

원저

주성분 요소분석방법을 이용한 거실에서의 노인 움직임 - 영상감시를 위한 알고리즘 연구 -

서덕찬^{2,3}, 유선국^{1,4}, 최귀원³, 김동근², 김정채^{2,5,6}

연세대학교 의과대학 의학공학교실¹, 연세대학교 생체공학 협동과정², 한국과학기술연구원 의과학연구센터³,
이동형 응급의료정보시스템 개발센터⁴, 신호처리 연구센터⁵, 개인식별 연구소⁶

Advanced algorithms of motion estimation for an elder at living room using Principal Component Analysis

Duckchan Seo^{2,3}, Sun K. Yoo¹, Kuiwon Choi³, Dongkeun Kim², Jungchae Kim^{2,5,6}

Dept. of Medical Engineering, Yonsei Univ. College of Medicine¹, Graduate School of Biomedical Engineering, Yonsei Univ.²,
Biomedical Research Center, Korea Institute of Science and Technology³, Center for Emergency Medical Informatics⁴,
Signal Processing Research Center⁵, Human Identification Research Center⁶

Abstract

Objective: Development of telemedicine for an elder has been an important research area in an aging society, and effective Personal Emergency Response System(PERS) can provide exact medical decision and prompt treatment under emergency conditions. Previous studies have been focused on adapting troublesome sensors or passive calling system to monitor the old in their house. However, these previous systems might have limited applications due to its difficulties in usage and restraints in their daily activities, especially in the emergency. **Methods:** In this study, the real time algorithms using surveillance camera was developed to monitor their pose change, such as emergency and falling motion. To estimate the motion of elder people, this research use a ratio of eigenvectors of the Principal Component Analysis (PCA) technique. **Results:** In this system, no additional motion sensors or devices were applied to the object and it can be automatically controlled and monitor the old from a distance. It was found that this system can successfully monitor the old in living room regardless of surveillance camera angles and a silhouette size depending camera distance as using image processing and PCA. **Conclusion:** This algorithm was validated by experiments in a living room and this technique can be applicable to home monitoring and further applications. (*Journal of Korean Society of Medical Informatics 13-3, 299-308, 2007*)

Key words: Principal Component Analysis, Telemedicine, Surveillance Monitoring, Falling Detection Algorithms

논문투고일: 2006년 11월 20일, 심사완료일: 2007년 8월 11일

교신저자: 유선국, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 의학공학교실

전화: 02-2228-1919, Fax: 02-363-9923, E-mail: sunkyoo@yumc.yonsei.ac.kr

* 본 연구는 2007년도 보건복지부지정 특정센터연구지원 연구개발 사업 연구비에 의하여 연구되었음(과제번호: A020608).

I. 서론

최근 노인인구의 비율이 증가함에 따라 집에서 혼자 생활을 하게 되는 노인들이 많아지고 있다. 이런 노인들은 집안에서 다른 사람의 도움을 받지 못하는 상태에서 갑작스러운 건강이상이나 외부적인 요인으로 위험한 상황에 처하는 경우가 있다¹⁾. 이에 따라 노인들의 운택한 생활을 지원해주기 위한 의료복지와 모니터링에 대한 관심과 연구가 늘어나고 있다.

개인의 건강을 감시하는 시스템(Personal emergency response system)은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫 번째, 의사나 간호사가 직접적으로 건강상태를 체크하는 방법이 있다. 두 번째로 환자 몸에 전파식별기(RFID), 가속계(accelerometer), 압력센서 등의 센서를 착용하여 생체신호와 보행상태를 감시하는 시스템이다²⁾. 마지막으로 적외선, CCTV 카메라와 같은 영상장비를 이용한 영상기반의 감시 시스템이다³⁾. 사람이 직접 사람의 건강상태를 감시하는 방법이 가장 좋겠지만 24시간 감시가 불가능하고 많은 비용과 인력의 낭비로 현실적으로 적용이 어렵다. 다음으로 사람의 몸에 센서를 부착하는 감시시스템은 신체에 센서를 부착하고 정보전송을 위한 추가적 장비가 필수적이다. 건강상태를 감시하기 위해서 항상 몸에 착용을 해야 하기 때문에 사용자의 활동에 불편함은 물론 장비의 잘못된 작동을 막기 위해서 훈련과 숙련기간이 필요하다는 단점이 있다⁴⁾. 하지만 마지막으로 언급한 영상기반의 시스템은 이러한 다른 시스템의 단점을 보완할 수 있을 것으로 보인다. 입력되는 영상데이터를 실시간 영상처리 하면 자동으로 사람의 움직임 판단이 가능하다. 본 논문도 이러한 이유에서 영상기반으로 노인의 움직임을 감시하여 위급한 상황을 판단하고자 하였다.

하지만 현재 진행되고 있는 기존의 영상기반 홈모니터링 시스템의 연구들은 미흡한 점들이 몇 가지가 있다. 영상기반의 시스템은 움직임을 센싱 하는 카메라의 각도와 사람의 자세상태, 카메라와 사람과의 거리 그리고 빛의 밝기 문제에 따라 영상처리의 결과가 달라 질 수 있다⁵⁾. 이러한 문제점들로 인해 입력 영상신호를 이용하여 사람의 자세를 분석하는 다른 연구들은 사람의 실루엣의 크기를 보정하는 전처리 과정을 필요로 한다⁶⁾. 이러한 경우 카메라와 사람 사이의 거리가 중요한 요소가 된다. 또한 카메라의 관점이나

