

WSN에서 Node Failure를 고려한 개선된 SCRO 알고리즘

강문경* · 진교홍*

*창원대학교

Improved SCRO Algorithm in WSN considering Node Failure

Moon-kyoung Kang* · Kyo-hong Jin*

*Changwon National University

E-mail : ilovemk7942@changwon.ac.kr

요 약

무선센서네트워크(WSN)는 계층적 라우팅 프로토콜을 통해 메모리 사용율이 낮아지고 에너지 소모율도 적어져 네트워크 Lifetime이 향상된다. 무선센서네트워크 환경에서 사용될 수 있는 대표적인 계층적 라우팅 프로토콜로는 지그비(Zigbee) 계층 구조 라우팅 프로토콜과 IETF의 6LoWPAN WG에 드래프트로 제출된 HiLow 프로토콜이 있다. 또한 Short-cut 라우팅 경로를 배정할 수 있는 SCRO 알고리즘이 있다. 본 논문에서는 기존의 지그비 계층 구조 라우팅 프로토콜, HiLow 프로토콜에서 Node Failure 발생시 이를 해결하기 위한 방법에 대해 설명하고, SCRO 프로토콜에서 Node Failure를 해결하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 SCRO 프로토콜의 장점인 Short-cut 경로를 배정으로 인해 Node Failure 시에도 새로운 경로배정이 빠르게 이루어짐을 알 수 있다.

ABSTRACT

Hierarchical routing in Wireless Sensor Network lowers the amount of a memory used and energy consumption so that the network lifetime longer. But, When Node Failure is occurred, Hierarchical routing do not look for another route. This is the problem of Hierarchical routing. To solve the problem, we would study other hierarchical routings. There are typically hierarchical routing protocols which can be used in WSN, such as the hierarchical routing of Zigbee and HiLow protocol which is submitted as draft to IETF 6LoWPAN WG. Also, there is SCRO algorithm which be able to assign short-cut routing path. This paper explains how to solve the Node Failure in each Zigbee hierarchical routing and HiLow protocol. And we suggest how to solve the Node Failure in SCRO protocol. SCRO protocol is able to assign new routing path rapidly when Node Failure is occurred. Because the strong of SCRO protocol is to assign Short-cut routing path.

키워드

WSN, Hierarchical routing, SCRO, Node Failure

1. 서 론

계층적 라우팅은 라우팅 테이블과 경로 요청 테이블을 사용하지 않아 메모리 사용이 적고, 클러스터 과정을 거쳐 지정된 경로로 데이터를 보내기 때문에 에너지가 효율적이다. 그래서 메모리와 에너지 사용에 제약이 많은 무선센서네트워크에서 널리 사용되고 있다.

무선센서네트워크의 또 하나의 제약인 에너지

가 OFF되는 경우 즉, Node Failure 발생 시, 계층적 라우팅은 지정된 경로외의 다른 경로를 찾을 수 없어 데이터를 계속 전송할 수 없는 문제가 발생한다[1]. 또한 경로를 회복하는 절차에 따른 시간과 메시지가 부가적으로 사용된다.

그림 1에서 볼 수 있듯이, Source Node가 67이고 Destination Node가 20인 네트워크에서 그림과 같이 계층적 구조를 형성하고 있다고 한다. Node 3의 Node Failure가 발생하여, Source

Node 67에서 Destination Node 20으로 메시지를 전송할 때, Node 3의 Node Failure로 인해 계층적 경로를 찾을 수 없는 문제점이 발생한다. 지정된 계층적 경로 67-16-3-0-4-20을 따라서 전송할 수 없게 된다. 이 문제를 해결하기 위해서 Re-addressing의 추가적인 절차를 이용해 라우팅을 하게 된다.

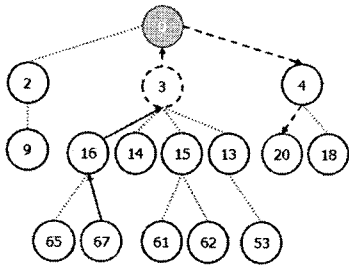


그림 1. Node 3의 Node Failure

본 논문에서는 기존의 지그비 계층 구조 라우팅 프로토콜[2], HiLow 프로토콜[3]에서 Node Failure 발생시 이를 해결하기 위한 방법에 대해 설명하고, SCRO 프로토콜[4]에서 Node Failure를 해결하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 제안된 방법은 SCRO 프로토콜의 장점인 Short-cut 경로 배정으로 인해 Node Failure 시에도 새로운 경로 배정이 빠르게 이루어짐을 알 수 있다.

