

# 스트리밍 데이터를 위한 부분 콘텐츠 복제 방법

박유현<sup>o</sup> 이상민 김학영 김경석\*

한국전자통신연구원 디지털융연구단 인터넷 서버그룹, \*부산대학교 컴퓨터공학과  
{bakyh<sup>o</sup>, smwoo, h0kim}@etri.re.kr, gimgs@asadal.cs.pusan.ac.kr

## The partial content replication method for streaming data

BAK, Yuhyeon<sup>o</sup> WOO, Sangmin KIM, Hagyoung KIM, Kyongsok  
ETRI, Busan National University

### 요 약

전통적인 컴퓨터 시스템은 클라이언트-서버 구조로 클라이언트가 데이터를 요청하면 데이터를 관리하는 서버가 이를 제공한다. 이러한 구조에서 데이터를 요청하는 사용자 수가 증가하면 단일 서버(single server)만으로는 모든 사용자의 요청을 처리할 수 없기 때문에 다중 서버로 서비스를 제공하는 방법들이 제안되었다. 다중 서버를 가지는 시스템은 모든 데이터에 대해서 균등한 사용자 요청이 들어오면 최적의 성능을 내지만, VoD(Video On Demand) 서비스와 같이 인기 많은 데이터(hot data)에 대한 요구와 인기 없는 데이터(cold data)에 대한 요구가 현저하게 차이가 나면 인기 많은 데이터를 가지고 있는 서버는 사용자 요청을 제대로 처리하지 못하는 반면에 인기 없는 데이터만을 가지는 서버는 시스템 자원을 낭비하는 단점을 가진다. 이 논문은 NS 카드를 장착한 시스템에서 인기 많은 비디오 데이터를 QoS와 저장공간의 효율을 위해 부분 콘텐츠 복제 기법을 제안한다. 이 방법은 기존의 전체 콘텐츠를 복제하여 서비스하는 방법과는 달리 콘텐츠의 부분을 복제하고 서비스 시점에서 나머지 부분을 복제함으로써 사용자의 서비스 지연시간이 늘어나지 않으면서 저장공간의 효율성을 높일 수 있다.

### 1. 서 론

최근 H/W, S/W의 발달과 웹 검색, 전자우편, 온라인 게임, 사이버 교육 등의 서비스가 일반화 되면서 초고속 인터넷의 보급이 급속히 진행되고 있다. 하지만 사용자 수가 증가하고 그 사용자들이 주로 이용하는 데이터도 과거의 텍스트 위주에서 오디오, 비디오와 같은 멀티미디어 중심으로 바뀜에 따라 사용자는 고품질의 서비스를 즉시 이용하는데 많은 문제점이 발생되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법 중의 하나가 프록시 서버를 이용하는 것이다. 프록시 서버는 네트워크 상에 위치하는 캐쉬로서 사용자로부터의 요청이 발생하면 요청된 콘텐츠의 존재 유무를 사용자와 서버 사이에 존재하는 프록시 서버에서 확인하여 요청된 콘텐츠가 있다면 프록시 서버가 사용자의 요청을 처리한다. 만일 요청된 콘텐츠가 프록시 서버에 존재하지 않는다면 서버에 직접 접근하여 사용자의 요청을 처리하게 된다. 일반적으로 프록시 방법은 서버와 사용자 사이에 존재하여 데이터를 캐싱하기 때문에 서버로의 접근을 줄여 서

버의 부하와 네트워크상의 트래픽을 감소시키며, 사용자가 서비스를 기다리는 초기 지연 시간을 줄이는 효과를 가진다[1, 2, 3]. 일반적으로 사용하는 프록시 서버는 텍스트나 이미지와 같이 비교적 적은 양의 데이터를 다루는데, 비디오와 같은 연속 미디어에 대해서는 [4]와 같이 기존의 방법과 차별성을 가진다.

[4]에서는 프록시 서버는 연속 멀티미디어 데이터의 서두(prefix) 부분만을 가지고 있다가 사용자의 요청이 들어올 때, 이미 가지고 있는 서두 부분을 즉시 사용자에게 전송하고, 동시에 나머지 부분을 원본 서버(original server)로부터 가져오는 방법을 제안하였다. 하지만 이 방법은 일반 네트워크에서 연속 미디어 데이터의 나머지 부분을 가져올 때, 현실적으로 사용자 QoS를 보장하기 힘든 단점이 있다.

