The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 20, No. 3, pp.37-41, Jun. 30, 2020. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.3.37
JIIBC 2020-3-6

통신 인프라가 파괴된 환경에서 전송 효율 향상을 위한 DTN 라우팅

DTN Routing for Improving Transmission Efficiency in a Destroyed Environment of Communication Infrastructure

장성진*, 이원희**

Sung-Jin Jang*, Won-Hui Lee**

요 약 본 논문에서는 도시 내부의 통신 인프라가 파괴된 환경에서 DTN(Delay-Tolerant Network) 노드 간 메시지 전송 효율을 향상시키기 위한 라우팅 방법을 제안하였다. 또한 일정 규모의 통신 인프라가 기능을 할 수 없는 상황에서 향상된 노드 간 메시지 전송 과정을 설명하였다. 노드 간 신뢰성 향상을 위한 효과적인 라우팅 방법을 제안하고 DTN 시뮬레이터를 이용하여 평가하였다. 통신 인프라의 파괴로 인한 불확실한 경로 상에서 노드 간 메시지 전송 관계를 고려하여 도시 지역에서 신뢰성이 개선된 라우팅 알고리즘을 시뮬레이션으로 확인하였다. 노드가 과거에 경험한 모든 접촉 정보를 포함하는 라우팅 알고리즘을 사용하여 통신 인프라가 파괴된 상황의 메시지를 전달 시뮬레이션에서 기존 라우팅 알고리즘 보다 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract In this paper, we propose a routing method to improve the message transmission efficiency between DTN nodes in an environment where communication infrastructure in the city is destroyed. In the situation where a certain size of communication infrastructure can not function, the message transmission process between the nodes is explained. An effective routing method for improving reliability between nodes was proposed and evaluated using DTN simulator. The routing algorithm with improved reliability in urban areas was confirmed by simulation considering the message transmission relationship between nodes on uncertain path due to the destruction of communication infrastructure. We used a routing algorithm that includes all the contact information the node has experienced in the past. In the simulation of delivering messages in a situation where the communication infrastructure was destroyed, relatively better results were obtained than the existing routing algorithm.

Key Words : DTN node, Communication infrastructure, Routing algorithm, Uncertain path

*정회원, 유한대학교 메카트로닉스공학과
**정회원, 서울디지털대학교 전기전자공학과(교신저자)
접수일자 2020년 5월 3일, 수정완료 2020년 6월 3일
게재확정일자 2020년 6월 5일

Received: 3 May, 2020 / Revised: 3 June, 2020 / Accepted: 5 June, 2020
**Corresponding Author: whlee@sdu.ac.kr
Dept. of Electrical & Electronic Engineering, Seoul Digital University, Korea

Ⅰ. 서 론

최근 무선네트워크 환경에서는 동일한 네트워크 간 데이터 전송이 아닌 형태가 다른 네트워크 간 데이터 전송이 이루어지고 있다. 다양한 산업 영역에서 사용되고 있는 성격이 다른 네트워크 간에 신뢰적인 데이터 전송의 중요성이 필요하게 되었다. 하지만 기존 통신 프로토콜은 상대적으로 짧은 전달지연 시간과 라운드 트립 타임 그리고 상대적으로 일정한 전송률을 갖는다. 결과적으로 동일한 네트워크가 아닌 다른 종류의 네트워크와 통신 연결 상태가 좋지 않는 상황에서는 데이터 교환이 어렵게 된다. 상대적으로 긴 지연시간과 낮은 대역폭을 가지며 끊김이 많이 발생하는 네트워크 간에는 데이터 전달이 문제가 되고 있다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위한 방법으로 DTN(Delay-Tolerant Network)을 사용하게 되었다[1]. DTN은 통신 인프라의 구축이 완전하지 않거나 제대로 동작하지 않는 경우에도 적용된다. 또한 현재 연결 지향성이라는 특징을 가지는 TCP/IP 프로토콜의 원거리 네트워크 간 통신을 가능하게 하는 대안으로 사용되고 있다. 본 논문에서는 통신 인프라가 파괴된 도시 내부 상황에서 데이터 전송과 전송 효율을 향상시키기 위한 적절한 라우팅 기법을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 통신 노드의 움직임이 동적으로 변화하는 상황과 노드 간 연결성이 보장되지 않는 네트워크를 고려하였다. 시뮬레이션에서 기존 DTN 라우팅 프로토콜의 전송률과 통신 인프라가 파괴된 상황에서 노드 간 전송률을 비교하였다. 이후 노드 간 전송률 향상 알고리즘을 사용하고 시뮬레이션을 통하여 전송률 향상을 확인 하였다. 또한 통신 인프라가 파괴된 DTN 환경에서 주변 노드를 만나게 될 경우 어떤 기준을 가지고 데이터를 전달하는 것이 노드의 오버 헤드를 줄이고 효과적으로 데이터를 전달하는 방법인지 제안하고자 한다.

