

논문 2009-46TC-5-13

WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ가 적용된 하향링크 TSTD의 성능

(Performance of ARQ-Aided Downlink Time Switched Transmit Diversity in the WCDMA LCR-TDD System)

전차을*, 마리아*, 황승훈**

(Cha-Eul Jeon, Ri-A Ma, and Seung-Hoon Hwang)

요약

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ 방식을 적용한 하향 링크 TSTD (Time Switched Transmit Diversity)의 성능을 계산한다. 제안된 TSTD는 ARQ 방식을 적용하여 수신측이 에러체크를 수행한 후 송신측으로 응답신호 (ACK or NACK 신호)를 전송하고 전송된 응답신호를 바탕으로 해당 에러 프레임을 재전송한다. 시뮬레이션 결과는 3km/h의 이동속도에서 프레임 오류 확률 (Frame Error Rate)이 1%일 때 제안된 ARQ가 적용된 TSTD 기법이 기존의 TSTD보다 약 5.5dB의 성능이득이 있으며, $E_b/N_0=7\text{dB}$ 일 때 약 7%의 수율 개선이 있음을 보여준다.

Abstract

In this paper, we investigate the performance of ARQ-aided downlink Time Switched Transmit Diversity (TSTD) in the WCDMA LCR-TDD system. Proposed TSTD system applies the ARQ scheme in which the receiver sends the response signal (ACK or NACK signal) to the transmitter and predicts the channel condition based on response signal after receiver checks the error, then it re-sends data. Simulation results demonstrate that the proposed TSTD scheme yields about 5.5dB performance gain, compared with the conventional TSTD in term of the frame error rate(FER) for a mobile speed of 3km/h and an FER value of 1%. In addition, 7% of throughput gain is shown when $E_b/N_0=7\text{dB}$.

Keywords: TSTD, automatic repeat request (ARQ), transmit diversity, WCDMA, LCR-TDD

I. 서론

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 안

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

접수일자: 2009년2월11일, 수정완료일: 2009년4월15일

테나를 추가한 것으로, STTD는 2개(혹은 4개)의 전송안테나를 구비한 송신기가 동일한 신호원의 데이터를 각기 다르게 코딩하고 변조하여 각각의 안테나를 통해 전송하면, 수신기가 이들을 다시 결합하여 무선 채널의 성능을 향상 시키는 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 수행이 되므로 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 확보하기 위한 방법으로 Automatic Repeat request (ARQ) 방식을 사용한다. 이것은 수신측이 전송된 데이터에 에러가 있는지 검사하고, 에러가 있으면, 송신측으로 하여금 해당 에러 데이터를 재전송하도록 하는 방법이다. 무선 패킷 통신 시스템에는 여러 가지 ARQ방식이 적용되지만 기본적으로 수신측이 송신측으로 ACK (수신확인신호) 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 지연시간을 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, 채널 상태가 느리게 변화되는 페이딩 환경에서 ARQ방식이 적용된 TSTD시스템은 일종의 페루프 채널 품질 지시자로서 ACK/NACK 신호를 이용하여 성능을 개선할 수 있

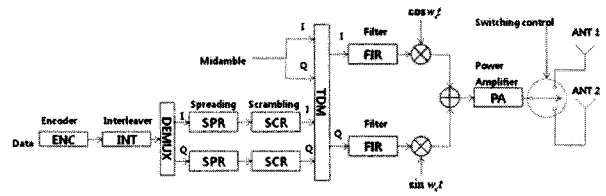


그림 1. 3GPP UMTS 표준에 정의되어 있는 TSTD 시스템 구조
Fig. 1. The TSTD system structure defined in 3GPP UMTS standard.

을 것으로 예상된다. 본 논문에서는 기존의 TSTD와 ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 성능비교를 다양한 Eb/N0와 이동국 속도에서 FER(frame error rate)과 수율의 관점에서 계산한다.

