

# 가산 투영법을 이용한 운동선수의 움직임 추적 방법

°김 태원\*, 배 흥문\*\*, 서 일홍\*\*, 양 해원\*, 오 상록\*\*\*

\* 한양대 전기공학과 \*\* 한양대 전자공학과 \*\*\* KAIST

## Athlete's Motion Tracking Using Integral Projection

T.W.Kim\*, H.M.Bae\*\*, I.H.Suh\*\*, H.W.Yang\*, S.R.Oh\*\*\*

\* Hanyang Univ. Elec. \*\* Hanyang Univ. Electro. \*\*\* KAIST

### ABSTRACT

A motion tracking algorithm to analyze the athlete's motion, where adaptive windowing technique as well as integral projection technique are employed to be immune from the complex background noise and to track the objects with varying size, is proposed.

있다. 그런데 일반적으로 원영상(raw image)을 물체와 배경으로 분할하기가 쉽지 않으며 정확히 분할하기 위해서는 복잡한 사전처리가 필요하다.

지금까지 기존의 목표물 추적에는 모양이 변하지 않는 물체, 병진운동, 그리고 복잡하지 않은 배경에 대하여 추적하였다.[4,5] 그러나 본 논문에서는 배경이 복잡할 뿐 아니라 모양과 밝기가 변하며 회전 및 병진 운동을 하는 여러개의 밴드(band)를 가산 투영법을 이용하여 추적하는 방법을 제안한다.

### 1. 서 론

목표물을 자동으로 추적하는 기술은 목표물의 추적외에도 원격감시 및 탐지 등에도 적용할 수 있으며 교통량 제어와 로봇트 및 컴퓨터비전 등에도 응용할 수 있다. 여기서 이동정보의 검출은 목표추적에 필수적일 뿐만 아니라 영상데이터 압축과 형태인식 등에서도 중요한 요소이므로 이들 분야에서도 활발히 연구되고 있다.

지금까지 알려진 이동정보의 검출방법은 정합법[1,7], 시공간 경사법[8], 특징 추출법[6] 등이며 이외에도 이전영상으로부터 이동정보를 검출하는 variation 알고리즘[3]과 물체의 무게중심을 이용하는 투영법[9] 등이 있다.

Variation 알고리즘과 투영법은 매우 고속화된 방법으로 실시간 처리가 가능하나, 사용되는 영상이 물체와 배경으로 분할되어있는 경우에만 적용할 수

### 2. 가산 투영법 ( Integral Projection )

가산 투영법은 화상을 임의의 방향에서 투영하여 그 투영선상에서 각 화소가 갖고있는 gray level 값을 모두 합하는 것이다. 디지털 화상의 열(column) 성분 화소를 더하여 얻은 벡터를 수직방향의 가산투영 ( vertical integral projection ), 행(row) 성분 화소를 더하여 얻은 벡터를 수평방향의 가산투영 ( horizontal integral projection ) 이라 한다. 각 방향의 가산투영은 그 방향의 화상의 밝기 분포를 나타내므로 가산 투영법은 화상들을 구별하는데 사용할 수 있다.

### 3. 배경 및 노이즈 제거

본 연구는 운동선수의 관절 부위에 부착된 밴드를 추적하는 것이나, 배경이 복잡하고 밴드의 밝기와 모양이 수시로 변하기 때문에 자동적인 밴드 추적에 많은 어려움이 따른다. 복잡한 배경에서 밴드를 쉽게 탐지하기 위하여 밴드를 추적하기 전에 운동선수가 포함되지 않은 순수한 배경화면을 저장한 후, 밴드 추적때 이 화면을 이용하여 불필요한 배경을 제거한다. 즉, 배경화면을 Digitizer의 한쪽 memory에 저장시키고 다른 쪽 memory는 실제 이동 영상만을 받아들인 후, 두 memory를 비교하여 gray level 차이가 임계치보다 작으면 0으로 만든다. 이와같이 하면 배경은 제거되고 물체만이 남게된다.

