

SCTP를 통한 멀티미디어 스트림 전송기법 연구

석 승 준^{*}

요 약

인터넷을 통해 전송되는 멀티미디어 스트림은 엄격한 재생 시간을 가지고 있다. 이 시간을 넘겨서 도착하는 데이터는 수신측에서 재생되지 못하고 손실된다. 따라서 본 논문에서는 멀티미디어 스트림 서버가 전송 전에 해당 데이터의 재생가능 여부를 예측하도록 하는 프로토콜을 제안한다. 제안된 모델은 기존 PR-SCTP 상위에 PSCTP 부계층을 두고 멀티미디어 응용 서버가 내려 보내는 데이터 메시지의 전송여부와 전송할 PR-SCTP 스트림 종류를 결정한다. 또한 제안하는 모델에서는 PR-SCTP의 차별적 재전송 기능을 활용한다. 마지막으로 ns2 시뮬레이터를 이용하여 SCTP, PR-SCTP, 그리고 PSCTP를 사용하는 경우에 대해서 성능을 평가한다. 평가결과 PSCTP 프로토콜이 다른 프로콜에 비해서 전송량을 줄이면서 동영상 재생 가능 비율을 높일 수 있는 것을 확인 하였다.

A Scheme of Transmission of Multimedia Stream Through SCTP

Seung-Joon Seok^{*}

ABSTRACT

Multimedia streams transmitted through the Internet have a strict playback delay time. Multimedia data arriving after the playback time cannot be played in the receiver and are discarded. Thus, this paper proposed a protocol, in which the multimedia stream server determines whether data can be played in the receiver before sending the data. The proposed model has a PSCTP sub-layer on top of existing PR-SCTP and decides whether to send data messages, which have come from the multimedia applicationserver, and which PR-SCTP stream the data will be sent to. In addition, the proposed model uses the differentiated retransmission function of PR-SCTP. We evaluated the performance of SCTP, PR-SCTP and PSCTP using NS2 simulator. According to the results of the evaluation, the PSCTP protocol decreased the volume of transmission and increased the video decodable ratio compared to other protocols.

Key words: SCTP, PR-SCTP, Partial Reliability(부분 신뢰도), Video Streaming(비디오 스트리밍)

1. 서 론

UDP(User Datagram Protocol)는 패킷 당 전달 서비스 시간이 적어 지연에 민감한 멀티미디어 데이터 전송에 적합하다고 할 수 있다. 하지만 UDP는 네트워크의 혼잡 상황에 따라서 전송속도를 조절하

지 않기 때문에 네트워크의 다른 사용자에게 부담을 주게 되고 결국 자신의 서비스 품질 또한 떨어지게 된다[1]. 이러한 UDP의 단점을 해결하기 위해서 멀티미디어 스트림 전송 시 일반적으로 UDP 상위에 RTP(Real-Time Transport Protocol)와 RTCP(Real-Time Control Protocol)를 사용한다[2],[3].

※ 교신저자(Corresponding Author): 석승준, 주소: 경남 마산시 월영동 449(631-701), 전화: (055)249-2710, FAX: (055)248-2554, E-mail: sjseok@kyungnam.ac.kr
접수일: 2007년 1월 12일, 완료일: 2007년 2월 7일

^{*}경남대학교 컴퓨터공학부 멀티미디어이동통신연구실
※본 연구는 경남대학교 신진교수연구지원으로 수행되었음

RTP/RTCP의 응용 계층은 순서가 어긋난 데이터의 순서를 바로잡거나, 네트워크 혼잡 시 송신자가 전송하는 데이터의 양을 강제로 줄이는 등의 방법들을 시도하여 UDP의 기능을 보충한다. 그러나 이러한 동작은 송수신 RTCP간의 주기적 리포트에 의존하기 때문에 패킷단위의 제어는 제공하지 못하는 것은 물론이고 네트워크 상태에 능동적으로 반응하지도 못한다.

SCTP (Stream Control Transmission Protocol)는 IP 네트워크에서의 전화 시그널링 프로토콜로서 IETF SIGTRAN 워킹 그룹에서 제안되었으나, 점차 TCP와 UDP를 포괄할 수 있는 범용 전송계층 프로토콜로 확대되어 2000년 10월에 SCTP 표준 문서 RFC 2960으로 제정되었다[4]. SCTP는 TCP와 마찬가지로 신뢰성을 제공할 수 있으며, 오류 제어 및 흐름 제어는 대부분 TCP의 방식을 그대로 따른다. 그리고 UDP와 같은 신뢰성을 보장 하지 않는 전송기 능도 가능하다[5]. SCTP는 한 연결에 대해서 다중 스트림(Multi-Stream)과 다중 인터페이스(Multi-Homing) 서비스를 제공할 수 있다. 특히 메시지에 제공되는 신뢰성 수준에 차이를 둘 수도 있다. 이러한 기법을 PR-SCTP(SCTP Partial Reliability extension) 이라고 한다. PR-SCTP에서는 특정 메시지에 대해 신뢰도 수준을 설정하는 기능이 추가되어서 미리 설정된 신뢰도 수준에 따라 언제 특정 데이터 메시지의 재전송을 포기할 지를 결정하게 된다. 이러한 기능은 멀티미디어와 같이 다중 특성의 데이터가 혼합된 트래픽에 효과적으로 적용될 수 있다. 하지만 PR-SCTP에서는 재전송의 수준을 조절하는 방법이 기 때문에 전송할 필요가 없는 메시지라도 첫 전송을 시도한다. 또한 재전송을 포기할 경우 Forward-TSN Chunk를 수신측으로 보내야 하는 번거로움이 있다.

