

DVB-RCS NG시스템에서 Shortened TPC 알고리즘 적용 방안에 관한 연구

준회원 임 병 수*, 정회원 김 민 혁*, 박 태 두*, 정 지 원**°

A Study on Application of Shortened TPC Algorithm for DVB-RCS NG Systems

Byeong-su Lim* Associate Member,

Min-hyuk Kim*, Tae-doo Park*, Ji-won Jung**° Regular Members

요 약

본 논문에서는 DVB-RCS NG 규격에서 제시되고 있는 연판정 e-BCH 부호를 반복복호기반의 e-BCH 복호 방법에 대한 성능을 분석하였다. 그러나 선형 변조와 결합한 e-BCH 부호화 방식은 성능 분석 결과 반복에 대한 성능의 차이가 보이지 않아 본 논문에서는 가로 세로 부호화 과정을 하는 TPC 부호화 기법을 응용하여 적용하였다. DVB-NG 규격에서는 다양한 부호화율을 제시하므로 본 논문에서는 가로와 세로의 부호화 과정에서 zero padding 하여, 부호화 후 단축 시키는 방식으로 rate-compatible 한 TPC 방식을 제안하며, 선형 변조에서 반복에 의한 효과가 나타나 e-BCH 보다 성능이 향상됨을 알 수 있다.

Key Words : 차세대 DVB-RCS 표준, 연판정 e-BCH 부호화 방식, TPC 부호화 방식

ABSTRACT

In this paper, we analyzed the performance of soft decision e-BCH codes which presented in DVB-RCS NG system. However, the performance of soft-decision decoding for e-BCH is not much improved as to increase the iterations. Therefore this paper proposed rate-compatible TPC which makes various coding rates by zero padding the row and/or column to adapt next generation (NG) DVB-RCS system. And so we proposed new model of extended BCH code and researches how to develop performance of extended BCH code.

1. 서 론

초기의 DVB-RCS 표준안으로 채택 되어진 이중이진 Turbo 부호의 성능이 오류 마루(error floor)현상이 발생하여 이를 개선하기 위해 새로운 알고리즘들이 DVB-RCS NG(Next Generation)에서 제시되고 있다^[1,2]. 새롭게 제시되고 있는 부호화 방식으로는 post 부호기를 첨가시킨 3D 터보 부호^[3], 8상태에서 16상태로 확장 시킨 터보 pi 부호가 대두 되고 있으며^[3], 또

한 비선형 위성 채널에서 효율적인 CPM(Continuous Phase Modulation) 기반의 연판정 e-BCH(extended-BCH)부호가 주로 채택될 예정이다.^[5,6] 따라서 본 논문에서는 터보 부호화 방식과 결합된 선형 변조와 CPM과 결합된 eBCH부호는 서로 다른 변조방식의 채택으로 하드웨어 사이즈의 증가를 초래할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 CPM방식의 eBCH 결합보다는 선형변조와 반복복호기반의 e-BCH 복호 방법에 중점을 두어 연구하였다. 기존의 경판정 e-BCH 복호 방식

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2011-C1090-1121-0007)
* 한국해양대학교 전파공학과 위성통신 연구실(ibs0410@hhu.ac.kr), ** 한국해양대학교 전파공학과 (jwjung@hhu.ac.kr), (° : 교신저자)
논문번호: KICS2011-05-208, 접수일자: 2011년 5월 2일, 최종논문접수일자: 2011년 10월 21일

에서 Chase 알고리즘 기반의 연판정 e-BCH 복호 방식은 2dB의 부호화 이득이 있으며, 본 논문에서는 Chase 알고리즘에서의 test pattern 수, 그리고 DVB-RCS NG에서 요구되는 (64,51)부호화율을 가지는 e-BCH를 shortened 시켜 제공하는 세 가지 부호화율인 R=0.591, R=0.705, R=0.716에 따른 성능 분석하였다. 그러나 연판정 e-BCH 부호화 방식은 성능 분석 결과 반복에 대한 성능의 차이가 보이지 않아 표준안에서도 20회 이상의 반복을 요구한다. 따라서 본 논문에서는 1993년도에 제안된 TPC(Turbo Product Code) 부호화 기법을 응용하여 적용하였다. TPC는 작은 블록 크기를 가로와 세로로 product 시키는 방식으로^[7] 본 논문에서는 e-BCH의 부호화율에 맞추어 적용하였다. 그러나, TPC 방식에서 DVB-RCS NG에 제공되는 부호화율을 맞추기가 어려운 면이 있어 본 논문에서는 가로 세로의 부호화기에 zero padding 시켜 부호화율을 맞추는 rate-compatible한 TPC 방식을 제안하였다. Rate-compatible한 TPC는 가로에 zero padding을 RZP(Row Zero Padding), 세로에 zero padding을 CZP(Column Zero Padding), 가로 세로 모두 zero padding을 RCZP(Row Column Zero Padding)등이 있으며, 이중 성능이 가장 우수한 방식을 선정하여 기존의 연판정 e-BCH 방식과 성능 비교 결과, 각 부호화율에서 1dB의 부호화 이득을 얻을 수 있었다.

