

가정 무선 네트워크 내 MCT 디바이스 간 성능 향상을 위한 Beacon frame 기반 노드 그룹화 알고리즘

김규도* · 권영호* · 이병호**

*한양대학교

The Beacon Frame-Based Node Grouping Algorithm for Improving the
Performance between MCT devices in the Home Wireless Network

Gyu-Do Kim* · Young-Ho Kown* · Byung-Ho Rhee**

*HanYang University

E-mail : kgd6809@hanyang.ac.kr

요 약

최근 M2M (Machine to Machine) 통신이 가능한 MTC (machine-type-communication) 기기들의 개발이 활발해지고 있다. MTC 기기들은 가전제품의 형태로 저전력, 저비용, 단거리 무선으로 가정용 무선 네트워크로 통신을 한다. 이를 위해 IEEE 802.15.4/zigbee 기반으로 MTC 기기들을 클러스터-트리 토폴로지 형태로 무선 홈 네트워크를 구성하고, 이 네트워크는 하나의 PAN (Personal Area Network) 코디네이터와 1개 이상의 라우터, 그리고 종단 노드들로 구성된다. 무선 홈 네트워크를 구성하는 MTC 기기들의 증가에 따라 기기들 간에 채널 할당을 위한 경쟁으로 발생하는 충돌에 의한 전송지연과 패킷 전송 실패, 데이터 손실이 일어난다. 그 결과로 네트워크 전체의 성능 저하 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 무선 홈 네트워크 상태를 고려한 채널을 할당받는 비콘 프레임 기반 그룹화 알고리즘을 제안한다. 해당 알고리즘은 무선 홈 네트워크 구성 시 IEEE 802.15.4/Zigbee에 정의되어 있는 데이터 전송 간 노드들의 필요한 점유 시간을 알려주는 beacon frame과 가전제품의 특성을 고려한 채널 할당 방법이다. 제안된 비콘 프레임 그룹화 알고리즘은 전송 지연과 패킷 손실을 감소시키고 처리량은 향상시킨다. 그러므로 IEEE 802.15.4/Zigbee 표준보다 제안된 알고리즘이 효율적이다.

ABSTRACT

Recently, M2M (Machine to Machine) communication is possible the development of MTC (Machine Type Communication) devices becomes active. MCT devices in the form of home appliances have a low power consumption, low cost, short-range wireless communication in wireless home network. For purpose, MTC devices based on IEEE 802.15.4/Zigbee are composed in the form of cluster-tree topology, which consists of one PAN (Personal Area Network), one or other router and end of nodes. It happens that transmission delay, packet drop, and lacking data resulted from collision originated by a competition for allocating channels among MTC devices that greatly increased. At last performance of entire network can be degraded. This paper proposes that the beacon frame-based grouping algorithm using multiple channels in a MTC devices in the presence of wireless home network interference. The proposed algorithm decreases the transmission delay, dropped packet and throughput is more increase, so the proposal algorithm is more efficient than the IEEE 802.15.4/ Zigbee standard.

키워드

Wireless Home network, Grouping, IEEE 802.15.4, M2M

1. 서 론

M2M (Machine to Machine) 통신은 MTC (Machine Type Communication) 기기를 이용하

여 네트워크를 구성하고 수집한 정보를 공유하는 개념 및 기술을 의미한다[1]. M2M 통신은 주로 국소지역을 대상으로 하는 센서 및 RFID 네트워크에서 출발했으나, 점차 응용의 목적 및 특성이 다양해짐에 따라 각종 유/무선 네트워크에 이용될 수 있다. M2M 통신은 Zigbee, WLAN 같은 단거리 무선기술을 이용하여 저비용, 저전력, 무선 단거리 데이터 전송이 가능하다[2].

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 서울어코드 활성화지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-R0613-15-1149)

2.4GHz 주파수 대역에서 최대 250kbps의 데이터 전송 속도를 지원하는 Zigbee는 환기시스템 제어, 난방/보일러 제어, 원격검침, 조명제어, 건강관리 등 가정 내 서비스를 통신하는데 적합하다[3].

IEEE 802.15.4/Zigbee에서는 효율적인 데이터 전송을 위해 Cluster-tree 토폴로지 형태로 네트워크를 구성할 수 있다. Zigbee는 FFD (Full Function Device) 중에서 PAN(Personal Area Network) Coordinator 와 라우터 역할을 하는 Coordinator를 선정한다. 그리고 RFD (Reduced Function Device)는 중단 디바이스로 예시로 제시한 그림 1처럼 Cluster-tree 토폴로지를 구성한다[4].

