

WPAN망에서의 Short Address 값을 이용한 자동 비컨 프레임 정렬 방법

학생회원 전 종근, 종신회원 윤종호*, 김세한

Automatic Beacon Alignment Schemes Based on Short Address for WPANs

Jong keun Jeon *Student Member*, Chong ho Yoon, Se Han Kim *Lifelong Member*

요약

센서 네트워크를 위한 IEEE 802.15.4 표준에서는 여러 개의 Full Function Device(FFD)들이 독립적으로 송신하는 비컨들간의 충돌 현상이 존재한다. 이러한 비컨의 충돌은 디바이스간의 타임 동기화를 잃게 할 뿐만 아니라, 통신 불가능 상태까지 이르게 한다. 이를 개선하기 위해 IEEE 802.15.4b 표준안에서는 Post Beacon Period(PBP)를 추가로 정의하여 사용하지만, 역시 다단 토폴로지에서는 비컨충돌의 가능성이 존재할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 비컨 충돌의 문제점을 해결하기 위해 FFD가 최초 결합 절차 시 코디네이터가 할당하는 Short Address 값을 이용하여 비컨 송신 시기를 스스로 결정하는 새로운 비컨 정렬 방식을 제시하였으며, NS-2를 이용하여 제시된 방식의 비컨 충돌 회피 과정을 모의 실험하였다.

Key Words : 802.15.4, WPAN, Beacon, Short Address

ABSTRACT

There may be collisions among beacons from several full function devices in IEEE 802.15.4 sensor networks. These collision of beacons may cause devices to lose time synchronization, and thus be unable to association. To solve this problem, the IEEE 802.15.4b defines a new Post Beacon Period(PBP), but it does not still alleviate the beacon collision problem. In this paper, we propose two automatic beacon alignment schemes that a node itself can decide its beacon start time using its short address that has been assigned during association. We also simulate and investigate our proposed automatic beacon collision avoidance schemes using NS-2 simulator.

1. 서론

홈 네트워크를 구성하는 무선 통신의 필요성이 점차 증가함에 따라 Wireless Personal Area Network (WPAN)에서 쓰이는 기술들, 특히 저속의 데이터 특성을 만족 하면서 저 전력 특성을 만족하

는 소규모 네트워크 기술들이 각광을 받고 있다. 특히 이러한 네트워크 기술들 중에 IEEE 802.15.4 표준은 최근 가장 두드러지고 있는 유비쿼터스 네트워크에 있어서 센서 네트워크의 핵심적인 역할을 하고 있다^[1].

Low Rate-Wireless Personal Area Network (LR-WPAN)

※ 본 논문은 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터(ITRC) 육성사업(ITAC1090060300350001000100100)과 한국전자통신연구원(5010-2006-0019)의 지원에 의해 수행 되었음.

* 한국항공대학교 정보통신공학과 응용네트워크 연구실 (ruchi525@mail.hankong.ac.kr, yoonch@mail.hau.ac.kr),

** 한국전자통신연구원 (shkim72@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2006-07-326, 접수일자 : 2006년 7월 27일, 최종논문접수일자 : 2007년 1월 12일

로 분류되는 이 기술은 868MHz, 915MHz, 또는 2450MHz에서 동작하며 CSMA/CA 채널 접근 방식을 사용한다. 또한, star 형과 peer-to-peer형의 망을 지원하며, 슈퍼 프레임구조를 통하여 비컨의 사용유무에 따라 beacon-enabled 모드와 non beacon-enabled 모드로 구분된다.

비컨은 코디네이터 혹은 Cluster head (CLH)에 의해 주기적으로 전송되는 프레임으로써, 코디네이터의 정보를 Device (DEV)에게 전달하는 데 사용된다. 이렇게 비컨을 전송할 수 있는 DEV를 Full Function Device (FFD)라 하며, FFD를 통해서만 통신을 할 수 있는 Reduced Function Device (RFD)와는 달리, 다른 DEV들과 통신이 가능하다. 이 FFD는 코디네이터로부터의 비컨을 통해 자신이 접속된 WPAN의 정보로부터 자신의 비컨 송신 시기와 CAP(Contention Access Period) 등을 결정한다.

이러한 정보를 담은 비컨의 전송은 동일한 PAN ID 내에 존재하는 DEV간의 통신을 하는데 매우 중요한 역할을 하므로 다른 FFD로부터 전송되는 비컨과의 충돌에 의해 손실되어서는 안된다.

본 논문에서는, IEEE 802.15.4와 IEEE 802.15.4b 표준에서 제시된 비컨의 개념과 정렬 방법에 대해 소개하고^[2], 비컨간의 충돌에 의해 프레임이 버려지는 문제점을 지적한 뒤, 그에 대한 해결방법을 제안한다.

