

형태학적 픽셀구조에 기반한 안티에얼리아싱에 관한 연구

이영재*

*전주대학교 정보기술컴퓨터공학부 멀티미디어공학전공

A Study On Antialiasing Based On Morphological Pixel Structure
Young Jae Lee*

요약

픽셀의 형태학적인 특성을 고려한 필터링 기법을 사용한 새로운 안티에얼리아싱 방법을 제안한다. 에얼리아싱은 직선, 모서리나 다각형 물체에서 발생 할 수 있다. 이 문제는 모니터의 제한된 해상도에 따른 것으로 영상을 이용한 리얼리티 구현을 목적으로 하는 부문에 있어서는 많은 영향을 미칠 수 있다. 이 같은 문제점을 해결하기 위하여 물체의 윤곽선 중 의미가 있는 윤곽선을 찾고 이 데이터를 분석하여 픽셀의 구조, 표면의 형태 등의 형태학적인 특성을 고려한 스무딩 과정과 필터링과정을 통하여 안티에얼리아싱을 구현한다. 실험결과 제안하는 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 잡음제거를 통한 우수한 안티에얼리아싱 기법임을 확인하였다. 이 방법은 컴퓨터 그래픽분야의 안티에얼리아싱을 구현하는 데 기본적인 알고리즘으로 사용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a new antialiasing method using filtering technique which is base on morphological pixel structure. Aliasing occurs along the edge of lines and polygons. This undesirable effect happens because there are not enough pixels available on a typical monitor to properly display mathematically smooth lines and polygon edges. Aliasing can be very distracting. In a typical graphic scene, aliasing artifact will be visible along the edges of all objects that greatly diminish of realism. The proposed antialiasing method attempts to smooth extreme jagged contour lines and edges by properly handling pixel's structure, surface type and adjusting the pixel color according to the amount of pixel coverage. Next, we use filtering technique considering morphological pixel structure. Experimental results have shown that the propose algorithm achieves better performance in reducing noise for antialiasing. The method will be widely applied to basic antialiasing technique for computer graphic applications.

Key Words : antialiasing, filtering, pixel structure, surface type

1. 서론

컴퓨터 그래픽스 분야에서 자연스러운 고품질 영상의 구현을 위한 많은 연구가 진행되어져 왔다[1-4][9-14]. 특히 컴퓨터 기반 기술의 눈부신 발전과 사용자의 요구가 다양해 지고 취향이 고급화됨에 따라 다양한 영상 서비스 구축과 구현을 위한 영상부분의 고품질화는 더욱 가속화되고 있

다. 컴퓨터 그래픽, 게임, 애니메이션, 가상현실 등 영상을 이용한 리얼리티 구현을 목적으로 하는 부문에 있어서는 가히 혁명적이라 할만큼의 기술적 진보와 이에 따른 고부가가치 창출이 가능하게 되었으며 이를 학문적으로 분석해 체계를 세우고 연구 또한 활발하게 진행중이다[1-7].

고품질 영상을 생성하기 위해 가장 기본적으로 해결해야 하는 현상이 에얼리아싱(Aliasing)이다.

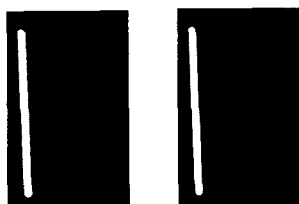
신호처리 부분에서 생기는 에얼리아싱 현상은 샘플링 이론(Sampling theory)에 근거한 최고주파수의 2배 이상을 갖는 나이퀴스트 샘플링 주파수 (Nyquist sampling frequency) f_s 보다 낮은 주파수로 샘플링(undersampling)한 경우 발생하는 현상이다. 이 같은 샘플링(sampling)에 의한 정보 왜곡 현상으로 이것을 피하기 위해서는 최고 주파수의 2배 이상의 주파수인 나이퀴스트 샘플링 주파수(Nyquist sampling frequency: f_s)이며, 이 f_s 로 샘플링해 주어야 한다 (식(1) 참조)[4-7].

$$f_s = 2f_{max} \quad (1)$$

이것은 샘플링 간격이 한 주기의 반보다 커서는 안 된다 는 것을 의미하며 x 간격 샘플링의 경우 나이퀴스트 샘플링 간격 Δx_s 는 식(2)와 같다.

$$\Delta x_s = \frac{\Delta x_{cycle}}{2}, \text{ where } \Delta x_{cycle} = \frac{1}{f_{max}} \quad (2)$$

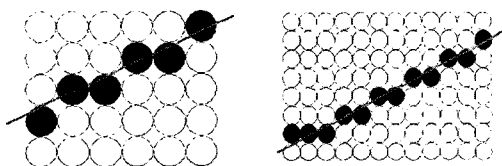
그러나 컴퓨터 그래픽 분야에서는 제한된 해상도에 따른 것으로 이로 인한 대표적인 문제점으로 그림(1)과 같은 계단현상(jaggies 혹은 sta ircase)으로 알려진 문제를 유발한다 [1][5-7].



