

WLAN에서 이웃 네트워크 정보를 이용한 효율적인 스캐닝 그룹 및 순서 결정 방법

준회원 강 동 완*, 정회원 최 재 각*, 종신회원 유 상 조**

An Efficient Scanning Group and Order Decision Method Using Neighbor Network Information in Wireless LAN

Dong-Wan Kang* *Associate Member*, Jae-Kark Choi* *Regular Member*,
Sang-Jo Yoo** *Lifelong Member*

요 약

IEEE 802.11 WLAN에서 동작하는 단말이 핸드오버를 수행하는 과정에서 새로운 AP를 찾기 위한 스캐닝 과정은 핸드오버 지연시간의 90% 이상을 차지하고, 이는 끊임 없는 핸드오버를 하기에 가장 큰 장애요인으로 꼽힌다. 본 논문에서는 이러한 스캐닝 지연시간을 줄이기 위해서 핸드오버가 임박한 단말이 선택적 채널 스캐닝을 할 수 있는 스캐닝 그룹 및 순서 결정 방법을 제안한다. 본 논문에서의 AP는 IEEE 802.21에서 제공하는 인포메이션 서버(IS)로부터 주변 네트워크 정보를 제공받으며, 이를 바탕으로 AP는 각 이웃 AP와의 거리와 네트워크 토폴로지 그리고 각각의 트래픽 로드 등에 따라 고유의 스캐닝 순서를 결정하고 비콘 메시지를 통해 단말에게 방송한다. 단말은 스캐닝 순서에 따라 이웃 AP들에 대해 사전 수동형 스캐닝을 수행하고, 그 결과에 따라 이웃 AP에 차별적인 우선순위를 부여하여 스캐닝 그룹을 세 가지 종류로 분류한다. 이후 단말은 핸드오버가 임박했을 때 미리 결정된 스캐닝 그룹을 바탕으로 불필요한 AP에 대한 스캐닝을 최소화함으로써 최적의 AP를 빠른 시간 내에 찾을 수 있다. 모의실험을 통해 제안된 핸드오버 기법에서의 스캐닝 지연시간이 기존의 기법보다 현저히 감소했음을 확인하였다.

Key Words : Handover Latency; Wireless LAN; Scanning Group; Scanning Order

ABSTRACT

When a mobile station(MS) performs a handover, in the IEEE 802.11 WLAN, MS's channel scanning for discovering new available APs is the dominating factor in handover latency, accounting 90% of overall latency. In order to reduce such a scanning latency, we focus on the method for reducing the number of channels for the MS in handover process to scan. With the help of IEEE 802.21 information server(IS), a proper order of groups of channels to be scanned is offered by the current AP depending on the information of neighbor APs in terms of the distance from serving AP, traffic load and network topology. By using this scanning order, the passive scanning of a MS in normal operation enables the MS to filter out the unavailable channels, and thus to classify the candidate channels of neighbor APs into three groups. Then, a handover-imminent MS can perform the active scanning from the most reliable group of channels. Simulation results show that the proposed scanning scheme reduce the scanning latency in comparison with the conventional scheme.

※ 이 논문은 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-521-D00384)

* 인하대학교 정보통신대학원 멀티미디어통신망 연구실 (kalkers,hl0zx@naver.com)

** 인하대학교 정보통신대학원 교수 (sjyoo@inha.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-09-418, 접수일자 : 2009년 9월 18일, 최종논문접수일자 : 2010년 1월 20일

I. 서론

IEEE 802.11 표준^[1]을 바탕으로 한 WLAN (Wireless Local Area Network) 기술은 최근 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며 공항, 호텔 등과 같은 핫스팟(Hot Spot)을 중심으로 높은 전송률을 제공하고 있다. WLAN 내의 단말은 AP를 통해 인터넷에 접속할 수 있다. 하지만 WLAN AP의 통신 반경이 실제 수십 미터 정도로 짧기 때문에 넓은 영역으로 확장하기 위해서는 여러 개의 AP를 필요로 하고 이로 인해 이동하는 단말은 현재 자신이 속해 있는 AP(현재 AP)로부터 점점 멀어지면서 AP로부터 받는 신호강도에 따라 수신 메시지의 품질이 떨어지게 된다. 따라서 이러한 경우 단말은 연결성을 유지하기 위해 이웃 AP로의 핸드오버를 수행해야 한다.

이러한 핸드오버 과정에서 새로운 AP를 찾기 위한 스캐닝 과정에서 발생하는 스캐닝 지연시간은 전체 핸드오버 지연시간의 90% 이상을 차지하고, 이는 끊김 없는(Seamless) 서비스를 제공받는데 가장 큰 장애요인이 된다^[2]. 따라서 서비스 단절 및 품질 저하 방지를 위해서는 스캐닝 지연시간을 줄일 수 있는 스캐닝 기법이 필요하다. 이를 위해 SyncScan^[3], Proactive^[4] 탐색 등과 같이 핸드오버가 발생하기 전 핸드오버가 가능한 이웃 AP를 사전에 탐색하는 기법과 Multiscan^[5]과 같이 두 개의 인터페이스를 사용하는 탐색기법 등이 연구되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 다양한 AP들의 트래픽 로드(Traffic Load)를 고려하지 않고 스캐닝 지연시간을 줄이는 것에 중점을 두고 있다. 만약 단말이 특정 AP로 핸드오버를 수행했을 때 트래픽 로드가 높으면 요구하는 서비스 품질에 미치지 못하는 경우가 많다^[6]. 그러나 본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법은 RSSI (Received Signal Strength Indication) 뿐만 아니라 각 AP의 현재 트래픽 로드의 값까지 고려하여 핸드오버 가능한 AP를 결정한다는 것이 기존의 핸드오버 기법과 가장 큰 차이이다.

본 논문에서는 L2(Layer 2) 핸드오버과정에서 발생하는 스캐닝 지연시간을 줄이는데 목표를 두고 있다. 만약 단말이 핸드오버가 임박하기 전에 사용 가능한 AP들을 미리 알 수 있다면 불필요한 스캐닝 과정을 피할 수 있으므로 자연스럽게 스캐닝 지연시간은 줄어들게 된다. 본 논문에서는 모든 AP가 IEEE 802.21^[7]에 정의되어 있는 인포메이션 서버(IS: Information Server)로부터 주변 네트워크의 정보를 제공받을 수 있는 것으로 가정한다. 이러한 네

트워크 정보는 AP로부터 주기적으로 방송되는 비콘 메시지(Beacon Message)를 통해 영역 내에 존재하는 모든 단말들에게 제공된다. 만약 미디엄을 사용하기 위해 대기하고 있거나 통신에 참여하지 않는 단말들이 미리 알고 있는 이웃 네트워크 정보를 바탕으로 수동형 스캐닝(Passive Scanning)을 수행하고 해당하는 채널에서 비콘 메시지를 수신한다면, 핸드오버가 임박하기 전에 미리 핸드오버 가능한 AP는 물론 가장 이상적인 AP그룹을 사전에 구성할 수 있다. 따라서 핸드오버가 임박한 시기에 이처럼 사전적으로 선별된 채널 그룹만을 스캐닝함으로써 불필요한 채널에 대한 스캐닝 과정을 피할 수 있다.

