

# IEEE 802.15.3c 에서 Peer-to-Peer 통신을 위한 이웃 발견

안상현

서울시립대학교 컴퓨터과학부

e-mail : ahn@uos.ac.kr

## Neighbor Discovery for Peer-to-Peer Communications in the IEEE 802.15.3c

Sanghyun Ahn

School of Computer Science, University of Seoul

### 요 약

IEEE 802.15.3c 는 IEEE 802.15.3 WPAN 에 mmWave(millimeter wave) 기반 물리 계층의 표준화를 하는 것을 목적으로 하며, 사용 대역의 특성상 지향성(directional) 안테나를 이용해서 통신을 한다. 또한 하나의 노드를 중심으로 피코넷을 형성하고 그 피코넷 내에서 peer 노드들 간 직접 통신을 위해서 peer 노드를 발견하는 효율적인 기법이 요구된다. 본 논문에서는 지향성 안테나를 사용하는 IEEE 802.15.3c 의 특성을 고려한 효율적인 이웃 발견 기법을 제안한다.

### 1. 서론

30GHz 에서 300GHz 사이의 대역을 millimeter wave 대역(mmWave band)이라고 하며, 미국 FCC 에서는 57GHz~64GHz mmWave 대역을 비인가용으로 할당했다. mmWave 대역을 사용함으로써 수 Gbps 의 초고속 WPAN(Wireless Personal Area Network) 구축이 가능해졌으며, mmWave 기반의 WPAN 을 구축함으로써 HDTV, VoD, 3D 게임 등 다양한 서비스 제공이 가능해졌다. 이러한 추세를 반영하여, 기존의 IEEE 802.15.3[1] WPAN 에 mmWave 기반 물리 계층의 표준화를 하기 위한 IEEE 802.15.3c[2]가 형성됐다.

IEEE 802.15.3c 의 경우 그 특성상 지향성(directional) 안테나를 사용해서 노드 간에 통신을 하며, PNC(piconet coordinator)를 중심으로 피코넷을 형성한다. 피코넷을 형성하기 위해 PNC 로서의 역할을 수행할 수 있는 노드는 채널을 스캔해서 유희(idle) 채널을 찾은 후 일정 시간이 지나도 해당 채널이 유희 상태로 있으면 비콘(beacon)을 보냄으로써 피코넷을 시작한다. 피코넷에 새로 가입한 노드를 위해 PNC 는 해당 피코넷에 있는 노드들에 대한 정보를 비콘에 포함시켜 브로드캐스트한다. PNC 가 갖고 있는 피코넷에 속한 노드에 대한 정보는 해당 노드의 위치 정보가 아닌 AOA(Angle of Arrival)에 대한 정보만 있다. AOA 기반의 위치 측위(localization) 방식의 경우, 자신의 위치 정보를 아는 노드(앵커(anchor) 노드)가 일부 존재해야만 위치 추정이 가능해진다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2012- H0301-12-1002).

이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0027410).

그러나 GPS 를 장착하지 않은 노드들만 존재하는 환경(즉, 피코넷 내에 자신의 위치를 아는 노드가 없는 환경)이 있을 수 있으며, 따라서 본 논문에서는 GPS 를 장착한 노드가 존재하지 않는 환경에서 노드들이 이웃 노드를 발견하는 기법을 제시하고자 한다.

### 2. 관련 연구

IEEE 802.15.3 기반의 피코넷에서는 데이터를 전송하는 노드를 sending DEV, 데이터를 수신하는 노드를 destination DEV 라고 한다. Sending DEV 는 데이터를 보내기 전에 ND(neighbor discovery) 과정을 통해 destination DEV 를 발견해야 한다.

IEEE 802.15.3 에서 PNC 는 association(admission control), synchronization(beacon 의 앞 단에 있는 preamble 에 의해서 된다), scheduling, management 만 하고 패킷 포워딩 기능은 제공하지 않는다. DEV 들 간에는 peer-to-peer communication 으로 데이터 전송을 하며, 모든 DEV 들은 활성(active) 피코넷을 찾아내기 위해서 수동적 스캐닝(passive scanning)을 한다.

IEEE 802.15.3 에서 피코넷을 설정하기 위한 ND 를 할 때, 하나의 노드(피코넷의 경우 PNC)를 중심으로 이웃한 모든 노드들을 발견한다. 이를 위해서 전체 1-홉 영역을 라운드로빈 방식 등을 사용해서 스캔한다. 기존 관련 연구들에서는 1-way ND 또는 2-way ND(또는 3-way ND 등) 중 하나를 사용하는 것에 대해서 연구가 되었다[1, 3]. 본 연구에서는 1-way ND 와 2-way ND 를 상황에 따라 혼용하는 것을 제안함으로써 이웃 발견의 효율성을 향상시키고자 한다.

IEEE 802.15.3 은 ND 과정에 대한 정의를 하고 있지 않지만, peer 발견(이웃 발견)을 위한 DEV 들 간의

Probe Request/Probe Response Command 사용에 대해서 정의하고 있기 때문에 2-way ND 로 peer 발견을 한다고 할 수 있다. 이 peer 발견은 해당 destination DEV 가 피코넷에 여전히 존재하는지, 그리고 destination DEV 가 sending DEV 의 전송 범위 안에 존재하는지를 판별하기 위한 것이다. ND 관련 command 들은 MCTA(Management Channel Time Allocation)를 사용해서 전송된다. MCTA 는 특정 source/destination pair 에게 TDMA 방식으로 (즉, 전용으로) 할당될 수도 있으며 (즉, 특정 이웃을 찾을 때나 2-way ND 를 할 때 이 방법이 사용될 수 있다), 또는 여러 DEV 들이 slotted ALOHA 를 사용해서 하나의 MCTA 를 공유(share)할 수도 있다.

