JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 20, No. 4 : 721~727 Apr. 2016

최대 전송횟수 제한 및 사용자 밀집도 변화에 따른 사용자 클러스터링 알고리즘 별 D2D 광고 확산 성능 분석

한세호[1] · 김준선[2] · 이호원[1*]

Performance Analysis of User Clustering Algorithms against User Density and Maximum Number of Relays for D2D Advertisement Dissemination

Seho Han[1] · Junseon Kim[2] · Howon Lee[1*]

[1*]Department of Electrical, Electronic and Control Engineering & IITC, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea
[2]School of Electrical & Computer Engineering, UNIST, Ulsan 44936, Korea

요 약

본 논문에서는 기존 알고리즘에서의 특정 D2D 사용자 분포에 대한 광고확산 효율 저하 문제를 해결하기 위해, D2D 통신 네트워크에서 광고확산 효율을 개선하는 광고확산 알고리즘 기반의 Modified Single Linkage, K-means, 그리고 Gaussian mixture model을 적용한 Expectation Maximization 클러스터링 알고리즘의 적용이 제안되었다. 제안된 클러스터링 알고리즘들을 통해 광고 확산을 위한 목표지역들이 목표그룹으로 클러스터링되고 이를 통해 D2D 전송 단말과 수신 단말 사이의 거리를 기반으로 광고 확산 경로 설정 알고리즘과 릴레이 단말 설정 알고리즘이 적용되어 광고가 연속적으로 전파된다. 본 논문에서는 MATLAB 시뮬레이션을 통해 각 알고리즘의 최대 D2D 릴레이 제한 수와 목표지역과 비목표지역의 사용자 밀집도의 비에 따른 성능을 비교 분석한다.

ABSTRACT

In this paper, in order to resolve the problem of reduction for D2D (device to device) advertisement dissemination efficiency of conventional dissemination algorithms, we here propose several clustering algorithms (modified single linkage algorithm (MSL), K-means algorithm, and expectation maximization algorithm with Gaussian mixture model (EM)) based advertisement dissemination algorithms to improve advertisement dissemination efficiency in D2D communication networks. Target areas are clustered in several target groups by the proposed clustering algorithms. Then, D2D advertisements are consecutively distributed by using a routing algorithm based on the geographical distribution of the target areas and a relay selection algorithm based on the distance between D2D sender and D2D receiver. Via intensive MATLAB simulations, we analyze the performance excellency of the proposed algorithms with respect to maximum number of relay transmissions and D2D user density ratio in a target area and a non-target area.

키워드 : 사용자 클러스터링 알고리즘, D2D 광고 확산, 사용자 밀집도, 소셜커머스 서비스

Key word : User clustering Algorithm, D2D Advertisement Dissemination, User Density, Social Commerce Service

Received 29 February 2016, **Revised** 18 March 2016, **Accepted** 01 April 2016

* **Corresponding Author** Howon Lee (E-mail:hwlee@hknu.ac.kr, Tel:+82-31-670-5198)
Department of Electrical, Electronic and Control Engineering & IITC, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.4.721 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/li-censes/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. 서 론

최근 5G 모바일 단말의 급속한 증가에 따라 단말의 밀집도가 극도로 증가하게 될 것이라고 예상되고 있다. 그에 따라 한 기지국에 데이터가 집중되는 현상과 함께, 발생하는 트래픽 과부하와 리소스 할당 문제가 주요 이슈로 대두되고 있다[1]. 이를 해결하기 위해, 인접 단말 간 직접 통신을 수행함으로써 데이터를 분산적으로 처리할 수 있는 D2D 통신 방식이 제시되었다. D2D 통신은 에너지 소비의 감소, 높은 전송률, 그리고 낮은 지연시간 등의 장점을 가지고 있으며, 이에 따라 발생하게 되는 D2D 간섭 문제의 해결을 위한 연구도 활발히 진행되고 있다[2, 3].

기존의 TV와 같은 대형 매체를 이용한 광고방식은 고비용/저효율이기에 소상공인들이 사용하기에는 어려움이 많다. 따라서, 소셜 커머스 서비스와 D2D 통신의 결합을 통해 D2D 단말 사용자들로 하여금 원하는 상품에 대한 할인을 받기 위해 자발적으로 소셜 커머스 광고를 확산하도록 유도하는 방식이 제안되었다[4].

