

# 사후 정보 값의 부호 변화를 이용한 부분 재전송 방식의 터보 HARQ

## Partial Retransmission Turbo HARQ Using the Sign Transitions of *A Posteriori* Values

장연수 · 윤동원 · 현광민\* · 이상현

Yeonsoo Jang · Dongweon Yoon · Kwangmin Hyun\* · Sanghyun Lee

### 요 약

대용량 데이터 전송을 위한 무선 통신 시스템에서는 높은 신뢰도를 보장하는 오류 보상 기법이 요구되며, 그러한 기법 중 하나로 재전송 방식과 터보 부호를 결합한 터보 HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request) 기법이 여러 문헌에서 연구되어 오고 있다. 기존 터보 HARQ 기법의 경우, 수신 데이터의 일부만이 오류 정정 가능함에도 불구하고 NAK 신호 발생 시에 송신단에서는 정해진 정보 패킷 전체를 반복 전송하게 된다. 이와 같은 과정에서 재전송이 요구되는 정보 패킷 중 필요한 일부분만을 송신할 경우 시스템의 전송 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서는 전송 효율을 높이기 위한 방법으로 사후 정보 값의 부호 변화를 이용한 오류 데이터 판단 기준 및 부분 재전송 방식을 이용한 터보 HARQ 기법을 제안한다. 제안된 기법에 대한 모의 실험을 통해 전송 효율을 도출하고 성능을 분석한다.

### Abstract

Since error compensation schemes guaranteeing high reliability are required in wireless communication systems for the transmission of the large amount of data, as an efficient error compensation scheme the turbo HARQ scheme combining automatic repeat request and turbo coding has been studied in many places in the literature. In the case of conventional turbo HARQ schemes, the transmitter recognizing NAK signals repetitively sends the whole unit packet to the receiver although the received packet can be partially correctable. Through two successive processes, selection of uncorrectable error data and retransmission of only the relevant parts of the information data, transmission efficiency can be improved. In this paper, we present an error data selection criterion for retransmission using the sign transitions of *A Posteriori* values and propose a turbo HARQ scheme based on the partial retransmission technique. Through a computer simulation, we show and analyze the performance of the proposed scheme with transmission efficiency.

Key words : HARQ, Turbo Code, Partial Retransmission

### I. 서 론

무선 통신 시스템에서는 멀티미디어 정보 등의 대용량 데이터를 전송하기 위해 높은 신뢰도를 보장

「이 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 우주기초원천기술개발 사업(NSL: National Space Lab.)으로부터 지원 받아 수행되었습니다(2011-0018664).」

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과(Department of Electronics Computer Engineering, Hanyang University)

\*강릉원주대학교 정보통신공학과(Department of Information & Telecommunication Engineering, Gangneung-Wonju National University)

· 논문 번호 : 20110523-045

· 교신저자 : 윤동원(e-mail : dwyoon@hanyang.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 7월 29일

하는 오류 보상 기법이 요구되어진다. 오류 보상 기법은 크게 재전송 방식(ARQ: Automatic Repeat re-Quest)과 순방향 오류 정정(FEC: Forward Error Correction)으로 분류된다. 재전송 방식의 경우 채널 상태에 따라 효율적인 전송이 가능하지만 지연 시간이 발생하게 되며, 순방향 오류 정정의 경우 그 자체로 강력한 오류 정정 성능을 보이지만 채널 상태에 따라 정정이 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 이러한 점들을 상호 보완할 수 있도록 두 방식을 결합한 Hybrid ARQ(HARQ) 기법이 제안되었으며, 그 중 순방향 오류 정정 부호로 터보 부호를 사용하는 방식을 터보 HARQ라고 한다<sup>[1]~[3]</sup>.

