

스마트 펜던트: 사람의 행동 인식과 위치 추적을 위한 지능형 디바이스

조용원¹, 남윤영², 김태경¹, 김진형², 조위덕¹

¹ 아주대학교 전자공학과

² 유비쿼터스연구센터

E-mail: {a62026, youngman, rlxorua, hishope, chowd}@ajou.ac.kr

SmartPendant: An Intelligent Device for Human Activity Recognition and Location Tracking

Yongwon Cho¹, Yunyoung Nam², Taekyum Kim¹, Jinhyoung Kim², We-Duke Cho¹

¹ Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

² Center of Excellence for Ubiquitous System

요 약

유비쿼터스 지능공간에서 사람의 행동과 위치를 모니터링하는 것은 서비스 제공을 위해 근본적이며 필수적인 단계이다. 본 논문에서는 스마트 펜던트(SmartPendant)의 카메라 영상과 GPS위치 정보를 이용한 새로운 웨어러블 컴퓨터를 제안한다. 우선, 행동 인식을 위해 영상간에 특정 픽셀 값 차와 옵티컬 플로우를 사용하였으며, 인식이 가능한 행동으로는 걷기, 멈춤, 방향전환이다. 또한, GPS를 이용한 사용자의 위치 정보는 위도와 경도에 대한 스트리밍값을 패킷값으로 변환하여 지능형 상황인지 서버에 전달된다.

1. 서 론

유비쿼터스 시대의 새로운 요소인 웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)는 과거의 PC와는 다른 인간 중심의 디지털 컨버전스 정보 기기이다. 컴퓨팅 기술은 영상, 스포츠, 의료 등과 같은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 최근, 시대가 발전하면서 사람의 안전을 위한 서비스는 중요한 분야로 대두되고 있으며 사람의 안전을 제공해 주기 위한 새로운 웨어러블 컴퓨팅 시스템이 필요하다. 이러한 안전서비스를 제공해 주기 위해 사람의 행동 인식 및 위치 파악이 선행되어야 한다. 사람의 행동을 판단하기 위해 각종 센서를 이용하여 자동적으로 인식하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 그러나 센서를 이용한 방법은 전력 지원 문제, 다수의 센서 착용의 불편함과 다양한 센서들이 복합적으로 연결되어야 하는 문제가 있다. 본 논문에서는 각종 센서를 사용하지 않고 카메라의 영상만을 이용하여 사용자의 행동을 인식하고 GPS를 이용하여 위치를 파악한 후에 서비스를 제공할 수 있는 스마트 펜던트(SmartPendant)를 제안한다.

* 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및 네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것이다.

스마트 펜던트는 사용자의 몸에 착용하고 서비스를 제공하는 스마트 오브젝트이다. 사용자가 스마트 펜던트를 몸에 착용하여 사용자의 행동상태와 위치를 실시간으로 보호자와 관제 시스템에 전달하며 유아나 장애우들에게 안전을 제공해 줄 수 있다. 행동 인식에서는 걷기(Walk), 멈춤(Stop), 돌기(Turn)와 같은 행동 상황과 자동으로 캡처된 이미지, 위치정보가 안전서비스를 위한 데이터로 활용된다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 스마트 펜던트와 관련된 연구들을 소개하고, 3장에서는 전체적인 시스템의 구성에 대해서 설명한다. 4장에서는 스마트 펜던트에 각 기능을 서술하며 5장에서는 건물내부와 외부에서 실험한 결과를 보이고 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

Kern[1]은 몸에 부착하여 서비스를 제공하는 다중 센서 하드웨어 플랫폼을 구현하였다. 신체에 여러 개의 센서가 부착되어 사람의 행동을 인식하였다. Gemmell[2]은 다양한 센서가 결합된 카메라형태의 SenseCam이라는 데이터 저장방식을 제안하였다. SenseCam은 MyLifeBits 저장장소에 데이터를 업로드 하지만 데이터를 다루기 위한 상관관계가 필요하다. Mann[3]은 아이탭(EyeTab)을 구현하였으며, 라이프로그(Life-Log) 비디

