

무선 센서 네트워크 환경에서 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위한 비-중첩 다중 경로 라우팅

Disjointed Multipath Routing for Real-time Multimedia Data Transmission in Wireless Sensor Networks

조미림*, 성동욱**, 박준호*, 유재수*
충북대학교 정보통신공학과*, 한국과학기술원 전산학과**

Mirim Jo(mirim3441@gmail.com)*, Dong-ook Seong(seong.do@gmail.com)**,
Junho Park(junhopark@chungbuk.ac.kr)*, Jaesoo Yoo(yjs@chungbuk.ac.kr)*

요약

현재 센서 네트워크 시스템을 이용한 다양한 지능형 응용들에 대한 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 센서 네트워크는 다양한 센서 모듈을 장착한 노드들로 구성되고, 환경정보를 수집하기 위해 많이 활용된다. 최근 더욱 상세한 환경 모니터링이나 고품질 데이터에 대한 요구로 인해 멀티미디어 데이터의 요구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 Zigbee 기반 센서 네트워크의 낮은 대역폭의 한계를 극복하고, 실시간 멀티미디어 데이터 전송을 위한 라우팅 기법에 대한 연구를 수행한다. 기존에 제안된 멀티미디어 데이터 전송 기법의 경우 비효율적인 다중경로 설정단계로 인해 경로설정 시간의 지연이 발생하고, Zigbee의 대역폭 한계로 인해 낮은 데이터 전송속도를 보인다. 본 논문은 기존 기법의 대역폭 문제를 해결하는 블루투스과 Zigbee 하이브리드 라우팅 구조를 제안한다. 또한 경로설정 시간 지연 문제를 해결하는 경쟁기반 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 우수성을 비교평가하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 약 78% 지연시간이 감소되었으며, 통신 속도가 약 6.9배 증가하였다.

■ 중심어 : | 센서 네트워크 | 다중 경로 라우팅 | 멀티미디어 데이터 전송 |

Abstract

A variety of intelligent application using the sensor network system is being studied. In general, the sensor network consists of nodes which equipped with a variety of sensing module and is utilized to collect environment information. Recently, the demands of multimedia data are increasing due to the demands of more detailed environmental monitoring or high-quality data. In this paper, we overcome the limitations of low bandwidth in Zigbee-based sensor networks and propose a routing algorithm for real-time multimedia data transmission. In the previously proposed algorithm for multimedia data transmission occurs delay time of routing setup phase and has a low data transmission speed due to bandwidth limitations of Zigbee. In this paper, we propose the hybrid routing algorithm that consist of Zigbee and Bluetooth and solve the bandwidth problem of existing algorithm. We also propose the disjointed multipath setup algorithm based on competition that overcome delay time of routing setup phase in existing algorithm. To evaluate the superiority of the proposed algorithm, we compare it with the existing algorithm. Our experimental results show that the latency was reduced by approximately 78% and the communication speed is increased by approximately 6.9-fold.

■ keyword : | Sensor Network | Multipath routing | Multimedia Data Transmission |

* 본 논문은 2011년 교육과학기술부로부터의 지원(지역거점연구단육성사업/충북BIT연구중심대학육성사업단)과 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업의 결과임.(No. 2009-0080279)

접수번호 : #111017-005

심사완료일 : 2011년 11월 10일

접수일자 : 2011년 10월 17일

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

I. 서론

최근 다양한 분야에서 센서 네트워크를 이용한 지능형 관리 시스템을 구축하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 이러한 센서 네트워크를 구성하는 노드들은 습도, 온도, 적외선, 소리 등의 다양한 환경 정보를 수집할 수 있는 센서 모듈들을 내장하고 있다. 또한 무선 통신 모듈이 내장되어 있어 수 백~수 천 개의 센서 노드들로 네트워크를 구축하고 노드들 간의 멀티-홉 통신을 통해 관심 지역의 정보를 수집해 원격지로 전송한다 [1][2]. 그러나 일반적으로 센서 노드는 한정적인 배터리로 동작하므로 내장된 배터리를 모두 소진하게 되면 네트워크의 운용이 불가능해진다. 따라서 네트워크의 수명을 증가시키기 위해서 에너지 효율적인 다양한 네트워크 운용 기법들이 연구되고 있다[3][4].

