

論文97-34D-6-10

광위성 통신시 업링크에서 강우에 따른 송신 안테나 설계

(The Design of Transmitting Antenna on the Optical Satellite Communication Up-link in Rain)

鄭 鎮 豪 *

(Jin Ho Jung)

요 약

오늘날의 무선통신은 음성 정보뿐만아니라 화상 전송을 위해 고속화를 필요로 하며, 이를 위해 넓은 대역폭을 가진 광통신 시스템이 적합하다. 그러나, 광무선통신시스템의 실현을 위해서는 비오는 날씨하에서의 대기 감쇠를 극복하여야만 한다. 지구국과 정지궤도 위성간의 광무선통신 업링크에서 전력감쇠의 요인은 교란, 포인팅 에러, 산란 등이 있으며, 이 중에서 강우시 산란효과가 가장 심각한 대기효과이다. 따라서, 본 논문에서는 시스템에 영향을 미치는 주 요인인 구름과 비로 인한 산란대기하에서 광 위성 통신 시스템의 업 링크에 미치는 대기 감쇠 효과를 고찰하였으며, 양각, 정보전송율, 강우량의 변화에 따른 지구국에서의 광위성 송신안테나의 최적 직경을 제시하였다.

Abstract

Today's wireless communication needs the super-high speed for picture transmission as well as voice. The optical communication with the very wide bandwidth is suitable for this demand. To fulfill the optical wireless communication, however, the atmospheric attenuation in rainy weather condition must be overcome. In the optical satellite up-link communication between geo-satellite and earth station, the factors of attenuation are turbulence, pointing error, scattering, and so on. The most serious factor of these is the scattering by rain. Under the weather condition of rain and cloud, in this paper, the atmospheric attenuation which affects the optical satellite up-link communication was considered, and the optimum diameter of the optical satellite transmitting antenna in the earth station versus elevation angles, data rates and rainfall rates was presented.

I. 서 론

정보화 사회를 맞이하여 미래의 통신시스템은 다량의 정보를 신속, 정확하게 전송하기 위해 제반 광대역 통신 정보 서비스를 통합적으로 제공하는 BISDN의 실현이 필수불가결하며, 이러한 BISDN 시스템을 구현하기 위해 넓은 대역폭과 다량의 정보를 초고속으로 전송할 수 있는 레이저 광을 전송매체로 사용하는 광

통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 광통신 시스템은 광파이버를 이용하여 이미 실용화된 광유선 통신 분야와 대기를 전송채널로 사용하는 광무선 통신분야로 나눌 수 있다^[1]. 특히, 기존의 광파이버 LAN망을 이용할 수 있는 광위성 무선 통신 시스템은 위성-위성, 지상-위성, 지상-지상간 통신이 있으며, 이 중 지상-위성간 통신시스템의 구현은 전송채널로 사용하는 대기효과로 인해 극복해야할 많은 문제점들을 갖고 있어 앞으로 많은 연구가 필요한 분야라 할 수 있으며, 먼저 대기효과가 광위성통신 시스템에 미치는 영향을 분석해야만 이러한 대기효과를 극복할 수 있는 시스템 구현이 가능할 것이다. 국제간 BISDN

* 正會員, 湖西大學校 電氣電子制御工學部

(Department of Electrical, Electronic, and Control & Instrumentation Engineering, Hoseo Univ)

接受日字:1996年7月26日, 수정완료일:1997年6月2日

시스템의 통합 구현을 위해 필요한 광위성 통신시스템에 미치는 대기효과에는 흡수, 산란, 교란 현상이 있다. 이중 대기의 흡수에 의한 영향은 광원의 파장을 잘 선택하면 극복이 가능하며, 맑은 날씨에서 광신호는 주로 교란에 의한 영향을 받고 흐린 날씨에서는 주로 산란에 의해 영향을 받는다^[2]. 일반적으로 산란에 의한 영향은 구름 및 비로 인한 영향이 매우 크므로 본 논문에서는 산란대기에서 시스템에 영향을 미치는 주요인인 구름 및 비로 인한 산란이 광위성 통신 시스템의 업링크에 미치는 영향을 고찰함으로써 양각, 전송속도, 강우량의 변화에 따른 광위성 통신 시스템 설계시 광위성 송신 안테나 즉, 광카세그레인 안테나(optical cassegrain antenna)의 최적 직경을 제시하고자 한다.

