

Probability-Based Message Forwarding Scheme with Buffer Management for Spray and Wait Routing Protocol

Eung-Hyup Kim[†] · Myung-Ki Lee^{**} · You-Ze Cho^{***}

ABSTRACT

Delay Tolerant Network (DTN) is a network that employed method of store-carry-forward in intermittently connected networks. In DTNs, routing and buffer management scheme are important to improve successful message delivery. This paper proposes an improve spray and wait routing protocol based on delivery probability to a destination. Also, a buffer management scheme is proposed to drop the queued messages according to the number of copies (L value). Simulation results show that the proposed method provides a better delivery ratio and lower communication overhead when compared to existing schemes such as Epidemic, PRoPHET and spray and wait.

Keywords : Delay Tolerant Network (DTN), Epidemic, PRoPHET, Spray and Wait, Buffer Management Policies

Spray and Wait 라우팅을 위한 확률 기반의 메시지 전달 방안 및 버퍼 관리 방안

김응협[†] · 이명기^{**} · 조유제^{***}

요 약

Delay Tolerant Network(DTN)은 중단간 연결성이 보장되지 않는 환경에서 store-carry-forward 방식의 메시지 전달을 기본으로 하는 네트워크이다. DTN 환경에서 메시지 전달을 위한 라우팅 방안뿐만 아니라 버퍼 관리 정책 또한 전달률을 높이기 위한 중요한 요소이다. 본 논문에서는 기존 spray and wait 라우팅 방안의 메시지 전달률을 높이기 위한 확률 기반의 spray and wait 방안을 제안한다. 또한 버퍼 오버플로우 발생 시, L 값에 따라 메시지를 폐기하는 버퍼 관리방안도 제안하였다. 기존의 DTN 라우팅 방안인 Epidemic, PRoPHET, spray and wait 프로토콜과 성능을 비교하였으며 전달률 및 오버헤드의 성능이 개선되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

키워드 : 지연내성망, Epidemic, PRoPHET, Spray and Wait, 버퍼 관리 방안

1. 서 론

DTN(Delay Tolerant Network)은 중단 간 연결성이 보장되지 않는 환경에서 지연을 허용하면서 메시지 전달을 가능하게 하는 애드 hoc 네트워크이다[1-4]. 기존의 애드 hoc 네트워크는 중단 간 라우팅 경로를 미리 설정하고 이를 통해 메시지를 전달한다. 하지만 노드가 이동하는 MANET(Mobile Ad-hoc Network) 환경에서는 노드간의 연결과 끊김이 빈번하게 발생하여 기존 애드 hoc 라우팅을 사용할 경우 성능이 크

게 저하될 수 있다. DTN은 이러한 중단 간 연결성이 보장되지 않는 환경에서 메시지 전달률 향상을 위해 store-carry-forward 기반의 메시지 전달 방식을 사용한다.

Epidemic은 store-carry-forward를 사용하는 대표적인 DTN 라우팅 프로토콜로서 최초 소스 노드에서 생성되는 메시지를 만나는 모든 노드들에게 복사를 하는 방안이다[5-8]. 따라서 노드의 이동 패턴이 일정하지 않고 버퍼 공간이 충분히 보장되는 환경에 적합하다. 하지만 노드의 수가 많고 생성되는 메시지의 수가 증가할수록 메시지 복사에 의한 오버헤드가 급증한다. 이러한 메시지 복사에 의한 오버헤드를 줄이기 위한 방안으로 PRoPHET(Probabilistic Routing Protocol using History of Encounters and Transitivity)이 제안되었다[9-12]. PRoPHET에서 모든 노드는 노드 간의 메시지 전달 확률을 가지고 있다. 노드의 어떠한 정보도 고려하지 않고 복사를 수행하는 Epidemic과 달리 PRoPHET은 목적 노드에 대한 메시지 전달 확률이 더 높은 노드를 접촉했을 경우 메시지 복사를 수행한다. 하지만 두 방안 모두 메시지

* 본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터[10041145, 자율군집을 지원하는 웰빙형 정보기기 내장 소프트웨어 플랫폼 개발]와 한국연구재단[NRF-2013R1A1A4A01012534]의 지원을 받아 수행되었음.

