

# ONE 시뮬레이터에서 향상된 택시 이동 모델 구현

오상엽

가천대학교 인터랙티브 미디어 융합학과

## The Implementation of an Advanced Taxi Movement Model in the ONE Simulator

SangYeob Oh

Department of Interactive Media, Gachon University

**요약** ONE 시뮬레이터는 지연내성망 라우팅 프로토콜을 실험하기 위한 도구로 사용되고 있다. 지연내성망의 특성상 이동 모델은 라우팅 프로토콜의 실험 결과에 중대한 영향을 미친다. 특히, 근무일 이동 모델은 교통수단을 이용한 출퇴근 이동, 근무 시간의 미팅장소 이동, 퇴근 후 교외 활동 등과 같은 실제와 비슷한 환경을 제공한다. 선행 연구에서는 여기에 택시 이동 모델을 제안했다. 하지만, 제안된 택시 이동 모델은 택시가 승객을 찾는 과정에서 현실과 차이가 있다. 본 논문에서는 실제와 비슷한 환경을 구성하기 위해서 택시 운전자의 지역성 및 가시거리 범위를 고려한 향상된 택시 이동 모델을 제안한다. 그리고 기존 택시 이동 모델과 비교하여 어떤 차이점이 있는지 분석한다.

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

**Abstract** The ONE simulator has been used the tool for the DTN routing protocols. A movement model on DTN characteristic importantly affects to the simulation results of routing protocols. Especially, the WDM model provides the real similar situation such as commuting using vehicles, movements to a meeting point in office hours, activities after work, and etc. Our previous work proposed a taxi movement model in the WDM model. However, there is a difference between the real situations and the proposed model in finding a passenger. In this paper, we proposed an advanced taxi movement model with a taxi driver's locality and visibility range in order to configurate the real similar situation. And we analyze the difference between the previous model and the proposed model.

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

### 1. 서론

지연내성망 (DTN; Delay-tolerant Network)은 노드의 이동과 같은 이유로 네트워크가 자주 단절되는 상황에서 목적지까지 패킷이 도착할 때까지 지연을 허용하는

네트워크를 의미한다. 이를 위해 수신받은 패킷을 저장했다가 연결이 될 때마다 패킷을 전달하는 SCF (store-carry-forward) 방식으로 동작한다[1]. DTN 환경은 어떻게 구성하는지에 따라 라우팅 프로토콜의 성능

Received 19 June 2014, Revised 25 July 2014  
Accepted 20 January 2015  
Corresponding Author: Sangyeob Oh(Gachon University)  
Email: syoh@gachon.ac.kr

© 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

결과가 다르게 나타난다.

ONE (Opportunistic Network Environment) 시뮬레이터는 이동 모델을 구현하여 DTN 환경을 구축하고, 라우팅 프로토콜을 실험하기 위해 개발되었다[2]. 이미 RWP (Random Waypoint)[3], WDM (Working Day Movement)[4], PDM (Post-disaster movement) [5] 등 다양한 이동 모델을 제공하고 있으며, 그 중 WDM은 일반적인 사람들의 움직임을 잘 표현하고 있다. 하지만 WDM의 기본 이동 수단은 자가용과 버스 두 가지만 존재한다. 선행 연구에서는 보다 실제 상황과 비슷하게 만들기 위해 택시 이동 모델에 설계하고 구현했다[6]. 여기서 노드는 출근 시 자가용, 버스, 택시 중 하나를 선택하여 근무지로 이동할 수 있다.

