서베일런스 네트워크에서 최소 윤곽을 기초로 하는 실시간 객체 추적 알고리즘

강성관^{**}, 박양재^{*}

인하대학교 컴퓨터정보공학부^{*}, 가천대학교 컴퓨터공학과^{**}

Real-Time Object Tracking Algorithm based on Minimal Contour in Surveillance Networks

Sung-Kwan Kang^{*}, Yang-Jae Park^{**}

Dept. of Computer and Information Engineering, Inha University^{*}

Dept. of Computer Engineering, Gachon University^{**}

요약 본 논문은 감지와 통신 데이터 전송량의 관점에서 서베일런스 네트워크에서 움직이는 객체를 추적하기 위하여 전송 데이터를 감소시키는 최소 윤곽선 추적 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 객체 추적에 대한 감지를 수행하고 서버와의 영상 데이터 전송 시 영상 데이터 전송량을 줄임으로써 서버와의 통신 부하를 최소화한다. 이 알고리즘은 객체의 운동학을 기초로 최소 추적 영역을 사용한다. 객체의 운동학의 모델링은 예정된 시간 안에서 이동할 수 있는 객체에 의해 운동 역학적으로 방문될 수 없는 추적 영역의 부분을 제거하는 것으로서 시작한다. 실시간으로 객체를 검출하는 응용 분야에서 대량의 영상 데이터를 전송시에 전송 부하를 줄일 수 있는 효과가 있다.

주제어 : 객체 검출, 영역 기반 추적, 벡터화 방식, 최소 윤곽선 추적, 객체 추적

Abstract This paper proposes a minimal contour tracking algorithm that reduces transmission of data for tracking mobile objects in surveillance networks in terms of detection and communication load. This algorithm perform detection for object tracking and when it transmit image data to server from camera, it minimized communication load by reducing quantity of transmission data. This algorithm use minimal tracking area based on the kinematics of the object. The modeling of object's kinematics allows for pruning out part of the tracking area that cannot be mechanically visited by the mobile object within scheduled time. In applications to detect an object in real time,when transmitting a large amount of image data it is possible to reduce the transmission load.

Key Words : Object Detection, Region-based Tracking, Vectorization, Minimum Contour-based Tracking, Object Tracking

1. 서론

데이터 전송의 효율성은 환경 감시, 영역 감시 및 객체

추적과 같은 의도된 응용 프로그램에 대하여 운영되는 서베일런스의 네트워크의 전송 속도를 결정하기 때문에 감시 네 트워크의 전송 속도를 결정하기 때문에 감시 네

Received 29 June 2014, Revised 25 July 2014

Accepted 20 August 2014

Corresponding Author: Yang-Jae Park(Gachon University)

Email: pakryj@gachon.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

트위크에서 중요한 연구 쟁점 중의 하나이다. 특히, 객체 추적 응용 프로그램에서, 영상 데이터 전송의 효율성은 장시간의 목표물 추적을 이끌어 내기 때문에 중요한 요인이다. 통신 부하의 감소 측면에서 객체 추적 알고리즘은 이동할 수 있는 목표물의 추적을 보장해야 할 뿐만 아니라, 네트워크를 통한 데이터 전송량을 최소함으로써 서베일런스 네트워크의 전송 효율을 최대화해야 한다. 추적 영역은 이동할 수 있는 객체가 어떤 제한된 시간 동안에 그것의 현재 위치로부터 도달할 수 있는 가능한 영역으로서 정의된다. 기존의 추적 방법은 단순성을 위하여 영역에 근거한 추적 영역을 이용한다[1,2].

사람과 같은 움직임을 보이는 객체는 사람의 운동 전달 방식에 따라 움직이기 때문에, 추적하는 영상안의 모든 영역에 도달하는 것이 불가능하다. 제안하는 방법에서는 사람이 움직이는 것과 일치하는 객체의 운동 전달 방식을 사용한다면 각 추적 영역 안에 있는 객체들의 윤곽을 감소시킴으로써 영상 데이터 전송량을 감소시킬 수 있다. 본 논문에서는 객체가 어떤 제한된 시간 동안에 방문할 수 없기 때문에 시뮬레이션 가능성이 없는 영역을 추적 영상 안에서 제거하는 방법을 사용한다. 이것은 추적 영역이 객체의 운동 전달 방식을 기초로 최소 크기의 영역이 되도록 만든다. 최소한의 추적 영역 안에 있는 객체들의 영상 데이터만이 어떤 제한된 시간 동안에 객체를 추적하기 위하여 전송된다.

