

## 가속센서를 이용한 위치인식과 임베디드시스템

노창배<sup>1\*</sup>, 나원식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)코드제로, <sup>2</sup>남서울대학교 컴퓨터학과

### Acceleration sensor, and embedded system using location-aware

Chang-Bae Roh<sup>1\*</sup>, Won-Shik Na<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CodeZero corp

<sup>2</sup>Dept. of Computer Science, Namseoul University

**요약** 센서 네트워크에서는 데이터의 실시간 처리가 중요한 요소 중의 하나이다. 각 노드들이 감지한 데이터들은 정해진 시간 내에 전송 되어야만 필요한 시기에 정확한 처리가 가능하다. 따라서 노드들이 데이터를 정해진 시간 내에 제대로 전달하고 있는가를 점검하는 것은 매우 중요하다. 최근 리얼타임 임베디드 시스템이 점점 더 정확해져서 신뢰성 있고 정교한 서비스를 제공할 수 있게 되었다. 임베디드 시스템의 본래의 복잡함 때문에 물리세계에서의 예측의 어려움과 안전한 설계의 어려움은 런타임에서 시스템 제약사항에 위배되는 것과 예상치 못한 상황을 야기시키는 원인이 된다. 각 노드들이 감지한 데이터를 정해진 시간 내에 전달해야 필요한 시기에 적합한 처리가 가능하기 때문에 본 논문에서는 데이터 전송시간에 대한 모니터링을 통하여 센서 네트워크에 존재하는 노드들이 허용시간 범위 내에서 서버로 데이터를 전송하고 있는가를 확인하기 위한 데이터 전송시간 분석 시스템을 구현 하였다. 시스템 구현을 위하여 데이터 전송시간 분석을 위한 절차를 제시했고, 제시한 절차에 따라 전송시간을 분석하기 위해 필요한 시간차 분석 방법, 데이터 송수신 시간 수집 방법 및 데이터 전송시간 계산 방법을 제시했다.

**Abstract** Real-time processing of sensor data network, is one of the important factors. Each node in the detected data are required to be transmitted within a certain time since the accurate processing is possible. Thus, the data nodes are successfully delivered within a specified time, it is very important to check whether the. Recently more and more accurate real-time embedded systems are reliable and haejyeoseo been able to provide sophisticated services. Because of the inherent complexity of embedded systems in the physical world and the difficulty of predicting the difficulty of a safe design constraints on the runtime violation of system as to cause unexpected causes. Each node data in time detected by the time required to be passed in the appropriate processing is possible because the data transfer time in this paper, the monitoring of the sensor network through a node are allowed to exist within the time range and transmits data to the server Analysis of the data transfer time for checking whether the system was implemented. Implementation of the data transmission time to the process for analyzing and presenting, according to the procedure suggested by the transit time required for analysis a time difference analysis method, a data collection method and a data transmission time and transmission time calculating method presented.

**Key Words** : Airspeed sensors, sensor networks, embedded, node

### 1. 서론

력 단거리 무선통신을 지향하는 8비트 마이크로 컨트롤러와 저속 RF칩을 기반으로 구성되어 있고, 제한적인 메

센서네트워크를 구성하는 센서 노드 하드웨어는 저전

접수일 : 2013년 8월 17일 수정일 : 2013년 9월 19일 게재확정일 : 2013년 10월 5일

\*교신저자 : 나원식(winner@nsu.ac.kr)

모리와 배터리 용량으로 인하여 복잡한 기능 구현에 제약이 따르므로 자원의 활용과 기능구현간의 적절한 균형이 요구된다.[1] 제한적인 배터리 용량과 메모리를 효율적으로 사용하기 위해서는 센싱과 네트워킹을 하는데 필요한 프로그램들이 최적화 되어야 한다. 이를 위해서는 지속적으로 센서 노드들의 상태를 모니터링 함으로써 응용프로그램에서 문제가 발생하는 부분을 찾아내는 것이 중요하다.

