

논문 2009-46TC-10-7

# WCDMA LCR-TDD 시스템의 ARQ이 적용된 하향링크 TSTD에서 전력 램핑의 영향

(Effects of Power Ramping for ARQ-Aided Downlink Time Switched  
Transmit Diversity in the WCDMA LCR-TDD System)

마 리 아\*, 전 차 을\*, 황 승 훈\*\*

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

## 요 약

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ 방식을 적용한 하향 링크 TSTD (Time Switched Transmit Diversity)에서 전력 램핑이 적용된 경우의 성능을 계산한다. 제안된 전력 램핑 방식은 ARQ 방식을 적용한 TSTD에서 수신측이 에러체크를 수행한 후 송신측으로 응답신호 (ACK or NACK 신호)를 전송하고 전송된 응답신호가 NACK 신호인 경우 전력을 램핑하여 해당 에러 프레임을 재전송한다. 시뮬레이션 결과는 3km/h의 이동속도에서 프레임 오류 확률 (Frame Error Rate)이 1%일 때 제안된 방법이 기존의 ARQ방식을 적용한 TSTD보다 약 0.7dB의 평균  $E_b/N_0$ 의 성능이득이 있으며, 평균  $E_b/N_0$ 가 0dB일 때 약 2.5%의 수율 개선이 있음을 보여준다.

## Abstract

In this paper, we investigate the performance of the ARQ-aided downlink Time Switched Transmit Diversity (TSTD) in the WCDMA LCR-TDD system, when power ramping is applied. The proposed power ramping scheme ramps up the transmission power and then retransmits the data, when the receiver sends the response signal (ACK or NACK signal) to the transmitter and the response signal is NACK signal. Simulation results demonstrate that the proposed scheme yields about 0.7dB performance gain in terms of average  $E_b/N_0$ , compared with the conventional ARQ-aided TSTD when a mobile speed is 3km/h and an frame error rate (FER) is 1%, respectively. In addition, 2.5% of throughput gain is shown when average  $E_b/N_0$  is equal to 0dB.

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

## I. 서 론

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<sup>[1]</sup>. 개루프 방식은 송신기 측이 채널 상태에 관한 정보를 사용하지 않는 것으로 다수의 송신 안테나를 사용

해서 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. 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 이들을 다시 결합하여 무선 채널의 성능을 향상시키는 기술이다<sup>[2,3]</sup>. TSTD는 두 개의 송신 안테나를 일정시간 간격으로 스위칭하여 데이터를 전송하는 기술로서 WCDMA LCR (Low Chip Rate)-TDD (Time

\* 학생회원, \*\* 정회원, 동국대학교 전자공학부

(Dongguk University, Seoul, Korea)

접수일자: 2009년6월8일, 수정완료일: 2009년10월14일

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<sup>[4]</sup>. 그러므로 TSTD는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 하향링크 용량을 증가시킬 수 있는 효율적이고 간단한 전송 다이버시티 기법이다<sup>[3,4]</sup>. 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<sup>[5]</sup>.

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 (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 지연시간을 만족하도록 HSDA (high speed packet access)에서 물리계층에서 구현이 되었다<sup>[6]</sup>.

데이터 전송을 목표로 하는 패킷 데이터 전송의 경우, TSTD 시스템에도 위에서 언급한 물리계층상에 구현된 ARQ 방식의 적용이 가능하다. 따라서, 참고문헌 [7]에서는 ARQ방식이 적용된 TSTD시스템을 제안하고 일종의 페루프 채널 품질 지시자로서 ACK/NACK 신호를 이용함으로써 성능이 개선됨을 다양한 Eb/N0와 이동국 속도에서 FER(frame error rate)과 수율의 관점에서 계산하였다. 하지만 전체적인 시스템 수율을 향상시키고 재전송수를 작게 하기위해서 추가적인 링크 적응 방법은 여전히 필요하다. 높은 수용 용량과 수용 가능한 서비스 품질을 달성하기 위해, 페이딩과 전파손실의 영향은 전력 제어의 사용을 통해 일반적으로 완화된

