

터보코드와 BCH코드의 연쇄부호화를 이용한 무선 ATM셀 전송의 성능 분석[†] (Performance of Wireless ATM Cell Transmission with Concatenated Turbo and BCH Coding)

문 병 현*, 권 광 영**
(Byung-Hyun Moon, Kwang-Young Kwon)

요약 본 논문에서는 무선 ATM환경에서 ATM 셀을 전송할 때 터보부호와 BCH 부호를 이용한 연쇄 부호를 제안하여 비트 오류확률, 셀 손실 확률을 분석하였다. 사용된 연쇄부호는 부호율이 1/2인 터보부호와 오류정정 능력이 5비트와 15비트를 갖는 BCH부호를 이용하였다. 연쇄부호를 사용할 경우 터보코드를 사용할 때와 비교하여 비트 오류확률이 0.001에서 0.2dB 와 0.4dB 비트 오류확률 성능향상을 보였다. 또한 셀 손실률이 0.01에서 연쇄부호를 사용할 경우 터보코드를 사용할 때 보다는 0.1dB 및 0.2dB 개선됨을 보였다.

Abstract In this paper, a concatenated turbo and BCH coding is proposed for the wireless ATM cell transmission and the bit error rate(BER) and the cell loss ratio(CLR) for the proposed system is obtained. Turbo code with code rate of 1/2 and BCH code with error correction capability of 5 and 15 bits are used in the simulations. It is shown that the proposed system obtained about 0.2 and 0.4 dB gain over the conventional Turbo code at bit error rate of 0.001. Also, the proposed system obtained about 0.1 and 0.2 dB gain over the conventional Turbo code at cell loss rate of 0.01.

1. 서론

최근 무선 ATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode)은 무선 채널을 통해 이동 환경에서도 유선 ATM과 접속할 수 있고, 유선 ATM에서 지원하는 다양한 형태의 광 대역 서비스를 지원할 수 있다.[1] 현재 무선 ATM(Wireless Asynchronous Transfer Mode)은 광 대역 무선 멀티미디어 통신을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.[2][3] 다양한 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서 ATM의 유료 부하 공간(Payload Mode)은 실시간 음성이나 영상과 같은 서로 다른 데이터들을 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해 부호화를 거치게 된다. 무선 ATM에서는 높은 신뢰성을 갖는 데이터 전송이 요구되며 무선 ATM통신망에서 사용자가 원하는 QoS(Quality of

Service)를 만족시키기 위한 오류제어기법은 채널의 특성에 따라 여러 가지 형태로 변형될 수 있으나, 기본적인 방법으로 오류정정 부호를 사용하는 것이다. [4]-[7]

일반적으로 블록부호에 비해 컨벌루션부호가 오류정정 능력이 우수하다. 재귀 컨벌루션부호(Recursive Convolutional Codes) 두 개와 한 개의 인터리버를 병렬로 연결한 터보부호는 다중 전송률을 지원하는 차세대 이동통신 시스템에서 고속 데이터 통신을 위한 오류정정 방식으로 터보부호가 차세대 채널코딩 방법으로 대두되고 있다. 터보부호는 Shannon의 정리에 근접하는 채널 용량을 위한 신호 대 잡음비의 개선에 있어 현재까지 알려진 채널 코딩 방법 중에서 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 오류정정 방법 중 연쇄부호(Concatenated Code)방식은 특성이 다른 두 가지 오류정정부호 방법을 연속적으로 사용하는 것이다. 연쇄부호(Concatenate Code) 오류정정은 부호율에 비하여 정보 복원능력이 우수하기 때문에 높은 신뢰성이 요구되는 시스템에서 많이 사용되고 있다.

본 논문에서는 여러 가지 연쇄부호(Concatenated

*대구대학교 정보통신공학부 부교수

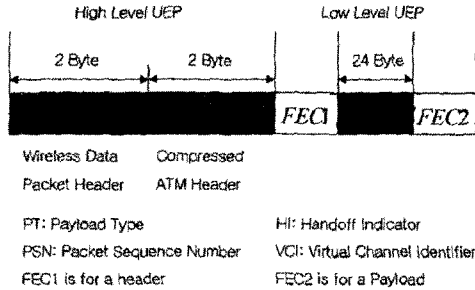
**필렐레콤 재직

†이 논문은 대구대학교 2002년 학술연구비의 지원에 의해 수행되었습니다.

