

# 방위 변화정보를 이용한 DTN 네트워크 라우팅 프로토콜 향상 기법

박용덕, 이충호, 이문영, 장덕현, 조기덕, 권태경, 최양희

서울대학교 전기컴퓨터 공학부

{ ydpark, chlee, mylee, dhchang, kdcho, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr

## BBR : Bearing Based Routing for Delay and Disruption Tolerant Network

Yongdeok Park <sup>o</sup>, Choongho Lee, Munyoung Lee, Dukhyun Chang, Kideok Cho,

Taekyoung Kwon and Yanghee Choi

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

### 요약

최근 휴대용 단말기 개발 및 무선 인터넷의 보급에 힘입어 사용자는 언제 어디서나 어떤 단말을 통해서든 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있는 유비쿼터스 네트워크 환경으로의 변화가 일어나고 있다. 유비쿼터스 환경을 효율적으로 지원하기 위해 다양한 무선 네트워크 기술들이 등장하고 있으며, 이를 사용자의 목적에 맞는 서비스를 제공하기 위하여 서로 상이한 특성을 가진 네트워크 간의 연동이 중요한 개념으로 떠오르게 되었다. 서로 상이한 네트워크간의 연동을 지원하기 위하여 Delay Tolerant Network(DTN)이 제안되었으며, 현재 배터리로 동작하는 센서 네트워크나 차량간 네트워크에서의 라우팅 및 전송 기술에 적용하고자 하는 많은 연구가 진행 중에 있다. 본 논문에서는 DTN 상에서 주변 노드들의 위치 변화 값을 활용한 방위 변화 기반 메시지 전달방식을 제안한다. 제안한 기법은 기존에 제안된 기법에 비해 메시지 전달 지연시간 및 전송확률을 향상 시킨다.

## I. 서론

인터넷은 전세계적으로 광범위하게 설치되어 있는 통신 장비를 서로 연결한 컴퓨터 통신망으로, 인터넷에 연결된 수천 수만 개의 단말기들은 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 데이터를 교환하고 있다. TCP/IP 프로토콜은 유선 네트워크를 기반으로 설계되었으며, 전송자간의 종단간 연결을 통해 신뢰성 있는 전송 및 혼잡 제어 기능 등을 제공한다.

그러나 무선 통신, 위성 또는 행성간 통신, 무선 센서 네트워크와 같은 이 기종망이 등장하게 되고 각각에 특성화된 기술을 사용함에 따라 서로 상이한 네트워크 간의 정보 교환이 어렵게 되었다. 위와 같은 새로운 네트워크 (challenged networks)는 인터넷과 달리 데이터 전달에 있어서 높은 지연 시간과 잦은 끊김, 비대칭적인 데이터 전송 등의 특성을 가지고 있다. 이러한 서로 상이한 특성을 가지는 네트워크간의 연동을 지원하기 위해 Delay Tolerant Network (DTN)이 제안되었다. [1, 2]

초기 DTN은 우주공간에 띄워진 탐사선과 지구와의 통신과 같은 전달 지연시간이 굉장히 긴 통신망을 인터넷과 연결하기 위하여 제안된 개념이었다. 이러한 개념이 배터리로 동작하는 센서네트워크나 다양한 이동성을 가진 차량간 네트워크와 같은 기술이 등장함에 따라 오늘날에는 Opportunistic 개념을 포함하는 Delay and Disruption Tolerant Network로 확장되었다.

DTN은 Store-Carry-Forward (SCF) 방식을 사용하여 빈번하게 링크가 끊길 수 있고 종단간의 네트워크 단절이 생길 수 있는, 즉, 기존의 TCP/IP 프로토콜이 적용될 수 없는, 네트워크에 적용될 수 있는 네트워크 기술로 각광받고 있으며 여러 라우팅 및 전송 프로토콜이 제안되어 왔다[3]. 한편, 고속의 이동성과 차량 밀도의

