

논문 2010-47TC-12-9

WCDMA LCR-TDD 시스템에서 다중 레벨 제어 시그널링이 적용된 ARQ 기반 하향 링크 TSTD의 성능

(Performance of ARQ-aided Downlink Time Switched Transmit Diversity with multi-level Control Signaling in the WCDMA LCR-TDD System)

전 차 을*, 황 승 훈**

(Cha-Eul Jeon and Seung-Hoon Hwang)

요 약

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 멀티레벨 제어 신호 방식을 적용한 하향 링크 ARQ-TSTD (ARQ-aided Time Switched Transmit Diversity) 의 성능을 계산한다. 제안된 ARQ-TSTD는 멀티레벨 제어 신호 방식을 적용하여 수신측이 에러체크를 수행한 후 송신측으로 기존의 응답신호 (ACK or NACK or 신호) 이외에 NACK2 신호를 정의하고 이를 퍼드 백한다. 송신측은 NACK2 신호를 본 논문에서 제안한 전송지연과 다중사용자 스케줄링 방식을 적용하는데 활용한다. 시뮬레이션 결과는 3km/h의 이동국 속도에서 프레임 오류 확률 (Frame Error Rate)이 10%일 때 5개 서브프레임 전송지연 방식, 2명의 사용자 스케줄링 방식이 각각 약 1.3dB, 약 1.4dB의 성능향상이 있었다. 그리고 Eb/N0=-3dB에서 각각 약 14% 그리고 11.5%의 수율 성능 이득이 있었다.

Abstract

In this paper, we investigate the performance of ARQ-aided Time Switched Transmit Diversity (ARQ-TSTD) applying the multi-level control signaling in the WCDMA LCR-TDD system. Proposed ARQ-TSTD system applies the multi-level control signaling scheme in which the receiver sends the response signal (ACK or NACK signal) to the transmitter and defines NACK2 signal for multi-level control. Transmitter utilize the NACK2 control signal to the postponement of transmission and multi-user scheduling scheme proposed by this paper. Simulation results demonstrate that the proposed postponement of transmission and multi-user scheduling scheme yield about 1.3dB, 1.4dB performance gain respectively, compared with the conventional ARQ-TSTD with antenna switching scheme in term of the frame error rate (FER) for mobile speed of 3km/h and FER value of 10%. In addition, 14% and 11.5% of throughput gain respectively is shown when Eb/N0=-3dB.

Keywords : TSTD, automatic repeat request (ARQ), transmit diversity, WCDMA, LCR-TDD, multi-lever control signaling, multi-user scheduling

* 학생회원, 동국대학교 전자공학과
(Dongguk University-Seoul, Korea)

** 정회원, 동국대학교 전자전기공학부
(Dongguk University-Seoul, Korea)

※ 이 논문은 2010년도 동국대학교 연구년 지원에 의
하여 이루어졌다.

접수일자: 2010년4월7일, 수정완료일: 2010년12월10일

I. 서 론

송신 다이버시티 기술은 하향 링크의 송신기 측에 다수의 안테나를 설치하여 송수신기 사이에 다중경로를 만들어 줌으로써, 수신 다이버시티 기술을 사용할 때

발생하는 다이버시티 이득을 얻을 수 있는 방식이다. 이 기술은 하향 링크에서 이동 단말기의 복잡도나 크기 등을 늘리지 않고 통신 용량을 늘려 통신 성능을 향상시키고 페이딩 열화를 극복 할 수 있는 장점이 있다^[1~2]. 3세대 이동 통신 규격의 하나인 3GPP (third generation partnership project)의 비동기식 WCDMA (wideband code division multiple access) 표준에는 두 가지 분류의 송신 다이버시티 기술이 포함되어 있다. 그 하나는 개루프 방식이고 다른 하나는 폐루프 방식이다^[3]. 개루프 방식은 송신기 측이 채널 상태에 관한 정보를 사용하지 않는 것으로 다수의 송신 안테나를 사용해서 일정 시간마다 송신 안테나를 변경하거나 혹은 간단한 부호화 기술 등을 사용하는 것이며 STTD (Space time transmit diversity)와 TSTD (time switched transmit diversity) 방식이 있다. 폐루프 방식은 이동 단말기에서 기지국으로 채널 상태에 관한 정보를 피드백 시켜서 송신 다이버시티에 사용되는 안테나의 가중치로 적절하게 이용하는 것이다. STTD와 TSTD 모두 기존의 단일 전송 안테나 시스템에 전송 안테나를 추가한 것으로, STTD는 2개(혹은 4개)의 전송안테나를 구비한 송신기가 동일한 신호원의 데이터를 각기 다르게 코딩하고 변조하여 각각의 안테나를 통해 전송하면, 수신기가 이를 다시 결합하여 무선 채널의 성능을 향상시키는 기술이다^[4~5]. TSTD는 두 개의 송신 안테나를 일정시간 간격으로 스위칭하여 데이터를 전송하는 기술로서 WCDMA LCR (Low Chip Rate)-TDD (Time Division Duplex) 시스템의 하향링크 전송 다이버시티에 적용된다. TSTD 전송방법은 간단한 스위칭을 수행하는 부분을 전송안테나의 앞에 추가함으로써 다이버시티를 얻지 않는 시스템에 비해 상당한 이득을 가져온다. 각 슬롯의 채널 추정과 변조과정이 슬롯단위로 수행되므로 이동국이 아닌 단지 기지국에만 하나의 스위칭 블록과 RF/IF 블록을 추가된다^[6]. 그러므로 TSTD는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 하향링크 용량을 증가시킬 수 있는 효율적이고 간단한 전송 다이버시티 기법이다^[5~6]. UMTS 표준의 TSTD 기법은 1.28Mcps TDD에 적용되고 있으며 1.28Mcps TDD의 전송 단위인 5ms 서브프레임마다 데이터를 전송하는 안테나가 바뀌도록 스위칭 동작을 수행한다. 현재 3GPP UMTS 표준에 정의되어 있는 TSTD 시스템의 구조는 그림 1과 같다^[7].

