

지그비 센서 네트워크에서의 에너지 효율적 라우팅을 고려한 비콘 전송 스케줄링 기법

이유진⁰ 안세영 남흥우 안순신
고려대학교 전자컴퓨터공학과
{yjlee000⁰, asy1604, hwnam, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

Beacon transmission scheduling for energy efficient routing in Zigbee sensor networks

Yoojin Lee⁰, Seyoung Ahn Heungwoo Nam Sunshin An
BDept. Of Electronic Engineering Korean University

요 약

Zigbee 센서 네트워크에서는 multihop 전송을 위하여 tree topology와 beacon-enabled 네트워크 구성을 갖는다. 이러한 multihop beaconing 네트워크의 목적은 routing 노드들에게 Sleep할 기회를 주어 파워의 소모를 줄이고자 하는 데 있다. 파워의 소모를 줄이고 beacon 전송시의 충돌을 방지하기 위하여 beacon 전송 스케줄링이 필요한데 본 논문은 multihop을 지원하고 에너지 효율에 효과적인 beacon 전송 스케줄링 알고리즘과 이를 바탕으로 에너지 효율적인 라우팅 기법을 제안한다. 본 제안은 Zigbee coordinator의 beacon interval(BI)이 결정되면 네트워크 내의 beacon을 전송하는 모든 노드들은 Zigbee coordinator의 BI를 알고 모든 노드의 superframe duration(SD)은 동일하다고 가정한다. 이러한 가정하에서 beacon을 전송하는 노드들이 Zigbee coordinator의 BI 구간 중 항상 정해진 시간에 자신의 beacon을 전송한다면 beacon의 충돌을 막을 수 있음을 보여 준다. 또한 노드들이 서로의 beacon 전송 시간을 알 수 있기 때문에 목적지 노드의 beacon을 tracking하지 않고도 목적지 노드가 active 되는 시점에 패킷을 전송하면 에너지 측면에서 좀 더 효율적인 라우팅 기반을 제공한다는 것을 보여 준다.

"This research was supported by the MIC(Ministry of Information and Communication), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Assessment)"

1. 서 론

최근 무선 환경의 센서 네트워크는 많은 연구가 진행되었고 그 결과 여러 가지 상용화 제품이 출시되었다. 하지만 센서 네트워크의 가장 큰 이슈인 센서 디바이스의 저전력을 연구하는 분야는 아직도 풀어야 할 많은 숙제를 안고 있다. 본 논문은 센서 네트워크의 솔루션으로 IEEE 802.15.4[1]와 Zigbee[2]를 바탕으로 hierarchical tree 구조와 beacon-enabled 네트워크 구성을 갖는 네트워크 환경에서 저전력을 위한 beacon 전송 스케줄링 기법과 에너지 효율적인 라우팅 기법을 제안한다.

기존의 beacon 전송 스케줄링 기법은 노드가 네트워크에 join하는 과정에서 MAC scan을 통하여 취합한 이웃 노드의 정보를 바탕으로 적절한 beacon 전송 시간을 정확하게 된다.

그러나 본 제안은 Zigbee coordinator의 beacon interval(BI)이 결정되면 네트워크 내의 beacon을 전송하는 모든 노드들은 Zigbee coordinator의 BI를 안다고 가정한다. 또한 beacon을 전송하는 모든 노드의 superframe duration(SD)은 동일하다고 가정한다. 이러한 가정하에서 beacon을 전송하는 노드들이 Zigbee coordinator의 BI 구간 중 항상 정해진 시간에 자신의 beacon을 전송한다면 beacon의 충돌을 막을 수 있다. 또한 노드들이 서로의 beacon 전송 시간을 알 수 있기 때문에 목적지 노드의 beacon을 tracking하지 않고도 목적지 노드가 active 되는 시점에 패킷을 전송하면 에너지 측면에서 좀 더 효율적인 라우팅 기반을 제공한다.

본 제안은 beacon 전송 시간이 일정하게 정해져 있기 때문에 application의 특성에 따라 비효율적이 될 수도 있겠으나 일반적으로 sensor application의 에너지 효율적인 측면에서는 충분한 의미를 갖는 제안이다.