II. DVB-NG에서 적용되는 연판정 e-BCH 부호화 방식

2.1 Shortened soft-decision of e-BCH 부호화 구조

Soft-decision BCH부호는 그 구조가 매우 간단하고 복호과정이 RS부호와 흡사하다. 또한 BCH부호는 다중오류정정 능력을 갖추고 있다. 기본적으로 BCH 부호는 integers $m(m \geq 3)$ 과 여러 정정능력 $t(t < 2m-1)$ 를 가지는데 이 파라미터를 이용하면 아래와 같은 식을 만들 수가 있다.

$$\begin{aligned} \text{Block length} : n &= 2^m - 1 \\ \text{Number of parity-check digits} : n - k &\leq mt \quad (1) \\ \text{Minimum distance} : d_{\min} &\geq 2t + 1 \end{aligned}$$

여기서 n 은 BCH 부호화된 부호화어의 길이를 의미한다. 본 연구에서는 $n=63, k=51, t=2$ 인 (63,51,2) BCH부호를 이용하여서 1bit를 확장시킨 (64,51,2)

e-BCH부호를 구성하였다. 1bit를 확장시키는 방법에는 여러 가지 방법이 있지만 본 연구에서는 (64,51,2) e-BCH부호의 모든 bits를 ex-OR하는 방법을 고안하였다.

예를 들어 (63,51,2) BCH부호의 부호어를 다음과 같이 표현하면,

$$C = [c_0 c_1 c_2 \dots c_{62}] \quad (2)$$

1bit가 확장된 (64,51,2) e-BCH부호의 부호어는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$C' = [c_0 c_1 c_2 \dots c_{63}] \quad (3)$$

여기서 확장된 c_{63} 부호는 모든 부호어의 ex-OR를 한 결과이므로 다음과 같이 표현된다.

$$c_{63} = (c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_{62}) \bmod 2 \quad (4)$$

또한 e-BCH부호의 생성다항식은 아래와 같이 표현된다.

$$G_{kXn}^{e-BCH} = [I_{kXk} | P_{kX(n-k)}] \quad (5)$$

모든 데이터 블록에 대하여 같은 protection rate를 부여하고 부호화율 R_{target} 을 보장하기 위해서 길이가 K bits($K \geq n$)인 입력 정보데이터를 길이가 shortened bits인 N_b 블록으로 나누게 된다. N_b 와 $k_{shortened}$ bits를 구하기 위한 과정은 아래의 식과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} N_b &= \left\lfloor \frac{K}{n-k} \left(\frac{1}{R_{target}} - 1 \right) \right\rfloor \\ k_{shortened} &= \left\lfloor \frac{K}{N_b} \right\rfloor \\ q_1 &= K - (N_b k_{shortened}) \\ q_2 &= N_b - q_1 \\ R_{effective} &= \frac{K}{K + N_b(n-k)} = \frac{K}{N} \end{aligned} \quad (6)$$

위 식 중 $\lfloor \rfloor$ 기호는 괄호 안의 수를 넘지 않는 정수를 뜻하고, $R_{effective}$ 는 위 식에 의해 최종적으로 만들어진 유효 부호화율을 뜻한다. 그러므로 입력 K bits는 N_b 블록으로 나누어지고 q_1 의 길이는 $k_{shortened} + 1, q_2$ 의 길이는 $k_{shortened}$ 가 된다.

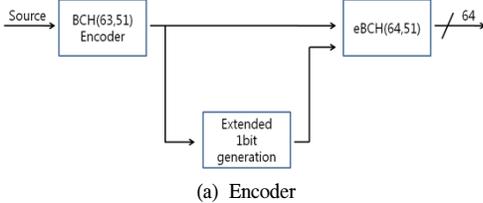
e-BCH 부호 적용 시 DVB-RCS NG에서 제공하는 부호화율은 아래 표와 같으며, 표 1은 각 부호화율에서 단축된 k의 사이즈를 나타낸다.