하지만 기존 택시 이동이 분기점에서 무작위로 선택되어 이동하다 실제 상황과는 다른 다음과 같은 문제점이 있다. 첫째, 일반적인 영업 택시는 특정 지역에서 활동하다가 만약 승객의 목적지로 인해 해당 지역구를 벗어난다면 다시 돌아오는 이동 패턴을 가진다. 선행 모델은 승객을 내려준 지점에서 다시 무작위로 이동한다. 이 경우 대부분의 택시가 오피스 단지로 몰리는 현상이 발생할 수 있다. 둘째, 분기점이 있을 때 가시거리 내에 승객이 있음에도 무작위로 경로를 선택하여 승객이 없는 경로로 이동하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 향상된 택시 이동 모델을 제안한다. 그리고 기존 택시 이동 노드와의 차이점을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이동 모델에 대한 관련 연구에 대해 기술하고 3장에서는 향상된 택시 이동 모델에 대해 설명한다. 4장에서는 기존 택시 이동 모델과 제안한 모델의 차이점을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 RWP(Random WayPoint)

RWP는 각 노드가 무작위 위치로 이동하는 모델이다. 운동장이나 광장에서 사람들이 이동하는 모습과 비슷하다. 가장 단순한 방법이며 전적으로 확률에 의존한다. 또한 이동 속도를 높게 설정하면 연결이 단절 되는 상황을 쉽게 재현할 수 있다.

하지만, 특정 공간을 제외하고는 일반적으로 사람이 움직이는 패턴은 아니다. 이동 방향도 갑자기 180도 틀어서 움직이는 경우도 많아 실제 환경과 차이가 있다.

### 2.2 PDM(Post-disaster Movement)

PDM은 재난 후 상황에서 노드가 가진 역할에 따라 지도에 기반 하여 이동하는 모델이다. 지도 정보는 OpenJUMP [6]와 같은 GIS (Graphic Information System)를 이용하고, 여기에 이동 경로와 위치 정보를 설정하여 생성한다. PDM에 기반이 되는 지도 기반 이동 모델은 설정된 경로로만 이동할 수 있으며, 목적지는 설정된 위치 정보로만 이동 할 수 있다.

PDM은 각 노드마다 구조대원, 이재민, 경찰과 같은 에이전트로 역할을 구분하고 서로 다른 이동 패턴을 가진다. 위치 정보로 설정된 는 곳은 센터, 병원, 소방서, 경찰서 등이며, 각 에이전트에 따라 출발지와 목적지가 다르게 설정된다.

이 모델은 재난 후 상황에만 특화되어 있기 때문에 일반적인 사람들의 움직임과는 차이가 있다. 그래서 특수한 상황이 아닌 일반적인 환경에서 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션하기에는 적합하지 않다.

### 2.3 WDM(Working Day Movement)

WDM은 근무일에 사람들의 하루 일과에 대한 이동 패턴을 보여준다. WDM은 사람들의 활동 형태를 다음과 같이 구성하였다.

- HA(Home Activity) : 근무자 노드인 경우 출근하기 전의 이동 패턴을 보여준다. 집에서 근무지로 출근 할 때 자가용과 버스 등과 같은 교통수단 중 어떤 것을 선택할지 결정한다.
- OA(Office Activity) : 각 노드마다 설정된 근무지에 도착 한 후의 이동 패턴을 보여준다. 도착하면 걸어서 자신의 책상으로 이동하고 설정된 시간만큼 대기한다. 사무실로 설정된 공간 안에서 파레토 분포(Pareto distribution)를 이용하여 대기 시간과 이동 시간을 가지며 설정된 확률 안에서 회의 장소로 이동하기도 한다.
- EA(Evening Activity) : 퇴근 후 저녁에 활동하는 이동 패턴을 보여준다. 집으로 바로 갈 수도 있으며, 설정된 확률에 따라 주변 변화가를 가거나 쇼

핑을 하고 집으로 돌아 갈 수도 있다.

- TA(Transport Activity) : 출퇴근 할 때 버스나 자가용처럼 교통수단을 선택한 후, 이동하는 움직임은 과정을 처리하는 모델이다.

