

단말 간 직접통신 환경에서 중계 노드 개수에 따른 데이터 확산 성능 분석

한 세 호*, 이 호 원°

Performance Analysis of Data Dissemination against the Number of Relay Nodes in D2D Communications

Seho Han*, Howon Lee°

요 약

본 논문에서는 기지국이 존재하지 않는 상황에서 단말들 사이에 서로 원활한 통신이 가능하도록 device-to-device (D2D) 통신을 기반으로 하는 D2D 데이터 확산 환경을 가정한다. 기존의 Epidemic 라우팅 프로토콜을 적용한 D2D 데이터 확산 방식에서 발생하는 단말들의 총 메시지 수신 수 증가 문제를 해결하기 위해 전송 단말로부터 자신의 전송 범위 내 외곽에 위치한 k 개의 단말들만을 자신의 데이터 중계 노드로 설정하는 방안을 소개하고, 수신하는 모든 노드가 중계하는 경우와 최외곽 k 개의 노드가 중계하는 경우에 대한 성능을 비교 분석한다. 데이터를 중계하는 k 개의 노드는 일정 거리값을 기준으로 선택한다.

Key Words : Epidemic routing protocol, Device-to-device (D2D) communication, Data Dissemination, Message delivery ratio, Relay selection method

ABSTRACT

In this paper, we assume data disseminations based on device-to-device (D2D) communications to

enable seamless communication between mobile devices in the absence of base stations (BSs). In order to reduce the total number of received messages, we introduce the relay selection method where the only k received devices are chosen as relay devices. In addition, through the intensive D2D data dissemination simulations, we perform comparative analysis with respect to the farthest- k relay selection method and Epidemic routing based D2D data dissemination method.

1. 서 론

CISCO에서는 스마트 단말의 총 수가 2021년 928.8백만 개에 도달할 것으로 예측하고 있다²⁾. 최근, 이에 대응하기 위한 차세대 이동통신 기술로 단말 간 직접 통신을 수행하는 device-to-device (D2D) 통신 기술이 제안되어 왔으며 이 통신 기술을 통해 기지국으로의 트래픽 병목 현상 완화와 함께 짧은 통신 거리를 통한 수율 개선이 기대된다³⁻⁶⁾.

[7]에서는 대규모 재난 상황 시 기지국의 기능 마비에 대비해 D2D 통신 방식의 한 방식인 Epidemic 라우팅 프로토콜을 이용한 데이터 확산 방식을 여러 단말 밀집 지역 네트워크에 적용하고 이를 통해 분포된 전체 단말 수 대비 성공적으로 데이터를 전송받은 단말 수신 전달률(Delivery Ratio)을 성능평가지표로 사용했다^{7,8)}. 이 방안에서는 데이터를 수신한 모든 단말이 모두 중계 노드로서 릴레이를 수행하기 때문에 전체 단말들이 수신한 메시지의 총 개수(Total number of received messages)가 증가한다.

본 논문에서는 단말 간 직접통신 환경에서 중계 노드 개수에 따른 데이터 확산 성능을 비교분석하기 위하여, 수신하는 모든 노드가 중계하는 경우와 최외곽 k 개의 노드가 중계하는 경우의 성능 비교를 수행한다. 본 논문에서는 랜덤 네트워크(Uniform random network) 환경을 기반으로 단말간 거리를 분석한다.

* 본 연구는 2016 한국통신학회 추계학술대회 최장추천 우수논문으로 선정되었음[1].

※ 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016R1D1A1B03935902)

♦ First Author : Yonsei Univ., Dept. of Computer Science, dbgmtjd000@gmail.com, 학생회원

° Corresponding Author : Hankyong National Univ., Dept. Electrical, Electronic, and Control Engineering & IITC, hwlee@hknu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2017-03-085, Received March 27, 2017; Revised September 1, 2017; Accepted September 14, 2017

II. 중계 노드 개수에 따른 데이터 확산 알고리즘

2.1 수신하는 모든 노드가 중계하는 경우

모든 수신 단말들이 중계 노드로 기능하는 Epidemic 라우팅 프로토콜은 메시지를 보유하고 있지 않은 단말이 새로운 메시지를 수신하게 되면 모든 수신 단말이 자신의 주변 단말에게 지속적으로 메시지를 중계하는 방법이며, 이를 통해, 메시지 전달률의 최대화가 가능하다⁸⁾. 하지만, 전체 네트워크 관점에서 총 메시지 수신 수 또한 필요 이상으로 급증하는 문제가 발생한다.

