

---

# MIPv6에서 SCTP 기반 이동단말의 성능 분석

김광현\* · 조정호\*

Performance Analysis of Mobile node based on SCTP in MIPv6

Gwang-hyun Kim\* · Chung-ho Cho\*

---

이 연구는 2008년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음

---

## 요 약

최근 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)는 TCP/UDP 이후의 연결 지향적이며 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 차세대 전송 계층 프로토콜로 주목받고 있다. SCTP는 기존의 TCP에 기반을 두고 개발되었으며, TCP와 다른 특징으로는 멀티스트리밍과 멀티호밍의 기능을 갖고 있다. 본 논문에서는 SCTP가 TCP와 다른 특징들 중 멀티호밍이라는 특성을 이용하여 통신 성능에 미치는 영향을 연구하였다. 또한 MIPv6 환경에서 SCTP기반 응용서비스에 따른 성능을 비교 분석하고, SCTP와 TCP 프로토콜을 이용하여 패킷 지연시간을 평가하고 분석하였다. 성능분석 결과 SCTP가 TCP보다 패킷 전송률과 지연시간에 대해 성능이 우수함을 확인하였다.

## ABSTRACT

In recent years, SCTP is known as the next transport layer protocol for connection-oriented and reliable data transfer after TCP/UDP. The SCTP was developed on the basis of the existing TCP and was designed to eliminate defects of TCP. SCTP has the different characteristic of multi-streaming and multi-homing from TCP.

In this paper, we studied the defects of the performance of communication using the traits of multi-homing. And we evaluated the efficiency for each application services on the basis of SCTP of MIPv6. Also, we analysed the delay time of a packet using SCTP and TCP. We noticed that the efficiency of SCTP is better than that of TCP.

## 키워드

MIPv6, SCTP, 인터넷 프로토콜, 이동성 제공

## I. 서론

최근 네트워크 이용자가 느끼는 가치의 변화에 있어 가장 중요한 요인들은 멀티미디어 활용 경험의 증가, 보안 및 개인화의 요구 증대, 자유로운 이동성에 대한 욕구 등을 언급할 수 있다. 이러한 욕구의 변화로 인해 네트워

크는 각각의 서비스를 위한 개별 망에서 이용자의 다양한 통합 욕구를 실현시켜 주는 지능형 통합망의 형태로 발전할 것으로 전망된다. 이러한 변화에 적응하고 새로운 환경에서 수익을 창출하기 위한 대안으로 현재 분리된 유무선망을 All-IP 기반을 가진 하나의 망으로 통합한 차세대 네트워크의 필요성이 제시되고 있다. 이에 이용

자들은 유무선 구분이 점차 불명확해지고, 자신이 이용하는 편리한 단말을 통해 장소에 구애받지 않고 유무선 서비스를 활용하고자 하는 욕구가 최근 두드러지게 나타나고 있으며, 초고속인터넷 서비스 이용 초기에는 주로 검색과 정보 수집을 위한 트래픽 수준을 원했으나 점차 컴퓨터의 기능이 발전하고 다양한 서비스를 이용하게 되면서 더 많은 대역폭을 요구하고 있다. 또한 IP 기반 서비스를 이용하면서 서비스의 형태와 품질에 더 많은 관심을 보이고 있다.

이러한 All-IP 기반의 차세대 유무선 통합 망 구축을 위한 핵심기술로 Mobile IPv6(MIPv6)와 인터넷 실시간 멀티미디어 서비스에 적합한 전송 계층의 SCTP 프로토콜은 최근 주목받고 있는 기술 분야이다. Mobile IPv6(MIPv6)는 향후 All-IPv6 기반의 유무선 통합 망이 구축되어 사용될 것으로 예상하고 있으며, 이러한 통합 망에서의 이동 인터넷 서비스 도입을 위해 Mobile IPv6에 대한 세부 개발계획을 세워 추진하고 있다. 차세대 인터넷 사용자들을 위해서는 이동하면서 연속적으로 인터넷에 접속하고 통신할 수 있도록 지원하는 것이 필수적이다. 현재까지는 Mobile IP를 기점으로 다양한 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜들이 제안되고 있다.

기존 TCP 및 UDP 기반의 인터넷 프로토콜들이 기존의 통신망에서 제공되던 서비스들을 비롯해서 새로 개발되는 멀티미디어 스트리밍 서비스 제공에는 부적합하여 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)를 RFC2960으로 제정하였다[1,2]. 초기 SCTP 개발목적은 인터넷 망에서의 전화서비스 신호전달에 있었으나, 최근에는 범용 수송계층 프로토콜로써 모든 종류의 인터넷 응용서비스로 적용을 확대하고 있다. SCTP는 다중 인터페이스를 가진 멀티호밍을 지원하기 때문에 다중 인터페이스로 여러 단말들과 통신이 가능하며, 물리적인 링크 중복성을 통해 링크 장애에 쉽게 적응해 통신 중단이 발생하지 않게 하고 여러 링크로 부하를 분산함으로써 서비스 질을 향상시키는 등의 다양한 장점을 갖는다[7,8].

본 논문에서는 TCP와 달리 물리적인 링크 장애에 쉽게 극복할 수 있는 인터넷 표준 범용 전송 계층 프로토콜로 채택된 연결기반 전송 계층 프로토콜인 SCTP의 멀티호밍 특성을 이용하여 응용서비스와 전송속도에 따른 패킷 전송률과 TCP 프로토콜과의 패킷 지연시간 성능을 비교, 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 Mobile IPv6의 개요와 동작 방식을 정의한다. 다음으로 Mobile IPv6의 동향 및 응용 사례를 설명한다. 3장에서는 새로운 전송 계층의 SCTP 프로토콜의 개요와 TCP와는 다른 특징 및 기능을 살펴보고, SCTP의 동작 방식과 확장된 SCTP를 살펴본다. 4장에서는 실험 환경을 살펴보고 MIPv6에서 SCTP 기반 이동 단말의 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺도록 한다.

