

소실점을 이용한 Depth-map 생성에 관한 연구

김종찬[†], 반경진^{**}, 김치용^{***}

요 약

증강현실에서 다양한 미디어의 결합으로 보다 향상된 현실감 있는 멀티미디어 데이터가 요구되고 있다. 기존의 미디어 정보에 텍스트 및 음성과 비디오 등 다양한 미디어를 결합한 멀티미디어 정보에 대한 첨단 기술이 미디어 산업 전반에 주도적인 위치를 점하고 있다. 특히 인터넷에서의 다양한 의사전달 수단 및 시각화에 대한 관심과 가상공간에서의 의사 표현을 위한 실시간 상호작용 시스템 구축 및 3차원 콘텐츠, 증강현실 기술에 대한 서비스 요구가 증가되고 있다. 이러한 서비스들은 기존 콘텐츠에서 입체감 형성을 위한 3차원 공간구조의 복원에 필요한 깊이 값 생성에 어려움이 있다. 그러므로 2차원 영상을 이용하여 효율적인 Depth-map 생성에 관한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 2차원 영상을 이용하여 3차원 공간구조 복원에 필요한 Depth-map 생성기법의 단점을 보완하여, 기존 알고리즘에서 정의되지 않은 영상 내 소실점 위치에 따른 깊이 방향의 정의를 통한 개선된 Depth-map 생성 기법을 제안하였다.

A Study for Depth-map Generation using Vanishing Point

Jong-Chan Kim[†], Kyeong-Jin Ban^{**}, Kim Cheeyong^{***}

ABSTRACT

Recent augmentation reality demands more realistic multimedia data with the mixture of various media. High-technology for multimedia data which combines existing media data with various media such as audio and video dominates entire media industries. In particular, there is a growing need to serve augmentation reality, 3-dimensional contents and realtime interaction system development which are communication method and visualization tool in Internet. The existing services do not correspond to generate depth value for 3-dimensional space structure recovery which is to form solidity in existing contents. Therefore, it requires research for effective depth-map generation using 2-dimensional video. Complementing shortcomings of existing depth-map generation method using 2-dimensional video, this paper proposes an enhanced depth-map generation method that defines the depth direction in regard to loss location in a video in which none of existing algorithms has defined.

Key words: Augmented Reality(증강현실), Vanishing Line(소실선), Edge Extraction(에지 추출), Depth-Map

1. 서 론

컴퓨터 그래픽스 발전은 그 어떤 분야보다 급성장

을 이룩해 왔으며 이에 발맞추어 정보전달의 수단과 문화가 큰 변화를 겪고 있다. 특히 다양한 미디어의 결합으로 보다 향상된 현실감 있는 멀티미디어 데이

※ 교신저자(Corresponding Author): 김치용, 주소: 부산광역시 진구 엄광로 995 가야동 산 24번지 산학협력관(604호) (614-714), 전화: 010)4584-4036, FAX: 051)890-2265, E-mail: kimchee@deu.ac.kr
접수일: 2010년 11월 15일, 수정일: 2010년 12월 7일
완료일: 2010년 12월 23일

[†] 종신회원, 순천대학교 컴퓨터과학과 (E-mail: seaghost@sunchon.ac.kr)
^{**} 준회원, 순천대학교 컴퓨터과학과 (E-mail: multwave@sunchon.ac.kr)
^{***} 종신회원, 동의대학교 영상정보공학과
※ 이 논문은 2010학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음.(2010AA200)

터에 대한 요구가 그 어느 때 보다 크게 증가하고 있다. 이에 따라 기존의 미디어 정보에 텍스트 및 음성과 비디오 등 다양한 미디어를 결합한 멀티미디어 정보에 대한 첨단 기술이 향후 미디어 산업 전반에 주도적인 위치를 점하게 될 것으로 예상된다. 특히 인터넷에서의 다양한 의사전달 수단 및 시각화에 대한 관심과 가상공간에서의 의사 표현을 위한 실시간 상호작용 시스템 구축에 대한 서비스 요구가 증가됨으로써 컴퓨터 비전 관련 기술들이 해결책으로 제시되고 있다.

컴퓨터 그래픽스에서의 전통적인 렌더링 방법은 3차원 데이터로 구성된 정보들을 2차원 영상으로 투영하는 과정이라 할 수 있다. 영상기반 렌더링 및 모델링에서 모델 데이터는 순수하게 영상 정보들만으로 이루어질 수도 있고, 3차원 정보가 부가된 데이터가 사용되기도 한다. 또한 3차원 모델의 형성을 위해 깊이나 변위가 막강한 정보를 제공한다. 그 이유는 정보를 알면 한 픽셀이 가지고 있는 색상이 그 픽셀의 방향으로 얼마나 떨어진 위치에 있는 것인지 알 수 있기 때문이다[1].

