

스트리밍 캐쉬 서버를 위한 RTP/RTCP 캐싱 및 제어 기법

오재학* 차호정**

*광운대학교 컴퓨터학과

**연세대학교 컴퓨터학과

ojh@cs.kwangwoon.ac.kr hjcha@yonsei.ac.kr

RTP/RTCP Caching and Control Techniques for Streaming Cache Server

Jaehak Oh* Hojung Cha**

*Dept. of Computer Science, Kwangwoon University

**Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 논문은 RTP/RTCP 표준 프로토콜을 이용하는 멀티미디어 스트리밍 환경에서 콘텐츠 특성에 영향받지 않고 프로토콜 수준의 캐싱을 지원하는 캐쉬 서버에 대하여 기술한다. 또한 RTP 패킷 단위로 캐싱된 콘텐츠에 대한 스트리밍 기법과 캐쉬 제어 기법을 기술한다.

1 서론

최근에 멀티미디어 스트리밍 서비스는 유무선 네트워크 기술의 발전과 개인용 컴퓨터의 확산으로 보편화되고 있다. 특히 동영상을 이용한 서비스가 최근 활성화되고 있고 저대역폭에서 고대역폭에 이르기까지 다양화되고 있다. 그러나 콘텐츠의 다양화와 사용자의 증가는 네트워크 트래픽을 증가시키고 사용자 QoS 문제에 원인이 되고 있다[1].

멀티미디어 스트리밍 기술은 사용자 QoS 보장을 위해 전송 기술, 코덱 기술, 네트워크 구성 기술로 분류할 수 있다. 전송 기술 혹은 전송 프로토콜은 멀티미디어 데이터의 실시간 전송을 목적으로 한다. 또한 프로토콜의 설계가 간단해서 개발기간이 짧은 특징이 있다. 반면에 동영상 코덱은 그 종류가 용도에 따라 다양한 대역폭을 지원하며 개발 기간이 긴 특징이 있다. 네트워크 구성 기술은 캐쉬 서버와 같이 사용자의 인근에 콘텐츠를 둬으로써 사용자 QoS를 보장하고 네트워크 트래픽을 균일화하는 방향으로 발전한다. 최근 흐름은 위 세 가지 요소를 기반으로 서비스 네트워크에 캐쉬 서버를 위치시키고 스트리밍 기능을 추가하여 사용자 QoS를 보장한다. 그러나 캐쉬 서버는 원본 미디어와 패킷화된 미디어의 구성이 서로 달라 캐싱을 위해 패킷화된 미디어를 재구성해야 하고 클라이언트로 재송하기 위한 다시 패킷화해야 하는 문제점이 있다. 또한 각각의 스트리밍 서비스에 따라 캐싱 서비스의 호환성이 없다[2].

본 논문에서는 RTP/RTCP[3] 표준화 프로토콜을 이용하는 멀티미디어 스트리밍 환경에서 콘텐츠 특성에 영향받지 않고 프로토콜 수준의 캐싱을 지원하는 캐쉬 서버에 대해서 기술한다. 또한 RTP 패킷 단위로 캐싱된 콘텐츠에 대한 스트리밍 기법과 캐쉬 제어 기법을 제시한다. 본 논문의 구성은 2절에서 스트리밍 캐쉬 서버의 구성을 기술하고, 3, 4절에서 캐쉬 구조

* 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행하였음 (과제번호 : 2001-076-3)

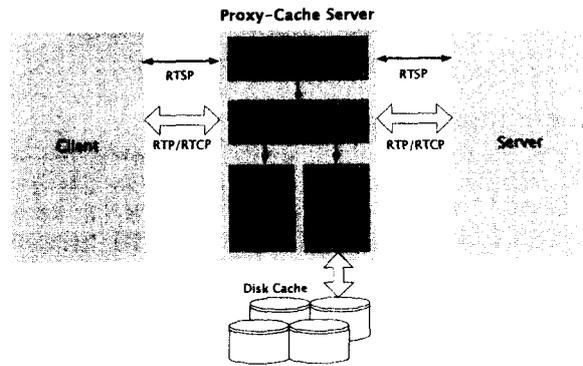


그림 1 캐쉬 서버의 구조

와 버퍼관리, RTP 캐싱과 스트리밍을 기술한다. 5절에서는 RTCP 세션 제어를 기술하고, 6절에서 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2 스트리밍 캐쉬 서버의 구성

다음에는 스트리밍 서버의 개요와 캐쉬 구조 및 버퍼 관리에 관하여 기술한다.

