

mSCTP를 이용한 종단간 이동성 지원 방안

(An End-to-End Mobility Support Mechanism based on mSCTP)

장문정[†] 이미정^{**} 고석주^{***}

(MoonJeong Chang) (MeeJeong Lee) (SeokJoo Koh)

요약 최근 트랜스포트 계층에서 이동성을 지원하기 위한 방안으로 mSCTP가 제안되었다. mSCTP는 SCTP의 멀티호밍 특성을 기반으로 하며, 노드의 이동성을 지원하기 위해 SCTP 커넥션의 종단점에 매핑되는 IP 주소를 동적으로 추가·삭제하는 기능을 이용한다. 본 논문에서는 mSCTP의 성능 향상을 위해 2계층 정보를 이용하여 새로운 IP 주소를 추가하거나 이전 IP 주소를 삭제하는 시점을 결정하는 방안과 이동 노드에서 데이터 전송 경로 변경을 결정하는 방안을 제안하였다 또한, 새로운 데이터 경로를 획득하는 시간이 길어지는 경우 핸드오버 지연을 줄이기 위한 방안을 제안하였다 시뮬레이션을 통하여 제안하는 방안이 네트워크 계층의 이동성 지원과 대등한 성능을 보임을 확인하였고 이동 노드의 속도가 빠를 때는 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안보다 더 나은 성능을 제공할 수 있었다

키워드 : 트랜스포트 계층, 이동성, mSCTP, SCTP

Abstract Recently, mSCTP (Mobile SCTP) has been proposed as a transport layer approach for supporting mobility. mSCTP is based on the 'multi-homing' feature of Stream Control Transmission Protocol(SCTP), and utilize the functions to dynamically add or delete IP addresses of end points to or from the existing connection in order to support mobility. In this paper, we propose a mechanism to determine when to add or delete an IP address, utilizing the link layer radio signal strength information in order to enhance the performance of mSCTP. We also propose a mechanism for a mobile node to initiate the change of data delivery path based on link layer radio signal strength information. In addition, if it takes long time to acquire new data path, we propose an approach for reducing handover latency. The simulation results show that the performance of proposed transport layer mobility support mechanism is competitive compared to the traditional network layer mobility supporting approach. Especially, when the moving speed of mobile node is fast, it shows better performance than the traditional network layer approaches.

Key words : transport layer, mobility, mSCTP, SCTP

1. 서론

차세대 인터넷 사용자들을 위해서는 이동하면서 연속적으로 인터넷에 접속하고 통신할 수 있도록 지원하는 것이 필수적이다. 현재까지 Mobile IP[1]를 기점으로 다양한 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜들이 제안되어 왔다. 네트워크 계층에서 이동성을 지원하면 트랜스포트 계층에서 사용자의 이동을 인식하지 않고

세션을 계속 진행할 수 있지만, 네트워크에 이동성 지원을 위한 특별한 엔터티를 두어야 하고 이로 인해 터널링이나 삼각라우팅 등의 오버헤드 및 비효율성이 발생한다[1-6]. 그런데 최근에는 이와 같은 네트워크 계층에서의 이동성 지원과는 전혀 다른 접근 방식으로서 Migrate TCP[7]와 같이 TCP에서 이동성을 지원하는 방안과 SCTP(Stream Control Transmission Protocol) [8]나 DCCP(Datagram Congestion Control Protocol) [9]와 같이 새로운 트랜스포트 계층 프로토콜에서 이동성을 지원하는 방안이 언급되고 있다[10]. 현재까지, 트랜스포트 계층에서의 연구는 네트워크 계층에서 이동성을 지원할 경우, 트랜스포트 계층에서의 성능을 향상시키기 위한 방안들이 대부분이며, 트랜스포트 계층 자체

[†] 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과
mjchang@ewha.ac.kr

^{**} 정 회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수
lmj@ewha.ac.kr

^{***} 비 회원 : 경북대학교 컴퓨터학과 교수
sjkoh@cs.knu.ac.kr

논문접수 : 2003년 11월 19일

심사완료 : 2004년 3월 19일

에서 이동성을 지원하는 방안에 대한 연구는 Migrate TCP를 제외하고는 없다. 이처럼 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원은 코어 네트워크에 홈 에이전트나 외부 에이전트와 같은 특별한 엔티티들의 추가를 요구하지 않기 때문에 디플로이가 상대적으로 용이하며 종단간 이동성을 지원할 수 있기 때문에 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안에서 발생하는 터널링 오버헤드나 비효율적인 라우팅 문제를 해결한다.

그런데 TCP를 이용하여 이동성을 지원하는 방안인 Migrate TCP의 경우, 핸드오버 지연시간이 Mobile IP에서 경험하는 핸드오버 지연시간과 유사하거나 혹은 더 길다[11]. Migrate TCP에서의 핸드오버 지연시간은 DNS 갱신에 필요한 시간과 TCP 연결을 이주하는데 걸리는 시간이며, 이 시간들은 환경에 따라 상당히 길어질 수 있기 때문이다. 또한 Migrate TCP는 TCP를 기반으로 하기 때문에 동시에 여러 개의 액세스 포인트들을 가질 수 없으며, 핸드오버 시간이 길어지는 경우 TCP 연결이 끊어지는 한계를 가진다. 따라서 트랜스포트 계층에서 완전한 이동성을 지원하기 위해서는 동시에 여러 개의 액세스 포인트들을 가질 수 있어야 하고 이러한 특성을 가진 트랜스포트 계층 프로토콜로는 현재 SCTP가 유일하다.

SCTP의 경우, 이동성 지원을 위한 확장 방안으로 mSCTP(mobile Stream Control Transmission Protocol)[11,12]가 제안되었다. mSCTP는 SCTP 커넥션의 한 종단점인 이동 노드가 이동함에 따라 그 IP 주소가 변경될 때, 동적으로 IP 주소를 추가·삭제함으로써 세션 진행 중에 그 커넥션에 매핑되는 종단점의 IP 주소를 동적으로 변경한다. 따라서 Mobile IP에서와 같은 홈/외부 에이전트 없이도 점대점 방식에 의해 이동체간 새로운 위치로 데이터가 전송되도록 한다. 그러나 현재 mSCTP의 연구는 아주 초보적인 연구단계로, mSCTP 명세에서는 세션 이동성을 지원하는 ADDIP와 DELETEIP 기능을 이용하기 위한 기본적인 요구사항과 제안들만 기술하고 있다. 즉 새로운 IP 주소를 추가하는 시점과 이전 IP 주소를 삭제하는 시점을 구체적으로 정의하지 않았고, 핸드오버 시에 CN(Correspondent Node)에서 데이터 전송 목적지를 변경하여야 하는데 언제 어떠한 기준에 의해 이를 변경할 것인지에 대하여 구체적으로 정의하지 않았다[11,12]. 이와 같은 문제들이 정의되지 않고서는 현재 mSCTP는 이동성을 지원할 수 없다. 예를 들어, 데이터 전송 경로를 언제 변경하고 어떻게 선택하는지에 대한 적당한 메커니즘을 정의하지 않는다면, 핸드오버 동안 진동 문제가 발생하여 심각한 성능 저하를 초래한다. 이에 본 논문에서는 이동 노드가 2계층 전파세기 정보를 이용하여 새로운 IP 주소를 추

