

전자 기록물 장기 보존을 위한 광디스크 매체의 데이터 수록 연구

윤만영,[†] 신현창

[†] 중부대학교 정보통신학과, (주)피엔아이 연구개발팀

(2012년 10월 19일 접수, 2012년 11월 9일 최종 수정본 접수, 2012년 11월 19일 게재 확정)

A Study on the Data Recoding of Optical Discs as a Long Term Preservation Electronic Recording Device

Man-Young Yoon,[†] Hyun-Chang Shin

[†] Dept. of Information and Communication, Joongbu University, PNI Ltd., R&D Team

(Accepted on October 19, 2012, Requisitioned last revision on November 9, 2012,

Publication decision on November 19, 2012)

Abstract

We studied simultaneously the electronically written data affected in the use of thermal transfer discs and the recoding strategy between recoding drives for the stable long term preservation of optical discs which are commonly used in an electronic data storage device.

The most important thing in the archiving preservation might be a choice of a device, however the use of thermal transfer recording discs is not good for long term data preservation because the thermal effect on the recoding data is critical which means that the data are recorded not under best condition but under bad condition.

We inspect the strategies of recoding data from 12 brands of optical discs and drives of 7 brands and it turns out the recoding strategy is needed first for the long term preservation of electronic recording data.

Thus, without affecting data quality and deformation of optical discs, the choice of optimal disc and drive in recoding data will be a solution for the long term

preservation of recoding data.

Keyword: electronic recording device, optical discs, preservation of recoding data.

1. 서론

전자 기록물을 기록하는 정보는 소프트웨어 간 호환성 결여와 함께 보존 매체의 짧은 수명으로 인해 쉽게 사라져 버릴 수 있는 단점이 있다.¹⁾ 또한 데이터를 광디스크에 버닝하는 방법에 따라라도 데이터의 수명이 크게 달라질 수 있다. 그러나 전자기록물의 보존에 필요한 전자 매체의 장기 보존 기술 관련 정보나 광디스크 매체의 상태 검증 및 최적 수록에 관한 선행 연구는 그리 많지 않다.

Daniel P. Wells는 DVD-R 광디스크 매체를 이용해 8배속으로 수록한 광디스크 매체에 온도 환경 설정이 가능한 BHD-203 Test Chamber를 사용하여 노화 가속 실험을 진행 후, 광디스크의 수명 주기에 대한 실험을 통해 PIEsum8, PIE, POF, Jitter 값의 변화를 통한 데이터 분석하였다.²⁾

김상국은 「전자 기록 보존 매체의 상태 측정·분석 및 이에 대한 고찰」에서 광디스크매체가 시간이 지나더라도 수록된 전자 기록이 별다른 영향을 받지 않고, 종이 매체와 마찬가지로 온도, 습도, 물리적 손상 및 기타 여러 요인에 의해 광디스크는 물론 디스크에 수록된 전자 기록의 정보까지도 훼손을 받을 수 있다고 분석하였다.³⁾ 그는 광디스크의 측정 항목별 판단 기준을 PIEsum8, POF, DC Jitter, FVa에 관해 측정 분석을 통해 보존용 매체인 광디스크의 데이터 품질에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 이에 디스크 모델에 따라 품질의 차이가 발생함으로 쓰기 전략(write strategy)이 중요하다고 보고하고 있다.

여기서 PIEsum8은 DVD에 기록된 데이터의 상태를 나타내는 대표적인 값으로 8개의 연속된 ECC Block에서 발생된 PIE의 합을 의미 한다. PIEsum8은 이 값이 권고 기준치인 280보다 큰 경우 원인에 관계없이 해당 DVD에 수록된 데이터의 안정성을 보장하기 어렵다.⁵⁾ 또한 PIEsum8의 최대치는 1664로 만약 error값이 1664가 넘는 경우는 읽을 수 없는 디스크로 판단한다.

PO Error 정정 후에도 더 이상 복구가 되지 않는 Error를 POF(PO Uncorrectable)라고 하며 사실상 데이터를 잃어버렸다고 판단한다. POF 에러 수가 4를 넘지 않는 것이 좋으며 4를 넘으면 데이터를 읽는데 지장을 줄 수 있다. 이 4를 넘는 에러는 마지막 까지 정정이 되지 않았기 때문에 data loss에 해당된다.