II. 광통신에 영향을 미치는 대기효과

대기 공간을 전파하는 레이저빔은 항상 강도(intensity)의 감소가 발생한다. 이러한 감소의 일부는 전송거리에 따른 공간전파손실에 의해 일어나고, 또한 일부는 흡수, 교란, 산란 등의 대기효과에 의해 강도감쇠가 일어난다. 레이저빔의 강도감쇠는 초고주파나 RF에 비해 매우 크며, 특히 흐린날씨와 안개, 눈, 비오는 날씨의 강도감쇠는 매우 심각하다. 따라서, 레이저빔의 강도감쇠는 광통신의 성능 전반을 좌우하는 중요한 인자이다. 맑은 날씨에서는 흡수와 교란이 주된 대기 효과이며, 비교적 흐린 날씨에는 흡수와 산란이 주된 대기 효과이다.

본 논문에서는 광위성통신 시스템의 실용화를 위해, 레이저빔의 강도감쇠가 심한 경우의 기상상태에서 대기효과와 현상을 분석하고자 한다.

1. 흡수

레이저 빔이 대기를 통과할 때, 대기의 구성분자에 의해 에너지 흡수가 발생한다. 흡수를 일으키는 주된 대기 구성 분자로는 수증기, CO₂, O₂ 등이 있다. 대기 흡수에 의한 광신호의 에너지 손실 정도는 그림 1의 대기의 흡수 스펙트럼에 나타난 것처럼 8개의 윈도우가 존재하며, 또한 광원의 파장에 따라서도 대기의 전송도가 다르게 나타나므로, 파장을 잘 선택하여 대기의 전송도를 높이면 대기에 의한 흡수 효과를 어느 정도 줄일 수 있다^{[3] [4] [5]}.

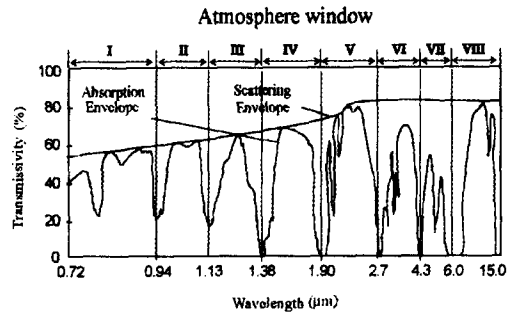


그림 1. 파장에 따른 대기의 전송도

Fig. 1. Atmospheric transmission rate vs. wavelength.

2. 교란

교란은 맑은 대기 상태에서 1~2 [°C] 정도의 작은 온도 변화에 의하여 공기의 굴절률이 연속적으로 불규칙하게 변화되는 상태로서 주로 태양에 의한 대기 가열, 바람과 대류 현상에 의한 공기의 와류에 의해 발생되며, 수신되는 광신호의 진폭, 위상, 도착 각도 등에 섭동을 일으키며 빔을 퍼뜨린다.^[6] 교란매질은 대기의 온도에 의해 크게 좌우되므로 시간에 따라 신호강도는 변하며, 일반적으로 교란매질보다 산란매질의 신호강도 감쇠가 훨씬 크다. 교란에 의해서 발생하는 현상으로는 빔편향(beam tilt), 이미지 댄싱(image dancing), 빔 퍼짐(beam spreading), 신틸레이션(scintillation) 공간 가간섭 요동(spatial coherence degradation) 등이 있다.

교란대기를 나타내는 인자인 굴절을 구조 함수 $C_n^2(h)$ 은 대기의 고도(h) 및 하루중 시간, 계절, 지역적 대기 조건에 따라 변하는 함수로서, 식(2-1)은 Rome Air Development Center에서 발표한 자료로써 하루중 고도에 따라 변화하는 굴절률 구조 상수를 낮과 밤으로 구분해서 얻은 평균값이다^[7].

$$\int_0^{\infty} C_n^2(h) dh = \begin{cases} 6.657 \times 10^{-13} & (\text{낮}) \\ 2.357 \times 10^{-13} & (\text{밤}) \end{cases} \quad (2-1)$$

3. 강우시의 산란현상

1) 비에 의한 산란

대기중에 내리는 비는 광파가 대기를 통해 진행하는데 많은 영향을 미치는 산란감쇠의 주요인이 되며, 물방울의 크기가 수 mm크기이므로 파장보다 훨씬 크기 때문에 가시영역 및 적외선 영역에서의 비에 의한 산란 감쇠는 파장에 독립적이다. 비에 의한 산란 감쇠계수는

Rensch와 Long에 의해 다음 식과 같이 나타내며, 이는 강우량의 함수이다^[5].

$$\beta_{rain} = 0.423 \times P^{0.501} \quad [dB/km] \quad (2-2)$$

여기서, P 는 강우량 [mm/hr]이다.