각 블록은 각각 부호화되었고 zero-padding은 각 패킷의 처음에 BCH 부호화기를 통해 k bits만큼 입력되게 된다. 복호단계에서는 저복잡도와 구조가 간단한 복호기가 적용되어야 하므로 본 연구에서는 Chase-Pyndiah 알고리즘이 적용되었다.^[5]

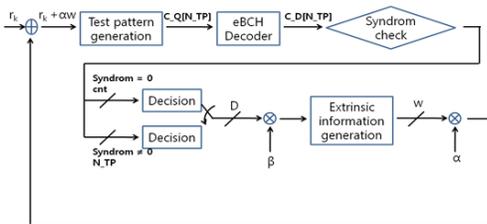
그림 1은 연관정 e-BCH 부호화기와 복호화기의 구조를 나타낸다. 부호화기의 구조를 보면 BCH (63,51) 부호화기에서 인코딩을 한 후 마지막 비트를 식(4)에 의하여 생성한다. 이는 수신된 심볼을 BCH 복호를 한 후 비록 신드롬이 0이 나오더라도 정확한 복호를 하였는지에 대한 검사 심볼이다. 그림 1(b)의 복호기의 구조를 전체적으로 설명하면, 수신된 심볼은 Chase II 알고리즘을 적용시키기 위해 test pattern을 생성한다. Test pattern은 p개의 신뢰성 없는 수신 심볼에 "1"을 할당하고 나머지는 모두 "0"으로 할당하여 N_TP(=2p)개의 test pattern 심볼인 C_Q[N_TP]를 생성한다. N_TP개의 test pattern 심볼과 수신비트의 경관정 비트를 ex-OR 하여 BCH 복호기에서 test pattern의 개수인 N_TP만큼의 복호 심볼인 C_D[N_TP]를 생성한다. N_TP개의 예비 복호열은

표 1. 각 부호화율에서 k_{shortened} 수

e-BCH code	k _{shortened}	R _{target}
(64,51)	19	0.591
(64,51)	32	0.7053
(64,51)	35	0.7162



(a) Encoder



(b) Decoder

그림 1. Soft Decision e-BCH 부복호기 구조

신드롬 테스트를 거친 후, 신드롬이 "0"이 되는 복호 열만 선택하여 수신 심볼과 거리차이를 구하여 가장 거리가 짧은 부호열을 임의의 결정된 복호 비트(D)라 정의한다. 그림 1(b)에서 최적의 복호열 D를 정하는 방법은 기존의 방식은 다음과 같이 요약 설명할 수 있다.

원 신호 E 그리고 가우시안 잡음 신호 N에 의해 수신신호 벡터 R에 대한 관계는 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = E + N \tag{7}$$

여기에서 $R = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_n)$, $E = (e_1, e_2, e_3, \dots, e_n)$, $N = (n_1, n_2, n_3, \dots, n_n)$ 이다. 최적 결정 비트 $D = (d_1, d_2, d_3, \dots, d_n)$ 는 식 (8)과 같이 maximum likelihood 방식에 의해 결정 된다.

$$\begin{aligned} D = C^i & \text{ if } \Pr E = C^i | R > \Pr E = C^j | R \forall j \neq i \\ D = C^i & \text{ if } |R - C^i|^2 > |R - C^j|^2 \forall j \neq i \end{aligned} \tag{8}$$

$$|R - C^i|^2 = \sum_{i=1}^n (r_i - c_i^i)^2$$

$C^i = (c_1^i, c_2^i, c_3^i, \dots, c_n^i)$ 는 가능한 모든 부호어의 집합 C의 i번째 부호어이다. 이 경우 n값이 크면 계산량이 매우 많고 오래 걸리며 거의 불가능하다. 그러므로 해밍거리의 범위에 존재하는 수신비트열만 체크하는 Chase II 알고리즘을 이용하여 복호 하여야 한다. Chase II 알고리즘은 높은 SNR에서 D는 Y의 중심점에서 반경이 $\delta - 1$ 의 구안에 포함 될 확률이 높다는 것을 이용한 알고리즘이다. 여기서 $Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$, $y_i = 0.5(1 + \text{sgn}(r_i))$ 이다. 후보 가능한 부호어 C를 찾는 chase-II 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) 1단계 : $p = \lfloor \frac{\delta}{2} \rfloor$ 개의 신뢰성 없는 Y의 비트 위치를 수신 벡터 R을 이용해서 결정한다. 신뢰성 없는 비트의 위치는 수신되는

$$\wedge (y_i) = \ln \left(\frac{\Pr(e_j = +\frac{1}{r_i})}{\Pr(e_i = -\frac{1}{r_j})} \right) = \left(\frac{2}{\delta^2} \right) r_j = |r_j|$$

이다.