(그림 a) (그림 b)

그림 1. 에얼리아싱 발생 영상과 엔티에얼리아 싱 적용영상

이 같은 문제를 해결하기 위하여 그래픽 시스템에서 해상도를 높여 출력하는 방법도 에얼리아싱을 줄이는 방법이



그림(a) 그림(b)

그림 2. 해상도에 따른 직선의 에얼리아싱

될 수 있다.[6-7]

그림(2)와 같이 0과1사이의 기울기를 가진 1픽셀 굵기의 검은선을 흰 바탕에 그리는 중간점 알고리즘을 생각해 보자. 직선이 통과하는 각각의 열(Column)마다 그 직선에 가장 가까운 픽셀의 색을 검은색으로 칠한다. 이렇게 해서 그려진 인접 열의 픽셀들이 동일한 행에 있지 않을 경우 그림 (a)에서 명백하게 보이는 것처럼 계단현상이 나타난다. 각 픽셀에 대해 배경색이 아니면 현재색을 칠하는 모든 주사 변환 과정에서 이런 계단현상이 나타난다. 가로 세로의 2배 해상도를 갖는 경우 직선은 2배의 더 많은 열들을 통과하므로 2배 더 많은 계단들을 가지지만 각 계단의 크기는 x와 y 방향 모두 반으로 크기가 작아진다. 그 결과 그림은 더 좋아 보이지만 이는 메모리소비, 대역폭, 주사변환시간 모두를 4 배로 늘리는 대가로 얻은 결과이다. 이처럼 해상도를 높이면 계단현상은 줄어들지만 기술적 경제적인 부담이 되므로 효과적인 방법이 될 수 없다[6].

다른 접근 방법으로 슈퍼샘플링(supersampling)과멀티샘플링(multisampling) 방법이 있다[7][12].

슈퍼샘플링은 영상 픽셀에 대한 바기레벨을 조정하기 위하여 다수의 샘플링한 점을 이용하는 방법으로 이론적으로는 간단한 에얼리아싱 방법이다. 효과도 좋고 구현방법이 간단한 장점이 있으나 큰 메모리 용량과 처리 능력을 필요로 하는 단점이 있다. 멀티샘플링(multisampling)은 샘플링 될 화면의 크기를 키우지 않고 해당 픽셀에 인접한 부분의 픽셀의 색상을 취하는 방법으로 많은 메모리를 사용하지 않으면서도 다수의 색상 샘플을 취할 수 있어서 적은 메모리로도 높은 엔티에얼리아싱 결과를 보일 수 있다. 하지만, 샘플링 될 화면 자체는 커진 것이 아니기 때문에 멀티샘플링 과정에서 다른 픽셀에 사용된 샘플이 다시 사용된다. 그 결과 화면이 약간 뭉개진 듯한 단점을 가지고 있다. 이 밖에 A-버퍼 알고리즘(A-buffer algorithm)[13-14], 브레즈남(Bresenham) 알고리즘 등 방법이 있으나 이들은 제한적인 환경에서만 사용할 수 있다.

많은 부가가치를 창출 할 수 있는 컴퓨터 그래픽 분야에 있어서 에얼리아싱은 많은 영향을 미칠 수 있다. 특히 그래픽 품질에 영향을 줌으로써 완성도에 영향을 미칠 수 있다 [1]. 따라서 컴퓨터 그래픽에 효과적으로 적용하기 위한 간단하면서 효과적인 엔티에얼리아싱(antialiasing) 방법을 제안하고자한다.

