

이동 에드혹 네트워크에서 셀프 채킹 방법을 이용한 위치 기반 라우팅 알고리즘

윤주상*, 백상헌**

*동의대학교 멀티미디어공학과

**고려대학교 전기전자전파공학부

e-mail : *jsyoun@deu.ac.kr

Self-Adaptive Checking Location Mechanism Based Georouting Algorithm in Mobile Ad Hoc Networks

Joo-Sang Youn*, Sangheon Park**

*Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University

**School of Electrical Engineering, Korea University

요 약

Geographic forwarding algorithms 을 사용하는 Georouting protocol 에서는 route maintenance 을 위해서 고정된 주기마다 beacon message 을 이웃노드에 전송하는 fixed periodical beacon based route algorithm 을 사용하여 mobile node 정보를 습득한다. Fixed periodical beacon scheme 에서의 기존 연구 이슈는 이웃노드 정보의 신뢰성을 유지하기 위해서 다양한 mobility environment 환경에 맞도록 beacon 전송주기를 적절히 결정하는 연구가 진행되어 왔다. 이와 같은 연구에서는 long periodical interval 사용 시 이웃노드의 위치정보 error 을 발생시킬 확률이 높으며 또한 short periodical interval 의 경우 네트워크 내에 high route overhead 을 유발시키는 단점을 가지고 있다. 따라서 고정된 주기 방법은 다양한 mobility environment 에 잘 적용되지 못하며 또한 mobility environment 에서 발생하는 route maintenance 내에 이웃노드 정보에 대한 불확실성 문제가 빈번히 발생하여 경로 설정에 잘못된 정보를 제공하여 경로 신뢰성(path reliability)과 낮은 전송률 (transmission rate)을 야기한다.

본 논문에서는 이런 이웃노드 정보의 불확실성 문제를 극복하기 위해서 mobile node 가 스스로 자신의 위치를 체크하여 routing table 을 능동적으로 갱신하는 방법을 이용하여 이 문제를 극복할 수 있도록 하였다. 모의 실험은 ns2 를 이용하여 실시하였으며 결과는 low/high mobility scenario 에서는 기존 방법 보다 routing overhead 을 줄이면서 높은 전송률 (transmission rate)을 보인다.

1. 서론

Ad hoc networks 환경에서 mobile node 들은 네트워크 구성 측면에서 중앙집중형 관리 없이 자동적으로 설정된다. 이 환경에서 geographic routing 은 mobile ad hoc network 을 구성하기 위한 scalable solution 을 제공한다. 이 방법에서는 각 mobile node 가 GPS 시스템 또는 다른 많은 위치정보 기술을 이용하여 각 노드의 위치정보를 설정할 수 있다고 가정하고 있다 [1-3]. 따라서 각 노드가 위치정보를 알고 있다면 geographic routing 은 packet 을 전달하기 위치를 위치 경로 설정을 할 수 있으며 기존 ad hoc routing protocol 보다 적은 routing overhead 을 가지고 위치정보를 설정할 수 있다 [4].

Geographic routing 은 다음과 같이 2 개의 기본적인 방법으로 구성되어 있다. 첫 단계는 location service strategy 이며 두 번째 단계는 geographic forwarding strategy 이다. 우선 location service 은 node's identity 를 현재 geographic coordinator 들에게 메핑하는 서비스를 제공하며 geographic forwarding 은 모든 노드에게 명확

한 경로 탐색 설정의 필요성 없이 any-to-any communication 방식을 통해서 packet 을 전송한다. 따라서 소스노드가 특정노드와 통신을 원할 때 소스노드는 우선 location service 를 통해서 특정노드의 위치정보를 요청하고 요청 결과를 받은 후 geographic forwarding 을 통해서 자신의 전송범위 내의 노드들을 이용하여 특정 노드까지 packet 전송을 수행한다.