본 서론에 이어 2장에서는 IEEE 802.15.4 표준에서의 비컨 송신 시기에 대해서 설명하며, 3장에서는 IEEE 802.15.4b 표준안에 규정된 PBP를 이용하는 비컨 송신 방법을 분석한다. 4장에서는 자신에게 할당된 Short Address 값을 이용하여 FFD 스스로 비컨 송신 시기를 결정하는 새로운 비컨 정렬 방법을 제안하며, 5장에서는 NS-2를 이용하여 비컨 충돌 현상과 이를 해결한 제안 방식의 모의 실험 결과를 도출한 후, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. IEEE 802.15.4 표준에서의 비컨 송신 과정

802.15.4 표준에서는 비컨 정렬에 대해서 특별한 방법이 제시되지 않고 있다. 단지, 결합 절차 과정에서 결합을 요청한 DEV가 결합 응답 프레임 받고 난 뒤, 일정 기간 후에 바로 비컨을 송신하도록 되어있다. 그림1은 이러한 코디네이터와 FFD와의 결합 절차 과정을 나타낸 것이다.

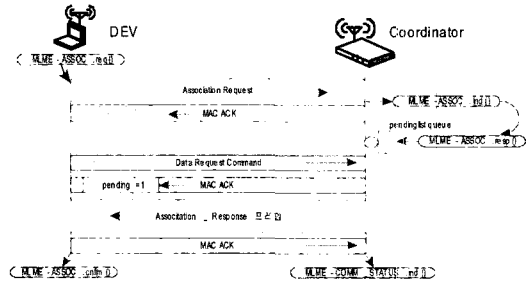


그림 1. 결합 절차 과정.

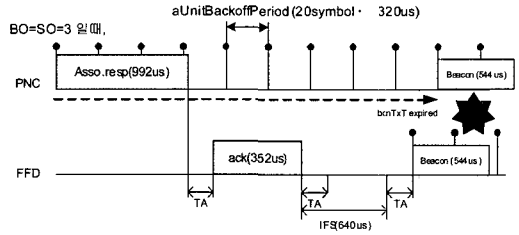


그림 2. 802.15.4에서 발생할 수 있는 문제점.

결합을 요청한 FFD가 결합 응답 프레임을 받고 일정한 시간 뒤에 비컨을 바로 송신하게 되면, 코디네이터와의 타임 동기화가 어긋나는 경우가 발생한다. 이는 그림2에 도시된 것과 같이 결합을 요청한 DEV가 어느 순간에 결합 응답 프레임을 받았느냐에 따라 비컨 프레임 송신시기가 결정되기 때문에 코디네이터의 aUnitBackoffPeriod라는 backoff period 경계점을 무시한 채 비컨을 송신하는 경우가 생긴다. 이는 코디네이터와 DEV간의 타임동기가 어긋나는 결과를 초래한다.

또한, 코디네이터의 비컨과 FFD의 비컨이 서로 충돌하는 문제가 발생할 수 있다. 즉, 그림 2에서와 같이 결합 응답 프레임을 받은 뒤 일정 시간이 지나면 무조건 비컨을 송신하기 때문에, 비컨 주기에 의해서 송신되는 코디네이터의 비컨을 수신하지 못하게 되는 경우가 발생한다.

802.15.4에서의 DEV들간의 데이터 프레임 송신할 때에는 항상backoff period 경계점에 맞추어서 시작해야 하는데, 타임 동기화가 어긋나면 backoff period도 어긋나게 되므로 데이터 송수신에 문제가 발생하게 된다. 또한 비컨의 충돌로 인해 비컨을 수신하지 못한 경우에, 그 DEV가 코디네이터로부터 orphan되는 현상이 발생할 수 있으며, 더 나아가서는 서로간의 통신이 불가능하게까지 된다.

또한 그림 3과 같이 이미 결합을 한 RFD가 이후에 결합을 맺은 FFD에서 송신하는 비컨 충돌로 인

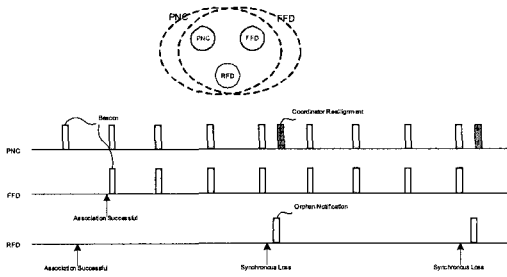


그림 3. 타임동기 손실로 인한 제어 프레임 송수신.

