

# 멀티미디어를 위한 캐싱 기술

김 백 현<sup>†</sup> · 우 요 섭<sup>\*\*</sup> · 김 익 수<sup>\*\*</sup>

## 요 약

VOD(Video-On-Demand) 시스템에서 실시간 서비스 및 대화형 서비스의 제공 여부는 QoS(Quality of Service)를 결정하는 중요한 요소이다. 본 논문에서는 지연이나 단절 없는 대화형 서비스를 제공하기 위하여 서버로부터 단지 하나의 비디오 스트림만을 수신하여 복수 사용자들에게 서비스를 제공하는 스위칭 에이전트(Switching Agent)와 종단노드(Head-End Node)로 구성된 종단시스템(Head-End System)을 제안한다. VCR 서비스는 클라이언트 및 종단노드의 버퍼가 동적으로 확장되어 비디오 데이터를 저장하기 때문에 사용자에게 제한 없이 제공되어진다. 또한 제안된 알고리즘은 버퍼의 사용 효율을 증대시키는 방법을 제공하며 모든 클라이언트들의 서비스 요청을 지연 없이 즉시 처리하므로 사용자들에게 진정한 대화형 VOD 서비스를 제공하게 된다. 본 논문에서는 종단시스템을 구현하여 서버로부터 단지 하나의 비디오 스트림만을 수신하여 지연이나 단절 없는 VCR 기능을 갖춘 VOD 시스템을 구현하였으며, 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 VCR 서비스 요청수와 시간에 대하여 매우 우수한 성능을 갖고 있음을 보여주고 있다.

## Caching Framework for Multimedia

Backhyun Kim<sup>†</sup> · Yoseop Woo<sup>\*\*</sup> · Iksoo Kim<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

In VOD(Video-on-Demand) system, the real-time interactive service is one of the most important factor to determine the degree of QoS(Quality of Service). In this paper, we propose the head-end system consisted of switching agent and head-end node, which needs to receive the only one video stream for multiple users which have requested the same video, to serve the unlimited interactive service which has no service delay and block. The unlimited VCR services can be served by storing the video stream with buffer at client and head-end node. And the proposed algorithm presents the method to enhance the efficiency of buffer, offer the true interactive VOD services to users because all of service requested by clients are processed immediately. In this paper, we implemented the VOD system which has the VCR functions without service delay and block. Simulation results indicate that the proposed algorithm has better performance in the number of service request and time interval.

**키워드 :** 멀티캐스트, VOD, 웹 캐싱

### 1. 서 론

ARPANET으로 시작한 인터넷은 현재 세계에서 가장 많은 사람들에게 의하여 사용되고 있는 통신 기술중의 하나로 컴퓨터만을 사용하던 기존방식에서 탈피하여 TV 및 이동 통신 단말기 등과 같은 다양한 매체를 통하여 사용자들에게 다양한 서비스를 제공하고 있다[1]. 특히 주문형(on-demand) 멀티미디어 시스템은 디지털 도서관 정보 시스템, 원격 교육, 원격 진료 및 오락 분야 등과 같은 여러 응용 분야에서 중요

한 기술로 부각되고 있다[2]. 주문형 시스템 중 VOD(Video-On-Demand)는 사용자가 네트워크를 통하여 특정 비디오를 원하는 시간에 시청할 수 있도록 하는 방식으로서 비디오의 실시간 서비스 및 서버와 클라이언트 양단간에 전송되는 비디오 스트림의 품질을 보장하여야 한다는 특성을 갖고 있다[3]. 또한 VOD 서비스는 전송이 실시간으로 처리되어야 한다는 특성 때문에 네트워크의 효율적인 사용 방법, 대용량 저장장치의 구현, 프로세서와 대용량 저장장치사이의 데이터 전송 기술 및 전송되는 멀티미디어 데이터의 품질(QoS : Quality Of Service)을 보장하기 위한 새로운 기술들을 필요로 하고 있다.

그러므로 본 논문은 네트워크 상에 전송되고 있는 멀티미디어 데이터를 사용하여 서버 및 네트워크의 부하를 최소화

\* 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

† 정 회 원 : 파넬네트워크 근무

\*\* 정 회 원 : 인천대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 2001년 1월 9일, 심사완료 : 2001년 9월 26일

하며, 사용자들에게 지연 및 단절 없는 서비스를 제공하는 주문형 시스템의 구현을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 네트워크 상에 필요한 데이터의 전송여부를 확인하여 전송 경로를 재 설정하기 위한 새로운 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 ARCP(Active Routing Control Protocol), 대화형 서비스를 위한 새로운 클라이언트 버퍼 시스템인 MBA(Multicast Buffering Algorithm)[5] 그리고 스위칭 에이전트와 종단노드로 구성되는 종단시스템을 사용하여 구현된 대화형 주문형 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 대화형 주문형 시스템에 대한 관련 연구를 기술하고 3장에서는 제한 없는 대화형 서비스를 실시간적으로 제공하는 주문형 시스템을 위하여 서버, 멀티캐스트 라우터, 종단시스템 및 클라이언트 시스템의 알고리즘을 설계하며 이를 이용한 전체 주문형 시스템을 구현한다. IV장에서는 설계한 알고리즘을 시뮬레이션하고 성능 분석을 한다. 마지막으로 V장에서는 결론에 대해 기술한다.

