

DTMNs를 위한 방향성 정보와 최대 공통 이웃 노드에 기반한 효율적인 라우팅 프로토콜*

서 두 옥** · 이 동 호***

An Efficient Routing Algorithm Based on the Largest Common Neighbor and Direction Information for DTMNs

Seo, Doo Ok · Lee, Dong Ho

〈Abstract〉

DTNs (Delay Tolerant Networks) refer to the networks that can support data transmission in the extreme networking situations such as continuous delay and no connectivity between ends. DTMNs (Delay Tolerant Networks) are a specific range of DTNs, and its chief considerations in the process of message delivery in the routing protocol are the transmission delay, improvement of reliability, and reduction of network loading. This article proposes a new LCN (Largest Common Neighbor) routing algorithm to improve Spray and Wait routing protocol that prevents the generation of unnecessary packets in a network by letting mobile nodes limit the number of copies of their messages to all nodes to L. Since higher L is distributed to nodes with directivity to the destination node and the maximum number of common neighbor nodes among the mobile nodes based on the directivity information of each node and the maximum number of common neighbor nodes, more efficient node transmission can be realized. In order to verify this proposed algorithm, DTN simulator was designed by using ONE simulator. According to the result of this simulation, the suggested algorithm can reduce average delay and unnecessary message generation.

Key Words : Delay Tolerant Networks, DTMNs, Mobility, Routing Protocol, ONE simulator

I. 서론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로의 변화에 따라 코어 네

트워드로 이루어진 유선 인터넷 뿐만 아니라 무선 랜, 애드혹 네트워크, 센서 네트워크 등 다양한 종류의 네트워크의 등장이 가속화되고 있다[1]. 이러한 환경 속에서 사용자들은 모바일 기기에 대한 의존성 또한 증가하고 있으며, 언제 어디서나 사용자가 필요로 할 때 연결될 것을 사용자는 요구하고 있다. 이러한 유비쿼터스 환경을 효율적으로 지원하기 위

* 이 논문은 2008년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

** (주)비트캡트 개발팀장

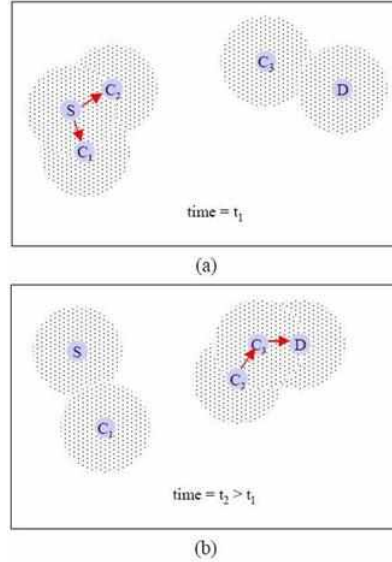
*** 광운대학교 컴퓨터과학과 교수

해 다양한 무선 네트워크 기술들이 등장하고 있다. 하지만 위성 네트워크, 지구와 행성 간 통신, 군사/전략, 동떨어진 외딴 마을 그리고 재해 구조와 같은 극단적인 네트워크 환경에서는 네트워크 분할, 큰 지연, 때때로 중단되는 통신 연결, 높은 링크 에러율 그리고 이기종간의 네트워크 환경과 같은 새로운 요구가 더 해진다. 그 결과 큰 지연, 간헐적인 연결 그리고 가장 중요한 근원지와 목적지간의 경로 부재와 같은 새로운 가설을 필요로 한다. 이러한 극단적인 네트워크 환경에서도 사용자의 요구는 동등하게 적용되며, 서로 상이한 네트워크 간의 연동을 지원하기 위하여 DTNs(Delay Tolerant Networks)이 제안되었다[2-4].

DTNs는 Store-Carry-Forward(SCF) 방식을 사용하여 빈번하게 링크가 단절될 수 있고 중단간의 네트워크 단절이 발생함으로써 기존의 TCP/IP 프로토콜이 적용될 수 없는 네트워크에 적용될 네트워크 기술로 각광받고 있다. 그러나 이동 에드혹 네트워크나 무선 센서 네트워크에서 사용되고 있는 기존의 라우팅 프로토콜은 DTNs의 고유 특성을 제대로 반영하지 못하고 있다[2].