각도(Camera phase)에 따라서 사람의 자세가 서있는 상태인지 넘어져 쓰러지거나 움츠리고 있는 상태인지 혼동할 수 있다. 그래서 기존의 연구들은 사람의 자세를 수동적으로 초기화 하거나 여러 각도의 영상으로 3차원 모델을 이용하여 자세분석을 시도하거나 또는 사람의 자세에 대한 패턴이나 데이터에 대한 프로그래밍적인 숙련과정을 통해 자세분석을 하였다^{6),7),8)}. 본 논문에서는 기존 연구의 복잡한 알고리즘과 계산방식을 탈피하여 주성분 요소 분석방법(Principal Component Analysis, PCA)의 고유벡터(eigenvector)를 이용하여 모니터링 카메라의 거리와 각도에 독립적으로 사람의 넘어짐과 같은 자세의 변화를 검출하는 알고리즘을 연구하였다. 이러한 알고리즘의 성능평가는 노인의 넘어지는 사고발생이 많은 거실에서 시행하였으며 다만 실험환경인 거실과 실내에서 빛의 변화가 없다는 가정 하에 실험을 진행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 영상 전처리 과정

주성분 요소분석방법의 적용에 앞서 일단 카메라를 통해서 들어오는 영상의 배경으로부터 사람의 실루엣을 분리해 내는 전처리가 필요하다. 전처리 과정에서 중요한 점은 노이즈의 영향을 최대한 억제하면서 사람의 실루엣을 배경으로부터 정확히 검출하는 것이다. 본 논문에서는 여러 영상처리 과정을 단계적으로 적용하였다(Fig. 1).

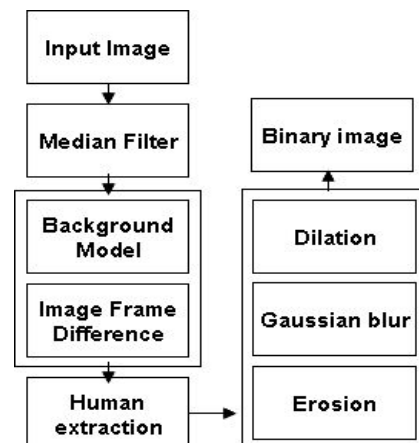


Figure 1. Image pre-processing diagram

카메라를 통해서 촬영되는 영상을 5x5의 미디언 필터를 통해 영상의 전송과 코딩과정에서 생긴 Salt and peppers 노이즈와 같은 랜덤 노이즈를 제거하였다. 평균필터로 노이즈를 제거한다면 노이즈의 영향이 주변의 영역에 크게 미쳐 영상정보의 손실을 주므로 비선형적 특징이 있는 미디언 필터를 사용하였다. 미디언 필터는 비선형적인 특성을 지니고 있는 신호들에게 적합한 필터로 영상에 처음으로 적용하여 노이즈를 제거함과 동시에 스무딩의 효과로 경계선 검출과 영역구분에 도움을 준다. 다음으로 배경에서 움직이는 사람을 분리해내는 과정을 수행하였다. 사람이 카메라의 촬영범위에 들어오지 않을 때의 배경영상의 10개의 프레임의 평균값을 구하여 배경모델 (Background model)을 구축하였다. 미리 구축된 배경모델을 가지고 사람이 영상에 들어오는 시점부터 차이값으로 배경에서 사람을 분리하는 방법을 구현하였다. 또한 이와 함께 매시간 프레임 간의 영상정보 차이를 구하여 함께 사람을 검출하였다. 프레임간의 영상정보 차이를 통한 방법은 사람의 움직임이 있는 프레임 사이에서 경계선 정보가 검출된다. 배경모델로부터 분리한 사람 실루엣과 프레임간의 영상정보의 차이를 통해 얻은 실루엣의 두 방법의 결과를 동시에 적용하여 배경으로부터 사람을 검출했다 [식. 1](Fig. 2).

사람 검출결과에서 사람 주변부와 배경들에 노이즈가 발생하는데(Fig. 2-b) 이를 제거하기 위해 본 연구에서 사용한 160x120 크기의 영상에서 사람의 실루엣을 제외한 노이즈의 크기를 분석하여 적합한 모폴로지 기법(Morphological processing)의 6x6의 필터를 적용하여 erosion과 dilation 처리를 하였다. 모폴로지 처

리과정 중간에 가우시안 함수의 컨볼루션으로 영상의 남은 노이즈가 dilation과정으로 노이즈 영향이 증가하는 것을 막기 위해 블러링과 사람의 실루엣의 경계를 스무딩 시켰다. 마지막으로 이 결과를 이진화 하여 이진영상을 얻었다. 이진화를 하는 문턱치값은 영상의 히스토그램 분석 후 적절한 문턱치값을 선택하였다.

2. 주성분 요소분석방법 적용

PCA는 최근에 많이 사용하는 데이터와 신호를 분석하는 기술이다¹³⁾. 데이터들이 많은 차원이나 상관관계를 가지고 분포하고 있을 때 PCA는 이러한 다차원이나 많은 상관관계들을 줄여 데이터들의 관계와 패턴을 쉽게 분석할 수 있도록 처리를 한다. 또한 동일한 시간의 공간에서는 데이터들의 분산이 가장 큰 방향의 벡터를 구함으로써 데이터들의 분산 패턴을 알 수도 있다⁹⁾. 동일한 시간의 차원에 분포하는 데이터 집단의 경우, 데이터의 분산정도에 따라 (식. 2)와 같은 수식으로 데이터 집단의 요소들로 표현 할 수 있다.

$$x = \sum_{i=1}^n a_k e_i \quad a_k : \text{principal component } e_i : \text{eigenvector (식. 2)}$$

본 논문에서는 영상의 전처리를 통해 얻은 사람의 실루엣에 주성분 요소 분석방법을 적용하여 앞서 언급한 기존의 영상 모니터링에서 문제점으로 지적된 카메라와 사람과의 거리, 카메라 각도에 독립적으로

$$\text{Human extraction} = \text{Difference of background model} + \text{Difference of frames} \quad (\text{식. 1})$$



(a) Input image



(b) Extraction of human silhouette

Figure 2. Result of extraction of human silhouette

사람의 자세를 분석할 수 있는 알고리즘을 개발하고자 한다.