따라서, 객체의 이동 궤적 동안에 이동할 수 있는 객체를 포함하는 최소 추적 영역을 갱신함에 의하여 제안하는 방법을 기초로 하는 서베일런스 네트워크는 영역 기반 추적을 기초로 하는 기존의 방법보다 더 적은 통신 데이터 전송량을 이용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동하고 있는 객체 추적을 위한 문제 정립과 최소 윤곽선 추적 알고리즘에 대하여 기술한다. 3장에서는 추적 윤곽선의 모델링, 추적 윤곽선의 최적화, 통신 부하량의 최소화 및 측정 에러 처리를 설명한다. 4장에서 실험을 통해 제안하는 최소 윤곽선을 기초로 하는 방법이 영역 기반 추적을 기초로 하는 기존의 방법보다 성능이 뛰어나다는 것을 보여준다. 5장에서 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 제안하는 방법의 이론적 배경

2.1 제안하는 객체 검출 및 추적 기술

서베일런스 네트워크의 통신 부하를 최소화하기 위하여 최소 윤곽선 추적을 기초로 하는 객체 추적 알고리즘을 제안한다. 최소 윤곽선 추적은 통신과 객체 탐지의 측면에서, 움직이고 있는 객체의 최소한의 영역들을 추적하는 특정 객체의 운동 전달 방식을 기초로 구성되어진다. 객체의 지역화 전략은 항상 객체의 위치, 속도 및 방향을 찾아내기 위하여 객체 추적 시스템에 제공되어진다.

제안하는 방법에서는 객체 추적 영역의 생명주기를 복원 시간으로써 정의한다. 이전의 추적 영역은 복원 시간마다 객체의 움직임과 일치하는 추적 영역으로써 교체된다. 추적 사각형(Tracking Rectangle)은 복원 시간 동안 객체가 현재 위치와 속도에 대하여 방문할 수 있는 추적 영역이다. 추적 사각형의 둘레의 길이는 객체의 속도와 복원 시간의 곱이다. 추적 윤곽선은 객체의 운동 역학을 고려하여 객체가 복원 시간 동안 현재 위치와 속도에 대하여 방문할 수 있는 추적 영역이다. 추적 윤곽선의 현재한 기억은 추적 원에서 객체의 탐지 확률이 낮은 영역을 제거한다는 것이다. 최소 윤곽선은 객체 추적을 위해 소모되는 시스템의 계산량을 최소화하기 위하여 주어진 객체의 속도에 대한 추적 윤곽선이다.

2.2 제안하는 방법의 주요 아이디어

제안하는 최소 윤곽을 기초로 하는 알고리즘의 주요 내용은 객체 추적 영역의 최소 범위를 결정하기 위하여 이용된 추적 영역을 극소화하기 위한 것이다. 기존의 방법은 항상 임의의 행보로 모델화되는 객체의 주위에 추적 사각형을 이용한다. 이러한 접근이 간단할지라도, 어떤 한정된 시간 안에서 사각형을 기초로 하는 추적 영역의 절반 이상이 객체에 의해 방문될 수 없다[3,4].

제안하는 방법은 그러한 짧은 시간 이내에 객체가 방문할 수 없으며 탐지 확률이 낮은 영역을 제거하는 객체의 운동학을 이용한다. 제안하는 방법에서 추적 윤곽선의 모양은 객체의 움직임에 따라 사각형에서 윤곽선(예를 들면, 다각형과 같은 모양)으로 변화한다. 즉, 움직이는 객체가 동작 상태를 멈추거나 다시 움직일 때 다각형과 같은 윤곽선으로 변화한다.

3. 제안하는 방법의 설계

3.1 최소 윤곽선 추적 알고리즘

최소 윤곽선 추적을 위한 제안하는 방법의 모델은 객체의 운동학을 기초로 복원 시간 동안 객체가 도달 할 수 있는 영역을 포함하는 대략적인 다각형으로써 표현되어진다[5,6]. [Fig. 1]은 단순하게 사각형 영역 안에서 추적하는 객체의 추적 영역의 예를 보여준다. [Fig. 1]에서 윤곽선의 영역이 항상 사각형 영역의 부분 집합이란 것을 알 수 있다. 따라서 객체 탐지와 영상 데이터 전송을 위한 데이터 량은 윤곽선 추적이 사각형 추적보다 더 적으며 윤곽선 추적을 기초로 하는 방법이 사각형을 기초로 추적하는 방법 보다 훨씬 더 통신 부하를 줄일 수 있다.

