

무선 이미지 센서네트워크 환경을 위한 효율적인 영상 정보 전송 시스템

(An Efficient Image Information Transfer System for
Wireless Image Sensor Network Environments)

이 상 신[†] 김 재 호^{**} 원 광 호^{***} 김 중 환^{****}
(Sangshin Lee) (Jaeho Kim) (Kwangho Won) (Joonghwan Kim)

요 약 무선 센서네트워크를 이용한 많은 응용 시스템이 연구되고 있는 가운데 무선 센서네트워크 시스템의 신뢰성 확보에 대한 문제점이 대두되고 있다. 이러한 문제점은 센서네트워크의 활용범위를 확장하는데 장애 요인으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 초소형 카메라 모듈과 무선 센서네트워크 노드를 이용하여 무선 센서네트워크의 신뢰성 확보를 위한 시스템과 저속의 무선 센서네트워크 상에서 효율적으로 영상정보를 전송하는 방법을 제안하였다. 또한 이러한 기술을 이용하여 무선 이미지 센서네트워크 기반 화재 감시 모니터링 시스템을 구현하였다.

키워드 : 센서네트워크, 영상 전송, 전송 프로토콜

Abstract There are lots of studies on application systems using wireless sensor networks. As the application systems are adapted to industrial field, the reliability of these systems becomes new key feature. The lack of reliability is an obstacle to extension of wireless sensor networks. In this paper, we propose the monitoring system framework that can offer the reliability of wireless sensor networks using a micro camera module and wireless sensor network nodes. And also we propose the efficient transfer method for image information over low rate wireless networks. Using these system framework and transfer method, we implement WiSN(Wireless image Sensor Network) based fire monitoring system.

Key words : Sensor Network, Image Transfer, Transfer Protocol

1. 서 론

현재 유비쿼터스 사회의 기본 인프라인 무선 센서네

트워크에 관련된 많은 연구가 진행되고 있다. 무선 센서네트워크에 관련한 주요 연구분야는 정보를 취득하는 센서기술, 센싱된 정보를 가공하여 전송하는 기술, 그리고 전송된 정보를 분석하고 서비스를 제공하는 기술 등과 같이 다양한 분야가 있다[1,2]. 또한 센서네트워크의 한정된 전력공급과 같은 환경에 의해 저전력 관련 기술 등이 많이 연구되고 있다.

그러나 현재 센서네트워크 관련 응용 시스템에서 어려움이 많이 발생하는 부분은 응용 어플리케이션에 따라 사용 환경에 맞는 센서의 선정이다. 센서네트워크의 기본적 특성에 따라 센서네트워크 노드는 한정된 전원 공급과 크기에 제약조건을 가지고 있다. 이러한 이유로 기존의 다양한 분야에서 사용한 센서들을 센서네트워크에 바로 적용하기에는 어려운 점들이 있다. 또한 센서네트워크에서 센서 및 무선 네트워크의 신뢰성 부족으로 인하여 발생 가능한 여러 가지 문제로 인하여 위험 상황 모니터링 등 오류에 민감한 응용 분야의 무선 센서네트워크 시스템 사용자들은 센서네트워크에서 발생한

· 이 논문은 2007 한국컴퓨터종합학술대회에서 '무선 이미지 센서네트워크 환경을 위한 효율적인 영상 정보 전송 시스템'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

† 정 회 원 : 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 선임연구원
sslee@keti.re.kr

** 비 회 원 : 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 선임연구원
jhkim@keti.re.kr

*** 정 회 원 : 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 책임연구원
khwon@keti.re.kr

**** 종신회원 : 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 교수
jhkim@hufs.ac.kr

논문접수 : 2007년 10월 2일

심사완료 : 2008년 2월 5일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제35권 제3호(2008.6)

데이터의 무결성 검증을 원한다. 일반적으로 이러한 방법을 해결하기 위하여 다중센서를 이용한 센싱 정보의 상호 보완 및 정확성 확보를 위한 여러 가지 연구들이 진행되어 왔다[3].

본 논문에서는 무선 센서네트워크 응용 시스템의 신뢰성 확보에 관한 문제를 해결하기 위해 초소형 카메라를 장착한 센서네트워크 노드를 이용하였다. 본 연구에서는 센서네트워크에서 발생된 특정 이벤트에 따라 취득된 영상정보를 효율적으로 모니터링 시스템에 전송하고 이를 이용하여 센서네트워크에서 취득된 정보를 검증하는 시스템을 제안하고 이를 기반으로 위협상황을 모니터링 하기 위한 무선 이미지센서네트워크(Wireless image Sensor Network : WiSN) 기반의 화재감시 시스템을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 WiSN을 이용한 위협 상황 모니터링 시스템의 프레임워크를 설명하고, 4장에서는 본 연구에서 제안한 효율적인 영상전송 프로토콜의 설명과 성능분석을 살펴본다. 5장에서는 각각 본 논문에서 제안하는 프레임워크를 이용한 WiSN기반의 위협 상황 모니터링 시스템의 구현에 대하여 설명하며, 마지막으로 6장에서 결론을 도출한다.

2. 관련연구

최근의 무선 센서네트워크 관련 분야에서 영상 취득 장치의 소형화 및 저전력화에 따라 영상정보를 기반한 여러 연구가 진행되고 있다.

WiSNAP[4]는 Stanford University에서 영상 정보를 통한 이벤트 인지 및 디바이스의 위치인식 등의 목적으로 개발되었으며 ADCM-1670 카메라 모듈을 이용하여 352*288(CIF)의 영상정보를 이용하였다.

M. Rahimi의 연구에서는 센서네트워크 연구에 많이 사용되었던 Atmega128L 8-bit 마이크로 컨트롤러를 사용한 MICA2 노드와 ADCM-1700카메라 모듈을 이용하여 오브젝트 탐지에 관한 연구를 수행하였다[5].

그러나 취득된 영상정보를 무선 센서네트워크 상에서 효율적으로 안전하게 전송하는 신뢰성 있는 전송에 관련된 연구는 비교적 많지 않다. 기존의 PSFQ[6]와 RMST[7]와 같은 무선 센서네트워크 상의 신뢰성 전송 프로토콜에 관한 연구에서는 발생된 데이터를 최소의 재전송으로 특정 노드에 전송하는데 중점을 두었다. 이러한 방법들에서 사용한 다중 경로 방법은 취득된 영상 데이터를 전송하는 시스템에는 multiple data transmission overhead의 문제점을 가지고 있으며 실제 센서네트워크 응용서비스 환경에서와 같이 노드의 분포가 조밀하지 않은 환경에서는 사용하기 힘들다. 따라서 본

연구에서는 발생된 데이터의 특성에 따라 전송하는 방법을 달리하는 방식을 사용하여 효율적으로 영상을 전송하는 방법을 제시하였다.

