

이웃 에지 탐색에 의한 개선된 객체 윤곽선 추출 알고리즘과 MER을 이용한 모의훈련에서의 폐색처리

Occlusion Processing in Simulation using Improved Object Contour Extraction Algorithm by Neighboring edge Search and MER

차정희* · 김계영* · 최형일**

Cha JeongHee, Kim GyeYoung, Choi HyungIl

* 송실대학교 컴퓨터학과

** 송실대학교 미디어학과

요 약

영상처리 기술을 이용한 모의훈련에서 사용자는 영상에 전시된 가상객체를 통해 실세계와의 상호작용과 인식능력을 향상시킬 수 있다. 따라서 현실감 있는 모의훈련을 위해서는 가상객체와 실영상을 정합한 후 가상객체로 인해 생기는 폐색영역을 결정하는 것이 필수적이다. 본 논문에서는 실 영상위에서 지정된 경로에 따라 가상표적을 이동시킬 때 발생하는 폐색문제를 이웃에지 탐색을 이용한 개선된 윤곽선 추출 알고리즘과 MER(Minimum Enclosing Rectangle)을 이용하여 해결한다. 제안된 윤곽선 추출 알고리즘에 의해 복잡한 물체에 대한 세부적인 윤곽을 얻은 후 성능향상을 위해 객체의 MER을 이용하여 폐색이 일어나는 지점의 3차원 정보를 산출하였다. 실험에서는 부분적 폐색이 발생하는 환경에서 제안한 방법을 기존 방법과 비교하고 유효성을 입증하였다.

키워드 : 객체윤곽 추출알고리즘, 이웃 에지탐색, 기울기 벡터흐름, MER, 폐색, 모의훈련

Abstract

Trainee can enhance his perception of and interaction with the real world by displayed virtual objects in simulation using image processing technology. Therefore, it is essential for realistic simulation to determine the occlusion areas of the virtual object produces after registering real image and virtual object exactly. In this paper, we proposed the new method to solve occlusions which happens during virtual target moves according to the simulated route on real image using improved object contour extraction by neighboring edge search and picking algorithm. After we acquire the detailed contour of complex objects by proposed contour extraction algorithm, we extract the three dimensional information of the position happening occlusion by using MER for performance improvement. In the experiment, we compared proposed method with existed method and proved the effectiveness in the environment which a partial occlusions happens.

Key Words : Object Contour Extraction Algorithm, Neighboring Edge Search, Gradient Vector Flow, MER, Occlusion, Simulation,

1. 서 론

1990년대 후반부터 훈련분야에서는 CBT(Computer Based Training)의 중요성이 인식되어 많은 비용이 소요되는 실제 훈련과정을 다양한 모의훈련 기술로 대체하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 주로 가상 영상에 가상 표적

을 출현시켜 모의 훈련을 하고 있는 현재의 상황에서 본 논문에서는 실전에서와 유사한 현실감 있는 훈련 모델이 되도록 CCD 카메라의 실제 입력영상에 가상의 목표물을 전시할 때 생기는 폐색영역을 결정하기 위해 개선된 객체의 윤곽선 추출 알고리즘과 MER(Minimum Enclosing Rectangle)방법을 제안하였다. 관측자에 더 가까운 물체가 시선에 더 멀리 있는 가상객체를 가리거나 가상객체에 의해 실영상의 물체가 가려지는 문제를 해결하기 위해서는 먼저 가상세계와 실세계를 정확하게 정합한 후 실제 장면의 깊이에 대하여 가상객체의 깊이를 비교하는 작업이 필요하다. 그러나 구축된 맵의 정확성이나 밀도가 폐색 경계선 추정에 충분하지 않거나 폐색지점의 경계선이 정확하지 않을 경우에는 가려지는 영역을 결정하기 어려운 단점이 있다. 따라

접수일자 : 2007년 11월 20일

완료일자 : 2007년 12월 31일

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2006-005-J03801)임

서 본 논문에서는 기존의 윤곽선 추출 알고리즘이 가지고 있는 단점을 개선하는 이웃에지 탐색에 의한 개선된 윤곽선 알고리즘과 MER 방법을 제안하여 이동하는 가상객체가 만들어내는 폐색영역을 결정하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련연구에 대해 서술하고, 3절에서는 제안하는 이웃에지 탐색을 이용한 개선된 객체 윤곽선 추출 방법에 대해서 서술한다. 4절에서는 3차원 정보획득과 MER에 의한 폐색객체의 결정 과정을 설명하고 5절에서는 실험결과를 그리고 6절에서는 결론을 맺는다.