본 논문에서는 위와 같은 수동적 스캐닝 과정을 사전 스캐닝(Precedent Scanning)이라고 정의 하였다. 또한 사전 스캐닝에서 보다 빠른 시간 내에 최대한의 비콘 메시지를 수신하기 위해 효율적인 스캐닝 순서를 제안한다. 스캐닝 순서는 현재 AP와 각 이웃 AP사이의 거리관계, 트래픽 로드 그리고 네트워크 토폴로지(Topology)에 따라 결정된다. 스캐닝 순서에 따라 사전 스캐닝을 수행한 단말은 RSSI 와 트래픽 로드를 고려하여 세 가지 스캐닝 그룹으로 분류된다. 본 논문에서는 스캐닝 순서와 그룹 결정 과정에서 트래픽 로드를 고려하여 핸드오버가 임박한 단말이 실제 스캐닝하게 될 채널들의 우선순위 결정에 반영하였다. 핸드오버가 임박한 단말은 이미 형성된 스캐닝 그룹을 바탕으로 불필요한 채널에 대한 능동형 스캐닝(Active Scanning)을 피할 수 있게 되며, 스캐닝 지연시간을 줄여줄게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존 IEEE 802.11 WLAN 에서 핸드오버 방식을 분석하고, III장에서는 제안된 스캐닝 그룹 및 순서 결정 방법을 제안한다. IV장에서는 모의실험을 통한 성능 분석을 수행하고, 마지막 V장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

II. WLAN 핸드오버 방식

IEEE 802.11 표준은 802.11 MAC(Medium Access Control) 프로토콜과 물리계층 파라미터를 정의하고 있지만, 특정한 핸드오버 알고리즘에 관한 정의는 되어있지 않다. 링크 계층(Link Layer) 핸드오버는 현재 단말에 연결되어 있는 AP를 바꾸는 과정이며, 이는 데이터 프레임 전송이 끊긴다는 것을 의미한다. 본 장에서는 WLAN에서의 핸드오버 과정을 알아보고 이때 발생하는 스캐닝 지연시간을

분석한다.

2.1 WLAN 핸드오버 절차

WLAN 핸드오버 과정은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 전체적인 핸드오버 과정은 새로운 AP를 찾는 탐색과정(Discovery Phase), 탐색된 네트워크로의 접근 권한을 검증하기 위한 인증과정(Authentication Phase) 그리고 새로운 AP로의 연결을 위한 재결합과정(Re-association Phase)로 분류된다.

탐색과정(Discovery Phase)은 단말의 이동성으로 인해, 단말이 현재 AP로부터의 신호(e.g. RSSI, SNR)가 미약함을 인지하고, 이웃 AP로의 핸드오버를 위해 새로운 AP를 찾는 과정이다. 채널탐색과정에서 단말은 자신의 이동에 의해 신호가 미약해진 기존의 AP와 연결을 해제하고, 새로운 AP와 결함을 위해서 사용가능한 모든 채널을 탐색한다.

스캐닝은 수동형 스캐닝과 능동형 스캐닝으로 나누어 질 수 있다. 우선 수동적 스캐닝은 이웃AP의 채널로 스위칭한 후에 AP가 주기적으로 방송하는 비콘 메시지를 듣기위해 대기하는 방식이다. 비콘 방송주기는 보통 100ms이며, 이 과정을 IEEE 802.11 표준에 정의된 11개 채널에 대하여 반복 수행한다. 능동적 스캐닝은 특정한 채널이 어떤 AP에서 사용되고 있는지 찾기 위해 단말이 각 채널로 프로브 요청(Probe Request) 메시지를 전송한다. 프로브 요청 메시지를 수신한 AP는 프로브 응답

(Probe Response) 메시지로 회답함으로써, 단말이 AP들의 존재 유무를 인지하도록 한다.

인증과정(Authentication Phase)에서 단말은 이전 과정에서 획득한 이웃 AP들의 RSSI정보를 기준으로 구성된 우선순위 명단을 바탕으로 최적의 AP와 결합 할지 여부를 결정한다. 이 과정에서 단말은 인증 요청(Authentication request) 메시지를 전송하고, 해당 AP는 단말의 접속을 허용하는 경우 인증 응답(Authentication reply) 메시지로 응답한다. 이 과정이 완료되면, 단말은 핸드오버를 완료하는 재결합 과정(Re-association Phase)을 수행한다. 단말은 새로운 AP에 재결합 요청(Re-association request) 메시지를 전송하고 AP는 재결합 응답(Re-association response) 메시지로 회답한다. 새로운 AP는 단말의 이전 AP에 핸드오버 요청(Handover request) 메시지를 전송하여 단말의 정보와 핸드오버 과정에서 단말에게 전송되어야 할 데이터가 존재한다면 자신에게 전송해 줄 것을 요구한다. 이전 AP는 핸드오버 응답(Handover response) 메시지를 통해 이러한 요구에 응답하고, 중단되었던 데이터를 다시 단말에 전송 한다. 이상의 과정을 통해 단말은 새로운 AP로의 핸드오버를 완료한다.

2.2 스캐닝 지연시간

위에 설명한 전체적인 3단계의 핸드오버 과정에서 탐색과정으로 인한 지연시간은 두 가지로 구분된다^[8]. 첫 번째는 채널 스위칭과 메시지 전송 지연 시간(CS&T: Channel Switching and Transmission)이다. CS&T 지연시간은 새로운 AP를 찾기 위해 단말이 이웃 AP가 사용하는 채널로 스위칭하고 프로브 요청 메시지를 전송하기 까지 소요되는 지연 시간이다. 두 번째로는 프로브 요청 메시지를 전송 후 특정 채널로부터 프로브 응답 메시지를 대기하는 시간인 MinChannelTime과 MaxChannelTime이다. 프로브 요청을 전송하고 MinChannelTime내에 응답이 수신되지 않으면 단말은 해당 채널에는 AP가 존재하지 않거나 전송거리 밖에 있다고 가정하고 다른 채널을 검색한다. 그러나 MinChannelTime내에 응답이 있다면, 이 채널을 사용하는 다른 AP들로부터의 응답도 추가로 존재 할 수 있다고 판단하고 MaxChannelTime까지 응답대기시간을 연장한 후 그 시간이 끝나면 다음채널을 검색한다. 따라서 전체 스캐닝 지연시간 D_{scan} 의 범위는 아래 식(1)과 같다.