그러나, 아직도 밴드 이외의 요소가 남아있게 된다. 특히 밴드는 각 관절부위에 부착된 것이므로 관절 주위의 굴곡이 남아있게 된다. 이러한 부분을 제거하기 위하여 윈도우(window)내의 부분을 binary threshold 방법을 이용하여 임계치보다 작은 부분을 제거한다.[2]

### 4. 밴드 추적

먼저 각 밴드 주위에 윈도우를 씌워서 계산량을 줄임과 동시에 필요이상으로 배경이 포함되는 것을 방지한다. 윈도우의 크기는 전 step에서의 밴드 크기를 고려하여 가변되게 한다. 밴드의 움직임이 많은 부분에서는 윈도우의 크기가 더 커지게 되어 밴드가 추적범위 밖으로 벗어나는 것을 방지한다.

윈도우는 그 전 여러 단계의 움직임을 참고로 하여 이동량을 추정한 후 움직인다. 이때 바로 전 단계의 이동거리에 가중치를 두어 움직이게 한다. 이것을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$d(t) = \{ 4 * d(t-1) + 2 * d(t-2) + d(t-3) \} / 7$$

여기에서  $d(t-1)$ 은  $t-1$  시간에서의 이동거리이고,  $d(t)$ 는  $t$  시간에서의 이동 추정 거리이다.

### 5. 밴드 탐지

이상에서 얻은 화면에 대하여 수직과 수평 방향으로 가산무영시킨다. noise가 없는 경우라면 가산무영시킨 값이 어느 일정치보다 큰 부분을 밴드로 인식하여 그 가운데 점을 중심으로 간주해도 되나 실제 영상은 noise가 심할뿐아니라 그림자등에 의하여 밴드의 밝기가 변하므로 단순히 밴드를 찾는 것은 거의 불가능하다. 본 연구에서는 가산무영한 값을 내림차순으로 sorting한 후 그 전 단계에서의 크기와 같은 점을 임계치로하여 그 값보다 큰값을 갖는 부분을 밴드로 인식한다. 만약 0이 아닌 가산무영값의 갯수가 전 단계에서의 크기보다 적은 경우에는 0이 아닌 최소값을 임계치로 정한다.

이와같이 하면 몸매 일부가 가려있던 밴드가 보이기 시작하여 밴드의 크기가 점점 커지는 경우에는 미처 대응하지 못하게 된다. 이런 경우에 대비하여 다음과 같은 처리가 필요하다. 즉, 0이 아닌 밴드의 가산무영값 갯수가 전 단계의 밴드 크기보다 많을 경우, 일단 전 단계의 밴드 크기에 해당하는 값을 sorting된 data로 부터 얻은 후, 그 값보다 일정치 작은 곳을 임계치로 하여 밴드의 크기 변화에 대처하였다. 그러나 밴드의 크기가 수시로 변하므로 임계치는 밴드의 크기에 비례하여 변하게 하였다.

### 6. 밴드 확인

윈도우내에 밴드 이외의 다른 부분이 남아있는 경우 그 부분이 밴드로 잘못 인식될 수 있으므로 실제 찾는 부분이 밴드인가를 확인하는 과정이 필요하다. 밴드의 중심점 주위에  $7 \times 7$  윈도우를 씌운 후 그 윈도우 내의 평균 밝기를 구하여 그 전 단계의 평균값과의 밝기 차이가 일정치 (본 연구에서는 10) 보다 작으면 진짜 밴드로 인식하고 일정치보다 크면 밴드를 잘못찾은 것으로 인식하여

원래 윈도우 내에서 현재 밴드로 인식되어 있는 부분을 제거한다. 윈도우 내에서 다시 가산투영법을 이용하여 밴드를 찾게 되면 처음 인식되었던 곳은 제거되었으므로 실제 밴드를 찾을 수 있다. 이때에도 진짜 밴드인가를 확인하게 된다. 이와같이 하여도 밴드를 찾을 수 없는 경우는 배경이 제거되지 않은 원래의 화면으로 환원시킨 후 사용자가 직접 밴드의 위치를 정해주게 한다.