음성과 영상 같은 실시간 데이터는 최대 재생 시간 이내에 수신측에 도달해야 한다. 따라서 TCP와 같은 완전한 신뢰성 제공을 목표로 하고 있는 프로토콜은 재전송 지연을 발생하기 때문에 사용할 수 없다. 하지만 현재 그 대용으로 사용하고 있는 UDP나 UDP+RTP 프로토콜들은 손실된 패킷에 대한 재전송을 시도조차 하지 않는다. 이 경우 최대 재생 가능 시간을 기준으로 재전송 기회가 있을 경우에도 손실 데이터의 재전송을 포기하게 된다. 이러한 문제를 고

려하여 본 논문에서는 PR-SCTP를 수정하여 멀티 미디어 데이터 전송 기법을 소개한다.

논문에서 제안하는 모델은 PR-SCTP계층과 응용 계층과의 사이에 Predictive-SCTP (PSCTP)라는 서브계층을 두어서 PR-SCTP를 이용한 비디오 전송 방안의 단점을 해결한다. PSCTP계층에서는 데이터의 종류만큼 버퍼들을 두고 전송서버가 내려 보내는 메시지를 종류별로 저장한 후 PR-SCTP로 내려 보내기 전에 전송할 필요성을 평가한다. 만약 전송할 필요가 없다면 해당 메시지를 제거한다. 이는 신뢰성 레벨을 고정적으로 미리 정해 놓도록 하고 PR-SCTP에 비해서 능동적으로 각 패킷마다 변화하는 네트워크 상황을 고려할 수도 있는 방법이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어서, 2장에서는 제안하고자 하는 방안의 배경에 대해 개괄적으로 알아보고 이전의 동영상 데이터 전송 방안과 그 장-단점을 알아본다. 3장에서는 제안하고자 하는 방안을 이해하기 위한 시스템 구조를 설명하고, 그에 따른 동영상 데이터의 처리 방안을 제안한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해서 제안한 방법에 대한 성능 평가와 분석을 수행한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. PR-SCTP를 이용한 비디오 전송 기술

앞서 언급한 바와 같이 PR-SCTP는 각 메시지에 대한 차별적 재전송 기능을 제공한다. 차별적 재전송은 데이터의 종류에 따라서 다른 재전송 제한을 가하는 것이다. 즉 중요도가 높거나 지연에 덜 민감한 데이터를 재전송할 때는 적은 제한을 가하게 되지만, 상대적으로 중요도가 낮거나 지연에 매우 민감한 데이터의 경우 재전송에 있어서 엄격한 제한을 두게 된다. 이러한 PR-SCTP의 차별적 재전송 정책은 MPEG 계열의 비디오 데이터 전송에 적용될 수 있다. [7,8]에서는 MPEG 비디오 데이터 전송 시 각 프레임에 대한 신뢰도를 차별적으로 제공하기 위해서 전송하고자 하는 프레임의 종류에 따라 전송 횟수를 제한하고 있다. 혼잡 상황이 발생했을 때, 높은 신뢰도를 필요로 하는 I 프레임 (또는 I,P 프레임)은 한번의 재전송을 보장한다. 한 번의 재전송만을 보장하는 이유는, 그 이후에 행해지는 재전송은 재생 시간의 초과로 불필요한 재전송이 될 가능성이 높기 때문

이다. 반면, 손실되더라도 비디오 전송 품질에 미미한 영향만을 끼치기 때문에 상대적으로 낮은 신뢰도가 제공되는 B 프레임이 손실될 경우에는 재전송을 전혀 제공하지 않는다. 이런 메커니즘은 각 프레임 데이터를 단 한 번만 재전송하거나 아예 재전송하지 않기 때문에 간단한 것이 장점이다. 그러나 모든 데이터를 일단 한 번 이상 전송해야 하기 때문에, 네트워크의 상황이 매우 안 좋을 경우 혼잡 상황이 개선되지 않은 채 길게 이어질 가능성이 있다. 이런 상황은 곧 전체적인 비디오 전송 성능의 저하로 이어지게 된다. 또, 불필요한 재전송을 포기했을 경우 해당 패킷에 대한 정보를 forward TSN을 통해 수신자에게 알려주는 데 어느 정도의 시간이 필요하기 때문에 필요 이상의 fast retransmission과 그에 따른 cwnd (congestion window) 크기의 감소를 가져오게 될 수도 있다. 그리고 네트워크에 존재하는 트래픽의 양이 적고 지연 특성 등도 매우 좋은 상황이라면 재전송 횟수를 제한하지 않는 경우보다 낮은 품질의 비디오 전송이 이루어지게 된다.

Media-SCTP [5] 에서도 [7, 8]에서와 마찬가지로 프레임의 신뢰도 특성에 따라 재전송 횟수를 제한한다. Media-SCTP는 하나의 GOP에 속해 있는 MPEG 프레임 데이터들이 모두 동일한 재생 시작 시각(playout deadline)을 가지고 있다고 가정한다. 각 GOP가 같은 수의 프레임들로 이루어져 있기 때문에 재생 시작 시각은 일정한 간격으로 나타나게 되는 것이다. 수신측의 Frame dropping filter는 자신에게 입력된 각각의 재전송 데이터에 대해 현재 시각과 재생 시작 시각을 비교하게 된다. 두 시각의 차이가 바로 재전송 여유 시간이다. 재전송 될 데이터가 송신자에게서 수신자에게로 전달되는 데에는 약 $0.5RTT$ (평균)만큼의 시간이 필요하므로, frame dropping filter는 재전송 여유 시간과 $0.5RTT$ 를 비교한다. 만약 재전송 여유 시간이 $0.5RTT$ 보다 클 경우, 해당 데이터는 재전송 된다. 반면에 재전송 여유 시간이 $0.5RTT$ 보다 작을 경우 해당 데이터 조각(Data Chunk) 재전송은 포기하도록 수신측은 Forward-TSN chunk를 송신측에게 전송한다. 송신측은 Forward-TSN를 수신하는 경우 해당 되는 데이터에 대한 타임아웃과 그로인한 혼잡윈도우 축소가 발생하지 않도록 한다.

