http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2011.11.12.578

IEEE802.11 무선망을 위한 에너지 효율적인 AP 선택 기법

Energy Efficient Access Point Selection Method for IEEE802.11 Wireless LANs

허 웅*, 팽우양*, 유강수**, 최재호*
전북대학교 전자공학부 영상정보신기술연구소*, 전주대학교 교양학부**

Ung Heo(heoprinc@jbnu.ac.kr)*, Yuyang Peng(yuyang@jbnu.ac.kr)*,
Kangsoo You(gsyou@jj.ac.kr)**, Jaeho Choi(wave@jbnu.ac.kr)*

요약

스마트 폰이나 아이패드와 같은 무선기기의 발달은 IEEE 802.11 그룹의 무선 네트워크 사용을 한층 더 확장시키고 있다. 이로 인해 Wi-Fi와 같은 무선 네트워크를 사용하려는 사용자 또한 급속하게 증가되고 이를 수용하기 위해서는 하나의 AP 처리 영역에 적어도 2개 이상의 AP가 요구되어진다. 이러한 환경에서 무선 네트워크의 효과적인 활용과 사용자에게 지원되는 서비스를 극대화하기 위해 적절한 AP를 선택하는 것은 매우 중요한 논점 중에 하나이다. 본 논문에서는 신호의 세기와 더불어 각 AP에서 처리하는 트래픽 양을 고려하여 무선 네트워크의 활용을 최적화하는 AP 선택 기법을 제안한다. 사용자의 이동이 빈번한 무선 네트워크의 특성상 특정 AP를 중심으로 트래픽 불균형 상태가 언제나 발생할 수 있기 때문에 신호의 품질만을 선택 기준으로 적용하는 방식은 네트워크 활용에 제한적이다. 제안된 AP 선택 기법은 신호의 품질과 더불어 각 AP에서 처리량을 고려하여 새로운 스테이션에 대한 결합을 결정하기 때문에 가장 좋은 신호를 가진 AP에 발생할 수 있는 혼잡현상을 미연에 방지하며 균형 있는 트래픽 부하 처리로 효율적으로 네트워크를 활용한다. 제안한 방식의 성능을 확인하기 위하여 OPNET 모델러를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 성능 평가 척도로는 전송 효율과 전송 지연을 사용하였고 제안한 방식을 기존의 방식과 비교하였다. 실험결과, 제안한 방식이 기존의 방식에 비하여 전송 지연과 전송 효율 측면에서 더 좋은 결과를 나타내었다.

■ 중심어 : | AP 선택기법 | WLAN | Wi-Fi | 처리량 |

Abstract

Nowadays, wireless local area networks are widely deployed so that stations can potentially associate with an access point. The AP selection strategy is one of the significant research areas for wireless local area networks. The selection strategy solves the relevant problem is which AP can be selected and associated with a station so that the efficient resource utilization can be obtained. Rather than merely choosing the AP with the strongest received signal strength, however, we calculate effective throughput for each neighboring AP and use it as a basis for AP selection. Referencing the throughput is better than referencing the signal strength only because the network may contain a severe load imbalance. We have performed computer simulations using OPNET modeler in order to verify the performance of the proposed scheme. The results show us that the proposed selection method outperforms that of the conventional one in terms of throughput and delay.

■ keyword : | AP Selection | WLAN | Load Balancing | Wi-Fi |

접수번호 : #110817-004
접수일자 : 2011년 08월 17일
심사완료일 : 2011년 10월 24일
교신저자 : 최재호, e-mail : wave@jbnu.ac.kr

I. 서 론

최근 몇 년에 걸쳐 스마트폰이나 아이패드 그리고 갤럭시 탭과 같은 Wi-Fi를 사용하는 무선기기의 발전이 급속히 진행되어왔다. 현재 스마트폰 사용자수가 무려 1,500만에 이르고 있다. 이러한 무선기기의 진보와 사용자 수의 증가는 더 많은 AP(access point)의 배치를 요구한다.

