

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.275>

JIWIT 2012-1-36

준-인프라 기반 무선 커뮤니티 네트워크 시험을 위한 가상 토폴로지 제어 시스템

Virtual Topology Control System for Evaluating Semi-infrastructured Wireless Community Networks

강남희*, 김영한**

Namhi Kang, Younghan Kim

요약 커뮤니티 네트워크는 이기종(heterogeneous) 노드들이 시간과 장소에 구애받지 않고 정보를 공유할 수 있는 통신 환경을 말한다. 이를 위해 이동 노드들은 사전에 구성된 통신 인프라 시설에 의존하지 않고 자가 구성될 수 있어야 하고 노드의 이동성으로 인해 변경되는 네트워크 토폴로지에 적응할 수 있어야 한다. 준-인프라 기반 무선 애드-혹 네트워크는 이러한 요구사항을 지원하기에 적합한 통신 기술이다. 본 논문에서는 준-인프라 기반 애드-혹 네트워크 프로토콜의 실험에 용이한 평가 도구인 VTC(virtual topology coordinator) 시스템을 제안한다. VTC는 모든 통신장비 간 단일 홉 통신만이 가능한 작은 공간에서도 선택적 MAC(Medium Access Control) 프레임 수신 메커니즘을 이용하여 다중 홉 네트워크 토폴로지를 가상으로 구성하도록 해준다. VTC 시스템은 실제의 무선 특성을 모두 반영하기는 어려우나 시뮬레이션을 통한 검증보다는 실 특성을 보다 다양하게 반영시킬 수 있다.

Abstract Community network is a communication environment where heterogeneous devices can access and communicate with each other at any time and at any space to share information. To do so, mobile devices are required to be self-configured even in absence of communication infrastructures. Semi-infrastructured wireless ad-hoc network is a promising solution to meet with such a requirement. This paper proposes the VTC(virtual topology coordinator) system as an evaluation tool for examining network protocols that are intended to be deployed in the semi-infrastructured ad-hoc networks. VTC emulates multi-hops wireless network topology virtually using a mechanism of selective receiving MAC frame in a small area, where only a single hop communication is available. VTC system cannot consider all properties introduced in real wireless network, but do more wireless properties than verification through simulation.

Key Words : Community Networks, MANET, Wireless Mesh Networks, Test-bed, Evaluation tool

1. 서 론

언제 어디서나 통신을 제공하고자 제안된 유비쿼터스 환경은 다양한 이기종 단말들이 필요에 따라 자가 구성

되는 복잡한 네트워크 기술을 요구한다. 자가 구성된 단말들은 사용자의 수동적 설정에 의존하지 않고 통신 네트워크를 구성하여 사용자의 목적을 파악하고 이를 해결하기 위한 협업 커뮤니티를 형성하게 된다^[1]. 이렇게 자

*정회원, 덕성여자대학교 디지털미디어학과

**숭실대학교 IT대학 정보통신전자공학부(교신저자)

접수일자 2011.12.2, 수정일자 2012.1.11

계재확정일자 2012.2.10

Received: 2 December 2011 / Revised: 11 January 2012 /

Accepted: 10 February 2012

*Corresponding Author: yhkim@dcn.ssu.ac.kr

Dept. School of Electronic Engineering, Soongsil University, Korea

가 구성이 가능하고 자가 관리 및 자가 치유 기능이 요구되는 유비쿼터스 네트워크의 특성은 무선 이동 애드혹 네트워크인 MANET(Mobile Ad-hoc Network)의 속성과 잘 융합된다.

준 인프라 기반 애드혹 네트워크는 일종의 무선 메쉬 네트워크(WMN: Wireless Mesh Network)로 MANET의 기능을 확장하고 실용성을 높인 네트워크 구조를 갖는다. 무선 메쉬 네트워크 기술은 미국, 유럽 및 통신 개발도상국에서 상용화되고 있으며 적용 네트워크의 환경 및 특성에 맞춰 다양한 네트워킹 프로토콜이 개발되었다. 특히 메쉬 라우터간의 다중 홉 기반 데이터 전송 메커니즘인 메쉬 라우팅 기술이 다양하게 개발되어 있으며 표준화가 진행 중이다^[2].

