

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.1.259>

JIIBC 2013-1-35

## 소규모 그룹에서의 음성 통신을 위한 TDMA 기반의 릴레이 프로토콜

### A TDMA-based Relay Protocol for Voice Communication on a Small Group

황상호\*, 박창현\*\*, 안병철\*\*\*

Sangho Hwang, Chang-Hyeon Park, Byoungchul Ahn

**요약** 근거리 무선 통신은 전송 거리에 제약이 있어 마스터 주변의 노드만이 통신이 가능하다. 기존의 블루투스 및 지그비와 같은 통신은 ad hoc을 위한 기술을 제공함에도 불구하고 실시간 대화를 위한 멀티 홉 전송에는 적절하지 못하다. 본 논문은 TDMA를 이용하여 소규모의 여러 사용자들이 서로 대화할 수 있는 릴레이 프로토콜을 제안한다. 제안한 릴레이 프로토콜은 TDMA를 이용하여 실시간으로 데이터 또는 음성의 다중 홉 재전송이 가능하다. 제안하는 프로토콜은 라우팅 경로에 따라 주파수를 달리하여 패킷을 전송하는 방법으로 이동에 따른 채널 효율의 감소를 줄여 네트워크의 성능을 높이고 있다. NS-2 시뮬레이션을 통하여 제안한 프로토콜이 실시간 음성 전달에서 전송 지연과 패킷 손실률에 있어 우수한 성능을 가지고 있음을 보인다.

**Abstract** Since the wireless communications have a limited transmission, the devices just around a master node can exchange data. Though Bluetooth and Zigbee support ad hoc, they are not appropriate for real-time voice communications. In this paper, we present a TDMA-based relay protocol for several users to communicate simultaneously. The proposed protocol can relay data or voice to other nodes in real-time by the multi-hop transmission method using TDMA. And the proposed protocol improves the network performance by allocating different frequencies to the slaves depending on the routing path scheduled by the routing table. NS-2 simulation shows that the performance of the proposed protocol is good in terms of the transmission delay and packet loss probability in the real-time voice transmission.

**Key Words** : voice transmission, ad hoc, TDMA, relay protocol.

## 1. 서 론

WPAN(Wireless Personal Area Network)의 무선 전송 거리는 RF(Radio Frequency) 출력의 제약으로 인한 근본적인 문제로 인하여 마스터를 중심으로 반경

10~100m로 매우 제한적이다. Ad hoc을 이용하여 음성 데이터를 릴레이를 하면 통신 거리를 비약적으로 증가시킬 수 있어 이에 대한 연구가 지금까지 활발히 이루어져 왔다<sup>[1]</sup>. 그러나 무선 ad hoc 네트워크를 이용하여 음성 전달을 하기 위해서는 다음 세 가지 문제를 고려해야 한다.