논문 [5]에서는 보다 효율적인 광고전송을 위해 목표지역 간 인접성을 비교하여 인접 조건에 따라 목표지역들을 그룹화하는 방식이 제안되었다. 하지만, 이 알고리즘은 설정된 거리 제한 값에 따라 때때로 몇몇 목표지역이 광고 확산 릴레이에서 배제되며 만약 모든 목표지역의 D2D AP와의 거리가 설정된 거리제한을 넘으면 광고 경로가 설정되지 않고 광고 전송을 전혀 수행되지 않는다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는, 이러한 단점이 없는 Modified Single Linkage (MSL), K-means, Expectation Maximization (EM) 클러스터링 알고리즘을 제시하였다. 또한 어떤 알고리즘이 더 좋은 성능을 보이는지 확인하기 위해 이 알고리즘들을 이용하여 광고 확산을 위해 설정된 목표지역을 그룹화하고 이 그룹들에 광고 확산 경로 설정 알고리즘과 단말 릴레이 알고리즘을 적용하여 제시된 클러스터링 알고리즘의 성능을 비교 분석하였다.

Ⅱ. 관련 이론

클러스터링 알고리즘은 크게 Hierarchical 클러스터링 알고리즘과 Non-hierarchical 클러스터링 알고리즘으로 분류된다 [6]. Hierarchical 클러스터링 알고리즘은 처리해야하는 데이터 사이의 거리를 기반으로 계층화를 수행하는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 클러스터링을 수행하는 과정 중에 클러스터들의 개수를 미리 결정할 필요가 없는 장점이 있다. 반면, 복잡도가 데이터 개수의 증가에 비례하여 급격히 증가하기 때문에 다수의 데이터를 처리하는 경우에는 다소 부적합하다. 반면 Non-hierarchical 클러스터링 알고리즘은 계층화 단계 없이 클러스터링을 수행하는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 클러스터의 개수를 미리 설정해야하고 랜덤하게 설정되는 초기 파라미터 값에 따라 클러스터링의 결과가 유동적이라는 단점이 있다. 다만 알고리즘 복잡도가 처리해야 하는 데이터 개수의 증가에 따라 선형적으로 증가하기 때문에 많은 양의 데이터를 처리하는데 적합하다.

2.1. Hierarchical 클러스터링 알고리즘

2.1.1. Modified Single Linkage (MSL) 알고리즘

기존의 Single Linkage 알고리즘은 각 데이터 간 최소거리를 기반으로 계층화를 통해 클러스터링을 수행하는 알고리즘이다 [6]. 본 논문에서는 초기 동일 계층에서 각 데이터와 계층 클러스터링이 가능한 초기 설정 값 x_{init}을 기존 알고리즘에 추가하여 수행되는 Modified Single Linkage 알고리즘을 이용한다 [7].

- x_{init} : 초기 설정 값
- x_n : 처리해야할 N개의 데이터$\{x_1,\cdots,x_N\}$ 중 하나
- x_i : 클러스터에 포함된 데이터
- x_j : 클러스터에 포함되지 않은 데이터
- C_j : j번째 클러스터
- $D(a,b)$: 임의의 두 값 a와 b사이의 거리
- $C_{tot}=\{C_1,\cdots,C_K\}$: 알고리즘 수행 중 형성된 K개의 클러스터들의 전체 집합
- C_{new} : 알고리즘 수행 중 새로 생성된 클러스터

Initialization : $\{x_1,\cdots,x_N\}$ 중에서 x_{init}과 가장 인접한 데이터를 선택하여 C_1를 형성한 후 포함시킨다.