3. WiSN을 이용한 위협상황 모니터링 시스템

3.1 시스템 구성

WiSN을 이용한 위협상황 모니터링 시스템은 다수의 일반 무선 센서네트워크 노드, 영상정보를 취득하는 카메라 모듈을 내장한 무선 센서네트워크 노드 및 취득된 영상정보를 수집하고 관리하는 상황 모니터링 시스템으로 구성되어 있다.

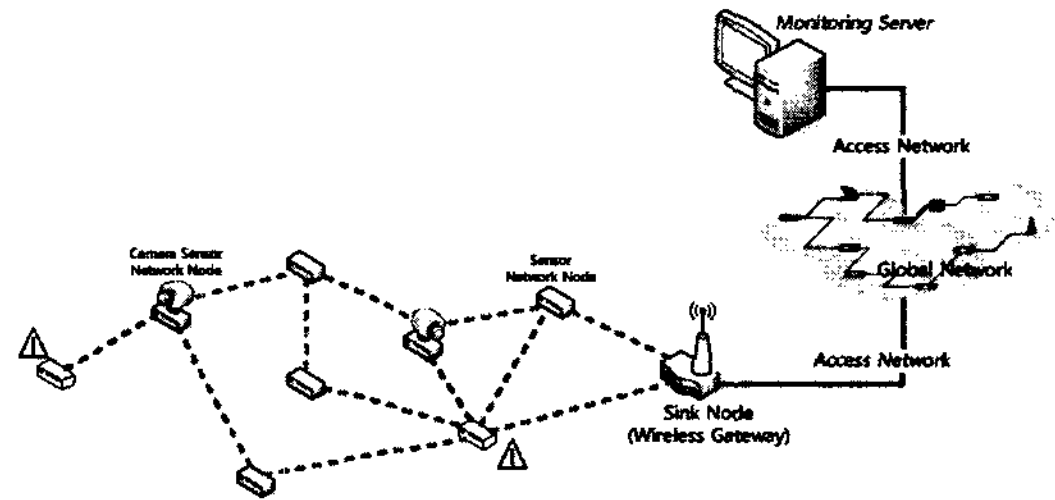


그림 1 WiSN을 이용한 모니터링 시스템 구성도

3.2 무선 센서네트워크 노드 H/W

일반적으로 센서네트워크 노드는 응용 환경에 맞는 센서, 센싱된 정보의 연산 능력을 가지는 마이크로 컨트롤러, 그리고 취득된 정보를 전송하는 무선통신 모듈로 구성되어있다.

본 연구에서의 센서네트워크 모듈은 저전력 마크로 컨트롤러인 TI MSP430F169와 CC2420 IEEE802.15.4 RF chip을 사용하였다. CC2420은 LR-WPAN을 위한 RF chip으로 최대 250kbps의 전송속도를 가진다[8].

영상정보를 취득하는 카메라 센서로 Micron사의 MT9D111 SoC Digital Image Sensor[9]를 사용하였다. 이 센서는 취득된 영상정보를 압축하기 위하여 내부적으로 JPEG압축을 수행한다. 카메라 모듈은 외부 메모리를 사용하여 취득된 영상을 전송 완료 시까지 보관하



그림 2 카메라 모듈 및 무선센서네트워크 모듈

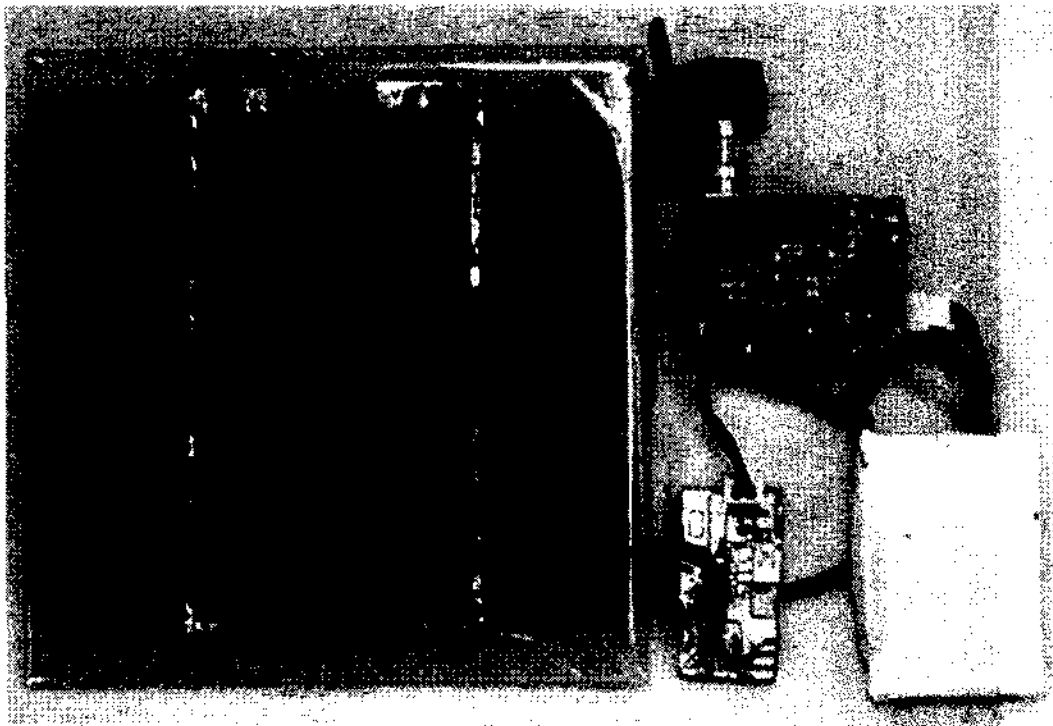


그림 3 WiSN용 전원공급 장치 및 충전회로

며 이러한 기능은 제한된 메모리를 가지는 기존의 무선 센서네트워크를 통해서도 영상의 전송을 가능하게 한다.

본 연구에서 사용한 카메라 모듈은 여러 단계의 절전 모드를 사용하여 소비전력을 조절한다. 그러나 카메라 모듈이 영상 정보를 취득하는 때에는 약 80mA의 전력 소비한다. 따라서 지속 가능한 시스템을 위한 전원 공급 장치의 필요성에 따라 충전지, 충전회로 및 솔라판넬을 이용한 전원 공급장치를 구현하였다.

