

점진적 영상 검색을 위한 다시점 입체 영상의 합성과 보간 기법

*최 미란, 박 대철

Multi-view Stereoscopic Image Synthesis and Interpolation Methods for Progressive Image Retrieval

Miran Choi, Daechul Park
Dept. ICE, Hannam University

요 약

Multi-view 영상 DB의 surround view 입체 화상을 재현하기 위해서는 영상 정보를 효과적으로 합성, 보간하는 방법이 필연적으로 요구된다. 다시점 입체 영상의 표시 기능을 구현하기 위해서 이론적으로는 충분한 개수의 카메라를 상하 좌우로 배치하여 영상을 획득하고 보는 이의 위치에 가장 적합한 영상을 선택하여 표현하면 된다. 이 경우 많은 수의 카메라로부터 입력되는 방대한 영상 데이터의 저장, 처리, 전송, 설치 문제 등 현실적으로 많은 제약점이 존재한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존의 블록 매칭과 같은 3D 구조 추정에 기초하여 블록 단위의 깊이 정보와 텍스처 정보의 추출, 다시점 영상 set의 가장 왼쪽 영상으로부터 시작하여 차례로 한 줄씩 쌓아서 얻어진 EPI(Epipolar Plane Image)에 기초한 유사 영상 값의 자취선 탐색 방법에 의한 시차와 텍스처 정보 추출로 전체 다해상도를 다해상도로 표현하여 전송하는 방식을 제안한다. 다해상도의 영상 표현과 점진적 전송 방법을 통해 다시점 영상 검색 시스템의 성능향상을 위한 네트워크 모델링을 제안하고자 한다.

1. 서론

영상 검색 시스템의 성능 향상을 위해서는 크게 3가지 면에서의 개선을 시도해야 한다. 즉 (1) 3D 영상/비디오 DB 계산 자원의 개선, (2) 통신 자원의 개선, (3) 사용자측 계산 자원의 개선등이다. 본 논문에서는 3D 영상 DB 조회시 브라우징 단계를 다해상도의 표현 방법을 사용해 DB 탐색 단계의 성능에 영향을 미치지 않고 다해상도 3D 영상 검색시스템의 성능 향상 방법을 탐구하고자 한다. 3D 영상 DB의 효율적인 인덱싱을 위해서는 여러 시점에서 입력된 다시점 입체 영상 셋(set)을 이용하여 영상간에 존재하는 구조 정보와 텍스처 정보를 추출하여 시차 영상을 다시점으로 처리하여 look-around 기능을 낼 수 있는 다시점 입체 영상 압축 방법도 도출하고자 한다. 3차원 영상 DB의 고속 검색에 대해서는 먼저 다시점 영상에 대한 분해 및 합성 방법을 제안하고 또한 3차원 영상 DB의 다해상도 압축 및 코딩 방법을 제안한다.

2. 계층적 시차 정보 추출과 영상 보간법

n 시점의 영상 $I_n(m, l)$ 을 n 방향에 따라 배열하면 $n-m-1$ 공간이 형성되는데 이것을 다시점 영상 공간이라 한다. 공간 (m, n, l) 은 n 축을 따라 상당히 상관도가 높음을 알 수 있다. 이것은 $I_n(m, l)$ 이 수평 방향으로 약간의 시차가 있을 뿐 같은 물체의 한 점을 촬영한 영상이기 때문이다. 입체 영상의 블록 매칭에 의한 시차 정보 추출과 보상 방법은 기하학적 관계식을 사용하여 다시점 영상 데이터에 확장하여 적용할 수 있다. 다시점 영상 데이터가 $2N+1$

장이 있다고 가정하면 정규 공간상의 한 물체 점 $P(X_p, Y_p, Z_p)$ 는 영상 $I_n(m, l)$ 에 $m = X + nZ, Y = l$ 에 따라 기록된다. 만약 평면 블록이 XY 평면과 평행하다고 가정하면 각각의 영상 블록에 대하여 $(2N+1)$ 개의 대응되는 블록을 얻을 수 있다. 다시 말해 $(2N+1)$ 개의 각 영상에 대응되는 블록은 깊이 정보 (Z) 가 시차 정보 $d_v = (X_{v,n} - X_{v,n+1})$ 와 대응하는 관계를 갖는다.