2. 관련연구

영상에서 물체의 윤곽선은 특정 물체의 인식, 이동물체 추적[1], 형태모델링, 각 물체의 구분 및 분류 등 컴퓨터 비전[2] 전 분야에 사용되는 중요한 정보이다. Kass에 의해 제안된 스네이크 알고리즘[3]은 에너지 함수와 에너지 최소화 알고리즘에 의해 물체의 윤곽선으로 변형되는데 행렬 연산에 기반 한 고차미분 방정식을 이용하기 때문에 수학적으로 불안정하며 스네이크가 움츠러드는 문제점이 있다. 또한 함수를 이루는 각각의 수학적 항에 임의의 가중치가 부여되어 이 값의 상대적인 값에 따라 윤곽선의 정보가 달라지며 가중치의 적정값을 실험에 의해 얻어내야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 Williams and Shah는 곡률 에너지 항에 영향을 주는 가중치 β 를 변화시켜 가중치의 실험적 증명을 보다 최소화하기 위해 그리디(greedy) 알고리즘을 제안[4]하고 Chun Leung Lam은 곡률 에너지 항에 연속적인 이미지간의 변화를 고려할 수 있게 변형을 주어 가중치 β 가 더 이상 필요하지 않게 하는 등[5] 지금까지 많은 보완 알고리즘이 제안되었지만 대부분 2차원 영상에서 객체의 주변 배경이 비교적 단순한 조건에서 적용되었으므로 그렇지 않은 경우에는 만족할 만한 윤곽정보의 추출을 기대하기는 어렵다. 따라서 여전히 다음과 같이 개선점이 남아있는데, 첫째 기존 알고리즘은 스네이크 초기 위치와 모양에 의존하므로 환경 변화에 강건하고 복잡한 영상에서 자세한 형태의 윤곽선을 추출하는 알고리즘이 필요하다. 둘째 수동적으로 실험을 통해 가중치를 조절해야 하므로 가중치와 관계없는 능동성과 유연성 있는 알고리즘이 필요하다. 가중치의 조절이 필요한 것은 윤곽선 정보가 상황에 따라 각 스네이크 점점간의 연속성이 중요할 때가 있고 곡률의 정보가 연속성 보다 중요한 때가 있기 때문이다. 셋째 알고리즘의 특성상 반복계산이 많으므로 이를 개선하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하여 가중치 정보대신 에너지 함수에 이웃에지 탐색에 의한 개선된 윤곽선 추출 알고리즘을 제안하여 상황변화에 유연하고 능동적으로 에지점을 탐색하는 방법을 제안한다. 또한 MER 방법을 제안하여 이를 모의훈련 시 가상객체가 만들어내는 폐색영역의 결정에 사용하였다. [그림 1]은 제안하는 전체 시스템 개요도이다.

먼저 카메라로 촬영된 실영상과 그 지역 DEM을 정합하여 실험지역의 3차원 정보를 구축하고 제안한 방법에 의해 영상에서 객체의 윤곽선을 추출한다. 그리고 표적의 이동경로를 생성한 후 MER을 사용하여 가상표적의 이동으로 발생하는 폐색영역을 결정하여 가상객체를 영상위에 전시한다.

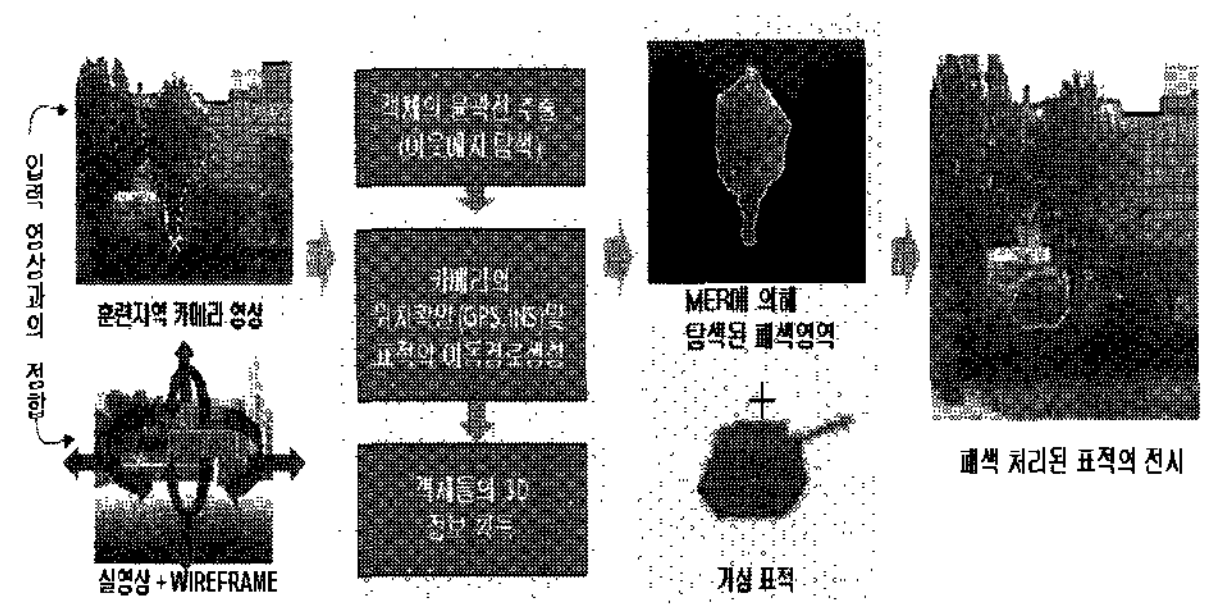


그림 1. 전체 개요도
Fig. 1. System framework

3. 실영상과 와이어프레임의 정합과 이웃에지 탐색을 이용한 객체 윤곽선 추출

DEM(Digital Elevation Model)은 일정한 간격마다 X, Y로 표현되는 위.경도 좌표와 높이정보를 가진 지형의 형상을 나타내는 자료로 일정크기의 격자로 저장되는 격자방식의 DEM, 높이가 같은 지점을 연속적으로 연결하여 만든 등고선 방식, 단층에 의한 프로파일 방식 등이 있다. 실험에 사용된 DEM은 실험지역을 300M×300M로 제한하고 1M 간격마다 2차원 좌표에 대한 고도정보를 갖도록 제작한 격자방식의 DEM이다. DEM의 자료를 읽어 4각형의 정점을 가진 메쉬(Mesh)를 생성하고 메쉬마다 3차원의 깊이 정보를 가진 와이어 프레임(wireframe)을 생성하였다[6]. 그리고 와이어프레임을 센서영상위에 오버레이(overlay)시키고 정합여부를 확인할 수 있도록 시각적 단서를 이용하여 영상을 상. 하. 좌. 우로 이동하여 오차를 줄이고 정합하였다[7]. 이렇게 정합된 실영상과 와이어프레임은 가상표적의 이동 시 2차원 영상내 객체에 대한 3차원 정보를 획득할 수 있도록 해준다. 정합된 후 현재의 카메라의 위치를 기준으로 하고 가상표적의 이동으로 생긴 위치 변화는 GPS(Global Positioning System:위성항법장치)를 이용하여 수시로 갱신하도록 한다. 본 논문에서는 실 영상 내 객체의 윤곽선을 정확히 추출하여 폐색처리에 사용하기 위해 기존 스네이크 알고리즘에 기울기 벡터 흐름 알고리즘[8][9]을 이용해 탐색된 이웃 에지와 거리관계를 나타내는 에너지 항을 추가하는 방법을 제안한다. 기존 스네이크 알고리즘은 그림 2와 같이 에너지 함수의 방향이 현재 스네이크 점점과 이전 점점, 그리고 다음 점점의 합성벡터로 나타나며 이들 점점의 중앙을 향해 움츠러들게 되어 물체의 형태가 복잡할 때 윤곽정보를 정확하게 추출하기 어렵다는 단점이 있다. [그림 2]는 기존 스네이크 알고리즘의 에너지 최소화 탐색과정을 나타낸 것이다.

