
Raspberry Pi 기반 MANETs 환경에서 야외 Video Streaming 실험

이영미* · 김병정* · 송성호* · 박섭형*

*한림대학교 전자공학과

Outdoor Experiments on video streaming over a Raspberry Pi-based MANETs

Yeong-mi Lee* · Byeong-jeong Kim* · Seong-Ho Song* · Seop Hyeong Park*

*Department of Electronics Engineering, Hallym University

E-mail : {youngmi0924, kevin, ssh, spark}@hallym.ac.kr

요 약

최근에 Raspberry Pi와 같은 싱글 보드 소형 컴퓨터가 많이 등장하면서 비교적 저렴한 비용으로 MANETs(Mobile Ad hoc Networks) 실험 환경을 구축할 수 있게 되었다. 이 논문에서는 802.11 무선랜 모듈과 동적 라우팅 알고리즘이 장착된 Raspberry Pi를 이용하여 MANETs의 노드를 구현하였다. 야외에서 다수의 노드들이 이동을 하면서 동적으로 망을 재구성하는 환경에서 비디오 카메라를 설치한 노드가 실시간으로 스트리밍하는 데이터를 다른 한 노드까지 전송하는 실험을 진행하였다 또한 각 노드에 디스플레이 장치를 연결하여 MANETs에서 동적 라우팅과 비디오 스트리밍 성능을 분석하기 위한 데이터 등을 수시로 확인할 수 있도록 하였으며 각 노드에 저장된 데이터를 자동으로 수집하여 분석할 수 있는 소프트웨어를 구현하였다.

ABSTRACT

With the advent of tiny and inexpensive computer systems like Raspberry Pi, it has become possible to construct an experimental environment of MANETs (Mobile Ad hoc Networks) at a relatively low cost. In this paper, we implement a node of MANETs with a Raspberry Pi equipped with two 802.11 wireless LAN cards and dynamic routing software running on it. In an outdoor MANETs environment with moving mobile nodes automatically rebuilding broken routes, we conducted a real-time video streaming experiment over the MANET. The video stream is transmitted from a node with a video camera installed on it to another node through the route established dynamically. Each node is equipped with a display device, with which the current status of the node can be checked out. We also implemented software that automatically collects data stored in each node and analyzes the performance of the MANETs. Through this experiment, we could evaluate the performance of realistic video streaming service in a MANETs environment.

키워드

Raspberry Pi, MANETs, 라우팅 프로토콜, 실시간 비디오 스트리밍

1. 서 론

모바일 장비와 무선 통신 기술이 발전하면서 MANETs과 같은 무선망 하부구조에 관한 연구가 많이 진행되었다. MANETs에서 비디오 스트리밍을 위해서는 해결해야 할 기술적인 문제가 산적해 있다[1]. 비디오 스트리밍 실험 환경을 구축하기 위해서는 많은 장비와 노력이 필요하다[2]. 야외 실험용 MANETs 망을 구축하기 위해서 랩톱 컴퓨터 등을 이용할 수 있으나[3], 이동의 번거로

움 설치 과정의 불편함이 때문에 설치와 실험이 쉽지 않다.

최근에 Raspberry Pi[4]와 같은 가격이 저렴하고 휴대가 편리한 저전력 싱글 보드 컴퓨터가 등장하면서 비교적 저렴한 비용과 간단한 장비만으로도 MANETs에서 비디오 스트리밍을 실험할 수 있는 환경을 구축할 수 있게 되었다.

이 논문은 상용 802.11 무선랜 모듈을 장착한 Raspberry Pi로 구현된 노드를 여러 개 연결하여

소규모 MANETs을 구축하고, 구축된 망을 이용하여 야외에서 비디오 전송을 실험한 결과를 설명한다.

II. Raspberry Pi 기반 MANETs 구현

이 절에서는 Raspberry Pi와 802.11 무선랜 모듈의 애드혹(ad hoc) 모드를 이용한 방법과 하부구조(infrastructure) 모드를 이용한 MANETs 구성 방법에 대해서 설명한다.