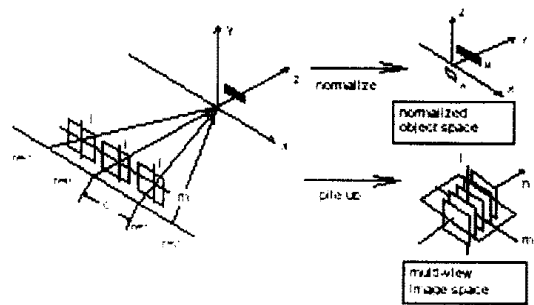


그림 1. 정규 물체 공간과 다안 영상 공간

그러므로 각각 블록의 시차를 갖는 것은 정규화 영상 공간상에서 물체의 최적 깊이를 찾은 것과 같고 할 수 있다. $I_n(m, l)$ 의 $n=0$ 시점의 영상을 기준으로 했을 때 시차 보상된 대응 평면 블록을 찾기 위해 블록의 휘도 값에 대한 분산을 사용한다. 분산을 계산하는 식은 다음과 같이 주어진 모든 시점 n 에 대하여 깊이 search 범위 Z 에서 해당 블록의

분산 합을 계산하고 최소의 분산값을 주는 Z_{opt} 값을 찾는 것이다.

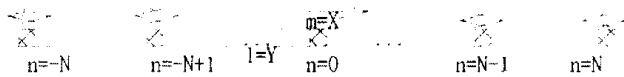
$$V(Z) = \sum_{(x,y) \in \text{block}} \text{Var}(I_n(X+nZ), Y),$$

$$n = -N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N$$

이때 대응하는 블록의 텍스처 값은 최적의 Z_{opt} 에서의 평균 텍스처 값이다.

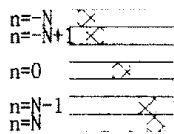
$$T(X, Y) = \sum_{n=-N}^N \text{Averageof}(I_n(X+nZ), Y),$$

$$n = -N, \dots, -1, 0, 1, \dots, N$$



⊗ : 대응하는 평면 블록

(a) 여러 시점에서의 영상 블록의 위치



(b) EPI (Epipolar Plane Image)

그림 2. 다시점 영상 셀에서의 최적 깊이 정보와 텍스처 값 찾기

블록 매칭 방법에 의해 얻은 깊이 정보를 사용한 보간 방법은 각 대응하는 시차 보상된 영상 블록의 가로축 블록 영상의 픽셀 좌표값과 텍스처 평균값을 이용함으로써 임의의 시점에서 영상을 합성해 낼 수 있다. 예를 들면 그림 2에서 $n=-N$ 과 $n=-N+1$ 사이의 시점에서 영상을 보간하기 위해서 그림 3과 같이 보간할 중간 영상을 사이에 넣는다.

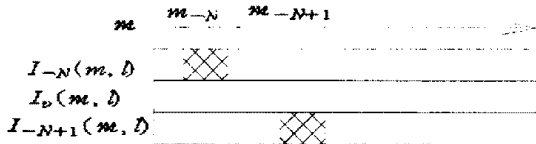


그림 3. 시점 v 에서의 블록 영상의 합성

시점 v 에서 합성될 영상 $I_v(m, l)$ 의 픽셀값과 위치 정보 (m 의 값)은

$$m_v = (1-v)m_{-N} + vm_{-N+1}, \quad 0 \leq v \leq 1$$

$$T_v(X, Y) = T(X, Y)|_{Z_{opt}}$$

Block Avg of $(I_{-N}(m, l), I_{-N+1}(m, l))$

시차와 텍스처 정보 추출을 위한 블록 매칭의 방법을 픽셀 단위로 하여 그림 4에서와 같이 다시점 영상 공간에서 n 축으로 slice 하면 EPI 영상을 얻게 된다. EPI 의 가로축은 영상 평면의 $m(X+nZ)$ 좌표축을 나타내며 세로축은 viewpoint의 수(n)을 나타낸다. 평행 광축을 갖고 수평면에 위치한 다시점 카메라들에 의해 얻어진 3차원상의 한 점은 에피폴라 평면 영상에 자취선(trace line)이라고 하는 물체 위치와 카메라간의 거리에 비례하기 때문에 자취선의 의미하는 바는 해당 3차원상의 점이 viewpoint 위치에 따라 각 영상 평면에서 어디에 대응점이 위치하는가를 말해준다.