## II. Mobile IPv6 개요 및 연구 동향

### 2.1 Mobile IPv6 개요

Mobile IPv6는 이동 노드가 한 링크에서 다른 링크로 움직일 때 주소 변경 없이 통신이 가능한 네트워크 계층의 관리 방안으로 IETF mobileip WG(Working Group)에서 MIP(Mobile IP)의 제안으로 시작되어, 현재 MIPv6 WG에 의해 수행되었다[1,2,6,7,8].

Mobile IPv6는 IPv6에서 크게 수정된 프로토콜이 아니라 IPv6의 기능들을 그대로 이용하면서 이동성을 제공하고자 하기 때문에 Mobile IPv4보다 효과적으로 이동성을 지원할 수 있으며 탁월한 확장성을 지니고 있다. 즉, 이웃탐색(Neighbor Discovery) 기능과 주소 자동설정(Address auto-configuration) 기능을 이용하여 이동 단말이 이동하였을 때 자동으로 자신의 위치 정보를 구성할 수 있도록 하였으며, 자신의 변환 위치정보를 필요한 노드들에게 알릴 수 있도록 새로운 목적지 옵션(Destination option)을 추가함으로써, IPv4에서는 존재해야만 했던 일부 시그널 메시지와 에이전트를 제거하였다. 또한 경로 최적화를 위한 프로토콜이 기본 기능으로 제공되고 있다.

Mobile IPv6는 홈 에이전트(HA: Home Agent), 홈 네트워크(Home Network), CoA(Care of Address) 등의 Mobile IPv4의 기본 개념을 그대로 수용하고 있으나, Mobile IPv4에서 사용되던 외부 에이전트(FA: Foreign Agent)를 구축할 필요가 없다. 또한, 노드 이동 발견 메커니즘을 사용하여 이동 노드가 현재 위치에 있는 디플트 라우터와 통신할 수 있도록 양방향 확인이 가능하며, IPv4에서 보다 간단한 방법으로 이동성을 지원할 수 있다. [그림 1]은 Mobile IPv6의 기본 동작을 나타낸다[13,14].

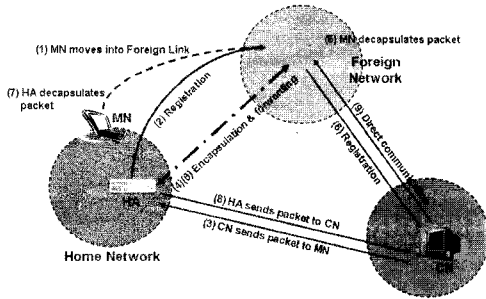


그림 1. Mobile IPv6의 기본 동작  
Fig. 1. Basic Procedure of Mobile IPv6

Mobile IPv6는 이동 단말(Mobile Node)이 홈 링크를 벗어나 다른 외부 링크에서 유효한 CoA를 기존의 IPv6의 자동 주소 할당 방식에 의해 할당 받으면서 시작된다. [그림 2]와 같이 이동 단말은 자신의 HoA(Home of Address)와 외부 링크에서 할당받은 CoA를 바인딩 시키기 위해 바인딩 갱신(Binding Update) 메시지를 보내고 바인딩 응답(Binding Acknowledgement) 메시지를 받는다. 이러한 등록과정을 마친 후 상대 단말(Correspondent Node)이 이동 단말의 HoA를 목적지로 하여 데이터를 전송하면 HA는 등록된 HoA와 CoA의 바인딩 정보를 바탕으로 그 데이터를 이동 단말에게 전달한다.

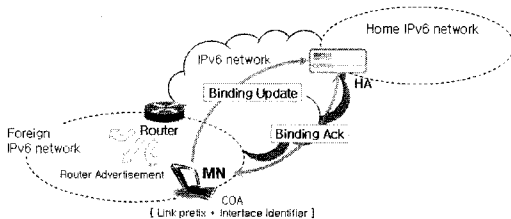


그림 2. Mobile IPv6에서 CoA 획득과 홈 등록과정  
Fig. 2. CoA Acquisition and Home Registration in Mobile IPv6

또한 이동 단말은 홈 에이전트(HA)를 경유하지 않고 상대 단말과 직접 통신하기 위하여 RR(Return Routability)이라는 신호 제어 메시지를 주고받는다. 이 RR과정을 통해서 상대 단말과 직접적인 통신가능 여부가 확인되고, 이때부터 이동 단말과 상대 단말 사이에 데이터를 직접 주고받을 수 있는 경로 최적화(Route Optimization)가 이루어진다[7,8]. [그림 3]은 Mobile IPv6의 기본 동작에 따른 메시지 흐름의 과정을 나타낸다.

이동 단말은 라우터가 RA(Router Advertisement)를 신속하게 발송할 수 있도록 요청하는 RS(Router Solicitation) 메시지를 보낸다. 즉, 각 단말의 인터페이스를 이용 가능한 상태로 설정하면 단말은 라우터에게 즉시 RA 메시지를 보내줄 것을 요청하게 된다. 라우터는 주기적으로 또는 RS 메시지에 대한 응답으로써 다양한 링크와 인터넷 매개변수를 가진 자신의 존재를 RA 메시지를 통해 광고한다. 만약 멀티캐스트가 가능한 링크라면, 각 라우터는 주기적으로 RA 패킷을 멀티캐스트 하여 자신이 이용 가능한 상태임을 알린다.