터보 HARQ는 크게 부가 정보 고정 방식과 부가 정보 증가 방식으로 나눌 수 있다<sup>[4]</sup>. 두 방식 모두 정해진 길이의 비트들로 구성된 단위 패킷을 재전송하게 되며, 이 경우 수신 데이터 패킷의 일부분이 오류 정정 가능함에도 불구하고 NAK 신호 발생 시에 송신단에서는 재전송 규칙에 따라 단위 정보 데이터 패킷 전체를 재전송하기 때문에 전송 효율이 저하되는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 재전송이 요구되는 정보를 판단하여 부분적으로 송신한다면 시스템의 전송 효율을 높일 수 있을 것이다. 이러한 재전송을 위해서는 정정하기 어려운 오류가 발생한 정보를 판단하기 위한 기준이 먼저 설정되어야 한다. 본 논문에서는 터보 부호 반복 복호 과정에서 발생하는 사후 정보 값(A Posteriori Values)의 부호(sign) 변화를 이용하여 정정하기 힘든 오류에 대한 판단 기준을 제시하고, 이러한 판단 기준을 바탕으로 한 부분 재전송 방식의 터보 HARQ 기법을 제안한다. 제안된 기법은 상·하향 링크의 비대칭 구조를 갖는 무선 통신 시스템에서 하향 링크의 전송 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 터보 HARQ 방식에 대해서 살펴본 후, 3장에서는 제안하는 부분 재전송을 위한 오류 데이터 판단 기준 및 그를 이용한 터보 HARQ 기법을 제시하고 처리 과정을 설명한다. 4장에서 모의 실험을 통해 평균 전송 효율을 도출하고, 기존 터보 HARQ의 전송 효율과 비교하여 제안된 기법의 성능을 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

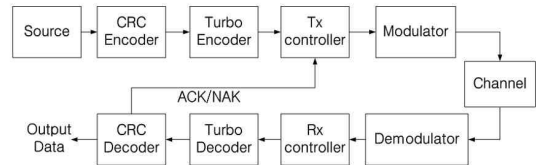


그림 1. 터보 HARQ 시스템  
Fig. 1. Turbo HARQ system.

## II. 터보 HARQ

### 2-1 터보 HARQ 구조

터보 HARQ는 오류 정정을 위한 터보 부호기, 복호기 부분과 데이터 재전송을 판단하기 위한 오류 검출 부분으로 이루어진다. 터보 HARQ 시스템의 구조는 그림 1과 같다<sup>[5]</sup>.

ARQ 결정에 사용되는 오류 검출 기법으로는 CRC (Cyclic Redundancy Check) 방식이 널리 사용된다. CRC 부호기에서는 CRC 다항식에 의해 각 프레임마다 오류 검출 비트가 추가되고, 터보 부호기에서는 부호율에 따라 부가 비트가 더해진다. 그림 2에는 그림 1의 터보 HARQ 시스템에서 사용될 수 있는 터보 부호기 블록 구조의 예를 나타내었다<sup>[6]</sup>.

정보 비트는 두 개의 RSC(Recursive Systematic Convolutional) 부호기에 입력되는데, 두 번째 RSC에는 인터리빙된 비트가 입력되며,  $N$  비트의 입력에 대해서 총  $3 \cdot N$  비트가 출력된다.  $i$ 번째 입력 비트  $x_i$ 에 대한 출력은 정보 비트인  $x_i$ , 첫 번째 RSC 부호기의 출력인  $p_i$ , 두 번째 RSC 부호기의 출력인  $p'_i$  순으로 내보내진다. 터보 부호기의 출력은 변조되어 채널을 통과하게 된다. 수신단에서는 우선 복조 과정을

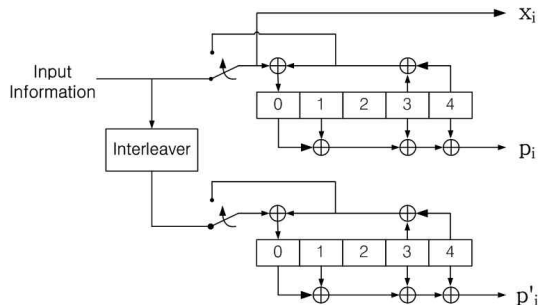


그림 2. 터보 부호기 블록의 예  
Fig. 2. Example of turbo encoder.

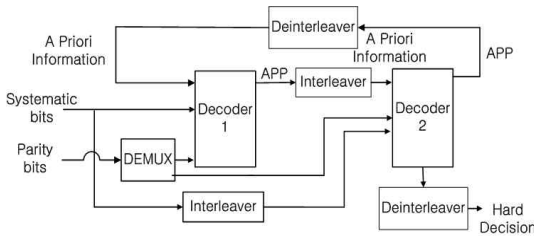


그림 3. 터보 복호기의 구조  
Fig. 3. Structure of turbo decoder.