패킷 데이터 서비스는 데이터 전송의 신뢰성을 확보

하기 위한 방법으로 Automatic Repeat request (ARQ) 방식을 사용한다. 이것은 수신측이 전송된 데이터에 에러가 있는지 검사하고, 에러가 있으면, 송신측으로 하여금 해당 데이터를 재전송하도록 하는 방법이다. 무선 패킷 통신 시스템에는 여러 가지 ARQ방식이 적용되지만 기본적으로 수신측이 송신측으로 ACK (수신 확인신호) 또는 NACK (재전송 요청신호)신호를 전송하여야 하고 수신측이 ACK신호를 전송하면 송신측은 송신한 패킷이 바르게 수신된 것으로 판단하며, NACK 신호를 전송하면 송신측은 수신측이 패킷의 수신에 실패한 것으로 판단하여 해당 데이터 패킷을 재전송한다. 이와 같은 ARQ 기술은 짧은 자연시간을 만족하도록 HSDA (high speed packet access)에서 물리계층에서 구현이 되었다^[8].

데이터 전송을 목표로 하는 패킷 데이터 전송의 경우, TSTD 시스템에도 위에서 언급한 물리계층상에 구현된 ARQ 방식의 적용이 가능하다. 따라서, 참고문헌 [9]에서는 ARQ방식이 적용된 TSTD시스템을 제안하고 일종의 폐루프 채널 품질 지시자로서 ACK/NACK 신호를 이용함으로써 성능이 개선됨을 다양한 Eb/N0와 이동국 속도에서 FER(frame error rate)과 수율의 관점에서 계산하였다. 또한 참고문헌 [10]에서는 기존 TSTD 시스템의 안테나 스위칭 방식이 채널의 상태를 고려하지 않는 단순 반복적인 방식임을 지적하고 ACK / NACK 신호만을 가지고 효율적인 안테나 스위칭 방식을 제안하여 상당한 성능의 향상이 있음을 보였다. 하지만 전체적인 시스템의 수율을 향상 시키고 재전송 수를 작게 하기위해서 추가적인 링크 적용 방법은 여전히 필요하다.

ARQ에서 ACK/NACK은 하나의 비트로 표현되고 이것은 채널의 품질 지시자로 사용 될 수 있다. 그리고 여러 비트를 이용한 멀티레벨(multi-level) 제어 신호를 이용하여 ACK/NACK 이외에 추가적인 채널의 정보

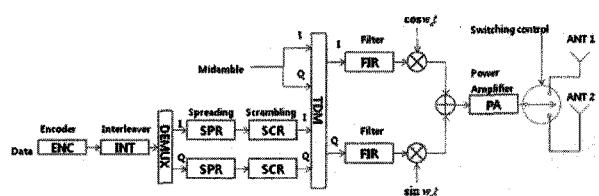


그림 1. 3GPP UMTS 표준에 정의되어 있는 TSTD 시스템 구조

Fig. 1. The TSTD system structure defined in 3GPP UMTS standard.

전달을 함으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있음을 참고문헌 [11]에서 소개하였다. ARQ에서 멀티레벨 제어 신호방식은 더욱 다양한 링크적용 방법을 가능하게 하고 높은 수용용량과 수용 가능한 서비스의 품질을 달성하기 위해서 ARQ가 적용된 WCDMA LCR-TDD 시스템에 적용될 수 있다. 기본적인 ACK신호와 NACK 신호 이외에 NACK2 신호를 가정하여 채널의 상황을 다양하게 예측할 수 있다. 본 논문에는 기존에 제안된 안테나 스위칭 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템에 멀티레벨 제어 신호의 적용을 제안한다. 제안한 시스템의 성능은 프레임 오류확률, 수율 그리고 무선자원 활용 성능 면에서 평가된다.

