

---

# TD-CDMA 3G 시스템의 적응형 H-ARQ 기법들에 관한 연구

석경휴\* · 박성호\*\*

The Study on the Adaptive H-ARQ Technique in TD-CDMA 3G System

Kyung-hyu Suk\* · Sung-ho Park\*\*

## 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 D-CDMA 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 업링크에서는 적은 양의 데이터가 이동하지만, 다운링크의 경우 실시간 동영상의 전송, 파일 다운로드 등 대용량 데이터가 이동하게 되며 이러한 서비스를 위해서는 비대칭적 트래픽 특성을 갖는 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 시스템이 요구된다. 3GPP의 TDD(Time Division Duplex) 방식은 CDMA를 기반으로 한 방식에 TDMA 개념을 도입하여 타임 슬롯의 적절한 할당을 통해 이러한 비대칭적 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다. TD-CDMA 시스템의 특성을 고려하여 전송 프레임의 구성 방식, 물리채널 구조 및 채널 부호화 방식등에 대하여 고찰하였다. 또한 TD-CDMA 시스템에 HARQ 기법들을 비교하여 그 성능을 분석하였다.

## ABSTRACT

In the high-speed packet service, next generation mobile communication system has emerged as a major feature. If the fire of these high-speed kit services and non-continuous transmission of data due to the symmetrical nature of daeyiteo traffic for D-CDMA system has been actively studied. Small amounts of data moving in the uplink, but the real-time video downlink transmission, such as downloading large files to move data and services to those with asymmetric traffic characteristics, a system that can efficiently handle the data requirements be.

Of 3GPP TDD(Time Division Duplex) scheme based on CDMA and TDMA in a way by introducing the concept through the proper allocation of time slots that can handle asymmetric traffic efficiently, has an advantage. TD-CDMA system by considering the characteristics of the frame configuration of transmission methods, such as physical channel structure and channel coding has been investigated. In addition, the HARQ scheme TD-CDMA system performance is analyzed by comparing them.

## 키워드

CDMA, TDMA, 3GPP, H-ARQ, QoS, TDD

---

\* 순천청암대학 병원의료정보과(dol27@naver.com)  
접수일자 : 2010. 06. 14

\*\* 교신저자 : 전남도립대학 U-정보산업과(dorip@dorip.ac.kr)  
심사(수정)일자 : 2010. 07. 02      게재확정일자 : 2010. 08. 05

## 1. 서론

음성위주의 서비스에서는 UE(User Equipment)에서 Node-B(기지국)로 향하는 업링크나 Node-B에서 UE로 향하는 다운링크를 통하여 전송되는 데이터 양의 차이가 별로 없으나, 멀티미디어 서비스의 경우에는 서비스 종류에 따라 업링크와 다운링크의 전송 데이터 양에 있어서 차이가 크게 나타날 수 있다. 업링크에서는 적은 양의 데이터가 이동하지만, 다운링크의 경우 실시간 동영상의 전송, 파일 다운로드 등 대용량 데이터가 이동하게 되며 이러한 서비스를 위해서는 비대칭적 트래픽 특성을 갖는 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 시스템이 요구된다. 3GPP의 TDD(Time Division Duplex) 방식은 CDMA를 기반으로 한 방식에 TDMA 개념을 도입하여 타임 슬롯의 적절한 할당을 통해 이러한 비대칭적 트래픽을 효율적으로 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 위한 고속 패킷 전송 방식으로 3GPP TDD 방식을 고려하였다. TDD 시스템에서 효율적인 패킷 전송을 위하여 터보 부호를 사용한 적응형 H-ARQ 기법에 관하여 고찰하였으며, 이동통신 채널 환경에서 각각 그 성능을 분석하였다.