Code)의 형태가 있지만 BCH부호와 터보부호를 연쇄부호의 형태로 제안하였다. 제안한 연쇄부호로 오류정정을 한 후 무선 ATM에서 비트 오류율(Bit Error Rate)과 프레임 오류율(Frame Error Rate)의 성능을 시뮬레이션을 통하여 오류정정이 없을 경우와 컨벌루션부호를 사용할 경우와 비교 분석하였다.

2. 무선 ATM 셀 구조 및 부분연쇄부호 블록도

무선 ATM에서 DLC(Data Link Control) 패킷(Packet) 형태는 기존의 ATM셀에서 표준 헤더(Header)를 무선 ATM 헤더로 바꾼 것이다. 기존의 ATM셀은 5바이트의 헤더와 48바이트의 Payload로 구성된다. 그러나 무선 ATM셀은 무선환경에 적합하도록 <그림 1>과 같이 4바이트의 헤더와 24바이트의 Payload로 구성되어있다. 일반적으로 헤더는 Payload보다 중요시되며 헤더는 압축된 ATM 헤더와 무선 ATM 헤더로 구성된다. FEC1은 무선 ATM 헤더 부분을 BCH부호로 부호화할 때 발생하는 패리티 비트이며 FEC2는 부호화된 헤더 및 Payload를 터보코드로 부호화할 때 생기는 패리티 비트이다.



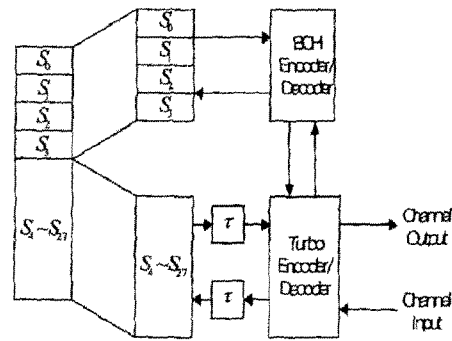
<그림 1> DLC 패킷 무선 ATM 셀

<그림 2>에서는 BCH코드와 터보코드를 이용한 연쇄부호를 사용할 경우의 부호기 및 복호기의 구조를 나타내었다. 전송할 ATM셀은 헤더와 Payload로 나누고 4바이트의 헤더는 BCH 부호기에서 부호화된다. Payload는 BCH 부호기의 부호화 처리 시간 만큼 지연되어 헤더의 부호화된 데이터와 동기를 맞추어서 터보부호기에 입력되어 채널로 전송된다. 부분 연쇄부호의 복호기는 부호기의 역순으로 진행된다. 본 논문에서 사용된 BCH부호는 BCH(63, 36)과 BCH(127, 36)를 사용하였다. 그리고 오류정정 비트 수는 각각 5와 15로 주어진다. BCH(63, 36)의 생

성다항식 $g_1(x)$ 는 식(2.1)에서 보논바와 같다.

$$g_1(x) = x^{27} + x^{22} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{15} + x^8 + x^4 + x + 1 \quad (1)$$

BCH(127, 36)의 생성다항식 $g_2(x)$ 는 식(2)와 같이 주어진다.



<그림 2> 연쇄부호 블록도

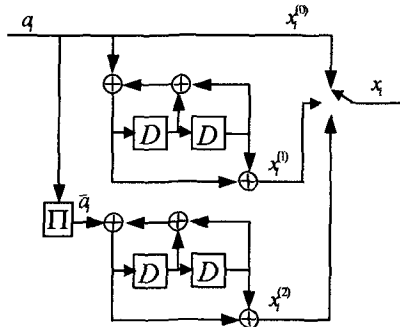
$$g_2(x) = x^{91} + x^{90} + x^{87} + x^{86} + x^{83} + x^{82} + x^{77} + x^{76} + x^{75} + x^{74} + x^{71} + x^{70} + x^{68} + x^{67} + x^{65} + x^{64} + x^{62} + x^{60} + x^{58} + x^{55} + x^{51} + x^{49} + x^{48} + x^{47} + x^{45} + x^{41} + x^{38} + x^{35} + x^{34} + x^{33} + x^{32} + x^{31} + x^{29} + x^{26} + x^{24} + x^{23} + x^{22} + x^{21} + x^{20} + x^{17} + x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x^2 + 1 \quad (2)$$

3. 터보코드 구조

일반적인 터보 부호기는 <그림 3>과 같이 나타난다. 터보 부호기는 두 개의 동일한 재귀 컨벌루션코드(Recursive Systematic Convolution Code)가 병렬로 연결되어있다. 상위의 재귀컨벌루션 부호기는 입력정보 비트 a_i 를 받고, 하위의 재귀컨벌루션 부호기는 램프 인터리버된 입력정보 비트 \bar{a}_i 를 받는다.