Ⅱ. 기존 DTN 라우팅의 종류

기존 네트워크 프로토콜의 특징은 소스와 목적지 사이에 패킷 전달 경로가 존재해야 한다. 만일 노드 간 경로가 없어지게 되면 패킷 전송은 실패하게 된다. 현재 사용되는 모든 프로토콜들은 소스와 목적지 사이에 라우팅 경로가 존재해야 정상적인 데이터 전달이 가능하게 된다. 하지만 노드 간 경로가 다양한 상황은 라우팅에 문제를 발생시키며 데이터 전달의 실패를 가져오게 된다[2],[3]. 현재 DTN 라우팅은 노드 간 패킷을 전달하는 방법에 따라 몇 가지 방법으로 구별된다. 이동성과 연결 상황을 알고 있는 전제에서 노드 간 메시지를 전달하는 결정 기반 라우팅과 노드 간 변화가 불규칙적 일 때 노드 사이에 메시지를 전달하는 확률 기반 라우팅으로 구별된다. 기존 DTN 라우팅에는 복제 방식 라우팅 기법으로 단순하게 애드혹 네트워크의 플러딩과 비슷한 Epidemic 라우팅이 있다[4]. 이 라우팅은 메시지를 발생시킨 노드가 인접 노드에게 메시지를 무조건 복사하여 전달하는 방법이다. 즉 모든 이웃 노드에게 메시지를 전달하게 된다. Epidemic 라우팅의 자원 낭비를 개선하기 위한 방법의 하나인 고전적인 방법으로 Direct Delivery 라우팅이 있다. 또한 노드 간 접속 정보 통하여 메시지가 목적지에 전달될 가능성이 우선인 노드에게 메시지를 전달하고 메시지 복제 횟수와 전달을 줄이는 Prophet 라우팅이 있다. 모든 노드들에게 패킷의 복제를 전달하고 발생하는 네트워크의 트래픽 증가와 노드 버퍼 관리 문제를 개선하고 버퍼 관리 방법을 사용하는 Spray And Wait 라우팅도 있다[5]. 이 방법은 불필요한 메시지를 제거하고 주변에 다른 노드에게 패킷 우선순위와 폐기 우선순위를 관리하고 메시지 버퍼를 순서 정렬하는 기법이 적용된다. 그리고 노드가 인접한 다른 노드를 만나게 되는 확률을 가지고 전달 경로 비용을 계산하여 노드 간 경로 비용이 최적이 될 때 노드에 메시지를 보내는 MaxProp 라우팅이 있다[6].

Ⅲ. 전송효율 향상을 위한 라우팅

제안하고자 하는 라우팅 프로토콜에서는 인접 노드에게 메시지 전달시 첫 번째 라우팅 비용 두 번째 노드 버퍼의 크기 세 번째 노드의 에너지 소모량 네 번째 전송에 참여하는 어느 노드가 메시지의 복사본을 전달할 것인지를 생각하였다. 적용된 알고리즘은 DTN flooding 기반의 라우팅 알고리즘[7]을 사용하여 노드 간 메시지 전달 방법을 개선하였다. 또한 각 노드는 hop 카운터를 포함한 summary vector를 교환하여 메시지를 보낼 수 있는 최대 hop 수를 패킷화하고 결정하였다. 이 과정을 통하여 프로토콜의 리소스 활용을 제한하는데 사용하였다. 메시지 전송은 네트워크에서 n개로 제한된 메시지의 복사본이 모두 전달될 때까지 상태를 유지하게 된다. 이후 메시지를 노드들에게 확산시킨 다음 메시지 전달 확률을 사용하여 메시지를 전달하게 될 확률이 더 높은 노드에

