

PMIPv6 도메인에서 MPTCP 기반 Handover 기법

윤 주 상*, 최 훈**, 허 경 용**

MPTCP based Handover Scheme in PMIPv6 domain

Joo-Sang Youn*, Hun Choi**, Gyeong-Yong Heo**

요 약

최근 무선기술의 발전으로 인해 스마트폰과 같은 이동노드는 멀티인터페이스를 장착하고 있다. 이와 같은 특징은 이동노드가 멀티네트워크에 동시 접속을 가능하게 하고 있다. 이에 따라 멀티인터페이스를 활용할 수 있는 다양한 네트워킹 연구가 진행되었다. 본 논문에서는 이와 관련해서 멀티인터페이스 이동노드가 PMIPv6 도메인에 접속한 환경에서 핸드오버 발생 시 데이터 손실을 줄일 수 있는 MPTCP 기반의 핸드오버 기법을 제안한다. 제안하는 핸드오버 기법은 특정 네트워크 인터페이스의 핸드오버 수행 시 멀티인터페이스를 통해 2 단계 플로우 이동성을 수행하고 MPTCP 서브플로우 기능을 통해 단대단 끊김 현상을 극복한다. 따라서 제안하는 기법으로 이동노드의 핸드오버 시 발생하는 데이터 손실을 줄이고 핸드오버 지연을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

▶ Keywords : PMIPv6, 핸드오버, 멀티경로 전송프로토콜, 멀티네트워크

Abstract

Recently, most mobile nodes, such as smartphones, will have multiple wireless radio interfaces. This feature allows a mobile node to access a multi-network through multiple wireless radio interfaces simultaneously. Accordingly, various networking technology has been studied to use wireless multi-interface more efficiently. In this paper, MPTCP based handover scheme is proposed to reduce data loss and end-to-end latency during the handover in PMIPv6 domain. The proposed scheme performs 2-step flow mobility on the multi-path established through the multi-interface of mobile node in the handover procedure and uses MPTCP subflow function to overcome end-to-end disconnection during the handover. Therefore, the proposed scheme takes the advantage of being able to minimize data loss and a latency generated during performing the

•제1저자, 교신저자: 윤주상

•투고일 : 2014. 10. 7. 심사일 : 2014. 10. 24. 게재확정일 : 2014. 11. 10.

* 동의대학교 멀티미디어공학과 교수(The Department Of Multimedia Engineering, Dong-Eui University)

** 동의대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Dong-Eui University)

※ 이 논문은 2014년 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문("PMIPv6 네트워크 환경에서 MPTCP 기반 Mobility 지원 기법")을 확장한 것임

handover of mobile node.

▶ Keywords : PMIPv6, handover, MPTCP, multi-network

I. 서론

최근 무선통신 접속 기술 및 소형화가 가능한 하드웨어 제작 기술의 발전으로 인해 이동 단말 내에 다양한 무선 접속 기술을 장착한 멀티인터페이스 단말이 장소와 시간에 구애 받지 않고 언제 어디서든 다양한 무선 네트워크로 구성된 멀티네트워크에 동시 접속이 가능하게 되었다. 이에 따라 멀티인터페이스를 활용할 수 있는 다양한 네트워킹 기법들이 연구되었다[1, 2]. 특히 이동성을 지원하는 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) 프로토콜에도 멀티인터페이스 지원 기능이 포함되어 개발되었다. 본 논문은 PMIPv6 도메인에서 핸드오버 수행 시 발생하는 단대단 끊김 현상과 이로 인해 생기는 데이터 손실을 최소화할 수 있는 MPTCP(Multipath TCP) 기반 멀티경로를 활용한 효율적 핸드오버 기법을 제안한다. PMIPv6 프로토콜[3]은 호스트 기반 이동성 지원 프로토콜인 MIPv6 프로토콜과 다르게 네트워크 중심의 이동성 지원 프로토콜이다. 이를 위해 PMIPv6 네트워크 내에 홈 에이전트 역할을 수행하는 LMA(Local Mobility Anchor)와 접속 라우터 및 이동성 관련 신호를 대신 처리하는 MAG(Mobile Access Gateway)를 정의하고 있다. 또한 PMIPv6 프로토콜은 멀티인터페이스를 장착한 이동노드에 동시 접속 서비스와 인터페이스 사이에서의 핸드오버 기능을 제공한다. 하지만 이 기능은 각 인터페이스별로 HNP(Home Network Prefix)를 할당 받기 때문에 인터페이스 사이에서의 이동성 지원은 가능하나 플로우 기반의 이동성 지원은 불가능하다. 이는 각 인터페이스별로 다른 주소를 사용하기 때문이며 이는 플로우 이동성 수행 시 싱크노드 관점에서 연결 단절 현상이 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로 IETF NetExt WG[4]에서는 다양한 플로우 이동성 지원 기법이 제안되어 있지만 제안된 방법들은 기본 PMIPv6 프로토콜의 동작 수정이 필요하다. 따라서 기존 프로토콜과의 호환성 문제가 야기된다. 더불어 핸드오버 수행 시 발생하는 손실 및 지연을 최소화 하는 기존 PMIPv6 기반 핸드오버 방법들은 PMIPv6 프로토콜 요소 내에 버퍼링 기능

