

RTP/RTCP를 위한 확장성 있는 피드백 제어 기법

모수정*, 안중석
동국대학교 컴퓨터공학과

A Scalable Feedback Control Technique for RTP/RTCP

Soo-Jeong Mo and Jong-Suk Ahn
Computer Engineering Dept. Dongguk Univ.

요 약

인터넷상에서의 다자간 회의는 수 천명이 참가하는 대규모의 회의가 될 수 있으므로 다자간 회의 시스템에서는 확장성이 중요하다. 현재의 인터넷상에서의 다자간 회의 시스템은 대부분 RTP/RTCP를 이용하는데, RTCP를 이용한 피드백 정보 전송의 빈도 수와 전송 시간의 동기화 현상이 다자간 회의 시스템의 확장성에 큰 영향을 준다. 즉, 세션 참가자 수가 증가함에 따라 네트워크에 전송되는 RTCP 패킷의 숫자가 기하급수적으로 증가하게 된다. 피드백 정보의 전송 빈도 수 감소와 동기화 현상을 방지하기 위해 도입한 무작위 지연 기법은 너무 단순하여 수많은 참가자들이 동시에 피드백 정보를 교환할 때에 피드백 정보 전송 시간의 동기화 현상을 피하지 못해 네트워크에 혼잡 상태를 유발할 수 있다. 이러한 혼잡을 예방하기 위한 기존의 RTP/RTCP 확장 기법의 피드백 정보 전송지연은 송신자가 수신자의 네트워크 상태에 따라 효율적으로 전송률을 제어할 수 없게 한다. 본 논문에서는 RTP/RTCP의 확장성을 증가시키는 기존의 기법들의 성능을 평가하고, 확장성 증가와 동시에 성능이 향상된 RTP/RTCP 확장 기법을 제안한다. 본문에서는 확장성 증가와 피드백 지연 정도를 줄이기 위해 빠른 채고 기법을 제안한다. 빠른 채고 기법은 두 가지 세부 기법으로 나누어 있는데, 첫째는 네트워크의 상태의 변화에 따라 RTCP 피드백 정보의 전송지연 정도를 조절하는 것이고, 둘째는 무작위 지연을 선택적으로 조절하여 피드백 정보를 오랜 기간 동안에 보내지 못한 참가자에게 우선권을 주는 것이다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 확장성 기법을 이용할 때에 기존 방식에 비해 거의 비슷한 확장성을 보이면서도 초기 RTCP 패킷 전송지연이 50%정도 감소함을 보여준다.

1. 서론

인터넷은 점차 문자중심의 전송 매체에서 벗어나 멀티미디어의 전송매체로 진화하고 있다. 이를 위해 인터넷을 이용한 다양한 멀티미디어 응용 프로그램이 개발 실험 중이며 그 중에서도 다자간 회의 시스템은 복잡성과 응용성으로 인해 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 다자간 회의 시스템의 구현을 위해서는 다양한 연구가 이루어져야 하는데 특히 확장성에 대한 연구는 중요한 문제로 부각되고 있다. 인터넷상에서는 수백만의 컴퓨터가 연결되어 있고 따라서 수천, 수만의 사람들이 회의에 참가할 수 있기 때문이다.

이러한 회의 시스템의 확장성은 크게 두 가지 부분에서 영향을 미칠 수가 있는데, 첫째는 멀티캐스트 라우팅 알고리즘이며, 둘째는 응용 프로그램의 전송 프로토콜이다. 라우팅 알고리즘은 최소한의 패킷의 복사와 또한 라우터가 가지고 있는 멀티캐스트 상태 정보의 크기가 확장성에 영향을 미칠 수 있다. 이미 확장성 있는 멀티캐스트 라우팅 알고리즘들이 제안되고 구현되고 있는데 PIM, CBT 등이 여기에 해당된다[6].

응용 프로그램의 전송 프로토콜도 확장성에 영향을 미치는 데, 데이터 전송의 제어를 위해 데이터 이외에 교환해야 할 제어 정보가 그것이다. 즉, 응용 프로그램의 전송에 필요한 제어 정보의 빈도 수와 동기화가 확장성에 영향을 미칠 수가

있다. 현재 인터넷에서 대부분의 다자간 회의 시스템은 전송 프로토콜로 RTP/RTCP를 사용하고 있는데 본 논문에서는 이 RTP/RTCP의 확장성 증가와 동시에 성능을 향상시키는 기법을 소개한다.