2. 윤곽선 검출

엔티에얼리아싱 작업을 구현하기 위해서는 윤곽선 추출을 가장 먼저 해야한다. 이 과정은 배경과 물체간의 구분을 위한 작업으로 영상처리 기법에서는 전처리(pre-processing) 다음과정으로 영상분할(segmentation)에 해당하는 작업이다[4,5]. 이 분할과정은 영상처리에서도 가장 어려운 단계로 불연속성 검출(detection of discontinuities) 특성을 통하여 점, 선, 모서리(edge) 등을 검출할 수 있다. 선 검출의 경우 마스크 연산자를 사용해 45도, -45도, 수평, 수직 등을 구분할 수 있으며 기울기(gradient) 연산자 예를 들면 소벨(sobel), 라플라시안(Laplacian) 등을 통하여 모서리를 검출할 수 있다[4,5].

그러나 이 방법은 영상 안에 있는 모든 윤곽선 성분을 찾아내는 기법으로 그래픽 분야에 적용하기엔 메모리 운용과 처리시간(processing time) 등을 고려할 때 적절치 않다. 그러므로 제안한 알고리즘에서는 영상의 윤곽선 중에 엔티에얼리아싱에 영향을 미칠 수 있는 최외곽 윤곽선과 같은 의미 있는 윤곽선의 추출을 마스크 연산 대신에 체인코드(Chain Code)를[4,5] 사용하여 찾고 이들의 상태를 분석하여 엔티에얼리아싱을 적용하였다. 체인코드란 영상에서 물체의 외부적인 특성 즉 형태 특성을 추출하는 방법으로 경계선에 존재하는 픽셀의 위치만 기록하는 것으로 처음과 다른 픽셀들의 위치를 상대적으로 표현하는 것이다. 예를 들어 4 방향 체인코드의 경우엔 이전 픽셀의 왼쪽, 위쪽, 아래쪽, 오른쪽 등으로 표현하는 것이고 8방향 체인 코드는 45가 방향의 단위가 되는 것이다.

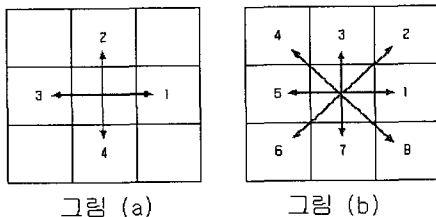


그림 3. 4방향, 8방향 체인코드

3. 엔티에얼리아싱 알고리즘

영상의 일반적인 특성상 의미를 갖는 객체 예를 들면 캐

릭터(character), 스프라이트(sprite) 등은 그 내부의 영상 특성이 균일하게 분포되어 있지 않고, 아주 다양한 종류의 색상, 움직임 등을 포함하고 있으므로 마스크 연산과 같은 일률적인 엔티에얼리아싱 자동화 기법은 만족스러운 결과를 내기가 어렵다. 따라서 효과적인 엔티에얼리아싱을 구현하기 위하여 의미 있는 영역을 추출하고 표면분석과 필터링에 따른 엔티에얼리아싱 방법을 제안하고자 한다. 기존의 방법[4,8]으로는 인접한 픽셀 들과의 비교를 통한 적절한 값, 예를 들면 평균 보간값을 이용하는 체인코드알고리즘 방법과 표면특성을 고려한 스무딩(smoothing)방법 등이 있다.

1) 체인코드(chain code) 알고리즘

① 알고리즘 I

가장 간단한 방법으로 인접한 4개 방향 체인 코드(그림 5(a) 참조, x,y방향기준: 0,1 0,-1 1,0 -1,0)를 사용하여 의미 있는 윤곽선을 찾고 이들의 픽셀값 상태를 고려해 픽셀 강도를 결정하는 것이다. 기본적으로 영상 투명색을 설정하고 이들의 값과 영상값을 비교하여 최외곽 윤곽선을 찾고, 윤곽선 픽셀의 주위 픽셀 강도 값을 고려하여 윤곽선의 픽셀 강도를 조정하는 것이다.

② 알고리즘 II

알고리즘I보다 인접한 픽셀 방향을 더 세분하여 8방향 체인코드(그림 5(b) 참조, x,y방향기준: 0,1 0,-1 1,0 -1,0 1,1,-1,-1,-1,1)을 이용하는 방법이며 픽셀의 조정값은 알고리즘 I과 같다.

2) 스무딩(smoothing) 알고리즘

체인코드를 사용하여 의미 있는 윤곽선을 찾고 이들의 표면 상태를 구분하여 픽셀의 강도를 조정한다.

