의 도래각(d)에 대해
 - $-105 \text{ dB(W/m}^2 \cdot 1 \text{ MHz)}$: 수평면 위로 25도에서 90도사이의 도래각에 대해
- ※ 여기서, X 는 NGSO 고정위성업무 위성군의 위성 수(n)의 함수로 정의되며 다음과 같다.

$$\begin{aligned} n \leq 50 \text{이면,} & \quad X = 0 \text{ dB} \\ 50 < n \leq 288 \text{이면,} & \quad X = (5/119)(n-50) \text{ dB} \\ n > 288 \text{이면,} & \quad X = (1/69)(n + 402) \text{ dB} \end{aligned}$$

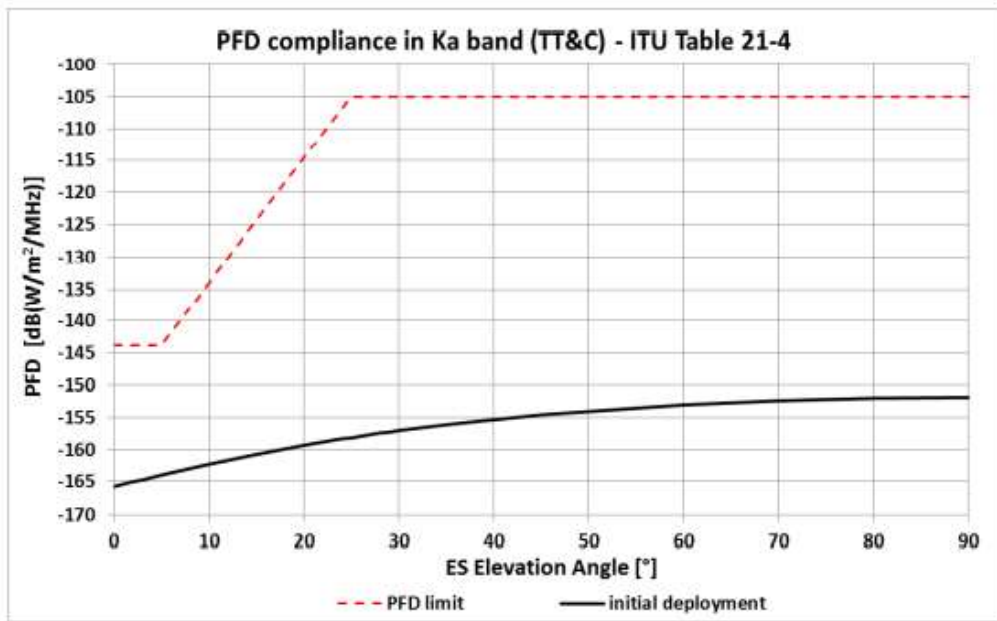
변경된 SpaceX 시스템에 대해, n의 값은 초기 구축 단계에서 1,584이고 최종 구축 단계에서 4,409이므로, 따라서 X는 위 식에 따라 각각 28.78dB 및 69.72dB 이다. 이것은 초기 및 최종 구축 단계에서 관문국과 관제 운용에 대한 PFD값을 아래 그림 6-9에 나타내었다.



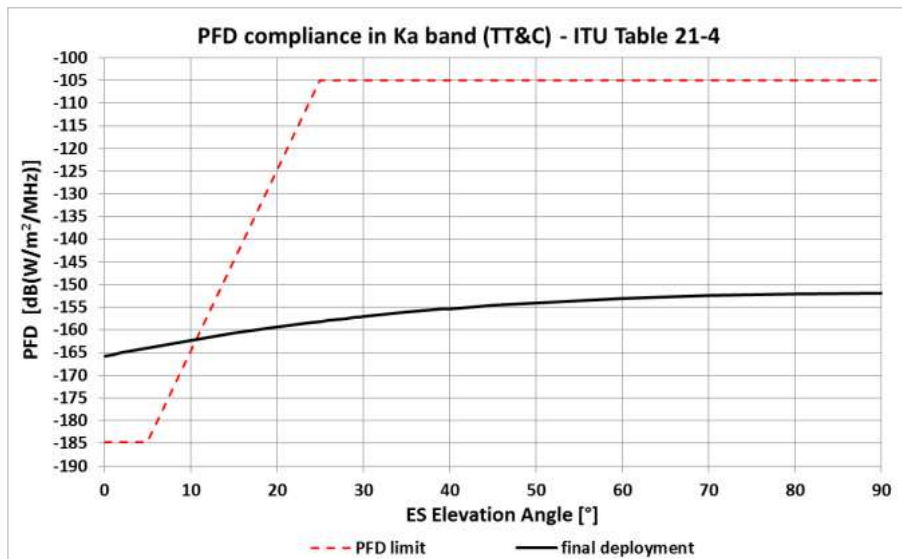
[그림 6] 17.7-19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 초기 관문국의 하향 PFD 제한 값 만족



[그림 7] 17.7-19.3 GHz 대역에서 SpaceX 의 최종 관문국의 하향 PFD 제한 값 만족



[그림 8] 17.7-19.3 GHz 대역에서 SpaceX의 초기 관제 운용의 하향 PFD 제한 값 만족



[그림 9] 17.7-19.3 GHz 대역에서 SpaceX의 최종 관제 운용의 하향 PFD 제한 값 만족

위 그림들에 나타난 바와 같이, 변경된 SpaceX 시스템의 초기 및 최종 구축 단계에서의 PFD 제한 값은 ITU가 정한 제한 값을 모두 만족함을 알 수 있다.

3. 궤도 내 위성 잔해 경감 기술

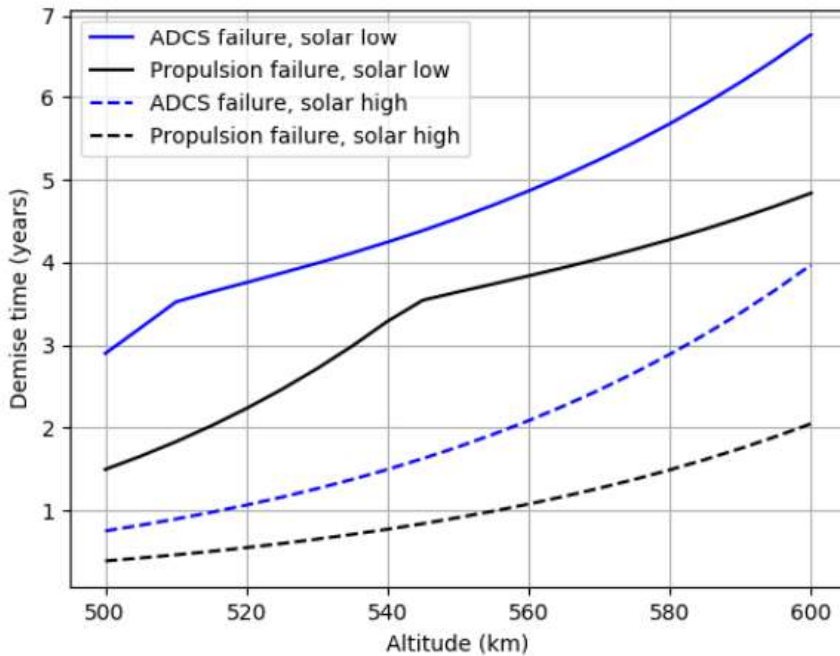
3.1 신속하고 수동적인 폐기

SpaceX는 모든 위성체를 수명이 종료되는 시점에, 약 500 km의 원지점을 유지하면서 위성체가 최초로 약 300 km의 근지점에 떨어졌을 때 능동적인 폐기 절차를 수행할 예정이다. 새로운 낮은 부분 위성군에 대해서, 이러한 “능동적인” 단계의 폐기 절차는 각각의 위성체에 대해 몇 주가 소요되며, 그 후에 태양 활동에 따른 정확한 시간을 가지고 몇 주부터 몇 달의 “수동적인” 폐기 절차가 이어진다.

