

레이크 수신기를 이용한 순방향 채널의 성능 개선에 관한 연구

백승선* · 박문수* · 우병훈* · 강희조**

* 전주공업대학 정보통신과, ** 동신대학교 전기전자공학과

A Study on the Performance Improvement of Downlink using Rake Receiver

Seung-Sun Baek* · Moon-Soo Park* · Byung-Hoon Woo* · Heau-Jo Kang**

* Dept. of Information & Communication Eng., Jeonju Technical College.

** Dept. of Electrical & Electronic Eng., Dongshin Univ.

요 약

본 논문은 레이크 수신기의 성능 개선에 관한 것으로 다중 경로 페이딩에 의한 시간 지연으로 나타나는 자기 간섭이 제거된 DS-CDMA/QPSK 신호의 성능을 분석하였다. 자기 간섭 제거를 위해 새로운 레이크 수신기를 제안하고 제안된 수신기의 시스템 성능은 차량 이동통신 환경, 실내 이동통신 환경과 실외에서 실내로 이동 중인 환경으로 구분하여 레일리 페이딩 환경에서 분석하였다. 제안된 레이크 수신기는 적용한 DS-CDMA 시스템의 합성 수신 SNR 증가로 오율 성능이 개선되었으며 시뮬레이션 구현으로 성능 개선을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

개인 이동통신과 정보화 사회의 급속한 발전으로 다양한 정보 서비스에 대한 욕구가 증가하면서 이동통신을 통한 멀티미디어 서비스의 필요성이 확대되고 있다. IMT-2000은 유선에 의해 제공되는 서비스와 동일한 수준의 신호 품질을 유지하며 2Mbps 전송속도의 서비스 제공을 목표로 하고 있으며 광대역의 IMT-2000 시스템은 DS-CDMA 기술을 기반으로 다양한 서비스를 제공할 것으로 기대된다.

DS-CDMA 시스템은 하나의 통신 채널을 다수의 사용자가 동시에 다른 PN 코드를 이용하여 데이터를 전송하는 시스템이다. 수신기에서는 송신기에서 사용한 PN 코드를 이용하여 송신 신호를 복조한다. 수신기에 수신되는 신호는 다중 사용자에 의한 다중 접속 간섭과 다중 경로에 의한 페이딩으로 송신 신호를 복조하는데 많은 어려움이 있다. 이러한 문제는 동일 채널 간섭 제거 기술[1]과 레이크 수신기[2]를 이용하여 극복할 수 있으나 이동통신 환경에서 나타나는 다중경로로 나타나는 시간 지연에 의한 자기 간섭은 제거할 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 자기 간섭 제거를 기법이 도입된 레이크 수

신기의 성능 개선 정도를 수치해석과 시뮬레이션으로 확인하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 DS-CDMA/QPSK 해석 모델을 제시하고, 다음으로 자기 간섭의 정의와 간섭 제거 기술을 이용한 레이크 수신기를 제안하고, 수신 SNR을 분석한다. 마지막으로 제안된 레이크 수신기의 성능을 시뮬레이션으로 확인하고 이를 그림으로 나타내어 결과를 분석하고자 한다.

II. 시스템 모델

1. 성능 분석 모델

본 논문에서는 성능분석을 위하여 DS-CDMA/QPSK 이동통신 시스템을 모델로 하였다. 일반적인 이동통신 시스템은 송신단에서 수신단으로 하나 이상의 다중 경로가 존재하는 통신채널로 이루어졌으며, 이것은 대기중의 반사, 회절 등과 건물이나 물체에 의한 반사로 인하여 나타나는 다중경로 페이딩으로 해석되어진다. 이러한 다중경로 페이딩은 직접파의 유무에 의해 라이시안 및 레일리 페이딩 환경으로 모델링된다. 차세대 이동통신 시스템의 변조 방

식인 QPSK 통신 시스템의 AWGN 환경에서 오율은 다음과 같다[3].

$$P_{el} = \text{erfc}\left(\sqrt{\gamma} \cdot \sin \frac{\pi}{M-\alpha\gamma}\right) \quad (1)$$

$$\text{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-u^2) du$$

여기서, γ 는 신호 대 잡음비(SNR : Signal to Noise Ratio)이다.

2. 자기 간섭(Auto-interference)

본 논문에서 제거하고자 하는 자기 간섭은 기준 송신신호가 페이딩의 영향을 받을 때 나타나는 지연 신호에 의한 것으로 다음과 같이 정의한다.

