

HMIPv6를 기반으로 한 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크 간의 인터넷워킹 기법

(Internetworking Strategy between MANET and WLAN for Extending Hot-Spot of WLAN based on HMIPv6)

이 혜 원 [†] 문 영 성 ^{**}
(Hyewon K. Lee) (Youngsong Mun)

요 약 무선 랜의 영역 확장을 위해서 무선 랜과 유사한 2계층 프로토콜[1]을 사용하는 이동 애드 혹 네트워크의 인터넷워킹 기법을 [2]에서 제안하고 있다. 이 기법은 무선 랜 확장을 위한 UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems)와 무선 랜의 인터넷워킹 기법[3-4]에 비해 물리 및 논리적인 특성이 유사하기 때문에 상대적으로 낮은 오버헤드와 지연을 갖는다는 장점이 있다. 애드 혹과 무선 랜간의 인터넷워킹을 위해 [2]가 제안하고 있는 모드 변환 알고리즘은 시그널 강도만을 고려하여 핸드오프를 결정하기 때문에 상이한 시그널을 수신하는 영역에 지그재그로 이동하는 경우 빈번한 핸드오프를 야기시킬 수 있다. 또, 무선 랜에서의 이동성 지원이 MIPv6 프로토콜을 기반으로 하고 있어서 핸드오프시 높은 지연을 갖고 시그널 메시지 교환으로 인한 오버헤드가 크다.

본 논문에서는 [2]에서 제안하는 스위칭 기법을 수정 및 보완함으로써 이동 노드가 HMIPv6를 기반으로 하고 있는 무선 랜의 범위를 벗어나 난청지역(dead-spot)에 진입했을 때 무선 랜 영역의 확장을 위해서 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크 간의 최적화된 인터넷워킹 방안을 제안한다. [2]에서 발생할 수 있는 핸드오프 핑퐁문제를 적응적인 임계치를 반영함으로써 해결하였다. 특히, 무선 랜에서 이동성 지원을 위한 HMIPv6 프로토콜과 병립되어 사용될 수 있는 OLSR 프로토콜을 이동 애드 혹 네트워크에서 적용하였다. 총 오버헤드 시간을 구하고 실험과 시뮬레이션을 통해 제안된 스위칭 방식이 기존의 방식보다 성능이 우수함을 확인하였다.

키워드 : 이동 애드 혹 네트워크, 인터넷워킹, IEEE 802.11, 인프라구조 모드, 애드 혹 모드, OLSR, HMIPv6, 무선 랜, 핸드오프, 적응적 모드 스위칭

Abstract For extending of hot-spot of WLAN, [2] proposes internetworking scheme between wireless LAN (WLAN) and mobile ad-hoc network (MANET), which employ the same layer-2 protocol with different mode. Compared to internetworking schemes between UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) and WLAN [3-4], the scheme from [2] has relatively low overhead and latencies because WLAN and MANET are physically and logically similar to each other. However, the mode switching algorithm proposed in [2] for internetworking between WLAN and MANET only considers signal strength and determines handoff, and mobile nodes following a zigzag course in pollution area may perform handoff at short intervals. Furthermore, [2] employs mobile IPv6 (MIPv6) at base, which brings still high delay on handoff and overhead due to signal message exchange.

In this paper, we present optimized internetworking scheme between WLAN and MANET, modified from [2]. To settle ping-pong handoff from [2], we propose adaptive mode switching algorithm. HMIPv6 is employed for IP connectivity and mobility service in WLAN, which solves some shortcomings, such as high handoff overhead and vulnerable security. For routing in MANET, OLSR is employed, which is a proactive protocol and has optimally reduced signal broadcasting overhead.

· 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

† 학생회원 : 숭실대학교 컴퓨터학과

kerenlee@cherry.ssu.ac.kr

** 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학과 교수

mun@computing.ssu.ac.kr

논문접수 : 2005년 4월 8일

심사완료 : 2005년 10월 25일

OLSR operates with current IP protocol compatibly with no change or modification. The proposed internetworking scheme based on adaptive mode switching algorithm shows better performance than scheme from [2].

Key words : mobile ad-hoc network (MANET), internetworking, IEEE 802.11, infrastructure mode, ad-hoc mode, OLSR, WLAN, HMIPv6, handoff, adaptive mode switching

1. 서론

IEEE 802.11는 이동성 서비스를 위해 인프라구조 모드 및 애드 혹 모드 등의 두 가지 방법을 정의하고 있다[1]. 인프라구조 기반의 무선 랜에서의 이동성을 지원하기 위해 현재 MIPv4와 MIPv6가 제안되어 있는 반면 애드 혹 네트워크는 기지국 없이 다중 홉 무선 네트워크를 지원하는 것으로 여러 프로토콜이 제안되어 있다. 특히, 이동 애드 혹 네트워크는 기지국에 의존하지 않는 다중 홉 무선 네트워크이다. 이 기술은 현재 동적인 주소할당을 위해 주로 사용되는 DHCP 프로토콜이나 경로 설정을 위해서 라우터를 사용하지 않고, 통신에 참가하는 노드가 라우터 역할을 함으로써 네트워크를 구성한다. 이동성을 지원하는 무선 네트워크 또는 유선 네트워크와 이동 애드 혹 네트워크의 가장 큰 차이는 하부 인프라에 의존하지 않으면서 네트워크 토폴로지가 빠른 속도로 연속적으로 바뀐다는 점이다.

본 논문에서는 이동 노드가 무선 랜에서 전송하는 메시지의 시그널 강도가 약화되어 현재의 네트워크로부터 서비스를 받을 수 없을 때 임계치 이상의 시그널 강도를 갖는 이동 애드 혹 네트워크로부터의 메시지 수신시 애드 혹 노드로 상태를 변환함으로써 애드 혹 네트워크를 통한 공용 네트워크로의 연결성을 유지하고 이동 노드가 다시 역방향으로 이동했을 때 역시 연결성을 유지할 수 있도록 하는 모드 스위칭 알고리즘을 제안한다. 제안되는 알고리즘은 [2]에서 제안하는 스위칭 알고리즘을 수정 및 보완한 것으로 적용적인 임계치 기법에 따라 모드 변환을 함으로써 효율적인 상이한 네트워크간의 상호 연동을 제공한다.

이동 애드 혹 네트워크에서 제안되고 있는 여러 많은

라우팅 프로토콜 중에서 OLSR(Optimized Link State Routing) 프로토콜이 사용된다. 일반적으로 proactive 라우팅 프로토콜은 필요하지 않은 라우팅 정보까지 모두 가지고 있기 때문에 오버헤드가 큰 것으로 알려져 있으나 OLSR은 MPR(multipoint relay)을 정의함으로써 브로드캐스트 메시지로 인한 오버헤드를 감소시킨다. 또, 무선 랜에서의 이동성 지원을 위해서 MIPv6에 비해 보다 효율적이고 최적화된 이동성을 지원하는 HMIPv6를 적용한다. MIPv6는 이동 노드와 다른 노드 간의 최적 경로를 제공하고 많은 보안상의 문제점을 해결하고 있지만 이동노드가 다른 링크로 이동시마다 홈 에이전트 및 상대 노드와의 등록절차를 수행해야 하기 때문에 이로 인한 오버헤드가 크다. 따라서, 본 논문에서는 무선 랜에서 HMIPv6를 사용함으로써 최적의 이동성을 제공한다.