2) 구름에 의한 산란

구름은 수증기가 공중 높은 곳에서 응결되어 아주 작은 물방울이나 얼음덩어리로 되어있는 상태를 말한다. 따라서, 구름을 통과하는 광파는 구름 중의 물방울이나 얼음덩어리로 인해 심한 산란을 겪게되고 광전력은 심하게 감쇠된다. 구름의 산란에 의한 감쇠정도를 나타내는 척도로는 산란계수의 역수인 차광길이 l_e (extinction length)를 사용하며, 구름을 통하여 거리 l 만큼 진행한 광신호의 전력감쇠는 다음 식과 같이 주어진다^[5].

$$\beta_{cloud} = -4.4 \times (l/l_e) \quad [dB/km] \quad (2-3)$$

여러 종류의 구름 중에서 비를 내리는 구름은 크게 두가지로 분류되는데 지속적인 비를 내리게 하는 난층운(nimbo-stratus cloud)과 번개, 천둥을 동반한 소나기를 내리게 하는 적란운(cumulo-nimbus cloud)으로 나뉜다.

난층운은 위도에 따라 다소 차이는 있지만 평균 해발 2.5km 정도에 존재하며 구름의 평균두께(l)는 51 [m]이고, 차광길이(l_e)는 55 [m]이다. 한편, 적란운은 해발 1~1.5 [km] 정도에 존재하며 평균두께(l)는 120 [m]이고, 차광길이(l_e)는 25 [m]이다^[8].

III. 대기효과를 고려한 업링크 모델링

광위성 업링크 통신시 광신호는 대기를 통과할 때 흡수, 교란 그리고 산란의 영향을 받는다. 광신호는 맑은 대기상태 하에서 산란보다는 교란의 영향을 크게 받으며, 눈, 비, 안개, 헤이즈, 구름의 대기상태에서는 산란의 영향이 커서 교란은 거의 무시될 수 있다.

본 논문에서는 통신 악조건 상태인 비와 구름이 존재하는 대기상태에서의 광통신 업링크를 모델링하였으며, 그림 2는 양각에 따른 광위성 업링크 통신을 나타낸다. 그림 2에 나타난 Z 는 천정각이며, i 는 양각, l_1 는 지구국에서 위성에 이르는 전송거리 중에서 대기권내의 거리이며, l_2 는 대기권을 제외한 거리이다.

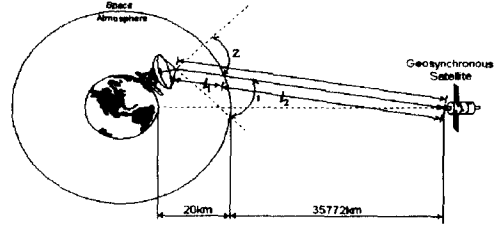


그림 2. 광위성 업링크
Fig. 2. Up-link in optical satellite communication.

일반적으로 광통신에서는 안테나로써 망원경(telescope)을 사용한다. 광통신에 사용되는 망원경의 종류는 많지만, 광카세그레인 안테나는 다른 안테나에 비해 구조가 간단하고, 무게와 전력손실이 작은 장점을 갖고 있으며, 높은 지향성과 평행성(collimation)을 갖기 때문에 수신전력이 미약한 위성통신에 매우 효율적이다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 장점으로 광카세그레인 안테나를 사용했으며, 광카세그레인 안테나의 구조는 그림 3과 같다^{[2] [3]}.

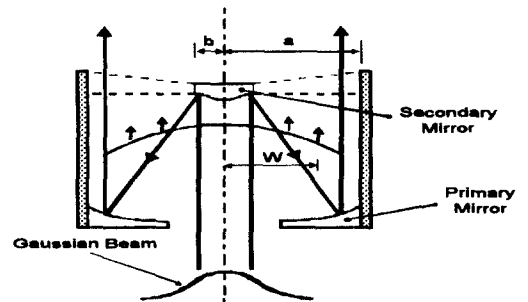


그림 3. 광카세그레인 안테나의 구조
Fig. 3. Structure of optical cassegrain antenna.

