
WiMedia를 위한 멀티홉 라우팅 프로토콜 개발 및 성능분석

정진욱* · 이승진** · 진교홍*** · 황민태**** · 전영애*****

Design and Performance Analysis of Multi-hop Routing Protocol for WiMedia

Jin-uk Jung* · Seung-jin Lee** · Kyo-hong Jin*** · Min-tae Hwang**** · Young-ae Jeon*****

요 약

WiMedia는 다른 WPAN 기술에 비해 빠른 전송률을 제공하지만 전송 범위가 10미터로 제한되어 있어 그 이상의 거리에 존재하는 디바이스와의 통신은 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 WiMedia 네트워크에서 제한된 전송 범위를 극복하여 실시간(Real-Time) 데이터를 전송하기 위한 멀티홉 QoS 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안된 라우팅 프로토콜은 Table-Driven 라우팅 알고리즘과 On-Demand 라우팅 알고리즘이 결합된 하이브리드 형 라우팅 프로토콜로 2홉 이내의 거리에 존재하는 디바이스에 대한 경로는 주기적으로 전송되는 이웃 디바이스의 정보를 수집한 후 Table-Driven 라우팅 알고리즘을 사용하여 생성하며 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스에 대한 경로는 On-Demand 라우팅 알고리즘을 사용하여 생성한다. 그리고 ns-2 시뮬레이션을 통해 제안된 라우팅 프로토콜과 AODV, 그리고 DSDV간의 성능을 비교하였으며, 그 결과 처리율과 지연시간에 있어 우수한 성능을 보였다.

ABSTRACT

Though WiMedia supports the higher data rates than other WPAN technologies, a WiMedia device cannot reach other devices which are apart from it more than 10 meter; the limited transmission range of the WiMedia protocol. In this paper, we propose a multi-hop QoS routing protocol to enable WiMedia devices to transmit real-time data to devices that is located out of transmission range. The proposed routing protocol is a hybrid routing protocol, which is the mixed protocol of table-driven and on-demand routing algorithm. In the proposed protocol, a route for a device within 2-hop is established by using the table-driven routing algorithm and a route for the device beyond 2-hop is established by using the on-demand routing algorithm. We perform ns-2 simulation to investigate the performance of the proposed routing protocol with AODV and DSDV. The simulation results show that the proposed protocol's performance is better than AODV and DSDV in terms of the throughput and delay.

키워드

WiMedia, 멀티홉 라우팅 프로토콜, 멀티홉 통신, 네트워크 시뮬레이터

Key word

WiMedia, Multi-hop Routing Protocol, Multi-hop Communications, ns-2

* 정회원: 창원대학교 전자공학과
** 준회원: 창원대학교 전자공학과
*** 정회원: 창원대학교 전자공학과 (교신저자, khjin@changwon.ac.kr)
**** 정회원: 창원대학교 정보통신공학과
***** 정회원: 한국전자통신연구원 그린융합무선시스템연구팀

접수일자 : 2012. 03. 07
심사완료일자 : 2012. 04. 03

I. 서 론

WiMedia는 3.1GHz ~ 10.6GHz 주파수 대역에서 최대 480Mbps의 전송 속도를 제공하는 고속 WPAN 표준으로 스마트 홈(Smart Home) 환경이나 지능형 객차 시스템(Intelligent Subway System)에서 고속의 전송률을 요구하는 실시간 멀티미디어 데이터 전송에 적합하지만 최대 전송 범위가 10미터로 매우 제한적이며 전송 신호가 벽을 통과할 수 없다는 단점이 있다[1, 2, 3, 4]. 그러므로 송신 디바이스는 목적지 디바이스가 10미터 이상의 거리에 존재하거나 장애물로 인해 직접 통신할 수 없는 경우에 멀티홉 라우팅을 통해 경로를 설정한 후 서로 데이터를 송수신해야 하지만 현재 WiMedia 표준은 멀티홉 라우팅을 제공하고 있지 않다[5].

본 논문에서는 WiMedia D-MAC(Distributed Medium Access Control) 프로토콜의 특징을 고려하여 실시간 데이터 전송이 가능하도록 Table-Driven 라우팅 알고리즘과 On-Demand 라우팅 알고리즘이 결합된 멀티홉 QoS 라우팅 프로토콜을 개발하였다. 제안된 라우팅 프로토콜에서 디바이스는 NL(Neighbor List)을 주기적으로 교환하여 자신과 2홉 이내에 존재하는 디바이스에 대한 경로는 Table-Driven 라우팅 알고리즘을 통해 구성하며 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스로의 경로는 On-Demand 라우팅 알고리즘을 사용하여 탐색한다. 그리고 하나의 목적지 주소에 대해 다수의 경로들이 존재하는 경우에 홉 카운트(Hop Count)와 RSSI(Received Signal Strength Indicator), 그리고 이용 가능한 MAS(Medium Access Slot) 개수를 활용하여 최적의 경로를 선택하도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 WiMedia D-MAC 프로토콜 및 대표적인 모바일 에드혹 네트워크 라우팅 프로토콜, 그리고 WiMedia와 관련된 멀티홉 라우팅에 대한 연구를 간략히 소개한다. 3장에서는 제안된 멀티홉 QoS 라우팅 프로토콜을 설명하고 4장에서는 시뮬레이션을 통해 얻은 결과를 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제를 기술하였다.

