

센서네트워크를 위한 시간동기화 프로토콜 연구

정경자*

*충청대학교 디지털마케팅학과
e-mail:kjeong@ok.ac.kr

Research of Time Synchronization Protocol for Ubiquitous Sensor Network

Keong-Ja Jeong*

*Dept. of Digital Marketing, ChungCheong University

요약

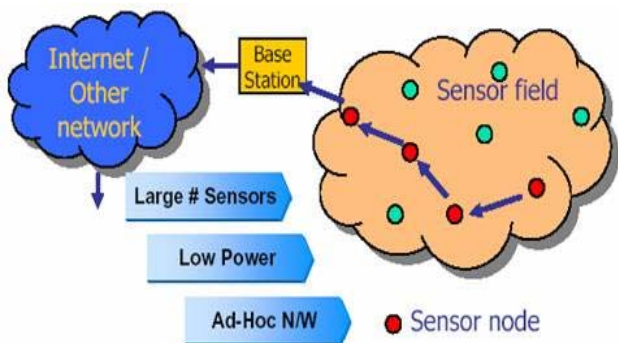
유비쿼터스 센서 네트워크에서 사용되는 센서노드는 동종의 센서 노드와 많은 수의 이기종 센서 노드들을 포함하게 된다. 이기종 센서노드들간의 시간동기화로 인한 배터리 전력소모를 최소화하기 위해 본 논문에서는 싱크노드 아래에 있는 싱크노드와 클럭소스가 같은 동종 센서노드를 시간동기 마스터로 설정하고, 싱크노드와 다른 클럭소스를 가지는 다수의 이기종 센서노드를 마스터 아래에 속하는 시간동기 슬레이브로 설정하여 시간동기 마스터가 동작을 개시할 때에만 시간동기 슬레이브 노드들이 동작하도록 동기화하는 이기종 센서노드들의 시간동기화 기법을 제안한다.

1. 서론

유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 환경은 다양한 이기종의 센서와 센서들 상호간의 통신을 통해 데이터를 수집하고 제공하여 물리공간의 지능화된 환경을 제공한다. 이러한 상태감지를 위한 센서들은 싱크노드와 센서노드로 구성되는데 센서들은 유비쿼터스 센서 망을 통하여 상호 연결되며 중앙의 관제센터와의 연결을 위하여 인터넷에 연결되어 있는 싱크노드에 접속된다.

그림 1은 센서네트워크의 특징을 보여준다. 센서의 데이터는 센서들간의 라우팅을 통하여 싱크노드까지 전달되며 이후 인터넷으로 중앙의 관제센터까지 전달된다. USN 환경에서 센서 노드들 간에는 무선통신을 위해서 저전력 무선 센서 노드의 개발과 저전력 데이터 전송 라우팅 알고리즘의 개발이 매우 중요하다.

대부분의 USN시스템에서 모든 센서 노드들이 동종인 경우가 대부분이지만 향후 광역 복수의USN환경에서는 이기종의 센서노드들이 혼재하게 되며 이기종 센서노드들 간의 시간동기화를 통한 액티브 슬립타임 제어가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 환경에서 향후 그 수가 급격히 증가하여 혼재하게 될 이기종의 센서노드들 간의 시간동기화 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 센서노드들 간에 마스터-슬레이브(Master-Slave) 개념을 적용하여 동종의 센서 노드들을 시간동기 마스터(TimeSync Master)로 두고 이기종의 센서노드들은 각각의 마스터에 속한 시간동기 슬레이브(TimeSync Slave)로 두어 마스터노드와 동기화를 함으로써 전



