

무선랜에서 스트리밍 서비스를 위한 새로운 고속 핸드오프 알고리즘의 설계 및 구현

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

최정희

김기범

민상원

양훈기

(광운대 전자통신공학과, 박사과정) (광운대 전자통신공학과, 석사과정) (광운대 전자통신공학과, 부교수) (광운대 전파공학과, 정교수)

Key Words : Wireless LAN, Mobility, Handoff

목 차

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| I. 서론 | 1. 시험 환경 및 시나리오 |
| II. L2에서의 고속 핸드오프 방안 제안 | 2. 실험 결과 |
| 1. SIP 이동성에서의 handoff delay | IV. 결론 |
| 2. 제안하는 L2 고속 핸드오프 방안 | V. 참고문헌 |
| III. 성능 측정 및 분석 | |

I. 서론

무선랜 기술은 LAN의 장점과 제약 없는 연결성 제공이라는 편리성을 동시에 제공하고, 신뢰성 있는 데이터 전송, 설치의 용이성을 장점으로 갖고 있다. 그러나 전송 속도가 유선랜에 비해 느리고, 무선랜을 이용해 어플리케이션을 사용할 때 Link Mobility가 완전하게 지원되지 않아 무선랜 환경에서 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[1-4].

무선랜에서 핸드오프는 MN이 현재 연결된 AP의 주파수 범위를 벗어나서 새로운 AP의 BSS(Basic Service Set) 영역으로 들어갈 때나, 현재 접속되어 있는 AP로부터 받는 신호 세기가 약해져서 지속적인 연결이 이루어지지 않을 때 발생한다. 핸드오프 과정에서 데이터 패킷의 송수신이 이루어지지 않는 시간이 생기는데 이를 핸드오프 지연이라고 한다. 이러한 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 해결하기 위한 연구가 진행 중이며, 성능 향상을 위한 고속 핸드오프에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[5-7].

무선랜에서 MN은 링크 계층에서 단 하나의 AP와 결합할 수 있다. 무선랜에서 MN은 핸드오프 시에 새로운 네트워크

에 접근하기 위해 근접 AP중에서 하나의 AP를 선택하기 위해 IEEE 802.11 Control Frame인 Probe Request를 Broadcast 주소로 보낸다. Control Frame을 받은 모든 AP들은 MN에게 Probe Response로 응답하며, 이 Frame 안에는 BSSID(Basic Service Set Identification), SSID(Service Set Identification), 채널정보 등의 파라미터가 들어있다. 이러한 Control Frame의 교환을 통해서 MN은 가용한 AP의 리스트를 확보하며 이것을 스캔 절차라고 한다[8].

스캔 동작을 통해 확보된 AP의 리스트를 통해 MN은 가장 큰 신호 세기를 갖는 AP를 선택하며, 선택한 AP와 Probe Request/Response를 교환하여 동기화를 맞춘다. 그 이후에 네트워크 접근 권한을 검증하기 위한 인증과정을 수행한다. 마지막으로 연결과정을 통하여 AP에 MN의 정보를 등록하고 네트워크를 이용할 수 있다. 만약 MN이 이동하여 새로운 AP를 선택하게 되면 재인증과 재연결을 수행해야 한다. 그러나 이러한 이동성 지원은 기존에 접속되어 있던 AP와의 연결을 끊고, 이동한 지역의 AP와 새로운 연결을 맺기 때문에 지속적인 연결성을 제공하지 못하는 단점이 있다.

무선랜 환경에서 핸드오프 지연을 줄이기 위해 본 논문에서는 L2(Layer 2)에서의 고속 핸드오프 알고리즘을 제안하고 있으며, 제안한 알고리즘은 두 가지 문제점을 해결하기 위한 방안으로 구성되어 있다. 첫 번째는 핸드오프 과정을 시작하기 위해서 임계값을 무선 환경 변화에 맞추어 자동으로 조정하여 핸드오프 지연을 줄일 수 있도록 하고 있다. 두 번째 방안은 핸드오프를 위한 능동적인 스캔에서 무선랜 전체 채널을 스캔하는 방식이 아닌 일정한 채널 군으로 나누어

서 능동적인 채널을 스캔하는 것이다. 제안한 알고리즘을 적용한 장비의 경우 평균 50ms 내에 핸드오프 절차가 완료되는 것을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 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.

