

# 다단 Viterbi 부호기를 사용한 가변 에러정정 기법

박태근, 이준화, 박재현, 최병석, 박현민  
명지대학교 전자공학과  
0335) 38-7577, tpark@lily.myongji.ac.kr

## Selective FEC using Multi-Stage Viterbi Coder

Tae-Kuen Park, Jun-Hwa Lee, Jae-Hyun Park, Byung-Suk Choi, Hyun-Min Park  
Electronics Engineering, Myongji University  
0335)38-7577, tpark@lily.myongji.ac.kr

**Abstract :** In this paper, to reduce BER(Bit Error Rate) in satellite ATM Networks, a new scheme for FEC(Forward Error Correction) using multi-stage Viterbi coder is proposed.

In terms of structural complexity, proposed multi-stage Viterbi coder is simpler than the traditional single-stage coder based on the same BER performances. And, through simulation, proposed coder shows excellent error correction capabilities, compared with traditional FEC schemes.

Also, we propose a selective FEC mechanism that adaptively changes the number of stages to satisfy the QoS(Quality of Service) requirements. This Selective scheme can be easily implemented using the PLCP(Physical Layer Convergence Protocol) frame structure.

### 1. 서론

ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 B-ISDN을 위한 스위칭 다중화 기술로서 멀티미디어 통신 분야에 걸쳐 광범위하게 사용될 것이다. 또한 음성, 화상, 데이터 서비스를 통합할 수 있고, 대역을 자율적으로 가변 할당할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 ATM은 광섬유를 기본 매체로 하는 지상망을 기본으로 개발되었기 때문에 실용화 측면에서 지역적, 공간적 제약을 심하게 받게 된다. 이를 보완하기 위한 방안으로 지역적,

공간적 제약으로부터 자유로운 위성과의 연동을 생각하게 되었다. ATM 네트워크와 위성의 연동으로 지역적인 특성에 부관하게 광범위한 서비스를 제공할 수 있고, 위성의 broadcast와 multipoint-to-multipoint 특성을 이용할 수 있다. 또한 새로운 사용자를 손쉽게 추가할 수 있으므로 통신망의 확장이 용이하여 진다. 이외에도 위성과의 ATM 네트워크를 연동함으로써 고품질의 서비스를 손쉽게 제공할 수 있는 장점이 있다[1].

ATM과 위성을 연동하는데 가장 큰 장애물은 지상망과 위성망간의 서로 상이한 채널의 특성이다. ATM은 광섬유와 같이 BER(Bit Error Rate)이  $10^{-9}$ 이하의 낮은 에러율을 갖는 매체를 이용하여 데이터를 전송한다는 가정하에 설계되었다. 그러므로 이에 따른 overhead가 적어 수율이 증가된다는 장점을 갖게 된다. 반면에 위성 채널은 BER이  $10^{-4}$ 이상이므로 상대적으로 많은 에러가 발생하게 된다. 이런 상이한 에러 환경으로 인하여, 기존의 ATM 통신망의 전송 방식을 채널에 그대로 적용하는 경우에는 심각한 문제가 발생하게 된다[2]. 따라서 위성 시스템에 ATM 방식을 도입하고자 하면, 위성 채널의 높은 에러율에 대처할 수 있는 방법의 개발이 선행되어야 한다. 에러율을 낮추어 위성채널의 성능 향상을 도모하는 방법은 크게 2가지로 요약될 수 있는데, Interleaving과 FEC(Forward Error Correction)

방법이 그 것이다. FEC 방법은 어느 정도의 redundancy 가 발생되지만 특정 BER 이나 주어진 신호 대 잡음비 환경하에서 특정 QoS(Quality of Service)를 만족시킬 수 있다. 그러나 복호화 과정에서 문제가 발생하면, 다수의 bit 가 그 영향을 받아 결과적으로 버스트(burst) 에러가 발생하게 된다. ATM 은 랜덤(random) 에러환경에서 robust 하게 설계되었기 때문에 버스트 에러는 ATM 의 성능을 현저히 떨어뜨리게 된다[3].

