

# 고밀도 디스크를 위한 신호 품질 평가 방법

## Signal qualification method for high density disk

박현수<sup>†</sup>  
Hyun-Soo Park

### ABSTRACT

In order to measure signal quality of optical disc such as CD or DVD, jitter is used traditionally. The signal attained from a disc by optical pick-up is processed by analog circuits. And then, binary signal can be obtained by using proper silcer. After the signal is changed into binary format, jitter is calculated as a time difference between the binary signal and the reference time. Jitter is used to express the signal quality. In this paper, a new method that is able to offer more precise measurement of the signal quality for high density optical disc than the jitter is proposed. We named it LPSNR (Level Peak Signal to Noise Ratio). The relationship between bER (bit error rate) and LPSNR is shown in the paper.

**Key Words:** 고밀도 디스크(High density disc), LPSNR, 지터(jitter), 비트오율(bER)

### 기호설명

LPSNR: Level Peak Signal to Noise Ratio

bER: bit error rate

RLL: Run Length limited

PRML: Partial Response Maximum  
Likelihood

### 1. 서론

CD나 DVD와 같은 고전적인 광 디스크의 경우 재생 신호의 품질을 측정하기 위해 전통적으로 사용되는 방법이 지터이다. 지터는 픽업으로부터 읽은 신호를 필터와 같은 처리 과정을 거친 다음 일정한 레벨로 이치화를 하고 이치화된 신호의 시간 간격을 측정하고 측정된 시간이 단위시간과 얼마나 떨어져 있는가를 나타내는 척도로 회로가 간단하고 측정이 간편하다는 장점이 있다.

그러나 디스크의 기록 밀도가 높아짐에 따라 최단 주기의 피트가 레이저 빔에 근접하게 되고 이러한 경우 픽업에서 읽은 신호의 진폭은 거의 0에 가깝게 된다. 따라서 진폭이 아주 작은 신호에 대해 지터를 구하게 되면 작은 잡음에 의해서도 많은 양의 지터 변화를 받기 때문에 지터 출력 값은 점점 더 부정확해진다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 고밀도 디스크에서의 신호 특성을 측정하는 방법이 여러 가지 제안되고 있다[1][2]. 본 논문에서는 채널식별기와 품질 연산기로 구성된 LPSNR(Level Peak Signal to Noise Ratio)을 제안하고 이 방법에 의해 구한 값이 bER(bit error rate)와 높은 상관관계가 있음을 보일 것이다.

### 2. 알고리즘

픽업에서 읽어낸 신호는 광학적 특성과 기타 원인에 의해 디스크 표면에 기록된 원 신호와는 다른 형태를 가지게 되며 이는 이상적인 기록 신호와 픽업에서 읽어낸 신호 사이에 주파수 특성을 가지는 시스템

<sup>†</sup>책임저자 : 삼성전자 DM연구소 미디어  
솔루션 팀

E.mail : [greenbee@samsung.com](mailto:greenbee@samsung.com)

(논문접수일 : 2005년 4월 1일)

을 거쳐 출력된 신호로 해석될 수 있다. 만약 이 시스템이 Time-Invariant한 특성을 가지고 있다면 일정한 종류의 입력 신호에 대해서는 일정한 출력이 나온다고 할 수 있으며 이 경우 q개의 입력 신호 열에 대해 코드 제한이 없는 경우 최대  $2^q$  가지 경우의 다른 출력 신호를 얻을 수 있다. 물론 시스템의 주파수 특성이 단순화된 경우 출력 신호 중 일부는 같은 레벨을 가질 수 있기 때문에 실제로 얻어지는 출력 신호의 종류는 적어질 수 있으며 RLL(Run Length Limit) 코드를 사용할 경우는 코드 제한 때문에 입력 신호의 종류 자체가 적어지게 된다. 이러한 특성을 사용해 시스템의 주파수 특성에 따른 최적 조건의 복호를 할 수 있게 하는 시스템으로 제안된 것이 바로 PRML(Partial Response Maximum Likelihood)이다.

일반적으로 q의 수가 증가하면 할수록 많은 수의 경우를 표현할 수 있게 되지만 이에 따라 해석해야 되는 시스템 복잡도와 복호시의 하드웨어 크기가 증가한다는 단점 때문에 광 디스크 계열의 경우 q는 3~6 사이의 값을 사용하는 것이 일반적이다.