II. 관련 연구

2.1. WiMedia D-MAC 프로토콜 개요

WiMedia에서 채널 시간은 그림 1과 같이 65,536us의 고정된 길이를 가지는 슈퍼프레임(Superframe)으로 구성되며 각 슈퍼프레임은 비콘 구간(Beacon Period)과 데이터 전송 구간(Data Transfer Period)로 나누어진다.

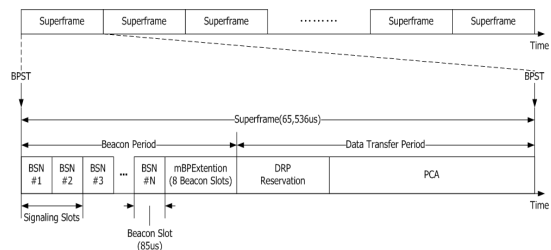


그림 1. 슈퍼프레임 구조
Fig. 1 The structure of superframe

모든 디바이스는 비콘 구간 내 자신에게 할당된 비콘 슬롯(Beacon Slot)에서 비콘 프레임 전송하고 그 외의 비콘 슬롯에서는 다른 디바이스가 전송하는 비콘 프레임을 수신해야 한다. 또한, 디바이스는 비콘 프레임에 디바이스 및 네트워크에 대한 정보가 포함된 IE(Information Element)를 추가하여 이웃 디바이스들에게 전달할 수 있다. 모든 디바이스는 매 비콘 구간마다 IE가 포함된 비콘 프레임을 송·수신하므로 디바이스들은 항상 주변 디바이스들에 대한 정보를 빠르게 업데이트할 수 있다.

데이터 전송 구간은 DRP(Distributed Reservation Protocol) 예약 구간과 PCA(Prioritized Channel Access) 구간으로 나누어지며 DRP 예약 구간은 디바이스가 특정 채널 시간을 예약하여 독점적으로 사용하는 구간으로 QoS(Quality of Service)를 요구하는 실시간 트래픽 전송에 적합하도록 TDMA(Time Division Multiplexing Access) 방식을 사용한다. 이 때 예약되는 시간의 단위를 MAS(Medium Access Slot)라 한다. PCA 구간에서는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반의 IEEE 802.11e의 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 사용하여 데이터를 전송

한다[5].

2.2. 모바일 에드혹 네트워크 라우팅 프로토콜

모바일 에드혹 네트워크 라우팅 프로토콜은 크게 On-Demand 방식과 Table-Driven 방식의 라우팅 프로토콜로 구분할 수 있다.

On-Demand 방식의 라우팅 프로토콜은 전송할 데이터가 있는 경우에만 경로 탐색(Route Discovery)을 시작하며 대표적인 프로토콜로는 AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector)가 있다[6]. 그러나 AODV를 WiMedia 네트워크에 적용하려면 추가적인 라우팅 패킷이 필요하다. 또한 최적의 경로를 설정하지 않으며 QoS를 지원하지 않는다는 단점이 있다.

Table-Driven 방식은 모든 디바이스가 주기적으로 라우팅 패킷을 전송하여 네트워크상의 모든 디바이스에 대한 경로 정보를 유지하여 전송할 데이터가 있으면 즉각적으로 데이터를 전송할 수 있다는 장점이 있다. 대표적인 프로토콜로는 DSDV(Destination Sequence Distance Vector)가 있다[7]. 그러나 DSDV 역시 추가적인 라우팅 패킷이 요구되며 목적지 디바이스로의 경로를 설정할 때 홉 카운트만을 고려할 뿐 다른 요소들은 고려하지 않아 QoS를 적절히 제공하지 못하는 단점이 있다. 또한 디바이스의 이동이나 링크 품질 저하로 인해 링크 오류가 발생하는 경우에 DSDV는 대체 경로를 찾기 위해 네트워크 정보를 수집한 후 라우팅 테이블을 업데이트하지만 이때 소요되는 시간이 길어 링크 오류를 빠르게 복구할 수 없다는 문제점이 있다.

2.3. WiMedia 네트워크를 위한 멀티홉 라우팅 연구

[8]에서는 디바이스간의 거리에 따라 전송률이 달라질 수 있다는 점에 착안하여 직접 통신이 가능한 거리에 있더라도 중계 디바이스를 거치는 경우에 더 빠른 전송률을 사용할 수 있다면 중계 디바이스를 거쳐 2홉으로 통신되도록 하는 DR(Distributed Relay)-MAC을 제안하였으나 3홉 이상의 통신에는 적합하지 않다는 문제점이 있다.

