

무선 랜에서 우선순위를 할당한 다중 버퍼 사용에 따른 성능 향상에 관한 연구

The Study for Improvement Performance on Priority Multi-Buffer Scheme in Wireless LAN

김동옥 한국정보통신기술대학

Dong Ok Kim

Korea Information & communication Polytechnic College

Abstract

This paper describes a new approach to Internet host mobility. We argue that local mobility, the performance of existing mobile host protocol can be significantly improved. It proposes Fast Moving Detection scheme that based on neighbor AP channel information and moving detection table. And, it composes Local Area Clustering Path (LACP) domain that collected in AP's channel information and MN interface information. It stored the roaming table to include channel information and moving detection. Those which use the proposal scheme will need to put LACP information into the beacon or probe frame. Each AP uses scheme to inform available channel information to MN. From the simulation result, we show that the proposed scheme is advantageous over the legacy schemes in terms of the burst blocking probability and the link utilization.

I. 개 요

로밍(roaming)은 걸어 다닌다는 의미로, 가입자 자신이 가입한 사업자의 서비스 관리 지역이 아닌 지역이나 현재 사용하고 있는 AP에서 다른 AP로 이동 또는 다른 외국에서도 통화를 가능하게 해주는 것이다. 통상적으로 관찰 구역을 각각 달리하는 2개의 사업자가 존재하는 경우 자기가 가입한 구역을 떠나 통화를 시도하더라도 가입자는 자기의 등록 지역 사업자로부터 정상적인 서비스를 받을 수 없다. 또한, 해외 출장이나 여행을 할 경우에도 가입자는 서비스를 받을 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 관련 사업자간 로밍 협정 체결을 통하여 가입자는 서비스 관리지역이나 국경을 초월해 어디서든지 통화를 할 수 있게 된다[1].

IEEE802.11는 이동성을 지원하기 위해 핸드오프방식을 사용한다. IEEE802.11의 핸드오프 과정을 크게 새로운 AP(Access Point)를 찾기 위한 스캐닝 과정과 AP에 접속하기 위한 재접속 과정으로 나눌 수 있다. 최근의 연구결과에 따르면 IEEE802.11의 핸드오프 지연

시간은 평균300ms를 초과하며 특히 두과정중 스캐닝 과정에서 전체 지연시간의 90%이상이 발생하는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 지연 시간으로 인해 무선랜에서 Voice over IP와 같은 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는데 어려움이 있다. MN(Mobile Node)는 자신이 통신가능한 범위내에 있는 AP에 대한 정보를 알기 위해, 핸드오프가 임박하면 무선채널을 검색해서 사용 가능한 AP에 대해정보(Probe Response)를 얻는다.

IEEE802.11에서는 각각의 채널에 대해 신호가 존재할 때, 정해진 시간(Max channel Time)동안 채널을 검색하여 해당 채널을 사용하는 모든 AP에 대한 정보를 수집한다. 만약 채널에서 정해진 시간동안 (Min Channel Time) 신호가 없다면 해당 채널을 사용하는 AP가 존재하지 않는 것으로 판단하고 다음 채널에 대해 동일한 스캐닝 과정을 반복한다. (Min Channel Time)과 (Max Channel Time)은 네트워크의 구조에 따라 가변적인 값을 사용하며 일반적으로 상업용 제품에서 각각3ms와 30ms의 시간을 사용한다.

이동중인 단말이 새로운 AP(Access Pointer)를 찾기 위해서 각 채널을 탐색하는 과정을 수행한다. 이러한 탐색과정동안 서비스 되지 않고 폐기되는 데이터들이 존재 하므로 서비스의 성능 저하가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서는 802.11f로 명명한 IAPP(Inter-Access Point Protocol)을 제정하여 이동간의 AP 사이에서 전송하는 방식을 연구하고 있다. IAPP 방식에서는 기본적으로 그림1과 같이 모든 채널의 탐색과정을 실행한 후, 인증메시지를 사용한 인증과정을 수행하고,

