

# 멀티미디어 스트리밍 서비스를 지원하기 위한 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안

장문정<sup>†</sup> · 이미정<sup>\*\*</sup>

## 요약

PR-SCTP를 이동환경 지원이 가능하도록 확장함으로써 이동 환경에서 멀티미디어 스트림 전송을 요구하는 응용을 지원하는 트랜스포트 계층 이동성 지원 프로토콜인 uPR-mSCTP를 제안하였다. uPR-mSCTP에서는 비순서화·비신뢰성 데이터 전송 서비스를 지원하기 위한 규칙을 정의하였고, 핸드오버 시 핸드오버 지연을 최소화할 수 있는 방안을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 IPv6에 uPR-mSCTP를 탑재한 경우와 UDP를 탑재한 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜들의 성능을 비교한 결과, uPR-mSCTP는 핸드오버 시 패킷전송률을 줄이기 때문에 네트워크 자원낭비를 줄이고, FMIPv6에 근접하는 패킷손실률을 보이며, MIPv6나 HMIPv6에 비해서는 훨씬 낮은 패킷 손실률을 보임을 알 수 있었다. 또한 uPR-mSCTP는 UDP를 탑재한 네트워크 계층 이동성 지원에 비해 제어패킷 오버헤드를 줄이는 장점을 가진다.

**키워드 :** PR-SCTP, UDP, 멀티미디어 스트림 응용 서비스, 핸드오버, mSCTP

## A Transport Layer Mobility Support Approach for Multimedia Streaming Services

MoonJeong Jang<sup>†</sup> · MeeJeong Lee<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose a transport layer mobility support protocol for multimedia streaming services in mobile/wireless environments by extending PR-SCTP to support mobility. We named the proposed scheme to be uPR-mSCTP. The rules related to provide unordered and unreliable data transfer, as well as an approach to minimize handover latency are proposed. Through the simulation results, it is shown that, since uPR-mSCTP reduces transmission rates during handover, not only it reduces the waste of network resources, but it also has the packet loss rate similar to FMIPv6, which is a lot smaller than UDP over MIPv6 or HMIPv6. It also incurs smaller control packet overhead compared to the network layer mobility support approaches.

**Key Words :** PR-SCTP, UDP, Multimedia Streaming Services, Handover, mSCTP

### 1. 서론

최근, 노트북, 핸드폰, PDA 등과 같은 이동단말 기술과 무선통신기술이 발전함에 따라 이동성에 대한 사용자의 요구가 급속히 확대되고 있으며, IPv6 기반의 차세대 인터넷에서는 멀티미디어 스트림 전송이 요구되는 서비스가 증가할 것으로 전망하고 있다. 음성 및 비디오 등과 같은 스트리밍 서비스는 지속적 재생을 위해 지연제약을 엄수해야 하므로 일반적으로 오류 및 혼잡제어 메커니즘이 없는 UDP(User Datagram Protocol)[1]를 트랜스포트 계층 프로토콜로 사용한다.

이동 환경에서 이와 같은 스트리밍 응용의 사용자 통신을 지원하기 위해서는 Mobile IP[2]와 같은 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜 위에 UDP 및 이들 응용을 탑재하여야 하는데 지금까지 사용자의 이동성을 지원하기 위하여 다양한 네트워크 계층 프로토콜들이 제안되었다. IPv6[3] 인터넷을 위해 제안된 대표적인 이동성 지원 프로토콜로 MIPv6(Mobile IPv6)[4], HMIPv6(Hierarchical MIPv6)[5], FMIPv6(Fast handover for MIPv6)[6] 등을 들 수 있다. MIPv6는 사용자 이동이 있어도 트랜스포트 계층에서의 연결이 유지되도록 하기 위해서 이동으로 인해 호스트의 IP 주소가 변경될 때마다 네트워크 계층에서 호스트의 홈 주소를 현재 위치에 의해 결정되는 CoA(Care-of-Address)로 바인딩해 준다. 이를 위해 MIPv6에서는 핸드오버가 발생할 때 MT(Mobile Terminal)에서 CT(Correspondent Terminal)와 홈 에이전트에 바인딩

※ 본 논문은 한국과학재단 기초과학연구사업(R04-2004-000-10073-0) 지원으로 수행되었음.

† 준 회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사과정

\*\* 정 회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수

논문접수 : 2005년 6월 17일, 심사완료 : 2005년 9월 23일

갱신을 위한 BU(Binding Update) 메시지를 보내게 된다[4]. 이와 같은 BU 메시지가 전달되는데 소요되는 지연으로 인하여 핸드오버 시에는 서비스의 단절이 발생할 수 있으며, 핸드오버 시 발생하는 서비스 단절 시간은 상당히 길어 멀티미디어 스트림 서비스와 같이 시간 제약을 갖는 응용을 지원하기에는 적합하지 못하다. 이에 각 지역 도메인에 지역 이동 에이전트 역할을 하는 MAP(Mobile Anchor Point)을 두고 지역 내의 이동성은 MAP이 처리하게 함으로써 홈 에이전트나 CT에 대한 바인딩 갱신에 필요한 지연을 줄여 멀티미디어 스트림 서비스를 MIPv6보다 효율적으로 지원할 수 있도록 제안된 방안이 HMIPv6이다[5]. 또한 데이터 링크 계층에서의 핸드오버 예상 정보를 바탕으로 AR(Access Router) 간 양방향 터널을 설정하고 핸드오버가 진행되는 동안 미리 새로운 AR에 데이터를 전달하여 버퍼링하도록 함으로써 핸드오버로 인한 전송지연과 손실을 최소화하는 방안으로 FMIPv6가 제안되었다[6]. 이들 일련의 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜들은 모두 공통적으로 멀티미디어와 같은 스트림 서비스를 지원하는데 있어서 네트워크 계층 엔터티의 관여와 오버헤드 및 복잡성을 요구한다.

최근, 이들 네트워크 계층에서의 이동성 지원과는 전혀 다른 접근 방식으로, 트랜스포트 계층에서 이동성을 지원하는 방안으로서 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)[7, 8, 9]를 기반으로 하는 mSCTP (mobile SCTP)[10, 11]가 제안되었다. mSCTP는 SCTP 커넥션의 한 종단점인 MT가 이동함에 따라 그 IP 주소가 변경되는 경우 종단 간에 커넥션에 매핑되는 종단점의 IP 주소를 동적으로 변경하는 트랜스포트 계층 주소변경 시그널링 메커니즘을 사용한다[12]. 이와 같이 트랜스포트 계층에서 점대점으로 이동성을 지원하면 홈 에이전트나 외부 에이전트와 같은 특별한 네트워크 엔터티를 사용하지 않아도 된다. 그러나 mSCTP는 SCTP와 마찬가지로 신뢰성 기반의 트랜스포트 프로토콜로서 재전송에 의한 오류복구 방식을 따르고 있기 때문에 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 이동성 지원에 사용하는 것은 부적합하다.

한편, PR-SCTP(Partial Reliability-SCTP)[13]는 “Time-critical” 스트리밍 서비스를 지원할 수 있는 SCTP 확장 프로토콜이다. PR-SCTP는 응용 계층 필요에 따라 데이터 전송 도중에 오류제어를 중단하고 바로 응용 계층에 데이터를 전달할 수 있도록 한다. PR-SCTP에서는 UDP처럼 비신뢰성 데이터 전송 서비스가 가능한 반면, UDP와는 달리 SCTP와 동일한 혼잡제어 알고리즘을 수용하고 있기 때문에 TCP-friendly하다는 특징을 가진다.

