
무선 센서 네트워크를 위한 전역 시각 동기 기법

황소영 · 유동희 · 주재흠 · 원성현

부산가톨릭대학교

Global Time Synchronization for Wireless Sensor Networks

Soyoung Hwang · Donhui Yu · Jaeheum Joo · Sunghyun Won

Catholic University of Pusan

E-mail : soyoung@cup.ac.kr

요 약

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 센서 네트워크에서 전역 시각 정보를 제공할 수 있는 시각 정보 관리 및 동기 기법에 대해 제시한다.

ABSTRACT

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 time keeping and synchronization method for global time presentation in wireless sensor networks.

키워드

Wireless Sensor Networks, Time Synchronization, Global Time

1. 서 론

컴퓨터 시스템에서의 시각 메커니즘은 기본적인 필수적인 요소로써 현재 시각의 유지 및 시스템의 각종 성능 평가를 위한 척도이다. 분산 시스템에서 각종 응용 프로세스들은 시스템 내 여러 노드에서 동시에 수행되며 정확한 결과를 얻기 위해서는 노드 간 시각 동기가 이루어져야 한다.

최근 헬스 케어, 군사 응용, 홈 네트워크, 빌딩 자동화, 환경 감시 등과 같은 다양한 응용 분야에

적용될 수 있는 무선 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 센서 네트워크의 핵심 기술 요소로는 하드웨어 및 초소형 운영체제 기술, 저전력 네트워크 프로토콜 기술, 시각 동기 및 위치인식 기술, 미들웨어 기술, 네트워크 보안 기술, 센서 네트워크 응용 기술 등으로 분류할 수 있다. 특히, 센서 네트워크에서 시각 동기 기술은 동기 기반 통신 프로토콜 개발뿐만 아니라, 암호화 기술에서의 타임 스탬프, 타 노드들로부터의 같은 이벤트 중복 감지 인식, 기록된 이벤트들의 발생 순서구분 등 다양한 응용을 위해 필

수적이다.

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. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 센서 네트워크를 위한 전역 시각 관리 및 동기 기법에 대해 제시하고 3장에서 제안한 기법의 구현 및 성능 분석을 다룬다. 4장에서 논문의 결론을 맺는다.

II. 무선 센서 네트워크를 위한 전역 시각 동기 기법

(1) 전역 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[1]. NTP 시각 소인 포맷을 논리 시각 포맷으로 활용함으로써 센서 네트워크 게이트웨이나 베이스 스테이션을 통해 기존 인터넷 NTP 시스템과 효율적으로 연동할 수 있도록 하였다.

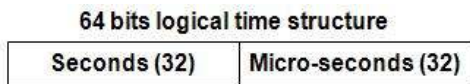


그림 1. 64비트 논리 시각 구조

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 calendar and time:** 노드의 그레고리안 캘린더 및 현재의 시각 정보를 제공하는 함수로 사용자는 현재 시각을 쉽게 인지할 수 있다.

(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.

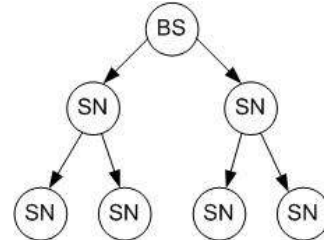


그림 2. 시각 동기 구조

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.

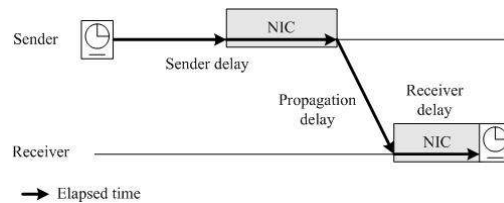


그림 3. 시각 동기 에러 요소

위 그림은 시각 소인 메시지의 송신 및 수신 과정에서 발생하는 에러 요소를 나타낸 것이다. 송신 측에서 생성된 시각 소인 메시지가 수신 측에 도달하기까지 송신측 지연, 전달 지연, 수신측 지연이 발생하게 되고 이러한 지연 요소는 정확하고 정밀한 시각 동기를 저해하는 요소가 된다. 본 논문에서는 시각 동기 정확도를 향상시키기 위해 시각 동기 과정에 시각 보정 과정을 추가하였다. 위 그림에서와 같이 송신측 시각 소인 메시지가 실제 전송되는, 즉, NIC(Network Interface Card)를 통해 메시지가 전송되는 시점에 시각 소인을 수행하여 송신측 지연을 계산하고 이 정보를 추가적으로 브로드캐스팅 한다. 수신측은 NIC를 통해 시각 소인 메시지를 수신하는 시점과 시

각 정보를 갱신하는 시점에 시각 소인을 수행하여 수신측 지연을 계산하고 추가로 수신한 시각 지연값을 합하여 자신의 시각을 보정한다.

III. 구현 및 성능 평가

제안한 시각 동기 기법의 성능을 분석하기 위해 MicaZ와 TinyOS-2.0 기반의 플랫폼에서 구현하였다[2,3]. 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[4].

제안 기법의 구현에서 64비트 논리적 시각 구조는 256 TMilli마다 업데이트되며 이는 250ms을 의미한다. 아래 그림은 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 nptime, calendar_t *jt)
// writes the date and time to standard output
```

그림 4. TinyOS-2.0에서의 시각 구조 및 함수

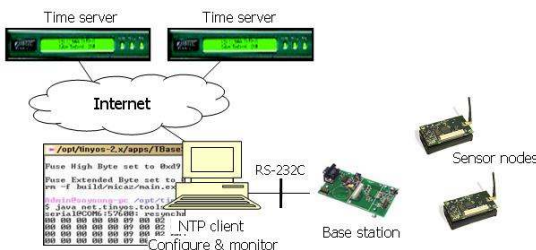


그림 5. 실험 환경

그림 5는 전역 시각 정보 관리 및 동기 기법의 실험 환경을 나타낸 것이다. 베이스 스테이션은 표준 NTP를 통해 표준 UTC에 동기되어 있다. 본 실험에서 베이스 스테이션은 시각 동기 메

지를 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 포맷으로 전송함으로써 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 하였다.

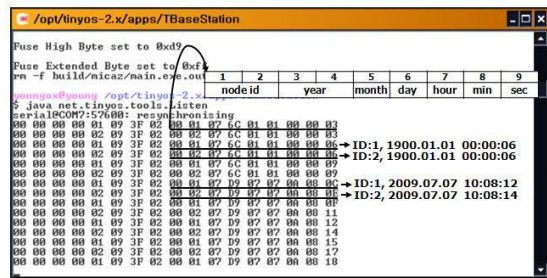


그림 5. UTC 시각 및 시각 동기 결과

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. 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] D. Mills, "Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis," RFC 1305, 1992.
- [2] MPR-MIB Users Manual.
- [3] TinyOS 2.0 Tutorials.
- [4] TEP 102: Timers, <http://www.tinyos.net>.