지터(Jitter)는 측정된 신호가 기대했던 신호(또는 기준이 되는 신호)와 어느 정도 차

이가 나는지를 정량적으로 나타내는 항목으로 디스크에 수록된 데이터의 품질을 확인할 수 있는 방법 중의 하나이다. 디스크 기록층(recording layer)에 존재하는 피트가 정상적인 위치로부터 벗어난 정도를 지터(Jitter)로 표현 한다. 규격상 35nsec 이하여야 하나, 통상 20nsec이하를 유지해야 한다. 측정값이 크면 클수록 정상 위치로부터의 이탈이 심하다는 것을 의미하며, 지터 값이 증가하는 원인은 고속으로 회전하는 디스크에 데이터를 수록하는 순간부터 정확한 위치에 피트가 형성되지 않았기 때문이다.

국가기록원은 「디지털 기록 매체의 기대 수명 예측 방법 및 측정 도구 개발」에서 광 기록 매체의 인공 가속 노화 과정을 이용하여 광 기록 매체의 기대 수명을 예측하고 광 반사율과 PI 에러의 상관관계 분석을 통해 가속 노화 현상으로 인해 열화 현상이 일어나 염료층에 직접적인 영향을 주어 트랙이 변형되는 현상이 일어나고 광 픽업울에 직접적인 영향을 미쳐 에러율이 증가한다. 이에 열화 현상이 디스크의 에러 증가 원인이라고 발표하고 있다.⁴⁾ Mike Martin은 「DRAFT PDS CD-DVD Media Test Summary」에서는 NASA 연구소에서 실험한 CD와 DVD의 배속에 의한 데이터 상태에 관해 분석한 것으로 각기 다른 광디스크 매체를 선정해 실험을 하였다. NASA 연구에 의하면 CD의 경우는 24배속과 40배속의 속도로, DVD는 4배속, 8배속, 16배속으로 읽었을 경우 발생하는 PI Error와 PIF에 미치는 영향과 각 디스크 매체 제조사별로 같은 배속을 설정하고 에러율을 분석했을 때, 제조사와 배속이 디스크 품질에 미치는 결과에 관해 발표하고 있다.

본 연구는 전자 기록물의 신뢰성 있는 보존과 활용을 위하여 PIEsum8, POF, DC Jitter 값을 측정함으로써 열 전사 디스크에 프린팅 했을 경우 열이 데이터에 미치는 영향을 조사하여 열 전사 방법이 기록용 매체에 적합한지를 분석하였다. 보통 DVD는 Label 층에 Print를 하지 않고 종이를 따로 프린트해 붙이는데 열 전사 프린트는 이 과정을 없애고 기록 수록부터 표지 인쇄까지 한 번에 가능하게 하는 장비를 이용한다. 또한 제조사들마다 자기 회사의 디스크나 드라이브간의 쓰기 전략을 가지고 있는데 디스크와 드라이브간의 최적의 조합을 통해 최초 기록 수록 시에 데이터의 안정성을 확보할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 디스크와 드라이브의 상관관계를 조사하여 쓰기 전략 조합을 통해 디스크와 드라이브의 조합이 얼마나 중요 기록물을 보관하는데 중요한지를 알아보았다.

2. 실험

열 전사 디스크 드라이브를 이용해 기록을 수록하고 인쇄가 가능한 표면에 열을 가해 프린트를 했을 시 열이 미치는 영향을 알아보기 위하여 열 전사 프린트를 이용하여 광

한국인쇄학회 제30권 제3호 2012년.

디스크 매체에 기록을 저장한 후 데이터의 에러를 측정하였다. 열 전사 프린트가 광디스크 매체에 미치는 영향을 조사하기 위한 장비로는 Everest Printer(RIMAGE)를 사용해서 동일 조건의 용량을 50장 수록했다. 50장을 트레이 위에 올려놓으면 원본을 이미지화해서 복사하고 프린팅 하는데 걸리는 시간은 평균 5분 정도 소요된다. 이렇게 버닝이 완료된 디스크를 DVD 전용 측정 장비인 DVDT-SD4(Expert Magnetics사, 일본) 장비를 이용해 열 전사 디스크 내에 데이터 상태 및 데이터 품질을 측정하였다.

