

이동 최댓값을 이용한 손목 움직임 기반 걷기, 달리기 걸음 수 검출

김준호, 하정호, 최선태, 조위덕
아주대학교 전자공학과

e-mail:{junhokim218, hjh5470569, suntaag62, wdukecho}@gmail.com

Step Detection Based on Wrist Activity using Moving Maximum

Junho Kim, Jeong Ho Ha, SunTaag Choe, We-Duke Cho
Electrical and Computer Engineering, Ajou University

요 약

본 논문은 손목에 착용한 3축 가속도계 신호로부터 걷기, 달리기 상태일 때 걸음 수를 검출하는 방법을 제안한다. 성인 남자 4명의 피 실험자를 대상으로 트레드밀에서 2km/h, 4km/h, 6km/h, 8km/h의 속도로 신호를 수집하였다. 3축 가속도 신호에서 SMV를 계산한 후 Moving Max를 적용한 후 Vally Detecti on을 하여 걸음 수를 검출하였다. 약 2300보의 수집 신호에서 약 97.77%의 인식 결과를 도출하였다.

1. 서론

최근 활동량계가 시중에 많이 출시되었다. 사람들은 활동량계를 이용하여 자신의 일상생활을 수치로 표현된 값을 본다. 활동량계는 수면 시간, 수면 깊이, 운동량, 걸음 수 등의 데이터를 스마트폰이나 웹사이트를 통해 보여준다. 이 중 사용자들은 걸음 수를 통해 일상생활에서 자신의 운동량을 확인한다.

활동량계는 크게 허리에 착용하는 종류와 손목에 착용하는 종류로 분류할 수 있다. 허리에 착용하는 활동량계는 흔들림이 적으므로 걸음 수가 비교적 정확하게 검출되지만 바지가 아니면 착용하기 힘들다는 단점이 있다. 손목에 착용하는 활동량계는 움직임의 반경이 크기 때문에 잡음이 많이 섞여 걸음 수가 허리에 착용하는 활동량계보다 정확하게 나타나지 않지만 착용하기 쉽기 때문에 널리 쓰인다.[1] 손목 활동량계에서 이러한 문제점을 해결하기 위해 Low Pass Filter를 적용하여 잡음을 제거하여 걸음 수를 검출하는 연구가 있지만 이는 필터를 사용하여 연산 부하에 따른 전력 소모로 인해 활동량계가 오랜 시간 작동하지 못하게 한다.[2]

이에 본 연구에서는 손목의 3축 가속도 값을 이용하여 연산 부하가 적고 정확도가 높은 걸음 수를 검출하고자 한다. 손목의 3축 가속도 데이터에서 방향성을 무시하기 위해 SMV 값을 계산한 후 한 걸음을 측정하기 위해 Moving Maximum값을 산출한 후 Vally의 수를 셈하여 걸음 수를 검출한다.

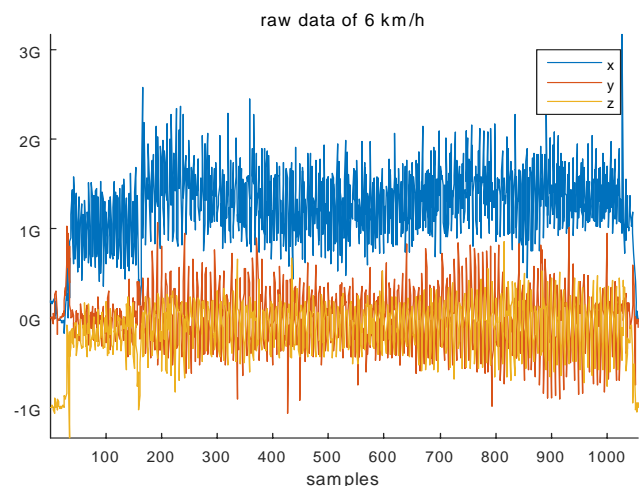
2. 본론

2.1 데이터 수집

손목에 3축 가속도 센서를 착용하여 초당 32개의 샘플, 8bit 분해능의 신호를 수집하였다. 사용한 3축 가속도 센서는 연구실에서 제작한 LifeSense이다. 성인 남자 4명의 피 실험자를 대상으로 트레드밀 위에서 2km/h, 4km/h, 6km/h, 8km/h의 속도로 각각 약 2분 정도의 신호를 수집하여 총 약 40분, 2700보 정도의 데이터를 수집하였다.