컴퓨터 비전 분야에서 중요하게 생각하는 것 중 하나는 실세계의 3차원 정보 획득하는 것이다. 이러한 3차원 정보를 얻기 위한 방법으로는 크게 능동적인 방법과 수동적인 방법으로 구분한다. 3차원 정보를 획득하기 위한 능동적인 방법은 초음파나 레이저를 사용하여 실세계의 공간을 3차원으로 스캔하여 공간에 대한 상대적 좌표 정보를 획득하는 방법이다. 이와 달리 수동적인 방법은 둘 이상의 카메라로부터 2차원 상에 투영된 영상을 획득하고 획득된 영상에서 3차원 정보를 복원하기 위한 스테레오 기법으로 인간의 거리 인지 방법과 동일하기 때문에 단순하지만 견고한 입체 추출 시스템을 완성할 수 있다. 이런 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 사용자 인터페이스, 실시간 물체인식, 장애인을 위한 첨단 시스템을 개발하는데 큰 기여를 하고 있으며, 입체감, 몰입감 및 현실감에 대한 정보를 포함하는 3D 콘텐츠에 관한 다양한 연구가 국내외로 활발하게 진행되어 이를 응용하는 분야가 많아지고 있다[2-3].

본 논문에서는 2차원 영상에서 3차원 공간구조를 복원하기 위해서 소실점을 통한 깊이지도 생성기법에 대해 알아보고, 기존의 깊이지도 생성에 관한 문제점을 해결하고자 소실점을 영역별로 구분하여 깊

이지도에 관한 개선된 생성기법을 제안했다. 제안한 방법은 실내에서 효과적으로 깊이를 산정하기 위해 소실점간의 위치관계에 따라 기준면의 Depth-map을 생성하고 기준과 인접한 면들을 선형보간하여 최종적인 Depth-map을 생성하였다.

2. 관련연구

2.1 증강현실

사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상 물체를 겹쳐 보여주는 기술이다. 현실세계에 실시간으로 부가 정보를 갖는 가상세계를 합쳐 하나의 영상으로 보여 주므로 혼합현실(mixed reality)이라고도 한다. 증강현실은 Ivan Sutherland가 see-through HMD(head mounted display)를 발전시킨 것을 시초로 연구되었다. 로널드 아즈마(Ronald Azuma)의 증강현실에 대한 정의가 가장 그 특징을 잘 설명해 주고 있다. 그는 증강현실의 목적에 대한 몇 가지 요소를 거론하는데 그것을 통해서 전체적인 증강현실의 의미를 파악할 수 있다[4].

증강현실은 가상현실의 한 분야로써 가상현실과는 다른 의미를 가진다. 가상현실기술은 가상환경에 사용자를 몰입하게 하여 실제 환경을 볼 수 없다. 하지만 실제 환경과 가상의 객체가 혼합된 증강현실 기술은 사용자가 실제 환경을 볼 수 있게 하여 보다는 현실감과 부가 정보를 제공한다. 현실 환경과 가상환경을 융합하는 복합형 가상현실 시스템(hybrid VR system)으로 1990년대 후반부터 미국과 일본을 중심으로 개발이 진행되고 있다.

2.2 정합 알고리즘

컴퓨터 비전 분야에서는 거리를 측정하기 위해 여러 가지 방법들이 이용된다. 이 중에서 좌우 영상간의 변위를 추정하여 거리정보를 추측하는 방법이 간단하고 유용한 것으로 알려져 있다. 이러한 스테레오 정합은 정확하고 신뢰성 있는 변위 맵(disparity map) 추출이 어렵다. 스테레오 정합(stereo matching) 기법은 인간시각 체계의 거리 인지능력을 모방한 방법으로 서로 다른 관점에서 얻어진 두 영상 사이에서의 대응점(corresponding point) 간의 거리, 즉 변위(disparity)를 찾는 기법이다[5-7]. 카메라로부터 획

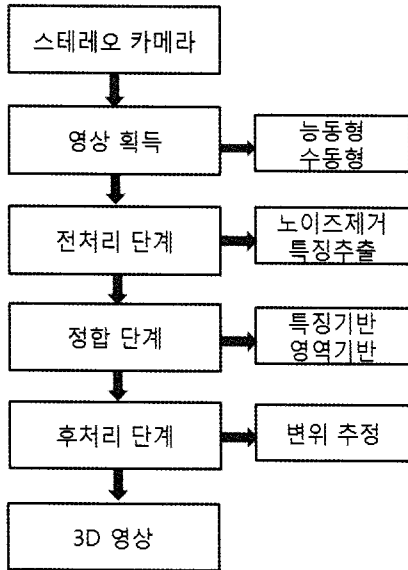


그림 1. 일반적인 3차원 영상 정합과정

득된 스테레오 영상으로부터 거리 정보를 얻기 위한 일반적인 과정은 그림 1과 같다. 획득된 영상은 카메라 렌즈에 의한 오류와 노이즈를 제거하기 위한 선처리 단계를 거친 후 정합을 위한 특징을 추출하여 이미지 정합을 수행한다. 이미지 정합을 통해 생성된 변위는 정합과정에서 생성된 다양한 오류를 가지므로 후처리 단계를 거쳐 실질적인 3차원 거리 정보를 얻게 된다.

스테레오 정합 과정에서 일어날 수 있는 어려움은 특징 추출 과정, 정합을 위한 추출된 특징들의 변형 및 결합 과정, 재구성된 특징들의 유사도 측정 과정, 정합을 위한 탐색 구간의 설정, 정합 후 이완처리를 위한 후처리 과정 등이 있다. 현재까지 연구되어온 스테레오 정합 알고리즘은 정합 요소에 따라 크게 특징 기반 방법(feature-base method)과 영역기반 방법(area-based method)으로 나눌 수 있다[8-10, 11-14].

