

이종무선 네트워크 환경에서 네트워크 간 핸드오버를 위한 전력 효율적 무선 네트워크 탐지 기법

정희원 이 봉 주*, 김 원 익*, 송 평 중*, 신 연 승*

Battery Efficient Wireless Network Discovery Scheme for Inter-System Handover in Heterogeneous Wireless Networks

Bong-ju Lee*, Won-Ik Kim*, Pyeong-Jung Song*, Yeon-Seung Shin* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 이종무선 네트워크 환경에서 다중모드 단말의 네트워크 간 핸드오버를 위한 무선 네트워크 탐지기법을 제안한다. 제안하는 무선 네트워크 탐지기법은 중첩 무선 네트워크 환경에서 매크로 셀에 접속되어 있는 단말이 핫스팟(hot-spot) 무선랜 모뎀을 활성화하지 않고도 핫스팟 서비스 가능 여부를 탐지할 수 있도록 참조 정보로 사용되는 핫스팟 지역 맵을 구축한다. 이를 위해 LCS 서버는 위치에 따른 전파환경 정보를 수집하여 핫스팟의 실제 서비스 영역과 근사하게 이상적 서비스 영역을 설정하고 그 맵을 단말에게 제공한다. 다중모드 단말은 이를 바탕으로 핫스팟 탐지를 위한 모뎀 활성화를 제어하여 배터리 전원을 효율적으로 사용하면서 신속하고 정확하게 서비스 가능한 무선 네트워크를 인지 할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법과 기존의 기법들의 성능을 비교·분석한다.

Key Word : Network Discovery, Network Scanning, Multi-mode Terminal, Inter-System Handover, Heterogeneous Wireless Networks, LCS

ABSTRACT

In this paper, we propose a wireless network discovery scheme which support effective device power management by employing battery efficient network scanning procedure. Multi-mode terminals need to discover other wireless systems, above all, to execute an inter-system handover in the environment of heterogeneous wireless networks. The existing methods introduced in some recent research reports have certain shortcomings, such as battery power consumption increased by frequent modem activation, or the multi-mode terminal's inability to promptly discover wireless systems. We propose a scheme in which multi-mode terminals more quickly and accurately discover other wireless systems than previous schemes, while consuming minimum power. It also proves that the scheme has better performance by comparing it with the existing schemes.

I. 서 론

고품질의 멀티미디어 서비스, 단일번호와 저렴한 요금 등 갈수록 높아가는 가입자의 요구를 충족시

키기 위하여 차세대 무선 네트워크는 IP(Internet Protocol) 기반의 다양한 무선 패킷 액세스 네트워크가 동시에 존재하여 중첩된 서비스 영역을 가지는 형태로 진화되어 갈 것으로 예상된다. 이러한 이

* 한국전자통신연구원 이동통신연구단 ({leebj, woniks, pjsong, shynys}@etri.re.kr)
논문번호 : KICS2005-05-216, 접수일자 : 2005년 5월 26일

중무선 네트워크(heterogeneous wireless networks) 환경은 서로 상이한 특성을 지니며 상호 연동되는 무선 네트워크들의 서비스 영역이 계층적으로 중첩되어 서비스 가입자가 위치, 전파환경, 서비스 특성, 그리고 가입자의 취향 등에 따라 최적의 네트워크에 선택적이고 유연하게 접속할 수 있도록 한다¹⁾.

이종무선 네트워크에서 서비스 가입자에게 최적의 성능과 무결전한 서비스를 제공하기 위해 다중 모드 단말(multi-mode terminal)의 위치와 전파환경에 따라 최적의 무선 네트워크로 진행 중인 서비스의 연결 경로를 바꾸어 주는 이종무선 네트워크 간 핸드오버(ISHO; inter-system handover)의 지원은 매우 중요하다^{1), 2)}. 이러한 무선 네트워크 간 핸드오버의 수행을 위해서는 먼저 단말이 현재 서비스를 받고 있는 시스템이 아닌 다른 시스템의 전파환경을 인지하여 단말의 현재 위치에서 서비스 가능한 무선 네트워크들을 탐지하는 과정이 선행되어야 한다. 서비스 가능한 무선 네트워크들의 탐지는 차세대 무선 네트워크의 궁극적인 서비스 목표 중 하나인 고속의 이동성을 가지는 단말에 대한 광대역의 데이터 전송률 제공을 실현하기 위해서 빠르게 수행되어야 하며 전력 효율적이어야 한다. 이러한 효율적인 무선 네트워크 탐지기법에 대한 연구는 성공적인 차세대 이동통신망의 구축을 위해서 필수적으로 요구된다.

이종무선 네트워크들을 지원하기 위한 다중모드 단말은 각각의 무선접속 기술들을 위한 모뎀 모듈들을 통합한 단일 모뎀으로 구현되는 것이 가장 이상적이다. 그러나 다중 모뎀들을 단일화를 할 수 있는 기술이 성숙되기 전까지는 하나의 단말 내에 여러 모뎀들이 분리된 형태로 내장되어 구현될 것으로 예상된다. 무선 네트워크 탐지 시, 이러한 분리 모뎀 형태를 갖는 다중모드 단말은 다중 모뎀을 활성화하는 운용 메커니즘에 따라 전력 소모량이 증가되거나 또는 무선 네트워크의 신속한 탐지가 어렵다는 문제점을 갖는다. 즉, 다중모드 단말은 무선 네트워크 탐지를 위해서 모뎀 인터페이스들을 주기적으로 활성화하여 무선 네트워크들의 수신 신호세기를 측정한다. 이때 모뎀의 활성화 주기는 무선 네트워크 탐지의 중요 성능 파라미터인 빠른 네트워크 탐지와 효율적인 전력 사용에 각각 다른 영향을 미친다. 모뎀의 활성화 주기를 짧게 설정하면 빠르게 무선 네트워크를 탐지할 수 있으나 잦은 모뎀 활성화로 인하여 단말의 전력 소모량을 증가시킨다. 한편 모뎀의 활성화 주기를 길게 설정하면 전원의

소모를 줄일 수 있으나, 사용 가능한 무선 네트워크를 빠르게 인지하기 어려워 최적의 서비스 환경을 사용자에게 제공하지 못하게 되는 문제점을 가진다.

