

# 화상회의 시스템을 위한 양방향 흐름제어 기법 제안 및 구현

김성\*, 강미영\*\*, 김서균\*, 남지승\*  
\*전남대학교 대학원 컴퓨터공학과 및 RRC  
\*\*전남대학교 대학원 정보통신협동과정

e-mail:sung@kjssa.co.kr

## Technique and Implementation of bidirectional Flow Control for Video Conference System

Sung Kim\*, Mi-Young Kang\*\*, Seo-Kyun Kim\*, Ji-Seung Nam\*  
\*Dept of Computer Engineering Chonnam National University and RRC  
\*\*Interdisciplinary Program of Information and  
Telecommunication, Chonnam National University

### 요약

본 논문은 화상회의 시스템 개발에 있어서 양방향 흐름제어 방식을 제안 한다. 제안한 양방향 흐름 제어 방식은 End-To-End 간의 처리량과 네트워크의 상태를 SR과 RR의 손실율을 이용해서 3가지 상태(혼잡, 안정, 무부하)로 정의 하였으며 그에 따른 양방향 흐름 제어 알고리즘을 적용해서 전송율을 조절해서 손실율을 줄이고 양단간 처리량 증가 및 송수신의 공정성을 갖게 한다. 제안한 알고리즘을 적용해 PC카메라를 이용한 화상회의 시스템을 구현 했으며, 이를 통해서 양측 모두 손실율의 감소, 수신율의 증가, 안정적인 송·수신, 송·수신량의 공평성이 향상 되었다.

### 1. 서론

최근 통신망의 발달과 함께 멀티미디어 데이터 서비스의 요구가 급증하고 있으며 그에 따라 많은 응용 프로그램들이 개발되고 있다.

멀티미디어 응용 프로그램 중 대표적인 화상회의 시스템이 있으며 이에 대한 다양한 응용 프로그램 개발과 연구도 진행되고 있다. 화상회의 시스템은 데이터에 대한 실시간성을 유지해야 하고 전송되는 데이터의 크기가 크다는 특성이 있다. 이러한 멀티미디어 정보를 전송하고자 할 때, 손실을 보다는 지연율에 민감한데 트랜스포트 프로토콜인 TCP/IP는 실시간 데이터 전송의 관점에서 볼 때 여러 가지 문제점이 있다. 그래서 일반적으로 멀티미디어 정보 전송 시에는 UDP/IP와 UDP/IP와 응용계층 사이에서 동작하는 RTP 프로토콜을 사용한다. 데이터 전송을 위해서 두 개의 UDP 채널을 사용하는데, 하나는 RTP를 다른 하나는 RTCP를 사용한다. RTP

데이터 전송 기능은 제어 프로토콜인 RTCP와 함께 동작하는데, RTCP는 데이터의 전달 상황을 감시하며, 기본적으로 필요한 제어 기능과 대체 식별 기능을 제공한다.

그러나 UDP와 RTP/RTCP[1]는 흐름/체증제어 메커니즘을 프로토콜 레벨에서 제공해 주지 않음으로 혼잡상태가 발생했을 때는 많은 패킷을 손실하며 클라이언트는 혼잡상태를 해제하여 주지 못한다.[2] 그래서 혼잡 상태가 된 클라이언트는 계속해서 손실율이 증가하며 송·수신 처리량이 안정적이지 못하고 불안정 상태에 놓이게 된다. 이러한 불안정 상태는 상대측에도 영향을 주어 양측 모두 송수신의 불균형을 갖게 한다.

본 논문에서는 멀티미디어 기술의 응용분야인 화상회의 시스템을 개발하고 그 시스템을 토대로 효과적인 양방향 흐름제어 알고리즘을 제안하였으며, 제안된 알고리즘을 실제로 화상회의 시스템에 적용하였다.

## 2. 기존의 흐름제어 기법

기존의 흐름제어 기법으로는 IVS(INRIA Video-conferencing System)[3]기법과 이를 보완한 TCP-like IVS[4] 기법이 있다.

IVS 흐름제어 기법은 동적으로 변화하는 네트워크에 잘 적용 할 수 없다. IVS는 현재 이용 가능한 대역폭의 측정을 누적 패킷 손실에 의해 결정하기 때문에, 선형적 증가분이 현재 네트워크 상태에 비해 너무 크거나 작을 수 있기 때문이다. 이러한 전송율의 증가와 네트워크 상태에 대한 느린 적용은 전송율을 진동시키게 된다.

TCP-like IVS 기법은 패킷손실과 왕복시간과 같은 두가지 네트워크 상태 파악요소를 고려하여 동적으로 변화하는 네트워크 상태에 적용할 수 있도록 하고 있다. 이러한 흐름제어 기법은 수신측의 RR(Receiver Report) 패킷과 RTT(Round Trip Time)를 이용하여 송신측의 전송율을 조절하는 것으로 송신측의 상태는 고려하지 않은 단방향 흐름제어의 성격을 띄고 있다.