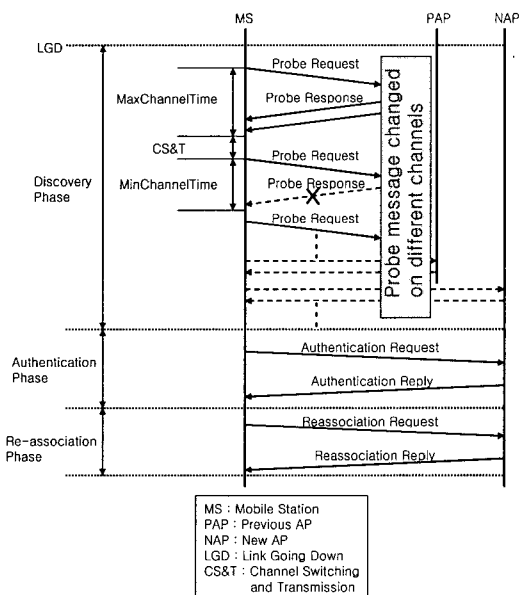


그림 1. WLAN 핸드오버

$$N \cdot T_{\min} + N \cdot T_{cs} \leq D_{scan} \leq N \cdot T_{\max} + N \cdot T_{cs} \quad (1)$$

여기서 N 은 WLAN에서 사용되는 채널숫자이고, T_{cs} 는 채널 스위칭 시간을 나타낸다. T_{\min} 과 T_{\max} 는 각각 MinChannelTime과 MaxChannelTime을 가리킨다. 전체적인 스캐닝 지연시간은 아래와 같은 식(2)로 표현될 수 있다³⁾.

$$D_{scan} = \sum_{c=1}^N \{(1-p(c))T_{\min} + p(c) \cdot T_{\max}\} + N \cdot T_{cs} \quad (2)$$

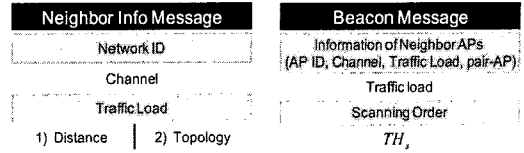
$p(c)$ 는 c 번째 채널에 1개 혹은 그 이상의 AP가 존재할 확률이며, 이는 MaxChannelTime까지 프로브 응답 메시지를 기다려야함을 나타낸다. 그렇지 않을 때의 확률은 $1-p(c)$ 와 같고, 응답대기시간은 MinChannelTime이 된다.

III. 스캐닝 그룹과 순서 결정 방법

본 논문에서는 전체적인 핸드오버 준비과정을 스캐닝 순서 결정, 사전 스캐닝 그리고 스캐닝 그룹 결정과 같이 세 가지 순서로 분류하였다. 핸드오버가 임박하지 않았더라도 단말은 자신의 현재 AP의 RSSI를 측정하여 사전 스캐닝을 시작하기 위한 임계값인 TH_s 보다 작다면 정해진 스캐닝 순서대로 간헐적 사전 스캐닝을 수행하고, 사전 스캐닝 결과를 이용하여 스캐닝 그룹을 결정한다. 핸드오버가 임박한 상황에서 단말은 이미 결정된 스캐닝 그룹을 바탕으로 불필요한 채널의 탐색과정을 줄일 수 있다. 또한 사전 스캐닝이 최소한의 시간 내에 최대한의 결과를 얻을 수 있도록 효율적인 스캐닝 순서의 결정방법도 필요하다. 본 논문에서 단말은 사전 스캐닝 과정에서는 수동형 스캐닝을, 핸드오버를 수행하는 탐색과정에서는 능동형 스캐닝을 수행한다.

3.1 스캐닝 순서 결정

스캐닝 순서는 IEEE 802.21 인포메이션 서버(IS: Information Server)에서 제공하는 이웃 네트워크 정보를 이용하여 결정될 수 있다. IEEE 802.21은 이종네트워크 핸드오버기술에 대한 참조 모델, 서비스, 프로토콜을 제공하는데, 현재 표준화를 진행 중에 있다. 이 표준에서 제공하는 IS는 현 네트워크에 인접한 다양한 이기종 네트워크에 대한 정보를 제공한다. IS는 액세스 네트워크에 대한 관련정보, PoA(Point of Attachment)에 관련된 정보, 벤더 정



(a) 이웃 네트워크 정보 메시지 (b) 비콘 메시지

그림 2. 메시지 프레임 포맷

보 등을 AP에 제공한다.

모든 AP는 이웃 네트워크와의 관계를 바탕으로 서로 다른 스캐닝 순서를 갖게 된다. 본 논문에서는 거리를 바탕으로 한 방법과 토폴로지를 바탕으로 한 방법으로 두 가지 스캐닝 순서 결정 방법을 제안한다. 그림 2에서 (a)는 IS로부터 받은 이웃 네트워크 정보 메시지 포맷이고, (b)는 비콘 메시지 포맷을 나타낸다. 이웃 네트워크 정보 메시지는 IS가 이웃 네트워크의 정확한 위치를 알 때 와 토폴로지만을 알 때로 구분되며, 이는 서로 다른 방식으로 스캐닝 순서가 결정되는 기준이 된다. 비콘 메시지 포맷은 본 논문의 3.2절에서 설명하도록 한다.

거리를 바탕으로 한 결정에서는 사전 스캐닝 순서가 현재 AP와 이웃 AP 간의 거리 그리고 트래픽 로드 에 따라 결정된다. 본 논문에서는 트래픽 로드 값을 두 가지로 분류하였다. AP가 IS로부터 받은 이웃 네트워크 정보에 포함되어 있는 트래픽로드를 pTL (previous Traffic Load)이라 하며, 이는 비콘 메시지를 통해 단말에 방송되는 이웃 AP정보와 같은 값이다. 반면에 사전 스캐닝을 통해 단말이 이웃 AP의 비콘 메시지의 수신을 통해 알 수 있는 새로운 트래픽 로드 를 nTL (new Traffic Load)이라 정의한다. 스캐닝 순서 결정은 AP가 하는 것이므로 pTL 을 기준으로 결정된다. IS로부터 이웃 네트워크 정보 메시지를 수신한 AP는 이웃 AP들의 pTL 이 트래픽 로드 임계값인 TH_L 보다 작은지 확인한다. 만약 이러한 조건을 만족하지 않는다면 스캐닝 순서에서 제외하고 또 다른 정보인 이웃 AP와 현재 AP와의 직선거리를 확인하고, 거리가 가장 작은 AP순으로 순서를 정한다. 이웃 AP는 AP a 와의 거리가 가까울수록 전송범위가 겹치는 영역이 커지며, 이는 단말이 사전 스캐닝을 수행했을 때 비콘 메시지를 받을 수 있는 확률이 더 높아짐을 의미한다.

그림 3은 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서를 결정하는 방법의 예를 보여준다. 스캐닝 순서를 계산하는 현재 AP a 를 중심으로 거리가 서로 다른 6개의 이웃 AP들이 존재한다.

