
무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 예측부호화를 통한 우선순위 기반 이미지 전송 기법

이좌형* · 정인범**

Priority based Image Transmission Technique with DPCM in Wireless Multimedia
Sensor Networks

Joa-hyoung Lee* · In-bum Jung**

요 약

최근 하드웨어와 무선 통신 기술의 발달로 무선 센서네트워크를 이용하여 멀티미디어 데이터를 수집하기 위한 무선 멀티미디어 센서네트워크에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 많은 데이터를 갖는 멀티미디어 데이터를 네트워크 대역폭이 극히 낮은 무선 센서 네트워크에서 처리하기 위해서는 네트워크 상태에 따른 효율적인 데이터 압축과 전송에 관한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 대표적인 멀티미디어 데이터인 이미지 데이터를 예측부호화를 통해 압축된 이미지를 우선순위에 기반하여 전송하기 위한 이미지 전송 기법(Priority based Image Transmission Technique With Wavelet Transform)을 제안한다. 제안하는 PIT 기법은 이미지의 웨이블릿 변환을 통하여 나누어진 영역별로 서로 다른 우선순위를 설정한다. PIT기법은 패킷의 우선순위에 따라 전달 여부를 결정하도록 하여 중요한 데이터일수록 전송이 성공할 가능성을 높인다. PIT기법은 웨이블릿 변환의 특성상 데이터의 일부가 손실되더라도 최대한 전체적인 내용을 파악할 수 있는 장점을 활용한다. PIT에서는 연속적인 이미지 사이의 유사성을 고려한 저주파수 영역에서의 예측부호화(DPCM)을 통하여 이미지 데이터가 우선순위별로 균등하게 분포시킴으로써 화질열화를 최소화한다. 실험을 통하여 제안하는 기법이 데이터가 손실되더라도 높은 화질을 보장함을 보인다.

ABSTRACT

With recent advances in hardware and wireless communication techniques, wireless multimedia sensor network which collects multimedia data through wireless sensor network has started to receive a lot of attentions from many researchers. Wireless multimedia sensor network requires a research of efficient compression and transmission to process the multimedia data which has large size, in the wireless sensor network that has very low network bandwidth. In this paper, we propose PIT protocol for the transmission based on the priority that classified by the DPCM compression. The PIT protocol sets different priority to the each subbands which are divided by the wavelet transform. The PIT protocol transmits the data with higher priority to guarantee the high image quality. The PIT protocol uses the characteristic of wavelet transform that the transformed image is very insensitive to the data loss. In PIT protocol, each subbands of wavelet transformed image has fair weight in the compressed image to utilize the prioriy based transmission. The experiment results show that the PIT protocol improves the quality of image in spite of data loss.

키워드

이미지 전송, 우선순위, 웨이블릿, 예측부호화, 데이터 손실

Key word

image transmission, priority, wavelet, DPCM, data loss

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사과정

접수일자 : 2009. 10. 13

** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수 (교신저자)

심사완료일자 : 2009. 12. 11

I. 서 론

최근 초소형 CMOS 카메라 센서나 마이크로폰과 같이 멀티미디어 데이터를 수집할 수 있는 모듈들이 개발되고 보급되면서 기존의 무선 센서 네트워크 기술을 확장한 무선 멀티미디어 센서 네트워크(WMSN, Wireless Multimedia Sensor Networks) 기술의 발전을 촉진하고 있다 [1].

기존의 무선 센서 네트워크는 온도, 습도, 가속도, 빛 등의 텍스트적인 데이터를 수집하여 처리하고 전송했다. 하지만 최근 연구되기 시작한 무선 멀티미디어 센서 네트워크는 비디오나 오디오, 이미지 등과 같은 멀티미디어 데이터를 수집 및 전송, 처리하는 기반 기술 및 응용 기술에 대한 연구이다. 기본적으로 멀티미디어 데이터는 기존의 텍스트적인 데이터와는 달리 크기가 매우 크다는 특징을 갖는다. 특히 환경 모니터링이나 감시와 같은 많은 응용에서 필요로 하고 사용되는 이미지 데이터는 기존 텍스트 데이터에 비해 수만에서 수백만 배에 이르는 크기를 갖는다 [20-24].

이러한 이미지 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 많은 컴퓨팅 자원과 높은 네트워크 대역폭을 필요로 한다. 하지만 무선 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 컴퓨팅 자원이 빈약하며 매우 낮은 네트워크 대역폭을 갖는다. 이러한 무선 센서 네트워크에서 이미지 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 이미지 압축에 관한 연구와 효율적인 전송에 관한 연구가 이루어져야만 한다[18-20].