3.3 무선 센서네트워크 노드 S/W

무선 센서네트워크 노드는 주기적으로 자신의 센서로부터 취득되는 정보를 이용하여 주변환경에 대한 상황을 분석한다. 분석된 상황에 따라 탑재된 카메라 모듈의 구동 여부를 결정한다. 또한 주변의 카메라 모듈을 탑재하지 않은 일반 센서네트워크노드(trigger node)로부터 전송 받은 정보를 기반으로 탑재된 카메라 모듈을 구동하며 취득된 영상 정보는 무선 센서네트워크를 통하여 모니터링 시스템에 전송된다. 또한 모니터링 서버의 명령에 의하여 필요 시 원격의 카메라 모듈을 구동할 수 있다.

4. 영상정보 전송을 위한 무선 전송 프로토콜

일반적인 센서네트워크에서 취득된 정보는 센서로부터 얻어진 온도, 습도, 조도, 움직임 등과 같이 수 byte의 아주 작은 양의 크기를 갖는다. 그러나 취득된 영상 정보는 작은 영상크기에도 불구하고 다른 센싱 정보와 비교하여 상당히 큰 사이즈를 가지며 본 연구에서 사용한 QVGA(320*240) 크기의 영상데이터는 약 20Kbyte의 크기를 갖는다. 따라서 일반적인 데이터 전송의 방법을 사용하기에는 한번에 발생하는 정보의 양이 너무 크므로 본 연구에서는 발생된 영상정보의 내용을 기반으로 효율적으로 전송하는 방법을 제안한다.

4.1 영상 데이터 전송

카메라 센서로부터 얻어진 영상정보는 일반적으로 영

상에 대한 meta data와 영상정보 자체의 image data로 구분된다. Meta data는 영상의 일련번호, 영상데이터의 크기, 영상 정보의 fragment size, fragment 개수 등의 정보를 가지며 모니터링 시스템에서 분할되어 전송된 영상 정보를 재 조합하는데 사용되는 정보를 포함한다. 이러한 정보는 무선 센서네트워크의 특성에 따라 발생할 수 있는 정보의 손실 또는 변경에 의한 영향을 받으면 안 된다. 따라서 본 시스템에서는 meta data와 같이 전송 신뢰성을 필요로 하는 정보는 end-to-end reliable transfer방식을 이용하여 전송한다.

영상정보 자체의 image data는 meta data에 비하여 시간 및 정보 손실에 대하여 비교적 제약조건이 적다. 따라서 MAC layer 통신 자체에서 제공하는 acknowledge를 이용한 신뢰성 제공 기능만을 이용하고 end-to-end 간의 신뢰성 전송 방식은 사용하지 않는다.

4.2 End-to-end reliable transfer protocol

영상의 meta data와 같은 정보를 신뢰성 있게 전송하기 위한 end-to-end reliable transfer protocol은 다음과 같은 방법으로 동작된다.

- Reliable transfer가 필요한 데이터를 적재한 message의 header에 있는 frame control field에 reliable transfer bit을 설정하여 전송한다.
- Reliable transfer를 요청한 message를 전송 받은 경우 message의 destination이 자신의 주소와 같으면 message의 source node에게 reliable transfer confirm message를 전송하여 source node에게 전송의 성공을 알린다.
- Reliable transfer를 요청한 message를 전송 받은 경우 message의 destination이 자신의 주소와 같지 않은 경우 수신한 message를 destination node 방향으로 forwarding한다. 만약 다음 node와의 통신에 실패한 경우 reliable transfer confirm message에 실패한 이유를 기록하여 최초 message를 전송한 source node에게 전송 실패를 알린다.

4.3 Image data전송을 위한 best-effort protocol

영상 자체의 정보인 image data 전송을 위하여 본 연구에서는 Internet의 user datagram protocol(UDP)와 같은 형태의 전송 방식을 사용하였다. Best-effort protocol는 end-to-end 전송에 관여하지 않고 1-hop간의 MAC 통신의 acknowledgement를 이용한 flow control을 사용한다.

영상정보를 취득한 센서네트워크 노드는 meta data에 명시한 image sequence number와 fragment sequence number를 기반으로 취득된 영상데이터를 fragment size로 분할하여 영상정보와 같이 전송한다. 하나의 message가 전송 또는 전송실패의 결과를 얻으면 곧바

