

# 모바일 애드혹 네트워크에서의 Packet Forward Group 기반 라우팅 알고리즘

유재용, 허준호, 아드난, 라마크리시나  
{jainim, jhher, adnan, rsr}@gist.ac.kr

## Packet Forward Group based routing algorithm in Mobile Adhoc Network

Yoo Jaeyong, Her Junho, Adnan Mohamed, R.S. Ramakrishna  
Gwang-ju Institute of Science and Technology

### 요 약

본 논문에서는 Multicast Forward Group 기반 라우팅 알고리즘인 PFGR(Packet forward group based routing)의 프레임워크를 제시한다. 단일경로를 지향하는 On-demand 라우팅 프로토콜인 AODV 혹은 DSR에서 링크 단절이 발생시 이루어지는 path repair에 의한 오버헤드는 심각하게 증가할 가능성이 생긴다. PFGR은 단일 경로가 아닌 그룹화된 경로를 형성하여 링크 지속시간을 늘임으로써 결국 path repair 오버헤드를 줄일수 있는 라우팅 알고리즘이다. 기존 On-Demand 라우팅에서의 링크 지속시간을 비교 분석한 시뮬레이션 결과 본 논문에서 제안한 PFGR 알고리즘의 경로지속시간이 비약적으로 상승하였다. 보다 상세한 라우팅프로토콜의 설계 및 분석은 앞으로 해결해 나가야 할 과제이다.

### 1. 서 론

모바일 애드혹 네트워크는 통신 가능한 단말들의 집합으로서 고정된 라우터가 없는 임의의 네트워크 구성을 가진다. 이러한 네트워크에서의 라우팅은 크게 두가지로 분류될 수 있다[1]. 첫 번째는 Table-driven 라우팅 프로토콜로서 주기적으로 네트워크 토폴로지를 브로드캐스팅하여 각각의 노드가 전체 네트워크의 토폴로지정보를 유지하는 것이다. Proactive 라우팅이라고도 불리는 이 기법은 주기적인 토폴로지 정보패킷의 브로드캐스팅으로 인한 네트워크 자원의 낭비가 심하여 단말들의 수가 많아질수록 라우팅프로토콜의 성능이 급격히 저하되는 단점이 있다. 두 번째는 On-Demand 라우팅 프로토콜로서 소스 단말이 통신을 원하는 시점에 목적지 단말을 탐색하기위한 방법으로 RREQ(Route Request) 패킷을 브로드캐스팅한다. Reactive 라우팅이라고도 불리는 이 기법은 네트워크의 단말의 수가 많아지더라도 실제 데이터를 전송해야하는 단말들간의 라우팅경로만을 유지하면 되므로 Proactive 계열의 라우팅프로토콜에 비해 네트워크 확장성(Scalability)이 뛰어나다.

Reactive 계열의 라우팅프로토콜로서 잘 알려진 AODV[2]가 있다. AODV는 라우팅 경로 탐색 후 목적지 단말이 RREP(Route Reply)를 소스단말에게 Unicast하는 과정에서 라우팅경로 정보를 Distance Vector라는 table에 저장하게 된다. 만약 동적인 네트워크의 특징에 의해 Distance Vector에 저장된 next hop의 링크가 단절될 수 있다. 이러한 경우 AODV는 Local Repair[3]를 실행하여 단절된 링크를 복구할 수 있다. 만약 단말의 수가 증가하여 라우팅 경로의 길이가 길어진다면 링크의 단절율은 급격히 상승하여 소스노드에서 데이터를 보내

는 동안 여러 번의 Local Repair를 지속적으로 호출하는 문제점이 생길 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 PFGR(Packet forward group based routing)에서는 라우팅 경로를 보다 안정적으로 형성하여 라우팅경로가 길어지더라도 AODV의 단일경로에 비해 링크의 단절율을 낮춘다. 본 논문에서는 새로운 라우팅프로토콜인 PFGR의 가능성을 열어보고자 한다.