2.1 Raspberry Pi를 이용한 노드 구성

MANETs의 노드 구현에 사용한 Raspberry Pi 모델 B는 브로드컴의 RCM2835 단일 칩시스템으로, ARM1176JZF-S 700MHz 프로세서, 비디오코어 IV GPU, 512 MB RAM 등이 내장되어 있으며, SD카드를 외부 기억 장치로 사용한다. Raspberry Pi는 그래픽 성능이 뛰어나면서도 저렴한 가격이 특징이다. MANETs의 각 노드를 통과하는 비디오를 이동 중에도 수시로 확인할 수 있도록 모든 Raspberry Pi에 2.8" TFT LCD를 연결하였다.

실시간 비디오 전송 실험을 하기 위해서 비디오 송신기 역할을 하는 노드에는 1080p30, 720p60, 640x480 p60/90 비디오를 지원하는 Raspberry Pi 카메라 모듈을 연결하였다.

MANETs은 동적 망이기 때문에 통신에 대한 거리나 움직임이 자유로워야 한다. 이 논문에서 사용한 모델은 802.11 RTL8188CUS 칩셋을 사용하고 있는 iptime N100mini이다. 해당 모델은 150Mbps의 속도를 지원하며 다양한 OS를 지원하여 리눅스 기반인 Raspberry Pi에서 사용할 수 있다. 또한 하부구조 모드와 애드혹 모드를 모두 사용할 수 있다.

2.2 애드혹 모드를 이용한 MANETs 구성

애드혹 모드를 이용하여 MANETs을 구성하기 위해서는 라우팅 프로토콜이 필요한데, [5]에서 리눅스용 어플리케이션으로 제공되고 있는 Babel 라우팅 프로토콜 패키지를 사용하였다. Babel[6]은 Destination-Sequenced Distance Vector(DSDV)[7], Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV)[8], Enhanced Interior Gateway Routing Protocol(EIGRP)[9]을 기반으로 하는 라우팅 프로토콜이다. DSDV와 AODV가 간단한 홉 카운트 방식을 사용하는 것과는 달리 Babel은 변형된 EXT(expected transmission count) 링크 비용 추정 방법을 사용한다. Babel은 릴레이 성능을 최적화하는 두 가지의 독특한 특성이 있다. 첫 번째로 라우팅 플레인의 영향을 최소화하기 위해서 과거에 선택한 경로 선택을 사용한다. 따라서 비슷한 링

크 품질의 경로가 하나 이상이 있을 때, 노선을 바꾸지 않고 이전에 설정된 경로를 선택한다. 두 번째로 Babel은 reactive 갱신(update)을 실행하고, 자신의 이웃노드 중 하나에서 링크 장애를 검출하면 라우팅하기 위한 정보의 요청을 강요한다.

2.3 하부구조 모드를 이용한 MANETs 구성

애드혹 모드를 이용하여 구성한 MANETs의 처리율(throughput)이 높지 않기 때문에 Video Streaming과 같이 대용량 전송에는 적합하지 않다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 하부구조 모드를 이용하여 MANETs을 구성하기도 한다[10]. 이 논문에서도 하부구조 모드 기반의 MANETs을 구성하여 비디오 스트리밍 실험을 진행하였다.

이 망에 사용된 노드는 하나의 AP와 하나의 스테이션으로 구성되어있다. 한 대의 Raspberry Pi에 두 개의 무선랜 모듈을 장착하여 하나의 무선랜 모듈은 AP(access point)의 기능을 수행하고, 나머지 하나의 모듈에서는 다른 AP에 접속하는 역할을 하는 스테이션 기능을 수행하도록 하였다. 첫 번째 노드에서 만들어진 무선 신호를 다음 노드의 스테이션에서 수신하면 AP에서는 수신된 신호를 이용하여 노드를 확장할 수 있다.

동적 라우팅을 위해서 수신 신호 세기(RSSI)를 기준으로 가장 가까운 노드를 선택하는 라우팅 알고리즘을 구현하여 사용하였다.

III. 비디오 스트리밍 실험 및 검토

3.1 애드혹 모드를 이용한 MANETs의 비디오 스트리밍 성능

그림 1은 4대의 Raspberry Pi로 구성된 애드혹 기반 MANETs 구성의 예이다.