특징기반 방법은 잡음에 강하고 특징이 있는 부분에서는 정확한 값을 찾을 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 정합을 위한 특징들이 수가 적으므로 영상 전체에서 대응점을 구할 수 없고, 특징을 추출하는 과정이 추가되기 때문에 알고리즘이 복잡하며 조밀한 변위 정보를 얻기 위해 폐색 모델링 (occlusion modeling) 과 변위 연속성 (disparity continuity) 등을 포함해야 하는 보간(interpolation) 과정이 필요로

한다는 단점이 있다. 정합 요소 (matching primitive)로는 영 교차점 (zero-crossing point), 연결성을 가진 경계선, 분할된 경계선, 모서리 성분, 마루, 골, 원추곡선 등이 있다. Marr 와 Poggio는 신경 생물학과 정신 물리학의 연구로부터 비전 시스템을 모델링하고 주변 화소의 변위 값을 억제 또는 활성화 입력으로 받아 이완 처리하는 cooperative 알고리즘을 이용하였다. Grimson은 LoG (Laplacian of Gaussian)필터링 된 밝기 영상의 영 교차점을 정합요소로 선택하였고 경계선을 따라 변위가 연속적이라는 형태 연속성 (figural continuity)을 제약 조건으로 제시하였다. Mayhew, Pollard, Frisby 등에 의해 제안된 PMF, PMF42 알고리즘에서는 경계선을 따라 화소를 건너 뛰면서 정합을 하고 나머지 부분은 보외법(ex-trapolation)을 선택하였다. 그리고 경계선의 배열상태와 수평 경계선을 정합에 고려하여 Grimson 방법과 비슷하지만 개선된 정합을 제안하였다[15,16].

영역 기반 방법은 특징 기반처럼 보관 과정이 없어도 영상 전체에서 대응점을 구할 수 있지만 밝기 정보의 변화만으로 정합과정이 수행되어지므로 잡음에 민감하고 다루어야 할 변위 값이 클 경우 잘못된 정합이 일어날 수 있는 요인이 많기 때문에 그 신뢰성이 떨어지는 단점을 가진다. 정합 요소로는 밝기정보, 동일 영역의 모양, 평균 밝기 및 면적 등이 있다. Tribedi는 특징 기반의 여러 방법들의 단점을 제시하고 이를 해결하기 위해 정합 요소의 선택도를 높이고 오정합 가능성을 줄일 수 있는 종합 계층적인 방법을 이용한 로봇 환경에서 동작할 수 있는 알고리즘을 제안하였다[17].

3. 깊이지도에 관한 생성 기법

3.1 소실점을 이용한 깊이 생성 기법

실내나 인공구조물을 가진 실외 환경에서 깊이를 지각하는데 소실점이라는 강력한 깊이 지각 단서를 활용한다. 소실점은 관찰자로부터 가장 먼 거리의 지점에 대응된다. 인간은 단안영상이 가지는 기하학적 성분을 이용해서 소실점을 추정하고, 소실점의 위치와 관찰자의 시점을 기준으로 상대적 깊이지각을 할 수 있다.

소실점(vanishing point)은 2차원 영상으로부터 3차원의 공간구조를 복원하는 문제를 풀기 위해 이용

되는 깊이 단서들 중 하나이다. 건물, 도로, 철로 등의 인공 구조물이 포함된 영상은 직선을 비롯한 기하학적 요소들로 이루어지며, 평행하거나 직교하는 많은 직선을 포함하고 있다. 3차원 공간에서 평행한 직선은 2차원 평면의 투시영상에서 먼 거리일수록 간격이 좁아져서 마지막에 한 점에서 만나게 되며, 이 점을 소실점이라고 하고, 소실점에서 만나는 직선을 소실선(Vanishing lines)이라고 한다. 건물, 도로와 같은 건축물이 포함된 실외영상이나 복도, 방 내부 등의 실내구조에 대한 영상에서 소실점은 매우 중요한 깊이단서이다[18,19]. 직선을 이용한 소실점 검출로 가우시안 스피어(Gaussian sphere)를 이용한 방법이 있다[20]. 그림 2는 가우시안 스피어를 이용한 소실점 검출 방법이다.

깊이지도(Depth-map)는 영상 내의 사물들 사이에 대한 3차원 거리 차이를 나타낸 것이다. 각 픽셀마다 0부터 255 사이의 값으로 표현되며, 적은 값(검정색)일수록 먼 곳을 나타낸다. 소실점은 일반적으로