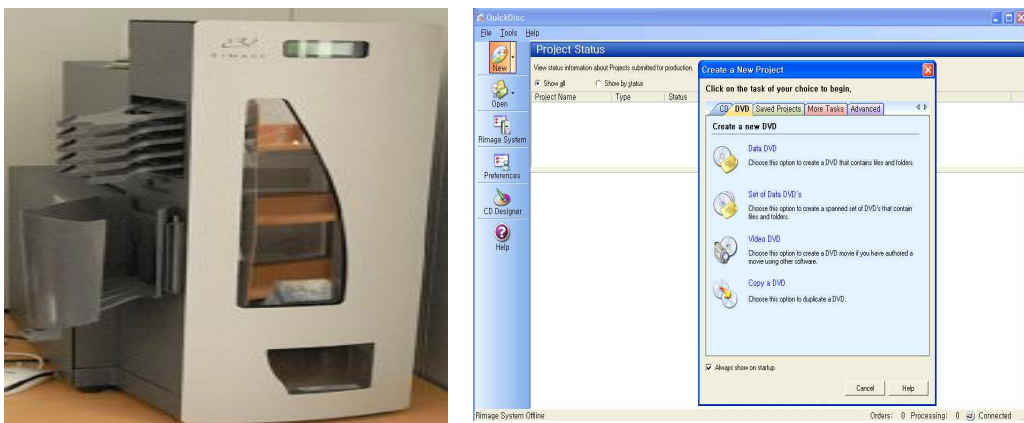


Figure 1. Thermal transfer recording device and operational software.

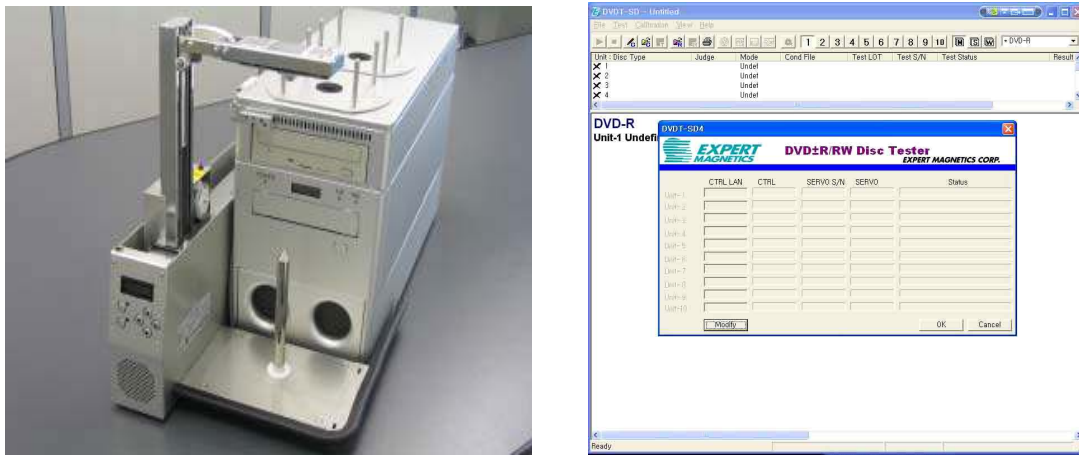


Figure 2. Optical discs measurements equipment and application software.

또한 디스크와 드라이브간의 상관관계를 통한 데이터의 안정성 확보를 위하여 12개의 각기 다른 제조사의 디스크와 7개의 각기 다른 제조사의 드라이브를 선정하여 쓰기 전

략에 의한 정합관계를 분석하였다. 이때 사용된 DVD-R매체는 표준 규격에 맞는 디스크를 사용해 동일한 4.7GB의 용량의 디스크에 4.2GB의 용량의 기록을 수록하여 버닝 시간과 광디스크 매체의 데이터 품질 판단 기준을 동일하게 하였다. 버닝 프로그램은 가장 일반적인 Nero 7 프로그램을 사용하였으며, 버닝 후 광 디스크 측정 장비인 DVDT-SD4를 이용하여 버닝 시간, PIEsum8, POF, FVa 값을 측정·분석하여 최상의 디스크와 드라이브 조합을 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 열 전사 디스크의 데이터 품질

광디스크 매체 중 하나인 열 전사 디스크가 기록용 매체로 적합한지에 관해 측정을 하였다. 국가기록원에서도 기록 보존용 매체로 사용되고 있는 열 전사 디스크는 보호층이 열전사 용지로 코팅된 제품으로 기업의 로고나 프로젝트명 등 원하는 이미지로 프린트할 수 있어 사용 빈도가 높다. 그러나 열 전사 용지를 프린트할 때 생기는 열에 의해 기록층에 쓰여진 데이터 품질 저하 및 디스크 변형 등이 발생할 수 있다.

