

# 택시 이동 모델을 사용한 근무일 이동에서 DTN 라우팅 프로토콜의 성능 분석

오상엽

가천대학교 인터랙티브 미디어 융합학과

## A performance analysis of a DTN routing protocol in the working day movement using a taxi movement model

Sang Yeob Oh

Department of Interactive Media Convergence, Gachon University

**요 약** ONE 시뮬레이터로 구현된 근무일 이동 모델은 교통수단을 이용하여 실제와 비슷한 환경을 제공한다. 하지만, 근무일 이동 모델은 교통수단 중에 택시 이동 모델은 누락되어 있다. 그래서 선행 연구로 택시 이동 모델을 ONE 시뮬레이터로 구현하였다. ONE 시뮬레이터 안에서 라우팅 프로토콜의 실험결과는 이동 모델에 따라 크게 달라진다. 그래서 본 논문에서는 ONE 시뮬레이터에 택시 이동 모델을 이용하였을 때, 전염 라우팅 프로토콜과 같은 DTN 라우팅 프로토콜의 성능 평가 결과를 분석한다.

**주제어** : ONE 시뮬레이터, 택시 이동 모델, 근무일 이동 모델, DTN, 라우팅 프로토콜

**Abstract** The working-day movement model, which implemented in the ONE simulator, supports the environments similar to the real life by using the transportation. However, there is no taxi movement model in the working-day movement model. So, we implemented a taxi movement model in the ONE simulator as the previous work. It is changed significantly for the simulation results of routing protocols in the ONE simulator. In this paper, we analyze the performance evaluation of the DTN routing protocol such as an epidemic routing protocol using our taxi movement model in the ONE simulator.

**Key Words** : ONE simulator, taxi movement model, working-day movement model, DTN, routing protocol

### 1. 서론

지연내성망(DTN)은 지연 시간이 서로 상이한 네트워크 간 통신을 위해 제안되었다. DTN은 종단 간 연결이 빈번히 단절되는 상황에서 통신을 해야 하므로, 연결이 재설정 되면 저장된 메시지를 전달하는 SCF

(store-carry-forward) 방식으로 동작한다[1]. 이러한 DTN의 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션하기 위해서는 이동 모델이 얼마나 실제 환경과 비슷한지가 중요한 요소가 된다.

ONE (Opportunistic Network Environment) 시뮬레이터는 DTN에서의 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션하기

Received 13 March 2014, Revised 18 April 2014

Accepted 20 June 2014

Corresponding Author: Sangyeob Oh(The University of Gachon)

Email: syoh1234@gmail.com

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

ISSN: 1738-1916

위해 개발되었다[2]. RWP (Random Waypoint) [3], WDM (Working Day Movement) [4], PDM (Post-disaster movement) [5] 등 다양한 이동 모델이 있지만, WDM은 일반적인 사람들의 움직임을 잘 표현하고 있으며 다양한 실험에 사용되어 왔다. 여기에는 자가용과 버스에 대한 교통수단의 움직임을 포함해 근무 시간 중에 회의실로 이동하거나 퇴근 후 움직임도 제공한다. 하지만, 교통수단에 중요한 역할을 담당하고 있는 택시에 대해서는 이동 모델을 지원하고 있지 않다. 택시는 승객을 태우기 전까지는 무작위로 탐색하듯이 이동하다가, 승객을 태우면 목적지로 최단 경로로 이동한다. 이러한 이동은 DTN에서 패킷 전달 과정 중 다양한 통신 상황을 만들어 낼 수 있다. 그래서 ONE 시뮬레이터에 택시 이동 모델을 선행 연구로 구현하였다. 본 논문에서는 택시 모델의 환경 변수에 따라 기존 라우팅 프로토콜 성능에 미치는 영향을 실험하고 분석한다. 그 결과, 택시를 이용할 수록 목적지 패킷 전달 비율은 최대 0.05만큼 감소했으며, 택시가 증가할 경우에는 패킷 전달 비율은 높아지는 추세이긴 하나 성능에 대한 상관관계가 높지 않았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 모델에 대한 관련 연구에 대해 기술하고 3장에서는 택시 이동 모델에 대해 설명한다. 4장에서는 택시 이동 모델을 적용한 환경에서 DTN 라우팅 프로토콜의 성능을 분석하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 RWP(Random WayPoint)

RWP는 길이 없는 광장에 사람들이 무작위로 이동하는 형태를 표현한 모델이다. 가장 단순하지만 짧은 시뮬레이션 시간 동안 연결이 끊기는 상황을 쉽게 재현시킬 수 있다. 구체적인 이동 방식은 한 지점에서 다른 지점을 무작위로 선택하고 설정된 속도로 이동한 후, 설정된 대기 시간으로 멈춰있는 움직임을 반복적으로 수행한다.

