

# 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 동적 영역 압축 기법

## An Energy-Efficient Dynamic Area Compression Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks

박준호, 류은경, 손인국, 유재수

충북대학교 전기·전자·정보·컴퓨터학부 정보통신공학전공

Junho Park(junhopark@chungbuk.ac.kr), Eunkyung Ryu(lyk1728@hanmail.net),  
Ingoon Son(dlsrnr94422@nate.com), Jaesoo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)

### 요약

최근 무선 센서 네트워크는 멀티미디어 센서 모듈을 활용한 멀티미디어 데이터 수집을 기반으로 하는 고품질의 모니터링에 대한 요구가 증가하고 있다. 그러나 기존 센서 네트워크에서 수집되는 수치 데이터와 달리 멀티미디어 센서 네트워크에서 수집되는 데이터는 크기가 매우 크므로 데이터를 수집하는 과정에서 특정 노드의 과도한 에너지 소모 및 네트워크 성능 저하 문제가 발생한다. 본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 동적 영역 압축 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 중국인의 나머지 정리와 동적 변화 영역 감지 및 분할 알고리즘에 기반을 둔 수집 데이터의 데이터 압축 및 전송을 수행함으로써 대용량 멀티미디어 데이터 전송에서 발생하는 에너지 소모를 최소화한다. 성능평가 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 데이터 압축률은 평균 37% 향상되었고, 데이터 전송량은 평균 56% 감소하였으며, 그에 따른 노드 생존율은 평균 14% 증가함을 보임으로써 그 우수성을 확인하였다.

■ 중심어 : | 무선 멀티미디어 센서 네트워크 | 멀티미디어 데이터 | 중국인의 나머지 정리 | 동적 영역 | 압축 |

### Abstract

In recent years, the demands of multimedia data in wireless sensor networks have been significantly increased for the high-quality environment monitoring applications that utilize sensor nodes to collect multimedia data. However, since the amount of multimedia data is very large, the network lifetime and network performance are significantly reduced due to excessive energy consumption on particular nodes. In this paper, we propose an energy-efficient dynamic area compression scheme in wireless multimedia sensor networks. The proposed scheme minimizes the energy consumption in the huge multimedia data transmission process by compression using the Chinese Remainder Theorem(CRT) and dynamic area detection and division algorithm. Our experimental results show that our proposed scheme improves the data compression ratio by about 37% and reduces the amount of transmitted data by about 56% over the existing scheme on average. In addition, the proposed scheme increases network lifetime by about 14% over the existing scheme on average.

■ keyword : | Wireless Multimedia Sensor Networks | Multimedia Data | Chinese Remainder Theorem | Dynamic Area | Compression |

\* 본 연구는 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원과 농림수산식품부 (생명, 첨단, 수출, 식품, 수산)기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

접수일자 : 2013년 08월 26일

심사완료일 : 2013년 12월 02일

수정일자 : 2013년 11월 29일

교신저자 : 유재수, e-mail : yjs@chungbuk.ac.kr

## I. 서론

지난 10여년간 컴퓨팅 기술의 비약적인 발전과 신호 처리 기술, 소형 전자 장치 개발 기술, 무선 통신 기술이 발전함에 따라 소형화, 저비용, 저전력의 무선 센서 노드가 등장과 함께 이를 활용한 다양한 응용이 가능하게 되었다. 무선 센서 네트워크는 무인으로 주변의 환경적 상황의 탐지가 가능한 센서 모듈을 탑재한 독자적인 무선 센서 노드로 구축된 네트워크이다. 다수의 센서 노드 간의 통신으로 이루어지는 센서 네트워크는 사람이 직접 수집하기 어려운 데이터들을 수집하고자 다양한 환경에 설치되어 현상에 대한 감시, 정보의 전달, 이웃 노드와의 협동 작업 등을 수행한다[1-3]. 이러한 센서 네트워크는 야생 환경 모니터링, 안전 모니터링, 군사 목적의 모니터링 등 특수 응용 분야에서부터 스마트 도시, 화재 감지, 환경오염 모니터링, 생체 의료 모니터링 등 생활 응용 분야에 이르기까지 그 활용 범위가 방대하며, 대상 정보에 대한 정확한 측정과 신뢰성 있는 데이터의 수집 및 전달을 요구한다[4].

