

홀로그래픽 정보저장 장치에서의 오버샘플링 재생 데이터 개선을 위한 간섭픽셀 필터설계

Inter pixel filter design for performance improvement of retrieval data in oversampling process for holographic data storage system

임성용† · 김상훈* · 송희찬* · 김장현** · 양현석* · 박영필*

Sung-Yong Lim, Sang-Hoon Kim, HeeChan Song, JangHyun Kim, Hyunseok Yang and Young-Pil Park

1. 서론

최근 급속도로 성장하고 있는 정보 통신 산업과 멀티미디어 산업에서 기존의 텍스트데이터만 아니라 고용량의 이미지 및 동영상 등의 다양한 멀티미디어를 위해 대용량 정보저장장치가 필요하게 되었다. 이로 인해 고용량의 저장용량을 가지면서 고속으로 정보에 접근할 수 있는 새로운 방식의 저장 장치에 대한 요구가 생기게 되었다. 따라서 다양한 차세대 정보저장장치에 대한 연구가 진행되어왔다. 그 중에 하나가 홀로그래픽 정보저장장치이다. 홀로그래피 기술은 100Gb/cm³ 이상의 저장용량과 1Gb/s 이상의 데이터 접근이 가능한 정보저장 기술으로써 고용량의 이미지 및 동영상 등을 저장하기 위한 요구를 만족시킨다.

하지만 홀로그래픽 정보저장장치는 많은 노이즈 성분을 포함하고 있다. 신호빔과 기준빔의 광량의 불균일성, 산란 그리고 고밀도 저장을 위해서 한 스팟에 데이터를 중복하여 저장하는 멀티플렉싱 기법으로 인한 cross-talk, 인접한 on-off 픽셀들의 간섭은 재생되는 데이터 페이지의 노이즈 성분으로 작용하게 된다. 이로 인해 SNR(Signal to Noise)가 감소하고, BER(Bit Error Rate)가 증가하여 데이터페이지의 질이 떨어지게 된다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 본 논문에서는 오버샘플링 재생 과정에서 노이즈의 영향을 감소시키기 위한 필터를 제안한다.

2. 간섭픽셀 필터설계

2.1 오버샘플링

오버샘플링된 데이터는 오버샘플링되지 않은 데이터에 비해서 작은 회절효율을 갖는 홀로그램들에 대해서도 큰 SNR 과 작은 BER 을 갖는 장점을 가지고 있다. 때문에 홀로그램 데이터를 재생 할 때 오버샘플링 기법을 적용한다. 공간 광 변조기(SLM)는 1 픽셀의 크기는 32um, CCD 는 9um 이다. 따라서 추가적인 광학 세트가 없다면 SLM 1 픽셀은 CCD 16 픽셀에 매칭된다. 따라서 오버샘플링 비는 4이다.

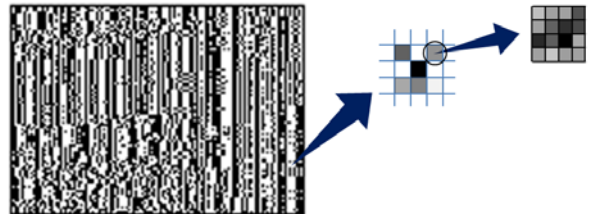


그림 1 오버샘플링

2.2 간섭픽셀 필터

일반적으로 재생된 데이터 페이지의 1 픽셀은 CCD 의 16 픽셀의 평균값으로 결정된다. 그러나 이 방법은 근접 픽셀의 간섭현상을 반영할 수 없고 다른 노이즈 성분들의 영향을 고려하지 못할 수 있다. 간섭픽셀필터는 on, off 픽셀간의 간섭현상을 고려한 필터이다. 간섭픽셀필터는 오버샘플링 데이터를 원본 데이터와 같은 픽셀(gray scale) 사이즈로 디코딩하는 과정에서 원본데이터 1 픽셀마다 적용된다.

간섭픽셀필터 설계는 먼저 마스크의 16 픽셀을 내부 영역과 외부영역으로 나눈다. 안쪽 영역은 사각형 모양의 4 개의 픽셀이다. 그림 2 에서 ⑨로 표기된 부분이다. 그리고 바깥 영역은 나머지 12 픽셀이다. 간섭픽셀필터의 각 픽셀의 값들은 주변의 간섭픽셀들의 영향의 정도에 따라 결정된다.

