

이동 Ad-hoc 네트워크에서의 멀티미디어 서비스 구현

Implementation of Multimedia Services in a Mobile Ad-hoc Network

노 광 현*, 권 혜 연*, 신 제 옥*, 박 에 순*

Kwang-Hyun Ro*, Hye-Yeon Kwon*, Jae-Wook Shin*, Ae-Soon Park*

요 약

이동 Ad-hoc 네트워크(Mobile Ad-hoc Network)는 자기 조직화, 기반망에 독립적인 네트워크의 특성상 많은 응용 분야를 가지고 있다. 본 논문에서는 mRelay(Multi-hop Relay) 시스템이라고 명명한 MANET을 위한 멀티미디어 응용 서비스 모델을 제안한다. mRelay 시스템은 무선 멀티미디어 통신 기능을 가진 무인 이동체를 mRelay 단말로 사용하여 멀티홉 통신 기반의 인터넷 연동이 가능한 멀티미디어 서비스를 제공한다. 멀티홉 라우팅 프로토콜인 AODV가 수정되어 mRelay 단말에 적용되었고, mRelay 시스템이 실내에서의 다양한 시나리오 상황에서 기반망 도움 없이 이동 Ad-hoc 네트워크를 구성하고 유지하며, 안정적인 멀티홉 멀티미디어 서비스가 가능함을 보였다. mRelay 시스템은 다양한 이동 Ad-hoc 네트워크의 응용 서비스에 활용될 수 있을 것이다.

Abstract

Mobile Ad-hoc Network(MANET) could be applied to various applications by virtue of its characteristics such as self-organizing and infrastructure-free network. This paper proposes a multimedia application service model for MANET, called multi-hop Relay(mRelay) system. It supports a multi-hop communication-based multimedia service interworked with Internet by using an unmanned moving robot with wireless multimedia communication function as a mRelay terminal. The modified AODV routing protocol was applied to the terminal and it was verified that composition and maintenance of mobile Ad-hoc network in mRelay system under the various indoor scenarios were successful and stable multi-hop multimedia services were possible. The mRelay system can be applicable to various application services of mobile Ad-hoc networks.

Keywords : Mobile Ad-hoc Network(MANET), mRelay, Multimedia Service, AODV, Multi-hop

I. 서론

이동 Ad-hoc 네트워크(Mobile Ad-hoc Network)는 이동 노드들이 기존의 인프라 통신망과는 독립적으로 무선 인터페이스를 사용하여 자율적으로 구성하는 네트워크이다. 기반망이 존재하지 않거나 기반망에 기초한 네트워크 구성이 용이하지 않은 지역에서 임시적으로 네트워크를 구성하기 위해 개발된 기술로서, 네트워크 구성이 용이하고 유동적이며 독립적인 네트워크 구축이 가능하므로 기반망에 의존하지 않는 다양한 응용 분야에서 논의되어 왔다. 이동 Ad-hoc 네트워크는 연구 초기에 군사적인 응용 목적으로 연구가 시작되었으

나, 최근에는 WPAN(Wireless Personal Area Network)이나 재해 및 재난 지역에서의 긴급 통신 서비스와 같이 실생활에 적용될 수 있는 여러 분야로 응용이 확대되고 있다[1]. 최근에는 이동 Ad-hoc 네트워크 특성을 응용한 메쉬 네트워크(Mesh Network)나 센서 네트워크(Sensor Network) 분야에 많은 연구가 진행되고 있다. 센서 네트워크에서는 네트워크 구성에 많은 노드가 포함됨을 가정하지만 센서 노드의 특성상 Ad-hoc 네트워크를 통해 전송되는 제어 신호와 소량의 데이터 전송만을 가정하고 있다. 반면에 이동 Ad-hoc 네트워크를 통해 실시간 멀티미디어를 전송하는 응용 서비스에 대한 연구는 아직도 미진하다[2,3].

본 논문에서는 무선 멀티미디어 송수신 및 원격 제어 기능을 가진 이동 로봇 UMMD(Unmanned Mobile Monitoring Device)를 활용한 이동 Ad-hoc 네트워크에서의 멀티미디어 서비스 모델인 mRelay(Multi-hop Relay) 시스템을 설명한다.

*ETRI 이동통신연구단

논문 번호 : 2006-1-13

접수 일자 : 2006. 1. 9

심사 완료 일자 : 2006. 1. 27

mRelay 시스템은 기반망이 존재하지 않거나 사용할 수 없고, 사람의 접근이 어려운 지역 또는 공간에서 멀티홉 릴레이 통신에 의해 고속의 멀티미디어 데이터 전송이 가능하고, 외부 인터넷과 연동된다. mRelay 시스템은 이동 Ad-hoc 네트워크의 여러 응용 서비스 분야 중 재해나 재난 지역에서의 활용을 목적으로 설계 및 구현되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 서론에 이어 2장과 3장에서는 각각 mRelay 시스템의 기능과 구성을 설명하고, 4장에서는 mRelay 시스템의 인터넷 연동을 고려하여 표준 멀티홉 라우팅 프로토콜에 추가된 기능을 기술하였다. mRelay 시스템의 구현 시나리오 및 시험 결과를 5장에 기술하였고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. mRelay 시스템 기능

mRelay 시스템은 기반망에 의존할 수 없고 사람이 접근할 수 없는 지역 또는 상황에서 단말의 이동성을 보장하며 초고속 멀티미디어 데이터 송수신이 가능하다. 따라서, mRelay 시스템에서의 단말은 독자적인 망구성의 주체가 되고 다른 단말로의 데이터 전송을 위한 중간 노드로서 동작한다. mRelay 시스템을 구성하는 네트워크의 기능은 다음과 같다.

