

논문 2009-46CI-3-14

# 모바일 싱크노드를 갖는 무선 센서 네트워크에서 동적 지역 업데이트 기반의 라우팅 프로토콜(D-LURP)

(Dynamic Local Update-based Routing Protocol(D-LURP) in Wireless  
Sensor Network with Mobile Sink)

정재훈\*, 박성한\*\*

(Jae Hoon CHUNG and Sung Han PARK)

## 요약

센서 네트워크는 모든 센서노드들이 한정된 에너지를 가지고 사용되기 때문에 센서 네트워크의 생명주기를 연장하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 이동성을 갖는 싱크노드와 고정된 센서노드들을 가지는 이동 센서 네트워크에서 전체적인 생명주기를 연장하는 동적 지역 업데이트 기반의 라우팅 프로토콜(D-LURP)을 제안한다. D-LURP는 싱크노드가 브로드캐스팅 영역을 벗어나는 경우 LURP와 같이 새롭게 라우팅 구축과정을 수행하는 대신에 이동한 싱크노드를 중심으로 생성된 브로드캐스팅 영역과 이전의 영역을 포함하는 새로운 동적 업데이트 지역을 구축한다. 동적 브로드캐스팅 지역의 설정을 통해 기존의 전체 네트워크에 싱크노드의 위치정보를 브로드캐스팅하는 과정을 생략하도록 한다. 이러한 망 전체에 대한 브로드캐스팅의 생략을 통해서 본 논문에서 제안하는 싱크노드의 이동에 의한 동적 라우팅 구축은 기존의 LURP에 비하여 적은 에너지 소비를 필요로 한다. 시뮬레이션을 통해 기존의 프로토콜과 제안한 방법의 성능평가를 한다.

## Abstract

Mobile Wireless Sensor Network is an organized collection of sensor nodes and mobile sink nodes, in which the sensor node transmits the signal to the sink node. In real environment, there are many cases in which sinks have mobility caused by the people, the vehicle and etc. Since all nodes in the sensor networks have limited energy, many researches have been done in order to prolong the lifetime of the entire network. In this paper we propose Dynamic Local Update-based Routing Protocol(D-LURP) that prolong the lifetime of the entire network to efficiently maintain frequent location update of mobile sink static sensor nodes in Mobile WSNs. When the sink node moves out of the local broadcasting area, the proposed D-LURP configures dynamically the local update area, consisted of the new local broadcasting area and the previous dissemination node(DN) and find the path between the DN and the sink node, instead of processing a new discovering path like LURP. In this way the processing of broadcasting sink node's location information in the entire network will be omitted. and thus less energy will be consumed. We compare the performances of the proposed scheme and existing protocols.

**Keywords :** WSNs, mobility, routing, energy, dissemination

## I. 서론

\* 정희원, 삼성전자 DMC 연구소  
(DMC Research Institute., Samsung Electronics.)

\*\* 정희원, 한양대학교 컴퓨터공학부  
(Department of Computer Science Eng., Hanyang Univ.)

접수일자: 2009년2월17일, 수정완료일: 2009년5월4일

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network)는 센서 주변에 있는 환경을 감시할 수 있는 저비용, 저전력의 센서노드들로 구성되어 있다. 무선 센서 네트워크는 군사지역 감시, 산업지역 통제, 교통 통제 및 주변상태

를 감지하는 등 여러 분야에 다양하게 사용 될 수 있다. 무선 센서 네트워크에서 센서노드들은 전형적인 무선 네트워크와 달리 에너지의 제약 및 제한적인 계산과 메모리 능력을 가지고 있다. 따라서 무선 센서 네트워크에서는 망의 생명주기를 연장하기 위하여 효율적인 에너지 관리가 가능한 데이터 수집경로를 찾는 것이 필요하다.