- 2) 2단계 : q개의 test pattern T^q 를 생성한다 ($q = 2^p$). T^q 의 생성 방법은 n개의 비트 위치 중

$\wedge(y_i)$ 가 가장 적은 값에 해당하는 위치 j 에 “1”을 위치시키고 나머지 비트 위치는 “0”을 삽입하고, $\wedge(y_i)$ 가 가장 적은 두개의 비트 위치에 “1”을 위치시키고 나머지 비트는 “0”으로 배치한다. 같은 방법을 계속해서 $\wedge(y_i)$ 가 가장 작은 개의 비트 위치에 “1”을 위치시키고 나머지 비트는 “0”을 삽입한다. 그리고 항상 all-zero pattern을 항상 포함시켜야 한다.

3) 3단계 : q 개의 T^q 를 생성하고 난 뒤에, $Z^q = Y \oplus T^q$ 하여 오류 위치를 정정한 Z^q 를 생성한다.

4) 4단계 : Z^q 를 블록 부호하여 C^q 를 생성한다. D를 정의하면, 우선 반복 시 생성되는 r_j 의 soft decision 값 r'_j 는 입력 수신벡터의 r_j 와 extrinsic 정보의 합으로서 표시될 수 있다.

$$r'_j = r_j + \alpha w_j \tag{9}$$

Extrinsic 정보 w_j 는 자기 신호 j 번째를 제외한 extrinsic 정보이며 즉 r'_j 는 chase 알고리즘에 의해 복호된 D의 연관정 값이며 β 는 신뢰도 factor이다.

$$r'_j = \beta d^i (\beta \geq 0) \tag{10}$$

처음 반복 시에는 신뢰도가 낮으므로 낮은 값으로 반영하면서 반복횟수가 증가 할수록 높게 설정한다. α 는 스케일링 factor이며, 이는 수신신호 과 에 있는 샘플들의 표준편차를 고려한 것이다. 따라서 대부분의 논문에서도

$$\alpha[m] = [0, 0.2, 0.2, 0.5, 0.7, 0.9, 1, 1],$$

$$\beta[m] = [0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1, 1, 1] \text{으로 할당한다.}$$

2.2 e-BCH부호의 성능 분석

그림 2는 연관정 BCH 복호 시, test pattern 수인 p 에 따른 성능 분석이다. p 는 신뢰성이 없는 비트 수

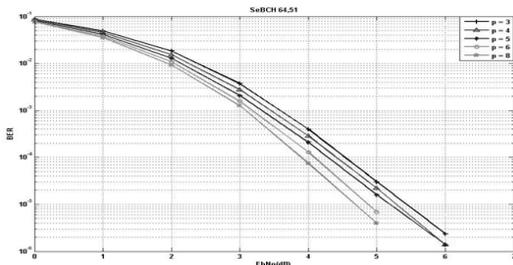


그림 2. e-BCH부호의 p에 따른 성능 비교

를 의미하며, $p=6$ 일 때에는 test pattern 수는 2p개인 64개를 의미한다. p 가 증가할수록 복호기의 계산량은 증가하나, 성능이 개선됨을 알 수 있다. 그림 3은 e-BCH(64,51)의 단축시킨 표 1에서 제시된 부호화율에 따른 성능 분석이며, 부호화율이 0.705와 0.716은 성능이 거의 비슷함을 알 수 있다.

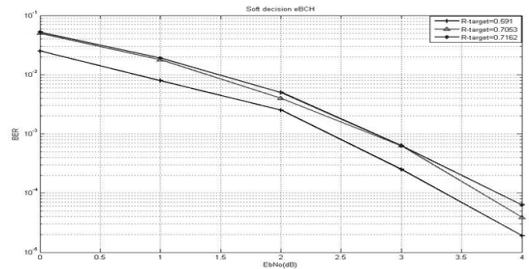


그림 3. e-BCH(64,51)부호의 R-target에 따른 성능 비교

III. DVB-NG를 위한 TPC 부호화 방식 제안

3.1 TPC 부호화 방식

TPC 부호는 두개 혹은 그 이상의 짧은 길이의 블록 부호를 (C_1, C_2)를 이용하여 product 부호 ($P = C_1 \times C_2$)를 만드는 것이 가장 효율적이다. 그림 4는 product 부호의 구성도를 나타낸다.

