

# 아카이브 정보저장기기에서의 디스크 돌출 모니터링 기술

## Monitoring Method of Projecting Disc in Optical Archive System

정우영\*, 임성용\*, 양현석<sup>†</sup>, 유승헌\*\*

Wooyoung Jeong, Sung-Yong Lim, Hyunseok Yang and SeungHon Yoo

(2014년 3월 18일 접수; 2014년 3월 21일 심사완료; 2014년 3월 24일 게재확정)

### Abstract

Optical Archive system consists of cartridge, drive and transfer robot. Transfer robot moves disc in cartridge to drive that reads data of disc. Distance between disc in cartridge and transfer robot very short, about 4mm. When disc projects, there is a danger of collision. Collision can cause breakage of disc and breakdown of system. To prevent collision of disc and transfer robot, projection of disc should be detected. In this paper, we proposed error monitoring method of projecting disc in archive data storage using camera. Proposed algorithm is evaluated by experiments with archive system.

**Key Words :** Optical Archive System, Error Monitoring, Projecting Disc, Stereo Vision

## 1. 서론

### 1.1 아카이브 정보저장기기

아카이브 정보저장기기는 여러 장의 CD 또는 DVD, Blu-ray disc 등의 광디스크를 보관하며 자동 기계 장치 이용한 정보저장기기 중의 하나이다. 아카이브 정보저장기기는 기기에 보관된 수많은 광디스크에 데이터를 저장 및 재생하기 때문에 매우 큰 용량을 지니고 있어 영상기록 또는 이미지기록 등의 대용량의 데이터를 관리하는 산업에 사용되고 있다. 또한 다른 정보저장기기에 비해 오염에 대한 저항력이 강하기 때문에 태풍과 같은 자연 재해의 발생시 데이터 보존에 탁월할 뿐만 아니라 데이터 보존 수명도 월등하다. 따라서 장기간 데이터 보존용 정보저장기기로 각광받고 있으며 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[1~2].

### 1.2 연구배경

아카이브 정보저장기기는 Fig. 1 과 같이 크게 디스크를 보관하는 카트리지와 디스크의 정보를 재생하는 드라이브 그리고 카트리지의 디스크를 드라이브로 옮기는 이송용 로봇으로 구성되어 있다[3]. 기본적으로 카트리지의 디스크를 이송용 로봇이 드라이브로 이송하게 되는데 디스크의 돌출이 4mm 이상 발생하면 디스크와 이송용 로봇간의 충돌이 발생하게 된다. 충돌 시 디스크 파손 및 시스템 고장을 유발할 수가 있다. 따라서 디스크와 이송용 로봇간의 충돌을 방지해야 한다.

### 1.3 연구목표

본 논문에서는 디스크와 이송용 로봇간의 충돌을 방지하기 위해 카메라를 이용한 디스크 예러 모니터링 기법을 제안하고 실험을 통해 제안된 알고리즘의 신뢰성과 성능을 평가한다.

## 2. 실험시스템

아카이브 정보저장기기에서의 디스크 돌출 여부를 판단하기 위해서 실제 아카이브 시스템을 통하

<sup>†</sup> Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.  
E-mail : hsyang@yonsei.ac.kr  
TEL : (02)2123-2824

\* Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.  
\*\* Hitachi-LG Data Storage Inc.

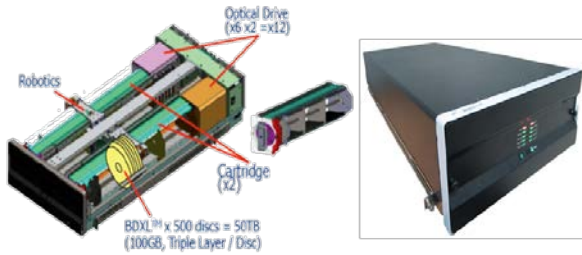


Fig. 1 Optical Archive System (HL-100)

여 측정방법을 검증하였다. 디스크의 돌출을 판단하기 위하여 Table 1 과 같은 성능의 카메라를 사용하였으며 카메라의 주변에는 Fig. 2 와 같이 LED를 부착하여 광량을 조절하였다. 초소형 카메라 모듈을 사용하여 디스크 돌출을 모니터링 하기 때문에, 이송용 로봇의 구조적인 변경 없이 로봇에 적용이 용이하다. Figure 3 와 같이 돌출된 양면 광디스크를 탐지하기 위하여 로봇의 여러 위치에 카메라를 부착시켜 실험시스템을 구성하였다. 로봇의 이송정밀도를 높이기 위하여 Fig. 4 와 같이 고정밀 리니어 스테이지를 이용하여 로봇의 움직임을 제어하였다.