본 논문에서는 PR-SCTP를 이동환경 지원이 가능하도록 확장함으로써 멀티미디어 스트림 전송을 요구하는 응용을 이동 환경에서 지원하는 트랜스포트 계층 이동성 지원 프로토콜을 제시하고자 한다. 그리고 시뮬레이션을 통해 제안하는 스킴의 성능을 네트워크 계층에서의 지원 프로토콜들(MIPv6, HMIPv6, FMIPv6)위에 UDP를 탑재한 경우의 성능과 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에

서는 관련 연구인 mSCTP와 PR-SCTP에 대하여 좀 더 자세히 설명하고, 3장에서는 제안하는 스킴을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 그 성능을 비교·분석하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

최근, 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안으로 제안된 mSCTP는 2000년 IETF(Internet Engineering Task Force)에 의해 범용 트랜스포트 프로토콜 표준 중 하나로 새로이 채택된 SCTP의 멀티호밍 특성을 기반으로 SCTP 연결에 매핑되는 종단의 IP 주소를 연결 진행 중 동적으로 바꿀 수 있도록 확장한 프로토콜로 현재 IETF에 개인 드래프트로 제출되어 있다. SCTP의 대표적인 특징인 ‘멀티호밍’은 하나의 단말에 여러 개의 IP 주소가 지정되는 것을 허용하는 것으로 SCTP에서는 이들 여러 주소들 가운데 하나의 주소만 데이터를 주고받는데 사용하며 이 주소에 해당하는 전송 경로를 ‘주경로’라고 부른다. 그리고 그 이외의 경로들은 패킷 재전송과 백업의 목적으로만 사용한다[7]. 멀티호밍에 의해 종단점에 여러 개의 IP 주소를 동시에 매핑하는 것이 허용되므로 MT가 새로운 IP 서브 네트워크로 이동하여 새 IP 주소를 획득했을 때, mSCTP는 현재 서브 네트워크에서의 IP 주소를 그대로 유지하면서 [12]에서 제안된 SCTP의 동적인 주소관리 방안을 이용하여 새로운 IP 주소를 어소시에이션(SCTP에서의 연결을 어소시에이션이라 부름)에 추가한다[10]. [12]는 SCTP와 관련한 연구를 진행하고 있는 IETF(Internet Engineering Task Force) TSVWG(Transport Area Working Group)의 드래프트로 SCTP 어소시에이션에 매핑되는 IP 주소를 변경하기 위해서 ADDIP와 DELETEIP 청크(SCTP에서의 전송단위)를 사용하는 방안을 제안하였다. ADDIP 청크는 상대에게 새로운 IP 주소를 SCTP 어소시에이션에 추가할 것을 요구하며, DELETEIP 청크는 상대에게 현재 어소시에이션의 종단점 IP 주소로 등록되어 있는 것을 삭제할 것을 요청한다. 또한 주경로를 변경하기 위해 Set-primary IP 청크를 사용한다.

현재 mSCTP와 관련하여 연구되고 있는 내용으로 먼저 심리사한 이동성 지원을 위한 종단 간 주소관리에 관한 연구 [14, 15, 16, 17, 18]가 있다. 이 연구는 이동 단말의 인터페이스의 수와 이동 단말이 이동하는 각 망의 특성을 고려하여 [12]에서 정의한 mSCTP의 주소변경을 위한 청크들을 발생시킬 적절한 시점을 판단하는 조건 및 기준에 관한 것이다. [14]에서는 다중 인터페이스를 가지는 단말의 경우 데이터 링크 계층의 전과제기 정보를 이용하여 종단 간 주소변경을 위한 청크들을 발생시키는 시점을 최적화하였고, [15]에서는 단일 인터페이스를 가지는 이동 단말에서의 종단 간 주소변경을 위한 청크들을 발생시키는 시점을 최적화하였다. [16]에서는 다중 인터페이스를 가지는 단말이 핸드오버 하는 경우 주소변경을 위한 청크들을 발생시킬 적절한 시점을 판단하는 조건 및 기준에 관한 여러 정책들의 성능을 실험하였다. [17]은 셀룰라 망에 mSCTP를 적용하는 방안에 대하여 연구하였

고, [18]에서는 다중 인터페이스를 가지는 이동 단말이 핸드오버 시 해당 어소시에이션에 속한 각 경로 별로 유지하고 있는 이용 가능한 대역폭을 기준으로 가장 최적의 데이터 경로를 선택하는 방안을 제시하였다.

한편, mSCTP는 종단 간 이동성을 지원하는 방안이기 때문에 이질 망간 핸드오버(수직 핸드오버) 시 기존의 네트워크 계층 이동성 지원 방안에 비해 핸드오버 절차가 간단해질 수 있다는 이점이 있다. 이에 이동 단말이 수직 핸드오버를 수행하는 경우 통신 성능을 향상시키기 위한 방안들에 대해 연구가 진행되고 있다[19, 20]. 마지막으로 mSCTP에서는 통신하고자 하는 단말이 이동 단말로 새로운 어소시에이션을 설립하는 경우, 통신하고자 하는 단말이 이동 단말의 현재 위치를 파악할 수 있는 방안이 요구된다[17, 21, 22]. 주로 이 문제와 관련해서는 Mobile IP[2], RSePool(Reliable Server Pooling)[23], DDNS(Dynamic DNS)[24], SIP(Session Initiation Protocol)[25] 등 기존의 위치관리 프로토콜들과의 연동을 통하여 해결책을 제시하고자 하는 연구가 진행 중이다[17, 21]. [17]에서는 SIP와의 연동방안을 제시하고 있으며, [21]에서는 RSePool과의 연동방안을 제시하고 있다. 그런데 이 모든 연구에서 다루고 있는 mSCTP는 재전송에 의해 오류복구를 수행하는 신뢰성을 지원하는 트랜스포트 프로토콜인 SCTP를 이동성지원 프로토콜로 확장하는 방안이기 때문에, 시간제약을 갖는 멀티미디어 스트림 응용 서비스를 지원하기에는 부적합하다.

한편, 응용의 특성에 따라 그 응용을 사용하는 사용자가 명시한 규칙에 의해 유연하게 데이터 전송 방식이 결정될 수 있도록 지원하는 트랜스포트 프로토콜인 PR-SCTP가 2004년 5월에 RFC 3758로 제정되었다[9]. PR-SCTP는 SCTP의 확장 방안으로 순서화·비신뢰성 데이터 전송 서비스뿐 아니라 사용자가 명시한 규칙에 의해 UDP처럼 비순서화·비신뢰성 데이터 전송 서비스도 제공할 수 있다.

PR-SCTP에서는 사용자가 메시지 전송 혹은 재전송을 얼마나 시도할 것인가에 대한 규칙들을 명기하도록 허용하는 "Partially reliable transport service"를 정의하고 있으며, 이 서비스는 실시간 서비스 등 다양한 응용들을 지원할 수 있다. PR-SCTP를 사용하기 위해서는 SCTP 어소시에이션 설립 시 교환하는 INIT/INIT ACK 체크에서 종단 간에 PR-SCTP 사용여부를 협상해야 한다. PR-SCTP에서 사용자는 재전송 시도횟수와 DATA 체크의 U 플래그를 설정함으로써 데이터 전송 방식을 결정할 수 있다. 재전송 시도횟수는 송신노드 측의 변수로 송신측 PR-SCTP는 최대 재전송 시도횟수가 지정하는 횟수까지만 손실된 패킷에 대한 재전송을 수행한다. 즉, 재전송 시도 횟수는 사용자가 사용하는 응용의 신뢰성 정도를 나타내며, DATA 체크의 U 플래그는 데이터 패킷 전송의 순서화 유무를 나타내는 것으로 송신측이 이 플래그를 1로 설정하면 수신측에서는 비순차적으로 응용에 데이터 패킷을 전달할 수 있다. 즉 수신측 PR-SCTP에서는 U 플래그가 세트되어 있는 경우 수신한 패킷순차번호에 갭(Gap)이 있어도 빠진 순차번호에 해당하는 패킷을 기다리지 않고 바로 수신한 패킷을 응용에 전달한다. 또한 PR-SCTP 어소시에이션에

서 특정 순차번호까지의 데이터에 대한 신뢰성 제공 기능을 중지하기 위해서 송신노드는 수신노드에게 그 순차번호를 FORWARD TSN 이라는 제어 체크를 이용하여 알린다. 수신노드는 FORWARD TSN 체크를 수신하면, 현재 버퍼에 있는 데이터 중 FORWARD TSN 체크에 표시된 순차번호까지의 데이터들을 곧 바로 상위 응용에 전달하고, 수신측의 Cumulative ACK을 이 순차번호까지 진행시킨다.

