

모바일 센서 네트워크에서 거리 기반 경로배정 메커니즘

(Distance-based Routing Mechanism in Mobile Sensor Networks)

김준형*, 박정현*, 이성근**, 고진광***

(Jun Hyoung Kim, Jung Hyeon Park, Sung Keun Lee, Jin Gwang Koh)

요약

센서노드의 이동성 허용은 센서 네트워크의 효율적인 설계 및 시스템 성능 향상에 기여할 수 있다. 하지만, MAC 프로토콜 및 라우팅 프로토콜에 많은 기능적 변화가 필요하다. 특히, 노드 이동성을 고려한 에너지 효율적인 전송 메커니즘에 대한 연구가 매우 중요하다. 본 논문은 모바일 센서 네트워크 환경에서 센서노드가 싱크노드를 향하여 데이터를 전달할 때 인접 노드들의 거리 정보에 따라 다음 노드를 결정하고, 이를 토대로 거리에 따른 전송 출력을 적절히 제어하는 메커니즘을 제안한다. 시뮬레이션 방법을 통한 성능분석 결과, 본 논문에서 제안한 메커니즘이 평균 에너지 소모량, 네트워크 수명 등의 성능 지표에 대해 기존 최단 홉 라우팅 방식보다 에너지 효율을 향상시킨 것으로 분석되었다.

■ 중심어 : 모바일 센서 네트워크; 거리 기반 전송 메커니즘; 센서노드 이동성; 모바일 라우팅 메커니즘

Abstract

Mobility of the sensor networks proposed a new way to the efficient design of sensor networks and improvement of network system performance. Mobility results in a number of functional changes in the MAC protocol and routing protocol. Especially, the mobility of the nodes may occur the increase of the overhead of transmission or disconnection of the link. Therefore, the study of the energy efficient transmission is very important in mobile sensor networks. This paper proposed adaptive transmission mechanism on the distance-based power control. The proposed mechanism was analyzed better than conventional method in the average energy consumption and network life by simulation results.

■ keywords : Mobile sensor networks, Distance-based transmission mechanism, Mobile sensor nodes, Mobile routing mechanism

I. 서론

대부분의 센서 네트워크는 센서노드들이 정적이거나 아주 제한된 범위에서의 이동이 가능하다[1]. 최근 센서 네트워크의 실제적인 운용 환경과 가축 생장 모니터링 등 새로운 응용 서비스의 출현으로 싱크노드뿐만 아니라 센서노드의 이동성을 허용하는 모바일 센서 네트워크의 필요성이 제기되었다. 모바일 센서 네트워크의 대부분은 싱크노드 이동성에 집중되어 있었으나, 최근들어 가축 생장 모니터링, 재난 복구 서비스 등의 사용자 요구에 따라 센서노드 이동성에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다[2]. 싱크노드 뿐만 아니라 센서노드의 이동이 가능할 경우에 네트워크 수명 연장, 정밀한 정보 획득 등의 여러 가지 장점을 가지고 있지만, 몇 가지 해결해야 할 기술적인 문제점이 제

기된다[3]. 센서 네트워크에서 이동성을 지원하기 위해서는 데이터 링크 계층 및 라우팅 계층의 기능에 상당한 변화를 필요로 한다. 즉, 각 개별적인 노드들의 이동이 이웃 노드에 영향을 주지 않고, 무선 통신 매체를 공유하여 지속적인 정보 전송이 가능해야 하기 때문이다[4]. 또한 이동성을 고려한 에너지 효율적인 전송 메커니즘에 대한 연구도 필요하다.

본 논문에서는 각각의 이동 센서노드들이 싱크노드를 향하여 데이터를 전달할 때 인접 노드들의 거리 정보에 따라 다음 노드를 결정하고, 이를 토대로 거리에 따른 전송 출력을 적절히 제어하는 메커니즘을 제안한다. 수학적 모델링을 통하여 제안한 메커니즘의 성능을 예측하고, 시뮬레이션 방법을 이용하여, 평균 에너지 소모량, 네트워크 수명 등의 성능 지표에 대해 기존 최단 홉 라우팅 방식과 성능 비교를 수행한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 모바일 센서 네트워크의 전송 메커