2.2 중계 노드 개수가 외곽 k개로 제한된 경우

수신하는 모든 노드가 중계하는 경우에 발생하는 메시지 수신수 증가 문제를 해결하기 위해서 메시지를 수신한 단말 중 중계 노드의 수를 전송 단말로부터 외곽에 위치한 k개로 제한하는 방안을 고려할 수 있다. 먼저 단말들이 지역 내에 랜덤하게 분포되어 있을 때 전송 단말의 전송 범위 내 외곽 k개의 단말을 중계 노드로 선택하기 위해 전송 단말부터 k번째 단말 사용자까지의 거리인 r_k 를 식 (1)을 기반으로 식 (2)를 통해 구할 수 있다. 본 논문에서는 단말이 랜덤하게 분포되어 있을 때 그 단말의 개수가 넓이에 비례하여 존재한다고 가정하였다. 전송 단말이 이 r_k 값을 주변 노드들에게 전송하면 전송 단말로부터 r_k 이상 떨어진 수신 단말들만이 메시지를 중계한다. 식 (1), (2)에서, r_t 는 전송 단말의 전송 범위이고, R 은 단말들이 분포되어 있는 반경이며, n 은 단말 전송 범위 내 단말들의 개수, 그리고 N 은 전체 단말의 개수이다.

$$r_k^2\pi : r_t^2\pi = n - k : n, \quad (1)$$

where $r_t^2\pi : R^2\pi = n : N, r_k = 0$ if $n < k$

$$r_k = \sqrt{\frac{n-k}{n}} \times r_t, \quad (2)$$

where $n = N \times \left(\frac{r_t}{R}\right)^2, r_k = 0$ if $n < k$

III. 데이터 확산 시나리오

본 논문에서 가정하는 데이터 확산 시나리오는 다음과 같다. 재난으로 인하여 급작스럽게 기지국을 이용하지 못하게 된 상황에서 단말들은 서로 데이터를 알리는 데이터 확산을 시작한다. 최초 소스 단말로부터 메시지를 수신한 단말들은 GPS 및 네트워크 기반

위치인식 기술을 사용하여 자신의 위치 정보를 확인하고 수신 메시지 헤더 안에 저장되어 있는 전송 단말의 위치 정보를 통해 자신과 전송 단말과의 거리를 계산하여 그 거리가 r_k 이상이면 데이터를 중계한다. 이 과정이 연속적으로 수행되어 전송 단말의 전송 범위 내에 새롭게 데이터를 수신하는 단말들이 존재하지 않거나 모든 단말로 데이터가 전달되면 데이터 확산이 종료된다. 본 시나리오에서 모든 단말은 분포된 후 움직이지 않으며 전송 단말은 단 한번만 데이터를 전송한다.

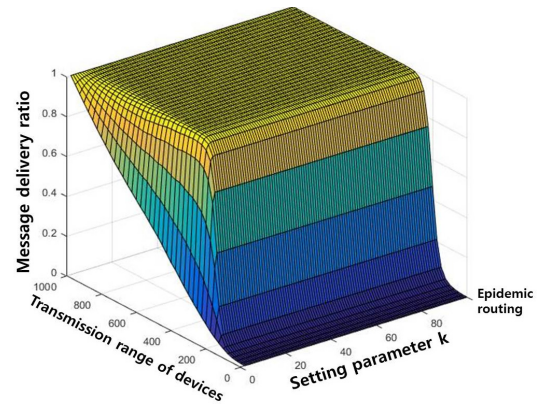


그림 1. 메시지 전달률 시뮬레이션 결과
Fig. 1. Simulation results on message delivery ratio

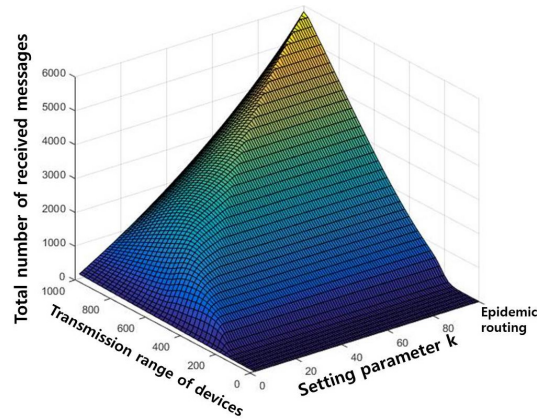


그림 2. 메시지 총 수신수 시뮬레이션 결과
Fig. 2. Simulation results on the total number of received messages