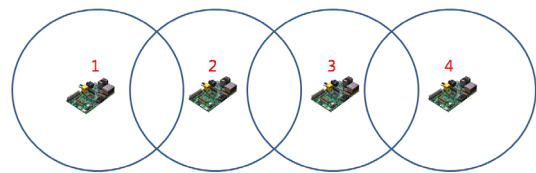


그림 1. 애드혹 첫 번째 망 구성 방법

그림 1에서 각 노드 사이의 거리는 노드 사이의 거리는 약 10m이며 각 노드는 인근 노드를 제외한 다른 노드와는 연결이 되지 않도록 구성하였다.

그림 2는 10m 간격으로 실외에서 직접 망을 구현하는 사진이다. Babel을 이용하여 자동 라우팅한 결과 표 1과 같은 라우팅 테이블을 얻을 수 있었다.



그림 2. 실외 첫 번째 망 구성 사진

표 1. 애드혹을 이용한 첫 번째 망 구성 방법에서 1번 노드의 라우팅 테이블

Destination	Gateway	Netmask
192.168.13.0	*	255.255.255.0
192.168.13.2	192.168.13.2	255.255.255.0
192.168.13.3	192.168.13.2	255.255.255.0
192.168.13.4	192.168.13.3	255.255.255.0

표 1에서 알 수 있듯이 모든 노드들이 동일한 서브넷 안에 포함되어 있는 것을 확인하였다.

이 망에서 4번 노드에서 1번 노드까지 TCP를 이용하여 데이터를 전송하였다. 그 결과 데이터 전송의 평균 속도가 5.13Kbps로 낮게 나타났다.

그림 3은 또 다른 방법으로 구성된 애드혹 모드 기반 MANETs 망의 예이다. 기존 AODV의 방식은 그림 3과 같이 망을 구성하였을 경우 첫 번째 망 구성 방식과 동일한 라우팅 구성을 갖게 된다. 하지만 Babel은 여러 라우팅 프로토콜을 같이 사용하였기 때문에 노드의 이동이 있을 때 라우팅 방법이 달라진다. 이를 확인하기 위해 그림 3과 같은 망 구성 방법을 사용하였다.

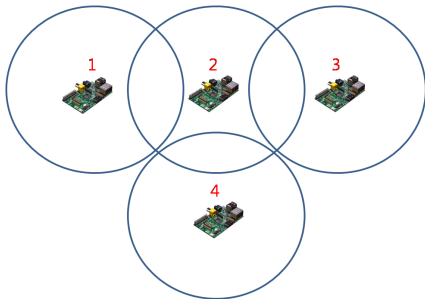


그림 3. 애드혹 두 번째 망 구성 방법

두 번째 망 구성 방법과 같이 구성하였을 때에도 각 노드 사이의 거리는 첫 번째 망 구성 거리와 동일하게 10m였다.

그림 4는 실외에서 두 번째 망을 직접 구현하는 사진이다. 두 번째 방법도 동일하게 4번 노드에서 1번 노드까지 데이터 전송을 하였다. 그 결과 데이터 전송의 평균 속도가 22.089Kbps로 증가하였다. 또한 라우팅 테이블도 변화하였다.



그림 4. 실외 두 번째 망 구성 사진

표 2. 애드혹을 이용한 두 번째 망 구성 방법에서 1번 노드의 라우팅 테이블

Destination	Gateway	Netmask
192.168.13.0	*	255.255.255.0
192.168.13.2	192.168.13.2	255.255.255.0
192.168.13.3	192.168.13.2	255.255.255.0
192.168.13.4	192.168.13.2	255.255.255.0

표 2에서 알 수 있듯이 첫 번째 망 구성 방법과 두 번째 망 구성 방법에서 Babel은 기존의 AODV의 라우팅 구성과 다르게 이동하는 노드에 따라 라우팅의 경로를 변경하는 것을 확인하였다.

비디오 스트리밍 실험을 하기 위해서 그림 1의 망 구성 방법을 이용하였다. 비디오를 실시간으로 스트리밍하기 위하여 Raspberry Pi에 VLC[11]를 설치하였다. 비디오의 크기는 320x240, 프레임율은 12 fps, 비디오 코덱은 H.264이고, 비디오 스트림은 rtsp(real-time streaming protocol)을 사용하여 전송하였다. 1번 노드에 카메라 모듈을 설치하고 4번 노드에서 영상을 확인하는 실험을 진행하였다. 데이터 전송 실험과 동일한 상황에서 실험하였을 때 1번 바로 다음 노드인 2번 노드에서 조차 확인이 불가능 하였다. 그래서 영상 확인을 위한 거리를 알아보기 2개의 노드로 실험하였다. 그 결과 영상 확인을 위한 거리는 최대 약 1m로 그 이상은 확인 불가능하였다.

