DBpia

다중 코드 WCDMA 시스템에서안테나 선택 기법을 적용한 인터리빙 딜레이 다이버시티 연구

정회원 정 숙 현*, 김 낙 명**

Interleaving Delay Diversity with Antenna Selection or the Multi-code WCDMA System

Suk-hyun Jung*, Nak-myung Kim** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 인터리빙 딜레이 다이버시티 기법을 제안하고 이를 다중 코드 WCDMA 시스템에 적용한다. 제안 시스템에서의 딜레이 다이버시티 기법은 인터리빙 기법을 적용하여 잡음과 페이딩의 영향을 감쇄시켜 시스템 성능을 개선하고 인터리빙된 신호와 인터리빙 되지 않은 신호를 서로 다른 시간 간격을 두어 전송시켜 시간 다이버시티 이득을 얻으며 송신단에서 우너신호의 재전송 횟수를 적절히 증가시킴에 따라 수신 다이버시티이득을 효과적으로 얻을 수 있도록 한다. 또한 다수의 안테나중 채널 상황이 좋은 안테나만을 선택하여 신호를 전송하는 안테나 선택 기법을 적용하여 제한된 전력을 효율적으로 사용하는 기법을 제안하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템이 기존 시스템에 비해 2dB 이상의 성능개선을 나타냄을 확인하였다.

Key Words : WCDMA , delay diversity, antenna selection, retransmission, Interleaving

ABSTRACT

An interleaving delay diversity scheme is investigated in this paperand the applications in the multi-code WCDMA system along with antenna selection diversity is proposed. The proposed algorithm utilizes interleaving and delayed duplicated transmission mechanism to mitigate the effect of noise and fading. . The interleaved signal and the original signal are both transmitted at intervals to obtain time diversity without any increase in required capacity. By adjusting the number of retransmissions of the information signal properly, the system achieve the receive diversity efficiently . For transmission power efficiency the proposed system also applies antenna selection diversity. By computer simulation, it has been shown that the proposed algorithm achieves better performance than the conventional algorithms by more than 2dB.

Ⅰ. 서 론

3세대 무선 이동통신 시스템은 음성 서비스 뿐 아니라 멀티미디어 서비스를 지원하고 있다. 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하려면 시스템의 용량을 대폭 확충해야 하며 통신 품질 또한 개선되어야 할 것이다. 추가적인 대역폭의 증가 없이 시스템의 용량을 확장하는 기법으로 다이버시티 기법이 활발히 연구되고 있다. 한편 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 다중 경로 페이딩의 영향을 극

* 이화여자대학교 이동통신연구실 (mcl@ewha.ac.kr), ** 이화여자대학교 정보통신학과 교수 (nmkim@ewha.ac.kr)
논문번호 : 030413-0918, 접수일자 : 2003년 9월 18일
※ This work was supported by grant (No.1999-1-30200-002-5) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

복해야 한다. 다중 경로 페이딩의 영향을 극복하기 위한 기술로서 전송 전력을 제어하는 기술과 인터리빙 기법이 있는데 전송 전력 제어 기법은 페이딩 채널을 극복하기 위하여 송신기의 전송 전력을 증가시키므로 전송 전력의 한계와 비용 문제 때문에 효과적이지 않다.

본 논문에서는 고속 전송과 다양한 데이터 속도를 지원하는데 우수한 다중 코드 WCDMA시스템을 고려하고 다중 경로 페이딩의 영향을 완화시켜 통신 품질을 향상시키기 위하여 인터리빙 기법을 적용한 인터리빙 딜레이 다이버시티 기법을 제안한다. 기존의 딜레이 다이버시티 기법은 시간 간격을 두고 같은 신호를 여러 번 전송하는데 반해, 제안 시스템에서의 딜레이 다이버시티 기법은 인터리빙 기법을 적용하여 인터리빙 된 신호와 인터리빙 되지 않은 신호를 서로 다른 시간 간격을 두어 전송시킨다. 이 때 송신단에서 원신호의 재전송 횟수를 적절히 증가시킴에 따라 수신 다이버시티 이득을 가질 수 있도록 한다. 또한 본 논문에서는 다수의 안테나 중에서 좋은 채널 환경을 가지는 안테나를 택하여 신호를 전송하는 안테나 선택 기법을 적용하여 제한된 전력을 효율적으로 사용하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 다중 코드 전송 시스템에 대해 설명한다. 제 3장에서는 인터리빙 딜레이 다이버시티와 안테나 선택 기법에 대해 설명한다. 제 4장에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 기존 시스템과 성능 비교를 하고 다양한 환경에서의 성능을 확인한다. 마지막으로 제 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

