

변형된 EWA를 이용한 조감도 영상의 화질개선

양성모^o 김경환

서강대학교 전자공학과

{shineby^o, gkim}@sogang.ac.kr

Bird's eye view image enhancement using modified EWA

SungMo Yang^o Gyeonghwan Kim

Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

원영상과 목적영상 사이의 원근 변환(projective transform)에 의해서 생성되는 조감도 영상은 영상의 확대와 축소가 동시에 일어나는 특징을 가지고 있다. 조감도 영상을 구성하는 과정은 원영상의 위치에 따라서 원영상을 확대하거나 축소하여 목적영상을 만들어 내기 때문에, 원영상의 확대와 축소영역을 목적영상에 적합하게 나타내기 위한 보간법이 필요하다. 이중선형 보간법(bilinear interpolation)은 낮은 연산량 때문에 영상변환에 많이 사용되는 보간법이다. 하지만 영상의 확대와 축소 영역에서는 흐려지거나 에일리어싱(aliasing) 효과에 의한 아티팩트(artifact)가 일어나는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 고주파성분을 유지하는 에지(edge)정보 기반의 변형된 EWA를 사용한다. 그리고 엔티 에일리어싱(anti-aliasing)을 수행하는 MIP-mapping을 이용한 보간법을 통해서 축소 영역에서 발생하는 에일리어싱문제를 해결하여 조감도 영상의 화질을 개선한다.

1. 서 론

영상변환은 기하학적 형태변환을 통해 원영상을 목적 영상으로 바꾸는 과정이다. 영상의 기하학적 변환은 확대와 축소와 같은 간단한 변환으로부터 회전 변환, 아파인 변환(affine transform), 원근 변환과 같은 복잡한 기하학적 변환이 존재한다. 이와 같은 영상변환은 원영상의 기하학적 변환이 필요한 어플리케이션을 가지는 의료 영상, 텍스처 맵핑 등에 사용된다[1][2].

조감도 영상은 원근 변환의 특징을 가지는 조감도 변환을 통해서 카메라 시점을 지평면과 수직인 방향으로 변경하여 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 영상은 주차공간의 위치 탐색이나, 자동차의 위치를 알아내기 위해서 사용되고 있다[3][4]. 하지만 조감도 변환은 영상의 확대부분과 축소부분에서 흐려짐 현상과 에일리어싱문제가 각각 발생하기 때문에 효과적인 영상 보간방법이 필요하다

이중선형 보간법은 보간이 필요한 픽셀의 위치 주위의 4개의 픽셀 정보와 거리에 따른 가중치를 이용해서 보간하는 방법이다. 낮은 계산 복잡도와 적은 수의 픽셀 정보를 사용하는 하는 장점 때문에 많이 사용된다. 하지만, 이중선형 보간법은 영상의 확대 부분에서는 흐려짐(blurring)현상을 발생시키고, 영상이 축소가 되는 영역에서는 무아르 패턴(moire pattern)을 일으키는 에일리어싱 문제가 발생한다[1].

본 논문에서는 이중선형 보간법을 이용하여 조감도 영상을 보간하는 경우 발생하는 흐려짐 현상과

에일리어싱 문제를 해결하기 위해서 원영상의 에지정보에 기반한 변형된 EWA와 MIP-mapping을 사용하는 보간법을 제안하고 조감도 영상의 화질을 개선한다.

2. 조감도 영상

본 논문에서 조감도 영상이란 지평면과 하나의 카메라의 위치에서 얻어진 영상을 하늘에서 지평면을 바라보는 시점으로 변화시켜서 얻어진 영상을 의미한다. 따라서 변환된 카메라시점으로 원영상을 변환시키는 과정이 필요하다. 변환은 H 행렬로 정의되는 호모그래피 행렬(homography matrix)을 통해서 수행되며, H 행렬은 영상과 지평면 사이의 변환관계를 정의 한다.

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)의 x, y, u, v 는 H 행렬을 구하기 위해서 사용되는 원영상과 목적영상의 대응점이며, 각각 원영상의 x축과 y축 좌표와 목적영상의 u축, v축 좌표를 나타낸다. 이렇게 정의된 조감도 변환을 수행하는 H 행렬은 SVD를 통해서 얻어진다[3].