이 논문은 [4]의 개념을 클러스터에서 연속 미디어 데이터 복제를 위한 방법으로 응용하였다. 즉, VoD와 같이 연속 미디어 데이터 서비스를 할 때, 현대의 서버로는 많은 사용자에게 서비스를 할 수 없기 때문에 여러 대의 서버로 클러스터로 묶어서 서버

스를 한다. 만일 하나의 연속 미디어 데이터는 하나의 서버에만 존재할 경우, 연속 미디어 데이터에 대한 사용자 접근 편기성 (skew)에 의하여 인기 많은 데이터를 가진 서버는 부하가 높아서 더 이상 서비스를 할 수 없는 반면에 인기 없는 데이터만을 가진 서버는 부하가 아주 적을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 가장 간단한 접근 방법이 데이터를 복제(replication)하는 것이다. 만일, 모든 데이터에 대해서 복제한다면 저장 공간의 낭비가 발생한다. 따라서 인기도를 고려하여 인기가 높은 데이터 위주로 중복 저장하게 된다. 하지만 인기도는 정확한 값이 아니며 특히 서비스 초기에는 인기도를 예측하기 힘들다. 또한 인기가 없는 데이터라도 사용자가 요청한 경우에 인기 많은 데이터와 비슷한 응답시간 안에 서비스를 제공해 주어야 한다. 이 논문에서는 이를 위해서 클러스터를 구성하는 모든 서버가 연속 미디어 데이터의 서두 부분을 가지고 있다가 사용자의 요청이 오면 즉시 서두 부분으로 서비스함으로써 사용자 응답시간을 줄이며, 서비스를 제공하는 동시에 데이터의 나머지 부분을 원본 서버로부터 받아오는 방법을 제안한다. 이 방법은 [4]와는 달리 클러스터 내부에서의 데이터 전송이기 때문에 일반 네트워크 상에서보다 훨씬 현실적이다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 프록시 서버, 콘텐츠 복제 기법, 차세대 인터넷 서버, NS 카드에 대한 연구를 살펴보고, 3장에서 시스템의 구성을 설명한다. 4장에서는 이 논문에서 제안하는 부분 콘텐츠 복제 기법을 통한 콘텐츠 분배 시스템에 대해 설명하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

### 2.1 프록시 서버

프록시 또는 네트워크 캐쉬는 사용자와 서버의 중간 지점에 캐쉬를 설치함으로써 중앙 서버로의 네트워크 트래픽을 줄이기 위한 목적으로 소개되었다. 일반적으로 캐싱은 수행 위치에 따라 서버측, 클라이언트측, 네트워크측에서 수행하는 것으로 나눌 수 있다. 서버측에서 수행하는 캐싱은 서버의 디스크 입출력 수를 감소시키기 위하여 서버의 메모리에서 수행하는 캐싱을 말한다. 사용자측에서 수행하는 캐싱은 브라우저에 내장된 지역 캐쉬에서 수행되기 때

문에 응용 수준 캐싱이라고도 한다. 네트워크 상에서 수행하는 캐싱은 프록시에 의해 수행되는 것을 말한다[1, 2]. 프록시에 캐싱된 데이터는 같은 서브넷에 연결된 모든 사용자에게 전송될 수 있으므로, 같은 지역에 있는 사용자에게 같은 데이터가 서버로부터 반복적으로 전송되는 것을 방지할 수 있다. 그러나 현재 운용되고 있는 네트워크 캐쉬는 주로 텍스트나 이미지와 같은 동적 데이터에 대한 사용자의 접근 패턴을 고려하여 설계되었고 캐싱 알고리즘도 로컬 서버의 캐싱 알고리즘을 그대로 적용하고 있어 대용량의 저장 공간과 실시간 전송을 요구하는 연속 미디어 데이터에는 적합하지 않다. 때문에 최근에는 웹 문서를 위한 캐싱 뿐만 아니라 연속 미디어 데이터를 위한 캐싱에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 특히 [4]는 멀티미디어 스트림의 앞부분 일정한 양만을 캐싱하여 사용자 요구의 초기 지연 시간을 감소시키는 Prefix Caching 기법을 제안하였다.