Ⅱ. 다중 코드 WCDMA 시스템

다중 코드 WCDMA[1],[3] 시스템은 다양한 데이터 속도의 유연한 지원과 고속 전송에 적합한 기술로서 그림 1, 그림 2와 같은 송수신 구조를 가진다. 이 시스템에서 T_b의 비트 길이를 가지는 입력데이터 비트는 K개의 저속 데이터 비트열로 병렬 변환된다. 변환 후 비트열은 $T = KT_b$의 심볼 길이를 갖는다. 각 부채널에서의 심볼 길이가 증가함에 따라 시스템의 성능은 다중경로 지연 확산에덜 민감하게 된다. 각 부채널로 나뉜 심볼은 왈쉬 코드에 의해 변조되어 각 부채널을구별할 수 있게 하고 다중 경로 간섭을 감소시킨다. Processing Gain N은 변조 후에 요구되는 대역과 본래의 고속 데이터 열의 대역이 같도록 적절히 조절된다.

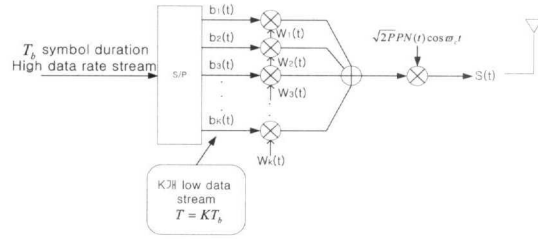

그림 1. 다중 코드 WCDMA 시스템 전송단 구조

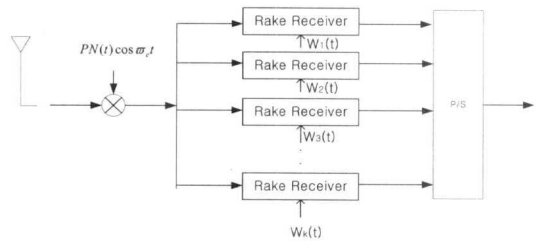

그림 2. 다중 코드 WCDMA 시스템 수신단 구조

이진 데이터 신호와 k번째 부 채널에서 왈쉬 코드는 다음과 같다.

$$b_k(t) = \sum_{i=\infty}^{\infty} b_i^k \, p_t((i-1)T, iT) \tag{1}$$

$$W_k(t) = \sum_{i=1}^{N} W_i^k \, p_t((i-1)T_c, iT_c) \tag{2}$$

여기서 T는 심볼 길이, $p_t(t_1,t_2)$는 $[t_1,t_2]$구간을 가지는 unit rectangular pulse, T_c는 칩 길이를 의미한다. b_i^k, w_i^k의 값은 1 또는 1의 값을 가지며각 값을 가질 확률은 1/2로 같다. PN 코드는 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$PN(t) = \sum_{i=1}^{K} PN_i \, p_t((i-1)T_c, iT_c) \tag{3}$$

이 때, PN_i의 값은 1 또는 1의 값을 가지며 모든j 값에 대해 $PN_i = PN_{i+N}$의 관계를 가진다. 칩 길

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

이 T_c 는 T/N의 값을 가진다. 시스템의 전송 신호는 식 (4)와 같다.

$$S(t)=\sum_{k=1}^{K}\sqrt{2P}b_k(t)W_k(t)PN(t)\cos(\varpi_c t) \quad (4)$$

이 때, P는 전송 신호 전력을의미한다. 전송 신호가 통과하는 채널을 $h(t)=\sum_{l=1}^{L}\beta_l\delta(t-\tau_l)e^{j\gamma_l}$ 라 하였을 때 수신기에서 받은 신호는 식 (5)와 같다.

