

---

# 무선 센서 네트워크를 위한 인터넷 시각 동기 프로토콜 확장

황소영\*

Network Time Protocol Extension for Wireless Sensor Networks

Soyoung Hwang\*

---

본 논문은 2010년도 부산가톨릭대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임

---

## 요 약

스마트 센서 및 임베디드 시스템, 저전력/저가격의 무선 통신, 애드 혹 (ad hoc) 네트워크, MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 기술의 발달은 센서 네트워크의 개발을 가능하게 하였다. 센서 네트워크에서 이동체 트래킹, 상태 정보 관리 및 이벤트 순서화와 같은 기본적인 응용 서비스를 제공하기 위해서 시각 정보 제공 및 시각 동기는 기본적으로 요구되는 요소 중 하나이다. 제한된 자원과 에너지를 갖는 센서 네트워크의 특성을 고려하여 다양한 시각 동기 기법이 제시되어 왔으나, 시각 표현 방법에 대한 고려를 한 사례는 거의 없는 실정이다. UTC TOD와 같은 전역 시각 표현 방식은 센서 네트워크의 응용을 위해 매우 유용한 방식으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 인터넷 시각 동기 프로토콜 확장을 통해 센서 네트워크에서 전역 시각 정보를 관리할 수 있는 기법을 제시하였다.

## ABSTRACT

Advances in smart sensors, embedded systems, low-power design, ad-hoc networks and MEMS have allowed the development of low-cost small sensor nodes with computation and wireless communication capabilities that can form distributed wireless sensor networks. Time information and time synchronization are fundamental building blocks in wireless sensor networks since many sensor network applications need time information for object tracking, consistent state updates, duplicate detection and temporal order delivery. Various time synchronization protocols have been proposed for sensor networks because of the characteristics of sensor networks which have limited computing power and resources. However, none of these protocols have been designed with time representation scheme in mind. Global time format such as UTC TOD (Universal Time Coordinated, Time Of Day) is very useful in sensor network applications. In this paper we propose network time protocol extension for global time presentation in wireless sensor networks.

## 키워드

무선 센서 네트워크, 시각 동기, 전역 시각, 네트워크 시각 프로토콜

## Key word

Wireless Sensor Networks, Time Synchronization, Global Time, Network Time Protocol

---

\* 정회원 : 부산가톨릭대학교 (soyoung@cup.ac.kr)

접수일자 : 2011. 07. 19

심사완료일자 : 2011. 08. 10

## I. 서 론

스마트 센서 및 임베디드 시스템, 저전력/저가격의 무선 통신, 애드 혹 (ad hoc) 네트워크, MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) 기술의 발달은 센서 네트워크의 개발을 가능하게 하였다. 센서 네트워크는 애드 혹 네트워크의 일종으로 센싱 기능과 계산처리, 무선 통신 능력을 가지고 있는 센서 노드와 게이트웨이 또는 데이터 집중국 역할을 하는 기준국 (base station, 혹은 sink)으로 구성된 무선 네트워크로 정의된다. 기본적으로 센서 노드는 감지된 정보를 기준국으로 전달하고, 기준국은 인터넷과 같은 기존의 네트워크를 통하여 사용자에게 해당 정보를 제공한다. 여기서, 사용자는 사람이 될 수도 있고 센서 네트워크 응용 소프트웨어가 탑재된 장치가 될 수도 있다. 그 과정에서 센서 노드들은 기존에 미리 설치된 네트워크의 이용없이 스스로 애드 혹 네트워크를 구성하여 기준국에 데이터를 전송한다[1,2].

센서 네트워크의 여러 핵심 기술 요소 중에서 시각 동기 기술은 센서 네트워크 응용에 필수 요소이다. 다양한 센서 네트워크 응용 분야는 그 동작에 있어 공통적인 특성을 가지고 있다. 이들은 센서 노드가 감지한 실제 데이터에 해당하는 소스와 이러한 데이터를 수집하는 싱크로 구성되며, 싱크는 그 자체가 센서 노드가 배치된 센서 필드에 배치되어 네트워크의 일부로 동작하기도 하고, 네트워크의 외부에 배치되어 동작하기도 한다.