가하는 시점과 이전 IP 주소를 삭제하는 시점 및 데이터 전송 경로를 변경하는 시점을 결정하고 새로운 데이터 전송 경로를 선택하도록 하는 방안을 제안하였다. 또한 mSCTP는 트랜스포트 계층 프로토콜이므로 핸드오버 시 2계층 핸드오버 혹은 새로운 IP 주소 획득 등에 소요되는 지연이 길어지는 경우 트랜스포트 계층에서 이동을 감지할 수 있다는 점을 이용하여 성능 저하를 최소화할 수 있는 방안을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 mSCTP에 대해 살펴보고 3장에서는 제안하는 방안의 동작방식에 대해서 자세히 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 그 성능을 비교·분석하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. mSCTP(mobile Stream Control Transmission Protocol)

mSCTP는 IETF(Internet Engineering Task Force)의 SIGTRAN(Signaling Transport) 워킹 그룹에서 제안한 SCTP를 기반으로 한다. SCTP는 원래 시그널 전송을 위한 트랜스포트 계층 프로토콜로 제안되었으나 다양한 응용의 성능 향상에 도움을 줄 수 있다고 판단되어, 현재는 UDP, TCP와 함께 IP 네트워크를 위한 범용 트랜스포트 계층 표준 프로토콜로 지정되었다[13]. SCTP는 TCP와 마찬가지로 연결기반의 트랜스포트 프로토콜로써 두 엔드 포인트는 통신하기 위해 커넥션을 설립하는데 이 커넥션을 어소시에이션(association)이라 부른다. SCTP의 오류 및 플로우 제어 방식 등은 TCP를 거의 그대로 따르고 있다. SCTP 패킷 혹은 PDU(Protocol Data Unit)는 그림 1과 같이 하나의 헤더(header)와 여러 개의 청크(chunks)로 구성되며, 각 청크는 제어 정보 혹은 응용 데이터를 포함한다.

‘멀티호밍(Multi-homing)’ 지원은 SCTP의 대표적인 특징 가운데 하나다. 멀티호밍은 그림 2와 같이 하나의 노드에 여러 개의 IP 주소가 지정되는 것을 허용하는 것으로 SCTP에서는 이들 여러 주소를 가운데 하나의 주소만 데이터를 주고받는데 사용하며 이 주소에 해당하는 전송 경로를 ‘우선 경로’라고 부른다. 즉 SCTP는 멀티호밍을 지원하지만 데이터는 오직 하나의 우선 경로를 통해서만 전송하고, 그 이외의 경로들은 패킷 재전송과 백업의 목적으로만 사용한다. 우선 경로에서 패킷 손실이 발생한 경우 SCTP는 이를 대체 경로로 재전송하며 우선 경로에서 연속적으로 발생한 재전송 횟수가 임계치보다 커지는 경우에는 송신측에서 해당 SCTP 어소시에이션에 속해 있는 목적지 주소 리스트들 중에서 무작위로 새로운 우선 경로를 위한 주소를 선택한다.

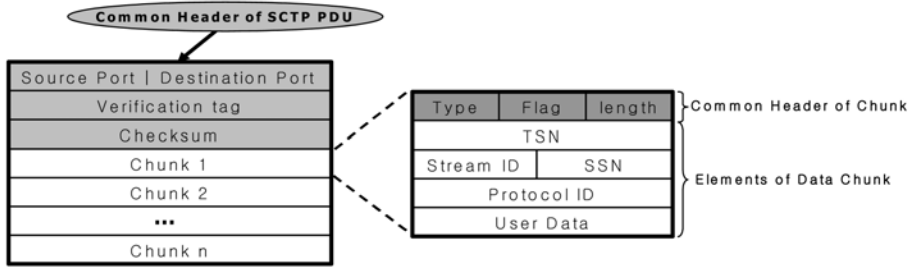


그림 1 SCTP packet format

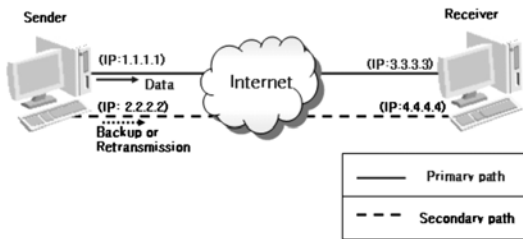


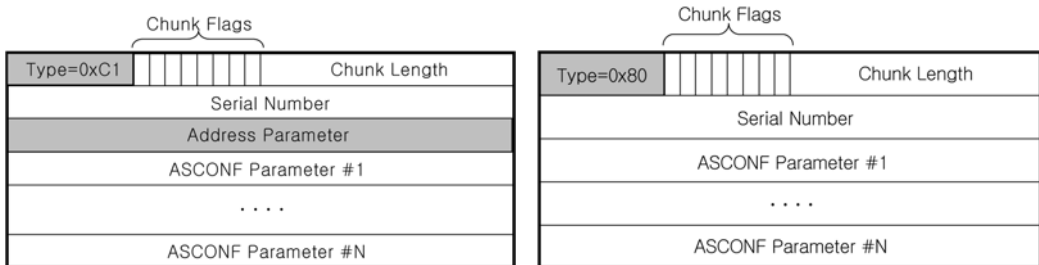
그림 2 SCTP의 멀티호밍

멀티호밍 특성에 의해 하나의 종단점에 여러 개의 IP 주소를 동시에 매핑하는 것이 가능하기 때문에 이동 노드가 새로운 IP 서버 네트워크로 이동하여 새 IP 주소를 획득했을 때, 현재 서버 네트워크에서의 IP 주소를 그대로 유지하면서 새로운 IP 주소를 어소시에이션에 추가할 수 있다. mSCTP는 이와 같은 SCTP의 멀티호밍 특성을 바탕으로 이동성을 지원하기 위해 SCTP 어소시에이션에 매핑되는 IP 주소를 동적으로 변경하는 ADDIP와 DELETEIP 기능을 사용한다[12]. ADDIP 기능은 새로운 IP 주소를 SCTP 어소시에이션에 추가하는 기능이며, DELETEIP 기능은 현재 어소시에이션의 종단점 IP 주소로 등록되어 있는 것을 삭제하는 기능이다[12]. 이동 노드는 새로운 서버 네트워크로 이동하여 새 IP 주소를 획득한 경우 ADDIP를 이용하여 CN이 해당

SCTP 어소시에이션에 그 주소를 추가하도록 하고 DELETEIP를 이용해 데이터 전달이 불가능해진 이전 서버 네트워크에서의 IP 주소를 삭제하도록 한다.

어소시에이션에 대해 ADDIP, DELETEIP, 우선 경로 변경 등의 IP 주소 재구성이 필요한 경우, SCTP는 관련 주소 정보를 그림 3의 (a)와 같은 ASCONF (Address Configuration Change) 제어 청크에 실어 상대방에 전송하며, 상대방은 그림 3의 (b)와 같은 ASCONF-ACK (Address Configuration Acknowledgment) 청크로 응답한다[14].