$$y(t)=\sum_{k=1}^{K}\sum_{l=1}^{L}\sqrt{2P}\beta_l b_k(t-\tau_l)W_k(t-\tau_l)PN(t-\tau_l)\cdot\cos(\varpi_c t+\gamma_l)+n(t) \quad (5)$$

L은 다중 경로 수, β_l 은 채널 계수, τ_l 은 시간 지연, γ_l 은 위상변화 그리고 n(t)는 $N_0/2$ 의 double sided power spectral density를 가지는 white Gaussian noise이다. 수신기에서 시간지연과 캐리어 위상을 완벽히 복원한다 가정하면 상관수신기의 출력은 식 (6) 과 같이 나타낼 수 있다.

$$Z_i=\int_{\tau_i}^{T+\tau_i}y(t)W_k(t-\tau_i)PN(t-\tau_i)\cdot\cos(\varpi_c t+\gamma_i)dt \quad (6)$$

Ⅲ. 인터리빙 딜레이 다이버시티와 안테나 선택 기법

다중 코드 WCDMA 시스템에서 다중 경로 페이딩의 영향을 완화시켜 통신 품질을 향상시키기 위하여 인터리빙 딜레이 다이버시티 기법을 제안한다. 기존의 딜레이 다이버시티 시스템에서는 시간 간격을 두고 서로 같은 신호를 여러 번 전송함으로써 다이버시티 이득을 취하지만, 제안한 인터리빙 딜레이 다이버시티 시스템은 인터리버를 거친 인터리빙 신호와 원 신호를 시간지연을 두고 전송함으로써 주파수 선택적 페이딩으로 인한 데이터 손실을 막아 성능의 향상을 얻도록 한다. 수신단에서는 인터리빙 되어 들어온 신호를 디인터리빙시키고 딜레이 되서 합해진 신호를 시간축에서 바로잡은 후 gold code를 곱하여 N개의 신호를 합하면 딜레이 다이버시티 이득을 얻을 수 있습니다.

그림 3 및 그림 4 는 제안 시스템의 송수신단 구조를 보여주고 있다. 입력 데이터 스트림은 저속 데이터 비트로 병렬 변환된다. 변환 데이터 비트는 왈쉬코드에 의해 확산되고 두 브랜치로 나뉜다. 한 브랜치는 인터리버를 거치게 한 후 gold code와 곱해지는데 이 때 인터리빙 된 신호는 잡음의 영향을 완화시켜 전체 시스템의 성능을 개선시키는 효과를 가진다. 다른 브랜치의 신호는 Gold code가 곱해진 후 시간 지연을 거치게 된다. 이 때 시간 지연 크기는 인터리빙 크기에 한 칩 이상의 지연이 더해진 것이다. 수신단의 레이크 리시버는 한 칩 시간 지연 이상인 경우에 신호의 분리가 가능하기 때문이다. 또한 신호에 곱해지는 Gold code는 각 브랜치의 신호를 구분하기 위한 scrambling code로 쓰인다. 위와 같이 처리된 두 브랜치의 신호는 합해져서 전송되게 된다. 이 때 인터리빙 되지 않은 원 신호의 재전송 횟수를 증가시켜줌으로써 시간 다이버시티와 더불어 수신 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 수신기의 등화기는 시간 지연에 따른 심볼간 간섭을 줄이는 효과를 준다. 일반적으로 수신 다이버시티는 수신기에서 여러 개의 안테나를 사용하여 신호를 수신하는 방법으로 획득될 수 있으나 수신기의 크기나 비용 문제로 인해 실현이 어려운 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 수신기에서 다수의 안테나를 사용하는 기법 대신 신호를 여러 번 재전송함으로써 수신 다이버시티 이득을 효과적으로 얻을 수 있도록 하였다. 그러나 재전송 횟수가 증가함에 따라 전체 시간지연이 증가하고 각 브랜치의 전송 전력이 감소하므로 재전송 횟수의 적절한 선택이 요구된다. 제안 시스템은 k개의 레이크 리시버가 필요하여 수신기가 복잡해질 수 있지만 레이크 리시버를 병렬로 처리할 수 있으므로 복잡성을 줄어든다.