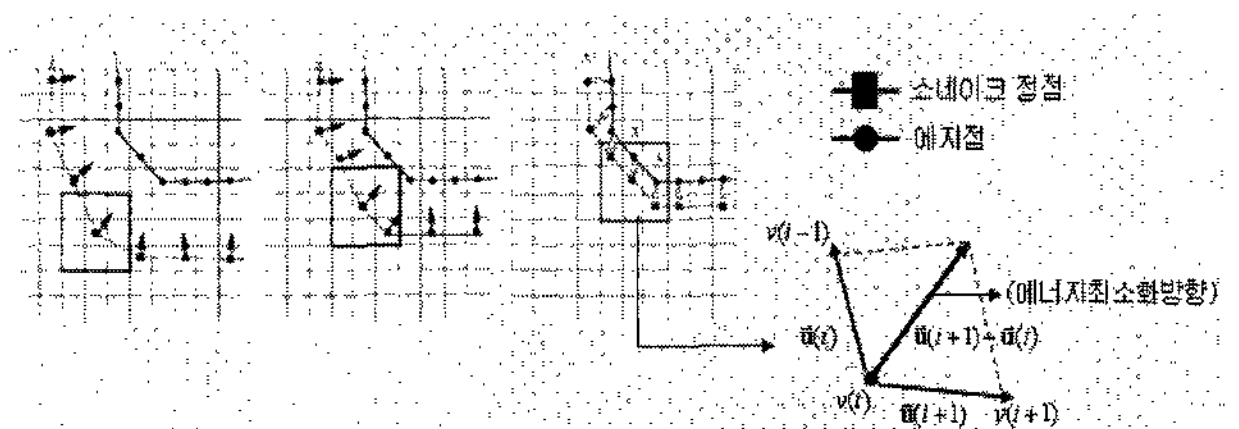


그림 2. 스네이크의 경계점 탐색과정
Fig. 2. Boundary point searching process of snake

본 논문에서는 초기화에 구애받지 않고 스네이크 정점을 물체의 오목한 윤곽으로 이동하게 하는 기울기 벡터 흐름 알고리즘을 이용한 에지 맵을 구성하고 탐색된 에지 점과의 거리관계를 나타내는 에너지 항을 기존 그리디 알고리즘에 추가하여 정확한 윤곽선을 추출하고 속도를 향상시키는 방법을 제안한다. 기울기 벡터 흐름은 에지에서 큰 값을 가지고 에지에서 멀어질수록 0에 가까운 값을 가지게 되므로 이 특징을 이용하여 지정한 영역 내에서 기울기 벡터 정보를 이용하면 연산 처리량을 줄이면서 정확한 에지 정보를 얻을 수 있게 된다. 식(1)의 에너지함수는 기존 알고리즘에 제안한 이웃에지 에너지함수($E_{edge-distance}$)를 추가한 식이다.

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{cont}(v(s)) + E_{curve}(v(s)) + E_{image} + E_{edge-distance}(v(s)) ds \quad (1)$$

위 식 중 $E_{edge-distance}$ 항은 기존 그리디 알고리즘에 추가할 이웃 에지 에너지 항이다. 이 값을 구하기 위한 이웃 에지 탐색 방법을 그림으로 나타내면 그림 3과 같다. 먼저 현재의 스네이크 정점 v_i 와 이전 정점 v_{i-1} 를 연결한 거리 d 를 축으로 회전하면서 에지라고 판단되는 지점을 만날 때까지 탐색한다. 다시 말해서 v_i, v_{i-1}, v_{i-2} 의 세 점이 이루는 각이 ϕ 이면, 축이 v_{i-2} 를 만나거나 지나쳐서 v_i 를 다시 만나 탐색하는 것을 방지하기 위해 $\phi/2$ 영역만을 회전하면서 영상 강도 ∇I 가 임계치 이상인 에지 점 v'_i 를 탐색하고, v_i 와 v'_i 간의 거리 d' 의 거리 값을 이용한 새로운 에너지 항을 기존 수식에 추가한다. 논문에서는 정확한 탐색을 위해 다음과 같이 두 가지를 가정하여 탐색시의 회전방향을 결정하였다. 첫째, 초기 스네이크 정점들이 물체를 둘러싸는 폐곡선을 이룬다고 가정하였고, 둘째, 정점들이 한쪽방향으로 순서대로 나열되어 있다고 가정하였다. 왜냐하면 이웃 에지 탐색을 위해서는 윤곽선의 안쪽으로 이동해야 하는데 단순히 물체의 중심방향을 방향으로 설정하기에는 물체 형태의 다양성으로 인해 방향설정이 잘못될 수 있기 때문이다.