기존 연구로 단말이 불필요한 모뎀 활성화를 피하고 빠르게 접속 가능한 무선 네트워크를 탐지할 수 있도록 하기 위하여 LCS(location-based service) 서버를 이용하여 단말의 위치정보와 함께 무선 네트워크들의 서비스 영역 정보를 단말에게 제공하는 기법이 제안되었다. 이 기법들은 LCS 서버로부터 제공받은 무선 네트워크들의 이상적 서비스 영역(ideal service coverage)과 단말의 위치를 비교하여 모뎀의 활성화 주기를 제어하여 개선된 성능을 보인다. 하지만 도심지역과 같은 실제적 전파환경에서 이상적인 서비스 영역과 실제 서비스 영역(real service coverage)의 지리적 차이로 인하여 성능 개선에 한계를 가진다^{3), 6)}. 본 논문에서 제안하는 전력 효율적 무선 네트워크 탐지기법은 기존 기법들이 갖는 문제점을 해결하기 위하여 이종무선 네트워크 환경에서 단말로부터 보고받은 각 위치에서의 전파환경을 실시간으로 관리하여 실제 서비스 영역에 가깝게 이상적 서비스 영역을 적응적으로 갱신하고 다중모드 단말이 이를 바탕으로 모뎀 활성화 주기를 제어함으로써 무선 네트워크 탐지 성능을 개선한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 이종무선 네트워크 환경에서 네트워크 간 핸드오버를 위한 주요 기술들을 기술한다. 3장에서는 기존의 무선 네트워크 탐지기법을 간략히 소개하고, 4장에서는 제안한 전력 효율적 무선 네트워크 탐지기법을 기술한다. 5장에서 시뮬레이션을 통한 성능 평가를 수행하고, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

II. 이종무선 네트워크

3GPP와 IEEE 802.21 워크그룹 등은 셀룰러 네트워크와 IEEE 802 계열의 무선 네트워크 등 상이한 특성을 가지는 무선 네트워크 사이에서 단말의 이동성과 서비스의 연속성 등을 제공할 수 있는 오버레이 형태의 이종무선 네트워크에 대한 연구를 진행하고 있다. 이종무선 네트워크 환경에서 단말은 위치와 전파환경, 서비스 특징, 그리고 사용자의 취향에 따라 무선 네트워크를 적절히 선택하여 접속하게 된다. 이를 위해서는 단말은 다수개의 모뎀 모듈을 동시에 탑재하거나 SDR(software defined radio) 기반의 재설정 가능한 시스템으로 구성되어

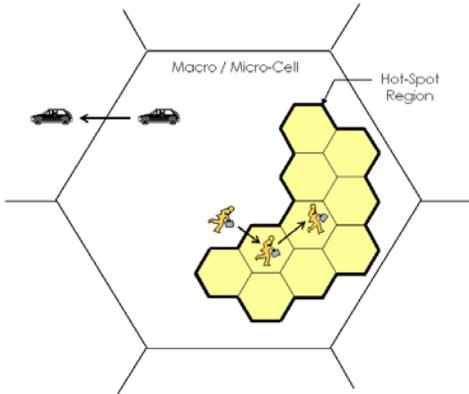


그림 1. 오버레이 무선 네트워크에서의 핸드오버

야 한다. 또한 이동 중인 단말은 수신 전파환경에 따라 동일한 무선 네트워크 내에서 또는 이종의 무선 네트워크로 무선 접점을 이동하여 IP 기반의 무선 패킷 액세스에 대한 연속성을 제공받게 된다. 그림 1은 동일 무선 네트워크 내의 셀 간 핸드오버와 이종무선 네트워크 환경에서의 네트워크 간 핸드오버의 예를 보여준다.

동일 시스템 내 셀 간 핸드오버는 단말이 인접한 셀로 이동할 때 진행 중인 호에 대한 연속성을 제공해주기 위하여 해당 기지국에 대한 접점을 동일한 무선 네트워크의 새로운 기지국으로 스위칭하는 수동적 동작이다. 이때 핸드오버로 인한 일련의 절차 속에서 진행 중인 호에 대한 서비스의 연속성 및 서비스 품질을 보장하는 것이 매우 중요하다. 한편 상호 연동되는 무선 네트워크들의 서비스 영역이 중첩된 이종무선 네트워크 환경에서의 네트워크 간 핸드오버는 동일 시스템 내 셀 간 핸드오버와 같은 단말의 위치와 전파환경의 변화에 따른 수동적인 동작뿐만 아니라 서비스 특성 및 가입자의 취향에 따라 진행 중인 호에 대한 연속성을 제공하면서 네트워크로의 접점을 이종의 무선 네트워크로 스위칭하는 능동적인 동작을 포함한다. 이러한 이종 네트워크 간 핸드오버를 실현하기 위해서는 기존의 일반적인 핸드오버 절차에 앞서 새로운 무선 네트워크로의 접속을 위하여 다음과 같은 세 가지 주요 기술들이 순차적으로 선행되어야 한다.

