

인터넷에서의 이동성 연구 동향

이계상*

*동의대학교 정보통신공학과

A Survey on Mobility Support Mechanisms in the Internet

Kyesang Lee*

*Dept. of Information and Communications Eng., Donggeui University

e-mail : ksl789@gmail.com

요 약

최근, 다양한 무선 네트워크 기술의 발전으로 무선 인터넷 접속 종류도 크게 늘었다. 블루투스, IEEE 802.11 무선랜, 802.16e 모바일 와이맥스 (또는 와이브로)와 3G 이동통신망을 통한 무선 인터넷 접속이 그 예이다. 이에 따라, 동종 무선 네트워크 간에 또는 이종 무선 네트워크에 걸쳐 무선 단말이 이동시 인터넷 연결이 중단되지 않는 끊임없는 이동성의 지원이 연구자들의 지대한 관심을 끌었다.

본 논문은 인터넷에서 무선 단말의 이동성 지원을 위해 최근까지 개발되어 온 여러 프로토콜 연구 동향을 계층별로 나누어 살펴보고자 한다. 링크 계층과 네트워크 계층을 중심으로 연구되어 온 이동성 지원 연구는 전송 계층과 응용 계층으로 확장되어, 인터넷 구조의 전 계층이 관련된 이슈가 되었다. 하지만, 전 계층에 걸친 이러한 많은 연구 노력에도 불구하고 아직도 많은 연구를 필요로 하고 있다.

ABSTRACT

Recently, various types of wireless networks have been proliferated. Bluetooth, IEEE 802.11 WLAN, 802.16e Mobile WiMAX (or Wibro) and 3G cellular networks are some examples. Accordingly, research on seamless mobility support mechanisms among homogeneous or heterogeneous networks has drawn significant interests.

This paper examines recent research efforts on seamless mobility support mechanisms from link to transport layer. Yet, no single solution meets all the requirements for supporting the seamless mobility and it seems hard to tell which layer is the most appropriate one for supporting mobility. This area is still wide open and needs further research.

키워드

Seamless Internet Mobility, Heterogeneous Wireless Networks, Multihoming

1. 서 론

최근의 다양한 무선 접속 네트워크 기술의 발전으로 멀티호밍 (또는 다중) 인터페이스를 갖춘 인터넷 단말이 많이 출현하고 있다. 이런 단말을 가진 사용자들은 이제 동종 무선 접속 네트워크 내에서의 이동성 지원 뿐 아니라, 이종 네트워크 간의 이동시에도 인터넷 연결이 중단되지 않는

끊김 없는 이동성 지원을 요구하고 있다.

본 논문은 무선 인터넷에서의 이동성 지원을 위해 그동안 경주되어 온 연구를 계층별로 정리해 보고자 한다. 이동성 지원은 이제 링크 계층부터 네트워크 및 전송 계층을 거쳐 응용 계층 및 새로운 3/4계층의 이슈로 확대 되었다. 본 논문은 지면의 부족으로 링크 계층, 네트워크 및 전송 계층에서의 이동성 연구 동향만을 보고한다.

II. 계층별 이동성 연구동향

인터넷에서의 이동성 지원은 초기 TCP/IP 구조에서는 고려되지 않았던 이슈이다. 본 절에서는 최근에 수행된 링크 계층, 네트워크 계층, 전송 계층에서의 이동성 연구 동향을 살펴 본다.

링크계층

인터넷에서 링크 계층은 이동성 지원이 제일 먼저 시작되어야 하는 첫번째 계층이다. 다양한 무선 네트워크 기술별로 링크 계층에서의 이동성 지원 기술이 활발히 연구 개발되고 있다. 본 논문에서는 이러한 기술별 연구동향은 논외로 한다. 특정 무선 네트워크 기술의 링크 계층만의 이동성 지원은 통상 그 적용 범위가 동종 네트워크(homogeneous network)의 특정 도메인으로 제한되어 있다[1]. 따라서, 그 적용범위를 확장하려면, 링크 계층의 기능 확장 또는 네트워크 이상의 상위 계층의 지원이 뒤따라야 한다.

IEEE 802.21 MIH

특히, 최근의 이종 무선 네트워크(heterogeneous network) 환경에서 출시되고 있는 다중 인터페이스 단말의 이동성을 지원하기 위한 링크 계층에서의 대표적인 연구 노력은 IEEE 802.21의 MIH (Media Independent Handover) 표준화[2]이다.

