

# 무선 센서네트워크상의 에너지 효율적인 데이터 전송 프로토콜\*

김일휴\*, 차정우\*, 김창훈\*, 남인길\*, 박상호\*\*

\*대구대학교 대학원 컴퓨터정보공학과

\*\*안동대학교 정보통신공학부

e-mail : kimch@daegu.ac.kr

## Energy Efficient Data Transmission Protocol in Wireless Sensor Networks

Il Hyu Kim\*, Jung Woo Cha\*, Chang Hoon Kim\*, In Gil Nam\*, and Sang Ho Park\*\*

\*Dept. of Computer and Information Engineering, Daegu University, Korea

\*\*School of Information and Communication Engineering, Andong University, Korea

### 요 약

기존에 제안된 클러스터 기반의 데이터 전송 프로토콜은 데이터 전송을 위해 헤더 노드가 존재하고 각 헤더노드는 데이터 전송을 위한 경로 정보를 유지해야 하기 때문에 전송할 데이터가 많아지면 저장해야 할 캐시도 증가하게 되고 데이터 전송 시 데이터 광고와 요구의 과정을 거쳐야 된다. 또한 LOAD(6LoWPAN Ad hoc Routing Protocol)에서는 데이터 전송 시 목적지에 대한 경로 정보를 획득하는 작업과 획득한 경로를 테이블에 보관해야 하는 단점이 있다. 본 논문에서 제안된 데이터 전송 프로토콜은 데이터 전송 요구 시 목적지로 전송하기 위한 경로 정보의 획득이나 유지를 하지 않는다. 또한 노드들이 한번씩 데이터를 전송함으로써 노드의 전체적인 에너지 공평성과 효율성을 증가시키고, 전체 네트워크의 수명을 연장 시킬 수 있다.

### 1. 서론

Ad hoc 통신 기술과 더불어 무선 센서네트워크 통신 기술은 최근 관심이 집중되고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 시대의 핵심 기반기술로서 그 중요성이 점차 대두되고 있다[1]. 무선 센서네트워크는 센싱 기능과 함께 통신 기능을 가진 수많은 초소형 스마트 센서들로 이루어져 있으며, 이러한 센서노드들이 수집한 데이터를 스스로 구성된 네트워크를 통해 서로 협력하여 싱크에게 전달하는 시스템이다 [2]. 이런 시스템을 구성하는데 가장 큰 영향을 미치는 것은 각 노드의 배터리 용량이다. 센서노드들은 어떤 현상을 감지하기 위해서 관찰 지역 내에 뿌려지게 되고, 노드들 간의 구성된 네트워크를 유지하기 위해서는 각 센서노드들의 수명이 전체 센서네트워크의 수명에 큰 영향을 미치게 된다. 하나의 센서노드 배터리가 수명을 다하여 동작을 멈추게 되었을 때 이는 센서 네트워크의 분할을 가져올 수도 있다[3]. 따라서 네트워크에 있는 모든 센서노

드들의 공평한 전력 소모는 전체 네트워크의 수명을 연장 시키게 된다.

센서노드의 에너지 소비는 크게 센싱, 통신, 데이터 처리로 나눌 수 있다. 이 중 통신기능이 가장 많은 에너지를 소비한다. 각 센서 노드들의 에너지 소비를 적게 하기 위해서는 통신 간에 소모되는 전력을 최소화 하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 필요하다[4].

본 논문에서는 기존 클러스터 기반의 데이터 전송 프로토콜과 요구 기반의 LOAD 프로토콜의 문제점을 분석하고, 두 기법의 단점을 보완할 수 있는 데이터 전송 프로토콜을 제안한다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 클러스터 기반의 라우팅 프로토콜

CBPER[5]은 그리드와 클러스터의 개념을 사용하며, 특정 센서노드에게만 회송 정보를 제공하여 센서노드의 에너지를 절약한다. 하지만 전송해야할 데이터의 수가 증가함에 따라 헤더노드들이 캐시에

\* 본 연구는 2008년도 PoP-iT 인력양성사업단의 의하여 지원되었음

저장해야할 데이터의 양이 많아지고, 데이터 전송을 할 때 데이터 광고 패킷과 데이터 요구 패킷이 모두 있어야만 데이터를 전송을 할 수가 있다는 단점이 있다. CBPER[5]에서 수행되는 데이터 전송 과정은 아래와 같다.