광카세그레인 안테나를 사용한 광위성 업링크 통신에서의 링크 방정식은 그림 2와 같이 양각 i 에 의존하며 다음 식과 같이 나타낼 수 있다^[9].

$$P_R = \frac{P_T G_T(i) G_R P_E(i) T_A T_T T_R M}{L_{space}(i) L_{scat}(i)} \quad (3-1)$$

- 여기서, P_R : 수신 전력(W),
- P_T : 레이저의 출력 전력 (W),
- G_T : 송신 안테나 이득,
- G_R : 수신 안테나 이득,
- P_E : 포인팅 손실(pointing loss),

T_A : 대기 전송도 (< 1),
 T_T : 송신안테나 부주사(feed) 효율(< 1),
 T_R : 수신안테나 부주사(feed) 효율(< 1),
 M : 이득여유(dB),
 L_{space} : 공간전파손실,
 L_{scat} : 산란손실이다.

광카세그레인 송신 안테나 이득 G_T 는 다음 식과 같다^{[2] [13]}.

$$G_T = \frac{4\pi A_T}{\lambda^2} \times g_T(\alpha, \beta, \gamma, X) \quad (3-2)$$

여기서, A_T 는 송신안테나 개구면적이며, $g_T(\alpha, \beta, \gamma, X)$ 는 광카세그레인 송신안테나 효율이다.

$$g_T(\alpha, \beta, \gamma, X) = \left\{ 2a^2 \int_{\gamma}^1 \exp(j\beta u) J_0[X(u)^{1/2}] du \right\} \quad (3-3)$$

여기서, α (truncation ratio) = 첫번째 렌즈의 반경/빔 폭 (a/w)

w (빔 폭) : 빔분포의 축상에서 $1/e^2$ 강도점까지의 거리

$$\beta = (ka^2/2) [(1/\gamma) + (1/R)]$$

R : 파두의 반경

$$\gamma(\text{abscuration ratio}) = \frac{b(\text{두번째 렌즈의 반경})}{a(\text{첫번째 렌즈의 반경})}$$

$X = ka \sin \theta_1$ 이다.

가우시안 에너지 분포를 갖고 입사하는 빔에 대한 축상(on-axis)에서의 송신 안테나 효율인자 $g_T(\alpha, \beta, \gamma, X)$ 는 인자 X 를 0으로 놓으면 얻을 수 있으며, 먼거리 장에서 가우시안 빔은 평면파를 형성하기 때문에 β 는 0이 된다^{[2] [13]}. $\gamma = 0.2$ 로 설정하면, $\alpha = 0.96$ 이 되고 이때의 $g_T = 0.709$ 이다.

광카세그레인 수신 안테나 이득 G_R 은 다음 식과 같다^{[2] [18]}.

$$G_R = \left(\frac{4\pi A_R}{\lambda^2} \right) (1 - \gamma^2) \eta_{het} \quad (3-4)$$

여기서, A_R 은 수신 안테나 개구면적이며, η_{het} 는 수신기의 헤테로다인효율이며, 공간모드정합시 1이고, 부정합시 1보다 작은 값을 가진다. 본 논문에서 위성의 수신안테나를 1 [m]로 정하면, 이때의 G_R 은 109.26 [dB]가 된다.

광검출소자에서 수신되는 수신전력은 다음 식과 같다^[18].

$$P_R = \frac{-2h\nu [\log_e(2P_b)]}{\eta T_s} \quad (3-5)$$

여기서, h 는 플랑크상수, ν 는 광의 주파수, η 는 광검출소자의 양자효율, T_s 는 표본화주기이다.

가우시안 채널의 경우, 인코히어런트 복조시 수신된 신호가 2진 FSK일 때 비트오류율(BER)은 다음 식과 같다. 본 논문에서는 비트오류율을 10^{-9} 으로 하였다.

$$P_b = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E_b/N_0}{2}\right) \quad (3-6)$$

업링크 통신시 송신 안테나에서 나온 빔은 교란대기에 의해 위성 수신단에서 송,수신사이의 시정선(line of sight)으로 부터 편향되어 포인팅 손실 $P_E(i)$ 가 발생한다^[18].

$$P_E(i) = \left\{ \frac{1}{1 + [2\psi_e(i)/\psi_b]} \right\}^2 \quad (3-7)$$

여기서, ψ_b 는 빔폭이며, $\psi_e(i)$ 는 포인팅에러로 양각의 함수이며 단위는 [deg]이고, 위성, 지구국 간의 거리가 멀수록 증가한다.