이 절차는 전적으로 수동적인 것은 아니며 잔해의 위험성을 줄이기 위해, SpaceX 위성이 낮은 고도 대기의 강한 회전으로 인해 위성체의 통제가 불가능해질 때까지 접촉 회피 수행을 계속할 것이다. ISS와 다른 NASA 위성이 위치한 궤도의 고도를 횡단하는 기간을 포함하여, 하강하는 동안 항상 위성체는 기동을 수행하기에 충분한 연료를 보유할 것이다. 모든 연료를 소모한 후, 위성체는 운반체의 전체적인 단면적을 최대화하기 위해 방향을 바꿀 것이다. 마지막으로 위성체는 배터리를 안전한 수준으로 방전하고 전원을 끄면서 부동태화(不動態化)를 시작한다.

위의 설명과 다르게 위성체가 계획된 폐기 기동을 마무리하지 못하게 되는 경우에는 SpaceX의 능동적 폐기 절차에 수동적인 대안으로 550km 고도의 밀도가 높은 대기 조건을 제공한다. 1,150km의 위성이 자연적인 궤도 붕괴로 지구 대기권으로 진입하기 위해서는 수백 년이 소요되나, 550km의 낮은 고도에 있는 위성의 경우에는 최악의 경우를 가정한다고 하더라도 5년이 채 걸리지 않을 것이다.

신규 위성체는 매우 가벼운 무게로 설계되어, 운반체에서 매우 높은 면적 대 질량 비율을 달성한다. 550 km 고도에서의 자연적인 대기 인력과 결합된 이러한 높은 비율은 정상적으로 계획된 처리 절차가 없을 경우에도 빠른 궤도 붕괴를 보장한다. 따라서, 최악의 상황을 가정한다고 하더라도 가장 긴 붕괴시간은 대략 4.5년~5년 정도일 것이다. 다양한 고도에서 위성 폐기에 걸리는 시간은 아래 그림 10에 나와 있다.



[그림 10] 다양한 고도에서의 폐기 시간

이러한 최악의 경우에 대한 가정의 결합은 다양한 이유로 인해 일어나기 어렵다. 그 이유 중 가장 중요한 것은 다음 10년 동안 전체적인 태양 활동이 증가한다는 점인데, 따라서 실제로 더 가까운 최악의 경우의 붕괴 시간은 1년에서 3년일 것이다. 그러나, 발생 가능성이 낮은 5년의 붕괴 기간을 가정하더라도 SpaceX 위성은 일반적인 25년의 기준 내에 폐기될 것이다.

실제로 SpaceX는 최근 NASA가 대규모 위성군의 안전한 운영을 위해 결정한 새로운 한도를 최악의 경우에도 5년 내 후속 폐기를 100% 성달성할 것이다. 그럼에도 불구하고 SpaceX가 거의 모든 위성에 대해 예상하는 정상적인 처리 계획은 SpaceX가 처리를 시작한 후 6개월 이내에 완료하는 것이다.

3.2 자가 청소(Self-Cleaning) 파편 환경

낮은 고도에서의 위성 운영은 고장이 발생할 위험을 감소시킨다. 또한, 위성 파편으로 인한 위험을 추가적으로 줄일 수 있을 것으로 SpaceX는 예상된다.

현재 허가된 1,150 km 고도의 궤도에서 궤도 잔해는 대기 속으로 붕괴되기 전까지 몇 세기 동안 지속될 수 있다. 이에 비해, 제안된 낮은 고도인 550 km 고도에서 모든 파편의 자연적인 수명은 많은 경우 며칠 또는 몇 주 단위로 더 짧을 것이다. 이는 일반적으로 SpaceX의 운영으로 인해 예상치 못한 잔해가 발생하는 경우를 포함하여 모든 종류의 궤도 잔해의 위험이 낮다는 것을 의미한다.

낮은 고도의 환경적인 이점 외에도, SpaceX는 낮은 고도를 우주 안전을 위한 추가 보호 장치로 간주한다. SpaceX의 위성체는 정상적으로 모든 비행 단계에서 능동적인 충돌 회피를 지속해서 수행할 것이다. 임무를 수행하는 동안 배터리 및 추진체 하부시스템의 다양한 중요 영역에는 활동적인 방전과 그로 인한 잔해의 생성할 수 있는 조건을 지속적으로 관찰하고 배제하기 위해 오류 감지, 격리 및 복구 기능이 설치될 것이다.

또한 중요한 부품들은 우주 환경에 존재하는 극미립자에 의한 충격에 대해 회복력이 있다. 그러나 만약 이러한 안전장치들이 실패하는 경우에도, 550 km 고도에서 위성 운용은 자연적인 인력에 따라 신속하고 효과적으로 궤도 잔해를 제거할 수 있는 수동적인 백업 메커니즘을 제공하며, 이 때문에 저궤도위성 환경 전체에 대해서뿐만 아니라 SpaceX의 위성군에 대한 위험을 줄이게 될 것이다.

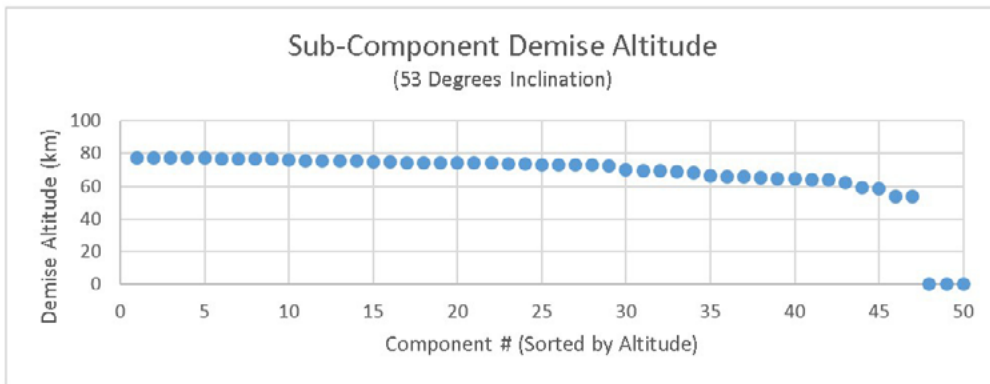
3.3 완화된 연료 요구량 및 추진체 마모

SpaceX는 발사 시 상대적으로 낮은 고도에서 위성을 진입시킬 계획이며, 그 후 각 위성은 자신의 운영 고도에 도달하기 위한 궤도 상승 기동을 수행하기 전에 초기 테스트를 거칠 것이다. 제안된 550km 고도에서의 운영을 위해, SpaceX는 수정된 1,584기 위성의 진입 고도가 태양 활동에 따라 일반적으로 300-350km가 될 것으로 예상한다. 이러한 약간 낮은 진입 고도에도 불구하고 운영 고도에 도달하기 위해 요구되는 총 궤도 상승은 최초 부분 위성군의 1,150 km 목표를 위한 상승에 비해 훨씬 낮다. 따라서, 이 고도는 궤도 상승을 위해 더 적은 연료를 필요로 하며 위성이 새로운 최대 고도에 도달한 후 궤도를 유지하기 위한 연료를 더 많이 남길 것이다.