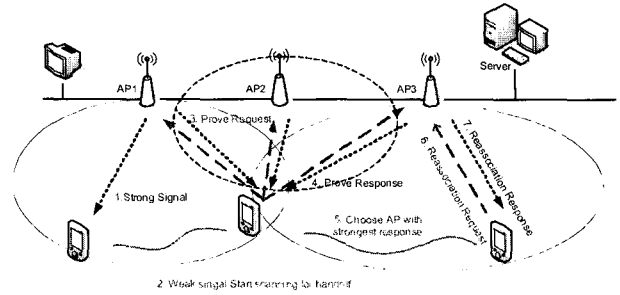


그림 1. 무선랜 핸드오프 과정

II. L2에서의 고속 핸드오프 방안 제안

1. 기존 무선랜 시스템에서 핸드오프 시 문제점

기존 무선랜에서는 현재 접속되어 있는 AP의 영역을 벗어나거나 수신 받는 현재 AP의 신호 세기가 고정된 임계값 이하의 값을 가지게 될 때 핸드오프 과정을 시작하게 된다. 그림 1은 무선랜 시스템에서 일반적으로 이루어지는 핸드오프 과정을 나타낸 것이다. STA가 현재 AP1의 영역에서 서비스를 받고 있다가 점차적으로 AP3 방향으로 이동을 한다고 가정하였을 때, STA에서는 점차적으로 AP1로부터 수신되는 신호 세기가 약해지게 된다. 수신 받은 신호 세기가 임계값 이하로 떨어지게 되었을 때 STA는 Broadcast 주소로 Probe Request를 보내게 된다. 이를 수신한 AP들은 응답으로 Probe Response를 보내며, STA는 이 응답을 받고서 BSS 리스트를 갖게 된다. 이 리스트 중에서 가장 신호 세기가 큰 AP로 접속을 시도하게 된다. 여기서는 AP3로부터 받은 신호 세기가 가장 크다고 가정하였고, 그래서 STA는 AP3로 접속하게 된다. 이후 STA는 AP3를 통해서 서비스를 제공받게 된다.

여기서 문제가 발생하는데, 첫 번째는 STA가 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 많은 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 발생할 수 있는 가능성이 커지게 된다. 무선 신호는 주변 환경에 따라서 불규칙적으로 계속 변하기 때문에 이런 핸드오프가 반복해서 일어날 수 있는 가능성은 매우 높다. 그림 2는 무선 신호가 변하는 상황에서 AP간 핸드오프가 자주 발생하는 지점을 나타낸 그림이다. 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.

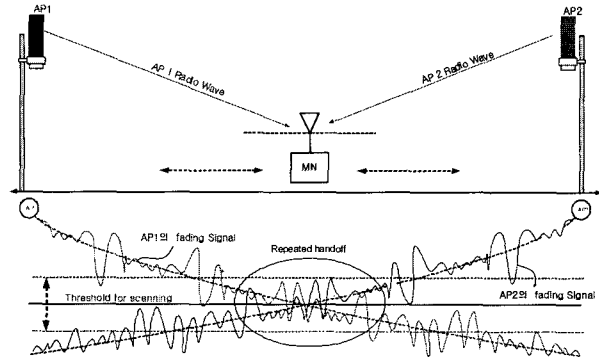


그림 2. 핸드오프가 반복되는 지점

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 현상이 발생할 수 있다. 그림 3은 기존의 무선랜 시스템에서 사용하고 있는 알고리즘 순서도이고, 그림 4는 제안하는 알고리즘의 순서도이다.

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. 이후 AP로부터 오는 Beacon으로부터 신호 세기를 체크하여 고정된 임계값 이하로 떨어지거나 링크가 단절되었을 때 전체 채널을 스캔하는 방식으로 동작을 한다. 제안하는 방안에서는 무선랜 단말이 최초로 전원이 인가되어 AP에 접속하기 위해서 무선랜 전체 채널을 스캔하게 된다. 스캔해서 얻은 BSS 리스트로부터 가장 신호 세기가 큰 AP

로 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 값이 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 설정하여야 한다.

