

이동위성 통신 시스템에서 억압 파일럿 채널을 이용한 DS / CDMA의 성능 분석

The Study on the Performance of DS/CDMA with a Suppressed Pilot Channel in Mobile Satellite Communication System

鄭富榮* · 崔奉根* · 姜榮興** · 李 珍***

Boo-Young Chung* · Bong-Keun Choi* · Young-Heung Kang** · Jin Lee***

요 약

본 논문에서는 억압 파일럿을 이용하여 복소 지연 프로파일을 추정, 코히어런트 Rake 다이버시티 합성을 실현하는 동시에 얻어진 지연 프로파일의 극대점을 찾아 칩동기를 행하는 DS / CDMA 방식의 성능평가를 이동위성 채널에서 해보았다. 이를 위해 shadowed Rician 페이딩 시뮬레이터를 구성하여 그 포락선 변동특성을 조사하였고 이론적인 오울해석을 병행하였다.

그 결과로서 Heavy shadowing인 경우 그 포락선 변동은 지상이동 통신채널의 Rayleigh 페이딩의 완만한 주기적 변동에 비해 랜덤한 특성을 가져 심각한 데이터 오류를 가져 오리라 예상할 수 있다. 또한 이론적 오울해석으로부터 DS / CDMA 방식은 협대역 QPSK 방식에 비해 Average shadowing하에서 약 10 dB 이상 개선되었다. 그리고 억압 파일럿 채널을 이용한 DS / CDMA 방식은 이동위성 채널에서 파일럿 채널대 송신전력비, $\beta = -8$ dB, 복소지연 프로파일수 $N_{profile} = 32$ 일때 오울성능면에서 최적점을 나타내며, 이값을 이용했을 때 Light shadowing하의 오울특성은 이상적인 QPSK 오울특성과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, we have carried out the DS / CDMA with a suppressed pilot channel, which is used in receiving coherently with Rake diversity and in synchronizing the chip timing, in the mobile satellite communication. Also, we have investigated the envelope variation of a shadowed Rician fading simulator, and analyzed the error performances of DS / CDMA in the mobile satellite communication.

The results showed that the error performance in the Heavy shadowing environment might be degraded more than in the Rayleigh fading environment since the fading envelopes in the former environment are varied randomly compared with those in the latter environment. And the performance of DS / CDMA system could be improved about 10 dB compared with that of narrowband QPSK system. In conclusion, DS / CDMA with a suppressed pilot channel had the best performance in the case of the

* 한국통신 연구개발본부 표준연구단 전송표준팀(KT Research & Development Group Transmission Standards Team)

** 군산대학교 정보통신공학과 (Dept. of Telecommunication Engineering, Kunsan Univ.)

*** 한국 항공대학교 항공통신정보공학과 (Dept. of Aviation Telecommunication Info. Engineering, Hankook Aviation Univ.)

· 논문번호 : 961227-070

· 수정완료일자 : 1997년 4월 7일

suppressed pilot channel to transmission power ratio $\beta = -8$ dB, the number of complex delay profiles $N_{profile} = 32$, and using these values, the error performance of DS/CDMA in Light shadowing environment was identical to the ideal QPSK error performance.

I. 서 론

최근 저궤도를 이용하여 범세계적인 통신망을 구축하기 위한 이동위성 통신 시스템으로 Iridium, Globalstar 등 많은 시스템이 추진되어오며, 98년 이후부터 본격적인 서비스가 개시되어 이동중에 있는 사람이 언제, 어디서나 통신하고자 하는 욕구를 충족시킬 수 있을 것이다. 향후 이러한 개인 통신 서비스는 궁극적으로 지상고정 통신망, 지상이동 통신망 및 이동위성 통신망이 통합된 차세대 통신망인 FPLMTS로 발전해 나갈것이다^{[1]-[3]}.

지상이동 통신망에서 활발히 도입되고 있는 스펙트럼 확산방식은 다중경로 페이딩 및 방해전파에 강하고 비화통신이 가능하며 FDMA에 비해서 통신용량의 증대를 가져온다는 장점 때문에 향후 이동위성 통신망에도 그 도입이 예상된다. 이러한 스펙트럼 확산방식은 지연파와 직접파와의 시간차가 1칩(chip) 간격이상이면 역확산을 행할 때 이들을 분리하여 경로 다이버시티(path diversity)로 합성하는 것이 가능하므로 고속전송 실현을 위한 유효한 기술이다. 특히 고속의 칩레이트(chip rate)를 적용하면 Rake 다이버시티는 이용할 수 있는 브랜치(branch)수가 많게되어 페이딩 변동의 영향을 저감시킬 수 있는 등의 잇점이 있다^[4].