### 2.2 콘텐츠 복제 방법[5]

콘텐츠 복제는 시스템의 가용성(availability)을 높이고 요구 빈도수 차이 문제를 극복하기 위해 주로 사용하는 방법으로 사본의 위치와 수, 사본 생성을 위한 시점 결정을 위해 시스템 부하 측정 및 관리 방법에 대한 연구가 있었으며, 최근에는 사용자 지연 시간을 줄이기 위한 관점에서의 연구가 있었다.

#### 2.2.1 시스템의 가용성을 높이기 위한 콘텐츠 복제

[표 2] 기존의 콘텐츠 복제 방법

분류	방법	내용
사본 배치 범위	노드 내부	하나의 서버 내에 사본 저장
	노드 외부	클러스터 내 다른 서버 상에 사본 저장
	완전 분산	전체 디스크에 균등하게 사본 배치
사본의 수 변화	M:N	서버 내부와 외부 서버에 적절한 비율에 의해 사본 배치
	정적	미디어 개체가 배치된 후 삭제되지 전까지 사본의 수 불변
사본의 수	동적	미디어 개체의 사본 수를 미디어 개체의 접근 패턴에 따라 조절
	인기도 고려	사용자의 인기가 높은 미디어에 대해서만 하나 이상의 사본을 배치
	전체	모든 미디어에 대해 미리 사본을

	컨텐츠에 대한 사본 배치	배치
사본 형태	완전 사본	원본 컨텐츠와 같은 형태의 사본 관리
	조각 사본	여러 개의 조각으로 나누어 각 디스크에 저장[6]
부하 측정 주기	입출력 마다	각각의 블록 I/O 시마다 부하정보를 갱신 정확한 부하정보를 얻을 수 있는 반면 통신 지연이 발생
	주기적	특정 시간 주기마다 부하정보 갱신
부하 정도 저장 방법	중앙 집중	하나의 서버가 모든 서버들의 부하정보를 가짐
	분산	부하정보 갱신 시 모든 서버들에게 부하정보를 전송하여 각각의 서버들이 모든 서버들의 부하 정보를 유지

### 2.2.2 시작 지연(startup latency)을 줄이기 위한 복제

가용성을 높이기 위한 일반적인 복제 목적과는 달리 [7]에서는 시작지연 시간을 줄이기 위한 방법으로 여러 디스크를 가지는 하나의 서버에서 아래와 같은 복제 기법을 제안하였다.

- 1) 완전복제(Full Replication : FR) : 데이터베이스의 전체 객체를 복제하는 것으로 모든 블록은 같은 수의 복사본을 가진다.
- 2) 선택복제(Selective Replication : SR) : 실제 응용 프로그램에서 각 객체마다 접근 빈도가 다르다는 점을 감안해서 완전복제보다 저장 공간의 효율을 높인 기술이다. 즉, 저장 공간의 큰 증가 없이 시작 지연 시간을 충분히 줄일 수 있는 기술이다.
- 3) 부분복제(Partial Replication : PR) : 멀티미디어 데이터에서 객체의 크기와 응용 프로그램의 이용 가능한 저장 공간이 제한되어 있는 것을 고려하여 객체의 모든 블록을 복제하는 것이 아니라 각 객체의 첫 번째 블록부터 일부분만을 복제하는 기술로 완전복제와 선택복제보다 적은 공간을 요구하며 시작지연 시간을 줄일 수 있는 장점을 가진다.
- 4) 선택적 부분복제(Selective Partial Replication : SPR) : 선택복제와 부분복제를 합친 방법이다.