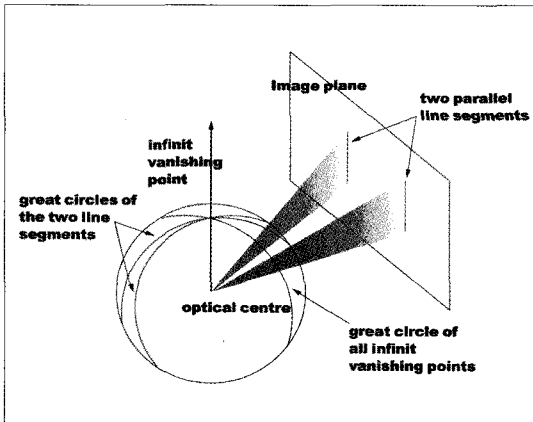


그림 2. 소실점 검출을 위한 가우시안 스피어

지평선 상에 놓이기 때문에 영상 하단 면을 기준으로 가장 먼 지점을 나타낸다. 따라서 소실점을 이용한 상대적 깊이 추정이 가능하다. 소실점이 영상 내에 나타나는 경우 소실점을 기준으로 아랫방향과 좌우 방향으로 단계적인 깊이를 표현한다. 그러나 소실점이 영상 외부에 위치하는 경우, 예를 들면 영상 좌측에 위치하는 경우에는 아랫방향과 함께 왼쪽 방향은 배제하고 오른쪽 방향으로만 깊이표현이 필요하다. 이와 같이 소실점이 영상 내에서 위치관계에 따라 상대적 깊이를 표현하는 방식이 달라진다. 이에 대해 S. Battiato는 소실점의 위치관계로 부터 깊이지도를 표현하는 방법을 제안하였다[20,21]. 표 1은 (Xvp, Yvp)를 소실점의 좌표라고 하고, H와 W를 각각 영상의 높이와 폭이라고 할 때 영상과 소실점간의 위치관계와 대응되는 소실점의 위치범위를 보여준다.

본 논문에서는 소실점이 영상 내에 존재하는 경우 소실점의 위치에 따라 서로 다른 상대적 깊이표현 방법이 필요하다. 제안한 방법을 이용하여 영상 안에서 소실점이 위치하는 영역을 7구역으로 정의하였다. 그림 3은 영상에 존재하는 소실점의 영역을 보여준다. 표 2는 소실점 위치에 따른 깊이 방향을 정의한 것이다.

영상에서 소실점 영역을 설정하고, 소실선의 방향성을 이용하여 개선된 Depth-map 생성 기법을 제시하였다.

3.2 캐니(Canny)에지 추출

일반적으로 에지 추출은 잡음에 매우 민감한 특성을 가지고 있다. 따라서 잡음으로 인해 잘못된 에지를 추출하는 것을 방지하기 위해 개발된 알고리즘이 캐니에지 추출이다. 캐니에지 추출은 5x5 가우시안

표 1. 소실점의 위치에 따른 깊이정보 방향

위치관계	소실점이 위치하는 범위
Left Case	$X_{vp} < -0$ AND $(H-1/W-1) * X_{vp} < Y_{vp} < -(H-1/W-1) * X_{vp} + H-1$
Right Case	$X_{vp} >= W-1$ AND $-(H-1/W-1) * X_{vp} + H-1 < Y_{vp} < (H-1/W-1) * X_{vp}$
Up Case	$Y_{vp} <= 0$ AND $(W-1/H-1) * Y_{vp} <= X_{vp} <= (W-1/H-1) * (H-1-Y_{vp})$
Down Case	$Y_{vp} >= H-1$ AND $(W-1/H-1) * (H-1-Y_{vp}) <= X_{vp} <= (W-1/H-1) * Y_{vp}$
Inside Case	$0 < X_{vp} < W-1$ AND $0 < Y_{vp} < H-1$

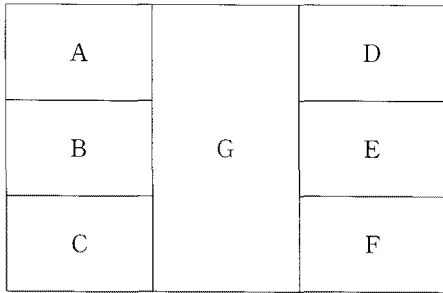


그림 3. 영상 내 소실점 영역

표 2. 영상에 존재하는 깊이 방향

소실점 위치	깊이 방향
A	Right Bottom -> Left Top
B	Right -> Left
C	Right Top-> Left Bottom
D	Left Bottom -> Right Top
E	Left -> Right
F	Left Top -> Right Bottom
G	Bottom -> Top

마스크를 이용하여 잡음을 제거하고 소벨 마스크와 같은 경계 검출 마스크를 수행하는 방법이다.

캐니에지 추출을 사용할 경우 잡음에 강하고 여러 가지의 에지 추출 마스크를 활용할 수 있는 반면, 5×5 형태의 마스크 연산 수행 시 시간이 많이 걸리므로 속도가 느려지는 단점이 있다. 그림 4는 캐니에지 추출을 위한 5×5 형태의 가우시안 마스크를 보여준다.

캐니에지 추출 알고리즘은 탐지성(good detection), 국부성(good localization), 응답성(clear response)을 만족하는 에지를 찾는 방법을 제시한다. 탐지성은 모든 실제 에지를 탐지하는 능력으로 경계

2	3	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

그림 4. 5×5 형태의 가우시안 마스크

선에 대해서 반응을 보여야하고, 그 경계선들은 모두 찾아야 한다. 국부성은 실제 에지와 탐색된 에지 차이가 최소화를 의미하면, 경계선 검출에 의해서 발견된 경계선 화소와 실제 경계선 사이의 거리는 가능한 짧아야 한다. 응답성은 각 에지에 대하여 단일한 응답으로 영상의 경계선 검출은 하나의 경계선이 존재하는 곳에서 다중 응답현상을 보여서는 안된다.