정을 거치게 되는데, 이때 대수우도비(LLR: Log Likelihood Ratio) 값이 계산되어 터보 복호기의 입력으로 사용된다. 터보 복호기에서는 반복 복호 과정을 통해 오류를 정정한다. 터보 복호기의 구조를 그림 3에 나타내었다<sup>17)</sup>.

터보 복호기는 인터리버, 디인터리버와 두 개의 복호기로 이루어져 있고, 출력이 입력으로 반복 교환하면서 복호가 수행된다. 전단의 출력이 다음 복호기의 사전 정보 값(A Priori Values)으로 이용됨으로써, 복호를 반복할수록 오류 정정 능력이 향상되는 구조를 가지고 있다. 정해진 횟수만큼 반복 복호가 끝난 후 두 번째 복호기의 출력 값은 경판정(hard decision)에 의해 정보 비트로 결정되며, CRC 복호기로 입력된다. CRC 복호기에서는 부호기와 동일한 CRC 생성 다항식을 이용해 오류를 검출한다. 이 과정에서 오류가 없을 경우 송신단에 ACK가 보내지고 다음 프레임을 송신하게 되며, 오류가 검출되었을 경우 송신단에는 NAK가 보내지고 현재 프레임을 재전송한다.

2-2 기존의 터보 Hybrid ARQ 방식

터보 HARQ는 부가 정보 고정 방식과 부가 정보 증가 방식으로 구분할 수 있다. 부호율이 1/3일 경우, 고정된 부가 정보 방식에서는 그림 4와 같이 매 전송마다  $N$ 개 정보 비트에 대해  $3 \cdot N$ 개의 비트를 전송한다.

수신단에서는 전송된 데이터에 대해 부호율 1/3에 해당하는 반복 복호를 수행한다. 반복 복호가 끝난 후 추정된 데이터는 CRC 검사에 의해 오류 존재 여부를 판단하여 오류가 포함되어 있지 않을 경우에는 정보를 사용자에게 전달하고, 오류가 검출되면

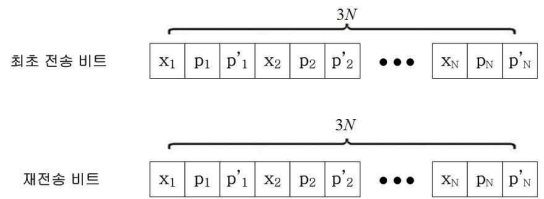


그림 4. 부가 정보 고정 방식의 전송 비트  
Fig. 4. Transmission bits for fixed redundancy HARQ.

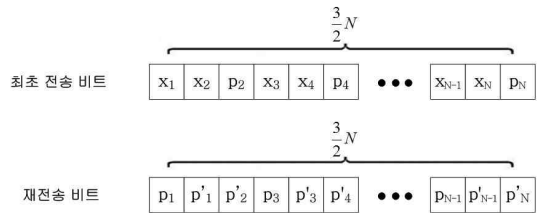


그림 5. 부가 정보 증가 ARQ 방식의 전송 비트  
Fig. 5. Transmission bits for increased redundancy HARQ.

NAK을 송신단에 보내어 동일한 데이터를 재전송한다. 이때 이전에 수신된 데이터는 모두 버리고 재전송을 통해 새로운 데이터가 수신되면 위의 과정을 반복하게 된다.

부가 정보를 증가시키는 방식은 부호율 1/3에 해당하는 터보 부호화를 수행한 후 최초 전송 시에는 2/3에 해당하는 정보를 송신하고, 나머지 부가 정보는 저장해 놓는다. 그리고 수신단으로부터 NAK이 수신되면 저장되어 있던 부가 정보를 재전송한다. 부호율을 변화시키는 방식에서는 그림 5와 같이 매 전송마다  $(3/2) \cdot N$ 개의 비트를 전송하게 된다.