이와 같이 현재까지 WiMedia 네트워크를 위한 멀티홉 라우팅에 관한 연구는 매우 미흡한 수준으로 본 논문에서는 WiMedia MAC의 특징을 고려한 멀티홉 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다.

III. 제안된 라우팅 프로토콜

이 장에서는 제안된 라우팅 프로토콜을 설명한다. 먼저 이웃 디바이스의 정보 획득 및 목적지 디바이스로의 경로 설정을 위해 설계된 두 개의 IE들을 설명하고 그 다음 이 IE들을 사용하여 제안된 프로토콜이 어떻게 동작하는지 3단계로 구분해 설명한다.

그림 2는 제안된 라우팅 프로토콜을 설명하기 위한 네트워크 모델이다. 디바이스간 최대 거리와 최소 거리는 각각 10미터와 6미터이며 네트워크상에 어떠한 MAS 예약도 존재하지 않는다고 가정하였다.

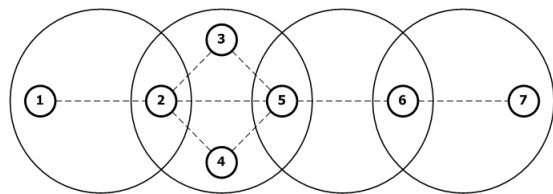


그림 2. 네트워크 모델
Fig. 2 Network Model

3.1. 멀티홉 QoS 라우팅을 위해 정의된 IE

WiMedia 디바이스는 비콘 프레임에 하나 이상의 IE를 포함하여 전송하며 수신된 IE를 통해 이웃 디바이스의 정보를 수집할 수 있다. 이와 같이 IE를 활용하면 제어 프레임과 라우팅 패킷의 전송을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 따라서 제안된 라우팅 프로토콜 역시 라우팅 오버헤드를 줄이기 위해 라우팅 정보를 IE 형태로 구성하여 전송하도록 하였다.

2홉 이내에 존재하는 디바이스에 대한 경로를 결정하기 위해 모든 디바이스는 그림 3과 같은 구조의 NLIE(Neighbor List Information Element)를 교환한다. NLIE의 주요 필드로는 NLIE를 생성한 디바이스의 주소를 기록하는 Owner 필드와 NLIE를 생성한 디바이스의 이웃 디바이스들의 주소와 신호 세기(Signal Strength)를 기록하는 DevAddr 1 ~ N 필드와 DevAddr N's RSSI 필드가 있다.

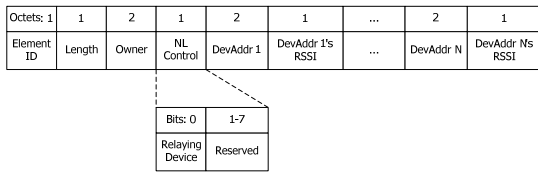


그림 3. NLIE 구조
Fig. 3 The structure of NLIE

그림 4는 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스로의 경로를 탐색하기 위해 사용되는 MQRT IE (Multi-hop QoS Routing Information Element)의 구조를 나타낸다. MQRT Control 필드는 MQRT Message Type 비트와 Hop Count 서브 필드로 구성된다. MQRT Message Type 비트는 해당 MQRT IE가 Route Request용인지 Route Reply용인지를 구분하기 위해서 사용되고 Hop Count 서브필드의 값은 MQRT IE를 전달하는 중간 디바이스에 의해서 증가되며 최적의 중계 디바이스를 결정하는 Metric을 계산하기 위한 용도로 사용된다.

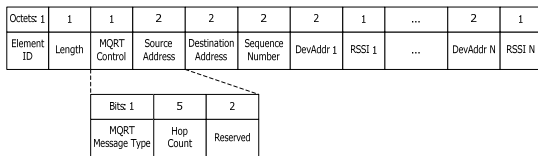


그림 4. MQRT IE 구조
Fig. 4 The structure of MQRT IE

3.2. 제안된 라우팅 프로토콜

앞서 말한 바와 같이, WiMedia 디바이스들은 비콘 프레임 사용하여 주기적으로 이웃 디바이스들의 정보를 교환한다. 그러므로 디바이스들은 자연스럽게 1홉 거리의 디바이스들에 대한 라우팅 엔트리들을 구성할 수 있다. 그리고 비콘 프레임에 포함된 NLIE를 확인하여 2개의 수퍼프레임(65,536us × 2) 이후에 2홉 거리에 존재하는 디바이스들의 라우팅 엔트리를 구성할 수 있다. 그러나 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스들에 대한 라우팅 엔트리는 NLIE의 정보만으로는 구성할 수 없으므로 MQRT IE를 전송하여 최적의 경로를 찾는다. 이 과정에서 다수의 경로가 발견될 수 있으며 그 중 최적의 경로를 결정하기 위해 이용 가능한 MAS 개수, RSSI 값, 그리고 홉 카운트를 사용한다.