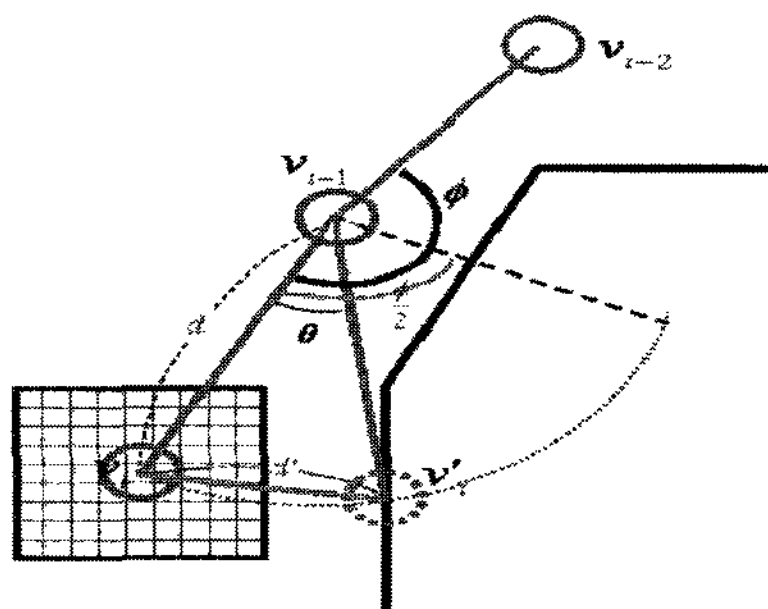


그림 3. 이웃에지 탐색과정
Fig. 3. search process of neighboring edge

이렇게 이웃에지를 탐색한 후 이웃 에지 에너지항의 값은 스네이크 정점과 이웃한 에지사이의 거리로 계산한다. 그림 4의 위의 그림은 계산의 예를 보인 그림이다. 임의의 정점 v_i 의 주변에 9×9 윈도우를 씌우고 새로운 에지와 거리 d_{mn} 이라 하고, 윈도우의 가로 세로의 크기를 s , 윈도우상에서 정점의 가로, 세로 위치를 m, n 이라 하면, 유클리디안 정리에 의해 d_{mn} 은 식(2)에 의해 계산할 수 있고 추가할 에너지 $E_{edge-distance}$ 는 이미지 항의 밝기 값대신 거리

값을 적용하여 식(3)과 같이 정의할 수 있다.

$$d^{mn} = \sqrt{\left(\frac{2(|v_x - v'_x| + m) - s + 1}{2}\right)^2 + \left(\frac{2(|v_y - v'_y| + n) - s + 1}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$E_{edge-distance} = \frac{(|v_i - v'_i| - d_{min}) / (d_{max} - d_{min})}{(d_{mn} - d_{min}) / (d_{max} - d_{min})} \quad (3)$$

따라서 위 식(3)에 의해 9×9 윈도우내에서 각각의 거리 값을 구하면 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned} d'_{00} &= \sqrt{\left(\frac{2(100 - 110 + 0) - 9 + 1}{2}\right)^2 + \left(\frac{2(100 - 100 + 0) - 9 + 1}{2}\right)^2} \\ &= 14.560 \\ d'_{10} &= \sqrt{\left(\frac{2(100 - 110 + 1) - 9 + 1}{2}\right)^2 + \left(\frac{2(100 - 100 + 0) - 9 + 1}{2}\right)^2} \\ &= 13.601 \\ &\vdots \\ d'_{88} &= \sqrt{\left(\frac{2(100 - 110 + 8) - 9 + 1}{2}\right)^2 + \left(\frac{2(100 - 100 + 8) - 9 + 1}{2}\right)^2} \\ &= 7.211 \end{aligned} \quad (4)$$

위에서 구해진 각각의 거리 값을 식(3)에 대입하여 이웃 에지 에너지항의 값을 구한다. 그림 4의 아래 그림은 제안한 알고리즘을 이용하여 얻은 나뭇잎 객체의 윤곽선 추출 결과를 그리디 알고리즘과 비교한 것이다.

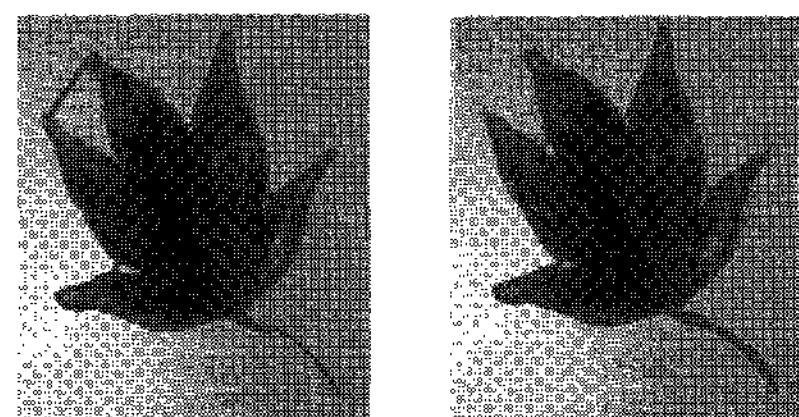
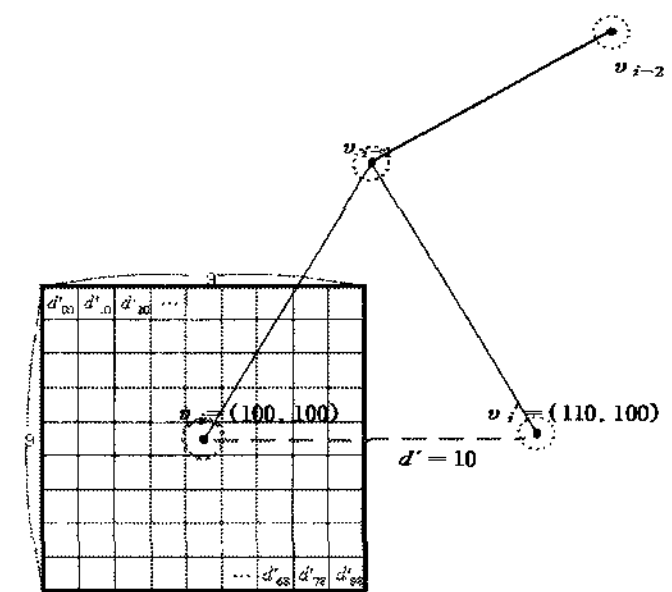