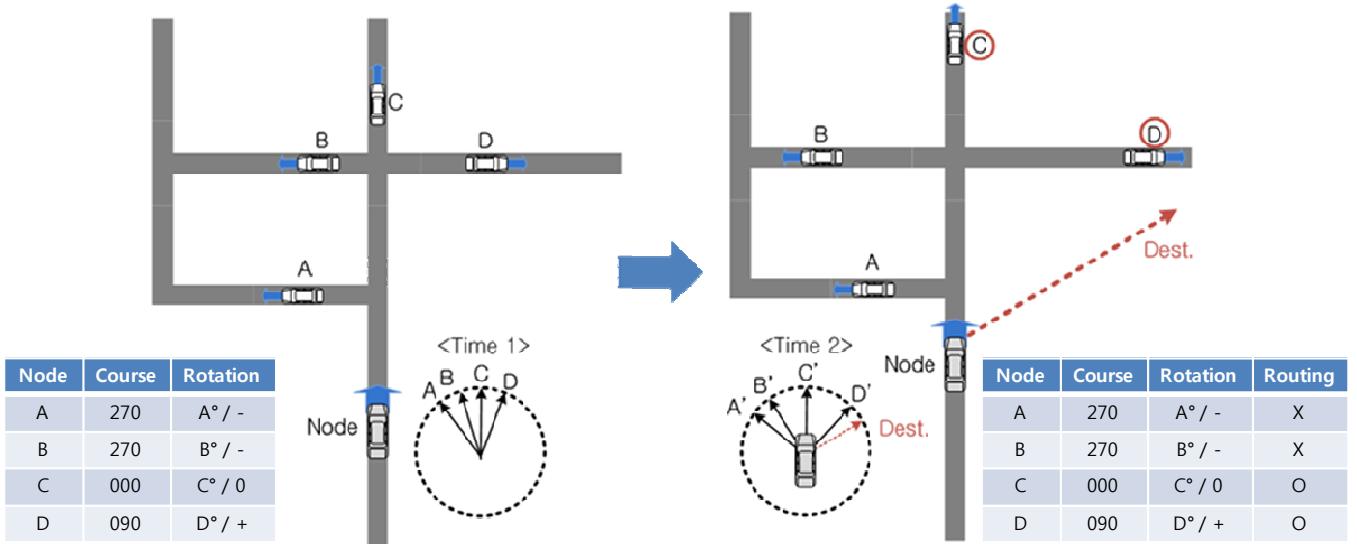
변화로 인하여 빈번한 링크 단절 및 네트워크 토플로지 변화 등을 겪는 차량 애드혹 네트워크 (Vehicular Ad hoc Network)는 DTN과 유사한 특성을 지니기 때문에 DTN 라우팅 및 전송 프로토콜을 사용하여 효율적으로 데이터를 전달할 수 있다[4].

DTN 상에서 효율적인 라우팅을 위하여 Epidemic 및 Spray and Wait 라우팅 등이 제안되었으나, 데이터 전달을 위해 많은 양의 복사본을 네트워크에 뿐만 아니라 데이터가 전송 완료되는 데 걸리는 시간이 길다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 주변 노드들의 위치 변화 값을 활용하여 DTN 라우팅의 성능(데이터 전송 지연시간)을 높이는 기법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 먼저 기존의 제안된 DTN 라우팅 프로토콜에 대해 살펴본다. 그리고 3 장에서는 DTN에서 주변 노드들의 위치 변화 값과 방향 정보를 활용하여 고정된 목적지로 데이터를 전달하는 방위 변화 기반 라우팅에 대해서 설명한다. 4 장에서는 제안하는 기법과 대표적인 DTN 라우팅 기법인 Epidemic, Spray and Wait 기법들을 비교 분석한 실험 결과를 제시한 뒤에, 5 장에서 본 논문을 정리하고 향후 연구 주제를 제안하며 본 논문을 마친다.

## II. 관련연구

DTN 라우팅 프로토콜은 다른 용도의 여러 응용 환경이 존재함에 따라 목적에 맞는 여러가지 라우팅 프로토콜을 필요로 하고 있다. MANET에서 사용되는 AODV나 OLSR과 같은 프로토콜은 노드 자신의 라우팅 테이블내 목적지가 존재하지 않으면 패킷을 버리게 됨에 따라 토플로지 변화에 따라 간헐적인 끊김 현상이 발생하는 DTN 환경 하에서는 동작할 수 없다.