또한, 제안 시스템은 전송 전력을 효율적으로 사용하기 위해 안테나 선택 기법을 이용한다. 다중 안테나 전송 시스템에서는 안테나마다 상이한 채널 상황을 가지게 되고 따라서 어떤 채널은 낮은 이득을, 어떤 채널은 높은 이득을 갖게 된다. 이런 경우, 채널 이득이 높은 안테나를 선택하여 전송함으로써 제한된 전력을 효율적으로 사용할 수 있다. 기지국은 수신기로부터 되먹임 된 채널 상황 정보를 이용하여 다수의 안테나 중 가장 채널 상황이 좋은 안테나를 한 개 선택하여 제한된 전력을 선택된 안테나에만 할당하고 그 안테나를 통해 신호를 전송한다. 이 때 이동국으로부터 되먹임 된 채널 상황은 기지국이 이를 바탕으로 안테나를 선택하여 신호를 전송하는 시점까지 변하지 않는다고 가정한다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

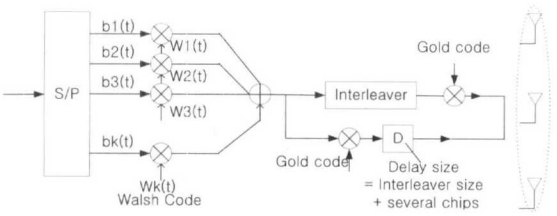

그림 3. 제안한 시스템 송신단 구조

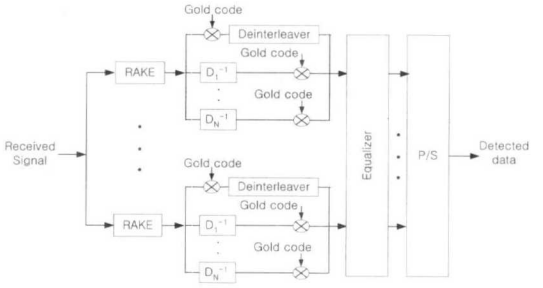

그림 4. 제안한 시스템 수신단 구조

재전송하는 회수를 N이라고 할 때 송신신호와 수신신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S(t)=\sum_{k=1}^{K}\sqrt{\frac{2P}{N}}b_k^{'}(t)W_k^{'}(t)G(t)\cos(\varpi_c t)$$

$$+\sum_{R=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sqrt{\frac{2P}{N}}b_k(t-\eta_R)W_k(t-\eta_R)G(t-\eta_R)\cdot\cos(\varpi_c(t-\eta_R)) \quad (7)$$

$$y(t)=\sum_{l=1}^{L}\beta_l[\sum_{k=1}^{K}\sqrt{\frac{2P}{N}}b_k^{'}(t-\tau_l)W^{'}(t-\tau_l)\cdot G(t-\tau_l)$$
$$\cdot\cos(\varpi_c t-\varpi_c\tau_l+\gamma_l)+\sum_{R=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sqrt{\frac{2P}{N}}b_k(t-\eta_R-\tau_l)W^{'}(t-\eta_R-\tau_l)$$
$$\cdot G(t-\eta_R-\tau_l)\cos(\varpi_c(t-\eta_R)-\varpi_c\tau_l+\gamma_l)]+n(t) \quad (8)$$

이 때 G(t)는 Gold code를 의미하고, $b^{'}(t)$ 는 인터리빙을 거친 데이터 비트를 의미한다. 식 (7)의 첫번째 부분은 인터리버를 거쳐 바로 전송되는 신호를, 두 번째 부분은 인터리빙 되지 않고 시간 지연 후 전송되는 신호를 의미한다. 시간 지연은 재전송 될 때마다 달라지게 된다. 전송 신호가 통과하는 채널을 $h(t)=\sum_{l=1}^{L}\beta_l\delta(t-\tau_l)e^{j\gamma_l}$ 이라 하고 n(t)를 AWGN이라 하였을 때 수신기에서 받은 신호는 식 (8)과 같다.

Ⅳ. 컴퓨터 시뮬레이션

제안 시스템의 성능을 분석하기 위해 Matlab을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 이 때, 시뮬레이션 파라미터는 아래 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라메터.