영상에 존재하는 실루엣에 PCA를 적용하면 데이터들의 분포에 대하여 중요도에 따른 벡터들이 서로 직교하여 나타나게 된다^{9),10)}. 각각의 벡터들은 데이터 집단에서 차지하는 중요도에 따라 고유값의 크기를 다르게 가지게 된다. 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 시간에 따른 각각의 사람의 실루엣의 고유벡터들의 길이의 비를 중요한 요소로 사람의 자세의 변화를 관찰하고자 하였다. 여기서 고유벡터 간의 길이의 비는 2차원 영상에서 첫 번째 주성분 요소에 대한 두 번째 주성분 요소의 비를 말하는 것으로 또한 달리 말해서 고유벡터의 길이의 비는 각각의 고유값의 비와도 동일한 요소로 볼 수 있다. 따라서 사람의 자세의 변화, 즉 개체의 넘어짐을 영상내의 실루엣의 고유값들 간의 갑작스러운 변화로부터 검출할 수 있게 된다. 기존에 연구된 카메라 각도에 따른 사람 머리의 위치지정이나 사람 자세에 의한 형상 분석방법과 달리 제안한 방법은 카메라의 거리와 촬영 각도에 독립적으로 급격한 자세의 변화를 검출할 수 있게 된다.

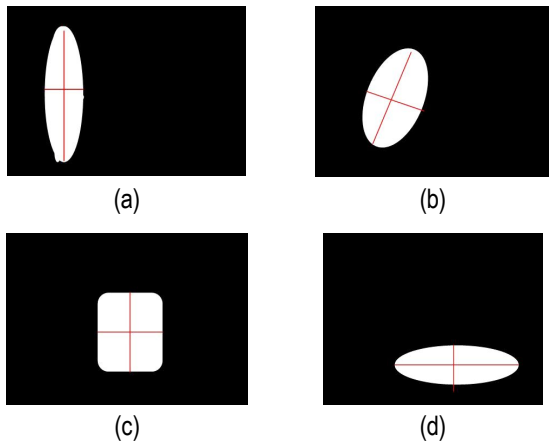


Figure 3. Diagram of PCA algorithms application for motion estimation

Figure 3은 사람의 넘어지는 과정을 단순화 하여 나타낸 것으로 구부리거나 움츠러 들며 쓰러지는 자세를 전제로 한다. Figure 3을 보면 각각의 모양이 다른 (a),(b),(c),(d) 이진영상의 실루엣의 고유벡터들의 길이가 각각 다르다는 것을 알 수 있다. (a)와 (d)의 2개의 고유벡터의 고유값의 비는 (c)의 벡터의 고유값 비보다 작다. (a)의 경우 데이터들의 최대 주성분 요소에

해당하는 1st 주축에 대한 두 번째 주성분 요소에 해당하는 2nd 주축의 고유값 비는 (b)와 (c)보다 작은 값이 나오게 된다. (c)의 경우 넘어지는 동작과정에 사람의 몸이 움츠리는 형태에 들면서 몸의 형태가 서있는 경우(a)와 쓰러진 후 (d)보다 각각의 고유벡터의 길이가 동일한 크기가 되면서 그에 해당하는 고유값의 비는 이전의 서있는 경우보다 증가하게 된다. 따라서 고유값의 비가 변화하는 것을 시간에 따라 추적하면 노인의 넘어짐을 검출할 수 있다. Table 1은 노인의 넘어짐 모니터링에 적용한 주성분 요소 분석방법을 정리한 것이다.

Table 1. Proposed algorithms flow for falling detection of an elder

<ol style="list-style-type: none"> 1. Compute the ratio of eigenvalue parameters about initial human pose - $r(t) = \text{ratio 2nd eigenvalue to 1st eigenvalue at time } T$ 2. Continuously estimate the ratio of eigenvalue parameters at constant time intervals - $r(t+1) = \text{ratio 2nd eigenvalue to 1st eigenvalue at time } (T+1)$ 3. Detect rapid change the ratio of eigenvalue parameters about human pose - $\Delta r = r(t)-r(t+1)$ at time ΔT within threshold value 4. Determine a falling of human pose or normal pose 5. Iteration of step 1 about sequential input images
--

Step 1, 2 에서 사람이 서있는 동작에서부터 넘어짐이 발생하여 쓰러져서 거실에 누워 있을 때까지 고유값의 비 $r(t)$ 를 측정한다. 각각의 시간에 따른 $r(t)$ 의 변화 Δr 을 관찰하여 넘어짐으로 인해서 고유값의 비가 증가하였다가 넘어진 후에 다시 감소하는 피크를 step 3에서 검출한다. 이러한 알고리즘의 PCA에서 고유벡터의 1st, 2nd 주축의 방향이 서있는 경우와 쓰러진 경우에 방향이 바뀌어도 시간에 따른 고유벡터간의 비, 즉 고유값의 비의 변화로 모니터링 카메라의 각도와 거리에 독립적으로 넘어짐을 판단할 수 있다. 고유값의 변화가 발생되지 않으면 다시 첫 번째 단계로 다시 돌아간다.

3. 알고리즘 성능평가

실험의 조건에서 빛의 세기의 조건은 변화가 일어나지 않는다는 조건하에 알고리즘 평가를 위한 실험을 설계하고 수행하였다.

집안의 실내에서 사람의 움직임 영상을 얻는 카메라들은 초당 15 프레임을 영상을 제공하고 0.5 sec 간격으로 주성분 요소분석방법 알고리즘을 적용하여 사람의 자세를 분석하며 넘어짐을 감시하였다. 처리하는 영상의 크기는 가로 160 pixels, 세로 120 pixels이며 알고리즘의 구현은 MATLAB 7.1(MathWorks, Natick Massachusetts)을 이용하였다.

먼저, 노인의 넘어지는 움직임을 감시하기 위한 주

성분요소 방법이 실제로 넘어짐을 검출할 수 있는지 실험을 하였다. Figure 4의 (a), (c)와 같이 실내 거실에서 활동을 하거나 Figure 4의 (b)경우처럼 소파에 앉아 있다가 일어서다 넘어지는 행위에 대한 실험을 하였다.

