

A Particle Filter Based Classification of Human Mobile State

Ha Yoon Song[†] · Ji Hyun Baik^{††}

ABSTRACT

In this paper, we present an algorithm based on particle filter to determine the state of human movement. We calculate speed from consecutive positioning data with time, latitude and longitude. The speed values are averaged with previous speed values and thus act as basis for particle filter. We use the fact that human speed distribution follows exponential distribution approximately. An algorithm based on particle filter has been developed and utilized. Human movement state are probabilistically described in this research, and the probability is to determine whether a person is in moving state or in stable state. The experimental results are provided in various ways.

Keywords : Particle Filter, Positioning Data, Probabilistic Approach, Human Mobile State Determination

파티클 필터에 기반한 인간 이동 상태 분류

송 하 윤[†] · 백 지 현^{††}

요 약

본 논문에서는 위치 데이터 분석의 한 방법으로 사람의 위치 정보와 파티클 필터를 이용해서 이동 상태를 파악하고자 한다. 사람의 이동 정보인 위치 데이터에 포함된 시간, 위도, 경도를 이용하여 속도를 구한 뒤, 이전 시간 데이터들의 속도들과의 평균값을 파티클 필터(Particle Filter)에 적용하여 얻은 결과로 인간의 이동 상태를 판단하고자 한다. 파티클 필터에 요구되는 확률분포는 인간 이동 속도가 지수 분포에 근사한다는 사실에 기반하여 적용하였다. 인간의 이동 상태는 파티클들의 확률값으로 주어진다. 이동 확률 판단을 위해 파티클 필터를 통해 얻은 확률적 수치들을 이용해 이동 상태가 정지인지 이동인지 판단했다. 그리고 실험을 통해 얻은 결과들을 제시하였다.

키워드 : 파티클 필터, 위치 데이터, 확률적 접근, 이동 상태 판단

1. 서 론

스마트폰의 보급 및 확산으로 인해 다양한 애플리케이션을 이용해 손쉽게 스마트폰 사용자의 위치 데이터를 얻을 수 있게 되면서, 많은 양의 위치 데이터가 생성되었다. 그에 따라 다양한 방면으로의 데이터 분석 방법이 등장했다.

만약 스마트폰이나 휴대용 위치 수집 장치를 이용하여 얻은 위치 및 시간 정보만으로 사람의 이동 상태를 알 수 있다면, 도출된 결과는 다양한 응용분야에 이용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 한 사용자가 이동 중 반복적으로 특정 위치에서 정지한다면, 그 위치에 횡단보도가 있음을 위치 데이터만으로 추측할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 인간의

이동 상태 판단에 초점을 맞췄다. 상태의 종류가 정지 또는 이동 총 두 가지라면, 모든 사람의 상태를 이 두 가지로 표현할 수 있을 것이다. 이를 위해서 이 논문에서는 수집한 위치 데이터를 바탕으로 파티클 필터(Particle Filter)를 기반으로 알고리즘을 개발하고 이를 이용해 사람의 이동 상태를 파악할 것이다.

서론에 이어, 2절에서는 관련 연구를 소개하고 3절에서는 파티클 필터의 적용방법, 즉 실험에 쓰인 파티클 필터 알고리즘과 실험 설계방법이 기술되어있다. 또한, 4절에서는 실험 결과 및 분석, 5절에서는 결론 및 앞으로의 연구방향에 관해 설명할 것이다.

2. 관련 연구

2.1 기존 연구

1) 파티클 필터를 이용한 인간의 이동 상태 판단

기존 연구[1]에서는 현재 이동 상태를 구하려는 위치 데

* 이 연구는 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된(NRF-2012R1A2A2A03046473).

* 이 논문은 2014년도 한국정보처리학회 추계학술발표대회에서 '파티클 필터를 이용한 인간의 이동 상태 판단'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 종신회원: 홍익대학교 컴퓨터공학과 교수

†† 준 회원: 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사과정

Manuscript Received: January 2, 2015

First Revision: February 27, 2015

Accepted: February 27, 2015

* Corresponding Author: Ha Yoon Song(hayoon@hongik.ac.kr)

이터의 위도, 경도 및 시간을 통해 얻은 현재 속도값을 파티클 필터에 적용했다. 하지만 낮은 속도로의 이동이 계속되는 상태에서는 연속해서 정지로 판단되는 경우가 있어, 정확도를 높일 필요가 있었다. 또한, 일정 시간 이상 상태가 유지되지 않고, 위치 데이터에 기록된 시간마다 계속 상태가 바뀌는 현상이 발견되어 개선이 필요했다. 이는 현재 사용하는 속도값이 정확하다는 가정하에 이용하기 때문에, 위치데이터의 오류로 인해 데이터에 문제가 있어 구한 속도값이 오류값인 경우에는, 결과의 정확성에 문제가 있을 수 있다고 생각했다. 따라서 파티클 필터는 이용하되, 현재 속도값만 이용하는 방법이 아닌 다른 방법을 생각할 필요가 있다.

