

# 무선랜에서 스트리밍 서비스를 위한 새로운 고속 핸드오프 알고리즘의 설계 및 구현

정회원 최 정 희\*, 민 상 원\*\*

## Design and Implementation of a Novel Fast Handoff Algorithm for Streaming Service in Wireless LANs

Jung-Hee Choi\*, Sang-Won Min\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 무선랜 시스템에서 이동 중에도 seamless streaming 서비스를 지원하기 위한 고속 핸드오프 알고리즘을 제안하였다. 기존의 무선랜 시스템에서 핸드오프 동안 seamless streaming 서비스를 지원하지 못하게 되는 문제점이 있기 때문에 이를 해결하기 위해 핸드오프 시작을 결정하는 임계값을 주변 무선 환경에 맞추어 자동으로 조정하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 불필요한 스캐닝 동작을 하지 않으므로 핸드오프 지연 시간을 줄일 수 있다. 또한 특정 채널 군만을 스캐닝 하는 능동적인 스캐닝 과정을 통해서 핸드오프 지연 시간을 줄일 수 있다. 기존의 무선랜 시스템에서 이루어지는 핸드오프 과정과 제안한 고속 핸드오프 알고리즘을 적용한 시스템과의 비교 시험을 통해서 제안한 방식의 핸드오프 성능이 향상됨을 확인하였다.

**Key Words** : Wireless LAN, Handover

### ABSTRACT

We have considered fast handoff algorithms to support seamless streaming in wireless LANs. It is impossible to provide seamless streaming service while moving within wireless LANs. In this paper, we proposed a new handoff algorithm where the critical value for handoff can be adjusted according to peripheral wireless circumstances. This algorithm can prevent an unnecessary scanning job and save handoff delay time through the active scanning procedure to the specific channel groups. Also, we evaluated the handoff performance of our proposed algorithm, and compared it with the performance of the existing wireless LAN. We can see that the performance with our proposal is better than that of the general wireless LAN.

### 1. 서 론

최근 무선 이동단말의 사용이 증가하면서 이동단말의 IP 이동성을 보장하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 무선랜 기술은 전송 속도가 유선랜에 비해 느리고, 무선랜을 이용해 어플리케이션을 사용할 때 Link Mobility가 완전하게 지원되지 않아 무선랜 환

경에서 VoIP (Voice over IP) 서비스 같은 실시간 서비스의 구현에 제약이 있다. 이러한 제약을 극복하기 위해 무선랜 시스템에서는 MN (Mobile Node)들에게 이전에 접속된 AP (Access Point)와의 연결을 끊고 새로운 AP와 다시 연결시켜 주는 핸드오프 기법이 반드시 필요하다<sup>1,2)</sup>. 무선랜 시스템의 핸드오프 과정에서 데이터 패킷의 송수신이 이루어지지 않는 시간이

\* C-motech(mar39@paran.com), \*\* 광운대학교 전자통신공학과(min@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-05-214, 접수일자 : 2010년 5월 14일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 16일

생기는데 이를 핸드오프 지연이라고 하며 지연 시간이 길어질 경우 데이터 패킷들의 손실이 많아진다. 이러한 문제는 Seamless Streaming 서비스에 적합하지 않다. 따라서 모바일 환경이 중요시 되는 현재 무선랜 시스템에서 핸드오프 지연 문제를 해결하고 성능 향상을 위한 고속 핸드오프에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>3,5)</sup>.

무선랜 환경에서 핸드오프 지연을 줄이기 위해 본 논문에서는 L2 (Layer 2)에서의 고속 핸드오프 알고리즘을 제안하였다. 본 논문의 구성으로 II장에서는 기존 무선랜 시스템에서 핸드오프 과정의 문제점을 고찰하고 이를 해결하기 위한 두 가지 방안을 통해 고속 핸드오프 알고리즘을 제안하며, III장에서는 제안한 고속 핸드오프 알고리즘에 대하여 계측기와 응용 프로그램을 이용하여 시험 후 성능 분석을 한다. 마지막 IV장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. L2에서의 고속 핸드오프 방안 제안