모바일 사용자가 Wi-Fi을 이용하여 데이터를 송수신하기 위해서는 우선 하나의 AP에 접속해야한다. 보통 WLAN은 하나의 AP에 다수의 스테이션들로 이루어진 BSS(basic service set)라는 가장 작은 단위의 토폴로지를 갖는다. 그러나 많은 사람들이 군집하는 장소에는 하나의 AP로 모든 사람들의 데이터를 처리할 수 없고 여러 BSS로 이루어진 EBSS (extended BSS)로 확장 구성하게 된다. 이러한 상황에서 Wi-Fi 사용자는 인터넷 서비스를 제공받기 위해 적절한 하나의 AP를 선택해야 한다.

현재 IEEE 802.11 표준은 구체적인 AP선택 알고리즘을 제시하고 있지 않기 때문에, 주로 제조업자들에 의해 AP들로부터 수신되는 신호 중 가장 강한 신호를 가진 AP가 선택되어진다. 이는 구현상의 편의성 때문에 주로 사용되며 이러한 기법을 RSSI(received signal strength indication)라고 한다. 그러나 RSSI 기반 AP 선택 기법은 요즘과 같은 Wi-Fi 사용자가 급증한 시대에는 여러 가지 문제점이 나타날 수 있다[1-5]. 가령, 어느 한 지역에 많은 사용자가 군집했을 때 가장 강한 신호를 가진 AP로 다수의 사용자가 접속하게 되면 그 AP에 혼잡 현상이 발생하게 되고 결국은 네트워크의 심각한 성능 저하를 야기한다[6-9]. 이는 MAC 계층의 채널 경쟁 상태나 특정 AP의 과부하와 같은 중요한 요소들을 전혀 고려하지 않기 때문이다.

본 논문에서는 RSSI 뿐만 아니라 MAC 계층을 활용하여 각 AP의 채널 활용도를 조사하고 이를 새로운 노드가 새로운 AP와의 결합이 필요할 때 사용한다. 즉, 각각의 AP가 처리하고 있는 트래픽 양을 고려하여 결합하려는 스테이션을 균등하게 접속하도록 분배함으로써 하나의 AP에, 가령 가장 강한 신호를 가진 AP, 집중되는 혼잡상태(congestion)를 예방하여 전체 네트워크 시스템의 성능효율을 높이는 AP 선택 알고리즘을 제시한다. 제안된 알고리즘을 사용하여 채널활용도(channel utilization)를 계산하고 이것은 새로운 스테이션이 최적의 AP를 선택하기 위한 채널 상태 정보로 활용된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장은 IEEE 802.11 표준의 결합과정(association)과 이와 관련된 연구를 간략하게 소개한다. III장은 MAC 계층에 대한 간략한 소개와 처리량을 계산하여 새로운 AP 선택에 활용하는 새로운 알고리즘을 제시한다. 그리고 기존의 신호의 세기만을 고려한 알고리즘과 비교하여 새로 제시된 알고리즘의 성능을 실험 분석한 결과를 IV장에 나타낸다. 마지막으로 V장은 우리의 결론을 제시한다.

II. 관련 연구

IEEE 802.11 표준은 결합과정을 3과정으로 분류하여 소개한다[10]. 첫 번째 과정에서, 사용자는 AP의 비콘 프레임들을 단지 수동적 모드에서 듣는다. 활성 모드(active mode)로 전환한 후 사용자는 프로브 요청 프레임(prove request frame)을 가까이에 있는 AP들에게 보내면, 그때 AP들은 프로브 응답 프레임(prove response frame)으로 응답한다. 두 번째 과정에서, 사용자는 제시된 기준에 따라 최적의 AP를 결정한다. 그 결정 기준들 중 RSSI가 주로 사용되는 이유는 '강한 RSS(received signal strength)는 높은 처리량을 갖는다'는 가정으로 기인한다. 마지막 단계에서, 사용자는 결합 요구 프레임(association request frame)을 두 번째 단계에서 선택된 AP로 보낸다. 그리고 선택된 AP는 결합 응답 프레임(association response frame)으로 응답한다.