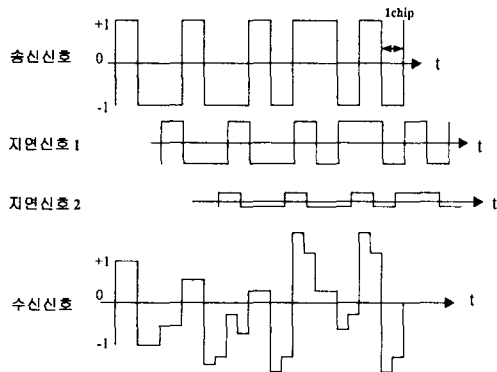


그림 1. 다중 경로에 의한 시간 지연 신호

그림 1과 같이 다중경로에 의한 지연 시간이 발생되면 송신 신호와 전력이 약화되고 시간 지연된 신호들이 합성 신호로 수신기에 수신된다. 송수신 거리에 따른 시간 지연을 무시한다면 송신 신호는 그대로 수신되고 2 chip 지연되고 전력이 약화된 지연 신호1과 4.5 chip 지연되고 전력이 약화된 지연 신호2는 송신 신호와 합성되어 수신되게 된다. 수신단에서는 수신된 신호를 송신 신호, 지연 신호1, 지연 신호2로 분리하여 레이크 수신기 각 탭에는 할당하게 된다. 이때 송신 신호에 해당하는 기준 수신 신호는 지연 신호1과 지연 신호2에 의해 간섭을 받게 되고 지연 신호1은 기준 송신 신호와 지연 신호2에 의해 간섭을 받게 된다. 이와 같이 다중경로 페이딩으로 발생하는 시간 지연에 의한 자기 신호의 지연된 신호가 간섭 신호로 영향을 미치는 현상을 자기 간섭이라 정의한다. 자기 간섭은 DS-CDMA 시스템의 다중 접속 간섭(MAI: Multi Access Interference)과 같은 AWGN의 형태로 영향을 미치기 때문에 지연된 신호의 세기가 간섭의 정도를 결정하게 된다.

기존의 레이크 수신기는 자기 간섭을 포함한 채널 수신 신호의 세기만으로 합성 신호에서 시간 지연된 신호를 구하여 송신 신호를 복조하여 수신 성능이 다소 저하되는 문제가 있었다.

3. 제안된 레이크 수신기

다중경로 페이딩에 의한 수신신호의 열화를 극복하기 위한 방법으로 이용하고 있는 레이크 수신기는 PN 코드에 의한 상관값의 크기에 따라 지연 시간 단위로 각 탭에 할당된다. PN 코드의 상관값은 지연된 수신 신호의 수신 SNR과 같은 것으로 수신 SNR은 다음식과 같이 주어진다[4].

$$\begin{aligned} \gamma_{bl} &= \frac{E_b}{N_0} \sum_{i=1}^L \alpha_i \\ &= \sum_{i=1}^L \gamma_i, \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, α_i 은 각 탭의 상관값 또는 가중치이고, γ_i 은 i 번째 탭의 수신 SNR이다. 그러므로 자기 간섭을 포함하는 기존의 DS-CDMA 레이크 수신기의 합성된 수신 SNR은 다중접속 간섭과 같이 작용하며 다음과 같다.

$$\gamma_{b2} = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{1}{\frac{2}{3M}(1-\alpha_i) + \frac{N_0}{E_b} \cdot \frac{1}{\alpha_i}} \right) \quad (3)$$

여기서 M 은 PN 코드의 길이이며 레이크 수신기의 탭수는 3인 경우이다.

그림 3은 본 논문에서 제안된 간섭을 제거할 수 있는 레이크 수신기로서 각 탭에서는 각기 다른 시간 지연에 의해 발생하는 자기 간섭을 CCI(Co-Channel Interference) Cancellation 기법으로 제거하고 있다. 탭 1은 일정 시간 수신 신호를 지연시키고 탭 2, 탭 3에서 얻은 수신 신호를 다시 확산시켜 수신 신호에서 빼주는 방법으로 자기 간섭을 제거하고 있다. 따라서 자기 간섭을 제거한 탭 1의 수신 SNR은 다음과 같이 구할 수 있다[1][4].

$$\gamma_{(T-d)1} = \frac{1}{\frac{2}{3M}(A_{i2} + A_{i3}) + \frac{N_0}{E_b} \cdot \frac{1}{\alpha_1}} \quad (4)$$