RTP/RTCP에서 RTCP 전송 빈도 수를 감소시키기 위해서 RTP는 참가자의 수가 증가함에 따라 선형적으로 RTCP의 전송 빈도 수를 감소시키고 있다. 또한 RTCP 패킷 전송의 동기화를 방지하기 위한 방식으로는 여러 가지 방식이 제안되고 있다. 전송의 동기화를 방지하기 위한 방식으로 개인적인 요청(probabilistic querying) 기법, 무작위 지연 응답(randomly delayed responses) 기법, 그리고 확장 영역 검색(expanding scoped search) 기법 등이 있다[3]. RTP/RTCP는 무작위 지연 기법을 이용하여 참가자들이 동시에 피드백 정보를 보내는 것을 방지한다[1]. 그러나 단순한 무작위 지연 방식은 참가자 수가 증가할수록 전송 시간이 동기화가 발생할 확률이 높아진다.

RTP를 이용하여 개최한 하나의 다자간 회의를 세션이라고 하는데, 특히 많은 수의 사용자들이 거의 동시에 세션에 참가하기 위하여 RTCP 패킷들을 전송할 때에는 전송 동기화에 의해 네트워크에 혼잡이 발생할 수 있다. Schulzrinne는 이런 혼잡이 발생하는 것을 예방하기 위하여 세션 참가자의 수에 따라 RTCP 패킷 전송을 지연하는 방식

을 제안하였다[4][5]. 그러나 이러한 방식은 한 세션에서 피드백 정보의 전송이 무한히 지연될 수 있다는 문제점을 갖고 있다. 피드백 정보의 빠른 전송은 송신자의 효율적인 데이터 전송률 제어에 필수적이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 두 가지 기법을 제안한다. 첫째는 네트워크의 상태를 감안하여 RTCP 정보 전송 시기를 능동적으로 결정하는 기법이고, 둘째는 전송지연을 많이 한 참가자는 기다리는 시간을 계속적으로 감소시켜 RTCP 정보를 빨리 전송할 수 있도록 하는 기법이다

먼저 2장의 관련연구에서는 RTCP 피드백 정보를 기반으로 하여 RTP의 확장성을 증대시키는 기존의 두 가지 기법의 개념을 살펴본다 3장에서 2장에서 소개한 기법의 문제점을 지적하고 문제점을 보완한 새로운 기법의 개념을 소개하고, 마지막으로 4장에서 새로운 기법을 적용한 실험을 통해 측정된 성능을 비교 해보겠다.

2. 관련 연구

본 장에서는 RTP/RTCP 명세서에서 제안한 RTCP 전송 간격을 살펴보고, Schulzrinne가 제안한 RTP/RTCP의 확장성을 발전시킨 전진 재고(forward reconsideration) 기법[4]와 후진 재고(backward reconsideration) 기법[5]의 개념을 소개한다.

RTP는 세션에 참가하는 것을 알리는 메시지가 있지 않기 때문에 RTCP 패킷을 전송하여 세션에 참가하고 있음을 알린다. RTP에서 모든 세션 참가자들은 RTCP 패킷을 전송하는 시간을 동적으로 계산하여 네트워크 대역폭의 아주 작은 부분만을 피드백 정보를 전송하는데 사용한다[1]. 멀티캐스트 그룹의 크기를 표현하는 세션의 참가자들의 수를 $L(t)$ 로 하고, RTCP 패킷들이 도착하는 평균 시간 간격을 C 라 하면, 피드백 정보를 전송하는 시간 간격 T_d 는,

$$T_d = R(a) \cdot \max(T_{min}, C \cdot L(t)),$$

로 표현되어진다. 이 때 C 는 평균 RTCP 패킷의 크기를 세션이 사용하는 네트워크 대역폭의 5%의 값으로 나눈 값이며, T_{min} 의 값으로써 5초를 취한다 RTCP 패킷을 너무 자주 보내면 혼잡을 유발하기 때문에 5초보다는 큰 값을 취하도록 한다[1]. $R(a)$ 은 0.5에서 1.5사이의 무작위 숫자이다[4]. 이것은 T_d 값을 균일하게 분포시키는 기법으로 $0.5 \cdot T_d$ 에서 $1.5 \cdot T_d$ 사이로 전송 시간 간격을 분산시킨다. 이 무작위 숫자의 역할은 T_d 값을 균일하게 분포(uniformly distribution)시키는 기능을 한다