일반적으로 Geographic forwarding algorithms 은 contention 기반 또는 beacon 기반으로 분류된다 [5-6]. Contention 기반 방법은 mobile node 가 route 정보를 유지할 수 없으나 대신 contention process 을 통해서 packet 전송을 위해 next-hop 을 결정한다. 또한 contention process 에서는 next relay 선택 시 단지 하나의 노드만을 선택 보증하고 노드가 충돌을 피하기 위한 suppressing strategy 을 사용한다. 하지만 이 방법은 any-to-any communication 방식으로 인해 발생하는 긴 전송 지연이 단점이다. Beacon 기반 방법은 mobile node 가 고정된 전송 주기를 가지고 beacon message 을 이웃노드와 교환을 통해 routing table 을 유지한다. 하

지만 최적의 beacon interval 을 결정하기가 어려울 뿐만 아니라 구현 상의 어려움도 단점을 가지고 있다. 또한 네트워크 내에 노드 이동성을 고려하여 결정되어야 한다. 따라서 기존 beacon based geographic forwarding 방법은 효율적인 route 정보를 관리하기 어려우며 또한 node mobility 환경에서 routing table 내에 존재하는 이웃노드에 대한 정보 불확실성 문제를 여전히 가지고 있다.

본 논문에서는 mobile ad hoc 환경에서 node mobility 에 위해서 발생하는 routing table 내 불확실성 문제를 극복하기 위한 Self-Adaptive Location Checking mechanism (SALC)을 제안한다. SALC 는 노드 스스로 자신의 위치변화를 체크하여 beacon interval 을 기다리지 않고 빠른 네트워크 내의 변화를 인지하여 routing table 내의 정보를 최신으로 유지할 수 있는 방법을 제공함으로써 경로 신뢰성 (path reliability)을 높이도록 하며 또한 routing overhead 을 줄이는 결과를 보인다. 논문의 구성은 2 장은 관련 연구, 3 장은 제안하는 네트워크 가정에 대해서 기술하고 4 장 기존 beacon based geographic forwarding 에서 node mobility 로 인해 야기 되는 불확실성 문제를 정의하고 5 장에서 제안하는 방법을 기술한다. 마지막으로 6 장에서 실험결과를 보이고 7 장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

Mobile ad hoc 환경에서 routing decision 을 위해 위치 정보를 이용하는 기존 라우팅 알고리즘의 대표적 방식은 LAR 와 GRID 이다. 전통적인 on-demand routing protocol 과 다르게 LAR 에서는 route request 를 target node 방향으로 플러딩하는 방식을 사용하고 있다. 따라서 route request 에 대한 node's response 는 목적지에 근접한 영역인지를 판단하여 결정한다. 반면에 GRID 는 grid system 적용하며 grid 내에 게이트웨이 역할을 수행하는 리더를 선발하여 데이터를 grid 리더를 이용하여 포워딩을 수행한다. 위에 두 프로토콜은 위치 정보를 활용하여 기존 routing protocol 보다 성능 향상을 보였다.

일반적인 geographic forwarding 방법은 Most-Forward-With-fixed-Radius algorithm (MFR)이 next node 을 선택할 때 사용된다 [8]. 현재 relay node 는 목적지에 가장 가까운 노드가 선택된다. 그러나 현재 relay node 가 목적에 가장 가까운 node 에 도달할 수 없을 경우 packet 이 dead-end 에 도달하게 된다. 이 dead-end 문제를 해결하기 위한 많은 방법이 제안되고 있다. 일 예로 자기보다 목적지에 더 가까운 다른 노드를 찾기 위해서 리커시브 서차방법을 사용한다. GPSR 에서는 방법에서는 현재 relay node 가 우선 relative neighbor-hood graph (RNG)을 이용해서 planar sub-graph 을 생성하나. 그리고 deal-end 기반의 right-hand rule 을 이용하여 문제를 해결하고 있다. 다른 접근 방법들은 dead-end 상황을 피하기 위해서 중간노드 선택을 통해 문제를 극복하고 있다[9].