수신단에서는 최초 전송된 데이터를 이용하여 부호율 2/3에 해당하는 복호를 수행한다. 복호를 마친 후 오류가 검출되었을 경우 현재 수신된 데이터를 저장하고 NAK을 송신단에 전송한다. 그리고 나머지 부가 정보가 재전송되면 이전에 저장된 데이터와 합쳐진 후 부호율 1/3로 복호를 수행한다. 이러한 경우 송신단에서는 전송 시 증가된 부가 정보를 전송하게 되므로 고정된 부가 정보 방식에 비해 재전송 데이터량을 감소시킬 수 있으나, 낮은 부호율로 복호를 시작하기 때문에 재전송 횟수가 증가할 수 있다. 또한 최초 수신된 데이터 자체에 오류가 심할 경우, 재전송된 부가 정보를 합친다고 하더라도 오류를 정정

하기 어려울 가능성이 높아진다. 위에서 살펴본 바와 같이 기존의 터보 HARQ 기법의 경우, 수신 신호에 정정 가능한 오류가 부분적으로 포함되어 있음에도 불구하고 모든 정보에 대한 데이터를 재전송하게 되어 전송 효율 면에서는 우수하다고 할 수 없다.

### III. 사후 정보 값의 부호 변화를 이용한 부분 재전송 방식의 HARQ 기법

#### 3-1 부분 재전송을 위한 정보 판단

수신단에서 오류가 검출되면 송신단에서는 재전송과정을 수행하게 된다. 이때, 모든 데이터에 대한 정보를 전송하지 않고 복호기에서 정정이 어려운 오류가 발생한 부분을 판단하여 그 부분만을 재전송하게 된다면 시스템의 전송 효율을 높일 수 있을 것이다. 이러한 재전송을 위하여 먼저 정정하기 어려운 오류가 발생한 정보를 판단하기 위한 기준이 설정되어야 한다. 재전송 정보 판단을 위해 우선 터보 부호의 반복 복호 과정을 살펴본다. 터보 부호의 반복 복호 과정을 그림 6에 나타내었다<sup>7)</sup>.

반복 복호 구조의 터보 복호기는 SISO(Soft-Input Soft-Output) 방식의 복호기 두 개로 구성된다. 이러한 복호기는 모든 정보 비트  $u$ 에 대한 사전 정보 값, 채널 신뢰도 값(channel reliability value)  $L_c$ , 수신된 LLR값  $y$ 를 입력으로 하여 사후 정보 값  $L_n^{(i)}(\hat{u})$ 을 출력한다. 여기에서  $i$ 는 반복 복호 횟수를 나타내며,  $n$ 번째 복호기의 출력 값을 의미한다. 사후 정보 값은 외부 정보 값(extrinsic values)  $Le_n^{(i)}(\hat{u})$ 로 연산되어 다음 복호기의 사전 정보 값으로 입력된다. 각 복호기의 외부 정보 값 계산식은 다음과 같다<sup>7)</sup>.

$$Le_1^{(i)}(\hat{u}) = L_1^{(i)}(\hat{u}) - [L_c \cdot y + Le_2^{(i-1)}(\hat{u})] \quad (1)$$

$$Le_2^{(i)}(\hat{u}) = L_2^{(i)}(\hat{u}) - [L_c \cdot y + Le_1^{(i)}(\hat{u})] \quad (2)$$

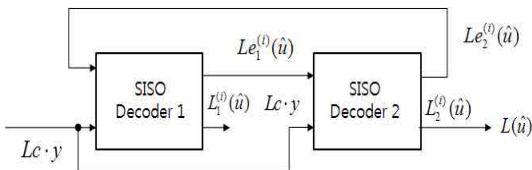


그림 6. 반복 복호 과정  
Fig. 6. Iterative decoding procedure.

각 복호기에서는 출력된 사후 정보 값과 이전 복호기의 외부 정보 값을 사용하여 현재 복호기의 외부 정보 값을 계산한다. 이러한 과정을 통해 정해진 최대 반복 횟수만큼 복호가 이루어진 후 두 번째 복호기의 사후 정보 값은 터보 복호기의 최종 출력 값이 된다. 각 복호 과정이 수행될 때마다 두 번째 복호기의 출력인 사후 정보 값은 복호가 성공적으로 이루어지는 비트에 대하여 그 크기가 급격히 증가하는 특징을 갖는다. 또한, 복호 과정을 마친 후에도 정정되지 않는 오류가 나타나는 지점의 값은 그 크기가 매우 작으면서 부호 값도 불규칙적으로 바뀌는 성향을 나타낸다<sup>8)</sup>.