† 준 회원 : 경북대학교 전자공학부 박사과정

** 비 회원 : 경북대학교 전자공학부 석사과정

*** 정 회원 : 경북대학교 전자공학부 교수

Manuscript Received : February 12, 2016

First Revision : June 8, 2016

Accepted : June 9, 2016

* Corresponding Author : You-Ze Cho(yzcho@ee.knu.ac.kr)

복사에 대한 제한을 두고 있지 않기 때문에 버퍼 공간이 작은 환경에 적합하지 않다. Spray and wait 방안은 소스 노드에서 생성되는 모든 메시지에 최대 복사 개수(L)가 존재한다[13]. 따라서 전체 네트워크에 복사될 수 있는 메시지는 L 개 이하로 제한되고 Epidemic 및 PRoPHET 방안과 비교하여 오버헤드가 크게 감소한다. 하지만 spray and wait 방안 역시 메시지를 확산시키는 과정에서 발생하는 메시지 복사 개수(L)의 분배 문제 및 버퍼 관리의 문제 등이 존재한다.

DTN 환경에서는 메시지를 전달할 릴레이 노드를 선택하는 과정이 중요하며, 버퍼 오버플로우 발생 시 선택적으로 메시지를 폐기하는 효과적인 버퍼 관리 방안이 필요하다[14]. 본 논문에서는 기존의 spray and wait 방안을 개선하여 메시지를 가진 노드가 새로운 이웃 노드를 만날 경우 목적 노드에 대한 전달 확률을 고려하여 L 값을 배분하는 방안을 제안하고, 버퍼 오버플로우 발생 시 각 메시지가 가지는 L 값에 따라 메시지를 폐기하는 버퍼 관리 방안을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서 기존의 DTN 라우팅 방안인 Epidemic, PRoPHET, spray and wait 방안에 대해 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 버퍼 관리를 고려한 확률 기반의 spray and wait 방안에 대해 기술한다. 4장에서는 기존 DTN 방안인 Epidemic, PRoPHET, 그리고 spray and wait 방안과 제안하는 방안의 성능을 ONE 시뮬레이터를 통해 비교 분석한다[15]. 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 Epidemic 라우팅

Epidemic 라우팅은 단순하고 기본적인 형태의 라우팅 알고리즘으로서 무선 애드 혹 네트워크에서의 flooding과 유사하다. 메시지를 발생시키는 소스 노드는 자신의 모든 이웃 노드들에게 메시지를 복사하고 메시지를 받은 모든 노드들은 해당 메시지의 릴레이 노드가 된다. 릴레이 노드들은 또다시 자신의 이웃 노드들에게 소스 노드로부터 받은 메시지를 복사한다. Fig. 1은 Epidemic에서 summary vector 교환을 나타낸 그림이다. sv (summary vector)는 노드 버퍼에 있는 메시지의 인덱스를 정의한다. Fig. 1과 같이 노드 A와 노드 B가 만나게 되면 노드 A는 자신의 버퍼에 있는 메시지 목록을 SV_A 를 통해 노드 B로 전달한다. 노드 B는 SV_A 와 자신의 버퍼에 있는 메시지를 비교하고 노드 B의 버퍼에 없는 메시지에 대하여 request 메시지

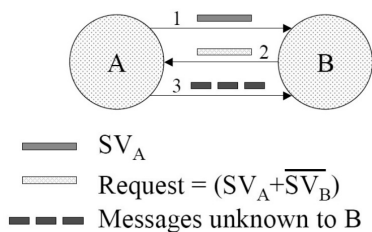


Fig. 1. Summary vector exchange in Epidemic routing

를 보낸다. 노드 A는 노드 B로부터 받은 request 메시지를 보고 해당 메시지를 복사해준다. 위와 같은 방법으로 만나는 모든 노드들에게 메시지를 복사해주는 Epidemic 라우팅 방안은 네트워크상의 오버헤드로 인한 트래픽 부하가 높게 나타난다. 버퍼 공간이 작은 환경에서 Epidemic 라우팅을 적용하였을 경우 잦은 오버플로우로 인한 메시지 드랍이 발생하고 전달률이 저하되는 결과를 가져온다.

2.2 PRoPHET 라우팅

PRoPHET 라우팅은 노드 간의 메시지 전달 확률 정보를 유지하고 해당 메시지가 목적 노드에 전달될 가능성이 자신보다 큰 노드에게만 메시지를 전달하여 무분별한 메시지 복사 횟수를 줄이는 알고리즘이다. PRoPHET에서 사용되는 노드 간의 메시지 전달 확률은 노드들의 접촉 빈도를 이용해 계산되며, 접촉이 이루어지지 않을 경우 시간에 따라 확률이 감소한다. 노드 사이의 메시지 전달 확률은 세 가지 방식으로 갱신한다. 첫 번째로 두 노드가 직접 만났을 때 서로에 대한 메시지 전달 확률을 갱신한다. 예를 들어, 노드 A, B가 직접 만났다면 노드 A는 노드 B에 대한 메시지 전달 확률을 Equation (1)과 같이 갱신한다.

