

수중 영상의 Wavelet 압축 시뮬레이션

김 중 진*, 이 흥 호, 여 진 기, 이 효 성
 충남 대학교 전기 공학과

Wavelet Compression simulation of Acoustic-based Underwater Image

Jung-Jin Kim*, Heung-Ho Lee, Jin-Ki Yeo, Hyo-Sung Lee
 Dept. of Electrical Eng., Chung Nam National University

Abstract - Recently wavelet transform is used in various fields. Especially it is available in image compression. In this paper we will present wavelet compression of acoustic-based underwater image by simulation.

DWT는 기저 함수들이 서로 중복성이 없게 직교기저를 구성하기 위해 $a=2m, b=n2m$ 으로 이산화 시킨 것으로 기저함수는 $\psi_{mn}(x) = 2^{-m/2}\psi(2^{-m}x-n)$ 가 된다. 이때 DWT 및 IDWT는

1. 서 론

수중에서는 빛이 물이라는 매질에 부딪혀 산란되어 표적물체 주변에서 부영게 되고, 산란 특성에 따른 물체에 도달하는 빛의 양이 적어 콘트라스트(대비)가 작아지는 특성이 있다. 따라서 CCD 카메라로 촬영할 때 물이라는 매질이 빛을 산란 회절시킴으로써 얻어진 수중 영상은 일반적으로 자연 영상을 lowpass filtering 한 것과 같은 고주파 영역의 세밀한 신호들이 많이 감소한 형태를 가지는 것 같이 보인다. 이런 특성은 일반적으로 DCT 변환을 사용하는 JPEG이나 Wavelet 변환을 사용하는 부호화 방식에서와 같이 고주파 성분을 버리는 방식이 큰 효과를 볼 수 있다. 또한 수중 영상은 수중 부유물의 상태와 수표면의 흔들림 등에 의해 통계적인 특성이 공간적 위치와 시간적 위치에 따라 달리 관측되는 성질을 갖는다. 따라서 일반적으로 영상이 stationary하다는 가정이 잘 맞아 들지 않아 수중 영상을 압축 복원 시 영향을 크게 미치는 수중 부유물을 제거하기 위한 수중 영상 전처리 방법이 필수적이다.

본 논문에서는 간단히 Wavelet의 개념을 살펴보고 위에서 나타낸 수중영상의 특성으로 수중 영상 압축 복원 알고리즘을 JPEG과 Wavelet을 대상으로 시뮬레이션 하여 좀더 적합한 방법을 찾고자 한다.

2. 본 론

2.1 Wavelet 변환의 기본 개념 (2), (4)

Wavelet 변환의 기본 개념은 임의의 함수 $f(x)$ 를 시간-주파수 공간에서 동시에 지역성을 갖는 기저 함수의 선형결합으로 표현하는 것이다. Wavelet 변환에서 기저 함수들은 원형 Wavelet $\psi(x)$ 를 신축/팽창하고 이동함으로써 구한다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad a \in R^+, b \in R$$

여기서 a 는 원형 Wavelet을 신축/팽창시키는 스케일 변수이고, b 는 이동을 나타내는 이동 변수이다.

$\psi_{a,b}(x)$ 는 a 가 커짐에 따라 길이가 긴 저주파 함수가 되고, a 가 작아짐에 따라 길이가 짧은 고주파 함수가 된다. 임의의 연속 함수 $f(x)$ 에 대한 Wavelet 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi\left(\frac{x-b}{a}\right)dx$$

$$DWT : F_{DWT}(m,n) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{m,n}(t)dt$$

$$IDWT : f(t) = \sum_m \sum_n F_{DWT}(m,n) \psi_{m,n}(t)$$

이 때 각 기저 함수들은 서로 직교한다. 즉 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$\langle \psi_{m,n}(t), \psi_{k,l}(t) \rangle = \int \psi_{m,n}(t) \psi_{k,l}(t)dt = \delta_{mk} \delta_{nl}$$

DWT를 이용하여 신호를 다해상도로 분해할 때는 $\psi_{m,n}(x)$ 와 $\varphi(x)$ 를 신축/이동한 형태인

$\psi_{mn}(x) = 2^{-m/2}\psi(2^{-m}x-n)$ 가 필요하다. $\varphi(x)$ 는 스케일링 함수로서 다음식을 만족하는 해이며 다해상도로 근사화하는 기저 함수이다.

$$\phi(x) = \sum_n c_n \phi(2x-n)$$

2.1.1 Wavelet 영상 부호화 (2), (3)

영상 신호에 대한 DWT(discrete wavelet transform)는 정규 직교 기저의 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 이용해 반복 피라미드 방법으로 구현할 수 있다. 이 방법은 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 반복적으로 적용하여 입력 영상을 다 해상도로 분해하거나, 또는 그 역순으로 복원하는 구조를 갖는다. 반복 피라미드를 이용한 DWT 구현 방법은 직교성으로 인해 입력 신호의 다 해상도 분해 및 복원 시에 완전 복원이 가능하다는 장점을 갖는다. 또한 이 방법은 기존의 다 해상도 분해인 라플라시안 피라미드에서는 화소 수가 원 영상보다 커지는데 비해, 화소 수를 그대로 유지하면서 영상을 계층적으로 대역 분할할 수 있다는 장점도 갖는다. DWT를 이용한 영상 압축 기술들은 영상을 다해상도로 분해하고, 각 부대역에 다양한 부호화 알고리즘을 적용하는 방법을 이용하고 있다.