Interleaving 방식은 위성 채널로 ATM 셀(cell)을 보내기 전에 셀들을 섞어 보내는 방식으로 수신단에서 이를 다시 복원하면 버스트 에러가 랜덤 에러 특성으로 바뀌게 되고, ATM 셀의 HEC(Header Error Correction)기능을 이용하여 에러를 복원할 수 있다[4]. 그러나 위의 방식은 아주 열악한 에러 환경에서는 그 효율이 더욱 떨어지게 된다는 단점을 가지고 있다.

위성과 ATM 통신망을 인동할 때 가장 중요한 점은 QoS 를 일정 수준으로 유지시켜 주는 것이다. 위성 채널의 에러율은 날씨, 온도, 습도등의 외부 요인에 많은 영향을 받으므로, 이에 적응하는 가변 FEC 코드의 개발이 필요하게 된다.

본 논문에서는 가변 다단 부호기를 제안하였다. 낮은 constraint length 의 convolution 부호기를 다단으로 사용하고 채널의 상태에 따라 단을 변경함으로써 해서, 채널의 BER 에 대해 민감하게 반응할 수 있고 높은 constraint length 를 사용한 것보다 복호기의 구조가 비교적 간단해진다. 또한 다단을 사용함으로써 기존의 방법보다 낮은 에러 환경을 제공하게되어 에러에 의한 재전송 횟수를 최대한 줄일 수 있다.

## 2. 무선환경의 에러 특성

위성 링크에서는 데이터가 에러 없이 전송되는 것이 매우 중요하다. 링크가 고속일수록 위성채널에서의 에러는 다량의 에러 즉 버스트한 분포의 에러를 야기시키고 이는 사용자에게 매우 중대한 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

위성환경에서 발생하는 버스트 에러는, 채널의 잡음에

의한 에러를 복원하기 위한 convolution 부호기를 이용하는데, 여기서 잘못된 복호를 하게 되면 발생한다. ATM header 에 있는 에러검출 코드인 HEC 는 2-bit 에러 추식, 1-bit 에러정정만이 가능하므로 버스트 에러가 ATM 셀에 발생하게 되면 정정되지 못한다. 그러므로 대량의 셀이 폐기되는 현상이 나타난다[5][6]. 이런 FEC 의 단점을 보완하기 위해 Interleaving 이란 기술이 개발되었다. 이 기술은 여러 개의 ATM 셀을 모아 서로 섞어 버스트 에러가 발생하더라도 섞여진 셀이 다시 복원되는 과정에서 에러는 균일하게 셀블록 전체로 퍼지게 된다. 이렇게 함으로써 ATM header 에 있는 HEC 코드를 이용해 에러를 처리할 수 있게 되어 채널의 수율이 증가하는 결과를 가져온다. 또한 이 기술은 추가적인 코드가 필요치 않다는 장점이 있다 [7].

그러나 이런 기술들도 특정 환경에서는 오히려 더욱 낮은 효율을 낼 수도 있다. 또한 사용자에게 일정한 QoS 를 제공할 수 없다는 단점을 갖게 된다. 이런 단점을 보완하기 위해서는 어쩔 수 없이 더욱 강력한 FEC 를 이용해야 하는데, 그럴수록 더욱 많은 추가 코드가 필요하다. 이런 점은 위성 채널의 BER 에 따라 FEC 를 가변으로 사용하게 됨으로써 해결할 수 있다.