다양한 기능을 가지는 센서들을 네트워크로 연결하여 보다 많은 데이터를 동적으로 획득하여 상황을 분석할 수 있도록 하는 센서 네트워크 기술이 발전함에 따라, 대상지역이 너무 넓거나 데이터를 취득하는데 많은 비용이 소요되었던 문제들이 상당부분 해결되고 있다. 이로 인해 ITS(Intelligent Transportation Service) 및 환경 모니터링(Environment Monitoring)등의 다양한 연구 분야들이 센서 네트워크라는 개념을 포함하여 그 범위를 확장해 나가고 있으며 다양한 연구 주제들도 고려되고 있다.[2]

## 2. 센서 네트워크

센서 네트워크는 넓은 영역에 설치되는 네트워크 인프라에서 다양한 센서 디바이스가 감지한 센서 데이터를 결합하여 응용 서비스에 전달하는 기술이라고 할 수 있다. 이처럼 물리환경 혹은 상황 정보를 감지하기 위한 센서들과 무선통신, 네트워킹, 센서 데이터 처리 기능들의 결합이 무선 센서 네트워크 기술이라 정의하면 단순히 기존의 무선 네트워킹 기술과 센서 기술을 결합하는 특별히 새로운 것이 없는 것처럼 보일 수도 있다. 그러나 무선 센서 네트워크는 단순히 몇 개의 센서를 네트워킹하는 것이 아니고 배터리 전원에 의해 동작하는 수백 혹은 수천개의 센서 노드들이 네트워크를 형성하여 때로는 가혹한 환경에서 가능한 오랜 기간동안 보다 정확하고 믿을 수 있는 정보를 수집하는 기능과 무선 통신과 네트워킹 기능이 있는 센서가 임의의 배치에도 불구하고 자율적으로 네트워크를 형성하는 것을 기본으로 하고 있으므로 지금까지와는 다른 고려사항을 가진 새로운 연구 분야 중 하나로 떠오르고 있다.[5]

센서 네트워크는 일반적인 목적의 ad-hoc 네트워크와 많은 부분에서 유사성을 찾아 볼 수 있다. 센서 네트워크

는 분산되어 있고, 스스로 구성되는 네트워크이며, 다중홉을 통하여 패킷이 전달되고, 기반구조를 가지고 있지 않다는 특징이 있다.

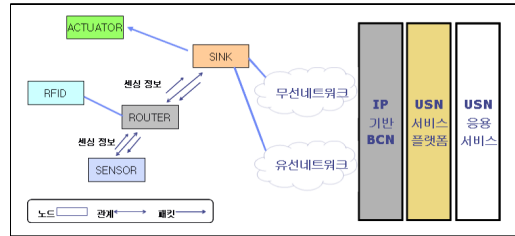


Figure 1. Architecture of USN

센서는 주변의 온도나 소리와 같은 물리적인 상태에 따라 측정 가능한 응답을 생성하는 장치로, 센서 네트워크는 이러한 작은 센서들이 상호 연결되어 작동하는 네트워크 기술을 말한다.

즉 센서네트워크는 무선 통신, 통신 프로토콜, 컴퓨터 네트워크, ASIC(Application Specific IC), 디지털 전자공학, 로보틱스, MEMS(MicroElectronic Mechanical System), 센서 등 다양한 분야 접목으로 센서 네트워크를 구현하여 군사 환경, 보건, 재난 방지 등에 응용하는 네트워크 기술이다.[3] 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 저 전력, 저 비용 노드이며, 이동성이 있지만 주로 고정된 위치에 설치되어 주변 환경 감시와 영향을 주기 위해 설치된다[4].