싱크노드가 고정된 무선 센서 네트워크에서는 싱크노드 주위의 센서노드들의 에너지가 빨리 소모되는 문제를 가지고 있다. 그러나 싱크노드가 이동성을 갖는 무선 센서 네트워크에서는 이동하는 싱크노드에 따라 주변의 센서노드들도 변화하기 때문에 센서노드들 사이에서 균등하게 에너지를 소비할 수 있도록 해주는 것이 가능하므로 전체 망의 생명주기를 연장 할 수 있다. 그러나 싱크노드가 위치를 이동할 때마다 topology의 변화가 생기며 경로도 재구성해야하는 문제점이 있다. 가장 기본적인 방법으로 경로의 재구성을 하기 위하여 전체 망에 싱크노드의 위치정보를 브로드캐스팅하여서 망 내에 존재하는 모든 센서노드들이 싱크노드의 위치를 알게 하는 방법(Full Update-based Routing Protocol: FURP)이 있다. 그러나 FURP는 전체 네트워크에 존재하는 많은 센서노드들이 위치정보를 전달하는 과정에서 에너지 소비뿐만 아니라 망상에 과중한 통신량이 생기게 되는 Broadcasting storm이라는 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 최근에 몇몇 효율적인 데이터 보급 프로토콜이 제안되었다<sup>[1~4]</sup>. 그들 중에서 분산 예약 프로토콜(Distributed Reservation Protocol: DRP)<sup>[3]</sup> 방법은 통신 충돌을 막기 위해서 각각의 센서노드들에게 특정 통신망을 사용하여 과중한 통신량에 따른 충돌을 회피할 수 있도록 해준다. 또 다른 프로토콜인 브로드캐스팅 기반의 데이터 전송(Gradient Broadcasting: GRAB)<sup>[4]</sup> 방법은 전체 네트워크에 생기는 topology의 변화에 적응적으로 브로드캐스팅 할 수 있는 방법을 제공해준다. 근처에 있는 센서노드들 간에 트리형태의 경로를 설정하여서 데이터를 전송하고 만약에 네트워크상에 변화가 생기면 전체적으로 변화를 갖도록 하는 것이 아니라 변화된 지역의 센서노드만 추가하면 되도록 한다. 따라서 전체 네트워크의 토폴로지의 변화에 대하여 효율적으로 센서노드로부터 데이터를 수집할 수 있도록 해준다.

위의 프로토콜들은 센서노드들이 고정되어있는 경우에는 효율적일 수 있지만, 싱크노드가 이동성을 갖는다면 싱크노드의 이동에 따른 주기적인 위치정보를 전체

네트워크에 전달하는 것이 필요하므로 이동성을 갖는 싱크노드의 존재는 센서노드들의 급격한 에너지 소비와 무선 전송 안에서서의 충돌이 증가하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 제한적인 영역을 설정하여 업데이트를 하는 프로토콜(Local Update-based Routing Protocol, LURP)이 제안되었다<sup>[5]</sup>. LURP는 제한적인 지역 영역 안에서 보급노드를 하나 설정하게 되고 보급노드를 통해서 지역 영역 안에 있는 싱크노드에게 데이터를 전달하도록 한다. 따라서 싱크노드가 이동할 경우에는 그 지역 영역 안에서만 위치정보를 전달하여 싱크노드의 이동시 마다 싱크노드의 위치정보를 전체 네트워크에 전달하는 것을 필요로 하지 않는다. 그러나 싱크노드가 지역 영역 밖으로 이동을 할 경우에는 FURP와 같이 전체 네트워크에 싱크노드의 위치정보를 브로드 캐스팅하는 과정을 수행하게 된다. 따라서 LURP에서 싱크노드가 영역 밖으로 이동하는 경우에는 에너지의 소비가 많이 생기며 또한 경로를 새롭게 설정하는 과정에서 일정 시간의 지연이 생기게 된다. 따라서 싱크노드가 영역 밖으로 이동 할 경우에도 에너지 소비를 최소화하면서 센서노드들이 싱크노드에게 데이터를 효율적으로 전달할 수 있는 방법을 개발하는 것이 필요하다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 논문에서는 모바일 싱크노드를 갖는 무선 센서 네트워크에서 동적 지역 업데이트 기반의 라우팅 프로토콜(Dynamic Local Update-based Routing Protocol, D-LURP)을 제안한다.

제안하는 D-LURP는 싱크노드가 지역 브로드캐스팅 영역을 벗어나면 전체 네트워크에 싱크노드의 위치정보를 브로드캐스팅 하지 않고, 새로운 지역 브로드캐스팅 영역을 구축하고 새롭게 설정된 지역 영역 안에서만 위치정보를 전달하도록 한다. 새로운 지역 브로드캐스팅 영역은 이전의 보급노드(Dissemination node, DN)과 이동한 싱크노드를 중심으로 하는 브로드캐스팅 영역을 포함한다. 따라서 전체 네트워크에 전송하는 통신횟수가 줄어들고 전체 네트워크의 에너지 소비도 감소한다. 또한 위치정보 전달 시간에 따른 지연시간을 줄이면서 경로를 찾는 방법을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 제안한 D-LURP를 설명하며, III장에서는 시뮬레이션을 통하여 이동하는 싱크노드에 따른 전체 에너지 소비량과 데이터 전송의 정확도를 FURP 및 LURP와 비교하고, 마지막으로 IV장에서 결론을 내린다.