2장에서는 기존의 beacon 전송 스케줄링과 기본적인 Zigbee 라우팅에 대하여 기술하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 Zigbee 센서 네트워크에서 beacon 전송 스케줄링 기법과 이를 바탕으로 하는 에너지 효율적인 라우팅 기법을 기술하며 4장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술하도록 하겠다.

2. 관련 연구

2.1 Beacon and Superframe structure

IEEE 802.15.4[1]의 superframe은 coordinator에 의해 전송되어지며 16개의 동일한 time slot으로 나누어진다. Beacon은 첫번째 time slot에서 전송되어지며 coordinator에 접속되어 있는 디바이스들의 동기를 맞추기 위해 사용된다. 또한 beacon은 PAN(Personal Area Network)과 superframe의 구조를 설명한다. Superframe은 active 구간과 inactive 구간으로 나누어지고 active 구간은 다시 세 개의 파트로 구성되는데 beacon, contention access period(CAP), contention free period(CFP)가 그것이다. 디바이스들이 채널을 액세스 하기 위하여 CAP 구간에서는 slotted CSMA-CA 방식

을 사용하며 반면 CFP 구간에서는 CSMA-CA 방식을 사용하지 않는다 즉 CAP 구간에서는 네트워크내의 디바이스간 또는 네트워크에 새롭게 join하는 디바이스간에 경쟁 방식의 액세스를 제공하고 CFP 구간에서는 guaranteed time slot(GTS)를 통해 네트워크 내의 디바이스들이 정해진 시간에 채널을 액세스하도록 한다. 마지막으로 superframe 파트 중 inactive 구간은 coordinator가 PAN 내의 디바이스와의 통신을 멈추고 low-power mode로 들어가게 된다. Superframe의 길이는 beacon interval(BI)로 정의되고 superframe의 active 구간은 superframe duration(SD)으로 정의된다.

$$BI = aBaseSuperframeDuration * 2^{BO}$$

$$SD = aBaseSuperframeDuration * 2^{SO}$$

Where, aBaseSuperframeDuration = 960 symbols

$$0 \leq BO \leq 14, 0 \leq SO \leq 14$$

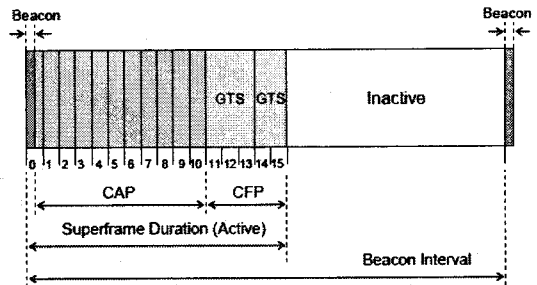


그림 1 The IEEE 802.15.4 superframe structure

2.2 Scheduling beacon transmissions

Zigbee의 Beacon 스케줄링은 multihop tree topology에서 한 노드의 beacon frame이 이웃 노드의 beacon frame이나 데이터 전송과 충돌이 일어나지 않게 하기 위해 필요한 것이다. Multihop beacon 네트워크의 목적은 라우팅 노드들이 sleep할 기회를 주어 에너지를 절약하는 것이기 때문에 BO가 SO보다 크게 설정되어야 한다. 그렇게 함으로써 이웃에 있는 모든 노드의 superframe active 구간이 시간상으로 서로 겹쳐지지 않게 하는 것이다. 즉 시간적으로 서로 겹쳐지지 않는 time slots로 나누어지고

(macBeaconInterval/macSuperframeDuration) 네트워크 내 모든 노드의 superframe의 active 구간이 이 time slots 중의 하나를 차지한다. 한 노드의 frame structure는 그림 2와 같다.

