RHC(Routing History Cache)를 사용한 저전력 소모 라우팅 알고리즘

이두완* · 장경식**

Low-power Routing Algorithm using Routing History Cache for Wireless Sensor Network

Doo-Wan Lee*, Kyung-Sik Jang**

요 약

무선 센서 네트워크는 특정지역에서 데이터를 수집하여 처리는 작은 센서 노드들로 구성된다. 이러한 센서들은 최초로 설치된 이후에는 배터리로 동작되며, 동작기간이 수개월에서 수년까지 지속되어야 함으로 제한된 자원을 효율적으로 활용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 데이터 중심 개념을 적용한 Directed Diffusion의 기본동작구조에 RHC(rounting history cache)를 적용하여, 데이터 전송경로 설정에 신뢰성과 효율성을 높인다. 제안하는 RHC 알고리즘은 각 센서노드가 자신의 RHC를 주기적으로 업데이트하여 최적화경로를 저장하고 있기 때문에, 이벤트 발생시마다 경로를 재설정하여 에너지가 낭비되는 것을 최소화 하였고, 중복메시지의 최소화로 신뢰성을 향상시켰다.

ABSTRACT

Wireless Sensor Network collects a data from the specific area and the control is composed of small sensor nodes. Like this sensors to after that is established at the beginning are operated with the battery, the operational duration until several years must be continued from several months and will be able to apply the resources which is restricted in efficiently there must be. In this paper RHC (rounting history cache) applies in Directed Diffusion which apply a data central concept a reliability and an efficiency in data transfer course set. RHC algorithms which proposes each sensor node updated RHC of oneself with periodic and because storing the optimization course the course and, every event occurrence hour they reset the energy is wasted the fact that a reliability with minimization of duplication message improved.

키워드

센서네트워크, 데이터중심, 자가구성, 네트워크라우팅

Key word

Sensor Network, Data-centric, Self-configuration, routing

* 한국기술교육대학교 전기전자공학과 컴퓨터공학 전공

** 한국기술교육대학교 정보기술공학부

접수일자 : 2009. 10. 30

Ⅰ. 서 론

무선센서네트워크의 프로토콜 기술은 다음 사항을 고려하여야 한다. 센서노드는 제한된 에너지 자원을 가지는 베터리로 동작 되며, 센서 네트워크의 운용이 짧게는 며칠에서 수개월간 지속 되어야 하기 때문에 전력 소모에 큰 영향을 미치게 된다. 센서노드들은 베터리 방전이나 물리적인 손상, 또는 외부적인 환경 요인에 따라 정상적인 작동을 하지 못할 경우가 있으므로 그러한 고장을 고려하여 프로토콜이 구현되어야 한다.[1]

최근들어 무선센서네트워크의 동향은 고정된 센서노드 및 싱크노드 뿐만 아니고 이동성을 가진 모바일 센서노드 및 싱크노드에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이중에서 모바일 센서노드 및 싱크노드를 가진 무선센서네트워크는 두 가지 이슈를 갖는다. 첫 번째는 센서노드 및 싱크노드의 이동으로 인한 경로 오류의 발생이고, 두 번째 이슈는 센서노드의 효율적인 에너지 소모이다. 싱크노드의 이동은 라우팅 경로에 오류를 일으키고 이로 인해 데이터 손실 또는 데이터 전송지연이 발생한다. 그러므로 빠른 경로 복구를 통해 데이터 손실 또는 전송 지연을 최소화하거나 미연에 이를 방지할 수 있는 기법이 요구된다.[2][3]

본 논문에서는 무선 센서네트워크의 특징을 확인하고 데이터중심 라우팅 프로토콜을 사용하는 Directed Diffusion의 작동원리를 알아본다. Directed Diffusion은 경로설정을 위해 싱크노드와 센서노드의 주기적인 통신이 이루어지므로 에너지가 낭비되는 단점이 발생할 수 있고, 이벤트에 관여하지 않아도 되는 노드까지 경로설정 작업에 참여해야 하는 경우가 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 RHC 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘을 이용하여 최적화경로 설정작업을 최소화 할 수 있으며, 중복된 데이터의 전송을 피할 수 있다. 또한 싱크노드에서 센서노드까지의 경로를 저장하고 있기 때문에 데이터 전송의 신뢰성이 보장 된다.

