

무선랜 환경에서 IPTV 서비스 품질 향상을 위한 AP 선택 기법

박재성[†] · 임유진^{**}

요약

무선랜 환경에서 사용자 데이터 수신율은 RSS (received signal strength) 뿐만 아니라 AP (access point)의 채널 경합 수준에 의하여 결정된다. 그러나 현재 사용자 단말은 AP로부터의 RSS를 기반으로 접속할 AP를 선정하므로 IPTV 서비스의 최소한의 요구사항을 보장할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 기존의 IEEE 802.11 표준에 대한 수정없이 무선랜 환경에서 IPTV 서비스 요구사항을 만족시킬 수 있는 효율적인 AP 선택 기법을 제안한다. 사용자 단말은 주변 AP들의 채널 경합 수준과 현재 진행중인 IPTV 서비스의 품질을 모니터링 함으로써, 서비스 품질이 일정이하로 떨어지면 AP 부하정도가 가장 작은 AP로 재접속함으로써 IPTV 서비스의 최소한의 요구사항을 제공하도록 하였다.

키워드 : 무선랜, 부하 측정, 무선링크 연관 기법

A Selection Method of Access Points to Improve IPTV Service Quality in WLAN Environments

Park Jaesung[†] · Lim Yujin^{**}

ABSTRACT

In a WLAN, the data reception rate of a user station depends not only on the received signal strength (RSS) from an AP (Access Point) but also on the contention level of the AP. However, since only the RSSs measured at the physical layer have been used for a station to select an AP to associate with, the station may not satisfy the minimum quality requirements necessary for a seamless IPTV service. Thus, in this paper, we propose an AP selection method to support quality requirements of the IPTV service in a wireless LAN without modifying the IEEE 802.11 standard. A user station keeps monitoring a contention level of APs around it and a quality of an ongoing IPTV service. If the quality deteriorates below a threshold, the station reassociates with another AP having the least load so that the ongoing IPTV program is played without disruption.

Keywords : WLAN, Load Estimation, Wireless Link Association Management

1. 서론

최근 몇 년간 IEEE 802.11을 지원하는 스마트 폰, 태블릿 PC, 노트북과 같은 휴대 기기의 사용과, IPTV나 VoIP와 같은 실시간 응용 서비스에 대한 요구가 폭발적으로 증가하였다. 증가하는 무선 데이터 서비스 요구에 부응하기 위하여 회사, 학교, 그리고 공공장소와 같은 많은 장소에 AP (access point)들이 설치되었다. 이러한 환경의 변화는 효율적인 AP 선택 기법에 대한 필요를 증가시켰다. 현재 무선랜 환경에서 사용자 단말기는 주변 AP들 중에서 RSS

(received signal strength)를 기반으로 자신이 연결 (association)할 AP를 선정한다. 따라서 어떤 AP는 다수의 사용자가 연결함으로써 과부하되고, 같은 공간에 있는 또 다른 AP는 소수의 사용자가 연결함으로써 부하 정도가 낮은 경우가 발생한다. 사용자 데이터 수신율은 RSS 뿐만 아니라 AP의 채널 경합 수준에도 영향을 받으므로 AP에 연결된 단말기의 수가 증가할수록, 프레임 도착 간격 (frame inter-arrival time)이나 프레임 손실율 (frame loss rate)이 증가한다. 그러나 일단 하나의 AP에 연결한 단말기는 RSS 값이 특정 값 이하로 떨어지지 않는다면 현재 연결된 AP를 변경하지 않기 때문에 IPTV 서비스 품질이 최소한의 서비스 요구사항을 만족시키지 못한다.