일반적으로 싱크는 데이터를 감지하는 노드 그 자체보다는 수집된 데이터에 더 큰 비중을 둔다. 센서 네트워크의 동작은 소스와 싱크간의 상호 작용으로 이루어지게 된다. 이러한 상호 작용에서 공통적으로 나타나는 기능 유형을 추출할 수 있는데, 가장 대표적인 유형은 다음과 같다.

- 이벤트 인지 (event detection): 센서 노드는 특정 이벤트의 발생을 감지하고 이를 보고 해야 한다.
- 주기적인 감시 (periodic measurements): 센서 노드는 센싱한 값을 주기적으로 통보하도록 설정될 수 있으며, 싱크로의 통보는 감지된 이벤트에 의해 유발되기도 한다. 통보 주기는 응용 분야에 따라 다르게 지정된다.

- 추적 (tracking): 이벤트 소스가 이동할 때 센서 노드는 다른 노드와 협력하여 이를 추적할 수 있어야 한다 [3].

이와 같은 센서 네트워크의 응용에 기본적으로 사용되는 동작이 제대로 이루어지기 위해서는 시각 정보가 필수적으로 요구된다. 센서 노드가 감지한 데이터를 전달 할 때 노드는 정확한 시각 정보를 데이터에 포함해서 전달해야 이 정보를 필요로 하는 노드, 혹은 싱크가 유용하게 가공해 효과적으로 이용할 수 있기 때문이다.

즉, 여러 노드들로부터 같은 이벤트의 중복 감지 인식, 기록된 이벤트의 발생 순서 구분, 이동체의 이동 속도 계산 등에 시각 정보는 기저 데이터가 된다. 또한, 제한된 에너지의 효율적인 활용을 위해 노드가 스스로 동작을 중단하거나 다시 시작하는 것을 주기적으로 반복하게 되는데, 이때 노드들 간의 동기화된 데이터 센싱과 송수신을 위해 동작의 중단점과 시작점을 정하는 데에 시각 정보는 필수적인 요소가 된다[4].

기존의 분산 시스템에서와는 달리 자원과 처리 능력에 제한을 가진 센서 네트워크의 특성을 고려하여 다양한 시각 동기 프로토콜이 제시되었다. 그러나, 대부분의 알고리즘에서 시각 표현 방법에 대한 고려가 이루어지지 않았다. 세계표준시 (UTC TOD: Universal Time Coordinated, Time Of Day)와 같은 전역 시각 정보 표현 방식은 센서 네트워크의 응용에 매우 유용한 형태 중 하나이다. 재난 감시나 환경 감시와 같은 응용에서 이벤트의 발생 시점을 추적하거나 온습도와 같은 환경 측정값의 변화 추이를 분석하는데 전역 시각 정보는 필수적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 전역 시각 정보를 제공하기 위한 시각 관리 및 동기 기법에 대해 제시한다. 이를 통해 기존 인터넷 시각 동기 프로토콜과 효과적으로 연동될 수 있도록 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 센서 네트워크를 위한 인터넷 시각 동기 프로토콜 확장에 대해 제시하고 3장에서 제안한 기법의 구현 및 성능 분석을 다룬다. 4장에서 논문의 결론을 맺는다.

## II. 무선 센서 네트워크를 위한 인터넷 시각 동기 프로토콜 확장

### 2.1 시각 구조 및 함수 정의

세계 표준시 (UTD TOD)의 전역 시각 정보를 표현하기 위한 시각 구조로 아래 그림과 같은 64비트 논리 시각 구조를 정의하였다. NTP (Network Time Protocol)에서와 같이 해당 값은 1900년 1월 1일 0시 이후의 시간 값을 초와 마이크로 초로 갖는다[5,6]. NTP 시각 소인 포맷을 논리 시각 포맷으로 활용함으로써 센서 네트워크 게이트웨이나 베이스 스테이션을 통해 기존 인터넷 NTP 시스템과 효율적으로 연동할 수 있도록 하였다.



그림 1. 64비트 논리 시각 구조  
Fig. 1 64bits logical time structure

이러한 논리 시각 구조에 접근하고 사용자 편의성을 제공하는 시각 서비스를 위해 다음의 함수를 정의하였다.

