

M2M 무선 네트워크에서 패킷 지연 성능 향상을 위한 간섭 회피 다중 경로 라우팅 기법

준회원 허형민*, 정회원 황준호*, 종신회원 유명식*

Interference-Free Multipath Routing Protocol for M2M Wireless Network to Enhance Packet Delay Performance

Hyeongmin Heo* *Associate Member*, Junho Hwang* *Regular Member*,
Myungsik Yoo*^o *Lifelong Member*

요 약

M2M 통신은 기기간 자율적인 네트워크 구성 및 정보 전달을 통해 사물, 차량, 사람의 상태 등을 파악하는 유비쿼터스 환경 구축의 핵심 기술로 인식되고 있다. 특히 M2M 기술 구축을 위해 사용되는 무선 센서 네트워크에 대해 수집되는 데이터의 신뢰성 확보를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 신뢰성 문제는 센서네트워크를 통해 지연에 민감한 멀티미디어 정보가 전송됨에 따라 그 중요성이 크게 부각되었다. 이러한 통신 신뢰성에 가장 큰 영향을 끼치는 것이 센서 노드 간 간섭 문제이며, 더욱이 멀티 홉 환경에서는 이러한 통신 간섭 문제로 인한 성능 저하가 급격하게 발생하는 문제점을 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 패킷 지연 성능 향상을 위하여 멀티 홉 환경에서 센서 노드 간의 간섭 범위를 고려하여 간섭 회피 경로를 설정하는 다중 경로 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안 알고리즘의 성능 평가를 위해 모의실험을 수행하였고, 그 결과 기존 무선 센서 네트워크의 라우팅 알고리즘에 비해 패킷 지연 및 전송률 성능 측면에서 우수함을 입증할 수 있었다.

Key Words : M2M, Multipath routing protocol, Sensor network, Link Interference, Packet delay

ABSTRACT

M2M communication is considered as a key enabling technology to monitor the status of objects, vehicles, humans through auto-configuring wireless networks. In M2M network, there are active research activities to enhance the reliability on data while being collected from wireless sensor network. The reliability issue becomes more important as wireless sensor networks carry multimedia data, which is delay sensitive. The interference caused by the adjacent neighbor sensor nodes is a major factor in network performance degradation, which becomes more severe in multi-hop routing environment. In this paper, we propose interference-free multipath routing protocol for M2M wireless network for enhancement of packet delay performance. The simulation results show that the proposed routing algorithm outperforms the existing routing protocols in terms of packet delay and throughput.

1. 서 론

최근 들어 M2M (Machine to Machine) 기술 많은

관심과 개발을 위한 연구가 진행됨에 따라 유비쿼터스 환경 구축의 핵심 기술로써 충분한 활용가치가 있음이 입증되고 있다. 이러한 M2M 기술은 기계간의

※ 본 연구는 지식 경제부 및 정보통신산업진흥원의 “IT융합 고급인력과정 지원 사업”의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C6150-1001-0004)

* 숭실대학교 정보통신전자공학부 (myoo@ssu.ac.kr), (* : 교신저자)

논문번호 : KICS2010-11-574, 접수일자 : 2010년 11월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 13일

통신, 사람이 동작하는 통신 기기와 기계간의 통신을 융합하여 원격지의 사물, 차량 위치, 사람의 동작 상태나 주변 환경 등의 정보를 습득하여 지능적으로 활용할 수 있는 기술이다¹⁾.

이러한 M2M 통신 환경에서는 정보 습득의 대상이 사람에서 주변 사물로 그 영역이 확장되는데, 이를 위해 M2M 통신 기기들은 지능화되고 수집되는 정보를 활용하기 위한 신뢰적인 통신을 제공하여야 한다. 더욱이 M2M 기술은 통신 거리가 수집되는 정보를 활용하는 영역에 있어 근거리 네트워크를 형성하는데, 특히 WPAN (wireless personal area network) 영역 내에서 가장 활발히 사용될 것으로 기대된다.

이와 같은 M2M 기술을 구축하기 위해 활용되는 것이 무선 센서 네트워크 (wireless sensor network) 기술이다. 무선 센서 네트워크는 소형 센서를 사용해 주변 환경 및 사물 정보를 수집하고, 무선 통신 기술을 활용하여 수집된 정보를 전송할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. 이와 같은 무선 센서 네트워크는 그림 1과 같이 크게 사물 및 환경 정보를 습득하는 센서와 센싱 (sensing) 정보를 무선 통신 기술을 통해 전송하는 센서 노드와 센싱 정보를 외부 망으로 송출하는 게이트웨이 (gateway)의 역할을 담당하는 싱크 노드 (sink node)로 구성된다²⁾.