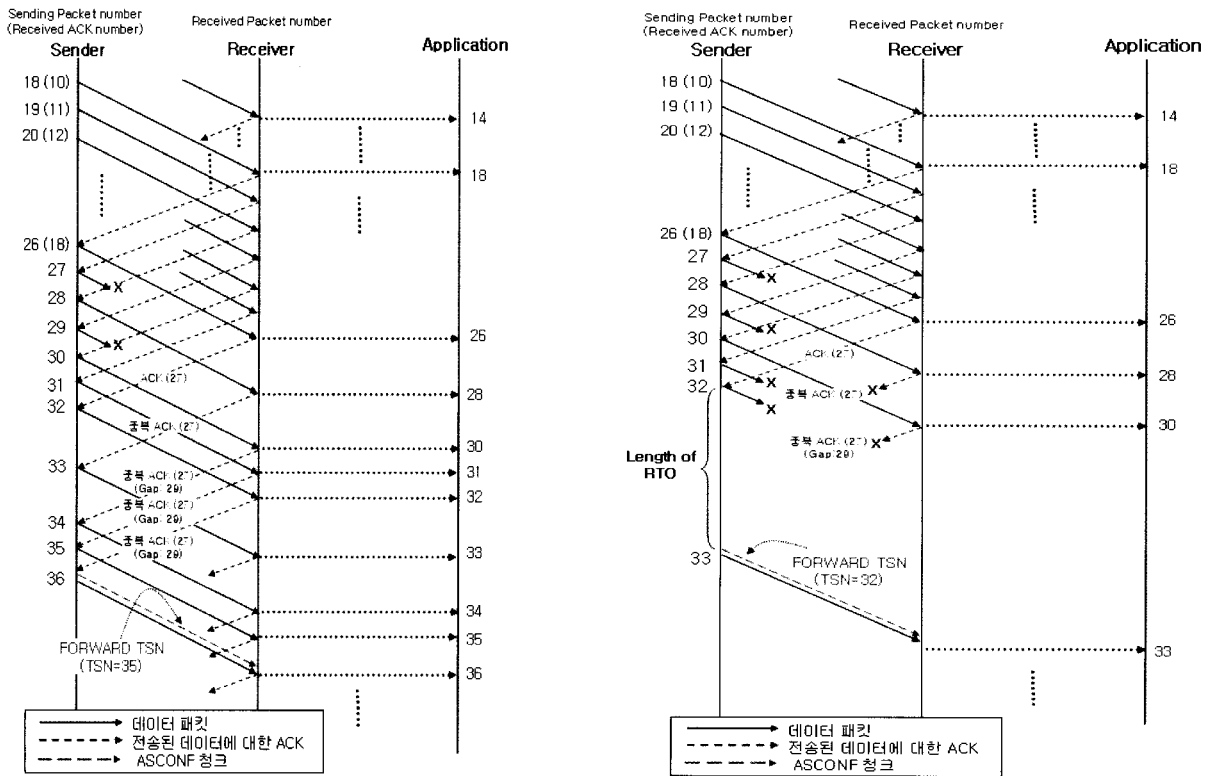
한편, 혼잡제어에 관하여는 PR-SCTP는 SCTP와 동일하게 동작한다. 수신자 윈도우는 하나의 PR-SCTP 연결에 대하여 하나의 값을 유지하지만 혼잡 윈도우 크기와 outstanding 데이터 크기는 경로 별로 별도의 값을 유지하며, 새로운 경로로 전송을 시작할 때는 혼잡 윈도우를 2부터 시작해서 슬로우 스타트로 패킷을 전송한다. 또한 PR-SCTP에서는 혼잡제어에 필요한 패킷 손실 정보를 얻기 위해 SCTP와 마찬가지로 송신노드에서 전송한 패킷에 대해 재전송 타이머를 유지하고 재전송 타임아웃이 발생한 경우에 혼잡 윈도우를 1로부터 시작해서 슬로우 스타트로 패킷을 전송한다. 그리고 특정 패킷에 대한 중복 ACK을 4개까지 수신하면 혼잡 윈도우를 반으로 줄이고 혼잡회피를 수행한다.

현재 PR-SCTP는 MPEG-4 멀티미디어 스트리밍의 성능 향상을 위한 방안으로 연구되고 있다[26, 27]. MPEG-4 표준에서는 하나의 비디오 스트림이 I, P, 그리고 B 프레임으로 구성되는데, P와 B 프레임은 I 프레임에 의존적이기 때문에 I 프레임의 손실은 전체 성능에 상당히 나쁜 영향을 미친다. 이에 [26, 27]에서는 디코딩된 스트림의 더 좋은 품질을 획득하고, 혼잡상황에서 I 프레임을 선택적으로 재전송함으로써 전체 성능을 향상시키기 위한 방안으로 PR-SCTP를 사용하는 방안을 제안하고 있다.

### 3. uPR-mSCTP

[10]에서 유선환경을 위한 연결기반 트랜스포트 프로토콜인 SCTP를 이동성 지원을 위해 확장한 것처럼 본 논문에서는 유선환경 제안된 PR-SCTP를 이동 환경에서 멀티미디어 스트리밍 서비스에 적용할 수 있도록 확장한 스킴을 제안하고 이를 uPR-mSCTP로 부르기로 한다.

이동성 지원을 위해 uPR-mSCTP에서도 2장에서 설명한 mSCTP와 마찬가지로 동적으로 종단 주소 매핑을 변경하는 ADDIP, Set-primary IP, DELETEIP 체크들을 사용한다. 이들 제어체크를 사용하는 방법은 간략하게 설명하면 다음과 같다. MT가 새로운 서브 네트워크로 이동하여 데이터 링크 계층 핸드오버가 이루어지고 새 IP 주소를 획득하면, MT는 CT에게 ADDIP 체크를 전송하여 새로 획득한 IP 주소를 CT에게 알린다. 또한 현재 주경로로 사용되고 있는 IP 주소가 속한 네트워크의 AR 전파세기가 특정 임계치 보다 낮아지면 MT는 CT에게 Set-Primary IP 체크를 전송하여 주경로를 변경하도록 한다. 마지막으로 MT가 이전 AR의 전파범위를 완전히 벗어나게 되면 MT는 CT에게 DELETEIP 체크를 전송하여 이전 서브 네트워크에서의 IP 주소를 주소매핑에서



(a) 임의의 손실에 대해 4개의 중복 ACK을 받는 경우 (b) 임의의 손실에 대해 재전송 타이머가 만료되는 경우  
 (그림 1) uPR-mSCTP의 송신노드가 FORWARD TSN 체크를 전송하는 시점