본 논문에서는 터보 복호기 출력값의 이러한 특성을 이용하여 부분 재전송을 위한 정보 판단 과정을 제안한다. 먼저, 최대 반복 복호 횟수를  $K$ 라고 할 때,  $L_2^{(K-1)}(\hat{u})$ 의 부호 값을 저장한다. 그리고  $K$ 번째 반복 복호 후, 두 번째 복호기에서 순차적으로 출력되는  $L_2^{(K)}(\hat{u})$ 를 저장되어 있는  $L_2^{(K-1)}(\hat{u})$ 의 부호 값과 비교하여  $sign(L_2^{(K)}(\hat{u})) \neq sign(L_2^{(K-1)}(\hat{u}))$ 인 대수 우도비 값의 위치를 재전송이 필요한 정보로 판단한다. 이러한 판단 결과를 기준으로 하여 송신단에서는 전체 프레임이 아닌 복호기에서 요구되는 정보만을 재전송할 수 있으므로 시스템의 전송 효율을 높일 수 있다. 다음 절에서는 이러한 부분 재전송을 이용한 터보 HARQ 기법을 제시하고, 재전송 정보를 이용하여 복호가 이루어지는 과정을 살펴본다.

#### 3-2 부분 재전송 방식의 터보 HARQ 기법

본 절에서는 앞서 제시된 복호 데이터의 오류 판단 기준을 바탕으로 부분 재전송 방식을 이용한 터보 HARQ 기법을 제안한다. 부분 재전송 방식은 송신단의 데이터 선택 및 수신단의 데이터 결합 과정을 통해 효율적인 재전송을 수행하게 된다. 제안하는 터보 HARQ 기법의 송신 과정을 그림 7에 나타내었다.

송신단에서는 최초 전송일 경우 현재 데이터를 선택하여 송신한다. 그 후 피드백 신호가 ACK일 경우 다음 데이터를 선택하고, NAK일 경우 재전송 판단 기준에 의해 정해진 위치의 데이터를 재전송한다. 제안하는 터보 HARQ 기법의 수신 과정은 그림 8과 같다.

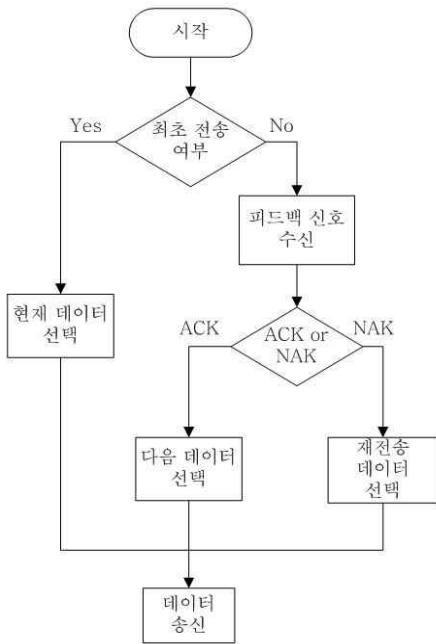


그림 7. 제안하는 터보 HARQ의 송신 과정  
 Fig. 7. Transmission procedure of proposed turbo HARQ.

최초 전송된 데이터가 수신되었을 경우 터보 복호기를 통해 반복 복호가 이루어지고, 재전송 데이터 판단 과정을 거치게 된다. 복호를 마친 데이터는 CRC 오류 판정에 따라 오류가 검출되지 않으면 송신단에 ACK 신호를 전송하고, 오류가 검출되었을 경우 송신단에 재전송 데이터에 대한 위치 정보가 포함된 NAK 신호를 전송하며 기존 데이터를 저장한다. 반면, 수신된 데이터가 재전송 데이터일 경우 저장되어 있는 기존 데이터의 오류 판단 부분을 재전송 데이터로 대체, 결합하여 반복 복호를 수행한다. 이 과정은 오류가 검출되지 않거나 정해진 최대 재전송 횟수에 이를 때까지 반복 수행된다. 재전송 신호를 이용한 수신 신호 재구성 과정을 그림 9에 나타내었다.

재전송 주소 레지스터에는 복호 데이터의 오류 판단 기준에 의해 위치 정보가 저장되며, 데이터 하나의 정보 비트와 그에 연관된 부가 정보 비트가 최소 단위를 이룬다. 기존 데이터 프레임에서 주소 레지스터에 저장된 위치 정보에 따라 정보 비트와 부가 정보 비트가 대체되는 과정을 통해 재결합된 수신 프레임이 생성된다.

