

무선 센서 네트워크에서 효율적인 이미지 전송을 위한 압축 기법 설계 및 구현

권영완^o, 조영태, 박충명, 이현길, 정인범
강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

{ykwon^o, ytjoe, cmpark}@snslab.kangwon.ac.kr {hglee, ibjung}@kangwon.ac.kr

Design and Implementation of Compression Technique for Efficient Image Transmission in the Wireless Sensor Networks

Young-Wan Kwon^o, Young-Tae Joe, Chong-Myoung Park, Heon-Guil Lee, In-Bum Jung
Dept. of Computer, Information and Telecommunication Engineering,
Kangwon National University

요 약

최근 저가형 이미지 센서 기술의 발전과 무선 센서 네트워크 기술의 발전으로 인해 WMSN(Wireless Multimedia Sensor Networks) 기술이 활발히 연구되고 있다. WMSN은 기존의 무선 센서 네트워크 기술에 멀티미디어 콘텐츠를 센싱하고 전송 및 처리하는 기반기술을 포함한다. 멀티미디어 콘텐츠는 많은 데이터량을 가지므로 이를 처리하기 위해서는 많은 계산량과 데이터 전송량을 필요로 하게 된다. 저사양의 센서 노드에서 멀티미디어 콘텐츠를 수용하기 위해서는 에너지 소모를 고려한 압축 기법 및 효율적인 전송에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 이미지를 효율적으로 압축하고 전송하기 위하여 웨이블릿의 Resolution Scalability 특성을 이용한 4가지 움직임 보상/예측 기법을 제안한다. 이를 지원하기 위해 시스템에서 사용하는 각 압축 기법들의 조합에 따른 압축 성능이 적절함을 알아보았다.

1. 서 론

최근 저가형 CMOS 카메라와 마이크로폰 기술, 그리고 무선 센서 네트워크 기술이 발전은 WMSN(Wireless Multimedia Sensor Networks) 기술의 발전을 촉진하고 있다. 기존의 무선 센서 네트워크는 온도, 습도, 가속도, 빛 등의 환경 정보를 센싱하여 이를 처리하고 전송했다. 하지만 현재는 무선 센서 네트워크를 통해 비디오나 오디오, 이미지 등과 같은 멀티미디어 콘텐츠의 센싱 및 전송, 처리하는 기반 기술 및 응용 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 기본적으로 멀티미디어 정보는 기존의 센싱 정보와는 달리 많은 데이터량을 가진다. 이를 처리하기 위해서는 많은 계산량과 데이터 전송량을 필요로 하게 된다. 무선 센서 네트워크에서 사용하는 센서 노드는 센서 노드간 무선 통신 대역폭과 노드의 소형화에 따른 낮은 처리율의 MCU, 한정된 배터리, 적은 저장 공간 등 한정된 자원을 가지기 때문에 멀티미디어 콘텐츠는 무선 센서 네트워크에서 수용하기 어렵다. 이를 수용하기 위해서는 에너지 소모를 고려한 압축 기법과

효율적인 전송에 대한 연구가 필요하다[2].

YWCE(Yieldable Wavelet Coding Exploration)는 웨이블릿의 Resolution Scalability 특성을 이용하여 무선 센서 네트워크에서 이미지를 효율적으로 압축하고 전송한다. 웨이블릿의 특징을 활용하기 위하여 프레임의 구조를 정의하고, 4가지 움직임 예측 및 보상 모드를 제안하였다. YWCE는 4가지 움직임 예측 및 보상모드를 통하여 이미지 압축에 필요한 연산 부하량을 줄이고, 네트워크 트래픽에 따라 웨이블릿의 Resolution Scalability를 이용하여 흐름제어가 가능하다는 장점을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 센서 네트워크에서 이미지를 압축하여 전송하기 위한 연구에 대해 알아본다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 YWCE 기법을 기술하고, 4장에서는 구현 내용에 대해 알아본다. 5장에서는 YWCE의 각 압축 기법의 조합에 따른 전반적인 압축 성능을 측정하고, 4가지 움직임 예측 및 보상 모드를 지원하기에 적절함을 알아본다. 6장에서는 결론을 맺고 향후연구 과제에 대해 알아본다.