재결합 메시지를 사용하여 단말이 이동 전에 사용하였던 AP로 이동사실을 알린다. 이러한 방식을 사용하게 되면 이동단말의 핸드오프 지연시간 동안에 대해서는 이동성을 보장하지 못하는 단점을 가지고 있다. 기존의 방법은 구현이 간단하지만 일단 채널에서 신호가 존재한다면 해당채널에 존재하는 모든 AP에 대한 정보를 얻은 이후에도 정해진 시간까지 무조건 검색을 하기 때문에 불필요한 시간을 낭비하게 되어 결과적으로 핸드오프 지연시간이 길어지는 단점이 있다. 이렇게 Max Channel Time까지 검색을 계속하는 것은 같은 채널에 2개 이상의 AP가 존재할 때, 모든 AP에 대한 정보를 확실하게 얻기 위함이지만 좀더 지능적인 방법을 사용한다면 모든 AP에 대한 정보 수집여부를 판단하여 조기에 해당 채널의 검색을 끝낼 수 있을 것으로 생각한다.

본 논문에서는 채널에 존재하는 MN에서 네트워크의 상황에 따라 가변적으로 스캐닝 시간을 결정함으로써 기존의 방법에 비해 AP를 검색하는 성능은 동일하면서 기존의 방법에 비해 스캐닝 시간을 줄여 전체적인 핸드오프 지연시간을 줄일 수 있는 새로운 핸드오프 방법을 제안하고자 한다.

II. U 핸드오프를 지원하는 방식 (IAPP)

핸드오프 지원방식에서는 단말의 이동에 의해 접속 점이 바뀌게 된다. 이러한 경우에 이동하는 단말에게 이동성을 보장해 주는 핸드오프 기능을 수행한다. 하지만, 핸드오프 기능은 그림1과 같이 핸드오프 기능을 수행하는 지연 시간 동안 서비스를 제공하지 못하는 문제점을

가진다. 만일, 핸드오프 지연시간 동안 이동하는 단말로 향하는 패킷이 발생한다면, 이동단말에 전달되지 않고 폐기되는 문제점을 야기시킬 수 있다.

물론 핸드오프 과정에서 폐기되는 경우에는 재전송과정을 통해서 폐기되었던 패킷을 이동단말이 새롭게 연결 설정한 AP로 전달할 수 있다. 하지만, 이러한 경우에는 이동단말이 마지막으로 전송 받은 패킷의 순서번호에 대한 처리와 재전송과정을 재설정하기 위한 과정 등의 시간이 고려되기 때문에 전체적인 서비스 시간이 길어지며, 이동단말이 느끼는 단절감 또한 크다[2].

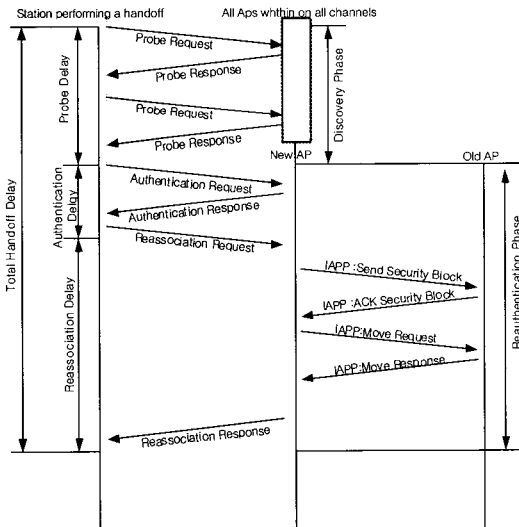


그림 1. 핸드오프 지연시간

그림 1에서 표현되는 전체적인 지연시간은 탐색과정과 인증과정 그리고, 재결합과정의 합으로 구성된다. 지연시간의 구성요소 중 채널 탐색과정은 프로브 요청 메시지와 프로브 응답 메시지로 구성된다.