현재 무선 센서 네트워크는 건물 구조 모니터링 시스템, 무인 공장 관리 시스템, 홈 네트워킹 등과 같은 다양한 응용 시스템 구축에 이용되고 있으며, 점차 그 응용 분야가 증가되고 있다. 더욱이 센서의 수명 증가, 네트워크 구성 용이성의 증가로 인해 위험 상황 모니터링, 재해 방지 등 오류에 민감한 응용 서비스 시스템에도 무선 센서 네트워크를 활용하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

하지만 오류에 민감한 긴급 상황 서비스에 기존 무선 센서 네트워크에서 동작하는 프로토콜을 사용할 경우 신뢰성 확보에 문제점을 가지게 된다. 이는 기존 무선 센서 네트워크에서 발생하는 데이터의 형태가

단순히 수집한 온도, 습도, 조도 등의 단순한 데이터이며 오류나 손실이 발생해도 긴급 상황에 미치는 영향이 미비하였다. 하지만 카메라가 부착된 이미지 센서 노드와 같은 멀티미디어 데이터 전송이 가능한 센서 노드의 등장과 이에 따른 비디오, 오디오 신호의 전송이 가능한 WMSN (wireless multimedia sensor network)이 등장함에 따라 센싱 정보의 상호 보완 및 신뢰성 확보에 많은 연구가 진행되고 있다³⁾.

이러한 멀티미디어 데이터는 기존 무선 센서 네트워크에서 센싱한 데이터보다 비교적 용량이 크고, 전송 속도와 전송 지연에 민감한 특성을 가진다. 따라서 낮은 대역폭과 멀티 홉 환경의 무선 센서 네트워크에서 멀티미디어 데이터를 효율적으로 전송할 수 있는 통신 프로토콜에 대한 연구가 매우 중요하다. 이에 본 논문에서는 무선 멀티미디어 센서 네트워크의 신뢰성을 향상시키기 위해 다중 경로 간 서로 간섭이 없는 것을 특징으로 하는 새로운 다중 경로 설정 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 다중 경로 설정 알고리즘의 특징과 문제점을 분석하고, 이어 3장에서는 본 논문에서 다중 경로 간 서로 간섭이 없는 새로운 다중 경로 설정 알고리즘의 특징 및 동작 방법을 설명한다. 4장에서는 제안 알고리즘의 모의실험을 통해 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

최근 많은 연구를 통해 무선 센서 네트워크 환경에서 멀티미디어 데이터를 전송하는데 다중 경로를 이용한 방법들이 소개되고 있다. 다중 경로를 사용하는 경우 용량이 큰 멀티미디어 데이터를 서브 프레임으로 나누어 여러 경로로 분산시켜 전송함으로써 소수의 센서 노드에 부하가 집중되는 현상을 완화시켜주고 중간 노드에서 오버플로우 (overflow)가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 또한 제한된 대역폭을 가지는 무선 센서 네트워크 환경에서 다중 경로를 동시에 사용하는 것은 단일 경로를 사용하는 경우보다 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있는 장점이 있다⁴⁾.

전송에 사용되는 다중 경로들이 서로 독립된 Disjoint-Path로 이루어져 있다면 각각의 경로에서 발생하는 패킷 손실이나 전송이 서로 다른 경로에 영향을 미치지 않기 때문에 위의 장점을 최대화할 수 있다. 기존 연구에서는 위의 장점들을 최대화할 수 있도록 다중 경로를 활용하기 위하여 서로 독립되고 효과

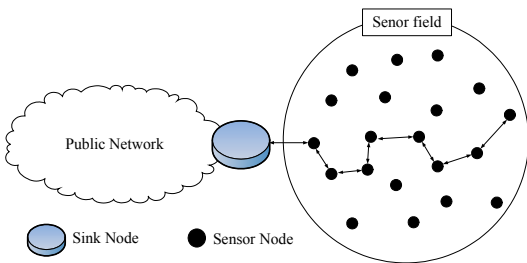


그림 1. 무선 센서 네트워크 구조

적으로 데이터를 분산할 수 있는 Link-Disjoint 또는 Node-Disjoint 개념의 다중 경로 설정이 제안되었으며, 특징을 살펴보면 다음과 같다.