2. 관련연구

현재 네트워크 상의 노드에게 이동성을 제공하기 위해서 Mobile IPv4 및 Mobile IPv6 등의 인터넷 프로토콜이 제안되고 있다[5]. 이들 프로토콜은 모두 현재의 유선 인터넷 환경을 기반으로 단말기에 이동성을 제공한다. 이에 반해 이동 애드 혹 네트워크 상의 독립적인 단말기로의 이동성 제공을 위해서 여러 라우팅 프로토콜이 제안되었다.

이동 애드 혹 네트워크를 위해서 현재 제안된 라우팅 프로토콜은 이동 노드가 통신 전에 라우팅 정보를 알고 있는지 여부에 따라 크게 proactive, reactive, hybrid 방식으로 분류 할 수 있다. 그림 1에서 이들 방식에 따라 각 프로토콜을 분류하여 보이고 있다. 먼저 proac-

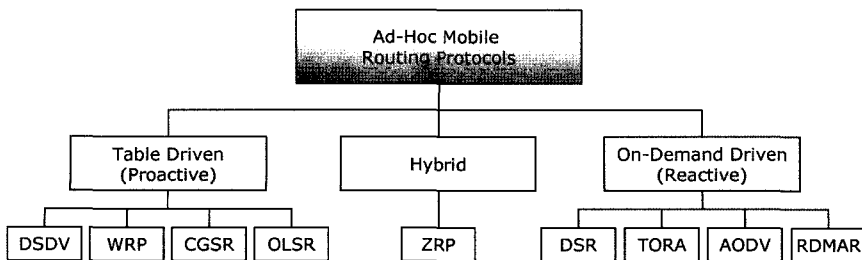


그림 1 애드 혹 라우팅 프로토콜의 분류

tive 방식은 모든 노드가 네트워크에 진입한 후에 네트워크의 전체 라우팅 정보를 가지고 있다. 현재, DSDV, CGSR, OLSR 프로토콜에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 반해 reactive 방식은 노드가 필요한 경우에만 해당 노드의 라우팅 정보를 질의하는데 대표적으로 AODV, TORA, DSR 등이 있다. Hybrid 방식은 앞서 설명한 두 기법의 장점을 혼합한 것으로 ZRP가 있다.

2.1 OLSR(Optimized Link State Routing)

OLSR 프로토콜은 proactive 라우팅 프로토콜에 속하는 것으로 모든 이동 노드가 네트워크 상의 모든 라우팅 정보를 가지고 있다[6]. OLSR은 이동 애드 혹 네트워크에서 현재 제안된 링크 상태 알고리즘 중에서 가장 최적화된 것으로 알려져 있으나 계층적이지 않은 네트워크 구성으로 인한 오버헤드를 줄이기 위해서 [7]에서는 네트워크 구조에 계층성을 더함으로써 브로드캐스트 메시지 전송으로 인한 오버헤드를 줄인다.

OLSR의 가장 두드러지는 특징으로는 선택된 노드(MPR-multi point relay)만이 제어 메시지를 브로드캐스팅 한다는 것이다. 네트워크 상의 노드는 1 홉 거리상의 이웃 노드 중에서 MPR을 선택하고 MPR로 선택된 노드들만이 제어 메시지를 네트워크상에 전송할 수 있다. MPR 선택에 있어서 단 방향 링크에서 데이터를 전송하는 문제를 회피하기 위해서 이웃한 노드와 양방향 링크가 존재하는지를 먼저 확인해야 한다. 또, 종단간 이동 노드의 메시지 송수신을 위한 경로 검색에도 MPR이 사용된다[6,15].

OLSR에는 HNA 메시지와 Hello 메시지, 그리고 Topology Control (TC) 메시지 등의 세가지 메시지가 정의되어 있다. OLSR의 주된 기능은 이웃 노드 검색 및 영역 선전(topology dissemination)으로 요약할 수 있다. 이웃 노드 검색을 위해서 네트워크 상의 각 노드는 Hello 메시지를 주기적으로 교환한다. 이 Hello 메시지는 이웃 노드 리스트를 포함하고 있다. Hello 메시지는 1 홉 거리에 있는 이웃 노드 사이에서만 교환되기 때문에 오버헤드를 일으키지 않는다. 이 외에도 네트워크 상의 모든 노드는 Hello 메시지를 사용해서 1 홉 및 2 홉 거리에 있는 이웃 노드를 찾을 수 있다. MANET 게이트웨이는 주기적으로 HNA 메시지를 브로드캐스팅 한다. HNA 메시지는 게이트웨이가 속한 서브넷 정보 및 주소 설정을 위한 프리픽스 정보를 포함하고 있다. 이 외에도 이 메시지는 네트워크 상의 다른 노드에게 게이트웨이가 공용 네트워크로의 출입구임을 알리는 역할을 한다. 그림 2에서 OLSR에서 노드가 교환하는 제어 메시지를 보이고 있다.

OLSR 기반의 이동 애드 혹 네트워크는 MANET 게

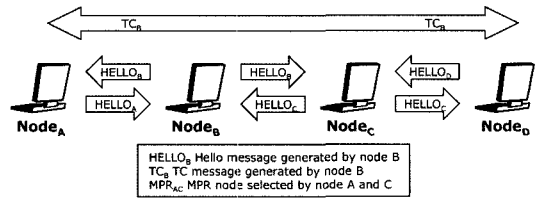


그림 2 OLSR의 제어메시지 교환 동작[7]

이트웨이와 MANET 라우터를 정의한다[6]. MANET 게이트웨이는 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크 간의 연결을 지원하는 고정 노드로 주기적으로 HNA 메시지를 이동 애드 혹 네트워크에 보낸다. 즉, 게이트웨이가 직접 연결된 이동 애드 혹 네트워크의 외부 서브넷의 정보 및 프리픽스 정보를 이동 애드 혹 네트워크에 진입한 외부 노드에게 알린다. MANET 라우터는 일반적인 OLSR을 지원하는 노드로 하나 이상의 주소를 할당 받을 수 있다.