앞으로의 통신수요의 폭발적 증대에 따라 CDMA 방식에서도 효율적인 전송기술이 필요하므로 가능한한 전송효율을 저하시키지 않으면서 동기검파 및 고속의 칩동기를 가능하게 하는 방식이 요구되는데 이를 위한 한 방식으로 신호채널과 직교하는 억압 파일롯트(suppressed pilot) 채널을 이용하여 전파로의 복소지연 프로파일(profile)을 추정, 코히어런트(coherent)한 Rake 다이버시티 합

성 및 칩동기를 행하는 방식^[4]이 제안되어 지상이동 통신망의 주파수 선택성 페이딩환경하에서 그 유용성이 입증되었으나 지상이동 통신채널 특성과는 다르게 shadowing의 영향이 지배적인 이동위성 채널상에서의 성능평가는 행해져 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 shadowed Rician 페이딩으로 모델화한 이동위성 채널상에서의 억압 파일롯트 채널을 이용한 DS/CDMA의 성능평가를 행한 후 이론해석 결과와의 비교분석을 통해 향후 이동위성 채널에 DS/CDMA의 도입 타당성을 검토하고자 한다.

이를 위해 II절에서는 억압 파일롯트 채널을 이용하는 DS/CDMA 방식의 송수신 시스템을 소개하고 III절에서는 이동위성 채널의 수학적 모델 및 시뮬레이터에 대해 설명하고, IV절에서는 몇가지 가정하의 DS/CDMA의 이론적 오율식을 유도한다. V절에서는 시뮬레이션을 수행하여 이론해석 결과와 비교분석을 행한후 VI절에서 결론을 내린다.

II. 억압파일롯트 채널을 이용한 DS/CDMA

2-1 송신기

그림 1에 억압파일롯트 채널을 이용한 DS/CDMA의 송신기 구성을 나타낸다. 우선 BSG(Baseband Signal Generator)에서는 QPSK의 베이스밴드 신호를 생성하고 여기에 Walsh 함수를 곱하여 ATT(Attenuator)에 의해 억압된(Suppressed) 파일롯트 채널과의 직교를 행한다. 베이스밴드에 있어서의 신호채널 $b(t)$ 는

$$b(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} d_m w_n \delta(t - mT_s - nT_c) \quad (1)$$

$$d(t) = d_m \delta(t - mT_s) \quad (2)$$

$$d_m = d_{1m} + jd_{2m} \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다. 여기서 d_{1m} , d_{2m} 는 m 번째의 심볼의 동상 및 직교성분, T_s 는 1 심볼구간, T_c 는 1 칩구간, $\delta(t)$ 는 델타함수, N 은 Walsh의 주기(=64) w_n 은 n 번째의 Walsh의 값이고, $T_s = NT_c$ 이다.

이 계열의 동상성분에 전력이 억압된 파일럿 신호를 삽입한 후에 PRBS(Pseudo-Random Binary Sequence)로부터 발생된 PN의 계열을 곱한다. 본 논문에서는 확산부호로서 8단의 주기 256(=4N)인 PN계열을 이용한다. 또한 칩레이트(chip rate)는 4.096 Mchips / s 이다.

확산후의 베이스밴드의 송신신호는

$$s_B(t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{4N-1} \{ (w_{(i \bmod N)} d_{1m} + p) + jw_{(i \bmod N)} d_{2m} \} \times c_i \delta(t - mT_s - iT_c) \quad (4)$$

$$C_i = C_{1i} + jc_{2i} \quad (5)$$

로 된다. 여기서 C_i 는 확산계열의 i 번째값이다.

$s_B(t)$ 를 저역필터(LPF)로 대역제한한 후 직교변조하면 송신신호는 다음식으로 된다.

$$s_T(t) = \text{Re}[z_o(t) \exp(j2\pi f_c t)] \quad (6)$$

$$z_o(t) = s_B(t) * h_B(t) \quad (7)$$

$$= z_{or}(t) + jz_{oi}(t) \quad (8)$$

여기서 $h_B(t)$ 는 LPF의 임펄스 응답이며, f_c 는 반송파 주파수 $z_o(t)$ 는 대역제한된 송신신호 *는 중첩적분이다.

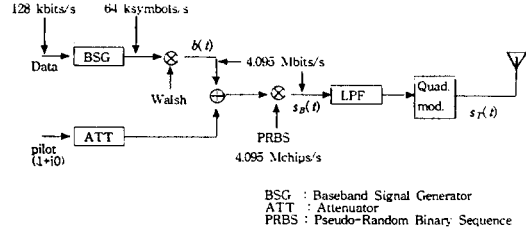


그림 1. 송신기의 구성
Fig. 1. Configuration of transmitter.