## II. 제안하는 프로토콜

### 1. 기존의 지역 업데이트 기반의 라우팅 방법 (LURP)

싱크노드가 이동시 LURP에서는 초기 싱크노드의 위치를 가상 중심으로 하는 임의 반지름(R)을 가지는 원을 지역 브로드캐스팅 영역으로 설정한다. 싱크노드가 이 원내에서 이동시에는 싱크노드의 위치를 네트워크 전체에 브로드캐스팅하지 않고 지역영역 내에만 브로드캐스팅 하고 소스노드와의 통신은 지역영역내의 고정된 보급노드(Dissemination Node: DN)를 통하여 한다. DN은 초기의 소스노드와 싱크노드의 경로가 지역 브로드캐스팅 영역과 처음으로 만나는 센서노드이다. 지역 브로드캐스팅 영역 안에서 싱크노드가 이동을 할 경우에는 보급노드가 싱크노드의 위치정보를 가지고 있으므로 싱크노드에게 데이터를 전달 할 수 있다. 즉, 보급노드는 일종의 게이트웨이의 역할을 한다. 여기서 반지름 R은 다음의 식(1)과 같이 주어진다. 아래의 식(1)에서  $\alpha, \beta$  값은 싱크노드의 속도와 전체 네트워크에 위치정보를 주기적으로 전송하는 횟수를 통해 구해진 상수 값이다.

$$R = \sqrt[3]{\frac{L^2}{2\pi\alpha\beta}} \quad (1)$$

R : 영역의 반지름

$L^2$  : 전체 네트워크의 크기

$\alpha, \beta$  : 상수 값

이러한 방법으로 싱크노드가 이동할 때 마다 새로운 싱크노드의 위치를 전체 네트워크에 브로드캐스팅 할 필요가 없고 따라서 에너지의 소비가 줄어든다. 그러나 싱크노드가 영역 밖으로 이동을 할 경우에는 전체 네트워크에 위치정보를 다시 전달하게 되고 보급노드 설정 및 경로설정 과정이 다시 이루어져야 한다. 따라서 싱크노드가 지역 브로드캐스팅 영역 밖으로 이동 할 경우에 전체 네트워크에 위치정보를 전달하는 경우가 자주 발생하고 전체 네트워크의 생명주기 또한 감소하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 싱크노드가 지역 브로드캐스팅 영역 밖으로 이동하였을 때 네트워크 전체에 이동한 싱크노드의 위치를 전달하지 않고 소스노드에서부터 새로운 경로를 만드는 동적 지역 업데이트 기반의 라우팅 프로토콜을 제안한다.

### 2. 제안하는 D-LURP

D-LURP에서는 이동한 싱크노드와 보급노드를 기반으로 하는 새로운 경로 탐색 사각형 지역영역을 설정한다. 이 지역 경로 설정 영역을 통하여 지역적으로 경로를 변경한다. 즉, 싱크노드가 지역 브로드캐스팅 영역 밖으로 이동하였을 경우에 소스노드로부터 새로운 경로를 만드는 대신에 D-LURP에서는 이전의 보급노드를 가상의 소스노드로 하여 이 가상의 소스노드와 이동한 싱크노드와의 경로를 형성한다. 경로 설정 과정은 다음과 같다.

싱크노드가 이전의 지역 브로드캐스팅 영역(areaA) 밖으로 이동하면 이동한 싱크노드를 가상 중심으로 하여 새로운 지역 브로드캐스팅 영역(areaB)를 설정한다. 그 다음 이 새로운 지역 브로드캐스팅 영역에 포함된 센서노드들과 이전의 DN 노드(DN1)를 포함하는 사각형을 그림1과 같이 설정한다. 새로운 지역 브로드캐스팅 영역(areaB)안에 존재하는 센서노드들이 모두 포함되도록  $X_{min}$ 와  $X_{max}$ 값은 가장 좌측과 우측에 존재하는 센서노드의 위치값으로 설정하며  $Y_{min}$ 값과  $Y_{max}$ 값도 X값을 설정하는 것과 같은 방법으로 설정하도록 한다. 이렇게 설정하는 것은 영역 안에 존재하는 모든 센서노드들이 싱크노드의 위치정보를 알고 있어야 이후에 데이터를 전달할 때 보급노드가 각 센서노드들이 가지고 있는 정보를 가지고 데이터를 전달할 수 있기 때문이다. 이렇게 지역 사각형이 만들어지면 가상 소스노드(DN1)으로 부터 싱크노드까지의 경로는 기존에 제안된 LURP에서 사용된 유니캐스팅을 이용하여 설정하도록 한다. 그림 1에서 DN2는 가상의 소스노드와 싱크노드의 경로에서 새로운 지역 브로드캐스팅 영역(areaB)과 처음으로 만나는 센서노드이며 이는 새로 이동한 싱크노드에 대한 보급노드 역할을 한다. 이후 소스노드로부터 싱크노드로의 데이터 전송은 DN1과

