

무선 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 위험요소 우회 다중 경로 라우팅 기법 A Risk Factor Detour Multi-Path Routing Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks

황동교, 손인국, 박준호, 성동욱*, 유재수
충북대학교 정보통신공학부, 보아스전자(주) 기술연구소*

Donggyo Hwang(corea1985@gmail.com), In-goog Son(dlsrnr94422@nate.com),
Junho Park(junhopark@chungbuk.ac.kr), Dong-ook Seong(seong.do@gmail.com)*,
Jaesoo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)

요약

초소형 CMOS 카메라 센서나 마이크로 폰과 같이 멀티미디어 데이터를 수집할 수 있는 모듈들이 개발되면서 기존의 무선 센서 네트워크 기술을 확장한 무선 멀티미디어 센서 네트워크 기술 및 응용에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있다. 이러한 응용에서 멀티미디어 데이터 저장 및 처리 기술, 데이터 전송 기술 등과 같은 다양한 기반 기술들이 요구된다. 특히, 실제 환경에 적용하기 위해서는 멀티미디어 데이터에 대한 보안 기술은 필수적이다. 본 논문은 다양한 해킹 기술 중 하나인 스니핑 공격을 방어하기 위해, 데이터 전송 경로를 위험요소로부터 물리적으로 회피시키기 위한 다중 경로 라우팅 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 위험요소의 움직임을 토대로 지리적으로 인근에 위치한 센서 노드에 준비태세 단계와 데이터의 중요도에 따른 우선순위를 설정한다. 이를 기반으로 준비태세 단계와 데이터우선 순위를 고려하여 안전한 경로를 통해 위험요소 우회 다중 경로 라우팅을 수행한다. 시뮬레이션 결과 기존 기법에 비해 약 5% 전송 지연 시간을 갖지만 위험요소가 데이터를 공격 및 감청 할 수 있는 감청율은 약 18% 낮음을 확인함으로써 제안하는 기법의 우수성을 확인하였다.

■ 중심어 : | 무선 멀티미디어 센서 네트워크 | 다중경로 | 라우팅 | 위험요소 |

Abstract

In recent years, with the development of devices to collect multimedia data such as small CMOS camera sensor and micro phone, studies on wireless multimedia sensor network technologies and their applications that extend the existing wireless sensor network technologies have been actively done. In such applications, various basic schemes such as the processing, storage, and transmission of multimedia data are required. Especially, a security for real world environments is essential. In this paper, in order to defend the sniffing attack in various hacking techniques, we propose a multipath routing scheme for physically avoiding the data transmission path from the risk factors. Our proposed scheme establishes the DEFCON of the sensor nodes that are geographically close to risk factors and the priorities according to the importance of the data. Our proposed scheme performs risk factor detour multipath routing through a safe path considering the DEFCON and data priority. Our experimental results show that although our proposed scheme takes the transmission delay time by about 5% over the existing scheme, it reduces the eavesdropping rate that can attack and intercept data by the risk factor by about 18%.

■ keyword : | Wireless Multimedia Sensor Network | Multi-path | Routing | Risk Factor |

* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원(2012R1A1A2A10042015)과 농림수산식품부(생명, 첨단, 수출, 식품, 수산) 기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

접수번호 : #121114-005

심사완료일 : 2012년 12월 05일

접수일자 : 2012년 11월 14일

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

1. 서론

지난 10년간 소형 컴퓨팅 및 무선 통신 기술의 발전으로 무선 센서 노드를 기반으로 하는 센서 네트워크의 다양한 연구가 진행되었다. 기존의 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 온도, 습도, 소리, 움직임 등이 여러 가지 정보를 수집할 수 있는 다양한 센서 모듈을 내장하고 있다. 또한, 무선 통신을 활용하여 센싱 데이터를 싱크 노드와 같은 목적지 노드로 전송하여 상황 탐지를 수행한다. 이러한 기존의 센서 네트워크는 환경 감시, 객체 추적, 침입 감지 등 다양한 응용에서 활용되고 있다. 일반적으로 센서 노드는 한정적인 에너지를 기반으로 동작하고, 임의 지역에 배포되므로 배터리 교체가 거의 불가능하다. 따라서 특정 노드에 많은 에너지 소모가 발생하였을 경우 노드의 동작이 불가능하며, 이는 전체 네트워크의 수명 감소로 이어진다. 그러므로 기존의 센서 네트워크에서는 수명을 최대화하기 위한 에너지를 효율적인 기법의 연구가 주로 진행되었다[1][2].