해 비컨을 수신하지 못하게 되는 경우에는 Orphan Notification 프레임과 Coordinator Realignment 프레임을 주고받는 현상이 발생한다. 이는 타임동기를 잃은 후, 다시 맞추려는 시도를 계속적으로 반복하게 되는 현상으로 대역폭의 낭비와 배터리 수명에도 영향을 주게 된다. 그림 3에서 점선은 비컨이 도달 가능한 범위를 나타낸다.

III. IEEE 802.15.4b에서 제안된 PBP

802.15.4 표준에서 발견된 문제점을 해결하기 위해 IEEE 802.15.4bD2 표준에서는 PBP를 규정하였다. 그림 4는 802.15.4b 표준에서 제안하고 있는 PBP의 개념을 나타낸 것이다.

비컨 프레임에 PBD(Post Beacon Delay) 영역을 추가하여 코디네이터의 CAP 시작을 알리며, start time의 변수를 이용하여 결합을 요청한 FFD에게 비컨의 시작 시간을 PBP구간에서 시작하도록 지시한다. 즉, 결합을 요청한 FFD의 경우 비컨의 시작이 코디네이터가 지시하는 시간에 맞춰진다. 코디네이터는 자신과 결합을 맺은 FFD의 정보를 알고 있으므로, 그 FFD들과 겹치지 않는 적당한 시간을 결합을 요청한 FFD에게 할당한다.

하지만 표준안에는 그러한 시작시간을 어떠한 규칙에 의해서 정할 것인가에 대한 언급이 없을 뿐만

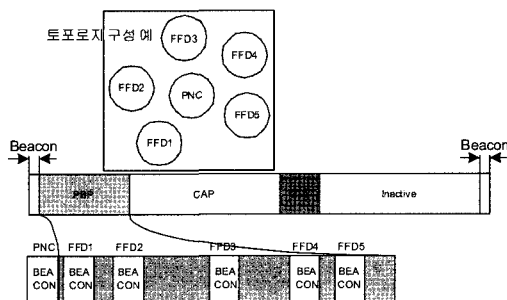


그림 4. IEEE 802.15.4b에 추가된 PBP.

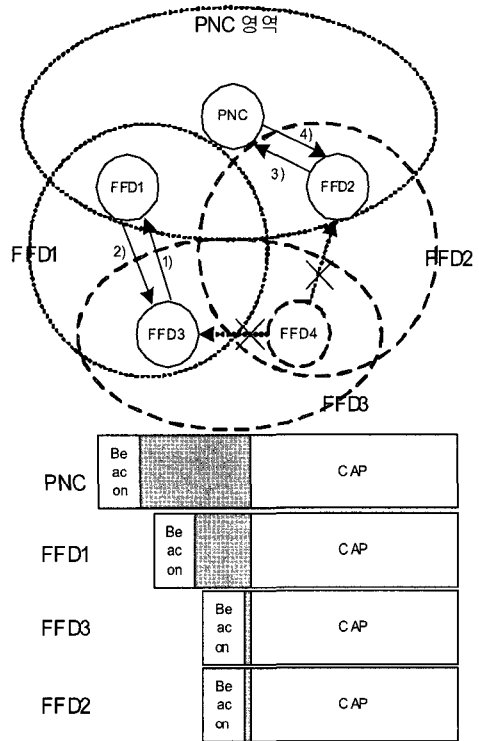


그림 5. 802.15.4b에서 발생할 수 있는 비컨 충돌 현상.

아니라, 그림5와 같은 환경에서는 비컨 충돌 현상이 여전히 존재함을 볼 수 있다. 1) FFD3는 코디네이터인 FFD1에 결합하기 위하여 결합 요청 프레임을 송신하고 2) 이에 대한 결합 응답 프레임을 수신한다. 이 경우 PNC는 FFD1의 코디네이터이지만 FFD3의 존재를 알 수는 없다. 이 후, 3) 새로운 FFD2가 PNC에 결합되고 나서 4) FFD2의 비컨 송신 시간이 FFD3와 동일한 시간으로 설정된다면, FFD2와 FFD3의 비컨간 충돌 문제가 발생될 수 있다. 이러한 비컨 충돌로 인해 마지막으로 WPAN에 결합하고자 하는 FFD4는, FFD2와 FFD3의 비컨을 둘 다 수신하지 못하기 때문에 결합 요청 프레임을 보낼 수 없어 결합을 할 수 없다.

IV. 비컨 충돌 회피를 위한 제안 방법

본 논문에서는 IEEE 802.15.4b에 제시된 PBP의 개념을 구체적으로 활용하여 비컨 충돌의 문제점을 해결하기 위하여 비컨을 송신하는 FFD는 코디네이터로부터 할당받는 Short Address 값을 이용하여 스스로 비컨 송신 시기를 결정하는 두가지 방법을 제안하였다.