현재 [12]에서 정의하고 있는 mSCTP의 동작과정은 그림 4와 같다. 이동 노드(Mobile Node)가 액세스 라우터 A(Access Router A)에서 액세스 라우터 B로 이동하는 경우 이동 노드는 액세스 라우터 B가 담당하는 서버 네트워크에서의 IP 주소를 획득하면, CN에게 ADDIP ASCONF 청크를 전송하여 새로이 획득한 주소를 알린다. CN은 이를 받으면, 해당 SCTP 어소시에이션에 이를 추가한다. 그리고 이동 노드는 액세스 라우터 A의 전송 범위를 완전히 벗어나면 액세스 라우터 A가 담당하는 서버 네트워크에서의 IP 주소를 CN이 유지하는 어소시에이션의 종단점 주소 매핑에서 제외시키기 위해 DELETEIP ASCONF 청크를 CN에 전송한다. CN은 이를 받으면, 서버 네트워크 A에서의 IP 주소를



(a) ASCONF 청크

(b) ASCONF-ACK 청크

그림 3 ASCONF 청크와 ASCONF-ACK 청크

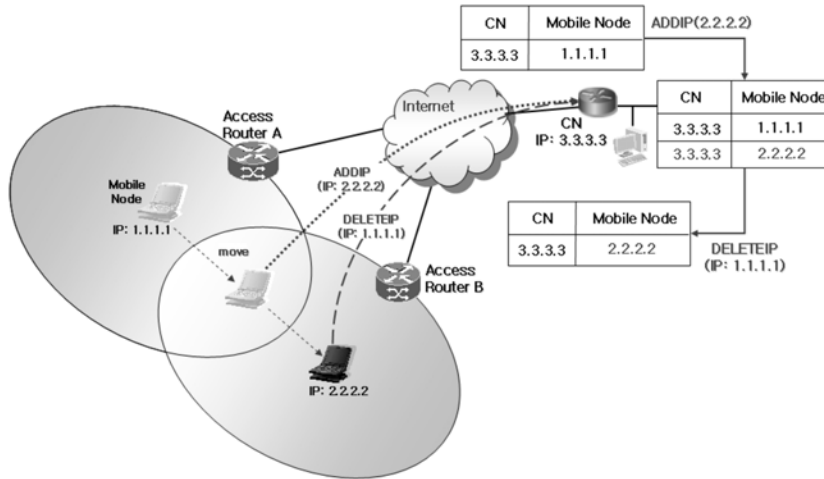


그림 4 mSCTP 동작과정

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

3. 제안하는 방안의 동작방식

본 장에서는 제안하는 방안의 동작을 자세히 설명한다. 제안하는 방안에서는 2계층 핸드오버와 새로운 IP 주소 획득을 수행하는 방법은 Mobile IP에서와 같다고 가정한다. 새로운 IP 주소는 IPv4일 경우 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)에 의해 획득하거나 CCoA (Co-located Care-Of Address)를 사용한다고 가정하며 IPv6일 경우 Stateless Address Auto configuration에 의하여 획득한다고 가정한다.

제안하는 방안은 2계층 핸드오버와 IP 주소 획득이 순차적으로 이루어지는 경우(이후 순차적 방법이라 부름.)와 [15]에서와 같이 병렬적으로 이루어지는 경우(이후 병렬적 방법이라 부름.)를 모두 다룰 수 있다. 순차적 방법은 2계층 핸드오버를 완료한 후, IP 주소 획득이 시작되는 방법이며 병렬적 방법은 2계층 핸드오버 시작과 동시에 IP 주소 획득이 트리거 되어 두 작업이 동시에 진행되도록 함으로써 핸드오버 지연을 단축시키는 것을 목적으로 하는 방법이다[15].

제안하는 방안은 통신 가능한 전파세기 (이후로 2계층 핸드오버 임계값이라 부름.) 이상의 시그널을 제공하는 액세스 라우터가 발견되는 즉시 해당 서버 네트워크에서의 IP 주소에 대해 ADDIP를 수행하고 일단 ADDIP가 수행된 IP 주소에 대해서는 더 이상 통신이 불가능해진 후 즉, 전파세기가 2계층 핸드오버 임계값보다 낮아진 경우에 DELETEIP를 수행한다. 이와 같이

ADDIP와 DELETEIP를 수행함으로써 제안하는 방안에서는 데이터 전달이 가능한 모든 서버 네트워크에 대해 가능한 한 빨리 SCTP 어소시에이션에 IP 주소를 매핑시켜 둔다.

한편 현재 mSCTP는 핸드오버 시에, 우선 경로를 변경하는 방안에 대하여 특별히 언급하지 않고 있으며 SCTP 자체에서는 연속적인 재전송 횟수가 일정 임계치를 넘으면 송신측에서 우선 경로를 변경한다고 정의하고 있다. 따라서 이동 환경에서 핸드오버가 발생하여 이동 노드가 현재 우선 경로로부터 데이터를 전송 받지 못하는 상황이 될 때, 현재 mSCTP가 SCTP의 우선 경로 변경 방식을 그대로 따른다면 우선 경로에 대해 DELETEIP가 실행되고 이로 인해 CN에서 우선 경로를 변경하게 된다. 따라서 매 핸드오버마다 현재의 우선 경로로부터 데이터를 받지 못하게 되는 시점부터 CN의 우선 경로가 변경되고 새로운 경로로 데이터가 전송될 때까지 데이터 손실이 발생하게 된다. 즉, 그림 4의 두 서버 네트워크의 중첩 지역 내에서 이미 서버 네트워크 B에서의 IP 주소가 등록된다고 하더라도 이동 노드가 서버 네트워크 A를 완전히 벗어나 서버 네트워크 A에서의 IP 주소에 대한 DELETEIP가 수행되고 난 후에야 경로 변경이 이루어지므로 seamless 핸드오버 수행이 어렵다. 이에 제안하는 방안은 2계층 전파세기 정보를 고려하여 중첩 지역 내에서 가능하다면 현재 우선 경로에 대한 DELETEIP가 수행되기 전에 미리 우선 경로를 변경함으로써 seamless한 핸드오버가 가능하게 하고자 한다. 그리고 우선 경로 변경 시점과 어떤 대체 경로를 우선 경로로 선택할 것인지를 결정하는데 2계층 전파세기 정보를 이용하기 위하여 원래 SCTP의 우선

변경 방식과는 달리 수신원인 이동 노드에서 이를 수행하도록 한다. 제안하는 방안은 우선 경로 변경 횟수를 최소화하기 위해 우선 경로 변경 트리거를 위한 전파세기 임계값(이후 우선경로변경 임계값이라 부름.)을 가능한 한 적게 잡되 우선 경로 변경이 DELETEIP가 수행되기 이전에 완료되도록 하기 위해 2계층 핸드오버 임계값 보다는 조금 큰 값을 사용한다. 또한 SCTP에 따르면 우선 경로를 변경해야 하는 경우 어소시에이션에 매핑되는 주소 리스트 가운데 임의의 IP 주소를 선택하도록 하는데 반해 제안하는 방안에서는 이동 노드로의 데이터 전송이 가능한 액세스 라우터가 여러 개인 경우 이들 가운데 가장 전파세기가 센 액세스 라우터가 속한 서브 네트워크를 선택하여 새로운 우선 경로로 사용한다.

먼저 3.1절에서는 제안하는 방안의 구성요소 및 요소 간 시그널링에 대해 설명하고, 3.2절에서 제안하는 방안에서 핵심기능을 수행하는 AMM (Address Management Module)에 대해 설명한다.

3.1 제안하는 방안의 구성요소 및 요소 간 시그널링

제안하는 방안은 핵심적인 기능을 수행하기 위해서 AMM(Address Management Module)을 정의한다. AMM은 그림 5와 같이 2계층과 IP 주소 획득 모듈로부터 받는 시그널들을 관리하고 이를 기반으로 ADDIP, DELETEIP, 우선 경로 변경을 수행하는 시점을 결정하며 이를 mSCTP에게 알리는 역할을 한다. 이 때, AMM은 이들 시그널들을 받는 순서에는 전혀 영향을 받지 않는다.

