

DTN에서 Markov Chain을 이용한 노드의 이동 예측 기법

전일규¹ · 이강환^{2*}

Prediction method of node movement using Markov Chain in DTN

Il-kyu Jeon¹ · Kang-whan Lee^{2*}

^{1,2*}Interdisciplinary Program in Creative Engineering and Department of Computer Science Engineering,
Korea University of Technology and Education, Cheonan 31253, Korea

요 약

본 논문에서는 Delay Tolerant Network(DTN)에서 Markov chain으로 노드의 속성 정보를 분석하여 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘을 제안한다. 기존 DTN에서의 예측기반 라우팅 기법은 노드가 미리 정해진 스케줄에 따라 이동하게 된다. 이러한 네트워크에서는 스케줄을 예측할 수 없는 환경에서 노드의 신뢰성이 낮아지는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 노드의 속성 정보를 Markov chain을 적용하고 일정 구간에서 시간에 따른 노드의 이동 경로를 예측하는 CMCP(Context-awareness Markov-Chain Prediction)알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 노드의 속성 정보 중 노드의 속력과 방향성을 근사한 후 Markov chain을 이용하여 제한된 주기와 버퍼의 범위에서 확률전이 매트릭스를 생성하여 노드의 이동 경로를 예측하는 알고리즘이다. 주어진 모의실험 환경에서 노드의 이동 경로 예측을 통해 중계 노드를 선정하여 라우팅 함으로써 메시지 전송 지연 시간이 감소하고 전송률이 증가함 보여주고 있다.

ABSTRACT

This paper describes a novel Context-awareness Markov Chain Prediction (CMCP) algorithm based on movement prediction using Markov chain in Delay Tolerant Network (DTN). The existing prediction models require additional information such as a node's schedule and delivery predictability. However, network reliability is lowered when additional information is unknown. To solve this problem, we propose a CMCP model based on node behaviour movement that can predict the mobility without requiring additional information such as a node's schedule or connectivity between nodes in periodic interval node behavior. The main contribution of this paper is the definition of approximate speed and direction for prediction scheme. The prediction of node movement forwarding path is made by manipulating the transition probability matrix based on Markov chain models including buffer availability and given interval time. We present simulation results indicating that such a scheme can be beneficial effects that increased the delivery ratio and decreased the transmission delay time of predicting movement path of the node in DTN.

키워드 : 지연내성망, 예측, 상황인식, 마코브 체인

Key word : Delay Tolerant Network, Prediction, Context-awareness, Markov chain

Received 24 February 2016, Revised 29 February 2016, Accepted 21 March 2016

* Corresponding Author Kang-Whan Lee(E-mail:kwlee@koreatech.ac.kr, Tel:+82-42-560-1356)

Department of Computer Science & Engineering, Korea University of Technology and Education, Cheonan 31253, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.5.1013>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

Delay Tolerant Network(DTN)은 종단간의 연결성이 불안정한 네트워크에서도 통신이 가능하도록 디자인된 네트워크 구조이다[1]. 전쟁이나 재해재난과 같이 네트워크 기반 시설을 상실한 환경에서는 통신의 단절이 빈번하게 일어나, 기존의 TCP/IP 방식의 프로토콜을 적용하기 어렵다. DTN은 이를 해결하기 위해 저장 및 전송(Store-Carry-Forward)기반의 메시지 전달 방식을 사용하여 종단 간 연결성이 불안정한 상황에서도 중계 노드를 통해 메시지를 보존하여 통신을 가능하게 한다.

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[2-7]. 이러한 기존 예측 기법들은 노드의 스케줄을 알 수 없거나 기존의 접촉 정보가 없을 경우 예측의 신뢰성이 낮아진다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 노드 간 연결 상태를 알 수 없는 상황에서 기존의 노드의 이동 경로를 마르코프 모델을 이용하여 예측하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현재 DTN에서 기존 예측 기법에 관한 관련 연구들을 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대해 기술한다. 4장에서는 제안한 알고리즘의 성능을 모의실험을 통하여 기존 예측 기법들을 적용한 라우팅 기법과 비교, 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. 관련 연구

대표적인 DTN 라우팅 기법인 Epidemic은 전송 범위 안에 있는 모든 노드들과 정보를 교환하고, 이 때 상대 노드가 보유하고 있지 않은 메시지를 전달하는 방식으로 전

송 성공률이 높고 지연 시간이 적다[8]. 하지만 네트워크의 밀도가 높아 노드 간 접촉 회수가 많아질 경우 복사되는 메시지의 수가 급격히 증가되므로 네트워크 오버헤드가 커진다.

