IEEE 802.11s 무선 메쉬 네트워크를 위한 위치 기반 핸드오버의 설계 및 구현

이성한* · 양승철* · 김종덕**

Design and Implementation of Location Based Seamless Handover for IEEE 802.11s Wireless Mesh Networks

Sung-han Lee* · Seung-chur Yang* · Jong-deok Kim**

이 논문은 2009년 교육과학기술부로부터 연구비를 지원받았음
(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

요 약

IEEE 802.11s 무선 메쉬 네트워크에서 분배 서비스를 위한 중심망(Backbond)은 메쉬 포인트들을 무선 링크로 연결하여 구성한 무선 다중 홉 구조를 특징으로 하며 AODV(Adhoc Ondemand Distance Vector)와 같은 무선 다중 홉 라우팅 프로토콜을 사용하여 경로를 설정한다. 통신 중인 단말이 이동으로 인해 새로운 AP(Access Point)를 통해 서비스를 받아야 할 때, 즉 핸드오버 상황에서, 기존 무선 랜 네트워크의 경우 새 AP와 무선 링크를 설정하는 것만으로 바로 통신을 재개할 수 있지만 메쉬 네트워크는 무선 다중 홉 중심망에서의 경로 설정 과정이 추가로 필요하다. 본 논문은 이러한 경로 설정 지연을 제거하여 무선 메쉬 네트워크를 사용하는 이동 단말에게 끊김 없는 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 우리는 GPS 위치 정보를 이용하여 이동 단말의 핸드오버 대상 AP를 예측하고 대상 AP로 하여금 미리 경로를 설정하게 함으로써 지연을 제거하는 방법을 제안한다. 제안한 핸드오버 방법을 특징으로 하는 무선 메쉬 노드들을 임베디드 보드를 이용하여 직접 구현하였고 실험망을 구성하여 성능을 검증하였다. 실험 결과 제안하는 방법은 경로 설정 지연이 있는 기존 방법에 비해 핸드오버 지연시간은 2.47초에서 0.05초로 줄었고 데이터 손실률을 20~35% 수준에서 0~10% 수준으로 줄어 들었다.

ABSTRACT

The characteristic of the backbond for distribution service in WMNs(Wireless Mesh Networks) is that WMNs has multiple links connected to mesh points and dynamic routing protocol such as AODV to establish routing paths. When the terminal is communicating with the service through new AP, mobile nodes can resume communication by setting only the link between new AP and mobile node in the case of existing WLANs, but WMNs needs path establishment process in multihop networks. Our goal in this paper is to support the seamless communication service by eliminating path establishment delay in WMNs. We present the method that eliminates the handover latency by predicting the location of handover using GPS information and making the paths to their destination in advance. We implement mesh nodes using embedded board that contains proposed handover method and evaluate performance of handover latency. Our experiment shows that handover delay time is decreased from 2.47 to 0.05 seconds and data loss rate is decreased from 20~35% in the existing method to 0~10% level.

키워드

wireless mesh network, location information, seamless handover, handover delay time

* 부산대학교 컴퓨터공학과
** 부산대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

접수일자 : 2009. 04. 14
심사완료일자 : 2009. 05. 28

Ⅰ. 서 론

무선 메쉬 네트워크란 분배서비스를 위한 중심망을 무선 다중 홉 구조를 통해 제공하는 것이다. 표준에서 제시하고 있는 메쉬 네트워크의 구성요소는 다음과 같다. MP(Mesh Point)는 메쉬 라우터의 기능을 수행하고, MAP(Mesh AP)는 MP의 기능과 AP의 기능을 동시에 제공한다. 그리고 MPP(Mesh Point Portal)는 MP의 기능과 외부 네트워크와 연결을 제공한다. 이러한 메쉬 구성요소들을 이용하여 군사훈련, 차량, 항만의 컨테이너와 같은 곳에서 활용할 수 있기 때문에 각 단말들은 활발한 이동성을 지닌다. 따라서 메쉬 단말과 AP와의 링크 단절과 재설정 과정이 빈번하게 발생하고, 이로 인해 핸드오버의 역할이 보다 중요해진다[1][2].