소형의 센서노드에서 대용량의 이미지 데이터를 전송하기 위해 많은 패킷을 전송하면 에너지의 빠른 고갈로 네트워크의 수명이 단축될 수 있으며 많은 패킷들이 집중되면서 네트워크에 혼잡을 야기시킬 수도 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 에너지 효율적인 전송 프로토콜이나 혼잡을 제어하는 프로토콜들이 적용될 수 있다. 하지만 기존의 프로토콜들은 이미지 데이터의 특성을 고려하지 않고 설계되었기 때문에 이미지 전송을 위한 특화된 전송 프로토콜이 필요하다[4,5,6,7]. JPEG와 같은 기존의 이미지 압축에 관한 대부분의 연구는 고사양의 PC와 같이 많은 컴퓨팅 자원을 갖는 환경을 기반으로 하고 있다. 최근의 무선 멀티미디어 센서 네트워크에 관한 연구들에서는 이미지 압축을 위한 전용 보

드를 추가로 부착하거나 이미지의 극히 일부의 영역에만 압축 기법을 적용하는 기법들이 제안되고 있다. 하지만 전용 보드를 추가하는 것은 구축비용이 증가하는 문제를 야기하며 많은 연산을 필요로 하는 고급의 압축 기법을 그대로 소형의 센서노드에 적용하기에는 무리가 있다[10-13].

본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 대표적인 멀티미디어 데이터인 이미지 데이터를 우선순위에 기반하여 전송하기 위한 이미지 전송 기법(Priority based Image Transmission Technique With Wavelet Transform)을 제안한다. 제안하는 PIT 기법은 이미지의 웨이블릿 변환을 통하여 나누어진 영역별로 서로 다른 우선순위를 설정한다. PIT 기법은 패킷의 우선순위에 따라 전달여부를 결정하도록 하여 중요한 데이터일수록 전송이 성공할 가능성을 높인다. 웨이블릿 변환의 특성상 데이터의 일부가 손실되더라도 최대한 전체적인 내용을 파악할 수 있는 장점이 있다. PIT에서는 연속적인 이미지 사이의 유사성을 고려한 저주파수 영역에서의 예측부호화(DPCM)을 통하여 이미지 데이터가 우선순위별로 균등하게 분포시킴으로써 화질저하를 최소화한다. 실험을 통하여 제안하는 기법이 데이터가 손실되더라도 높은 화질을 보장함을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 센서 네트워크에서 이미지를 압축하여 전송하기 위한 연구에 대해 알아본다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 PIT 기법을 기술하고, 4장에서는 실험을 통해 PIT기법의 성능을 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

무선 센서 네트워크에서 에너지 소모를 줄이기 위해 데이터 병합, 압축 등의 기법들이 연구되고 있다. 데이터 병합 기법은 무선 센서 네트워크 내에서 중복되는 데이터를 제거하여 데이터 전송량을 줄임으로써 에너지 소모를 줄인다. 데이터 압축 기법은 데이터 압축을 위해 사용되는 에너지 소모량 보다 데이터 전송을 위해 사용되는 에너지 소모량이 더 크다는 점에 초점을 맞추어 연구되고 있다[14,15,16,17].

무선 센서 네트워크에서 데이터양을 줄이기 위해 사용할 수 있는 압축 기법으로 Coding by Ordering, Pipelined In-Network Compression, Distributed Compression 등이 있다.

Coding by Ordering[2]은 동일지역에서 감지된 센서 데이터는 중복되는 경우가 많은 점에 착안하여 고안되었다. 이 기법은 센서노드들의 데이터 병합을 통해 전체적인 데이터의 크기를 줄여나가는 방식이다.

PINCO[3]는 데이터 전송에 사용되는 에너지 소모를 최소화하기 위해 데이터 전송 지연시간을 길게 하여 데이터를 교환한다. 센서노드가 감지한 데이터는 데이터 병합을 위해 센서노드의 버퍼에 잠시 저장된다. 센서노드의 버퍼에 데이터가 저장되어 있는 동안 데이터는 하나의 패킷 안에 적재되고, 패킷 내의 데이터 중복을 최소화하여 데이터 전송 횟수를 최소화한다.

현재 비디오 인코딩 기술은 모션 예측과 보상 기법을 활용하여 설계되기 때문에 많은 계산 능력이 요구되어, 무선 센서 네트워크에서 사용되기에 적합하지 않다. 따라서 Low-Complexity Video Compression [4]은 JPEG 데이터 압축 기법에 기반을 두어 계산의 복잡도를 줄였다. 이 알고리즘은 무선 비디오 감시 시스템을 위해 설계되었다.

멀티 흡 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].

무선 센서네트워크에서 wavelet에 기반하여 이미지를 전송하는 기법[25]이 제안되었으나 하나의 이미지 전송에 있어서 단순하게 네트워크 상태에 따라 wavelet 단계만 조절하는 단순한 방식을 사용하고 있다. 이에 반해 본 논문에서는 연속적인 이미지들을 전송할 경우에 이미지들 간의 유사성을 고려하여 DPCM압축을 적용하여 보다 효율적으로 여러 이미지를 전송할 수 있도록 하였다.

