

## 성층권 통신시스템을 위한 연접부호의 성능분석

백 동 철, 안 도 섭, 구 본 준, 박 광 량  
한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 위성통신시스템연구부  
전화 : (042) 860-5759 / 팩스 : (042) 860-5949

### Performance Analysis of Concatenated Codes for High Altitude Platform System

Dong Cheol Baek, Doseop Ahn, Bonjun Koo, Kwangryang Park  
Satellite Communications System Department ETRI-Radio & Broadcasting Tech. Lab.  
E-mail : dcbaek@etri.re.kr

#### Abstract

In this paper, we introduce the concept of a HAPS(High Altitude Platform Station) system which is expected to be a next generation communication system and suggest several error correcting codes to provide high quality services. Since a HAPS system encounters serious signal attenuation due to rain and scattering in the air, concatenated codes which have a high coding gain is considered to be a proper error correcting method. In this paper, we provide performance analyses result of two candidate coding schemes for a HAPS. The first one is a conventional concatenated coding scheme, and the second one is a iterative decoding method known as Turbo Codes.

#### I. 서론

현재의 통신 시스템으로 수용이 어려운 제 4 세대 통신서비스, 즉 유무선 개념이 복합된 초고속 이동 멀티미디어 서비스 제공을 위한 새로운 통신 인프라의 개발을 위해 미국, 일본, 유럽 등 몇몇 통신 선진국을 중심으로 성층권에 통신중계기를 탑재한 비행선을 채

공시켜 고속 멀티미디어 서비스와 복지통신, 물류통신, 항공관제, 관측서비스 등의 각종 응용 무선 서비스를 제공하려는 방안이 활발히 추진중이다 [1], [2].

성층권 통신시스템이 위와 같은 고품질의 서비스를 제공하기 위해서는 채널상에서 발생하는 오류를 효율적으로 제어해야 하는데 성층권 통신시스템 채널 특성(고주파수 사용으로 의한 강우감쇠, 대기에 의한 감쇠 등) 및 운용고도(약 20.6 km) 등을 고려할 때 높은 부호화 이득(coding gain)을 갖는 연접부호(concatenated codes)의 사용이 적합하다 [3]. 실제 성층권 통신시스템과 채널환경이 비슷한 위성통신시스템에서 RS 부호(Reed-Solomon codes)와 길쌈부호(convolution codes)를 연결한 연접부호를 사용하고 있으며 성층권 통신시스템 개발업체인 미국의 SSI사(Skystation International, INC.)도 이러한 형태의 연접부호를 제안하고 있다.

성층권 통신시스템에 적용할 수 있는 다른 오류정정 부호로는 터보부호(turbo codes)와 같은 반복복호법(iterative decoding algorithm)을 사용한 연접부호이다. 이는 낮은 신호대잡음비(SNR: signal to noise ratio)에서 매우 낮은 비트오율(BER: bit error rate)을 가지지만 반복복호법에 따른 시간지연(time delay)의 문제가 발생하는 단점을 가지고 있다 [4], [5], [6], [7]. 그러나

성층권 비행선이 위성에 비해 매우 낮은 고도를 가지므로 짧은 전송 거리로 인해 지상 무선통신 시스템에서와 같이 전송 지연을 거의 무시할 수 있기 때문에 이러한 반복복호법을 사용하는 연접 부호가 충분히 적용가능 하리라고 판단된다.

본 논문에서는 성층권 통신시스템의 개념에 대해 간략히 소개하고 이를 통해 고품질의 서비스를 제공하기 위한 방법으로 국외 개발업체가 제안한 연접부호, 최근의 부호이론 분야에서 각광받고 있는 반복복호법을 사용한 연접부호 등 다양한 형태의 오류정정부호에 대해 시뮬레이션을 수행하여 이의 성능을 비교 분석한다.

## II. 성층권 통신시스템 개념

성층권 통신시스템은 대류권(Troposphere)과 중간권(Mesosphere) 사이의 성층권(Stratosphere, 지상 약 20~80km 상공)에 무선 중계기를 탑재한 비행선을 일정 위치에 유지시키고, 각종 무선통신 서비스를 제공하는 시스템이다. 비행선이 제공하게 될 성층권의 주요 특징으로는 비교적 기상 조건이 안정되어 있고, 항공 관제 영역 위쪽에 위치하며 위성에 비해 근거리의 장점을 활용하여 필요할 경우 비행선을 이착륙시킴으로써 유지 보수할 수 있다는 장점을 보유하고 있으며, 제한 사항으로는 환경 오염 방지를 위해 연소에 의한 추진이 금지되어 있다는 점을 들 수 있다.