<그림 3>에서 보는 바와 같이 $x_i^{(0)}$ 는 입력비트 a_i 와

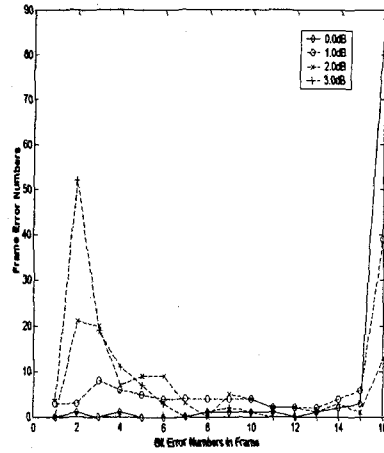
같이 주어지는 터보부호기의 Systematic 출력이다. 패리티 비트는 상위의 재귀컨벌루션 부호기와 하위의 재귀컨벌루션 부호기 입력 정보비트의 조합으로 $x_i^{(1)}$ 과 $x_i^{(2)}$ 를 얻을 수 있다. 본 논문에서 사용된 재귀컨벌루션 부호기의 생성다항식은 8진법으로 (7,5)를 사용하였다. 또한 터보부호기의 부호율은 1/2을 사용하였고 부호율 1/2을 얻기위해 패리티 비트 $x_i^{(1)}$ 과 $x_i^{(2)}$ 가 번갈아가며 천공되었다.



<그림 3> 부호율1/3인 터보 부호기

4. 제안된 연쇄부호의 성능 평가

무선 ATM셀 전송시 연쇄부호를 사용하기 위해 먼저 부호율이 $r=1/2$ 인 터보 부호만을 사용할 때 ATM셀의 프레임 오류분포를 <그림III-1>에 나타내었다. 신호 대 잡음비는 -2dB에서3dB까지의 100개의 프레임이 오류가 날 때까지 프로그램이 수행되었고 각각의 신호대잡음비에서 ATM 헤더부분에서 발생한 비트 에러 수를 그래프화 하였다. 신호 대 잡음비가 높을수록 비트오류 수가 작은 것이 많이 발생함을 알 수 있다. 또한 신호대잡음비 2dB에서 비트 오류 개수가 15개 미만인 전체 비트 오류의 90% 이상을 차지함을 확인할 수 있다. 따라서 무선 ATM셀의 헤더부분을 BCH코드를 사용하여 오류 정정을 할 경우 최대 15비트 에러정정 능력이 있으면 적당한 것으로 확인 하였다. BCH부호와 터보부호를 사용하여 무선 ATM셀의 성능을 평가하기 위하여 아래와 같은 환경에서 시뮬레이션 하였다.

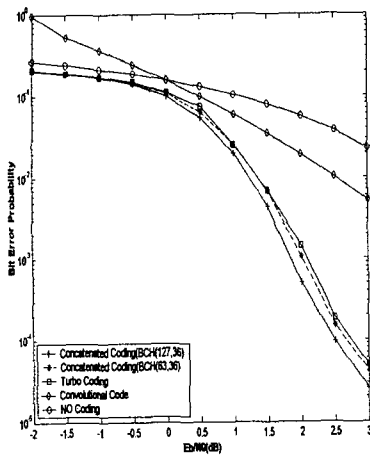


<그림 4> 부호율 1/2 터보부호 오류분포도

변조방식은 BPSK를 사용하였고 가우스잡음을 가지는 채널을 가정하였다. 터보 복호기에서 사용된 인터리버는 램덤 인터리버를 사용하였으며 LogMAP 알고리즘을 사용하여 디코딩 하였다. 프로그램 종료를 위하여 100프레임 에러가 날 때까지 계속 시뮬레이션 되도록 하였다. 또한 터보 디코더의 Iteration 수를 10으로 고정하였다. 제안한 연쇄부호는 BCH 부호와 터보부호 두 가지 형태의 오류정정을 한다. 비트 오류정정 5비트 BCH 부호와 비트 오류정정 15비트 BCH 부호 형태이다.

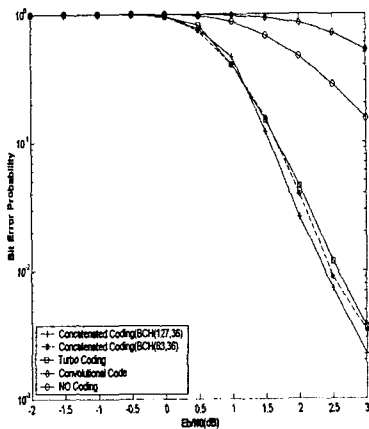
<그림 5>에서 비트 오류확률이 10^{-2} 에서 신호대잡음비를 살펴보면 컨벌루션 부호를 사용할 경우는 최소 3.5dB 이상이 되어야하며 터보코드를 사용할 경우는 신호대잡음비가 약 1.5dB가 요구 되었다. 제안한 연쇄부호를 사용하면 신호대잡음비가 1.3dB이므로 컨벌루션 부호보다는 1.7dB 이상이 개선되었고 터보부호만을 사용하는 경우보다는 약 0.2dB 개선됨을 보였다.