### 1) 헤더노드의 선출

센서노드들이 동작을 시작하게 되면 자신이 가진 위치 정보를 이용하여 자신의 셀을 결정하게 된다. 각 센서노드들은 최초의 헤더노드를 선출하기 위해 랜덤 시간 경과 후 헤더 광고 패킷을 지역적으로 플러딩 한다. 지역적 플러딩은 한 셀 내에서만 이루어지며, 자신의 셀 ID와 패킷의 셀 ID를 비교하는 방식을 사용한다. 최초 헤더의 선택은 헤더 광고 패킷을 가장 먼저 수신한 노드 선택이 되고, 헤더 광고 패킷의 전송된 시간, 헤더 지속시간의 정보를 이용하여 최초 헤더의 수명을 결정한다. 최초 헤더노드는 자신의 수명동안 헤더 역할을 하며, 헤더의 수명이 다하기 전에 다음 헤더가 선출이 되고, 다음 헤더 선출 과정이 끝나면 자신은 다시 센서노드의 역할로 돌아간다. 다음 헤더의 선출은 센서노드들 중 배터리 파워 값이 일정 값 이상인 노드들만이 헤더의 후보가 될 수 있고, 헤더 지속 시간을 계산하여 헤더 광고 패킷을 생성하여 지역적으로 플러딩한다. 헤더의 선출 과정은 최초헤더 선출 과정과 동일하다.

### 2) 데이터 광고

처음 관심 사건을 감지한 센서노드가 데이터를 생성하는 소스노드가 되며, 데이터의 존재를 알리기 위해 데이터 광고 패킷을 생성하여 자신이 위치한 셀의 헤더 노드까지 전송을 한다. 헤더가 데이터 광고 패킷을 받으면 패킷을 자신의 캐시에 저장하고, 자신의 위, 아래 셀에 있는 헤더 노드에게 데이터 광고 패킷을 전송한다. 결국 소스노드를 포함하고 있는 셀의 세로축에 있는 헤더노드들은 데이터 광고 패킷을 받고 자신의 캐시에 저장한다.

### 3) 데이터 요구

싱크노드가 데이터 요청 시 자신의 한 홉 이웃 센서노드를 이미디언트 에이전트 노드로 선정하여 데이터 요구 패킷을 전송한다. 데이터 요구 패킷은 싱크노드가 존재하는 셀의 좌, 우측의 모든 헤더노드들에게 전송되고, 데이터 요구 패킷을 받은 헤더노드들은 자신의 캐시에 저장한다.

### 4) 데이터 전송

데이터 광고 패킷을 가진 헤더 노드가 데이터 요구 패킷을 받게 되면 자신의 캐시에 있는 데이터 광고 패킷의 정보를 이용하여 소스노드로 데이터를 요구한다. 데이터 요구를 받은 소스노드는 데이터를 포함한 데이터 패킷을 생성하여 데이터 요구 패

킷에 있는 셀 ID 정보를 이용하여 이미디언트 에이전트 노드로 전송한다. 이미디언트 에이전트 노드가 싱크노드로 데이터를 전송하면 데이터 전송과정이 완료된다. 이미디언트 에이전트 노드는 싱크노드의 이동성을 보장하기 위해 존재하는 노드로 싱크노드가 이동시에는 새로운 이미디언트 에이전트 노드에게 이동 정보를 전송하고, 이전 이미디언트 노드에게 이동 사실을 알림으로 다음 데이터를 새로운 이미디언트 에이전트 노드가 받아 싱크노드로 전송을 할 수 있게 된다.

## 2.1 LOAD 라우팅(6LoWPAN Ad hoc Routing Protocol)[2,6]

LOAD는 AODV(Ad hoc On Demand Vector Routing)에 기반하여 요구 기반과 테이블의 개념을 사용한다. 기존 AODV에 비해 패킷의 크기나 경로 설정의 과정에서 간략화 되었지만, 데이터 전송 요청 시 경로를 설정해야 하는 과정과 설정된 경로를 저장하기 위해 테이블을 유지해야하는 단점이 있다. LOAD에서 수행되는 데이터 전송 과정은 아래와 같다.