[그림 1] 방위 변화 기반 메시지 전달 기법 예

반면에 DTN 라우팅 프로토콜은 노드가 네트워크 상에서 다른 노드와 연결이 안되어 있어도 패킷을 버리지 않고, 패킷을 전달 할 수 있는 상황이 생겼을 때, 즉, 다른 노드와 접촉시 패킷을 전달하기 위해 패킷을 저장한다. 이 때 패킷을 어떻게 전달하느냐에 따른 방법을 기준으로 DTN 라우팅 프로토콜을 크게 Deterministic 과 Stochastic 라우팅, 2 가지로 나눌 수 있다[3].

먼저 Deterministic 라우팅은 노드들의 향후 이동과 커넥션을 알고 있는 상황을 가정하고 있다. 이러한 라우팅 기법에 속하는 프로토콜로서는 Oracle-based [5], Oracular 알고리즘[6] 등이 있으나 본 논문에서 현재의 이웃 노드의 위치정보만을 이용함에 따라 본 논문과 목표가 다르다.

Stochastic 라우팅은 노드들간의 네트워크 변화가 랜덤하거나 알 수 없을 때를 고려하는 프로토콜로서 메시지를 언제 어디서 포워딩할 때 시간과 장소를 고려한 결정을 한다. 이러한 결정은 주로 이동해왔던 데이터나 동작 패턴, 또는 다른 정보를 기반하여 이루어지게 되며 이러한 라우팅의 대표적 종류로서 Epidemic 라우팅 프로토콜[7]과 Spray and Wait 라우팅 프로토콜[8]이 있다.

먼저 Epidemic 라우팅 프로토콜은 메시지를 받은 노드는 자신의 주변 이웃들에서 플러딩을 하여 네트워크로 연결된 부분을 통해 빨리 메시지를 전달도록 한다. 두 노드가 서로 통신 가능거리 내 들어올 경우 서로 가지고 있지 않은 메시지를 상호 교환하는 방식이다. 이러한 Epidemic 라우팅 프로토콜은 메시지가 발생 후 시간이 지날수록 모든 노드가 메시지를 가지게 되므로 비효율적인 전송이 많아진다. 반면에 Spray and Wait 라우팅 프로토콜은 메시지를 교환하는 횟수(L)를 제한함에 따라 이러한 Epidemic 라우팅의 단점을 극복할 수 있다. 이 L 값은 메시지를 전달할 때 수정이 되는데, 이 때 L 값을 서로 반씩 나누어 가지게 되면 Binary Mode, L 값을 수신 노드와 나누어 갖지 않고 송신 노드의 L 값을 1 만큼 감하는 것을 Normal Mode 라 한다.

Spray and Wait 라우팅 프로토콜에서는 Binary Mode 를 설정하거나, L 값을 크게 설정할 수록 오버헤드는 증가하는 반면에 더 빠른 메시지 전달 성능을 가지게 된다.

### III. 방위 변화 기반 라우팅 (BBR)

본 장에서는 고정된 목적지로 메시지 전달하는 상황에서

Delay Tolerant Network에서 허용되는 Delay 를 이용하여 주변 노드들의 위치 변화 값과 방향을 얻어 데이터를 전달할 노드들을 어떻게 선택하는가에 대한 방법인 방위(Bearing)변화 기반 메시지 전달 결정기법에 대해 설명하고자 하며 가정은 다음과 같다.