국내의 경우에도 다양한 영역에서 적용 연구가 진행되고 있는데 2013년 도입을 목표로 개발 중인 TICN(Tactical Information Communication Network)가^[3] 한 예가 될 수 있다. TICN은 과거 SPIDER 시스템의 데이터 전송 속도 및 스마트무인기(UAV)나 위성을 이용한 네트워크 확장성을 강화하는 방향으로 진화되는 형태이나 지상의 백본 네트워크는 무선 메쉬 네트워크 형태를 가지고 있다. 무선 메쉬 네트워크는 네트워크 인프라 장비 간 연결이 무선 인터페이스를 이용하여 메쉬 형태로 이루어져 있음에 따라 특정 링크 혹은 장비의 오류 발생 시에 다른 네트워킹 경로 복구가 용이함으로 네트워크 생존성이 높은 네트워킹 인프라 기술이다^[4]. 특히 TICN은 이와 같은 무선네트워크의 자가 복구 특성을 배가 적용하여 무선 메쉬 백본망을 구성하는 경량화 된 인프라 장비의 자유로운 위치 변경이 가능하게 하여 준 인프라 형태의 유연성 있는 준 인프라 구성이 가능하다. 또한 일정 영역에서의 단말간의 애드-혹(ad-hoc) 네트워킹이 가능하며^[5], 상위 메쉬 네트워크를 이용하여 지역적 애드-혹 네트워크가 다른 지역의 애드-혹 네트워크와 연동되는 형태의 준 인프라 기반 무선 애드-혹 네트워킹이 가능하다^[6].

실 환경에서 준인프라 기반 애드-혹 네트워크와 같은 계층적 애드-혹 네트워크를 실험하기 위해서는 많은 비용이 소요된다^[12]. 다중 홉 네트워킹에서는 통신장비 간 메쉬 형태의 토폴로지를 구성하되 모든 통신장비가 직접 통신이 가능한 단일 홉 영역에 위치하는 것이 아니라 다른 통신장비를 거쳐 통신하는 다중 홉 통신환경이 구성되어야 함에 따라 통신장비 간 위치가 일정간격을 가져

야 한다. 만일 802.11 b/g와 같은 범용 무선인터페이스가 사용될 경우 상호 100m이상의 거리를 유지해야 함으로 규모 있는 실 환경 실험을 위해서는 상당한 광범위 영역에서 실험이 수행되어야 하며^[11] 각 장비에 대한 원격 혹은 직접적인 제어방안이 제공되어야 함으로 고비용이 발생한다. 이와 같은 실 환경 실험에 대한 제약은 다양한 프로토콜의 실험적 적용시험 및 새로운 검증되지 않은 프로토콜에 대한 시험을 어렵게 한다.

본 논문에서는 상기 준 인프라기반 애드-혹 네트워크 실험에 용이성을 제공하기 위한 평가 도구인 가상 토폴로지 제어(VTC: virtual topology coordinator) 시스템을 제안한다. VTC는 모든 통신장비 간 단일 홉 통신만이 가능한 작은 공간에서도 선택적 MAC(Medium Access Control) 프레임 수신 메커니즘인 MAC 필터링 기술을 이용하여 실험자의 GUI(Graphic User Interface) 조작에 따라 다중 홉 네트워크 토폴로지를 가상으로 구성하도록 해준다. 이와 같은 단일 홉 영역에서의 가상의 다중 홉 네트워크 구성은 실 무선 환경의 모든 무선 특성을 반영하기는 어려우나 시뮬레이션을 통한 검증보다는 실 특성을 보다 다양하게 반영시킬 수 있다. 특히, 실 무선 인터페이스를 통한 다중 홉 통신이 가능하게 함에 따라 다중 홉 애드-혹 라우팅 프로토콜^[13]에 대한 검증을 가능하게 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 VTC의 시스템 구조 및 시스템 구성요소 간 제어절차를 제안하며 3장에서는 이를 반영한 실 시스템 구현 구조를 기술한다. 4장에서는 실 구현된 VTC 시스템을 이용한 준 인프라 기반의 무선 네트워크 실험을 통해 본 구조의 적절성을 검증한 후 5장에서 결론을 맺는다.