3. 변형된 EWA(Elliptical weighted average) 보간법

Heckbert가 제안한 EWA 보간법은 임의의 타원형

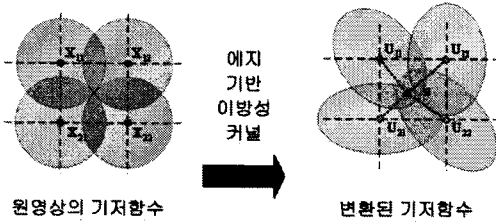


그림 1. 변환된 기저함수의 형태

가우시안 커널을 사용하는 보간법이다[5]. EWA를 사용한 보간법은 타원형 가우시안 커널을 사용하여 에일리어싱 문제와 흐려짐 현상을 최소화 하는 장점이 있다.

하지만 EWA 보간법을 사용한 조감도 변환의 경우 계산 복잡도에 비하여 영상의 화질 개선 정도가 낮다. 따라서 본 논문은 영상에서 인간이 가장 잘 인지하는 부분인 에지정보를 이용하여 가우시안 커널의 형태변환을 수행한다.

에지 정보가 사용되는 원영상의 각 픽셀은 가우시안 분포를 가지는 기저함수로 정의한다. 그리고 각 픽셀의 기저함수는 에지의 방향성에 기반하여 타원형 가우시안 분포로 변환된다. 이렇게 변환된 가우시안 기저함수는 보간이 수행되는 좌표에 기여하는 정도를 가중치로 나타내고 가중치의 합을 평균하는 방식으로 보간을 수행한다.

그림 1은 원영상의 기저함수가 원함수의 에지정보에 의해서 타원형 가우시안 기저함수로 변환되는 것을 보여준다. x_{11} 부터 x_{22} 는 보간에 사용되는 4점을 나타낸다. 에지 정보를 이용하여 변환된 기저함수 u_{11} 부터 u_{22} 의 4점의 중심에 위치한 u 의 픽셀 정보는 수평, 수직, 대각선 성분을 강조하는 타원형 가우시안 커널의 가중치로 보간을 수행한다.

$$f(x) = \sum_{k \in N} w_k r_k(x) \quad (2)$$

식(2)에서 $f(x)$ 는 원영상을 표현한다. w_k 는 픽셀의 밝기 정보를 나타내며 r_k 는 원영상의 기저함수인 가우시안 함수를 나타낸다.

기저함수의 변환을 위해서 소벨 에지(sobel edge) 추출방법을 이용하여 R,G,B 색상 정보로부터 얻어진 수평과 수직의 에지 정보는 각각 E_h 와 E_v 로 나타나며 식(3)과 같이 추출한다.

$$E_v(x, y) = \sum_{x=-w}^w \sum_{y=-w}^w S_v \cdot f(x+w, y+w) \quad (3)$$

$$E_h(x, y) = \sum_{x=-w}^w \sum_{y=-w}^w S_h \cdot f(x+w, y+w)$$

이때, S_v , S_h 는 각각 소벨 에지의 수직과 수평 가중치를 의미한다.

$$\theta_m = \arctan(E_v / E_h) \quad (4)$$

그리고 추출된 수평과 수직 방향의 에지는 각 픽셀에서의 에지각도를 추출하기 위해 사용된다. 수평 수직 에지 정보는 식(4)를 통해서 각도를 추출하고 원영상의 기저함수를 변환하기 위한 회전 변환 식(5)에 사용된다.

$$Q = \begin{bmatrix} \cos \theta_m & \sin \theta_m \\ -\sin \theta_m & \cos \theta_m \end{bmatrix} \quad (5)$$

회전 변환 Q 는 기저함수의 각도를 통해서 에지의 방향에 기반한 가우시안 커널의 형태를 결정한다.

$$r_k(x) = G_v(x) = \frac{1}{2\pi |V|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}x^T V^{-1}x} \quad (6)$$

원영상의 기저함수 $r_k(x)$ 는 분산 v 를 가지는 가우시안 함수로 식(6)과 같이 나타낸다.