최근 하드웨어 기술과 모니터링 기법이 발달에 따라 멀티미디어 센서 모듈을 활용함으로써 음성이나 영상과 같은 멀티미디어 데이터 수집을 기반으로 하는 응용이 점차 확대되고 있다. 이러한 멀티미디어 데이터는 단순 수치 데이터와 달리 크기가 매우 크므로 데이터 전송 수행 시 특정 노드에 과도한 에너지 소모를 발생시키며, 그로 인한 네트워크 수명 감소 문제가 발생한다. 또한, 대용량 데이터의 전송 과정에서의 채널 점유 시간 증가로 인한 혼잡 상황이 빈번하게 발생하고, 이는 궁극적으로 데이터 전송 실패에 따른 모니터링 품질 저하로 이어진다. 하지만 네트워크 성능 향상을 위해 기존 무선 센서 네트워크 환경에서의 기반 기술을 무선 멀티미디어 센서 네트워크에 접목하는 것은 수집되는 데이터의 형태가 완전히 다르므로 거의 불가능하다. 그러므로 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서의 대용량 데이터 수집 환경을 고려한 새로운 기반 기술에 대한 연구는 필수적이다[5-7].

무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 성능 향상을 위한 대표적인 연구로서 멀티미디어 데이터 압축 기법이

활발하게 진행되고 있다. 지금까지 제안된 데이터 압축에 대한 연구는 크게 신호 압축 기법과 코드 압축 기법으로 구분된다[6]. 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, [9]에서는 멀티미디어 데이터에 대한 중국인의 나머지 정리[10] 기반의 새로운 압축 기법을 제안하였다. 또한, [11]에서는 무선 멀티미디어 센서 데이터의 특성을 고려하여 비트-평면 사색 기반의 고효율 압축을 제안하였다. [9][11]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 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 동적 영역 압축 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 멀티미디어 센서 네트워크의 배포 환경 및 모니터링 특성을 고려하여 수집 데이터의 동적 변화 영역을 감지 및 해당 영역을 전송 영역으로 추출하기 위한 분할 알고리즘을 제시한다. 또한, 동적 변화 영역에 대한 중국인의 나머지 정리 알고리즘을 활용한 압축 알고리즘을 제시한다. 이를 통해, 동적 변화 영역에 대한 부분적인 압축 및 전송을 수행함으로써 에너지 소모를 최소화하는 것이 가능하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기존에 제안된 멀티미디어 데이터 압축 기법의 문제점과 본 연구 목적을 설명한다. 제3장에서는 제안하는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 고효율 데이터 압축 기법을 기술한다. 제4장에서는 기존 기법과의 성능 평가를 통해 제안하는 기법의 우수성을 보이며, 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. 관련연구

무선 센서 네트워크 환경에서 수집 데이터의 전송 비용을 감소시키기 위한 다양한 기법의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 센싱 데이터를 수집하는 과정에서 통신에 사용되는 전력 소모를 줄이기 위한 센서 데이터 압축 기법은 압축을 위한 연산에 사용되는 전력 소모량보다 데이터 송수신을 위한 통신에 사용되는 전력 소모량이 크다는 점에 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있다. 따라서 한정된 에너지를 기반으로 동작하는 센서 노드 간의 통신비용을 감소시키기 위한 원본 데이터의 압축을 수행함으로써 통신비용을 감소시키는 다양한 압축 기법들이 제안되었다.

지금까지 제안된 데이터 압축에 대한 연구는 크게 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반 압축[12], EZW(Embedded Zero-tree Wavelet)[13] 등과 같은 신호 압축 기법과 Pyramidal[14], 벡터 양자화[15] 등과 같은 코드 압축 기법으로 구분된다[8]. 그러나 이러한 압축 알고리즘은 센서 네트워크의 특성 및 환경을 고려하여 연구된 알고리즘이 아니므로 데이터 압축 수행을 위해 많은 연산 비용과 임시 데이터를 저장하기 위한 대용량의 메모리를 필요로 한다. 특히, 제한적인 에너지와 한정적인 컴퓨팅 성능을 기반으로 구동되는 무선 센서 노드의 특성을 고려할 때 센서 네트워크에서의 활용은 거의 불가능하다. 뿐만 아니라, 압축 연산 수행을 위한 추가적인 하드웨어 모듈의 탑재를 필요로 하므로 구축비용 측면에서도 적합하지 않다.

