

모바일 센서 네트워크를 위한 트래픽 적응형

라우팅 프로토콜

홍기섭[○] 이상훈 최린

고려대학교 전기전자전파공학부

mastaks@korea.ac.kr, smile97@korea.ac.kr, lchoi@korea.ac.kr

Traffic Adaptive Routing Protocol for Mobile Sensor Networks

Kisup Hong[○] Sang Hoon Lee Lynn Choi

School of Electrical Engineering, Korea University

1. 서론

무선 통신 및 관련 장비 기술의 발전과 함께 무선 센서 네트워크와 관련하여 다양한 연구가 진행되어 왔다. 특히 센서 노드의 이동성은 라우팅 프로토콜을 설계하는데 있어 네트워크 토폴로지의 동적인 변화와 그로 인한 경로 복구 등 새로운 문제점 들을 야기한다. 노드의 이동성을 지원할 수 있는 기존의 라우팅 프로토콜들은 대부분 모바일 애드 혹 네트워크(MANET: mobile ad-hoc network)[1] 환경을 가정하였다. 그런데 모바일 센서 네트워크(MSN: mobile sensor networks)는 MANET과 달리 다대일(many-to-one) 형태의 트래픽을 가지며 이러한 트래픽 특성은 라우팅 동작을 수행함에 있어서 제어 패킷이 싱크 노드와 같은 특정 노드 주위에 급격히 집중되도록 하여 데이터 전송 성능을 떨어뜨리고, 에너지 소비량을 증가시키는 문제를 일으킨다. 따라서 본 논문에서는 모바일 센서 네트워크에서의 트래픽 특성을 고려하여 제어 메시지를 최소화하고 노드의 이동성에 따른 빈번한 토폴로지 변화에 빠르게 대응할 수 있는 트래픽 적응형 라우팅 (TAR: traffic adaptive routing) 프로토콜을 제안한다.

2. 본론

AODV[2]는 대표적인 요구 기반(on-demand) 라우팅 알고리즘으로써 모든 노드에 대한 경로 정보를 항상 유지하는 것이 아니라 데이터 전송이 필요한 경우에만 경로탐색을 수행하여 경로를 설정한다. 이와 같은 방식은 테이블 기반 라우팅 알고리즘과 같이 토폴로지 변화에 따른 경로 변화에 대응하여 경로 정보를 갱신하지 않아도 되기 때문에 MANET뿐만 아니라 모바일 노드로 구성된 MSN에서도 사용 가능하다. 하지만 MSN은 MANET과 달리 다수의 소스 노드와 단일 혹은 소수의 싱크 노드로 구성되어 있으며 다대일(many-to one) 형태의 트래픽 특성을 가지므로 트래픽이 많아질 경우 RREQ와 같은 제어 메시지가 싱크 방향으로 과도하게 집중되어 네트워크의 성능저하가 발생할 수가 있다.

MSN 환경에서 발생 가능한 트래픽 특성을 분류하기 위한 기준으로 트래픽 생성시의 동기화 여부와 트래픽 생성 주기를 사용할 수 있다. 먼저 동기화 여부는 각 센서 노드가 데이터를 생성 및 전송하는 시점이 서로 동기화 되어 있는지 혹은 독립적인지를 나타낸다. 예를 들어 모든 노드가 특정 시간에 수집한 데이터를 전송하는 응용에서는 동기 트래픽(synchronous traffic)이 생성되고, 침입 감지와 같이 각 노드가 임의의 시간에 개별적으로 데이터를 생성하여 전송할 수 있는 응용에서는 비동기 트래픽(asynchronous traffic)이 생성된다. 다음으로 트래픽의 주기성은 각 노드에서의 데이터 생성 시간이 주기성을 가지는 지 여부를 나타낸다. 정해진 시간 간격으로 센싱 데이터를 생성하는 경우에는 주기적인 트래픽(periodic traffic)을 생성하고 데이터 생성에 정해진 시간 간격이 없는 경우에는 임의의 트래픽(random traffic)이 생성된다. 위 두 분류 기준을 이용하여 MSN 환경에서의 트래픽 패턴을 동기-주기

적, 동기-비주기적, 비동기-주기적 및 비동기-비주기적의 4가지 형태로 나눌 수 있다.

