

무선 센서 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터 전송을 위한 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법

Secure Disjointed Multipath Routing Scheme for Multimedia Data Transmission in Wireless Sensor Networks

이상규*, 김동주*, 박준호*, 성동욱**, 유재수*
충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부*, 보아스전자(주) 연구소장**

Sangkyu Lee(jakysn@naver.com)*, Dongjoo Kim(dongjoo.k@gmail.com)*,
Junho Park(junhopark@chungbuk.ac.kr)*,
Dong-ook Seong(doseong@dbserver.kaist.ac.kr)**,
Jaesoo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)*

요약

최근 무선 센서 네트워크는 멀티미디어 센서 노드를 활용하여 음성 데이터나 영상 데이터 등과 같은 멀티미디어 데이터 수집을 바탕으로 고품질의 환경 모니터링에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 대용량 멀티미디어 데이터를 기반으로 하는 기존의 분산 다중 경로 라우팅 기법들은 주로 Zigbee 기반 센서 네트워크의 낮은 대역폭의 한계를 극복하고 에너지 효율성과 데이터 전송률을 높이는 것에 초점이 맞춰졌다. 하지만 이러한 기법들은 대용량 멀티미디어 데이터 특성으로 인해 기존의 키 기반의 암호화 방식을 사용할 수 없기 때문에 보안성에 있어서는 매우 취약하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 멀티미디어 데이터를 픽셀 단위로 분할하여 다중 경로로 전송함으로써 기존의 키 기반 방식을 사용하지 않고도 전체 네트워크에 대한 보안성을 제공한다. 성능 평가 결과, 기존 기법에 비해 소모되는 에너지가 평균 약 10% 감소하였으며, 악의적인 노드에 의해 손실되는 데이터 패킷의 수는 평균 약 65% 감소하였다.

■ 중심어 : | 무선 센서 네트워크 | 멀티미디어 데이터 | 분산 다중경로 라우팅 | 보안 |

Abstract

In recent years, the requirements on the high quality environment monitoring by using the sensor nodes which can handle the multimedia data in WSN have been increased. However, because the volume of multimedia data is tremendous, the limited bandwidth of a wireless channel may incur the bottleneck of a system. To solve such a problem, most of the existing distributed multi-path routing protocols based on multimedia data just focused on overcoming the limited bandwidth in order to enhance the energy efficiency and the transmission rate. However, because the existing methods can not apply a key-based technique to encrypt the multimedia data, they are very weak for the security. In this paper, we propose a secure disjointed multipath routing scheme for multimedia data transmission. Since our proposed scheme divides multimedia data(eg. image) into pixels and sends them through disjointed multipath routing, it can provide security to the whole network without using the key-based method. Our experimental results show that our proposed scheme reduces about 10% the amount of the energy consumption and about 65% the amount of the missed data packets caused by malicious nodes over the existing methods on average.

■ keyword : | Wireless Senser Network | Multimedia Data | Distributed Multi-path Routing | Security |

* 본 연구는 농림수산식품부 (생명, 첨단, 수출, 식품, 수산)기술개발사업의 지원과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임. (No. 2009-0089128)

접수번호 : #120202-005

심사완료일 : 2012년 03월 19일

접수일자 : 2012년 02월 02일

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

1. 서론

최근 소형 컴퓨팅 및 무선 통신 기술이 발달함에 따라 무선 센서 노드를 기반으로 하는 센서 네트워크의 다양한 응용 연구들이 진행되고 있다. 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 온도, 습도, 소리, 움직임 등이 여러 가지 정보를 수집할 수 있는 다양한 센서 모듈을 내장하고 있다. 또한 수 백 ~ 수 천 개의 센서 노드들은 무선 통신을 활용하여 센싱 데이터를 싱크 노드와 같은 목적지 노드로 전송하여 상황 탐지를 수행한다. 이러한 센서 네트워크는 환경 감시, 객체 추적, 침입 감지 등 다양한 응용에서 활용되고 있다. 일반적으로 센서 노드는 자체 배터리를 사용하고, 임의의 지역에 배포되면 교체가 거의 불가능하다. 이로 인해 특정 노드에 과도한 에너지 소모가 발생했을 때 결과적으로 전체 네트워크의 수명 감소로 이어진다. 따라서 네트워크의 수명을 증가시키기 위해 에너지를 효율적으로 활용하는 다양한 기법들이 연구되고 있다[1][2].