열 전사 디스크의 PIEsum8, POF, DC Jitter, FVA 측정값을 Figure 3에 나타내었다. 각 파라미터의 분석 결과 열 전사 프린트 시 디스크의 PIEsum8, POF, DC Jitter, FVA 값은 제품에 따라 정도의 차이가 있기는 하지만 모두 증가한 것을 볼 수 있다. 특히 POF 값의 경우 열로 인해 더 이상 복구할 수 없을 정도로 데이터 에러 수가 크게 증가하였다. 이러한 현상은 열로 잉크 리본을 열 전사 용지에 녹일 때 피트와 랜드에 열이 가해져 레이저 반사 불량이 나타난 것으로 보인다. 또한 제조사 공정상에서 발생할 수 있는 디스크 변형 상태에서도 열 전사 프린트 후에 변형의 폭이 증가한 것으로 보이는데 사람의 외부 요인이 아니라 열 전사 프린트 드라이브에 의한 물리적 요인으로도 증가함을 알 수 있다.

결과적으로 각각의 파라미터 값의 증가로 보아 열이 디스크의 기록에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 열 전사 디스크 매체에 기록 수록을 할 경우 최초 기록 시 이미 최상의 기록 조건이 아닌 악조건 상황에서 기록이 되기 때문에 장기 보존용으로는 적합하지 않다고 할 수 있다. 10년이나 20년 후에 열 전사 디스크를 드라이브에서 읽을 수 없을 상황이 발생할 가능성이 높기 때문에 장기 보존 측면이나 기록 보존 측면에서 열 전사 디스크는 부적합하다고 할 수 있다.

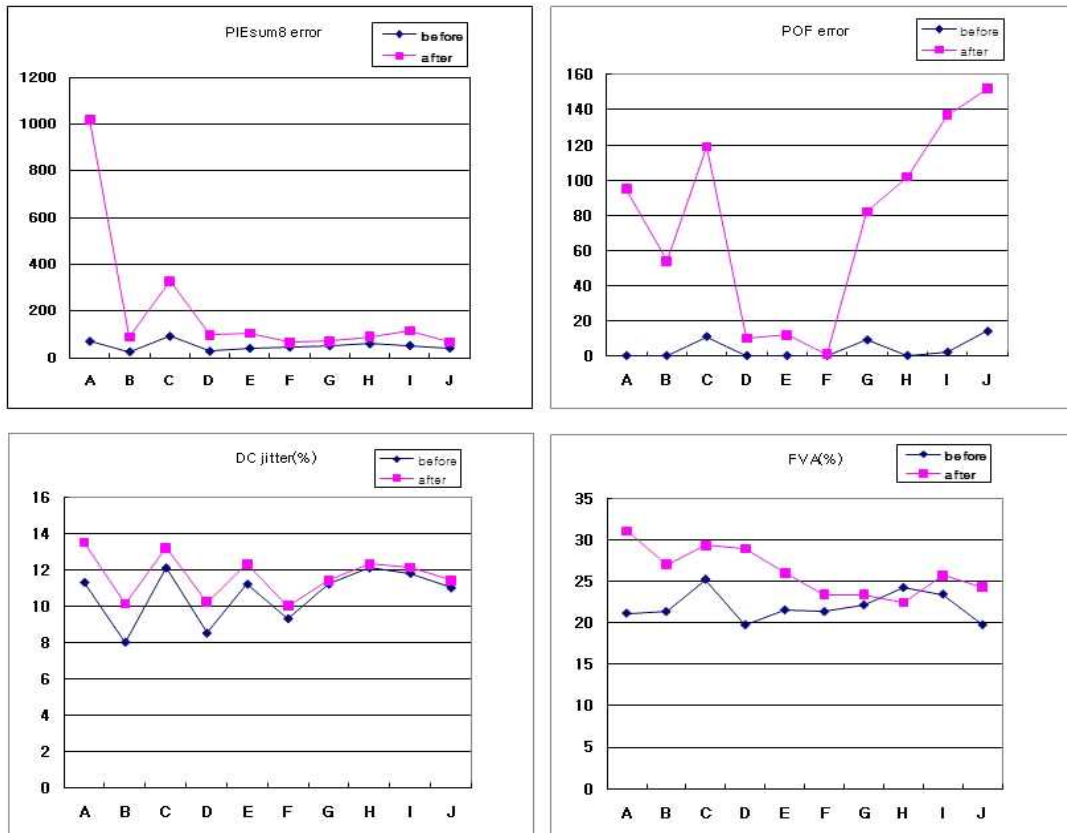


Figure 3. The graph of measurement results of thermal transfer recording discs.