4.1 방법 I

비컨의 충돌 현상은 두 개 이상의 FFD가 같은 시간에 비컨을 송신하는 경우가 있기 때문에 발생한다. 제안된 방법 I에서는 충돌현상을 회피하기 위해서 자신에게 할당된 Short Address를 기준으로 자신의 비컨 송신 시기를 스스로 결정하도록 한다.

DEV는 결합 요청 시 결합 요청 프레임을 자신의 코디네이터가 아닌 PNC로 보낸다. PNC까지 송신 범위가 닿지 않을 경우에는 중간의 DEV를 거쳐 PNC에 전달되도록 한다. PNC는 이 요청에 대하여 해당 Short Address를 할당한다. 즉, PNC가 Short Address 값을 통합 관리함으로써 같은 PAN ID 내에서는 동일한 Short Address 값이 할당되지 않도록 한다. 또한 결합 응답 프레임을 받은 FFD는 자신에게 할당된 Short Address 값에 따라 비컨 송신 시간을 자신의 Short Address * 비컨의 프레임 크기 + TurnAround Time만큼 지연하여 스스로 결정한다. 이로써 PNC가 관리하는 동일한 PAN 내부의 모든 FFD들이 송신하는 비컨은 PBP내에 결합을 요청한 순서대로 정렬되며 같은 PAN ID 내에서는 겹치지 않게 되어 비컨 프레임간의 충돌은 사라지게 된다.

그림 6은 이와 같은 방법을 적용하여 비컨을 정렬시킨 것을 나타낸 것이다. 이것은 이미 FFD1부터 FFD3까지 순서대로 PNC에게 결합된 후, 새로운 FFD4가 결합을 요청한 경우이다. FFD4는 결합 요

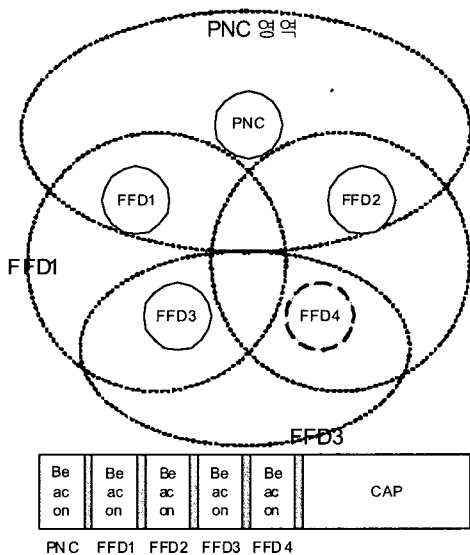


그림 6. PNC가 Short Address를 통합 관리하는 경우의 비컨 정렬 방법.

청 프레임을 FFD2를 통해 PNC에게 보내면, PNC는 결합 응답 프레임을 FFD2를 통해 FFD4에게 응답한다. PNC는 Short Address 값을 순서에 의해 4로 할당하고 이를 받은 FFD4는 자신의 비컨 송신 시기를 Short Address 값에 따라 스스로 결정한다. 이렇게 함으로써 그림 6에서 보는 것과 같이 비컨들은 일정한 간격에 맞춰 PBP내에 결합을 요청한 순서대로 정렬된다. 이로써 비컨간의 충돌은 사라지게 된다.

4.2 방법 II

4.1에서 제안한 PNC가 모든 short address를 통합 관리하는 방법과는 다르게, 방법 II는 결합을 요청한 DEV가 비컨 전송이 가능한 FFD일 경우, SO 값을 참고하여 자신이 결합 허가 가능한 FFD 개수를 미리 요청한다. 즉, 결합 요청 프레임을 보낼 때, FFD임을 밝히고 자신이 앞으로 결합을 허가할 FFD의 개수 또한 요청한다. 이 프레임을 받은 코디네이터가 PNC 라면 Superframe Order (SO) 값을 참고하여 요청의 허가를 판별할 것이며, 일반적인 FFD 라면 이미 할당 받은 FFD 수를 넘지 않을 경우에 결합을 허락 한다.

SO 값과 최대 결합 가능한 FFD의 수는 아래와 같은 방식으로 결정한다. SO값이 최대인 14인 경우에 슈퍼 프레임의 길이는 60(심볼) * 214 * 16(슬롯) = 15728640(심볼)이 된다. 여기서 60은 aBaseSuperFrame Duration이며 심볼 단위이고, 한 개의 슈퍼 프레임엔 16 슬롯이 존재하므로 16배가 된 것이다.