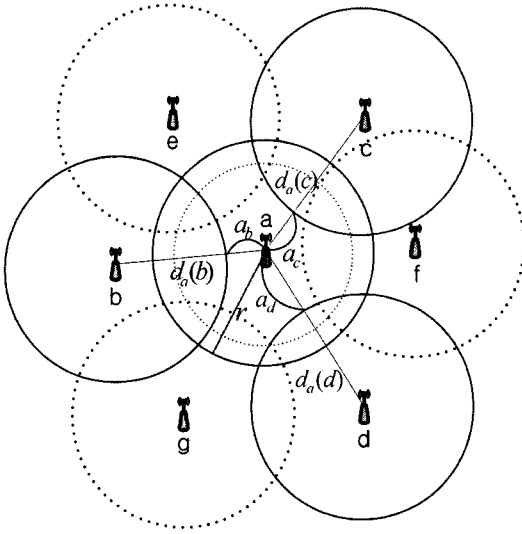


그림 3. 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정

- r : AP a 의 전송거리
- $d_a(n)$: 현재 AP a 와 이웃 AP n 사이의 직선 거리
- a_n : $d_a(n)$ 에서 전송거리 r 을 뺀 거리
- $(a_n = d_a(n) - r)$

만약 6개의 이웃 AP중에서 AP e, f, g 가 $pTL < TH_L$ 을 만족하지 않는다면 스캐닝 순서에서 제외되며, AP a 는 나머지 AP b, c, d 에서 $d_a(n)$ 만을 고려하여 스캐닝 순서를 결정한다. 따라서 $d_a(b) < d_a(c) < d_a(d)$ 일 때 스캐닝 순서는 AP $b - AP c - AP d$ 와 같다. 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정 방법에서 TH_s 는 a_n 에 따라 결정된다. AP b 를 사전 스캐닝 하려면 AP a 로부터 최소한 a_b 이상 떨어져야 가능하며, a_n 보다 작은 거리에서는 사전 스캐닝이 무의미 하게 된다. 이는 AP c 와 AP d 또한 a_c, a_d 가 사전 스캐닝이 가능한 최소한의 거리가 되며, 이러한 거리는 AP a 로부터 수신하는 신호의 RSSI로부터 측정가능하다.

토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정은 IS가 영역 내에 존재하는 AP의 토폴로지와 트래픽 로드는 알고 있지만, 정확한 위치를 모를 때 사용된다. 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정과 같이 AP는 $pTL < TH_L$ 조건을 만족하는 이웃 AP만을 스캐닝 순서에 포함시키고, 이중 pTL 이 가장 작은 AP_{min} 을 선택한다. 선택된 AP_{min} 을 중심으로 좌우 45도 간격으로 형성된 90도를 1사분면으로 정의하고 총 4개의 사분면으로 나눈다. 1사분면에서 시계

방향으로 각각 2,3 그리고 4사분면으로 각각 구역을 정하고, 각 사분면에 포함되는 AP를 정리한다. 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 순서는 pTL 과 사분면을 바탕으로 결정되고 1사분면의 AP_{min} 은 첫 번째 스캐닝 순서가 된다. 이후 두 번째 스캐닝 순서는 반대편 사분면인 3사분면내에 존재하는 AP가 되며, 2사분면, 4사분면, 다시 1사분면에 존재하는 AP순으로 순서를 정한다. 이렇게 1-3-2-4분면으로 스캐닝 순서를 유지하고 만약 특정 사분면 내에 복수개의 AP가 존재한다면 pTL 이 작은 AP가 순서 상에서 우선순위를 갖고 단일 AP가 존재하는 사분면 내에 존재하는 AP는 해당 사분면의 순서 때 마다 스캐닝 순서가 된다.

그림 4는 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 결정 방법의 예를 보여준다. 그림 4에서 AP g 의 pTL 만이 TH_L 보다 크고, 나머지 5개의 이웃AP중 AP b 가 AP_{min} 이라고 가정한다. AP a 는 AP b 를 중심으로 네트워크 토폴로지를 네 개의 사분면을 나누고 스캐닝 순서를 결정하게 되며, 만약 2사분면에 존재하는 2개의 AP중 AP c 의 pTL 이 AP d 의 그것보다 작을 때 스캐닝 순서는 AP $b - AP e - AP c - AP f - AP b - AP e - AP d - AP f$ 가 된다. 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 결정에서 TH_s 는 거리를 통해 결정될 수 없다. 따라서 각 AP는 IS로부터 받은 이웃 네트워크 정보 메시지에서 거리정보 없이 토폴로지 정보만을 받는다면, 토폴로지를 바탕으로 스캐닝 순서를 결정 한다는 것임을

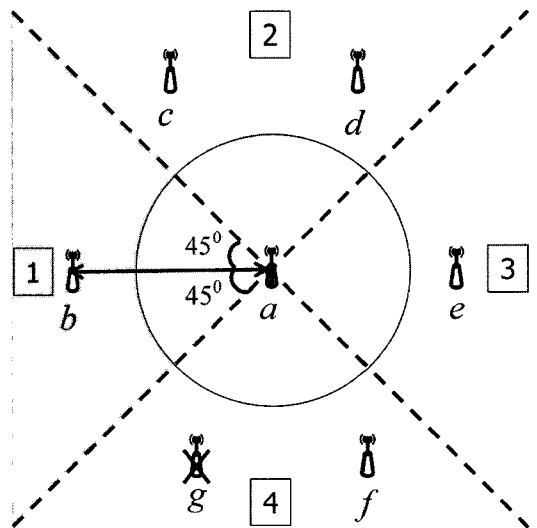


그림 4. 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정

인지하고 모든 AP는 일정한 TH_s 를 영역 내 단말들에게 방송한다.

3.2 사전 스캐닝

CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식에서 모든 단말들은 채널 상태를 확인하고 NAV(Network Allocation Vector)가 포함된 모든 프레임의 MAC 헤더를 분석한다. 여기서 여러 단말들이 RTS(Ready To Send) 혹은 CTS(Clear To Send) 패킷을 수신하였고, 자신이 수신자가 아님을 판단하게 되면 단말들은 다음 전송 경쟁구간까지 NAV 시간동안을 기다려야만 한다. 이러한 NAV 시간을 이용하여 단말들은 이웃 AP로의 채널 스위칭을 통한 수동형 스캐닝을 수행할 수 있다. 또한 통신에 참여하지 않는 모든 단말들도 수행할 수 있으며, 이러한 단말들은 이동성으로 인한 LGD(Link Going Down) 트리거가 발생하거나 혹은 송신 데이터가 있을 때 반드시 원래 채널로 돌아와야 한다. LGD 트리거는 보통 RSSI가 미리 정의된 임계값보다 작아지면 발생하게 되며 이는 핸드오버가 임박했음을 나타낸다⁹⁾.