3.2.1. 2홉 이내에 존재하는 디바이스들에 대한 라우팅 엔트리 구성

2홉 이내에 존재하는 디바이스들의 라우팅 엔트리는 이웃 디바이스들과 주기적으로 교환하는 NLIE를 활용하여 간단하게 생성 및 업데이트 할 수 있다. NLIE를 수신한 디바이스는 수신된 NLIE의 DevAddr 필드에 기록된 주소를 Destination Address(DA)에 기록하고 Next Hop Address(NHA)를 수신된 비콘 프레임의 SrcAddr 필드의 값으로 설정한다. 예를 들면, 디바이스 2의 NL인 {1, 2, 3, 4, 5}을 수신한 디바이스 1은 자기 자신을 제외한 나머지 원소들의 라우팅 엔트리를 생성하고 이들의 Next Hop Address로 디바이스 2를 선택한다.

제안된 라우팅 프로토콜에서 사용되는 라우팅 테이블은 다른 라우팅 프로토콜과는 다르게 하나의 Destination Address에 대해 다수의 Next Hop Address를 가질 수 있도록 설계되었다. 최적의 Next Hop Address를 결정하기 위한 파라미터로 이용 가능한 MAS 개수, RSSI 값, 그리고 홉 카운트를 사용하여 Metric을 계산한 후 가장 높은 Metric을 가지는 Next Hop Address를 최적의 경로로 선택한다. 이렇게 다수의 Next Hop Address를 유지하는 이유는 링크 오류가 발생하는 경우에 빠르게 대체 경로를 찾을 수 있기 때문이다.

3.2.2. 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스들의 라우팅 엔트리 구성

소스 디바이스는 이웃 디바이스와의 NL 교환으로는 3홉 이상의 거리에 존재하는 목적지 디바이스로의 경로를 획득할 수 없다. 따라서 이러한 경우에 소스 디바이스는 목적지 디바이스로의 경로 탐색을 시작한다.

예를 들어, 그림 5의 디바이스 1이 디바이스 7로 데이터를 전송하고자 할 때 먼저 디바이스 7에 대한 라우팅 엔트리가 라우팅 테이블에 존재하는지 확인한다. 만약 존재하지 않으면 디바이스 1은 디바이스 7로의 경로를 찾기 위해 그림 5와 같이 2홉 거리에 위치한 디바이스 3, 4, 5에게 경로 탐색을 요청하는 Request용 MQRT IE(MQRT Message Type 필드의 값이 0인 MQRT IE)를 전송한다.

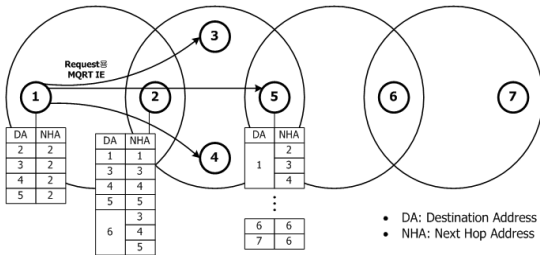


그림 5. Request용 MQRT IE 전송
Fig. 5 Transmission of MQRT IE for Request

디바이스 1이 전송한 MQRT IE를 수신한 디바이스 3, 4, 5는 자신의 라우팅 테이블을 확인한다. 모든 디바이스들은 이웃 디바이스의 NL을 수집하여 2홉 이내에 존재하는 디바이스들의 라우팅 엔트리를 모두 가지고 있으므로 디바이스 5는 디바이스 7에 대한 라우팅 엔트리를 가지고 있다. 따라서 디바이스 5는 그림 6과 같이 디바이스 1로 Reply용 MQRT IE(MQRT Message Type 필드의 값이 1인 MQRT IE)를 전송한다. 그리고 디바이스 5가 전송하는 Reply용 MQRT IE(MQRT Message Type 필드의 값이 1인 MQRT IE)에는 디바이스 5의 NL이 포함되어 있으므로 디바이스 1은 디바이스 7에 대한 경로뿐만 아니라 디바이스 6에 대한 경로 역시 알 수 있다.

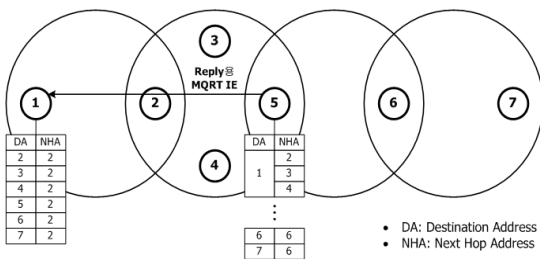


그림 6. Reply용 MQRT IE 전송
Fig. 6 Transmission of MQRT IE for Reply

결과적으로 디바이스 1이 전송한 Request용 MQRT IE에 대한 응답을 디바이스 7이 아닌 디바이스 5가 함으로써 라우팅 오버헤드와 경로 설정 시간이 감소된다.