## 3. 제안한 양방향 흐름제어 기법

단방향 흐름제어를 함으로써 송신과 수신측의 두 가지 흐름에 대한 형평성을 고려하지 않고 전송율을 조절함으로써 두 방향의 데이터 흐름 중 한 방향의 부하에 의하여 다른 방향의 부하를 가중시키는 문제가 발생할 수 있다. 제안한 흐름제어 기법은 송수신 양측의 상태를 체크하여 송·수신측의 상태에 맞는 적절한 흐름제어를 하는 알고리즘을 제안했고 적용하여 화상회의 시스템을 구현하였다. 송신측과 수신측간의 SR(Sender Report)과 RR(Receiver Report)을 이용하여 양측의 손실율을 구한 후 손실율을 이용하여 송·수신측의 상태를 체크한다. 송·수신측의 상태표는 표 1과 같이 설정하였다.

상태	Loss율
혼잡	10% 이상
안정	10% 이하 ~ 5% 이상
무부하	5% 이하

표 1 상태표

이와 같은 상태표를 이용하여 송·수신측의 상태를 체크한 후 상태에 따라 송·수신측의 전송율을 표 3과 같이 조절하여 송·수신측의 상태가 안정상

태 또는 무부하 상태에 접근하도록 하였다. 전송율 조절을 위한 변수는 표 2, 전송율 조절을 위한 알고리즘은 표 3와 같다.

변수명	변수 값
S	전송율
T	프레임 조절 변수 ( $A-B=C$ , $A/C=T$ )
A	A 전송 누적 프레임
B	B 전송 누적 프레임
C	A, B 누적 프레임의 차이

표 2 전송율 조절을 위한 변수

표 3에 따라 전송율을 영상의 프레임을 기반으로 조절하였는데 표에 보면  $First == 0$  이면 초기상태로 정의했다. 초기상태였을 때 시스템과 대역폭이 지원하는 최대의 송·수신을 하므로 전송율을 높일 수는 없고 낮출 수만 있다. 그래서 Client가 혼잡상태이면 상대측 수신율에 전송율을 맞추게 된다. 이렇게 하면 혼잡상태의 Client의 손실은 급격히 줄어 수신기의 혼잡이 없어지므로 빨리 안정상태에 진입하면서 송신기에 자원을 추가로 할당할 수 있어 전송율이 증가한다. 이렇게 되더라도 완전하게 혼잡상태에서 벗어날 수 없고 또 실시간 적으로 상태가 변하므로 그에 빨리 적용해야 한다. 그래서 현재의 프레임 조절변수 T에 의해서 전송율을 조절하는데 T는  $A-B=C$ ,  $A/C=T$ 의 식으로 구한다.  $First==0$  이면 T를 기반으로 100%의 전송율로 전송을 한다.  $First==0$ 이 아니면 현재의 T를 기반으로 점차적으로 증가 또는 감소 시켰다. 점차적으로 증가 또는 감소 시킬 때 더 변화에 민감한 쪽을 기반으로 감소 또는 증가를 하였다. 예를 들어 전송율이 50%이상일 때 프레임의 손실율을 기반으로 전송율이 50%이하일 때는 프레임의 전송율을 기반으로 감소 또는 증가 하였다. 이것은 변화에 민감한 쪽을 기준으로 조절해야만 조절 값이 현재 적용되는 전송율이나 손실을 이상의 값이 되지 않음으로 두 Client의 상태가 급격하게 변하는 것을 막고 안정상태로 빨리 진입할 수 있다. 이렇게 전송율을 낮추면 혼잡상태의 Client는 안정상태에 진입하면서 손실율이 낮아지는 것에 반해 전송율이 높아져서 송·수신 처리량의 균형 뿐만 아니라 양측 Client의 처리량에 대한 균형도 이룰 수 있다. 전송율의 감소는 전송율이 50%이상일 때와 이하일 때로 나누어 조절한다. 전송율이 50%이상일 때는 전송율  $S=(T-2)/(T-1)$ 이며 전송율이 50%이하 일 때는  $S=1/(T+1)$ 이 된다. 그리

고 혼잡 상태에는 수신기에 최대의 시스템 자원과 대역폭을 할당함으로써 혼잡, 안정, 무부하 상태 중 수신율은 혼잡, 안정, 무부하 상태 순으로 높게 된다. 그래서 혼잡 상태일 경우는 상대측 Client에서 전송율을 낮추어 줌으로써 혼잡 상태 Client의 높은 수신율을 낮추어 준다. 그 결과 혼잡 상태 Client의 전송율을 높이고 혼잡에서 벗어날 수 있으며, 상대측 Client의 수신율을 높일 수 있다. 무부하 상태일 경우 무부하 상태의 수신율을 높여 주어야 하므로 안정 상태나 무부하 상태의 Client가 전송율을 증가함으로써 무부하 상태의 수신율을 증가시켜서 송·수신의 균형을 유지할 수 있다. 전송율의 증가는 전송율이 50%이상일 때와 이하일 때로 나누어 조절한다. 전송율이 50%이상일 때는 전송율  $S=T/(T+1)$  이며 전송율이 50%이하 일 때는  $S=1/(T-1)$  이 된다.

