

동작 분석기 개발을 위한 Mark의 위치 검출 알고리즘 개발

°김 성호*, 이 성희*, 김 민기*

*고려대학교 자연과학대학 의용전자공학과

A Detection Algorithm of the Position of Marks for the Development of Motion Analyzer

°Sung Ho Kim*, Sung Hee Lee*, Min Gi Kim*

*Dept. of Medical Electronics, Korea University

Abstract

An automatic multiframe procedure for tracking signalized points on multiple, differently moving discontinuous surface is described. The position of markers which attached on human body give us some important information such as velocity, acceleration, angular velocity and angular acceleration, etc, of the rigid objects. Generally, the detected objects occupying some area in images rather than a point because of the generic size of the marks or the smeared effects of the camera. To solve the problem we used a modified clustering algorithm.

c) 스포츠 과학분야 : 야구, 농구, 골프, 테니스 등 여러 구기 종목의 선수나 체조, 육상선수들의 자세를 교정할 수 있어 경기력의 향상은 물론 스포츠 손상을 미리 예방할 수 있다.

d) 산업분야 : 자동차 충돌시 운전자의 자세, 좌석의 동작분석을 통해 인체의 손상기전을 알 수 있고, 로봇동작의 정확성, 궤적, 재현성 평가.

- (1) Data의 형성
- (2) 운동 궤적의 추적
- (3) 필요한 정보들의 계산
- (4) 계산 결과의 표현법

본 논문에서는 동화상의 영상 data로 부터 정확한 운동궤적의 추적에 초점을 둔다.

제 1 장 서론

1.1 필요성

인체동작 분석의 객관적인 평가와 분석자료 수집의 필요성은 광범위한 분야에서 인식되고 있다. 의학적인 면에서는 물론, 인체공학분야, 스포츠 과학분야에서 그 중요성이 점차 확산되고 있으며 이미 미국, 유럽 및 일본에서는 이를 토대로 많은 연구 논문들이 발표되고 있다. 외과, 신경과 등의 의학분야, 인체공학분야, 스포츠 과학분야 등에서 광범위하게 많은 정보를 우리에게 줄 수 있다는 점이다.

a) 의학분야 :

1. 일상생활이나 작업장에서 발생할 수 있는 근골격계 질환 특히 요통환자와 경우 없는 자세 및 작업동작의 교정.
2. 보조기나 의수족 처방 후 이를 착용한 상태에서 동작분석을 통해, 보조기, 의수족의 수정, 보완하여 정상동작에 근접이 가능.
3. 인공관절 삽입과 같은 정형 외과적 수술 후 동작의 평가를 통해 수술방법의 개선 및 보완과 장애자에 대한 약물치료나 물리치료 후 경과 판단.
4. Functional Electrical Stimulation, 전자 의수족 등의 특수기계의 제작상 필요한 정상동작의 분석을 위한 기초 자료.

b) 인체공학 분야 : 인체동작 분석자료를 토대로 로봇의 움직임에 적용하고, 로봇동작의 정확성을 분석, 평가할 수 있다.

제 2 장 연구내용 및 방법

(1) 연구내용의 개요

인간의 동작은 팔과 다리 및 척추에 의해 주로 일어나게 된다. 이들은 여러 개의 짝거나 긴뼈들로 구성되어 있으며 여기에 부착된 근육의 수축과 이완에 의하여 각각의 목적에 따라 행동이 일어나게 된다. 이때 이러한 동작들은 관절을 축으로 하여 관절각도의 변화가 유발되게 한다. 따라서 이러한 관절각도의 변화, 관절축의 X-축과 Y-축에 대한 이동, 회전, 기울기, 관절의 각속도, 보폭 거리, 보행속도 등을 측정함으로써 동작시 근육의 작용과 보행이나 다른 동작의 운동역학에 관한 정보를 얻을 수 있는 것이다.

인체의 관절부위와 무게중심점에 maker를 부착하여 동작을 수행하게 한 뒤 카메라로 이를 촬영하는 동시에 multimedia를 이용하여 영상을 digitize하여 압축, 보조기억장치에 기록한 후, 데이터를 압축해제하여 영상을 각 frame별로 복구하여, 발광체에 대한 feature를 추출, 시간별로 그 움직임을 추적한다.

(2). 연구내용 및 방법

(a) Image 획득

영상의 획득은 CCTV 카메라를 통하여 SPECOM에서 개발한 VIDACOM board를 이용하여 영상을 압축하여 실시간에 보조기억장치에 전달된다. software는 제공된 tool을 이용.

동작 분석기 개발을 위한 Mark의 위치 검출 알고리즘 개발

(b) Decompression of image data

획득한 데이터는 필요한 부분만 각 frame을 pcx file 로써 coding 을 해서 저장한다. 따라서 처리를 하기 위해서는 이 pcx file을 decoding 하면 된다.