- 무선 인터페이스 기능
- 멀티홉 라우팅 기능
- 멀티미디어 서비스 기능
- 인터넷 연동 기능
- IP 주소 설정 기능

2.1 무선 인터페이스 기능

mRelay 시스템은 초고속의 멀티미디어 데이터 전송을 위한 광대역의 무선 인터페이스를 사용한다. 또한, 무선 접속 규격을 위한 다양한 요구사항[1]중에 다음과 같은 요구사항을 만족하도록 설계되었다.

- 근거리 통신(Short-Range)에 적합
- 이동 노드간에 직접 연결 지원
- 동일한 채널을 다수의 노드가 공유
- 기기간 동일 주파수 대역 사용
- 멀티미디어 데이터 전송을 위한 최소 20Mbps 이상의 무선 전송

현재 사용 가능한 상용 제품 중 상기 요구사항에 가장 적합한 제품으로 IEEE 802.11a 무선랜을 사용하였다. IEEE 802.11a 무선랜은 5.0 GHz U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure) 대역에서 최대 54Mbps까지의 전송속도를 보장하며 2.4GHz ISM (Industrial, Scientific, and Medical) Band를 사용하는 IEEE 802.11b 또는 블루투스 등의 다른 접속 규격을 사용하는 시스템과의 간섭 문제가 없어 시험에 유리하다. 하지만, 50m 이내의 짧은 전송거리와 아직 시장 진입에 어려움이 있어 제품의 안정성과 그에 따르는 Linux 기반 디바이스 드라이버의 부재가 가장 큰 문제이다.

2.2 멀티홉 라우팅 기능

무선랜 통신은 전파 도달 거리가 짧기 때문에 서로의 전파가 미치지 못하는 영역에 있는 노드간의 통신은 제약이 따른다. 따라서, 전파가 미치는 노드들간의 릴레이를 통한 멀티홉 통신이 요구된다. 특히, mRelay 시스템의 단말은 수시로 네트워크에 참여와 이탈을 자유롭게 함으로써 네트워크의 토폴로지가 수시로 변하여 특정 노드의 위치와 경로를 탐색하고 유지하기가 어렵다. 따라서 mRelay 시스템 단말에 경로 탐색과 유지를 위한 멀티홉 라우팅 프로토콜이 탑재되었다. 멀티홉 통신을 위한 IP 기반의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜로는 IETF RFC 표준 규격인 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)[4]를 활용하였다. mRelay 시스템이 인터넷과 연동될 수 있도록 게이트웨이 탐색 등의 기능을 AODV 라우팅 프로토콜에 추가하였고, 이에 대한 내용은 4장에서 자세히 설명한다.

2.3 멀티미디어 서비스 기능

mRelay 시스템의 단말은 무인 모니터링 장치로서 비디오, 카메라, 마이크, 스피커 등의 외부 입출력 장치를 통해 이미지, 동영상, 음성, 음악 등의 멀티미디어 데이터 전송을 수행한다. 이들 멀티미디어 데이터들은 상위 응용 계층 프로토콜에 따라 차이가 있으나 일반적인 멀티미디어 서비스가 모두 가능하다.

2.4 인터넷 연동 기능

mRelay 시스템만의 독자적인 구성은 응용에 한계가 따른다. 따라서 인터넷과의 연동 기능이 필수적으로 요구된다. 이를 위해 다음과 같은 특징을 갖는 인터넷 연동 게이트웨이가 사용된다.

- 외부 인터넷 노드에 대한 경로 관리
- mRelay 네트워크에서 인터넷으로 나가는 패킷 전달
- 인터넷에서 mRelay 네트워크로 들어가는 패킷 전달

2.5 IP 주소 설정 기능

네트워크 구성이 즉흥적이며 단말의 출입이 자유로우므로 IP 주소 설정에 문제가 발생한다. 일반적으로 이동 Ad-hoc 네트워크에 적합한 주소 설정 기능은 다음과 같다.