센서 노드에서 수집할 수 있는 환경 정보는 노드에 장착된 센서 모듈에 의해 결정된다. Mica2 Mote의 경우 기본적으로 온도, 습도, 조도에 대한 센서 모듈을 메인 보드에 내장하고 있으며, 추가 확장 슬롯을 이용해 초음파 센서, 가속도 센서, 바이오 센서 등 다양한 모듈을 결합시킬 수 있다. 특히 카메라나 마이크와 같은 멀티미디어 모듈을 결합하면 고품질의 데이터를 기반으로 더욱 상세한 환경 모니터링이 가능하다[5]. 하지만 멀티미디어 모듈을 통해 수집되는 데이터의 경우 기존에 센서에서 수집되는 단순한 수치 데이터가 아닌 고용량의 데이터이기 때문에 통신 대역폭이 낮은 Zigbee 통신을 기반으로 하는 기존 센서 네트워크의 통신 방식은 이러한 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하기에 적합하지 않다. 본 논문에서는 고용량의 멀티미디어 데이터를 효과적으로 전송하기 위한 기법에 대하여 연구를 수행하였다.

[표 1]은 현재 센서 네트워크에서 일반적으로 적용하고 있는 Zigbee와 제안하는 기법에서 사용되는 블루투스의 통신 명세를 보여준다. Zigbee 방식의 경우 최대 통신 속도가 250kbps수준이므로, 수 ~ 수십 Mbps의 대역폭을 필요로 하는 고용량 멀티미디어 데이터의 실시간 전송에 적합하지 않다. 블루투스는 이러한 Zigbee 통신 대역폭 한계를 극복하기 위한 대안이 될 수 있다.

표 1. 블루투스와 Zigbee의 스펙 비교

구분	Bluetooth 3.0	Zigbee
규격	802.11	802.15.4
주파수 대역	2.4GHz	2.4GHz, 868/915MHz
통신 속도	24Mbps	250kbps
전송 거리	<10m, 100m	<70m
전력소비	0.1W	0.05W
사용시간	수일	수개월이상

블루투스에서 지원하는 최대 대역폭은 24Mbps로 720p/30fps 급 이상의 영상 전송이 가능하다. 하지만 앞서 설명한 바와 같이 센서 노드의 경우 배터리 소모를 최소화 시켜야 하므로 에너지 소모가 큰 블루투스를 센서 네트워크에 기본 통신 프로토콜로 적용하기엔 적합하지 않다[6]. 따라서 본 논문에서는 두 통신 방식의 장점을 최대화 시키는 하이브리드 통신 기법을 제안한다. 제안하는 멀티미디어 데이터 전송 기법의 기본 개념은 소스 노드에서 전송할 데이터를 주변 복수 개의 이웃노드들로 블루투스를 통해 분할 전송하고, 각 분할된 데이터를 Zigbee를 통하여 에너지 효율적인 라우팅을 수행하여 고용량의 멀티미디어 데이터를 효과적으로 전송한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 제2장에서는 기존에 제안된 멀티미디어 데이터 전송기법에 대한 문제점과 연구 방향을 설명한다. 제3장에서 제안하는 멀티미디어 데이터 전송 기법의 특징과 수행 과정을 설명한다. 제4장에서 기존 기법과의 성능 평가를 통해 제안하는 기법의 우수성을 보이며, 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 연구 결과와 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

II. 관련연구

최근 센서 네트워크 환경에서 데이터를 전송하기 위한 다양한 기법들이 제안되었다. 대표적인 기법들로 트리 토폴로지 기반의 TAG[7], 클러스터 토폴로지 기반의 HEED[8], CBRP[9] 그리고 그리디 포워딩(Greedy Forwarding) 기반의 GPSR 등이 있다[10]. 이러한 기법

들은 기존 센서 네트워크에서 수집되는 간단한 수치 데이터를 전송하기에 적합한 구조이다. 하지만 영상 정보와 같이 대용량의 멀티미디어 데이터를 전송하기에는 적합하지 않다. 이러한 기법들은 Zigbee의 좁은 대역폭을 기반으로 설계되어 멀티미디어 데이터와 같은 대용량 데이터를 전송하기 어렵다.

[11]은 기존의 좁은 대역폭을 갖는 Zigbee를 기반으로 멀티미디어 데이터를 분할하여 단일 경로로 전송하던 데이터 전송기법의 대역폭의 한계를 극복하는 멀티미디어 데이터 전송 기법을 제안하였다. [11]은 향상된 앤티 콜로니(Ant Colony) 알고리즘을 기반으로 QoS(Quality of Service)를 향상시킬 수 있는 경로를 설정하여 최적의 비디오 데이터 전송을 가능케 하였다. 그리고 다중 경로를 통해 고용량의 트래픽을 분산시킴으로써 Zigbee의 좁은 대역폭의 한계를 극복하고자 하였다. 하지만 이 기법은 최초 송신단과 최종 수신단의 대역폭 제약으로 인해 고품질의 영상일 경우 높은 비율의 데이터 패킷 손실이 발생된다. 뿐만 아니라 이 기법은 영상 데이터를 분산 전송하기 위한 다중 경로 설정 시 경로 설정 단계를 거치는데, 이 단계에서 소스 노드에서 목적지 노드까지 경로 설정 패킷들이 수회 왕복해 가며 각 경로를 위한 라우팅 정보들이 경로 상에 위치한 노드들의 라우팅 테이블에 설정된다. 하지만 이러한 경로 설정 과정은 최악의 경우 n개의 경로를 설정하기 위해서는 n번의 경로 설정 패킷들이 왕복 되어야 하며, 토폴로지의 변화가 빈번한 센서 네트워크 환경에서는 더욱 경로 설정 단계가 빈번하게 요구되어 큰 오버헤드를 발생시킨다.