두 개의 블록 부호를 적용할 경우, k_1 (또는 k_2)개의 정보 비트를 가로(또는 세로)로 배치한 후, 가로는 (n_1, k_1, δ_1)을 가지는 블록 코드 C_1 로 부호화시키고 세로는 (n_2, k_2, δ_2)을 가지는 C_2 로 부호화시켜 전송한다. 따라서 TPC부호 $P = C_1 \times C_2$ 이므로, (n, k, δ)를 가진다. 여기서 $n = n_1 \times n_2$, $k = k_1 \times k_2$, $\delta = \delta_1 \times \delta_2$ 이고 부호화율은 $R = R_1 \times R_2$ ($R_1 = k_1/n_1, R_2 = k_2/n_2$)이다. 따라서 두 부호어를 product함으로써, 높은 부호화율에서 최소 해밍 거리의 증가에 의해서 오류 정정 능력은 향상된다. 그리고 오류를 산발시키는 효과가 있는 인터리버가 필요치 않으며, 복호 시 가로 부

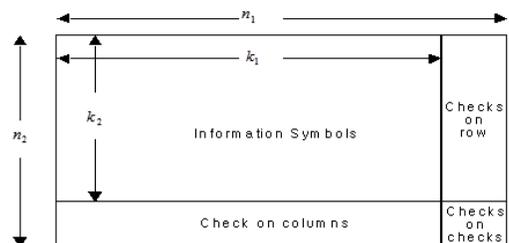


그림 4. TPC 부호화기 구성도 ($P = C_1 \times C_2$)

분을 먼저 복호 한 후 이를 extrinsic 정보로 이용하여 세로 부분을 복호하면서 반복 복호를 한다. TPC에 적용되는 블록 부호 C_1 , C_2 는 해밍부호, BCH부호, RS 부호 등 다양한 블록 부호를 적용시킬 수 있다.

3.2 Rate-compatible TPC 방식 제안

TPC 구조를 DVB-RCS NG에 적용시키기 위해서는 비대칭적인 부호화율을 가로 세로 부호화에 적용시켜야 한다. 표준화에 요구되는 부호화율은 0.591, 0.705, 0.716이므로 대칭적인 e-BCH (64,51)을 가로 세로 부호화에 적용시키면 모 부호화율이 0.635 이므로 세 가지 부호화율에서 0.591만 만족시키고 나머지 두개의 부호화율을 만들 수가 없다. 따라서 가로 세로 부호화율을 비대칭적으로 가로에 e-BCH(64,51), 세로에 BCH(63, 57)을 적용시키면, 모 부호화율이 0.720이므로 세 개의 부호화율을 만족시킬 수가 있다. 따라서 본 연구에서는 각 부호화율에 맞게끔 zero padding을 시켜야 한다. Zero padding 된 개수를 Z라고 했을 때 가로, 세로, 가로 세로 모두 zero padding이 가능하다. 가로에 zero padding을 RZP(Row Zero Padding), 세로에 zero padding을 CZP(Column Zero Padding), 가로 세로 모두 zero padding을 RCZP(Row Column Zero Padding)이라 하면 아래 그림으로 나타낼 수 있다.

그림 5의 (a)는 zero padding을 행에 (b)는 열에 (c)는 행과 열에 입력시킨 것이다.

그림 5에서 P는 parity 부분이며, Z는 zero padding 길이를 나타낸다. 이 세 가지 형태의 target 부호화율은 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 R_{target}^{RZP} &= \frac{(k_1 - Z)k}{(n - Z)(n + 1)} \\
 R_{target}^{CZP} &= \frac{(k - Z)k_1}{(n + 1 - Z)n} \\
 R_{target}^{RCZP} &= \frac{(k - Z)(k_1 - Z)}{(n + 1 - Z)(n - Z)}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

제한한 부호화기의 구조는 아래 그림과 같다.

TPC 부호기의 C1을 e-BCH(64,51)로 설정하고 C2를 BCH(63,57)로 하여 이차원 부호화기를 구성한다. C1을 부호화 하고 난 뒤 C2 인코딩을 하기 위해 zero padding 시킨 후 C2를 부호화 하여 단축하기 위해 Z만큼 삭제시켜 전송한다. 그림 7은 복호기 구조도이다.