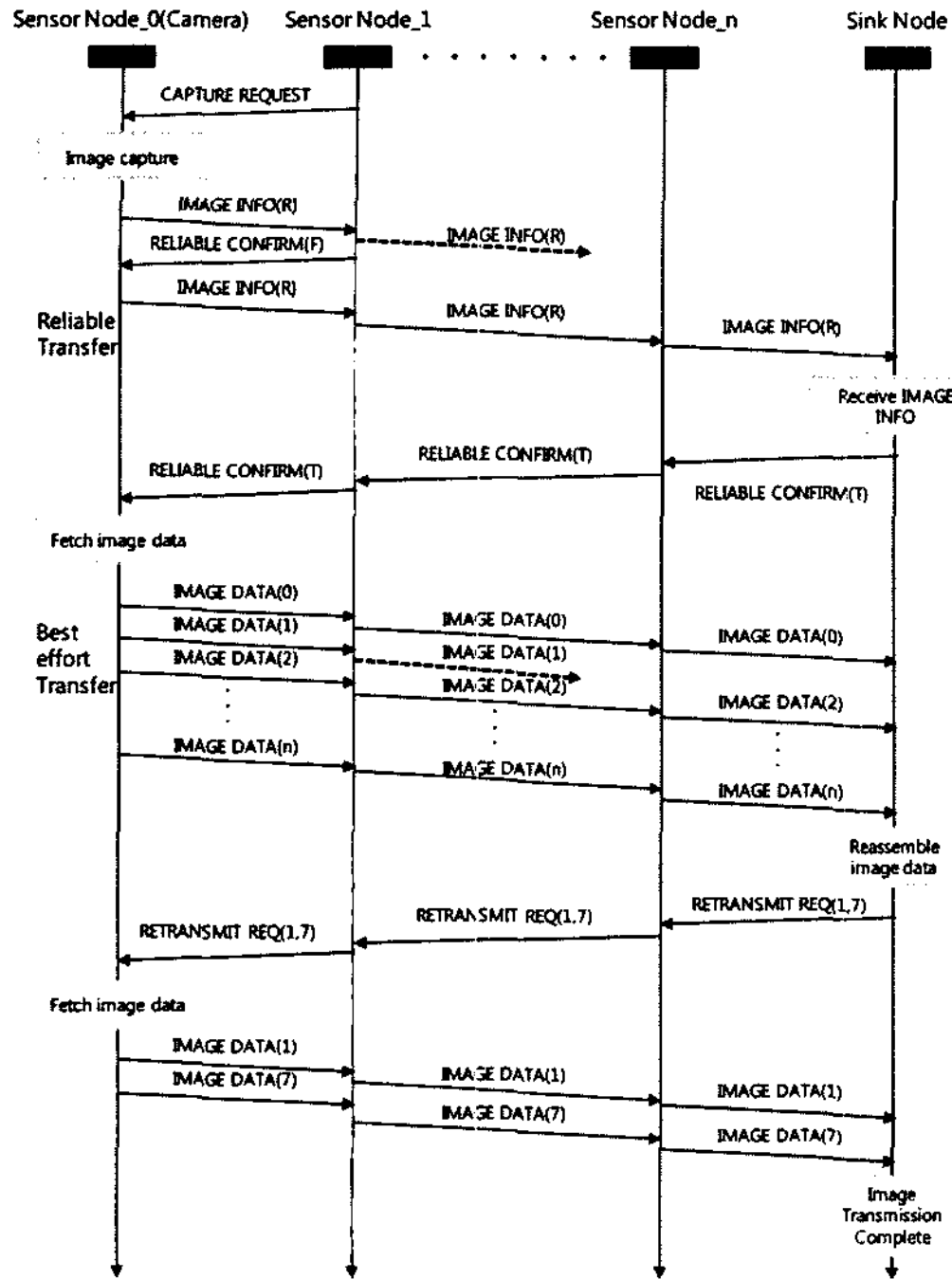


그림 4 WiSN Message Sequence Chart

로 다음 message를 전송한다.

모니터링 시스템에서는 전송 받은 meta data와 fragment sequence number를 기반으로 전송된 image data를 저장한다. Image data 전송이 끝나면 모니터링 시스템은 fragment sequence number를 이용하여 전송받지 못한 fragment의 정보를 추출한다. 이렇게 추출된 정보는 Retransmit request command message에 저장되어 최초 영상정보를 전송한 node에 전송된다.

Retransmit request command message를 수신한 node는 해당 fragment sequence에 맞는 영상 정보를 재전송한다. 이러한 best-effort protocol은 영상정보 재전송에서 발생할 수 있는 불필요한 정보 전송의 발생을 최소화할 수 있어 image data 전송의 효율을 높일 수 있다.

4.4 WiSN 전송 Protocol Message Format

본 연구에서는 현재 센서네트워크에서 가장 많이 사용되는 IEEE 802.15.4의 data frame format[10]을 사용하였다. 따라서 기존의 IEEE 802.15.4 MAC frame을 사용하는 센서네트워크 시스템에 쉽게 응용이 가능하다. 다음의 그림 5는 IEEE 802.15.4의 MAC payload에 탑재되는 WiSN의 일반적인 message format을 나타낸다.

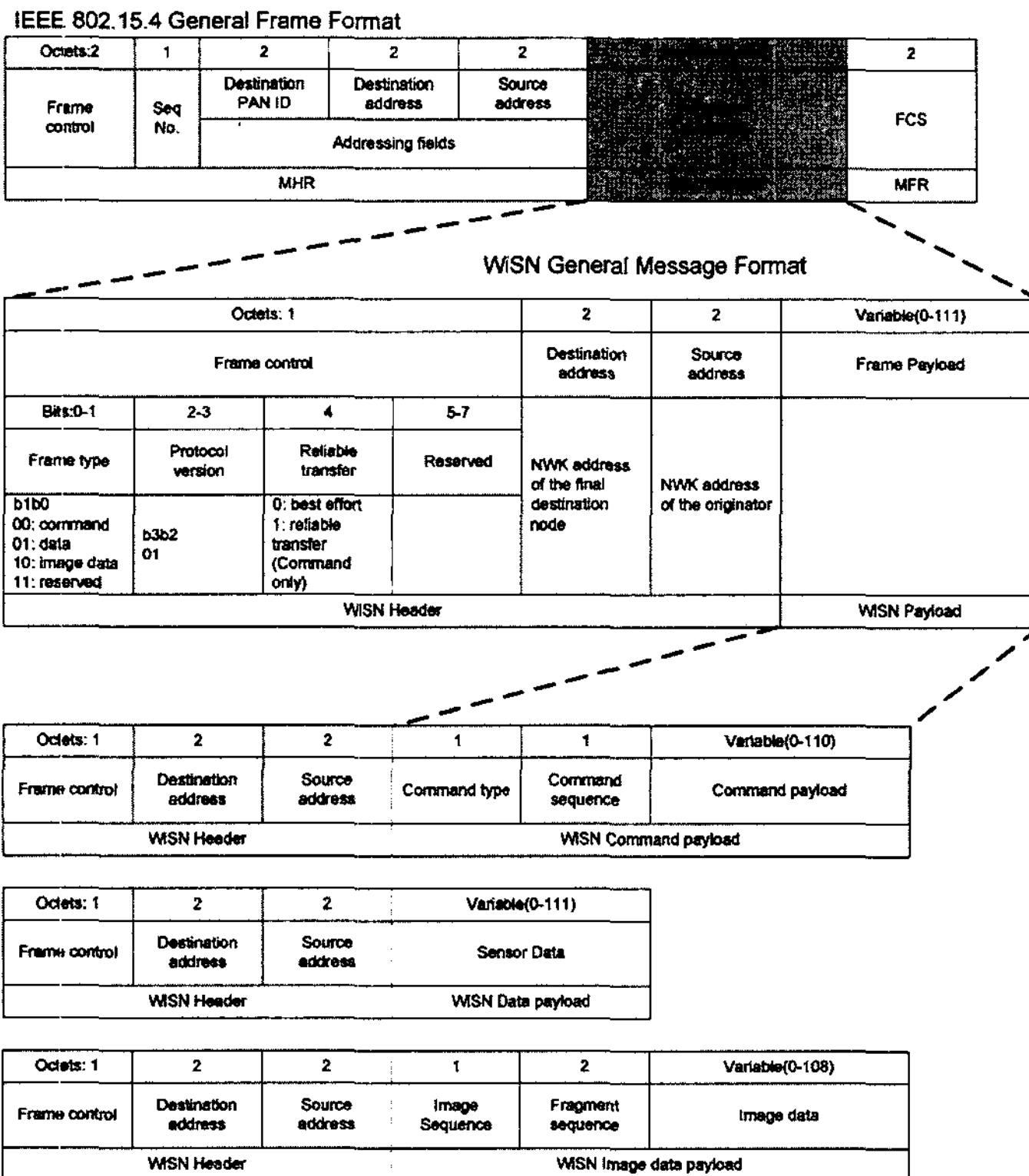


그림 5 WiSN Message Format

표 1 WiSN Command Types

Value	Name	Description
0x00	Image information	allows a device to notify capture image information to other device
0x01	Retransmit request	Allows a device to request that destination device to retransmit specified image fragment
0x02	Capture request	Allows a device to request that destination device to capture and send image information and image data
0x03	Reliable message confirm	

WiSN의 message는 크게 명령 및 주요 정보 전송을 위한 command message, 일반 센서로부터 얻어진 정보를 전송하기 위한 data message, 그리고 영상 정보 전송을 위한 image data message로 구성된다. Command message는 다음의 표 1과 같이 4가지의 형태를 갖는다.