## 2. 관련 연구

네트워크를 통하여 멀티미디어 데이터를 사용자들에게 서비스하기 위하여 유니캐스트 및 브로드캐스트 전송 방식이 널리 사용되고 있다. 유니캐스트 전송 방식은 서비스를 요청한 사용자들에게 개별적인 채널을 할당하여 데이터를 전송하는 방식으로서 VCR 등과 같은 대화형 서비스를 제공하기가 용이하지만, 서버 및 네트워크의 용량을 초과하여 요청되는 서비스들은 제한되는 문제점을 갖고 있다. 브로드캐스트 전송 방식은 일반 TV 방송처럼 정해진 시간에 서비스를 제공하는 방식으로서 하나의 전송 채널을 이용하여 복수 사용자를 수용하므로 서버 및 네트워크의 사용 효율을 증대시킬 수 있지만 사용자들에게 대화형 서비스를 제공하기가 어렵다는 단점을 갖고 있다.

서버 및 네트워크의 사용효율을 높이면서 사용자들에게 다양한 대화형 서비스를 제공하기 위하여 유니캐스트 및 브로드캐스트 전송 방식의 장점만을 취한 멀티캐스트 전송 방식 및 이를 응용한 서버의 응답지연 등의 기술이 제안되었다. 멀티캐스트 전송방식은 동일한 비디오 콘텐츠를 요청한 사용자들의 서비스 요청을 미리 설정된 시간 단위로 그룹화 하여 서비스를 제공하는 방식으로, 그룹화는 수 분단위로 이루어지는 것이 일반적이다. 멀티캐스트 전송방식은 하나의 전송 스트림을 사용하여 복수의 사용자들에게 데이터를 전송하므로 유니캐스트 전송방식에 비하여 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 기술이다. 멀티캐스트 전송방식에서 요청된 비디오 스트림을 효율적으로 전송하기 위하여 FCFS(First-Come First-Served), MQL (Maximum Queue Length first),

MFQ(Maximum Factored Queue length first) 등과 같은 다양한 기술들이 제안되었다[6]. 위에서 제안된 기술들은 다음 서비스를 위하여 전송되어야 할 비디오 스트림을 결정하기 위하여 서비스 요청 순서로(FCFS), 가장 많이 요청된 서비스 순서로(MQL) 그리고 가장 많이 요청되면서 가장 오래 대기중인 서비스 순서로(MFQ)와 같이 중요한 차이점을 갖고 있다. 이들 중 요청에 대한 대기시간과 비디오의 인기도를 감안하여 서비스를 결정하는 MFQ 방식이 가장 좋은 성능을 나타내고 있다. 위에서 열거한 기술들은 서버의 대역폭을 동일한 대역폭을 갖고 있는 논리 채널들로 분할하여 사용하며, 논리 채널로 비디오를 전송하기 위하여 비디오 파일은 채널 용량에 맞추어 분할되며 주기적으로 전송된다. 그러나 서비스 요청이 미리 설정된 시간 단위로만 제공되기 때문에 사용자가 서비스를 제공받기 위해서 일정 시간 대기하여야 한다는 문제점을 갖고 있다. 이를 개선하기 위하여 패칭(Patching) 채널을 사용하여 대기시간 없이 바로 서비스를 제공할 수 있는 기술이 제안되었다[6]. 채널 사용효율을 증대시키기 위하여 광고 삽입(Content Insertion)과 비디오 스트림의 일부분을 삭제하거나 중복시키는 재생률 변화(Rate Adaptation)를 통하여 인접 멀티캐스트를 하나의 그룹으로 만들어 여분의 전송 채널을 확보하는 기술이 제안되었다[7].

멀티캐스트 전송방식에서 VCR 서비스는 멀티캐스트 그룹을 변경함으로써 제공된다. 이 방식은 VCR 서비스가 미리 설정된 멀티캐스트그룹 시간단위로만 제공되기 때문에 제어 가 쉽다는 장점을 갖고 있으나 원활한 VCR 서비스 제공에 문제점이 있다. 여기서 문제점이란 여분의 유니캐스트 채널이 없을 경우로서 멀티캐스트 전송 특성상 VCR 서비스는 동일한 Item을 서비스하고 있는 일정 시간만큼 앞서거나 또는 다음에 출발한 멀티캐스트 채널에 접속하여 VCR 서비스를 제공받을 수 있기 때문에 사용자가 원하는 특정 지점에서의 재생에 단점이 있다[6, 8, 9, 10]. 또한 VCR 서비스의 제공 여부는 구성된 네트워크의 논리채널 수에 의하여 결정되는데 네트워크 대역폭과 서비스 채널의 수가 제한적이므로 서비스가 제한되는 경우가 빈번하게 발생할 수 있다는 문제점을 갖고 있다.