## II. TD-CDMA 시스템

### 1. 물리계층 채널 및 프레임 구조

TDD 방식의 기본적인 물리 채널의 구조는 10ms의 길이를 가지는 하나의 무선 프레임은 15개의 타임슬롯으로 구분되며 하나의 타임슬롯은 2560 칩으로 이루어져 있다. TDD 방식의 프레임은 15개의 타임슬롯으로 구성되어 있으며 각각의 타임슬롯은 업링크, 다운링크에 유연한 채널 할당을 가능하게 한다. 이때 업링크 나 다운링크에 15개의 타임슬롯 중 적어도 하나의 타임슬롯은 반드시 할당되어야 한다. 그림 1에 업링크와 다운링크에 대칭 및 비대칭, 그리고 단일 및 다중 스윗칭으로 타임슬롯을 할당하는 예를 도시하였다.

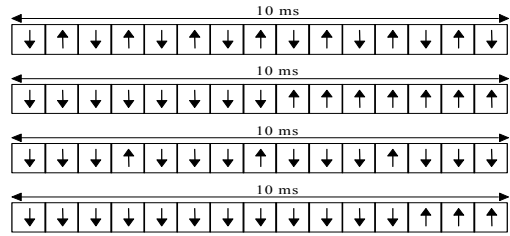


그림 1. TDD방식의 프레임 구성 예  
Fig. 1 TDD frame configuration example

그림에서 보는 것처럼 업링크와 다운링크의 트래픽 특성에 따라 다양한 프레임을 구성할 수 있으며, 특히 인터넷 서비스나 VOD (Video On Demand) 서비스와 같은 비대칭적인 트래픽 특성을 갖는 데이터를 전송할 때 주파수를 효율적으로 사용할 수 있게 된다.

### 2. 채널 부호화

TDD 방식 시스템에서 채널 부호화 방식으로 R=1/2 또는 R=1/3의 길쌈부호와 R=1/3의 터보 부호가 사용된다.

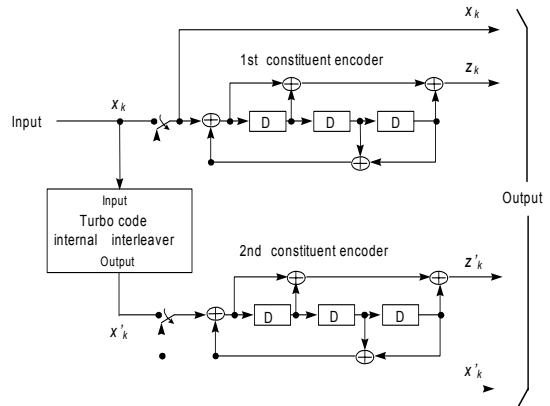


그림 2. 터보 부호기의 구조  
Fig. 2 The structure of Turbo coder

길쌈 부호는 구속장 9로써 생성다항식은 R=1/2 부호의 경우 561(octal), 753(octal)이며, R=1/3 부호의 경우 557(octal), 663(octal), 711(octal)이다. 부호화 과정이 끝난 후 트렐리스를 제로 상태로 만들어 주기 위하여 8 비트의 0 값이 추가된다. 터보 부호는 구속장 4로써 두개의 8상태 구성 부호기와 내부 인터리

버로 구성되어 있다. 그림 2에 터보 부호기의 구조를 도시하였다. 각 구성부호기는 피이드 백 생성다항식 13(octal)과 피이드 포워드 생성다항식 15(octal)로 이루어져 있으며, 부호기의 출력은 X1, Z1, Z'1, X2, Z2, Z'2, ..., XK, ZK, Z'K, 이다. 부호화 과정이 끝난 후 2개의 구성 부호기의 트렐리스 상태를 제로 상태로 만들어 주기 위하여 (그림 4)의 점선 부분 동작을 수행하며, 이때 부호기의 출력은 XK+1, ZK+1, XK+2, ZK+2, XK+3, ZK+3, X'K+1, Z'K+1, X'K+2, Z'K+2, X'K+3, Z'K+3 과 같다.

