

이 기종 네트워크환경에서 ZigBee 통신을 위한 Busy Tone 기법들의 성능 비교

김종엽, 전원홍, 박경준, 최지환
대구경북과학기술원 정보통신융합공학

kimjongyeop@dgist.ac.kr

A performance comparison of busy tone solutions in heterogeneous networks

Jongyeop Kim, Wonhong Jeon, Kyung-Joon Park, Jihwan P. Choi
Dept. of Information and Communication Engineering, DGIST

요약

최근 비면허 주파수 대역을 사용하는 이기종 장비들이 증가함으로 인해 상호 간섭이 중요한 문제로 대두 되고 있다. 특히, 증가하는 트래픽과 실시간 스트리밍 서비스를 서비스하는 Wi-Fi 와 중요한 센서정보를 전송하는 ZigBee 프로토콜간의 상호 공존은 앞으로의 IoT 시대의 실현을 위해서 반드시 해결해야 할 숙제이다. 본 논문에서, 우리는 기존의 Busy Tone 을 사용하는 연구들과 제안하는 솔루션을 포화상태의 Wi-Fi 간섭상황에서 ZigBee 네트워크에 충분한 성능을 제공할 수 있는지를 비교한다.

I. 서론

ISM (Industrial Scientific Medical) 밴드를 사용하는 ZigBee 와 Wi-Fi 프로토콜이 다가오는 IoT (Internet of Things) 의 핵심 기술로써 많은 주목을 받고 있다 [1]. 특히, ZigBee 는 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Networks, WSNs) 모니터링 시스템으로 사용이 되는 프로토콜인데 최근 2.4 GHz 의 비 면허 대역을 사용하는 Wi-Fi, Bluetooth, RFID 등과 같은 다양한 이기종 장치들의 증가로 공존에 어려움을 겪고 있다. 특히, 갈수록 증가하는 모바일 트래픽 요구량과 인터넷 데이터를 소비하는 Wi-Fi 노드가 ZigBee 노드와 인접장소 또는 동일 주파수 채널을 사용할 경우 상호 간섭문제뿐만 아니라, ZigBee 에게 심각한 성능저하를 야기시키기 때문에 큰 문제로 주목 받고 있다 [2]. 비록, 무선 통신 프로토콜들은 서로간의 간섭을 회피하기 위해서 주파수 호핑, CSMA/CA 등과 같은 패킷 충돌 사전 예방 알고리즘들이 존재하지만 여전히 이기종 네트워크에서는 상호 간섭문제에 취약하다. 왜냐하면, 채널경쟁을 위한 Clear Channel Assessment (CCA)와 신호 전송파워, RX-TX 스위칭 시간 등과 같은 Wi-Fi 와 ZigBee 간의 PHY/MAC 계층에서의 요소들이 서로 비대칭적이기 때문이다. 따라서 이를 해결하기 위해서 채널의 상태를

연구들이 제안되어 왔다 [3], [4]. Busy tone 솔루션이 효과적으로 동작한다면, 그림 1 과 같이 심각한 Wi-Fi 간섭환경에서도 우선순위가 매우 높은 ZigBee 데이터들에게 신뢰성 있는 통신을 보장할 수가 있다. 하지만 기존에 제안된 솔루션들은 포화된 상태의 Wi-Fi 환경에서도 ZigBee 에게 안정적인 통신 성능을 제공하기가 어렵기에, 본 논문에서 우리는 파워, 주파수, 캔슬레이션 관점에서 디자인된 새로운 솔루션을 제시하고 포화상태의 Wi-Fi 간섭상황에 이들 솔루션간의 성능을 비교 분석한다.

II. 본론

A. 솔루션 디자인

제안하는 Busy tone 은 Wi-Fi 네트워크가 신호를 감지할 수 있는 충분한 파워량과 최대의 간섭을 줄 수 있는 채널폭과 주파수를 고려한다. 또한, 이를 사용하는 ZigBee 코디네이터는 Busy tone 을 Cancellation 할 수 있는 회로와 알고리즘을 가지고 있다 [5]. 이전의 연구에서 우리는 적절한 Busy tone 의 Power 와 Frequency, Cancellation 조건들을 실험을 통하여 얻었으며, 본 논문에서는 이러한 조건들을 사용할 때 솔루션이 포화된 Wi-Fi 의 트래픽 환경에서 어떠한 동작을 하며 기존 연구들은 제안하는 솔루션과 어떠한 차이점을 갖는 가를 분석한다.