3. Predictive-SCTP 부계층

기존의 PR-SCTP를 이용한 실시간 비디오 전송 기법에서는 각 데이터 조각(Data Chunk)별로 그 중요도에 따라서 재전송 기능의 차등화를 부여하고 있다. 즉, 데이터 조각별로 재전송 횟수나 시간에 제한을 둬으로써 불필요한 재전송을 방지하고자 하는 것이 그 목적이다. 하지만 이러한 방법들은 네트워크 혼잡 상황의 유무나 정도에 관계없이 동작하도록 하기 때문에 능동적으로 변화하는 실제 네트워크 상황에서는 좋은 성능을 내기가 어렵다. 또한 이들 방법들은 혼잡한 네트워크 상황에서도 모든 데이터 조각을 최소 한번 이상 전송해야 한다. 이와는 달리 본 논문에서는 네트워크 상황에 따라 데이터의 전송 유무를 결정하도록 하는 방법을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 PSCTP의 기본 개념은 불필요한 전송을 최소화 한다는 것이다. 일반적으로 지연 시간의 엄격한 제한을 가지고 있는 비디오 전송 시스템에서, 전송된 데이터가 전부 지연 시간 조건을 만족하는 것은 현실적으로 기대하기 어렵다. 지연 시간 조건을 만족하지 못한 채 전송된 데이터는 수신자가 영상을 재생함에 있어서 아무런 영향도 끼치지 못한 채 버려지게 된다. 이와 같은 불필요한 전송의 발생이 비록 네트워크의 상황을 더욱 악화시키지는 않더라도, 네트워크 상황의 적극적인 개선 또한 기대하기 어려운 것이 사실이다. 따라서 불필요한 전송을 미연에 방지하기 위해서 송신측에서 전송 여유 시간이 짧은 데이터를 미리 탈락시키고, 그 뒤에 이어지는 데이터를 재빨리 전송함으로써 효율적인 데이터 전송과 네트워크 상황의 적극적인 개선을 노리는 기법의 제안이 필요하다.

본 논문에서는 불필요한 전송 자체를 방지하기 위해서 송신측 PR-SCTP계층과 상위 계층 사이에 Predictive-SCTP(PSCTP)라는 PR-SCTP 부계층을 추가한다.

3.1 PSCTP 부계층 구조

그림 1은 PR-SCTP 부계층의 위치를 보이고 있다. PSCTP 부계층은 상위 계층으로부터 PR-SCTP 계층으로 전달되어 내려오는 동영상 데이터를 가로채어 저장할 수 있는 버퍼를 가지고 있다. PSCTP

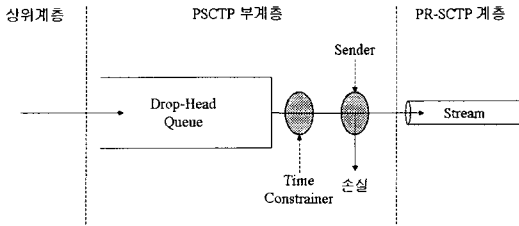


그림 1. PSCTP 부계층 구조

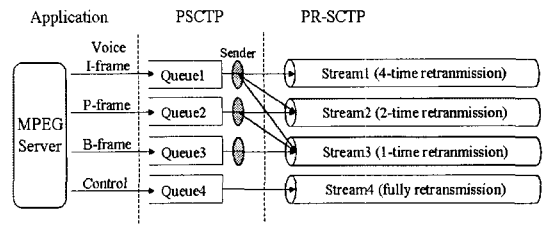


그림 2. 데이터 종류별 차등 전송

부계층은 버퍼에 저장되어 있는 프레임 데이터가 전송되기에 충분한 여유 시간을 가지고 있는지를 확인하고, 각 데이터를 PR-SCTP 계층으로 전달할 것인지의 여부를 판단한다. 전송 시도 여부를 판단하기 위해서 PSCTP 부계층의 Time Constrainer는 각 데이터 메시지에 대해서 재생 여유 시간을 체크하게 된다. 만약 Timer Constrainer에 의해서 재생 시간 이전에 수신측 도달이 힘들다고 판단되는 메시지는 Sender에 의해서 제거된다. PSCTP 부계층에서 이루어지는 이와 같은 일련의 과정을 통해 불필요한 전송을 막을 수 있다.

PSCTP는 실시간 동영상 데이터를 위한 차등 전송 서비스를 제공하는 방법이다. MPEG 계열의 동영상 데이터는 음성 데이터와 I, P, B 프레임의 영상 데이터 그리고 제어 데이터로 구성된다. 상위계층의 동영상 서버에서 내려오는 이들 데이터별로 차별화 전송 서비스를 제공하기 위해서 PSCTP는 내부에 음성과 I-프레임, P-프레임, B-프레임, 그리고 제어 메시지를 위한 4개의 버퍼를 둔다. 각 버퍼에 출력되는 메시지에 대해서 Timer Constrainer는 재생 여유 시간을 판단하고 Sender는 이 정보를 바탕으로 메시지를 PR-SCTP 계층으로 내려 보낸다.

PSCTP는 PR-SCTP의 부 계층이다. 즉 PSCTP는 앞서 언급한 PR-SCTP의 단점을 보완하여 멀티미디어 데이터를 효과적으로 전송할 수 있도록 한다. 제안하는 방안에서는 PR-SCTP는 연결 설정 시 차별적 재전송을 위한 스트림을 다중으로 개설하고 스트림들에는 각기 다른 최대 가능한 재전송 횟수를 지정한다. 그림 2에서는 이에 대한 예로서 4개의 스트림을 개설하고 4회, 2회, 1회 재전송 가능 횟수 그리고 완전 재전송을 지정한 것을 보이고 있다. PSCTP의 Sender 모듈은 재생 여유시간에 따라서 4개의 PR-SCTP 스트림 중 하나로 메시지를 내려 보낸다.