## 3. 기존 시간 동기화 이론

### ① Event ordering 동기 기법

센서 네트워크를 기반으로 한 응용 사례 중 환경 감시에 활용되는 응용이 가장 대표적인 예로 꼽히고 있다. 이러한 예에서는 발생한 이벤트에 대한 순서나 발생 시점을 아는 것이 중요하다. 시각 동기 모델에서 event ordering은 센서 네트워크 내에서 발생한 이벤트나 메시지의 순서 및 시간적 관계를 유추해 내는 방법으로 센서 노드간의 시각 차를 유지하거나 자체 클럭 수정은 하지 않는 기법이다.[6]

Ad-hoc 네트워크의 일종으로써 센서 네트워크의 특징을 살펴보면 무선 통신의 범위에 한계가 있고, Ad-hoc 네트워크를 구성하는 디바이스의 이동성에 의해 잦은 네트워크 위상구조(topology)의 변화를 갖는다는 것이다.[6]

### ② Relative clock 동기 기법

센서 네트워크를 구성하는 각 센서 노드들이 시각 동기를 이루기 위해 각 노드의 시각 정보를 서로 주고 받아 개별 노드와의 시각 차이를 계산하고 유지함으로써 시각 동기를 이루는 기법이다. 각 센서 노드는 자신의 내부 클럭 값을 수정하지 않고 본래의 특성대로 동작하게 둔다.[7] 이러한 동기 기법 또한 센서 네트워크의 특성과 요구 사항에 맞게 설계되어야 한다. 센서 네트워크의 가장 중요한 특성은 에너지 효율성에 대한절대적 요구이다. 뿐만 아니라, 저수준의 컴퓨팅 능력을 가진 센서 노드에서 동작하는데 적합해야 한다.[8]

### ③ Adjusted clock 동기 기법

Adjusted clock이란 참조 클럭(reference)에 대해 지역 클럭(local clock, local oscillator)이 가진 오류를 보정하여 네트워크 내 전체 노드가 일정 오차 범위 내에서 동일한 시각을 유지하도록 하는 시각 동기 모델이다. 즉, 자체 클럭 값을 수정하여 전역 시각 기저를 제공하는 것으로써, 이를 통해 네트워크 내에서 처리되는 각각의 작업들은 시각을 바탕으로 제어가 가능해진다. 여기서 참조 클럭은 표준시를 제공하는 GPS와 같이 네트워크 외부에 존재하는 시각원이 될 수도 있고[9], 네트워크 내에서 임의의 노드를 시각원으로 하거나 내부 노드들의 시각 값의 평균을 취하는 방법 등과 같이 내부 동기 방법이 적용될 수 있다.[10]

## 4. 가속센서와 위치인식 테스트

본 논문에서 제안하는 가속센서를 이용한 위치인식 시스템의 테스트 환경 및 변경사항은 다음과 같다.

- Sampling Rate: 4Hz / 10Hz
- Low pass filter(LPF) 적용 (4Hz / 10Hz)
- 속도/이동거리 계산 알고리즘 변경

시간 [T]에서 실제 누적되는 가속도[AR]를 다음과 같이 변경한다.([AT]는 센서 출력 값)

변경 전:  $AR=A[T] - A[T-1]$

변경 후:  $AR=A[T]$

정지상태에서 센서 출력 값의 Ripple이 발생하는 문제를 가지고, 센서의 x, y, z 축의 회전으로 인하여 발생하는 문제를 가진다. 또한 센서 출력 값의 가속도/속도 계산 결과 값과 예상 결과 값과의 불일치하는 문제를 가진다.

센서출력 값의 Ripple 발생 문제는 센서 출력 값은 중력 가속도로 출력 ( $1G = 9.8m/s^2$ )으로 출력 값(각 축의 중력가속도 값)의 소수점 한자리에서 Ripple이  $\pm 0.1$  크기로 발생할 경우 대략  $1m/s^2$ 의 가속도 차이가 발생한다.  $1m/s^2$ 의 가속도는 사람이 걷는 속도 정도의 저속 이동에서는 상당히 큰 오차로 작용할 수 있다.