II. VTC 시스템 동작 구조

본 논문에서 VTC로 명명한 가상 토폴로지 제어 시스템은 2계층 MAC 주소 필터링을 이용하여 무선 네트워크의 토폴로지를 제어한다. 이를 통해 작은 공간 내에서도 준 인프라 기반 무선 애드-혹 네트워크나 무선 메쉬 네트워크의 요소기술들을 시험할 수 있는 평가 도구이다. VTC에서 제공하는 GUI를 사용하여 실험자는 무선 네트워크 토폴로지를 동적으로 구성하고, 계층적 MANET 라우팅 프로토콜의 동작 상태를 통합 관리할 수 있다. 또

한 실제 환경의 ARC(Auto Rate Control) 기법을 적용하여 거리 변화에 따른 전송을 변화를 조절하여 실제 환경과 유사한 특성을 제공한다. 실험자는 VTC의 GUI 화면을 통해 노드간의 거리가 가까울수록 높은 전송율이 표시되고 거리가 멀수록 전송율이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. VTC는 그림 1과 같은 동작 구조를 갖는다.

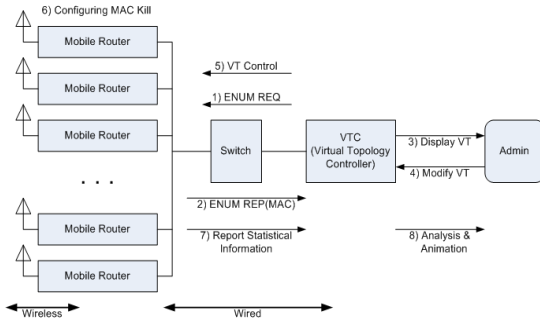


그림 1. VTC 동작 구조도
Fig. 1. Operation Architecture of VTC

MR(Mobile Router)은 VTC 클라이언트 모듈이 탑재된 MANET 노드로 VTC를 통해 변경된 토폴로지 정보를 수신 받아 MAC 필터링을 수행한다. 이때 수신된 토폴로지 정보를 기반으로 자신과 1 홉에 위치한 MR들과 2 홉 이상에 위치한 MR들을 구분하여 MAC 주소를 관리한다. MR은 VTC로부터 수신된 MAC 정보를 MAC 필터링에 설정하여 직접 연결이 가능한 노드(즉, 1 홉 이웃 노드)가 아닌 MR들의 패킷들은 수신 즉시 폐기시킨다. 따라서 MR들의 IP 계층 이상에서는 1 홉 노드의 패킷만을 수신하게 되므로 이를 통해 가상으로 다중 홉으로 구성된 네트워크 토폴로지를 에뮬레이션하게 된다.

VTC 시스템의 제어기는 VTC 서버 모듈이 탑재된 WindowsXP 기반 PC로서 실험자 (Admin)의 실행 명령에 따라 MR들의 MAC 주소를 수집하고, 실험자에 의해 구성된 네트워크 토폴로지 정보를 MR들에게 전송하는 기능을 수행한다. 또한 실험자에게 정보를 제공하기 위해 VTC에 연결된 모든 MR들이 가진 활성화 상태의 무선 인터페이스 정보(즉, ESSID, Channel 정보, 전송률, 전송 파워 등)들을 수집하거나, 무선 인터페이스 정보를 변경하여 적용시킬 수 있는 기능을 포함한다. 특히 VTC는 수집된 MR들의 무선 인터페이스 정보 중 전송률과 전송과 위를 GUI의 디스플레이 창에 표시된 MR간의 거리에 따라 변경시켜 실제 환경과 유사한 실험이 가능하도록 해

준다. 그림 2는 VTC 제어 시스템을 통해 수행되는 기능들의 흐름을 보여준다.

