

ZigBee 계층적 라우팅을 개선한 효율적인 트리기반 라우팅 알고리즘

김연수¹, 이석², 김형석⁰¹

¹세종대학교 정보통신공학과

kys009@iceberg.sejong.ac.kr, hyungkim@sejong.ac.kr⁰

²한국과학기술연구원(KIST)

slee@kist.re.kr

Effective Tree-based Routing Algorithm for Improving ZigBee Hierarchical Routing

Youn-soo Kim¹, Seok Lee², Hyung Seok Kim⁰¹

¹Department of Information and Communication Engineering, Sejong University

²Korea Institute of Science and Technology (KIST)

최근 무선 센서 네트워크(wireless sensor network)에서 많이 사용되는 ZigBee는 IEEE 802.15.4[1]의 MAC과 PHY 계층을 기반으로 ZigBee Alliance[2]에서 새롭게 네트워크(NWK) 계층과 응용지원(APS) 계층을 추가해서 설계한 WPAN 기술로써 전력소모가 적고 칩 가격이 저렴해서 무선 센서 네트워크를 구현하기에 있어 최적의 방안을 제공하고 있다. ZigBee에서는 데이터를 목적지까지 전달하기 위한 라우팅 방식으로서 계층적 라우팅(hierarchical routing)과 테이블 기반의 라우팅(table-driven routing) 방법을 이용한다[3]. 기본 라우팅 알고리즘인 계층적 라우팅 방법은 계층적으로 네트워크 주소를 할당하며, 이 주소 체계를 이용하여 센서 노드가 프레임을 현 위치로부터 트리 구조의 윗 경로로 전달할 것인지 아래 경로로 전달할 것인지만을 판단하기 때문에 단순함이 장점이지만 인접한 목적지에도 불구하고 여러 홉을 거치는 경로로 연결 되는 경우가 발생하여 많은 통신량을 요구하며 따라서 전력을 낭비하는 비효율성이 존재한다. 이러한 비효율적인 경로 설정 문제를 개선하고자 ZigBee에서는 AODV[4]와 유사한 경로탐색(route discovery)이라 불리는 테이블 기반의 라우팅 방법을 함께 사용하지만 라우팅 능력이 있는 센서 노드에서만 경로탐색 라우팅 방법을 사용할 수 있다. 제한된 자원을 가지고 있는 센서 네트워크는 라우팅 능력이 없거나 제한된 라우팅 테이블을 유지하는 노드로 구성 될 수 있기 때문에 이러한 경우에도 비효율적인 경로 설정 문제를 개선하기 위한 알고리즘이 필요하다. 이에 본 논문에서는 ZigBee의 특수한 주소 할당 메커니즘을 바탕으로 인접노드에 관한 간단한 정보를 이용하여 ZigBee 계층적 라우팅의 비효율적인 경로 설정의 문제를 개선하기 위한 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘을 위해 각 노드는 인접한 이웃 노드의 정보 즉, A_n (커버리지 영역 내의 노드들의 주소)과 $d(A_n)$ (A_n 의 깊이)을 추가로 알고 있어야 하는데 이러한 정보들은 노드가 네트워크에 참여(Join)하는 과정에서 이웃 노드들을 검색하거나 긴 주기로 주변 노드의 정보를 요구함에 따라 손쉽게 획득이 가능하다. 제안하는 알고리즘을 크게 세 단계(Phase)로 나눌 수 있는데 어느 한 노드에 프레임이 전달되었을 때 이 세 단계를 실행하며 단계별 세부 알고리즘은 다음과 같다.

Phase 1: 프레임이 전달되었을 때 그 프레임의 D(목적지 주소)가 A(자신의 주소)인지를 확인하고 일치한다면 자신이 목적지이기 때문에 자신의 상위 계층으로 전송한다. 자신이 아니라면 자신의 자손인지를 확인하는데 만약 자신의 자손이라면 계층 트리구조의 아래 경로로 적절한 자식 노드를 선택해서 전송하고 자신의 자손이 아니라면 Phase 2를 시작한다.