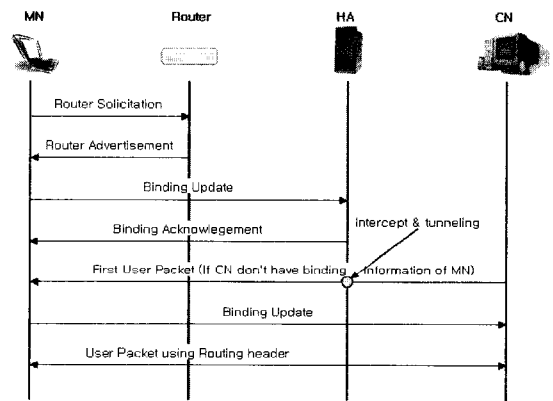


그림 3. Mobile IPv6 메시지 흐름  
Fig. 3. Mobile IPv6 Message Flow

이동 단말은 통신하는 상대 단말 또는 홈 에이전트에 현재의 자신의 CoA를 통보하기 위해서 바인딩 갱신 옵션을 사용한다. 단말은 CoA 주소를 등록하기 위해서 이동 단말의 홈 에이전트로 보내지는 바인딩 갱신을 홈 등록이라고 표시한다. 바인딩 갱신 옵션을 포함하는 모든 패킷은 악의적인 바인딩 갱신으로부터 보호하기 위해서 데이터 인증 메커니즘을 필요로 한다. 바인딩 갱신에서 승인을 요청하였다면 바인딩 갱신의 수신을 승인하기 위해서 바인딩 응답 옵션을 사용한다. 바인딩 확인 옵션을 포함하는 모든 패킷은 악의적인 바인딩 확인 응답으로부터 보호하기 위해서 데이터 인증 메커니즘을 필요로 한다. 이동 단말은 현재 바인딩을 포함하고 있는 바인딩 갱신이 상대 단말에게 보내지도록 이동 단말에게 요청하기 위해서 바인딩 요청(Binding Request) 옵션을 사용한다. 일반적으로 이동 단말에 사용되기 위해 저장되어 있는 바인딩을 새로 고치기 위해서 상대 단말에게

이 옵션을 사용한다. 즉, 저장된 바인딩이 활발하게 사용되고 있지만 바인딩의 사용 기간이 거의 종료된 경우에 사용되며, 바인딩 요청에 대해서는 인증이 필요하지 않다[7].

## 2.2 Mobile IPv6 연구 동향 및 응용사례

헬싱키 대학에서는 HUT(Helsinki University of Technology) S/W 개발 프로젝트의 일환으로 리눅스 기반의 Mobile IPv6인 MIPL(Mobile IPv6 for Linux)를 구현하였다[15]. 이 프로젝트의 목적은 리눅스 기반의 Mobile IPv6 프로토타입을 구현하는 것으로, IETF의 Mobile IPv6 기본스펙인 Mobility Support in IPv6(draft-ietf-mobileip-ipv6-14)와 부분적인 IPsec 프로토콜을 구현하여 IPv6를 사용하는 응용들이 상위계층에 대해 투명한 이동성을 가질 수 있도록 하였다. 이동 단말에서 상대 단말로 패킷을 터널링 하고자 할 때 사용되는 역터널링(Reverse Tunneling)도 구현되어 있지 않다. 에이전트는 홈 링크에 있는 이동 단말에게 여러 개의 유효한 주소를 지원해 줄 수 있어야 하지만 아직 구현되어 있지 않은 상태이다. MIPL은 현재 이러한 한계점들을 해결하기 위한 보완작업을 활발히 진행하고 있으며, 이후에는 빠른 핸드오프(fast handoff)에 대한 구현을 고려 중이다.

마이크로소프트는 LandMARC2000 프로젝트의 일환으로 Lancaster 대학의 연구진들과 함께 windows2000 기반의 Mobile IPv6를 개발하고 있다[16]. MSR IPv6 stack, version 1.4를 기반으로 개발하였으며, draft-ietf-mobileip-ipv6-12.txt에서 설명하고 있는 Mobile IPv6 기능을 추가하였다. windows2000 기반으로 구현된 MSR MIPv6 코드는 IETF에서 정의한 MN, CN, HA의 기능을 그대로 구현하였고, 이동 노드가 여러 개의 홈 주소를 가질 수 있도록 하였고, 하나의 이동단말이 여러 개의 홈 망에 하나 이상의 홈 에이전트를 가질 수 있도록 지원한다. 또한 MIPv6 configuration을 위해서 파워가 꺼진 동안에도 지워지지 않는 메모리를 지원해야 하는데, 홈 에이전트는 이러한 지워지지 않는 메모리가 필요하며, 파워가 꺼진 동안에도 이동 노드의 CoA를 기억할 수 있는 능력이 필요하다.

KAME 프로젝트는 일본의 일곱 개의 기업체가 연합하여 FreeBSD 기반의 IPv6/IPsec 스택을 개발하여 제공하려는 의도로 진행되고 있다[17]. KAME는 Ericsson의 mobile-ipv6 코드를 통합하여 IPv6 이동성을 제공한다.

통합을 시작하지 얼마 되지 않아 완전한 통합을 위해서는 좀 더 많은 시간이 필요할 것이다. Ericsson 코드는 draft-ietf-mobileip-ipv6-13 스펙에 따라 CN/MN/HA를 구현하였다. 여기에서 포함하고 있는 Mobile IPv6의 CN은 destination 옵션 헤더에 home address 옵션을 지원한다. 다른 Sub-option 들은 지원되지 않고 Dynamic Home Agent Address Discovery와 Home Subnet Renumbering도 지원되지 않으며 IPsec과의 연동도 앞으로 해결해야 할 숙제로 남아있다. 기타 연구동향으로는 싱가포르 국립대학에서는 IETF 드래프트인 draft-ietf-mobileip-ipv6-04 스펙을 기반으로 하여 Mobile IPv6를 구현하였으나 라우터 최적화와 보안 기능을 구현하지 않았다[18]. Carnegie Mellon 대학에서 수행하고 있는 Monarch 프로젝트는 IETF 드래프트인 draft-ietfmobileip-ipv6-03 스펙을 기반으로 하여 Mobile IPv6를 구현하였다. 패키지는 FreeBSD 환경에서 구현된 INRIA의 IPv6 스택에 대한 커널 패치 파일과, Mobile IPv6 데몬으로 구성되어 있다.

## III. 이동성 제공을 위한 SCTP 프로토콜

### 3.1 SCTP 프로토콜

최근 인터넷 실시간 멀티미디어 서비스의 다양한 요구에도 불구하고, 그 동안 인터넷에서의 전송 계층 프로토콜은 TCP 및 UDP로 제한되어 왔다. TCP 및 UDP 기반의 프로토콜은 멀티미디어 스트리밍 서비스 제공에 부적합하다.