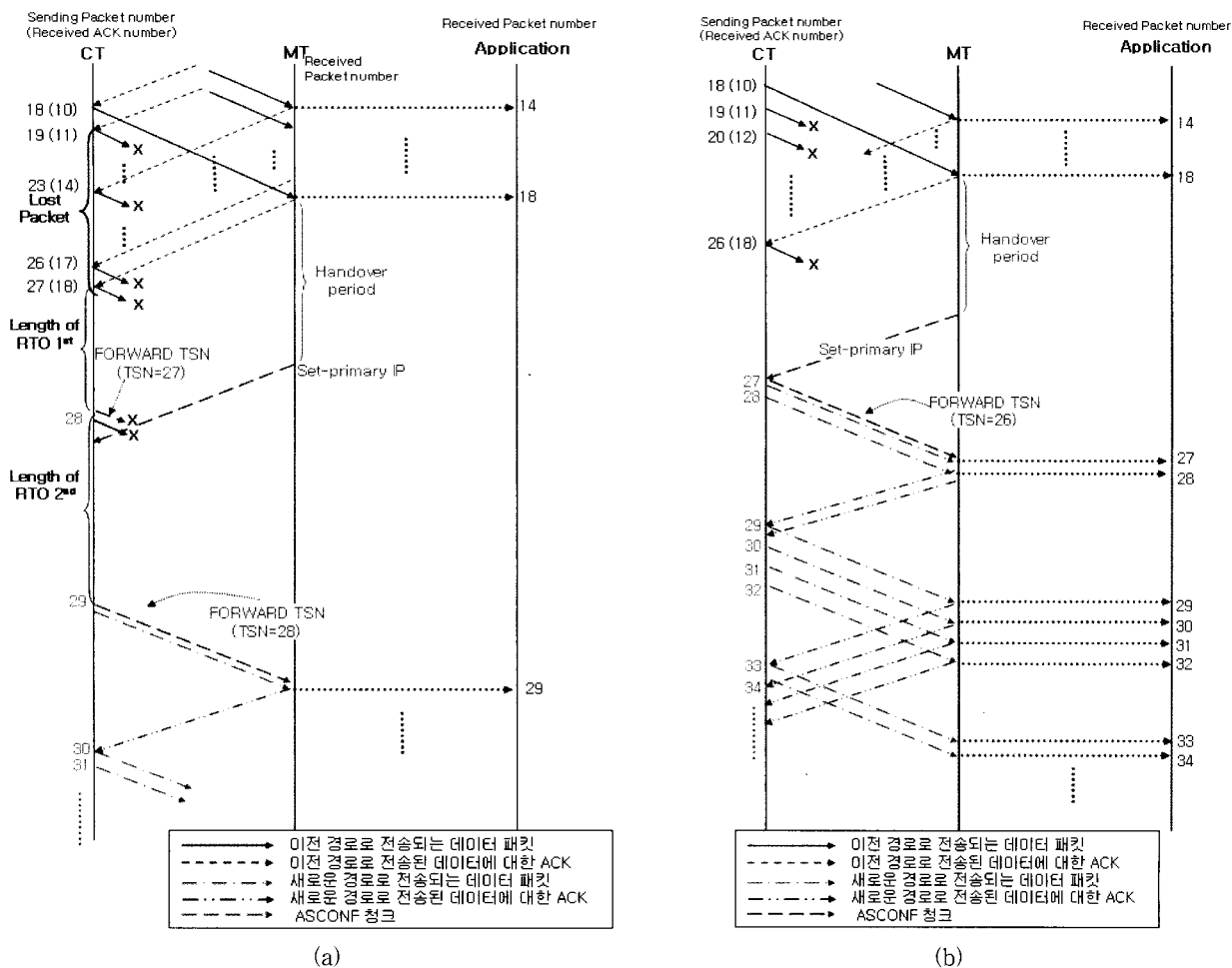
삭제해야 함을 알린다[14, 15].

먼저, uPR-mSCTP가 UDP를 사용하는 경우와 유사하게 비신뢰성·비순서화 데이터 전송 서비스를 지원할 수 있도록 하기 위한 전송 방식을 정의하면 다음과 같다. 송신노드에서의 재전송 시도 횟수를 0으로 설정하여 재전송 타이머가 만료되는 경우 송신노드가 이미 전송한 데이터 패킷을 재전송하는 것이 아니라 전송 할 차례의 새로운 데이터 패킷을 전송하도록 한다. 또한 DATA 체크의 U 플래그를 항상 1로 설정하여 수신노드에서 데이터 패킷을 순서에 어긋나게 받을지라도 받는 즉시 응용으로 전달하도록 한다. 또한 uPR-mSCTP의 송신노드는 손실 발생을 발견할 때마다 2장에서 설명한 제어 체크인 FORWARD TSN 체크를 전송하여 수신노드의 Cumulative ACK 포인트가 손실된 패킷을 무시하고 전진하도록 만든다.

그런데 이와 같은 FORWARD TSN 체크 사용에 의해 uPR-mSCTP의 혼잡제어가 방해받지 않도록 하기 위해서는 FORWARD TSN 체크 사용 방안이 주의 깊게 정의되어야 한다. 예를 들면, 송신노드가 특정 Gap ACK 블락을 가지는 SACK을 받았을 때, 단순히 FORWARD TSN의 순차번호 값을 이번에 새로 전송하는 데이터 패킷의 순차번호 바로 이전 순차번호로 설정하여 FORWARD TSN 체크를 전송한다면 수신노드가 4개의 중복 ACK을 발생하기 전에 이 FORWARD TSN 체크가 수신노드에게 전달되어 4개의 중복 ACK이 발생되지 못하는 수가 있다. 이렇게 되면 송신노드에

서는 손실이 발생하였음에도 불구하고 혼잡회피를 수행하지 않게 된다. 이에 제한하는 uPR-mSCTP에서는 (그림 1)에서와 같이 송신노드가 임의의 손실에 대해 재전송 타임아웃이 발생하거나 혹은 임의의 손실에 대해 4개의 중복 ACK을 받는 경우에만 FORWARD TSN 체크를 수신노드에게 전송하도록 한다. 이 때 FORWARD TSN의 순차번호 값은 이번에 새로이 전송하는 데이터 패킷의 순차번호 바로 이전 순차번호로 설정한다. 즉, 임의의 데이터 패킷이 손실되는 경우 송신노드는 궁극적으로 이 손실에 대하여 4개의 중복 ACK을 받든지 혹은 이 패킷에 대한 재전송 타이머 만료를 경험하게 되는데, 이 때 송신노드는 손실에 대한 혼잡제어를 수행하고 새로운 데이터 패킷을 전송하면서 FORWARD TSN 체크를 함께 전송한다.

한편 이동 환경에서 핸드오버가 발생하면, 종단 간에 핸드오버 처리가 진행되는 동안 데이터가 연속적으로 손실되는데, uPR-mSCTP는 UDP와 달리 재전송 타이머를 사용하기 때문에 (그림 2)(a)에서와 같이 CT의 uPR-mSCTP가 주경로 변경을 알리는 Set-primary IP 체크를 받을지라도 재전송 타이머가 만기될 때까지는 새로운 경로로 데이터 패킷을 전송하지 못한다. 핸드오버 처리에 소요되는 시간이 길어지는 경우 핸드오버가 완료되기까지 한 번 이상의 재전송 타임아웃이 발생할 수 있는데, 재전송 타임아웃이 발생할 때마다 재전송 타이머 값이 두 배씩 증가하기 때문에 핸드오버 완료 후 새로운 경로로의 데이터 패킷 전송이 이루어지기까지의 지연

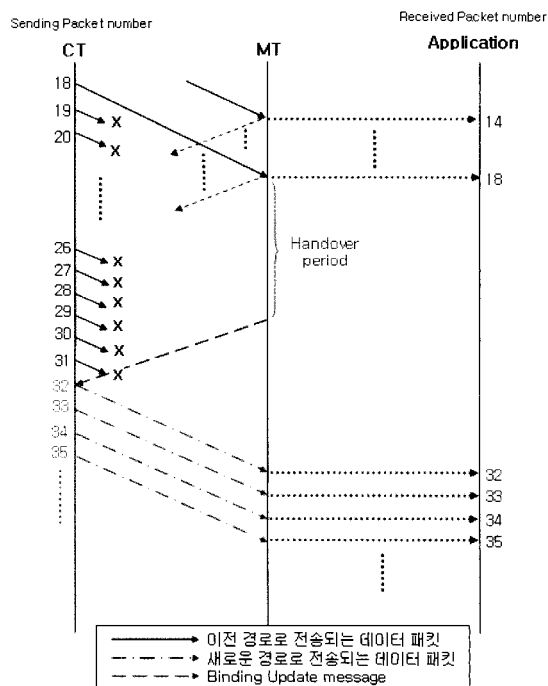


(그림 2) 핸드오버 발생 시 uPR-mSCTP의 동작과정

이 그만큼 더 커지게 된다.