특정 공간에 이렇게 반복적으로 움직이는 모델은 실제 환경과 다르기 때문에, 사회적 환경의 움직임 특성을 이용한 라우팅 프로토콜은 시뮬레이션이 불가능하다.

### 2.2 PDM(Post-disaster Movement)

PDM은 재난 후 상황에서 지도 기반 이동 모델을 이용한 이동 모델이다. 지도 정보는 OpenJUMP [6]와 같은 GIS (Graphic Information System)를 이용하여 이동 경로와 위치 정보를 설정하여 생성한다. RWP는 무작위로 설정된 위치면 어디든 이동할 수 있지만, 지도 기반 이동 모델은 설정된 경로로만 이동할 수 있으며, 목적지는 설정된 위치 정보로만 선택 될 수 있다.

PDM은 목적지 정보를 재난 후 구조 상황에 따라 움직이는 형태를 보인다. 구조대원, 이재민, 경찰과 같은 에이전트로 노드를 구분하여 서로 다른 이동 패턴을 가진다. 위치 정보로 설정된 곳은 센터, 병원, 소방서, 경찰서 등이며, 각 에이전트에 따라 출발지와 목적지가 다르게 설정된다.

이 모델은 재난 후 상황에만 특화되어 있기 때문에 일반적인 사람들의 움직임과는 다르다. 그래서 일반적인 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션하기에는 적합하지 않다.

### 2.3 WDM(Working Day Movement)

WDM은 근무일에 사람들의 하루 일과의 이동 패턴을 사실적으로 보여준다. WDM은 사람들의 활동 형태를 다음과 같이 구성하였다.

HA(Home Activity) : 이동 패턴이 있다. 아침에 발생하는 형태이며 집에서 근무지로 출근하는 상황에서 어떤 교통 수단을 선택할지를 결정한다.

OA(Office Activity) : 이미 설정된 근무지에 도착하면, 여기서는 걸어서 자신의 책상으로 이동하고 설정된 시간만큼 대기한다. 사무실로 설정된 공간 안에서 파레토 분포(Pareto distribution)를 이용하여 대기 시간과 이동 시간을 가지며 확률을 통해 회의 장소로 이동하기도 한다.

EA(Evening Activity) : 퇴근 후 저녁에 활동하는 이동 패턴을 의미한다. 집으로 바로 갈 수도 있으며, 쇼핑을 하고 집으로 갈 수도 있다.

TA(Transport Activity) : 출퇴근 할 때 버스나 자가용처럼 교통수단을 선택하여 이동하는 움직임을 보여주는 이동 모델이다.

### 3. 택시 이동 모델

선행 연구된 택시 이동 모델[7]은 2.3의 WDM에 보다 사실적인 환경을 구축하기 위해 택시 이동 모델을 추가시킨 형태이다. 이 모델은 택시 승객에 대한 이동과 택시의 이동으로 구성된다. 택시 승객의 이동 패턴은 택시를 타기 위해 움직이고 탑승을 하면 목적지까지 이동하고, 택시 이동 패턴은 승객을 태우기 위해 무작위로 이동하다가 승객을 발견하면 이를 태워서 목적지까지 이동하는 패턴을 가진다. 본 논문에서는 이러한 모델이 실제 적용되었을 때, DTN 라우팅 프로토콜 성능에 어떠한 영향을 미치는지 알아본다.

#### 3.1 택시 승객 이동 모델

TA에서 이동 노드가 택시를 타기로 확률에 의해 결정되면, 택시 승객 이동 모델이 수행된다. 이동 노드는 다음과 같은 상태에 따라 이동한다.

택시를 잡기 위해 이동하는 상태: 집에서 나와 현재 위치에서 무작위로 선택된 지점으로 이동하여 택시를 기다린다. 이 지점에 도착하면, 택시를 기다리게 되며 다음 상태로 넘어간다.

택시를 기다리는 상태: 택시가 올 때까지 대기 한다. 택시가 도착하면 다음 단계로 넘어간다.