II. 다중 레벨 제어 신호가 적용된 제안 방식

멀티레벨 제어 신호 NACK2를 ARQ-TSTD 시스템에 적용하는 두 가지 방법을 제안한다. 두 안테나 모두 NACK2 신호를 통하여 채널의 상태가 매우 좋지 않을 때, 첫째, 미리 정해진 시간동안 전송을 하지 않는 방법과, 둘째, 다른 사용자에게 전송을 하는 스케줄링의 트리거 역할을 하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 두 가지 방식과 기존의 ARQ-TSTD 시스템의 안테나 스위칭 방식을 비교한다.

2-1. 전송지연 방식

그림 2는 참고문헌 [10]에서 제안된 안테나 스위칭 방식 중 두 번째 안테나 스위칭 방식을 보여준다. 그림 2에서 세 번째 서브프레임 (Sub-frame3)을 두 번째 안테나(ANT2)로 전송하였지만 수신에 실패하여 다음에 첫 번째 안테나(ANT1)로 재전송을 하였다. 그러나 ANT1로 전송을 하였음에도 불구하고 세 번째 서브프레임은 성공적으로 수신을 하지 못하게 된다. 재전송 횟수가 한번으로 제한된 경우 그림과 같이 다섯 번째 서브프레임이 다음 서브프레임으로 전송된다.

그림 3은 멀티레벨 제어 방식이 적용된 ARQ-TSTD

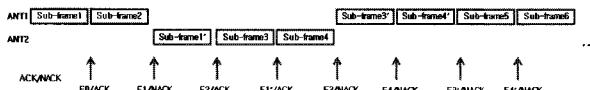


그림 2. 기존 제안된 ARQ-TSTD 전송의 안테나 스위칭 방식

Fig. 2. The conventional antenna switching pattern for ARQ-TSTD transmission.

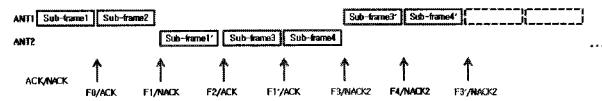


그림 3. 멀티레벨 제어 신호 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 안테나 스위칭 패턴

Fig. 3. The antenna switching pattern for ARQ-TSTD system with multi-level signaling.

시스템의 안테나 스위칭 패턴을 보여준다. 기존의 안테나 스위칭 방식의 의하면 ANT2로 전송한 세 번째 서브프레임이 수신에 실패하면 ANT2의 채널상태가 좋지 않다고 판단하고 재전송은 ANT1로 한다. 그러나 재전송한 서브프레임(Sub-frame3') 또한 전송에 실패한 것은 ANT1 또한 채널상태가 좋지 않다고 예측 할 수 있다. 즉, 두 안테나의 채널상태가 모두 좋지 않다고 예측 가능하다. 또한 NACK 신호만으로는 안테나의 채널상태가 어느 정도 나쁜지 예측을 할 수 없다. 예를 들면 채널의 상태가 깊은 페이딩에 빠져 있는 경우에만 전송을 중단할 필요가 있다. 이러한 정보를 얻기 위하여 NACK2로 표시되는 멀티레벨 제어 신호를 생성하여 채널의 상태가 매우 좋지 않다는 의미를 부여한다. 그림과 같이 두 안테나 모두 NACK2의 신호를 통해 깊은 페이딩 상태에 빠져있다고 예측할 수 있다. 이러한 경우 그림 3의 빨간 점선박스와 같이 미리 정해진 시간동안 전송을 중지하는 방식을 적용하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 단말의 속도에 따라서 시간에 따른 채널 상황의 변화가 다르기 때문에 미리 정해진 시간은 단말의 속도에 영향을 받는다.

2-2. 다중 사용자 스케줄링 방식

ARQ-TSTD 시스템에 멀티레벨 제어 신호를 적용하고 다중사용자 전송을 가정하는 경우를 가정한다. 두 안테나의 채널 상태가 모두 NACK2의 신호에 의해 좋지 않다고 판단될 경우 해당 사용자에게 전송을 중단하

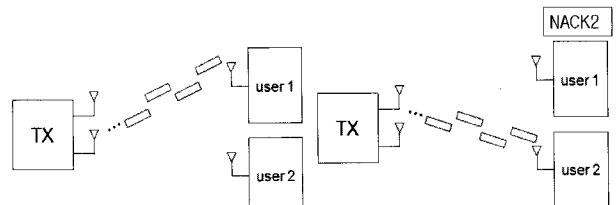


그림 4. 멀티레벨 제어 신호 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 다중사용자 전송 방법

Fig. 4. The multi-user transmission for ARQ-TSTD system with multi-level signaling.