Geographic routing 은 네트워크 내에 있는 각 노드의 위치를 결정하기 위해서 location service 사용에 의

존한다. RLS 는 location request 메시지를 네트워크에 플러딩한다. 그리고 목적지 node 로부터의 응답을 기다리는 방식을 사용한다. DREAM 는 mobile node 들끼리 위치정보 교환을 통해서 각 노드가 완벽한 location database 을 구축한다. Hash function 을 이용하는 Homezon mechanism 은 노드의 Homezon 을 결정하고 node ID 를 Homezon center 에 hashing 시킨다. 마지막으로 GLS 는 네트워크 내에 있는 모든 노드에 대한 location 정보를 분산화 시킴으로써 확장성을 제공한다 [10].

3. System Assumptions

본 논문에서 고려된 네트워크 모델은 다음과 같다. 우선, 이동성은 가진 노드(MN: Mobile Node)는 네트워크 내에 uniform 하게 분산되어 있으며 식별을 위해서 유일한 식별자 (unique permanent identity)를 가지고 있다. 또한 각 MN 은 GPS 수신기를 통해서 자신의 위치 정보를 얻을 수 있으며 beacon message 을 통해서 주기적으로 이웃 노드에게 자신의 위치정보를 알린다.

4. Problem Statements

이번 장에서는 proactive geo-routing 방법에서 node mobility 때문에 발생하는 geo-routing protocol 의 불확실한 이웃노드 정보에 대한 문제를 정의한다.

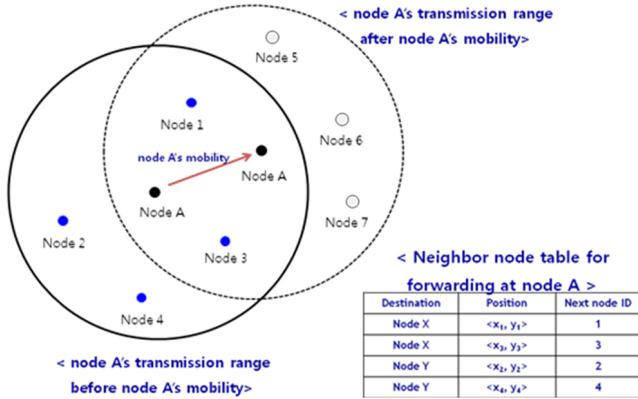
Proactive georouting 는 목적지 노드까지 데이터 포워딩을 위해 자신의 전송범위 (transmission range) 내에 있는 이웃노드에 대한 위치정보를 미리 수집하여 라우팅 테이블을 작성하며 정보 수집을 위해서 주기적인 beacon message 를 사용한다.

Node mobility 로 인해 발생하는 라우팅 테이블의 불확실성은 다음과 같은 두 경우에 발생한다. 우선 첫 번째 경우는 그림 1 에 보이는 것처럼 노드 이동성으로 인해 자신의 전송 범위 내에 이웃노드 정보가 변한다. 이 경우 노드의 전송범위를 벗어나는 이웃노드의 경우 주기적 beacon message 을 수신할 수 없기 때문에 이동한 노드가 주기적 이웃노드 체크를 할 때까지는 잘못된 정보를 라우팅 테이블에 보유하게 되어 데이터 전송에 치명적 오류를 범할 수 있다. 또한 이 경우의 문제를 해결하기 위한 방법은 이웃노드 정보에 대한 체크주기를 작게 할 수 있으나 이 경우 proactive geo-routing protocol 의 단점인 네트워크 내에 많은 beacon message 전송을 유발할 수 있어 과도한 message 전송을 유도하게 된다.