II. 관련 연구

2.1 IEEE 802.15.4의 Node Failure 절차

그림 2에서 Node C와 Node B가 부모 노드와 자식 노드 관계를 형성하고 있다. 이 때 Node C가 Node Failure 되면서 다른 Node A를 부모 노드로 연결하는 과정을 그림 2에서 보여주고 있다[5].

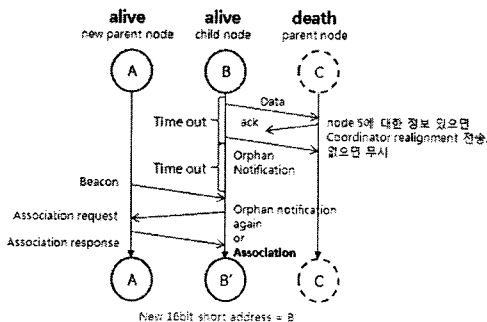


그림 2. IEEE 802.15.4의 Node Failure 절차

1. Node Failure에 대한 인식

: 보낸 Data에 대한 ACK가 일정한 시간동안

도달하지 않을 때

2. Orphan Notification MSG 전송

: 데이터 송신 시 몇 회 이상 ACK가 없을 때, 부모노드와의 연결이 끊어졌음을 알리는 MSG.

2.1 응답이 오면 이전 Parent Node와 재연결

2.2 일정한 시간동안 응답이 오지 않을 때

2.2.1 Orphan Notification again or Beacon Scan

2.2.2 Association request

: Beacon을 보낸 노드와 연결설정

2.2.3 Association response

: 자식 노드에 할당할 주소 포함 (Re-addressing)

2.2 Zigbee의 Node Failure 절차

Zigbee에서는 AODV를 기반으로 사용하기 때문에 Error MSG를 이용하여 다른 경로를 탐색할 수 있다. 센서가 메모리 부족이나 갑자기 경로를 잃는 등의 이유로 AODV를 일시적으로 지원할 수 없을 때 계층 구조 라우팅을 선택한다.

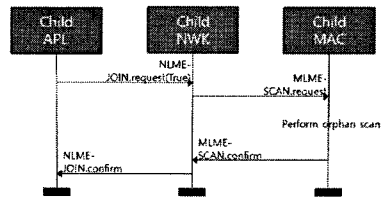


그림 3. 자식 노드 절차

그림 3은 부모노드를 잃은 자식 노드가 Orphaning을 통한 자식노드가 속한 네트워크의 Join 또는 Re-join의 성공적 절차를 보여주고 있다. 자식 노드가 부모 노드를 찾았다면 성공이다.

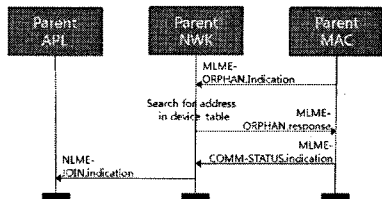


그림 4. 부모 노드 절차

그림 4은 Orphaned 자식 노드를 네트워크에 Join 또는 Re-join 하기 위한 부모 노드의 절차를 보여주고 있다. Orphaned 디바이스가 자신의 자식 노드인 MLME-ORPHAN.response를 통해 16비트 네트워크 주소를 할당한다[2,5].

2.3 HiLow의 Node Failure 절차

HiLow는 자식 노드와 부모 노드에 대한 정보를 NL에 저장하여 유지한다. 자식 노드가 부모 노드와의 연결이 끊어졌을 때, 이 NL를 이용하여 이전 부모 노드와의 재연결을 시도한다. Beacon-enable mode의 6LoWPAN이라면 연결 해제를 정의하기 위해 주기적인 응답을 사용한다. 때때로, 배터리 고갈과 노드 에러에 의해 연결 회복이 되지 않을 수도 있다.

계층적 라우팅의 사용으로 현재 노드가 패킷을 보내려고 할 때, 어떤 이유로 인해 다음 홉 노드에 도달할 수 없다면, HiLow는 경로를 회복하려고 노력하거나 패킷의 소스 노드로 에러를 알린다[4].