표 1은 q값과 RLL 코드에 따른 출력 신호의 레벨 종류를 나타낸 것이다  
만약 q가 3인 경우에는 minimum code

Table 1 Level according to q, RLL code

q	minimum code length	Number of output level(m)
3	0	8
3	1	6
3	2	6
4	0	16
4	1	14
4	2	8
5	0	32
5	1	16
5	2	12

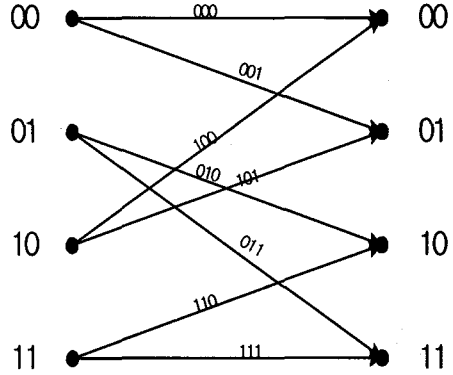


Fig. 1 8 level trellis diagram of q=3, minimum code length=0 case

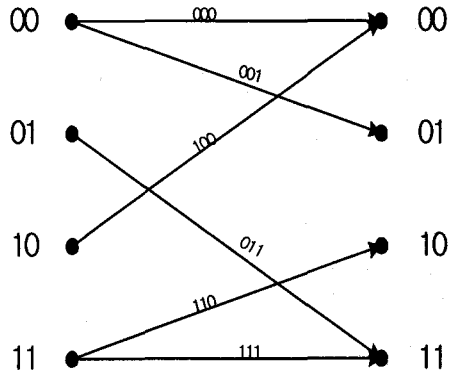


Fig. 2 6 level trellis diagram of q=3, minimum code length=1 case

length가 0인가 1인가에 따라 나올 수 있는 레벨의 경우가 틀려지게 된다. 그림 1과 2는 이 두 가지에 대해 나올 수 있는 레벨의 경우를 Trellis Diagram의 형태로 표현해 본 것이다

실제로 ADC를 거쳐 나온 파형을 분석해 보면 디스크에 기록된 밀도에 따라 양자화된 값들이 다른 분포를 하고 있음을 볼 수 있다. q 값의 결정은 패턴들이 어떠한 형태로 나타나는가에 따라 달라진다. 그림 3은 Blu-Ray 디스크에 대해 27G와 31G를 기록했을 경우의 Eye Pattern Diagram을 표현한 것이다. 적은 용량의 경우는 신호가 적은 수의 레벨로 수렴함을 알 수 있지만 고

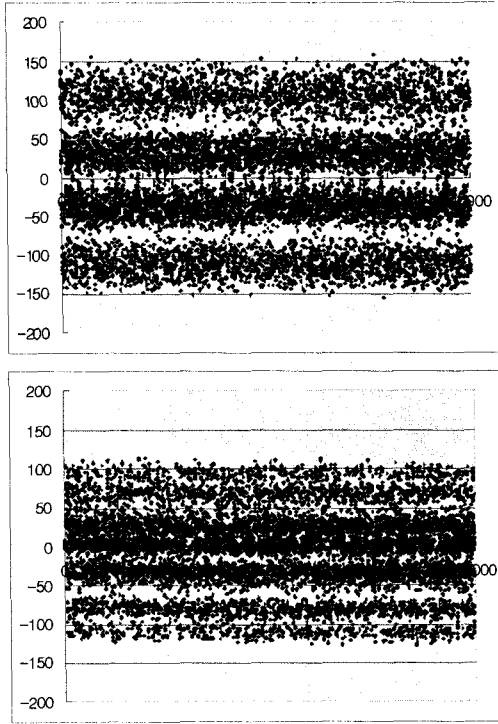


Fig. 3 Eye pattern diagram for BD 27G (upper one), 31G(lower one)

밀도로 갈 경우 많은 수의 레벨이 필요함을 알 수 있다.

따라서 입력신호가  $q$ 개의 이진 신호에 의해 레벨이 결정된다고 할 경우 검출된 이진 신호를 사용하면 입력 신호의 레벨을 식(1)과 같이 역으로 추정할 수 있다.

$$level(k) = level(k) + c(Input(i) - level(k))$$

$$k = \sum_{j=0}^{q-1} b(i+j) \times 2^j$$

$$(k: 0 \sim 2^q - 1, m = 2^q - 1)$$
(1)

여기서  $b(i)$ 는 이진 신호를 의미하고  $Level(k)$ 는 현재 연산되는 레벨을 의미하며  $Input(i)$ 는  $b(i)$ 에 대응하는 입력 신호를 의미하며  $c$ 는  $level$  값을 추종하기 위한 상수이다. 식 (1)을 사용하게 되면 이진 신호로부터 입력 신호를 분리해 각각의 레벨 값을 추출할 수 있는데 이는 입력 신호의 특성을 나타내기 때문에 이때 검출된 레벨들은 채널의 특성을 나타낸다고 볼 수 있다.

따라서 이와 같은 방식으로 검출된 레벨을 연산하기 위한 방법을 채널 식별 방법이라고 할 수 있다.