* 학생회원, 순천대학교 멀티미디어공학과

** 정회원, 순천대학교 멀티미디어공학과 (교신저자)

*** 평생회원, 순천대학교 컴퓨터공학과

이 논문은 2014년 순천대학교 학술기반조성비로 연구되었음

접수일자 : 2015년 11월 26일

수정일자 : 2016년 03월 22일

게재확정일 : 2016년 03월 28일

교신저자 : 이성근, e-mail : sklee@sunchon.ac.kr

니즘에 대한 관련 연구를 분석하고, 3장에서는 거리에 따른 경로 배정 메커니즘을 제안하고, 수학적 모델링을 통하여 동작과정에 대해 설명한다. 4장에서 제안한 메커니즘에 대해 시뮬레이션 방법에 의한 성능 평가 및 결과 분석을 수행하고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

기존 센서 네트워크에서도 노드의 고장과 배터리의 방전에 기인하여 네트워크 토폴로지의 변화가 발생한다. 이러한 변화를 약한 이동성(weak mobility)이라고 하며, 대부분의 MAC 프로토콜은 이러한 수준의 네트워크 구조 변화를 적절히 처리할 수 있다. 상당한 지연이 존재하는 것이 단점이지만, 약한 이동성은 자주 발생하지 않기 때문에 큰 문제를 발생시키지 않는다[5].

강한 이동성(strong mobility)은 노드의 물리적인 이동 뿐만 아니라 노드의 추가와 고장으로 인하여 발생되며, 이를 인하여 네트워크 토폴로지의 변화가 불가피하다. 센서 노드들의 물리적인 이동은 노드가 부착된 사물(객체) 또는 사람의 움직임에 기인하며, 센서노드가 바람, 물, 공기 등의 외부적인 힘에 의해 움직이게 될 때에도 발생한다. 모바일 센서 네트워크는 이동성의 주체에 따라 싱크노드 이동성 네트워크와 센서노드 이동성 네트워크로 분류된다. 싱크노드 이동성 네트워크는 모든 센서노드들은 고정되어 있으며, 싱크노드만이 이동이 허용되는 구조로서, 센서노드들의 에너지 소비를 균등하게 하고, 네트워크 수명을 향상시킬 수 있다[5]. 싱크노드 이동성은 네트워크 프로토콜 설계에 영향을 미치는데, 특히 모든 통신의 최종 목적지인 싱크노드의 위치가 달라지므로, 이를 적용할 수 있는 라우팅 프로토콜이 요구된다.

센서노드 이동성 네트워크는 센서노드들의 이동이 허용되는 구조로서 MAC 프로토콜의 구조에 많은 변화가 필요하다. 각 개별적인 노드들의 이동이 이웃 노드에 영향을 주지 않고, 동적 이면서 끊기지 않고 무선 통신 매체를 공유하여 사용할 수 있어야 하기 때문이다. 또한, 이동성은 이미 설정된 링크의 질을 저하시킬 수 있으므로, 데이터 전송이 실패할 가능성이 있고, 패킷의 재전송률이 증가하게 된다. 이동성은 빈번한 경로 변화를 나타내기 때문에 상당한 양의 패킷 전달 지연을 초래될 수 있다. 이동한 센서노드는 네트워크에 접속된 후 곧바로 데이터를 전송할 수 없다. 왜냐하면, 이웃노드들이 이동한 노드의 존재를 발견하고, 연결 정보 설정에 필요한 라우팅 메시지의 교환을 위한 지정된 절차와 시간이 필요하기 때문이다. CSMA/CA 와 같은 경쟁기반 MAC 프로토콜에서 이동성은 패킷 충돌을 증가시킬 수 있다. 스케줄 기반 MAC 프로토콜에서는 하나의 노드가 들어오거나, 나가는 경우에 두 개의 흐름에 위치한 이웃 노드 정보가 일치하지 않아서, 스케줄 불일치 현상이 나타날 수 있다[6].

Qian Dong 등이 이동성을 인지한 MAC 프로토콜에 대한 분석을 수행하였고, 각각의 이동성 지원 MAC 프로토콜의 장단점을 비교하였다[6]. 선행연구 [7]에서는 싱크노드의 이동성을 지원하는 라우팅 프로토콜의 설계 이슈에 대해 분석하고, 라우팅 기법을 비교 분석하였고, 효율적인 라우팅을 위한 연구 방향을 제시하였다. Can Tunca 등은 분산 모바일 싱크 라우팅 개념을 제시하였고, 현재의 주요 라우팅 프로토콜의 동작원리에 대해 분석하고, 각각의 프로토콜에 대해 장단점을 나타내었다[8].

