

論文98-35S-11-2

비정지궤도 이동위성통신시스템에서의 페이딩 채널 모델링

(Fading channel modeling for non-geostationary orbit mobile satellite communication systems)

劉文姬*, 朴世耕*, 李壽寅*

(Moon-Hee You, Se-Kyoung Park, and Soo-In Lee)

요 약

비정지궤도 위성통신링크에서는 지표상의 단말기 또는 지구국 등에 대한 상대적인 위성의 이동으로 인하여 제공되는 위성 양각이 시간에 따라 연속적으로 변한다. 따라서 비정지궤도 위성을 이용한 통신링크에서는 단말기가 일정 위치에 있을지라도 수신 신호가 받는 페이딩의 영향은 연속적으로 변한다. 본 논문에서는 비정지궤도 이동위성통신링크 상에서 발생하는 페이딩 특성을 전파 환경에 무관한 일반적인 통계적 함수로 모델을 정하고, 다양한 전파 환경에 대한 모델의 파라미터를 양각의 함수로 설정하여, 상용 이동위성통신 시스템의 페이딩 마진 데이터를 이용하여 파라미터 계수를 추출한다. 또한 구현된 모델을 이용하여 각 전파 환경에 따른 페이딩 특성을 분석한다. 분석된 결과는 이동위성통신 채널의 전송방식에 대한 성능 분석 및 페이딩으로 인한 신호 왜곡의 보상 알고리즘 개발에 활용가능할 것이다.

Abstract

In non-geostationary orbit (NGSO) satellite communication links, satellite's elevation angle at terminal is changed continuously because of the satellite movement relative to earth surface. Therefore the characteristic of the fade-effected signal received by a terminal from a NGSO satellite is also varied continuously even if the terminal is operated at fixed location. In this paper, we determine a general statistic model for the fading characteristics over NGSO satellite communication links and set up the parameters of the fading model in terms of the elevation angle according to various propagation environment and find the parameter values using the data of fading margin for commercial NGSO mobile satellite communication systems. And the fading characteristics for each environment are analyzed using this model. These results can be applied to develop the compensation algorithm and to analyze the performance of the transmission schemes for NGSO mobile satellite communication systems.

I. 서 론

일반적인 위성통신 시스템으로 1960년대 이후 수

* 正會員, 韓國電子通信研究院 無線放送技術研究所 衛星通信시스템硏究部

(ETRI - Radio & Broadcasting Technology Laboratory Satellite Communications System Dept.)

接受日字: 1998年6月30日, 수정완료일: 1998年9月29日

십년 동안 정지궤도 위성이 폭넓게 사용되어 왔다. 그러나 정지궤도 위성통신 시스템에서는 위성의 고도가 높아져 전파 지연과 경로 손실이 크고, 위성이 적도면에 위치하기 때문에 고위도 지역의 지구국은 위성에 대한 충분한 양각을 가질 수 없는 단점을 가지고 있다. 이러한 저양각 및 전파 지연과 경로 손실 문제는 비정지궤도, 특히 500 ~ 2000 km 고도의 저궤도 위성의 사용으로 상당 부분을 해결할 수 있기 때문에 1990년대 이후 이동위성통신이나 초고속 위성통신용으

로 비정지궤도 위성통신시스템이 부각되고 있다.

그러나 비정지궤도 위성을 이용할 경우 물리적 특성상 지표에 대한 위성의 상대 속도가 매우 높기 때문에 통신링크 상에서 발생하는 페이딩 현상에 의한 신호의 진폭 왜곡은 정지궤도 위성통신이나 지상 이동통신에 비해 그 정도가 매우 심각하다. 또한 지구의 자전에 비해 비정지궤도 위성의 짧은 궤도 주기로 인하여 사용자 입장에서 제공받는 위성 안각이 위성군의 특성에 따라 지속적으로 변하기 때문에, 비정지궤도 위성통신 채널에서 발생하는 페이딩 특성은 지상 이동통신채널의 경우와 다르다. 따라서 비정지궤도 이동위성통신 시스템을 설계하거나 분석할 때, 희망하는 통신 서비스의 성능을 구현하기 위하여 요구 링크 가용도를 만족하는 적절한 페이딩 마진을 계산해야 하는데, 이를 위하여 각 위성군의 특성을 고려한 페이딩 모델이 요구된다.