이와 같은 지연은 멀티미디어 스트리밍 서비스의 경우 스트리밍 서비스의 경우 스트림 단절로 나타나므로 이를 최소화하기 위해 제안하는 uPR-mSCTP는 (그림 2)(b)에서와 같이 CT가 MT로부터 주경로를 새로운 IP 주소로 변경할 것을 요청하는 Set-primary IP 체크를 받으면, 동작 중인 재전송 타이머를 멈추고, 다음 번 전송될 새 패킷과 함께 FORWARD TSN 체크를 MT에게 전송하도록 한다. 이 때, FORWARD TSN의 순차번호는 역시 새로 전송하는 데이터 패킷의 순차번호 바로 이전 값으로 설정한다. MT가 이 FORWARD TSN 체크를 수신하면, FORWARD TSN 체크와 함께 배달된 새로운 데이터 패킷의 순차번호로 수신측 Cumulative ACK 포인트를 이동시키므로 결과적으로 UDP와 동일하게 핸드오버로 인한 손실을 모두 무시하게 된다.

한편, uPR-mSCTP는 PR-SCTP와 마찬가지로 SCTP의 혼잡제어를 그대로 따른다. 따라서 핸드오버 기간 중 (그림 3)에서의 UDP처럼 지속적으로 패킷을 내보내지 않고 (그림 2)(b)에서와 같이 재전송 타이머가 만기될 때마다 패킷을 하나씩 내보내며, 핸드오버 완료 후 새로운 경로로의 전송을 슬로우 스타트로 진행한다.



(그림 3) 핸드오버 시, UDP의 동작과정

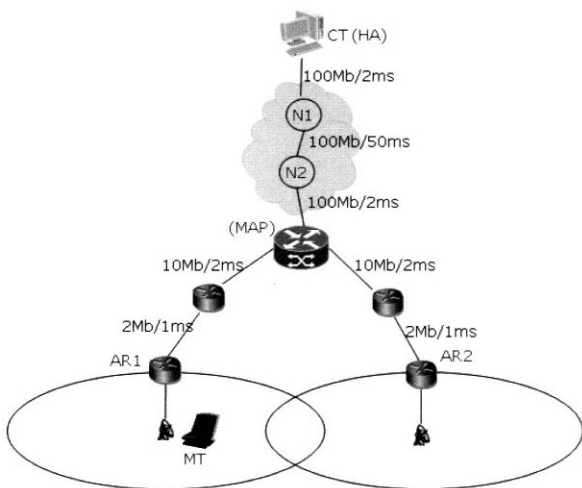
### 4. 성능평가

uPR-mSCTP와 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜 위에 UDP를 탑재한 경우의 성능을 비교하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. uPR-mSCTP는 IPv6 위에 탑재하였으며 UDP는 대표적인 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜인 MIPv6, HMIPv6, FMIPv6에 탑재한 경우 각각을 실험하였다.

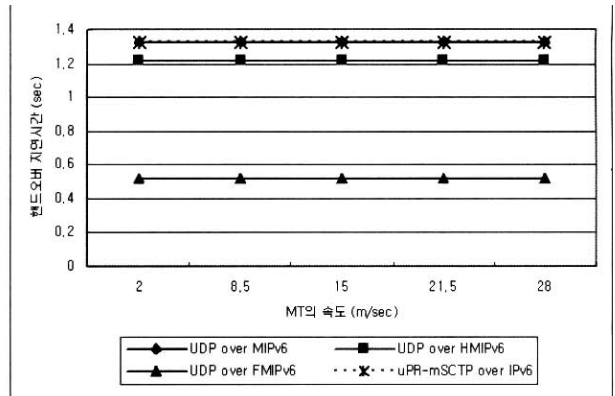
시뮬레이션은 버클리 대학 (U.C Berkeley)의 네트워크 시뮬레이터(Network Simulator) 2.27 버전[28]으로 구현하였으며, 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 (그림 4)와 같다. (그림 4)에서 괄호 안에 있는 엔티티들은 네트워크 계층에서의 이동성 지원 프로토콜을 위해서 필요한 엔티티들이다. AR1과 AR2의 전파범위는 각각 250m이고, AR1의 전파범위와 AR2의 전파범위가 중첩되는 부분의 크기는 80m라고 가정하였다. MT는 Random Waypoint Mobility 모델에 따라 AR1과 AR2 사이에서 무작위로 이동하며, CT에서는 10ms 간격으로 210 바이트 크기의 CBR 트래픽을 발생시켜서 이를 UDP 혹은 uPR-mSCTP를 통해 전송한다.

성능 비교를 위한 측정치로서 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리율을 측정하였고, 핸드오버 처리를 위해 발생하는 오버헤드로는 AR에서의 버퍼 오버헤드 및 이동성 지원을 위한 시그널링 오버헤드를 측정하였다. 그리고 시뮬레이션 파라미터로는 MT의 이동속도와 인터넷 경유시간을 각각 변경시켜 보았다. 인터넷 경유시간의 변화는 (그림 4)의 N1과 N2 사이의 지연시간을 변화시킴으로써 구현하였다.

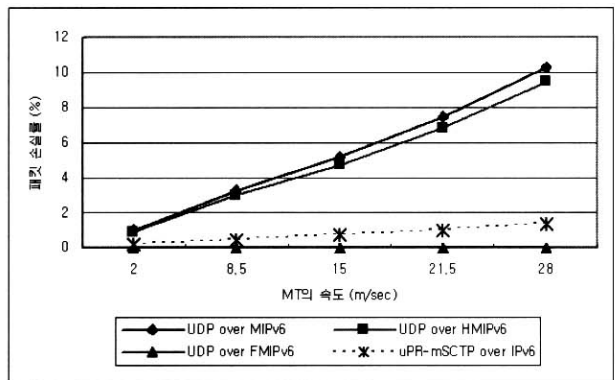
(그림 5), (그림 6), (그림 7)은 MT의 이동 속도를 2m/s~28m/s (7km/hour~100km/hour)로 변화시켜 보면서 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리율을 측정한 결과를 각각 보인 것이다. 모든 스킴에 있어서 핸드오버 지연시간은 MT 속도와 무관하게 일정함을 알 수 있다. 핸드오버 지연시간은 CT 혹은 MAP에서 새로운 경로로 데이터 전송을 시작하는 시간에 의해 결정되는데, 이 시간은 MT의 속도와는 무관하기 때문이다.



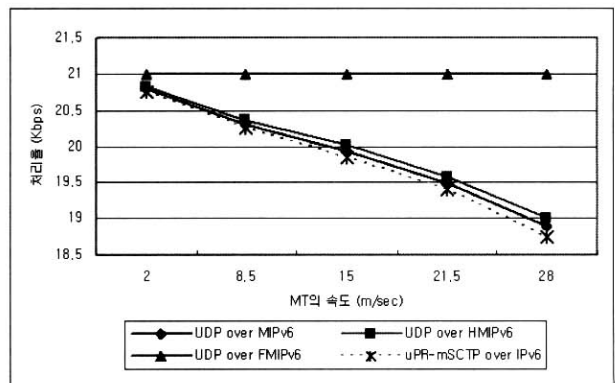
(그림 4) 시뮬레이션 네트워크 모델



(그림 5) MT 속도변화에 따른 핸드오버 지연시간



(그림 6) MT 속도 변화에 따른 패킷 손실률



(그림 7) MT 속도 변화에 따른 처리율

(그림 5), (그림 6), (그림 7)에서 보듯이 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리율에서 FMIPv6가 가장 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. FMIPv6는 데이터 링크 계층 핸드오버가 완료되는 즉시 PAR (Previous Access Router)에서 NAR(New Access Router)로 터널링한 즉, 이전 경로로 전송된 데이터 패킷을 MT에서 전달 받게 되기 때문에 핸드오버 지연이 비교적 스킴들 중에서 가장 짧으며, FMIPv6의 핸드오버 지연시간은 거의 데이터 링크 계층 핸드오버를 완료하는데 소요된 시간에 해당된다. 또한 FMIPv6에서는 핸드오버 동안 이전 경로로 전송한 데이터 패킷들을 PAR이 NAR로 터널링함으로써 핸드오버 동안 데이터 패킷의 손실이 거의 없기 때문에

패킷 손실률이나 처리율이 가장 우수함을 알 수 있다.