## 3. 다단 부호기와 가변 에러 정정 부호기

### 3.1 다단 viterbi coder

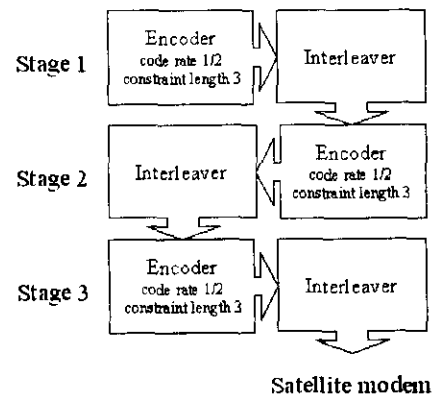


그림 1. 다단 부호기의 구조

다단 Viterbi 부호기는 그림 1과 같이 3단으로 구성되어 있다. 사용되는 convolutional 부호기는 code rate 1/2, constraint length 3이다. 그림에서 보는 바와 같이 데이터가 첫번째 부호기 단을 통과하면 대략 1비트당 2개의 비트가 생성된다. 이렇게 생성된 스트림은 Interleaving을 거쳐 다시 다음 부호기를 통과하여 다음의 스트림을 발생하게 된다. 이렇게 생성된 스트림이 위성채널을 지나는 동안 노이즈에 의해 에러를 발생하게 된다. 이렇게 해서 도착된 스트림은 다시 Viterbi 복호기로 원래의 데이터로 복원하게 된다. Viterbi 복호기 특성상 constraint length가 커질수록 에러 정정 능력은 향상이 되나, State가 많아져 복호기가 매우 복잡해지고, 필요한 버퍼의 크기도 증대한다[8]. 그러나 다단 방식을 이용함으로써 부호기나 복호기의 구조가 간단해지는 이점을 갖게 된다.

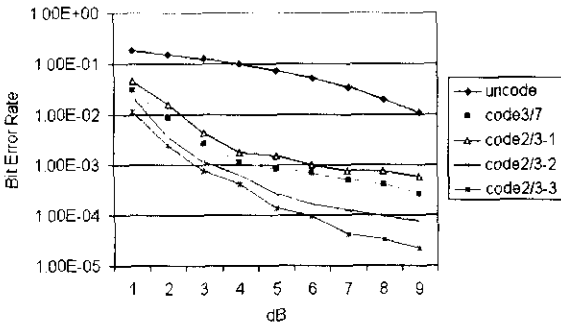


그림 2. 다단 Viterbi 부호기를 사용한 시뮬레이션 결과

그림 2는 다단 Viterbi 부호기에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. code rate 1/2, constraint length 3인 상황에서 1단, 2단, 3단일 때의 BER을 dB 별로 나타내었다. 또한 부호기를 이용하지 않았을 때 채널의 순수 BER도 나타내었으며, 기존에 많이 사용되는 code rate 3, constraint length 7에 대한 BER도 도표에 함께 나타내었다.

그림에서 보듯이 부호화 수행시에 BER이 낮아지게 되는 것을 볼 수 있다. 또한 다단을 사용함으로써 기존에 사용되던 부호기보다 더 낮은 BER을 갖게 되는 것을 알 수 있다.

3단의 경우 채널의 BER이  $10^{-2}$  정도의 아주 열악한 환경에서도 6dB에서  $10^{-4}$  정도으로써 강력한 에러 정정 능력을 갖게 된다.

### 3.2 가변 에러정정 코드

위의 시뮬레이션 결과를 보면 3단의 경우 강력한 에러 정정능력을 갖고 있음을 알 수 있었다. 그러나 다단이 될수록 code가  $2^N$ 으로 늘어나게 되므로 단을 무한히 늘릴 수 없고, 또한 너무 강력한 에러 정정능력을 가진 code가 때때로 낭비가 될 수 있다.

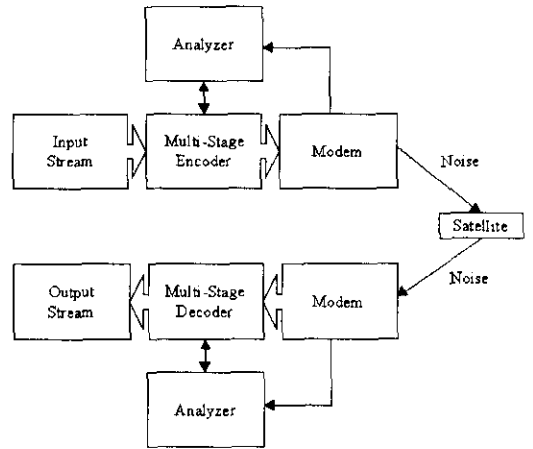


그림 3. 가변 에러정정 코드 시스템의 블록도

그림 3은 다단 viterbi coder를 갖는 가변 에러정정 코드 시스템의 구성도를 나타낸 것이다. 위성 기지국의 복호기는 에러의 수를 체크하여 analyzer에게 알려준다. Analyzer는 현재의 채널 BER의 변동에 따라 부호기의 stage 수를 조절하여, 항상 설정된 QoS를 만족 시켜주게 된다.