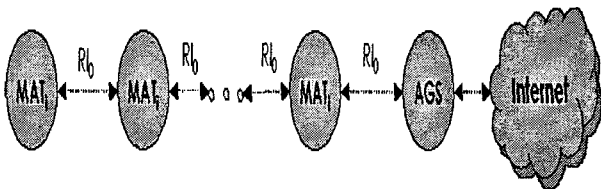
- 고정 주소 할당(Static Address Allocation) : 각각의 단말이 가지는 주소는 고정으로 설정되거나 고정된 prefix 범위 내에서 사설(private) IP 주소의 사용이 가능하다.
- 동적 주소 할당(Dynamic Address Allocation): DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) 서버를 통한 동적 IP 주소의 할당도 고려할 수 있으나, DHCP 서버를 어디에 둘 것인가에 대한 해결이 용이치 않다.
- 자동 네트워킹(Zero-Configuration): 자동 네트워킹은 IETF Zero-Conf 워킹 그룹에 의해 연구되고 있는데 IPv6와 같이 IP 네트워킹에 필요한 설정이 사용자나 관리자의 관여 없이 자동적으로 수행하는 방법으로 IP 네트워킹을 쉽게 운용되도록 고안되어 무선 Ad-hoc 네트워크에 적용

하기가 용이하다.

mRelay 시스템은 Ad-hoc 네트워크에서 멀티미디어 서비스 구현이 목적이며 네트워크를 구성하는 실제 노드의 수가 적기 때문에 구현이 용이한 고정 주소 할당 방식을 사용하였다.

III. mRelay 시스템 구성

mRelay 시스템의 구성은 그림 1과 같이 개념화된다. 네트워크 구성 요소로는 다양한 이동 Ad-hoc 단말 (Mobile Ad-hoc Terminal, 이하 MAT)과 Ad-hoc 게이트웨이 서버 (Ad-hoc Gateway Server, 이하 AGS)가 있다. 이들 네트워크 구성 요소들간의 직접 통신을 위한 무선 인터페이스가 R_{i0} 이며 이에 대한 무선 접속 규격으로는 상기 무선 인터페이스 기능에 설명되었다.



- MAT_i : various Mobile Ad-hoc Terminals
- MAT₀ : Notebook Computer
- MAT₁ : PDA
- MAT₂ : UMMD (Unmanned Mobile Monitoring Device)
- MAT₃ : Wireless Router
- MAT₄ : Intelligent Sensor
- MAT₅ : Reserved
- R_{i0} : Radio Interface 0 (IEEE 802.11a Wireless LAN)
- AGS : Ad-hoc Gateway Server

그림 1. mRelay 시스템 구성도
Fig. 1. mRelay system configuration

3.1 mRelay 단말 (MAT)

MAT는 노트북, PDA 등과 같이 사람에 의해 이동성을 보장받는 단말과 로봇과 같은 무인 장치 등의 다양한 형태로 구성이 가능하며, 그림 1과 같이 그 형태에 따라 MAT₀, MAT₁ 및 MAT₂ 등으로 불린다. MAT는 Linux 운영체제를 기반으로 IEEE 802.11a 무선 인터페이스를 통한 배어러 통신과 TCP/IP 기반의 라우팅 프로토콜을 제공하며 멀티홉 라우팅 프로토콜을 가진다. 또한, 카메라 및 스피커, 마이크로폰 등의 멀티미디어 장치가 부착되며 이들의 처리를 위한 음성 및 영상 처리프로그램이 탑재된다. 응용 소프트웨어로는 일반적인 IP 기반 응용 소프트웨어의 사용이 모두 가능하다. 그림 2와 그림 3은 제어 평면에서의 프로토콜 스택과 데이터 평면에서의 프로토콜 스택을 각각 나타낸다. MAT의 응용 소프트웨어들은 기존 네트워크의 IP 기반 응용 소프트웨어를 그대로 사용하거나 그와 유사한 서비스를 지원한다.

mRelay 시스템을 구성하는 MAT는 노트북과 무선 라우터, 그리고 UMMD라는 이동 로봇이 있다. 노트북은 사람에

의해 이동하며, 무선 라우터는 특정 위치에 고정된 장치이고, UMMD는 그림 4와 같은 소형 이동 로봇으로서 제어

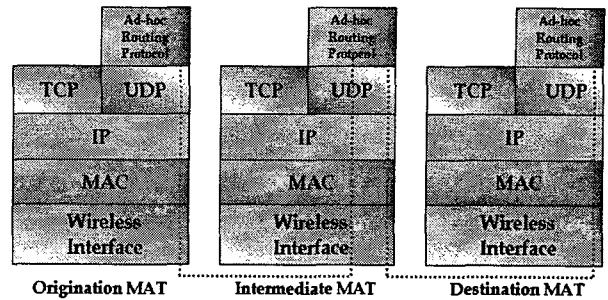


그림 2. MAT 제어 평면 프로토콜 스택
Fig. 2. Control plane protocol stack of a MAT

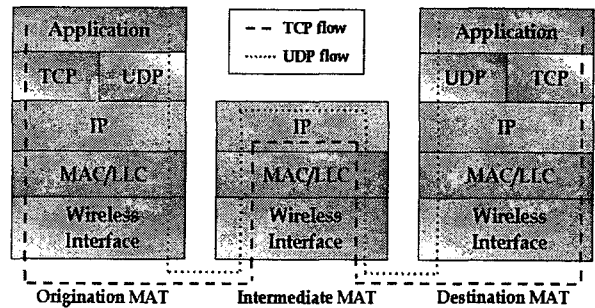


그림 3. MAT 데이터 평면 프로토콜 스택
Fig. 3. Data plane protocol stack of a MAT

서버(Control Server, 이하 CS)를 통해 원격으로 조종되며 산이나 동굴 등의 이동에 적합한 카터필라 방식의 바퀴를 가졌다. UMMD의 제어 서버도 하나의 MAT로 동작하여 멀티홉 라우팅에 참여하며 UMMD의 동작을 조종하고, UMMD에 명령을 내리거나 UMMD가 보내오는 영상과 음성을 포함하는 데이터를 수신하여 화면에 보여준다.