오 캡처기능으로 개인의 삶, 경험을 녹화해준다. Aizawa [4]은 라이프 로그 어플리케이션을 위한 내용 기반 비디오 검색 시스템을 다루었으며 비디오와 오디오뿐만 아니라 다양한 센서로부터 캡처가 가능하다. Tancharoen[5]에서는 사용자간의 대화를 인지하고 GPS데이터를 이용하여 주요 프레임 요소를 추출하는 컨텍스트(context)기반의 프로젝트를 제시하였다. Hodges[6]는 카메라와 적외선 장치를 이용하여 이미지를 캡처하는 진보된 SenseCam을 소개하였다. Kim[7]은 네트워크 기반의 개인 라이프 로그 미디어에 대한 새로운 시스템을 보였다. 이 시스템은 지능형 가젯(intelligent gadget)과 환경 가젯(environment gadget)으로 구성하였다. 지능형 가젯은 각종 센서들과 카메라, P-LLM(Personal Life Log Media)을 위한 I/O장치들로 이루어져있다. 환경 가젯은 Zigbee or Bluetooth 장치와 작은 저전력 프로세싱 모듈로 이루어져있다. 사용자의 LLM device 장치로 오디오/비디오 데이터를 전송한다. LLM device는 데이터를 LLM 서버에 보낸 후 서버에서는 수집된 데이터를 분류한다. 사용자는 웹 기반 브라우저를 통해 데이터를 확인 할 수 있다. 새로운 P-LLM 시스템을 통해서 사용자의 activity를 보다 더 정확하게 분류하여 사용자 중심의 라이프를 구성하게 된다. HP의 Casual Capture prototype[10]은 언제 어디서나 착용이 가능한 웨어러블 비디오 카메라이다. 캡처된 이미지와 같은 많은 양의 데이터를 다루기 위해 관심 있는 이미지와 비디오 동영상을 선택하는 방법을 제안하였다.

3. 스마트 펜던트의 구조

그림 1은 스마트 펜던트의 전체적인 시스템 구조를 보이고 있다. 스마트 펜던트는 영상을 이용한 사람의 행동 인식, 자동 캡처 장치, 녹화와 위치 추적 이루어져 있다. 영상을 이용하여 사용자의 행동을 인식

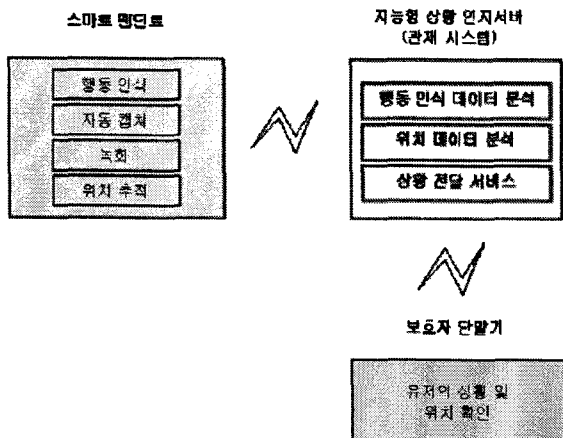


그림 1. 시스템 구조

한 상황 정보와 GPS 위치정보는 무선 네트워크를 통해 지능형 상황인지 서버에 보내어 진다. 지능형 상황인지 서버에서는 데이터를 분석하여 보호자 단말기에 상황을 전달한다.

4. 스마트 펜던트의 기능 및 인식률

4.1 사용자 행동 인식

스마트 펜던트에서 사용자의 행동을 인식하기 위해 내부에 설치된 카메라에 입력되는 영상을 이용한다. 스마트 펜던트에서 인식할 수 있는 동작은 'Walk', 'Stop', 'Left Turn', 'Right turn'이다. 네 가지 동작을 판단하여 사용자의 현재 상황을 일정 시간마다 지능형 상황인지 서버에 전달한다.