$$r'_k(x) = \frac{1}{|Q^{-1}|} G_{Q(v+V_E)Q^T}(m(x)-x) \quad (7)$$

그리고 에지정보를 이용하여 변환된 기저함수는 회전변환을 나타내는 Q 와 수평과 수직 에지성분의 크기에 따른 바이어스를 나타내는 바이어스 행렬 V_E 를 이용하여 식(7)과 같이 변환된 기저함수 $r'_k(x)$ 를 정의한다.

$$V_E = \begin{cases} \begin{bmatrix} -0.05 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, E_v > E_h \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -0.05 \end{bmatrix}, E_h > E_v \end{cases} \quad (8)$$

식(8)의 바이어스 행렬 V_E 는 에지정보에 기반하여 변형되는 저주파 통과 필터 역할과 회전 변환이 수행되도록 가우시안 기저함수를 바이어스 시키는 역할을 한다.

$$g(x) = \sum_{k \in N} w_k \frac{r'_k(\Delta x)}{\sum_{j \in N} r'_j(\Delta x)} \quad (9)$$

변환된 기저함수의 중심과의 거리와 보간에 필요한 픽셀의 좌표 사이의 거리 Δx 는 보간에 사용되는 4개의 픽셀의 가중치를 결정한다.

그리고 조감도 영상을 구성하는 최종 픽셀 정보 $g(x)$ 는 주위 4점과 보간에 사용되는 점 사이의 거리에 따른 가우시안 함수의 가중치의 합으로 식(9)와 같이 정규화된다.

4. MIP-mapping

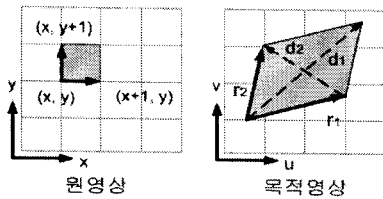


그림 2. 영상 변환에 의한 단위 벡터의 형태

MIP-mapping은 영상변환이 수행되는 동안 영상의 각 공간에 따라서 서로 다르게 변화하는 필터의 형태를 결정하기 위하여 사용된다[6]. 조감도 변환은 위치에 따라서 확대와 축소가 하나의 영상 안에서 일어난다.

여기서 영상의 축소의 경우 축소되는 비율이 나이퀴스트의 정리(Nyquist theorem)를 만족하지 않는 경우 축소가 일어나는 영역에서 에일리어싱 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 MIP-map 영상 피라미드를 구성하여 영상의 축소 비율에 따라서 결정되는 영상 피라미드 레벨의 영상에서 보간을 수행한다.

그림 2는 원영상의 단위벡터가 영상변환에 의해서 목적영상에 나타나는 과정을 보여준다. 원영상의 벡터가 목적영상에 변화되는 비율은 r_1, r_2, d_1, d_2 에 의해서 나타나고, 원영상의 한 픽셀이 목적영상에서 차지하는 영역을 나타내기 위해서 사용된다.

역변환으로 수행되는 조감도 변환을 $B(x)$ 로 정의하면, 원영상의 x축과 y축 단위 벡터가 $B(x)$ 에 의해서 목적영상으로 변화한다. 그리고 목적영상에 변환된 단위벡터의 절대값은 MIP-map 영상 피라미드의 레벨을 결정하기 위해서 식(10)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 |r_1| &= \max\left(\left|\frac{\partial u}{\partial x}\right|, \left|\frac{\partial v}{\partial x}\right|\right), \quad |r_2| = \max\left(\left|\frac{\partial u}{\partial y}\right|, \left|\frac{\partial v}{\partial y}\right|\right) \\
 |d_1| &= \max\left(\left|\frac{\partial u}{\partial x}\right| + \left|\frac{\partial u}{\partial y}\right|, \left|\frac{\partial v}{\partial x}\right| + \left|\frac{\partial v}{\partial y}\right|\right) \\
 |d_2| &= \max\left(\left|\frac{\partial u}{\partial x}\right| - \left|\frac{\partial u}{\partial y}\right|, \left|\frac{\partial v}{\partial x}\right| - \left|\frac{\partial v}{\partial y}\right|\right) \\
 m &= \min(|r_1|, |r_2|, |d_1|, |d_2|)
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

그리고 MIP-map을 결정하는 최소값인 m 은 각 벡터의 절대값이 최소인 벡터를 선택한다. 그리고 최소값 m 은 식(11)을 통해서 MIP-map 레벨 l 을 결정한다.

$$l = \lfloor \log_2 m \rfloor \tag{11}$$

5. 실험 및 결과

변형된 EWA와 MIP-map 레벨을 사용한 보간법의 성능을 실험하기 위해서 확대와 축소가 일어나는 영상 변환을 수행한다.