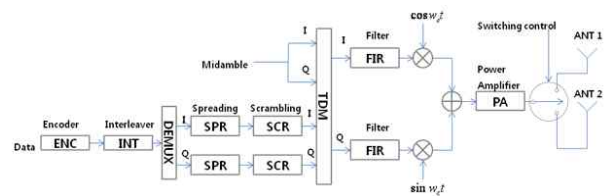


그림 1. 3GPP UMTS 표준에 정의되어 있는 TSTD 시스템 구조

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

다. 일종의 전력 제어 방식으로서 UMTS 랜덤 접속을 위한 재전송시 전력 램핑 (power ramping) 기법은 참고문헌 [8]에서 소개 되었다. 전력램핑은 좋지 않은 채널 조건에서 언급된 결점을 보상하고 높은 수용용량과 수용 가능한 서비스의 품질을 달성하기 위해서 ARQ가 적용된 WCDMA LCR-TDD 시스템에 적용될 수 있다. 본 논문에서 우리는 높은 신뢰성을 가지는 데이터 전송에 위해 고안된 전력램핑 기법과 결합된 ARQ 방식이 적용된 TSTD시스템을 제안한다. 본 방식은 별도의 채널에 대한 정보를 요구하지 않는 블라인드 방식이 될 것이다. 해당 시스템 성능은 프레임오류확률과 수율 면에서 평가된다. 또한 이동국의 속도와 같은 파라미터의 영향이 분석될 것이다.

## II. 제안하는 전력램핑과 결합된 ARQ 방식이 적용된 TSTD

전력 램핑과 결합된 ARQ 방식의 동작의 기본적인 개념을 그림 2에 도식화 하였다. 본 제안은 ARQ 방식에 있어서 선택적인 전력 증가를 통해 성능 이득을 보기 위함이다. 수신측에서 송신측으로 ACK신호를 전송하면, 송신측은 송신에 있어서 아무런 문제가 없다고 판단하여 전송 전력의 크기를 증가시키지 않고 처음에 전송했던 전력 그대로 전송하게 되고, 수신측에서 송신측으로 NACK신호를 전송하면, 송신측은 송신에 있어서 문제가 있다고 판단하여 전송 전력의 크기를 일정한 양만큼 증가시켜 전송한다. 본 논문은 이와 같은 전력 램핑이 결합된 ARQ이 적용된 TSTD 시스템을 기존의 ARQ만이 적용된 TSTD시스템<sup>[9]</sup>과 비교해 보았다.

## III. 시뮬레이션 환경 및 수치결과

기본적으로 사용된 시뮬레이션 파라미터가 표 1에

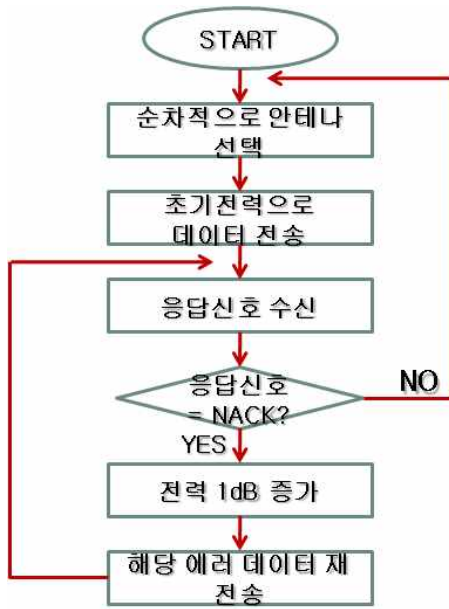


그림 2. 전력램핑이 적용된 ARQ TSTD 시스템의 기본적인 개념

Fig. 2. The basic concept of ARQ TSTD system with power ramping.

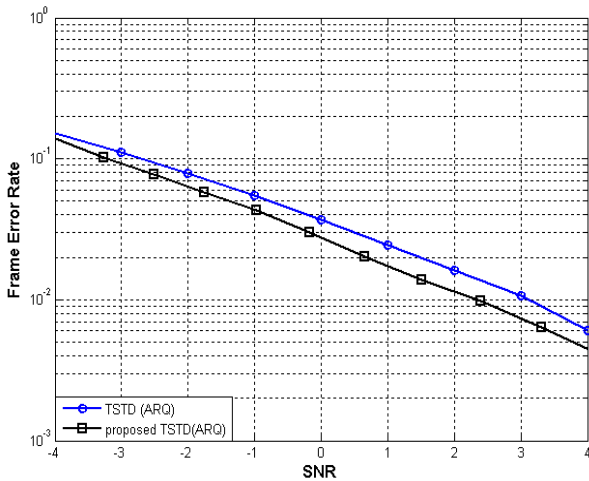


그림 3. 전력램핑 방식이 적용된 시스템의 프레임 오류 확률 vs. Eb/N0

Fig. 3. FER vs. Eb/N0 for ARQ-Aided TSTD system with power ramping.