III. 거리 기반 라우팅 메커니즘 제안

1. 기본 동작 개요

기존의 무선 센서 네트워크 환경에서 사용된 전송 메커니즘을 모바일 센서 네트워크에 그대로 적용하기에는 몇가지 문제점이 존재한다. 센서노드가 이동할 때마다 경로가 바뀌어야 하고, 이로 인한 여러가지 변수들이 존재하기 때문이다. 또한 센서노드가 갑자기 네트워크 체한 범위를 넘어버려 고립되는 경우가 생길 수도 있다. 본 논문의 모바일 센서 네트워크는 고정된 센서노드와 이동 센서노드가 공존하는 네트워크로 고려하였고, 이동 센서노드는 최소 하나 이상의 노드와 통신이 가능하도록 설계하여 고립이 발생하는 상황을 방지한다. 모바일 센서 네트워크의 특성상 센서노드들이 임의로 이동이 가능하므로, 노드들 간의 거리는 가까워지기도 하고 멀어지기도 한다. 그림 1은 다음 노드와의 거리를 고려한 통신 반경을 보여준다. 센서노드의 최대 전송 범위를 $2R$ 이라고 가정할 때, 노드 A에서 노드 B까지는 R 반경, 노드 C까지는 $2R$ 반경, 노드 D까지는 $3R$ 반경으로 표기하고 거리의 비는 $1:2:3$ 이다. 노드가 패킷을 전송할 때는 전방향성 전자기파의 특성상 목적노드까지의 전파가 도달하여야 한다. 노드 A 에서 노드 B, C, D로 패킷을 전송할 때, 각각 필요 에너지는 B, C, D 까지의 거리에 도달할 수 있는 전력을 의미한다. 일반적으로 거리에 따른 전력 소비는 거리의 세제곱에 비례하는 것으로 간주한다[2].

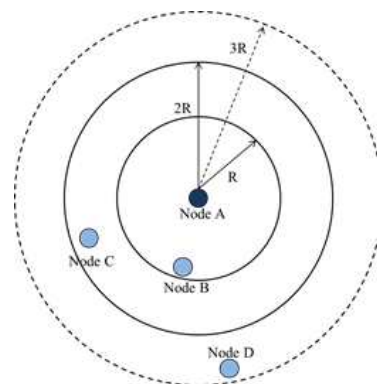


그림 1. 센서노드의 통신 반경

따라서 전송에 필요한 에너지 비율은 1:8:27 이다. 만일 통신 반경에 따른 출력 에너지를 조정한다면 센서 노드들의 에너지 자원을 절약할 수 있으며, 센서 네트워크의 동작 수명도 연장시킬수 있는 효과를 기대할 수 있다.

2. 거리기반 경로배정 메커니즘 제안

그림 2는 소스 센서노드에서 싱크노드까지의 두 가지 경로를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 통신 경로를 경로 A 라 설정하고, 최단 경로 알고리즘을 적용한 경로를 경로 B 라고 한다. 식 (1)과 (2)는 각각 경로 A와 경로 B의 데이터 전달 단계를 의미한다.

$$N_1 \xrightarrow{d_1^1} N_6 \xrightarrow{d_6^6} N_7 \xrightarrow{d_{sink}^7} N_{sink} \quad (1)$$

$$N_1 \xrightarrow{d_2^1} N_2 \xrightarrow{d_3^2} N_3 \xrightarrow{d_4^3} N_4 \xrightarrow{d_5^4} N_5 \xrightarrow{d_{sink}^5} N_{sink} \quad (2)$$

N_i 는 이동 센서노드, N_{sink} 는 싱크노드, d_y^x 는 x 노드에서 y 노드까지의 거리를 각각 나타낸다. 경로 A는 4개의 센서노드를 경유하여 싱크노드에 도달하고, 경로 B는 2개의 센서노드를 거쳐서 싱크노드에 도착한다. 하나의 홉을 경유하는데 소비되는 에너지가 동일한 경우에는 경로 A의 에너지 사용이 더 많아진다. 따라서 기존의 통신 방법은 주로 데이터가 거쳐 가는 노드의 수, 즉 홉의 개수를 최소화하는 경로설정 방식을 적용하였다. 본 논문에서는 인접 노드의 거리 정보를 고려하여 경로를 선택하고, 거리에 따른 전송 출력 조정하므로써 전체 에너지 소모를 줄일 수 있는 메커니즘을 제안한다.