\*학생의원, 영남대학교 컴퓨터공학과

\*\*정희원, 영남대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

\*\*\*정희원, 영남대학교 컴퓨터공학과

접수일자: 2013년 1월 10일, 수정완료 2013년 2월 5일

게재확정일자 2013년 2월 8일

Received: 10 January 2013 / Revised: 5 February 2013 /

Accepted: 8 February 2013

\*\*Corresponding Author: park@ynu.ac.kr

Dept. of Computer Engineering, Yeungnam University, Korea

첫째, ad hoc 네트워크는 토폴로지의 변화에 따른 경로 변화로 패킷이 소실될 수도 있으며, 또한 무선 통신 특성상 비트 에러율이 높아 네트워크 품질을 고려해야 한다. 둘째, 실시간 대화와 같은 어플리케이션에서는 전송 지연에 대하여 고려해야 한다. 무선 네트워크에서 전송 지연은 병목현상과 홉 수와 관련되어 있고, ITU-T에 따르면 지연이 285ms 이상이면 실시간 음성 대화가 어려운 것으로 보고 있다<sup>[2]</sup>. 셋째, ad hoc 네트워크는 이용할 수 있는 데이터 패킷의 크기가 작다. 무선 네트워크의 전송 프레임에는 유선 네트워크에서와 같은 네트워크 정보뿐만 아니라 동기화를 위한 프리엠블(preamble)도 포함해야 하기 때문에 제한된 크기의 페이로드(payload)를 가지고 있다<sup>[3]</sup>. 뿐만 아니라 멀티 홉 무선 네트워크에서는 노드 수가 늘어나게 되면 처리량이 감소하는 단점이 있다<sup>[4][5]</sup>. 채널 수만큼의 인터페이스를 이용하여 처리량을 늘이는 방법<sup>[6]</sup>도 연구되었으나, 이 방법은 하드웨어 비용을 증가시키는 단점이 있다. 채널 효율성을 증가시키기 위해 무선 네트워크에서 주로 사용되는 기술에는 FDMA(Frequency Division Multiple Access)와 TDMA(Time Division Multiple Access)가 있다<sup>[7][8]</sup>.

본 논문에서 제안하는 프로토콜은 위에서 언급한 주된 세 가지 문제를 고려하여 실시간 음성통신에서의 QoS(Quality of Service)를 향상시키는 것을 목적으로 한다. 제안하는 프로토콜은 TDMA를 사용하여 한 개의 마스터 노드와 15개의 슬레이브 노드가 네트워크에 참여할 수 있으며, 16개의 노드가 자유롭게 음성을 주고받을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존의 WPAN기술과 라우팅 기법에 관련된 연구를 언급하고, 제 3장에서는 소규모 그룹 통신을 위한 사이클 구조 및 라우팅 프로토콜을 기술한다. 그리고 제 4장에서는 NS-2 시뮬레이션을 통하여 제안한 프로토콜의 성능을 분석하고, 마지막 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 다룬다.

## II. 관련 연구

WPAN에서 라우팅 프로토콜은 계층적 트리 라우팅(hierarchical tree routing)과 모든 노드들이 동등하게 동작하는 평면 라우팅 프로토콜(flat routing)로 나눌 수 있다. 블루투스(bluetooth)의 경우 스캐터넷(scatternet)을

이용하여 트리형태의 네트워크를 구성할 수 있기 때문에 지금까지 스캐터넷 형성에 대한 연구가 많이 이루어졌다. Bluetree 알고리즘은 스캐터넷을 형성하는 노드들 중에 임의의 노드를 선택하여 루트로 선택한다<sup>[9]</sup>. 이 루트 노드를 기준으로 피코넷(piconet)을 형성하고 네트워크에 참여하지 못한 노드들을 모아 또 다른 피코넷을 형성한다. 반복된 형태로 진행하면 처음 선택된 루트를 기준으로 트리형태로 스캐터넷을 형성할 수 있다. 이 기법은 라우팅이 간단하다는 장점이 있으나 루트와 트리 중간 중간에 병목이 발생하고, 피코넷간에 간섭이 발생한다는 단점이 있다. TSF(Tree Scatternet Formation) 알고리즘은 Bluetree와 같이 트리형태로 스캐터넷을 형성한다<sup>[10]</sup>. TSF는 노드들이 어떠한 연결을 이루는가에 따라 프리(free) 노드, 루트 노드, 중간(intermediate) 노드, 단말(leaf)노드 4가지로 나눌 수 있다. 프리 노드는 어떠한 연결도 가지고 있지 않는 노드이고, 루트 노드는 슬레이브만 연결된 노드이며, 중간 노드는 마스터, 슬레이브 모두 연결된 노드이고, 마지막으로 단말 노드는 마스터만 연결된 노드이다. TSF 역시 최종 스캐터넷의 모양이 트리 형태여서 루트 노드가 스캐터넷 내의 병목이 되고, 모든 노드들이 블루투스 통신 범위에 있어야만 통신이 가능하다는 단점이 있다.

