

디지털 영상전송용 터보코드 시스템 구현

이성우*, 백승재*, 박진수*

*청주대학교 전자공학과

e-mail:swlee77@chongju.ac.kr

e-mail:bjs3386@hanmail.ac.kr

e-mail:parkjs@chongju.sck.ac.kr

The Implementation of Image Transmission System Using Turbo Code

Sung-Woo Lee*, Seung-Jae Baek*, Jin-Soo Park*

*Dept of Electronics Engineering, Chongju University

요 약

본 논문에서는 실시간 데이터 및 보안데이터, 영상데이터 등을 전송할 때 잡음으로 인해 발생하는 데이터 오류를 효과적으로 복원하기 위해 오류 정정 능력이 뛰어난 터보코드를 적용하여 신뢰성 있는 영상전송 시스템을 실현하였다. 영상처리 시스템에서는 CCTV, 비디오 카메라 등에서 나오는 NTSC(National Television System Committee) 영상 신호를 비디오 디코더를 통해 A/D 변환하여 출력하였다. 변환된 디지털 영상정보는 두 개의 영상필드로 출력되며, 그중 하나의 필드가 선택되는 알고리즘을 EPLD(Erasable Programmable Logic Device) 로직회로로 구성하여 디지털 영상 데이터를 절반으로 줄이는 시스템을 구현하였다. 터보코드의 부호기, 복호기 시스템에서는 실수연산이 가능한 DSP(Digital Signal Processor)를 사용하여 터보코드를 구현하였으며, 터보코드의 성능을 좌우하는 인터리버부분은 블록 인터리버를 적용하여 설계하였다.

1. 서론

IMT-2000은 음성뿐만 아니라 영상을 포함을 데이터 전송이 가능한 시스템으로써 전송 데이터량이 기존의 시스템보다 현저히 증가하게 되며, 이러한 데이터를 고속 및 실시간으로 전송하기 위해서는 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 오류정정 기술이 필수적으로 요구된다[1-4]. 본 논문에서는 실시간 데이터 및 보안데이터, 영상데이터 등을 전송할 때 잡음으로 인해 발생하는 데이터 오류를 효과적으로 복원시켜 신뢰성 있는 데이터를 유지하기 위해 오류 정정 능력이 뛰어난 터보코드를 적용하여 신뢰성 있는 영상전송을 실현하고자 한다. 터보코드 구현에 있어서 성능을 좌우하는 인터리버부분은 블록 인터리버를 적용하여 터보코드를 설계하였다[5]. 또한 데이터 I/O(Input Output)부분에서 문제가 되는 데이터 전송 지연을 최소화하기 위해 DSP에서 제공되는 DMA(Direct Memory Access)채널을 통하여 고속의 I/O 인터페이스를 설계하였다. 영상처리 시스템에서

는 CCTV, 비디오, 카메라 등에서 나오는 NTSC 영상 신호를 비디오 디코더를 통해 A/D 변환하여 출력하였다. 이때 출력되는 방대한 양의 디지털 정보를 고속으로 전송하기 위해 첫 번째 필드와 두 번째 필드를 선택하여 저장할 수 있는 알고리즘을 적용하여, 두 필드 중 첫 번째 필드의 영상 데이터를 메모리에 저장하는 EPLD 로직회로를 구성하였다.

2. 터보코드

2.1 터보 엔코더

일반적으로 터보코드의 구조에는 두 개의 RSC(Recursive Systematic Convolutional) 코드와 인터리버로 구성되어 있다. 이 RSC 코드는 조직 길쌈부호에 궤환(Feedback)이 더해진 형태이다 [1][2][7]. 이러한 구조를 지닌 터보코드의 부호화 과정을 간략하게 살펴보면 그림 1과 같다. k 번째 채널로 직접 전송되는 동시에 첫 번째 RSC부호기에 입력되어 Y_{1k} 를 생성하고 또 두 개의 RSC 코드사이에 있는 인터리버에 의해 인터리빙 된 후 2번째 RSC 부호기에 입력되어 Y_{2k} 를 생성한다. 부호화

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

율이 1/3, 구속장의 길이가 K인 길쌈 부호기의 k번째 부호기 입력이 d_k 비트일 때, 출력 (x_k, y_k)는 식(1)과 식(2)로 나타낼 수 있다. 여기서 $G_1: \{g_{1i}\}$, $G_2: \{g_{2i}\}$ 는 두개의 부호기의 발생기이다.