2) 연속된 위치 정보들의 거리에 따른 이동 상태 판단

인간의 이동 상태 판별은 날씨가 사람의 행동 패턴에 미치는 영향을 밝히는 연구에서 중간 과정으로 사용되었다[2]. 위 연구에서는 위도, 경도, 시간의 정보를 담고 있는 연속적인 시간의 m 개의 위치 정보의 집합을 이용하여 이동과 정지 상태를 구분했다. 이 집합의 모든 서로 다른 위치 정보들 간의 순서쌍에 대해 거리가 특정 한계치 이하일 때 정지로 판단했으며, 한계치를 넘어설 때 이동으로 판단했다.

본 논문이 기존 연구[2]와 다른 점은 현재 판단하려는 위치 정보보다 이전의 시간에 나타나는 위치 정보들을 이용하여 상태 판단을 했다는 것이다. 또한, 파티클 필터와 인간의 이동 속도 분포를 이용하였다.

2.2 파티클 필터

파티클 필터는 순차적인 몬테카를로 방법(Sequential Monte Carlo)이라고도 불리고, 베이저안 통계학(Bayesian statistics)에 기반을 둔다. 파티클 필터는 매개변수 추정, 상태 추정에 사용된다. 파티클 필터의 기본 개념은 많은 수의 독립 랜덤 변수를 생성하여 이용하는 것이다. 이때의 독립 랜덤 변수들을 파티클(Particle)이라고 부른다. 파티클들은 상태 공간으로부터 초기화를 거쳐 값이 설정된다. 또한, 새로 입력된 측정값에 관련된 값, 즉 가중치에 의해 파티클들의 값이 새로 업데이트된다[3].

파티클 필터의 알고리즘 중에는 Sampling Importance Resampling(SIR)과 Sequential Importance Sampling(SIS)이 있는데, 둘의 가장 큰 차이는 Resampling 과정의 유무다. 본 논문에서는 Resampling 과정이 없는 SIS 알고리즘을 사용했다. 파티클 필터 중 Sequential Importance Sampling의 동작은 다음과 같다. 첫 번째, 생성된 파티클들(X)을 적절하게 초기화한다. 두 번째, 새로운 측정값(Z)을 입력받고, 우도 확률($P(Z|X)$)을 업데이트한다. 세 번째, 우도 확률을 이용하여 얻은 가중치(W)를 이용하여 파티클들(X)의 값을 업데이트한다. 마지막으로 조건을 설정하여 두 번째와 세 번째 과정을 반복한다.

Table 1. Particle Filter Algorithm

```

1: Algorithm Particlefilter( $N, Z_{avg}$ )
2:   // Initialize Particles
3:   Particle[ $N$ ]
4:   while(condition)
5:     for  $k=0$  to  $N-1$ 
6:       //weight update
7:        $W = f(\text{particle}[k], Z_{avg})$ 
8:       //particle update
9:       if(condition)
10:        Particle[ $k$ ] = Particle[ $k$ ] -  $W$ 
11:      else
12:        Particle[ $k$ ] = Particle[ $k$ ] +  $W$ 
13:      end if
14:    end for
15:  end while
16:  //calculate  $X$ , return  $X$ 
17:   $X = \text{Average}(\text{Particle}[N])$ 
18:  return  $X$ 
19: end Particlefilter

```

현재 파티클 필터는 로봇 분야[4]에서 로봇의 위치 추정, 컴퓨터공학에서 wi-fi 신호를 이용한 사람의 위치 추정[5] 등 여러 분야에서 적용되고 있다.

3. 알고리즘 및 실험 설계

실험은 데이터 수집, 속도 계산, 파티클 필터 알고리즘에 적용, 결과 도시의 순서로 이루어졌다.

데이터 수집은 스마트폰에 설치한 Sports-Tracker[6]와 Garmin[7]을 이용했다. 얻은 위치 데이터는 하루 단위로 시간, 위도, 경도 정보를 추출하여 사용했다. 실시간이 아닌, 미리 수집한 데이터를 이용했으나 실시간으로의 적용도 가능하다.

속도 계산은 하버사인 공식(haversine formula)[8]을 이용했다. 현재 위치 데이터의 속도는 바로 전 시간의 데이터의 시간, 위도, 경도값을 이용해 구했다. 따라서 속도를 구하기 위해서는 2개의 데이터가 필요하므로, 입력되는 데이터 중 제일 처음 시간의 위치 데이터는 두 번째 위치 데이터가 입력된 후 두 번째 위치 데이터의 속도를 첫 번째 데이터의 속도에 입력했다. 또한, 두 번째 데이터를 파티클 필터 알고리즘에 적용하여 얻은 이동 상태를 첫 번째 데이터의 이동 상태에 그대로 적용했다. 이는 몇 초 이내의 짧은 시간 내에 이동 상태가 변할 확률이 낮다고 생각했기 때문이다. 따라서 첫 번째 데이터를 제외한 모든 데이터는 하버사인 공식을 이용해 속도를 구했다.