

리프팅 스킴을 이용한 영상 압축 및 에지 검출

김영순, 오병선, 정일홍
대전대학교 컴퓨터공학과

Image Compression and Edge detection using the Lifting Scheme

Young-Soon Kim, Byong-Son Oh, Il-Hong Jung
Dept. of Computer Engineering, Daejeon University

Email : yskim@zeus.dju.ac.kr, ef2000@zeus.dju.ac.kr, ijung@dju.ac.kr

요약

푸리에 변환을 사용하는 제1세대 웨이블릿은 정규화된 그리드에서만 적용되는 반면 리프팅 스킴을 사용한 제2세대 웨이블릿은 불규칙한 그리드를 처리할 수 있다. 본 논문에서는 제2세대 웨이블릿 생성 도구인 리프팅 스킴을 사용하여 압축된 적은 데이터를 사용한 근사치 영상을 생성하는 방법으로 부분 복원과 공간 복원 알고리즘과 리프팅 스킴을 이용한 에지 검출 기법이 제안되었다.

1. 서론

멀티미디어 기술은 요즘의 컴퓨터 세대에서는 매우 중요한 쟁점으로 수치적이고 복잡한 데이터를 사용자가 쉽게 이해하도록 도움을 주고 있다. 그러나 영상, 비디오, 문자, 오디오 같은 멀티미디어 데이터는 일관된 길이를 가지지 않는 값의 연속이나 모임으로 제시되는 상당히 큰 데이터이다. 이러한 멀티미디어 데이터를 분석하고 저장하는 기법은 애플리케이션에 종속적이다. 멀티미디어 데이터는 스캐너, 카메라, 비디오 카메라, 녹음기와 같은 장치를 통해 얻어지는데 대부분 원래 형식(row format)은 아날로그 신호로 신호 처리에 관계된 기술을 사용해서 변형, 분석되고 디지털화 될 수 있다. 신호처리 기술은 웨이브 형태(wave form)에서 데이터를 처리한다.

웨이블릿 변환은 신호는 분석하고 처리하는 방법이다. 웨이블릿 변환은 윈도우 위치를 이동하고 윈도우 크기를 신축 할 수 있는 기능을 가지고 있는데 이것은 신호의 지역성과 다해상도 분석을 가능하게 해준다. 제1세대 웨이블릿은 푸리에 변환을 이용하여 웨이블릿을 생성하기 때문에 수학적 배경이 없으면 웨이블릿을 생성하기가 상당히 어렵고, 푸리에 변환의 특성상 불규칙적인 그리드에는 적용할 수 없는 문제점

이 있는 반면 제2세대 웨이블릿 생성도구인 리프팅 스킴은 기저함수를 생성하는데 푸리에 변환을 사용하지 않으므로 제1세대 웨이블릿에 비해 상당한 장점을 가진다.

또한 영상으로부터 정보 발취의 기본적인 처리로 에지 검출이 있는데 에지를 찾기 위한 보편적인 방법은 없다. 본 논문에서는 리프팅 스킴을 사용한 새로운 에지 검출 방법을 제안하고, 웨이블릿 변환을 이용한 에지 검출은 데이터 압축, 부분 복원과 공간 복원을 유지함으로써 데이터 가시화를 향상시키는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 에지 검출 및 리프팅 스킴의 기본 개념 및 이용 방법에 관한 관련 연구를 설명하고 3장에서는 리프팅 스킴을 이용한 영상 압축, 복원 및 에지 검출에 관하여 서술하며 4장에서는 제안한 영상 압축 및 에지 검출의 실험 영상에 대한 비교 분석 및 성능을 검토하다. 끝으로 5장에서는 결론 및 향후의 연구과제를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 에지 검출

에지를 검출하는 것은 특징 추출의 가장 기본이 되

는 것으로, 영상의 특징 추출은 에지, 선, 점, 지역 검출을 포함하며 에지와 선 사이에 유사성을 계산하는 것으로 객체들을 검출한다. 에지 검출은 대부분 2차원 영상을 가지고 행하며 2차원 영상은 빛과 휘도의 반사를 가진 3차원 실세계의 투사이다. 영상의 에지는 입력 영상에 대한 정보를 가지고 있어 물체가 어디에 있으며, 물체의 모양과 크기, 텍스처가 어떠한지를 말해주는 것으로 영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값으로 또는 높은 값에서 낮은 값으로 변하는 지점에 존재한다.