먼저 수신된 심볼을 수신 버퍼(Rx Buffer)에 저장시키고 복호를 하기 위해 zero deletion된 수 Z만큼

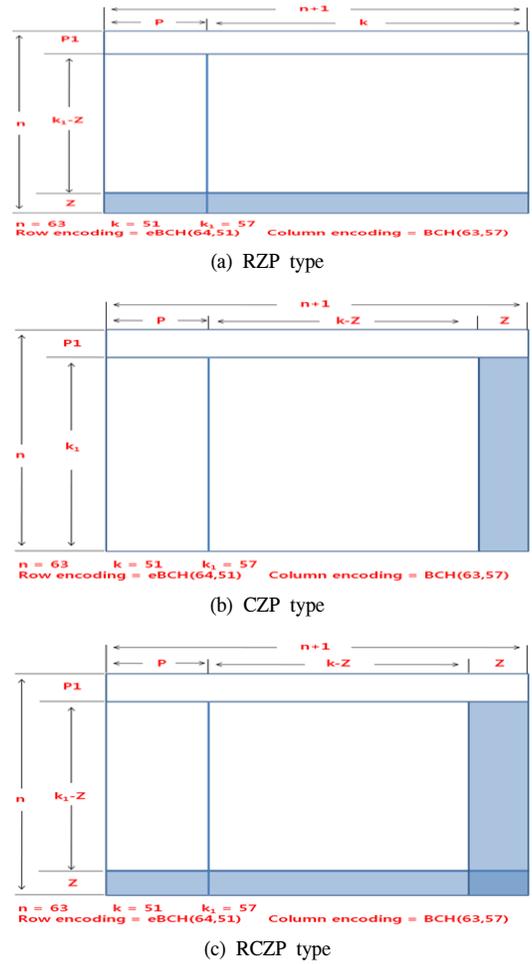


그림 5. 제한한 세 가지 zero padding types

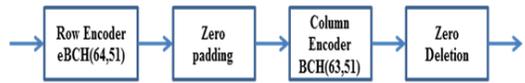


그림 6. Shortened TPC 부호화기 블록도

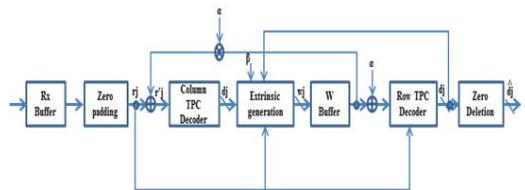


그림 7. Shortened TPC 복호기 블록도

버퍼에 padding 시킨다. 인코딩을 가로부터 하였기 때문에 수신 시 복호는 세로부터 행하게 된다. 세로 복호를 한 후 extrinsic 정보를 버퍼에 저장 시키고 이

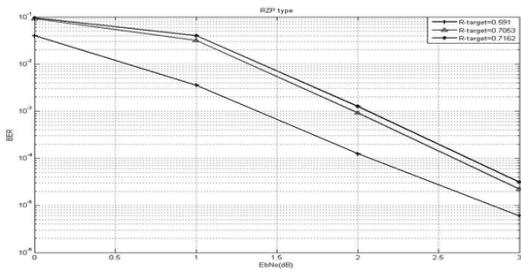
정보를 가로 복호기에 전달하며, 가로 복호기의 복호 후 extrinsic 정보를 다시 버퍼에 업데이트 한다. 가로 복호기가 끝난 뒤 복호 비트 버퍼에 저장시키고 반복이 끝난 뒤, zero padding 된 부분을 deletion 시킨 후 복호한다. 여기서 제시된 가로 혹은 세로 복호기는 그림 1의 복호구조와 동일하다.

제시된 세 가지 형태에서 zero padding 및 zero deletion 되는 사이즈인 Z는 각 부호화 별로 표 2에 나타내었다.

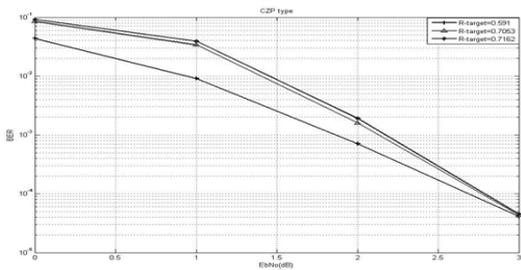
DVB-RCS NG에 적용시키기 위해 각 형태별로 각

표 2. 각 부호화에 따른 zero padding 형태별 Z값 (모 부호화율 = 0.720)