3.2.3. 최적의 Next Hop Address 결정

제안된 라우팅 프로토콜의 라우팅 테이블은 다른

프로토콜들과는 다르게 하나의 라우팅 엔트리가 하나 이상의 Next Hop Address를 가지는 구조를 가지고 있다. 표 1은 디바이스 2의 라우팅 테이블의 한 부분으로 디바이스 3에 대한 라우팅 엔트리를 보여주며 현재 Next Hop Address는 In Use 필드가 1로 설정된 디바이스 3이다.

표 1. 디바이스 2의 라우팅 테이블에 기록된 디바이스 3의 라우팅 엔트리

Table. 1 Routing entry for device 3 in the routing table of device 2

Destination Address	Next Hop Address	In Use	Available Number of MAS	Hop Count	D (RSSI)	BSN	Metrics
3	3	1	250	1	3	3	175.9
	4	0	250	1	3	4	175.9
	5	0	250	1	1	5	175.3

그러므로 하나의 목적지 디바이스에 대해 다수의 Next Hop Address를 가지는 디바이스는 이용 가능한 MAS 개수, RSSI 값, 홉 카운트를 이용하여 계산된 Metric 값이 가장 큰 Next Hop Address를 최적의 경로로 간주한다. 이용 가능한 MAS의 개수는 DRP IE의 DRP Allocation 필드를 확인하여 계산할 수 있으며 홉 카운트는 NLIE와 MQRT IE에 기록되어 있어 이를 통해 알 수 있다. 또한 수신된 신호의 RSSI를 측정하여 디바이스는 표 2와 같이 자신과 다른 디바이스와의 거리와 전송률을 파악할 수 있다.

표 2. 거리와 전송률의 관계

Table 2. The relationship between distance and data rate

거리(m)	전송률(Mbps)	Metric 계산을 위한 값(D)
9m	53.3	1
7 ~ 9m	160	2
5 ~ 7m	200	3
3 ~ 5m	320	4
2 ~ 3m	400	5
~ 2m	480	6

또한 각 디바이스는 식 (1)을 통해 위의 세 파라미터를 사용하여 개별 Next Hop Address에 대한 Metric을 계산한다.

$$Metric = \frac{(\alpha \times N_{MAS}) + (\beta \times D)}{N_{HC}} \quad (1)$$

여기서, N_{MAS} 는 이용 가능한 MAS의 개수이며 D 는 표 2로부터 얻은 값이다. 그리고 N_{HC} 는 홉 카운트를 나타낸다. α 와 β 는 이용 가능한 MAS의 개수와 RSSI에 적용되는 가중치로 각각 0.7과 0.3으로 설정하였다.

IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

본 장에서는 제안된 라우팅 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 ns-2를 사용하여 시뮬레이션을 수행하여 그 결과를 분석하였다[9]. 성능 분석을 위한 파라미터로 처리율(Throughput)과 라우팅에 소요되는 시간(Routing Time), 그리고 라우팅 오버헤드(Routing Overhead)를 사용하였다. 처리율은 목적지 디바이스에서 초당 수신되는 바이트의 양으로 계산하였으며 라우팅에 소요되는 시간은 시뮬레이션이 시작되고 목적지로의 라우팅 엔트리 생성된 이후에 패킷이 처음 전송될 때의 시간으로 측정하였다. 라우팅 오버헤드는 목적지 디바이스로의 경로 설정을 위해 전송된 라우팅 패킷의 개수를 의미한다. 또한, 디바이스가 이동하여 링크 오류가 발생하는 경우의 처리율과 디바이스가 이동하였다가 특정 시간 후 원래의 위치로 돌아오는 경우의 처리율을 확인하였다.

4.1. 처리율, 라우팅에 소요되는 시간, 라우팅 오버헤드

그림 7은 처리율, 라우팅 타임, 및 라우팅 오버헤드를 측정하기 위해 사용된 시뮬레이션 모델이다. 소스 디바이스 S가 목적지 디바이스(D1 ~ D9)로 TCP를 사용하여 1000 바이트 크기의 FTP 데이터를 전송하도록 하였으며 시뮬레이션은 목적지 디바이스에 대해 개별적으로 130 초 동안 수행되었다.