본 논문에서는 기존 기법의 대역폭 한계로 인해 고용량 데이터 패킷의 손실을 문제를 해결하기 위해 블루투스과 Zigbee를 혼합하여 적용한 하이브리드 분산 라우팅의 구조 및 경로 설정 시 발생하는 오버헤드 문제를 해결하기 위한 경쟁기반 비-중첩 다중 경로 설정 기법에 대한 연구를 진행한다.

III. 제안하는 비-중첩 다중 경로 라우팅

본 장에서는 Zigbee의 한정적인 대역폭을 이용하기

위하여 복수개의 전송 경로를 설정하여 고용량 데이터를 실시간으로 전송하는 기법을 제안한다.

[그림 1]은 제안하는 데이터 전송기법의 전체적인 모습을 보여준다. 최소 소스 노드에서 고용량 영상 데이터의 프레임을 분할하여 이웃 노드들로 Zigbee보다 넓은 대역폭을 가지는 블루투스를 이용해 분산 전송하고, 분할된 데이터를 수신한 각 이웃 노드들은 Zigbee를 기반으로 목적지 노드의 위치로 데이터 전송을 수행한다. 하지만 이 과정에서 각기 다른 분할 데이터의 전송 경로가 특정 노드에 겹치는 경우, Zigbee 대역폭의 한계로 전송되는 데이터의 손실이 발생하게 되며 해당 노드의 에너지 소모가 커진다. 따라서 제안하는 기법에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 적용한다. 목적지 노드에서는 경로 별로 수신 큐를 두어 분할 데이터를 수신하고, 하나의 프레임으로 복호화함으로써, 소스 노드에서 수집한 영상 데이터를 확인한다. 마지막으로 설정된 경로는 목적지 노드에서 데이터 전송의 지연시간을 고려한 경로 평가 과정을 거쳐, 필요 시 경로를 재설정 하게 된다.

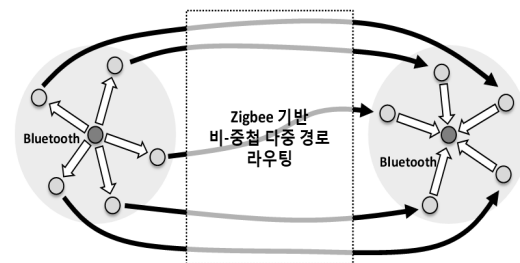


그림 1. 제안하는 하이브리드 분산 라우팅

1. 프레임 분할

영상 데이터는 여러 장의 장면 프레임들이 연속적으로 구성되어 있는 고용량의 데이터이다. 제안하는 기법에서는 영상 데이터를 구성하는 프레임들을 분할하여 전송용 패킷을 생성한다. 기존의 기법의 경우 프레임 단위로 경로를 분할하여 전송하는데, 이 경우 각 패킷들이 거쳐 가는 경로에 따라 도달 시간이 달라져 목적지 노드에서 수신한 프레임의 순서를 재 정렬 하는 과

정이 필요하다. 하지만 제안하는 기법의 경우 각 경로마다 전송되는 순서가 선입선출(FIFO)의 형태로 전송되어 재 정렬 과정 없이 영상의 복원이 가능하다. 그림 2는 소스노드에서 프레임 분할해 전송하는 것을 나타낸다. 각각의 프레임 분할을 통해 생성된 전송용 패킷들은 소스 노드에서 블루투스 전송기를 통해 최대 7개의 다수의 이웃 노드들로 전송된다.

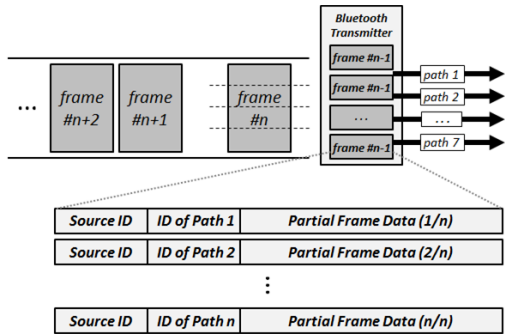


그림 2. 프레임 분할 전송

전송용 패킷을 구성하는 요소는 그림에서와 같이 최초 데이터를 생성한 소스 노드의 아이디와 패킷이 전송될 분산 경로의 아이디 그리고 실제 전송해야 할 데이터로 구성되어 있다. 소스의 아이디는 데이터의 최종 수신 단에서 분할된 데이터를 구분하기 위해 활용되고, 경로의 아이디는 비-중첩 경로를 설정하는 과정에서 사용된다. 만약 전송하고자 하는 노드에 다른 경로 아이디의 정보가 등록되어 있다면 다음 전달 노드로써 해당 노드를 제외한 다른 이웃 노드를 선정한다.