지그비는 기본적으로 라우팅을 위해 계층적 트리 라우팅, AODV(Ad hoc On-demand Distance Vector) 기반 라우팅, 소스 라우팅(source routing) 등 3가지 알고리즘을 지원하고 있다. 계층적 트리 라우팅 방법인 트리 라우팅은 부모/자식 간의 계층적 구조를 기반으로 경로를 탐색하는 방법이다. 데이터를 받은 노드는 전송해야 되는 목적지 노드가 자신의 자식 노드인지를 검사한 후, 맞으면 자식 노드에게 데이터를 전송하고, 아닌 경우에는 부모 노드로 전달한다. 적은 계산량으로 경로를 계산하여 오버헤드를 발생시키지 않는 장점이 있으나 경로 탐색이 부모/자식 노드로 한정되는 단점이 있다. AODV기반의 라우팅 방법은 매쉬(mesh)형 토폴로지를 지원하는 라우팅 기법이다. 소스 노드와 목적지 노드 사이의 최적 경로를 형성하기 위해 소스 노드는 RREQ(Routing Request)를 네트워크에 브로드캐스팅한다. 해당 메시지는 목적지 노드가 받을 때까지 중간 노드들을 통해 계속해서 브로드캐스팅 방법으로 전달된다. 최종 목적지 노드에 도착하면 해당 노드는 경로 요청 제어 메시지에 의해 생성된 경로 탐색 테이블의 역경로를 따라 소스 노드로 RREP를

전달된다. 소스노드는 이 메시지를 수신하면 경로를 따라 데이터를 전송한다. AODV방식의 경우 최단경로를 찾을 수 있다는 장점이 있으나 메모리 사용량도 많으며 브로드캐스팅 방식으로 경로를 탐색하기 때문에 다량의 트래픽이 발생할 수 있다.

### III. 사이클 구조 및 라우팅 프로토콜

본 논문에서는 빠르게 라우팅 경로를 설정하기 위해 마스터-슬레이브간에 사용할 수 있는 트리 형식의 라우팅 프로토콜을 제안한다. 또한 본 논문은 채널의 효율을 증가시키기 위해 TDMA를 사용하고 있으며, 이동에 따른 충돌을 피하기 위해 라우팅 테이블에 따라 주파수 호핑(frequency hopping)을 다르게 하여 전송하는 방법을 사용한다. 또한 한 개의 송/수신 인터페이스를 사용하며, 각각의 노드는 슬롯 1번부터 슬롯 16번까지의 FHT(Frequency Hopping Table)을 가지고 있으며, 노드들이 사용하는 주파수는 서로 간섭이 없음을 가정한다.

#### 1. 사이클 구조

기본적인 네트워크 사이클은 그림 1과 같다. 그림 1에서 보는 것처럼 전체 사이클은 시작 프레임(start of cycle frame), 경쟁구간 (contention period), 16개의 제어 프레임(control frame) 그리고 데이터 프레임(data frames)으로 구성되어 있고, 각 데이터 프레임은 16개의 작은 슬롯으로 구성되어 있다.

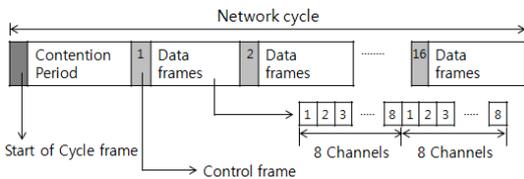


그림 1. 네트워크 사이클 구조  
Fig. 1. Network Cycle

시작 프레임은 마스터 노드에 의해 전송된다. 마스터 노드의 주위 슬레이브 노드는 시작 프레임을 수신하고, 경쟁 구간을 통하여 마스터로 네트워크 참가 요청을 보낸다. 이를 수신한 마스터는 해당 노드에게 적절한 슬롯 번호를 할당하여 네트워크에 참여 할 수 있도록 한다. 슬롯을 할당 받은 각 노드는 자신의 슬롯 타임에서 제어 프

레이를 전송하여 마스터 노드나 주위의 노드에게 자신이 네트워크에 참여 하고 있음을 알린다. 시작 프레임 이후의 경쟁 구간은 네트워크에 참가하기를 원하는 노드들이 상호 경쟁을 통해 참가 메시지를 전송 하는 용도로 사용된다. 제어 프레임 이후의 데이터 프레임 구간은 네트워크에 참여 하고 있는 노드들의 음성 데이터 전송을 위해 사용된다.