2-2 수신기

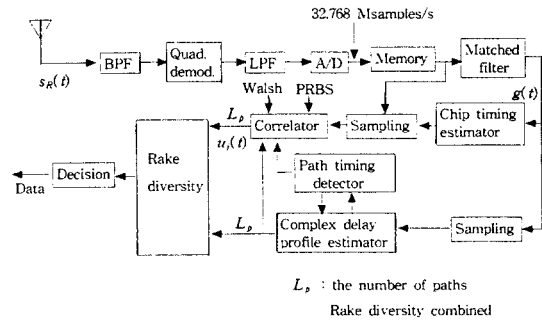


그림 2. 수신기의 구성
Fig. 1. Configuration of receiver.

그림 2에 수신기의 구성을 나타낸다. 이동위성 통신채널을 통해 수신된 신호 $s_R(t)$ 는 다음과 같다.

$$s_R(t) = \text{Re}[\beta_r Z_o(t - \tau_r) \exp\{2\pi(f_c + f_i)t + \eta(t)\}] \quad (9)$$

여기서 β_r 은 이동위성 통신채널에서 발생하는 페이딩 포락선, τ_r 은 이동위성 통신채널에서 발생하는 지연시간, f_i 은 도플러(doppler)각 주파수, $\eta(t)$ 는 가우시안 잡음이다.

수신된 신호중 BPF(Band Pass Filter)에 의해 희망신호가 추출되어 직교검파 및 샘플링되어 메모리에 축적된다. 샘플링된 데이터는 복소지연 프로파일을 추정하기 위해 희망신호의 파일럿 채널에

대응하는 정합필터(matched filter)를 통과하여 $g(t)$ 로 된다. 파일롯 채널의 신호전력은 억압되어 있으므로 $g(t)$ 의 신호대 잡음전력비(S/N)는 낮다. 복소지연 프로파일 추정기(complex delay profile estimator)는 연속하는 $N_{profile}$ 개의 복소지연 프로파일을 동기화산함으로서 S/N를 향상시킬수 있다. 복소지연 프로파일 추정기의 출력을 이용하여 전력이 큰쪽으로 부터 L_p 개의 경로(path)를 경로 타이밍 검출기(path timing detector)로 선택한다. 이와 동시에 정합필터의 출력은 칩동기를 취하기 위해 이용한다. 얻어진 칩동기를 이용하여 A/D 컨버터의 출력을 칩레이트로 샘플링한 후, 얻어진 샘플링에 대해 Walsh 함수 및 확산부호를 곱하여 각 지연파에 해당하는 복조파형 $u_i(t)$ 를 얻는다. Rake 다이버시티(diversity) 합성부에서는 L_p 개의 복조파형을 최대비 합성하여 송신된 신호를 재생한다.

III. 이동위성 통신채널 특성

이동위성 통신채널 해석을 위한 통계적인 전파모델이 개발되어 왔으며, 이는 다중경로 성분은 Rayleigh 분포로, LOS(line-of-sight) 성분은 log-normal 분포특성을 갖는 shadowed Rician 페이딩 모델로 개발되어 왔다^{[5],[6]}. 그 수신된 신호진폭 r 의 확률밀도 함수(pdf)는 다음과 같이 주어진다.

$$p_B(r) = \int_0^\infty \frac{r}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{r^2+z^2}{2\sigma^2}\right] I_0\left[\frac{rz}{\sigma^2}\right] \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_s z}} \exp\left[-\frac{(\ln(z)-m_s)^2}{2\sigma_s^2}\right] dz \quad (10)$$

여기서, $I_0(\cdot)$: 0차 제1종 변형베셀 함수
 σ^2 : 다중경로에 기인하는 평균 분산 전력
 m_s : shadowing에 기인하는 평균값
 σ_s^2 : shadowing에 기인하는 분산

한편, shadowed Rician 페이딩 모델의 시뮬레이

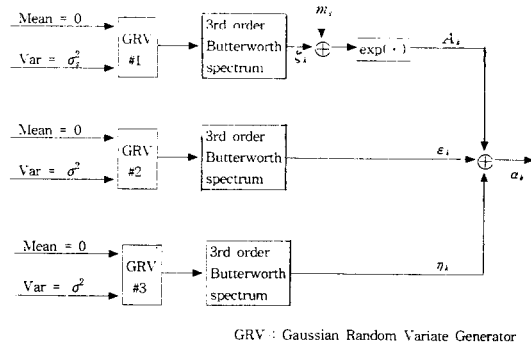


그림 3. 이동위성 통신채널 시뮬레이터

Fig. 3. Mobile satellite communication channel simulator.

$$\alpha_k = A_k + \epsilon_k + j\eta_k \quad (11)$$

터는 그림 3과 같으며, 다음과 같이 세가지 성분들의 합으로 표현된다^[7].

