

# 멀티미디어 혼잡제어 알고리즘에서의 회신경로 혼잡에 대한 영향 분석

준회원 정 기 성\*, 정회원 홍 민 철\*, 유 명 식\*

## The Effect of Feedback Path Congestion on the Multimedia Congestion Control Algorithm

Gi Sung Jung\* *Associate Member*, Min-cheol Hong\*, Myungsik Yoo\* *Regular Members*

### 요 약

멀티미디어 응용 서비스에 대한 요구가 증대됨에 따라 멀티미디어 혼잡제어 알고리즘에 대한 연구가 더욱 중요 시되고 있다. 그러나 기존에 제안된 혼잡제어 알고리즘들은 혼잡 상황 판단을 위하여 RTT를 사용하기 때문에 데이터 전송 경로의 혼잡 상황과 회신 정보 회신 경로의 혼잡 상황을 정확히 구분하지 못하는 단점이 있다. 본 논문에서는 OTT를 사용하여 네트워크 혼잡 상황을 판단하도록 제안된 RRC-OTT(Receiver-based Rate Control with One-way Trip Time) 알고리즘의 장점을 활용하여 데이터 전송 경로와 회신 정보 회신 경로의 혼잡 상황 판단을 분리하도록 하였고, 특히 회신 경로의 혼잡 상황이 데이터 전송 경로에 미치는 영향을 최소화하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘의 성능 평가를 통하여 기존 혼잡제어 알고리즘과 달리 RRC-OTT 알고리즘은 회신 경로의 혼잡 상황에 영향을 받지 않고 일정한 성능을 보임을 입증하였다.

Key Words : Multimedia QoS, Congestion Control, RTT, OTT, Feedback Path Congestion

### ABSTRACT

As the demand on the multimedia application increases, the congestion control algorithm for the multimedia applications becomes an important research issue. The ultimate goal of congestion control is to adapt the transmission rate at the sender to the amount of network resource available on the forward path. In general, the congestion control algorithms use the round trip time(RTT) to estimate the network congestion on the forward path. However, since the RTT includes the delay on both forward and backward paths, it is possible for the algorithms using the RTT to make a wrong decision such as deciding the congestion on the forward path due to the congestion built on the backward path. In this paper, we enhance the performance of RRC-OTT(Receiver-based Rate Control with One-way Trip Time) algorithm, which uses the one-way trip time(OTT) to estimate the network congestion. By separating the estimation mechanism on the forward path from the backward path, the performance of RRC-OTT algorithm is hardly affected by the congestion built on the backward path.

### I. 서 론

과거의 데이터 트래픽이 인터넷의 주를 이룬 것

과 달리 인터넷 이용자들의 멀티미디어 응용 서비스에 대한 요구가 높아지면서 멀티미디어 트래픽이 점점 증가 추세에 있으며 이러한 추세는 앞으로도

\* 숭실대학교 정보통신전자공학부(jsung3310@korea.com, mhong@e.ssu.ac.kr, myoo@ssu.ac.kr)

논문번호 : KICS2004-06-055, 접수일자 : 2005년 6월 21일

※ 본 연구는 2004년도 한국 학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음(KRF-2004-005-D00147).

계속될 것으로 예상된다. 멀티미디어 데이터는 일반 데이터 트래픽과 달리 작은 손실은 허용되는 반면 전송 지연에 민감한 특성이 있다. 이러한 멀티미디어 데이터의 특징과 인터넷의 제한된 네트워크 자원, 다양한 전송채널 환경 등의 요인으로 인해 QoS (Quality of Service) 제어 메커니즘에 대한 필요성이 증대되고 있다. 또한 사용자의 멀티미디어 QoS 요구 수준이 증대됨에 따라 더 높은 수준의 멀티미디어 QoS 제공 방안이 중요한 이슈가 되었다.

인터넷의 QoS 제공을 위해 IETF의 IntServ와 DiffServ 와 같은 네트워크 계층에서의 연구가 진행되어 왔다. 그러나 멀티미디어 응용의 QoS에 대한 더욱 효과적인 제어방법은 멀티미디어 응용과 직접적인 관련이 있는 양 끝단 시스템의 응용계층에서 혼잡제어와 에러 복구 등의 알고리즘을 통해 보다는 서비스를 제공하는 것이다<sup>[1]</sup>. 응용 계층의 혼잡제어는 네트워크 계층과 독립적으로 양 끝단 응용 계층에서 네트워크의 상황에 따라 전송속도를 조절하여 혼잡에 대응함으로써 QoS를 제어하게 된다<sup>[2]</sup>.