[그림 1] 센서 네트워크

체 시간동기화가 가능하도록 하였으며 이는 슬레이브노드들이 최소의 액티브타임을 가지게 되어 최대 슬립 타임을 유지하므로 전력소모의 최소화를 보장하게 된다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로서 기존의 시간동기화 기법들과 센서 네트워크 환경에서의 시간동기화 기법을 분석하고 문제점들을 제시한다. 3장에서는 마스터-슬레이브 토폴로지를 적용한 이기종 센서노드들 간의 시간동기화 기법을 제안하며 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 환경은 다양한 이기종의 센서와 센서들 상호간의 통신을 센서네트워크에서 센서 노드는 기본적으로 배터리의 소모를 줄이기 위해서 노드가 통신을 하지 않을 때에는 최소한의 전력만을 사용하는 슬립(Sleep) 모드로 전환하는 저전력 기능이 요구된다. 싱크 노드는 저전력 기능 및 형상 관리 기능뿐만 아니라 센서 네트워크에 뿌려져 있는 센서 노드들로부터의 센싱 데이터를 수집하여 센서 데이터를 관리하는 중앙관제 시스템으로 보내주는 역할을 수행한다[8]. 중앙관제 시스템은 싱크 노드로부터 수집된 센서 데이터를 분석하여 실시간으로 환경모니터링 시스템에게 전송한 후 센서 데이터를 센서의 타입 및 종류와 시간대별 측정된 센서 값을 분류하여 저장하는 역할을 한다[10]. 싱크노드와 센서노드들간의 무선 통신을 위하여 많은 수의 센서노드를 가지고 있는 유비쿼터스 센서 네트워크에서는 센서 노드들간에 시간동기화가 이루어져야 한다[13].

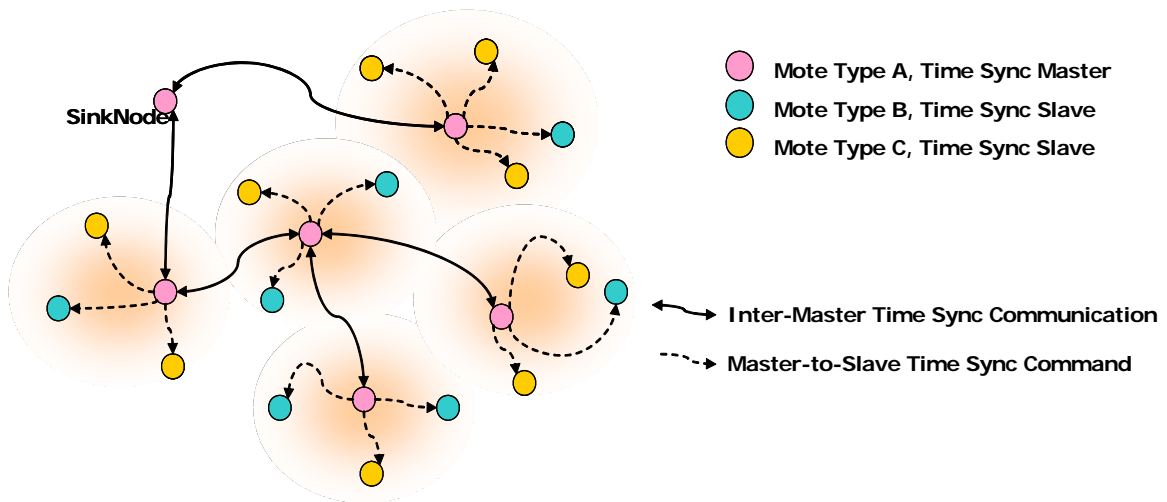
무선 센서네트워크의 한 표준으로서 ZigBee 프로토

콜[4]은 IEEE802.15.4 프로토콜 기반으로 저전력의 무선 통신 프로토콜로서 저가격, 저전력 소모, 양방향, 무선 통신 표준을 목표로 만들어졌다. Zigbee 토폴로지에 의한 시간동기화 기법의 경우 팬코디네이터에서 주기적으로 비콘메시지를 전송하고 비콘 프레임 안에 있는 정보를 통하여 액티브타임 및 액티브 타임내에서의 타임슬롯을 구성하고 이 타임 슬롯내에서 각 센서노드들이 데이터를 전송한다. Zigbee 네트워크는 서로 다른 클럭소스를 사용하는 디바이스들로 구성되지만 기본적으로 비콘메시지를 통하여 동기화가 가능하게 된다. 그러나 실질적으로 중간에서 비콘프레임을 중계해주어야 하는 코디네이터나 라우터에는 항상 전원공급이 이루어져야 하므로 기존의 파워 온/오프에 의한 액티브타임과 슬립타임의 설정방식의 시간동기화만으로는 전력소모의 최소화를 이룰 수 없다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 이기종의 센서노드를 포함하는 광역의 USN환경에서 센서노드들의 전력소모 최소화를 위하여 이기종 센서노드들의 시간동기화를 위한 마스터-슬레이브 토폴로지 기반의 시간동기화 프로토콜을 제안한다.

