

# DTN에서 Markov Chain을 이용한 노드의 이동 예측 기법

전일규 · 신규영 · 김형준 · 오영준 · 이강환\*

\*한국기술교육대학교

A Prediction Method using Markov chain in DTN

Il-Kyu Jeon · Gyu-young Shin · Hyeng-jun Kim · Young-jun Oh · Kang-Whan Lee\*

\*Korea University of Technology and Education

E-mail : stjajun@koreatech.ac.kr

## 요 약

본 논문에서는 Delay Tolerant Networks(DTNs)에서 Markov chain으로 노드의 속성 정보 변화율을 분석하여 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘을 제안한다. 기존 DTN에서 예측기반 라우팅 기법은 노드가 미리 정해진 스케줄에 따라 이동한다. 이러한 네트워크에서는 스케줄을 예측할 수 없는 환경에서 노드의 신뢰성이 낮아진다. 본 논문에서는 일정 구간의 노드의 속성 정보의 시간에 따른 변화율을 Markov chain을 이용하여 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 노드의 속성 정보 중 노드의 속도와 방향성을 근사한 후, 변화율을 분석하고 이로부터 Markov chain을 이용하여 확률전이 매트릭스를 생성하여 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘이다. 주어진 모의실험 환경에서 노드의 이동 경로 예측을 통해 중계 노드를 선정하여 라우팅 함으로써 네트워크 오버헤드와 전송 지연 시간이 감소함을 보여주고 있다.

## 키워드

Delay Tolerant Network, Prediction, Context-awareness, Markov chain

## I. 서 론

DTN에서 중계 노드의 선정은 네트워크 성능에 큰 영향을 미친다. 선정된 중계 노드의 수가 많으면 메시지 전달 지연 시간은 줄지만 네트워크 오버헤드는 증가한다. 대조적으로 선정된 중계 노드의 수가 적으면 네트워크 오버헤드는 감소하지만 메시지 전달 시간은 증가한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 노드의 이동 예측을 통한 중계 노드를 선정 하는 연구가 진행되었다. 기존의 이동 예측 기법들은 기존의 노드간의 접촉 정보를 이용하거나 노드의 이동 스케줄을 가지는 환경에서 노드의 이동을 예측하여 목적 노드로 향하는 노드를 중계 노드로 선정한다. 이러한 기존 예측 기법들은 노드의 스케줄을 알 수 없거나 기존의 접촉 정보가 없을 경우 예측의 신뢰성이 낮아진다 [1-2].

본 논문에서는 노드 간 연결 상태를 알 수 없는 상황에서 기존의 노드의 이동 경로를 마르코프 모델을 이용하여 예측하는 알고리즘을 제안한다.

## II. 본 론

본 논문에서는 네트워크 환경이나 노드 간 정보를 알 수 없는 환경에서 노드의 속성 정보를 Markov Chain을 이용하여 이동 경로를 예측하는 알고리즘을 제안한다.

네트워크 내에 있는 노드는 고유 번호를 가지며, 속성 정보로 노드의 방향성과 속도를 사용한다.

다음 그림 1은 방향과 속도에 대한 지표의 예를 나타낸다.

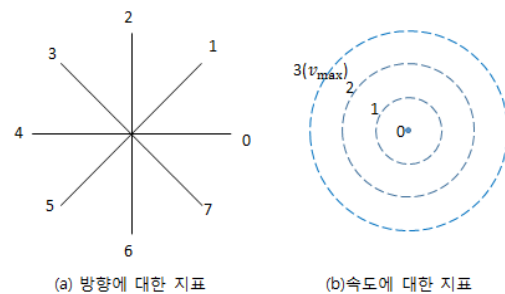


그림 1. 속도와 방향에 대한 지표

그림1에서 (a)는 노드의 방향성에 대한 지표 개수를 8로 설정하여 지표 사이의 간격을 나타낸 그림이고, (b)는 노드 속도에 대한 지표의 수를 4로 설정하여 지표 사이의 간격을 나타낸 그림이다.

설정된 각 지표와 노드의 속성정보의 편차를 이용하여 노드의 속성 정보를 근사한다. 노드의 방향성과 속도의 편차를 구하는 식은 다음과 같이 표현할 수 있다[3].

$$Dir_{i,j} = |Dir_i - Dir_j| \quad (1)$$

$$v_{i,j} = |v_i - v_j| \quad (2)$$

여기서,  $Dir_{i,j}$ 는 노드  $i$ 와 지표  $j$ 의 방향성의 편차를 의미하고,  $Dir_i$ 와  $Dir_j$ 는 노드  $i$ 와 지표  $j$ 의 방향성을 의미한다.  $v_{i,j}$ 는 노드  $i$ 와 지표  $j$ 의 속도의 편차를 의미하며,  $v_i$ 와  $v_j$ 는 노드  $i$ 와 지표  $j$ 의 속도를 의미한다. 노드의 속성 정보 근사는 노드의 속성 정보와 각 지표의 편차 중 최소인 지표로 근사한다.