2. 비-중첩 다중 경로 설정

본 논문에서는 여러 경로에 특정 노드가 위치함으로써, 해당 노드로 에너지 소모가 집중 되는 것을 해결하기 위해 경쟁 기반의 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 제안한다.

제안하는 기법은 최초 데이터 전송 시에 그리디 포워딩 방식의 전송 기법을 기반으로 한다. 그리디 포워딩 방식에서 각 노드들은 자신의 이웃 노드들의 위치정보를 알고 있으며, 전송되는 패킷에는 목적지의 좌표 정

보가 유지된다. 이를 이용해 데이터를 수신한 노드는 자신의 이웃 노드들 중에서 목적지에 가장 가까운 노드를 선정하여 해당 노드로 패킷을 전달한다. 이러한 과정을 패킷이 최종 목적지에 도달할 때까지 반복 수행한다. 이러한 그리디 포워딩 방식은 단일 경로로 데이터를 전송 시 최적의 경로로 데이터 라우팅이 가능하다.

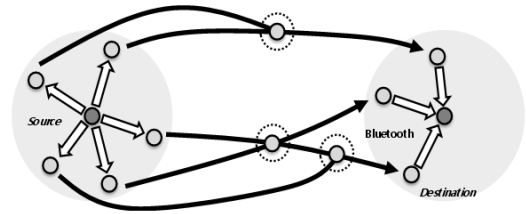


그림 3. 다중 경로 라우팅의 문제점

하지만 [그림 3]과 같이 다중 경로 설정에 적용 하게 되면 경로 중첩이 발생하여 특정 노드의 에너지 소모와 패킷 손실이 발생할 가능성이 매우 크다. 따라서 제안하는 기법에서는 새로운 경쟁기반의 경로 선정 프로토콜을 제안한다.

[그림 4]는 경쟁 기반 비-중첩 다중 경로 설정을 나타낸다. [그림 4]에서는 소스 노드로 부터 Path₁과 Path₂의 경로로 동시에 데이터가 전송된다. 이 경우, 앞서 설명한 그리디 포워딩 방식으로 경로를 설정하게 되면 두 경로는 목적지 노드에 가장 가까운 C 노드를 중간 노드로써 공유하게 되며, C 노드는 수용할 수 있는 대역폭 이상의 데이터를 수신하게 되어 패킷 손실이 발생한다.

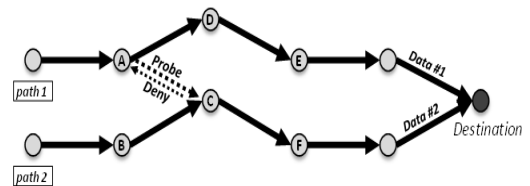


그림 4. 경쟁기반 비-중첩 다중 경로 설정

이러한 문제를 고려하여 제안하는 기법에서는 데이터 패킷을 전송하기 전에 경로의 아이디만을 가지는

Probe 메시지를 이용하여 데이터를 전송할 경로들을 설정한다. 데이터 패킷을 수신하면 먼저 전송하고자 하는 이웃 노드 즉, 목적지 노드와 가장 가까이에 위치한 노드로 먼저 보낸다. 이때 Probe 메시지를 수신한 이웃 노드는 자신이 다른 경로의 Probe 메시지를 받지 않았을 때 즉, 이미 설정된 경로가 없을 경우 아무런 응답을 보내지 않는다. Probe 메시지를 전송한 노드는 Probe 메시지를 수신한 이웃 노드로부터 아무런 응답이 없으면 자신의 경로에 참여 가능하다고 판단하여 자신의 라우팅 테이블에 해당 노드의 정보를 등록한다. 그와 반대로 [그림 4]의 A 노드에서 C 노드로 전송하고자 할 때 C 노드는 이미 *Path₂*의 경로에 포함되어 있기 때문에, A 노드의 Probe 메시지에 대하여 Deny 메시지로 응답하게 되고, A 노드는 다른 이웃 노드인 D 노드에 대해 C 노드의 경우와 같은 과정을 거쳐 D 노드를 데이터 전달 노드로 판단하여 자신의 라우팅 테이블에 해당 노드 정보를 등록한다. 위와 같은 과정을 통해 소스 노드에서부터 목적지 노드까지의 모든 경로의 라우팅 정보가 설정이 되면 해당 경로 정보를 바탕으로 멀티미디어 데이터를 전송한다.