따라서 EPI 공간에서 자취선의 기울기를 정확히 찾을 수 있다면 이 자취선상에 놓이 여러 시점의 영상 데이터 $I_n(m, l)$ 을 이용하여 픽셀 단위로 영상을 보간하여 합성할 수 있다.

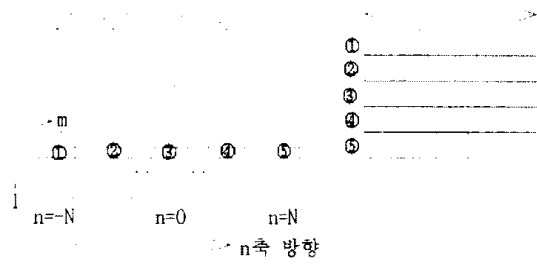


그림 4. EPI 데이터의 형성

3. 영상 DB 정보의 검색 시스템

3-1. 다해상도 영상 정보처리와 검색

시각적 내용에 기초한 영상 DB 검색 시스템에서 사용자는 원하는 원격지 영상 혹은 비디오 클립을 공유망을 통해 사용자측 브라우저(browser)를 통해 전달받게 된다[3,4,5]. 우리의 경우 최적 비트율 할당에 의한 단일 해상도 영상의 개선이 아니라 전송망을 통한 브라우저 단계에서 비트 할당을 최적화함으로써 전체 영상 검색 시스템의 성능향상을 시도하려는 것이다.

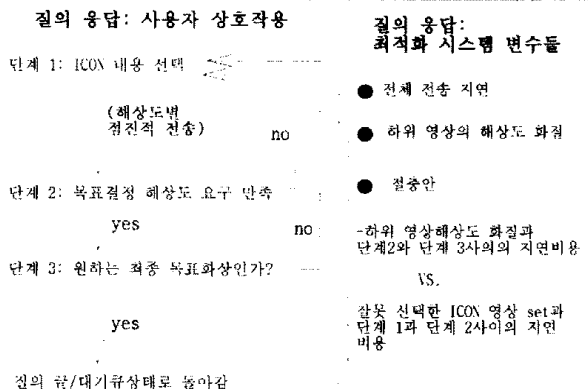


그림 5. 다해상도 영상검색시스템의 대표적인 사용자 시스템 변수 관계도

3-2. 다해상도 영상검색 시스템의 모델링

본 영상 검색 시스템의 모델링 관점에서 영상 코딩 방식을 다해상도로 부호화하여 추가정보만을 점진적 전송이 가능하도록 설계 되었다고 본다. 가령 2개의 해상도(즉 저해상도와 고해상도)를 갖는 경우의 예를 살펴보면 브라우저 단계의 초기에 영상 전체 비트가운데 aB , $0 \leq a \leq 1$ 정보를 저해상도로 코딩하여 전송하고 이 정보만을 사용하여 저해상도 영상을 재생한다. 나머지 $(1-a)B$ 비트의 추가 정보는 사용자가 요구시 전송되어 이미 수신된 저해상도 영상과 결합하여 고해상도 영상을 재생시키는데 사용되어진다.

다해상도 영상 검색 시스템에 대한 시스템 모델은 그림 6에 보였다.