2.2 웨이블릿 변환

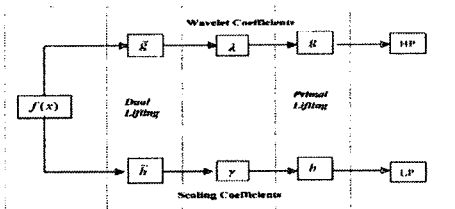
웨이블릿 변환은 영상과 오디오와 같은 신호와 다른 신호에 관계된 데이터를 분석하기 위한 수학적 도구로 공간 영역으로부터 주파수 영역까지 신호와 영상 데이터를 전환하며, 멀티스케일의 형태로 데이터를 표현한다. 웨이블릿은 일반적인 데이터들의 집합들이나 함수들을 나타내는 빌딩 블록들로 수학적으로 말하면 그들은 기저 함수(basis function)을 형성하고, 더 일반적으로 프레임을 형성한다고 할 수 있다.

2.3 리프팅 스킴

리프팅 스킴은 푸리에 변환을 사용하는 제1세대 웨이블릿 변환과는 다르지만 여전히 부분적으로 수학적이고 신호적인 처리 지식을 필요로 하며 장점은 다음과 같다.

- (1) 웨이블릿 변환의 더 빠른 구축을 가능케 한다.
- (2) 웨이블릿 변환의 완벽한 인-플레이스(In-place)연산을 제공해 준다.
- (3) 웨이블릿 변환의 역변환이 쉽다.
- (4) 이해하기 쉽다.

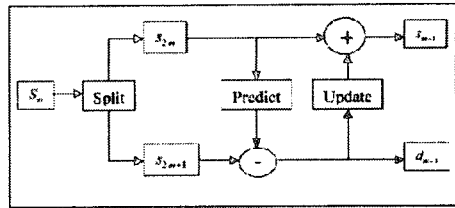
리프팅 스킴은 쌍직교 웨이블릿을 구성하기 위한 도구로 기본 개념은 1차원 변환에서 찾아볼 수 있는데 분해의 경우 입력신호는 웨이블릿 계수와 스케일링 계수로 나누어진다.



[그림 1] 리프팅 스킴의 분해 과정

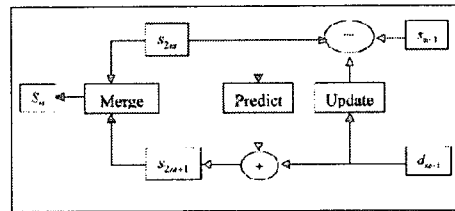
리프팅 스킴을 분해하는 단계는 Split, Predict,

Update로 나누어진다.



[그림 2] 리프팅 스킴의 정변환

복원(reconstruction) 단계는 분해 단계의 역으로 [그림3]에서 보여주고 있다.



[그림 3] 리프팅 스킴의 역변환

3. 리프팅 스킴을 이용한 영상 압축 및 에지 검출

3.1 데이터 압축

리프팅 스킴의 정변환은 원 영상을 스케일링 계수와 웨이블릿 계수로 분해하는 과정이며 역변환은 스케일링 계수와 웨이블릿 계수를 사용하여 원 영상을 복원하는 과정으로 Split 단계에서 원 영상은 두 단계로 나누어 계산한다.

