pISSN : 1976-0620, eISSN : 2384-0633
https://doi.org/10.7742/jksr.2018.12.6.785 "J. Korean Soc. Radiol., Vol. 12, No. 6, November 2018"

The Data Transmission of Image Storage System of PACS

EuyHyun Cho,[1] Jeongkyu Park[2,*]

[1]Department of Medical Device, Samsung Electronics
[2]Department of Radiologic Technology, Daege Health College

Received: March 12, 2018. Revised: November 26, 2018. Accepted: November 30, 2018

ABSTRACT

Recently, Disk array is widely used as a long term storage device in PACS, but reliability is not enough in relation to annual failure rate of disk. Between October 2016 and February 2017, we scanned the serial port of the hard disk while reading or storing medical images on a PACS reader. The data rate was calculated from the data stored in HDD 99ea that were used in the PCAS image storage device and in HDD 101ea that were used in the Personal Computer. When a CT image was read from a PACS reader, Reading was 87.8% and Writing was 12.2% in units of several tens of megabytes or less. When the CT image was stored in the PACS reader, Reading was 11.4% and Writing was 88.6% in units of several tens of megabytes or less. While reading the excel file on the personal computer, Reading was 75% and Writing was 25% in less than 3 MB, and In the process of storing the excel file on the personal computer, Reading was carried out by 38% and Writing was carreid out 62% in the units of 3 MB or less. The transfer rate of the hard disk used in the PACS image storage device was 10 GB/h, and the transfer rate per hour of the hard disk of the personal computer was 5 GB / h. Annual failure rate of hard disk of image storage system is 0.97 ~ 1.13%, Annual failure rate of Hard Disk of personal computer is 0.97 ~ 1.13%. the higher transfer rate is, the higher annual failure rate is. These results will be used as a basis for predicting the life expectancy of the hard disk and the annual failure rate.

Keywords: PACS, HDD, read, writing, transmission rate per hour

Ⅰ. INTRODUCTION

의료 영상 저장 전송 시스템(picture archiving communication system, PACS)은 각종 의료 장치(X-Ray, CT, MR, Angio, 내시경, 초음파, BMD등)에서 발생한 영상들을 의료용 디지털 영상 및 통신(digital imaging and communications in medicine, DICOM)의 표준 방식을 따르는 디지털 형태로 변환하여 대용량 저장 장치에 저장한 후 고속의 네트워크를 통해서 각 단말기로 전송한다.

PACS의 영상저장부의 저장장치는 단기간 저장을 위해서 고속의 디스크 배열(array)를 사용하며, 장기간 저장을 위해서는 디스크 배열 또는 광 디스크나 디지털 테이프가 많이 사용되어 왔으며,[1] 컴퓨터 저장기술의 발전과 하드디스크(hard disk drive, HDD)의 용량 증가로 디스크 배열이 장기간 저장 장치에 많이 사용되고 있는 실정이다.

따라서 디스크 배열에 사용되는 대용량 하드디스크의 신뢰성과 연간 제품 고장률(annual failure rate, AFR)에 대한 연구가 수행되었으나 극히 미약한 실정이다.[2,3]

네트워크 기기 회사(network appliance company)는 하드 디스크의 신뢰성을 예측하는 4가지 주요한 요인을 (1)온도, (2)시스템의 불량 복구방식, (3)하드디스크 고유 신뢰성, (4)최종 불량을 결정하는 방법을 제시하여, 각 요인과 관련하여 변동이 발생할 수 있는 원인에 대해서 연구를 수행하였다.[4]

하드디스크의 신뢰성에 가장 중요한 요소는 디스크의 활용과 디스크의 출시 후 기간이며 디스크는 출시 후 기간이 길수록 디스크의 신뢰성이 떨어진다는 것이 보고되었다.[5]

* Corresponding Author: Jeongkyu Park E-mail: jkpark@dhc.ac.kr Tel: +82-53-320-1363
Address: Daegu Health College, 15 Youngsong-ro, Buk-gu, Daegu, 41453, Republic of Korea