먼저, 사용자의 'Walk'와 'Stop'을 인식하기 위해 카메라 영상간에 차이를 분석하기 위해 식 1을 사용하였다. 'Walk'일 때와 'Stop'일 때 영상에 분포된 0~255 사이에 픽셀 값들 중에서 '0'인 픽셀을 이용하였다. 이러한 픽셀을 이용하여 현재 프레임과 이전 프레임간에 픽셀 값의 차이를 구하였다. 다양한 조명 변화와 환경 변화에 적응할 수 있도록 임계 값을 구해서 식 2에 적용하였다. 정확한 인식을 위해 현재와 이전 영상을 필터링해서 노이즈를 제거하였다. 연속된 두 프레임간에 분포된 특정 픽셀 값의 평균값의 차이를 구한 후 변화된 값이 임계 값보다 크면 'Walk', 임계 값보다 작으면 'Stop'으로 인식 한다.

$$\Delta K = K_t - K_{t-1} \quad (1)$$

K 는 픽셀값의 평균값

$$D_k = \begin{cases} Walk, & \text{if } \Delta K > Threshold \\ Stop, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

'Left Turn', 'Right turn'을 디바이스가 인식할 수 있도록 연속된 2차원 영상에서 패턴의 움직임 정보를 추출하기 위한 방법인 옵티컬 플로우를 사용하였다.

옵티컬 플로우는 이동한 점은 원래 위치에서 멀리 움직이지 않았다는 것과 점이 이동한 후에도 색상은 변하지 않았다는 것을 가정한다. [9]

$$\frac{dI}{dt} \approx \frac{dx}{dt} \frac{\partial I}{\partial x} + \frac{dy}{dt} \frac{\partial I}{\partial y} + \frac{\partial I}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

카메라를 통해 들어온 영상이 오른쪽, 왼쪽으로 돌 때 벡터들의 움직임이 달라지며 LK-Optical Flow 방법[8]을 이용해서 움직임 벡터를 추출하였다. 현재 프레임의

특징점 $P(x, y)^t$ 과 이전 프레임 사이의 특징점 $Q(x, y)^{t-1}$ 을 찾아 가우시안 피라미드(Gaussian Pyramid)를 이용하여 필요한 특징점만 추출하여 움직임 좌표 값을 처리하였다. 여기서 움직임 좌표 값은 $V(u, v)^t$ 로 정의한다.

$$u = (x_p - x_q), v = (y_p - y_q) \quad (4)$$

사람이 오른쪽으로 돌 때와 왼쪽으로 도는 경우, 벡터의 방향이 서로 다르다. 벡터의 방향성을 찾기 위해 특징점들의 각도를 계산하였으며 추출된 특징 점간의 각도는 다음과 같다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v}{u}\right) \quad (5)$$

θ (각도)값을 구한 후 각도의 범위를 두 개의 범위로 구분하여 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 는 왼쪽 방향, $90^\circ \sim -90^\circ$ 는 오른쪽 방향으로 정의하였다. 각 방향에 대한 벡터들의 집합을 평균화 하여 오른쪽과 왼쪽 방향을 구분하였다. 또한 'Walk'나 'Stop' 일 때 'Turn'을 잘못 인식할 수 있기 때문에 정확한 인식을 위해 벡터의 길이를 이용하였다. 'Turn'을 하는 경우 'Walk'나 'Stop' 일 때 보다 벡터의 길이가 커지므로 이 값이 특정 임계 값 이상일 경우 'Turn'을 인식할 수 있다.

4.2 자동 캡처 및 녹화

스마트 펜던트의 카메라로부터 영상을 캡처 하기 위해서 세 가지 방법으로 구현하였다. 첫 번째 방법은 기존의 카메라 기능처럼 사용자가 버튼을 이용하여 현재의 상황을 저장하는 방법이다. 사용자가 위험한 순간이나 특별한 상황이 발생했을 때 사용할 수 있다. 두 번째 방법은 자동으로 이미지를 캡처하는 방법이다. 사용자가 캡처 저장간격을 원하는 만큼 수정한 후 자동 캡처 버튼을 누르면 사용자의 현재 상황을 자동적으로 저장할 수 있다. 세 번째 방법은 특별한 상황이 발생했을 때 저장되며 유어나 장애우를 고려하며 움직임이 없을 때 즉, 위험한 상황이라고 판단하여 스마트 펜던트는 시스템 내부적으로 이미지를 캡처하여 기록한다. 이러한 세 가지 방법을 이용해서 기록한 데이터는 서버에 보내져 분석을 한 후에 보호자 단말기 및 관제 시스템에 상황을 전달할 수 있다. 정지한 화면을 캡처하는 방식과 더불어 움직이는 상황을 기록하기 위해 동영상으로 저장할 수 있도록 개발하였다.