DTN 상에서 효율적인 라우팅을 위해 Epidemic 및 Spray and Wait 라우팅 프로토콜 등이 제안되었지만 데이터 전달을 위해 많은 양의 복사본을 네트워크에 뿌려야 한다는 단점과 데이터가 전송 완료되는데 걸리는 시간이 길다는 단점이 있다[2]. 또한 Random Waypoint 이동 모델 등과 같은 비현실적인 가정을 기반으로 하여 실제적인 네트워크에 적용할 시 효율성이 떨어지는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이동 노드의 이웃 노드 리스트를 구성하여 이를 기반으로 메시지 복사본을 전달하는 LCN(Largest Common Neighbor) 라우팅 알고리즘을 제안하여 최대 인접 노드 수를 갖는 이동 노드에게 자신의 메시지 복사본을 더 많이 나누어 주도록 하였다.

본 논문의 구성은 간략한 서론 이후에 II장에서 Dynamic 라우팅 프로토콜을 설명하고 III장에서는 제안한 LCN 라우팅 알고리즘을 상세히 설명하고, 마지막으로 IV장에서는 결론 및 향후 연구되어야 할 내용들을 논한다.



<그림 1> 이웃 노드들(carrier)을 통한 시간에 따른 패킷 전달[5]

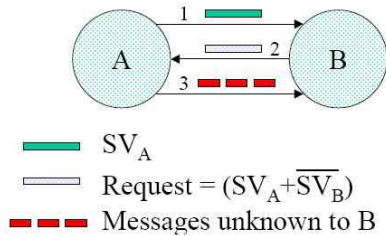
II. DTMNs의 동적 라우팅 프로토콜

DTMNs은 DTNs의 특수한 범주로 모든 노드들은 이동하며, 어떠한 두 노들 간에도 종단간 경로가 존재하지 않는다. DTMNs의 모든 노드는 무계획적(blind)이고 자율적인(autonomous) 특성을 가진다[5]. 동적 라우팅 프로토콜은 이러한 상황에서 네트워크에 패킷을 전달하기 위한 라우팅 프로토콜이다. 대표적인 라우팅 프로토콜에는 Epidemic 라우팅 프로토콜과 Spray and Wait 라우팅 프로토콜이 있다.

2.1 Epidemic 라우팅 프로토콜

Epidemic 라우팅 프로토콜은 이동 노드들끼리 자신이 가지고 있는 메시지 인덱스를 교환하여 서로 가지고 있지 않은 메시지를 서로 교환하는 라우팅 알고리즘이다. 송신 노드로부터 수신 노드까지 전체 경로가 존재하지 않더라도 주위의 노드들(carrier)을 통해 패킷을 전달 할

수 있다. <그림 1>은 송신 노드 S로부터 수신 노드 D까지 패킷을 전달하고자 할 때 이웃 노드들을 통한 패킷 전달 과정을 나타낸 그림이다. <그림 1>(a)에서 노드 S는 목적지 노드(D)에게 메시지를 전달하고자 하지만, 노드 S와 노드 D 사이에는 연결된 경로가 존재하지 않는다. 노드 S는 시간 t_1 일 때 노드 C_1 과 C_2 가 전송 범위 안에 들어오면 메시지를 전송한다. 시간 t_2 에 모든 노드들은 이동을 하게 되고, C_2 는 전송 범위 안에 C_3 가 들어 왔을 때 메시지를 전달한다. 또한 C_3 는 전송 범위 안에 목적지 노드(D)가 존재하므로 최종적으로 메시지를 전달한다[6]. <그림 2>는 Epidemic 라우팅 프로토콜에서 메시지 교환 과정을 나타낸 그림이다.