이와 같은 문제로 인해 제안된 PROPHET (Probabilistic ROuting Protocol using History of Encounter and Transitivity)은 노드들의 과거 연결 정보를 이용하여 노드 간의 메시지의 전달 확률을 측정한다. 이를 이용해 목적지에 전달될 확률이 높은 노드를 중계 노드로 선정하여 메시지를 전달하므로 Epidemic 라우팅의 무분별한 메시지 복사를 줄이고, Direct Delivery에 비해 높은 전달성공률을 보인다[9].

PER은 랜드마크로 구성된 네트워크 환경에서 노드들은 스케줄을 가지고 이동한다. 동일한 랜드마크 안에서 두 노드는 통신이 가능하며, 각 노드는 특정 시간에 특정 랜드마크에 소속되어야 한다. PER에서는 노드들의 이동을 예측하기 위해 노드의 이동 스케줄을 TH-SMP(Time homogeneous semi-markov process) 모델을 이용하여 전이 확률 매트릭스를 생성하고, 이를 통해 노드의 이동 경로를 예측하여 목적 노드와 접촉할 확률이 높은 노드를 중계 노드로 선정한다. 그러나 PER 기법은 동일한 랜드마크에서 두 노드가 통신이 가능하도록 네트워크를 랜드마크로 구성해야 하며, 각 노드의 이동 스케줄을 알고 있어 하는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 네트워크 환경에 제약을 두지 않고 노드의 이동경로를 예측하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 노드의 이동 경로를 Markov Chain로 노드의 전이확률 매트릭스를 생성하여 이동 경로를 예측한다.

III. 본론

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 노드의 다양한 속성 정보 중 노드의 속도를 Markov Chain을 이용하여 노드의 다음 이동 경로를 예측하는 알고리즘이다. 기존 예측 알고리즘들은 노드의 스케줄이나 노드의 연결성을 알고 있어야 하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 환경이나 노드 간 정보를 알 수 없는 환경에서 노드의 속성 정보를 지표로 근사하여 근사된 정보를 Markov Chain을 이용하여 이동 경로를 예

측하는 알고리즘을 제안한다.

$$v_a(b) = |v_a - v_b| \quad (2)$$

3.1. 지표 설정 및 근사화

네트워크 내에 있는 노드들은 일정 주기마다 노드의 속성 정보를 근사하여 저장한다. 이 때, 각 노드는 다양한 속성 정보 중 속력과 방향성을 사용하고 있으며, 속력은 0에서 네트워크 내의 최대 속력 사이의 값을 가지고 방향성은 0°에서 360° 사이의 값을 가진다.

노드의 속성 정보 근사 과정은 서로 다른 속성을 가지는 노드의 속성 정보들을 하나의 통일된 지표로 근사하는 과정이다. 지표는 각 속성 정보를 근사하기 위한 기준으로 각 속성 정보의 최솟값에서 최댓값 사이에서 일정한 간격을 가진다. 지표 사이의 간격은 설정된 지표의 수 N 에 반비례하여 N 이 커질수록 각 지표의 간격이 작아진다.

다음 그림 1은 속력과 방향성에 대한 지표의 예를 나타낸다.

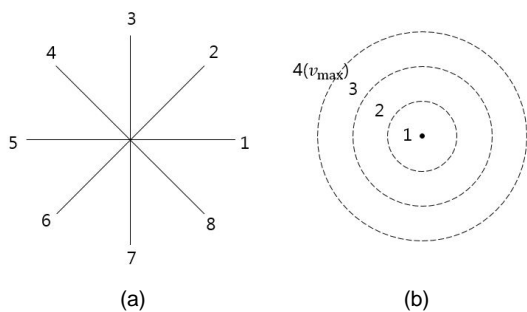


Fig. 1 Index for speed and direction of node (a) Index for direction (b) Index for speed

그림 1에서 (a)는 노드의 방향성에 대한 지표 개수 (N_{dir})를 8로 설정하여 지표 사이의 간격을 나타낸 그림이고, (b)는 노드 속력에 대한 지표의 수 (N_v)를 4로 설정하여 지표 사이의 간격을 나타낸 그림이다. 각 속성에 대한 설정된 지표는 1을 기준으로 설정한 지표의 개수까지의 기준 값을 가진다.