센서 네트워크의 활용이 증가함에 따라 수집 데이터의 보안에 대한 고려도 함께 증가하고 있다. 무선 센서 네트워크는 무선 통신을 수행하는 노드의 특성 때문에 센싱 정보의 도청, 메시지 복제 등과 같은 공격에 매우 취약하다. 이와 같은 보안에 대한 위협은 센서 네트워크의 응용에 따라 군사적, 산업적으로 큰 문제를 발생시킬 수 있으므로 수집 데이터를 처리함에 있어서 보안적인 측면이 반드시 고려되어야 한다. 하지만 각 센서 노드는 제한된 하드웨어 성능과 한정된 전원을 가지고 동작하기 때문에 이를 고려한 보안 기법들에 대한 연구가 진행되고 있다. 센서 네트워크의 가장 대표적인 것은 데이터 암호화 기법이다. 센서 네트워크를 통해 처리되는 데이터에 대해 특정한 암호화 키를 사용하여 기밀성과 무결성을 보장하는데 이는 무선 센서 네트워크의 구조나 데이터 형식, 암호화 방식에 따라 다양한 응용이 가능하기 때문에 많은 적용이 이루어지고 있다.

한편, 하드웨어가 점점 발달하면서 각 센서 마다 온도, 습도, 조도에 대한 센서 모듈뿐만 아니라, 저가의 카메라 모듈(ex. CMOS imaging module)의 장착이 가

능해짐에 따라 주변 환경을 더욱 상세하게 모니터링하기 위한 이미지나 동영상 데이터 같은 대용량 파일에 대한 처리도 가능해 지고 있다. 하지만 기본적으로 대역폭이 낮은 Zigbee 통신을 기반으로 하는 기존 센서 네트워크의 통신 방식으로 멀티미디어 데이터의 전송을 수행 할 경우, 병목 현상이 발생하기 때문에 특정 노드에 집중적으로 에너지 소모가 발생할 수 있다. Zigbee 방식의 경우 통신 속도가 250kbps 수준이므로, Mbps단위의 대역폭을 필요로 하는 대용량 멀티미디어 데이터의 효율적인 전송이 불가능하다. Zigbee 통신 대역폭의 한계를 극복하기 위한 대안으로 데이터를 분할해서 여러 경로로 전송하는 기법 등이 제안되었다 [3][4]. 다중 경로 전송의 로드 밸런싱 기능으로 인해 네트워크의 부하를 줄이며 성능 향상에 큰 도움을 준다는 사실이 증명되고 있지만 정작 이러한 라우팅 프로토콜들은 보안성을 고려하기 보다는 효과적인 분산 라우팅 기법으로서 악의적인 공격에 대해서 전혀 고려가 되지 않았다. 하지만 멀티미디어 센서 네트워크에서 기존 센서 네트워크에서 사용하던 암호화 기법을 그대로 적용하는 것은 문제가 있다. 저용량의 단순 수치 데이터에 비해 대용량의 멀티미디어 데이터는 암호화 연산 과정에서 특정노드에 대한 심한 에너지 소모를 초래할 수 있기 때문이다. 그러므로 제한된 능력과 에너지를 가지고 있는 센서의 특성을 고려하여 멀티미디어 데이터를 효율적으로 암호화하여 전송하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 통신 대역폭의 한계를 극복하기 위해 기존에 제안되었던 분산 다중 경로 라우팅 기법들을 개선하고 기존 기법이 고려하지 않았던 보안성 문제에 대해서 해결책을 제시함으로써 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 이미지 데이터를 픽셀 단위로 분할해서 여러 경로로 전송하므로, 이 과정에서 악의적인 노드에 의해 소수의 패킷이 노출되거나 손실 되더라도 전체 데이터를 인지하는 것은 불가능하다. 그러므로 이러한 데이터 및 라우팅의 특성을 이용하여 기존의 키 기반 암호화를 사용하지 않고도 전체 네트워크에 대한 보안성을 제공하는 것이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 제2장에서는

기존 무선 멀티미디어 센서 네트워크 연구에서 대표적인 라우팅 기법 및 기존 기법들의 문제점에 대하여 분석한다. 제3장에서는 제안하는 멀티미디어 데이터 전송을 위한 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법의 특징과 수행 과정을 기술한다. 제4장에서는 기존 기법과의 성능 평가를 통해 제안하는 기법의 우수성을 보이며, 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 연구 결과와 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