<그림 2> Epidemic 라우팅 프로토콜에서 메시지 교환[5]

2.2 Spray and Wait 라우팅 프로토콜

Epidemic 라우팅 프로토콜은 이동 노드들이 모든 노드들에게 자신이 보유한 메시지의 복사본을 전달하므로 네트워크에서 불필요한 패킷을 생성하게 된다. 결국 네트워크에 트래픽이 증가하고 각각의 노드들은 버퍼 관리 문제점이 발생하게 된다. 이를 개선하기 위해 제안된 알고리즘이 Spray and Wait 라우팅 프로토콜이다. 패킷의 전체 복사본의 수를 L 개로 제한한다. 또한 패킷의 전달을 위해 spray phase와 wait phase의 두 가지 상태를 정의한다. spray phase는 모든 이동 노드가 전송 범위 내의 노드에게 자신이 보유한 패킷을 한도 내에서 패킷을 전달하는 과정이며, wait phase는 해당 패킷의 L 개의 복사

본이 만들어졌을 경우 새로운 이동 노드가 전송 범위 안으로 들어오더라도 해당 패킷을 전달하지 않고 최종 목적지 노드를 만날 때 까지 보유하고 있는 상태를 말한다. 각각의 패킷이 전달 될 수 있는 한도를 설정함으로써 네트워크에 불필요한 패킷이 발생하는 것을 방지한다[7].

III. LCN 라우팅 알고리즘

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 L 값의 분배 시 각 노드의 이동성 정보와 최대 공동 이웃 노드 수(LCN)를 기반으로 하여 목적지 노드와의 방향성과 더 많은 이웃 노드를 갖는 이동 노드에게 보다 많은 L 값을 나눠주도록 한다.

3.1 방향성 정보에 기반한 메시지 전달

이동 중인 노드들은 일정 간격으로 자신의 위치와 주변 노드들의 위치 그리고 진행방향 정보를 획득하여 목적지 노드의 위치와 비교하여 비슷한 각도로 이동하는 노드에게 L 값을 더 분배하도록 한다. 이동 중인 노드가 다른 노드를 만났을 경우 다음과 같이 동작한다.

- 각각의 메시지 종류 및 노드의 이동방향 정보를 교환한다.
- 교환 할 메시지가 있을 경우 목적지와의 방향성을 비교하여 L 값을 나눠 갖는다.

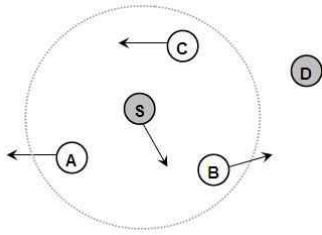
위에서 언급한 다음과 같이 정의한다.

$$F_{\text{Losition}}(L, x_1, y_1, x_2, y_2)$$

$$F_{\text{Direction}}(L, \text{angle}) = L/2 \quad (-45^\circ \leq \text{angle} \leq 45^\circ)$$

여기서 L 값은 이동 중인 노드가 네트워크 상에서 메

시지를 전달할 수 있는 최대값이다. $\{x_1, y_1\}$ 은 이동중인 노드의 이전 좌표 값이고, $\{x_2, y_2\}$ 는 현재 좌표를 의미한다. 또한 angle은 이동 노드와 목적지 노드 사이의 각도 차이이다. 그러므로 목적지 노드와 비슷한 방향성을 가진 노드에게 더 많은 L 값을 분배한다[1].



<그림 3> 방향성 정보에 기반한 L 값 분배

<그림 3>은 방향성 정보에 기반하여 L 값을 분배하는 과정을 묘사하고 있다. 이동 중인 노드 S의 전송 범위에 임의의 노드 A, B, C가 있다고 가정하자. 노드 B의 이동 방향이 목적지 노드(D)와 비슷한 방향으로 이동하므로 노드 S는 노드 B에게 더 많은 L 값을 분배한다.

3.2 최대 공동 이웃 노드에 기반한 메시지 전달

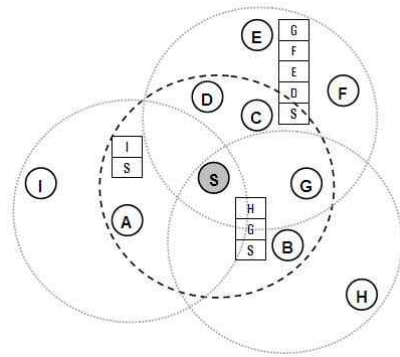
이동 중인 노드들은 일정한 간격으로 자신의 전송 범위 안에 들어와 있는 이웃한 노드에 대한 인접 리스트를 구성한다. 이웃 노드가 많이 존재할수록 메시지를 더 많은 노드들에게 전달 할 수 있으므로 최대 공동 이웃 노드를 구성하고 있는 노드에게 L 값을 더 많이 분배하도록 한다. 이동 중인 노드가 다른 노드를 만났을 경우 다음과 같이 동작한다.