4.3 GPS를 이용한 위치 추적

사용자의 행동뿐만 아니라 사용자의 위치를 추적할 수 있도록 하였다. GPS 신호로부터 GPGSV, GPGSA, GPRMC와 GPGGA의 스트링 값을 받는다. 이것은 현재 시간, 경도, 위도로 구성되어 있다. 스마트 펜던트는 이 값을 받은 후 서버로 GPS Packet을 보낸다. 서버에서는 사용자가 어느 위치에 있는지를 경도와 위도로 지도상에 표시를 해주고 사용자의 행동, 캡처한 이미지, 녹화한 동영상 데이터와 위치 정보를 분석해서 상황 정보를 관제 시스템 및 사용자 단말기에 전달한다.

5. 실험 결과

5.1 스마트 펜던트 실험 환경

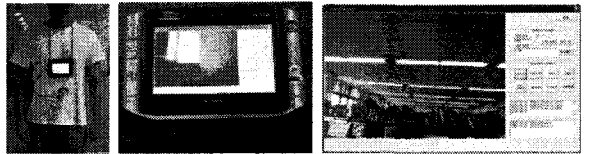


그림 2. 스마트 펜던트 v1.2 prototype.

그림 2는 스마트 펜던트 V1.2 프로토타입과 착용한 모습을 보이고 있다. 행동 인식, 캡처 및 녹화 기능과 위치 추적 기능이 있는 프로그램을 실행한 화면이다. 실험을 위해 인텔 코어 솔로 프로세서 U1500 1.33GHz CPU와 1GB 메모리에 Windows Vista 기반의 UMPC를 이용하였다. 위치 추적을 위해 블루투스(Bluetooth)방식의 GPS 모듈을 사용하였으며 서버는 인텔 듀얼 코어 프로세서와 Window XP가 설치된 PC를 사용하였다. 구현에 사용된 개발 언어는 Visual C++와 인텔에서 제공하는 OpenCV[9]라이브러리를 이용하여 구현하였고 실험은 건물 내부와 외부 공간에서 수행하였다.

5.2 스마트 펜던트 행동 인식 및 위치 추적 실험

사용자가 스마트 펜던트를 착용한 후 건물 내부 공간에서 5분간 유저의 행동을 파악하고 캡처 및 녹화를 해보았다. 그림 3은 유저의 현재 행동을 인식한 화면을 일정한 간격으로 캡처한 것이다. 1초에 15프레임으로 캡처하였으며 이미지 사이즈는 320 * 240으로 하였다. 그림 4는 스마트 펜던트를 착용하고 건물 외부 공간에 특정 지역을 이동한 모습을 나타낸다. GPS를 이용하여 사용자가 이동한 경로에 대한 위도와 경도를 서버에서 받아 분석을 한 후 사용자의 위치를 구글맵(Google Map)에 표시하였다.



그림 3. 행동 인식 및 캡처 화면



그림 4. 위치 인식을 이용한 이동 경로 표시

5.3 행동 인식을

스마트 펜던트에서 사람의 행동 인식을 확인하기 위해 1시간 동안 10분 간격으로 'Walk', 'Stop', 'Turn'에 대한 행동 인식률을 실험해보았다. 스마트 펜던트를 이용하여 사용자의 행동을 인식할 때 다양한 외부 조건들(외부객체 출현, 카메라의 작은 움직임, 조명등)에 의해 인식률의 차이가 발생할 수 있다. 스마트 펜던트를 몸에 착용한 후 사용자가 여러 동작을 수행하며 제안한 알고리즘의 행동 인식률을 측정해 보았다. 표 1은 행동 인식률에 대한 측정결과이다. 실험 결과를 보면 'Walk'와 'Stop'에 비해서 'Turn'은 다른 여러 가지 상황에서도 95%의 높은 인식 성능을 보였다. 'Walk'의 경우, 어떠한 상황이라도 인식률은 비교적 높았다. '멈춤' 일때 'Stop'은 네 가지 상황중에서 객체가 출현하지 않을