노드의 속성 정보를 설정된 각 지표로 근사하기 위해 각 속성 정보의 편차를 이용하며, 각 속성 정보의 편차를 구하는 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$dir_a(b) = |dir_a - dir_b| \quad (1)$$

여기서, $dir_a(b)$ 는 노드 a와 지표 b의 방향성의 편차를 의미하고, dir_a 와 dir_b 는 노드 a와 지표 b의 방향성을 의미한다. $v_a(b)$ 는 노드 a와 지표 b의 속력의 편차를 의미하며, v_a 와 v_b 는 노드 a와 지표 b의 속력을 의미한다.

노드의 속성 정보 근사는 노드의 속성 정보와 각 지표의 편차 중 최소인 지표로 근사한다. 이를 다음 수식과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_a(dir) = index \min_{b \in N_{Dir}} dir_a(b) \quad (3)$$

$$I_a(v) = index \min_{b \in N_v} v_a(b) \quad (4)$$

여기서 $I_a(dir)$ 와 $I_a(v)$ 는 노드 a의 방향성과 속력을 근사한 지표를 의미하고, $index \min_{b \in N_{Dir}} dir_a(b)$ 와 $index \min_{b \in N_v} v_a(b)$ 는 노드 a의 방향성과 속도와 각 지표의 편차 중 최솟값을 갖는 지표를 구하는 연산자이다.

3.2. 전이 확률 매트릭스 생성

일정 구간에서 저장된 노드의 근사된 지표를 이용하여 전이 확률 매트릭스(transition probability matrix)를 생성한다. 전이 확률 매트릭스는 N 행 N 열 매트릭스로 행은 현재 상태를 의미하며 열은 다음 상태를 의미한다. 이를 수식으로 표현하면 전이 확률 매트릭스 P 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \begin{pmatrix} p_{1,1} & \cdots & p_{1,N} \\ \vdots & p_{N/2,N/2} & \vdots \\ p_{1,N} & \cdots & p_{N,N} \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서, N 은 각 속성 정보의 설정된 지표수를 나타내며 전이 확률 매트릭스 P 의 속성 $p_{i,j}$ 는 현재 상태의 지표가 i 이고 다음 상태의 지표가 j 일 확률을 의미한다.

전이 확률 매트릭스 생성을 위해 분석할 정보의 구간의 길이 M 을 설정한다. 분석 구간의 길이 M 은 전이 확률 매트릭스를 생성하기 위한 구간으로 M 이 작을수록 최근 속성 정보의 영향을 받고, 길수록 평균 속성 정보

의 영향을 많이 받는다. 설정된 구간에서 현재 상태가 i 이고, 다음 상태가 j 일 때, 전이 확률 매트릭스는 다음과 같은 규칙에 의해 생성된다.

- i) i 번째 행의 모든 속성들의 분모를 1 증가시킨다.
- ii) 속성 $p_{i,j}$ 의 분자를 1 증가시킨다.

생성된 전이 확률 매트릭스 P 의 i 행 p_i 는 1이 되며 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$p_i = \sum_{j=1}^N p_{i,j} = 1 \quad (6)$$

예를 들어 구간의 수 $M=9$ 이고, 설정된 지표의 수 $N=4$ 인 경우, 구간에서 속성 정보들이 2, 3, 4, 2, 1, 3, 3, 1, 3, 3일 때, 마지막 현재 상태 3에서 다음 속성 정보를 예측하기 위해 생성된 전이 확률 매트릭스는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \begin{pmatrix} 0/2 & 0/2 & 2/2 & 0/2 \\ 1/2 & 0/2 & 1/2 & 0/2 \\ 1/4 & 0/4 & 2/4 & 1/4 \\ 0/1 & 0/1 & 1/1 & 0/1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

위에서 생성된 매트릭스를 보면 각 행의 합은 1이 되며, 현재 상태가 3에서 예측되는 다음 상태는 3행에서 확률이 가장 높은 확률이 2/4이므로 다음 상태는 지표 3이 된다.

3.3. 노드의 이동경로 예측

노드의 이동경로는 각 시간에서 노드가 이동한 거리의 집합이다. 따라서 노드의 속성 정보를 예측하여 나열하면 노드의 이동 경로를 예측할 수 있다.