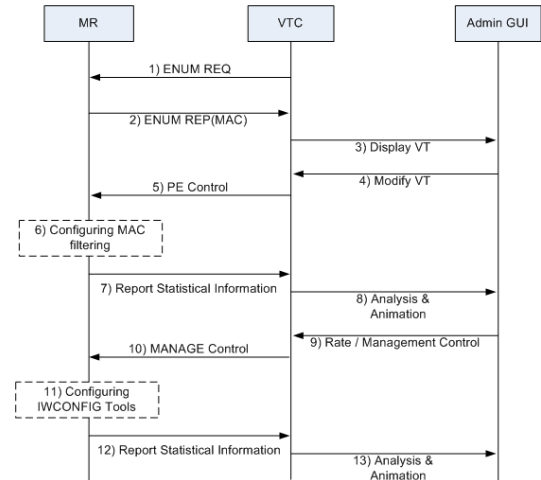


그림 2. VTC 기능 흐름도
Fig. 2. VTC Function Flow

VTC 서버 모듈은 ENUM REQ로 정의된 요청 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅하여 모든 MR들이 서버 모듈을 인식할 수 있도록 해준다. 요청 메시지를 받은 MR은 ENUM REP에 자신의 MAC 주소를 넣어 서버 모듈에게 응답하고 이를 기반으로 GUI 화면에 활성화되어 있는 MR들이 출력된다. 실험자가 VTC 서버 모듈을 이용하여 네트워크 토폴로지를 변경할 경우 VTC는 등록된 MR의 MAC 필터링 정보를 브로드캐스팅하고 자신의 MAC 주소에 해당되는 메시지를 전송 받은 MR는 MAC 필터링 정보를 VTC 클라이언트에 반영하게 된다. 이후 클라이언트 모듈은 필터링 상태를 VTC 서버 모듈에게 보고해준다. 또한, 실험자가 노드들 간의 거리를 조절했을 경우 상태 정보를 클라이언트 모듈에게 브로드캐스팅하고 이를 받은 MR들은 리눅스의 IWCONFIG^[7] 도구를 이용하여 VTC에서 요구한 전송율과 채널 그리고 ESSID 등의 정보를 변경하고, 변경된 상태 정보를 VTC 서버 모듈에게 보고한다.

상기 기술된 사항을 기반으로 구현된 VTC 시스템은 다음과 같은 장점을 갖는다.

- 실내에서 시험할 MR 장비를 스택 형태로 설치하여 좁은 실내 공간에서도 무선 네트워크의 요소 기술을 시험 평가할 수 있는 기능
- 모든 MR 장비를 모니터링 할 수 있어, 원활한 구

현 및 디버깅이 가능

- 네트워크 시뮬레이션 도구로는 분석할 수 없는 무선 채널의 특성을 실제 환경과 유사하게 시험하여 네트워크 요소기술을 분석할 수 있음
- 동적으로 무선 네트워크 토폴로지를 변경시킬 수 있어서 다양한 시나리오들을 적용 용이
- 사용자 편의성에 중점을 둔 VTC GUI

III. 상세 구현 설계

MR에 구현되는 VTC 클라이언트 모듈은 리눅스(kernel version 2.4.33) 기반으로 구현했고 PC에 구현되는 VTC 서버는 WindowsXP에서 Delphi 7.0을 사용하여 구현했다. 구현 구조는 그림 3에 나타난 것처럼 PC에 구현되는 VTC 서버와 MR에 구현되는 VTC 클라이언트로 나뉜다.

VTC 서버는 GUI 기반 응용프로그램으로 실험자(Admin)의 토폴로지 변경 명령어나 네트워크 상태 정보 획득 명령을 GUI를 사용하여 조정하고, 해당 명령을 TC(Topology Configuration)에게 전송한다. VTC 서버는 GUI 부분과 MR에 탑재된 MANET 라우팅 프로토콜 관리 모듈, 무선 인터페이스 관리 모듈로 구성된다. 각 모듈에서 수집된 정보는 VTC Commander를 통해 적합한 명령어로 변환되어 MR에게 전송된다. TC는 명령의 종류를 결정하여 Management일 경우 WIM(Wireless Interface Management)이 명령어를 생성하며, VTC Topology 관련 MAC 필터링인 경우는 HRM(Hybrid Routing Management)이 명령어를 생성한다. 생성된 각 명령어는 VTC Commander에 의해 MR들에게 브로드캐스트된다. VTC Commander는 VTC의 핵심 기능을 담당하는 기능으로 MR로부터 전송되는 보고(Report) 메시지를 파싱(parsing)하고 저장하는 기능과 실험자로부터 생성된 명령어를 MR에게 전송하는 역할을 수행한다.