여기서,

$$A_{i2} = 4 \cdot Pe_{i2}, \quad A_{i3} = 4 \cdot Pe_{i3}$$

위의 수식에서과 마찬가지로 탭 2와 탭3의 수신 SNR γ_{i2} 와 γ_{i3} 식 (4)와 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$\gamma_{(T-d)2} = \frac{1}{\frac{2}{3M}(A_{i1} + A_{i3}) + \frac{N_0}{E_b} \cdot \frac{1}{\alpha_2}} \quad (5)$$

여기서,

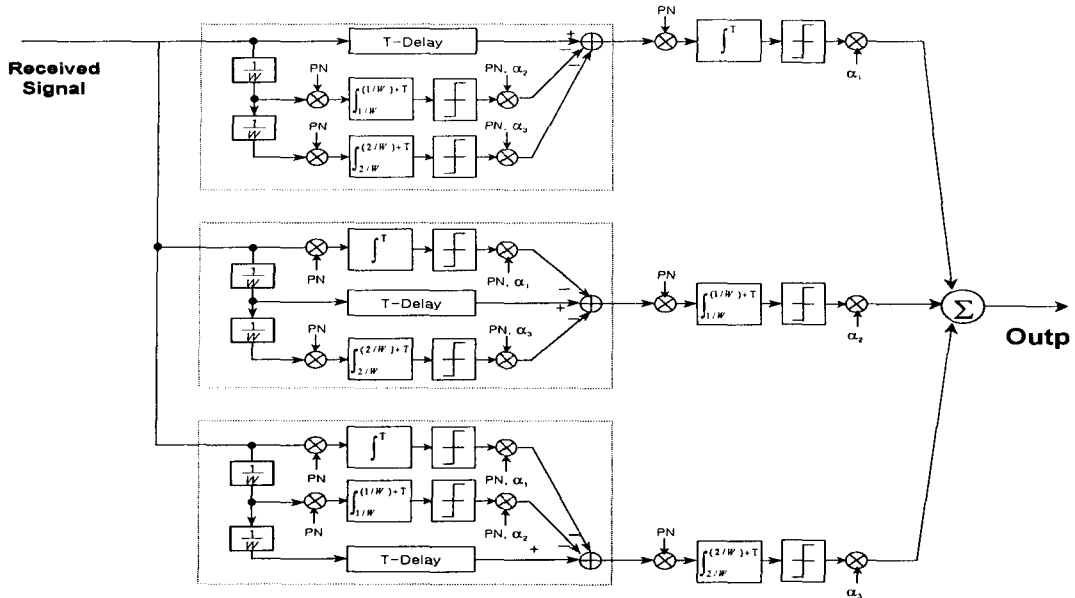


그림 2. 제안된 레이크 수신기

$$A_{v1} = 4 \cdot Pe_{v1}$$

$$\gamma_{(T-d)3} = \frac{1}{\frac{2}{3M}(A_{v1} + A_{v2}) + \frac{N_0}{E_b} \cdot \frac{1}{\alpha_3}} \quad (6)$$

그러므로 자기 간섭이 제거된 레이크 수신기의 탭 1, 탭 2, 탭 3의 합성 SNR은 다음과 같다.

$$\gamma_{BS} = \gamma_{(T-d)1} + \gamma_{(T-d)2} + \gamma_{(T-d)3} \quad (7)$$

III. 시뮬레이션

제안된 레이크 수신기의 성능 개선 정도를 확인하기 위하여 표1과 같은 파라미터로 시뮬레이션을 하였다. ITU-R M.1255[5]에서 IMT-2000 시스템 모의 실험을 위해 제시한 값으로 탭단위의 지연시간과 평균 수신전력을 나타내고 있다. 시뮬레이션은 참고문헌 [4]에서 제시된 가중치와 무선 채널 환경에서 실시하였다.

표1. 시뮬레이션 파라미터

변조방식	QPSK
PN 길이	64
사용자수	단일 사용자
채널환경	다중경로(레이리페이딩)
path 수	3
데이터 수	10,000개

IV. 시뮬레이션 결과 및 검토

제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 신호의 성능을 시뮬레이션한 결과를 그림 3~5에 나타내었다. 제안된 레이크 수신기의 성능 개선 정도를 알기 위하여 레이크 수신기가 없는 수신기, 기존의 레이크 수신기, 제안된 레이크 수신기를 비교하여 오율 특성을 나타내었다.

