

## 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 고효율 데이터 압축 기법

### A High-efficiency Data Compression Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks

박준호, 류은경, 손인국, 유재수  
충북대학교 전기·전자·정보·컴퓨터학부 정보통신  
공학전공

Junho Park, Eunkyung Ryu, Ingoon Son, Jaesoo Yoo  
Chungbuk National Univ.

#### 요약

최근 무선 센서 네트워크는 멀티미디어 센서 노드에서 비디오나 이미지와 같은 멀티미디어 데이터 수집을 바탕으로 고품질의 모니터링을 수행한다. 그러나 멀티미디어 데이터는 크기가 매우 크므로 데이터 전송 과정에서 특정 노드에 과도한 에너지 소모를 야기하여 전체 네트워크 수명이 감소하는 문제점이 있다. 이러한 점을 고려하여, 본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 고효율 데이터 압축 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 멀티미디어 데이터의 특성을 고려한 낮은 순위 비트 데이터 삭제 기반의 1단계 압축 및 중국인의 나머지 정리 기반의 2단계 압축으로 구성된 다중 압축을 수행함으로써 데이터 크기를 감소시킨다. 성능평가 결과, 기존 압축 기법에 비해 데이터 전송률이 평균 약 56% 감소하였다.

## I. 서론

최근 하드웨어 기술과 모니터링 기법의 발달에 따라 멀티미디어 센서 모듈을 활용함으로써 음성이나 영상과 같은 멀티미디어 데이터 수집을 기반으로 하는 응용이 점차 확대되고 있다. 이러한 멀티미디어 데이터는 기존 센서 네트워크의 단순 수치 데이터와 달리 크기가 매우 크므로 데이터 전송 수행 시 특정 노드에 과도한 에너지 소모를 발생시키며, 그로 인한 네트워크 수명 감소 문제가 발생한다[1].

무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 성능 향상을 위한 대표적인 연구로서 멀티미디어 데이터 압축 기법이 활발하게 진행되고 있다. 지금까지 제안된 데이터 압축에 대한 연구는 크게 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 압축, EZW(Embedded Zero-tree Wavelet) 등과 같은 신호 압축 기법과 Pyramidal, 벡터 양자화 등과 같은 코드 압축 기법으로 구분된다[2]. 이러한 기존 압축 기법은 데이터 압축 수행을 위해 많은 연산 비용과 임시 데이터를 저장하기 위한 대용량의 메모리를 필요로 하므로 제한적인 에너지와 한정적인 컴퓨팅 성능을 기반으로 구동되는 무선 센서 네트워크의 특성에 적합하지 못하다. 뿐만 아니라, 압축 연산 수행을 위한 추가적인 하드웨어 모듈의 탑재를 필요로 하므로, 구축비용 측면에서도 적합하지 않다. 이를 고려하여, [3]에서는 멀티미디어 데이터에 대한 중국인의 나머지 정리 기반의 새로운 압축 기법을 제안하였다. [3]은 센서 네트워크의 특성 및 한계를 고려한 효율적인 멀티미디어 데이터 압축 기법을 제시했다는 의의를 가진다. 하지만, 한정된 에너지를 기반으로 구동되고 전송 데이터 크기에 비례하여 에너지가 소모되는 센서 네트워크의 특성을 고려할 때, 더욱 고효율 압축 기법의 연구가 요구되고 있다.

본 연구는 농림수산식품부(생명, 첨단, 수출, 식품, 수산)기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

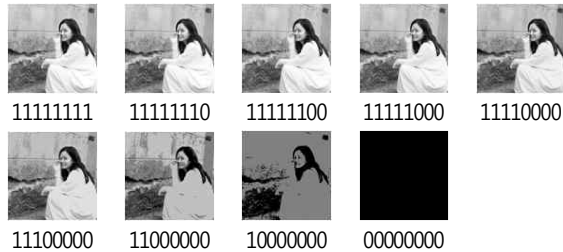
본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 새로운 고효율 데이터 압축 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 수집되는 멀티미디어 데이터의 특성을 고려하여 품질에 큰 영향을 주지 않는 낮은 순위 비트 데이터 삭제하여 1차 압축을 수행한다. 또한, 삭제되지 않은 전송 대상 비트 데이터에 대한 중국인의 나머지 정리 기반의 2단계 압축을 수행한다. 이러한 다중 압축을 수행함으로써 멀티미디어 데이터 크기를 크게 감소시키는 것이 가능하다. 이를 통해, 에너지 소모를 최소화하는 것이 가능하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

