

# 고밀도 광 기록 채널에서 LDPC 부호의 연관성 출력 알고리즘별 성능비교

\*이봉일, 이재진  
승실대학교 정보통신전자공학부  
e-mail : *bbong7258@ssu.ac.kr*, *zlee@ssu.ac.kr*

## Performance Comparison of LDPC codes with Different Soft-output Algorithm for High Density Optical Recording Channel

\*Bongil Lee, Jaejin Lee  
School of Electronic Engineering  
Sungsil University

### Abstract

본 논문에서는 최근 주목받고 있는 에러 정정 기법 중 하나인 LDPC(Low Density Parity Check) 부호를 광 기록 채널(Optical Recording Channel)에 적용해 보았고 이때 사용되는 연관성 출력 알고리즘으로 MAP과 SOVA를 이용하여 성능을 비교하였다.

### I. 서론

최근 에러 정정 부호들 중 주목받고 있는 부호 기법으로는 Low Density Parity Check(LDPC) 부호와 Turbo 부호가 있다 그 중 LDPC 부호는 패리티 검사 행렬의 원소들의 대부분이 '0'인 부호로 적은 계산량과 낮은 복호 지연, 다양한 블록의 크기와 부호화율 등의 장점들을 가지고 있다.

LDPC 부호는 채널 검출기와 LDPC 복호기가 정보를 주고 받으면서 복호를 하는데 이때 주고 받는 정보는 연관성 값이어야 한다. 그러나 기존의 채널 검출기는 비터비 알고리즘을 이용하여 경관성 값을 출력하도록 되어있다. 따라서 LDPC 부호를 채널에 적용하려면 연관성 값을 출력하도록 하는 알고리즘이 필요하다.

연관성 값을 출력하는 알고리즘에는 SOVA, Log-MAP 알고리즘 그리고 Max-Log-MAP 알고리즘 등이 있다.

본 논문에서는 이러한 알고리즘을 광 기록 채널에 적용하였을 때 각각 어떠한 성능을 나타내는지 성능을 비교해 보았다.

### II. 본론

#### 2.1 LDPC(Low-Density Parity Check) 부호

구조적 LDPC 부호 방법은 복잡도를 줄이며 하나의 행렬로부터 부호율 조정과 부행렬 길이의 변환이 가능한 장점이 있다. Richardson과 Urbanke가 제안한 효율적인 부호화 기법[1]은 생성 행렬 없이 패리티 검사 행렬의 재구성을 통하여 패리티 검사 행렬만을 이용하여 부호화가 가능하도록 함으로써 부호화의 복잡도 문제를 해결하였다. LDPC 부호의 열무게별 성능의 차이가 있는데 열무게가 3일 때 성능이 가장 좋다고 알려져 있다[2]. LDPC 부호의 복호 방법으로는 알고리즘은 메시지와 체크 노드의 정보들을 주고 받으면서 반복적으로 복호 하는 방법인 Sum-product 알고리즘을 사용한 반복 복호 방법이 좋은 성능이 나온다고 알려져 있다[3].

본 논문에서는 패리티 검사 행렬의 생성 방법으로는 랜덤한 방법을 사용했고 패리티 검사행렬의 구성으로는 구조적인 방법을 사용하였으며 열무게는 3으로 하였고 Richardson과 Urbanke가 제안한 방법으로 부호화 하였다.

#### 2.2 연관성 출력 알고리즘

연관성 값을 출력하는 복호 방법에는 크게 SOVA(Soft Output Viterbi Algorithm)[4]와 MAP 알고리즘(BCJR)[5]으로 나눌 수 있다.

SOVA는 비터비 알고리즘을 바탕으로 기존의 비터비를 이용하여 얻을 수 있는 경관정 값을 신뢰도 값을 더 계산한 방식이다. 모든 상태에 대해 LLR(Log Likelihood Ratio)값을 무한대로 정해놓고 비터비 알고리즘과 같이 경관정 값을 결정한다. 갱신할 시간이 되면 가장 큰 상태 매트릭을 가진 상태를 찾고 그 상태가 가진 경로 매트릭을 뺀후에 그 결과값을  $A_k$ 라 한다. 그 상태에서부터 역추적하면서 생존 경로와 경쟁 경로의 경관정 값들을 비교하여 서로 다를 경우 그때의 LLR 값과  $A_k$ 을 비교하여 작은 값으로 갱신한다. 이런 작업을 반복하면서 LLR 값 갱신이 끝나면 LLR 값을 출력하는 알고리즘이다.