3.4 대기권 소멸

위성체의 작은 무게와 대부분의 알루미늄 구성은 재진입 시 대기권 소멸 가능성을 최대로 높여준다. 이를 증명하기 위해 SpaceX는 NASA의 잔해 평가 소프트웨어를 사용했다. 아래에 증명된 대로, SpaceX 설계는 최악의 경우 위성 구성을 사용 하더라도 필요한 소멸 임계치보다 낮게 유지됨을 알 수 있다. 소프트웨어 분석을 수행하기 위해, 위성체는 각각의 모양, 물질, 무게 및 크기에 따라 50개의 주요 부품으로 분해되었다. 부품들은 중첩된 방법으로 모델화되었다. 자녀 부품은 부모 부품이 완전히 타버리기 전까지는 기체역학적 열에 노출되지 않았다. 이 방법은 공통적으로 문제가 있는 부품의 보수적인 재진입 생존가능성 분석을 가능하게 했다. 소프트웨어 분석은 지표면에서 79 km 높이에서 모든 근본 부품들의 방출을 모델화 했으며, 모든 모델화된 부품의 소멸 고도는 다음 그림에서 볼 수 있다.



[그림 11] 경사각 53도에서 고도 별 소멸되는 부품 수

소프트웨어 분석은 세 가지 특별한 부품이 인명 피해를 초래할 수 있는 충분한 에너지를 가지고 지표면에 도달할 가능성이 있다는 것을 보여준다. 이러한 부품들은 아래 표 3에 나열되어 있다.

Component	Qty.	Material	Mass (kg)	Total DCA (m^2)
Thruster Internals	1	Iron	1.66	0.47
Reaction Wheels	4	Stainless Steel	1.18	2.37
Comms. Components	4	Silicon Carbide	1.43	2.34

[표 3] 지표면 도달 가능성이 있는 세 가지 부품

SpaceX는 약간의 차이점을 가지고 최초 위성을 두 가지 버전으로 배치할 것을 계획하고 있으며, 각각은 위에서 식별된 부품의 일부만을 탑재할 것이다. 이러한 각각의 구성은 1:19,800의 인명 피해 위험을 초래하며, 이는 NASA가 수립한 1:10,000 요구조건을 만족한다.

소프트웨어 분석은 사람들이 잠재적인 충격에 대해 피난처를 제공할 수 있는 구조물 내부에 위치해 있을 수 있다는 것을 고려하지 않았다. NASA에 따르면, 가벼운 피난처 구조물일지라도 수 킬로 줄의 운동에너지를 가진 낙하하는 잔해에 대해 보호를 제공한다. 소프트웨어 분석이 15줄의 운동에너지를 가진 작은 잔해가 인명 피해를 초래할 수 있다고 가정한다는 것을 고려하면, 모든 피난처는 부상 가능성을 상당히 줄여줄 것이다.



제2절 간섭 분석

1. SpaceX 위성 간섭 분석 기술

SpaceX는 Ku 및 Ka 대역에서 이용하려고 제안하는 주파수 대역을 미국 주파수분배표 상의 타 업무들과 공유한다. SpaceX는 다른 허가된 위성 및 지상 시스템과의 주파수 공유를 용이하게 하기 위해 비정지궤도 시스템이 높은 신뢰도를 갖도록 설계하였다. 또한, 본 수정안에서 제안된 변경은 동 대역에서 허가된 타 이용자들에게 간섭을 증가시키지 않을 것이다. 아래 표 4는 SpaceX의 사용 주파수 대역을 보여준다.

구분	주파수 대역	비고
상향 링크 (서비스)	12.75-13.25 GHz 14.0-14.5 GHz 27.5-29.1 GHz 29.5-30.0 GHz	
하향 링크 (서비스)	10.7-12.7 GHz 17.8-18.6 GHz 18.8-19.3 GHz 19.7-20.2 GHz	
TT&C 상향 링크	13.85-14.00 GHz	
TT&C 하향	12.15-12.25 GHz 18.55-18.60 GHz	

[표4] SpaceX 사용 주파수 대역

1.1 정지궤도 위성망의 보호

SpaceX는 자사의 비정지궤도 군집 시스템은 ITU 전파규칙 제22조에 명시된 등가전력속밀도(EFPD)⁵⁾ 제한 값을 준수할 것을 확인했다. 또한, SpaceX 허가는 서비스 개시 이전에, ITU 전파통신국이 군집 시스템의 EFPD 제한 값 준수와 관련하여 “합격” 또는 “조건부 합격” 판정하는 것을 고려하였고 SpaceX는 EFPD 제한 값이 없는 Ka 대역의 상향 28.6-29.1 GHz, 하향 18.8-19.3 GHz 대역에서 SpaceX의 시스템을 운용할 예정이다. 이 주파수 대역에 적용되는 ITU의 절차에 따라서, 비정지궤도 및 정지궤도 위성망간 조정은 선점주의 원칙이 적용된다.

5) 등가전력속밀도(EFPD) : Equivalent Power Flux Density

ITU 전파규칙 결의 76은 특정 Ku 및 Ka 대역에서 운용되는 모든 비정지궤도 고정위성업무 시스템의 모든 동일 주파수 대역 위성에 의해 생성되는 하향에 대한 총 EPFD 제한 값을 명시하고 있다.

1.2 타 비정지궤도 위성시스템에 대한 간섭

SpaceX는 타 비정지궤도 위성 시스템들과 조정을 용이하게 할 수 있는 기술적 융통성을 갖도록 시스템을 설계·제작하였고, 상호 만족할 수 있는 합의를 이루는 데 전념하고 있다. 또한, 제안된 수정안은 SpaceX 위성이 이용하는 대역에서 운용되는 다른 비정지궤도 시스템에 대한 간섭을 증가시키지 않을 것이다.

제안된 수정안은 16개 위성(4,425개에서 4,409개로) 만큼 총 위성 수를 약간 줄이고, 그 중 1,584개를 더 낮은 고도에서 운용하도록 재배치할 것이기 때문에, 미국 전역의 특정 시간에 최소 고도 각도 이상으로 보이는 위성 수는 더 적을 것이다.

또한, 더 낮은 고도에서 운용됨으로써, 이 위성들은 더 낮은 EIRP 레벨에서 송신 및 수신이 가능하게 될 것이며, 이는 간섭 가능성을 경감할 수 있는 또 다른 요인이 될 것이다.

이 분석을 수행함에 있어, SpaceX는 다음과 같은 가정을 이용하였다.

SpaceX 위성으로부터 피간섭 지구국으로의 하향회선 간섭의 경우:

- ① SpaceX 지구국은 피간섭 지구국과 동일 지점에 위치한다. 본 시뮬레이션에서는 위도 0도, 20도, 40도 및 50도의 위치를 고려한다.
- ② 피간섭 지구국은 해당 시스템에 적용되는 규칙(예, 정지궤도 회피 또는 최소 고도각)에 따라 자체 시스템의 어떤 위성과의 통신할 수 있다. I/N CDF를 산출하는 데 모든 가능한 경우들을 고려한다.
- ③ SpaceX 시스템은 한 지점당 하나의 동일 주파수 빔만 배치하고, 정지궤도 회피 각도와 최소 고도각을 충족하는 가시 위성들을 고려한다. I/N CDF를 산출할 때 가능한 모든 경우를 고려한다.



- ④ 대기 감쇠 영향을 고려하지 않았기 때문에 이 시뮬레이션은 보수적(즉, I/N이 과대평가됨)이라는 점을 인지해야 한다.

