

환경감시를 위한 무선 센서 네트워크 시스템에서의 데이터 병합

서동혁*, 진민호*, 이동규**, 류근호**

*극동대학교 컴퓨터정보표준학부

**충북대학교 전자계산학과

*e-mail:{hanhwaco, j1004me}@naver.com

**e-mail:{dglee, khryu}@dbl.chungbuk.ac.kr

Data aggregation in the Wireless Sensor Network System for Environment Monitoring

Dong-Hyeok Seo*, Min-Ho Jeon*, Dong Gyu Lee**, Keun Ho Ryu**

*Dept of Information and Telecommunication, Kukdong University

**Database/Bioinformatics Laboratory, Chungbuk National University

요 약

센서 네트워크 환경에서 각 센서 노드는 크기의 제약으로 인해 전력에 대한 한계점이 존재하여 데이터의 전송 및 데이터의 수집에 대한 작동을 최소화해야 한다. 특히, 데이터의 전송은 센서 노드의 전력소모에 큰 영향을 끼친다. 그리고 센서 네트워크에서는 근본적으로 높은 전송 에러율과 센서의 이동으로 인한 문제를 가진다. 본 논문에서는 가상환경에서 움직이거나 시간에 따라서 생기는 장애물에 대한 실질적인 전송 에러율 문제를 해결할 데이터 병합기법을 제안한다. 제안하는 기법은 신뢰성 있는 데이터 병합기법(RDAP : Reliable Data Aggregation Protocol)에 홉 수를 첨가하여 센서들이 예상치 못한 라우팅 경로 재설정으로 인해 센서노드의 센싱 값 손실을 방지할 수 있다.

1. 서론

센서 네트워크 환경에서 각 센서 노드가 가진 전력을 효율적으로 사용하는 것이 중요하다. 센서의 전력 소모를 최소화하기 위한 기존 연구에는 최적 라우팅 경로 설정이나, 모드 변경을 통해 전력소모를 줄이는 기법과 전송되는 메시지의 수를 감소시켜 전력 소모를 줄이는 기법과 이벤트 발생 시 라우팅 경로와¹⁾ 질의를 같이 전송하는 기법 등이 있다 [2, 3, 4, 5, 6, 7]. 센서 네트워크 내의 특정한 센서 노드로부터 루트 노드까지 데이터를 전송할 때 전력 소모를 줄이기 위한 방법으로는 최적 라우팅 경로 설정이나 모드 변경을 통한 전력 소모를 줄이는 기법이 있다. 이러한 기법들은 센서 네트워크 내의 모든 노드의 센싱한 정보를 수집하는 환경에서는 데이터 전송량을 감소시켜 전력 소모를 줄이는 기법이 적용될 수 있다.

센서 네트워크 환경에서 데이터 병합 기법은 센서 노드 간의 데이터 전송량을 줄임으로써 전력 소모를 최소화 할 수 있다 [8]. 일반적으로 데이터 병합기법은 라우팅 과정과 데이터 병합 질의 삽입 과정으로 분리되어 수행된다. 즉, 센서 네트워크는 주기적인 라우팅 과정을 통하여 센서 노드의 이동에 따른 경로를 재설정하고, 각 라우팅 사이에 필요한 질의가 있을 경우 질의를 삽입하는 요구 기반의

작업을 수행한다. 이를 해결하기 위해 제시된 방법으로 신뢰성 있는 데이터 병합 프로토콜(RDAP)[1]이 제안되었다. 데이터 병합 프로토콜은 센서노드에서 이벤트가 발생하면 라우팅 경로와 질의를 같이 전송하여 주기적으로 라우팅에 필요한 메시지를 전송함으로써 불필요한 전력을 소모하는 것을 방지하는 알고리즘이다. 하지만 자연환경에서는 바람에 의한 물체의 움직임과 갑작스런 산사태와 동물의 이동에 대하여 데이터 전송 중 장애물의 등장으로 데이터의 분실을 초래 할 수 있으며, 이벤트 발생 시점에서 장애물로 인한 이벤트 데이터 분실이 발생할 수 있다.

본 논문에서는 센서 네트워크에서 신뢰성이 높고 데이터 전송량을 줄이기 위한 알고리즘(RDAP)에 자신의 상태를 이웃과 주변 센서에게 값을 전송하여 갑작스런 환경에 대한 제약으로 이벤트 발생 시 생길 수 있는 데이터 전송 에러를 홉을 이용하여 효율적으로 방지할 수 있는 Hop-Reliable Data Aggregation Protocol(H-RDAP)를 제안한다.