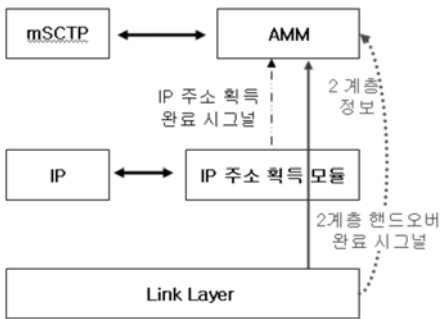


그림 5 제안하는 방안에서 사용되는 시그널

이동 노드의 2계층에서는 AMM에게 ‘2계층 핸드오버 완료’ 시그널을 발생시키며 링크계층의 상대적인 전파세기 정보를 알려준다. 어떤 액세스 라우터에 대한 2계층 핸드오버가 완료되면 이동 노드의 2계층에서는 2계층 핸드오버 완료 시그널을 보내어 해당 액세스 라우터에 대한 인터페이스ID를 AMM에게 알려준다. 또한 이동

노드의 2계층에서는 AMM에게 링크계층의 상대적인 전파세기 정보를 알려주기 위해 ‘전파세기’ 시그널과 ‘최대 전파세기’ 시그널을 발생시킨다. ‘전파세기’ 시그널은 그림 6과 같이 전파세기에 대해 ‘2계층 핸드오버 임계값’과 ‘우선경로변경 임계값’을 가지고 있으면서 임의의 액세스 라우터로부터 비콘을 받을 때마다 그 비콘의 전파세기가 이들 임계값들을 넘어 변화하였는지 점검하고 이를 AMM에게 알린다. 전파세기 시그널은 해당 액세스 라우터에 대한 인터페이스ID와 전파세기 변화 종류를 표시하는 S 필드로 구성되며 전파세기 변화에 따라 S 필드 값은 표 1과 같이 설정된다. 또한 2계층은 받은 비콘의 전파세기와 현재 유지하고 있는 가장 강한 전파세기를 가지는 액세스 라우터의 전파세기를 비교하여 가장 강한 전파세기를 가지는 액세스 라우터가 변경되는 경우에 AMM에게 최대전파세기 시그널을 보낸다. 최대 전파세기 시그널에는 전파세기가 가장 센 새로운 액세스 라우터에 대한 인터페이스ID를 알려준다.

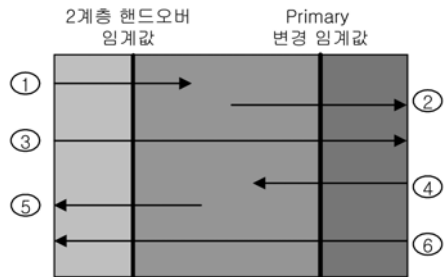


그림 6 2계층 전파세기 변화와 전파세기 시그널의 S 필드 설정

표 1 전파세기 변화에 따른 전파세기 시그널의 S 필드 값

전파세기 변화	전파세기 시그널의 S 필드 값
①	1
②, ③	2
④	3
⑤	4
⑥	5

한편 이동 노드의 IP 주소획득 모듈에서는 획득한 새 IP 주소를 AMM에게 알려주기 위해 IP 주소 획득 완료 시그널을 발생시킨다. 이 시그널은 획득한 새 IP 주소와 해당 액세스 라우터에 대한 인터페이스ID로 구성된다.

3.2 AMM(Address Management Module)

이동 노드의 AMM은 그림 7과 같이 ‘주소 테이블’을 유지한다. 주소 테이블은 비콘의 전파세기가 2계층 핸드오버 임계값 이상인 모든 액세스 라우터에 대해 인터페

이스ID와 해당 서버 네트워크에서 할당된 이동 노드의 IP 주소를 저장하는 IP주소 필드를 유지한다. 또한 해당 인터페이스에 대한 2계층 핸드오버의 완료 유무를 나타내는 플래그 H와 전파세기의 상대적인 정도를 나타내는 전파세기 필드를 둔다. 전파세기 필드의 값은 해당 인터페이스의 전파세기 p 에 따라 표 2와 같이 설정된다. 즉, 2계층으로부터 전파세기 시그널을 받으면 전파세기 시그널의 S 필드에 따라 주소 테이블의 해당 인터페이스 엔트리의 전파세기 필드를 표3과 같이 수정한다. 이동 노드의 AMM에서는 이와 같은 주소 테이블과 함께 어떤 인터페이스가 우선 경로 인터페이스인지 그리고 최대전파세기를 가지는 인터페이스는 어떤 것인지를 저장해 둔다.

Interface ID	SS	H Flag	IP address
⋮	⋮	⋮	⋮

그림 7 AMM에서 유지하는 주소 테이블

표 2 주소 테이블에서 전파세기 필드 값

SS	전파세기 p
0	$p < L2$ 핸드오버 임계값
1	$L2$ 핸드오버 임계값 $< p <$ Primary 변경 임계값
2	Primary 변경 임계값 $< p$

표 3 전파세기 시그널의 S 필드에 따른 주소 테이블의 SS값

S	주소 테이블의 전파세기 필드
1	1
2	2
3	1
4	0
5	0

AMM은 2계층으로부터 2계층 핸드오버 완료 시그널이나 IP 주소 획득 모듈로부터 IP 주소 획득 완료 시그널을 받으면 이들 시그널에 포함된 인터페이스ID로써 주소 테이블에서 해당 엔트리를 찾아 해당 엔트리의 플래그 H 혹은 IP 주소 필드의 정보를 갱신한다. 또한 어떤 인터페이스에 대한 전파세기 시그널을 받아 주소 테이블의 SS 필드 값이 갱신될 때, AMM은 SS 필드 값의 변화에 따라 그림 8처럼 동작한다.

먼저 AMM이 어떤 시그널을 수신함으로써 해당 엔트리에 대해 H=1이 되고 IP 주소 필드가 채워지는 작업이 모두 완료된다면, 새로운 서버 네트워크에서의 IP 주소 획득이 완료된 것이므로 AMM은 mSCTP에게 이 IP 주소를 해당 SCTP 어소시에이션에 추가하기 위한

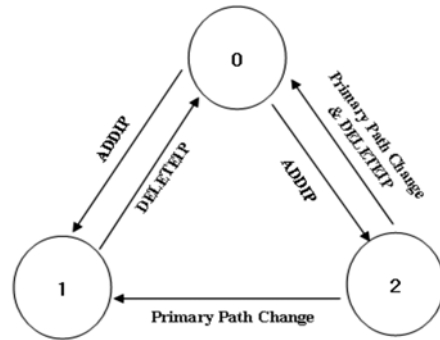


그림 8 AMM에서 SS 필드 값에 따른 상태 전이도

ADDIP를 트리거한다. 즉 그림 8에서 주소 테이블의 SS 필드 값이 0에서 1이나 2로 변하는 경우이다.

AMM이 현재 우선 경로 인터페이스에 대하여 S=3 혹은 S=5인 전파세기 시그널을 받는 경우는 각각 우선 경로 인터페이스의 전파세기가 우선경로변경 임계값보다 더 높다가 우선경로변경 임계값 혹은 2계층 핸드오버 임계값보다 더 낮아진 경우이므로 우선 경로를 변경해야한다. 이는 그림 8에서 보듯이 주소 테이블의 SS 필드 값이 2에서 0이나 1로 변경되는 경우이다. 그러므로 AMM은 mSCTP에게 우선 경로 변경을 트리거한다. 이 경우, AMM은 이동 노드가 실제로 이동해 갈 가능성이 가장 높은 서버 네트워크로 우선 경로를 변경하기 위해 가장 전파세기가 센 액세스 라우터가 속한 서버 네트워크를 새로운 우선 경로로 선정하여 mSCTP에게 알려준다.