인터넷의 데이터그램 방식 특성상 네트워크 상황에 따라 다른 전송 지연과 패킷 손실 등의 특성을 갖게 된다. 즉, 시시각각 변하는 네트워크의 상황에 따라 전송 경로와 회신 경로가 달라질 수 있으며 이에 따라 데이터 패킷과 ACK 패킷이 서로 다른 전송 지연과 패킷 손실을 경험할 수 있게 된다.

멀티미디어 응용의 혼잡 제어에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며 지금까지 연구된 혼잡 제어 알고리즘은 패킷 손실 정보와 RTT (Round Trip Time) 정보를 이용하여 네트워크 상태를 파악하고 이에 따라 전송 속도를 조절하는 방식이다<sup>[3-6]</sup>. RTT 정보를 이용하는 혼잡제어 알고리즘은 인터넷의 역동성으로 인해 전송 경로와 회신 경로가 달라지게 되고 두 경로의 패킷 지연과 손실 등의 특성이 상이하게 나타나게 되면 두 경로의 차이를 구분하지 못한다. 결과적으로 잘못된 판단을 내리게 되어 전송 경로의 상황에 맞지 않는 동작을 취하게 되는 문제점이 발생할 수 있다.

이 논문에서는 역방향 간섭 트래픽에 의해 회신 경로의 혼잡이 발생하였을 때 발생할 수 있는 영향을 분석한다. 또한 제안된 RRC-OTT (Receiver-based Rate Control with One-way Trip Time)<sup>[7]</sup> 알고리즘에서 이러한 회신 경로 혼잡의 영향을 최소화 하도록 성능을 향상시켰다. 네트워크의 혼잡 상황을 판단하기 위해 RTT를 사용하는 기존의 혼

잡제어 알고리즘과 달리 RRC-OTT 알고리즘은 RTT 대신 OTT를 사용한다. OTT 정보를 통해 전송 경로의 상황만으로 네트워크 상황을 판단하게 함으로써 회신 경로 혼잡의 영향을 적게 받도록 설계되었다. 따라서 전송 경로와 회신 경로의 상황이 다른 상황에서도 정확히 전송 경로의 상황을 판단함으로써 안정적인 동작을 취하게 된다.

이 논문에서 제안된 RRC-OTT 알고리즘은 전송측 중심이 아닌 멀티미디어 데이터를 수신하는 수신측에서 혼잡제어의 주 역할을 하여 멀티미디어 QoS 제어를 더욱 효율적으로 할 수 있게 하였으며 회신 경로의 혼잡 영향으로 인해 성능이 급격히 떨어지는 단점을 보완하였다.

이 논문의 구성은 II장에서 회신 경로 혼잡에 따른 영향을 분석하고 III장에서 회신 경로 혼잡의 영향을 최소화하기 위한 RRC-OTT 혼잡제어 알고리즘을 자세히 설명한다. IV장에서는 시뮬레이션 결과를 통해 회신 경로의 혼잡 상황 하에서의 RRC-OTT의 동작 및 성능을 살펴보고 마지막 V장에서는 결론을 맺도록 한다.

## II. 회신 경로 혼잡에 따른 영향

그림 1에서 같이 전송측이 수신측으로 데이터 패킷을 보내는 경로를 전송 경로라 하고 반대로 수신측이 전송측으로 회신 패킷을 보내는 경로를 회신 경로라 한다.

인터넷의 특성상 시시각각으로 네트워크의 상황이 변하게 되며 라우팅 프로토콜은 이러한 변화하는 상황에서 최단 경로를 찾아 전송하게 만든다. 따라서 네트워크의 상황 변화에 따라 전송 경로와 회신 경로가 달라지게 되며 두 경로의 패킷 지연과 손실 등의 특성도 달라지게 된다.

RTT 정보를 이용하여 네트워크 상황을 판단하는 기존의 혼잡 제어 알고리즘은 RTT 정보가 전송 경로와 회신 경로의 혼잡 상황을 동시에 반영하기 때

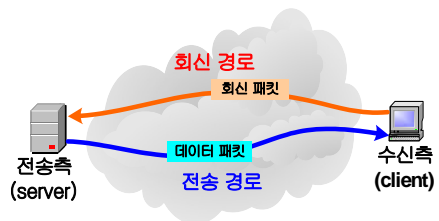


그림 1. 전송 경로 및 수신 경로

문에 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 회신 경로의 혼잡 상황이 발생하게 되면 두 경로의 혼잡 상황의 차이를 구별하지 못하게 된다. 따라서 전송 경로상의 상황만을 정확히 반영하지 못하게 되어 알고리즘의 성능이 상당히 저하되는 결과를 초래하게 된다.