1) 무선 네트워크 탐지(wireless networks discovery) - 단말은 현 위치에서 접속 가능한 모든 무선 네트워크들을 빠르고 정확하게 탐지해야 한다. 이는 단말의 모델들을 적절히 활성화시켜 접속 가능한 무선 네트워크들의 전파환경을 탐지하는 것으로, 현

재까지 다수개의 무선접속 기술들이 하나에 집적된 모델이 존재하지 않으므로 다수 개 모델들 전부 또는 일부를 활성화하여 수행된다.

2) 무선 네트워크 선택(optimum wireless networks selection) - 접속 가능한 모든 무선 네트워크들을 탐지한 후 단말 또는 기지국에서 하나의 무선 네트워크를 선택한다. 이때 최적의 무선 네트워크를 선택하기 위해서는 단말의 현재 진행 중인 서비스 타입, 데이터 전송 속도, 사용자의 취향, 요금, 전력 소비량, 그리고 각 무선 네트워크의 서비스 부하 등이 고려될 수 있다.

3) 핸드오버 수행 시점 결정(handover execution decision) - 서비스 가능한 무선 네트워크들 중에서 최적의 무선 네트워크를 선택한 후 실제적으로 이종무선 네트워크 간 핸드오버를 수행하는 시점을 결정한다. 이종무선 네트워크 간 핸드오버 수행 시점은 단말의 이동속도와 이동패턴, 새롭게 접속할 무선 네트워크의 서비스 반경 등을 고려하여 핑퐁 효과(ping-pong effect)가 발생하지 않도록 결정되어야 한다.

본 논문은 위에서 언급한 세 가지 주요 기술 중에서 접속 가능한 무선 네트워크들의 탐지 방법에 초점을 맞추고 이를 매크로 셀의 형태를 갖는 UMTS 네트워크와 핫스팟 무선랜 시스템 간의 핸드오버를 예를 들어 설명한다. 다음 장에서는 무선 네트워크들의 탐지 방법에 대한 기존의 연구를 간략히 살펴보고 본 논문에서 제안하는 전력 효율적 무선 네트워크 탐지기법을 기술한다.

III. 기존 무선 네트워크 탐지기법

그림 1은 하나의 매크로 셀(macro cell) 내에 여러 개의 핫스팟 셀들이 모여 하나의 핫스팟 영역을 구성하여 중첩된 서비스 영역을 가지는 이종무선 네트워크의 예를 보여준다. 기존의 이동통신망이 서비스하는 매크로 셀은 광범위한 서비스 영역 내에서 고속으로 이동하는 단말에게 저속의 데이터 전송률을 제공하며, 무선랜이 서비스하는 핫스팟 셀은 저속으로 이동하거나 정지한 단말에 대하여 고속의 데이터 전송률을 제공한다.

이종무선 네트워크 간 핸드오버의 경우 MI(moving-in)와 MO(moving-out) 두 가지 시나리오로 분류될 수 있다. MI 시나리오는 단말이 UMTS 네트워크와 같은 오버레이 네트워크에서 핫스팟 무선랜

과 같은 언더레이 네트워크로 스위칭 되는 것을 의미하며 MO 시나리오는 반대로 언더레이 네트워크에서 오버레이 네트워크로 스위칭 되는 것을 의미한다. MO 시나리오의 경우 단말은 핫스팟의 신호 품질 저하에 의해 매크로 셀로의 강제적인 핸드오버를 하기 때문에 무선 네트워크 탐지기법이 요구되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 MI 시나리오를 고려한 무선 네트워크 탐지기법을 설계한다.

매크로 셀로부터 서비스를 받고 있는 다중모드 단말이 핫스팟 영역으로 진입하여 무선랜 시스템으로부터 서비스 받을 수 있음을 인식하도록 하는 무선 네트워크 탐지 기법에서 중요하게 고려되어야 하는 두 가지 요소는 다음과 같다. 첫째, 단말이 핫스팟 영역을 서비스하는 무선 네트워크를 탐지하여 핫스팟 영역에 위치하였음을 신속하고 정확하게 인지하는 것이다. 둘째, 이러한 무선 네트워크 탐지 과정에서 수반되는 추가 전력 소모량을 최소로 하여야 한다.

2.1 영구 모뎀 활성화

단말이 여러 무선 네트워크를 탐지하는데 있어 가장 기본적인 방법은 단말 내의 모든 모뎀들을 항상 활성화시키고 무선 네트워크들의 전파 신호를 지속적으로 감시하는 영구 모뎀 활성화(AMA; always modem activation)하는 것이다. 그림 2(a)에서와 같이 매크로 셀로부터 서비스를 받는 단말이 핫스팟 영역으로 이동하고 있을 때 핫스팟의 실제 서비스 영역을 빠르고 정확하게 탐지 할 수 있다. 그러나 핫스팟을 서비스 하는 무선 네트워크의 탐지를 위하여 단말이 모든 비활성 모뎀들을 활성화하므로 전력 소모량이 크게 증가하게 된다. 이러한 이중무선 네트워크에서 다중모드 단말이 무선 네트워크들을 탐지 할 때 소요되는 과도한 전력 소모의 문제를 해결하기 위한 기존의 연구들은 다음과 같다.