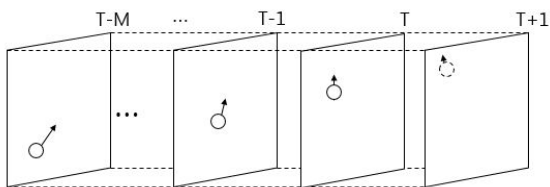


Fig. 2 Movement path prediction of node using attitude information of node

Time	T-M	...	T-1	T	T+1
$I_i(dir)$	2	...	3	3	2
$I_i(v)$	3	...	4	5	4

Fig. 3 Approximated attitude information of node over time

그림 2는 시간 $T-M$ 에서 시간 T 까지의 M 개의 구간에서 노드의 속력과 방향성을 분석하여 시간 $T+1$ 에서의 속도와 방향성을 예측하는 과정을 나타낸다. 그리고 그림 3은 그림 2에서 시간에 따른 노드의 근사된 속성 정보 지표를 나타내며, 이 때 지표의 수 N 은 8이다. M 개의 구간에서 시간에 따른 근사된 속성 정보를 이용하여 전이 확률 매트릭스를 생성한다. 이를 통해 현재 노드의 속성 정보 지표에 따라 다음 지표를 예측하게 되며 예측된 지표들의 집합이 노드의 이동경로가 된다.

IV. 실험 및 분석

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 노드의 속성 정보를 활용하여 노드의 이동경로를 예측하여 목적지로 향하는 노드들을 중계노드로 선정한다. 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 노드의 연결성으로 중계노드를 선정하는 PROPHET을 비교 알고리즘으로 선정하였다. 비교를 위해 다음과 같은 네트워크 환경을 설정하였다.

- i) 네트워크에서 메시지의 목적지는 네트워크 중앙에 있는 고정 노드이다.
- ii) 목적 노드를 제외한 노드는 임의로 방향성이 정해지며 해당 지점에 도착 후 대기 시간을 갖는다[10].
- iii) 각 시간에 임의적으로 메시지가 생성된다.
- iv) 메시지는 TTL(Time To Live)이 0이 되면 메시지를 파기시키며, 메시지 복사 시 TTL도 같이 복사한다.
- v) 전송률을 구하는 방법은 다음과 같이 표현할 수 있다[11].

$$Delivery\ Ratio = \frac{D}{G} \quad (8)$$

여기서 G 는 총 생성된 메시지의 수이며 D 는 목적 노드에 도착한 총 메시지 수이다.

실험 네트워크 크기는 $3000m \times 1500m$ 이며, 네트워

크 내의 노드의 수는 50, 100, 150개로 설정하여 노드의 수에 따른 변화를 실험하였다. 각 노드는 Random way point 이동 모델에 따라 이동 방향을 설정하고 2~20m/s의 속력으로 움직인다. 노드는 최대 100개의 메시지를 저장할 수 있으며, 각 메시지의 수명은 1000초이다. 노드의 통신 범위는 10m, 25m, 50m, 100m로 설정하여 통신 범위에 따른 변화를 실험하였다. 실험 환경은 아래 표 1과 같다.

Table. 1 Simulation Environment

Parameter	Value
Network size	3000(m) x 1500(m)
Number of node	50, 100, 150(EA)
Speed of node	2~20(m/s)
Coverage	10, 25, 50, 100(m)
Simulation Period	100000(s)
Message TTL	1000(s)
Message Buffer	100(message)
Movement Model of node	Random way point

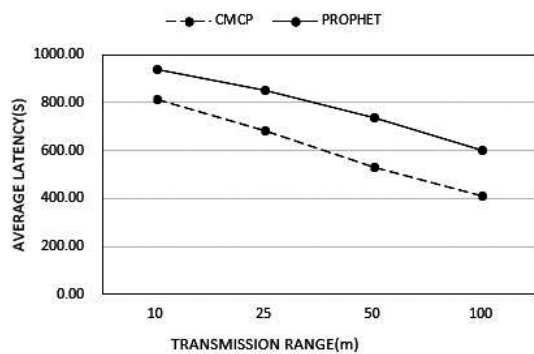


Fig. 4 Average latency for the transmission range

그림 4는 네트워크 내의 노드 수가 50개일 때, PROPHET과 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅의 통신 범위 증가에 따른 메시지 전송 지연 시간을 비교한 그래프이다. 제안하는 알고리즘은 통신 범위가 증가할수록 선택될 수 있는 중계노드수가 증가하므로 평균 지연시간이 감소하고, PROPHET은 통신 범위가 증가할수록 접촉할 확률이 높은 중계 노드를 선정하여 평균 지연시간이 감소한다. 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅은 중계 노드를 다중으로 선정하므로 PROPHET에 비해 메시지 지연 시간이 평균 17% 감소하였다.