## 2.4 선행 연구된 택시 이동 모델

선행 연구된 택시 이동 모델[7]은 2.3의 WDM에 출퇴근 시에 사용하는 교통수단에 택시 이동 모델을 추가시킨 형태이다. 이 모델은 택시 승객에 대한 이동과 택시의 이동으로 구성된다.

출근하는 노드가 교통수단으로 택시를 선택했으면, 택시를 타기 위해 도로로 이동한다. 택시로 설정된 노드는 무작위로 이동하면서 승객이 있는지 검사한다. 현재 위치에 택시를 탈 승객이 존재하면, 승객을 태우고 목적지까지 이동한다.

### 2.4.1 택시 승객 이동 모델

WDM의 TA에서 이동 노드가 교통수단으로 확률에 의해 택시로 결정하면, 택시 승객 이동 모델로 동작하기 시작한다.

- 택시를 잡기 위해 이동하는 상태: 집에서 무작위로 선택된 지점으로 이동하여 택시를 기다린다.
- 택시를 기다리는 상태: 택시가 올 때까지 대기 한다.
- 택시를 탑승하는 상태: 택시가 도착하면 문을 열고 탑승할 때까지 설정된 시간의 만큼 대기한다.
- 택시에 탑승하여 목적지를 설정하는 상태: 택시에 승객이 이동할 목적지를 설정한다.
- 택시를 타고 이동하는 상태: 승객 노드는 택시 노드와 함께 최단 경로로 목적지까지 이동한다.
- 택시를 내리는 상태: 도착한 후, 승객이 돈을 지불하거나 택사에서 내리는 시간을 위해 대기한다.

### 2.4.2 택시 이동 모델

택시 이동 모델은 승객이 있는지에 따라 이동 패턴이 달라진다. 승객이 없다면 지도 기반 경로에 따라 무작위로 이동한다. 각 경로마다 서로를 연결하는 지점이 있는데, 이 지점에 도착할 때마다 택시를 탈 승객 노드가 있는지 검사한다. 이러한 지점은 여러 개의 길이 있는 분기점이 될 수 있다. 이때 무작위로 어떤 길을 갈지 선택하게 되는데 확률에 따라 같은 길을 순환하는 문제가 발

생하기도 한다.

이러한 순환 문제를 예방하기 위해, 이동했던 경로를 저장하기 위한 큐를 가지고 있다가 이동한 경로를 다시 가지 않도록 함으로써 순환하지 않도록 만든다. 이렇게 이동하다 승객 노드와 접촉하면, 2.4.1의 택시 승객 이동 모델과 동일한 이동 패턴을 가진다.

## 3. 시스템 모델

본 논문에서는 제안하는 향상된 택시 이동 모델은 다음과 같은 알고리즘이 추가된다. 첫째, 택시마다 설정된 지역구 안에서만 이동한다. 둘째, 승객을 태우고 지역구를 벗어난 곳으로 이동하면, 승객을 내리면 기존의 지역구로 돌아온다. 마지막으로, 도로의 분기점을 만났을 때, 설정된 가지거리 안에 승객이 있는 도로를 발견한다면, 무작위로 길을 선택하지 않고 발견한 길로 이동한다. 지역구 반경은 최초 위치로부터 설정된 반경까지가 택시의 지역구 범위가 되며, 가지거리는 택시안의 기사가 걸러 리의 승객이 보이는 거리로 정의한다.

### 3.1 지역구 이동 알고리즘

최초에 시뮬레이터가 실행되면, 지도 위에 무작위로 택시의 최초 위치가 설정된다. 택시는 분기점을 만나면 자신의 현재 위치와 최초 위치 사이의 거리를 계산하여, 설정된 지역구 반경 거리보다 짧은지를 판단해서 지역구를 이탈했는지의 여부를 검사한다. 만약 현재 위치가 지역구를 벗어났다면, 먼저 모든 경로  $i$  에 대해 수식(1)로 거리( $l_i$ )를 계산한다.

$$l_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (1)$$

여기서  $(x_0, y_0)$ 는 시뮬레이터가 처음 시작될 때 무작위로 설정된 택시의 최초 위치를 의미한다.  $(x_i, y_i)$ 는  $i$  번째 경로의 도착 지점을 의미한다.