두 번째로, 거실에 카메라를 통해 입력되는 영상을 여러 각도로 촬영을 하도록 설치하고 각각의 다른 각도 조건으로 사람을 촬영하면서 주성분요소 알고리즘을 적용하여 넘어짐을 모니터링 하였다. 마지막으로 거실에서 사람과 카메라의 거리를 다르게 하여 실험을 하였다(Fig. 5). Figure 6은 카메라 각도와 거리조건을 달리하여 서로 다른 카메라를 통해 얻은 영상 이미지이다.

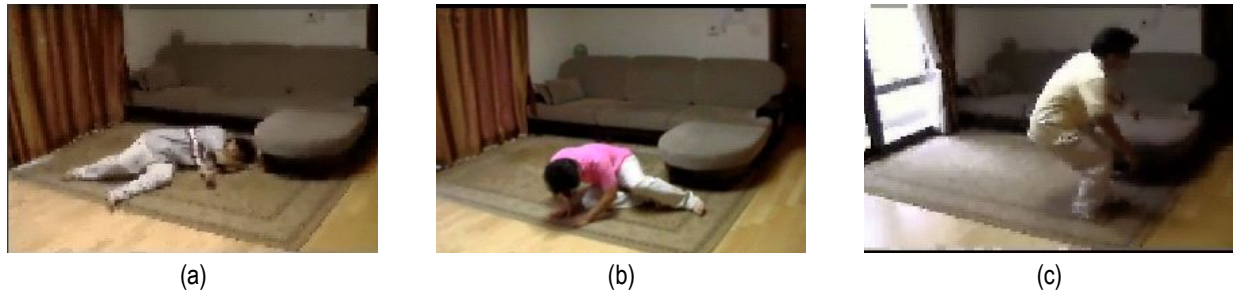


Figure 4. Application experiment of PCA algorithms in a living room

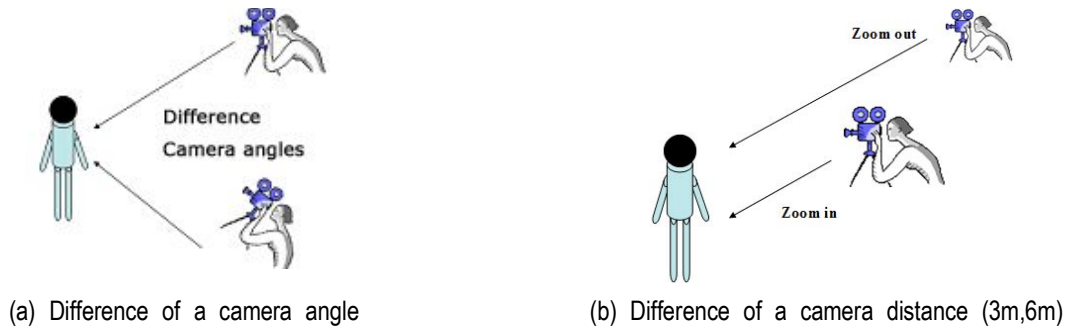


Figure 5. Camera angle and distance experiments

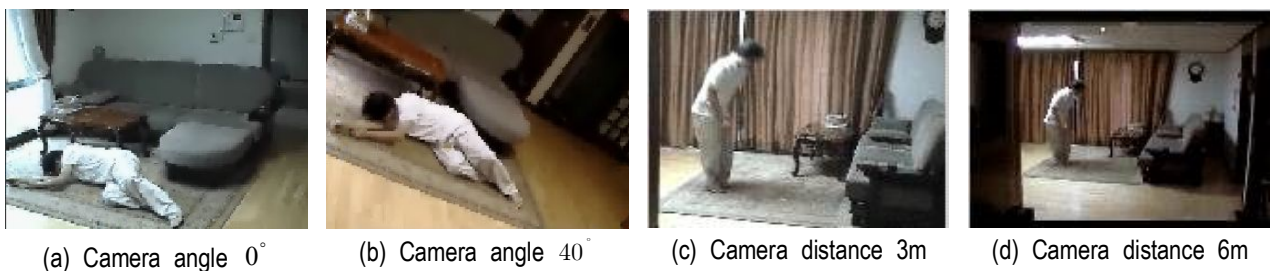


Figure 6. Images by different camera angle and different distance experiments

Ⅲ. 결과

1. 실내 거실에서의 주성분 요소분석방법 적용 결과

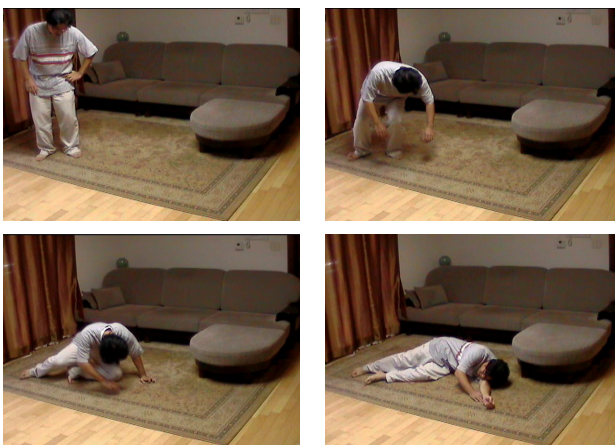
본 논문에서 연구하여 구현한 알고리즘을 실제 집안의 거실에서 사람의 움직임을 카메라를 통해 얻어 검증 하였다. 거실에서 사람의 움직임을 연속적인 시간의 흐름에 따른 고유값의 비를 분석하여 넘어짐과 같이 사람의 자세가 급격하게 변화하는 시점을 검출 하였다. Figure 4와 같이 거실에서 활동을 하다가 넘어지는 시점에서 본 논문에서 제시한 주성분 요소 분석방법에 의해서 특징적인 고유값들의 비의 변화가 일어나는 것을 확인하였다.

