

# DCW 부호를 이용한 Hamming Group ECC

## Hamming Group ECC based on DCW(Dual Constant Weights) Modulation Code

강병복, 노재우, 김근율, 정홍상  
 대우전자 디지털미디어 연구소  
 getbless@yahoo.co.kr

### 1. 서론

HDDS(Holographic Digital Data Storage) 시스템에서 저장밀도가 증가함에 따라서 기록/재생된 데이터는 중첩된 페이지 사이의 간섭과 인접 픽셀간의 간섭에서 기인하는 ISI (Intersymbol Interference) 및 Speckle 잡음을 포함하는 Random Noise와 광학 수차, 광학정렬 오차 및 Laser 광원의 비균일 광강도 분포 등에서 기인하는 Non-random Noise 등 다양한 시스템 잡음에 의해서 BER 이 급격히 저하되는 문제가 발생된다.<sup>[1]</sup> 이러한 문제점을 해소하고 시스템의 기록/재생 데이터 신뢰도를 확보하기 위해서는 적절한 광신호처리 기법과 coding기법이 도입되어야만 한다.

본 연구에서는 DCW modulation부호를 응용하여 ECC에 결합한 새로운 부호를 소개하고, Channel modeling<sup>[2]</sup>을 통해 이 부호의 HDDS 시스템에 대한 성능을 결과에 나타내었다.

### 2. DCW Modulation Code

이 방법은 다수의 데이터를 그룹별로 묶어 일정한 '1'의 개수를 갖는 code-word들로 인코딩하고, 디코딩시 다차항의 분산이나 편차를 이용하여 그룹을 분리한 후, 각 배열 내의 픽셀의 인텐시티 값들의 상대적인 크기를 이용하여 원래의 데이터 배열을 복원시키는 방법이다. DCW의 N:N+1 부호 중 여러가지 조합이 가능하나 3 bit의 데이터 배열을 '1'의 개수가 홀수개가 되도록 4 bit code-word로 인코딩 하는 방법이 효율적이다. 이러한 code-word들은 표 1과 같이 '1'의 개수가 하나인 'A' 그룹과 세 개인 'B' 그룹으로 나눌 수 있다. 디코딩 시에는 검출된 배열의 인텐시티 값이 가장 큰 값을 제외한 인텐시티들의 다차항의 분산값과 인텐시티가 가장 작은 값을 제외한 다차항의 분산값을 비교함으로써 어느 그룹에 속하는지를 먼저 판별하고, 그룹이 정해지면 배열 내에 존재하는 "1"의 개수가 주어지므로, 상대적인 인텐시티 값들의 크기를 비교하여 원래 데이터를 복원할 수 있다.<sup>[3]</sup>

### 3. Hamming Group ECC

제안된 Group ECC는 앞에서 기술한 DCW modulation coding(N:N+1) 기법을 오류정정부호에 결합한 부호이다. 이로써 한 블록을 기준으로 기존의 ECC에 담을 수 있는 정보어의 N배의 정보를 한 블록에 담을 수 있다. 다시 말해서 같은 bit 수의 redundancy를 사용하여 Byte(1Byte=3bits) 단위의 정보어를 정정할 수 있으며, 그에 따라 Capacity도 커지게 된다.

한 예로, DCW를 (n,k)Hamming부호에 적용하여 보았다. DCW의 한 단위인 3 bit는 'A'그룹이나 'B'그룹으로 분류되는데, 이것을 1 bit인 '1'이나 '0'으로 표시할 수 있다. 이렇게 bit로 표현된 그룹이 k 개 모이면, 이것을 이용하여 Hamming부호 redundancy로 (n-k) bit를 부호에 추가하여 삽입한다.

(n-k) bit의 redundancy로 (k\*3) bit의 정보어를 오류정정 할 수 있게 된다. 그리고 추가된 (n-k) bit도 DCW를 적용하여 완벽한 DCW를 이룰 수 있다.

4. 결과

제안된 Hamming Group ECC와 기존의 여러 ECC의 성능을 그림 1에서 시뮬레이션 결과로 보여주고 있다. SNR은 노이즈의 상대적인 세기를 변화시킴으로 조절하였는데, 노이즈는 Nyquist 광구경이 주는 ISI와 가우시안 잡음, 고정 패턴 잡음을 고려하였다. 같은 조건에서의 비교를 위해서, 제안된 부호를 제외한 부호들은 parity thresholding을 사용하였다. SNR이 약 3.5 dB이상되는 곳에서는 (63,33)RS 부호가 가장 좋은 성능을 나타내는 것을 보이고 있지만, SNR이 낮은 곳에서는 잡음이 너무 심하기 때문에, RS부호를 비롯한 다른 부호들도 오류정정 성능이 제대로 나타나지 않는다. 제안된 (20,12) Hamming Group부호는 SNR이 가장 낮은 부근에서 가장 좋은 성능을 나타내고 있는데, 이것은 modulation 부호의 성능 때문이다. SNR이 높은 곳에서도 (31,16) BCH의 성능보다 좋은 결과를 보여주고 있다. 그림 1에 사용된 RS 부호의 코드율은 0.524이고, BCH의 코드율은 0.516, Hamming Group의 경우 0.600 임을 볼 때, 제안된 Hamming Group ECC는 코드율면에서도 유리하다.

5. 결론

본 연구에서는 제안된 Hamming Group ECC를 기존의 ECC들과 비교하여 홀로그래픽 저장장치에서의 성능을 살펴보았다. 기존의 Hamming 부호에 DCW를 적용한 새로운 Group ECC를 사용함으로 BER을 낮추었으며, 코드율에서도 유리한 성능을 보였다.

6. 참고문헌

[1] J. F. Heanue, M. C. Bashaw, and L. Hesselink, "Channel codes for digital holographic data storage", J. Opt. Soc. Am. A 12, 1995, p2432-2439  
 [2] E. Hwang *et al.*, "Channel modeling and spectral domain evaluation of the modulation codes in holographic digital data storage system", Proc. of Satellite ISOM 2000 Sept. 22-23, 2000, p62-63.  
 [3] K. Kim *et al.*, "Dual constant weights code for holographic data storage", Proc. of Satellite ISOM 2000 Sept. 22-23, 2000, p46-47.

표 1 DCW encoding 방법

인코딩 방법	데이터 배열	code-word
A 그룹 ('1'이 하나)	000	000 1
	001	001 0
	010	010 0
	100	100 0
B 그룹 ('1'이 세개)	011	011 1
	101	101 1
	110	110 1
	111	111 0

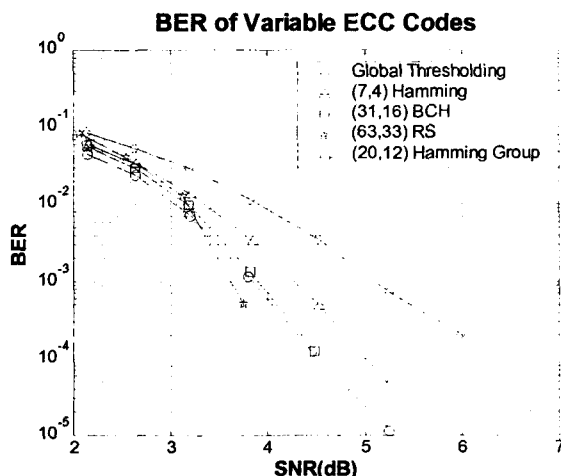


그림 1 제안된 Hamming Group ECC와 다른 부호들과의 BER 성능 비교 (Simulation).