역방향 간섭 트래픽의 영향으로 회신 경로의 혼잡 상황이 심한 경우에는 데이터의 전송 경로의 상황이 양호할지라도 RTT가 증가하게 되며 전송 경로의 상황과 달리 Time-out이 발생하게 된다. 따라서 전송측은 네트워크의 상황이 혼잡하다고 판단하게 되므로 전송 경로의 네트워크 자원이 가용하더라도 오히려 전송 속도를 줄이게 된다. 즉, 네트워크의 상황을 잘못 판단하여 네트워크 자원의 사용 효율을 떨어뜨리는 결과를 초래하게 된다.

### III. 회신 경로 혼잡 영향 최소화를 위한 RRC-OTT 알고리즘

혼잡제어 알고리즘은 전송 경로상의 가용한 네트워크 자원에 맞게 전송 속도를 조절하는데 목적이 있다. 그러나 RTT는 전송 경로와 회신 경로의 상황을 동시에 반영하게 된다. 따라서 회신 경로의 혼잡 상황이 전송 속도 조절에 악영향을 미칠 수 있다. 반면, RRC-OTT는 네트워크 상황을 판단하기 위해 전송 경로의 OTT를 사용하게 된다. 따라서 RRC-OTT는 전송 경로와 회신 경로의 상황을 분리시켜 전송 경로의 상황만을 좀더 정확히 예측할 수 있다.

#### 3.1 RRC-OTT 알고리즘

RRC-OTT에서 혼잡 판단의 역할은 수신측이 담당하게 되며 그림 2에 자세히 설명 되어 있다.

수신측은 패킷( $i$ -th 패킷)을 받게 되면 타임 스탬프 값을 이용하여  $OTT_i$ 를 계산하게 되는데  $OTT_i$

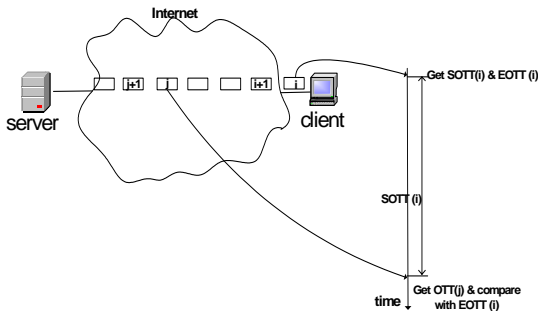


그림 2. RRC-OTT 혼잡판단 메커니즘

는  $i$  번째 패킷이 전송될 때 전송 경로의 상황을 반영하는 것이다. 또 이 값을 이용하여  $SOTT_i$  와 허용  $OTT (EOTT_i)$ 를 식 1과 같이 계산하게 된다.

$$EOTT_i = SOTT_i + \beta \times SDEV_i \quad (1)$$

$EOTT_i$ 는 RRC-OTT 알고리즘에서 네트워크 상태를 판단하는 기준으로 사용되며  $SOTT_i$  상황 하에서 혼잡이 없는 경우 패킷이  $EOTT_i$  안에 도착한다는 것을 의미하게 된다. 두 패킷의 간격이 너무 가깝거나 멀게 되면 네트워크 상황을 판단하기 어렵기 때문에 수신측은 네트워크 상태 판단을 위해  $SOTT_i$  동안 기다리게 된다.  $SOTT_i$  후에 패킷( $j$ -th 패킷)이 도착하게 되면 수신측은  $j$  번째 패킷이 지나온 시점의 네트워크 상태를 가리키는  $OTT_j$ 를 얻게 된다.  $j$  번째 패킷의  $OTT_j$  가  $EOTT_i$  보다 작으면 전송 경로의 상태가 양호한 것으로 판단하게 되고 반대의 경우에는 혼잡 상황인 것으로 판단하게 된다. 수신측은 혼잡 판단 메커니즘을 통해 혼잡 판단이 내려지거나 패킷 손실이 발생하게 되면 즉시 Decrease ACK (DEC ACK)를 보내어 전송측이 전송 속도를 줄일 수 있게 하고 그렇지 않은 경우에는 주기적으로 Increase ACK (INC ACK)를 전송측으로 보냄으로서 전송 속도를 높일 수 있도록 한다.