III. PIT (Priority based Image Transmission Technique With Wavelet Transform)

웨이블릿 변환은 신호의 성질을 주파수와 시간의 양측면에서 분석하여 부호화나 압축 등의 조작을 쉽게 할 수 있는 형태로 변환하는 기법의 하나이다. 이는 높은 압축률을 얻고 확장 가능한 전송을 지원하기 위하여 사용된다. 그림 1은 2차원 데이터에 대해 웨이블릿이 어떻게 동작하는지 보여준다. 입력 데이터는 1단계에서 저주파에서 고주파 순으로 <LL>, <LH>, <HL>, <HH> 성분으로 나뉘지만, 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].

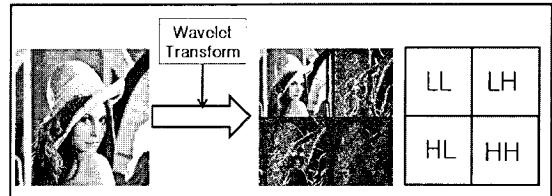


그림 1. 이미지의 웨이블릿 변환 예시

Fig. 1. Wavelet transform of image

웨이블릿 변환의 가장 큰 특징은 변환된 영역들 종에서 LL영역(저주파수영역)만 있어도 원본 이미지와 같은 형태의 이미지로 복원할 수 있다는 것이다. 즉 네 영역종에서 LL영역만 남고 나머지 영역이 손실되더라도 원본과 같은 형태의 이미지가 복원된다. 이때 원영상과 복원된 이미지의 차이는 복원된 이미지가 원본 이미지보다 흐려진다는 것이다. 이는 고주파수 영역(H)의 데이터가 없기 때문이다. LL영역에 나머지 고주파수 영역들이 추가되면 그만큼 복원된 이미지가 선명해진다. 즉 영역별로 중요도가 다르다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 이에 기반하여 영역별로 서로 다른 우선순위를 부여한다. 그림 2는 웨이블릿 변환된 이미지에 영역별 우선순위를 보여준다. 웨이블릿 변환 단계를 높일수록 영역이 더욱 세분화 되며 우선순위가 올라간다. 패킷 전

송시 노드의 상태가 네트워크 혼잡이나 에너지 소모등으로 인하여 이미지의 모든 데이터를 전송할 수 없는 경우 영역별 우선순위에 따라 패킷을 위로 전달하거나 버리거나 한다.

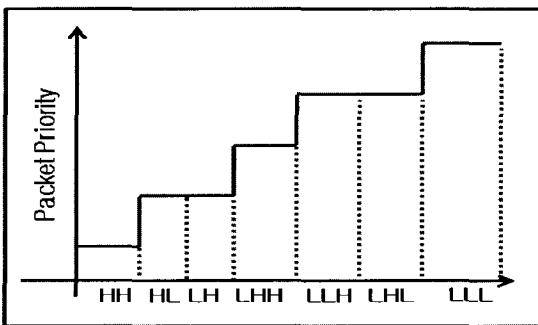


그림 2. 웨이블릿 변환과 패킷 우선순위
Fig 2. Packet Priority with wavelet

웨이블릿 변환의 또 다른 큰 특징들 중 하나는 이미지의 에너지가 LL영역으로 집중된다는 것이다. 그림 1에서 보듯이 LL영역에는 원 이미지의 대부분의 형태가 나타나지만 나머지 영역들에는 매우 흐릿한 형태만 나타난다. 이는 대부분의 이미지들이 고주파수는 적고 저주파수가 많기 때문이다. 웨이블릿 변환된 이미지에 엔트로피 코딩을 적용하면 고주파수 영역에서 많은 비트를 절약할 수 있으며 결과적으로 압축된 이미지의 영역별 비중을 보면 에너지가 가장 많이 남는 저주파수 영역(LL 영역)이 대부분을 차지한다. 이러한 특성은 이미지 압축에서 압축율을 높이는 데에는 도움이 되지만 본 논문에서 고려하는 우선순위에 따른 전송 기법에는 악영향을 미친다.