II. 관련 연구

1. 멀티미디어 데이터 전송을 위한 다중 경로 라우팅 프로토콜

멀티미디어 데이터는 전통적인 센서 네트워크에서 다루는 수치 데이터에 비해 크기가 크다. 무선 센서 네트워크를 이용하여 멀티미디어 데이터를 전송할 경우 채널의 장시간 점유에 따른 패킷 충돌과 손실이 빈번하게 발생하므로 네트워크 성능을 저하시킨다. 따라서 무선 센서 네트워크에서 신뢰성 있는 멀티미디어 데이터 전송을 위해 기존의 애드-혹(Ad-hoc) 환경에서 사용되는 전송 프로토콜이 아닌 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 수집되는 대용량 데이터 전송에 적합한 새로운 전송 프로토콜에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 전송 프로토콜은 다중 경로를 이용하여 멀티미디어 데이터를 여러 경로로 분산시켜 소수의 센서 노드에 집중되는 현상을 완화시킨다. 또한 다중 경로를 활용하여 전송하므로 패킷 손실을 효과적으로 감소시키며, 확장성을 제공하는 것이 가능하다. 또한 무선 환경에서 자주 발생하는 링크 단절과 같은 불가피한 상황으로 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있는 효과적인 방법이 제안되었다[5]. 다중 경로 전송에 대한 연구는 크게 링크-비중첩 다중 경로 전송(Link-Disjoint Multipath Routing) 프로토콜과 노드-비중첩 다중 경로 전송(Node-Disjoint Multipath Routing) 프로토콜로 구분된다.

링크-비중첩 다중 경로 전송(Link-Disjoint Multipath Routing)은 서로 다른 전송 경로의 겹침을 허용하지

않고 다중 경로를 형성하는 기법으로 대표적인 연구로는 AOMDV[6]과 AODVM[7]이 있다. 링크-비중첩 다중 경로 전송은 [그림 1]에서와 같이 공통적인 링크(Link)를 사용하지 않지만 같은 노드의 사용은 허용한다. 그러므로 경로의 겹침을 방지하여 동일한 연결에 데이터 전송이 집중되지 않고 분산되도록 할 수 있으며, 하나의 연결 고장으로 인해 발생하는 다수의 경로 단절을 방지할 수 있다. 하지만 노드의 겹침은 허용하기 때문에 다중 경로를 동시에 사용할 경우 하나의 노드에 데이터 전송이 몰릴 수 있고, 이러한 노드 주변에 다중 경로 간에 간섭이 발생한다. 또한 노드의 고장과 급격한 에너지 소진으로 인해 해당 노드를 경유하는 다수의 경로가 단절 될 가능성이 존재한다. 뿐만 아니라, 기지국까지 전송하는 링크의 비-겹침성을 보장하기 위한 추가적인 작업을 필요로 하고, 전체 노드가 해당 작업에 참여함으로써 네트워크 수명이 감소한다.

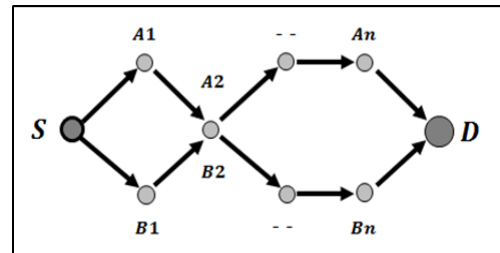


그림 1. 링크 비-중첩 다중 경로

노드-비중첩 다중 경로 전송은 노드의 겹침을 허용하지 않고 다중 경로를 형성하는 기법으로 대표적인 연구로는 SMR[8]이 있다. [그림 2]은 중첩된 노드가 없는 노드-비중첩 다중 경로 전송 프로토콜을 나타낸다. 이것은 소스 노드와 목적지 노드를 제외하고 제공되는 경로들 사이에 중첩된 노드가 없는 서로 독립된 다중 경로를 제공해 준다. 노드-비중첩 다중 경로 전송을 적용하면 링크-비중첩 다중 경로 전송 프로토콜보다 라우팅의 효율을 높이는 것이 가능하다. 노드 비-겹침 경로를 이용할 경우 노드의 겹침을 허용하지 않기 때문에 동일한 노드에 데이터 전송이 집중되지 않고 분산되도록 할 수 있으며, 하나의 노드 고장으로 인해 발생하는 다수의 경로 단절을 방지할 수 있다. 하지

만 다중 경로 간의 간섭 발생은 고려하지 않았기 때문에 다중 경로를 동시에 사용할 경우 다중 경로 간에 간섭이 발생하는 문제점은 해결하는 것이 불가능하다.