IEEE 802.11 WLAN에서 AP는 망 내에 잠재적 단말들에게 자신의 존재를 알리고 동기화의 목적으로 비콘 메시지를 주기적으로 방송한다. 본 논문에서 사용하는 비콘 메시지에서는 그림 2의 (b)와 같이 새로운 정보가 추가된다. pair-AP는 본 논문의 3.3에서 설명할 스캐닝 그룹 결정에서 이용된다. 단말은 TH_s 값을 측정후 비콘 메시지에 포함되어 있는 스캐닝 순서를 바탕으로 사전스캐닝을 수행하고 스캐닝 그룹 결정을 하게 된다. 그림 5는 serving AP가 단말이 현재 속해있는 AP일 때 스캐닝 순서가 AP a, AP b,..., AP n인 경우 첫 번째 AP인 AP a로의 채널 스위칭과 비콘 메시지 수신하는 사전 스캐닝 과정을 나타낸다. C_s , C_a , C_b 그리고 C_n 은 각각 serving AP, AP a, AP b 그리고 AP n의 채널을 나타낸다. 사전 스캐닝 과정은 아래와 같다.

1. 단말이 무선 미디엄을 접근하는 과정은 일반적인 CSMA/CA 방식을 사용하고 RSSI가 TH_s 보다 작다면 B의 동작을 수행한다.
2. 단말은 전송할 데이터가 없거나, CTS를 수신한 경우 NAV동안 현재 AP가 제공한 스캐닝 순서에 따라 C의 수동형 스캐닝을 수행한다. CTS 패킷이 수신되었다는 것은 송신자와 수신자간에

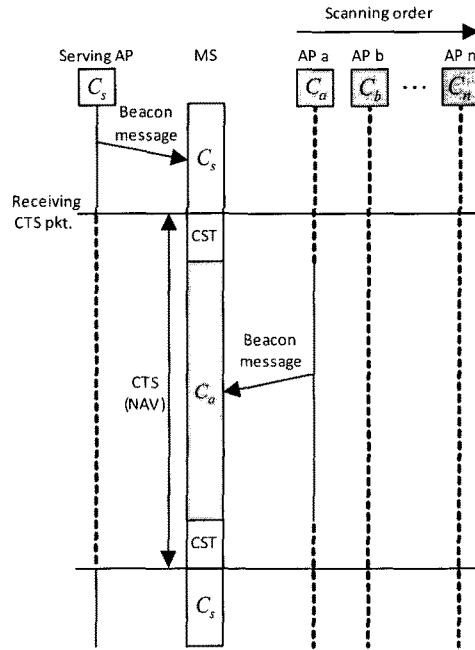


그림 5. 사전 스캐닝

데이터 통신을 위한 연결이 되었다고 판단되므로 사전 스캐닝을 위한 기준이 된다. 만일 단말이 핸드오버를 준비해야 하는 LGD 트리거가 발생한다면, D의 능동형 스캐닝을 수행한다.

3. 그림 5에서 단말은 CTS 패킷 수신 후 스캐닝 순서에 따라 AP a의 C_a 로 채널 스위칭을 한다. 첫 번째 CST(Channel Switching Time)은 현재 채널인 C_s 에서 C_a 로 채널 스위칭 하는데 걸리는 시간이고, 두 번째 CST는 C_a 에서 원래 채널인 C_s 로 돌아오는데 걸리는 시간이다. 만약 이 구간동안 비콘 메시지를 수신하였다면 단말은 결과를 저장하고 B의 동작을 수행한다.
4. 단말은 사전 스캐닝을 통해 얻은 결과로 스캐닝 그룹을 결정하고, LGD 트리거가 발생하면 스캐닝 그룹을 바탕으로 핸드오버를 수행한다.

3.3 스캐닝 그룹 결정

본 절에서는 핸드오버를 수행하는 단말이 프로브 메시지를 선택적으로 전송할 수 있게 만드는 스캐닝 그룹의 종류와 그룹 내 AP들의 우선순위 결정 과정을 정의한다. 스캐닝 그룹은 아래와 같은 조건에 따라 총 세 가지로 분류되며 각 그룹 내 AP들은 일정한 규칙에 따라 우선순위가 결정이 된다.

- SG1: 사전 스캐닝 결과 $RSSI > TH_c$ 와 $nTL < TH_L$ 을 모두 만족하는 AP집합.
- SG2: 현재 AP의 스캐닝 순서에는 있지만 LGD 상황으로 인해 사전 스캐닝을 하지 못한 AP와 사전 스캐닝을 실패하고 다시 스캐닝 하지 못한 AP집합.
- SG3: 사전 스캐닝 결과 SG1의 조건에 만족하지 못했던 AP집합.

SG1, SG2, SG3은 각각 스캐닝 그룹 1,2,3에 속해 있는 AP의 집합이고, TH_c 는 RSSI 임계값이다. 핸드오버가 임박한 단말은 3개의 스캐닝 그룹 중에서 가장 먼저 SG1에 결정된 AP의 우선순위에 따라 능동형 스캐닝을 수행하고, SG1에서 AP를 발견하지 못했다면 SG2 그리고 SG3순서로 스캐닝을 수행한다. SG1은 단말이 핸드오버를 하기에 가장 이상적인 AP들의 집합이고 이에 속한 AP들은 RSSI가 가장 높은 AP순으로 우선순위가 정해진다. 이로써 단말이 핸드오버를 수행하게 되면 SG1을 바탕으로 스캐닝과정에 들어가고 여기서 우선순위가 가장 높은 AP순서대로 능동형 스캐닝을 수행한다. 그러나 만약 SG1에 속해 있는 AP중 최우선 순위 AP와 pair-AP관계에 있는 AP가 속해 있다면 이는 RSSI의 크기와 관계없이 두 번째 순위가 된다.

그림 6은 첫 번째 우선순위를 갖는 AP와 pair-AP의 관계를 보여준다. AP *c*가 SG1에서 첫 번째 우선순위의 AP라고 하면 단말은 AP *c*를 가장 먼저 스캐닝 한다. 여기서 AP *c*가 첫 번째 AP가 되었다는 것은 RSSI가 가장 컸다는 것이고, 이

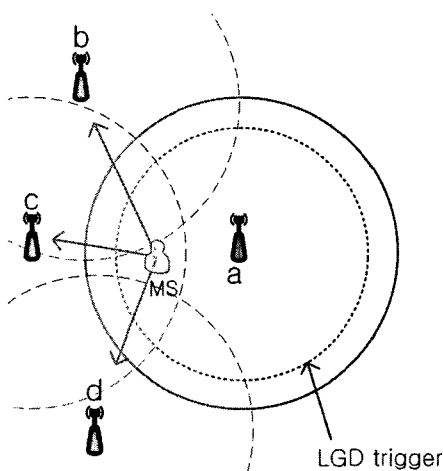


그림 6. pair-AP 관계

는 단말과 가장 가까이 있었다는 것을 의미한다. 결국 단말의 불규칙 이동성을 고려했을 때 AP *c*뿐만 아니라 AP *b*또는 AP *d*로 이동할 수 있는 확률도 높다고 판단하고 최우선 AP와 pair관계에 있는 AP를 순차적으로 스캐닝 함으로써 스캐닝 그룹에서 우선순위 결정에 단말의 방향성 또한 고려한다. SG2는 사전 스캐닝 순서에는 있었지만 갑작스러운 LGD 트리거의 발생으로 인해 아직 사전 스캐닝을 하지 못했던 AP와 사전 스캐닝서의 실패로 인해 결과가 없거나 다시 스캐닝 하지 못했던 AP들이 이에 속한다. SG2의 AP들은 이웃AP로 부터 비콘 메시지를 수신하지 못했기 때문에 이웃AP의 RSSI와 nTL 을 모른다. 여기서 단말은 기존에 알고 있던 pTL 값을 기준으로 순위를 결정하며 pTL 이 작을수록 우선순위가 높아진다. SG1과 다르게 SG2의 경우 현재 정보가 없는 AP들이므로 적합한 AP 및 비 적합 AP가 모두 포함되어 있다고 할 수 있다. 비 적합 AP가 pTL 이 최대인 경우, 비 적합 AP의 pair-AP에 두 번째 우선순위를 주는 것은 바람직하지 않으므로, 단순히 pTL 의 크기에 따라 우선순위를 정한다.