비록 IEEE 802.11 표준을 사용하는 대부분의 WLAN이 RSSI 기반 결합 방법을 채택하고 있지만 이것은 네트워크 자원을 비효율적으로 사용한다. 논문[11]의 저자는 RSSI 기법이 결합 기법으로 적당하지 않은 이유를 다음과 같이 설명하고 있다. 한 가지 이유는, RSSI 기법은 단지 AP로부터 거리에만 따라 결정되는 것이

아니라 전송 파워에도 영향을 받기 때문이다. 또 다른 이유로는, 사용자와 AP들 사이에 발생하는 트래픽은 보통 양 방향(bi-directional)이지만 RSSI 기법은 단지 다운링크 채널 조건만을 나타내는 지시자이기 때문이다.

이러한 문제들을 안고 있는 RSSI 기법의 대안을 찾고자 많은 연구가 진행되었다. 논문[12]에서 제시된 결합 기법은 전체 네트워크의 대역폭 (bandwidth)를 사용자에게 공평하게 할당한다. 논문[12]에서는 공평한 자원 공유 및 개선된 사용자 결합을 제공하는 자가 구성 알고리즘을 제시하고 있다. 논문[13]은 채널 정보를 사용하는 결합 방법이 고려되고 있다. 그러나 RSSI 기법을 대처하기 위한 대부분의 연구들은 IEEE 802.11 모듈에서 상당한 수정을 요구한다. 즉, 호환성에 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서 제시하는 새로운 AP 선택 알고리즘은 간단하면서도 IEEE 802.11 모듈에 적용할 수 있다. 또한 각각의 AP들의 채널 활용도를 조사하여 새로운 사용자의 결합을 결정하기 때문에 혼잡현상을 미연에 방지하며, 전체 네트워크의 자원을 효율적으로 사용할 수 있다.

Ⅲ. 처리량을 고려한 AP 선택 기법

본 논문은 수신된 신호의 세기(RSSI)와 처리량(throughput)을 사용하여 새로운 스테이션이나 이동하고 있는 스테이션이 가장 효율적인 망에서 보다 우수한 서비스를 제공받도록 하는 최적의 AP 선택 알고리즘을 제시한다. 단, 제안한 알고리즘은 다음과 같은 상황들을 가정한다.

- 사용된 네트워크는 IEEE 802.11b를 기반으로 하는 WLAN이다.
- 일정 지역에 많은 사람이 운집하는 상황을 고려한다. 즉, 일정지역에 최소 2개 이상의 AP가 존재하는 EBSS(extended basic service set)을 가정한다.

[그림 1]은 스테이션이 위에 가정된 네트워크에서 서비스를 받기 위한 절차를 보여준다. 먼저 스테이션은 여러 AP들로부터 비콘 신호를 수신한다. 수신된 비콘 신호로부터 각각의 AP에 결합되어 서비스를 받고 있는 노드의 수를 얻고, 수신된 신호의 세기를 기반으로 AP들을 순서화 한다. 마지막으로 본 논문에서 제시하고 있는 알고리즘을 적용하여 각 AP가 제공할 수 있는 최적의 서비스 상황을 판단하고 새로운 AP들의 순서를 정한다. 이러한 과정이 일정주기의 시간으로 반복되어진다.