$$X_k = \sum_{i=0}^{K-1} g_{1i} d_{k-i} \pmod 2, \quad d_{1i} = 0, 1 \quad (1)$$

$$Y_k = \sum_{i=0}^{K-1} g_{2i} d_{k-i} \pmod 2, \quad d_{2i} = 0, 1 \quad (2)$$

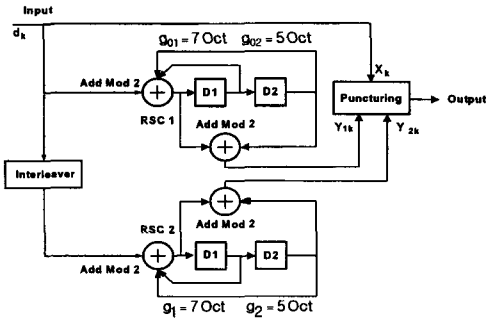


그림 1. 터보 엔코더 R=1/3, K=3

2.2 터보 디코더

일반적으로 길쌈부호의 복호 알고리즘은 비트 오류율을 최소화하기 위해 비터비(Viterbi)알고리즘이 주로 이용되고 있다. 그러나 터보코드의 복호는 터보코드의 특성을 충분히 활용하기 위하여 Bahletal 알고리즘을 변형시켜 사용한다[3,4,7,8]

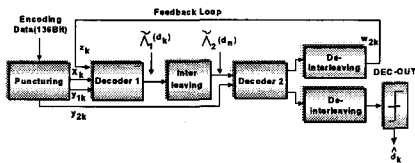


그림 2. 터보디코더

터보코드의 복호기에서는 두 개의 간단한 MAP (Maximum A Posterior)복호기가 직렬로 연결되며, 첫 번째 복호기는 첫 번째 RSC 부호기의 출력 Y_{1k} 을 복호하는 복호기이며, 두 번째 복호기는 두 번째 RSC 부호기의 출력 Y_{2k} 를 복호한다.

$$A(d_k) = \log \frac{\Pr\{d_k = 1 | \text{observation}\}}{\Pr\{d_k = 0 | \text{observation}\}} \quad (6)$$

그림 2에서 다음과 같이 LLR(Logarithm of Likelihood Ratio)을 계산하면 식(6)과 같다. 식(6)의 LLR은 상태 매트릭스 $\alpha_k(m)$ 과 $\beta_k(m)$ 을 이용하

면 식(8)과 같이 정의될 수 있다.

$$A(d_k) = \log \frac{\sum_m \alpha_k^1(m) \beta_k^1(m)}{\sum_m \alpha_k^0(m) \beta_k^0(m)} \quad (8)$$

여기서 상태 매트릭스 $\alpha_k(m)$, $\beta_k(m)$ 는 재환적으로 계산되며, 이것을 살펴보면 식(9)와 같다.

$$\alpha_k^i(m) = \delta_i(R_k, m) \sum_{j=0}^1 (S_b^j(m)) \quad (9)$$

여기서 $\delta_i(R_k, m) = \Pr(R_k | d_k = i, S_k = m) / 2$ 는 가지 매트릭스이며 전송채널의 환경에 영향을 받고 부호기의 전달 확률과 채널의 전달 확률로부터 계산할 수 있다. AWGN 채널 하에서의 가지 매트릭스는 식 (10)과 같다.

$$\delta_i(R_k, m) = \exp\left(-\frac{2}{\sigma^2} (x_k i + y_k Y_k^i(m))\right) \quad (10)$$

여기서 $S_b^j(m)$ 는 입력비트가 j일 때 상태 m으로 유도되는 한 시점의 역방향으로 가는 상태이고, $Y_k^i(m)$ 는 $S_k(m), d_k = i$ 일 때 부호기의 출력이다.

$$\beta_k^i(m) = \sum_{j=0}^1 \beta_{k+1}^j(S_k^j(m)) \delta_j(R_{k+1}, S_k^j(m)) \quad (11)$$

여기서 $S_k^j(m)$ 는 입력비트가 i일때 상태 m으로 유도되는 순방향 상태이다. 위의 식(10)과 식(11)은 계산량이 많고 복잡하기 때문에 이를 간단히 하기 위해 E함수를 정의하면 식(12)와 식(13)과 같다.

$$x E y = -\ln(e^{-x} + e^{-y}) \quad (12)$$

$$E_{m=0}^{2^v-1} f(m) = f(0)E f(1)E f(2)E \dots E f(2^v - 1) \\ = \ln \left\{ \sum_{m=0}^{2^v-1} \exp(f(m)) \right\} \quad (13)$$