최근 초소형 CMOS 이미지 센서 모듈의 개발이 이루어지면서 온도, 습도 등의 수치적 데이터뿐만 아니라 주변 환경을 상세하게 모니터링하기 위한 음성 혹은 동영상과 같은 멀티미디어 데이터 수집이 가능해졌다. 센서 네트워크 환경에서 기존의 센서 네트워크와 다르게 멀티미디어 데이터를 수집하고 상황 탐지를 수행하는 기술을 무선 멀티미디어 센서 네트워크라 일컫는다[5]. 기본적으로 멀티미디어 센서 노드는 기존의 센서 노드에 추가적으로 멀티미디어를 수집할 수 있는 센서 모듈을 장착하여 사용된다. 따라서 기존 전통적인 센서 노드의 통신 모듈 및 연신 장치를 기반으로 구동된다. 하지만, 기존의 센서 노드는 낮은 대역폭의 지그비(Zigbee) 통신을 기반으로 데이터 송수신을 수행하므로 대용량 멀티미디어 데이터를 송수신할 경우 데이터 손실 및 극심한 에너지 소모가 발생한다. 지그비 통신의 경우 대역폭이 250kbps 수준이므로, Mbps 단위의 고대역폭을 필요로 하는 멀티미디어 데이터의 효율적인 전송이 불가능하다. 그러므로 기존의 무선 센서 네트워크와 다르게 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 연구에서는 지그비 통신의 대역폭 한계를 극복하기 위한 효율

적인 다중 경로 데이터 전송 기법의 연구가 진행되고 있다[6][7].

기본적으로 기존 센서 네트워크와 멀티미디어 센서 네트워크는 모두 해당 환경에 직접적으로 노출되어 있다. 이로 인해, 외부 공격으로부터 취약하며 다양한 형태의 보안 문제를 발생시킬 수 있다[3]. 일반적으로 센서 노드는 네트워크를 구성하고, 수집된 데이터를 기지국으로 전송하기 위해 무선 통신을 이용한다. 따라서 수신기를 이용하여 센서 네트워크에서 송수신되는 데이터를 손쉽게 수신하는 것이 가능하다. 이러한 취약점으로 인해 네트워크 내부의 데이터를 불법적으로 감청하는 스니핑 공격에 특히 취약하다. 이는 개인의 프라이버시나 군사 활용과 같이 보안이 요구되는 응용에서는 심각한 문제를 야기한다[4]. 또한 기존의 일차원적인 수치적 데이터보다 많은 정보를 가지고 있으므로 더욱 강력한 보안 기법이 요구된다. 따라서 공격에 대비할 수 있는 효율적인 보안 라우팅 기법에 대한 연구가 요구된다.

멀티미디어 센서 네트워크에서 활발하게 연구되고 있는 다중 경로 전송 기법의 경우, 부하 분산으로 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 기존의 센서 네트워크에서 사용하던 암호화 기법을 그대로 적용하는 것은 문제가 있다. 수치 데이터에 비해 대용량의 멀티미디어 데이터는 암호화 연산 과정에서 특정 노드에 대한 심한 에너지 소모를 초래할 수 있기 때문이다. 그러므로 제한된 능력과 에너지를 가지고 있는 센서 네트워크의 특성을 고려하여 멀티미디어 데이터를 보호하여 전송하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 데이터 전송 과정에서 외부 공격을 원천적으로 차단하기 위해, 라우팅 경로를 위험요소로부터 물리적으로 분리시킬 수 있는 위험요소 우회 다중 경로 라우팅 기법에 대한 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 위험요소의 인근 영역에 위험요소의 움직임을 고려하여 준비태세를 설정하여 데이터가 해당 지역을

통과할 때 위험 영역을 효과적으로 우회하는 것이 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 대표적인 데이터 전송 기법의 특징 및 문제점을 분석한다. 제3장에서는 준비태세와 데이터 우선순위를 정의하고 이를 이용한 위험요소 우회 다중 경로 라우팅 기법을 제안하며, 제4장에서는 기존 기법과의 시뮬레이션을 통해 제안하는 기법의 우수성을 보인다. 마지막으로 제5장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 관련연구

무선 센서 네트워크를 위한 다양한 라우팅 기법들이 연구되었다. 대표적인 라우팅 기법으로 GPSR[7]이 있다. GPSR은 각 노드들이 자신의 위치 정보를 GPS 수신기나 위치추위 등을 통해 알고 있는 것을 가정하고 있다. 데이터를 발생시키는 출발지 노드는 목적지 노드의 위치를 위치 정보 서비스 등을 이용해 알아낸 후에 이를 데이터의 헤더에 포함시키고 자신의 이웃 노드 중 목적지 노드의 위치와 가장 가까운 노드를 선택하여 데이터를 전달하게 된다. 또한 데이터를 받은 중간 노드들도 위와 동일한 과정을 통해 자신의 이웃 중 다음 노드를 선택하게 되고 이 과정은 데이터가 목적지 노드에게 전달될 때까지 반복된다.

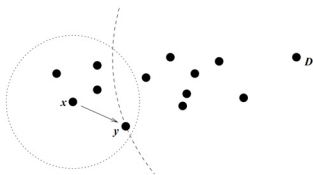


그림 1. 그리디 포워딩의 예제

[그림 1]은 GPSR의 그리디 포워딩을 통해 데이터를 전달할 다음 노드를 선택하는 예를 보여준다. 노드 x는 데이터를 노드 D까지 전송을 시도한다. 따라서 노드 x는 자신의 통신 반경 안에 있는 이웃 노드 중 노드D와 지리적으로 가장 가까운 노드 y를 선택하여 데이터를

전달한다.