여기서, ϵ_k 와 η_k 는 각각 평균 0 및 분산 σ_s^2 을 갖는 가우시안 독립변수이며, A_k 는 평균 m_s 및 분산 σ_s^2 을 갖는 ζ_k 의 $\exp(\zeta_k)$ 와 같다. 변수 ϵ_k , η_k 및 ζ_k 는 독립 가우시안 랜덤 데이터 발생기에서 얻어진 데이터를 필터링하여 얻을 수 있다. 또한 3차 버터워스(Butterworth) 필터의 3 dB 차단 주파수는 $f_d T_s$ 로 주어지며, 여기서 f_d 는 페이딩 주파수 T_s 는 심볼 구간이다. 식(9) 및 그림 3의 시뮬레이터에 이용되는 파라메타의 값들은 shadowing의 정도에 따라 Light, Average, Heavy shadowing으로 나누며 표 1

표 1. 이동위성 통신채널 모델 파라메타

Table 1. Parameters for mobile satellite communication channel model.

	Light	Average	Heavy
σ^2	0.158	0.126	0.0631
m_s	0.115	-0.115	-3.91
σ_s^2	0.115	0.161	0.806

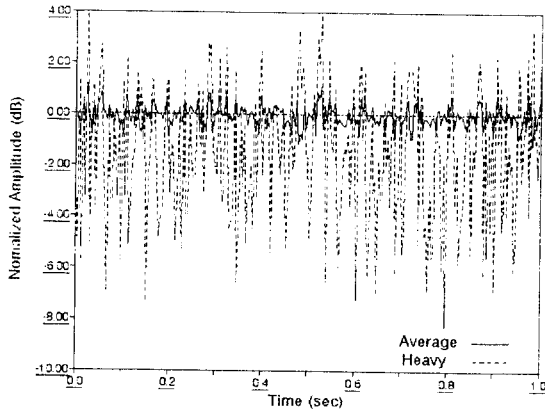


그림 4. shadowed Rician 시뮬레이터의 포락선 변동 특성

Fig. 4. Envelope characteristics of shadowed Rician simulator.

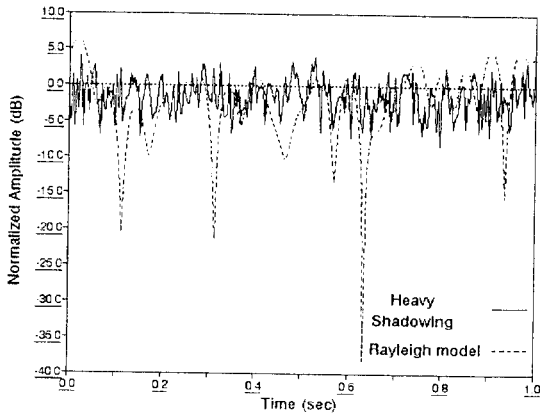


그림 5. 지상 이동통신 채널의 Rayleigh 모델과 Heavy shadowing과의 포락선 변동특성 비교

Fig. 5. Comparison of the envelope characteristics of heavy shadowing and that of Rayleigh model.

에 주어진다^{[5]-[7]}.

그림 3의 이동위성 통신 채널 시뮬레이터를 이용하여 $fT_s=0.05$ 일때 shadowed Rician 페이딩의 Light, Average, Heavy shadowing에 대한 포락

선 변동특성을 그림 4에, Heavy shadowing과 지상이동 통신채널의 페이딩 포락선 특성을 그림 5에 비교해 놓았다.

그림 4로부터 Heavy shadowing은 포락선 변동이 +4 dB~8 dB 정도로 큰 랜덤한 특성을 갖는 반면 Average shadowing은 약 ± 1.2 dB, Light shadowing인 경우 (그림에는 나타나 있지 않음) ± 1 dB 이내의 미약한 변동특성을 가져 Heavy shadowing일때 신호열화가 매우 크리라 예상된다. 그림 5에서 Heavy shadowing과 지상이동 통신채널에서의 Rayleigh 페이딩 특성을 비교해 본 결과 페이딩 깊이에서 Rayleigh 페이딩 포락선이 최고 -38 dB까지 매우 깊은 반면 완만한 변동특성을 가져 어느 정도 주기적인 데이터 오류발생이 예상된다. 그러나 Heavy shadowing인 경우 페이딩 깊이는 최고 -8 dB 정도인데 반해 그 포락선 변동이 랜덤한 특성을 가지므로 전체 데이터열에 걸쳐 영향을 주게 되어 Rayleigh fading인 경우보다 데이터 오류가 크게 되리라 예상된다. 이는 문헌 [1]의 그림 5로부터 확인할 수 있다.

IV. 오율 해석

본 절에서는 그림 2의 수신기에서 정합필터 이후의 과정, 즉 지연 프로파일의 추정에 의한 Rake 다이버시티 합성부분은 생략하여 이론적인 오율식을 유도한다.