II. 제안하는 ARQ 방식이 적용된 TSTD

그림 2는 두 TSTD 안테나의 스위칭 패턴을 보여준다^[3]. 기존 TSTD 시스템의 안테나 스위칭 방법은 두 안테나 (ANT1, ANT2)가 교대로 서브 프레임을 전송한다 첫번째 서브 프레임이 제1안테나로 송출되면, 두 번째 서브 프레임은 제2안테나로 송출되고, 세번째 서브 프레임은 다시 제1안테나로 송출된다. 그리고 네번째 서브 프레임은 제2안테나로 송출된다. 이 같은 스위칭 패턴은 서브 프레임들이 모두 전송될 때까지 반복된다. 본 논문에서는 이러한 스위칭 패턴을 가지는

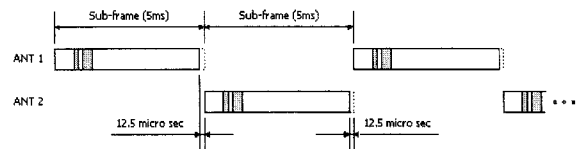


그림 2. TSTD 전송의 안테나 스위칭 패턴
Fig. 2. The antenna switching pattern for TSTD transmission.

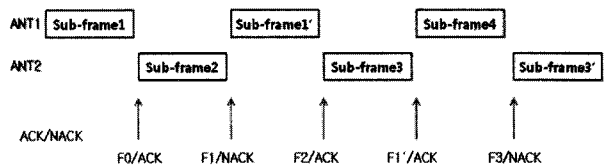


그림 3. ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 안테나 스위칭 패턴
Fig. 3. The antenna switching pattern for ARQ-Aided TSTD system.

TSTD시스템에 ARQ 방식을 적용하였다.

그림 3은 ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 안테나 스위칭 패턴을 보여준다. 송신측은 서브 프레임 1을 제1안테나 (ANT1)로 송출한 후, 서브 프레임 2를 제2안테나 (ANT2)로 송출한다. 서브 프레임 2가 송출된 후, 송신측은 서브 프레임 1에 오류가 있음을 알리는 신호(F1/NACK 신호)를 수신한다. F1/NACK 신호가 수신되면, 송신측은 서브 프레임 2의 다음 프레임으로서 서브 프레임 1의 재전송 프레임 (서브 프레임 1')을 제1안테나로 송출한다. 그런 다음 서브 프레임 3을 제2안테나로 송출한다. 그리고 서브 프레임 4를 제1안테나로 송출한다. 서브 프레임 4가 송출된 후, 송신측은 서브 프레임 3에 오류가 있음을 알리는 신호(F3/NACK 신호)를 수신한다. F3/NACK 신호가 수신되면, 송신측은 서브 프레임 4의 다음 프레임으로서 서브 프레임 3의 재전송 프레임 (서브 프레임 3')을 제2안테나로 송출한다. 본 논문은 이와 같은 ARQ 방식을 적용하여 기존 TSTD 시스템의 성능과 비교해보았다.

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 인터리빙되며 QPSK 변조가 이루어진다. 페이딩 채널로는 단일 경로 레일리 채널 모델을 가정한다. 또한 우리는 ARQ방식이 적용된 TSTD 시스템을 고려하고 이동국에서 기지국으로의 피드백 채널은 에러가 없다고 가정하며 ARQ 프로세스에 전송 지연 시간은 서브 프레임 하나인 5ms로 가정한다. 그리고, 서브 프레임이 오류가 났을 때 ARQ 재전송 최대허용횟수는 1회로 가정하였다. 다양한 E_b/N_0 에서 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.

이동국의 속도가 3km/h일 때 다양한 E_b/N_0 에서

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

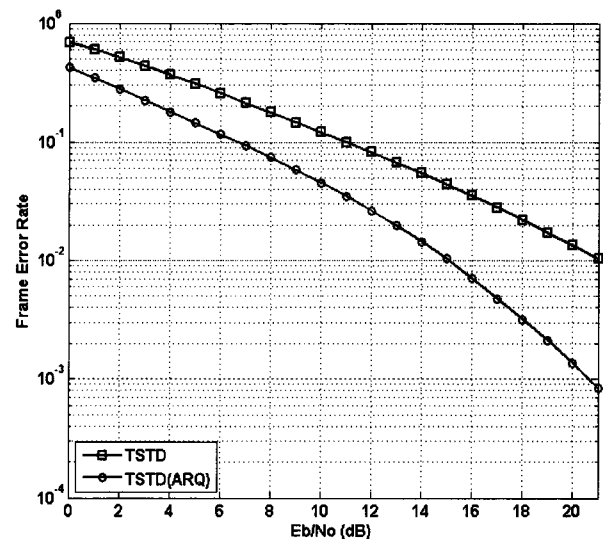


그림 4. ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 프레임 오류확률

Fig. 4. FER vs. E_b/N_0 for ARQ-Aided TSTD system.