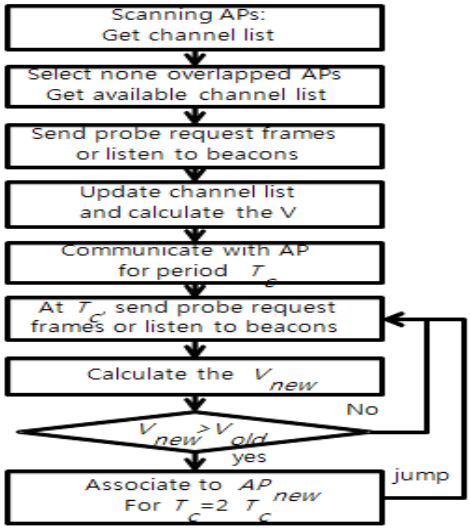


그림 1. 제안된 알고리즘이 적용된 AP 결합 절차

네트워크의 효율성을 고려한 최적의 서비스를 제공할 수 있는 AP를 찾기 위해, 본 연구에서는 각각의 AP에서 제공할 수 있는 처리량을 고려한다. 처리량을 구하기 위해서는 먼저 스테이션에서 데이터를 성공적으로 전송하기 위한 MAC 계층의 메커니즘과 시간에 대한 이해가 필요하다.

IEEE 802.11 MAC은 경쟁기반 채널의 접속 모드인 DCF(Distributed Coordination Function)과, 옵션으로 PCF(Point Coordination Function)을 채용하고 있다. DCF는 binary exponential backoff를 사용한 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 메커니즘을 사용하며, PCF는 polling 메커니즘에 기반하여 동작한다.

DCF와 PCF는 스테이션이 전송해도 되는 때를 결정한다. 시간은 슈퍼프레임(superframe)이라는 반복적인

주기로 나누어진다. 각 슈퍼프레임은 beacon frame으로 시작한다. 나머지 시간은 옵션인 CFP (contention-free period)와 CP(contention period)로 나뉜다. DCF는 CP 동안 동작하며, PCF는 CFP 동안 동작한다.

IEEE 802.11 DCF에서 하나 이상의 스테이션이 동시에 같은 채널에서 전송을 시도한다면 정확한 데이터 전송을 보장할 수 없게 된다. 이것은 신호가 규칙 없이 서로 혼합되어 복원할 수 없게 되어 지기 때문인데 이를 충돌(collision)이라고 한다. 이러한 충돌을 피하기 위해 IEEE 802.11은 CSMA/CA 기법을 사용하도록 하고 있다. 여기서 CA 부분이 충돌 확률을 줄이기 위한 메커니즘을 기술하고 있는데, 전송할 데이터를 가진 스테이션은 전송을 시작하기 전에 소위 백오프 과정(backoff procedure)을 수행하게 된다. 즉, 전송할 데이터를 가진 스테이션이 채널을 사용할 수 있는 환경을 가졌더라도 즉시 전송하지 않고 임의의 시간을 부가하여 더 기다린 후에 전송한다. 이 임의의 시간 길이는 시스템의 작동 시간 단위인 슬롯타임(slot time)의 배수 값을 갖는다. 각 스테이션은 전송하기 전에 기다려야 하는 시간의 양을 정의하기 위해 CW(contention window)라는 값을 가지고 있다. 만일 데이터 전송이 실패하게 되면 CW 값이 증가하게 된다. 이때 전송 실패 횟수와 증가되는 CW의 관계는 다음과 같다.

$$W_i = \begin{cases} 2^i \bullet CW_{\min} & , 0 \le i \le m \\ CW_{\max} & , m < i \le \hat{m} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, i는 재전송 회수를 나타내고, $\hat{m}$은 메커니즘이 허용할 수 있는 최대 재전송 회수이다. $CW_{\min}$의 표준 값은 32이고 CW의 초기 값은 $Uniform[1, W_0 = CW_{\min}]$으로 부여된다. 재전송 횟수가 일정한 값 m을 넘기면 W_i 은 더 이상의 증가하지 않고 $CW_{\max}$로 고정된다.

우리는 식(1)을 사용하여 전송 실패 횟수에 따른 실제 기다리는 시간 백오프 시간을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$B(i) = Uniform[1, W_i] \bullet T_{slot} \quad (2)$$

여기서, T_{slot}은 슬롯타임을 나타내며 보통 $20\mu s$를 갖는다.

