

---

# 와이드밴드 채널에서 Chase Combining 기법을 적용한 TD-CDMA 시스템의 성능 분석

석경휴\* · 김성홍\*

TD-CDMA System Using Chase Combining over Wideband Channel  
Kyung Hyu Suk\* · Sung-Hong Kim\*

## 요 약

차세대 이동통신 시스템에서는 고속 패킷 서비스가 주요 기능으로 부각되고 있다. 이러한 고속 패킷 서비스의 경우 불 연속적인 데이터의 전송 및 비 대칭적 데이터 트래픽의 특성으로 인하여 TD-CDMA 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 본 논문에서는 터보 부호를 적용한 TD-CDMA에 대하여 고찰하였다. 시스템의 특성을 고려하여 전송 프레임의 구성 방식, 물리채널 구조 및 채널 부호화 방식등에 대하여 고찰하였다. 또한 TD-CDMA 시스템에 HARQ 기법중 하나인 Chase Combining 기법을 적용하여 그 성능을 분석하였다.

## 키워드

TD-CDMA, Chase-Combining, H-ARQ, QoS

## 1. 서 론

차세대 이동통신 시스템에서 주된 서비스인 인터넷 서비스나 멀티미디어 서비스를 제공하고자 하는 경우에 고속 패킷 전송이 이루어져야 한다. 이러한 서비스를 위한 고속 패킷 전송의 특징은 데이터 전송이 불연속적이며, 상향링크와 하향링크에 있어서 데이터 트래픽 구조가 비대칭성을 나타낸다는 것이다. 실제 음성 서비스인 경우는 상향링크나 하향링크를 통하여 전송되는 데이터 양이 큰 차이가 없지만 멀티미디어 서비스의 경우 상향링크에서는 적은 양의 데이터가 전송되지만 하향링크에서는 동영상의 전송, 대용량의 파일 전송 등 상대적으로 훨씬 많은 양의 데이터가 전송되게 된다. 따라서 이러한 서비스를 효율적으로 제공하는 방식이 절실히 요구되는데, 현재 가장 효율적인 방식은 IMT-2000용 TDD

방식으로 거론되고 있다[1].

무선 이동 채널 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 채널 환경 및 서비스 종류에 따라 다양한 방식의 에러 보상 기법이 요구된다. 에러 보상 기법으로 채널 부호화 방식과 재전송 방식이 있는데, 채널 부호화 방식은 시간 지연이 적고 송/수신단 사이에 별도로 주고 받는 정보가 필요 없다는 장점이 있기도 하지만 양호한 채널 환경하에서 시스템 효율이 감소하는 단점이 있다. 반면 재전송 방식은 시간 지연이 생기게 되며 열악한 채널 환경 하에서는 오히려 시스템 효율이 낮아지는 단점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것이 HARQ 방식으로, 채널부호화와 재전송의 두 방식을 결합하여 보다 효율적인 에러 보상을 할 수 있다[2][3]. 본 논문에서는 TDD 시스템의 물리계층 채널 및 프레임 구조, 대역 확산 및 변복조 방식, 채

---

\* 순천청암대학 병원의료정보과

접수일자 : 2009. 01. 26.

널 부호화 방식 등에 대하여 고찰하였다. 그리고 채널 부호로써 터보 부호 및 대표적인 HARQ 기법인 Chase Combining 기법을 적용하여 이동 통신 채널 환경에서 그 성능을 분석하였다.

리 채널에서는 세 종류의 버스트 타입이 정의되어 있으며, 버스트 구조는 그림 2와 같이 두 개의 데이터 심볼 필드, 미드엠블, 그리고 보호 구역으로 구성되어 있다[4].

## II. TD-CDMA 시스템

TDD 방식 물리채널의 기본적인 구조는 10ms의 길이를 가지는 무선 프레임으로 이루어진다. 그리고 하나의 무선 프레임은 15개의 타임슬롯으로 구성되며 각각의 타임슬롯은 2560칩으로 이루어져 있다. 그림 1에 기본적인 물리채널 구조를 도시하였다[4].

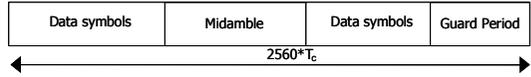


그림 2. TDD 방식의 버스트 구조

하나의 버스트에 전송되는 데이터 심볼의 수는 버스트 타입과 SF(Spreading Factor)에 따라 결정된다. 상향링크 SF는 16, 8, 4, 2, 1이 사용되며 하향링크는 16과 1이 사용된다.