Ⅱ. 본 론

1. Directed Diffusion

Directed Diffusion은 싱크의 질의 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 기법으로 싱크노드가 원하는 데이터를 얻기 위해서는 경로를 설정하여야 한다. 경로를 설정하는 방법의 기본적인 순서는 그림1 과 같다.[9]

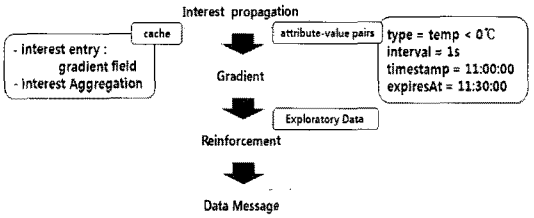

그림 1. Directed Diffusion Data Flow
Fig. 1 Directed Diffusion Data Flow

① 싱크노드는 데이터의 요청을 위해 속성-값의 쌍을 갖는 interest 메시지를 생성하여 이웃노드들에게 전송한다.

② interest를 받은 노드는 보내온 노드의 방향으로 gradient를 설정하고 interest 정보를 자신의 캐시에 저장한 후에 다시 다른 노드로 받은 interest를 전송한다.

③ 캐시에 저장된 interest 엔트리에는 gradient field가 포함된다.

④ 캐시에 저장된 interest 정보를 비교하여 조건이 일치하면 interest 모음(interest aggregation)을 수행하여 새로운 엔트리를 생성하지 못하도록 한다.

⑤ 목표를 감지한 센서 노드는 interest 캐시에 부합되는 엔트리가 있는지 조사하고 감지한 이벤트정보를 데이터에 넣어서 다중 경로를 통해 싱크노드 쪽으로 탐구데이터(Exploratory Data)를 보낸다. 동일한 엔트리가 존재하게 되면 데이터를 버리고 존재하지 않게 되면 수신하게 된다.

⑥ 싱크노드가 이벤트를 수신하면 이벤트를 보낸 모든 이웃에게 더 높은 전송비율로 메시지를 보내 싱크노드와 센서노드 사이에 경로를 강화(reinforcement) 시킨다.

⑦ 센서노드에서 수집된 데이터를 강화된 경로를 통해 싱크노드로 전송한다.

2. Directed Diffusion 단점

이벤트 발생시 마다 경로 설정을 위해 에너지소비가 많으며, 싱크노드의 이동에 따라 경로를 재설정 해야 하는 단점이 있다. 또한 경로설정과정에 상관없는 센서노드도 경로설정과정에 참여하여 에너지를 소비한다.

Ⅲ. RHC 알고리즘

Directed Diffusion는 새로운 이벤트 발생시마다 경로를 재설정 하기위해 많은 에너지를 소비해야 한다는 단점이 있다. 또한 메시지의 중복성과 센서노드의 추가 및 삭제, 이동형 센서네트워크에서는 비효율적인 단점이 있다. 본 논문에서는 RHC(Routing History Cache)를 이용하여 데이터 전송 신뢰성을 향상시킨 알고리즘을 제안한다.

1. RHC(Routing History Cache)

무선센서 네트워크의 한 클러스터에서 싱크노드를 제외한 나머지 각 센서노드들은 자신 만의 고유아이디와 수신된 라우팅 정보를 저장한다.

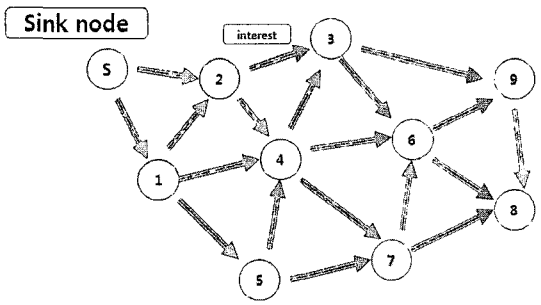

그림 2. interest 전송
Fig. 2 interest transmission

그림2는 싱크노드를 제외한 고유 아이디를 가지고 있는 9개의 센서노드로 한 개의 클러스터를 구성하고 있는 무선센서네트워크를 나타냈다. 싱크노드가 최적화경로를 설정하기위해 interest를 플러딩하게 되면 각각의 센서노드들은 interest를 저장할 캐시를 가지고 있고, 추가적으로 RHC를 저장하게 된다. 예를 들어 ID:6 센서노드에 전송되는 interest의 경로는 총 14가지로 표1과 같다.