$$k=\arg\min_n(D(x_{init}, x_n)), \quad \forall n \leqq N \tag{1}$$

$$C_1=\{C_1 \cup x_k\} \tag{2}$$

Classification: x_i와 가장 인접한 x_j를 x_i가 속해 있는 해당 클러스터 C_k에 포함시킨다. 만약 x_j가 x_i보다 x_{init}에 더 인접해 있다면 새로운 클러스터를 형성하고 x_j를 새 클러스터에 포함시킨다. 새로운 클러스터가 형성될 경우 K는 1씩 증가한다. 모든 데이터가 C_{tot}에 포함되면 알고리즘을 종료한다.

$$\begin{cases} d_{i,j} = \min(D(x_i, x_j)),\ \forall x_i \in C_k,\ \forall x_j \notin C_{tot},\ \forall k \leqq K \\ d_{init,j} = \min(D(x_{init}, x_j)),\ \forall x_j \notin C_{tot} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} C_k = C_k \cup x_j & d_{init,j} \geqq d_{i,j} \\ C_{new} = C_{new} \cup x_j & d_{init,j} < d_{i,j} \quad \text{where} \quad K = K+1 \end{cases} \quad (4)$$

모든 클러스터링을 수행하는데 필요한 MSL 알고리즘의 총 연산횟수는 $\sum_{T=1}^{N}(N-T)\times T$ 이다. T는 알고리즘 내에서 필요한 최소 거리를 찾는 반복 횟수를, N은 데이터의 개수를 의미한다. 따라서, MSL 알고리즘은 O(N^3)의 계산 복잡도를 가진다.

2.2. Non-hierarchical 클러스터링 알고리즘

2.2.1. K-means 알고리즘

K-means 알고리즘은 N개의 데이터를 K개의 클러스터로 클러스터링하는 알고리즘이다[8].

- x_n : 처리해야하는 임의의 데이터
- γ_{nk} : x_n이 어떠한 클러스터에 포함되어 있는 지를 확인하는 지시함수

$$\gamma_{nk} = \begin{cases} 1 & \text{if } k = \arg\min_j \|x_n - \mu_j\|^2 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5)$$

- μ_k : 클러스터의 평균값

$$\mu_k = \sum_n \gamma_{nk} x_n / \sum_n \gamma_{nk} \quad (6)$$

- J : 각 클러스터에 속한 데이터와 평균 사이의 유클리드 제곱을 모두 더하였을 때의 값

$$J = \sum_{n=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\gamma_{nk}\|x_n - \mu_k\|^2 \quad (7)$$

K-means 알고리즘은 J를 최소화하는 것에 그 목적을 두며 수행과정은 다음과 같다.

Initialization : K값을 지정한 후 초기 μ_k를 지정된 범위 내에서 무작위로 선택한다.

Assignment : 현재 μ_k와 N개의 데이터 x_n을 식 (5)에 적용하여 γ_{nk}를 계산한다.

Update : Assignment 단계에서 계산한 γ_{nk}를 적용하여 새로운 μ_k를 계산하고 이를 이용하여 J를 계산한다.

Assignment와 Update를 반복적으로 수행하면서 γ_{nk}와 μ_k를 갱신하며 J 값이 최소가 되거나 더 이상 μ_k가 변하지 않을 때 알고리즘을 종료한다.

K-means 알고리즘은 Assignment 단계에서 μ_k와 x_n들 사이의 거리를 서로 모두 비교하여 γ_{nk}를 계산하기에 O(KN)의 복잡도를, Update 단계에서는 O(N)의 복잡도를 가진다. 때문에 K-means 알고리즘의 총 복잡도는 알고리즘의 반복수 I까지 고려하여 O(IKN)이 된다.

2.2.2. Expectation Maximization (EM) 알고리즘

EM 알고리즘은 데이터를 K개의 클러스터로 분류하는 알고리즘이며, 파라미터들의 최대 로그 우도(log likelihood)를 추정한다. 본 논문에서는 Gaussian Mixture Model (GMM)을 적용한 EM 알고리즘을 고려하였다 [8].