#### 3.2 RRC-OTT 알고리즘 Update

회신 경로의 혼잡에 의한 왜곡 현상을 최소화하기 위해서는 전송 경로와 회신 경로의 상황을 정확히 구분하여 전송 경로의 상황만을 전송 속도 조절에 반영해야 한다. RTT를 사용하는 혼잡 제어 알고리즘은 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 전송 경로의 상황에 비해 RTT값이 커지게 되어 Time-out이 발생하게 된다. 그러나 RRC-OTT에서는 OTT를 사용하기 때문에 회신 경로의 혼잡 영향으로 OTT가 변하지 않는다. 또한 전송측이 타이머를 가지고 있지 않기 때문에 Time-out이 발생하지 않는다. 다만, 역방향 트래픽의 영향으로 회신 정보가 지연되고 영향이 심한 경우에는 회신 정보의 손실도 발생할 수 있다. 이런 상황을 방지하기 위하여 전송 경로상의 전송시간 ( $OTT$ ) 즉,  $OTT_{forward}$  와 대응되는 회신 경로의 전송 시간  $OTT_{backward}$  가 사용된다.

##### 3.2.1 회신 정보의 지연

회신 정보가 지연되어 도착하게 되면 도착한 회

신 정보가 현재의 네트워크 상황을 반영하고 있다는 신뢰를 할 수 없게 된다. 따라서 이 회신 정보를 전송측이 전송 속도 조절에 적용한다면 전송 경로의 상황을 제대로 반영하지 못하게 될 뿐만 아니라 심한 왜곡을 초래할 수 있다. 따라서 전송측은 회신 정보의 지연 정도에 따라 전송 속도 조절에 회신 정보를 반영할지를 판단한다.

$OTT_{forward}$  의 계산 방식과 같이 전송측은 수신측에서 전송측으로 보내는 때 회신 정보의 전송 시간 ( $OTT_{backward}$ )을 계산하게 되는데 이  $OTT_{backward}$  정보는 회신 경로의 혼잡 상황을 반영하게 된다. 또한 이  $OTT_{backward}$  정보를 통해 식 2와 같이  $SOTT_{backward}$  를 계산하게 되고 이  $SOTT_{backward}$  정보가 회신 정보의 지연 정도를 판단하는 기준으로 사용된다.

$$SOTT_{backward}^i = ((1-k) \times SOTT_{backward}^{i-1} + k \times OTT_{backward}^i) \quad (2)$$

식 2에서 사용된  $k$ 값은 [8]에서 정의한 바와 같이 1/8로 설정하였다.

전송측은 수신측으로부터 전송 받은 회신 정보  $OTT_{backward}$ 가  $\delta \times SOTT_{backward}$  보다 크면 수신측으로부터 받은 회신 정보가 회신 경로 혼잡의 영향으로 과다하게 지연된 것으로 판단하여 전송측은 수신측에 전달한 데이터 전송 속도 조절에 반영하지 않고, 이전 전송 속도로 데이터를 전달한다. 본 논문에서 사용하는 파라미터  $\delta$ 는  $SOTT_{backward}$  의 몇 배를 회신 정보의 지연 정도를 결정하는 기준으로 사용할지를 나타내게 된다.

위에서 설명한 회신 정보의 전송측 전송 속도 조절에 반영 여부 판단은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 전송측은 수신측으로부터 도착하는 회신 정보의  $OTT_{backward}$ ,  $SOTT_{backward}$  를 계산한다.
- ② 회신 정보 반영 여부를 다음과 같이 판단한다.

- 만약  $OTT_{backward} \geq (\delta \times SOTT_{backward})$  이면 전송측은 전송 속도 조절 알고리즘에 해당 회신 정보를 반영하지 않는다.
- 만약  $OTT_{backward} < (\delta \times SOTT_{backward})$  이면 전송측은 이후 데이터 전송시 해당 회신 정보의 전송 경로 상황을 전송 속도 조절에 반영하여 전송속도를 증가시키거나 감소시킨다.

### 3.2.2 회신 정보의 손실

수신측은 전송 경로의 상황이 양호할 경우  $\gamma \times SOTT$  마다 INC ACK를 보내게 된다. 즉  $\gamma$ 는 수신측에서 INC ACK의 전송 간격을 결정하는 파라미터이다. 따라서 회신 경로의 혼잡이 없는 경우에는  $\gamma \times SOTT$  간격으로 회신 정보가 도착하게 된다. 하지만 회신 경로의 혼잡 상황이 발생하게 되면 회신 정보의 지연이 심해지거나 회신 정보가 손실되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 경우를 대비하여 전송측은 회신 정보를 받은 후부터  $\epsilon \times (\gamma \times SOTT_{backward})$  의 시간이 지나서도 다음 회신 정보가 오지 않으면 회신 경로의 심각한 혼잡으로 인해 회신 정보가 손실된 것으로 판단하여 전송 속도를 반으로 줄이게 된다. 파라미터  $\epsilon$  은 회신 경로의 타이머 값을 결정하는 파라미터이다.

## IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 4.1 시뮬레이션 환경

회신 경로의 혼잡 영향을 최소화하기 위해 제안된 RRC-OTT 알고리즘의 성능을 RAP[6]와 비교하여 평가하였다. 시뮬레이션에 사용된 토폴로지는 그림 3에 나와 있다. 여러 개의 전송 노드가 SW1에 연결 되어 있고 수신 노드는 SW2로 연결되어 있다. 송수신 노드와 스위치 사이의 링크는 SW1과 SW2 사이의 링크보다 큰 대역폭을 가지게 되므로 SW1과 SW2 사이의 링크는 병목링크가 되고 SW1은 병목점이 된다.

회신 경로의 혼잡 영향을 분석하기 위해 간섭 전송노드 (Interferencing Sender : IS)와 간섭 수신노드 (Interferencing Receiver : IR)는 성능 측정 대상인 송수신 노드와는 반대 방향으로 SW3와 SW4을 통하여 연결되어 있다. 성능 측정 대상 송수신 노드의 데이터 정보와 회신 정보는 SW1과 SW2을 통하여 전송된다. 회신 경로의 혼잡 영향 분석을 위

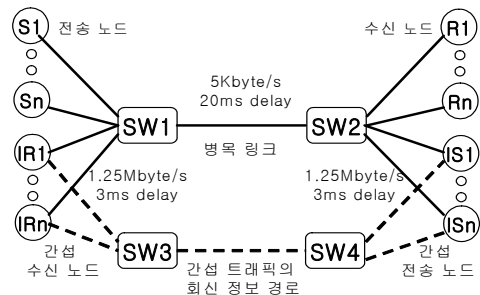


그림 3. 시뮬레이션 토폴로지

표 1. 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
데이터 패킷 크기	100Byte
ACK 패킷 크기	40Byte
병목 링크 전송 지연	20ms
병목 링크 B/W	5KByte/s
옆 링크 전송 지연	3ms, total 6ms
옆 링크 B/W	1.25MByte/s
병목 버퍼 크기	8KByte
시뮬레이션 시간	100s
$\beta$ 파라미터	1
$\alpha, \gamma$ 파라미터	2

하여 간섭 전송 노드들의 데이터 정보는 성능 측정 대상 노드의 회신 정보와 같은 경로인 SW2와 SW1를 통해 전송되도록 하였고, 회신 정보는 SW3와 SW4를 통해 전송하도록 하였다.

본 시뮬레이션에 사용하는 데이터 패킷의 크기는 100byte로 정하였고, 데이터 패킷에 대한 ACK 크기는 40byte로 설정하였다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 SW1과 SW2의 병목 링크의 전송 지연은 20ms로 설정하였고, 병목링크 대역폭의 경우 5Kbyte/s로 설정하였다. 또한 시뮬레이션의 성능 평가를 위해 병목 구간의 버퍼 크기는 8Kbyte로 설정하였고, 시뮬레이션 시간은 100s를 수행하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 여러 파라미터들의 값을 보여주고 있다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과

앞서 설명한 시뮬레이션 환경에서 RAP<sup>[6]</sup>와 RRC-OTT의 회신 경로 혼잡에 대한 결과를 비교 분석한다.

##### 4.2.1 파라미터 값의 변화에 따른 영향

회신 경로 혼잡에 대한 영향을 최소화하기 위해 제안한 알고리즘의 성능에 영향을 주는 파라미터로  $\delta$ 와  $\epsilon$ 이 있다.  $\delta$  파라미터는 회신 정보의 지연 정도를 판단하는 기준으로 몇 배의  $SOTT_{backward}$ 를 사용할지 결정하게 되고,  $\epsilon$ 는 회신 정보의 손실에 대비하여 회신 정보의 타이머 값을 수신측의 회신 정보 전송 주기의 몇 배로 하는지 결정하는 파라미터이다.

파라미터  $\delta$ 는 회신 정보의 지연, 파라미터  $\epsilon$ 은 회신 정보의 손실에 대비한 파라미터이므로  $\delta \leq \epsilon$ 가 되어야 한다.

그림 4는 2개의 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 회신 경로가 혼잡이 발생하는 상황 하에서  $\delta$  파라미터를 1로 두고  $\epsilon$ 을 1에서 2까지 증가시켰을 때의 병목 링크 활용도의 변화를 나타내고 있다.  $\epsilon$  파라미터에 따라 회신 정보의 손실 판단을 내리고 전송 속도를 반으로 줄이는 시점이 정해지게 되며  $\epsilon$  값이 증가할수록 좀 더 심각한 회신 정보의 혼잡 상황에서만 전송 속도를 줄이게 된다. 따라서,  $\epsilon$  값이 증가할수록 병목링크 활용도가 높아지는 것을 볼 수 있다.