택시를 탑승하는 상태: 택시가 도착하면 문을 열고 탑승할 때까지 시간이 걸린다고 판단하고, 환경변수로 설정된 최소값과 최대값 사이에서 무작위 시간을 선택하여 택시와 승객 모두 대기한다. 이후에 다음 단계로 넘어간다.

택시에 탑승하여 목적지를 설정하는 상태: 택시에 자신이 이동할 목적지를 설정하는 상태이다. 내부적인 처리만 있을 뿐 시뮬레이션 시간에서 소요되는 시간은 없다. 처리가 끝나면 다음 단계로 넘어간다.

택시를 타고 이동하는 상태: 택시와 같이 최단 경로로 목적지에 도착할 때까지 같은 속도와 경로로 이동한다. 목적지에 도착하면 다음 단계로 이동한다.

택시를 내리는 상태: 도착한 후 돈을 지불하거나 문을 열고 닫는 시간이 걸리므로, 환경변수로 설정된 최소·최대값 사이에서 무작위한 시간을 선택하여 대기한다. 설정된 시간 후에는 모든 단계가 완료되고, 기존 WDM에 따라 움직인다.

#### 3.2 택시 이동 모델

택시 이동 모델은 승객이 탑승한 경우와 승객이 없는 경우로 구분된다. 빈 택시는 승객을 태우기 위해 이동해야 한다. 지도 기반으로 움직이며 경로와 경로가 만나는 지점에 도착할 때마다 택시에 탑승하기를 원하는 이동 노드가 있는지 확인한다. 만약 승객이 존재하면, 택시 승객 이동 모델과 동일한 움직임을 보인다. 탑승한 사람의 목적지까지 최단 경로를 계산하여 이동하며 이때는 탑승할 승객이 지점에 있어도 무시하고 지나간다.

승객이 없는 택시는 환경변수의 최소·최대값 범위 내에서 무작위로 선택한 속도로 이동한다. 분기점이 나올 때 마다 속도는 다시 계산된다. 또한, 이때 어떤 경로로 이동할지 선택하게 되는데 기본적으로는 무작위한 선택에 따른다. 하지만, 단순히 무작위하게 경로를 선택하면 실제 상황과는 다르게 갑자기 U-턴을 하거나 같은 경로로 순환이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 다음과 같이 동작한다.

먼저, 설정된 일정 크기만큼 택시 노드마다 큐를 생성한다. 그리고 경로를 연결하는 지점에 도착할 때마다 큐에 위치를 저장한다. 그리고 다음 경로를 선택할 때, 현재 큐에 저장된 위치 정보와 갈 수 있는 지점들을 비교하여 최근에 이동한 적은 없는지 검사한다. 그리고 이동하지 않은 경로 중에 무작위로 선택하여 이동한다. 만약 이동할 수 있는 경로가 하나라면 큐에 위치정보가 있더라도 무시하고 선택한다.

## 4. 택시 이동 모델 환경에서 DTN 라우팅 프로토콜에 대한 성능 분석

본 장에서는 기존 WDM에 택시 이동 모델이 적용된 경우 대표적인 DTN 라우팅 프로토콜인 전염 라우팅을 사용했을 때 결과가 어떻게 달라지는지 실험하고 이에 대해 논의한다.

#### 4.1 실험 환경

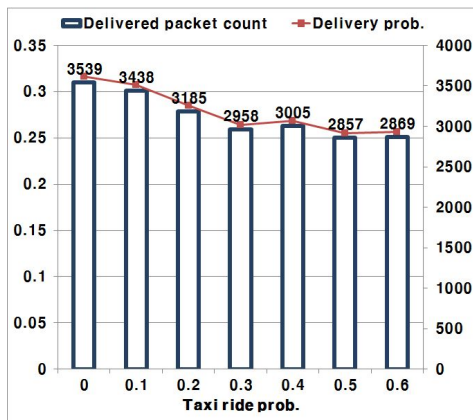
<Table 1>은 ONE 시뮬레이터로 실험하기 위해 사용한 환경변수를 보여준다. 나머지 환경변수는 WDM으로 설정된 기본 값들을 이용한다.