캐니에지 추출 알고리즘은 다음과 같은 단계를 통하여 추출한다. 첫 번째는 가우시안 마스크를 이용하여 스무딩(Smoothing)한다. 두 번째는 각각의 픽셀에 대한 변위의 크기와 방향을 결정한다. 세 번째는 각각의 위치에서 픽셀 변위 크기가 변위 방향에 있는 두 개의 이웃한 값보다 크면 그 픽셀을 윤곽선으로 표시하고 그렇지 않으면 배경으로 결정한다. 마지막으로 임계치를 이용하여 불필요한 윤곽선을 제거한다. 그림 5는 그레이스케일로 변환시킨 기본영상을 캐니에지로 추출한 영상을 나타낸다.

4. 제안된 Depth-map 생성 방법

본 논문에서는 2차원 단안영상이 가지는 기하학적 특성을 이용하여 객체들의 상대적 깊이 정보를 추정하여 객체 증강에 따른 몰입감을 증강시켰다. 기하학적 특성을 이용하여 깊이를 추정하는 대표적인 기법으로는 소실점을 이용하는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 소실점의 위치에 따라 깊이 계산의 방식이 달라져야한다. 본 논문에서는 영상 내 소실점의 위치에 따른 깊이지도 생성 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 에지 추출을 하기 전에 노이즈를 제거하기 위하여 메디언 필터를 적용한다. 노이즈가 제거된 영상에 캐니에지 추출을 통하여 에지를 검출하고 허프변환을 통해 소실선을 검출하고, 소실선들의 교점을 구해 소실점으로 지정한다. 소실점은 영상 위치에 따라서 깊이지도 값이 달라져야 하므로 영상과 소실점간의 대응되는 소실점의 위치범위를 정의하였다. 정의된 소실점의 위치 범위를 기준으로 기준면에 대한 표준 깊이지도를 생성하고, 인접한 소실선에 대하여 선형보간하여 제안된 Depth-map 알고리즘을 생성한다.

제안된 깊이지도 생성 알고리즘은 소실점의 다양한 위치에 대응하여 깊이지도를 생성하기 위해 에지 추출 단계, 소실선 검출 단계, 소실점 검출 및 위치

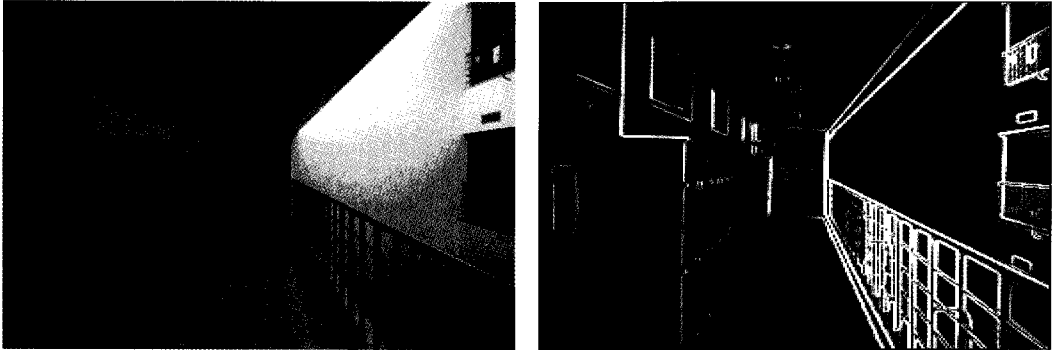


그림 5. 기본영상과 캐니에지를 적용한 영상

추정단계, 깊이지도 생성 단계의 4 단계를 거쳐 깊이 지도를 생성한다.

그림 6은 제안된 깊이지도 생성 알고리즘의 구성도이다. 제 1단계인 에지 검출 단계는 영상에 메디언 필터 적용 및 캐니에지 적용단계로 나타낸다. 제 2단계인 소실선 추출 단계는 허프변환 적용 단계를, 제 3단계인 소실점 검출 및 위치 추정단계는 소실선의 교점을 구하는 단계와 정의된 소실점의 위치 범위를 통해 소실점의 위치 추정 단계로 이루어져 있다. 마

지막으로 제 4단계는 소실점의 위치를 기반으로 깊이 지도를 생성하는 단계로 이루어져 있다.

4.1 단계별 세부 알고리즘

각 단계 별 세부 알고리즘은 표 3, 표 4와 같이 정리할 수 있으며 에지 추출 단계, 소실선 검출 단계, 소실점 검출 및 위치 추정단계, Depth-map 생성 단계를 나타낸다.

4.2 제안한 Depth-map 생성

영상의 외각 경계에서 소실점까지의 거리는 단계적으로 증가하는 깊이값을 가진다. 이는 깊이지도에서 그레이 스케일로 표현되는데 가장 먼 지점이 검은색, 가장 가까운 지점을 흰색으로 표현하여 소실점에 가까울수록 낮은 그레이 스케일 값을 가지는 그라디언트를 나타낸다.

일반적으로 Depth-map 생성은 로그 함수를 이용한다. 로그함수의 그래프는 y축에 가까워 질수록 기울기가 급해지는 특성을 가진다. 인간의 시각체계가 깊이를 지각할 때에 가까운 거리의 영역 내에서는 비교적 정확하게 상대적 깊이를 판단할 수 있으나 매우 먼 거리의 영역내의 상대적 깊이 판단에는 어려움을 겪는다. 이런 특성을 반영하기위해 로그함수의 그래프를 이용하여 깊이단계를 표현한다. 깊이 지도 상에서 깊이단계의 표현은 그레이스케일의 깊이값으로 나타낸다. 그림 7은 log 함수와 선형함수를 이용한 단위거리 깊이 단계 표현을 보여준다.