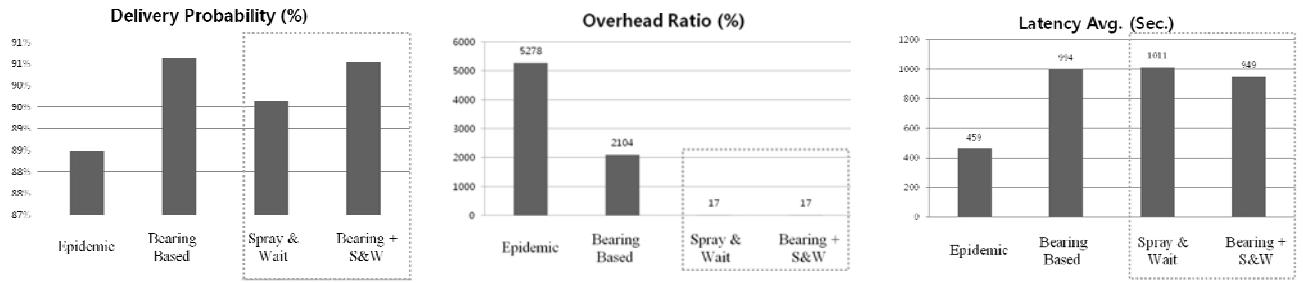
- 메시지의 목적지는 고정되어 있다.
- 차량들은 도로상에서 각자 정해진 목적지로 Shortest-path 알고리즘을 이용하여 이동한다.
- 메시지를 받은 차량은 메시지의 수신자를 알 수 있다.
- 차량들은 GPS를 이용하여 자신의 위치정보를 얻으며, 송수신 거리 내의 1-hop 차량간 연결 발생시 자신의 위치 정보를 주변 차량들에게 알린다.
- 메시지는 설정된 Time To Live 값에 따라 삭제한다.

이동 중인 노드들은 아래와 같이 동작한다.

1. 노드들은 일정 간격으로 자신의 위치와 주변 노드의 위치를 얻어 다음 정보를 계산함.
  - 진행방향 : 자신, 주변 노드
  - 방위변화 : 주변 노드(시계, 반시계, 0)
  - 최초방위 : 주변노드
2. 메시지를 받은 노드는 메시지의 중복 여부와 목적지(Destination)을 확인
3. 자신의 진행방향과 메시지의 목적지가 같은 방향인지 확인함
  - Course - Msg. Destination Direction  $\leq 90(R)$ ° :
  - 4. 1 같은 방향인 경우 중복된 메시지 수신
  - 4. 2 다른 방향인 경우 중복된 메시지 수신 거부
5. 메시지 전달
  - 5. 1 자신의 진행방향과 메시지의 목적지가 같은 경우
    - 메시지 목적지 방향과 일치하는 노드 중에서
    - 메시지 목적지와 내각변화가 없거나 작아질 주변 노드
  - 5. 2 자신의 진행방향과 메시지의 목적지가 다른 경우
    - 자신의 진행방향과 반대인 이웃 노드 중에서
    - 메시지 목적지와 내각변화가 없거나 작아질 주변 노드
6. 위 조건에 해당되는 주변 노드가 없을 경우
  - 메시지를 저장

<방위(Bearing) 변화 기반 메시지 전달 기법>

[그림 1]는 위 동작의 예제로 Time1에서 Node는 주변



[그림 2] 4 가지 프로토콜의 성능 비교 그래프  
(S&W, Bearing+S&W's L : 16, Binary Mode)

이웃 노드인 A, B, C, D의 진행방향(Course)과 최초 접촉 방위(°)와 회전(Rotation) 방향에 대한 정보를 유지하고 있다.

이후 Time2에서 메시지를 받게 될 경우 메시지의 목적지 방향과 Node가 유지하고 있는 정보인 이웃 노드들의 내각변화 및 진행방향을 확인하고, 메시지의 목적지 방향에 속하면서 내각의 변화가 작아질 C 노드와 내각 변화가 없는 D 노드로 메시지를 전달하게 된다.

#### IV. 성능평가

위에서 언급한 방위변화 기반 기법의 DTN 라우팅 프로토콜을 실험하기 위하여 핀란드 헬싱키 대학 네트워킹 연구실에서 개발한 DTN 시뮬레이터인 The Opportunistic Network Environment(The ONE)를 이용하였고, 실험에서는 Epidemic, Bearing 변화 기반 기법, Spray and Wait, Bearing 변화 기반 + Spray and Wait의 총 4 가지 프로토콜의 성능을 ONE에서 기본적으로 제공되는 Helsinki 지도를 이용하여 먼저 비교해 본 다음 최종적으로 Spray and Wait 기법과 방위 변화기반 + Spray and Wait 기법을 서울시 4 차선 도로 지도를 이용한 응용 시나리오에 적용해 그 성능을 비교해 보고자 한다.