Wavelet 영상 부호화 시 양자화는 신호 데이터의 시각적인 부적합성을 감소시킨다. 그림 1에서와 같이 모든 계층에서 데이터 심벌들은 Wavelet 계수 기호를 할당하고 이들 기호들은 4등분으로 그룹 지어진다. 양자화 기호의 부호화는 두 단계로 수행된다. 첫째 중요 자손의 예측(PSD)의 수행과(전처리 부호화) 그 다음에 엔트로피 부호화는 이들 PSD-tree를 부호화하는데 사용된다. 결과의 계층적 bitstream은 영상 질과 bitrate에서 Codec의 자유로운 크기 조절이 가능하다. 복호화 과정

은 역으로 수행되고 복원된 영상을 만든다.

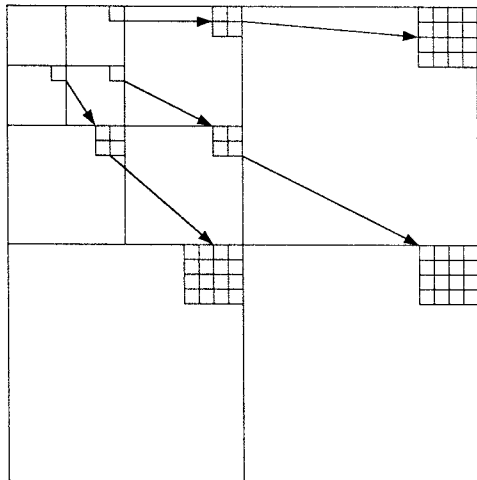
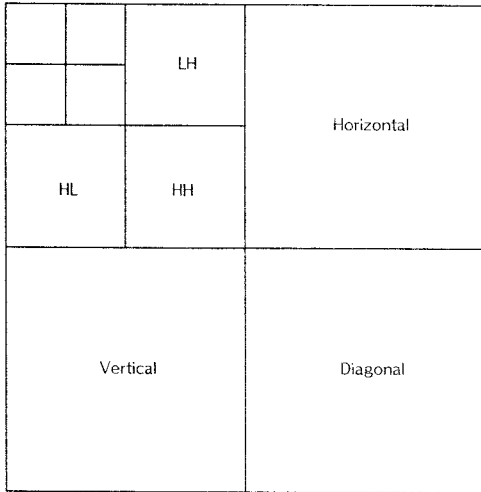


그림 1. Three-level dyadic wavelet transform

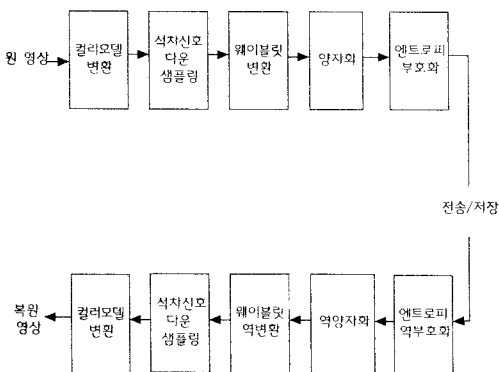


그림 2. Wavelet 영상 압축 복원 과정

2.2 수중 영상의 Wavelet 영상 압축 시뮬레이션
아래에 부유물 제거 전 수중 영상과 전처리 과정을 통한 부유물 제거 후 수중 영상을 나타내었다.

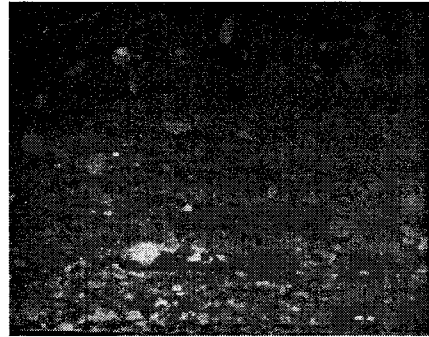


그림 3. 부유물 제거 전 수중 영상

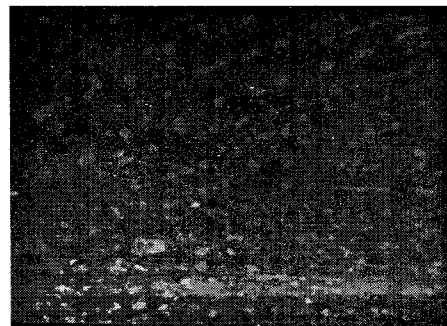


그림 4. 부유물 제거 후 수중 영상

그리고 부유물이 제거된 수중 영상을 대상으로 JPEG과 Wavelet의 영상 압축을 비교하여 나타내었다.