III. SCRO

이 절은 계층 구조 라우팅의 문제점인 Sub-optimal한 경로설정과 Node failure 관리를 개선하고 Short-cut Routing이 가능하도록 Neighbor List과 Redirect_ACK를 이용한 라우팅 알고리즘 SCRO (Short-cut Routing Algorithm Improving Hierarchical Routing Protocol In WSN)에 대한 내용이다[4].

3.1 SCRO 동작

SCRO는 통신 가능한 모든 노드들을 NL로 구성하고 routing 할 때 이용한다. 계층적 경로에서 Destination Node부터 NL에서 검색하여 존재하면 바로 전송한다. Short-cut 라우팅이 실현되는 것이다.

모든 메시지의 전송은 Broadcast와 Overhearing 기반이다. 나에게 오는 메시지는 아니지만 나의 NL에 Destination Node가 존재한다면, Redirect_ACK를 보내어 자신이 대신 전송할 것임을 알리고 다른 Node들의 메시지 전송을 중지시킨다.

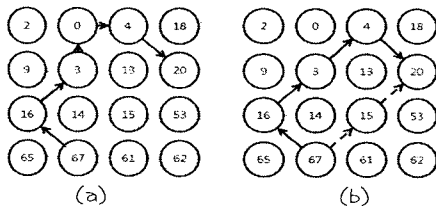


그림 5. 알고리즘 동작 예
(a)HiLow, (b)제한된 알고리즘(실선), Redirect_ACK를 이용한 제한된 알고리즘(점선)

그림5 (a)는 기존 계층 경로를 나타내고, 그림5 (b)의 실선은 주위 노드만을 이용한 SCRO이며, 점

선은 Redirect_ACK도 같이 사용한 SCRO의 예이다. Redirect_ACK 기능을 포함한 SCRO가 최단 거리의 경로 배정을 보여준다. 노드 67이 노드 20에게 메시지를 전송하려면 노드 67의 주위노드들은 메시지를 Overhearing하여 메시지를 처리한다. 노드 15는 자신의 NL에 노드 20이 존재하므로 다른 노드들에게 Redirect_ACK를 Broadcast하고 노드 20에 직접 메시지를 전송한다.

3.2 Node Failure

Node Failure의 이유로는 여러 가지가 있겠지만, 가장 빈번하게 발생하는 경우는 노드의 에너지 고갈에 따른 Node Failure이다. 기존 계층 구조 라우팅에서 노드의 에너지 고갈로 인한 Node Failure가 발생하게 되면 계층적 어드레싱이 다시 수행되어야 하고 모든 노드들의 NL를 수정해야 하기 때문에 많은 제어 또는 관리 메시지의 발생이 예상된다.

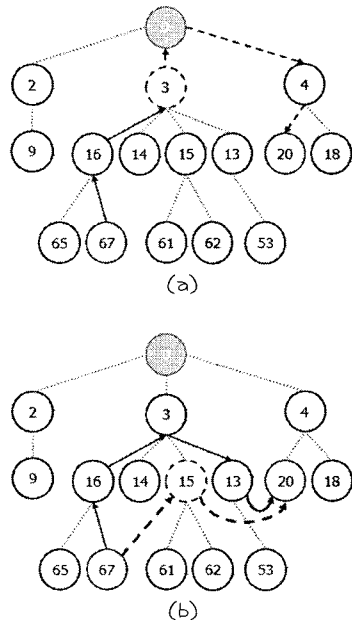


그림 6. 알고리즘 동작 예
(a)HiLow, (b)제한된 알고리즘(실선), Redirect_ACK를 이용한 제한된 알고리즘(점선)

그림6은 SCRO 라우팅 알고리즘을 사용하여 Source Node 67과 Destination Node 20 사이의 경로에서 Node Failure가 발생한 경우를 나타내고 있다. 그림6 (a)는 HiLow의 경우이고 Node 3에 Node Failure가 발생하여 회복이 불가능하다. 계속해서 라우팅을 하려면 추가적으로 Re-addressing 절차가 필요하다. 그림5 (b)는 69-15-20의 최단 경로를 지나는 SCRO의 경우이

고, Node 15에 Node Failure가 발생하여도 NL를 이용하여 67-11-3-13-20이라는 유통성 있는 라우팅을 하기 때문에 다른 경로를 이용하여 목적지까지 메시지를 전송한다.