상태	Client 1	상태	Client 2
혼잡	First=0 S=T/T	혼잡	First=0 S=T/T
	S>50% S=(T-2)/(T-1)		S>50% S=(T-2)/(T-1)
	S<=50% S=1/(T+1)		S<=50% S=1/(T+1)
혼잡	현상태 유지	안정	First=0 S=(T-1)/T S>50% S=(T-2)/(T-1) S<=50% S=1/(T+1)
혼잡	현상태 유지	무부하	First=0 S=T/T S>50% S=(T-2)/(T-1) S<=50% S=1/(T+1)
안정	현상태 유지	안정	현상태 유지
안정	First=0 현상태 유지	무부하	현상태 유지
	S>=50% S=T/(T+1)		
	S<50% S=1/(T-1)		
무부하	First=0 현상태 유지	무부하	First=0 현상태 유지
	S>=50% S=T/(T+1)		S>=50% S=T/(T+1)
	S<50% S=1/(T-1)		S<50% S=1/(T-1)

표 3 양방향 흐름제어 기법

4. 실험 및 결과분석

실험 환경은 인위적으로 처리속도에 차이를 갖도록 펜티엄 MMX 333, M/M 64M인 컴퓨터, 펜티엄 II 233, M/M 64M인 컴퓨터 2대를 사용하였으며, 네트워크는 LAN 환경에서 실험하였다. 실험은 알고리즘 적용 전과 적용 후로 나누어 영상회의 프로그램의 송·수신 효율을 실험하였다.

그림 1은 알고리즘 적용전 프레임 처리량으로써 A, B간의 송수신율의 불균형이 심하고 그에 따라 B의 손실율이 크게 된다. 그리고 송·수신측의 불안정으로 송·수신율의 진동이 크게 된다. 이러한 원

인은 A와 B는 시스템 및 대역폭의 차이로 A는 무부하 상태 B는 혼잡 상태가 된다. 송·수신율의 불균형과 손실율이 큰 이유는 무부하 상태인 A는 자신이 전송할 수 있는 최대의 영상 데이터를 전송하게 되고 B는 시스템과 대역폭이 A에 비해서 낮으므로 손실율이 증가하고 수신을 위한 수신기에 많은 자원이 할당되므로 송신기에서의 낮은 전송율의 현상이 나타난다. 이러한 B의 낮은 전송율은 A에서 손실없이 처리되지만 A가 처리할 수 있는 능력만큼의 데이터를 혼잡 상태인 B는 전송할 수 없다. 그래서 손실율이 증가하고 A, B 전송율과 수신율의 불균형 상태를 나타낸다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 알고리즘을 적용하는데 A는 무부하, B는 혼잡 상태이므로 A의 전송율을 낮추어야 한다. 처음에는 A의 전송율을 B의 수신율에 맞추어 후 상태를 체크하고 단계별로 전송율을 조절해 간다. 그래서 B의 손실율이 낮아지고 전송율이 높아지므로 A의 수신율도 함께 높아지는 효과를 얻을 수 있다.

그림 2는 알고리즘 적용후 프레임 처리량으로써 A, B간의 송·수신율의 균형을 맞추었고 그에 따라 적용 전에 많았던 B의 손실율이 크게 낮아짐을 볼 수 있다. 그리고 B가 안정상태가 되면서 A, B 모두 송·수신율의 진동이 작게 되었다.

그림 3은 알고리즘 적용전, 후의 평균 손실율을 비교하였는데 알고리즘 적용 전에는 B는 손실율 10%이상인 혼잡상태를 계속 유지하면서 많은 손실율을 보이는 반면에 A는 손실율 5%이하의 무부하 상태로 손실율이 매우 낮아 A, B간의 불균형 상태를 보인다. 알고리즘 적용 후 A의 손실율은 B가 점차적으로 안정상태인 손실율 10% ~ 5% 안으로 진입함으로써 A, B간의 균형 상태를 보인다.