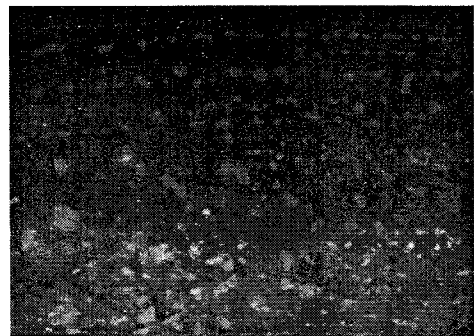


그림 5. 수중 영상의 JPEG 결과 (Q Factor=4, 압축비 : 53.71)



그림 6. 수중 영상의 Wavelet 부호화 결과
(Wavelet 계수=40, 압축비 : 127.3)

표 1. JPEG 시뮬레이션 결과

Q Factor	1	2	3	4	5	6	7	8
압축 영상 크기 (Byte)	11,027	7,949	6,495	5,720	5,281	5,008	4,816	4,682
압축비	27.86	38.65	47.30	53.71	58.17	61.34	63.79	65.61
PSNR (dB)	44.199	40.784	38.440	36.790	35.343	34.300	33.430	32.524

표 2. Wavelet 영상 압축 시뮬레이션 결과

Wavelet 계수	75	70	65	60	55	50	45	40
압축 영상 크기 (Byte)	6,245	5,692	5,101	4,525	3,924	3,413	2,894	2,405
압축비	49.19	53.97	60.22	67.89	78.29	90.01	106.15	127.73
PSNR (dB)	44.641	44.060	43.362	42.685	41.898	41.116	40.276	39.385

여기서 압축 후 영상의 절대적인 화질을 정량적으로 표시하는 파라미터인 PSNR은 아래 식으로 구할 수 있다.

$$PSNR[dB] = 10 \cdot \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \tilde{x}_i)^2}$$

여기서 x_i 는 원시영상이고, \tilde{x}_i 는 압축된 영상이다.[4]

수중 영상을 대상으로 Baseline JPEG 과 Wavelet 영상 압축을 적용하여 시뮬레이션 해본 결과 압축률 및 PSNR 값은 위의 표 1, 2와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 영상 압축 알고리즘은 일반적으로 압축률을 높이면 화질은 떨어진다. 표 1은 JPEG의 압축률을 조절하는 Q Factor를 변화시켰을 때의 압축률과 PSNR이다. 여기서 Q Factor를 증가시키면 압축률은 높아진다. 그러나 Q Factor의 값의 상승에 따라 압축률은 선형적으로 증가하지 않고 점점 증가폭은 감소한다.

표 2는 Wavelet 영상 압축 알고리즘의 압축률을 조절

하는 파라미터인 Wavelet 계수를 변화시켰을 때의 압축률과 PSNR이다. Wavelet 계수의 값을 감소시키면 압축률이 증가하고 압축률 증가폭도 급격히 커진다. 그리고 Wavelet 계수 값을 감소시키면 PSNR값은 낮아진다.

3. 결 론

위의 시뮬레이션 결과 수중 영상의 특성이 전 영역에서 고주파 성분이 적어 압축률은 대기 상에서 얻을 수 있는 자연 영상에 비해 압축 효율이 크고 화질의 척도인 PSNR 값 역시 10dB 이상 크다고 판단된다. 또한 수중 영상에서 존재하는 부유물의 영향은 영상 압축 시 압축률을 감소시키고 화질 역시 떨어뜨린다. 그러므로 본 연구에서는 부유물을 효과적으로 제거하는 전처리 알고리즘을 통해서 압축률 및 화질을 향상시킬 수 있었다.

수중 영상을 대상으로 한 영상 압축에서 가장 효율이 높은 영상 압축 알고리즘을 찾기 위해 JPEG 방식과 Wavelet 영상 압축 방식을 비교해 본 결과 Wavelet 영상 압축 방식이 전체적으로 압축률을 더욱 높일 수 있고, 화질 역시 같은 압축률일 때 훨씬 좋아졌음을 알 수 있다.

(참 고 문 헌)

- [1] M. S. Schmalz, G. x. Ritter "Data Compression Techniques for Underwater Imagery", IEEE Transaction on Signal Processing 1996
- [2] E. Muller, T. Strutz "Scalable Wavelet-based Coding of Color Images", Proc. of APEIE '98 Vol.10, Sept. 23-26, 1998, pp.29-35
- [3] 박성완, 문동영, 고성재 "웨이블릿 변환과 대역별 통계적 특성을 이용한 정지영상 부호화" 제 7회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집 1995 pp.171-177
- [4] 강현배, 김대경, 서진근 "웨이블릿 이론과 응용", 아카넷 2001