$$f_i^e = \sum_{i=0}^{(n-1)/2} f_{i \cdot 2}^x$$

$$f_i^o = \sum_{i=0}^{(n-1)/2} f_{i \cdot 2+1}^x \quad (1)$$

- f_i^x : 원 신호, n : 신호의 크기,
- f_i^o : 샘플된 영상의 홀수, f_i^e : 샘플된 영상의 짝수

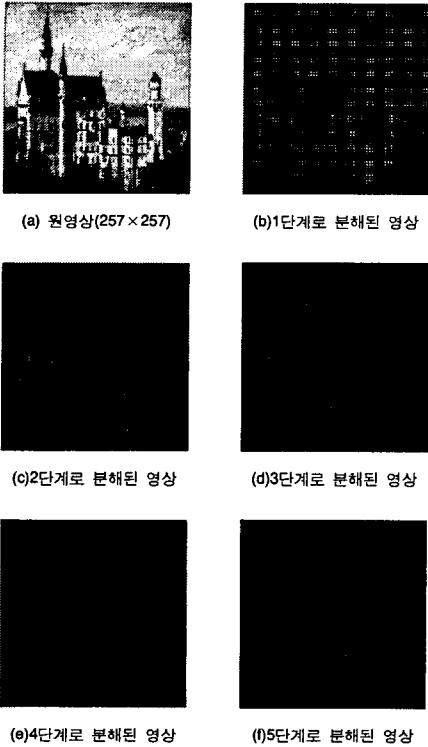
Predict 단계는 영상의 짝수 부분에 적용되며 원래의 리프팅 필터들의 집합이 계산된다.

$$p_i = \sum f_i^o - (f_{i-1}^o + f_i^o)/2 \quad (2)$$

p_i 는 이웃한 신호에 의해 계산되고 Update 단계에서 먼저 사용된다. 이 p_i 가 에지 검출을 위해 사용된다. p_i 가 '0'이라는 값을 가지게 되면 영상은 에지가 없다는 의미가 되고, 그때 f_{i-1}^o 와 f_i^o , f_i^e 의 값은 같다. Update 단계에서는 식(2)의 p_i 를 사용해서 처리

된다.

$$u_i = f_i^q + 1/4(p_{i-1}, p_i)$$



[그림 4] 영상 분해 단계

원 영상은 257×257이고 1단계로 분해하면 원 영상은 129×129의 1개의 스케일링 계수와 128×128의 3개의 웨이블릿 계수로 나누어진다. 여기서 웨이블릿 계수는 점과 같은 형상으로 나타나며 어두운 형태로 표현된다.

3.2 영상 복원

근사 영상을 생성하는 방법의 종류는 상수 근사 방법, 선형 근사 방법, 평균 근사 방법이 있으며 상수 근사 방법은 웨이블릿 계수 위치로 '0'을 채우고 영상 복원 처리를 사용함으로써 근사 영상을 생성하고 알고리즘은 5단계로 나누어 처리한다.

단계1 : 대상 영상의 스케일링 계수를 찾는다.

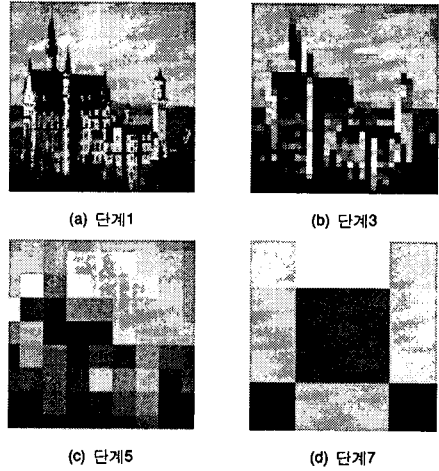
단계2 : 수직이나 수평으로 이웃한 픽셀 사이의 공간을 나눈다.

단계3 : 픽셀 왼쪽의 반은 왼쪽 스케일링 계수의 값을 가지게 되고, 픽셀의 오른쪽 반은 오른쪽 스케일링 계수의

같은 값을 가진다.

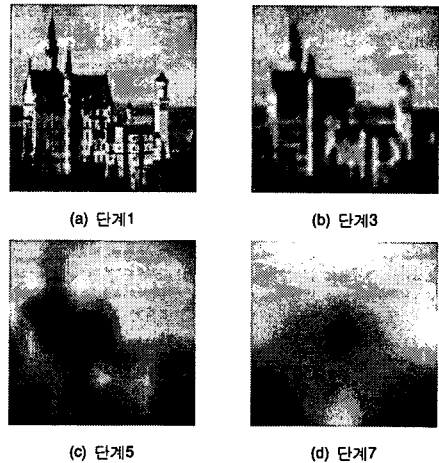
(3) 단계4 : 하나의 수평선을 끝낸 후에 스케일링 계수 각 라인을 위해 단계1부터 3을 반복한다.