#### 가. 시작 프레임과 제어 프레임

시작 프레임은 마스터 노드에 의해 전송되며, 제어 프레임은 현재 네트워크에 참가 하고 있는 슬레이브 노드들에 의해 전송된다. 모든 노드들은 이 신호를 기준으로 시간 동기를 설정하며, 라우팅 정보를 주고받을 수 있다. 네트워크에 참가하기를 원하는 노드는 시작 프레임과 제어 프레임을 수신함으로써 주변에 네트워크가 있음을 인지할 수 있다.

#### 나. 경쟁 구간

경쟁 구간은 각 노드들이 네트워크에 참가하기 위해 사용하는 구간이다. 각 노드는 네트워크에 새로이 참가를 원할 때 경쟁 구간을 이용하여 "Join Request Message"를 전달 할 수 있고, 슬롯에 여유가 있다면 마스터로부터 적절한 슬롯을 할당받을 수 있다. 이 구간은 모든 노드들이 자유롭게 사용할 수 있는 구간이므로, 구간이 시작 하는 시간으로부터 무작위 백오프(random time back-off) 후 전송을 시도하여 무선 충돌을 줄이도록 한다.

#### 다. 데이터 프레임

데이터 프레임은 16개의 구간으로 나누어져 있으며, 2개의 구간(1-8, 9-16; 8개의 채널)로 되어 있어, 자신의 홉에 따라 선택된 전송상태에 기반을 두어 음성프레임을 전송한다. 홀수 홉일 때는 TR(Transmit-Receive; 첫 번째 구간 전송, 두 번째 구간 수신)이며, 짝수 홉일 때는 RT(Receive-Transmit; 첫 번째 구간 수신, 두 번째 구간 전송)가 된다.

각 노드별로 자신만의 FHT를 가지고 있으며 기본적으로 자신의 부모 노드의 FHT에 따른 주파수를 수신하고 있으며, 후손노드가 채널을 할당 받아 음성 데이터를 전송한다면 라우팅 정보에 따라 수신하는 주파수를 설정한다. 그림 2는 데이터 프레임에서의 전송 모드를 보여주고 있다.

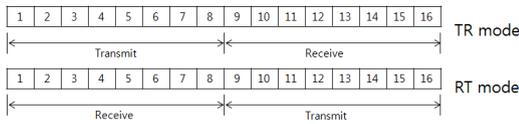


그림 2. 데이터 프레임에서의 전송 모드  
Fig. 2. Transmission Mode in data frames

2. 라우팅 프로토콜

본 논문에서는 마스터와 슬레이브간에 멀티 홉 전송을 위하여 간단한 라우팅 프로토콜을 사용한다. 모든 노드는 자신을 중심으로 경로정보를 기록하는 테이블을 가지고 있으며, 이 경로 정보를 이용하여 수신 주파수를 결정하게 된다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 테이블 기반(table-driven) 방식으로 경로가 변경될 때 즉시 경로를 수정할 수 있으면서도 과도한 라우팅 정보를 전달하지 않는 장점이 있다.

가. 네트워크 참가

마스터 노드는 매 사이클 시작 시 시작 프레임을 전송하며, 네트워크에 참가하고 있는 슬레이브 노드는 자신의 슬롯에 제어 프레임을 전송한다. 네트워크에 참가하기를 원하는 슬레이브 노드는 최초 기동 시 신호 검색 모드로 동작하고 시작 프레임이나 제어 프레임을 감지하면, 해당 신호의 슬롯 번호를 기반으로 네트워크 사이클의 동기를 맞춘다. 또한 제어 프레임을 발송한 노드를 부모 노드로 설정한 후, 슬롯을 할당 받기 위해 경쟁 구간을 이용하여 "Join Request Message"를 마스터 노드로 전송한다. "Join Request Message"를 수신한 마스터 노드는 비어 있는 슬롯을 해당 슬레이브 노드에게 할당 한 후 해당 노드로 "Join OK" 패킷에 슬롯 번호를 실어 전송하여 네트워크에 참여를 허락한다.