위 실험 결과에서 보았듯이 애드혹 네트워크의 전송 속도는 비디오 스트리밍에 적합하지 않다는 것을 알게 되었다. 802.11의 애드혹 모드를 이용하는 대신에 하부구조 모드를 이용하여 MANETs를 구성하면 상대적으로 높은 처리율을 얻을 수 있다[10].

3.2 하부구조 모드를 이용한 MANETs의 비디오 스트리밍 성능

두 번째 방법은 하부구조 모드를 이용하여 구현한 MANETs 환경에서 비디오를 실시간으로 스트리밍하는 것이다. RSSI 값을 이용한 라우팅 방법으로 그림 1의 망을 구성하여 스트리밍 실험을 진행하였다.

이 망의 데이터 전송 능력을 확인하기 위해 먼저 실내 실험을 수행하였다. 실험은 본교 3층 복도 진행하였다. 노드는 3개를 이용하였으며, 첫 번째 노드에 카메라 모듈을 설치하고 세 번째 노드에서 영상을 확인하는 실시간 비디오 스트리밍 실험을 진행하였다.

그 결과 하나의 노드에서 영상 확인을 위한 최대 거리는 10m로 나타났다. 3개 노드로 실험했을 때 최대 20m까지 영상을 확인할 수 있었다.

그림 5는 3개의 노드로 실험했을 때 각 노드들의 모습을 나타낸 사진이다.



그림 5. 노드 3개의 연결 모습

표 3은 하부구조 모드 기반 MANETs 환경에서 RSSI를 이용한 라우팅 방법을 통하여 구성된 라우팅 테이블이다. 표 3에서 알 수 있듯이 연결된 이전 노드의 서브넷 망에 접속하면 자신의 Gateway가 되어 이전 노드와의 통신이 가능할 수 있게 된다. 이렇게 작성된 라우팅 테이블은 애드혹 모드와 같은 망을 만들 수 있다.

그림 2의 실험 방법과 동일하게 망을 구성한 후 노드를 5개로 늘려 실험하였을 때 최대 40m 까지 영상을 확인할 수 있었다. 이때의 라우팅 테이블은 표 3과 같다.

표 3. 하부구조 모드를 이용한 첫 번째 망 구성 방법에서 1번 노드의 라우팅 테이블

Destination	Gateway	Netmask
192.168.43.0	*	255.255.255.0
192.168.44.0	192.168.43.10	255.255.255.0
192.168.45.0	192.168.44.10	255.255.255.0
192.168.46.0	192.168.45.10	255.255.255.0

그림 6은 실내 실험에서 iperf를 이용하여 2~5번 노드에서 1번 노드까지 1초당 21Kbyte, 100Kbyte, 500Kbyte, 1Mbyte 데이터를 전송하여 처리율을 측정 한 결과이다.

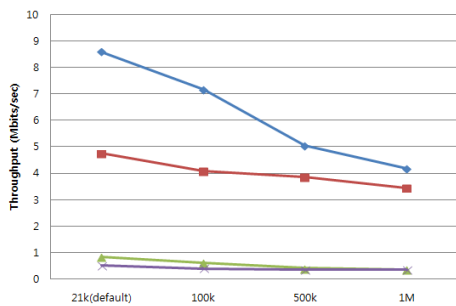


그림 6. 실내 하부구조 모드 기반 MANETs의 실시간 비디오 스트리밍의 노드 별 처리율.