을 수행하는 요소를 추가하고 이를 통해 데이터를 전달하는 방법들이 대부분이다. 따라서 이 방법들은 별도의 기능을 추가적으로 제공해야하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 멀티인터페이스 이동노드가 PMIPv6 도메인에 접속하는 시나리오를 가정하고 이동노드가 MPTCP[5]를 통해 Correspond Node (CN)에 접속한 환경을 고려한다. 가정된 네트워크 환경에서 핸드오버 시 발생하는 손실을 최소화하기 위해 멀티인터페이스를 이용하며 이때 발생하는 연결 단절 현상을 MPTCP를 통해 극복하는 기법을 제안한다. 2장에서는 이동성 지원 관련 연구를 기술하고 3장에서 네트워크 모델 및 핸드오버 기법을 제안하며 4장에서 성능평가를 한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 연구

PMIPv6 도메인에서 이동노드가 이동으로 인해 새로운 접속 네트워크에 접속할 경우 이동노드는 데이터 손실 및 핸드오버 지연을 경험하게 된다. 이에 대한 원인은 이동노드가 새로운 접속 네트워크에 접속 후 접속한 MAG로부터 이동노드의 HNP advertisement message를 받는데 걸리는 시간이 발생하기 때문이다. 따라서 기존 연구 중 이와 같은 문제를 극복하기 위한 빠른 핸드오버 기법들이 제안되었다[6-8].

Inter-Access Point Protocol scheme[6]은 802.11 네트워크로 구성된 PMIPv6 도메인에서 빠른 핸드오버 기법을 제안하고 있다. 이 기법은 HNP, 이동노드의 MAC 주소, 이동노드가 접속한 Access Point(AP) 정보 등을 새로 접속한 AP에 전달하고 핸드오버 수행 중 발생하는 손실이 발생될 가능성이 있는 데이터를 LMA에서 버퍼링하고 핸드오버가 완료되면 저장된 데이터를 전달하는 방법을 사용한다. 하지만 이 방법은 핸드오버 수행 시간을 줄이는 장점을 가지고는 있지만 여전히 핸드오버 수행 시 발생하는 손실을 줄이지 못하는 단점을 가지고 있다.

다른 방법으로 [7]에서는 p(previous)-MAG와 n(next)-MAG에서 핸드오버를 지원하기 위한 시그널링 메시지를 추

가하여 빠른 핸드오버를 지원하는 기법이다. 이 방법은 이동노드 HNP 정보를 AAA 서버가 저장을 하며 이동노드의 핸드오버 수행 시 p-MAG가 이동노드가 새롭게 접속한 n-MAG에 핸드오버 수행 메시지를 전달하는 방식을 사용한다. 따라서 p-MAG와 n-MAG에 사이에 터널링이 형성되고 p-MAG는 핸드오버 수행 시 생기는 데이터 손실을 버퍼링을 통해 저장하고 생성된 터널링을 통해 전달한다. 이 방법은 핸드오버 시 발생하는 데이터 손실은 줄일 수 있으나 기본 PMIPv6 프로토콜의 수정을 요구하기 때문에 호환성에 문제와 MAG 내부에 버퍼를 두어야 하는 단점이 있다.

Head MAG scheme(8)은 같은 LMA 도메인 내에 접속된 MAG들에 이동노드의 이동성 정보를 유지하는 기법이다. 이 기법은 이동노드가 접속한 MAG를 head MAG로 선정하고 핸드오버 수행 시 발생하는 데이터 손실을 줄이기 위해서 MAG 내에 버퍼링 기능을 추가하였다. 또한 이동노드가 이동으로 인해 새로운 MAG에 접속할 경우 그에 관한 정보를 head MAG가 관리하면서 변경된 MAG로 데이터를 재전달하는 방법을 가지고 있다. 이 방법은 기존 이동성 지원을 위한 삼각방범을 그대로 사용하는 것으로 PMIPv6의 기본동작을 위반하는 방법이며 핸드오버 수행 시 데이터 전달 지연이 증가하는 단점을 가지고 있다. 핸드오버 지연 및 데이터 손실을 줄이기 위한 기존 연구들은 위에서 언급했듯이 기본 PMIPv6 프로토콜의 수정을 요구하며 별도로 손실 방지를 위한 버퍼링 기능을 필요로 한다.

III. PMIPv6 환경에서 MPTCP 기반의 효율적 이동성 지원 기법

1. 개요

본 논문에서는 PMIPv6 도메인 내에서 멀티인터페이스 이동노드의 MPTCP 기반 WiFi 핸드오버 기법을 제안한다. 기존 PMIPv6 프로토콜은 네트워크 기반 이동성 지원 프로토콜이며 더불어 멀티인터페이스 이동노드에 각 인터페이스별로 HNP를 할당하는 방법을 사용 중이다. 이 방법을 통해 각 인터페이스별 이동성 지원이 가능하도록 하고 있다. 하지만 PMIPv6 프로토콜은 멀티인터페이스 간 플로우 이동성을 제공하지 못하며 IETF NetExt WG(4)에서 이에 대한 솔루션을 개발 중이다. 본 논문에서는 멀티인터페이스 이동노드가 Correspond Node(CN)와 MPTCP를 통해 멀티경로가 설정된 환경을 고려한다. 이와 같은 환경에서 이동노드의 이동

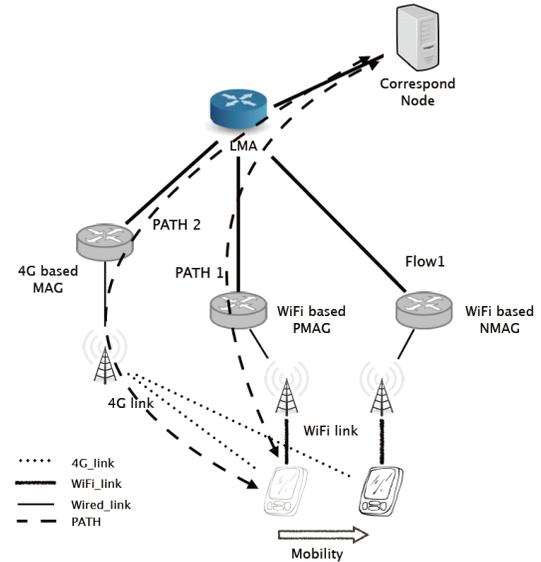


그림 1, 네트워크 모델
Fig. 1 Network model

으로 인한 핸드오버 발생 시 데이터 손실을 줄일 수 있는 MPTCP 기반의 핸드오버 기법을 제안한다.