Short Address 값의 최대 값인 0xffff, 즉 65535 개의 DEV가 비컨 송신에 필요한 길이는, 65535 * 4 * 20(symbol) = 5242800(symbol)이 된다. 여기서 4는 비컨을 송신하는데 필요한 최대 backoff period이며, 20은 한 개의 backoff period가 차지하는 symbol수 이다.

이 결과는 슈퍼 프레임의 최대 약 1/3이 비컨 송신 하는데 쓰이게 된다는 것을 보여준다. 이를 기본적인 계산으로 하여 표 1에 SO 값에 따라 최대 결합 가능한 FFD수를 설정해 보았다.

표 1. SO값에 따른 결합 가능한 최대 FFD 수.

SO값	최대 결합 가능한 FFD수
0	4
1	8
2	16
3	32
4	64
14	65535

그림 5와 동일한 환경에서 제시된 방법대로 비컨을 정렬 시킨다면 그림 7과 같이 된다. 여기서 SO 값을 3일 때를 가정하였다. FFD1이 PNC에게 결합을 요청할 때, SO값을 참조하여 자신이 허락 가능한 FFD의 수를 미리 적당히 설정하여 결합 요청 프레임을 보낸다. 그림 7의 경우는 FFD1이 앞으로 허락할 DEV의 개수를 3개 요청한 경우이고, PNC는 SO = 3일 때, 32개까지 허가가 가능하므로 합당한 개수임을 확인하고 이를 허락한다. FFD1에 2~4까지 Short Address 값이 이미 할당 되어 있으므로 FFD2가 PNC에게 결합을 요청한 경우 PNC는 FFD2에게 Short Address 값을 5로 할당하게 된다. 또한 FFD2는 4를 미리 설정하여 요청함을 가정하였으므로, 만일 PNC에 다른 FFD가 결합을 요청한 경우, Short Address 값을 10으로 할당하게 된다. 또한 FFD3가 결합 요청 시, PNC로부터 FFD1에 할당된 값보다 더 큰 값을 요청할 경우, 즉 그림에서 만약 FFD3가 FFD1에게 3개 이상을 요청한 경우 FFD1는 결합 거부 프레임에 결합을 거부하거나 수를 조절 하도록 통지한다.

비컨의 크기가 일정 범위를 넘지 않으므로 비컨 송신에 필요한 최대 backoff period를 알 수 있다. 따라서 Short Address 값에 따라 비컨의 송신 위치를 그림 7과 같이 예상할 수 있다. 즉, FFD2의 경

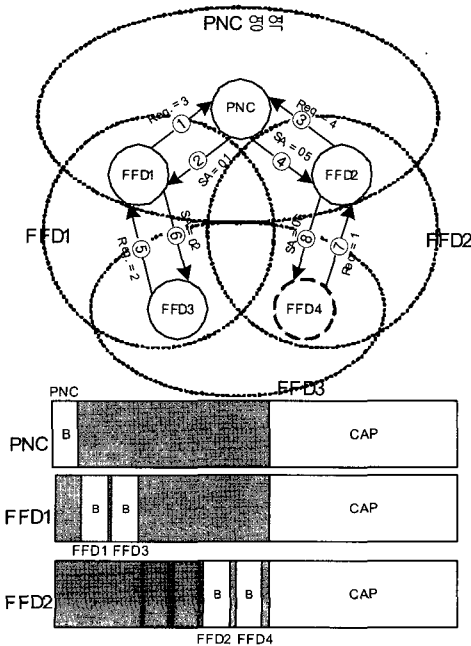


그림 7. 결합 가능한 최대 FFD수를 미리 설정한 경우의 비컨 정렬(SO = 3일 때).

우 Short Address 값을 5로 할당 받았으므로 비컨 송신 위치가 6번째가 된다.

이 방법은 아직 결합이 되지도 않은 FFD의 존재를 감안하여 비컨 송신 자리를 할당 하였기 때문에, 약간의 대역폭이 낭비되는 현상이 생기겠지만, 비컨으로 인한 충돌현상이 사라지게 되므로 이에 따른 통신 불능이나 Orphan 현상은 사라지게 되는 장점이 있다.

V. 모의실험

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 표준에서의 비컨 충돌 현상과 제안한 Short Address 값을 이용하는 새로운 비컨 정렬 방법을 Network Simulator-2를 이용하여 분석하였다.