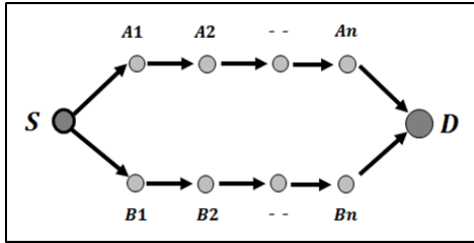


그림 2. 노드 비-중첩 다중 경로

앞서 언급한 문제점과 기존 기법의 대역폭 한계로 인해 고용량 데이터 패킷의 손실 문제를 해결하기 위해 블루투스 및 Zigbee를 혼합 적용한 하이브리드 분산 라우팅의 구조가 제안되었다[9]. [9]는 최초 송신단과 최종 수신단의 대역폭의 제약으로 멀티미디어 데이터의 전송 시에 패킷 손실 및 지연이 발생하는 것을 막기 위해 최초 소스 노드에서 대용량 데이터를 분할하여 이웃 노드들로 Zigbee보다 넓은 대역폭을 가지는 블루투스를 이용해 분산시키고, 분할 데이터를 수신한 각 이웃 노드들은 Zigbee 기반으로 목적지 위치로 데이터 전송을 수행한다. 또한 이 과정에서 각기 다른 분할 데이터의 전송 경로가 특정 노드에 겹치는 경우 Zigbee 대역폭의 한계로 전송되는 데이터의 손실이 발생하기 때문에 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 적용했다. 하지만 [9]에서도 가까이 있는 이웃 노드들로부터 다중 경로가 형성되기 때문에 인접한 노드들 간에 경로가 형성된다. 이로 인해 경로 형성 시에 노드의 겹침이 빈번하게 발생하게 되는데 이를 해결하기 위해 경쟁방식의 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 사용해 오버헤드를 줄였다. [그림 3]에서 볼 수 있듯이 path1, path2의 경로로 동시에 데이터가 전송된다고 가정했을 때 이 경우 그리디 포워딩 방식으로 경로를 설정하게 되면 두 경로는 C 노드를 중간 노드로써 공유하게 되며, C 노드는 수용할 수 있는 대역폭 이상의 데이터를 수신하여 패킷 손실을 유발한다. 이러한 문제를 회피하기 위해 Probe 메시지와 Deny 메시지를 사용하여 경로의

겹침으로 인한 패킷 손실을 줄인다. 이와 같은 과정을 통해 각 노드들의 라우팅 테이블에 이웃노드들의 정보가 등록되고, 모든 경로의 라우팅 정보가 설정되면 해당 경로 정보를 바탕으로 멀티미디어 데이터를 전송한다.

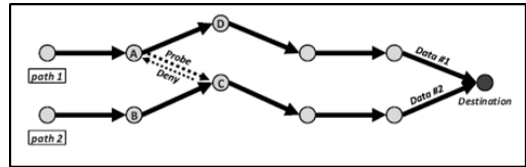


그림 3. 경쟁 기반 비-중첩 다중 경로

2. 기존 기법의 문제점

기존의 멀티미디어 데이터를 기반으로 하는 기법들은 데이터 처리 및 전송 관점에서만 연구가 진행되었고, 데이터의 보안성에 대해서는 크게 고려되지 않았다. 이전에 간단한 수치 데이터를 감지하는 센서 네트워크 구조에서는 키를 기반으로 한 기법들이 주로 사용되는데 이는 감지한 데이터의 양이 크지 않아 센서 노드 내에 내장되어 있는 키로 암호·복호화가 가능하지만, 대용량의 멀티미디어 파일에 키 기반의 보안 기법을 적용하기에는 어려움이 있다. 예를 들어, [9]는 영상 데이터의 이미지 프레임 분할하여 여러 경로를 통해 라우팅하고 각 센서 노드마다 할당되는 부하를 분산시켜 줄임으로써 전체 네트워크의 에너지 효율성을 높였다. 하지만 하나의 프레임이 노출되더라도 악의적인 노드가 전체적인 영상을 복구하는 것은 불가능하지만, 일부의 이미지 프레임을 인지하여 어떠한 상황 정보인지를 대략적으로 유추하는 것이 가능하다. 비-중첩 다중 경로로 데이터를 분산하여 전송함으로써 에너지 효율성 측면에서는 장점을 가지고 있더라도 프레임 단위로 전송 시에 발생하는 보안적인 부분에 있어서는 전혀 고려하지 않았기 때문에 문제가 있다. 그러므로 본 논문에서는 통신 대역폭의 한계를 극복하기 위해 기존에 제안되었던 분산 다중 경로 라우팅 기법들을 개선함은 물론, 이전 연구에서 고려되지 않았던 보안성 문제에 대해서 해결책을 제시하기 위한 연구를 진행한다.