2장에서는 PFGR에 대한 개략적인 설명을 다루고 3장에서는 PFGR과 AODV간의 라우팅 경로지속시간에 대한 실험결과 및 분석을 다룬다. 마지막으로 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. Packet forward group based Routing Algorithm

PFGR은 기존의 라우팅프로토콜과는 달리 패킷의 전달시 Multicast를 사용한다. 소스단말에서 RREQ를 브로드캐스팅하여 목적지단말을 찾는 것은 기존의 On-Demand 프로토콜과 같다. 목적지 단말에서 RREP를 소스단말로 Unicast할 경우 라우팅경로에 포함된 각 단말은 자신을 중심으로 1-hop 거리의 단말들과 멀티캐스트 그룹을 형성한다. 그림 1.에서 보는바와 같이 목적지 단말(8)은 RREP를 (8->6->4->2->1)을 통하여 Unicast한다. 각단말들이 RREP를 보낼 때 자신의 이웃단말들(Packet Forwarding Group)의 리스트도 추가하여 보낸다. 모바일네트워크의 Physical layer는 대부분 RF로 가정하므로 이웃단말도 또한 RREP를 받을 수 있다. RREP를 받은 이웃단말은 함께 보내어진 멀티캐스트 그룹 리스트를 자신의 Packet Forwarding Group으로 설정한다. 이러한 경우 Packet Forwarding Group은 라우팅경로의 hop수만큼 생기게 된다. 각각의 Packet Forwarding Group은 소스단말로부터 목적지 단말까지의 패킷 전달을 책임지게 된다.

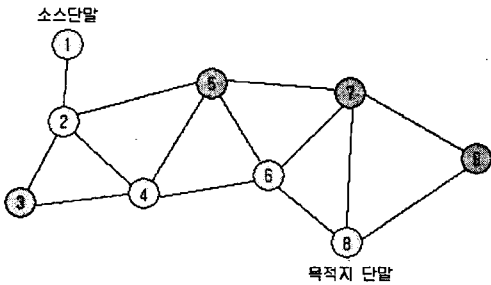


그림 1. PFGR 기반 멀티캐스트 그룹 형성

목적지 단말(8)은 자신의 멀티캐스트 그룹으로 단말(6, 7, 8, 9)를 가진다. 단말(6)은 자신의 Packet Forwarding Group으로 단말(4, 5, 6, 7, 8)을 가진다. 단말(4)는 자신의 Packet Forwarding Group으로 단말(2, 3, 4, 5, 6)을 가진다. 단말(4, 5, 6, 7)은 단말(8)과 단말(6)의 Packet Forwarding Group에 동시에 연결된 공통적인 단말들로서 두 Group의 연결을 책임진다. Group(4)와 Group(6)의 단절이 발생하면 라우팅경로의 단절이 일어난다. 위와 같은 경우는 그림 2와 같이 3개의 링크가 동시에 단절되었을 경우 발생한다. 이것은 AODV의 단일경로의 경우 라우팅경로에 포함된 단말들 사이의 링크단절이 하나만 일어나도 라우팅경로의 단절이 생기는 것과 비교하여 매우 안정적인 형태이다.

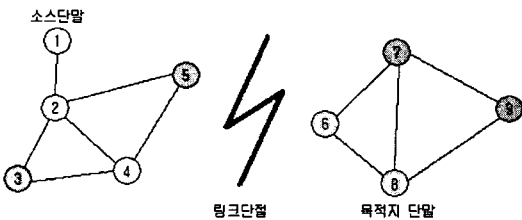
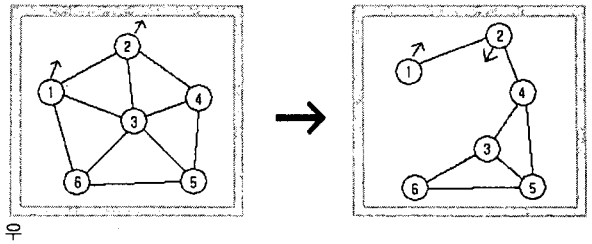


그림 2. PFGR 기반 라우팅의 경로 단절

모바일 단말들의 움직임패턴이 건물내부에서의 일어날 경우 공간적 제약이 생기므로 단말들 간의 링크연결/링크단절이 잦은 비율로 생길 수 있다. 예제로서 그림 3과 예에서의 단말(2)는 위쪽으로 이동하여 단말(3)과 링크 단절이 발생한다. 그 후 단말(2)는 건물의 공간적 제약으로 인해 아랫방향을 택할 가능성이 높다. 이 경우 단말(3)과의 다시 링크의 재연결이 일어날 가능성이 높아지게 된다. 공간적 제약에 의해 발생하는 빈번한 링크연결/링크단절의 경우 AODV는 높은 비율로서 Local Repair를 사용하여 심각한 오버헤드를 유발할 수 있다. 하지만 PFGR의 경우 멀티캐스트 그룹내부의 하나의 링크단절은 무시되므로 링크연결/링크단절이 전체 라우팅프로토콜에 미치는 영향은 비교적 적다.