3) 제안한 알고리즘

체인코드를 사용하여 의미 있는 윤곽선을 찾고 표면의 상태를 구분하여 픽셀강도를 조정한다. 그 다음 픽셀의 상태를 분석하고 행,열(row, column) 픽셀에 각각 P_{th} (픽셀 문턱값: pixel threshold)를 설정하여 필터링하는 작업을 만족할만한 영상이 될 때까지 반복한다.

4. 제안 알고리즘

에얼리아싱 현상을 최소화하기 위하여 제안한 방법은 렌더링 되려는 물체의 윤곽선 중 의미가 있는 윤곽선을 체인 코드를 사용하여 찾고 이 데이터를 분석하여 픽셀의 형태학적인 특성을 고려한 스무딩 작업과 잡음제거 즉 필터링 작업을 반복하는 엔티에얼리아싱 기법을 구현하는 것이다. 렌더링의 최소 단위는 윤곽선과 만나는 픽셀로 구분한다. 제안한 알고리즘(그림 5)을 살펴보면 입력영상을 받고 영상을 구성하는 픽셀 데이터를 분석한다. 즉, 픽셀데이터 특성분석(Anal yzing pixel properties)으로 이는 픽셀데이터 특성분석과 픽셀 구조분석이다. 데이터 특성분석은 표면상태를 구분하는 것이다. 표면은 상태에 따라서 한쪽 끝만 배경색과 접한 단점면(single side contact surface: sscf) 상태, 양쪽끝이 접한 양점면(both sides contact surface: bscf) 상태로 대분할 수 있으며 예외적인 경우로 배경색과는 옆으로 접한 상태의 오목면(dented surface:ds)으로 분류 할 수 있다. 픽셀 구조 분석은 수평구조(horizontal case), 수직구조(vertical case), 일정한 기울기를 갖는 사선구조(diagonal case)로 대분 할 수 있다. 그 다음 순서로 픽셀구조와 표면 상태에 따른 스무딩 처리(Processing I,II, III)에 들어간다. 스무딩 처리 작업은 알파값을 활성화하여 혼합율을 조정하여 출력함을 말한다.

여기서 알파값이란 그레이 영상이나 칼라 영상에서 물체 경계면 픽셀을 물체의 색상과 배경의 색상을 혼합하여 경계면이 부드럽게(smoothing) 보이기 위하여 설정한 픽셀값이다.

그림 4는 알파값을 적용한 예로 왼쪽 그림은 에얼리아싱이 발생할 수 있는 형상을 가지고 있다. 이런 형태학적 특성을 고려하여 픽셀 값을 픽셀 수에 따라 외부에서 가까운 쪽에서부터 먼쪽으로 점차적으로 픽셀값을 강화시키는 처리(Processing) 작업을 통하여 오른쪽과 같은 형상을 얻을 수 있다.



그림 4. 알파값 적용 예

즉, 스무딩 처리(Processing I,II,III) 작업을 통하여 형태학적 특성이 고려된 적절한 픽셀값이 계산되며 이를 통하여 스무딩 작업이 구현될 수 있다. 다음 순서로 필터링 작업이다. 예를 들면 이들 중 수직구조, 양점면과 수평구조 양점면의 경우 영상에서 돌출부위, 조각 등으로 나타날 수 있으므로 이를 제거할지(filtering) 여부를 영상 특성을 고려해 판단하고 몇 개의 픽셀을 제거값(Ph)으로 정할지를 정한다음 필터링을 행한다.그 결과를 다시 확인하여 만족할만한 결과가 나올 때까지 반복한다.