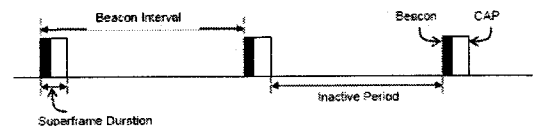


그림 2 Typical frame structure for a beaconing device

Beacon frame은 time slot의 시작 부분에서 전송되며 전송 시간은 부모 노드 또는 이웃 노드의 beacon을 받는 시

점에서 일정 시간의 time offset을 더함으로써 결정된다. time offset은 beacon payload에 포함되어 다시 자식 노드 또는 이웃 노드로 전송되어진다. 이웃 노드의 beacon을 받았을 때의 시간에서 beacon payload에 실려 오는 time offset을 빼면 이웃 노드의 부모 노드의 beacon 전송 시간까지 구할 수 있는데 이것의 목적은 tree topology에서 이웃 노드의 beacon과의 충돌을 피할 뿐 아니라 이웃 노드의 부모 노드의 beacon과의 충돌도 피함으로써 hidden node problem을 제거하기 위한 것이다. Tree topology에서 통신은 부모-자식 링크를 사용하고 모든 자식은 부모의 beacon을 tracking해야 한다. 한 노드가 자신의 부모의 beacon을 tracking하여 자신의 beacon 전송 시간을 결정하기 위한 time offset을 일정하게 주면 네트워크 내의 모든 노드가 Zigbee coordinator의 beacon에 동기가 맞추어진다. 그림 3은 부모와 자식의 superframe의 active 구간의 관계를 보여주고 있다.

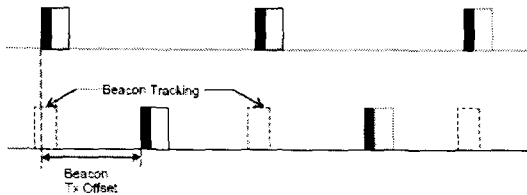


그림 3 Parent-child superframe positioning relationship

2.3 Zigbee routing

Zigbee routing은 AODV[3][4]와 Cluster-tree routing이 통합되어 있는 형태로서 이 두 프로토콜의 통합을 용이하게 하기 위해 두 종류의 routing node(RN) 즉 RN+, RN-를 정의하고 있다. RN+는 충분한 메모리와 processing power를 가지고 있는 routing node이고 RN-는 그렇지 못한 routing node를 일컫는다.

Zigbee routing의 과정은 패킷의 목적지가 자신의 child 인지 확인하고 child가 맞다면 직접 전송한다. 만일 패킷의 목적지가 child가 아니면 자신의 라우팅 능력을 판단하여 라우팅 능력이 있다면 라우팅 테이블에서 목적지를 찾아 next hop으로 전송하고 라우팅 테이블에 목적지가 없다면 route discovery를 실시한다. 자신의 라우팅 능력을 판단하여 라우팅 능력이 없다면 tree routing을 이용하여 패킷을 목적지로 전달한다. 여기서 라우팅 능력이 있다는 것은 라우팅 테이블과 route discovery 테이블을 관리하고 있고 가용하다는 것을 의미한다. 즉 위에서 언급한 routing node 중 RN+ Type에 해당한다. Route discovery는 다음 과정을 통해 수행된다. route discovery를 원하는 노드가 route request(RREQ) command를 네트워크 내에 broadcast한다. 이 RREQ command가 네트워크를 경유해 목적지 노드에 도달하면 목적지 노드는 route reply(RREP) command를 통해 응답한다. 이 RREP command는 소스 노드까지 전달되면서 route내 모든 라우팅 테이블의 next hop을 update한다. 그림 4는 위에서 설명한 Zigbee의 기본적인 라우팅

알고리즘을 보인 것이다.