MIH는 L2 또는 L2.5에서 이종 무선 네트워크 간의 핸드 오버 서비스를 제공하기 위한 표준화를 목적으로 한다. 예를 들어, 802.11 무선랜과 802.16 모바일 와이맥스 네트워크 간, 또는 802 무선 네트워크와 3GPP 이동통신망간의 끊김 없는 핸드 오버 지원을 들 수 있다.

MIH는 이종 네트워크 간의 효율적인 핸드 오버를 가능하게 한다. 특히, 핸드 오버 실행의 전 단계(즉, 결정 단계)에 중점을 두며, 또한 상위계층에 네트워크 정보를 제공함으로써, 끊김 없는 핸드 오버를 용이하게 하고, 핸드 오버 속도와 성공률의 제고를 목표로 한다.

MIH의 적용으로 [3]의 연구를 예로 들 수 있는데, 이 연구에서는 IEEE 802.11 VHT와 802.16m에 MIH를 적용하여 ITU-R의 IMT-Advanced (4G) 네트워크의 요구사항을 만족시키는 제안서로 사용할 수 있음을 주장하고 있다. 하지만, MIH를 적용하기 위해서는 각 무선 기술들이 확장되어야 한다. 예를 들어, 802.11은 MIH를 수용하기 위해 802.11u를 개발하였으며, 802.16은 802.16g를 개발하였다. IETF MIPSHOP WG는 L3에서 802.21 서비스 지원을 위해 MIH 페이로드를 운반하는 프로토콜을 개발하였다.

네트워크 계층

인터넷 프로토콜 구조의 허리에 위치하는 네트

워크 계층인 IP 프로토콜을 개선하여 이동성을 지원하고자 하는 방식은 가장 자연스러운 접근 방식으로 인식되었다. IETF를 중심으로 개발되어 온 MIPv4[4]와 MIPv6[5] 그리고 이들을 개선한 여러 방식들은 지금도 인터넷에서 가장 대표적인 이동성 지원 방식으로 알려져 있다. 한편, LIN6 (Location Independent Network Architecture for IPv6)[6]가 MIPv6의 대안으로 제안되었다. 나아가, 멀티플 무선 인터페이스 단말(또는 네트워크)의 네트워크 계층에서의 이동성 지원을 위한 표준 연구개발이 IETF MEXT WG에서 진행중이다.

MIPv4, MIPv6 및 그 개선 방식들

MIPv4에서는 모바일 노드(MN)가 홈 네트워크를 벗어나 다른 네트워크에 접속할 때, 이를 홈 에이전트(HA)에 등록하여 알린다. 이후 홈 네트워크에 도착되는 목적지가 MN인 모든 패킷은 HA에 의해 MN으로 전달된다. MN은 방문 네트워크에서 교신노드(CN)로 패킷을 직접 전송한다.

MIPv4는 전송계층 이상에서 이러한 이동을 신경쓰지 않도록 트랜스패런시를 제공하는 한편, MN의 위치 등록 관리 문제도 해결한다. 문제는 HA를 경유하는 삼각 라우팅과 HA에 등록시 야기되는 긴 지연 시간, 그리고 에이전트 광고 및 등록 등에 소요되는 패킷 오버헤드 등이다. 특히, HA 등록에 소요되는 긴 지연은 핸드 오버 완료까지 상당한 지연을 초래하며 그동안의 통신 단절로 인한 패킷 손실이 유발된다. 또한, HA에 과도한부하가 인가되며 HA고장시 통신이 두절된다.

이러한 단점을 극복하기 위한 많은 개선책이 연구되었다. 라우팅 최적화 방식, 계층구조 방식, 페이징 기법 등이 예이며, 특히, MN의 이동이 빈번한 환경에서 MIPv4의 성능을 개선하기 위해 다양한 마이크로 기반 이동성 프로토콜들이 연구 제안되었다. 하지만, MIPv4는 아직도 효율성에 문제가 있으며, 복잡하다는 단점을 갖는다.

이외에, MIPv4의 보안 문제를 해결하기 위한 연구도 수행되었다. 방문 네트워크에서 MN이 CN으로 패킷을 송신시 방문 네트워크의 방화벽에서 거절될 수 있는데, 이는 리버스 터널링 방식으로 예방될 수 있다. 또한, HA 등록시 허위 등록을 방지하기 위해 등록 메시지의 인증 방식이 IETF RFC로 보완되었다. 등록 메시지의 재송신 공격에 대비하기 위해 타임 스탬프 방식과 난스 기반 방식이 제안되었다.