표 1. ID:6 Path 및 hop 수
Table. 1 ID:6 Path and hop count

번호	Path	hop
1	S-2-3-6	3
2	S-2-4-3-6	4
3	S-2-4-6	3
4	S-2-4-7-6	4
5	S-1-2-3-6	4
6	S-1-2-4-3-6	5
7	S-1-2-4-6	4
8	S-1-4-3-6	4
9	S-1-4-6	3
10	S-1-4-7-6	4
11	S-1-5-4-3-6	5
12	S-1-5-4-6	4
13	S-1-5-4-7-6	5
14	S-1-5-7-6	4

표1의 결과에 따라 ID:6 센서노드는 싱크노드로 14가지 경로를 통해서 interest를 받게 되고, 싱크노드로 데이터를 전송할 경로가 총 14가지란 뜻이 된다. 어떤 경로는 총 3번의 홉을 거쳐서 ID:6 센서노드로 전송이 되었고, 어떤 노드는 총 5번의 홉을 거쳐서 ID:6 센서노드로 전송이 되었다. 무선센서네트워크에서 전송 홉의 수를 최소화하면서 네트워크 지연 값이 적은 수치로 표현 되는 경로를 네트워크 품질(QoS)이 우수하다고 표현한다.

고유아이디를 가지고 있는 각각의 센서노드는 싱크노드로부터 자신까지의 경로와 네트워크 지연 값을 이용하여 RHC를 만든다.

센서노드 자신이 가지고 있는 RHC 목록중에서 가장 품질이 우수한 경로를 이웃노드에게 보내게 될 interest에 포함하여 전송하게 되면 수신받은 노드는 다시 자신의 RHC를 업데이트 하게 되고, 똑같은 구조로 반복된다.

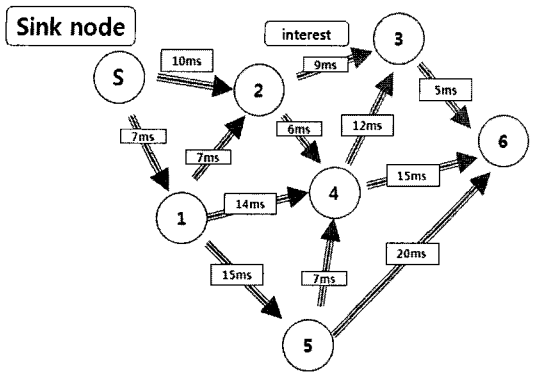

그림 3. 센서노드 경로 및 네트워크 지연 값
Fig. 3 Sensor node routing path and network delay-value

그림3은 한 개의 싱크노드를 가지고 총 6개의 센서노드를 가지고 있는 클러스터로 싱크노드에서는 데이터 전송의 최적화 경로를 초기설정하기 위해 interest를 모든 센서노드에 플러딩하게 된다. 각각의 노드간의 네트워크 지연 값은 그림3에 표현된 값이라고 가정했을 경우 ID:3 센서노드가 가지고 있는 RHC는 표2 와 같다.

표 2. ID:3 센서노드의 RHC
Table. 2 RHC of ID:3 Sensor node

Flag	Path	hop	Net Delay
0	S - 2 - 3	2	6.3ms
0	S - 2 - 4 - 3	3	9.3ms
0	S - 1 - 2 - 3	3	7.6ms
0	S - 1 - 2 - 4 - 3	4	8ms
0	S - 1 - 4 - 3	3	11ms
0	S - 1 - 5 - 4 - 3	4	10.25ms

ID:3 센서노드는 싱크노드로부터 전송되어진 여러경로 값과 네트워크 지연 값을 자신의 캐시에 저장을 하게 된다.