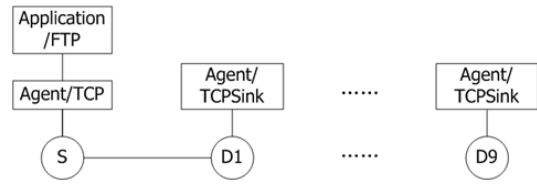


그림 7. 처리율 측정을 위해 사용된 시뮬레이션 모델
Fig. 7 Simulation model for measurement of throughput

그림 8은 AODV, DSDV, 그리고 제안된 라우팅 프로토콜에 대해 시뮬레이션을 수행했을 때 처리율을 비교한 그래프이다. 모든 라우팅 프로토콜들의 처리율은 홉 카운트가 증가될수록 크게 감소하는 경향을 보인다. 제안된 라우팅 프로토콜과 AODV의 성능은 비슷하게 나타났다. 반면에, 주기적으로 Route Update 메시지를 전송하기 때문에 상대적으로 데이터를 전송할 시간은 적은 DSDV의 성능이 가장 낮게 나타났다. 특히, 홉 카운트가 3, 7, 그리고 9일 때, DSDV는 매우 좋지 않은 성능을 보이는데 이는 링크 오류 시 경로를 복구하는데 소요되는 시간이 길기 때문이다.

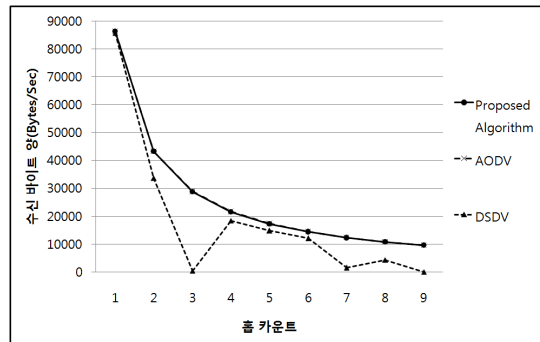


그림 8. 처리율
Fig. 8 Throughput

표 3은 라우팅에 소요되는 시간을 측정된 결과를 나타내며 이 결과로부터 홉 카운트가 증가할수록 라우팅에 소요되는 시간이 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 이 결과에서 AODV와 제안된 라우팅 프로토콜의 성능이 유사하게 나타나지만 목적지 디바이스가 1홉이나 2홉 거리에 존재하는 경우에는 제안된 프로토콜의 성능이 더 좋게 나타났다.

이는 소스 디바이스가 2홉 이내에 존재하는 디바이스에 대한 라우팅 엔트리를 이웃 디바이스로부터 NL를 수신하여 알고 있는 상태이므로 따로 경로 요청을 할 필요 없이 바로 전송할 수 있기 때문이다.

표 3. 라우팅에 소요되는 시간
Table. 3 Routing time.

홉 카운트	제한한 라우팅 프로토콜	AODV	DSDV
1	1.006308	1.00763	1.005191
2	1.012685	1.017416	1.009666
3	1.030422	1.028185	1.015982
4	1.042698	1.043748	7.647625
5	1.050907	1.053353	19.095094
6	1.066437	1.063891	46.027996
7	1.074485	1.073173	90.137449
7	1.086895	1.085225	67.82532
8	1.10287	1.099731	68.387153

그림 9는 라우팅 오버헤드를 측정 한 결과이다. 이 결과에서 제안된 라우팅 알고리즘의 라우팅 오버헤드가 가장 적었는데 이는 목적지 디바이스로의 경로 요청에 대한 응답을 AODV처럼 목적지 디바이스가 하는 것이 아니라 목적지 디바이스의 정보를 알고 있는 중간 디바이스가 하거나 목적지 디바이스가 2홉 이내에 존재하는 경우에는 경로 설정 없이 데이터를 전송할 수 있기 때문이다.

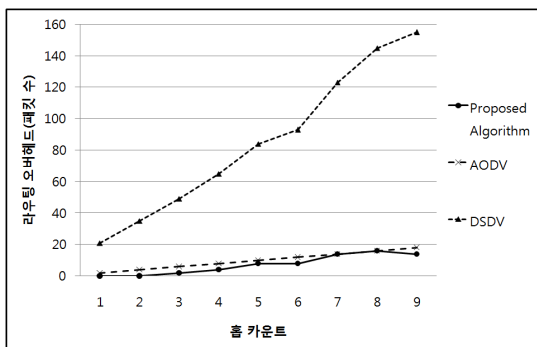


그림 9. 라우팅 오버헤드
Fig. 9 Routing overheads

4.2. 네트워크 토폴로지 변경 시 처리율

그림 10은 네트워크 토폴로지가 변경되는 경우의 처리율을 확인하기 위한 시뮬레이션 모델들이다. 시뮬레이션 모델은 모두 세 가지이며 각각 9개, 16개, 25개의 디바이스들로 구성된다. 시뮬레이션 시나리오는 그림 10에서 굵은 선으로 표시된 디바이스 5, 14, 그리고 17이 시뮬레이션 시작 후 30초에 이동했다가 70초에 원 위치로 복귀하도록 하도록 구성하였다.