고 다른 사용자에게 전송을 하는 것이다.

그림 4는 두 사용자에게 TSTD 시스템으로 전송할 때 멀티레벨 제어 신호를 적용한 모습을 보여준다. 그림 4와 같이 사용자 1과 TSTD 방식으로 데이터를 전송하는 도중 두 안테나로 부터 NACK2 신호를 수신한 경우 사용자 1과의 전송을 중단하고 사용자 2에게 데이터를 전송한다. 사용자 1로부터 두 안테나 모두 NACK2 신호를 받았다는 것은 사용자 1과의 두 안테나 채널상태가 모두 좋지 않다는 것을 의미하므로 전송을 중단하고 사용자를 변경하여 전송하는 것이다. 다중 사용자 전송에서 상태가 가장 양호한 사용자에게 전송하는 스케줄링을 하기 위해서는 많은 사용자에게 정보를 피드백 받아야 하기 때문에 오버헤드가 매우 크다. 제안하는 방식은 멀티레벨 제어 신호를 적용한 ARQ를 이용하여 스케줄링을 하는 간단한 방식으로 오버헤드를 줄이면서 효과적으로 스케줄링을 하는 방식이다. 본 논문에서는 라운드로빈(Round robin)방식과 성능을 비교한다.

III. 시뮬레이션 환경 및 수치결과

기본적으로 사용된 시뮬레이션 파라미터가 표 1에 정리되어 있다. 본 논문은 TSTD를 적용하기에 가장 적합한 1.28Mcps LCR-TDD를 고려한다^[5]. LCR-TDD 시스템의 프레임구조에서 10ms 라디오 프레임은 두 개의 5ms 서브 프레임으로 구성된다. 입력데이터는 1/3 컨벌루션 채널 코딩되고 블록 인터리빙되어 QPSK 변조가 이루어진다. 페이딩 채널로는 단일 경로 채널 모델을 가정한다. 또한 우리는 ARQ방식이 적용된 TSTD 시스템을 고려하고 이동국에서 기지국으로의 피드백 채널은 에러가 없다고 가정하며 ARQ 프로세스시

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. The Simulation parameters.

Channel	1-path Rayleigh fading
Data rate	12.2 kbps
Channel coding	1/3 convolutional coding
Modulation	QPSK
Carrier frequency	2GHz
ARQ processing	
transmission delay	5ms
Max. number of retransmission	1

에 전송 지연 시간은 서브 프레임 하나인 5ms로 가정한다. 그리고 서브 프레임이 오류가 났을 때 ARQ 재전송 최대허용횟수는 1회로 가정하였다. 다양한 Eb/N0에서 FER의 관점으로 측정 시 이동국의 속도는 일반적인 보행자의 속도인 3km/h로 설정한다. 전송하는 데이터 속도는 12.2 kbps로 가정한다. 캐리어 주파수는 2GHz로 가정한다. TSTD전송을 위해 공간적으로 분리된 두 개의 안테나가 교대로 서브프레임을 전송한다. 그러므로 두 개의 안테나는 초당 100번 서브프레임을 전송한다.

3-1. 전송 지연 방식

이동국의 속도가 3km/h일 때 다양한 Eb/N0에서 FER의 관점으로 측정된 성능 비교가 그림 6에 나와 있다. Eb/N0는 -10dB에서 7dB까지 고려되었다. 멀티레벨 제어 신호에 의하여 두 안테나가 모두 매우 좋지 않고 판단된 경우 전송을 미루는 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존에 제안된 안테나 스위칭 방식을 적용한 시스템과 비교되어 있다. 전송지연 방식은 각각 5개, 10개의 서브프레임 구간동안 전송을 지연한 경우의 성능을 나타내었다. 그림 6과 같이 전송을 미루는 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존에 비하여 이득을 보이고 있다. 예를 들면 10% FER에서 기존의 방식은 1.1dB의 Eb/N0가 필요하다. 반면, 5개의 서브프레임 구간동안 전송지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템은 10% FER에서 -0.2dB의 Eb/N0가 필요하다. 즉 전송지연 방식의 적용으로 인해 1.3dB

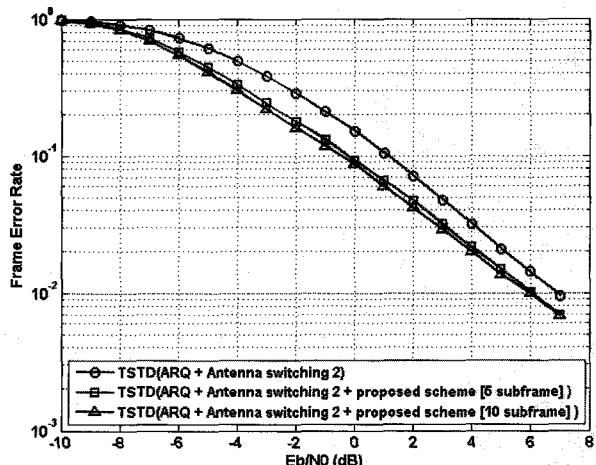


그림 6. 전송지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 프레임 오류확률
Fig. 6. FER vs. Eb/N0 for ARQ-TSTD system with transmission delay scheme.