나. 경로형성

각 노드에서 발송하는 제어 프레임에는 16개 노드에 대한 라우팅 정보를 포함하고 있다. 라우팅 정보에는 각 노드별로 순차 번호(sequence number)가 저장되어 있으며 이를 다른 이웃 노드에 전송한다. 전송하는 라우팅 정보에는 자신의 순차 번호와 후손 노드의 순차 번호만 보내고 나머지는 "null"로 채워진다. 이 라우팅 정보를 수신 받은 부모 노드는 라우팅 테이블에서 수신한 노드의 슬롯 번호를 입력한다. 예를 들어 그림 3에서 노드 3의 자식 노드는 5번과 8번이다. 따라서 노드 3이 발송하는 라

우팅 정보에는 자신의 노드 순차 번호와 자식 노드인 5번과 8번 노드의 순차 번호가 들어 있다. 마스터의 경우 자식 노드의 정보를 보내지 않는다.

부모 노드에 대한 정보는 마스터 쪽으로 향하는 패킷의 방향을 결정하는데 쓰이며 또한 부모가 살아 있는지를 확인하는 용도로도 사용된다. 그 외의 정보는 후손 노드들로 향하는 패킷의 방향을 결정하는데 쓰이게 된다. 각 노드에서 관리하는 라우팅 테이블은 16개 노드의 전송 경로, 순차 번호, TTL(Time to Live)의 필드로 구성되어 있다.

다. 경로를 이용한 데이터 전송

그림 3처럼 노드 8이 음성패킷을 전송하기를 원한다면 우선 마스터로부터 채널을 할당받아야 된다. 채널을 할당받는 명령어는 제어 프레임을 통하여 전달되고, 마스터가 해당 명령어를 수신하면 적절한 채널을 할당한다. 채널 할당은 마스터가 할당한 채널로 데이터 패킷을 전송하는 방법으로 이루어지는데, 마스터가 전송하는 데이터 패킷의 헤더의 "Slot Number"에 노드 8을 적어 보낸다.

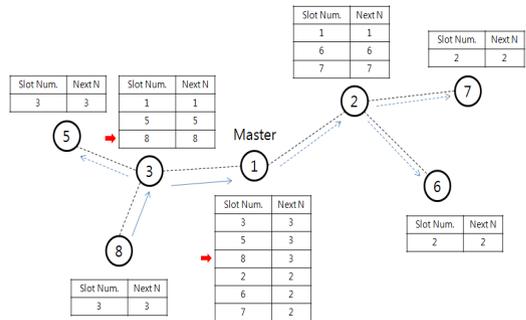


그림 3 라우팅 테이블의 예  
Fig. 3. Example of a routing table

해당 패킷을 수신한 노드는 자신의 라우팅 테이블에 따라 수신 주파수를 재설정하게 된다. 노드 3과 노드 1은 자신의 라우팅 테이블에 노드 8이 존재하므로 수신 주파수를 부모 노드가 아닌 라우팅 경로에 해당하는 노드의 주파수로 변경하고, 나머지 노드는 노드 8이 라우팅 테이블에 존재하지 않으므로 부모 노드의 주파수를 수신 주파수로 설정하면 된다. 그림 3의 토폴로지에서 전송모드에 따라 전송하는 예는 그림 4와 그림 5에서 보여 주고 있다.