2.2 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)에서의 핸드오프

인프라구조 모드 기반의 네트워크에서 이동 노드의 이동성 지원을 위해서 MIPv6가 제안되었다[8]. 이 프로토콜은 MIPv4에 비해서 이동 노드와 통신하고자 하는 상대 노드(correspondent node, CN)간의 최적화된 경로를 제공하고 많은 보안상의 제한 사항을 해결하고 있지만 이동 노드가 새로운 링크로 이동시마다 핸드오프가 필요하고, 특히 3계층 핸드오프의 경우 이동 노드는 자신의 현재 위치를 홈 에이전트(home agent, HA)와 상대 노드에게 알리기 위해서 등록 절차를 가지기 때문에 이동 노드가 빠른 속도로 이동하거나 빈번하게 이동할 수록 이동 노드와 홈 에이전트 및 상대 노드간의 등록을 위한 시그널 메시지 교환이 증가한다. 특히 이동 노드와 통신하고 있는 모든 상대 노드와 등록 절차를 수행해야 하기 때문에 이동 노드가 통신 중인 혹은 캐시에 저장된 상대 노드가 많을수록 등록 절차를 위한 많은 트래픽이 생성되기 때문에 이동 노드는 끊임 없는 연결성을 제공받을 수 없다.

이를 보완하기 위해 제안된 HMIPv6[9]는 mobility anchor point(MAP)를 도입하여 네트워크에 계층성을 더함으로써 이동 노드가 홈 링크를 떠났을 때 최적화된 오버헤드로 끊임 없는 연결성을 갖도록 한다. MAP은 로컬 홈 에이전트로 동작하며 홈 에이전트와 상대 노드

1) 일반적으로 2계층과 3계층 핸드오프를 고려한다. 2계층 핸드오프는 이동 노드가 하나의 액세스 라우터가 관리하는 영역 내에서 이동하면서 액세스 포인트를 변경하는 경우로 3계층 핸드오프가 필요없는 반면 3계층 핸드오프는 이동 노드가 다른 액세스 라우터가 관리하는 영역에 진입하여 새로운 주소를 할당받아 연결성을 제공받는다.

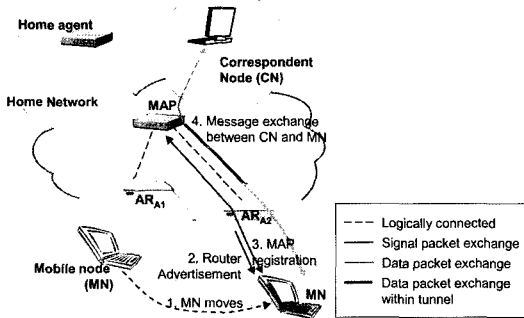


그림 3 HMIPv6에서 동일한 MAP 도메인 내에서 이동 시 핸드오프

혹은 이동 노드 사이의 중간에 위치한다. HMIPv6는 MIPv6를 기반으로 하고 있으며 HMIPv6를 이해하지 못하는 네트워크에서는 MIPv6를 사용하여 이동성을 제공한다. 그림 3에서 이동 노드가 홈 링크를 떠나 외부 네트워크에 진입 후 동일한 MAP 도메인 내에서 이동 시의 핸드오프 동작을 보여주고 있다. 동일한 MAP 도메인 내에서 이동 시 이동 노드는 자신의 위치를 MAP 도메인 외부에 알릴 필요가 없고 MAP 등록²⁾만을 수행하기 때문에 홈 등록 및 상대 노드 등록으로 인한 오버헤드를 최소화시킬 수 있다는 장점이 있다. 이 외에, [10]은 micro-mobility를 고려함으로써 macro-mobility만을 고려하는 HMIPv6의 핸드오프시 오버헤드를 최적화시키는 방안을 제안한다.

2.3 IPv6 기반의 인터넷에서의 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크의 통합

[2]는 공용 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크의 통합을 위해 모드 감지 및 스위칭 알고리즘을 제안하고 있다. 이 알고리즘은 이동 노드가 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로 이동 혹은 그 역방향으로 이동 시, 이동 노드가 자동으로 이를 감지 및 스위칭할 수 있도록 한다. 특히 이동 애드 혹 네트워크에서의 이동성 지원을 위해 OLSR 프로토콜을 적용하고 무선 랜에서는 MIPv6를 기반으로 하고 있다.

[2]에서 제안하고 있는 프로토콜의 취약점은 모드 스위칭 시그널 강도만 고려한다는 것이다. 예를 들어, 이동 노드가 최초로 네트워크에 진입하거나 이동을 지속하여 현재의 연결을 지원하는 네트워크의 시그널 강도가 임계치에 가까워질 때 두 가지 IEEE 802.11 MAC 프레임을 감지한다면 강도가 더 큰 시그널로의 핸드오프를 결정한다. 하지만 이러한 과정이 반복적인

경우, 빈번한 모드 스위칭으로 인한 핸드오프 핑퐁 문제를 야기할 수 있다. 이 외에도 [2]에서 제안하는 모델은 홈 에이전트와 MANET 게이트웨이가 동일한 서브네트 존재하고 있는 경우만을 가정하고 있어서 홈 네트워크의 확장만을 고려하고 있다. 하지만, 이동 노드가 외부망에 접근하여 고립되는 영역에 진입했을 경우의 무선 랜의 영역 확장을 역시 고려해야 한다.

3. 제안되는 통합 구조

본 논문에서는 이동 노드가 난청지역에 진입 시 이동 애드 혹을 적용하여 무선 랜의 영역을 확장한다. 무선 랜에서의 핸드오프로 인한 오버헤드를 줄이기 위해 본 논문에서는 HMIPv6를 적용한다. 무선 랜과 이동 애드 혹 간의 상호 연동성이 제공되는 경우 이동 애드 혹 네트워크는 외부 링크 중 하나로 인식된다. 무선 랜과의 원활한 통신을 위해 이동 애드 혹 네트워크에서는 OLSR 프로토콜을 적용한다. OLSR은 IP 패킷 형식을 변형없이 그대로 사용하기 때문에 변환을 위한 부가적인 오버헤드가 필요 없다. 또, OLSR 프로토콜은 proactive한 프로토콜에 속하면서도 MPR를 통한 최적화를 지원하고 있어서 크고 조밀한 네트워크에 적절하다. 이동 노드가 이동 중에 무선 랜의 난청지역에 해당하는 지역에 진입했을 때 이동 애드 혹 네트워크에서 전송하는 시그널 프레임을 감지한다면 이동 노드는 MANET 게이트웨이를 통해 공중 네트워크로의 연결성을 얻을 수 있다.

이동 노드는 모든 IEEE 802.11 프레임 형식을 감지할 수 있다. 현재 애드 혹 내에서의 핸드오프나 무선 랜 내에서의 핸드오프를 위한 표준[1]이 지정된 반면 애드 혹 모드와 인프라구조 모드간의 핸드오프를 위한 표준이 정해져 있지 않아서 이동 애드 혹 네트워크와 무선 랜간의 인터넷워킹을 위해서는 서로 다른 모드간 핸드오프 메커니즘이 필요하다. 이중 네트워크간의 인터넷워킹을 위해서 본 논문에서는 [2]에서 제안하는 모드 스위칭 알고리즘을 개선하여 적용적인 모드 스위칭 및 핸드오프를 제안한다.