그리디 포워딩은 데이터 송신지 노드의 1-홉 이내의 이웃노드들 중에 자신보다 목적지에 지리적으로 가장 가까운 노드에게 데이터를 전달하고, 데이터를 전달 받은 노드는 또 다시 같은 과정을 반복한다. 이와 같은 과정을 데이터가 목적지 위치까지 도달할 때까지 반복함으로써 데이터 라우팅이 가능하다. 하지만 기존의 라우팅 기법들은 멀티미디어 센서 네트워크의 특성에 맞지 않다. 그 이유는 멀티미디어 데이터의 특성상 크기가 기존의 데이터보다 크기 때문에 단일 경로가 아닌 비중첩 다중 경로를 통해 데이터를 송수신 해야 하기 때문이다.

무선 멀티미디어 센서 네트워크에서의 라우팅 기법 중 널리 알려진 TPGF[8]가 있다. TPGF는 무선 멀티미디어 센서 네트워크에서 가장 먼저 제안된 다중 경로 라우팅 기법으로써 지리적인 그리디 포워딩을 이용하여 노드들이 겹치지 않고 홉을 우회하는 최적의 다중 전송 경로를 생성한다. [그림 2](a)와 같이 우선 지리적으로 가까운 이웃을 선정해 라우팅 경로를 설정하게 된다. 만약 목적지와 가장 가까운 이웃노드의 이웃노드가 데이터를 전송한 노드만 있다면 [그림 2](b)와 같이 다시 자신을 블록노드로 설정한 후 다음 노드로 자신을 선택한 전 노드에게 자신을 제외한 다른 노드를 선택하여 라우팅 경로를 설정하라는 메시지를 보내게 된다. 지리적인 라우팅을 하기 진행하기 때문에 [그림 2](c)와 같이 경로 서클이 발생 할 수 있다. 따라서 목적지 노드부터 출발지 노드로 라우팅 경로를 역으로 검사하며 경로 서클을 없애고 경로를 최적화시킨다.

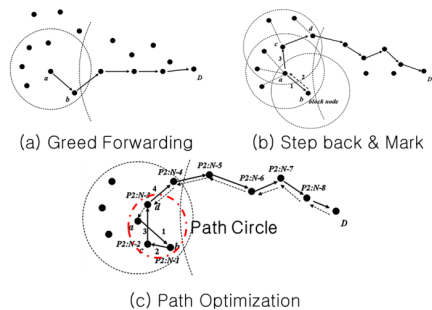


그림 2. TPGF 라우팅 기법

하지만 TPGF은 보안에 대해 전혀 고려하지 않았기 때문에 라우팅 경로 상에 악의적인 노드나 공격이 수행될 경우 네트워크 내부의 데이터가 외부로 노출될 위험이 높다. 따라서 본 논문에서는 외부의 위험요소를 감지하여 위험요소의 다양한 속성을 고려하여 준비태세(DEFCON, DEFense readiness CONdition)를 설정하여, 위험요소를 우회하는 라우팅 기법을 제안한다.

III. 제안하는 준비태세기반 위험요소 우회 다중 경로 라우팅 기법

준비태세는 [그림 3]과 같은 전체적인 흐름을 가지고 있다. 우선 각각의 노드들은 진동센서 및 RF 감지기를 통해 주기적으로 위험요소의 존재를 검사한다. 이렇게 검사 과정을 통해 위험요소를 감지하면 위험요소의 움직임에 따른 감지 값의 변화를 통해 위험요소의 움직임을 분석하여 각 노드는 준비태세를 설정하게 된다. 설정된 준비태세를 바탕으로 데이터의 중요도에 따른 우선순위를 설정한 후 준비태세와 데이터 우선순위를 비교하여 우선순위가 높은 데이터는 안전한 경로를 통해 전송된다.

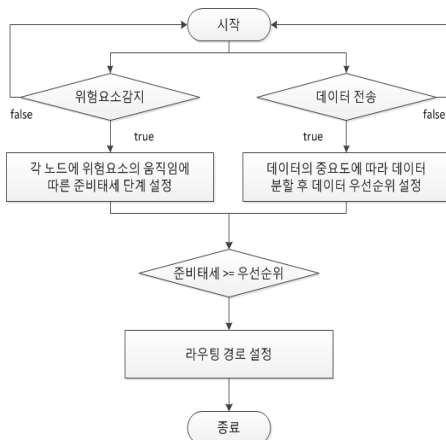


그림 3. DEFCON 라우팅 기법의 전체 흐름도

3.1 위험요소 정의

본 논문에서는 위험요소의 개념을 사용한다. 위험요

소는 센서 네트워크가 배포된 지역에 RF수신기를 장착하여 데이터를 중간에서 가로챌 수 있는 이동하는 객체이다. 따라서 위험요소를 감지하기 위해서는 RF신호를 감지할 수 있는 감지기나 이동 객체의 움직임을 파악할 수 있는 진동 센서를 이용한다. 위험요소를 감지 할 수 있는 센서가 장착된 노드가 배포되어 위험요소를 주기적으로 검사하여 감지된 값을 통해 위험요소의 위치를 파악하고, 이동성을 파악하여 준비태세 단계를 설정하게 된다.