1) 프로브 요청 메시지

이동단말은 각 AP들이 사용하고 있는 채널을 탐색하기 위해서 프로브 요청 메시지를 전송하여, 현재 사용 가능한 채널을 모두 탐색한 후 신호의 세기가 가장 센 채널을 선택하여 결합메시지를 전송하는 방식을 사용한다. 그림 2는 프로브 요청 메시지의 프레임 구성에 관해서 도시하고 있다.

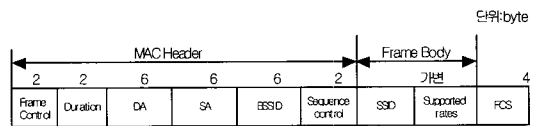


그림 2. 프로브 요청 메시지 형식

프로브 요청 프레임은 SSID와 이동하는 단말에 의해서 지원되는 전송률의 두 필드로 구성되어 있으며, 이 두 필드의 정보를 포함한 프로브 요청메시지를 받은 AP는 이동하는 단말이 네트워크에 참여할 수 있는지 여부를 판단하는 정보로 사용한다. 이동하는 단말은 네트워크에 필요한 데이터 전송률을 지원해야 하며, SSID로 인식되는 사용 가능한 모든 채널 정보를 수집하여 신호의 세기를 기준으로 최상의 채널을 선택하는 방식을 사용한다.

1) 프로브 응답 메시지

프로브 요청메시지 전달 범위 내에 존재하며, 프로브 요청메시지에서 요구하는 파라미터의 값에 대한 호환성을 가지는 AP가 존재한다면, AP 자신이 가지는 모든 파라미터 정보를 프로브 응답 메시지에 담아서 이동하는 단말에게 응답한다. 이동하는 단말은 지원하는 AP 응답메시지의 Received Signal Strength

indicator(RSSI) 값을 기준으로 데이터 전송속도와 AP의 로드등을 판단하여 어떤 AP를 선택할 것인가를 정한다.

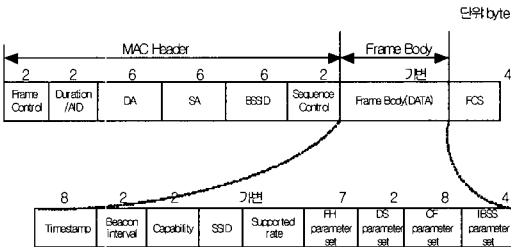


그림 3. 프로브 응답 메시지 형식

1) 동작방식

기존의 Handoff 방식은 추가(ADD), 이동(MOVE), 이동정보(CHECK) 이상의 세가지 과정 수행하면서 각각의 AP들 사이에서 메시지를 전송하여 핸드오프 과정을 수행하며, 자세한 동작과정은 다음과 같다.

① 핸드오프 추가 메시지

최초의 이동단말이 AP에 접속하기 위해서는 이동 단말이 채널사용에 대한 탐색과정을 거친 후 RSSI 값이 가장 큰 채널을 선택한 후 AP에게 연결설정 메시지를 전송하면, 다음의 두가지 동작을 수행한다. 첫 번 동작은 포워드 테이블을 업데이트하기 위해서 사용하며, 두번째로는 도메인내에 다른 AP들에게 멀티캐스트 주소형태를 사용하여 이동단말이 특정 AP로 접속을 시도하고 있다고 알린다. 이것은 AP들이 새로이 구성된 이동단말에 대한 이전정보를 제거하기 위해서 사용된다.

핸드오프 추가 메시지를 받으면 자신의 association 테이블을 살펴보고, 이전의 이동단말에 대한 MAC 주소 정보가 있으면, 해당정

보를 갱신한다[3].

② 핸드오프에 의한 이동

이동단말이 연결된 상태에서 다른 BSS (Basic Service Set)으로 이동하게 되면, 새로이 접속하게된 AP와 재연결과정을 수행하게 된다. 이때 사용되는 재연결설정 패킷을 새로이 접속하게 되는 AP로 전송하게된다. 이러한 핸드오프에 대한 단말의 이동을 알리는 메시지의 구성은 이동단말의 MAC 주소, 순서번호, 이동단말이 이동전에 사용하였던 AP의 MAC 주소, 이동단말에 대한 연결 정보, 타임아웃으로 구성되어 있다.