(그림 1) LifeSense를 착용한 모습

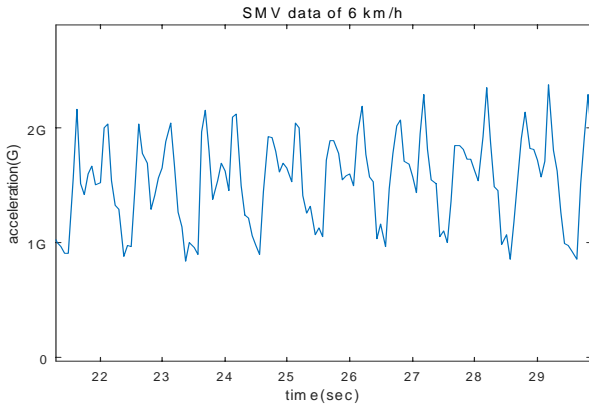


(그림 2) LifeSense를 이용하여 수집한 3축 가속도 원신호

2.2 걸음 수 검출 알고리즘

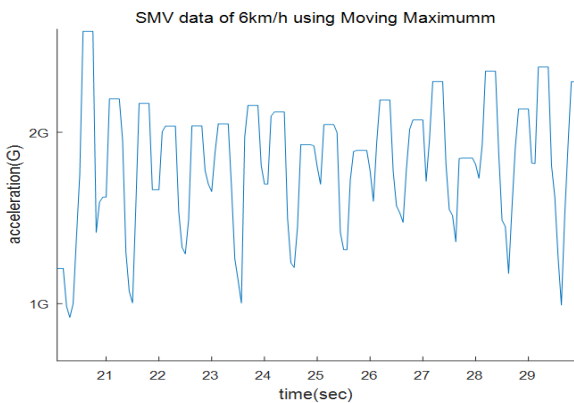
손목 3축 가속도 데이터에서 움직임의 크기만을 보기 위해 SMV(Signal Magnitude Vector)값을 산출하였다.

$$SMV_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$



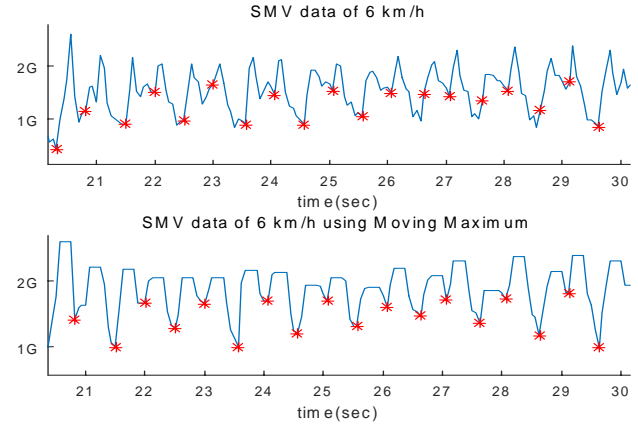
(그림 3) SMV로 변환한 가속도 신호

그림 3과 같이 SMV로 변환한 신호를 보면 한 보를 걸을 때마다 신호 값이 크게 올라갔다가 아래로 내려온다. 걸음으로 인해 나타나는 저 신호 패턴을 선택하기 위해 한 신호 패턴이 끝나고 새로 신호 패턴이 시작되는 Vally를 검출하려고 한다. 그러나 SMV신호에서 Vally를 검출하면 중간의 잡음이 검출 되므로 Moving Maximum을 이용한다. Moving Maximum을 이용하면 일정 Window Size에서 값이 작은 값은 확실히 나타나며 높은 값에서 비슷한 값은 사라지게 된다. Moving Maximum을 할 때 Window Size는 우사인 볼트의 달리기 세계 신기록 영상을 참고하여 가장 빨리 달렸을 때 1초에 4걸음을 걷기 때문에 0.25초로 설정하였다. 이렇게 설정한 이유는 달리기에서 걸음 수를 검출하기 위해 한 보를 걷는 최소 시간으로 설정한 것이다. Window를 1 sample 씩 옮기며 Moving Maximum을 적용하면 그림 4와 같은 신호가 나타난다.



(그림 4) Moving Maximum을 적용한 SVM 신호

그림 4에서 Vally Detection을 통해 Vally가 나타날 때마다 한 보를 걸었다고 선택하여 걸음 수를 검출 하였다.