Image information command는 카메라 모듈로부터 얻어진 영상의 meta data를 전송하기 위하여 사용되며 reliable transfer방식을 이용하여 전송하게 된다. Retransmit request command는 올바르게 전송 받지 못한 fragment의 재전송을 요청하는데 사용된다. Capture request는 영상 캡처 명령을 전송하는데 사용한다. Reliable message confirm command는 reliable transfer 방식을 이용한 메시지의 전송 성공 및 실패에 대한 결과를 최초 메시지를 전송한 노드에 전송하는데 사용된다.

4.5 WiSN 전송 Protocol 성능분석

본 연구에서 제안한 WiSN전송 프로토콜의 성능은 다음과 같은 모델을 통하여 분석하였다. 식(1)은 영상정보 전송의 각 j번째 round에서 카메라 노드가 전송해야 하는 정보의 수를 나타낸다.

- C : Maximum number of retransmission information that can be transmitted on one frame
- k : Hop count
- n : Number of fragments to be transmitted
- e : Error rate of one hop transmission
- T : Total number of packet transmission on the network for n fragments
- J : Total rounds of transmission to deliver for all data

$$N_j = \begin{cases} n, & \text{where } j = 0 \\ \min(C, n - \sum_i^{j-1} [N_i(1-e)^k]), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$S_j = [N_j(1-e)^k] \quad (2)$$

위의 식에서와 같이 첫 번째 round는 전송해야 할 모든 수의 fragment를 전송하며 그 이후에는 전송 실패한 개수와 재 전송요청에 포함될 수 있는 최대 정보량 중 작은 수의 재전송을 한다. 본 연구에서는 C의 값으로 메시지 payload를 고려하여 53을 사용하였다. 식 (2)는 각

round에서 전송에 성공한 메시지의 개수를 나타낸다.

따라서 (1)과 (2)에 의해 WiSN을 통한 영상데이터 전송에 필요한 전체 메시지의 크기는 다음과 같다.

$$T = \sum_{j=1}^J \left\{ kS_j + (N_j - S_j) \left(\sum_{i=1}^k (i-1)e(1-e)^{(i-1)} + \sum_{i=1}^k (i-1)e(1-e)^{(i-1)} \right) \right\} \quad (3)$$

다음의 식 (4)는 본 실험의 대조군인 end-to-end flow control을 통하여 n개의 fragment를 전송할 때의 전체 메시지 크기를 나타낸다.

$$T = 2nk + n(1 - (1-e)2k) \left(\sum_{i=1}^k (2(i-1)e(1-e)^{2(i-1)}) + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{i-1} ((i+j-1)e^2(1-e)^{(i+j-2)}) + \sum_{i=1}^k ((k+i-1)e(1-e)^k(1-e)^{(i-1)}) \right) \quad (4)$$

다음 그림 6은 평균 전송 error rate이 2%일 경우 전송거리(hop distance)에 따라 전체 메시지의 전송량을 나타내며 그림 7은 10 hop의 거리에 있는 싱크노드(sink node)에 영상 정보를 전송할 때 각 error rate (2~10%)에 따른 전체 메시지의 전송량을 나타내며 위의 그림에서와 같이 전송거리 및 에러율의 증가에 따라 end-to-end방식을 사용한 경우에 비해 전체 메시지량