이 경우 식(1)에서  $Input(i)$ 와  $level(k)$ 간의 차이는 입력 신호의 잡음 성분으로 볼 수 있으며 이 값이 클수록 이진 신호를 얻어 내는데 있어서 오류가 생길 확률이 높아진다. 하지만 이 차이만을 단순히 합산하는 것은 바람직하지 않은데 그 이유는 입력 신호의 크기가 단순히 줄어드는 것만으로  $Input(i)$ 와  $level(k)$ 간의 차이가 줄어들 수 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 입력 신호의 최대 값과 최소 값을 대변하는  $level(0)$ 와  $level(m)$ 간의 차이를 사용해 입력 신호의 크기에 따른 차이를 보상하는 방법을 사용하였으며 이를 LPSNR (Level Peak Signal to Noise Ratio)으로 제안한다. LPSNR을 구하는 방식은 식 (2)에 나타내었다.

$$LPSNR = 20 \log_{10}(S_{peak} / MAE)$$

$$Speak = MAX(level(k)) - MIN(level(k))$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |Input(i) - level(k)|$$
(2)

여기서 MAE는 Mean of Absolute Error의 줄임말로써 절대 값의 평균치를 의미한다. 일반적으로 SNR을 연산하는 경우 에러의 제곱 항을 사용하는 것이 일반적이지만 절대 값을 사용할 경우 하드웨어 구현의 부담과 연산 속도를 높인다는 장점을 얻을 수 있다.

기존 참고문헌[3]에 따르면 등화기를 통해 신호 품질을 연산하는 과정과는 달리 본 논문에서 제시된 내용은 등화기 대신 입력 신호의 특성을 나타내는 Level 값을 직접 연산한다는 차이가 있다.

이러한 과정을 구체적인 블록도로 나타낸 것이 그림 4이다.

### 3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 신호 품질 평가 방법은 하드웨어를 사용해 구현이 가능하다. 하드웨어를 사용할 경우 입력 신호의 품질

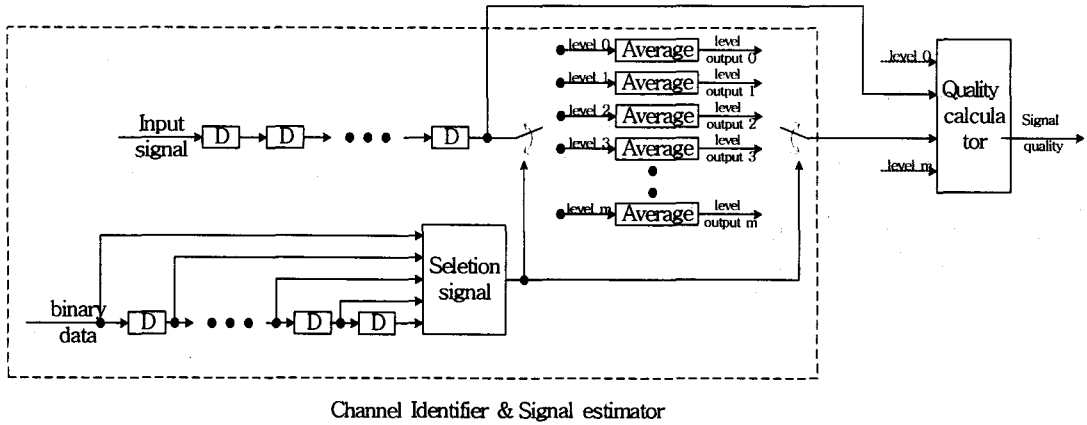


Fig. 4 Signal quality measure system

을 실시간으로 평가할 수 있으며 평가된 품질을 사용해 기록 최적화나 서보 최적화에 사용할 수 있다는 장점이 있다. 실험에 사용된 파라미터는 표 2와 같다.

실험은 디스크 평가 장치를 사용해 접선 방향의 틸트와 법선 방향의 틸트를 주면서 BER과 LPSNR을 비교해 보았다. 그림 5는 본 논문에서 제시된 방법에 의해 구한 LPSNR대 BER의 그래프이다.

기존에 사용된 방법인 지터의 경우도 BER과의 상관관계를 그래프로 나타낼 수 있는데 그림 5에 나타낸 것과 같이 본 논문에서 제시된 LPSNR에 비해 상관도가 떨어짐을 알 수 있다.