MR의 클라이언트 모듈은 그림 3에 표시된 것처럼 사용자 영역(User space)에서 동작하는 프로세스와 운영체제의 커널 영역(Kernel space)에서 하부 네트워크 장치와 연동하는 커널 모듈로 구분하여 구현되었다.

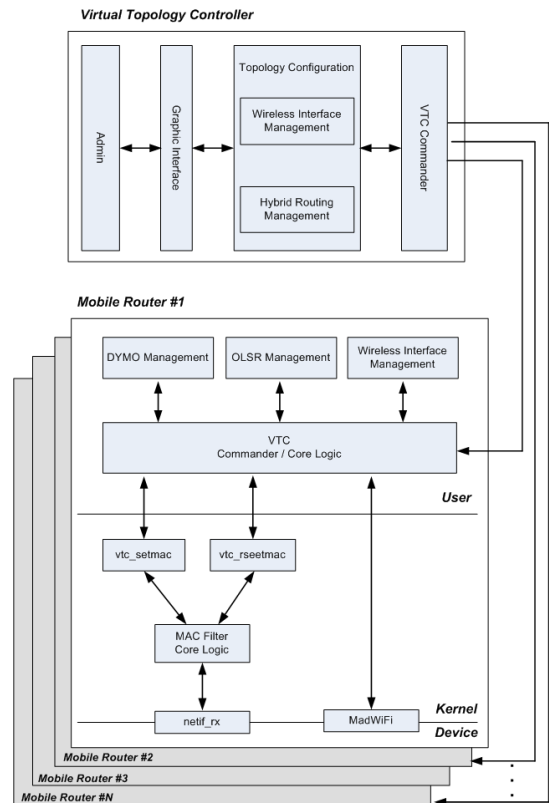


그림 3. VTC 구현 구조
Fig. 3. VTC Implementation Architecture

MR의 사용자 영역(MRU: Mobile Router User Space)은 VTC 서버에서 브로드캐스트한 모든 명령어를 VTC Commander를 통해 파싱하고, 이 정보를 Core logic에게 전달한다. 즉, 명령어를 수신하여 MAC 필터링을 실행하거나, IWCONFIG Tool을 실행하는 역할을 담당한다. Core Logic은 VTC Commander가 파싱한 정보를 커널 영역 및 사용자 영역의 모듈에게 전달한다. 파싱된 정보에 따라 MAC 필터링은 MRK(Mobile Router Kernel Space)에서 수행되고, ioctl(In/Out Control)을 통해 MAC 주소 정보가 교환된다. MRK는 MRU로부터 전송된 MAC 주소를 MAC 필터링에 등록할지의 여부를 결정하는 역할을 수행한다. 이러한 방식을 통해 주위 노드의 MAC 주소를 기반으로 네트워크 토폴로지를 구성하는 역할을 수행한다. MRK는 다음과 같은 세 개의 주요 함수들로 구성된다.

- vtc_setmac: MRK가 2 홉 이상에 위치한 MR들의 패킷을 폐기시키기 위한 기능 담당

- vtc_resetmac: 설정된 MAC 필터링 해제 기능 담당
- netif_rx: 수신되는 패킷이 vtc_setmac을 통해 폐기 되어야 되는 패킷인지 그렇지 않은지를 판단하여 실제 MAC 필터링 기능을 수행

또한 VTC Commander가 과성한 정보가 무선 인터페이스 수정 명령일 경우 무선 인터페이스 관리 도구인 IWCONFIG 도구를 통해 Madwifi driver를 제어한다.