이러한 문제점을 고려하여, [9]에서는 센서 네트워크의 특성을 고려한 멀티미디어 데이터에 대한 중국인의 나머지 정리[10] 기반의 새로운 압축 기법을 제안하였다. 중국인의 나머지 정리는 연립 항등식을 하나의 항등식으로 만드는 것에 대한 정리로써, 정보과학 분야의 다양한 응용에서 활용되고 있는 중요한 정리이다. 중국인의 나머지 정리를 활용하여 제수와 나머지를 알고 있을 경우, 이를 만족하는 최소의 피제수를 구하는 것이 가능하다. 이런 특성을 이용하여 한정적인 에너지와 통신 대역폭을 가진 센서 네트워크에 적용할 경우, 전체 데이터를 전송하는 것이 아닌 나머지 데이터를 전송하

여 목적지 노드에서 원래 데이터로 복원하는 것이 가능하므로 데이터 압축 효과로 인한 에너지 소모를 감소시키는 것이 가능하다. [9]에서는 중국인 나머지 정리와 다음의 가정을 활용한다.

[정의 1] 기지국은 원본 이미지 데이터 및 부분 이미지 데이터인 블록 데이터를 표현하기 위해 필요한 데이터 크기인  $2^w$ 를( $w$  = 멀티미디어 데이터 비트 수) 인지하고 있다.

[정의 2]  $P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n > 2^w$  ( $n \geq 2$ )를 만족하는 최소 소수 집합이 존재하며, 최소 소수 집합으로 나눈 나머지를 인지할 경우 본래 데이터로 복원이 가능하다.

[정의 3] 기지국에서의 원본 데이터 및 블록 데이터의 복원 용이성을 위해 최대 소수 집합은 연속된 소수로 한정한다.

위의 가정과 중국인 나머지 정리를 바탕으로 데이터 전송 경로 구축에 따른 패킷 분할 수를  $N$ , 수집 멀티미디어 데이터의 비트 수를  $w$ 라고 정의할 때, 원본 데이터를 표현 가능한  $N$  개의 연속된 최소 소수 집합을 선정하고, 해당 소수를 바탕으로 데이터 분할 및 압축을 수행한다. [그림 1]은 중국인의 나머지 정리를 이용한 멀티미디어 데이터의 압축 및 분할의 예를 나타낸다. 원본 데이터 크기가 40Bits이라고 가정하고, 패킷 분할 수  $N$ 은 7인 경우, 최소 소수 집합  $MPS = \{43, 47, 53, 59, 61, 67, 71\}$ 가 된다. 각 메시지의 데이터는 최소 소수 집합으로 원본 데이터를 나눈 나머지 및 비트 식별자를 함께 전송한다. 모듈러스(나머지) 연산의 특성 상, 나머지는 제수보다 항상 작은 데이터가 생성되므로 메시지 전송에 있어서 원본 데이터 전체를 전송하는 것보다 큰 이득을 갖는 것이 가능하다. 목적지 노드는 전체 분할 패킷을 수신한 후, 나머지 데이터 및 비트 식별자를 기반으로 중국인의 나머지 정리를 이용하여 데이터 복원을 수행한다.

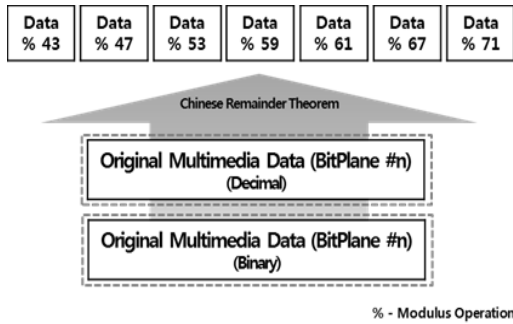


그림 1. 중국인의 나머지 정리를 활용한 멀티미디어 데이터의 압축 및 분할

[9]는 메시지의 분할을 수행함과 동시에 소수의 집합을 사용하여 분할 데이터에 대한 압축을 수행함으로써 전송되는 패킷의 크기를 크게 감소시키므로 센서 네트워크의 특성 및 한계를 고려한 효율적인 멀티미디어 데이터 압축 기법을 제시했다는 의의를 가진다. 하지만, 매 주기마다 수집되는 전체 멀티미디어 데이터를 대상으로 압축을 수행하여 전송되는 데이터는 기존의 전통적인 센서 네트워크에서 전송되는 데이터에 비해 여전히 크기가 크다. 그러므로 한정된 에너지를 기반으로 구동되고, 전송 데이터 크기에 비례하여 에너지가 소모되는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 특성을 고려하여 더욱 고효율 압축 기법의 연구가 필요하다.