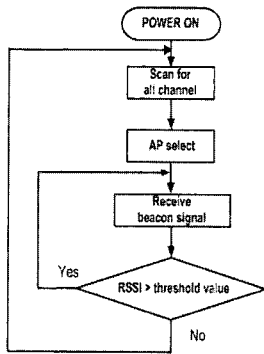


그림 3. 기존 무선랜 시스템에서 핸드오프 알고리즘

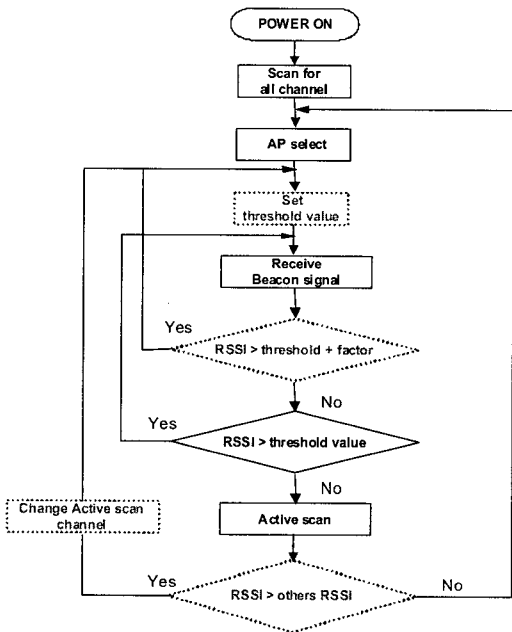


그림 4. 제한하는 핸드오프 알고리즘

신호 세기가 임계값 이하로 떨어지면 핸드오프를 시작하며 제일 먼저 주변 AP를 검색한다. 이 때 검색된 리스트로부터 가장 큰 신호 세기의 AP가 존재할 때 새로운 AP로 접속을 하며, 이후 과정은 앞서 설명한 과정을 반복한다. 하지만 검색된 리스트 중에서 가장 큰 신호 세기를 가진 AP보다 접

속되어 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 주변AP들의 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.

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 된다. 그림 5는 무선랜 채널을 나타낸 것이다. 그림에서 나타난 것처럼 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.

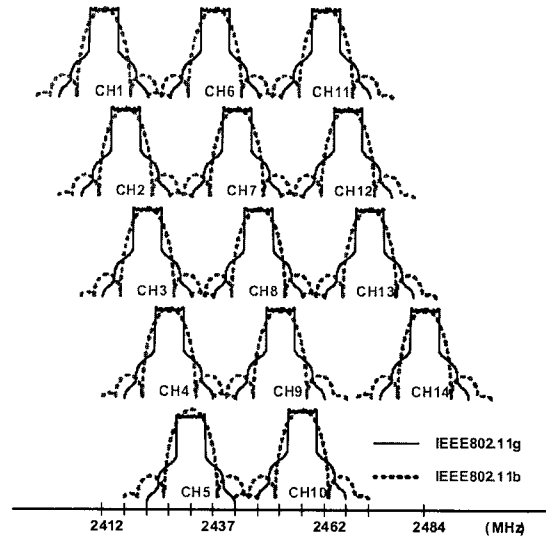


그림 5. IEEE 802.11b/g에서의 무선랜 채널

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 4개

의 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.

새로운 AP로 접속을 하면서 이전 채널을 저장하는 이유는 앞서 설명한 것처럼 무선랜 AP가 설치되어 있는 곳은 한정된 곳이고, 따라서 무선랜 단말의 이동 범위의 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

1. 시험 환경 및 시나리오

시험을 위한 네트워크는 그림 6과 같이 구성하였으며, 실험은 서버와 STA사이에서 패킷을 전송하도록 구성하였다. 패킷을 전송하는 프로그램은 Chariot을 사용하였다. Chariot 프로그램은 두 Endpoint 사이에서 데이터를 주고받음으로써 두 Endpoint 간의 전송율과 응답 시간 등을 얻을 수 있는 프로그램이다[17].