2. 관련연구

2.1 Low-Complexity Video Compression

현재 비디오 인코딩 기술은 모션 예측과 보상 기법을 활용하여 설계되기 때문에 많은 계산 능력이 요구되며, 무선 센서 네트워크에서 사용되기에는 적합하지 않다. 따라서 Low-Complexity Video Compression은 JPEG 데이터 압축 기법에 기반을 두어 계산의 복잡도를 줄였다 [3]. 이 알고리즘은 무선 비디오 감시 시스템을 위해 설계 되었다.

이 방식은 계산의 복잡도를 줄이기 위해 각 비디오 프레임을 8×8 pixels의 작은 블록으로 분할하고, 분할된 블록들은 블록 위치의 중요도에 따라 단계적으로 선택되고, 선택된 블록들은 JPEG 압축 알고리즘으로 압축하여 전송한다.

2.2 Energy Efficient Distributed JPEG2000 Image Compression

멀티홉 무선 센서 네트워크는 한정된 자원을 가지기 때문에 에너지 효과적인 전송을 고려해야 한다. 따라서 Energy Efficient Distributed JPEG2000 Image Compression에서는 클러스터를 구성하여 분산압축을 수행한다[4]. 클러스터 내에서 웨이블릿 변환 이후 얻어지는 작은 영역들에 대해 아래와 같이 데이터를 교환하기 위한 2가지 방법을 제안하였다. 이미지의 압축에는 JPEG2000을 사용한다[5].

Distributed Compression 1

- 1차원 웨이블릿 변환을 하고, 웨이블릿 결과를 클러스터 멤버 노드로 전송.
- 1차원 웨이블릿 결과를 받은 노드는 2차원 웨이블릿 변환을 하고, 다음 클러스터 헤드로 데이터를 전송.
- 2차원 웨이블릿 결과를 받은 클러스터 헤드는 JPEG2000을 통해 이미지를 압축.

Distributed Compression 2

- 2차원 웨이블릿 변환을 하고, 다음 클러스터 헤드로 전송.
- 클러스터 헤드는 클러스터 멤버에게 각 영역을 배분하고, 클러스터 멤버는 2차원 웨이블릿 변환.
- 웨이블릿 레벨만큼 위 단계를 반복.
- JPEG2000을 통해 이미지를 압축.

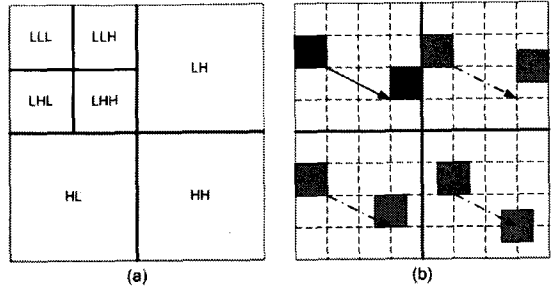


그림 1. 웨이블릿을 통한 움직임 예측.

3. 웨이블릿 기반의 이미지 압축 기법

Yieldable Wavelet Coding Exploration

웨이블릿 변환은 신호의 성질을 주파수와 시간의 양 측면에서 분석하여 부호화나 압축 등의 조작을 쉽게 할 수 있는 형태로 변환하는 기법의 하나이다. 이는 높은 압축률을 얻고 확장 가능한 전송을 지원하기 위하여 사용된다. 그림 1(a)는 2차원 데이터에 대해 웨이블릿이 어떻게 동작하는지 보여준다. 입력 데이터는 1단계에서 저주파에서 고주파 순으로 <LL>, <LH>, <HL>, <HH> 성분으로 나뉘지며, 2단계에서는 <LL> 성분이 네 개의 성분으로 나누어지는 과정을 거친다.