2.1 서버의 개요

그림 1은 캐쉬 서버의 구조를 보여준다. 본 논문에서 구현한 캐쉬 서버의 구조는 세션 관리자, 콘텐츠 관리자, 캐쉬 관리자, 프로토콜 제어기로 구성된다. 세션 관리자는 클라이언트의 요구를 받아 캐쉬와 콘텐츠 서버의 상태에 따라 수용 여부를 결정하고 설정된 세션의 종료 때까지 세션을 유지 관리한다. 또한 세션 관리는 기존의 스트리밍 프로토콜을 이용하므로 서버 세션과 클라이언트 세션을 별개로 유지하고 캐싱된 콘텐츠

정보를 콘텐츠 관리자에게 제공한다. 콘텐츠 관리자는 세션 관리로부터 수용된 세션에 대해서 클라이언트로 전송할 캐싱된 콘텐츠를 제공하고 서버로부터 받은 콘텐츠를 캐싱된 콘텐츠와 일관성있는 관리를 담당한다. 콘텐츠의 전송시 클라이언트의 성능 및 네트워크 대역폭에 따라 제공될 콘텐츠의 품질을 결정하고 캐싱된 콘텐츠에 대해 손실 관리를 담당한다. 프로토콜 제어기는 상위 세션 관리자와 콘텐츠 관리자의 RTSP/RTCP 프로토콜 처리를 담당한다. 세부적으로 보면 클라이언트와 서버에서 오는 세션 관리 프로토콜에 대한 번역하고 클라이언트에 대한 응답과 서버에 대한 요구 프로토콜을 생성한다. 캐쉬 관리자는 캐싱과 관련된 정책을 수행하고 세션 관리자와 콘텐츠 관리자에 세션유지를 위한 캐싱된 콘텐츠 정보를 전달한다. 이와 같은 캐쉬 서버의 구성은 기존의 스트리밍 서버의 서비스 방식인 내려받기와 On-Demand 방식에 착안한 것이다. 즉, 캐쉬 서버의 On-Demand 서비스는 서버 세션에 대하여 내려받기 방식으로 콘텐츠를 캐싱하고 클라이언트에는 On-Demand 방식 서비스를 적용한 것이다.



그림 2 캐쉬 관리 구조

2.2 캐쉬 구조와 버퍼 관리

그림 2는 캐쉬 관리 구조를 보여준다. 캐쉬 서버의 캐쉬 관리를 위한 기본 구조는 캐쉬 자료 관리, 버퍼 관리, 전송 관리로 구성된다. 캐쉬 자료 관리는 캐쉬에 대한 기본적인 정보를 관리하는 것으로 인덱스, 콘텐츠 정보, 캐쉬 미디어 관리로 구성된다. 세션 설정 단계에서 세션을 개설하면 트랙이 할당되고 트랙은 서비스되는 미디어 별로 할당되어 인덱스, 콘텐츠 정보, 캐쉬 미디어로 구성된다. 인덱스는 RTP 패킷의 seq, ts 필드 값과 length, start_point와 같은 캐쉬 미디어의 위치 정보로 구성되어 RTP 패킷이 순대로 오지 않아도 인덱스의 수정을 통해 순서를 복원 할 수 있는 구조이다. 콘텐츠 정보는 RTSP 세션 설정 과정에서 기록하는 것으로 콘텐츠에 대한 정보를 담고 있으며 클라이언트의 요구에 대한 RTSP 메소드 구성 정보로 이용된다.