$$P(A, B) = P(A, B)_{old} + (1 - \delta - P(A, B)_{old}) \times P_{enc} \quad (1)$$

두 번째 식은 이행성(transitive property)에 따른 확률 갱신이다. 예를 들어, 노드 A와 노드 B가 잦은 접촉이 이루어지고 노드 B와 노드 C와 잦은 접촉이 이루어진다고 가정했을 때 노드 A와 노드 C는 직접 만난 적이 없더라도 Equation (2)와 같이 이행성에 따른 간접적인 전달 확률을 갱신한다.

$$P(A, C) = MAX(P(A, C)_{old}, P(A, B) \times P(B, C)_{rec} \times \beta) \quad (2)$$

마지막으로 임의의 두 노드 A, B가 접촉한 후 재접촉 할 때 까지 두 노드 사이의 메시지 전달 확률은 Equation (3)과 같이 시간이 지남에 따라 감소한다.

$$P(A, B) = P(A, B)_{old} \times \gamma^k \quad (3)$$

PRoPHET 라우팅은 노드 사이의 접촉 확률 정보를 이용하여 메시지 복사를 수행하기 때문에 Epidemic 라우팅과 비교하여 낮은 네트워크 오버헤드를 예상할 수 있다. 하지만 PRoPHET 라우팅 역시 Epidemic 라우팅과 동일한 메시지 다중 복제를 실행하기 때문에 노드의 수가 많고 노드 버퍼의 크기가 충분하지 못한 환경에서 근본적인 해결책이 될 수 없다.

2.3 Spray and wait 라우팅

Spray and wait 라우팅은 Epidemic 라우팅 프로토콜과 같은 flooding 기반의 라우팅 프로토콜이다. spray and wait 라우팅은 Epidemic 라우팅 프로토콜에서 발생하는 메시지 복사에 의한 오버헤드 문제를 개선하기 위해 제안되었으며, 소스 노드에서 생성되는 메시지의 최대 복사 개수를 L 개로

제한한다. spray and wait 라우팅은 패킷의 전달을 위해 spray 단계와 wait 단계로 동작을 구분하며, spray 단계는 binary와 source 모드가 있다. Binary 모드는 최초 소스 노드에서 생성된 메시지 복사 개수 L 값을 접촉하는 노드들과 절반씩 나누어 가진다. Binary 모드에서는 메시지를 생성한 노드와 메시지를 복사 받은 노드 모두 L 값이 1이 될 때까지 접촉하는 노드와 해당 메시지를 나누어 가진다. 반면 source 모드에서는 최초 소스 노드에서 생성된 메시지가 소스 노드에서만 복사가 이루어지며 소스 노드는 해당 메시지의 복사 개수 L 을 1씩 차감한다. 메시지 복사 개수를 나타내는 L 값이 1이 되면 해당 메시지를 가지고 있는 노드는 wait 단계로 동작을 하며 wait 단계로 동작을 하는 노드는 해당 메시지를 목적 노드와 접촉이 있을 때 까지 버퍼에 저장해 둔다. 하지만 두 방안 모두 메시지 복사를 실행하는데 별도의 조건이 없고 만나는 순서에 따라 메시지를 복사하기 때문에 효율적인 메시지 확산 방법이라 보기 어렵다.

3. 버퍼 관리를 고려한 확률 기반의 Spray and Wait 방안

본 절에서는 DTN 환경에서 노드 간의 메시지 전달 확률을 이용하여 메시지를 복사 및 전달하는 확률 기반의 spray and wait 방안과 버퍼 오버플로우 발생 시 L 값에 따라 메시지를 폐기하는 버퍼 관리 기법을 제안한다.

3.1 확률 기반의 spray and wait

확률 기반의 spray and wait 라우팅 프로토콜의 경우 기존의 spray and wait 프로토콜과 마찬가지로 소스 노드에서 발생하는 모든 메시지는 네트워크상에 복사할 수 있는 최대 메시지 복사 개수 L 값을 가지고 생성된다. 각 노드는 해당 메시지의 복사 개수 L 이 1보다 클 경우 spray 단계로 동작하며 L 값이 1일 때 wait 단계로 동작한다. 또한 각 노드가 가지는 노드 사이의 메시지 전달 확률은 PROPHET 방안의 Equation (1)-(3)과 동일하게 계산된다. Fig. 2를 통해 제안 방안의 spray 단계 동작을 살펴보면, 최초 t_0 에서 소스 노드 A는 목적 노드 D로 전달해야 할 메시지를 생성하였으며 메시지의