제안되는 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크간의 인터넷워킹 구조를 그림 4에서 볼 수 있다. 이동 애드 혹 네트워크는 MANET 게이트웨이를 통해 공용 네트워크로 연결된다. MANET 게이트웨이는 이동 애드 혹 네트워크와 무선 랜을 연결하는 다리 역할을 한다. 그림 2에서 이동 노드의 홈 링크를 WCell₁이라 가정했을 때 이동 노드가 WCell₁에서 WCell₂으로 이동한다면 홈 에이전트와 상대 노드 및 MAP과 등록절차를 갖는다[9]. 이동 노드가 계속 오른쪽으로 이동하여 WCell₃에 진입하는 경우 AR₂와 AR₃이 동일한 MAP 도메인에 속하기

2) MAP과 이동노드는 Local Binding Update 메시지와 Local Binding acknowledgement 메시지를 교환한다.

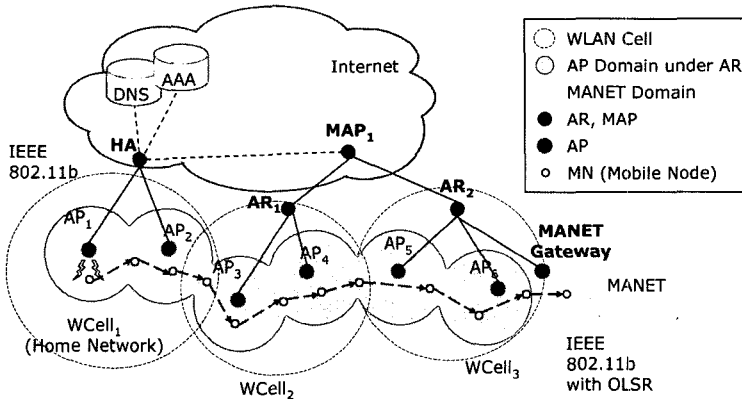


그림 4 HMIPv6를 기반으로 한 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크 간의 인터넷워킹

때문에 이동 노드는 MAP과의 등록절차를 갖는 반면 홈 에이전트와 상대 노드에게 새로운 위치 정보에 대해서 알리지 않는다. 이동 노드가 오른쪽으로 계속 이동하여 신호의 세기가 임계값보다 더 큰 상이한 IEEE 802.11 MAC 프레임을 전송하는 pollution area³⁾에 진입하면 이동 노드는 현재의 연결을 지속할 것인지 아니면 다른 모드로 변경할 것인지를 아래에서 설명하는 스위칭 알고리즘에 따라 결정한다.

이동 노드가 모드 변경을 결정하면 이동 노드는 MANET 게이트웨이가 주기적으로 전송하는 HNA 메시지를 통해 새로운 주소 (LCoA)를 생성하여 MAP 등록만을 수행한다. 이는 HMIPv6 입장에서 이동 애드 혹 네트워크는 외부 네트워크로 간주되기 때문이다. MANET 게이트웨이가 네트워크에 보내는 주기적인 HNA 메시지를 통해 이동 노드는 프리픽스 정보 및 서브넷 라우팅 정보를 배운다. 또, 이 메시지를 통해 이동 노드는 MANET 게이트웨이가 외부 네트워크로의 문이라는 것을 알게 된다. 이 외에도, 이동 노드는 2.1절에서 설명하는 것과 같이 이동 애드 혹 네트워크의 멤버로 참가하여 MANET 라우터로서 동작할 것이다.

이동 노드가 인프라구조 모드로 동작할 때 이동 노드가 생성한 이동 애드 혹 네트워크 외부 노드로 향하는 패킷은 OLSR을 통해 MANET 게이트웨이에 전달되고 게이트웨이는 HMIPv6 프로토콜을 사용하여 이를 전달할 것이다. 애드 혹 모드로 동작하던 이동 노드가 동일한 MAP 도메인에 속한 WCell에 진입하여 인프라구조 모드로 스위칭할 때 역시 MAP 등록 절차만을 필요로 한다.

3.1 모드 스위칭

본 논문에서는 [2]에서 제안하는 알고리즘을 수정 및 보완하여 상이한 IEEE 802.11 모드간의 적응적인 임계치를 사용한 적응적 모드 스위칭 알고리즘을 제안한다. [2]에서 제안하는 알고리즘이 이동 노드가 상이한 형식의 MAC 프레임을 수신했을 때 단순히 시그널 강도를 사용하여 모드 스위칭을 결정하는 반면 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 과거의 핸드오프시의 임계치 값에 의해 스위칭이 적응적으로 결정되기 때문에 이동 노드의 빈번한 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크 간의 핸드오프를 방지할 수 있다. 또한 pollution area에서 임계치보다 큰 상이한 시그널을 수신 한 경우 사용자 선호도를 반영하여 핸드오프를 수행할 수 있다. 이동 감지 및 모드 스위칭 알고리즘의 동작 절차는 다음과 같다(그림 5).

1. 통신을 개시하려는 노드는 먼저 모니터링 상태에 진입하여 시그널을 감지한다.
2. 임계치보다 높은 상이한 둘 이상의 IEEE 802.11 MAC 프레임을 수신한 경우 사용자의 기호도에 따라 네트워크 형식이 선택되고 현재 연결에 대한 시그널 강도에 대해 모니터링 상태에 들어간다. 이외의 경우 이동 노드는 시그널의 강도가 큰 형식의 네트워크를 선택하고 현재 연결에 대한 시그널 강도에 대해 모니터링한다.
3. 현재 연결을 유지하고 있는 네트워크의 시그널 강도가 초기 임계치에 수렴하면 이동 노드는 무선 랜에서 전송하는 시그널 강도와 애드 혹 네트워크에서 전송하는 시그널 강도를 비교하여 그 차이를 버퍼링(이 값이 새로운 임계치가 된다)하고 핸드오프를 수행한다.
4. 시그널이 감지되지 않는 경우 이동 노드는 1 단계의 모니터링 상태에 들어간다. 이상의 절차를 그림 6에서 보이고 있다.

3) Pollution area는 서로 다른 IEEE 802.11 MAC 프레임을 수신하는 지역이다.

```

/* variables
t : the maximal handoff latency
d: the maximal distance where current connection is lost
v: node's speed
p1: signal strength monitored from WLAN
p2: signal strength monitored from MANET */
if (d ≤ vt){
    threshold=|p1-p2|
    handoff from current connection to different one }
while(1){
    if (|p1-p2|> threshold){
        if (node is connected to WLAN and p1 < p2) {
            perform handoff from WLAN to MANET
            threshold = |p1-p2| }
        else if (node is connected to MANET and p1 > p2){
            perform handoff from MANET to WLAN
            threshold = |p1-p2| }}}
    
```

그림 5 상이한 네트워크 간의 모드 스위칭

그림 5에서 보이는 바와 같이 모드 선택시에 최근 핸드오프시의 시그널 강도 크기를 임계치로 사용하기 때문에 적응적인 핸드오프가 가능하고 상이한 시그널을 수신하는 pollution area에 진입한 이동 노드의 잦은 스위칭 문제를 해결할 수 있다.