SCTP는 UDP의 메시지 지향 특성과 TCP의 연결 지향 및 신뢰 전송 계층 특성을 조합한 프로토콜이다. 이 외에도 멀티 스트리밍(multi-streaming) 및 멀티호밍(multi-homing) 특성을 제공하고 있으며, 세션 초기화 및 종료 단계에서도 기존 TCP에서 문제점으로 지적되던 TCP-SYN 공격 문제 및 "half-open closing" 문제 등을 해결하고 있다. SCTP는 멀티 스트리밍 특성을 통해 하나의 세션에서 다양한 종류의 콘텐츠를 식별 및 전달할 수 있다. 또한 멀티호밍 특성을 통해 단말은 두 개 이상의 IP 주소를 한 세션에서 사용할 수 있으며, 이를 통해 경로 장애에 대한 복구 기능을 제공한다. 이러한 멀티호밍 특성을 기반으로 SCTP의 동적인 주소 관리 프로토콜을 이용하여 SCTP 연결에 매핑되는 종단의 IP 주소를 연결 진행 중 동적으로 바꿀 수 있도록 SCTP를 확장한 mSCTP

(mobile SCTP)를 이용하여 SCTP 이동 단말에 대한 핸드 오버 기능을 제공할 수 있다.

SCTP 패킷 혹은 PDU(Protocol Data Unit)는 하나의 헤더(header)와 여러 개의 Chunk로 구성되며, 각 Chunk는 제어 정보 혹은 응용데이터를 포함한다. SCTP 스트림(streams)에서 각 데이터는 순서적으로 전달되며, 멀티호밍 특성을 활용하여 망 장애에 대비한 복구 기능을 수행할 수 있다. [그림 4]는 SCTP의 패킷 구조이다.

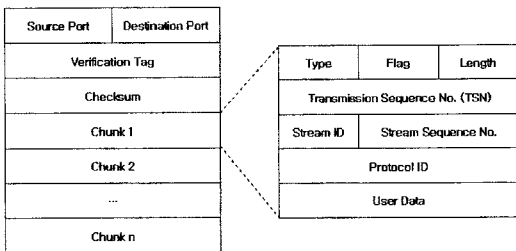


그림 4. SCTP 패킷 구조  
Fig. 4. SCTP Packet Structure

### 3.2 SCTP 특징과 응용 분야

SCTP는 기본적으로 검증 및 확인 메커니즘과 경로 선정 및 감시, 흐름 및 혼잡제어 등의 특징을 갖는다. SCTP는 TCP에 비해 멀티 스트리밍 및 멀티호밍 특성을 제공하며, 또한 세션 초기화, 데이터 전송 및 세션 종료에서도 TCP와 다른 특징을 제공한다.

SCTP의 멀티호밍 특성은 SCTP 세션이 여러 개의 IP 주소를 동시에 사용할 수 있도록 하며, 세션 도중 링크 장애가 발생하는 경우 대체 경로를 통해 세션이 유지되도록 한다. 세션 초기화 단계에서 각 SCTP 단말들은 가용한 IP 주소 목록을 교환하며 이 중에 우선 IP 주소를 선정한다. SCTP는 여러 개의 경로 중 하나를 선택하여 주 데이터 전송 경로로 사용하게 되는데 이 경로를 우선 경로라고 하며 나머지 다른 경로들은 대체 경로라고 한다. 상대방 SCTP는 우선 경로를 통해 우선 주소를 수신 주소로 하여 데이터를 전송하게 된다. SCTP 경로관리에 의해 우선 경로에 이상이 있다고 판단되는 경우, SCTP는 다른 대체 경로를 통해 데이터 전송을 계속한다. 대체 경로는 우선 경로에서 손실된 패킷을 재전송하기 위해 사용하거나 우선 경로에 문제가 생긴 경우 대체하는 백업용으로만 사용된다. 이때, SCTP는 대체 경로에 대하여 HEART BEAT Chunk를 이용하여 대체 경로가 사용

가능한지 주기적으로 모니터링 한다.

SCTP의 멀티 스트리밍 특성은 하나의 세션을 통해 여러 개의 스트림을 두어 다양한 종류의 응용데이터를 보낼 수 있도록 한다. 세션 초기화 단계에서 송신자는 자신이 전송할 스트림의 개수를 수신자에게 통보하고, 전송 단계에서 각 스트림별로 독립적인 순서화 기능이 제공된다. 또한 각자 스트림마다 전송에 대해 책임을 가지고 있기 때문에 SCTP는 데이터 복구 및 재전송 과정 또는 스트림 ID 별로 수행되어 기존에 TCP에서 제시되었던 HOL(Head-of-Line) 블로킹 문제를 해결한다. 데이터 전송 시 어느 한 스트림에서 패킷 손실이 발행하여 전송이 지연되더라도 다른 스트림으로 전송이 이루어질 수 있기 때문에 전송 지연 없이 빠른 전송이 가능하다. 경로 선정 및 감시의 특징은 각 사용자는 하나의 SCTP 세션에 여러 IP 주소를 사용할 수 있으며, 세션 중에는 우선 주소가 지정되어 데이터 전송에 사용되며, 나머지 대체 주소는 재전송 혹은 우선 주소를 사용할 수 없는 경우에 사용된다. 이를 위해, SCTP는 주기적으로 가용 IP 주소의 연결 상태를 검사하여 상태 정보를 기록한다. SCTP 흐름제어는 세션 별로 수행되는 반면, 혼잡제어는 전송 경로 별로 수행된다. 흐름제어를 위해 각 SCTP 단말은 TCP처럼 수신 윈도우를 송신자에게 알려주며, 혼잡제어를 위해 혼잡 윈도우 크기를 적절히 조절한다. 이러한 윈도우는 송신자가 ACK 없이 보낼 수 있는 데이터 양에 제한을 주게 된다. [그림 5]는 SCTP의 멀티 스트리밍을 나타내고 있으며 단말 간에 여러 개의 스트림을 통해 다양한 종류의 데이터를 전송하는 과정이다[10].