제안하는 핸드오버 기법은 이동노드의 멀티인터페이스 간 플로우 이동성 기반으로 실행된다. 본 논문에서 제안하는 기법의 핸드오버 과정을 요약하면 다음과 같다. WiFi 핸드오버로 발생하는 연결성 끊김 상황에서 이동노드는 WiFi 인터페이스를 통해 데이터 전달 서비스를 받고 있는 플로우를 우선, 4G 인터페이스로 플로우를 이동시키고 WiFi 핸드오버가 완료되면 WiFi 인터페이스로 플로우를 재 이동시키는 방법을 사용한다. 이 방법은 WiFi 핸드오버 시 발생하는 손실 및 지연을 최소화 할 수 있는 방법이다. 또한 이동노드의 멀티인터페이스가 MPTCP를 통해 전송 계층에서 멀티경로를 미리 설정하고 있기 때문에 백업 경로를 통해 핸드오버가 수행된다. 따라서 핸드오버 시 단대단 연결 단절 현상도 방지 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

2. 네트워크 모델

본 논문에서는 그림 1과 같은 네트워크 모델을 가정하고 있으며 다음과 같은 멀티인터페이스 이동노드 및 무선 환경을 가정한다.

- 이동노드의 접속 네트워크 환경은 PMIPv6 도메인
- 이동노드는 LTE based 4G 인터페이스와 IEEE 802.11n based WiFi 인터페이스를 장착하고 있으며

모든 인터페이스는 동시에 활성화 되어 있음

- 이동노드는 PMIPv6 도메인에서 인터페이스별로 HNP를 할당받음
- 이동노드는 전송계층에서 Multipath(MP)TCP를 통해 Correspond Node(CN)와 인터페이스별로 멀티경로가 설정됨
- 이동노드는 이동성 모델을 가지고 있음

플로우 이동성 시나리오 및 이동노드의 이동성 시나리오는 다음과 같이 가정한다. 이동노드는 고용량의 데이터 전송을 위해 WiFi 링크를 선택해서 데이터 전달이 수행되며 이동노드의 이동으로 인해 WiFi 인터페이스의 핸드오버가 수행되는 시나리오를 가정한다. 이때 핸드오버는 네트워크 기반 이동성 지원 기법인 PMIPv6을 통해 이루어진다. 더불어 이동노드는 MPTCP를 통해 멀티경로가 전송계층에 설정된 상태이다.

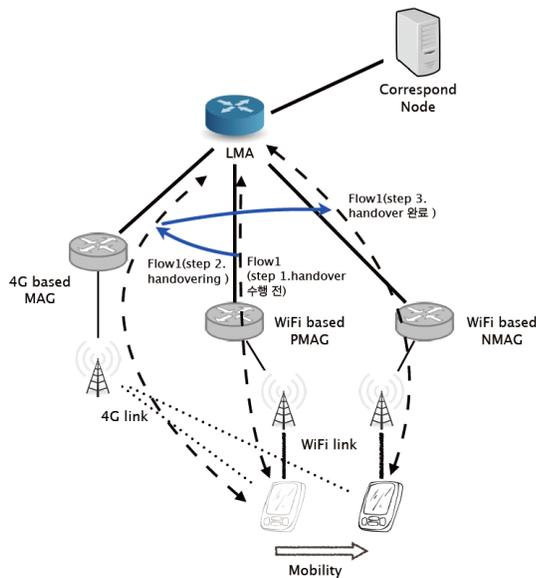


그림 2. 제안하는 WiFi 핸드오버 과정
Fig. 2 Proposed WiFi handover procedure

3. MPTCP 기반의 효율적 이동성 지원 기법

본 논문에서 제안하는 이동성 지원 기법은 멀티인터페이스를 활용한 효율적 이동성 지원 기법이다. 이 기법은 특정 인터페이스의 핸드오버 수행 시 발생하는 연결성 끊김 현상을 연결이 유지되고 있는 다른 인터페이스를 통해 연결성 끊김 현상을 최소화 하는 방법이다. 제안하는 기법의 핸드오버 과정은 그림 2와 같다. PMIPv6 프로토콜은 노드의 각 인터페이스별로 HNP를 할당한다. 이는 이동노드가 멀티인터페이스