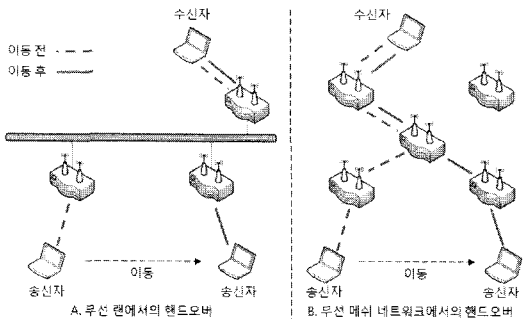

그림 1. 핸드오버 비교
Fig. 1. Compare Handover

무선 랜 네트워크에서 논하고 있는 핸드오버는 이동하는 단말과 AP간의 링크 설정하는 부분에 초점을 맞추고 있다. 하지만 무선 메쉬 네트워크에서는 이동하는 단말과 수신자간의 정상적인 통신을 제공하기 위하여 멀티 홉 라우팅 과정이 선행되어야 한다. 이 때문에 핸드오버 과정에서 메쉬 단말과 AP간의 링크 설정 과정 이외에도 수신자까지의 경로 설정 과정이 추가적으로 필요하다(그림 1).

본 논문에서는 이러한 경로 지연 현상을 제거하여 핸드오버가 발생하더라도 끊김없는 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 따라서 이러한 동작을 하기 위해 이동하는 단말로 인하여 핸드오버가 발생하기 이전에 새롭게 연결되는 AP와 수신자간의 경로를 설정하였다. 따라서 핸드오버가 발생한 후 새롭게 연결되는 AP와 수신자간의 경로가 이미 설정되어 있기 때문에 끊김없는 통신을 제공할 수 있다. 또한 새롭게 연결되는 AP의 효율적인 선정을 위하여 위치새롭를 활용하였다. AP들은 위치새롭를 포함한 메시지를 주기적으로 전송하고 이를 수신한 단말은 인접한 AP에 대한 새롭를 유지 관리하면서 새롭게 연결되는 AP의 효율적인 선정을 하도록 하였다. 기존의 연구들은 대부분 시뮬레이션 위주로 진행되었다. 하지만 본 논문은 실제 구현에 초점을 맞추어 진행하였고 핸드오버로 발생하는 핸드오버 지연 시간, 데이터 손실률에 대한 성능을 측정하였다.

Ⅱ. 배경지식 및 기존 연구

1. 무선 메쉬 네트워크

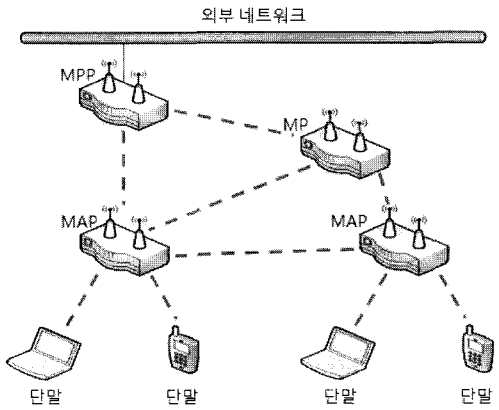

그림 2. 무선 메쉬 네트워크의 구조
Fig. 2. Wireless Mesh Network Architecture

무선 다중 홉 구조로 중심망을 구축하여 분배 서비스를 제공하는 것을 무선 메쉬 네트워크라고 한다. 메쉬 단말의 입장에서 살펴보면 멀티 홉 라우팅 과정을 통하여 수신자와 통신을 이용하는 면에서 에드혹 네트워크와 유사하다. 하지만 에드혹 네트워크는 구성하는 모든 노드들이 이동성을 지니고 있는 반면 메쉬 네트워크는 단말을 제외한 노드들은 고정되어 있다. 그리고 라우팅 프로토콜의 측면에서 살펴보면 에드혹 네트워크는 모든 노드들이 이동성을 지니고 있기 때문에 경로가 필요할 때 경로 탐색 과정을 거치는 On-demand 라우팅 프로토콜이 주를 이루고 있다. 하지만 메쉬 네트워크는 단말은

이동성을 지니지만 중심망을 이루는 노드들은 고정되어 있기 때문에 경로를 미리 유지하는 Proactive와 On-demad 라우팅 프로토콜을 병합해서 사용하는 Hybrid 라우팅 프토콜을 메쉬 네트워크의 표준에서 제안하고 있다(그림 2)[3][4].