### 3. 에러 모니터링 기술

#### 3.1 디스크 정면 측정

디스크의 돌출 여부를 판단하기 위하여 카메라를 Fig. 4 (a)와 Fig. 5 (a) 같이 이송용 로봇의 진행 방향을 향하도록 부착하여 취득한 카메라의 영상으로 판단하는 알고리즘이다. 광디스크는 가장자리의 투명부분과 정보기록영역으로 구성된다. 디스크의 돌출이 없을 시에는 디스크의 투명부분만 카메라에 재생이 되지만 디스크의 돌출이 발생했을 시에는 정보기록영역 또한 카메라에 포착이 되어 디스크가 돌출이 되지 않을 때와 다른 경향이 나타난다. 이러한 광디스크의 성질을 이용하여 디스크의 돌출 여부를 판단 가능하다.

이송용 로봇이 진행하며 카메라로 취득된 영상에서 디스크의 돌출을 판별 가능한 위치에서 감지되는 빛의 세기변화를 통하여 디스크의 돌출 여부를 판단한다. 양면 디스크의 경우 기록면이 테두리에 비하여 어둡기 때문에 디스크의 돌출이 발생할 경우 돌출된 위치에 의해 반사되는 광량이 적어 카메라에 의해 감지되는 빛의 세기가 감소한다. 또한 시간에 따른 빛의 세기 변화를 통하여 디스크의 돌출 정도를 예측 가능하다.

Table 1 Specification of Camera

Module Size	29 mm
Focus Length	3 mm ~ ∞
View Angle	60°
Pixel Size	1.75 um x 1.75 um

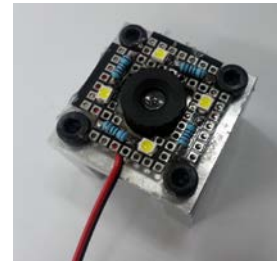


Fig. 2 Camera Module with LED

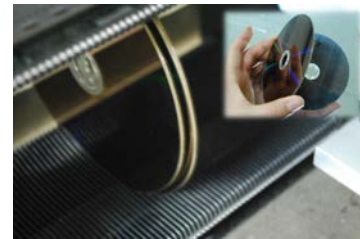
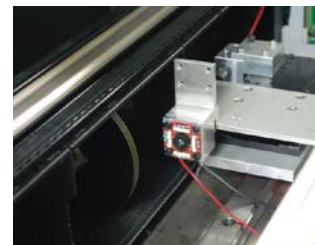
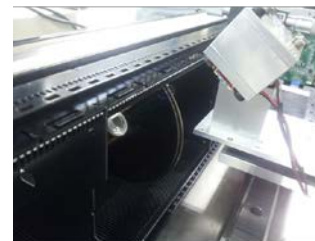


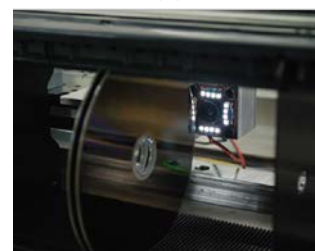
Fig. 3 Projecting Double Sided Disc



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Experimental System

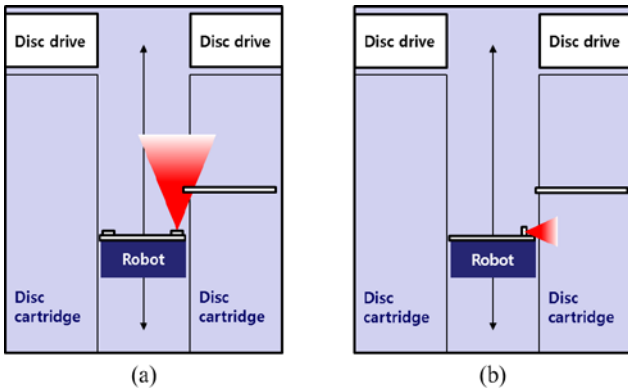


Fig. 5 Error Monitoring Method: (a) Disc-Camera Parallel, (b) Disc-Camera Vertical