[표 1]은 실험을 위해 설정한 환경설정 기본 값들이다.

##### 가. 일반 시나리오

[그림 2]는 Epidemic, Bearing 기반 기법, Spray and Wait, Bearing 기반+Spray and Wait의 전송 성공률, 오버헤드 비율과 전송 지연시간에 대한 그래프이다.

##### 1) 전송 성공률 비교

그래프에서 살펴볼 수 듯이 4 개 그래프가 공통적으로 양호한 전달 성공률을 보이고 있으며 Bearing 변화 기반

기법을 사용한 프로토콜들이 기존의 라우팅 프로토콜에 비해 좀 더 우수한 성공률을 보여주고 있다.

##### 2) 오버헤드 비율 비교

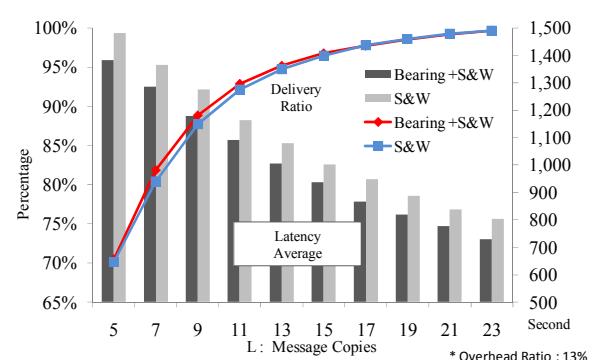
Epidemic 기반 라우팅 프로토콜의 오버헤드가 Bearing 기반 기법과 Spray and Wait 라우팅 프로토콜에 비해 상당히 큰 값을 가지고 있다. 이는 4 개의 라우팅 프로토콜이 플러딩을 기반으로 하고 있지만 Bearing 변화 기반 기법은 제한된 플러딩으로 동작하고, Spray and Wait 라우팅 프로토콜은 전달하는 메시지를 제한하고 있음에 따라 불필요한 전송을 억제할 수 있어 오버헤드 비율이 작게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

##### 3) 전송 지연시간 비교

Epidemic 이 다른 3 개 라우팅 프로토콜에 비해 작은 Latency를 가지고 있다. 이는 Epidemic 프로토콜이 만나게 되는 노드마다 메시지를 전달을 함에 따라 목적지에 도달하는 시간이 빠른 노드와 접촉이 될 가능성이 높기 때문에 생각할 수 있다.

반면 Bearing 변화 기반 기법은 Spray and Wait 기법과 비슷한 전송 지연시간을 보여주고 있다. 이는 제한된 플러딩을 함에 따라 메시지의 목적지까지 빠른 시간에 도달할 확률이 작아짐에 따른 결과라 볼 수 있다.

[그림 2]의 비교를 통해서 Bearing 변화 기반 기법이 Epidemic 라우팅 프로토콜에 비해 좀 더 적은 오버헤드로 좀 더 많은 전송 성공률을 가진다는 것을 확인 할 수 있다. 또한, [그림 2]내 점선에서와 같이 Spray and Wait 기반과 같이 사용될 경우 기존 Spray and Wait 보다 좀 더 나은 성능을 기대할 수 있을 것으로 생각되어 동일한 환경 하에서 Spray and Wait Binary Mode에서 L 값에 변화를 주어 실험 하였다.



[그림 3] L 값 변화에 따른 S&W, Bearing S&W의 비교

\* : Number of stationary Destination

[표 1] 실험환경



[그림 4] 서울시 도로 교통지도

[그림 3]은 Spray and Wait 과 Bearing 기반 기법 + Spray and Wait 의 성능을 비교한 그래프이다. 둘 다 동일한 오버헤드 비율을 갖지만, L 값이 작을 경우 Bearing 기반 기법을 적용한 Spray and Wait 기법이 좀 더 향상된 전송 성공률을 보이고 있으며 전반적으로 Spray and Wait 에 비해 낮은 전송 지연시간을 가짐을 알 수 있다.