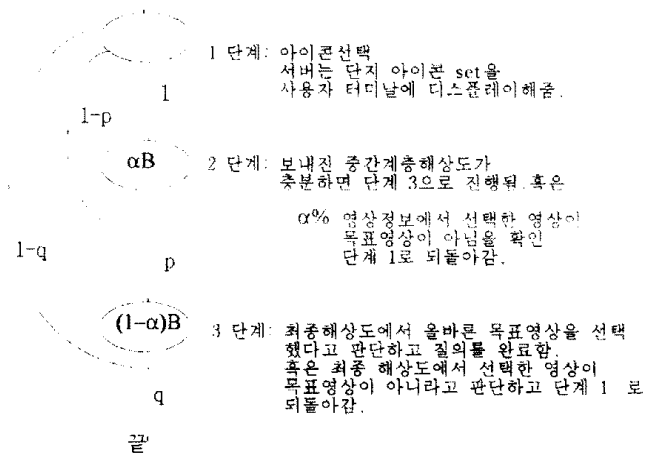


그림 6. 다해상도 영상검색시스템에 대한 통계적 모델링

4. 다시점 3D 영상 DB의 부호화

4-1. 다시점 영상의 압축 과정

다시점 영상에 대하여 해상도별로 그림 7의 과정을 거쳐야 한다.

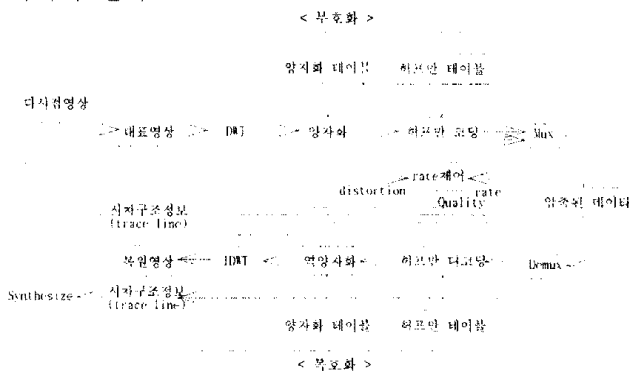


그림 7. 영상의 부호화 및 복호화 과정

다시점 영상 중 하나의 대표 영상을 Wavelet 변환(DWT)하여 양자화와 허프만 코딩을 행하고, 다시점 영상 셀로부터 2장에서 설명한 대로 시차 구조 정보(자취선)를 찾아 Muxing하면 압축된 데이터를 얻을 수 있다. 이 압축 데이터를 허프만 디코딩과 역양자화를 거쳐 IDWT로 합성하면 압축 복원된 영상이 얻어지고, 복원 영상과 앞에서 추출된 시차 구조 정보(trace line)를 이용하여 합성하면 원래의 위치의 다시점 영상뿐만 아니라 임의의 시점의 중간 영상도 보강할 수 있다. 그 다음 해상도에서도 위와 같은 과정을 거쳐 추가 정보로 처리할 수 있다.

위의 과정을 정리해 보면 다음과 같다.

- 1) n개의 다시점 영상 set을 얻는다.
- 2) 한 대표영상에 4-level wavelet decomposition을 수행한다. (0~3 level)
 - 3-level low freq 성분은 scalar Quantization을 수행하고 Huffman coding을 수행한다.
 - 3-level의 detail 정보는 Scalar quantization을 수행하고 Huffman coding을 수행하여 이전 coarse 정보에 대한 추가정보로 처리된다.
- 3) 다시점 영상 셀로부터 disparity 구조정보(trace

line)를 찾는다.

- 4) scalar Dequantization 과 Huffman coding을 수행하고 3-level 전체를 합성하여(IDWT) 2-level coarse 영상을 만든후, 앞에서 추출된 구조정보를 이용하여 다시점 영상을 복원한다.
- 3-level의 detail 정보는 Scalar quantization을 수행하고 Huffman coding을 수행하여 이전 coarse 정보에 대한 추가정보로 처리된다.
- 5) 다음과정은 마지막 level이 되기까지 4)의 과정을 반복한다.

4-2. 점진적 전송 방법

브라우징 단계의 시작점에서 사용자는 저해상도인 coarse 영상 set으로부터 최종 목표영상을 선택하기 까지 일련의 iconic image set에 의해 조희가 이루어지며 이 단계에서 icon 영상은 매우 낮은 해상도를 갖는다. 그러기때문에 사용자는 선택을 확실히 하기 위해 더 높은 해상도의 영상 데이터 전송을 받아보며 검색해 나간다.