그림 5에서는 2개의 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 회신 경로의 혼잡이 발생하는 상황 하에서  $\epsilon$  파라미터를 2로 두고  $\delta$  파라미터를 1에서 2까지 증가시켰을 때의 병목 링크 활용도를 보여준다.  $\delta$  파라미터는 회신 정보의 지연 여부를 결정하는 파라미터로  $\delta$ 값이 증가하게 되면 좀 더 큰  $OTT_{backward}$ 를 가지는 회신 정보만 전송 속도 조절에 반영되지 않게 된다.

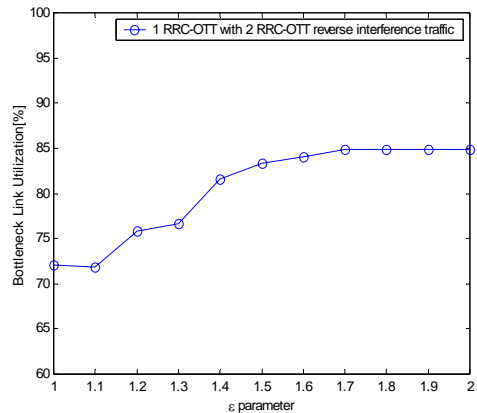


그림 4.  $\epsilon$  파라미터에 따른 병목링크 효율성

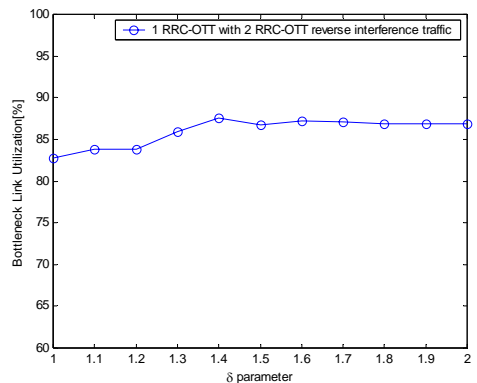


그림 5.  $\delta$  파라미터에 따른 병목링크 효율성

현재의 전송 속도가 적정 수준보다 높을 때,  $\delta$  값이 증가함에 따라 비교적 큰  $OTT_{backward}$ 를 가진 회신 정보도 전송 속도 조절에 반영하여 병목 링크 활용도가 좋아지지 못하는 경우도 있겠으나, 그렇지 않은 경우  $\delta$  값이 증가함에 따라 보다 많은 회신 정보가 전송 속도 조절에 반영되어 대체적으로 병목 링크 활용도가 다소 높아지는 것을 볼 수 있다.

4.2.2 회신 경로 혼잡에 따른 영향 비교

그림 6에 1개의 RAP 역방향 트래픽의 간섭에 의해 회신 경로가 혼잡이 발생하는 상황에서 RAP의 큐지연 변화를 보여고 있다. 역방향 트래픽의 간섭이 없을 때 0.4초 정도의 큐지연을 나타내고 있지만 역방향 트래픽에 의해 간섭을 받을 때는 전송속도의 감소로 인하여 큐지연이 0이 되는 구간이 크게 증가하는 모습을 보이고 있다.

그림 7에는 RAP의 전송 속도 변화를 나타내고 있는데 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 전송 속도가 현저히 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 앞서 설명한 바와 같이 역방향 트래픽의 영향으로 RTT

가 증가하여 전송 속도를 적정 수준보다 더 감소시킴으로서 초래된 결과이다.

그림 8에서는 RRC-OTT( $\delta:1, \epsilon:2$ )의 경우를 나타낸 것이다. 역방향 트래픽의 영향으로 0.05초에서 안정되던 큐지연이 다소 높아지지만 비교적 작고 안정된 큐지연을 나타내고 있다. 또 그림 9에서는 RRC-OTT의 역방향 간섭 트래픽의 의한 전송 속도 변화를 보여주고 있는데 역방향 간섭이 있다하더라도 전송 속도에는 별다른 영향을 받고 있지 않음을 알 수 있다. 역방향 간섭 트래픽의 영향으로 회신 경로의 큐지연이 길어진다 하더라도 RRC-OTT는 전송 경로의 큐지연만을 전송 속도 조절에 반영하도록 설계되었을 뿐만 아니라 회신 경로 혼잡의 영향을 최소화하는 알고리즘을 적용하였기 때문에 역방향 간섭 트래픽에 의해 비교적 적은 영향을 받게 된다.