이와 같은 문제는 단말기가 새로운 AP와 재연결 (reassociation) 함으로써 해결될 수 있다. 그러나 사용자 단

[†] 정 회 원 : 수원대학교 인터넷정보공학과 조교수
^{**} 정 회 원 : 수원대학교 정보미디어학과 조교수(교신저자)
논문접수 : 2011년 3월 21일
심사완료 : 2011년 4월 22일

말기가 새로운 AP로 재연결을 하는 경우, 재연결 지연 시간이 발생하게 되며 이로 인하여 서비스 중인 IPTV가 끊기게 되는 현상이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위하여 사용자 단말기가 하나 이상의 NIC (network interface card)를 사용하는 방법이 제안되었다 [1]. 두 개의 NIC를 사용하여, 새로운 AP로의 재연결이 요구되면 단말기는 현재 연결 중인 AP와의 연결을 끊기 전에 다른 하나의 NIC를 사용하여 새로운 AP와의 연결을 먼저 설정함으로써 끊김없는 데이터 서비스가 가능하도록 한다. 그러나 이러한 방법은 비용 상승 측면과 휴대 기기의 크기 증가 측면에서 바람직하지 않다.

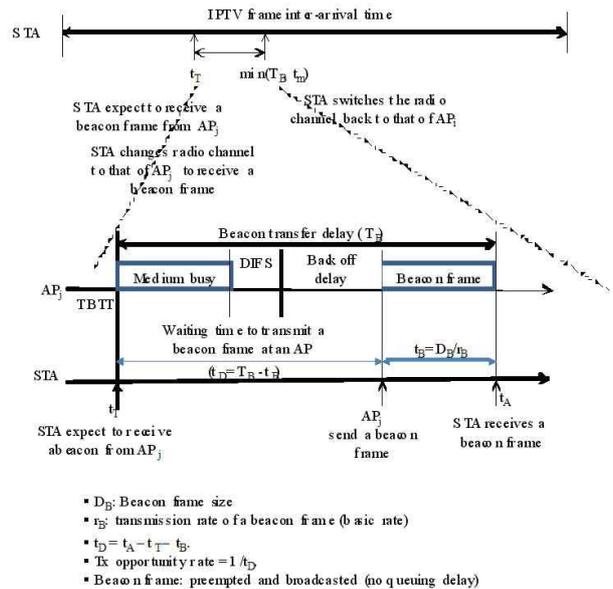
본 논문에서는 하나의 NIC를 사용하여 IPTV 서비스 요구사항을 만족시킬 수 있는 효율적인 AP 선택 기법을 제안한다. 제안된 기법에서 사용자 단말기는 RSS 뿐만 아니라 AP의 부하를 고려하여 AP를 선택한다. 또한 기존의 RSS와 같은 물리적인 지표 값에 의하여 AP 재연결 여부를 결정하는 대신, IPTV 서비스 품질을 기반으로 재연결 여부를 판단한다. 제안 기법에서는 끊김없는 서비스 제공을 위하여 IEEE 802.11 MAC 계층 위에 NIC 가상 계층을 개발한다. NIC 가상 계층에는 다수의 가상 NIC가 존재할 수 있으며, 각각의 가상 NIC는 단말기 주변의 AP들과 연결을 설정한다. 그러나 단말기는 하나의 AP (활성 AP)에 대해서만 데이터 송수신을 진행하며, 가상 NIC를 통하여 연결된 다른 AP (비활성 AP)들에 대해서는 AP의 상태 정보만을 수집한다. 다시 말해서 비활성 AP들로부터의 비콘(beacon) 프레임 수신을 통하여 AP의 RSS와 부하 상태를 모니터링한다. 만약 활성 AP를 통하여 제공되는 IPTV 서비스 수준이 특정이하로 떨어지면, 단말기는 RSS 값이 충분히 큰 비활성 AP들 중에서 부하 정도가 가장 낮은 AP를 새로운 활성 AP로 선택하여 재연결 과정을 진행한다. 그러나 각각의 가상 NIC는 이미 AP들과 연결을 설정하였으므로, 새로운 활성 AP로의 재연결 과정은 물리적인 채널 스위칭 시간 이외에는 어떠한 지연시간도 요구하지 않는다. 채널 스위칭 시간은 IPTV 프레임 도착 간격에 비하여 작은 값이므로 서비스의 끊김없이 새로운 AP로의 재연결이 가능해진다.