SG3은 사전 스캐닝에 성공한 AP중 SG1에서 요구하는 조건인 $RSSI > TH_c$ 와 $nTL < TH_L$ 을 만족하지 못하는 이웃 AP의 집합이기 때문에 이에 속한 AP들은 단말이 요구하는 네트워크 환경을 만족하지 못한다고 볼 수 있다. 따라서 핸드오버 수행과정에서 3가지 스캐닝 그룹 중 가장 늦게 능동형 스캐닝을 수행한다. SG3는 SG1과 마찬가지로 측정된 RSSI가 큰 AP에 높은 우선순위를 부여한다. 그림 7은 본 논문에서 제안한 핸드오버 기법의 전체적인 순서도를 보여준다.

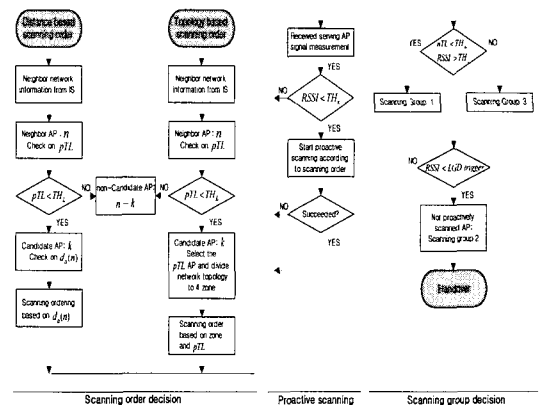


그림 7. 제안된 핸드오버 기법 순서도

IV. 성능평가

본 절에서는 제안한 스캐닝 그룹과 순서 결정 방법을 적용한 핸드오버 기법을 기존의 IEEE 802.11 기반의 2계층 핸드오버 방법과 비교 실험하였다. 또한 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서와 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 순서를 구분하여 실험하였으며 기존의 핸드오버 기법과 함께 평균값을 측정하였다. 그리고 IEEE 802.11에 존재하는 채널의 변화가 기존의 핸드오버 기법과 제안된 2가지 핸드오버기법에서 스캐닝 지연시간에 어떠한 영향을 미치는지 비교하였다. 모의실험 프로그램으로는 NS2^[10]를 사용하였고, 이를 기반으로 모의실험 환경인 IEEE 802.11 WLAN과 IEEE 802.21 IS를 구성했다.

4.1 스캐닝 지연시간 분석

본 절에서는 제안된 핸드오버 기법의 스캐닝 지연시간을 분석한다. 핸드오버 지연시간은 각 스캐닝 그룹에서의 AP 탐색 여부에 따라 달라질 수 있다. 현재 AP를 중심으로 n 개의 이웃 AP가 존재하고, $pTL > TH_L$ 을 만족하는 AP가 k 개라고 가정했을 때 제안된 핸드오버 기법의 전체 스캐닝 지연시간 (D_{scan}^*)은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{scan}^* = D_{s,1} + D_{s,2} + D_{s,3} + D_r \quad (3)$$

$D_{s,1}, D_{s,2}, D_{s,3}$ 은 각각 SG1, SG2, SG3에 존재하는 AP의 스캐닝 지연시간이다. 이 식에서는 전체 스캐닝 지연시간에 단말이 3개의 스캐닝 그룹에서 재결합할 수 있는 AP를 찾지 못했을 때 스캐닝 순서 결정에서 제외되었던 $n-k$ 개의 AP 채널도 스캐닝 하는 시간 D_r 이 포함되어야 함을 보여준다. 만약 SG1내에서 핸드오버 가능한 AP를 찾았다면 $D_{s,2}, D_{s,3}, D_r$ 은 자연스럽게 0이 된다. 이러한 원리는 SG2와 SG3내에서 성공했을 때도 똑같이 적용되며, $n-k$ 개의 AP는 기존의 핸드오버 기법과 같이 full scanning을 거쳐 RSSI가 가장 큰 AP를 선택한다. 본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법에서 스캐닝을 수행하는 단말은 3개의 스캐닝 그룹 내에서 가능한 AP를 찾았다면, 다른 AP의 스캐닝은 생략하고 다음단계인 인증과정을 수행한다. 따라서 실제 스캐닝 지연시간은 식(4)와 같이 해석할 수 있다. 식(4)는 상황별 스캐닝 지연시간을 보여준다.

t_s 는 단말이 AP에 프로브 요청 메시지를 전송한

$$D_{scan}^* = \begin{cases} \sum_c^{i-1} \{ (i-1) T_{min} \} + t_s + T_{cs} \cdot i & (4.1) \\ D_{s,1} + \sum_c^j \{ (j-1) T_{min} \} + t_s + T_{cs} \cdot j & (4.2) \\ D_{s,1} + D_{s,2} + \sum_c^m \{ (m-1) T_{min} \} + t_s + T_{cs} \cdot m & (4.3) \\ D_{s,1} + D_{s,2} + D_{s,3} + D_r & (4.4) \end{cases}$$

후 프로브 응답 메시지를 수신하는데 걸리는 시간이다(그림 8). 프로브 응답을 수신했다는 것은 탐색 과정을 성공했고 스캐닝 지연시간이 끝났음을 의미한다. 따라서 SG1의 i 번째 채널에서 핸드오버 가능한 AP를 발견했다면, 전체 스캐닝 지연시간은 식(4.1)과 같다. 같은 원리로 식(4.2)는 SG1에서 AP를 발견하지 못했고 SG2의 j 번째 채널에서 핸드오버 가능한 AP를 발견했을 때의 지연시간이고, 식(4.3)은 m 번째 채널에서 핸드오버에 성공했을 때 전체적으로 소요되는 스캐닝 지연시간이다. 식(3)에서도 설명했듯이, 스캐닝 그룹 내에서 핸드오버에 실패했다면 나머지 $n-k$ 개의 AP를 full scanning하기 때문에 스캐닝 지연시간은 식(4.4)와 같다. 식(4)를 바탕으로 한 전체적인 스캐닝 지연시간의 범위는 식(5)와 같다.