단계5 : 수평이나 수직선을 끝낸 후 모든 수직이나 수평선에 단계1부터 3을 반복한다.



[그림 5] 상수 근사 방법에 의한 영상

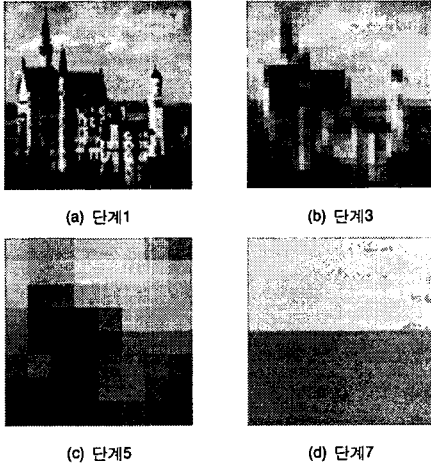
선형 근사 방법은 2개의 이웃한 스케일링 계수들 사이에 삽입하며 이 경우 선형 보간은 이웃한 픽셀로 스케일링 계수의 색상을 분류한다. 상수 근사 방법으로 생성된 영상보다 더 부드러운 영상을 만들며 알고리즘은 선형 Tensor product에 의해 처리된다.



[그림 6] 선형 근사 방법에 의한 영상

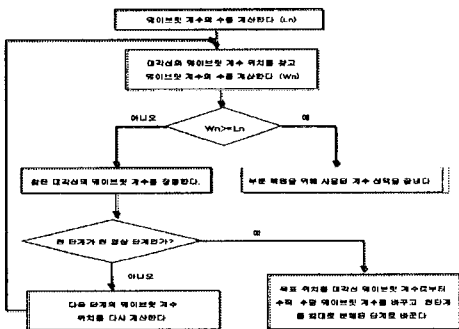
평균 근사 방법은 지역 경계에 있는 스케일링 평균을 가지고 채우게 된다. 이것은 단 한 개의 스케일링 계수 대신에 스케일링 계수의 평균을 가지고 영역을 채우는 것을 제외하고는 상수 근사 방법과 유사하며

알고리즘은 상수 근사 방법과 같다.

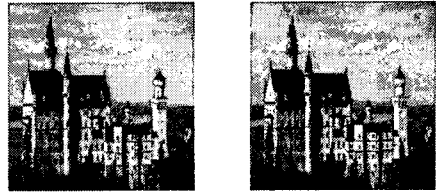
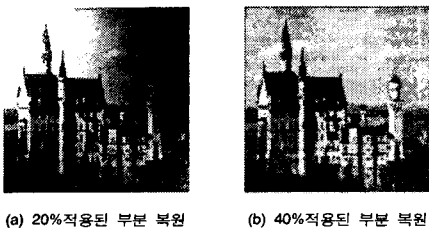


[그림 7] 평균 근사에 의한 영상

영상의 부분 복원은 영상의 모든 부분이 아니라 영상의 대략적인 개요만이 필요할 경우 유용하게 사용된다. 영상을 완전히 분해한 후 원래 영상을 반영하는 영상을 복원하기 위해서 웨이블릿 계수의 일 부분만이 사용된다. 따라서 100% 웨이블릿 계수를 사용한다면 복원된 영상은 원래 영상과 같다. 본 논문에서 사용한 알고리즘은 다음과 같다.

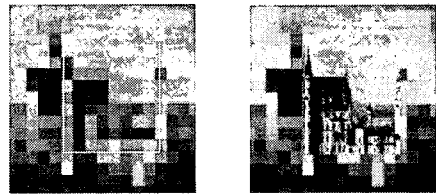


[그림 8] 부분 복원을 위한 웨이블릿 계수 선택 알고리즘

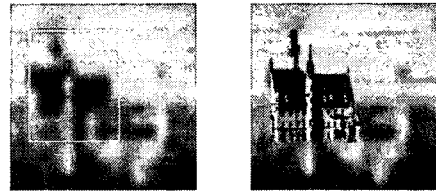


(c) 75% 적용된 부분 복원 (d) 90% 적용된 부분 복원
[그림 9] 부분 복원된 영상

영상의 공간(local) 복원은 사용자가 영상을 확대, 축소하거나 특별히 관심 있는 부분만 복원할 경우 상당히 유용하게 사용된다. 공간 복원은 사용자가 원하는 지역에 위치한 웨이블릿 계수를 사용한다.