버퍼 관리는 콘텐츠를 전송하기 위해 캐쉬로부터 읽어들이는 환경 큐로 관리한다. 캐싱된 콘텐츠는 캐쉬 서버 세션이 시작될 때, 환경 큐에 해당 트랙에 대한 콘텐츠를 RTP 패킷 단위로 버퍼링하고 RTP 헤더 값을 이용해 클라이언트로 전송한다. 그림 3은 콘텐츠에 대한 인덱스 리스트를 이용해서 환경 큐를 구성함을 보여준다. RTP 패킷은 패킷 순번에 따라 인덱스 리스트에 기록되고 스트리밍시 RTP 패킷을 재 검사과정을 피하도록 구성하였다.

3 RTP 캐싱과 RTCP 세션 제어

다음에는 RTP 캐싱과 스트리밍 기법을 살펴보고 RTCP 세션 제어 구조를 기술한다.

3.1 RTP 캐싱

스트리밍 서버로부터의 RTP 패킷의 캐싱은 캐쉬의 일관성

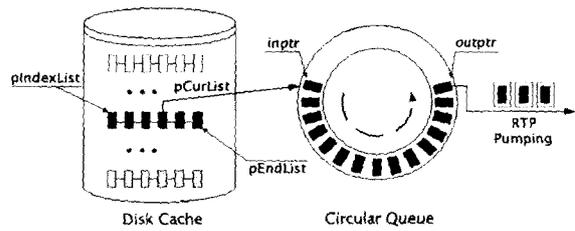


그림 3 버퍼 관리

을 유지하기 위해 RTP 헤더 정보에 맞춰 조정한다. 클라이언트에서 중요한 인자는 RTP 패킷 시간 정보로 스트리밍 환경에서 RTP 패킷의 유, 무효와 관계가 있다. RTP 패킷의 suffix 데이터의 시작 시간은 콘텐츠의 prefix가 캐싱된 이후에 붙여질 시간을 지정하고, suffix 데이터와 일관성 있는 연결을 위해 필요하다. 세션 설정된 초기에 캐쉬 히트에 따라 현재 캐싱된 콘텐츠의 prefix 데이터의 재생 시간을 계산한다. 각각의 캐쉬 콘텐츠의 트랙에 따라 그 값들이 틀리며, 그중 저장 시간이 긴 것을 기준으로 한다. 얻어진 저장 시간은 각각의 콘텐츠의 재생 단위 시간 값을 곱하고 Prefix의 시작 값을 더함으로써 구해진다. Suffix 데이터와 캐쉬 데이터의 연결은 최종적으로 RTSP play 응답에서 공시한 패킷 시작 정보를 사용해 계산한다. 스트리밍 서버와 콘텐츠의 특성에 따라서 RTSP play에서 요구한 Suffix 데이터가 Prefix와 중복되는 부분이 올 수 있어 중복되는 부분은 제거해야 한다.

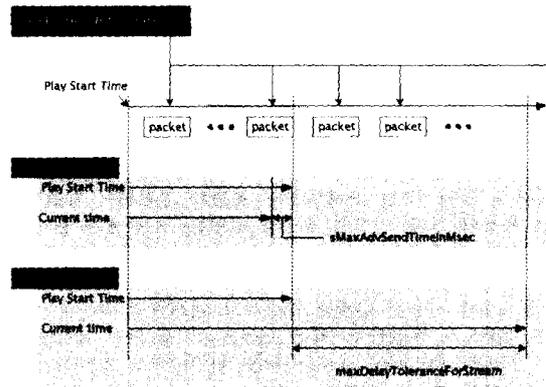


그림 4 RTP 패킷 전송

캐싱된 데이터의 전송은 RTP 시간 정보를 통해서 세션이 개설된 초기 시간과 스트리밍 시점을 캐쉬 데이터에 반영한다. 이와 같이 계산된 RTP 패킷의 시간정보에 따라서 현 패킷을 전송할 것인지 무시할 것인지를 결정한다. 그림 4는 캐쉬 서버에서 콘텐츠 전송을 위한 기본 구조를 나타낸 것으로 서비스 대상인 미디어에 대해서 미디어 절대 시간과 시스템의 현재 시각을 더해서 상대적인 시간을 계산하고, 현재 전송 시간을 기준으로 미리 정의된 지연 한계 값에 따라 Drop 또는 Delay를 결정함을 보여주고 있다.