### III. 제안하는 데이터 압축 기법

본 절에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 배포 환경 및 모니터링 특성을 고려한 수집 데이터의 동적 변화 영역 추출을 통한 에너지 효율적인 압축 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 수집 데이터의 동적 변화 영역을 감지 및 해당 영역을 전송 영역으로 추출하기 위한 분할 알고리즘을 제시한다. 또한, 동적 변화 영역에 대한 중국인의 나머지 정리 알고리즘을 활용한 압축 알고리즘을 제시한다. 이를 통해, 동적 변화 영역에 대한 부분적인 압축 및 전송을 수행함으로써 에너지 소모를 최소화하는 것이 가능하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

제안하는 기법에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 배포 환경 및 모니터링 특성을 고려한다. [그림 2]는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 배포 특성을 나타낸다. 일반적으로 무선 멀티미디어 센서 네트워크는 배포 비용을 고려하여 소수의 멀티미디어 센서 노드와 다수의 일반 센서 노드를 함께 배포한다. 1차 감지는 일반 센서 노드를 통해서 이루어지며 이상 신호를 감지하였을 경우, 2차 감지는 인접한 멀티미디어 센서 노드에서 상세 모니터링을 수행한다. 네트워크에 배포된 센서 노드는 위치가 고정되어 있으며, 멀티미디어 센서 노드는 전 방위 촬영이 가능하도록 설계되어 촬영 각의 조정으로 이상 신호가 감지된 공간의 영상 데이터를 지속적으로 촬영하여 기지국으로 전송한다.

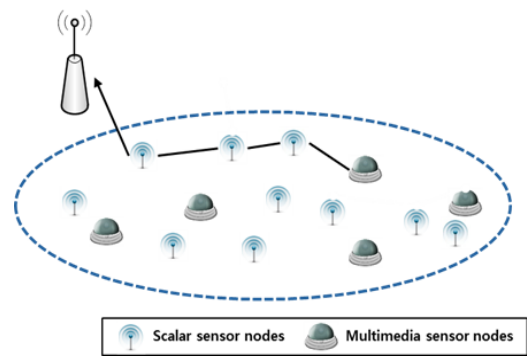


그림 2. 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 배포 형태

[그림 3]은 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서의 수집 영상의 특성을 나타낸다. [그림 1]과 같이, 무선 멀티미디어 센서 노드는 이상 신호가 감지된 공간의 영상을 지속적으로 촬영하므로, 시간에 따른 동적 변화 영역 및 상당한 크기의 비변화 영역이 발생한다. 이러한 특성을 고려할 때, 전체 데이터를 전송하는 것은 불필요한 통신 부하를 발생하고, 이로 인한 네트워크 수명이 감소하는 문제가 발생한다. 이를 고려하여, 제안하는 기법에서는 고효율의 동적 영역 추출 및 압축 전송을 수행한다.

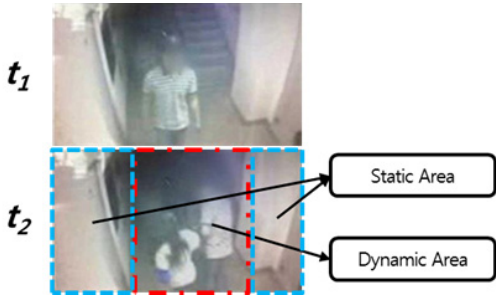


그림 3. 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서의 수집 영상 특성

우선 수집 데이터에서의 동적 변화 영역을 감지하는 것이 중요하다. 동적 변화 영역 감지 단계에서 모든 픽셀을 비교하는 것은 높은 연산 비용을 필요로 하므로 비효율적이다. 본 기법에서는 픽셀 군집화를 통한 비교 블록 생성 후, 영상 변화를 판별하여 이를 전송 단위로 활용한다. 비교 블록은 전송 단위로 활용되므로 중국인 나머지 정리 기반의 압축 기법 수행에 영향이 없어야 한다. 앞서 언급한 중국인 나머지 정리 기반 압축 기법의 정의에 의해, 비교 블록의 생성 조건은 아래와 같다.

[조건 1] 중국인 나머지를 활용하기 위한 연속 소수의 개수는 최소한 2개 이상이므로, 최소 변화 영역의 발생을 고려하여 비교 블록의 영상 데이터는 연속 소수 2개로 표현 가능해야 한다.

[조건 2] 실제 기지국으로 전송되는 데이터는 나머지 데이터이므로, 최대 효율을 위해 나머지 데이터는 특정 변수형(uint8\_t)의 최대 표현 범위 이하이다.