(a) 상수 근사 방법을 사용한 영상의 공간 복원



(b) 선형 근사 방법을 사용한 영상의 공간 복원

[그림 10] 영상의 공간 복원

3.3 리프팅 스킴을 사용한 에지 검출

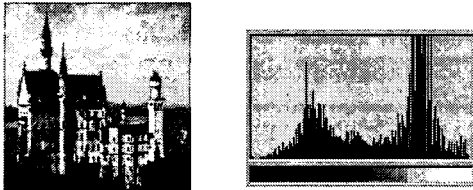
웨이블릿 계수는 하이 패스 필터된 출력과 유사하여 에지 검출은 임계값 기법 같은 영상처리 기술을 웨이블릿 계수에 적용함으로써 행해질 수 있다. 2차원 영상의 경우 수평적, 수직적, 대각선의 웨이블릿 계수가 있다. 리프팅 스킴을 사용함으로써 구성된 웨이블릿은 이런 3가지 웨이블릿 계수에 특별한 속성을 부여한다. 수평적 웨이블릿 계수는 수직적 에지들을 검출하고, 수직적 웨이블릿 계수는 수평적 에지들을 검출한다. 그리고 대각선 웨이블릿 계수는 대각선 에지들을 검출한다. 그러나 많은 노이즈(noise)들 때문에 3개의 웨이블릿 계수를 모두 사용할 수 없다.

이 논문에서 웨이블릿 계수는 일반적인 에지 검출 필터와 몇 개의 다른 특성을 가진다. 일반적인 에지 검출 필터의 에지값은 2개의 이웃한 픽셀들의 차이지만 여기에서의 웨이블릿 계수는 이웃한 2개의 픽셀

평균과 하나의 픽셀값은 다르다. 만일 웨이블릿 계수의 값이 '0'이라면 3개의 픽셀들 사이에 차이점이 없거나 3개의 픽셀의 기울기가 1차원이고 웨이블릿 계수의 값이 '0'이 아니라면 에지가 존재할 가능성은 높다. 에지는 웨이블릿 계수의 위치에서 발생할 수 있다. 에지가 스케일링 계수의 위치에서 발생된다면 위치한 에지는 정확한 위치에 표시되지 않는다. 웨이블릿 계수에 임계값을 주는 여러 가지 방법들이 있는데 여기서는 임계값의 상위값과 하위값 모두 사용한다.

4. 비교분석 및 성능평가

실험 영상 데이터 히스토그램의 통계적인 특성으로는 중위수 181, 평균 150.98, 표준편차 58.1인 'PALACE' 실험 영상이다.



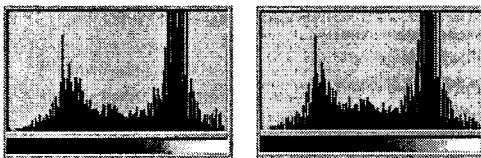
(a) 원 영상 (b) 원 영상에 대한 히스토그램

[그림 11] 실험 영상과 히스토그램

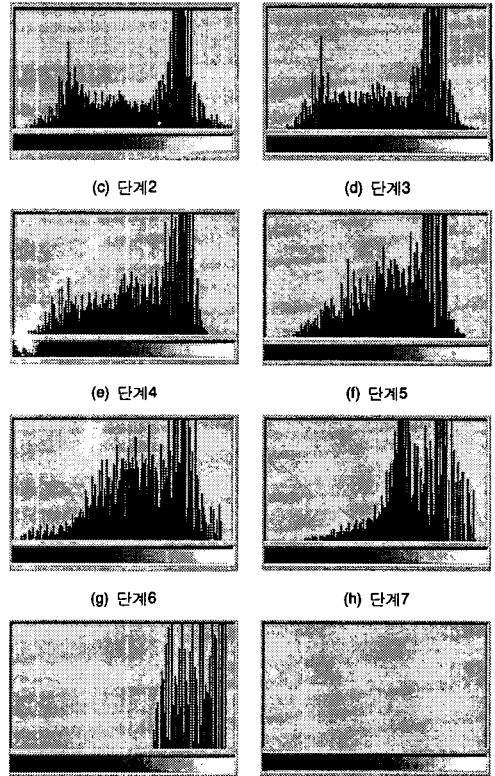
[그림5], [그림6], [그림7]의 근사 영상을 위해 사용된 픽셀의 수는 [표1]로 정의된다.