III. 제안하는 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법

1. 제안하는 기법의 특징

본 논문에서는 멀티미디어 데이터에 대한 보안성을 제공하고, Zigbee의 한정적인 대역폭을 효율적으로 활용하기 위해 복수개의 전송 경로를 설정하여 대용량 데이터를 분할 전송하는 기법을 제안한다. [그림 4]는 일반적인 멀티미디어 파일에 대한 분산 라우팅 기법의 문제점을 보여준다. 이러한 분산 기법을 통해 전체 네트워크에 대한 에너지 효율은 높였지만 여전히 경로의 중첩으로 인한 데이터 집중 및 부하로 인한 오버헤드가 발생한다. 또한 제한된 성능과 에너지를 가진 각 센서 노드에서 대용량 파일 자체에 대한 보안 기법을 적용하는 것이 거의 불가능하기 때문에 보안성에 있어서 취약하다. 따라서 본 논문에서는 통신 대역폭의 한계를 극복하기 위해 데이터의 분할 방식과 다중 경로 선정 방식을 달리함으로써 기존에 제안되었던 분산 다중 경로 라우팅 기법들을 개선하고, 이를 통해 기존 기법이 고려하지 않았던 보안성 문제에 대해 해결책을 제시함으로써 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅을 제안한다.

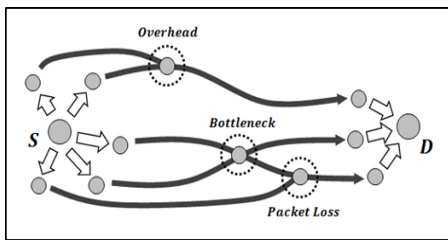


그림 4. 기존 다중 경로 라우팅의 문제점

2. 멀티미디어 데이터 분할

멀티미디어의 가장 기본적인 단위인 이미지 데이터는 여러 픽셀들로 이루어지고, 영상 데이터 같은 경우 또한 이러한 이미지를 다수의 프레임으로 나열한 형태로 구성되어 있다. [그림 5]에서 볼 수 있듯이 제안하는 기법에서는 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들을 순차적으로 분할하여 전송용 패킷을 생성하고 각 패킷마다

데이터가 발생한 소스 노드의 ID, 분할된 패킷의 번호를 지정함으로써 수신 단에서 이를 참고해 이미지의 재 정렬이 가능하게 하였다. 이와 같이 이미지를 픽셀 단위로 분할하여 보내는 이유는 만약 전송과정에서 소수의 패킷이 손실되더라도 그것을 제외한 패킷을 정상적으로 받는다면 그 나머지 부분에 대한 이미지의 복구가 가능하기 때문이다. 역으로 만약 손실된 소수의 패킷이 악의적인 노드에 의해 손실되었다고 하더라도 일부의 픽셀로 이미지의 복구를 수행하는 것은 쉽지 않다. 뿐만 아니라, 일부의 데이터를 복구에 성공하더라도 그것을 가지고 전체적인 데이터에 대해 파악하는 것은 거의 불가능하다. 이러한 픽셀 분할을 통해 생성된 전송용 패킷들은 소스 노드를 기준으로 일정 변경 밖에 위치한 중간 노드들로 보내지게 된다.

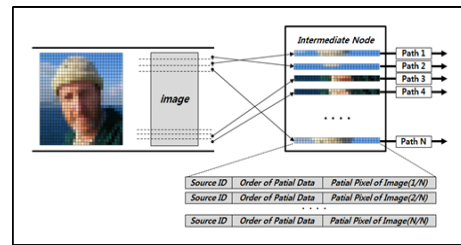


그림 5. 멀티미디어 데이터의 분할

3. 보안성을 고려한 비-중첩 다중경로 설정

제안하는 기법은 최초 데이터 전송 시 분할된 패킷들은 소스 노드에서 최소 거리 이상 떨어져 있는 중간 노드로 무작위로 전송되고 그 중간 노드를 기점으로 그리디 포워딩 기법을 이용해 목적지 방향으로 전송되는데, 중간 노드를 선정할 때에는 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다. 첫째, 소스 노드를 중심으로 전송 각도를 분할하여 서로 다른 각도 방향으로 분할된 이미지의 픽셀 데이터를 전송한다. 이는 각각의 경로들이 최대한 겹치지 않게 경로를 형성하게 하기 위함이다. 예를 들어 이미지 데이터를 픽셀 단위로 나누어서 N 개의 패킷 묶음으로 분할하여 보낸다고 가정할 때, 소스 노드에서 목적지 방향으로 $N+2$ 개의 전송 각도가 형성된다. 이는 정해진 각도 내 경로의 노드 부재로 인해 예상치 못한 패킷전송의 실패가 발생해 재전송이

