
802.15.4기반의 RT-WISN(Real Time-Wireless Image Sensor Network)

임희성 · 이강환

한국기술교육대학교

RT-WISN(Real Time-Wireless Image Sensor Network) based on 802.15.4

Hee-sung Lim · Kang-whan Lee

Korea University of Technology and Education

E-mail : tlshrns00@kut.ac.kr

요 약

무선 통신 기술과 하드웨어의 발전으로 인해 무선 센서 네트워크를 위한 센서 노드들은 저전력화 및 소형화되었고, 사용 목적에 따라 많은 연구가 진행되고 있다. 최근 들어서는 온도나 가속도 등의 간단한 정보뿐만 아니라 이미지를 센싱할 수 있는 초소형 카메라 등을 이용한 멀티미디어 센서 네트워크에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 이미지 센싱에 있어서는 CCD Sensor에 비해 적은 전력을 소모하고 빠른 전송에 적합한 CMOS Sensor가 최근의 연구에 이용되고 있다. 이러한 추세에서 실시간의 데이터 검출을 위한 센서와 네트워크의 기능이 통합된 프로세서 구조의 기능이 요구되고 있다.

기존의 무선 이미지 전송 기술을 살펴보면 범용성 제어의 사용으로 데이터의 전송 처리를 위한 대역폭이 제한되고, 내부 메모리 또한 적은 용량으로 제한되어 있다. 한 예로 JPEG으로 압축된 이미지라도 데이터의 크기가 수 Kbytes에 이르기 때문에 전체 데이터를 한 번에 전송받지 못해 전송 속도나 패킷 정확도에 있어 효율이 떨어지게 된다. 따라서 실시간의 데이터의 전송에는 부족한 면이 있다. 본 논문에서는 CMOS Sensor Module을 이용하여 RT-WISN을 구성하였다. 구성된 센서 네트워크를 통하여 Peer to Peer에서 이미지의 데이터 크기에 따른 전송 시간을 측정하고 RT-WISN이 실시간 전송에 적합함을 보인다.

키워드

Wireless Image Sensor Network, 802.15.4, CMOS Sensor, Real Time

I. 서 론

무선 통신 기술과 하드웨어의 발전으로 인해 무선 센서 네트워크를 위한 센서 노드들은 저전력화 및 소형화가 되었고, 사용 목적에 따라 많은 연구가 진행되고 있다. 무선 센서 네트워크란 정보를 수집하기 위한 센서, 무선 전송을 위한 여러 프로토콜 기반의 무선 송수신 장치, 데이터 처리를 위한 프로세싱 유닛으로 이루어진 네트워크로써 확장성, 자가 설정, 자가 복구, 멀티캐스트 라우팅[1] 등의 특징을 지니고 있다.

무선 센서 네트워크에 대한 연구에 있어서 최근 들어서는 온도나 가속도 등의 간단한 정보뿐만 아니라 이미지를 센싱할 수 있는 초소형 카메라 등을 이용한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 이 때 기존의 CCD Sensor에 비해 적은 전력을

소모하고 빠른 전송에 적합한 CMOS Sensor가 최근의 연구에 이용되고 있다. 이러한 센서를 이용한 무선 이미지 센서네트워크는 감시 시스템 등에 이용함으로써 사용자에게 보다 고차원적인 정보를 제공하고 있다.

이런 감시 시스템을 위한 무선 센서 네트워크에서는 데이터의 신뢰성과 더불어 실시간 전송이 중요한 요소로 작용하게 된다.

본 논문에서는 이런 실시간 전송의 문제점을 해결하기 위해 CMOS Sensor Module과 IEEE 802.15.4 RF Chip을 이용하여 RT-WISN(Real Time-Wireless Image Sensor Network)를 구성하였다. RT-WISN이 실시간 전송에 적합함을 보이기 위해서는 Peer to Peer에서 이미지의 데이터 크기에 따른 전송 시간을 측정하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무

선 이미지 센서 네트워크에 대한 관련 연구에 대해 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 RT-WISN의 구성 및 구조에 대해 알아본다. 4장에서는 RT-WISN이 실시간 전송에 적합함을 보이기 위한 실험 환경과 결과를 기술하고, 5장에서는 결론을 도출한다.

II. 관련 연구

서론에서 기술한 바와 같이 최근의 무선 센서 네트워크에 사용되는 센서는 저전력화 및 소형화가 되어 가고 있다. 여기에 이미지 획득을 위한 CMOS Sensor와 무선 송수신기, Micro Processor 등을 이용하여 이미지를 획득하여 사용자에게 무선으로 전송할 수 있는 무선 이미지 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

UCLA에서는 ADCM-1700 Camera Module과 Atmega128L이 장착된 MICA2 Platform을 이용하여 최대 38.4Kbps의 Data Rate를 지원하는 센서 네트워크를 구성하였고[2], University of Massachusetts에서는 세 종류의 각기 다른 카메라 센서를 이용하여 Multi-tier Camera Sensor Network를 구현한 SensEye[3]를 연구하였다. 또한 UCI의 eCAM[3]의 경우는 Omnivision의 OV7640 Module과 ECO를 이용한 Sensor Network[4]를 연구하였다.