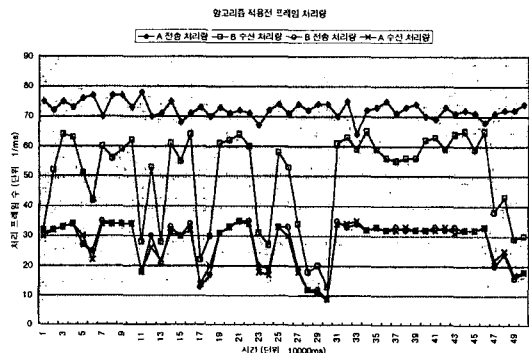


그림 1 알고리즘 적용전 프레임 처리량

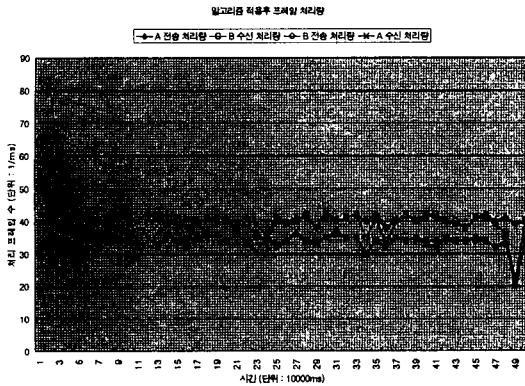


그림 2 알고리즘 적용후 프레임 처리량

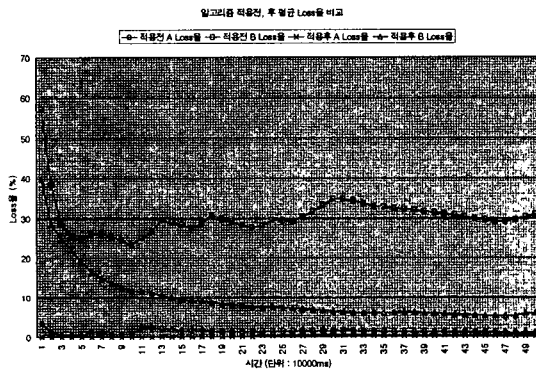


그림 3 알고리즘 적용전, 후 평균 Loss을 비교

표 4는 알고리즘 적용전, 후 10초당 평균 프레임 수신 처리량을 비교하였는데 알고리즘 적용후의 수신 처리량은 적용전 보다 수신 처리량이 높아지고 A, B 수신처리량이 균형을 이루는 것을 볼 수 있다. 표 5는 평균 손실율을 비교한 것으로 적용전 보다 적용 후 손실율이 많이 낮아진 것을 볼 수 있다.

단위 : 프레임/10초

적용전 A	적용전 B	적용후 A	적용후 B
27.78	49.55	33.54	40.18

표 4 알고리즘 적용전, 후 수신 처리량 비교

적용전 A	적용전 B	적용후 A	적용후 B
1.33%	30.13%	0.20%	9.54%

표 5 알고리즘 적용전, 후 평균 손실율 비교표

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 제안한 양방향 흐름제어를 적용함으로써 송·수신측의 상태를 체크하여 전송율을 조절하여 송신측의 불필요한 부하를 없애고 송·수신측은 빠른 안정상태에 진입함으로써 Loss율의 감소, 수신율의 증가, 안정적인 송·수신율, 송·수신기의 시스템 자원 및 네트워크 자원을 균등하게 할당함으로써 송·수신량의 공평성의 성능 향상을 얻었다.

앞으로 End-To-End간에 송·수신 처리량이 일치하도록 전송시간 조절에 대한 연구와 멀티케스트 상에서의 양방향 흐름제어를 위한 연구를 진행 하는 것이 필요하다.

## 6. 참고 문헌

- [1] Schulzrinne, Casner, Frederick, and Van Jacobson, "RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC1889, 1996. 1.
- [2] 조기영, 류재상, 문호림, 김서균, 남지승, "화상회의 시스템 구현을 위한 양방향 흐름제어 프로토콜 개발 연구", 전남대학교 정보통신 논문집, pp 23-30, 1998. 12
- [3] Thierry Turletti, "The INRIA Videoconferencing System (IVS)", conneXions-The Interoperability Report, pp. 20-24, 1994. 10.
- [4] 나승구, 고민수, 안종석, "인터넷상에서 원격회의를 위한 두 가지 흐름 제어 기법", 정보과학회 논문지, 제 26권 제 8호, pp.975-983, 1999. 8.
- [5] Steven McCanne and Van Jacobson, "vic: A Flexible Framework for Packet Video", ACM Multimedia, pp511-522, 1995. 11.
- [6] Van Jacobson, "Congestion Avoidance and Control," ACM Computer Communication Review, vol. 18, no. 4, pp. 314--329, 1988. 8.
- [7] Stevens "UNIX Network Programming" vol. 1