PLCP payload	Framing	POH	POH	PLCP
A1	A2	P11	Z6	1st ATM cell
A1	A2	P10	Z5	2nd ATM cell
A1	A2	P9	Z4	3rd ATM cell
A1	A2	P8	Z3	4th ATM cell
A1	A2	P7	Z2	5th ATM cell
A1	A2	P6	Z1	6th ATM cell
A1	A2	P5	X	7th ATM cell
A1	A2	P4	B1	8th ATM cell
A1	A2	P3	G1	9th ATM cell
A1	A2	P2	X	10th ATM cell
A1	A2	P1	X	11th ATM cell
A1	A2	P0	C1	12th ATM cell
				Trailer

A1, A2: PLCP framing bytes  
 P0-P11: Path overhead identifier (POI)  
 POH: Path overhead  
 X: Unassigned byte  
 Z1-Z6: Reserved byte (growth byte)

그림 4. PLCP frame 포맷

올바른 복호화를 하기 위해서는 발신국에서 사용된 stage의 수를 수신국에서 알아야 된다. 이 정보가 깨질 경우 심각한 에러를 발생하므로, PLCP frame의 Header 중 사용되지 않는 3개의 영역(X: Unassigned byte)에 복사하여 넣는다. 수신국의 analyzer는 위성으로부터 들어오는 스트림을 읽어들이며, 사용되는 stage의 수를 알아낸 다음 이를 복호기에 알려주어 복호 하도록 한다.

#### 4. 결론

열악한 환경의 위성 채널에서 지상망과 효율적으로 연동하기 위해서는 기존의 셀 폐기율로만 접근해서는 그 한계가 있다. 전송 중 셀 폐기가 일어난다면, 결국 time-out에 의한 재전송으로 고속이 될수록 단말의 필요 버피량이 많아지고, QoS는 유지하기 힘들어진다.

결국 기본적으로 채널 자체의 BER을 낮추어 주어야만 한다. 그러나 위성에서 사용되는 에러 정정 코드인 convolutional 부호기의 특성상 constraint length를 크게 해야만 에러 정정능력이 향상된다. 그러나 이를 크게하면 복호기쪽이 아주 복잡해지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서 제안된 다단 구조를 채택하게 되면, 비교적 작은 constraint length를 사용하기 때문에 복호기가 간단해지고, 또한 다단 구조를 가변적으로 사용하기 때문에 위성 채널의 잡음 변화에 관계없이 일정한 BER을 유지할 수 있어, QoS를 항상 일정 수준으로 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다.

#### 참고문헌

- [1] William W. WU, "Satellite Communications," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 85, No. 6, June 1997
- [2] 김대영, 김덕환, "Wireless ATM 기술", *한국통신학회지* 제 13 권 제 3 호, 1996년 3월
- [3] Thomas Kaltenschnee, Stefan Ramscier, "Impact of Burst Errors On ATM Over Satellite-Analysis And Experimental Result," *ICDSC*, pp 236 ~ 249, 1995
- [4] J. Lunsford, S. Narayanaswamy, D. Chitre, M. Neibert, "Link Enhancement For ATM Over Satellite Links", COMSAT Corporation, 1994
- [5] Ernst W. Biersack, "Performance Evaluation of Forward Error Correction in an ATM Environment," *IEEE JSAC*, Vol 11, No 4, pp 631~640, May 1993
- [6] Satoru Aikawa, Yasushi Motoyama, Masahiro Umehira, "Forward Error Correction Schemes for Wireless ATM Systems,"
- [7] Sung Ho Lim, Dong Myung Ahn, "Cell Loss Reduction by Cell Unit Interleaving in Wireless ATM Networks," IEEE, 1996
- [8] Anthony Tehan, John O. Scanlan, "A Simulation Study of Trellis-Coded Modulation for a Satellite Link," *IEEE Transactions On Communication*, Vol. 45, No. 11, November 1997