2. Hop-Reliable Data Aggregation Protocol

H-RDAP는 RDAP의 센서 네트워크 환경 속의 병합구역(Aggregation Zone)속에 있는 센서가 자연 환경에 배치되면 Host PC의 요청에 의해서 Root 노드들은 자신의 병합구역에 속한 센서노드들에게 라우팅 경로를 제공하게 된다. RDAP를 적용한 센서 네트워크의 병합 구역에서 이벤트가 발생하였을 경우 이벤트 전송, 라우팅 및 질의 전

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신사업과제의 연구비지원(과제번호 :07국토정보C05)에 의해 수행되었습니다.

송, 병합이 수행되는 과정은 아래의 과정을 거친다.

과정 1. 병합 구역 내의 한 노드에서 이벤트가 발생할 경우, 해당 노드는 주변의 노드들에게 이벤트의 발생과 이벤트의 종류를 플루딩 방식으로 전송한다.

과정 2. 이벤트가 루트 노드까지 전달되면 루트 노드는 호스트PC로 전달하고, 사용자는 호스트 PC를 통해 원하는 질의를 루트노드에 전달하고 질의를 받은 루트 노드는 라우팅 경로 설정 및 질의 전송을 수행한다.

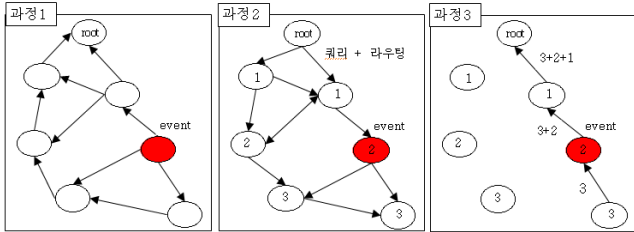


그림 1 RDAP의 전송 과정

과정 3. 라우팅 경로 설정 및 질의 전송이 가지 노드까지 완료되면 병합 과정이 시작된다. 각 노드는 자식 노드에서 전송된 값과 자신이 센싱한 값을 병합 질의에 맞게 병합한 후 부모 노드로 전송한다.

하지만 지속적인 장애물 및 자연재해의 방해로 이벤트를 주어진 센서노드와 질의에 대한 값을 필요로 하는 질의에 대해서는 센서노드가 없다는 결론이 나오게 될 경우 그 지역에 대한 센싱 정보를 취득할 수 없게 되는 문제를 해결하는 방안으로 H-RDAP는 효과적인 알고리즘을 제공한다.

H-RDAP는 다음과 같은 과정으로 RDAP의 알고리즘 과정에 몇 가지를 추가 한다.

과정 1. 병합 구역 내의 한 노드에서 이벤트가 발생할 경우, 해당 노드는 주변의 노드들에게 이벤트의 발생과 이벤트의 종류를 플루딩 방식으로 전송하며 자신이 센싱한 값을 같이 전송하여 이웃노드들에게만 저장시켜 놓으며 이벤트가 발생한 센서가 0을 가지며 주변 다른 센서로 이동할 때마다 1씩 증가한다.

과정 2. 이벤트가 루트 노드까지 전달되면 루트 노드는 호스트PC로 전달하고, 사용자는 이벤트발생 센서로부터 들어온 값인 MAX에 대한 값을 최대 홉 수로 지정하여 해당센서의 주변센서의 값을 같이 가져오게 하는 쿼리를 보낸다. 호스트 PC를 통해 원하는 쿼리를 루트노드에 전달하고 쿼리를 받은 루트 노드는 라우팅 경로 설정 및 쿼리 전송을 수행한다.

과정 3. 라우팅 경로 설정 및 쿼리 전송이 가지 노드까지 완료되면 병합 과정이 시작된다. 각 노드는 자식 노드에서 전송된 값과 자신이 센싱한 값과 이벤트센서의 숨겨진 값을 병합 쿼리에 맞게 병합한 후 부모 노드로 전송한다.

H-RDAP는 모든 센서가 주변 센서에 대한 값을 가지고 주변 센서에 대한 최종값의 데이터를 가지고 있다. 기존에

존재한 데이터는 이벤트를 발생한 순간부터 새로 들어온 데이터로 변환 된다. 이벤트를 알리는 메시지가 Host PC로 전달이 되면 Host PC에서는 전달되어진 이벤트 센서에 대한 경로에 대한 최소와 최대의 홉 수를 가지고 라우팅 경로를 재설정하게 된다.

만약 최대 홉 수로 재설정된 경로안에 센서가 존재하지 않는다면 그 센서는 자연재해로 인하여 기능을 상실한 것으로 판정하여 최종적으로 주변노드들이 받은 센싱값을 Host PC로 전송한다.