국내에서도 전자부품연구원에서 Micron사의 MT9D111 SoC Digital Image Sensor와 마이크로 컨트롤러인 TI MSP430F169, CC2420 RF Chip을 사용하여 무선 이미지 센서 네트워크를 구성하고 화재 감시 시스템을 구현하였으며[5]. 강원대학교에서도 COMedia사의 C328 Image Sensor Modulr과 Crossbow사의 Micaz Mote를 이용하여 멀티미디어 센서네트워크를 구성하였다[6].

하지만 이들은 범용성 제어의 사용으로 데이터의 처리와 전송을 위한 대역폭이 제한되고, 내부 메모리 또한 적은 용량으로 제한되어 있다. 일반적인 320x240 Size의 이미지의 경우 JPEG Format으로 압축되더라도 10Kbytes 정도의 크기를 가지게 된다. 이런 이유로 전체 데이터를 한 번에 전송받지 못해 전송 속도나 패킷 정확도의 측면에서 효율이 떨어지게 되고, 무선 전송에 있어서 실시간성의 하락으로 이어지게 된다. 따라서 본 연구에서는 전용칩을 사용하여 데이터 전송에 있어 충분한 대역폭을 제공할 수 있도록 하였다.

III. RT-WISN

3.1 시스템 구성

RT-WISN은 크게 세 가지로 구성되어 있다. 먼저 영상 정보를 획득하고 JPEG Format으로 압축하는 처리를 하게 되는 센서 노드, 센서 노드에서 획득한 영상을 싱크 노드까지 무선으로 전송해주는 릴레이 노드(Relay Node), 마지막으로 전송

된 데이터를 다시 영상으로 출력하여 주는 싱크 노드(Sink Node)로 구성된다.

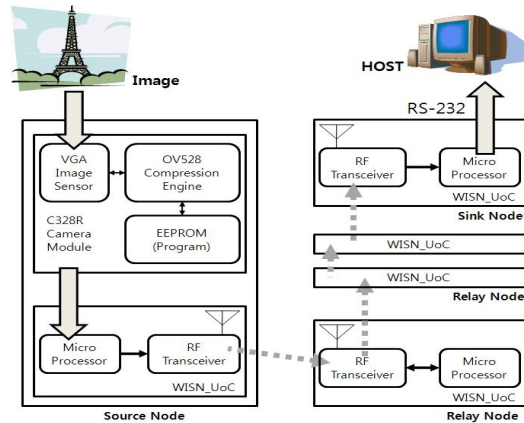


그림 1. RT-WISN 시스템 흐름도

3.2 하드웨어 구성

일반적으로 무선 센서 네트워크에 사용되는 노드들은 데이터를 수집하기 위한 센서, 수집된 데이터를 처리하기 위한 마이크로 프로세서, 전송을 위한 무선 통신 모듈로 이루어져 있다.

먼저 이미지를 획득하기 위한 센서로 사용되는 C328R Camera Module은 모듈 내부에서 JPEG Format으로의 압축이 가능하도록 OV528 Engine을 사용하고 있으며, 60mA라는 저전력을 소모하고 UART Interface로 최대 115.2Kbps의 전송 속도를 가지는 장점이 있다. C328R의 이미지 획득 방법에는 Preview와 Snapshot의 두 가지 방법이 있다. Preview의 경우 획득한 이미지를 바로 전송하는 방식이고, Snapshot의 경우 내부의 EEPROM에 전체 이미지를 저장 후 전송하는 방식이다.

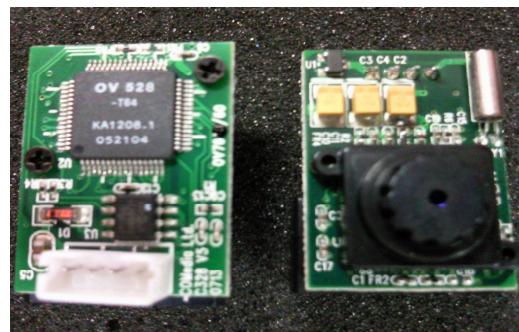


그림 2. C328R Camera Module

수집된 데이터를 처리하기 위한 마이크로 프로세서와 전송을 위한 무선 통신 모듈은 연구실에서 자체 제작된 WISN_UoC Mote를 사용하였다. WISN_UoC Mote에 사용된 RF Chip은 Microchip사의 MRF24J40으로 IEEE 802.15.4를 기반으로 하여 LoWPAN을 지원하며 최대 250Kbps