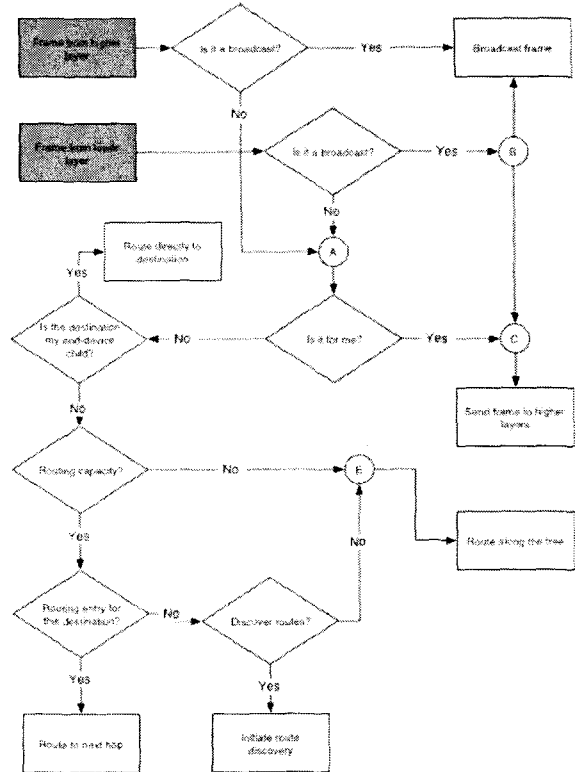


그림 4 Basic routing algorithm

3. 에너지 효율적 라우팅을 고려한 비콘 전송 스케줄링 기법

3.1 비콘 전송 스케줄링 기법

Zigbee tree topology에서는 NWK layer의 특성 상수를 정의하고 있는데 이는 모든 노드에 정의되어 있다고 가정한다.

- nwkMaxChildren(C_m) : 한 노드의 최대 child 수 (default : 0x07)
- nwkMaxDepth(L_m) : tree의 최대 depth (default : 0x05)
- nwkMaxRouters(R_m) : 한 노드가 가질 수 있는 최대 router 수 (default : 0x05)

Zigbee coordinator나 Zigbee router들은 특성 상수를 이용한 Zigbee address 할당 메커니즘을 통해 join을 원하는 노드에게 address를 할당한다. Address를 할당하는 방식은 먼저 C_m , L_m , R_m 을 이용하여 $Cskip(d)$ 라고 하는 함수를 구한다. 그림 5는 $C_m=4$, $L_m=3$, $R_m=4$ 인 경우에 $Cskip(d)$ 를 구하는 예를 보인 것이다. $Cskip(d)$ 도 모든 노드에 정의되어 있다고 가정한다. $Cskip(d)$ 를 구한 후 다음 공식에 의해 parent가 child에게 address를 할당한다.

Depth in the network, d	Offset value, Cskip(d)
0	21
1	5
2	1
3	0

$$Cskip(d) = \frac{1+C_m - R_m - C_m \cdot R_m^{d-1}}{1-R_m}$$

$$Cskip(0) = \frac{1+4-4-4^{1-4}}{1-4} = \frac{63}{-3} = 21$$

$$Cskip(1) = \frac{1+4-4-4^{1-4}}{1-4} = \frac{15}{-3} = 5$$

$$Cskip(2) = \frac{1+4-4-4^{2-4}}{1-4} = \frac{5}{-3} = 1$$

$$Cskip(3) = \frac{1+4-4-4^{3-4}}{1-4} = \frac{0}{-3} = 0$$

그림 5 Cskip(d) 구하기

$$A_n = (A_{parent} + 1) + Cskip(d_{parent}) * n$$

$$0 \leq n \leq C_m$$

그림 6은 $C_m=4, L_m=3, R_m=4$ 인 경우 모든 노드에 address가 할당된 모습이다.

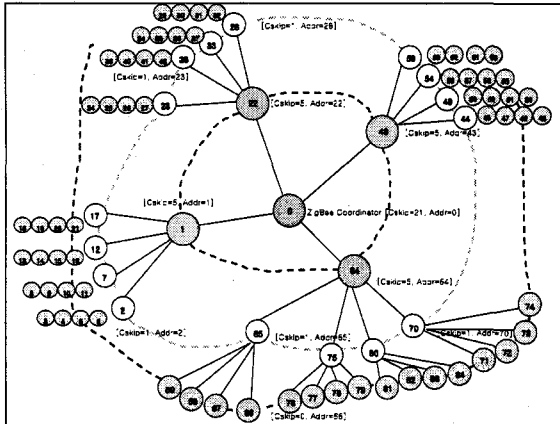


그림 6 최대 수용할 수 있는 노드로 구성된 망 구조도

tree를 구성하는 특정 노드는 자신의 address를 할당 받는 동시에 Cskip(d)를 이용하여 자신의 가족 관계 계보를 파악할 수 있다. 즉 부모와 자신의 depth 및 index 정보를 얻을 수 있다. 여기서 index란 동일한 부모하의 child 중 몇 번째 child인지에 관한 정보를 일컫는다. 그림 7은 53이라는 address가 할당된 노드가 부모 및 자신의 depth와 index를 구하는 예를 보인 것이다

