

---

# Wireless Image Sensor Networks 에서 효율적인 전송 기법에 관한 연구

이종승, 이강환

한국 기술 교육대학교

A Survey on Efficient Transmission method in Wireless Image Sensor Networks

Jong Seung Lee, Kangwhan Lee

Korea University of Technology and Education

Vheh4@kut.ac.kr

## 요 약

최근 들어 무선 멀티미디어 서비스를 위한 Wireless Sensor Network 에 관한 연구가 활발히 진행됨에 따라 그 응용의 한 부분으로써 이미지 센서를 이용하여 이미지 데이터를 전송하는 WISN(Wireless Image Sensor Networks) 에 관한 연구가 시작되었다. WISN은 센서노드의 제한된 자원(배터리, 대역폭, 처리속도, 메모리 크기)으로 인해 많은 어려움을 갖는다. 특히 그 중에서 제한된 배터리로 인해 이미지 센서노드는 효율적인 에너지 관리가 필요하다. 이미지 센서노드의 에너지 소모는 이미지 캡처 과정, 이미지 데이터의 처리 및 가공(compression)과정, 이미지 데이터의 전송 과정에서 발생한다. 또한 수 Kbyte 이미지 데이터는 기존의 무선센서 네트워크의 데이터보다 훨씬 크기 때문에 빈번한 이미지 데이터의 전송은 노드의 수명을 단축시켜 전체 네트워크의 분단을 초래한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 JPEG 이미지 크기의 변화량을 고려하여 전송 횟수를 최소화하는 기법을 제안한다. 종단 센서노드는 자신이 이전 JPEG이미지와 현재 JPEG이미지의 크기를 비교하여 특정 임계값 이하이면 전송하지 않고, 임계값 이상일 때에는 변화된 특정 부분의 이미지만을 보냄으로써 데이터량을 줄이게 된다. 결과적으로 효율적 에너지 관리를 통해 센서 노드의 라이프타임을 향상 시키는 결과를 가진다.

제안된 기법을 검증하기 위하여 테스트 보드를 만들어 제안된 기법과 일반적인 방법에서의 데이터의 전송 횟수 및 에너지 소모량과 노드의 라이프타임을 비교하여 제안된 기법의 성능의 우수함을 보였다.

## 키워드

WISN, 에너지 효율적 전송기법

## 1. 서 론

유비쿼터스 사회 실현을 위한 기본 인프라인 무선 센서네트워크의 중요도가 향상됨에 따라 그에 관련된 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 센서네트워크는 소규모, 저비용, 저 전력, 지능형 센서 노드로 구성되고, 원격 환경 감시와 군사작전 및 재난 상황 등에 응용되는 기술이다.[1],[2] 또한 최근 들어 CMOS 저가형 이미지 센서의 발전과 센서 노드의 Processor의 성능 향상, 무선 센서 네트워크 기술이 발전함으로써 이미지 데이

터를 전송하는 WISN(Wireless Image Sensor Network)의 연구가 진행되고 있다.[3] WISN은 이미지 데이터를 전송한다는 점에 주목해야 한다. 기존의 무선 센서 네트워크에서 센서들이 취득한 정보의 양은 센서 노드가 처리 가공하여 한 번에 충분히 전송할 정도였다. 하지만 이미지 센서 네트워크에서의 한 프레임의 이미지 데이터는 일반적으로 수 Kbyte로 IEEE 802.15.4 MAC 데이터 프레임의 payload에 실어 한 번에 전송하기에는 불가능하다. 또한 이러한 커다란 양의 데이터를 처리, 전송하기위해 많은 에너지가 소모된다. 데이

터 전송시 소모되는 에너지는 데이터량에 비례하기 때문에 데이터가 클수록 에너지 소모는 크다.

무선 센서네트워크 환경에서 배터리 충전 및 교체는 사실상 어렵기 때문에 센서 노드의 에너지 고갈은 망 전체의 성능에 커다란 영향을 미친다. 이처럼 배터리 제한으로 인한 노드의 수명이 단축되는 문제는 무선 센서네트워크의 매우 중요한 연구 분야중 하나이다.