그림 5는 제어서버의 운영화면을 나타낸다. 운영화면의 왼쪽 윈도우는 UMMD나 노트북으로부터 단일홉 혹은 멀티홉으로 전송된 영상과 음성을 출력하고, 오른쪽 방향키들은 원격으로 로봇의 이동, 방향 및 속도 제어용으로 사용된다. 제어 서버에서 운용되는 UMMD 제어 및 통신 프로그램은 리눅스용 넷미팅(NetMeeting) 클라이언트 프로그램인 GnomeMeeting을 이용하여 제어 부분을 확장하여 개발되었다. 기본적인 사용법은 GnomeMeeting과 동일하며 로봇 제

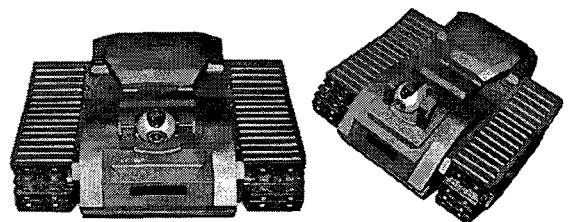


그림 4. UMMD의 모습
Fig. 4. UMMD images

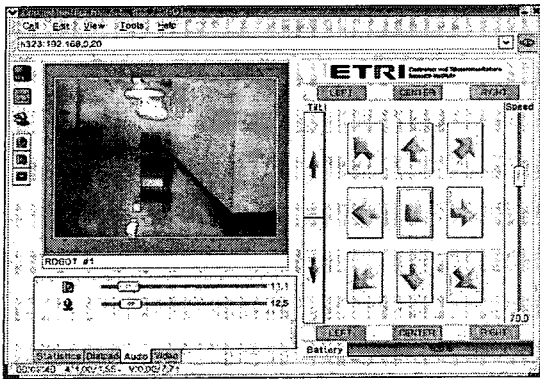


그림 5. 제어 서버 운용 화면
Fig. 5. Operation window of control server

어용 인터페이스 부분이 추가되었다. 제어 서버의 프로그램은 Linux 커널 2.4.20-8, OpenH 323 1.12.0, Pwlib 1.5.0, Genmeeting 0.9.5, X-Window gnome 환경하에서 구현되었다.

UMMD 하드웨어는 그림 6과 같이 세 개의 모듈인 메인 모듈, 통신 모듈, 입출력 모듈로 구성된다. 메인 모듈은 이동 로봇의 몸체 메인 컨트롤러(Embedded PC) 및 모터 컨트롤러(DSP2407)를 포함한다. 또한 내부 메모리 및 플래쉬 디스크를 포함하며, 배터리 충전부와 인터페이스를 가진다. 통신 모듈은 IEEE 802.11a 무선랜 모듈 및 메인 모듈과의 인터페이스를 포함한다. 입출력 모듈은 카메라 및 마이크, 스피커 등의 외부 입출력 장치 및 다른 모듈과의 인터페이스를 포함한다. 그림의 점선으로 표시된 부분은 개발 단계에서의 사용하기 위한 키보드와 모니터 인터페이스를 나타내며, 최종 완료 단계에서는 이 부분이 제외된다.

제어 서버에서 UMMD로 전송되는 로봇 제어 명령은 멀티미디어 데이터와 함께 무선랜을 통해 전송되며, UMMD의 메인 모듈에 수신된 로봇 제어 명령은 시리얼 통신으로