[Fig. 1] Simple Object Tracking

제안하는 방법에서는 객체 추적을 위한 통신 부하를 극소화하는 3개의 설계 목표가 있다. 첫째는, 최소 윤곽선을 위한 복원 시간의 최적화이고 둘째는 영상 데이터 전송의 관점에서 통신 비용의 최소화이다. 셋째는, 객체의 탐지를 위한 응용 프로그램의 계산량의 최소화이다.

복원시간은 객체의 속도가 주어진 윤곽선의 크기를 결정한다. 즉, 복원 시간이 더 크면 윤곽선이 더 크다.

제안하는 방법에서는 객체 추적을 위하여 통신 부하를 최소화 할 수 있도록 하는 최적의 복원 시간을 사용한다. 이 복원 시간은 통신 비용, 계산 비용, 그리고 객체 탐지 비용과 같은 추적을 위한 모든 동력 비용을 고려하여 최적의 시간이 선정된다. 탐지된 객체에 대한 추적에서 영상에 대한 계산 기술은 통신 비용 감소를 위해 조정되어진다. CCTV 카메라와 같은 감지 장치가 객체의 움

직임 정보(즉, 위치와 속도)와 복원 시간 및 영상 안에 있는 객체의 추적 계산량을 줄이기 위하여 지역적으로 결정될 수 있다.

제안하는 방법의 목표는 다음과 같은 조건을 만족시키기 위하여 서베일런스 네트워크의 생명 주기를 확대하기 위한 것이다. 첫째, 이 방법은 객체 추적시 객체를 잃어버리지 않고 추적하는 것을 보장하기 위한 것이고 두 번째는 탐지된 객체의 영상을 서버로 전송시 통신 부하를 줄이기 위하여 객체의 속도에 적합한 최소 윤곽선을 사용하기 위한 것이다.

제안하는 방법에서는 객체를 검출하는 시스템이 객체 지역화 방법을 통해 이동 객체의 위치와 속도를 알 수 있다고 가정한다[7,8]. 클라이언트 역할을 하는 감시 카메라가 탐지된 객체의 움직임 정보를 네트워크를 통해 서버로 전송한다. 서버는 최소 윤곽선 정보를 포함하고 있는 전송된 영상 데이터를 수신할 때, 그 객체가 최소 윤곽선에 속하는지 아닌지를 결정한다.

객체가 새로운 윤곽선에 속하는 경우에, 객체 추적을 위해 준비된 다른 카메라를 작동시키고 이웃하는 카메라들에게 그 메시지를 중계한다.

3.2 추적 윤곽선의 모델링

본 논문에서는 이동하는 객체가 사람이라고 가정한다. 제안하는 방법에서는 사람의 운동학을 기초로 하는 사람의 움직임을 정의하고 추적 윤곽선을 만들 수 있다. [Fig.2]는 2차원 동일 좌표계에서 사람의 운동학적 모델을 보여준다.

객체의 현재 위치를 (X_0, Y_0) 라고 하자. θ_0 는 객체의 방향이고 V_0 는 객체의 속도이다. ΔT 는 복원 시간이다. $(X \ \Delta T \ Y \ \Delta T)$ 는 ΔT 후의 목표물의 위치이다. 제안하는 방법에서는 세 종류로 객체의 움직임을 나눈다. 즉, 직선 움직임과 좌로 돌기, 그리고 우로 돌기이다. 제안하는 방법에서는 3개의 형태의 움직임으로 추적 윤곽선을 표현하는 하나의 다각형을 만들 수 있다.

$p = (x, y)$ 는 x 가 x-coordinate, y 가 y-coordinate인 객체의 위치 벡터이다. $m = (v, \theta)$ 는 v 가 객체의 속도이고 θ 가 객체의 움직이는 방향인 객체의 움직임 벡터이다. 따라서, 윤곽선은 사각형 보다 더 적은 계산량으로 객체를 추적하는 것을 허용할 수 있다. 다시 말하면 윤곽선 영역 안에 있는 객체 영상만을 서버에 전송함으로써 통

신 부하를 줄일 수 있다.