### 1) 경로 요청

데이터 전송 요청 시 소스노드는 목적지까지의 경로를 찾기 위해서 라우팅 테이블과 경로 요청 테이블을 생성한다. 생성된 테이블을 가지고 주위 노드들에게 브로드캐스트로 RREQ 메시지를 보낸다. RREQ 메시지를 받은 이웃노드들은 라우팅 테이블과 경로 요청 테이블에 필요한 정보를 저장한 후 자신이 이전에 같은 RREQ 메시지를 받은 적이 있는지 비교한다. 만약 새로운 RREQ 메시지를 받은 경우 경로 요청 테이블을 업데이트 하고 다시 RREQ 메시지를 이웃 노드들에게 브로드캐스트 하고, 이전에 RREQ 메시지를 받은 적이 있는 경우 메시지 내용 중에 Path Cost를 확인한다. 경로 요청 테이블의 Path Cost가 적은 경우 받은 RREQ 메시지는 버리고, 큰 경우 받은 RREQ 메시지의 정보로 Route Request Table을 업데이트 한다. 목적지 노드에게 RREQ 메시지가 도착할 때까지 위의 과정을 반복하며, 목적지 노드가 RREQ를 받게 되면 RREQ 전송을 멈추고, 목적지 노드는 RREQ 메시지를 통해서 생성된 라우팅 테이블과 경로 요청 테이블을 이용하여 소스노드에게 유니캐스트로 RREP 메시지를 보낸다. RREP를 수신한 노드들은 자신의 경로 요청 테이블에서 RREP의 RREQ ID와 동일한 정보가 있는지 확인을 하여 동일한 정보가 있는 경우에 RREP 정보를 이용하여 경로 요청 테이블에 목적노드에서 소스노드로의 역 경로 비용을

업데이트 하면서 다음 노드로 전송한다. 전송은 소스노드가 수신할 때까지 반복하면서 소스노드가 받게 되면 경로 설정이 완료된다.

2) 데이터 전송

소스노드와 목적지 노드간의 새로운 경로가 만들어지고 소스노드는 이러한 라우팅 테이블을 이용하여 목적지노드까지 데이터 패킷을 보낼 수 있게 된다. 데이터 전송은 소스노드에서 목적지 노드로 가는 경로 정보를 이용하여 유니캐스트로 전송된다.

3. 에너지 효율적인 데이터 전송 프로토콜

3.1 개요

본 절에서 제안하는 데이터 전송 프로토콜은 전송되는 패킷의 수를 줄이고, 최단경로로 데이터를 전송함으로써 에너지 절약과 네트워크의 혼잡도를 감소시킨다. 또한 군집내의 각 센서노드들이 한번씩 데이터를 전송하게 함으로써 에너지 소모가 특정 노드에게만 편중되는 것을 방지한다. 따라서 센서 네트워크상의 모든 노드의 에너지를 효율적으로 관리할 수 있다.

또한, 군집 ID 개념을 도입 하여 데이터 전송 요구 시 목적지로 향하는 경로 정보의 획득 과정과 테이블 관리가 필요 없게 되어 전송 요구 시 즉시 목적지 노드까지 전송 가능하게 되고, 네트워크의 혼잡도를 줄이는 효과를 얻게 된다. 뿐만 아니라 최단경로의 전송 역시 가능하다.

3.2 가정과 요구사항

1) 각 센서노드들은 자신의 위치를 알아야 한다. 본 논문에서 제안하는 데이터 전송 프로토콜은 각 센서노드들은 위치 측위 기술이나 고정된 입력 값에 의해 노드 자신의 위치를 알고 있다는 가정을 한다. 노드가 가진 위치 정보는 네트워크가 구성될 때 군집을 형성하는데 사용된다.

2) 군집을 형성한 센서노드들은 이동성이 없다고 가정을 한다.

