

# MUD 기법을 적용한 TD/CDMA 시스템에서의 채널 추정 기법

고 균 병, 조 영 보, \*권 동 승, \*정 인 철, 강 창 언, 홍 대 식  
연세대학교 전기전자공학과, \*한국전자통신연구원  
전화 : 02-361-3558 / 팩스 : 02-312-4887

## Channel estimation of TD/CDMA system using Multi-User detector

KyunByoung Ko, Youngbo Jo, \*Dongseung Kwon, \*In Cheol Jeong,  
Changeon Kang and Daesik Hong  
Dept. of Electrical and Electronic Engin., Yonsei Univ., \*ETRI  
E-mail : pumi@sunlight.yonsei.ac.kr

### Abstract

This paper studies the channel estimation schemes of Time Division Duplex (TDD) Code Division Multiple Access (CDMA) system with a parallel interference cancellation (PIC) scheme in the multi-path fading channel. Also, the effective interpolation scheme which maintains the merits of WCDMA TDD mode is proposed. By Monte Carlo simulations, it is shown that the proposed interpolation method can be used in order to obtain the proper performance of a multi-stage PIC and in order to reduce the required  $E_b/N_0$  in the second stage at a BER =  $10^{-2}$ .

### I. 서론

비대칭 서비스의 수요 증가 예측에 따라 IMT-2000 대역 내에서 효율적인 자원 활용과 서비스 제공을 위해 TDD 방식의 채택 및 운용이 필요하다고 인식되어 표준화작업이 진행되고 있다[1][6]. 이러한 TDD 방식에서는 고속 채널 환경에 적절히 대처할 수 있는 신호처리 기술의 개발이 서비스의 품질 향상 및 사용자 용량 증가를 위해 필요하다[3][6]. 특히, TDD 방식에 적합한 채널 추정 알고리즘과 TDD 방식의 특성을 효율적으로 이용할 수 있는 다중 사용자 검출 알고리즘 대한 연구는 필수적이라 할 수 있다[6].

이러한 UTRA TDD 모드의 특성을 살펴보면 다음

과 같다. TDD 모드는 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하여 비대칭 서비스에 적합한 구조로 인식되고 있으며, FDD에 대한 장점은 링크간 같은 주파수 대역을 사용한다는 특성에 의해 주어진다. 이러한 특성으로 인해 전력 제어, 'Pre-distortion', 'Pre-Rake' 및 'Transmit diversity' 등의 효율적인 여러 기술들의 적용이 가능하다[6]. 그러나, TDD 시스템에서는 전송 데이터가 비대칭적이므로 기지국간 동기화 동적인 자원 할당이 필요하다는 단점이 있다. 그리고, 빠른 시변 채널에서는 기존의 SIR 기반의 빠른 전력 제어를 적용할 수 없다. 또한, 일반적인 CDMA 시스템에서처럼 다중 접속 간섭(MAI)에 의해 시스템 성능이 좌우된다. 그러므로, 이러한 단점들을 보완하고 시스템 성능을 향상시키기 위한 다른 기술들의 적용을 필요로 하고 있다. 특히, TDD 모드에서는 FDD에 비해 상대적으로 낮은 확산계수의 OVFSF코드(최대 16 칩)를 사용하고 그에 따라 다중접속자 수가 적게되어 다중 사용자 검출(MUD) 기법의 적용 가능성이 크다고 할 수 있다[6].

본 논문에서는 IMT-2000 TDD 모드에 대하여 규격상의 역방향 링크의 변복조부를 구현하고 다경로 레일리 페이딩 채널에서의 모의 실험을 수행하였다. 그리고, 다경로 레일리 페이딩 채널 환경에서 TDD 방식의 역방향 링크에 적합한 채널 추정 알고리즘을 제안하고 다단계 간섭제거 기법을 적용한 TDD 시스템에서의 성능을 검증하도록 한다.

II장에서는 UTRA TDD 모드의 기본적인 내용을 기술하였고, III장에서는 제안된 채널 추정 기법을 설명한다. 그리고, IV장에서는 모의 실험을 통한 성능을 나타내었으며, V장에서 결론을 맺는다.