- $\gamma(z_{nk})$: 각 클러스터의 x_n에 대한 responsibility 값

$$\gamma(z_{nk}) = \pi_k N(x_n|\mu_k,\Sigma_k) / \sum_{j=1}^{K}\pi_j N(x_n|\mu_j,\Sigma_j) \quad (8)$$

- μ_k : $\gamma(z_{nk})$를 적용했을 때의 각 클러스터의 평균
- Σ_k : 각 클러스터의 공분산
- π_k : 각 클러스터의 혼합계수(mixing coefficient)
- $\sum_{k=1}^{K}\pi_k N(x_n|\mu_k,\Sigma_k)$: Gaussian Mixture Model
- $\ln p(X|\mu,\Sigma,\pi)$: 로그 우도(log likelihood)

$$\ln p(X|\mu,\Sigma,\pi) = \sum_{n=1}^{N}\ln \left\{\sum_{k=1}^{K}\pi_k N(x_n|\mu_k,\Sigma_k)\right\} \quad (9)$$

Initialization : K값을 설정하고 μ_k, π_k, Σ_k를 초기화한 후 그에 따른 로그 우도 값을 계산한다.

E. step: 식 (8)을 이용하여 현 파라미터 μ_k, π_k, Σ_k에 대한 $\gamma(z_{nk})$를 계산한다.

M. step: E step에서 계산한 $\gamma(z_{nk})$를 적용하여 각 파라미터 μ_k, π_k, Σ_k를 계산하고 그에 따른 $\ln p(X|\mu,\Sigma,\pi)$를 계산하여 $\ln p(X|\mu,\Sigma,\pi)$가 최대가 되거나 더 이상 μ_k, π_k, Σ_k 값이 변하지 않을 때 알고리즘을 종료한다.

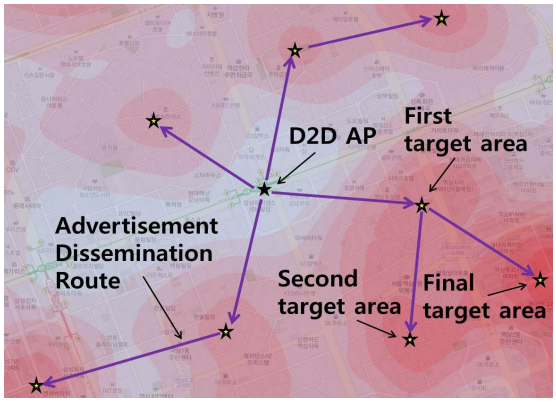


Fig. 1 Advertisement Dissemination Routing for target area distribution around Yeogsam station

$$\mu_k = \frac{1}{N_k}\sum_{n=1}^{N}\gamma(z_{nk})x_n \tag{10}$$

$$\Sigma_k = \frac{1}{N_k}\sum_{n=1}^{N}\gamma(z_{nk})(x_n-\mu_k)(x_n-\mu_k)^T \tag{11}$$

$$\pi_k = \frac{N_k}{N},\ \text{where}\quad N_k = \sum_{n=1}^{N}\gamma(z_{nk}) \tag{12}$$

2차원에서 EM 알고리즘은 E step에서 O(KN)의 복잡도를, M step에서 O(KN)의 복잡도를 보인다. 때문에 반복수 I를 고려하면 총 복잡도는 O(IKN)가 된다.

Ⅲ. 클러스터링 알고리즘 기반 광고 전송 경로 및 릴레이 단말 탐색 방안

보다 많은 D2D 단말 사용자에게 적은 릴레이로 광고를 전송하기 위하여 인구 밀집도가 다른 지역보다 높은 지역이 광고 확산을 위한 목표지역으로 설정된다. 설정된 목표지역들을 기반으로 MSL 알고리즘은 D2D AP를 x_{init}으로 설정하여 이를 중심으로 클러스터링을 수행하게 되고 K-means와 EM 알고리즘은 D2D AP를 배제하고 목표지역들의 위치만을 고려하여 클러스터링을 수행한다. 본 논문의 시나리오에서 한 소상공인은 역삼역 인근에 위치한 자신의 가게를 운영하고 있다. 이 소상공인은 상권의 확보를 위해 소셜 커머스 서비스를 이용하고 있으며 이를 위한 D2D AP를 소유하고 있다. 그림 1은 D2D AP 내에서 통계청 데이터를 기반으로 미리 설정된 목표지역이 지도에 분포된 모습의 예를 보여준다 [9].