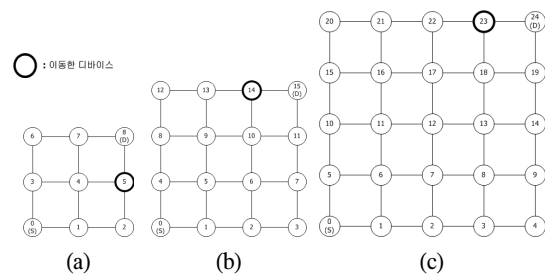


그림 10. 시뮬레이션 모델(정방향)
(a) 3x3 모델 (b) 4x4 모델 (c) 5x5 모델
Fig 10. Simulation model(Square)
(a) 3x3 model (b) 4x4 model (c) 5x5 model

그림 11은 디바이스가 통신 범위를 벗어나 이동했다가 다시 원 위치로 복귀한 경우의 처리율을 보여준다.

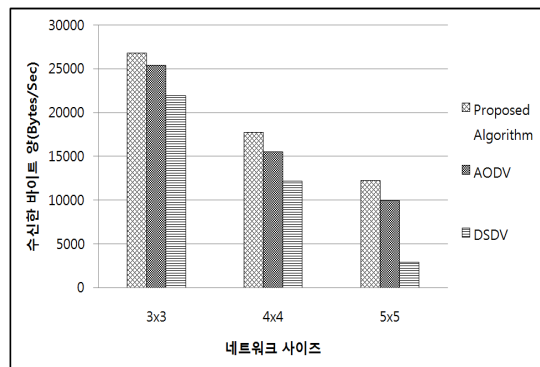


그림 11. 디바이스가 이동한 후 복귀한 경우의 처리율
Fig. 11 Throughput when the device returns to original position after moves out of transmission range

DSDV는 링크 오류나 새로운 디바이스가 등장한 경우에 소스 디바이스가 다시 경로를 설정해야 하므로 경로 설정에 소요되는 시간이 가장 길다. 따라서 처리율이 가장 낮다. AODV의 경우에는 디바이스가 통신 범위 밖으로 이동하면 링크 오류를 감지한 디바이스가 목적지 디바이스로 RREQ 메시지를 전송하고 목적지 디바이스가 RREP 메시지를 전송하여 새로운 경로 설정이 완료된다. 이처럼 AODV는 경로 설정에 소요되는 시간만큼 데이터를 전송하지 못하여 처리율이 감소한다. 제안된 라우팅 프로토콜에서는 링크 오류를 감지한 디바이스가 자신의 라우팅 테이블을 검사하여 목적지 디바이스로의 다른 Next Hop Address가 있으면 새로운 경로 탐색 없이 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 라우팅 테이블에 목적지 디바이스에 대한 라우팅 엔트리가 존재하지 않으면 목적지 디바이스로의 경로 탐색을 시작한다. 예를 들어, 그림 10의 (c)에서 디바이스 23이 이동했다고 가정하자. 만약 소스 디바이스가 전송한 데이터가 디바이스 22를 통해 23으로 전달되는 상황이었다면 디바이스 22는 Request용 MQRT-IE를 전송한다. 그러면 디바이스 18이 Reply용 MQRT-IE를 전송하여 응답할 것이다. 반면에, 소스 디바이스가 디바이스 18을 통해 23으로 데이터를 전송하는 중이었다면 디바이스 18은 디바이스 19가 전송한 NL을 이용하여 생성한 라우팅 엔트리에 목적지 디바이스 24에 대한 정보가 포함되어 있으므로 별도의 경로 설정 작업 없이 데이터를 바로 전송할 수 있다. 결과적으로 경로 설정에 소요되는 시간이 제안된 라우팅 프로토콜이 더 적으므로 처리율이 더 높게 나타난다.

시뮬레이션 결과로부터 제안된 라우팅 프로토콜의 처리율은 DSDV보다 높고 AODV와 유사하게 나타났다. 그러나 라우팅 오버헤드는 가장 낮았으며 네트워크가 변경되는 경우에 처리율은 다른 프로토콜들에 비해 링크 오류를 복구하는 시간이 짧기 때문에 더 높게 나타났다.

V. 결론

본 논문에서는 현재 WiMedia에서 제공하지 않는 멀티홉 라우팅을 가능하도록 하기 위해 On-Demand 라우

팅 알고리즘과 Table-Driven 라우팅 알고리즘이 결합된 하이브리드형 멀티홉 QoS 라우팅 프로토콜을 제안하였다.

제안된 라우팅 프로토콜에서 각 디바이스는 NLIE 교환을 통해 2홉 거리의 디바이스에 대한 라우팅 엔트리를 쉽게 생성할 수 있으며 3홉 이상의 거리에 존재하는 디바이스에 대한 라우팅 엔트리는 On-Demand 라우팅 알고리즘을 사용하여 구성할 수 있다. 특히, 2홉 이내에 존재하는 디바이스들에 대한 라우팅 엔트리는 주기적으로 생성 및 업데이트되기 때문에 링크 오류에 대해 즉각적으로 대응할 수 있다는 장점이 있다.