TDD 방식에서 채널 추정과 셀 구분을 위하여 미드엠블을 사용한다. 미드엠블은 256칩과 512칩 두 종류가 있는데, 이들은 코드 길이 456칩 또는 192칩의 복소수열로 이루어진 기본 미드엠블 코드를 주기적으로 확장하여 만든 코드이다. 이처럼 구성된 미드엠블에는 128종류가 있는데 이는 128개의 셀을 구분할 수 있음을 의미한다. 따라서 다른 셀의 사용자는 다른 기본 미드엠블 코드를 사용하게 되고 동일 셀 내의 동일 타임슬롯의 사용자들은 하나의 기본 미드엠블 시퀀스를 사용하는데 이를 시간적으로 각각 57칩 또는 64칩 단위의 오프셋으로 천이시켜 사용한다. 트래픽 버스트에서 미드엠블은 데이터 필드와는 달리 확산이나 채널화 과정을 거치지 않고 버스트의 데이터 필드 사이에 위치한다.

데이터 변조로는 QPSK방식을 사용하는데, 데이터 변조기를 통과한 신호는  $\{1, -1, j, -j\}$ 의 복소 값을 가진다. 부호화된 신호를 대역 확산하고 채널화 하기 위하여 복소 심볼로 매핑한다. 이처럼 매핑된 심볼들을 최대 길이 16의 실수 값을 가지는 직교 채널코드로 확산된 후, 셀마다 고유한 암호화 코드에 의해 스크램블링 된다. 이 암호화 코드는 길이가 16이며  $\{1, -1, j, -j\}$  중에서 실수와 허수가 교번되는 형태를 갖는다.

TDD 시스템에서 채널 부호화 방식으로 길쌈부호와 터보 부호가 사용된다. 길쌈 부호는 구속장 9로써 생성다항식은  $R=1/2$  부호의 경우

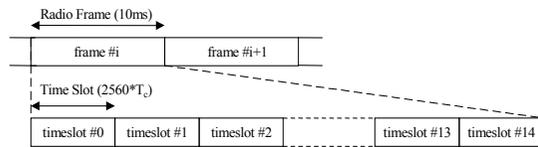


그림 1. TDD 방식의 물리 채널 구조

TDD 방식의 모든 타임슬롯은 상향 및 하향 링크에 유연한 채널 할당이 가능하다. 즉, 트래픽 특성에 대칭적 혹은 비대칭적 채널 할당 구조를 가질 수 있다. 이때 한 프레임에서 적어도 하나의 타임슬롯은 상향과 하향링크에 할당되어야 또한 상향링크와 하향링크는 단일 및 다중 스트림으로 타임슬롯을 할당할 수 있다.

물리 채널은 할당된 무선 프레임 내의 타임슬롯을 통해 전송되는 버스트로 이루어져 있으며, 버스트의 주기는 하나의 타임슬롯이다. 몇 개의 버스트가 동일 타임슬롯에 동시에 전송될 수 있는데 이때, 동일 타임슬롯에 전송되는 버스트들은 서로 다른 OVFS (Orthogonal Variable Spreading Factor) 채널 코드를 사용하여 구별하게 된다. 이와 같이 TDD 방식은 기존의 FDD 방식에서는 얻을 수 없던 채널 할당의 유연성을 가지고 있으며, CDMA와 TDMA방식의 장점을 모두 취할 수 있는 구조를 가지고 있다. 전용 물

561(octal), 753(octal)이며, R=1/3 부호의 경우 557(octal), 663(octal), 711(octal)이다[5]. 부호화 과정이 끝난 후 트렐리스를 제로 상태로 만들어 주기 위하여 8 비트의 0 값이 추가된다. 터보 부호는 8상태를 갖는 두개의 PCCC (Parallel Concatenated Convolutional Code)와 내부 인터리버로 구성되며, 터보 부호의 생성다항식은 다음과 같다.

$$G(D) = \left( 1, \frac{g_1(D)}{g_0(D)} \right) \quad (1)$$

여기서,  $g_0(D) = 1 + D^2 + D^3$ ,  $g_1(D) = 1 + D + D^3$  이다. 이를 그림으로 도시해 보면 그림 5와 같다 [5].