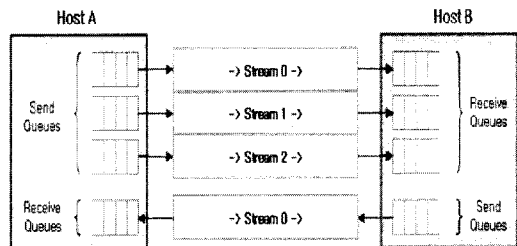


그림 5. SCTP의 멀티 스트리밍  
Fig. 5. Multi Streaming of SCTP

최근 SCTP와 이를 최대한 효율적으로 ALL-IP Wireless Network에 적용하기 위해 학계와 산업계에서 관심을 가지고 있다. 현재 SCTP 적용은 주로 시그널링

게이트웨이간 데이터 전송, AAA 서버간 데이터 전송, SIP 서버간 데이터 전송에 사용되고 있으며, 극히 일부 연구그룹으로부터 SCTP의 적용방안과 보완에 대한 제의가 나오고 있다[9]. Sun Microsystems 연구소에서는 4세대 무선 네트워크로 알려진 IP 기반 무선 통신 시스템 기술을 구축하고 있으며 이를 위한 프로토콜로 SCTP를 사용하고자 하고 있으며 초기 버전의 SCTP를 개발한 상태이다. SoftNetworks에서는 SCTP를 기반으로 하여 무선 환경에서 효율적으로 동작하는 Voice over Mobile IP(VoMIP)를 개발하여 소개하고 있다. 미 육군연구소에서는 SCTP를 육군 네트워크에 적용하는 것이 가능한지를 판단하기 위해 델라웨어대학, 메릴랜드대학, Telcodia, 모토롤라, BBN Technologies 등 17개 대학 및 산업체 컨소시엄을 구성해 본격적으로 연구를 시작하였다. 이처럼 SCTP 관련 분야는 세계적으로 아직 개발 초기단계이지만 향후 멀티미디어 신뢰전송을 요구하는 신규 응용서비스와 mSCTP 핸드오버 등의 이동성 기능을 활용하는 이동통신 단말기의 보급 등 이동통신 단말기 제조업체 및 서비스사업자들이 눈여겨 볼만한 기술로 전망된다[10].

### 3.3 SCTP 동작 과정과 이동성 지원

SCTP는 초기화 과정에서 TCP의 3-way 방식과 달리, 4-way 방식 절차를 사용한다. 이러한 4단계 초기화 절차는 외부의 DoS 공격을 방어하는 경우 적합하다. 또한 Verification tag와 Cookie 값을 사용하여 TCP SYN 공격을 방지한다. SCTP의 데이터 전송 단계에서는 각 데이터 Chunk에게 TSN(Transmission Sequence Number) 및 SSN(Stream Sequence Number) 값이 부여된다. TSN은 세션에 대한 흐름제어 및 오류복구를 위해 사용되며, SSN은 수신단 SCTP에서 스트림별 순서화를 위해 사용된다.

SCTP 프로토콜은 범용 전송 계층 프로토콜로써 사용되기 위해 추가 기능 확장 작업이 계속될 것으로 전망된다. 현재 진행되고 있는 주요 기능 확장 작업으로는 부분 신뢰성 제공 기능 및 동적 IP 주소 구성 등이 있다. 실시간 응용을 위한 PR-SCTP와 이동 단말의 이동성 제공을 위한 Mobile SCTP가 있다. SCTP 기본 규격에서는 세션에 사용되는 IP 주소를 세션 초기화 단계에서만 지정하도록 되어 있었으나, 동적 주소 재구성 규격에서는 세션 진행 중에 IP 주소를 세션에 등록하거나 삭제하는 기능을 제공한다. 또한 세션 도중에 우선 IP 주소를 변경하는

기능도 정의하고 있다[11]. 이러한 기능은 이동 단말이 세션 도중에 다른 IP 망으로 이전하게 되는 경우, Seamless Handover 기능 지원을 위해 필수적으로 요구되는 사항이다. 특히 기존 Mobile IP의 경우 핸드오버 기능이 취약하였으나 SCTP를 통해 핸드오버 기능이 상당히 개선될 것으로 전망된다. 한편 완전한 IP 이동성 지원을 위해서는 핸드오버와 함께 IP 단말에 대한 위치관리 기능이 제공되어야 하며, 이를 위해 Mobile IP의 위치등록 기능이 함께 사용될 수 있을 것으로 전망된다. [그림 6]은 ADDIP와 DELETEIP를 이용하여 주소를 재구성한 것으로, mSCTP의 동작과정을 나타낸 것이다[11].

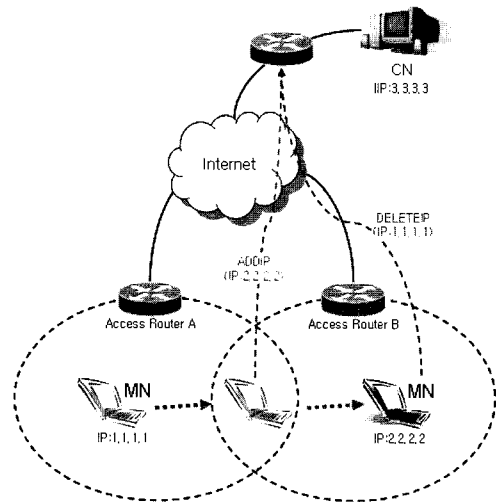


그림 6. mSCTP의 동작 과정  
Fig. 6. Action Procedure of mSCTP

이동 단말(MN)이 액세스 라우터 A(Access Router A)에서 액세스 라우터 B로 이동하는 경우 이동 단말은 액세스 라우터 B가 담당하는 서브 네트워크에서의 IP 주소를 획득하면, 상대 단말(CN)에게 ADDIP ASCONF Chunk를 전송하여 새로 획득한 주소를 알린다. 상대 단말은 이를 받으면 해당 SCTP 어소시에이션에 이를 추가한다. 그리고 이동 단말은 액세스 라우터 A의 전송 범위를 완전히 벗어나면 액세스 라우터 A가 담당하는 서브 네트워크에서의 IP 주소를 상대 단말이 유지하는 어소시에이션의 종단점 주소 매핑에서 제외시키기 위해 DELETEIP ASCONF Chunk를 상대 단말에 전송한다. 상대 단말은 이를 받으면 서브 네트워크 A에서의 IP 주소

를 해당 SCTP 어소시에이션 주소 리스트에서 삭제하고, 해당 SCTP 어소시에이션의 우선 경로를 새로운 서버 네트워크에서의 IP 주소로 변경한다.