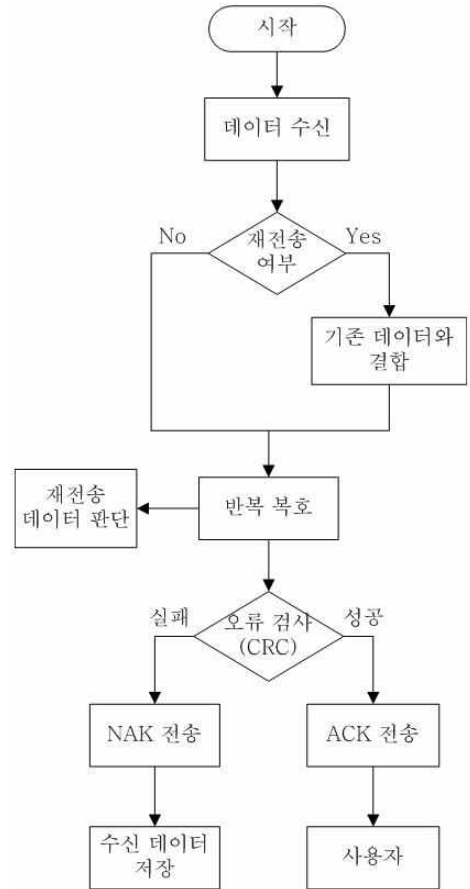


그림 8. 제안하는 터보 HARQ의 수신 과정  
 Fig. 8. Receive procedure of proposed turbo HARQ.

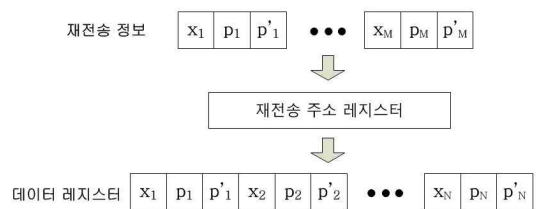


그림 9. 수신 신호 재구성 과정  
 Fig. 9. Recombine process of received signals.

기존의 부가 정보 고정 방식은 한 프레임 전체를 재전송하므로 별도의 저장 블록이 필요하지 않으며, 부가 정보 증가 방식의 경우 기존 수신 데이터를 저장하는 레지스터가 필요하다. 부분 재전송 방식의 경우 수신 데이터 레지스터와 더불어 복호 데이터의 오류 위치를 저장하는 주소 레지스터가 추가로 요구되지만, 이로 인해 정보 프레임 일부분에 대한 재전

송이 가능하다.

#### IV. 성능 분석

본 절에서는 제안된 기법의 성능을 분석하기 위해 전송 효율을 도출하고, 기존의 터보 HARQ 기법의 전송 효율과 비교한다.

임의로 생성된 정보 비트는 먼저 CRC 부호화가 이루어진다. CRC 비트 생성 및 오류 확인에 사용된 생성 다항식은 식 (3)과 같다<sup>[9]</sup>.

$$g(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \quad (3)$$

CRC 부호화된 비트는 터보 부호기로 입력되며, 모의 실험에 사용된 터보 부호의 파라미터는 표 1과 같다.

변조 방식으로는 QPSK 기법을 사용하며 CCSDS 표준 및 선행 연구를 고려하여 터보 부호기 및 복호기는 구성장 5, 프레임 사이즈 1024, 부호율 1/3, 반복 복호 횟수 10회로 설정하였다<sup>[10],[11]</sup>. 터보 복호기 출력은 CRC 복호기로 입력되며, 오류가 검출되었을 경우, NAK을 송신한다. 송신단에서는 수신단으로부터 ACK를 수신하거나 고정된 최대 전송 횟수까지 송신단에 저장된 데이터를 재전송한다. 재전송 시 모든 정보 비트에 대한 데이터를 전송하는 기존의 터보 HARQ 기법에 비해 부분 재전송 방식은 매 전송마다 선택되는 데이터량이 프레임 사이즈보다 작으므로 높은 데이터 전송 효율을 나타낼 수 있다. 제안하는 기법의 성능 분석을 위해 본 논문에서는 ARQ 방식에서의 전송 효율  $\alpha$ 를 다음과 같이 정의한다.

표 1. 모의 실험에 사용된 터보 부호의 파라미터  
Table 1. Parameters of turbo code for simulation.