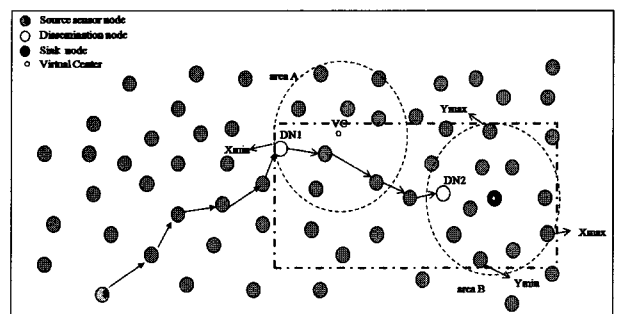


그림 1. D-LURP의 동적 지역 브로드캐스팅 영역  
Fig. 1. The Dynamic local broadcasting area of D-LURP.

DN2를 통하여 전달된다.

위에서 설명한 D-LURP는 일반적인 경우에 대한 것으로 실제 싱크노드의 이동성을 고려하면 areaA와 areaB에 센서노드 들이 공통으로 포함되는 경우가 더욱 일반적이다. 또한 초기의 경로 상에 있는 센서노드가 areaB에 포함되는 방향으로 싱크노드가 이동하는 경우 D-LURP는 훨씬 효율적이다. 아래에 이 두 가지에 대하여 D-LURP를 설명한다.

가. 새로운 지역 브로드캐스팅 영역과 이전의 지역 브로드캐스팅 영역이 교집하는 경우

싱크노드의 이동속도가 빠르지 않아 이전의 지역 브로드캐스팅 영역과 싱크노드가 이동한 위치를 중심으로 새롭게 형성된 지역 브로드캐스팅 영역사이에 공통으로 센서노드들이 존재하는 경우이다. 이러한 경우에는 두 브로드캐스팅 영역 안에 공통으로 존재하는 센서노드들 중에 보급노드와 가장 가까이에 존재하는 센서노드를 보급노드로 설정하도록 한다. 이후에 새롭게 설정된 보급노드를 통하여 싱크노드에게 데이터를 전달하도록 한다. 기존의 보급노드는 공통 영역 안에 존재하는 센서노드들에게 소스노드에게 받은 데이터를 전달하기 때문에 추가적인 경로설정 없이 바로 싱크노드에게 데이터를 전달한다. 그림 2는 이러한 경우에 대한 과정을 보여준다. 아래의 그림에서 보듯이 새로운 지역 브로드캐스팅 영역의 센서노드들에게도 위치정보를 전달해야하므로 아래의 그림과 같이 설정하도록 한다.

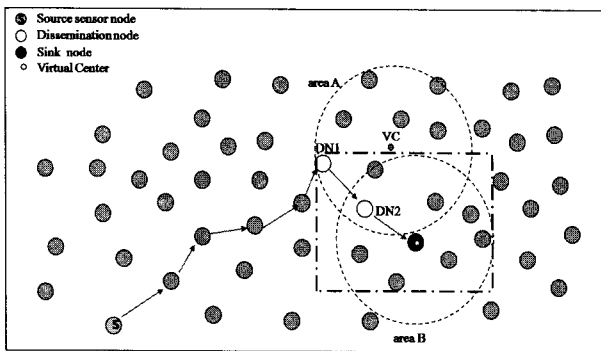


그림 2. 두 영역에 공통부분이 존재하는 경우  
Fig. 2. Case with an intersection between two areas.

