

# 황사에 의하여 위성통신에 미치는 영향분석

홍완표\* · 김학섭\* · 전영신\*\*

\*한세대학교 정보통신공학과, \*\*기상청 기상연구소 응용기상연구실

## A study on the effectiveness to satellite communications due to Asian Dust

Wanpyo, Hong\* · Haksob, Kim\* · Youngsin, Chun\*\*

\*Electronic Engineering Graduate School, Hansei University

\*\*Meteorological Research Institute, KMA

E-mail : hitri@hansei.ac.kr

### 요 약

2004년 3월과 4월중 우리나라에 발생한 황사가 위성통신신호에 미치는 영향을 분석하기 위하여 중앙전파관리소 위성전파감시센터를 통하여 황사발생기간중 L, S, C, Ku 및 Ka 대역의 위성신호에 대한 실효등방성복사전력(EIRP)을 측정하였고 이 측정값을 동 황사발생기간중 기상청에서 측정한 미세먼지농도(PM10)와 미세먼지를 수치화한 광학입자계수기(OPC)의 측정값을 기준으로 황사의 농도와 대기중의 입자의 수치들의 변화량이 위성통신에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

### ABSTRACT

To analysis on the degradation of the satellite communication signal due to Asian dust that was appeared on Korean peninsula during March and April 2004, EIRPs of L, S, C, Ku and Ka frequency band of the downlink of satellite communication link were measured by Satellite Signal Monitoring Center located in Icheon, Korea. The measured results were compared to the measurement values of PM10 and OPC that were measured by the Korea Meteorological Administration.

### 키워드

황사, 위성통신, 신호감쇠, 산란

## 1. 서 론

전자기파를 이용한 전파통신은 공간을 통하여 원거리까지 전달되며 특히 대기층하의 공간에는 전파의 전파에 영향을 미치는 수증기, 산소 및 수소 등의 가tm분자, 비, 안개, 구름, 눈과 진눈개비 및 자유전자가 존재한다.

이중 대기중의 가스는 밀도가 낮아 전파전파에 큰 영향을 미치지 않으나 수증기등 강수에 의한 영향은 무시할 수 없는 영향을 미치고 있다. 또한 전파통신을 위한 사용주파수가 마이크로웨이브대 이상으로 높아짐에 따라 그 영향이 커지는 현상이 발생되며 특히 강수에 의한 영향은 그 정도가 매우 심하여 지금까지 국내외 적으로 많은 연구가 이루어져 실용화되어 있다.

최근 위에서 열거한 요소외에 우리나라의 상공

에는 여름철을 제외한 봄, 가을 및 겨울철에 중국의 사막지역에서 불어오는 황사의 영향이 점점 커지고 있으며 중앙아시아의 사막화진행이 확산됨에 따라 그 영향이 점차 커질 것으로 예상되고 있다.

본 논문에서는 2004년 3월 10일과 11일 및 3월 30일 및 31일에 우리나라에 발생한 황사의 미세농도 및 광학입자계수기의 측정값의 변화량에 의하여 L, S, C, Ku 및 Ka의 위성통신용 주파수대역의 실효등방성전력값의 변화상태를 분석하므로써 황사에 의한 위성통신신호에 미치는 영향을 분석하였다.

## II. 본 론

### 2.1 황사성분

황사(黃砂, Asian Dust)란 주로 중국 북부의 황

토지대에서 바람에 의하여 상승된 미세 모래먼지를 말한다. 황사의 발원지는 타클라마칸사막, 중국 서부와 북서부의 모래 사막지역, 고비사막과 황하 강 유역의 황토고원 등이며, 발원인은 발원지에서 저기압 발생시 한랭전선의 영향으로 차가운 공기가 지표의 복사열로 따뜻해져 지표면의 공기를 수직으로 3~5km까지 상승시키고 공기와 함께 흩날리는 부유되고 장거리 이동하기 가장 알맞은 고도에서 흩날리는 비산이 발생되며, 이때 급속한 대기의 기류이동으로 발생한 편서풍에 의하여 한반도와 일본열도를 지나 하와이나 알라스카 해안까지 수송되게 된다(Ing, 1972). 연중 황사의 발생빈도는 주로 3월과 5월 사이에 나타나고, 4월 중 전체의 1/3~1/2의 빈도로 발생하는데 3~5월 봄철에 한반도를 둘러싼 주변의 기후여건이 이와 같은 황사 발원지의 발생조건과 맞물려 그 발생이 가중되고 있다.