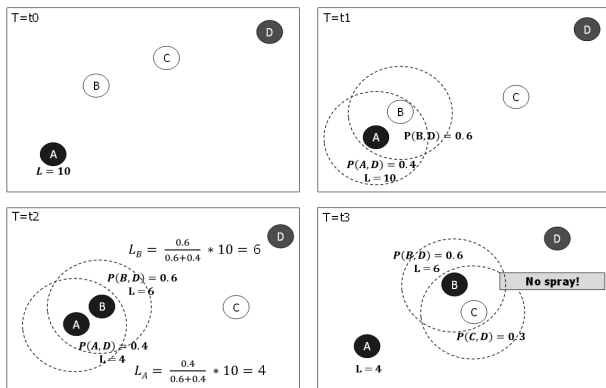


Fig. 2. Spray phase

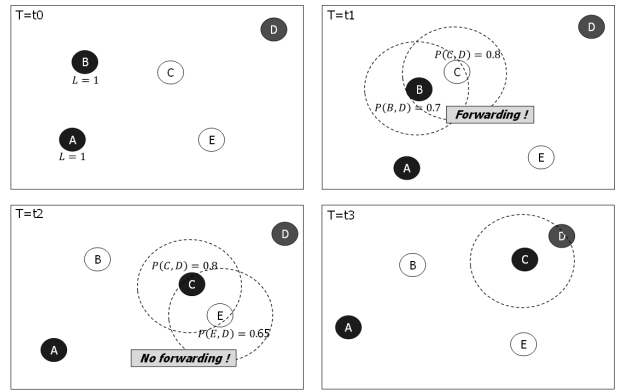


Fig. 3. Wait phase

최대 복사 개수 L 은 10개로 가정한다. 각 노드 A, B, C, D는 전송 범위밖에 위치하므로 링크의 형성이 이루어지지 않은 상태이다. 따라서 노드 A는 생성된 메시지를 버퍼에 저장한 후 이동하게 된다. t_1 에서 노드 A는 이동 중에 노드 B를 만나게 되고 노드 A는 자신이 가지고 있는 목적 노드 D에 대한 메시지 전달 확률($P(A, D)$)을 노드 B가 가진 메시지 전달 확률($P(B, D)$)과 비교를 한다. 목적 노드에 대한 메시지 전달 확률이 노드 B가 더 크기 때문에 t_2 와 같이 노드 A는 자신 가진 메시지 복사 개수 L 의 값을 Equation (4)와 같이 각 노드 A, B가 가진 확률에 비례하여 나누어 가진다.

$$L_B = \left\lfloor L_A \left(\frac{P(B, D)}{P(B, D) + P(A, D)} \right) \right\rfloor \quad (4)$$

노드 A와 노드 B는 spray 단계로 동작을 하며 메시지 복사 개수가 1이 될 때 까지 spray 단계를 수행한다. t_3 에서 노드 B는 이동 중에 노드 C를 만나지만 노드 C는 목적 노드에 대한 확률이 노드 B보다 낮기 때문에 별도의 메시지 복사가 이루어지지 않고 서로가 가진 확률 정보만을 갱신한다.

기존의 spray and wait 방안의 wait 단계는 wait 단계로 동작하고 있는 해당 노드가 목적 노드를 직접 만날 때 까지 메시지를 버퍼에 저장해 둔다. 하지만 확률 기반의 spray and wait 방안의 wait 단계에서는 기존 방안의 비효율성을 개선시키기 위해 각 노드가 가지는 메시지 전달 확률 정보를 이용하여 메시지를 전달하도록 하였다. Fig. 3의 t_0 에서 노드 A와 노드 B는 목적 노드 D에게 보내야 할 동일한 메시지를 가지고 있으며 노드 A와 노드 B 모두 wait 단계로 동작하고 있다. t_1 에서 노드 B는 이동 중에 노드 C를 만나서 목적 노드 D에 대한 메시지 전달 확률을 비교한 후 자신 보다 확률이 더 높은 노드 C에게 메시지를 전달하고 노드 B의 버퍼에서 해당 메시지를 폐기한다. 메시지를 전달 받은 노드 C는 wait 단계로 동작을 하며 t_2 와 같이 목적 노드에 대한 메시지 전달 확률이 낮은 노드 E를 만나게 되면 서로가 가지고 있는 확률 테이블만 갱신을 하고 데이터 전달은 하지 않는다.