[Table 1] Simulation environment parameters

Item	Value
Router	EpidemicRouter
Buffer size	100M
Transmission range	10m
Transmission speed	100k
Bus line count	8
Total bus count	18
Population count	100
Office count	50
Meeting point count	10
Office waiting time	[10, 100,000]
Shopping waiting time	[3,600, 7,200]
Car hold probability	0.5
Taxi ride probability	0.0 ~ 0.6
The number of taxi	10, 20, 30, 40, 50, 60
Map restrict	Helsinki
Simulation time	430k(43k ~ = 12 hours)

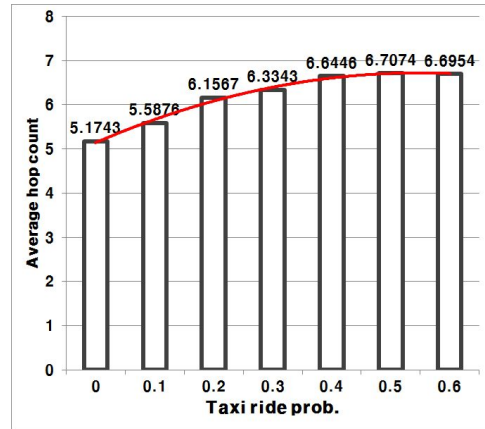
4.2 택시 탑승 비율 증가에 따른 성능 분석

[Fig. 1]은 이동 수단을 택시로 할 비율에 따른 전달된 패킷 개수와 성공률을 보여준다. 전체적으로 택시를 사용하는 비율이 높을수록 전달된 패킷 개수가 줄어드는 추이를 확인 할 수 있다. DTN 환경에서는 다른 노드와 접촉 횟수가 높아지면 전파력이 높아져 더 높은 확률로 패킷을 전달 할 수 있다. 택시를 이용하면 버스와는 다르게 다른 노드와의 접촉이 발생할 확률이 감소한다. 따라서 택시를 타는 비율이 높을수록 전달된 패킷 개수가 감소하는 추이를 보이는 것으로 분석된다.



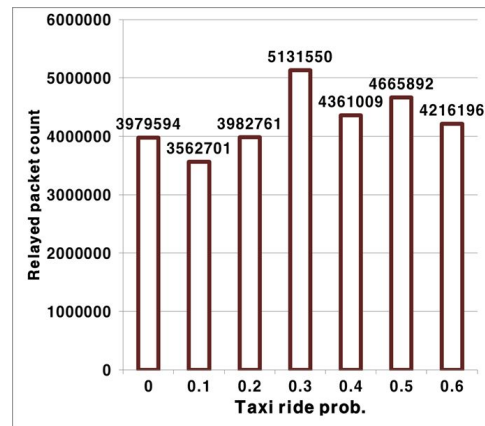
[Fig. 1] Delivered packet count and delivery probability by taxi ride probability

[Fig. 2]는 택시를 이용할 비율이 높을수록 전달된 패킷의 평균적인 홉의 개수와 이에 대한 추이를 보여준다. 택시 탑승 비율이 0.5를 기준으로 평균적인 홉의 개수가 더 이상 증가하지 않는 결과를 보여준다. 이는 전달된 패킷 개수가 감소하는 현상과 상관관계가 높다.



[Fig. 2] Average hop count by taxi ride probability

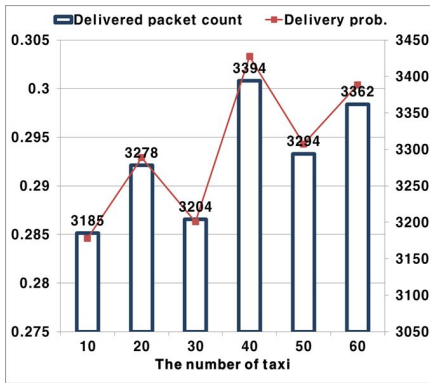
[Fig. 3]은 택시를 이용할 비율이 높을수록 목적지까지 전달되지 못한 패킷을 포함하여 패킷이 릴레이 된 전체 개수를 보여준다. 택시 탑승 비율이 0.3인 경우에는 다른 경우와는 다르게 높은 패킷 릴레이 개수를 보여주지만, 비율 증감에 따른 상관관계는 없는 것으로 분석된다.



[Fig. 3] Relayed packet count by taxi ride probability

### 4.3 택시 개수 증가에 따른 성능 분석

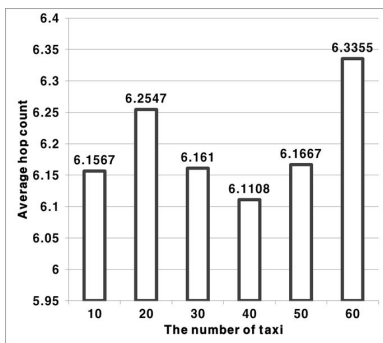
[Fig. 4]는 택시 대수가 증가할수록 전달된 패킷 개수의 성공률을 보여준다. 전체적인 추이를 보면 택시 대수가 늘어날수록 전달 성공률이 높아지는 결과를 확인할 수 있다.



