

센서네트워크에서의 비주기적 라우팅 메시지를 이용한 노드장애 관리 기법

선주호⁰ 정인범

강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
{jhseon, ibjung}@snslab.kangwon.ac.kr

Korea Information Science Society

Ju-Ho Seon⁰ In-Bum Jung

Dept. of Computer Information & Telecommunication Engineering, Kangwon National University

요 약

센서네트워크는 위험 지역에서의 데이터 수집 용도로 최근 각광받고 있는 기술이다. 하지만 위험한 지역에서는 그만큼 노드의 유실 위험이 크기 때문에 에러를 빠르게 복구시키기 위한 방법으로 네트워크의 자가 복구 능력과 데이터의 신뢰성을 높여야 한다. 기존의 멀티홉 라우팅은 다수의 노드 유실시 이에 효과적으로 대처하지 못한다. 이에 본 논문에서는 EARM을 제안한다. 다수의 노드가 유실되어 데이터 전송이 이루어지지 못하는 환경에서 비주기적 라우팅 메시지를 통해 빠른 시간에 네트워크를 복구한다.

I. 서 론

RF 송수신 장비와 센서를 결합한 센서 네트워크 기술은 대규모 네트워크를 통한 정보 수집을 목적으로 하는 홈 네트워크, 환경 정보수집, 지능형 빌딩과 같은 다양한 분야에 사용된다[1]. 최근에는 저 전력, 저 비용 통신 및 MEMS(MicroElectro Mechanical System) 기술의 발전으로 전력 소모가 더 적으면서도 성능이 뛰어난 센서노드

의 개발이 이루어지고 있어 적용분야는 점차 넓어지고 있다[2].

센서네트워크에서의 멀티홉 통신은 사람 대신 넓은 지역의 환경정보를 수집하기 위한 적합한 구조를 제공한다. 예를 들어, 센서네트워크의 멀티홉을 이용한 산불 화재감시 시스템에서는 화재에 대한 모니터링이 필요한 장소에 센서노드를 설치하여, 수집한 데이터를 바탕으로 산불의 진행방향과 규모 등을 알 수 있다 [3]. 하지만 센서노드는 자연환경에 설치되기 때문에 전원공급 차단 및 파괴에 대한 위험에 항상 노출되어 있다. 이러한 경우 일부 지역의 센서노드에 장애가 발

* 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

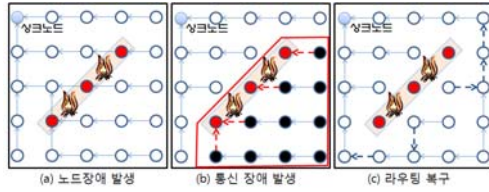


그림 1. 노드 장애로 인해 발생하는 문제점.

생하더라도 다른 노드로부터의 데이터 수신에는 문제가 없도록 하기 위한 자가 복구 능력과 데이터 신뢰성을 유지하기 위한 기법이 요구된다[4].

멀티홉은 트리 형태의 네트워크를 구성하기 때문에 부모 노드가 고장이나 전원공급 중단으로 인해 동작을 하지 못하는 경우 신속하게 새로운 경로를 찾지 못하면 자식 노드들이 전송한 모든 데이터를 잃게 된다. 그림 1의 (a)와 같이 센서노드의 주요 라우팅 경로에 발생한 산불로 인해 센서노드들이 유실된 경우 주변 노드들이 라우팅 경로를 빠르게 회복하여 수집된 필요한 정보를 싱크노드에 전송해야만 한다. 하지만 (b)와 같이 라우팅이 복구되지 못한다면 많은 노드로부터 전송된 데이터가 모두 유실되는 문제가 발생한다.

이러한 문제의 해결을 위해 본 논문에서는 EARM(Error Adapted Routing protocol for Multihop) 기법을 제안한다. EARM은 라우팅 테이블 갱신을 위한 라우팅 주기를 동적으로 변화시켜 주변 노드의 손실을 빠르게 감지하여, 노드장애로 인해 발생 가능한 데이터 손실을 줄여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구, 3장에서는 본 논문에서 사용된 EARM에 대해 알아본다. 4장에서는 실험환경과 실험결과를 통한 성능평가를, 5장에서는 결론과 향후연구를 통해 끝을 맺는다.

II. 관련연구

WMEWMA(Window Mean with EWMA)

MintRoute는 TinyOS에서 제공하는 기본 멀티홉 프로토콜이며 각 노드를 선택하는 역할을 하는 Estimator는 WMEWMA 기법을 사용한다[5].

EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)는 구조가 간단하여 동작 시 메모리를 적게 차지한다. EWMA는 최근 수신한 메시지일수록 cost를 높게 설정하여 라우팅 테이블에 최신 정보를 반영한다.