SpaceX 지구국으로부터 피간섭 우주국으로의 상향회선 간섭의 경우:

- ① SpaceX 지구국은 타 시스템의 지구국과 동일 지점에 위치한다. 본 시뮬레이션에서는 위도 0도, 20도, 40도 및 50도의 위치를 고려한다.
- ② 타 시스템의 지구국은 해당 시스템에 적용되는 규칙(예, 정지궤도 회피 또는 최소 고도각)에 따라 자체 시스템의 어떤 위성과의 통신할 수 있다. I/N CDF를 산출하는 데 모든 가능한 경우들을 고려한다.
- ③ SpaceX 시스템은 한 지점당 하나의 동일 주파수 지구국만 이용하고(상향회선에서), 정지궤도 회피 각도와 최소 고도각을 충족하는 가시 위성들을 고려한다. I/N CDF를 산출할 때 가능한 모든 경우를 고려한다.
- ④ 대기 감쇠 영향을 고려하지 않았기 때문에 이 시뮬레이션은 보수적(즉, I/N이 과대평가됨)이라는 점을 인지해야 한다.

- 제안된 Ku 대역의 비정지궤도 시스템

Ku 대역에서 운용되는 비정지궤도 위성시스템에 대한 수정안의 잠재적 영향을 평가하기 위하여, SpaceX는 35.1dBi의 안테나 이득을 갖는 피간섭 지구국에 대하여 ITU에 국제등록 신청한 IK-NGSO-A10K-1 위성망의 특성을 이용하였다. 이 위성망의 최소 고도각은 3도이다. 이 시스템 하향회선의 다른 관련 파라미터는 표 5에 요약되어 있다.

Apogee	Perigee	Inclination	# Orbit planes	Sat/plane	RAAN plane spacing	Sub-Constellation Design	Assoc. ES Rx Gain	Rx ES Sys. Noise T [K]	Rx ES Co-pol Ref. Pattern
10355	10355	55	3	8	120	SC-1	31.6	125	Rec. S.580-6
		45	3	8		SC-2	35.1		
		35	3	8		SC-3	37.6		
		28.5	3	8		SC-4	41.1		
		55	2	8	180	SC-5	47.1		
		45	2	8		SC-6	50.9		
		35	2	8		SC-7	52.6		
		28.5	2	8		SC-8	55.1		

[표 5] IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ku 대역)의 하향회선 파라미터

SpaceX는 40dBi의 안테나 이득을 갖는 피간섭 지구국에 대하여 IK-NGSO-A10K-1 시스템의 Ku 대역 상향회선에 대한 유사한 분석을 수행하였다. 여기서 다시, 이 시스템 지구국의 최소 고도각은 3도이고 기타 다른 관련 파라미터는 표 6에 요약된 바와 같다.

Apogee	Perigee	Inclination	# Orbit planes	Sat/plane	RAAN plane spacing	Rx Sat. Antenna Gain	Rx Sat Sys. Noise T [K]
10355	10355	55	3	8	120	40	550
		45	3	8			
		35	3	8			
		28.5	3	8			
		55	2	8	180		
		45	2	8			
		35	2	8			
		28.5	2	8			

[표 6] IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ku 대역)의 상향회선 파라미터

위에 제시한 상황을 시뮬레이션해본 결과, 수정된 군집시스템은 원래의 군집 시스템보다 IK-NGSO-A10K-1 위성망의 Ku 대역 운용에 간섭을 유발하지 않았다.

- 제안된 Ka 대역의 비정지궤도 시스템

SpaceX는 Ka 대역에서 운용되는 비정지궤도 위성시스템에 대한 수정안의 잠재적 영향을 평가하기 위하여, ITU에 국제등록 신청한 IK-NGSO-A10K-1 위성망의 특성을 이용하였다. 하향회선 분석을 위하여, SpaceX는 39.5dBi의 안테나 이득과 3도의 최소 고도각을 갖는 피간섭 지구국을 이용하였다. 이 시스템 하향회선의 다른 관련 파라미터는 표 7에 요약되어 있다.

Apogee	Perigee	Inclination	# Orbit planes	Sat/plane	RAAN Plane Spacing	Sub-Constellation Design	Assoc. ES Rx Gain	Rx ES Sys. Noise T [K]	Rx ES Co-pol Ref. Pattern
10355	10355	55	3	8	120	36	31.6	150	Rec. S.580-6
		45	3	8		39.5	35.1		
		35	3	8		42	37.6		
		28.5	3	8		45.5	41.1		
		55	2	8	180	51.5	47.1		
		45	2	8		55.3	50.9		
		35	2	8		57	52.6		
		28.5	2	8		59.5	55.1		

[표 7] IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ka 대역)의 하향회선 파라미터



SpaceX는 50dBi의 안테나 이득을 갖는 피간섭 지구국에 대하여 IK-NGSO-A10K-1 시스템의 Ka 대역 상향회선에 대한 유사한 분석을 수행하였다. 여기서 다시, 이 시스템 지구국의 최소 고도각은 3도이고, 기타 다른 관련 파라미터는 표 8에 요약된 바와 같다.

Apogee	Perigee	Inclination	# Orbit planes	Sat/plane	RAAN Plane Spacing	Rx Sat. Antenna Gain	Rx Sat Sys. Noise T [K]
10355	10355	55	3	8	120	50	600
		45	3	8			
		35	3	8			
		28.5	3	8			
		55	2	8	180		
		45	2	8			
		35	2	8			
		28.5	2	8			

[표 8] IK-NGSO-A10K-1 위성시스템(Ka 대역)의 상향회선 파라미터

위에 제시한 상황을 시뮬레이션 해본 결과, 수정된 군집시스템은 원래 허가된 군집시스템보다 IK-NGSO-A10K-1 위성망의 Ka 대역 운용에 간섭을 유발하지 않았다.

1.3 우리나라 관련 현황 및 간섭 분석

위에 명시된 Ka, Ku 대역의 SpaceX 간섭 분석 기술을 참고하여 간섭을 받을 수 있는 우리나라 정지, 비정지궤도 위성망 및 무선국 현황을 조사하고 그에 미칠 수 있는 간섭을 분석하였다. ITU에서 제공하는 소프트웨어(GISC)⁶⁾로 최대 출력 값을 적용하여 분석한 결과 SpaceX의 하향링크 PFD값은 ITU에서 규정하는 PFD 제한값을 초과하지 않았다. 따라서 우리나라 지상망 보호를 위한 하향링크 PFD값은 적합한 것으로 나타났다.

SpaceX사가 운용하고자 하는 주파수 대역은 고정위성으로 사용가능한 대역이므로 정지궤도 위성 보호조건으로 주파수 공급이 필요할 것이며, 현재 우리나라에서 운용중인 우주국, 지구국 등이 있으므로, 간섭이 발생할 것으로 예상된다. 27.5-29.1 GHz대역은 이동통신으로 할당된 대역으로 향후 SpaceX가 우리나라에 서비스를 운용할 시에 검토의 필요성이 있다.