이제, 주어진 백오프 시간을 사용하여 스테이션이 데이터를 성공적으로 전송하는데 걸리는 시간을 정의해 보자[14].

$$T_s(j) = T_{PHY_h} + T_{MAC_h} + DIFS + L + \delta + SIFS + T_{ACK} + \delta + B(j), \quad j = 0,....,\hat{m} \quad (3)$$

여기서, T_{PHY_h}와 T_{MAC_h}은 물리층(physical layer)과 매체 접근 제어층 (MAC layer)의 헤더를 전송하는데 걸리는 시간을 각각 나타낸다. δ는 전파지연(propagation delay)을 나타내고 L의 값은 데이터를 전송하는데 사용된 시간이며 다음과 같다.

$$L = \frac{B(bits)}{R(bits/s)} \quad (4)$$

B는 전송 데이터 (payload), **R**은 전송 속도 (transmission speed)를 나타낸다. DIFS는 Distributed inter-frame space, SIFS는, short inter-frame time 그리고 T_{ACK}는 acknowledgement 프레임 전송 시간을 나타내며 그 값은 IEEE 802.11 표준에 명시되어 있다.

식(1), (2), (3)을 통해 데이터 프레임이 전송하는데 걸리는 실제 시간을 조사해 보았다. 그러나 위의 시간들은 네트워크 환경 요인에 따라 시시각각으로 변할 수 있는 값들이다. 여기서 우리는 이제 스테이션이 하나의 데이터 프레임을 전송하는데 걸리는 평균 시간을 정의할 필요가 있다.

$$T_{actual} = \begin{cases} \sum_{i=0}^{m} (1-p)p^i T_s(i), & 0 \le i \le m \\ \sum_{i=m}^{\infty} (1-p)p^m T_s(m), & m < i \le \hat{m} \end{cases} \quad (5)$$

p는 전송 실패 확률을 나타내고, $(1-p)$는 성공 확률을 나타낸다. i는 전송 시도 횟수를 나타내고 $T_s(i)$는 식(3)으로부터 구해지는 시간 값이다.

위의 모든 수식의 유도 과정들은 결국 처리량(throughput)을 구하기 위함이다. 우리는 처리량 E를 식(6)과 같이 정의한다.

$$E = \frac{\sigma \cdot B}{T_{actul}} \tag{6}$$

여기서, B은 식 (4)의 전송 데이터, σ는 채널 활용 비율(the fraction of the channel occupancy)을 나타내고, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sigma = \frac{T_{actual}}{N_{AP_i} \cdot T_{actual}} = \frac{1}{N_{AP_i}} \tag{7}$$

식(7)에서, N_{AP_i}는 i번째 AP에 결합되어 있는 노드의 수를 나타낸다. 이제 식(7)을 식(6)에 대입하여 i번째 AP의 처리량 E_i을 표현하면 다음과 같다.

$$E_i = \frac{1/N_{AP_i} \cdot B}{T_{actul}} = \frac{B}{N_{AP_i} \cdot T_{actul}} \tag{8}$$

우리의 목적은 결합하고자 하는 스테이션에게 최대의 처리량을 제공하면서 동시에 기존에 결합되어 있던 노드에게 미치는 영향을 최소화 하는 것이다. 예를 들어 [그림 3]에서처럼 AP1에 결합되어 있는 노드 1이 AP3쪽으로 이동했을 때 단순히 신호의 세기를 기준으로 새로운 결합을 결정하지 않는다. 따라서 새로운 AP가 처리하고 있는 부하의 측정과 비교가 필요하다. 그리고 우리는 이 값을 사용하여 새로운 AP로의 결합을 결정한다. 새로운 AP에 대한 첨자를 j라 하고 이의 처리량은 E_j로 표기하자. 이제 전에 결합되어 있는 AP에서의 처리량과 새롭게 결합하고자 하는 AP의 처리량을 비교하자.