우선순위 기반 패킷 전송에서는 네트워크 상태가 좋으면 대부분의 패킷을 다음으로 전달하지만 네트워크 상태가 나빠지면 우선순위가 높은(중요도가 높은) 패킷만 전송하고 우선순위가 낮은 패킷은 버리게 된다. 웨이블릿 변환의 특성상 저주파수영역(우선순위가 높은 부분)만 있더라도 이미지의 선명도가 낮아질 뿐 형태는 유지를 하기 때문이다. 즉 네트워크 상태에 따라 이미지의 형태에 영향을 주는 것이 아니라 선명도에 영향을 주도록 하는 것이다. 그런데 앞서 살펴보았듯이 웨이블릿 변환된 이미지에 엔트로피 코딩을 적용하면 고주파수 영역이 차지하는 비중이 급격히 감소한다. 이를 달리 말하

면 우선순위가 낮은(중요도가 낮은) 부분의 비중이 매우 낮아져 네트워크 상태가 나빠졌을 때 버릴 패킷의 수가 적어진다는 것을 의미한다. 나빠진 네트워크 상태에 적응하기 위해 우선순위가 높은(중요도가 높은) 패킷을 버리게 되면 복원시 이미지의 선명도뿐만 아니라 형태에도 영향을 미치기 때문에 이미지의 화질이 급격히 낮아질 수 있다.

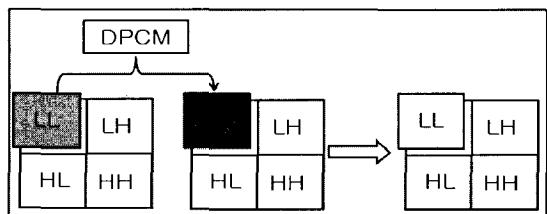


그림 3. 예측부호화(DPCM)적용
Fig 3. DPCM

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 3에서와 같이 이미지 압축시 저주파수 영역(LL Subband)에 대하여 두 연속적인 이미지 간에 예측부호화(DPCM)을 적용한다. 연속적인 이미지 간에는 유사성이 매우 높기 때문에 예측부호화를 적용하면 저주파수 영역의 에너지가 대폭 감소하는 효과를 가져올 수 있다. 저주파수 영역의 에너지량이 감소하면 같은 비트율을 생성하기 위해서 고주파수 영역에 더 많은 비트를 할당할 수 있기 때문에 저주파수 영역과 고주파수 영역의 비중차이가 줄어든다. 따라서 우선순위별로 할당되는 비트율이 균등해지며 이를 통하여 네트워크 상태가 나빠지는 경우 버릴 수 있는 고주파수 영역이 많아지기 때문에 이미지 복원시 같은 수의 비트로 전체적인 형태를 더 많이 유지할 수 있다. 예측부호화를 전체 이미지에 적용할 수도 있으나 웨이블릿 과정을 거치면 고주파수 영역에는 에너지가 거의 없기 때문에 저주파수 영역에서만 예측부호화를 수행해도 충분하다. 또한 저주파수 영역에서만 예측부호화를 수행하기 때문에 전체 이미지를 대상으로 예측부호화를 수행하는 것보다 예측부호화 연산량이 매우 적어지는 장점이 있다. 그림 3의 예시를 보면 저주파수 영역(LL subband)의 넓이는 전체 이미지 넓이의 1/4이기 때문에 예측부호화 연산량도 전체 이미지에 비해 1/4로 감소하는 것이다.

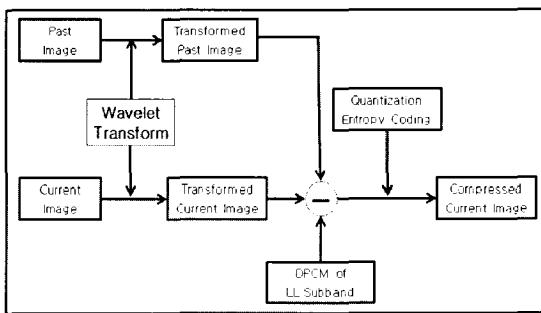


그림 4. PIT 압축기법의 인코딩 과정
Fig 4. Encoding process of PIT

그림 4와 5는 제안하는 PIT 압축기법의 인코딩 과정과 디코딩 과정을 보여준다. 앞서 살펴보았듯이 압축된 영역간의 비중을 균등하게 만들기 위해 웨이블릿 변환한 이미지의 저주파수 영역에 예측부호화를 적용해야 하기 때문에 현재 이미지와 이전 이미지에 대한 웨이블릿 변환이 필요하다.

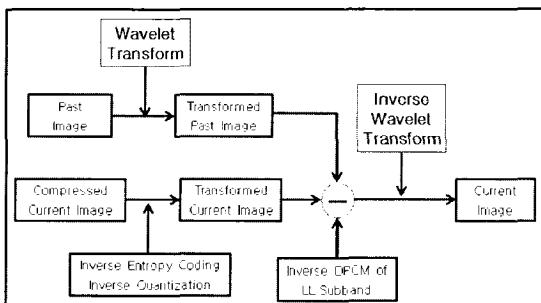


그림 5. PIT압축 기법의 디코딩 과정
Fig 5. Decoding process of PIT

예측부호화가 끝나면 양자화(Quantization)과 엔트로피 코딩(Entropy Coding)과정을 거친다. 양자화 과정을 거치면서 데이터의 손실이 발생하지만 전체적인 비트율을 조절할 수 있다. 양자화 레벨은 이미지의 복잡도와 원하는 타겟 비트율에 따라 달라진다. 양자화된 이미지 데이터는 엔트로피 코딩을 통해 비트단위로 저장된다. 디코딩 과정은 인코딩 과정의 반대 과정을 거친다.