Host PC는 H-RDAP시스템으로 들어온 노드들의 센싱값이 모두 같다면 그 지역에 대한 센서가 기능을 상실한 것으로 판정하고 주변의 다른 센서들의 정보를 토대로 그 지역에 대한 감시를 같이 하게 하여 그 지역에 대한 정보를 수집하라는 새로운 질의를 보낸다.

4. H-RDAP알고리즘

센서 네트워크에서 가장 많이 중요시 하는 분야는 데이터의 손실이다. 데이터의 손실은 여러 가지 환경에 의해서 나타날 수 있는데 그 중 하나가 이벤트 센서의 기능 상실이다. 거의 모든 센서 네트워크는 노드간 직접 통신이 아닌 다중 홉(Multi-hop) 통신을 한다. 즉, 목적 노드에게 데이터를 보내기 위해서 여러 중간 노드를 통해 데이터를 전송한다.

노드의 라우팅 정보가 시간에 따라 변화하기 때문에, 라우팅 테이블을 유지하는 것은 테이블 갱신 부하가 커서 매우 비효율적이다. 그렇기 때문에 RDAP에서는 플루딩을 이용한 라우팅 방법을 제안하였으며 쿼리에 대한 진행은 현재 라우팅이 진행중인 노드의 정보만을 사용하여 라우팅을 수행하여야 한다. 하지만 라우팅 관련 정보가 변경이 되었을 경우 노드는 원하는 라우팅의 값을 찾지 못하는 문제를 가지게 된다. 때문에 센서의 데이터 정보는 이벤트가 발생한 노드의 주변노드만 가지고 있으며 라우팅시 주변의 노드들까지 라우팅을 하여 센싱된 정보를 취득하게 하면 된다.

H-RDAP를 위해 각 센서가 유지하는 정보는 다음과 같다.

1. **Amax** : 센서의 최대 홉을 알기 위해 가지고 있는 데이터 값
2. **TH** : 이벤트가 발생한 센서가 가진 고유의 노드 번호
3. **G** : 무선 환경 내에 존재하는 인접 센서 노드들의 집합

센서가 각 지역에 뿌려지게 될 때 각 노드는 자신의 고유 번호 TH를 가지며 이웃노드들은 TH를 기준으로 G를 형성하게 된다. 이벤트가 발생한 센서는 집합 G의 센서들과 직접 통신이 가능하며 플루딩을 할 때 이 정보를 사용한다. 각 센서는 이벤트 발생시 Amax의 초기값인 0에 이벤트가 발생한 노드에서부터 자신의 위치까지의 값을 증가시킨 값을 가지고 있으며 자신의 Amax값에 1을 증가한 값을 주변노드로 다시 전달한다. 이때 전달받은 노드는 전달받은 값이 자신이 가진 값보다 작은 경우 자신이 원래

가지고 있는 큰 값을 사용한다.

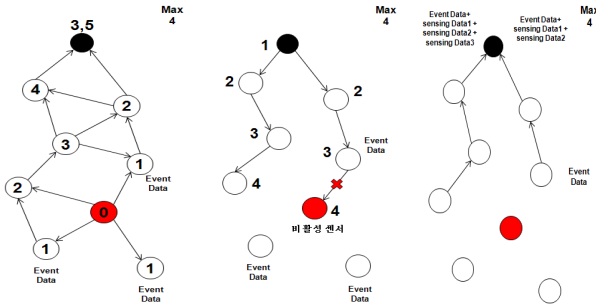


그림 2 H-RDAP의 전송과정

위의 그림과 같이 되었을 경우 Host에 전달된 최대의 MAX는 $A_{max} = 5$ 와 3이다. 이때 호스트가 홉수를 정하는 최대의 공식은 $(A_{max}[0] + A_{max}[1]) / 2$ 로 4가 되며 소수를 버려 4를 최대 홉 수로 인정하여 라우팅 경로를 설정하게 된다. 본 논문의 예상처럼 Event가 발생된 Node가 여러 가지 조건에 의하여 값을 Root Node로 보낼 수 없게 될 때 H-RDAP는 위의 두 번째 그림처럼 라우팅을 진행한다. 최대 홉 수인 4를 기준으로 라우팅 경로를 정하게 되며 자신의 값과 이벤트 센서에서 받아온 값을 병합하여 세 번째 그림처럼 root node로 보내게 된다.

위의 그림과 같이 데이터를 저장 하는 방식에 대한 코드는 아래와 같다.