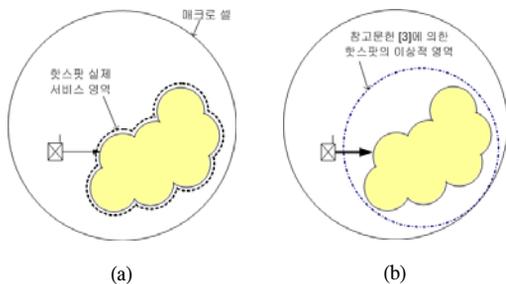


그림 2. 핫스팟 무선 네트워크의 실제 서비스 영역과 이상적 서비스 영역 비교

2.2 주기적 모뎀 활성화 기법

주기적 모뎀 활성화(PMA; periodic modem activation) 기법은 모뎀들을 주기적으로 활성화하여 무선 네트워크들로부터의 수신신호세기를 측정한다. 따라서 모뎀 활성화 주기가 길면 단말의 전력 소모량은 감소하게 되나, 핫스팟 영역에 진입하여 새로운 무선 네트워크에 접속할 수 있음을 빠르고 정확하게 인지하지 못할 수 있다. 반면 모뎀 활성화 주기를 짧게 하면 보다 빠르게 무선 네트워크를 인지할 수 있으나 단말의 전력 소모량은 증가하게 된다. 따라서 다중모드 단말의 모뎀 활성화 주기 설정에 따라 탐지의 신속성과 정확성 그리고 전력 소모 사이에 트레이드오프 관계가 존재하게 된다.

2.3 이상적 영역 기반 모뎀 활성화 기법

무선접속 기지국 위치추적기술(RF triangulation technique) 및 GPS(global positioning system) 시스템 기술과 같은 위치정보기술 등을 활용하여 단말의 불필요한 모뎀 활성화를 피함으로써 전력 소모를 줄이고 접속 가능한 무선 네트워크를 신속하게 탐지할 수 있는 이상적 영역 기반 PMA(IcPMA; ideal coverage based PMA) 기법이 최근에 제안되었다^{3,4}. IcPMA 기법은 LCS 서버가 제공하는 단말의 현재 위치와 함께 여러 무선 네트워크들의 이상적 서비스 영역에 대한 정보를 기반으로 단말의 모뎀 활성화 주기를 동적으로 제어한다⁶.

IcPMA 기법은 시·공간적으로 가변적인 형상을 가지는 실제 서비스 영역을 대략적으로 포함하는 이상적 서비스 영역을 설정하고 단말이 이 영역에 진입 시에만 수신 신호 탐지를 위한 모뎀의 활성화 주기를 짧게 설정함으로써 단말의 불필요한 전력 소모를 방지한다. 그러나 그림 2(b)에서와 같이 도심 지역에서 핫스팟의 무선 네트워크가 서비스하는 영역은 개념적인 전파 모델이 나타내는 원형과 같은 정형화된 형태를 가지지 않는다. 따라서 이상적 서비스 영역 내에 위치하여 모뎀을 활성화 하더라도 핫스팟을 서비스하는 무선 네트워크의 전파 신호를 탐지할 확률이 충분히 크지 않다. 그러므로 단말의 전력 소모를 줄이고 빠르고 정확하게 여러 무선 네트워크들을 탐지하기 위해서는 이상적 영역을 실제 전파 도달 영역의 지리적 형상과 유사하게 설정하여야 한다.

2.4 적응형 영역 기반 모뎀 활성화 기법

본 논문에서는 그림 3과 같이 시간공간적으로

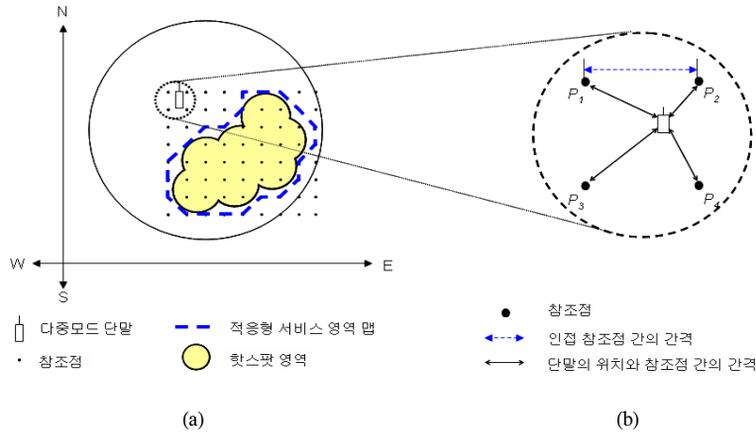


그림 3. 제안하는 AICPMA 기법에서의 적응형 영역 설정

가변적인 형상을 갖는 핫스팟 무선 네트워크의 실제 서비스 영역에 유사한 형상을 갖도록 이상적 서비스 영역을 적응적으로 설정하는 적응형 영역 기반 PMA(AICPMA; adaptive ideal coverage based PMA) 기법을 제안한다. AICPMA 기법은 단말의 위치정보와 더불어 LCS 서버로부터 해당 위치에서 수신될 것으로 기대되는 무선 환경 정보인 핫스팟 시스템의 수신 신호세기 정보를 수집하여 이를 관리함으로써 사용 가능한 핫스팟 시스템을 탐지한다. 본 기법은 기존 IcPMA 기법과 마찬가지로 LCS 서버로부터 수신한 적응형 서비스 영역 맵 정보를 수신한 단말이 모뎀 활성화 주기를 제어할 수 있도록 한다. 그러나 IcPMA 기법과 같이 고정된 이상적 서비스 영역 정보를 단말에게 제공하는 것이 아니라 무선 환경에 따라 실시간으로 변화하는 적응형 영역 정보를 단말에게 제공함으로써 단말의 불필요한 배터리 소모를 방지하고 더욱 정확히 무선 네트워크를 탐지한다.

본 기법은 LCS 서버가 적응형 서비스 영역 정보를 관리하고 이를 단말에게 전송함을 전제로 하고 있다. 이와 같은 LCS 서버에서의 적응형 서비스 영역 정보관리 방법은 다음과 같다.