3.2 메시지 복사 개수 L 값을 고려한 버퍼 관리

기존의 DTN 라우팅 프로토콜들은 버퍼 오버플로우 발생 시 버퍼 공간을 확보하기 위해 버퍼에 메시지가 들어온 순서

대로 메시지를 폐기한다. 제안 방안에서는 기존 방안의 비효율성을 개선시키기 위해 각 메시지가 가지고 있는 L 값을 고려하여 버퍼 오버플로우 발생 시 폐기해야 할 메시지의 우선순위를 변경하였다. Fig. 4의 Step 1에서 노드 A는 노드 B에게 메시지 M06을 전달하는 과정이며 노드 B는 현재 버퍼 오버플로우가 발생했다고 가정한다. 노드 B는 노드 A로부터 전달 받을 메시지 M06의 공간을 확보하기 위해 버퍼에 있는 메시지들 중 메시지 복사 개수 L 이 가장 작은 메시지를 폐기한다. L 값이 1보다 큰 메시지가 폐기되면 해당 메시지는 spray 단계의 메시지 확산을 더 이상 진행할 수 없다. 따라서 최초 설정하였던 메시지 복사 개수보다 더 적은 메시지가 네트워크에 복사되기 때문에 메시지 전달률이 감소한다. 그러므로 제안 방안에서는 L 값이 작은 메시지를 먼저 폐기함으로써 spray 단계에 있는 메시지들의 확산을 보장하였다.

Fig. 4의 Step 2에서 노드 A는 노드 B에게 메시지 M07을 전달하는 과정이다. 노드 B는 메시지 M07을 저장할 공간을 확보하기 위해 기존에 있던 메시지를 폐기해야 하는데 노드 B의 버퍼에는 L 값이 동일한 메시지 M01, M02, M03가 존재한다. 이와 같이 가장 작은 L 값을 가지는 메시지가 2개 이상일 경우, 해당 메시지들의 메시지 사이즈를 비교하여 사이즈가 가장 큰 메시지를 제거한다. Step 2에서 기존의 FIFO(First In First Out) 알고리즘을 이용하여 메시지를 제거할 경우 메시지 M01, M02를 제거해야 하지만 제안방안을 이용할 경우 메시지 M02 하나만을 제거하고 새롭게 전달받은 메시지 M07의 버퍼 공간을 확보할 수 있다.

4. 성능 평가

제안 방안의 성능 검증은 핀란드 헬싱키 대학에서 개발한 DTN 전용 시뮬레이터인 The Opportunistic Network Environment Simulator(The ONE)을 사용하였다.

실험은 기존의 spray and wait 방안 및 제안 방안에서 최적의 메시지 복사 개수를 찾기 위한 실험과 기존 DTN 라우팅 프로토콜인 Epidemic, spray and wait, PROPHET 방안의 성능을 비교하는 실험으로 나누었다. 자세한 시뮬레이션 환경은 Table 1과 같다.

Table 1. Simulation parameters

Parameters	Values
Map size(m)	4500m * 3400m
Simulation time(hours)	12
Number of nodes	Cars : 50 Pedestrians : 100
Moving speed (m/s)	Cars : 2.7 ~ 13.9 Pedestrians : 0.5 ~ 1.5
Transmission rate (Kbps)	250
Transmission range (m)	10

4.1 메시지 복사 개수 L 에 따른 성능 분석

첫 번째 실험에서 기존의 spray and wait 방안(source

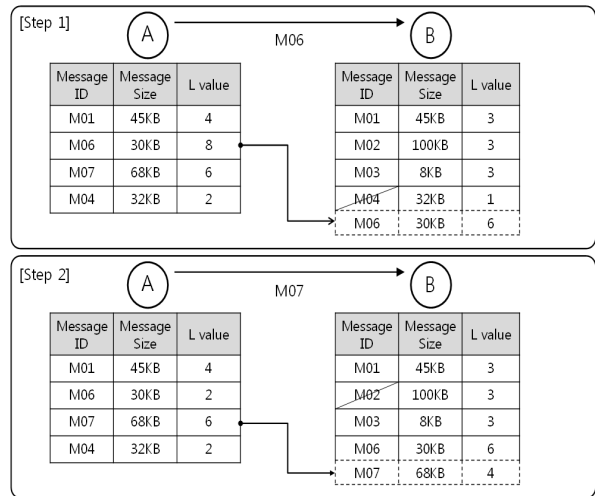


Fig. 4. Buffer management method

spray and wait, binary spray and wait)과 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안의 성능을 전달률 및 overhead 관점에서 분석하였다. 메시지 복사 개수를 2에서 32까지 변화를 주었고 버퍼 공간의 크기는 10Mbytes로 고정하고 실험을 하였다.