IETF는, 인터넷이 발전하며 드러낸 기존 IP 프로토콜의 여러 가지 문제점을 해결하기 위해 최근 IPv6를 개발하였다. IPv6는 이동성을 지원하기 위해 MIPv6를 내장하고 있다. MIPv6는 원리상으로는 MIPv4와 유사하다. 다른 점은, FA가 존재하지 않는 점과 기타 보안 문제가 많이 개선되었다는 점이다. 또한, MN가 자신의 새로운 주소로 HA에 등록할 때 CN에도 등록한다는 점이 달라졌다. MIPv6에서는 이제 MN과 CN은 HA를 경유하지 않고 직접 통신을 할 수 있다.

이렇듯 MIPv6는 HA 뿐 아니라 CN과도 등록 갱신 메시지를 교환하므로, 이로 인해 상당한 패킷 오버헤드가 네트워크에 발생한다. 이는 특히, MN가 빈번히 여러 네트워크를 이동해 갈 때 심하다. HMIPv6 (Hierarchical MIPv6)[7]는 이 문제를 완화시키고 핸드오버 시간을 단축하기 위해 IETF에 의해 개발되었다. HMIPv6는 네트워크를 여러 레벨의 사이트로 나누고, 각 사이트에는 MAP (Mobility Anchor Point)라는 로컬 HA 역할을 하는 새로운 노드를 둔다. 사이트내의 로컬 이동은 MAP에 의해 관리되고, 사이트간 이동시에만 MIPv6에 의해 관리되도록 함으로써 인터넷 전체의 시그널링 오버헤드를 감소시킨다.

FMIPv6 (Fast Handover MIPv6)[8]는 또 다른 MIPv6 개선 방안이다. FMIPv6는 기존 링크와 연결을 끊기 전에 새로운 링크에 접속하기 위해 필요한 정보를 미리 취득한다. 이는 관련된 액세스 라우터들간의 통신을 이용하여 이루어진다. 이 방식으로 핸드 오버 시간이 단축되며 핸드 오버로 인한 패킷 손실을 감소시킨다. 이 외에, HMIPv6와 FMIPv6의 장점을 취하기 위해 이 두 방식을 결합한 방식도 제안되었다. HMIPv6와 FMIPv6가 시그널링 오버헤드와 패킷 손실, 핸드오버 지연을 감소시킴으로써 MIPv6의 성능을 개선시키지만, 이 방식들의 확장성과 복잡성은 아직도 해결해야 할 과제로 남아 있다.

MIPv6는 기본적으로 IPv6에 내재된 IPsec에 의해 보호될 수 있다. 예를 들어, MN와 HA간의 등록 신청 및 응답 메시지는 IPsec의 ESP 또는 AH 프로토콜에 의해 보호된다. MN과 CN간의 등록 메시지 교환은 Return Routability (RR) 절차에 의해 보호된다. RR 절차는 중간자 공격과 같은 적극적 공격자에 취약하므로, 이를 조사 개선한 연구가 수행되었다. 아직도 MIPv6의 보안 메커니즘은 IETF에서 계속 연구 중이다. 이에 비해, HMIPv6와 FMIPv6의 보안 문제는 아직까지 충분히 연구되지 않았다.

LIN6

MIPv6의 대안으로 제안된 LIN6 방식[6]은 주소의 개념을 노드 ID (LIN6 ID라 불림)와 로케이터 (라우팅 주소)로 구별할 것을 제안한다. LIN6 ID는 노드가 어느 네트워크에 접속되어 있든, 또는 몇 개의 네트워크 인터페이스를 갖든지 관계없이, 노드를 식별하는 고정된 고유값이다. 로케이터 (LIN6 주소라 불림)는 패킷을 노드로 라우팅하는데 사용되는 네트워크 주소이다. LIN6 주소는 노드가 접속된 네트워크의 프레픽스와 LIN6 ID가 결합되어 만들어진다. LIN6 ID는 전송계층에서 특정 연결의 식별자로 사용되며, LIN6 주소는 네트워크 계층에서 패킷이 라우팅 될 때 사용된다.