#### IV. MIPv6에서 SCTP 기반 이동 단말의 성능 분석

##### 4.1 실험 환경

본 논문의 실험 환경은 일반적인 네트워크 실험 환경에서 많이 사용되고 있는 네트워크 시뮬레이터 NS-2 (Network Simulator-2)를 사용하였다[12]. TCP는 전송 계층의 SCTP와 같은 연결형 신뢰성을 제공하는 대표적인 프로토콜이기 때문에 성능 비교를 위한 프로토콜로 선택하였다. [그림 7]과 [그림 8]은 실험 환경을 위해 구축한 실제 구현 네트워크이다.

[그림 7]은 SCTP의 멀티호밍 특성을 실험하기 위해 구현한 것으로 이동 단말은 상대 단말을 IPv6에서 SCTP의 멀티호밍 특성을 이용하여 100Mbps의 대역폭과 10ms의 전송 지연 시간을 기본으로 설정하였다. [그림 8]은 IPv6에서 전송 계층의 TCP 프로토콜의 성능을 비교하기 위해 구현한 것으로 패킷 전송률과 패킷 지연 시간을 분석하기 위해 설계하였다. 이동 단말과 상대 단말 간의 대역폭은 100Mbps를 가지며 전송 지연 시간을 10ms로 설정하였다.

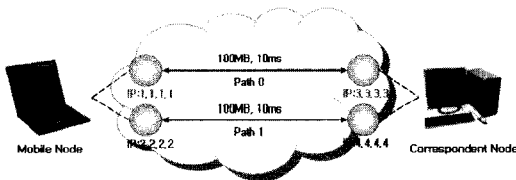


그림 7. SCTP 시뮬레이션 네트워크 토폴로지  
Fig. 7. SCTP Simulation Network Topology

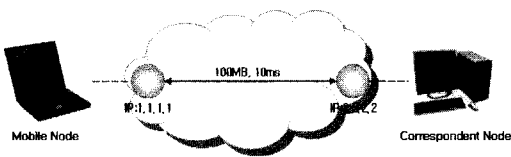


그림 8. TCP 시뮬레이션 네트워크 토폴로지  
Fig. 8. TCP Simulation Network Topology

이동 단말과 상대 단말은 동일한 대역폭 및 지연 시간을 가지는 Prefix A::와 Prefix B::를 가진 두 개의 경로 Path0과 Path1을 통해 연결되어 있다. 각 송수신 노드에는 SCTP 또는 TCP 에이전트가 탑재되어 있으며, TCP 송신측은 Path0을 통해 TCP 수신측에 데이터를 전송한다고 가정하였다. SCTP 송신측은 멀티호밍 특성을 실험하는 경우 Path0을 우선 경로로 설정하고 Path1을 대체 경로로써 재전송을 위해 사용한다고 가정하였다. TCP 혹은 SCTP의 송신측은 패킷 크기를 500Byte로 고정하여 전송하였으며, SCTP인 경우에 연결이 하나의 스트림으로 구성되었다고 가정하였다.

[그림 8]과 [그림 9]의 가정 하에 응용 서비스와 전송 속도에 따라 객관적인 수치로 변화시켜 보면서 패킷 전송률을 측정하였다. 파일 전송 시간은 송신측 SCTP에서 파일을 전송하기 시작하는 시간부터 수신측에 도착하기까지의 시간을 나타낸다.

##### 4.2 성능 평가

###### 4.2.1 응용서비스에 따른 SCTP와 TCP의 성능 비교

SCTP 프로토콜의 멀티호밍 특성과 TCP 프로토콜을 이용한 응용서비스의 성능 평가를 위해 FTP와 Telnet의 대역폭과 전송 지연 시간을 각각 100Mbps와 10ms로 동일하게 설정하여 시뮬레이션 하였다. [그림 7]과 같이 SCTP는 멀티호밍 기법을 이용하여 Prefix A::의 Path0을 우선 경로로 사용하고, 5초 후에 대체 경로 Prefix B::의 Path1을 우선 경로로 재설정하여 재전송하였다. [그림 9]은 응용서비스 FTP에 대한 SCTP와 TCP의 패킷 전송률을 비교한 그림이다. 시뮬레이션 결과 SCTP의 멀티호밍 기법을 이용한 경우 TCP 프로토콜을 이용한 경우보다 우수한 전송률을 보였다. 처음에는 거의 비슷한 전송률을 보이지만 시간의 흐름에 따라 TCP보다 약 2배에 가까운 전송률을 보인다. 그럼으로 나타내진 않았으나 Telnet의 경우 데이터 전송을 목적으로 하는 응용서비스가 아니기 때문에 패킷 전송률이 FTP에 비해 매우 낮으며, 시간의 흐름에 따라 패킷 전송률이 0.2-0.4 정도의 변화가 있음을 확인하였다. 또한 SCTP 프로토콜의 멀티호밍 기법을 이용한 경우가 TCP 프로토콜을 이용한 경우보다 전송률이 조금 우수하나 거의 차이가 없음을 확인하였다.

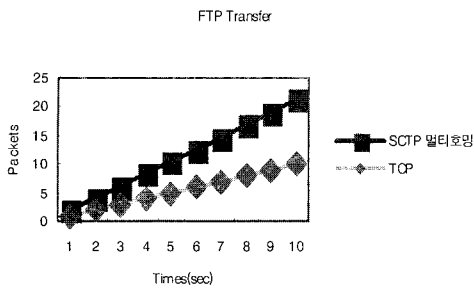


그림 9. 응용서비스 FTP에 대한 SCTP와 TCP의 패킷 전송률  
Fig. 9. Packet Transfer Rate of SCTP and TCP for FTP Application

4.2.2 SCTP 멀티호밍 특성을 이용한 성능 분석

이번 실험은 SCTP 멀티호밍 특성을 이용하여 전송 속도에 따른 성능 평가와 링크 절단 횟수에 따른 성능 평가 및 분석이다.