그림 4. 스네이크 정점의 9×9 픽셀과 이웃 에지간의 거리(위)와 윤곽선 추출 결과의 비교(아래)(왼쪽 그리디 알고리즘, 오른쪽 제안한 알고리즘)

Fig. 4. Distance between 9×9 pixels of snake point and neighboring edge(up), result comparison of contour extraction(down)(left:greedy, right:proposed)

표 1은 제안한 이웃 에지 탐색을 이용한 알고리즘의 수도(pseudo) 코드이다.

표 1. 이웃에지 탐색 알고리즘
Table 1. Neighboring edge search algorithm

```

do /* loop to move points to new locations */
for i = 0 to n /* point 0 is first and last one processed */
  Angle = (∠ vi-2vi-1vi) / 2
  for j = 0 to Angle
    if vi is Edge then bFinded = True
  Emin = BIG
  for j = 0 to m-1 /* m is size of neighborhood */
    if bFinded is True then
      Ej = Econt,j + Ecurv,j + Eimage,j + Eedge-distance,j
    else Ej = Econt,j + Ecurv,j + Eimage,j
    if Ej < Emin then
      Emin = Ej
      jmin = j
  Move point vi to location jmin
  if jmin not current location. ptsmoved += 1 /* count points moved */
/* process determines where to allow corners in the next iteration */
for i = 0 to n-1
  ci = |vi/|vi - vi+1/|vi+1||2
for i = 0 to n-1
  if ci > ci-1 and ci > ci+1 /* if curvature is larger than neighbors */
    and ci > threshold1 /* and curvature is larger than threshold */
    and mag(vi) > threshold2 /* and edge strength is above threshold */
    then βi = 0 /* relax curvature at point i */
until ptsmoved < threshold3
    
```

림 5의 위쪽 그림과 같이 2차원 영상에서 추출한 객체 정점의 최하단점이다. 추출된 기준점은 DEM상의 3차원 좌표를 지닌 한 점이나 이웃에지 탐색방법에 의해 추출된 다른 정점은 충돌점이 없어 3차원 좌표를 얻을 수 없으므로 기준점을 이용하여 2차원영상과 3차원 DEM 사이에 비례관계를 구하고 이를 이용하여 다른 정점의 3차원 좌표를 획득한다.[7]

객체의 MER(최소포함사각형)은 객체를 포함할 수 있는 최소사각형을 의미한다. 비교 후 겹쳐지는 영역이 있는 객체와 가상객체는 카메라를 기준으로 오차범위를 지닌 일직선상에 놓이게 되므로 객체와 가상표적까지 각각의 거리를 구하고 이 값을 이용하여 가상객체와 카메라사이에 객체가 존재하는지 여부를 판단하였다. 그림 6은 최소포함사각형을 이용한 폐색영역 결정 과정을 그림으로 나타낸 것이다.

