

## 다중 필터와 부대역 구조를 이용한 홀로그램 해석 방법

\*박병서 \*\*김동욱 \*\*\*서영호

광운대학교

\*bspark@kw.ac.kr \*\*dwkim@kw.ac.kr \*\*\*yhseo@kw.ac.kr

### Hologram Analyzing Method using Multiple Filters and Subband Structures

\*Byung-Seo Park \*\*Dong-Wook Kim \*\*\*Young-Ho Seo

Kwangwoon University

#### 요약

본 논문에서는 JPEG Pleno에서 제공하는 디지털 홀로그램 표준화 데이터를 압축하는 방법을 제시한다. 디지털 홀로그램의 수치 복원에서 시각화를 위한 랜덤 위상의 추가는 간섭현상으로 인한 스펙클 노이즈와 더불어 홀로그램의 압축 효율을 떨어트린다. 홀로그램은 완전 복소의 부동소수점 형태의 데이터로 구성되며 초고해상도와 스펙클 노이즈로 인해 홀로그램 특성에 맞춘 압축기술 개발이 필수적이다. 먼저, 다양한 웨이블릿 필터를 이용하여 홀로그램 데이터에 대한 주파수 특성 분석을 진행하여 필터 종류에 따른 에너지 집중도를 분석한다.

#### 1. 서론

홀로그래피는 1948년 Gabor가 발명하였다. 일반적인 디지털 이미지는 카메라를 통해 진폭 정보만을 기록한다. 홀로그래피는 진폭 정보뿐만 아니라 물체의 3차원 정보인 위상 정보까지 기록하여 기록한 물체의 완벽한 3차원 정보를 재현할 수 있는 특징을 가진다. 위와 같은 특징으로 인해 많은 연구와 개발이 이루어지고 있다[1, 2].

홀로그램은 아날로그 홀로그램과 디지털 홀로그램으로 나눌 수 있으며 아날로그 홀로그램은 특수한 필름을 사용해야 하는 등 많이 제약이 있어 디지털 홀로그램을 널리 사용한다. 홀로그램을 생성하는 방법으로 CGH(Computer-Generated Hologram)를 통해 홀로그램을 획득하는 방법이 가장 많이 사용된다[3].

CGH를 통해 획득한 홀로그램은 부동 소수 형태로 표현된 완전 복소 데이터로 표현된다. 높은 품질의 재현능력을 가진 홀로그램을 획득하기 위해서는 작은 픽셀 피치와 초고해상도가 필수적이다. CGH를 할 때 시야각 개선을 위해 랜덤 위상 정보는 필수적이다. 초고해상도와 랜덤 위상 정보는 방대한 데이터뿐만 아니라 스펙클 노이즈 성분의 증가로 이어져 홀로그램 신호처리를 더욱 어렵게 한다. 따라서 홀로그램의 특성을 고려한 압축 기술이 필수적이다[4].

#### 2. 홀로그램 주파수 특성 분석

그림 1는 웨이블릿 변환의 과정을 보여준다. 웨이블릿 변환은 저주파 분해 필터와 고주파 분해 필터를 이용하여 진행한다. 원본에 저주파 대역 필터링과 고주파 대역 필터링을 각각 진행한 뒤 다운 샘플링을 진행한다. 다운 샘플링 된 결과에 다시 한번 각각 저주파 대역 필터링과 고주파 대역 필터링을 진행하고 다운 샘플링한다. 저주파 대역 필터링을 L로 고주파 대역 필터링을 H로 표기한다.

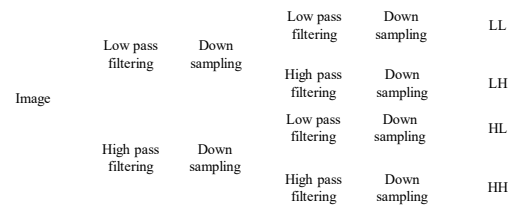


그림 1. 웨이블릿 변환과정

에너지 집중도를 고려한 적응적 웨이블릿 변환과정은 다음과 같다. 각 레벨의 웨이블릿 변환을 수행할 때 사용 가능한 모든 필터를 이용하여 진행한다. 모든 필터를 이용해 웨이블릿 변환을 수행한 후 4개의 부대역의 에너지 집중도를 계산한다. 에너지 집중도 계산이 완료되면 가장 에너지 집중도가 높은 필터를 선택한다. 해당 필터를 이용하여 웨이블릿 변환된 부대역 중 가장 에너지 집중도가 높은 부대역에 대해 다음 레벨 웨이블릿 변환을 수행한다. 위 과정을 목표 레벨까지 진행하여 에너지 집중도를 최대화한다.