우선 각각의 센서노드는 uint16_t sensingdata;라는 16bit의 data를 저장 할 수 있는 변수를 선언하게 되며 event void Boot.booted()함수가 불려와 질 때마다 0으로 초기화를 거친다. event가 발생하게 되면 플루딩에 관련된 함수가 호출이 되며 브로드 캐스팅 방식으로 데이터를 주변의 센서로 전달하게 된다.

```

if(Hop >= NextHop)
    DataMsg.SendtoHop();
else
    SensingData_msg.Hop = NextHop++;
    
```

이벤트가 발생되어 얻게 된 Data를 브로드 캐스팅 방식으로 주변의 모든 센서들에게 전송하고 센서의 RecvMsg.receive함수에서 전달받은 Hop은 NextHop이란 변수로 저장되어 기존의 Hop과 비교를 하게 되며 처음 받은 홉수이거나 클 경우 받은 수에 1을 증가시켜 홉 수를 저장시키며 현재 저장되어있는 홉 수가 현재 들어온 홉 수보다 작을 경우 현재의 값을 유지시킨다.

Hop은 구조체 속에 속해 있는데 구조체는 .h파일 속에 들어 있으며 구조체는 다음과 같다.

```

struct SensingData_msg{
    uint16_t seq; //패킷 번호
    uint16_t TTL;
    uint16_t SenderID;
    uint16_t Hop; //자신이 받은 홉 수
    uint16_t data[DATA_MAX]; //측정한 값
}
    
```

구조체로 불려와진 Hop은 RecvMsg.receive함수를 통해 증가하며 Root Node를 통해 Host PC로 Data가 전달이 되었을 때 Sensing된 Node에 대한 최소와 최대의 홉 수를 알게 해준다.

위와 같은 Event가 실행이 되면 주변의 노드들은 1차적으로 Event가 발생한 센서의 Data를 임시적으로 가지고 있게 된다. Sensing Data의 값이 초기화가 되기 전에 Host PC에서 Event가 발생한 센서와 그 주변의 센서에 대하여 라우팅 구조를 명시하고 질의를 보내게 된다면 H-RDAP는 Evnet가 발생한 센서가 특정한 사정으로 Data통신을 못하게 된 경우라도 주변의 센서를 통해서 Sensing된 Data를 전송할 수 있게 해준다.

4. 결론

본 논문에서는 센서 네트워크에서 신뢰성이 높고 데이터 전송량을 줄이기 위한 RDAP를 이용하여 갑작스런 이벤트로 센서의 작동이 불가능 할 때를 효율적으로 해결할 H-RDAP를 제안하였다. H-RDAP는 라우팅 과정과 데이터 병합 질의 삽입 과정을 동시에 수행하며 각 센서는 주변 센서의 값을 가지고 있는 데이터 중심 처리기법을 응용하여 주변 데이터를 저장함으로써 자연재해로 발생하는 갑작스런 돌발 상태에 대해 효과적인 처리 방법을 제시한다.

참고문헌

- [1] 신상렬, 이종일, 백장운, 서대화, “무선 센서 네트워크를 위한 신뢰성 있는 데이터 병합 프로토콜”, 한국통신학회논문지, Vol.31 pp. 303~310, 2006
- [2] 최은창, 허재두, 김수중, “유비쿼터스 홈을 위한 센서 네트워크 응용”, 한국정보과학회 학회지,22(12), pp. 0051~0059 2004.
- [3] 박노성, 김대성, “에너지 효율적인 데이터 기반 센서 네트워크 라우팅 프로토콜”, 한국정보과학회 논문지, 32(02), pp.261~277, 2005.
- [4] Heinzelman W. R., Chandrakasan A. and Balakrishnan H., “Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Network,” Proceedings of the IEEE Hawaii International Conference on System Sciences('HICSS), Vol. 8, pp. 1-10, Jan, 2000.

- [5] Shah R.C and Rabaey J. M., "Energy aware routing for low energy ad hoc sensor network," Proceedings of the IEEE Wireless Communication and Networking Conference(WCNC), Mar., 2001.
- [6] Rodoplu V. and Meng T. H., "Minimum Energy Mobile Wireless Network ," IEEE journal selected Areas in Communications, Vol. 17, No. 8, pp. 1333-1344, Aug., 1999.
- [7] Hellersein J., Hass P., and Wang H., "Online aggregation," Proceedings of the ACM SIGMED, May, 1997.
- [8] Madden S. R., Szewczyk R., Franklin M. J., and Culler D., "Suppoting Aggregate Queries Over Ad-Hoc Wireless Sensor Networks," Workshop on Mobile Computing and Systems Application, 2002.