그러나 세션이 처음 시작될 때 많은 수의 사용자들이 세션에 참가하기 위해 거의 동시에 RTCP 패킷을 전송하거나 또는 세션이 종료될 때 많은 수의 참가자들이 세션을 빠져나가기 위해 BYE 패킷을 전송하여 RTCP 패킷이나 BYE 패킷의 범람으로 인한 혼잡이 발생한다 또한 세션이 끝난 후에 그룹 규모의 갑작스럽게 크게 줄어들어 세션에 관하여 토론 할 사용자들이 의도하지 않게 타임아웃(timeout)으로 인하여 세션으로부터 탈퇴 당하기도 한다 이러한 혼잡을 예방하고 RTP의 확장성을 발전시키기 위해 Schulzrinne는 전진 재고 기법과 후진 재고 기법을 제안했다.

전진 재고 기법은 세션의 초기에 발생하는 혼잡을 예방하는 기법으로 조건부 재고 기법과 비조건 재고 기법의 두 가지 기법이 있다. 이 두 기법은 세션이 처음 시작되어 많은 수의 참가자들이 거의 동시에 세션에 참가하기 위해 RTCP 패킷을 멀티캐스트 그룹에 전송하는 것이 혼잡을 유발하기 때문에 처음으로 보내는 RTCP 패킷을 바로 전송하지 않고 멀티캐스트 그룹의 크기 변화를 고려하여 전송을 지연시키는 것이다. 조건부 재고 기법의 전송 지연의 동작 원리는 사용자가 세션에 참가하기 위해 RTCP 패킷을 전송하려는 현재 시

간 t_n 에서 사용자는 이전에 세션에 참가하기 위해 RTCP 패킷을 전송하려 했던 시간 t_{n-1} 이후로 그룹의 규모를 예측한 값 $L(t)$ 이 변했다면, 사용자는 RTCP 패킷을 보낼 간격 T_d 을 계산하여 t_{n-1} 에 더한 값이 현재 시간 t_n 보다 작은 값이면 패킷을 전송한다 반면 비조건 재고 기법은 그룹의 규모의 변화에 관계없이 계속 RTCP 패킷을 보낼 간격 T_d 를 계산하여 t_{n-1} 에 더한 값이 t_n 보다 작은 값이면 패킷을 전송한다.

후진 재고 기법은 세션의 종료시 발생하는 혼잡을 예방하는 기법으로 BYE 재고 기법이 있다 BYE 재고 기법은 전진 재고 기법과 같이 세션이 끝날 때 많은 수의 참가자들이 거의 동시에 세션에서 탈퇴하기 위해 BYE 패킷을 멀티캐스트 그룹에 전송하는 것이 혼잡을 유발하기 때문에 BYE 패킷을 바로 전송하지 않고 멀티캐스트 그룹의 크기 변화를 고려하여 전송을 지연시키는 것이다 전송 지연의 동작 원리는 세션 참가자가 세션에서 탈퇴하기 위해 BYE 패킷을 전송하려는 현재 시간 t_n 에서 사용자는 이전에 BYE 패킷을 전송하려 했던 시간 t_{n-1} 이후로 그룹의 규모를 예측한 값 $L(t)$ 이 변했다면, 사용자는 BYE 패킷을 보낼 간격 T_d 을 계산하여 t_{n-1} 에 더한 값이 현재 시간 t_n 보다 작은 값이면 BYE 패킷을 전송한다.

3. 빠른 재고(fast reconsideration) 기법

2장에서 소개된 RTP/RTCP 확장성 기법에서는 초기 RTCP 패킷과 BYE 패킷의 전송 지연으로 패킷 분실은 없었지만 피드백 정보가 멀티캐스트 그룹에 상당한 시간 경과 후 전달된다. 따라서 전진 재고 기법에서 멀티캐스트 그룹의 트리의 한 가지(branch)의 세션 참가자들이 모두 RTCP 패킷이 전송지연 되면 송신자는 적절한 멀티미디어 데이터 전송물을 조정하지 못하게 된다. 뿐만 아니라 세션에 참가하는 시간의 지연은 참가자 수가 증가함에 따라 선형적으로 증가하여 피드백 정보를 송신자에게 전송하지 못하는 세션 참가자가 발생하게 된다 또한 BYE 재고 기법에서 BYE 패킷이 전송이 지연되어 세션 탈퇴의 의사를 밝히고도 세션에서 상당한 시간 동안 탈퇴하지 못하는 세션 참가자들이 발생한다