### 2.1 기존 무선랜 시스템에서 핸드오프 시 문제점

기존 무선랜 시스템에서 핸드오프 시 두 가지 문제점이 있다. 첫 번째는 STA(Station, 무선랜단말)가 핸드오프 시점을 결정하기 위해서는 현재 접속된 AP로부터의 수신 세기가 임계값 이하로 떨어지거나 혹은 무선 단절이 발생하였을 때 핸드오프 과정을 시작하게 되는데, 이렇게 되면 이미 단절이 생긴 후에 새로 AP를 스캐닝하는 동작을 하고 나서 다시 접속하는 과정을 시작하게 되므로 Seamless Streaming 서비스를 하기에는 너무나도 긴 핸드오프 지연 시간이 발생하게 된다. 또한 다행히 무선 단절이 생기기 전에 AP로 접속이 이루어져 서비스를 받는다 하더라도 새로 접속한 AP의 신호 세기와 이전에 접속했던 AP의 신호 세기가 비슷하게 되면 새로운 AP와 이전의 AP 사이에서 반복적인 핸드오프가 발생하는 ping-pong 현상의 가능성이 커지게 된다. 무선 신호는 주변 환경에 따라서 불규칙적으로 계속 변하기 때문에 이런 핸드오프가 반복해서 일어날 수 있는 가능성은 매우 높다. 핸드오프가 자주 발생하게 되면 정상적인 서비스의 품질을 받을 수가 없기 때문에 이 구간에서 데이터 통신의 품질 저하가 계속해서 발생할 수 있으며, 이는 Seamless Streaming 서비스가 불가능하다는 것을 의미한다.

두 번째 문제점으로는 STA가 핸드오프를 위해서 주변 AP의 정보를 알기 위해서는 스캐닝 동작을 하게 되는데, 이 동작이 핸드오프 과정 중에서 가장 많은

시간을 요구하게 된다. 이는 주변의 AP가 어떤 무선 채널을 사용하고 있는지 알지 못하기 때문에 STA가 전체 무선랜 채널을 검색해야만 하기 때문이다. 국내 IEEE 802.11b/g는 13개의 채널을 차례대로 스캐닝 하는데, 결국 핸드오프를 위해 전체 채널을 스캔하게 되면 130~ 3900ms의 시간이 걸리게 되며, 많은 지연 시간이 발생한다.

### 2.2 제안하는 L2 고속 핸드오프 방안

문제점을 해결하기 위해서 두 가지 방향에서 해결 방안을 제시한다. 첫 번째 문제점으로 제시된 고정된 임계값을 가지고 핸드오프를 시작하는 문제에 대해서는 임계값을 주변 무선 환경에 맞추어서 자동으로 조정시키는 방안이다. 앞서 언급하였듯이 고정된 임계값을 가지게 되면 핸드오프 과정 중에서 AP 간 핸드오프를 반복하는 현상인 ping-pong 현상이 발생할 수 있다. 기존 무선랜 시스템에서는 단말의 전원이 인가된 후 무선랜 전체 채널을 스캔을 한다. 스캔을 통해 얻은 BSS리스트로부터 가장 신호 세기가 센 AP를 선택해서 접속을 하고 서비스를 받는다. 이 후 AP로부터 오는 Beacon으로부터 신호 세기를 체크하여 고정된 임계값 이하로 떨어지거나 링크가 단절되었을 때 전체 채널을 스캔하는 방식으로 동작을 한다. 그림 1은 제안하는 알고리즘의 순서도이다.