Parameter	Value
Modulation scheme	BPSK
Data rate	0.48Mbps
Channelization code	Walsh code
Scrambling code	Gold code
Processign gain	32
Interleaving size	1 time slot (0.125ms, 60 bits, 1920 chips)
Interleaving technique	Block Interleaving (48 X 40)

그림 5는 제안시스템에서 인터리빙 기법이 적용되지 않은 상태에서 재전송을 한 경우와 재전송을 하지 않은 경우의 성능을 Rayleigh 환경과 AWGN 환경에서 각각 비교하고 있다. 그 결과재전송을 적용하더라도 인터리빙과 같은 추가적인 기법이 적용되지 않으면 단순한 재전송으로 인한 성능 향상이 존재하지 않는 것을 알수 있다.

그림 6과 그림 7은 그림과 동일한 환경에서 인터리빙 기법을 적용시켜 재전송 한 경우와 재전송하지 않은 경우의 시스템 성능을 비교한 그래프이다. 재전송 시 인터리빙 기법을 적용시키자 페이딩 채널 환경에서는 약 4dB정도의 성능 개선이 존재함을 알 수 있다. 그림 6은 느린 페이딩 환경(60km/h)이고, 그림 7은 빠른 페이딩 환경(120km/h)을 고려한 것이다. 페이딩이 빨라지자 시스템의 성능이 나빠지는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이 경우에도 제안 시스템의 성능이 여전히 더 우수하다. 이 때 AWGN환경에서는 재전송을 한 경우와 하지 않은 경우 성능의 차이가 보이지 않는데 이것은 인터리빙 기법이 페이딩을 완화시키는 데 효과적인 기법이기 때문에 페이딩의 영향을 받지 않는 AWGN환

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

경에서는 성능 개선을 보이지 않는 것이다.

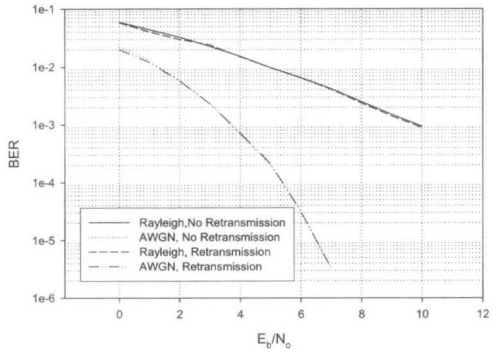

그림 5. 인터리빙이 적용되지 않은 시스템에서 재전송 여부에 대한 성능

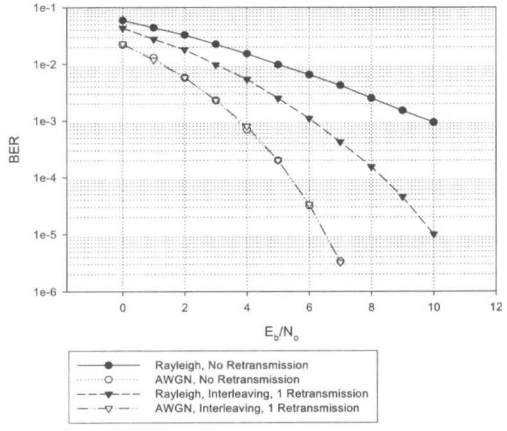

그림 6. 인터리빙이 적용된 시스템에서 재전송 여부에 대한 성능(느린 테이딩 환경)

그림 8은 인터리빙이 기법이 적용된 제안 시스템에서 재전송 횟수에 따른 시스템의 성능을 분석한 그래프이다. 재전송 횟수가 0에서 2까지 증가함에 따라 시스템의 성능은 점차 개선된다. 그러나 재전송의 횟수가 세 번이 되자 오히려 재전송을 한번도 하지 않은 경우의 시스템보다 성능이 나빠지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 재전송의 횟수가 증가함에 따라 시스템의 성능이 비례적으로 향상되는 것은 아님을 보인다. 재전송의 횟수가 늘어나게 되면 전송 전력이 분산되므로 시스템의 성능은 오히려 감소하게 된다.