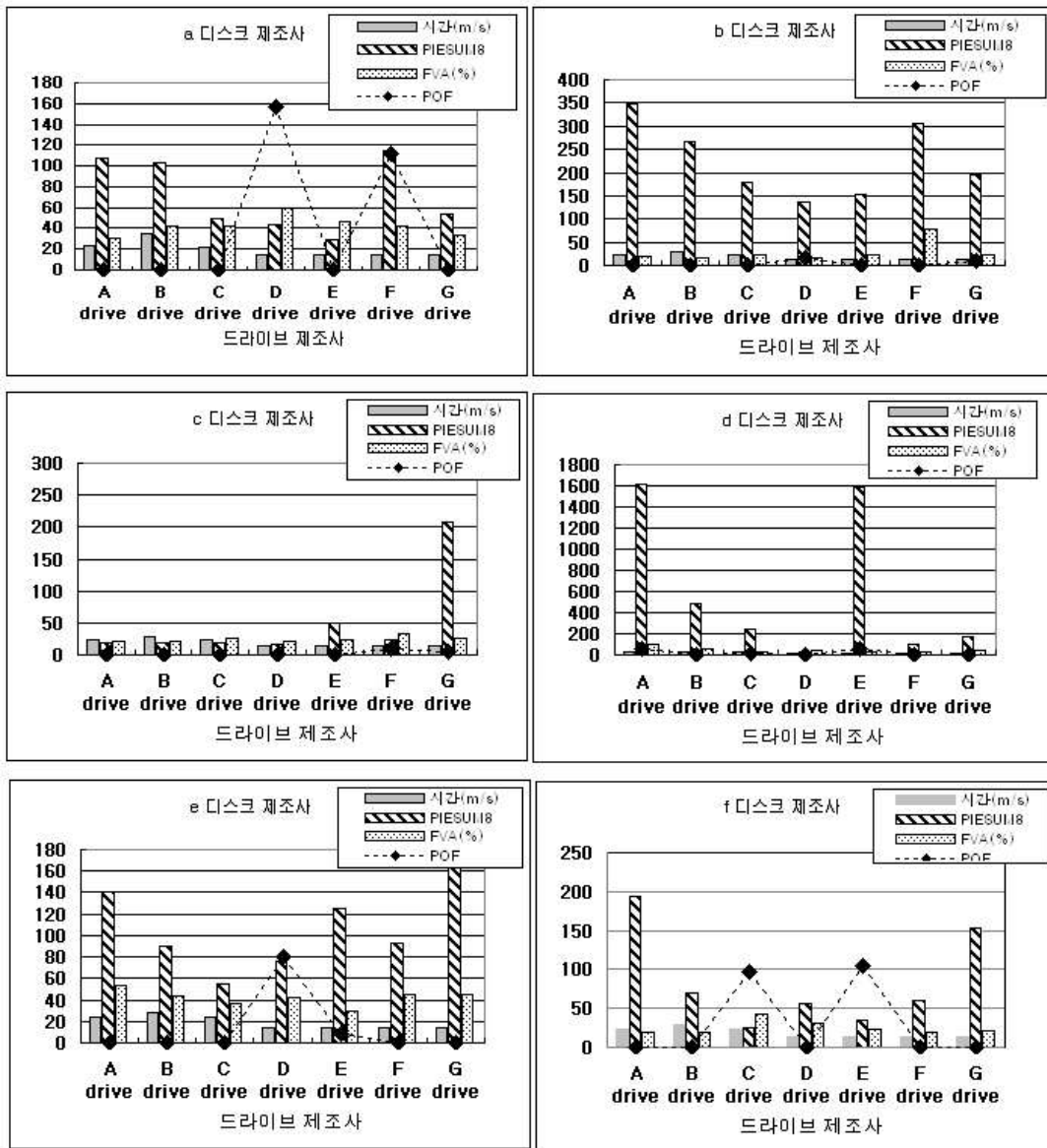
3-2. 드라이브 디스크 쓰기 전략 조합

기록을 수록한 디스크를 서고에서 온·습도만 잘 유지하면 10년이나 20년 보존이 가능할 것이라고 생각하겠지만, 제조사 디스크별로 PIEsum8 값이 좋고 나쁨이 확실하게 구별된다. 따라서 장기 보존에 가장 중요한 요건은 공 디스크와 드라이브의 상관관계이다. 그렇기 때문에 디스크와 드라이브의 쓰기 전략은 데이터 품질 및 디스크 변형 등 장기 보존이나 기록보존 측면에서 상당히 중요하다.