구성장	5
프레임 사이즈	1024
부호율	1/3
반복 복호 횟수	10
인터리버 종류	랜덤 인터리버
연결 다항식	$G_0=10011(23 \text{ octal})$ $G_1=11011(33 \text{ octal})$

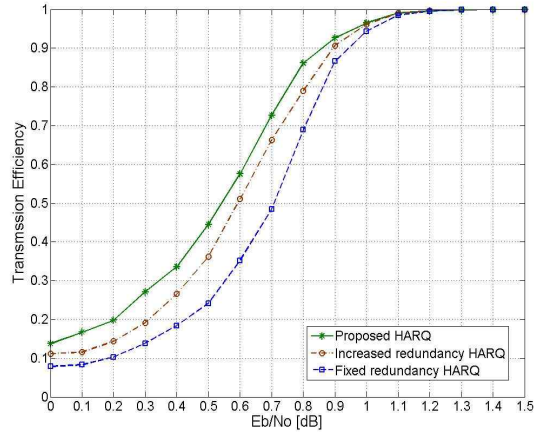


그림 10. 터보 HARQ 기법의 전송 효율  
Fig. 10. Transmission efficiency of turbo HARQ.

$$\alpha = \frac{N(1 - P_E)}{\sum_{i=1}^{k_{\max}} m_i} \quad (4)$$

여기서,  $N$ 은 프레임 길이,  $P_E$ 는 비트 오류 확률을 나타내며,  $k_{\max}$ 는 최대 전송 횟수,  $m_i$ 는  $i$ 번째 전송 시 보내진 비트의 수이다. 정의된 전송 효율  $\alpha$ 는 최대 반복 횟수만큼 데이터를 재전송하였을 때 오류 없이 수신된 비트수를 총 전송 비트수로 나눈 값을 의미하게 된다. 그림 10에 AWGN 환경에서 기존 터보 HARQ 기법과 제안하는 터보 HARQ 기법의  $E_b/N_0$ 에 따른 전송 효율을 나타내었다.

그림 10에서 알 수 있듯이 기존 터보 HARQ 기법에서는 부가 정보 증가 방식이 고정 방식에 비해 높은 전송 효율을 나타내며, 본 논문에서 제안하는 부분 재전송 방식의 터보 HARQ 기법이 기존의 두 방식에 비해 전 구간에서 높은 전송 효율을 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히,  $E_b/N_0$ 가 0.5 dB 이하인 구간에서는 부가 정보 고정 방식에 비해 두 배 가량의 전송 효율을 나타낸다. 제안하는 터보 HARQ 방식은 높은 전송 효율을 얻을 수 있는 반면, 재전송 위치에 대한 정보를 NAK 신호와 함께 송신단으로 전달해야 한다. 일반적으로 통신이 이루어지는 송신 전력 범위를 고려하였을 때 낮은  $E_b/N_0$ 에서는 전체 프레임의 10%(0.8 dB) 및 1%(1 dB) 정도에 해당하는 위치 정보가 전송되는 것을 모의 실험을 통해 확인할 수 있다. 만일 이러한 feedback 정보의 양이 전송 효

율에 영향을 줄 정도로 증가한다면 낮은 SNR에서 본 논문에서 제안한 방식 이외에 기존 방식을 혼합하여 사용하는 hybrid형 방식을 사용하거나 전송 frame 크기를 줄여 전송 효율을 제고할 필요가 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 터보 HARQ 기법 사용 시 보다 효율적인 전송 효율을 얻기 위하여, 재 전송시 정정하기 어려운 오류가 발생한 정보를 판단하기 위한 오류 데이터 판단 기준을 제시하였으며, 이러한 판단 기준을 바탕으로 한 부분 재전송 방식의 터보 HARQ 기법을 제안하고, 송·수신기에서의 데이터 선택 및 결합 과정을 설명하였다. 또한, 제안된 기법의 성능 분석을 위해 모의 실험을 통해 기존 터보 HARQ 방식과 제안된 터보 HARQ 방식의 전송 효율을 도출하고, 전송 효율 면에서 부분 재전송 방식의 터보 HARQ 기법이 우수한 성능을 나타내는 것을 확인하였다.