그리고  $l_i$  중 가장 작은 값의  $i$  번째를 다음 이동 경로로 선택한다. 기존 알고리즘에는 이동에 대한 순환 반복 문제를 막기 위해 이동했던 위치를 저장하여 다시 이동하지 못하도록 막고 있다. 지역구 안에서만 이동하기 위

해서는 현재 왔던 길을 돌아가야 하는 경우가 발생하기 때문에 기존 알고리즘과 충돌한다. 그래서 여기서는 제안된 알고리즘이 기존 알고리즘보다 더 우선순위를 가진다.

택시가 승객을 태우고 목적지까지 이동하면 대부분 지역구를 벗어난다. 이 경우도 위의 알고리즘을 수행하면 자신의 처음 지역구로 돌아올 수 있다. 지역구로 돌아오는 중에도 만약 승객을 발견하면 태우고 더 먼 곳으로 이동 할 수도 있다.

### 3.2 승객 탐색 알고리즘

기존 알고리즘은 자신이 빈 택시라면 경로를 이동할 때마다 현재 위치에 승객이 있는지를 판별한다. 여기에 더 나아가서 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 설정된 가지거리 안에 탑승할 승객이 있는지의 여부를 판별하여 경로를 선택하는 알고리즘이 추가되었다.

## 4. 실험 분석

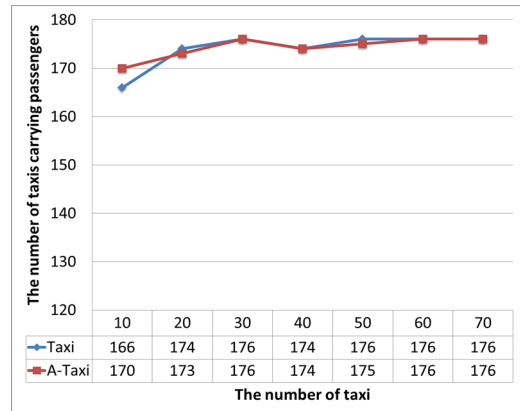
본 장에서는 기존 택시 이동 모델과 제안한 이동 모델의 차이점을 비교하여 어떤 식의 패턴을 보이는지 분석한다.

### 4.1 실험 환경

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

<Table 1> Simulation environment parameters

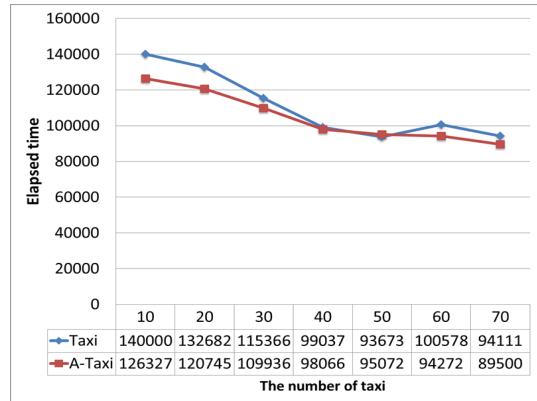
Item	Value
Bus line count	8
Total bus count	18
Population count	100
Office count	50
Meeting point count	10
Office waiting time	[10, 100,000]
Shopping waiting time	[3,600, 7,200]
Car hold probability	0.5
Taxi ride probability	0.2
Distance of the visibility	30 m
Local Radius	2000 m
The number of taxi	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70
Map restrict	Helsinki
Simulation time	140k(43k ~ = 12 hours)



[Fig. 1] The number of taxis carrying passengers by the number of taxi

[Fig. 1]은 택시 대수 증가에 따라 실험 시간 내에 승객을 이송한 횟수를 보여준다. 택시의 수가 10대로 부족할 때는 제안 모델이 승객을 탑승한 경우가 더 많다는 것을 알 수 있다. 하지만, 택시의 수가 충분히 많으면 지역구와 가지거리를 설정하여 보다 지능적으로 승객을 탑승하더라도 기존 택시 이동 모델과 큰 차이가 없는 것을 알 수 있다.