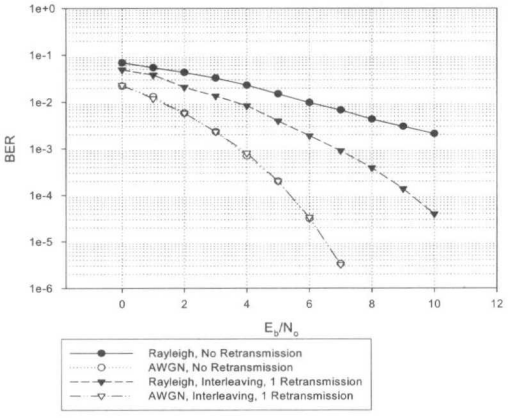

그림 7. 인터리빙이 적용된 시스템서 재전송 여부에 대한 성능(빠른 페이딩 환경)

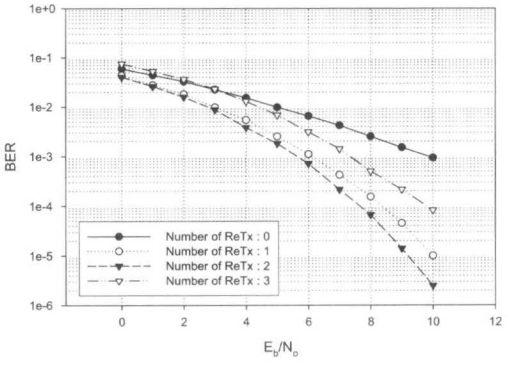

그림 8.재전송 횟수에 따른 제안 시스템 성능 분석

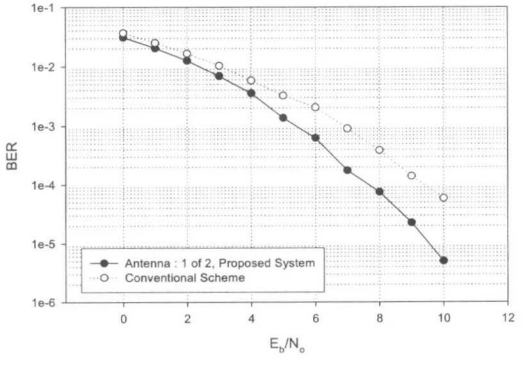

그림 9. 안테나 선택 기법을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 성능 비교

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

그림 9는 총 전송 안테나 2개 중에서 더 나은 채널을 가지는 안테나를 선택하여 전송하는 기법과 2개 안테나 모두를 사용하여 전송하는 기법의 성능을 비교한 것이다. 두 경우 모두 같은 전송 전력이 사용되었음에도 제안 시스템이 약 2dB의 성능 개선이 있음을 확인할 수 있다.

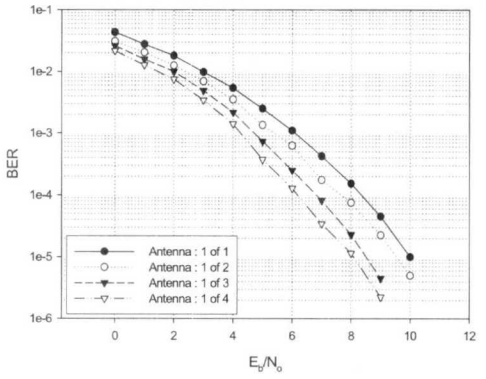

그림 10. 안테나 수에 따른 제안 시스템 성능 비교 (느린 페이딩 환경)

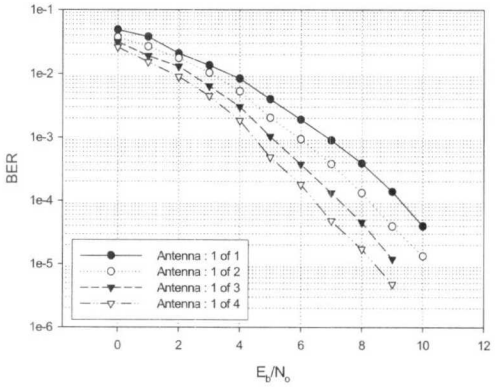

그림 11. 안테나 수에 따른 제안 시스템 성능 비교 (빠른 페이딩 환경)

그림 10 은 총 전송 안테나 수에따른 제안 시스템의 성능을 나타낸 것이다. 총 전송 안테나 4개 중 가장 좋은 채널 환경을 가지는 안테나 1개를 선택하여 전송하는 것이 가장 좋은 성능을 나타낸다.