공간전파손실 L_{space} 은 양각에 따라 변하므로 다음과 같이 나타낼 수 있다^[9].

$$L_{space}(i) = \left[\frac{4\pi}{\lambda} \left(\sqrt{\frac{10}{6}} l_1 + l_2 \right) \right]^2 \quad (3-8)$$

여기서, $l_1 = 20 \times \sec(90^\circ - i)$, $l_2 = 35772\sqrt{1+0.4199(1-\cos\rho)}$ - l_1 이며. $\rho = 90 - i - \sin^{-1} \frac{\cos i}{6.6235}$ 이다^[10].

산란대기에서의 산란손실 L_{scat} 은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$L_{scat}(i) = 10^{[\beta_s l_3 + 4.343(//l_3) \cdot \sec(90^\circ - i)]/10} \quad (3-9)$$

여기서, l_3 는 기상에 영향을 받는 대기권의 길이로, 난층운에 의한 강우시 2.5 [km]이고, 적란운에 의한 강우시 1.5 [km]로 하였다. 산란감쇠계수 β_s 는 표 1과 같이 강우량과 구름의 종류에 의해 식(2-2), (2-3)으로 구할 수 있다.

광위성 업링크 통신링크에서, 변조방식을 FSK로 하고 양각에 따른 비트오류율을 고정시켰을 때, 수신기에서 시스템 성능의 임계값을 유지하기 위해 필요한 송신 안테나의 양각에 따른 직경은 식 (3-1), (3-2), (3-7)에 의해 다음 식으로 얻어진다.

$$D(i) = \frac{1.27 \lambda A^{1/2}}{0.635 \lambda - 2\psi_e(i) A^{1/2}} \quad (3-10)$$

여기서,

$$A = \frac{\lambda^2 P_R L_{space}(i) L_{scat}(i)}{4\pi^2 g_T(\alpha, 0, \gamma, 0) P_T G_R T_T T_R M} \quad (3-11)$$

i 는 양각이다.

표 1. 산란감쇠계수

Table 1. Scattering attenuation coefficients.

기상상태		산란감쇠계수 (β_s)
비	강우량 P= 5 mm/hr일 경우	4.11 [dB/km]
	강우량 P= 10 mm/hr일 경우	5.82 [dB/km]
	강우량 P= 15 mm/hr일 경우	7.13 [dB/km]
	강우량 P= 20 mm/hr일 경우	8.24 [dB/km]
구름	1.5[km]의 난층운일 경우	4.08 [dB]
	2.5[km]의 적란운일 경우	21.12 [dB]

동일한 방법으로 양각을 고정시키고 강우량에 따른 지구국 송신안테나의 직경은 다음 식으로 얻어진다.

$$D(P) = \frac{1.27 \lambda A'^{1/2}}{0.635 \lambda - 2\psi e A'^{1/2}} \quad (3-12)$$

여기서,

$$A' = \frac{\lambda^2 P_R L_{space}(i) L_{scat}(P)}{4\pi^2 g_T(\alpha, 0, \gamma, 0) P_T G_R T_T T_R M} \quad (3-13)$$

P 는 강우량(precipitation)이다.

IV. 컴퓨터 수치해석 결과

본 논문에서는 전송율을 변화시키면서, 비를 동반하는 구름인 난층운과 적란운에 의한 강우량을 변화시켜 양각에 따른 송신안테나 직경을 구하였다. 본 논문에서는 파장이 10.6 [μ m]인 10 [W] CO₂ 레이저를 사용하였으며, 송,수신 부주사효율 T_T, T_R 은 각각 3 [dB], 이득여유 M 도 3 [dB]로 하였다. 그 수치해석의 결과가 그림 3~8에 나타나 있으며, 그림 3~5로 부터 동일한 구름 및 강우량 상태에서 양각이 감소할수록, 전송율은 증가할수록, 송신안테나의 직경은 증가함을 알 수 있다. 난층운 보다는 적란운이 지속적이고 보다 많은 강우를 동반하기 때문에 난층운은 5, 10 [mm/hr]

의 강우를 고려하였고, 적란운은 15, 20 [mm/hr]의 강우를 고려하였다. 그림 6~8로 부터 동일한 양각에서 난층운보다는 적란운, 강우량이 많을수록, 전송율은 증가할수록 송신안테나의 직경이 커져야 함을 알 수 있으며, 특히 양각이 20° 인 난층운의 경우, 10 [Mbps]에서는 강우량 17 [mm/hr], 155 [Mbps]에서는 강우량 10 [mm/hr], 2.5 [Gbps]에서는 강우량 5 [mm/hr] 이상시 송신 안테나 설계가 불가능함을 알 수 있다. 또한, 적란운인 경우에도 양각이 20° 이하에서는 송신안테나 설계가 불가능하며, 특히 2.5 [Gbps], 양각이 40° 일때 강우량이 10 [mm/hr] 이상에서는 안테나 직경이 10 [m] 이상이 되어야 한다.