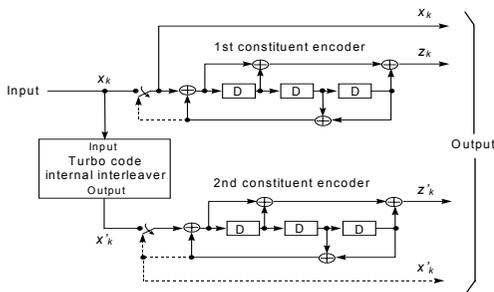


그림 3. 터보 부호기 구조

부호기의 출력은  $x_1, z_1, z'_1, x_2, z_2, z'_2, \dots, x_K, z_K, z'_K$  이다. 부호화 과정이 끝난 후 2개의 구성 부호기의 트렐리스 상태를 제로 상태로 만들어 주기 위하여 그림 5의 점선 부분 동작을 수행하며, 이때 부호기의 출력은  $x_{K+1}, z_{K+1}, x_{K+2}, z_{K+2}, x_{K+3}, z_{K+3}, x'_{K+1}, z'_{K+1}, x'_{K+2}, z'_{K+2}, x'_{K+3}, z'_{K+3}$  과 같다.

터보 부호의 복호는 MAP(Maximum A Posteriori) 알고리즘 또는 SOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)를 이용한 반복 복호를 사용한다. Bahl 등에 의해 제안된 MAP 알고리즘은 채널을 통과한 수신신호로부터 APP(A Posteriori Probability)를 계산하는 알고리즘이다 [6]. 이러한 MAP 알고리즘은 SOVA에 비해 가

능한 모든 경로를 고려하게 되므로 복잡도와 연산량이 증가한다는 단점이 있으나 성능면에서 우위를 차지한다.

### III. HARQ 기법

H-ARQ 시스템은 ARQ와 FEC(Forward Error Control) 시스템으로 구성된다. FEC의 기능은, 오류 정정 기능을 통해 계속적으로 발생하는 오류에 의한 재전송 빈도를 줄이는 것이며, 이로써 시스템의 전송 효율을 증가시키는 것이다. FEC의 오류 정정 기능에 의해서도 해결되지 않는 오류가 발생할 경우에 사용자에게 ARQ의 재전송을 통해 오류 없는 데이터를 전달하도록 한다. 결과적으로 FEC와 ARQ의 적절한 조합은 FEC만을 사용했을 때보다 더 높은 신뢰성을 갖게 되며, ARQ만을 사용했을 때보다 더 높은 전송 효율을 가질 수 있게 된다.

H-ARQ에는 H-ARQ Type I, H-ARQ Type II, H-ARQ Type III 등이 있으며, 여기에서 변형된 형태의 몇 가지 ARQ방식이 현재 논의되고 있다. 본 절에서는 Chase Combining 기법에 대하여 고찰하였다.

Chase Combining은 H-ARQ Type I 방식의 변형으로 재전송 시 이전에 오류 발생 패킷을 버리지 않고 저장하였다가 재전송된 패킷과 결합하는 방식이다. 다른 관점에서 보면 HARQ Type III 방식에서 재전송되는 부가 정보가 동일한 특수한 경우라고 볼 수 있으며, 한편에서는 HARQ Type III with single redundancy version 이라고도 한다. 다음 그림 4에 HARQ Type III에 대하여 도시하였다.

H-ARQ Type III 방식의 구현을 위하여 재전송되는 부가 정보가 self-decodable한 특성을 가지는 부호들을 도입해야 한다. 예를 들면, 길쌈 부호를 기반으로 한 시스템에서 CPC(Complementary Punctured Convolutional) 코드라는 개념의 부호를 도입하여 H-ARQ Type III 방식을 구현할 수 있다. CPC 코드는 재전송 시 전송되는 각 부

호들이 동일한 에러 정정 능력을 가지도록 천공되었으며 천공된 각각의 부호를 결합하게 되면 천공 이전의 원 부호 특성을 나타낼 수 있도록 설계되었다.