HMIPv6의 경우 MIPv6나 uPR-mSCTP에 비해 핸드오버 지연시간이 약 0.11초가량 더 짧은데, 이는 MIPv6와 mSCTP는 CT에서 BU 메시지 혹은 ASCONF 청크를 처리하는 반면에 HMIPv6는 CT보다 상대적으로 더 가까운 곳에 위치한 MAP에서 BU 메시지를 처리하기 때문이다. HMIPv6와 MIPv6의 핸드오버 지연시간의 차이는 대략 MAP에서 CT 사이의 왕복 지연에 해당된다.

(그림 6)에서 MIPv6, HMIPv6, uPR-mSCTP의 경우 MT의 속도가 빨라질수록 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률이 커짐을 볼 수 있는데 이는 MT의 속도가 빠를수록 핸드오버 횟수가 증가하므로 핸드오버로 인해 발생하는 패킷 손실량이 더 많아지기 때문이다. 또한 UDP의 경우 핸드오버 기간 중에도 지속적인 패킷전송이 이루어지기 때문에 핸드오버 지연에 비례하여 패킷 손실량이 커지게 되므로 핸드오버 지연이 더 긴 MIPv6의 패킷 손실률이 HMIPv6의 패킷 손실률보다 더 크다. uPR-mSCTP의 경우 (그림 5)에서 보듯이 핸드오버 지연시간은 MIPv6와 유사하지만 패킷 손실률은 상대적으로 매우 낮음을 볼 수 있는데, 이는 3장에서 설명한 바와 같이 uPR-mSCTP는 혼잡 제어를 사용함으로써 핸드오버 동안 데이터를 연속적으로 전송하지 않기 때문이다.

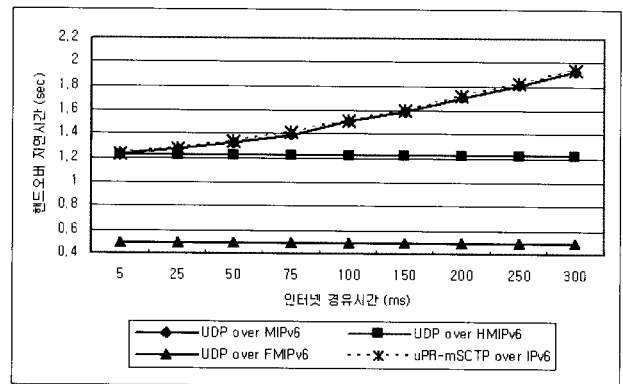
한편 (그림 7)에서 HMIPv6의 핸드오버 지연이 MIPv6와 uPR-mSCTP보다 작기 때문에 조금 더 좋은 처리율을 보이며, uPR-mSCTP의 경우 핸드오버로 인해 전송경로가 바뀔 때마다 슬로우 스타트를 수행하기 때문에 MIPv6보다 처리율이 조금 낮음을 알 수 있다.

(그림 8), (그림 9), (그림 10)은 인터넷 경유시간을 5ms~300ms로 변화시켜 보면서 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리율을 측정한 결과를 각각 보인 것이다. 이 실험에서 MT의 이동 속도는 15m/sec(=54Km/hour)로 고정하였다. (그림 8)과 (그림 9)에서 FMIPv6와 HMIPv6의 경우에는 인터넷 경유시간이 증가하는데 관계없이 핸드오버 지연과 패킷 손실률이 거의 일정함을 볼 수 있다. FMIPv6는 (그림 5)에서 설명한 바와 같이 데이터 링크 계층 핸드오버가 완료되는 즉시 MT는 NAR로부터 이전 경로로부터 전송된 데이터를 받을 수 있으므로 인터넷 경유시간에 관계없이 거의 일정한 핸드오버 지연을 보이며, 따라서 패킷 손실률도 일정하다. HMIPv6의 경우도 BU 메시지가 MAP에서 처리되고, MAP까지의 BU 메시지 전달시간은 인터넷 경유시간에 영향을 받지 않기 때문에 인터넷 경유시간 증가에 관계없이 핸드오버 지연과 패킷 손실률이 모두 거의 일정하다.

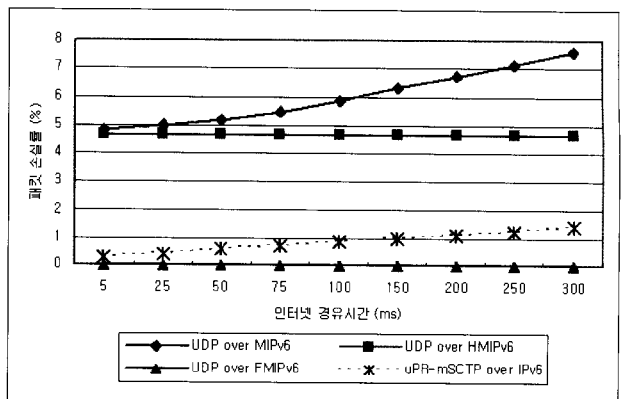
한편 MIPv6와 uPR-mSCTP의 경우 인터넷 경유시간이 증가할수록 핸드오버 지연시간이 증가함을 볼 수 있다. 이는 인터넷 경유시간이 증가한 만큼 MT로부터의 BU 메시지 혹은 ASCONF 청크가 CT에 전달되는데 소요되는 시간과 CT가 전송한 데이터 패킷이 MT에 도달하는데 걸리는 시간이 각각 증가하기 때문이다. 또한 MIPv6의 경우에는 UDP가 핸드오버 중에도 연속적인 데이터 전송을 계속하므로 인터넷 경유시간 증가에 따라 핸드오버 지연이 증가하면 그에 따라

패킷 손실률도 비례하여 증가한다(그림 9). 그러나 uPR-mSCTP의 경우 핸드오버 지연시간은 MIPv6와 유사하지만 핸드오버에 의해 발생하는 패킷 손실률은 MIPv6나 HMIPv6에 비해 매우 낮음을 볼 수 있는데, 이는 (그림 6)에서 설명한 바와 같이 uPR-mSCTP의 CT가 혼잡제어 알고리즘을 수행하여 핸드오버 중 패킷 전송이 거의 중단되기 때문이다.

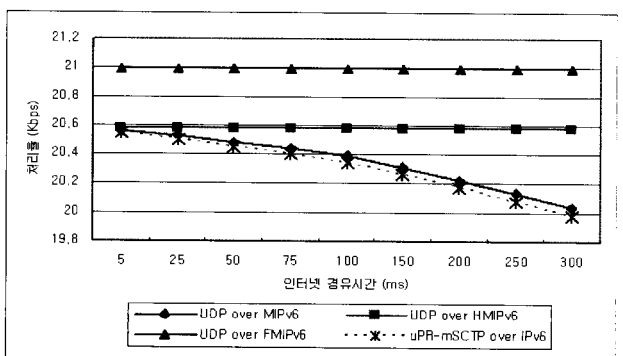
(그림 10)에서 FMIPv6와 HMIPv6는 인터넷 경유시간에 관계없이 일정한 처리율을 보이는 반면, MIPv6와 uPR-mSCTP는 인터넷 경유시간이 길어질수록 처리율이 낮아짐을 볼 수 있다. (그림 7)에서 설명한 바와 같이 uPR-mSCTP의 혼잡제어로 인해 핸드오버 후 항상 슬로우 스타트로 전송을 시작하므로 MIPv6보다 조금 낮은 처리율을 가진다.