[Fig. 2] The homogeneous coordinate systems for the 3D human model

[Fig.3]은 추적 윤곽선을 구성하는 절차를 보여준다. 직선 움직임은 [Fig.3]의 (a)와 같이 두 지점이 주어진다. 첫 번째 점은 객체의 현재 위치인 (X_0, Y_0) 이다. 두 번째 $(X \Delta T, Y \Delta T)$ 는 객체가 현재 속도와 최대 가속도로 갈 수 있는 거리에 의해 (X_0, Y_0) 로부터 떨어진 지점이다. 점 $(X \Delta T, Y \Delta T)$ 는 객체 움직임 변화 과정을 통해 계산될 수 있다[9]. [Fig.3]의 (b)에서 같이, 왼쪽 점들은 이산적으로 0부터 왼쪽으로 최대 방향각까지 방향각이 변화되는 것에 의한 객체의 이동 과정을 통해 얻어질 수 있다. 같은 방식으로, 오른쪽 점들은 이산적으로 0에서 오른쪽으로 최대 방향각까지 방향각을 변화시키기에 의하여 얻어질 수 있다. 얻어진 점은 [Fig.3(c)]와 같은 다각형으로 구성된다.

이 다각형은 추적을 위해 계산되어지는 객체 추적 시스템에 의해 사용된다. 다각형 안쪽에 있는 영상 데이터들만이 서버로 전송되므로 통신 부하량을 줄일 수 있다.

복원 시간이 객체의 한번 움직이는 시간 이하일 때, 윤곽선 추적은 놓치는 것 없이 이동 객체의 추적을 보장한다[10]. 윤곽선 추적은 이동 객체에 의하여 방문되는 모든 가능한 영역을 포함하기 때문에, 이 방법은 놓치지 않는 객체 추적을 보장한다. 복원 시간이 한번 움직이는 시간보다 더 클 때 윤곽선 추적이 사각형 기반 추적보다 더 적다고 주장하기는 힘들다.

사실, 대부분의 경우 최적의 복원 시간이 복원 시간의

(a) Two-dimensional projection images of people

(b) Angle according to the direction of movement of people

(c) Detected a polygonal area of people

[Fig. 3] Contour extraction of detected people

최적화를 통해 한 번 움직이는 시간보다 적기 때문에 복원 시간이 한번 움직이는 시간 보다 클 경우에 대해 고려할 필요가 없다[11]. 게다가 좀 더 빠른 속도로 움직이는 객체는 최대로 움직인다는 것은 사람이 넘어질 수 있기 때문에 최대의 방향각으로써 오른쪽 또는 왼쪽으로 급하게 움직이는 것을 고려할 수 없다.

3.3 최소 윤곽선을 위한 복원 시간의 최적화

본 논문에서는 객체 추적을 위한 최소한의 영상 데이터를 이용하는 윤곽선 기반 추적을 위하여 최적의 복원 시간을 이용한다. 이 방법은 객체의 현재 속도에 따라 복원 시간을 최적화 한다.

3.4 통신 비용의 최소화

통신의 비용은 객체 추적 안에서 객체 영상에 대한 계산량의 중요한 요소이기 때문에 제안하는 최소 윤곽선 방법에서 그런 비용을 감소시키는 것은 서버일런스 시스템에서 상당히 중요하다.

3.5 객체 지역화를 위한 측정 실패의 처리

객체 탐지시 지역화는 이동할 수 있는 객체의 가능성 있는 위치를 찾아내기 위하여 이용된다. 이동 객체의 방향 및 속도를 측정하기 위하여 두 개 이상의 지역화는 각 지역화가 시간과 객체 위치의 한 쌍을 제공한다. 제안하는 방법은 지금까지 지역화가 이러한 객체의 현재 위치와 속도, 방향을 주기 위하여 수행되어진다고 가정한다. 그러나, 이 방법에서도 실제로는 모든 지역화 방법에 측정 실패가 있기 때문에 더 사실적인 추적 윤곽선을 만들어야 한다.