그림 6의 결과로 봤을 때 노드의 거리가 멀어지고, 데이터의 전송량이 많아질수록 처리율이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

실내에서 수행했던 실험을 실외에서 진행하여 동일한 성능을 얻을 수 있는지를 확인하였다. 모

든 조건을 동일하게 한 후 실험한 결과 영상 확인을 위한 최대 거리는 약 3m 정도로 나타났다. 노드를 5개로 하여 최대 12m 까지 영상을 확인할 수 있었다. 그림 7은 실외 실험에서 iperf를 이용하여 2~5번 노드에서 1번 노드까지 1초당 21Kbyte, 100Kbyte, 500Kbyte, 1Mbyte 데이터를 전송하여 처리율을 측정 한 결과이다.

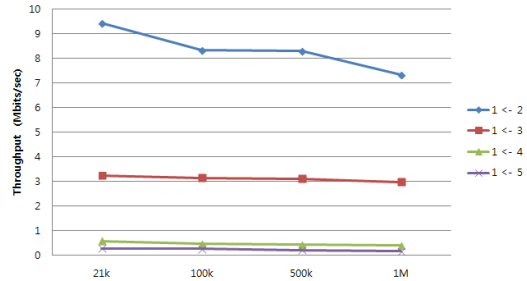


그림 7. 야외 하부구조 모드 기반 MANETs의 실시간 비디오 스트리밍의 노드 별 처리율.

그림 7의 결과로 봤을 때 실내보다 노드 사이의 거리는 짧지만 실내와 비슷한 처리율을 나타내는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

이 논문에서는 Raspberry Pi를 이용하여 야외에서 애드혹 모드와 하부구조 모드를 이용한 MANET을 구성하고 각 망에서 실시간 비디오 스트리밍 실험을 한 결과를 제시하였다. 애드혹 모드 MANETs에서는 Babel 라우팅 알고리즘을 사용하였고 하부구조 모드 MANETs에서는 RSSI 기반의 간단한 라우팅 알고리즘을 구현하여 적용하였다. 실험 결과 두 망 모두 노드의 움직임에 따라 동적으로 망이 구성되는 것을 확인하였으나 애드혹 모드 MANETs의 처리율이 비디오 스트리밍에 적합하지 않을 정도로 낮은 것을 확인할 수 있었다. 반면에 하부구조 모드 MANETs에서는 5개의 노드를 이용하여 최대 40m 까지 비디오 데이터가 전송 되는 것을 확인할 수 있었다. 이 실험을 통해서 Raspberry Pi와 같은 소형 컴퓨터를 이용하여 MANETs를 저렴하고 손쉽게 구현할 수 있는 것을 확인하였다. 향후에 RSSI 기반 라우팅 알고리즘을 보완하여 노드의 수가 많은 망에서도 효율적으로 동작할 수 있도록 연구를 계속할 계획이다.

참고문헌

[1] M. Lindeberg, S. Kristiansen, T. Plagemann and Vera Goebel, "Challenges and techniques for video streaming over mobile ad hoc networks," *Multimedia Systems*, vol. 17, pp. 51-82, 2011.

- [2] Chhagan Lal, Vijay Laxmi, and Manoj Singh Gaur, "Video vstreaming over MANETs: testing and analysis using real-time emulation," *Proceedings on Asia-Pacific Conference on Communications (APCC) 2013*, pp. 190-195, Aug. 2013.
- [3] Robert S. Gray et. al., "Outdoor experimental comparison of four ad hoc routing algorithms," *Proceedings of the 7th ACM international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems*, pp. 220-229, 2004.
- [4] <http://www.raspberrypi.org/>
- [5] Juliusz Chroboczek, Babel package, <http://www.pps.univ-paris-diderot.fr/~jch/software/babel/>
- [6] J. Chroboczek (2011), The Babel Routing Protocol, RFC 6126, <http://tools.ietf.org/html/rfc6126>
- [7] G. He: Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) Protocol, *Networking Laboratory, Helsinki University of Technology*, 2002.
- [8] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad hoc on-demand distance vector routing," in *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 1999.
- [9] Vetriselvan, V., Pravin R. Patil, and M. Mahendran. "Survey on the RIP, OSPF, EIGRP Routing Protocols." *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, pp. 1058-1065, Vol. 5 (2), 2014
- [10] Wirtz, Hanno, et al. "Establishing mobile ad-hoc networks in 802.11 infrastructure mode." *Proceedings of the 6th ACM workshop on Challenged networks*. ACM, 2011.
- [11] VideoLan, <http://www.videolan.org/vlc/>