그런데 임의의 서버 네트워크가 우선 경로가 되기 위해서는 그 서버 네트워크에 대한 이동 노드의 2계층 핸드오버와 IP 주소 획득이 완료되어야 한다. 즉, 주소 테이블에서 최대전파세기를 가지는 인터페이스에 대해 2계층 핸드오버가 완료되었음을 표시하는 플래그 H가 세트되어 있어야 하고 IP 주소 필드에 값이 설정되어 있어야 한다. 또한, 해당 액세스 라우터의 전파세기가 우선 경로변경 임계값보다 더 커야 한다. 여기서 유의할 것은 해당 액세스 라우터의 전파세기가 최대이더라도 우선 경로변경 임계값보다 적을 수도 있다는 것이다. 이와 같이 최대전파세기를 가지는 인터페이스가 세 가지 조건을 모두 만족하면 AMM은 mSCTP에게 우선 경로 변경을 트리거한다. 그러나 현재 최대 전파세기를 가지는 인터페이스가 위의 세 가지 조건 중 한 가지라도 만족하지 못한다면 AMM은 우선 경로 변경 시점을 미루고 이후 최대 전파세기를 가지는 인터페이스에 대해 이들 세 가지 조건을 모두 만족시키게 되는 시그널이 완료되는 즉시 mSCTP에게 우선 경로 변경을 트리거한다. 즉, 우선 경로의 인터페이스에 대해 전파세기 필드가 0 혹은 1인

경우에는 2계층 혹은 3계층으로부터 최대전파세기를 가지는 인터페이스에 대해 세 가지 조건을 모두 만족시키게 되는 시그널을 받는 즉시 mSCTP에게 우선 경로 변경을 트리거한다.

한편, S=4 혹은 S=5인 전파세기 시그널을 받는 경우 AMM은 mSCTP에게 해당 인터페이스에 대해 DELETEIP를 트리거한다. 즉 그림 8에서 주소 테이블의 SS 필드 값이 1이나 2에서 0으로 변경되는 경우이다. 이 경우 AMM은 DELETEIP를 트리거하기 전에 해당 인터페이스가 현재 우선 경로 인터페이스인지를 검사한다. 만약 해당 인터페이스가 우선 경로 인터페이스라면 적합한 대체 경로를 찾는다. 만약 적합한 대체 경로가 준비되어 있지 않다면 AMM은 우선 경로 변경 시점을 미루게 되므로 해당 인터페이스에 대한 DELETEIP 시점도 미루어야 한다. 그리고 추후 mSCTP에게 우선 경로 변경을 트리거할 때, 해당 인터페이스에 대한 DELETEIP도 함께 트리거한다. 즉, 우선 경로에 해당하는 주소 테이블 엔트리의 전파세기 필드가 0인 경우 AMM은 mSCTP에게 우선 경로 변경과 현재 우선 경로에 대한 DELETEIP를 함께 트리거한다. CN의 mSCTP는 먼저 우선 경로 변경을 수행하고, 우선 경로 변경 후 우선 경로에 대한 DELETEIP를 수행한다.

그런데 이와 같이 우선 경로 변경과 우선 경로에 대한 DELETEIP가 함께 수행되는 일은 이동 노드가 중첩된 지역을 완전히 벗어난 후에 우선 경로 변경이 수행되는 경우에 발생하게 된다. 이러한 경우 송신원은 이전 경로로 전송한 데이터에 대해 이동 노드가 전송한 ACK을 받지 못하기 때문에 더 이상 새로운 경로로 데이터를 전송하지 못한다. 이에 송신원은 중복 ACK을 발생시킬 수 있는 데이터를 전송하지 못하기 때문에 빠른 재전송(fast retransmit)을 수행할 수 없다. 따라서 송신원은 새로운 데이터 전송 경로로 데이터를 전송하기 위해서 ACK 타이머가 타임아웃될 때까지 휴지상태로 기다려야하므로 프로토콜의 성능이 저하된다. 특히, 이동 노드가 중첩된 지역을 벗어나 우선 경로 변경을 수행하는 시점까지의 지연이 길어지면 송신원에서는 연속적인 타임아웃이 발생하여 RTO가 지수적으로 증가한다. 이 경우 송신원은 새로운 데이터 경로로 데이터를 전송하기 위해서는 증가된 RTO만큼 휴지상태로 기다려야하므로 프로토콜의 성능은 크게 저하된다. 이에 제안하는 방안에서는 트랜스포트 계층에서 이동성을 감지할 수 있음을 이용하여 이동 노드가 중첩된 지역을 완전히 벗어나 우선 경로를 변경하는 경우, 송신원이 ACK 타이머가 타임아웃될 때까지 기다리지 않고 이동 노드부터 ASCONF 청크를 받는 즉시 변경된 새로운 우선 경로로 데이터를 전송할 수 있도록 함으로써 성능 저하

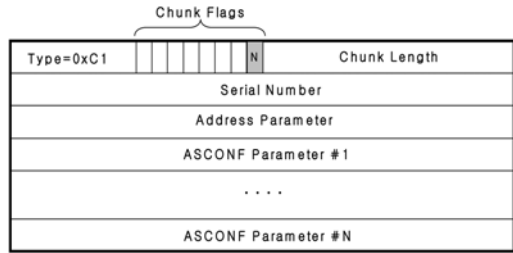


그림 9 제안하는 방안에서의 ASCONF 청크

를 최소화한다. 이를 위해 그림 9와 같이 ASCONF 청크의 청크 플래그 중 하나를 N 플래그로 정의하여 사용한다. 송신원이 N 플래그가 1인 ASCONF 청크를 받으면 기존에 전송한 데이터에 대한 타이머들을 모두 멈추고 다음 전송해야 할 데이터 패킷 하나를 이동 노드에 전송한 후 ACK을 기다린다. 송신원은 이 패킷에 대한 ACK을 전송받으면 이동 노드가 마지막으로 받은 데이터에 대한 정보를 알 수 있으므로 이동 노드가 손실한 첫 번째 데이터부터 송신원이 마지막으로 전송한 데이터 전까지의 손실된 데이터를 전송한다.

4. 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션에서 사용한 네트워크 모델에 대하여 설명하고, 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 방안과 TCP over Mobile IP (이후, TOM이라고 부름)[1]의 성능을 비교·분석한다. TOM은 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들 중에서 가장 대표적인 프로토콜이기 때문에 특별히 성능 비교를 위한 프로토콜로 선택하였다. 또한 1장에서 설명한 것처럼, 기존 mSCTP는 이동성을 지원할 수 없기 때문에 제안하는 방안과의 성능평가는 수행될 수 없다. 기존 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안인 Migrate TCP의 경우도 1장에서 설명한 것처럼, 핸드오버 시에 TCP 연결이 끊어지는 경우가 발생하기 때문에 제안하는 방안과의 수치적 성능 비교는 수행될 수 없다. 시뮬레이션은 버틀리 대학(U.C Berkeley)의 네트워크 시뮬레이터(Network Simulator)[16]에 SCTP를 패치[17]하여 구현하였으며, Redhat 7.3 버전(Linux Kernel 버전: 2.4.18-3)에서 수행되었다.

4.1 시뮬레이션 모델

시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 그림 9와 같다. 유선 링크는 대역폭과 전파지연시간이 각각 10Mbps, 5ms이며, 셀의 크기는 300m이고 셀 간 중첩 지역의 크기는 80m라고 가정하였다. 그리고 핸드오버가 발생할 때 성능을 비교하기 위해 이동 노드가 일정한 속도로 이동하면서 액세스 라우터 A와 B의 서브네트워크를 번

같이 가며 이동하는 상황에서의 성능을 측정하였다

mSCTP를 탑재한 이동노드는 [17]에서 구현한 다중 인터페이스를 가지는 SCTP 노드를 이용하여 구현하였다. 그런데 현재 ns-2에 구현되어 있는 다중 인터페이스를 가지는 SCTP 노드는 실제로 하나의 중심 노드에 각 인터페이스에 대해 그 역할을 담당하는 노드를 접속시킨 형태이고, 이들 인터페이스들을 중심 노드에 동적으로 추가하거나 삭제할 수 없다는 제약을 가진다. 따라서 이동 노드의 이동에 따라 인터페이스를 동적으로 추가·삭제할 수 없고, 하나의 SCTP 노드를 구성하는 여러 노드가 일관되게 함께 움직이도록 하는 것이 매우 어렵다는 문제가 있다.