3. 이기종 센서노드를 위한 시간동기화 프로토콜

유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 환경은 다양한 이기종의 센서와 센서들 상호간의 통신을 센서네트워크에서 센서 노드는 기본적으로 배터리의 소모를 줄이기 위해서 센서네트워크 응용 애플리케이션은 제한된 전원(배터리)를 최소한으로 소모하기 위해서 주기적으로 Active Cycle / Sleep Cycle을 반복하게 되며, 시간동기화를 통해서 모든 센서노드들이 정확



[그림 2] 마스터-슬레이브 시간 동기화 프로토콜

하게 같은 시간에 Active Cycle, Sleep Cycle 를 시작하게 된다. 따라서, 이러한 문제를 극복하고 이기종 센서노드들을 포함한 센서네트워크를 Active/Sleep Mode로 동작시키기 위하여 센서네트워크에 참여하고 있는 이기종 센서노드를 기종에 따라서 Master/Slave로 분류하였고 이에 따라 네트워크 토폴로지 구성방안을 정의하였다. [그림 2]는 시간동기 마스터와 시간동기 슬레이브 네트워크 토폴로지 구성 형태이다.

시간동기 마스터(Time Sync. Master)노드란 이기종 센서노드들 중에 Cluster Header 역할을 할 수 있는 정도의 성능 및 기능을 가진 센서노드들로 선정되며, 싱크노드와 같은 기종으로 선정된다. Master 노드들간에는 그림 6 에서의 Inter-Master Time Sync Communication으로 기존의 시간동기화 알고리즘이 수행되어 정확한 시간동기화가 이루어 진다.

시간동기 슬레이브(Time Sync. Slave)노드란 시간동기 마스터노드와 다른 crystal clock을 가진 센서노드들로서, Active/Sleep 모드의 전환에 있어서 마스터 노드의 제어를 받는 노드를 의미한다. Slave는 적어도 1개 이상의 Master 노드의 Radio 전송 범위 안에 있어야 하며, 여러 Master 노드가 Radio 전송 범위 안에 있는 경우에는, 그 중에 네트워크 라우팅에서 설정된 부모노드를 마스터 노드로 선정하게 된다. 따라서, 슬레이브 노드는 네트워크 라우팅에서 부모노드가 될 수 없다.

Time Sync. Master 노드와 Time Sync. Slave 노드에서 수행하는 기능에 대한 설명은 다음[표 1] 과 같다.

[표 1] 시간동기 마스터와 시간동기 슬레이브의 기능

기능	단일형	혼합형		비고
		Master	Slave	
Time Sync. Protocol	Send/Receive	Send/Receive	X	
Time Sync. Command	X	Send	Receive	
Routing Protocol	Send/Receive	Send/Receive	Send/Receive	
Parent Enable?	O	O	X	

위의 [표 1]에서 단일형 이란 이기종 센서네트워크가 아닌, 하나의 기종만으로 이루어진 센서네트워크로서, 이러한 경우에는 모든 센서노드가 위에서 설명한 시간동기화 알고리즘 수행을 통하여 시간동기화를 이루기 때문에 Master/Slave개념이 없고, 네트워크 라우팅 기능도 부모노드의 설정에 제약이 없다. 혼합형이란, 이기종 센서노드들로 이루어진 센서

네트워크로서, Master노드인 경우 위에서 설명한 시간동기화 알고리즘의 수행을 통하여 시간동기화를 이루며, 자신의 Slave 노드에게 Active/Sleep Mode 제어 명령을 전송한다. 또한, Master 노드인 경우 네트워크 라우팅 기능에서도 부모노드가 될 수 있다. Slave 노드인 경우에는 위에서 설명한 시간동기화 알고리즘을 수행하지 않으며, 단지 Master노드로부터 Active/Sleep에 대한 명령을 받아 그것에 따라 Active/Sleep Mode을 반복하게 된다. 또한, Slave노드는 네트워크 라우팅의 부모 노드가 될 수 없다.

4. 결 론

.무선센서 네트워크는 배터리로 동작하는 다수의 센서노드들로 구성되며 센서노드들은 배터리 동작을 최소화하기 위해 주로 액티브타임과 슬립타임을 반복하면 동작하게 된다. 즉 액티브타임일 때에는 센서를 통한 센싱 및 데이터 처리와 무선통신 등의 기능을 수행하게 되며 슬립 타임일 때에는 센서 노드를 파워오프함으로써 전원 소모를 최소화한다. 데이터는 싱크노드를 통해서 인터넷과 연결되면 서버로 데이터를 전송하는 것이 가능한데 무선전송의 범위가 제한되므로 중간의 다른 노드들을 경유 하여 전송되게 된다.