센서의 x, y, z 축의 회전으로 인하여 발생하는 문제와 정지 상태에서 한 개 축만 회전한 경우라면 회전각을 알아낼 수 있겠지만, 이동 상태에서는 각 축이 가속도를 받고 있는 상황에서 중력 가속도가 포함되면 가속도 값만으로는 회전각의 추정이 불가능하다.

사용하고 있는 센서는 가속도 센서이므로 x, y, z의 3개 축의 가속도가 모두 0이라고 하더라도, 이것이 등속도 운동을 하고 있는 것인지 정지상태인지 판단하기가 어렵다. 따라서, 가속도 값만으로는 회전각의 추정이 불가능하다. 시간 [t]에서의 속력(V[t])과 가속도(A[t])의 관계는 다음 수식으로 표현될 수 있다.

$$V[t] = \int_0^t A[t]dt + V[0]$$

(V[0] = 초기 속력)

A[t] =  $dV[t]/dt$

[그림 2]와 같은 속도변화에서 [그림 3]와 같은 가속도 변화가 나타나야 하지만 실제 센서의 출력 값은 [그림 4]와 같은 형태의 가속도 값을 출력한다.

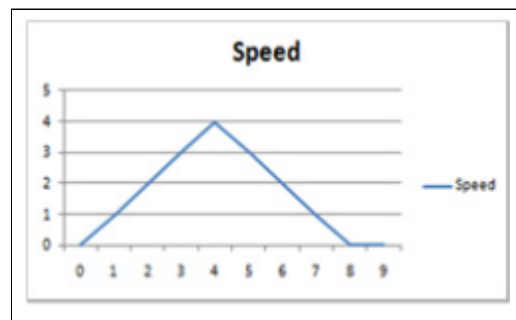


Figure 2. Speed-Time graph

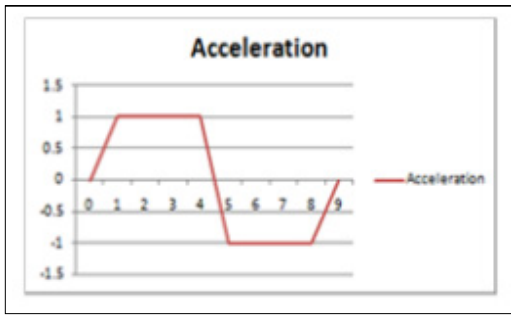


Figure 3. Time-Acceleration graph

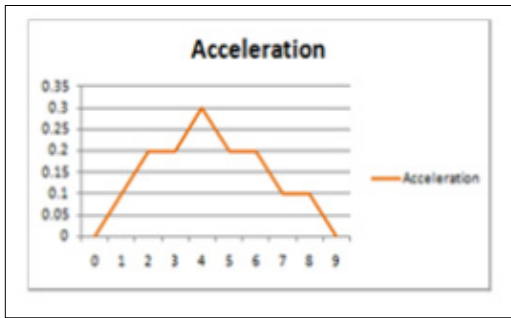


Figure 4. The actual sensor output from the time-acceleration graph

속도가 감소하는 부분에서의 가속도 값이 음수[-]이어야 하지만 실제 출력은 양수[+]로 출력된다. Low pass filter 또는 가속도 민감도(소수점 몇자리까지 표시하는지)의 영향으로 정확한 수치 결과를 얻을 수는 없다.

### 5. 개선방안

문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 개념을 적용하여 개선하고자 한다.