2. AP 선택 기법

제안 기법은 두 단계로 구성된다: 모니터링 단계와 재연결 단계. 모니터링 단계에서 사용자 단말기는 데이터 프레임 도착 간격을 기반으로 활성 AP를 통한 IPTV 서비스 품질을 측정하고, 비활성 AP들의 상태 정보(RSS와 부하 정도)를 측정한다. IPTV 서비스 품질이 주어진 품질 기준 이하로 떨어지면 재연결 단계가 시작된다. 모니터링 단계에서 수집된 비활성 AP 상태 정보를 기반으로 단말기는 자신이 새롭게 연결할 AP를 선택한다. 기존의 연구[2]에서 보인 바와 같이 재연결 지연시간은 수백 밀리초에 달하며, 이 지연시간 중 대부분의 시간은 새로운 AP를 검색하고 정보전달 (context transfer)을 위해 소비된다. 반대로 물리

적인 채널 스위칭 시간은 평균 1.2ms 정도이다. 이러한 결과를 토대로 본 논문에서는 NIC 가상 계층을 제안한다. NIC 가상 계층은 다수의 가상 NIC들로 구성되며 각 가상 NIC들은 주변 AP들과 연결을 미리 설정함으로써 물리적인 채널 스위칭 지연시간만큼 지연시간을 AP 재연결이 가능하도록 하였다.

초기 상태의 사용자 단말기는 프로빙 (probing)을 통하여 주변 AP들을 검색한다. 이러한 검색을 통하여 단말기는 각 AP의 라디오 채널, 비콘 프레임 전송 간격, RSS 값 등을 유지하는 AP 정보 테이블을 유지한다. NIC 가상 계층의 가상 NIC는 AP 정보 테이블에 있는 각 AP들에 대하여 연결을 설정한다. 그러나 단말기는 활성 AP에 대해서만 데이터 송수신을 진행하며, 비활성 AP들에 대해서는 AP의 상태 정보만을 수집한다. AP의 부하 정도는 해당 AP로부터 수신된 비콘 프레임의 전송 지연시간을 기반으로 계산된다. AP는 DCF (distributed coordination function) 방식에 따라 정기적으로 비콘 프레임을 전송한다. 기본적으로 비콘 프레임은 다른 데이터 프레임에 비하여 전송 우선순위를 가지지만, AP에 연결되어 있는 다른 단말기의 데이터들과 채널 경합을 해야 하기 때문에 비콘 프레임의 전송 지연이 발생할 수 있다. 해당 AP의 채널 경합 정도가 증가될수록 비콘 프레임의 전송 지연이 증가하므로, 비콘 프레임 전송 지연은 AP의 부하 정도를 나타내는 척도로 사용될 수 있다.



(그림 1) 부하 계산 기법

(그림 1)은 단말기가 활성 AP로부터 데이터를 수신하는 동안 비활성 AP의 부하를 측정하는 기법을 보이고 있다. 사용자 단말기가 APj를 통하여 IPTV 서비스를 받고 있는 도중, APj의 비콘 프레임이 도착할 시간이 되면 단말기는 APj의 라디오 채널로 채널을 스위칭한다. 스위칭 이후 단말기는 시간 t_m 까지 APj의 비콘 메시지를 기다린다. 단말기가

시간 t_A 에 비콘 메시지를 수신하였다면, 단말기는 메시지의 헤더를 확인하여 비콘 프레임이 생성된 시간 t_T 를 확인한다. 비콘 프레임이 r_B 에 전송되고 프레임 크기가 D_B 라면 비콘 프레임 전송 지연시간은 D_B/r_B 로 계산된다. IEEE 802.11 표준은 비콘 프레임을 전송 큐 맨 앞에 위치시키기 때문에 큐잉 지연시간은 고려하지 않는다. 따라서 AP₁가 비콘 프레임을 생성한 시간부터 단말기가 비콘 프레임을 수신한 시간까지의 지연시간 t_D 는 $t_A - t_T - D_B/r_B$ 로 계산된다. 만약 단말기가 시간 t_m 까지 비콘 프레임을 수신하지 못한다면 단말기는 $t_D = t_m$ 으로 설정하고 AP₁의 채널로 복귀한다.