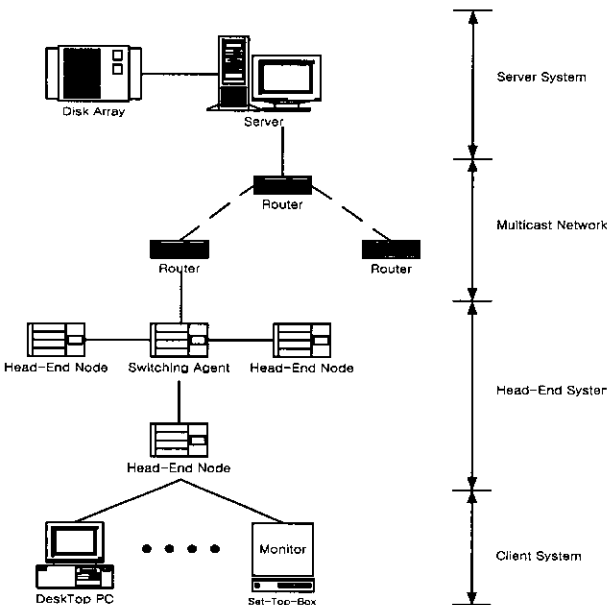
버퍼 사용방식은 멀티캐스트 전송방식 하에서 VCR 서비스가 불연속적으로 제공되는 문제점을 해결할 수 있다[11-13]. 버퍼는 일정량의 비디오 스트림을 저장하고 있으므로 사용자에 의한 VCR 서비스 요청을 클라이언트 독자적으로 처리할 수 있으므로 서버의 부하와 네트워크 채널 사용을 억제하게 된다. VCR 서비스 제공 시 버퍼에 저장된 비디오 스트림을 I, P, B 프레임별로 재 정렬하여 다양한 재생배속을 지원하는 방식이 제안되었다[9]. VCR 서비스 수행 시 멀티캐스트 그룹이동이 필요한 경우 네트워크 상에 전송되고 있는

멀티캐스트 그룹 중 원하는 이동 지점에 가장 근접한 그룹으로 변경하는 SAM(Split and Merge Protocol) 방식이 제안되었다[13]. 위에서 열거한 버퍼 사용방식은 VCR 서비스가 버퍼 용량 내에서는 연속적으로 제공되지만 용량을 초과하는 경우에는 새로운 채널 할당이 필요하거나 인접하지 않은 멀티캐스트 그룹으로 이동하기 때문에 불연속적인 서비스가 제공되는 단점을 갖고 있다. 그러므로 채널에 여유가 없다면 VCR 서비스는 중지되며 만약 사용자가 지속적인 VCR 서비스를 원한다면 채널에 여유가 발생할 때까지 대기하여야 하는 서비스 품질저하 현상을 발생시킨다.

### 3. 실시간 대화형 주문형 시스템의 구현

#### 3.1 주문형 시스템의 구조

서버의 부하를 감소시키며 부족한 네트워크 자원을 효율적으로 사용하여 다수의 사용자가 동시에 서비스를 제공할 수 있도록 멀티캐스트 전송 기법 및 클라이언트 버퍼 시스템을 사용하는 실시간 대화형 주문형 시스템은 주문형 시스템 서버, 멀티캐스트 전송 네트워크, 스위칭 에이전트와 종단노드를 포함하는 종단시스템 및 클라이언트시스템으로 구현된다.



(그림 1) VOD 시스템 블록도

#### 3.2 주문형 시스템의 구현

##### 3.2.1 주문형 시스템 서버

비디오 서버는 다수의 사용자들로부터 서비스를 요청받아 다양한 멀티미디어 스트림을 실시간적으로 제공하며 사용자 인증, 서버와 클라이언트 양단간의 연결, 유지 및 해제 등의

기능을 수행한다. 주문형 시스템은 멀티미디어 데이터의 고속 입출력을 위하여 디스크어레이를 사용하였으며, 한 개의 스트림이 단일 디스크에 저장될 경우 최대 검색 대역폭이 해당 디스크의 데이터 전송률에 의존적이기 때문에 라운드 로빈 방식을 사용하여 연속되는 멀티미디어 데이터를 다수의 디스크에 분산 저장하는 스트라이핑(Stripping) 기술을 사용하였다. 대화형 서비스를 위하여 동일한 멀티미디어 콘텐츠가 전송중인 멀티캐스트 ID들을 클라이언트에게 제공하며, 전송중이지 않은 경우는 채널의 여유가 있다면 새로운 채널을 할당하여 제공한다.

<표 1> 서버 알고리즘

- 단계 1. 스위칭 에이전트 SA를 통하여 종단노드 HENode로부터 서비스 요청 접수
- 단계 2. 채널에 여유가 있으면 서비스 요청을 인증
- 단계 3. 요청 비디오에 대한 연속된 비디오블록 D<sub>Sequence</sub> (#1, 2, 3, ...)를 순차적으로 전송
- 단계 4. 스위칭 에이전트 SA를 통하여 다른 종단노드 HENode들로부터 동일 비디오에 대한 요청이 있을 경우 인증 등록
- 단계 5. 종단노드 HENode가 다른 비디오를 요청시 단계 2로 이동
- 단계 6. 전체 전송시 연결 해제

##### 3.2.2 멀티캐스트 전송 네트워크

서버로부터 종단 시스템 또는 클라이언트 시스템으로의 데이터 전송은 트리 구조의 멀티캐스트 방식을 사용하여 네트워크 사용효율을 증대시키도록 하며 고속 네트워크 및 멀티캐스트 라우터들로 구성된다. 클라이언트로부터 발생하는 다양한 서비스들의 요청, 중지 및 취소 등과 같은 제어신호를 서버로 전달하며 서버로부터 멀티미디어 데이터를 클라이언트로 전송하기 위하여 양방향 통신 기능을 제공한다.