- **Set time of day:** 센서 노드의 논리적 시각 값을 설정하는 함수이다.
- **Get time of day:** 노드의 현재 시각을 논리 시각 구조의 포맷으로 알려주는 함수이다.
- **Get Gregorian calender and time:** 노드의 그레고리안 캘린더 및 현재의 시각 정보를 제공하는 함수로 사용자는 현재 시각을 쉽게 인지할 수 있다.

### 2.2 시각 동기 기법

일단 노드가 현재의 UTC TOD를 획득하면, 노드는 자신의 지역 클럭에 기반하여 현재의 시간을 유지하게 된다. 노드는 정확성 및 정밀성에 있어 기능이 떨어지는 지역 클럭을 갖고 있으며, 또한, 환경적 요인에 의해 시각 정보는 영향을 받기 때문에 보다 정확한 시각 정보를 유지하기 위해서는 시각 동기가 필요하다. 본 논문에서 제안하는 전역 시각 동기 기법은 다음과 같다.

센서 네트워크의 게이트웨이 혹은 베이스 스테이션은 외부망과 연동하여 UTC에 동기되고, 앞서 제시한 바와 같이 64비트의 논리적인 시각 구조를 갖는다. 베이스 스테이션은 이러한 시각 값을 갖는 시각 소인 메시지를 하위 센서 노드로 브로드캐스팅하고, 시각 소인 메시지를 수신한 센서 노드들은 자신의 시각 정보를 갱신하고, 자신의 시각 값을 갖는 시각 소인 메시지를 생성하여 하위 노드로 재 브로드캐스팅한다. 이러한 절차를 반복함으로써 센서 네트워크 내 모든 센서 노드들은 베이스 스테이션에 동기되고, 결과적으로 모든 센서 노드는 UTC TOD를 유지하게 된다.

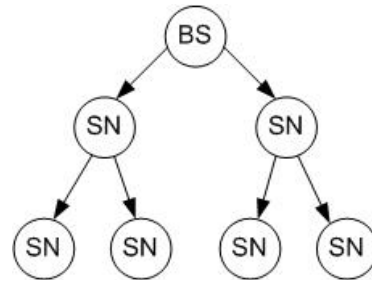


그림 2. 시각 동기 구조  
Fig. 2 Architecture of time synchronization

## III. 구현 및 성능 평가

제안한 시각 동기 기법의 성능을 분석하기 위해 MicaZ와 TinyOS-2.0 기반의 플랫폼에서 구현하였다 [7,8].

TinyOS-2.0에서 제공되는 시각 정밀도는 TMilli, T32khz와 TMicro로 표현되며 모든 정밀도는 1초에 대한 2진수 단위로 표현된다. 즉, TMilli는 1초당 1,024 틱을 나타낸 것이고, T32khz는 1초당 32,768 틱을 표현한 것이다. TMicro는 1,048,576 틱을 의미한다[9].

제안 기법의 구현에서 64비트 논리적 시각 구조는 256 TMilli마다 업데이트되며 이는 250ms을 의미한다. 그림 3은 TinyOS-2.0에서 64비트 논리적 시각 구조 및 필수 함수의 구현을 나타낸 것이다.

```

typedef struct timeval {
    uint32_t tv_sec; // seconds since 0h Jan. 1, 1900
    uint32_t tv_usec; // and microseconds
} timeval_t;

typedef struct calendar {
    uint16_t year;
    uint8_t month;
    uint8_t day;
    uint8_t hour;
    uint8_t minute;
    uint8_t second;
} calendar_t;

void setttimeofday (timeval_t *tm, void *a)
// sets the node's notion of the current time

void gettimeofday (timeval_t *tm, void *a)
// gets the node's notion of the current time

void date (uint32_t ntptime, calendar_t *jt)
// writes the date and time to standard output
    
```

그림 3. TinyOS-2.0에서의 시각 구조 및 함수  
Fig. 3 Time structure and functions in TinyOS-2.0

그림 4는 전역 시각 정보 관리 및 동기 기법의 실험 환경을 나타낸 것이다. 베이스 스테이션은 표준 NTP를 통해 표준 UTC에 동기되어 있다.