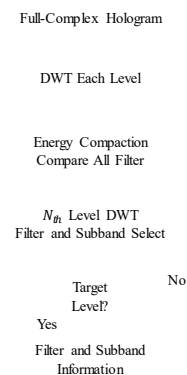


그림 2. 에너지 집중도를 고려한 적응적 웨이블릿 변환 알고리즘

### 3. 실험 결과

표 1, 표2는 은 Dices2080p 홀로그램에 그림2의 알고리즘을 적용해 1~6 Level DWT에 대하여 적응적으로 필터가 결정된 결과와 부대역의 에너지 집중도를 보여준다. 사용한 필터는 총 3가지이며, 각 입력 홀로그램을 0~255와 -128~127 노말라이즈 하여 적용하였다.

표 1. 적응적 웨이블릿 변환 결과 (Normalize : 0~255, %)

filter	db6	db6	db6	bior 2.6	bior 3.7	bior 3.7
level	1	2	3	4	5	6
LL	90.57	91.37	94.46	96.97	97.37	97.53
HL	3.7	3.12	1.92	1.14	0.99	0.84
LH	3.21	3	1.93	1.13	0.98	0.84
HH	2.52	2.51	1.69	0.77	0.66	0.79

표 2. 적응적 웨이블릿 변환 결과 (Normalize : -128~127, %)

filter	bior 2.6	db6	db6	db6	db6	db6
level	1	2	3	4	5	6
LL	48.93	25.58	27.79	31.4	38.35	52.19
HL	21.41	25.28	24.34	23.17	21	16.22
LH	18.79	24.18	24.52	23.44	20.52	15.68
HH	10.87	24.96	23.35	21.99	20.14	15.9

표3은 표1과 표2의 DWT 결과를 각 각 SPIHT를 이용하여 동일 압축률에서 디코딩한 결과이며 에너지 집중도가 높을수록 홀로그램 수치 복원 결과의 PSNR이 더 높음을 확인할 수 있다.

표 3. SPIHT, BBP 3.0, 홀로그램 수치 복원 결과

Norm alize	Reconstruction PSNR			Reconstruction SSIM		
	R	G	B	R	G	B
0 ~255	14.13	13.56	11.73	0.39	0.36	0.29
-128~127	13.93	13.67	11.90	0.38	0.33	0.27

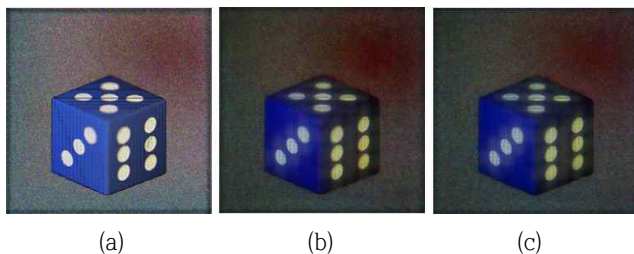


그림 3. 제안한 알고리즘을 통한 Dices2080p SPIHT 압축 홀로그램 수치복원 결과 (a) 원본, (b) 0~255, (c) -128~127

### 4. 결론

본 논문에서는 에너지 집중도를 고려한 적응적 웨이블릿 변환을 통해 실수부와 허수부로 구성된 완전 복소 홀로그램을 해석하는 방법을 제안하였다. 제안하는 알고리즘의 핵심은 랜덤 위상 홀로그램은 특정 웨이블릿 필터를 통해 에너지를 효율적으로 집중시킬 수 있으며, 이를 통해 홀로그램의 정보를 작은 부대역에 집중시키는 것이다. 에너지 집중도가 가장 높은 필터를 선택하는 것이 다른 필터를 사용한 경우보다 압축 후 수치 복원에서 더 좋은 성능을 보여주었다.

### Acknowledgement

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00192, 유니버설 혼합현실 서비스를 위한 AR Cloud 기반 오픈 Anchor 개발)

### References

- [1] D. Gabor, "A new microscopic principle", Nature, 161, pp. 777 - 778, 1948.
- [2] P. Hariharan, "Basics of Holography", Cambridge University Press, May 2002.
- [3] K. Matsushima and S. Nakahara, "Extremely high-definition full-parallax computer-generated hologram created by the polygon-based method," Appl. Opt. 48, H54-H63, 2009.
- [4] H. Yoshikawa, "Digital holographic signal processing," Proc. TAO First International Symposium on Three Dimensional Image Communication Technologies, pp. S-4-2, Dec. 1993.