를 통해 네트워크에 접속할 수 있는 환경을 제공할 수 있다. 더불어 이동노드 내 MPTCP를 통해 CN과 멀티경로를 설정할 수 있다. 따라서 본 논문에서 가정한 네트워크 모델에서 이동노드는 PMIPv6 도메인에서 인터페이스별로 LMA를 통해 HNP를 할당받아 MPTCP를 통해 CN과 멀티경로가 설정되며 이때 멀티경로는 PMIPv6 도메인 내의 LMA를 거치는 경로로 설정되는 구조를 갖는다. 따라서 제안하는 기법의 핸드오버 지원 방법은 그림 2에 도시된 것처럼 LMA를 통해 각 인터페이스 간 플로우 이동성이 가능하며 플로우 이동성 지원을 통해 핸드오버 수행 시 플로우의 끊김 현상으로 발생하는 손실 및 지연을 최소화 할 수 있는 핸드오버를 이동단말에 제공할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 핸드오버는 WiFi 인터페이스의 핸드오버에 초점을 맞추고 있다. 이는 고용량의 데이터 전달 시 4G 네트워크보다 WiFi 네트워크가 장점을 가지고 있기 때문이다. 또한 이동노드가 WiFi 네트워크에 접속해서 이동할 경우 핸드오버 수행이 빈번히 발생하며 이로 인해 데이터 손실이 발생한다. 이동노드의 이동으로 인해 WiFi 인터페이스에 핸드오버 트리거링이 발생하면 제안하는 기법에서는 이동노드 내 MPTCP를 통해서 설정된 멀티인터페이스 기반 멀티경로를 통해 멀티인터페이스 사이에서의 2번의 플로우 이동성이 수행된다. 이를 통해 WiFi 핸드오버가 완성 된다. 그림 2에 도시된 것처럼 이동노드의 이동으로 인해 WiFi 인터페이스에 핸드오버 트리거링이 발생하고 이 인터페이스를 통해 전송되던 플로우를 WiFi 기반의 핸드오버 수행이 완료 될 때까지 미리 연결설정이 이루어져 있는 4G 인터페이스로 플로우 이동성을 수행하며 핸드오버 완료 후 WiFi 인터페이스로 다시 플로우 이동성을 수행하도록 한다. 여기서 멀티인터페이스 기반 플로우 이동성 수행 시 플로우의 소스 주소 변화가 발생을 한다. 이는 플로우의 연결성 끊김 현상으로 야기된다. 이런 연결성 끊김 현상은 단대단 플로우 전송과정에 데이터 손실을 야기 시키고 성능 저하에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 MPTCP 내 서브플로우 기능을 활용한다. MPTCP는 멀티인터페이스를 통해 CN과 서브플로우 단위로 데이터를 전송한다. 따라서 제안하는 기법에서는 두 개의 서브플로우가 존재하며 멀티인터페이스 사이에서의 플로우 이동성 수행이 MPTCP 내부에서는 서브플로우의 이동으로 판단되지만 MPTCP를 동작 시킨 단말의 응용 관점에서는 같은 플로우로 판단된다. 이는 이동단말 내 응용에 연결성이 계속 유지되는 것이다.

PMIPv6 도메인에서 핸드오버 수행 시 멀티인터페이스 간 플로우 이동성 지원을 위해 이동노드의 멀티인터페이스 사이

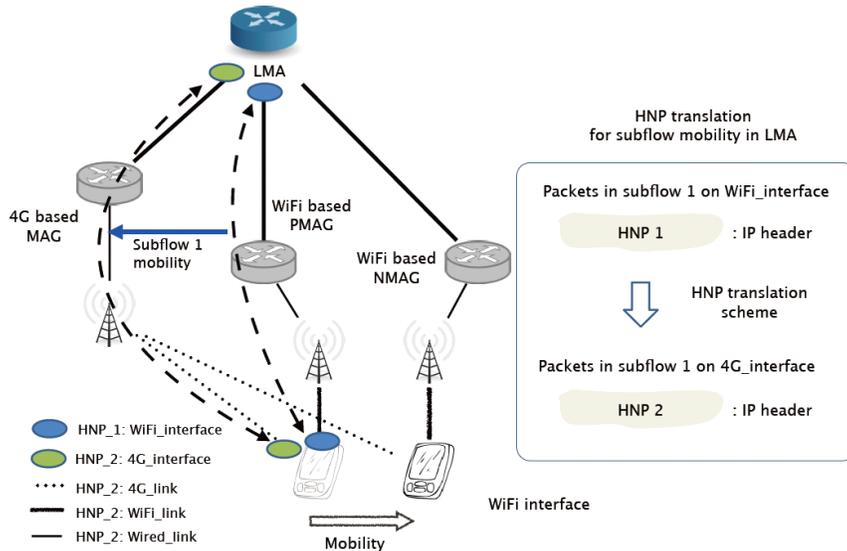


그림 3. HNP 변환 개요
Fig. 3 Outline of a HNP Change

에서의 플로우 이동성 지원 방법이 필요하다. 본 논문에서는 특정 인터페이스의 핸드오버 수행 시 연결성이 계속 유지되고 있는 다른 인터페이스로 플로우 이동성을 수행할 수 있도록 PMIPv6 프로토콜 내 기능이 필요하다. 이를 위해 PMIPv6 도메인 내 LMA 내부에서 플로우 이동성 수행을 지원하기 위한 별도의 방법을 제안한다. 본 논문에서는 이를 LMA 내부에 HNP 변환 기법을 통해 수행된다.