[표1] 스케일링 계수의 비교수

| 단계 | 영상 크기 | 픽셀의 수 |
|------|---------|-------|
| 원 영상 | 257×257 | 66049 |
| 1 | 129×129 | 16641 |
| 2 | 65×65 | 4225 |
| 3 | 33×33 | 1089 |
| 4 | 17×17 | 289 |
| 5 | 9×9 | 81 |
| 6 | 5×5 | 25 |
| 7 | 3×3 | 9 |
| 8 | 2×2 | 4 |
| 9 | 1×1 | 1 |



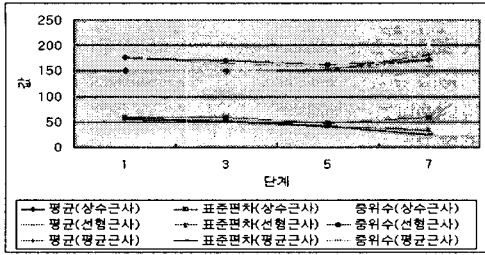
(a)원 영상 (b) 단계1



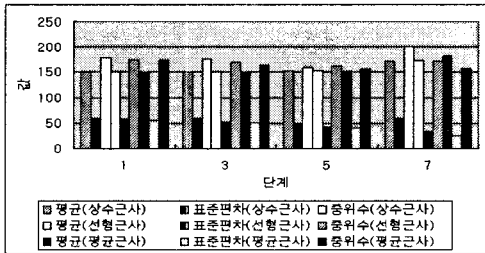
(c) 단계2 (d) 단계3 (e) 단계4 (f) 단계5 (g) 단계6 (h) 단계7 (i) 단계8 (j) 단계9
[그림 12] 스케일링 계수의 단계별 히스토그램

[표2] 근사 방법에 따른 히스토그램 비교

| 단계 | 평균 | 표준편차 | 중위수 |
|----------|--------|-------|-----|
| 상수 근사 방법 | | | |
| 1 | 150.1 | 58.54 | 179 |
| 3 | 149.97 | 58.25 | 177 |
| 5 | 153.25 | 48.84 | 160 |
| 7 | 172.48 | 58.79 | 201 |
| 선형 근사 방법 | | | |
| 1 | 150.13 | 56.72 | 176 |
| 3 | 150.39 | 52.59 | 171 |
| 5 | 153.12 | 42 | 161 |
| 7 | 173.51 | 33.73 | 173 |
| 평균 근사 방법 | | | |
| 1 | 150.53 | 56.3 | 176 |
| 3 | 150.46 | 50.99 | 165 |
| 5 | 152.43 | 40.54 | 157 |
| 7 | 181.16 | 24.29 | 159 |



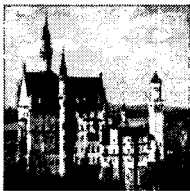
(a) 선 그래프에 의한 히스토그램 비교



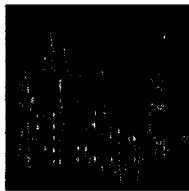
(b) 막대 그래프에 의한 히스토그램 비교 그래프

[그림 13] 근사 방법에 따른 히스토그램 비교 그래프

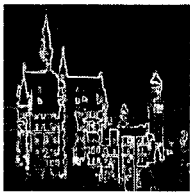
[표2]와 [그림13]은 근사 영상이 원래 영상의 히스토그램을 보존하려고 하는 것을 보여준다. 물론, 더 적은 웨이블릿 계수를 사용하면 더 많은 에러를 가지지만 통계적인 측정치는 근사 영상이 원래 영상의 질이 낮은 형태로 사용 될 수 있음을 보여주고 있다.