### 2.3 차세대 인터넷 서버[8]

차세대 인터넷 서버는 고품질의 차세대

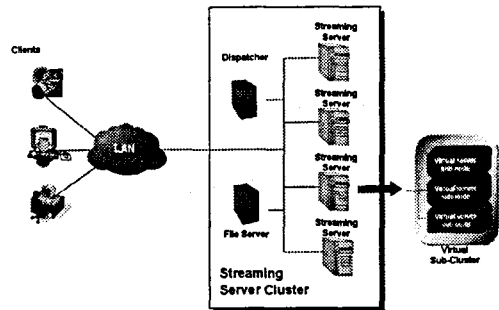
인터넷 서비스를 제공하기 위해 네트워킹 기능이 강화된 계층적 구조의 데이터 센터용 서버로, HDTV급 고품질, 실시간 인터넷 서비스가 가능한 컴퓨터 시스템이다. 차세대 인터넷 서버의 특징으로서는 우선 대상 서비스인 고품질 동영상 스트림 서비스를 제공하기 위한 특수 목적의 서버라는 것이고, 두 번째 특징은 그 가격 경쟁력이다.

#### 2.3.1 NS(Network-Storage) 카드

한국전자통신연구원에서 개발한 NS 카드는 대용량 고속 멀티미디어 스트리밍을 주요 서비스 목표로 개발되었고, NS 카드는 SCSI 저장장치, 이더넷 네트워크 컨트롤러, 메모리를 하나의 카드에 장착하여 PCI 인터페이스를 통하여 호스트와 접속되는 PCI 카드이다. NS 카드는 저장장치와 네트워크 성능에서 기존의 어떠한 I/O 가속 장치보다도 적은 CPU 사용율과 높은 성능을 나타내고 있다.

### 3. 스트림 데이터를 위한 부분 컨텐츠 복제 방법

#### 3.1 시스템 구성



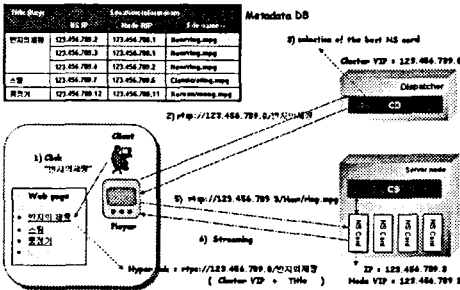
[그림 1] 시스템 구성도

2.3에서 설명한 시스템으로 지역서버를 구성할 때 [그림 1]과 같은 형태의 클러스터로 구성할 수 있다. 그림과 같이 6개의 서버가 클러스터로 구성되고 디스패처와 스트리밍 서버, 파일 서버(File Server)로 구성된다. 디스패처는 사용자의 요청을 받는 서버로 클러스터 전체에 저장되어 있는 컨텐츠의 상태를 관리하는 기능을 가지며 사용자에게 직접 서비스도 할 수 있다. 스트리밍 서버는 스트리밍만을 위한 전용 서버이다. 파일 서버는 대용량 스토리지를 가

진 서버로 관리자가 필요한 콘텐츠를 스트리밍 서버에 준비(loading) 시킬 수도 있고, 사용자의 요청에 on-demand로 콘텐츠를 준비 시킬 수 있다.

### 3.2 스트리밍 서비스 단계[9]

스트리밍 서비스를 하기 위해서는 MPEG-2, MPEG-4와 같은 비디오 데이터를 NGIS의 디스패처 노드에서 설치하여야 한다. 콘텐츠 설치 과정을 통해 일반 속도로의 재생 뿐만 아니라 고속 재생, 뒤로 재생, 뒤로 고속 재생과 같은 서비스를 제공하기 위한 보조 파일을 생성하고, 콘텐츠의 저장 위치 등을 지정하기 위한 메타 데이터를 생성한다. 이 과정을 통해 콘텐츠는 클러스터 내의 임의의 위치에 저장된다. 콘텐츠 설치 과정이 끝나면 사용자에게 서비스가 가능하다. 사용자 요청으로부터 사용자에게 콘텐츠가 전송되는 과정은 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 콘텐츠 서비스 과정

[그림 2]와 같이 사용자는 웹 화면에서 서비스를 받을 수 있는 콘텐츠의 목록을 볼 수 있으며 이 중에서 특정 콘텐츠를 선택하면 선택한 콘텐츠 정보가 디스패처 노드로 가게 되고 디스패처 노드는 요청을 받은 콘텐츠를 저장되어 있는 NS 카드를 찾아서 위치 정보를 사용자의 플레이어에게 전송한다. 만일 선택된 콘텐츠가 서버 클러스터 내에 여러개 존재할 경우 가장 부하가 적은 NS 카드를 선택해서 전송한다. 플레이어는 위치 정보를 통해 NS 카드로 접속하여 실제 콘텐츠를 전송받아 서비스한다.