3.2 준비태세 설정 기법

제안하는 기법에서는 준비태세의 개념을 정의한다. [그림 4]와 같이 위험요소의 위치를 기준으로 위험도를 계산하여 준비태세 단계를 설정한다. 제안하는 기법은 데이터 라우팅 과정에서 준비태세 정보를 유지하고 있는 센서 노드를 경유할 경우 데이터의 우선순위와 준비태세 단계를 비교하여 데이터를 전송할 다음 노드를 선정할 경우 위험요소를 회피하여 공격으로부터 안전한 다중 경로 라우팅을 수행한다.

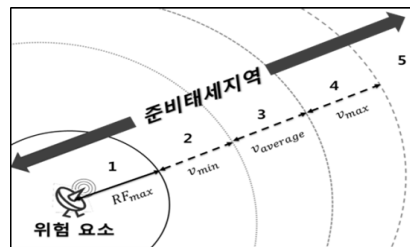


그림 4. 준비태세 지역

준비태세 지역은 실제 전쟁에서의 방위 준비태세와 같이 1-5단계로 구분하여 위험요소의 공격에 대비한다. 위험요소의 움직임을 고려하여 센서 네트워크지역에 준비태세를 설정한다. 1단계는 가장 위험한 단계로 데이터가 위험요소에 의해 외부로 노출될 수 있는 지역이고, 2단계는 직접적으로 위험요소에게 데이터 노출은 되지 않지만, 위험요소가 조금만 움직이면 데이터 노출이 가능한 최소 이동 속도 범위 안의 지역이다. 3단계는 위험요소의 평균 이동 속도 안의 범위인 지역에 설정되고, 4단계는 위험요소의 최대 이동 속도 안의 지역에 설

정된다. 5단계는 1-4단계가 포함되지 않는 전체 영역을 의미하며, 기본적으로 초기 모든 센서 노드에 설정되어 있다.

1단계는 가장 위험한 지역으로 데이터 중 가장 중요도가 낮은 데이터를 전송하고, 5단계는 가장 안전한 지대로 중요도가 높은 데이터를 전송한다. 준비태세 지역은 식(1)-(4)로 구분된다. RF_{max} 는 위험요소의 감지 반경, v_{min} 는 위험요소의 최소 속도, $v_{average}$ 는 위험요소의 평균속도이며, v_{max} 는 위험요소의 최대속도를 의미한다. 각 센서 노드는 수집된 위험요소의 위치와 최대 속도, 감지 반경을 통해 자신 스스로 단계를 설정한다. 이렇게 모든 센서 노드마다 준비태세 단계가 설정된다.

$$DEFCON_1 = RF_{max} \quad (1)$$

$$DEFCON_2 = RF_{max} + v_{min} - DEFCON_1 \quad (2)$$

$$DEFCON_3 = RF_{max} + v_{average} - DEFCON_2 \quad (3)$$

$$DEFCON_4 = RF_{max} + v_{max} - DEFCON_3 \quad (4)$$

전체적인 준비태세 설정 단계는 [그림 5]와 같다. 우선 각각의 센서 노드는 위험요소를 감지 할 수 있는 센서를 장착하고 있다. 이 센서를 이용하여 위험요소를 주기적으로 감지한다. 만약 위험요소를 감지하게 된다면 감지된 값을 통해 위험요소의 위치와 이동성을 파악하게 된다. 이렇게 파악한 위험요소의 정보들을 주변 노드들에게 전송하여 각각의 노드는 위험요소의 이동성을 고려한 준비태세 단계를 설정하게 된다.

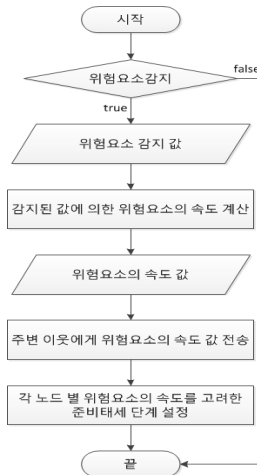


그림 5. DEFCON 라우팅 기법의 전체 흐름도

각각의 센서 노드는 위험요소를 감지한 감지 값에 의해 위험요소의 위치와 이동성을 파악한다. [그림 6]과 같이 위험요소를 감지한 센서 노드 중 값이 가장 작은 노드에게 [표 1]와 같은 메시지를 전송한다. 감지 값이 가장 작은 노드는 이 값을 수집하여 위험요소의 위치와 이동성을 계산하여 준비태세 단계안의 노드들에게 위험요소 정보를 전송한다. 위험요소 정보를 수신한 노드들은 각각의 위치에 맞는 준비태세 단계를 설정한다.