[조건 3] 기지국에서의 원본 데이터 및 블록 데이터의 복원 용이성을 위해 QCIF 포맷 이상(CIF, 4CIF 등)에 적용 가능한 정사각형 구조이다.

[그림 4]는 무선 센서 네트워크를 위한 전용 운영체제인 TinyOS에서 내부 프로그램 구현을 위해 활용되는 NesC 언어에서의 데이터 형과 크기를 나타낸다. 그림의 NesC 언어의 데이터 형을 기반으로, 조건 2에 의해, uint8\_t의 표현 가능한 최대 나머지 데이터는 255이

다. 더불어, 나머지 데이터는 항상 제수보다 작은 수가 나오므로, 조건 1에 의해, 활용 가능한 소수는 241과 251이다. 결과적으로 최대 표현 가능 데이터는 식 (1)와 같다. 그러므로 최종적으로 제안하는 기법에서 활용 가능한 최대 블록 사이즈는 식 (2)와 조건 3에 의해  $3px \times 3px$  이다.

Specifier	Bits	Bytes	MaxValue
uint8_t	8	1	255
uint16_t	16	2	65,535
uint32_t	32	4	4,294,967,295
uint64_t	64	8	18,446,744,073,709,551,615

그림 4. NesC 언어에서의 데이터 형과 크기

활용 가능한 최대 소수 집합 =  $\{ P_1, P_2 \}$  일 때, 최대 표현 가능 데이터

$$= P_1 \times P_2 + ((P_1 - 1) + (P_2 - 1)) \quad (1)$$

$$241 \times 251 + (240 + 250) = 60981 < 65536 = 2^{16} \quad (2)$$

[그림 5]는 수집 영상 데이터에 가상 비교 블록 생성을 나타내며, [그림 6]은 비교 블록의 군집화 연산을 나타낸다. 수집 영상 데이터에 가상의 격자 형태의 비교 블록을 생성하고, 식 (1)과 같이 해당 비교 블록 내의 모든 픽셀의 평균 색상을 추출하기 위한 군집화 연산을 수행한다. 이 때, 최초 수집 영상의 비교 블록의 평균 색상 수치와 현재 수집 영상의 비교 블록의 평균 색상 수치가 특정 설정치 이상 일 경우, 동적 변화 영역으로 인지한다.

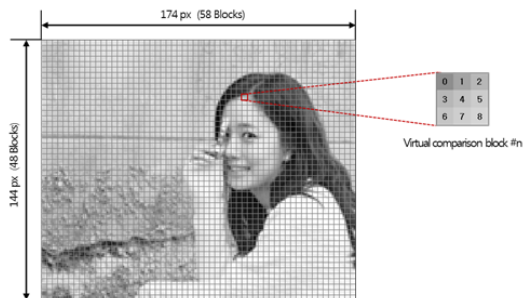
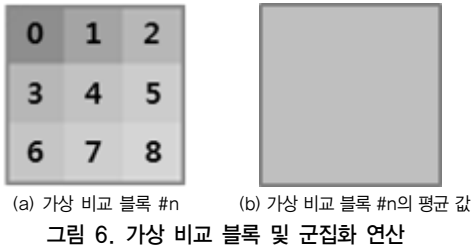


그림 5. 가상의 비교 블록 생성



$$|firstImgBlock \#n.avrValue - curImgBlock \#n.avrValue| > \alpha \quad (3)$$

[그림 7]은 수집 영상의 동적 변화 영역 감지 및 전송 영역 추출을 나타낸다. 영상 비교 블록의 평균 수치 비교를 통해, 수집 영상에서 전송을 해야 하는 동적 변화 영역을 인지하고 해당 부분을 중국인 나머지 정리 기반의 압축을 수행하여 기지국으로 전송한다. 이 때, 영상 비교 블록 단위로 패킷 전송을 할 경우, 패킷의 헤더 및 트레일러로 인한 불필요한 전송 부하가 발생하므로 최대 전송 영역 설정 및 추출을 통한 단일 패킷으로 전송을 수행한다.