### 3. 대역확산 및 변복조 방식

부호화된 신호를 대역 확산하고 변조하기 위해서 이진 데이터 비트열을 복소 심볼로 매핑하여 준다. 01은 1, 00은 j, 10은 -1, 11은 -j로 매핑하고 매핑된 심볼열들을 대역 확산 시켜준다. 매핑된 복소 심볼들은 실수 값을 가지는 채널 코드에 의해 대역 확산된다. 채널 코드는 SF에 따라서 1, 2, 4, 8, 16의 길이를 가지며 이를 OVFSF 코드라고 부른다. OVFSF 코드는 같은 타임슬롯에 여러 가지 SF를 가진 채널들에 있어서 직교성을 유지하며 다중화 시켜준다. 채널 코드로 대역 확산된 신호는 셀마다 고유한 스크램블링 코드에 의해 스크램블링 된다. 각 스크램블링 코드는 복소수의 값을 가지며 실수축과 허수축을 교번하는 주기 16칩을 가지는 복소수 열이다.

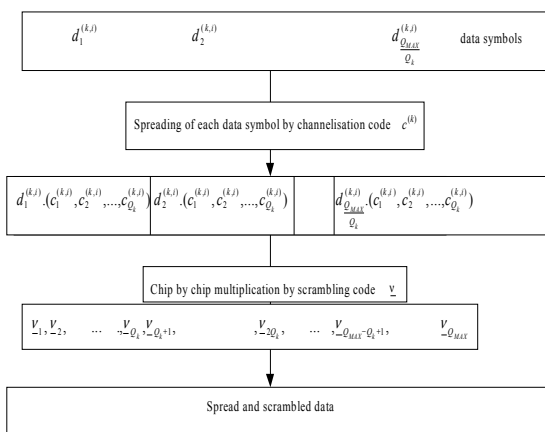


그림 3. 데이터 심볼의 대역확산 과정  
Fig. 3 Spread the process of data symbols

스크램블링 코드는 셀마다 고유하며 모두 128개가 있다. 모든 스크램블링 코드들은 다시 32개의 코드 그룹으로 분류되며 정해진 코드 그룹에 따라서 동기 채널의 toffset 이 정해지게 된다. 그림 3에 채널화와 스크램블링을 통한 대역 확산 과정을 나타내었다. 그림에서 보여지는 것처럼 매핑된 복소 심볼은 SF에 따라서 채널 코드에 의해 확산된다. 확산된 신호는 스크램블링 코드에 의해 칩 단위로 곱해져서 대역 확산 과정이 이루어지게 된다.

### III. H-ARQ 방식

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, ARQ 만을 사용했을 때보다 더 높은 전송효율을 가질 수 있게 된다.

#### 1. IR과 Chase Combining

Full IR은 H-ARQ Type II 방식을 HSDPA에서 부르는 이름으로써, IR이라는 뜻에 맞게 기본적으로 재전송되는 데이터는 계속하여 증가되는 부가 정보이다. Partial IR은 H-ARQ Type III 방식을 HSDPA에서 부르는 이름으로, 재전송될 데이터는 self-decodable한 특성을 지니고 있다. 터보 부호를 사용하는 시스템에서 복호시에 systematic 정보가 매우 중요한 역할을 하기 때문에 self-decodable 하기 위해서는 재전송되는 부호에 systematic 부호가 반드시 포함되어야 한다. 따라서 Full IR과 달리 systematic 정보는 반복해서 전송하게 되고 일부의 패리티 정보만을 부가적으로 보내주는 방식으로 Partial IR을 구현한다.

Chase Combining은 H-ARQ Type I 방식의 변형으로 재전송 시 이전에 오류 발생 패킷을 버리지 않

고 저장하였다가 재전송된 패킷과 결합하는 방식이다. 다른 관점에서 보면 H-ARQ Type III 방식에서 재전송되는 부가 정보가 동일한 특수한 경우라고 볼 수 있으며, 한편에서는 H-ARQ Type III with single redundancy version 이라고도 한다.