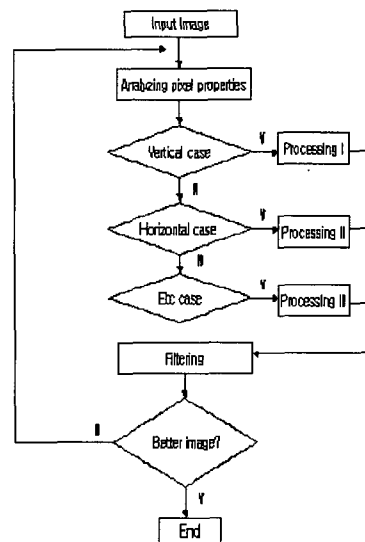


그림 5. 제안한 알고리즘 흐름도

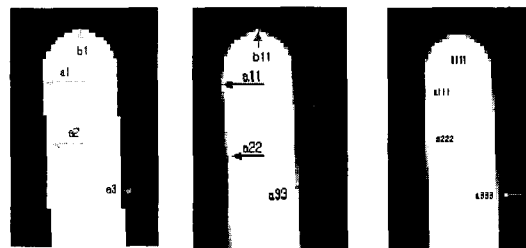


그림 a. 입력영상 그림 b. 결과영상I 그림 c. 결과영상II

그림 6. 입력영상과 결과 영상

그림 6은 입력영상과 기존의 알고리즘, 제안한 알고리즘을 적용한 결과이다. 그림 5의 그림 a는 에얼리아싱이 발생한 영상이다. 영상내의 물체 a1 부분을 제안한 알고리즘으로 분석해 보면 수직구조(vertical case)의 양점면(bscf)에 해당된다. 이 경우 양쪽면에 알파값을 활성화하여 혼합율을

조정하여 출력하는 처리(processing) 작업을 수행한다. 양 접면의 경우 양접면 구조에 맞는 알파값을 설정하고 출력하여 엔티에얼리아싱을 구현한다. 이를 그림 6의 입력영상에 적용해보면 그림 b의 a11같은 형상을 얻을 수 있다. 그림 a의 a2, a3도 역시 수직구조, 단접면의 형태로 분석되므로 같은 방법으로 처리를 거쳐서 출력하면 그림 a22, a33과 같은 형태로 된다. 그림 a에서 b1은 수평구조의 양접면이므로 처리를 거치면 b11과 같은 형태로 출력되며 이것은 하나의 점처럼 출력되고 또한 a11 부위도 돌출부위처럼 된다. 따라서 필터링 작업으로 a11, b11을 제거하면 a111, b111같은 형상으로 변화되므로 원래의 형상 보다 더 효과적인 엔티에얼리아싱을 구현 할 수 있다.

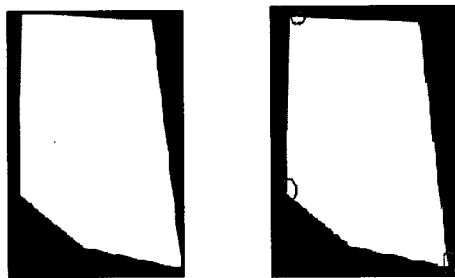
5. 실험

제안한 알고리즘을 사용하여 3가지 영상에 대한 실험을 한다. 실험 I,II 에서 출력 순서는 입력영상과 체인코드 알고리즘, 스무딩 알고리즘 그리고 제안한 알고리즘 순이다.

5.1 실험 I



(a) 입력영상 (b) 체인코드알고리즘 I,II



(c) 스무딩 알고리즘 (d) 제안한 알고리즘



(e) 확대영상 1 (f) 확대영상 2



(g) 확대영상 3

그림 7. 실험 I 영상

실험 I에서는 다각형 입력영상(그림(a))을 사용하여 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘을 적용하여 실험해본다. 체인코드 알고리즘 적용결과는 별 차이가 없고(그림(b)) 스무딩 알고리즘을 적용한 경우(그림(c)) 양호한 결과를 볼 수 있으나 세 곳에서 세부적인 잡음이 나타나 있음을 확인할 수 있다. 그러나 제안한 알고리즘을 적용한 경우 (그림(d)) 세부잡음도 제거된 영상을 얻을 수 있다. 확대영상은 (그림(e),(f),(g)) 세부 잡음(왼쪽영상)과 이를 제안한 알고리즘(오른쪽 영상)으로 처리한 결과를 나타낸 것이다. 실험결과는 <표 1>에 나타나 있다. 실험 I에 사용된 입력영상의 형태학적인 특징으로는 bscf : 77 sscf : 904 로 총 981개 면으로 구성되어 있으며 적용된 P_{th} : 22이다.

알고리즘	결과	비고
체인코드 알고리즘 (I, II)	입력영상과 비교해 볼 때 별 차이 없음	엔티에얼리아싱 효과를 기대하기 어려움
스무딩 알고리즘	결과 영상의 3부분에서 돌출된 잡음 부분에 대한 처리 미흡	세부잡음에 약함
제안한 알고리즘	스무딩 알고리즘에서 제거되지 않은 3곳의 돌출잡음 제거	세부잡음에 강함 bscf : 77 sscf : 904 P_{th} : 22