제안하는 방안에서는 무선랜 단말이 최초로 전원이

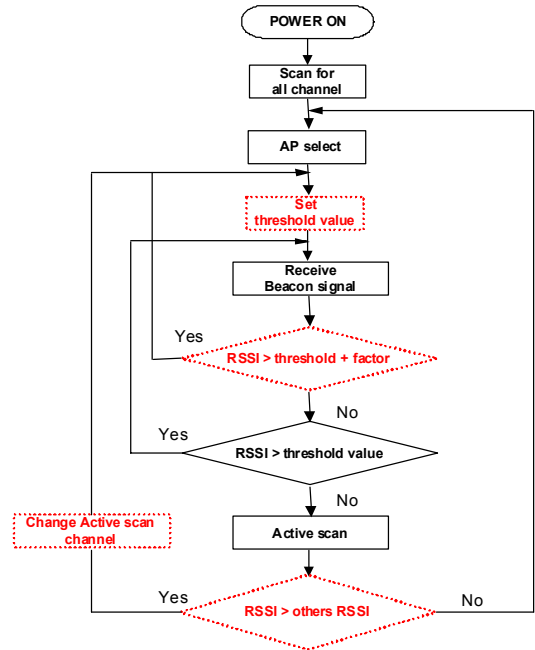


그림 1. 제안하는 핸드오프 알고리즘

인가되어 AP에 접속하기 위해서 무선랜 전체 채널을 스캔하게 된다. 스캔해서 얻은 BSS 리스트로부터 가장 신호 세기가 큰 AP로 접속을 하며 이 때 임계값을 설정한다. 하지만 맨 처음 설정한 임계값은 크게 의미가 없다. 처음 설정한 임계값이 큰 의미가 없는 이유는 일반적으로 AP는 100ms 마다 Beacon 신호를 Broadcasting 하고 있고 무선랜 단말은 이 Beacon 신호를 받고서 현재 설정되어 있는 초기 임계값을 빠르게 변동시키기 때문이다. 현재 설정된 임계값이 현재 수신되고 있는 신호 세기보다 일정 Factor 값보다 낮을 경우에는 설정된 임계값을 올려 준다. 여기서 Factor의 의미는 현재 수신되는 신호 세기의 값과 임계값과의 차이에 대한 임의의 값이다. 무선 신호의 특성상 일시적으로 신호 세기가 급격하게 커지거나 작아질 수도 있기 때문에 몇 번의 Beacon Frame을 수신하여 임계값을 설정하도록 하였다. 시험치로서 3번 연속 수신한 beacon frame 으로부터 신호 세기가 임계값 이하로 떨어지면 핸드오프를 시작하도록 설정하였다. 한 번이라도 신호 세기가 임계값 이상이 되면 다시 beacon frame을 체크하도록 하였다. 검색된 리스트로부터 가장 큰 신호 세기의 AP가 존재할 때 새로운 AP로 접속을 하며, 이 후 과정은 앞서 설명한 과정을 반복한다. 하지만 검색된 리스트 중에서 가장 큰 신호 세기를 가진 AP보다 접속되어 있는 AP의 신호 세기가 클 경우에는 현재 검색된 채널에서는 새로 접속할 AP가 존재하지 않음을 의미하기 때문에 스캔할 채널을 변경하여 새로 스캔을 한다. 새로 스캔을 해도 주변 AP들의 신호 세기가 현재 신호 세기보다 작거나 비슷한 값인 경우에는 설정된 임계값을 일정 값만큼 감소시킨다. 임계값을 감소할 때 계속 값을 줄일 수는 없으며, 일반적인 무선랜 단말의 최대 수신 감도 이상의 값보다는 크게 설정 한다. 임계값을 일정 값만큼 감소시키면 현재 수신 되는 신호 세기가 임계값 보다는 크기 때문에 스캔 동작을 하지 않고 현재 접속된 AP로부터 서비스를 계속해서 제공받을 수 있다. STA가 이동함에 따라 다시 신호 세기가 임계값 이하로 떨어지면 앞서 설명한 과정을 다시 반복한다. 또한 현재 수신되는 신호 세기가 점점 좋아질 경우에는 현재 설정된 임계값을 일정 값만큼 증가시키게 된다. 이는 갑자기 나빠진 신호세기에 빠르게 반응하여 스캐닝 동작을 할 수 있게 하기 위함이다. 이렇게 고정된 임계값이 아닌 임계값을 변동시키는 방법을 통해서 신호 세기가 중첩되는 지역에서 고정된 임계값을 사용하는 방법에 비해 반복적인 핸드오프가 발생하는 ping-pong 현상을 줄일 수 있다. 현재 수신되는 신호 세기와 주

변 AP와의 신호 세기가 비슷할 경우에는 스캐닝을 시작하는 임계값을 낮추어 주기 때문에 스캐닝 동작 자체를 줄일 수 있기 때문이다.

