

IEEE 802.11기반 차량 네트워크를 위한 핸드오프 연구

곽대한* · 모정훈**

1. 서 론

“유비쿼터스”라는 말이 우리 생활의 필수적인 부분이 되면서 끊임 없는 연결의 중요성이 증가하고 있다. 유비쿼터스 네트워크 연결에 대한 지속적인 수요는 지난 수년간 무선 기술에 대한 수많은 개발을 이끌었다 — 3G, 4G, WLAN (IEEE 802.11), WiMAX (IEEE 802.16), MBWA (IEEE 802.20)[1]. 현재 자동차 산업이 무선 액세스와 같은 기능을 자사의 차량에 통합함으로써 유비쿼터스 세상을 만드는 데 중요한 역할을 수행하고 있다. 점점 더 많은 사용자가 PDA, 휴대폰, 노트북과 같은 무선 장비를 갖추고 있다. 또한, 이러한 무선 장치는 차량, 특히 차량에 탑재되는 네비게이션 시스템과 같은 장치와 통합되고 있다. 사용자들이 매일 많은 시간을 도로에서 보내고 있기 때문에 차량 인터넷 액세스에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 장치를 갖춘 차량이 가까운 시일 내에 인터넷의 핵심적인 부분이 될 것으로 예상된다.

다양한 무선 기술 중에서 특히 IEEE 802.11은 저렴하면서도 강력한 무선 인터넷 액세스를 제공하여 인기가 급속하게 높아졌다. 그러나 이러한 인기에도 불구하고 이 기술은 본래 실내에서 사용하도록 디자인되어 모바일 노드 (MN, Mobile Node)가 하나의 액세스 포인트 (AP, Access Point)에서 또 다른 액세스 포인트로 이동할 때 높은 이동성 연결 지원이 부족하다. 최근의 연구는 차량 환경에서 802.11 AP를 통한 인터넷 액세스의 실행 가능성을 보여주고 있다.

Drive-thru Internet 프로젝트[2]는 WLAN 기술을 사용하여 차량으로 여행하는 사용자에게 기회주의적인 네트워크 액세스를 제공한다는 개념을 소개하고 있다. 이 프로젝트는 도로에 있는 WLAN AP를 활용하여 80 ~ 180 km/h의 속도로 802.11b에 대한 실험적 평가를 수행하여 빠르게 이동하는 차량의 데이터 통신 실행 가능성을 확인한다.

최근[3]에서 실시한 실험에서 차량 인터넷 액세스를 위한 “오픈” Wi-Fi 네트워크 사용을 시연했다. 도시 지역의 일반적인 운전 상황에서 290시간을 운전한 측정 데이터에 기초하여 모든 AP의 3.2%만 참여해도 다양한 응용을 위한 기회주의적 인터넷 연결 (Opportunistic Internet access)을 지원할 수 있다는 것을 보여 주었다.

* 교신저자(Corresponding Author) : 모정훈, 주소 : 서울특별시 서대문구 신촌동 134(120-749), 전화 : 02)2123-5729, E-mail : j.mo@yonsei.ac.kr

* 연세대학교 통신망 경영 연구실 연구원 (E-mail : kwakno1@icu.ac.kr)

** 연세대학교 정보산업공학과 조교수

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었음[2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구].

더 최근에는 Hadaller 등[4]은 [2]와 [3]에 기초하여 보다 자세한 실험 분석을 실시했다. 이들은 차량과 AP의 연결 과정의 각 단계를 분석하고 처리량 (throughput) 감소를 초래하는 10가지 문제점들을 파악했다. 특히, 긴 시간의 AP 선택과 같은 연결 설정 지연으로 말미암아 전반적인 처리량이 25% 감소했다는 것을 보고했다. 이들은 또한 [2]와 [3]과 마찬가지로 수명이 짧은 연결 기간 동안 실제로 사용할 수 있는 단계를 완전하게 활용하기 위해서는 강력한 연결 설정 (robust connection setup)이 필수적이라고 밝혔다.

802.11b와 더불어 802.11 계열의 다른 표준에 대한 더 많은 연구가 수행되어 802.11 WLAN이 차량 시나리오에 적합하다는 것을 확인했다[5,6]. 하지만 이러한 연구들이 주로 WLAN 사용의 적용 가능성을 보여주고, 기본적인 MN과 AP간의 연결을 개선하는 것에 초점을 맞추고 있지만, 차량 속도에 의해 발생하는 핸드오프 문제에 대응하거나 문제점을 아직 드러내지 않았다.

802.11 AP의 제한적인 서비스 범위 때문에 차량 환경에서의 인터넷 액세스를 위해 WLAN을 활용하는 것은 다음과 같은 과제를 던져준다.

- 빠른 이동 속도에 의해 연결 지속 시간이 제한적이다.

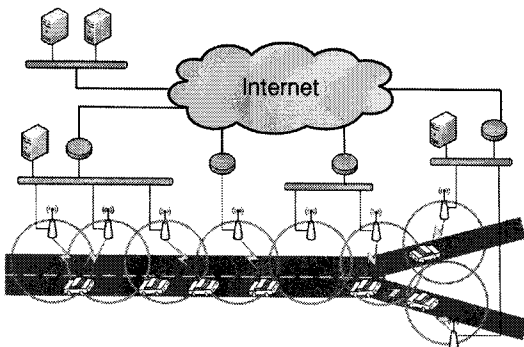


그림 1. 차량 네트워크의 적용 예

- 빠른 이동속도에 의해 빈번한 핸드오프가 발생한다.