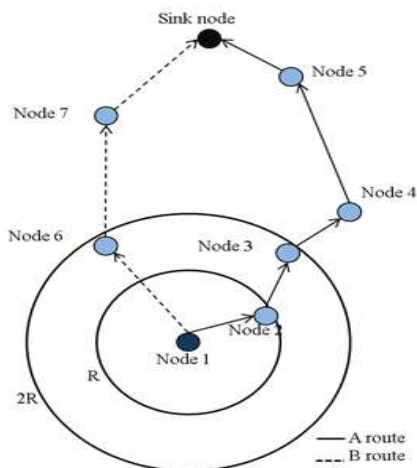


그림 2. 두 가지 경로 설정 방식 비교

그림 2에서 기본적으로 설정된 노드 1의 전송 반경은 2R 이다. 2R 반경까지 전자기파를 도달시키기 위한 출력 에너지는 185uJ로 가정한다. 최단 홉 알고리즘을 적용할 경우 싱크노드

까지의 3개의 링크를 통해 전송되므로 총 555uJ 의 에너지가 소비된다. 제안 메커니즘은 다음과 같이 동작된다. 2R 반경 내에 1/2 범위를 R 반경으로 설정한다. 여기서 R 반경 노드는 거리 R 이내에 포함되는 노드이고 2R 반경 노드는 거리 R 보다 멀지만 2R 거리 내에 존재하는 노드들을 의미한다. R 반경 내에 있는 노드에게 전송할 경우, 출력 에너지는 185uJ의 1/8 인 23.125uJ 가 필요하다. 따라서 R 반경 내에 속한 노드를 네 번 거쳐가고, 2R 반경 노드를 1회 경유하므로 이론적으로 소비되는 전체 에너지는 277.5uJ 이다. 본 논문에서는 기본적인 센서의 전송 반경을 2R로 설정하고 1/2거리를 R반경으로 간주하여 2개의 반경으로 제한하였지만, 실제 적용시에는 네트워크 배치 상황에 따라 더 세분화 할 수 있다.

그림 2를 참조하여 라우팅 과정을 수학적으로 설명하면 다음과 같다. 센서노드의 이동이 발생했을때, 해당 노드의 전송 범위에 있는 관련 노드들은 서로 Hello 패킷을 주고 받으며 노드정보 및 위치 정보 등 라우팅에 관련된 정보를 교환한다 [9]. 전송할 데이터가 있는 1번 센서노드는 기본 전파범위에 포함된 노드 2, 노드 3, 노드 6 의 거리 정보를 활용하여 식(3) 같이 거리집합 정보를 구한다.

$$N_1 = \{d_2^1, d_3^1, d_6^1\} \quad (3)$$

2R반경을 초과하여 위치한 센서노드는 최대 통신 거리를 초과한 것으로 간주하고, 거리집합에서 제외된다. N_1 은 1번 노드를 의미한다. d_2^1 는 1번 노드에서 2번 노드까지의 거리이고, d_3^1 은 1번 노드에서 3번노드까지 거리이다. 이것을 각각의 센서노드에 적용하면, 식(4)와 같은 집합들을 얻게 된다.

$$\begin{aligned} N_1 &= \{d_2^1, d_3^1, d_6^1\} \\ N_2 &= \{d_1^2, d_3^2, d_4^2\} \\ &\vdots \\ N_n &= \{d_x^n, d_y^n, d_z^n \dots\} \end{aligned} \quad (4)$$

R 반경을 임계치로 설정하여 재배열하면 식(5)와 같이 나열될 수 있다.

$$d_{a_1}^n \leq d_{a_2}^n \leq \dots \leq R \leq \dots \leq d_{a_x}^n \quad (5)$$

식(5)는 거리 집합의 각 값들이 임계치 R을 통해 R반경과 2R반경 내의 센서노드로 나뉘어 진 것을 의미한다. 이 값을 참조하여 거리 정보 테이블에 순차적으로 기록한다. 다음 노드를 선택하기 위해 싱크노드에 도달 가능한 거리 정보도 필