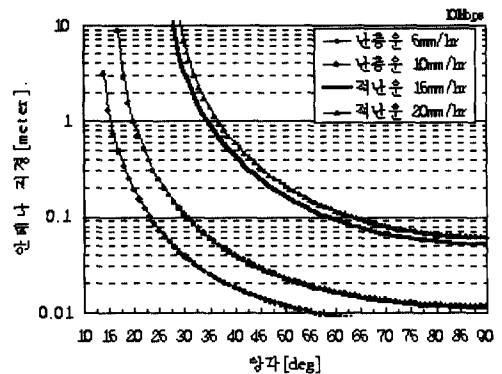


그림 4. 강우시 10Mbps에서 양각에 따른 전송 안테나의 직경
Fig. 4. Transmitting antenna diameter vs. elevation angle at 10Mbps in rain.

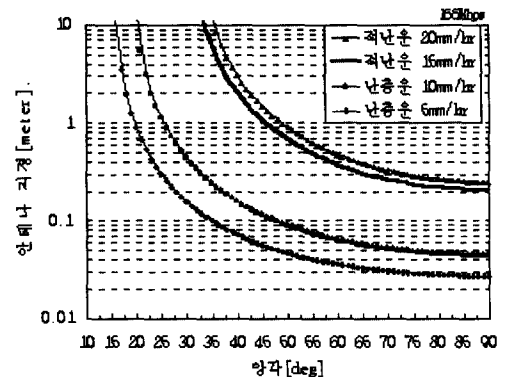


그림 5. 강우시 155Mbps에서 양각에 따른 전송 안테나의 직경
Fig. 5. Transmitting antenna diameter vs. elevation angle at 155Mbps in rain.

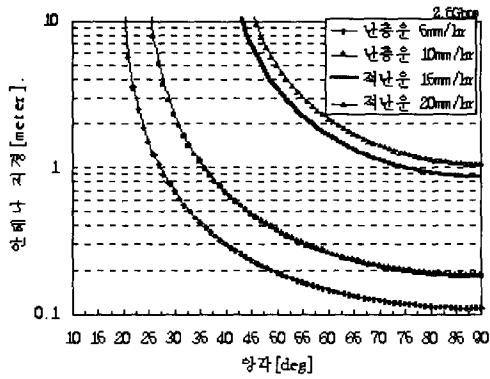
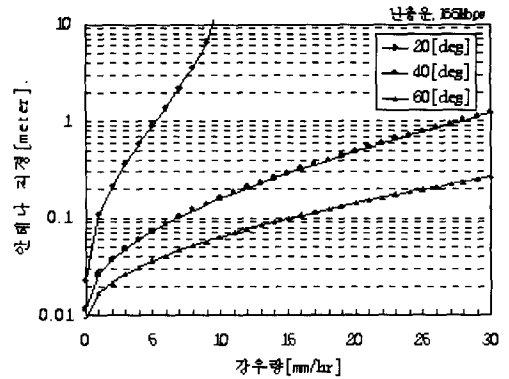
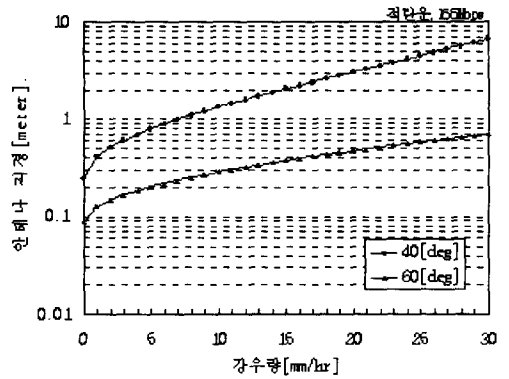


그림 6. 강우시 2.5Gbps에서 양각에 따른 전송 안테나의 직경

Fig. 6. Transmitting antenna diameter vs. elevation angle at 2.5Gbps in rain.