<표 1> 실험 I 결과

5.2 실험 II

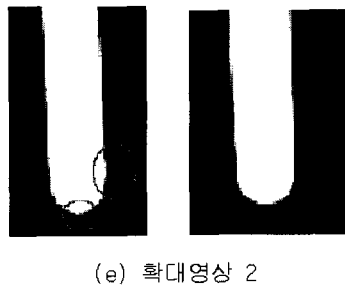
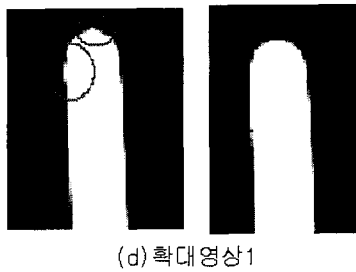
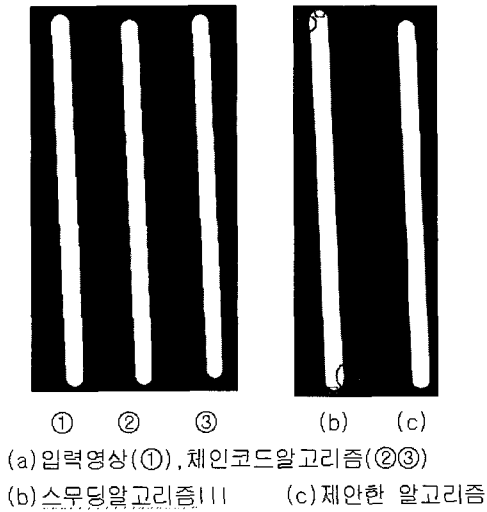


그림 8. 실험 II 영상

실험 II에서는 원형 막대기 입력영상(그림(a))을 사용한 실험으로 체인코드 알고리즘을 적용결과 실험 I과 같이 별 차이가 없고(그림(a)), 스무딩 알고리즘을 적용한 경우(그림(b)) 양호한 결과를 볼 수 있으나 네 곳에서 세부적인 잡음이 나타나 있음을 알 수 있다. 제안한 알고리즘의 경우(그림(c)) 세부잡음도 제거된 영상을 얻을 수 있다. 확대영상은(그림(d),(e)) 세부 잡음(왼쪽영상)과 이를 제안한 알고리즘(오른쪽 영상)으로 처리한 결과를 나타낸 것이다. 실험

결과는 <표 2>에 나타나 있다. 실험 II에서 사용된 입력 영상의 형태학적인 특징으로는 bscf : 42 sscf : 800 총 842개 면을 가지고 있으며 적용된 P_{th} :12 이다.

알고리즘	결과	비고
체인코드 알고리즘 ②, ③	입력영상과 비교해 볼 때 별 차이 없음	엔티에얼리아싱 효과를 기대하기 어려움
스무딩 알고리즘	결과 영상의 4부문에 서 돌출 된 잡음부분에 대한 처리 미흡	세부잡음에 약함
제안한 알고리즘	스무딩 알고리즘에서 제거되지 않은 돌출잡음 4곳 제거	세부잡음에 강함 bscf:42 sscf:800 P_{th} :12

<표 2> 실험 II 결과

5.3 실험 III

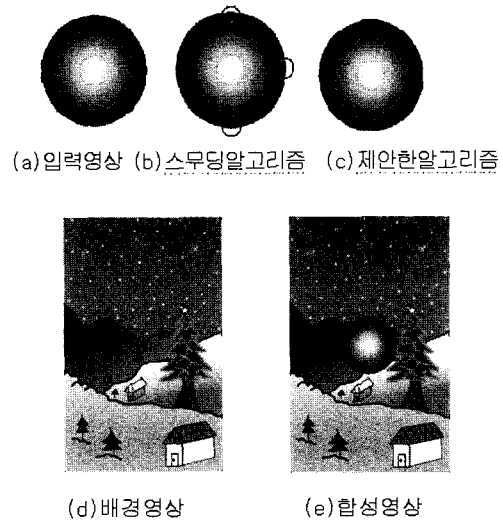


그림 9. 실험 III 영상

실험 III은 두 개의 영상을 사용한 영상 합성 실험이다. 그림(a)는 배경영상에 합성되는 입력영상으로 원 형태를 가지고 있으며 특히 윤곽선에 많은 에얼리아싱이 발생했음을 확인 할 수 있다. 그림(b)는 스무딩 알고리즘을 적용한 경우로 그림(a)에 비하여 양호한 상태이나 상, 하, 우에 튀어나온 픽셀을 확인 할 수 있다. 그림 (c)는 제안한 알고리즘이

적용된 경우로 상하, 우의 튀는 픽셀을 제거한 경우이다. 그림(d)는 배경영상이며 그림(e)는 제안된 방법으로 잡음이 제거된 이과 입력영상과 배경영상이 합성된 영상이다.