IV. 실험 결과 및 분석

제안하는 PIT기법의 성능을 알아보기 위해 480X480 크기의 연속적인 두 이미지를 압축하였을 때의 PSNR과 영역별 비중을 살펴보았다. PIT기법을 통해 균등해진 영역별 비중이 데이터 손실이 이미지의 PSNR에 미치는 영향을 살펴봄으로써 제안하는 PIT기법의 우수함을 확인하고자 하였다. 인코딩 과정에서 저주파수 영역과 고주파수 영역의 에너지량이 다르기 때문에 두 영역에 서로 다른 레벨의 양자화를 적용하는 임베디드 양자화 기법을 적용하였다. 엔트로피 코딩에서는 심볼별로 발생빈도를 계산하여 발생빈도가 낮은 심볼에 너무 긴 비트가 할당되지 않도록 하였다. 저주파수 영역에 대해 예측부호화를 수행하지 않는 경우(Simple 기법[25])와의 비교를 통해 PIT기법의 성능을 확인하였다.

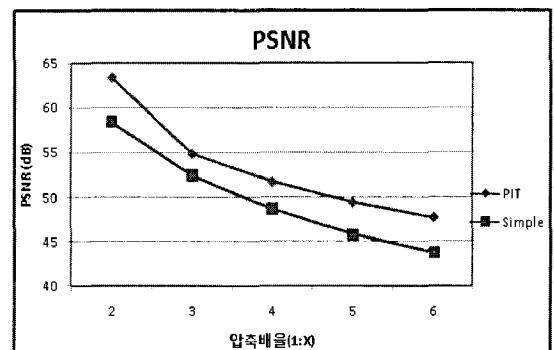


그림 6. 압축배율에 따른 PSNR변화
Fig 6. PSNR variation with CR

그림 6은 제안하는 PIT기법과 Simple기법과의 PSNR 변화 비교를 보여준다. 그래프에서 X축의 압축배율은 원본 이미지와 압축이미지의 크기 배율을 의미한다. 압축배율이 2이면 원본이미지가 압축이미지에 2배의 크기를 갖는 것을 의미한다. 압축배율이 높아질수록 압축율이 높아지며(비트율이 감소하며) 따라서 PSNR도 감소하는 것을 볼 수 있다. 그래프상에서 PIT기법과 Simple 기법 모두 압축율이 증가하면서 PSNR이 감소하지만 PIT기법이 Simple기법에 비해 평균적으로 5dB 이상 높게 나타나 PIT기법이 월등히 나은 화질을 보장함을 알 수 있다.

그림 7은 PIT기법을 통해 실험이미지가 압축되는 과정을 보여준다. 저주파수 영역에 대한 예측부호화를 위해 현재 이미지와 이전 이미지의 웨이블릿 변환된 이미지가 필요하며 두이미지 사이에 예측부호화를 적용하면 예시에서 보듯이 저주파수 영역에 에너지가 거의 남지 않는 것을 볼 수 있다. 예측부호화를 적용하기 전과 적용한 후를 비교해보면 예측부호화를 적용하기 전에는 원본이미지의 축소된 이미지가 저주파수 영역에 거의 유사하게 남아있으나 예측부호화를 수행하고 나면 원본 이미지를 확인하기 어려울 정도로 많은 에너지가 감소한 것을 볼 수 있다.

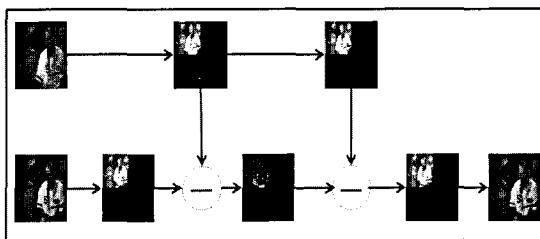


그림 7. 실험이미지의 인코딩/디코딩 과정 예시
Fig 7. Encoding and Decoding example

그림 7에서 살펴본 예측부호화의 효과를 그림 8과 9를 비교함으로써 확인할 수 있다. 그림 8은 Simple기법의 영역별 압축율을 나타내며 그림 9는 PIT기법의 영역별 압축율을 나타낸다. 그래프에서 Y축의 압축율은 원본이미지와 비교했을 때의 압축이미지의 크기를 나타낸다. 압축율이 낮을수록 압축이 많이 되어서 원본이미지에 비해 크기가 작아지는 것을 의미한다. 그림 8을 보면 Simple기법의 경우 LL영역(저주파수 영역)에 많은 에너지가 남아있기 때문에(원본이미지에 가까운 에너지가 남아있음) 다른 고주파수 영역들에 비해 매우 압축율이 높게 나타났으며 이 때문에 고주파수 영역은 압축율이 낮아져 압축배율이 증가하면서 크기가 급격히 작아지는 것을 볼 수 있다.