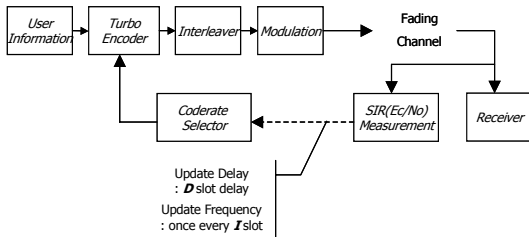


그림 4. TDD 시스템에서 적응형 H-ARQ 시스템의 블록 다이어그램  
 Fig. 4 TDD system block diagram of the adaptive H-ARQ system

### 2. 적응형 H-ARQ

H-ARQ 방식의 주파수 효율은  $E_c/N_0$ 의 변화에 따라 부호율 간의 우열 관계가 변화하는 특성을 보여준다.  $E_c/N_0$ 가 낮은 영역에서는 비교적 에러정정 능력이 뛰어난 낮은 부호율의 부호가 주파수 효율이 높지만

$E_c/N_0$ 가 점점 증가함에 따라서 채널에서 발생하는 에러가 줄어들게 되면서 높은 부호율의 부호가 주파수 효율이 높아지게 된다. 페이딩 채널에서 순시적  $E_c/N_0$ 의 값은 이동국의 속도에 따라서 변화하게 되고 고정 부호율을 가지는 H-ARQ 방식은 채널 특성에 적응하는 능력이 떨어지게 된다. 따라서 그림 9와 같은 적응형 H-ARQ 방식을 사용하여 채널 적응도를 향상 시킬 수 있게 된다.

그림에서 볼 수 있는 것처럼 적응형 H-ARQ 시스템에서 수신단은 수신된 신호의 SIR(Signal to Interference Ratio)을 측정하여 송신단으로 측정 결과를 전송한다. 송신단에서는 수신된 수신단 채널 상태를 바탕으로 최적의 부호율을 선택하여 패킷을 전송하게 되는데 이와 같은 방법으로 채널 적응도를 향상시켜 주파수 효율을 높일 수 있다.

### 3. RCPT 코드

H-ARQ를 구현하기 위해서는 각 H-ARQ 방식에 적합한 채널 부호의 집합이 필요하다. TDD 방식의 시스템에서는 채널 부호로 터보 부호가 사용되고 있는데 다양한 방식의 H-ARQ를 구현하기 위해서 RCPT 부호를 고려한다. RCPT부호는 RCPC(Rate Compatible Punctured Convolutional) 코드와 같은 개념의 부가 정보를 제공하여 주는 부호의 종류이며, 터보 부호를 사용하는 시스템에서 다양한 부호율의 터보 부호를 제공함으로써 H-ARQ를 가능하게 하여 준다 [9][10].

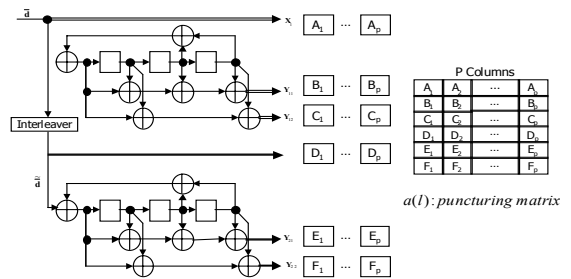


그림 5. 하나의 인터리버를 사용한 RCPT 코드  
 Fig. 5 RCPT codes with an interleaver

그림 5에 하나의 인터리버를 사용한 모부호율 1/6인 RCPT 부호를 나타내었다.

구현된 RCPT 코드는 P(puncturing period), R(code rate)에 따라서 puncturing matrix  $a(l)$ 로 나타난다. 구현된 RCPT 코드를 이용하여 full IR, partial IR, chase combining 등 다양한 H-ARQ를 구현할 수 있다. 본 논문에서는 하나의 패킷에 대한 최대 전송 횟수를 세번으로 설정하여, 첫번째, 두번째, 세번째의 전송 패턴을 나타내주는  $a(0), a(1), a(2)$ 을 기본 코드율과 H-ARQ 방식에 따라서 정의하고 시스템의 throughput을 분석하였다.