그림 10에서는 역방향 간섭 트래픽의 수를 점차적으로 증가시켰을 때 RRC-OTT( $\delta:2, \epsilon:3$ )와 RAP의 링크 활용도 변화를 나타내고 있다. 앞서 설명하

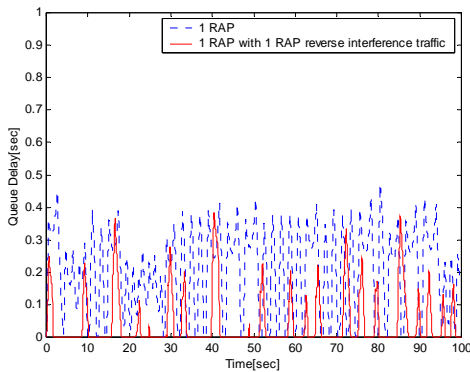


그림 6. RAP의 역방향 간섭에 의한 큐지연 변화

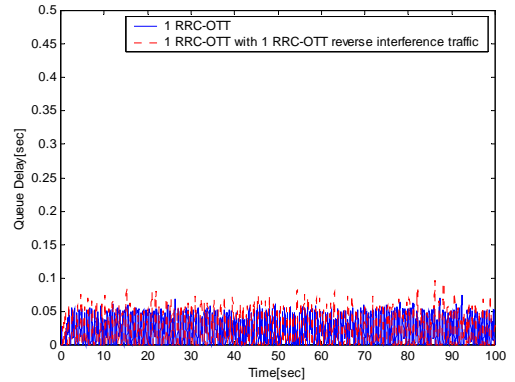


그림 8. RRC-OTT의 역방향 간섭에 의한 큐지연 변화

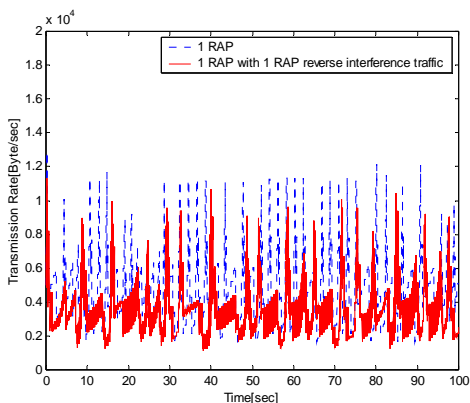


그림 7. RAP의 역방향 간섭에 의한 전송 속도 변화

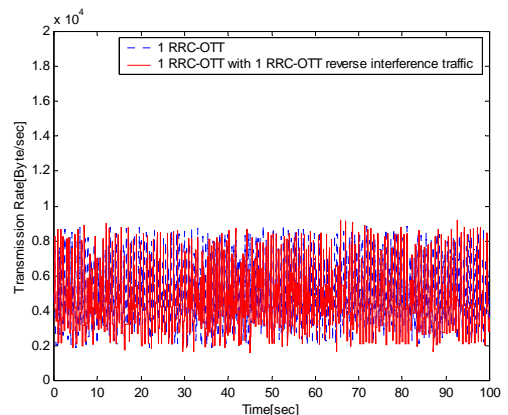


그림 9. RRC-OTT의 역방향 간섭에 의한 전송 속도 변화

참 고 문 헌

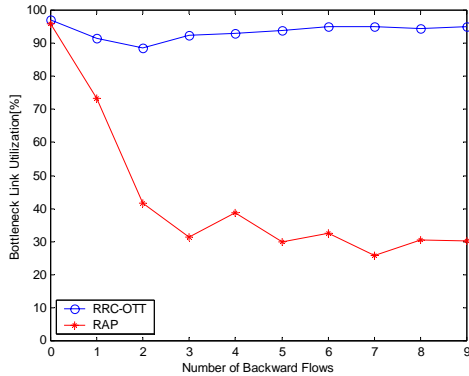


그림 10. 역방향 간섭 트래픽의 증가에 따른 병목링크 효율성 변화

였듯이 RAP의 경우는 전송 경로와 회신 경로의 혼잡 상황을 구분하지 못함으로 회신 경로의 혼잡 상황에 의해 RTT가 증가하여 전송 속도를 떨어뜨리게 된다. 이 결과로 간섭 트래픽이 증가하면서 병목링크 활용도가 30%까지 떨어짐으로써 주어진 네트워크 자원을 활용하지 못하는 단점을 가지게 된다.