전 단계와 비교하여 밴드의 움직임이 너무 많거나 밝기 변화가 심한 경우, 또는 중심점의 위치가 일정 한계 밖으로 벗어날 때에는 사용자로 하여금 확인하게 한다. 엉뚱한 물체를 추적한 것이 되면 사용자가 직접 밴드의 중심을 표시하여 주게 된다.

### 7. 밴드와 배경의 명암이 같은 경우

본 연구는 체육관이나 운동장에서 움직이는 운동선수의 밴드를 추적하는 것이므로 배경과 밴드가 같은 밝기인 경우가 생긴다. 흰 배경에서 흰 밴드를 빼게 되면 밴드가 사라지게 되고, 이 윈도우에 가산 투영법을 적용시키면 엉뚱한 곳을 탐지하게 된다. 이러한 것을 방지하기 위해서는 사라진 배경은 그대로 두고 밴드만을 복원시켜야 한다.

먼저 밴드 주위의 관절 부위를 탐지한 후, 양쪽 관절 사이의 사라진 부분을 찾아 그 곳의 밝기를 배경의 평균 밝기로 만든다. 이때 사라진 밴드의 밝기는 배경의 평균 밝기와 거의 같으므로 원래의 밴드로 환원시킨 것과 같은 효과를 가진다. 이 윈도우 내에 가산 투영법을 적용시키면 원하는 밴드를 찾을 수 있다.

이때 배경이 제거된 윈도우의 평균 밝기와 배경의 평균 밝기를 비교하면 밴드와 배경의 밝기가 거의 같다는 사실을 알 수 있다. 즉, 배경의 평균 밝기가 윈도우의 평균 밝기보다 밝다는 것은 밴드가 배경과 같이 제거되었을 가능성이 높다.

### 8. 실험 및 고찰

체육관 안에서 달리는 선수를 찍은 VTR를 이용하여 그 선수의 움직임을 분석하였다. 밴드를 한 frame당 x 방향으로 약 10 pixel씩 움직인다.

또한, 본 실험은 Panasonic 6300 VTR과 IBM-PC/XT를 이용하였으며, 그 개괄적인 처리 과정은 그림 1에 flow-chart로 나타내었다.

그림 2(a)는 실험에 쓰인 배경화면, (b)는 초기 윈도우 설정 화면, (c)는 밴드를 추적하는 과정이며 (d)는 추적한 결과를 화면에 나타낸 것이다.

이 궤적들을 기준 값들과 비교하여 나타낸 것이 그림 3,4,5이다. 여기에서 그림 4(b)의 y축 궤적을 보면 중간에 peak가 나타나는데, 이는 선수의 옆구리가 빛에 반사되어 밴드와 유사한 밝기가