이동단말이 이동 후 접속한 AP에게 이동전의 AP가 연결에 필요한 정보를 전송하고, 이때 두 AP 사이에서는 TCP 세션을 통해 IP 패킷을 송수신한다. 이동단말이 이동전에 사용하였던 AP에 관한 IP정보는 재연결패킷에 의해서 새로이 접속하는 AP로 전달된다 [4].

Ⅲ. 제안하는 Fast Channel Detection(FCD) 방식

기존의 핸드오프 방식은 각 AP 간의 통신이 가능하도록 구성되어, 이동하는 단말이 끊임 없이 지속적인 서비스를 제공해주는 핸드오프 기능을 사용한다. 하지만, 이동하는 단말은 채널탐색시간과 인증과정에 필요한 지연시간이 흐른 뒤, 재결합과정에 의해서 연결이 이루어진다. 이때 소요되는 전체 지연시간 중 채널탐색에 소요되는 지연시간이 약 95%를 차지할 정도로 전체 지연시간에서 차지하는 비중이 크다. 따라서, 제안하는 방식에서는 채널설정시간

을 보다 효과적으로 사용하여 채널설정에 소요되는 지연시간을 줄인다. 기존의 채널탐색방식에서는 모든 채널을 탐색하여 채널정보를 수집하였다. 이것은 본 논문에서 사용하는 모의실험모델인 802.11b의 11개 채널을 가정하여 본다면, 이동하는 단말이 모든 채널에 대한 제안방식의 경우에는 현재 사용하고 있는 채널탐색만 가능하도록 프로브 메시지에 사용하고 있는 채널의 정보를 공유하는 방식을 제안한다. 이러한 방식을 사용하게 되면 기존의 방식에서 사용하는 모든 채널의 정보를 요청하고 응답받음으로 인해서 생기는 지연시간을 줄일 수 있다. 만일, 사용하지 않는 채널을 탐색하는 경우에는 요청에 의한 응답을 받지 못하기 때문에 이동하는 단말에 설정되어있는 타이머가 종료될 때까지 기다리는 추가적인 지연시간까지 고려해야 한다[5].

각 AP에서 사용하는 채널의 정보를 공유하여 핸드오프 시에 채널의 탐색지연시간을 감소시키는 Fast Channel Detection(FCD)방식을 제안한다. 제안방식을 사용하여 채널탐색시간을 줄이기 위해서는 프로브 요청메시지와 응답메시지에 사용채널에 대한 정보를 공유할 수 있는 새로운 요소가 필요하다.