PFGR의 문제점은 각 라우팅 경로의 각 단말들 사이의 데이터 전달이 Group단위로 이루어진다는 것이다. 이것은 라우팅 프로토콜의 전반적인 오버헤드로 나타날 수 있으며 심각한 경



우  
그림 3. 공간적 제약에 의한 빈번한 링크연결/단절

Packet Forwarding Group 대부분의 단말이 소스단말과 연결이 지속된 상태에서 목적지단말과는 다른 방향으로 동시에 이동하는 경우 데이터의 전달이 목적지단말과는 관계가 없는 곳으로 Forwarding 되므로 필요 없는 오버헤드를 발생시킬 수 있다. 이것은 Packet Forwarding Group이 전체적으로 이동할 경우 발생되므로 실제 발생하는 경우의 수는 적지만 PFGR이 미래에 해결해야 할 과제중 하나이다.

### 3. 실험환경 및 실험결과

#### 3.1 실험환경 설정

AODV와 PFGR의 경로지속시간을 비교하는 실험을 수행하였다. 600m x 600m 구역에서 100개의 단말들이 100m의 RF signal range를 가진다. 위와 같은 설정은 각 단말들의 평균 이웃의 숫자를 7~8가 되도록 설정한 것이다. 평균 이웃한 노드의 숫자와 네트워크의 전체적인 성능을 비교한 논문인 [4]에 의존하여 설정하였다. 모바일 단말의 평균속도는 각각 5m/s 10m/s 15m/s 20m/s 로 설정하였으며 속도의 분산은 각각 2.5m/s, 5m/s, 7.5m/s, 10m/s로 설정하였다. 각각의 평균속도에 대한 AODV와 PFGR의 라우팅경로 지속시간을 비교, 분석하였다. 모바일 단말들의 움직임패턴은 [5]에 나타난 Gauss-Markov 움직임패턴을 사용하였다.

#### 3.2 AODV와 PFGR의 링크지속시간

AODV와 PFGR의 링크 지속시간을 모바일 단말들이 계속 움직이는 가운데 한 쌍의 소스단말, 목적지단말사이의 라우팅 경로를 찾아내어 그 라우팅경로의 경로지속시간을 측정, 라우팅 경로의 단절이 발생하면 다른 한 쌍의 소스단말, 목적지단말을 무작위로 설정하여 라우팅경로를 찾아 그 라우팅경로의 경로지속시간을 측정하는 방식으로 연속적으로 수행하였다. 실험결과 는 그림4와 같다.

그림4에서 보는 것과 같이 AODV에 비하여 PFGR의 경로지속 시간이 월등히 높은 것을 알 수 있다. 이결과에 의하면 AODV의 라우팅을 수행할 경우 링크단절에 의한 빈번한 Local Repair의 오버헤드를 PFGR을 사용함으로써 월등히 줄일 수 있는 가능성이 존재함을 알 수 있다. PFGR의 링크지속시간으로부터 얻은 이익이 PFGR의 Forwarding Group 라우팅에 의해 발생되는 오버헤드를 이겨낼 수 있을지는 미래에 해결해 나아

가야 할 과제이다.

AODV의 경로지속시간을 각 라우팅경로의 홉수와 비교하여 보았을 경우 라우팅경로의 홉수가 적으면 비교적 안정적인

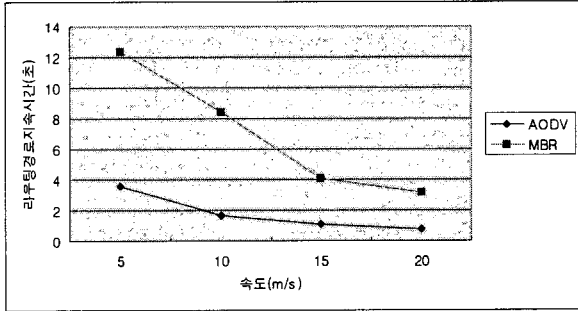


그림4. AODV와 PFGR의 라우팅경로 지속시간 비교

링크지속시간을 얻는다. 하지만 라우팅경로의 홉수가 증가할수록 링크의 지속시간의 감소는 매우 크다. 이것은 라우팅 경로의 각 링크에서의 링크지속율을 확률  $p$ 라고 하였을 경우 각 단말 사이의 링크지속율간의 관계는 일반적으로 독립사건으로 고려되므로 라우팅경로의 홉수가  $n$ 이라고 가정할 경우 라우팅 경로의 경로 지속확률은

$$P[\text{라우팅경로의 지속}] = p^n$$

으로서 홉수가 증가함에 따라 exponential의 비율로 감소하게 된다. 라우팅 경로의 경로지속시간과 홉수간의 관계는 그림5에 나타나있다.