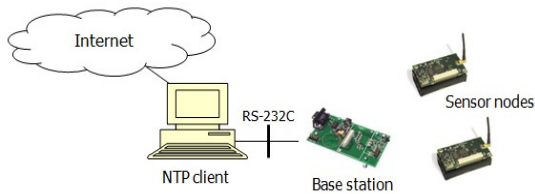


그림 4. 실험 환경  
Fig. 4 Experiment environments

본 실험에서 베이스 스테이션은 시각 동기 메시지를 매 12초마다 브로드캐스팅하도록 설정하였다. 노드 ID 1번인 센서 노드는 매 2초마다 자신의 로컬 시각 정보를 베이스 스테이션으로 전송하고, 노드 ID 2번인 센서 노드는 매 3초마다 자신의 로컬 시각 정보를 베이스 스테이션으로 전송하도록 하였다. 베이스 스테이션은 센서 노드들로부터 수신한 메시지를 시리얼 통신을 통해 모니터링 PC로 전송한다. 센서 노드는 자신의 로컬 시각 정보를 그레고리안 캘린더 및 시각 포맷

으로 전송함으로써 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 하였다.

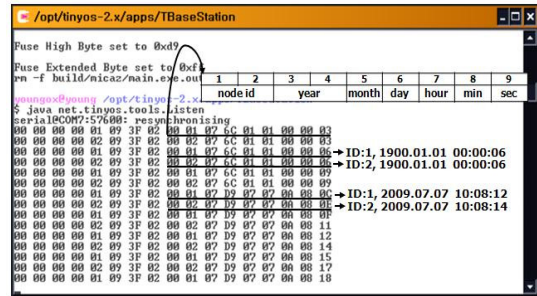


그림 5. UTC 시각 및 시각 동기 결과  
Fig. 5 UTC time and synchronization results

위 그림은 센서 노드가 UTC TOD 형태의 현재 시각 정보를 유지하며 시각 동기를 수행한 결과를 나타낸 것이다. 이러한 결과는 센서 노드가 전역 시각 정보를 유지할 수 있으며, 이러한 정보를 요구하는 다양한 응용에 적용될 수 있음을 보여준다.

#### IV. 결론

본 논문은 무선 센서 네트워크에서 전역 시각 동기를 위한 시각 정보 표현과 관리 및 동기 기법을 제안하였다. 이를 통해 기존 인터넷 시각 동기 프로토콜과 효과적으로 연동될 수 있도록 하였다. 센서 노드에서 전역 시각 정보를 표현하기 위한 64비트 논리적 시각 구조와 접근하기 위한 필수 함수를 정의하였다. 또한 보다 정확하고 정밀한 시각 정보를 유지하기 위한 시각 동기 기법도 제시하였다. 제안한 기법의 성능을 분석하기 위해 MicaZ와 TinyOS-2.0에 기반한 플랫폼에 구현하였으며 실험 결과를 통해 센서 노드는 표준 UTC TOD를 유지할 수 있음을 확인하였다.

#### 참고문헌

[1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE

- Communications Magazine, 40(8):102-114, 2002.
- [2] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Overview of sensor networks," IEEE Computer, 37(8):41-49, 2004.
  - [3] H. Karl and A. Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley & Sons, 2005.
  - [4] K. Römer, P. Blum, and L. Meier, "Time synchronization and calibration in wireless sensor networks, in *Handbook of sensor networks: algorithms and architecture*, Ivan Stojmenovic (Ed.) John Wiley & Sons, 2005.
  - [5] D.L. Mills, "Internet time synchronization: The network time protocol," IEEE Transactions on Communications, 39(10):1482-1493, 1991.
  - [6] D.L. Mills, "Network time protocol (Version 3) specification, implementation and analysis," RFC 1305, 1992.
  - [7] MPR-MIB Users Manual.
  - [8] TinyOS 2.0 Tutorials.
  - [9] TEP 102: Timers, <http://www.tinyos.net>.

### 저자소개



**황소영(Soyoung Hwang)**

1999년 부산대학교 전자계산학과  
(이학사)

2001년 부산대학교 전자계산학과  
(이학석사)

2006년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)

2006년 ~ 2010년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원

2010년 3월 ~ 현재 부산가톨릭대학교 멀티미디어  
공학과 조교수

※ 관심분야: 센서 네트워크, 임베디드 시스템, 시각  
동기, e-Navigation