본 실험은 CCD 카메라를 통해 입력되는 15 f/sec의 영상을 초당 2~3장의 이미지로 캡처 하였다. 정오에 해당하는 실내 거실의 빛 조건 아래에서 미디안필터 단계와 배경모델의 차영상 방법으로 사람을 배경으로부터 분리한 결과 이미지에 모폴로지 방법과 문턱치 방법을 통해 남아있는 그림자와 빛에 의한 노이즈도 제거되었다. 이러한 영상전처리 결과인 이진영상을 가지고 본 논문에서 제시한 주성분 요소 분석방법을 이용한 알고리즘으로 Figure 7의 (a)와 같은 행위에 대해서 넘어짐을 분석하였다(Fig. 7 (b)).

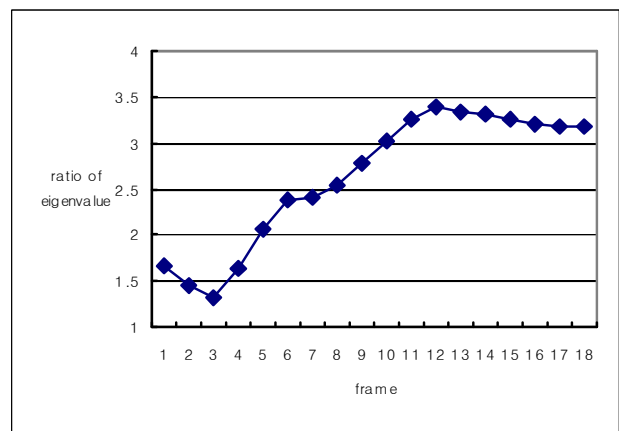
넘어짐이 발생하기 전에 거실에서 걸어 다니는 동안에 작은 고유값들의 비의 변동이 일어나다가 넘어짐이 발생하면 고유값의 비가 증가한 후 바닥에 완전히 쓰러지는 자세 변화가 일어나면 다시 고유값의 비

가 감소하는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 수직의 스탠딩 상태의 자세는 고유값의 비가 작지만 위급한 상황과 같이 넘어지는 등의 자세에서는 몸이 움추러 지기 때문에 고유값들 사이의 비율이 증가하게 된다. 다시 넘어져 바닥에 쓰러지거나 누운 시점에는 몸의 자세가 길어지기 때문에 고유값들의 비가 다시 작아진다.

Figure 8에서 서 있는 상태에서 넘어짐이 발생되어 사람의 몸이 움츠러 들며 시간에 따른 고유값의 비가 증가하는 구간인 Motion-1과 바닥에 넘어져 쓰러진 동안을 Motion-2로 구분 하였다. Motion-1구간에서 넘어짐의 자세변화에서 몸이 스탠딩 상태보다 작고 움츠러 드는 자세에서의 고유값의 비가 가장 최대값을 가지는데 까지의 고유값 비의 차이를 $\Delta r1$, 고유값 비의 최대값에서 넘어진 후에 바닥에서 쓰러져 몸의 자세가 변화할 때까지의 고유값 비의 차이를 $\Delta r2$ 로 정의하였다. 실내의 거실에서 서로 다른 넘어지는 동작의 영상을 11개를 획득하고 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용한 결과, Table 2에 보이는 것과 같이 11개의 영상에서 9개의 넘어지는 행동에서는 Motion-1에서 $\Delta r1$ 가 평균적으로 5.02의 차이를 보였으며 Motion-2에서 $\Delta r2$ 도 평균적으로 5.01을 결과로 얻을 수 있었다. 9개의 영상에서는 넘어짐이 시작되는 영상의 프레임부터 바닥에 쓰러지는 프레임까지 시간에 따른 고유값의 비가 증가, 최대값, 다시 감소하는 결과의 경향을 보였다. 그러나 2개의 영상에서는 최대값이 나타나지 않았으며 고유값의 증가, 감소의 폭도 Table 2에서 보는 것과 같이 작은 결과를 나



(a) Falling motion in a livingroom



(b) Results (ratio of eigenvalues) of motion estimation algorithms

Figure 7. Results (ratio of eigenvalues) of motion estimation experiment

타내었다. 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용한 11개의 넘어지는 동작에 대해 9개의 영상에서 Figure 8과 같은 고유값의 비가 시간에 따라 변화하는 경향을 보임으로 11번의 실험에 한해 81.8%로 사람의 넘어짐을 판단 할 수 있었다.

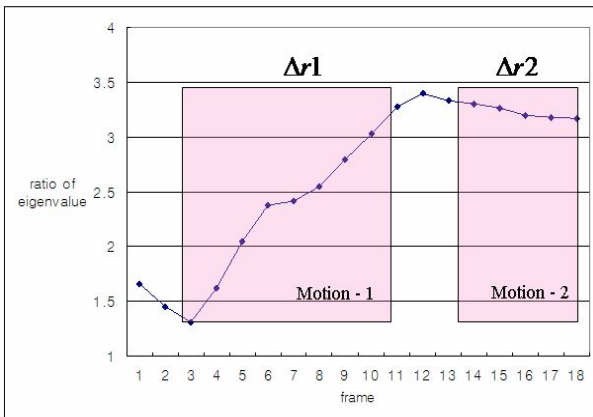


Figure 8. Validation method of experiments about motion estimation

Table 2. Results about motion estimation experiments (11 cases)

Total 11 cases	
- Success 9 cases $\Delta r1$: 0.4 ~ 24 $\Delta r2$: 0.1 ~ 35 Avg. $\Delta r1$: 5.02 Avg. $\Delta r2$: 5.01	- Fail 2 cases $\Delta r1$: 0.07 ~ 0.4 $\Delta r2$: -0.3 ~ 0.0 Avg. $\Delta r1$: 1.06 Avg. $\Delta r2$: 0.45
Falling detection from change of eigenvalue ratio	No change of eigenvalue ratio