성층권 비행선은 내부를 헬륨 가스로 채우며, 성층

권에서 바람 등의 영향에 대해 전동기로 구동되는 프로펠러를 사용하여 자세 및 위치를 제어한다. 성층권 비행선에 요구되는 전력은 낮에는 비행선 표면에 장착된 태양 전지, 밤에는 연료 전지에 의해 공급되어진다.

성층권 통신시스템은 위성 통신망과 지상 이동 통신망의 장점을 동시에 보유한 시스템으로 저 비용 서비스 실현, 고속 서비스 제공, 휴대 단말 통신 가능, 광역성, 짧은 전송 지연, 대용량 회선 등의 장점을 보유하고 있다.

성층권 통신시스템은 기존의 정지위성 및 저궤도 위성에 비해 낮은 전송손실, 짧은 시간지연, 가시거리 확보의 용이 등의 장점으로 인해 다양한 서비스 욕구를 만족시킬 수 있다. 그 서비스 응용분야로는 고정 통신, 이동 통신, 방송 서비스와 관측/탐사/감시/측위 서비스 분야 등으로 구분할 수 있으며 이를 위한 시스템 개념도를 그림 1에 도시하였다.

## III. 성층권 통신시스템을 위해 제안된 오류정정부호

성층권 통신시스템에 대한 연구는 아직 초기 단계로 구체적인 시스템 파라미터에 대한 결과 및 분석은 미진한 상황이다. 오류정정부호에 대한 연구도 마찬가지이나, 현재 ITU에서 분배된 성층권 통신시스템용 주파수는 V 대역(47/48 GHz)으로 저주파 대역에 비해 상대적으로 강우감쇠, 대기에 의한 산란 등 신호 전력의 감쇠가 심하기 때문에 고품질의 통신서비스를 제공하

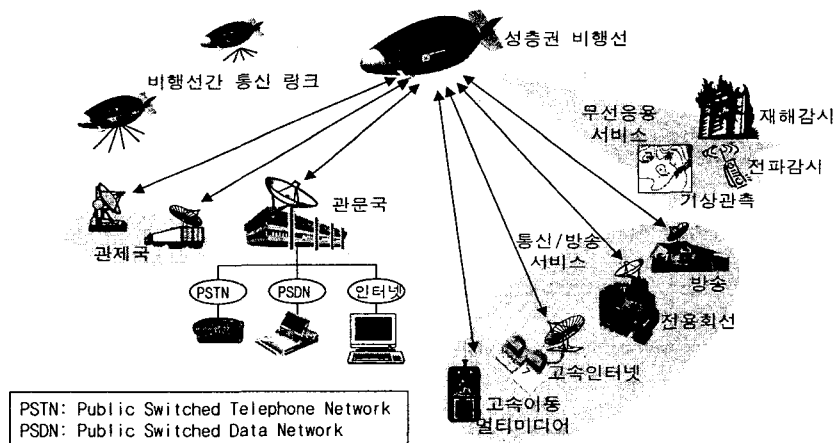


그림 1. 성층권 통신시스템 개념도  
 Fig 1. Block Diagram of HAPS

기 위해서는 효율적인 오류제어가 필요하다.

이러한 배경에서 강우감쇠 등에 의한 상/하향 링크 페이딩을 보상할 수 있도록 부호화 이득(coding gain)이 높은 연접부호(concatenated codes)의 사용이 미국 SSI사 등에 의해 제안되고 있다 [1]. 그러므로 본 논문에서는 다양한 형태의 연접부호에 대하여 성능을 비교 분석함으로써 성층권 통신시스템에 적용 가능한 효율적인 오류정정부호를 제시하고자 한다.

본 논문에서 성능분석을 위해 제안된 오류정정부호로는 ① 미국 SSI사가 제안한 형태의 연접부호, 즉 RS부호(Reed-Solomon codes)와 길쌈부호(convolution codes)를 사용한 연접부호, ② 터보부호(turbo codes), ③ 블록부호(block codes)를 구성부호(constituent codes)로 갖는 직렬연접부호(serial concatenated codes) 등으로 각각의 세부사항은 표 1에 정리하였다.