이동 노드의 홈 네트워크가 무선 랜에 속한다고 가정했을 때 이동 노드가 무선 랜에서 전송하는 메시지의 시그널의 크기가 감쇄하고 이동 애드 혹 네트워크에서 송신하는 메시지를 수신하는 영역에 진입하면 상이한 IEEE 802.11 시그널 메시지를 수신하게 되고 그림 6에서 보이고 있는 알고리즘에 따라 모드 변환을 수행할 수 있다. 이동 노드가 현재의 연결에서 상이한 네트워크로의 핸드오프 즉, 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프를 결정하면 노드는 먼저 이동 애드 혹 네트워크에 참가해야 한다. 이 단계에서 그림 2에서 보이는 바와 같이 1 홉 거리상에 있는 이웃 노드와 Hello 메시지를 교환하여 이웃 노드에 대한 정보를 얻고 MPR을 선택하며 영역 선전을 수행한다. 이제 이동 애드 혹 네트워크 내의 각 노드는 라우팅 테이블을 재계산할 것이다.

3.2 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프

이동 노드의 홈 네트워크가 무선 랜에 속한다고 가정했을 때 이동 노드가 무선 랜에서 전송하는 메시지의 시그널의 크기가 감쇄하고 이동 애드 혹 네트워크에서 송신하는 메시지를 수신하는 영역에 진입하면 상이한 IEEE 802.11 시그널 메시지를 수신하게 되고 그림 6에서 보이고 있는 알고리즘에 따라 모드 변환을 수행할 수 있다. 이동 노드가 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프를 결정하면 노드는 먼저 이동 애드 혹 네트워

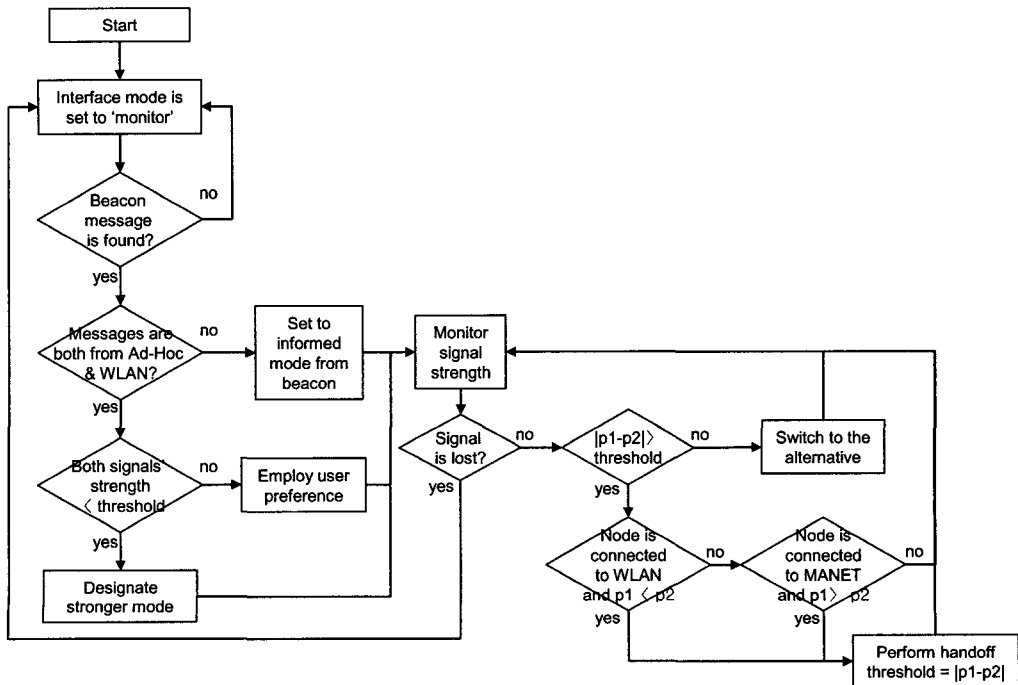


그림 6 이동 감지 및 모드 스위칭 알고리즘

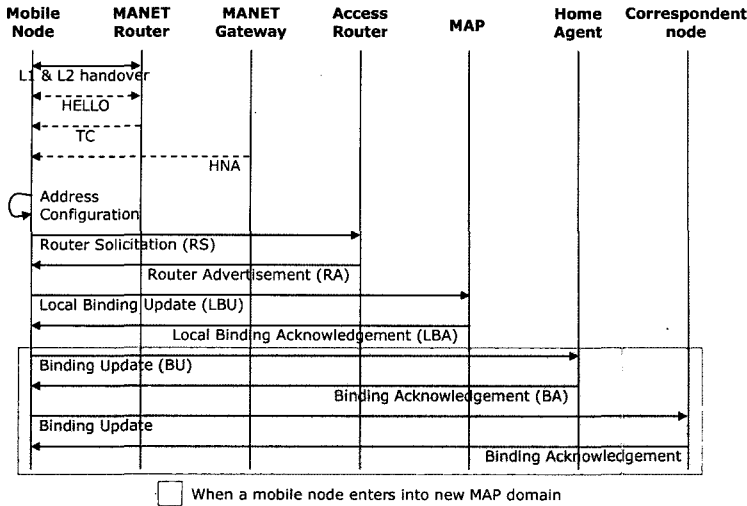


그림 7 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 시나리오

크에 참가해야 한다. 이 단계에서 그림 2에서 보이는 바와 같이 1 홉 거리상에 있는 이웃 노드와 Hello 메시지를 교환하여 이웃 노드에 대한 정보를 얻고 MPR을 선택하며 영역 선전을 수행한다. 이제 이동 애드 혹 네트워크 내의 각 노드는 라우팅 테이블을 재계산할 것이다.

이동 애드 혹 네트워크에 참가한 후 MANET 게이트웨이가 주기적으로 전송하는 HNA 메시지를 사용하여 이동 노드는 주소를 설정할 수 있다. HNA 메시지는 MANET 게이트웨이가 속한 서브넷에 대한 라우팅 정보를 포함하고 있다. 이동 노드가 새로운 주소를 생성하면 그림 7의 시나리오에서 볼 수 있는 것처럼 새로운 현재의 위치를 알리기 위해 MAP 등록을 시도한다. 핸드오프 전의 네트워크와 현재의 네트워크가 동일한 MAP 도메인 내에 속하지 않은 경우 그림 7의 음영표시가 된 시그널 교환을 부가적으로 수행해야 한다.⁴⁾

$$\begin{aligned}
 T_{overall_WtoM} &= T_{MD} + T_{HELLO} + T_{MPR} + T_{TC} + T_{HNA} + T_{addr_conf} + T_{MAP_Reg}, \\
 T_{MD} &= \gamma_{MN} + t_{wlan}, \\
 T_{HELLO} &= T_{MPR} = 2(\alpha + \beta_{wireless}) + \gamma_{MN} + \gamma_{MR}, \\
 T_{TC} &= \alpha + \beta_{wireless} + \gamma_{MN}, \\
 T_{HNA} &= n(\alpha + \beta_{wireless}) + (n-1)\gamma_{MR}, \\
 T_{addr_conf} &= \gamma_{MN}, \\
 T_{MAP_Reg} &= t_{LBU} + t_{LBA} = 2\{(n+m)\alpha + n\beta_{wireless} + m\beta_{wired} + (n-1)\gamma_{MR} \\
 &\quad + (m-1)\gamma_{AR} + \gamma_{MG}\} + \gamma_{MAP} + \gamma_{MN}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 총 핸드오프 지연 ($T_{overall_WtoM}$)은 (1)에서 볼 수 있는 것처럼 각 중간 노드 및 종단 노드에서 핸드오프를 위한 시그널링 메시지