[그림 5]는 제안하는 기법의 경쟁 기반 비중첩 다중 경로 설정 과정의 의사코드를 보여준다.

```

입력인자 :
segment // 전송용 패킷
pathID // 경로 식별자
destLoc // 목적지 노드의 위치 정보

코드 :
NeighborNodesList = [ S0, S1, S2, ..., Sn ]

/* Probe 메시지 수신 */
c = check(pathID) // 설정된 경로가 있는지 확인
IF c = true THEN
    sendDenyMsg(DenyMessage) // Deny 메시지로 응답
END IF

/* segment 메시지 전송 */
sort(NeighborNodesList, destLoc) // 목적지 노드와
의 거리 기준으로 이웃 노드 정렬
    
```

```

s = NeighborNodesList[i]

FOR EACH s = NeighborNodesList[i] DO
    sendProbeMsg(s) // 이웃 센서 노드
s에 Probe 메시지 전송
    IF receiveDenyMsg() THEN
        continue
    ELSE
        InsertNextNode(s) // 센서 노드 s를 다
음 노드로 선정
        break
    END IF
END FOR

send(segment) // 수집 데이터 패킷
전송
    flag = false
    END IF
END WHILE
    
```

그림 5. 경쟁기반 비-중첩 다중 경로 설정의 의사코드

[그림 6]은 제안하는 경쟁기반 비-중첩 다중 경로 설정 과정에서 각 노드가 유지하고 있는 라우팅 테이블 구성을 나타낸다. PNodeID는 경로 상에서 소스와 가까운 노드인 이전 노드를 나타내고, 차후의 목적지 노드에서 소스 노드로 경로 재설정 요청 시에 사용된다. CNodeID는 자기 자신을 나타내며 NNodeID는 목적지 노드와 가까운 다음 노드를 나타내고 소스로부터 전달된 패킷을 목적지 노드로 전송하기 위해 사용한다. 예를 들어 [그림 4]에서 C 노드의 경우 [그림 5]에서와 같이 이전노드로써 B 노드, 다음 노드로써 F 노드가 라우팅 테이블에 저장된다.

PNodeID	CNodeID	NNodeID
B	C	F
⋮	⋮	⋮

그림 6. 라우팅 테이블 구성

3. 분할 프레임 수신 및 병합

최종 수신 단인 목적지 노드에서는 [그림 7]과 같이 분할되어 송신된 데이터를 경로 별로 구분된 수신 큐에 저장하고, 한 프레임을 구성하는 모든 패킷이 수신되었

을 때 최종 프레임으로 복호시킨다. 만약 그림의 frame #n+2 와 같은 경우는 frame #n+2 (2) 가 수신될 때까지 대기한다.

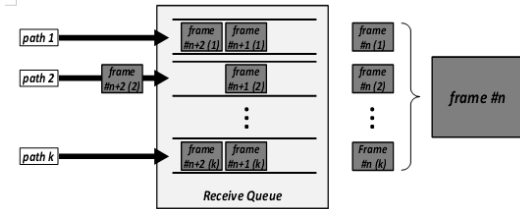


그림 7. 분할 프레임 수신 및 병합

그러나 만약 전송 중간에 패킷이 손실되면 수신 단에서는 무한 대기가 발생하게 되는데, 제안하는 기법에서는 이를 해결하기 위해 타이머를 사용한다. [그림 8]은 타이머를 사용한 분할 프레임 수신을 보여준다.

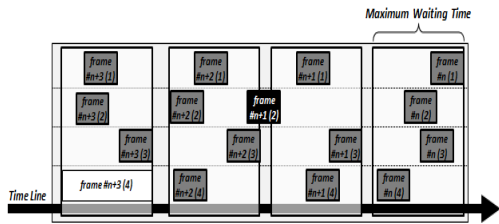


그림 8. 타이머를 사용한 수신 및 병합

수신 단에서는 최대 대기 시간 *Maximum Waiting Time*을 설정하고, 하나의 프레임을 구성하는 패킷들을 해당 시간만큼 수신 대기하고, 일정 패킷 수신률을 만족하면 최종 프레임으로 복호화 한다. 만약 패킷 수신률을 만족하지 못하면 해당 프레임의 복호를 수행하지 않는다. [그림 8]에서 frame #n+1의 경우 frame #n+1(2)를 대기 시간 내에 수신하지 못한 것을 확인할 수 있다. 이 경우 frame #n+1(2)를 제외하고 수신된 패킷들만을 이용해 최종 프레임으로 복호시킨다. 또한 frame #n+3의 경우처럼 frame #n+3(4)가 손실되어 대기 시간 내에 수신되지 못한 경우에도 해당 패킷을 제외하고 복호시킨다.