차량 환경에서는 MN이 고속으로 이동한다. MN의 속도는 MN이 AP의 통신 범위 내에 머무를 수 있는 시간에 영향을 미치는 결정적인 요소이다. 또한, MN의 속도가 증가할수록 핸드오프는 더 빈번하게 발생한다. 높은 핸드오프 빈도 (frequency)는 서비스 품질 (QoS)에 영향을 미칠 수 있고, 네트워크에 시그널링 오버헤드(Signaling Overhead)를 증가시키며, 응용 프로그램의 처리량을 저하시키고, VoIP 및 멀티미디어 스트리밍과 같은 실시간 응용 프로그램에 지속적인 방해로 초래한다. 따라서 차량 속도로 이동하는 사용자를 위한 최적화된 핸드오프는 짧은 연결 기간 사용을 최대화하고 지연에 민감한 실시간 응용 프로그램을 지원한다.

핸드오프 지연을 줄이기 위한 여러 연구가 수행되었다[6-17]. 하지만 핸드오프가 빈번하게 발생하는 차량 속도에서 이전 작업의 수행 가능성을 테스트하려는 노력은 적거나 거의 없었다. 이러한 분석은 차량 시나리오에서 현재 핸드오프 절차를 어떻게 개선할 수 있는가에 관한 추가적인 안목을 제공하기 위해 필요하다. 이는 차량 환경에서의 패스트 핸드오프 메커니즘에 대한 적극적인 연구를 추구할 동기를 부여하고 있다.

본고는 다음과 같이 구성된다. 2장에서 사전 준비로서 802.11 네트워크에서의 핸드오프 절차를 조사했다. 이후 3장에서는 핸드오프 분야의 최신 연구를 알아보고 차량 시나리오에 적용했을 경우의 문제를 다룬다. 4장에서는 경로와 이웃 AP 정보의 사용에 대해서 소개하고 이는 핸드오프 지연과 빈도를 줄이기 위해 스마트하고 빠른 핸드오프를 제공할 수 있는 가능성을 보여준다. 마지막으로 5장에서 결론을 내리고 향후 연구 계

획을 설명한다.

2. IEEE 802.11 네트워크에서의 핸드오프

핸드오프 프로세스는 이동 중인 사용자가 하나의 AP에서 또 다른 AP로 이동하여 연결 지점이 변경될 때 발생한다. 그림 2는 핸드오프의 과정을 보여준다. 본 장에서는 핸드오프의 절차에 대해서는 논의하고, 핸드오프를 다섯 가지 개별적인 단계로 나누며, 이에 대한 간략한 배경 정보를 제공한다.

2.1 트리거링 (Triggering)

이 단계는 기본적으로 하나의 AP에서 또 다른 AP로 핸드오프를 시작하는 시점에 대한 결정이다. MN이 현재 연결된 AP에서 멀어지면 그 신호 품질이 떨어진다. 특정 지점에서 MN은 연결할 수 있는 더 적절한 AP를 검색하기 시작하고 핸드오프 절차를 시작한다. 전통적인 핸드오프 트리거링 결정은 수신 신호 강도 (RSS, Received Signal Strength)에 기초한다. RSS가 약해지면 MN는 근처에 있는 다른 AP를 검색할 필요성을 인식한다. 핸드오프 트리거링을 시작하는 물리적 계층 기준에는 이력 현상 마진 (hysteresis margin)과 임계값 (threshold values) 등이 있다. 더 높은 계층의 다른 트리거링 메커니즘에는 3회 연속의 비 승인 프레임 (non-acknowledged frame), 무선 표지 (beacon) 프레임, 품질 저하[7,13] 등이 포함된다.

2.2 검색 (Discovery)

검색 단계는 연결할 수 있는 네트워크를 파악하는 프로세스로서 스캐닝 (scanning) 또는 프로빙 (probing)이라고도 한다. 네트워크 존재를 검색하기 위해서는 MN은 반드시 검색 요청을 전송