첫째, 센서 네트워크의 특성상 센서 자원의 효율적인 사용을 위하여 센서가 기능을 수행하지 않을 경우 수면 상태에 이르게 되는데 이러한 경우 개별 노드들 간의 시간차가 발생하여 전송시간의 정확한 분석에 어려움이 있다. 이러한 문제 해결을 위해서는 개별 노드간의 시간차를 분석하여 노드들의 시간을 일치시켜야 하고, 노드 정보를 전송하기 위하여 패킷 송수신 내장 함수가 내장 되어야 한다. 그리고 수집된 송수신 시간 데이터를 분석하여 노드의 송신시간과 수신시간의 분석을 통하여 신뢰성 있는 정보를 제공할 수 있어야 한다.

둘째, 기존의 기능들을 센서를 이용하여 대체함으로써 빠르고 정확하게 정보를 수집하여 기능을 수행할 수 있도록 하고 있다. 그리고 최근 개발의 흐름은 개별 시스템을 개발한 후에 시스템을 통합하여 개발하는 것이 추세이다. 그러나 개별 시스템의 개발 과정에서는 나타나지 않은 문제점들이 통합을 한 후에 아주 짧은 시간차로 인하여 예기치 않은 문제가 발생하는 경우가 발생한다. 이러한 문제는 개발자들이 도출하지만 미세한 시간상의 문제점들을 정밀하게 분석하여야 하고 이러한 시간 분석의 중요성이 커지고 있다. 각각의 기능을 수행하는 노드들의 전송시간을 분석하여 보면 시간상의 문제점들을 해결할 수 있다.

셋째, 첫째의 개념을 바탕으로 실시간 전송시간 분석 내장함수를 구현하여 가시적으로 전송시간의 데이터를 실시간으로 볼 수 있도록 모니터링 기능을 제공하여 실시간 데이터 전송시간을 볼 수 있고, 발생 이후에도 전송시간 데이터를 분석하여 각 노드간의 프로세스를 개선할 수 있다.

테스트 보드에서 측정된 가속도를 이용하여 속도 및 이동거리를 산출하고, 산출된 속도 및 이동거리를 2D Map 상에 도시한다. 이렇게 해서 테스트한 결과는 다음과 같다.