<p>Depth=0 index=0 (0+1)*5 ≤ (0+1)*C_m 1 ≤ 53 ≤ 21 index=0 (0+1)*5 ≤ (0+1)*C_m 22 ≤ 53 ≤ 43 index=2 (0+1)*C_m ≤ 53 ≤ (0+1)*C_m+C_m 48 ≤ 53 ≤ 64 : yes</p> <p>부모지 Node ID: 43 자식지 Node Index: 2</p>	<p>Depth=1 index=1 (1+1)*5 ≤ (1+1)*C_m 10 ≤ 53 ≤ 19 index=1 yes (1+1)*C_m ≤ 53 ≤ (1+1)*C_m+C_m 15 ≤ 53 ≤ 24 : yes</p> <p>부모지 Node depth ID: 49 자식지 Node depth Index: 1</p>	<p>Depth=2 index=2 (2+1)*5 ≤ (2+1)*C_m 15 ≤ 53 ≤ 24 index=2 yes (2+1)*C_m ≤ 53 ≤ (2+1)*C_m+C_m 20 ≤ 53 ≤ 29 : yes</p> <p>부모지 Node depth ID: 53 자식지 Node depth Index: 3</p>
--	--	--

그림 7 노드의 가족 관계 계보를 얻는 과정

부모 및 자신의 depth와 index를 구한 다음 자신의 beacon 전송 시간을 일반화시키면 다음과 같다. SD는 Superframe Duration으로 모든 노드가 같은 크기를 갖는다고 가정한다.

$$WakeupTime = SD * \sum_{i=1}^{depth-1} R_m^i + (index_{depth} * R_m^{depth-1} * SD) + (index_{depth-2} * R_m^{depth-2} * SD) + (index_{depth-3} * R_m^{depth-3} * SD) + \dots + (index_{depth} * R_m^0 * SD)$$

위의 공식을 통해 parent로부터 address를 할당받을 때 beacon을 보내야 하는 노드인 경우 자신의 beacon을 보내는 시간을 결정할 수 있다. ZigBee coordinator의 beacon interval(BI)이 결정되면 네트워크 내의 beacon을 전송하는 모든 노드들은 ZigBee coordinator의 BI를 안다고 가정한다. 이러한 가정하에서 beacon을 전송하는 노드들이 ZigBee coordinator의 BI 구간 중 항상 정해진 시간에 자신의 beacon을 전송하면 beacon의 충돌을 막을 수 있는 것이다. 또한 자신이 대상 노드의 address만 알고 있다면 대상 노드가 beacon을 보내는 시간 즉 대상 노드가 active되는 시간을 알 수 있고 이 시점에 패킷 전송을 할 수 있다.

이렇게 NWK layer의 특성 상수를 이용하면 tree topology에서 depth와 index 정보를 바탕으로 자신의 beacon 전송 시간과 상대 노드의 beacon 전송 시간을 알 수 있다.

이와 같은 beacon 전송 스케줄링은 노드의 sleep 시간을 주어서 노드의 에너지 절약에 효과적이며 패킷 전송시에 목적지 노드의 주소만 알고 있다면 목적지 노드의 beacon을 tracking 하지 않고도 목적지 노드가 active되는 시점에 바로 패킷을 전송할 수 있기 때문에 에너지 측면에서 효율적인 라우팅 기반을 제공한다.

그림 8은 그림 6과 같은 full tree 형태의 망 구조에서 beacon 전송 스케줄링 구조를 보여 주고 있다. 그림 6과 같은 망 구조는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 기본 구조가 된다. 그림 9는 일반적인 tree 형태의 망 구조에서 beacon 전송 스케줄링 구조를 보여 주고 있다. 이는 address를 이용하여 각각의 beacon이 superframe 구간의 충돌이 없이 스케줄링된 구조이다. 즉 address를 할당 받는 동시에 자신의 beacon 전송 시간을 알게 되는 것이다. 본 제안은 beacon 전송 스케줄링에 에너지 효율적인 라우팅 개념을 도입하는 데에 효과적이다.