6) GISC : Graphical Interface for Batch Calculations

국제주파수 분배		국내주파수 분배		SpaceX 대역	국내 용도 등
(GHz)	업무명	(GHz)	업무명		
10.7 - 10.95	고정 고정위성(우주대지구) 5.441 이동(항공이동 제외)	10.7 - 10.95	고정 고정위성(우주대지구) 5.441 이동(항공이동제외)	10.7 - 12.7 (하향)	10.7 GHz(실험국용) K30 무선전송링크용 K164
10.95 - 11.2	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동제외)	10.95 - 11.2	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동 제외)		무선전송링크용 K164 무인항공기 위성제어용
11.2 - 11.45	고정 고정위성(우주대지구) 5.441 이동(항공이동제외)	11.2 - 11.45	고정 고정위성(우주대지구) 5.441 이동(항공이동제외)		무선전송링크용 K164
11.45 - 11.7	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동제외)	11.45 - 11.7	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동 제외)		무선전송링크용 K164 무인항공기 위성제어용
12.2 - 12.5	고정 고정위성(우주대지구) 5.484B 이동(항공이동 제외) 방송 5.484A 5.487	12.2 - 12.5	고정 고정위성(우주대지구) 5.484B 5.484A 5.487		12.2 GHz (실험국용) K30 위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용
12.5 - 12.75	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동 제외) 방송위성 5.493	12.5 - 12.75	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 이동(항공이동 제외) 방송위성 5.493	12.75 - 13.25 (상향)	위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용
13.25 - 13.4	지구탐사위성(능동) 항공무선항행 5.497 우주연구(능동) 5.498A 5.499	12.75 - 13.25	고정 고정위성(지구대우주) 5.441 이동		
13.75 - 14.0	고정위성(지구대우주) 5.484A 무선탐지 지구탐사위성 표준주파수 및 시보위성 (지구대우주) 우주연구 5.499 5.500 5.501 5.502 5.503	13.75 - 14.0	고정위성(지구대우주) 5.484A 무선탐지 표준주파수 및 시보 위성(지구대우주) 우주연구 5.502 5.503	13.85 - 14.0 (상향)	위성서비스용 K151B
14.0 - 14.25	고정위성(지구대우주) 5.457A 5.457B 5.484A 5.484B 5.506 5.506B 무선항행 5.504 이동위성(지구대우주) 5.504B 5.504C 5.506A 우주연구 5.504A 5.505	14.0 - 14.3	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.484A 5.484B 5.506 무선항행 5.504 우주연구 이동위성(지구대우주) 5.504A 5.505	14.0 - 14.5 (상향)	위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용 K151C
14.25 - 14.3	고정위성(지구대우주) 5.457A 5.457B 5.484A 5.484B 5.506 5.506B 무선항행 5.504				



	이동위성(지구대우주) 5.504B 5.506A 5.508A 우주연구 5.504A 5.505 5.508				
14.3 - 14.4	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.484A 5.484B 5.506 무선항행 5.504 우주연구 이동위성(지구대우주) 5.504A 5.505	14.3 - 14.4	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.484A 5.484B 5.506 이동위성(지구대우주) 5.504A		위성서비스 K151B 무인항공기 위성제어용 K151C
14.4 - 14.47	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.457B 5.484A 5.484B 5.506 5.506B 이동(항공이동 제외) 이동위성(지구대우주) 5.504B 5.506A 5.509A 우주연구(우주대지구) 5.504A	14.4 - 14.47	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.484A 5.484B 5.506 이동(항공이동 제외) 이동위성(지구대우주) 5.504A		위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용 K151C
14.47 - 14.5	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.457B 5.484A 5.506 5.506B 이동(항공이동 제외) 이동위성(지구대우주) 5.504B 5.506A 5.509A 전파천문 5.149 5.504A	14.47 - 14.5	고정 고정위성(지구대우주) 5.457A 5.484A 5.506 이동(항공이동 제외) 전파천문 이동위성(지구대우주) 5.149 5.504A		위성서비스용 K151B K151C
17.7 - 18.1	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A (지구대우주) 5.516 이동	17.7 - 18.1	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A (지구대우주) 5.516 이동	17.8 - 18.6 (하향)	무선전송링크용 K164 특정소출력 (무선랜을 포함한 무선접속시스템용) K162 위성서비스용 K151B
18.1 - 18.4	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.516B (지구대우주) 5.520 이동 5.519 5.521	18.1 - 18.4	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A (지구대우주) 5.520 이동 5.519		무선전송링크용 K164 거리측정, 도난경보 등의 업무용 K163
18.4 - 18.6	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.516B 이동	18.4 - 18.6	고정 고정위성(우주대지구) 5.484A		무선전송링크용 K164
18.6 - 18.8	지구탐사위성(수동) 고정 고정위성(우주대지구) 5.522B 이동(항공이동 제외) 우주연구(수동) 5.522A	18.6 - 18.8	지구탐사위성(수동) 고정 고정위성(우주대지구) 5.522B 우주연구(수동) 5.522A		18.7 GHz(실험국용) K30 무선전송링크용 K164

18.8 - 19.3	고정 고정위성(우주대지구) 5.516B 5.523A 이동	18.8 - 19.3	고정 고정위성(우주대지구) 5.523A 이동		해상교통관제 K141 무선전송링크용 K164 특정소출력 (무선랜을포함한 무선접속시스템용) K162
19.7 - 20.1	19.7-20.1 고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 5.516B 5.527A 이동위성(우주대지구) 5.524	19.7 - 20.1	고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 5.527A 이동위성(우주대지구)	19.7 - 20.2 (하향)	위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용
20.1 - 20.2	고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 5.516B 5.527A 이동위성(우주대지구) 5.524 5.525 5.526 5.527 5.528	20.1 - 20.2	고정위성(우주대지구) 5.484A 5.484B 5.527A 이동위성(우주대지구) 5.525 5.526 5.528		위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용
27.5 - 28.5	고정 5.537A 고정위성(지구대우주) 5.484A 5.516B 5.539 이동 5.538 5.540	27.5 - 28.5	고정 5.537A 고정위성(지구대우주) 5.484A 5.539 이동	27.5 - 29.1 (상향)	이동통신 K207
28.5 - 29.1	고정 고정위성(지구대우주) 5.484A 5.516B 5.523A 5.539 이동 지구탐사위성(지구대우주) 5.541 5.540	29.5 - 29.9	고정 고정위성(지구대우주) 5.484A 5.523 5.539 이동 지구탐사위성(지구대우주) 5.541		
29.5 - 29.9	고정위성(지구대우주) 5.484A 5.484B 5.516B 5.527A 5.539 지구탐사위성(지구대우주) 5.541 이동위성(지구대우주) 5.540 5.542	29.5 - 29.9	고정위성(지구대우주) 5.484A 5.484B 5.527A 5.539 이동위성(지구대우주) 지구탐사위성(지구대우주) 5.541	29.5 - 30.0 (상향)	위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용
29.9 - 30.0	고정위성(지구대우주) 5.484A 5.484B 5.516B 5.527A 5.539 이동위성(지구대우주) 지구탐사위성(지구대우주) 5.541 5.543 5.525 5.526 5.527 5.538 5.540 5.542	29.9 - 30.0	고정위성(지구대우주) 5.484A 5.484B 5.527A 5.539 이동위성(지구대우주) 지구탐사위성(지구대우주) 5.541 5.543 5.525 5.526 5.527 5.538		위성서비스용 K151B 무인항공기 위성제어용

[표 9] Ka, Ku 대역 주파수 분배표

제3장

우주 파편 완화





제3장 우주 파편 완화

제1절 배경

미국 FCC는 전례 없는 수의 비정지 궤도 우주국의 신청서를 제출하였으며, 앞으로 가속화 될 것으로 예상된다. 이러한 비정지 궤도 우주국은 대부분 글로벌 광대역 서비스를 제공하도록 설계된 수천 개의 대형 군집 저궤도 위성들이며, 상업용 영상 및 기타 지구탐사 서비스를 제공하고 있다. 더욱이 지난 10년 동안 학술 및 연구 목적의 단기간 임무를 수행하는 소형 위성 운용 수가 기하 급수적으로 증가하였으며, 국내도 마찬가지로 저궤도 위성의 수요가 증가하고 있는 추세이다.