3.2 Drop-Head Queue

제안하는 Predictive SCTP 부계층에서 버퍼의 개수는 다수로 구성되는데, 그 수는 응용계층으로부터 전달되는 데이터의 종류에 따라서 결정된다. MPEG 동영상의 경우 데이터 종류는 OCI 정보의 분류되는 정도에 따라 구분할 수 있는데 보통 I-프레임, B-프레임, P-프레임, 음성 데이터와 제어 데이터의 다섯 가지로 이루어진다. PSCTP 부계층에서는 이들 메시지에 대한 차별화 전송을 제공하기 위해서 메시지별로 버퍼를 둔다. 이 중 음성과 I-프레임은 유사한 특성을 가지고 있기 때문에 같은 버퍼를 사용하도록 한다.

전통적인 버퍼의 방식은 Drop-Tail Queuing 방식을 사용하고 있다. 이 방식에서는 큐가 데이터로 가득 차 있을 때 새로운 데이터가 도착하는 경우, 새로 도착한 데이터가 탈락되게 된다. 이 경우, 큐 안에 들어 있는 데이터는 우선적으로 서비스 받게 된다. 하지만 제안하는 PSCTP 부계층에서 사용되는 버퍼는 이와는 반대로 Drop-Head Queuing 방식으로 설정된다. 즉 새로 도착한 데이터가 저장될 공간이 버퍼에 부족한 경우 버퍼 맨 앞에 저장된 데이터를 제거하여 새로 도착한 데이터의 저장이 가능하도록 한다. 이러한 방식을 사용하는 이유는 지연에 민감한 비디오 스트리밍 데이터의 경우, 버퍼 안에 오래 들어 있을수록 전송 여유 시간이 짧아지게 되기 때문이다. 버퍼가 데이터로 가득 차게 되는 경우는, 네트워크의 상황의 악화로 데이터를 원활하게 전송하고 있지 못할 때 일어난다. 버퍼에 입력되어 있는 데이터 중 가장 앞쪽에 위치한 데이터는 가장 오래된 데이터이며, 그것을 전송하기까지 남은 전송 여유 시간은 해당 데이터의 탈락 제한 시간보다 짧을 가능성이 높다. 따라서 PSCTP 부계층의 버퍼가 가득 찬 상태에서 새로운 데이터가 도착했을 경우, 가장 앞쪽에

위치한 데이터를 우선 탈락시키고 새로운 데이터를 입력시키도록 한다. 그림 3은 이러한 Drop-Head Queuing 동작을 나타내고 있다.

3.3 시간제한 (Time Constraint)

시간제한은 PSCTP 부계층 버퍼의 Time Constrainer가 PR-SCTP로 내려 보낼 데이터의 전송 여부를 결정하기 위해서 사용하는 방식을 의미한다. PSCTP는 데이터의 종류에 따라서 차등적인 시간제한을 부과하게 되는데, 시간제한을 부과하기 위해서는 송신측의 PSCTP 부계층의 데이터가 수신측 응용 프로그램에서 재생되기 위해서 남은 최대 허용 시간에 대한 예측이 필요하게 된다. 이번 절에서는 시간제한을 부과하기 위해 필요한 파라미터들을 정의한다.

오프셋 지연(Offsert Delay, TOS)은 송신자와 수신자 응용 서비스 간에 비디오 스트리밍 데이터를 주고받기 시작할 때, 이들 사이에서 기본적으로 주어지는 지연을 말한다. 이 지연의 의미는 송신측 서버에서 전송된 멀티미디어 데이터가 수신측 응용 프로그램에서 재생되는데 까지 걸리는 시간을 의미한다. 이 시간을 초과해서 수신측에 도달하는 데이터는 수신측에서 재생되지 못하고 폐기된다. 본 논문의 경우 오프셋 지연은 PSCTP가 상위계층으로부터 데이터 메시지를 받은 시간으로부터 수신측 PSCTP에 전달되는데 까지 걸리는 최대 허용 시간으로 정의한다.

앞서 언급한 바와 같이 Time Constrainer가 버퍼에서 출력되는 데이터에 대해서 재생가능 여부를 예측하기 위해서는 데이터가 생성된 시간으로부터 얼마나 흘렀는지를 판단해야 한다. 송신측 서버가 생성된 데이터는 즉시 PSCTP로 내려 보낸다고 가정하면 PSCTP는 상위계층으로부터의 수신시간(TAR)을

해당 데이터의 생성시간으로 고려할 수 있다.

데이터의 재생시각(TPB)은 각각의 프레임 데이터가 수신측 상위계층에서 재생되어야 하는 시각을 예측한 값이다. 데이터들은 재생시간 이전에 수신측에 도착해야 한다. 이 후에 도착된 데이터는 재생될 수 없다. PSCTP에서는 데이터의 예측 재생시각을 데이터가 송신측 PSCTP 부계층에 도착하는 시각(TAR)과 오프셋 지연시간(TOS)을 더한 값으로 정의한다.

$$T_{PB} = T_{AR} + T_{OS} \tag{1}$$

PSCTP의 Time Constrainer는 PR-SCTP로 내려 보내려는 데이터에 대해서 재생시각까지 남은 시간을 예측한다. 논문에서는 이 시간을 전송 여유시간(TMG)으로 정의하고 해당 데이터 전송이 불필요한 전송이 될 것인지를 예측한다. 전송 여유시간이 길어 질수록 데이터가 성공적으로 수신자에게 전송될 가능성이 높아지며, 반대로 이 시간이 짧아지게 되면 해당 데이터가 수신자까지 성공적으로 전송되더라도 의미 없는 전송이 될 가능성이 높아진다. 따라서 본 논문에서는 불필요한 전송을 방지하기 위해 데이터를 전송하기에 앞서, PSCTP 버퍼들의 Time Constrainer가 각각의 데이터 마다 전송 여유시간을 체크하도록 한다. 만약 전송 여유시간이 일정한 기준보다 작다면 PSCTP의 Sender는 전송을 포기하고 해당 데이터를 버퍼에서 제거한다. 전송 여유시간은 각 데이터의 예측된 재생 시각(TPB)과 그 데이터에 대한 Time Constrainer 현재 시간(T)과의 차이를 식(2)와 같이 구한다.