따라서 본 연구에서는 각기 다른 디스크에 드라이브의 쓰기 전략 조합을 통해 디스크에 맞는 최상의 드라이브 조합을 비교 분석하였다.

12개의 각기 다른 제조사의 디스크와 7개의 각기 다른 제조사의 드라이브를 선정하여 쓰기전략에 의한 정합관계를 분석한 결과를 Figure 4에 나타내었다. 각각의 디스크를 제조사별 드라이브와의 쓰기 전략 조합에 관해 각각의 디스크 파라미터(PIEsum8, POF, FVA) 값을 측정 결과 디스크와 드라이브의 종류에 따라 결과의 편차가 조금씩 달랐다.

먼저 드라이브의 제조사에 상관없이 PIEsum8값이 280 이하로 나타난 디스크는 a, c, e, f, g, j, k 등 7종류였다. 디스크 b와 h의 경우 일부 드라이브에서 280이상의 값이 나타나 수록된 데이터의 안정성을 보장할 수 없었으며, 특히 디스크 d와 i는 디스크를 읽을 수 없는 수준인 1,600이상의 값이 나타난 경우도 있다.



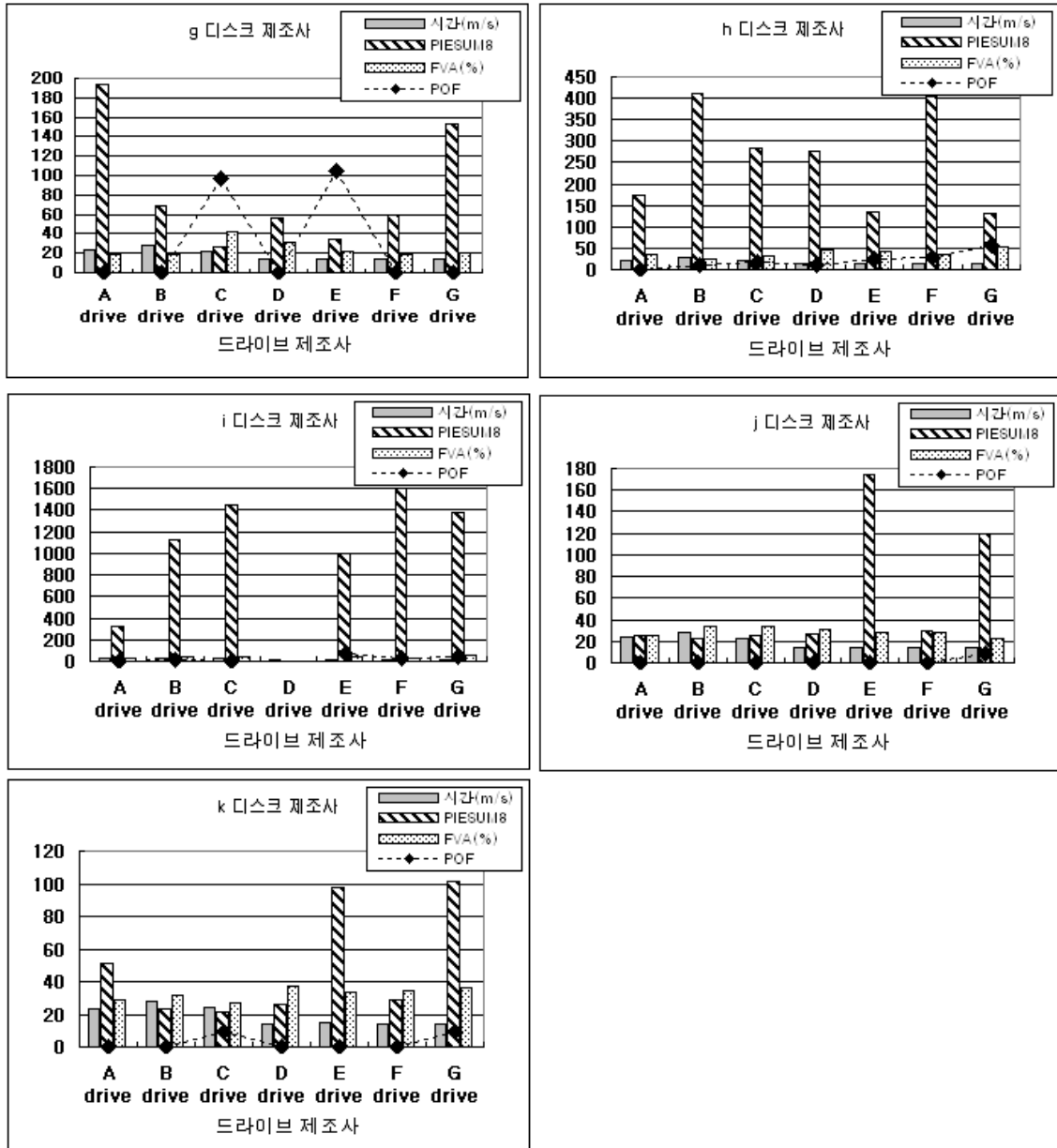


Figure 4. The measured results of the writing strategy of each disk drives.

POF 에러 수 측정에서는 PIESum 측정 결과와는 다르게 디스크 b, c, d, i 등이 문제가 발생되지 않았다. 디스크 a의 경우 D와 F 드라이브에서, 디스크 e의 경우 D 드라이브에서, 디스크 f와 g는 C와 E 드라이브에서 데이터를 읽는데 지장을 초래할 수 있을 정도

의 상당히 높은 값이 측정되었다. 디스크 h, j, k는 G 드라이브(디스크 k의 경우 C 드라이브 포함)에서 상당히 높은 값은 아니지만 위험을 초래할 수 있을 정도의 값이 측정되었다.