일반적으로 이미지 센서노드는 자신이 캡처한 이미지 데이터를 주기적으로 싱크 노드에게 전송하게 되는데, 이미지 데이터의 특성 상 이미지 한 부분의 미세한 변화는 사용자 입장에서 전체 이미지 분석에 크게 영향을 미치지 않는다. 이처럼 이미지 센서 네트워크 응용시스템에서 이미지 데이터의 신뢰성은 일반 센서들보다 중요하지 않다. 이런 불필요한 이미지 데이터를 주기적으로 전송하는 것은 에너지 낭비에 불과하고 또한 네트워크 트래픽 증가에 따른 네트워크 장애에 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 이전 이미지 크기와 현재 이미지 크기를 비교하여 그 값이 특정 임계값 이하이면 데이터를 전송하지 않고, 그 이상이면 변화된 이미지를 싱크노드에 전송하는 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 UoC 이미지 센서 노드를 간략히 소개하고, 3장에서는 본 논문이 제안하는 이미지 데이터 크기의 변화를 고려하여 전송 횟수를 최소화하는 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능 분석을 살펴보고, 5장에서는 결론으로 끝을 맺는다.

## II. UoC 이미지 센서 노드

일반적으로 무선 센서네트워크의 센서 노드는 응용 시스템에 맞는 센서, 센싱된 데이터의 처리를 위한 마이크로 컨트롤러, 데이터를 전송하는 무선 통신 모듈로 구성된다. 무선 센서네트워크 환경에서 사용되는 하드웨어는 제한된 배터리 자원으로 인해 저전력 특성을 가져야 한다.

### A. RF트랜시버 - MRF24J40

본 연구에서 쓰인 RF트랜시버는 Microchip사의 MRF24J40이다. MRF24J40은 IEEE 802.15.4 규격을 따르며, 2.4GHz 대역에서 최대 250Kbps의 전송속도를 가진다. RX-19mA, TX-23mA, Sleep-2uA의 전류를 소비한다. 또한 SPI인터페이스를 통해 마이크로 컨트롤러와 통신을 한다.[4]

### B. 이미지 센서 - C328R

이미지 센서는 COMedia사의 C328R 이미지 센서 모듈을 사용하였다. C328R은 JPEG Compression Engine을 통해 내부적으로 압축된 이미지와 압축되지 않은 Raw이미지를 제공한다. UART통신을 통해 이미지 정보를 마이크로 컨트롤러에 전송하며, 다양한 이미지 사이즈를 제공한다.

60mA의 저 전류에서 동작하며, sleep모드에서는 100uA 전류를 소모한다.[5]



그림 1 MRF 24J40



그림 2 C328R

### C. Cyclone II -EP2C70F672C8

EP2C70F672C8을 low-cost, high-performance의 특징을 가지며 약 7만개의 logic elements로 구성되어 있어 별도의 메모리가 필요 없으며, 디지털 시스템을 유연하게 재 프로그래밍 할 수 있는 장점을 가진다. 본 연구에서는 EP2C70F672C8을 사용하여 C328R 과 MRF 24J40을 제어하며, 이미지 데이터의 변화량에 따른 전송 횟수를 최소화 하는 알고리즘을 구현하였다. [6]

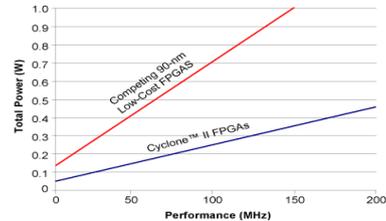


그림 3 Cyclone II -전력소모그래프

### D. UoC Board

UoC Board는 Cyclone II를 중심으로 여러 입력 출력 장치 및 컴퓨터와 인터페이스를 위한 장치로 구성되며, MRF24J40 RF트랜시버가 내장되어 있다. 외부 확장 커넥터로 C328R을 연결하여 이미지 센서 노드를 제작하였다.