5.1 비컨 충돌로 인한 통신 불능 현상과 대역폭 낭비의 분석

그림 8과 같은 환경에서, 비컨을 보내는 PNC가 존재함에도 불구하고 주변에 있는 RFD가 이 비컨을 수신하지 못하여 PNC에 결합하지 못하는 현상이 발생한다. 이것은 FFD가 PNC에게 결합을 요청하여 결합 허가를 받았지만, 비컨의 송신시기가 PNC와 같아서 두 장치로부터의 비컨들이 충돌하게 됨으로써 주변에 있는 RFD는 해당 비컨들을 모두 수신하지 못하게 되기 때문이다. 따라서 RFD는 자신이 결합할 Coordinator를 찾지 못하게 되어, 항상 PNC를 통해 통신을 해야 하는 RFD로써는 통신 불능 상태에 빠지게 된다.

그림 9는 그림 8과 같은 토폴로지이지만, RFD가 PNC에게 먼저 결합을 허가 받고 난 후, 즉 PNC와 RFD의 통신이 진행되는 상황에서 새로운 FFD가

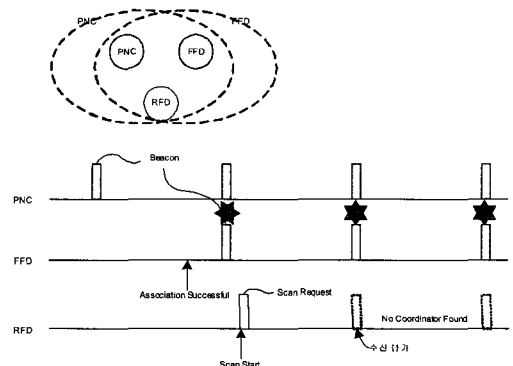


그림 8. 비컨 충돌로 인해 PNC에 결합하지 못하는 현상의 예.

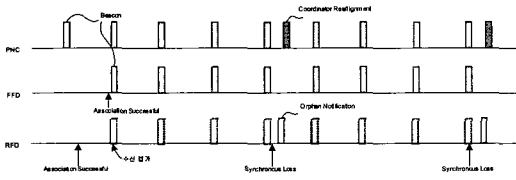


그림 9. 비컨을 수신하지 못하여 Coordinator Realignment / Orphan Notification 프레임이 송수신 되는 예.

PNC로부터 결합을 허가 받은 경우이다. 이 경우 역시 FFD가 PNC의 비컨 송신 시기와 겹쳐지는 상황이 발생할 수 있으며, 이 때 RFD는 새로운 FFD가 비컨을 송신하기 시작한 이후부터는 PNC와 FFD로부터의 모든 비컨을 수신하지 못하게 된다.

여기서 4번의 비컨 수신 실패 시, RFD는 자신이 orphan되었음을 인지하고 Orphan Notification 프레임을 PNC에게 전송한다. 이를 받은 PNC는 자신의 테이블을 참조하여 프레임을 보낸 DEV가 자신에게 결합된 DEV와 일치한다면 Coordinator Realignment 프레임을 전송하여 다시 동기를 맞추도록 알린다. 하지만 RFD는 계속적인 비컨 충돌로 인해 비컨을 4번 수신하지 못하게 되며, 이 후 또 다시 Orphan Notification를 송신하고, Coordinator Realignment 프레임을 수신하게 되는 과정을 반복하게 된다. 이러한 불필요한 제어 프레임의 송수신에 의해 대역 폭이 낭비되며, 에너지면에서도 효율적이지 못한 결과를 초래한다.

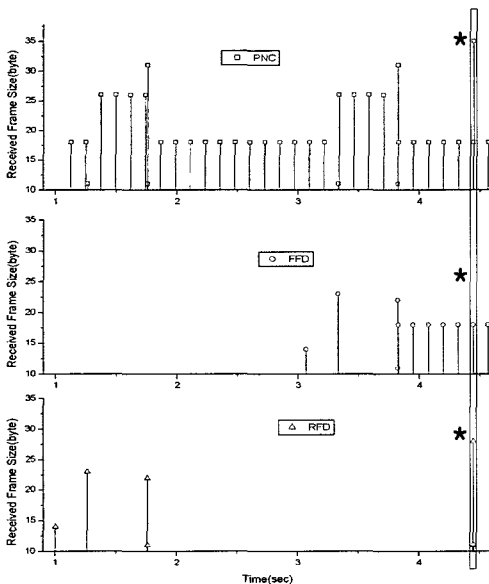


그림 10. Coordinator Realignment / Orphan Notification 프레임의 송수신 과정의 상세

그림 10은 PNC와 FFD, RFD가 송신하는 프레임들을 시간별로 나타낸 그래프이다. 그림에서 (*)로 표시한 부분은 비컨 충돌로 인해 Orphan Notification과 Coordinator Realignment 프레임이 송수신 되는 경우이다. 이러한 프레임의 송수신은 비컨 주기의 4배후에도 계속 반복적으로 나타난다. 그림 11은 (*)표 부분을 시간축으로 확대한 것이다.

