

# 완전 복소 홀로그램을 위한 제로트리 기반의 잔차 압축 방법

\*김우석 \*\*오관정 \*서영호

\*광운대학교 \*\*한국전자통신연구원

\*kws@kw.ac.kr \*\*kjoh@etri.re.kr \*yhseo@kw.ac.kr

## Zero Tree Based Residual Compression Method for Full-Complex Holograms

\*Woosuk Kim \*\*Kwan-Jung Oh \*Young-Ho Seo

\*Kwangwoon University \*\*ETRI

### 요약

본 연구는 완전 복소 홀로그램의 압축을 위하여 DWT를 사용한 제로트리 기반의 잔차 압축 방법을 제안한다. 잔차 압축의 효율을 위하여 유사한 웨이블릿 트리들을 그룹화하여 잔차 값을 계산한다. 계산된 잔차 값을 사용하여 SPIHT를 통해 압축한다. 위 결과와 원본 트리를 SPIHT로 압축한 것의 SNR을 비교하여 성능 차이를 보인다.

### 1. 서론

최근 디지털 홀로그램에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 [1], 디지털 홀로그램을 멀티미디어로 사용하기 위해서는 디지털 홀로그램 신호처리가 필요하다[2], 홀로그램 신호처리는 대표적으로 렌더링과 압축 등이 있으며, 그 중 홀로그램 압축 기술에는 정지 홀로그램 압축과 비디오 홀로그램 압축이 포함된다. 현재 JPEG Pleno에서 표준화 과정을 진행하고 있다[3]. 디지털 홀로그램 압축에 대한 연구로서 웨이블릿 기반의 압축 방법도 제안되었으며[4][5], 영상 압축 방법 중 하나인 SPIHT를 활용한 연구도 있다[6][7].

본 연구는 디지털 홀로그램의 압축을 위한 제로트리 기반의 DWT 계수의 잔차를 코딩 하는 방법을 제안한다. 2장에서 정지 홀로그램에 대한 웨이블릿 코덱의 압축 방식에 대하여 소개하고, 3장에서 제안하는 압축 방법에 대해 소개한다. 4장에서 실험 결과를 보이고, 5장에서 결론을 맺는다.

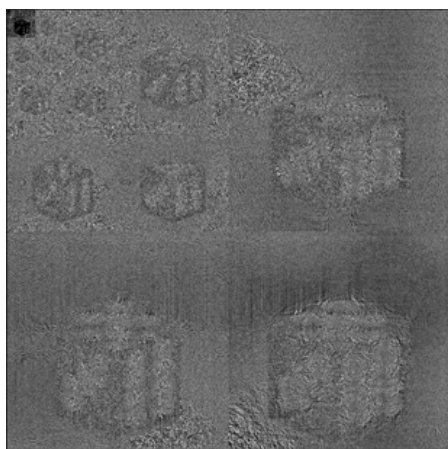


그림 1. 디지털 홀로그램의 DWT 결과 (허수부)  
Figure 1. DWT result for digital hologram (imaginary)

### 2. 웨이블릿 기반의 홀로그램 압축

디지털 홀로그램에 대한 DWT 기반의 웨이블릿 변환은 그림 1과 같다. 그림 1은 mallat-tree로 4-레벨 DWT를 진행한 것이며, 일반적인 영상은 비교적 저주파 계수가 높고 고주파 계수가 낮다. 따라서 제로트리 기반의 압축 방법은 좋은 효율을 보일 수 있다. 하지만 홀로그램은 일반적인 영상보다 고주파 계수가 높고 주변 화소끼리의 상관도가 낮아, 제로트리 기반의 압축 방식의 효율이 저하된다. 또한, 홀로그램의 특성상 고주파 성분의 변화가 복원 결과에 끼치는 영향이 일반적인 영상과는 다르기 때문에, 고주파 성분에 대한 영향도 고려할 수 있는 압축 방식이 필요하다.

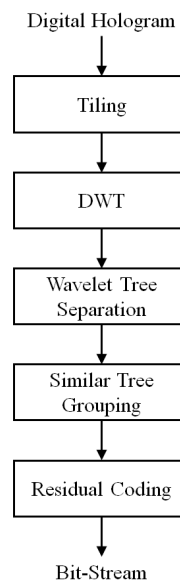


그림 2. 웨이블릿 계수에 대한 잔차 압축 방법  
Figure 2. Residual coding method for wavelet coefficient

### 3. 제로트리 기반의 잔차 압축 방법

제로트리 기반의 홀로그래프 압축을 위하여 유사한 웨이블릿 트리 그룹 내에서 공통 성분을 제외한 잔차 계수를 코딩하는 방식을 제안한다. 타일링을 통해 효율적인 DWT 크기를 설정하고 DWT를 통해 생성한 웨이블릿 부대역에서 각 트리별로 분리한다. 유사한 트리는 SNR(Signal-to-Noise Ratio) 및 절대 값 오차를 기준으로 가장 유사한 트리를 그룹화 한다. 웨이블릿 계수 압축에는 SPIHT를 사용한다. 분리된 트리 중에서 유사한 트리들을 사용하여 잔차를 구한다. 계산된 잔차를 SPIHT 등의 제로트리 압축방법을 사용하여 압축한다. 제안하는 방법은 그림 2에 나타내었다.