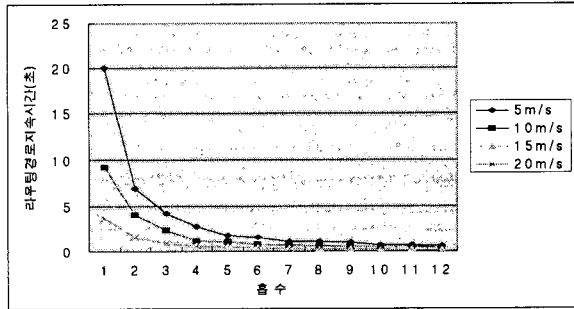


그림 5. AODV의 홉수에 따른 라우팅경로지속시간

AODV 라우팅 경로의 홉수가 3홉을 넘어가면서부터 속도에 관계없이 링크지속시간은 5초 미만으로 떨어진다. 심지어 모바일 단말의 속도가 20m/s가 넘어설 경우 바로 1홉거리의 라우팅경로마저 경로지속시간이 5초를 넘지 못한다. 모바일 단말의 속도가 10m/s일 경우에 또한 AODV 라우팅프로토콜을 사용한다면 2홉거리 라우팅의 평균 라우팅경로 마저 지속시간이 5초에도 미치지 못한다. 하지만 PFGR을 사용할 경우 그림 6에서 보는 것과 같이 7홉거리 만큼의 평균 라우팅경로가 5초이상의 지속시간을 얻는다. PFGR은 비교적 홉수가 큰(소스단말과 목적지단말사이의 거리가 먼)라우팅에서 높은 라우팅경로 지속시간을 보이며 좋은 성능을 가져올 것으로 예상된다.

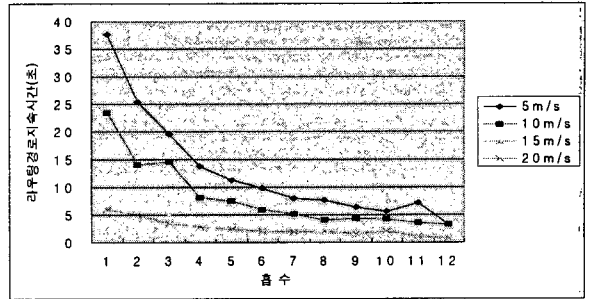


그림 6. PFGR의 홉수에 따른 라우팅경로지속시간

모바일 단말의 속도가 느리고 라우팅 경로의 홉수가 적을 경우는 AODV 라우팅 또한 좋은 지속시간을 보이므로 비교적 안정적인 네트워크 환경에서는 라우팅경로의 특정 홉수를 스레드스값으로 설정하여 AODV와 PFGR을 적응적(Adaptive)으로 사용하는 라우팅을 구현할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 라우팅 경로의 지속시간을 비약적으로 상승시킬 수 있는 PFGR(Packet Forwarding Group based routing) 프레임워크를 제안하였다. PFGR의 라우팅경로 지속시간은 AODV 혹은 DSR과 같은 기존의 On-Demand계열의 라우팅프로토콜에서 찾은 단일 라우팅 경로에 비하여 매우 높은 라우팅 경로 지속시간을 얻을 수 있다. 라우팅 프로토콜의 특징에 의해 PFGR은 각 라우팅경로의 단말들이 Packet Forwarding Group을 형성하여 소스단말로부터의 데이터 전달이 이루어진다. 이것은 일반적인 라우팅프로토콜에서 사용하는 Unicast에 비하여 더 높은 오버헤드를 유발할 수 있다. 이러한 추가적인 오버헤드는 AODV의 빈번한 라우팅경로 단절에 의해 유발되는 Local repair 메카니즘의 오버헤드와 비교되어야한다. PFGR의 Packet Forwarding Group 매니지먼트, 데이터 전달 전략 등 세부적인 구현사항은 앞으로 해결해나가야 할 과제이다.

참고문헌

- [1] Royer E.M., "Review of current routing Protocols for ad hoc mobile wireless networks", Personal Comm. IEEE, Vol. 6, Issue 2, pages 56-55, April 1999
- [2] Perkins, C.E., "Ad-hoc On-demand distance vector routing", Proceedings. WMCSA Second IEEE, pp. 90-100, Feb 1999
- [3] Perkins, C.E., "Ad-hoc On-demand distance vector (AODV)routing", IETF, RFC 3561, July 2003
- [4] Takagi H., "Optimal transmission ranges for randomly distributed packet radio terminals", Comm. IEEE transaction, Vol. 32, Issue 3, , pp.245-257, Mar 1984
- [5] Tracy C., "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research", WCMC, Vol. 2, No.5 pp.483-502, 2002