구글 회사는 자신의 기반 시스템에 내장된 하드디스크의 사용 환경 및 스마트 (Self-monitoring analysis and reporting technology, SMART) 데이터를 분석하여 사용 환경이 수명예측에 큰 상관관계가 없으며, SMART 항목(Parameter)중 데이터 영역을 읽다가 발생한 에러 수(Scan errors), 읽기 동작 수행 중에 재시도(Retry)후, 주소를 재할당한 수 (Reallocation count), 작동하지 않는 시간에 데이터 영역을 읽다가 이상이 발생할 소지가 있는 영역을 재할당하는 수 (Offline reallocation count), 그리고 읽기나 쓰기 동작 중 불량이 가끔 발생할 소지가 있는 수 (Probational count)가 불량 발생 확률에 큰 영향을 준다고 발표 하였다.[6]

하드디스크는 동작 구조상, Head가 Media를 접근(Access)한 후, 데이터가 저장된 Track을 Seek한 후, Read 혹은 Write 동작을 수행하게 되는데, 데이터 전송량 증가로 인해서 Head가 Media위에 Seek, Read, Write 동작을 많이 수행할수록 Scratch, Defect, Poor Write, Write Fault, Adjacent Track Erase 등의 불량이 발생할 확률이 높다.

본 연구에서는 PACS내 영상 저장장치에 사용되는 하드디스크와 개인용 컴퓨터에 사용되는 하드디스크 에 대해, 실사용 조건에서의 전송률과 년간 불량율의 관계를 논의하고자 한다.

Ⅱ. MATERIALS AND METHODS

1. 조사대상

PACS 판독기에서 의료영상을 읽거나 저장하면서 하드디스크의 직렬포트단자를 조사하였다.

2015년 11월부터 2016년 5월까지 일반 사용자 및 PCAS 영상저장 장치에 사용되었다가 시장에서 반품된 하드디스크 200개에 저장된 일반 사용자 환경 및 PCAS 영상저장 장치의 환경에 대한 데이터를 분석하고자 한다.

2. 방법

2.1 하드 디스크의 통신내용 분석 방법

PACS 판독기가 설치된 컴퓨터에 대용량 3.5인치 하드디스크를 2대를 연결하였다. PACS 판독 장치에서 DICOM 형식의 CT, MRI 영상을 읽고, 저장하는 동작을 수행하면서 하드디스크와 통신하는 모든 내용을 저장하였다. 저장된 내용 중 주소(Logical Block Address, LBA)를 용량단위인 바이트(Byte)단위로 환산하여 읽기와 쓰기로 구분하였다. 엑셀(Excel)파일을 읽고 저장하면서 일반 컴퓨터와 하드디스크 간의 통신 내용을 저장한 후 분석 하였다.

2.2 반품된 하드디스크의 내부데이터의 구분과 전송률 산출

시장에서 반품된 하드디스크 200대 대해서는 사용 장소에 따라 구분하였다. PACS 시스템에 사용되기 위해 대형 컴퓨터 회사에서 사용되었던 주문자 상표 부착품(original equipment manufacturing, OEM), 소규모 컴퓨터 조립회사에서 사용되었던 유통 품으로 나누었다. 그리고 주문자 상표 부착 품과 유통품의 내부에 저장되어 있는 스마트(Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology, SMART) 정보와 자체 매개변수 모니터링(Self Parameter Monitoring, SPM) 정보를 제조자가 지정한 위치에서 읽은 데이터를 정리하였다.

3. 자료 분석

PACS 판독기에서 CT Image을 읽고, 쓰기를 하면서 하드디스크와 시리얼 통신을 하면서 얻은 데이터, 즉동작(읽기, 쓰기), 주소(Logical Block Address, LBA), 전송량(Sector 수)의 정보를 바탕으로 하였다.

연속되는 동작별 주소의 차이가 전송량을 넘는 경우에는 임의 주소접근으로 간주하였고, 전송량 내에 있을 경우에는 순차 주소접근 방식으로 간주하였다.