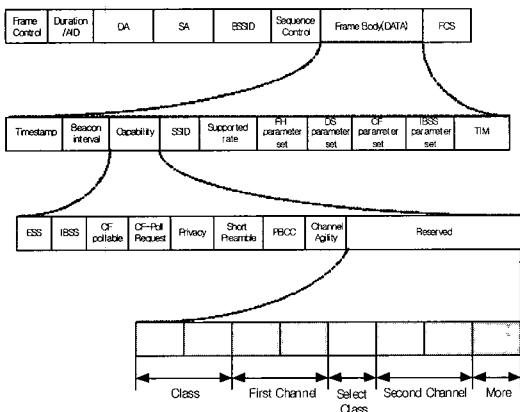


그림 4. 제안방식의 비콘메시지 형태

제안방식의 프로브 요청메시지에 추가된 요소는 Channel Detection이며, 단말이 이동하기 이전에 사용하였던, AP로부터 전송 받은 비콘 메시지내에 채널의 용량정보를 나타내는 부분에 인접 AP가 사용하고 있는 채널의 정보를 단말에게 알려준다. 이러한 채널의 정보를 단말에게 전달하는 내용은 한 바이트로 구성되어 있으며, 처음 두 비트는 각 채널을 네 개의 클래스로 구분하여 나타내고, 다음의 두 비트는 채널정보를 나타낸다. 그리고, 다음의 한 비트는 전달하는 다음 채널의 정보가 이전의 채널 번호보다 8이상의 차이를 보이는 경우를 나타내는 오피셋채널 설정 비트이다. 다음으로 오피셋채널을 설정하여 두 번째 채널정보를 단말에게 전달한다. 마지막으로 More 비트는 현재 인접한 AP가 2개 이상의 채널을 사용하고 있는 경우에 설정하여 단말에게 전송한다. 만일, More 비트가 설정된 경우 여러 개의 인접한 AP 채널정보를 알려준다.

프로브 요청메시지는 비콘메시지에 의해서 전달 받은 인접채널정보를 기반으로 채널을 탐색한다. 만일, 사용하지 않는 채널이 존재하는 경우 또는 현재의 채널상태가 좋지 않은 AP를 선택하지 않기 때문에 빠른 핸드오프와 보다 나은 채널을 선택할 가능성이 높아진다.

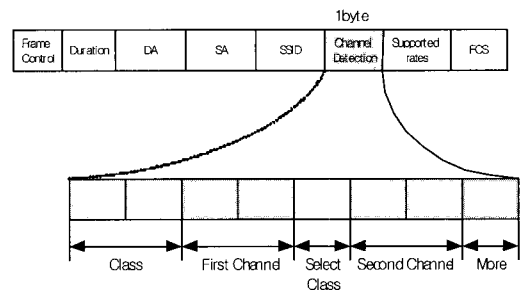


그림 5. 제안 방식의 프로브 요청메시지

제안방식에서 이동하는 단말이 인접채널의 정보를 기반으로 프로브 요청메시지를 전송하고, 현재 사용하고 있는 채널의 정보를 단말에게 알려주고, 전달 받은 정보를 바탕으로 2개의 채널을 탐색하게 된다. 그리고, 각 프로브 요청 메시지에 존재하는 More 비트가 설정되어 있다면, 해당 메시지를 전송 받은 AP는 자신의 인접AP 채널정보 테이블을 참조하여 다음의 채널정보를 이동하는 단말에게 전송하여 채널탐색정보를 제공한다. 만일, 프로브 응답메시지의 More 비트의 설정이 해제 되면, 단말은 전달 받은 채널만을 탐색하여 채널탐색과정을 완료한다. More 비트가 해제되고, 전달 정보가 한 개인 경우에는 special number를 사용하여 처리한다.

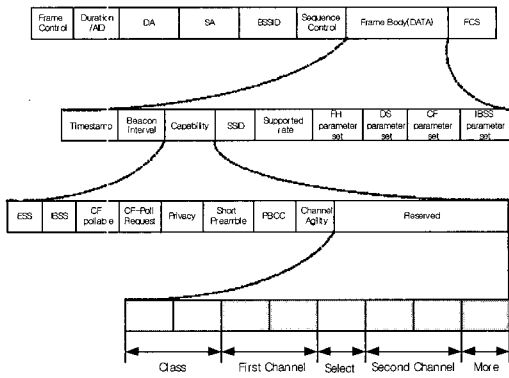


그림 6. 제안방식의 프로브 응답메시지

앞서 소개한 비콘 메시지, 프로브 요청메시지, 프로브 응답메시지를 사용하여, 채널의 탐색지연시간을 감소시킨다. 그림 7에서는 기존의 방식과 제안하는 FCD 방식의 동작과정을 도시하였다. 두 방식의 채널탐색 지연시간의 차이에 의해서 제안방식인 FCD방식의 절차가 간소화 된 것을 확인할 수 있으며, 기존의 방식보다 제안방식이 보다 빠른 핸드오버를 제공

할 것이다.