WMEWMA는 EWMA를 개선시킨 Estimator이며, 식 (1)과 같이 시간에 따른 메시지 평균 성공률을 계산한다. TinyOS는 Sliding-window 방식으로 데이터를 전송하는데 t 는 하나의 Window를 수신하는데 걸리는 시간이다.

$$\text{average success rate} = \frac{\text{Received Packets} \in t}{\max(\text{Expected Packets} \in t, \text{Received Packets} \in t)} \quad (1)$$

III. EARM

EARM은 부모노드의 손실을 빠르게 감지하여 이를 라우팅 주기에 반영함으로써 네트워크의 자가 복구 능력과 데이터의 신뢰성을 높인다.

MintRoute는 실제 데이터의 전송 유무와 관계없이 일정한 주기로 라우팅 메시지를 전송함으로써 라우팅 테이블을 구성한다. 이러한 방식의 동작구조는 간단하지만 시시각각 변하는 네트워크에 원활하게 적응하지 못한다는 단점이 있다.

EARM은 그림 2와 같이 동작하며, 자신이 수집한 데이터의 전송뿐만 아니라 다른 노드로부터 수신하여 부모노드로의 포워딩이 필요한 데이터에 대한 메시지의 전송 결과를 라우팅 구성에 즉각적으로 반영한다. 그리고 부모노드가 선택되

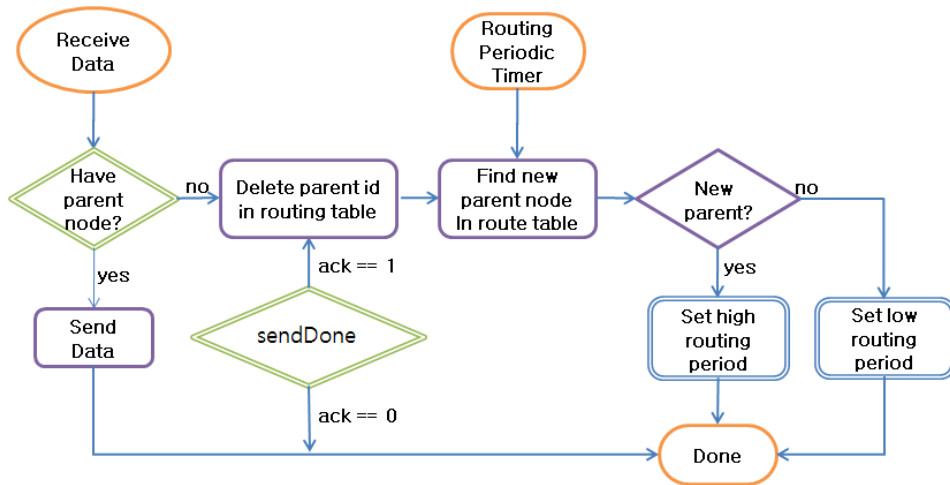


그림 3. EARM 동작구조.

지 않은 경우 빠르게 변경하고 선택이 끝나면 라우팅 주기를 느리게 설정함으로써 부모 노드 선택에 필요한 데이터를 수집한다.

각각의 노드는 Link-Quality를 반영한 cost와 hop-count를 이용하여 부모노드를 선택한다. 메시지의 전송이 실패하면 부모노드와의 연결이 정상적이지 않다는 것을 의미하기 때문에 새로운 부모노드를 다시 선택해야 한다. 라우팅 테이블은 수신한 메시지의 패킷 정보 및 라우팅 메시지를 확인하여 갱신하는데, 특히 라우팅 메시지의 정보는 브로드캐스팅 방식으로 메시지이기 때문에 주변 노드들에 대한 정보를 얻어 라우팅 테이블을 구성하는데 중요한 자료가 된다.

EARM은 다음과 같은 경우일 때 부모 노드에 장애가 발생한 것으로 판단한다.

- sendDone 이벤트에서 메시지 전송 실패에 해당하는 ack를 수신한 경우
- 포워딩 메시지 전송 시 부모노드가 설정되어 있지 않은 경우
- 라우팅 테이블에 더 좋은 Estimation cost를 갖는 노드가 있는 경우

EARM은 부모노드에 장애가 발생한 경우 다음과 같은 순서로 새로운 부모노드를 설정한다.