나. 싱크노드가 기존의 경로의 방향으로 이동하는 경우  
이 경우는 싱크노드가 지역 브로드캐스팅 영역을 소스방향으로 벗어났을 때의 경우이다. 일반적인 경우에는 새로운 경로를 추가하여서 싱크노드에게 데이터를

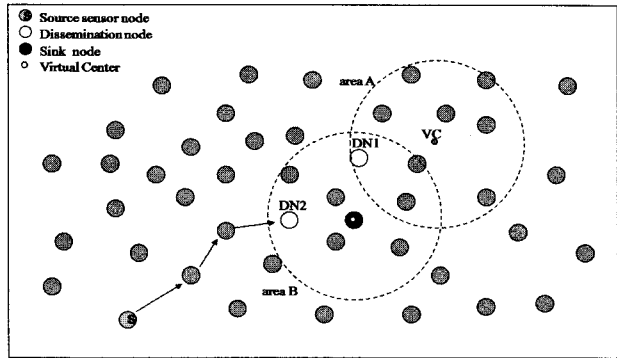


그림 3. 싱크노드가 기존의 경로방향으로 이동할 경우  
Fig. 3. Case in which the sink node is moving toward the previous path.

전달하지만, 싱크노드가 소스노드 방향으로 이동을 했을 경우에는 기존의 경로를 그대로 유지하면 된다. 싱크노드는 기존의 경로에 대한 정보를 테이블 형태로 유지하고 있기 때문에 새롭게 형성된 지역 브로드캐스팅 영역 안에 기존의 경로상에 있는 센서노드가 포함되어 있는지를 확인 할 수 있다. 싱크노드가 기존의 경로를 포함하고 있다는 것을 알게 되면, 소스노드 방향에 가장 가까이에 있는 센서노드를 보급노드로 설정하여 이후에 발생하는 데이터를 전달하도록 한다. 그림 3은 이 경우의 수행과정을 보여준다. 이때 보급노드는 경로상의 센서노드 중 새로운 지역브로드캐스팅 지역과 처음으로 만나는 센서노드이다. 따라서 일반적인 D-LURP의 경우와는 다르게 추가적인 경로 설정이 필요 없게 되므로 에너지 소비량을 감소 시켜주며, 싱크노드의 이동에 따른 지연을 최소화한다. 기존의 경로를 유지하지만, 동적 사각형을 형성함으로써 다른 센서노드들에게 싱크노드가 이동했음을 알려줄 필요가 있다.

기존의 경로의 방향으로 싱크노드가 가다가 다시 다른 방향으로 싱크노드가 이동을 할 경우에는 DN2은

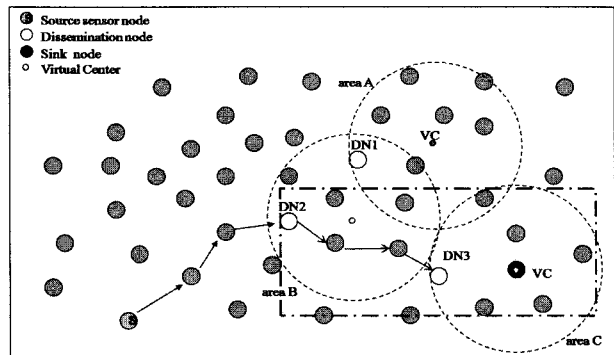


그림 4. 기존의 방향에서 다른 방향으로 이동할 경우  
Fig. 4. Case of moving toward previous path.

DN1과 같은 기능을 하게 되며, DN3는 DN2의 역할을 맡게 된다. 따라서 DN2를 통해서 DN3에게 데이터를 전달하도록 한다. 그림 4는 싱크노드가 기존의 방향으로 이동을 한 뒤에 다시 다른 방향으로 전환했을 경우를 보여준다.

### III. 실험

표 1은 에너지 소비가 중요한 모바일 센서 네트워크 환경에서 제안한 D-LURP의 성능을 확인하기 위한 실험에서 설정된 환경 변수 값들이다. 본 논문에서는 전체 네트워크의 크기에 따른 에너지 소비 및 전송 성공률에 대하여 실험하고 분석한다. 비교를 위해 사용한 라우팅 프로토콜은 FURP, LURP으로 하며 싱크노드의 수는 한 개로 가정하고 실험한다. 그리고 센서노드의 수는 네트워크의 크기가 증가할 때마다 일정하게 증가하는 것으로 가정한다.

그림 5와 그림 6은 네트워크의 크기에 따른 모바일 싱크노드의 위치정보를 전달하기 위해서 필요한 전체의 에너지 소비량을 보여준다. 그림 5는 싱크노드의 속도는 15m/s와 데이터 패킷 40개를 사용하며 싱크노드의 이동방향은 랜덤하다고 가정한다. 아래의 그림에서 FURP는 전체네트워크에 위치정보를 전달하기 때문에 일정하게 에너지 소비량이 증가하고 있다. 또한 LURP는 지역 브로드캐스팅 영역만을 사용하고 싱크노드가 영역 밖으로 할 때 마다 위치정보를 전달하기 때문에 FURP보다 많이 감소한 것을 볼 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안하는 D-LURP는 싱크노드가 영역 밖으로

표 1. 실험에 사용된 파라미터  
Table 1. Simulation parameter.