토폴로지를 구성한 Zigbee는 디바이스 활성화 시간을 줄여 불필요한 전력낭비를 방지하는 beacon-enabled 모드를 지원하며 홈 네트워크 같은 좁은 영역에서 널리 사용되어지고 있다. 이 모드에서는 통신을 위해 beacon frame을 발행한다. 하지만 beacon enabled 모드 cluster-tree로 네트워크를 구성 시 디바이스가 발행하는 beacon frame 의 충돌이 발생하고 손실된다. beacon frame이 일정 수 손실된다면 발행하는 디바이스는 통신이 불가능하게 될 수 있으며, 데이터 전송 시 지속적인 패킷 손실이 발생하여 네트워크 전체 성능이 저하 될 수 있다. 그러나 IEEE 802.15.4 에서는 이를 해결할 수 있는 표준을 제공하지 않는다[5].

본 논문에서는 문제 해결을 위해 beacon frame의 BO (Beacon Order) 와 SO (Superframe Order)를 분석하여 그룹화를 구성하는 알고리즘을 제안한다. 논문의 구성은 제 2장에서 알고리즘 구현을 위한 기본 배경이 되는 beacon frame과 디바이스 간 결합 절차를 소개하고 제 3장에서는 NS2 (Network Simulator Version 2)를 이용한 실험 분석을 한다. 이를 통해 제안한 알고리즘이 손실되는 패킷 양을 줄여 성능 향상에 도움을 주는 것을 보인다. 제 4장에서는 결론을 도출한다.

II. 기본 배경

2.1 IEEE 802.15.4 결합(Association) 절차

IEEE 802.15.4는 MAC 부계층에서 무선 채널에 대한 모든 액세스를 처리하는 MLME (MAC sublayer management entity) 인터페이스를 제공한다. MLME는 PAN과의 결합 및 분리를 지원하고 디바이스의 beacon을 생성하고 동기화를 지원한다.

외부 통신망과의 게이트웨이 역할을 담당하는 PAN (PAN Coordinator)은 작동을 시작하면 MLME에서는 SCAN 프리미티브를 지원한다. 이

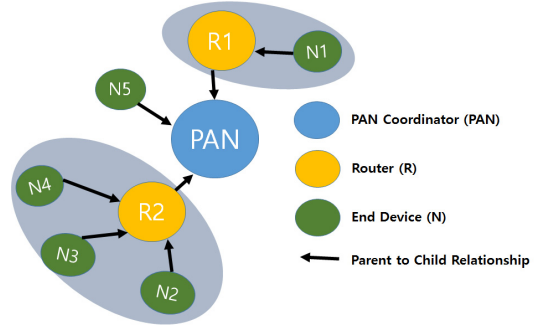


그림 1. Cluster-tree

는 스캔하는 디바이스의 범위 안에 있는 beacon frame을 전송하는 모든 coordinator를 탐색하거나 ED (Energy Duration) 스캔으로 통신을 시도할 채널을 검색하기 위한 이용된다. 채널과 연결을 완료한 PAN은 PAN ID를 선택하고 망 내에 있는 모든 디바이스에 beacon frame을 전송하여 자신의 존재를 알린다. beacon을 수신한 디바이스는 MLME가 제공하는 ASSOCIATE 프리미티브를 발행하고 beacon frame을 전송한다. ASSOCIATE 프리미티브는 디바이스가 PAN과 연결을 제공하는 프리미티브이다. 이를 통해 PAN은 PAN의 영역에 속한 멤버노드들에 대한 이웃 테이블을 작성한다. 이후 PAN은 자신과 통신 가능한 범위에 있는 노드들을 대상으로 그룹을 형성한다. 코디네이터는 beacon frame을 바탕으로 라우터 역할을 할 중계노드를 선정하고 이를 브로드캐스팅을 통하여 멤버 노드에 알린다. 수신 받은 디바이스는 중계노드와 동기화를 진행하고 결합 요청 beacon을 전송한다. 수신 받은 중계노드는 허용 능력이 가능할 경우 결합을 진행하고 불가능할 경우 PAN에 결합 불가 프리미티브를 전송한다. 이 절차는 중계노드로 선정된 단말이 더 이상 중계할 노드가 없을 경우 까지 계속된다[6].

2.2 IEEE 802.15.4 표준 Beacon frame

Beacon frame은 MAC 부 계층에서 생성된다. MHR, MAC Payload, MFR로 이루어져 있다. MAC Payload는 Superframe specification, GTS Fields 등으로 구성되며 Superframe specification은 BO, SO, PAN ID 등으로 구성된다. beacon frame 간의 간격을 BI라 하고 BO 값을 이용하여 식 (1)과 같은 방법으로 계산할 수 있다. 슈퍼프레임은 활성화 구간과 비활성화 구간으로 나누어진다. 비활성화 구간은 디바이스가 sleep 상태로 진입하게 되고 통신을 멈춘다. 슈퍼프레임 내 활성화 기간 길이를 SD라 하며 식 (2)와 같은 방법으로 계산된다. 아래의 두 식에서 aBaseSuperFrameDuration 값은 960으로 정해져 있으며 BO와 SO의 범위는 $0 \leq BO \leq SO \leq 14$ 이다 [3].