### 3.3 부분 콘텐츠 복제

#### 3.3.1 부분 콘텐츠 복제 개요

일반적인 시스템에서는 특정 콘텐츠에 대한 요청이 그 콘텐츠를 저장하고 있는 서버의 처리 용량보다 커지는 상황을 피하기 위해서 콘텐츠를 복제한다. 일반적으로 사용자가 어떤 콘텐츠를 요청했을 때, 해당 콘텐츠를 가지고 있는 서버가 시스템 부하가 커서 콘텐츠 복제를 결정하고 콘텐츠 복제 후에 사용자에게 서비스를 하는 경우, 다음과 같은 지연 시간이 발생한다.

(수식1)

$$user\ delay = waited\ time + check\ time + placement\ time + transfer\ time + send\ time$$

waited time : 사용자 요청이 처리되기 전에 대기하는 시간

check time : 복제 콘텐츠를 생성할지 여부를 판단하는 시간

placement time : 복제 콘텐츠를 어떤 서버의 어떤 디스크에 저장할지 결정하는 시간

transfer time : 복제 콘텐츠를 생성하는 시간

send time : 복제 콘텐츠로부터 사용자에게 전송되는 시간

[복제 중간 서비스]에서는 복제가 완전히 끝나지 않은 상태에서도 사용자 요청을 처리할 수 있도록 하기 때문에 (수식 1)에서 transfer time을 줄일 수 있다. 이 논문에서는 NS 카드를 사용하여 기본적인 디스크 I/O 속도를 향상시키면서 부분 콘텐츠 복제기법을 사용하여 transfer time 및 send time을 줄이면서 중복 콘텐츠의 크기를 효율적으로 관리하는 방법을 제안한다. 이 방법은 전체 콘텐츠를 중복 저장했을 때의 waited time과 거의 같은 수준의 사용자 지연 시간을 가진다.

(수식2)

$$partial\ content\ size + recv.\ rate * sec > send\ rate * sec$$

이때 중요한 것은 미리 가지고 있어야 할 부분 콘텐츠의 크기인데, 수식 2의 조건을 만족하면 스트리밍 서비스를 할때 사용자는 끊어짐 없이 콘텐츠를 볼 수 있다.

#### 3.3.2 부분 콘텐츠 복제 방법

부분 콘텐츠 복제 방법은 다음과 같은 방법으로 구현될 수 있다.

on-demand 복제		매 사용자 요청시마다 시스템 부하가 threshold를 넘는지 검사하여 넘으면 복제
주기적 부분 복제		매 시간마다 시스템 부하가 threshold를 넘는지 검사하여 넘으면 복제
사전 부분 복제	전체 서버에 부분 복제	전체 서버에 모든 콘텐츠에 대해 부분 복제
	인기도 고려한 부분 복제	인기도가 높은 비디오는 일부는 full로, 나머지는 부분으로 복제

### 3.3.3 중복 콘텐츠(replica) 관리 방법

인기 많은 콘텐츠가 증가함에 따라 중복 저장하는 콘텐츠가 지속적으로 늘어나게 된다. 만일 인기도가 떨어진 콘텐츠에 대한 관리를 하지 않는다면 스토리지에 대한 용량 부족현상이 발생하게 된다. 이러한 스토리지 용량의 부족 현상을 제거하기 위하여 콘텐츠의 접근 패턴을 파악하여 중복 콘텐츠 수를 관리해야 한다. 즉, 특정 콘텐츠에 대해 접근 빈도가 높아서 하나의 NS 카드로 서비스가 불가능할 것으로 판단될 때에는 그 콘텐츠를 중복 시키지만 현재 중복 관리하고 있는 콘텐츠에 대한 접근 수가 적을 때는 중복 콘텐츠의 수를 줄인다. 관리자가 명시적으로 원본 콘텐츠를 삭제하지 않는 한 클러스터 내에는 최소 1개 이상의 동일 콘텐츠가 존재하게 된다.