[그림 9]는 제안하는 기법의 타이머를 사용한 분할

프레임 수신 및 병합의 의사 코드를 보여준다.

```

입력인자 :
Segments Receive Rate :  $\gamma$  //패킷 수신률

IF count(received segments) >  $\gamma$  THEN
  WHILE EACH s = slot[ ] THEN
    IF s is Empty THEN
      s = Null
    ELSE
      continue
    END IF
  END IF
  this.frame.combine() //프레임 복호
ELSE
  this.frame.eliminate() //프레임 삭제
END IF
    
```

그림 9. 타이머를 사용한 수신 및 병합의 의사코드

4. 경로 평가 및 재설정

수신 단에서는 분할된 프레임을 경로 별로 수신 큐를 두어 수신해 최대 대기 시간이 지나면 해당 패킷들을 하나의 프레임으로 복호화 한다.

[그림 10]은 제안하는 기법의 경로 평가 및 재설정 과정을 나타낸다. 그림에서와 같이 복호화 과정에서 설정된 경로들 중에서 다른 경로들보다 더 많은 홵-수(전송 비용)를 갖는 경로가 설정되거나, 혹은 경로 설정 후 노드의 문제 발생으로 인해 특정 경로로 전달되는 패킷이 계속해서 최대 대기 시간 내에 수신되지 못하거나 손실되는 경우가 발생할 가능성이 있다. 이러한 경우, 설정된 경로를 그대로 사용하지 않고 재설정함으로써 문제를 해결하는 것이 가능하다.

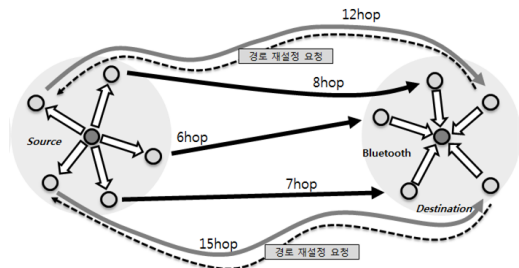


그림 10. 경로 평가 및 재설정

이를 위해 제안하는 기법에서는 전송 지연 시간을 고려한 경로 평가 과정을 거친다. 최초의 경로가 결정되고 나면, 목적지 노드는 소스 노드로부터 3라운드 즉, 3개의 프레임에 대한 패킷을 수신 받은 후 경로 평가를 수행한다. 만약 특정 경로가 최대 대기 시간보다 긴 전송 지연 시간을 갖거나 계속해서 패킷이 손실되는 경우, 재설정을 결정하고 경로 재설정 과정을 수행한다.

경로 재설정을 위해서 목적지 노드는 재설정해야 하는 경로를 통해 소스 노드에게 경로 재설정 메시지를 전송한다. 경로 재설정 메시지는 현재 설정된 경로의 홉 수를 포함하고, 메시지는 경로 상의 각 노드의 라우팅 테이블에 저장해둔 이전 노드 정보를 통해 소스 노드까지 전달된다. 또한 각 노드의 라우팅 테이블의 정보는 삭제된다.

소스 노드는 경로 재설정 메시지를 수신한 후, 새로운 경로 설정을 위해 이전에 메시지를 통해 전달받은 홉-수를 설정된 경로로 전송되던 패킷에 추가해 전송한다. 초기 경로 설정 과정과 달리 재설정 과정에서는 경로의 홉-수를 축소하고, 에너지의 균등한 소모를 고려하여 경로 상의 노드 중첩을 허용한다.

경로 설정의 단계는 초기 경로 설정 단계와 유사하다. 그러나 초기의 설정 단계와 달리 경로의 아이디와 경로 재설정 여부를 나타내는 값을 포함하는 Probe 메시지를 받은 노드는 자신의 잔여 에너지를 Probe 메시지를 보낸 노드에게 보낸다. 각 노드의 잔여 에너지량을 고려해 잔여량이 많은 노드의 경우 경로 중첩을 허용함으로써, 경로의 홉-수를 줄이고 전송 지연 시간을 감소시킬 수 있다.

IV. 성능 평가

1. 성능평가 환경

제안하는 라우팅 기법의 우수성을 보이기 위해서 기존의 기법과 시뮬레이션을 통해 성능을 비교 평가 하였다. 성능 평가는 기존에 제안된 멀티미디어 전송 기법 [10](Ant)과 비교 평가 하였으며, 시뮬레이션은 [표 2]와 같은 환경 변수를 바탕으로 진행하였다. 네트워크

크기는 1000m x 1000m으로 하였고, 네트워크 상의 배포된 센서 개수는 10000개, 각 센서의 통신 반경은 10m로 설정 하였다. 제안하는 기법에서 사용되는 센서 식별자의 크기와 좌표 데이터의 크기는 4Bytes이고, 성능 평가에 사용된 멀티미디어 데이터는 720p/30fps 영상을 사용하였다. 앞서 설명한 것과 같이 블루투스의 통신 대역폭은 24Mbps이고, 최대 설정 가능한 경로의 수는 7개이다.