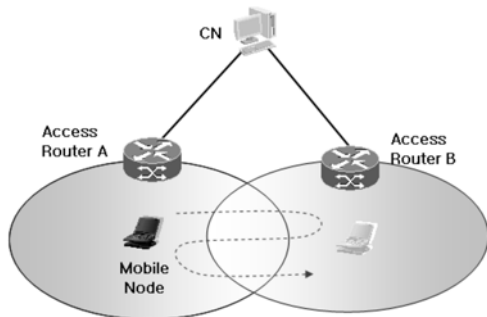


그림 10 시뮬레이션 네트워크 모델

이에 본 시뮬레이션에서는 먼저 단일 인터페이스를 가지는 이동 노드를 그림 9의 네트워크 환경에서 이동시키면서 시간이 흐름에 따라 이동 노드 2계층에서 감지하는 각 액세스 라우터 별 전파세기가 어떻게 변화하는지를 추적하고, 이에 의해 2계층에서 mSCTP에게 언제 어떤 시그널을 보내야 하는지와 언제 어떤 서브 네트워크에서의 무선 링크가 전송 가능한 전파세기가 되는지 등의 정보만을 기록하는 프리시뮬레이션(pre-simulation)을 수행하였다. 구체적으로, 이 프리시뮬레이션에서는 2계층에서 그림 6의 ①~⑥의 이벤트가 발생할

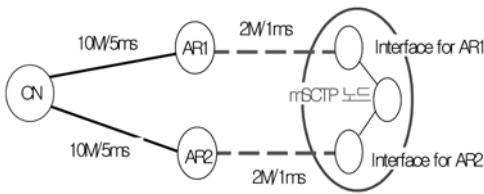
때마다 그 때의 시뮬레이션 시각과 함께 해당 이벤트에 대해 2계층에서 mSCTP에게 시그널을 보내는데 필요한 정보들을 기록하였고, 각 액세스 라우터 별로 이동 노드로의 무선 링크 상태가 데이터 전달 가능/불가능한 상태로 변화하는 시뮬레이션 시각 및 변화 내용(가능/불가능)을 기록하였다.

그리고 [18,19]에서 등에서 무선 환경을 유선 네트워크로 모델링하여 실험한 것과 유사하게 그림 11과 같이 그림 10의 무선 이동 환경을 유선망으로 모델링하고 프리시뮬레이션에서 수집한 정보를 이용해 노드 이동에 따라 데이터 전달이 가능한 액세스 라우터가 변경되는 시점에 해당 액세스 라우터와 이동 노드 사이의 링크를 업 혹은 다운시키고, 역시 프리 시뮬레이션에서 수집한 정보에 따라 2계층에서 mSCTP에게 적시에 전파세기 시그널과 최대전파세기 시그널을 발생시키도록 하였다. 그리고 [20]에서 제시한 실험 결과에 따라 2계층 핸드오버와 IP 주소획득에 소요되는 시간은 각각 [0.2~8.0]초와 [0~1]초 사이의 랜덤한 값을 가진다고 가정하였다. [20]에서는 하나의 액세스 라우터에 의해 서비스되는 서브 네트워크의 용량 및 이동 노드 수에 따라 2계층 핸드오버 시간이 약 0.2~8.0초까지 변화할 수 있음을 보였다.

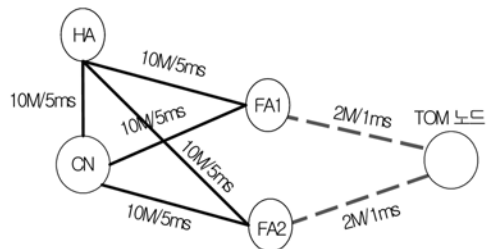
본 시뮬레이션에서는 mSCTP와 TOM을 비교하기 위한 성능측정치로서 CN에서 FTP로 140MB 파일을 전송하는데 소요된 시간과 핸드오버 지연 시간을 측정하였다. 핸드오버 지연 시간은 이동 노드가 새로운 데이터 경로로 첫 번째 데이터를 받는 시간과 이전 데이터 경로로 마지막 데이터를 받는 시간의 차로 정의한다. 그리고 시뮬레이션 파라미터로는 이동 노드의 속도와 (2계층 핸드오버시간+새로운 IP 주소를 획득하는데 소요된 시간) (이후 주소획득시간이라 부름)을 변경시켜 보았다.

4.2 시뮬레이션 결과

그림 12와 그림 13은 각각 이동 노드의 속도가 30m/s일 경우 주소 획득 시간을 변화시켜 보면서 140MB 크기의 파일을 전송하는데 소요된 시간과 핸드



(a) mSCTP 시뮬레이션 네트워크 모델



(b) TOM 시뮬레이션 네트워크 모델

그림 11 유선 네트워크 모델

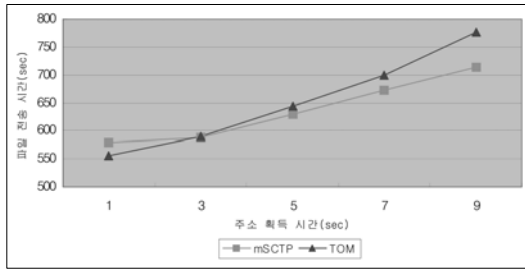


그림 12 이동 노드의 속도가 30m/s일 경우 파일 전송 시간

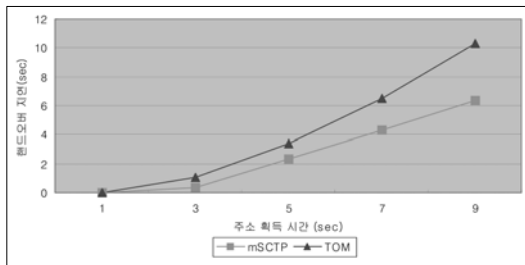
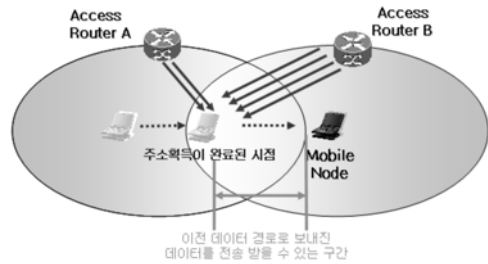


그림 13 이동 노드의 속도가 30m/s일 경우 핸드오버 지연

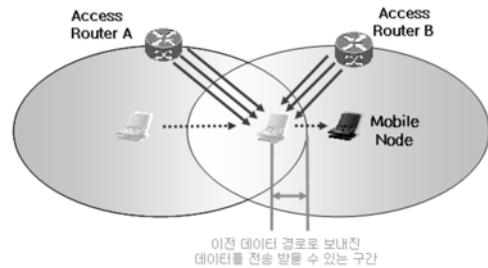
오버 지연 시간을 측정된 결과를 보인 것이다.

주소 획득 시간이 매우 짧은 경우에는 그림 14의 (a)와 같이 TOM과 mSCTP 모두 중첩된 지역 내에서 빠르게 새로운 데이터 경로를 설립할 수 있고, 송신원에서 이전 경로로 데이터 전송하는 것이 상대적으로 일찍 중단되어 두 스킴 모두 이전 데이터 경로로 보내어진 데이터를 이동 노드가 중첩된 지역을 벗어나기 전에 모두 전송받을 수 있는 가능성이 높다. 그림 12와 13에서 주소 획득 시간이 가장 짧은 경우인 1초일 때가 이와 같은 경우에 해당한다. 그런데 이와 같은 경우에는 TOM의 성능이 mSCTP보다 좋음을 알 수 있다. 이는 mSCTP의 헤더와 프로토콜 프로세싱 오버헤드가 TCP보다 더 크고, 새로운 데이터 경로로 데이터를 전송할 경우 TOM은 이전 데이터 경로의 CWND(Congestion control Window size) 값을 그대로 사용하는 반면 mSCTP는 CWND가 2부터 시작하는 슬로우 스타트(Slow Start)를 시작하기 때문이다.