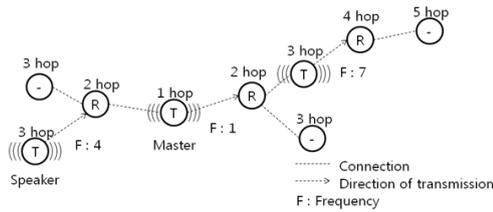


그림 4 홀이 홀수인 노드들의 전송  
Fig. 4. Transmission of nodes having odd number of hops

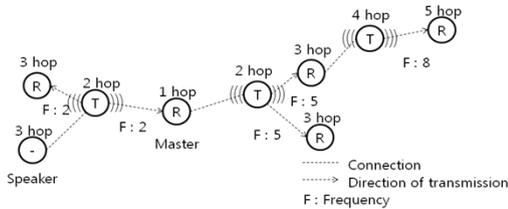


그림 5 홀이 짝수인 노드들의 전송  
Fig. 5. Transmission of nodes having even number of hops

라. 경로 유지 및 삭제

또한 라우팅 테이블에 TTL 필드를 두어 경로가 유효한지를 체크한다. 라우팅 테이블에서 해당 슬롯의 제어 프레임을 수신할 경우 경로를 유지하며, 실험에서는 2 사이클(약 0.5초)동안 제어 프레임을 수신하지 못할 경우에는 경로를 해지하였다. 만약 해지된 경로가 부모 노드인 경우에는 신호 검색 모드로 돌아가 네트워크를 새로 검색한다. 이미 슬롯 번호를 할당받았기 때문에 경쟁 구간으로 “Join Request Message”를 전송하지는 않는다. 토폴로지가 급격하게 변경되면 서로 다른 라우팅 정보를 받을 수 있는데 이때 새로운 라우팅 정보를 선택 할 수 있도록 라우팅 정보는 순차 번호를 가지고 있다.

IV. 실험

1. 실험 설정

본문에서 제안한 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 NS-2 시뮬레이터<sup>[11]</sup>를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용한 파라미터 값들을 보여주고 있다. 토폴로지가 변경될 때의 손실률을 확인하기 위해 모든 노드를 바둑판 형태로 배열한 후 마스터가 아닌 슬레이브 중 한 개를 임의로 이동시켜 실험을 수행하였

다. 이동하는 노드의 속도는 0 ~ 10m/s로 사람이 걷는 속도 및 자전거 이동속도를 재현하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라메타  
Table 1. Simulation parameters

파라미터	값
영역 크기	500m x 500m
총 노드의 수	16
이동성	0 ~ 10 m/s
전송 대역폭	1Mbps
어플리케이션	CBR
전송 간격	20ms
Packet Size	250bit
RF Range	50m

이 실험에서 멀티 홉 패킷 전송에서의 전송 지연, 패킷 손실률을 측정하였다. 패킷 손실률은 고정된 노드에서 전송하는 패킷에 대하여 이동노드의 수신 패킷 손실률과 이동하는 노드에서 전송하는 패킷에 대한 고정된 노드의 수신 패킷 손실률을 측정하였다.

2. 실험 결과

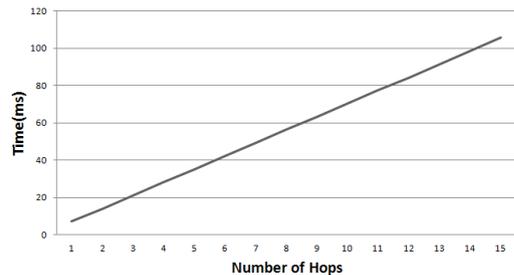


그림 6 음성 패킷의 전송 지연  
Fig. 6. Network transit delay of voice packets

그림 6은 홉 수의 증가에 따른 음성 지연을 보여주고 있다. 제안한 프로토콜은 패킷 충돌과 큐 오버플로우에 의한 패킷 드랍(drop)이 없기 때문에 전송 지연은 노드의 홉에 의해 결정이 되며 아래와 같이 계산될 수 있다.

$$D = Hop \times Retransmission \quad (1)$$

제안한 프로토콜의 재전송 시간은 약 7.04ms로 최대 15홉에 이르는 거리에 대하여 통신이 이루어질 때 ITU-T에서 서비스 한계점으로 제시한 295ms<sup>[2]</sup>보다 적

은 약 105.6ms의 전송 지연이 발생함을 알 수 있다.

그림 7은 노드의 이동 속도에 따른 수신 패킷 손실률을 보여준다. 시뮬레이션에서 음성패킷은 25초 동안 전달되었고 이동하는 목적지 노드에 도착한 패킷을 측정하였다. 이동 속도는 0부터 10 m/s까지 단계별로 측정하였고, 식 (2)를 통하여 패킷 손실률을 계산한다.