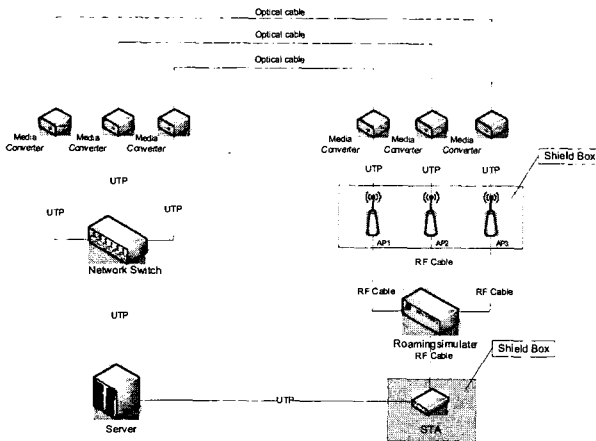


그림 6. 시험을 위한 네트워크 구성

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 발

생할 수 있도록 하기 위함이다. 그림 7은 제어 프로그램을 통해서 AP의 출력이 변화를 나타낸 그림이다.

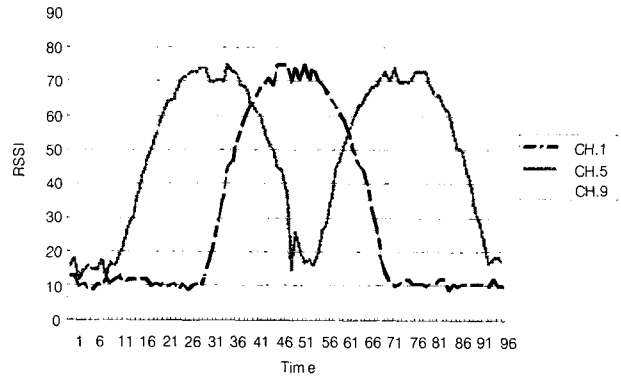


그림 7. 시뮬레이터에 의해 조절된 AP 출력 변화

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

2. 실험 결과

본 실험은 PC에 Chariot 프로그램을 설치하여 서버와 통신하도록 하고, 시뮬레이터를 통해서 AP의 출력을 제어, 핸드오프가 지속적으로 발생할 수 있게 한 후 Chariot 프로그램을 통해 데이터를 측정하였다. 실험 순서는 일반적인 무선랜 카드와 제안한 알고리즘을 적용한 STA의 데이터를 측정하여 그 값을 통해 성능을 비교할 수 있도록 하였다. 핸드오프 성능을 확인하기 위한 시험에 앞서 두 제품이 핸드오프가 발생하지 않는 일반적인 상태에서의 실험을 수행하였다. 그림 8에서는 일반 무선랜 카드의 전송율과 응답시간을 나타내고 있으며, 그림 9에서는 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 조절할 수 있도록 한 후에 두 제품 간의 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 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 10 (a)는 일반 무선랜 카드의 전송률이고, (b)는 알고리즘이 적용된 전송률 그래프를 나타내고 있다. 그림 10 (a)에서 보는 바와 같이 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 종료되었

다. 또한 링크 단절이 생긴 후 다시 링크가 연결이 이루어져 통신을 재개할 수 있을 때까지의 시간이 많이 소요되었다.

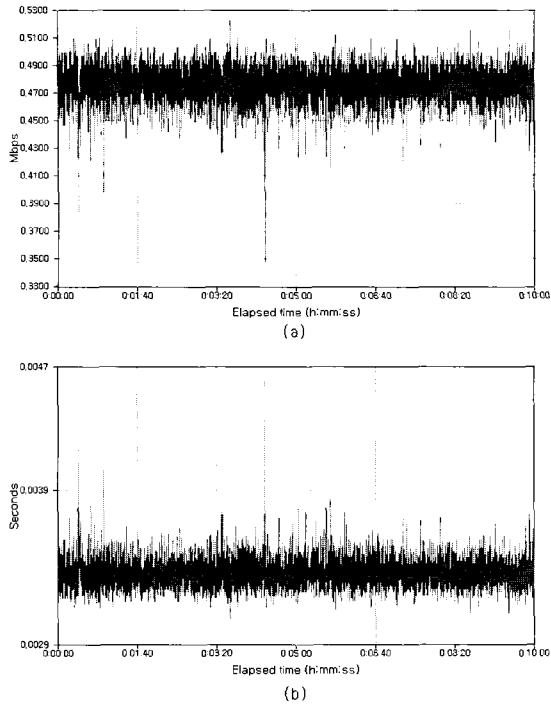


그림 8. 일반 무선랜 카드의 실측 결과
(a)전송률 (b)응답 시간

이 생겼으나 핸드오프가 빠르게 이루어졌기 때문에 전송율의 손실이 훨씬 작아졌음을 알 수 있다.

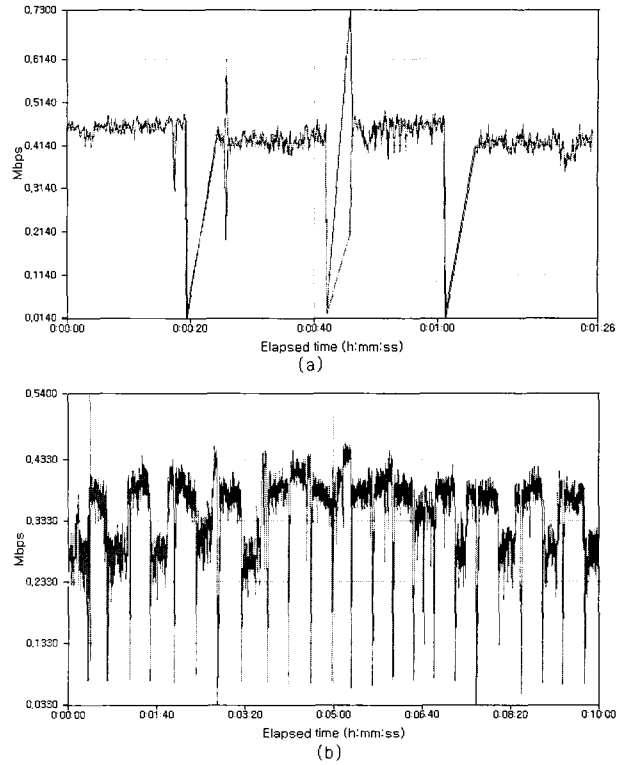


그림 10. 무선 환경이 변할 때 전송률
(a) 일반 무선랜 카드 (b) 알고리즘이 적용된 STA

그림 11은 응답 시간에 대한 그래프이다. 응답 시간은 송신측에서 데이터를 보냈을 때 그 응답을 받는데 걸리는 시간을 의미한다. 이 시험을 통해 무선랜 단말이 핸드오프가 일어났을 때 핸드오프 지연 시간을 측정할 수 있다. 그림 11 (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. 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. 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.

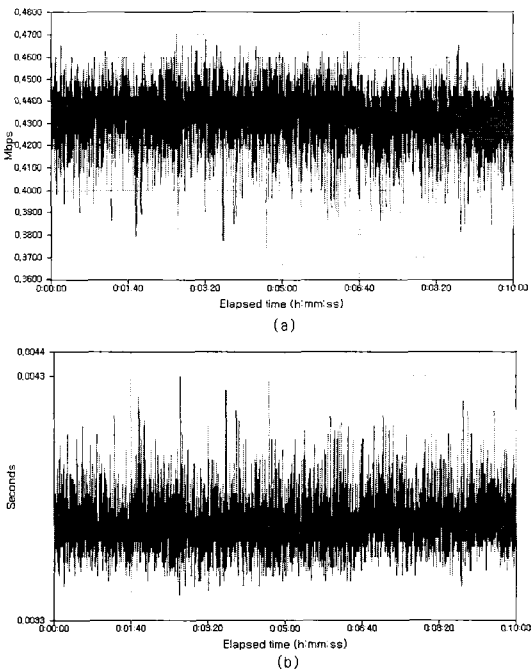


그림 9. 알고리즘이 적용된 STA의 실측 결과
(a)전송률 (b)응답 시간

그림 10 (b)에서 알 수 있듯이 알고리즘이 적용된 STA에서는 테스트가 진행되는 10분 동안 정상적으로 진행이 되었으며, 약 20초마다 정상적으로 핸드오프가 수행되었다. 시험 결과에서 보듯이 핸드오프가 이루어지는 시점에서 짧은 단절

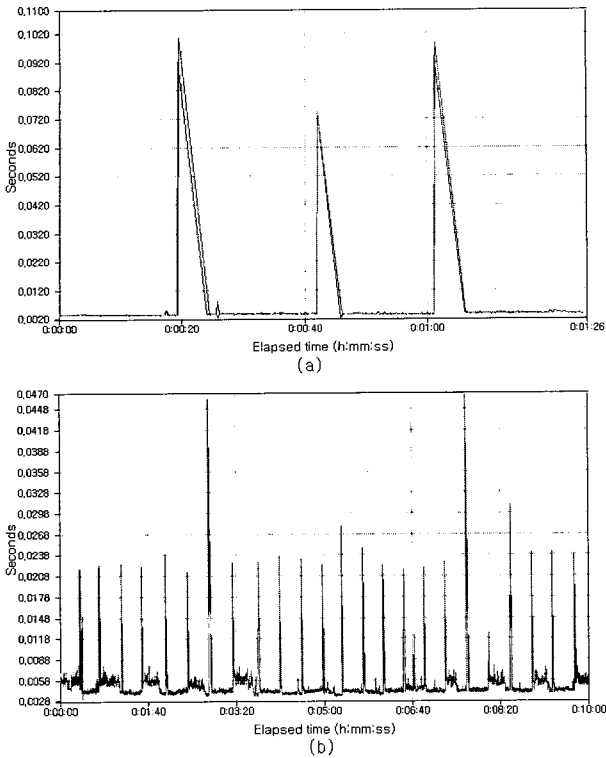


그림 11. 무선 환경이 변할 때 응답 시간
(a) 일반 무선랜 카드 (b) 알고리즘을 적용한 STA

IV. 결론

과거 무선랜은 속도가 느렸으나 현재는 300Mbps의 속도를 지원할 수 있는 무선랜 제품이 속속 개발되고 있다. 따라서 속도가 느려 지원할 수 없었던 많은 서비스들이 이제는 무선랜을 통해서도 제공 받을 수 있게 되었다. 하지만 이동성에 대한 제약으로 인해서 많은 서비스를 제공하는데 있어서는 제약을 받고 있다. 따라서 무선랜에서 이동성을 제공하기 위한 핸드오프에 대한 연구는 현 시점에서 가장 필요한 연구가 될 수 있다. 일반적인 무선랜은 셀룰러 시스템과 같이 완벽한 이동성을 보장하며 넓은 범위에서 서비스를 제공할 수는 없다. 하지만 제안한 알고리즘을 적용한다면 제한된 범위 내에서는 Seamless Streaming 서비스를 제공할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜 시스템에서 Seamless Streaming 서비스를 지원할 수 있는 효율적인 고속 핸드오프 알고리즘을 제안하였다. 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.

참고문헌

[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-mip6-07.txt, September 2003.

[3] A. Stephane, A. Mihailovic, and A. H. Aghvami, "Mechanisms and hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks," IEEE Communication Magazine, Vol 38, No. 11, pp. 112-115, November 2000.

[4] C. L. Tan S. Pink and K. M. Lye, "A Fast Handoff Scheme for Wireless Networks," 2nd ACM International Workshop on Wireless Mobile Multimedia, August 1999.

[5] C. Perkins, "IP Mobility support for IPv4," RFC 3220, January 2002.

[6] 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.

[7] 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.

[8] IEEE Std 802.11b-1999, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Higher-Speed Physical Layer Extension in The 2.4Ghz Band", September 1999.

[9] Y. Hong, K. Lee, M. Shin and H. Kim, "The trend of IETF technology for Fast Handover in Mobile IPv6," ETRI journal, October 2003.

[10] J. Choi, D. Shin and W. Haddad, "Fast Router Discovery with L2 support," IETF Internet Draft, draft-ietf-dna-frd-02.txt, work in progress, August 2006.

[11] V. Christian and M. Zitterbart, "Efficient and Scalable, End-to-End Mobility Support for Reactive and Proactive Handoffs in IPv6," IEEE Communication Magazine, Vol. 44, No. 6, pp. 74-82, June 2006.

[12] J. Mannet and M. Kojo, "Mobility Related Terminology," IETF Ineternet Draft, draft-ietf-dna-hosts-03.txt, work in progress, May 2006.

[13] Recommendation G.114 - One-way transmission time, ITU, May 2003.

[14] C. Smith and D. Collins, 3G Wireless Networks, McGraw-Hill, 2002.

[15] C. Smith, J. Meyer, 3G Wireless with WiMAX and Wi-Fi : 802.16 AND 802.11, McGraw-Hill, 2005.