대화형 서비스는 ARCP를 사용하여 제공되는데 클라이언트로부터 필요한 멀티캐스트 ID를 라우터가 수신 받아 자신의 라우팅 테이블을 참조하여 전송중인 경우는 전송 경로를 재설정하여 클라이언트로 전송하며 전송중이지 않은 경우는 트리구조상의 상위 라우터로 요청한다. 이러한 과정은 최상위 라우터까지 반복적으로 수행되며 필요에 따라 서버로부터 새로운 전송채널을 할당받아 클라이언트 또는 종단 시스템으로 멀티미디어 데이터를 전송한다.

##### 3.2.2.1 ARCP(Active Routing Control Protocol)

멀티캐스트 전송은 멀티미디어 데이터를 멀티캐스트 그룹 간격  $T_M$  단위의 데이터 슬롯  $S_1, S_2, \dots, S_M$ 으로 나눈 후 멀티캐스트  $M_M$ 으로 전송한다. ARCP는 서버 구동방식(Server-Driven)과 클라이언트 구동방식(Client-Driven)으로 구분된다. 서버구동방식은 데이터에 대한 사용자들의 서비스 요

청이 자주 발생되지 않는 경우에 사용되는 방식으로서, 초기 서비스는 유니캐스트 방식을 사용하여 클라이언트에게 제공된다. 만약 전송 도중 동일한 데이터에 대한 서비스 요청이 발생되면 멀티캐스트 방식으로 데이터를 전송하며, 나중에 요청한 클라이언트를 위하여 유니캐스트 방식으로 클라이언트가 수신하지 못한 부분을 전송한다.

클라이언트구동방식은 본 논문의 대화형 시스템에 구현된 방식으로서 멀티캐스트 방식만을 사용하여 데이터를 전송한다. 서버는 전송되는 멀티캐스트 패킷에 대화형 서비스를 위하여 필요한 데이터가 전송중이면 해당 멀티캐스트 ID  $M_i$ 를 멀티캐스트 패킷 헤더부분에 첨가하여 클라이언트로 전송한다. 클라이언트는 대화형 서비스를 요청하는 경우 수신중인 멀티캐스트 패킷의 헤더정보로부터 필요한 멀티캐스트 주소를 추출하여 라우터로 전송한다. 따라서 멀티캐스트 라우터는 클라이언트로부터 요청되는 멀티캐스트 주소만을 입력으로 받아들여 자신의 라우팅 테이블을 검색하여 해당 멀티캐스트가 전송중이면 경로를 재 설정하여 클라이언트로 전송하며, 전송중이지 않은 경우는 상위 라우터로 요청정보를 전송하며, 이러한 일련의 과정을 트리 구조상의 최상위 라우터까지 반복적으로 수행된다.

### 3.2.3 종단 시스템(Head-End System)

종단 시스템은 LAN망, ADSL 및 Cable Modem 등을 사용하는 일종의 LAN 구조의 네트워크이며 스위칭 에이전트와 종단노드로 구성된다. 서버 및 네트워크의 부하를 감소시키기 위하여 클라이언트로부터 발생하는 다양한 서비스를 취합하여 서버로 전송하며 서버로부터 멀티미디어 데이터를 수신하여 각 종단노드에 분산 저장하여 클라이언트에게 서비스하게 된다. 멀티미디어 데이터의 전송이나 대화형 서비스의 요청 등은 서버에 의하여 서비스되는 것이 아니라 스위칭 에이전트의 제어에 의하여 종단노드에 저장된 데이터를 이용하여 제공되기 때문에 서버로부터의 데이터 전송은 필요 없게 된다. 따라서 종단 시스템에 구성된 모든 클라이언트를 위하여 서버로부터 발생하는 전송 트래픽은 단지 한 개만이 발생되므로 서버 및 네트워크의 부하를 크게 감소시킬 수 있다.

### 3.2.4 스위칭 에이전트(Switching Agent)

스위칭 에이전트는 클라이언트에 의해 발생하는 서비스 요청을 종단노드를 통하여 수신한 후, 이를 취합하여 서버로 전송한다. 서버로부터 데이터를 수신하여 비디오 스트림의 Sequence ID(SID)와 종단노드 ID(NID)를 스위칭 테이블에 저장한다. 이후 동일한 비디오 스트림의 서비스를 요청한 종단노드에 데이터를 라운드 로빈 방식으로 분산 저장토록 하며 [14] 네트워크에 충분한 여유가 있다면 요청하는 모든 종단노드로 멀티캐스트 전송방식을 사용하여 데이터를 송신한다.

예로서 종단노드  $N_1, N_2, \dots, N_{\text{Number\_of\_HE}}$  등으로부터 동일한 SID를 갖는 데이터에 대하여 전송요청이 있는 경우, 스위칭 테이블을 검색하여 SID를 갖는 데이터가 저장된 종단노드  $N_{\text{Saved\_Node}}$ 로부터 요청한 종단노드  $N_{\text{Request}}$ 로 유니캐스트 또는 멀티캐스트 방식으로 전송되도록 한다