Parameter	Value
네트워크 밀집도	0.003/m <sup>2</sup>
MAC	IEEE802.11
라우팅 프로토콜	Flooding, FURP, LURP, D-LURP
Data packet size	525Bytes×8 = 4200bits
Energy consumption	50×10 <sup>-9</sup> J/bit
통신 반경	30m
Moving pattern	Random waypoint model

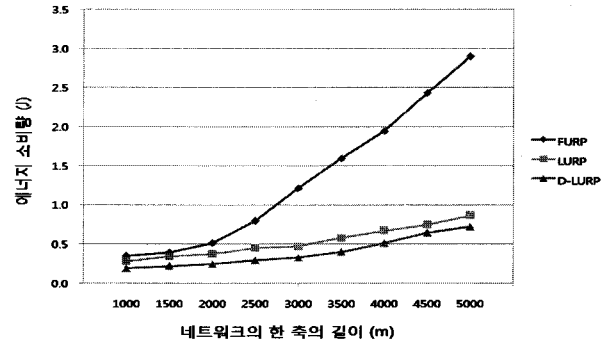


그림 5. 싱크노드의 위치정보 전달을 위한 에너지 소비량 (속도 = 15m/s)

Fig. 5. Energy comparison for updating the location information of the sink node.

이동하여도 전체 네트워크에 전달하는 통신량이 감소하기 때문에 LURP보다 에너지의 효율이 좋음을 보이고 있다.

그림 6은 그림 5와 같은 조건에서 이동 속도를 60m/s로 고정 시킨다고 가정한다. 그림 6에서는 FURP는 전체 네트워크에 이동할 때마다 위치 정보를 전달하기 때문에 에너지 소비량이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. FURP도 15m/s인 경우보다 에너지 소비가 네트워크의 크기가 커짐에 따라 증가하는데 이는 이동속도가 빨라짐에 따라서 지역 브로드캐스팅 영역이 확대되면서 위치정보를 전달하는 데에 비용이 더 많이 드는 것을 확인 할 수 있다. LURP도 마찬가지로 15m/s보다 에너지소비가 많아진다. D-LURP는 네트워크의 한축의 길이가 1000m일때는 다른 프로토콜보다 약간의 효율을 보이다가 2500m가 되는 순간에 LURP보다 많은 에너지 소비를 보이고 있다. 이는 D-LURP가 특정 크기에서 특정 속도에 도달할 경우에는 LURP보다 에너지 소비가

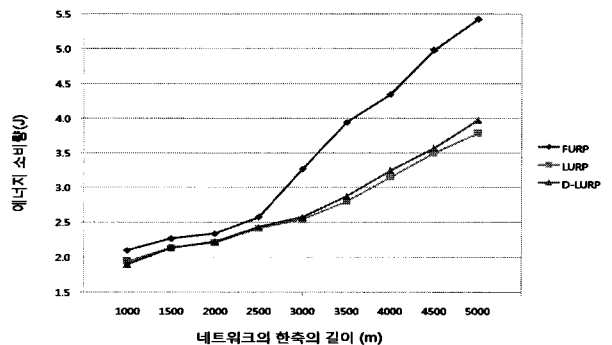


그림 6. 싱크노드의 위치정보 전달을 위한 에너지 소비량 (속도 = 60m/s)

Fig. 6. Energy comparison for updating the location information of the sink node.

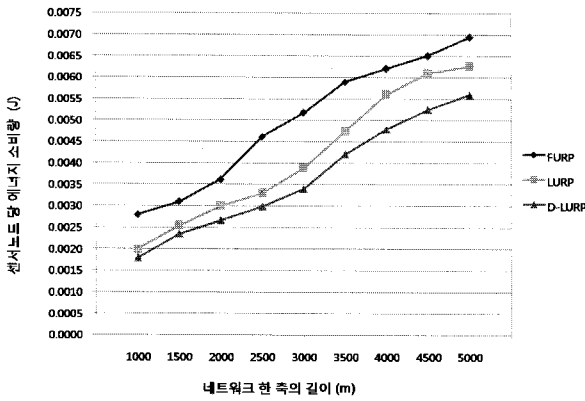


그림 7. 센서노드 당 전체 에너지 소비량에 대한 비교  
Fig. 7. The comparison of total energy consumption per a sensor node.