황사의 주성분은 토양입자로서 알루미늄, 철, 칼륨, 규소, 칼슘, 나트륨, 아연 및 마그네슘 등의 산화물이 들어 있고 이중에 알루미늄과 철 성분이 대부분으로 알루미늄이 60%정도를 차지한다. 사막에서 발생한 토양성분의 황사는 이동하면서 오염 지역의 가스 및 입자의 상호작용에 의하여 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 등 가스상 물질이 입자표면에 흡착, 황산염이나 질산염을 갖는다.

황사의 크기는 모래의 크기 1~1,000 $\mu$ m보다 매우 작은 1~10 $\mu$ m 정도로서 10 $\mu$ m 입자는 수시간에서 수일 동안 공중에 부유한다.

황사는 일반적으로 지상으로부터 ~4Km, 6~9Km 등의 상공에 다층구조로 존재하므로 그 황사층의 높이가 2Km~4Km 정도를 갖는다.

## 2.2 위성통신신호 감쇠요인

위성통신신호는 대기를 통과하여 지구국과 위성 간에 링크를 구성한다. 위성통신신호인 전자기파가 대기를 통과할 때에는 대기중의 미분자 산소, 수증기, 비, 안개와 그림, 눈과 진눈개비 및 자유전자에 의해 흡수되거나 산란되어 손실과 잡음이 발생하여 전자의 2가지 성분은 변화가 거의 없으나 나머지 성분은 기상 및 대기조건에 의하여 큰 폭으로 변화된다. 개기내에는 이외에도 N<sub>2</sub>, O, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> 및 NH<sub>3</sub>와 같은 가스가 존재하지만 밀도가 낮아 그 영향이 거의 무시된다.

자유전자에 의한 전자기파의 흡수영향은 100MHz 이하의 주파수대에서 발생하며 실제 위성 링크버킷을 계산할 때에는 안개와 산소를 제외한 가스들에 의한 감쇠는 무시되고 수증기와 산소에 의한 감쇠는 합하여 대기감쇠로 다루어 진다.

마이크로웨이브와 mm파 주파수대역을 사용하는 위성통신에서 위성통신신호에 크게 영향을 미치는 것은 강우이다.

빗속을 통과하는 전자기파는 빗방울에 의하여 흡수 및 산란이 일어나 신호세기에 감쇠를 주고산란 및 편파의 왜곡에 의하여 동일 주파수를 사용하

는 다른 통신에 영향을 미친다.

10Ghz 이상의 주파수에서 전자기파는 대기중에 존재하는 가스, 강우를 제외한 강수 및 자유전자 등에 의하여 60Ghz 주파수를 최대감쇠가 발생하는 공진점으로 신호세기가 변하는 감쇠특성을 가지고 있으며 양각이 낮을 수록 감쇠의 영향이 큼을 나타내고 있다. 강우의 경우에는 500Ghz의 주파수대역까지 주파수상승과 강우량의 증가에 대하여 선형적으로 감쇠가 발생하는 특징을 가지고 있다.

## 2.3 분석

본 연구에서는 황사에 의한 위성통신신호에 미치는 영향을 분석하기 위한 향후 이론적모델을 정립하기 위하여 황사가 발생한 시간대에 L, S, C, Ku 및 Ka주파수대의 실효등방성전력(eirp)값을 측정하였고 이 측정값을 측정시간대별로 황사의 수농도와 NOAA위성의 황사측정 영상사진을 토대로 분석하였다.