게 전달하게 된다. 이때 Prophet 라우팅 프로토콜에서 사용되는 전달 예측 가능성이라는 확률적인 metric을 사용하였다. 노화 상수 γ를 이용하여 시간에 의한 메시지 전달 확률을 아래와 같이 갱신하게 하였다.

$$P_{init} \in (0,1) \quad (1)$$

$$P_{(a,b)} = P_{(a,b)old} + (1 - P_{(a,b)old}) \times P_{init} \quad (2)$$

$$P_{(a,b)} = P_{(a,b)old} \times \gamma^{k} \quad (3)$$

$$P_{(a,c)} = P_{(a,c)old} + (1 - P_{(a,c)old}) \times P_{(a,b)} \times P_{(b,c)} \times \beta \quad (4)$$

이 방법은 메시지 전달 확률의 초기 값을 0과 1 사이의 값을 갖게 된다. 이 과정에서 메시지 전달 노드가 자주 접촉하게 되면 두 노드 사이에 메시지 전달 확률이 높이지고 반대의 경우 메시지 전달 확률은 낮아지게 된다. 본 논문에서는 통신 인프라 노드 손상을 고려하여 전달하고자 하는 메시지의 종류를 구분하고 최대 전달 가능한 노드의 메시지부터 순차적으로 중요도와 순서에 따라 아래와 같이 전달하게 하였다.

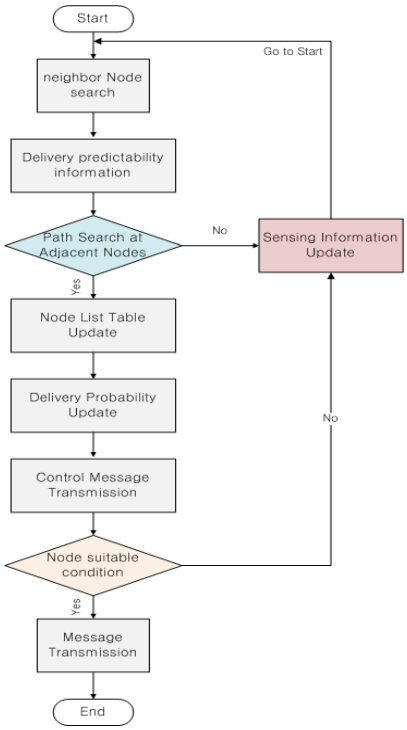

그림 1. 노드 간 메시지 전송 알고리즘
Fig. 1. Internode message transmission algorithm

그림 1과 같은 노드 간 메시지 전송 알고리즘을 사용하여 이후 노드 상태에 따라 노드 리스트 갱신과 노드 접촉 시간을 계산하고 업데이트하여 기록하였으며 노드가 라우팅 알고리즘을 수행 할지를 인지하고 이웃 노드의 현재 상태를 교환하게 하였다. 이 정보는 노드가 과거에 경험한 모든 접촉 정보를 포함하게 하였다.