(c) 추적 Algorithm개발

영상에 나타나는 여러 개의 maker 를 사람의 주관적 개입 없이 추적하기 위한 알고리즘이 개발되어야 하며, 이것이 방대한 양의 영상 데이터를 단시간에 처리하기 위해서는 Efficiency 그리고 속도가 중요한 요소로 볼 수 있다. maker들이 삼차원에서는 잘 분리가 되어 있더라도 2 차원 영상에서의 궤적은 서로 교차되거나 가까이 스쳐 지나기도 하기 때문에 2차원 좌표 계에서 오차가 생길 수 있다. 이러한 오차는 전 동작의 각 점의 좌표, 속도, 가속도로 부터 다음동작의 각 점의 예측 점과 비교하여 줄일 수 있다고 예상된다. 실제의 maker들의 움직임을 삼차원적으로 이동하게 됨으로 각도 변화에 대한 정보를 얻기 위해서는 3차원적 접근(차기 계획)이 필요하게 된다. 이를 위해서 각 카메라 사이의 연관성을 유도해내는 알고리즘의 개발이 필요하다.

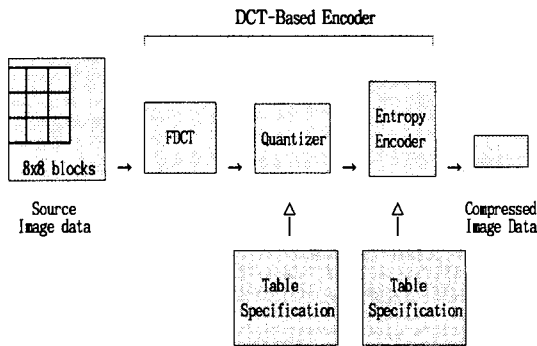
(d) 데이터 reduction

추출된 data로부터 의미 있는 data로 변환하기 위해서 각 point data의 X-축과 Y-축에 대한 시간적 변화, 각 point data 사이의 각도 변화(관절각도의 변화), 가속도 변화등이 필요하다. 그러나 본 논문에서는 각 marker의 X축과 Y축에 대한 시간적 변화에 중점을 둔다.

2. 연구 수행 내용

가. 영상정보 취득을 위한 System 구성도

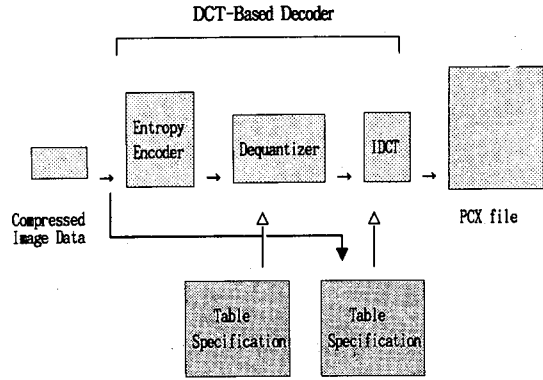
SPECOM board 에 의한 영상 취득방식은 다음과 같이 <그림 1>에 도시하였다.



< 그림 1: SPECOM board, JPEG 방식에 의한 영상 취득 >

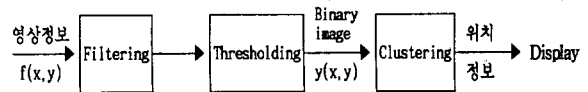
<그림 1>의 방식에서와 같이 SPECOM board에 의해 압축된 동화상을 취득한다.

이 압축된 Data들을 <그림2>와 같이 PCX file 형식으로 저장한다.



< 그림 2: Decompression하여 PCX file에 의한 동화상 정보 취득 >

나. 동작위치 정보 추출 과정



< 그림 3: Marker의 위치 정보 표현 과정 >

인체 각 부위에 부착된 marker들의 위치 변화궤적을 표현하기 위해 먼저 영상정보의 잡음을 median filter에 의해 제거하고 2치화 영상(binary image)로 표현하기 위해 thresholding기법을 사용하였다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

2치화 영상 $g(x,y)$ 로 부터 위치 변화 궤적을 추출하기 위해 다음과 같은 clustering 방법을 사용하였다.

각 요소가 2치화 영상의 각 marker들만의 위치 (x,y) 를 표현하는 행렬을 다음과 같이 표현한다.

$$P(i) = (x,y) \quad \text{if } g(x,y) = 1$$

예를 들면

$$x \downarrow \rightarrow y \quad g(x,y) \quad p(i)$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	1	1	1	0	0	0	0
3	0	1	1	1	0	1	1	0
4	0	1	1	1	0	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

 \rightarrow

(1,1)
(1,2)
(1,3)
(2,1)
(2,2)
(2,3)
(2,5)
(2,6)
(3,1)
(3,2)
(3,3)
(3,5)
(3,6)

각 marker들을 분리하기 위한 clustering algorithm으로 다음과 같이 각 cluster들 사이의 거리를 측정하여 분류 하였다.

marker의 위치 행렬 p 의 i 번째 요소를 $p(i) = (n,m)$

그리고 $i+d$ 번째 요소 $P(i+d) = (q,p)$ 라면, 거리가 i 번째 요소에서 부터 d 에 있는 요소 사이의 distance measure를 다음과 같이 정의 한다.

$$D_d(i) = \sqrt{(n-q)^2 + (m-p)^2}$$

각 marker들을 분리하기 위하여 다음의 법칙을 정하였다.

$$D_d(i) \leq \sqrt{2} \text{ 이면}$$

i와 (i+d)번째 사이에 있는 두 pixel은 같은 marker(즉 동일 cluster)에 속하는 pixel로 간주한다.