그림 3(a)에서와 같이 수신 신호세기 정보관리를 위한 격자 형태의 참조점(reference point)을 설정하고 인접한 영역에서의 수신 신호세기를 참조점으로 대응시켜 관리 정보의 양을 감소시킨다. 이는 서비스 영역 내의 모든 위치에 대하여 과거의 수신 신호세기 정보를 관리하는 것은 LCS 서버에 과도한 부하를 야기하기 때문이다. 그림 3(b)에서 LCS 서버는 단말의 현 위치에 가장 가까운 참조점(P_2)을 단말의 가상 위치로 간주하고 단말이 보고하는 정

보를 반영하여 참조점의 무선 환경 정보를 갱신한다. 이러한 LCS 서버에서 관리되는 참조점의 무선 환경 정보는 같은 참조점을 갖는 타 단말들을 위한 참조 정보로써 활용된다. 따라서 이종무선 네트워크 간 핸드오버를 수행하고자 하는 단말은 자신의 참조점으로부터 단말의 현 위치에 대한 근사한 무선 환경 정보를 얻어냄으로써 핫스팟 시스템을 위한 모뎀을 활성화하지 않고도 간접적으로 핫스팟 영역으로의 진입여부를 예측할 수 있다. 이때 LCS 서버는 무선 환경 정보를 송신한 단말의 현 위치와 해당 참조점 간의 거리에 따라 그 신뢰도를 결정하고 이에 따라 무선 환경 정보에 대한 가중치를 결정하여 해당 참조점의 정보를 갱신한다. LCS 서버에서 관리되는 정보는 각 참조점에서 수신되는 핫스팟 시스템의 ID와 수신 신호세기로 구성될 수 있으며, 이때 수신 신호세기는 최근 무선 환경 변화가 잘 반영될 수 있도록 가중치 윈도우를 사용하여 평균화하는 적절한 가공을 거쳐 관리된다.

그림 4는 AICPMA 기법에 필요한 요소 절차들을 보여준다.

- 1) 단말은 초기 전원이 활성화되거나 주기적 모뎀 활성화에 의해 모뎀이 활성화될 때 핫스팟 시스템으로부터 수신한 비콘의 신호세기를 측정하고 자신의 위치와 해당 핫스팟 수신 신호세기를 LCS 서버에 보고한다.
- 2) 이를 수신한 LCS 서버는 단말의 현 위치에 가장 가까운 참조점을 찾고 새로운 정보를 반영하기 위해 단말의 현 위치와 해당 참조점간의 거리에 따른 가중치를 고려하여 해당 참조점의 수신 신호세기를 갱신한다.

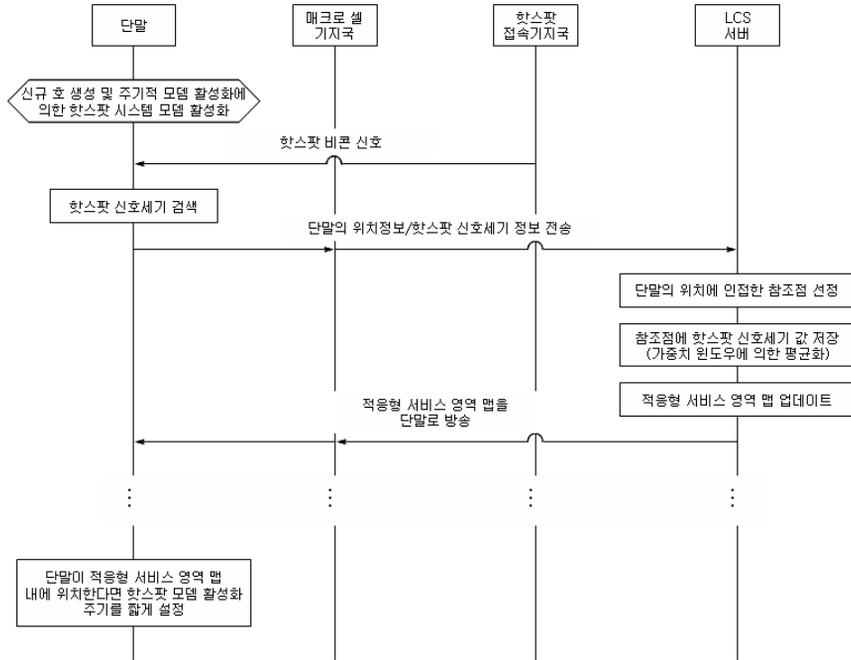


그림 4. AICPMA 기법의 요소 절차

3) LCS 서버는 그림 3과 같이 적응형 서비스 맵을 구성하기 위한 허용 임계값(A-TH; acceptable threshold) 이상의 예상 신호세기를 갖는 참조점들을 연결하여 핫스팟의 서비스 가능 영역을 설정하고 실시간으로 변화하는 무선 환경에 적용할 수 있는 적응형 서비스 맵(adaptive ideal service MAP)을 구성한다. 이때 A-TH는 핫스팟 영역으로 이중무선 네트워크 간 핸드오버를 수행하기에 충분한 신호세기를 나타내는 신호세기 임계값(SS-TH; signal-strength threshold)보다 작은 값으로 설정된다. A-TH와 SS-TH의 차이는 참조점 사이의 간격과 위치추적기술의 위치오차 등을 고려하여 책정된다. 적응형 서비스 맵은 참조점 사이의 간격(예를 들어 그림 3(b)의 P_1 과 P_2 사이의 거리)이 좁을수록 그리고 위치추적기술의 정확도가 높을수록 실제 서비스 영역에 근접하게 설정될 것이다.

4) LCS 서버는 핫스팟의 적응형 서비스 맵을 매크로 셀을 통해 해당 셀에 접속 중인 모든 단말들에게 전송한다.