(그림 8) 인터넷 경유시간에 따른 핸드오버 지연시간



(그림 9) 인터넷 경유시간에 따른 패킷 손실률

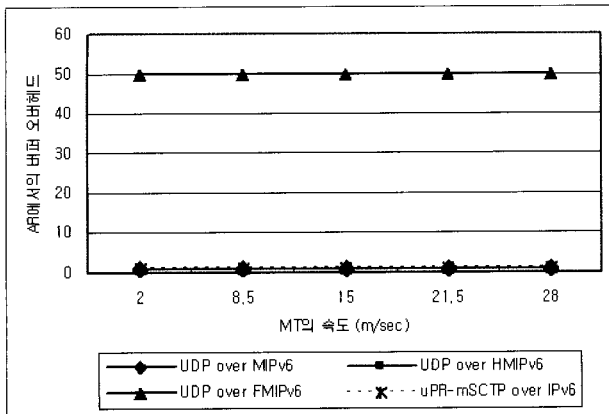


(그림 10) 인터넷 경유시간에 따른 처리율

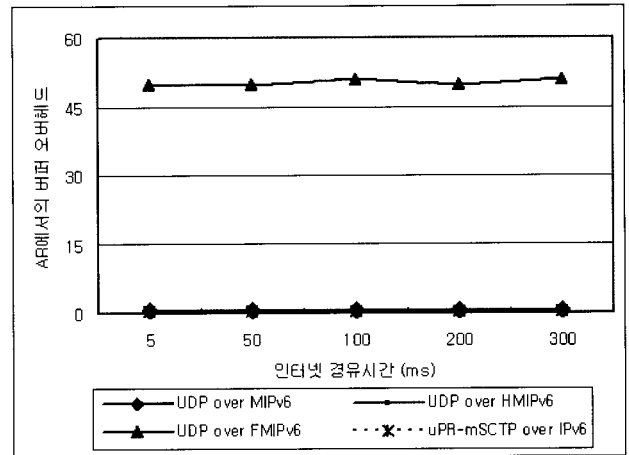
종합적으로 보면, 제안하는 uPR-mSCTP의 경우 UDP와 달리 혼잡제어를 수행함으로써 인해 핸드오버 동안 패킷 전송이 거의 중단되고 이로 인해 패킷 손실률이 훨씬 낮다. 그러나 핸드오버 지연에 있어서는 uPR-mSCTP는 MIPv6와 유사하기 때문에 핸드오버가 진행되는 동안 사용자는 서비스 단절을 경험할 수 있다. 단, MIPv6, HMIPv6와는 달리 uPR-mSCTP는 핸드오버 동안 CT의 데이터 전송이 거의 중단되므로 핸드오버 완료 후, 사용자는 정보의 손실 거의 없이 핸드오버 발생 전 서비스가 단절된 부분부터 이어서 서비스를 제공받을 수 있으며, 핸드오버 동안 전송률을 줄임으로써 네트워크의 자원낭비도 줄일 수 있다. 이에 비해 MIPv6와 HMIPv6는 핸드오버 동안에도 CT가 계속적으로 데이터 패킷을 전송하기 때문에 핸드오버 완료 후, 사용자는 핸드오버 발생 전 서비스가 단절된 부분부터 이어서 서비스를 받지 못하여 네트워크의 자원이 낭비된다.

그러나 제안하는 uPR-mSCTP는 핸드오버 지연시간, 패킷 손실률, 처리를 측면에서 FMIPv6보다 좋지 못한 성능을 보인다. 이는 FMIPv6가 (그림 5)~(그림 10)에서 설명한 것과 같이 핸드오버 동안 이전 경로로 전송한 데이터 패킷들을 PAR에서 NAR로 터널링함으로써 핸드오버 동안 데이터 패킷의 손실이 거의 없기 때문이다. 그러나 FMIPv6는 아래 시뮬레이션 결과에서 보인 바와 같이 NAR에서의 데이터 패킷 버퍼링을 요구하며, 핸드오버 시 등록을 위한 제어패킷 뿐 아니라 핸드오버 지연시간을 줄이기 위한 제어패킷도 추가적으로 발생시킨다.

비교 스킴들 중 가장 좋은 성능을 보이는 FMIPv6의 경우 핸드오버 지연시간을 줄이기 위해서 핸드오버 동안 AR에서 버퍼링을 수행하는데, (그림 11), (그림 12)는 이에 대한 오버헤드를 측정하기 위한 실험을 수행한 결과를 보인 것이다. MIPv6와 HMIPv6도 smooth 핸드오버를 수행한다면 AR에서의 버퍼링 오버헤드가 발생하게 되지만, 이 논문에서는 smooth 핸드오버를 포함하지 않는 단순한 MIPv6와 HMIPv6를 가정하였다. 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안인 uPR-mSCTP는 코어 네트워크에 홈/외부 에이전트를 요구하지 않기 때문에 핸드오버 시 AR에서의 버퍼링이 발생하지 않는다.



(그림 11) MT의 속도 변화에 따른 새로운 NAR에서의 버퍼 오버헤드

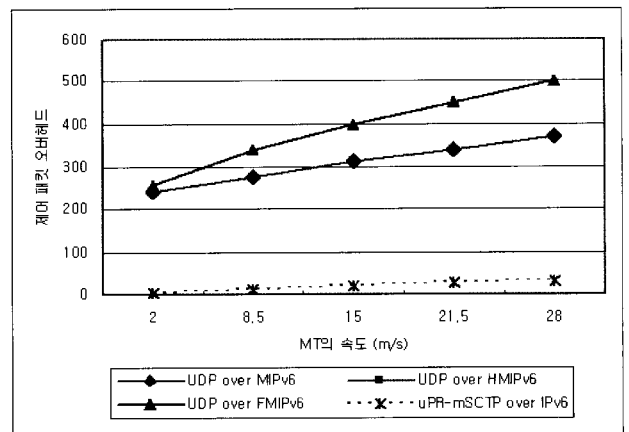


(그림 12) 인터넷 경유시간에 따른 새로운 NAR에서의 버퍼 오버헤드

(그림 11)은 MT의 이동 속도를 2m/s~28m/s로 변화시켜 보면서 핸드오버 동안 새로운 NAR에서의 평균 버퍼 오버헤드를 측정된 결과이며, (그림 12)는 인터넷 경유시간을 5~300ms로 변화시켜 보면서 핸드오버 동안 새로운 NAR에서의 평균 버퍼 오버헤드를 측정된 결과이다. (그림 11)과 (그림 12)에서 FMIPv6의 경우 NAR의 버퍼링 오버헤드는 MT의 속도나 인터넷 경유시간의 변화와는 무관하며 이 실험에서는 다른 스킴들을 기준으로 약 50배 정도의 AR 버퍼가 요구됨을 알 수 있었다. 또한 이러한 버퍼 오버헤드는 사용자 플로우의 트래픽 양이나 사용자 수가 많을수록 비례하여 커진다.

(그림 13)은 MT의 이동 속도를 2m/s~28m/s로 변화시켜 보면서 시뮬레이션 시간 동안 비교하는 스킴들이 발생시킨 제어 패킷의 수를 측정된 결과를 보인 것이다. 이 실험에서 인터넷 경유시간은 50ms로 고정하였다. 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안들의 경우 HA 혹은 MAP까지의 등록 및 핸드오버를 위해 사용된 제어 패킷들의 수를 측정하였고, 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안의 경우 핸드오버 시 중단 간 주소관리를 위해 트랜스포트 계층에서 사용하는 제어 패킷의 수를 측정하였다.