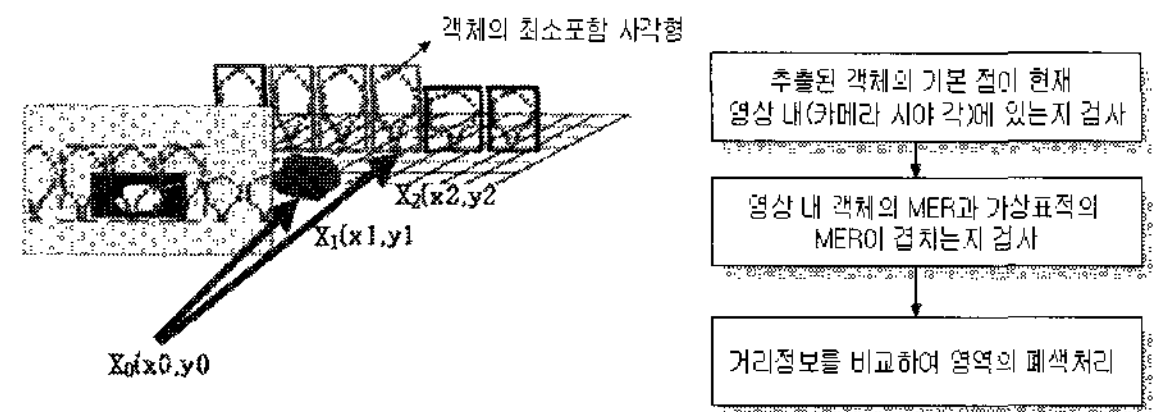


그림 6. 객체의 최소포함사각형과 폐색처리 과정
Fig. 6. MER and occlusion processing of object

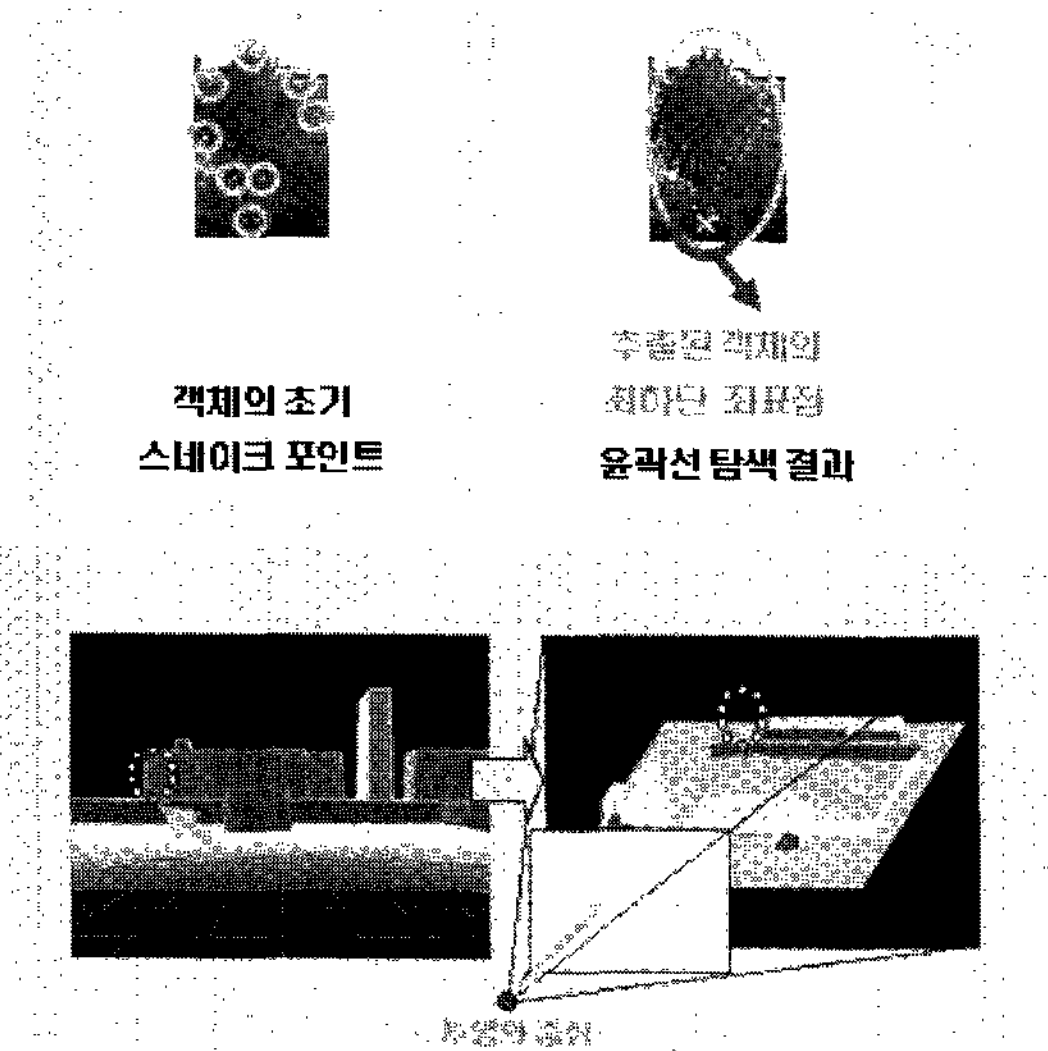


그림 5. 추출된 윤곽선의 최하단(위)과 픽킹알고리즘에 의한 3차원 좌표 획득(아래)

Fig. 5. Lowest point of extracted contour(up) and 3D information acquisition by picking algorithm

4. 3차원 좌표 획득과 MER에 의한 폐색 객체의 결정

본 논문에서는 위에서 제안한 알고리즘을 실외 환경에서 촬영한 영상에 적용하고 추출한 정점의 3차원 정보를 얻기 위해 3차원 그래픽 기법으로 잘 알려진 픽킹(picking)기법을 사용[10]하였는데 이것은 2차원영상의 해당 점과 일치하는 생성된 3차원 와이어프레임과의 충돌 점을 찾아내어 3차원 정보를 획득할 수 있도록 해준다. 픽킹 탐색 점은 그

5. 실험결과

그림 7은 제안한 알고리즘을 이용하여 실외 영상에서 객체의 윤곽선을 추출한 결과이다. 오른쪽 그림은 카메라를 x축으로 15도 회전하여 나무객체의 윤곽선을 추출한 결과이다.



그림 7. 영상의 객체 윤곽선 추출 결과
Fig. 7. Object contour extraction results in image

그림 8은 카메라의 위치와 가상객체의 이동범위, 방향을 표시한 것이며 그림 9는 설정된 경로를 따라 가상객체가 움직일 때 생긴 폐색처리 결과이다. 프레임이 증가하면서 가상객체와 나무 객체사이에 폐색처리가 되는 것을 볼 수 있다.

표 3은 그림 9의 실험에서 폐색처리를 위해 가상객체와 비교할 영상 내 객체를 선택하기 위해 스네이크 정점들을 사용한 경우와 제안한 최소포함사각형을 이용한 경우의 속도를 비교한 것이다. 제안한 방법의 경우 처리 속도가 45% 정도 감소하여 성능향상에 기여하였다.

표 4는 카메라의 위치에 따라 100프레임 중 오차가 발생한 프레임 수를 측정하여 그 값을 정확도로 표시한 것으로 카메라의 위치가 대상 객체에서 멀어질수록 정확도가 현저

히 떨어진 것을 알 수 있다. 이것은 카메라의 위치가 멀어 질수록 영상 내에서 추출된 객체의 3차원 정보의 오차범위가 커지기 때문이다.