### 3.2 디스크 측면 측정

디스크와 카메라렌즈를 수직으로 설치하여 디스크의 돌출을 판단하는 방법은 Fig. 4 (b)와 Fig. 5 (b) 같이 카메라를 이송용 로봇의 옆면에 위에서 아래로 향하도록 비스듬히 부착하여 광디스크의 측면에 반사된 조명의 빛의 세기를 감지함으로써 구현 가능하다. 이송용 로봇이 진행하며 취득한 영상에서 돌출 시에 빛의 세기가 감지되도록 측정 위치를 설정한다. 돌출된 디스크가 없을 시에는 광량이 측정되지 않으나 디스크가 돌출했을 시에는 반사된 빛을 세기를 측정하여 디스크 돌출 여부를 판단 가능하며 광량을 통하여 디스크의 돌출 정도를 예측할 수 있다.

### 3.3 스테레오 비전

스테레오 비전은 두 개의 카메라로 취득한 영상으로 계산을 통하여 물체의 거리를 예측하는 3 차원 인식 시스템이다[4-5]. Figure 6 의 그림과 같이 물체를 두 개의 카메라로 영상을 얻어 각각의 파라미터 값들을 Eq. 1 에 적용하면 카메라와 물체와의 상대적인 거리를 쉽게 구할 수 있다.

$$r = f \frac{b}{d} \quad \dots(1)$$

$f$  는 카메라 렌즈의 초점거리이며  $b$  는 카메라 렌즈 사이의 거리인 base line 을 뜻한다.  $d$  는 disparity 라 칭하며  $d_l$  과  $d_r$  의 차이를 의미한다.  $r$  은 depth 로 카메라와 물체 사이의 상대적 거리를 의미한다.

하지만 기존의 스테레오 비전은 두 개의 카메라로 영상을 취득하지만 아카이브 정보저장기기

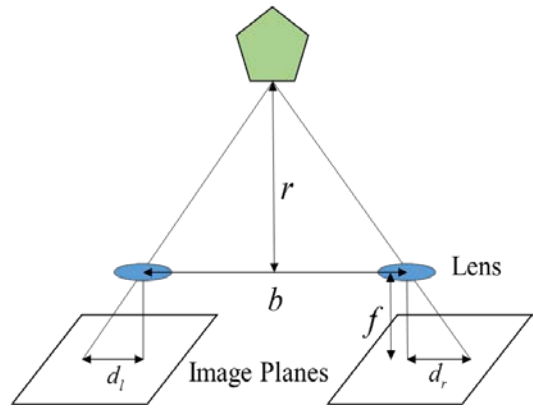


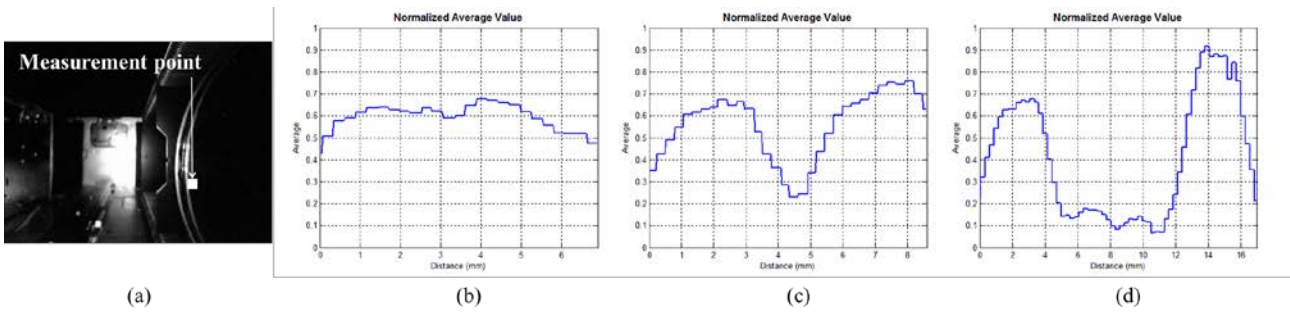
Fig. 6 Stereo Vision

에서는 공간이 매우 협소하여 여러 대의 카메라를 부착하기에 어려움이 따른다. 또한 이송용 로봇은 디스크를 이송시키기 위하여 카트리지 사이를 이동하기 때문에 하나의 카메라를 이용하여 다양한 위치에서의 영상을 취득할 수 있으므로 복수개의 카메라가 불필요하다. 따라서 Fig. 4 (c)와 Fig. 5 (b)와 같이 하나의 카메라로 이송용 로봇을 이동하며 얻은 영상들로 디스크의 돌출 여부를 판단하고자 한다. 또한 스테레오 비전은 거리의 측정이 가능하기 때문에 디스크의 돌출 여부뿐만 아니라 디스크의 유무판별도 가능한 장점을 지니고 있다.