$$V = E_j - E_i \tag{9}$$

표 1. 실험 파라미터

Parameter	Value	Parameter	Value
MAC header	224 bits	δ	1 us
PHY header	192 bits	Slot time	20 us
ACK	112 bits	SIFS	10 us
RTS	160 bits	DIFS	50 us
CTS	112 bits	Tc	20 s
Min CW	31	Max CW	1023
Simulation Time	150 s	# of Nodes	20
Bandwidth	11 MHz	Data rate	1 Mbps
Transmission range	50~100 m	Simulation Round	1010 times
Node mobile speed	1 m/s	Transmission Power	30 mW

처리량은 각각의 AP들의 비콘 프레임으로부터 매 주기마다 결합되어 있는 스테이션의 수에 대한 정보를 활용하여 계산된다. 여기서 V의 값이 양의 값을 가지면 스테이션은 새로운 AP로의 결합을 결정한다.

Ⅳ. 실험분석

제안된 AP 선택 기법의 성능을 확인하기 위해 여러 가지 시나리오를 가지고 오피넷 (OPNET)을 활용하여 실험한다. 성능 실험 결과는 신호세기 기반 기법과 비교한다. 실험에 활용된 각 파라미터와 해당되는 값은 [표 1]과 같다. 또한 노드의 움직임 경로를 2가지 형태로 실험에 참작하였으며 그 형태는 [그림 2]와 같다. 우리는 각각의 움직임을 구별하여 표현하기 위해 스테이션의 움직이는 형태에 따라 원형경로와 직선경로로 호명한다. 먼저 원형경로에서의 AP 선택 기법의 성능을 테스트하고 기존 기법과 비교하여 [그림 3]와 [그림 4]에 나타내었다. [그림 3]는 신호세기 기반 기법의 결과로써 시간에 따라 점점 처리량이 감소하고 있다. 반면 [그림 4]에서 볼 수 있듯이, 제안된 AP 선택 기법이 적용된 기법은 시간이 경과해도 처리량이 상대적으로 급격하게 감소하지 않는다. 이러한 사실은 원형경로를 따라 움직이는 노드가 신호의 세기 정보뿐만 아니라 각각의 AP들의 트래픽 부하에 대한 정보를 활용함으로 기인된다.