2.1 Link-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘

Link-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘의 가장 큰 특징은 링크의 겹침을 허용하지 않는다는 것이다. 링크의 겹침을 허용하지 않기 때문에 동일한 링크에 데이터 전송이 집중되지 않고 분산되도록 할 수 있으며, 하나의 링크 고장으로 인해 발생하는 다수의 경로 단절을 방지할 수 있다⁵⁾. 그림 2는 이러한 Link-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘의 기본 동작 개념을 도시하고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 다중 경로 간 공통적인 링크를 사용하지 않지만 노드의 겹침은 허용한다. 그렇기 때문에 다중 경로를 동시에 사용하는 경우 하나의 노드에 데이터 전송이 집중될 수 있고, 전송이 집중되는 노드 주위에 다중 경로 간 간섭 문제가 발생하며, 그 외의 노드들에서도 다중 경로 간 간섭 문제가 발생할 수 있다. 또한 노드의 고장으로 인해 그 노드를 이용하는 다수의 경로가 단절될 수 있다는 단점이 존재한다.

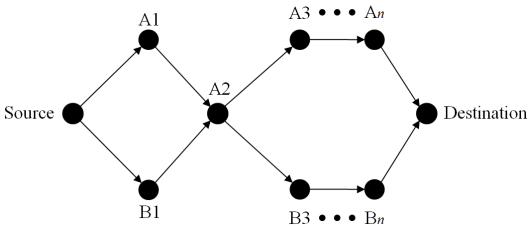


그림 2. Link-Disjoint Multi-Path Routing

2.2 Node-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘

Node-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘의 가장 큰 특징은 노드의 겹침을 허용하지 않는다는 것이다. 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. 그림 3은 이러한 Node-Disjoint 다중 경로 설정 알고리즘의 기본 동작 개념을 도시하고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 다중 경로 간 공통적인 노드를 사용하지 않는다. 그렇기 때문에 다중 경로를 동시에 사용하는 경우에도 하나의 노드에 데이터 전송이 집중되지만, 전송이 집중되는 노드 주위에 일어나는 다중 경로 간 간섭은 완화할 수 있다. 따라서

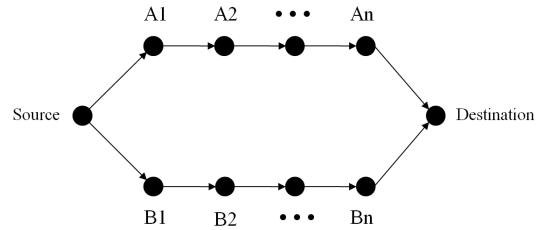


그림 3. Node-Disjoint Multi-Path Routing

Link-Disjoint 다중 경로 라우팅 프로토콜보다 다중 경로 전송의 효율을 높일 수 있다⁵⁾. 하지만 다중 경로 간 발생할 수 있는 간섭 발생을 고려하지 않았기 때문에 지연에 민감한 멀티미디어 데이터 전송에 문제가 발생할 수 있다.

이와 같은 다중 경로 간 간섭 발생 문제를 해결하기 위해서는 링크나 노드의 겹침을 고려하여 판단하는 것이 아니라 간섭 범위를 고려하여 판단하는 것이 바람직하다. 이에 본 논문에서는 경로 설정 시 노드 간 간섭 범위를 고려하여 다중 경로 간 간섭이 없는 경로 설정 알고리즘을 제안한다.

III. 제안 다중 경로 설정 알고리즘

본 논문에서 제안하는 다중 경로 간 간섭이 없는 다중 경로 설정 알고리즘은 센서 노드의 간섭 범위를 고려하여 다중 경로를 설정함으로써 다중 경로 사용의 장점을 최대화하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 먼저 고려하는 것이 노드의 간섭 범위이다. 일반적으로 한 노드의 간섭 범위는 전송 범위의 약 1.8배로 알려져 있다⁶⁾. 따라서 전송 범위를 R 이라고 한다면 $1.8R$ 이상 떨어진 거리의 노드는 서로에게 간섭의 영향을 주지 않는다.