[그림 8]은 소스 노드에서 전송하는 전송 패킷의 페이로드 구조를 나타낸다. 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 비

트 구조로서, 각 픽셀은 8개의 비트 데이터 정보(0 ~ 255)를 가지며, 같은 비트 데이터는 한 대 묶여 하나의 비트-평면으로 구성된다. 결과적으로, 하나의 흑백 영상은 총 8개의 비트 평면으로 구성된다. 제안하는 기법에서는 설정된 전송 영역의 시작 픽셀과 마지막 픽셀과 해당 전송 영역의 비트-플레인을 소수로 나눈 나머지를 전송한다. 또한 제안하는 기법의 중국인 나머지 정리 기반의 압축 기법은 선정된 소수 집합의 수와 동일한 수의 메시지로 분할되므로, 기지국에서 전체 분할 메시지를 수신한 후에 원본 데이터에서의 분할된 메시지 순서를 인지하는 것이 데이터 복원을 위해서 필요하다. 이를 위해, 제안하는 기법에서는 메시지 전송 시에 각 비트-플레인의 나머지 데이터와 비트 분할 식별자를 함께 전송한다. 비트 분할 식별자는 데이터 분할 수 만큼의 비트를 할당하고, 전송하는 데이터의 순서에 해당하는 비트에 '1'을 설정한다. 그러므로 각 비트는 해당 패킷의 순서를 나타내는 것이 가능하다. 기지국에서는 비트 식별자를 파악하여 전체 분할 패킷을 수신할 경우, 중국인 나머지 정리를 통해 데이터 복원을 수행한다.

	2	2	2	1-4	1-4
비트 식별자	전송영역시작픽셀	전송영역마지막픽셀	BitPlane #7 나머지	...	BitPlane #0 나머지

그림 8. 전송 패킷의 페이로드(Payload) 구조

이러한 과정을 통해, 동적 변화 영역에 대한 부분적인 압축 및 전송을 수행함으로써 에너지 소모를 최소화하는 것이 가능하며, 결과적으로 전체 네트워크의 수명을 증가시키는 것이 가능하다.

## VI. 성능평가 및 분석

### 1. 실험 환경

본 장에서는 제안하는 기법의 우수성을 입증하기 위해, 압축 기법 미적용한 멀티미디어 데이터 전송 기법 [15] 및 기존 압축 기법[9]을 적용한 멀티미디어 데이터 전송 기법과의 시뮬레이션을 통한 성능 비교 평가를 수

행하였다. 기존 센서 네트워크 관련 연구[17][18]에서 구축한 시뮬레이션 환경을 기반으로 성능 평가가 수행되어 왔다. 따라서 본 논문에서는 [17][18]의 시뮬레이션 환경을 기반으로 가상의 센서 네트워크 환경에 부하하도록 구현하여 성능 평가를 진행하였다.

본 시뮬레이션은 [표 1]과 같은 성능 평가 환경을 구축하여 수행하였다. 센서 노드의 메시지 전송에 소모되는 에너지 모델은 {메시지 크기} × {전송 비용} + {증폭비용} × {거리}이며, 전송 비용은 50nJ/b, 증폭 비용은 100pJ/b/m<sup>2</sup>으로 설정하였다. 메시지 수신에 소모되는 에너지 모델은 {메시지 크기} × {수신 비용}이며, 수신 비용은 50nJ/b로 설정하였다. 수집 데이터는 일정한 시간 간격이나 질의에 따라 기지국으로 수집된다. 소스 노드의 선정은 임의로 선택되며, 센서 노드들은 한정된 에너지를 가지고 있으며, 데이터 송수신 시에 성능 평가 환경에 따라 소진된다. 본 시뮬레이션에서의 멀티미디어 데이터는 [그림 9]와 같이 지난 2012년 8월 27일 부산 도시철도 대티역 화재 발생 CCTV 영상을 QCIF 변환 및 샘플링 활용하였다.

표 1. 성능 평가 환경

Parameters	Values
Size of Sensor Network Fields ( $m \times m$ )	200 × 200
Number of Distributed Sensor Nodes (EA)	400
Location of Base Station ( $X_{coord}, Y_{coord}$ )	(100, 100)
Radius of Communication ( m )	25
Multimedia Data Format	QCIF, CIF, 4CIF
Multimedia Data Resolution ( $px \times px$ )	174 × 144