MN은 부팅하면서 자신의 LIN6 ID와 현 네트워크 프레픽스를 자신의 로컬 MA (Mapping Agent)에 등록한다. MN과 통신을 원하는 CN은

MN의 FQDN을 사용하여 DNS에 문의하여 MN의 LIN6 ID와 MA 주소를 얻는다. CN은 MN의 LIN6 ID를 사용하여 MA에 문의하여 MN의 네트워크 프레픽스를 얻는다. CN은 이제 MN의 LIN6 주소를 만들어 MN과 연결을 맺고 통신한다. 통신 도중 MN이 다른 네트워크로 이동하면, MN은 새로운 네트워크 프레픽스를 CN에 알리고 동시에 자신의 MA에 등록한다. 다음, CN은 MN의 새로운 LIN6주소를 사용하여 통신을 계속한다.

이와 같이, LIN6는 노드 ID와 로케이터를 분리한다. 따라서, 네트워크 계층에서는 LIN6 ID와 LIN6 주소간의 변환이 일어나야 하며, 전송계층에서는 연결 식별자로 LIN6 ID와 포트번호가 사용된다. LIN6에서 DNS와 MA에 등록시 IPsec 또는 쿠키의 교환을 요구하기 때문에 보안 수준은 MIPv6에서와 거의 같다고 볼 수 있다.

LIN6의 MA는 MIPv4/MIPv6의 HA와는 달리 꼭 홈 네트워크에 설치되지 않아도 되는 융통성을 가지며, HA의 패킷 가로채기 및 터널링을 사용하지 않아도 되므로 오버헤드를 덜 갖는다. 하지만, LIN6는 그 사용이 IPv6에 국한된다.

IETF MEXT WG

위에 소개한 IP 이동성 지원 기술은 단일 인터페이스를 갖는 노드를 주 대상으로 한다. 그러나, 최근 다중 무선 접속 네트워크에 연결되는 멀티플 인터페이스 단말이 많이 출현하고 있다. IETF MEXT WG은 이러한 다중 무선 접속망 환경에서 끊임 없는 연결이 가능한 이동성 지원을 위해 확장된 IPv6 기반 이동성 표준화 연구 작업을 진행하고 있다. MEXT WG은 기존의 MIPv6 WG, NEMO WG, MONAMI6 WG이 통합된 WG이다.

최근, MEXT WG은 IPv4와 IPv6를 동시에 지원하는 듀얼 스택 이동성 표준화를 연구 중이며, 또한 멀티호밍 단말이 동시에 여러 무선 네트워크에 접속하여 이동성을 갖도록 MIPv6를 확장하고 있으며, 단말의 이동성 뿐 아니라 네트워크 이동성을 위한 표준화 작업, 그리고 관련된 보안 표준화 작업 등을 진행하고 있다.

전송 계층

이동성 지원 문제는 전송 계층과도 깊이 관련되며, 그동안 TCP의 이동성 지원 연구가 많이 수행되었으며, SCTP와 DCCP와 같은 이동성 지원을 위한 새로운 전송계층 프로토콜이 개발되었다.

이동성 지원을 위한 TCP 확장

IP 주소가 변경되는 이동시에도, 현재 진행 중인 TCP 연결이 끊김이 없도록 하는 방안이 다수 연구되었다.

TCP Redirection (TCP-R)[9]은 노드의 이동으로 IP 주소가 변경될 때 이를 반영하여 연결 주소(예, 소켓주소)를 수정한다. 예로, MN가 CN과 연결을 시작할 때 MN은 CN이 TCP-R 가능 노드

인지 확인한다. 연결 도중 MN 이동하여 새로운 IP 주소를 갖게 되면 재설정(redirection) 옵션 메시지를 CN으로 송신한다. 메시지를 수신한 CN은 메시지를 인증한 후 현재 진행 중인 TCP 연결의 주소 쌍을 MN의 새로운 주소로 수정한다. MN 또한 동시에 자신의 연결 주소 쌍을 수정한다. 이제 양 단은 수정된 TCP 연결을 통해 통신을 계속한다. TCP-R과 유사한 TCP-migrate 방식도 제안되었다. 이 방식은 migrate 옵션을 정의하여 사용한다.

또 다른 대안은 MSOCKS[10] 방식이다. 이 방식에서 MN-CN간의 통신은 중간에 프록시를 기준으로 양쪽에 두 개의 TCP 연결 구간으로 구성된다. MN이 이동하여 새로운 IP 주소를 갖게 되면, MN은 RECONNECT 메시지를 프록시에 전송하여 프록시와 새로운 MN-프록시 TCP 연결을 수립한다. 프록시는 이 새로운 연결을 MN-CN간의 통신에 사용하고, 이전 MN-프록시간 TCP 연결은 종료시킨다.