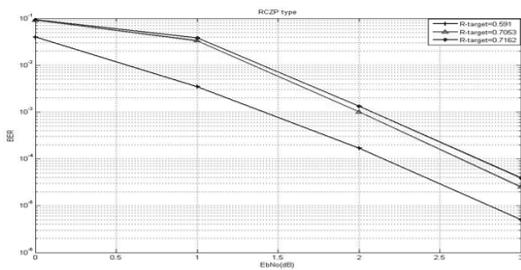
Zero Padding Type	Coding Rate		
	0.591	0.705	0.716
RZP	39	26	21
CZP	26	10	3
RCZP	21	3	1



(a) RZP type



(b) CZP type



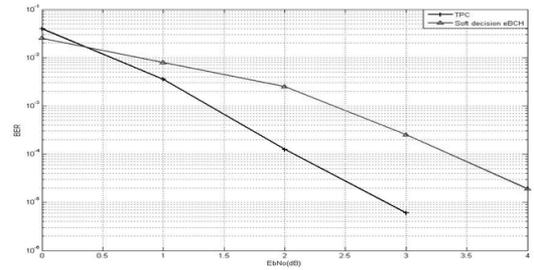
(c) RCZP type

그림 8. 세 가지 형태에 따른 성능 분석

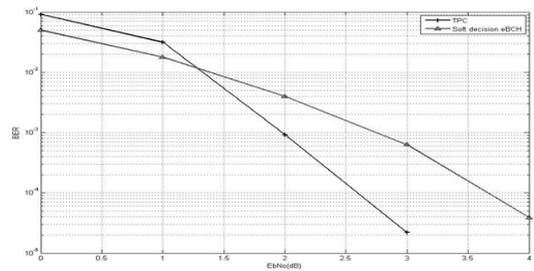
부호화율에서의 성능 분석은 아래 그림 8와 같다. RZP와 RCZP의 성능은 거의 동일하나 CZP의 성능은 다른 형태에 비해 약간 열악함을 알 수 있다. 이는 CZP방식은 세로 부호화 방식이 (63,57) BCH 부호를 적용하였기 때문에, 이를 zero padding 하여 단축 시

표 3. 시뮬레이션 파라메타

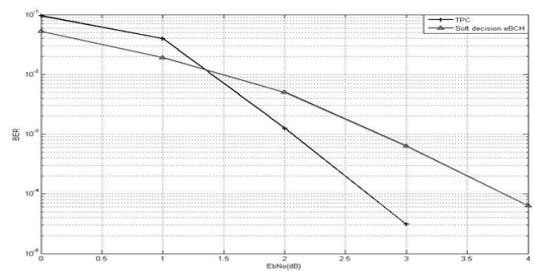
Specification	parameters
TPC codes	C1= e-BCH(64,51,5) C2= BCH(63,57,3)
Zero padding type	RZP
Coding rates	0.591, 0.7053, 0.7162
Decoding algorithm	Chase-Pyndiah decoding algorithm[7]
Number of Test pattern	64
Iterations	3
Modulation	BPSK
Noise	AWGN



(a) R = 0.591일 때 기존 방식과 성능 분석



(b) R = 0.705일 때 기존 방식과 성능 분석



(c) R = 0.716일 때 기존 방식과 성능 분석

그림 9. 제안한 shortened TPC와 기존의 연관정 e-BCH부호 성능 비교

키면 zero padding의 수인 Z 값이 RZP보다 적게 할 당되기 때문이며, 또한 세로 부호화 방식의 성능이 가로 부호화 방식의 성능보다 떨어지기 때문이다.