이동위성통신 채널의 페이딩 현상은 주변의 건물, 지형 등에 의한 신호의 산란 및 반사로 생긴 다중 경로 페이딩과 수목 등에 의한 shadowed 페이딩으로 분류되는 데, 서비스 제공 지역의 주변환경이 다양하기 때문에 주변지역 환경의 대표적인 특징을 따라 다중경로 페이딩과 shadowing 페이딩 정도를 고려하여 몇 가지 환경으로 나누어 페이딩 현상을 분류할 수 있다. 그 동안의 많은 연구를 통하여 [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] 다중 경로 현상의 통계적 특성은 Rayleigh 분포를 가지고, shadowing 현상은 통계적으로 로그노말 분포의 특성을 가지며, 또한 수신측이 방해없는 직접 경로로 송신측 신호를 수신할 때, 직접파와 다중경로파가 결합된 신호는 라시안 분포의 특성을 가지는 것으로 확인되고 있다. 이러한 통계적 특성을 이용하여 비정지궤도 이동위성통신 채널에 대한 페이딩 모델이 몇 가지 제시되어 왔다.

먼저 캐나다 CRC 연구소의 Loo가 1985년 발표한 이동위성통신 채널의 페이딩 모델은 안각 15도 이하의 시골 환경에 대한 통계적 모델로서 채널 환경과 위성 안각이 모두 제한된 모델이다. [5] [6] 독일 DLR 연구소의 Lutz가 1991년 발표한 이동위성통신 채널의 페이딩 모델은 페이딩 감쇠 정도에 따라 bad 채널과 good 채널이라 하여 shadowing 시간율을 Markov 모델로 나타낸 통계적 모델인데 shadowing 정도를 안테나 특성에 따라 다르게 놓았기 때문에 일반화되기를 못하였다. [8] 호주 시드니대학의 Vucetic이 1992

년 발표한 shadowed 위성 이동 채널에 대한 페이딩 모델은 단말기의 주변 환경을 특성에 따라 다양한 모델들로 표현하여 M 상태의 Markov process로 모델 간에 전이가 되도록 하였지만 안각이 약 50도 정도인 경우에만 적용할 수 있다. [9] 이탈리아의 Corazza가 1996년 제시한 이동위성통신채널 모델은 20도에서 80도까지의 안각에 대해 고려하였고 시골 지역에 대해서만 적용할 수 있다. [10]

이러한 여러 가지 이동위성통신 페이딩 모델들은 특정 환경이나 특정 안각에 대해 제시하였기 때문에 일반적인 이동위성통신 페이딩 모델로 활용하기에는 상당한 무리가 따른다. 본 논문에서는 Corazza 모델을 기본으로 하고 비정지궤도 위성통신 채널의 페이딩 현상을 개방지역과 시골지역, 도심지역으로 구분하여 페이딩 모델의 파라미터 함수를 안각의 함수로 구한다. 실제 활용가능한 페이딩 모델을 이루기 위해서는 환경별 모델의 각 파라미터 값을 구해야 하는데, 이를 위해서는 기준이 되는 많은 실측 데이터가 필요하다. 그러나 현재는 활용할 수 있는 실측 데이터들이 극히 제한적이기 때문에 본 논문에서는 기본적으로 ICO, Iridium, Globalstar 등 기존의 상용 이동위성통신 시스템에서 링크 가용도 및 링크 마진을 구하기 위해 제시된 페이딩 마진 곡선을 근거로 하여 [11], [12], [13] 모델을 구현한다. 그리고 PDF(probability density function), CDF(cumulative density function), LCR(level crossing rate), AFD (average fading duration) 등의 통계함수들을 이용하여 모델의 특성을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 페이딩 모델 함수에 대한 각 전파 환경별 파라미터 함수를 제시하여 검증하고 제 3장에서는 구현된 모델을 이용하여 각 전파환경별 페이딩 특성을 분석하여, 제 4장에서 결론을 맺는다.