그림 9. 시뮬레이션에서 활용된 샘플 영상 데이터

## 2. 실험 결과

[그림 10]은 멀티미디어 데이터 포맷에 따른 데이터 압축률을 평가한 결과이다. 멀티미디어 멀티미디어의 원본 크기에 따른 데이터 압축률 실험에서는 임의의 5개의 영상 데이터를 기반으로 하여 수행하였다. 실험 결과에서 원본 멀티미디어 데이터의 크기가 증가함에 따라 제안하는 기법의 압축 데이터의 크기가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 데이터의 크기가 증가함에 따라 패킷 분할 및 압축에서 사용되는 소수의 크기가 커짐에 따라 그에 따른 나머지 데이터도 크게 생성될 가능성이 증가하기 때문에 압축 데이터의 크기가 커진다. 하지만, 원본 데이터의 크기 증가에 비교하여 압축 데이터의 증가 폭은 매우 작다. 특히, 제안하는 기법의 경우 수집 영상의 동적 변화 영역을 감지하고 해당 영역에 대한 압축을 수행하므로 높은 압축률을 보인다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 압축 기법에 비해 평균 약 37%의 데이터 압축률을 보임으로써 압축 성능이 매우 뛰어남을 확인하였다.

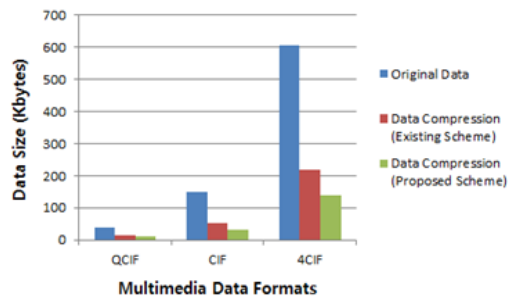


그림 10. 데이터 포맷에 따른 데이터 압축률

[그림 11]은 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 영상에 대한 압축을 수행하여 데이터 크기를 감소시키지만 원본 영상 전체 영역에 대한 압축을 수행하므로 데이터 전송



량 감소가 제한적이다. 그러나 제안하는 기법은 원본 영상의 동적 변화 영역을 감지하고 해당 영역만을 압축하여 전송하므로 데이터 전송량이 크게 감소한다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 압축 기법에 비해 데이터 전송량이 평균 38% 감소하였다.

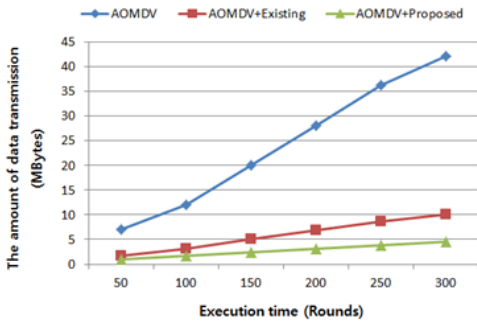


그림 11. 수행 시간에 따른 데이터 전송량

[그림 12]는 수행 시간에 따른 노드 생존율을 비교 평가한 결과이다. 센서 네트워크에서 소모되는 에너지는 전송되는 데이터 크기에 비례하고, 결과적으로 네트워크의 수명이 빠르게 단축된다. 본 성능 평가에서는 배포된 전체 센서 노드 중에서 80% 이상의 노드가 생존한 시점까지를 네트워크 유효 수명으로 설정하여 평가하였다. 앞서 언급한 바와 같이, 제안하는 기법은 원본 영상의 동적 변화 영역을 감지하고 해당 영역만을 압축하여 전송 데이터의 크기를 최소화하므로 소모되는 에너지를 최소화하며, 이는 결과적으로 네트워크 수명을 연장시킨다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 압축 기법에 비해 노드 생존율이 최대 약 14% 증가하였다.

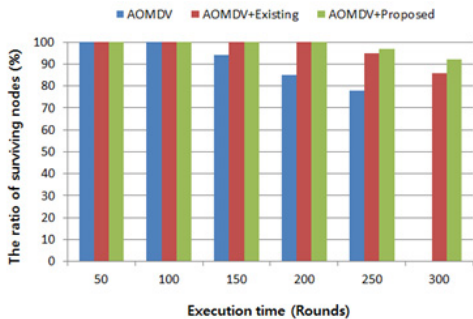


그림 12. 수행 시간에 따른 노드 생존율

## V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 기존 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서의 압축 기법의 한계를 분석하고 기존기법의 압축 효율을 최대화하기 위한 에너지 효율적인 압축 기법을 제안하였다. 제안하는 기법에서는 중국인의 나머지 정리와 동적 변화 영역 감지 및 분할 알고리즘에 기반을 둔 수집 데이터의 부분적인 데이터 압축 및 전송을 수행함으로써 대용량 멀티미디어 데이터 전송에서 발생하는 에너지 소모를 최소화하고, 결과적으로 전체 네트워크 수명을 증가시킨다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 데이터 압축률은 평균 37% 향상되었고, 데이터 전송량은 평균 56% 감소하였으며, 그에 따른 노드 생존율은 평균 14% 증가함을 보임으로써 그 우수성을 확인하였다. 본 연구에서는 CCTV 영상만을 대상으로 성능 평가를 진행하였다. 그러나 제안하는 기법의 우수성을 입증하기 위해서는 공간 복잡도 및 움직임 등의 특성이 다른 다양한 영상을 대상으로 성능 평가를 수행하는 것이 필요하다. 그러므로 향후 연구로는 다양한 환경에서의 추가적인 성능 평가의 수행을 통해 제안하는 기법의 우수성을 입증하는 것이다.