이러한 간섭 범위를 기반으로 간섭 범위 파악은 각 노드의 위치 정보를 이용하여 다중 경로가 $1.8R$ 이상 떨어지도록 연결 노드를 설정하여 다중 경로 간 간섭을 피하는 특징을 가지고 있다. 그림 4는 이러한 제안 다중 경로 알고리즘의 간섭 범위 개념 및 기본 원리

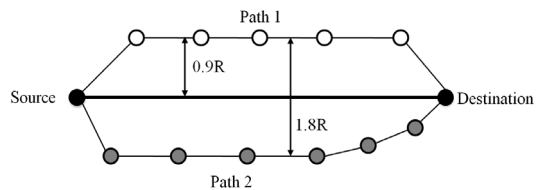


그림 4. 제안 알고리즘의 간섭 범위 개념 및 기본 원리

대한 개념을 도시하고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 간섭이 발생하지 않는 노드들은 근원지 노드 (source node)와 목적지 노드 (destination node) (e.g 싱크 노드)를 연결한 직선에서 양 옆으로 0.9R 이상 떨어진 노드들이다. 따라서 다중 경로 설정 시 1.8R 이상 떨어진 노드들이 중계 노드로서의 역할을 수행할 수 있다. 이렇게 다중 경로 설정 시 간섭 범위를 고려하면 근원지 노드와 목적지 노드 주변의 0.9R 범위 내에 존재하는 노드를 제외한 나머지 구간에서는 간섭이 없이 다중 경로를 통해 데이터 전송이 가능하다.

이러한 제안 알고리즘을 동작하기 위해서는 다음과 같은 시스템 가정 사항을 설정한다. 먼저, 모든 노드들은 GPS 신호나 위치 인식 알고리즘을 통해 자신의 위치와 목적지 노드인 싱크 노드의 위치 정보를 사전에 알고 있어야 한다. 또한 경로 설정을 위해 전송하는 RREQ 메시지 내에 자신의 위치 정보를 저장한다. 이러한 가정 사항을 기반으로 제안 알고리즘은 RREQ 브로드캐스트 과정, RREP 선택 전송 과정의 두 가지 과정을 거쳐 경로를 설정한다. 이를 보다 자세히 살펴보면 다음과 같다.

3.1 RREQ 브로드캐스트 과정

RREQ 브로드캐스트 과정은 경로 설정 과정에서 오버헤드 (overhead)가 크게 발생하여 센서 노드의 불필요한 에너지 소모뿐만 아니라, 주변 데이터 전송 노드들에게도 간섭을 끼쳐 전송 지연이 증가하는 문제를 야기한다. 이에 본 논문에서는 선택적으로 RREQ 메시지를 전송하여 오버헤드 문제 감소 및 간섭으로 인한 전송 지연 문제를 해결한다. 이를 위해 근원지 노드와 싱크 노드를 직선으로 연결하는 선을 기준으로 0.5R 이하의 영역을 경로 선택에서 배제하는 NR (negative region)으로 구분하고, 0.5R 이상 kR (e.g k = 2)영역을 경로 선택 후보 노드 영역인 PR (positive region)로 구분한다. 이에 따라 RREQ 메시지의 포워딩 (forwarding) 노드는 PR 영역에 존재하는 노드들만 수행하여, 경로 탐색 시 오버헤드를 최소화 한다.

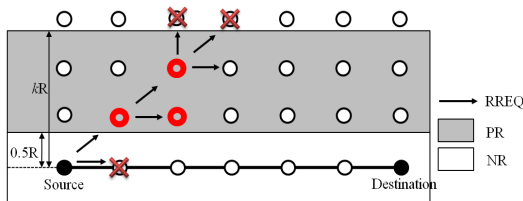


그림 5. 제안하는 RREQ 브로드캐스트 과정

3.2 RREP 선택 전송 과정

본 논문에서 제안하는 다중 경로 설정 알고리즘의 가장 큰 목적은 간섭을 회피할 수 있는 경로 중 최단 홉 수를 가지는 경로를 선택하는 것이다. 이를 위해 RREP 선택 전송 과정에서 사용되는 변수의 개념을 그림 6과 같이 도시하였으며, 각 변수의 정의는 표 1과 같이 정리하였다.

일반적으로 최단 홉 수로 경로를 설정하려면 L값이 클수록, D값이 작을수록 좋다. 하지만 제안 알고리즘에서는 간섭을 발생시키지 않는 노드들 중 최단 홉 수를 선택하기 때문에 D값이 0.9R보다 큰 노드들로 경로를 설정하여야 한다. 따라서 간섭의 영향이 없는 D값이 0.9R 보다 큰 범위에 존재하는 노드들 중에서 가장 낮은 D값을 가지는 노드를 선택하여야 한다.