따라서 모든 센서노드들이 동시에 액티브 및 슬립모드를 수행해야 하며 이를 위해서 global time 동기화가 필수적이다.

본 논문에서는 이기종의 센서노드들이 혼재하게 되는 센서네트워크에서 전력소모 최소화를 위하여 마스터-슬레이브 토폴로지를 적용한 이기종 센서노드들의 시간동기화 기법을 제안하였다.

제안된 기법은 동종의 센서노드들을 시간동기마스터로 설정하여 시간동기화 알고리즘을 이용하여 싱크노드와 시간동기화가 가능하며 이기종의 센서노드들은 시간동기 마스터 아래에 시간동기 슬레이브로 두어 마스터가 슬레이브에게 신호를 보내서 마스터-슬레이브간 시간 동기화가 이루어지므로 모든 센서노드들의 시간동기화가 가능해질 뿐만 아니라 계속해서 파워온을 유지해야할 센서노드가 필요치 않으므로 기존의 방식보다 전력소모를 줄일 수 있게 된다. 그러나 하나의 마스터에 너무 많은 슬레이브가 종속될 경우 병목현상이 발생할 수 있다는 문제점이 있으므로 이를 해결하기 위해서 슬레이브가 마스터를 선택 할 수도 있게 하는 해결방안도 고려할 수 있으

며 혹은 필요에 따라 그룹을 적당한 크기로 나누어 주는 일을 수행해야 할 필요성도 있다.

향후 시뮬레이션을 통해서 제안된 마스터-슬레이브 기반 시간동기화 프로토콜과 Zigbee를 비교하여 전력소모량을 검증하는 실험을 수행할 계획이다.

참고문헌

- [1] G.Asada, M.Dong, T. Lin, F.Newberg, G.Pottie.W.Kaiser and H.O.Marcy, "Wireless integrated network sensors:low power systems on a chip," in Proc. Of the 24th European Solid-State Circuits Conference, The Hague, Netherlands, Sept. 1998.
- [2] M.Lemmon, J. Ganguly, and L. Xia, "Model-based clock synchronization in networks with drifting clocks", in Proc. Of the 2000 Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, Los Angeles, CA, Dec. 2002.
- [3] R. Ostrovsky and B. Patt-Shamir, "Optimal and efficient clock synchronization under drifting clocks", in Proc. of the 18th ACM Symposium on Principles of Distributed Computing(PODC1999) 1999.
- [4] <http://www.zigbee.org/>
- [5] D. L. Milis, "Internet time synchronization: the network time protocol", IEEE Trans. Communications, vol. 39, no. 10, pp.1482-1493. Oct. 1991.
- [6] J. Elson and D. Estrin, "Time synchronization for wireless sensor networks," in Proc. Of the 2001 International Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS), Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, San Francisco, CA, Apr.2001.
- [7] K. Romer, "Time synchronization in ad hoc networks," in Proc. Of ACM Mobihoc, Long Beach, CA. 2001.
- [8] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey", published by Elsevier Science, Dec. 2001.
- [9] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, "Building efficient wireless sensor networks with low-level naming ," in Proc. Of the Operating Systems Principles, Banff, Canada, 2001.
- [10] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D, Estrin, "Directed diffusion : a scalable and robust communication paradigm for sensor networks in Proc. of the ACM MobiCom'00, Boston, Ma, pp.55-67. 2000.
- [11] C. Jaikaeo, C. Srisathapornphat, C. Shen, "Diagnosis of sensor networks", IEEE International conference on Communications ICC'01, Helsinki, Finland.,Jun. 2001.
- [12] Yang.H and Sikdar. B "A Protocol for tracking mobile targets using sensor network," IEEE Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, May 2003.(2003)
- [13] M.Sichitiu, C.Veerarittiphan, " Simple, Accurate Time Synchronization for Wireless Sensor Networks"
- [14] J. Elson, L. Girod, and D. Estrin, "Fine-grained network time synchronization using reference broadcasts" in UCLA Technical Report 020008, Feb. 2002.
- [15] Generiwal, S., Kumar, R. and Srivastada,M. "Timing Sync Protocol for Sensor Networks", The first ACM conference
- [16] M.Maroti, B. Kusy, G. Simon, and A. Ledeczi, "The Flooding Time Synchronization Protocol", In the proc. Of Sensys'04, Baltimore, Maryland 2004.