정리되어 있다. 본 논문은 TSTD를 적용하기에 가장 적합한 1.28Mcps LCR-TDD를 고려한다<sup>[5]</sup>. 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 프로세스 시에 전송 지연 시간은 서브 프레임 하나인 5ms로 가정한다. 그리고, 서브 프레임이 오류가 났을 때 ARQ 재전송 최대허용횟수는 5회로 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.

이동국의 속도가 3km/h일 때 평균 Eb/N0에 따른 FER 성능이 그림 3에 나와 있다. 평균 Eb/N0는 -4dB에서 4dB까지 고려되었다. 전력램핑을 고려한 경우 재전송시 증가된 전력으로 전송하므로 총 10만번의 시뮬레이션 횟수마다의 전력이 변화하기 때문에 평균 전력을 다시 계산하여 그래프에 표현하였다. 전송 전력 파라미터의 세부적인 값은 표 2에 나타나 있다. 즉, 기존 방식은 평균 전력이 최초 전송 전력과 동일하며, 전력램핑이 도입된 제안된 방식은 재전송 시에는 처음 전송하는 전력보다 1dB씩 증가하게 되어 전송되고 전송 성공 시에는 최초 전송 전력으로 초기화된다. 전력제어가 적용된 TSTD시스템이 기존의 시스템에 비하여 이득을 보이고 있다. 예를 들면 1% FER에서 기존의 방식은 3dB의 평균 Eb/N0가 필요하지만, 제안된 방식의 경우에는 2.3dB가 필요하게 된다. 즉 전력 램핑을 NACK일 경우에만 적용함으로써 보다 적은 평균 Eb/N0이 필요하게 된다.

다양한 이동국 속도에서 목표 FER이 1%일 때 요구되는 평균 Eb/N0의 관점으로 측정된 성능 비교가 그림 4에 나와 있다. 이동국 속도는 1km/h에서 120km/h까지 고려되었다. 그림 4에서 이동국의 속도가 증가할 때 전

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

채널	1-path Rayleigh fading
데이터율	12.2 kbps
채널코딩	1/3 convolutional coding
변조	QPSK
반송주파수	2GHz
ARQ 처리 시간지연	5ms
최대 재전송 허용수	5

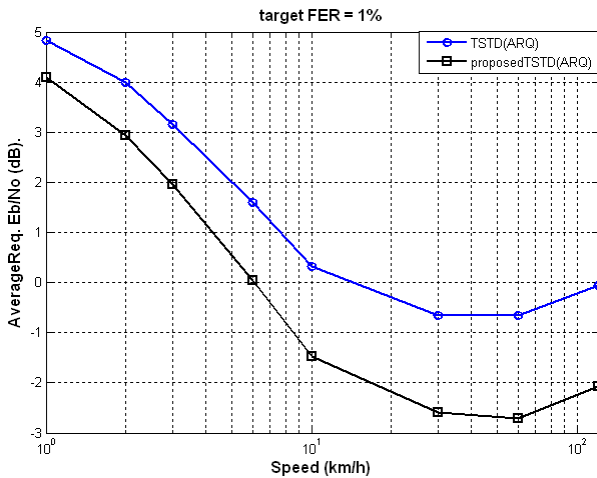


그림 4. 전력래핑 방식이 적용된 시스템의 이동국 속도 vs. 요구 Eb/N0

Fig. 4. Mobile speed vs. required Eb/N0 for ARQ-Aided TSTD system with power ramping.

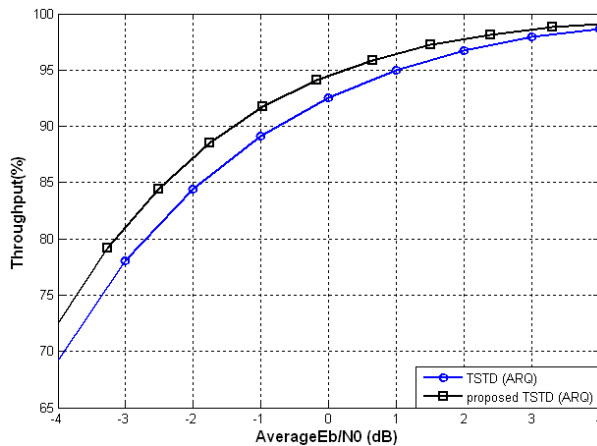


그림 5. 전력래핑 방식이 적용된 시스템의 수율 성능

Fig. 5. Throughput performance for ARQ-Aided TSTD system with power ramping.

표 2. 전송 전력 파라미터

Table 2. Transmiisn power parameter.