한번 군집을 형성한 센서노드들은 자연적인 현상이나 인위적인 현상에 의해 노드의 위치 자체가 변경되지 않는 이상 센서노드의 위치 이동은 없는 것으로 간주한다.

3) 각 센서노드의 초기 에너지 잔량 및 전송에 사용되는 에너지량은 동일하다고 가정한다. 아래의 알고리즘에 의해 각 노드는 비슷한 전송 회수를 가지게 되고, 한 군집내의 각 노드의 에너지 사용량 및 잔량은 거의 동일한 수준을 가지게 된다.

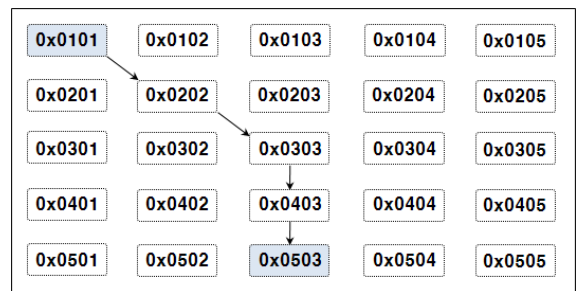
3.3 프로토콜의 동작

1) 군집 ID 생성

군집은 센서노드의 집합체로써, 네트워크가 형성될 때 각 센서노드들의 위치정보를 이용하여 군집을 형성하게 되고, 고유 ID를 가지게 된다. 아래 그림 1과 같이 군집 ID는 16비트 크기의 값을 가지며 2차원 배열의 형태로 각 행과 열 번호를 형성한다. 왼쪽 8비트는 행을 오른쪽 8비트는 열을 나타내며, 이 군집 ID를 이용하면 아래에 설명된 바와 같이 사건 발생 시 소스노드에서 목적지 노드로 어떠한 경로의 정보도 없이 데이터를 전송할 수 있게 된다.

2) 군집 간 데이터 전송

데이터를 전송 시 먼저 소스노드는 목적지 노드가 위치하는 군집 ID와 자신의 군집 ID의 행 값과 열 값을 비교한다. 목적지 노드의 군집 ID의 행과 열의 값 중 소스노드의 군집 ID보다 큰 경우에는 다음에 전송할 군집 ID의 행과 열값 중 큰 값을 1 증가시키고, 작은 경우 1감소시킨다. 만약 같은 행이나 열값을 가지는 경우에는 값을 더 이상 증가시키지 않는다. 행과 열의 값 비교는 따로 한다. 아래 그림은 군집ID를 이용하여 군집 간에 최단 경로 데이터 전송이 이루어지는 과정을 나타낸 것이다.



(그림 1) 군집간의 데이터 전송

3) 군집내의 데이터 전송

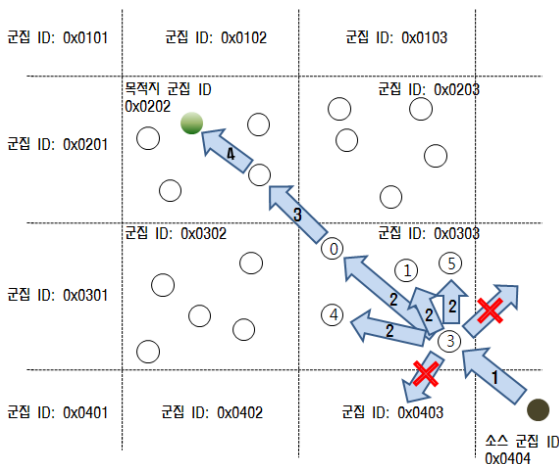
각 군집 내의 모든 노드들은 각 노드 에너지 소모의 공평성을 위해 전송 카운트 값을 가지게 된다. 전송 카운트는 노드가 전송하기 전에 대기할 시간을 가리키며, 최소 0부터 최대 군집내의 전체 노드의 수만큼의 범위를 가진다. 전송 카운트 값은 각 노드가 중복된 값을 가지지 않고 무작위로 1씩 증가된 값을 가진다. (1값은 100ms)