본 논문에서 새로운 RTP 확장성 기법으로 빠른 재고 기법을 제안한다. 첫째, 네트워크 상태에 따라 능동적으로 전송시기를 결정하는 기법으로 패킷 분실이 일어나지 않으면 재고 기법을 적용하지 않고 RTCP 패킷을 전송한다

둘째, 전송지연을 많이 한 참가자에게 전송지연 시간을 계속적으로 감소시키는 기법으로 초기 RTCP 패킷과 BYE 패킷을 기존의 재고 기법보다 더 빨리 멀티캐스트 그룹에 전송한다 피드백 정보의 전송을 지연하는 간격 T_d 는,

$$T_d = \frac{R(a)}{2^d} \cdot \max(T_{min}, C \cdot L(t)),$$

로 표현되며 d 는 전송이 지연된 횟수이다. 이는 지연횟수에 대해 전송 지연의 시간을 줄임으로써 전송의 우선 순위를 높인다.

또한 RTCP 패킷이 네트워크로 전송되는 양을 줄이기 위하여 이전에 전송하였던 정보와 현재 전송할 정보를 비교하여 패킷 분실을 등 송신자에 대한 피드백 정보의 변화가 없으면 피드백 정보의 전송을 지연시켜 네트워크로 전송하는 패킷의 양을 줄인다. 이러한 전송지연은 타임아웃으로 인하여 탈퇴 당하는 것을 예방하기 위하여 전송지연 8회 중 4회, 6회에는 RTCP 패킷을 전송한다.

4. 실험 및 분석

재고 기법을 적용하지 않은 실험과 각각 비조건 전진 재고 기법과 빠른 재고 기법을 적용한 실험을 하여 확장성 성능 평가를 한다. 성능 평가의 방법은 세션의 피드백 정보를

전달하는 초기 RTCP 패킷과 BYE 패킷의 분실율과 초기 RTCP 패킷의 최대 지연 시간을 구하여 비교하였다. 초기 RTCP 패킷의 최대 지연 시간이란 세션에 참가하기 위하여 각각의 사용자가 전송한 RTCP 패킷이 처음으로 멀티캐스트 그룹에 도착한 시간들 중 가장 늦은 시간이다. 이러한 평가를 하는 실험 환경으로 Sun sparc ultra-1에서 1개의 RTP 송신자와 10, 20, 30, 40, 50개의 RTP 수신자를 NS(network simulator version 2.1b3)를 사용하여 재고 기법을 적용하지 않는 실험과 전진 재고 기법을 적용한 실험, 그리고 빠른 재고 기법을 적용한 실험을 해보았다. 실험은 700초 동안 실행되었으며, 처음 690초 동안 수신자들은 멀티캐스트 그룹에 참가하기 위하여 RTCP 패킷을 전송하며, 690초가 되면 모든 수신자들은 동시에 세션을 탈퇴하도록 하였다. 그림 1은 실험을 한 네트워크의 구조를 보여주고 있다. 노드 0이 RTP 송신자이며, 모든 링크(link)는 0.6 Mbps의 대역폭을 가지고 있으며 송신자는 초당 600 Kbps로 데이터를 전송한다. 특히 성형 네트워크의 중심에 위치하는 두 개의 노드는 혼잡이 일어나 패킷 분실이 일어나는 곳이다. 두 노드간 그리고 송신자로 연결하는 링크는 Queue 한계 값으로 5를 취하며, 링크에서 발생하는 전송지연은 무시하였다.

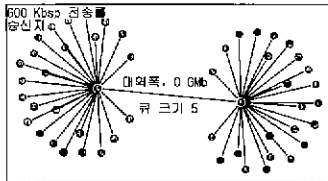


그림 1 실험을 한 네트워크 구조

그림 2는 재고 기법을 적용하지 않은 경우와 각각 전진 재고 기법과 빠른 재고 기법을 적용한 경우에 RTP 데이터 패킷과 RTCP 제어 패킷의 분실량을 보여주고 있다. 재고 기법을 적용하지 않은 실험에서의 패킷 분실은 대부분이 세션 초기에 세션에 참가하기 위하여 모든 수신자들이 거의 동시에 초기 RTCP 패킷을 전송하였기 때문에 과잉밀집 현상으로 인하여 발생하였다. 특히 참가자 수가 10에서 50으로 증가함에 따라 패킷 분실량이 76에서 409, 944, 1759. 그리고 2757로 기하급수적으로 늘어나고 있다. 반면 전진 재고 기법을 적용한 실험의 경우, 참가자의 수가 증가함에 따라 8, 49, 91, 209, 302로 패킷 분실이 85% 이상 감소하였다. 그리고 빠른 재고 기법을 적용한 실험에서는 22, 107, 244, 407, 687로 패킷의 분실이 75% 정도 감소하였다.