읽기와 쓰기일 때 순차주소 접근방식으로 간주하였고, 전송량 보다 클 때는 Head가 전 동작이 있던 트랙(Track)에 있지 않기 때문에 임의 주소 접근 방식으로 간주하였다. 또한 동작(읽기, 쓰기)별, 주소접근(순차주소, 임의주소) 방식별 전송률을 산출하였다.

개인용 컴퓨터에서 엑셀 파일을 읽고, 쓰기를 하면서 하드디스크와 시리얼 통신을 하면서 얻은 데

이터로 부터 동작, 주소, 전송량의 정보를 얻은 후, 동작(읽기, 쓰기)에 따른 주소접근 방식별 전송률을 산출하였다. 순차주소 접근방식은 하드디스크의 Head는 데이터가 저장된 트랙(Track)의 섹터(Sector)를 Seek한 후 데이터를 읽기 혹은 쓰기를 하는데, 해당 섹터(Sector)의 데이터만 읽기를 하는 것이 아니라, Media의 회전에 맞추어서 해당 섹터(Sector)를 포함한 트랙 전체를 읽어서 하드디스크내부 Cache에 저장한다. 이후 이전 트랙내의 주소에서 데이터를 읽으라는 명령을 시스템(PACS 시스템, 개인용 컴퓨터)으로부터 받으면, Head가 데이터가 저장된 섹터(Sector)를 Seek하지 않고 Cache에 저장된 데이터를 시스템으로 전송한다. 이것을 Read Cache라고 한다. 또한 쓰기는 쓰기 명령을 하드디스크내부의 Cache에 저장해 놓고, 시스템에게는 쓰기를 완료했다고 보고하고, 하드디스크내부에서 순차주소 접근방식 주소의 쓰기 명령을 재 할당(Reallocation)하여 수행하고, 임의 주소 접근방식 주소 쓰기 명령을 수행하게 된다. 이것을 Write Cache라고 한다. 즉 순차적 접근방식이 많을수록 Head의 Media위의 움직임이 작게 되어서 임의적 접근방식 대비하여 전송량이 높다. 통계 분석은 윈도우용 미니 탭 소프트웨어(MINITAB Inc.,Version 16)를 사용하였다.

Ⅲ. RESULT

1. 하드디스크의 통신내용 분석 결과

PACS 판독기와 CT 이미지(image)와의 통신내용은 수십 MB(mega byte) 이하 단위로 Fig. 1과 같이 읽기는 87.8% 수행되었고, 쓰기는 12.2% 수행되었다. Fig. 2는 읽기 수행 시 반복되는 동작 패턴(pattern)을 분석한 결과이다. PACS 판독기에서 CT 이미지(image)를 저장 할 때의 통신 내용은 수십 MB 이하 단위로 Fig. 3과 같이 쓰기는 88.6 % 수행하였고, 읽기는 11.4 % 수행하였다. Fig. 4는 저장 시 반복되는 패턴을 분석한 결과다. Fig. 3과 Fig. 4의 패턴 분석 결과를 토대로, CT 영상(image) 읽기와 저장 시 산출된 순차주소와 임의 주소의 비율은 8대 2였다.

2. 개인용 컴퓨터의 엑셀 파일 읽기와 저장 시 하드디스크의 통신내용

개인용 컴퓨터에서 엑셀 파일 읽기를 진행하면서 하드디스크와 통신하는 내용은 3 MB 이하의 단위로 Fig. 5와 같이 읽기를 75% 수행하였고, 쓰기를 25% 수행하였다. Fig. 6은 엑셀 파일 읽기를 수행할 때 반복되는 패턴을 분석한 결과이다.

개인용 컴퓨터에서 엑셀 파일에 저장하면서 하드 디스크와 통신하는 내용은 3 MB 이하의 단위로 Fig. 7과 같이 쓰기를 62% 수행하였고, 읽기를 38% 수행하였다. Fig. 8은 엑셀 파일에 저장할 때 반복되는 패턴을 분석한 결과이다. Fig. 6과 Fig. 8의 패턴 분석 결과를 토대로, 엑셀파일 읽기와 저장 시 산출된 순차주소와 임시 주소의 비율이 6대 4였다.

