

무선 센서 망에서 이동 이벤트를 위한 멀티패스 라우팅 방안

김희원, 이현규, 임진혁, 이의신
충북대학교 정보통신공학부

e-mail : hwk@cbnu.ac.kr, leehyunkyu@cbnu.ac.kr, hjyim@cbnu.ac.kr, and eslee@cbnu.ac.kr

A Multipath Routing Protocol for Mobile Events in Wireless Sensor Networks

Hoewon Kim, Hyunkyu Lee, Jinhyuk Yim, and Euisin Lee
Dept. of Information & Communication Engineering, Chungbuk University

요약

무선 센서 망에서 다중 경로 라우팅은 센서 노드와 링크의 실패로 인한 잦은 경로 단절의 문제를 해결하기 위해 연구되었다. 이러한 다중 경로 라우팅에서, 이동 이벤트가 고려되면 소스는 이벤트의 이동 경로를 따라서 생성이 되고, 각각의 소스는 자신으로부터 다중 경로를 생성하게 된다. 그러나, 이동 이벤트는 연속적으로 소스를 생성하기 때문에, 기존의 소스가 구성한 다중 경로를 이용하면 효율적으로 다중 경로를 이전의 소스로부터 새로운 소스까지 재구성할 있다. 그러므로, 본 논문은 무선 센서 망에서 이동 이벤트를 위한 효율적인 다중 경로 라우팅 방안을 제안한다. 제안 방안은 에너지 소비 비용 모델을 기반으로 지역적 경로 재구성 방법과 광역적 재구성 방법을 선택한다. 지역적 재구성 방법이 선택되면, 제안 방안은 이동 이벤트의 이동 방향을 고려하여 기존의 다중 경로를 지역적으로 재구성한다. 반면에, 광역적 재구성 방법이 선택되면 제안 방안은 새로운 소스가 싱크까지 광역적으로 다중 경로를 재구성한다. 시뮬레이션 결과는 제안 방안이 기존의 방안보다 에너지 관점에 효율적임을 증명한다.

1. 서론

무선 센서 네트워크는 노드와 링크의 실패로 인하여 잦은 경로 단절의 문제를 가진다. 이러한 문제를 다루기 위한, 다중 경로 라우팅은 주 경로가 단절되었을 때, 새로운 경로 탐색 과정 없이 즉시 대안 경로를 사용하여 데이터를 전송 가능한 효율적인 방법이다 [1]. 그러나, 이전에 제안된 다중 경로 구성 방안들은 모바일 이벤트에 의한 다중 소스에 관한 상황이 고려되지 않았다. 새로운 소스가 이전 소스가 구성한 다중 경로를 이용할 수 있다면, 새로운 소스는 새로운 다중 경로 구성을 하지 않고 즉각적으로 자신의 데이터를 이전 소스의 다중 경로를 통해서 싱크까지 전송할 수 있다. 이러한 방법은 경로 생성 비용과 딜레이를 줄일 수 있다. 하지만, 이전 소스의 다중 경로를 이용하는 것보다 새로운 다중 경로를 광역적으로 구성하는 것이 더 효율적인 상황이 생길 수 있다.

그러므로, 본 논문은 위와 같은 과제를 다루는 다중 경로 라우팅 방안을 제안한다. 기존 다중 경로 이용과 새로운 다중 경로 구성 사이의 결정을 위한 기준을 두고, 지역적 경로 재구성을 통한 기존 다중 경로 이용방법과 새로운 다중 경로 구성방법을 이용한다. 시뮬레이션 결과는 제안 방안이 데이터 전송률과

에너지 소비의 측면에서 기존 방안들보다 더 나은 성능을 보임을 입증했다.

2. 이전 방안

단절된 주 경로 상의 패킷을 다루기 위해, 제안 방안은 이러한 패킷들이 대체 경로로 전송되고 대체 경로를 통해서 즉각적으로 전달 가능하도록 하기 위해 위치 기반의 협력 방법을 사용한다[2]. 또한, 새로운 대체 경로를 지역적으로 재구성 하기 위해, 제안 방안은 단절된 주 경로 상에서 단절을 감지한 센서 노드가 스스로 단절된 경로를 수정할 수 있도록 하는 점진적 역방향 재구성 방법을 이용한다.