그림 8 Full tree 형태의 망 구조에서 beacon 전송 스케줄링 구조

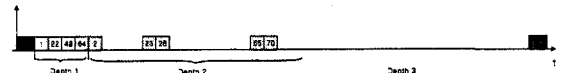


그림 9 일반적인 tree 형태의 망 구조에서 beacon 전송 스케줄링 구조

3.2 비콘 전송 스케줄링 기법에 기반한 에너지 효율적 라우팅 기법

위에서 제안한 beacon 전송 스케줄링 구조는 모든 노드들이 망내 목적지 노드의 address만 알고 있다면 그 노드의 active 구간을 알 수 있다는 것을 제시하였다. 다시 말

하면 목적지 노드의 주소를 알면 그 노드의 superframe의 active 구간인 CAP 구간에 참여하여 패킷 전송을 할 수 있다. 이 때 소스 노드와 목적지 노드가 서로 물리적 도달 가능한 거리에 있어야 한다. 만일 목적지 노드가 물리적 도달 가능한 거리에 있지 않다면 목적지에 도달하기 위한 중간 경로를 제공해야 하는데 중간 경로를 제공하는 노드들간에도 이와 같은 전송을 한다면 에너지 효율을 증대시킬 수 있다. 다음은 목적지 노드에 도달하기 위한 중간 경로를 찾기 위한 방법을 제시한다. Tree 구조에서는 논리적인 가족 계보를 갖고 목적지 노드와 가족 관계를 갖는 노드를 중간 노드로 한다면 목적지까지 도달할 수 있는 확률은 커진다. 이것을 가능하게 하려면 먼저 각 노드들은 물리적 도달 가능한 거리에 있는 이웃 노드들의 정보를 관리하는 neighbor table을 관리하고 있다는 것을 전제한다. 소스 노드는 목적지 노드의 주소를 가지고 자신의 neighbor table을 검색한다. 만일 목적지 노드 또는 논리적 가족 관계에 있는 노드가 자신의 neighbor table에 존재한다면 바로 패킷을 전송한다. 이 때 패킷을 받는 노드의 active 시간에 패킷을 전송한다. 만일 목적지 노드 또는 논리적 가족 관계에 있는 노드가 자신의 neighbor table에 존재하지 않는다면 목적지 노드와 같은 depth에 있는 노드, 한 단계 상위 depth에 있는 노드 또는 한 단계 하위 depth에 있는 노드들을 neighbor table에서 검색한다. 이러한 노드들이 neighbor table에 존재하여 패킷을 전송한다면 역시 목적지 노드로 전달될 확률은 높아질 것이다. 만일 같은 depth의 노드들이 neighbor table에 여러 개 존재한다면 노드의 남아 있는 에너지량을 기준으로 선택하고 에너지량이 비슷할 경우에는 RSSI를 이용하여 노드를 선택한다. 이와 같은 알고리즘은 목적지 노드까지의 hop수를 줄이는 효과 뿐만 아니라 route discovery시 목적지 노드까지의 RREQ의 전송 횟수를 줄여 망 전체의 성능을 높이는 효과가 있다. 그림 10은 tree 구조에서 목적지 노드와 그와 가족 관계에 있는 노드 및 같은 depth에 있는 노드, 한 단계 상위 depth에 있는 노드, 한 단계 하위 depth에 있는 노드의 논리적 링크를 보여 준다.

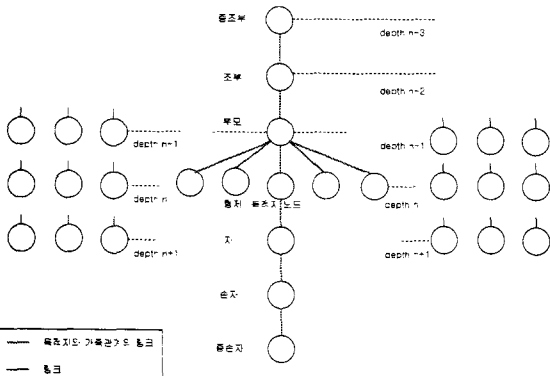


그림 10 tree 구조에서 목적지 노드와의 논리적 링크

그림 11은 앞서 설명한 알고리즘의 순서도이다.

