

관성 센서 기반 사용자 행동 데이터 수집과 이기종 시계열 센서 데이터의 동기화

임종국*, 최용근*

Acquisition of User Action Data Based on Inertial Sensor and Synchronization of Heterogeneous Time Series Sensor Data

Jongkuk Lim*, Younggeun Choi*

요약

관성 센서 데이터를 이용한 사용자의 행동 데이터 수집과 특정 행동에 대한 분할은 시각적으로 판단할 수 없다는 점에서 어려움을 겪어 왔다. 본 논문에서는 관성 센서 데이터와 영상 데이터를 동기화 하는 방법을 제안하며 해당 영상 데이터를 이용하여 사용자의 행동 판독과 분할을 하는 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시한 행동 분할 방법을 이용하여 시각적으로 판단할 수 없는 관성 센서 데이터 분할이 되는 것을 확인 하였다.

Key Words : Signal processing, Big data, Sensors, Segmentation, Gesture Recognition

ABSTRACT

Users' action data collection using inertial sensor data and segmentation into specific behaviors have been difficult since they can not be visually judged. In this paper, we propose a method to synchronize inertial sensor data with video data and propose a method to segment the user's behavior using the

corresponding video data. Using the behavior partitioning method proposed in this paper, we confirmed that the inertial sensor data that can not be visually judged are able to be segmented.

I. 서론

사용자의 손목 부착형 웨어러블 장비가 늘어남에 따라 사용자의 움직임을 실시간으로 측정 할 수 있는 방법 또한 다양해지고 있다. 그 중에서 관성 센서는 저렴하면서 사용자의 행동 신호를 잘 표현할 수 있는 특성 때문에 가장 널리 쓰이는 센서이다. 그러나 가속도 센서와 각속도 센서는 사용자의 행동의 특성 중 일부를 나타낼 수 있으나¹⁾, 정확하게 어떠한 동작을 수행하였다는 정보를 알 수 없다는 문제점이 있다. 해당 센서 데이터를 이용하여 동작을 유추해낼 수 없다는 문제점뿐만 아니라, 센서 데이터를 직접적으로 눈으로 보는 경우에도 특정 동작을 알아내기 어렵다는 점이 존재 한다. 따라서 기존 연구에서는 사용자의 특정 동작의 시작과 끝을 수동으로 기입 후, 기계 학습과 같은 방법으로 자동으로 유추해내는 방식이 일반적이었²⁾³⁾. 여기에서 특정 동작의 시작과 끝 정보를 기입하기 위해서는 동작 데이터 수집 시, 제 3자가 수동으로 기입하거나 일련의 동작 데이터를 수집 후에 기입하는 방식이 있다. 여기에서 전자의 경우에는 제 3자가 기입함으로써 정확하지 못한 정보를 얻어 낼 수 있다는 점과 빠른 동작 수행 시, 이를 수동으로 기입하기 어렵다는 점이 존재한다. 후자의 경우에는 앞서 기술한 바와 같이 센서 데이터만으로는 사용자가 어떠한 동작을 수행했는지 알 수 없다는 점이 존재한다. 본 논문에서는 영상 데이터와 다중 센서 데이터를 하나의 시간으로 동기화 하는 방법을 제안하며 동시에 영상 데이터를 통한 사용자의 행동 분할과 동기화된 센서 데이터 분할 방법을 제안한다.

II. 데이터 수집

본 논문에서는 데이터를 수집하기 위한 환경으로 그림 1과 같이 5개의 센서를 사용자 몸에 부착하였다.

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2018-2015-0-00363)

• First Author : (ORCID:0000-0002-7417-0657) Dankook University Department of Computer Engineering, lim.jeikei@gmail.com, 학생회원

* (ORCID:0000-0002-5634-908X) Dankook University Department of Computer Engineering, younggch@dankook.ac.kr, 정회원
논문번호 : 201808-240-C-RN, Received August 13, 2018; Revised August 23, 2018; Accepted August 23, 2018