II. 비정지궤도 위성통신 채널의 페이딩 모델

비정지궤도 이동위성통신 채널에서 발생할 수 있는 페이딩 현상은 주변의 건물 등과 같은 장애물에 의해 신호가 반사 또는 산란되어 직접파와 임의의 위상차 ϕ 를 가지고 들어오는 N 개의 다중경로 신호 $m_i(t)$ 에 의한 다중경로 페이딩과 나뭇잎, 수풀 등에 의해 수신

신호가 감쇠되어 오는 shadowing 현상 $s(t)$ 로 나눌 수 있다.

이러한 페이딩 현상을 모두 고려하여 수신 신호 $r(t)$ 를 일반적으로 표현하면 식 (1)과 같다. 수신기에서 직접파 $d(t)$ 를 수신하고자 할 때, 주변 환경에 의해

- 1) shadowing 현상이 없이 직접파와 다중경로파 $m(t)$ 가 수신되는 경우,
 - 2) 다중경로파만 수신되는 경우, 또는
 - 3) 1)과 2)의 신호가 모두 shadowing되는 경우
- 로 분류하면 경우 1)은 $s(t)$ 가 1이고, 경우 2)는 $d(t)=0$, $s(t)=1$ 가 되며, 경우 3)은 모두가 포함된 경우이다.

$$r(t) = [d(t) + m(t)] \cdot s(t) \\ = [A \cos(2\pi f_c t + 2\pi f_D(t)t + \phi) + \sum_{m=1}^M M_m \cos(2\pi f_m t + 2\pi f_{Dm}(t) \cos \phi_m t + \psi_m)] \cdot s(t) \quad (1)$$

여기서, $f_D(t)$ 는 시간에 따라 변하는 최대 도플러 주파수 천이이고, $m(t)$ 는 central limit theorem에 의해 평균이 0이고 분산이 σ_m^2 인 가우시안 분포를 따른다.

1)의 경우에서 직접파 $d(t)$ 가 존재하는 다중경로 페이딩된 수신 신호 $r(t)$ 는 그 진폭이 라이시안 분포를 따르고, 2)의 경우인 다중경로파만 수신되었을 때는 수신 신호의 진폭이 레일리 분포를 따른다. 또한 직접파와 다중 경로파에 shadowing의 영향이 있다면 3)의 경우로서, 라이시안 분포와 로그노말 분포가 결합된 조건부 확률을 이룬다. 3)의 경우에 대해 수신 신호의 진폭을 정규화하였을 때의 확률분포를 Corazza는 식 (2)와 같이 나타내었고, 파라미터 K , μ , σ 를 각각 위성 양각 α 의 2차, 3차 1차 함수로 하여 시골 지역에 대한 적용 예를 보였다.⁽⁸⁾

$$p(r) = \int_0^\infty p(r|S)p(S)dS \\ = \int_0^\infty \left\{ 2(K+1) \frac{r}{S^2} \exp\left[-(K+1) \frac{r^2}{S^2} - K\right] I_0\left(2 \frac{r}{S} \sqrt{K(K+1)}\right) \right. \\ \left. \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi h\sigma S}} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln S - \mu}{h\sigma}\right)^2\right] \right\} \right\} dS \quad (2)$$

여기서 K 는 직접파 전력 대 다중경로파의 전력비 즉 A^2/σ_m^2 이고, h 는 $(\ln 10)/20$ 이며 μ 와 $(h\sigma)^2$ 은 각각 $s(t)$ 의 진폭인 S 에 대하여 $\ln S$ 의 평균과 분산이다.