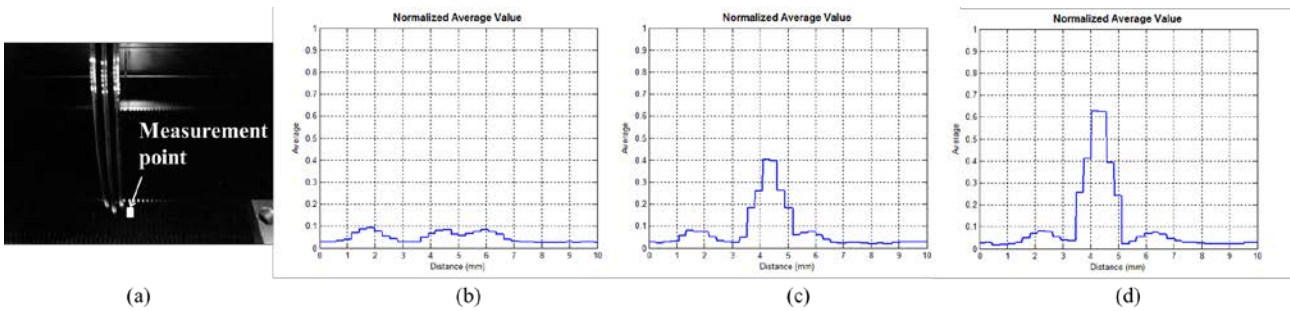
## 4. 실험 및 결과

### 4.1 디스크 정면 측정

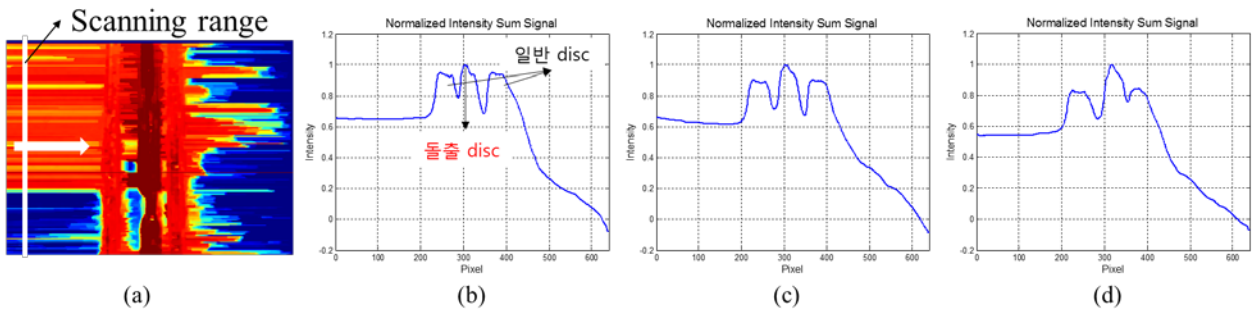
카메라렌즈를 디스크와 평행하게 이송용 로봇에 부착하여 디스크의 정면을 측정한 실험의 결과는 Fig. 7 과 같다. Figure 7 의 (a)와 같이 이송용 로봇을 이동시키며 디스크의 중간 부분에서의 광량을 측정하였다. Figure 7 의 (b)는 돌출된 디스크가 없을 시의 측정위치에서의 광량이다. 디스크의 가장자리 부분에서 조명의 빛이 반사되기 때문에 광량의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있다. 하지만 각각 1mm, 3mm 돌출된 Fig. 7 의 (c)와 (d)의 결과에서는 광량의 감소가 일어나는데 이를 통하여 디스크의 돌출을 예측 가능하다. 또한 3mm 디스크 돌출의 낮은 광량의 지속시간이 1mm 디스크 돌출의 지속시간보다 긴 현상으로 디스크의 돌출 정도를 파악 가능하다.