	ACK	NACK
TSTD(ARQ)	Eb/N0 변화 없음	
proposed TSTD(ARQ)	최초전송Eb/N0로 초기화	+1dB

체적으로 요구되는 Eb/N0의 감소는 인터리빙 이득에 기인하는 것으로 볼 수 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 전력래핑방식과 결합된 ARQ가 적용된 TSTD 시스템은 요구되는 평균 Eb/N0를 낮추고 있음을 볼 수 있다. 예를 들면 1km/h의 낮은 이동국 속도에서 기존의 방식은 5dB의 Eb/N0가 요구된 반면 제안된 방식의 경우에는 4dB의 Eb/N0가 요구된다. 즉 1dB의 성능이득을 얻을

수 있다. 그리고 성능이득은 이동국의 속도가 높아지더라도 유지되고 있음을 알 수 있다. 예를 들면 120km/h의 이동국 속도에서 기존의 방식은 0dB의 Eb/N0가 요구된다. 전력제어가 적용된 TSTD 시스템의 경우에는 -2dB의 Eb/N0가 요구된다. 즉 전력래핑이 적용된 제안된 시스템은 기존 시스템과 비교하였을 때, 이동국 속도에 상관없이 이득을 얻는다. 이는 전력 래핑이 이동국 속도에 상관없이 이득을 얻게 해주기 때문이다.

그림 5에서는 이동국의 속도가 3km/h일 때 Eb/N0에 따른 수율 성능을 보여주고 있다. Eb/N0가 증가함에 따라 수율은 개선이 되어서 매우 높은 Eb/N0에서는 기존의 방식과 전력래핑이 적용된 방식의 수율 성능간의 차이가 없어진다. 이는 매우 높은 Eb/N0 상황에서 수율이 100%에 달하므로 오류가 일어나지 않아 ARQ가 동작함으로써 얻을 수 있는 이득이 거의 없어지기 때문이다. 하지만 적절한 Eb/N0에서는 두 방식간의 수율 성능의 차이가 여전히 보이고 있다. 예를 들어 Eb/N0=0dB 일 때 전력래핑을 적용한 방식은 약 2.5%의 수율 성능 개선 결과를 가져온다. 낮은 Eb/N0에서 두 가지 방식간의 수율 성능 차가 상존함을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 WCDMA LCR-TDD 시스템에서 전력제어를 적용한 ARQ TSTD 시스템의 성능을 고찰하였다. 그 결과 1%의 FER에서 약 1dB의 성능 향상이 있었고, Eb/N0=-2dB에서 약 3%의 수율 성능 이득이 있었다. 따라서 전력제어방식을 적용하여 TSTD시스템의 성능이 개선됨을 확인할 수 있었다. 향후 터보코드의 적용, 하이브리드 ARQ의 적용 등 본 논문에서 제시한 전력래핑이 결합된 ARQ를 적용한 TSTD 성능 개선을 위한 연구가 계속될 것이다.

#### 참 고 문 헌

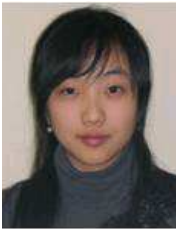
[1] 3GPP TS25.224, Physical layer procedures (TDD). (ftp://ftp.3gpp.org/)  
 [2] Yangxin, You Xiaohu, "Performance Analysis of Space-Time Transmit Diversity for Wideband CDMA" in Proc. Vehicular Technology Conf., Spring 2001, pp. 2006 - 8,2008a vol.3  
 [3] H.-W. Lee, S.-J. Kim and D.-K. Sung, "Performance analysis of downlink time switched

- transmit diversity in the WCDMA LCR-TDD system” IEICE Trans. Commun., VOL.E86-B, NO.6 June 2003
- [4] 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.
- [5] 3GPP TR25.928, 1.28Mcps Functionality for UTRA TDD Physical Layer. (<ftp://ftp.3gpp.org/>)
- [6] H. Holma and A. Toskala, *HSDPA/HSUPA for UMTS*, Wiley, 2006
- [7] 전차을, 마리아, 황승훈, “WCDMA LCR-TDD 시스템에서 ARQ가 적용된 하향링크 TSTD의 성능”, 대한전자공학회 논문지, TC편 제46권, pp.104-108, 5월, 2009
- [8] 3GPP, TS25.214: Physical layer procedures.
- [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

---

 저 자 소 개
 

---



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



전 차 을(학생회원)  
 2009년 동국대학교 전자공학과  
 학사.  
 2009년~현재 동국대학교 전자  
 공학과 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 전자공학과 조교수.  
 IEEE Senior Member, IET Member, IEICE  
 Member.  
 <주관심분야 : 무선 및 이동 통신 시스템>