- ① sendDone의 ack값이 0 혹은 포워딩 메시지 전송 시 부모노드 미 발견
- ② 이전 설정된 부모노드를 라우팅 테이블에서 삭제
- ③ 라우팅 테이블에서 새로운 노드를 검색
- ④ 새로운 부모노드를 발견하지 못하면 Low Routing Period 설정, 라우팅 주기마다 ③번과정 반복
- ⑤ 새로운 노드를 발견하면 라우팅 주기를 원래대로 복구

IV. 성능평가

1. 실험 환경

본 논문에서 제안하는 EARM 기법의 성능을 평가하기 위하여 센서네트워크를 위한 컴포넌트 방식의 운영체제인 TinyOS와 시뮬레이터인 TOSSIM·TinyViz, 스크립트 언어인 Tython을 이용하였다. Tython은 TOSSIM에서 사용되는 Java와 Python으로 구성된 스크립트 언어이며 TOSSIM과 연동하여 모트의 전원을 끄거나 센서 어플리케이션의 변수를 얻어오는 등 다양한 기능을 제공한다.

실험은 그림 3과 같은 12 × 12 노드 크기의 시뮬레이션 환경에서 실시하였다. 각 노드의 통신거리는 가로, 세로 각각

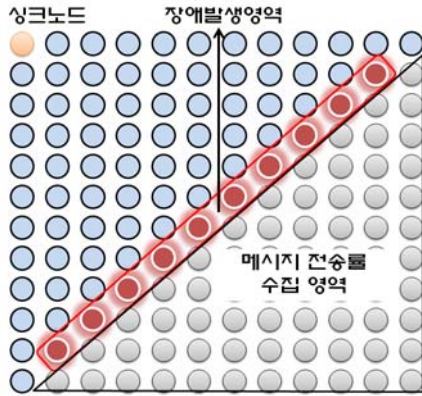


그림 4. 실험환경.

1 hop의 거리로 설정하여 대각선 방향으로의 전송이 이루어지지 않도록 하였다. 그리고 일정시간이 지나면 장애발생영역의 노드 전원을 Off하여 어떠한 경로로 전송이 이루어지는지 알아보았다.

2. 실험결과

다음은 시뮬레이션 시작부터 라우팅이 안정화될 때까지, 그리고 노드 장애 발생시, 라우팅이 어떻게 이루어지는지에 대한 실험결과이다.

가. 선택된 부모노드 수

그림 4, 5는 MintRoute와 EARM에서의 시간에 따른 선택한 부모노드 수의 차이를 나타낸 그래프이다. 그림 4는 시뮬레이션 시작부터의 시간에 따른 선택 부모노드 수에 대한 결과이다. EARM에 비해 MintRoute는 부모노드 선택에 오랜 시간이 소요된다는 것을 알 수 있다. EARM은 부모 선택이 되지 않은 경우 빠른 라우팅 주기를 이용하여 부모노드의 선택을 완료하기 때문이다.

그림 5는 노드장애가 발생한 경우 선택 부모노드에 대한 결과이다. MintRoute는 노드장애 개수인 10개를 뺀 개수만큼의 변화밖에 나타나지 않았지만 EARM은 108까지 선택된 부모노

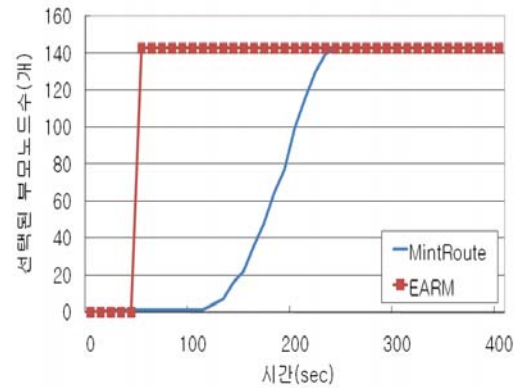


그림 5. 시간에 따른 선택 부모노드 수 (0~400초).

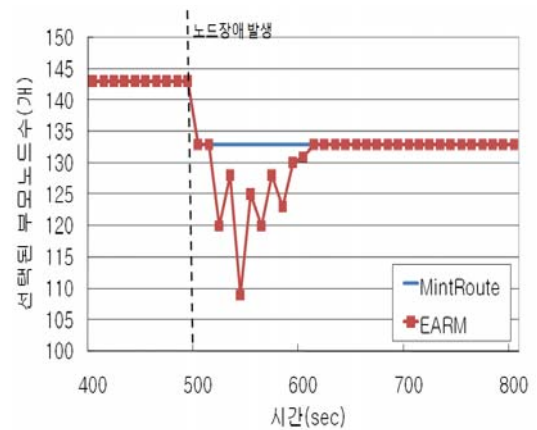


그림 6. 시간에 따른 선택 부모노드 수. (400~800초).

드의 수가 낮아지지만 서서히 상승하여 MintRoute와 같이 133개의 부모노드가 설정된 결과를 볼 수 있다. 이 결과로는 EARM의 성능이 나쁜 것으로 생각되지만 그림 7의 메시지 전송률에서는 오히려 높게 결과가 나타나는 것을 볼 수 있다. MintRoute를 사용하면 많은 노드에 장애 발생시 에러를 제대로 감지하지 못하고 잘못된 부모노드를 선택하기 때문에 메시지 전송률이 낮게 나타났다.