제안된 연접부호들의 부호율(code rate)은 미국 SSI사가 성층권 통신시스템을 위해 제안한 연접부호([225, 209] RS 부호+3/4 길쌈부호)의 부호율( $\approx 0.7$ )과 동일하게 설정하였다 [1]. 또한 성층권 통신시스템은 고각각 서비스 커버리지를 보유하면서 가시경로(LOS, Line-Of-Sight)통신을 하는 시스템이므로 지상무선망이나 저궤도 위성통신망에서 발생하는 다중경로 페이딩(multi-path fading) 효과는 극히 미미하므로 통신링크상의 전송환경으로 고려할 수 있는 인자로는 강우, 대기, 지구잡음과 같은 열잡음이 있다. 그러므로 성층권 통신시스템의 시뮬레이션을 위한 채널환경은 다중경로 페이딩을 고려하지 않은 AWGN 채널(Additive White Gaussian Noise Channel)로 한정하였다.

반복복호법을 사용하는 터보부호 및 블록부호를 구

성부호로 하는 직렬연접부호의 복호알고리즘은 기존에 알려진 트래비스상의 MAP 알고리즘을 사용하였다 [8], [9]. 또한 MAP 알고리즘이 가지는 복잡도를 줄이기 위해 터보부호의 구성부호로는 구속장이 3인 길쌈부호를 직렬연접부호의 구성부호로는 [31, 26] 해밍부호를 사용하였다.

#### IV. 모의실험 결과

본 논문에서는 성층권 통신시스템을 위한 오류정정부호로 다음과 같은 세 가지 종류의 연접부호를 제안하였으며, 이들의 신호대잡음비에 대한 BER 성능을 분석하고, 그 결과를 그림 2에 도시하였다.

- (1) RS 부호와 길쌈부호를 사용한 연접부호(SSI사가 제안한 것과 동일한 방식)
- (2) 터보부호
- (3) 블록부호를 구성부호로 갖는 직렬연접부호

성능분석 결과 세 가지 모두 좋은 성능을 가진 것으로 판단되나 그 중 (2)와 (3)의 경우는 낮은  $E_b/N_0$ 에서, (1)의 경우는 높은  $E_b/N_0$ 에서 매우 우수한 성능을 보여준다. 일반적으로 음성신호의 경우 요구되는 비트 오류율은 약  $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 이며, 이는 반복복호법을 사용하는 (2)와 (3)의 적용이 효율적이라 볼 수 있다. 그러나 (2)와 (3)의 경우 반복복호에 따른 시간 지연이 발생하며 비터비 알고리즘에 비해 2배 이상 복잡한 MAP알고리즘의 복잡도 등의 문제를 가지므로 이에 대한 검토가 필요하다.

표 1. 성층권 통신시스템의 모의실험을 위해 제안된 다양한 연접부호의 파라미터

Table 1. Parameters of concatenated codes for simulation of HAPS

항 목	구 성 부 호		인 터 리 버	부 호 율	복 호 알 고 리 즘	
SSI사가 제안한 연접부호	외부부호	[225,209] RS 부호	-	$3/4 \times 209/225$ $\approx 0.7$	-	
	내부부호	3/4, K=7 길쌈부호				
RS 부호와 길쌈부호를 사용한 연접부호	외부부호	[225,209] RS 부호	60×60 심벌단위 블록인터리버	$3/4 \times 209/225$ $\approx 0.7$	외부부호	Euclidean
	내부부호	3/4, K=7 길쌈부호			내부부호	비터비
터보부호	부호 1	K=3 길쌈부호	60×60 비트단위 블록인터리버	7/10	MAP 알고리즘	
	부호 2	K=3길쌈부호				
블록부호를 구성부호로 하는 직렬연접부호	외부부호	[31,26] 해밍부호	31×26 비트단위 블록인터리버	$26/31 \times 26/31$ $\approx 0.7$	MAP 알고리즘	
	내부부호	[31,26] 해밍부호				