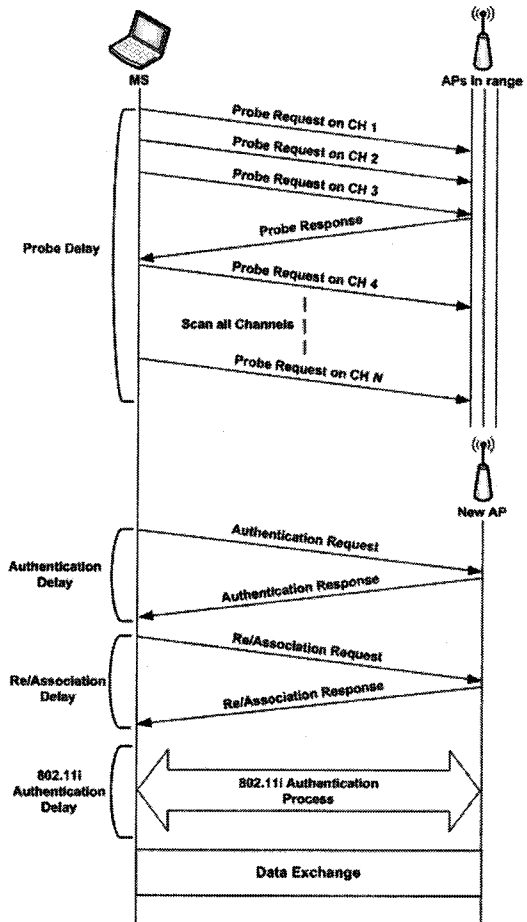


그림 2. IEEE 802.11 핸드오프 과정

하거나 여러 채널을 수신 대기 (listening)해야 한다. IEEE 802.11 표준[18]은 두 가지 종류의 스캐닝 절차를 정의한다 — 수동과 능동 스캔 (passive and active scan).

수동 스캐닝 (Passive scan)에서는 AP가 다른 노드와 경쟁하여 무선 매체에 대한 액세스를 획득하고, 주기적으로 무선 표지 프레임을 브로드캐스팅한다. MN은 자신의 영역에 있는 AP에 액세스를 원할 때 채널 목록에 있는 각 채널을 조사하며, 무선 표지 프레임을 기다린다. 전체 채널 세트를 검색하면, MN은 무선 표지 프레임에서 정보를 추

출하여, 통신을 시작할 적절한 AP를 선택하기 위해 상응하는 신호 강도와 더불어 해당 정보를 사용한다.

능동 스캐닝 (Passive scan) 모드는 프로브 프레임 교환과 관련되어 있다. 무선 표지 프레임을 수신 대기하는 대신 네트워크에 가입하고자 하는 MN은 각 채널에 프로브 요청 프레임을 브로드캐스팅한다. MN은 *MinChannelTime* 동안 기다려서 응답이 없으면, 다음 채널을 스캐닝한다. *MinChannelTime* 간격 동안 매체가 사용 중일 경우, MN은 AP가 매체에 액세스할 수 있는 동안 시간을 주기 위해서, 또는 다른 AP 프로브 응답 프레임을 기다리기 위해 *MaxChannelTime*까지 대기한다.

2.3 선택 (Selection)

검색 단계 후, 여러 AP 프로브 응답을 수신하여 MN의 통신 범위 내에서 하나 이상의 AP를 검색했다면 MN은 선택할 AP 목록을 갖게 된다. 전형적인 AP 선택 알고리즘은 가장 강력한 RSS, 다수의 프레임 재전송, 부하가 적은 AP에 기초를 두거나, 혹은 단순히 첫 번째 스캐닝한 AP를 선택한다. 적절한 AP를 선택한 후, MN은 통신을 위해 선택한 AP와 연결을 시도한다.

2.4 연결 (Attachment)

연결 단계는 두 단계의 프로세스이다: 인증 (authentication) 및 재 연결 (re-association). 먼저 MN은 AP로부터 인증을 받고 재 연결이 발생한다.

네트워크 보안을 유지하고 기지국이 네트워크와 연결하기 위해 검증 받는다는 것을 보증하는 것을 인증이라고 한다. 802.11 표준은 두 가지 유

형의 인증을 정의한다 — 오픈 시스템 (Open system) 과 공유 키 인증 (Shared-key authentication). 오픈 시스템은 기본적으로 두 개의 프레임을 교환하는 것으로 구성되어 있다. 교환하는 동안 AP는 MN의 아이덴티티를 검증하지 않고 바로 수용한다. 공유 키 인증은 네 개의 프레임 교환으로 구성되어 있으며, 전송되는 프레임을 보호하기 위해 WEP (Wired Equivalent Privacy, 유선급 보호)를 활용한다.

프레임을 AP에서 분산 시스템으로 전송하기 전에 기지국은 반드시 AP와 연결되어야 한다. 달리 표현하면, 기지국과 AP를 접속시키기 위해 연결 (association)을 사용한다. 재 연결은 하나의 AP로부터 또 다른 AP로 연결을 이전하는 과정이다. 이것은 일반적인 연결 프로세스와 유사하지만, 이전 AP에 관한 정보를 포함하고 있다.

2.5 향상된 보안 (802.11i 인증)

IEEE는 WEP의 취약점을 극복하고 더 안전한 네트워크를 제공하기 위해 IEEE 802.11i [19]이라는 보안 확장을 개정하였다. IEEE 802.11i는 네트워크에 연결된 기지국을 인증하고 권한을 부여하기 위해 IEEE 802.1X 인증 프레임워크를 사용한다. 전체 802.11i 단계는 14 번의 메시지 교환으로 이루어져 핸드오프 지연을 더욱 증가시킬 수 있다.

3. 차량 환경 802.11 네트워크의 핸드오프

본 장에서는 핸드오프 절차의 각 단계에 대해 수행된 최근의 작업을 논의하고, 차량 시나리오에 적용했을 때 발생하는 문제점을 이야기한다.