Fig. 5에서 기존의 source spray and wait 및 binary spray and wait 방안과 비교하여 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안이 15% 정도 더 높은 전달률을 보였다. 메시지의 정보를 고려하지 않고 만나는 노드의 순서에 따라 메시지 복사 개수를 나누어 가지는 기존 방안과 달리 제안 방안에서는 목적 노드에 대한 메시지 전달 확률을 기반으로 더 높은 확률을 가지는 노드에게 더 많은 메시지 복사 개수를 나누어 주었기 때문에 전달률이 상승하였다. 또한 기존 방안 및 제안 방안 모두 메시지 복사 개수가 증가함에 따라 전달률이 상승하지만 8개 이상일 경우 전달률이 소폭 감소하는 것을 확인하였다. 따라서 네트워크 전체 노드의 수와 버퍼의 공간을 고려하였을 때 메시지 복사 개수가 8개 일 때 최적의 성능을 보이며 8개 보다 클 경우 필요 이상의 메시지가 네트워크에 복사되는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 6은 기존의 spray and wait 방안과 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안의 overhead를 나타낸다. 메시

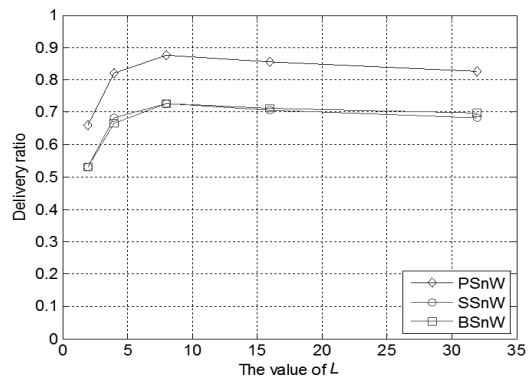


Fig. 5. Delivery ratio according to the value of L

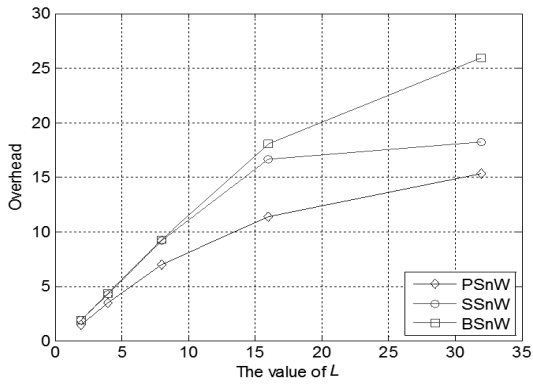


Fig. 6. Overhead according to the value of L

지 복사 개수가 증가함에 따라서 전체적인 overhead가 증가하였다. binary spray and wait와 비교하여 source spray and wait 방안은 오직 소스 노드만이 메시지 복사를 할 수 있기 때문에 상대적으로 적은 overhead를 보였다. 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안은 기존 spray and wait 방안과 비교하여 확률을 고려한 선택적인 메시지 복사가 이루어 졌다. 따라서 만나는 노드의 순서에 따라 메시지 복사가 이루어지는 기존의 spray and wait 방안과 비교하여 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안이 상대적으로 낮은 overhead를 보였다.

4.2 버퍼 크기에 따른 성능 분석

두 번째 실험에서 버퍼 크기에 따른 제안 방안과 기존의 DTN 라우팅 방안인 Epidemic, PRoPHET, spray and wait 방안의 성능을 비교 분석하였다. 버퍼의 크기는 2Mbytes에서 20Mbytes까지 변화를 주었고 spray and wait 방안에서 사용되는 메시지 복사 개수는 8개로 고정하여 실험을 하였다.

Fig. 7은 버퍼 크기에 따른 각 방안들의 메시지 전달률을 실험한 결과이다. 버퍼의 크기가 증가함에 따라서 전체 방안들의 메시지 전달률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안은 기존의 spray and wait 방안과 비교하여 15% 가량의 증가율을 보였고 제안하는 방안에 버퍼 관리 방안을 추가 하였을 경우 기존 spray and wait 방안과 비교하여 18% 가량의 증가율을 보였다. 버퍼 관리 방안의 경우 버퍼 오버플로우 발생 시 버퍼 공간