수적으로 활용된다. 노드들은 초기에 싱크노드로부터 전송된 브로드캐스팅 메시지를 기준으로 싱크노드와 가까운 노드를 순서대로 파악할 수 있다[10]. 그 이후 센서노드가 이동할 경우 주변 노드들과 메시지를 주고 받으며 상대적으로 멀어지고 가까워지는 위치 정보를 파악할 수 있다. 그리고 그림 3과 같은 특정한 네트워크 상황을 고려할 필요가 있다. 노드 1의 관점에서 볼때, R반경 내에 노드 2, 2R반경 내에 노드 3이 각각 위치한다. 싱크노드가 위쪽에 있다고 가정할 때, 제안한 메커니즘을 적용하면 노드 2가 다음 노드로 선택된다. 하지만 노드 2의 다음 노드인 노드 3은 노드 2와 2R반경 내에 위치한다. 즉, 다음 노드가 R반경 내에 속한 노드일지라도, 다음 노드의 다음 경로가 2R반경 내에 있다면 결국 불필요한 전송이 이루어지기 때문에 처음부터 2R반경 내의 노드로 전송해야 더 효율적일 수 있다. 따라서 경로를 배정할 때 다음 노드의 거리 정보 테이블을 고려하여야 한다. 각 노드들은 지금까지 언급한 세 가지 고려사항을 기반으로 경로를 설정한다.

먼저, 2R 반경 노드가 존재할 때 2R 노드 중 싱크노드와 가장 가까운 노드와 그 다음으로 가까운 노드를 선택하고, R 반경 노드가 있는지 검사한다. 없을 경우 선택한 가장 가까우면서 잔량 에너지가 가장 많은 노드로 전송한다. R 반경 노드가 있을 경우 그 노드의 R 반경 라우팅 테이블을 참조하여 선택해 놓은 2R 노드가 있는지 검사하고 없을 경우 선정된 2R 노드로 전송하고, 있을 경우에는 해당 노드로 전송한다.

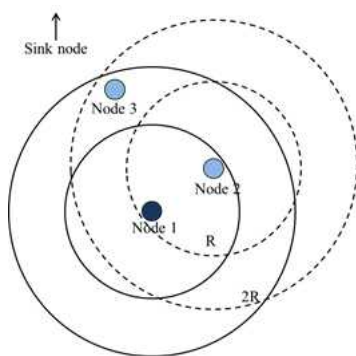


그림 3. 비효율적인 전송 상황

IV. 실험 및 성능 분석

본 장에서는 제안한 모델의 타당성 검증을 위해 시뮬레이션 방법으로 성능 평가 및 분석을 수행하였다. 시뮬레이션은 Visual Studio 2010 환경에서 C++로 제작되었다.

4.1 시뮬레이션 구성 및 환경

시뮬레이션을 위한 네트워크 구성은 19x19 크기의 매트릭스 형태로 구성하였고, 64개의 고정된 센서노드와 30개의 이

동 센서노드를 무작위로 배치하였다. 고정 센서노드 중 가장 왼쪽 위에 존재하는 노드를 소스노드로 지정하였고, 가장 오른쪽 밑 노드를 싱크노드로 설정하였다. 네트워크 혼잡도 설정을 위해 백그라운드 트래픽 노드를 배치하였다. 전송 에너지는 R반경으로 보낼때와 2R반경으로 보낼 때 차이를 두었다. 소스노드는 실험 결과를 얻기 위한 패킷을 생성하는 노드이다. 싱크노드는 패킷들의 최종 목적지 노드로서, 모든 패킷들은 싱크노드로 전달된다. 백그라운드 트래픽 노드는 네트워크의 혼잡도를 설정하기 위한 노드로서 일정 주기마다 패킷을 생성한다. 나머지 노드들은 중계 노드이며 고정 센서노드와 이동 센서노드로 나뉜다. 시뮬레이션은 지정 시간 모드와 생명 주기 모드로 실행 할 수 있으며, 지정 시간 모드는 지정된 시간동안 구동시킨 뒤 싱크노드에 도착한 패킷들의 정보를 출력한다. 생명 주기 모드는 존재하는 노드들 중 에너지가 0이되는 노드가 나타날 때 까지 구동된 후 결과를 출력한다. 시뮬레이션 실행 전 소스노드와 백그라운드 트래픽 노드의 패킷 생성 주기를 설정한다. 초기에 각각의 노드들은 싱크노드로부터 수신된 브로드캐스트 메시지를 통해 싱크노드와 가까운 노드를 알고 있다고 가정하며, R 노드 테이블과 2R 노드 테이블을 각각 구축한다. 시뮬레이션 동안 이동 센서노드들은 일정 시간마다 한번씩 상, 하, 좌, 우 중에서 이동 가능한 곳을 파악하여 랜덤으로 이동한다.