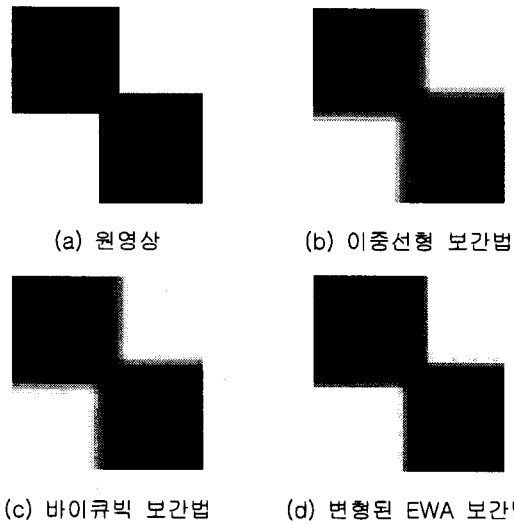


그림 3. 각각의 알고리즘으로 보간한 격자 영상

그리고 서로 다른 보간법을 이용하여 목적영상을 생성한다. 목적영상에는 확대와 축소가 일어나며 각각 흐려짐 현상과 에일리어싱 문제를 나타낸다. 따라서 다른 보간법과 변형된 EWA와 MIP-map을 사용한 보간법의 비교를 통해서 제안하는 알고리즘의 성능을 살펴본다.

그림 3은 격자무늬 원영상을 서로 다른 보간법을 사용하여 확대하고 영상의 일부분을 확대 비교한 것이다. 그림 3의 (b)와 (c)에서는 에지 부분에서 흐려짐 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 (d)의 변형된 EWA 보간법을 사용한 영상은 이중선형 보간법이나 바이큐빅 보간법(bicubic interpolation) 보다 흐려짐 현상이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

또한 4개의 픽셀 정보만을 사용하여 보간하는 변형된 EWA 보간법은 16개의 픽셀 정보를 사용하는 바이큐빅 보간법 보다 참조하는 픽셀의 수가 적기 때문에 적은 수의 메모리 참조만으로 보간이 가능하다. 그림 4의 (a)와 (b)는 격자 무늬 원영상과 영상 변환에 의해서 변환된 목적영상을 나타낸다. 그리고 (c)는 영상변환이 수행되면서 나타나는 축소 비율에 따른 MIP-map레벨을 나타낸다.

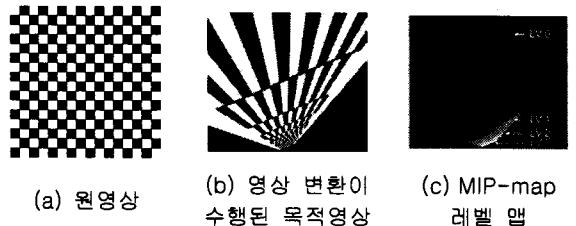
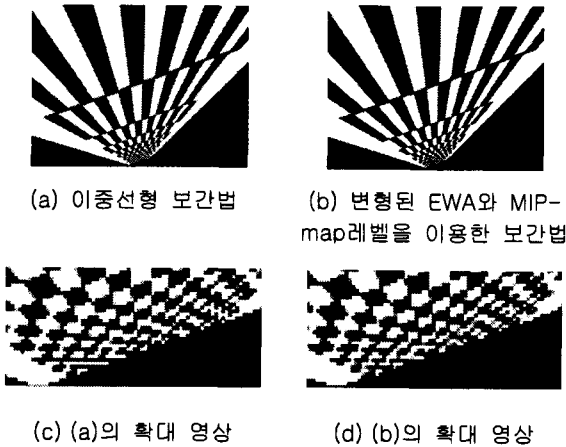