5) LCS 서버로부터 이상적 서비스 맵을 수신한 단말들은 이 정보와 자신의 위치정보를 비교하여 이상적 서비스 영역 내에 진입했음을 인지하고 단말의 핫스팟 시스템 모드의 활성화 주기를 짧게 설정한다. 이때 단말이 핫스팟 시스템의 모드를 활성화

하여 수신 신호세기를 측정했을 때 수신된 신호 세기가 SS-TH 이상이면 이중무선 네트워크 간 핸드오버 절차를 수행하고 SS-TH 보다 작으면 해당 참조점이 바뀌기 전까지 모드를 비활성화 하고 적절하게 타이머를 설정하여 일정시간 이후에 탐지를 다시 수행한다.

제안한 AICPMA 기법은 위와 같은 과정을 통하여 이상적 서비스 영역을 실제 무선 환경에 맞게 적응적으로 변화를 시켜 불필요하게 단말내의 모드들이 활성화되는 것을 방지하는 동시에 신속 정확하게 여러 무선 네트워크들을 탐지할 수 있다.

IV. 성능분석

본 논문에서 제안한 AICPMA 기법의 성능평가를 위하여 표 1과 같은 파라미터를 설정하고 시뮬레이션을 수행하여 AMA 기법, PMA 기법, ICPMA 기법 등의 기존 기법들과 비교·분석하였다.

네트워크 모델은 시뮬레이션의 용이성과 비교 기법 간의 공정성을 유지하기 위하여 그림 5와 같이 하나의 매크로 셀 내에 7개의 핫스팟 셀이 중첩되어 있는 셀 배치를 사용하였다. 핫스팟 셀의 경우 육각형 형태의 이상적 서비스 영역을 두었으나 실

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터		값
전체 시뮬레이션 시간		600 sec
단말	최대 수	3000
	이동성 모델	Random Direction Model
	최대 속도	10, 20, 30, 50 km/h
단말의 모뎀 활성화 주기	PMA	80 sec
	IcPMA	26 sec
	AIcPMA	13 sec
전파모델	Close-in distance(d_0)	200 meter
	Path loss exponent(β)	2(free space)
ISHO 파라미터	신호세기 임계값(SS-TH)	12.7, 13.3 dB
	허용 임계값(A-TH)	12.2, 13.8 dB
	가드타임	360 msec
GPS의 평균 오차		5 meter
핫스팟 셀의 이상적 서비스 영역 반경		70 meter
핫스팟 셀의 실제 서비스 영역 반경		SS-TH에 의한(약 60 meter)

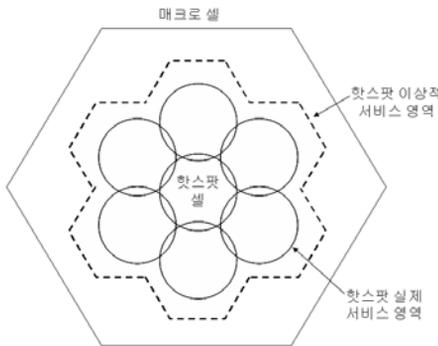


그림 5. 시뮬레이션을 위한 셀 레이아웃

제 서비스 영역은 기하학적 형태를 갖지 않고 이상적 서비스 영역 내에 진입했을 때 핫스팟 셀의 기지국으로부터 수신한 신호세기(SS-TH)에 따라 실제 서비스 영역 내 진입 여부를 규정하고 있다. SS-TH의 값은 핫스팟 실제 서비스 영역이 약 60미터내외의 반경을 가질 수 있도록 설정하였다. 시뮬레이션 결과의 공정성을 위하여 본 논문에서의 성능 평가는 단말이 이상적 서비스의 외곽 경계부분부터 실제 서비스 영역 내로 진입할 때까지의 영역만으로 국한시켰다.

매크로 셀의 서비스 영역을 벗어나는 단말들로 인하여 발생하는 경계선 효과를 제거하기 위하여 매크로 셀의 경계를 벗어나는 단말이 시뮬레이션 맵의 반대쪽에서 다시 들어오도록 하는 wrap-around 기법을 사용하였다.

시뮬레이션은 거리 d 에서 수신되는 신호의 세기인 $P_r(d)$ 을 얻기 위하여 식 1과 같이 경로 손실(pathloss)과 세도잉(shadowing)을 고려하여 무선 전

파환경을 모사한 로그-노말 세도잉(log-normal shadowing) 전파 모델을 사용하였다^[5].

$$\left[\frac{P_r(d_0)}{P_r(d)} \right]_{dB} = -10\beta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dB} \quad (1)$$

여기서 X_{dB} 는 평균이 0 이고 표준 편차가 1인 가우시안 랜덤 변수(gaussian random variable)로 세도잉을 위한 항이다.

성능평가를 위한 측정 파라미터는 다음과 같다.

1) 무선 네트워크 인지 위치 - 단말이 핫스팟의 무선 네트워크에 대한 모뎀을 활성화하여 측정된 신호세기가 SS-TH 보다 커 이중무선 네트워크 간 핸드오버를 수행할 수 있음을 인지하는 위치를 의미한다. 시뮬레이션을 통하여 얻어진 탐지 위치의 분포를 관찰하여 각 기법들의 성능을 정성적으로 평가한다.

2) 무선 네트워크 인지 시간 - 이상적 서비스 영역에 진입한 시점부터 이중무선 네트워크 간 핸드오버를 수행할 수 있음을 인지하는 시점까지 걸리는 시간을 의미한다. 이를 통하여 실시간으로 변화하는 전파환경 하에서 단말의 신속한 무선 네트워크 인지 정도를 확인 한다. 이러한 무선 네트워크 인지 시간은 네트워크가 제공하는 이상적 서비스 영역을 이용하는 네트워크 탐지 기법에서 모뎀의 활성화 횟수와 밀접한 관련을 가진다.