3.1 트리거링 (Triggering)

현재 연구의 대부분은 주로 MAC과 더 높은

계층에서의 핸드오프 지연을 분석하는 것에 초점을 맞추고 있다. 이것은 핸드오프 시작 구현이 제조업체에 달려있다는 사실 때문이다. 따라서 PHY 매커니즘이 핸드오프 지연에 미치는 영향을 분석하는 것에 대해서는 비교적 적은 수의 연구가 행해졌다. 하지만, Emmelmann은 속도가 RSM (Radio-Signal-Measurement, 무선 신호 측정)에 기반을 둔 핸드오프 트리거[12]에 미치는 영향을 분석했다. 그의 연구는 RSM 기반의 핸드오프 결정은 속도가 높은 시나리오 (예, 차량 시나리오)에는 적합하지 않으며, 끊임 없는 핸드오프를 보장하기 위해 다른 핸드오프 트리거링 매커니즘의 지원을 받아야 한다고 결론 내렸다. MAC 계층 트리거링 매커니즘[7]에 대해서는 검색 시간이 900 ~ 1,600 ms까지 다양하며 시간이 길어지는 경향이 있다는 보고가 있었다.

3.2 검색 (Discovery)

검색 단계가 전체 핸드오프 지연[11]에 대한 주요한 요소이기 때문에 스캐닝 지연을 줄이기 위해 많은 연구가 행해졌다[7-10]. 스캐닝할 채널수를 줄이기 위한 몇몇 접근법이 고안되었고[8-10], 각 채널을 스캐닝하는데 걸리는 시간을 줄이기 위한 접근법도 고안되었다[7].

동기화된 스캐닝 (SyncScan)[8]은 무선 표지 공표 시간의 주기적인 일정을 동기화한다는 아이디어를 소개한다. 예를 들어, 채널 1에서 동작하는 모든 AP는 t ms 시간에 무선 표지 프레임을 브로드캐스팅하고, 채널 2에서 실행되는 모든 다른 AP는 $t + d$ ms 시간에 무선 표지 프레임을 브로드캐스팅하며, 모든 채널 3의 AP는 $t + 2d$ ms 시간에 무선 표지를 브로드캐스팅하는 방식이다. 따라서 MN은 무선 표지가 막 공표되려고 하는 정확한 시간에 관심 있는 채널에 대한 수동 스캐닝을 연

속적으로 수행할 수 있어 검색 단계의 지연을 제거할 수 있다. 또한, 상이한 채널에 대해 연속적으로 신호 강도를 모니터링 할 수 있어 임계값이 감소할 때까지 기다리기 보다는 핸드오프를 언제 시작할 지에 관한 적극적인 결정을 내리는 것이 가능하다.

일반 네트워크 관리자가 AP를 유지 관리해야 하기 때문에 시간 동기화 관리는 확장성 문제로 이어진다. 하지만, 확장성은 차량 시나리오에서는 분명 핵심적인 문제이며, 특히 MN이 장거리를 여행하여 상이한 관리 네트워크를 바꾸기 때문에 그러하다. 또한, 동일한 채널에서 동작하는 다수의 인접 AP가 동시에 브로드캐스팅하면 무선 표지가 서로 간섭할 수도 있다. 이러한 현상이 연속해서 발생하거나 MN이 다른 이유 때문에 무선 표지 신호를 포착할 수 없을 경우, MN은 [전체 장애 발생 횟수 \cdot ($t +$ 전체 채널 수 $\cdot d$)] 시간 동안 기다려야 할 것이다. 높은 이동성이 문제가 되는 경우, MN이 잃어버린 무선 표지 정보가 필요했던 지점에서 AP에 진입하면, MN은 무선 표지를 성공적으로 수신하기 전에는 연결할 방법이 전혀 없다.

S. Shin 등[9]은 스캐닝할 전체 채널수를 최소화하여 스캐닝 지연을 감소시키고자 선택적 스캐닝 알고리즘 (selective scanning algorithm)과 캐싱 메커니즘 (caching mechanism)을 제안했다. 선택적 스캐닝 알고리즘은 잘 선택한 채널 하부 세트만 스캐닝하는 채널 마스크를 구성하여 동작한다. 특히, MN은 먼저 전체 스캐닝을 실시하며 성공적으로 스캐닝한 채널, 일반적으로 사용되는 채널, 중첩되지 않은 채널 (예, 802.11b에서 채널 1, 6, 11)의 비트를 사용함으로써 설정하여 채널 마스크를 구축한다. 그런 다음, MN은 AP를 선택하고 두 개의 인접한 AP가 동일한 채널을 공유할

가능성이 적기 때문에 채널 마스크에서 상응하는 채널 비트를 사용 안 함으로 설정한다. MN이 근처 AP로 접어들면 채널 마스크에 설정된 채널만 스캐닝하기 때문에 스캐닝할 전체 채널수를 줄이게 된다. 캐싱 메커니즘은 기본적으로 스캐닝 단계에서 검색한, 현재 연결된 AP 근처에 있는 AP 목록을 저장하기 위한 것이다. 핸드오프가 발생하면 스캐닝을 건너뛰고 목록에 있는 두 개의 AP와 직접 연결을 시도한다. MN이 직접 연결에 실패하면 선택적 스캐닝 알고리즘이 사용된다.