3.1 서브플로우 이동성 지원을 위한 HNP 변환 기법

본 논문에서 제안하는 HNP 변환 기법은 [9]과 유사하다. 제안한 기법이 [9]과 다른 점은 이동단말에 가상인터페이스를 사용하지 않는다. 다시 말해 LMA 내부에서만 동작하는 HNP 변환 기법을 본 논문에서는 제안한다. 여기서 HNP 변환 기법의 역할은 LMA를 이용한 멀티인터페이스 간 서브플로우 이동성 지원이다. HNP 변환 기법은 PMIPv6 도메인 내에서만 이동노드의 MPTCP에 설정된 서브플로우의 IPv6 헤더 내 HNP 값을 변환하는 것이다. 그림 3에 도시된 것처럼 HNP_2을 할당 받은 4G 인터페이스를 사용하는 서브플로우는 HNP_2 값이 IPv6 헤더에 설정되어 있으며 WiFi 인터페이스를 사용하는 서브플로우는 IPv6 헤더에 HNP_1 값을 사용한다. 만약 WiFi 인터페이스를 이용하는 서브플로우를 4G 인터페이스로 플로우 이동성을 수행할 경우 서브플로우의 HNP_1 값을 HNP_2로 변환되어야 하면 이를 위해 LMA의

네트워크 계층에서 제안한 HNP 변환 기법을 수행한다. 이와 관련된 절차는 다음과 같다. 이동노드의 이동으로 인해 WiFi 인터페이스의 핸드오버 트리거링이 실행되면 이동노드에 접속된 MAG는 PBU(Proxy Binding Update) 메시지를 LMA로 전송한다. 이때 PBU 메시지를 전송 받은 LMA는 WiFi 인터페이스 핸드오버가 완료되기 전까지 HNP 변환 기법을 통해 WiFi 인터페이스에 할당된 HNP_1으로 들어오는 서브플로우들을 HNP_2로 변환하여 4G 인터페이스를 통해 서브플로우를 흘러보낸다. 이후 WiFi 인터페이스 핸드오버가 완료되면 HNP 변환을 종료한다. 여기서 HNP 변환 기법으로 변환된 HNP 값을 가진 서브플로우는 MPTCP에 정의된 서브플로우이기 때문에 같은 MPTCP 내부에서 같은 플로우로 취급하도록 설정한다. 따라서 플로우의 단대단 끊김 현상 문제의 해결과 동시에 핸드오버 동작 시 발생하는 손실을 줄일 수 있다.

LMA에서 HNP 변환 기법을 위해 필요한 기능들은 다음과 같다.

- Flow Filter(FF)
- HNP Change Function(HNPCF)
- HNP Change Table(HNPCT)

위 기능들은 LMA의 네트워크 계층에서 수행되도록 설계하였다. FF는 LMA에 전달되는 플로우 HNP를 알아내어 HNP 변환이 필요한지 또는 필요하지 않은지를 판단하는 기능을 수행한다. FF 실행은 인터페이스 핸드오버 요청 정보를

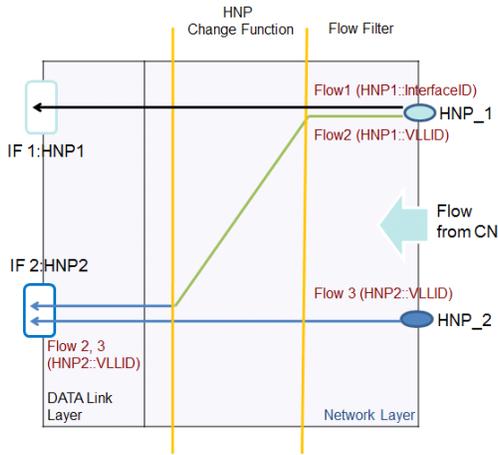


그림 4. LMA에서 플로우의 HNP 변화 과정
Fig. 4 The HNP change process of downstream flow

답고 있는 PBU 메시지에 따라서 동작한다. 만약 PBU 메시지를 받고 변환이 필요한 경우 HNPCF를 호출하여 HNP 변환을 실행한다. HNPCF는 플로우 데이터의 IPv6 헤더의 HNP를 실제 변환 하는 기능을 수행한다. 변화 수행 시 HNPCT를 참고하여 실제 변환할 값을 얻어 온다. HNPCT는 플로우 이동성 관련 정보를 담은 테이블이다. 이 테이블은 이동노드가 멀티인터페이스를 가지고 있으며 같은 LMA를 통해 연결되어 있을 경우에 테이블이 생성된다. LMA에서 서버 플로우 HNP 변화 과정은 다음과 같다.

- (1) LMA에 핸드오버 트리거링 메시지 전달되며 FF 실행하고 HNPCT를 참조하여 HNP 변화 실행 유무를 판단함
- (2) LMA로 전달되는 서버플로우는 중에서 특정 HNP 값을 가진 서버플로우를 필터링함
- (3) 필터링된 서버플로우에 HNPCF를 통해 HNP 변환을 실행함.
- (4) HNP가 변환된 서버플로우는 자신이 가진 HNP를 라우팅 테이블의 포워딩 인터페이스 값을 참조하여 output interface로 서버플로우 전송을 수행함

그림 4는 LMA에서 downstream 서버플로우의 HNP 변화 과정을 도시하고 있다. Flow 1은 HNP 변화 과정이 필요 없는 임의 이동노드의 플로우인 경우로 FF에서 bypass 시키고 플로우의 HNP_1에 매핑된 output interface로 플로우를 전달한다. Flow 2는 핸드오버가 실행된 이동노드의 서버플로우로 FF에서 필터링되며 HNPCF를 통해 HNP 변환 후 변환된 HNP와 output interface(WiFi 인터페이스 2)로 전달한다. 본 논문에서는 멀티인터페이스 이동노드의 IPv6

Node ID	Multi-Interface flag	HNP translation value	
		Primary Interface(WiFi) HNP	Second Interface(4G) HNP
1	0	HNP 2	
2	1	HNP 2	HNP 1
3	0	HNP 2	
4	1	HNP 2	HNP 1

그림 5. HNP change table 구조
Fig. 5 Structure of HNP change table

주소 설정 시 가상인터페이스 주소를 설정하여 주소를 생성하도록 가정한다. 가상인터페이스 주소는 멀티인터페이스의 링크 주소 중 하나를 대표 주소로 선정하여 사용한다. 또한 HNPCT 구조는 그림 5와 같다.