식(8), 식(9), 식(10), 식(11)을 E함수를 이용하여 다시 쓰면, 식(14), 식(15), 식(16), 식(17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A_k = E_{m=0}^{2^v-1} A_k^1(m) + B_k^1(m) \\ - E_{m=0}^{2^v-1} A_k^0(m) + B_k^0(m) \quad (14)$$

$$A_k^i(m) = D_i(R_k, m) + E_{j=0}^1 (S_b^j(m)) \quad (15)$$

$$B_k^i(m) = E_{j=0}^1 B_{k+1}^j(S_k^j(m)) \\ + D_j(R_{k+1}, (S_k^j(m))) \quad (16)$$

$$D_j(R_k, m) = \frac{1}{\sigma^2} (x_k^i + y_k Y^j(m)) \quad (17)$$

3. 시스템 설계

3.1 영상처리 시스템설계

비디오 디코더에서 출력되는 영상 데이터는 압축

처리 과정을 하지 않은 데이터이기 때문에 데이터량은 많고, 출력되는 고속 영상 데이터를 저장하는데 많은 어려움이 있다. 따라서 효율적인 영상 전송을 위해서는 데이터량을 제어하고, 영상 데이터를 메모리에 저장하는 논리회로를 부가적으로 설계해야 한다. 그림 3은 디지털 영상 데이터의 방대한 데이터를 1/2로 줄이는 알고리즘이다.

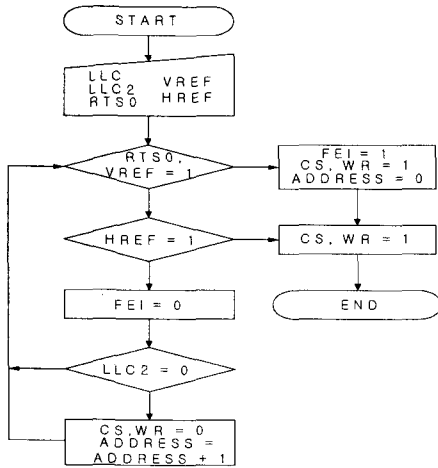


그림 3. 홀수 필드 선택 알고리즘

3.2 영상전송용 터보코드 설계

그림 4는 영상전송을 하기 위한 터보코드 부·복호기 시스템의 전체 블록도를 보여주고 있다.

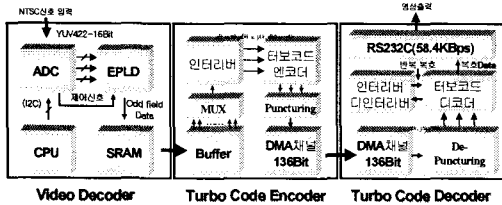


그림 4. 영상전송용 터보코드 블록도

비디오 디코더에서는 카메라에서 입력된 NTSC 영상데이터를 YUV422(16Bit) 포맷으로 AD변환하고, 홀수필드를 선택할 수 있는 EPLD 로직회로에 의해 메모리에 저장된다. 터보코드 엔코더에서는 저장된 영상데이터를 엔코딩 처리한 후 DMA 채널을 통하여 고속으로 전송되며, 터보코드 디코더에서는 전송된 데이터를 수신하여 역-천공하여 터보코드 디코더에 입력되어 엔코딩된 영상데이터를 원본 영상데이터로 복원한다.

본 논문에서는 궤환 횟수를 2회로 고정하여 설계되었다. 따라서 디코더 2에서 복호된 신호는 역 인터리버를 거친 후 디코더 1로 궤환되어 반복 복호를

실행함으로 성능을 개선시킨다.

4. 실험결과

본 논문에서 설계된 영상전송용 터보코드가 채널상에 잡음이 있을 때, 터보코드의 복호 능력을 실험하기 위해서 일반적인 가우시안 잡음 환경을 모델링하여 실험하였다. 또한 전송채널에 잡음을 발생시키기 위해 변조방식은 BPSK 변조방식을 사용하고 터보코드 복호기의 수신부에 E_b/N_0 와 반복 복호(Iteration)의 값을 변화 시켜 채널상의 잡음을 소프트웨어적으로 만들고 터보코드의 복호 능력을 감소시키는 방법을 사용하였다.

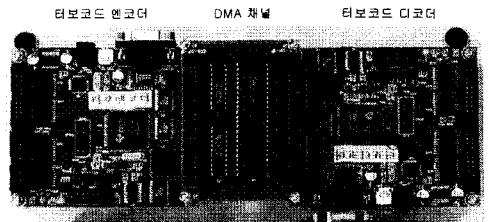


그림 5. 구현된 터보코드 엔코더 디코더

생성다항식은 07/05, 인터리버는 메모리크기가 64인 블록인터리버를 고정시키고 BPSK 변조방식을 이용하여 E_b/N_0 값에 따라 반복 복호 횟수를 변화시켜 비트에러율(BER)을 계산하였다. 또한 그림 6의 시뮬레이션 결과를 토대로 $E_b/N_0=3.0dB$, 반복 복호=1 값인 BER= 2.18E-03을 이용하여 채널상에 잡음을 부가하여 실험하였다.