DCT의 결과는 주파수의 분포만을 나타내는데 반해, 웨이블릿 변환은 위치정보 또한 나타낸다. 즉 한 단계의 웨이블릿 변환마다 이미지를 1/4 축소한 결과를 포함하는데, 이를 이용하여 Resolution Scalability를 구현한다 [6].

본 논문에서는 그림 1(b)와 같이 웨이블릿 변환의 Resolution Scalability를 이용하여 움직임 예측 및 움직임 보상의 계산량을 줄이고자 YWCE를 제안한다. 이는 저사양의 센서 모트에서 효율적인 이미지 압축 및 이미지 전송을 하기에 유용한 방법이다. Resolution Scalability를 이용하기 위하여 이미지의 입력 순서를 재정의 할 필요가 있는데 본 논문에서는 그림 2와 같이 정의한다.

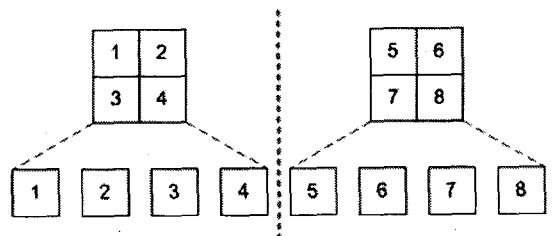


그림 2. 웨이블릿 프레임 구조.

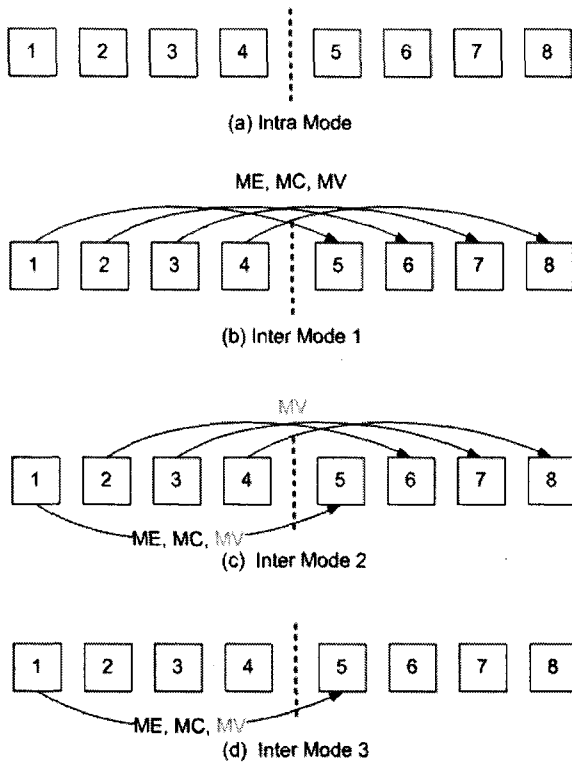


그림 3. 웨이블릿을 통한 압축모드 선택.

웨이블릿 변환 이후 움직임 예측 및 움직임 보상의 방법으로 본 논문에서는 그림 3과 같이 네 가지 움직임 예측/보상 모드를 제안한다. 첫 번째 압축모드는 각각의 웨이블릿 영역들이 각각 압축되어 전송되는 방식이다. 두 번째 압축모드는 각각의 웨이블릿 영역들이 각각 서로 움직임 예측 및 보상을 하는 방식이다. 세 번째 압축모드는 웨이블릿의 <LL> 영역만 움직임 예측 및 보상을 하고, 나머지 영역들은 <LL> 영역에서 계산된 움직임 벡터를 사용하는 방식이다. 마지막으로 네 번째 압축모드는 웨이블릿의 <LL> 영역만 움직임 예측 및 보상을 하고 나머지 영역들에 대해서는 움직임 예측 및 보상을 하지 않는 방식이다.