MR의 MANET 라우팅은 reactive한 방안과 proactive한 방안을 조합한 하이브리드 라우팅 기술을 적용하였다. 하이브리드 라우팅 방안은 proactive 라우팅 프로토콜의 장점과 reactive 라우팅 프로토콜의 장점을 효과적으로 사용 한다^[8]. MR의 reactive 라우팅 방안으로는 IETF에서 표준화한 DYMO 프로토콜^[9]을, proactive한 방안은 IETF의 OLSR 프로토콜^[10]을 구현하였다. 그림 4에 나타난 것처럼 VTC Commander에서 과성한 정보가 MANET 라우팅 프로토콜 명령일 경우 DYMO과 OLSR 모듈에게 해당 명령이 전달된다.

IV. VTC 동작 실험

그림 4는 구현된 VTC 클라이언트의 구성 화면이다.

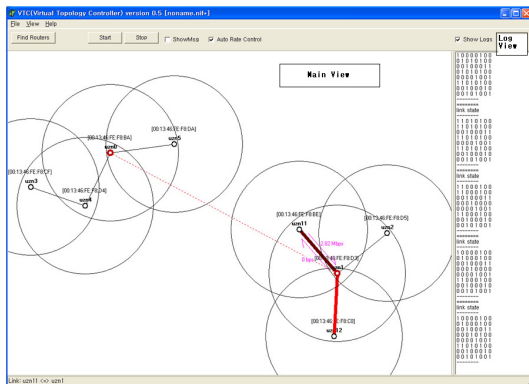


그림 4. VTC 클라이언트 GUI
Fig. 4. VTC Client GUI

실험자를 위한 GUI는 네트워크 토폴로지를 구성하고 관리할 수 있는 기능을 포함한 Main View(그림의 왼쪽)와 MR들의 MAC 필터링 상태 정보를 표시하는 Log View(그림의 오른쪽)로 나눌 수 있다.

Main View에는 현재 활성화되어있는 MR(그림의 작

은 원으로 표시)들과 이들로 구성된 네트워크 토폴로지가 표시된다. 특히, 무선 매쉬 네트워크의 인프라 노드로 사용되는 MR은 빨간색 원으로 표시되고, 일반 이동 노드는 검정색으로 표시된다.

그림 4에 나타난 것처럼, 각 MR에 설정된 통신 영역(communication coverage)은 큰 원으로 표시되고, 원안에 자신 이외의 MR이 있다면 VTC 시스템에게 MAC 필터링 설정 메시지를 전송하게 된다. VTC Main View의 주요 구성요소는 다음과 같다.

- Find Router: VTC 클라이언트에게 ENUM Req를 전송하는 기능을 담당한다. VTC 클라이언트가 ENUM Req에 대한 Report 메시지를 전송하면 Main View에 MR들이 화면에 출력된다.
- Start: 선택된 MR의 하이브리드 MANET 라우팅 프로토콜을 실행 시킨다.
- Stop: 선택된 MR의 하이브리드 MANET 라우팅을 정지 시킨다.
- Auto Rate Control(ARC): VTC가 실제 환경과 비슷하게 동작하기 위한 거리에 따른 전송을 변화 알고리즘의 적용여부를 결정하는 기능을 수행한다. 체크되어 있을 경우 ARC이 실행되고, 그렇지 않을 경우 ARC은 실행되지 않는다.

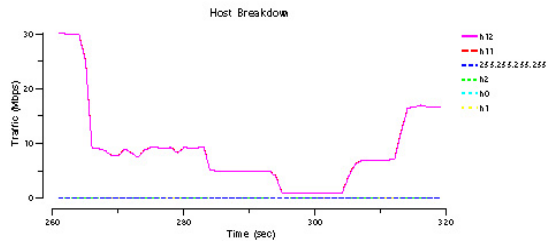


그림 5. Auto Rate Control 적용 후 측정된 전송률
Fig. 5. Transmission Rate using Auto Rate Control

그림 5는 ARC가 적용된 MR의 Main View상의 거리에 따른 전송율의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. VTC GUI에서는 MR간의 링크 전송율을 5 단계의 색으로 표시한다. 각 단계는 초록색(64kbyte 이하), 파란색(128kbyte이하), 빨간색(256kbyte 이하), 갈색(1Mbyte 이하), 검정색(1Mbyte 이상)으로 구분된다.