B. 기존 솔루션들과의 동작 비교

그림 2 는 기존 솔루션인 CBT 와 NBP 의 동작을 Time 축에서 보여준다. 그림을 통하여, 두 솔루션이 동일하게 동작하는 Wi-Fi (패킷전송과 백오프의 동작이 동일) 싱글노드의 영향하에서 Busy tone 이 어떻게 전송되며 ZigBee 데이터가 어떻게 Wi-Fi 의 간섭으로부터 보호를 받는지를 알 수 있다. 간단한 분석을 위하여 ACK 패킷의 동작은 생략하였다. 먼저 CBT 의 경우 Busy

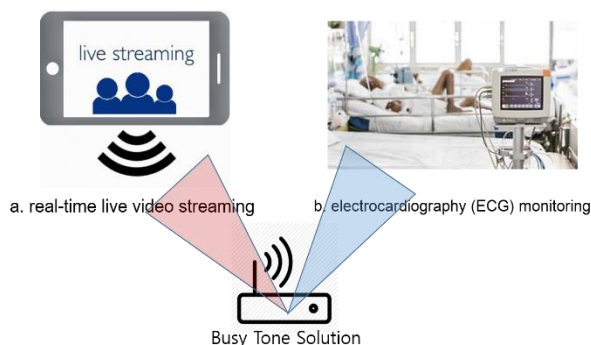


그림 1. Busy Tone 솔루션이 적용 가능한 예시들
인위적으로 Idle 에서 Busy 상태로 변경하는 Busy tone

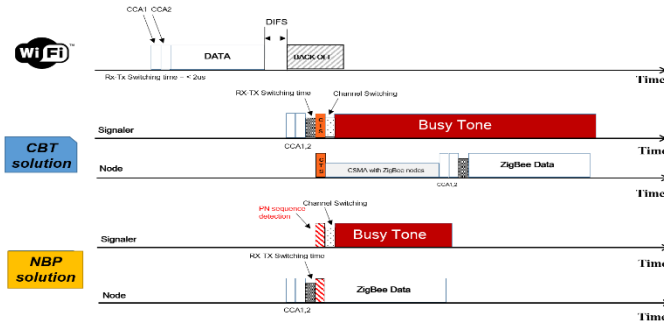


그림 2. CBT와 NBP의 ZigBee 데이터 보호 과정

tone을 전송하는 Signaler가 2번의 CCA를 거치고 Wi-Fi와 동일하게 사용하는 채널의 상태가 Idle하면 미리 약속한 CTS 패킷을 ZigBee 네트워크로 전송한다. 이후, ZigBee 노드는 CTS 패킷을 수신하면 CSMA를 수행하여 채널상태를 확인하고 ZigBee 데이터를 전송한다. NBP의 경우 Busy tone으로 채널을 사전에 미리 점유하는 CBT와는 다르게 ZigBee 데이터 전송 시작 시간에 동기가 맞춰있다. NBP는 ZigBee의 패킷 전송 시 가장 첫 프레임에서 나타나는 PN sequence를 감지하여 ZigBee 데이터 전송과 동시에 Busy tone을 전송함으로써 ZigBee 데이터 전송을 Wi-Fi로부터 보호한다. 하지만 CBT와 NBP 알고리즘은 CCA를 통하여 Wi-Fi의 비어있는 채널 시간을 사용하는 Wi-Fi 패킷 우선 보장 솔루션이다. 이와 반대로, 본 논문에서 제안하는 솔루션은 적절한 Power 레벨로 ((1) Wi-Fi의 현재 패킷 디코딩에는 영향을 미치지 않는 조건) 설정된 Busy tone이 Wi-Fi의 전송 중에 미리 전송 및 채널을 예약함으로써 ((2) Wi-Fi의 CCA 수행시 Busy 상태로 느껴지도록 Busy tone 전송) ZigBee 패킷 전송을 가장 우선시 한다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 제안하는 솔루션의 Busy tone은 Wi-Fi의 현재 전송 시간에 전송되며 Wi-Fi의 통신이 끝나 후 ZigBee의 채널사용을 허가한다.