〈표 2〉 스위칭 에이전트 알고리즘

단계 1. 종단노드 HENode의 요청시 서버에 해당 비디오 SConnect를 서비스 요청
단계 2. 서버의 응답에 대해 해당 종단노드 HENode에 서비스 인증을 전송 1개 비디오 블록에 대한 버퍼 할당을 요구
단계 3. ① 라운드 로빈 테이블에 종단노드 HENode가 없는 경우 추가 스위칭 테이블에 비디오 블록 ID와 종단노드 ID HENode를 저장 수신되는 비디오블록 DSequence를 스위칭테이블에 따라 종단노드 HENode로 전송 단계 5로 이동 ② 전송중인 비디오를 다른 종단노드에서 요청시 단계 4로 이동 ③ 종단노드 HENode가 다른 비디오 요청시 단계 1로 이동
단계 4. 종단노드 HENode를 서버에 등록 단계 3으로 이동
단계 5. 종단노드 HENode가 요청하는 비디오 블록 DSequence를 스위칭 테이블에서 검색 비디오 블록 DSequence가 저장된 종단노드 HENode로부터 데이터 수신 요청한 종단노드 HENode로 전송 단계 3으로 이동

### 3.2.5 종단노드(Head-End Node)

종단노드는 클라이언트와 스위칭 에이전트 사이에 구성되며 스위칭 에이전트를 통하여 서버로부터 데이터를 수신, 저장하여 사용자들에게 서비스를 제공하는 기능을 수행한다. 사용자들이 요청한 데이터가 종단노드에 저장되어 있는 경우는 스위칭 에이전트와는 무관하게 즉시 서비스되며 저장되어 있지 않은 경우는 스위칭 에이전트로 해당 데이터를 저장하고 있는 종단노드를 요청하여 데이터를 수신하여 서비스를 제공한다. 종단노드는 수신되는 모든 데이터를 저장하며 저장용량을 초과하는 경우 버퍼 제거 알고리즘을 사용하여 지속적으로 데이터를 저장한다.

〈표 3〉 종단 노드 알고리즘

단계 1. 클라이언트들이 서비스 요청시 스위칭 에이전트를 통하여 서버에 요청
단계 2. ① 동일 비디오에 대하여 다른 클라이언트가 서비스를 요청한 경우 단계 5로 이동 ② 다른 비디오에 대한 서비스 요청인 경우 단계 1로 이동
단계 3. 스위칭 에이전트로부터 응답 시 버퍼 할당
단계 4. 스위칭 에이전트로부터 비디오 블록 DSequence를 버퍼에 저장
단계 5. ① 클라이언트가 요청한 비디오 블록 DSequence가 저장된 경우 클라이언트로 전송 단계 2로 이동 ② 저장되어 있지 않은 경우 해당 비디오 블록 DSequence를 스위칭 에이전트로 요청 단계 4로 이동

3.2.6 버퍼 제거 알고리즘

중단노드에 구현된 버퍼의 용량은 제한적이기 때문에 데이터를 서버로부터 스위칭 에이전트를 통하여 수신된 직접 데이터  $D_{Direct}$ 와 다른 중단노드로부터 수신된 간접데이터  $D_{Indirect}$ 의 두 종류로 구분하여, 사용빈도  $F_{Request}$  그리고 사용된 시각  $D_{Age}$  등을 이용하여 버퍼의 용량을 초과하는 부분에 대한 보상을 수행한다. <표 4>는 중단노드에 구현된 버퍼 제거 알고리즘을 보여주고 있다.

<표 4> 버퍼 제거 알고리즘

단계 1. 직접 수신하지 않은 데이터 $D_{Indirect}$ 중 사용빈도 $F_{Request}$ 가 적은 것부터 제거
단계 2. 직접 수신하지 않은 데이터 $D_{Indirect}$ 중 오래된 것 $D_{Age}$ 부터 제거
단계 3. 직접 수신한 데이터 $D_{Direct}$ 중 처음을 제외하고 사용빈도 $F_{Request}$ 가 적은것부터 제거
단계 4. 직접 수신한 데이터 $D_{Direct}$ 중 처음을 제외하고 오래된 것 $D_{Age}$ 부터 제거
단계 5. 직접 수신한 데이터 $D_{Direct}$ 중 사용빈도 $F_{Request}$ 가 적은 것부터 제거

3.2.7 클라이언트 시스템

네트워크 또는 중단시스템으로부터 전송된 데이터 스트림을 수신하여 클라이언트 버퍼에 저장하고, 수신된 압축 스트림을 디코드하여 재생하는 기능을 수행한다. MBA를 이용하여 제공되는 대화형 서비스는 버퍼에 저장된 데이터를 이용하여 서비스되는 동안 서버로부터 이전에 수신된 멀티캐스트 ID를 이용하여 필요한 부분의 데이터를 라우터 또는 중단 시스템으로 요청한다. 클라이언트에게 제공되는 VCR 서비스의 배속이 S인 경우 동시에 S개의 멀티캐스트 스트림을 수신하여 버퍼에 저장한 후 사용한다. 구현되는 버퍼의 크기는 멀티캐스트 그룹의 시간 간격(N) 및 제공되는 VCR 서비스의 배속(S)에 의하여 식 (1)과 같이 결정되며, 멀티캐스트 그룹 간격이 1분이며 MPEG 1의 비디오를 사용한다면 약 100MB 정도의 저장공간을 사용하여 7배속까지의 VCR 서비스를 제공할 수 있기 때문에 경제적으로 큰 문제없이 구현될 수 있을 것이다.

$$B_{MBA} = \frac{N(S^2 + 4S + 2)}{S + 1} \quad (1)$$

4. 시뮬레이션 및 성능 분석

4.1 서비스 요청 패턴

주문형 서버가 제공할 수 있는 데이터 중 i를 선택할 확률을 구하기 위하여 인기순위( $R_M$ )와 요청빈도수( $F_R$ ) 사이에  $R_M$