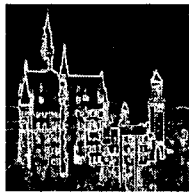
(a)원 영상



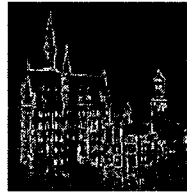
(b)Roberts에의한 에지검출



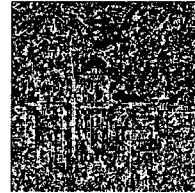
(c)Prewitt에의한 에지검출



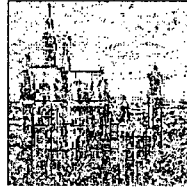
(d)Sobel에의한 에지검출



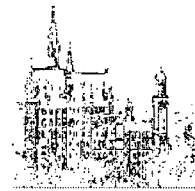
(e)Laplacian에의한 에지검출



(f)highpass에의한 에지검출



(g)상위289와 하위4에의한 에지검출



(h)유사값 10에의한 에지검출

[그림 14] 1,2차 미분 및 리프팅 스킵에 의한 에지 검출 영상 비교

[그림14]의 (b),(c),(d),(e)는 1,2차 미분에 의한 연산자 처리에 의한 영상이고 (f),(g),(h)는 리프팅 스킵을 이용한 에지 검출 영상이다. (b),(c),(d)는 돌출된 값을 평균화하지 못하거나 수평과 수직 에지 및 대각선 방향에 위치한 에지에 대해 민감함을 보여주고 (e)는 에지보다 가는 선이나 고립점에 강하게 반응하고 에지의 방향을 알 수 없음을 보여준다. 리프팅 스킵을 이용한 에지 검출 영상은 임계값의 상위값과 하위값, 유사값에 의해 에지를 검출한 것으로 영상에 명시된 세부적인 것을 표현하고 있다.

5. 결론

부분 복원과 공간 복원을 위한 새로운 알고리즘은 빠른 부분 복원과 원래의 영상에 대해 좋은 근사치를 제공한다. 새로운 알고리즘을 사용하여 압축된 영상에 대한 근사치는 하드웨어의 자원과 시간을 절약하는 영상 정보 검색 시스템과 영상 데이터베이스를 위해 사용되어 질 수 있다. 또한 리프팅 스킵을 이용한 에지 검출 기법이 제안되었는데 이것은 기존의 돌출된 값을 평균화하지 못하거나 수평과 수직 및 대각선 방향에 위치한 에지에 대한 민감한 반응을 보여주는 에지 검출 연산자들의 문제점을 해결하였다.

향후 연구 과제로는 낮은 단계에서의 원래 영상에 대한 더 나은 근사치를 제공하기 위해서 더 높은 차수의 웨이블릿의 생성과 에지 검출을 위한 임계값을 선택하는 더 좋은 기법을 찾는 연구가 진행되어야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] D. J. Hebert and HyungJun Kim, "A Fast Compass Edge Detector," SPIE, Vol.2825, pp 432-441, 1996
- [2] Armin Gruen, Peggy Agouris, Dirk Stallmann, and Haihong Li, "Algorithms for Automated Extraction of Man-Made Objects from Raster Image Data in a GIS", Processings of IGIS'94 : Geometric Information Systems, February/March 1994.
- [3] D. L. Donho, "Smooth wavelet decompositions with blocky coefficient kernels, Recent Advance in wavelet Analysis," pp 259-308, Academic Press. 1993
- [4] W. Sweldens. "The lifting scheme : A construction of second generation wavelet," Technical report 1995:6. Industrial Mathematics Initiative. Department of Mathematics. University of South Carolina. 1995.
- [5] I. Daubechies and W.Sweldens. "Factoring wavelet and subband transform into lifting steps," Preprint, 1996
- [6] W. Sweldens. "The lifting scheme : A custom-design construction of biorthogonal wavelets." Technical report 1994:7. Industrial Mathematics Initiative. Department of Mathematics. University of South Carolina. 1994.