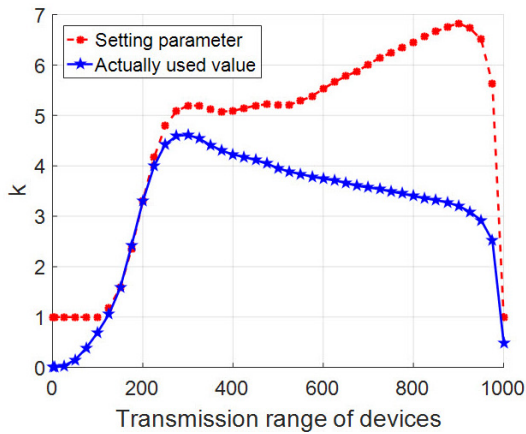


그림 3. 최외곽 k개의 노드가 중계하는 방안과 수신하는 모든 노드가 중계하는 방안이 동일한 메시지 전달률을 가지는 최소 설정값 k와 실제 중계 선택지역 내 노드 수
 Fig. 3. Minimum setting parameter k and actually used value k when there is no the difference of delivery ratio between farthest k relay selection method and all relay selection method

IV. 성능 분석

본 논문에서는 단말들이 랜덤하게 분포되어 있을 때 수신하는 모든 노드가 데이터를 중계하는 방안과 최외곽 k개의 노드가 중계하는 방안의 D2D 메시지 확산 성능을 MATLAB 시뮬레이션을 통해 살펴본다. 시뮬레이션에서 단말들은 큰 원의 반경 내에 랜덤하게 분포된 후 움직이지 않는다. 전체 단말이 분포되는 반경 R은 1000m, 설정값 k는 1~99로 설정된다. 분포 단말 개수는 100개이다.

그림 1은 k값, 그리고 단말의 전송 범위에 따른 메시지 전달률을 보여준다. k값의 증가에 따라 초반에는 전달률 값의 증가를 보이고 k값이 20 이상일 때 중계 노드 개수가 제한되지 않은 경우의 전달률과 같은 값을 보인다. 그리고 전체적으로 전송 범위의 증가에 따른 결과값의 증가를 확인할 수 있다.

그림 2는 k값과 단말의 전송 범위에 따른 단말들이 수신한 메시지의 총 수를 보여준다. 모든 수신 단말이 중계 노드가 되는 경우, 단말의 전송 범위의 증가에 따라 결과값이 증가하며 최외곽 k개로 중계 노드 수가 제한된 경우의 결과값은 그보다 작다. 또한, 그림 1이 함께 고려될 때 k값이 20인 경우의 전달률이 모든 수신 단말의 데이터를 중계하는 경우의 전달률과 같음에도 더 적은 결과값을 보이게 되는 것이 확인된다. 그 이유는 그 전송 범위에서의 최대 전달률을 가질만큼 전송 단말의 중계 선택지역 내 중계 노드들이

충분히 확보되는 동시에 인접 수신 단말의 데이터 중계로 발생할 수 있는 불필요한 전송 커버리지의 중복이 제거되기 때문이다.

그림 3은 각 단말 전송범위에서 중계 노드 개수가 외곽의 k개의 수신 단말로 제한된 경우와 무제한인 경우의 두 메시지 전달률이 같은 값을 가질 때의 최소 설정값 k(Setting parameter k)와 이 때 실제 중계 노드 설정 범위 내 평균 수신 단말 수(Actually used value)인 실제 k값을 보여준다. 그림에서 설정값 k는 급히 상승하다가 감소하고 다시 완만하게 증가한다. 그래프 초반의 급격한 상승구간에서 r_k 와 설정 전송 반경은 같은 값을 가진다. 즉, 중계 노드 개수 제한 알고리즘 하에서 중계 노드 개수가 무제한으로 설정되는 구간이 되며 이는 전송 범위가 작아 중계 노드 개수가 제한될 때는 중계 노드 개수가 무제한인 경우의 최대 전달률을 달성할 수 없기 때문이다. 그리고 이때 단말 분포 범위 밖으로 벗어나는 송신 단말의 전송 범위 A_{out} 이 작아 설정값 k와 실제 k는 거의 같은 값을 가진다.