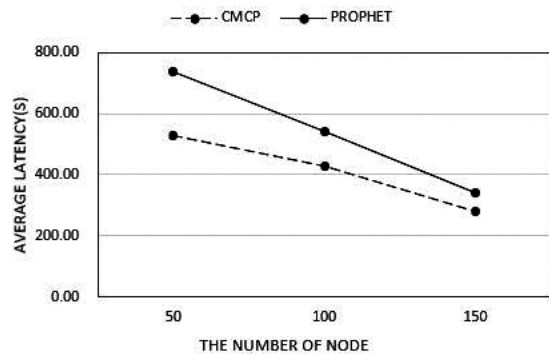


Fig. 5 Average latency for the number of node

그림 5는 노드의 전송 범위가 50m일 때, 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅과 PROPHET을 노드 수에 따른 메시지 지연 시간을 나타낸 그래프이다. 제안하는 알고리즘은 네트워크 내의 노드의 수가 증가하면 통신 범위 안에 들어오는 노드의 수가 증가하여 중계노드로 선정될 노드들이 증가하므로 평균 지연시간이 감소한다. PROPHET은 노드의 수가 증가할수록 통신 범위 안에 들어오는 노드의 수가 증가하여 더 높은 연결성을 가진 노드를 중계 노드로 선정하므로 평균 지연 시간이 감소한다. 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅은 중계 노드를 다중으로 선정하므로 PROPHET에 비해 6%에서 21% 향상된 메시지 전송 지연시간을 보이고 있다.

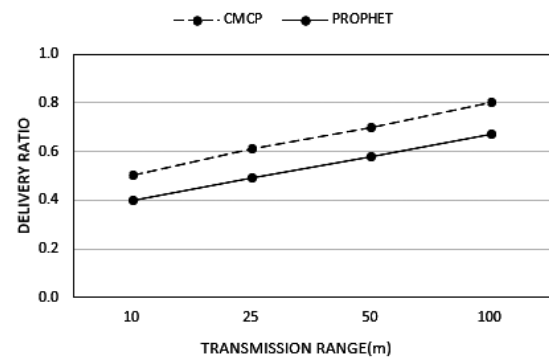


Fig. 6 Delivery ratio for transmission range

그림 6은 네트워크 내의 노드 수가 50개일 때, 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅과 PROPHET을 통신 범위 증가에 따른 메시지 전송률을 나타낸 그래프이다. 제안하는 알고리즘은 통신 범위가 증가할수록 중계 노

드로 선정될 노드들이 증가하므로 전송률이 증가하고, PROPHET은 통신 범위가 증가할수록 연결성이 더 높은 노드를 선택하므로 전송률이 증가한다. 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅은 중계 노드를 다중으로 선정하므로 통신범위가 증가수록 PROPHET에 비해 메시지 전송률이 10% 증가하였다.

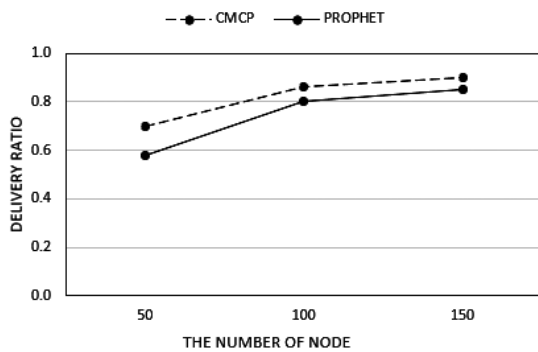


Fig. 7 Delivery ratio for the number of node

그림 7은 노드의 통신 범위가 50m일 때, 제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅과 PROPHET을 노드 수에 따른 메시지 전송률을 나타낸 그래프이다. 노드의 수가 증가할수록 제안하는 알고리즘은 중계 노드의 수가 증가하고 PROPHET은 연결성이 더 높은 노드를 중계노드로 선정하므로 전송률이 증가한다. 제안하는 알고리즘이 PROPHET에 비해 5%에서 12%의 향상된 메시지 전송률을 보이고 있다.