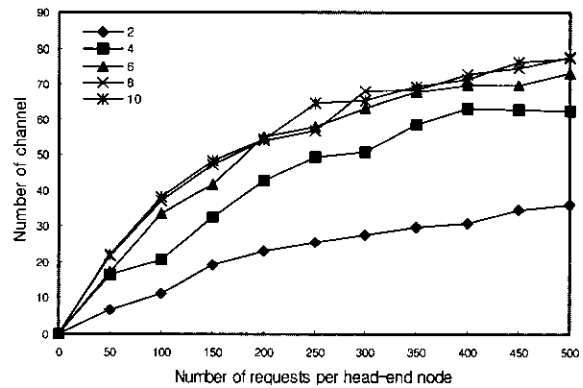
$\times F_R=C$ 의 법칙이 존재하는 Zipf 분포를 사용하였다. N개의 데이터 중 i가 선택될 확률은  $Z/i$ 로 나타낼 수 있으며, 여기서  $Z=1/(1+1/2+1/3+\dots+1/N)$ 이다. Zipf 분포를 사용하여 i번째 데이터의 서비스 요청률은  $\lambda_i = \lambda \rho_i$ 이고, 여기서  $\rho_i=Z/i$ 이다.

4.2 중단 시스템

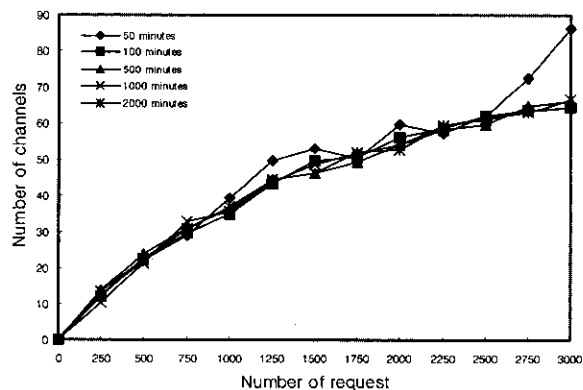
중단 시스템은 한 개의 스위칭 에이전트와 10개의 중단노드로 구성되며, 서버가 최대 200개의 영화를 제공하며, 클라이언트에 의하여 최대 5000개까지의 서비스가 발생하는 시뮬레이션 모델을 만들어 성능을 평가하였다.

(그림 2) (a)는 서버가 제공하는 영화편수에 따른 스위칭 에이전트와 중단노드 사이의 필요 전송 채널 수를 보여주고 있으며 중단노드의 버퍼  $HE_{buffer}$ 는 200개의 멀티캐스트 스트림을 저장할 수 있다. 시뮬레이션 결과로부터 클라이언트로부터 발생된 서비스의 빈도가 증가할수록 데이터 송·수신에 사용되는 채널의 수는 서버로부터 제공되는 영화편수에 거의 근접하고 있다.

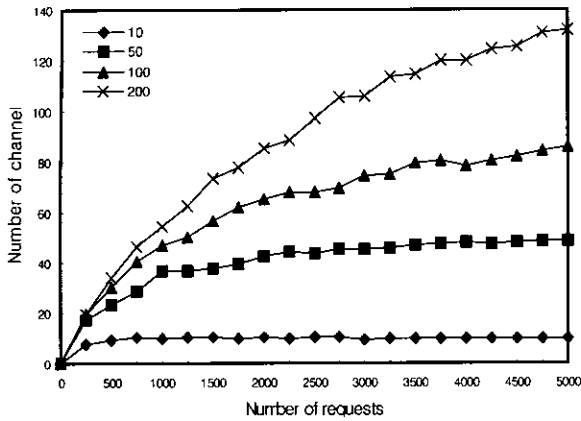
(그림 2) (b)은 서버로부터 제공되는 영화편수가 100인 경우 중단노드에서 사용되는 버퍼의 크기에 따른 전송 채널 수를 보여주고 있으며, 결과로부터 중단노드에 대용량 버퍼



(a) 영화 수



(b) 중단노드의 버퍼 크기



(c) 중단 노드 수

(그림 2) 필요 전송 채널 수 (1)

를 구성하여도 전송채널의 수가 크게 변화되지 않음을 알 수 있다. 따라서 중단노드에 구현되는 버퍼의 크기( $HE_{Buffer}$ )는 서버로부터 제공되는 영화편수가  $M$ , 각 영화의 전송률이  $R_M$  그리고 멀티캐스트 그룹 간격이  $T_M$  인 경우 식 (2)에서 얻을 수 있으며, MPEG-1 동영상의 경우 최소 1GB 크기의 버퍼 용량을 필요로 하게 된다.