Ⅳ. 시뮬레이션 및 결과

도시의 통신 인프라의 파괴 상황에서 노드 간 메시지 전달 측정과 라우팅 프로토콜에 대한 성능평가를 위하여 Opportunistic Network Environment Simulator를 사용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 제안하는 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위하여 시뮬레이션에서는 노드 간 전송확률, 오버헤드 비율, 평균 지연시간을 측정하였다. 시뮬레이션에 사용한 metric은 표 1과 같으며 다음과 같은 특징을 갖는다. 이동 모델은 각 노드 그룹에서 사용하는 호스트의 특징에 따라서 이동 모델을 적용할 수 있다. 노드의 메시지 버퍼 크기는 노드가 버퍼의 상태에 따라 노드의 메시지를 받지 못하고 이전 메시지를 삭제하여야 동작하는 특징을 갖는다. 지연시간은 노드가 현재의 경로에서 같은 장소에 얼마나 존재 하는지의 시간을 나타낸다. 호스트에서 생성된 TTL(Time To Live) 값은 메시지 TTL을 측정하여 메시지 drop을 결정하는 메시지 수명을 체크하게 된다. 시뮬레이터에 존재하는 Router module의 종류에 따라 클래스 파라미터의 조정으로 라우팅 비용을 계산할 수 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Scope
Simulation Time	12 hour
Movement Mode	Shortest Path Map Based Movement
Group router	6-10
Group.bufferSize	1-5 M
Interface Method	Bluetooth
Wait Time	120 Sec
Message TTL	300 minutes
Group Hosts	40 hosts
Nodes Speed	10-50 km/h

첫 번째로 그림 2에서와 같이 목적지 노드까지 메시지 전달 시 노드 간 전송 지연시간을 측정하였다. 제안된 기법이 인프라가 파괴된 상황에서 시뮬레이션 결과 MaxPro 라우팅과 거의 유사한 성능을 나타내는 것을 확

인하였다. 전달 경로 상에서 만들어진 메시지를 어느 정도 성공적으로 전달하는 항목인 노드 간 전송 확률을 시뮬레이션으로 측정하였다. 그림 3과 같이 인프라가 파괴된 통신 상황에서도 제안된 방법의 전송 확률이 다른 알고리즘 보다 향상된 전달 확률을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

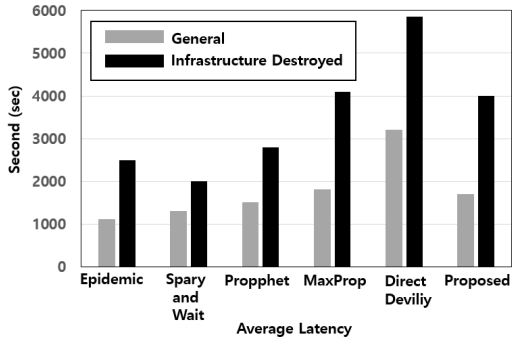

그림 2. DTN 노드간 전송 지연시간
Fig. 2. Transmission Delay Time of DTN Nodes

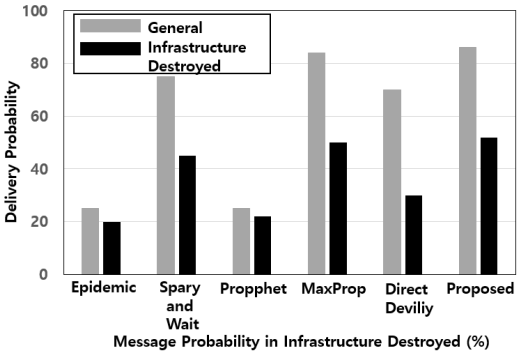

그림 3. DTN 노드간 전송 확률
Fig. 3. Transmission Probability of DTN Nodes

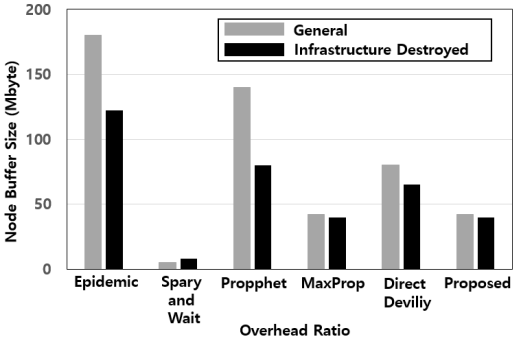

그림 4. DTN 노드의 버퍼 사이즈
Fig. 4. Buff Size of DTN Nodes

마지막으로 그림 4에서 버퍼 사이즈 별 오버헤드 비율을 시뮬레이션으로 확인하였으며 제안된 알고리즘에서 최적화된 버퍼 사이즈를 측정할 수 있었다. 버퍼의 상태에 따라 노드가 메시지를 받지 못하는 경우를 최소화 시킬 수 있었다.