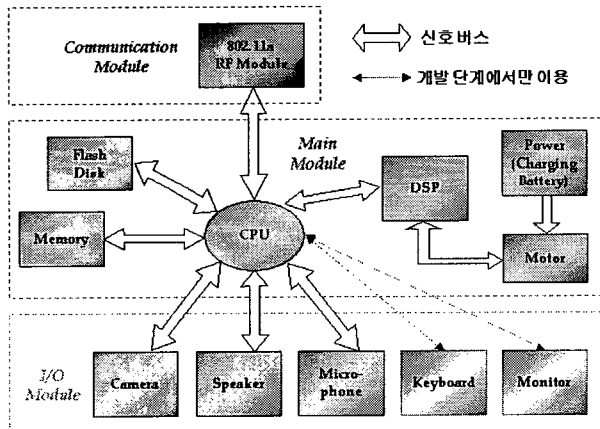


그림 6. UMMD 하드웨어 구성도
Fig. 6. UMMD hardware configuration

로봇 컨트롤러에 전송된다. 통신 속도는 9600bps로 설정되고, 제어 명령은 3 byte (START_CODE(0xFF) + 1Byte의 명령 코드 + 1Byte의 파라미터(파라미터가 없을 경우 0x00)) 포맷의 데이터로 전송되도록 하였다. 로봇 제어 명령은 6가지의 속도 제어 명령, 7가지 좌우 모터 연속 동작 명령, 14가지의 스텝 동작 명령, 카메라의 Tilting 각도를 제어할 수 있는 2가지의 카메라 제어 명령이 있고, 로봇에서 장애물 감지를 인식할 수 있는 직접 반사형 적외선 빔 센서 정보가 입력된다. UMMD의 크기는 대략 48x45 x25cm이며, 무게는 대략 40kg, 최대 속도는 최대 50cm/sec이다.

3.2 AGS

AGS는 단말과의 상호 통신에 의해 멀티미디어 데이터를 수집하여 상황을 분석하고, 그에 대한 대책을 지시하거나 적절한 조치를 취하도록 명령하는 서버이면서 인터넷과의 연동을 위한 게이트웨이로 동작한다.

AGS는 NAT(Network Address Translation) 기능을 사용하여 mRelay 네트워크의 사설 IP 주소와 공식 IP 주소를 가진 인터넷 호스트들과의 통신을 위해 IP 주소 매핑을 수행한다. 이는 다수의 MAT들이 AGS가 가지는 하나의 공식 IP 주소를 공유하면서 MAT들과 인터넷 노드들간에 주고 받는 패킷의 주소를 변환하여 라우팅함으로써 이루어진다. 그림 7은 AGS 데이터 평면에서의 프로토콜 스택을 나타낸다.

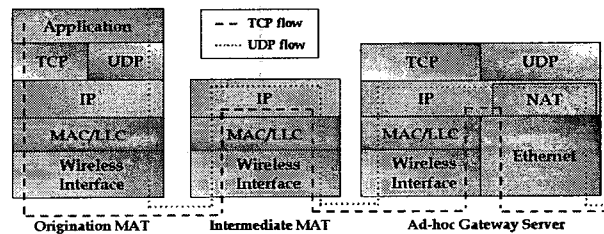


그림 7. AGS 데이터 평면 프로토콜 스택
Fig. 7. Data plane protocol stack of a AGS

IV. 멀티홉 라우팅

mRelay 시스템에 적용된 AODV 라우팅 프로그램(NIST AODV ver2.1)은 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 구현된 것으로서 IETF 인터넷 표준인 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) 버전 11을 기반으로 한다[5]. NIST AODV 프로그램은 커널 모듈 형태로 구현되며 게이트웨이 노드에서의 NAT 기능에 의한 인터넷 접속 기능을 제공한다.

NIST AODV 라우팅 프로그램이 동작하기 위해서는 다음의 요구 사항을 만족해야 하고, mRelay 시스템의 각 노드는 각각의 사항을 만족하도록 구현되었다.

- Linux Kernel 2.4 이상
- 모든 노드는 IP 패킷 포워딩(라우팅) 기능이 설정되어

야 한다. 즉, /etc/sysconfig/network 파일에 FORWARD IPV4=yes라는 라인이 존재해야 한다.

- Netfilter가 인스톨되어 있어야 한다. 그렇지 않을 경우 커널을 재구성한다.
- IEEE 802.11a 통신 기능이 정상적으로 동작하여야 한다.
- 모든 노드는 동일한 서브넷 ID를 가져야 한다.

이동 Ad-hoc 네트워크에 기반한 mRelay 시스템 테스트베드를 구현하기 위해 기존의 AODV 라우팅 프로토콜에 게이트웨이로의 proactive한 경로 관리 기능과 디폴트 경로를 이용한 게이트웨이로의 데이터 패킷 포워딩 기능을 추가하였다.

4.1 게이트웨이로의 proactive한 경로 관리

모든 Ad-hoc 노드가 게이트웨이에 대한 proactive한 경로 관리를 수행하게 한다. 이를 위해 각 노드는 게이트웨이의 주소를 자신의 Hello 메시지에 포함시켜 브로드캐스팅한다. Hello 메시지를 통해 수신한 게이트웨이 주소는 게이트웨이 테이블에 저장되고, 자신이 Hello 메시지를 브로드캐스팅할 때 이를 포함시킨다.

위 기능 추가로 Ad-hoc 네트워크의 노드가 인터넷과 통신이 많아질 경우 게이트웨이 노드에 대한 경로 유지 비용을 줄일 수 있고, 게이트웨이가 여러 개일 경우 항상 최적의 게이트웨이로 경로를 구성할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

게이트웨이로의 proactive한 경로 관리를 위한 인터넷 게이트웨이의 주소를 포함한 Hello 메시지의 브로드캐스팅 및 이를 수신한 Ad-hoc 노드에서의 동작 절차는 아래 그림 8과 같다. 점선은 peer-to-peer로 통신하는 Ad-hoc 노드간 연결 관계를 의미하고 실선은 노드간 실제로 주고받는 메시지 종류 및 방향을 나타낸다.