IEEE 802.15.3 은 전방향(omnidirectional) 안테나를 가정하고 있기 때문에 peer 발견이 단순하지만, 지향성 안테나를 사용하는 IEEE 802.15.3c 의 경우는 destination DEV 의 대략적인 위치를 알아야만 peer 발견 과정이 효율적으로 된다. 즉, IEEE 802.15.3C 의 경우 PNC 의 destination DEV 에 대한 AOA 정보를 이용할 필요가 있다.

### 3. Peer-to-Peer 통신을 위한 이웃 발견 기법

피코넷에서 peer-to-peer 통신을 위해 sending DEV 는 특정 destination(또는 target) DEV 만 찾게 된다. 이 때 sending DEV 가 약간의 정보만 갖고 있다면 전체 1-홉 영역을 모두 스캔할 필요가 없다. PNC 의 경우, 1-홉 이웃 노드들 전체에 대한 AOA 정보를 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 PNC 로부터 받은 PNC 의 1-홉 이웃 노드들에 대한 AOA 정보를 이용해서 destination DEV 의 대략적인 위치를 추정하고자 한다. 즉, PNC 로부터 받은 'PNC 기준의 destination DEV 에 대한 AOA 정보'와 'PNC 기준의 sending DEV 에 대한 AOA 정보', 'sending DEV 기준의 PNC 에 대한 AOA 정보'를 기반으로 destination DEV 의 대략적인 위치(즉, 방향)를 추정한 후, 그 지점부터 destination DEV 에 대한 ND 를 수행한다.

Destination DEV 의 위치(방향)를 추정하기 위해서, 먼저 AOA 를 PNC 의 섹터 번호로 표현하며, 추정된 위치가 포함된 beam sector 를 시작 섹터(탐색의 중심 섹터)로 해서 destination DEV 를 발견할 때까지 그 주변 섹터를 다음과 같은 절차에 의해서 스캔한다. 이때 섹터 번호는 시계방향으로(clockwise) 0 부터 시작해서 (max\_sect# -1)까지 증가하며, 편의상 max\_sect#는 짝수라고 가정한다.

(i) 만일  $(0 < (src\_sect\# - dest\_sect\#)) \&\& ((src\_sect\# - dest\_sect\#) < (max\_sect\# / 2))$  이면, sending DEV 는 PNC 가 있는 섹터부터 시계방향으로(clockwise) 차례대로 탐색한다.

(ii) 만일  $(0 < (src\_sect\# - dest\_sect\#)) \&\& ((src\_sect\# - dest\_sect\#) > (max\_sect\# / 2))$  이면, sending DEV 는 PNC 가 있는 섹터부터 반시계방향으로(counterclockwise) 차례대로 탐색한다.

(iii) 만일  $(0 < (src\_sect\# - dest\_sect\#)) \&\& ((src\_sect\# -$

$dest\_sect\#) = (max\_sect\# / 2))$  이면, sending DEV 는 PNC 가 있는 섹터부터 시작해서 좌우로 차례대로 탐색한다.

여기서 src\_sect#는 sending DEV 가 속한 섹터 번호이며, dest\_sect#는 destination DEV 가 속한 섹터 번호를 뜻한다.

Probe Request Command 를 수신한 destination DEV 는 2-way ND 를 수행한다. 즉, destination DEV 는 Probe Response Command 를 sending DEV 에게 전송한다. Peer-to-peer 통신의 경우 양방향 통신일 가능성이 높으며, 따라서 destination DEV 이외의 다른 DEV 들은 단순히 엿듣기(즉, overhear)만 하고 Probe Request Command 를 보낸 sending DEV 에 대한 정보를 1-way ND 로 neighbor table 에 기록한다. 이것을 overheard 1-way ND 라고 하겠으며, 이 정보를 이용하면 수신자 충돌(receiver collision)이 발생하지 않게 된다. 엿듣기한 DEV 가 Probe Request Command 를 전송한 DEV 와 peer-to-peer 통신을 추후 하고자 할 때 이 정보를 이용하면 peer 발견 과정이 단순해질 수 있다. 즉, 노드 이동성이 없는 경우는 Probe Response Command 를 바로 보내면 되고, 이동성이 있는 경우는 스캔 시작 지점을 결정할 때 이 정보를 이용하면 된다.

### 4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 지향성 안테나를 사용하는 피코넷 기반의 IEEE 802.15.3c 에서 peer-to-peer 통신을 위한 효율적인 peer 발견 기법에 대해서 제안했다. 향후 제안 방식의 성능을 평가하기 위해서 AOA 를 이용하지 않는 경우(즉, 임의의 섹터를 기준으로 라운드로빈 스캔을 하는 경우)와 destination DEV 이외의 DEV 들이 overheard 1-way ND 를 하지 않는 경우로 구분해서 제안 방식과의 성능 비교를 수행할 예정이다. 성능 평가 요소로는 destination DEV 를 발견하기까지 걸린 시간과 destination DEV 발견을 위해 전송된 메시지 양을 사용할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] IEEE 802.15.3 Working Group, "Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPAN)", IEEE Standard, 2003.
- [2] IEEE 802.15.3c Working Group, "Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension", IEEE Standard, 2009.
- [3] S. Vasudevan, J. Kurose and D. Towsley, "On Neighbor Discovery in Wireless Networks with Directional Antennas", INFOCOM, pp. 2502-2512, 2005.