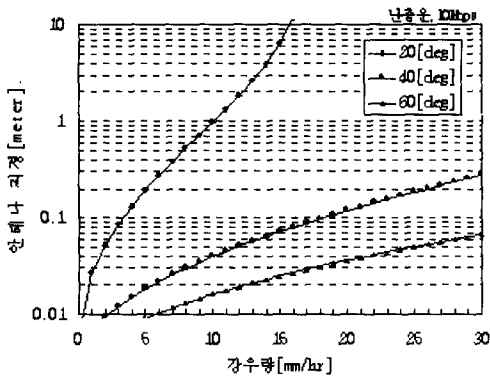
(a)



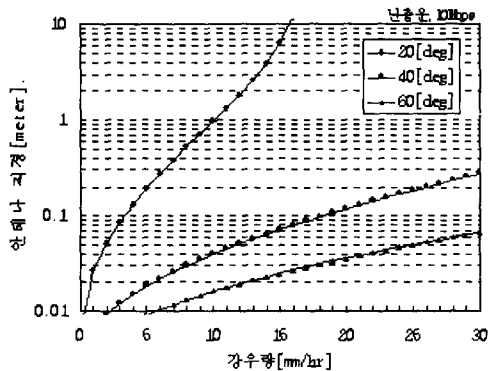
(b)

그림 8. 155Mbps에서 강우량에 따른 전송 안테나의 직경: (a) 난층운, (b) 적란운.

Fig. 8. Transmitting antenna diameter vs. rainfall rate at 155Mbps. (a) in nimbo-stratus cloud, (b) in cumulo-nimbus cloud.



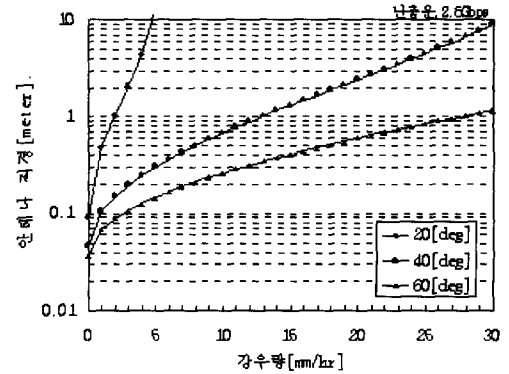
(a)



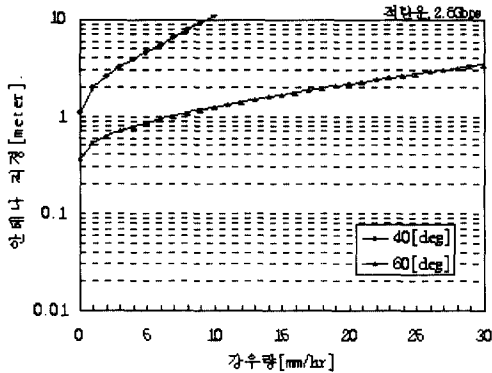
(b)

그림 7. 10Mbps에서 강우량에 따른 전송 안테나의 직경: (a) 난층운, (b) 적란운.

Fig. 7. Transmitting antenna diameter vs. rainfall rate at 10Mbps. (a) in nimbo-stratus cloud, (b) in cumulo-nimbus cloud.



(a)



(b)

그림 9. 2.5Gbps에서 강우량에 따른 전송 안테나의 직경: (a) 난층운, (b) 적란운.

Fig. 9. Transmitting antenna diameter vs. rainfall rate at 2.5Gbps. (a) in nimbo-stratus cloud, (b) in cumulo-nimbus cloud.

지구국 송신 안테나의 직경을 10 [m]로 설정했을 때, 강우량에 따라 수신가능한 양각의 범위는 표 2과 같다.

표 2. 송신 안테나의 직경이 10 [m]일때, 수신 가능한 양각의 범위

Table 2. Ranges of detectable elevation angle at D = 10 [m].

전송율	기상상태	수신가능한 양각의 범위
10Mbps	난층운, 5mm/hr	14 ° 이상
	난층운, 10mm/hr	17 ° 이상
	적란운, 15mm/hr	28 ° 이상
	적란운, 20mm/hr	30 ° 이상
155Mbps	난층운, 5mm/hr	17 ° 이상
	난층운, 10mm/hr	21 ° 이상
	적란운, 15mm/hr	34 ° 이상
	적란운, 20mm/hr	36 ° 이상
2.5Gbps	난층운, 5mm/hr	21 ° 이상
	난층운, 10mm/hr	26 ° 이상
	적란운, 15mm/hr	44 ° 이상
	적란운, 20mm/hr	46 ° 이상

직경이 큰 광안테나는 비용과 제작상의 많은 어려움이 따르므로 안테나의 직경을 가능한 줄여야 한다.