- 방향요소(Flag) : 싱크노드에서 센서노드로의 interest 전송경로일 경우에는 0의 방향요소값을 갖고, 센서노드에서 싱크노드로의 데이터 전송 경로일 경우에는 1의 방향요소값을 갖는다.
- 전송경로(Path) : 싱크노드로부터 전송된 interest의 경로이다. 지나온 센서노드의 홉수를 파악할 수 있다. QoS의 품질 측정에 사용되며, 데이터를 싱크노드로 전송할 경로 역시 표현 될 수 있다.
- 네트워크 지연 값(Net Delay): 각 노드간 측정되어진 네트워크 지연 값의 평균으로 측정 시간이 적을수록 전송 품질이 우수한 노드이다. 싱크노드로부터 전송되어지면서 이웃노드와의 지연값의 평균을 구한다.

Flag를 통해서 interest인지 데이터 전송인지를 확인할 수 있고, 전송경로는 최대 Thop 의 개수를 넘지 못한다.

$$T_{hop} = (N_s - \frac{N_s}{ID_n})$$

- T_{hop} : 전송경로(Path)의 최대 홉을 계산한다.
- N_s : 총 노드의 개수
- ID_n : 자신의 고유아이디
- 계산된 소수값의 소수점 아래는 버리고 정수형으로 형변환 한다.

전송경로의 최대홉수의 제한을 두는 이유는 자신의 고유아이디 보다 많은 홉수를 거쳐서 경로가 설정되었다면 그 경로는 품질저하로 인정된다. ID:3 센서노드는 ID:6 센서노드에게 자신의 RHC에 저장된 최적화경로를 ID:6에게 전송하게 되고, ID:6 센서노드는 자신의 RHC에 ID:3 센서노드에게서 전송된 최적화경로에 전송경로를 추가업데이트하고, 네트워크 지연 값을 다시 계산하여 ID:6 센서노드 RHC를 업데이트 한다.

ID:6 센서노드가 이벤트를 감지했을 경우 ID:6 센서노드의 RHC의 방향요소(Flag)를 1로 설정하고, 최적화경로에 표현되어 있는 이웃 노드에게 이벤트 데이터를 전송한다. 따라서 이벤트가 발생된 센서노드에서 싱크노드까지의 데이터 경로는 각 센서노드의 RHC에 의해 최적화경로를 통해 전송 될 수 있다.

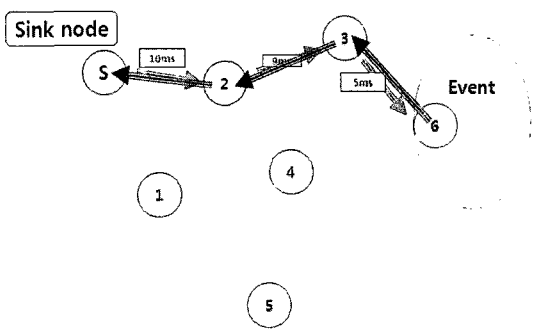

그림 4. RHC에 의한 데이터 전송 경로
Fig. 4 Data transmission path by RHC

그림4는 이벤트가 발생 되었을 경우 RHC에 의해 싱크노드로 데이터를 전송하는 경로를 나타낸 것이다. ID:6 센서노드의 RHC 최적화경로는 ID:3 센서노드로의 전송 경로를 최적화경로로 가지고 있다고 가정하면 ID:3 센서노드의 최적화경로는 ID:2에게 보내는 것이 RHC에 의해 선택되어진 최적화경로인 것이다.

RHC에 저장된 최적화경로는 실험의 용이성과 메모리 용량의 제한에 의해 6개로 제한하고, 새로운 최적화경로가 추가되었을 경우에는 가장 우선순위가 낮은 최적화경로가 대체되도록 한다.