하지만 이러한 깊이 생성기법은 실외와 같이 먼거리가 무한대로 가까울때는 효과적인 깊이값을 생성한다. 하지만 실내와 같이 한정된 공간에서는 상대적인 깊이 외곡을 발생시킨다. 본 논문에서는 실내에서



그림 6. 제안된 깊이지도 생성 알고리즘의 구성도

표 3. 1단계- 2단계 세부 알고리즘

1단계 : 에지 추출단계	2단계 : 소실선 및 소실점 생성 단계
<p>1) 메디언 필터 적용</p> $X(m,n) = \text{med } Y(i,j) \mid (i,j) \in w(m,n)$ $= \text{med } Y(m,n)$ <p>$w(m,n)$은 (m,n)을 중심으로 하는 $i \times j$ 영역</p> <p>2) 캐니 에지 적용을 통한 에지 추출</p> $H = \int_{-W}^W G(-x)f(x)dx \quad \text{SNR} = \frac{A \int_{-W}^0 f(x)dx}{\sqrt{\int_{-W}^W f^2(x)dx}}$ $\text{Localization} = \frac{A f(0) }{n_0 \sqrt{\int_{-W}^W f^2 dx}} \quad x_{zc} = \pi \left(\frac{\int_{-\infty}^{\infty} f^2(x)dx}{\int_{-\infty}^{\infty} f^2(x)dx} \right)^{\frac{1}{2}}$ $G(x) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad G(x) = \left(-\frac{x}{\sigma^2} \right) e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma^2} \right)}$ $G(x,y) = \sigma^2 e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right)}$	<p>1) 직선 추출을 위한 허프변환 적용</p> $\rho = x_i \cos\theta + y_i \sin\theta$ $y_i = ax_i + b = \frac{-\cos\theta}{\sin\theta} x_i + \frac{\rho}{\sin\theta}$ <p>2) 소실점을 위한 교점 추출</p> $t = \frac{(x_4 - x_3)(y_1 - y_3) - (y_4 - y_3)(x_1 - x_3)}{(y_4 - y_3)(x_2 - x_1) - (x_4 - x_3)(y_2 - y_1)}$ $x = x_1 + t(x_2 - x_1)$ $y = y_1 + t(y_2 - y_1)$ <p>x는 교점의 x 좌표, y는 교점의 y 좌표 $0 < t < 1$ 일때 교점발생</p>

표 4. 3단계 세부 알고리즘

3단계 : 소실점 위치 추정 및 Depth-map 생성단계	
<p>1) 소실점의 위치에 따른 Depth-map 기준 설정</p> <p><i>left side</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $0 < X_{VP} < W/2$ ▪ $0 < Y_{VP} < W - X_{VP}$ ▪ <i>right</i> ⇒ <i>left</i> <p><i>right side</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $W/2 < X_{VP} < W$ ▪ $0 < Y_{VP} < X_{VP}$ ▪ <i>left</i> ⇒ <i>right</i> <p><i>top side</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $0 < X_{VP} < H - Y_{VP}$ ▪ $0 < Y_{VP} < H/2$ ▪ <i>bottom</i> ⇒ <i>top</i> <p><i>bottom side</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $0 < X_{VP} < Y_{VP}$ ▪ $H/2 < Y_{VP} < H$ ▪ <i>top</i> ⇒ <i>bottom</i> <p>(X_{VP}, Y_{VP}) = 소실점 좌표 H는 영상의 높이 W는 영상의 넓이</p>	<p>2) Depth-map 생성</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 소실점을 기준으로 영상의 외각 경계 중 수직으로 가장 먼 곳을 기준면으로 설정 ② 기준면에 대해 소실점을 0으로 경계면을 255로 픽셀의 밝기 값 설정 ③ 소실점과 경계면 사이를 선형보간하여 기준면에 대한 깊이 단계 생성 ④ Depth-map이 생성된 기준면을 인접한 면의 Depth-map 값을 소실점으로부터 깊이 단계를 일치시켜 생성한다.

의 효과적으로 깊이를 산정하기 위해 위에서 정의한 소실점간의 위치관계에 따라 기준면의 Depth-map을 생성하고 기준과 인접한 면들을 선형보간하여 최종적인 Depth-map을 생성한다.

Depth-map 생성 알고리즘을 정리하면 다음과 같다.

- 소실점을 기준으로 영상의 외각 경계 중 수직으

- 로 가장 먼 곳을 기준면으로 설정
- 기준면에 대해 소실점을 0으로 경계면을 255로 픽셀의 밝기 값 설정
- 소실점과 경계면 사이를 선형보간하여 기준면에 대한 Depth-map을 생성
- Depth-map이 생성된 기준면을 인접한 면의

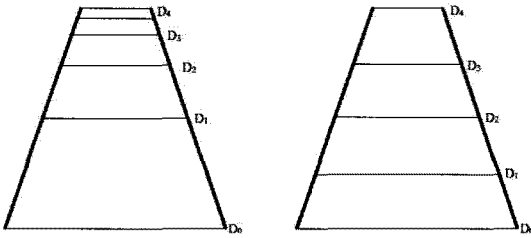


그림 7. 2차원 투시영상에서 실공간 단위거리의 깊이 단계변화

Depth-map값을 소실점으로부터 깊이 단계를 일치시켜 생성한다.