선택적 스캐닝과 캐싱 메커니즘을 차량 시나리오에 적용하면 여러 단점이 발생한다. 먼저, 캐싱 메커니즘 알고리즘은 이전 스캐닝 결과에 기초하면 캐싱 테이블을 구축한다. 하지만, 차량 시나리오에서는 AP를 지나친 MN이 해당 AP로 다시 돌아 올 가능성이 없기 때문에 캐싱된 테이블을 참조할 가능성이 없다. 따라서 잘못된 캐싱이 계속해서 발생한다. 둘째, 선택적 스캐닝 알고리즘은 첫 번째 전체 스캐닝에 기초하면 채널 마스크를 구축한다. 따라서 이 알고리즘은 가까운 거리(one-hop distance)에서는 잘 동작한다. 반대로, 차량 시나리오에서는 먼 거리(multiple-hop distance) AP를 다루어야 하기 때문에 이 알고리즘이 적합하지 않다.

[10]에서는 이웃 그래프(NG, Neighbor Graph) 알고리즘을 제안하여 스캐닝할 전체 채널 수와 각 채널을 스캐닝하는데 소비된 시간 모두를 줄인다. NG 알고리즘은 채널을 스캐닝할 필요가 있는지를 결정하고 MN이 *MaxChannelTime*이 만료되기 전에 또 다른 프로브 응답을 기다려야 하는지 여부를 결정할 수 있도록 지원한다. NG은 핸드오프 관계에 기초하여 엣지(edge)로 연결된 AP로 구성된 추상적인 그래프이다. NG는 이웃하고 있는 AP가 동작하고 있는 채널 세트에 관한

정보로 구성되어 있다. NG 알고리즘은 이 정보를 사용하여 스캐닝할 채널에 관한 정보를 MN에 제공하여 스캐닝할 채널수를 감소시킨다. 또한, AP가 NG를 이용하여 자신의 이웃 채널을 인식하고 있기 때문에 *MaxChannelTime* 까지 기다릴 필요 없이 다음 채널로 넘어갈 수 있는 장점이 있다.

AP가 다른 채널과 연결되어 있지만 서로 간섭하지 않을 정도로 충분히 떨어져 있는 여러 개의 다른 AP가 주변에 있을 경우, NG의 사용은 여전히 스캐닝할 여러 채널로 이어진다. 예를 들어, AP가 모두 다른 채널에 있는 9 개의 다른 AP가 주변에 있을 경우, NG를 사용해도 결국 모든 채널을 스캐닝해야 한다. 차량 시나리오에서는 MN이 거쳐 갈 AP만 관심이 있는 AP이다. 결과적으로 MN이 거쳐 갈 채널만 스캐닝해야 스캐닝 지연을 최소한으로 줄일 수 있다.

3.3 선택 (Selection)

선택 단계에 관해 수행된 대부분의 연구는 AP 간 부하 분산과 QoS 매개변수에 초점을 맞추고 있다. 하지만, 차량 시나리오에서는 AP 선택 결정에 있어, 또 다른 요소를 감안해야 한다. 새 요소는 MN이 관심을 가진 방향이다(예, MN이 지나 갈 AP). MN의 속도가 핸드오프 빈도에 영향을 끼치기 때문에 부적절한 AP 선택은 핸드오프 빈도수를 더욱 증가시켜 높은 핸드오프 지연 시간으로 이어진다.

3.4 연결 (Attachment)

검색 단계가 전체적인 핸드오프 지연의 주요한 요소이기는 하나, 끊임 없는 핸드오프를 위해서는 인증과 재 연결 지연도 반드시 감소시켜야 한다. 사실상, 오픈 시스템 인증을 사용했을 경우, [11]

스캐닝 지연이 주요한 요인이지만 공공 WLAN 서비스의 경우 인증과 재 연결 지연이 더 긴 경향이 있다[15].

인증과 재 연결 지연을 감소시키기 위해 [14]는 MN의 컨텍스트(context)를 이전에 연결된 AP보다 한 홉(hop) 앞에 있는 AP에 미리 위치시키기 위해 이웃 그래프를 사용하는 사전 캐싱 스킴(Proactive caching schemes)을 제안했다. 컨텍스트 정보에는 MN 세션, QoS와 보안 매개변수 등이 포함되었다. 하지만, AP에 대한 연결이 이루어지면 이 스킴은 MN의 컨텍스트를 모든 이웃 AP보다 앞에 위치시킨다. 이 때문에 시그널링 오버헤드(signaling overhead)가 높아지고 더 큰 캐싱 저장소가 필요하다. 다수의 MN이 존재하거나 이동성이 강할 경우(예: 핸드오프 빈도수가 높은 경우) 특히 그러하다.

[14]가 분산 캐싱 스킴이기 때문에 S. Pack 등은 이동성 예측에 기초하여 중앙 집중(centralized) 패스트 핸드오프 스킴을 제안했다 [16]. 정보를 모든 이웃 AP에 미리 위치시키는 것 외에 FHR(Frequent Handoff Region, 빈번한 핸드오프 지역)이라는 이동성 패턴에 기초하여 AP 하부 세트를 선택한다. FHR은 경험적인 핸드오프 이력에 기초하여 구성하고 중앙 시스템이 이를 관리한다. 이 또한 차량 시나리오에 적용했을 경

우 확장성 문제로 이어진다. 이동성 예측을 중앙 서버에서 유지 관리하기 때문이다.