(그림 13)에서 보듯이 모든 스킴에서 MT의 속도가 빨라질수록 제어패킷 오버헤드는 커짐을 볼 수 있다. 이는 MT의



(그림 13) MT 속도변화에 따른 제어 패킷 오버헤드



속도가 빨라질수록 핸드오버 횟수가 증가하기 때문이다. 트랜스포트 계층에서의 이동성 지원 방안은 핸드오버가 발생하는 경우에만 제어 패킷을 사용하는데 반해 네트워크 계층 이동성 지원 방안에서는 정기적으로 이동성 지원에 관련된 제어 메시지를 발생하여야 하므로 전체적으로 네트워크 계층에서의 이동성 지원 방안의 제어 메시지 발생 양이 트랜스포트 계층 이동성 지원 방안의 제어 메시지 발생량의 200% 이상에 달함을 볼 수 있다. 또한 FMIPv6의 경우 핸드오버 시 터널 생성 및 주소획득을 위해 추가적인 제어 패킷을 발생시키므로 비교 스킴들 중 가장 높은 제어 메시지 오버헤드를 보였다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 스트리밍 서비스를 이동 환경에서 지원하기 위한 트랜스포트 프로토콜로서 uPR-mSCTP를 제안하였다. 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원을 위해 uPR-mSCTP는 UDP와 유사한 비순서화·비신뢰성 데이터 전송 서비스를 지원하고 핸드오버 발생 시 핸드오버 지연을 최소화할 수 있는 방안을 포함한다. 시뮬레이션을 통해 IPv6에 uPR-mSCTP를 탑재한 경우와 UDP를 탑재한 네트워크 계층 이동성 지원 프로토콜들의 성능을 비교해 본 결과, FMIPv6가 비교 스킴들 중 가장 좋은 성능을 보였다. 그러나 FMIPv6는 NAR에서의 데이터 패킷 버퍼링을 요구하며, 핸드오버 시 등록을 위한 제어패킷 뿐 아니라 핸드오버 지연시간을 줄이기 위한 제어패킷도 추가적으로 발생시키기 때문에 비교하는 스킴들 중에서 네트워크 오버헤드가 가장 크다. MT의 수가 증가하면 이와 같은 FMIPv6의 AR의 버퍼 오버헤드나 네트워크 오버헤드는 급격히 증가하게 된다. 이에 비해, uPR-mSCTP는 AR에서의 데이터 버퍼링을 요구하지 않고, 이동성 지원에 소요되는 제어패킷 발생을 최소화함으로써 네트워크 계층 이동성 지원 방안들에 비해 상대적으로 적은 오버헤드를 가진다.

uPR-mSCTP는 UDP와 마찬가지로 스트리밍 서비스를 위해 오류제어는 하지 않지만 UDP와 달리 혼잡제어를 수행하기 때문에 핸드오버 동안 패킷 전송을 거의 중단하게 되고 이로 인해 패킷 손실률이 훨씬 낮다. uPR-mSCTP의 이런 특성은 서비스를 제공 받는 사용자에게 정보 손실을 최소화하고 네트워크 자원의 낭비를 줄일 수 있다는 장점으로 주목된다. 그러나 MIPv6와 유사한 uPR-mSCTP의 핸드오버 지연은 멀티미디어 스트리밍 서비스를 지원하기에는 적합하지 못하다. 단, uPR-mSCTP의 수신노드가 핸드오버 지연시간을 충분히 커버할 수 있을 만한 크기의 수신자 버퍼를 가지고 있고, 핸드오버와 핸드오버 사이에 항상 이 수신자 버퍼에 멀티미디어 스트리밍 데이터를 미리 버퍼링(pre-buffering)하도록 한다면, MIPv6와 유사한 핸드오버 지연시간을 가진다 할지라도 핸드오버 동안 버퍼링되어 있는 데이터를 응용으로 전달해 줄 수 있기 때문에 핸드오버로 인한 서비스 단절 정도를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 특히, FMIPv6에 UDP를

탑재한 경우와는 달리 uPR-mSCTP에서는 핸드오버 동안 CT로부터 전송되는 패킷이 거의 없기 때문에 핸드오버 동안 버퍼 오버플로우가 발생할 염려가 없으며, 사용자 응용 정보 손실도 거의 없기 때문에 이동 환경에서 멀티미디어 스트리밍 서비스를 효율적으로 지원할 수 있을 것으로 예상된다. 실제 멀티미디어 스트리밍을 이용하여 이에 대한 실현가능성을 검토하기 위한 연구를 향후연구로 수행하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Postel, "User Datagram Protocol," RFC768, August, 1980.
- [2] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", RFC3344, August, 2002.
- [3] S. Deering, R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, December, 1998.
- [4] C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," RFC3775, June, 2004.
- [5] H. Soliman, C. Catelluccia, "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management(HMIPv6)," draft-ietf-mip-shop-hmipv6-02.txt, June, 2004.
- [6] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6", draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-02.txt, July, 2004.
- [7] R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol," RFC 296, October, 2000.
- [8] L. Ong, J. Yoakum, "An Introduction to the Stream Control Transmission Protocol (SCTP)," RFC 3286, May, 2002.
- [9] R. Stewart, et al., "SCTP implementer's Guide", draft-ietf-tsvwg-sctpimpguide-12.txt, October, 2004.
- [10] M. Riegel and M. Tuexen, "Mobile SCTP," draft-reigel-tuexen-mobile-sctp-04.txt, October, 2004.
- [11] S. Koh, M. Lee, et al., "Mobile SCTP for Transport Layer Mobility," draft-sjkoh-sctp-mobility-04.txt, June, 2004.
- [12] R. Stewart, "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration," draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-09.txt, June, 2004.
- [13] R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Partial Reliability Extension", RFC 3758, May, 2004.
- [14] M. Chang, M. Lee, and S. Koh, "Transport Layer Mobility Support Utilizing Link Signal Strength Information," IEICE Transaction on Communications, Vol.E87-B, No.9 pp.2548~2556, September, 2004.
- [15] M. Chang, et al., "An Enhancement of Transport Layer Approach to Mobility Support," Proc. of ICOIN, January, 2005.
- [16] S. Koh, M. Chang, and M. Lee, "mSCTP for Soft Handover in Transport Layer," IEEE Communications Letters, Vol.8, No.3, March, 2004.
- [17] I. Aydin, W. Seok, C. Shen, "Cellular SCTP: A Transport-Layer Approach to Internet Mobility", Proc. of ICCCN, October, 2003.

[18] R. Fracchia, et al, "A WiSE Extension of SCTP for Wireless Networks," Proc. of ICC, March, 2005.

[19] Li Ma, Fei Yu, C. Leung, "A new method to support UMTS/WLAN vertical handover using SCTP," IEEE Wireless Communications, August, 2004.

[20] Li Ma, Fei Yu, C. Leung, "SMART-FRX : A Novel Error-Recovery Scheme to Improve Performance of Mobile SCTP during WLAN to Cellular Forced Vertical Handover," Proc. of WCNC, March, 2005.

[21] T. Dreibholz, A. Jungmaier, M. Tuxen, "A New Scheme for IP-based Internet-Mobility," Proc. of LCN, October, 2003.

[22] W. Li, X. Ming-wei, et al, "A Multicast-Liked Lightweight Solution for Mobile SCTP-based IP Mobility," Proc. of TENCON, November, 2004.

[23] M. Tuexen, et al., "Architecture for Reliable Server Pooling," draft-ietf-rserpool-arch-10.txt, July, 2005.

[24] P. Vixie, et al., "Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE)," RFC 2136, April, 1997

[25] J. Rosenberg, et al., "SIP : Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June, 2002.

[26] M. Molteni, M. Villari, "Using SCTP with Partial Reliability for MPEG-4 Multimedia Streaming," Proc. of SGDCon Europe, October, 2002.

[27] H. Wang, Y. Jin, W. Wang, "The Performance Comparison of PRSCTP, TCP and UDP for Mpeg-4," Proc. of ICCT, April, 2003.

[28] <http://www.isi.edu/nsnam/>



### 장문정

e-mail : mjchang@ewhain.net

2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)

2003년 이화여자대학교 과학기술대학원  
컴퓨터학과(석사)

2003년~현재 이화여자대학교 과학기술  
대학원 컴퓨터학과 박사과정

관심분야 : SCTP multihoming, Load Sharing, mobile SCTP,  
vertical handover



### 이미정

e-mail : lmj@ewha.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학(학사)

1989년 University of North Carolina at  
Chapel Hill 컴퓨터학(석사)

1994년 North Carolina State University  
컴퓨터공학(박사)

1994년~현재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수

관심분야 : 고속 통신 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어  
전송을 위한 트래픽 제어, 인터넷에서의 QoS 지원,  
무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크