3.1. 광고 확산 경로 설정

클러스터링 알고리즘을 이용해 형성된 목표그룹과 목표그룹 내 목표지역들을 기반으로 광고 확산 경로가 설정된다. 광고의 확산은 D2D AP로부터 시작된다.

1) 목표 그룹 내의 목표지역들 중 각각 D2D AP와 가장 가까운 목표지역을 광고 확산 경로를 위한 첫번째 목표지역으로 설정한다.
2) 그룹 내 목표지역들 중 최초 목표지역과 가장 가까운 목표지역을 광고 확산 경로를 위한 두 번째 목표지역으로 설정한다.
3) 다음 목표지역 설정 시 선택되지 않은 그룹 내 목표지역들 중 첫 번째 또는 두 번째 목표지역과 최소거리를 가지는 목표지역을 찾아 세 번째 목표지역으로 설정하고 이 거리를 광고 확산 경로로 설정한다.
4) 그룹 내 모든 목표지역들이 광고 확산 경로를 위한 목표지역으로 설정되면 아직 경로 설정이 안 된 다른 목표 그룹을 찾아 위의 과정을 반복한다.
5) 모든 지역이 광고 확산 경로를 위한 목표지역으로 설정되면 알고리즘을 종료한다.

위 과정을 통해 목표지역을 기반으로 광고 확산 경로가 설정된 모습을 그림 1에서 확인 할 수 있다.

3.2. 릴레이 단말 설정

설정된 광고 확산 경로를 기반으로 D2D AP에서부터 광고 릴레이가 수행된다. 모든 D2D 단말은 GPS를 기반으로 자신의 위치 정보를 알 수 있다.

1) 먼저 D2D AP에서 D2D 통신을 통해 광고를 전송한다. 광고를 전송받은 단말들은 데이터에 대한 응답으로 자신들의 위치와 주소가 담긴 ACK를 보낸다.
2) ACK를 통해 전송 범위 내의 모든 D2D 단말들의 위치와 주소를 확인한 D2D AP는 각 목표 그룹 내 최초 목표지역들과 가장 가까운 단말들을 릴레이 단말로 설정하고 릴레이 단말들의 주소가 포함된 데이터를 전송한다. 릴레이 단말로 설정되지 않은 단말들은 같은 광고를 전송 받을 경우 데이터를 수신만 한 뒤 전달하지 않는다.

3) 선택된 릴레이 단말들이 자신의 D2D 전송 범위 내 단말들로 광고를 전송하며 단말로부터 ACK을 응답받아 자신의 현 목표지역에서 가장 가까운 단말을 다음 릴레이 단말로 선택하여 광고를 전송한다.
4) 위 과정의 반복을 통해 첫 번째 목표지역에 광고가 전송되면 설정된 경로에 따라 차례로 자신의 마지막 목표지역까지 광고를 릴레이하고 모든 목표지역까지 광고 전송이 완료되면 릴레이를 종료한다.

Ⅳ. 성능 분석

본 논문에서는 MATLAB의 기초적인 랜덤 값 분포 기능과 특정 범위의 값을 찾는 기능을 통해 시뮬레이션에서 사용자 분포와 D2D AP와 릴레이 단말 범위 내 사용자를 색출하는데 사용하였다. 이를 통해 릴레이 수 변화에 따른 광고확산 비율(광고를 성공적으로 받은 유저수/전체 유저수)을 이용, 알고리즘들의 성능을 비교 분석하였다.

유효 광고 전송 범위는 1000m, D2D AP의 전송범위는 200m, 단말의 전송 범위는 80m이다. 또한, 유효 광고 전송 범위 내에 분포된 사용자의 수는 20000명이며, 목표지역으로 설정된 지역은 8개이다. 목표지역 내 사용자 밀집도(ρ)는 각각 10, 50, 100이며, 목표지역의 반경은 100m로 설정하였다.

그림 2, 3은 MSL, K-means, EM 알고리즘을 적용한 경우, K=2, 3일 때 릴레이 개수 제한(Maximum number of Relays, MR)에 대한 광고 확산비율(Advertisement Dissemination Ratio, ADR)이다.