(그림 5) SMV 신호와 Moving Maximum을 적용한 신호에서 Vally Detection을 적용한 모습

본 연구에서 제안하는 알고리즘은 Moving Maximum에서 Vally를 Detection하는 방법이다. 이 것 외에도 다른 신호 처리 방안으로는 Moving Maximum + Peak Detection, Moving Minimum + Peak Detection, Moving Minimum + Vally Detection 의 방법을 생각해 볼 수 있기 때문에 다른 방법들도 전부 적용해서 걸음 수를 검출해보았다.

2.3 실험 결과

직접 걸음 수를 세며 라벨링한 값은 표 1과 같다.

<표 1> 실제 피실험자의 걸음 수

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
2km/h	88	112	103	106
4km/h	228	180	170	184
6km/h	219	210	201	217
8km/h	230	155	150	140

<표 2> Moving Maximum+Vally Detection을 이용하여 검출한 걸음 수

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
2km/h	121	199	201	128
4km/h	199	138	218	187
6km/h	207	221	205	220
8km/h	237	158	153	151

<표 3> Moving Maximum+Peak Detection을 이용하여 검출한 걸음 수

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
2km/h	233	196	214	205
4km/h	235	205	211	198
6km/h	218	230	222	228
8km/h	266	167	159	160

<표 4> Moving Minimum+Vally Detection을 이용하여 검출한 걸음 수

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
2km/h	238	207	222	223
4km/h	228	208	201	223
6km/h	230	206	195	225
8km/h	240	95	112	90

<표 5> Moving Minimum+Peak Detection을 이용하여 검출한 걸음 수

	실험 1	실험 2	실험 3	실험 4
2km/h	239	207	223	224
4km/h	229	209	202	223
6km/h	231	206	196	225
8km/h	240	96	113	164

전체적으로 2km/h의 느린 걸음에서는 오차가 매우 심하게 나타나서 2km/h의 결과를 제외하여 정확도를 구하였다. 정확도는 2km/h를 제외한 각 걸음의 오차 절댓값의 합에서 2km/h를 제외한 실제 걸음 수로 나누어 오차율을 구하고 100%에서 오차율을 빼서 계산하였다.

<표 6> 걸음 수 검출 정확도

	Moving Maximum	Moving Minimum
Vally Detection	97.77 %	87.52 %
Peak Detection	90.50 %	88.62 %

2km/h 속도의 걷기를 제외하여 Moving Maximum과 Vally Detection을 이용한 결과 총 2284보에서 97.77%의 인식률을 얻었다.

III. 결론

본 연구에서 제안한 방법은 연산 부하를 적게 하여 걷기, 달리기에서 걸음 수를 비교적 정확하게 검출 할 수 있을 것으로 생각된다. 걷거나 뛸 때 사람은 팔을 앞뒤로 흔드는 패턴을 보인다. 한 보를 걸을 때 팔은 발에 맞춰서 지면을 향하다가 앞이나 뒤로 가는데 진자의 운동 원리와 같이 지면을 향할 때 가속도의 값이 가장 크고 앞이나 뒤에 있을 때 가속도의 값이 가장 작게 나타나게 된다. 이러한 원리를 통해 본 연구에서는 Moving Maximum과 Vally Detection을 이용하여 걸음 수를 비교적 정확하게 검출 할 수 있었다.

Window 크기를 0.25초로 설정하였기 때문에 2km/h의 속도에서는 0.5초에 한 보를 걸어도 중간에 섞인 잠음 때문에 2배에 가까운 수치가 나타났다. 하지만 걷기에 문제가 없는 사람이라면 일상생활에서 2km/h의 속도로 걸을 때는 없으므로[3] 활동량계에서 적은 연산 부하를 가지고 걸음 수를 검출하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 걷기에 문제가 있어 느린 속도로 걷거나 걸으면서 활동량계를 착용한 손으로 다른 일을 하고 있을 때도 정확하게 걸음 수를 검출하는 연구를 진행하고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 연구성과실용화진흥원의 "모바일 IoT 디바이스를 이용한 활동/수면/식사 자동 행위인식과 전주기 활동 패턴 모델링 기술 개발" 과제의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

- [1] TUDOR-LOCKE, Catrine; BARREIRA, Tiago V.; SCHUNA JR, John M. Comparison of step outputs for waist and wrist accelerometer attachment sites. *Medicine and science in sports and exercise*, 2015, 47:4: 839-842.
- [2] Yunhoon Cho; Hyuntae Cho; Chong-Min Kyung. Design and Implementation of Practical Step Detection Algorithm for Wrist-worn Devices, *IEEE Sensors Journal*, 2016, 99
- [3] 박세진, et al. 연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰. *대한인간공학회 2007 추계 학술대회*, 2007, 430-434.