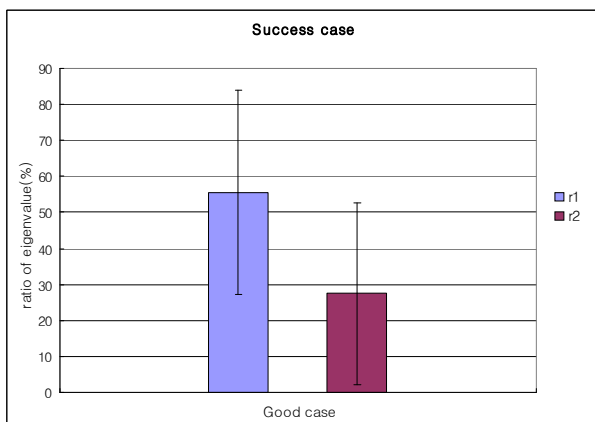
Figure 9는 성공한 사례와 실패한 사례에 대한 최대 고유값비에 대한 $\Delta r1$ 과 $\Delta r2$ 의 증가와 감소를 표준화(normalization)한 데이터를 백분율로 하여 평균과 표준편차를 나타 낸 것이다. 실패한 2개의 사례는 $\Delta r2$ 가 감소하지 않고 계속 증가해서 본 논문에서 제안한 알고리즘 결과가 나타나지 않았다.

2. 카메라 각도에 따른 주성분 요소분석방법 결과

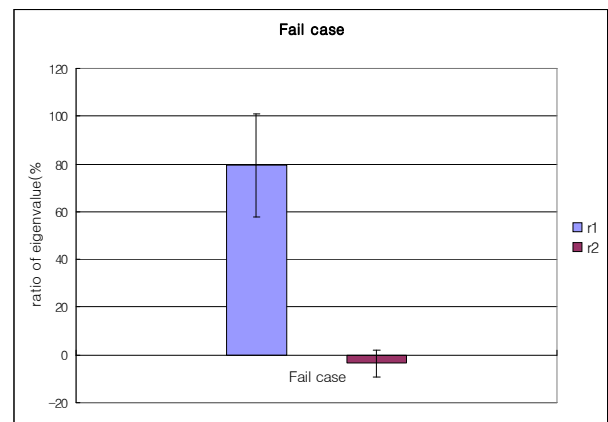
제안한 알고리즘이 카메라 각도에 영향을 받지 않고 노인의 넘어짐과 같은 자세의 변화를 검출할 수 있는지 실험을 통해 검증하였다. 앞에서 제시한 실험 방법과 같이 동일한 시간에 카메라의 각도조건을 달리하여 영상을 촬영하였다. 영상 획득은 낮 시간대의 집안의 거실에서 이루어 졌고 카메라를 바닥과의 각도를 $0^\circ, 20^\circ, 40^\circ, 60^\circ$ 유지하며 영상을 획득 하였다.

Figure 10는 서로 다른 카메라 각도조건에 따라 획득한 영상에서 사람이 넘어지는 상황이 발생하는 영상부분의 고유값 비의 변화를 관찰한 그래프이다. 처음에는 고유값의 비가 작다가 거실에서 넘어짐이 발생함에 따라 프레임의 고유값 비가 점차적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 넘어지는 움직임이 발생하는 프레임에서는 고유값의 비가 가장 큰 값을 나타내며 바닥에 넘어진 후 고유값의 비가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

고유값 비의 수치적인 차이가 있지만 순차적인 시간의 흐름에서 활동하던 사람이 넘어지는 자세 변화가 일어나는 시점에 서로 각도가 다른 카메라의 영상



(a) Success case



(b) Fail case

Figure 9. Comparison ratio change of eigenvalue about success and fail case

을 처리한 알고리즘 결과가 동일한 양상을 보였다. SPSS(SPSS Korea (주)데이터솔루션, Korea)를 이용하여 데이터 값들의 동일한 분포를 가지는지를 검증하는 켄달의 일치도 검정(Kendall's W test)을 시험하였다. 켄달의 일치도 계수 W는 0에서 1사의 값을 가질 수 있는데 본 각도조건에 대한 결과값의 일치도 계수는 0.930으로 다른 각도에 대한 매우 유사한 결과를 보였다.

위의 Figure 10에서 각각의 카메라 각도조건 변화에 대한 그래프가 동일하게 일치 하지 않는 점은 동일한 넘어지는 행동에 대한 영상을 획득해도 각각의 카메라에 획득 되는 사람의 실루엣의 모양이 다르기에 이에 따른 이진영상에서 실루엣의 픽셀 수, 분산의 차이가 발생한다. 그래서 알고리즘의 주성분 요소분석방법의 고유값의 비가 차이가 발생하여 위의 Figure 10와 같은 그래프를 보이지만 본 연구에서 중요한 점은 연속적인 시간에서 각각의 카메라의 각도에 독립

적으로 사람의 넘어짐을 분석할 수 있다는 점이다.

3. 카메라 거리에 따른 주성분 요소분석방법 결과

사람과 카메라와의 거리, 즉 사람의 실루엣 크기에 영향을 받지 않고 자세 변화를 검출할 수 있는 것을 실험적으로 확인 하였다. 앞에서 설계한 실험의 방법으로 동일한 시간에 거리가 다른 두 대의 카메라를 통해서 획득한 영상들을 가지고 알고리즘을 적용하여 넘어짐과 같은 자세분석이 거리와 크기에 독립적으로 검출이 가능한지 확인을 하였다. 영상은 앞의 실험과 동일하게 태양빛이 충분한 낮 시간대에 집안의 거실에서 실험을 수행하였고 집안의 실내 거실이라는 점을 고려하여 한대의 카메라는 사람의 활동범위에서 3m의 거리에서 영상을 획득하였고 다른 카메라는 6m의 거리에서 사람의 움직임 영상을 획득하였다.