V. 결 론

기존의 프로토콜들은 통신 인프라의 파괴를 생각하지 않고 만든 프로토콜이다. 대부분의 노드가 메시지를 전달하기 위한 노력을 한다. 하지만 예측하지 못한 도시 통신 인프라의 파괴 상황에서는 기존 통신 인프라 노드의 전달 능력 손상으로 인해 목적지 최단 경로가 없어지며 결과적으로 부정확한 경로에 전송을 하게 되어 전송률에 문제를 일으키게 된다. 본 논문에서는 노드 손상을 고려하여 최대 전달 가능한 노드의 메시지부터 노드 상태에 따라 노드 리스트 갱신과 노드 접촉 시간을 계산하고 업데이트 하여 기록하고 이웃 노드의 현재 상태를 교환하게 하였다. 이 정보로 노드가 과거에 경험한 모든 접촉 정보를 포함하는 라우팅 알고리즘을 사용하여 통신 인프라가 파괴된 상황의 메시지를 전달 시뮬레이션에서 기존 라우팅 알고리즘 보다 비교적 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

References

[1] Ari Keränen, Jörg Ott, A Delay-Tolerant Network Tutorial The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation, Teemu Kärkkäinen Helsinki University of Technology (TKK) Department of Communications and Networking.

[2] Seunghyun Kim, Jinoo Joung, “Adaptive Multipath Routing Algorithm for Low-power Lossy Networks”, The Journal of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 19, No. 2, pp. 91-96, Apr. 30, 2019.
DOI: https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.2.91

[3] Mi-Ryong Park, Dongwon Kim, “Scheduling Scheme and Performance Analysis of IEEE802.15.4e TSCH, The Journal of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 5, pp. 43-49, 2017.
DOI: https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.5.43

[4] Vahdat A., Becker D., Epidemic routing for partially connected ad hoc networks, Technical Report CS-200006, Duke University, April 2000.

[5] Jain S., Fall K., Patra R., Routing in a Delay Tolerant

Network, In Proc. of ACM SIGCOMM, 2004.

[6] Spyropoulos T., Psounis K., Raghavendra C., " Efficient Routing in Intermittently Connected Mobile Networks: The Multiple-copy Case", ACM/IEEE Transactions on Networking, pp. 77-90, Mar. 2008. DOI: https://doi.org/10.1109/TNET.2007.897964

[7] Spyropoulos T., Psounis K., Raghavendra C. S., " Single-copy routing in intermittently connected mobile networks", In Proc. Sensor and Ad Hoc Communications and Networks SECON, pp. 235-244, Oct. 2004.

저 자 소 개

장 성 진(정회원)

- 2000년 건국대학교 전자정보통신 공학과 공학석사
- 2003년 한양대학교 전자통신전파 공학과 박사수료
- 2013년 숭실대학교 ICT융합기술 공학 박사
- 2000년~2001년 대우 고등기술연구원 연구원
- 2001년~2006년 팬택 중앙연구소 전임연구원
- 2007년~2009년 한국물류정보통신 팀장
- 2010년~2011년 포에스텍 기술연구소 팀장
- 2015년~ 현재 유한대학교 메카트로닉스공학과 조교수
- 주관심분야 : Delay Tolerant Network, Cognitive Radio Network, Smart Tagging

이 원 희(정회원)

- 2000년 건국대학교 전자정보통신 공학과 공학석사
- 2003년 건국대학교 전자정보통신 공학과 공학박사
- 1998년~1999년 건국대학교 전자정보통신공학과 교육조교
- 1999년 전자부품연구원 위촉연구원
- 2002년~2008년 LG전자 DA연구소 책임연구원
- 2008년~2009년 포항공과대학교 Post Doc.
- 2009년~2016년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2016년~2020년 서일대학교 정보통신공학과 조교수
- 2020년~현재 서울디지털대학교 전기전자공학과 조교수
- 주관심분야 : 무선 데이터 및 영상 통신, 이동통신, 무선통신 시스템, 밀리미터파 및 테라헤르츠 응용, Delay Tolerant Network, Cognitive Radio Network