연구에 따르면, 일부 지역에서 충돌로 인해 생성된 새로운 물체와 파편의 수가 대기 항력에 의해 제거된 것보다 많은 것으로 나타났다. 파편 개체간의 충돌로 인해 파편이 무기한 증가할 것으로 예상되며, 표류 상태에 가깝거나 이미 그 상태에 도달했음을 의미한다. 궤도에서 위성의 수가 증가할 것으로 예상되므로 위성통신 및 기타 활동을 위한 우주의 지속적이고 안전한 사용을 보장하기 위해 모든 사업자가 궤도 내 파편 완화를 심각하게 받아들여야 한다.

제2절 파편 완화를 위한 미국의 우주국 신청 규정

미국은 CFR(Code of Federal Regulations) Title 47 part 5 실험용 위성, part 25 일반적인 위성, part 97 아마추어 위성 규정에 파편 완화 내용을 추가하였다. 모든 우주국을 신청하고자 하는 경우 위성시스템이 궤도 파편을 완화하기 위한 설계와 운영 전략에 대한 설명을 제출하여야 한다.

- 우주국 운영자는 파편의 양을 평가한 내용의 서류
- 작은 파편 또는 유성체와 충돌로 인해 파편의 근원이 되거나 이로 인해 제어력을 상실하고 폐기를 막을 확률을 평가한 서류
- NASA의 파편 평가소프트웨어 또는 다른 신뢰도가 높은 평가 도구를 사용하여 임무 수행 중이거나 완료 후, 우발적인 폭발 등을 평가한 서류 또는 물방울 형태로 지속되는 액체 방출 가능성을 평가한 서류를 제출하여야 한다. 이 서류에는 잔여 연료를 고갈시키고 모든 연료 라인 밸브를 열어 두고, 배터리는 영구

방전 상태이며, 남은 저장된 에너지의 원천을 제거 등 우주선의 수명이 다 했을 때 저장된 에너지가 제거될지 여부의 내용을 포함하여야 한다.

큰 파편 또는 기타 운영중인 우주국과의 충돌로 인해 우주국이 파편의 근원이 될 가능성을 평가한 서류를 제출하여야하며, 아래의 내용들을 포함하여야 한다.

- 우주국의 궤도내 전체 수명 동안 다른 대형 물체 (직경 10cm 이상)간의 충돌 확률을 0.001 미만으로 평가한 내용을 포함하여야 하며, NASA에서 제공하는 파편평가소프트웨어를 사용하여 계산이 가능하다.
- 해당 궤도에서 계획 및 운용중인 우주국을 포함하여 충돌 위험을 나타낼 수 있는 우주국 궤도의 특성을 식별하여야하고, 만약 충돌 위험이 있다면, 다른 우주국과 조정하기 위해 취한 조치 등을 제시하여야 한다.
- 우주국의 임무 또는 궤도 이탈 단계 중에 국제우주정거장을 포함하여 거주 가능한 우주선이 사용하는 궤도를 통과할 경우, 충돌 위험을 줄이고 거주 가능한 우주선에 대한 운영상의 제약을 최소화하는데 사용될 설계 및 운영 전략을 제시하여야 한다.
- 원지점, 근지점, 경사도 및 상승 노드의 경사각을 포함하여 궤도 요소가 유지될 정확도를 서류에 공개하여야 하며, 궤도를 유지하지 않을 경우 파편을 감소한다는 내용을 포함하여야 하며, 우주국 설계에 추진 시스템이 포함되는지 여부에 관계 없이 위성 기동성 내용을 포함하여야한다.
- 파편 등의 충돌 상황 인식 경고를 받으면 충돌 위험을 완화할 계획을 제시하여야 하며, 위성궤도 정보 및 기타 운영 정보와 우주국 자세, 운영 변경하는 내용을 포함하여야 한다.

우주국의 크기가 10cm 이상인 것들은 추적이 가능한 것으로 간주하며, 우주국을 추적하는 방법이 능동인지 수동인지 여부 등을 공개하여야 한다. 그리고, 연료의 양을 포함하여, 우주국의 폐기 계획을 설명한 자료는 아래의 내용을 적용한다.

- 정지궤도 우주국의 경우 폐기 고도를 도출하는데 사용된 계산을 공개하여야 한다.
- 고도 2,000km 미만의 저궤도에서 운영을 종료하거나 통과하는 우주국의 경우, 우주국을 직접 회수한다면 대기 재진입을 통해 폐기될 것인지 여부를 명시하여야 하며, 또한 우주국의 재집인 예상 시간 내용을 포함하여야 한다.



- 위의 폐기 내용에 해당하지 않는 경우에는, 폐기 보관용 궤도를 사용할 것인지 또는 장기적 대기 재진입을 할 것인지 여부를 선택하고 이유를 명시하여야 한다.
- 선택한 폐기 방법의 성공 확률이 개별 우주국에 대해 0.9 이상이고, 그걸 시연한 서류를 포함하여야 하며, 다중 우주국으로 구성된 시스템의 경우 0.99 이상의 성공 확률 목표와 더 높은 성공 확률을 달성하려는 노력에 대한 정보가 포함되어야 한다.
- 계획된 폐기가 대기 재진입인 경우에는 통제에 의한 진입인지 아닌지 여부를 공개하여야 하며, NASA의 파편평가소프트웨어 또는 그 외의 신뢰가 높은 도구를 사용하여 계산된 사고 위험이 0.0001 미만임을 보여주는 서류 공개하여야 한다.

또한, 미국의 허가를 받지 않는 우주국(실험용, 아마추어 우주국 제외) 경우에는 미국 시장 접근이 요구되는 우주국에 대한 파편완화 계획이 국립허가 기관의 규제감독이 적용되고 궤도 내 파편 위험을 최소화하기 위한 설계 및 운영 전략 요구 사항을 충족되어야 한다.

제4장

우주국·지구국의 무선설비 기술기준 개정 검토





제4장 우주국·지구국의 무선설비 기술기준 개정 검토

「간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용
무선설비의 기술기준」[시행 2018. 11. 13.]
[국립전파연구원고시 제2018-26호, 2018. 11. 13., 일부개정]

제1절 주요 내용

간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준은 전파법 제45조* 및 전파법 시행령 제123조제1항 제1의6호에 따라 규정하고 있다.

* 전파법 제45조(기술기준) 무선설비(방송수신만을 목적으로 하는 것은 제외한다)는 주파수 허용편차와 안테나공급전력등 과학기술정보통신부령으로 정하는 기술기준에 적합하여야 한다.

우주국·지구국과 관련 있는 조항은 제6조(우주국 및 지구국 등의 무선설비)이며, 국제전기통신연합(ITU)의 전파규칙(Radio Regulations)과 일치하지 않는 내용에 대해서 수정(안)을 마련하였으며, 그 내용은 아래와 같다.

‘우주 무선 통신 업무용과 같은 주파수를 이용하는 지상업무용 무선국 무선설비’는 기술기준 적용범위에 해당하지 않으므로 제6조의 일부 문구와, 제6조 3항의 지상업무용 무선국 무선설비 내용을 삭제가 필요하다.