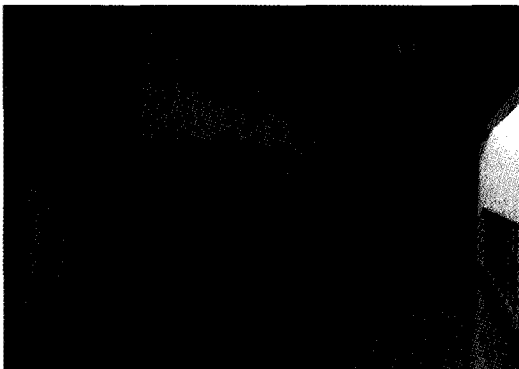
4.3 실험환경

본 논문의 실험환경은 Intel T2400 1.83Ghz, 2GB 메모리, Windows 7, OpenCV 라이브러리 1.0을 활용하여 Visual C++ 2008로 구현하였다. 입력 데이터로는 1메가 픽셀 웹카메라를 통해 받은 실시간 영상과 800메가 디지털 카메라로 촬영된 이미지 파일을 비롯한 JPEG 이미지 파일을 활용하였다.

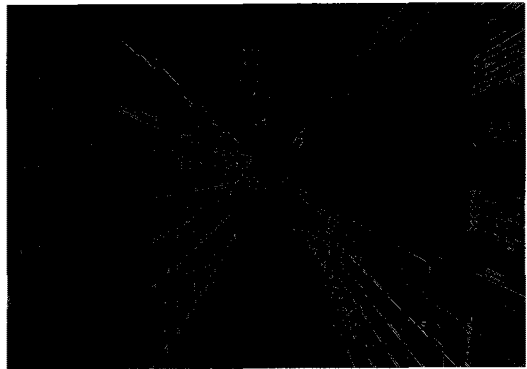
기본 입력 파라미터는 캐니에지 추출 방법에서 임계값 T1(하단 임계값)은 100, T2(상단 임계값)는 200으로 설정하였다. 직선 세그먼트와 그 연장선은 각각 검은색의 테두리선을 가진 흰색 직선으로 표현하였다. 소실점은 추정된 소실점을 중심으로 검은 테두리를 가지고 폭과 높이가 15픽셀인 흰색 정사각형으로 표현하였다. 소실점의 위치를 강조하고 영상 외부에 위치하는 소실점을 나타내기 위해 깊이지도 표현에 사용되는 대표 소실선을 함께 표시하였다. Depth-map은 깊이 단계를 그레이 스케일로 나타내었다. 그림 8은 Depth-map 생성에 관한 단계별 프로세스의 결과화면이다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 2차원 영상에서 3차원 공간구조 복원에 필요한 Depth-map 생성기법의 단점을 보완하여, 기존 연구에서 정의 되지 않은 영상 내 소실점



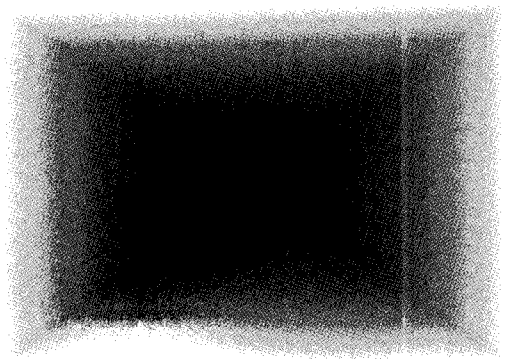
(a) 기본 영상



(b) 직선 추출



(c) 직선 표현 및 소실점 추정 결과



(d) 생성된 Depth-map

그림 8. Depth-map 생성에 대한 단계별 프로세스

위치에 따른 깊이 방향의 정의를 통한 Depth-map 생성 기법을 제안하였다. 제안된 Depth-map 생성 기법은 실내 공간 복원을 위하여 에지 추출, 소실선 및 소실점 생성, 소실점 위치 추정 및 Depth-map 생성의 3 단계를 거쳐 2차원 영상에 대한 Depth-map을 생성한다. 그리고 노이즈 제거와 캐니에지 추출 알고리즘을 이용하여 소실선 추출을 위한 기본 데이터를 생성하였다. 소실선 및 소실점 생성에서는 에지 추출을 통해 얻은 직선들 중 수직, 수평에 해당하는 직선 성분을 제거하고 대표적인 소실선과 소실점을 추출하기 위해 각 직선의 기울기 값에 의한 대표 소실선과 소실점을 추출하였다. 소실점 위치 추정 및 Depth-map 생성에서는 소실점의 위치에 따른 깊이 방향을 정의하고, 그에 따라 소실점 위치 추정을 통해 깊이 단계를 설정하고 Depth-map을 생성하였다.

제안한 Depth-map 생성기법은 영상 내 소실점 위치 변화에서 강건하게 깊이 정보를 표현하는데 효율적이다. 이를 이용하여 기존 2차원 콘텐츠에서 3차원 콘텐츠로 변환 및 마커리스 증강에 있어 몰입감 향상 등에 이용될 것이다.