좀 더 많아지게 된다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 속도가 빨라지면서 동적 사각형의 크기가 커지면서 생기는 에너지 소비량이 LURP보다 많아지기 때문이다.

그림 7은 네트워크의 크기에 따라 소스노드에서 싱크노드까지 데이터를 전달하는 에너지와 싱크노드가 위치정보를 전달하는데 사용되는 센서노드 당 소비하는 에너지 비용을 보여준다. 여기서 싱크노드의 속도는 15m/s로 고정된 속도를 갖고 40개의 데이터 패킷을 사용한다고 가정한다. 실험에서는 싱크노드의 이동 방향을 랜덤하게 적용하여 각 상황에 맞는 경우에 따라 동작하도록 한다. 그림에서 보는 것과 같이 제안하는 프로토콜이 기존의 프로토콜보다 약 8~14%정도의 에너지 소비량을 감소시키고 있다. 이는 싱크노드가 이동을 했을 경우에 생기는 추가적인 경로설정 및 싱크노드를 찾는 과정에서 생기는 통신량을 감소시켜서 생기는 결과로 볼 수 있다.

그림 8은 싱크노드의 이동속도에 따른 싱크노드 당 에너지 소비량을 보여준다. 실험에서 전체 네트워크의 한 축의 길이는 2000m로 고정된 것으로 가정한다. 아래 그림에서 보는 것과 같이 D-LURP는 싱크노드의 이동속도가 증가함에 있어서 특정 속도가 되기 전까지는 기존의 프로토콜보다 좋은 성능을 보이고 있다. 이는 동적 사각형 형성을 통해 이동속도에 따른 주기적인 위치 정보 전달 과정에서 생기는 통신량을 줄일 수 있기 때문이다. 그러나 특정 속도가 넘어가는 순간부터는 기존의 프로토콜보다 에너지 소비가 증가하는데 이는 속도가 빨라짐에 따라 동적 사각형의 크기가 커지게 되며 새로운 경로를 추가하게 되면서 경로가 길어지게 됨에 따라서 에너지 소비가 증가하게 된다.

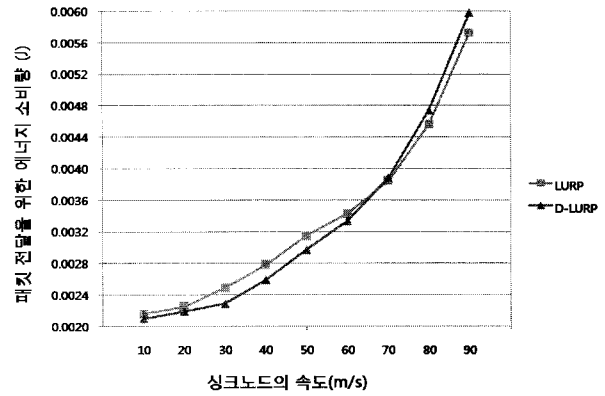


그림 8. 센서노드 당 전체 에너지 소비량에 대한 비교  
Fig. 8. The comparison of total energy consumption per a sensor node.

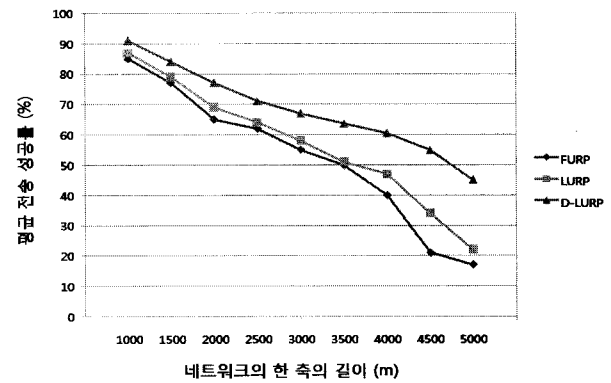


그림 9. 네트워크 크기에 따른 전송 성공률  
Fig. 9. The average packet delivery ratio vs) the network size.