$$T_{MG} = T_{PB} - T \tag{2}$$

3.4 전송 여유시간을 고려한 메시지 종류별 차등 전송 기법

그림 2에서 보이는 것과 같이 PSCTP는 PR-SCTP의 차별적 재전송을 갖는 다중의 스트림을 이용한다. 본 절에서는 즉 송신측 PSCTP의 Sender 모듈이 Time Constrainer의 재생 여유시간 측정 결과에 따라 적절한 PR-SCTP 스트림으로 데이터를 내려 보내는 알고리즘을 제안한다. 각 버퍼에서 출력되는 메시지에 대해서 Time Constrainer는 재생 여유

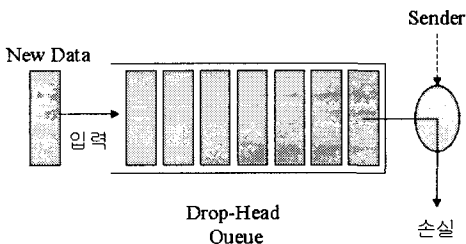


그림 3. Drop-Head Queuing

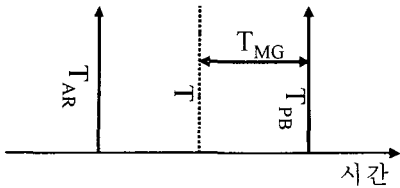


그림 4. 전송 여유시간

시간(TMG)이 계산해 Sender에게 알려준다. Sender는 메시지 종류 및 전송 여유시간에 따라서 그림 5와 같은 전송 알고리즘을 수행한다.

Sender는 데이터별 전송 여유시간(TMG)을 크기를 구분하기 위해서 세 가지 파라미터($Th1 > Th2 > Th3$)를 사용한다. 또한 Sender에게는 재전송 횟수가 차별화되도록 지정된 4개의 PR-SCTP 스트림이 제공된다. 그림 4에서 스트림1, 2, 3은 각각 4회, 2회, 1회의 재전송을 시도하고 스트림 4는 전송이 완료될 때까지 재전송을 시도하도록 되어 있다.

앞서 언급한 것처럼 제안하는 PSCTP가 다루고 있는 MPEG 데이터의 종류는 I프레임, P프레임, B프레임, 음성 데이터와 제어 데이터의 다섯 종류가 존재한다. 이 중 음성과 I-프레임 영상 데이터는 사용자 만족도 측면에서 중요한 정보이다. 따라서 PSCTP에서는 전송 여유시간이 허락 하는 많은 재전송이 시도되도록 한다. 이를 위해 Sender는 들어오는 메시지의 전송 여유시간(TMG)이 $Th1$ 이상이라면 PR-SCTP의 스트림1으로 메시지를 내려 보낸다. 스트림1은 데이터의 재전송을 4회까지 시도한다. 하지만 버퍼에서 많이 지체되어 $Th2 \leq TMG < Th1$ 이라면 스트림2를 통해서 2회까지 재전송이 가능하도록 한다. 그리고 $Th3 \leq TMG < Th2$ 경우에 Sender는 데이터를 스트림1으로 전송한다. 마지막으로 전송 여유시간이 $Th3$ 보다 작다면 전송을 포기하고 데이터를 버린다.

제안하는 PSCTP에서 P-프레임 영상 데이터는 앞선 I-프레임과는 달리 전송 여유시간에 따라서 스트림2와 스트림3로 전송이 가능하도록 하였다. 그리고 B-프레임 데이터는 스트림 3로만 전송이 되도록 하였다.

동영상 스트림에 대한 제어신호는 수신측에서의 재생을 위해서 필수적인 정보이다. 제어 데이터에는

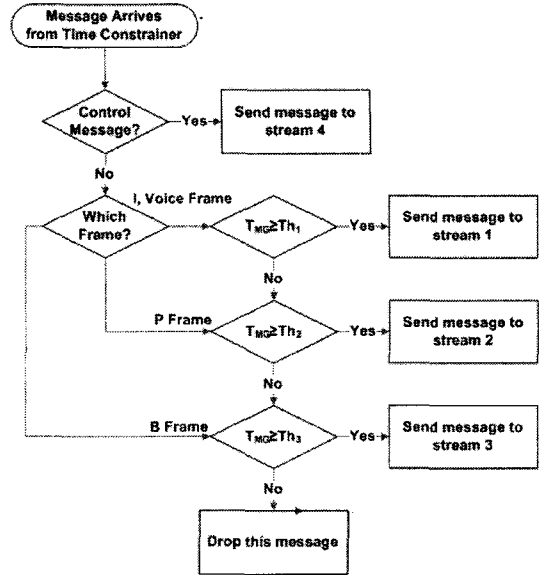


그림 5. PSCTP Sender 메시지 전송 알고리즘

동기화나 프레임간 간격 제어 등의 기능뿐만 아니라 사용자가 재생-잠시 멈춤-정지 등의 동작 명령을 전달하는 역할도 하기 때문에 임의적으로 탈락시킬 경우 전체 성능 저하를 초래할 수 있다. 더욱이 제어 데이터 자체가 네트워크 자원을 사용하는 양은 그리 크지 않기 때문에 네트워크 혼잡에도 영향을 주지 않을 것이다. 따라서 PSCTP는 제어 데이터에 대해서 재생 가능시간을 계산하지 않고 스트림4로 전송한다.

파라미터 $Th1, Th2, Th3$ 들은 PR-SCTP의 Retransmission Timeout(RTO) 시간에 의해서 결정된다. 즉 $Th1$ 은 4배의 RTO 이상이 되도록 정해서 스트림1에서 4회의 재전송이 가능할 수 있도록 한다.

4. 성능평가 및 분석

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안하고 있는 PSCTP 기법에 대한 성능 평가 및 분석을 수행한다. 이를 위하여 먼저 실험을 위한 네트워크 토폴로지를 제시하고, 기존의 SCTP, PR-SCTP를 사용한 방안과 논문에서 제안하고 있는 PSCTP를 이용한 방안, 그리고 PSCTP와 drop- (DF) queue를 동시에 사용한 방안의 성능을 비교한다. 실험을 위해 사용된 시뮬레이터는 network simulator version2(ns2)[18] 이다.