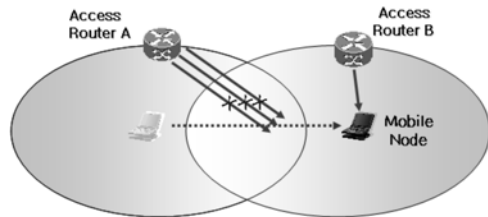
한편 주소 획득 시간이 좀 더 길어지게 되면 그림 14의 (b)와 같이 중첩된 지역 내에서 새로운 데이터 경로를 설립할 수 있으나 상대적으로 중첩된 지역 내에서 더 오랜 시간 동안 송신원이 이전 경로로 데이터를 전송하므로 이전 경로로 보내진 데이터를 이동 노드가 중첩된 지역을 벗어나기 전에 받을 수 있는 시간이 상대적으로 충분하지 못하여 이전 경로로 전송된 데이터가



(a) 중첩된 지역 내에서 주소획득완료가 빨리 이루어지는 경우



(b) 중첩된 지역 내에서 주소획득완료가 늦게 이루어지는 경우



(c) 중첩된 지역을 벗어나 주소획득완료가 이루어지는 경우

그림 14 주소획득 완료시간에 따른 데이터 전송 경로

손실될 수 있다. mSCTP의 경우는 경로 별로 별도의 혼잡제어를 수행하므로 이와 같은 손실에 의해 새로운 경로의 데이터 전송이 영향을 받지 않는다. 그러나 TOM의 경우는 TCP에서 핸드오버 사실을 알지 못하므로 손실 발생에 의해 TCP의 전송속도가 영향을 받게 된다. 단, 이 경우는 중첩지역 내에서 이미 새로운 경로의 데이터 전송이 시작된 상태이므로 새로운 경로로 전송되는 데이터들에 대한 ACK에 의해 이전 경로로 전송된 데이터의 손실이 빠른 재전송으로 복구될 수 있으므로 TOM의 성능이 크게 저하하지는 않는다.

주소 획득 시간이 더 길어지면 그림 14의 (c)와 같이 TOM과 mSCTP 모두 중첩된 지역을 벗어나 새로운 데이터 경로를 설립하게 된다. 그림 12와 13에서 주소 획득 시간이 3초~9초 사이인 경우가 이에 해당하는데 이 때는 mSCTP가 TOM보다 성능이 좋음을 볼 수 있다.

그 이유 중 하나가 그림 13에서 보듯이 이와 같은 경우에는 mSCTP의 핸드오버 지연이 TOM보다 짧기 때문이다. 제안하는 mSCTP는 주소획득이 완료된 시점에 우선 경로를 변경하여 바로 데이터를 받을 수 있기 때문에 핸드오버 지연시간이 그림 15의 (a)와 같이 이동 노드가 이전 액세스 라우터의 전송 범위를 벗어나는 시점부터 주소 획득이 완료되는 시점까지이다. 반면 TOM에서는 송신측 TCP가 핸드오버 발생을 알지 못하므로 핸드오버지연이 길어지면 송신측 TCP에서는 이전 경로로 전송한 데이터에 대해 타임아웃이 발생할 수 있다. 만약 주소획득시간이 매우 길어 이 기간 동안 홈 에이전트에 새로운 IP 주소를 등록하는 송신원 측에서 연속적인 타임아웃이 발생하게 된다면 재전송 타임아웃시간이 지수적으로 증가하게 되어 새로운 데이터 경로가 설립되어도 그림 15의 (b)와 같이 이 경로로 보낼 데이터를 송신원 TCP에서 전송하기까지의 시간이 길어지게 된다. 게다가 이 경우에는 타임아웃에 의한 재전송이므로 TOM도 새로운 데이터 경로로 데이터가 전송될 때 슬로우 스타트를 수행한다. 위와 같은 이유로 중첩된 지역을 벗어나 새로운 데이터 경로를 설립하는 경우에는 mSCTP가 TOM보다 성능이 좋다.

그림 16과 그림 17은 이동 노드의 속도를 10m/s~40m/s로 변화시켜 보면서 핸드오버 지연 시간과 CN이 140MB의 FTP파일을 전송하는데 소요되는 시간을 측정 한 결과를 보인 것이다.

그림 16을 보면 두 스킴 모두 이동 노드의 속도가 증가할수록 핸드오버 지연시간은 길어진다. 이는 이동 노드의 속도가 빨라질수록 이동 노드가 중첩된 지역을 경유하는 시간이 단축되기 때문이다. 속도가 다른 이동 노드가 같은 주소획득 시간을 가지며 같은 시간에 핸드오버를 시작한다고 가정하면 빠른 속도를 가진 이동 노드의 경우 중첩 지역을 경유하는 시간이 더 짧기 때문에 이전 데이터 경로로 마지막 데이터를 받는 시간이 더 이르다. 따라서 이동 노드의 속도가 빨라질수록 핸드오버 지연시간이 길어진다. 예를 들어 이동 노드의 속도가 40m/s일 경우와 10m/s일 경우를 비교하면 중첩된 지역

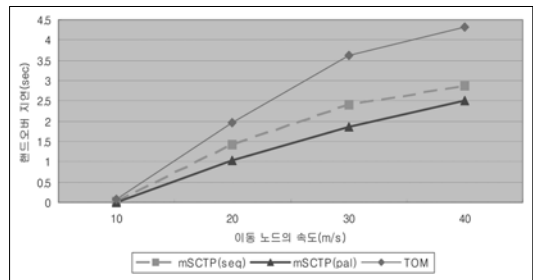


그림 16 핸드오버 지연

80m를 지나는데 걸리는 시간이 이동 노드가 40m/s일 경우에는 약 2초가 소요되는 반면 이동 노드의 속도가 10m/s일 경우에는 약 8초가 소요된다. 같은 시간에 2계층 핸드오버가 시작되며 주소획득 시간이 5초라고 가정하면 이동 노드의 속도가 10m/s인 경우 중첩된 지역 내에서 새로운 데이터 경로를 획득하여 핸드오버 지연 시간 없이 새로운 데이터 경로로 첫 번째 데이터를 받게 된다. 그러나 이동 노드의 속도가 40m/s인 경우에는 2계층 핸드오버가 시작되고 2초 후에 중첩된 지역을 벗어나 버리기 때문에 중첩지역을 벗어난 후 3초가 지나서야 주소획득이 완료되어 새로운 데이터 경로를 획득하게 되고 이 경로로 첫 번째 데이터를 받게 된다. 따라서 핸드오버 지연시간이 최소한 3초가 된다.

한편 그림 16에서 이동 노드의 속도 변화에 관계없이 mSCTP가 TOM보다 핸드오버 지연시간이 항상 더 짧음을 볼 수 있다. 이는 그림 13에서 설명한 것처럼 mSCTP는 이동 노드가 중첩된 지역을 벗어나 주소획득이 완료되면 그 즉시 우선 경로가 변경되어 새로운 데이터가 이 경로를 통해 전송되는 반면, TOM은 TCP 재전송 타임아웃 인터벌로 인해 핸드오버완료 이후에도 일정시간 동안 데이터를 전송하지 못하는 경우가 발생하기 때문이다.