처음 소스가 생성될 때를 다루는 이전 방안은 다중 경로 구성을 위하여 먼저 소스와 싱크 노드의 위치 정보를 이용하여 두 노드 사이의 Virtual Line(VL)을 생성한다. 그 때, VL을 기반으로 위쪽 방향에 VL과 가장 가까운 노드들로 구성된 주 경로를 센서 노드들의 위치 정보를 이용하여 구성한다. VL을 기준으로 소스와 노드 사이의 직선의 각도를 측정하고 이 각도가 최소가 되는 노드가 주 경로 상의 중간 노드들이 된다. 주 경로가 완성되면, 주 경로 구성과 동일한 방법으로, VL의 아래 방향에 대체 경로를 구성한다.

3. 본문

본 논문에서 우리는 먼저, 기존 다중 경로 이용과 새로운 다중 경로 구성 사이의 결정을 위한 기준을 제시한다. 다음으로, 우리는 기존 다중 경로를 이용하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 우리는 새로운 다중 경로 구성 방법을 제안한다. 우리는 다음의 소절에서 위의 3 가지에 대해서 자세히 설명한다.

3.1 Decision Local and Global

본 논문에서, 우리는 지역적 경로 재구성 방법과 광역적 경로 재구성 방법 사이의 선택을 위해 두 방법의 에너지 소비 비용을 고려한다. 지역적 경로 재구성 방법의 총 에너지 소비 비용은 아래의 수식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Total_Cost}_{\text{Local}} = \text{Cost}_{\text{Local_Path}} + \text{Cost}_{\text{Local_Data}} \quad (1)$$

$\text{Total_Cost}_{\text{Local}}$ 은 새로운 소스로부터 기존의 다중 경로까지 경로를 지역적으로 구성하는 에너지 소비 비용($\text{Cost}_{\text{Local_Path}}$)과 구성된 경로를 통해서 소스로부터 싱크까지 데이터를 전송하는 에너지 소비 비용($\text{Cost}_{\text{Local_Data}}$)의 합과 같다. $\text{Cost}_{\text{Local_Path}}$ 와 $\text{Cost}_{\text{Local_Data}}$ 는 각각 다음 수식 (2), (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Cost}_{\text{Local_Path}} = (\text{geo_hops}(S_p, S_n) + \text{geo_hops}(N_p, S_n)) * E_C(k_1, r) \quad (2)$$

수식 (2)에서 $\text{geo_hops}(S_p, S_n)$ [3]은 그림 1에서 이전 소스 S_p 와 새로운 소스 S_n 사이의 흡 수를 나타낸다. 이는 따로 계산할 필요 없이 원 흡이므로 실제 계산에서는 1을 의미한다. $\text{geo_hops}(N_p, S_n)$ 은 대체 경로에서 이전 소스 S_p 의 이전 노드인 N_p 와 새로운 소스인 S_n 사이의 흡 수를 의미한다. 이 각각의 흡 수에 $E_C(k_1, r)$ 즉, 원 흡 단위에서 경로를 구성할 때 사용되는 전송비용[4]을 곱하여 지역적 경로 재구성을 하는 데 들어가는 비용을 구할 수 있다.

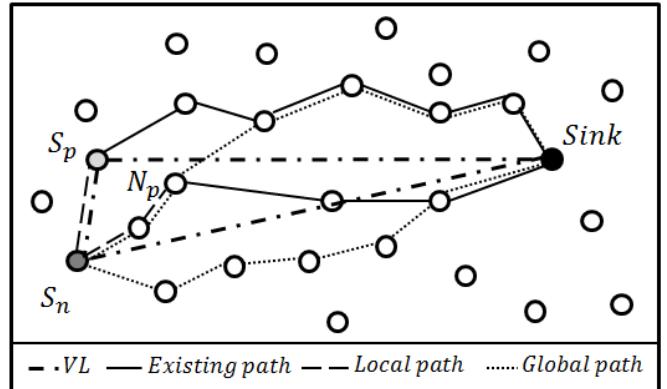
$$\text{Cost}_{\text{Local_Data}} = (\text{geo_hops}(S_p, \text{Sink}) + \text{geo_hops}(S_n, \text{Sink})) * E_D(k_2, r) \quad (3)$$