### IV. 모의실험

그림 6에 TDD 시스템 모의 실험을 위한 블록 다이어그램을 나타내었으며, 표 2에 모의실험에 사용된

파라미터들을 나타내었다.

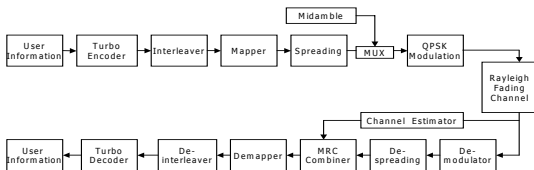


그림 6. TDD 시스템 모의실험용 블록 다이어그램  
Fig. 6 TDD system simulation experiment block diagram

본 모의실험에서는 3.84Mcps의 광대역 TDD 시스템을 고려하여 시뮬레이터를 구성하였다. 버스트 타입 I에서 guard period는 없다고 가정하고 GP 필드를 데이터 필드에 포함하여 2560 칩으로 이루어진 하나의 타임슬롯 단위로 데이터 프레임을 구성하였다.

표 2. TDD 시스템 모의실험에 사용된 파라미터  
Table 2. The simulation parameters used in the TDD system

Chip Rate	3.84Mcps
Interleaver	16 by 16 block interleaving
Spreading	Spreading Factor = 16
Burst Type	Type I
Channel Model	Rayleigh Fading (1, 2path) Jakes Power Spectrum Mobile Speed : 10km/hr
Channel Estimator	Ideal Channel Estimator Non-ideal Channel Estimator

고려된 채널은 레일리 페이딩 채널이며 다중 경로 페이딩 환경을 고려하여 주파수 선택적 페이딩 채널을 구현하였다. 다중 경로는 1path와 2path를 고려하였으며 각기 1칩 만큼의 시간간이연을 갖는 것으로 가정하였고, 2path인 경우 각 경로의 에너지 크기는 각각 0.5, 0.5를 가지는 것으로 가정하였다.

UE의 이동성을 고려하여 도플러 주파수 천이가 고려된 페이딩 프로세스를 발생시키기 위하여 Jakes Power Spectrum을 가지는 페이딩 프로세스를 UE의 속도 10km/hr에 의해 발생하였다. 채널 추정기는 non-ideal 채널 추정기를 사용하였는데, 이는 단순

평균 출력을 제공하는 FIR 필터로 이루어져 있고 512 칩의 미드앰블을 참조하여 슬롯 단위의 채널 추정치를 제공하여 준다.

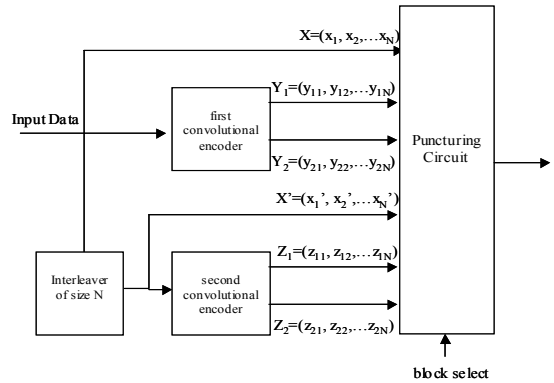


그림 7. H-ARQ에 사용된 터보 부호기 구조  
Fig. 7 H-ARQ is used in the turbo encoder structure

이러한 TDD 시스템 시뮬레이터를 이용하여 여러 가지 H-ARQ 방식, 즉 Chase combining, Full IR, Partial IR 방식의 시스템 효율을 분석한다. H-ARQ를 위한 터보 부호기를 그림 7에 도시하였다. 3GPP TDD 방식에 정의되어 있는 터보 부호기는 최소 1/3의 부호율을 가지고 있으나, 다양한 부호율을 가지는 H-ARQ를 구현하기 위하여 최소 1/5의 부호율을 가지는 터보 부호를 사용한다. 표 3에 H-ARQ 모의 실험을 위한 파라미터를 나타내었다. 최대 전송 회수를 3회로 하고 각 H-ARQ는 Stop-and-Wait 방식을 사용한다.