[Fig.4]는 최소 윤곽선을 기초로 찾아진 사람을 추적하는 것을 보여준다. 영상의 잡음 제거를 위한 전처리 과정과 평가 후에, 윤곽선 영상은 최초의 윤곽 픽셀을 찾기 위하여 왼쪽 행과 오른쪽 행들의 점에 대하여 검색된다.

[Fig. 4] Tracking of an object based on minimal contour

영상을 위에서 아래로, 왼쪽에서 오른쪽으로 스캔하면서 객체 픽셀을 찾는다. 객체에 대한 픽셀을 찾으면 이 좌표를 시작으로 윤곽선 추적을 시작한다. 윤곽선 추적 진행 방향에 객체 픽셀이 존재하는지를 판단한다[12].

처음에, 현재 행과 이전행의 열의 값들 사이의 차이값

이 계산되어 진다. 이 값은 밝기 값 변화를 기초로 계산된다. 두 번째로, 이전의 수직 값이 검사되어 진다. 사람이 정사각형 안에서 움직인다고 제한될지라도, 중앙의 수직 값은 거의 변화가 없다. 그것은 공이나 사람과 같은 대칭적 객체의 윤곽선을 찾은 것은 한쪽 면의 윤곽선을 찾으면 다른 쪽의 윤곽선을 찾는 것은 아주 쉽기 때문이다.

4. 실험 결과

실험은 실험실에 서버 컴퓨터를 설치하였으며 실험실 외부에서 PC를 각각 5대를 두고 각 PC에 한대의 웹 카메라를 설치하여 진행하였다. 실험에서는 거리를 멀리하기 위하여 차량으로 약 한 시간 정도 떨어진 거리에 PC 5대를 이용하여 웹 카메라로부터 얻어진 영상 데이터를 실험실의 서버로 전송하였다. 실험실의 네트워크 사양은 100Mbps LAN이었고 외부에 있는 PC에 연결된 네트워크의 속도는 주로 가정용 케이블 LAN을 이용하였기 때문에 가정별로 또는 시간대별로 네트워크 속도에 차이가 조금 발생하였다.

실험은 총 50번을 진행하였으며 영상 데이터 전송이 성공한 경우는 43번 이었으며 실패한 경우는 5번이었고 영상 데이터 판독이 불가능한 경우는 2번이었다.

다음 [Fig.5]는 기존의 사각형 기반 객체 추적 방법을 이용하여 카메라로부터 획득된 영상을 실험실의 서버로 전송할 때의 전송 데이터량을 보여준다.

실시간으로 검출된 객체 이미지를 서버로 전송시 기존의 방법을 이용하였을 때 보다 최소 윤곽선을 기초로 한 전송 방법이 데이터량을 훨씬 더 감소시켰으며 객체에 대한 인식과 인증면에서 더 강인한 면을 보여준다.

이는 기존의 방법에서 객체의 영상을 본래의 데이터 그대로 벡터화하는 것과 최소 윤곽선을 기초로 획득된 영상에 대한 벡터화 방식이 차이가 없음을 알 수 있다. 차영상을 이용한 객체의 최소 윤곽선만을 기초로 추적하는 방법이 실시간으로 영상을 전송하여 객체 인식을 하는 면에서 더 강인한 면을 보여준다.

Server(Lab.)-The camera is installed in the PC (EXT1)

[Fig. 5] Transmission of image data based on square-based tracking method

Server(Lab.)-The camera is installed in the PC (EXT1)

Server(Lab.)-The camera is installed in the PC (EXT 2)

[Fig. 6] Transmission of image data based on minimal contour

[Fig.6]은 본 논문에서 제안하는 최소 윤곽선 기반 방법을 이용하여 카메라로부터 획득된 영상을 실험실의 서

버로 전송할 때의 전송 데이터 량을 보여준다.

[Fig.7]은 두 방법간의 수신율을 비교한 결과 그래프이다. 그래프에서 보라색과 옥색은 각각 최소 윤곽선 방법으로 실험한 결과이고 주황색은 기존의 방법으로 실험했을 때의 결과를 보여준다. [Fig.7]에서 보는 바와 같이 최소 윤곽선 방법을 이용하여 객체에 대한 영상 데이터를 서버로 전송하였을 때 수신율이 훨씬 더 높고 시간도 더 단축됨을 알 수 있었다. 이로 인해 서베일런스 네트워크에서 평균 30%정도의 통신 부하가 감소됨을 실험을 통해 파악 할 수 있었다.