또한 비트 오류확률이 10^{-3} 에서는 터보코드를 사용할 경우 신호대잡음비는 약 2.2dB이고 제안한 연쇄부호 중 (63,36) BCH부호를 사용할 경우 2dB이고 (127,36) BCH 부호를 사용할 경우 1.8dB로 터보코더만을 사용할 때 보다 연쇄



<그림 5> 무선 ATM의 비트 오류확률

부호를 사용할 경우 약 0.4dB 개선됨을 알 수 있다. 무선 ATM에서 셀 손실률은 <그림 6>에서 보는 바와 같이 나타난다. 셀손실율이 10^{-2} 에서 터보코더를 사용할 경우 요구되는 신호대잡음비는 2.6dB이다. 제안된 연쇄부호 BCH(63,36)인 것은 2.5dB이고 BCH(127,36)인 것은 약 2.4dB이다. 따라서 터보부호만을 사용할 때보다 약 0.2dB 개선됨을 알 수 있다.



<그림 6> 무선 ATM의 셀 손실률

5. 결론 및 추후 연구

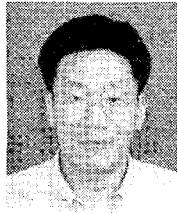
본 논문에서는 무선ATM 시스템에서 비트오류확률

및 셀 손실율을 개선하기 위하여 BCH부호와 터보부호를 이용한 연쇄부호를 제안하였다. 가우스 잡음 채널에서 시뮬레이션을 통하여 비트 오류확률에 있어서 터보코더를 사용할 경우 보다 BCH(63,36) BCH(127,36) 부호를 터보부호와 연쇄부호를 사용할 경우 0.2 dB와 0.4dB 개선됨을 보였다. 또한 셀 손실율에 있어서는 약 0.1dB와 0.2dB 개선됨을 보였다.

제안된 연쇄부호를 사용하고 페이딩 채널에서의 무선 ATM 환경에서의 비트 오류확률과 셀 손실 확률의 개선을 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] L. Dellaverson, "Proposed Charter, Work Plan and Schedule for Wireless ATM Working Group," ATM Forum. 96-0712, jun. 1996.
- [2] H. Nakamura, H. Tsuboya, M. Nakano, and A. Nakajima, "Applying ATM to Mobile infrastructure Networks," IEEE Commun. Magazine, pp. 66-73, jan. 1998.
- [3] A. Acampora, "Wireless ATM : perspective on issues and prospects," IEEE Personal Communication, pp. 8-17, Aug. 1996.
- [4] C. Berrou and Glavieux, "Near optimum error correcting coding and decoding : Turbo Codes," IEEE Trans. on Communication, vol. 44, pp. 1261-1271, 1996.
- [5] D. Raychaudhuri and N. D. Wilson, "ATM-based Transport architecture for multiservices Wireless personal Communication network," IEEE J. SAC, vol. 12, pp. 1401-1414, Oct. 1992.
- [6] S. Aikawa et. al., TDMA and antenna control technologies for ATM wireless access prototype, NTT Review, vol. 10, pp. 113-119, September 1998.
- [7] Z. Sun, S. Kimura and Y. Ebihara, "Adaptive two-level unequal error protection convolutional code scheme for wireless ATM networks, Proc. INFOCOM'2000, pp.1693-1697.



문 병 현 (Byung-Hyun Moon)

1985년 6월 미국 남일리노리
주립 대학교 졸업(공학사)
1988년 6월 미국 일리노이
주립 대학교 졸업(공학석사)
1990년 12월 미국 남감리대학교
졸업(공학박사)

1991년 9월~현재 : 대구대학교 정보통신공학부
부교수

관심분야 : 이동통신, 부호이론, 디지털통신



권 광 영 (Kwang-Young Kwon)

2000년 3월 대구대학교 정보
통신공 학부 졸업(공학사)
2000년 3월 ~ 현재 대구대학교
정보 통신공학과 석사과정
2000년 6월 ~ 현재 어필텔레콤 제작

관심분야 : 이동통신, 부호이론,
디지털통신