### 3.3.4 중복 콘텐츠(replica) 스케줄링 방법

사용자의 요청이 집중된 콘텐츠는 계속해서 요청이 올 수도 있지만 시간이 지나면서 요청 빈도가 낮아질 수 있다. 이러한 경우를 효과적으로 대처하기 위해서 SMART는 사용자의 요청을 분배할 때 특정 콘텐츠 서비스를 많이 하고 있는 서버와 적게 하고 있는 서버 중에서 미리 정의된 threshold값보다 부하가 적을 경우에는 콘텐츠 서비스를 많이 하고 있는 쪽으로 분배한다. 즉, 시스템의 부하를 단순히 사용자 세션 수라고 하고, 서버의 세션 threshold 값이 70일때, A서버는 50명의 사용자에게  $\alpha$  콘텐츠를 서비스 하고 있고, B서버는  $\alpha$  콘텐츠에 대해 5명의 사용자에게 대한 서비스를 하고 있을 때 새로 요구된  $\alpha$  콘텐츠에 대한 요청은 A 서버가 처리하게 된다. 이러한 방법을 쓰지 않으면 전체 사용자 수가 그렇게 크지 않을 때에도 각 서버들은

모두 콘텐츠에 대한 복제본을 가지게 되어 전체적으로 볼 때 저장공간의 낭비를 초래하기 때문이다.

## 4. 성능분석

TCS	Total Content Size	TS	total storage
PCS	Partial Content Size	NSN	number of total NS cards

모든 NS 카드에 콘텐츠를 중복 저장한다면 서비스 가능한 콘텐츠의 수는 다음과 같다.

$$N = TS / (TCS * NSN) \text{ (전체 콘텐츠 복제)}$$

$$n = TS / (TCS + (NSN-1)*PCS) \text{ (부분 콘텐츠 복제)}$$

즉, 부분복제 비율이 낮을수록 더 많은 콘텐츠를 서비스 해 줄 수 있다. 부분 콘텐츠의 크기는 네트워크의 상태에 따라 다르기 때문에 원격지에서 콘텐츠 원본을 가져올 경우와 가까운 곳으로부터 가져올 경우에 부분 복제 비율을 다르게 해야 한다.

## 5. 결론 및 향후 연구

차세대 인터넷 서버는 고품질의 차세대 인터넷 서비스를 제공하기 위해 네트워크 기능이 강화된 계층적 구조의 데이터 센터용 서버이다. 차세대 인터넷 서버에서 사용자의 인기가 많은 콘텐츠에 대해 원활한 서비스를 위해 콘텐츠를 중복해서 둘 수 있는데, 이때 전체 콘텐츠 대상이 아닌 콘텐츠의 일부만을 저장함으로써 전체 콘텐츠를 저장할 때와 같이 추가의 지연시간은 없으면서 저장장치의 낭비를 줄일 수 있다.

## 6. 참고문헌

[1] A. Loutonen and K. Altis, "World Wide Web Proxies", Computer Networks and ISDN systems 27, April, 1994.  
 [2] M. Abrams, C. Standridge, S. Williams and E. Fox, "Caching Proxies : Limitations and Potentials", Proc. of the Fourth International World Wide Web Conference, Boston, 1995.  
 [3] S. Glassman, "A caching Relay for the World Wide Web", Proc. of the First International World Wide Web Conference, Geneva, 1994.

- [4] S. Sen, J. Rexford, and D. Towsley, "Proxy Prefix Caching for Multimedia Streams", Proc. of IEEE NOSSDAV'99, Basking Ridge, NJ, June, 1999.
- [5] 김광운, 박성호, 김영주, 정기동, "클러스터 기반 연속미디어 저장서버를 위한 향상된 사본 블록 선택기법", 1999년 한국정보과학회 추계 학술발표논문집 제6권 제2호, 1999. 10.
- [6] Asit Dan, M. Kienzle, D. Sitaram, "A dynamic policy of segment replication for load balancing in video-on-demand servers", Multimedia System 3:93-103, 1995
- [7] Seon Ho Kim, "Replication Techniques to Minimize the Startup Latency of Continuous Media Servers". In the Proceedings of SCI 2001, July 2001.
- [8] "Next Generation Internet Server Requirement Specifications V1.0", ETRI, 2002.9
- [9] "Next Generation Internet Server. Content Distribution Subsystem Specifications V 0.1", ETRI, 2002.12.