Log-MAP 알고리즘은 MAP 알고리즘과 마찬가지로 비트의 사후 확률 값을 계산하여 이 확률 값이 최대가 되도록 복호하는 방식이다. 그러나 MAP 알고리즘은 다수의 곱셈과 지수 연산으로 계산이 복잡하고 많은 메모리가 필요한 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 Log-MAP 알고리즘을 사용한다. Log-MAP 알고리즘은 기존의 MAP 방식에서의 지수 연산과 곱셈들을 로그를 취하여 지수 연산들은 일반 정수 연산으로 곱셈 연산들은 덧셈 연산으로 복잡도를 줄였다.

Max-Log-MAP 알고리즘은 Log-MAP 알고리즘과 비슷하게 두 항의 최대값과 보정항의 합으로 구현되지만 LLR 계산에 있어 MAX 연산자를 사용하여 계산의 복잡성을 줄이기 위해 두 항의 최대값만을 사용하는 방식이다.

### III. 실험 결과

실험 환경은 다음과 같다. 4096 비트의 메시지에 240비트의 패리티를 붙이는 (4336, 240) 부호로 부호율은 0.94이고 밀도는 7로 실험을 하였다. 차수는 7차로 하여 모의 실험을 하였으며 PR 목표값은 (12344321)로 하였다. 채널의 잡음은 지터(jitter) 잡음을 15%로 하고 부가적인 백색 가우시안 잡음인 AWGN(Additive White Gaussian Noise)를 85%로 모의 실험을 하였으며 LDPC 부호의 복호시 최대 반복횟수는 20회이다.

그림 1을 보면 BER이  $10^{-5}$  일 때, Log-MAP의 성능이 Max-Log-MAP의 성능보다 0.1dB 좋으며 PRML보다 5dB 좋다. SOVA 성능은 PRML보다 3.5dB 좋다. SOVA와 Log-MAP의 성능은 약 1.4dB 차이가 있다.

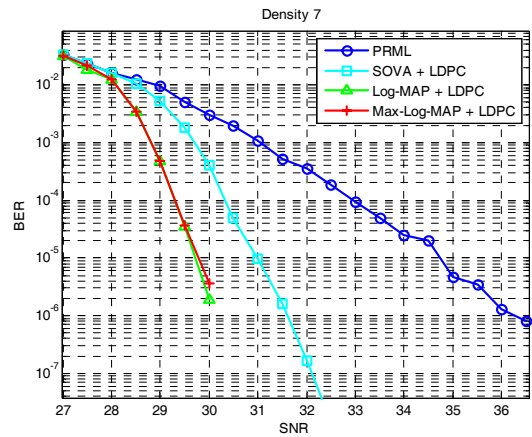


그림 1. 연관정 출력 알고리즘 별 BER 성능 비교

### IV. 결론

광 기록 채널에서 LDPC 부호의 효율적인 복호화를 위한 연관정 출력 알고리즘들의 성능을 비교해 보았다. SOVA에 비해 Log-MAP과 Max-Log-MAP 알고리즘이 좋은 성능을 내는 것을 확인했다. 고밀도 광 기록 채널에서 채널 검출기로 Log-MAP 알고리즘과 LDPC 부호를 사용하면 좋은 부호이득을 얻을 수 있다.

### 참고문헌

- [1] T. J. Richardson and R. L. Urbanke, "Efficient encoding of low-density parity-check codes", *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 47, no. 2, pp. 638-656, Feb. 2001.
- [2] S. Hongwei, L. Jingfeng, B. V. K. V. Kumar, "Concatenated low density parity check codes for magnetic recording channels", *INTERMAG 2003*, pp. DT-12, April. 2003.
- [3] F. R. Kschischang, B. J. Frey and H.-A. Loeliger, "Factor graphs and the sum-product algorithm," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 47, no. 2, pp. 498-519, Feb. 2001.
- [4] H. Hagenauer and P. Hoehner, "A Viterbi algorithm with soft-decision outputs and its applications," *Proc. IEEE Globecom'89*, Dallas, Texas, pp. 1680-1686, Nov. 1989.
- [5] L.R. Bahl, J.Cocke, F.Jelinek, and J. Raviv, "Optimal decoding of linear codes for minimizing Symbol error rate", *IEEE Trans. On Information Theory*, vol. 20, no. 2, pp.284-287, Mar. 1974.