스테른 게를라흐(Stern-Gerlach)의 실험을 이용한 이동 예측 기법

전일규 · 오영준 · 이강환*

*한국기술교육대학교

Prediction method of node movement using the Stern-Gerlach experiment

Il-Kyu Jeon* · Young-jun Oh**· Kang-Whan Lee***

*Korea University of Technology and Education

E-mail : stajun@koreatech.ac.kr

요 약

본 논문에서는 노드의 속성정보를 통해 노드의 움직임을 예측하는 PPoP(The Path Prediction algorithm based on Probability) 알고리즘을 제안한다. 기존 이동 예측 알고리즘들은 GPS(Global Positioning System)를 사용해 노드의 이동을 학습을 통해 패턴화 하여 예측한다. 이때, 노드들이 이동 패턴을 벗어날 경우 예측률이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 스테른 게를라흐의 실험(Stern-Gerlach experiment)을 분석하여 노드의 이동성을 예측하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안된 알고리즘에서는 노드의 이동 경로를 staore-carry-forward 방식으로 상황 인지에 의한 경로 설정 변경 예측 방법으로 이동 예측 확률 기법이다. 모의실험 결과 제안한 방법을 사용하여 노드의 이동성 및 패턴을 벗어난 상황에서도 노드의 예측 하고자 한다.

키워드

Ad-hoc, movement prediction, Stern－Gerlach experiments, probabilistic

Ⅰ. 서 론

모바일 에드 혹 네트워크(Mobile Ad hoc Networks: MANET)는 고정된 인프라스트럭쳐(fixed infrastructures)의 지원 없이 이동 노드에 의해 형성된 네트워크이다. 또한 모든 노드들은 이동성을 가지며 특정한 AP(Access Point) 없이 무선으로 통신이 가능한 노드들끼리 서로 통신을 하는 자율적 네트워크 구조이다. 네트워크에서 통신을 제공하기 위해 이동 노드들은 라우터 역할을 하고, 트래픽 라우팅과 같은 다양한 네트워크 기능들을 처리하기 위해 협력한다. 하지만 노드의 이동성으로 인하여 네트워크 토폴로지의 빈번한 변경은 Ad-hoc 네트워크에서의 조작에 문제를 제기한다. 또한 이동 노드들은 다양한 이동 패턴으로 이동하기 때문에 잦은 고장의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이동 노드들의 이동을 예측하는 기법들이 제안되고 있다.[1][2][3]

따라서 본 논문에서는 노드의 속성정보를 통해 노드의 움직임을 예측하는 PPoP(The Path Prediction algorithm based on Probability) 알고리즘을 제안한다. PPoP 알고리즘은 스테른 게를라흐의 실험(Stern-Gerlach experiment)을 분석하여 노드의 이동성을 예측하는 기법으로 노드의 이동성 및 패턴을 벗어난 상황에서도 노드의 이동 경로를 예측할 수 있음을 확인하였다.

Ⅱ. 본 론

본 논문에서는 노드의 속성 정보를 이용하여 노드들의 이동 방향을 확률적으로 선택하여 예측하는 PPoP(The Path Prediction algorithm based on Probability) 알고리즘을 제안한다. 이 때, 노드는 일정한 주기로 노드의 방향을 저장한다.

그림 1은 노드의 이동 경로를 나타내며 주기마다 노드의 이동 방향을 저장한다.

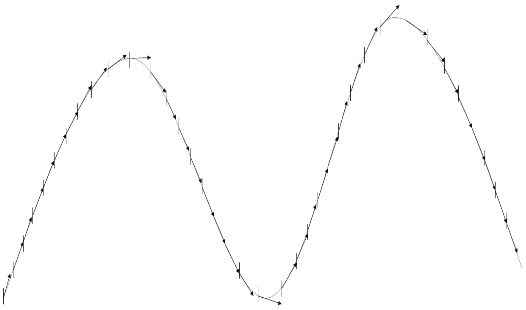

그림 1. 노드의 이동 경로와 일정 주기마다 노드의 방향을 저장

그림 1에서 보는바와 같이 연속적인 값을 가지는 노드의 방향을 불연속적인 방향으로 근사시키기 위해 기준 방향을 정하고, 노드의 방향을 기준 방향으로 근사시킨다. 이 때, 기준 방향을 지표라 한다. 지표는 2^n(n=2,3,..)개의 방향으로 각 지표사이의 각이 일정하게 나눈다. 지표의 값은 0°를 1로 하며 반시계 방향으로 1씩 증가한다. 지표는 지표의 개수에 따라 오차가 달라진다. 표 1과 표 2는 지표의 개수가 4(n=2)개, 8(n=3)일 때의 각 지표에 대한 범위를 나타낸다.

표 1. 지표가 4개(n=2) 일 때, 각 지표로 근사하는 노드의 방향 범위

		노드의 방향(단위:°)	
지표	지표 값 (단위:°)	최소 방향 (초과)	최대 방향 (이하)
1	0	-45	45
2	90	45	135
3	180	135	-135
4	-90	-135	-45

표 2 지표가 8개(n=3) 일 때, 각 지표로 근사하는 노드의 방향 범위

		노드의 방향(단위:°)	
지표	지표 값 (단위:°)	최소 방향 (초과)	최대 방향 (이하)
1	0	-27.5	27.5
2	45	27.5	72.5
3	90	72.5	117.5
4	135	117.5	162.5
5	180	162.5	-162.5
6	-135	-162.5	-117.5
7	-90	-117.5	-72.5
8	-45	-72.5	-27.5

표1과 표2에서 보는바와 같이 지표의 개수가 많아질수록 하나의 지표로 근사 할 수 있는 방향의 범위가 줄어든다. 따라서 지표의 개수가 많아질수록 근사 시키는 과정에서의 오차가 줄어든다.