표 1. 위험요소 감지 메시지

sensor_id	location	min_vel	ave_vel	max_vel
id	x, y	m/s	m/s	m/s

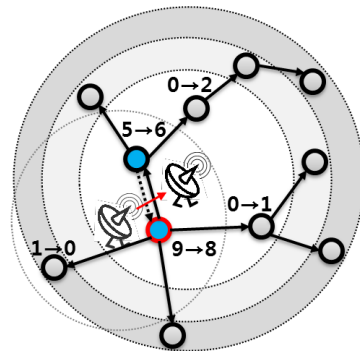


그림 6. 위험요소 감지

3.3 우선순위에 의한 데이터 분할 기법

모든 센서 노드는 위험요소의 위치와 이동성을 고려하여 준비태세 단계를 설정하고 있다. 이렇게 설정된 센서노드를 이용하여 데이터를 송수신하기 위해 라우팅 경로를 설정할 경우 데이터의 우선순위에 따라 데이터의 라우팅 경로가 달라진다. 데이터의 우선순위를 나누지 않고 모든 데이터를 안전한 지역을 통해 전송할 수 있다. 하지만 멀티미디어 센서 네트워크에서는 전송 지연시간이 짧아야 하고 또한 라우팅 경로의 센서 노드가 겹치지 않는 다중 경로를 설정해야 하기 때문에 만약 모든 데이터를 안전한 지역으로 전송 할 경우 전송 지연 및 다중 경로 설정에 문제가 있다. 따라서 데이터의 중요도에 따른 우선순위를 설정하여 데이터를 전송한다. 본 논문에서는 데이터의 우선순위를 준비태세단계

와 같이 1-5단계로 설정한다. 예를 들어, 동영상 데이터를 전송하는 경우에는 움직임이 많이 발생한 부분을 중요한 데이터로 정하여, 전체 동영상에서 전 프레임과 비교할 경우 변화량이 많은 부분을 5단계로 설정하고, 변화량이 가장 적은 부분을 1단계로 설정한다. 이렇게 우선순위가 설정된 데이터를 전송 할 경우 데이터의 우선순위와 준비태세의 단계를 비교하여 선택적인 라우팅을 수행한다.

데이터의 우선순위를 정하는 기법은 PIT[9]등과 이미지 분할 기법을 사용한다. [그림 7]과 같이 원본 이미지를 Wavelet Transform을 이용하면 이미지에 대한 주파수에 따라 이미지의 정보를 포함하고 있는 영역이 4개로 나누어지게 된다. 이처럼 이미지의 정보를 많이 담고 있는 데이터에 우선순위를 높게 주고, 아닌 데이터에 대해서는 우선순위를 낮게 주어 데이터 손실이 발생할 경우에는 데이터의 복구 성을 높이고, 데이터가 유출될 경우에는 데이터의 보안성을 높일 수 있다.

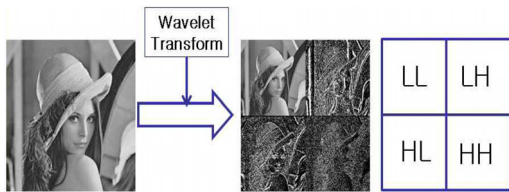


그림 7. 데이터 분할

3.4 다중 경로 라우팅 기법

다중 경로 라우팅을 진행하는 전체적인 흐름은 그림 8과 같다. 센서 노드에 의해 전송할 데이터가 생긴다. 생성된 멀티미디어 데이터를 전송하기 위해 데이터의 중요도에 따라 데이터를 분할하여 우선순위를 설정한다. 그 후 센서 노드는 자신의 이웃 중 목적지 노드와 가장 가까운 센서 노드를 전달 노드로 설정하여 라우팅 경로를 설정한다. 이와 같이 그리디 포워딩을 통해 라우팅 경로를 설정하여 목적지 노드로 데이터를 전송하게 된다.

예를 들어 우선순위가 3인 데이터를 전송할 경우 목적지까지의 최단 거리를 갖는 이웃 노드에게 전송하여 라우팅을 진행한다. 하지만 센서가 준비태세 5단계가

아니라면 데이터의 우선순위와 준비태세 단계를 비교한다. 데이터의 우선순위는 3단계이기 때문에 준비태세 1,2 단계를 제외한 목적지와 최단거리를 갖는 센서 노드에게 데이터를 전송하여 라우팅을 진행한다. 또한 경로를 설정할 경우에 우선순위가 가장 높은 데이터가 경로의 전송 지연이 가장 적은 경로로 설정한 후 우선순위에 따라 전송 지연이 적은 경로로 설정한다.