첫 번째 실험은 SCTP 프로토콜의 멀티호밍 특성에 따라 FTP 응용서비스를 사용하여 전송 지연을 각각 10ms, 50ms, 100ms로 설정하고 대역폭을 100Mbps로 동일하게 설정하여 시뮬레이션 하였다. SCTP는 멀티호밍 기법을 이용하여 Prefix A::의 path0을 우선 경로로 사용하고, 5초 후에 대체 경로 Prefix B::의 Path1을 우선 경로로 재설정하여 재전송하였다. [그림 10]는 SCTP 멀티호밍 특성을 이용한 전송 지연에 따른 패킷 전송률 성능을 비교한 것이다.

시뮬레이션 결과 동일한 대역폭을 가진 이동 노드가 각각 10ms, 50ms, 100ms로 이동할 경우 10ms로 전송할 때 패킷 전송률이 매우 좋은 성능을 보인 것을 확인할 수 있다. 이는 이동 노드가 50ms와 100ms의 빠른 속도로 이동할 경우 패킷 손실로 인해 패킷 전송률이 낮은 것을 확인하였다. 두 번째 실험은 SCTP 프로토콜의 멀티호밍 특성에 따라 FTP 응용서비스를 사용하여 대역폭 100Mbps와 전송 지연 10ms로 설정하고, 링크 절단 횟수를 1회, 2회, 3회로 설정하여 시뮬레이션 하였다. SCTP는 멀티호밍 기법을 이용하여 Prefix A::의 Path0을 우선 경로로 사용하고, 5초 후에 대체 경로 Prefix B::의 Path1을 우선 경로로 재설정하여 재전송하였다.

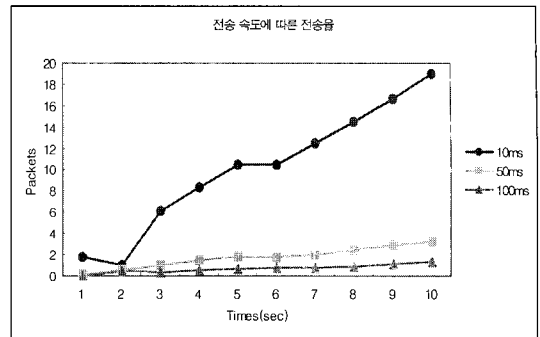


그림 10. SCTP 멀티호밍 특성을 이용한 전송 지연에 따른 패킷 전송률  
Fig. 10. Packet Transfer Rate for Transfer Delay using SCTP Multi-homing

[그림 11]는 SCTP 멀티호밍 특성을 이용한 링크 절단 횟수에 따른 패킷 전송률 성능을 비교한 것이다.

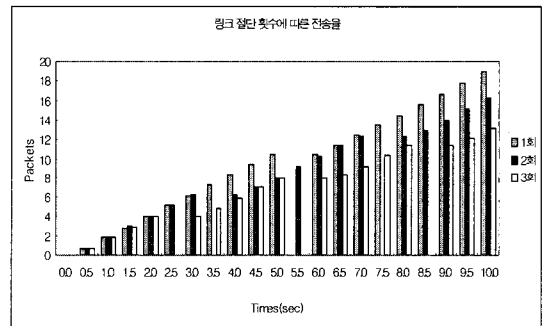


그림 11. SCTP 멀티호밍 특성을 이용한 링크 절단 횟수에 따른 패킷 전송률  
Fig. 11. Packet Transfer Rate for Link Termination Number using SCTP Multi-homing

시뮬레이션에서 링크 절단을 1회로 설정한 경우는 5초에 Prefix A::의 우선 경로 path0을 중단시키고 Prefix B::의 대체경로 path1을 설정하여 수행하였다. 링크 절단을 2회로 설정한 경우는 3초와 7초에, 링크 절단을 3회로 설정한 경우는 각각 2초, 5초, 8초에 우선 경로와 대체 경로를 번갈아가며 수행하도록 시뮬레이션 하였다. 그 결과 링크 절단이 발생하면 우선 경로가 대체 경로로 변경될 때 재설정 지연시간으로 인하여 링크 절단이 1회 발생했을 경우가 2, 3회 발생했을 때보다 패킷 전송률이 우수한 것을 볼 수 있다. 링크 절단을 2회로 설정한 경우



3.5초와 7.5초에 경로 재설정을 위한 시간 지연으로 인해 패킷이 전달되지 못하였으며, 1회로 설정한 경우는 5.5초에, 3회로 설정한 경우는 2.4초와 5.5초, 8.5초에 패킷 전달이 이루어지지 못하였다.

#### 4.2.3 SCTP와 TCP의 패킷 지연시간 분석

이번 실험은 SCTP와 TCP 프로토콜을 이용한 데이터 전송 시 패킷 지연시간을 평가하기 위하여 대역폭을 100Mbps, 전송 지연 시간을 10ms로 설정하여 시뮬레이션 하였다. SCTP는 멀티호밍 기법을 이용하여 Prefix A::의 Path0을 우선 경로로 사용하고, 5초 후에 대체 경로 Prefix B::의 Path1을 우선 경로로 재설정하여 재전송하였다. TCP는 링크 절단 없이 하나의 경로만을 사용하였다. [그림 12]은 SCTP와 TCP의 패킷 지연 시간 성능을 추적하여 나타낸 것이다.