두 번째 문제점으로 제기되었던 무선 채널을 전체적으로 검색하는 경우에 대한 방법이다. 무선랜 시스템은 한정된 장소에서만 사용한다. 또한 한 번 설치된 AP는 특별한 문제가 발생하지 않는 한 계속 그 자리에 위치해 있고, 항상 전원이 켜져 있는 상태에서 사용하기 때문에 거의 일정한 채널만을 사용해서 서비스를 제공한다. 따라서 모든 채널을 검색해서 핸드오프 지연 시간을 늘릴 필요가 없다. 일반적으로 무선랜에서는 채널별로 간섭을 받게 되는데 채널간의 간섭을 피하려면 적어도 4채널 이상의 간격을 두고 AP를 설치하여야 한다. 따라서 특정 지역에서 AP를 설치할 경우에는 채널 간 간섭을 없애기 위해서 최대 3개의 AP를 설치할 수 있다.

무선랜 단말은 전원을 인가했을 때 제일 먼저 전체 채널을 스캔하고 스캔 결과로 얻은 리스트 중에서 신호 세기가 가장 큰 AP로 접속을 한다. 이 때 스캔된 리스트로부터 AP들이 존재하는 채널들을 저장하게 된다. 이 저장된 값을 기준으로 현재 AP로부터의 신호 세기가 임계값 이하로 떨어졌을 때 채널을 선택해서 스캔을 한다. AP가 존재하는 채널이 여러 개 있을 수 있기 때문에 값을 저장할 때 채널 값과 함께 현재 신호 세기도 저장을 하며 이 값의 순서대로 채널을 4개의 군으로 나누게 된다. 예를 들어 처음 스캔을 하면 1, 5, 9의 채널 군을 스캔하고, 여기서 현재 신호 세기보다 좋은 신호 세기를 갖는 AP를 찾았다면 그 AP로 접속을 시도한다. 이 때 새로운 AP로 접속을 한 후에 이전에 접속했던 AP의 채널은 제일 먼저 스캔하는 채널 군으로 저장하며 가장 신호 세기가 안 좋은 채널은 제외된다. 좋은 신호 세기를 갖는 AP가 없다면 다시 스캔을 시도하는데, 이번에는 2, 6, 10의 채널 군을 스캔한다. 여기에서도 해당하는 AP를 찾을 수 없다면 3, 7, 11 그 후에는 4, 8, 12, 13의 채널 군을 스캔한다. 이 과정은 그림 1에서 제안한 Change Active Scan channel 과정을 통해서 이루어진다. 채널 군을 변경시키는 이유는 현재 채널군에서는 현재 접속된 AP보다 질 좋은 서비스를 제공할 수 있는 AP가 없다는 것을 의미하기 때문이다.

새로운 AP로 접속을 하면서 이전 채널을 저장하는 이유는 앞서 설명한 것처럼 무선랜 AP가 설치되어 있는 곳은 한정된 곳이고, 따라서 무선랜 단말의 이동 범위도 한정되어 있기 때문에 거의 일정한 패턴으로 핸드오프를 시도하게 된다. 따라서 이렇게 이전 AP의

채널을 기억 하게 되면 핸드오프가 발생할 때 짧은 시간 안에 AP를 찾을 확률이 훨씬 높아지며, 전체 채널에 대한 스캔으로 인해 발생되던 불필요한 핸드오프 지연 시간을 줄일 수 있다.

### III. 성능 측정 및 분석

#### 3.1 시험환경 및 시나리오

시험을 위한 네트워크는 그림 2와 같이 구성하였으며, 실험은 서버와 STA사이에서 패킷을 전송하도록 구성하였다. 패킷을 전송하는 프로그램은 Chariot을 사용하였다. Chariot 프로그램은 서버와 STA가 연결되는 PC에 설치되었으며, 데이터의 전송율과 응답 시간을 분석함으로써 핸드오프 과정에서도 데이터의 끊김 없이 통신이 지속됨을 알 수 있도록 하였다. 또한 AP의 출력 값을 제어할 수 있는 프로그램을 통해 AP의 출력을 조절할 수 있도록 하여 전동차의 이동시에 STA에서 수신되는 신호가 점차 작아졌다가 다시 커지는 상황을 반복하도록 하였다. 이는 STA에서 수신되는 신호 세기에 따라서 설치되어 있는 AP간 핸드오프가 발생할 수 있도록 하기 위함이다. 실험의 진행 과정은 맨 처음 STA가 정지된 상황에서는 AP1에 접속되어 있으며, STA가 이동함에 따라서 AP2로 이동하고, AP3로 이동하게 된다. 실제 STA가 이동함을 표현하기 위해서 AP의 송신 출력을 제어하게 된다.