이러한 최단 홉 수를 선택하는 경로 선택 개념을 토대로 RREP 메시지 선택 전송 과정은 자신에게 RREQ를 전송한 노드들 중 D값이 0.9R보다 큰 노드가 있는 경우 D값이 0.9R보다 큰 노드들에 대하여 각 노드의 간섭 정도를 나타내는 S 값의 계산을 L/D 수식을 통하여 계산한다. 이와 달리 RREQ를 전송한 노드들 중 D값이 0.9R보다 큰 노드가 한 개도 없을 경우 S값은 L×D 수식을 통하여 계산한다. 이러한 RREP 메시지 선택 노드 결정 과정을 보다 자세히 할

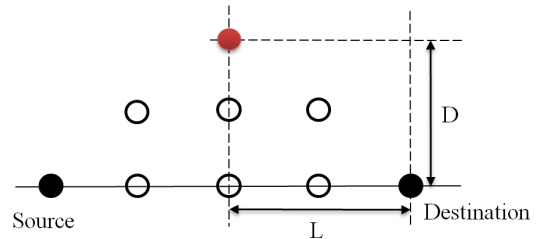


그림 6. 본 연구에서 제안하는 변수 개념

표 1. 노드 선택 기준 변수 정의

변수	정의
R	센서 노드의 최대 전송 거리
D	근원지 노드와 싱크 노드를 연결하는 직선거리 상에서 현재 노드와 싱크 노드 사이의 수직 거리
L	근원지 노드와 싱크 노드를 연결하는 직선거리 상에서 현재 노드와 싱크 노드 사이의 수평 거리
S	RREP 메시지 중계 후보 노드의 간섭 정도를 나타냄 (높을수록 RREP 메시지 전송 확률 증가)

펴보면 다음과 같다.

먼저 그림 7은 Node 1과 Node 2 모두 위치가 0.9R보다 큰 상황에서 회색 노드가 RREP를 선택하여 전송한다고 할 때, 두 노드의 S 값은 L/D 를 이용한다. 따라서 S 값이 큰 노드가 선택되게 되어, Node 2로 RREP 메시지를 전달된다.

그림 8은 회색의 노드가 RREP 전송한다고 할 때 Node1은 0.9R보다 큰 범위에 있고, Node2는 0.9R보다 작은 범위에 있는 경우이다. 따라서 제안 알고리즘의 전송 노드 선택 기준에 따라 0.9R 보다 적은 범위에 존재하는 Node 2의 S값은 0이며, Node 1에 대한 S값을 구하고, 높은 S값을 가지는 Node 1로 RREP 메시지를 전송한다.

마지막으로 그림 9는 두 노드의 위치가 모두 0.9R보다 작은 범위에 있는 경우로써, 간섭이 발생하지 않

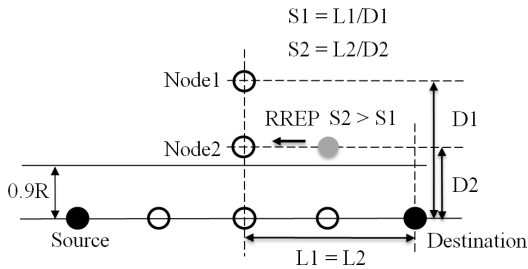


그림 7. 두 노드의 위치가 0.9R 보다 클 경우

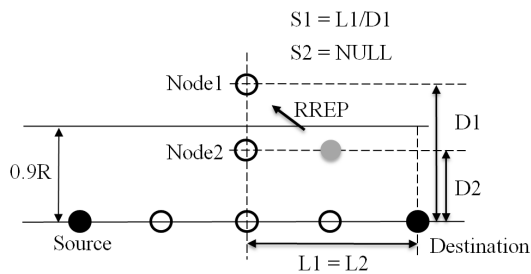


그림 8. Node2의 위치가 0.9R 범위 내에 있을 경우

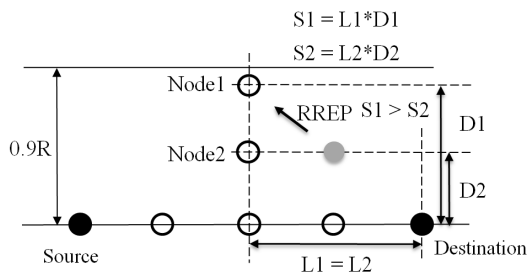


그림 9. 두 노드의 위치가 모두 0.9R범위에 있을 경우

는 노드가 주변에 없다. 하지만 데이터 전송을 위해 간섭이 발생할 확률이 가장 낮은 노드를 선택하기 위해 두 노드의 S값은 $L \times D$ 를 통해 계산되며, 이중 S값이 큰 노드를 통해 RREP 메시지를 전송한다.