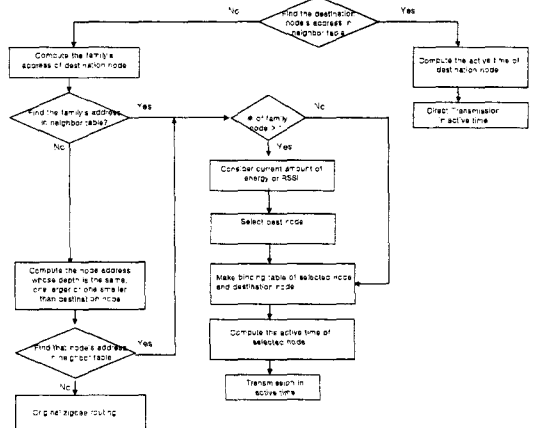


그림 11 beacon 전송 스케줄링에 기반한 에너지 효율적 라우팅 기법 알고리즘

위의 알고리즘 적용 방안을 2가지로 제시한다. 노드의 메모리의 크기와 computing power를 비교하여 첫번째 방법은 메모리 크기가 computing power에 비해 크다면 parent가 child에게 address를 할당할 때 가족 관계에 대해 알려 주고 이 정보를 child가 저장하고 있는 방식이고 두번째 방법은 computing power가 메모리 크기보다 크다면 그림 7에서 설명한 것과 같이 수식을 이용하여 가족 관계를 유추하는 방법이다. 먼저 첫번째 방법에서는 parent가 child에게 address를 할당할 때 가족 관계 정보를 알려 주고 child는 자신의 가족 관계 정보를 저장하고 있기 때문에 가족 관계를 빠르게 알아낼 수 있는 장점이 있다. Parent가 child에게 알려 주는 정보 형식을 그림 12에서 보여 주고 있다.

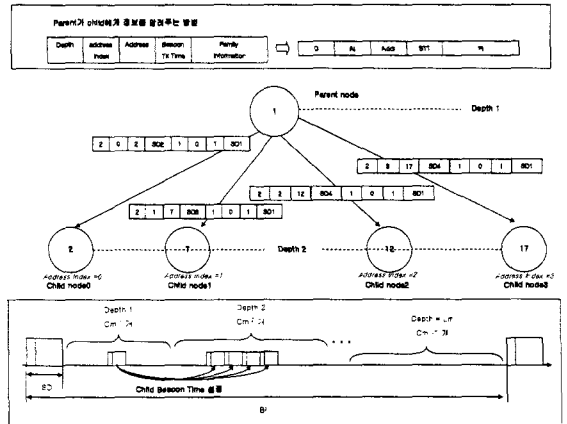


그림 12 parent가 child에게 address를 할당할 때 알려 주는 정보 형식

두번째 방법은 그림 7에서 설명한 방법을 이용하여 목적지 노드의 주소를 가지고 목적지 노드의 가족 관계를 수식을 이용하여 유추해 낼 수 있는 방법으로서 메모리 공

간에 여유가 없는 노드가 망에 배치된다면 효과적인 방법이다.

이렇게 논리적 가측 관계를 가진 중간 노드를 알아낸 후 Wakeuptime을 계산하는 공식을 이용하여 해당 노드가 active되는 시점을 알 수 있고 해당 노드의 beacon을 tracking 하지 않고 바로 이 시점에 패킷을 전송하면 에너지 효율적 라우팅을 할 수 있다. 마지막으로 beacon을 tracking하여 라우팅하는 방식과 beacon을 tracking하지 않고 라우팅하는 방식의 에너지 효율을 고려하기 위해 간단한 수식을 제시한다. 다음은 각각 tracking 방식과 non-tracking 방식에서의 에너지 비용을 산출하기 위한 수식이다.