STA이 AP1에서 AP3 방향으로 이동한다고 가정하면 AP1의 송신 출력을 점차적으로 줄여나가게 되고, AP2의 송신 출력을 점차 늘려나가게 된다. 이 때 AP3의 송신 출력 또한 점차적으로 늘려나가게 된다. STA에서 AP1으로부터 받는 신호 세기가 핸드오프를 실행하기 위한 임계값에 도달하였을 때 주변을 스캐닝하게 되고, 주변을 스캐닝한 결과값에 따라서 AP2,

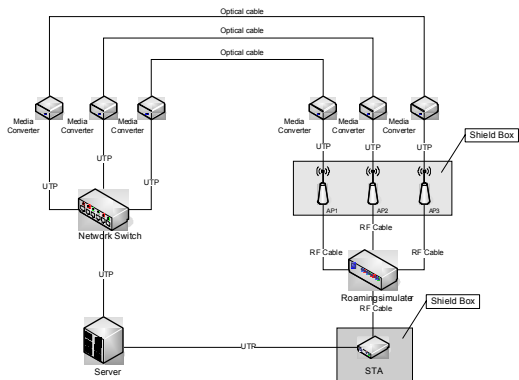


그림 2. 시험을 위한 네트워크 구성

AP3의 존재를 알게 된다. AP2의 신호 세기가 AP3의 신호 세기보다 크기 때문에 AP2를 선택하게 되고, AP2로 접속하게 된다. 똑같은 진행 과정을 거치면서 AP2에서 AP3로 이동하게 되며, 이 때 AP3와 AP1을 비교하게 되어 AP3를 선택하고 AP3와 접속하게 된다.

본 실험은 핸드오프 과정 중 STA와 서버간의 통신이 끊기지 않음을 확인하기 위함이고, 테스트를 위해 Chariot 프로그램에서 제공하는 response\_time.scr 이라는 Script를 사용하였다. 본 실험에서는 데이터 통신을 양방향으로 설정하기 위해 서버에서 STA로 STA에서 서버로 동시에 데이터를 전송하도록 하였다.

#### 3.2 실험결과

그림 3에서는 일반 무선랜 카드의 전송율과 응답 시간을 나타내고 있으며, 그림 4에서는 알고리즘이 적용된 STA의 전송율과 응답시간을 나타내고 있다.

두 개의 결과 그래프를 비교하면 약간 차이가 있지만, 핸드오프 결과 데이터를 비교하는데 있어 문제가 되지 않는다. 다음으로 핸드오프 성능을 확인하기 위해서 AP의 출력을 조정할 수 있도록 한 후에 두 제품간의 비교 시험을 하였다. 데이터의 측정은 10분간 진행하였으며 평균 20초 정도 마다 핸드오프가 발생하도록 되어 있다. Chariot 프로그램은 두 Endpoint 사이에서 일정 시간 동안 데이터의 송수신이 발생하지

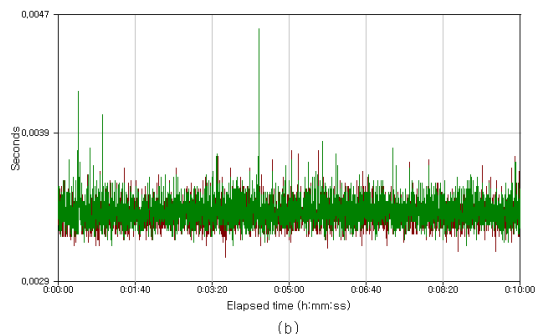
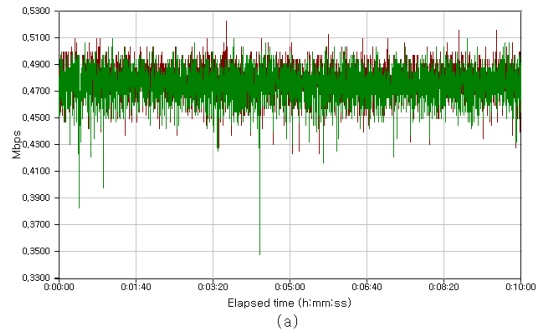