여기서 거리(distance)의 계산은 $1 \leq d \leq M-1$ 만을 조사 하면 된다.

최대 행렬의 크기 M을 P(i)행렬의 계산후에 결정된다. 각 marker들의 위치를 정확히 표현하기 위해 marker의 중심점을 계산한다. 예 에서와 같이 digital data인 경우에 취급의 편의를 위해 다음과 같은 방식에 의해 중심점을 근사화 시켜 구하였다.

I번째 cluster의 중심점의 좌표 (\bar{x}, \bar{y}) 은 다음과 같다.

$$(\bar{x}, \bar{y}) = \left(\text{int} \left(\frac{1}{N_I} \sum_{x \in I} x \right), \text{int} \left(\frac{1}{N_I} \sum_{y \in I} y \right) \right)$$

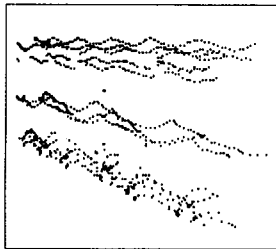
여기서 N_I 는 I번째 cluster의 pixel의 갯수 그리고 $\text{int}(\cdot)$ 는 (\cdot) 값의 정수화 표현을 표시한다.

예를 들어 앞의 예에서 P(i)에서 $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11$ 은 한 cluster로 인식이 되며 이 cluster의 중심점의 X좌표는 $(2+3+4+2+3+4+2+3+4)/9=3$ 이 되며 마찬가지로 Y좌표도 3이 된다. 나머지들도 마찬가지이다.

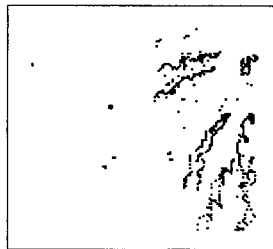
제 3 장 결 과

결과가 <그림 4>에서 부터 <그림 7>에 나타나있다. <그림 5>는 후방에서 전방으로 즉 camera를 향해 오는 경우이고, <그림 5>는 45° 각도로 camera를 향해 오는 경우, <그림 6>은 측면으로 좌측에서 우측으로 걸어가는 경우 그리고 <그림 7>은 사람이 의자에서 일어서는 경우의 각 marker들의 위치 정보를 나타낸다.

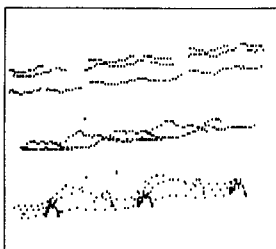
이 영상들은 100 frame(약 $3\frac{1}{3}$ 초) 동안의 움직임을 나타낸 것이다.



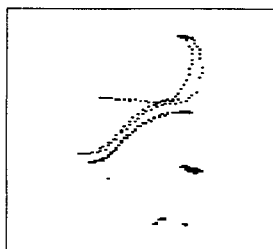
<그림 4> 45도 방향



<그림 5> Camera방향



<그림 6> 측면에서 본 움직임



<그림 7> 의자에서의 움직임

제 4 장 향후 연구 방향

Multi Camera를 사용하여 아래 data들의 3차원적 정보 취득이 필요하다.

- °각 point data의 기울기(tilting), 회전(rotation)
- °각 point data의 시간적 변화곡선을 curve fitting하여 frequency등의 정보를 얻음
- °삼차원 정보의 분석
- °기타보행에 관한 정보

- °Step length : 두발사이의 거리
- °Stride length : 한 쪽발이 바닥에서 떨어진 후 바닥에 닿기까지의 거리
- °Cadence : 일분간의 보행 수
- °보행속도 (m/min)

참 고 문 헌

- [1] V Nikel, M J Bottle : chap 22. Motion Analysis : Lower Extremities, Orthopedic Rehabilitation 2nd Ed. Churchill Livingstone
- [2] Selspot Catalog
- [3] Oxford Metrics VICON Catalog
- [4] M.A.Laforune, P.R. Cavanagh, H.J.Sommer III Three - dimensional kinematics of the human knee during walking J.Biomech. vol 25 No 4. pp 347 - 357, 1992
- [5] F.B.Maarten, R.Y.Maurice Mechanical analysis of the landing phase in heel - toe running J.Biomech. vol 25. No 3. pp 223 - 234, 1992
- [6] P.Y.Hennion, R.Mollard An assessment of the delfeacting effect on human movement due to the coriolis inertial force in a space vehicle J.Biomech, vol 26. No 1. pp 85 - 90, 1993