이와 같이 제안하는 간섭 회피 다중 경로 설정 알고리즘은 RREQ 브로드캐스트 과정 시의 오버헤드 감소와 RREP 선택 전송 과정 시의 간섭 범위를 고려한 다중 경로 설정을 통해 보다 효율적으로 경로 설정이 가능하며, 다중 경로 동시 사용 시 간섭의 영향을 줄일 수 있다는 장점이 있다.

IV. 모의실험 결과 및 분석

4.1 모의실험 환경

본 논문에서 제안하는 간섭 회피 기반의 다중 경로 설정 알고리즘의 성능 평가를 위해서는 종단 간 평균 전송 지연시간 및 평균 전송률을 비교 분석한다. 이를 위한 400m × 400m 통신 영역 환경에서 400개의 노드들이 20m 간격을 두고 격자(grid) 형태로 구성된 토폴로지 환경을 구성하였다. 모의실험 환경은 c++ 언어 기반의 시뮬레이터를 구현하였으며, 성능 비교를 위해 대표적인 Node-Disjoint 다중 경로 라우팅 알고리즘인 SMR(Split Multi-Path Routing)^[7]을 선정하였다. 표 2는 본 모의실험 환경에서 사용된 시스템 파라

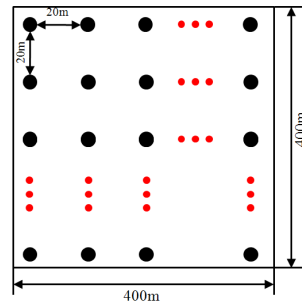


그림 10. 모의실험 토폴로지

표 2. 모의실험 파라미터

파라미터	값
센서 노드의 수	400
센서 노드의 전송 범위 R [m]	30
패킷 크기 [bit]	1,024
최대 전송률 [Kbps]	250
트래픽 발생률 [bi/s]	25~250
트래픽 발생 노드 수	20~200
RREQ 브로드캐스트 상수 (k)	2

표 3. M.1225 무선 채널 환경 모델

M.1225 Channel Model
- Path-loss model
• $L = 40\log_{10}R + 30\log_{10}f + 49 [dB]$
• R = the length of the path (km)
• f = carrier frequency (MHz)
- Shadowing model
• Long-normal Distribution with Standard Deviation 10dB

미터를 도시하고 있으며, 그림 10은 모의실험에 사용된 토폴로지 구조를 도시하고 있다.

이와 더불어 각 센서 노드는 무선 채널 상황에 따라 성능의 영향을 받는데, 이를 위해 본 논문에서는 무선 채널 환경 모델로 표 3과 같은 특징을 갖는 M.1225 채널 모델을 선택하였다.

4.2 모의실험 결과 및 분석

본 논문에서는 제안 알고리즘의 성능 분석을 위해 패킷 발생량 증가, 패킷 발생 수의 노드 변화에 따른 평균 전송 지연 시간 및 노드당 평균 전송률에 대해 분석하였다. 먼저, 그림 11은 패킷 발생량 증가에 따른 평균 전송 지연을 측정된 결과이다. 이를 위해 패킷 발생 노드를 50개로 고정하고, 패킷 발생량을 25에서 250 bit/s까지 증가하면서 성능을 측정하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안 알고리즘은 SMR 알고리즘에 비해 전체적으로 낮은 평균 패킷 전송 지연 값을 나타내고 있다. 그림 12는 그림 11의 조건에서 평균 전송률을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안 알고리즘의 SMR 알고리즘에 비해 측정 범위 내에서 높은 전송률을 보이고 있다. 단, 평균 전송률의 차이는

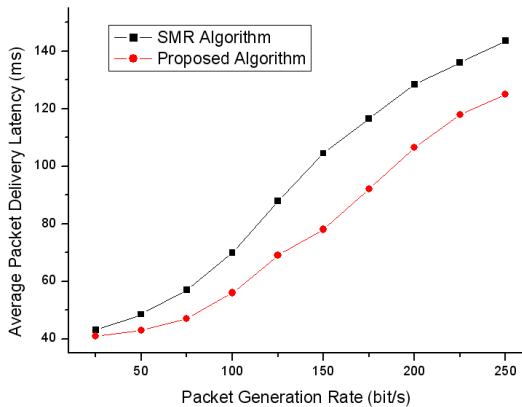


그림 11. 패킷 발생량 증가에 따른 평균 전송 지연

패킷 발생량이 증가할수록 간격이 줄어든다.