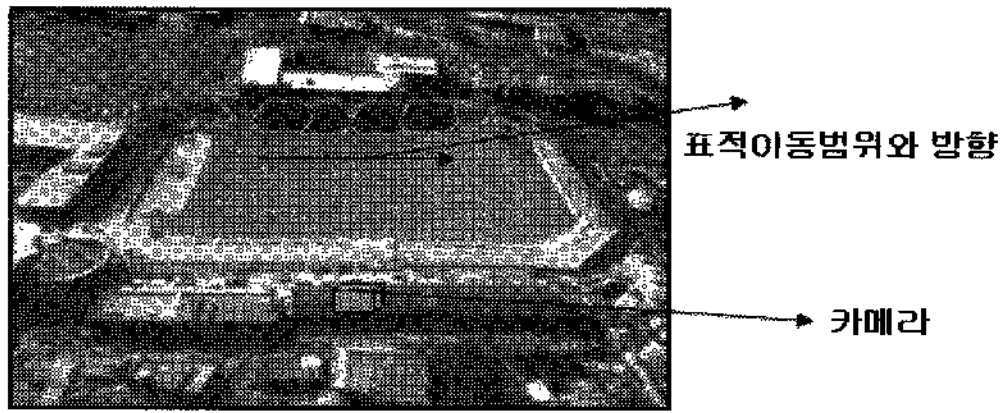


그림 8. 가상객체의 이동범위와 방향
Fig. 8. moving bound and direction of virtual object

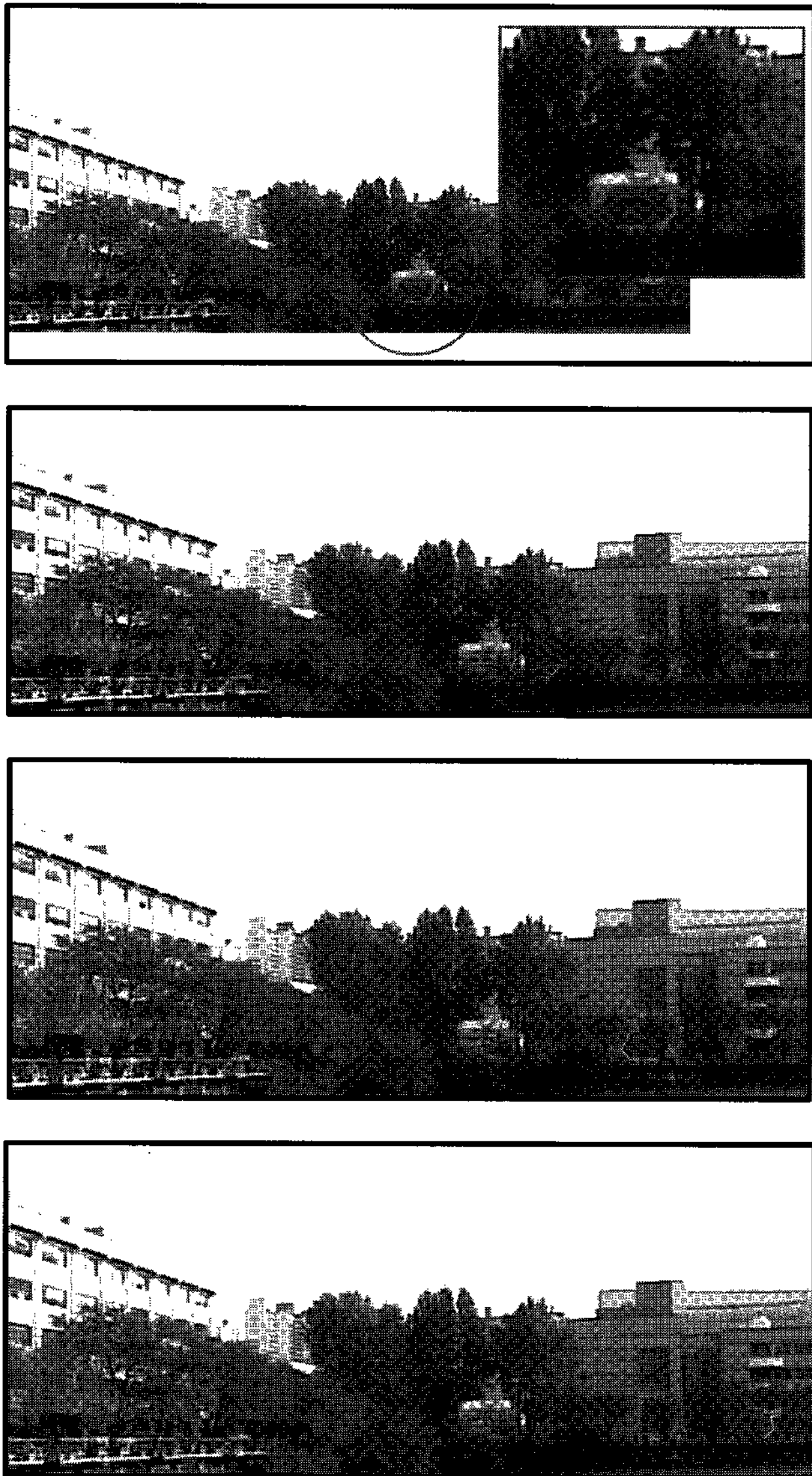


그림 9. 이동하는 경로이동에 따른 나무객체와의 폐색처리 결과
Fig. 9. Occlusion results processed along path

표 3. 연산 처리속도의 비교
Table 3. Speed comparison

방법	프레임수	비교한 객체 수	처리 시간(초)	초당 프레임수
스네이크 정점들 이용	500	25	280	1.786
최소포함사각형 이용	500	25	153	3.268

표 4. 카메라의 위치와 정확도
Table 4. Camera position and Accuracy

위치 (카메라기준)	오차발생회수	정확도(%)
50M	4	96
150M	12	88
300M	29	71

표 5는 정확도 측정을 위해 초기 스네이크 정점의 위치로 만들어지는 물체의 면적과 실제 물체 면적과의 오차를 최저 값으로 놓고 이 오차가 적을수록 정확도가 높은 것으로 판단하여 제안한 알고리즘과 kass, 그리디 알고리즘에 대해 에너지 알고리즘의 반복회수와 정확도를 각각 비교한 것이다.