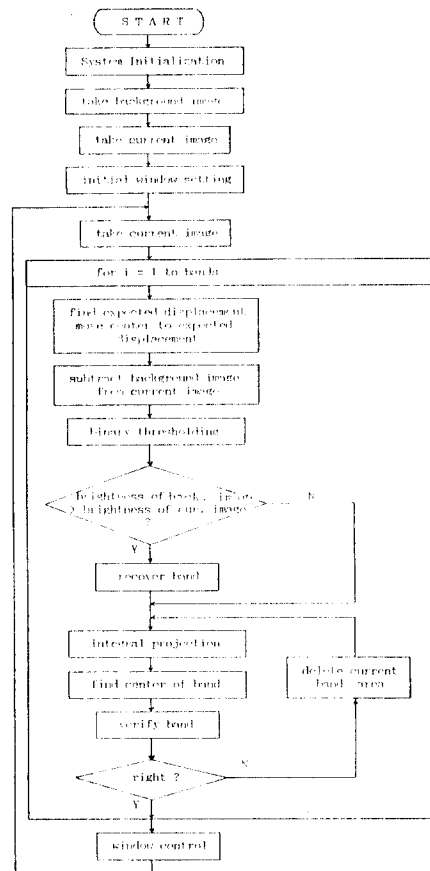


그림 1. 제안된 알고리즘의 flow-chart  
Fig. 1. flow-chart of proposed algorithm

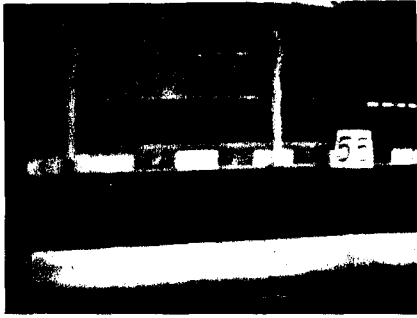


그림 2. (a) 배경 화면  
Fig. 2. (a) background image



그림 2. (b) 초기 윈도우 설정  
Fig. 2. (b) initial window setting

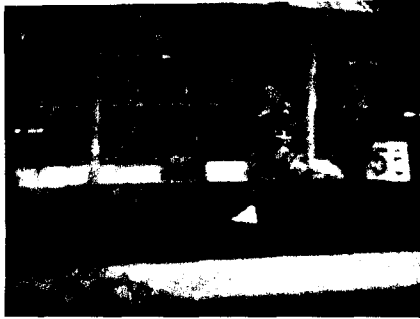
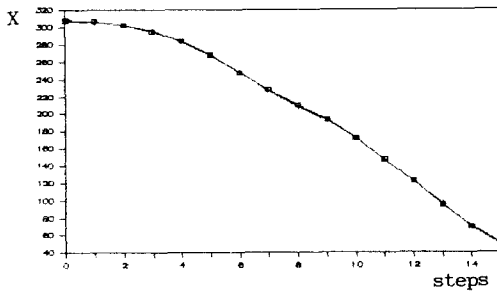


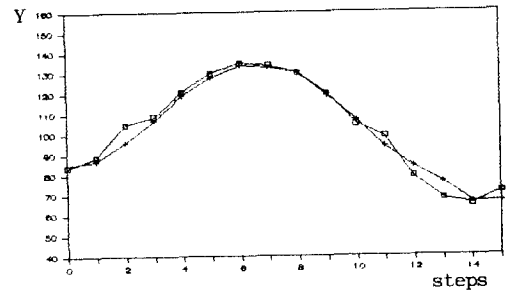
그림 2. (c) 밴드 추적 과정  
Fig. 2. (c) band tracking process