† 임성용: 연세대학교 기계공학과
E-mail : assist_21@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, 2824
Fax : (02) 365-8640
* 연세대학교 기계공학과
** 연세대학교 전기전자공학과

식(1)은 근접한 픽셀들의 차이가 클수록 노이즈의 영향이 커지는 현상을 반영하여 결정하였다. X는 평가픽셀이고, x는 근접픽셀들의 값이다. 평가픽셀은 그림 2에서 중앙에 위치한 픽셀이다. 근접픽셀은 평가픽셀로부터 4방위 방향의 위치한 픽셀들을 말한다.

$$FR_{ij} = 1 - \frac{|X - x|}{255} \quad (1)$$

이 방법은 크게 세 가지 과정으로 기술될 수 있다. 첫 번째 과정은 오버샘플링 재생데이터의 각 픽셀에 매칭되는 CCD의 16픽셀로부터 평균값으로 데이터 페이지를 복원하는 것이다. 두 번째 과정은 첫 번째 과정에서 복원한 데이터 페이지를 기초로 근접 픽셀들과 평가 픽셀을 비교하는 것이다. 간접픽셀필터를 구성하는 값 값들은 다음과 같은 간단한 방법에 의해 결정된다. 먼저 식(1)을 이용해 필터의 4영역의 값(①, ②, ③, ④)을 결정한다. 중복되는 픽셀은 이미 계산된 값을 가진 이웃한 픽셀들의 평균값을 갖는다. 예를 들면 (⑤) = (①+④)/2. ⑥, ⑦, ⑧도 같은 방법으로 결정된다. 4개의 ⑨ 픽셀들은 원래 필터의 16픽셀의 계수의 합이 16이라는 것에 기초해 구한다. 일반적으로 평가픽셀과 근접픽셀들의 차이가 있기 때문에 외부 영역의 값들은 1보다 작은 값을 갖는다. 그러므로 내부 영역의 값들은 1보다 큰 값을 가지게 된다.

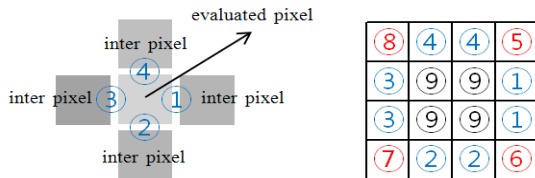


그림 2 간접픽셀필터

세 번째 과정은 위의 과정을 통해서 구해진 간접픽셀필터들을 오버샘플링된 원본 데이터에 적용시키는 것이다. 노이즈의 영향이 많을 것이라 예상되는 외부 영역에 대한 가중치는 작아지고 상대적으로 노이즈의 영향이 작아 원본과 비슷한 값을 가질 것이라 예상되는 내부영역의 가중치는 커지게 된다. 그 결과 간접픽셀필터를 통과한 16픽셀의 값들을 다시 평균을 내어 재생데이터 1픽셀로 디코딩한다. 간접픽셀필터는 아래의 그림과 같이 데이터의 모든 픽셀에 적용된다.

3. 시뮬레이션

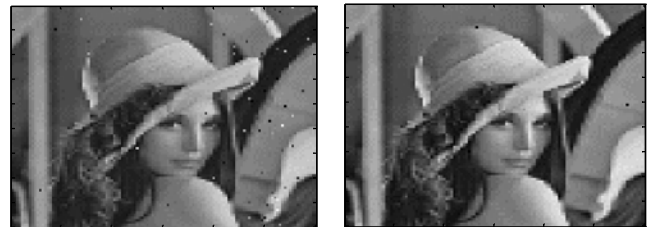
간접픽셀필터의 성능을 평가하기 위해서 아래의 그림에 필터를 적용하여 결과를 확인하였다. 그림의 사이즈는 90×120이다. 그림을 6:8 밸런스코드로 이진화 하여 인코딩 한 후 노이즈를 적

용하고 다시 디코딩하여 이미지를 복원하였다. 다음의 표는 필터를 사용하기 전과 후의 각 페이지의 에러픽셀의 개수를 나타낸 것이다. 페이지의 에러픽셀 개수가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

표 1

	에러픽셀 개수			에러픽셀 개수	
	필터미적용	필터적용		필터미적용	필터적용
Page1	17	3	Page6	20	8
Page2	26	1	Page7	31	10
Page3	23	4	Page8	18	1
Page4	5	1	Page9	3	5
Page5	2	3	Page10	3	1

아래의 그림은 이진화된 데이터 페이지를 다시 디코딩하여 얻은 그림이다. 필터를 거친 재생 이미지가 더 선명함을 알 수 있다.



필터 미적용

필터 적용

그림 4 재생데이터 비교

4. 결론

이 논문에는 오버샘플링 과정에서 데이터의 질을 향상시킬 수 있는 새로운 방법이 제안되었다. 제안된 방법은 간단한 규칙을 기반으로 설계하였기 때문에 유전자 알고리즘이나 뉴럴 네트워크 같은 복잡한 계산을 필요로 하지 않는다. 그러므로 본 논문에서 제안한 필터는 전체 시스템의 처리시간에 영향을 주지 않으면서 데이터 페이지의 질을 충분히 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R17-2008-040-01001-0).

참고문헌

1. Hans J.Coufal, Demetri Psaltis and Glen T. Sincerbox, Holographic Data Storage, Springer, 2000.
2. Mark Ayres "Image oversampling for page-oriented optical data storage" Appl. Opt. Vol. 45, No. 11.
3. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L.Eddins "Digital Image Processing USING MATLAB".