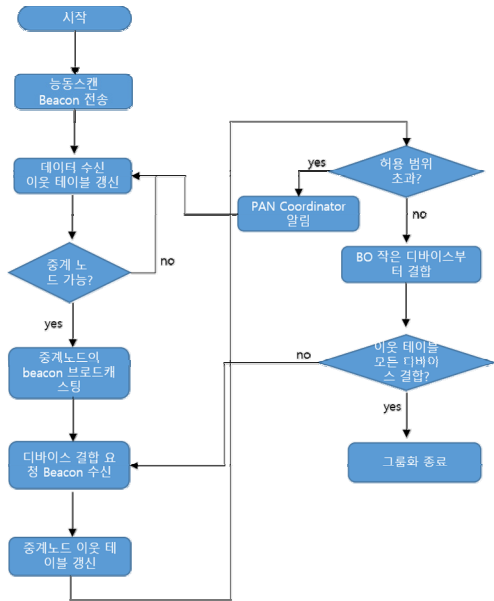


그림 2. beacon frame 기반 그룹화 알고리즘

$$BI = aBasesuperframeDuration * 2^{BO} \quad (1)$$

$$SD = aBasesuperframeDuration * 2^{SO} \quad (2)$$

일반적으로 BO가 커지면 디바이스가 beacon을 전송하는 횟수는 줄어들지만 데이터가 많이 입력되고, 작아질 경우 비컨을 전송하는 횟수가 많아지며 상대적으로 데이터는 적게 입력된다. SO가 큰 경우 활성화시간이 길어지는 대신 같은 시간 많은 양의 데이터를 전송할 수 있게 되며 대신 전력소모가 커지게 된다[7].

본 연구에서는 그림 2에서 제시한 알고리즘처럼 BO 값이 작은 FFD를 먼저 중계노드로 선정함으로써 기존의 zigbee에서 표준적으로 진행한 cluster-tree 구성방식이나, BO 값이 큰 FFD를 먼저 중계노드로 선정되어 그룹화를 진행하는 것에 비해 손실되는 패킷의 양이 줄어드는 것을 NS2를 통한 시뮬레이션을 통해 검증한다.

III. 실험 시나리오 및 분석

본 연구에서는 1개의 PAN Coordinator와 두 개의 중계노드 그리고 5개의 종단 노드로 실험을 구성한다. 시뮬레이션은 NS2로 진행하며 가장 먼저 각 노드들이 서로 beacon을 전송하면서 그룹화를 진행하고 순차적으로 시간에 따라 PAN으로 데이터를 전송하도록 구성하였고 실험 시간은 100초이다. 그래프의 빨간 축은 BO 값이 2인 디바이스가 먼저 중계노드로 지정되어 그룹