필요할 때 정해진 N개 외에 나머지 2개의 각도를 예비로 사용할 수 있게 하기 위함이다. 둘째, 서로 다른 각도를 가지고 전송될 각 패킷들은 소스 노드를 중심으로 사용자가 지정한 최소거리 d_{min} 이상 벗어나게 되면 임의의 한 노드를 중간 노드로 선정하게 된다. 이때, 최소 거리 d_{min} 를 벗어나 노드를 선정하려 할 시 그 주변에 존재하는 노드가 없어서 해당 패킷의 전송에 문제가 생기는 것을 방지하기 위해서 위에서 언급한 예비 경로를 통해 패킷을 재전송하는 방법을 통해 데이터의 손실을 최소화 하는 것이 가능하다. 또한 최소거리 d_{min} 를 벗어나 중간 노드를 결정할 때 불필요하게 멀리 떨어진 노드가 선정되는 것을 막기 위해 최대거리 d_{max} 값을 설정해서 최소거리와 최대거리 사이에서 중간노드가 선정되도록 한다.

[그림 6]은 보안성을 고려한 비-중첩 다중 경로 라우팅의 데이터 전송 과정을 나타낸다. 네트워크 초기화 과정에서 각 노드는 자신의 1-홉 내에 있는 노드들의 위치들에 대한 정보를 테이블로 가지고 있게 하였다. 이것을 이용해 멀티미디어 데이터가 발생했을 때 자신이 원하는 방향과 최대한 비슷하게 그리디 포워딩 하게 된다. 이때 각 경로는 방향은 목적지 주변의 특정지역까지 최대한 수평방향으로 보냄으로써 각 경로들 간의 겹침이 최소화 되도록 한다. 사용자가 지정한 최소거리 d_{min} 가 커질수록 각 경로들은 더 멀리 떨어져서 형성된다. 결과적으로 소스 노드를 중심으로 특정 각도를 가지고 일정거리 이상 떨어진 중간 노드를 선정함으로써 각 경로들이 최대한 거리 간격을 두고 데이터 전송을 수행하는 것이 가능하다.

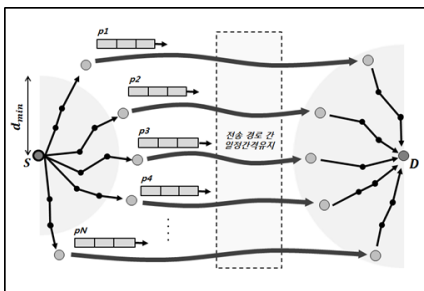
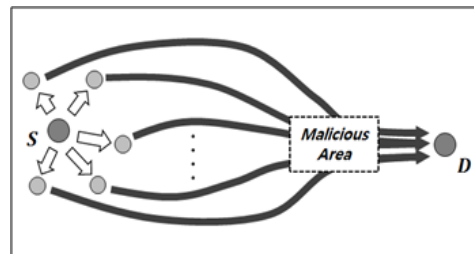


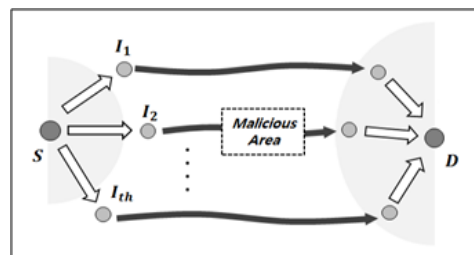
그림 6. 제안하는 보안성을 고려한 비-중첩 다중경로 라우팅

이와 같이 데이터를 분할해서 비-중첩 다중 경로로 전송함에 따라 임의의 경로 중간에 악의적인 노드가 침입하고 패킷을 도청할 경우에도 분할 데이터가 서로 인접한 경로로 전송되지 않기 때문에 정보가 쉽게 노출되는 것을 방지할 수 있다.

예를 들어, [그림 7]-(a)에서와 같이 목적지 노드 주변에 악의적인 노드가 배치되는 경우, 데이터를 분할하여 전송할지라도 악의적인 노드가 전송되는 다수의 데이터를 중간에 가로채서 대략적인 이미지 데이터를 복구하는 것이 가능하게 된다. 이미지 데이터의 특성상, 수집한 데이터가 많을수록 그것에 대한 상황 인지가 충분히 가능해진다. 이러한 문제점을 고려하여, [그림 7]-(b)와 같이 임의로 선정된 중간 노드는 자신의 좌표를 기준으로 최대한 수평 방향으로 데이터를 전송을 수행하고, 목적지 주변의 특정 영역 내에 도달했을 때 목적지 노드 방향으로 전송하여, 특정 악의적인 노드에 의해 다수의 데이터가 손실될 가능성을 최소화한다. 이러한 방법을 통해 멀티미디어 데이터 처리 시 많은 처리 비용을 소모하는 키 기반의 보안 기법을 사용하지 않더라도, 높은 보안성을 가지는 멀티미디어 데이터 전송이 가능하다.