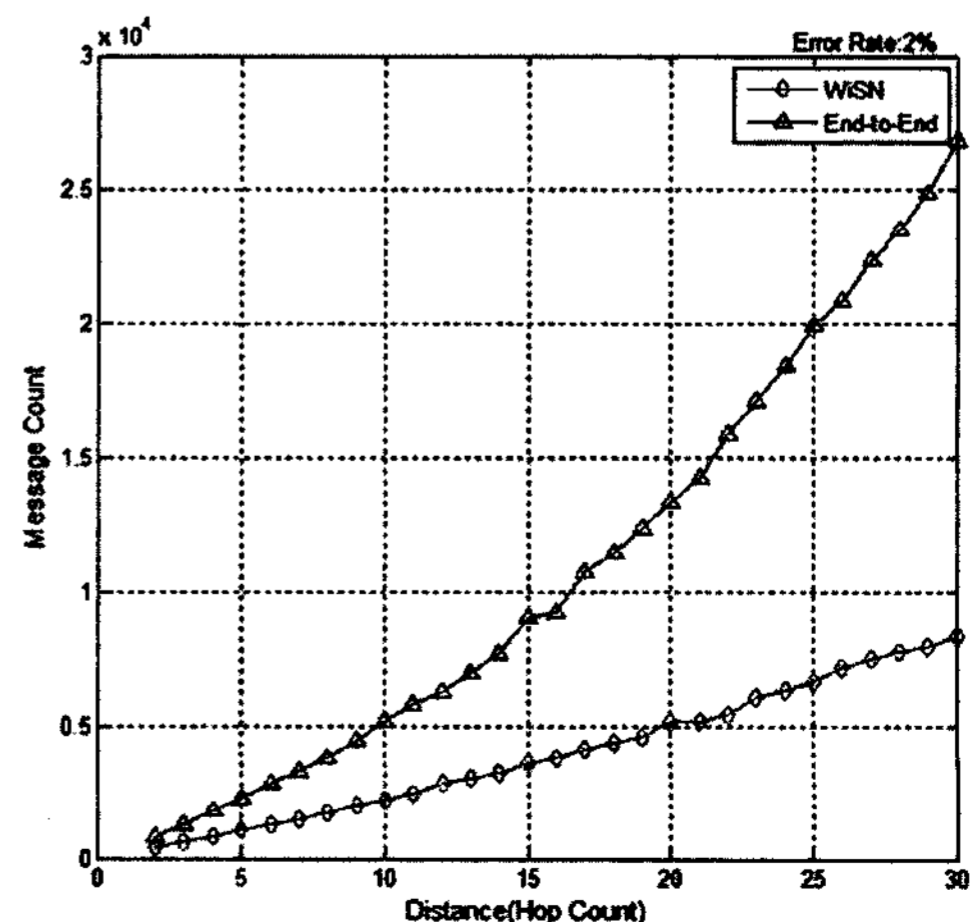


그림 6 전송 거리에 따른 전송량의 변화

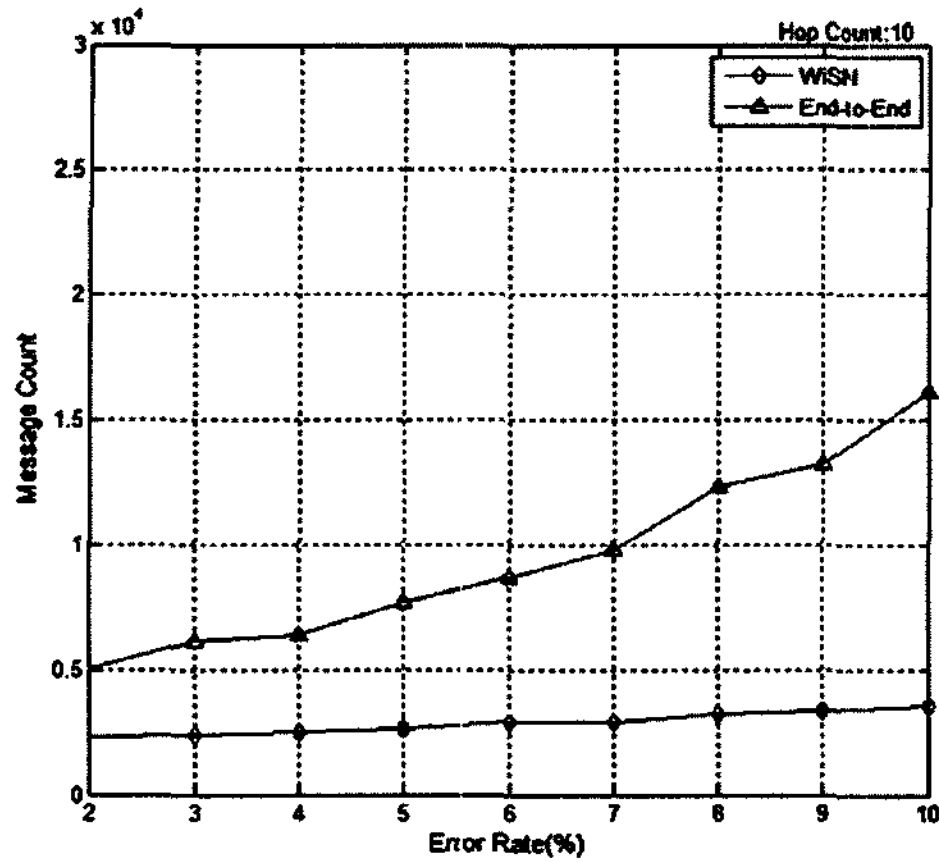


그림 7 전송에러에 따른 전송량의 변화

의 낮은 증가율을 볼 수 있다.

제안한 프로토콜의 실험적 성능 분석을 위하여 5개의 node를 3m 간격으로 배치하고 노드로부터 전송되는 이미지 전송시간을 이용하였다. 성능분석의 대조군은 각 노드와 싱크 노드 사이의 통신에 end-to-end flow control을 사용한 경우와 비교하였으며 각 실험은 30회 수행되었고 평균을 이용하여 분석하였다. 각 실험에서 취득된 영상의 크기는 평균 약 20KB이며 190개의 fragment로 나뉘어 전송된다.

실험 결과는 다음의 그림과 같이 싱크 노드와의 거리가 1인 경우 두 방식의 성능 차이는 거의 없으나 거리가 멀어짐에 따라 end-to-end와 비교하여 WISN 전송 프로토콜이 낮은 전송 시간 증가를 보인다.

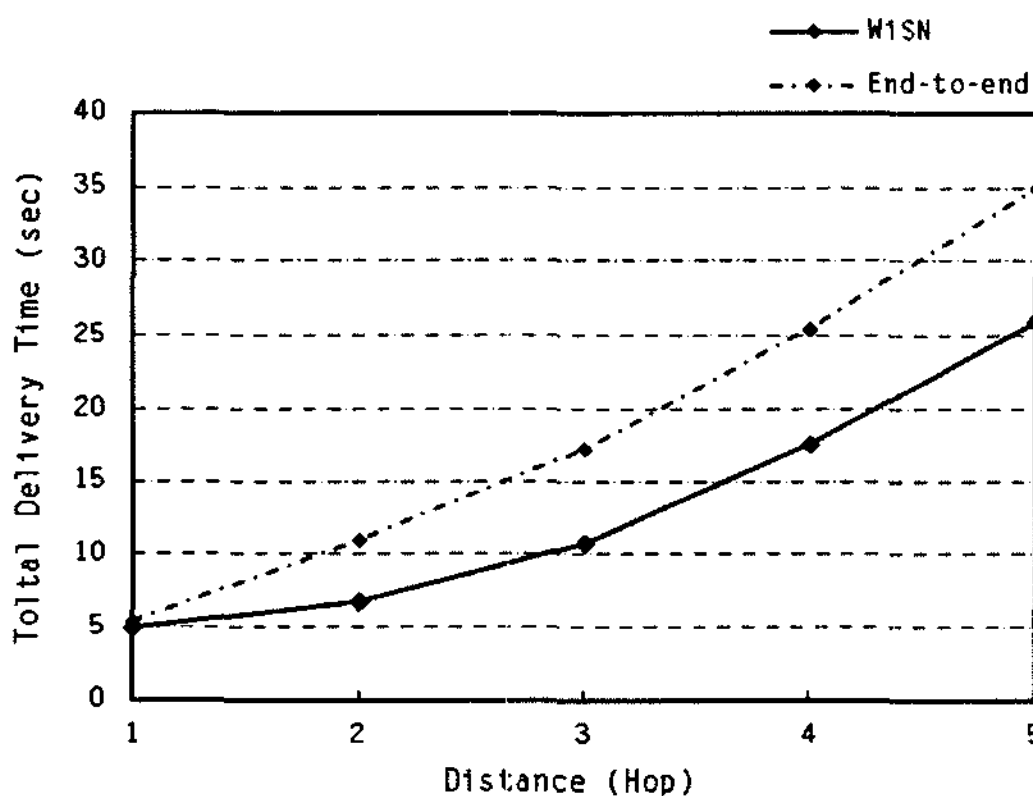


그림 8 거리별 전송 시간 분석 결과

5. WISN을 이용한 위험상황 모니터링 시스템 구현

WISN을 이용한 위험상황 모니터링 시스템은 다양한 센서네트워크 응용에서 센서 및 무선네트워크 환경에서

발생할 수 있는 다양한 비 신뢰성을 영상정보를 이용하여 확인하는 시스템이다. 본 연구에서는 초소형 무선 센서네트워크 노드에 장착된 온도센서를 기반으로 화재감시 시스템을 구현하였다. 또한 장착된 온도센서 및 무선 환경에서의 높은 신뢰성 보장을 위하여 초소형 카메라 모듈을 탑재한 센서네트워크 노드를 이용하여 화재 발생 탐지 시 주변의 영상을 모니터링 서버로 전송하여 발생된 이벤트를 확인한다.