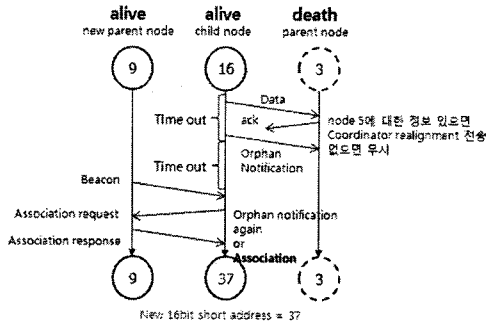


그림 7. 노드 실패의 동작

- Orphan Notification MSG
: 데이터 송신 시 몇 회 이상 ACK가 없을 때, 부모노드와의 연결이 끊어졌음을 알리는 MSG.
- Coordinator Realignment MSG
: Coordinator에서 새로운 연결을 위해 정보를 제공해 주는 MSG.

그림6 (a)에서 Node Failure에 대처하는 Re-addressing하는 과정을 IEEE 802.15.4의 MSG를 이용하여 그림 7이 보여주고 있다.

그림 7은 그림 6 (a)에서 Node 3의 Failure로 인해 주고받게 되는 제어 MSG들을 나타내고 있다. Node 16의 Data 전송에 대한 ack를 받지 못하자 Orphan Notification MSG를 전송하여 Node 3과 연결이 끊어졌는지 확인한다. Orphan Notification에 대한 응답이 없는 경우 다른 노드들의 Beacon Scan하여 그 노드와 연결 설정을 위해 Association Request를 보내고 그에 대한 응답으로 새로운 주소 37를 할당한 Association Response를 전송하게 된다. 그림 새로운 연결이 생성되게 된다. 새로운 주소를 할당받는 Re-addressing까지 시간과 제어 메시지가 추가적으로 소비된다.

이처럼 경로 상의 Node Failure 발생 시, 계층적 라우팅은 무조건 추가적인 Re-addressing을 필요로 하지만 SCRO는 다른 경로를 찾지 못하는 경우에만 추가적인 Re-addressing을 요구한다. 이로써 추가적인 제어 또는 관리 메시지를 줄여 각 노드의 에너지, 크게는 전체 네트워크의 Lifetime을 늘리는 효과를 가지고 온다.

IV. 결론 및 앞으로의 연구

무선센서네트워크에서 사용되는 Hierarchical routing의 종류에 따른 Node Failure의 절차를 연구해보았다. 대부분의 내용은 IEEE 802.15.4의 내용을 기반으로 따르고, 추가적으로 Re-addressing 방법이 존재하였다. 이 Re-addressing 방법은 새로운 주소를 재설정하면서 모든 노드의 NL 정보도 바꿔야하기 때문에 많은 제어 또는 관리 메시지를 발생한다.

하지만 본 논문에서 제안한 SCRO 알고리즘은 NL와 Redirect_ACK를 Short-cut 경로배정으로 인해 Node Failure 시에도 새로운 경로배정이 빠르게 이루어짐을 알 수 있다. 기존의 계층적 라우팅 알고리즘보다 Re-addressing 방법이 적게 추가됨을 예상할 수 있다. 노드가 작업에 따른 메시지 전송 횟수가 적어, 노드의 에너지를 절약할 수 있다. 크게는 네트워크의 Lifetime까지 절약할 수 있다.

앞으로는 SCRO 알고리즘을 시뮬레이션하여 Node Failure에 대한 정확한 결과를 얻도록 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 김기형, "u-City를 위한 IP-USN의 핵심기술.pdf", April, 2007
- [2] Zigbee Specifications, "ZigbeeDocument 053474r06. ver .1.0," Zigbee Alliance, July, 2005.
- [3] K. Kim, Ed., J. Park, S. Daniel Pard, Ed. and J. Lee, "Hierarchical Routing over 6LoWPAN draft - daniel - 6lowpan - HiLow - hierarchical - routing - 01.txt(work in progress)", Jun, 2007.
- [4] MoonKyoung Kang and KyoHong Jin, "SCRO:Short-cut Routing Algorithm Improving Hierarchical Routing Protocol in WSN," Korea Information Processing Society, ICUT2007, Dec, 2007.
- [5] IEEE Computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2003", October, 2003.