3) 평균 모뎀 활성화 횟수 - 단말이 핫스팟의 이상적 영역으로 진입한 후로부터 서비스 가능한 핫스팟 시스템을 인지할 때까지 모뎀 활성화를 수행한

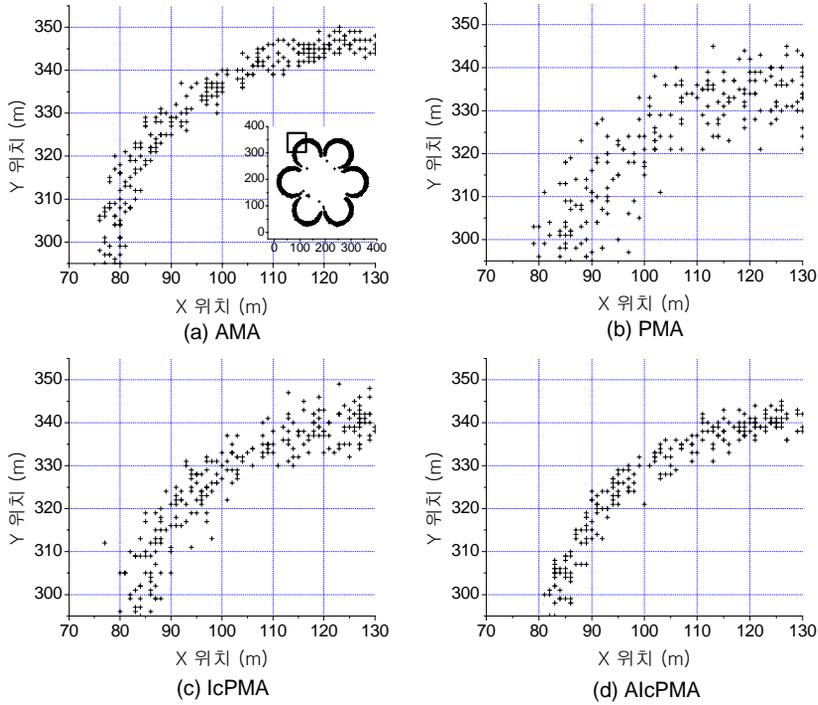


그림 6. 무선 네트워크 인지 위치 비교

횡수를 의미한다. 이로부터 모뎀 활성화로 인한 추가 전력 소모량을 정성적으로 알 수 있다.

그림 6은 단말의 핫스팟 무선 네트워크 인지 위치를 보여주는 것으로써 이해를 돕기 위해 하나의 핫스팟 셀의 좌상귀면을 확대한 것이다. 여기서 각 축은 시뮬레이션 맵 상에서의 좌표를 의미하며 그림에서 보이는 점들은 단말의 핫스팟 모뎀이 활성화되었을 때 핫스팟으로부터 측정한 비콘 신호의 세기가 처음으로 SS-TH 이상일 때의 위치를 나타낸다. AMA 기법이 항상 모뎀을 활성화하여 탐지를 수행하기 때문에 가장 신속하게 핫스팟 서비스 영역을 인지할 수 있다. 따라서 무선 네트워크 인지 위치는 AMA 기법과 유사한 성능을 보이는 것이 가장 우수하다고 할 수 있다.

PMA 기법은 네트워크 인지 위치가 넓게 분포하는데 이는 단말의 일괄적인 모뎀 활성화 주기에 따라 신속하게 무선 네트워크를 인지하지 못하는 단말이 다수 개 존재하기 때문이다. IcPMA 기법의 네트워크 인지 위치는 PMA 기법에 비하여 좁게 분포하는데 이는 이상적 서비스 영역 진입 후 모뎀 활성화 주기를 감소시키기 때문이다. 또한 제안하는 AIcPMA 기법은 IcPMA 기법보다 네트워크 인지 위치가 더욱 좁게 분포할 수 있다. 이는 IcPMA

기법에서 보여주는 고정된 이상적 서비스 영역을 참조하는 것이 아니라 실제 서비스 영역과 유사하게 핫스팟 서비스 영역을 적응적으로 설정했기 때문이다. 그림 6은 AIcPMA 기법이 AMA 기법과 가장 유사한 네트워크 인지 위치 분포를 보임으로써 기존 기법들보다 성능이 우수함을 나타낸다.

그림 7은 단말이 이상적 서비스 영역에 진입한 후부터 핫스팟 시스템을 인지하는데 까지 걸리는 평균 시간의 비교를 보여준다. 단말의 속도가 빠를수록 이상적 서비스 영역에 있는 시간이 적어지므로

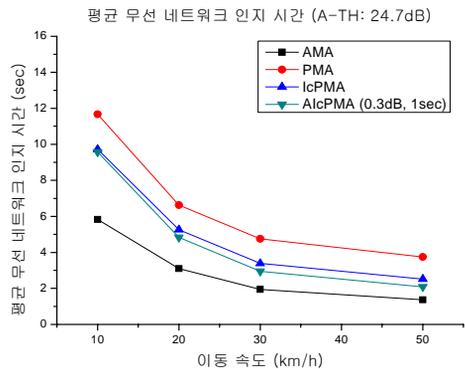


그림 7. 무선 네트워크 인지 시간 비교

로 무선 네트워크 인지 시간도 적어지는 것을 볼 수 있다. IcPMA 기법과 제안한 AIcPMA 기법의 경우 적은 무선 네트워크 인지 시간을 가지는 것은 신속하게 무선 네트워크를 인지하는 것과 더불어 부가적인 전원의 소모가 적음을 의미한다. 이는 각 기법이 설정한 이상적 서비스 영역에 단말이 진입하면 무선 네트워크 탐지를 위하여 모뎀을 주기적으로 활성화하기 때문이다. IcPMA 기법이 PMA 기법보다 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있는데 이는 IcPMA 기법의 경우 이상적 서비스 영역 진입 후 모뎀 활성화 주기를 점진적으로 감소시켜 보다 빠르게 무선 네트워크를 인지하기 때문이다. AMA 기법은 단말이 실제 서비스 영역에 진입하는 것과 동시에 무선 네트워크를 인지하기 때문에 가장 좋은 성능을 보이나 전력 효율적이지 못하다.