기존의 연판정 e-BCH와의 성능 비교는 아래 표 3의 시뮬레이션 파라미터를 기준으로 분석하였다. Zero padding 방식은 RZP 방식으로 고정시키고 반복횟수는 3으로 변조방식은 BPSK 변조방식으로 하였다. 성능 분석 결과 각 부호화율에서 제안한 Shortened TPC 부호화 방식이 약 1.3 dB의 부호화 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. TPC의 적용으로 기존의 e-BCH부호의 적용 보다 성능이 향상된 이유는 가로 세로를 부호화함으로써 인터리빙 효과로 인해 반복에 의해 성능 효과가 더 생길 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 Chase 알고리즘 기반의 연판정 e-BCH 복호 방식 test pattern 수인 p와 표준안에서 부호화율 e-BCH(64,51) 부호화율을 가지는 e-BCH를 단축시켜 제공하는 세 가지 부호화율인 $R = 0.591$, $R=0.705$, $R=0.716$ 에 따른 성능 분석하였다. 그러나 연판정 e-BCH 부호화 방식은 성능 분석 결과 반복에 대한 성능의 차이가 보이지 않아 표준안에서도 20회 이상의 반복을 요구한다. 따라서 가로와 세로로 product 시키는 방식인 TPC부호화 방식을 적용하였다. 가로 부호화 방식으로 e-BCH (64,51), 세로 부호화 방식으로 BCH(64,57)을 적용시켜 가로 세로의 부호화에 zero padding 시켜 부호화율을 맞추는 rate-compatible한 TPC 방식을 제안하였다. Rate-compatible한 TPC는 가로에 zero padding을 RZP(Row Zero Padding), 세로에 zero padding을 CZP(Column Zero Padding), 가로 세로 모두 zero padding을 RCZP(Row Column Zero Padding)등이 있으며, 이중 RZP방식이 구현면이나 성능면에서 타 방식에 비해 효율적인 성능이 입증되었다. RZP 방식을 기반으로 세 가지 부호화율에 대해 기존의 연판정 e-BCH 방식과 성능 비교 결과, 각 부호화율에서 1dB의 부호화 이득을 얻을 수 있었다. 제시된 결과는 향후 DVB-RCS NG 시스템의 채널 부호화 방식에 대한 TPC의 제안에 유용한 자료가 되리라 사료된다.

참 고 문 헌

[1] “Digital Video Broadcasting(DVB) : Second Generation DVB Interactive Satellite System

(RCS2) Part2 : Lower Layers for Satellite Specification Standard”, *DVB blue book*, March. 2010.

[2] C. Berrou, A. Graell i Amat, Y. Ould-Cheikh-Mouhamedou, C. Douillard, and Y. Saouter, “Adding a rate-1 third dimension to turbo codes,” in *Proc. IEEE Inform. Theory Workshop*, pp. 156 - 161, Sep. 2007.

[3] C. Douillard and C. Berrou, “Turbo Code With Rate-m/(m+1) Constituent Convolutional Codes”, *IEEE Trans. on Commun*, vol. 53, no 10, pp.1630-1638, Oct. 2005.

[4] Fijo Therattil and Andrew Tangraj “A Low-complexity Soft-decision Decoder for Extended BCH and RS-like codes”, *International Symposium on Information Theory*, pp.1320-1324, 2005.

[5] R.M. Pyndiah, “Near-optimum decoding of product codes: Block Turbo Codes,” *IEEE Trans. on Communication*, vol. 46, pp.1003-1010, Aug. 1998.

[6] D.Chase, “A class of algorithms for decoding block codes with channel measurement information,” *IEEE Trans. on Information Theory*, vol. IT-18, pp.170-182, Jan. 1972.

[7] C.Berrou, A.Glavieux, and P.Thitimajshima, “Near Shannon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo-Codes,” *ICC93*, pp.1064-1070, 1993.

임 병 수 (Byeong Su Lim)

준회원



2011년 2월 한국해양대학교 전 파공학과 공학사
2011년 3월~현재 한국해양대학교 전파공학과 석사과정
<관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

김민혁 (Min Hyuk Kim)

정회원



2006년 2월 한국해양대학교 전
파공학과 공학사
2008년 2월 한국해양대학교 전
파공학과 공학석사
2008년 3월~현재 한국해양대
학교 전파공학과 박사과정
<관심분야> 위성통신, 이동통
신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

박태두 (Tae Doo Park)

정회원



2008년 2월 한국해양대학교 전
파공학과 공학사
2010년 2월 한국해양대학교 전
파공학과 공학석사
2010년 2월~현재 한국해양대
학교 전파공학과 박사과정
<관심분야> 위성통신, 이동통
신, 변·복조기술, 채널코딩, FPGA 기술 등

정지원 (Ji-Won Jung)

정회원



1989년 2월 성균관대학교 전자
공학과 공학사
1991년 2월 성균관대학교 전자
공학과 공학석사
1995년 2월 성균관대학교 정보
공학과 공학박사
1991년 1월~1992년 2월 LG
정보통신연구소 연구원
1995년 9월~1996년 8월 한국통신 위성통신연구실
선임연구원
1997년 3월~1998년 12월 한국전자통신연구원 초
빙 연구원
1996년 9월~현재 한국해양대학교 전파공학과 정교수
2001년 8월~2002년 8월 캐나다 NSERC Fellowship
(Communication Research Center 근무)
<관심분야> 위성통신, 이동통신, 변·복조기술, 채널
코딩, FPGA 기술 등