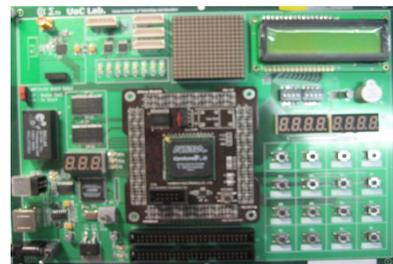


그림 4 UoC Board

### E. JPEG Format

본 연구에서는 센서 노드의 메모리 제한 및 무선 모듈에서의 데이터 전송 시 전송되는 데이터의 양을 줄이기 위해 이미지 압축 포맷의 표준인 JPEG를 사용 하였다. JPEG의 압축 단계는 그림

3과 같이 이미지 준비단계, DCT, 양자화, 엔트로피 코딩으로 이루어져 있다.[7]

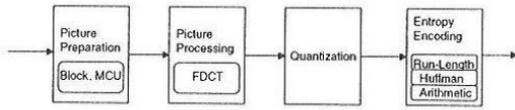


그림 5 JPEG 압축 단계

### III. 에너지 효율적인 전송 기법

C328R에서 UART를 통해 processor로 전송되는 JPEG 이미지 포맷은 압축된 정보이기 때문에 압축을 해제하지 않으면 RAW데이터의 RGB 정보를 추출 할 수 없다. 센서 노드의 제한된 자원으로 인해 JPEG 압축 해제 비용은 노드에 부담이 된다. JPEG 포맷은 색상의 변화에 따라 데이터 크기가 달라진다. JPEG 데이터 크기의 변화는 이미지의 변화이기 때문에 본 논문에서는 이 점을 이용하여 에너지 효율적인 전송 기법을 제안한다.

본 논문에서는 제안하는 에너지 효율적인 전송 기법은 다음과 같다. C328R로부터 전송되는 데이터 패킷 안에는 한 프레임의 데이터 크기가 포함되어 있다.

```
00 00 AA 0E 06 07 00 00 AA 0E 04 08 00 00 AA 0A
05 B8 09 00 00 00 FA 01 FF D8 FF ED 00 11 4A 46
...
...
```

그림 6 JPEG 데이터 패킷

센서 노드는 데이터 패킷 안에서 이미지 크기 정보를 추출하여 저장된 이전 이미지의 크기와 비교한다. 변화가 사용자가 정의한 임계값 보다 크면 싱크노드로 JPEG 데이터를 전송하고, 임계값은 응용 시스템의 요구에 따라 바뀔 수 있다. 아래 그림은 제안된 전송기법을 코드로 작성 한 것이다.

```
img_size=0;
img_size |=_(Receive.Parameter2);
img_size |=_(Receive.Parameter3<<8);
img_size |=_(Received.Parameter4<<16);
img_difference=abs(img_size-img_size_before);
if(img_difference>=img_threshold)
{
    transmission_mrf24J40(*img_data);
}
img_size_before=img_size;
```

그림 7. 제안된 효율적 전송 기법

### IV. 성능 분석

제안된 에너지 효율적 전송기법의 성능을 분석

하기 위하여 테스트 보드를 작성하였다. UoC 테스트 보드(센서 노드)에 C328R 이미지 센서를 연결하였고, 컴퓨터에도 UoC테스트 보드(싱크 노드)를 연결 하여 서로 무선 통신 할 수 있게 하였다. 센서노드와 이미지 센서의 통신과 컴퓨터와 싱크노드의 통신은 Uart 방식을 사용하였고, 보레이트는 C328R이 지원하는 최대 전송 속도 115200로 설정하였다. JPEG이미지의 크기는 320X240, preview모드, JPEG 한 패킷의 크기는 C328R이 지원하는 최대 크기인 512byte를 사용하였다. 다음 사진은 실험을 통해 찍은 이미지이다.



그림 8. 이미지 센서 노드로 찍은 사진

제안된 전송기법에서 전송 유무를 결정하는 임계값을 다르게 적용 하였을 때와 주기적으로 이미지를 전송하는 preview모드에서의 전송 횟수를 비교하였다.