그림 3. 일반 무선랜 카드의 실험 결과 (a)전송률 (b)응답 시간

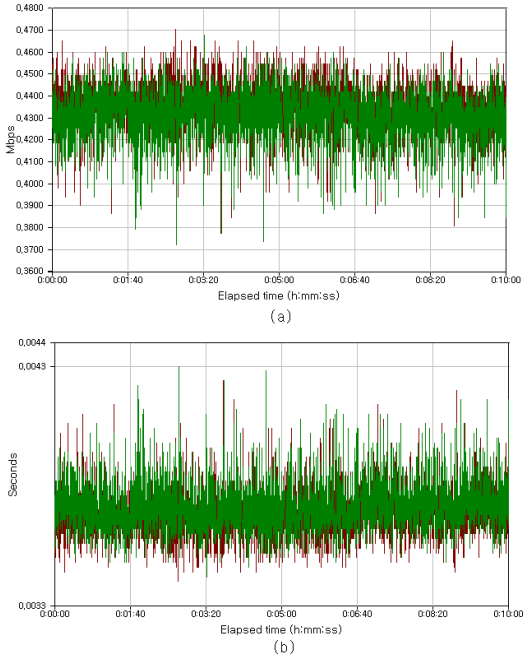


그림 4. 알고리즘이 적용된 STA의 실측 결과 (a)전송률 (b) 응답 시간

않을 경우 데이터 통신을 중단 시키게 된다. 즉, 송신 패킷에 대한 응답을 일정 시간 안에 보내지 않게 되면 Timeout이 발생하여 테스트를 종료하게 되어 있다.

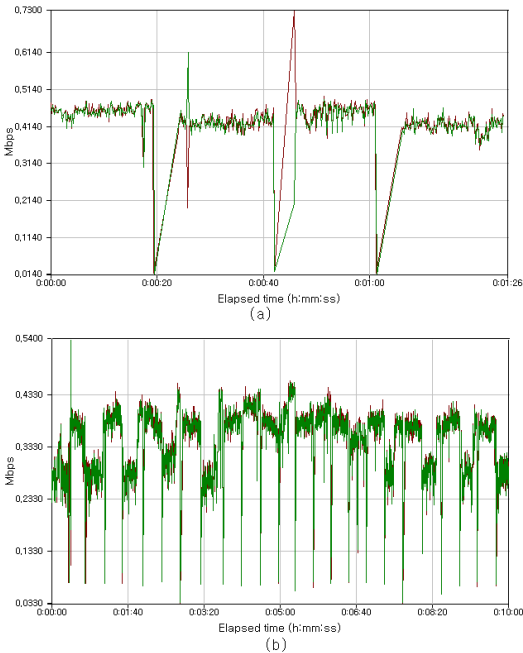


그림 5. 무선 환경이 변할 때 전송률 (a) 일반 무선랜 카드 (b) 알고리즘이 적용된 STA

그림 5 (a)는 일반 무선랜 카드의 전송률을 나타내고 있다. 세 번의 핸드오프가 발생한 후 약 1분 26초 후에는 링크가 단절이 되어 핸드오프가 정상적으로 이루어지지 않았으며, 링크 단절이 발생하였기 때문에 Timeout이 발생하여 테스트 진행 도중 프로그램이 종료되었다. 또한 링크 단절이 생긴 후 다시 링크가 연결이 이루어져 통신을 재개할 수 있을 때까지의 시간이 많이 소요되었다. 그림 5 (b)는 알고리즘이 적용된 STA 전송률을 그래프로 나타내고 있다. 테스트가 진행되는 10분 동안 정상적으로 진행이 되었으며, 약 20초마다 정상적으로 핸드오프가 수행되었다.

시험 결과에서 보듯이 핸드오프가 이루어지는 시점에서 짧은 단절이 생겼으나 핸드오프가 빠르게 이루어졌기 때문에 전송률의 손실이 훨씬 작아졌음을 알 수 있다.

그림 6은 응답 시간에 대한 그래프이다. 응답 시간은 송신측에서 데이터를 보냈을 때 그 응답을 받는 데 걸리는 시간을 의미한다. 이 시험을 통해 무선랜 단말이 핸드오프가 일어났을 때 핸드오프 지연 시간을 측정할 수 있다.