지터의 경우 고밀도 디스크로 갈수록 상관

Table 2 Test condition

시스템 동작 속도	66MHz
NA	0.85
Laser wavelength	405nm
Cover layer	0.1mm
Track pitch	0.32um
Disc capacity	31G,33G

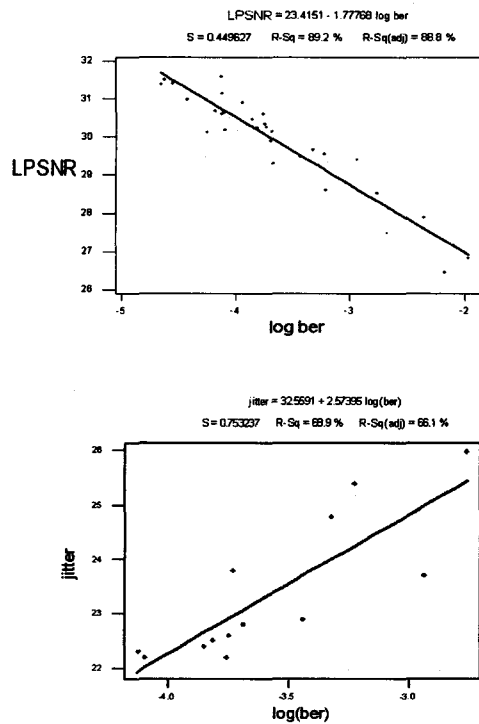
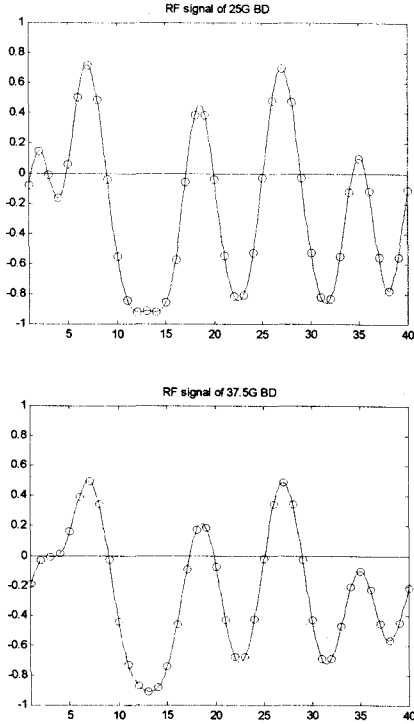


Fig. 5 vs BER graph, jitter vs BER graph

관계가 떨어지는 원인은 고밀도로 갈수록 인접 피트의 신호 영향을 받는 Inter Symbol Interferenc가 커지고 광학적 특성에 따라 짧은 주기 신호의 크기가 작아지면서 동일한 신호대 잡음비로 구성되는 시스템이라고 하더라도 작은 신호 상에 포함되어 있는 잡음 성분이 시간 축으로 영향을 미치기 때문이라고 판단된다.

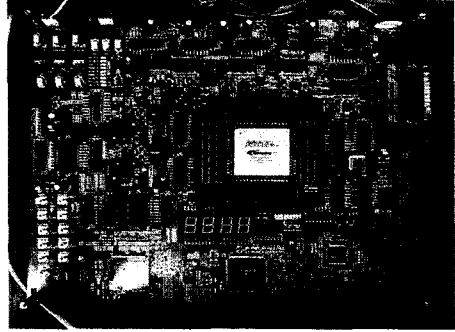


**Fig. 6** RF signal of low density disk(upper one), high density disk(lower one). Source binary signal is same, and the amplitude of short period signal in high density disk is almost zero.

#### 4. 결론

본 논문에서 고밀도 디스크의 신호 품질 평가 방법으로 유용한 LPSNR을 제안했으며 기존의 지터에 비해 신호의 품질을 정확히 평가할 수 있음을 보였다. 본 논문에서 제시한 방법은 기존의 SNR 연산 방식에 비해 간단한 연산으로 신호 품질을 연산할 수 있고 405nm 파장을 사용한 NA0.85 시스템에서 33G의 용량에서 BER과 88% 이상의 높은 상관 관계를 가짐을 알 수 있었다. 따라서 고용량 디스크의 효율적인 신호 품질 평가 방법으로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

#### 후 기



**Fig. 7** Test board

실험에 도움을 주신 삼성종합기술원 이정현 전문 연구원, 류은진 전문 연구원, 조인섭 연구원에게 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

- [1] T.Okumura et al, 2001, "A Method for Evaluating PRML system Reliability Using Sequenced Amplitude Margin", Technical Digest of International Symposium on Optical Memory 2001, pp.272
- [2] Yuji Nagai, Akihito Ogawa, and Yutaka Kashihara, 2002, "A New Method to Evaluate Signal Quality for Systems to which PRML is Applied", Technical Digest of International Symposium on Optical Memory 2002, pp.353
- [3] Piya Kovintavewat, Inci Ozgunes, Erozan Kurtas, John R. Barry, and Steven W. McLaughlin, SEPTEMBER 2002, "Generalized Partial-Response Targets for Perpendicular Recording With Jitter Noise", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol.38, No.5, pp.2340-2342