4. 시스템 구현

4.1 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 YWCE를 실험하기 위해 구성한 시스템의 구성도는 그림 4와 같다. 무선 센서 네트워크로 이미지를 전송하기 위한 통신모드로 MICA_z를 사용

<표 1> 게이트웨이 노드의 사양

하드웨어 스펙	인텔 PXA255 400Mhz 프로세서
	32MB SDRAM, 32MB 플래시 (인텔)
	전원 (220V, 5V+)
커널	Tynux Kernel Based on Linux 2.4.18
	Tynux Power Management Module
	JFFS2 플래시 메모리 파일 시스템
GUI	Qtopia GPL Version (Qt/E)
SDK	GNU based Tool Chain - Cross Development Tools for ARM

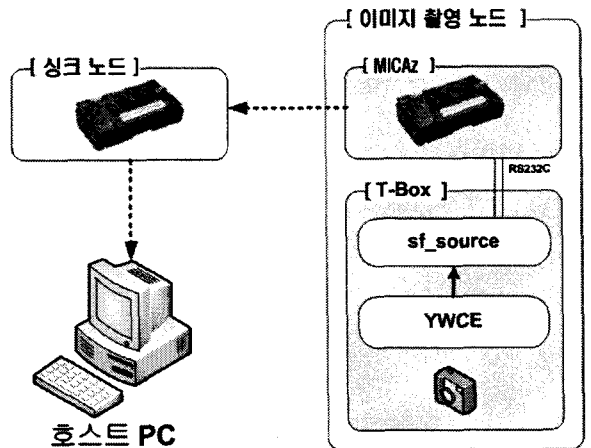


그림 4. 시스템 구성도.

하였고, 이미지 촬영을 위하여 임베디드 보드인 Tynux-Box를 사용하였다. Tynux-Box의 사양은 표 1과 같다 [7, 8].

시스템은 여러 개의 통신모트와 이미지 촬영 및 전송을 위한 이미지 촬영 노드로 구성된다. 이미지 촬영 노드는 카메라, 임베디드 보드, 통신모트로 구성되고, 카메라로부터 이미지를 입력 받으면 이미지를 압축 하고 전송하는 기능을 가진다. 이미지 압축에는 본 논문에서 제안하는 YWCE가 사용되며, 압축된 이미지를 통신모트로 전송하기 위하여 sf_source 컴포넌트를 사용한다.

무선 센서 네트워크로 전송된 이미지는 싱크노드에서 수신한다. 싱크노드는 수신된 이미지를 호스트PC로 전송하며, 호스트PC에서는 이미지를 복원하고 이미지를 보여 준다.

4.2 시스템 동작과정

시스템은 카메라로부터 이미지를 촬영하고 압축하기 위해서 그림 5와 같이 동작한다. 카메라로부터 촬영된

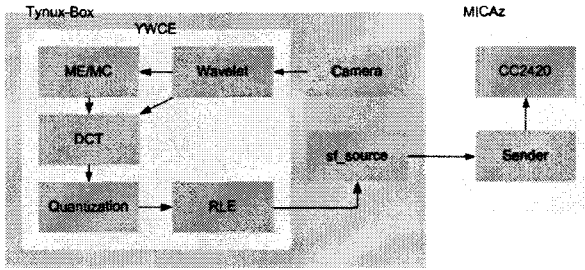


그림 5. 컴포넌트 구성도.

이미지는 YWCE 압축과정을 거친다. YWCE에서는 웨이블릿 변환 이후 모드별로 각 영역에 대해 움직임 예측 및 보상을 하고 양자화와 가변길이부호화(Run Length Encoding: RLE)를 통해 이미지를 압축한다. 압축된 이미지는 MICAz와 시리얼 통신을 하기위한 컴포넌트인 sf_source를 통해 MICAz로 전송된다. MICAz은 시리얼로 전송된 이미지를 RF 송/수신을 위한 컴포넌트인 CC2420을 통하여 싱크노드로 전송한다.