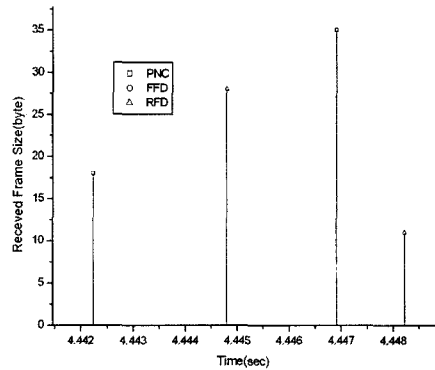


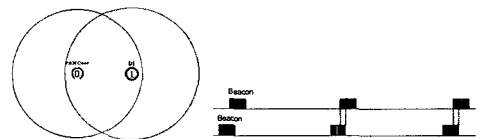
그림 11. 그림 10을 시간축으로 확대한 그래프

5.2 IEEE 802.15.4 표준에서 일어날 수 있는 비컨 충돌 현상과 제안된 충돌 회피의 절차

그림 12(a)는 표 2와 같은 환경에서 PNC와 비컨을 송신할 수 있는 FFD간의 비컨 충돌 현상을 도시한 것이다. 이것은, FFD가 결합 절차 후에 일정 시간 뒤 비컨을 송신하기 때문에 나타날 수 있는

표 2. 환경 구성 파라미터.

PNC Start Time	0.0 sec
FFD Start Time	1.099072 sec
SO	3
BO	3



(a) PNC와 FFD간의 계속적인 비컨 충돌의 예.



(b) Short Address 값을 이용하여 새로운 비컨 정렬 방법을 적용시켜 비컨 충돌 현상을 회피한 예. 그림 12. PNC와 FFD간의 비컨 충돌 현상과 비컨 충돌을 회피한 예.

현상으로(그림 2의 (b)참고) FFD의 시작시간에 영향을 받는다. 결과적으로 FFD가 비컨을 송신하고 있는 중에 PNC의 비컨이 전송 되므로 FFD는 PNC가 송신한 모든 비컨을 버리게 된다.

반면에 제안된 Short Address값에 의한 비컨 송신시기 결정 방법으로 동일한 환경에서 모의 실험했을 때는 비컨간의 충돌 현상이 나타나지 않았다. 그림 12의 (b)에서 알 수 있듯이 비컨이 일정 시간 차이를 두고 송신된다. 그림에서 원의 반경이 비컨이 송신되고 있는 순간이다.

그림 13의 (a)는 Short Address 값을 이용한 방법 I을그림 5의 환경에서 적용한 예로써, FFD의 비컨 송신시기가 결합을 요청한 순서대로 할당 받은 Short Address 값에 따라 겹치지 않게 정렬된다. 따라서 PNC와 다른 FFD간의 비컨 충돌은 사라지게 된다.

그림 13의 (b)는 본 논문 4.2절에서 제안한 Short Address 값을 이용한 비컨 정렬 방법을 그림 5와 같은 환경에 적용한 예이다. FFD1이 코디네이터에게 앞으로 결합을 허가할 FFD의 개수를 3개 요청 하였으므로, PNC는 FFD1을 포함하여 4개의 Short Address 값을 미리 할당한다. 따라서 FFD2는 Short Address 값을 5로 할당받아 6번째 비컨 송신시기에 송신한다. 또한 FFD3는 FFD1에게 결합을 요청하며 FFD1에 미리 할당된 Short Address 값 2를 받는다. 그림에서 보는 바와 같이 비컨들간의 송신시기가 겹치지 않아 충돌현상이 일어나지 않는다.

그림 13의 (a)는, 즉 논문에서 제안한 방법 I의 경우는 모든 Short Address 값을 PNC가 관리하므로, 결합을 요청할 때 항상 PNC에게 결합 요청 프레임이 전송되어야 한다. 이 방법은, PNC까지 전송 범위가 미치지 않을 경우 중간 장치들을 경유해야 하므로, 결합을 승인 받는데 표준보다 더 많은 시간이 걸리게 되고, 대역폭 또한 더 많이 낭비하게 된다. 반면에 (b)의 경우, 즉 Short Address 값을 미리 요청하여 할당 받는 방법은, 결합 하지도 않은 FFD들까지 생각하여 비컨 송신 시기를 결정하므로 대역폭 낭비의 단점이 있다.

본 논문에서 제안된 Short Address 값을 이용하여 비컨을 정렬하는 두가지 방법 모두 비컨 충돌 현상이 존재하지 않았으며, 그로 인해 발생하는 Orphan Notification 프레임과 Coordinator Realignment 프레임은볼 수 없었다.