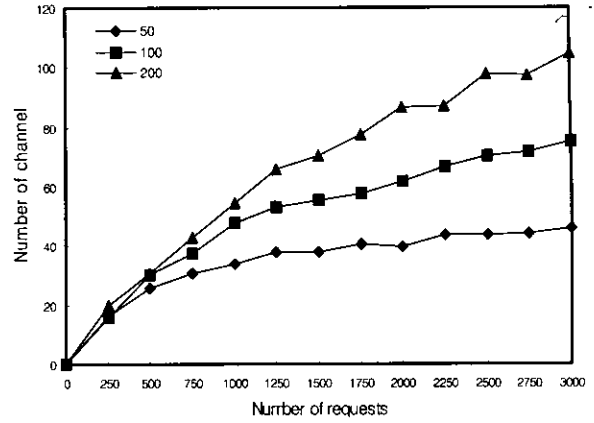
$$HE_{Buffer} \geq M \times R_M \times T_M \quad (2)$$

(그림 2) (c) 는 100개의 영화에 대하여 중단시스템을 구성하는 중단노드 수에 따른 필요 전송채널을 보여주고 있다. 구성된 중단노드의 수가 적을수록 서버로부터 전송되는 데이터를 버퍼가 저장하는 확률이 증가하게 된다. 따라서 클라이언트에 의한 서비스 요청을 중단노드의 버퍼에 저장된 데이터를 사용하여 제공하는 빈도수가 증가하게 되므로, 중단노드 사이의 데이터 송·수신을 위하여 사용되는 전송채널의 수는 감소하게 된다. 구성된 중단노드 수  $M$ 에 따른 필요 전송채널  $Ch_{Node=M}$ 은 중단노드가 2개인 경우 필요한 전송채널의 수  $Ch_{Node=2}$ 의 값과 비례상수  $\rho$ 에 의하여 식 (3)과 같이 된다.

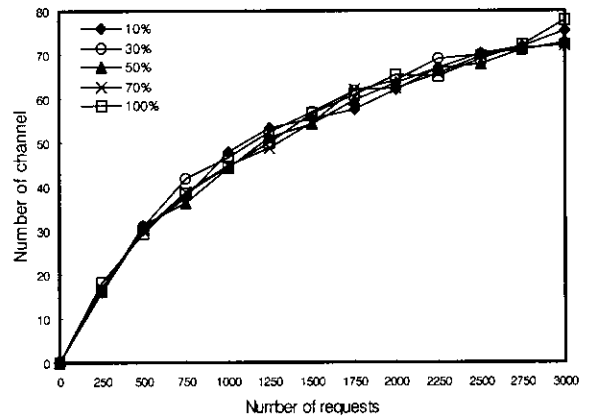
$$Ch_{Node=M} \approx \rho \left( \sum_{i=1}^N \frac{1}{2^{i-1}} \right) \times Ch_{Node=2} \quad (3)$$

$(\because N = M - 1, \rho = 1.25)$

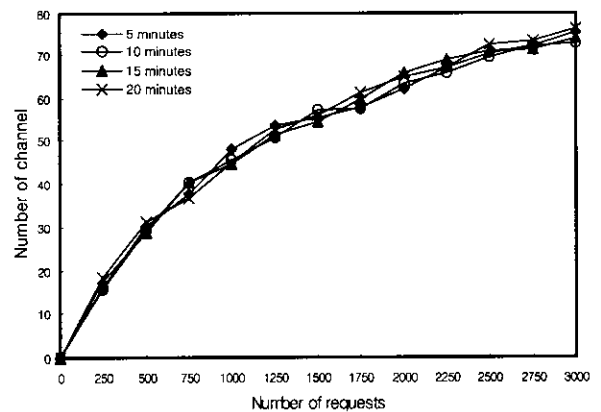
(그림 3) (a)는 구성된 중단노드가 10개이며, 전체 사용자의 10%가 5분 이내의 고속역재생 VCR 서비스를 요청한 경우 제공되는 영화 수에 대하여, (그림 3) (b)는 영화 100편에 대하여 5분 이내의 고속 역재생을 요청하는 사용자의 빈도 수에 대하여 그리고 (그림 3) (c)는 전체 사용자의 10%에 의하여 발생하는 고속 역재생 수행시간에 따라서 각 중단노드에서 데이터 송·수신에 필요한 전송 채널 수를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과로부터 VCR 서비스를 요청하는 사용자



(a) 2배속 고속 역재생



(b) VCR 요청 빈도 수



(c) VCR 요청 시간

(그림 3) 필요 전송 채널 수 (2)

의 수와 요청시간에 대하여 전송 채널의 수에 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 이것은 중단노드가 버퍼를 사용하여 수신되는 데이터를 저장하며 요청빈도가 높은 데이터는 삭제하지 않기 때문에 클라이언트가 요청하는 대부분의 VCR 서비스를 저장된 데이터를 사용하여 제공하기 때문이다.

5. 결 론

본 논문에서는 멀티캐스트 전송 기법을 이용한 멀티미디어 데이터 전송 시스템에서 서버 및 네트워크의 부하를 최소화하면서 사용자들에게 지연이나 단절 없는 대화형 서비스를 제공하기 위한 전송 알고리즘을 설계하고 구축하였다. 구축된 전송 알고리즘은 데이터의 전송효율을 극대화하기 위하여 네트워크 상에 전송되는 멀티미디어 데이터를 사용하며, 전송 네트워크 및 종단시스템의 2원 계층구조에서 처리되어 서버 및 네트워크의 부하를 최소화하도록 하고 있다. 또한 제안된 전송 알고리즘은 다양한 네트워크 환경에서 용이하게 구현될 수 있도록 하기 위하여 서버, 전송 네트워크 그리고 클라이언트의 3계층구조나 서버, 전송 네트워크, 종단 시스템 그리고 클라이언트로 구성되는 4계층구조를 사용할 수 있도록 하고 있다.