표 1은 시뮬레이션에서 사용된 환경 변수 값을 나타낸다.

표 1. 시뮬레이션에서 사용된 변수와 설정 값

매개변수	설정 값
네트워크 크기	(0, 0)~(360, 360)
싱크노드 위치 좌표	(320, 320)
소스노드 위치 좌표	(40, 40)
백 그라운드 트래픽 노드	(3, 3) ~ (15, 15) (홀수만)
고정 노드의 수	64
이동 노드의 수	30
전송 범위	R1, R2
초기 노드 에너지	1J
R 반경 전송 에너지 소모	46uJ
2R 반경 전송 에너지 소모	185uJ
수신 에너지 소모	83uJ
대기 에너지 소모	64uJ
시뮬레이션 시간	100MS

4.3 시뮬레이션 결과 분석

실험은 최단 홉 알고리즘과 제안한 메커니즘의 평균 에너지 소모량, 네트워크 수명에 대해 비교 분석하였다. 시뮬레이션의 소스노드와 백그라운드 트래픽 노드의 패킷 생성 주기를 변경하면서 진행하였고, 10% 혼잡도부터 80% 까지 설정하였다.

그림 4는 평균 에너지 소모량을 나타낸 그래프이다. 군 에너지 소모량에서는 네트워크 혼잡도가 80%일 때 총 100개의 패킷을 전송했고 제안 메커니즘은 117,120uJ, 최단 홉 알고리즘은 220,150uJ의 에너지를 소모했다. 제안 메커니즘이 평균적으로 약 46% 정도의 에너지를 절약하였고 에너지 효율적으로 뛰어난 것으로 분석된다. 그림 5에 네트워크 수명에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 네트워크 수명에서는 혼잡도가 10%일 때 제안 메커니즘은 3,346초, 최단 홉 알고리즘은 2,250초로 최대 33% 증가된 네트워크 수명을 가지는 것으로 나타났다. 센서노드의 패킷 전송 에너지 소모가 감소하므로 궁극적으로 전체 네트워크 수명을 증가시키는 결과를 가져왔다. 시뮬레이션 결과 분석을 통해, 제안한 메커니즘의 라우팅 방법이 에너지 소비를 개선하는 것으로 나타났다.

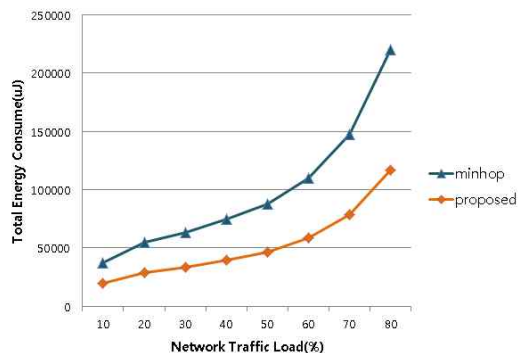


그림 4. 평균 에너지 소모량 그래프

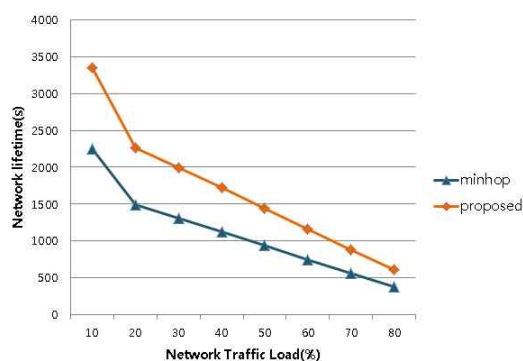


그림 5. 네트워크 수명 그래프

V. 결 론

본 논문은 모바일 센서 네트워크에서 노드간의 거리와 라우팅 정보를 고려하여, 전송 에너지를 조절하는 적응적 전송 메커니즘을 제안하였다. 대부분의 센서 네트워크는 고정된 전송 출력 모델을 적용하여 라우팅을 수행하므로, 노드의 이동성이 빈번하게 발생하게 되는 모바일 센서 네트워크 환경에서