Ⅳ. 결론 및 향후연구 방향

각 센서노드는 자신의 고유아이디와 RHC를 저장하고 있기 때문에 전송경로 품질이 가장 우수한 최적화경로를 설정할 수 있다. RHC를 이용하여 최적화경로를 설정하게 되면, 이벤트 발생시마다 경로를 재설정하게 되는 Directed Diffusion의 경로설정방식보다 에너지 효율성이 매우 높아짐을 알 수 있고, 중복적인 데이터의 전송으로 인한 싱크노드 및 센서노드의 오버헤드를 줄일 수 있는 장점이 있다. 각 센서노드가 RHC를 저장하고 있기 때문에 Directed Diffusion에서 발생하는 경로설정 시 불필요한 센서노드의 참여라는 단점을 최대한 줄일 수 있다. 하지만 현재 본 논문에서 제안한 RHC의 경우에 센서네트워크 클러스터가 이동할 경우나 노드의 추가 및 오류로 인한 네트워크 변동이 발생할 경우에 변동내용에 대한 능동적인 라우팅 알고리즘은 고려하지 못했다. 또한 싱크노드에서 클러스터내의 모든 센서노드들의 고유아이디와 노드들 간의 네트워크 지연 값을 관리할 경우 싱크노드의 메모리 용량과 에너지 효율성, 오버헤드 부분의 관리 알고리즘이 향후 연구 과제로 남아 있다.

참고문헌

[1] 김대영, 도윤미, 박노성, 서창우, 유성은, "센서 네트워크 저전력 네트워크 프로토콜 기술", 한국 인터넷 정보학회 제5권 4호, 2004.

[2] 이치영, 이신형, 유혁, "모바일 싱크 노드를 가진 센서 네트워크를 위한 에너지 효율적인 라우팅 기법", 고려대학교 컴퓨터 학과, 2008.

[3] Haiyun Luo, Fan Ye, Jerry Cheng, Songwu Lu, and Lixia Zhang, "TTDD: Two-Tier Data Dissemination in Large-Scale Wireless Sensor Netwokrs", In Wireless Networks, Volume 11, Issue 1-2, January 2005.

[4] 이동훈, 박수창, 조호중, 최영환, 김상하, "무선 센서 네트워크에서 직선 경로 통신을 통한 에너지 효율적인 움직이는 싱크지원 큰 데이터 수집 프로토콜", 충남대학교 컴퓨터 공학과, 2007.

[5] 김시환, 한윤종, 김성호, "향상된 성능을 갖는 Directed Diffusion 알고리즘 개발", Proceedings of KFIS Autimn Conference 2005 Volume 15, Number 2, 군산대학교 전자정보공학부, 2005.

[6] J, Hightower, G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing." Computer, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.

[7] 차우석, 유석대, 조기환, "위치기반 Ad hoc 라우팅에서 경로복구 방법론", 한국정보과학회 봄 학술 발표논문집 vol. 29. No. 1, 2002

[8] 조무호, 문준호, "무선 센서 네트워크에서 클러스터 기반 라우팅 프로토콜 연구", 한국조명 · 전기설비학회 추계 학술대회 논문집 pp359~362, 2005.

[9] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, John Heidemann, and Fabio Silva, "Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking", Networking, IEEE/ACM Transactions on Volume 11, Issue 1, Feb. 2003.

[10] 최재원, 이광휘, "무선 센서 네트워크에서 Directed Diffusion을 이용한 신뢰성 있는 데이터 전달 기법", 전자공학회 논문지 제43권 TC편 제8호, 2006.

저자소개

이두완 (Doo-Wan Lee)

2001 대전대학교 전자물리학과 학사
2003 한국교원대학교 컴퓨터교육과 석사

2003.3~2007.7 천안여자상업고등학교 교사
2009.3~현재 한국기술교육대학교 컴퓨터공학과 박사과정
※ 관심분야 : 센서네트워크, 임베디드시스템

장경식 (Kyung-Sik Jang)

1987 고려대학교 전자공학과 학사
1989 KAIST전기및전자공학과 석사
1998 동경공업대학교 전기전자공학 박사

1987.3~1998.2 KT 연구개발단
1998.3~1999.2 삼성전자 시스템 LSI 사업부
1999.3~현재 한국기술교육대학교 정보기술공학부 부교수
※ 관심분야 : 임베디드시스템, 센서네트워크