3.2 RTCP 세션 제어

기존의 멀티미디어 스트리밍 시스템에서 사용자의 QoS를

관리하기 위한 기본적인 관점은 동적 정책과 정적 정책으로 분류된다. 사용자 QoS의 동적 정책은 콘텐츠를 제작할 때 서버 시스템의 정책에 따라 다중 계층 콘텐츠와 제거형 콘텐츠로 나눈다. 다중 계층 콘텐츠는 저대역폭의 미디어에서 고대역폭의 미디어까지 계층별로 함께 내재된 형태로 제작된 것이다. 따라서 스트리밍 서비스에 네트워크 대역폭에 따라 전송하는 미디어의 대역폭을 동적으로 바꿔서 사용자 QoS를 보장하는 정책이다. 다중 계층 콘텐츠는 전송 미디어를 적정화 할 수 있는 장점이 있지만 서버 관점에서는 미디어 대역폭의 선택 부하와 미디어 저장 공간이 커지는 단점이 있다. 제거형 콘텐츠는 멀티미디어 전송에 있어 일반화된 기술로 프레임의 특성에 따라 프레임을 선택해서 보내는 방법과 임의 삭제하는 방법을 사용한다. 대부분의 저대역폭 스트리밍 시스템이 제거형 콘텐츠의 방식을 사용하고 있다. 정적 정책의 기본적인 관점은 네트워크 대역폭의 향상에 따라 서비스할 수 있는 최소의 콘텐츠 대역폭을 선택하는 것이다. 즉, 제한된 네트워크에서 일정한 대역폭의 콘텐츠를 권장하고 콘텐츠 품질은 극대화하는 정책이다.

캐쉬 서버는 클라이언트와 서버의 양쪽 세션에 RTSP, RTP, RTCP의 연결을 동시에 유지 관리한다. 클라이언트의 RTSP 세션 연결 과정이 끝 난후 캐쉬 서버에서는 RTCP sr의 전송을 통해 스트리밍의 시작과 RTP 패킷 정보를 주기적으로 보낸다. RTCP sr 보고를 받은 클라이언트는 현재 자신의 대역폭과 세션 정보를 RTCP rr로 응답한다. RTCP 세션은 RTP 스트리밍의 종료할 알리는 캐쉬 서버의 RTSP *teardown*이 발생할 때까지 세션을 유지한다. 캐쉬 서버의 내부에서는 클라이언트의 RTCP rr의 보고를 기반으로 클라이언트의 대역폭을 유추하여 전송률을 RTCP sr에 반영하고 RTP 패킷의 전송은 프레임 건너뛰기나 무시를 통해 전송률을 반영한다. 또한, 캐쉬의 상태에 따라 캐쉬량이 충분하지 않다면 RTCP *bye*를 통해 세션을 중단하고 RTP 전송을 중단한다. RTCP 서버 세션은 클라이언트 세션이 시작과 함께 캐쉬 서버의 RTSP *describe*로 시작된다. 서버의 RTCP sr 보고 이후 캐쉬 서버는 네트워크 상태와 캐쉬 상태를 검사해 RTCP rr 메시지로 응답한다. 캐쉬 서버는 캐쉬의 비손실 정책에 따라 서버가 손실 정책을 사용하지 않도록 해야 한다. 만약 서버의 정책이 손실 정책으로 전환된다면 캐쉬 서버는 세션의 종단을 요구하고 재설정 과정을 시도한다. 캐쉬 서버가 지원하는 RTCP 메시지는 *sr*, *rr*, *sdes*, *bye*, *app*이다. 이중에서 *sdes*, *app*, *bye*는 독립적으로 쓰이기도 하고 *sr*, *rr*과 함께 전송되기도 한다. 다음은 *sr*의 전송 예이다.

```
(SR ssrc=0x552c p=0 count=0 len=6 ntp=985986124.3852585984
ts=18391 pset=1 osent=1373) (SDES p=0 count=1 len=6 (ssrc=0x552c
CNAME="QTSS98377135"))
```