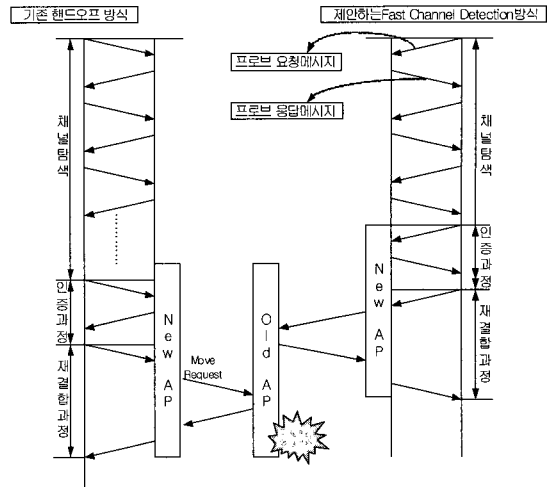


그림 7. 제안방식의 동작과정

물론, 인접한 AP의 대해 사용하고 있는 채널정보를 AP끼리 공유한다. 이러한, 채널정보는 각 AP간 통신을 통해서 이루어지게 되며, 등록 정보는 AP의 MAC주소와 채널정보 그리고, SSID등을 전달하고, 전달 받은 정보를 이용하여 이동하는 단말에게 알려줄 채널 순서테이블을 작성한다. 작성된 테이블을 참조하여 프로브 요청메시지 정보와 비교하여 이동하는 단말에게 채널탐색과정을 수행할 수 있도록 다음 사용채널 정보를 제공한다.

Channel Information Message

MAC Address	Sequence Number	AP Address	Chanel Information	SSID
-------------	-----------------	------------	--------------------	------

그림 8. AP간 채널정보 전달메시지

각 AP는 채널정보 전달메시지를 사용하여 테이블을 작성한다. 그리고, 작성한 테이블에서 인접한 AP가 사용하고 있는 채널정보를 이동하는 단말에게 비콘메시지를 사용하여 전달하고, 전달된 비콘메시지를 받은 이동하는 단말

은 그림 과 같이 채널을 탐색한다. 이러한 탐색과정에서는 프로브 요청메시지와 프로브 응답메시지를 단말과 AP간 전달하면서 인접AP가 사용하고 있는 이동하는 단말은 모든 채널을 탐색하고 탐색과정에서 전달된 정보를 바탕으로 최상의 채널을 선택한다.

IV. 기존 핸드오프방식과 제안하는 FCD 방식의 성능분석

성능분석을 위해서 기존의 핸드오프를 지원하는 방식과 제안하는 방식을 객체지향 시뮬레이션 프로그램인 SIMULA를 사용하여 성능을 비교 분석한다. 이동하는 단말이 핸드오프 과정 동안 발생하는 데이터를 전송 받는 형태로 그림과 같이 실시간 스트리밍 서비스를 받는 형태를 구성한다. 패킷의 형태는 UDP이며, 평균 패킷의 길이는 1500byte이며, 각 셀은 서로 다른 채널과 SSID를 사용한다. 채널탐색 지연시간은 각 채널당 평균 48ms 정도의 지연시간을 가지며, 재결합 요청과 응답시간을 2.3ms로 설정하고, 인증요청에 따른 응답시간을 1.3ms로 설정한다. 그리고, 전체 대역은 802.11b를 기준으로 11개의 채널을 사용할 수 있으며, 전송속도는 11Mbps로 설정한다. 시뮬레이션 환경에서 인접해 있는 AP가 사용하는 채널의 수를 4개로 구성하여 시뮬레이션을 수행한다. 기존의 핸드오프방식과 제안한 FCD 방식에 관한 것으로 핸드오프는 10초 간격으로 발생하며, 총 9회 반복하여 수행한다. 그림에서와 같이 서버가 단말에 대해서 지속적인 데이터를 전송하는 멀티미디어 스트리밍 서비스를 받고 있는 형태를 가정하여 환경을 설정하였다. 핸드오프가 발생하는 동안도 MPGE-2

서비스를 제공하고 있으므로 지속적으로 4Mbps를 전송하게 된다[4].