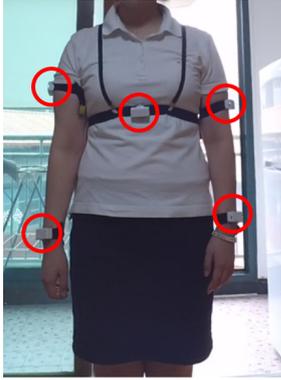


그림 1. 센서 부착 위치
Fig. 1. Placement of the sensors

본 실험 환경에서는 사용자의 상지 행동을 관찰하기 위한 방식으로 상지에 집중하였다. 다수의 센서를 사용자에게 부착하여 사용자 행동 인식을 하는 연구에는 [4,5]가 있다. 상지에서 손목 2개와 팔에 2개를 부착하였으며, 몸통에 1개를 부착하였다. 부착한 센서는 자체적으로 제작한 장비로서, Nordic nRF51822 MCU를 사용하였으며, 센서로는 BNO055가 사용되었다. 다중의 센서 데이터를 전송 받기 위하여 다중 BLE 통신 안드로이드 어플리케이션을 제작하여 사용하였다. 데이터 수집은 해당 어플리케이션을 이용하여 하나의 스마트폰에서 이루어졌으며, 추후 행동 분할을 위하여 영상을 같이 녹화하였다. 센서 데이터의 샘플링 속도는 BLE 통신 속도에 의존됨에 따라 다르나, 평균적으로 80Hz를 유지하였다.

III. 사용자 행동 분할

3.1 데이터 동기화 전처리

하나의 장비에서 다수의 센서 데이터를 받아오면서 데이터 샘플링의 불균형 문제가 생긴다. 본 논문에서는 전체 5개의 센서 데이터 중, 가장 첫 번째로 받은 데이터와 가장 마지막으로 받은 데이터의 시간을 기준으로 전체 센서 데이터 수집 시간 t 를 구한다. 그 후에 전체 5개의 센서 데이터에서 각각의 샘플링 속도 s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 를 계산한다. 이 중에서 샘플링 속도가 가장 높은 값을 기준으로 하여 나머지 센서들의 데이터를 보간한다. 보간된 센서 데이터 \hat{x}_n 은 수식 1,2와 같이 계산할 수 있다.

$$\hat{s} = \max(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5) \quad (1)$$

$$\hat{x}_n = \text{interp}(x_n, t, s_n, \hat{s}) \quad (2)$$

수식 2에서의 x_n 은 센서 n 번의 데이터를 의미하며, x_n 의 데이터의 샘플링 속도 s_n 을 \hat{s} 만큼 t 시간까지 보간을 한다. interp 함수는 일반적인 룩업 테이블 보간법을 이용하였다. 여기에서 \hat{x}_n 전체 데이터의 개수는 $t \cdot \hat{s}$ 가 된다.

3.2 영상 기반 데이터 분할

센서 데이터만으로는 사용자의 행동의 시작과 끝을 분할하기에는 육안으로 구별이 가능하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 영상 데이터를 같이 활용하는 방식을 제안한다. 이를 적용하기 위해서는 영상 데이터의 녹화 시작 시간과 센서 데이터의 수집 시작 시간의 차이가 발생하는 문제가 해결되어야 한다. 해당 문제를 해결하기 위한 방법으로 영상 데이터 수집 시간과 센서 데이터 수집 시간의 차이만큼 시간 조정을 해주면 된다. 그러나 이기종의 경우에는 해당 시간 차이를 알 수 없다는 점이 존재한다. 이를 해결하기 위하여 사용자에게 데이터 수집 시작과 중간에서 박수를 치도록 요구하였다. 관성 센서의 특성상 특정 물체에 부딪히는 동작 중 하나인 박수 치기와 같은 동작에서는 센서의 값이 최고점으로 급격하게 상승한다. 이러한 데이터를 통하여 후처리에서도 육안으로 식별 가능한 센서 데이터를 획득 후, 영상 데이터의 박수 치는 시점과 센서 데이터의 값이 최고점으로 급격하게 상승하는 지점으로 시간 동기화를 할 수 있다. 위의 방식으로 동기화된 센서 데이터와 영상 데이터를 통하여 후처리 시, 행동 데이터의 시작 지점과 끝 지점을 정확하게 표기할 수 있다. 이러한 표기 모델을 제안한 [6]와 같은 방식도 있으나, 초기