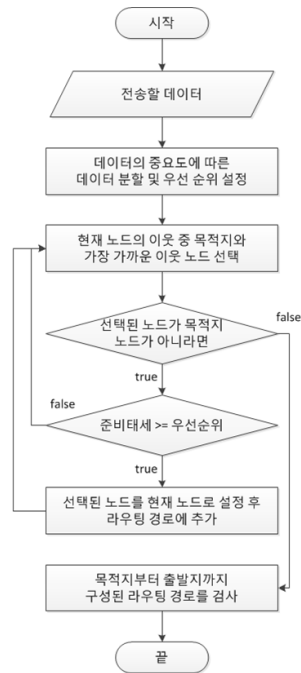


그림 8. 다중 경로 라우팅의 흐름도

[그림 9]는 실제 소스노드가 기지국으로 데이터를 전송할 경우 라우팅 경로 설정 과정에 대한 것이다. 위험요소를 중심으로 위험요소의 움직임을 통해 1~5사이의 준비태세가 설정되어 있다. 이때 소스노드가 데이터를 분할하여 중요도2의 데이터를 전송할 경우 지리적으로 준비태세 1단계의 노드가 가깝지만 중요도가 2이기 때문에 준비태세 2단계 이상의 안전한 노드들을 선택하여 라우팅 경로를 설정한다. 중요도 3인 데이터의 라우팅 경로 설정도 위와 같다. 만약 위험요소를 고려하지 않고 라우팅 경로를 설정해 데이터를 전송한다면 원본 데이터를 모두 감청할 수 있기 때문에 보안성 큰 문제

가 발생하고, 만약 중간에 가로채서 데이터를 손실시킨다면 기지국에서는 원본데이터를 제대로 인식하지 못할 것이다. 하지만 비 중첩 다중 경로 라우팅을 설정해야 하기 때문에, 데이터를 분석 한 후 중요한 부분에 높은 우선순위를 적용시켜 데이터를 보호하면서 비 중첩 라우팅 경로가 생길 수 있도록 해야 한다.

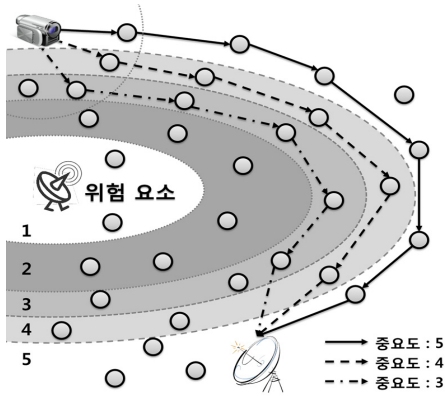


그림 9. 데이터 우선순위에 따른 다중 라우팅 경로

IV. 성능평가

4.1 실험 환경

멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 데이터 보호를 고려한 라우팅 기법이 없기 때문에 가장 대표적인 기법인 TPGF와의 성능평가를 진행하였다. 제안하는 기법의 우수성을 보이기 위해 [표 1]과 같은 환경에서 제안하는 기법과 기존 기법인 TPGF를 Nettopo[10] 시뮬레이션을 통해 성능을 평가 하였다. 센서 네트워크상의 위험요소는 1~5개로 설정하였고, 위치는 임의로 배포된다. 또한 소스 노드 센서 네트워크의 왼쪽 상단에 싱크 노드는 오른쪽 하단에 배포된다. 제안하는 기법의 수행을 보이기 위해 위험요소의 속도와 개수를 변경하면서 성능 평가를 진행하였다. 각 위험요소마다 감청율과 전송지연시간과 경로의 수를 성능 평가하였다. 여기서 감청율은 센서 네트워크상에 침입한 위험요소가 라우팅 경로 상에 있을 경우 데이터를 감청 당할 확률을 의미하며, 식 5에 의해 계산된다. $Risk_{\text{감청반경안노드}}$ 는 위험

요소의 감청반경 안에 있는 라우팅 경로 상의 노드의 수를 의미하며, $Path_{\text{총노드}}$ 는 경로 상의 모든 노드의 개수를 의미한다.

$$ED = \frac{Risk_{\text{감청반경안노드}}}{Path_{\text{총노드}}} \times 100 \quad (5)$$

또한 전송 지연 시간은 식 6에 의해 연산된다. D_{hop} 은 경로의 홑-수를 의미하고, H는 홑 당 평균 전송 지연시간으로 본 논문에서는 20ms로 설정하였다[4].

$$D_{e2e} = H \times D_{hop} \quad (6)$$

표 2. 성능평가 인자 및 값

파라미터	위치
센서 네트워크 크기(m)	600 x 400
센서 노드의 수(개)	200 ~ 1000
통신 반경(m)	30 ~ 100
위험요소의 수(개)	1 ~ 5
위험요소의 감지 반경(m)	80
위험요소의 속(m/s)	10~50