4.1 시뮬레이션 환경

시뮬레이션은 그림 6의 간단한 덤벨(dumbbell) topology를 사용한다. 노드0~3의 네 개의 노드는 데이터를 송수신 하고 나머지 두 개의 노드4, 5는 중계노드이다. 노드0과 노드1 사이에서는 성능평가를 위한 MPEG-4 동영상 트래픽을 전송한다. 실험에 사용된 전송프로토콜은 SCTP, PR-SCTP, PSCTP-DHQ, 그리고 PSCTP의 4가지이다. 이 중 PSCTP-DHQ는 제안하는 PSCTP 부계층 구조(그림 1참조)에서 Drop-Header Queue 대신에 Drop-Tail Queue를 사용하는 경우이다. 노드2와 노드3 사이에서는 SCTP application traffic generator를 사용하여 백그라운드 트래픽이 전송되도록 한다. 시뮬레이션에서는 그림 6 실험 네트워크의 링크 용량, 지연, 그리고 버퍼의 크기를 변화시키면서 전송프로토콜별 성능변화를 측정한다.

본 논문의 동영상 스트림을 위한 전송프로토콜에 대한 시뮬레이션에서 성능평가 기준으로서는 전송률, 재생가능비율, 그리고 I-프레임 전송량이 사용된다. 전송률(Throughput)은 단위시간 동안에 수신측에 전달된 데이터양으로 정의되고, 재생 가능 비율(Decodable Ratio)은 송신측로부터 전송된 동영상 데이터가 각 데이터 별로 예측된 재생 시간(Playback time, TPB) 이전에 성공적으로 수신측에 전송된 비율을 나타낸다. 그리고 I 프레임 전송량은 수신측에 재생 시작 이전에 도달하는 I-프레임의 수이다.

4.2 링크 용량의 변화에 따른 성능평가

네트워크의 혼잡 정도에 따라서 동영상 전송을 위한 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 이번 실험에서는 그림 6의 네트워크 구조에서 노드 4와 5 사이 링크의 용량을 변화시켜가면서 실험을 실시하였다. 그림 7과 8은 실험결과로서 프로토콜별 전송률과 재

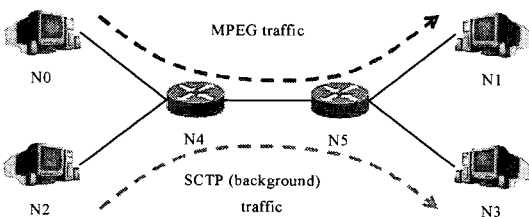


그림 6. 네트워크 토폴로지

생 가능 비율을 나타내고 있다.

그림 7에서 완전한 신뢰도를 보장하지 않는 PR-SCTP, PSCTP의 경우의 전송률은 표준 SCTP에 비해 낮은 것을 알 수 있다. 특히 부분 신뢰성을 보장함으로써 동영상 데이터 전송의 민감한 지연 조건을 만족시키려 한 PR-SCTP는 가장 낮은 전송률을 보이고 있어 제안 방안인 PSCTP는 PR-SCTP 비해서는 개선된 전송률을 나타낸다. 하지만 그림 8의 재생 가능 비율에서는 기존의 SCTP와 PR-SCTP를 사용한 경우 대부분의 프레임 데이터가 지연 조건을 만족하지 못한 반면 제안 방안인 PSCTP에서는 지연 조건을 만족하는 데이터의 비율 즉 재생 가능 비율이 증가함으로써 동영상 재생 품질이 높아짐을 알 수 있다.

기존 방안인 PR-SCTP나 제안된 PSCTP 방식은 네트워크에 혼잡이 발생했을 때 데이터의 재전송 또

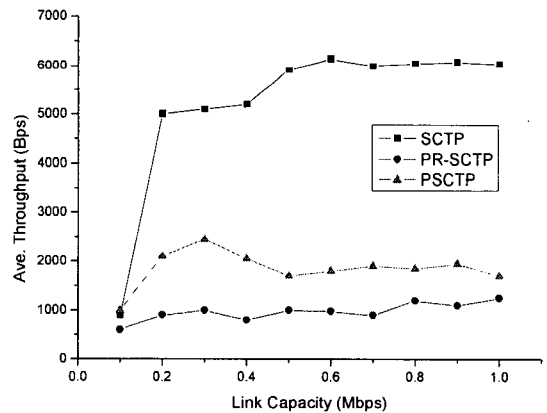


그림 7. 링크 대역폭 변화에 따른 전송률

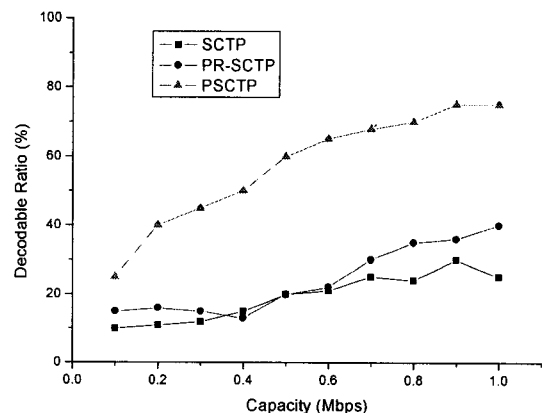


그림 8. 링크 대역폭 변화에 따른 재생 가능 비율

는 전송을 제한하게 된다. 여러 트래픽이 경쟁하고 있는 혼잡한 네트워크 상황에서 이들을 사용했을 경우, 완전한 신뢰성을 보장하고 있는 SCTP를 사용할 경우보다 전송률이 떨어지게 된다. 하지만 엄격한 지연 조건을 요구하는 동영상 트래픽의 전송 서비스에서 전송률은 큰 의미가 없다. SCTP의 경우 혼잡한 네트워크 상황에서는 전송률의 측정에 포함된 데이터들 중 상당수가 예측 재생 시간 이전에 제대로 수신자에게 도착하지 못한다. 결국, 전송률이 높고 재생 품질이 낮은 기존의 프로토콜보다는 전송률을 어느 정도 줄이면서 재생 품질을 높이는 새로운 방안을 사용하는 것이 혼잡 상황에서의 동영상 전송 품질 향상에 기여할 수 있다.