먼저 수신신호 식 (9)의 $s_R(t)$ 를 식 (4)를 이용하여 다시 고쳐 쓰면

$$\begin{aligned}
 s_R(t) = & \sum_{l=1}^L \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{4N-1} \{ \beta_l(w_{(i \bmod N)}) d_{lm}(t - mT_s - \tau_l) \\
 & + p(t - \tau_l)] c_{pl}(t - mT_s - iT_c - \tau_l) \\
 & \cos[(w_c + w_l)t + \phi_l] + \beta_l w_{(i \bmod N)} d_{Qm} \\
 & (t - mT_s - \tau_l) c_{Ql}(t - mT_s - iT_c - \tau_l) \\
 & \sin[(w_c + w_l)t + \phi_l] \} + \eta(t)
 \end{aligned} \quad (12)$$

여기서 β_l , τ_l , w_l 은 식 (9)와 같고, l 및 ϕ_l 은 각각

이동위성 채널에서 발생하는 파의 경로 및 파의 위상을 나타낸다.

한편, 식 (10)의 신호는 동기 직교검파 및 샘플링 과정을 거친 후, τ_i, φ_i 은 0이라 가정한다. 또한 수신단에서의 Walsh 함수를 곱함으로서 파일럿 채널은 신호채널에 영향을 주지 않게 되며, 역확산을 행해 동상성분 Z_I 와 직교성분 Z_Q 를 각각 구하면 다음과 같다.

$$Z_I = \beta_1 T_b d^0_{I_i} + I_{I_i} + \eta_i \quad (13)$$

$$Z_Q = \beta_1 T_b d^0_{Q_i} + I_{Q_i} + \eta_Q \quad (14)$$

여기서 $d^0_{I_i}$ 및 $d^0_{Q_i}$ 는 각각 동상 및 직교채널의 희망 수신신호 성분, I_{I_i} 및 I_{Q_i} 은 각각 경로에 따른 동상 및 직교채널의 간섭성분, η_i 및 η_Q 는 각각 평균이 0, 분산 $N_b T_b$ 를 갖는 동상 및 직교채널의 잡음 성분이다.

수신단에서 위상동기가 취해져 위상오류를 무시할 수 있으면, 식(10)의 포락선 페이딩 분포함수와 이 포락선 r 의 조건부 확률밀도 함수를 이용하여 다음식으로 구할 수 있다.^{[1],[6]}

$$P_e = \int_0^\infty (p_e|r) p_\beta(r) dr \quad (15)$$

위 식에서 $p_e|r$ 은 식 (13) 또는 (14)로부터 구할 수 있으며 그 결과는 다음과 같다.

$$p_e|r = \text{erfc} \left(\frac{rT_b}{\sigma_i \sqrt{2}} \right) \quad (16)$$

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^\infty e^{-t^2} dt$$

$$\text{여기서 } \sigma_i = N_b T_b + \frac{2T_b^2}{3N} \left\{ \sigma^2 + \frac{1}{2} \exp[2m_s + 2\sigma_s^2] \right\}$$

^[6]이며, N 은 확산코드의 길이, T_b 는 데이터 비트구간이다.

한편 식(10)은 다음과 같이 고쳐 쓸 수 있다.^{[1],[8]}

$$p_\beta(r) = \sum_{k=0}^\infty \sum_{n=0}^\infty \left(-\frac{e^{2m_s}}{2\sigma^2} \right)^k \left(\frac{e^{m_s}}{2\sigma^2} \right)^{2n} \frac{e^{-2\sigma_s^2(k+n)^2}}{\sigma^2 k! (n!)^2} r^{2n+1} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \quad (17)$$

식 (15), 식(16) 및 식(17)을 이용하여 오율식을 구하면 다음과 같다.

$$P_e(r) = 1 - \frac{d}{\sqrt{\pi}} \sum_{k=0}^\infty \sum_{n=0}^\infty \left(-\frac{e^{2m_s}}{2\sigma^2} \right)^k \left(\frac{e^{m_s}}{2\sigma^2} \right)^{2n} \frac{e^{-2\sigma_s^2(k+n)^2}}{\sigma^2 k! (n!)^2} \times \Gamma\left(n + \frac{3}{2}\right) \left\{ \frac{1+2d^2\sigma^2}{2\sigma^2} \right\}^{-(n+\frac{3}{2})} \times {}_2F_1\left(1; n + \frac{3}{2}; \frac{2d^2\sigma^2}{1+2d^2\sigma^2}\right) \quad (18)$$

$$\text{여기서 } d = \sqrt{\frac{E_b}{N_o} \left\{ 1 + \frac{E_b}{N_o} \left(\sigma^2 + \frac{1}{2} \exp[2m_s + 2\sigma_s^2] \right) \right\}}$$

${}_2F_1(\cdot; \cdot; \cdot; \cdot)$: 합류형 초기하 함수
 $\Gamma(\cdot)$: 감마 함수

식 (18) 및 표 1의 값과 스펙트럼 확산방산에 적용되는 표 2의 수정된 값^[6]을 이용하여 수치 계산한 결과를 그림 6에 나타내었고, 그림 7에 Average shadowing 인 경우 협대역 QPSK 방식과 비교하였다.