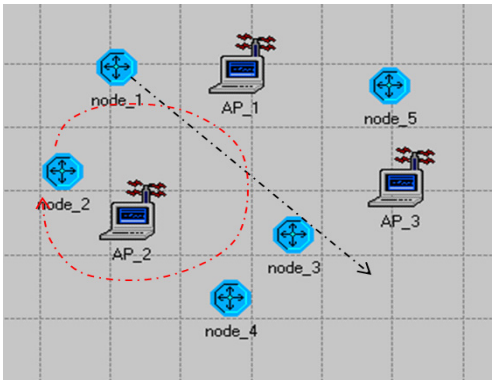


그림 2. 노드 움직임 경로

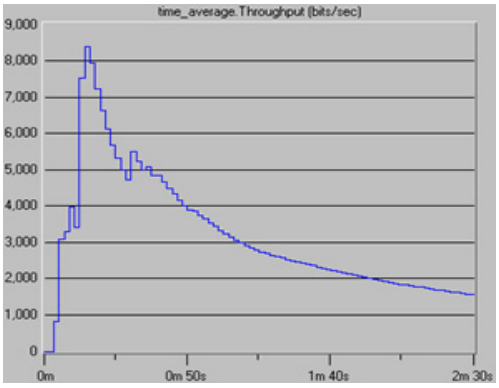


그림 3. 원형경로 상에서 RSSI 기법의 성능

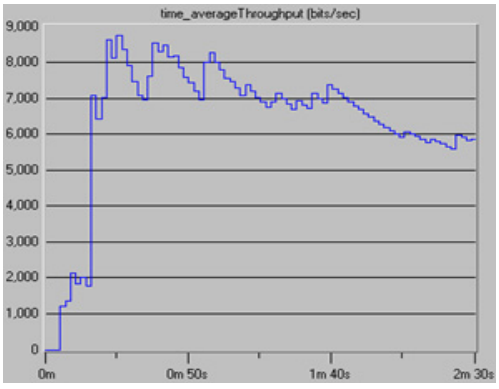


그림 4. 원형경로 상에서 제안된 기법의 성능

[그림 5]와 [그림 6]은 스테이션의 움직이는 속도에 따른 처리량을 알아보기 위해, 스테이션의 움직임 속도를 달리하여 원형경로 시나리오와 직선경로 시나리오 상에서 스테이션의 처리량을 조사했다. 보통, 스테이션의 움직임 속도가 빠르면 처리량이 감소할 것이라고 쉽게 예상할 수 있듯이 실제 원형경로 상의 실험결과는 예상과 같이 속도에 따라 처리량이 감소함을 [그림 5]에서 확인할 수 있다.

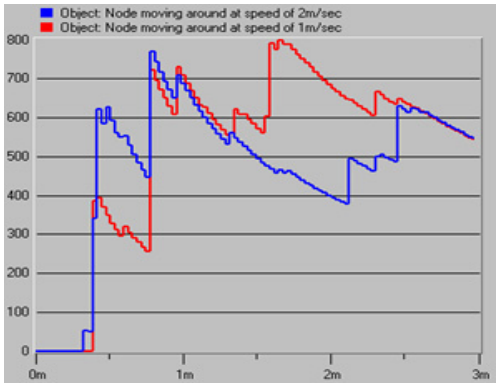


그림 5. 원형경로에서 속도에 따른 패킷 처리량 비교

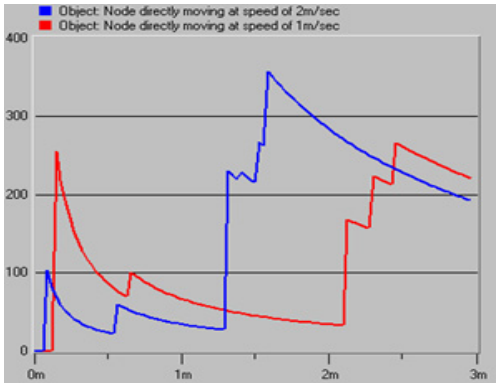


그림 6. 직선경로에서 속도에 따른 패킷 처리량 비교

그러나 [그림 6]에 나타나듯이 직선경로 시나리오 상에서 스테이션의 속도에 따른 처리량의 변화는 크게 달라지지 않음을 확인할 수 있다. 이는 실험 상에서 큰 속도의 차이를 사용하지 않아서 야기되는 결과이며 속도의 차를 크게 하면 속도에 따른 처리량의 변화는 비교적 크게 달라질 것으로 예상된다.

V. 결론

본 논문에서 전체 네트워크의 자원을 효율적으로 사용하기 위한 새로운 AP 결합기법을 제시하였다. 제안된 기법은 신호의 세기 기반에서 발생할 수 있는 혼잡 상태를 미연에 방지하며 전체 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한 기존의 방식과 호환되기 때문에 구현에 용이하다. 우리의 성능 분석결과 새로 제안된 방식이 단지 신호의 세기에 의존하여 결합을 결정하는 기존 방법과 비교하여 전체 네트워크의 효율성 측면에서 우수함을 보여주고 있다. 우리는 앞으로 더 많은 시나리오 상에서 특히, 속도의 차이 변화를 다양하게 하는 실험을 실시하고 결과를 얻을 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] G. Judd and P. Steenkiste. "Fixing 801.11 access point selection," Proc. of ACM MobiCom'02, 2002.