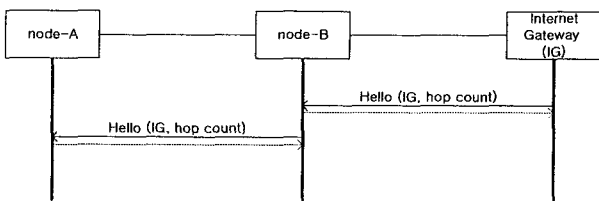


그림 8. Hello 메시지에 의한 인터넷 게이트웨이 정보 획득
Fig. 8. Procedure for Internet gateway information acquisition by using a Hello Message

- ① 인터넷 게이트웨이가 Hello 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅할 때 자신의 주소와 홉수를 Hello 메시지에 포함시키고 홉수는 0으로 설정한다.
- ② 인터넷 게이트웨이가 아닌 노드가 Hello 메시지를 수신하면 Hello 메시지에 포함된 인터넷 게이트웨이의 주소 및 인터넷 게이트웨이로의 홉수(수신된 홉수+1)를 인터넷 게이트웨이 테이블에 저장한다. 그리고, 인터넷 게이트웨이로의 경로 및 Hello 메시지를 송신한 노드로의 경로 정보를 갱신하고, 수신된 인터넷 게이트웨이로의 경로를 디폴트

트 경로로 설정한다.

- ③ 인터넷 게이트웨이가 아닌 노드가 Hello 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅할 경우 자신의 인터넷 게이트웨이 테이블에 저장하고 있는 디폴트로 인터넷 게이트웨이의 주소와 홉수를 Hello 메시지에 포함시킨다.

4.2 디폴트 경로를 이용한 게이트웨이로의 데이터 패킷 포워딩

소스 노드에서 서브넷 식별자에 기반하여 목적 노드의 위치를 미리 판단하게 하고 데이터 패킷을 게이트웨이로 전달하기 위한 디폴트 경로를 관리한다. 목적 노드가 Ad-hoc 네트워크 외부에 존재하는 것으로 판단하면 디폴트 경로를 사용하여 패킷을 전달함으로써 외부 이웃 노드에 대한 경로 정보를 저장할 필요가 없다.

위 기능 추가로 다음과 같은 성능 향상 효과를 얻을 수 있다. 첫째, 디폴트 경로를 사용함으로써 외부 노드 각각에 대한 경로 엔트리를 유지할 필요가 없다. 둘째, 목적 노드의 위치를 소스 노드에서 미리 판단함으로써 경로 탐색 지연을 최소화한다. 셋째, 인터넷 게이트웨이가 외부 목적 노드를 대신해서 RREP(Route Reply)를 전달할 필요가 없기 때문에 인터넷 게이트웨이에서의 부하가 감소된다.

소스 노드가 데이터 패킷을 생성하거나, 중간 노드가 데이터 패킷을 수신할 경우 다음과 같은 절차에 따라 패킷을 포워딩한다.

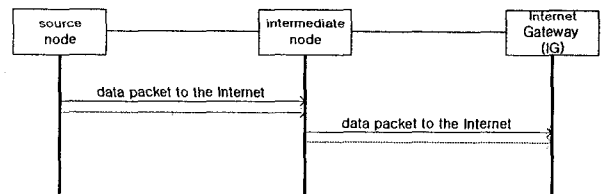


그림 9. 디폴트 경로를 이용한 인터넷으로의 패킷 포워딩
Fig. 9. Packet forwarding to Internet by using a default route

- ① 소스 노드가 생성한 패킷의 경우, 목적 노드의 서브넷 식별자가 자신의 것과 일치하면 경로 탐색 절차를 수행하고, 그렇지 않을 경우 목적 노드가 인터넷에 존재하는 것으로 판단한다.
- ② 목적 노드가 인터넷에 존재하는 경우 디폴트 경로 엔트리를 사용하여 패킷을 포워딩한다.
- ③ 중간 노드가 이웃 노드로부터 패킷을 수신할 경우, 목적 노드의 서브넷 식별자가 자신의 것과 동일하면 해당 패킷을 버리고, 그렇지 않을 경우 디폴트 경로 엔트리를 사용하여 자신의 디폴트 이웃 노드에게로 패킷을 포워딩한다.
- ④ 인터넷 게이트웨이가 패킷을 수신할 경우, 목적 노드의 서브넷 식별자가 자신의 것과 동일하면 해당 패킷을 인터넷으로 포워딩한다.

그림 13. 인터넷을 통한 멀티홉 릴레이
Fig. 13. Multi-hop relay via Internet

5.2 시험 항목

위에서 설명한 mRelay 시스템으로 제안한 시나리오를 시험하기 위해 다음과 같은 시험 항목에 따라 시험하였다. 다음은 Ad hoc 라우팅 및 인터넷 연동 기능 시험 항목들이다. 라우팅 기능 시험 항목은 4가지로 분류되었다.