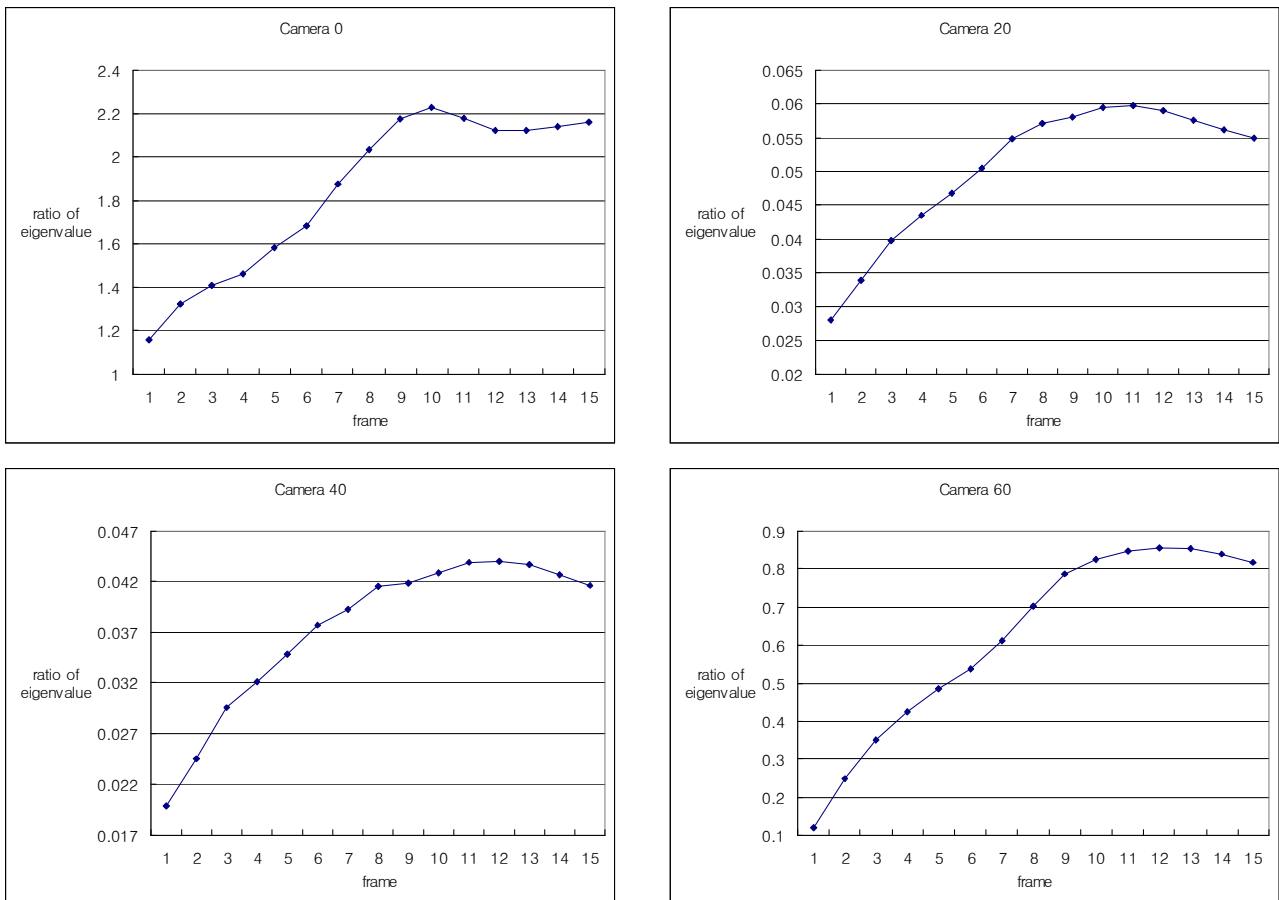


Figure 10. Results (ratio of eigenvalues) of camera angle experiment

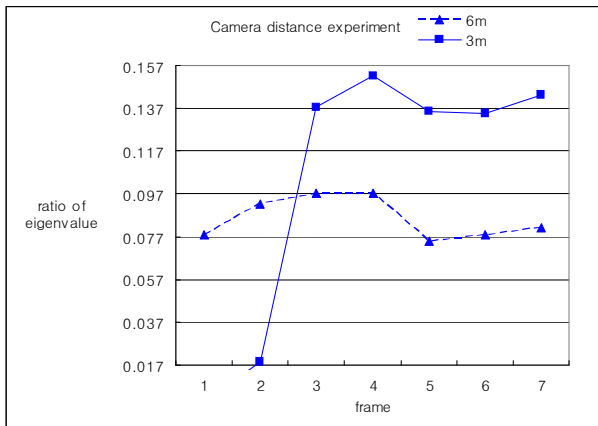


Figure 11. Results (ratio of eigenvalues) of camera distance experiment

Figure 11의 실험 결과를 보면 이전의 실험들과 동일하게 카메라를 통해 모니터링 되는 사람의 넘어지는 자세의 변화를 검출할 수 있는 특징적인 결과를 보인다. Figure 11의 그래프는 서있는 상태에서 넘어지는 행동이 발생한 시간부터의 영상 프레임의 결과이며 각각의 거리에 따른 그래프의 고유값의 비가 증가하다 최대값을 가지고 다시 감소하는 것을 볼 수 있다.

3m와 6m의 서로 다른 거리에 위치한 카메라를 통해 얻은 사람의 영상에서 연속적인 시간의 흐름에 따른 고유값 비의 양상이 동일하게 나오므로 본 논문의 알고리즘이 카메라의 거리, 즉 영상내의 사람의 실루엣의 크기에 영향을 받지 않고 적용될 수 있다는 것을 확인 하였다. 3m와 6m의 결과에서 넘어짐이 시작되는 시점부터 고유값의 비가 최대까지 이루는데 까지 Δr_1 과 최대값에서 감소하는 Δr_2 를 각 거리에 따른 최대 고유값의 비에 대해 표준화를 하여 증감의 백분율을 보면 3m에서는 Δr_1 이 88.83% 증가하였고 Δr_2 는 11.46% 감소하였으며 6m에서는 Δr_1 이 19.92% 증가하였고 Δr_2 는 16.37% 감소하였다.