3. PACS에서 하드디스크의 전송률

PACS의 영상 저장장치에 사용되는 하드디스크의 전송률은 Fig. 9와 같이 확률분포로 나타내었는데, 90%를 점유하는 전송률은 10 GB/h이었다.

개인용 컴퓨터의 하드디스크의 전송률은 Fig.10과 같이 확률분포 나타내었는데, 90%를 점유하는 전송률은 5 GB/h 이었다.

전송량에 따른 하드디스크의 년 간 불량률은 Fig. 11과 같이 판매 후 1년 이후에 PACS내 영상 저장장치에 사용된 하드디스크의 년 간 불량률은 0.97 ~ 1.13%을 보였고, 개인용 컴퓨터 내 하드디스크의 년 간 불량률은 0.51~0.7%를 보였다.

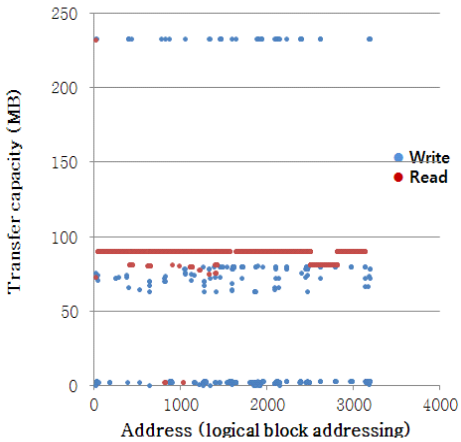

Fig. 1. The analysis of communication between PACS and HDD during reading CT image.

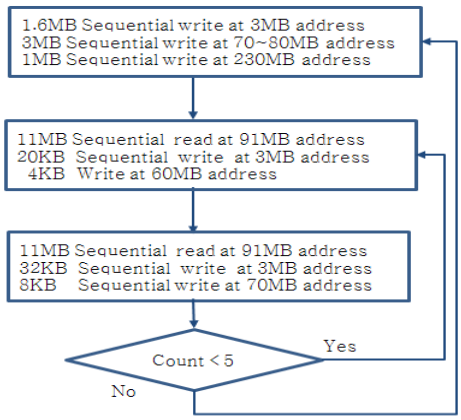

Fig. 2. The flowchart of command history during reading CT image.

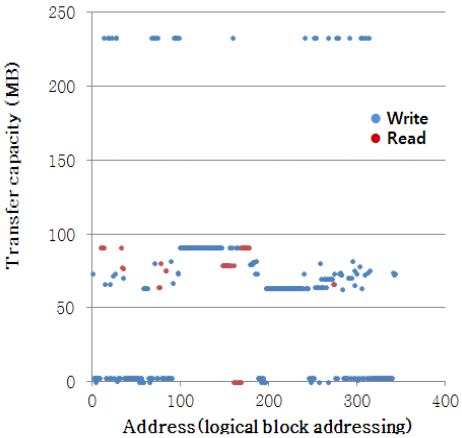

Fig. 3. The analysis of communication between PACS and HDD during saving CT image.

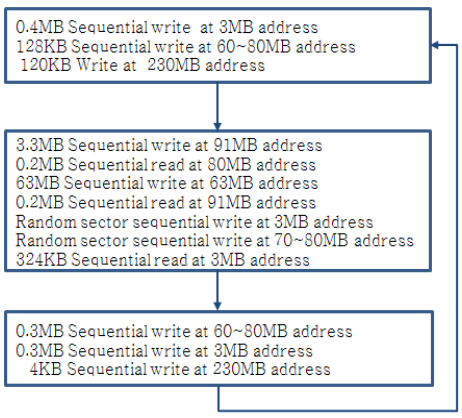

Fig. 4. The flowchart of command history during saving CT image.