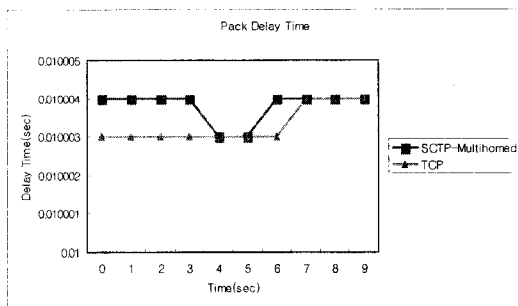


그림 12. SCTP와 TCP의 패킷 지연시간  
Fig. 12. Packet Delay Time of SCTP and TCP

TCP의 3단계 초기화 과정과 달리 SCTP는 4단계 초기화 과정을 수행한다. SCTP는 종료 시 3개의 메시지를 사용하는데, half close 방식을 사용하지 않기 때문에 송신자와 수신자가 동시에 종료 상태가 된다. TCP의 SYN 플러딩 공격을 방지하기 위하여 Cookie 메커니즘을 사용한다. 세션 초기화 설정 시 INIT 메시지를 통해 익명의 가장 공격으로부터 보호한다. SCTP는 4단계에 걸친 초기화 과정으로 패킷 지연시간이 초반에는 TCP에 비해 길지만, 세션 설정이 끝나면 TCP와 같은 패킷 지연시간을 갖는다. 5초 후 링크 절단이 발생하면 대체 경로로 링크를 재설정함으로써 패킷 지연시간이 TCP보다는 길어지다 설정이 완료되면 다시 TCP와 같은 패킷 지연시간을 갖게 된다. 시뮬레이션 결과 SCTP의 패킷 지연시

간에 대한 성능이 TCP 보다 뛰어나게 우수하지는 않지만 TCP보다 떨어지는 것은 아니며, TCP에 비해 SYN 플러딩 공격을 방지할 수 있다는 장점을 갖는다.

## V. 결론

현재 IPv6로의 진입이 가시화되면서 IPv6 멀티호밍 문제가 가장 중요한 문제로 대두될 것이다. 이에 발맞추어 SCTP의 멀티호밍에 관한 연구도 활발해지고 표준도 수립될 것으로 예상된다.

본 논문에서는 SCTP의 멀티호밍 기법과 TCP의 성능을 분석하였다. 본 논문에서 SCTP와 TCP 프로토콜의 성능을 평가 및 분석한 결과 SCTP는 여러 인터페이스 중 우선 경로를 통한 데이터 전송 시 장애가 발생할 경우 대체 경로를 설정하여 데이터를 재전송하기 때문에 패킷 전송 지연시간이 하나의 인터페이스를 가진 TCP에 비해 짧으며, 패킷 전송률 또한 TCP보다 높은 성능을 보였다. 이처럼 SCTP는 물리적인 링크 중복성을 통해 링크 장애에 쉽게 적응해 통신 중단이 발생하지 않게 하고 여러 링크로 부하를 분산함으로써 서비스 질을 향상시키는 것을 확인하였다. 향후 연구로는 SCTP의 확장된 mSCTP를 이용하여 이동 단말이 홈 네트워크에서 외부 네트워크로 이동 시 핸드오버 지연 시간의 성능 평가가 필요하며, 지연 시간을 최소화하는 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC3775, June 2004.
- [2] E. Nordmark, R. Gilligan, "Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers", IETF RFC4213, October 2005.
- [3] Stewart R., et al., "Stream Control Transmission Protocol", IETF RFC 2960, October 2000.
- [4] Jungmaier A., et al., "Transport Layer Security over SCTP", IETF RFC 3436, December 2002.
- [5] Stewart, R., et al., "SCTP Dynamic Address Reconfiguration", IETF Internet Draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-05.txt, May 2002.

[ 6 ] Koh S. J., et al., "SCTP with Mobile IP for IP Mobility Support", IETF Internet Draft, draft-sjkoh-mobile-sctp-mobileip-00.txt, February 2003.

[ 7 ] 이경진, 이승윤, 김용진, "Mobile IPv6 개발 동향", IPv6 포럼 코리아 기술문서, 2001.

[ 8 ] 유준석, 나재훈, 손승원, "Mobile IPv6 표준화 및 기술 동향", ITFIND 주간기술동향, 2004.

[ 9 ] 고석주, "SCTP 표준기술 동향", <http://protocol.knu.ac.kr/tech/CPL-TR-04-02.pdf>, 2004.

[10] "SCTP 표준기술 분석 및 전망", ETRI 전자통신동향 분석, 제18권 제3호, 2003.

[11] 장문정, 이미정, 고석주, "mSCTP를 이용한 종단간 이동성 지원 방안", 한국정보과학회 논문지, 제31권 제4호, 2004.

[12] 배성수, 한중수, "네트워크 시뮬레이터(NS-2 기초와 활용)", 도서출판 세화

[13] IETF, <http://www.ietf.org>

[14] IPv6포럼 코리아, <http://www.ipv6.or.kr>

[15] MIPL Mobile IPv6, <http://www.mipl.mediapoli.com/>

[16] <http://research.microsoft.com/programs/europe/projects/MIPv6.asp>

[17] KAME Project, <http://www.kame.net/>

[18] Mobile IP at NUS, <http://mip.ee.nus.edu.sg/>

저자소개

김광현(Gwang-hyun Kim)



1989년 2월 광운대학교 전자계산과 학사

1991년 2월 광운대학교 전자계산학과 석사

1997년 2월 광운대학교 전산학과 박사

2001년 8월 ~ 2002년 7월

Pennsylvania State Univ. Post-Doc

1997년 3월 ~ 현재 광주대학교 정보통신학과 부교수

※관심분야: 차세대인터넷, 인터넷 QoS, 네트워크 관리, 센서네트워크

조정호(Chung-ho Cho)



1984년 2월 전남대학교 계산통계학과 학사

1987년 2월 전남대학교 전산통계학과 석사

1996년 8월 전남대학교 전산학과 박사

1988년 2월 ~ 1997년 2월 한국전자통신연구소 이동통신기술연구부 선임연구원

2005년 7월 ~ 2006년 7월 Univ. of Arizona, 방문교수

1997년 3월 ~ 현재 광주대학교 정보통신학과 부교수

※관심분야: 이동컴퓨팅, 무선PAN 네트워크 QoS, 그래프이론