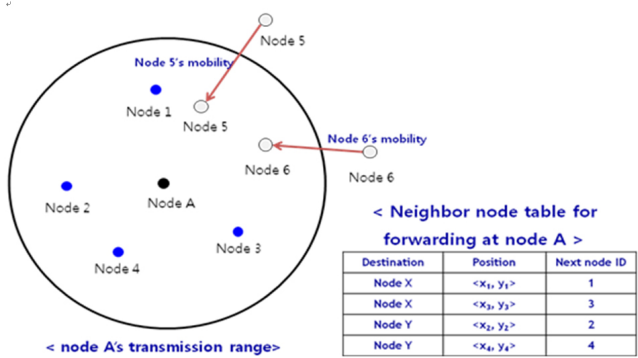
두 번째 경우는 그림 2 에 보이는 것처럼 자신의 전송 범위 내에 node movement 로 인한 새로운 노드가 추가될 수 있다. 이 경우 새로운 이웃노드 정보의 빠른 갱신 정보가 필요하며 이유는 새롭게 추가된 노드를 이용한 빠른 전송을 유도할 수 있기 때문이다. 하지만 노드가 자신의 전송범위 내에 추가된 노드의 정보를 감지하지 못하고 데이터 전송 시 그 노드들을 이용하지 못하여 네트워크 전송 성능 측면에서 낮은 성능을 야기할 수 있다.

본 논문에서는 주기적 beacon message 을 통해서 이루어지는 이웃노드 정보 갱신에 대한 문제를 극복하

기 위해 스스로 자신의 위치정보 체크방법을 통해서 빠르게 이웃노드 정보를 갱신하여 노드들이 항상 최신의 라우팅 테이블을 유지할 수 있는 방법을 본 논문에서 제안하다.



(그림 1) Node movement 로 인해 유발되는 table 내 불확실 노드 발생 예



(그림 2) Node movement 로 인해 추가 노드에 관한 예

5. Self-Adaptive Location Checking Mechanism

이번 장에서는 앞 절에서 기술한 것처럼 MN 로 구성된 wireless ad hoc network 에서 proactive geo-routing 수행 시 발생하는 라우팅 테이블 내의 neighbor node table 에서의 불확실한 이웃노드 문제를 해결하기 위한 Self-Adaptive Location Checking mechanism(SALC)을 제안한다.

SALC 은 우선 mobile node 가 스스로 자신의 위치 변화를 체크하여 항상 data forwarding 을 위한 이웃노드 정보 및 라우팅 테이블을 최신 정보로 갱신할 수 있도록 한다. 우선 SALC 는 자신의 GSP 수신기를 통해서 주기적으로 자신의 위치 변화를 체크한다. 위치 변화 체크 방법은 다음과 같다.

$$(x, y) = (x_{old,t} - x_{new,t+1}, y_{old,t} - y_{new,t+1}) \quad (1)$$

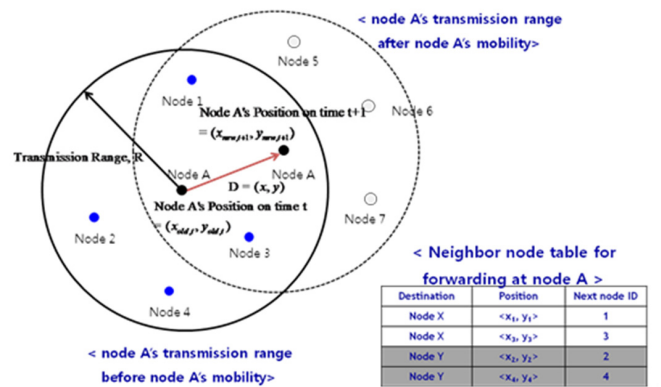
우선 t 주기 마다 자신의 위치를 확인하여 조건 (x ≠ 0 or y ≠ 0)을 만족할 경우 노드는 자신의 위치 변화 값을 이용하여 이동한 위치에서 자신의 전송범위를 재

설정하고 이웃노드 테이블에서 전송범위를 벗어나는 노드들을 삭제한다.