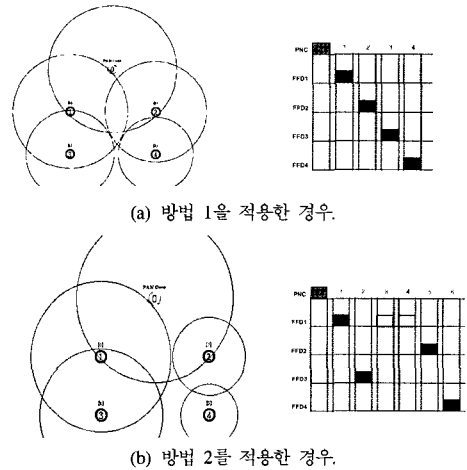


그림 13. Short Address 값을 이용한 비컨 정렬 방법을 통해 비컨 충돌 현상을 회피한 예.

VI. 결론

IEEE 802.15.4 표준에서 각 DEV들은 비컨 프레임 수신한 뒤, 프레임 안에 들어있는 SO, BO 등의 정보를 기반으로 타임 동기를 맞추어야 서로간의 통신도 가능하게 된다.

하지만 비컨 프레임이 충돌로 인해 손실 된다면 일정한 수(표준에서는 4회를 기본값으로 정하고 있다.)의 비컨을 받지 못한 DEV는 orphan 되는 현상이 일어나며, 그 후에는 통신까지 불가능하게 되는 현상이 나타나게 된다.

이러한 비컨들간의 충돌 현상을 완전히 방지하기 위해 본 논문에서는 PNC가 같은 PAN ID내의 DEV에게 서로 다른 Short Address 값을 할당하여 이를 바탕으로 비컨 송신 시간을 결정 짓는 새로운 방법을 두가지로 제안하였다. 이것은 PNC가 PAN 내의 모든 DEV의 Short Address를 관리하여 비컨 송신시기를 결정짓는 방법과 결합 요청 시 앞으로 결합을 허가할 FFD의 개수를 미리 결정하여 요청 하는 방법이다. 전자는 결합 요청 프레임이 PNC까지 보내져야 하는 번거로움이 존재하며, 후자는 미리 예측한 비컨 송신 자리만큼 대역폭의 낭비가 존재한다. 하지만 비컨 송신 시간이 PBP라는 구간 내에 일정한 규칙으로 서로 다르게 설정되어 비컨들간의 충돌 현상을 완전히 회피할 수 있어서 결국 DEV간의 통신을 원활하게 만드는 장점이 있다.

참 고 문 헌

[1] IEEE802.15.4 Information technology — Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements —Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2003.

[2] IEEE802.15.4b Draft Information technology —Telecommunications and information exchange between systems — Local and metropolitan area networks — Specific requirements —Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2005.

[3] NS2 Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.

[4] J. Schiller, “Mobile Communications”, Addison-Wesly, 2000.

[5] Jianliang Zheng and Myung J. LEE, “A Comprehensive Performance Study of IEEE 802.15.4”, *IEEE Press Book*, 2004.

[6] Tony Sun, Ling-Jyh Chen, “Measuring Effective Capacity of IEEE 802.15.4 Beaconless Mode”, *IEEE DRAFT*, August, 2005.

[7] Mario Neugebauer, “A New Beacon Order Adaptation Algorithm for IEEE 802.15.4 Networks”, *IEEE Conference Proceeding*, 31 Jan.-2 Feb. 2005.

[8] MeshDynamics, Beacon Alignment White Paper. [http:// www.meshdynamics.com](http://www.meshdynamics.com).

[9] Jaeyoul Ha, Wook Hyun Kwon, “Feasibility Analysis and Implementation of the IEEE 802.15.4 Multi-hop BeaconEnabled Network”, *JCCI*, 2005.

[10] Li-chun Ko , “Design and implementation of IEEE 802.15.4 beacon-enabled network devices”, *IEEE Conference Proceeding*, 13-17 March 2006.

전 종 근 (Jong keun Jeon)

학생회원

2005년 2월 한국항공대학교 정보통신공학과 졸업
 2007년 현재 한국항공대학교 정보통신공학과 석사



윤 종 호 (Chong ho Yoon)

종신회원

1977년 3월~1984년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1984년 3월~1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사)
 1986년 3월~1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학박사)



1991년 8월~현재 한국항공대학교 항공전자정보통신공학부 교수

김 세 한 (Se Han Kim)

종신회원

한국항공대학교 통신정보 공학과 석사
 한국 전자 통신 연구원, USN 전송기술 연구팀, 선임 연구원