중후반 결과값의 완만한 증가 구간에서는 A_{out} 이 커져 전송 범위 내 실제 단말 개수가 식 (1)에서 고려한 n값보다 더 작아지기 때문에 실제 최대 전달률 달성에 필요한 설정값 k가 실제 k보다 더 증가하는 상황이 발생한다. 그래서 두 값의 차이는 초반에는 거의 없고 후반으로 갈수록 점차 증가한다. 본 논문에서는 실제 k값이 후반에 3-5이라는 점을 통해 단말들이 랜덤하게 분포되어 있고 전송 범위가 주위의 모든 단말에게 데이터를 전송하기에 충분할 때, 그 전송 범위에서의 최대 전달률 확보를 위해 최소 3-5개의 중계 노드가 필요하다는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 수신 단말이 모두 데이터 중계 노드로서 기능하는 경우와 중계 노드 수를 전송 단말로부터 외곽에 위치한 k개로 제한하는 경우를 고려해 이 두 경우에서의 D2D 데이터 확산 시나리오를 구성하였다. 그림 1과 2에서의 전달률, 수신 메시지의 총 수를 통해 설정값 k에 따라 적은 총 메시지 수신수로 그 전송 범위에서의 최대 전달률을 확보할 수 있다는 사실을 알 수 있다. 또한, 그림 3에서의 중계 노드 개수가 무제한인 경우와 최외곽 k개로 제한된 경우의 전달률이 같은 값을 가지는 최소 설정값 k와 이 k에서의 실제 중계 노드 설정 지역 내 수

신 단말 수를 통해 전송 범위가 모든 단말로 데이터를 전송하기에 충분히 클 때 최대 전달률을 확보하기 위해서는 3-5개 정도의 중계 노드가 필요함을 확인할 수 있었다. 향후, 랜덤 네트워크 기반 포인트 과정(point process)를 이용하여 최외곽 k 개의 노드를 선정하는 알고리즘 및 다양한 데이터 확산 방식에 대한 연구를 수행할 계획이다⁹⁾. 또한, 향후에는 그림 3에서의 결과를 이용하여 주위 네트워크 환경에 따라 동적으로 k 값이 설정되는 동적 릴레이 선택 알고리즘에 대한 연구를 수행하고자 한다.

Technical Report CS-2000-06, Duke Univ., 2000.

- [9] E. Zhang, G. Neglia, J. Kurose, and D. Towsley, *Performance modeling of epidemic routing*, UMass Computer Science Technical Report 2005-44, 2005.

References

- [1] S. Han and H. Lee, "Performance analysis on farthest-k relay selection based data dissemination method in device-to-device communication," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2016*, pp. 140-141, Seoul, Korea, Nov. 2016.
- [2] Cisco, *Cisco Visual Networking Index, Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016 - 2021*, 2017
- [3] L. Lei, Z. Zhong, C. Lin, and X. Shen, "Operator controlled device-to-device communications in LTE-advanced networks," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 19, no. 3, p. 96, 2012.
- [4] Y. Shim and Y. Kim, "Data dissemination in LTE-D2D based vehicular network," *J. KICS*, vol. 40, no. 3, pp. 602-612, 2015.
- [5] S. Han, H. Lee, J. Kim, and W. Lee, "On the connectivity in opportunistic D2D networks with hierarchical and non-hierarchical clustering," *2016 IEEE Globecom Workshops*, pp. 1-6, Dec. 2016.
- [6] J. Kim and H. Lee, "VADA: Wi-Fi direct based voluntary advertisement dissemination algorithm for social commerce service," *IEEE VTC Spring*, pp. 1-6, May 2015.
- [7] S. Han and H. Lee, "Performance analysis of coverage probability according to transmission range of devices," *J. KIICE*, vol. 20, no. 10, pp. 1881-1886, 2016.
- [8] A. Vahdat and D. Becker, *Epidemic routing for partially connected ad hoc networks*,