데이터 발생 시 별도의 경로 설정 과정 없이 소스 노드는 바로 데이터 패킷을 목적지 노드로 전송한다. 전송 과정은 아래의 그림과 같다. 소스 노드에서 데이터 패킷을 보내면 다음 군집(0x0303)의 노드들은 패킷을 받게 된다. 다음 군집 식별은 위에서 제안한 군집 간 데이터 전송과정을 참고한다. 그러나, 다음 군집에서 모든 노드들이 패킷을 전송

받기에는 전송 범위의 제한을 가진다. 일부 노드만이 패킷을 받게 되고, 패킷을 받은 노드들이 다음 군집(0x0202)으로 데이터를 전송하기에는 역시 전송 거리의 제한을 가지게 된다. 따라서 전송 카운트 값을 이용한 패킷의 재전송을 수행한다. 군집 내에서 처음 패킷을 받은 노드들 중 전송 카운트 값이 가장 작은 노드가 먼저 패킷을 전송하게 되고, 군집(0x0303)내의 모든 노드들이 재전송 패킷을 수신하게 된다. 이미 이전 군집(0x0404)의 노드로부터 패킷을 받은 노드들은 전송을 중단하게 되고, 이전에 패킷을 받지 못한 노드들 중에서 전송 카운트가 가장 적은 노드가 다시 재전송 패킷을 다음 군집(0x0202)으로 보내기를 시도한다. 만약 전송 범위의 제한으로 보낼 수 없게 되면 다시 위의 과정을 반복한다. 다음 군집으로 전송이 완료된 이후 군집(0x0303) 내에서 패킷을 받은 노드나 군집내의 재전송 패킷을 받은 모든 노드들은 전송 카운트를 1씩 감소를 하게 되고, 이미 0 카운트를 가진 노드는 다시 최대 카운트 값을 가지게 된다. 전송 카운트 값을 사용함에 의해 한번 전송한 노드는 모든 노드들이 한번씩 전송한 후에 다시 자기 전송 차례를 가지게 됨으로써, 노드들의 에너지 소모를 효율적으로 분배 할 수 있게 된다.

## 참고문헌

- [1] Ossama Younis, Sonia Fahmy, "Distributed Clustering in Ad-hoc Sensor Networks: A Hybrid, Energy-Efficient Approach", INFOCOM 23th Annual Joint Conference, 2004.
- [2] Chirwa Weston, Pham Tuan Tu, Backhatnur, Baiteli, Sin Yi Ma, "Energy-aware and QoS Routing in 6LoWPAN Mesh Networks", ZRDC Conference, 2007.
- [3] 권기석, 이승학, 윤현수, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 에너지 효율적인 라우팅 프로토콜" 정보과학회논문지 정보통신 제33권 제1호, pp. 76-90, 2006.
- [4] Mao Ye, Chengfa Li, Guihai Chen, Jie Wu, "An Energy Efficient Clustering Scheme in Wireless Sensor Networks", IPCC Conference, pp. 535-540, 2005.
- [5] 박형순, 홍상렬, 김시관, "센서 네트워크를 위한 클러스터 기반의 효율적인 데이터 전송 라우팅 프로토콜" 한국정보과학회 가을 학술발표대회 Vol.33, No.2, pp. 651-656, 2006.
- [6] 임채성, 김기형, 유승화, 박수홍, 이재호, "IPv6 기반 센서 네트워크(6LoWPAN)을 위한 라우팅 프로토콜 기술," 전자공학회지 제33권 제8호, pp. 42-51, 2006.



(그림 2) 군집내의 데이터 전송

## 4. 결론

본 논문은 센서네트워크 환경에서 군집기반의 에너지 효율적인 데이터 전송 프로토콜을 제안하였다. 제안된 프로토콜은 기존의 클러스터 기반 라우팅 프로토콜 및 요구기반의 LOAD 프로토콜과 비교해 전송 횟수의 감소나 경로 정보를 위해 낭비되는 자원을 줄여 노드의 에너지 소모를 감소시킨다. 또한 전송 카운트 값을 사용함으로써 노드들의 에너지 소모의 효율적인 분배가 가능하다. 따라서 전체적인 네트워크의 수명을 연장시킬 수 있다.