이에 반해 PIT기법의 결과를 보여주는 그림 9를 보면 LL영역의 압축율이 제일 높기는 하지만 전체적으로 유사한 압축율을 나타내며 저주파수 영역과 고주파수 영역 간에 압축율 차이가 크게 나타나지 않는 것을 볼 수 있다.

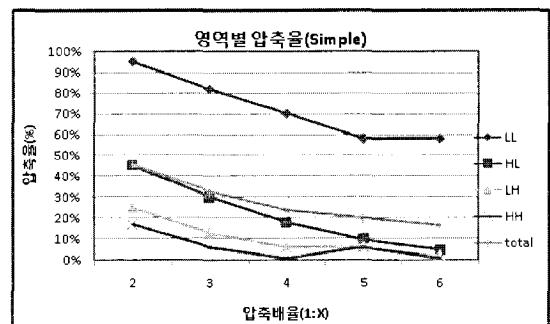


그림 8. 영역별 압축율 변화 (Simple기법)
Fig 8. Compression ratio with simple

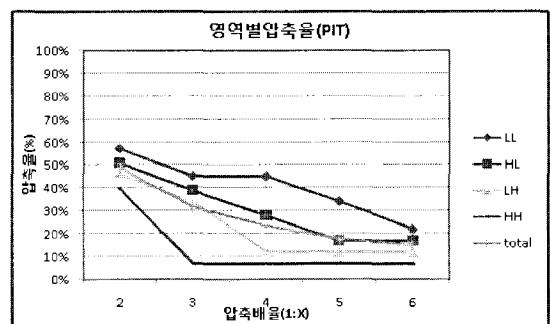


그림 9. 영역별 압축율 변화(PIT기법)
Fig 9. Compression ratio with PIT

그림 8과 9를 통하여 살펴본 압축율의 차이가 실제 압축된 이미지에서 어떠한 결과를 초래하는지 살펴보기 위해 압축된 이미지에서 영역별 차지하는 비율을 그림 10과 11에 나타내었다. 그림 10을 보면 압축배율이 증가하면서 저주파수 영역(LL영역)의 비중이 많이 증가하는 것으로 나타났다. 압축배율이 제일 작은 2의 경우에도 압축된 이미지의 반정도를 저주파수 영역이 차지하고 있어 비중이 높은 것을 볼 수 있으며 6배율로 압축되는 경우 대부분의 비트수를 저주파수 영역이 차지하고 고주파수 영역은 거의 남아있지 않은 것을 볼 수 있다. 따라서 이미지 전송시 네트워크 상태가 나빠져도 버릴 고주파수 영역의 데이터가 없기 때문에 저주파수 영역의 데이터를 버릴 수 밖에 없게 된다. 이럴 경우 복원된 이미지의 화질이 급격히 낮아질 수 있다.