4.3 링크 지연의 변화에 따른 성능평가

네트워크의 지연 정도에 따라서 동영상 전송을 위한 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 그림 6의 모든 링크들의 지연을 20ms에서 1000ms로 변화시키면서 실험하였다. 이번 실험에서 링크의 대역폭은 1.0Mbps, 큐 사이즈는 무제한으로 설정하였다. 그림 9와 10은 실험결과로서 프로토콜별 평균 전송률과 재생 가능 비율을 나타내고 있다. 그림 9는 링크 지연이 증가함에 따른 전송률의 감소는 세가지 프로토콜 모두 비슷한 경향을 보인다. 하지만 그림 10의 재생 가능 비율의 측정 실험에서 기존 방안인 SCTP와 PR-SCTP은 300ms 이하의 적은 지연에서는 좋은 성능을 보여주었으나, 지연이 커짐에 따라서 급격한 성능 저하가 나타남을 알 수 있다. 하지만 논문에

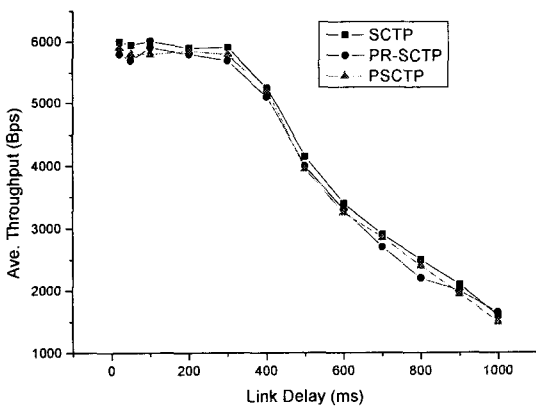


그림 9. 링크 지연의 변화에 따른 전송률

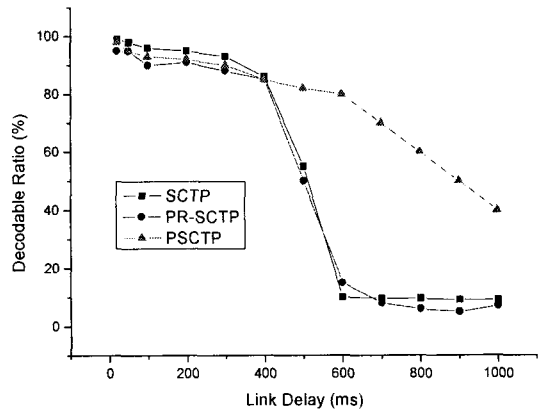


그림 10. 링크 지연의 변화에 따른 재생 가능 비율

서 제안된 PSCTP의 경우 역시 링크 지연 값이 커질 수록 성능이 저하되었으나 그 경향이 상대적으로 완만하였고, 결과적으로 기존 방안보다 좋은 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다.

4.4 링크 큐 크기의 변화에 따른 성능평가

혼잡 링크의 큐 크기 변화에 따른 동영상 전송을 위한 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 그림 6의 네트워크의 모든 링크들의 큐 크기를 2에서 10으로 변화시키면서 시뮬레이션을 시행하였다. 이번 실험을 위해서 링크 대역폭과 링크 지연은 각각 1.0Mbps와 20ms로 설정하였다. 그림 11과 12은 실험결과로서 프로토콜별 평균 전송률과 재생 가능 비율을 나타내고 있다. 그림 11을 통해 알 수 있듯이, 평균 전송률은 SCTP가 월등히 높게 나타났고 이보다는 작지만

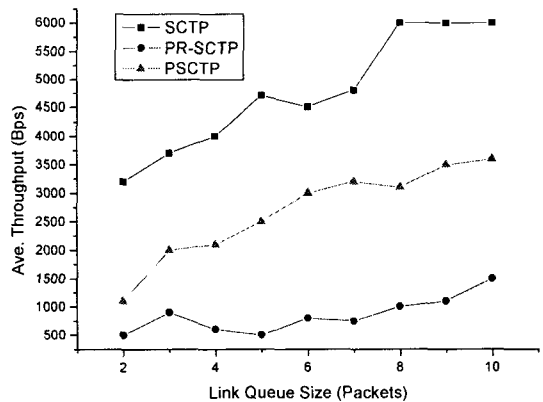


그림 11. 링크 큐 크기의 변화에 따른 전송률

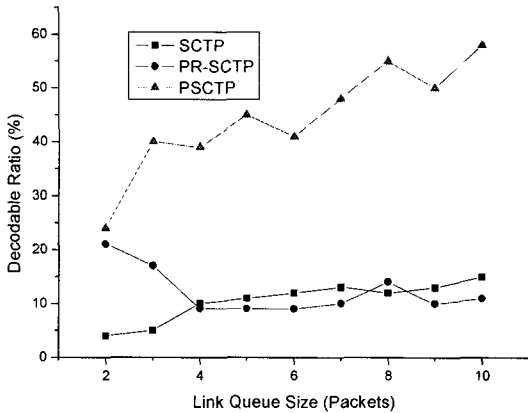


그림 12. 링크 큐 크기의 변화에 따른 재생 가능 비율

PSCTP가 PR-SCTP 보다는 높게 나타났다. 하지만 그림 12의 재생 가능 비율에서는 기존 방안인 SCTP와 PR-SCTP를 사용한 경우가 가장 낮은 결과를 나타내었고, 제안 방안인 PSCTP 사용한 경우 4배 이상의 성능 향상을 나타내었다.