## II. 제안하는 데이터 압축 기법

앞서 언급한 바와 같이, 센서 노드는 제한적인 에너지와 한정적인 컴퓨팅 성능을 기반으로 구동되므로 데이터 압축의 수행을 위해 별도의 압축 모듈을 필요로 한다. 그러므로 원본 데이터를 전송하는 것이 일반적이다. 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 수집되는 영상 데이터는 픽셀 단위의 데이터 비트 구조로서, 각 픽셀은 색상 채널(R,G,B)당 8개의 비트 데이터 정보(0 ~ 255)를 가지며, 같은 비트 데이터는 한 대 묶여 하나의 비트-평면으로 구성된다. 결과적으로, 하나의 컬러 영상은 총 24개의 비트-평면으로 구성된다. 각 비트-평면의 데이터 크기는 모두 동일하지만, 표현 가능한 정보의 양 및 비중은 동일하지 않다. 예를 들어, 최상위 7번 비트-평면의 각 비트는 128을 표현 가능하지만 최하위 0번 비트-평면의 각 비트는 1을 표현 가능하다. 다시 말해, 상위 비트-평면은 큰 색상 변화를 나타내고, 하위 비트-평면은 작은 색상 변화를 나타낸다.

이러한 분석을 바탕으로, 그림 1는 비트-평면 데이터의 삭제에 따른 영상 품질의 변화를 실험 평가한 결과이다. 상위 비트-평면 데이터를 삭제할 경우, 많은 정보가 삭제되어 원본 데이터 품질에 심각한 손실이 발생하지만, 하

위 비트-평면 데이터를 삭제할 경우, 상대적으로 적은 정보가 삭제되어 원본 데이터 품질에 큰 영향을 미치지 않는다. 결과적으로, 모든 비트-평면 데이터를 전송할 수 없는 상황에서는 최하위 인접 비트-평면 데이터를 삭제하는 것이 가능한 높은 품질을 유지할 수 있다. 제안하는 기법에서는 이러한 사실을 기반으로 영상 데이터에 대한 1차 압축을 수행한다.



▶▶ 그림 1. 비트-평면 삭제에 따른 영상 품질 변화

1차 압축 수행 결과에 따라 소수의 비트-평면 데이터만이 전송 대상 데이터로 구분된다. 제안하는 기법에서는 이러한 전송 대상 데이터에 대해 중국인 나머지 정리 기반 2차 압축을 수행한다. 중국인 나머지 정리를 통해 제수와 나머지를 알고 있을 경우, 이를 만족하는 최소의 피제수를 구하는 것이 가능하다. 이런 특성을 이용하여 한정적인 에너지와 통신 대역폭을 가진 센서 네트워크에 있어서 전체 데이터를 전송하는 것이 아닌 나머지 데이터만을 전송하여, 임의의 노드에서 원래 데이터로 복원하는 것이 가능하다. 결과적으로 데이터 압축 효과로 인한 에너지 소모의 감소가 가능하다. 제안하는 기법에서는 다음의 중국인 나머지 정리 기반 압축 기법의 정리를 활용한다.

[정리 1] 기지국은 이미지 데이터를 표현하기 위해 필요한 데이터 크기인  $2\omega$  를( $\omega$ =이미지 비트 수)인지한다.  
 [정리 2]  $P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n > 2\omega$  를 만족하는 최소 소수 집합이 존재하며, 최소 소수 집합으로 나눈 나머지를 인지할 경우 본래 데이터로 복원이 가능하다.  
 [정리 3] 기지국에서의 원본 데이터의 복원 용이성을 위해 최소 소수 집합은 연속된 소수로 한정한다.