- 각각의 메시지 종류 및 인접 노드의 정보를 교환한다.
- 교환 할 메시지가 있을 경우 최대 공동 이웃 노드를 비교하여 L 값을 나눠 갖는다.

위에서 언급한 다음과 같이 정의한다.

$$F_{\text{num}}(L, \text{number}) = \text{number} * L/2$$

<그림 4>는 최대 공동 이웃 노드에 기반하여 L 값을 분배하는 과정을 묘사하고 있다. 이동 중인 노드 S의 범위 안에 노드 A, B, C, D, G가 존재 한다. 각각의 노드들은 이웃한 노드들에 대한 인접리스트를 구성하게 된다. A 노드는 {S, I}를 구성하고 B 노드는 {S, G, H} 그리고 C 노드는 {S, D, E, F, G}의 이웃 노드의 리스트를 생성한다고 하자. 노드 S는 자신의 이웃 노드들 중에서 가장 많은 이웃 노드를 구성하고 있는 노드 C에게 더 많은 L 값을 분배하므로 메시지 전달 확률을 높일 수 있다.



<그림 4> 최대 공동 이웃 노드에 기반한 L 값 분배

3.3 LCN 라우팅 프로토콜

LCN(Largest Common Neighbor) 프로토콜은 3.1과 3.2절에서 언급한 각 노드의 방향성 정보와 인접 노드 리스트에 기반하여 동작하도록 설계된 프로토콜이다. 임의의 두 노드가 만났을 경우의 동작은 다음과 같다.

- 각각의 메시지 종류, 노드의 이동 방향 정보 및 인접 이웃 노드의 정보를 교환한다.
- 교환 할 메시지가 있을 경우 $F_{\text{LCN}}()$ 값에 따라 L 값을 나눠 갖는다.

위에서 언급한 $F_{LCN}()$ 값은 다음과 같이 정의한다. 여기서 C 값은 한 번에 다른 노드에게 전달 할 수 있는 L 의 최대값이다.

$$F_{LCN}() = C * F_{Direction}(1, angle) * F_{num}(1, number)$$

이동 중인 노드들은 아래와 같이 동작한다.

1. 노드들은 일정한 간격으로 자신과 이웃 노드의 위치를 기반으로 다음 정보를 계산한다.
 - 진행 방향
 - 전송 범위 안에 있는 이웃 노드
2. 임의의 노드와 만났을 경우 정보 교환한다.
 - 메시지의 종류
 - 노드의 진행 방향
 - 공동 이웃 노드 수
3. 교환할 노드가 있을 경우 방향성 정보와 이웃 노드 수에 기반하여 계산된 $F_{LCN}()$ 값에 따라 L 값을 교환한다.

Global

```
var Beacon_Interval
var C = L / 2
```

Procedure Location

```
do
    x1 = x2;    y1 = y2;
    x2 = preWaypoint.getX( );
    y2 = preWaypoint.getY( );
    getMovement(x1, y1, x2, y2);
od;
```

end Location

Procedure Neighbor Number

```
do
    appendNum(getLocation(n));
    num = getCount( );
od;
```

end Neighbor Number

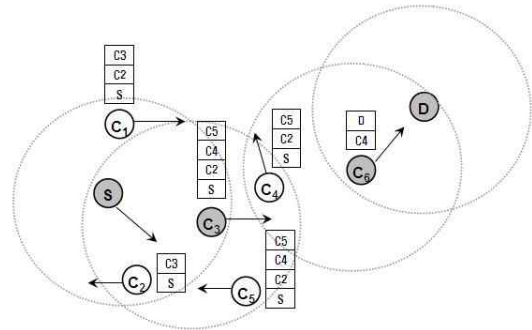
Procedure LCN

```
do
```

```
    FD = getLocation(d, n);
    FN = getNumber(n);
    FLCN = C * FD * FN;
od;
end LCN
```