### 가. 황사시 위성신호 eirp 측정

위성에서 수신되는 신호를 잡음이 없이 깨끗하게 수신할 수 있도록 경기도 이전에 위치한 위성전파 감시센터는 동경 55° ~ 서경 160° 사이의 국내·외 정지궤도위성에서 발생하는 신호를 수신하여 ITU 규정 및 등록 제원의 준수여부 감시 하며, 위성전파의 포착·추적 및 궤도위치 측정, 전송특성 및 주파수 이용률 등 측정, 간섭 및 유해전파 발사의 탐색 및 색출이 가능한 2기의 13m 카세크레인 안테나로 6개 밴드에 수신되는 신호를 자동으로 추적하는 위성센터의 협조를 얻어 황사가 가장 많았던 2004년 3월 10일과 11일 및 약한 황사가 발생한 3월 30일과 31일 및 황사가 발생하지 않은 4월 1일 3시간 간격으로 L-Band (ASI STAR, 105. E, USA, 1475.22MHz), S-Band (DFH-52, 80.3. E, CHINA, 2491.75MHz), C-Band (ASI SAT-4, 122. E, CHINA, 3760MHz), KU-Band (KOREASAT-3, 116. E, KOREA, 12730MHz), KA-Band (KOREASAT-3, 116. E, KOREA, 20755MHz) 5개 밴드의 EIRP를 측정하였으며 표 은 측정데이터이다.

### 나. 황사시 먼지농도 및 황사수농도 측정

본 연구에 사용된 황사에 관련된 데이터는 황사 발생일에 기상청에서 측정된 먼지농도(PM10)와 광학입자 계수기(Optical Particle Counter)의 자료를 참조하였다. 미세먼지는 대기중에 떠다니거나 강하하는 미세한 고체물질을 말한다. 시멘트공장, 연탄공장, 탄광 등에서 특히 문제가 되고 있으며, 최근에는 대규모 주택 건설 사업장에서 비산 먼지 등이 심각한 문제로 대두되고 있다. 광산에서 작업하는 인부들이 탄가루를 흡입하여 일으키는 진폐증은 먼지로 인한 산업 재해라고 볼 수 있다. 또한 대기중에 부유하는 분진중에 입경이 10 $\mu$ m 이하의 미세한 입자의 총칭이다. 광학입자계수기(OPC)는 Lidar 시스템으로 측정을 하였으며 Lidar 시스템은

측정이 용이하며 직진성을 가지는 Laser에 의하여 측정 범위가 넓으며 대기환경에 대하여 수직고도나 수평거리에 대한 대기오염물질의 농도분포 측정이 가능하다. 측정된 OPC자료를 8개의 크기로 나누어 측정을 하였다. 0.3~0.5, 0.5~0.82, 0.82~1.35, 1.35~2.23, 2.23~3.67, 3.67~6.06, 6.06~10, 10~25(단위 = 개수/m<sup>3</sup>)

다. 분석

그림1 에서 보는 바와 같이 황사가 심한 3월 11일과 황사가 없는 4월 1일은 EIRP를 비교한 결과 황사에 의하여 최대 dB의 감쇠가 발생하였음을 나타내었다.

그림 2. 황사크기별 수농도측정값또한 황사가 심하게 발생한 3월 11일 중에도 주파수대역별로 EIRP의 변화가 발생한 것으로 나타나 위성신호에 영향을 주는 황사의 밀도가 일일 기간중에도 변화되는 것으로 나타내고 있다.

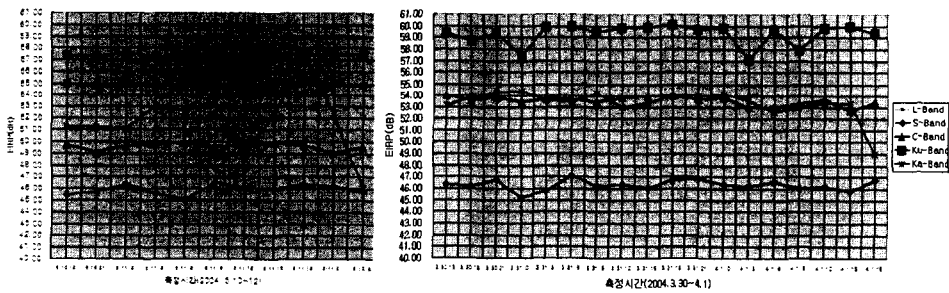
그림2는 황사크기별 수농도측정값이고 그림3은 크기별 수농도의 합계값을 나타내고 있다.