이러한 검색 과정을 실현하기 위하여 영상을 점진적으로 전송하는 방법이 요구된다. 4-1절의 다시점 영상 DB 압축 방법에서 설명한 것처럼 다해상도로 분해된 영상 중 가장 저해상도 영상부터 압축, 전송하여 디스플레이 하고 사용자로부터 요구가 들어오면 그 다음 해상도의 압축된 coarse 영상을 디스플레이 하고 또 요구가 들어오면 detail 부분을 추가 정보로 보내주는 방식으로 최종 해상도까지 같은 방법을 적용하면 점진적 전송을 이룰 수 있다.

5. 실험 및 고찰

5-1. 입력화상의 수집

본 실험에서는 제안한 알고리즘의 기초적인 실험을 위해 총 5장의 logo image를 이용하였다.

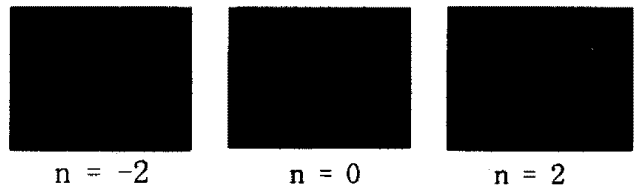


그림 8. 입력 데이터의 예

5-2. 압축화상의 결과

- 1) 디코딩된 합성 다시점 영상 (다해상도 EPI방식)

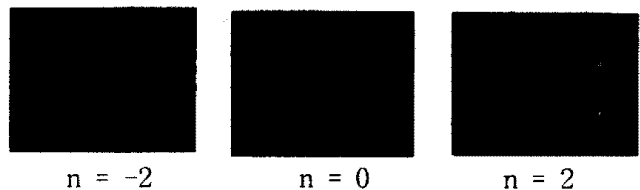


그림 9. 디코딩된 합성 다시점 영상

- 2) SNR

SNR은 다음과 같은 식으로 주어진다.

$$SNR(n) = 20 \log_{10} \frac{255}{\sqrt{MSE(n)}}$$

$$MSE(n) = \frac{1}{S} \sum_{i,j} (I_n(i,j) - \hat{I}_n(i,j))^2 \quad (S: 화소수)$$

그림 10은 화상 각각의 시점에서 디코딩 화상의 SNR을 계산한 결과를 보이고 있다. 평균 약 34dB 화질의 화상을 얻을 수 있었다.

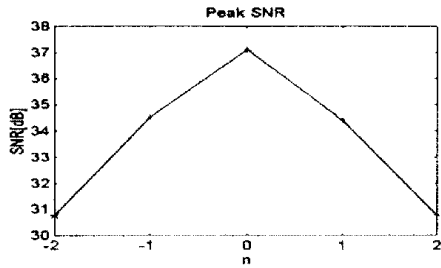


그림 10. PSNR

5-3. 다시점 3D 영상 DB의 부호화 과정 실험

가. 4-level Wavelet decomposition

한 대표영상을 Biorthogonal filter set을 사용하여 다해상도(4-level(0,1,2,3))로 분해하였다.