$$E_{\text{tracking}} = P_r T_b + p(P_t T_d + P_r T_a + P_i T_i)$$

$$E_{\text{non-tracking}} = p(P_t T_d + P_r T_a + P_i T_i)$$

- P_t , P_r , P_i : the power of radio transmission, reception and idle listening
- T_b , T_d , T_a , T_i : the time duration of beacon frame, data frame, acknowledgement frame and random backoff
- $p = (\text{data rate} * \text{BI}) / \text{packet size}$

Beacon을 tracking하는 방식에서의 에너지 비용은 beacon을 수신하는 에너지와 송신할 frame이 존재하는 경우라면 backoff 시간에 소요되는 에너지, frame을 송신하는 에너지, ACK를 수신하는 에너지로 산출된다. 반면 non-tracking 하는 방식에서의 에너지 비용은 beacon을 수신하는 에너지는 제외된다. 그림 13은 송신할 frame이 없는 경우의 두 방식을 에너지 비용을 비교한 그래프이고 그림 14는 frame을 송신할 경우의 에너지 비용을 비교한 그래프이다.

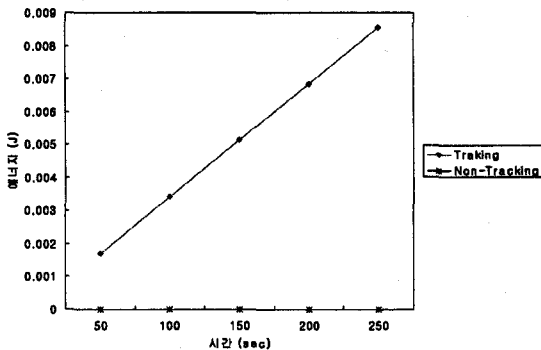


그림 13 송신할 frame이 없는 경우의 에너지 비용

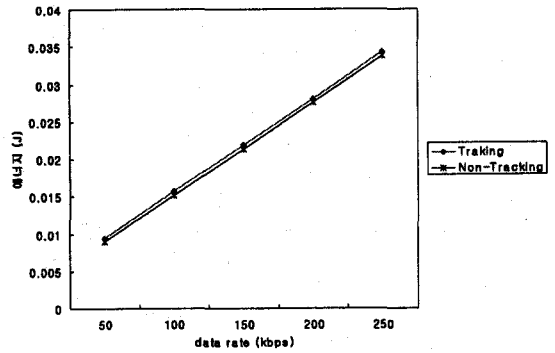


그림 14 송신할 frame이 존재하는 경우의 에너지 비용

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 에너지 효율적 라우팅을 고려한 비콘 전송 스케줄링 기법으로서 노드가 sleep할 기회를 주고 라우팅 기법과 관련하여 목적지 노드의 beacon을 tracking하지 않고도 바로 목적지 노드의 active 시간에 패킷을 전송할 수 있어 노드의 에너지 절약에 효과적이다. 또한 route discovery를 위한 RREQ의 전송 횟수를 줄이고 목적지 노드까지의 hop수를 줄여 노드의 life time은 물론 망 전체의 life time을 연장한다. 뿐만 아니라 노드의 메모리 공간의 제약이 있을 시 간단한 계산을 통하여 라우팅에 관련한 정보를 파악할 수 있어 메모리 공간의 제약이 많은 센서 네트워크의 라우팅 방법으로 효과적이다. 본 제안은 application의 특성에 따라 비효율적이 될 수도 있겠지만 일반적으로 sensor application의 에너지 효율적인 측면에서는 충분한 의미를 갖는 제안이다. 향후 본 논문에 대하여 NS-2를 이용한 simulation 결과를 도출할 예정이다. Simulation 결과로 도출해 낼 성능 평가의 기준으로는 노드의 life time, 망 전체의 life time, RREQ의 전송 횟수, 목적지까지의 hop수가 될 것이다..

5. 참조 문헌

- [1] IEEE Std 802.15.4-2003, " Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPAN)" . 2003
- [2] Zigbee Document 053474r06, Version 1.0 December 14th, 2004
- [3] C.E. Perkins and E.M. Royer " Ad-Hoc On-demand Distance Vector Routing" In Proceeding of the second IEEE workshop on Mobile Computer Systems and application, pp 90, Feb 1999
- [4] C.Perkins, E.Belding-Royer, S.Das " Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing" IETF RFC 3561, July 2003