표 1. 실험을 위한 시스템 파라미터

Table 1 System parameter for simulation

Parameter	Value
Number of transmission path	2
Radius of base station coverage	500 m
Average bandwidth on path 1 (4G link)	2.0 Mbit/s
Average bandwidth on path 2 (WiFi link)	2.0 Mbit/s
Application for testing	FTP
Minimum delay ration	1.0
Maximum delay ration	3.0
Receive buffer at sink	1.16Mbit

HNPCT는 노트 ID, multi-interface flag, HNP translation value 등으로 구성되어 있다. 노트 ID는 LMA에 의해서 생성된 값으로 노트 식별자를 저장하는 곳이며 flag 필드는 이동노드의 멀티인터페이스 사용 유무를 체크하는 곳으로 이동노드가 멀티인터페이스를 사용할 경우 '1', 아닐 경우 '0'으로 마킹 된다. 여기서 값이 "0"이면 변환이 지원되지 않는 이동노드를 위미한다. 또한 HNP translation value 필드는 핸드오버 수행 시 HNP 변환 값으로 사용될 HNP가 정의된 필드이다. 따라서 멀티인터페이스를 사용할 경우에만 값이 정의되며 정의된 값으로 HNP 변환 시 사용되는 HNP 값을 설정한다.

3.2 서버플로우 이동성 지원 기법

그림 6은 제안하는 이동성 지원 기법의 시그널링 흐름도를 도시하고 있다. 멀티인터페이스 이동노드는 인터페이스 별로 MAC를 통해 연결이 이루어지며 할당받은 HNP를 통해 이동

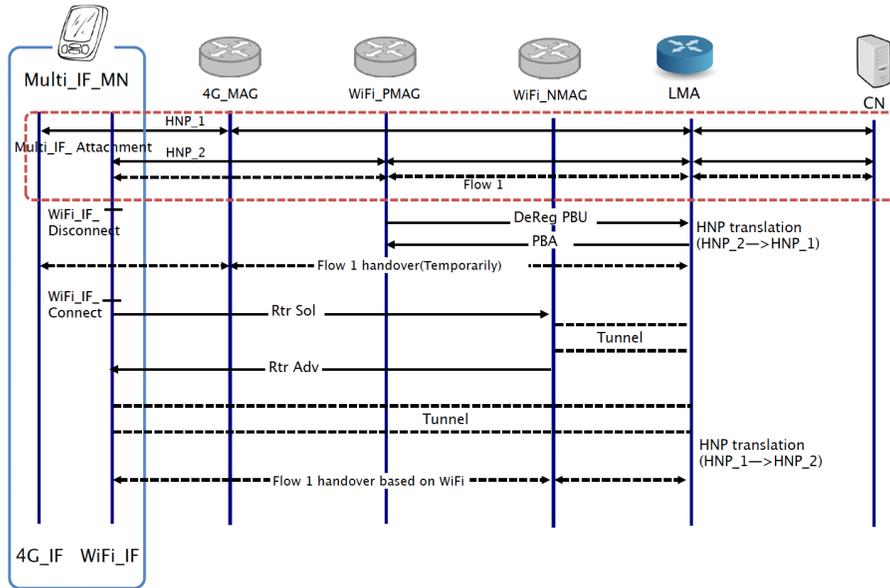


그림 6. 제안하는 핸드오버 기법의 시그널링 흐름도
Fig. 6 Signaling flow of proposed handover scheme

노드의 MPTCP 내에 두 개의 서브플로우가 생성된다. 이후 이동노드는 WiFi 인터페이스를 통해 플로우를 전달하며 이동노드의 이동성 이벤트가 발생하면 WiFi disconnect 이벤트가 발생하고 이를 감지한 WiFi_PMAG는 LMA에 DeReq PBU 메시지를 전달한다. 이 메시지를 전달받은 LMA는 HNP_2를 HNP_1으로 변환하는 HNP 변환기법을 사용한다. 이후 flow 1은 임시적으로 4G_MAG를 통해 데이터 전달이 이루어지고 WiFi 인터페이스가 새로운 MAG에 연결되면 이후 터널링 완료된 후 LMA가 HNP 변환기법을 종료한 후 핸드오버 완료된 패스를 통해 데이터를 전달한다. 플로우 이동성 트리거링 수행을 위한 시그널링 메시지는 reactive 시그널링 방식으로 이루어진다. 즉, 플로우 이동성 수행 전에 관련 시그널링 메시지를 주고받는 방식이다. 또한 시그널링 메시지를 통해서 이동노드와 LMA 내에 HNPCT 내의 각 필드를 업데이트 한다. 마지막으로 트리거링 관련 메시지를 입력 받으면 이와 상응 하는 응답 메시지를 생성하여 전송된다. 이 모든 과정은 PMIPv6 프로토콜 시그널링을 통해 이루어진다.

IV. 성능 측정

본 연구의 성능을 검증하기 위해 NS-2 Simulator[10]에 제안하는 핸드오버 기법을 가지고 MPTCP와 PMIPv6 프로

토콜을 확장하였다. 본 실험에서 성능은 goodput, loss rate 관점에서 측정을 하였으며 기존 방법인 기본 PMIPv6 기법과 비교 분석하였다. 실험에 사용된 네트워크 토폴로지는 그림 1이 사용되었다. 자세한 시스템 파라미터는 표 1에 제시하였다.