TCP는 인터넷 스택에서 대표적인 프로토콜로서 이동성을 갖는 무선 네트워크에서의 그 성능은 많은 연구가 이루어졌음에도 불구하고 아직도 많은 연구자들의 관심을 끄는 주제이다.

MSCTP 와 DCCP

최근에 IETF에서 개발된 새로운 전송 프로토콜인 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)는 그 멀티호밍 특성으로 인해 이동성 지원 능력을 갖고 있다. SCTP의 ADDIP 확장 기능을 사용하여, Mobile SCTP (MSCTP)[11]가 제안되었다. MSCTP에서 MN은 CN과의 SCTP 연결 수립시 다수의 IP 주소를 협상한다. 이 주소들 중 하나가 주 경로로 사용된다. 새로운 네트워크에 접근하여 새로운 IP 주소를 얻으면 이를 CN과 협상하여 주소 목록에 추가한다. 나중에 경로 관리 기능에 의해 주 경로가 이 새 주소로 바뀔 수 있다. MSCTP는 전송계층에서 끊임 없는 이동성 지원을 가능하게 하지만, 현 규격은 아직 기본적 요구 사항만을 다루고 있으며 구체적인 세부 기준 등이 더 추가 연구되어야 한다. 더욱이 MSCTP는 로케이션 관리 문제를 다루고 있지 않다.

IETF가 최근에 개발한 새로운 전송 프로토콜 DCCP (Datagram Congestion Control Protocol) 또한 멀티호밍 기능으로 이동성 지원을 가능하게 한다. DCCP는 이동성 지원 기능을 디폴트로 비활성화 함으로, 먼저 MN은 CN과 이동성 지원 기능을 활성화 시켜야 한다. MN은 연결 식별자인 mobility ID를 CN에 보내어 확인 받는다. MN이 새로운 네트워크에 접속하여 새 IP 주소를 부여 받으면, MN은 새로운 mobility ID를 생성하고 이를 DCCP-Move 패킷에 실어 CN에 송신한다. CN은 MN의 새 IP 주소로 연결 상태를 갱신하고 MN에 응답한다. DCCP도 멀티호밍 이동성 지원을 가능케 하지만, 아직 그 규격이 초기 단계이며 많은 문제들이 해결되어야 한다.

III. 맺는말

본 논문에서는 지면의 부족으로 응용계층과 새로운 3/4 계층에서의 이동성 연구동향은 다루지 못했지만, 조사해 본 바, 아직까지 어느 특정 계층의 단일 방안이 모든 요구사항을 다 만족시키지는 못하고 있다. 아직도 많은 연구가 필요하며, 어쩌면 계층 구조 방식을 갖는 현 인터넷 구조에 대한 새로운 검토가 필요할 수도 있다.

참고문헌

- [1] K. Kuladinithi et al., "Mobility Management for an Integrated Network Platform," Proc. IEEE MWCN 2002, pp. 621 - 625.
- [2] IEEE Std 802.21, Draft D9.0, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services."
- [3] Eastwood, L.; Migaldi, S.; Qiaobing Xie; Gupta, V., "Mobility using IEEE 802.21 in a heterogeneous IEEE 802.16/802.11-based, IMT-advanced (4g) network", IEEE Wireless Communications, Vol. 15, Issue 2, Page(s):26 - 34, April 2008 .
- [4] C. Perkins. "IP Mobility Support for IPv4," RFC 3344, Aug. 2002.
- [5] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, June 2004.
- [6] F. Teraoka, M. Ishiyama, and M. Kunishi, "LIN6: A Solution to Multihoming and Mobility in IPv6," Internet draft (work in progress), draft-teraoka-multi6-lin6-00, Dec. 2003.
- [7] H. Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)," RFC 4140, Aug. 2005.
- [8] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC 4068, July 2005.
- [9] D. Funato, K. Yasuda, and H. Tokuda. "TCP-R: TCP mobility support for continuous operation," Proc. ICNP 1997, pp. 229 - 36.
- [10] D. A. Maltz and P. Bhagwat, "'MSOCKS: An Architecture for Transport Layer Mobility,'" INFOCOM 1998.
- [11] M. Riegel and M. Tuexen, "'Mobile SCTP,'" Internet draft (work in progress), draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-05, July 2005.
- [12] E. Kohler, "'Datagram Congestion Control Protocol Mobility and Multihoming,'" Internet draft (work in progress), draftkohler-dccp-mobility- 00, July 2004.