## 참고 문헌

- [1] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Guest Editors' Introduction: Overview of Sensor Networks," *IEEE Computer*, Vol.37, No.8, pp.41-49, 2004.
- [2] Y. Lee, D. Kim, J. Park, D. Seong, and J. Yoo, "A Secure Multipath Transmission Scheme Based on One-Way Hash Functions in Wireless Sensor Networks," *Journal of Korea Contents Association*, Vol.12, No.1, pp.48-58, 2012.
- [3] H. Park, D. Hwang, J. Park, D. Seong, and J. Yoo, "Sensor Positioning Scheme using Density Probability Models in Non-uniform Wireless Sensor Networks," *Journal of Korea Contents*



- Association, Vol.12, No.3, pp.55-66, 2012.
- [4] J. A. Stankovic, "Wireless Sensor Networks," IEEE Computer, Vol.41, No.10, pp.92-95, 2008.
- [5] 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.
- [6] S. Ehsan and B. Hamdaoui, "A Survey on Energy-Efficient Routing Techniques with QoS Assurances for Wireless Multimedia Sensor Networks," IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol.PP, No.99, pp.1-14, 2011.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] J. Park, D. Seong, B. Lee, and J. Yoo, "An Energy-Efficient Data Compression and Transmission Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks," LNEE(Lecture Notes in Electrical Engineering), Vol.203, pp.767-772, 2012.
- [10] Y. S. Chen and Y. W. Lin, "C-MAC: An Energy-Efficient MAC Scheme Using Chinese-Remainder-Theorem for Wireless Sensor Networks," Proc. of IEEE International Conference on Communications, pp.3576-3581, 2007.
- [11] 박준호, 류은경, 손인국, 유재수, "무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 고효율 데이터 압축 기법", 한국콘텐츠학회 종합학술대회논문집, pp.9-10, 2013.
- [12] D. Cruz, T. Ebrahimi, J. Askelof, M. Larsson, and C. Christopoulos, "Coding of Still Picture," Proc. of SPIE Applications of Digital Image Processing, Vol.4115, pp.1-10, 2000.
- [13] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding using Zero-trees of Wavelet Coefficients," IEEE Transactions of Signal Processing, Vol.41, No.12, pp.3445-3462, 1993.
- [14] P. J. Burt and E. H. Adelson, "The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code," Proc. Of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol.31, pp.532-540, 1983.
- [15] G. F. McLean, "Vector Quantization for Texture Classification," IEEE Transactions on Systems, Vol.23, No.3, pp.637-649, 1993.
- [16] 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.
- [17] W. Heinzelman, "Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks," PhD dissertation, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- [18] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proc. of the International Conference on System Sciences, pp.3005-3014, 2000.

저 자 소 개

박 준 호(Junho Park)

정회원



- 2008년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, RFID, 차세대 웹, LMS/LCMS, 바이오인포매틱스 등

류 은 경(Eunkyung Ryu)

정회원



- 2012년 2월 : 충북대학교 정보통신공학(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학 석사과정

<관심분야> : 센서 네트워크, 빅데이터, 맵-리듀스, 데이터베이스 시스템 등

손 인 국(Ingook Son)

정회원



- 2012년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 공학사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

<관심분야> : 모바일 네트워크, 무선 센서 네트워크, 위치 기반 서비스, 빅 데이터, 클라우드 컴퓨팅 등

유 재 수(Jaesoo Yoo)

중심회원



- 1989년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : KAIST 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : KAIST 전산학과(공학박사)

- 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 (전임강사)
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학부 및 컴퓨터정보통신연구소 교수
- 2009년 3월 ~ 2010년 2월 : 캘리포니아주립대학교 방문교수

<관심분야> : 데이터베이스시스템, 빅데이터, 센서네트워크 및 RFID, 소셜네트워크서비스, 분산객체컴퓨팅, 바이오인포매틱스 등