3.5 향상된 보안(802.11i 인증)

보다 안전한 네트워크 환경에서는 스캐닝 지연과 더불어 802.11i 인증이 전체적인 핸드오프 지연에 상당한 기여를 한다. 802.11i 인증 지연을 감소시키기 위해 다수의 향상 방법이 제안되었다. 전형적인 솔루션 중에 적극적인 키 배포와 사전 인증이 있다.

[14]과 유사하게 [17]은 이웃 그래프를 사용하여 현재 연결된 AP에서 한 홉 떨어진 AP에 사전에 보안키를 배포하기 위해 작업을 했다. MN이 AP와 연결되었을 때, 인증 서버는 다음 홉의 이웃 AP에 인증키를 사전 배포한다. 키가 사전에 배치되었기 때문에 전체적인 802.11i 인증 단계는 두 세 번의 핸드셰이크(handshake)로 줄일 수 있다. 하지만, 차량 환경에서는 차량의 속도가 증가할수록 핸드오프 빈도도 증가하여 높은 신호 오버헤드와 인증 서버의 병목현상이 발생한다.

IEEE 802.11i 표준에는 MN이 후보 AP를 사전 인증할 수 있도록 하는 사전 인증(pre-authenticate)을 포함되어 있다. 사전 인증의 기본적인 아이디어는 MN과 새 AP 사이의 전체 인증 단계를

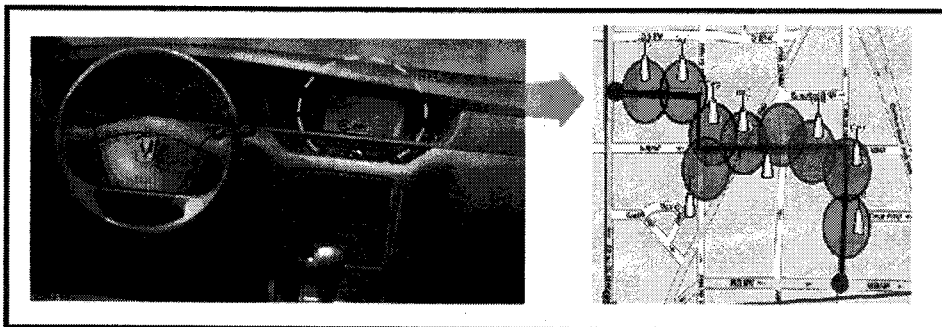


그림 3. 경로 및 AP의 위치 정보 이용 예

현재 연결된 AP를 통해 수행하는 것이다. 그런 다음, MN과 새 AP는 몇몇 보안키를 캐싱하고 핸드오프가 발생하면 전체 인증 프로세스가 4-방향 핸드셰이크로 감소한다. 새 AP에 대한 사전 인증은 현재 연결된 AP를 통해 수행된다. 이것은 해당 작업이 두 개 이상의 AP가 중첩되는 영역 내에서 발생해야 한다는 것을 의미한다. 차량 시나리오에서 속도가 빠를 경우, 사전 인증을 위해서는 넓은 중첩 영역이 필요하다.

4. 경로 및 이웃 정보 적용하기

핸드오프 지연을 최소화하거나 핸드오프 빈도를 줄이기 위해 여러 예측 정보는 필수적이다. 핸드오프 지연이나 빈도를 줄이기 위한 연구는 주로 몇몇 정보를 적극적으로 획득하고 배포하기 위해 다음의 잠재적인 AP를 알아내는 것에 초점을 두었다. 하지만 이동성이 높은 차량 환경에서는 MN이 지나갈 여러 AP 세트와 같이 여러 AP에 대한 지식이 필수적이다. MN의 경로와 중첩되는 AP 범위 세트가 가장 주요한 후보 AP이다. 이러한 지식은 네비게이션 기반의 경로 정보 (trajectory information)와 이웃 AP 정보 (neighbor AP information)에서 제공할 수 있다. 그림 3은 이 두 가지 정보의 적용 예를 보여준다. 본 장에서는 경로 및 이웃 정보가 핸드오프 결정을 지원할 때 얻을 수 있는 잠재적인 혜택에 대해서 알아본다.

4.1 경로 및 이웃 정보

위치 정보를 제공하기 위해 GPS 장치를 일반적으로 이용하듯이 차량 네비게이션 시스템을 이용하여 경로 정보를 제공할 수 있다. 정보 기술의 발전은 더 많은 차량에 차량 네비게이션 시스템을

장착할 수 있도록 했다. 이러한 시스템은 가장 적절한 경로를 제시하여 운전자를 원하는 목적지로 인도하는 것이다. 또한, 802.11 무선 기능을 네비게이션 시스템에 통합한 제품이 현재 시장에 출하되고 있다. 따라서 이러한 경로 정보를 활용하여 패스트 핸드오프를 최적화하는 것은 차량 시나리오에서 상당히 매력적인 기능이다.