4.2 성능평가 결과

성능평가는 위험요소의 속도 변화에 따른 감청율의 변화와 위험요소 수에 따른 경로의 수, 전송 지연 시간, 감청율의 변화에 대해 진행하였다. [그림 10]은 위험요소의 속도 변화에 따른 감청율을 나타낸다. 우선 위험요소의 이동 속도가 증가함에 따라 감청율이 상승함을 볼 수 있다. 이는 위험요소를 고려하여 경로를 생성하여도 위험요소의 움직임에 따라 라우팅 경로 상에 위험요소가 존재 할 수 있기 때문이다. 또한 데이터 우선순위가 증가할수록 감청율이 낮아짐을 볼 수 있다. 이 결과는 우선순위가 높을수록 위험요소를 고려하여 준비태세단계가 높은 안전한 경로로 우회하기 때문에 데이터의 안전성이 보장됨을 의미한다. 데이터의 우선순위가 높을수록 준비태세단계가 높은 노드들을 이용하여 라우팅 경로를 설정함으로써 위험요소로부터 중요한 데이터를 보호한다. 또한 본 논문에서 위험요소의 움직임을 고려하였기 때문에 위험요소의 속도가 증가해도 감청율이 많이 증가하지 않음을 볼 수 있다.

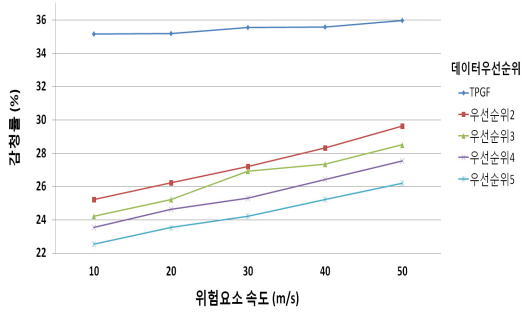


그림 10. 위험요소 속도에 따른 감청율

[그림 11]은 위험요소의 수에 따른 경로의 수 변화를 나타낸다. TPGF는 위험요소를 고려하지 않았기 때문에 경로의 수가 일정하지만 DEFCON은 위험요소를 고려하였기 때문에 위험요소의 수가 증가할수록 경로의 수가 감소하는 것을 볼 수 있다. 비록 경로의 수가 TPGF보다 약 28%정도 적지만 TPGF의 경로는 감청 당할 수 있는 위험한 경로이므로 DEFCON이 경로의 수는 적지만 더 안전하다고 볼 수 있다. 따라서 경로의 수도 중요하지만 멀티미디어 센서 네트워크에서는 데이터가 많은 정보를 가지고 있기 때문에 경로의 질이 더 중요하다고 생각한다.

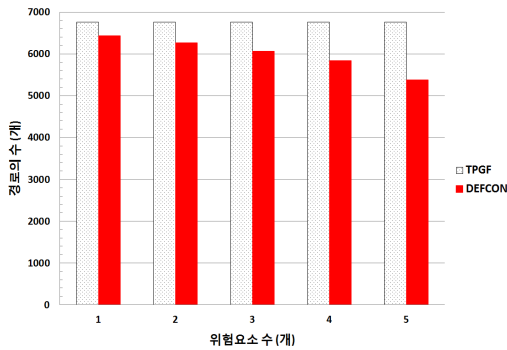


그림 11. 위험요소 수에 따른 경로의 수

[그림 12]는 위험요소 수에 따른 전송 지연 시간을 나타낸다. TPGF는 위험요소를 고려하지 않기 때문에 전송 지연 시간이 일정하다. 하지만 DEFCON의 경우는 위험요소의 수가 증가함에 따라 전송 지연시간이 증가함을 볼 수 있다. 이는 위험요소의 수가 증가할수록 위

험요소를 우회하여 라우팅 경로를 설정하기 때문이다. DEFCON이 TPGF의 전송 지연 보다 약 5%정도 시간이 더 걸린다. 하지만 이는 위험요소로부터 데이터를 보호하기 위해 우회하는 라우팅 경로를 설정하기 때문이다. 약 5%정도의 전송 지연 시간은 그리 큰 차이가 아니라고 생각된다.

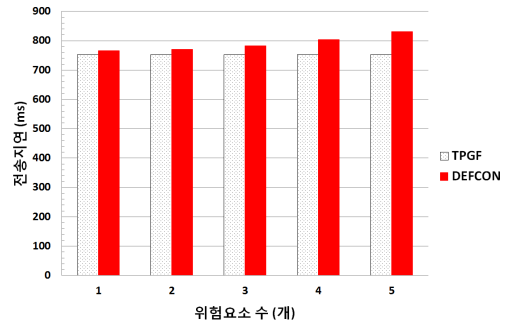


그림 12. 위험요소 수에 따른 전송 지연 시간

[그림 13]은 위험요소의 수에 따른 감청율의 변화를 나타낸다. 두 기법 모두 위험요소의 수가 증가함에 따라 감청율도 증가함을 볼 수 있다. 하지만 위험요소가 증가함에 따라 TPGF의 감청율과 DEFCON의 감청율의 차이가 증가함을 볼 수 있다. 이는 DEFCON의 위험요소를 고려한 라우팅이 위험요소의 수가 증가할수록 더 좋은 성능을 발휘함을 볼 수 있다. 또한 DEFCON기법이 TPGF기법보다 약 18%정도 감청율이 낮게 나옴을 볼 수 있다. 이는 위험요소로부터 데이터를 안전하게 보호할 수 있는 라우팅이 진행됨을 입증하는 것이다.