그림 4. 축소 비율에 따른 MIP-map레벨 맵

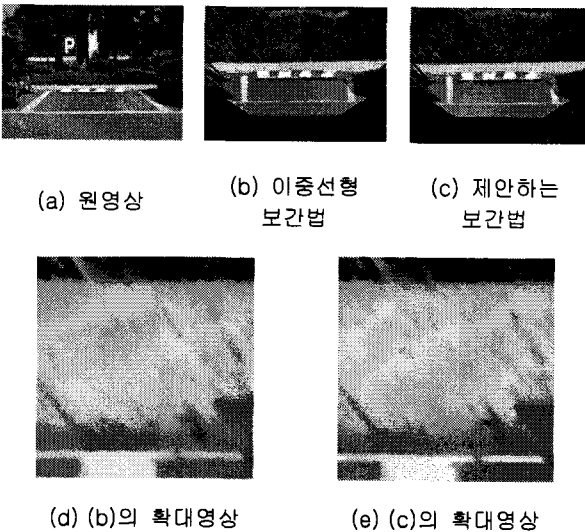


(a) 이중선형 보간법 (b) 변형된 EWA와 MIP-map레벨을 이용한 보간법
(c) (a)의 확대 영상 (d) (b)의 확대 영상

그림 5. 이중선형 보간법과 변형된 EWA와 MIP-map을 이용한 보간법

그림 5의 (c)는 이중선형 보간법을 이용하여 축소부분을 보간하는 경우 목적영상에서 발생된 아티팩트를 나타낸다. 하지만, 그림 4의 (c)에 나타난 총 4개의 MIP-map 레벨과 변형된 EWA를 사용하여 보간한 (d)의 경우 에일리어싱 문제에 의해서 발생한 아티팩트가 줄어든 것을 볼 수 있다.

조감도 변환을 이중선형 보간법과 변형된 EWA 보간법을 이용하여 얻어진 결과 영상은 그림 6과 같이 나타난다. 이중선형 보간법과 변형된 EWA를 이용하여 보간한 영상의 좌측 상단을 확대한 영상은 그림 6의 (d), (e)와 같다.



(a) 원영상 (b) 이중선형 보간법 (c) 제안하는 보간법
(d) (b)의 확대영상 (e) (c)의 확대영상

그림 6. 주차영역영상과 이중선형 보간법과 제안된 보간법으로 변환한 결과 영상

영상 (d)를 살펴보면 화단과 주차장 대리석 부분이 흐릿하게 나타났지만, 영상 (e)의 경우 선명하게 나타난 것을 볼 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 조감도 영상 변환과 같이 확대와 축소에 의해서 영상의 화질이 낮아지는 문제점을 해결하기 위하여 변형된 EWA 보간법과 MIP-map 레벨을 사용하였다.

영상의 확대 부분은 바이큐빅 보간법으로 보간하는 경우보다 흐려짐 현상이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 또한 4개의 픽셀 정보만을 사용하기 때문에 메모리 참조가 이중선형 보간법과 같은 장점이 있다. 그리고 MIP-mapping을 사용하여 영상의 축소에서 나타나는 에일리어싱 현상을 최소화 하였다.

7. Acknowledgement

본 연구는 부품소재개발사업 VISS개발 중 (주)만도과제인 '반자중 주차 모듈개발'의 지원으로 수행됨.

참고 문헌

- [1] T. M. Lehmann, C. Gonner, and K. Spitzer, "Survey: interpolation methods in medical image processing," *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 18, pp. 1049-1075, 1999.
- [2] C. Baoquan, F. Dacheille, and A. E. Kaufman, "Footprint area sampled texturing," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 10, pp. 230-240, 2004.
- [3] H.G. Jung, D. S. Kim, P. J. Yoon, and J.H. Kim, "Parking Slot Markings Recognition for Automatic Parking Assist System," in *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 106-113, 2006.
- [4] T. Teshima, H. Saito, S. Ozawa, K. Yamamoto, Toru Ihara, "Vehicle Lateral Position Estimation Method Based on Matching of Top-View Images," in *International Conference on Pattern Recognition*, pp. 626-629, 2006.
- [5] N. Greene and P. S. Heckbert, "Creating Raster Omnimax Images from Multiple Perspective Views Using the Elliptical Weighted Average Filter," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 6, pp. 21-27, 1986.
- [6] J. P. Ewins, M. D. Waller, M. White, and P. F. Lister, "MIP-map level selection for texture mapping," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 4, pp. 317-329, 1998.