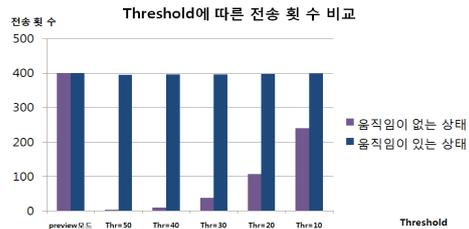


그림10 Threshold에 따른 전송 횟수 비교

1초에 약 한 프레임을 전송하는 preview모드를 400번 전송 하였을 때 임계값에 따라 위의 그래프와 같은 결과가 나왔다. 움직임이 없을 때에는 임계값을 50으로 하였을 때 4번을 전송함으로써 최소의 전송 횟수를 보였다. 임계값이 작아지면서 전송 횟수가 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이는 움직임이 없더라도 JPEG 포맷의 이미지 크기가 이미지 센서 자체의 특성에 의해 약간씩 변하기 때문이다. 또한 움직임이 계속적으로 있는 상태에서는 임계값이 10일 때 399로써 최대의 전송 횟수를 보였고, 임계치가 클수록 몇 번의 전송을 하지 않는 경우가 발생하였다. 이 실험을 통하여 구한 적절한 임계값(50)을 설정하여 강의실 출입문에 이미지 센서노드를 설치하여 24시간 동안의 전송 횟수를 관찰하였다.

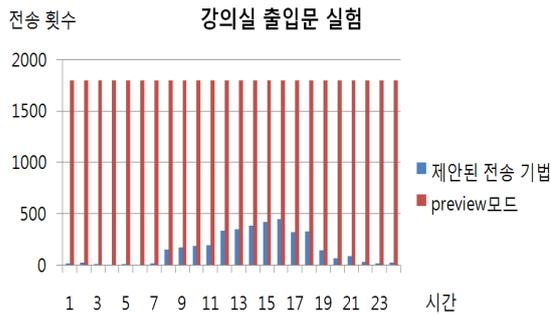


그림 11 각 시간 마다 전송 횟수 비교

오전 9시부터 오후 7까지는 학생들의 잦은 이동으로 300~500정도의 전송 횟수를 보였고, preview모드에서는 2초당 한 프레임을 전송함으로써 시간당 총 1800번의 전송을 하였다. 제안된 전송기법을 사용함으로써 preview모드에서 보다 훨씬 적은 전송을 함으로써 데이터 전송에서 소모되는 에너지를 1/4정도 줄일 수 있었다. 또한 이미지 센서노드가 전송한 이미지를 모니터링 한 결과 이미지의 변화가 있을 때 전송 되는 것을 관찰 하였고, 그러나 움직임이 있음에도 가끔 이미지를 전송 하지 않는 경우도 확인 할 수 있었다.

## V. 결 론

무선 센서네트워크에서는 제한된 배터리 자원으로 인해 효율적인 에너지 관리가 가장 중요한 과제 중 하나이다. 이에 본 논문에서는 환경 모니터링 및 기타 모니터링 응용 시스템에서 사용되는 이미지 센서의 효율적 전송 기법에 대해 제안하였다. 실험을 통한 성능평가에서 보듯이 제안된 기법은 모니터링 시스템에서 주기적인 전송 기법보다 전송 횟수를 줄임으로써 훨씬 에너지 효율적임을 알 수 있었다. 궁극적으로 센서 노드의 수명을 향상 시켜 무선 센서 네트워크 전체의 망 접속의 신뢰성과 노드 관리 수명을 연장 시키며, 망의 토폴로지 구성의 측면에서는 전체적인 영역의 커버리지를 향상시키는 동시에 제한된 배터리 자원을 효율적으로 관리 할 수 있는 결과를 얻게 되었다.

## Acknowledgment

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

## 참고문헌

- [1] Youngsam Kim, "A Study on the Efficient TICC(Time Interval Clustering Control) Algorithm That Considering Attribute," The Korea Institute of Maritime Information and Communication Sciences, Vol.12, No.1, 2008
- [2] Kyoungmin Doo, "CRS and DOS based Context-Aware System architecture," The Korea Institute of Maritime Information and Communication Sciences, 2007.
- [3] Georgiy Pekhteryev, Zafer Sahinoglu, Philip Orlik and Ghulam Bhatti, "Image Transmission over IEEE 802.15.4 and ZigBee Networks" IEEE ISCAS MAY 2005, KOBE JAPAN
- [4] IEEE 802.15.4TM 2.4GH RF Transceiver: Microchip Technology Inc
- [5] C328R User Manual: COMedia Ltd.
- [6] Cyclone II FPGA Family Data Sheet: Altera.com
- [7] 홍창배, 송병호, 심마로, 이석호 "JPEG 압축 이미지 내용 기반 검색" 한국정보과학회 가을 학술 발표 논문집 Vol. 25, No. 2