그림 6에 가우스잡음환경하에서의 QPSK 신호의 오율특성(이하 이상적인 오율특성이라 함)과 표 1 및 표 2의 $\sigma^2, m_s, \sigma_s^2$ 의 값에 따른 Light, Average, Heavy shadowing인 경우의 DS/CDMA의 오율특성을 비교하여 보았다. $P_e = 1 \times 10^{-3}$ 인 경우 이상적인 QPSK 오율특성에 비해 Light shadowing은 약 1 dB, Average shadowing은 약 2.5 dB 정도 열화하지만 Heavy shadowing인 경우 약 30 dB이상의 심각한 열화를 보인다. 그림 7로부터 DS/CDMA의 오율특성은 협대역 QPSK 방식에

비해 10 dB이상 개선됨을 알 수 있다.

표 2. 수정된 σ^2 의 값

Table 2. Modified σ^2 values.

	Light	Average	Heavy
σ^2 spread spectrum	0.023	0.018	0.009

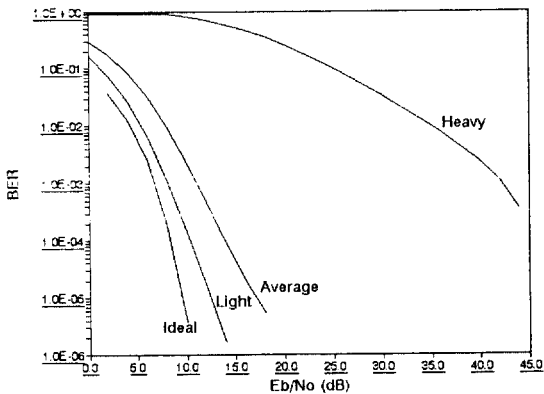


그림 6. 이동위성 채널에서 DS / CDMA 방식의 오율 특성

Fig. 6. BER of DS / CDMA in mobile satellite channel.

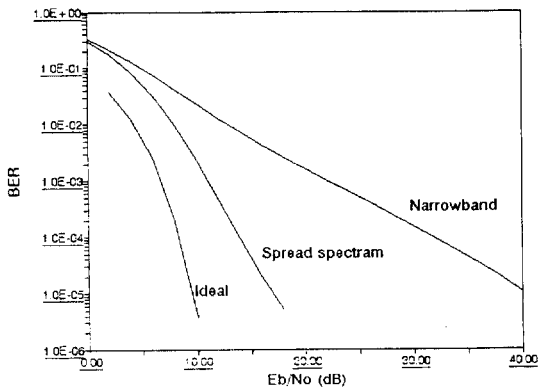


그림 7. DS / CDMA 방식과 협대역 QPSK 방식의 오율 특성 비교

Fig. 7. Comparison BERs of DS / CDMA and of narrowband QPSK.

V. 시뮬레이션

이동위성 통신 시스템에서 억압 파일롯 채널을 이용한 DS / CDMA의 성능분석을 하기 위한 시뮬레이션 블록도는 그림 8과 같다.

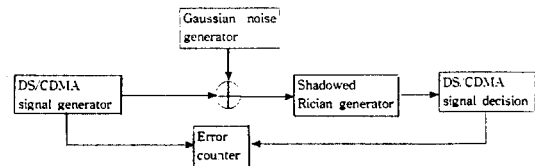


그림 8. 이동위성 통신 채널상에서 억압 파일롯 채널을 이용한 DS / CDMA의 시뮬레이션 블록도

Fig. 8. Simulation block diagram for DS / CDMA with a suppressed pilot channel in mobile satellite channel.

먼저 신호발생기에서 억압 파일롯 채널을 갖는 DS / CDMA의 신호를 발생시키고, 이 신호에 가우스 잡음 발생기로부터의 잡음이 더해진 후, 이동위성 통신 채널특성을 나타내는 그림 3의 Shadowed Rician 페이딩 발생기를 거쳐 수신된 후 신호 판정이 이루어진다. 판정된 신호는 신호발생기로부터의 원신호와 비교되어 에러카운터에 의해 오율이 구해진다.