$$R = \frac{\text{수신 실패한 패킷의 수}}{\text{전송한 총 패킷의 수}} \quad (2)$$

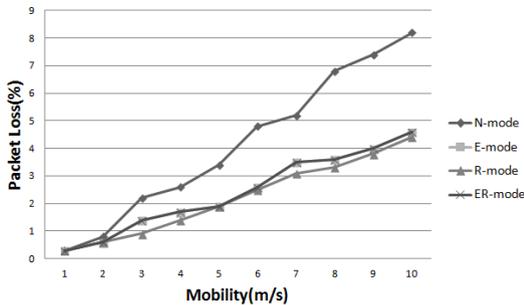


그림 7 노드 이동 속도에 따른 패킷 손실률  
Fig. 7. Packet loss rate on the mobility of a node

실험에서 네트워크를 재설정하는 방법은 4가지를 이용하였다. N-mode는 기본적인 형태로 연결이 끊어졌을 때 부모 노드를 재설정하고, R-mode는 RSSI(Received Signal Strength Indication) 값을 측정하여 수신 감도가 좋은 노드를 부모 노드로 재설정한다. 이때 각 노드의 부모 노드 설정은 이전의 부모 노드와 자신의 후손 노드를 제외한 나머지 주변 노드들 중에 이루어지도록 한다. E-mode는 에너지 효율을 위해 주변의 노드들 중에 홉 카운트가 적은 노드를 부모 노드로 재설정하고, ER-mode는 E-mode에서 홉 카운트가 동일할 경우에만 수신감도를 측정하여 감도가 좋은 노드를 부모 노드로 재설정한다. 그림 7에서 N-mode는 10m/s에서 약 8.2%의 손실률을 보이고 있다. 이는 링크 오류 시 경로를 재설정하는데 걸리는 시간이 길기 때문이다. 따라서 경로가 끊어지기 전에 연결 가능성이 높은 노드로 재설정하는 것이 필요하다. 그림 7에서 보는 것과 같이 패킷을 전송하지 않고 단순히 수신만 하는 노드일 경우 수신감도가 좋은 노드로 부모 노드들 재설정하는 것이 손실률이 적다는 것을 확인 할 수 있다. 다만 이동하는 노드가 발언권을 얻어 패킷을 송신하는 경우는 다른 결과를 보여준다.

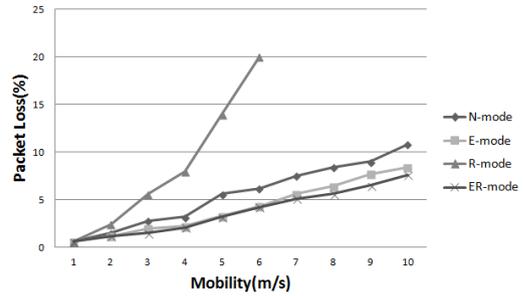


그림 8 노드 이동 속도에 따른 패킷 손실률  
Fig. 8. Packet loss rate on mobility of nodes

그림 8은 이동하는 노드가 패킷을 송신할 때의 패킷손실률을 나타낸다. 모든 노드를 40m간격으로 두고 배치하고, 그 중 패킷을 송신하는 노드는 1부터 10m/s의 속도로 움직였다. 패킷 손실률은 중간 노드의 측정 값 중 가장 큰 손실률을 보이는 노드의 값을 이용하였다. 실험결과 R-mode의 경우 토폴로지 변화가 빈번하게 일어나서 손실률이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 후손 노드가 있는 중간 노드는 ER-mode로 동작을 하고, 후손 노드가 없는 단말 노드는 R-mode로 동작할 때 효율이 좋다.