FER의 관점으로 측정된 성능 비교가 그림 4에 나와 있다. E_b/N_0 는 0dB에서 21dB까지 고려되었다. ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 성능이 기존의 시스템과 비교되어 있다. ARQ방식이 적용된 TSTD시스템이 기존의 시스템에 비하여 이득을 보이고 있다. 예를 들면 1% FER에서 기존의 방식은 15dB의 E_b/N_0 가 필요하다. ARQ가 적용된 TSTD시스템의 경우에는 1% FER에서 21dB의 E_b/N_0 가 필요하게 된다. 즉 ARQ방식의 적용으로 인해 5.5dB의 이득을 얻을 수 있다.

다양한 이동국 속도에서 목표 FER이 1%일 때 요구되는 E_b/N_0 의 관점으로 측정된 성능 비교가 그림 5에 나와 있다. 이동국 속도는 1km에서 120km/h까지 고려되었다. 그림 5에서 이동국의 속도가 증가할 때 전체적으로 요구되는 E_b/N_0 의 감소는 인터리빙 이득에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 ARQ

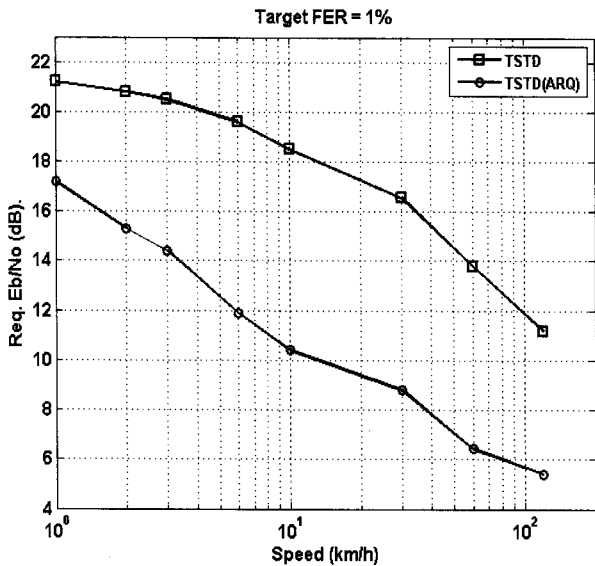


그림 5. 이동국 속도에 따른 ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 요구 Eb/No
 Fig. 5. Mobile speed vs. required Eb/No for ARQ-Aided TSTD system.

방식이 적용된 TSTD 시스템은 요구되는 Eb/No를 낮추고 있음을 볼 수 있다. 예를 들면 1km/h의 낮은 이동국 속도에서 기존의 방식은 21dB의 Eb/No가 요구된다. ARQ가 적용된 TSTD 시스템의 경우에는 17dB의 Eb/No가 요구된다. 즉 4dB의 성능이득을 얻을 수 있다. 그리고 성능이득은 이동국의 속도가 높아지더라도 유지되고 있음을 알 수 있다. 예를 들면 120km/h의 이동국 속도에서 기존의 방식은 11dB의 Eb/No가 요구된다. ARQ가 적용된 TSTD 시스템의 경우에는 7dB의 Eb/No가 요구된다. 즉 5.5dB의 성능이득을 보이는데 이것은 1km/hr 이동국 속도와 유사한 성능 이득임을 알 수 있다. 즉 ARQ가 적용된 TSTD 시스템은 기존의 TSTD 시스템과 비교하였을 때, 이동국 속도에 상관없이 이득을 얻는다. 이는 ARQ가 이동국 속도에 상관없이 ARQ를 적용한 TSTD 시스템에 이득을 얻게 해주기 때문이다.