표 2. 성능 평가 환경

파라미터	값
센서 개수 (개)	10000
네트워크 크기 (m × m)	1000 × 1000
센서 식별자 (Bytes)	4
좌표 데이터의 크기 (Bytes)	4
멀티미디어 데이터 (p/fps)	720/30
센서 통신 반경 (m)	10
블루투스 대역폭 (Mbps)	24
다중 경로 수 (개)	7
토폴로지 변경률 (count/unit)	0.1

성능평가 상에서 센서 노드의 메시지 송신과 수신에 소모되는 에너지는 각각 식(1)과 식(2)의 모델을 사용하였다[12].

$$T_{cost} = 50nJ/b, \quad R_{cost} = 50nJ/b, \quad T_{amp} = 100pJ/b/m$$

$$SEND_{cost} = MSG_{size} \cdot (T_{cost} + T_{amp} \cdot T_{dist}^2) \quad \text{식(1)}$$

$$RECV_{cost} = MSG_{size} \cdot R_{cost} \quad \text{식(2)}$$

표 3. 에너지 소모 모델에 사용된 파라미터

파라미터	설명
SEND _{cost}	총 전송 에너지
MSG _{size}	메시지 크기
T _{cost}	전송 비용
T _{amp}	증폭 비용
T _{dist}	전송 거리
RECV _{cost}	총 수신 에너지
R _{cost}	수신 비용

2. 성능 평가 결과

[그림 11]은 네트워크 크기에 따른 다중 경로 생성을 위해 요구되는 통신 비용을 시간 유닛 측면에서 비교 평가한 결과이다.

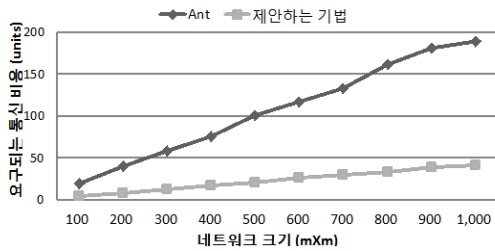


그림 11. 네트워크 크기에 따른 경로 설정 비용

시간 유닛이 큰 경우 그만큼 많은 통신이 발생하고, 경로를 설정하는데 걸리는 시간이 증가함을 의미한다. 그림에서 기존 기법의 경우 경로 설정 단계에서 소스 노드에서 목적지 노드까지 경로를 설정하기 위한 패킷들이 수차례 왕복하기 때문에 네트워크의 크기가 증가할수록 경로 생성을 위해 요구되는 통신비용이 증가하는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 제안하는 기법의 경우 Probe 메시지를 사용한 경쟁 기반 비-중첩 다중 경로 설정 기법을 적용하였기 때문에 기존 기법에 비해 훨씬 적은 양의 통신으로 경로 설정이 가능하다. 성능평가 결과, 기존 기법에 비해 경로 설정 비용이 22% 감소하였다.

[그림 12]는 전송해야 할 멀티미디어 데이터의 용량에 따른 목적지에서의 데이터 수신량을 비교 평가한 결과이다.