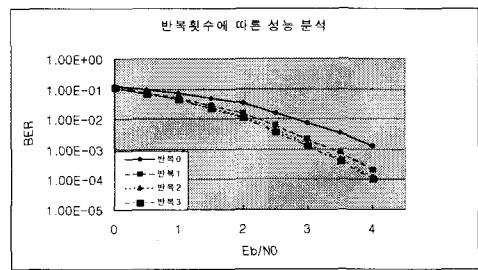


그림 6. 반복횟수에 따른 터보코드 성능분석

터보코드는 반복 복호시 이전 복호단에서의 부가 정보(Extrinsic Information)의 전달로 인하여 그 복호 횟수가 증가할수록 좋은 성능을 가짐을 그림 7에서 나타내었다. 그러나 반복 복호 횟수가 2회나 3회 정도의 성능곡선은 차이가 크지 않음을 알 수 있었으며, 시스템의 요구성능에 따라 횟수를 선정하는 적정선을 제공함을 알 수 있었다.



그림 7. 전송할 영상화일



그림 8. 채널상에서 에러가 발생된 영상화일



그림 9. 터보코드 복호기를 거친 후의 영상화일

따라서 채널 상에 잡음이 부가되어진 터보코드 복호기의 영상데이터 전송 결과를 살펴보면 그림 7, 그림 8, 그림 9와 같다. 그림 7은 영상 보드에서 얻은 영상데이터를 JPG파일로 저장된 원본 영상 그림이고, 그림 8은 원본 영상데이터를 터보코드 엔코더로 엔코딩 한 후 채널 상에서 오류가 2.18E-03만큼 발생하여 영상데이터가 효과적으로 복원되지 않은 그림이다. 결국 채널상의 잡음으로 인해 그림의 일부만이 정상적으로 보여지고, 나머지 부분들은 원본 영상과는 다른 영상을 보여주고 있다. 그림 9는 터보코드 복호기의 수신부에 $E_b/N_0=3.0\text{dB}$, 반복횟수(Iteration)=3 값인 BER=1.33E-03로 하여 전송한 그림이다.

4. 결론

본 논문에서는 터보코드의 부·복호기 시스템을 성능이 우수한 DSP를 사용하여 터보코드를 구현하였다. 성능 파라미터로 작용하는 RSC코드, 인터리버 및 디인터리버, 천공, MAP복호기를 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석하였으며 그 결과를 토대로 오류정정

능력이 뛰어난 채널 코딩인 터보코드 부·복호기를 설계하였으며, 데이터 I/O부분에서 문제가 되는 데이터 전송 지연을 최소화하기 위해 DSP에서 제공되는 DMA채널을 통하여 고속의 I/O 인터페이스를 하였다. 향후 다양한 기능과 확장성을 확보하기 위하여 EPLD와 CPU를 사용하여 각 디바이스들을 제어하는 구조로 터보코드 부·복호기 시스템을 설계하였다. 따라서 본 논문에서 구현된 터보코드의 부·복호기는 향후 고신뢰성의 실시간 통신에 용이한 시스템에 적용이 가능하고, 또한 이를 이용한 암호화 기법 및 영상처리에서의 워터마킹 기법을 적용할 경우 데이터의 완벽한 암호화 시스템을 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Berrou,C., Glavieux,A. and Thitimajshima, P, "Near Shannon Limit Error Correcting Coding and Decoding: Turbo codes" Proceedings of ICC'93 pp.1064-1070, Geneva,Switzerland, May 1993.
- [2] D. Divsalar and F.Pollara, "Turbo codes for deep space communications" TDA progress rep. 42-120. Jet propulsion lab., pasadena, CA, Feb. 15 1995, pp.66-77
- [3] Ju-Min Kim, Duck-Jin Chung, "An Parameter Optimization of SOVA Decoder for the IMT-2000 Complied Turbo code", The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, Vol.26, NO.5B, pp592-598, 2000.
- [4] Sung-Won Hong, Jin-Soo Park , "A New Semi-Random Interleaver Algorithm for the Noise Removal in Image Communication", The Transactions of The Korea Information Processing Society, Vol.7, NO.8, pp2473-2483, 2000
- [5] Moon-Ho Lee, "The Turbo Interleaver of Channel code in ", <http://rsiwin.com.ne.kr/web/imt2000.htm>
- [6] Chris Heegard., Stephen B.Wicker., "Turbo Coding", Kluwer Academic Publisher, 1999.
- [7] John G. Proakis., "Digital Communications", McGraw-Hill, 2000.
- [8] V.S.Pless., W.C.Huffman., "Handbook of Coding Theory", Vol. II, North Holland, 1998