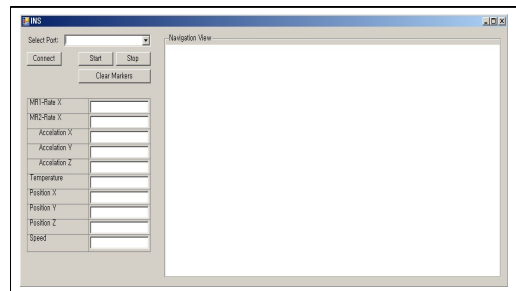


Figure 5. Initial screen

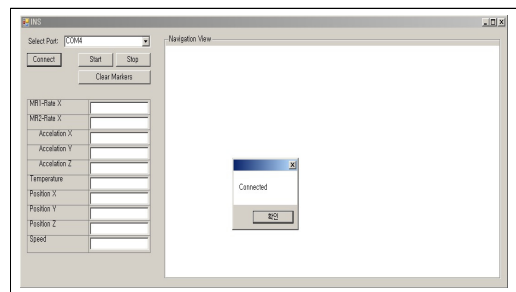


Figure 6. Screen associated with the gyro board

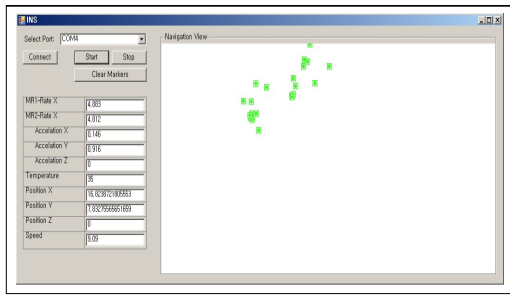


Figure 7. The active screen

## 6. 결론 및 향후 연구

센서 네트워크는 국방 분야, 환경 감시 분야, 의료 분야 등 다양한 곳에서 필요한 실시간 응용 시스템을 개발하는데 사용되고 있다. 실시간시스템에서 가장 중요한 것은 데이터의 실시간 수집 및 처리로, 센서 네트워크를 이용한 응용 시스템에서 데이터의 실시간 수집 및 처리가 올바르게 이루어지기 위해서는 센서 네트워크 상에서 데이터 전송이 허용시간 범위 내에서 이루어져야 한다. 센서 네트워크는 수많은 센서들로 구성되기 때문에 어느 구간에서 데이터 전송이 지연되는가를 알아내기가 쉽지 않다. 따라서 서버로의 데이터 전송시간이 요구한 시간 내에 전송되는가를 알아내는 것뿐만이 아니라 어느 구간에서 문제가 발생하여 지연되고 있는가를 알아내는 것도 또한 필요하다. 이에 따라 본 논문에서는 데이터 전송시간에 대한 분석기법을 통하여 센서 네트워크에 존재하는 노드들이 허용시간 범위 내에서 서버로 데이터를 전송하고 있는가를 확인하기 위한 데이터 전송시간 분석 시스템을 제시하였다. 이를 위하여 시스템이 데이터 전송시간을 분석하기 위한 절차를 제시하고, 제시한 절차에 따라 전송시간을 분석하기 위해 필요한 시간차 분석 방법, 데이터 송수신 시간 수집 방법 및 데이터 전송시간 계산을 위한 공식을 제시하였으며, 제시한 방법을 바탕으로 전송시간 모니터링 및 분석 시스템을 구현하고, 사례 연구를 수행하였다.

## 참고 문헌

[1] Robert T. Braden and Annette L. DeSchon "NNStat: Internet Statistics Collection Package", USC/Information Sciences

Institute Marina del Rey, California, November 26, 1998.  
 [2] Werner Erhard, Michael M. Gutzmann and Hastings M. Libati, "Network Traffic Analysis and Security Monitoring with UniMon," Proceedings of the IEEE Conference on, pp.439-446, 2000.  
 [3] Dr Cian O Mathuna, Energy Scavenging for Long Term Deployment, Workshop: Energy and Materials: Critical Issues for Wireless Sensor Networks, Dublin, June 30th, 2006.  
 [4] K. Romer, Design Space and Applications of S-두넉 Networks, ITG FG5.2.4, 10. und 11. Februar 2005 in Munchen "Ad hoc, Sensor, and Mesh Networking: New Oppourtunities for Wireless Communication"  
 [5] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.  
 [6] P Levis et all, "TinyOS: An Operating System for Sensor Networks," Ambient Intelligence, Springer 2005, pp.115-148.  
 [7] Adam Dunkels, "Protothreads: Simplifying Event-Driven Programming of Memory- Constrained Embedded System," ACM Sensys 2006, Boulder, Colorado, Nov.2006.  
 [8] A. Eswaran, A. ROWE, and R. Rajkumar, "Nano-RK: An Energy-Aware Resource-Centric Operating System for Sensor Networks," IEEE Real-Time System Symp., Dec. 2005.  
 [9] Kanian, A.N., "A wireless sensor network for smart roadbeds and intelligent transportation systems," M.Eng. Thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, June 2000.  
 [10] SunSoft, Multithreaded Programming Guide, Sun Micro Systems, Inc., 1995.

## 저자 소개

노창배(Chang-Bae Roh)

[정회원]



- 2001년 대전대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2003년 한남대학교 전산교육전공 (교육석사)
- 2009년 경희대학교 전자전파공학과(공학박사)

• 2013년 ~ 현재 : 주)코드제로 대표

<관심분야> : 게임 알고리즘, Cognitive Radio Network, 모바일컴퓨팅, 분산네트워크

나 원 식(Won-Shik Na)

[정회원]



- 2005년 : 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2001년~2003년 : (주) 성신섬유 전산실장
- 2006년~현재 : 남서울대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야> : 게임 네트워크 보안, 무선 LAN, 모바일 컴퓨팅, 의료정보, 전자제어 등