그림 8은 단말이 이상적 서비스 영역에 진입한 후부터 무선 네트워크를 인지하는데 까지 모뎀을 활성화한 평균 횟수에 대한 IcPMA 기법과 AIcPMA 기법의 성능을 비교하여 보여준다. 그림 5와 같이 단말의 속도가 빠를수록 이상적 서비스 영역에 있는 시간이 적어지므로 모뎀 활성화 횟수도 작아지는 것을 볼 수 있다. 단말의 이동성이 적은 경우 제안한 AIcPMA 기법은 IcPMA 기법에 비하여 50% 정도 향상된 성능을 가진다. 또한 IcPMA 기법은 이종무선 네트워크 간 핸드오버 수행을 위해 요구되는 임계값 SS-TH가 변경됨에 따라 다른 성능을 보이지만 제안한 AIcPMA 기법은 영향을 받지 않음을 볼 수 있다. 이는 핫스팟 영역의 서비스 구간이 변경 되어도 성능에 영향을 미치지 않음을 의미한다. 따라서 핫스팟 셀이 시뮬레이션에서 사용된 배치와 같이 잘 정렬되어 있지 않아 불규칙한 형태를 가진 실제 환경에서도 시뮬레이션과 동일한 성

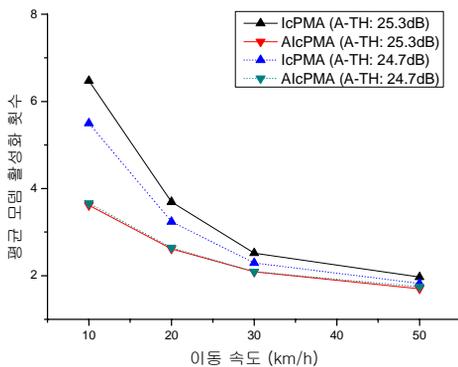


그림 8. 평균 모뎀 활성화 횟수 비교

능을 가질 것으로 기대된다.

V. 결론

본 논문에서는 서비스 영역이 중첩된 이종무선 네트워크상에서 단말이 서로 상이한 특성을 가지는 무선 네트워크들을 효율적으로 탐지할 수 있는 적응적 네트워크 탐지기법을 제안하였다. 제안한 기법은 적응적으로 핫스팟의 이상적 서비스 영역을 조정하여 불필요한 모뎀 활성화에 따르는 전력 소모를 줄이면서 신속하게 무선 네트워크를 탐지할 수 있도록 하여 이종무선 네트워크 간 핸드오버의 성능 향상에 기여할 수 있다. 또한 시뮬레이션을 통한 성능 분석에서 제안한 기법은 핫스팟이 불규칙한 서비스 영역을 가지는 실제적인 환경에서 향상된 성능을 가질 수 있음을 확인하였다. 향후 연구는 위치정보기술을 탑재하지 않은 단말을 위해서도 운용 가능한 무선 네트워크 탐지기법을 개발하는 것이다. 이는 LCS 서버에서 관리하는 정보를 수정·확장하고, 이러한 정보의 획득 과정을 개선함으로써 가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Inoue, K. Mahmud, H. Murakami, M. Hasegawa, "MIRAI: a solution to seamless access in heterogeneous wireless networks," in Proc. IEEE ICC 2003, pp. 1033-1037, May 2003.
- [2] J. McNair, and Fang Zhu, "Vertical handoffs in fourth-generation multi network environments," IEEE Wireless Communications, pp. 8-15, June 2004.
- [3] W. T. Chen, J. C. Liu, and H. K. Huang, "An adaptive scheme for vertical handoff in wireless overlay networks," in Proc. ICPADS 2004, pp. 541-548, July 2004.
- [4] M. Ylianttila, J. Makela, and K. Pahlavan, "Geo-location information and inter-technology handoff," in Proc. IEEE ICC 2000, pp. 1573-1577, June 2000.
- [5] T. S. Rappaport, Wireless communications: principles and practice. Prentice Hall, 1996.
- [6] 3GPP TR 22.935(V1.0.0): Feasibility Study on Location Services(LCS) for Interworking-WLAN (Release 7), Jan. 2005.

이 봉 주 (Bong-Ju Lee)

정회원

한국통신학회논문지 제30권 7C호 참조

송 평 중 (Pyeong-Jung Song)

정회원

한국통신학회논문지 제24권 3호 참조

김 원 익 (Won-Ik Kim)

정회원



1999년 2월 아주대학교 정보및
컴퓨터공학부 졸업(공학사)
2001년 2월 포항공과대학교 정
보통신대학원 졸업(공학석사)
2001년 1월~현재 한국전자통
신연구원 선임연구원
<관심분야> 이동통신망, 이동성
관리, 무선자원관리

신 연 승 (Yeon-Seung Shin)

정회원



1982년 2월 강원대학교 통계학
과 졸업 (이학사)
1984년 2월 고려대학교 통계학
과 졸업 (경제학석사)
1984년 3월~현재 한국전자통신
연구원 책임연구원
<관심분야> 이동통신 네트워크,
무선 자원관리, 프로토콜, SDR