향후 과제는 프로세스 처리 속도 개선과 실외 영상 적용에 관한 알고리즘을 개발하여 고품질의 3차원 콘텐츠 제작에 대하여 연구할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] D. Burschka, G.D. Hager, Z. Dodds, M. Jagersand, D. Cobzas, and K. Yereh, "Recent Methods for Image-Based Modeling and Rendering," *IEEE trans. on Virtual Reality*, pp. 299, 2003.
- [2] K. Sugihara, "Three Principle in Stereo Vision," *Robotics*, Vol.1, No.4, pp. 391-400, 1986.
- [3] D. Marr, and T. Poggio, "A Computational Theory of Human Stereo Vision," *Proceedings of the Royal Society of London*, B204, pp. 301-308, 1979.
- [4] D. Schmalstieg, A. Fuhrmann, G. Hesina, Z. Szalavári, L. M. Encarnação, M. Gervautz, and W. Purgathofer, "Augmented Reality: The interface is everywhere," *SIGGRAPH course note*, No.27, 2001.
- [5] S. B. Pollard, J. E. Mayhew, and J. P. Frisby, "PMF: A Stereo Correspondence Algorithm Using a Disparity Gradient Limit," *Perception*, Vol.14, pp. 449-470, 1985.
- [6] N. M. Nasrabadi and C. Y. Chooju "Hop Field Network for Stereo Vision Correspondence," *IEEE Trans, on Neural Network*, Vol.3, No. 1, 1992.
- [7] D. M. Song, "Conies-Based Stereo, Motion Estimation, and Pose Determination," *International Journal of Computer Vision*, Vol.10, No.1, pp. 7-25, 1993.
- [8] D. Marr and T. Poggio, "Cooperative Computation of Stereo Disparity," *Science*, Vol.194, pp. 283-287, 1976.
- [9] W. Eric, and L. Grimson, "Computational Experiments with a Feature Based Stereo Algorithm," *IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence* Vol.7, No.1, pp. 17-34, 1985.
- [10] J. P. Frisby and S. B. Pollard, "Computational Issues in Solving The Stereo Correspondence Problem," *Computational Models of Visual Processing*, Part 7, Ch. 22, pp. 331-357, 1990.
- [11] A. Saxena, S. H. Chung, and Y. N. Andrew, "Learning Depth from Single Monocular Images," *Proc. 19th Ann. Conf. Neural Information Processing Systems*, Vol.18, 2005.
- [12] T. Hassner and R. Basri, "Example Based 3D Reconstruction from Single 2D Images," *Conf. CVPRW '06*, pp. 15-15, June, 2006.
- [13] A. Saxena, S. H. Chung, and Y. N. Andrew, "3D Depth Reconstruction from a Single Still Image," *Int J Compute Vis* 76, pp. 53-69, 2008.
- [14] A. Saxena, S. H. Chung, and Y. N. Andrew, "Learning 3D Scene Structure from a Single Still Image," *IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol.31, No.5, pp. 824-840, 2009.
- [15] D. S. Kalivas and A. A. Sawchuk, "A Region Matching motion estimation algorithm," *CVGIP*:

Image Understanding, Vol. 54, No. 2, pp. 275-288, 1991.

[16] C. Rother, "A New Approach for Vanishing Point Detection in Architectural Environments," *Image and Vision Computing* 2002, Vol.20, pp. 647-655, 2002.

[17] S. B. Marapane, and M. M. Trivedi, "Multi-Primitive Hierarchical(MPH) Stereo Analysis," *IEEE Trans. on Pattern Analysis Machine Intelligence*. Vol.16, No.3, pp. 227-240, 1994.

[18] J. Kogecha, and W. Zhang, "Efficient Computation of Vanishing Points," *ICRA 2002*, Vol. 1, pp. 223-228, 2002.

[19] J. A. Shufelt, "Performance Evaluation and Analysis of Vanishing Point Detection Techniques," *Proc. ARPA Image Understanding Workshop*, pp. 1,113-1,132, 1996.

[20] K. J. Ban, J. C. Kim, and E. K. Kim, "An Object Representation System Using Virtual Space Coordinates," *KIMICS*, Vol.8, No.4, Aug, 2010.

[21] S. Battiato, S. Curti, M. La Cascia, E. Scordato, and M. Tortora, "Depth-Map Generation by Image Classification," In *Proceedings of SPIE Electronic Imaging 2004, Three-Dimensional Image Capture and Applications VI*, Vol.5302-13, San Jose, California, USA, 2004.



김 종 찬

2000년 순천대학교 전자계산학과
이학사
2002년 순천대학교 컴퓨터과학과
이학석사
2007년 순천대학교 컴퓨터과학과
이학박사

2002년~순천대학교 컴퓨터 공학과 시간강사
관심분야: 3D Animation, Multimedia Design, HCI,
Contents Design, Computer Graphics,
Games



반 경 진

2003년 순천대학교 컴퓨터과학과
이학사
2005년 순천대학교 컴퓨터과학과
이학석사
2007년 순천대학교 컴퓨터과학과
박사 수료

관심분야: Computer graphics, image processing, HCI,
VR and AR



김 치 용

1994년 인제대학교 물리학과 이
학사, 이학석사
2000년 인제대학교 전산물리학과
이학박사
2000년~2006년 부산정보대학
전임강사 및 동서대학교
디지털디자인학부

멀티미디어디자인학 전공 조교수
2006년~현재 동의대학교 영상정보대학
영상정보공학과 부교수

관심분야: 3D Animation, Multimedia Design, Film &
Video Editing, VR Contents Design, Chaos
& Fractal Design, CG, HCI