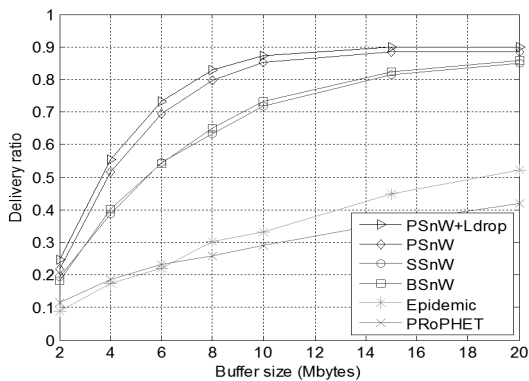


Fig. 7. Delivery ratio according to buffer size

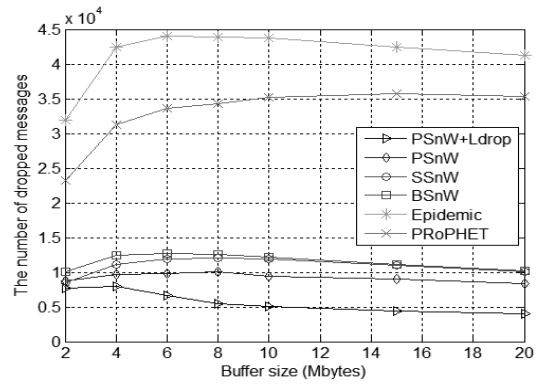


Fig. 8. The number of dropped messages according to buffer size

을 확보하기 위해 메시지 복사 개수 L이 적은 메시지를 먼저 제거하도록 하였고 결과적으로 spray 단계에서 발생하는 메시지 확산을 보장하였다.

Fig. 8은 버퍼 오버플로우로 인해 각 방안들의 네트워크 전체에 발생하는 메시지 드랍 수를 나타낸다. 기존의 DTN 라우팅 방안인 Epidemic과 PRoPHET의 경우 메시지 복사에 대한 별도의 제한이 없기 때문에 spray and wait 기반의 라우팅 방안과 비교하여 상대적으로 많은 양의 메시지 드랍이 발생하였다. Epidemic과 PRoPHET 모두 메시지 복사에 대한 제한을 두고 있지 않지만 PRoPHET의 경우 목적 노드에 대한 메시지 전달 확률을 고려하여 메시지 복사를 실행하기 때문에 Epidemic과 비교하여 메시지 드랍이 적게 발생하였다. 이와 동일하게 기존의 spray and wait 방안과 제안하는 확률 기반의 spray and wait 방안도 비슷한 결과를 보였다. 또한 버퍼 관리의 기능을 추가하였을 경우 메시지의 크기가 큰 메시지를 우선적으로 제거하기 때문에 기존 방안과 비교하여 상대적으로 적은 수의 메시지를 제거하면서 버퍼의 공간을 확보할 수 있다.

Fig. 9는 소스 노드에서 발생한 메시지가 목적 노드까지 성공적으로 전달되었을 때 소스 노드와 목적 노드 사이의 hop count 평균을 측정된 결과이다. 메시지 전달 확률을 기반으로 릴레이 노드 선택을 할 경우 그렇지 않을 경우보다 평균적으로 더 낮은 hop count를 보였다. Epidemic의 경우 메시지 복사에 대한 별도의 제약이 없으며 만나는 모든 노드들

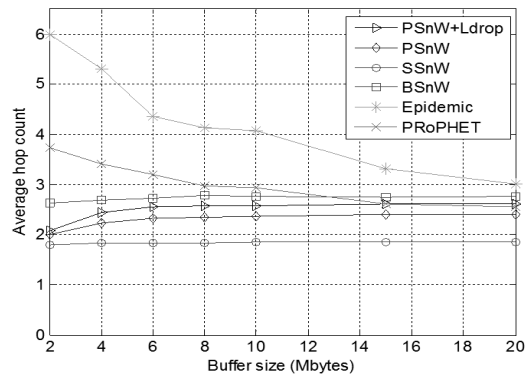


Fig. 9. Average hop count according to buffer size

에게 메시지 복사를 실행하기 때문에 다른 방안과 비교하여 높은 hop count를 보였다. 제안 방안의 경우 binary spray and wait 방안과 비교하여 목적 노드와의 메시지 전달 확률을 이용하여 메시지 복사를 수행하기 때문에 평균 hop count가 감소하였다. Source spray and wait 방안의 경우 소스 노드에서 발생한 메시지는 소스 노드에서만 복사가 이루어진다. 따라서 목적 노드까지 최대 hop count는 2 hop이 된다.