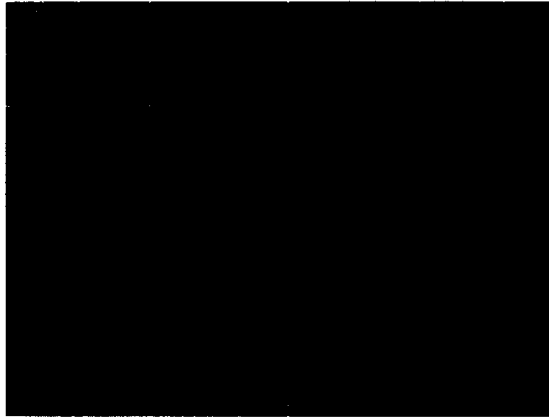


그림 11. 4-level Wavelet decomposition

나. 해상도별 디코딩 영상

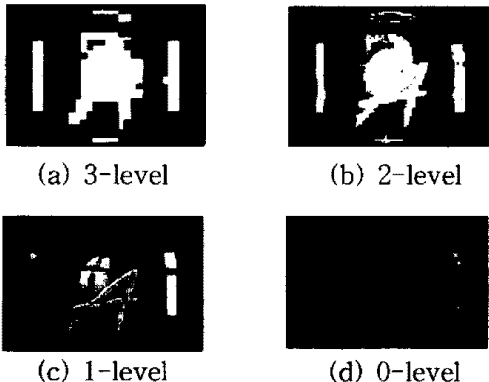


그림 12. 해상도별 디코딩 영상

다. 디코딩 영상의 해상도별 PSNR과 압축율

Level	PSNR (dB)	압축율
3	3.0308	5.72:1
2	14.1961	5.72:1
1	31.3610	5.71:1
0	46.1426	5.7:1

6. 결론

본 논문에서는 고속 3차원 영상 검색 시스템을 위한 다시점 영상 모델과 검색 최적화를 위하여 다시점 입체 영상을 압축하고 전송하는 방법을 제안하였다.

첫째, 다시점 입체 영상을 다해상도 EPI 자취선 방식을 이용하여 각 해상도별로 텍스처 정보와 자취선에 대한 정보로 압축하고 디코딩하는 알고리즘을 제안하였다. 이 방법으로 압축하면 총 N장의 영상에 해당하는 데이터량을 대략 1/N의 데이터로 압축할 수 있다. 이의 실험을 위해 삼차원 그래픽스로 제작한 256×256 그레이 스케일의 로고 모양 다시점 영상 5장을 이용하여 최종 해상도에서 약 34 dB의 화질을 갖는 영상을 복원하였다. 또한 이 경우 자취선의 기울기를 이용하여 영상 간의 중간영상도 보간 합성해낼 수 있었다. 둘째, 다시점 3D영상 DB를 다해상도로 나누어 부호화하는 알고리즘을 제안하였다. 다시점 영상을 4-level Wavelet 변환하여 0~3 level 해상도별 압축 코딩을 시행하였고, 사용자가 요구하는 화질을 보이기 위해 점진적으로 비트 수를 증가시켰다. 우선 최하위 level인 3-level에서 a_0 를 179 바이트로 할당하여 영상을 디스플레이하고, 사용자로부터 더 자세한 정보 요구가 들어오면 a_0 에 추가정보로 537 바이트를 더하여 2-level에서 a_1 를 $a_0+537=716$ 바이트로 할당한다. 1-level에서도 a_1 에 추가정보로 2152 바이트를 더하여 a_2 를 $a_1+2152=2868$ 바이트로 할당한다. 마지막 0-level에서도 같은 방법으로 a_2 에 추가정보로 8613 바이트를 더하여 a_3 를 $a_2+8613=11481$ 바이트로 할당한다. PSNR은 상위 해상도로 갈수록 점차 증가하여 0-level에서 약 46 dB를 나타내었고, 각 해상도별 압축률은 약 1/5.7 정도로 일정하였다. 또한 영상간의 자취선(trace line)을 추출하여 5장의 다시점 영상을 압축하면 대략 1장으로 압축할 수 있으므로 전체 다시점 3D 영상 DB를 압축한 결과 압축률은 $1/5.7 \times 1/5 = 1/28.5$ 라고 할 수 있다. 이는 약 30장의 다시점 영상을 1장으로 압축하는 것과 같은 결과이다.

7. 참고문헌

- [1] M. E. Lukacs, "Predictive Coding of Multi-Viewpoint Image Sets," ICASSP '86, pp. 521-524, 1986.
- [2] T. Fujii, H. Harashima, "Data Compression and Interpolation of Multi-View Image Set," IEICE Trans. Inf. & Syst. Vol. E77-D, No. 9 September, 1994.
- [3] S.F. Chang, A. Eleftheriadis, and D. Anastassiou, "Development of Columbia's Video on Demand Testbed," *Signal Processing:Image Comm.*, 8, 1996, pp.191-207
- [4] 박태진 외 2인, "브라우징과 전문 검색을 지원하는 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현," 한국통신학회 논문지 20권 12호, 1995년, pp. 102-114
- [5] K-H. Tzou, "Progressive image transmission: a review and comparison of techniques," *Optical Engineering* Vol. 26, No. 7, July 1987, pp.581-589