무선 메쉬 네트워크는 외부 네트워크와의 연결을 지원하는 MPP로 가는 경로에 대해서는 Proactive 라우팅 프로토콜을 적용하여 미리 경로를 설정하고 유지 한다. 하지만 그렇지 않은 다른 노드들로 통하는 경로에 대해서는 On-demand 라우팅 프로토콜의 방법을 적용하고 있다.

실제 핸드오버가 동작할 경우 Proactive 라우팅 프로토콜이 적용되고 있는 노드들에 대해서는 이미 경로 설정이 완료되어 경로가 유지되고 있기 때문에 메쉬 단말과 AP간의 링크 설정 과정만 있으면 정상적인 통신이 가능하다. 하지만 On-demand 라우팅 프로토콜이 적용되고 있는 노드들은 메쉬 단말과 AP간의 링크의 설정 과정뿐만 아니라 수신자까지 가는데 필요한 경로 설정 과정이 반드시 선행되어야 정상적인 통신이 가능하다.

2. WAPL(Wireless Access Point Link)

WAPL은 기존에 연구되어 있는 무선 네트워크에서의 핸드오버 기법 중의 하나이다. 데이터를 수신하는 단말이 이동하여 핸드오버가 발생하여도 송신하는 노드는 이러한 사실을 알지 못한다. 따라서 핸드오버가 발생한 이후에도 지속적으로 이전에 연결되어 있던 AP로 데이터를 전송하고 이로 인해 데이터의 손실이 발생한다. 이러한 부분을 해결하기 위하여 이전에 연결된 AP에서 핸드오버가 발생하고 난 이후에 수신 받는 데이터를 큐에 저장한다. 또한 핸드오버가 발생한 이후에 새롭게 연결되는 AP는 핸드오버 통지 메시지를 데이터를 송신하는 단말과 이전에 연결되어 있던 AP에게 전송한다. 이를 수신한 데이터를 송신하는 단말은 새롭게 연결되는 AP로 데이터를 전송하고, 이전에 연결된 AP는 큐에 저장되어 있던 데이터를 새롭게 연결되는 AP로 전달한다. 이러한 과정을 통해 데이터를 수신 받는 노드에서 핸드오버를 통해 발생되는 데이터 손실을 줄이고자 한다(그림 3)[5].

하지만 위와 같은 방법을 통해서 데이터 손실을 줄일 수 있지만 끊김없는 통신을 제공하기 어렵다. 핸드오버가 발생하여 큐에 데이터를 저장하는 동안 데이터를 수신 받아야 하는 노드는 새롭게 경로를 설정할 때까지 데이터를 수신 받지 못하기 때문이다.

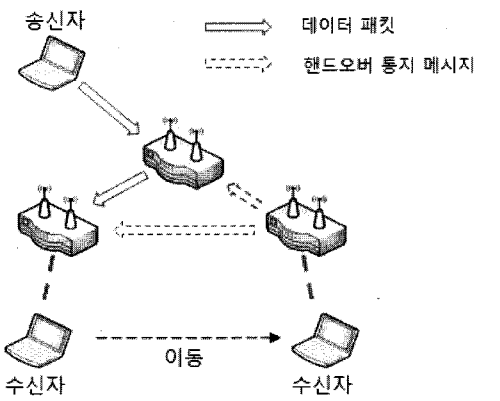

그림 3. 핸드오버 과정
Fig. 3. Handover Process

Ⅲ. 위치 기반 끊김없는 핸드오버의 설계 및 구현

이동하는 단말이 존재하는 무선 메쉬 네트워크 환경에서 핸드오버가 발생할 경우 끊김없는 통신을 제공하기 위하여 다음과 같은 부분을 설계하고 구현하였다. 첫째, 각 노드들이 보유하고 있는 위치 정보의 전달과 수신한 정보를 유지 관리하도록 한다. 둘째, 수신한 정보를 바탕으로 새롭게 연결되는 AP와 효율적인 연결 설정을 하도록 한다. 셋째, 핸드오버가 발생하기 이전에 새롭게 연결될 AP와 수신자 간에 경로 설정을 미리 하도록 한다.

1. 이동성 단말의 예상 경로

무선 메쉬 네트워크에서 이동성 단말이 존재할 경우 핸드오버의 동작을 원활히 하기 위해서는 이동성을 지닌 단말의 예상 경로와 핸드오버로 인해 새롭게 연결되는 AP를 선정하는 방법이 필요하다.