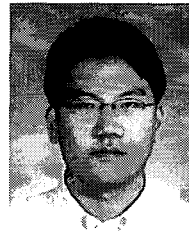
5. 결 론

음성과 영상 같은 실시간 데이터는 최대 재생 시간 이내에 수신측에 도달해야 한다. 논문에서는 효율적인 MPEG 비디오 전송을 위하여 Predictive-SCTP (PSCTP)라는 PR-SCTP 부계층을 제안하였다. PSCTP는 SCTP partial reliability extension (PR-SCTP)과 상위 계층의 사이에 위치하여 PR-SCTP를 이용한 비디오 전송 방안의 단점을 보완하도록 하였다. PSCTP계층에서는 데이터의 종류만큼의 버퍼들을 두고 전송서버가 내려 보내는 메시지를 종류별로 저장한 후 PR-SCTP로 내려 보내기 전에 전송할 필요성을 평가한다. 만약 전송할 필요가 없다면 해당 메시지를 제거한다. 또한 PR-SCTP의 차별적 재전송 기능을 사용하기 위하여 PR-SCTP의 다중 스트림을 연결하고 각 스트림별 차별적 재전송 횟수를 고정적으로 지정한다. PSCTP는 각 데이터 메시지의 종류 및 전송 여유 시간에 따라서 적절히 선택된 PR-SCTP의 스트림으로 메시지를 내려 보낸다. 시뮬레이션을 통해서 제안하는 PSCTP를 PR-SCTP 부계층으로 사용하는 경우가 기존 SCTP 혹은 PR-SCTP 보다 더 높은 실시간 데이터 전송 성능을 얻을 수 있다는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] S. Fu and M. Atiquzzaman, "SCTP: state of the art in research, products, and technical challenges," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 42, No. 4, pp. 64-76, 2004.
- [2] H. Schulzrinne, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Application," *RFC 1889*, Jan. 1996.
- [3] R. El-Marakby and D. Hutchison, "Scalability Improvement of the Real-Time Control Protocol (RTCP) Leading to Management Facilities in the Internet," *proc. of ISCC98*, pp. 125-129, June 1998.
- [4] R. Stewart, Q. Xie, K. Morneault, C. Sharp, H. Schwarzbauer, T. Taylor, I. yina, M. Kalla, L. Zhang, and V. Paxson. "Stream Control Transmission Protocol," *RFC 2960*, October 2000.
- [5] A. Argyriou, "A Novel End-to-End Architecture for H.264 Video Streaming over the Internet," *proc. of Telecommunication Systems*, pp. 133-150, Feb. 2005.
- [6] R. Stewart, M. Ramalho, Q. Xie, M. Tuexen, and P. Conrad, "SCTP partial reliability extension," *RFC 3758*, May 2004.
- [7] A. Argyriou and V. Madiseti, "Streaming H.264/AVC Video over the Internet," *proc. of CCNC2004*, pp. 169-174, Jan. 2004.
- [8] Z. Lifan, S. Yanlei, and L. Ju, "The Performance Study of Transmitting MPEG4 over SCTP," *proc. of Neural Networks and Signal Processing*, Vol. 2, pp. 1639-1642, Dec. 2003.
- [9] H. Radha, M. van der Schaar, and Y. Chen, "The MPEG-4 Fine-Grained Scalable Video Coding Method for Multimedia Streaming over IP," *IEEE Trans. on Multimedia*, Vol.3, No. 1, pp. 53-68, Mar. 2001.
- [10] K. Stuhlmüller, N. Faerber, and B. Girod, "Adaptive Optimal Intra Update for Lossy Video Transmission," *proc. of SPIE-The International Society for Optical Engineering*,

- Vol. 4067, pp. 286-295, Mar. 2000.
- [11] Y.L. Liang, M. Flierl, and B. Girod, "Low-latency video transmission over lossy packet networks using rate-distortion optimized reference picture selection," *proc. of 2002 International Conference on Image Processing*, Vol. 2, pp. 181-184, Sep. 2002.
- [12] A. Mehaoua, S. Zhang, and R. Boutaba, "FEC-PSD: a FEC-aware video packet drop scheme," *proc. of Global Telecommunications Conference, GLOBECOM'99*, Vol. 4, pp. 2091-2096, Oct. 1999.
- [13] B. Girod, M. Kalman, N.J. Liang, and R. Zhang, "Advances in channel-adaptive video streaming," *proc. of International Conference on Image Processing*, Vol. 1, pp. 9-12, Sep. 2002.
- [14] J. Zou, M.U. Uyar, M.A. Fecko, and S. Samtani, "Preferential Treatment of Sctp Subflows : Analysis and Simulation," *proc. of Computers and Communications*, Vol. 2, pp. 810-815, Jul. 2004.
- [15] S. Samtani and J.R. Iyengar, "Sctp Multistreaming : Preferential Treatment among Streams," *proc. of Military Communications Conference*, pp. 966-970, Oct. 2003.
- [16] Z. Yi, T. Saadawi, and M. Lee, "Multi-mode Sctp in Battlefield Networks and Analytic Modeling," *proc. of Military Communications Conference*, Vol. 1, pp. 649-653, Oct. 2003.
- [17] A. Ziviani, J.F. de Rezende, O.C.M.B. Duarte, and S. Fdida, "Improving the Delivery Quality of MPEG Video Streams by Using Differentiated Services," *proc. of ECUMN*, pp. 107-115, Apr. 2002.
- [18] Network Simulator-ns(version 2), <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [19] L.W. Xiao and V.C.M. Leung, "Applying PR-Sctp to transport SIP traffic," *proc. of GLOBECOM'05*, pp.776-780, Nov. 2005.
- [20] Z. Jianping, M.U. Uyar, M.A. Fecko, and S. Samtani, "SF-Sctp: An Extension of Stream Control Transmission Protocol to Support QoS," *proc. of ICNSC'06*, pp. 780-785, Apr. 2006.



석 승 준

1997년 2월 건국대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1999년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 2003년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 2004년 3월~현재 경남대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : 인터넷프로토콜, 이동인터넷, 센서네트워크