표 3. H-ARQ 모의실험 파라미터  
Table 3. The simulation parameters, H-ARQ

부호율	1/2, 2/3, 3/4
구속장	K=4 (3 Memory, 8 States)
생성 다항식	(13, 15, 17)oct
최대 전송 회수	3회
ARQ 방식	Stop-and-Wait

표 4에 Full IR과 Partial IR 방식의 재전송 회수에 따른 최종 부호율을 나타내었다. Partial IR의 경우 반복된 패킷의 부분은 부호율에 고려하지 않고 재전송시

추가된 새로운 부가 정보만을 부호율에 고려하였다.

표 4. 전송회수와 부호율과의 관계  
Table 4. The relationship between transmission frequency and code rate

	H-ARQ 타입	첫번째 전송	두번째 전송	세번째 전송
1/2 base code	Full IR	1/2	1/4	1/6
	Partial IR	1/2	1/3	1/4
3/4 base code	Full IR	3/4	3/8	1/4
	Partial IR	3/4	3/5	1/2

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 전송 됨을 가정하여 시스템 효율을 분석하였다. 그림 8에서 그림 10에 UE의 속도 10km/hr일 경우 각 H-ARQ 방식의 부호율에 따른 TDD 시스템의 주파수 효율을 나타내었다.

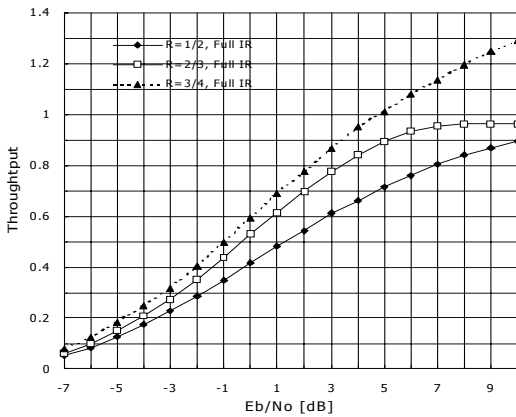


그림 8. TDD 시스템에서 Full IR의 주파수 효율 (v=10km/hr, 1path)  
Fig. 8 Full IR spectral efficiency of TDD systems (v=10km/hr, 1path)

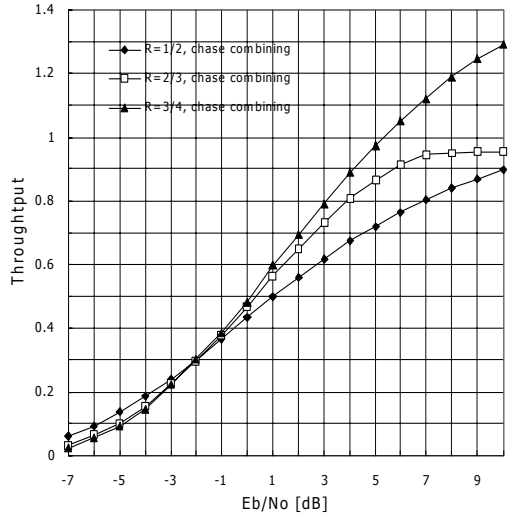


그림 9. TDD 시스템에서 Chase Combining의 주파수 효율 (v=10km/hr, 1path)  
Fig. 9 Chase Combining in TDD system, the frequency (v=10km/hr, 1path)