그림 3은 레일리 페이딩 환경에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 수신 성능을 나타내었다. 오율이 10⁻³에서 제안된 수신기는 기존의 수신기에 비하여 1[dB] 정도의 성능 개선 효과가 있으며 10⁻⁴에서는 3.5[dB] 정도의 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 수신 SNR이 클수록 개선폭은 더욱 커짐을 알 수 있었다.

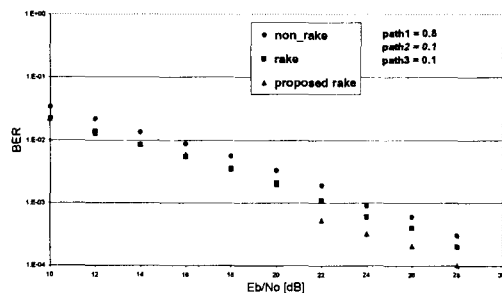


그림 3. 레일리 페이딩 환경(실외에서 실내로의 이동 환경)에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 성능 개선

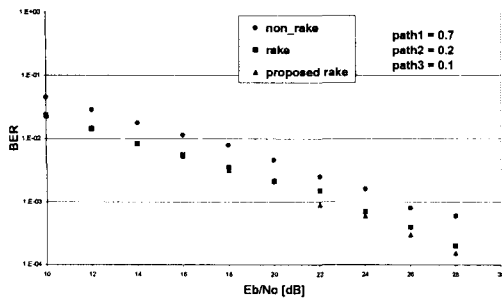


그림 4. 레일리 페이딩 환경(실내환경)에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 성능 개선

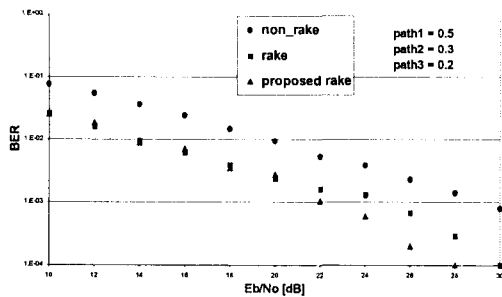


그림 5. 레일리 페이딩 환경(차량이동환경)에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 성능 개선

그림 4는 실내 레일리 페이딩 환경에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 수신 성능을 나타내었다. 시뮬레이션 결과는 22[dB] 이상에서 성능 개선을 확인할 수 있었다.

그림 5는 차량이동환경인 레일리 페이딩 환경에서 제안된 레이크 수신기를 적용한 DS-CDMA/QPSK 시스템의 수신 성능을 나타내었다. 오율이 10⁻³에서 제안된 수신기는 기존의 수신기에 비하여 3dB 정도의 성능 개선 효과가 있으며 5×10⁻⁴에서는 5dB 정도의 개선효과가 있는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 논문에서는 다중경로 페이딩으로 발생하는 시간 지연에 의한 자기 간섭을 제거할 수 있는 레이크 수신기를 제안하고 시뮬레이션으로 성능 개선을 확인하였다. 제안된 레이크 수신기는 DS-CDMA/QPSK 시스템에서 자기 간섭을 제거하기 때문에 레이크 수신기의 합성 수신 SNR의 증가에 따라 성능이 개선되었으며 차량이동 환경과 같은 열악한 무선 채널 환경은 지연 신호에 의한 수신 세기가 증가하

므로 자기 간섭의 영향이 증가하지만 제안된 레이크 수신기에서 자기 간섭을 제거하기 때문에 수신 성능의 개선폭이 더욱 커짐을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Tachikawa, S., "Characteristics of M-ary/Spread Spectrum Multiple Access Communication Systems Using Co-channel Interference Cancellation Techniques," IEICE Trans. Commun., vol. E76-B, no. 8, pp. 941-946, Aug. 1993.
- [2] Sung Hyun Choi, and Sang Wu Kim, "Optimum bandwidth expansion for DS/SSMA communication over a multipath rayleigh channel," ICC 95, vol. 3, June, 1995.
- [3] Brenard Sklar, Digital Communications Fundamentals and Applications, Prentice-Hall International Editions, 1988.
- [4] Byung Hoon Woo, Heau Jo Kang, "BER Performance of Rake Receiver Design for IMT-2000", APCC2000, pp.765-768, Oct.2000
- [5] REC ITU-M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000.