그림 16에서 보듯이 두 스킴 모두 이동 노드의 속도가 증가할수록 핸드오버 지연시간이 증가하기 때문에 이로 인해 그림 17에서와 같이 파일 전송 시간이 길어진다. 한편 그림 12에서 설명한 것처럼 중첩된 지역 내

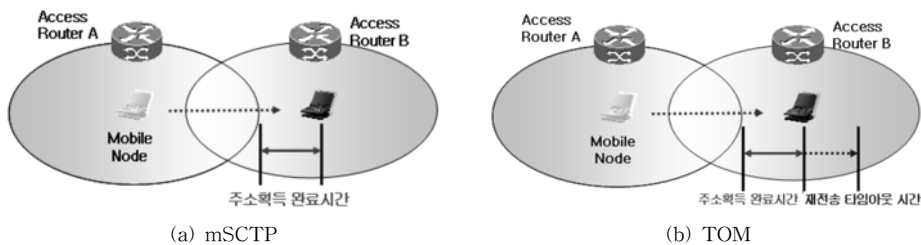


그림 15 중첩된 지역을 벗어나 주소획득이 완료된 경우의 핸드오버 지연시간

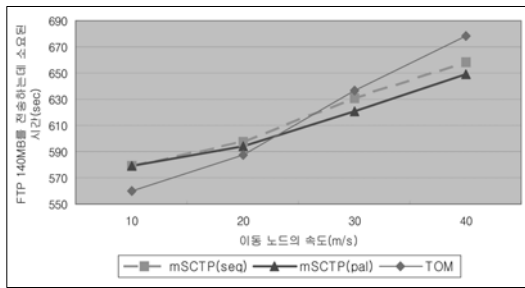


그림 17 파일 전송 시간

에서 경로변경이 완료되는 경우 TOM이 mSCTP보다 성능이 좋으며 중첩된 지역을 벗어나 경로변경이 완료되는 경우에는 반대로 mSCTP가 TOM보다 성능이 좋기 때문에 그림 17에서 이동 노드의 속도가 10~20m/s 일 때 즉 중첩 지역 경유시간이 길어 상대적으로 경로변경이 중첩 지역 내에서 이루어질 수 있는 확률이 높은 경우 TOM이 mSCTP보다 성능이 좋으며 그 반대 경우인 이동 노드의 속도가 30~40m/s일 때는 mSCTP가 TOM보다 성능이 좋다.

한편 그림 16과 그림 17에서 공통적으로 2계층 핸드오버와 IP 주소획득이 순차적으로 이루어지는 경우보다 병렬적으로 이루어지는 경우에 제안하는 mSCTP의 성능이 더 좋을 수 있다. 병렬적으로 2계층 핸드오버와 새로운 IP 주소 획득 수행하면 주소획득시간이 단축되므로 이동 노드가 중첩된 지역 내에서 새로운 데이터 경로를 획득할 수 있는 가능성이 높아지기 때문이다.

종합적으로, 핸드오버 지연 시간 측면에서는 mSCTP가 TOM보다 우수한 성능을 제공할 수 있음을 볼 수 있었고 파일 전송 지연에 있어서는 이동 노드의 속도가 매우 빠를 때는 TOM보다 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다.

5. 결론

최근, 트랜스포트 계층에서 중단간 이동성을 지원하는 mSCTP가 제안되었다. 본 논문에서는 기존 mSCTP를 크게 다음의 3가지 측면에서 수정·확장하였다.

- 2계층 전파세기 정보를 사용하여 새로운 IP 주소를 추가하는 시점과 이전 IP주소를 삭제하는 시점을 결정하는 방안을 제안함
- 수신원인 이동 노드에서 2계층 전파세기 정보를 이용하여 우선 경로 변경 시점을 결정하고 새로운 우선 경로를 선택하도록 하는 방안을 제안함
- 핸드오버 시에 주소획득시간이 길어지는 경우 핸드오버 지연을 줄이기 위한 방안을 제안함
시물레이션을 통해, 제안하는 mSCTP가 네트워크 계

층의 이동성 지원과 대등한 성능을 보임을 확인하였고 이동 노드의 속도에 관계없이 핸드오버 지연시간이 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안보다 짧으며 특히 이동 노드의 속도가 빠를 경우에는 네트워크 계층의 이동성 지원 방안보다 더 나은 성능을 제공함을 볼 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Perkins C., "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC3344, August 2002.
- [2] Campbell A. T., et al., "Comparison of IP Micro-Mobility Protocols," IEEE Wireless Comm. Magazine, February 2002.
- [3] Perkins C., "Mobile IP Regional Registration," IETF Internet Draft, draft-ietf-mobile-ip-reg-tunnel-04.txt, March 2001.
- [4] Ramjee R., et al., "IP-Based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Network: HAWAII," IEEE Personal Communications, August 2000.
- [5] Campbell A. T., et al., "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP," IEEE Personal Communications, August 2000.
- [6] Misra A., et al., "IDMP-Based Fast Handoffs and Paging in IP-Based 4G Mobile Networks," IEEE Communications Magazine, March 2002.
- [7] Alex. C. S, Hari B., "An End-to-end Approach to Host Mobility," 6th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, August 2002.
- [8] Ong L., Yoakum J., "An Introduction to the Stream Control Transmission Protocol(SCTP)," IETF RFC 3286, May 2002.
- [9] Kohler E., "Datagram Congestion Control Protocol (DCCP)," IETF Internet Draft, draft-ietf-dccp-spec-04, June 2003.
- [10] Koh S., "Use of SCTP for seamless handover," IETF Internet Draft, draft-sjkoh-mobile-sctp-handover-00.txt, February 2003.
- [11] Xing W., et al., "M-SCTP : Design and Prototypical Implementation of an End-to-end Mobility Concept," Proceeding Information Workshop the Internet Challenge: Technology and Application, October 2002.
- [12] Riegel M. and Tuexen M., "Mobile SCTP", IETF Internet Draft, draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-03.txt, August 2003.
- [13] Stewart R., et al., "Stream Control Transmission Protocol," IETF RFC 296, October 2000.
- [14] Stewart R., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration," IETF Internet Draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-08.txt, September 2003.
- [15] Singh A., "Fast handoff L2 trigger API," IETF

- Internet Draft, draft-signh-l2trigger-api-00.txt, October 2002.
- [16] <http://www.isi.edu/nsnam/>
- [17] <http://pel.cis.udel.edu/#downloads>
- [18] Raisinghani V. T., et al., "Improving TCP Performance over Mobile Wireless Environments using Cross Layer Feedback," IEEE Intl Conference on Personal and Wireless Communications, December 2002.
- [19] Ni Q., et al., "Simulation-based Analysis of TCP Behavior over Hybrid Wireless & Wired Networks," 1st International Workshop on Wired/Wireless Internet Communications, February 2002.
- [20] Montavont N. and Noël T., "Handover Management for Mobile Nodes in IPv6 Networks," IEEE Communication Magazine, August 2002.

장 문 정

정보과학회논문지 : 정보통신
제 31 권 제 2 호 참조

이 미 정

정보과학회논문지 : 정보통신
제 31 권 제 2 호 참조



고 석 주

1992년 2월 한국과학기술원 경영학과 (공학사). 1994년 2월 한국과학기술원 경영학과(공학석사). 1998년 8월 한국과학기술원 산업공학과(공학박사). 1998년 8월~2004년 2월 한국전자통신연구원 표준연구센터 선임연구원. 2004년 3월~현재 경북대학교 컴퓨터학과 조교수. 2000년~현재 ITU-T SG17 Q.8, SSG Q.2 Editor. 관심분야는 인터넷 멀티캐스트, IP mobility, SCTP