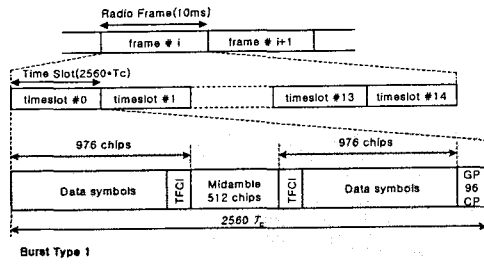


그림 1. Frame Structure & Burst Type 1

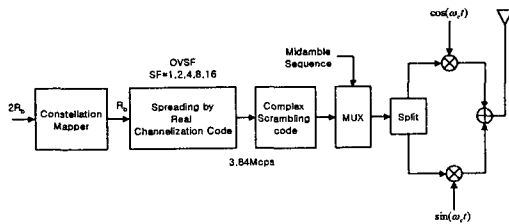


그림 2. 변조기 구성도

## II. WCDMA TDD 모드

TDD 방식에서는 역방향 링크와 순방향 링크를 같은 주파수 대역에 할당함으로써 효율적으로 주파수 자원을 활용하게 되며, 프레임내의 시간슬롯을 비대칭적으로 역방향/순방향 링크에 할당하여 인터넷 서비스와 같은 비대칭형 서비스를 효과적으로 지원할 수 있게 된다[6]. 3GPP 표준안의 프레임은 그림 1과 같이 하나의 프레임이 15개의 시간슬롯으로 이뤄진 구조를 갖는다[1]. 각각의 시간슬롯은 순방향 링크 혹은 역방향 링크에 할당되며 그 구조는 3가지로 주어진다. 주로 역방향링크에 사용되는 Burst Type 1은 그림과 같이 2560 칩중에서 512 칩의 미드앰블 양쪽에 976칩의 데이터 영역을 갖는 구조를 갖는다[1].

### 2.1 미드앰블

같은 셀 내의 같은 시간 슬롯의 다른 사용자들의 'training sequences(midambles)'는 하나의 'basic midamble code'의 주기적으로 이동된 형태들이다. 사용되는 'basic midamble code'는 총 128개로 셀 파라미터 값에 의해 결정된다[1]. 이렇게 만들어진 midamble code들은 channelization이나 scramble과 상관없이 전송된다. 이렇게 전송된 midamble은 수신 단에서는 채널 추정기를 통해 채널 정보를 얻어내는데

이용된다. 일반적인 수신기에서는 이 미드앰블을 이용해 얻어진 채널 추정값을 통해 양쪽의 데이터를 복원하게 된다[1].

### 2.2 변조와 확산

UTRA TDD에서는 QPSK로 데이터를 변조시키게 된다. 이렇게 변조된 데이터 심벌들은 사용자들 고유의 'channelization code'로 확산되게 된다. 이 때 상향 링크에서는 16, 8, 4, 2, 1 그리고, 하향 링크에서는 16 또는 1의 확산 계수를 갖게 되며 FDD 모드에서와 마찬가지로 OVVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) 코드를 사용한다[6]. 이 신호는 3.84Mcps(FDD 기본 chip rate와 같은 경우)의 chip rate를 가지며 여기에 chip-by-chip으로 셀 고유의 복소 'scrambling code'가 곱해진다[1]. 여기서, 'channelization code'와 'scrambling code'의 곱셈 결합은 사용자 또는 셀을 구분하는 과정이다[1]. 마지막으로, 각각의 chip에 펄스 성형 필터링을 하여 전송하게 된다. 그림 2는 펄스 성형필터를 생략한 UTRA TDD 모드에서의 변조기의 구조도이다.

## III. 다중사용자 검파기법을 적용한 TDD 시스템에서의 채널 추정 기법

### 2.1 TDD 모드에서의 채널 추정 기법

TDD 모드의 버스트에서는 순/역방향의 불연속적인 시간슬롯 할당에 적합하도록 채널 추정을 위한 파일럿이 미드앰블로 삽입된다. 이와 같이 파일럿 심벌을 이용하는 일반적인 채널 추정 기법에서는, 'Interpolation'을 이용하여 빠르게 변화하는 시변 채널 환경에서의 데이터 영역에 대한 채널을 좀더 정확히 추정할 수 있다[4][6]. 그림 3에서는 Interpolation기법을 TDD 모드에서 적용하는 방법을 나타내고 있다. 즉, 두 개의 시간슬롯의 미드앰블 값들을 이용해 Interpolation을 수행한다. 그림에서처럼 비대칭형 서비스를 지원하는 TDD 시스템의 역방향 링크에서 Interpolation 기법의 적용을 위해서는 연속적인 시간 슬롯이 할당된다는 가정이 필요하다. 그러나, 이러한 가정은 동적 자원 할당 지원이라는 TDD 시스템의 장점을 저해하는 요인이 된다. 따라서, 본 논문에서는 TDD 모드에서의 그림 3의 Interpolation 기법의 적용 검증과 함께 역방향 링크의 한 시간슬롯 내에서 Interpolation을 수행할 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다.