### 4. 실험 결과

홀로그래프 데이터는 JPEG Pleno에서 제공하는 데이터 셋을 사용하였다[3]. 타일링 크기는 128×128, mallat-tree로 DWT 4레벨을 기준으로 하였다. 그룹화된 트리들끼리 각 인덱스별 계수들의 평균값을 구하고, 해당 평균 트리와 각 트리들의 잔차를 계산하였다.

해당 잔차 코딩의 효율성을 비교하기 위하여 원본 웨이블릿 계수를 SPIHT로 압축하는 것과 결과를 비교한다. 표 1은 위에서 설명한 실험에 대한 결과이다. 하나의 트리 그룹에 8개의 유사한 트리가 그룹화되고, 해당 트리들에 대해서 잔차 압축과 SPIHT만을 사용한 결과를 비교하였다. 양쪽 모두 LSB가 2비트까지의 손실이 발생했을 때의 SNR을 구한 결과이며, 잔차 압축을 한 결과가 원본 계수 값을 코딩하는 것보다 더 좋은 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

표 1. 잔차 압축 방법과 원본 웨이블릿 계수 압축의 비교  
Table 1. Comparison for residual compression method and original wavelet coefficient compression

		Original Power	Noise Power	SNR	SNR Avg
Residual Coding	Tree1	2.389	0.130	12.635	12.089
	Tree2	2.270	0.188	10.829	
	Tree3	3.233	0.084	15.877	
	Tree4	4.361	0.199	13.410	
	Tree5	3.097	0.207	11.742	
	Tree6	2.475	0.129	12.837	
	Tree7	1.832	0.220	9.211	
	Tree8	2.524	0.243	10.171	
Original coefficient Coding	Tree1	2.389	0.694	5.367	4.999
	Tree2	2.270	1.065	3.287	
	Tree3	3.233	1.026	4.986	
	Tree4	4.361	0.704	7.919	
	Tree5	3.097	1.019	4.825	
	Tree6	2.475	1.002	3.927	
	Tree7	1.832	0.665	4.398	
	Tree8	2.524	0.748	5.280	

### 5. 결론

본 논문에서는 제로트리 기반의 디지털 홀로그래프 압축에서 유사한 웨이블릿 트리들의 잔차를 SPIHT를 통하여 압축하고, 그 효율성을 검증하였다. 제안하는 방법은 디지털 홀로그래프 압축 관점에서 기존의 원본 웨이블릿 계수를 그대로 압축하는 것보다 더 효율적인 압축 방법이 될 수 있다는 가능성을 보였다. 이를 기반으로 웨이블릿 기반의 디지털 홀로그래프 전용 코덱에 관한 다양한 연구에 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2022 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1D1A1B07043220)

### References

[1] W. Osten, A. Faridian, P. Gao, K. Körner, D. Naik, G. Pedrini, Al. Kumar Singh, M. Takeda, and M. Wilke, "Recent advances in digital holography [Invited]," *Appl. Opt.* 53, pp. G44-G63, 2014.

[2] H. Yoshikawa, "Digital holographic signal processing," *Proc. TAO First International Symposium on Three Dimensional Image Communication Technologies*, pp. S-4-2, Dec. 1993.

[3] JPEG Pleno <https://jpeg.org/jpegpleno/>

[4] E. Darakis and J. J. Soraghan, "Compression of interference patterns with application to phase-shifting digital holography," *Appl. Opt.*, vol. 45, no 11, pp. 2437-2443, 2006.

[5] P. A. Cheremkhin, and E. A. Kurbatova, "Quality of reconstruction of compressed off-axis digital holograms by frequency filtering and wavelets," *Applied optics*, vol.57, no. 1, pp. A55-A64, 2018

[6] S. Nimalraj "SPIHT: A Set Partitioning in Hierarchical Trees Algorithm for Image Compression," *Contemporary Engineering Sciences*, Vol. 8, no. 6, pp. 263-270, 2015

[7] J. K. Kim, K. J. Oh, J. W. Kim, D. W. Kim, and Y. H. Seo, "Adaptive Wavelet Transform for Digital Hologram Compression," *Proceedings of the Korean Society of Broadcast Engineers Conference*, Vol. 26, no. 2, pp. 41-42, 2020