라디오 채널 스위칭 지연시간은 NIC에 따라 달라질 수 있지만 평균적으로 1.2ms이하이다 [2]. IPTV 프레임은 1초에 25~30개가 전송되므로 IPTV 데이터 프레임 도착간격은 33ms이하이다. 따라서 단말기는 $t_m < 33 \cdot 2 \cdot 1.2 = 30.6\text{ms}$ 일 때 현재 제공 중인 서비스에 대한 방해 없이 비활성 AP들의 상태 정보를 수집할 수 있으며, 이러한 요구사항은 일반적인 WLAN 환경에서 충분히 가능하다.

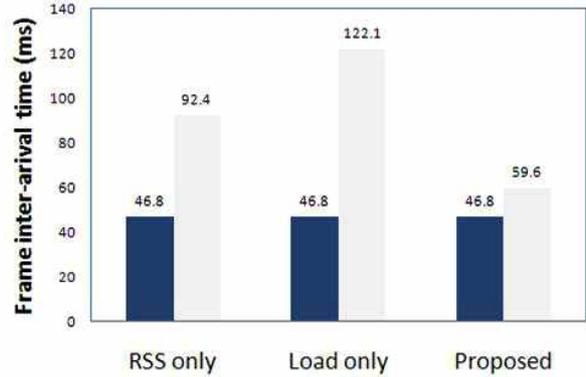
사용자 단말기는 비활성 AP들에 대한 상태 정보 수집뿐만 아니라, 활성 AP를 통하여 제공되는 IPTV 서비스 품질 또한 측정한다. 서비스 품질은 프레임 도착 간격과 손실율에 영향을 받는다. 본 논문에서는 프레임 도착 간격을 IPTV 서비스 품질 측정 지표로 사용한다. 단말기가 i 번째 IPTV 프레임을 수신한 시간을 τ_i 라고 할 때, i 번째 프레임에 대한 프레임 수신 간격 $t_{FIA}(i)$ 는 다음과 같다.

$$t_{FIA}(i) = (1 - b)t_{FIA}(i - 1) + b(\tau_i - \tau_{i-1}).$$

프레임 수신 간격 계산을 위하여 가중치 이동 평균을 사용하였으며, 파라미터 b 는 0.1로 설정하였다. 계산된 프레임 수신 간격이 주어진 기준 (Δ_{FIA}) 이하로 떨어지면 단말기는 AP 재연결 단계를 시작한다. AP 재연결을 결정한 단말기는 AP 정보 테이블 정보를 이용하여 RSS 값이 주어진 기준 값 (Δ_R) 이상인 AP들을 선별한다. RSS 값은 시간과 장소에 따라 변화하므로 가장 큰 RSS 값을 가지는 AP를 선택하는 대신 기준치 이상의 RSS 값을 가지는 AP들을 일차적으로 선별한다. 다음으로, 선별된 AP들에 대하여 부하 정도가 가장 작은 AP를 최종적으로 선택함으로써 단말기는 선택된 AP로의 재연결을 시작한다. 앞서 설명한 바와 같이 가상 NIC들은 주변 AP들과 연결을 이미 설정하였기 때문에 새로운 AP로의 재연결은 라디오 채널 스위칭 지연 시간만을 요구한다.

3. 성능 평가

본 논문에서는 기준값 Δ_{FIA} 와 Δ_R 결정을 위하여 예비 실험을 진행하였다. 실험 결과, RSS 값이 -72dBm 이하이고 IPTV 프레임 수신 간격이 70ms이상이면 단말기가 버퍼링을 시작하며, 이는 서비스되는 IPTV의 품질을 악화시킨다는 것을 확인하였다. 따라서 $\Delta_{FIA} = 70\text{ms}$ 로 $\Delta_R = -72\text{dBm}$ 으로



(그림 2) 프레임 수신 간격 비교.