이는 패킷 발생량이 적을 경우 간섭 영향을 고려하지 않아도 간섭이 적게 발생하여 주변 노드의 전송 지연과 평균 전송률의 차이가 거의 없지만, 패킷 발생량이 증가할수록 사용되고 있는 경로의 수가 증가하고, 그만큼 간섭의 문제가 발생하게 된다. 따라서 제안 알고리즘에서는 경로 설정 시 간섭 범위를 고려하기 때문에 간섭이 최소화되는 경로를 선택하여 평균 전송 지연의 감소와 전송률의 증가 이득을 제공할 수 있다.

하지만 전반적으로 두 알고리즘 모두 패킷 발생량 증가에 따른 평균 전송 지연 증가와 노드 당 평균 전송률의 감소 현상을 보였다. 이는 무선 센서 네트워크의 특성상 모든 노드의 최종 목적지가 싱크 노드이기 때문에 싱크 노드 주변의 노드들의 다중 경로 간섭이 급격히 증가하기 때문이다.

그림 13과 14는 각각 패킷 발생 노드 수의 증가에 따른 평균 전송 지연과 평균 전송률을 나타낸 것이다. 이를 위해 패킷 발생량을 100 bit/s로 고정하고, 패킷

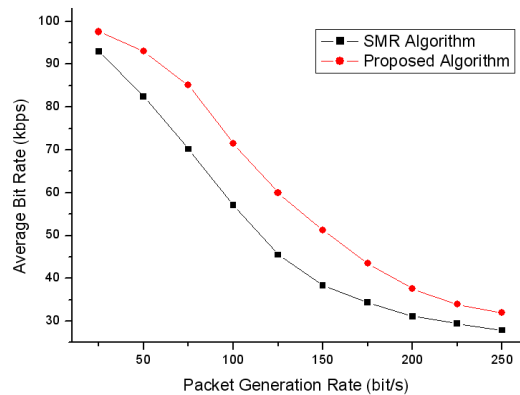


그림 12. 패킷 발생량 증가에 따른 평균 전송률

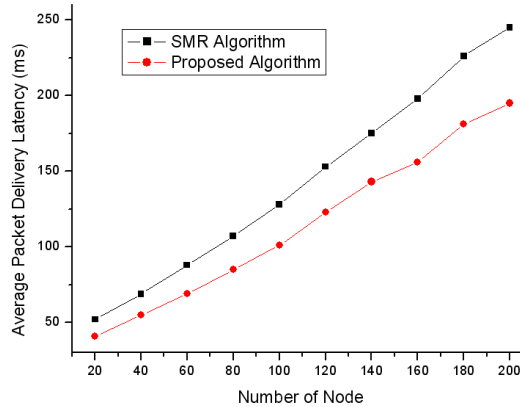


그림 13. 패킷 발생 노드 수 증가에 따른 평균 전송 지연

발생 노드 수를 20에서 200개까지 증가하면서 성능을 측정하였다. 먼저, 그림 13에서 볼 수 있듯이 제안 알고리즘과 SMR 알고리즘 모두 패킷 발생 노드 수가 증가할수록 평균 전송 지연이 증가하나 제안 알고리즘의 증가폭이 SMR에 비해 낮은 것을 볼 수 있다. 그림 14의 경우 패킷 발생 노드의 수가 증가할수록 두 알고리즘 모두 평균 전송률이 감소하기는 하나 제안 알고리즘이 SMR 알고리즘에 비해 감소폭이 작은 것을 알 수 있다.

이와 같은 평균 전송 지연과 평균 전송률을 차이는 노드의 수가 증가할수록 다중 경로 내 간섭이 발생하는 구간이 증가하기 때문이다. 그러나 제안 알고리즘의 경우 다중 경로 내 경로 설정 시 간섭을 고려하기 때문에 그 지연 증가폭이 SMR 알고리즘에 비해 작으며, 높은 평균 전송률을 유지할 수 있게 된다.

패킷 발생 노드 수의 증가의 경우도 앞서 패킷 발생량의 변화에 따라 성능 추이와 비교하였을 때 평균 전송 지연의 증가와 평균 전송률의 감소 추이를 볼 수 있다. 이는 패킷 발생 노드 수의 증가 또한 전체 네트워크 트래픽의 증가를 야기하는 환경으로 네트워크에 반영되고, 이를 통해 싱크 노드 주변 센서들의 간섭 상황이 급격하게 증가하기 때문인 것으로 분석된다.