그림 3 을 가지고 예를 들면 노드의 전송 범위를 R 로 가정하고 node A 가 이동한 위치, (x_{new}, y_{new})를 기준으로 현재 위치에서 새로운 전송범위를 설정한다. 이후 node A 는 새로운 위치에서 자신의 이웃노드 테이블에 있는 노드들이 전송범위 내에 존재 유무를 다음과 같은 방법으로 설정한다. 우선, node A 는 새로운 위치에서 자신의 이웃노드 테이블에 존재하는 이웃노드들의 위치정보 값을 이용하여 식 (2)처럼 거리 차이 값, D, 을 계산하고 만약 D 값이 다음조건, D ≥ R, 일 경우 전송 범위를 벗어 나기 때문에 이웃노드 테이블에서 삭제하고 그렇지 않은 경우는 노드 정보를 이웃노드 테이블에 유지한다.

$$D_x = \sqrt{(x_x - x_{new})^2 + (y_x - y_{new})^2} \quad (2)$$

그림 3 에서 보면 node 2 와 node 4 가 조건: D₂, D₄ ≥ R 이므로 node A 의 이웃노드 테이블에서 삭제된다. 또한 새롭게 전송범위 내에 추가된 노드에 대한 정보는 각 노드의 beacon message 을 통해서 node A 가 감지를 하며 이후 이웃노드 테이블에 추가된다. 이때 각 노드는 beacon message 내에 자신의 이웃노드 테이블 정보를 함께 보내며 이정보를 이용하여 node A 는 주변 노드들에 대한 빠른 테이블 업데이트를 수행 할 수 있다. 예를 들어 node 5 는 자신의 이웃노드 테이블에 node 6 의 정보를 가지고 있으며 beacon message 전송 시 node A 에게 node 6 의 노드정보 및 위치정보를 알려준다. 이 정보를 받은 node A 는 node 6 의 위치정보를 이용하여 자신의 전송범위 내에 존재 유무를 확인하며 조건: D₆ ≤ R 일 경우 이웃노드 테이블에 추가한다. 따라서 node A 의 이웃노드 테이블은 그림 3 에 보이는 것처럼 node 2, 4 을 삭제하여 새롭게 구성한다.



(그림 3) SALC 에서 table 내에 존재하는 불확실 노드 선택의 예

전체적 알고리즘은 그림 4 에 보여주고 있다.

또한 앞 절에서 기술한 불확실한 이웃노드 정보의 두번째 경우에 대한 문제 해결을 위해서는 노드의 beacon message 주기를 동적으로 변화 시킨다. 만약

자신의 위치변화 체크 값이 변화했을 경우 fast beacon message 를 통해서 자신의 위치를 이웃노드에게 빠르게 알려준다. 그림 2 을 통한 예를 보면 node 5, 6 은 자신의 위치정보 변화를 감지한 후 자신의 위치정보를 이웃노드에게 알리기 위해서 beacon message 전송 주기가 남아있어도 fast beacon message 를 즉시 전송한다. 전송 후 beacon message 주기는 다시 원상태로 재설정된다. Fast beacon message 을 전송 받은 노드들은 자신의 이웃노드 테이블에서 노드 정보 확인 후 새로운 노드일 경우 테이블에 추가한다.

```

On time t+1
X ← Xold,t - Xnew,t+1
Y ← Yold,t - Ynew,t+1
if (x ≠ 0 or y ≠ 0)
  for (i=1; i<=x, i++) x: the number of nodes
  in neighbor node table
    Dx = √((Xx - Xnew)2 + (Yx - Ynew)2)
    if (Dx > R) R:transmission range
      eliminate node x in neighbor node table
    else
      maintain node x in neighbor node table
    
```