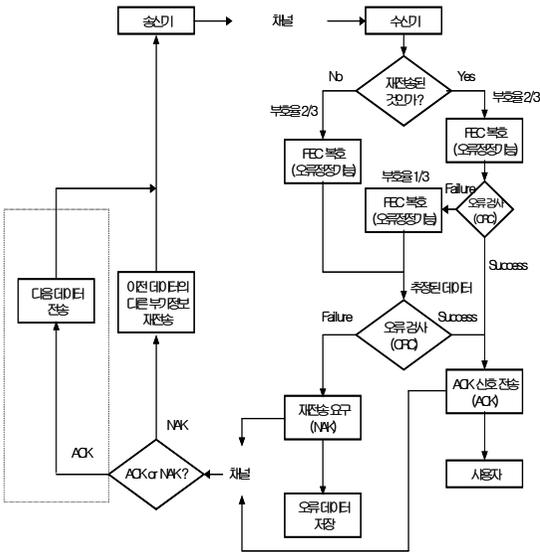


그림 4. HARQ Type III 블록 다이어그램

H-ARQ Type III는 처음 송신시의 부호율을 채널 상황에 맞게 설정한 뒤 전송하게 되며 복호 후에 오류가 검출 되었다면 오류가 검출된 패킷을 버리지 않고 저장한 뒤 재전송을 요구한다. 재전송된 신호를 수신하게 되면 재전송된 부가 정보 만으로 복호를 수행하므로 처음 수신된 오류 패킷에 의존하지 않고 복호할 수 있게 된다. 만일 재전송된 패킷만으로 복호를 수행하였으나 오류가 발생하였다면 처음 전송된 패킷과 결합하여 낮은 부호율을 가지는 부호를 생성한 후 복호 과정을 다시 한번 거치게 되므로 에러 정정 능력이 향상되게 된다. 따라서 H-ARQ Type III 방식은 다중 사용자에 의한 순간적인 간섭의 증가, 급격한 페이딩 상황의 변화에 따른 패킷의 심한 손상이나 손실에 따른 성능 열화에 좀더 효과적인 H-ARQ 방식이라 할 수 있다.

이와 같은 특성을 가지는 HARQ 타입 III에 있어서 Chase Combining 기법은 재전송되는 부가

정보가 처음 전송된 정보와 동일한 형태를 취하게 되므로 송신단에서는 첫 번째 송신 정보만을 저장해 두면 된다는 장점이 있다. 이러한 이유로 Chase Combining 기법을 타입 III의 특수한 형태라고 할 수 있다. 반면 타입 I 방식은 첫 번째 전송된 정보로부터 복호를 실패하는 경우 해당 정보를 버리고 첫 번째 전송된 정보와 동일한 신호를 재전송 받게 되는데 이는 Chase Combining과 비교해 보면 첫 번째 전송된 신호를 버리는지, 이용하는지에 대한 차이가 있을 뿐이므로 다른 한편에서는 HARQ 타입 I의 변형된 형태라고 한다.

#### IV. 모의실험

본 모의실험에서는 3.84Mcps의 광대역 TDD 시스템을 고려하여 시뮬레이터를 구성하였다. 버스트 타입 1에서 보호구역은 없다고 가정하고, 보호구역을 데이터 필드에 포함하여 2560 칩으로 이루어진 하나의 타임슬롯 단위로 데이터 프레임 구성하였다. 전력제어 및 프레임 동기 등은 완벽하다고 가정하였다. 표 1에 모의실험에 사용된 파라미터 들을 나타내었다.

표1. TDD 시스템 모의 실험용 파라미터

Chip Rate	3.84Mcps
Spreading	SF=16
Burst Type	Type I
Channel Model	Rayleigh Fading Jakes' power spectrum Mobile Speed : 10km/h
Channel Estimator	Ideal

이러한 TD-CDMA 시스템에 있어서 터보 부호 및 HARQ 방식 가운데 Chase Combining 기법을 적용하여 시스템 효율을 분석하였다. HARQ를 위한 터보 부호기를 그림 5에 도시하였다. 3GPP TDD 방식에 정의된 터보 부호기는 최소 1/3의 부호율을 가지고 있으나, 다양한 부호율을 가지는 HARQ를 구현하기 위하여 최소 1/5의 부호율을 가지는 터보 부호를 사용한다.

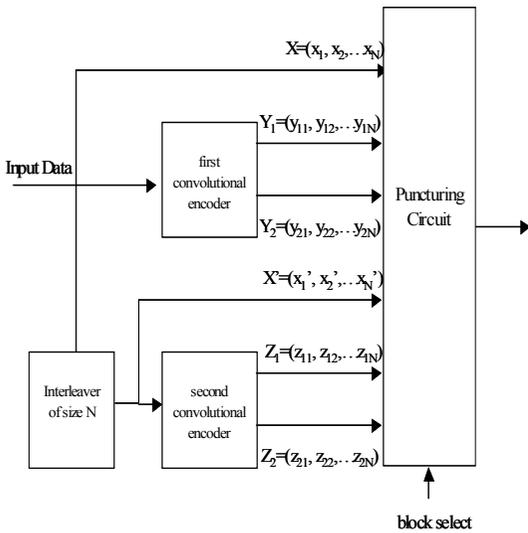


그림 5. HARQ에 사용된 터보 부호기의 구조

터보 부호의 생성다항식은 (13, 15, 17)octal 이며, 구속장 K=4 를 사용하였다. 다음 표 2에서 Chase Combining을 사용하는 경우의 천공 패턴에 대하여 나타내었다.