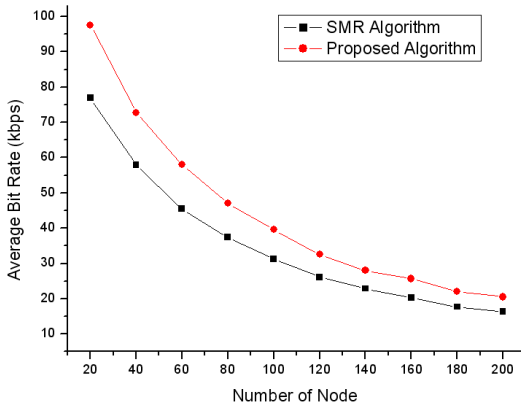


그림 14. 패킷 발생 노드 수 증가에 따른 평균 전송률

V. 결 론

M2M 기술의 등장과 이를 이용한 다양한 응용 서비스들이 개발됨에 따라 무선 센서 네트워크에서 발생하는 데이터의 형태와 요구되는 품질 정도가 변화하고 있다. 이에 따라 멀티미디어 데이터를 통한 무선 센서 네트워크 응용 서비스들의 등장하였고, 이로 인해 무선 센서 네트워크의 신뢰성이 중요한 문제로 나

타나게 되었다. 특히 멀티 홉 환경에서의 노드 간 간섭으로 인해 신뢰성에 매우 낮아 멀티미디어 무선 센서 네트워크에 활용에 많은 제한을 받고 있다. 이에 본 논문에서는 M2M 무선 네트워크에서 지연시간에 민감한 멀티미디어 데이터를 빠르게 전송하기 위하여 서로 간섭이 없는 다중 경로 설정 알고리즘을 제안하였다.

또한 제안하는 알고리즘의 성능 평가를 위해 모의 실험을 수행하였고, 다중 경로 간 간섭을 고려하여 다중 경로를 설정할 경우, 다중 경로를 동시에 사용하더라도 간섭 없이 사용할 수 있는 것을 확인하였으며, 평균 전송률을 높이고 평균 전송 지연 시간을 줄일 수 있음을 입증할 수 있었다.

마지막으로 현재 고려한 격자형이 아닌 실제 센서 네트워크 환경에 근접한 토폴로지를 적용한 성능 평가와 간섭 회피 라우팅과 센서 노드의 저전력 기술을 결합한 라우팅 기술에 대한 연구를 향후 연구로 진행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 남동규 “사물지능통신의 발전과 미래 서비스 모델”, *한국통신학회지 정보와통신*, 제 27권, 제 7호, pp.3-9, 2010.
- [2] 조위덕, 이상학, 강정훈, “센서 네트워크 기술 개요”, *한국정보통신학회 정보통신소사이어티 논문지*, 제 17권, 제1호, pp.101-118, 2003.
- [3] IAN F. AKYILDY, “Wireless Multimedia Sensor Network: A survey”. *IEEE Wireless Communications*, Vol.14, No.6, pp.32-39, 2007.
- [4] Yihan 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.
- [5] 정성록, 이정훈, 노병희, “무선 센서 네트워크에서 멀티미디어 데이터 전송을 위한 최적의 노드 비 겹침 다중경로 탐색 프로토콜”, *한국통신학회 논문지*, 제33권, 제11호, pp.1021-1033, 2008.
- [6] Kaixin Xu, Mario Gerla, Sang Bae, “How Effective is the IEEE 802.11 RTS/CTS Handshake in Ad-Hoc Networks?”, *GLOBECOMM - In Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference*, No.1, pp.72-77, 2002.
- [7] S. Lee and M. Geria, “Split multipath routing

with maximally disjoint paths in ad hoc networks", In Proceedings of IEEE ICC, Vol. 10, pp.3201-3205, 2001.

허형민 (Hyeong-min Heo)

준회원



2004년 8월 숭실대학교 정보통신전자공학과
2011년 2월 숭실대학교 정보통신공학과 석사
<관심분야> 센서 네트워크, 저전력 라우팅

유명식 (Myungsik Yoo)

종신회원



1989년 2월 고려대학교 전자공학과 학사
1991년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
2000년 6월 SUNY at Buffalo Dept. of EE 박사
2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 부교수

<관심분야> Optical Network, OBS, EPON, QoS, Wireless MAC Protocol, MANET, RFID/ USN, CR, Visible Light Communication

황준호 (Junho Hwang)

정회원



2004년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사
2006년 2월 숭실대학교 정보통신전자공학부 석사
2006년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 박사과정

<관심분야> Optical Access Network, Wireless MAC Protocol, RFID/USN, Visible Light Communication