Figure 11의 카메라 6m 거리조건의 결과를 보면 이전의 카메라의 각도 실험의 결과와 달리 고유값들의 증가와 감소 경향이 19.92%, 16.37%로 적은 것을 볼 수 있다. 이것은 모니터링 거리가 3m, 6m로 앞의 거리조건과 달리 멀리서 관찰하는 대상자의 크기가 작기 때문이다. 본 논문에서 모니터링에 사용한 CCD 카메라보다 고해상도 특징을 지닌 다른 영상장비나 적외선 카메라와 같은 다른 장비를 사용하여 본 논문

에서 제시하는 알고리즘을 적용한다면 멀리서도 사람의 작은 움직임에 대한 고유값 비의 변화를 관찰할 수 있을 것이다.

IV. 고찰

현재까지 모니터링에 사용되는 많은 영상시스템이 있지만 이러한 영상 시스템은 아직도 개선하여야 할 점들이 많다^{5),6)}. 특히 기존연구는 모니터링을 위한 카메라의 설치되는 위치와 각도에 따라서 사람의 자세 분석에 어려움을 가지고 있어서 사람의 위급한 상황 발생 시 넘어짐과 같은 자세 분석에 어려움을 가지고 있으며 잘못된 판단을 할 수 있다.

본 논문에서는 이런 문제점을 개선하기 위해서 카메라의 각도와 거리에 영향을 받지 않는 알고리즘을 제안하고 평가하였다. 연속적인 시간의 흐름에서 주 성분 요소 분석방법의 고유벡터와 고유값들을 이용하여 넘어짐과 같은 자세변화 검출이 가능하다는 점을 확인할 수 있었다. 또한 제안한 방법은 시간에 따른 고유값 비의 변화를 자세분석에 사용하기 때문에 사람의 여러 자세에 대한 데이터베이스 구축이나 알고리즘의 훈련 과정이 필요로 하지 않는다는 장점도 가지고 있다. 부가적으로 본 알고리즘은 연산과정이 많지 않으므로 홈-모니터링에 적합한 실시간 처리가 가능하다. 또한 시간에 따른 벡터간의 비의 검출을 이용한 모니터링으로 사람의 각도가 어느 지점에서 시작을 하여도 자세분석이 가능하다는 장점이 있다.

본 논문의 연구에 추가적으로 이루어져야 할 점들로서, 첫 번째로 빛의 변화 조건에 유동적인 알고리즘 개선이 필요하다. 집안의 실내의 경우라 할지라도 밤과 낮에 따라 태양빛과 실내조명등의 조건이 변함에 따라 알고리즘이 적용이 가능하도록 해야 할 것이다. 다음으로 집안의 여러 카메라로부터 얻어지는 사람의 움직임 정보처리 문제와 여러 사람들이 함께 있을 경우에 대한 추가적인 방법도 필요할 것이다. 또한 본 논문에서 한방향의 넘어짐에 대한 분석을 하였지만 다양한 넘어지는 자세에 대한 분석도 필요할 것으로 생각된다. 영상의 모니터링 시스템에서 위급하고 응급한 상황의 정보 전송과 제공에 따른 노인의 사생활 침해 문제도 함께 고려할 사항으로 생각 된다¹¹⁾. 이런 문제들의 해결을 위한 연구가 지속적으로 진행되고 본 논문에서 제시한 주성분 요소분석방법 알고리즘에

추가 된다면 영상기반의 모니터링 시스템에 좀 더 효과적인 요소기술로 적용되어 질것이라고 생각된다.

참고문헌

1. JOHS. W, MARIJA B. Environmental risks factors for fall-related fracture in home among community dwelling elderly people. Safety Science Monitor 1999;vol.3:Article4.
2. F.G.Miskelly, Assistive technology in elderly care. Age and Ageing. 2001;vol.3,no.6:455-458.
3. Ni Scanaill C, Carew S, Barralon P, Noury N, Lyons D, Lyons GM. A Review of approaches to mobility telemonitoring of the elderly in their living environment. Ann Biomed Eng 2006;vol.34,no. 4:547-63.
4. Alex M, Brent C, Jennifer B. The use of computer vision in an intelligent environment to support aging-in-place, safety, and independence in the home. IEEE Transactions on Information Technology and Biomedicine 2004;vol.8,no.3.
5. Datong C, Robert M, Jie Y. Multimodal detection of human interaction events in a nursing home environmental. ICMI 2004;13-15.
6. Ismail H, David H, Larry S. D. Ghost: A human body part labeling system using silhouettes. 14th International Conference on Pattern Recognition; 1998 August 16-20;Brisbane,Australia.
7. Anurag M, Liang Z, Larry S. D. Human body pose estimation using silhouette shape analysis. IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance.
8. Bin F, Zeng-Fu W. Pose estimation of human body based on silhouette images. IEEE International Conference on Information Acquisition;2004.
9. I. T. Jolliffe. Principal Component Analysis. New York:Springer-Verlag;1986.
10. Lindsay I S, A tutorial on principal component analysis. 2002.
11. Andrew S, Sharath P, Arun H, Lisa B, Ying L, Ahmet E, Jonathan C, Chiao F. Enabling video privacy through computer vision. IEEE Security & Privacy 2005;1540-7993.
12. Fran M, Stephen J, Peter G, Alan F. Scenario-based drama as a tool for investigating user requirements with application to home monitoring for elderly people. HCI International, Cognitive, Social and Ergonomic Aspects;2003 June 22-27;Crete,Greece.
13. 한학용. 패턴인식 개론 p274-p303. 한빛미디어 2005.