5. 실험 결과 및 분석

5.1 실험환경

YWCE를 실험하기 위하여 사용한 이미지는 128×128 크기의 foreman 이미지로 10개의 프레임을 사용하였다. YWCE에 사용된 각 압축 기법의 조합에 따른 압축 성능을 측정하기 위하여 DCT와 양자화는 실험 방법에 따라 사용하였으며, 웨이블릿과 가변길이부호화는 모든 실험에 사용하였다. 웨이블릿은 2차원 1단계 변환을 수행하였고, 양자화 스텝 크기는 8bits를 사용하였다. 가변길이부호화는 각 영역마다 liner-scan으로 부호화 하였다.

5.2 실험결과

YWCE의 모든 압축 기법을 조합하여 foreman을 압축한 결과는 그림 6과 같다. 웨이블릿과 DCT, 양자화, 가변길이부호화를 모두 사용하였을 때의 압축시간은 그림 7에서 보는 바와 같이 약 46msec이고, 양자화를 제외하고 압축하였을 때와 DCT를 제외하고 압축하였을 때는



그림 6. YWCE의 압축 결과.

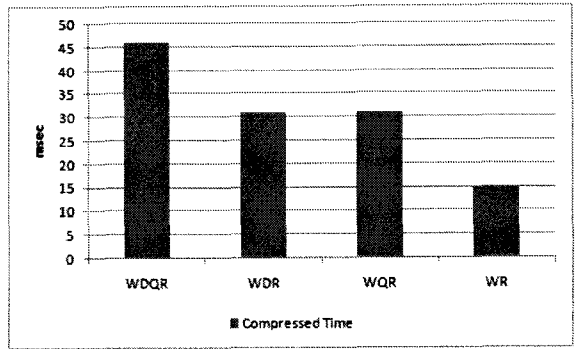


그림 7. 압축 조합에 따른 압축 시간.

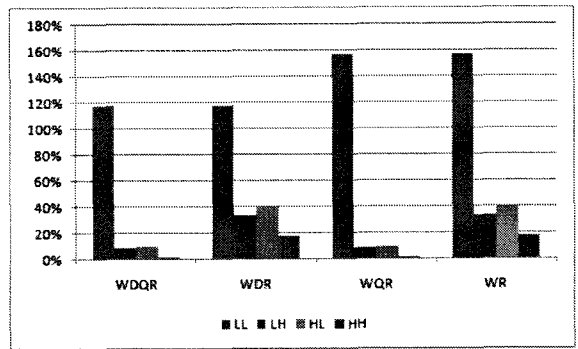


그림 8. 압축 조합에 따른 영역별 압축률.

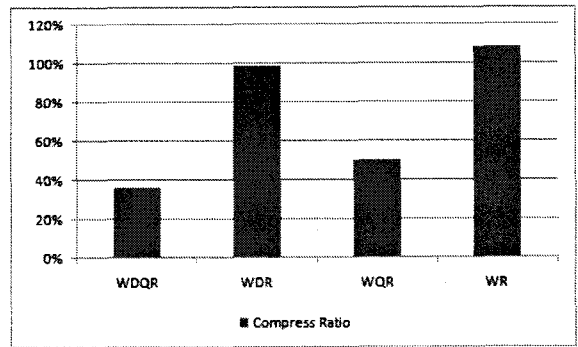


그림 9. 압축 조합에 따른 압축률.

약 31msec가 걸렸다. 웨이블릿과 가변길이 부호화만을 사용하였을 때는 15msec가 걸렸다.

그림 8의 압축 방법의 조합에 따른 영역별 압축률을 보면 모든 압축 방법에서 <LL>영역은 압축이 되지 않는 것을 볼 수 있는데, 그 이유는 <LL>영역은 부호화량이 많고, 다른 영역은 부호화량이 적기 때문이다.