그림 6에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/No에 따른 수율 성능을 보여주고 있다. Eb/No가 증가함에 따라 수율은 개선이 되어서 매우 높은 Eb/No에서는 기존의 TSTD와 ARQ가 적용된 TSTD의 수율 성능간의 차이가 없어진다. 이는 매우 높은 Eb/No 상황에서 수율이 100%에 달하므로 오류가 일어나지 않아 ARQ가 동작함으로써 얻을 수 있는 이득이 거의 없어지기 때문이다. 하지만 적절한 Eb/No에서는 두 TSTD 간의 수율

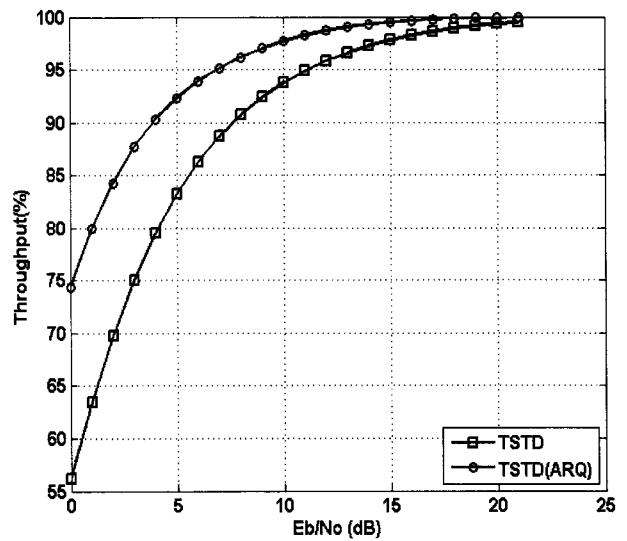


그림 6. ARQ 방식이 적용된 TSTD 시스템의 수율 성능
 Fig. 6. Throughput performance for ARQ-Aided TSTD system.

성능의 차이가 여전히 보이고 있다. 예를 들어 Eb/No=7dB일 때 ARQ를 적용한 TSTD는 약 7%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다. 낮은 Eb/No에서는 두가지 TSTD간의 수율 성능 차는 더욱 커짐을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ를 적용한 TSTD 시스템의 성능을 고찰하였다. 그 결과 1%의 FER에서 약 5.5dB의 성능 향상이 있었고, Eb/No=7dB에서 약 7%의 수율 성능 이득이 있었다. 따라서 ARQ방식을 적용하여 TSTD시스템의 성능이 개선됨을 확인할 수 있었다. 향후 터보코드의 적용, 하이브리드 ARQ의 적용 등 본 논문에서 제시한 ARQ를 적용한 TSTD 성능 개선을 위한 연구가 계속될 것이다.

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. Sawahasi, 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/)
- [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] 김영주, 원승환, 김은기, 이은성, "다수의 송신 안테나가 있는 하향 링크에서 W-CDMA 단말기 다중 경로 검색기의 설계 및 성능분석", 대한전자공학회 논문지, TC편 제43권, pp.95-102, 1월, 2006
- [10] 황근철, 박창순, 이광복, "다이버시티와 MIMO기술", 텔레콤, 제18권 2호, 12월, 2002.

 저 자 소 개



전 차 을(학생회원)
 2009년 동국대학교 전자공학과
 학사.
 2009년~현재 동국대학교
 전자공학과 석사과정
 재학.
 <주관심분야 : 무선 및 이동 통신
 시스템>



마 리 아(학생회원)
 2009년 동국대학교 전자공학과
 학사.
 2009년~현재 동국대학교
 전자공학과 석사과정 재학.
 <주관심분야 : 무선 및 이동 통신
 시스템>



황 승 훈(정회원)
 1999년 연세대학교 공학박사.
 1999년 LG전자 이동통신기술연구
 소 책임연구원.
 2003년 University of
 Southampton, United
 Kingdom, Research
 Fellow.

2005년~현재 동국대학교 전자공학과 조교수.
 IEEE Senior Member, IET Member, IEICE
 Member.
 <주관심분야 : 무선 및 이동 통신 시스템>