디스크 c를 제외한 실험에 사용된 11개 디스크에서 사용된 드라이브의 종류에 따라 에러 값이 나타났으며, 이는 쓰기 전략상 맞지 않는 디스크와 드라이브라는 것을 알 수 있다. 특히 디스크 d와 i 같은 경우는 사용된 대부분의 드라이브에서 쓰기 전략상 맞지 않는 것으로 나온다. 이는 제조 공정상에 제조사 디스크의 문제점이라고 할 수 있는데 드라이브와의 펌웨어 공유가 되지 않았기 때문에 디스크 d와 i 디스크를 기록보존용으로 사용한다면 시간이 지난 후에 기록을 불러 들일 수 없는 상황이 발생할 수 있게 된다. 만약 원본 데이터가 손실된 상황에서 복제본인 광 디스크 매체만 존재한다면 기록 보존용으로 안전성을 장담할 수 없을 것이다. 따라서 디스크와 드라이브간의 최적의 조합을 통해 최초 기록 수록 시에 데이터의 안정성을 확보할 수 있으며, 이는 데이터를 장기 보존하는데 필수적인 요소라고 할 수 있다.

데이터를 장기 보존하기에 적합하도록 각 디스크가 7개의 드라이브 중 최상의 쓰기 전략 조합을 가지고 있는 결과를 Table 1과 Figure 5에 나타내었다.

디스크와 드라이브의 쓰기 전략 조합을 가지고 데이터를 입력할 경우 안정적으로 장기 보존이 가능한 수치가 나오는 것을 볼 수 있다. 특히, c 디스크에 D 드라이브 조합의 결과를 보면 모든 측정 항목에서 다른 디스크와 드라이브에 측정 값보다 작게 나온 것을 알 수 있다. 즉 c-D 조합은 디스크 업체와 드라이브 제조업체 간의 정보 공유로 인해 각자의 제품에 최적의 조건을 가지고, 장기 보존 측면에서 c-D 조합에 디스크와 드라이브 사용을 한다면 장기 보존 측면에서 더 안전성을 확보할 것이라고 본다.