실험결과는 <표 3>에 나타나있다. 실험 III에 사용한 입력 영상은 bscf : 52 sscf : 249 총 301개 면을 가지고 있으며 적용된 $P_{th} : 5$ 이다.

알고리즘	결과	비고
스무딩 알고리즘	결과 영상의 3부분에서 돌출된 잡음부분에 대한 처리 미흡	세부잡음에 약함
제안한 알고리즘	스무딩 알고리즘에서 제거되지 않은 돌출잡음 3곳 제거	세부잡음에 강함 bscf : 52 sscf : 249 $P_{th} : 5$

<표 3> 실험 III 결과

6. 결론

고품질 영상과 리얼리티가 강조되는 컴퓨터 그래픽 응용 분야에 있어 에일리아싱은 많은 영향을 미칠 수 있다. 특히 그래픽 품질에 영향을 줌으로 완성도에 지장을 줄 수 있다. 이 같은 문제점을 최소화하기 위한 여러 가지 알고리즘이 개발되어 있지만 이들을 실제로 응용하여 사용하기에는 하드웨어적, 소프트웨어적인 제약조건이 존재한다. 이를 위하여 영상의 스무딩 작업시 형태학적인 픽셀 구조를 고려한 필터링 기법을 적용하므로 효과적인 안티에일리아싱이 가능한 방법을 제안하였고 이를 직성과 사선형태의 다각형과 원형막대기, 원 형태의 특성을 갖는 3개 입력영상을 대상으로 실험하여 본 결과 개선된 영상을 확인 할 수 있었다.

향후 연구과제로는 보다 자연스럽게 빠른 안티에일리아싱 알고리즘의 개발과 이를 정량화하여 평가할 수 있는 객관적인 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] Alan Watt, Fabio Policarpo, 3D Games(Real Time Rendering and Software Technology), Addison-Welsley Publishing Company, 1998.
 [2] Jean-Pierre Braquelaire and Anne Vialard, "A new

antialiasing approach for image compositing", The Visual Computer, Vol 13, Num 5, pp218-227, 1997
 [3] Andreas G. Schilling, " Antialiasing of Environment-Maps", Computer Graphics Forum, Vol.20, Num 1, pp5-11, 2001
 [4] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, Image Analysis and Machine Vision , Brooks/Cole Publishing company, 1999.
 [5] Rafael C. Gonzales, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Welsley Publishing Company, 1992.
 [6] James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes, Richard L. Phillips, Introduction To Computer Graphics, Addison-Welsley Publishing Company, 1998.
 [7] Donald Hearn, M. Pauline Baker, Computer Graphics, Prentice Hall, 1997.
 [8] <http://user.chollian.net/~wicom2/>
 [9] <http://www.cs.uaf.edu/~genetti/Research/Papers/GI93/GI.html>
 [10] http://www.hpl.hp.com/techreports/1999/HP_L-1999-121R1.html
 [11] <http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/aliasing>
 [12] <http://www.matrox.com/mga/products/parhelial512/>
 [13] 김병욱, NRL Technical Report, A Single Pass Full Scene Anti-Aliasing (FSAA) With A Modified Sparse Supersampling Approaches (<http://msl.yonsei.ac.kr/research/3D/index.html>)
 [14] Loren Carpenter, "The A-buffer, an Antialiased Hidden Surface Method", In Computer Graphics Annual Conference Series Proceedings of SIGGRAPH 84, Vol 18, page103- 108, 1984.



이영재

1984년 2월 충남대학교 전자교육공학과 졸업(공학사)
1994년 8월 연세대학교 전자공학과졸업(공학석사)
2000년 8월 경희대학교 전자공학과졸업(공학박사)
1986년 1월~1995년 12월 LG이노텍(주)연구소(선임연구원)
1996년 3월~2000년 8월 신성대학 전자과 조교수
2000년 9월~2002년 2월 해천대학 컴퓨터통신계열 조교수
2002년 3월~현재 전주대학교 정보기술 컴퓨터 공학부 전임강사
관심분야: 컴퓨터 비전, 패턴인식, 컴퓨터 게임, 멀티미디어