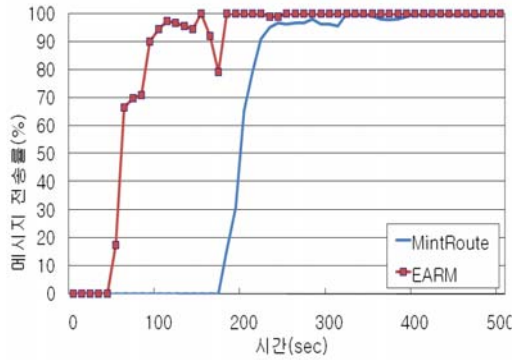


그림 7. 시간에 따른 메시지 전송률
(0~500초).

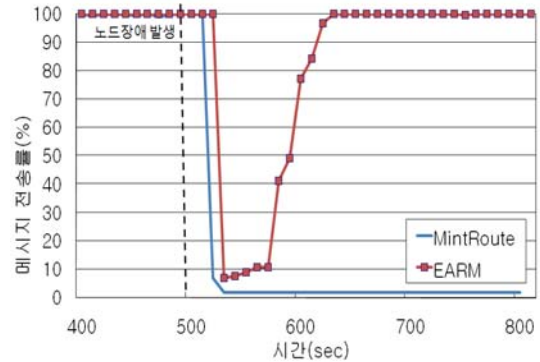


그림 8. 시간에 따른 메시지 전송률
(400~800초).

나. 메시지 전송률

그림 6, 7은 시간에 따른 메시지 전송률을 나타낸다. 메시지 전송률은 그림 3의 메시지 전송률 수집 영역 내의 존재하는 노드만을 대상으로 한다.

그림 7은 시뮬레이션이 시작되고 라우팅이 안정화되는 시간까지의 메시지 전송률이다. MintRoute의 메시지 전송률은 대략 170초부터 서서히 높아지는데 선택된 부모노드수와 연관이 있다. 부모노드가 선택되지 않았을 때는 싱크노드가 노드로부터 데이터를 수신하지 못하다가 라우팅 경로가 설정되면서 전송률이 서서히 높아지기 시작한다. EARM은 노드들이 부모노드를 선택하는데 적은 시간이 소요되기 때문에 메시지 전송률 또한 적은 시간부터 높게 나타난다.

그림 8은 노드장애가 발생하는 경우에 대한 메시지 전송률이다. 500초에서 노드장애를 발생시켰을 때, MintRoute는 메시지 전송률이 0으로 떨어지고 나서 다시 회복하지 못하였다. 하지만 EARM은 메시지 전송률이 낮아지지만 부모노드의 선택이 끝나는 시점부터 메시지 전송률이 회복되어 네트워크의 자가 복구 능력과 데이터의 신뢰성 측면에서 뛰어난 성능을 발휘하는 것을 볼 수 있다.

V. 결론 및 향후연구

센서네트워크가 다양한 분야에서 사용되면서 시스템에 대한 요구사항도 다양해지고 있다. 센서 노드가 사용되는 환경은 지금보다 더욱 나빠질 수 있으며 이를 위해 네트워크의 자가 복구 능력과 데이터의 신뢰성을 높여야 한다.

일반적인 센서네트워크 라우팅 알고리즘은 소량의 노드 손실이 발생한 경우 네트워크 복구에 큰 문제가 생기지 않는다. 하지만 본 논문의 실험환경과 같은 극단적으로 좋지 않은 환경에서는 네트워크 마비로 인해 자칫 큰 문제가 발생할 수 있다. EARM은 이러한 노드의 장애로부터 데이터 손실을 줄여, 긴급한 상황에 네트워크 문제로 인해 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있다.

향후에는 네트워크의 오버헤드를 줄이고자 적은 라우팅 메시지를 이용하여 자가 복구 능력을 향상시키는 방안을 연구 하겠다.

관련연구

- [1] IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee, <http://www.ieee802.org>.
- [2] B. A. Warneke and S. J. Pister, "MEMS for Distributed Wireless

Sensor Networks", 9th IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems.

- [3] C. Hartung, C. Seielstad, S. Holbrook and R. Han, "FireWxNet: A Multi-Tiered Portable Wireless System for Monitoring Weather Conditions in Wildland Fire Environments", Fourth International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys), 2006, pp. 28-41.
- [4] A. Woo, T. Tong and David Culler, "Taming the Underlying Challenges of Reliable Multihop Routing in Sensor Networks", SenSys '03: Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems
- [5] A. Woo, T and David Culler, "Evaluation of Efficient Link Reliability Estimators for Low-Power Wireless Networks", UC Berkeley Technical Report, November 2002