참고 문헌

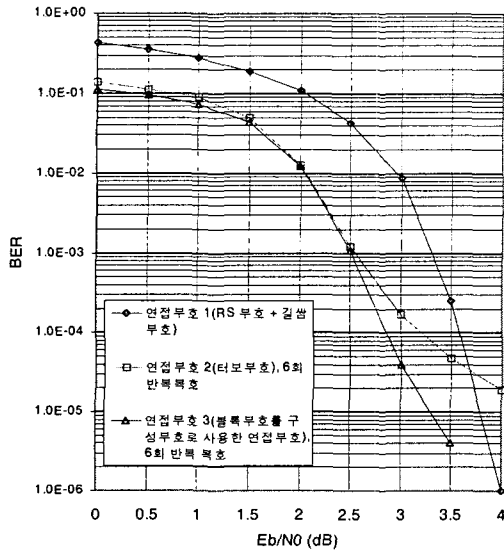


그림 2. 제안된 세 가지 연접부호의 성능비교  
 Fig 2. Performance comparison among suggested concatenated codes

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 차세대 통신 시스템으로 주목받고 있는 성층권 무선 통신시스템에 대하여 고찰하였으며 이의 세부 시스템 파라미터 중 고품질의 통신서비스를 제공하기 위한 방법인 오류정정부호에 대하여 성능을 분석하였다. 성층권 통신시스템을 위해 본 논문에서 제안한 오류정정부호는 강우감쇠 등의 열악한 채널환경에 대처하기 위해 부호화 이득이 높은 연접부호를 선택하였으며 성층권 통신시스템 개발업체인 미국 SSI사가 제안한 연접부호를 참고로 이와 동일한 형태의 연접부호, 터보부호, 블록부호를 구성부호로 갖는 직렬연접부호 등을 대상으로 성능분석을 시행하였다. 성능분석 결과 위의 세 가지 연접부호 모두 성층권 통신시스템을 위한 오류정정부호로 사용이 가능할 것으로 예측되며, 비교적 낮은 BER이 요구되는 음성서비스 ( $10^{-3} \sim 10^{-5}$ ) 및 데이터 전송 서비스 ( $10^{-6}$ )에서 동일한 BER 값에 대해서는 부호율이 0.7인 경우 블록부호를 사용한 직렬연접부호가 보다 우수한 성능(낮은  $E_b/N_0$  요구)을 갖는 것으로 분석되었으며 이를 이용할 경우 저가의 통신단말 구현이 가능할 것으로 예측된다. 본 논문에서 제안된 연접부호들은 향후 성층권 통신시스템의 국내 도입시 고품질의 통신 서비스 제공을 위한 오류정정기법 설계에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

- [1] M. Piccinni, "Skystation stratospheric telecommunication system-payload description", 3rd Ka-Band Utilization Conference, pp.49-56, 1997
- [2] The first Stratospheric Platform Systems Workshop (SPSW99), 1999.5.12 ~ 1999.5.13, Yokosuka, Japan
- [3] Stephen B. Wicker, Error control systems for digital communication and storage, Prentice-Hall.
- [4] S. Benedetto, D. Divsalar, G. Montorsi, and F. Pollara, "A soft-input soft-output maximum a posteriori (MAP) module to decode parallel and serial concatenated codes," TDAP Report 42-127, JPL, Pasadena, California, pp. 1-20, November 15, 1996.
- [5] S. Benedetto, D. Divsalar, G. Montorsi, and F. Pollara, "Serial concatenation of interleaved codes: performance analysis, design, and iterative decoding," The TDAP Report 42-126, April-june 1996, JPL, Pasadena, California, pp. 1-26, August 15, 1996.
- [6] S. Benedetto and G. Montorsi, "Iterative decoding of serially concatenated convolutional codes," Electronics Letters, vol. 32, no. 13, pp. 1186-1188, June 1996.
- [7] C. Berrou, A. Glavieux, and P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes(1)," in Pro., IEEE Int. Conf. on Communications(Geneva, Switzerland, May 1993), pp. 1064-1070.
- [8] C. Schlegel, Trellis Coding, IEEE Press, New York, 1997.
- [9] S. S. Pietrobon and A. S. Barbulescu, "A simplification of the modified Bahl decoding algorithm for systematic convolutional codes," Int. Symp. Inform. Theory & its Applic., Sydney, Australia, pp. 1073-1077, Nov. 1994.