처리 시간의 합으로 표현할 수 있다. 링크 에러로 인한 재전송은 고려하지 않는다[11]. 또, 이동 전의 네트워크와 이동 후의 애드 혹 네트워크는 동일한 MAP 도메인에 속한 경우를 가정하였고 중복성 검사로 인한 지연을 고려하지 않았다. (1)에서 T_{MD} 는 모드 감지 및 스위칭 시간, T_{HELLO} 는 이웃 탐지를 위한 Hello 메시지 교환 지연, T_{MPR} 은 MPR 결정을 위한 Hello 메시지 교환 지연, T_{TC} 는 영역 선전 및 라우팅 테이블 계산 지연, T_{HNA} 는 HNA 메시지 수신 지연, T_{addr_conf} 는 주소 설정 지연, T_{MAP_Reg} 는 MAP 등록 지연이다. 이 외에도, t_{wlan} 은 채널 접근 지연[12], α 는 메시지 전송 지연[13], $\beta_{wireless}$ 는 무선 네트워크상의 메시지 전파 지연, β_{wired} 는 유선 네트워크 상의 메시지 전파 지연이다. γ_{MN} , γ_{AR} , γ_{MAP} 는 각각 이동 노드, MANET 라우터, MAP의 처리 시간이다. n 은 MANET 게이트웨이와 이동 노드간의 거리(홉 수)를, m 은 MANET 게이트웨이와 MAP간의 거리를 의미한다.

3.3 이동 애드 혹 네트워크에서 무선 랜으로의 핸드오프

3.2절에서 설명한 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프의 역방향인 이동 애드 혹에서 무선 랜으로 핸드오프는 이동 노드가 이동 애드 혹에서 전송하는 메시지의 시그널의 크기가 감소하고 무선 랜에서 송신하는 메시지의 시그널 강도가 임계치 이상인 영역에 진입했을 때 발생한다. 이때 이동 노드는 그림 6에서 보이고 있는 알고리즘에 따라 모드 변환을 수행할 수 있다. 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프의 경우에는 그 역방향의 핸드오프와는 달리 이동 애드 혹으로의 등록절차가 필요가 없다. 현재 진입한 네트워크와 이전 네트워크가 동일한 MAP 도메인에 속하는지 여부에 따라 홉에

4) 그림 7에서 방문한 네트워크와 이전 네트워크가 상이한 MAP 도메인에 속한 경우 홉 에이전트 및 상대 노드와의 등록절차가 필요하다.

이전트 및 상대 노드와의 등록여부가 결정된다. 본 논문에서는 이동 노드가 이동 애드 혹 네트워크에서 무선 랜으로 재 진입하는 경우, 이동 애드 혹 네트워크와 새로이 진입하려는 무선 랜 셀은 동일한 MAP 도메인에 속한다고 가정한다. 이동 애드 혹 네트워크에서 무선 랜으로의 핸드오프시 모드 감지 및 모드 스위칭, 라우터 검색, 주소 설정 및 MAP 등록이 순차적으로 수행될 것이다.

$$\begin{aligned}
 T_{overall_MtoW} &= T_{MD} + T_{Router_Disc} + T_{addr_conf} + T_{MAP_Reg}, \\
 T_{Router_Disc} &= t_{RS} + t_{RA} = 2(\alpha + \beta_{wireless}) + \gamma_{AP} + \gamma_{MN}, \\
 T_{addr_conf} &= \gamma_{MN}, \\
 T_{MAP_Reg} &= t_{LBU} + t_{LBA} = 2\{(m+1)\alpha + \beta_{wireless} + \gamma_{AP} + m\beta_{wired} + (m-1)\gamma_{AR}\} \\
 &\quad + \gamma_{MAP} + \gamma_{MN}.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

이동 애드 혹 네트워크에서 무선 랜으로의 총 핸드오프 지연($T_{overall-MtoW}$)은 (2)에서 볼 수 있는 것처럼 각종간 노드 및 종단 노드에서 핸드오프를 위한 시그널링 메시지 처리 시간의 합으로 표현할 수 있다. γ_{AP} 는 액세스 포인트(AP)의 처리 지연이다. 나머지 변수에 대한 설명은 수식 (1)과 동일하다. 라우터 검색을 위해서 이동 노드는 AP로부터 주기적인 라우터 광고 메시지를 받거나 이를 요청하여 광고 메시지를 수신할 수 있다. 본 논문에서는 이동 노드가 광고 메시지를 요청한다고 가정한다.

표 1 시스템 파라미터(IEEE 802.11b 기반)

파라미터	값	파라미터	값
트래픽 형식	UDP	메시지 크기	100 bytes
링크 파라미터			
무선 링크 데이터 속도	2Mbps	전송지연(α)	0.4ms
전파지연(β)			
유선링크(β_{wired})	0.12ms	무선링크($\beta_{wireless}$)	1 μ s
처리지연(γ)			
$\gamma_{MN}, \gamma_{MR}, \gamma_{MG}, \gamma_{AP}$	15ms	γ_{AR}, γ_{HA}	5ms

4. 성능 평가

총 핸드오프지연 시간은 앞 절에서 도출한 수학적 분석 식에 의해 구할 수 있다. 표 1에서 나열하고 있는 시스템 파라미터를 적용하여 $T_{overall}$ 를 구할 수 있다. 먼저 MIPv6기반의 무선 랜에서 이동 애드 혹으로 스위칭과 HMIPv6기반의 무선 랜에서 이동 애드 혹으로 스위칭을 비교하기 위해 각각의 경우에 이동 노드가 무선 랜에서 이동 애드 혹으로 스위칭을 결정한 후 발생하는 핸드오프 지연을 측정하여 그 결과를 그림 8에서 보았다. 또, 3.1절에서 제안한 적응적 모드 스위칭 알고리즘과 기존의 스위칭 알고리즘간의 성능을 비교하기 위해

서 잦은 핸드오프로 인한 오버헤드와 사용자의 연결 지속 요청으로 인한 오버헤드를 측정하였다. 이 외에 무선 랜에서 이동 애드 혹으로의 핸드오프 지연과 역방향으로의 핸드오프 지연을 비교하였다.