광고 확산 경로의 방향은 목표지역을 향해 설정되어 있고 ρ가 높을수록 목표지역에 광고 도달 시 더 많은 사용자가 광고를 전송 받기 때문에 더 높은 ADR 값을 가진다. 그림 2에서 MSL 알고리즘은 사용자 간 최소거리를 기반으로 동작하기 때문에 목표지역으로의 광고 전송에 더 적은 릴레이를 필요로 하고, ρ가 10, 50, 100일 경우 MR이 각각 40, 50, 60 이하에서 그 성능이 다른 알고리즘보다 좋다. 하지만 그보다 MR이 높을 때 모든 목표지역으로 광고전송이 먼저 완료되어 릴레이가 종료되기 때문에 목표지역으로의 광고 전송에 더 많은 릴레이가 필요한 다른 알고리즘들이 더 좋은 성능을 보인다. 하지만 그 차이는 MR이 제한되었을 때보다 적고 결론적으로 MSL 알고리즘이 다른 알고리즘보다 ρ가 10, 50, 100인 경우에 평균적으로 각각 0.005, 0.02, 0.026의 이득을 갖는다.

그림 3에서는 그림 2와 비교했을 때 MSL 알고리즘의 ADR은 적절한 목표그룹의 수로 그룹화를 수행하기에 변화가 없지만, 다른 알고리즘의 경우 더 낮은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 광고 전송 경로가 서로 밀집된 경우 광고 전송범위의 중복과 함께 데이터를 처리하지 않고 폐기하는 단말 때문에 릴레이 할 단말을 찾지 못해 광고 릴레이가 중단되는 경우가 발생하게 되기 때문이다. 따라서 MSL 알고리즘이 다른 알고리즘보다 ρ가 10, 50, 100인 경우에 평균적으로 각각 0.009, 0.026, 0.032의 더 큰 이득을 갖는다.

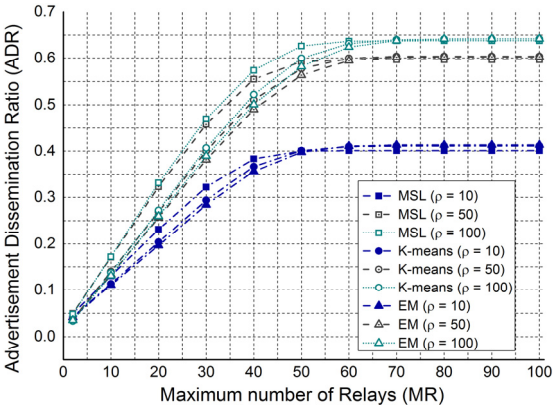


Fig. 2 Advertisement Dissemination Ratio against Maximum number of Relays (K=2)

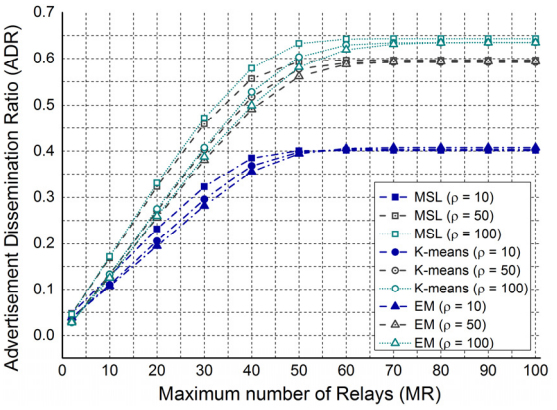


Fig. 3 Advertisement Dissemination Ratio against Maximum number of Relays (K=3)