IEEE 802.11k는 무선 자원 관리를 위해 새롭게 출현하고 있는 표준화된 프로토콜 중의 하나이다 [20]. 기능 중 하나는 AP간의 부하 분산 또는 끊임 없는 기본 서비스 세트 (BSS, Basic Service Set) 이전 수단을 위해 AP의 위치 정보와 더불어 이웃하는 AP의 존재에 관한 정보를 제공할 수 있도록 하는 것이다. 달리 표현하면, 이웃에 관한 보고서는 네트워크 토폴로지에 관한 정보를 제공할 수 있어 차량 시나리오에서 최적화된 패스트 핸드오프를 지원하는데 사용할 수 있는 또 하나의 매력적인 기능이 되고 있다.

이동성이 높은 차량 네트워크에서는 핸드오프 지연이 지속적인 통신을 방해하는 주요 원인이 될 수 있다. 이러한 환경은 이웃하는 AP 정보와 더불어 네비게이션에 기초한 경로 정보가 제공하는 기능의 혜택을 누릴 수도 있다.

4.2 경로 및 이웃 정보 적용

경로 및 이웃 정보를 사용하는 것이 여러 다음 후보를 결정하기 위한 지식을 제공할 수 있다. 아래에서는 각 단계에서 노드가 경로 및 이웃 AP 정보를 활용하는 방법을 분석한다.

- 트리거링 (Triggering)

차량은 경로 및 이웃 정보를 활용하여 이전 AP와의 통신을 종료하고, 새 AP와 핸드오프 트리거를 시작하기 위한 최적의 지점을 예측할 수 있다.

- 검색 (Discovery)

채널 정보에 관한 사전 지식은 MN의 경로에 기초하여 질의할 수 있다. 예를 들어, 일련의 두 개 또는 세 개 홉 AP의 운영 채널을 미리 알 수 있어, 상응하는 채널을 직접 스캐닝 하는데 걸리는 시간을 줄이거나 검색 단계를 건너뛸 수 있다.

- 선택 (Selection)

이전에 설명한 AP 선택 알고리즘이 주로 성능 개선에 기초하고 있기 때문에 경로 및 이웃 정보를 사용하여 MN의 경로에 따라 위치하고 있는 AP를 선택함으로써 전체 핸드오프의 빈도수를 줄일 수 있다.

- 연결 (Attachment)

경로 및 이웃 정보를 활용하여 AP는 MN 경로 상에 있는 AP에게만 MN의 컨텍스트를 정확하게 배포할 수 있기 때문에 시그널링 오버헤드를 줄일 수 있다. 또한 MN 속도에 따라 컨텍스트를 한 홉 떨어진 이웃뿐만 아니라 둘 또는 그 이상의 홉 거리 이상 떨어진 이웃까지 전달할 수 있다. 더군다나, 이 정보를 사용하여 핸드오프가 시작되자마자 새 AP로 향하는 패킷을 사전에 리디렉트(redirect) 할 수 있다.

- 향상된 보안 (802.11i 인증)

연결 단계와 유사하게 경로 및 이웃 정보에 기초한 사전 인증을 사용하여 MN 경로에 따라 존재하는 일련의 AP에 인증키를 사전 배포할 수 있다. MN과 사전에 인증된 AP는 현재 연결된 AP를 통해 사전에 4-방향 핸드셰이크를 수행할 수 있다. 이에 따라 전체 인증 지연을 하나의 그룹 키 핸드셰이크 지연으로 줄일 수 있다.

제한하는 접근법은 차량 시나리오에 가장 적합한 경로 및 이웃 정보에 의존하고 있다. MN의 경로에 따라 위치하고 있는 AP가 가장 주요한 후보

AP이다. 이 정보에 기초하여 MN은 적극적으로 정보를 획득하거나, 이동성이 증가하면 둘 또는 그 이상의 홉 이상 떨어진 후보 AP에 보안키를 배포할 수 있다. 따라서 후보 AP를 적절하게 선택하여 시그널링 오버헤드, 핸드오프 지연 및 빈도를 최소화할 수 있다. 결론적으로, 제안하는 접근법은 시그널링 오버헤드와 핸드오프 지연을 줄이면서도 경로 및 이웃 정보를 이용하여 후보 AP를 예측할 수 있다.

5. 결 론

많은 연구가 이루어져 Wi-Fi 무선 네트워크가 차량 속도로 이동하는 사용자에게 다양한 응용 프로그램을 제공할 수 있다고 결론을 내렸다. 하지만 차량 속도를 적용했을 때 발생하는 핸드오프 문제를 파악하기 위한 연구는 아직 많이 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 최신 핸드오프 알고리즘을 차량 시나리오에 적용했을 때의 문제에 대해서 논의했다. 또한 차량 인터넷 액세스를 위해 경로와 이웃 AP에 관한 정보가 스마트한 핸드오프 트리거링, 스캐닝 시간을 줄이기 위한 채널 정보, 사전 인증 알고리즘 등을 제공할 수 있는 잠재력을 가지고 있다고 주장한다.