표 5. 에너지함수의 반복회수와 정확도
Table 5. Iteration number and accuracy of energy function

구 분	제안한 방법	그리디 알고리즘	Kass 알고리즘
에너지 함수의 반복회수	120	40	30
정확도	0.6	0.4	0.1

위 표 5의 경우 기존 알고리즘인 kass와 그리디 알고리즘에서는 탐색을 30회와 40회에 멈추었고 그때의 정확도는 각각 0.1, 0.4였다. 제안한 알고리즘의 경우 지속적으로 탐색을 계속하여 더 정확한 탐색결과를 보이고 있다. 이것은 제안한 방법이 객체의 에지가 서로 유사한 성질을 가지는 것을 이용하여 에지성분의 유실을 최소화하면서 최적화된 윤곽선을 찾아내기 때문이며 기존방법의 경우 지역적 최소점의 발생으로 오차발생이 크기 때문이다. 그러나 실내에 비해 실외 영상은 객체의 모양이 복잡하여 단순한 물체의 객체보다 전반적으로 낮은 정확도를 보였으며 제안한 알고리즘을 나뭇잎처럼 단순한 객체의 윤곽선 추출에 적용할 경우 0.9의 정확도를 얻을 수 있었다.

6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 동일 객체의 에지가 서로 유사한 성질을 가지는 것을 이용하여 기존 에너지 알고리즘에 이웃에지 정

보를 추가, 가중치의 조절 없이 영상 객체의 윤곽선을 정확히 추출하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안한 알고리즘을 이용하여 실 영상위에 지정된 경로에 따라 가상 객체를 이동시킬 때 발생하는 폐색문제를 해결하였다. 3차원 정보를 획득하기 위해서 실험지역을 기준으로 300M×300M의 크기로 작성된 DEM과 그래픽스에서 사용하는 픽킹 알고리즘을 이용하였고 폐색 처리 시 속도 향상을 위해 객체의 최소포함사각형(MER) 영역을 사용하였다. 실험 결과 제안한 방법이 속도 면에서 진전을 이루지 못하고 있는데 이것은 기존 알고리즘에 이웃에지와 거리를 고려한 에너지항의 추가로 내부 계산 량이 증가하기 때문으로 향후 속도 향상을 위한 연구가 계속되어야 하겠다. 또한 카메라의 이동시 정확한 위치와 방향을 재획득하는 문제와 조명에 보다 더 강건한 객체 추출방법도 연구해야 할 과제이다.

참 고 문 헌

- [1] D. Terxopoulos and R. Sxeliski, "Tracking with Kalman snakes," in Active Vision, A. Blake and A. Yuille, Eds. Cambridge, MA:MIT Press, pp. 3-20, 1992.
- [2] W. E. L. Grimson, From Images to Surfaces: A computational study of the Human Early vision system. Cambridge, MA:The MIT Press, 1981.
- [3] Michael Kass, AndreW Witkin and Demetri Terzopoulos, "Snakes : Active Contour Models", *Int. J. Computer Vision*, vol. 1, No. 4, pp. 321-331, 1987.
- [4] Donna J. Williams and Mubarak Shah, "A Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", *CVGIP: Image Understanding*, vol.55, No. 1, pp. 14-26, 1992.
- [5] Chun Leung Lam and Shiu Yin Yuen, "An unbiased active contour algorithm for object tracking", *Pattern Recognition*, vol. 19, Issue 5-6, pp. 491-498.1998.
- [6] Stefan Growe, Peter Schulze, Ralf Tnjes, "3D Visualization and Evaluation of Remote Sensing Data", *Computer Graphics International '98* Hannover, Germany, June 22-26, 1998.
- [7] Jeonghee Cha, Gyeyoung Kim, HyungIl Choi, "Resolving Occlusion Method of Virtual Object in Simulation using Snake and Picking Algorithm", *7th International Conference Beijing, China*, May 27-30, 2007, pp.1-8
- [8] C. Xu and J.L. Prince, "Gradient Vector Flow: A New External Force for Snakes," *Proc. IEEE Conf. on Comp. Vis. Patt. Recog. (CVPR)*, Los Alamitos:Comp. Soc. Press, pp. 66-71, 1997.
- [9] Xu. Chenyang, and J. L. Prince, "Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow," *IEEE Transactions in Image Processing*, vol. 7, no. 3, Mar. 1998.
- [10] Wu, S.-T., Abrantes, M., Tost, D., and Batagelo, H. C. 2003. Picking and snapping for 3d input

devices. *In Proceedings of SIBGRAPI 2003*, pp.140-147.

저 자 소 개



차정희(Jeong-Hee Cha)
 1983년 : 송실대학교 전자계산학과(공학사)
 1983~1998 : 신용보증기금 전산실 근무
 2001년 : 동국대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 2005년 : 송실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
 2006년 6월~현재 : 송실대학교 정보미디어기술연구소 전문연구원

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터(로봇)비전, 생체인식, 증강현실, 3D 모델링 등

e-mail : pelly@vision.ssu.ac.kr



김계영(Gye-Young Kim)
 1990년 : 송실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1992년 : 송실대학교 컴퓨터학과 졸업(석사)
 1996년 : 송실대학교 컴퓨터학과 졸업(박사)
 1996년~1997년 : 한국전자통신연구원(Post Doc.)
 1997년~2001년 : 한국전력공사 전력연구원(선임연구원)
 2001년~현재 : 송실대학교 컴퓨터학과 교수

관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 생체인식, 증강현실, 영상 및 신호처리 등

e-mail : gykim@computing.soongsil.ac.kr



최형일(Hyung-II Choi)
 1979년 : 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1982년 : 미시간대학교 전산공학과 졸업(석사)
 1987년 : 미시간대학교 전산공학과 졸업(박사)
 1987년~현재 : 송실대학교 미디어학부 교수

관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 생체인식, 퍼지이론, 비디오 검색, 인터페이스 에이전트 등.

e-mail : hic@computing.soongsil.ac.kr