재전송에 사용된 안테나의 수가 한 개일지라도 전체 안테나수가 증가함에 따라 더 나은 채널을 경유하는 안테나를 선택할 확률이 높아지므로 성능은 점차 개선된다. 그러나 안테나 수가 어느 이상 증가하면 성능 개선량은 작아지는 것을 확인할 수 있다.

그림 11은 그림 10과 같은 환경에서 빠른 페이딩 채널을 통과하는 경우 제안 시스템의 성능을 나타낸다. 이 경우 역시 위와 같은 경향을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 인터리빙 딜레이 다이버시티 기법을 제안하였고 이를 다중 코드 WCDMA시스템에 적용하였다. 제안 시스템에서의 딜레이 다이버시티 기법은 인터리빙 기법을 적용하여 잡음의 영향을 감쇄시켜 시스템 성능을 개선하였으며 인터리빙 된 신호와 인터리빙 되지 않은 신호를 서로 다른 시간 간격을 두어 전송시켜 시간 다이버시티 이득을 얻었고 송신단에서 원신호의 재전송 횟수를 적절히 증가시킴에 따라 수신 다이버시티 이득을 가질 수 있도록 하였다. 또한 본 논문에서는 안테나 선택 기법을 적용하여 제한된 전력을 효율적으로 사용하도록 한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안 시스템이 기존 시스템에 비해 2dB이상 우수한 성능을 보임을 보였다.

참 고 문 헌

[1] P. Kuganesan, K. Ben Letaief, "High-Speed Data Transmission with Multicode Modulation and Turbo-Codes for Wireless Personal communications,"*IEEE*, Proceedings of ICC'97, pp.959-963, June 1997

[2] K. Okawa and F. Adachi, "Orthogonal forward link using orthogonal multi- spreading factor codes for coherent DS CDMA mobile radio," IEICE Trans. Commun., vol.E81-B, pp.777.784, April 1998.

[3] Seok Ho Kim, S. H. Shin and Kyung Sup Kwak, "A Hybrid Multi-rate Scheme for WCDMA," Proceedings of the 1999 IEEE Region 10 Conference - Volume 2, 1224-1227

[4] Sukvasant TANTIKOVIT and Muzhong WANG, "A New RAKE Receiver Structure for the Forward-Link of W-CDMA System," IEICE TRANS. COMMUN., Vol.E85-B, NO.6 JUNE 2002

[5] Siavash M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communicatins," IEEE JOURRNAL ON

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

SELECT AREA IN COMMUNICATIONS, VOL. 16, NO.8, OCTOBER 1998

[6] K. Ben Letaief, J. C-I Chuang, and R. C. Murch, "A High Speed transmission Method for Wireless Personal Communications," International Journal on Wireless Personal Communications, 1999

[7] Ye Li, Justin C. Chuang and Nelson R. Sollenberger, "Transmitter Diversity for OFDM Systems and Its Impact on High Rate Data Wireless Networks," IEEE JOURNAL ON SELECTED AREA IN COMMUNICATIONS, VOL. 17, NO.7 JULY 1999

[8] K. Ben Letaief, J. C-I Chuang, and R. D. March, "Multicode High-Speed Transmission for Wireless Mobile Communications," Proc. Globelecom'95, pp. 1835-1839, November 1995

정 숙 현 (Suk-hyun Jung) 정회원

2001년 2월 : 이화여자대학교 전자 공학과 졸업

2003년 2월 : 이화여자대학교 정보통신학과 석사

2003년 2월~현재 : 팬텍 GSM software 연구원

<관심분야> WCDMA 이동통신 시스템, GPRS 이동통신 시스템, 전송 다이버시티 기법

김 낙 명 (Nak-myung Kim) 정회원

1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업

1982년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학 석사

1990년 : 미국 Cornell University 전자공학과 공학 박사

1990년 ~ 1996년 : LG 정보통신 책임연구원.

1996년 ~ 현재 : 이화여자대학교 공과대학 정보통신학과 부교수.

<관심분야> SDR, MIMO-OFDM, 4G Mobile Communication, Cross-layer Optimization

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr