DBpia

무선 랜에서 멀티미디어 스트리밍을 위한 응용 인지 기반 고속 핸드오버

종신회원 박 종 태*, 정회원 나 재 욱*, 준회원 윤 성 화*, 오 경 윤*

Application-Aware Fast Handover for Multimedia Streaming Service in Wireless LAN

Jong-Tae Park* ***Lifelong Member***, Jae-Wook Nah* ***Regular Member***,
Sung-Hwa Yun*, Kyung-Yoon Oh* ***Associate Members***

요 약

무선 랜에서 VoIP, 비디오/오디오 스트리밍, 그리고 비디오 화상 회의 서비스 등 실시간 멀티미디어 서비스를 위해 QoS를 보장하는 핸드오버를 제공하는 것이 중요한 연구 분야로 부각되고 있다. 본 논문에서는 무선 랜에서 실시간 멀티미디어 서비스의 QoS 보장을 위한 효율적인 링크 계층 핸드오버 방법을 제시한다. 제안된 핸드오버 방법은 응용 프로그램의 종류와 무선 네트워크의 환경에 따라 능동적 탐색 주기와 탐색 채널의 수를 동적으로 적용할 수 있어서 응용 서비스의 품질 저하를 막고 시그널링 오버헤드를 최소화 할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 제안된 방법에 대한 검증을 하였으며, 그 결과 제안된 핸드오버 방법은 실시간 멀티미디어 응용 서비스에 따라 효율적인 능동 탐색 절차를 수행하면서 해당 응용 서비스의 QoS를 보장해 줄 수 있음을 알 수 있었다..

Key Words : Application-Aware Handover, Wireless LAN Handover, Handover Latency Minimization, Cross-Layer Optimization

ABSTRACT

Providing handover with guaranteed QoS for real-time multimedia service such as VoIP, video/audio streaming, and video conferencing in wireless LAN is a challenging task. In this paper, we present efficient layer 2 handover mechanism in wireless LAN, which can provide fast handover with guaranteed QoS for real-time multimedia service. To this end, the scanning period and the number of channels per scanning for handover are dynamically adapted to the type of applications and wireless networking environment, so that both the degradation of application service quality and signaling overhead are minimized simultaneously. The performance of the proposed mechanism is verified by the simulation. The simulation results show that the proposed mechanism guarantess QoS of each multimedia application with minimal power consumption.

Ⅰ. 서 론

IEEE 802.11[1] 기반의 무선 랜은 저렴한 비용과 높은 대역폭 때문에 전 세계에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있다. 멀티미디어가 포함된 현재의 웹이나 , VoIP (Voice over Internet Protocol), 비디오/오디

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-(109008040002-0001000100100))
* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보통신망 신기술 연구실
(jtpark@ee.knu.ac.kr, jwnah@ee.knu.ac.kr, shyun@ain.knu.ac.kr, kyoh@ain.knu.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-06-288, 접수일자 : 2008년 6월 26일, 최종논문접수일자 : 2008년 10월 9일

www.dbpia.co.kr

오 스트리밍, 화상 회의, IPTV (Internet protocol TV) 같은 실시간 멀티미디어 서비스는 최근의 IEEE 802.11n[2] 표준에 의해 더욱더 보편화되고 있다. 그렇지만 IEEE 802.11 기반 무선 랜의 제한된 무선 영역은 사용자가 무선 랜의 무선 접속점 사이를 이동하는 동안 서비스 중단이나 품질 저하의 문제를 초래할 수 있다. 이는 무선 접속점이 가지는 약 30m 정도의 작은 무선 영역 때문인데 단말이 이동함에 따라 빈번한 핸드오버가 발생하는 원인이 된다. 또한 IEEE 802.11 표준의 핸드오버 지연 시간은 수 백 ms 이상이기 때문에 VoIP 같은 실시간 멀티미디어 응용이나 멀티미디어 스트리밍 응용 서비스의 단절이나 품질 저하를 초래한다.

핸드오버 지연 시간은 세 가지로 분류 된다 (탐색, 인증, 재결합)[3]. 이 중 탐색 지연 시간은 전체 핸드오버 지연 시간의 대부분을 차지한다. 따라서 응용 서비스 단절 및 품질 저하 방지를 위해서는 능동탐색 지연 시간을 줄일 수 있는 메커니즘이 필요하다. 이를 위해 Proactive 탐색[4], Smooth 탐색[5], SyncScan[6] 등과 같은 사전 능동 탐색 기법 연구되고 있다. Proactive 탐색, Smooth 탐색, SyncScan 등의 알고리즘들은 대부분 핸드오버가 발생하기 전에 인접한 무선 접속점 정보를 얻는 make-before-break 원리를 사용한다. 그러나 탐색 절차에 의해 발생하는 부가적인 전력 소비 오버헤드를 고려하지 않고 주로 링크 계층 핸드오버 지연 시간을 줄이는 것에 중점을 두었다. 또한 위의 연구들은 다양한 네트워크 환경에서 응용 서비스의 QoS (Quality of Service) 특성들도 고려하지 않았다. 따라서 이 알고리즘들은 핸드오버 지연, 패킷 손실, 시그널링 오버헤드에 대해 효율적이지 못하다.

본 논문에서는 무선 랜 환경에서 실시간 멀티미디어 서비스를 위해 다양한 멀티미디어 응용에 따라 QoS를 보장하고 전력 소비 오버헤드를 줄일 수 있는 효과적인 링크 계층 고속 핸드오버 방법을 제안한다. 이를 위해 본 논문에서는 핸드오버 시 무선 접속점 탐색 주기와 탐색할 채널의 수를 응용프로그램의 서비스 종류와 무선 네트워크 환경에 따라 동적으로 적용하여 응용프로그램 서비스 품질의 저하 방지와 시그널링 오버헤드를 최소화 시켰다. 본 논문에서 제안하는 응용 인지 기반 고속 핸드오버 기법은 다양한 실시간 멀티미디어 응용의 QoS를 보장하기 위해 응용 종류에 따라 동적으로 능동 탐색 방법을 적용하는 링크 계층 핸드오버 절차이며 이러한 방법으로 제안된 관련 연구는 거의 존재하지 않는다.

본 논문에서 제안한 응용 인지 기반 고속 핸드오버 구조는 응용의 종류와 응용의 버퍼 상태 정보를 기반으로 사전 탐색을 탄력적으로 운용하는 효율적인 핸드오버 방법이다. 본 논문에서 제안된 응용 인지 기반 고속 핸드오버는 응용의 종류에 따라 버퍼에 적재되는 데이터의 양과 응용으로 전송되는 데이터 양, 그리고 응용 서비스 단절이 일어나지 않는 최소 데이터 양을 결정한다. 그리고 각 정보들을 바탕으로 응용 서비스의 품질 저하와 서비스 단절을 방지할 수 있는 시간 동안 수행할 사전 탐색의 주기와 일 회 사전 탐색에서 탐색할 채널의 수를 결정하여 사전 탐색을 실행하게 된다. 이러한 핸드오버 구조는 IEEE 802.11 표준 핸드오버 보다 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실 측정에서 월등한 성능을 보였으며 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에서도 서비스 품질을 만족시킬 수 있는 수준이었다. 또한 응용의 종류에 따라 사전 탐색의 방법을 달리함으로써 반복적인 사전 탐색으로 인한 탐색 오버헤드를 줄이고 전력 손실을 최소화 할 수 있었다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 먼저 Ⅱ장에서는 관련 연구를 소개하고 Ⅲ장에서는 제안한 핸드오버 알고리즘을 설명한다. 그리고 Ⅳ장에서는 제안한 알고리즘에 대한 시뮬레이션을 통한 평가를 하고 그 결과를 분석한다. 그리고 마지막으로 Ⅴ장에서는 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

표 1은 탐색 지연 시간을 줄이기 위한 고속 핸드오버 방법을 비교 분석한 것이다. “사전 탐색” 은 핸드오버 절차 수행 전에 이동 단말이 채널 (부분

표 1. 핸드오버 지연시간 감소 기법 비교

종류 / 특성	IEEE 802.11 표준	SyncScan[6]	Selective Scan[11]	Neighbor Graph[10] 사용	위치기반[11]
사전 탐색	×	○	×	×	×
핸드오버 수행 간 탐색 여부	전 채널 탐색	수행 않음	부분 채널 탐색	부분 채널 탐색	수행 않음
핸드오버 지연 시간	느림	빠름	빠름	보통	빠름

www.dbpia.co.kr

또는 전체)을 탐색하는 것을 의미 한다. "핸드오버 수행 간 탐색 여부" 는 핸드오버 절차 중에 이동 단말이 주변 무선 접속점을 탐색하는지를 의미한다. 그리고 핸드오버 절차 수행 중 무선 접속점 탐색을 수행한다면 전체 채널에 대한 탐색을 수행하는지 아니면 일부 채널에 대한 탐색을 수행하는지를 나타낸다. "핸드오버 지연시간" 은 이동 단말이 이전의 무선 접속점에서 새로운 무선 접속점으로 재접속 절차가 완전히 수행되는 동안 발생하는 지연 시간을 의미한다.

무선 랜에서 핸드오버 절차는 탐색, 인증, 결합의 3가지 단계로 구성 된다. 탐색(channel discovery) 단계는 핸드오버 절차에서 핸드오버 지연 시간의 90% 정도를 차지하는 한다[3]. 이러한 이유 때문에 핸드오버 시에 탐색 지연 시간을 줄이기 위한 많은 연구가 진행되어 왔으며 크게 능동적 탐색과 수동적 탐색 두 부분으로 구분 할 수 있다. 능동적 탐색은 이동 단말이 신호 강도 또는 신호 대 잡음비(SNR)를 얻기 위해 주위의 무선 접속점들에게 프로브 요청(Probe Request) 메시지를 보낸다. 수동적 탐색에서는 이동 단말은 무선 접속점이 주기적으로 브로드캐스트 하는 비컨 (beacon) 메시지로 부터 핸드오버에 필요한 신호 세기 정보를 얻는다. 수동적 탐색의 비컨 메시지 전송 주기(약 100ms에서 1sec)는 매우 크기 때문에[7] 실시간 멀티미디어 응용 서비스일 경우 고속 핸드오버를 위해 보통 능동 탐색 방법을 사용한다[3]. 예를 들어 VoIP 서비스를 위해서는 종단 간 핸드오버 지연 시간은 400ms 보다 작아야 한다[8]. IEEE 802.11 표준에 의하면, 11개(또는 13개)의 채널이 존재하고 하나의 채널에 대한 탐색을 수행하는데 소요되는 시간은 20~60ms 정도이며[3] 전체 채널 탐색 시간은 약 200ms 이다. 이 시간은 VoIP와 같은 핸드오버 지연 시간에 민감한 멀티미디어 응용에 있어서는 매우 큰 시간이므로 응용 서비스가 단절되거나 서비스 품질 저하 문제가 발생할 수 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해서는 핸드오버 지연시간의 대부분을 차지하는 능동 탐색 시간을 줄여야 하며 이를 줄이기 위해 핸드오버 전에 이웃하는 무선 접속점의 정보를 사전 탐색하는 핸드오버 방법들이 연구되고 있다.

동적인 능동 탐색 방법으로 일부 채널을 탐색하는 선택적인 채널 탐색 알고리즘[9]을 사용할 수도 있다. 하지만 캐쉬 기반 선택적 채널 탐색 방법에서 캐쉬 누락은 핸드오버를 수행함에 있어서 치명적인 문제가 된다. 또다른 방법으로는 네이버 그래프(Neighbor graph)라는 데이터 구조를 정의하여 이용하는 고속 핸드오버 알고리즘[10]이 있다. 이 방법은 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위해 이동 단말의 이동성 토폴로지 구성하여 사용한다. 이동성 토폴로지를 저장하기 위해서는 네이버 그래프라는 데이터 구조를 이용하는데, 만약 실제 핸드오버 할 무선 접속점이 네이버 그래프의 후보 무선 접속점이 아닌 경우에는 캐쉬 누락 문제가 발생할 수 있는데 이는 치명적인 문제가 된다.

위치 기반의 핸드오버 방법은 이동 단말이 핸드오버를 수행할 때 다음 접속할 무선 접속점을 선택하는데 있어서 위치 정보를 기반으로 동작을 수행한다. 하지만 이러한 방법을 사용하기 위해서는 GPS와 같은 위치 감지를 위한 부가적인 장치가 이동 단말에 부착되어야 한다.

IEEE 802.11k에서는 네이버 리포트를 이용해 현재 무선 접속점과 인접한 무선 접속점의 정보를 이동 단말에게 제공한다. 이동 단말은 이 정보를 이용하여 무선 접속점이 존재하는 채널들에 대해서만 탐색을 수행하는 선택적 채널 탐색을 수행한 후 신호 강도와 신호 대 잡음비 및 무선 접속점의 접속 단말 수 등을 고려하여 가장 우수한 무선 접속점을 다음에 접속할 무선 접속점으로 선택하게 된다. 따라서 IEEE 802.11k를 이용한 선택적 채널 탐색 방법은 핸드오버 시 능동 탐색 지연시간을 줄일 수 있으며 가장 최적화된 무선 접속점에 접속할 수 있다. 하지만 이 방법은 기존에 사용 중인 무선 접속점을 그대로 사용할 수 없기 때문에 장비 교체가 필요하고 무선 접속점들이 밀집된 주요 도시나 실내 환경에서는 적합하지 않다.

최근에 기존의 IEEE 802.11 표준의 수정을 필요로 하지 않는 또 다른 링크계층 고속 핸드오버 기술들이 연구되었다. 이는 Proactive 탐색[4]과 Smooth 탐색[5]이다. 이 두 가지 방법들은 이동 단말이 이동하는 동안 사전에 인접하는 무선 접속점의 정보를 수집하기 사전 부분 탐색 방법을 사용한다. 그리고 핸드오버 시 사전 부분 탐색에 의해 수집된 주변 무선 접속점 정보를 바탕으로 능동 탐색 절차없이 인증 및 접속을 하게 된다. 그러나 이러한 방법들은 전체 채널의 정보를 수집하기 위해 응용의 종류와는 상관없이 잦은 사전 부분 탐색을 수행하므로 핸드오버 준비를 위해 많은 전력 소비와 패킷 손실을 초래할 수 있다. 더욱이 이러한 방법들은 핸드오버를 수행하는 동안 멀티미디어 응용 프로그

www.dbpia.co.kr

램에 대한 QoS 제약을 고려하지 않는다.

링크 계층 고속 핸드오버 연구에서 앞서 살펴 본 기존의 연구들은 상위 응용의 특성과 네트워크의 QoS 제약을 다양하게 반영 하지 못하고 있다. 따라서 핸드오버를 준비하거나 수행하는 동안 응용 서비스가 단절되거나 품질이 저하 될 수 있으며 잦은 부분 사전 탐색으로 인한 패키 손실, 전력 소비 오버헤드 등을 초래할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 응용 인지 기반 고속 핸드오버 방법은 응용과 링크 계층을 직접 접속시킴으로서 가능하다. 이러한 크로스 레이어 구조는 계층들 사이에서 의존성과 상호작용을 고려하는 구조보다 새로운 패러다임으로 계층의 경계를 가로질러 해당 계층에 직접 접근하는 방법으로 최적화를 제공한다[12][13]. 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 크로스 계층 설계에서 이전의 연구 결과들 대부분은 주로 응용 서비스의 QoS 파라미터들을 최적화하거나 혹은 데이터 전송을 위한 MAC (Media Access Control) 계층 프로토콜 파라미터에 초점을 맞춰 왔다. 예를 들면 [14]에서 크로스 계층을 스케줄링 하는 구조는 적합한 조절과 코딩에 의해 제안되어 왔으며, [15][16]에서 응용 계층에 적용한 메커니즘들은 무선 비디오 스트리밍에 대한 저 지연 전송을 위해 에러 수정 프로토콜과 하위 계층의 데이터 전송 메커니즘을 결합하였다. 현존하는 2계층 고속 핸드오버 기법들은 본 논문에서 제안하는 응용 인지 기반 고속 핸드오버와 같이 응용 계층의 QoS 파라미터와 링크 계층 시그널링 동작을 직접적으로 연결하여 이용하는 이른바 크로스 레이어 최적화 기법을 사용한 예가 없다.

Ⅲ. 응용 인지 고속 핸드오버 모델

3.1 배경 이론

그림 1은 이동 단말이 현재 접속된 무선 접속점에서 다음에 접속 할 무선 접속점으로 이동할 때, 각각의 신호강도, 핸드오버 준비 임계값인 Tp, 핸드오버 실행 임계값인 Ts의 변화를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 응용 인지 기반 고속 핸드오버 알고리즘에서는 이동 단말의 움직임에 따라 현재 접속된 무선 접속점에서 측정한 신호강도가 Tp값 이하로 떨어지면 미리 핸드오버를 준비한다.

만약 현재 접속된 무선 접속점에서의 신호강도가 Tp보다 낮아지고, 다음에 접속할 무선 접속점에서의 신호강도가 Ts 이상이면 이동 단말은 현재의 무선

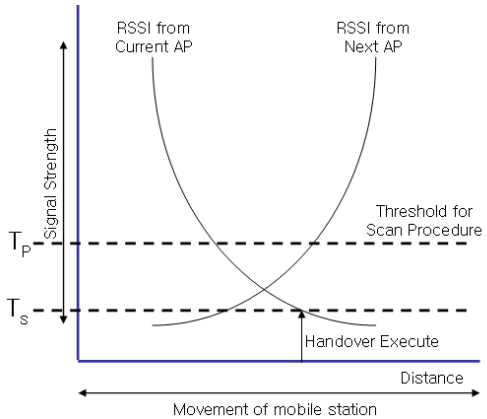


그림 1. 핸드오버 결정 방법

접속점에서 다음 무선 접속점으로 핸드오버를 수행한다. 상세한 알고리즘은 이후에 설명하도록 한다.

능동적 탐색에서 이동 단말은 인접한 무선 접속점의 정보를 얻기 위해 주기적으로 프로브 요청 메시지를 주변 무선 접속점들에게 전송한다. 무선 접속점에서 보내는 프로브 응답 메시지는 무선 접속점의 SSID와 MAC 주소, 그리고 인증과 관련된 정보들을 포함하고 있다.

제안한 알고리즘에서는 현재 접속된 무선 접속점의 신호강도가 Tp 이상이면 이동 단말은 이동 단말 주변의 무선 접속점 탐색을 수행 한다. 이는 만약 현재 접속한 무선 접속점의 신호 강도가 매우 약해지면 이동 단말이 신속하게 이웃 무선 접속점 목록에 있는 최적 조건의 무선 접속점으로 접속점을 변경할 수 있게 한다. 다시 말해, 이동 단말은 복구 가능한 네트워크 기술 (restorable network technology)에서 자주 이용되는 make-before-break의 원리를 이용하는 것이다.

3.2 응용 인지 고속 핸드오버 구조

앞에서 살펴본 바와 같이 멀티미디어 응용프로그램의 QoS보장을 위한 탐색 주기의 조정과 같은 링크 계층 핸드오버 메커니즘에 관해서는 연구가 이루어 지지 않았다. 사실 스트리밍 서비스의 서비스 품질에 있어 사전 탐색 단계에서 일시적인 채널 변경으로 인해 링크 계층의 연결이 몇 초간 끊어진다 하더라도 서비스 품질 측면에서는 대부분의 경우 사용자가 수용 가능한 정도이다. 따라서 주기적인 사전 탐색 동작으로 인해 링크 계층의 연결이 간헐적으로 끊어지더라도 멀티미디어 스트리밍 응용서비스의 서비스 품질이 저하되지는 않는다. 이는 응용

www.dbpia.co.kr

프로그램의 버퍼가 링크 계층의 연결이 끊긴 동안에도 지속적인 서비스를 제공 할 만큼의 충분한 멀티미디어 데이터를 저장하고 있기 때문이다. 하지만 VoIP 서비스의 경우 실시간이므로 버퍼에 미리 적재되는 데이터가 스트리밍 응용에 비해 극히 적어 VoIP 서비스의 경우 핸드오버 지연 시간에 민감할 수 밖에 없다.

이 장에서는 응용의 종류와 버퍼의 상태 정보를 기반으로 한 응용 인지 기반 고속 핸드오버의 구조를 제시 할 것이다.

그림 2는 멀티미디어 스트리밍 응용 프로그램에서 이동 단말의 버퍼 구조를 나타낸다. 이동 단말은 일정량의 데이터가 버퍼에 저장된 후 스트리밍 데이터의 재생을 시작한다. 서비스가 시작된 후, 네트워크에서 전송되는 데이터는 F(t)의 비율로 지속적으로 버퍼에 저장되므로 서비스는 중단되지 않고 제공된다. 여기서 F(t)는 Fill Rate를 말하며, 이는 단위 시간동안 응용 프로그램의 버퍼에 도착하는 데이터의 양을 나타낸다.

그림 2에서 D는 단위 시간동안 버퍼에서 응용으로 전송되는 데이터의 양이다. 즉, F(t)는 입력 비율이라 하고 D는 출력 비율이라 할 수 있다. 그러므로 F(t)는 패킷 지연 및 네트워크 대역폭과 같은 네트워크 상황에 의존적이며 시간에 따라 변화함을 나타내지만 D는 고정적이고 시간에 독립적이라는 것을 알 수 있다. Q(t)는 시간 t에서 응용프로그램 버퍼의 pre-fetched 데이터양을 정의한다. 따라서 응용프로그램 버퍼에 저장된 Q바이트의 선행 저장 데이터가 재생되는 동안은 링크 계층의 연결이 끊어지더라도 서비스의 중단 없이 응용프로그램이 지속적으로 재생될 수 있다. 그 결과 스트리밍 프로토콜을 사용하는 멀티미디어 응용프로그램의 응용프로그램 중단 허용시간 (Application Interrupt Allowance Time : AIAT) 최대값은 Q/D초가 된다. 본 논문의

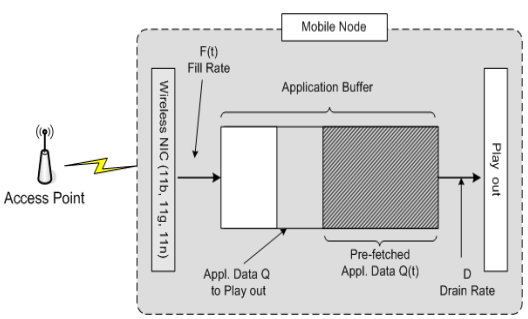


그림 2. 멀티미디어 스트리밍을 위한 응용 버퍼 구조

표 2. 응용 중단 허용 시간(AIAT)

응용 종류	프로토콜	AIAT
저장형 멀티미디어 스트리밍	RTSP	2 ~ 5 (sec)
VoIP	RTP, H.323	20 ~ 50 (ms)
비디오 컨퍼런싱	HTTP	50 (ms)

알고리즘에서는 Q/D는 T로 표시한다. 무선 랜 환경에서 이동 단말의 응용프로그램 중단 허용시간의 최대 값을 T로 표시한다.

표 2는 핸드오버에 의해 링크 계층이 일시 단절된다 하더라도 응용 서비스의 품질에 영향을 주지 않는 AIAT를 보여준다. RTSP (Real-Time Streaming Protocol)와 같이 저장형 비디오 혹은 오디오 응용들은 2~5초정도의 응용프로그램 중단 허용시간을 가진다. G. 711 코덱을 사용하는 VoIP 서비스의 경우 응용프로그램 중단 허용시간은 50ms 정도로 이며 실시간 비디오회의 서비스의 경우 또한 50ms 정도이다.

무선 랜의 핸드오버 절차에서 전력 소모는 탐색 동작의 횟수와 비례한다. 이동 단말의 응용프로그램은 링크 계층 핸드오버 절차의 탐색 횟수와 상관없이 T초 동안 서비스 품질의 저하 없이 재생될 수 있으므로 무선 랜에서 이동 단말이 움직일 때, 최소한의 전력소모로 서비스 품질을 유지하는 핸드오버 절차는 T초 동안 한 번의 탐색동작으로 전 채널에 대한 무선 접속점 정보를 수집하는 것이다. 또한 링크 계층의 핸드오버 절차 때문에 일어나는 패킷 손실은 현재 접속 중인 무선 접속점과의 통신 채널을 이탈하는 시간에 비례한다. 또한 탐색 절차 동안 탐색을 위해 전환하는 각 채널의 수와도 비례한다. 따라서 각각의 탐색 동작 동안 하나의 무선 채널에서 최소의 대기만을 하고 원래 통신 채널로 신속하게 접속하는 것이 패킷 손실을 최소화 하는 방법이다.

3.3 응용 인지 기반 고속 핸드오버 알고리즘

지금까지는 전력 소모, 서비스 품질과 패킷 손실을 고려한 최적화된 핸드오버 절차 수행에 대해 이론적으로 분석하였다. 그러나 현실적으로 응용프로그램 버퍼의 입력비율 Q(t)는 네트워크 상태에 의존적이다. 따라서 핸드오버 시간 동안 서비스 품질을 보존하고 전력 소모와 패킷 손실을 최소화 하기위해 탐색 주기를 네트워크 상태에 맞게 적절하게 변경하는 것이 하는 것이 바람직하다. 옥내 환경이나 큰 도시지역과 같이 밀집도가 높은 무선 랜 환경에

www.dbpia.co.kr

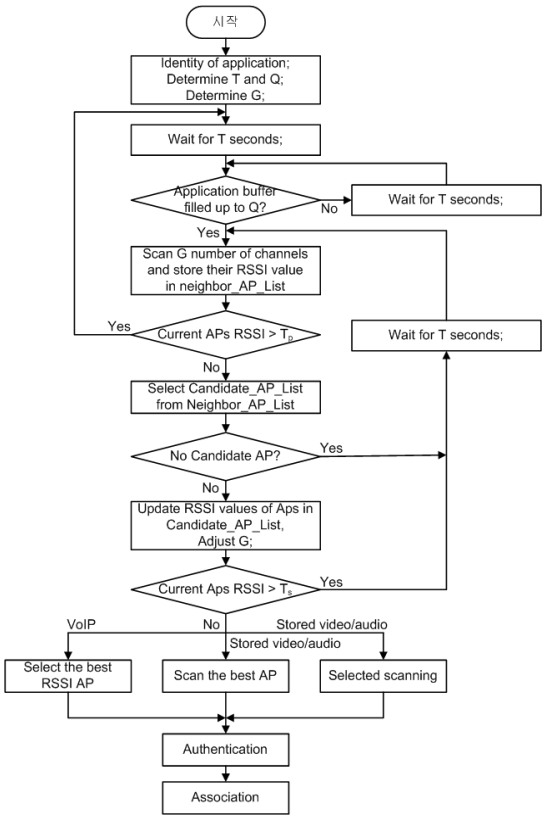


그림 3. 응용 인지 기반 고속 핸드오버 알고리즘

서는 탐색시간을 짧게 하는 것이 바람직하다. 이는 밀집도가 높은 네트워크 환경에서는 탐색 동작이 일어나는 동안 몇몇 채널만이 접속되더라도 충분한 무선 접속점의 정보를 수집할 수 있기 때문이다.

그림 3은 응용 인지 기반 고속 핸드오버 알고리즘을 보여준다. 이는 주변의 무선 접속점의 정보를 탐색하는 단계, 핸드오버 준비 단계, 핸드오버 실행 단계의 세 단계로 구성되어있다. 이 단계들은 핸드오버 준비 임계값(handover preparation threshold)으로 불리는 Tp와 핸드오버 실행 임계값(handover execution threshold)으로 불리는 Ts, 두 가지 신호 강도에 의해 결정된다. 먼저, 초기화 하는 동안 알고리즘은 값 T, Q 그리고 G를 결정한다. 이들 T,Q 그리고 G는 각각 응용프로그램 중단 허용시간, 응용프로그램이 재생할 데이터 크기, 탐색 수행 횟수의 최대값이다.

인접한 무선 접속점의 정보는 탐색하는 단계에서 현재 접속한 무선 접속점으로부터 신호강도의 변동 평균값이 Tp 값보다 크면, 이동 단말은 먼저 G만큼의 채널을 탐색하고, 주변 무선 접속점의 정보를 획득한 후 이 정보를 이웃 무선 접속점 목록 리스트에 저장한다. 미리 버퍼에 적재된 데이터의 양이 Q 바이트 보다 크거나 같으면 이동 단말은 T초 동안 기다린 후, 다시 또 다른 G개의 채널에 대해 탐색 동작을 시작한다. 이 단계들은 모든 채널이 탐색되는 동안 반복된다. 모든 채널을 탐색한 후, 이동 단말은 G개의 채널들을 다시 탐색하기 시작한다. 그러나 탐색 주기 동안 응용프로그램의 버퍼에 저장된 데이터의 양이 Q보다 적으면, 탐색 주기는 서비스의 품질을 유지할 만큼의 버퍼가 충분히 채워질 때까지 연장된다. 탐색 단계에서는 이러한 방법을 통해 핸드오버 동작으로 인한 전력 소모를 최소화하고 서비스 품질을 유지한다.

이동 단말의 이동으로 인해 신호 강도의 이동 평균값이 Tp보다 작아지면 이동 단말은 핸드오버 준비 단계에 돌입한다. 이동 단말은 먼저 주변 무선 접속점 리스트 에서 다음 무선 접속점 후보를 선택하고 이것들을 무선 접속점 후보 리스트에 저장한다. 무선 접속점의 통신 부하상태와 채널 부하상태가 좋고 신호 강도가 Ts보다 큰 무선 접속점이 후보 무선 접속점으로 선정된다. 무선 접속점 부하상태와 채널 부하상태는 IEEE 802.11k표준에 정의된 채널의 부하와 트래픽 부하를 의미한다. 탐색 횟수 G는 최소한의 패킷 손실과 고속 핸드오버를 위해 조정된다. 만약 현재 무선 접속점에서의 신호강도가 Ts보다 크다면, 이동 단말은 무선 접속점 후보 리스트에서의 무선 접속점 탐색동작을 수행하고, 탐색 주기를 줄이며, 후보 무선 접속점 정보를 갱신한다. 이와 같은 방법으로 탐색 주기와 탐색 횟수 모두를 줄일 수 있다. 따라서 이동 단말은 최소화된 핸드오버 지연과 최적화 무선 접속점으로의 전환이 가능하다.

그림 4는 크로스 레이어에 기반의 최적화된 응용 인지 기반 고속 핸드오버의 소프트웨어 구조를 나

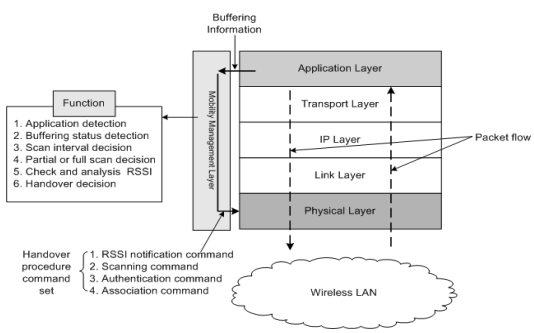


그림 4. 크로스 레이어 최적화 기법을 기반으로 한 응용 인지 고속 핸드오버 구조

www.dbpia.co.kr

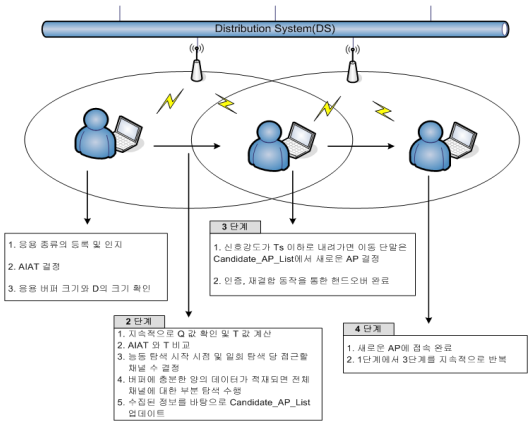


그림 5. 핸드오버 수행과정

타낸다. 기존의 핸드오버 방법들은 응용 종류나 응용프로그램 버퍼의 상태를 고려하지 않기 때문에 다양한 응용에 효과적으로 동작하지 않는다. 또한 채널 탐색이 연속적으로 일어나기 때문에 전력 관리도 효율적이지 못하다. 하지만 본 논문에서 제안한 핸드오버 알고리즘은 응용 종류 탐지와 응용 프로그램 버퍼 상태를 모니터링 함으로써 탐색 지연 시간을 효과적으로 줄일 수 있다. 그림 4에서와 같이 응용 인지 기반 고속 핸드오버를 운용하는 이동성 관리 계층은 응용 계층과 링크 계층을 직접 연결하고 응용계층으로 부터 응용 인지 기반 고속 핸드오버를 위한 정보를 얻고 링크 계층으로 핸드오버 동작을 위한 명령을 보낸다. 응용 계층은 응용 종류, 응용 버퍼의 크기, 버퍼의 소모율, 그리고 Fill rate에 대한 정보를 제공한다.

그림 5는 제안된 응용-인식 핸드오버 실제 수행 절차이다. 다음은 그림 5의 각 단계별 설명이다.

1단계 : 최초 이동 단말의 신호강도 상태는 Tp 보다 높다. 이것은 핸드오버 절차를 위한 준비 단계이다. 이때, 이동 단말은 응용의 종류를 확인하고 AIAT 값을 결정하고 이동 단말은 응용의 버퍼 크기와 D값을 얻는다.

2단계 : 이동 단말이 다음 무선 접속점 영역으로 이동함으로써, 현재 무선 접속점의 신호 강도는 점점 더 감소된다. 이동 단말은 신호 강도가 Ts 레벨로 떨어지기 전에 사전 탐색 절차를 통해 무선 접속점 후보 리스트를 생성해야 한다. 이를 위해, 이동 단말은 T값을 계산하고 AIAT와 T값을 비교하기 위해 Q값을 탐지해야한다. 이 동작을 통해, 이동 단말은 응용 서비스의 품질 저하와 서비스 단절이 없는 탐색 시작 시점과 탐색할 채널의 수를 결정한다. 이동 단말이 사전 탐색과 AIAT를 위한 파라미터를 획득하고 AIAT가 T값보다 크면, 이동 단말은 사전 탐색 절차를 시작한다. 사전 탐색 절차를 통해, 이동 단말은 이웃 무선 접속점 리스트와 무선 접속점 후보 리스트를 생성한다.

3단계 : 이동 단말의 신호강도가 Ts 레벨 보다 작게 감소할 때, 다음 무선 접속점으로 접속하는 핸드오버 절차를 수행한다. 이 시점 이후, 이동 단말은 무선 접속점 후보 리스트에서 응용프로그램에 적합하게 선택된 무선 접속점의 정보를 이용하여 인증과 결합 절차를 진행한다. 이때 탐색 절차는 생략된다.

4단계 : 이동 단말은 3단계와 4단계를 통해 새로운 무선 접속점에 접속한다. 이후 이동 단말은 1~3 단계를 지속적으로 반복한다.

Ⅳ. 시뮬레이션 결과

응용 인지 기반 고속 핸드오버의 성능 평가를 위해 시뮬레이션 기법을 이용하였으며 기존의 IEEE 802.11 기반의 2계층 핸드오버 방법과 비교 실험하였다. 앞서 기술한 바와 같이, 응용 인지 기반 고속 핸드오버는 다른 2계층 핸드오버 기법과는 달리 응용의 버퍼 상태 정보를 기반으로 한 사전 능동 탐색 기법이 중심이 된다.

시뮬레이션을 위해 500 × 500 m2 의 가상 공간에 4개의 AP가 존재하도록 했다. 각각의 AP는 (50, 50), (50, 350), (350, 50), (250, 350) 좌표 상에 존재 한다. 또한 이동 단말은 인간의 도보 속도와 유사하게 초당 1.5m를 이동하는 것으로 설정하였다. 이동 양식은 Y=aX 형태를 가지도록 하였으며 이에 따라 이동 단말은 좌표 (0, 0)에서 (500, 500) 방향으로 대각방향 이동을 하게 된다. 데이터의 전송 속도는 IEEE 802.11g 표준을 사용하는 무선 망이라고 가정하여 최대 54Mbp/s 로 설정하였다.

능동 탐색 시간을 측정하기 위해 최소 채널 대기 시간과 최대 채널 대기 시간을 각각 20ms, 40ms로 설정하였으며 이는 실제 실험 데이터를 기반으로 하고 있다[3].

$$\text{신호세기} = \frac{(x2-x1)^2+(y2-y1)^2}{c} \quad (1)$$

이동 단말에서의 신호 강도 계산은 무선 접속점과 이동 단말 간의 거리와 신호 강도 사이의 상관관계식을 이용하였다[17]. 수식 (1)은 이동 단말과 무

www.dbpia.co.kr

표 3. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	설정 값
무선 망 영역	500 m × 500 m
AP의 개수	4
한 AP의 무선 영역	50 m
단말의 이동 속도	1.5 m/s
최소채널대기시간	20 ms
최대채널대기시간	40 ms

선 접속점 간 거리와 신호 강도 간의 상관 관계를 나타내고 있다. 수식 (1)에서 (x1, y1) 는 이동 단말의 위치를, (x2, y2) 는 무선 접속점의 물리 좌표를 나타낸다.

상기 기술한 시뮬레이션 파라미터는 표 3과 같다.

성능 평가는 아래와 같은 사항을 중심으로 이루어졌다.

- 핸드오버 지연시간 : 이동 단말이 현재 접속된 무선 접속점에서 새로운 무선 접속점으로 접속 전환을 하는 시간
- 패킷 손실 : 이동 단말에서 핸드오버가 수행될 때 손실되는 전체 패킷 수

실시간 응용 서비스나 멀티미디어 스트리밍 서비스의 경우 핸드오버 지연시간에 민감하다. 각 서비스 별 최대 허용 지연시간은 표 2에 기술한 바 있다. 핸드오버 지연시간과 패킷 손실은 적을수록 좋으나 저장형 멀티미디어 스트리밍 서비스의 경우 응용 버퍼에 사전 적재된 데이터가 존재하므로 응용 서비스에 단절이 발생하기 전에 능동 탐색을 종료하면 된다. 이때 VoIP 서비스와 같이 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위해 각 채널에 대한 잦은 사전 능동 탐색을 할 필요없이 한번에 전체 채널에 대한 능동 탐색을 수행함으로써 잦은 사전 능동 탐색을 위한 오버헤드를 줄이는 동시에 전력 소모를 최소화 할 수 있다. 또한 능동 탐색 중 발생한 패킷의 손실은 전송 계층의 재전송 메커니즘을 이용함으로써 응용 서비스 단절을 충분히 방지할 수 있다.

4.1 핸드오버 지연 시간

무선 랜에서 핸드오버 지연 시간은 능동 탐색, 인증, 접속 등의 세 가지 단계에서 발생한다. 이 세 절차 중 핸드오버 지연 시간의 대부분을 차지하는 것은 능동 탐색 지연 시간이다[3]. 핸드오버 지연시간의 대부분을 차지하는 능동 탐색 지연 시간을 줄이기 위해 본 논문에서는 사전 능동 탐색 기법을 제안했다. 사전 능동 탐색 기법은 핸드오버가 발생하기 전에 미리 능동 탐색을 하는 것을 의미한다. 이러한 사전 탐색 기법을 사용하는 핸드오버 방법으로서 SyncScan이 있다[6]. 하지만 SyncScan의 경우 사전에 근접 무선 접속점과 비컨 신호 전송 주기에 맞게 동기화를 함으로써 전송되는 비컨 신호를 효과적으로 수신하는 방식이다. 이는 근접 무선 접속점과 동기화가 반드시 이뤄져야 하는 문제점을 가지고 있다.

TCP, UDP, ICMP 각각의 통신 트래픽에 대한 IEEE 802.11 표준 절차를 따르는 핸드오버와 응용 인지 기반 고속 핸드오버에 대한 핸드오버 지연 시간 결과는 그림 6, 7, 8과 같다. TCP와 UDP의 경우 10ms 당 하나의 패킷씩 60초간 전송하였으며 ICMP 패킷의 경우 초당 하나의 패킷씩 100 초간 전송하였다. 그리고 UDP 패킷을 이용한 실험의 경우 UDP 데이터 부분에 패킷 번호를 적재하여 각 패킷을 구분하도록 하였다. 각 통신 트래픽에 대한 응용 인지 기반 고속 핸드오버는 VoIP 응용을 기준으로 수행되었다. 결론적으로 TCP, UDP, ICMP 모든 통신 트래픽에 대한 응용인지 기반 핸드오버가 IEEE 802.11 표준 핸드오버보다 우수함을 알 수

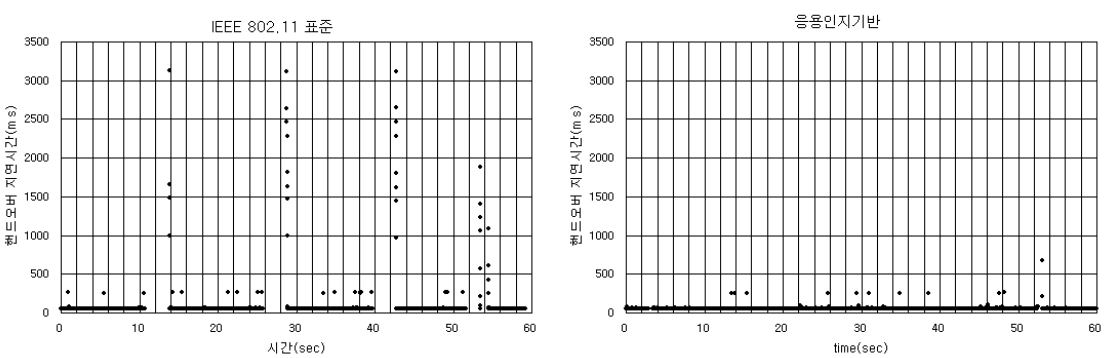


그림 6. 핸드오버 지연시간 - TCP

www.dbpia.co.kr

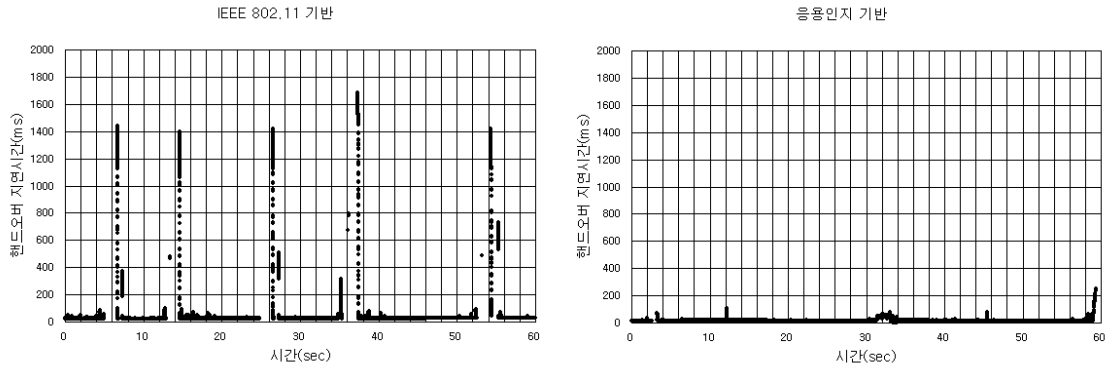


그림 7. 핸드오버 지연시간 - UDP

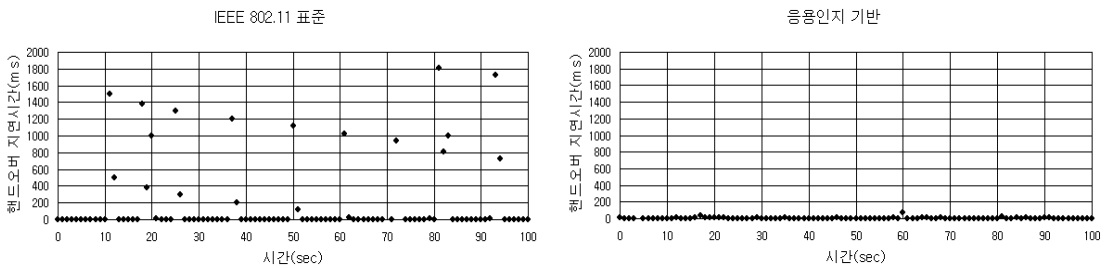


그림 8. 핸드오버 지연시간 - ICMP

있다.

그림 6은 TCP 통신 트래픽에 대한 핸드오버 지연시간을 보여준다. 그림 6에서 보여주듯이 IEEE 802.11 표준 핸드오버의 경우 3000ms 이상의 지연시간이 발생하였다. 이것은 TCP의 재전송 메커니즘에 의해 핸드오버 발생 후 유실된 패킷에 대한 재전송이 이루어지기 때문이다. 이에 비해 응용인지 기반 핸드오버의 경우 핸드오버의 지연시간이 대부분 50ms 내에서 수행됨을 볼 수 있다. 이것은 IEEE 802.11 표준 핸드오버에서 발생하는 능동 탐색 지연시간을 제거한 결과이다.

그림 7은 UDP 통신 트래픽에 대한 핸드오버 지연 시간을 비교한 것이다. 그림 7의 TCP 통신 트래픽과 달리 UDP의 경우 재전송 메커니즘이 없으므로 IEEE 802.11 표준 핸드오버의 지연 시간도 TCP 통신 트래픽에 비해 1600ms 정도 줄었지만 여전히 평균 수백 ms 정도의 핸드오버 지연시간을 가지므로 응용 서비스의 단절은 방지할 수 없다. 하지만 응용인지 기반 핸드오버의 경우 TCP 통신 트래픽일 경우와 마찬가지로 핸드오버 지연시간의 대부분이 50ms 내외이므로 응용 서비스의 단절이나 품질 저하를 방지할 수 있다.

그림 8은 ICMP 통신 트래픽에 대한 핸드오버 지연시간을 나타낸 것이다. TCP 및 UDP 통신 트래픽을 전송했을 때의 결과와 같이 IEEE 802.11 표준 핸드오버는 수백 ms에서 1800ms 까지 매우 큰 지연시간을 가졌으나 응용인지 핸드오버의 경우 50ms 내외의 지연시간을 가져 실시간 응용 서비스의 단절을 방지할 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안하는 응용인지 핸드오버는 기존에 제안됐던 탐색 절차와 달리 응용의 종류에 따라 적절한 능동 탐색 절차를 실행함으로써 핸드오버 절차의 오버헤드를 줄려 전력 손실을 최소화하고 응용 서비스의 단절을 방지할 수 있다. 이와 같은 응용인지 핸드오버의 특성 분석을 위해 다양한 응용 서비스를 기반으로 기존의 핸드오버 방법과 비교 실험하였다.

그림 9는 응용 서비스별 핸드오버 지연시간을 보여준다. 이 실험에 적용된 응용 서비스는 VoIP, 멀티미디어 컨퍼런스, 저장형 비디오/오디오 (스트리밍 서비스) 이다. 그림 10에서 보는 바와 같이 IEEE 802.11 표준 핸드오버의 경우 응용의 종류와 상관없이 수백 ms의 핸드오버 지연시간을 가지는데 비해 응용인지 기반 핸드오버의 경우 각각의 응용에

www.dbpia.co.kr

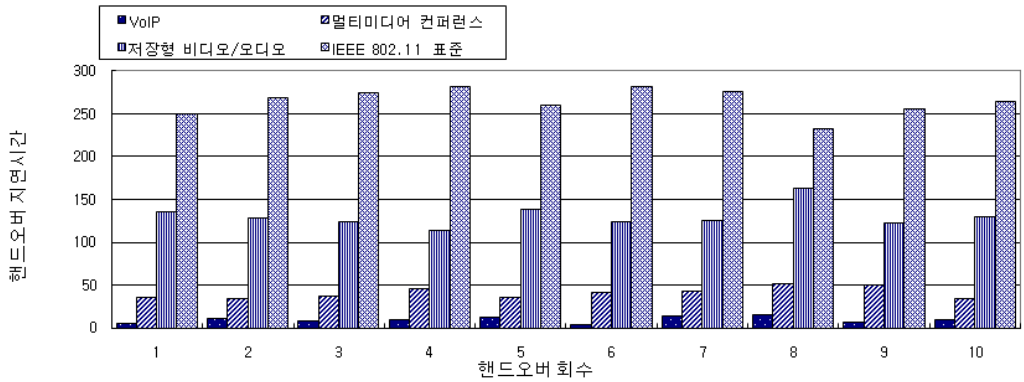


그림 9. 응용 서비스별 핸드오버 지연시간

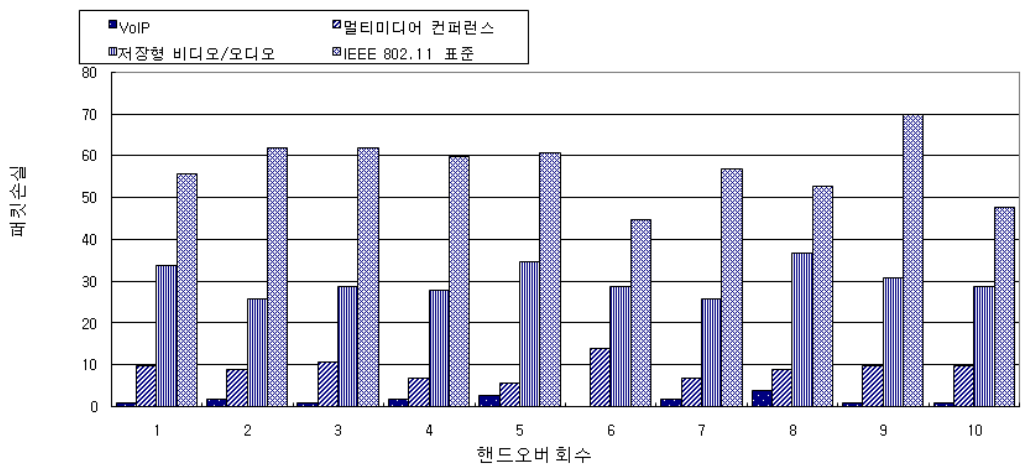


그림 10. 응용 서비스별 패킷 손실

따라 서로 다른 핸드오버 지연시간을 가진다. 이와 같은 이유는 본 논문에서 제안된 핸드오버의 경우 응용의 형태와 응용의 버퍼 상태에 따라 탄력적인 탐색 절차를 가지기 때문이다. 즉, 그림 10의 VoIP 서비스의 경우 AIAT는 50ms 로써 매우 짧은 핸드오버 지연시간을 가져야한다. 그러므로 응용 서비스의 단절 방지를 위해 사전 탐색 절차를 수행하게 되는데 이때 Q/D, 즉 T 값과 AIAT를 고려하여 서비스 단절이 발생하지 않도록 사전 탐색의 회수인 G와 한 번에 탐색할 채널의 수를 결정하게 된다. 결정된 파라미터를 바탕으로 50ms 이내에서 사전 탐색을 수행하여 전체 채널에 대해 완료될 때까지 지속적으로 반복한다. 그리고 실제 핸드오버가 발생할 때는 사전 탐색으로 획득된 주변 무선 접속점 정보로부터 추출된 후보 무선 접속점에 접속하므로 인증 및 접속 지연 시간만을 가지게 된다. 이 지연 시간들은 모두 합하여 수 ms에서 20ms 이내이므로 응용 서비스의 단절을 초래하지 않는다. 가장 큰 AIAT를 가지는 저장형 비디오/오디오 서비스의 경우 응용 서비스의 버퍼에 미리 적재된 응용 데이터가 크기 때문에 (수초 이상), VoIP 서비스와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에 비해 핸드오버 지연시간에 민감하지 않다. IEEE 802.11 표준 핸드오버 절차를 따르더라도 AIAT 값이 수초이므로 응용 서비스의 단절은 발생하지 않는다. 이러한 조건을 가지는 응용 서비스의 경우 채널을 나누어 반복적인 사전 탐색을 할 필요가 없다. 오히려 이러한 경우 허용되는 AIAT 내에서 전체 채널에 대한 단한번의 능동탐색을 실시함으로써 반복적인 사전 탐색에 따른 오버헤드와 전력 손실을 줄 일 수 있다. 그림 10에서 보는 바와 같이 응용인지 핸드오버는 VoIP 일 경우 평균 30ms 내외, 멀티미디어 컨퍼런스의 경우

www.dbpia.co.kr

평균 50ms 이내, 저장형 비디오/오디오 서비스의 경우 평균 150ms 이내의 핸드오버 지연시간을 가짐으로써 각 응용별 서비스 AIAT를 충분히 만족시켜 핸드오버 간 단절 없는 응용 서비스를 가능케 한다.

4.2 패킷 손실

핸드오버 간 패킷 손실의 크기는 응용에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 특히 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스의 경우 TCP 기반의 재전송 메커니즘이 존재하지 않기 때문에 패킷 손실률이 높을수록 응용 서비스 품질은 나빠진다. 그러므로 핸드오버 시 패킷 손실을 최소화하는 것도 중요하다.

패킷 손실의 경우 응용에서 사용하는 프로토콜과 핸드오버 지연시간에 민감하다. 재전송 메커니즘이 있는 프로토콜을 사용하는지 여부와 패킷의 손실이 발생하기 전에 핸드오버가 완료될 수 있다면 패킷의 손실을 극소화할 수 있기 때문이다. 이와 같은 관점에서 볼 때 VoIP의 경우 재전송 메커니즘을 사용하지 않으므로 패킷 손실을 최소화하기 위해서는 전력 소모와 탐색 과정의 오버헤드가 많이 증가하더라도 빠르고 반복적인 사전 탐색을 수행하여 핸드오버 지연시간을 최소화 시켜한다. 그와는 반대로, 저장형 비디오/오디오의 경우 대부분 재전송 메커니즘을 사용하므로 패킷의 손실에 대한 복구는 전송계층 프로토콜에 의지하고 응용 서비스의 단절을 방지할 수 있는 지연시간 내에서 전력 소모와 탐색 과정 오버헤드를 줄일 수 있는 핸드오버 전략이 필요하다. 이러한 점을 충족시킬 수 있는 것이 본 논문에서 제안한 응용인지 기반 핸드오버이다. 그림 10은 핸드오버 시 응용 서비스별 패킷 손실을 보여준다. 응용인지 기반 핸드오버의 경우, VoIP 일 때 평균 4 패킷, 멀티미디어 컨퍼런스의 경우 평균 10 패킷, 그리고 저장형 비디오/오디오의 경우 평균 35 패킷 정도로 응용에 따라 패킷의 손실이 달라짐을 볼 수 있다. 이는 응용의 종류에 따라 사전 탐색 방법이 달라지기 때문이다. 앞서 기술한 바와 같이, VoIP 와 같이 패킷 손실에 민감한 서비스일 경우 사전 탐색의 주기와 회수를 증가시킴으로써 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 줄인다. 하지만 전력 소모량과 능동 탐색을 위한 오버헤드가 증가하게 된다. 반면 저장형 비디오/오디오의 경우 미리 버퍼에 적재된 응용 데이터가 크고 재전송 메커니즘을 가지고 있기 때문에 사전 탐색 시 한 번에 전체 채널을 탐색하므로 전력 소모량을 줄이고 능동 탐색을 위한 오버헤드를 줄일 수 있다. 이와는 달리 IEEE 802.11 표준 핸드오버의 경우 응용 서비스와 상관없이 패킷 손실률이 거의 일정하다. 이것은 능동 탐색 절차가 핸드오시 시에 이루어지고 무조건 전체 채널에 대해 탐색이 이루어지므로 핸드오버 지연시간이 길고 그에 따라 패킷 손실도 커지게 된다. 이와 같은 구조는 저장형 비디오/오디오 서비스의 품질에는 문제가 없으나 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에는 서비스 단절 및 서비스 품질 저하와 같은 치명적 문제점을 가지게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 응용인지 기반 고속 핸드오버 구조를 제시하였다. 기존의 IEEE 802.11 표준 핸드오버의 경우 핸드오버 실행 시 능동 탐색을 수행하므로 핸드오버 지연시간이 매우 커 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에는 적합하지 않았다. 이를 극복하기 위해 제안된 사전 탐색 기반 핸드오버 기법들은 응용의 종류에 관계없이 지속적이고 반복적인 사전 탐색을 수행하기 때문에 핸드오버 지연시간은 줄일 수 있었으나 전력 소모와 전체 채널 탐색을 위한 오버헤드는 줄일 수 없었다.

본 논문에서 제안한 응용인지 기반 고속 핸드오버는 응용의 종류와 응용의 버퍼 상태를 기반으로 다양한 사전 능동 탐색 기법을 통해 전력 소모를 최소화하고 전체 채널 탐색을 위한 오버헤드를 줄임과 동시에 응용 서비스의 단절과 서비스 품질의 저하를 방지한다. 이를 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과 IEEE 표준 핸드오버와 비교해 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실 측면에서 월등히 우수함을 알 수 있었다. 또한 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에서도 서비스 품질의 저하와 서비스 단절을 방지할 수 있었다.

응용 서비스의 종류에 따른 적응적 핸드오버의 성능을 검증하기 위해 각기 다른 응용 서비스를 기준으로 실험하였으며 그 결과 응용인지 기반 핸드오버는 응용의 종류에 따라 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실이 유연하게 변화함을 볼 수 있었으나 각 응용 서비스의 운용에는 영향을 미치지 않는 범위임을 알 수 있었다. 따라서 응용인지 기반 핸드오버 구조는 IEEE 802.11 표준 핸드오버에 비해 핸드오버 지연시간과 패킷 손실을 월등히 감소시킬 수 있으며 VoIP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스에서도 서비스 품질의 저하를 방지할 수 있다.

www.dbpia.co.kr

참 고 문 헌

〔1〕 IEEE, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Standard 802.11, 1999.

〔2〕 IEEE, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, IEEE Approved Draft Standard 802.11.

〔3〕 A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, “An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process,” SIGCOMM, pp.93-102, 2003.

〔4〕 H. Taowu, Kun Tan, Yongguang zhang and Qian Zhang, “Proactive Scan: Fast Handoff With Smart Triggers for 802.11 Wireless LAN,” INFOCOM, pp.749-579, May., 2007.

〔5〕 Y. Liao, LX Cao, “Practical schemes for smooth MAC layer handoff in 802.11 wireless networks,” World of wireless, June., 2006.

〔6〕 I. Ramani, S. Savage, “SyncScan: practical fast handoff for 802.11 infrastructure networks,” INFOCOM, Vol.1, pp.675-684, Mar., 2005

〔7〕 B. Aboba, “Fast Handoff Issue”, IEEE 802.11 Working Group, Mar., 2003.

〔8〕 J. Kurose, K. Ross, “Computer Networking – A Top-Down Approach Featuring the Internet,” Addison Wesley Longman, 2001.

〔9〕 S. Shin, A. Forte, A. Rawat, and H. Schulzrinne, “Reducing MAC layer handoff latency in IEEE 802.11 wireless LANs,” ACM MobiWac, pp.19-26, Sep., 2004.

〔10〕 M. Shin, A. Mishra, and W. Arbaugh, “Improving the latency of 802.11 hand-offs using neighbor graphs,” MobiSys Conf., pp.70-83, Jun., 2004.

〔11〕 C. Tseng, K. Chi, M. Hsieh, and H. Chang, “Location-based fast handoff for 802.11 networks,” IEEE Commun. Lett., Vol.9, No.4, pp.304-306, Apr., 2005.

〔12〕 S. Shakkottai, T. Rappaport, and P. Karlsson, “Cross-Layer Design for Wireless Networks,” IEEE Commun.Mag., Vol.41, No.10, pp.74 – 80, Oct., 2003.

〔13〕 V. Kawadia, P. Kumar, “A Cautionary Perspective on Cross Layer Design,” IEEE Wireless Commun., Vol.12, No.1, pp.3 – 11, Feb., 2005.

〔14〕 T. Hlliday, A. Goldsmith, “Optimal Power Control and Source Channel Coding for Delay Constrained Traffic Wireless Channels,” IEEE ICC, May., 2003.

〔15〕 Y. Shan, A. Zakhor, “Cross Layer Techniques for Adaptive Video Streaming over Wireless Networks,” IEEE Int’l Conf, Aug., 2002.

〔16〕 M. van der Schaar et al., “Adaptive Cross-Layer Protection Strategies for Robust Scalable Video Transmission over 802.11 WLANs,” IEEE JSAC, Vol.21, No.10, pp.1752 – 63, Dec., 2003.

〔17〕 A. Loow, “A Handoff Method for Use with Mobile Devices Based on Active Poling with IEEE 802.11b,” MSc, 2007.

박 종 태 (Jong-Tae Park) 종신회원

1978년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1981년 2월 서울대학교 전자공학과 (공학석사)

1987년 8월 Univ. of Michigan, EECS (공학박사)

1989~현재 경북대학교 전자공학과 교수

2000년~2003년 IEEE Technical Commitee on Information Infrastructure(TCII) 의장

1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부 수석연구원

1987년~1987년 미국 AT&T Bell 연구소 연구위원

1984년~1987년 미국 CITI 연구원

<관심분야> U-헬스케어, 이동통신, 통신 소프웨어, 차세대 통신망운용, 네트워크 보안

나 재 욱 (Jae-Wook Nah) 정회원

2001년 2월 경북대학교 농업경제학과(경제학사)/컴퓨터공학과(공학사)

2003년 2월 경북대학교 정보통신학과(공학석사)

2003년 3월~현재 경북대학교 정보통신학과 박사과정 재학 중

<관심분야> U-healtcare networking, control and management of next generation wireless and wired convergence network, ubiquitous sensor network

www.dbpia.co.kr

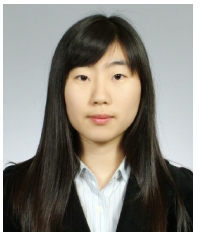
윤 성 화 (Sung-Hwa Yun) 준회원

2007년 2월 고신대학교 컴퓨터과학부 (이학사)

2007년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정

<관심분야> Context-Aware, IP Mobility

오 경 윤 (Kyung-Yoon Oh) 준회원



2006년 2월 영남대학교 정보통신공학과 (공학사) / 컴퓨터공학과 (공학사)

2007년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사과정

<관심분야> 네트워크 보안, 이동통신망, 이동성 관리

www.dbpia.co.kr