먼저, 무선 랜에서 MIPv6와 HMIPv6 프로토콜이 각각 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 지연에 미치는 영향과 MANET 게이트웨이와 홈 에이전트간의 거리가 핸드오프에 미치는 영향을 알아보았다. 그림 8에서 무선 랜이 HMIPv6를 기반으로 하여 동일한 MAP 도메인 내에서 이동 노드가 이동했을 경우 핸드오프 지연은 MIPv6를 기반으로 한 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프에 비해 작은 값을 갖는다는 것을 볼 수 있다. 또, MANET 게이트웨이와 홈 에이전트간의 거리가 MIPv6를 기반으로 한 무선 랜에는 강한 영향을 주는 반면 HMIPv6를 기반으로 한 무선 랜에서는 거의 영향을 받지 않는다는 것을 볼 수 있다.

그림 9는 홈 에이전트가 MANET 게이트웨이와 4 홉 떨어져 있을 때 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 지연이 그 역방향에서의 핸드오프 지연과 확연히 다를 것을 보여주고 있다. 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프시 이동 노드와 MAP은 2 홉 거리 떨어져 있는 것을 가정하였다. 이동 노드가 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로 핸드오프시 홈 에이전트에 주소를 등록하기 이전에 이동 애드 혹 네트워크 참여가 선행되어야 하는데 이 네트워크 참여 시간이 핸드오프 지연의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

적응적 임계치를 적용한 모드 스위칭과 기존 방안과의 비교를 위해 이동 노드가 pollution area에서 일정한 속도로 지그재그로 이동할 때 핸드오프로 인해 발생하는 오버헤드를 구하기 위한 시뮬레이션을 수행하였으며

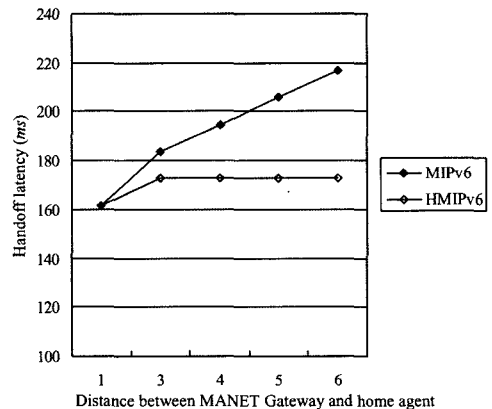
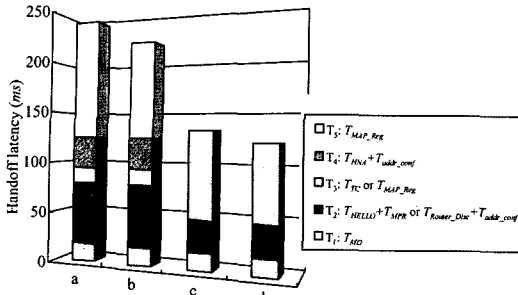


그림 8 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 지연 비교



a: Handover latency from WLAN to MANET (MIPv6)
 b: Handover latency from WLAN to MANET (HMIPv6)
 c: Handover latency from MANET to WLAN (MIPv6)
 d: Handover latency from MANET to WLAN (HMIPv6)

그림 9 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 및 역 방향으로의 총 핸드오프 지연 비교

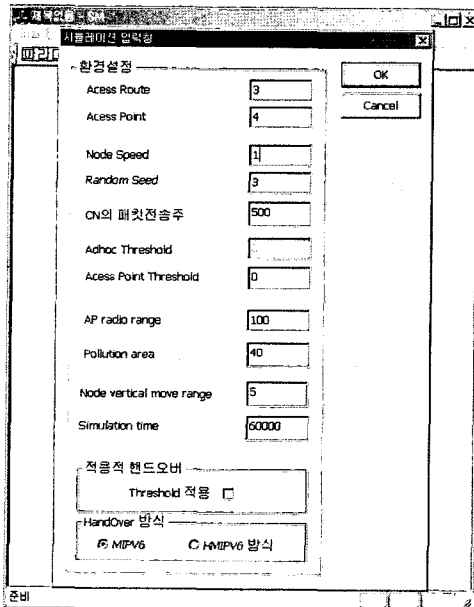
시뮬레이션 환경은 다음과 같다. 홈 에이전트와 MAP은 1 홉, MAP과 MANET 게이트웨이는 2 홉 떨어져 있다. 이동 노드의 상대 노드는 MAP 도메인 내에 위치하며 500ms 마다 패킷을 전송한다. 네트워크 내에 액세스 라우터의 수는 다섯 개이고 하나의 액세스 라우터가 네 개의 액세스 포인트를 가지고 있으며 그림 10(b)와 같은 위상을 가정하였다. 실선은 무선 랜 영역을 그리고 점선은 애드 혹 영역을 의미한다. 각 셀의 전파 범위는 100 미터로 동일하고 무선 랜 영역과 애드 혹 영역이 겹치는 pollution area는 40 미터로 일정하다고 가정하였다. 그림 10의 왼쪽에서 오른쪽으로 60초 동안의 노드

의 이동 중에 발생한 모드 스위칭과 핸드오프로 인한 오버헤드를 측정하였다.

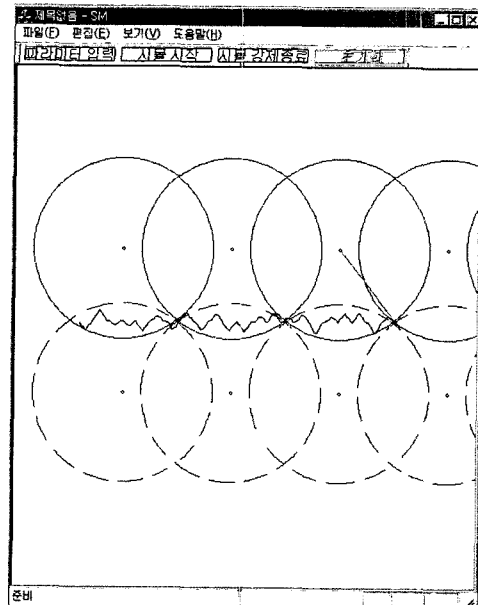
그림 11에서 기존의 스위칭을 기반의 상이한 네트워크간 스위칭시 발생하는 패킷 수 및 핸드오프 수와 적응적 모드 스위칭 기반의 상이한 네트워크간 스위칭시 발생하는 패킷 수 및 핸드오프 수와 홉 등록 수를 비교하였다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 네트워크에 계층성을 두었을 때 핸드오프로 인해 발생하는 메시지 수가 감소하고 홉 에이전트와의 등록 수 역시 감소한다. 이외에도 HMIPv6 기반의 무선 랜과 이동 애드 혹간의 모드 스위칭으로 인해 발생하는 핸드오프가 MIPv6를 기반으로 한 무선 랜과 애드 혹간의 스위칭에 비해 월등히 감소하고 교환되는 메시지 수 역시 감소함을 볼 수 있다. 적응적 모드 스위칭을 적용한 경우 MIPv6 기반의 무선 랜과 애드 혹 간의 모드 스위칭에 비해 85% 이상 오버헤드가 감소하고 HMIPv6 기반의 무선 랜과 애드 혹 간의 모드 스위칭에 비해 60% 이상 감소한다.