**Fig. 7** Experimental Results of Disc-Camera Parallel:  
(a) Measurement Point, (b) No Projection, (c) 1mm Projection, (d) 3mm Projection



**Fig. 8** Experimental Results of Disc-Camera Vertical:  
(a) Measurement Point, (b) No Projection, (c) 1mm Projection, (d) 3mm Projection



**Fig. 9** Experimental Results of Stereo Vision:  
(a) Depth Map, (b) 1mm Projection, (c) 2mm Projection, (d) 3mm Projection

#### 4.2 디스크 측면 측정

Figure 8 (a)는 실험시스템을 카메라렌즈와 디스크를 수직으로 구성하여 디스크의 측면을 취득한 카메라 영상이다. 52°의 각도로 위에서 아래로 향하도록 카메라를 이송용 로봇에 부착하였다. 디스크가 돌출하였을 시 Fig. 8 (a)를 통하여 디스크의 반사된 부분이 영상 하단 부분으로 돌출하는 것을 확인할 수 있다. 돌출하지 않은 디스크의 하단에서의 광량을 측정하여 디스크의 돌출이 발생했을 시 발생하는 광량의 변화를 확인하였다. 돌출된 디스크가 없을 시 측정한 광량은 낮은 레벨에서 변화가 없음을 Fig. 8 (b)를 통하여 확인할 수 있다. Figure 8 (c)와 (d)의 결과를 통해 디스

크가 돌출했을 시 광량의 증가를 확인할 수 있으며 광량의 크기를 비교하여 디스크의 돌출 정도를 파악 가능하다.

#### 4.3 스테레오 비전

스테레오 비전을 적용한 실험에서 진행한 영상간의 base line 은 1mm 이며 카메라의 초점거리는 3mm 이다. Disparity 는 25 로 설정하여 디스크간의 돌출여부를 판단하였다. Figure 9 (a)는 스테레오 비전의 계산을 통한 3mm 돌출된 디스크의 depth map 이다. 가운데의 돌출된 디스크의 depth 값이 다른 디스크의 depth 값보다 높은 것을 확인할 수 있다. Figure 9 (b)~(d)는 depth

map 을 scanning range 를 설정하여 scanning 하여 depth 의 평균값을 나타낸 그래프이다. 그래프를 통하여 돌출된 정도가 클수록 돌출된 디스크의 평균 depth 값이 다른 디스크의 평균 depth 값보다 상대적으로 증가함을 확인할 수 있다. 평균 depth 값의 변화를 통하여 디스크의 존재 유무 또한 판단 가능하다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 아카이브 정보저장기에서 디스크의 돌출로 인한 디스크 이송 로봇과의 충돌로 발생하는 디스크 파손 및 시스템 고장을 방지하기 위한 디스크 돌출 모니터링 기법을 제안하였다. 카메라를 이용한 디스크 에러 모니터링 기법을 실험을 통하여 카트리지에서 디스크의 돌출여부와 유무를 탐지함으로써 성능을 평가하였다. 초소형 사이즈의 카메라 모듈을 로봇에 부착하여 모니터링 함으로써 이송용 로봇의 구조적인 변화 없이 미세한 디스크의 돌출과 디스크의 유무를 탐지가 가능하다. 아카이브 정보저장기의 성능향상에 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 후 기

We would like to gratefully acknowledge the support of Hitachi-LG Data Storage Inc. and the Center for Information Storage Devices, which have designated this research as a specialization project by Yonsei University. (2013-8-0499)

## REFERENCES

- [1] Sung-Yong Lim, Hyunseok Yang, SeungHon Yoo, Han Baek Lee and Young Do Choi, 2013, "SLOT MISALIGNMENT MEASUREMENT FOR ARCHIVE DATA STORAGE USING DUAL SENSING METHOD", Proceedings of the ASME 2013 Conference on Information Storage and Processing Systems, ISPS2013-2833, pp.1-3.
- [2] Irie, M., and Okino, Y., 2007, "Standardized life expectancy of high-speed recordable optical disks", Magnetics, IEEE Transactions on, Vol.43, No.2, pp. 864-866.

- [3] Akinobu Watanabe, 2013, "Optical library system for Long-term preservation with extended error correction coding" IEEE Conference on Massive Data Storage.
- [4] Mikko Kytö, Mikko Nuutinen and Pirkko Oittinen, 2011, "Method for measuring stereo camera depth accuracy based on stereoscopic vision", IS&T/SPIE Electronic Imaging, International Society for Optics and Photonics, Vol. 7864, pp. 78640I-78640I.
- [5] Heiko Hirschmüller, Peter R. Innocent, and Jon Garibaldi, 2002, "Real-time correlation-based stereo vision with reduced border errors", International Journal of Computer Vision, Vol. 47 No.1-3, pp. 229-246.