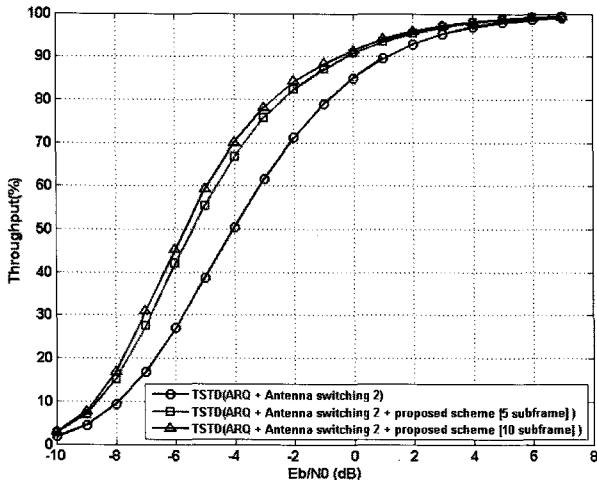


그림 7. 전송지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 수율 성능

Fig. 7. Throughput performance for ARQ-TSTD system with transmission delay scheme.

의 이득을 얻을 수 있다. 그리고 10개의 서브프레임 구간동안 전송을 지연한 경우가 5개의 서브프레임 구간동안 전송을 지연한 경우보다 성능이 약 0.2dB 정도만 개선됨을 알 수 있다. 그 이유는 3km/h의 이동국 속도에서 두 안테나의 채널이 깊은 페이딩 상태에서 빠져 나오는데 약 5개의 서브프레임 정도의 시간이 걸리며 그 이상 지연을 시켜도 이미 채널의 상태가 회복된 후 이기 때문에 성능에 큰 영향을 끼치지 않는다는 것을 의미한다.

그림 7에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/N0에 따른 수율 성능을 보여주고 있다. Eb/N0가 증가함에 따라 수율은 개선이 되어서 매우 높은 Eb/N0에서는 기존의 ARQ-TSTD와 전송지연 방식을 적용한 ARQ-TSTD의 수율 성능간의 차이가 없어진다. 하지만 적절한 Eb/N0에서는 전송지연 방식을 적용한 ARQ-TSTD 시스템의 수율 성능 이득이 여전히 보이고 있다. 예를 들어 Eb/N0=-3dB일 때 전송지연 방식을 적용한 ARQ-TSTD는 약 14%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다. 그리고 FER 성능 비교 그래프와 마찬가지로 10개의 서브프레임 구간동안 전송 지연을 한 ARQ-TSTD 시스템이 5개의 서브프레임 구간동안 전송 지연을 한 ARQ-TSTD 시스템보다 Eb/N0=-3dB일 때 약 2.4%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다.

그림 8에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/N0에 따른 무선자원 활용 성능을 보여주고 있다. 무선자원 활용 성능은 전체 서브프레임 슬롯의 개수 중 전송을

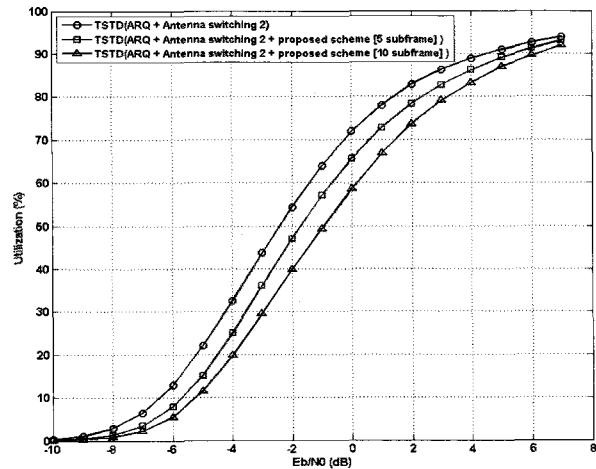


그림 8. 전송지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 무선자원 활용 성능

Fig. 8. Performance of radio resource utilization for ARQ-TSTD system with transmission delay scheme.