그림 2. (d) 추적 결과  
Fig. 2. (d) trajectory

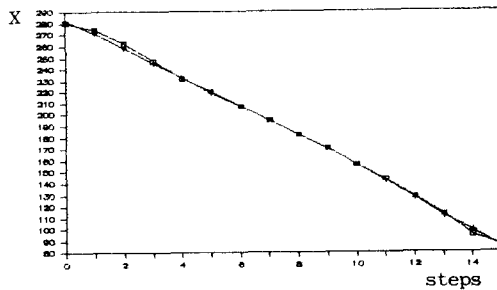


(a) x 방향  
(a) x direction

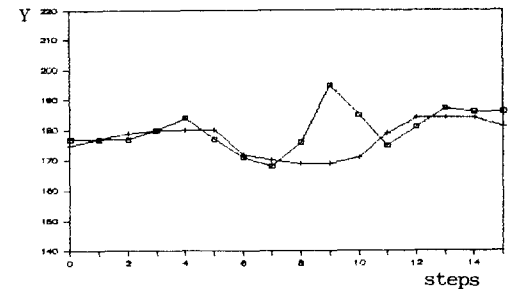


(b) y 방향  
(b) y direction

그림 3. 손목 밴드의 추적 성능  
Fig. 3. Tracking performance of wrist band

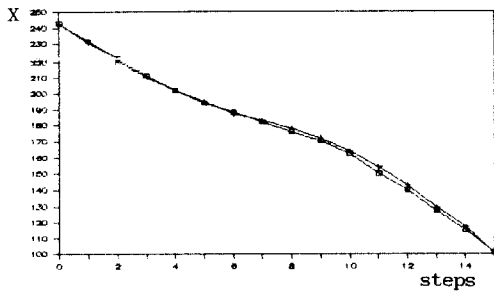


(a) x 방향  
(a) x direction

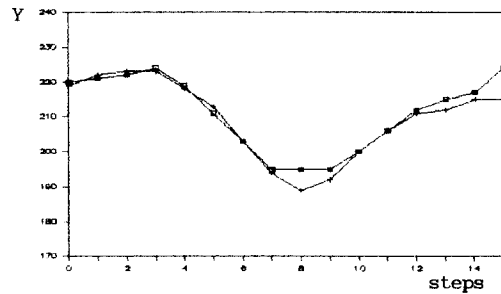


(b) y 방향  
(b) y direction

그림 4. 허리 밴드의 추적 성능  
Fig. 4. Tracking performance of waist band



(a) x 방향  
(a) x direction



(b) y 방향  
(b) y direction

그림 5. 발 밴드의 추적 성능  
Fig. 5. Tracking performance of foot band

되었기 때문에 윈도우가 잘못 추적한 것이다. 이 경우, 밴드 확인 과정에서 오류가 검출되었기 때문에 사용자가 윈도우를 조정해주는 manual mode로 넘어와 위치를 다시 조정해 준 후 계속 추적하였다.

이와같이 밴드의 밝기와 유사한 밝기를 가진 물체가 있을 때 진짜 밴드를 확인하는 방법이 요망된다.

또한, 제안한 방법은 복잡한 배경에서 모양과 밝기가 변하는 밴드를 잘 추적하였으나 밴드의 크기가 너무 커지거나 너무 작아지면 정확한 중심점을 찾지 못하는 단점이 있다.

## 9. 결 론

본 연구는 복잡한 배경하에서 모양과 밝기가 변하며 움직이는 물체를 추적하기 위하여 가산 부영법과 binary threshold 방법을 이용하였다.

배경화면을 이용하여 실제 영상에서의 복잡한 배경을 제거하는 방법은 상당히 효율적이었으나 두 화면 사이의 전체적인 밝기 변화가 있는 경우는 임계값의 조정이 필요하다. 또한 가산 부영법을 이용하여 밴드를 추적하는 방법은 비교적 우수한 결과를 나타내었으나 밴드의 밝기가 다른 부위보다 어두운 경우에는 추적에 어려움이 따른다. 밝기이외의 요소를 가미하여 추적하는 것이 필요하다.

\* 본 논문을 쓰는데 있어서 장비 및 많은 도움을 주신 스포츠 과학 연구소 생체 역학실 진 성태 실장님과 여러 연구원들께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] G. J. Vanderbrug & A. Rosenfeld, "Two-Stage Template Matching", IEEE Trans. Comp., Vol.C-26, No.4, pp. 384-393, April, 1977
- [2] N. Otsu, "A threshold method from gray-level histogram", IEEE Trans. Sys. Man and Cyb., Vol.SMC-9, pp. 62-66, 1979
- [3] G. R. Legters JR., T. Y. Young, "A mathematical model for computer image tracking", IEEE Trans. PAMI, Vol.PAMI-4, pp.583-594, 1982
- [4] 김 근호, "가산 부영법을 이용한 Two-Stage Template Matching", 대한 전자공학회 논문지, 제24권 2호, pp. 142-148, 1987
- [5] 황 신환, "자동 영상 추적기 개발 연구", 대한 전자 공학회 논문지, 제24권 4호, pp.82-91, 1988
- [6] R. Jain, "Extraction of motion information from peripheral process", IEEE Trans. PAMI, Vol.PAMI-3, pp.489-503, 1981
- [7] A. Rosenfeld & G. J. Vanderbrug, "Coarse-fine template matching", IEEE Trans. Syst. Man, Cyber., pp.104-107, 1977
- [8] J. O. Limb & L. A. Mutphy, "Estimating the velocity of moving images in television signal", Comput. Graphics Image Processing pp. 311-321, 1975
- [9] A. L. Gilbert, M. K. Giles & G. M. Flach, "Real-time video tracking system", IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell., PAMI-3, pp.47-56, 1980