제안하는 기법에서는 이러한 다중 압축 기법을 활용하여 에너지 소모를 최소화하는 것이 가능하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

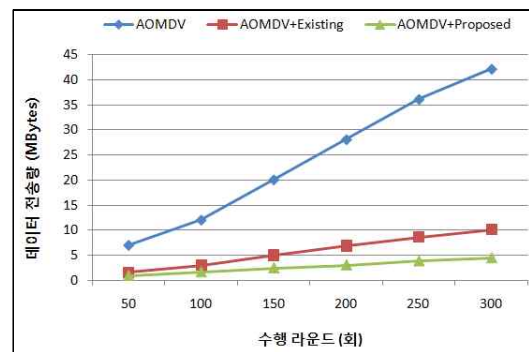
### III. 성능 평가 및 분석

본 절에서는 제안하는 기법의 우수성을 입증하기 위해, 압축 기법 미적용한 멀티미디어 데이터 전송 기법[3] 및 기존 압축 기법을 적용한 멀티미디어 데이터 전송 기법[4]과의 시뮬레이션을 통한 성능 비교 평가를 수행하였다. 본 시뮬레이션은 표 1과 같은 성능 평가 환경을 구축하여 수행하였다.

표 1. 성능 평가 환경

| 환경변수                | 설정값             |
|---------------------|-----------------|
| 센서 네트워크의 크기 (m × m) | 200 × 200       |
| 센서 노드의 수 (EA)       | 400             |
| 센서 노드의 통신 반경 (m)    | 25              |
| 멀티미디어 데이터 포맷        | QCIF(174 × 144) |

그림 2는 수행 시간에 따른 데이터 전송량을 비교 평가한 결과이다. 네트워크 내 데이터 전송량은 최초 소스 노드에서 전송하는 데이터 크기에 비례한다. 그러므로 압축 기법을 미적용한 데이터 전송 기법은 소스 노드에서 수집한 원본 영상을 싱크 노드로 전송하므로 데이터 전송량이 크게 증가한다. 또한, 기존 압축 기법을 적용한 데이터 전송 기법은 수집한 원본 영상의 모든 비트-평면 데이터를 압축 및 전송하여 데이터 크기의 감소가 제한적이다. 그러나 제안하는 기법은 원본 영상의 일부 비트-평면에 대한 압축을 수행하므로 데이터 크기가 크게 감소한다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 압축 기법에 비해 데이터 전송량이 평균 약 55.6% 감소하였다.



▶▶ 그림 2. 수행 시간에 따른 데이터 전송량

### IV. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 대용량 데이터의 문제점을 분석하고, 데이터 크기를 최소화하기 위한 새로운 압축 기법을 제안하였다. 제안하는 기법에서는 멀티미디어 데이터의 특성을 고려한 낮은 순위 비트 데이터 삭제 기반의 1단계 압축 및 중국인의 나머지 정리를 기반의 2단계 압축으로 구성된 다중 압축을 수행함으로써 데이터 크기를 감소시키면서도 고품질 데이터를 제공하는 것이 가능하다. 성능 평가 결과, 기존 압축 기법에 비해 데이터 전송률이 평균 약 56% 감소하였다. 향후 연구로는 압축 데이터의 특성을 고려한 효율적인 전송 기법을 집중하는 것이다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] I. F. Akyildiz, T. Melodia and K. R. Chowdhury, "A Survey on Wireless Multimedia Sensor Networks," Computer Networks, vol.51, no.4, pp.921-960, 2007.
- [2] L. W. Chew, L.-M. Ang and K. P. Seng, "Survey of Image Compression Algorithms in Wireless Sensor Networks," Proc. of the International Symposium on Information Technology (ITSim '08), pp.1-9, 2008.
- [3] H. Lee, J. Park, D. Seong, J. Yoo, "An Energy-Efficient Data Compression and Transmission Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks," Journal of KIISE: Information Networking, vol.39, no.3, pp.258-266, 2012.
- [4] C. Yousef, W. Naoka and M. Masayuki, Network-Adaptive Image and Video Transmission in Camera-Based Wireless Sensor Networks, Proc. of the ACM/IEEE Conference on Distributed Smart Cameras, pp.336-343, 2007.