[2] Huazhi Gong and J. W. Kim, "Distributed Fair Access Point Selection for Multi-Rate IEEE 802.11 WLANs," Proc. of IEEECCNC, pp.528-532, 2008(6).

[3] S. Takeuchi and Y. Yasuda, "Access Point Selection Strategy in IEEE 802.11e WLAN Networks toward Load Balancing," Electronics and Communications in Japan, Vol.90, No.4, pp.431-442, 2007(4).

[4] Y. Fukuka and Y. Oie, "Decentralized Access Point Selection Architecture for Wireless LANs: Deployability and Robustness," Proc. of IEEE VTC2004-Fall, Vol.2, pp.1103-1107, 2004(9).

[5] M. Heusse, F. Rousseau, and A. Duda, "Performance Anomaly of 802.11b," Proc. of INFOCOM'03, pp.836-251, 2003(3).

[6] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.18, pp.534-547, 2000(3).

[7] S. Choudhury and Jerry Gibson, "Throughput Optimization for Wireless LANs in the Presence of Packet Error Rate Constraints," IEEE Communications Letters, Vol.12, No.1, pp.11-13, 2008(6).

[8] S. Vasudevan and K. Papagiannaki, "Facilitating access point selection in IEEE 802.11 wireless networks," Proc. of IMC'05, pp.293-298, 2005.

[9] D. Kotz and K. Essien, "Analysis of a campus-wide wireless network," in Proc. ACM MOBICOM, pp.107-118, 2002.

[10] IEEE 802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, ANSI/IEEE STD 802.11, 1999.

[11] G. Athanasiou, T. Korakis, O. Ercetin, and L. Tassiulas, "A Cross-Layer Framework for Association Control in Wireless Mesh Networks," IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, Vol.8, No.1, pp.65-80, 2009(6).

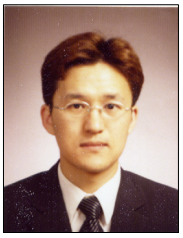
[12] B. Kauffmann, F. Baccelli, A. Chaintreau, K. Papagiannaki, and C. Diot, "Measurement - Based Self Organization of Interfering 802.11 Wireless Access Networks," Proc. IEEE INFOCOM, pp.1451-1459, 2007(5).

[13] T. Korakis, O. Ercetin, S. Krishnamurthy, L. Tassiulas, and S. Tripathi, "Link Quality based Association Mechanism in IEEE 802.11h compliant Wireless LANs," Proc. RAWNET, 2005(4).

[14] M. Abusubaih, J. Gross, W. Wiethoelter, and A. Wolisz, "On access point selection in IEEE 802.11 wireless local area networks," Proc. of IEEE on Local Computer Networks, pp.876-886, 2006(11).

저 자 소 개

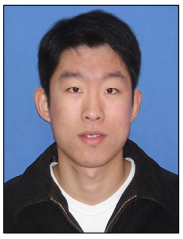
허 웅(Ung Heo) 정회원



- 2002년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2004년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2011년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

<관심분야> : 모바일 통신 프로토콜 성능 모델링

팽 우 양(Yuyang Peng) 정회원



- 2008년 : Dalian Polytechnic University 전자정보공학과 졸업
- 2009년 ~ 2011년 : 전북대학교 대학원 전기공학과 석사
- 2011년 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<관심분야> : WSN, MIMO 시스템

유 강 수(Kangsoo You) 정회원

- 1994년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2006년 8월 : 전북대학교 영상공학과(공학박사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : 전주대학교 교양학부 교수

<관심분야> : 영상처리, 멀티미디어 통신

최 재 호(Jaeho Choi) 정회원

- 1985년 5월 : NCSU(B.S.E.E)
- 1988년 5월 : NCSU(M.S.E.E)
- 1993년 5월 : NCSU (Ph.D in Computer Eng.)
- 1994년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학부 교수

<관심분야> : 자가구성 네트워크, 네트워크 컨버전스