때가 가장 높은 인식률을 보였다. 또한, '멈춤' 행동에서 '객체가 출현' 하거나 '앉고 서기'를 하는 경우 'Walk'와 'Stop'의 인식률이 높지 않았다. 이러한 인식률을 높이기 위해서 옵티컬 플로우 방법을 혼합한 개선된 알고리즘에 대한 연구를 진행 하고 있다.

표 1. 행동 인식률

행동	구분	인식률		
		Walk	Stop	Turn
걸기	객체 미 출현	80%	20%	3%
	객체 출현	85%	15%	10%
	앉고 서기	95%	5%	15%
	돌기	90%	10%	95%
멈춤	객체 미 출현	10%	90%	1%
	객체 출현	45%	55%	5%
	앉고 서기	60%	40%	10%
	돌기	65%	35%	95%

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 스마트 펜던트를 사용하여 영상 기반의 행동 인식과 GPS 기반의 위치 추적을 구현하였다. 영상 인식을 통해 실시간 자동 캡처와 사용자의 행동 파악 및 GPS를 이용한 위치 추적 기능을 구현하였다. 새로운 웨어러블 컴퓨터인 스마트 펜던트는 유아 및 장애인들을 위한 안전장치로서 활용이 가능하며 다양한 기능들을 이용하여 효과적인 안전서비스를 제공 및 범 죄를 미리 예방해줄 수 있다. 향후 연구 과제로 스마트 펜던트에서 영상을 이용한 사용자의 행동인식에 대한 인식률을 높이고 다양한 행동을 인식할 수 있는 방법을 개발하는 것이다.

[참고문헌]

- [1] Kern, N., Schiele, B., Schmidt, A.: "Multi-Sensor Activity Context Detection for Wearable Computing". (2003)
- [2] Gemmell, J., Williams L., Wood K., Lueder, R., Bell, G.: "Passive Capture and Ensuing Issues for a Personal Lifetime Store". Capture, Archival and Retrieval of Personal Experiences (CARPE'04), New York, USA (2004)
- [3] Mann, S.: "Continuous Lifelong Capture of Personal Experience with EyeTap". ACM multimedia, New York, USA (2004)
- [4] Aizawa, K., Hori, T., Kawasaki, S., Ishikawa, T.: "Capture and Efficient Retrieval of life Log". (2004)
- [5] Tancharoen, D., Yamasaki, T., Aizawa, K.: "Practical Experience Recording and Indexing of

- Life Log Video". Proceedings of the 2nd ACM workshop on Continuous archival and retrieval of personal experiences (CARPE'05), Hilton, Singapore, 61-66 (2005)
- [6] Hodges, S., Williams, L., Berry, E., Izadi, S.: "SenseCam : A retrospective Memory Aid". Lecture Notes in Computer Science (UbiComp2006), 177-193 (2006)
- [7] Kim, I., Ahn, S., Ko, H., Kim, H. : "PERSONE : Personalized Experience Recording and Searching On Networked Environment". Proceedings of the 2nd ACM workshop on Continuous archival and retrieval of personal experiences (CARPE'06), Santa Barbara, California, USA, 49-54 (2006)
- [8] Lucas, B. and Kanade, T. "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," in DARPA Image Understanding Workshop. DARPA, pp. 121-130(1981)
- [9] Horn, B., Schunk, B., "Determining optical flow" Artificial Intelligence, 1981, Vol. 17, pp. 185-201(1981)
- [10] HP Laboratories, The Casual Capture Prototype, <http://www.hpl.hp.com/news/2004/jan-mar/casualcapture.html>
- [11] Open Source Computer Vision Library. http://www.intel.com/research/mrl/research/open_cv