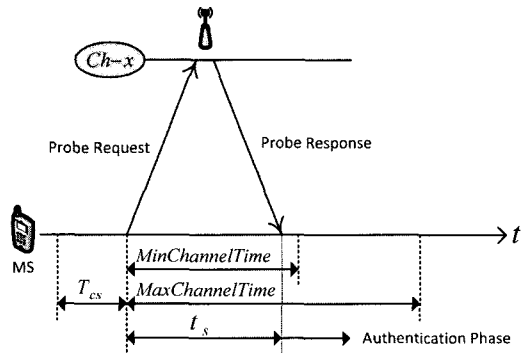


그림 8. 스캐닝 성공 시간(t_s)

$$T_{cs} + t_s \leq D_{scan}^* \leq D_{s,1} + D_{s,2} + D_{s,3} + D_r \quad (5)$$

4.2 모의실험 시나리오

모의실험을 위해 네트워크상에 배치된 토폴로지는 그림 9와 같다. 그림 9에서 각 AP와 사용 채널을 구분하기 위해서 AP ID[사용채널번호]로 표기하였다. 실험은 400m×400m의 필드위에 핸드오버를

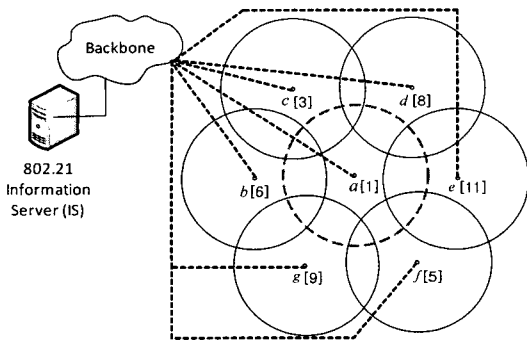


그림 9. 모의실험 시나리오

수행하는 단말이 포함되어 있는 1개의 현재 AP *a* 와 그것을 중심으로 hexagonal 위치에 6개의 이웃 AP를 배치하여 총 7개의 AP를 형성하였고 모든 AP는 Backbone을 통해 IS와 연결된다. 250~300 개 사이의 단말을 총 7개의 AP내에 랜덤분포 하였다. 각 AP의 전파반경은 동일하게 50m로 설정하고 모의실험에서 사용되는 파라미터의 값들은 표 1과 같이 설정한다. 현재 AP와 이웃 AP와의 거리는 60~90m 사이이고, 제안된 두 가지 스캐닝 순서에 따른 핸드오버 시간을 비교하기 위해 IS가 위치정보를 알고 AP에게 알려줄 수 있는 시나리오와 토폴로지만을 알려주는 시나리오를 구분하여 실험하였다. 전체 모의실험 기간은 70초이고, 핸드오버를 수행하는 단말은 모의실험이 시작되고 30초 후에 AP *a*에서 도보속도와 유사한 1.5m/s로 이동한다.

표 1. 모의실험 파라미터

Parameters	Value
Number of AP	7
Speed of MS	1.5m/s
MaxChannelTime	40ms
MinChannelTime	20ms
Switch Delay	5ms
Transmitting Power	1.34m W
TH_c , LGD trigger	$5.30 \times 10^{-7} m W$
Datarate	11Mbps

4.3 모의실험 결과

그림 10은 기존의 WLAN 기법과 제안된 핸드오버 기법의 스캐닝 지연시간이 얼마나 소요되는지를 보여준다. 제안된 기법은 본 논문의 3절에서 제안한 2가지 방법인 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서 (*D-scan*)와 토폴로지를 바탕으로 한 스캐닝 순서 (*T-scan*)를 구분하여 실험 하였으며, 이들 모두

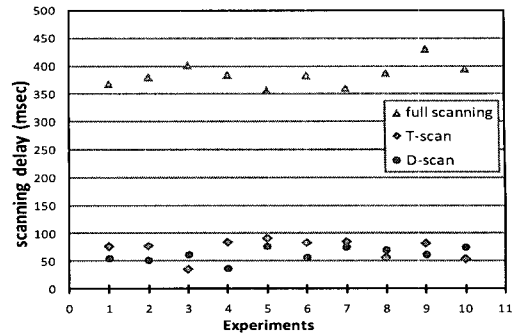


그림 10. 스캐닝 지연시간 비교

기존의 핸드오버 기법에 비해 스캐닝 지연시간이 약 16%~19%에 불과했다. 실험결과에서 제안된 핸드오버 기법이 경우에 따라 스캐닝 지연시간의 편차가 크게 나타나는 경향이 있음을 알 수 있다. 이는 효율적인 사전 스캐닝을 통한 정확한 스캐닝 그룹의 결정이 스캐닝 지연시간에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서를 통한 스캐닝이 토폴로지를 바탕으로 한 결과보다 평균 12ms의 감소를 보여 주었고, 이는 현재 AP와 이웃AP간의 겹치는 영역의 크기가 사전스캐닝을 성공하는데 영향을 준다는 것을 보여준다.

그림 11은 위의 3가지 핸드오버 기법이 2계층 핸드오버에서의 평균적인 핸드오버 지연시간을 나타낸다. 여기서 볼 수 있듯이 스캐닝 지연시간(scan)은 인증과정과 재결합시간(auth+asso)에 비해 훨씬 더 큰 시간이 소요됨을 알 수 있다. 이는 끊임 없는 핸드오버를 위해 주변 AP를 탐색하는 스캐닝 시간이 전체 핸드오버 지연시간에서 가장 큰 장애요인을 보여준다. 그림 12는 채널개수의 증가에 따른 스캐닝 지연시간을 비교한다. 기존의 핸드오버 기법은 전체 AP의 개수와 스캐닝 해야 하는 채널수를 증가시키며 실험하였고, 제안된 스캐닝 기법은 서로

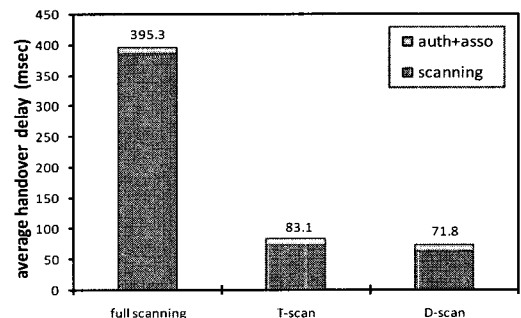


그림 11. 평균 핸드오버 지연시간

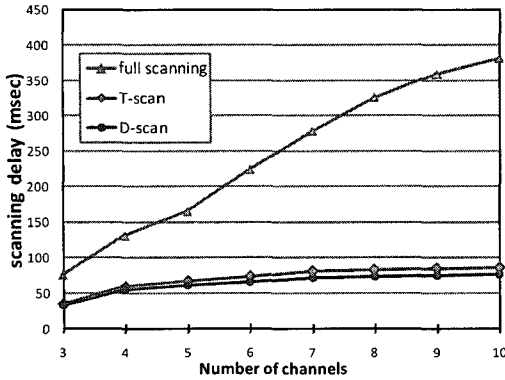


그림 12. 채널수의 증가에 따른 스캐닝 지연시간

다른 채널을 사용하는 이웃AP의 개수를 증가에 따라 실험을 진행했다. 기존의 핸드오버 기법은 할당된 모든 채널을 스캐닝 하기 때문에 채널의 증가에 따라 스캐닝 지연시간이 선형적으로 증가했지만, 제안된 기법은 AP의 개수에 상관없이 미리 계산된 스캐닝 그룹 내에 존재하는 AP만을 우선적으로 스캐닝 하기 때문에 채널수에 큰 영향을 받지 않았다.