5. 결론

본 논문에서는 서로 다른 IEEE 802.11 모드를 채택하고 있는 무선 랜과 이동 애드 혹 네트워크간의 인터넷워크를 위한 전략을 제안한다. 이들간의 인터넷워크를 위해서 본 논문에서는 적응적 모드 스위칭 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 이동 노드가 pollution area에 진입한 후 지그재그 형식으로 이동시 발생하는



(a) 시뮬레이션 환경



(b)네트워크 위상(실선: 무선 랜, 점선: 애드 혹)

그림 10 시뮬레이션 환경 및 위상

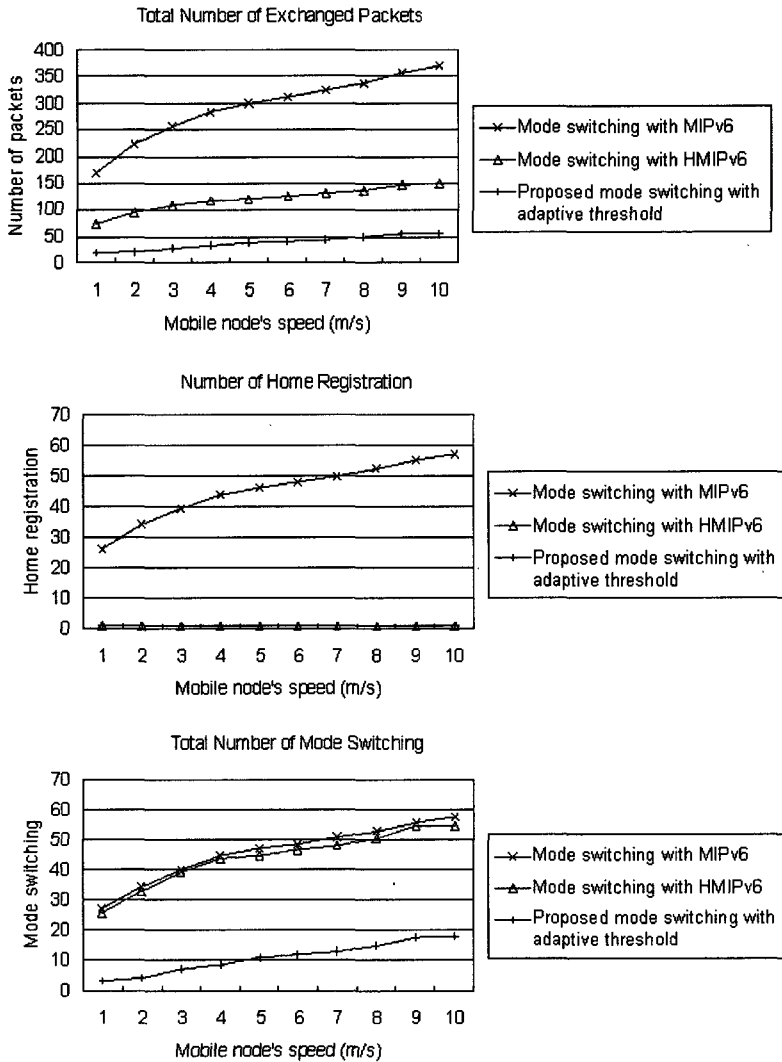


그림 11 노드의 이동 속도 변화에 따른 오버헤드

빈번한 핸드오프를 최적화시킨다.

실험과 시뮬레이션을 통해 MIPv6 기반의 무선 랜에서의 핸드오프로 인한 오버헤드가 HMIPv6 기반의 무선 랜에서의 핸드오프 오버헤드에 비해 월등히 높은 값을 갖는다는 것을 보였다. 또, 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 지연과 이동 애드 혹 네트워크에서 무선 랜으로의 핸드오프 지연을 비교 분석하였다. 무선 랜에서 이동 애드 혹 네트워크로의 핸드오프 지연이 역방향에서의 핸드오프 지연보다 훨씬 큰 값을 갖는데 이는 이동노드가 공중 네트워크로의 연결성을 얻기 위해서 이동 애드 혹 네트워크에 먼저 합류해야 하기 때문이다. 특히 적응적 모드 스위칭을 사용함으로써 빈번한 핸드오프를 줄일 수 있음을 보였다.

참고 문헌

- [1] IEEE Computer Society LAN MAN Standards Committee, "IEEE Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," ANS/IEEE Std 802.11, 1999 Edition, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1999.
- [2] L. Lamont, M. Wang, L. Villasenor, T. Randhawa and S. Hardy, "Integrating WLANs & MANETs to the IPv6 based Internet," Communications, 2003. ICC 2003, May 2003.
- [3] S. Tsao and C. Lin, "Design and Evaluation of UMTS-WLAN Interworking Strategies," proceeding of IEEE Vehicular Technology Conference 2002 (VTC 2002) 56th, vol. 2, pp. 777-781, 24-28,

September 2002.

- [4] L. Ma, F. Yu, V. Leung and T. Randhawa, "A New Method to Support UMTS/WLAN vertical handover using SCTP," IEEE Wireless Communications, vol. 11, pp. 44-51, August 2004.
- [5] <http://www.ietf.org>.
- [6] T. Clausen and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol," RFC 3626, October 2003.
- [7] L. Villasenor-Gonzalez, Y. Ge and L. Lament, "HOLSR: a hierarchical proactive routing mechanism for mobile ad hoc networks," Communications Magazine, IEEE Vol. 43, Issue 7, July 2005, pp. 118-125.
- [8] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, 2004.
- [9] H. Soliman, C. Catelluccia, K. Malki, K. and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," work in progress, October 2004.
- [10] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile Ipv6," RFC 4068, July 2005.
- [11] J. McNair, I. Akyildiz and M. Bender, "An Inter-System Handoff Technique for the IMT-2000 System," INFOCOM 2000, March 2000.
- [12] Y. Xino, and J. Rosdahl, "Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11," IEEE Communications Letters, Vol. 6, pp. 355-357, August 2002.
- [13] N. Efthymiou, Y. Hu and R. Sheriff, "Performance of Intersegment Handover Protocols in an Integrated Space/Terrestrial-UMTS Environment," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 47, pp. 1179-1199, November 1998.



이 해 원

1999년 숭실대학교 컴퓨터학과 학사. 2003년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사. 2005년 숭실대학교 컴퓨터학과 박사. 2004년~현재 대전대학교 초빙교수. 관심분야는 IPv6, Mobile IPv6, Sensor network, ad-hoc network, ENUM, QoS, GRID

networking



문 영 성

1983년 연세대학교 전자공학 학사. 1986년 캐나다 Univ. of Alberta 전자공학 석사. 1993년 Univ. of Texas, Arlington 컴퓨터공학 박사, 1992년 미국 Supercomputing 학술대회 최우수 학생 논문상 수상. 1994년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수. Journal of Supercomputing 편집위원. 관심분야는 Mobile IPv6, IPv6, GRID networking