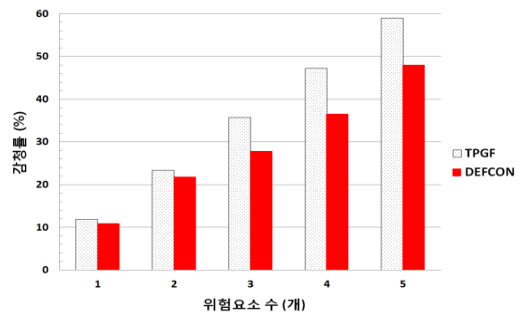


그림 13. 위험요소 수에 따른 감청율

결과적으로 기존의 기법과 비교 한 결과 전송 지연 시간이 약 5%정도 더 소요되지만 무선 통신의 속도를 고려할 때, 데이터 우선순위에 따른 데이터 전송 지연 시간의 차이가 크지 않다. 그러므로 데이터의 중요도에 따른 우선순위를 설정하고 위험요소 우회 라우팅을 수행하는 것이 기존 기법에 비해 멀티미디어 데이터의 보안성과 원본 이미지의 복구성 측면에서 약 18%정도가 차이가 있음을 확인 할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크 환경에서 데이터 전송 과정에서 스니핑 공격 등으로부터 데이터를 보호하기 위해 위험요소로부터 물리적으로 우회하여 공격을 회피할 수 있는 다중 경로 라우팅 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 위험요소의 인근 영역에 위험요소의 움직임을 고려하여 준비태세를 설정하여 데이터가 해당 지역을 통과할 때 위험 영역을 효과적으로 우회하는 것이 가능하다. 또한, 준비태세 단계를 연산하는 노드들은 준비태세 설정에 자신의 정보와 1-홉 이내의 이웃 노드들의 정보만을 활용함으로써 연산 부하를 최소화시켰다. 시뮬레이션을 통해 기존 기법보다 약 18%의 감청율을 줄일 수 있었다. 향후 연구는 라우팅 경로 설정과정에서 각 경로 별 전송지연시간을 조절할 수 있도록 제안하는 기법을 확장하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Szcwcyk, E. Osterweil, J. Polastre, M. Hamilton, A. Mainwaring, and D. Estrin, "Habitat Monitoring with Sensor Networks," *The Journal of Communications of the ACM*, Vol.47, No.6, pp.34-40, 2004.
- [2] C. Jun-Hong, K. Jiejun, M. Gerla and Z. Shengli, "The Challenges of Building Scalable Mobile Underwater Wireless Sensor Networks for Aquatic Applications," *The Journal of IEEE Network*, Vol.20, No.3, pp.12-18, 2006.
- [3] C. Karlof and D. Wagner, "Secure Routing in Wireless Sensor Networks: Attacks and Countermeasures," *Proc. of the International Conference on Sensor Network Protocols and Applications*, Vol.1, pp.293-315, 2003.
- [4] R. Lu, X. Lin, H. Zhu, and X. Shen, "TESP2: Timed Efficient Source Privacy Preservation Scheme for Wireless Sensor Networks," *Proc. of the International Conference on Communications*, pp.1-6, 2010.
- [5] S. Lee and M. Gerla, "Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad Hoc Networks," *Proc. of the IEEE International Conference on Communications*, Vol.10, pp.3201-3205, 2001.
- [6] 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.
- [7] B. Karp and H. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Sensor Networks," *Proc. of the ACM/IEEE MOBICOM*, pp.243-254, 2000.
- [8] L. Shu, Y. Zhang, L. T. Yang, Y. Wang, M. Hauswirth, and N. Xiong, "TPGF: Geographic Routing in Wireless Multimedia Sensor Networks," *The Journal of Telecommunication System*, Vol.44, pp.79-95, 201
- [9] J. H. Lee and I. B. Jung, "Adaptive-Compression Based Congestion Control Technique for Wireless Sensor Networks," *The Journal of Sensors*, Vol.10, pp.2919-2945, 2010.
- [10] L. Shu, M. Hauswirth, H. C. Chao, M. Chen, and Y. Zhang, "NetTopo: A Framework of Simulation and Visualization for Wireless Sensor Networks," *The Journal of Ad Hoc Network*, Vol.9, pp.799-820, 2012.

저 자 소 개

황 동 교(Donggyo Hwang)

준회원



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

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 데이터베이스 시스템, 클라우드 컴퓨팅, 위치 기반 서비스, 정보 검색 등

손 인 국(In-goog Son)

준회원



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

<관심분야> : 무선 센서 네트워크, 위치 기반 서비스, 데이터베이스 시스템, 위치 기반 서비스 등

박 준 호(Junho Park)

정회원



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

▪ 2011년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전산학과 연수 연구원

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

유 재 수(Jaesoo Yoo)

종신회원



- 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