5. 결 론

본 논문은 버퍼 공간이 제한된 환경에서 기존의 DTN 라우팅 프로토콜의 성능을 개선시키기 위한 확률 기반의 spray and wait 방안을 제안하였다. 제안 방안에서는 목적 노드와 접촉할 확률이 높은 노드들에게 더 많은 메시지 복사 개수 L 을 분배하였고 버퍼 오버플로우 발생 시 L 값이 작은 메시지를 폐기함으로써 메시지 확산이 안정적으로 이루어지도록 하였다. ONE 시뮬레이터를 사용하여 현실성 높은 환경에서 기존의 라우팅 프로토콜인 Epidemic, PRoPHET, spray and wait 방안과 성능 비교를 하였으며, 제안 방안의 메시지 전달률 증가 및 overhead 감소를 확인하였다.

References

[1] Fall, Kevin, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," in *Proc. of ACM SIGCOMM*, Aug., 2003.

[2] V. Cerf, S. Burleigh, A. Hooke, L. Torgerson, R. Durst, K. Scott, K. Fall, and H. Weiss, "Delay-Tolerant Networking Architecture," IETF RFC 4838, Apr., 2007.

[3] E. P. C. Jones, L. Li, and P. A. S. Ward, "Routing strategies for delay tolerant networks," Submitted to *Computer Communication Review* (under review), 2008.

[4] A. McMahon and S. Farrell, "Delay and Disruption Tolerant Networking," *IEEE Internet Computing*, Vol.13, No.6, pp. 82-87, Nov., 2009.

[5] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic routing for partially-connected ad-hoc networks," Technical Report CS-2000-06, Duke University, 2000.

[6] J. Leguay, T. Friedman, and V. Conan, "Evaluating mobility pattern space routing for DTNs'," *Proc. int. Conf. IEEE Infocom*, pp.1-10, Barcelona, Spain, Apr., 2006.

[7] R. Ramanathan et al., "Prioritized Epidemic routing for opportunistic networks," in *Proc. ACM MobiOpp*, pp.62-66, Jun., 2007.

[8] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. Raghavendra, "Efficient routing in intermittently connected mobile networks: the multi-copy case," *IEEE ACM Trans. Netw.*, pp.77-90, Feb., 2008.

[9] A. Lindgren, A. Doria, and O. Schelen, "Probabilistic routing in intermittently connected networks," *ACM SIGMOBILE Mobile Comp. and Commun. Review.*, Vol.7, No.3 pp.19-20, Jul., 2003.

[10] J. Lebrun, C.-N. Chuah, D. Ghosal, and M. Zhang, "Knowledge-based opportunistic forwarding in vehicular wireless ad hoc networks," *Proc. Int. Conf. IEEE Vehicular Technology*, pp.2289-2293, Stockholm, Sweden, May, 2005.

[11] S. C. Nelson, M. Bakht, and R. Kravets, "Encounter-based routing in DTNs," *Proc. Int. Conf. IEEE Computer Communications*, pp.846-854, Rio de Janeiro, Brazil, April, 2009.

[12] K. Shin and D. Lee, "Fame-based probabilistic routing for delay-tolerant network," *IEICE Trans. Commun.*, pp.1451-1458, 2010.

[13] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra, "Spray and Wait : an efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks," in *Proceedings of ACM Workshop on Delay Tolerant networking (WDTN)*, pp. 239-254, Aug., 2005.

[14] S. Lee and S. Lee, "Buffer management for Improving performance in WiMedia WLP-based mobile IP networks of ship area," *J. KICS*, Vol.40, No.06, pp.1208-1216, Jun., 2015.

[15] The ONE [Internet], <http://www.netlab.tkk.fi/tutkimus/dtn/theone/>.



김응협

e-mail : ehkim@ee.knu.ac.kr
 2012년 영진전문대학 컴퓨터정보공학과 (학사)
 2014년 경북대학교 전자공학부(석사)
 2014년~현 재 경북대학교 전자공학부 박사과정

관심분야 : DTN(Delay Tolerant Network), 무선 애드혹 네트워크



이명기

e-mail : leemk0804@ee.knu.ac.kr
 2014년 호남대학교 정보통신학과(학사)
 2014년~현 재 경북대학교 전자공학부 석사과정

관심분야 : 무선 애드혹 네트워크, DTN(Delay Tolerant Network)



조유제

e-mail : yzcho@ee.knu.ac.kr
 1982년 서울대학교 전자공학과(학사)
 1983년 한국과학기술원 전기전자공학(석사)
 1988년~현 재 경북대학교 전자공학부 교수

1992년~1994년 Univ. of Toronto, 방문교수
 2002년~2003년 미국 국립표준연구소(NIST), 객원연구원
 관심분야 : 차세대 이동 네트워크, 무선 애드혹 네트워크, 이동성 관리 기술, Future Internet