임의의 움직이는 단말이 있다고 가정하자. 이 단말의 예측 가능한 진행경로는 아주 특수한 경우를 제외한 대부분의 상황에서 단말의 진행 방향을 기준으로 하여 최대 좌우측 90°까지로 생각할 수 있다. 좌우 90°를 넘어선

경로는 기본적으로 갑작스런 후진, 즉 진행방향의 전환을 수반하고, 이는 아주 짧은 순간이지만 단말의 정지를 의미하기 때문에 일반적인 경우로 볼 수가 없다(그림 4).

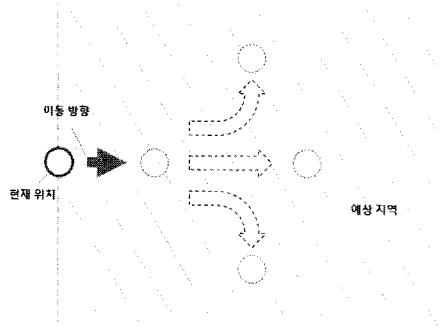

그림 4. 메쉬 노드의 예상 경로
Fig. 4. Estimated path of the mesh node

따라서 좌우측 각각 90°내에 존재하는 노드들 가운데 가장 가깝게 인접한 단말을 핸드오버가 발생하였을 때 새롭게 연결되는 AP로 선정하여 미리 수신자에 대한 정보를 전송하도록 한다.

2. 위치 기반 핸드오버

위치 기반 핸드오버의 원활한 동작을 위해서는 우선적으로 이웃 노드의 맥 주소와 위치 정보를 전송 받는 것이 필요하다. 따라서 이러한 부분을 해결하기 위해서 각 노드들은 주기적으로 자신의 맥 주소와 위치정보를 포함한 메시지를 브로드캐스트하고, 이를 수신하는 메쉬 단말들은 각 노드별로 유지 관리한다. 그리고 메쉬 단말은 유지하고 있는 각 노드들의 위치 정보와 자기 자신의 위치 정보를 계산하여 기존에 연결되어 통신하고 있는 AP보다 가까운 AP가 존재 할 경우 다음과 같이 동작하도록 하였다.

위치 기반 핸드오버의 동작은 그림 5와 같다. ①에서와 같이 송신자와 수신자간의 데이터의 전송이 이루어지고 있을 때, ② 시점에서 송신자 단말의 이동으로 인해 핸드오버의 발생을 예측 한다. 그러면 송신자 단말은 새롭게 연결되는 AP를 선정 하고 선정된 AP로 수신자와 경로를 설정하는 메시지를 전송한다. ③에서와 같이 경로 설정 메시지를 전송받은 수신자 노드는 그에 대한 응답을 전송하고 경로의 설정을 완료한다. 따라서 ④에서와 같이 송신자 단말의 이동으로 핸드오버가 발생하더라도 이미 수신자까지의 경로를 설정하였기 때문에 추가적인 동작 없이 바로 수신자와의 끊김없는 통신을 제공한다.

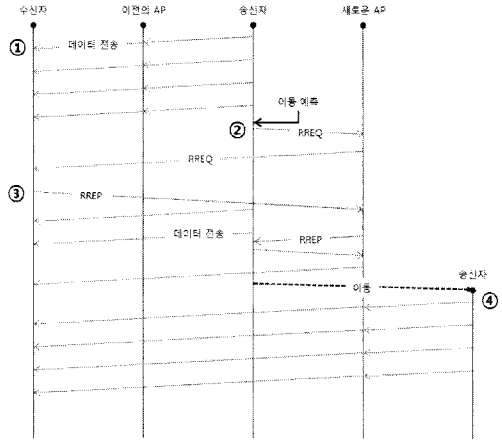

그림 5. 핸드오버의 진행 순서
Fig. 5. The sequence of Handover Process

3. 구현

무선 메쉬 네트워크를 구성하는 하드웨어 플랫폼은 임베디드 프로세서가 장착된 보드인 Soekris net4826에 임베디드 리눅스 운영체제인 pyramid linux(Kernel version 2.6.19)를 포팅하여 사용하였다. 임베디드 보드 내부에는 miniPCI 타입의 Atheros 칩셋의 무선랜카드 2개가 설치되어 멀티 인터페이스를 지원할 수 있도록 메쉬 노드들을 구성하였다(그림 6).