(a) 경로가 목적지 주변에서 몰릴 경우



(b) 경로 간 일정한 간격이 유지될 경우

그림 7. 악의적인 노드에 의한 데이터 패킷 손실

IV. 성능 평가 및 분석

1. 성능평가 환경

제안하는 라우팅 기법의 데이터 전송의 효율성과 데이터 보안성을 증명하기 위해 기존 기법[9]과 시뮬레이션을 통해 성능을 비교평가 하였다. 시뮬레이션은 [표 1]과 같은 환경을 바탕으로 진행하였다.

표 1. 성능평가 환경

파라미터	값
센서 네트워크 크기 (m)	200x200
센서 통신 반경 (m)	25
일반 노드의 수 (개)	200
멀티미디어 데이터의 크기 (Kbytes)	4

에너지 소모 모델은 [10]의 에너지 소모 모델을 기반으로 하였다. 센서 노드의 데이터 전송에 소모되는 에너지 모델은 {데이터 크기}×({전송비용}+{증폭비용}×{거리}²)이며, 전송 비용은 $50n.J/b$, 증폭 비용은 $100pJ/b/m^2$ 으로 설정하였다. 메시지 수신에 소모되는 에너지 모델은 {데이터 크기}×{수신비용}이며, 수신 비용은 $50n.J/b$ 으로 설정 하였다. 수집 데이터는 일정한 시간 간격이나 질의에 따라 기지국으로 수집된다. 센서 노드들은 한정된 에너지를 가지고 있으며, 데이터 송수신 시에 성능 평가 환경에 따라 소진된다.

2. 성능 평가 결과

[그림 8]은 수행 시간에 따른 에너지 소모량을 비교한 결과이다. 제안하는 기법은 에너지 효율성 측면만을 고려한 기존 분산 라우팅 기법들과는 다르게 보안성을 고려했음에도 기존의 기법과 에너지 효율성 측면에서 큰 차이가 발생하지 않았다. 뿐만 아니라, 별도의 경로 설정 과정이 필요하지 않기 때문에 오히려 기존 기법에 비해 에너지 소모량을 감소시킬 수 있다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 에너지 소모량이 평균 약 10% 감소하였다.

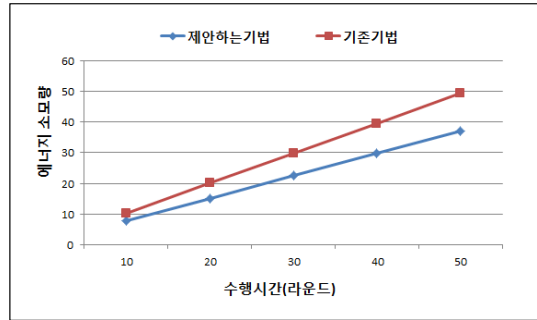


그림 8. 수행 시간에 따른 에너지 소모량

[그림 9]는 데이터 전송 수행 시 악의적인 노드 수에 따른 손실되는 패킷의 수를 비교한 결과이다. 기존 기법의 경우 다중 경로를 통해 데이터를 분산 전송하므로 에너지 효율성이나 데이터 전송률에 있어서 효과적이다. 하지만 경로 간의 거리가 근접하게 생성되거나 목적지 노드 근처에서 경로가 물리는 현상이 발생하기 때문에 해당 지역으로 악의적인 노드가 배치될 경우 패킷 손실이 크게 나타나 보안성에 있어서 매우 취약하다. 하지만 제안하는 기법은 전송 경로가 일정 간격을 두고 형성되고 목적지 근처에서 또한 서로 일정한 거리를 두고 있는 중간 노드들로부터 데이터를 받기 때문에 기존 기법에 비해 현저히 낮은 패킷 손실률을 보장한다.

