

디지털 홀로그래픽 데모 시스템

Digital holographic demonstration system

김정희*, 최재광*, 안준원*, 최원준*, 김남*, 이권연**, 신창원**

*충북대학교 전기전자공학부, **순천대학교 전자공학과

jhkim@osp.chungbuk.ac.kr

최근 홀로그래픽 데이터 저장 국제 워크샵(International Workshop on Holographic Data Storage)에서 발표된 자료에 따르면 광메모리 데모 시스템들의 저장 용량이 100MB~150GB에 달하고 있으며, page당 용량은 1백만 비트(1000×1000 bits)이상, 데이터 전송 속도는 1Gbit/sec에 이르고 있다.^[1,2] 반면에 현재까지는 상용화 단계의 시스템은 발표되지 않고 있다. 본 논문에서는 이들 시스템과 성능 차이는 많이 나지만 그 동안의 광굴절 결정의 특성 실험결과와 각각의 광학 시스템의 연구 결과들을 토대로 디지털 데이터를 기록하고 재생할 수 있는 초기 자동화된 데모 시스템을 구현하였다.

본 데모 시스템의 전자적인 구동부는 이진 데이터, 채널코딩 및 영상을 담당하는 신호처리와 노출시간계획을 위한 전자 셔터와 각도 및 공간 다중화를 조절하는 제어 시스템으로 구성되어 있다. 신호처리 프로그램은 이진데이터 획득을 위한 입출력과 RS-코딩, 스크램블링(scrambling), 영상 신호 처리, 에러 검출 및 분석과 같은 데이터 신호처리 부분뿐 만 아니라 실험에 필요한 여러 가지 변수들인 공간 및 각도 다중화의 스캔 방식, 각도 분해능, pixel의 배열, LCD의 해상도 등을 가변시켜 실행할 수 있다. 또한 각도 및 위치 다중화를 위한 모터제어와 셔터를 하나의 제어 시스템으로 통합함으로써 디지털 홀로그램 재생에 필요한 모든 작업들이 자동으로 수행되도록 하였다. 이로 인해 기록에서 재생까지 걸리는 시간을 단축할 수 있었으며, 에러분포를 재생과 동시에 확인함으로써 단시간에 실험조건들을 변경할 수 있었다. 좀 더 자세한 시스템 사양은 표 1에 정리하였다.

광학 시스템부에서는 다중 홀로그램 기록을 위해 Fe-LiNbO₃(0.015wt%, 1×1×1cm³) 광굴절 결정과 Coherent사의 500mW, λ=532nm인 Nd:Yag 레이저를 사용하였다. 디지털 신호 입력으로는 Epson TFT LCD(640×480, 800×600)와 패턴 마스크를, 신호 검출용으로는 Kodak ES 1.0(1024×1024, 30frame/sec)을 통해 오버 샘플링(over-sampling)을 실험하였고, 주로 1:2(SLM:CCD)와 1:3으로 광학계를 구성하였다. 각도 다중화는 노출 시간계획에 따라 동일한 위치에 100 page이상의 디지털 홀로그램을 기록하였지만 공간 다중화와 픽싱(fixing)은 수행하지 않았다. 이 데모 시스템을 이용하여 10⁻³~10⁻⁴의 Raw BER과 113,905bits(336×339bits/page)의 정보를 갖는 디지털 홀로그램을 복원할 수 있었으며 최종 신호처리를 통해 1.18MB 분량의 MP3 동영상 데이터를 재생하였다. 각도 다중화만으로 신호처리를 하지 않고 실제 기록에 성공한 홀로그램은 1000 page이상이었으며, 한 페이지당 504×480(241,920 bits)도 가능하였다. 데모 시스템을 통해 재생된 홀로그램은 그림 1에 나타내었고, 복원된 동영상은 그림 2에 정리하였다.

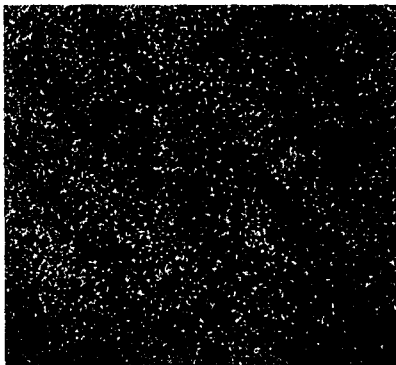
향후 과제는 1000×1000 bits/page와 Raw BER이 10⁻⁴이하를 갖고 동일한 위치에 고해상도의 1000 page 이상의 홀로그램을 기록하는 것이며, 이를 위해 픽셀 매칭을 위한 렌즈 계의 설계와 회절 효율 향상 및 홀로그램의 지움(erasing)을 방지하기 위한 픽싱 기술에 대해 좀더 많은 연구와 실험이 요구될 것으로 생각된다.

[참고 문헌]

1. I. McMichael, W. Christian, D. Pletcher, T. Y. Chang, and J. Hong, "Compact holographic storage demonstrator with rapid access," *Appl. Opt.*, vol. 35, no. 14, 2375-2379, (1996).
2. J. Ashely, M.-P. Bernal, G. W. Burr, H. Coufal, H. Guenther, J. A. Hoffnagle, C. M. Jefferson, B. Marcus, R. M. Macfarlane, R. M. Shelby, G. T. Sincerbox, "Holographic data storage," *IBM J. Res. Develop.*, vol. 44, no. 3, 341-368, (2000).

표 1. 실험 장비 및 데모 시스템 성능

TFT LCD	640×480, 42 μ m	bit/page	113,905 bit(336×339)
	800×600, 33 μ m		241,920 bit(504×480)
CCD	1024×1024, 9 μ m	Raw BER	10 ⁻³ ~10 ⁻⁴
Shutter	1/120 sec	Data rate	0.1~0.2 Mbit/sec
Controller	ms	angle multi.	100~1000 hologram
step motor	0.0025°	spatial multi.	4 space
XYZ stage	0.5 μ m	sampling	1:2, 1:3



(a) 336×339 디지털 홀로그램



(b) 504×480 디지털 홀로그램

그림 1. 데모 시스템으로부터 재생된 디지털 홀로그램

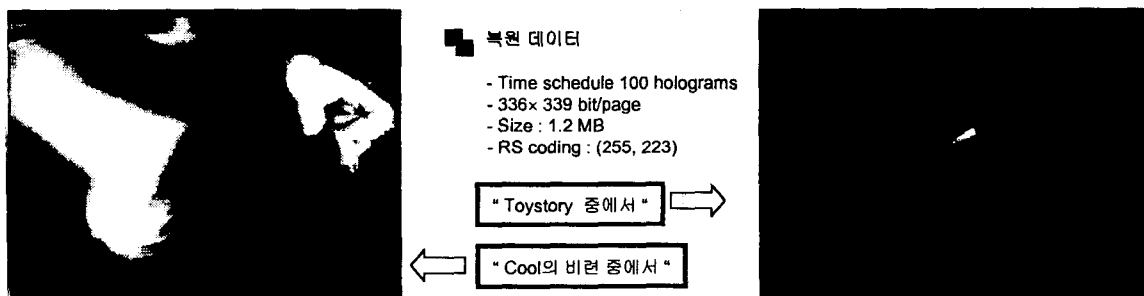


그림 2. 복원된 디지털 데이터