## V. 결론

본 논문에서는 소규모 그룹의 음성대화를 위한 릴레이 프로토콜을 제안하였다. 무선 네트워크 환경에서는 단일 채널을 사용할 경우 노드 수가 증가하게 되면 네트워크 성능이 크게 저하된다. 본 논문에서는 TDMA방식과 제안한 라우팅 프로토콜을 이용하여 이동에 따른 네트워크 처리량을 개선하였다. 시뮬레이션을 통하여 최대 15홉에 대한 중단 지연시간이 105.6ms으로 실시간으로 통신이 가능하며, 노드가 10m/s로 이동할 때 약 7.6%의 손실률을 보임으로써 채널을 효율성을 높이면서도 QoS가 높음을 보였다. 또한 참여하고 있는 15개의 슬래브 노드뿐만 아니라 수신만 할 경우에 네트워크 반경 내에 무한대의 단말기들이 음성 방송을 전달 받을 수 있기 때문에 활용 가치가 높다고 볼 수 있다. 다만 토폴로지변화에 민감성에 대한 연구는 더 필요할 것으로 보이며 마스터 설정과 에너지 효율에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] Frank Kargl, Stefan Ribhegge, Stefan Schlott, Michael Weber, "Bluetooth-based Ad-Hoc Networks for Voice Transmission," in Proceedings of 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, January 2003.
- [2] ITU-T Recommendation G.114, "One-way transmission time," May 2003.
- [3] Chi-hsien Lin, Hui Dong, Upamanyu Madhow, and Allen Gersho, "Supporting Real-time Speech on Wireless Ad-hoc Networks: Inter-packet Redundancy, Path Diversity, and Multiple Description Coding," in Proceedings of ACM workshop on WMASH, pp. 11-20, October 2004.
- [4] P. Gupta and P. R. Kumar, "The capacity of wireless networks," IEEE Trans on Info Theory, Mar 2000.
- [5] J. Li, C. Blake, D. S. J. De Couto, H. I. Lee, and R. Morris, "Capacity of ad-hoc wireless networks," in MOBICOM, 2001.
- [6] N. Jain, S. R. Das, and A. Nasipuri, "A multichannel CSMA MAC protocol with receiver-based channel selection for multihop wireless networks," in Proceedings of the 9th International Conference on Computer Communications and Networks, pp.432-439, 2001.
- [7] T. -W. chen, J.T. Tsai, and M. Gerla, "QoS routing performance in multihop, multimedia, wireless networks," in Proceedings of IEEE ICUPC'97, 1997.
- [8] Yu-Ching Hus, Tzu-Chieh Tsai, Ying-Dar Lin, and Mario Gerla, "Bandwidth routing in multi-hop packet radio environment," in Proceedings of the 3rd International Mobile Computing Workshop, 1997.
- [9] G. V. Zaruba, S. Basagni, and I. Chlamtac, "Bluetrees-scatternet formation to enable Bluetooth-based ad hoc networks," in Proceedings fo the IEEE International Conference on Communications, pp. 273-277, 2001.
- [10] G. Tan, A. Miu, J. Guttag, and H. Balakrishnan, "Forming Scatternets from Bluetooth Personal Area Networks," MIT Technical Report, MIT-LCS-TR-826, 2001.
- [11] ns-2 network simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [12] Dae-Sik Ko, Min-Soo Kang, "A Design of Effective Packet Format for Real-Time Audio Data Transmission," Journal of Korean Institute of Information Technology, vol. 2, no.1, March 2004.
- [13] ChongDeuk Lee, "Transmission Rate Priority-based Traffic Control for Contents Streaming in Wireless Sensor Networks," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 12, no.7, July 2011.

## 저자 소개

### 황 상 호(학생회원)



- 2009년 : 영남대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2011년 ~ 현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 석사과정

### 박 창 현(정회원)



- 1993년 ~ 현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수
- 1998년 ~ 1998년 : University of Maryland, Institute of Advanced Computer Systems, Visiting Researcher
- 2009년 ~ 2010년 : University of Washington, Dept. of Electrical Engineering, Visiting Professor
- 1992년 ~ 1993년 : 서울대학교 컴퓨터신기술공동연구소 특별연구원
- 1988년 ~ 1992년 : 서울대학교 계산통계학과 전산학전공 이학박사
- 1986년 ~ 1988년 : 서울대학교 계산통계학과 전산학전공 이학석사

안 병 철(정회원)



- 1976년 : 영남대학교 전자공학 학사
- 1986년 : 오레곤주립대 전기 및 컴퓨터공학 석사
- 1989년 : 오레곤주립대 전기 및 컴퓨터공학 박사
- 1976년 ~ 1984년 : 국방과학연구소 연구원

- 1989년 ~ 1992년 : 삼성전자 수석연구원
- 1992년 ~ 현재 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수