<그림 5> LCN 라우팅 프로토콜의 메시지 전달 알고리즘

<그림 6>은 송신 노드 S로부터 수신 노드 D까지 패킷을 전달하고자 할 때 이동 노드의 방향성과 최대 공동 이웃 노드 수를 기반으로 한 LCN 알고리즘의 메시지 전달 과정을 나타낸 그림이다. 송신 노드 S는 이웃 노드 C₁, C₂, C₃ 중 목적지 노드 D로의 방향성이 비슷하고 가장 많은 이웃 노드를 가지고 있는 C₃ 노드에게 더 많은 L 값을 할당한다. 또한 C₃는 방향성과 인접리스트를 기반으로 하여 C₆에게 더 많은 L 값을 분배함으로써 목적지 D 노드에 메시지 전달하는 과정에서 불필요한 메시지 발생 횟수를 줄일 수 있다.



<그림 6> LCN 알고리즘의 메시지 전달 과정

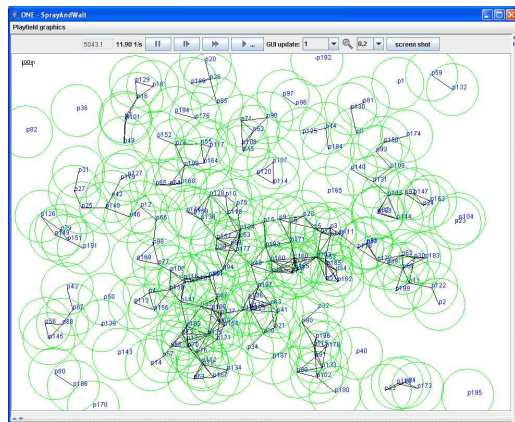
3.4 성능 평가

본 논문에서 제안한 LCN 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위해 핀란드 헬싱키 대학에서 개발한 DTNs 전용 시뮬레이터인 The Opportunistic Network Environment Simulator(The ONE)를 사용하여 진행하였다[8-9]. 실험에서는 크게 2가지 측정 결과를 비교하였다. 첫 번째는

전송된 메시지가 평균적으로 도착하는 데까지 걸리는 지연 시간이고, 실제 목적지에 메시지를 전송하기 위해 네트워크 상에서 불필요하게 전송된 횟수를 계산한 오버헤드 비율이다.

<표 1> 실험 환경

변수	값
Number of Node	300
Area Size	10 km * 10 km
Simulation Time	1시간, 3시간, 6시간
Buffer Size	5 M
Message TTL	60분
Movement Model	Shortest Path Map Based Movement

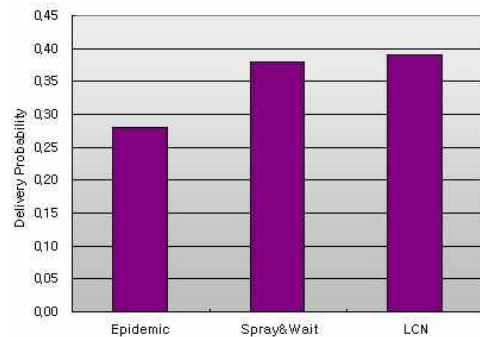


<그림 7> THE ONE 시뮬레이터를 이용한 성능 평가

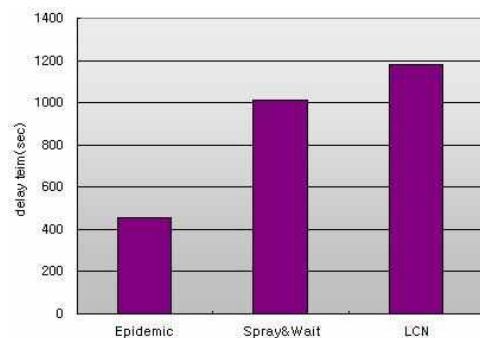
<표 1>은 성능평가를 위한 실험 환경 값 들이다. 실험에서의 이동성 모델은 시뮬레이터에서 지원하는 것으로, Shortest Path Map Based Movement 이동 모델이 사용되었다. <그림 7>은 제안된 알고리즘을 ONE 시뮬레이터를 사용하여 성능 평가를 수행하는 화면을 보여주고 있다.