C. 제안하는 솔루션의 Time 조건

앞서 제안하는 솔루션의 Power 조건이 달성되면 Wi-Fi의 다음 CCA에서 채널예약이 가능함을 진술하였다. 하지만 이후 ZigBee의 첫 번째 CCA가 Wi-Fi idle 상태일 때 수행하지 않는다면 ZigBee의 패킷 전송 시 충돌이 발생할 수 있으며 또한, 두 번째 CCA에서 전송을 시도 한다면 시스템 전체 채널 사용율의 관점에서 낭비가 된다. 따라서 아래와 공식과 같은 ZigBee CCA 시작 시간 조건이 만족해야 한다.

$$T_z \geq T_w + Wi-Fi \text{ Airtime}$$

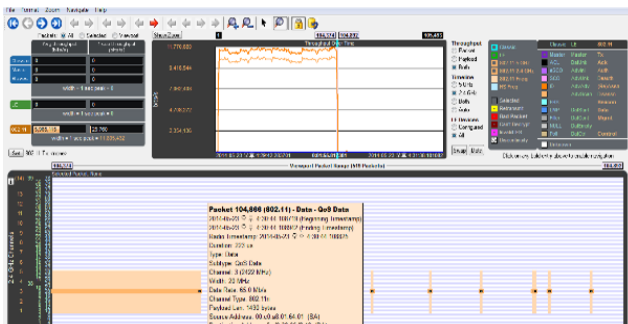


그림 4. Busy tone이 전송 중일 때 Wi-Fi의 통신상태

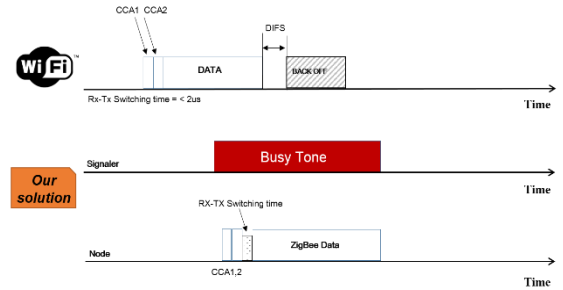


그림 3. 제안하는 솔루션의 동작 과정

T_z 는 ZigBee CCA 시작시간, T_w 는 Wi-Fi 패킷 전송 시작 시간을 의미한다. Wi-Fi Airtime은 Packet size / PHY layer bit rate로 정의되며, 위 식을 통하여 잠재적인 충돌 구간을 예측할 수가 있다. 그림 4는 Wi-Fi 노드가 패킷을 전송 중일 때 제안하는 Busy tone을 전송하고 이때의 Wi-Fi 상태를 캡처 한 것이다. Wi-Fi는 Busy tone이 존재할 때 통신을 중단하였으며 해당 시간부터 ZigBee의 통신이 가능한 채널이 되었음을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 포화상태의 Wi-Fi의 영향하에서 ZigBee의 안정적인 통신을 보장하는 제안 기법을 기존의 CBT, NBP 연구들과 비교하였다. Time 축 기반의 그래프를 통하여 제안하는 솔루션이 포화된 Wi-Fi 환경에서도 ZigBee의 통신을 보장할 수 있음을 예측할 수 있었으며 또한, 본 결과를 통하여 갈수록 증가하는 무선 트래픽 환경에서 이기종 공존을 위한 솔루션으로 제안 기법이 사용 가능함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: a Survey," Elsevier Computer Networks, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, Oct. 2010.
- [2] J. Lee, Y. Yi, S. Chong, and Y. Jin, "Economics of WiFi offloading: Trading delay for cellular capacity," IEEE Trans. Wireless Communications, vol. 13, no. 3, pp. 1540-1554, Mar. 2014.
- [3] X. Zhang and K. G. Shin, "Enabling coexistence of heterogeneous wireless systems: case for ZigBee and WiFi," Proc. ACM MobiHoc, May 2011.
- [4] S. S. Lim, S. C. Lee, J. Yoo, and C. K. Kim, "NBP: light-weight Narrow Band Protection for ZigBee and Wi-Fi coexistence," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Mar. 2013.
- [5] 김종엽, 박경준 and 최지환. "Wi-Fi 영향에서 ZigBee의 공존을 위한 Busy Tone 기법." 한국통신학회논문지 (2015).