

WBAN을 위한 무선 USB 프로토콜의 에너지 효율적인 시간동기기술에 관한 연구

이성로*, 김범무*, 전성민*, 조용욱*, 김진우*, 허경**
 *목포대학교, *경인교육대학교 컴퓨터교육과
 e-mail: *srlee@mokpo.ac.kr, **khur@ginue.ac.kr

An Energy Efficient Time Synchronization Technique for Wireless USB over WBAN

Seong-ro Lee*, Beom-mu Kim*, Sung-min Jeon*, Yong-ok Jo*, Jin-u Kim*,
 Kyung Hur**

*Mokpo National University

**Dept. of Computer Education, Gyeong In National University of Education

요 약

본 논문에서는 WBAN을 위한 무선 USB 프로토콜의 에너지 효율적인 시간동기 알고리즘에 대한 연구이다. 에너지 효율적인 즉, 전력 소모를 최소화하기 위한 정밀한 시간동기 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 시간 동기 알고리즘은 WBAN에서 무선 USB의 센서노드의 Time Stamp 패킷을 송수신하는 방식으로 전력소모를 최소화한다.

1. 서론

시각 동기화를 위한 기존의 방법으로 Global Positioning System (GPS)와 Network Time Protocol (NTP) [1] 등을 들 수 있는데, 이는 컴퓨터의 계산 능력과 많은 양의 데이터 교환에 적합한, 즉 인터넷이나 Local Area Networks (LANs)을 기준으로 만들어진 것들이 대부분이다. 하지만 무선 센서 네트워크의 제한된 에너지, 리소스, 데이터 처리 능력을 감안하고 많은 노드들이 밀집하는 구조, 데이터의 발생이 특정 시간에 폭발적인 분포를 가지는 특성이 있으므로 기존의 시스템에서 사용되고 있는 시각 동기화 알고리즘을 그대로 적용하기에는 무리가 있다 [2].

WBAN (Wireless Body Area Networks) 표준은 근거리, 저전력, 고신뢰성 무선통신을 목표로 하고 있으며, 용도에 따라 의료용 또는 비의료용 서비스에 활용된다. 미래 사회에는 다양한 무선 장치들이 인체에 구성되어 네트워크를 형성할 것이다. 이에 따라 WBAN 기술이 요구된다[3].

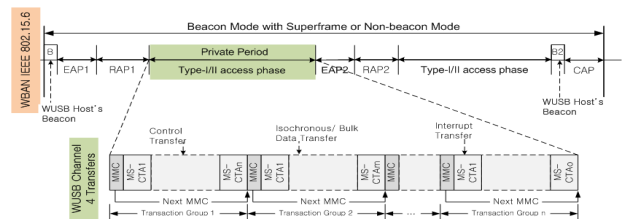
본 논문에서는 웨어러블 컴퓨터 시스템을 위한 무선 USB over WBAN 프로토콜에서 요구되는 에너지 효율적인 시간동기 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 전력 소모를 최소화 하면서 정밀한 시간 동기가 이루어지는 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 시간 동기 알고리즘은 웨어러블 컴퓨터의 주변 장치를 구성하는 무선USB over WBAN 프로토콜 기반 센서 노드에서, 계층적인 구조를 구성하고 Time Stamp 패킷을 송수신하는 방식으로 빠르게 실행되어 전력소모를 최소화한다.

2. WBAN환경에서 무선USB 프로토콜

무선USB는 기존의 USB와 마찬가지로 PC를 무선USB

Host로 하고 무선 USB 규격을 적용한 주변 무선USB Device가 중앙집중방식으로 접속하는 형태이다[4-5]. 무선 USB는 WiMedia D-MAC 상에서 동작하는데, 무선USB 채널은 WiMedia D-MAC 슈퍼프레임에서 Private 구간들의 집합으로 형성된다. Private 구간은 특정 어플리케이션 그룹 멤버 디바이스들만 예약 전송 가능한 구간으로, 다른 어플리케이션의 디바이스들의 이 Private 구간에 대한 정보를 얻을 수 없다. 이러한 Private 구간들의 설정은 MMC (Micro-scheduled Management Commands) 제어 패킷이 담당하게 된다. MMC는 무선USB 호스트가 자신의 클러스터에 속한 디바이스들에게 방송하는 제어 패킷으로 다음 MMC 패킷이 전송될 시간정보, I/O control 시간정보, 호스트와 디바이스들간 통신 스케줄 정보 등을 포함하고 있다. 하나의 MMC는 다음 MMC전까지 이루어질 USB 트랜잭션에 대한 스케줄링 정보를 포함하며 모든 무선USB 호스트와 무선USB 디바이스간 통신은 MMC에서 스케줄 된 순서와 시간에 맞추어 통신하게 된다[4-5].

본 논문에서는 그림 1과 같이 무선USB 호스트와 디바이스들 간 통신을 위해 Type-I/II Access Phase 구간을 할당하여 MMC 스케줄링 기능을 지원한다.