지표로 근사시킨 값은 오차를 가지고 있는데 이를 줄이기 위해 보정을 한다. 또한 노드의 방향이 지표보다 작으면 지표에다 -0.3을 더하고, 크면 지표에다 0.3을 더한다.

위 표와 같이 각 노드의 정보를 일정 주기(타임 슬롯)마다 지표를 y축으로 하고, 시간을 x축으로 하여 저장 후 그래프를 만든다.

그림 2는 그림 1에서 t0에서 t9까지 저장된 정보를 나타낸 그래프이다.

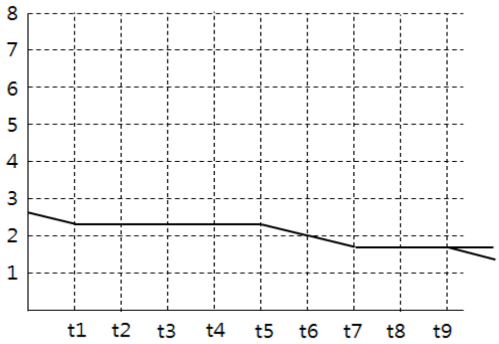

그림 2. t0에서 t9의 정보를 나타낸 그래프

그림 2에서 보는바와 같이 그래프의 방향의 변화율(그래프의 기울기)을 이용하여 t10에서 지표로 선택될 수 있는 확률을 구한다. 그림 2에서 지표가 6번 변하지 않고 유지됐고, 3번 한 등급씩 낮아졌다. 이를 통해 t10에서 지표가 유지될 확률은 $\frac{6}{9}$이 되고, 한 등급 내려갈 확률은 $\frac{3}{9}$가 된다.

수식 (1)은 지표로 선택될 수 있는 확률 값을 의미한다.

$$P_{t_{j+\alpha}} = \frac{CNT_{ts}\alpha}{TS_{(t-n,t-1)}} \quad (1)$$

$P_{t_{j+\alpha}}$는 시간 t에서 지표 $j+\alpha$가 선택될 확률, j는 t-1에서의 지표, α는 시간 t일 때 지표에서 t-1일 때의 지표를 뺀 값, 즉 지표의 변화량이다. $CNT_{tslot}\alpha$는 총 타임 슬롯(total time slot)에서 α의 값을 가지는 타임 슬롯의 개수이다. CNT는 CNT 뒤의 내용의 개수를 세는 연산자이다. $TS_{(t-n,t-1)}$은 시간 t - n의에서 t-1까지의 타임 슬롯의 수를 의미한다.

III. 실험 및 분석

제안하는 PPoP 알고리즘의 효율성에 대한 증명을 하기 위해 이동 경로의 확률을 선택하여, 선택된 경로와 실제 이동 경로의 편차로 정확성을 비교한다. 이동 경로는 random way point나 random direction 방식이 아닌 sin 함수와 같은 상황 경로를 정해 모의실험을 하였다.

그림 3은 모의실험 결과로 가로축은 노드의 속도이고, 세로축은 실제 이동 경로와 예측 경로의 오차율이다. 노드는 예상 경로를 확률적으로 선택하기 때문에 같은 경로라 할지라도 매 순간 선택될 확률은 독립적이다. 따라서 각 상황에서 21번씩 반복해서 평균으로 나타내었다. 모의실험에서 지표의 개수를 4, 8, 16일 때의 거리차를 비교하여 N이 커질수록 거리차가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

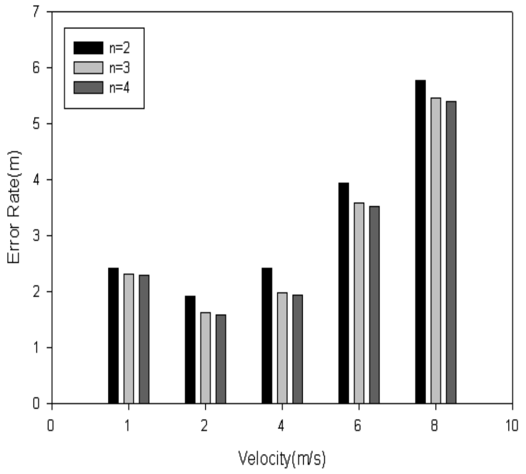

그림 3. 지표의 개수와 속력에 따른 실제 이동 경로와 예측 경로의 오차율

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 경로를 학습 할 수 없는 상황이거나 패턴에 없는 경로일 때, 노드의 속성정보를 이용해 노드의 이동 경로를 예측하는 PPoP(The Path Prediction algorithm based on Probability) 알고리즘을 제안하였다. PPoP 알고리즘은 노드의 이동 경로를 store-carry-forward 방식으로 상황 인지에 의한 경로 설정 변경 예측 방법으로 이동 예측 확률 기법이다. 하지만 향후 다른 알고리즘과 비교하는 과정과 노드의 방향이외의 속성 정보를 이용하여 함께 비교분석하는 연구가 필요하겠다.

참고문헌

[1] A. B. McDonald and T. Znati, “A mobility based framework for adaptive clustering in wireless ad-hoc networks,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, August 1999.

[2] W. Su, S.-J. Lee, and M. Gerla, “Mobility Prediction in Wireless Networks,” in Proceedings of IEEE MILCOM 2000, Los Angeles, CA, October 2000.

[3] Karen H. Wang, Baochun Li, "Group Mobility and Partition Prediction in Wireless Ad-Hoc Networks" IEEE International Conference on Vol.2, P.1017 – 1021

[4] W. Gerlach, O. Stern , "Das magnetische Moment des Silberatoms", 《Zeitschrift für Physik A》 9 (1): 353–355. doi:10.1007/BF01326984.