그림 13은 스캐닝 성공 시간(t_s)을 적용했을 때와 그렇지 않았을 때의 제안된 핸드오버 기법의 스캐닝 지연시간의 차이를 보여준다. $Tm-scan$ 과 $Dm-scan$ 은 각각 MaxChannelTime까지 응답대기 시간을 고려한 경우의 스캐닝 지연시간이고, $T-scan$ 과 $D-scan$ 은 스캐닝 성공 시간을 적용했을 때의 스캐닝 지연시간이다. 그림 12와 같이 주변 AP의 개수를 증가시켜 가면서 실험을 하였고 t_s 를 적용했을 때 평균 25ms의 스캐닝 지연시간이 감소했음을 알 수 있다. 스캐닝 그룹에 존재하는 AP로부터 프로브 요청에 대한 응답을 받았다는 것

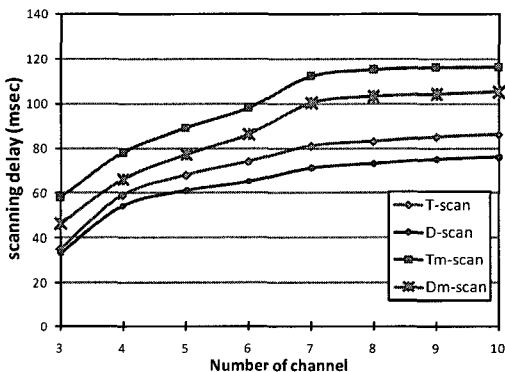


그림 13. t_s 의 적용에 따른 스캐닝 지연시간 비교

은 이미 스캐닝 순서에서 정해졌듯이 단말이 요구하는 최소한의 조건($pTL < TH_f$)을 만족했다는 의미가 되므로 단말은 남은 프로브 응답 대기시간을 생략할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN환경을 기반으로 단말의 AP간 이동에 의해 발생하는 핸드오버 지연시간 중 90% 이상을 차지하는 스캐닝 과정의 문제점을 분석하여 그 해결방안으로 핸드오버가 임박하기 전에 사전 스캐닝을 통해 핸드오버 가능한 이웃 AP를 일정한 규칙에 따라 세 가지 그룹으로 분류하고, 결정된 그룹을 바탕으로 선택적 스캐닝을 수행함으로써 불필요한 채널로의 스위칭을 생략하였다. 또한 효율적인 사전 스캐닝을 수행하기 위해 IEEE 802.21 IS가 제공하는 주변 네트워크 정보를 이용해 AP는 위치기반과 토폴로지기반의 스캐닝 순서를 결정하고 단말에 방송하여 사전 스캐닝과 스캐닝 그룹결정에 정확성을 높일 수 있는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 제안된 핸드오버 기법의 성능 검증을 위하여 NS2를 이용해 WLAN과 IS간의 연동망과 제안된 스캐닝 순서 및 그룹 결정 방법을 구현하였다. 또한 3가지 핸드오버 기법의 스캐닝 지연시간을 비교하고 거리를 바탕으로 한 스캐닝 순서 결정을 통한 핸드오버기법이 가장 효과적임을 확인했으며 제안된 기법 모두 채널의 개수가 스캐닝 지연시간에 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

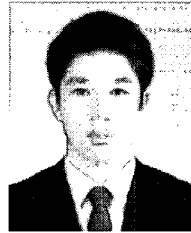
참고 문헌

- [1] IEEE Std. 802.11-1999, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Standard.
- [2] A. Mishra, M Shin, and W. A. Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," *ACM Computer Communications Review*, Apr. 2003.
- [3] I. Ramani and S. Savage, "Synscan: Practical Fast Handoff for 802.11 Infrastructure Networks," *Proceeding of IEEE Infocom*, Vol.1, pp.675-684, March 2005.
- [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] V. Brik, A. Mishra and S. Banerjee, "Eliminating Handoff Latencies in 802.11 WLANs using Multiple Radio: Application, Experience, and Evaluation", *ACM IMC*, Oct. 2005.
- [6] Y. Bejerano, S--J Han, and L. Li. "Fairness and Load Balancing in Wireless LANs Using Association Control," In *Proceeding of MobiCom*, 2004.
- [7] IEEE Std. 802.21 "Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Service." IEEE 802.21/ D11.0, May 2008.
- [8] M Shin, A. Mishra, and W. A. Arbaugh. "Improving the Latency of 802.11 Hand-offs using Neighbor Graphs," *Processing of the ACM MobiSys Conference, Boston, MA, USA*, pp.70-83, June 2004.
- [9] S-J. Yoo, D. Cypher, N. Golmie, "Predictive Link Trigger Mechanism for Seamless Handovers in Heterogeneous Wireless Networks," *Wireless Communications and Mobile Computing Journal, John Wiley & Sons*, Vol.8, Issue 7, September 2008.
- [10] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

강 동 완 (Dong-Wan Kang)

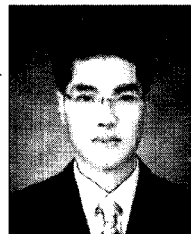
준회원



2008년 2월 인하대학교 전자
공학과(공학사)
2008년 3월~현재 인하대학교
정보통신대학원 석사과정
<관심분야> 이중만간 핸드오버
Seamless handover, MAC

최 재 각 (Jae-Kark Choi)

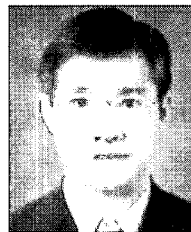
정회원



2006년 2월 인하대학교 전자
공학과(공학사)
2008년 8월 인하대학교 정보
통신대학원(공학석사)
2008년 9월~현재 인하대학교
정보통신대학원 박사과정
<관심분야> Cognitive Radio,
Seamless handover, MAC

유 상 조 (Sang-Jo Yoo)

종신회원



1988년 2월 한양대학교 전자
통신학과(공학사)
1990년 2월 한국과학기술원 전
기및전자공학과(공학석사)
2000년 8월 한국과학기술원 전
자전산학과(공학박사)
1990년 3월~2001년 2월 KT
연구개발본부

2001년 3월~현재 인하대학교 정보통신대학원 부교수
<관심분야> 초고속 통신망, 무선 MAC 프로토콜,
인터넷 QoS, Cross-layer 프로토콜 설계,
Cognitive Radio Network