네트워크 환경은 PMIPv6 도메인으로 구성되며 CN은 하나의 네트워크 인터페이스로 구성되고 이동노드는 두 개의 네트워크 인터페이스로 구성된다. 실험에서 각 경로의 bandwidth는 평균이며 시간에 따라서 변화된다. 룩업에서 성능(throughput)과 데이터 성공률(data success rate)을 측정하며 용량이 큰 파일을 전송하도록 하며 이를 통해 saturated data traffic을 발생시킨다. 이동노드의 이동속도는 0.5m/s로 이동시키면 이동노드의 위치는 첫 번째 WiFi access point에 접속이 안정된 곳에 있다가 두 번째 WiFi access point에 접속이 안정된 곳까지 이동경로를 설정하였으며 이동경로 과정에서 4G 접속은 끊김 없이 접속을 유지할 수 있도록 한다.

4.1 성능 결과

그림 7은 제안하는 기법과 기본 PMIPv6를 통해 수행된 핸드오버의 성능을 보여주고 있다. 실험 환경에서 이동노드는 16초에 핸드오버가 발생하였다. 그림 7에 보이는 것처럼 제

안하는 기법은 핸드오버 발생 시 데이터 throughput의 변화가 낮게 유지되는 것을 볼 수 있으나 기존 프로토콜은 핸드오버 수행 시 단대단 끊김으로 인해 throughput이 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 여기서 throughput 감소의 원인은 PMIPv6 프로토콜의 핸드오버 트리거링 후 핸드오버가 완료되는 동안 단대단 끊김이 발생하고 이로 인해 데이터 손실이 발생하기 때문이다. 하지만 제안하는 기법은 핸드오버 트리거링 이후 LMA를 통해 MPTCP를 통해 미리 설정된 다른 경로로 flow mobility를 수행하고 이는 HNP 변환기법을 통해 단대단 끊김 없이 데이터를 이동시키기 때문이다. 또한 17초에 throughput의 변화는 제안하는 기법의 2단계 핸드오버 수행으로 발생한 것이며 이후 핸드오버가 완료된 이후 안정된 throughput을 제공받는다. 따라서 제안하는 기법을 통해 핸드오버 수행 시 생기는 연결성 단절 문제가 해결됨을 확인할 수 있다.

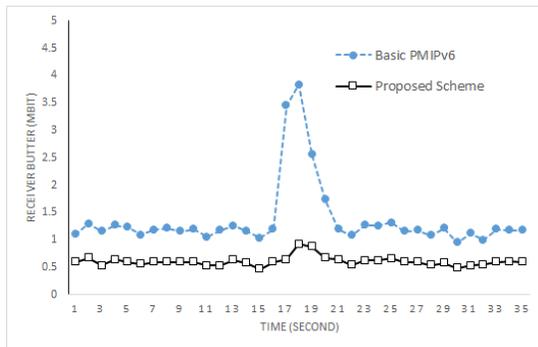


그림 8. 핸드오버 수행 시 멀티 경로 전송의 리시브 버퍼 사이즈
Fig. 8 Receive buffer size of multipath transmission during handover

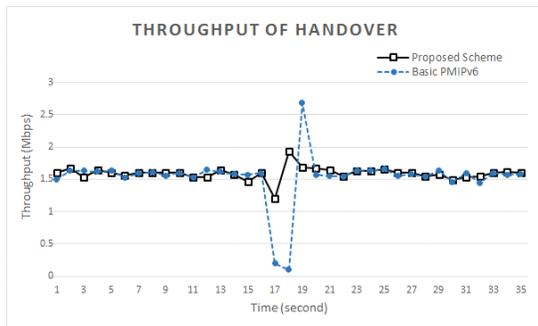


그림 7 핸드오버 시나리오에서 제안하는 기법과 기본 PMIPv6의 TCP 성능
Fig. 7 TCP throughput of proposed scheme and basic PMIPv6 in handover scenario

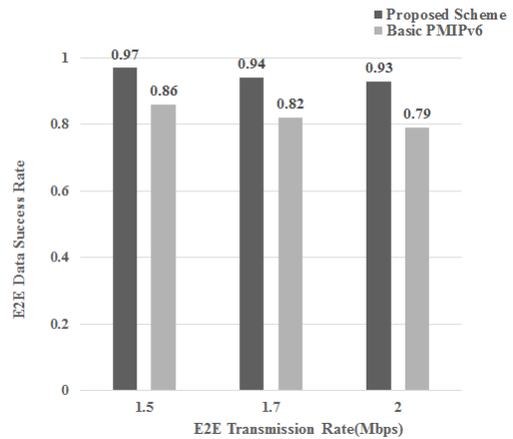


그림 9. 핸드오버 시나리오에서 단대단 데이터 전달 성공 비율
Fig. 9 End-to-End data transmission success rate in handover scenario

그림 8에 보이는 것처럼 이동노드의 MPTCP receive buffer에 저장되는 데이터 사이즈를 보면 핸드오버 상황에서 기본 PMIPv6 프로토콜은 데이터 손실로 인해 out of order 데이터가 발생하고 이를 receiver buffer에서 저장하는 현상이 발생함을 확인할 수 있다. 이와 반대로 제안하는 방법에서는 손실을 최소화하여 데이터가 전달되기 때문에 out of order 데이터의 발생량이 줄어 receiver buffer에서 머무는 데이터가 작음을 확인할 수 있다. 따라서 throughput 관점에서 제안하는 기법이 기존 프로토콜보다 우수함을 확인할 수 있다.