송신 안테나의 직경을 줄이기 위해서는 안테나의 이득이나, 코딩이득을 늘이는 방법과 전송율을 줄이는 방

법이 있으며, 위성에 탑재하는 수신 안테나의 직경을 늘리는 방법도 있다. 그러나, 위의 방법들은 모두 어느 정도의 한계를 가지고 있다. 근본적인 해결방안으로 산란대기의 영향을 적게 받는 파장의 광원을 선택하는 방법이 있으며, 원적외선대의 광파장은 산란대기의 영향을 가장 적게 받는 파장이다. 따라서, 원적외선대의 레이저가 개발되어 이를 적용하면, 산란대기의 산란손실에 의한 영향이 적으므로, 송신 안테나의 직경을 줄일 수 있게 될 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 광위성통신 업링크 채널에서 심각한 문제가 되는 비오는 날씨의 산란대기를 극복하기 위한 송신 안테나를 설계하였다. 흐린날씨의 지구국-정지궤 도위성간 광위성 업링크 통신의 광원으로는 10 [W]의 CO₂ 레이저를 사용하고, 10 [Mbps], 155 [Mbps], 2.5 [Gbps] 전송율로, 변조방식은 2진 FSK를 택하였다. 한편, 광원의 파장은 흡수의 영향을 줄일 수 있는 10.6 [μm]를 사용하였으며, 광카세그레인 송수신 안테나를 사용하였다. 위성의 수신 안테나는 직경이 1 [m]인 광카세그레인 안테나를 사용하였을 때, 수신기에서 시스템 성능의 임계값인 10⁻⁹의 비트오류율(BER)을 만족하도록 지구국의 송신 안테나를 양각에 따라 설계하였다. 수치해석 결과, 업링크에서 대기효과는 양각이 감소함에 따라 산란손실은 증가함을 알 수 있었다. 이러한 산란손실을 보상하기 위해 송신 안테나 직경을 증가시켜야 한다.

본 논문에서는 지구국과 정지궤도 위성의 업링크 통신의 대기효과 중 비오는 날씨에서 발생하는 산란에 의한 영향을 주로 고려하였다. 본 논문의 설계값은 위성을 이용한 업링크 통신시, 위성 수신 안테나를 1 [m]의 직경으로 고정시켰을 때, 산란대기 효과를 극복할 수 있도록 지구국의 양각에 따른 송신 안테나 설계의 최적화를 위한 데이터로 사용될 것이다.

참고 문헌

[1] K. A. Winick, "Atmospheric Turbulence-Induced Signal Fades on Optical Heterodyne Communication Links," *Applied Opt.*, vol. 25, pp. 1817-1825, June 1986.

- [2] Morris Katzman, *Laser Satellite Communication*, Prentice-Hall, Inc., 1987.
- [3] Bernard J, Klein and John J, Degnan, "Optical Antenna Gain. 1 : Transmitting Antennas," *Applied Opt.*, vol. 13, no. 9, September 1974.
- [4] Chien-Chung Chen, "Performance Analysis of Noncoherently combined Large Aperture Optical Heterodyne Receiver," *IEEE Trans Commun*, vol. 38, pp. 1013-1021, July 1990.
- [5] Gary Waldman, John Wootton, *Electro-Optical Systems Performance Modeling*, Artech House, 1993.
- [6] w. k. Pratt, *Laser Communication system*, John wiley & Song, Inc., 1969.
- [7] 한종석, 정진호, 김영권, "교란대기하에서 광위성 통신 링크의 양각에 따른 광헤테로다인 수신기의 최적설계에 관한 연구," *대한전자공학회지* vol. 30 A pp. 28-39, 4월. 1993
- [8] R. Gagliardi and S. Karp, *Optical Communications*, New York, John wiley & Sons, Inc., 1995.
- [9] 한종석, 이준구, 정진호, 김영권, "B-ISDN용 광위성 통신 업링크의 양각에 따른 송신안테나 최적설계에 관한 연구," *대한전자공학회지* vol. 32 A pp. 64-72, 10월. 1995
- [10] M. Richharia, *Satellite Communications Systems*, McGraw-Hill, 1995.

— 저 자 소 개 —

鄭 鎮 豪(正會員) 第 32卷 A編 第 10 號 참조

현재 호서대학교 전기전자제어공학부

부교수