MANET과 달리 MSN 환경에서는 모든 데이터가 싱크 노드로 향한다. 따라서 다수의 소스 노드가 존재한다면, 싱크 노드가 RREP 메시지를 각 소스 노드에게 개별적으로 전송하는 것보다 RREP를 한 번 플러딩하는 것이 각 소스 노드가 각자 RREQ를 플러딩하는 것을 방지하여 더 적은 제어 메시지로 경로를 설정할 수 있다. 이를 RREP Reactive Broadcast라 한다.

그런데 싱크 노드가 소스 노드의 RREQ 메시지에 RREP Reactive Broadcast로 응답하였다면 노드의 이동성이 증가하여 토폴로지의 변화가 빈번하다면, 각 소스 노드로부터 싱크 노드까지 향하는 경로가 유실되는 경우가 증가하고, 경로가 유실된 경우 소스 노드는 RREQ 메시지를 다시 발생시켜 경로를 재탐색한다. 이와 같이 싱크 노드가 RREP 메시지를 브로드캐스트 하였음에도 불구하고 경로 유지 시간(Route Timeout) 내에 RREQ 메시지가 다시 도착한다면 싱크는 노드의 이동성이 높은 것으로 간주하여 이후 추가적인 RREQ 메시지를 받지 않더라도 RREP 메시지를 브로드캐스트 하는데 이를 RREP Proactive Broadcast라 한다. 각 소스 노드는 경로 유실로 인한 RREQ 메시지 생성 전에, 혹은 RREQ 메시지가 네트워크 전체에 퍼지기 전에 RREP를 다시 전달받음으로써 경로를 복구할 수 있다.

TAR의 성능을 평가하기 위해 노드 수의 확장성을 중심으로 한 실험과 이동성을 중심으로 한 실험 결과를 살펴보면 발생한 제어 메시지의 수, 평균 패킷 전송 시간, 평균 에너지 잔량 측면에서 TAR이 AODV보다 더 높은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 각 항목에 대해 좀 더 자세히 살펴보면, 제어 메시지의 수의 경우 노드의 개수가 증가하거나 이동성이 심해질수록 제어 메시지 수의 차이가 많이 벌어지고 있는데, 특히 비동기-주기적인 패턴에서 TAR은 AODV에 비해 약 70% 적은 제어 메시지만으로 경로 설정 및 데이터 전송을 수행할 수 있다. 이는 각 소스 노드가 데이터를 순차적으로 발생시키기 때문에 계속적으로 경로 검색을 해야 하는 상황임에도 TAR에서는 한 번의 브로드캐스트로 다수의 소스 노드가 경로를 획득함으로써 인해 제어 메시지의 수가 적어지기 때문이다. 다음으로 전송 지연 측면에서 TAR이 AODV에 비해 최대 50% 개선된 성능을 보였다. 이는 RREP의 브로드캐스트를 통해 RREQ의 빈번한 전송으로 인한 대역폭 낭비 및 충돌에 따른 지연을 방지하고, RREQ가 싱크 노드에 도착하기 전에 RREP를 전송하여 빠른 시간 내에 경로 확보가 가능해지기 때문이다. 또한 TAR은 플러딩되는 제어 메시지가 적고 RREQ 패킷의 집중적인 발생으로 인한 패킷 충돌 증가 및 그에 따른 재전송 증가를 줄일 수 있기 때문에 전체 노드에서 소모하는 에너지를 AODV에 비해 65% 개선할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 AODV를 기반으로 하여 MSN환경에서 RREQ 및 RREP와 같은 제어 메시지를 최소화하고 이동성에 따른 토폴로지 변화에 빠르게 대응할 수 있는 TAR 프로토콜을 제안하였다. TAR은 RREP 메시지의 브로드캐스트를 통해 잠재적인 모든 소스 노드가 경로를 확보할 수 있도록 하는 RREP Reactive Broadcast를 제안하였고, 싱크 노드가 트래픽 패턴을 예측하여 RREQ 메시지가 싱크 노드에 도착하기 전에 미리 RREP를 브로드캐스트하여 경로를 갱신하는 RREP Proactive Broadcast를 제안하였다. TAR은 실험결과에서 볼 수 있듯이 제어 메시지를 최소화하여 대역폭의 낭비를 줄이고 각 노드의 불필요한 에너지 소모를 감소시킬 수 있다. 또한 추후 연구 시 경로 유지 시간을 트래픽 상황에 맞게 동적으로 조정하여 좀 더 MSN 환경에 최적화 된 라우팅 알고리즘을 고려해 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," RFC 2501, Jan. 1999.
- [2] C. Perkins, E. M. Royer, and S. Das, Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF RFC 3561, 2003