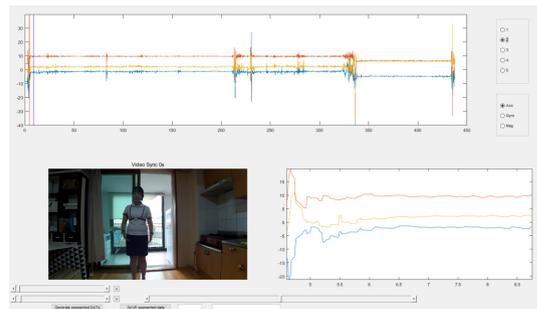


그림 2. 영상과 센서 데이터 동기화 및 분할 프로그램
Fig. 2. The application to synchronize and segment video and sensor data

에 정확한 정보가 추후 모델의 정확도와 연결되므로 본 논문에서는 수동적 표기 시스템에 집중한다. 위와 같은 과정은 본 논문에서 구현한 그림 2와 같은 프로그램을 구현함으로써 처리를 하였다.

3.3 데이터 분할 결과

분할이 된 데이터는 최종적으로 전처리가 된 센서 데이터, 영상 동기화 시간, 센서 데이터의 전체 시간, 사용자 행동 이름 데이터가 생성이 된다. 그림 3은 하나의 영상에서 박수 동작을 한 부분만 분할 하였을 때 첫 번째 센서의 가속도 데이터만을 따로 모아놓은 그림이다. 센서 데이터만으로는 이를 분할하기에는 충분한 데이터가 없다는 것을 확인할 수 있으며 영상과 센서 데이터간의 동기화를 통하여 분할이 올바르게 되었다는 것을 확인이 가능하다. 추후에는 이 데이터들로부터 사용자의 행동 예측 모델을 만들 수 있을 것으로 예상 된다.

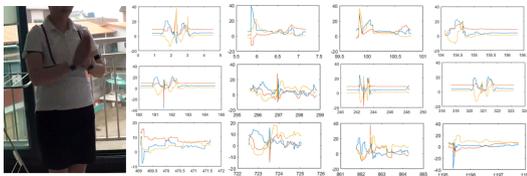


그림 3. 분할 된 센서 데이터
Fig. 3. Segmented sensor data

IV. 결 론

본 논문에서는 관성 센서를 이용한 사용자 데이터 행동 분할 문제에서 육안으로 데이터의 의미를 알기 어려운 문제를 영상 데이터를 추가 후, 이기종간 시간 순서 동기화를 통한 사용자의 행동 영역 분할하는 방식을 제안하였다. 관성 센서를 이용한 사용자 행동 분석에서 어려움을 겪는 행동 각주를 다는 문제를 해당 방식으로 해결할 수 있음을 보였다. 향후에는 수집된 데이터와 분할이 된 데이터를 통하여 관성 센서를 이용한 사용자의 행동 예측 방식을 연구할 예정이다. 또한, 영상 데이터로 같이 분할되어있기 때문에 이 데이터를 통하여 영상 정보를 활용한 사용자 행동 예측 모델 생성 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] D. Minnen, T. Starner, I. A. Essa, and C. L. Isbell Jr., "Discovering characteristic actions

from on-body sensor data," *ISWC*, pp. 11-18, Oct. 2006.

[2] K. Ohnishi, A. Kanehira, A. Kanezaki, and T. Harada, "Recognizing activities of daily living with a wrist-mounted camera," *IEEE CVPR 2016*, pp. 3103-3111, 2016.

[3] S. Lee, H. Cho, S. Yoon, "Machine learning analysis for human behavior recognition based on three axis acceleration sensor," *KICS Inf. and Commun. Mag.*, vol. 33, no. 10, pp. 65-70, 2016.

[4] A. Mannini, A. M. Sabatini, and S. S. Intille, "Accelerometry-based recognition of the placement sites of a wearable sensor," *Pervasive and Mob. Comput.*, vol. 21, pp. 62-74, 2015.

[5] A. Ebert, M. T. Beck, A. Mattausch, L. Belzner, and C. L. Popien, "Qualitative assessment of recurrent human motion," *EUSIPCO*, pp. 306-310, Aug.-Sept. 2017.

[6] R. Yao, G. Lin, Q. Shi, and D. Ranasinghe, "Efficient dense labeling of human activity sequences from wearables using fully convolutional networks," *Pattern Recognition*, vol. 78, pp. 252-266, Jun. 2017.