본 논문의 주요 목적은 IEEE 802.11 네트워크가 차량 시나리오에서의 패스트 핸드오프에 관한 충분한 안목을 제공하는 것과 네비게이션 시스템 기반의 경로 정보와 이웃 AP에 관한 정보의 잠재적인 사용 가능성에 대해서 살펴보았다. 본 연구의 결과는 차량 환경을 위한 스마트하고 최적화된 핸드오프 전략을 구축하는데 유용할 것이다. 향후 연구를 위해 더 자세한 알고리즘을 구축하고 네비게이션 기반의 경로와 이웃 AP에 관한 정보를 사용하여 달성할 수 있는 잠재적인 성능 개선을 정량화하기 위해 핸드오프 절차의 각 단계에 광범위

한 시뮬레이션을 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

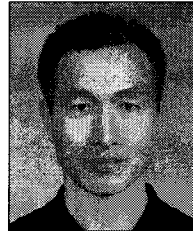
- [1] C. Ribeiro, "Bringing Wireless Access to the Automobile: A Comparison of Wi-Fi, WiMAX, MBWA and 3G," 21st Computer Science Seminar, Rensselaer at Hartford, 2005.
- [2] J. Ott and D. Kutscher, "Drive-thru Internet: IEEE 802.11b for Automobile Users," in Proc. IEEE Infocom, 2004, Vol.1, pp. 362-373.
- [3] V. Bychkovsky, B. Hull, A. Miu, H. Balakrishnan, and S. Madden, "A Measurement Study of Vehicular Internet Access Using In Situ Wi-Fi Networks," in Proc. ACM MobiCom 2006, pp. 50-61.
- [4] D. Hadaller, S. Keshav, T. Brecht, S. Agarwal, "Vehicular Opportunistic Communication Under the Microscope," in Proc. ACM MobiSys 2007, pp. 206-219.
- [5] M. Wellens, B. Westphal and P. Mähönen, "Performance Evaluation of IEEE 802.11-based WLANs in Vehicular Scenarios," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 2007, Spring.
- [6] D. N. Cottingham, I. J. Wassell, and R. K. Harle, "Performance of IEEE 802.11a in Vehicular Contexts," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC) 2007, Spring.
- [7] H. Velayos and G. Karlsson, "Techniques to Reduce IEEE 802.11b MAC Layer Handover Time," in Proc. of ICC, June 2004.
- [8] I. Ramani and S. Savage, "SyncScan: Practical Fast Handoff for 802.11 Infrastructure Networks," in Proc. of IEEE Infocom, Vol.1, pp. 675-684, 2005.
- [9] S. Shin, A. G. Forte, A. S. Rawat, and H. Schulzrinne, "Reducing MAC Layer Handoff Latency in IEEE 802.11 Wireless LANs," in Proc. of ACM MobiWac 2004, pp. 19-26.
- [10] M. Shin, A. Mishra, and W. Arbaugh, "Improving the Latency of 802.11 Hand-offs using Neighbor Graphs," in Proc. of ACM MobiSys, pp. 70-83, 2004.
- [11] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process," ACM SIGCOMM Computer Comm. Rev., Vol.33, pp. 93-102, 2003.
- [12] M. Emmelmann, "Influence of Velocity on the Handover Delay associated with a Radio-Signal-Measurement-based Handover Decision," in Proc. of VTC, Sept. 2005.
- [13] V. Mhatre and K. Papagiannaki, "Using Smart Triggers for Improved User Performance in 802.11 Wireless Networks," in Proc. of ACM MobiSys, pp. 246-259, 2006.
- [14] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "Context Caching using Neighbor Graphs for Fast Handoffs in a Wireless Network," in Proc. IEEE Infocom 2004, Vol.1, pp. 351-361.
- [15] S. Kim, S. Choi, S. Park, J. Lee and S. Kim, "An Empirical Measurement-based Analysis of Public WLAN Hand-off Operations," in Proc. of the International Workshop on Wireless Personal and Local Area Networks (WILLOPAN'06), New Delhi, India, Jan 2006.
- [16] S. Pack and Y. Choi, "Fast Handoff Scheme based on Mobility Prediction in Public Wireless LAN Systems," IEE Proceedings Communications, Vol.151, pp. 489-495, Oct. 2005.
- [17] A. Mishra, M. Shin, N. Petroni Jr., T.C. Clancy, and W. Arbaugh, "Proactive Key Distribution Using Neighbor Graphs," IEEE Wireless Comm. Magazine, Feb 2004.
- [18] IEEE 802.11: Part11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE (June 2003).
- [19] IEEE 802.11i: Amendment 6: Medium Access Control (MAC) Security Enhancements. IEEE Computer Society (July 2004).

[20] IEEE 802.11k, "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Draft Amendment for Radio Resource Measurement," 802.11k/D13.0, Mar. 2008.



박 대 한

- 2005년 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 (학사)
- 2008년 한국정보통신대학교 공학부 (석사)
- 2008년~현재 연세대학교 통신망 경영 연구실 연구원
- 관심분야 : 이동 네트워크, 차량 네트워크 등



모 정 훈

- 1993년 서울대학교 산업공학과 (학사)
- 1995년 서울대학교 산업공학과 (석사)
- 1998년 Univ. of California, Berkeley (석사)
- 1999년 Univ. of California, Berkeley (박사)
- 2003년~2008년 한국정보통신대학교 (조/부교수)
- 2008년~현재 연세대학교 정보산업공학과 (조교수)
- 관심분야 : Network Congestion Control, 무선 애드혹 네트워크, Network Economics, Game Theory in Networking 등