그림 6 (a)일반 무선랜 카드에서는 앞서 전송률을 나타낸 그래프에서처럼 통신 단절이 생겨 테스트 시간인 10분간의 테스트가 진행이 되지 않았으며, 응답 시간 또한 100ms가 넘어서는 그래프를 보이고 있다.

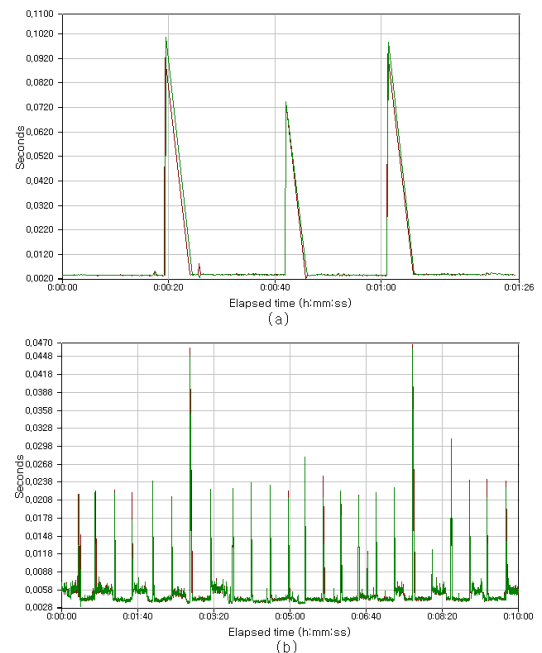


그림 6. 무선 환경이 변할 때 응답 시간 (a) 일반 무선랜 카드 (b) 알고리즘을 적용한 STA

그러나 (b)알고리즘이 적용된 STA에서는 10분간의 정상적인 테스트가 진행이 되었다. 또한 응답 시간이 (a)와 비교해서 좋아진 결과를 보이고 있으며, ITU-T G. 114에서 명시한 최대 핸드오프 지연 시간인 150ms안에 응답을 줌으로써 Seamless Streaming 서비스가 가능함을 알 수 있다<sup>6)</sup>. 전송률과 응답 시간의 두 가지 항목에 대한 비교를 통해서 제안된 알고리즘이 핸드오프 시 성능 개선을 가져왔음을 알 수 있었으며, 이는 무선랜 시스템에서 Seamless Streaming 을 제공할 수 있는 적합한 방안이 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

일반적인 무선랜은 셀룰러폰 시스템과 같이 완벽한 이동성을 보장하며 넓은 범위에서 서비스를 제공할 수는 없지만 제한한 알고리즘을 적용한다면 제한된 범위 내에서는 Seamless Streaming 서비스를 제공할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있다. 하지만 실제 현장에서 발생할 수 있는 Fading과 같은 주변 환경적 요소에 의해 무선 신호가 깨짐으로써 발생하는 재전송 문제나 AP의 Beacon 신호 등을 놓침으로써 발생하는 예외 상황 같은 경우에 대해서도 안정성을 확보하기 위한 좀 더 지속적인 연구가 필요할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] D. Johnson and C. Perkins, "Mobility support in IPv6" IETF draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, July 2004.
- [2] H. Soliman, C. Castelluccia, K. Mallki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," IETF draft, draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-07.txt, September 2003.
- [3] C. Perkins, "IP Mobility support for IPv4," RFC 3220, January 2002.
- [4] N. Montavont and T. Noel, "Handover management for mobile nodes in IPv6 networks," IEEE Communications Magazine, Vol.40, Issue 8, pp.38-43, August 2002.
- [5] S. Pack and Y. Choi, "Fast Handoff scheme based on mobility prediction in public wireless LAN systems," IEEE Proc. Communications, Vol.151, No.5, pp.489-496, October 2004.
- [6] Recommendation G.114-One-way transmission

time ITU, May 2003.

최 정 희 (Jung-Hee Choi)



정회원

1998년 2월 광운대학교 컴퓨터 공학과 학사  
2007년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사  
2009년~현재 C-motech 근무  
<관심분야> Wireless LAN, 차세대 통신망

민 상 원 (Sang-Won Min)



정회원

1988년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사  
1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
1996년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
1990년~1999년 LG 정보통신 선임연구원

1999년~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수  
<관심분야> 유무선통신망, IMS, 미래인터넷기술, 통신프로토콜, 공학교육