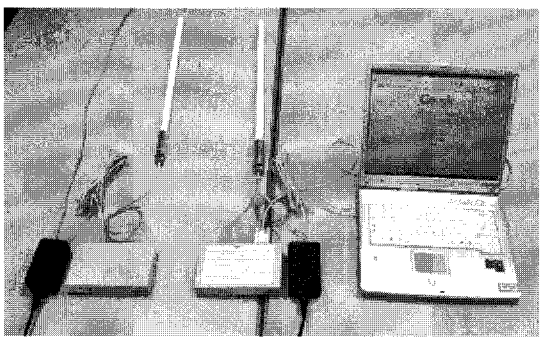

그림 6. 임베디드 보드 - 메쉬 노드
Fig. 6. Embedded Board - Mesh Node

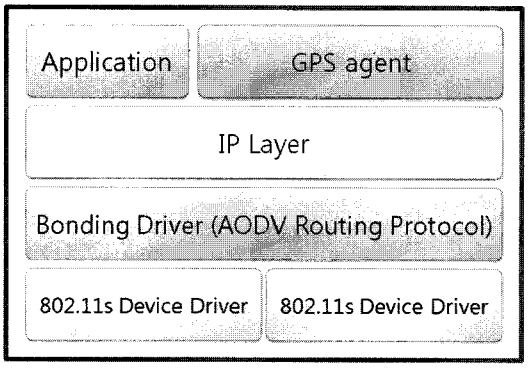

그림 7. 무선 메쉬 노드 구성도
Fig. 7. Wireless Mesh Node Architecture

메쉬 노드의 구현을 위하여 Atheros 칩셋 리눅스용 무선 장치 제어기 오픈 프로젝트인 Madwifi[6] 소스를 표준 형식에 맞게 수정 및 확장하여 개발 하였다. 또한 MAC 라우팅과 멀티 인터페이스의 활용을 위하여 기존의 리눅스에서 사용하고 있는 bonding 드라이버[7]를 활용하도록 하였다. MAC 라우팅의 원활한 동작을 하기 위하여 bonding 드라이버에 AODV 라우팅 프로토콜[8]을 적용하고, bonding 드라이버에서 가상 인터페이스를 활용하여 멀티 인터페이스의 동작을 원활하게 하였다. 또한 위치 정보를 핸드오버에 적용하기 위하여 각 노드에 GPS를 부착 하고, GPS를 통하여 전송받는 위치 정보를 GPS agent를 통하여 각 노드별로 유지하였다(그림 7).

Ⅳ. 성능 분석

무선 메쉬 네트워크에서 핸드오버로 인해 발생하는 핸드오버 지연 시간, 데이터 손실률에 대하여 실제 구현을 통해 성능 평가를 하였다. 실험의 정확성을 위해 여러 번 테스트를 하여 도출된 결과의 평균값으로 성능 분석을 하였다.

1. 실험 토폴로지

실외에서 실제 실험을 하기 위하여 메쉬 노드 6개와 이동하는 단말 1개, GPS를 준비하였고, 각 노드에 GPS를 부착하여 위치 정보를 수신할 수 있게 하였다. 실내에 노드가 존재할 경우 위치 정보를 수신 받지 못하는 문제점이 발생하기 때문에 노드들은 건물의 옥상이나 실외에 설치하여 메쉬 네트워크를 구성 하였다. 구성된 메쉬 네트워크에 이동경로를 따라 이동하는 단말을 통해 핸드오버를 발생하고, 이에 위치 기반 핸드오버를 적용하였을 때와 그렇지 않았을 때를 비교하여 성능 분석을 하였다(그림 8).

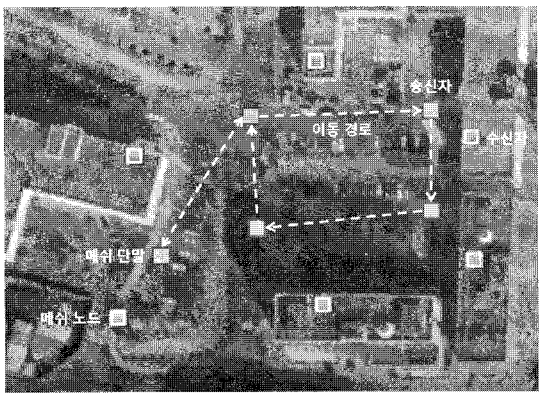

그림 8. 실험 토폴로지
Fig. 8. Experimental Topology

2. 핸드오버 지연 시간 분석

이동하는 단말로 인하여 핸드오버가 발생하는 경우 기존의 AP와 연결이 끊어지고 새롭게 연결되는 AP를 통해서 수신자까지의 통신이 재개되기까지의 시간을 핸드오버 지연 시간이라고 한다 (그림 9).