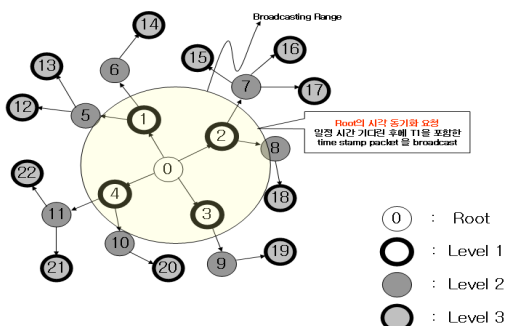
(그림 1) 무선 USB를 위한 IEEE 802.15.6 MAC 구성

3. 에너지 효율적인 시간동기기술

본 논문에서는 TPSN(Timing-sync Protocol for Sensor Networks)을 개선한, 무선 WBAN 네트워크를 위한 보다 에너지 효율적인 시각 동기화 알고리즘을 제안한다. 즉, 노드를 동기화시키는데 필요한 메시지의 수를 줄임으로써 에너지 효율을 높일 수 있다. EETS (Energy-Efficient Time Synchronization)는 TPSN과 마찬가지로 2가지 단계로 동작한다. 첫 번째로 무선 센서 네트워크에서 계층적인 트리구조를 형성하는 단계인 레벨 탐색 단계(Level Discovery Phase)와 실제 동기화 단계(Synchronization Phase)로 나뉘어진다. 이는 신뢰성 있는 데이터의 전송을 목표로 할 경우에 먼저 트리구조를 구성한 후 동기화시키는 것이 효율적이라고 판단하였기 때문이다.

레벨 탐색 단계는 Root 노드가 계층적인 Tree구조를 구성하기 위해 Level Discovery Packet을 방송하는 과정으로부터 시작한다. 루트 노드의 Level Discovery Packet을 받은 각 노드들은 먼저 자신의 레벨을 정하게 되는데 이는 부모 노드의 레벨 0에 1을 더한 값이 된다. 이렇게 자신의 레벨을 정한 후에 Root 노드에게 응답을 보내게 되면 응답을 받게 된 Root 노드는 응답을 받을 때마다 자신의 자식 수를 1만큼 증가시키게 된다. 이로써 빨간 색으로 표시된 레벨 1 위치에 있는 1, 2, 3, 4번 노드들이 네트워크에 합류하게 된다. EETS는 기본적으로 일반적인 two-way 메시지 교환을 통한 동기화가 이루어진다. Time stamp 메시지 교환은 부모 노드와 자식 노드 사이에서 그림 4의 원리에 따라 이루어지며, 둘 사이에 교환한 T1 ~ T4의 시각 정보를 통해 계산한 시각 차(offset)와 전송 지연(propagation delay)을 통해 각 노드의 시각 동기화가 이루어진다.

EETS의 시각 동기화는 루트노드의 시각 동기화 요청 메시지에 의해 시작되며 그 과정은 그림 2에서 확인할 수 있다. 루트노드는 시각 동기화 요청을 한 후 일정 시간 기다렸다가 time stamp T1을 포함한 동기화 메시지를 방송한다. 이 때, 모든 time stamp는 MAC구간에서 이루어짐으로써 send time, access time에 의한 오류를 최소화하였다.



(그림 2) 루트노드의 시각 동기화 요청

T1을 포함한 time stamp 메시지를 루트 노드로부터 받은 레벨 1의 노드들 중에서 가장 먼저 응답(ACK)을 보낸 노드는 1번 노드임을 알 수 있다. 루트노드는 가장 먼저 응답한 1번 노드의 time stamp T2, T3가 포함된 패킷만

을 받고 나머지 2, 3, 4, 5번 노드로부터 오는 패킷은 폐기시킨다. 그리고 루트노드가 ACK 메시지를 받는 시각을 T4라 한다. 이 때 2, 3, 4, 5번 노드는 루트노드로부터 처음에 패킷을 받았을 때의 각각의 시각 T2를 기록해둔다. 이렇게 되면 1번 노드와 루트노드 간의 T1 ~ T4의 값을 알 수 있게 되고, 1번 노드의 루트노드와의 시각 차와 전송 지연 값을 얻을 수 있게 된다. 이 때, 최종적으로 T4의 시각정보를 얻은 곳은 루트노드이므로 루트노드에서 계산이 이루어지게 된다.

4. 시뮬레이션 및 결론

성능 평가를 위해 10m*10m 크기의 필드에 WBAN 노드들을 배치하였고, 그 형태는 uniformly random으로 하였으며, 루트 노드는 (0,0)에 있다. Radio range는 기본값을 10m로 설정하였고, 노드 수를 100, 150, 200, 250으로 점점 증가시키면서 실험하였다. 노드 수를 100~250으로 증가시키면서 실험한 결과, EETS의 전체 메시지 발생량이 나머지 알고리즘에 비해 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 이는 곧 에너지 효율의 향상이라고 볼 수 있다. 즉, 본 논문에서 제안한 TPSN 시각 동기화방식은 WBAN환경에서 무선 USB 프로토콜의 에너지 효율을 향상시킴을 제시하였다.

Acknowledgement

" 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2011-0029321).“ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2009-0093828).

참고문헌

- [1] NTP, The Network Time Protocol, <http://www.ntp.org>, 2005.
- [2] J. Elson, L. Girod, and D. Estrin. "Fine-Grained Network Time Synchronization using Reference Broadcasts," *Proc. of the Fifth Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI2002)*, pp. 134-140, 2002.
- [3] IEEE 802.15 WPAN Task Group 6 Body Area Networks (BAN), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>. 2009.
- [4] Certified Wireless USB 1.1, <http://www.usb.org/developers/무선USB>, 2010.
- [5] K.I. Kim, "Adjusting Transmission Power for Real-Time Communications in Wireless Sensor Networks," *Journal of Information and Communication Convergence Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp.21-26, 2012.