마지막으로 ns-2 시뮬레이션을 통해 제안된 라우팅 프로토콜과 AODV 및 DSDV의 성능을 비교하였다. 그 결과 제안된 라우팅 알고리즘의 성능이 DSDV보다 높고 AODV와 유사하게 나타났다. 그러나 목적지 디바이스가 3홉 이내에 존재하는 경우에는 제안된 라우팅 알고리즘의 성능이 가장 좋게 나타났으며 라우팅 오버헤드의 경우에도 AODV보다는 26.70% 정도 낮고 DSDV보다는 91.37% 더 낮아 가장 좋은 성능을 보였다. 특히, 디바이스의 이동으로 인해 링크 오류가 발생하는 경우에 링크 오류 복구 시간이 AODV나 DSDV보다 빨라 처리율이 AODV에 비해 11.6% 높고 DSDV보다는 53.53% 더 높게 나타났다.

앞으로는 보다 다양한 네트워크 환경에서 시뮬레이션을 수행할 것이며, 제안된 알고리즘을 MANET에도 적용하기 위한 연구를 수행할 것이다. 또한 현재 ns-2에서 제공하지 않는 WiMedia MAC 모듈을 구현하여 보다 현실적인 시뮬레이션 환경을 구축하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업[10041864, 스펙트럼 자원 효율성 극대화를 통한 스마트 홈네트워크용 다중대역 WPAN 시스템 개발]과 2011년도 창원대학교 교내 학술비 지원에 의하여 이루어진 연구 결과입니다.

참고문헌

- [1] 최은창, “WiMedia UWB 기반 무선 USB 응용 기술 동향,” TTA Journal No.124, July · August 2009
- [2] Javier del Prado Pavon, Sai Shankar N, Vasanth Gaddam, Kiran Challapali, Chun-Ting Chou, “The MBOA-WiMedia Specification for Ultra Wideband Distributed Networks,” IEEE Communications Magazine, pp.128-134, June 2006
- [3] TTA 표준화전략맵, <http://www.tta.or.kr>, 2011
- [4] 한국전자통신연구원, “중간연구보고서: 분산형 MAC 기반의 QoS 보장형 고속 라우팅 프로토콜 연구,” 2011년 10월
- [5] WiMedia Alliance, “Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks,” MAC Specification: Draft 1.5, <http://www.wimedia.org>, October 2009
- [6] Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer, “Ad-hoc on-demand distance vector routing,” Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications(WMCSA) 1999, pp.90-100, February 1999
- [7] Charles E. Perkins and Pravin Bhagwat, “Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers,” ACM Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, SIGCOMM '94, pp.234-244, August 1994
- [8] Hyunmee Shin, Yongsun Kim, Sangheon Pack, and Chul-hee Kang, “A Distributed Relay MAC Protocol in WiMedia Wireless Personal Area,” International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications, ISPA 2008, pp.784-789, December 2008
- [9] Network Simulator 2 Official Web Site, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

저자소개



정진욱(Jin-uk Jung)

2004 동의대학교 멀티미디어 공학과 공학사
2006 동의대학교 디지털미디어 공학과 공학석사

2012 창원대학교 전자공학과 공학박사
※관심분야: 데이터 통신, 무선센서네트워크, VANET, UWB 통신



이승진(Seung jin Lee)

2011 창원대학교 전자공학과 공학사
2012 창원대학교 전자공학과 석사과정

※관심분야: 데이터 통신, 무선네트워크



진교홍(Kyo-hong Jin)

1991 부산대학교 컴퓨터공학과 공학사
1993 부산대학교 컴퓨터공학과 공학석사

1997 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1997 ~ 2000 국방과학연구소 선임연구원
2000 ~ 2004 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수
2004 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 데이터 통신, 센서네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅, VANET



황민태 (Min-tae Hwang)

1990 부산대학교 컴퓨터공학과
공학사
1992 부산대학교 컴퓨터공학과
공학석사

1996 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
1996 ~ 1999 한국전자통신연구원 표준연구센터
선임연구원
1999 ~ 2000 인제대학교 정보컴퓨터공학부 전임강사
2000 ~ 현재 창원대학교 정보통신공학과 교수
※ 관심분야: 웹프로그래밍, 매체접속제어프로토콜,
비접속 근거리무선통신



전영애 (Young-ae Jeon)

1991 연세대학교 전자공학과
공학사
2001 충남대학교 정보통신공학과
석사과정

1991 ~ 현재 한국전자통신연구원
스마트WPAN연구팀 책임연구원
※ 관심분야: 매체접속제어 프로토콜, 라우팅프로토콜