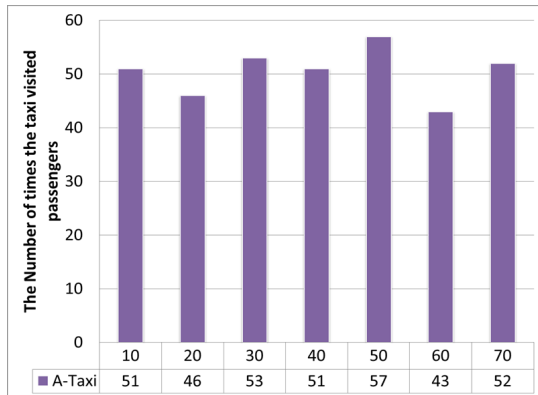
### 4.2 택시 대수 증가에 따른 성능 분석



[Fig. 2] Elapsed time by the number of taxi

[Fig. 2]는 택시 대수 증가에 따라 그림 1에서 보여준 승객 이송 횟수의 결과에 도달하기까지의 경과 시간을 보여준다. 경과 시간이 짧을수록 승객을 더 빨리 발견하여 이송했다는 의미다. 실험 결과를 살펴보면, 제안된 택

시 이동 모델이 전반적으로 기존 모델보다 더 짧은 시간 안에 이송 했다는 사실을 알 수 있다.



[Fig. 3] The number of times the taxi visited passengers by the number of taxi

[Fig. 3]은 택시 대수 증가에 택시 운전사가 승객을 발견하여 경로를 선택한 횟수를 보여준다. 택시의 대수가 증가하면 무작위로 결정되는 최초 위치와 상황들이 변하기 때문에 승객을 발견하는 횟수와 상관관계가 없었다. 하지만 평균적으로 48회 정도의 경로 선택을 보여주고 있다. 이는 기존 모델이 무작위로 승객이 없는 다른 경로를 선택할 확률과 비교해 제안한 모델이 승객을 더 빠르게 태울 확률이 높아진다는 것을 의미한다.

## 5. 결론

본 논문에서는 선행 연구된 택시 이동 모델에서 보다 사실적인 택시 움직임을 위하여, 지역구와 가지거리를 이용한 알고리즘을 추가하여 향상된 이동 모델을 제안하였다. 그리고 기존 모델과 비교하여 달라진 부분에 대해 실험하고 분석하였다.

분석 실험 결과, 두 이동 모델 모두 주어진 시간 내에 대부분의 승객을 이송하였지만 제안한 모델이 보다 더 빠른 시간 안에 승객 이동을 완료한 것을 알 수 있었다. 그 이유 중 하나는 빈 택시가 이동 시에 분기점을 만났을 때 가지거리 안에 있는 승객을 발견한 경로를 이동했기 때문으로 분석되었다.

향후 연구 계획으로는 기존 모델과 제안한 모델에서 DTN 라우팅 프로토콜을 수행 했을 때의 결과를 비교 분석할 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] S. Y. Oh, "An advanced taxi movement model in the working day movement for delay-tolerant networks", Cluster Computing, 2013. DOI 10.1007/ s10586 -01 3 -0285-4

### 오 상 엽(Oh, Sang Yeob)



- 1991. 2 : M.S. degree in Computer Engineering from KwangWoon University
- 1999. 2 : Ph.D degree in Computer Engineering from KwangWoon University
- 2007년 2월 ~ Now : Professor in the Department of Computer Media, Gachon University
- Main Interests : Vesion Control; Voice signal processing
- E-Mail : syoh1234@gmail.com