노드의 이동 경로를 예측하기 위해서 마르코프 연쇄 모델을 사용한다. 시간 구간  $M$ 에서 근사한 노드의 속성 정보를 Markov chain을 이용한 전이 확률 매트릭스  $P$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \begin{pmatrix} p_{0,0} & \cdots & p_{0,N-1} \\ \vdots & p_{N/2,N/2} & \vdots \\ p_{0,N-1} & \cdots & p_{N-1,N-1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

여기서,  $p_{x,y}$ 는 상태  $x$ 에서 상태  $y$ 로 전이될 확률을 의미하며 여기서  $N$ 은 일반적으로 상태의 개수를 나타내며 본 논문에서는 설정된 지표의 수를 나타낸다.

노드의 예측된 이동 경로는 노드가 예측된 방향으로 예측된 속도로 이동한 경로의 집합이다. 소스 노드는 예측된 노드의 이동 경로를 이용하여 목적 노드와 접촉할 확률이 높은 노드를 중계 노드로 선정하여 메시지를 복사한다.

### III. 실험 및 분석

제안한 알고리즘의 효율성을 증명하기 위해 기존 DTN 예측 알고리즘은 Prophet 알고리즘과 PER 알고리즘의 실험을 통해 네트워크 전송 지연 시간을 비교하였다.

실험을 위해 목적 노드는 고정 노드로 네트워크 중앙에 있다는 가정을 두었고, PER 알고리즘을 적용하기 위해 전체 네트워크를 150개의 랜덤 마크로 나누어 실험을 하였다.

그림 2는 실험 환경에 맞춰 기존 예측 알고리즘인 Prophet, PER 라우팅과 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용한 라우팅 지연 시간을 비교한 결과이다. 노드의 전송 범위가 증가할수록 지연시간이 감소하므로 본 논문에서 제안하는 알고리즘이 효율이 좋다는 것을 확인 할 수 있다.

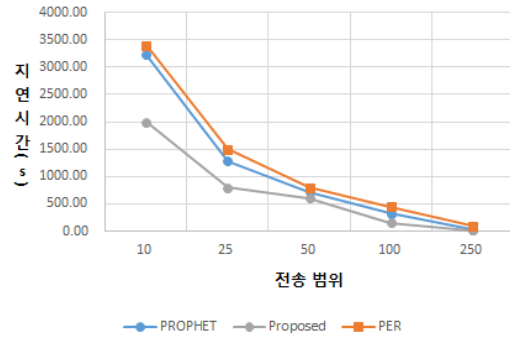


그림 2. 통신 반경에 따른 지연 시간

### IV. 결론

본 논문에서는 노드의 이동 속성 정보를 마르코프 체인을 이용해 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 노드의 속성 정보 중 노드의 속도와 방향성을 근사하고, 마르코프 연쇄를 이용하여 각 속성 정보에 대한 전이확률 매트릭스를 생성하여 각 속성 정보를 예측하였다. 예측된 속성 정보들을 바탕으로 노드의 이동 경로를 예측하고, 예측된 정보를 통해 목적 노드로 향하는 이웃 노드를 중계노드로 선정하여 메시지를 복사하여 연결성을 확보하였다. 모의실험에서 RWP모델을 사용하여 노드의 이동 스케줄을 가지지 못하도록 설정하여 실험함으로써 전송 지연시간에 있어 더 좋은 결과를 나타내었다. 향후 노드의 이동이 대중교통시스템과 캠퍼스와 같이 스케줄이 있는 환경에서 기존 예측 알고리즘과 비교하는 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] A.oria, and O.Scheln, "Probabilistic routing in intermittently connected networks", the Fourth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MobiHoc 2003), 2003.
- [2] Quan Yuan, Ionut Cardei and Jie Wu, "An Efficient Prediction-Based Routing in Disruption-Tolerant Networks", Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on Vol.23, Jan. 2012
- [3] Young-jun Oh, Kang-whan Lee, "A Clustering Algorithm Based on Mobility Properties in Mobile Ad Hoc Networks", International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 2015, Article ID 5672269, 2015, 6.