(그림 4) SALC 에서 table 내에 존재하는 불확실 노드 선택 알고리즘

6. 실험 결과

SALC 의 성능 평가를 위해서 Beacon-based Geographic Forwarding Algorithm (BGFA) 에 SALC 적용된 방법과 적용 안된 방법을 비교하였다. 우선 실험환경은 ns2 simulator [7]을 이용하였으며 MAC 모델은 IEEE802.11b 이며 channel bandwidth 는 11Mbps 로 설정한다. 네트워크 내 node 수는 30 개이며 node mobility 는 Random Way Point (RWP) model [34,35]이다. RWP 에서는 pause time 은 10 s 이며 mean moving speeds 는 5, 10, 15, 20, 25 m/s 이다. End-to-end connection request 는 총 10 개이며 source/destination 는 random 하게 선택되고 하나의 연결당 0.1Mbps 의 data traffic 을 발생시킨다. 측정 파라미터는 데이터 전송률 (transmission rate) 이다.

표 1. Transmission rate

Mean moving speed (m/s)		5	10	20	25
Transmission rate	BGFA without SALC	0.98	0.85	0.72	0.48
	BGFA with SALC	0.99	0.91	0.84	0.81

7. 결론

본 논문에서는 beacon-based geographic forwarding strategies 에서 유발되는 routing table 불확실성 문제를 극복하기 위한 Self-Adaptive Location Checking mechanism (SALC)을 제안하였다. 논문에서는 beacon-based geographic forwarding 에서 node mobility 로 인해 발생하는 routing table 문제를 새롭게 정의하였고 이 문제들을 해결하기 위해서 각 노드가 스스로 자신의 위치변화를 감지하여 routing table 내에 발생하는 잘못된 정보를 스스로 갱신하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 node mobility 가 낮은 환경에서 기본 방법보다 데이터 전송률 측면에서 향상을 보이고 있다.

추가 연구로 경로 신뢰성, 경로 설정 시간에 대한 실험이 필요하다.

Acknowledgment

본 연구는 과학재단 특정기초연구의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호 R01-2008-000-20801-0).

참고문헌

- [1] G. Dommety, R. Jain, Potential Networking Applications of Global Positioning Systems (GPS), Technical Report TR-24, Department of Computer Science, The Ohio State University, April 1996.
- [2] T. He, C. Huang, B. Blum, J. Stankovic, T. Abdelzaher, Range-free localization schemes in large scale sensor networks, in: Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), September 2003, pp. 81–95.
- [3] K.F. Ssu, C.H. Ou, H.C. Jiau, Localization with mobile anchor points in wireless sensor networks, IEEE Transactions on Vehicular Technology 54 (3) (2005) 1187–1197.
- [4] E.M. Royer, C.K. Toh, A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks, IEEE Personal Communications (1999) 46–55.
- [5] M. Zorzi, R.R. Rao, Geographic random forwarding (GeRaF) for ad hoc and sensor networks: multihop performance, IEEE Transactions on Mobile Computing 2 (4) (2003) 337–347.
- [6] M. Zorzi, R.R. Rao, Geographic random forwarding (GeRaF) for ad hoc and sensor networks: energy and latency performance, IEEE Transactions on Mobile Computing 2 (4) (2003) 349–365.
- [7] K. Fall, K. Varadhan, The ns Manual (ns Notes and Documentation). The VINT project. www.isi.edu/nsnam/nsdocumentation.html (February 2002).
- [8] T.C. Hou, V. Li, Transmission range control in multihop packet radio networks, IEEE Transactions on Communications 34 (1) (1986) 38–44.
- [9] L. Blazevic, J.Y.L. Boudec, S. Giordano, A location-based routing method for mobile ad hoc networks, IEEE Transactions on Mobile Computing 4 (2) (2005) 97–110.
- [10] J. Li, J. Jannotti, D.S.J. De Couto, D.R. Karger, R. Morris, A scalable location service for geographic ad hoc routing, in: Proceedings of the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), August 2000, pp. 120–130.