한편, 억압 파일롯 채널을 이용한 DS / CDMA^[4] 방식에서는 파일롯 채널의 전력과 지연 프로파일 수 $N_{profile}$ 에 따라 성능이 좌우되어 이의 파라메타의 변화에 따른 성능분석이 필요하다. 즉 파일롯의 전력을 크게 하거나 $N_{profile}$ 을 크게 하면 칩동기나 지연 프로파일의 추정 정밀도가 향상되지만, 전력 효율면에서 보면 파일롯 채널의 전력을 작게 하고 $N_{profile}$ 을 크게 하는 쪽이 좋다. 반대로 페이딩 변동의 추적성면에서 보면 파일롯 채널의 전력을 크게 하고 $N_{profile}$ 을 작게 하는 쪽이 좋다. 따라서 파일롯 채널의 전력과 $N_{profile}$ 사이에는 최적

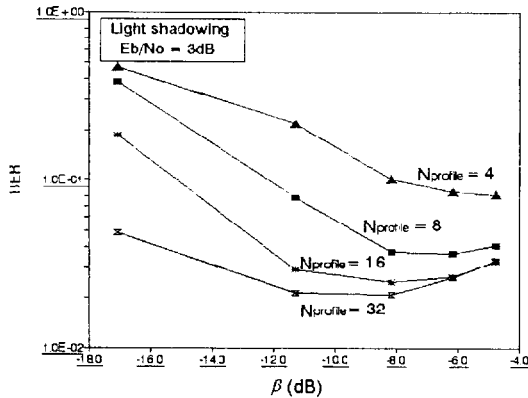


그림 9. β 와 $N_{profile}$ 에 따른 오율특성
Fig. 9. BER vs. β and $N_{profile}$.

점이 존재하게 되는데 이를 알아보기 위해 Light shadowing인 환경하에서 시뮬레이션을 수행하여 그림 9에 나타내었다. 여기서 β 는 전체송신전력에 대한 파일럿 채널의 전력비이다.

그림 9로부터 알 수 있듯이 β 를 작게 할수록 오율특성이 열화하는 것은 지연프로파일의 정밀도가 낮아지기 때문이며 β 를 크게 한 경우의 특성열화는 파일럿 채널의 전력이 증대하여 트랙픽 채널에 할당된 전력이 작아지기 때문이다. 이는 문헌 [4]의 지상이동 통신채널에서의 주파수 선택성 페이딩 하에서의 오율특성 결과와 유사한 특성을 보인다. 또한 그림 9로부터 오율특성의 최적점이 $N_{profile} = 32$, $\beta = -8$ dB인 점에서 얻어지므로, 이 값을 이용하여 Light, Average, Heavy shadowing 환경하에서 시뮬레이션을 수행한 결과와 IV절의 이론적인 해석결과를 그림 10에 비교하였다.

그림 10으로부터 Light나 Average shadowing 하에서는 파일럿 채널을 이용하여 지연파일의 추정에 의한 Rake 수신을 행하므로써 이론치보다 좋은 오율성능을 얻을 수 있지만 Heavy shadowing의 경우 40 dB이하에서는 지연파일의 추정 실패로 인해 이론치보다 열화하는 특성을 보이고 있다. 그러나 40 dB이상에서는 지연파일의 정확한 추정으로 인해 이론치보다 좋은 오율성능이 얻어졌다. 예

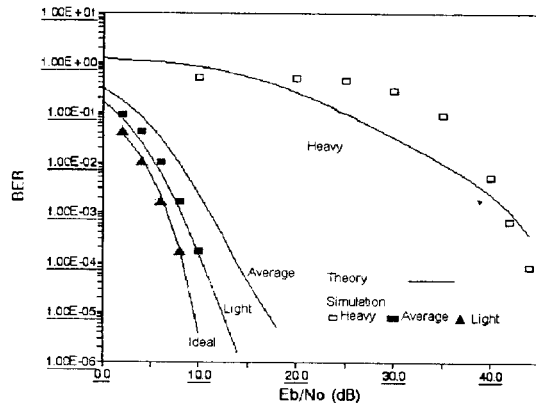


그림 10. 이론적인 해석결과 시뮬레이션 결과와의 비교

Fig. 10. Comparison results of simulation and theoretical analysis.

를 들어 $Pe = 1 \times 10^{-3}$ 에서 Light shadowing인 경우 이론치 보다 약 1 dB이상의 개선으로 인해 이상적인 오율특성과 일치하고 있으며 Average shadowing인 경우 약 2 dB이상의 개선을 보이는 반면, Heavy shadowing인 경우 이론치와 거의 같은 특성을 보이고 있다.

IV. 결 론

본 논문은 전송효율을 저하시키지 않으면서 동기 검파 및 칩동기를 위해 억압파일럿 채널을 이용하여 전파로의 복소지연 파일을 추정, 코히어런트 Rake 다이버시티 합성 및 얻어진 지연프로파일의 평균 극대점을 칩동기로 하는 DS/CDMA의 이동 위성 채널에서의 그 성능평가를 수행하였다.

이를 위해 우선 이동위성 채널에서 이용되는 shadowed Rician 페이딩 시뮬레이터를 구성하여 그 포락선 변동특성을 조사하였다. Light 와 Average shadowing인 경우 각각 ± 1 dB와 ± 1.2 dB이 내의 미약한 포락선 변동특성을 나타내지만 Heavy shadowing인 경우 +4 dB ~ -8 dB 정도로 포락선 변동이 클 뿐만 아니라 지상이동 통신채널

의 Rayleigh 페이딩의 완만한 주기적 페이딩 특성에 비해 랜덤한 특성을 보임으로서 전체 데이터 신호열에 영향을 주게 되어 심각한 데이터 오류를 가져오리라 예상할 수 있다.