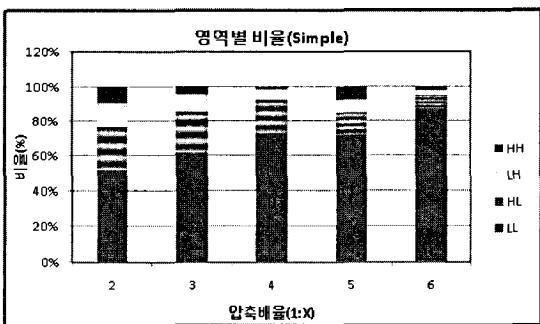


그림 10. 영역별 비율(Simple 기법)
Fig 10. Area ratio with Simple

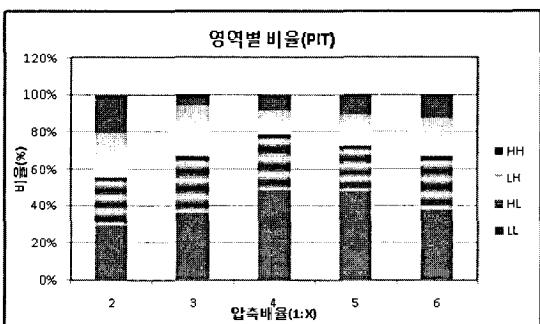


그림 11. 영역별 비율(PIT기법)
Fig 11. Area ratio with PIT

이에 반해 PIT기법으로 압축된 이미지의 영역별 비율을 나타내는 그림 11을 보면 그림 10의 Simple기법에 비해 저주파수 영역(LL영역)이 차지하는 비율이 크게 감소한 것을 볼 수 있다(50% 정도 내외). 이는 앞서 살펴보았듯이 PIT기법에서는 저주파수 영역에 대하여 예측부호화를 수행하기 때문에 저주파수 영역에 남는 에너지량이 매우 많이 감소하고 이로 인하여 고주파수 영역들이 차지할 비중이 크게 증가한 것이다. 이와 더불어 Simple기법에서는 고주파수 영역들의 비율도 적고 압축배율이 증가하면 급격히 감소하는 것을 볼 수 있는데 PIT기법에서는 각 고주파수 영역 별로 거의 균등한 비율을 차지하는 것을 볼 수 있으며 압축배율이 증가하더라도 균등성이 크게 줄어들지 않는 것을 볼 수 있다. PIT기법으로 압축된 이미지 전송 중 네트워크 상태가 나빠지면 우선순위가 낮은 고주파수 영역들의 데이터가 많기 때문에 이미지의 전체적인 형태의 손상을 크게 줄일 수

있다.

영역별 비율의 차이가 어떠한 영향을 미치는지 살펴보기 위해 압축된 이미지의 일부가 손실되었을 때 이미지의 PSNR이 어떻게 변하는지 살펴보았다. 그림 12는 압축된 이미지의 데이터를 10%에서 80%까지 제거한 경우의 PSNR을 보여준다. 네트워크 상태가 나빠지면 우선순위가 낮은 고주파수 영역부터 버려지는데 이미지파일은 저주파수 영역에서부터 고주파수 영역 순으로 나열되어 저장되기 때문에 파일의 끝부분부터 일정부분의 데이터를 제거한 후 디코딩과정을 거쳐 나온 이미지와 압축전 원본이미지와의 비교를 통해 PSNR을 계산하였다. 그림 12를 보면 Simple기법의 경우 데이터 손실이 없는 경우 PIT기법과 유사하게 매우 높은 PSNR을 나타내고 있으나 약간에 데이터 손실만으로도 PSNR이 급격히 감소하여 거의 절반 수준으로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이에 반해 PIT기법은 Simple기법에 비해 높은 PSNR을 유지하는 것을 볼 수 있어 PIT기법이 월등히 나은 성능을 나타낸을 확인할 수 있다.

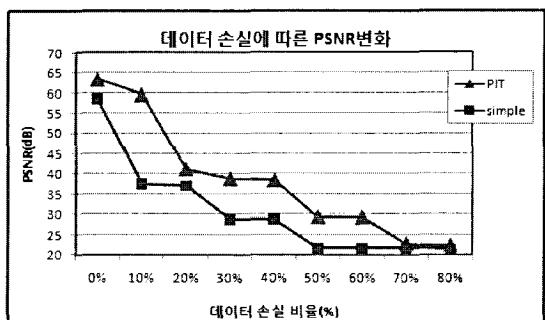


그림 12. 데이터 손실에 따른 PSNR변화 비교
Fig 12. PSNR Comparison with data loss

V. 결론

본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 대표적인 멀티미디어 데이터인 이미지 데이터를 우선순위에 기반하여 전송하기 위한 이미지 전송 기법IT기법을 제안하였다. 제안하는 PIT 기법은 이미지의 웨이블릿 변환을 통하여 나누어진 영역별로 서로 다른 우선순위를 설정하도록 하였다. PIT기법은 패킷의 우선순위에 따라 전

달 여부를 결정하도록 하여 중요한 데이터일수록 전송이 성공할 가능성을 높일 수 있도록 하였다. 웨이블릿 변환의 특성상 데이터의 일부가 손실되더라도 최대한 전체적인 내용을 파악할 수 있는 장점을 활용하였다. PIT에서는 연속적인 이미지 사이의 유사성을 고려한 저주파수 영역에서의 예측부호화(DPCM)을 통하여 이미지 데이터가 우선순위별로 균등하게 분포시킴으로써 화질열화를 최소화할 수 있었다. 실험을 통하여 제안하는 기법이 데이터가 손실되더라도 높은 화질을 보장함을 보였다.