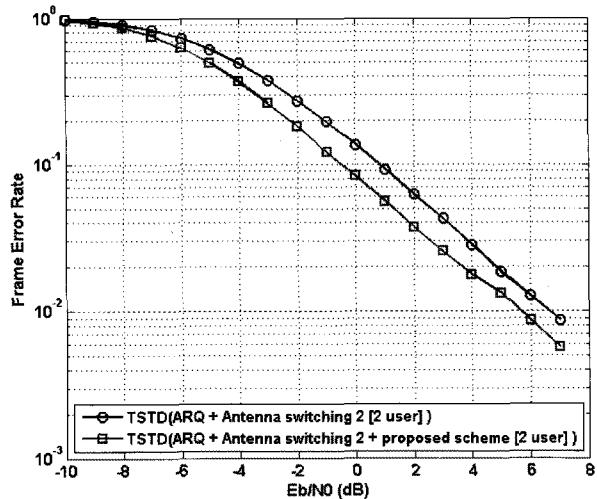


그림 9. 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 프레임 오류율

Fig. 9. FER vs. Eb/N0 for ARQ-TSTD system with multi-user scheduling scheme.

성공한 서브프레임의 개수를 백분율(%) 값으로 나타낸 것이다. 즉 주어진 무선자원을 얼마나 잘 활용하였는지 확인할 수 있는 성능지표 값이다. 그림 8과 같이 전송을 미루는 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존의 시스템에 비하여 무선자원의 활용능력이 감소하는 것을 알 수 있다. 예를 들어 Eb/N0=-3dB일 때 5개의 서브프레임 전송지연 방식을 적용한 ARQ-TSTD 시스템이 기존의 시스템보다 약 7.6%의 무선자원 활용 성능이 감소하는 결과를 가져온다. 또한 10개의 서브프레임 구간동안 전송 지연을 한 ARQ-TSTD 시스템이 5개의

서브프레임 구간동안 전송 지연을 한 ARQ-TSTD 시스템보다 $E_b/N_0 = -3\text{dB}$ 일 때 약 6.5%의 무선자원 활용 성능이 감소하는 결과를 가져온다. 전송 지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템은 두 안테나로 부터의 NACK2신호에 의하여 전송을 중단하는 구간이 존재하게 된다. 두 안테나의 성능이 모두 매우 좋지 않기 때문에 프레임 에러를 방지하기 위하여 전송을 하지 않는 것이지만 이것은 무선자원의 비효율적 사용을 의미한다. 그렇기 때문에 제안한 전송지연 방식을 적용하면 무선자원 활용 성능은 감소하게 된다. 그리고 전송을 중단하는 구간이 길어질수록 무선자원을 더욱 비효율적으로 사용한다는 것을 의미하므로 무선자원 활용 성능은 더욱 감소하게 된다.

3-2. 다중사용자 스케줄링 방식

이동국의 속도가 3km/h 일 때 다양한 E_b/N_0 에서 FER의 관점으로 측정된 성능 비교가 그림 9에 나와 있다. E_b/N_0 는 -10dB 에서 7dB 까지 고려되었다. 멀티레벨 제어 신호에 의하여 두 안테나가 모두 매우 좋지 않다고 판단된 경우 전송하는 사용자를 변경하는 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존에 제안된 안테나 스위칭 방식을 적용한 시스템과 비교되어 있다. 다중사용자 스케줄링 방식은 사용자가 2명인 경우의 성능을 나타내었다. 그리고 기존 ARQ-TSTD 시스템은 500개의 서브프레임마다 전송하는 사용자를 변경하는 라운드 로빈 방식을 적용하여 나타내었다. 그림 9과 같이 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존에 비하여 이득을 보이고 있다. 예를 들면 10% FER에서 기존의 방식은 0.8dB 의 E_b/N_0 가 필요하다. 반면, 2명의 사용자 환경에서 제안한 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템은 10% FER에서 -0.4dB 의 E_b/N_0 가 필요하다. 즉 다중사용자 스케줄링 방식의 적용으로 인해 1.4dB 의 이득을 얻을 수 있다. 두 안테나의 채널 상태가 모두 좋지 않음을 의미하는 멀티레벨 제어 신호를 이용하여 데이터를 전송하는 사용자를 변경하는 스케줄링 방식이 앞서 언급한 일정 구간동안 전송을 중지하는 방식과 비슷한 성능 이득을 보이고 있음을 알 수 있다. 즉 멀티레벨 제어 신호를 이용하여 효율적으로 다중사용자 스케줄링을 할 수 있음을 나타낸다.

그림 10에서는 이동국의 속도가 3km/h 일 때 E_b/N_0 에 따른 수율 성능을 보여주고 있다. E_b/N_0 가 증가함에

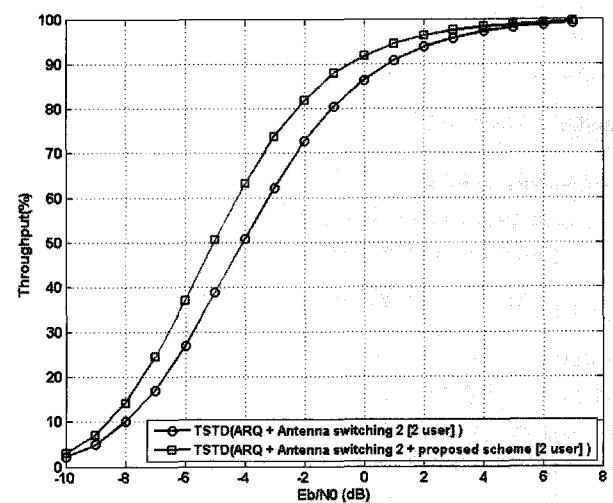


그림 10. 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 수율 성능(사용자수 = 2)

