

위성통신시스템에서의 터보부호에 대한 오류성능 목표 분석

여성문, 김수영
 전북대학교 공과대학 전자공학과

Analysis of the error performance objective on Turbo code for satellite communication systems

SungMoon Yeo, SooYoung Kim
 Electronic Engineering Department
 Chonbuk National University
 E-mail : samoot@chonbuk.ac.kr, sookim@chonbuk.ac.kr

Abstract

Digital satellite systems are usually integrated with terrestrial systems to provide various services, and in these cases they should satisfy the performance objectives defined by the terrestrial systems. Recommendation ITU-R S.1062 specifies the performance of digital satellite systems. The performance objectives were given in terms of bit error probability divided by the average number of errors per burst versus percentage of time. This paper presents theoretical method to estimate performance measure of digital satellite systems defined in Recommendation ITU-R S.1062. We show performance estimation results of duo-binary Turbo codes, and verify them by comparing to the simulation results.

I. 서론

위성 통신 서비스는 여러 가지 형태로 지상망과 통합되어 다양하게 제공될 수 있다. 이러한 경우 원활한 서비스를 제공 받기 위해서 위성통신시스템은 지상망에서 요구하는 성능 목표를 충족시킬 수 있도록 설계되어야 한다.

ITU-R 권고서 S.1062에서는 디지털 위성통신 시스템의 성능 목표를 정의하고 있다[1].

본 논문에서는 ITU-R 권고서 S.1062의 위성 통신 시스템 성능 목표를 분석하는데 있어서 위성 통신 시스템 성능의 중요한 파라미터인 오류버스트 내의 오류 개수인 α 값을 이론적으로 구하는 방법을 제시한다. 이를

토대로 DVB-RCS 터보부호의 rate 별로 α 값의 이론 값을 구하고 시뮬레이션 값과 비교해보기로 한다.

II. 터보부호에 대한 오류성능 목표 분석

2.1 디지털 위성통신시스템에서의 성능 목표

디지털 위성 통신 시스템에서는 채널에서 발생하는 오류를 정정하기 위하여 오류정정부호를 사용하는데 이로 인하여 복호기 출력에서는 연직적으로 오류가 발생하게 된다.

ITU-R 권고서 S.1062에서는 위성통신 시스템의 성능목표를 시간율에 따른 BEP(Bit Error Probability) / α 로 제시하고 있다. 따라서, 전체 시스템 성능 목표에서 BEP 뿐만 아니라 α 값 자체도 매우 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

2.2 오류버스트 내의 평균 비트 오류 수

일반적인 오류정정 부호에 대한 연관정 복호의 유니온 바운드는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P_b \leq \sum_{m=d_{\min}}^n D_m P(R_m^* | C_0), \quad (1)$$

여기서 d_{\min} 은 최소거리이며, $P(R_m^* | C_0)$ 는 all-zero 부호어를 보낼 시 m 개의 무거운 가진 부호어를 받을 확률

이고,

$$D_m = \sum_{j+w=m} \frac{w}{k} A_{w,j} \quad (2)$$

여기서 $A_{w,j}$ 는 입력 정보어의 웨이트가 w 이고, 패리티의 웨이트가 j 에 대한 부호어의 웨이트가 $w+j$ 인 부호어의 개수이다.

그러므로 오류버스트 내의 평균 오류의 개수인 α 는 정보어의 무게 w 의 평균이므로 아래와 같다.

$$\alpha = \bar{w} \cong \sum_{m=d_{\min}}^{\infty} \frac{\sum_{n=w+j} w A_{w,j}}{\sum_{n=w+j} A_{w,j}} \left(\frac{p}{1-p} \right)^{m-d_{\min}} \quad (3)$$

여기서 $(p/1-p)m$ 은 m 값이 커짐에 따라 급격히 감소하고 특히, p 가 매우 적을 경우에(BER 이 낮을 경우) 식(3)의 값은 m 값이 적은 몇 개의 항의 덧셈으로만 근사화 할 수 있다.

따라서 α 의 lower bound 는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\alpha = \bar{w} \geq \frac{\sum_{d_{\min}=w+j} w A_{w,j}}{\sum_{d_{\min}=w+j} A_{w,j}} \quad (4)$$

2.3 터보부호 이론 값과 시뮬레이션 값 비교

DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite) 는 디지털 방송 시스템 내에서 정지궤도 위성을 이용하여 지상에 고정되어 있는 터미널과 위성과의 양방향 통신을 위하여 만들어진 표준이다 [2].

TABLE I 는 DVB-RCS 규격 터보부호에 대한 무게 분포를 나타낸 것이다[3]. 따라서 $\alpha \geq c_d / a_d$ 로써 계산할 수 있다. 여기서 c_d 는 거리 d 를 갖는 오류 사건에 대한 비트 오류의 합, a_d 는 거리 d 를 갖는 오류 사건의 개수이다.

TABLE I . DVB-RCS 터보부호의 무게 분포($d/a_d/c_d$)

packet size (bytes)	R=1/3	R=1/2	R=3/4	R=6/7
53	31/106/954	18/159/954	7/10/50	4/9/27
188	33/3476/3384	19/376/3384	9/27/171	6/199/826

TABLE II . DVB-RCS 터보부호의 α 의 이론값

packet size (bytes)	R=1/3	R=1/2	R=3/4	R=6/7
53	9.00	6.00	5.00	3.00
188	9.00	9.00	6.33	4.15

TABLE III. DVB-RCS 터보부호의 α 의 시뮬레이션값

iteration number	R=1/3 BER/ α	R=1/2 BER/ α	R=3/4 BER/ α	R=6/7 BER/ α
6	5.58×10^{-5} /16.8	1.39×10^{-4} /21.5	9.53×10^{-4} /15.9	3.44×10^{-5} /6.8
	9.28×10^{-6} /14.0	2.24×10^{-5} /17.1	3.47×10^{-5} /11.3	2.34×10^{-6} /5.2
	1.42×10^{-6} /10.6	5.69×10^{-7} /9.0	9.98×10^{-7} /7.8	2.53×10^{-7} /4.1
15	2.25×10^{-5} /23.7	6.36×10^{-5} /26.6	6.46×10^{-4} /18.3	2.67×10^{-5} /7.0
	3.28×10^{-6} /16.5	9.30×10^{-6} /18.9	1.89×10^{-5} /12.2	1.74×10^{-6} /4.8
	5.62×10^{-7} /11.6	3.02×10^{-7} /8.9	6.02×10^{-7} /7.9	1.78×10^{-7} /4.3

이론적인 α 값은 lower bound 이기 때문에 TABLE III 에 있는 시뮬레이션 값보다 작다. 그리고 시뮬레이션된 α 값은 낮은 BER 에서 이론적인 α 값에 근접하는 것 볼 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서 제시한 결과를 이용하여 보다 복잡한 부호에 대해서도 용이하게 α 값을 도출할 수 있을 것이며, 위성 통신 시스템 설계에 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Recommendation ITU-R S.1062-3, "Allowable error performance for a hypothetical reference digital path operating at or above the primary rate", 1994-1995-1999-2005.
- [2] ETSI EN 301-790 : "Digital Video Broadcasting(DVB); Interaction channel for satellite distribution systems"
- [3] Y. Ould-Cheikh-Mouhamedou, S. Crozier, and P. Kabal, "Distance measurement method for double binary turbo codes and a new interleaver design for DVB-RCS", GLOBECOM '04, Vol. 1, 29 Nov. - 3 Dec. 2004 pp.172 - 178