는 불필요한 전송 에너지가 낭비되거나 또는 센서 노드가 고립되는 현상이 발생할 수 있다. 본문에서 제시한 바와 같이 센서 필드에서 센서의 출력을 거리에 맞게 단계적으로 조정한다면 상당한 출력에너지를 줄일 수 있음을 보였다. 평균 에너지 소모량에서는 제안 메커니즘이 평균적으로 약 46% 정도의 에너지를 절약하였고, 네트워크 수명에서는 혼잡도가 10%일 때 제안 메커니즘이 최대 33% 증가된 네트워크 수명을 가지는 것으로 나타났다.

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음”
(IITP-2015-H8601-15-1007)

References

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su et al., "A survey on sensor networks", IEEE Communications Magazine, 2002
- [2] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks", The Journal of Computer Networks, Vol. 51, No. 4, pp. 921-960, 2007.
- [3] M. D. Francesco, S. K. Das, and G. Anastasi, "Data collection in wireless sensor networks with mobile elements: A Survey", ACM Trans. Sensor Networks, vol.8 no. 1, pp. 1-31, 2011.
- [4] R. Jaichandran, A. Irudhayaraj, and J. Raja, "Effective strategies and optimal solutions for hot spot problem in WSNs", in Information Sciences Signal Processing and their Applications (ISSPA), 2010 10th Int. Conf. on, pp. 389 - 392. 2010.
- [5] W. Liang, J. Luo, and X. Xu, "Prolonging network lifetime via a controlled mobile sink in WSN", in Global Telecommunications Conf. (GLOBECOM 2010), IEEE, pp. 1-6, 2010.
- [6] Q. Dong, and W. Dargie, "A Survey on Mobility and Mobility-Aware MAC Protocol in Wireless Sensor Networks", IEEE Communication Survey & Tutorials, pp. 88-100, 2013.
- [7] V. Safdar, F. Bashir et al, "A Hybrid Routing Protocols for Wireless Sensor Networks with Mobile Sinks : A Survey", Wireless and Pervasive Computing(ISWPC), 7 th Int. Sym., 2012.
- [8] C. Tunca, S. Isil, and M. Donmez, "Distributed Mobile Sink Routing for Wireless Sensor Networks : A Survey", IEEE Communication Survey & Tutorials, pp. 877-897, 2014.

- [9] A. Marwan Al-Jemeli, and A. Hussin, "An Energy Efficient Cross-Layer Network Operatoion Model for IEEE 802.15.4-Based Mobile Wireless Sensor Networks", IEEE Sensor Journal, Vol. 15. No. 2, Feb. 2015.
- [10] Y. J. Jang, S. Y. Bae and S. K. Lee, "An Energy Efficiency Routing Algorithm in Wireless Sensor Networks", Future Generation Information Technology Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7105, pp. 183-189, 2011.

저 자 소 개

**김준형(학생회원)**

1998년 고려대학교 수학과 학사 졸업
 2015년 순천대학교 대학원
 멀티미디어공학과 석사 졸업
 현재 순천대학교 대학원
 멀티미디어공학과 박사과정
 <주관심분야 : 센서 네트워크, IoT 프
 로토콜, 농식품 ICT 응용>

**박정현(학생회원)**

2014년 순천대학교 멀티미디어공학과
 학사 졸업
 현재 순천대학교 대학원
 멀티미디어공학과 석사과정
 <주관심분야 : 센서 네트워크, 멀티미
 디어 통신, 농식품 ICT 응용>

**이성근(정회원) : 교신저자**

1985년 고려대학교 전자공학과 학사
 졸업.
 1987년 고려대학교 대학원 전자공학
 석사 졸업
 1995년 고려대학교 대학원 전자공학
 박사 졸업
 현재 순천대학교 멀티미디어공학과
 교수

<주관심분야 : 무선 센서 네트워크, IoT 프로토콜, 농
 식품 ICT 응용, 인터넷 QoS>

**고진광(종신회원)**

1982년 홍익대학교 컴퓨터공학과 학
 사,
 1984년 홍익대학교 대학원 컴퓨터공
 학과 석사,
 1987년 홍익대학교 대학원 컴퓨터공
 학과 박사

현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

<주관심분야 : 데이터베이스, 농업IT, 유비쿼터스 센서
 네트워크, 빅데이터>