<그림 8>은 Spray and Wait 라우팅 프로토콜과 LCN 라우팅 프로토콜의 전송 확률을 비교한 것이다. 기존

Spray and Wait 라우팅 프로토콜과는 별 차이를 보이지 않지만 Epidemic 라우팅 프로토콜에 비해서는 좀 더 우수한 성공률을 보여주고 있다. <그림 9>는 3가지 프로토콜에 대한 Latency를 비교한 그림이다. Epidemic 라우팅 프로토콜이 다른 프로토콜에 비해 작은 Latency를 가지고 있다. Epidemic 라우팅 프로토콜이 마나는 노드마다 메시지를 전달을 함에 따라 목적지에 도달하는 시간이 빠른 노드와 접촉이 될 가능성이 높기 때문에 생각할 수 있다. 특히 LCN 프로토콜은 제한된 플러딩을 함에 따라 메시지의 목적지까지 빠른 시간에 도달할 확률이 작아짐에 따른 결과로 볼 수 있다. 또한 LCN 프로토콜은 방향성 정보와 최대 이웃 노드 리스트를 구성하는 프로토콜 자체의 부하가 발생 됨을 볼 수 있다.

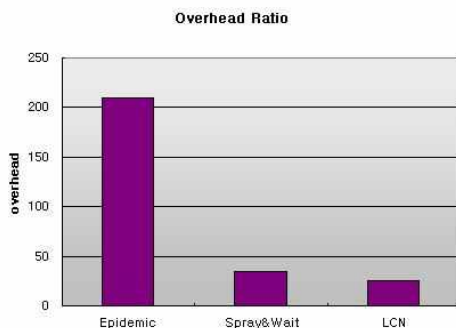


<그림 8> 각 프로토콜에 따른 전송 확률



<그림 9> 각 프로토콜의 평균 지연시간

<그림 10>은 3가지 프로토콜을 오버헤드 비율 측면에서 비교한 것이다. 오버헤드 비율은 다음과 같은 ((전송된 패킷 - 지연된 패킷) / 전송된 패킷) 수식을 통하여 구하였다. Epidemic 라우팅 프로토콜은 메시지가 발생한 후에 시간이 지날수록 모든 노드가 메시지를 가지게 되므로 비효율적인 전송이 많아 발생 되어 네트워크에 불필요한 트래픽을 많이 발생 시킨다. 또한 각 노드의 버퍼 관리 문제가 발생 됨을 알 수 있다. 하지만 Spray and Wait 라우팅 프로토콜은 메시지 교환 횟수(L)를 제한함으로써 Epidemic 라우팅 프로토콜의 단점을 개선할 수 있다. Spray and Wait 라우팅 프로토콜과 LCN 라우팅 프로토콜은 전달하는 메시지를 제한하고 있으므로 불필요한 전송을 억제할 수 있어 오버헤드 비율이 작게 나타나는 것을 확인할 수 있다.



<그림 10> 각 프로토콜에 따른 전송 오버헤드

본 논문에서 제안한 LCN 라우팅 프로토콜은 각 노드의 방향성과 공동 이웃 노드 수에 기반한 정보를 활용하여 메시지를 전달 하므로 Epidemic 라우팅 프로토콜과 Spray and Wait 라우팅 프로토콜에 비해 메시지의 전달 확률과 불필요한 트래픽 발생이 감소 함을 볼 수 있다. 하지만 LCN 프로토콜 구현 상의 오버헤드를 줄이기 위한 방안이 모색되어야 함을 알 수 있다.

IV. 결론 및 향후 과제

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로의 변화에 따라 다양한 종류의 네트워크의 등장이 가속화되고 있으며, 유비쿼터스 환경을 효율적으로 지원하기 위해 다양한 무선 네트워크 기술들이 등장하고 있다. 서로 상이한 네트워크 간의 연동을 지원하기 위해 DTNs이 제안되었다.