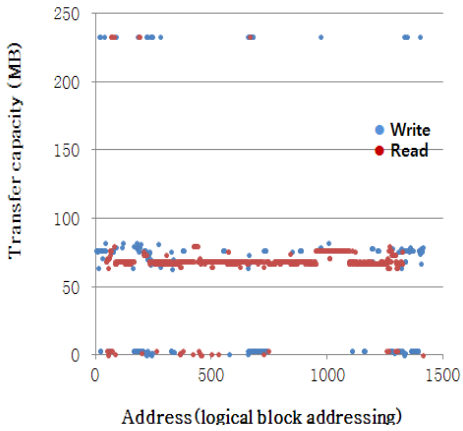

Fig. 5. The analysis of communication between personal computer and HDD during reading excel file.

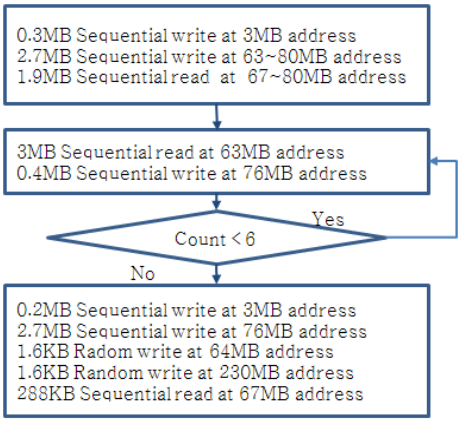

Fig. 6. The flowchart of command history during reading excel file.

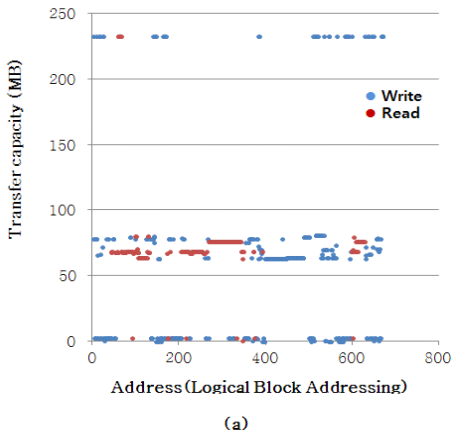

Fig. 7. The analysis of communication between personal computer and HDD during saving excel file.

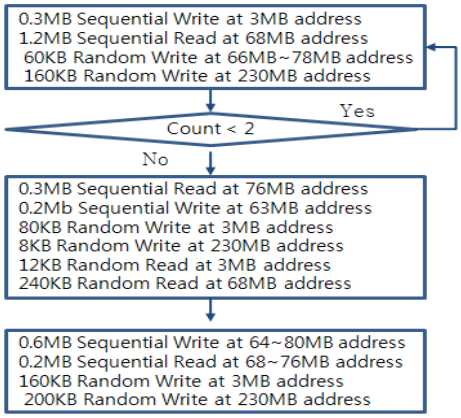

Fig. 8. The flowchart of command history during saving excel file.

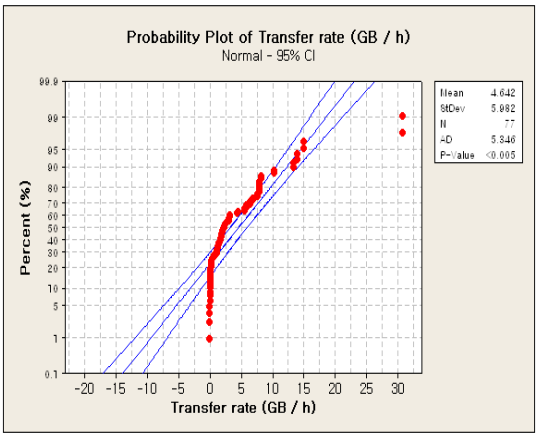

Fig. 9. The probability plot of transfer capacity of PACS' HDD with giga byte unit per hour.