Phase 2: 자신의 자손이 아닌 경우 A_n 중 $|D - A_n|$ 값이 가장 작은 노드 a를 선택한다. ZigBee의 특수한 주소 할당 메커니즘으로 인하여 가장 작은 $|D - A_n|$ 값을 가지는 노드는 D와 확률적으로 가장 인접한 노드를 의미한다. 앞에서 선택된 a와 D가 일치하는지 확인하고 일치한다면 프레임을 a로 전송하

고 일치하지 않는다면 D가 a의 자손인지를 확인한다. D가 a의 자손이면 프레임을 a로 전송하는 것이 계층 트리구조의 윗 경로로 프레임을 전송하는 것보다 효율적이다. 만약 D가 a의 자손이 아니라면 Phase 3를 시작한다.

Phase 3: D가 a의 자손이 아니라면 a의 조상 노드들의 주소(ancestor[d(.)])를 알아야 할 필요가 있는데 이는 ZigBee의 특수한 주소 할당 메커니즘으로 인하여 쉽게 획득이 가능하다. D가 d(a)-1인 깊이의 ancestor[d(a)-1]와 일치하거나 혹은 ancestor[d(a)-1]의 자손인지를 확인한다. 일치하거나 자손이라면 그 조상 노드까지의 h_n (a를 통해 전송될 때의 홉 수)과 h(계층 트리구조를 통해 전송될 때의 홉 수)를 구한 뒤 작은 홉을 가지는 쪽으로 프레임을 전송한다. 만약 일치하거나 자손이 아니라면 깊이가 하나 더 작은 d(a)-2인 깊이의 ancestor[d(a)-2]를 앞에서와 같은 방법으로 확인한다. 이러한 과정은 a의 조상의 깊이가 1이 될 때까지 반복한다. 만약 깊이가 1인 조상 노드까지 확인하였지만 일치하거나 자손 중에 D를 포함하고 있지 않는 경우 ZigBee coordinator(ZigBee coordinator는 깊이가 0이며 모든 노드의 조상 노드이다.)까지의 h와 h_n 을 구한 뒤 작은 홉 수를 가지는 노드로 프레임을 전달한다.

어느 노드로 프레임을 보내야 목적지까지의 홉 수가 작은지는 h_n 과 h의 비교를 통해 구분 가능하다. h_n 이 작다면 기존의 계층적 트리구조에 따라 프레임을 전송하는 것보다 프레임을 a로 전송하는 것이 더 작은 홉 수를 가지기 때문에 보다 효율적이다. 반대로 h가 작거나 같다면 프레임을 a로 전송하는 것보다 트리구조에 따라 계층적 라우팅을 하는 것이 작거나 같은 홉 수를 가지는 것을 의미하기 때문에 이러한 경우에는 프레임을 트리구조의 윗 경로로 전송한다. 따라서 h와 h_n 이 어느 쪽이 크거나 작든지 기존의 계층적 트리구조를 통한 라우팅 방법보다 작은 홉 수를 가지는 경로를 선택해서 프레임을 전달하기 때문에 기존 ZigBee의 계층적 라우팅보다 일반적으로 더 적은 end-to-end delay를 가진다. 또한, 에너지 소모는 송수신 횟수에 비례하므로 프레임의 전달을 위한 홉 수의 감소는 에너지를 적게 소모하도록 할 수 있다.

참고문헌

- [1] IEEE computer Society, "IEEE Std. 802.15.4-2006", 2006. 9.
- [2] ZigBee Alliance, "http://www.zigbee.org/en".
- [3] ZigBee Specifications, ZigBee Document 053474r13. Dec, 2006. ZigBee Alliance.
- [4] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer. "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing." In Proc of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, February 1999, pp. 90-100.