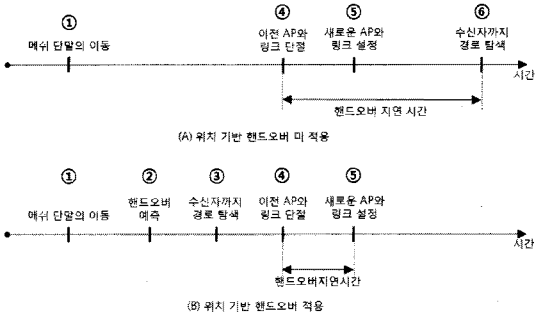

그림 9. 핸드오버 지연 시간
Fig. 9. Handover Delay Time

그림 9에서와 같이 위치 기반 핸드오버를 적용하지 않았을 경우, ①에서 메쉬 단말이 이동하기 시작하여 ④ 시점에서 기존의 AP와의 링크가 단절되게 된다. 그리고

⑤에서와 같이 인접한 AP와의 새로운 링크 설정을 하지만 수신자까지의 경로 설정이 되어 있지 않기 때문에 ⑥ 수신자까지 경로 탐색 과정이 완료되어야 정상적인 통신이 가능하다. 위치 기반 핸드오버를 적용하지 않았을 경우는 ④ ~ ⑥ 과정까지를 핸드오버 지연 시간이라고 할 수 있다. 반면에 위치 기반 핸드오버를 적용하였을 경우는 ①에서 메쉬 단말이 이동하고, 이동으로 인해 발생할 핸드오버를 ② 시점에서 예측한다. 그리고 ③과 같이 핸드오버가 발생하기 전에 미리 수신자와의 경로 탐색을 과정을 수행한다. 이와 같은 과정을 거치고 난 후 ④ 이전 AP와 링크 단절, ⑤ 새로운 AP와 링크 설정 과정을 동작하기만 해도 이미 수신자와의 경로가 설정되어 있기 때문에 정상적인 통신이 가능하다. 따라서 ④ ~ ⑤ 과정까지를 핸드오버 지연 시간이라고 할 수 있다.

ping 테스트를 통하여 송신자와 수신자사이의 통신을 지속적으로 발생하고, 송신자 단말을 이동하여 발생하는 핸드오버 지연 시간을 커널 메시지를 통하여 확인하였다. 이를 확인한 결과 위치 기반 핸드오버를 적용하였을 경우 기존의 방법보다 핸드오버 지연 시간이 2.47초에서 0.05초로 줄어든 것을 확인하였다. 즉, 다시 말해서 단말의 이동으로 인해 핸드오버가 발생하였을 경우 수신자와의 통신지연이 줄어들게 되고 따라서 끊김없는 핸드오버를 제공한다고 할 수 있다(표 1).

표 1. 핸드오버 지연 시간 실험 결과
Table. 1. Handover Delay Time Experimental Results

	핸드오버 지연 시간
위치 기반 핸드오버 적용	0.05
위치 기반 핸드오버 미적용	2.47

2. 데이터 손실률 분석

송신자와 수신자간의 udp 통신하고 있는 상황에서 핸드오버로 인해 발생하는 데이터 손실률에 대하여 실험하였다. 트래픽의 부하를 10Mbps 단위로 증가시키면서 실험하였고, 실제 전송에 실패한 패킷 수를 측정하였다(그림 10).

위치 기반 핸드오버를 적용하지 않았을 경우 핸드오버가 발생하더라도 경로가 단절되고 새로운 AP와 링크 설정 과정을 거치는 동안에 이전 경로로 데이터를 전송하고자 한다. 따라서 새로운 AP와 링크 설정 과정이 완료 될 때까지 데이터 손실이 발생하게 된다. 하지만 위치 기반 핸드오버를 적용하였을 경우에는 이러한 경로설정과정을 핸드오버가 발생하기 이전에 미리 하기 때문에 데이터 손실을 줄일 수 있었다. 위치 기반 핸드오버를 적용한 경우 기존에 방법에 비해 데이터 손실률을 20~35% 수준에서 0~10% 수준으로 줄어드는 것을 실험을 통해 확인 할 수 있었다.