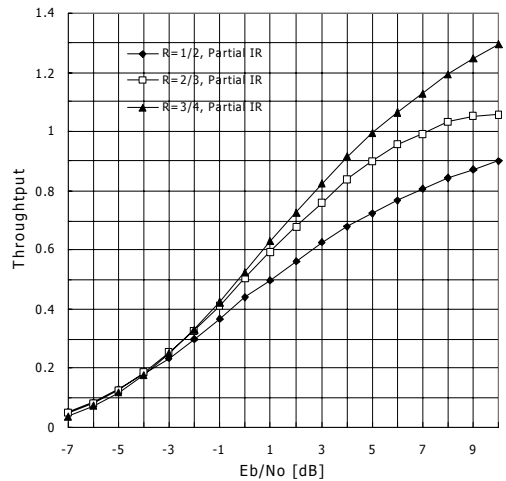


그림 10. TDD 시스템에서 Partial IR의 주파수 효율 (v=10km/hr, 1path)  
Fig. 10 Partial IR spectral efficiency of TDD systems (v=10km/hr, 1path)

#### IV. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 위한 고속 패킷 전송 방식으로 3GPP TDD방식을 고려하여 터보 부호를 사용한 H-ARQ 기법에 관하여 그 성능을 분석하였다. TDD 시스템에서 여러 가지 H-ARQ 방식을 적용하여 시스템 효율을 분석한 결과, 시스템의 주파수 효율은 Full IR > Partial IR > Chase combining > No H-ARQ의 순서대로 나타난다. 부호율에 따른 성능을 살펴보면 전반적으로 높은 부호율을 기반으로 하는 H-ARQ의 성능이 우수하게 나타나게 된다. Full IR의 경우 R=3/4를 기반으로 하는 방식이 R=2/3, R=1/2을 기반으로 하는 방식에 비해 커다란 이득을 보이며, 이는 R=3/4을 기반으로 하는 Full IR의 경우 재전송 되어 나타나는 부호의 에러 정정 능력의 향상이 R=2/3, R=1/2방식에 비해 크기 때문이다. Chase combining 과 Partial IR의 경우도 R=3/4기반의 방식이 다른 방식에 비해 높은 주파수 효율을 보이지만 그 차이는 크지 않다. 적용형 H-ARQ를 사용하게 되면 기존의 고정 부호율 방식에 비하여 순시적으로 변화하는 페이딩 채널에 대한 적용도가 향상되어 주파수 효율이 향상되며 H-ARQ방식 가운데 비교적 복잡도가 적은 chase combining 기법을 사용하여 Full IR 기법에 근접하는 성능을 보여 주게 된다.

#### 참고 문헌

[1] S. Lin and D. Costello, Jr., Error Control Coding : Fundamentals and Applications, Prentice Hall, 1983.

[2] J. Hagenauer, Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes(RCPC Codes) and their Applications, IEEE Trans. Commun., vol. 36, pp. 389-400, Apr. 1988.

[3] 3GPP TS 25.221: "Physical Channels and Mapping of Transport Channels onto Physical Channels (TDD)".

[4] 3GPP TS 25.222: "Multiplexing and Channel Coding (TDD)".

[5] 3GPP TS 25.223: "Spreading and Modulation (TDD)".

[6] 3GPP TS 25.224: "Physical Layer Procedures

(TDD)".

[7] H. Lou et. al., Performance of Punctured Channel Codes with ARQ for Multimedia Transmission in Rayleigh Fading Channels, VTC pp. 282-286, 1996.

[8] TIA/EIA/IS-2000.2 (Ballot Version)

[9] Krishna R. Narayanan, Gordon L. Stuber, A Novel ARQ Technique using the Turbo Coding Principle IEEE Communications letters, VOL. 1, NO. 2, March 1997.

#### 저자 소개



#### 석경휴(Kyung-hyu Suk)

1995년 2월 호남대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1997년 8월 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

2005년 2월 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학박사)

청암대학 병원의료정보과

한국직업능력개발원 통신분야 평가위원

한국의료정보협회 이사

※ 주관심분야 : 데이터통신시스템, 병원망, 신경망



#### 박성호(Sung-ho Park)

2008년 8월 조선대학교 대학원 컴퓨터학과(공학박사)멀티미디어 학회 이사

전남도립대학 U-산업정보과

※ 주관심분야 : 인공지능, 정보관리, 운영체제