수식 (3)에서 $\text{geo_hops}(S_p, \text{Sink})$ 는 그림 1의 이전 소스 S_p 와 싱크 Sink 사이의 흡 수를 의미한다. 최초 경로가 완성될 때 싱크에서 소스로 흡 수를 알려주기 때문에 계산하지 않고 실제 흡 수를 이용한다. 이 싱크에서 소스로의 실제 흡 수와 1을 의미하는 $\text{geo_hops}(S_n, \text{Sink})$ 을 더한 값에 $E_D(k_2, r)$ 즉, 원 흡 단위에서 데이터를 전송할 때 사용되는 전송비용[3]을 곱하면 완성된 경로를 통해 데이터가 전송되는 데 들어가는 비용을 구할 수 있다. 또한 이와 유사하게 광역적 경로 재구성 방법의 총 에너지 소비 비용은 다음의 수식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Total_Cost}_{\text{Global}} = \text{Cost}_{\text{Global_Path}} + \text{Cost}_{\text{Global_Data}} \quad (4)$$

$\text{Total_Cost}_{\text{Global}}$ 은 새로운 소스로부터 싱크까지 경로를 광역적으로 구성하는 에너지 소비 비용($\text{Cost}_{\text{Global_Path}}$)과 구성된 경로를 통해서 소스로부터 싱크까지 데이터를 전송하는 에너지 소비 비용($\text{Cost}_{\text{Global_Data}}$)의 합과 같다. 그리고 $\text{Cost}_{\text{Global_Path}}$ 와 $\text{Cost}_{\text{Global_Data}}$ 는 각각 다음 수식 (5), (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Cost}_{\text{Global_Path}} = \text{geo_hops}(S_n, \text{Sink}) * E_C(k_1, r) * 2 \quad (5)$$



(그림 1) Local and Global configuration

수식 (5)에서 $\text{geo_hops}(S_n, \text{Sink})$ 은 그림 1의 새로운 소스 S_n 에서 싱크 Sink까지의 global path의 흡 수를 의미한다. $\text{geo_hops}(S_n, \text{Sink})$ 에 $E_C(k_1, r) * 2$ 를 곱하면 새로운 소스로부터 싱크까지 경로를 광역적으로 구성하는 에너지 소비 비용을 구할 수 있다.

$$\text{Cost}_{\text{Global_Data}} = \text{geo_hops}(S_n, \text{Sink}) * E_D(k_2, r) \quad (6)$$

수식 (6)에서 $\text{geo_hops}(S_n, \text{Sink})$ 과 $E_D(k_2, r)$ 를 곱하면 구성된 경로를 통해서 소스로부터 싱크까지 데이터를 전송하는 에너지 소비 비용을 구할 수 있다.