현행	개정(안)
제6조(우주국 및 지구국 등의 무선설비) 우주국 및 지구국의 무선설비, <u>우주무선통신 업무용과 같은 주파수를 이용하는 지상업무용 무선국 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</u>	제6조(우주국 및 지구국 등의 무선설비) 우주국 및 지구국의 무선설비의, <u>우주무선통신 업무용과 같은 주파수를 이용하는 지상업무용 무선국 무선설비의 기술기준은 다음 각 호와 같다.</u>
3. 지상업무용 무선국의 송신 출력제한 : 우주무선통신업무용과 동등한 사용 순위를 가지고 있는 주파수대역에서 운용하는 지상업무용 무선국은 아래사항을 준수해야 한다.	3. <u>지상업무용 무선국의 송신 출력제한 : 우주무선통신업무용과 동등한 사용 순위를 가지고 있는 주파수대역에서 운용하는 지상업무용 무선국은 아래사항을 준수해야 한다.</u>

[표 10] 무선설비 기술기준 제6조 일부 개정(안)

제6조 제1항 가 (3)에 의하면 국제혼신 조정 등이 필요하다면 ‘안테나공급 전력의 저감장치를 부착할 것’되어있으나, 비정지궤도 우주국의 경우에는 저감장치

기능이 없을 수 있으므로 수정 검토하였으나, 이 조항은 향후 비정지궤도 관련 제도 정비할 때 검토할 예정이다.

정지궤도와 비정지궤도를 구분하여 규정하기 위해 ‘우주국’을 ‘정지궤도 우주국’, ‘비정지궤도 우주국’ 수정하고, 위성과 우주국을 비교하여 표기 필요하다.

제6조 제1항 나 (1)에 명시된 별표 3은 정지궤도 우주국에 관한 내용이므로, ‘정지궤도 우주국’으로 수정 필요하며, 비정지궤도 우주국의 전력속밀도의 허용치를 별표 7에 신설할 필요가 있다.

[별표 7] 〈신설〉

비정지궤도 우주국의 전력속밀도의 허용치

(제6조제1호나목 관련)

주파수대	수평면위의 도래각(δ) 및 전력속밀도의 한계값(dB W/m^2)			기 준 대역폭
	$0^\circ\text{--}5^\circ$	$5^\circ\text{--}25^\circ$	$25^\circ\text{--}90^\circ$	
3500-4200MHz	-138-Y	$-138\text{--}Y+(12+Y)(\delta-5)/20^{1)2)}$	-126 ²⁾	1MHz
10.7-11.7GHz	-126	$-126+0.5(\delta-5)$	-116	1MHz
11.7-12.75GHz	-129	$-129+0.75(\delta-5)^3)$	-114	1MHz
	-124	$-124+0.5(\delta-5)^4)$	-114	1MHz
37-38GHz	-120	$-120+0.75(\delta-5)$	-105	1MHz
37.5-40GHz	-120	$-120+0.75(\delta-5)$	-105	1MHz
40.5-42GHz	-115	$-115+0.5(\delta-5)$	-105	1MHz
42-42.5GHz	-120	$-120+0.75(\delta-5)$	-105	1MHz

1) Y는 다음과 같이 정의된다; $\max(N_N, N_S) \leq 2$ 일 때, $Y = 0$ $\max(N_N, N_S) > 2$ 일 때, $Y = 5 \log(\max(N_N, N_S))$
여기에서, N_N 은 북반구에서 고정위성업무 시스템이 동일 주파수로 동시에 송신하는 우주국의 최대 수이고, N_S 는 남반구에서 고정위성업무의 동일한 시스템에서 동일 주파수로 동시에 송신하는 우주국의 최대 수이다. N_N 과 N_S 를 결정할 때, 짧은 핸드오버 시간동안 동시에 송신하는 두 개의 우주국은 하나의 위성으로서 간주되어야 한다.

2) 만일 같은 반구에서 운용이 시작되어 동시에 운용하는 동일 주파수의 비정지 시스템의 수가 5개보다 많으면, 이들 제한값의 적용은 향후 WRC를 통해서 검토될 필요가 있을 수도 있다.

3) 이 제한값은 경사각이 35° 에서 145° 사이이고 원지점 고도가 18,000 km 이상인 궤도를 이용하는 비정지궤도 고정위성업무의 우주국에 적용된다.

4) 이 제한값은 각주 3) 이외의 비정지궤도 고정위성업무의 우주국에 적용된다.



제6조 제1항 나 (2)의 내용은 ITU의 전파규칙 제22.5호*의 내용과 일치하며, 고정위성업무용과 기상위성업무용에 대한 송수신 방향 ‘지구대 우주’에 대한 내용을 추가하였다.

* 전파규칙 제22.5호 비정지위성을 사용하는 지구탐사위성업무가 고정위성업무(지구대우주) 또는 기상위성업무(지구대우주)와 공유하는 8025-8400 MHz 주파수 대역에서 지구탐사업무의 우주국에 의하여 정지위성궤도에서 생성되는 최대전력속밀도는 임의의 어느 4 kHz 대역 내에서 -174dB(W/m²)를 초과하여서는 안된다.

제6조 제1항 나 (3)의 수식이 잘못 기재되어 있으므로, 전파규칙 5.462A 참고하여 수정하였다.

5. 462A : 제1지역과 제3지역(일본 제외)에서는 8025-8400 MHz 주파수 대역에서 정지위성을 이용한 지구탐사위성업무는 영향을 받는 주관청의 동의없이 지표면에서의 전력속밀도가 모든 도달 각(ϕ)에서 다음 값을 초과해서는 안된다.

-135 dB(W/m²) ($0^\circ \leq \phi < 5^\circ$)

-135 + 0.5(ϕ -5) dB(W/m²) ($5^\circ \leq \phi < 25^\circ$)

-125 dB(W/m²) ($25^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$)

ϕ : 수평면 위의 도래각

제6조 제2항 나의 지구국의 기준방사도에 수식은 국제전기통신연합(ITU)의 전파규칙(Radio Regulations) 부록8 규정을 참고하여 수정하였다.

$G = 29 - 25 \log(\phi)$ dBi ($\alpha \leq \phi \leq 7^\circ$)
 $G = +8$ dBi ($7^\circ \leq \phi \leq 9.2^\circ$)
 $G = 32 - 25 \log(\phi)$ dBi ($9.2^\circ \leq \phi \leq 48^\circ$)
 $G = -10$ dBi ($48^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$)

다만, $\frac{D}{\lambda} < 100$ 인 경우(최대 이득 < 48 dBi):

$G(\phi) = G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \phi \right)^2$ dBi

단, $0 < \phi < \phi_m$

$G(\phi) = G_1$ dBi

단, $\phi_m \leq \phi < 100 \frac{\lambda}{D}$

$G(\phi) = 52 - 10 \log \frac{D}{\lambda} - 25 \log \phi$ dBi 단, $100 \frac{\lambda}{D} \leq \phi < 48^\circ$

$G(\phi) = -10 - 10 \log \frac{D}{\lambda}$ dBi

단, $48^\circ \leq \phi \leq 180^\circ$

이 때:

D : 안테나 직경

λ : 파장

ϕ : 안테나의 축 이탈각($^{\circ}$)

G_1 : 1차 부엽의 이득 = $2 + 15 \log \frac{D}{\lambda}$ dBi

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

단, $\frac{D}{\lambda}$ 값이 주어지지 않을 경우 수식 $20 \log \frac{D}{\lambda}$ $G_{\max} - 7.7$ 에서 추정할 수 있다. 이 때 G_{\max} 은 주빔 안테나 이득(dBi)이다.

WRC-19 후속조치로, 결의 750 개정에 따라, 지구국의 대역외 불요발사전력 허용치 내용을 개정 반영이 필요하나, 전파법 등 관계 법령의 검토가 선행되어야 하므로, 향후에 개정안에 반영할 필요가 있다.