와 같은 형식으로 서버의 전송 정보를 담는다. 내부 인자인 *ssrc*는 서버의 고유 식별자이며 RTSP에서 할당된 *sessionId*와 일치한다. *ntp*는 서버 시스템의 시간정보이고 *ts*는 가장 최근에 보낸 RTP 패킷의 *ts*값과 일치한다. 그리고 *osent*는 스트리밍이 시작하고 전송된 RTP 패킷의 수를 나타낸다. *sr*과 함께 보내진 *sdes*는 서버의 고유 식별자에 해당되는 서버의 이름 정보를 담는다. 서버와 캐쉬 서버는 *sr* 메시지를 5초 주기로 스트리밍이 종료될 때까지 보내며 세션 연결 상태를 유지하는 수단으로 사용된다. 다음은 클라이언트에서 전송한 *rr* 이다.

```
(RR ssrc=0x1190 p=0 count=0 len=7 (ssrc=0x552c fraction=0
lost=89128960 last_seq=21555 jit=0 lsr=409880225 dlsr=1015172431))
```

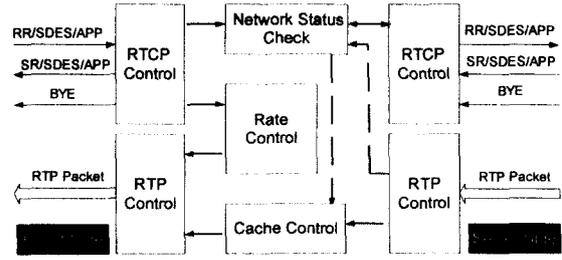


그림 5 RTCP 제어 구조

```
(SDES p=0 count=1 len=18 (ssrc=0x1190 CNAME="QTS 1929737000"
NAME="QuickTiem Streaming" TOOL="QuickTime Steaming
/5.0b11")) (APP p=0 subtype=0 len=13 (ssrc=0x1190 NAME=QTSS
SET=0 SEQNUM=21804))
```

일반적으로 *rr* 메시지는 서버를 위해 클라이언트 상태 정보를 담는다. 캐쉬 서버의 구현시 *rr* 메시지의 구성은 *fraction*, *lost*, *last_seq*, *jit*, *lsr*, *dlsr*의 인자 값을 결정하는데 있다. 그들의 계산법은 표준화 문서에 나오며 각각의 값들이 정확하게 계산되어야 서버의 오작동을 예방할 수 있다.

그림 5는 RTCP 제어 구조를 보여 준다. 캐쉬 서버는 클라이언트에서 전송 받은 현 대역폭 보고를 받고 캐쉬된 콘텐츠를 전송하기 위해 전송률 제어를 시도한다. 또한 스트리밍 서버의 전송률을 측정해 캐쉬 서버의 대역폭을 계산하고 보고한다. 서버의 콘텐츠 전송이 손실 전송 정책이면 세션을 종료하고 불안전한 캐쉬 데이터를 제거한다.

4. 결론

본 논문에서는 RTP/RTCP 표준화 프로토콜을 이용하는 멀티미디어 스트리밍 환경에서 콘텐츠 특성에 영향받지 않고 프로토콜 수준의 캐쉬를 지원하는 캐쉬 서버에 대하여 기술하였다. 또한 RTP 패킷 단위로 캐쉬된 콘텐츠에 대한 스트리밍 기법과 캐쉬 제어 기법을 제공하였다.

향후 과제는 스트리밍 서버에 비교해 콘텐츠 전송 부하와 서비스 세션의 수가 많음을 고려하여 콘텐츠의 저장 기법과 관리 정책, 네트워크 I/O 관리 정책들의 개발이 있다.

참고문헌

- [1] R. Rejaie, M. Handley, H. Yu, and D. Estrin, "Proxy caching mechanism for multimedia playback streams in the Internet", *Proceedings of 4th International WWW Caching Workshop*, Mar 1999.
- [2] Stephane Gruber, Jennifer Rexford, and Andrea Basso, "Protocol considerations for a prefix-caching proxy for multimedia streams", *Proc. World Wide Web Conference*, May 2000.
- [3] Schulzrinne, H., RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 1889, January 1996.