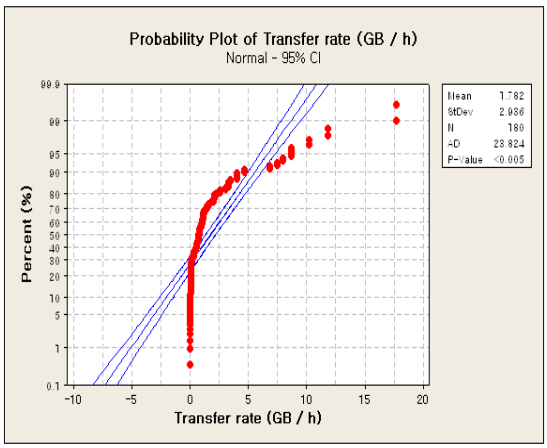

Fig. 10. The probability plot of transmission capacity of personal computer's HDD with giga byte unit per hour.

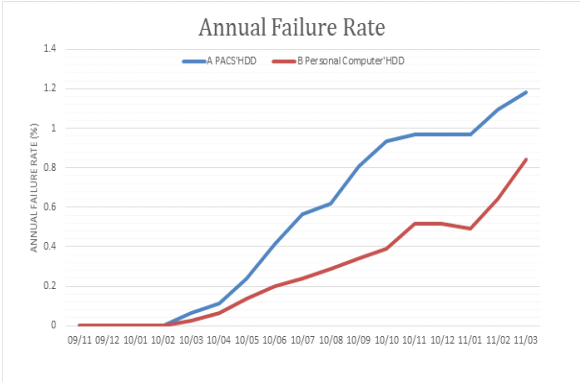

Fig. 11. Annual failure rate from 2009.11 to 2011.03 about PACS' HDD and personal computer's HDD.

Ⅳ. DISCUSSION

PACS 판독기와 하드 디스크 간의 통신 내용을 분석한 결과, DICOM 형식의[7,8,9] CT 영상파일 크기가 128 MB이었다. DICOM 파일은 환자데이터, 연구내용, 리포트, Pixel Data를 해석하는데 필요한 Tag, Pixel data로 구성되어 있다. 의료부분에서는 환자의 상태를 확인하기 위해서 고화질의 영상을 요구하기 때문에 Pixel data 증대로 인해서, DICOM 파일의 크기가 개인용 컴퓨터에 사용되는 일반 영상파일 형식인 Bitmap, 태그 파일 형식(tagged image file format, TIFF), 합동사진 전문가 사진 단체(joint photographic experts group, JPEG)형식 보다 컸다. 따라서 PACS내 영상저장 장치에 사용된 하드디스크의 전송량 증가의 DICOM 파일 형식과의 관련성 유무에 대해 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

Ⅴ. CONCLUSION

PACS내 영상 저장장치에 사용되는 하드디스크의 전송률은 개인용 컴퓨터 내 하드디스크의 전송률에 비해 2배 높았다. 그리고 년 간 불량률에 대해서는 PACS내 영상 저장장치에 사용되는 하드디스크가 개인용 컴퓨터에 사용되는 하드디스크 보다 년 간 불량률이 약 40%이상 높았다. 이점을 통해서 전송률이 높을수록 년 간 불량률도 높아짐을 알 수 있었다. 원인은 Head가 Media위에 있는 시간이 늘어날수록 불량이 발생할 확률이 늘어남에 있다.

본 연구결과는 PACS 내 사용되는 하드디스크의 수명을 예측하기 위해서 사용되는 Tool 제작을 위한 세부 동작(읽기, 쓰기) 정보를 제공하며, PACS 내 영상저장장치에 사용되는 하드디스크의 수명저하 원인을 전송률 관점으로 설명하였다.

Reference

[1] J. S. Park, J. H. Park, H. C. Kim, K.W. Cho, O. Y. Yang, J.G. Seo, S.O. Jang, *Medical informatics concept,* Bomungak, Seoul, pp 293-295, 2011.