5.1 WISN 기반 화재 감시 시스템

WISN을 이용한 화재 감시 시스템은 온도 감지 센서가 장착된 15개의 일반 무선 센서네트워크노드, 4개의 초소형 카메라가 장착된 무선 센서네트워크 노드, 그리고 모니터링 서버로 구성되어있다. 각각의 노드는 자신의 센서로부터 주기적인 온도변화를 센싱하여 화재 발생의 상황을 인지한다. 화재 발생을 감지한 노드는 자신의 상황을 확인 가능한 카메라 노드에 영상 캡처 트리거(capture request) 메시지를 전송하여 영상정보 캡처를 명령한다. 또한 화재발생 상황을 전송 받은 모니터링 서버는 화재 상황 주변의 카메라 센서네트워크 노드에 영상 캡처 트리거 메시지를 전송하여 영상 정보를 요청한다.

5.2 시스템 전원 공급

다음의 그림 9,10은 본 연구에서 카메라 모듈이 장착된 센서네트워크 모듈에 공급된 전원 상태를 나타낸다.

그림 9는 2007년 8월 12일부터 2007년 9월 13일까지 1개월간 전원공급 상태를 모니터링 한 결과를 나타내며 그림에서 점선으로 표현된 구간은 우기가 지속된 구간을 나타낸다.

다음 그림 10은 6일 동안 시스템에 공급된 전원의 시간별 양과 지속적인 충·방전 곡선의 형태를 나타낸다. 그림에서와 같이 구현된 시스템은 태양 전지판을 통한 충전 시스템을 이용하여 지속됨을 볼 수 있다.