VTC GUI의 Log view를 통해 실험자는 다음과 같은 정보를 확인할 수 있다.

- Show Logs 기능: Main View에서 결정된 네트워

크 토폴로지를 1, 0으로 구분하여 표시하는 Log 창으로, 1은 1 홉 MR을 의미하며, 0은 2 홉 이상의 MR을 나타낸다. 이외에 IWCONFIG 메시지의 생성 상태를 확인할 수 있다.

- ShowMsg: VTC 클라이언트와 주고받는 메시지를 확인하는 창으로 그림 6과 같이 구성된다.

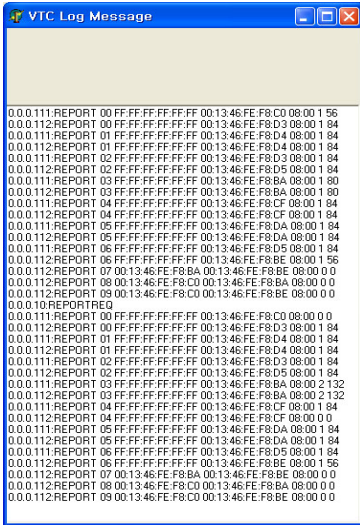


그림 6. VTC 로그 확인 창
Fig. 6. VTC Log View Window

VTC 시스템을 이용한 평가시험을 위해 각 MR에 구현된 모듈은 다음 그림 7과 같은 옵션과 명령어로 동작된다.

```
usage: vtcd [options] [commands]

options:
  --server      run as the server-mode
  -i <dev>     specify device name for filtering

commands:
  maclist      show the list of mac address for filtering
  stats        show the statistics info. of packets
  stats-init   initialize all of the statistics info. and entries
  stats-clear  clear the statistics info. only
  stats-start  start gathering the statistics info.
  stats-stop   stop gathering the statistics info.
```

그림 7. VTC MR 모듈 명령어
Fig. 7. VTC MR Module Command

그림 8은 13개의 MR을 이용한 VTC 시스템 시험의 한 예를 보인다. 9개의 MR들을 스택 형태로 쌓고, 4대의 노트북을 작은 공간에 배치한 후 VTC를 이용하여 다중 홉 무선 애드-혹 네트워크의 테스트베드를 구성하였다. 총 13개의 MR 중 2개는 고정된 메쉬 인프라 노드로 구성하였고, 11개는 이동 노드로 가정하였다.

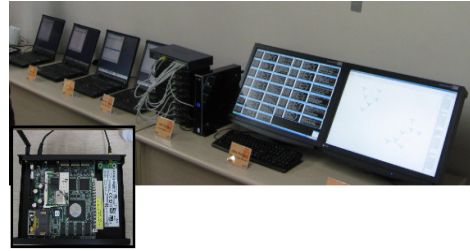


그림 8. VTC 시험망
Fig. 8. VTC Test-bed

그림 8의 왼쪽 하단부는 준 인프라 노드로 사용된 MR 장비의 내부 모습을 보인다. 두 개의 무선 인터페이스 (IEEE 802.11a와 802.11g)를 설정하여, 인프라 노드간 백본 경로와 일반 노드와의 통신 경로를 달리 설정하여 통신 간섭을 최소화하였다.

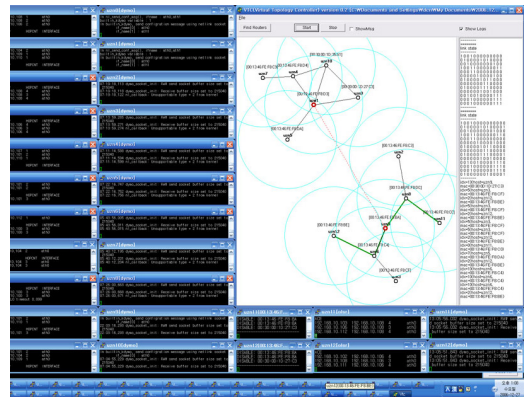


그림 9. VTC 시험 결과 (GUI 및 Telnet)
Fig. 9. VTC Test Result (GUI, Telnet)