Fig. 10. Throughput performance for ARQ-TSTD system with multi-user scheduling scheme.
(Num. of user = 2)

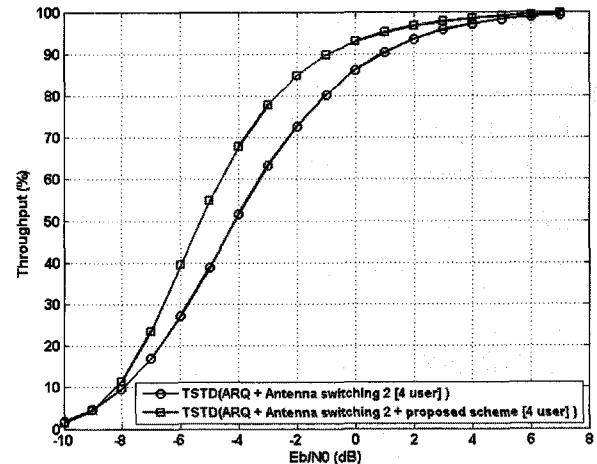


그림 11. 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 수율 성능(사용자수 = 4)

Fig. 11. Throughput performance for ARQ-TSTD system with multi-user scheduling scheme.
(Num. of user = 4)

따라 수율은 개선이 되어서 매우 높은 E_b/N_0 에서는 기존의 ARQ-TSTD와 2명의 사용자 환경에서 제안한 다중사용자 스케줄링 방식을 적용한 ARQ-TSTD의 수율 성능간의 차이가 없어진다. 하지만 적절한 E_b/N_0 에서는 다중사용자 스케줄링 방식을 적용한 ARQ-TSTD 시스템의 수율 성능 이득이 여전히 보이고 있다. 예를 들어 $E_b/N_0 = -3\text{dB}$ 일 때 2명의 다중사용자 스케줄링 방식을 적용한 ARQ-TSTD는 약 11.5%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다.

그림 11에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/N0에 따른 수율 성능을 보여주고 있다. 앞서와 다르게 사용자가 4명인 경우에 시뮬레이션을 통해 얻은 수율 성능 그래프이다. 사용자가 3명인 경우에도 마찬가지로 제안한 스케줄링 방식에 의하여 ARQ-TSTD의 성능이 향상되고 있음을 확인 할 수 있다. 그리고 기존의 ARQ-TSTD의 경우 사용자가 4명으로 증가함에 의해 수율 성능이 약간 감소하지만 제안한 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD의 경우 성능이 오히려 증가한다. 예를 들어 Eb/N0=-3dB일 때 4명의 다중사용자 스케줄링 방식을 적용한 ARQ-TSTD는 약 14.5%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다. 성능의 이득이 증가하는 이유는 사용자의 수가 증가하여 스케줄링으로 인한 다중사용자 디버시티 이득이 증가하였음을 의미한다.

그림 12에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/N0에 따른 무선자원 활용 성능을 보여주고 있다. 그림 12와 같이 제안한 다중사용자 전송 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템이 기존의 시스템에 비하여 무선자원의 활용능력이 증가하는 것을 알 수 있다. 예를 들어 Eb/N0=-3dB일 때 2명의 사용자 전송 스케줄링 방식을 적용한 ARQ-TSTD 시스템이 기존의 시스템보다 약 13.4%의 무선자원 활용 성능이 증가하는 결과를 가져온다. 앞서 전송 지연 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템과는 다르게 제안된 다중 사용자 스케줄링 방식은 중간에 전송을 중단하는 구간이 존재하지 않는다. 그렇

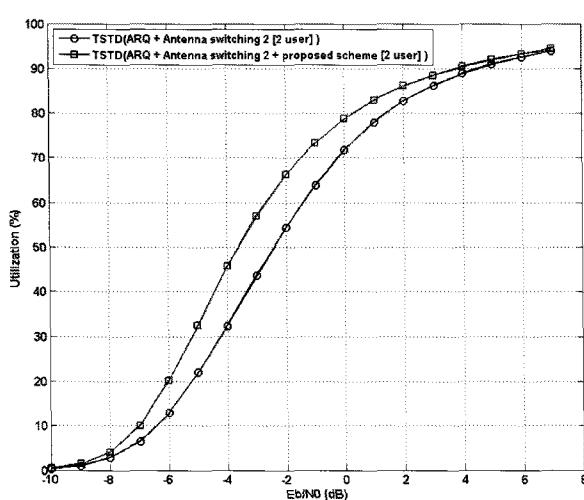


그림 12. 다중사용자 스케줄링 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 무선자원 활용 성능

Fig. 12. Performance of radio resource utilization for ARQ-TSTD system with transmission delay scheme.