그림 3은 전진 재고 기법과 빠른 재고 기법을 적용한 경우에 초기 RTCP의 최대 전송지연 시간을 보여주고 있다. 전진 재고 기법을 적용한 경우에는 전송지연 시간이 세션 참가자 수가 10에서 50으로 증가함에 따라 290, 326, 444, 566, 589 초로 선형적으로 증가했으며, 빠른 재고 기법을 적용한 실험에서는 참가자의 수가 증가함에 따라 106, 149, 229, 292, 291 초로 전진 재고 기법을 적용한 실험보다 50% 정도 전송지연

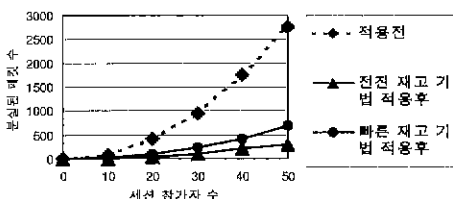


그림 2 재고 기법 적용전과 적용후의 패킷 분실량 비교

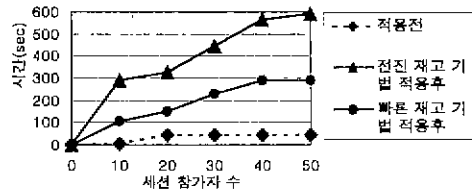


그림 3 재고 기법 적용전과 적용후의 초기 RTCP 패킷 최대 지연시간 비교

시간을 감소 시켰다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서 제안된 빠른 재고 기법을 이용할 때에는 패킷 분실량은 기존 방식에 비해 10%정도 증가했지만 거의 비슷한 확장성을 보이면서도 초기 RTCP 패킷 전송지연이 50%정도 감소하는 것을 보여준다.

세션 참가자들은 각각 서로 다른 네트워크 환경을 가지고 있으며, 그 환경에 따라 참가자들은 서로 다른 QoS(Quality of Service)를 받는다[7]. 피드백 정보는 서로 다른 QoS를 제공할 수 있도록 정보를 주며, 실시간 트래픽의 특성상 지연된 피드백 정보는 유용하지 못하다[2]. 세션이 처음 시작되었을 때, 빠른 재고 기법을 이용하여 멀티캐스트 그룹에 RTCP 패킷과 BYE 패킷을 전송하는 기법을 적용하면 세션 참가자는 네트워크 상태를 포함한 피드백 정보를 기존의 RTP 확장성 기법보다 빨리 전송하여 네트워크 상태에 맞는 QoS를 제공할 수 있으며, 세션의 초기에 발생하는 혼잡도 예방할 수 있다. 또한 BYE 패킷이 기존의 RTP 확장성 기법보다 빨리 멀티캐스트 그룹에 전송하고 혼잡도 예방한다.

향후에 세션 참가자들이 좀더 빨리 네트워크 정보를 전송할 수 있으며 네트워크 상태에 맞는 QoS를 제공할 수 있는 RTP 확장성 기법으로 지연된 횡수와 지연된 시간동안에 세션 참가자의 증가에 대한 고려를 한 확장성 기법을 연구할 것이며, 또한 확장 영역 검색 기법을 수용한 빠른 재고 기법도 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, Network Working Group Request for Comments 1889, January 1996
- [2] Steven Ray McCanne, Scalable Compression and Transmission of Internet Multicast Video, Report No UCB/CSD-96-928, December 16, 1996
- [3] Jean-Chrysostome Bolot, Thierry Turletti, Ian Wakeman, Scalable Feedback Control for Multicast Video Distribution in the Internet, Proc. ACM/SIGCOMM'94, Vol. 24, No 4, Oct. 1994, pp. 58-67.
- [4] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, Timer Reconsideration for Enhanced RTP Scalability, Internet Engineering Task Force Internet Draft, July, 1997
- [5] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, New Results in RTP Scalability, Internet Engineering Task Force Internet Draft, November 13, 1997
- [6] Dave Kosiur, IP Multicasting, Wiley&Sons, 1998, page 80~85, 113~125
- [7] Paul Ferguson, Geoff Huston, Quality of Service, WILEY pressed, 1998