표2. HARQ 사용에 따른 천공 패턴

부호율	부호	data bit	tail bit
1/2 base	X	11	111000
1/2 base	Y1	10	111000
	Y2	00	000000
	X'	00	000111
	Z1	01	000111
	Z2	00	000000
3/4 base	X	111111	111000
	Y1	001000	001000
	Y2	000000	000000
	X'	000000	000000
	Z1	000001	000111
	Z2	000000	000001

TDD 시스템의 업링크에서 사용자는 하나의 프레임에서 하나의 타임슬롯을 사용하여 패킷을 전송하는 방식을 가정하였다. 부호화된 프레임은 한 타임슬롯에 해당하는 길이를 가지며, 오류 발생시 재전송은 다음 프레임의 타임슬롯으로 전

송됨을 가정하여 시스템 효율을 분석하였다. 다음 그림 6에서는 부호율에 따른 평균 전송 횟수를 분석하였으며, 그림 7에서는 UE의 속도 10km/h 일 경우 Chase Combining 부호율에 따른 TDD 시스템의 주파수 효율을 도시하였다.

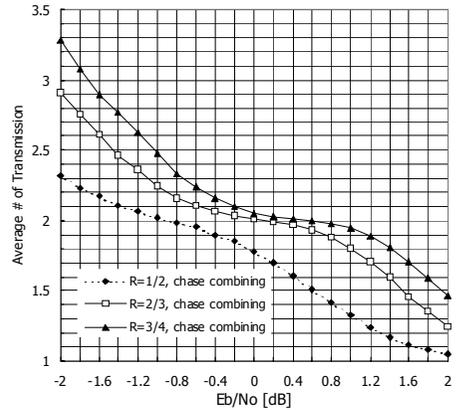


그림 6. 부호율에 따른 Chase Combining의 평균 전송 횟수

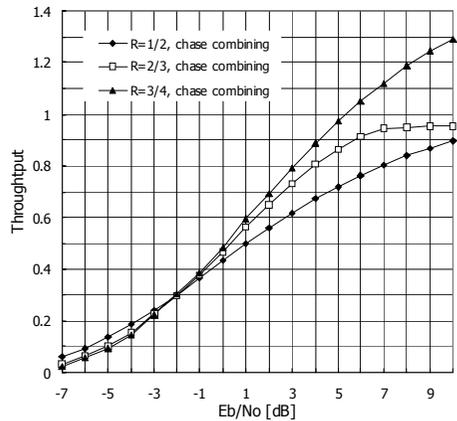


그림 6. TDD 시스템에서 Chase Combining의 주파수 효율

### V. 결론

본 논문에서는 TD-CDMA 시스템에 있어서 터보 부호를 사용한 H-ARQ 기법에 관하여 이동

채널 환경에서 그 성능을 분석하였다. TDD 시스템에서 Chase Combining 기법을 적용하여 시스템 효율을 분석한 결과, 부호율에 따른 성능을 살펴보면 높은 부호율을 기반으로 하는 시스템 성능이 우수하게 나타나게 된다. 즉,  $R=3/4$ 를 기반으로 하는 방식이  $R=2/3$ ,  $R=1/2$ 을 기반으로 하는 방식에 비해 큰 이득을 보이며, 이는  $R=3/4$ 을 기반으로 하는 경우 재전송 되어 나타나는 부호의 에러 정정 능력의 향상이  $R=2/3$ ,  $R=1/2$  방식에 비해 크기 때문이다. 또한 부호율에 따른 평균 전송 횟수는 상대적으로 양호한 채널 환경보다는 열악한 채널 환경에서 그 전송 횟수 차이가 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Haardt, A. K. R. Koehn, S. Oestreich, M. Purat, V. Sommer, and T. Ulrich, "The TD-CDMA based UTRA TDD mode," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 18, no. 8, pp. 1375-1385, Aug. 2000
- [2] S. Lin and D. Costello, Jr., "Error Control Coding : Fundamentals and Applications," Prentice Hall, 1983
- [3] J. Hagenauer, "Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes (RCPC Codes) and their Applications," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. 36, pp. 389-400, Apr. 1988
- [4] 3GPP TS 25.221 : "Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (TDD)"
- [5] 3GPP TS 25.222 : "Multiplexing and Channel Coding (TDD)"
- [6] L. Bahl, J. Cocke, F. Jelinek, and J. Raviv, "Optimal Decoding of Linear Codes for Minimizing Symbol Error Rate," *IEEE Trans. on Info. Theory*, pp. 284-287, Mar. 1974