의 전송 속도를 가지고 있다. 수집된 데이터를 처리하고 기 위한 마이크로 프로세서는 ALTERA사의 Cyclone II 계열 EP2C35F672C8N을 사용하였다. 이 칩은 400Kbit의 내부 메모리를 지니고 있어 JPEG Format으로 압축된 데이터를 처리하기에 충분한 역할을 한다. 현재는 테스트용으로 개발된 것이라 주변의 여러 장치들 때문에 크기가 크지만, 차후에는 휴대폰 정도의 사이즈로 제작할 계획이다.

WISN_UoC Mote와 디스플레이 하기 위한 PC는 RS-232 시리얼 통신을 하게 되며, 출력을 위한 어플리케이션은 COMedia사에서 C328R Camera Module과 함께 제공하는 프로그램을 사용하였다.

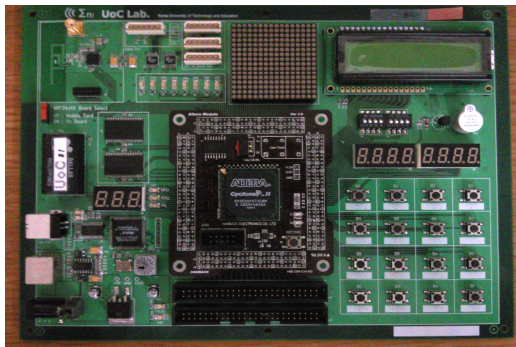


그림 3. WISN_UoC Mote

3.3 RT-WISN

그림 1에서 보면 알 수 있듯이 RT-WISN의 큰 흐름은 이미지를 획득한 후 릴레이 노드(Relay Node)를 통해서 출력 장치가 연결되어 있는 싱크 노드(Sink Node)까지 데이터를 전송하게 된다. 이때 각 노드의 마이크로 프로세서는 자신이 어떤 노드에서 데이터를 받았고, 어떤 노드로 데이터를 전송할 지를 관리하게 된다. 이때 노드의 파악은 IEEE 802.15.4에서 규정된 방법을 사용하게 된다.

```

3  05 94 0C 00 00 00 FA 01 FF D8 FF E0 00 11 4A 46  .?....u.y0ya..JF
4  49 46 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A FF DB 00  IF.....yU.
5  43 00 10 0C 0C 0E 0C 0A 10 0E 0E 12 10 14      C.....
6  18 28 1A 18 16 16 18 32 24 26 1E 28 3A 34 3E 3C  .{.....2f&.{:4<x

32 09 23 33 52 F0 15 62 72 D1 0A 16 24 34 E1 25 F1  .#3R0.brN..f4e4m
33 17 18 19 1A 26 27 28 29 2A 35 36 37 38 39 3A 43  ....e'()*56789:C
34 44 45 46 47 48 49 4A 53 54 55 56 57 58 59 5A 63  DEFGLJSTUVWXYZc
35 64 65 D5 00 01 00 FA 01 66 67 68 69 6A 73 74 75  de0...u.fghijstx
    
```

그림 4. JPEG Format Package의 일부

C328R에서 획득한 이미지는 OV528 Engine을 통하여 JPEG Format으로 압축되게 되고, 이 때 생성되는 데이터는 그림 4와 같다. 여기서 사각형으로 둘러싸인 부분 중 앞의 '00 00', '01 00'은 Package의 ID를 나타내며, 두 번째 사각형의 앞에 있는 두 바이트 'D5 00'은 Verify Code를 나타낸다.

그림 5는 C328R에서 획득한 이미지 데이터가 MRF24J40의 Packet Frame에 실리는 과정에서의

메모리 구조의 변화이다. 원본 이미지 데이터는 JPEG Format으로 압축이 되면서 ID를 가진 여러 개의 Package로 나누어지게 된다. C328R의 경우 최대 512bytes까지의 Package Size 조절이 가능하다. 하지만 IEEE 802.15.4 규격에서 한 패킷에 담을 수 있는 데이터의 크기는 최대 127bytes이다. 따라서 본 연구에서는 C328R에서 데이터를 받을 때마다 바로 전송을 하는 방법을 사용하기 위하여 C328R에서 생성되는 Package Size를 120bytes로 제한하였다.