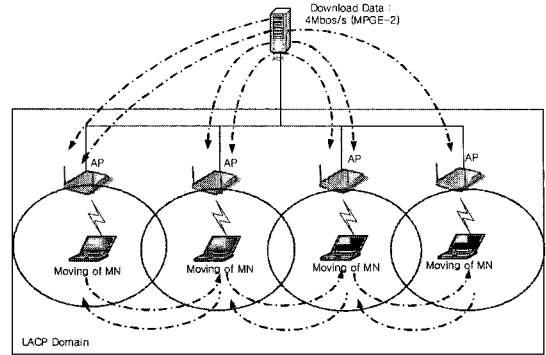


그림 9. 모의실험 환경

그림9에서와 같이 핸드오프는 일정한 간격을 두고 실행하며 핸드오프가 발생하는 동안에는 Throughput의 감소가 발생한다. 이러한 Throughput의 감소는 이동하는 단말이 가지게 되는 지연시간에 의해서 발생하게 된다. 지연시간은 앞서 언급한 바와 같이 채널설정지연시간과 재결합연결지연시간 그리고, 인증과정에 필요한 지연시간으로 구성된다. 제안된 FCD방식은 이동하는 단말이 채널탐색에 필요한 정보를 비콘메시지와 프로브 요청/응답 메시지를 사용하여 인접한 AP들이 사용하고 있는 채널만을 탐색하므로, 채널탐색지연시간에 대한 지연시간을 감소 시킨다. 따라서, 핸드오프가 발생하는 10초 간격으로 기존의 핸드오프 방식과 제안된 FCD방식의 Throughput 차이를 보이고 있다. 이때, 각 Throughput의 출력은 1초 단위로 그래프에 표기한다.

핸드오프가 모의실험에서는 9번 발생하며, 핸드오프가 일어나는 기간 동안의 링크 효율을 그림10에서 나타내고 있다. 채널 탐색 및 인증 그리고, 재결합 설정과정까지 필요한 지연시간이 531ms의 시간을 소요하기 때문에 핸드오프가 일어나는 동안에 효율이 떨어지는 문제를

발생을 야기 시킨다. 하지만, 제안방식인 FCD 방식은 사용가능한 전체 채널들을 모두 탐색하지 않고, 인접 AP가 사용하는 채널만을 탐색하기 때문에 그림 10에서와 같이 링크의 효율이 향상됨을 나타내고 있다.

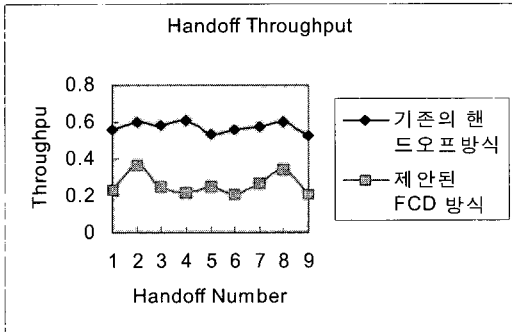


그림 10. 핸드오프시 링크 효율

그리고, 그림 11의 에서는 핸드오프가 발생하는 동안 발생하는 blocking probability를 나타내고 있다.

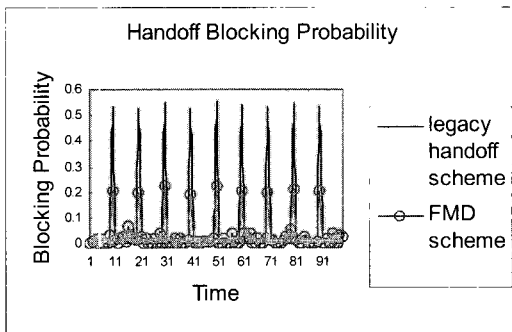


그림 11. 기존방식과 제안방식의 블로킹 확률

앞서 언급한 모의실험에 의해 나온 결과의 차이는 기존 핸드오프방식이 가지는 전체 지연 시간 중 채널설정에 필요한 지연시간이 대부분을 차지하고 있으므로, 한정된 채널만을 탐색하는 방식이 상대적으로 적은 핸드오프 지연시간을 가지게 됨으로, Throughput의 감소나