다음 실험은 위 실험과 동일한 네트워크 토폴로지에서 단대단 전송량을 변화하면서 단대단 평균 데이터 성공률을 측정하였다. 그림 9는 단대단 평균 데이터 성공률을 보여주고 있다. 이 실험의 목적은 핸드오버 발생 시 단대단 끊김 현상으로 인해 발생하는 데이터 손실률을 측정하고 이를 통해 제안하는 기법의 단대단 단절 현상으로 인해 생기는 손실이 얼마나 최소화 되는지를 평가하는 것이다. 그림 9에 보이는 것처럼 실험 결과는 제안하는 기법의 핸드오버 기법이 데이터 전달 성공률에서 높음을 확인하였으며 93% 이상의 데이터 전달 성공률을 보이고 있다. 반면 기본 PMIPv6 프로토콜은 핸드오버 상황에서 데이터 전달 성공률이 급격히 감소함을 확인할 수 있다. 이는 데이터 전달량이 증가하면 핸드오버 시 단대단 끊김 현상으로 데이터 손실량과 재전송 데이터의 증가로 인해 이동노드의 receiver buffer에서 발생하는 오버플로우로 인해 데이터 손실량이 증가되었기 때문이다. 하지만 제안하는 기법은 핸드오버 수행 시 백업 경로를 통해 데이터 전달이 수행되므로 데이터 손실량이 최소화 되었으며 receiver

buffer에서의 오버플로우도 거의 발생하지 않기 때문이다. 따라서 본 실험을 통해서 제안한 핸드오버 기법이 기존 방법보다 데이터 손실을 최소화 시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 멀티인터페이스 이동노드가 PMIPv6 도메인에서 핸드오버 수행 시 단대단 단절 현상으로 인해 발생한 데이터 손실을 최소화 할 수 있는 MPTCP 기반의 핸드오버 기법을 제안하였다. 제안하는 핸드오버 기법은 MPTCP Subflow 기능을 통해 단대단 단절 현상을 극복하고 핸드오버 시 발생할 수 있는 데이터 손실을 줄이기 위해 2단계 멀티인터페이스 기반 플로우 이동성을 수행한다. 따라서 제안하는 기법은 기존 PMIPv6 프로토콜의 수정을 최소화 하면서 핸드오버 수행 시 생기는 지연과 손실을 최소화 할 수 있다. 이는 성능 분석을 통해 제안한 기법이 기본 방법보다 성능이 우수함을 보여준다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2013학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2013AA170)

참고문헌

- [1] Ilho Lee and Junho Lee, "Network Mobility Handoff Scheme to Support Fast Route Optimization in Nested Network Mobility," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 14, No. 5, pp. 119-131, 2009.
- [2] Jongyoung Kim, "Efficient Seamless Handover Protocol in Network Mobility (NEMO) Environment," *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, Vol. 16, No. 11, pp. 173-178, 2011.
- [3] S.Gundavelli, et al., "Proxy Mobile IPv6," IETF RFC 5213, Aug 2008.17.
- [4] <http://datatracker.ietf.org/wg/netext/>
- [5] A. Ford, C. Raiciu, M. Handley, S. Barre, and J. Iyengar, "Architectural guidelines for multipath

- TCP development," IETF RFC 6182, Mar. 2011.
- [6] J. C. Lee and D. Kaspar, "PMIPv6 fast handover for PMIPv6 based on 802.11 networks," *Network Working Group* 2007. [Online]. Available: <http://tools.ietf.org/html/draft-lee-netlmm-fmip-00>
- [7] S. Lee, H. A. Latchman, and B. Park, "Efficient handover scheme of proxy mobile IPv6 in wireless local area networks," *Int. J. Multimedia Ubiquitous Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 1-18, 2010.
- [8] N. Y. Kwon, H. Kim, S. T. Oh, and H. Choo, "Fast handover scheme based on mobility management of head MAG in PMIPv6," in *Proc. ICCSA, Santander, Spain*, Jun. 20-23, 2011, pp. 181-192.
- [9] Hong, Yong-Geun, Han, Ky-Jun, Youn, Joo-Sang, "Logical Interface based HNP Change Scheme for Flow Mobility in PMIPv6 Domains," *The Korean Institute of Information and Commucation Engineering*, olume 16, Issue ,4, 2012, pp.677-685.
- [10] NS Project, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

저 자 소 개



윤 주 상
2001: 고려대학교
전기전자전파공학부 공학사.
2003: 고려대학교
전자공학과 공학석사
2008: 고려대학교
전자컴퓨터공학과 공학박사
현 재: 동의대학교
멀티미디어공학과 조교수
관심분야: 이동통신, 사물지능통신
Email : jsyoun@deu.ac.kr



최 훈
1994: 충북대학교
전자공학과 공학사
2003: 충북대학교
전자공학과 공학석사
2008: 충북대학교
전자공학과 공학박사
현 재: 동의대학교
전자공학과 부교수.
관심분야: 계측신호처리,
적응신호처리, 네트워크
Email: hchoi@deu.ac.kr



허 경 응
1994: 연세대학교
전자공학과 공학사
2003: 연세대학교
전자공학과 공학석사
2008: University of Florida
컴퓨터공학과 공학박사
현 재: 동의대학교
전자공학과 교수.
관심분야: 인공지능, 패턴인식,
로봇공학, 네트워크
Email: hgycap@deu.ac.kr