[Fig. 4] Delivered packet count and delivery probability by the number of taxi

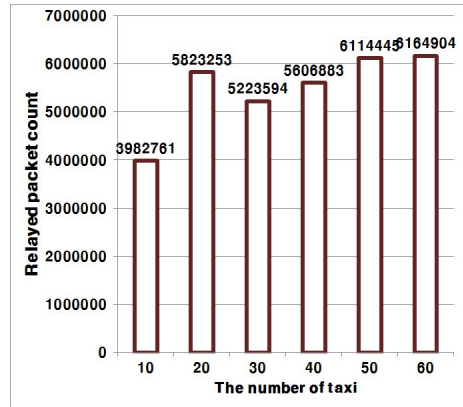
택시 또한 하나의 노드처럼 동작하고, 승객을 태우지 않는다면 빠른 속도로 여러 경로를 이동하기 때문에, 다른 노드와 접촉할 확률이 높아진다. 이는 패킷 전달 비율을 높이는 결과를 가져올 수 있다. 또한, 통신 노드의 수가 증가되었기 때문에 그만큼 패킷이 전달될 확률도 높아진다.

[Fig. 5]는 택시 대수에 따른 전달된 패킷의 평균적인 홉의 개수를 보여준다. 택시의 대수가 60대인 경우에는 평균적인 홉의 개수가 최대치가 나왔으나, 전체적인 결과를 살펴보면 상관관계가 있다고는 할 수 없다.



[Fig. 5] Average hop count by the number of taxi

[Fig. 6]은 택시 대수에 따른 전체 패킷의 릴레이 개수를 보여준다.



[Fig. 6] Relayed packet count by the number of taxi

전반적으로는 택시 대수가 증가할수록 패킷 릴레이 개수가 증가하는 형태를 보이지만, 이는 상관관계가 높기보단 통신 노드의 수의 증가로 릴레이의 개수에 영향을 주었다고 분석된다.

## 5. 결론

본 논문에서는 선행 연구된 택시 이동 모델을 ONE 시뮬레이터에 적용하여 전염 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 분석하였다. 기존 ONE 시뮬레이터가 지원하는 WDM 환경에서 택시 이동 모델에 대한 환경 설정을 추가로 하였고, 택시 이용 비율과 택시 대수 증가에 따른 전달된 패킷 개수, 평균적인 홉의 개수, 전체 패킷 릴레이 개수의 결과를 분석하였다. 그 결과 택시의 탑승 비율이나 개수에 따라 라우팅 프로토콜 성능에 다양한 요소로 영향을 준다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구 계획으로는 이러한 택시 환경에 맞는 DTN 라우팅 프로토콜에 대한 연구를 진행할 계획이다.

## REFERENCES

[1] Delay Tolerant Networking research group.

<http://www.dtnorg.org>

- [2] Ari Keränen, Jörg Ott and Teemu Kärkkäinen: The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. SIMUTools'09: 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques. Rome, March 2009.
- [3] Johnson, D. B., and Maltz, D. A. Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. In Mobile Computing, Imielinski and Korth, Eds., vol. 353. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [4] Frans Ekman , Ari Keränen , Jouni Karvo , Jörg Ott, Working day movement model, Proceedings of the 1st ACM SIGMOBILE workshop on Mobility models, May 26-26, 2008, Hong Kong, Hong Kong, China.
- [5] Uddin, Y.S., Nicol, D.M.: A Post-Disaster Mobility Model For Delay Tolerant Networking. In: Rossetti, M.D., Hill, R.R., Johansson, B., Dunkin, A., Ingalls, R.G. (eds.) Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (2009).
- [6] OpenJUMP, <http://www.openjump.org/>.
- [7] S. Y. Oh, "An advanced taxi movement model in the working day movement for delay-tolerant networks", Cluster Computing, 2013. DOI 10.1007/s10586-013-0285-4

#### 오 상 엽(Oh, Sang Yeob)



- 1991년 2월 : 광운대학교 전자계산학과(이학석사)
- 1999년 2월 : 광운대학교 전자계산학과(이학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 컴퓨터미디어융합과 교수
- 관심분야 : 버전제어, 음성신호 처리, 차량 네트워크 제어

· E-Mail : syoh1234@gmail.com