Blocking Probability의 증가가 기존 방식에 비하여 제안된 FCD방식이 훨씬 더 향상된 결과를 나타내고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 랜 환경에서 단말을 사용하는 사용자의 이동으로 인한 서비스영역의 변화에도 끊김 없는 서비스를 제공하기 위한 방식에 대해서 살펴보았다. 현재 진행중인 방식인 IAPP방식을 사용하여 이동하는 단말에 대한 핸드오프 기능을 수행하고, 이동하는 단말이 핸드오프 하는 동안에 발생하는 데이터 중 일부를 전송한다. 만일, 데이터 전송도중에 핸드오프가 발생하는 경우에는 탐색과정, 인증과정 이후에 재결합과정에 의해서 이동하는 단말이 이전에 사용하였던 AP가 이동을 인식하게 된다. 그 후에 이동한 단말에게 전송 해야 하는 데이터가 존재하게 된다면 버퍼링된 데이터를 전송하게 된다. 제안방식은 이동하는 단말이 사용 가능한 채널탐색과정 중 MAC주소를 참조하여 단말의 이동을 알려주는 방식을 사용한다. 기존방식과 제안방식에 대해서 시뮬레이션을 통한 성능분석을 수행하였다. 단말의 이동을 채널탐색과정에서 인식함으로써 단말에게 전송되어야 하는 데이터를 버퍼링 한 후 재결합과정이 발생하면 즉시, 전송하는 방식으로 구성되므로 핸드오프 기간 동안에 Throughput 감소가 적게 이루어 짐을 확인하였다.

이러한 끊김 없는 서비스를 제공하게 되면 그림과 같이 중복되는 패킷을 전송 받지 않아도 되는 장점과 중복되는 패킷으로 인한 망의 성능 저하를 가져오는 요소를 제거하는 결과를 가진다.

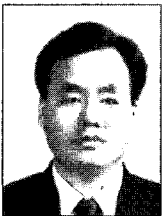
끊김 없는 서비스를 사용한 실시간 서비스와 낮은 패킷 손실 및 중복패킷의 제거는 빠른 핸드

드오프를 지원하는 방식들과 병행하여 사용하면 좀 더 효율적인 단말의 이동성을 보장하는 방식으로 진화 할 것으로 생각된다.

■ REFERENCE

- [1] M. S. Gast, 802.11 *Wireless Networks*, O'REILLY Inc, April, 2002.
- [2] A. El-Hoiydi, "Implementation options for the distribution system in the 802.11 wireless LAN infrastructure network" *IEEE International Conference on*, 1, June, 2000.
- [3] IEEE Standards, *802.11F, IEEE Trial-Use Recommended Practice for Multi-Vendor Access Point Interoperability via an Inter-Access Point Protocol Across Distribution Systems Supporting IEEE 802.11 Operation*, IEEE, Inc. 14 July 2003.
- [4] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "Context Caching using Neighbor Graphs for Fast Handoffs in a Wireless Network," *IEEE Infocom.* 2004.
- [5] S. Pack, and Y. Choi, "Fast Inter-AP Hand off using Predictive-Authentication Scheme in a Public Wireless LAN," *IEEE Networks* 2002, August 2002.
- [6] C. Bettstetter, "Smooth is Better than Sharp than Sharp: A Tandom Mobility Model for Simulation of Wire- less Networks," *ACM MSWiM* 2001, July, 2001.
- [7] S. Pack, and Y. Choi, "Fast Inter-AP Handoff using PredictiveAuthentication Scheme in a Public Wireless LAN," *IEEE Networks* 2002, August, 2002.

Biography



김 동 옥(金東玉)

-서울산업대학교전자공학과졸업

(공학사)

-광운대학교전자통신공학과졸업

(공학석사)

-한국항공대학교통신정보공학과졸업

(공학박사)

-현재한국정보통신기능대학교수

<주관심분야> 이동통신시스템, 디지털통신시스템, 무선랜
통신망구성