## MUD 기법을 적용한 TD/CDMA 시스템에서의 채널 추정 기법

### 2.2 다중 사용자 간섭제거 기법을 적용한 TDD 모드에서의 제안된 채널 추정 기법

본 논문에서는 다중사용자 검파기법의 적용가능성이 대두되고 있는 TDD 시스템에서 다단계 병렬 간섭제거 기법을 고려하도록 한다[2][6]. 이러한 다단계 병렬 간섭제거 기법을 적용한 수신기 블록도는 그림4와 같다. 그림에서는 기본적인 채널 추정 방법이 아니라 미드엠블 간의 간섭을 억제하기 위한 미드엠블 간섭제거 (Midamble IC) 채널 추정 기법을 적용하였다[5].

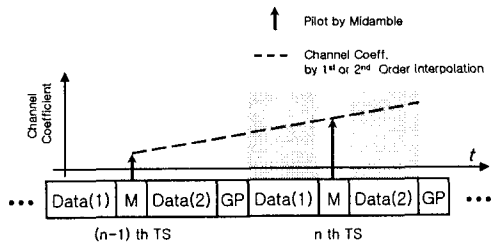


그림 3. TDD 모드에서 두 개의 시간슬롯을 이용한 Interpolation 기법

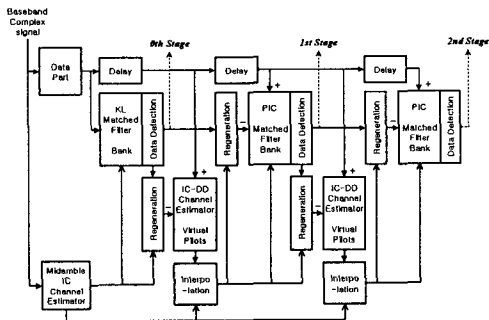


그림 4. 제안된 채널 추정기법을 적용한 다중 사용자 수신기 구조

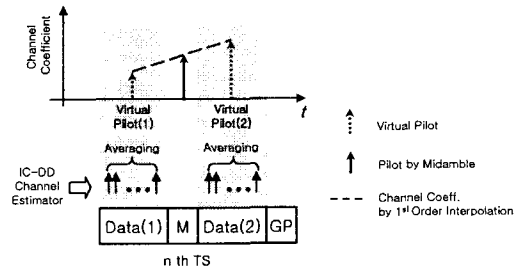


그림 5. 제안된 Interpolation 기법

표 1. 모의 실험 환경

Parameters	Value
Carrier frequency	2 GHz
Doppler frequency	125/250 Hz
Vehicle speed	67.5/135 km/h
Number of multipaths	2
Spreading factor (N)	16
Spreading sequences	OVSF codes
Modulation scheme	Complex QPSK
Burst Type	1
Cell parameter	0
Code Group	Group 0
Scrambling Code	Code 0
Long Basic Midamble Code	$m_{PL0}$

제안된 채널 추정 기법의 과정은 다음과 같다. 우선, 일반적인 수신과정에 의해 결정된 데이터를 이용하여 간섭 성분을 재생성하여 수신신호로부터 제거한 다음 (IC) 'Decision-Directed (DD)' 채널 추정을 수행한다. 그리고, 이러한 IC-DD 채널 추정값들에 대해 양쪽 데이터 영역별로 평균을 취하여 두 개의 의사 채널 정보 (Virtual Pilots)를 구한다. 마지막으로 미드엠블의 채널 추정값과 선형 Interpolation을 취하여 데이터 영역에서의 채널을 추정한다. 이러한 과정을 간략히 정리하면 그림 5와 같다. 그리고, 이러한 채널 추정 과정은 그림 4와 같이 다단계 간섭제거 기법과 병행하여 여러 단계 걸쳐 수행되게 된다.

## IV. 모의 실험 결과

제안된 채널 추정 기법의 성능은 단일 셀 환경에서의 모의 실험에 의한 un-coded BER 성능으로 검증하였다. 모의 실험은 UTRA TDD의 uplink에서 TFCI가 없는 버스트 타입 1을 적용하였다. 모든 사용자는 SF=16의 OVSF 코드를 사용하고 독립적인 다중경로 레일리 페이딩 채널 통과한다고 가정하였다. 또한, 모의 실험에서 각 사용자 신호의 동기는 완벽하게 맞았다고 가정하였다. 표 1에서는 모의 실험에서 사용한 환경 변수들을 정리하였다.

본 논문에서는 다단계 병렬 간섭제거 기법(MS-PIC)을 적용한 TDD 시스템에서 여러 채널 추정 기법들간의 성능비교와 함께 제안된 채널 추정기법의 성능을 살펴보았다.