각 측정주파수대역을 시간대별로 측정한 EIRP와 황사의 수농도와의 관계를 분석한 결과 다음과 같은 특성이 나타났다.

C-Band의 시간대별 EIRP는 (0.3~0.5 $\mu$ m)+(0.5~0.82 $\mu$ m)입자들의 곡선을 더한 것과 유사한 변화형태를 보였다. 특히 C-Band의 경우는 입자계수의 전체 합계변화상태와 비교하여 볼 때 변화 특성이 다른 Band의 변화특성과 반대의 특성을 보이고 있는 것으로 나타났다.

S-Band는 전체적으로 보았을 때 황사의 수농도의 변화 특성과 가장 유사한 특성을 보여 주고 있다. 이와 같이 수농도와 EIRP의 나타난 변화특성은 평균적으로 Ka-band는 90%정도, L-band는 70%정도, Ku-band는 50%정도의 유사특성을 갖는 것으로 나타났다.

황사의 입자의 크기에 의한 영향을 분석한 결과 Ka-band는 대체적으로 고른 특성을 보이고 있고 Ku-band는 0.3~0.5 $\mu$ m, C-band는 1.35 $\mu$ m~이상의 크기에 영향을 받으며 S-band는 전체 황사크기 범위에 고른 특성을 보이고 있으며 L-band는 1.35 $\mu$ m



1. 시간대별 eirp측정값

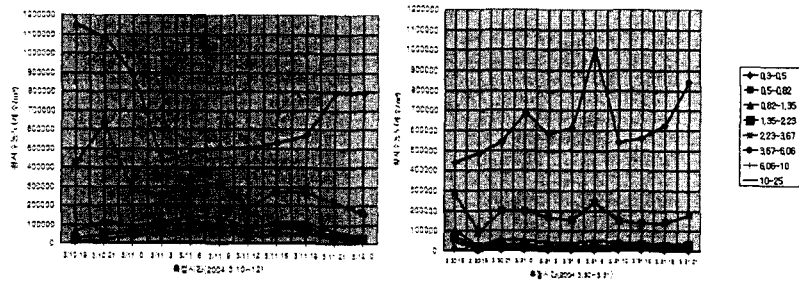


그림 2. 황사크기별 수농도측정값그림

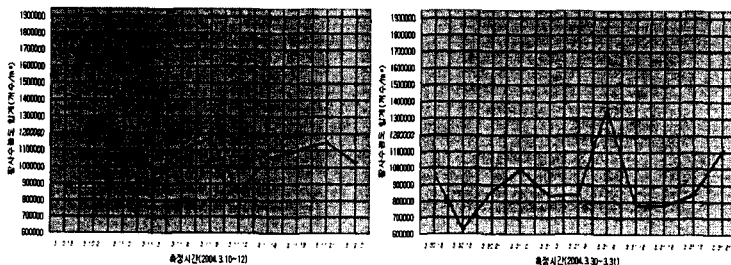


그림3. 황사 크기별 수농도합계

m~이상의 크기에 영향을 받는 것으로 나타났다.

그림4~8은 분석주파수대역별 측정eirp값의 변동 값과 황사의 수농도에 대한 관계를 보여 주는 것이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 eirp값과 황사의 수농도값간에는 규칙적인 특성이 보이고 있지 않으며 특히 황사의 크기가 작은 경우에는 더욱 불규칙성이 큰 것으로 나타났다.

즉 황사의 개개 크기값만으로는 황사가 위성통신신호에 미치는 영향을 분석하기가 매우 어려움을 알 수 있다.

### V. 결 론

본 연구에 의하여 황사에 의한 위성통신신호에 미치는 영향을 분석한 결과 청명한 날씨의 최고 eirp값과 황사날씨의 최소eirp값을 비교한 결과 S-band의 경우는 청명한 정상날씨의 eirp값이 47.10dB이고 황사날씨의 경우 eirp값이 45.10dB로서 약 2.0dB의 감쇠가 발생하였다. C-band의 경우는 청명한 날씨의 경우 eirp값이 54.0dB이며 황사날씨의 경우 49.1dB로서 약 4.9dB의 감쇠가 발생하였다. Ku-band의 경우에는 청명한날씨의 eirp값이 60dB이며 황사날씨의 경우 eirp값이 57.2dB로서 약 2.8dB의 감쇠가 발생하였다. Ka-band의 경우에는 청명한 날씨의 eirp값이 57.38dB이며 황사날씨의 경우 48.70dB로서 약 8.68dB의 감쇠가 발생하였다.