[2] Elerath J. G., *Enhanced reliability modeling of RAID storage systems. dependable systems and networks.* 37th annual institute of electrical and electronics engineers/international federation for information processing, international conference, pp 175-184, 2007.

[3] Schroeder B., Gibson G.A., "Disk failures on thr real world: What does an MTTF of 1000000 hours mean to you ?" ACM Trans Storage, No. 3, pp. 1-16, 2007.

[4] Elerath J.G., Shah S., "Server class disk drivers: How reliable are they? Reliability and maintainability," Annual Symposium, pp. 151-156, 2004.

[5] Bellam K., Manzanares A., Ruan X., Qin X., Yang Y., "Improving reliability and energy efficiency of disk systems via utilization control. Computers and communications, International sustainability and carbon certification," institute of electrical and electronics engineers Symposium, pp. 462-467, 2008.

[6] Feng-Bin Sun, Shaoang Zhang, "Does Hard Disk Drive Failure Rate Enter Steady-State After one Year ?," Reliability and Maintainability Symposium, Proceedings. Vol. 7, pp. 356-361, January 2007.

[7] National Electrical Manufacturers Association, *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 10: Media Storage and File Format for Media Interchange*, Digitial Imaging and Communications in Medicine, pp. 18-22, 2011.

[8] M. S. You, Software Development for analysis of Dicom type, Chungnam national university, 2010.

[9] I. S. Cho, H. S. Gwon, "Implementation and design of WISD(Web Interface System based Dicom) for efficient sharing of medical information between clinics," The Korean institute of maritime information and commucation sciences, Vol. 12, No. 3, pp. 500-508, 2008.

pISSN : 1976-0620, eISSN : 2384-0633
"J. Korean Soc. Radiol., Vol. 12, No. 6, November 2018"

PACS내 영상저장 장치의 데이터 전송

조의현,[1] 박정규[2,*]

[1]삼성전자 의료기기사업부
[2]대구보건대학교 방사선과

요 약

최근 PACS에서 장기간 저장장치로 디스크 배열이 많이 사용되고 있으나, 디스크에 대한 년 간 불량률에 관해서 신뢰성이 부족한 실정이다. 2016년 10월부터 2017년 2월까지 PACS 판독기에서 의료영상을 읽거나 저장하면서 하드디스크의 직렬포트단자를 조사하였으며, PACS 영상저장 장치에 사용되었던 하드디스크 98대와 개인용 컴퓨터에 사용되었던 하드디스크 101대에 저장된 데이터에서 전송률을 산출하였다. PACS 판독기에서 CT영상을 읽었을 경우에는 수십 MB이하 단위로 읽기는 87.8%, 쓰기는 12.2%가 수행되었다. PACS 판독기에서 CT 영상을 저장할 때는 수십 MB이하 단위로 읽기는 11.4%, 쓰기는 88.6%가 수행되었다. 개인용 컴퓨터에서 엑셀 파일을 읽을 경우에는 3 MB 이하단위로 읽기는 75%, 쓰기는 25%가 수행되었다. 개인용 컴퓨터에서 엑셀 파일 저장을 진행하면서 하드디스크와의 통신은 3 MB이하단위로 읽기는 38%, 쓰기는 62%가 수행되었다. PACS내 영상저장장치에 사용되는 하드디스크의 전송률은 10 GB/h, 개인용 컴퓨터의 하드디스크의 전송률은 5 GB/h로 나타났다. PACS내 영상저장에 사용되던 하드디스크의 년간 불량률은 0.97 ~ 1.13%를 보였고, 개인용 컴퓨터 내 하드디스크의 년간 불량률은 0.51~0.7%를 보였다. 전송량이 높을수록 년 간 불량률도 높아졌다. 이러한 결과는 하드디스크의 수명예측이나 연간 고장률을 예측하기 위한 기초 자료로 활용될 것이다.

중심단어: PACS, 하드디스크, 읽기, 쓰기, 전송률

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	조의현	삼성전자 의료기기사업부	차장
(교신)	박정규	대구보건대학교 방사선과	교수