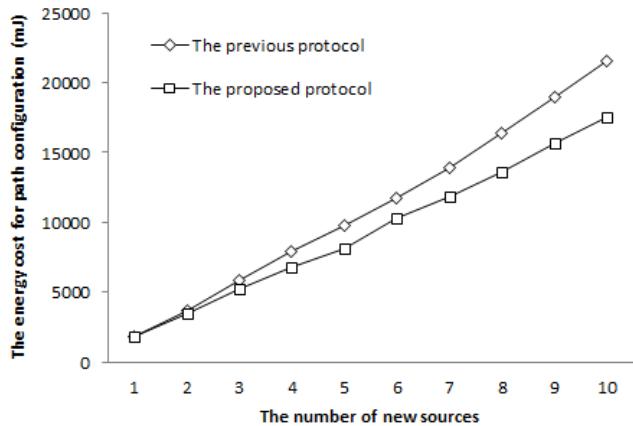
3.2 지역적 경로 재구성

그림 1에서, 지역적 경로 재구성 방법이 선택되게 되면 이전 소스 S_p 는 지역적 재구성 방법을 통해서 자신의 데이터를 싱크에게 전송한다. 본 논문은 지역적 재구성 방법을 제시하기 위해 새로운 소스가 생성되는 위치를 2 가지 경우로 나눈다. 새로운 소스 S_n 가 이웃 노드인 이전 소스 S_p 에게 지역적 경로 재구성 방법이 선택됨을 사실을 알린다. 이 때 최초 소스와 싱크를 기반으로 구성된 Virtual Line 으로부터 멀어지는 위치에 소스가 생성되었다면, 이전 소스에서 새로운 소스로 경로를 연결한다. 그리고 이전 소스 S_p 에서 새로운 소스 S_n 가 감지가 되면 기존의 경로를 구성하는 노드들에게 새로운 소스 S_n 가 발생했음을 알리고, 대체 경로는 기존의 경로를 구성하는 노드 중 가까운 노드 N_p 를 선택하여 경로를 구성한다. 이 경우는 새로운 소스에 의해 기존의 다중 경로가 연장되는 것을 의미한다. 혹은 최초 소스와 싱크를 기반으로 구성된 Virtual Line 으로부터 가까워지는 위치에 소스가 생성되었다면 기존 경로 중 새로운 소스에서 싱크와 가장 가까운 주 경로 상의 노드와 대체경로 상의 노드로 지역적 경로 재구성을 하고, 두 노드 사이를 가상의 선으로 잇고, VL 과의 접선에서 새로운 소스로 VL 을 수정한다. 만약 새로운 소스가 주 경로나 대체 경로 상의 노드로 정해지면, 다른 상황을 고려할 필요 없이 기존의 경로를 이용한다. 이 때 대체 경로는 한 흡으로 새로운 소스로 이어질 수 있는 노드가 있는 경우 바로 이어주고, 그렇지 않다면 이전 노드에서 지리적 라우팅을 이용하여 새로운 소스와 연결한다. 이러한 경우는 새로운 소스로부터 기존의 다중 경로가 단축되는 것을 의미한다.

3.3 광역적 경로 재구성

3.1 을 통해 이 방법을 선택하면, 우선 기존의 경로 와 VL 을 모두 제거한다. 그 후 소스와 싱크 사이에 VL 을 생성한 후 VL 을 기점으로 위쪽 방향에 VL 과 가장 가까운 노드들로 주 경로를 생성하고, 아래쪽 방향에 대체경로를 생성한다. 이는 이전 논문에서 제시하는 경로 구성의 방법과 동일하며, 처음 소스가 생성되어 경로를 구성하는 방법과도 동일한 작업이다.

4. 시뮬레이션 결과



(그림 2) The energy cost for path configuration

본 논문에서는 성능 분석을 위해 제안 방안과 기존 방안[2]을 NS3 시뮬레이터의 시뮬레이션 결과를 통해서 비교한다. $k_1:k_2 = 1:5$ 비율로 시뮬레이션을 진행하였으며, 그림 2 는 새로운 소스의 수가 증가함에 따라 경로 구성 비용을 보여준다. 시뮬레이션 결과는 제안 방안이 기존 방안보다 성능이 우수함을 보여준다. 이러한 결과는 제안 방안을 통해서 데이터 전송을 효율적으로 수행하기 때문이다.

5. 결론

본 논문은 기존 다중 경로 라우팅 방안에서 모바일 이벤트에 의한 다중 소스가 발생했을 때의 방안을 제안하였다. 이를 위해, 제안 방안은 지역적 재구성과 광역적 재구성 방법의 비용을 비교하여 효율적인 경로구성을 하였다. 시뮬레이션 결과는 제안 방안이 경로 구성의 비용에 대해서 기존 방안보다 더 성능이 우수함을 증명하였다.

참고문헌

- [1] B. Yahya and J. Ben-Othman, "REER:Robust and Energy Efficient Multipath Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," in Proc. IEEE Globecom, Nov. 2009.
- [2] Jinhyuk Yim, Hoewon Kim, and Euisin Lee, "A Multipath Routing Protocol for Enhancing Reliability and Real-time in Wireless Sensor Network," KICS, Jun. 2015.
- [3] Euisin Lee, Soochang Park, Fucai Yu, and Sang-Ha Kim, "Data Gathering Mechanism with Local Sink in Geographic Routing for Wireless Sensor Networks," IEEE TCE, Aug. 2010.