설정하였다. 또한 제안된 기법의 성능 평가를 위하여 IEEE 802.11b기반 인텔 WLAN NIC를 장착한 노트북에 제안 기법을 구현하였다. 실험 환경 구성을 위하여 건물 내 복도에 한 대의 사용자 단말기와 세 대의 AP를 배치하였다. 세 대의 AP는 모두 단말기의 통신 범위 내에 있으며, AP₁과 단말기 사이에는 장애물이 없다. AP₂는 복도의 코너에 위치시켰으며, AP₃는 단말기로부터 가장 먼 곳에 위치하며 콘크리트 벽으로 가려져 있다. 따라서 각 AP의 RSS 값은 AP₁, AP₂, AP₃ 순으로 작아진다. 또한 AP₂에 두 대의 사용자 단말을 연결하여 각기 256kbps 트래픽을 전송하게 함으로써, AP의 부하 상태는 AP₂가 다른 AP들에 비하여 높게 설정하였다. IPTV 서버는 33ms마다 비디오 프레임을 전송하며, 본 실험에서는 서버와 세 대의 AP가 연결된 허브 사이의 유선망 전송 특성에 의한 영향을 제거하기 위하여 서버를 허브에 직접 연결하였다.

(그림 2)는 AP₁에 단말기를 연결하여 AP₁의 부하를 AP₂의 부하 이상으로 증가시켰을 때, 각 AP 선택 기법에 의한 프레임 수신 간격을 측정된 결과이다. 그림에서 "RSS only"로 명시된 방법은 RSS만을 기반으로 AP를 선정하였기 때문에, 초기의 수신 간격 46.8ms에서 AP₁의 부하 증가로 인하여 수신 간격이 92.4ms로 악화된 것을 보인다. AP₁의 RSS 값이 여전히 가장 좋으므로 해당 기법은 새로운 AP로의 재연결을 시도하지 않는다. "Load only"는 초기에 AP₁에 연결하였으나 AP₁의 부하가 증가하자 부하 정도가 가장 낮은 AP₃로 재연결하였다. 이 경우 AP₃의 RSS 값이 Δ_R 이하로 낮기 때문에 수신 간격이 122.1ms로 증가한 것을 볼 수 있다. 마지막으로 제안 기법은 AP₁의 부하가 Δ_{FIA} 이상 증가하자 RSS 값이 Δ_R 이상이고 부하 정도가 Δ_{FIA} 이하인 AP₂로 재연결을 함으로써 수신 간격을 59.6ms로 유지하여 IPTV 서비스 품질 요구사항을 만족시킴을 보이고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 IPTV 서비스 품질 요구사항 만족을 위한 AP 선택 기법을 제안하였다. 기존의 RSS 기반 선택 기법에

비하여 RSS와 AP 부하 정도를 기반으로 재연결 AP를 선택함으로써 IPTV 서비스 요구사항을 효율적으로 지원할 수 있음을 실험을 통하여 증명하였다.

참 고 문 헌

[1] G. Cunningham, P. Perry, J. Murphy, and L. Murphy, "Seamless Handover of IPTV Streams in a Wireless LAN Network," *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol.55, No.4, pp.796-801, Dec., 2009.

[2] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," *ACM SIGCOM Computer Communication Review*, Vol.33, No.2, pp.93-102, Apr., 2003.



박 재 성

e-mail : jaesungpark@suwon.ac.kr

1995년 연세대학교 전자공학과(학사)

1997년 연세대학교 전자공학과(공학석사)

2001년 연세대학교 전기, 전자공학과
(공학박사)

2001년~2002년 University of Minnesota
PostDoc. Research Faculty

2002년~2005년 LG전자 선임연구원

2005년~현 재 수원대학교 인터넷정보공학과 조교수

관심분야: 이동성 관리 기술, 멀티미디어 전송 기술, 차세대
네트워크 등



임 유 진

e-mail : yujin@suwon.ac.kr

2000년 숙명여자대학교 전산학과(박사)

2000년 서울대학교 박사후연구원

2000년~2002년 UCLA 박사후연구원

2003년~2004년 삼성종합기술원 전문
연구원

2004년~현 재 수원대학교 정보미디어학과 조교수

관심분야: 에드혹 네트워크, 센서 네트워크, 이동통신, 라우팅
프로토콜