특히 Ka대역의 경우에는 황사가 발생하는 기간 중에 eirp값이 오히려 청명한 날씨의 경우보다 큰 값이 되는 경우도 있고 eirp값의 변동이 심하게 나타났다. 특히 Ka-band와 L-band의 경우 황사의 수농도 합계가 증가하는 시점에 오히려 eirp값이 증가하고 황사의 수농도합계값이 감소하는 시점에 eirp값이 감소하는 현상도 나타났다.

본 연구결과 황사가 위성통신신호에 대한 감쇠를 야기하는 것으로 나타났으며 향후 본 연구를 지속하여 황사가 위성통신주파수 등 전파신호에 미치는 영향을 분석하는 이론적 모델을 만드는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

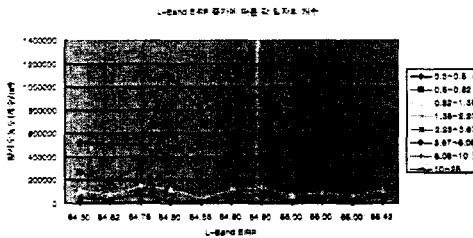


그림 4. L-band EIRP 대 황사 수농도변화 관계

\*이 논문은 2003학년도 한세대학교 교내 학술연구 비지원에 의하여 연구되었음

\*본 연구에 협조하여 주신 기상청 기상연구소와 중앙전파관리소 위성전파감시센터 관계자분들께 감사드립니다.

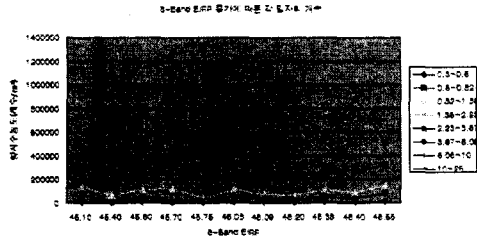


그림 5. S-band EIRP 대 황사 수농도변화

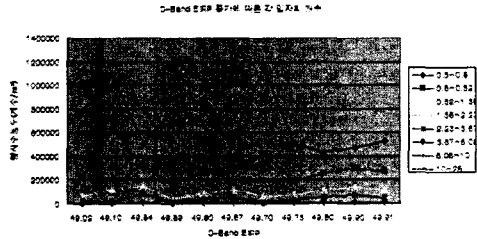


그림 6. C-band EIRP 대 황사 수농도변화

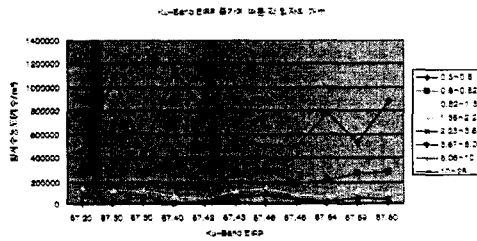


그림 7. Ku-band EIRP 대 황사 수농도변화

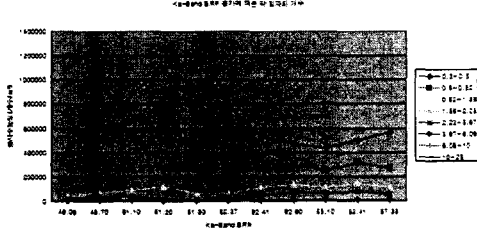


그림 8. Ka-band EIRP 대 황사 수농도변화

### 참고문헌

- [1] 정보통신부 중앙전파관리소 위성감시센터 위성통신신호 대역별 eirp 측정데이터
- [2] 기상청 황사측정 데이터
- [3] Reference data for engineers, Radio electronics computer and communications eighth edition. SAMS PUBLISHING
- [4] MIMICS. The university of Michigan college of engineering. Ann Arbor, Michigan