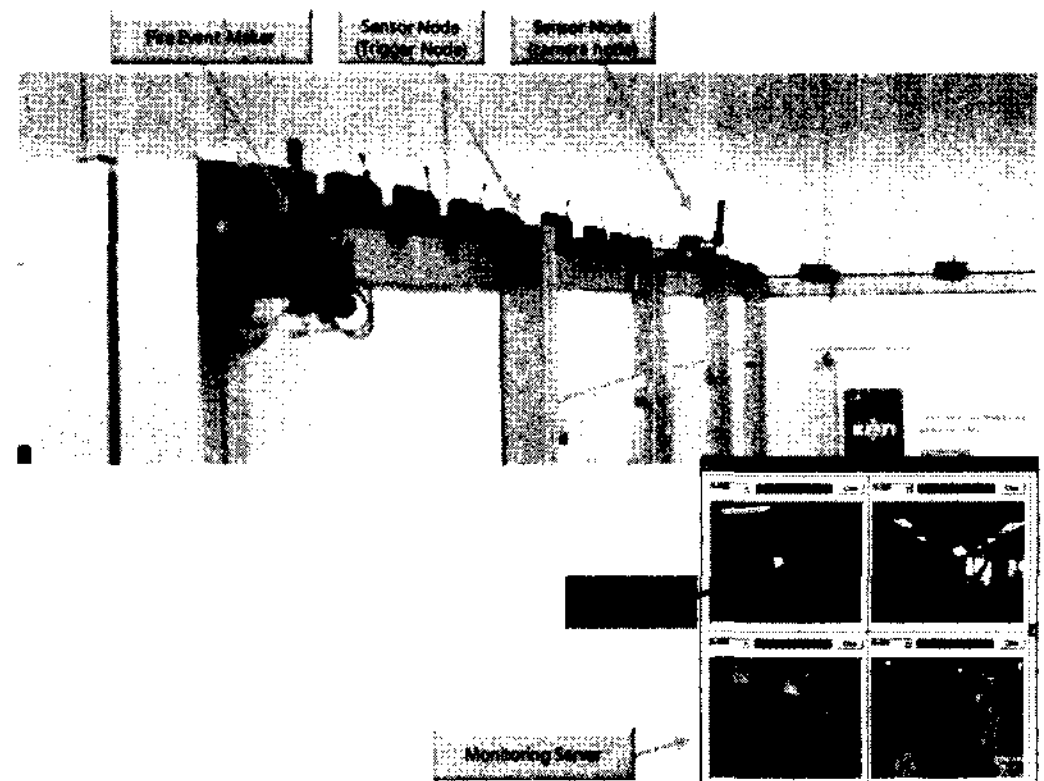


그림 9 WISN을 이용한 화재감시 시스템

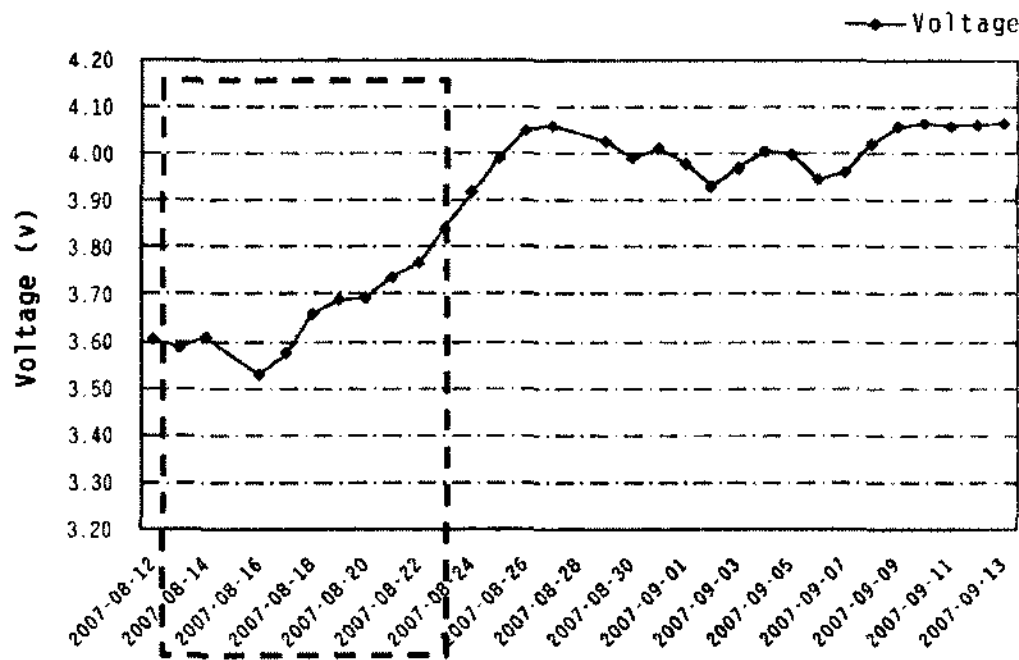


그림 10 월간 시스템 전원 공급 현황

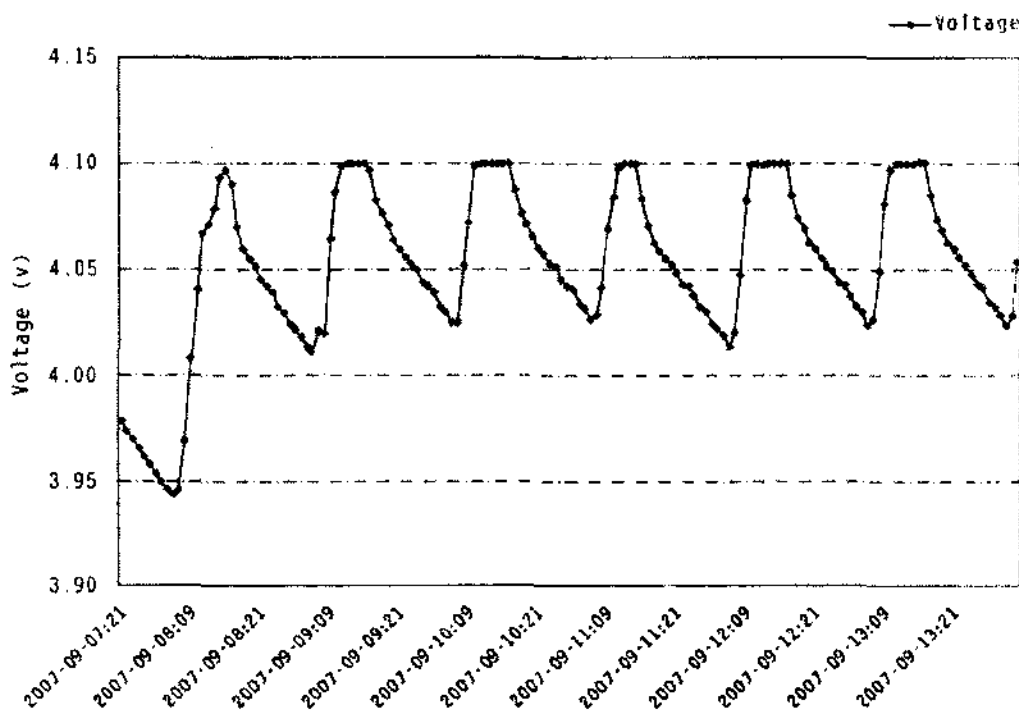


그림 11 일간 시스템 전원 공급 현황

6. 결론

본 연구에서는 저가의 초소형 무선 센서네트워크 노드와 초소형 카메라를 이용하여 무선 센서네트워크에서 발생 가능한 센싱 정보의 손실 및 변질을 영상정보를 이용하여 확인할 수 있는 WiSN을 이용한 모니터링 시스템을 구현하였다. 또한 저속의 ad hoc 무선 센서네트워크 환경에서 취득된 영상정보를 효율적으로 싱크 노드에 전송하는 WiSN 전송 프로토콜을 제안하였으며 이러한 영상정보 기반의 센서네트워크 기술은 다양한 형태의 위험 상황 모니터링 및 중요 정보 전송을 필요로 하는 산불 감시, 수위 모니터링 및 많은 응용에 적용이 가능하다.

향후에는 MAC 프로토콜과 네트워크 프로토콜의 다양한 특성을 이용하여 최적의 영상 정보 전송을 위한 각 layer의 특성 분석 및 응용 등의 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] I. F. Akyildiz, Weilian Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No.8, pp. 102-114, August 2002.

[2] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Guest editors' introduction: Overview of sensor networks," IEEE Computer Magazine, Vol.37, No.8, pp. 41-49, August 2004.

[3] L. Prasad, S. S. Iyengar, R. L. Kashyap, and R. N. Madan, "Functional characterization of sensor integration in distributed sensor networks," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., SMC-21, Sept./Oct. 1991.

[4] Wireless Sensor Networks Laboratory, Stanford University, "WiSNAP - Wireless Image Sensor Network Application Platform," (<http://wsnl.stanford.edu/wisnap/contents.html>).

[5] Mohammad Rahimi, Rick Baer, Obimdinachi I. Iroezi, Juan C. Garcia, Jay Warrior, Deborah Estrin, and Mani Srivastava. Cyclops: in situ image sensing and interpretation in wireless sensor networks. In Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems (SenSys'06), 2005.

[6] C.-Y. Wan, A. T. Campbell, and L. Krishnamurthy, "PSFQ: a reliable transport protocol for wireless sensor networks," in Proceedings of the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications. ACM Press, 2002, pp. 1-11.

[7] F. Stann and J. Heidemann, "RMST: Reliable data transport in sensor networks," in 1st IEEE International Workshop on Sensor Net Protocols and Applications(SNPA), Anchorage, Alaska, USA, May 2003.

[8] Chipcon AS, "SmartRF@ CC2420 2.4 GHz IEEE 802.15.4 / ZigBee ready RF Transceiver," Preliminary Data Sheet, Revision 1.2, June 2004. (http://www.chipcon.com/files/CC2420_Data_Sheet_1_2.pdf).

[9] Micron MT9D111 SoC Digital Image Sensor Data-sheet. (<http://www.micron.com/products/partdetail?part=MT9D111D00STC>).

[10] IEEE Standard 802, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 2003.



이 상 신

1997년 한국외국어대학교 수학과 학사
2000년 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 석사. 2000년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스연구센터 선임연구원. 2007년~현재 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 센서네트워크, 네트워크

프로토콜 설계, Ad-hoc 네트워크



김재호

1996년 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 학사. 2000년 한국외국어대학교 컴퓨터공학과 석사. 2000년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스연구센터 선임연구원. 관심분야는 센서네트워크, 무선통신, Ad-hoc 네트워크



원광호

1989년 단국대 전자공학과 학사. 2004년 중앙대 정보통신공학과 석사. 2007년 광운대 전자통신 박사수료. 1991년~1997년 (구) 현대전자 정보통신연구원 주임연구원. 1997년~현재 전자부품연구원 유비쿼터스연구센터 책임연구원. 2004년~현재 한국정보과학회 정보통신연구회 협동운영위원. 2005년 7월~현재 한국 ZigBee 포럼 운영위원. 관심분야는 WPAN (Wireless Personal Area Network) Systems, 무선통신 SoC 및 센서네트워크



김중환

1978년 서울대학교 응용수학과 학사. 1980년 고려대학교 산업공학과 석사. 1984년 고려대학교 산업공학과 박사. 1974년 육군사관학교 수학과 부교수. 1985년~현재 한국외국어대학교 교수. 관심분야는 소프트웨어 공학