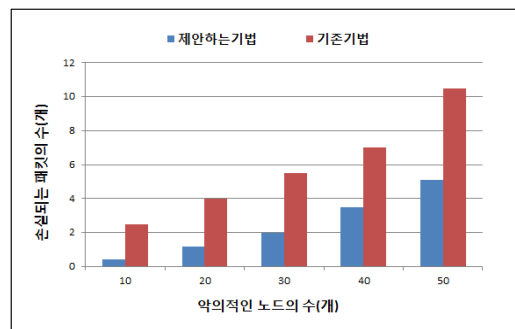


그림 9. 악의적인 노드에 따른 손실 패킷의 수

성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 악의적인 노드에 의한 패킷 손실률이 평균 약 65% 감소하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터 전송을 위한 보안성 있는 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법을 제안하였다. 기존 기법은 분산 기법을 통해 에너지 효율은 높였지만 경로의 중첩이 발생하고 이를 방지하기 위한 별도의 연산으로 인한 추가 비용이 발생한다. 또한 멀티미디어 데이터의 특성상 보안 기법을 적용하는 것이 쉽지 않기 때문에 보안성에 있어서 취약할 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안하는 기법에서는 대용량 멀티미디어 데이터 전송을 위한 비-중첩 다중 경로를 생성하고, 경로를 일정한 간격이상 분산한다. 이로 인해, 악의적인 노드에 의한 데이터 노출이 일부 데이터에 국한되므로 해당 패킷을 바탕으로 상황을 인지하는 것이 거의 불가능하게 된다. 성능 평가 결과, 제안하는 기법은 기존 기법에 비해 에너지 소모량이 평균 약 10% 감소하였고, 악의적인 노드에 의한 패킷 손실률이 평균 약 65% 감소하였다. 향후 연구로는 해쉬 함수를 이용한 픽셀의 동적 분할을 통해 향상된 보안성을 제공하고, 악의적인 노드가 포함된 경로를 감지 및 격리하고, 이미 손실된 패킷에 대해서 원본데이터를 복구할 수 있는 기법을 통해 데이터 전송의 신뢰성을 향상시키는 기법을 연구하는 것이다.

참고 문헌

- [1] R. Szwedczyk, E. Osterweil, J. Polastre, M. Hamilton, A. Mainwaring, and D. Estrin, "Habitat Monitoring with Sensor Networks," *Comm. ACM*, Vol.47, No.6, pp.34-40, 2004.
- [2] Jun-Hong, C., Jiejun, K., Gerla, M. and Shengli Z., "The Challenges of Building Scalable Mobile Underwater Wireless Sensor Networks for Aquatic Applications," *IEEE Network*, Vol.20, No.3, pp.12-18, 2006.
- [3] S. Lee and M. Gerla, "Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks," *Proc. of IEEE International Conference on Communications(IEEE ICC '01)*, Vol.10, pp.3201-3205, 2001.
- [4] M. Marina and S. Das "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks," *Proc. of the International Conference for Network Protocols*, pp.14-23, 2001.
- [5] Y. H. Li, "The Case for Multi-Path Multimedia Transport over Wireless Ad-hoc Networks," In *Proceedings of the First International Conference on Broadband Network*, pp.486-495, 2004.
- [6] M. K. Marina and S. R. Das, "On-Demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks", In *Proceedings of the International Conference for Network Protocols*, pp.14-23, 2001.
- [7] Z. Ye, S. V. Krishnamurthy, and S. K. Tripathi, "A Framework for Reliable Routing in Mobile Ad Hoc Networks," In *Proceedings of IEEE INFOCOM 2003*, Vol.1, pp.270-280, 2003.
- [8] S. J. Lee and M. Gerla, "Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks," In *Proceedings of IEEE International Conference on Communications*, Vol.10, pp.3201-3205, 2001.
- [9] D. Seong, M. Jo, J. Park, and J. Yoo, "Disjointed Multipath Routing for Real-time Multimedia Data Transmission in Wireless Sensor Networks," In *Proceedings of the Conference of Korea Information Processing Society*, Vol.17, No.2, pp.1053-1056, 2010(in Korean).
- [10] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," In *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, pp.3005-3014, 2000.

저 자 소개

이 상 규(Sangkyu Lee)

준회원



- 2011년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 석사과정

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스시스템, 이동객체서비스, 클라우드 컴퓨팅 등

김 동 주(Dongjoo Kim)

준회원



- 2011년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 석사과정

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, 클라우드 컴퓨팅 등

박 준 호(Junho Park)

정회원



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

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

성 동 옥(Dong-ook Seong)

정회원



- 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학석사)
- 2011년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학박사)

• 2011년 3월 ~ 2012년 2월 : 한국과학기술원 전산학과 연수연구원

• 2012년 3월 ~ 현재 : 보아스전자(주) 연구소장

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, FLASH 메모리 저장 시스템, LCMS/LMS, 위치기반 서비스 등

유 재 수(Jaesoo Yoo)

중신회원



- 1989년 2월 : 전북대학교컴퓨터공학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

• 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과(전임강사)

• 2009년 3월 ~ 2010년 2월 : 캘리포니아 주립대, 연구교수

• 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전자정보대학 정보통신공학부 교수

<관심분야> : 데이터베이스시스템, 정보검색, 센서네트워크 및 RFID, 멀티미디어데이터베이스, 분산객체컴퓨팅, 바이오인포매틱스 등