제안하는 알고리즘을 사용한 라우팅은 기존의 PROPHET에 비해 낮은 평균 전송 지연 시간과 높은 메시지 전송률을 보여주고 있다. 특히 노드의 밀도가 낮을수록 더 효율적이다. 따라서 제안하는 알고리즘이 기존의 예측 알고리즘들의 단점을 보완하고 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

종단 간 연결성이 확립되지 않는 DTN에서 네트워크 성능 향상을 위해 효율적인 중계노드를 선정하기 위한 노드의 이동 예측기법이 주목되고 있다. 하지만 기존 예측 기법들은 노드의 스케줄을 알지 못하거나 접촉하

지 않았던 노드들에게 메시지를 전송 할 때 신뢰성이 낮아지는 단점이 있었다.

이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서 제안한 알고리즘은 저장된 노드의 속성 정보를 이용해 노드의 이동 경로를 예측하여 노드의 스케줄을 알지 못하는 경우에도 노드의 이동 경로를 예측하는 것을 목적으로 하였다. 주어진 모의실험에서는 Random Way Point 이동 모델을 사용하였는데 실제 이동은 모의실험 환경보다 규칙이 존재하기 때문에 더 향상된 성능을 보여줄 수 있을 것이다. 제안하는 알고리즘의 신뢰성을 향상하기 위해 향후 예측률을 비교하는 연구를 통해 제안하는 알고리즘의 신뢰성이 향상될 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the MSIP (Ministry of Science, ICT and Future Planning) Planning 2014H1C1A1066391), Korea, and partially supported by Sabbatical Year Research Program of KUT.

REFERENCES

- [1] Delay Tolerant Networking research group [Internet]. Available : <http://www.dtnrg.org>.
- [2] A. Lindgren, A. Doria, and O. Schelen, "Probabilistic routing in intermittently connected networks," in *Service Assurance with Partial and Intermittent Resources*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 239-254, 2004.
- [3] E. Wang, Y. Yang, B. Jia and T. Guo "The DTN Routing Algorithm Based on Markov Meeting Time Span Prediction Model," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol.2013, no. 2013, pp. 1-7, Aug. 2014.
- [4] Q. Yuan, I. Cardei and J. Wu "Predict and relay: an efficient routing in disruption-tolerant networks," in *Proceedings of the 10th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing*, pp. 95-104, 2009.
- [5] X. F. Guo and M. C. Chan, "Plankton: An efficient DTN routing algorithm," in *IEEE SECON*, New Orleans, LA, pp. 550-558, June 2013.

[6] F. Segundo, E. S. Silva, J-M. Farines, "Predicting journeys for dtn routing in a public transportation system," in *Proceedings of the 10th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, Larnaca, pp. 494-499, 2014.

[7] S. Ganguly, S. Basu, S. Roy and S. Mitra, "A location based mobility prediction scheme for post disaster communication network using DTN," in *Proceedings of the Applications and Innovations in Mobile Computing (AIMoC) 2015*, Kolkata, pp. 25-28, 2015.

[8] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks," Duck Univ. tech. rep. CS-2000-06, 2000.

[9] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra, "Single-copy routing in intermittently connected mobile networks," in *Proc. of IEEE Secon*, Apr. 2004.

[10] T. Camp, J. Boleng, V. Davies, "A survey of mobility models for ad hoc network research," *Wireless Communications & Mobile Computing*, vol. 2, no. 5, pp. 483-502, Aug. 2002.

[11] A. Mehto and M. Chawla, "Modified Different Neighbor History Spray and Wait using PROPHET in Delay Tolerant Network," *International Journal of Computer Applications*, vol. 86, no.18, pp. 30-35, Jan. 2014.



전일규(II-Kyu Jeon)

2013년 한국기술교육대학교 컴퓨터공학부 학사
 2014년 ~ 한국기술교육대학교 창의융합공학협동과정 ICT융합전공 석사과정
 ※ 관심분야 : Ad-hoc network, DTN, Ubiquitous computing



이강환(Kang-Whan Lee)

1983년 한양대학교 전자공학과 학사
 1989년 중앙대학교 전자공학 석사
 1989년 한국전자통신연구원 선임연구원
 2002년 중앙대학교 전자공학 박사
 2004년 특허청 서기관
 2005년 ~ 한국기술교육대학교 정보기술공학부 교수
 ※ 관심분야 : WSN, Ad-hoc network, 차세대이동통신기술, Wireless SoC