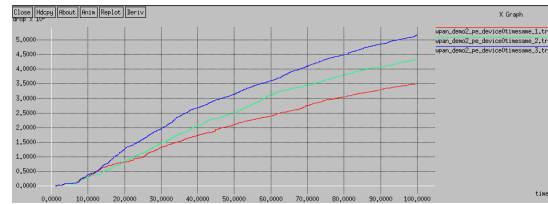


그림 3. 기본값 종단 디바이스

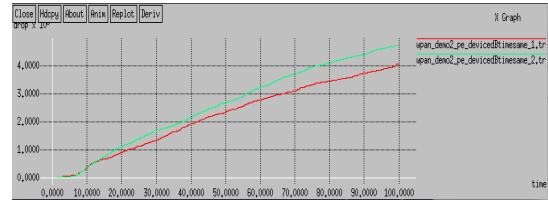


그림 4. BO 값 디바이스 동시 그룹요청

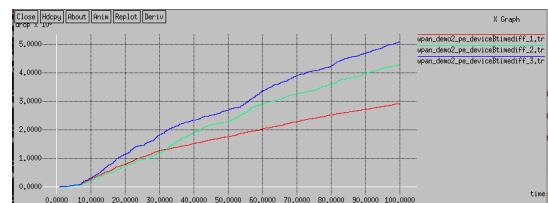


그림 5. BO 값 디바이스 순차적 그룹요청

화를 진행하고 연두색은 BO값이 4인 디바이스를 우선적으로 중계노드로 지정한다. 파란색은 동시에 진행하도록 구성하였다. 그림 3,4,5의 그래프를 분석하면 x축은 시간 y축은 x 축 시간까지 손실된 총 패킷의 수를 나타낸다. 그림 3은 그룹화를 요구하는 디바이스들의 BO 값을 NS2에서 제시한 기본 값으로 구성하여 진행하였다. 중계노드를 동시에 지정한 그래프에서는 100초까지 총 5160개의 패킷을 손실하였고 BO 값 4인 디바이스를 먼저 중계노드로 선정한 그래프에서는 4325개 BO 값이 2인 중계노드를 선정한 그래프에서는 3508개임을 확인할 수 있다. 즉 제안된 알고리즘으로 그룹화를 진행한 BO 값이 2 중계노드인 경우 다른 그래프에 비해 각각 18.9%, 32.2%의 패킷 손실률이 감소됨을 확인할 수 있다. 그림 4는 각기 다른 BO 값을 가진 종단 디바이스가 중계노드에 그룹화를 요구한다. 이때 종단 노드 모두가 동시에 요구하도록 구성을 하였다. BO 값이 4인 경우 4717개의 패킷을 손실하였고 BO 값이 2인 경우 4047개의 감소율을 확인할 수 있다. 그림 5에서는 그림 4의 상황에서 종단 노드가 차례대로 그룹화 요구를 하도록 구성하였다. 그림 5의 상황에서는 동시에 중계노드를 지정한 경우 5095개, BO 값이 4인 경우 4287개 BO 값이 2인 경우 2926개의 패킷을 손실하였으며 다른 그래프에 비해 29.4%, 42.6%의 감소율을 보인다.

3가지의 다른 조건에서 실험한 결과를 분석해보면 BO 값이 낮은 디바이스를 중계노드로 우선적으로 선정하여 그룹화를 진행한 것이 패킷 손실률이 가장 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘을 통해 패킷 손실을 줄여 네트워크의 성능을 향상할 수 있을 것이라 판단된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 Zigbee 네트워크 환경에서 beacon frame의 BO 값을 통해 우선순위를 부여하여 작은 BO 값을 갖는 디바이스가 먼저 중계노드로 선정되어 그룹을 만드는 그룹화 알고리즘을 제안하고 실험을 통해 기존의 Zigbee에서 제공하는 cluster-tree 네트워크보다 우수한 성능이 있음을 검증하였다. 제안된 알고리즘은 앞으로 개인이 보유한 무선기기가 많아지는 현상에 맞춰 각 디바이스 간의 패킷 손실을 줄여 전체 네트워크의 성능 향상을 도모할 수 있고, 추가적인 장비의 필요성이 없어 설치비용에 민감한 홈 IoT 영역에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

앞으로의 연구에서는 본 논문에서 제안된 방법을 가지고 여러 라우터를 그룹화를 했을 때 패킷 손실률을 더 줄일 수 있는 강화된 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 여러 기기로 인한 부족해지는 전송 대역폭을 보완할 수 있는 그룹화에 관한 연구가 필요할 것이라 판단한다.

참고문헌

- [1] Geng Wu, Talwar, S., Johnsson, K., Himayat, N., Johnson, K.D., "M2M: From mobile to embedded internet," Communication Magazine, IEEE ,vol.49, no.4, pp.36-43, April 2011.
- [2] Yan Zhang, Rong Yu, Shengli Xie, Wenqing Yao, Yang Xiao, Guizani, M., "Home M2M networks : Architectures, standards, and QoS improvement," Communications Magazine, IEEE, vol.49, no.4, pp.44-52, April 2011.
- [3] 최동훈, 배성수, 최규태. "지그비 기술과 활용," 세화 출판사, 2012.
- [4] LAN/MAN Standards Committee, "Part 15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs)." IEEE Computer Society, 2003.
- [5] Koubaa, Anis, André Cunha, Mirio Alves. "A time division beacon scheduling mechanism for IEEE 802.15. 4/ZigBee cluster-tree wireless sensor networks." Real-Time Systems, 2007. ECRTS'07. 19th Euromicro Conference on. IEEE, 2007.
- [6] 우성제, 신복덕, "효율적인 원거리 데이터 전송을 위한 Zigbee 노드들의 그룹화 알고리즘," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, vol 61, no 4, pp 632-638, 2012.
- [7] Gaurav Shama, Rajeev Paulus, A.K Jaiswal, Vaishali Sahu, "Impact of BO and SO on Beacon-Enabled IEEE 802.15.4," International Journal of Computer Application, Vol 66, No 18, pp2-3, March, 2013.