#### 나. 응용 시나리오

일반 시나리오에서 Bearing 기반 기법을 적용한 Spray and Wait 방식이 높은 성공률을 가짐과 동시에 메시지를 좀 더 빨리 목적지에 전달 할 수 있다는 점을 확인할 수 있음에 따라 다음과 같은 응용 시나리오를 준비해 보았다.

- 서울 시내 경찰서 31 개소를 고정 목적지로 설정
- 이동중인 10,000 대의 경찰차가 25~35 초 간격으로 각각의 경찰서를 향해 메시지를 보고

위 응용 시나리오를 시뮬레이션 해보기 위해 서울시 도로 지도를 ONE 에 맞게 Meter 를 이용하는 Transverse Mercator 좌표로 변환하여 [그림 4]와 같은 Map 을 얻은 후 Binary Mode 를 기본으로 Spray and Wait 방식과 Bearing 기반 기법을 혼용하는 방식의 시뮬레이션을 해보았다.

[그림 5]는 위 응용 시나리오상에서 Spray and Wait 방식과 Bearing 기반 기법을 비교한 결과로 273 초의 전송지연 개선과 2.8%의 전송성공률 향상을 확인하면서 Bearing 기반 기법을 적용한 Spray and Wait 방식이 효과적임을 재

## V. 결론

본 논문에서는 이동하고 있는 노드들와 고정된 메시지 목적지가 있는 상황하에서 노드들이 주변 이웃 노드의 위치 정보의 변화를 이용하여 어떤 이웃 노드에게 메시지를 전달해 줄 것인가에 대한 기법을 소개하였고, Spray & Wait 라우팅 프로토콜에 본 고에서 제안한 Bearing 기반 기법을 적용할 경우 좀 더 빠르게 메시지를 원하는 목적지에 전달할 수 있음을 확인할 수 있었다.

앞으로 실제 DTN 환경에서 사용될 수 있는 시나리오인 차량을 통한 시내 교통정보 수집이나, 군사 분야에서 Priority Report 시에 사용될 수 있는 효율적인 DTN 라우팅 알고리즘을 연구해보고자 한다.

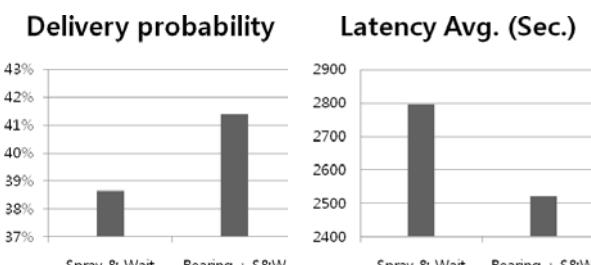
## 감사의 글

본 연구는 지식 경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음.[2007-F-038-02, 미래인터넷 핵심기술 연구]

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터 연구소에 감사드립니다.

## 참고문헌

- [1] <http://www.dtnrg.org> , Delay Tolerant Networking Research Group
- [2] Forest Warthman, Delay-Tolerant Networks(DTNs): A tutorial, 2003.3, Warthman Associates.
- [3] Z. Zhang, Routing in Intermittently Connected Mobile Ad Hoc Networks and Delay Tolerant Networks: Overview and Challenges, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2006
- [4] P. Luo, H. Huang, et al, Performance Evaluation of Vehicular DTN Routing under Realistic Mobility Models, IEEE WCNC 2008
- [5] Sushant Jain, Kevin Fall, Rabin Patra. Routing in a Delay Tolerant Network. SIGCOMM 2004
- [6] R. Handorean, et al., Accommodating Transient Connectivity in Ad Hoc and Mobile Settings, *Pervasive 2004*, Apr. 21–23, 2004, Vienna, Austria, pp. 305–22.
- [5] A. Vahdat and D. Becker. Epidemic Routing for Partially-connected Ad hoc Networks. Technical Report CS- 2000- 06, Duke University, July 2000.
- [6] Thrasivoulos Spyropoulos, Konstantinos Psounis, Cauligi S. Raghavendra. Spray and wait: An Efficient Routing Scheme for Intermittently Connected Mobile Networks. SIGCOMM 2005



[그림 5] 서울시 지도 기반 시뮬레이션 결과 ( $L_{min} : 24$  확인 할 수 있다.