기 때문에 무선자원 활용의 비효율성이 존재하지 않으면서 전송 성공한 서브프레임의 개수를 늘려주게 된다. 그러므로 그림9에 나타난 프레임 에러 성능의 향상이 그대로 반영되어 제안된 다중사용자 스케줄링 방식의 무선자원 활용 성능이 향상되게 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 멀티레벨 제어 신호를 적용한 ARQ-TSTD 시스템의 성능을 고찰하였다. 기존에 제안된 안테나 스위칭 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템과 비교한 결과 5개 서브프레임 전송지연 방식, 2명의 사용자 스케줄링 방식이 프레임 오류 확률 10%일 때 각각 약 1.3dB, 약 1.4dB의 성능향상이 있었다. 그리고 Eb/N0=-3dB에서 각각 약 14%과 11.5%의 수율 성능 이득이 있었다. 또한 2명의 사용자 스케줄링 방식은 기존에 비하여 무선자원 활용 성능이 약 13.4% 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 멀티레벨 제어 신호방식을 적용하여 기존에 제안된 안테나 스위칭 방식이 적용된 ARQ-TSTD 시스템의 성능이 개선됨을 확인할 수 있었다. 향후 터보코드의 적용, 하이브리드 ARQ의 적용 등 본 논문에서 제시한 멀티레벨 제어 신호를 적용한 ARQ-TSTD 시스템의 성능 개선을 위한 연구가 계속될 것이다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌다.

참 고 문 헌

- [1] J.H. Winter, "The diversity gain of transmit diversity in wireless systems with Rayleigh fading," IEEE Trans. Veh. Tech-nol., vol.47, no.1, pp.119-123, Feb. 1998.
- [2] S. Fukumoto, M. Sawahashi, and F. Adachi, "Performance comparison of forward link transmit diversity techniques for W-CDMA mobile radio," Proc. IEEE PIMRC, pp.1139-1143, 1999.
- [3] 3GPP TS25.224, Physical layer procedures (TDD). ([ftp://ftp.3gpp.org/](http://ftp.3gpp.org/))
- [4] Yangxin, You Xiaohu, "Performance Analysis of

- Space-Time Transmit Diversity for Wideband CDMA" in Proc. Vehicular Technology Conf., Spring 2001, pp. 2006 - 8,2008a vol.3
- [5] H.-W. Lee, S.-J. Kim and D.-K. Sung, "Performance analysis of downlink time switched transmit diversity in the WCDMA LCR-TDD system" IEICE Trans. Commun., VOL.E86-B, NO.6 June 2003
- [6] H.W. Lee, J.H. Yeom, and D.K. Sung, "Performance of down link time switched transmit diversity in W-CDMA mobile radio," Proc. IEEE PIMRC, pp.1139-1143, 1999.
- [7] 3GPP TR25.928, 1.28Mcps Functionality for UTRA TDD Physical Layer. (<ftp://ftp.3gpp.org/>)
- [8] H. Holma and A. Toskala, *HSDPA/HSUPA for UMTS*, Wiley, 2006
- [9] 전차을, 마리아, 황승훈, "WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ가 적용된 하향링크 TSTD의 성능", 대한전자공학회 논문지, TC편 제46권, 104-108쪽, 2009년 5월.
- [10] Cha-Eul Jeon, and Seung-Hoon Hwang, "Antenna switching schemes for downlink time switched transmit diversity with ARQ in Rayleigh fading channels," IEICE transactions on communications, vol. E93-B, No.3, Mar, 2010.
- [11] Chang-Rae Jeong, Seung-Hoon Hwang, Hyuck-Chan Kwon, and Younghoon Whang "Multilevel Control Signaling for Hybrid ARQ in the UMTS HSDPA System", IEICE transactions on communications, vol. E92-B, No.1, Jan., 2009.

저자 소개



전 차 을(학생회원)
2009년 동국대학교 전자공학과
학사.
2009년 ~ 현재 동국대학교
전자공학과 석사과정
재학.

<주관심분야 : 무선 및 이동 통신 시스템>



황 승 훈(평생회원)
1999년 연세대학교 공학박사.
1999년 LG전자 이동통신기술
연구소 책임연구원.
2003년 University of Southampton,
United Kingdom, Research
Fellow.
2005년 ~ 현재 동국대학교 전자전기공학부,
부교수.
2010년 ~ 현재 미국 Stanford University 방문교수
IEEE Senior Member, IET Member,
IEICE Member.
<주관심분야 : 무선 및 이동 통신 시스템>