본 논문에서는 Corazza 모델을 기본으로 하여, 비정지궤도 위성통신 채널의 페이딩 현상을 전파 환경에 따라 구분하고 양각의 변화를 고려한 모델로 구한다. 먼저 전파 환경을 이동위성통신 서비스를 이용하는 단

말기가 위치할 수 있는 지역을 주변의 큰 장애물이 없이 위성으로부터 직접파를 수신할 수 있는 개방지역과 약간의 수풀과 낮은 건물 등으로 저 양각에서 shadowing이 발생하는 교외/시골 지역, 그리고 고층 건물들이 밀집되어 있는 도심 지역으로 구분한다. 따라서 1)의 경우를 고려하면 $S=1$ 이고, 2)의 경우는 $K=0$, $S=1$ 이 된다. 그리고 각 환경의 페이딩 특성을 파라미터 K , μ , σ 의 변화로 나타내게 되는데, 각 파라미터를 식 (3)과 같이 표현한다.

$$K(\alpha) = K_0 + K_1\alpha + K_2\alpha^2 + K_3\alpha^3 + K_4\alpha^4 \\ \mu(\alpha) = \mu_0 + \mu_1\alpha + \mu_2\alpha^2 + \mu_3\alpha^3 + \mu_4\alpha^4 \\ \sigma(\alpha) = \sigma_0 + \sigma_1\alpha \quad (3)$$

페이딩 환경별 각 파라미터의 계수를 추출하기 위해서는 기준이 되는 많은 실측 데이터가 필요하다. 그러나 현재는 우리나라 고유의 전파 환경에 대해 실측된 이동위성통신 채널의 페이딩 신호 데이터는 거의 없고, 외국 연구기관에서 실측한 데이터들도 일부 발표된 논문에 제시된 극히 일부의 데이터 정도 밖에 알 수가 없기 때문에 정확한 파라미터 계수의 추출이 어렵다. 그리고 대부분의 실측 데이터들이 정지궤도 위성이나 헬리콥터를 이용하여 특정 양각에서만 측정된 데이터이므로 실제 10도 내외의 최소 양각에서 90도까지의 양각 분포를 가지는 시스템 특성을 제대로 나타낼 수 없을 것이다.

따라서 여기서는 ICO, Iridium, Globalstar 등 기존의 상용 이동위성통신 시스템에서 링크 가용도 및 링크 마진을 구하기 위해 제시된 페이딩 마진 곡선을 페이딩 모델의 파라미터 계수 추출을 위한 데이터로 이용한다. 이들 데이터는 실제 상용 시스템의 설계시에 사용된 데이터이므로 전파 환경이나 양각에 대한 조건이 지극히 제한적인 일반 학술자료에 비해서, 자체 실측 장비에 의해 측정되어 해당 위성군의 특성을 가지고 일반적으로 적용할 수 있는 합리적인 데이터이다. 이를 근거로 하여 trial and error 방식으로 파라미터 값을 찾았다. 각 파라미터의 계수들은 <표 1>에 나타내었고, 양각에 대한 각 파라미터의 변화는 (그림 1), (그림 2), (그림 3)과 같다.

추출한 파라미터 계수를 이용하여 각 시스템의 데이터와 비교해보면, 우선 ICO 시스템은 10355 km 고도의 중궤도 위성군을 이용하는 시스템이기 때문에 위성의 궤도 주기가 약 6시간이고 임의의 사용자 위치에서

최저 양각 20도로 위성이 가시되는 시간이 약 100분이 되므로 shadowing되지 않은 직접파가 존재하는 상황에서는 100% 통화가 가능하도록 링크 마진을 주었다.⁽¹¹⁾ 이를 위하여 ICO 사가 자체적으로 개방지역에서 페이딩 신호를 실측한 결과와 구현된 모델의 양각별 페이딩 마진에 대한 비교를 (그림 4)에 나타낸다.

표 1. 페이딩 모델의 파라미터 계수

Table 1. Coefficients of each parameters for the proposed fading model.

파라미터 계수	개방 지역	시골 지역	도시 지역
k_0	3.8286	1.8768	6.256E-01
k_1	0.9057	-0.0309	-1.03E-02
k_2	-0.0049	0.0004	1.333E-04
k_3	0.0	3.0E-05	1.0E-05
k_4	0.0	-1.0E-07	-3.333E-08
μ_0	0.0	-2.3994	-2.06225
μ_1	0.0	0.1245	3.26215E-02
μ_2	0.0	-0.0024	2.18705E-04
μ_3	0.0	2.0E-05	-1.684E-05
μ_4	0.0	-6.0E-08	1.457E-07
σ_0	0.0	4.5	6.75
σ_1	0.0	-0.05	-0.075

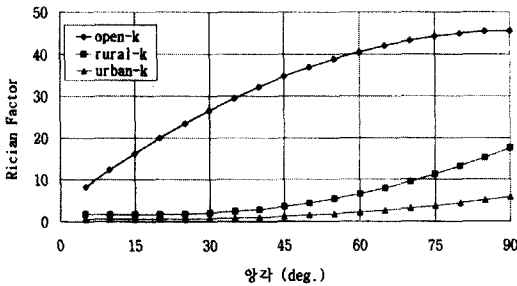


그림 1. 각 전파 환경별 위성 양각에 대한 K
Fig. 1. Model parameter, K as a function of the elevation angle in each environments.

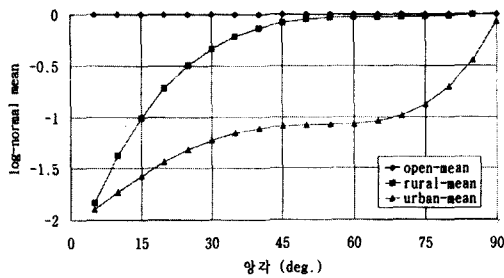


그림 2. 각 전파 환경별 위성 양각에 대한 μ
Fig. 2. Model parameter, μ as a function of the elevation angle in each environments.

(그림 5)에는 시골 지역에 대하여, Globalstar 시스템 관련 자료⁽¹²⁾에서 제시한 페이딩 마진 대 링크 가용도 데이터(실측치)와 구현된 모델을 이용하여 Globalstar 시스템의 페이딩 마진 대 링크 가용도를 도시한다. 여기서 링크 가용도란 이동위성통신 시스템이 제공할 수 있는 각 양각에 대한 시간율과 각 양각에서의 페이딩 시간율의 곱을 전체 양각에 대해 더한 값을 말한다.

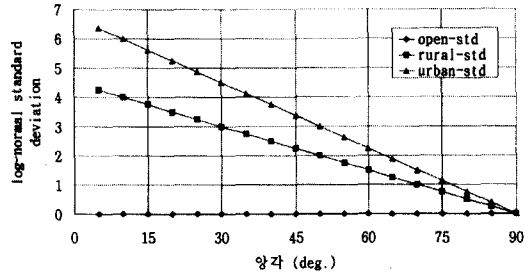


그림 3. 각 전파 환경별 위성 양각에 대한 σ
Fig. 3. Model parameter, σ as a function of the elevation angle in each environments.

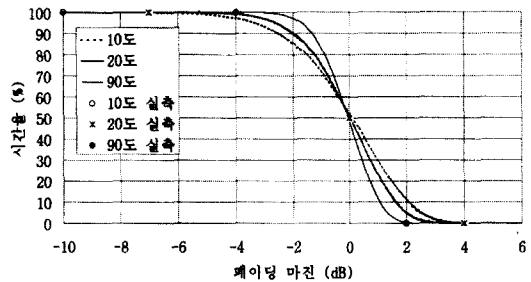


그림 4. 개방지역에서의 실측치 비교
Fig. 4. Comparison between measured and calculated data in an open area.

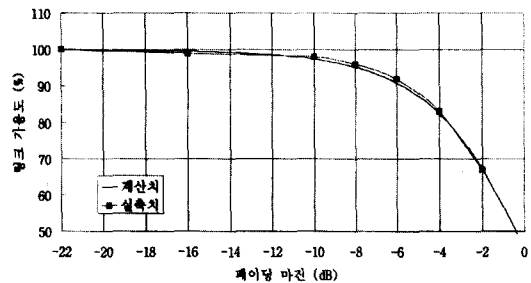


그림 5. 시골지역에서의 실측치 비교
Fig. 5. Comparison between measured and calculated data in a rural area.

(그림 6)에는 도심 지역에 대하여, Iridium 시스템 관련 자료⁽¹³⁾에서 제시한 페이딩 마진 대 링크 가용도 데이터(실측치)와 구현한 모델을 이용하여 Iridium 시스템의 페이딩 마진 대 링크 가용도를 도시한다.

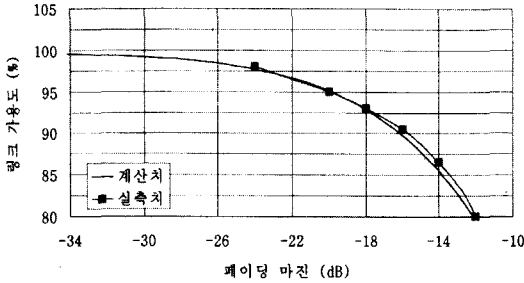


그림 6. 도심지역에서의 실측치 비교
Fig. 6. Comparison between measured and calculated data in an urban area.

III. 특성 분석

구현된 모델의 통계적 특성을 분석하므로써 이동위성통신 채널의 특성을 파악할 수 있다. (그림 7)과 (그림 8)에는 ICO 시스템을 대상으로 하여 각 전파 환경, 즉 개방지역, 시골지역, 도심지역에 대해 양각이 30도인 경우의 페이딩 분포의 확률밀도함수와 누적분포함수를 나타낸다.

페이딩 크기가 작을수록 발생 빈도가 커지는 페이딩 특성을 분석하는 파라미터에 레벨 교차율 즉 LCR이 있다. LCR의 정의는 신호의 크기가 양의 기울기를 가지면서, 즉 증가 상태에서 특정신호 레벨 X을 가로지르는 기대값이다. 이를 수식으로 표현하면 다음 식 (4)와 같다.

$$LCR(X) = \frac{P_+(X)}{N} \tag{4}$$

여기서, X는 임계치를 나타내고, P₊(X)는 레벨 X에 대해 양의 기울기로 가로지르는 횟수, N은 모든 레벨에 대해 양의 기울기로 가로지르는 총 횟수를 말한다. 구현된 모델을 이용하여 ICO 시스템에 대해 양각이 30도일 때의 LCR을 (그림 9)에 보였다.

LCR이 구해지면 평균 페이딩 길이 즉 AFD를 아래의 식 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

$$AFD(X) = \frac{f_m}{LCR(X)} \int_0^X p(r) dr \tag{5}$$

여기서 f_m은 최대 도플러천이 주파수로서 사용자 단말기와 위성과의 상대속도에 의해 다음 식 (6)과 같이 계산된다.

$$f_m = \frac{v f_c}{c} \tag{6}$$

여기서, v는 사용자 단말기와 위성과의 상대속도이고, f_c는 반송파 주파수, c는 광속을 나타낸다. 이에 따라 계산된 ICO 시스템에서의 AFD를 (그림 10)에 보였다.

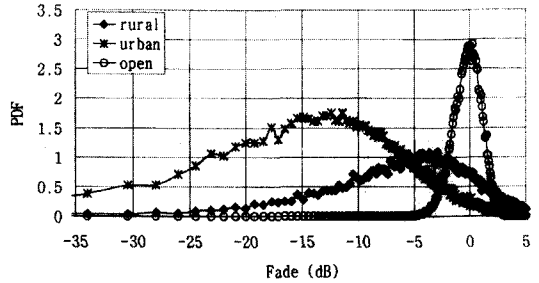


그림 7. 각 전파 환경별 페이딩 모델의 확률밀도함수
Fig. 7. Probability density functions of the proposed fading model in each environment.

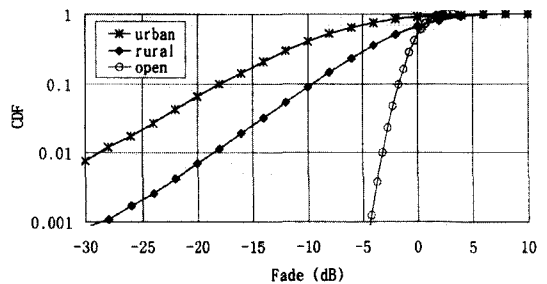


그림 8. 각 전파 환경별 페이딩 모델의 누적분포함수
Fig. 8. Cumulative distribution functions of the proposed fading model in each environment.

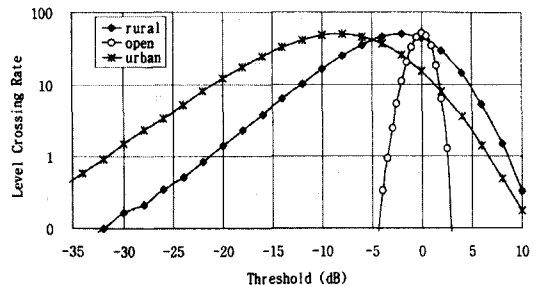


그림 9. 각 전파 환경별 레벨 교차율
Fig. 9. Level crossing rates of the proposed fading model in each environment.

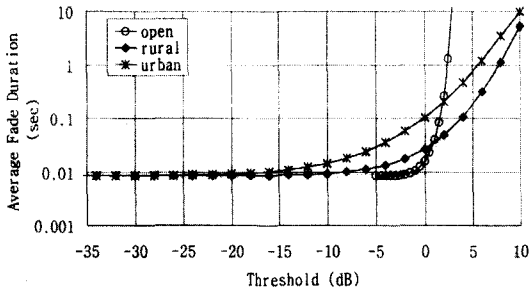


그림 10. 각 전파 환경별 평균 페이딩 길이
 Fig. 10. Average fading durations of the proposed fading model in each environments.

(그림 9)와 (그림 10)을 보면, 개방지역은 페이딩 변화 폭이 좁고, 음의 페이딩 감쇠 기간이 상당히 짧은 반면, 도심지역이 시골 지역에 비해 심한 페이딩 현상이 빈번하고, -20dB 신호이내의 페이딩에 대해서는 시골 지역에서 도심지역으로 갈수록 평균 페이딩 지속 시간이 길어짐을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 전파 환경을 개방 지역, 시골 지역, 도심 지역으로 나누고, 다중 경로와 shadowing 효과를 함께 표현한 페이딩 모델 함수를 이용하여 비정지 궤도 위성군의 특성을 고려한 위성 양각에 따른 일반적인 모델의 파라미터를 구하였다. 타당성있는 페이딩 모델의 파라미터를 추출하기 위하여 실제 상용 시스템인 ICO, Globalstar, Iridium 시스템의 링크 가용도 대 페이딩 마진 데이터를 이용하였다. 그리고 전파 환경 및 위성 양각에 대한 페이딩 모델의 파라미터 특성을 보였다.

또한 각 전파 환경별 페이딩 모델의 PDF, CDF, LCR, AFD 등을 구하여 특성의 변화를 분석하였다. 개방지역은 페이딩 변화 폭이 좁고, 음의 페이딩 감쇠 기간이 상당히 짧은 반면, 도심지역이 시골 지역에 비해 심한 페이딩 현상이 빈번하고, -20dB 신호이내의 페이딩에 대해서는 시골 지역에서 도심지역으로 갈수록 평균 페이딩 지속 시간이 길어짐을 알 수 있었다.

이와 같이 분석된 페이딩 특성은 이동위성통신 채널에 대한 시뮬레이션 모델과 페이딩으로 인한 신호 왜곡의 보상 알고리즘 개발은 물론 전송방식에 대한 다양한 성능 분석 연구에 활용될 것이다. 또한

GMPCS(Global Mobile Personal Communications by Satellites) 또는 IMT(International Mobile Telecommunications)-2000 시스템 등에서 비정지 궤도 위성이 적용될 때, 링크 설계 및 분석에 활용가능할 것이다.

참고 문헌


- [1] W. Jakes, Jr., *Microwave Mobile Communications*, A Wiley-Interscience Publication, 1974.
- [2] M. Miller, B. Vucetic and L. Berry, *Satellite Communications : Mobile and Fixed Service*, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [3] J. Goldhirsh and W. Vogel, *Propagation Effects for Land Mobile Satellite Systems: Overview of Experimental and Modeling Results*, NASA Reference Publication 1274, 1992.
- [4] G. Maral, *Personal Satellite Communication Systems*, CEI-EUROPE, 1994.
- [5] C. Loo, "A Statistical Model for a Land Mobile Satellite Link", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-34, No. 3, pp. 122 - 127, Aug. 1985.
- [6] C. Loo, "Digital Transmission Through a Land Mobile Satellite Channel", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 38, No. 5, pp. 693 - 697, May 1990.
- [7] C. Loo and N. Secord, "Computer Models for Fading Channels with Applications to Digital Transmission", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-40, No. 4, pp. 700 - 707, Nov. 1991.
- [8] E. Lutz *et al*, "The Land Mobile Satellite Communication Channel-Recording", Statistics, and Channel Model, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-40, No. 2, pp. 375 - 386, May 1991.
- [9] B. Vucetic and J. Du, "Channel Modeling and Simulation in Satellite Mobile Communication Systems", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*,

- Vol. 10, No. 8, pp. 1209 - 1218, Oct. 1992.
- [10] G. Corazza and F. Vatalaro, "A Statistical Model for Land Mobile Satellite Channels and Its Application to Nongeostationary Orbit Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-43, No. 3, pp. 736 - 742, Aug. 1994.
- [11] *Inmarsat-P System: Baseline System Description, Draft Version 5.1*, INMARSAT, Nov. 1995.
- [12] T. Calvit, "CDMA Technology Applied for Satellite Transmission", APSCC94, Seoul, Oct. 1994.
- [13] R. Leopold, "Low-Earth Orbiting Satellite System", ICUPC 92, pp. 69 - 85, 1992.

 저 자 소 개


 劉文姬(正會員)

1988年 2月 한양대학교 전자통신공학과 졸업 (학사). 1990年 8月 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업 (석사). 1990年 7月 ~ 현재 한국전자통신연구원 신입연구원. 주관심분야는 위성망 설계, 이동위성통신 등임.


 박세견(正會員)

1984年 8月 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사). 1997年 3月 ~ 현재 충남대학교 전파공학과 (석사과정). 1984年 7月 ~ 1985年 8月 (주) 금성사 근무. 1985年 9月 ~ 현재 한국전자통신연구원 위성주파수자원연구팀장. 주관심분야는 위성망 설계, 위성 궤도 및 주파수 자원 활용 기술, 이동위성통신 등임.

李壽寅(正會員)

1985年 2月 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사). 1989年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사). 1996年 2月 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사). 1985年 2月 ~ 1986年 3月 삼성반도체통신(주) 근무. 1989年 3月 ~ 1989年 12月 한국전력공사 근무. 1990年 2月 ~ 현재 한국전자통신연구원 위성전송방식연구팀장. 주관심분야는 부호이론, 위성통신, 이동통신 등임.