DTN 상에서 효율적인 라우팅을 위해 Epidemic 및 Spray and Wait 라우팅 프로토콜 등이 제안되었지만 데이터 전달을 위해 많은 양의 복사본을 네트워크 상에 발생 시킴으로서 버퍼 관리 문제점이 발생 한다는 단점과 데이터가 전송 완료되는데 걸리는 시간이 길다는 단점이 있다. 본 논문에서 제안된 LCN 라우팅 프로토콜은 Spray and Wait 라우팅 프로토콜의 wait phase 상태에서 각 노드의 방향성 정보와 최대 공동 이웃노드를 기반으로 L 값을 더 많이 분배하도록 하였는데, Epidemic 라우팅 프로토콜에 비해 현저히 낮은 오버헤드를 유지하면서 기존 Spray and Wait 라우팅 프로토콜에 비해 낮은 오버헤드를 유지하면서 L 값을 크게 줄수록 낮은 전송 지연 시간을 가짐을 확인할 수 있었다. 기존 라우팅 프로토콜에서 발생하는 불필요한 패킷 발생을 감소 시킴으로써 각 노드의 버퍼 관리 문제를 향상 시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

향후 연구 계획으로는 본 논문에서 제안한 LCN 라우팅 프로토콜의 성능 평가를 위하여 실제 이동 노드와 유사한 Levy Walk 모델을 통한 다양한 성능평가를 수행할 것이다. 또한 실제 DTNs 환경에서 사용될 수 있는 차량 간 네트워크에서 효율적인 DTNs 라우팅 알고리즘을 연구해보고자 한다.

참고문헌

- [1] 장덕현, 심윤보, 김길수, 최낙중, 류지호, 권태경, 최양희, "이동성 정보를 이용한 DTN 네트워크 라우팅 프로토콜," 정보과학회 논문지, 정보통신 Vol. 36, No. 2, April 2009.
- [2] 박용덕, 이충호, 이문영, 장덕현, 조기덕, 권태경, 최양희, "방위 변화정보를 이용한 DTN 네트워크 라우팅 프로토콜 향상 기법," 한국통신학회추계학술 발표회, November 2008.
- [3] 소상호, 박만규, 박세철, 이재용, 김병철, 김대영, 신민수, 장대익, 이호진, "이동 노드의 이동 패턴을 고려한 Delay Tolerant Network 라우팅 알고리즘," 전자공학회 논문지, Vol. 46, TC편 No. 4, April 2009.
- [4] DTNRG. A Delay-Tolerant Networking Research Group. <http://www.dtnrg.org/>.
- [5] K. Harras and K. Almeroth, "Transport Layer Issues in Delay Tolerant Mobile Networks," IFIP Networking Conference, Coimbra, PORTUGAL, May 2006.
- [6] A. Vahdat and D. Becker. "Epidemic Routing for Paritally-Connected Ad Hoc Networks," Technical Report CS-2000-06, Duke University, July 2000.
- [7] Thrasylvoulos Spyropoulos, Konstantinos Psounis, Cauligi S. Raghavendra. "Spray and wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks," SIGCOMM 2005.
- [8] The ONE, "The Opportunistic Network Enviornment simulator," "<http://www.netlab.tkk.fi/tutkimus/dtn/theone>".
- [9] 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.

■ 저자소개 ■



서 두 옥
Seo, Doo Ok

2008년 10월~현재
(주)비트캡스 개발팀장
2006년 8월 광운대학교 컴퓨터과학과 박사과정수료
2004년 2월 광운대학교 컴퓨터과학과 공학석사
2002년 2월 광주대학교 컴퓨터학과 공학사

관심분야 : Mobile IP, DCCP, DTNs
E-mail : clickseo@kw.ac.kr



이 동 호
Lee, Dong Ho

1984년 9월~현재
광운대학교 컴퓨터소프트웨어학과 교수
1988년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1983년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과 공학석사
1979년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사

관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 차세대 인터넷, BAN
E-mail : dhlee@kw.ac.kr

논문접수일 : 2010년 2월 11일
수 정 일 : 2010년 2월 25일(1차), 3월 2일(2차)
게재확정일 : 2010년 3월 9일