Table 1. The Measured Results of the Writing Strategy of all Disk Drives

Drive Kinds	Time(m/s)	PIESUM8	POF	FVA(%)
a-E drive	14.41	29	0	46.3
b-E drive	14.47	154	0	23
c-D drive	14.28	17	0	20.4
d-D drive	14.28	34	0	37
e-C drive	23.37	55	0	36.6
f-D drive	14.28	56	0	30.7
g-D drive	14.27	42	0	29.6
h-A drive	22.54	173	0	34.9
i-A drive	21.28	330	0	34.1
j-D drive	14.28	27	0	31.2
k-D drive	14.28	26	0	37.4
l-D drive	14.4	45	0	35.9

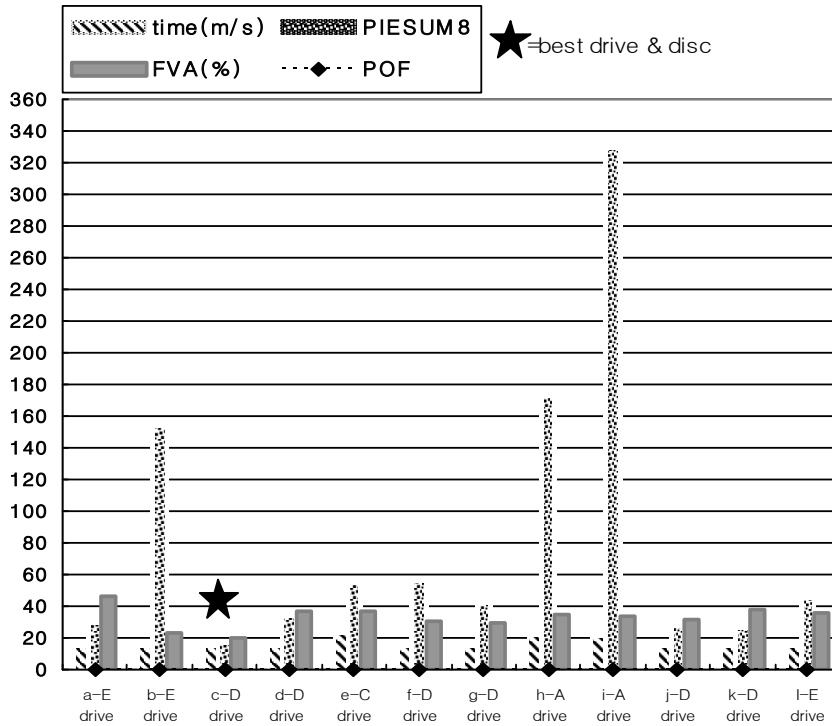


Figure 5. The measured results of the writing strategy of all disk drives.

4. 결론

본 연구에서는 전자 기록물의 보존 매체로 많이 사용되고 있는 광디스크의 데이터의 안전한 장기 보존을 위해 열 전사 디스크 매체의 사용 시 데이터에 미치는 영향 및 디스크와 드라이브 사이의 쓰기 전략에 대한 조합을 연구하였다.

기록물 보존 측면에서 가장 중요한 것은 매체의 선택에 있다고 볼 수 있는데 열 전사 디스크 매체의 사용은 열 전사 프린트 드라이브에 의해 열이 디스크의 기록에 영향을 미쳐 디스크 매체에 데이터 수록 시 이미 최상의 기록 조건이 아닌 악조건 상황에서 기록이 되기 때문에 장기 보존용으로는 적합하지 않다. 따라서 열 전사 디스크는 전자 기록물의 장기 보존 측면이나 기록 보존 측면에서 보존 매체로 사용하는 것은 적당하지 않다.

또, 전자 기록물을 장기 보존하기 위해서는 보존 환경을 유지하는 것도 중요하지만 그보다 선행되어야 할 것이 디스크와 드라이브 간의 쓰기 전략을 이용해야 한다. 데이터 품

질 및 디스크 변형에 영향을 주지 않는 최적의 디스크와 드라이브를 사용하여 데이터 수록 시 문제점을 개선하는 것이 장기 보존에 더 안전한 해결책이라고 할 수 있다. 따라서 전자 기록물의 장기 보존을 위해서는 각 기관이 사용하고 있는 광디스크와 드라이브 간의 쓰기 전략에 대한 연구와 보완이 시급하다.

참고 문헌

- 1) 송병호, “전자기록물을 위한 보존매체의 관리”, 한국문헌정보학회지, Vol. 39(2005).
- 2) Daniel P. Wells, “Predicting the longevity of DVD-R media by periodic analysis of parity, jitter, and ECC performance parameters”(2008).
- 3) 김상국, 「기록물 보존복원」 제 2호, 국가기록원(2009).
- 4) 국가기록원, “디지털 기록매체의 기대수명 예측방법 및 측정도구 개발”(2008).
- 5) ISO/IEC 23912, Information technology - 80mm(1.46Gbytes per side and 120mm(4.70Gbytes per side) DVD Recordable Disc(DVD-R).