이론적인 해석의 결과를 보면 스펙트럼 확산방식을 잡음만의 QPSK 오율특성에 비해 Light, Average, Heavy shadowing에 따라 $P_e = 1 \times 10^{-3}$ 에서 E_b/N_0 가 각각 1 dB, 2.5 dB, 30 dB의 열화를 가져오지만, 협대역 QPSK에 비해서는 Average shadowing인 경우 약 10 dB이상 개선시킬 수 있다.

한편 파일럿 채널을 이용하는 DS / CDMA 방식은 지상이동 통신채널과 마찬가지로 파일럿 채널의 전력 β 와 지연 프로파일의 수 $N_{profile}$ 에 따라 최적의 오율성능을 얻을 수 있으며, 그 값은 Light shadowing에서 각각 $\beta = -8$ dB, $N_{profile} = 32$ 일 때 얻어졌다. 이 값에서 Light shadowing인 경우는 거의 이상적인 QPSK 오율특성을, 즉 이론값보다 $P_e = 1 \times 10^{-3}$ 에서 약 1 dB 이상을 개선시킬 수 있었다. 하지만 Heavy shadowing인 경우에는 심각한 데이터 에러를 야기하며 파일럿 채널을 이용한 DS / CDMA 방식을 이용하여도 40 dB 이하에서는 이론치보다 성능을 개선시킬 수 없으므로 다른 방법을 통한 성능개선이 이루어져야 할 것이다. 이를위해 오율정정부호 등의 이용을 들수 있다. 따라서 앞으로는 이동위성 채널에서 오율정정부호를 이용한 성능개선과 이동위성에 기인하는 도플러 시프트(Doppler shift)의 보상기법 등에 관한 연구를 수행 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 강영홍, "이동위성 통신 채널상에서 MPSK 신호의 오율성능에 관한 연구," 군산대학교 공학연구소 논문집, 제4집, pp. 71-81, 1994.
- [2] 박세경, 김재명, "이동위성통신 시스템 설계 기술," 한국통신학회지, 제10권 1호, pp. 57-73, 1993.
- [3] E. Del Re, "A coordinated European effort for the definition of a satellite integrated environment for future mobile communications," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 98-104, Feb. 1996.
- [4] 安部田貞行, 三瓶政一, 森永規彦, "抑壓パイロットチャネルを用いたDS / CDMA同期検波方式," *電子情報通信學會誌*, B-II vol. J77-B-II, no. 11, pp. 641-648, 1994.
- [5] C. Loo, "A statistical model for a land mobil satellite link," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-34, pp 122-127, Aug. 1985.
- [6] R. Prasad, *CDMA for Wireless Personal Communication*, London ; Artech House, 1996.
- [7] C. Tellambura, Q. Wang and V. K. Bhargava, "Performance of trellis coded modulation schemes on shadowed mobile satellite communication channels," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-43, no. 1, pp. 128-139, Feb. 1994.
- [8] S. H. Jamali and T. Le-Ngoc, *Coded-modulation Techniques for Fading Channels*, Mass ; Kluwer Academic Publishers, 1994.

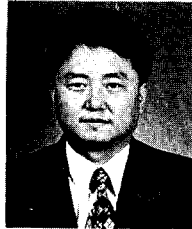
정 부 영



1985년 2월 : 한국항공대학교 통신 공학과 (공학사)
1987년 8월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1988년 9월 ~ 1996년 3월 : 한국 통신 품질보증단 선임연구원

1996년 3월~현재 : 한국통신 연구개발본부 표준연구단 선임 연구원
[주관심 분야] Spread spectrum, 전자파 해석, 이동통신, 고정통신

강 영 홍



1989년 : 한국항공대학교 통신공학과 (학사)
1986년 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학석사)
1993년 : 한국항공대학교 전자공학과 (공학박사)

1990년 현재 : 군산대 정보통신공학과 부교수
[주관심 분야] 위성통신, 무선통신, 이동통신

최 봉 근

1983년 2월 : 서울대학교 물리교육과 (이학사)
1985년 2월 : 한국과학기술원 물리학과 (이학석사)
1985년 4월~현재 : 한국통신 연구개발본부 표준연구단 선임 연구단

[주관심 분야] Spread spectrum, 전파전파, 이동통신, EMI/EMS

이 진



1935년 5월 17일생
한국항공대학교 통신정보공학과 졸업
한양대학교 대학원 (공학석사)
경희대학교 대학원 (공학박사)
현재 : 한국항공대학교 통신정보공학과 교수, 한국통신학회 회장.