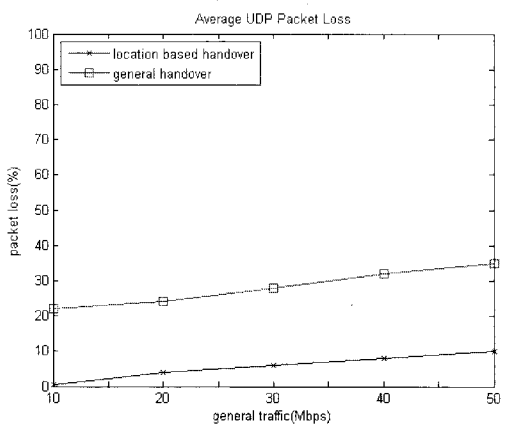

그림 10. 데이터 손실률 실험 결과
Fig. 10. Packet Loss Experimental Results

V. 결 론

우리는 이동성을 지니고 있는 단말들이 존재하는 무선 메쉬 네트워크 환경에서 핸드오버가 발생하였을 경우 끊김없는 통신을 제공할 수 있는 기법에 대하여 설계 및 구현하였다. 핸드오버가 발생하였을 경우 이동 단말과 AP간의 링크 설정 과정만으로는 끊김없는 통신을 제공 할 수 없다. 따라서 추가적으로 핸드오버가 발생하기 이전에 미리 멀티 홉 라우팅 과정을 통하여 수신자까지의 경로를 설정하였다. 다음과 같은 내용을 실제 구현을 통하여 핸드오버로 인해 발생하는 핸드오버 지연 시간, 데이터 손실률에 대하여 성능 측정을 하였고, 기존 방법에 비해 핸드오버 지연시간은 2.47초에서 0.05초로 줄었고, 데이터 손실률 또한 20~35% 수준에서 0~10% 수준으로 줄어드는 것을 확인하였다.

향후 과제로는 좀 더 넓은 지역에 메쉬 망을 형성하고 메쉬 단말을 차량에 부착하여 핸드오버가 발생하였을 경우 끊김없는 통신 서비스를 제공할 수 있도록 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구단)

참고문헌

[1] IEEE P802.11s/D1.06, Draft amendment to standard IEEE 802.11: ESS Mesh Networking, 2007

[2] L.F. Akyildiz and X. Wang, "A Survey on Wireless Mesh Networks", IEEE Radio Communications, September 2005, pp. 22-30

[3] Yan Zhang, Jijun Luo, and Honglin Hu, "Wireless Mesh Networking : Protocols and Standards", Auerbach Pulications, 2007

[4] Michael Bahr, "Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks", WICON'06, Aug 2-5, 2006

[5] Ito. M. Shikama. T. Watanabe. A. "Proposal for a Wireless Mesh Network that realizes seamless handover and its simulation results", ISCIT'07

[6] Madwifi : Linux kernel drivers for wireless LAN devices with atheros chipsets. http://www.madwifi.org

[7] Thomas Davis, Willy Tarreau, Constantine Garvrilov, Chad N. Tindel, Hanice Girouard, Jay Vosburgh, "Linux Ethernet Bonding Driver mini-howto", 2000. http://www.kernel.org/pub/linux/kernel/people/marcelo/linux-2.4/Documentation/networking/bonding.txt

[8] Perkins, C. Royerm, E. M. & Das, S. (2003), "Ad hoc On-Demand Distance Vector(AODV) Routing", IETF RFC 3561.

저자약력

이성한(Sung-Han Lee)

2007 부산가톨릭대학교 영상정보통신공학 학사
2007~현재 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 석사과정

※관심분야 : Ad-hoc Network, Routing Protocol

양승철(Seung-Chur Yang)

2006 부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학 학사
2009 부산대학교 정보컴퓨터공학부 석사
2009~현재 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 박사과정

※관심분야 : 무선통신

김종덕(Jong-Deok Kim))

1994 서울대학교 계산통계학과 학사
1996 서울대학교 전산과학과 석사
2003 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
2004~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 조교수

※관심분야 : 무선통신, 이동통신망, RFID/USN