압축 방식의 조합에 따른 압축률은 그림 9와 같이 양자화를 사용할 때 더 좋은 압축률을 보였으며, 양자화를 사용하지 않을 때는 상대적으로 낮은 압축률을 보여 양

참고문헌

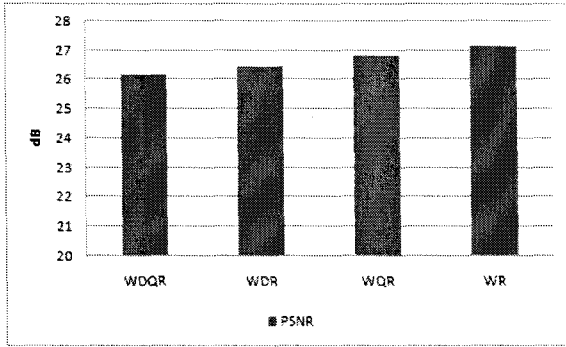


그림 10. 압축 조합에 따른 PSNR.

자화가 이미지 압축에 많은 영향을 미침을 알 수 있다. 네 가지 압축 방식을 모두 사용하였을 경우 최대 약 36%의 압축률을 보였다.

YWCE를 이용하여 압축한 이미지는 그림 10에서 보는 바와 같이 압축 기법의 조합에 큰 영향을 받지 않고 모두 약 26~27dB의 PSNR을 가졌다. 이 수치는 높을수록 노이즈에 대한 저항력이 크다. 하지만 30dB 이상에서는 육안으로 화질의 판단이 어렵다[9]. 본 논문에서 제안하는 YWCE는 육안으로 판단 가능한 화질의 열화가 거의 없다는 것을 알 수 있다.

6. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 효율적으로 이미지를 전송하기 위한 기법인 YWCE를 제안하고 실험했다. 웨이블릿의 Resolution Scalability를 활용하기 위하여 4가지의 움직임 예측 및 보상 모드를 제안하였으며, 이를 지원하기 위하여 YWCE를 구현하였다.

본 논문에서는 YWCE의 각 압축 기법의 조합에 따른 전반적인 압축 성능을 실험하였다. 이로써 4가지 움직임 예측 및 보상 모드를 지원하기에 적절함을 알아보았다.

향후에는 웨이블릿 이후 각 영역에 대한 움직임 예측 및 보상을 위하여 제안한 압축 모드에 대하여 실험할 계획이다. 또한 웨이블릿의 Resolution Scalability 특성을 이용하여 무선 센서 네트워크에서 이미지 전송을 위한 혼잡제어 기법과 분산 압축 기법에 대하여 연구할 계획이다.

[1] L. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A Survey on Wireless Multimedia Sensor Networks," *Computer Networks (Elsevier)*, Vol. 51, no. 4, pp. 921-960, March 2007.

[2] Y. Gu, Y. Tian, E. Ekici, "Real-time multimedia processing in video sensor networks, *Signal Processing: Image Communication (Elsevier)*, Vol. 22, no. 3, pp. 237-251, March 2007.

[3] E. Magli, M. Mancin, and L. Merello, "Low-Complexity Video Compression for Wireless Sensor Networks," In *Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, July 2003.

[4] H. Wu, and A. A. Abouzeid, "Energy Efficient Distributed JPEG2000 Image Compression," In *Proceedings of 2004 IEEE 4th Workshop on Applications and Services in Wireless Networks*, August 2004.

[5] M. W. Marcellin, M. J. Gormish, A. Bilgin, M. P. Boliek, "An Overview of JPEG-2000," In *Proceedings of 2000 IEEE Data Compression Conference*, March 2000.

[6] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," In *Proceedings of 1992 IEEE Transactions on Image Processing*, April 1992.

[7] MICAz <http://www.xbow.com/>

[8] Tynux-Box <http://www.palmpalm.com/>

[9] Y. HASHIMOTO, S. SAMPEI, N. MORINAGA, "Channel Monitor-based Unequal Error Protection with Dynamic OFDM Subcarrier Assignment for Video Transmission," In *Proceedings of 2002 IEEE Vehicular Technology Conference*, Fall 2002.