시뮬레이션을 통하여 제안된 종단시스템은 서비스를 요청하는 클라이언트의 수와는 무관하게 서버로부터 영화 당 한 개의 채널만을 사용하여 데이터를 전송 받기 때문에 서버의 입장에서 보면 하나의 종단시스템은 각 영화에 대한 하나의 클라이언트로 간주되므로, 동시 사용자의 수는 각 종단 시스템에 구성된 클라이언트들의 합만큼 증대될 수 있게 된다. 또한 VCR 서비스를 요청하는 사용자의 수와 시간에 대하여 종단노드사이의 전송 채널 수의 변화가 거의 없기 때문에 대화형 서비스가 용이하게 구현될 수 있다.

본 논문에서 제안한 ARCP, MBA 그리고 종단 시스템(Head-End System)은 멀티미디어 데이터를 서비스하는 각종 주문형 시스템에서 용이하게 사용될 수 있으며, 멀티캐스트 전송을 사용하는 다양한 서비스의 기초로서 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] B. Amin-Salehi, G. D. Flinchbaugh, and L. R. Pate, "Implications of New Network Services on BISDN Capabilities," In Proc. IEEE INFOCOM, San Francisco, CA, pp.1038-1045, 1990.  
 [2] T. Little and D. Venkatesh, "Prospects for Interactive Video-On-Demand," IEEE Multimedia, Fall, pp.14-23, 1994.  
 [3] K. Almeroth and M. Ammar, "An Alternative Paradigm for Scalable On-Demand Applications: Evaluating and Deploying the Interactive Multimedia Jukebox," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering Special Issue on Web Technologies, April, 1999.  
 [4] Steve Glassman, "A Caching Relay for the World Wide Web," In First International World-Wide Web Conference, pp.69-76, May, 1994.

[5] Backhyun Kim, Seungchan Moon, Iksoo Kim and Yoseop Woo, "A Buffering Algorithm for Providing The Truly Interactive Video-on-Demand Services," Proceeding of International Conference on Parallel and Distributed Processing Technology and Applications (PDPTA'99), pp.211-217, Jun. 1999.  
 [6] Kien A. Hua, Ying Cai, and Simon Sheu, "Patching: A Multicast Technique for True Video-On-Demand Services," ACM Multimedia'98, Bristol, UK, pp.191-200, 1998.  
 [7] P. Basu, A. Narayanan, R. Krishnan, and T.D.C. Little, "An Implementation of Dynamic Service Aggregation for Interactive Video Delivery," Proc. SPIE Multimedia Computing and Networking, San Jose, CA, January, 1998.  
 [8] K. Almeroth and M. Ammar, "Providing a scalable, interactive Video-On-Demand service using multicast communication," In ICCCN'94, San Francisco, CA, September, 1994.  
 [9] S. Sheu, Kien. A. Hua, and W. Tavanapong, "Chaining: A Generalized Batching Technique for Video-On-Demand," In Proc. of the Int'l Conf. On Multimedia Computing and System, Ottawa, Ontario, Canada, pp.110-117, June, 1997.  
 [10] K. C. Almeroth, M. H. Ammar and Z. Fei, "Scalable Delivery of Web Pages Using Cyclic Best-Effort(UDP) Multicast," in Proc. of INFOCOM 98, March, 1998.  
 [11] H. J. Chen, A. Krishnamurthy, D. Venkatesh, and T.D.C. Little, "A Scalable Video-on-Demand Service for the Provision of VCR-like Functions," Proc. 2nd IEEE Intl. Conf. on Multimedia Computing and Systems, Washington D.C., pp.65-72, May, 1995.  
 [12] K. C. Almeroth and M. H. Ammar, "The Use of Multicast Delivery to Provide a Scalable and Interactive Video-On-Demand Service," IEEE J. Selected Areas in Comm., Vol.14, No.6, pp.1110-1122, Aug. 1996.  
 [13] Wanjiun Liao and Victor. O. K. Li, "The Split and Merge Protocol for Interactive Video-On-demand," IEEE Multimedia, pp.51-62, 1997.  
 [14] Dongsoo Kim, Youngjune Kim, Iksoo Kim and Yoseop Woo, "VOD Service using a New Web-caching Technique," 9th IFIP Conf. on Performance Modelling and Evaluation of ATM and IP Networks, Budapest, 2001.



김 백 현

e-mail : hidesky@hotmail.com  
 1993년 인천대학교 정보통신공학과  
 1993년~1997년 삼성전자 LSI 사업부  
 2001년 인천대학교 대학원 정보통신공학과  
 (공학석사)  
 2001년~현재 피엔피네트워크 근무

관심분야 : 멀티미디어, VOD, 멀티캐스팅



### 우 요 섭

e-mail : yswooo@lion.inchon.ac.kr  
1986년 한양대학교 전자통신공학과  
1988년 한양대학교 대학원 전자통신공학과  
(공학석사)  
1992년 한양대학교 대학원 전자통신공학과  
(공학박사)

1992년~1994년 인천대학교 정보통신공학과 조교수

1994년~현재 인천대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야 : 한국어 정보처리, 멀티미디어 정보검색, VOD



### 김 익 수

e-mail : iskim@lion.inchon.ac.kr  
1978년 동국대학교 전자공학과  
1981년 동국대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)  
1985년 동국대학교 대학원 전자공학과  
(공학박사)

1988년~1994년 인천대학교 정보통신공학과 부교수

1993년~1994년 North Carolina state Univ. 객원교수

1994년~현재 인천대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 컴퓨터 구조, VOD, ATM 스위치