- 이웃 노드 탐색 기능: Power on/off 또는 라우팅 모듈의 load/unload시 Hello 메시지의 주기적인 전송에 의한 1-홉 이웃 노드에 대한 경로 정보 설정을 라우팅 테이블을 통해 확인한다.
- 1-홉 통신 기능: Ping에 의해 1-홉 이웃 노드와의 데이터 패킷 통신 기능을 확인한다.
- 2-홉 통신 기능: Ping에 의해 2-홉 이웃 노드에 대한 경로 탐색을 수행한 후 데이터 패킷 통신 기능을 확인한다.
- 경로 재탐색 기능: 목적 노드와의 거리가 1-홉에서 2-홉으로 변경될 때 경로 재탐색 절차에 의한 통신 기능을 확인한다.

인터넷 연동 기능 시험 항목은 2가지로 분류되었다.

- 1-홉 인터넷 연동 기능: 게이트웨이와 1-홉 거리에 위치한 노드에서 인터넷에 위치한 노드로의 통신이 가능한지 확인한다.
- 2-홉 인터넷 연동 기능: 게이트웨이와 2-홉 거리에 위치한 노드에서 인터넷에 위치한 노드로의 통신이 가능한지 확인한다.

5.3 시험 환경 및 결과

mRelay 테스트베드를 구성하는 노드는 단말과 서버로 구분할 수 있다. 각 노드의 하드웨어 플랫폼으로 고정 노드 단말과 서버는 x86 계열의 Notebook PC를 사용하였고, 이동 단말로는 이동 로봇인 UMMD를 사용하였다. 각 노드는 IEEE 802.11a 무선랜 인터페이스를 지원하며, 서버의 경우 인터넷과 연동하기 위해 이더넷 인터페이스를 추가로 가진다. 각 노드의 소프트웨어 환경은 운영체제로 Linux를 사용하였다. 고정 노드 단말과 서버는 Linux Kernel 2.4 이상을 탑재하고, UMMD 단말은 Embedded Linux를 탑재하였다.

mRelay 시스템 시험을 위한 구성은 UMMD 2대, 제어 서버(CS) 2대, MAT 1대, AGS 1대로 이루어졌고, 실험실에 CS₁, CS₂, AS₁을 위치시키고 실험실 외부인 복도에 MAT₀, UMMD₁, UMMD₂를 위치시켜 시험하였다. mRelay 시스템 구성 요소들은 하나의 서브넷(129.254.218.XXX)으로 구성하였고, AGS를 default 게이트웨이로 설정하였다. 그림 14는 mRelay 시스템 시나리오를 시연하기 위한 구성을 나타낸다. 실험실에 인터넷과 유선으로 연결되어 있는 AGS가 있고 가상의 인터넷망 다른 쪽에 유선 제어 서버(CS₁)와 무선 제어 서버(CS₂)가 존재한다. CS_{1,2}는 인터넷 접속을 통해 AGS를 경유하여 복도에 있는 UMMD₁과 UMMD₂를 통해 멀티미디어

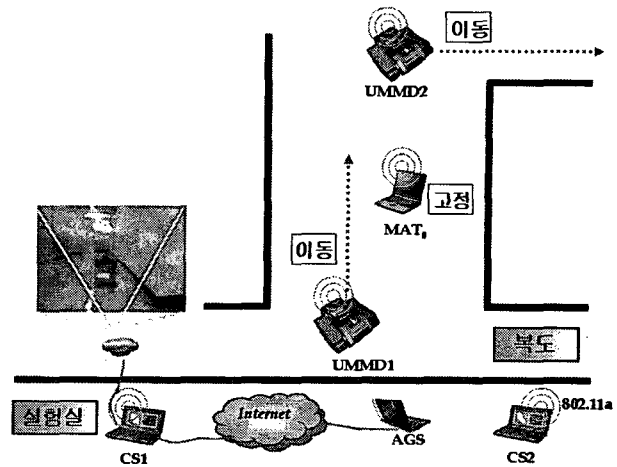


그림 14. mRelay 시스템 시연
Fig. 14. mRelay system demonstration

어 정보를 수집하면서 이동시킬 수 있고, UMMD₂가 UMMD₁과 통신할 수 없는 영역으로 이동하면 MAT₀를 경유해서 서비스를 제공하고 제어를 할 수 있었다. 위의 실험에서 UMMD₁과 UMMD₂의 이동 거리는 mRelay 시스템에 사용된 무선 인터페이스인 IEEE 802.11a의 전송거리 및 실내 상황을 고려하여 10m 이내로 설정하였고, 고정된 CS₁과 MAT₀로부터 이 거리 이내에서 이동하도록 제어하였다.