참고문헌

- [1] Naoto Kimura, and Shahram Latifi, "A Survey on Data Compression in Wireless Sensor Networks," In Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2005.
- [2] D. Petrovic, R. C. Shah, K. Ramchandran, and J. Rabaey, "Data Funneling: Routing with Aggregation and Compression for Wireless Sensor Networks," In Proceedings of First IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, May 2003.
- [3] T. Arici, B. Gedik, Y. Altumbasak, and L. Liu, "PINCO: a Pipelined In-Network Compression Scheme for Data Collection in Wireless Sensor Networks," In Proceedings of 12th International Conference on Computer Communications and networks, October 2003.
- [4] E. Magli, M. Mancin, and L. Merello, "Low-Complexity Video Compression for Wireless Sensor Networks," In Proceedings of 2003 International Conference on Multimedia and Expo, July 2003.
- [5] Mansour A. Aldajani, and Ali H. Sayed, "Adaptive Differential Pulse-Soded Modulation with Exponential Tracking," In Proceedings of International Conference on Image and Signal Processing and Analysis, September 2003.
- [6] wavelet.org, <http://www.wavelet.org/>
- [7] P. F. Panter and W. Dite, "Quantization distortion in pulse-count modulation with nonuniform spacing of levels," Proc. I.R.E., vol. 39, pp.44-48, 1951
- [8] I. F. Akyildiz, T. Melodia, K. R. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks", Computer Networks, 51:921-960, 2007.
- [9] S. Mishra, M. Reisslein, G. Xue, "A Survey of Multimedia Streaming in Wireless Sensor Networks", IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2008.
- [10] E. Gurses, O. B. Akan, "Multimedia Communication in Wireless Sensor Networks," Annals of Telecommunications, vol. 60, no. 7-8, pp. 799-827, July-August 2005.
- [11] C.Y. Wan, A.T. Cambell, L. Krishnamurthy, "PSFQ: a reliable transport protocol for wireless sensor networks", Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, ACM Press, 2002, pp. 1-11.
- [12] F. Stann, J. Heidemann, "RMST: reliable data transport in sensor networks", 1st IEEE International Workshop on Sensor Net Protocols and Applications(SNPA), Anchorage, Alaska, USA, 2003.
- [13] P.G. Sherwood, K. Zerger, "Error protection for progressive image transmission over memoryless and fading channels", IEEE Transactions on Communications 46(12)(1998) 1555-1559.
- [14] A. Mohr, E. Riskin, R. Ladner, "Unequal loss protection: graceful degradation of image quality over packet erasure channel through forward error correction", IEEE Journal on Selected Areas in Communications 18(6)(2000) 819-828.
- [15] K. W. Lee, R. Puri, T. Kim, K. Ramchandran, V. Bharghavan, "An integrated source and congestion control frame-work video streaming in the Internet", Proceedings on Infocom, Tel-Aviv, Israel, 2000.
- [16] H. Wu, A. A. Abouzeid, "Error Robust Image Transport in Wireless Sensor Networks", Proceeding of 5th workshop on Applications and Services in Wireless Networks(ASWN 2005)

- [17] H. Wu, A. A. Abouzeid, "Error resilient image transport in wireless sensor networks", Computer Networks, 50 2873 - 2887, 2007.
- [18] V. Lecuire, C. Duran-Faundez, N. Krommenacker, "Energy-Efficient Transmission of Wavelet-Based Images in Wireless Sensor Networks," EURASIP Journal on Image and Video Processing, vol. 2007, Article ID 47345, 11 pages, 2007.
- [19] S. Shakkottai, T. S. Rappaport, C. Karlsson, "Cross-layer Design for Wireless Networks", IEEE Communications magazine, October, 2003
- [20] Comer, Douglas E. "Internetworking with TCP/IP, Volume 1: Principles, Protocols, and Architecture", Prentice Hall, 1995. ISBN 0132169878
- [21] Peterson, Larry L. & Davie, Bruce S. "Computer Networks: A Systems Approach", Morgan Kaufmann, 2000
- [22] S. Doley, A. Keizelman, "Non-Preemptive Real-Time Scheduling of Multimedia Tasks", Real-Time Systems, vol. 17, Issue 1, 1999
- [23] A. Woo, T. Tong, D. Culler. "Taming the underlying challenges of reliable multihop routing in sensor networks." In Proceedings of the first international conference on Embedded networked sensor systems, pages 14 - 27. ACM Press, 2003.
- [24] Y. Sankarasubramaniam, O. B. Akan, I. F. Akyildiz, "ESRT: Event-to-Sink Reliable Transport in Wireless Sensor Networks," in Proc. ACM MOBIHOC 2003, pp. 177-188, Annapolis, Maryland, USA, June 2003
- [25] V. Lecuire, C. Duran-Faundez, and N. Krommenacker, "Energy-Efficient Transmission of Wavelet-Based Images in Wireless Sensor Networks," EURASIP Journal on Image and Video Processing, vol. 2007

저자소개



이좌형(Joa-Hyoung Lee)

2003년 강원대학교 정보통신공학과
(공학사)
2005년 강원대학교 컴퓨터정보통신
공학과(공학석사)

2005년 ~ 현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과
(박사과정)

※ 관심 분야: 멀티미디어 시스템, 센서 네트워크



정인범(In-Bum Jung)

1985년 고려대학교 전자공학 학사
1985년~1995년(주) 삼성전자 컴퓨터
시스템사업부 선임 연구원
1992년~1994년 한국과학기술원
정보통신공학과 공학석사

1995년 ~ 2000년 8월 한국과학기술원 전산학과
공학박사

2001년 ~ 현재 강원대학교 컴퓨터정보통신공학전공
교수

※ 관심분야: 멀티미디어 시스템, 센서네트워크