그림 6에서는 세 번의 병렬 간섭제거가 수행된 후의 평균 BER 성능을 나타내고 있다. 미드엠블을 이용한 일반적인 채널 추정 방법(Mid\_CH\_Est)은 사용자들에

계 할당된 미드엠블간의 간섭성분으로 인해 미드엠블 간섭제거 채널 추정 기법(Mid\_IC\_CH\_Est)보다 성능이 떨어짐을 알 수 있다. 그러나, 시변 채널의 영향으로 인해 완벽한 채널 추정에 의한 성과는 차이가 발생할 수 있다. 따라서, 시변 채널의 영향에 적절히 대처할 수 있는 채널 추정 기법이 필요하다는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라, 제안된 채널 추정 기법(Mid\_IC & 1TS\_interpo)과 두 개의 시간슬롯의 미드엠블 값을 이용하여 Interpolation을 수행한 채널 추정 기법(Mid\_IC & 1TS\_interpo)을 통해 완벽한 채널 추정의 경우와 유사한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였다.

그림 7에서는 도플러 주파수가 250Hz인 경우로 채널의 빠르게 변화하는 환경에서의 모의 실험 결과를 나타내고 있으며, 그림 6에서의 유사한 경향을 확인할 수 있다. 그러나, 이와 같이 채널이 빠르게 변화하는 경우 미드엠블 간섭제거 기법을 적용하여 간섭제거 단계를 증가시키더라도 채널 추정 오류로 인해 성능 향상에는 한계가 있음을 알 수 있다. 즉, 다중사용자 수신기의 효율적인 구성을 위해서는 시스템 성능에 영향을 미치는 다중사용자 간섭성분과 채널추정 오류 모두에 적절히 대처할 수 있는 기법의 적용이 필요함을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 다단계 간섭제거 기법을 적용한 UTRA TDD 모드에서의 효율적인 채널 추정 기법을 제안하였다. 또한, 다중경로 레일리 페이딩 채널 환경에서의 모의 실험을 통해 제안된 채널 추정 기법의 성능을 검증하였다.

특히, 모의 실험 결과를 통해 다중사용자가 8명이이고 도플러 주파수가 250Hz인 경우에 제안된 채널 추정 기법을 통해  $10^{-2}$  BER에서 약 2.5dB 이상의 Eb/No 이득이 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] 3GPP Technical Specification 25.221~25.225 V3.5.0, (TDD)  
 [2] S. Moshavi, "Multiuser detection for DS-CDMA communication", IEEE Communication Magazine, pp. 124~136, Oct. 1996.  
 [3] G. J. R Povey, M. Nakagawa, "A review of time division duplex-CDMA techniques", Spread Spectrum Techniques and Applications, 1998. Proceedings., 1998, pp. 630~633 vol.2, 1998.  
 [4] Dong Xiaojian and You Xiaohu, "A novel method

of channel estimation for W-CDMA", APCC/OECC'99, pp. 582~585, 1999.

[5] Oliver Nesper and Paul Ho, "A pilot symbol assisted interference cancellation scheme for an asynchronous DS/CDMA system", Globecom'96, pp. 1447~1451, 1996.  
 [6] Harri Holma and Antti Toskala, "WCDMA for UMTS-Radio Access For Third Generation Mobile Communication", WILEY, 2000.

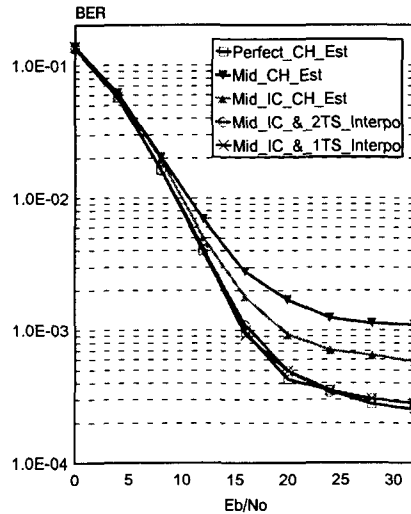


그림 6. 채널 추정 기법에 따른 3rd stage PIC의 BER 성능비교 (fd=125Hz, 사용자=8명)

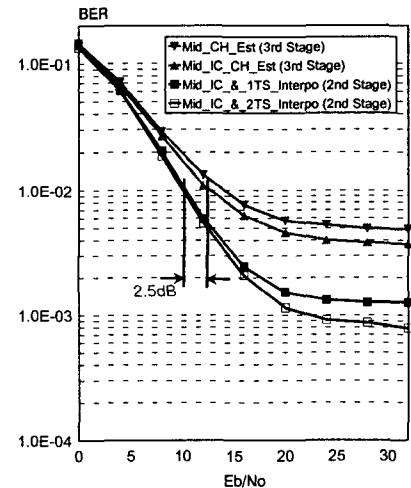


그림 7. 채널 추정 기법에 따른 BER 성능비교 (fd=250Hz, 사용자=8명)