Ⅴ. 결 론

소셜 커머스 서비스와 D2D 통신의 융합을 통해 D2D 단말 사용자로 하여금 자발적인 광고 전송을 유도하는 시나리오가 제안되었다. 하지만 논문 [5]의 알고리즘은 광고 확산을 위해 설정되는 목표지역의 분포에 따라 비효율적인 광고 전송을 수행하며 때로 광고 전송 자체가 수행되지 않는다는 단점이 있다. 때문에 목표지역을 배제하지 않는 MSL, K-means, 그리고 EM 알고리즘이 제시되었고 시뮬레이션에서 각 클러스터링 알고리즘의 광고확산비율을 계산함으로써 성능 비교가 수행되었다. MSL 알고리즘은 각 데이터의 최소거리를 기준으로 수행되기 때문에 그 광고 전송 경로가 다른 알고리즘을 적용하였을 때보다 짧고, 그 때문에 더 적은 릴레이로 모든 목표지역으로의 광고 전송이 가능하다. ρ가 높을수록 광고 전송 성공 시 더 좋은 결과값을 갖기에 릴레이 제한 시에 MSL 알고리즘이 타 알고리즘들보다 더 좋은 성능을 보이고 릴레이 제한이 없는 경우 타 알고리즘보다 조금 낮은 성능을 보이지만 그 성능 차이는 적으며 때문에 MSL 알고리즘 적용 시 다른 알고리즘보다 MR에 따른 평균적인 ADR이 높은 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 결론적으로 다양한 환경에서 MSL 알고리즘이 다른 알고리즘보다 광고 전송 시 평균적으로 더 좋은 성능을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (No. 2014R1A1A1008705).

REFERENCES

[1] J. G. Andrews, et al., "What will 5G be?." *IEEE Journal on Sel. Areas in Communications*, vol. 32, no. 6, pp. 1065-1082, June 2014.

[2] L. Lei, et al., "Operator controlled device-to-device communications in LTE-advanced networks", *IEEE Wireless Communications*, vol. 19, no. 3, pp. 96-104, June 2012.

[3] N. NaderiAlizadeh, et al., "ITLinQ: a new approach for spectrum sharing in device-to-device communication systems," *IEEE Journal on Sel. Areas in Communications*, vol. 32, no. 6, pp. 1139-1151, Sep. 2014.

[4] J. Kim, et al., "VADA: Wi-Fi Direct Based Voluntary Advertisement Dissemination Algorithm for Social Commerce Services," *IEEE VTC 2015 Spring*, pp. 1-6, May 2015.

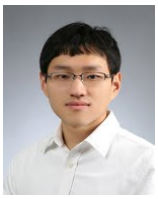
[5] J. Kim, et al., "Geographical Proximity Based Target-Group Formation Algorithm for Efficient D2D Advertisement Dissemination," *IEEE PerCom 2015*, pp. 275-278, Mar. 2015.

[6] C. D. Manning, et al, *Introduction to Information Retrieval*, Cambridge, Cambridge University Press, 2008.

[7] S. Han, et al., "Performance Analysis of Hierarchical/Non-Hierarchical Clustering Algorithm for D2D Advertisement Dissemination," *KICS 2015 Fall Conference*, pp 36-37, Nov. 2015.

[8] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, New York, Springer, 2006.

[9] SMALL ENTERPRISE AND MARKET SERVICE. SEMAS Marketing Area Analysis System [Internet]. Available:http://sg.sbiz.or.kr/index.sg?supDev=1#/analy/mainD/



한세호(Seho Han)

2015년 국립한경대학교 전자공학과 학사
2015년 ~ 현재 국립한경대학교 전기전자제어공학과 석사과정
※관심분야 : 5G 모바일네트워크

김준선(Junseon Kim)

2014년 국립한경대학교 전자공학과 학사
2014년 ~ 2016년 국립한경대학교 전기전자제어공학과 석사
2016년 ~ 현재 UNIST 전기전자컴퓨터공학부 박사과정
※관심분야 : 5G 모바일네트워크

이호원(Howon Lee)

2009년 KAIST 전기및전자공학과 박사
2009년 ~ 2010년 KAIST IT융합연구소 선임연구원
2010년 ~ 2012년 KAIST IT융합연구소 팀장/연구조교수
2012년 ~ 2016년 국립한경대학교 전기전자제어공학과 조교수
2012년 ~ 현재 KAIST IT융합연구소 겸직교수
2015년 ~ 현재 국립한경대학교 IT융합연구소장
2016년 ~ 현재 국립한경대학교 전기전자제어공학과 부교수
※관심분야 : 5G 모바일 네트워크, 사용자 클러스터링, D2D 통신 등