주파수 대역	불요발사전력 허용치
49.7 - 50.2 GHz	<p>WRC-07 최종 의정서 발효일자 이후 2024년 1월 1일 이전 운용 개시한 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -10 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 이상인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -20 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 미만인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>2024년 1월 1일 이후 운용 개시하고 안테나 이득이 57 dBi 이상인 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -25 dBW (고도각이 80도 미만인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -45 dBW (고도각이 80도 이상인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>2024년 1월 1일 이후 운용개시하고 안테나 이득이 57 dBi 미만인 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -30 dBW (고도각이 80도 미만인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -45 dBW (고도각이 80도 이상인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>WRC-07 최종 의정서 발효일자 이후 WRC-19 최종 의정서 발효일자 이전 운용 개시한 비정지궤도 지구국에 대해:</p>



	<ul style="list-style-type: none"> • -10 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 이상인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -20 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 미만인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>WRC-19 최종의정서 발효일자 이후 운용개시한 비정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -42 dBW (상향회선 전력제어 기능을 갖추지 않은 지구국의 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -42 dBW (상향회선 전력제어 기능을 갖춘 지구국의 최소 고도각 15도에서 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내에 천정 지점에서 최대 -35 dBW까지 증가 가능)
50.4 - 50.9 GHz	<p>WRC-07 최종 의정서 발효일자 이후 2024년 1월 1일 이전 운용 개시한 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -10 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 이상인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -20 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 미만인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>2024년 1월 1일 이후 운용 개시하고 안테나 이득이 57 dBi 이상인 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -25 dBW (고도각이 80도 미만인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -45 dBW (고도각이 80도 이상인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>2024년 1월 1일 이후 운용개시하고 안테나 이득이 57 dBi 미만인 정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -30 dBW (고도각이 80도 미만인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -45 dBW (고도각이 80도 이상인 지구국의 경우 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>WRC-07 최종 의정서 발효일자 이후 WRC-19 최종 의정서 발효일자 이전 운용 개시한 비정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -10 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 이상인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) • -20 dBW (지구국 안테나 이득이 57 dBi 미만인 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내) <p>WRC-19 최종의정서 발효일자 이후 운용개시한 비정지궤도 지구국에 대해:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -42 dBW (상향회선 전력제어 기능을 갖추지 않은 지구국의 경우, 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내)

	<ul style="list-style-type: none"> • -42 dBW (상향회선 전력제어 기능을 가춘 지구국의 최소 고도각 15도에서 지구탐사위성업무(수동)의 200MHz 대역내에 천정 지점에서 최대 -35 dBW까지 증가 가능)
51.4 - 52.4 GHz	<p>비정지궤도 지구탐사위성업무(수동) 우주복 보호를 위하여 정지궤도 고정위성업무 지구국에 대하여:</p> <ul style="list-style-type: none"> • -37 dBW (지구국 고도각이 75도 미만의 경우, 지구탐사위성업무 (수동)의 100MHz 대역내) • -52 dBW (지구국 고도각이 75도 이상의 경우, 지구탐사위성업무 (수동)의 100MHz 대역내) <p>정지궤도 고정위성업무 우주국의 공칭 궤도 이격이 제11.44호에 따라 다음 궤도에 통고한 정지궤도 지구탐사위성(수동) 우주국으로부터 2.5도 이하인 경우: 0°, 9.5° E, 76° E, 79° E, 99.5° E, 105° E, 123.5° E, 133° E, 165.8° E, 14.5° W 및 137.2° W: $-84 + 200 \Delta$ dBW ($0^{\circ} \leq \Delta < 0.1^{\circ}$) $-7 + 22.8 \Delta$ dBW ($0.1^{\circ} \leq \Delta < 0.5^{\circ}$) $-1 + 11.3 \Delta$ dBW ($0.5^{\circ} \leq \Delta < 1.9^{\circ}$) $-7 + 4 \Delta$ dBW ($1.9^{\circ} \leq \Delta \leq 2.5^{\circ}$) (지구탐사위성업무(수동)의 100 MHz 대역 내)</p>

[표 11] 주파수 대역별 불요발사전력 허용치

The background of the page is a light gray with a pattern of white line-art icons. These icons include various electronic devices such as smartphones, laptops, keyboards, and mice, as well as communication symbols like speech bubbles, Wi-Fi signals, and a cloud. There are also icons representing data storage like folders and server racks, and a small star icon. The overall theme is technology and digital communication.

제5장

결론



제5장 결론

전세계적으로 통신 등 기술 발전에 따라 위성에 대한 수요가 늘어나고 있으며, SpaceX, 아마존, 원웹 등과 같은 글로벌 위성 사업자들은 수많은 위성 발사를 계획하고 있다. SpaceX사의 경우 위성을 42,000기 발사를 목표로 프로젝트를 진행하고 있다. 궤도면 내에 위성수가 증가할 것이며, 위성의 충돌 발생할 확률이 높아질 것이다.

이로 인해 파편 등 우주 쓰레기가 많아지는 것에 대해 국제사회는 매우 심각하게 받아들이고 있으며, ITU와 미국 등은 그에 따른 대책을 마련하였다. 미국에서 우주국 허가를 받기 위해서는 파편 완화 대책 등을 제출해야하며, 최근 관련 내용을 FCC 규정(위성주파수 허가 등)에 반영하였다. 또한 NASA에서는 파편 완화 평가소프트웨어를 무료로 배포하여 우주 파편 완화를 위해 노력하고 있다.

SpaceX는 우주 자원의 효율적 활용을 위하여, 1,150km 고도에 있는 위성 1,584기를 550km고도 낮추어 타 위성간의 간섭영향을 줄이고, 우주 파편을 줄이는데 노력하고 있다. SpaceX는 초고속 인터넷 서비스 제공을 위하여 우리나라에도 무선국 허가 등 신청이 들어 올 것으로 예상되며, 이에 대비하여, 우리나라 전파자원 및 무선국 등을 보호하기 위한 지속적인 검토가 필요할 것이다.

현재 우리나라도 위성에 대한 수요가 많아지고 있으며, 제3차 우주개발 진흥 기본 계획에 따라 한국형 발사체 및 차세대 중형위성 등을 개발 하고 있다. 또한, 최근 들어 국내 상업용 저궤도, 단기임무 등의 위성 수요가 늘어나면서 위성주파수 확보가 어려운 상황이다. 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위해서는 기술기준 제도 등을 개선할 필요가 있다.

이를 바탕으로, 우리나라의 위성 산업 발전과, 효율적이고 공정한 전파자원 이용을 위하여 보고서를 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

[참고 문헌]

- [1] ITU, “Radio Regulations Articles, Edition of 2020”
- [2] 과학기술정보통신부, “전파법” 법률 제17355호, 2020.6.9.
- [3] 과학기술정보통신부, “전파법 시행령” 대통령령 제31298호, 2020.12.29.
- [4] 국립전파연구원, “간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준” 고시 제2018-26호, 2018.11.13.
- [5] Starlink project 기술 보고서
- [6] 미국 FCC 20-54 파편 완화 규정
- [7] ITU Space Network Systems Online(<http://itu.int/sns>)
- [8] 국가법령정보센터(<http://www.law.go.kr>)
- [9] 한국정보통신기술협회(<http://www.tta.or.kr>)

우주국 지구국 기술기준 연구



국립전파연구원

National Radio Research Agency

(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발행일 : 2020. 12.

발행인 : 김 정 렬

발행처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전화 : 062) 338-4414

인쇄 : (사)중증장애인복지협회 도동

Tel. 062) 363-4454

ISBN : 979-11-5820-171-5 < 비매품 >

- 주 의 -

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

58323 전남 나주시 빛가람로 767(빛가람동)
<http://www.rra.go.kr>



9 791158 201715
ISBN 979-11-5820-171-5

비매품

93560