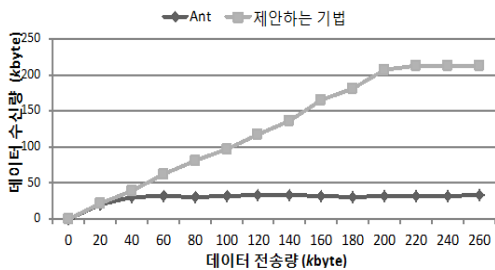


그림 12. 데이터 전송량에 따른 데이터 수신량

기존 기법의 경우 다중 경로를 통해 데이터를 분산 전송하기는 하지만, Zigbee통신을 기반으로 하고 있기 때문에 통신 대역폭의 한계로 인해 초당 약 31Kbytes 이상의 데이터 전송이 발생할 경우 대부분의 패킷들이 최초 데이터를 분할 송신하는 노드나 데이터를 수신하는 노드 주변에서 데이터 전송이 지연되거나 패킷의 손실이 발생한다. 반면에 제안하는 기법의 경우 Zigbee의 통신의 대역폭 한계를 극복하기 위해서 소스 노드에서의 최초 데이터 분할 송신과 최종 목적지 노드에서의 데이터 수신을 블루투스의 높은 대역폭을 이용하므로 설정한 다중경로의 최대 대역폭을 활용 가능하다. 이로 인해, 기존 기법에 비해 데이터 수신율이 평균 약 690% 증가하였다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 기존에 제안된 고용량 멀티미디어 데이터 라우팅 기법의 문제점을 분석하고, 새로운 비-중첩 다중 경로 라우팅 기법을 제안하였다. 제안하는 기법의 경우 경쟁 기반의 비-중첩 다중 경로 설정을 적용함으로써, 기존 기법에서 발생하는 경로 설정의 오버헤드를 최소화 하였다. 또한 프레임을 분할한 패킷들의 수신 시 경로 별로 수신 큐를 두어 선입선출을 보장함으로써 수신한 데이터의 재 정렬 과정을 제거하여 빠른 수신이 가능케 하였다. 뿐만 아니라 제안하는 기법은 데이터의 최초 송신 단과 최종 수신 단에서 블루투스를 이용한 분할 및 전송을 통해 고용량의 멀티미디어 데이터에 대한 높은 수신률을 향상 시켰다. 성능 평가 결과, 기존 멀티미디어 전송 기법에 비해 전송 지연 시간을 평균 약 78% 감소시켰으며, 데이터 수신률이 약 690% 향상 되었다. 향후 연구로는 전송량을 줄이기 위해 영상 압축 기법 고려한 다중 경로 라우팅 기법에 대한 연구를 진행하는 것이다.

참고 문헌

[1] R. Szewczyk, E. Osterweil, J. Polastre, M. Hamilton, A. Mainwaring, and D. Estrin,

“Habitat Monitoring with Sensor Networks,”
Communications of the ACM, Vol.47, No.6,
pp.34-40, 2004.

[2] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, “Guest
editors’ introduction: Overview of sensor
networks,” *In Journal of IEEE Computer*,
Vol.37, pp.41-49, 2004.

[3] J. Park, M. Yeo, D. Seong, H. Kwon, H. Lee and
J. Yoo, “An Energy-Efficient multiple Path Data
Routing Scheme using Virtual Label in Sensor
Network,” *Journal of the Korea Contents
Association(JKCA '11)*, Vol.11, No.7, pp.70-79,
2011.

[4] M. Yeo, Y. Kim, and J. Yoo, “A Dual-layer
Energy Efficient Distributed Clustering
Algorithm for Wireless Sensor networks,”
Journal of KISE, Vol.35, No.1, pp.84-95, 2008.

[5] N. Xu, “A Survey of Sensor Network
Applications,” University of Southern California,
2004(1).

[6] J. kooker, “Bluetooth, ZigBee, and Wibree: A
Comparison of WPAN Technologies,” 2008.

[7] S. Madden, M. Franklin, J. Hellerstein, and W.
Hong, “TAG: A Tiny Aggregation Service for
Ad Hoc Sensor Networks,” *Proc. of the Usenix
Symposium Operating Systems Design and
Implementation (OSDI '02)*, pp.131-146, 2002.

[8] O. Younis and S. Fahmy, “HEED: a Hybrid,
Energy-Efficient Distributed clustering approach
for ad hoc sensor networks,” *IEEE Trans. of
Mobile Computing*, Vol.3, No.4, pp.366-379, 2004.

[9] Y. Jang, A. Kim, and J. Chang, “Design and
Implementation of Cluster based Routing
Protocol using Representative Path in
Ubiquitous Sensor Network,” *Journal of the
Korea Contents Association(JKCA '10)*,
Vol.10, No.6, pp.91-105, 2010.

[10] Z. Jiang, J. Ma, W. Lou, and J. Wu, “An

Information Model for Geographic Greedy
Forwarding in Wireless Ad-hoc Sensor
Networks,” *Proceedings of the 27th IEEE
INFOCOM*, pp.825-833, 2008.

[11] L. Cobo, A. Quintero, and S. Pierre ,
“Ant-Based Routing for Wireless Multimedia
Sensor Networks using Multiple QoS Metrics,”
Trans. of the Computer Networks, pp.2991-3010,
2010.

[12] X. Tang and J. Xu, “Extending Network
Lifetime for Precision-Constrained Data
Aggregation in Wireless Sensor Networks,”
Proceedings of the IEEE INFOCOM, 2006.

저 자 소 개

조 미 립(Mirim Jo)

준회원



- 2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 석사과정

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

성 동 욱(Dong-ook Seong)

정회원



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

▪ 2011년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 연수연구원
<관심분야> : LMS/LCMS, 데이터베이스 시스템, 무선 센서 네트워크, FLASH 메모리 저장 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 정보통신공학과 박사과정

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

유 재 수(Jaesoo Yoo)

종신회원



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

- 1995년 3월 ~ 1996년 8월 : 목포대학교 전산통계학과 (전임강사)
- 1996년 8월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 및 컴퓨터정보통신연구소 교수

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