그림 14의 mRelay 시스템 시연을 통해 5.2절에서 제시된 라우팅 시험 항목들과 멀티미디어 서비스 시험을 수행하였다. mRelay 시스템 단말들의 라우팅 테이블이 실시간으로 갱신됨을 확인함으로써 라우팅 기능이 정확하게 작동함을 판단할 수 있었고, 복도에 배치된 UMMD를 통해 단일홉 혹은 멀티홉으로 전송되는 복도 영상 및 음성을 확인하고 제어서버에서 보낸 UMMD 제어 명령으로 원격으로 UMMD를 이동시킬 수 있었다. 결론적으로 시험을 통해 멀티홉 릴레이를 통한 UMMD 제어 및 멀티미디어 서비스 제공을 확인하였고, 멀티홉에 의한 즉시적인 네트워크 구성의 용이성과 기반망이 없는 지역에서 사람의 접근 없이 원하는 정보 수집 및 상황 인식이 가능함을 확인하였다.

시험 중 이동 로봇인 UMMD는 배터리 용량이 3시간 정도 밖에 되지 않아 이동 Ad-hoc 네트워크의 응용에 배터리가 많은 제약이 따름을 확인할 수 있었다. 무선 전송 매체인 IEEE 802.11a의 안전성 및 리눅스 드라이버와의 비호환으로 인한 문제점이 발생하여 이에 대한 보완이 절실히 요구되었다.

VI. 결론

본 논문에서는 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 이동 Ad-hoc 네트워크 응용 서비스의 한 모델로서 이동 로봇과 멀티홉 릴레이 기술을 결합한 mRelay 시스템의 기능과 구성, 운영 시나리오 및 시험 결과에 대해 설명하였다. mRelay 시스템의 이동 단말인 UMMD는 이동 Ad-hoc 네트

워크에서 멀티홉 라우팅에 의한 릴레이 통신 및 정보 전달 기능을 가지는 범용적인 이동 Ad-hoc 단말의 역할뿐만 아니라 이동 Ad-hoc 라우터의 역할을 수행하도록 개발되었다. 이동 Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜로 AODV가 사용되었고, 인터넷 연동을 위해 게이트웨이 경로 관리를 할 수 있도록 AODV 프로토콜의 일부 기능이 추가되었다. 시험 항목에 따른 UMMD 라우팅 기능 시험은 모두 통과되었고, mRelay 시스템의 기능 검증 및 시연을 위한 3가지 시나리오를 설정하여 실내에서 멀티홉 통신 기반의 실시간 멀티미디어 서비스를 성공적으로 시연하였다.

본 연구에서 개발된 mRelay 시스템은 UMMD의 기능 보안을 통해 다양한 이동 Ad-hoc 네트워크의 응용 서비스에 활용될 수 있을 것이다. 특히, 군사 목적의 사설 네트워크, 산악 지역과 같이 기반 망이 존재하지 않거나 구축이 어려운 지역에서의 통신 수단 또는 통신 재난을 위한 긴급 구조 네트워크, 홈네트워크 그리고 유비쿼터스 네트워크와 연계하여 멀티미디어 정보를 전달하는 무인 이동 통신 단말로서 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] M. S. Corson and J. P. Macker, "Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations," IETF RFC 2501, Jan. 1999.
 [2] 신재욱, 권혜연, 남상우, 임선배, "무선 Ad Hoc 네트워크 실현을 위한 무선 접속 기술," SK Telecom, Telecommunications Review, 제12권 3호, pp.322-335, 2002.
 [3] 권혜연, 신재욱, 이병복, 최지혁, 남상우, "이동 Ad-hoc 네트워크 서비스", 전자통신동향분석, 제18권 제 4호 pp.23-35, 2003년 8월.
 [4] C. Perkins, Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," IETF RFC 3561, July 2003.
 [5] NIST Implementation of AODV, http://www.antd.nist.gov/wctg/aodv_kernel/index.html



권혜연(Hyeyeon Kwon)
 1990년 충남대학교 계산통계학과 (이학사)
 2000년 충남대학교 컴퓨터공학과 (이학석사)
 2006년 충남대학교 컴퓨터공학과 (이학박사)

1990년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신 연구단 선임 연구원
 관심분야: Mobile telecommunication, Communication protocol, Mobile ad-hoc networks, IP mobility



신재욱(Jae-Wook Shin)
 1992년 경북대학교 전자계산학과 (이학사)
 1994년 경북대학교 전자계산학과 (이학석사)
 2005년 충남대학교 컴퓨터학과 (이학박사)

1994년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신 연구단 선임 연구원
 관심 분야: 이동 Ad-hoc 네트워크, 이동통신망, 이동성 관리



박예순(Ae-Soon Park)
 1987년 충남대학교 계산통계학과 (이학사)
 1998년 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2001년 충남대학교 컴퓨터공학과 (이학박사)

1988년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 차세대이동단말연구팀 팀장
 관심분야: 모바일 네트워크, 이동통신 프로토콜, 모바일 이동단말기술, 네트워크 QoS



노광현(Kwang-Hyun Ro)
 1995년 고려대학교 산업공학과 (공학사)
 1997년 고려대학교 산업공학과 (공학석사)
 2001년 고려대학교 산업공학과 (공학박사)

2001년 ~ 2002년 Ecole des Mines de Paris, Robotic Center (Post-Doc)
 2003년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구단 연구원
 관심분야: Mobile telecommunication, Embedded systems, Mobile Ad-hoc networks, Intelligent vehicles, Image processing