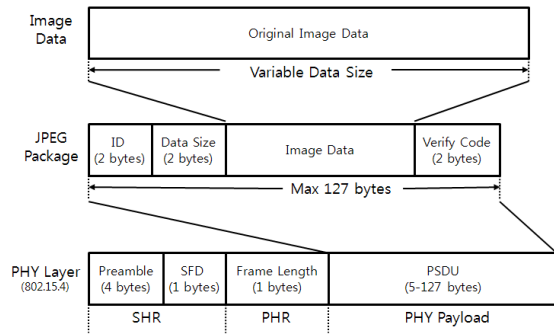


그림 5. 메모리 구조

IV. 시뮬레이션

4.1 실험 환경

RT-WISN을 구성하기 위하여 두 개씩의 C328R Camera Module과 WISN_UoC Mote를 사용하였다. WISN_UoC Mote와 출력을 위한 PC의 경우 RS-232 Port를 통해 연결하였고, Baudrate의 경우 115,200bps로 설정하였다. 실험에 사용되는 이미지는 8-bit YCbCr의 JPEG Format을 사용하였고, 이미지의 사이즈는 C328R에서 지원하는 네 종류의 포맷을 사용하였다. JPEG Format의 Package Size는 120bytes이다. 이미지를 전송하는 방식은 C328R에서 Preview 방식으로 10회 측정하였다.

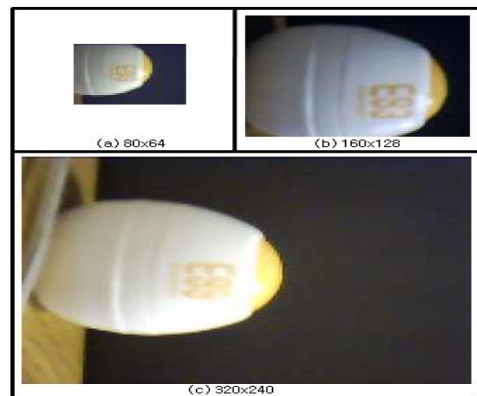


그림 6. 전송된 이미지

4.2 실험 결과

그림 6은 RT-WISN에서 싱크 노드(Sink Node)

인 PC에 출력된 이미지를 보여주고, 표 1은 이미지 크기별 전송시간을 나타낸다.

이미지 크기	데이터 크기 (byte)	평균 도달시간 (sec)	평균 전송속도 (bytes/sec)
80x64	1,064	1.13	941.59
160x128	1,848	2.01	919.40
320x240	3,964	4.41	898.87
640x480	10,136	11.88	853.20

표1. 이미지 크기별 전송시간

표 1을 보게 되면 전송속도에 있어 UART의 115.2kbps나 MRF24J40의 250kbps에 비해 떨어지는 것을 알 수 있다. JPEG Format의 경우 한 개의 Package에서 데이터 손실이 일어나게 되면 이미지를 출력하지 못하게 된다. 이를 방지하기 위해 그림 5의 메모리 구조 중 JPEG Package의 Verify Code에서 오류를 파악하여 재전송을 요청하기 때문에 전송속도가 느려지게 된다.

또한 이미지의 크기가 커질수록 속도가 조금씩 하락하는 것을 볼 수 있다. 이는 데이터의 크기가 커질수록 Packet의 수가 늘어나게 되고, 이에 따라 재전송의 횟수도 늘어나게 되어 전송속도에 영향을 주기 때문이다.

V. 결 론

본 연구에서는 CMOS Sensor Module과 RF Transceiver를 이용하여 이미지의 무선 전송이 가능한 네트워크 RT-WISN을 구성하였다. 차후에는 실제 멀티홉 상에서 홉의 수에 따른 전송 속도와 도달률을 측정하여, 신뢰성과 실시간성을 모두 만족시킬 수 있는 무선 이미지 센서 네트워크에 대한 연구를 진행할 계획이다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

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

[2] Ying-Ju Chi, Ricardo Oliveira, and Lixia Zhang, "Cyclops: The AS-level Connectivity

Observatory", ACM SIGCOMM Computer Communication Review, v.38 n.5, October 2008.

[3] Purushottam Kulkarno, Deepak Ganesan, Prashant Shenoy and Qifeng Lu, "SensEye: A Multi-tier Camera Sensor Network", ACM Multimedia, pp. 229-238, November 2005.

[4] Chulsung Park and Pai H. Chou, "eCAM : Ultra Compact, High Data-Rate Wireless Sensor Node with a Miniature Camera", ACM SenSys, pp. 359-360 November 2006.

[5] 이상신, 김재호, 원광호, 김중환, "무선 이미지 센서네트워크 환경을 위한 효율적인 영상 정보 전송 시스템", 한국정보과학회, 2008.

[6] 조영태, 권영완, 박충명, 이현길, 정인범. "CMOS 이미지 센서를 이용한 멀티미디어 센서 네트워크의 설계 및 구현", 한국정보과학회, 2007.