이동 통신 또는 위성 통신 시스템은 일반적으로 상향 링크에 비해 하향 링크의 데이터 전송량이 큰 구조이며, 최근 멀티미디어 데이터 사용량이 급증함에 따라 이러한 비대칭 구조가 심화되고 있다. 제안된 터보 HARQ 기법은 복호된 정보에서 오류가 검출되었을 경우 NAK 신호에 재전송 비트의 위치 정보를 함께 보내야 하는 측면이 있으나, 부분적인 정보 재전송을 통해 하향 링크의 데이터 전송량을 감소시키는 장점을 갖는다. 본 논문에서 제안하는 기법을 통해 대용량의 하향 링크 데이터 전송이 요구되는 통신 시스템의 하향 링크 트래픽 부담을 감소시키는 기법으로 적용 가능할 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] K. Narayanan, G. Stuber, "A novel ARQ technique using the turbo coding principle", *IEEE Communications Letters*, vol. 1, no. 2, pp. 49-51, Mar. 1997.  
 [2] E. Uhlemann, T. Aulin, L. Rasmussen, and P. Wi-

berg, "Hybrid arq based on serially concatenated block codes using iterative decoding for real-time communication", in *Proc. Radio Vetenskap och Kommunikation*, Stockholm, Sweden, pp. 517-521, Jun. 2002.

[3] S. Kallel, "Analysis of type II hybrid ARQ schemes with code combining", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 38, no. 8, Aug. 1990.  
 [4] 조성철, 조대순, 이유로, 정인철, 어윤, 권동승, "CDMA/TDD 시스템에서 터보 부호를 사용한 HARQ 기법 연구", 한국전자통신연구원 전자통신동향 분석, 16(6), pp. 9-18, 2001년 12월.  
 [5] J. Hamorsky, U. Wachsmann, J. Huber, and A. Cizmar, "Hybrid automatic repeat request scheme with turbo codes", in *Proc. Int. Symp. on Turbo Codes*, pp. 247-250, Sep. 1997.  
 [6] C. Berrou, A. Glavieux, and P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo codes", in *Proc. ICC '93*, pp. 1064-1070, Geneva, Switzerland, May 1993.  
 [7] M. Soleymani, Y. Gao, and U. Vilaipornsawai, *Turbo Coding for Satellite and Wireless Communications*, Kluwer Academic Publishers, pp. 23-50, 2002.  
 [8] R. Shao, S. Lin, and M. Fossorier, "Two simple stopping criteria for turbo decoding", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 47, no. 8, Aug. 1999.  
 [9] Thomas Schmidt, "CRC generating and checking", *Microchip Technology*, 2000.  
 [10] "Report concerning space data system standards: TM synchronization and channel coding-summary of concept and rationale", *Green Book CCSDS 130.1-G-1*, issue 1, Jun. 2006.  
 [11] D. Rowitch, B. Milstein, "On the performance of hybrid FEC/ARQ systems using rate compatible punctured turbo codes", *IEEE Transactions on Communications*, vol. 48, no. 6, Jun. 2000.

장 연 수



2009년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)  
2009년 3월~현재: 한양대학교 전자통신공학과 석·박사통합과정 [주 관심분야] 무선 통신, 위성 및 우주 통신

현 광 민



1989년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)  
1992년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학석사)  
2004년 2월: 한양대학교 전자통신 전파공학과 (공학박사)  
1995년~1996년: (사)고등기술연구

원

1997년~2001년: (주)케이엠더블유  
2004년~2005년: 인텔 코리아  
2005년~2006년: 국립원주대학 정보통신과 전임강사  
2007년~현재: 강릉원주대학교 정보통신공학과 부교수 [주 관심분야] 디지털통신, 이동통신, 통신신호처리

윤 동 원



1989년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)  
1992년 2월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학석사)  
1995년 8월: 한양대학교 전자통신 공학과 (공학박사)  
1995년~1997년: 동서대학교 정보

통신공학과 전임강사

1997년~1997년: 한국전자통신연구소 초빙연구원  
1997년~2004년: 대전대학교 정보통신공학과 부교수  
2002년~2005년: 한국전자통신연구원 초빙연구원  
2004년~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수 [주 관심분야] 통신 이론, 무선 및 이동 통신, 위성 및 우주 통신

이 상 현



2007년 2월: 한양대학교 전자전기 컴퓨터공학부 (공학사)  
2009년 8월: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)  
2009년 8월~현재: 대한항공연구소 [주 관심분야] 이동 통신, 무선 통신