그림 9는 네트워크의 크기에 따른 데이터 패킷의 전송 성공률을 보기 위한 실험이다. 싱크노드의 속도는 15m/s로 고정하였으며, 사용된 데이터 패킷의 수는 60개를 사용하였다. LURP에서는 전체 네트워크에 싱크노드의 위치정보를 전달하게 되면서 무선망의 충돌이 많이 생기게 된다. 하지만 D-LURP에서는 제한적인 동적 사각형 영역 안에서만 위치정보를 전달하기 때문에 센서노드들에게 위치정보를 전달하는 데에 있어서 보다 효율적이며, 따라서 각 센서노드들이 싱크노드의 위치정보를 가지고 경로를 찾아서 싱크노드에게 데이터를 전달하는 성공률도 그만큼 증가한다. 또한 싱크노드가 이동을 하여도 기존의 경로를 계속해서 이용하기 때문에 기존의 프로토콜보다 지연시간이 많이 단축되는 장점도 가지고 있다. 아래의 그림에서 보듯이 기존의 경로를 이용하게 됨으로서 지연시간의 단축을 이끌어 낼 수 있으며, 그로 인하여 평균 전송성공률이 향상됨을 볼 수 있다.

## IV. 결 론

본 논문에서 제안하는 D-LURP는 노드의 이동에 따른 경로의 재설정 빈도를 줄이고, 위치 정보를 전달하는 횟수를 줄여 전체 네트워크의 생명주기를 연장하는데 그 목적을 두는 것은 같다고 할 수 있다. LURP는 하나의 지역 브로드캐스팅 영역 밖으로 이동을 했을 경우에 전체 네트워크에 위치정보를 브로드캐스팅 하지만, D-LURP는 지역 사각형을 설정하여 이 사각형 내의 센서노드들에게만 브로드캐스팅 해줌으로서 보다 적은 양의 통신을 하게 한다. 실험 결과에서 보는 것과 같이 우리는 LURP에 비해서 브로드캐스팅하는 통신량에 따른 에너지소비가 D-LURP에서 감소한 것을 보고 확인할 수 있다.

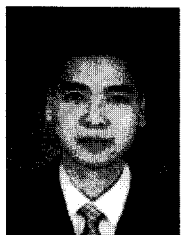
실험결과에서 보듯이 이동성을 갖는 싱크노드는 전체 에너지에 큰 영향을 주게 된다. 싱크노드의 속도가 60m/s이하 까지는 기존의 프로토콜보다 좋은 성능을 보인다. 하지만 60m/s이상으로 속도가 나올 경우에는 동적 사각형의 크기가 커지면서 기존의 프로토콜과 성능이 비슷하거나 좋지 못하게 나온다. 이와 같은 경우가 존재하기 때문에 제안한 D-LURP는 속도가 60m/s 이하인 환경에서 기존의 프로토콜보다 보다 나은 성능을 보인다.

본 논문에서는 한 개의 싱크노드를 전체로 연구를 진행하였다. 그러나 하나의 싱크노드가 아닌 다수의 싱크노드가 존재할 경우에 대해서도 향후 연구가 필요하다. 또한 특정 속도 이상이 될 경우에 에너지 소비를 줄일 수 있는 방법에 대해 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

- [1] I.F. Akyldiz, W. Su, Y. Sankarabramaniam and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, Vol. 38, pp. 393-422, March 2002.
- [2] S.R. Gandham, M. Dawande, R. Prakash and S. Venkatesan, "Energy efficient schemes for wireless sensor networks with multiple mobile base stations," *Proc. IEEE Globecom 2003*, Vol. 1, San Francisco, CA, pp. 388-381, December 2003.
- [3] D. Coffin, D.V. Hook, S. McGarry, and S. Kolek, "Declarative ad-hoc sensor networking: a survey," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 11, Issue 6, pp. 6-28, June 2004.
- [4] F. Ye, G. Zhong, S. Lu, and L. Zhang. "Gradient broadcast: a robust data delivery protocol for large scale sensor networks," *ACM Wireless Networks (WINET)*, Vol. 11, No. 2, pp. 285-298, March 2005.
- [5] G. Wang, T. Wnag, W. jia, M. Guo, H.H. Chen, and M. Guizani. "Local update-based routing protocol in wireless sensor networks with mobile sinks," *Proc. ICC 2007*, Glasgow, Scotland, UK, pp. 3094-3099, June 2007.

## 저 자 소 개



정 재 훈(학생회원)  
2007년 한양대학교 컴퓨터공학과 학사  
2009년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사  
2009년~현재 삼성전자 DMC 연구소 연구원

<주관심분야: 컴퓨터 네트워크 및 이동 센서 네트워크 >



박 성 한(정회원)  
1970년 한양대학교 전자공학과 학사  
1973년 서울대학교 전자공학과 석사  
1984년 미국 텍사스 주립대 전기 및 컴퓨터공학과 박사

2003년 대한전자공학회 회장  
2005년~2007년 WFEO 정보통신위원회 의장  
1986년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 교수  
<주관심분야: 시각정보처리, 컴퓨터 네트워크 및 이동 센서네트워크 >