반면 RRC-OTT의 경우는 전송 경로와 회신 경로를 구별하여 전송 경로의 상황만 전송 속도 조절에 반영한다. 따라서 역방향 간섭 트래픽의 증가에도 불구하고 비교적 높고 안정적인 링크 활용도를 보여준다.

V. 결 론

지금까지 제안된 멀티미디어 혼잡제어 알고리즘은 네트워크 혼잡 상황 판단을 위해 RTT를 사용함에 따라 역방향 트래픽의 영향에 의해 알고리즘 성능이 저하되는 단점을 안고 있다. 본 논문에서는 역방향 트래픽의 영향을 최소화하는 RRC-OTT 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 RRC-OTT가 네트워크 혼잡 상황 판단을 위해 OTT를 사용한다는 장점을 이용하여 회신 경로의 혼잡 상황을 전송 경로의 혼잡 상황으로부터 분리하여 효과적인 혼잡 제어를 수행할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 통해 이 논문에서 제안한 RRC-OTT 알고리즘은 역방향 트래픽의 영향 하에서도 일정한 링크 효율성과 낮은 전송 지터를 유지하여 멀티미디어 응용 QoS 제공을 위한 적합한 알고리즘임을 증명하였다.

- [1] Dapeng Wu, Yiwei Thomas Hou, Ya-Qin Zhang, "Transporting Real-Time Video over Internet: Challenges and Approaches", *Proceeding of the IEEE*, 88, pp. 1855-1875, Dec. 2000
- [2] Joerg Widmer, Robert Denda, and Martin Mauve, "A Survey on TCP-Friendly Congestion Control", *IEEE Network*, pp 28-37, Mar. 2001
- [3] D. Sisalem and A. Wolisz, "LDA+ TCP-friendly adaptation scheme for multimedia communication", *Multimedia and Expo, 2000. ICME 2000. 2000 IEEE International Conference on*, Vol 3, pp 1619-1622, 30 July-2 Aug. 2000
- [4] S. Floyd et al., "Equation-based Congestion Control for Unicast Applications", *Proc. ACM SIGCOM*, Stockholm, Sweden, pp 43-56, June. 1999
- [5] I. Rhee, V. Ozdemir, and Y. Yi, "TEAR: TCP Emulation at Receiver - Flow Control for Multimedia Streaming", *Tech. rep.*, Dept of Commun., Special Issue on Multicate, 2000
- [6] Reza Rejaie, Mark Handly, Deborah Estirn, "RAP:An End-to-End Rate-based Congestion Control Mechanism for Realtime Streams in the Internet", *IEEE INFOCOM*, 3,pp 1137-1145, Mar. 1999
- [7] 정기성, 박종훈, 홍민철, 유명식, "멀티미디어 응용을 위한 수신측 혼잡 제어 알고리즘", *한국통신학회논문지* 제 8권 6B호, pp 553-562, Jun. 2003
- [8] Jacobson, V. "Congestion Avoidance and Control." *Proceedings, SIGCOMM '88, Computer communication Review*, Aug. 1988.

정기성 (Gi Sung Jung)

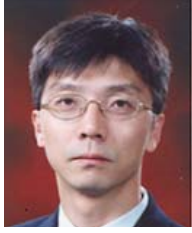
준회원



2002년 2월 숭실대학교 전자공학  
학과(학사)  
2004년 9월 숭실대학교 정보통신  
공학(석사)  
<관심분야> 광 네트워크, 네트워크  
QoS

홍 민 철 (Min-cheol Hong)

정회원



1988년 2월 연세대학교 전자공  
학과(학사)  
1990년 8월 연세대학교 전자공  
학과(석사)  
1997년 9월 Northwestern Univ.  
Electrical Engineering(박사)  
1990년 7월~1991년 8월 LG 정

보통신(연구원)

1997년 9월~1998년 8월 Northwestern Univ. (Re-  
search Fellow)

1998년 9월~2002년 2월 LG 전자(선임연구원)

2000년 3월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조  
교수

<관심분야> 영상 복원, 비선형 영상처리 및 필터링, 영  
상 압축, Visual Communication

유 명 식 (Myungsik Yoo)

정회원



1989년 2월 고려대학교 전자전  
산공학과(학사)  
1991년 2월 고려대학교 전자공  
학과(석사)  
2000년 Dept. of Electrical En-  
gineering, SUNY at Buffalo  
(박사)

2000년 1월~2000년 8월 Nokia Research Center/  
Bosoton, Senior Research Engineer

2000년 9월~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조  
교수

<관심분야> 광네트워크, OBS, 인터넷 QoS, Wireless  
TCP, Wireless Link Protocol