실험에서는 네트워크의 중간 노드에 해당하는 컴퓨터들의 전송 속도나 대역폭을 고려하여 5대의 PC 중에서 50번의 실험 동안에 각각 10번씩 교대로 진행하였다. 가정용 PC에서 10Mbps 정도의 속도로 나오는 경우에 실패할 가능성이 있었다.

Server(Lab.)-The camera is installed in the PC (EXT 1)

[Fig. 7] Comparison between the two methods

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 사람의 운동학을 기초로 윤곽선 추적이라 일컫는 최소 추적 영역을 이용한 최소 윤곽선 추적 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 이동하는 객체의 움직임 동안에 객체 영상의 데이터 전송량을 줄임으로써 서베일런스 네트워크에서 통신 부하를 최소화 시킨다. 실험에서는 카메라에서 들어온 객체에 대한 영상 데이터가 서버로 전송 시 기존의 사각형 기반 추적 방법보다 최

소 윤곽선 방법을 이용하는 것이 데이터 량이 더 줄어 들 수 있음을 보여주었다. 향후에는 제한하는 방법을 다른 물체에도 적용시키고 객체가 다른 물체에 의하여 일부분 숨겨졌을 때 객체의 원 영상을 복원하여 인식할 수 있도록 개선시켜야 한다.

REFERENCES

- [1] W. Zhang and G. Cao, Dynamic Convoy Tree-Based Collaboration for Target Tracking in Sensor Networks, IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 3, No. 5, September 2004.
- [2] D. R. Kincaid and W. W. Cheney, Numerical Analysis: the Mathematics of Scientific Computing, Van Nostrand, 1991.
- [3] S. M. LaValle, Planning Algorithms, Cambridge University Press, 2006.
- [4] J. O'Rourke, Computational Geometry in C, 2nd Edition, Cambridge University Press, 1998.[5] Liu. Chengjun ; H.Wechsler.; "Enhanced Fisher linear discriminant models for face recognition," Pattern Recognition, 1998. Proceedings. Vol. 2, 16-20 pp: 1368-1372, Aug.1998
- [5] S. J. Maybank, A. D. Worrall and G. D. Sullivan, Filter for Car Tracking Based on Acceleration and Steering Angle, British Machine Vision Conference, 1996.
- [6] J. L. Hill and D. E. Culler, Mica: a Wireless Platform for Deeply Embedded Networks, IEEE Micro, Vol. 22, Nov/Dec 2002.
- [7] V. and P. R. Kumar, Principles and Protocols for Power Control in Wireless Ad Hoc Networks, IEEE J. Sel. Areas Commun. (JSAC), Vol.1, pp.76 - 88, January 2005.
- [8] V. Kawadia and P. R. Kumar, Power Control and Clustering in Ad Hoc Networks, IEEE Infocom, March 2003.
- [9] Y. Ko, V. Shankarkumar and N. H. Vaidya, Medium Access Control Protocols Using Directional Antennas in Ad Hoc Networks, IEEE Infocom,

March 1999.

- [10] A. Aljadhari and T. F. Znati, Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments, IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), Vol. 19, No. 10, October 2001.
- [11] P. Phillips, "The FERET Database and Evolution Procedure for Object Recognition Algorithms," Image and Vision Computing, Vol. 16, No. 5, pp. 295-306, 1999.
- [12] J. W. Ko, K. Y. Chung, J. S. Han, "Model Transformation Verification using Similarity and Graph Comparison Algorithm", Multimedia Tools and Applications, 2013. Doi: 10.1007/s11042-013-1581-y

강 성 관(Kang, Sung-Kwan)

- 2001년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학부 (공학사)
- 2005년 8월 : 인하대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 인하대학교 컴퓨터정보공학부(박사과정)
- 관심분야 : 컴퓨터 비전, HCI
- E-Mail : kskk1111@empas.com

박 양 재(Park, Yang Jae)

- 1990년 8월 : 인하대학교 정보공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학박사)
- 2001년 2월 ~ 2002년 12월 : ㈜이메디피아 원격 의료 연구소 연구소장
- 1993년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 IT대학 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : HCI, 영상처리, 모바일 네트워크, 비전시스템, 조명시스템.
- E-Mail : parkyj@gachon.ac.kr