그림 9는 그림 8의 오른쪽에 보이는 VTC 시스템의 GUI와 각 MR들에 텔넷으로 접속하여 현재의 상태 정보를 받아와 출력하고 있는 화면을 단일 PC에 실행시킨 후 동작되는 화면을 캡처한 결과를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 커뮤니티 네트워크 구현에 적절하다고 평가되는 무선 애드-혹 네트워크나 무선 메쉬 네트워크를 위해 개발되는 네트워킹 요소 기술을 작은 공간에서도 시험할 수 있는 평가 도구의 구현 및 실험 방법을 제시하였다. 구현된 VTC 시스템을 이용하여 실험자는 GUI 환경을 통해 동적으로 무선 네트워크의 토폴로지를

변경하고, 다양한 시험 시나리오를 적용하여 동작 상태 및 성능을 확인할 수 있다. 또한 무선 네트워크의 MR들을 통합 관리하고 세부 통신 파라미터를 설정/변경할 수 있는 기능을 제공한다.

참 고 문 헌

- [1] N. Kang, I. Park, Y. Kim, "Ubiquitous Zone Networking Technologies for Multi-hop Based Wireless Communications," IWSOS 2006, LNCS 4124, pp. 233-235, Springer-Verlag 2006.
- [2] 강남희, 김영한, "유비쿼터스 네트워크 구조 및 라우팅 기술," Telecommunications Review 16(4), pp. 591-602, August 2006.
- [3] 유정훈, 조정호, 권오주, 박귀순, "Mobile WiMAX 기반의 전술이동통신체계 테스트베드 성능분석," 한국통신학회지 26(3), pp. 9-15, February 2009.
- [4] I. Akyildiz, X. Wang, W. Wang, "Wireless mesh networks: a survey, Computer Networks," pp. 445-487, January 2005.
- [5] H. Wang, B. Crilly, W. Zhao, C. Autry and S. Swank, "Implementing mobile ad hoc networking (MANET) over legacy tactical radio links," In Proc. IEEE Military Comm. Conf., MILCOM 2007, pp. 1-7 October 2007.
- [6] M. Conti, S. Giordano, "Multihop Ad Hoc Networking: The Reality," IEEE Communications Magazine, pp. 88-95 April 2007.
- [7] J. Tourrilhes, "Wireless Extensions for Linux," http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/, January 1997.
- [8] N. Kang, Y. Kim, J. Kwak, "H2O: Hierarchically Optimized Hybrid Routing Strategies for Multihop Wireless Networks," LNCS 5200, Springer-Verlag, pp. 771-780, 2008.
- [9] I. Chakeres, C. Perkins, "Dynamic MANET On-demand (DYMO) Routing," Internet Draft (draft-ietf-manet-dymo-21), July 2010.
- [10] T. Clausen, et.al., "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), RFC 3626," October 2003.
- [11] 신성권, 김두용, "Active PDP Discovery에 기반한 정책기반 MANET 관리시스템 구현," 한국산학기술학회논문지, v.10, no.11, pp.3176-3182, 2009.
- [12] 조대균, 박석천, "무선 데이터서비스 품질 측정 도구 설계 및 구현," 한국정보기술학회논문지, 제 9권, 제 12호, pp. 109-116, 2011년
- [13] 배현수, 김보경, 이원열, 허석렬, 이완직, "무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 AODV 라우팅 기법," 한국정보기술학회논문지, 제 9권, 제 12호, pp. 13-20, 2011년.

※ 본 연구는 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-20110013581)

저자 소개

강 남 희(정회원)



- 1999년 3월~2001년 2월: 숭실대학교 공학석사
- 2004년 12월: University of Siegen, 공학박사
- 2009년 3월 ~ 현재: 덕성여자대학교 디지털미디어학과 조교수

<주관심분야> 인터넷통신, 통신보안>

김 영 한



- 1984년 서울대학교 전자공학 학사
- 1986년 한국과학기술원 전기전자공학 공학석사
- 1990년 한국과학기술원 전기전자공학 공학박사
- 1994년 ~ 현재: 숭실대학교 정교수

<주관심분야> 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망>