

# Head-End-Network에서 대화형 서비스를 위한 멀티캐스트 VOD 시스템

김 백 현<sup>†</sup> · 황 태 준<sup>\*\*</sup> · 김 의 수<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문은 멀티캐스트 전송 네트워크 상에서 Head-End-Network(HNET) 및 BISM(Buffering algorithm for Interactive Services in Multicast)을 사용하여 VCR 서비스를 제공하는 대화형 VOD 시스템을 제안한다. HNET은 Switching Agent(SA)와 캐시를 적용한 Head-End-Nodes(HENs) 및 클라이언트로 구성되며, HENs는 SA의 제어하에 요청된 비디오 스트림을 분산저장하며, 클라이언트 버퍼는 다양한 VCR 재생률을 지원하기 위하여 BISM을 사용하여 동적으로 확장된다. 본 논문에서 대화형 VCR 서비스는 서버 또는 HENs에 의해 네트워크 상에 전송되는 비디오 스트림과 클라이언트 버퍼에 저장된 데이터만을 사용하여 제공된다. 그러므로 제안된 기술은 네트워크의 부하를 감소시킬 수 있으며, 서버로부터 불필요한 채널의 할당 및 중복된 비디오 콘텐츠의 전송을 제한하게 되어 시스템 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 제시한다.

## Multicast VOD System for Interactive Services in the Head-End-Network

Backhyun Kim<sup>†</sup> · Taejune Hwang<sup>\*\*</sup> · Iksoo Kim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

This paper proposes an interactive VOD system to serve truly interactive VCR services using multicast delivery, client buffer and web-caching technique which implements the distributed proxy in Head-End-Network(HNET). This technique adopts some caches in the HNET that consists of a Switching Agent(SA), some Head-End-Nodes(HENs) and many clients. In this model, HENs distributively store the requested video under the control of SA. Also, client buffer dynamically expands to support various VCR playback rate. Thus, interactive services are offered with transmitting video streams from network, HENs and stored streams on buffer. Therefore this technique makes the load of network occur in the limited area, minimizes the additional channel allocation from server and restricts the transmission of duplicated video contents

**키워드 :** VOD, Cache, 웹캐싱(Webcaching), 대화형 서비스(Interactive Services), 멀티캐스트(Multicast), HEN, Head-End Network(HNET)

### 1. 서 론

ARPANET으로 시작한 인터넷은 현재 세계에서 가장 많은 사람들에게 의하여 사용되고 있는 통신 기술 중의 하나로 컴퓨터만을 사용하던 기존방식에서 탈피하여 TV 및 이동 통신 단말기 등과 같은 다양한 매체를 통하여 사용자들에게 다양한 서비스를 제공하고 있다. 통신기술과 컴퓨터 기술의 발전은 고속 네트워크의 구현을 가능하게 하였으며 개선된 코딩 알고리즘은 멀티미디어 데이터의 용량이 보다 작게 구성될 수 있도록 하고 있다[1]. 이러한 일련의 기술발전은 데이터의 고속 전송 및 다자간 통신기술의 사용을 가능하게 하였

으며 멀티미디어 데이터가 네트워크를 통하여 손쉽게 전송될 수 있도록 하였다. 특히 주문형(on-demand) 멀티미디어 시스템은 디지털 도서관 정보 시스템, 원격 교육, 원격 진료 및 오락 분야 등과 같은 여러 응용 분야에서 중요한 기술로 부각되고 있다[2].

주문형 시스템 중 VOD는 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].

사용자들에게 대화형 VCR 서비스를 제공하기 위하여 멀티캐스트 전송방식, 클라이언트 버퍼 시스템과 프락시를 사용하는 캐싱 기술이 제안되었다. 멀티캐스트 전송방식은 동일한 비디오 콘텐츠를 요청한 사용자들의 서비스를 미리 설정된 시간 단위로 그룹화하여 서비스를 제공하는 방식으로서

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

† 정 회 원 : 인천대학교 대학원 정보통신공학과

\*\* 준 회 원 : 인천대학교 대학원 정보통신공학과

\*\*\* 정 회 원 : 인천대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 2003년 6월 4일, 심사완료 : 2004년 4월 23일

그룹화는 수 분단위로 이루어지는 것이 일반적이다[4, 5]. 그러나 위의 방식은 서버의 부하를 감소시키며 네트워크의 효율적인 사용을 가능하게 하지만 사용자가 서비스를 제공받기 위해서는 일정시간을 대기하여야 하며 연속적인 VCR 서비스를 제공하기가 어려운 문제점들을 갖고 있다[6, 7].

이러한 문제를 해결하기 위하여 클라이언트 버퍼 시스템이 제안되었다[8]. 그러나 VCR 서비스 요청이 버퍼의 용량을 초과하여 지속되는 경우, 서버는 연속적인 서비스를 제공하기 위하여 새로운 채널을 할당하여야 한다. 일반적으로 네트워크 용량은 제한되어 있기 때문에 새로운 채널을 할당할 수 없는 경우가 발생하게 되며 이 경우 서비스는 단절되게 된다.

프락시는 서버와 클라이언트 사이에 존재하는 일종의 서버로서 네트워크 성능을 개선할 수 있으며 서버의 부하를 감소시킬 수 있다. 일반적인 프락시 기법은 인기 있는 비디오 콘텐츠를 저장하고 있는 프락시의 경우 다른 프락시와 비교하여 상대적으로 큰 부하를 갖게 되며 동일한 비디오 콘텐츠가 중복적으로 전송되는 문제점을 갖고 있다[9, 10].

본 논문은 멀티캐스트 전송 기법을 사용하는 HNET 환경에서 BISM을 사용하는 클라이언트 버퍼 시스템과 균등 부하를 갖는 분산 웹 캐칭 기법을 사용하여 사용자들에게 대화형 VCR 서비스를 제공하는 VOD 시스템을 제안한다. BISM은 수신된 데이터를 저장하고, 다른 멀티캐스트 그룹으로 전송되는 비디오 스트림 및 HENs에 저장된 데이터들을 사용하여 연속적인 VCR 서비스를 제공한다. 제안된 웹 캐칭 기술은 HEN에 캐쉬를 구현하여 서버로부터 전송되는 비디오 스트림을 저장하며, 클라이언트에 의하여 발생하는 모든 서비스들은 HEN을 통하여 서버로 전송되거나 HEN에 의하여 서버와 무관하게 제공된다. VOD 서버는 동일한 비디오 콘텐츠를 클라이언트들이 요청을 하는 경우 처음 한번만 전송하게 되며 나머지 서비스 요청들은 HEN에 저장된 데이터를 사용하여 제공한다. 또한 HEN에 저장되는 비디오 콘텐츠는 SA의 제어에 의하여 구성된 HEN들에게 순차적으로 분산 저장되어 동일한 콘텐츠가 여러 HEN들에게 중복 저장되는 것을 방지하였으며 각 HEN들의 부하가 동일하게 발생되어 특정 HEN에 부하가 크게 발생하는 문제점을 해결하였다.

본 논문은 2장에서는 분산 단말-노드들을 사용한 HNET의 구조와 동작에 대해 다루고, 3장에서 클라이언트 버퍼링 알고리즘인 BISM을 제안하며, 4장에서는 제안된 기술을 시뮬레이션하고 성능분석을 한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해 기술한다.

## 2. 대화형 Video-on-Demand 시스템

제안된 VOD 시스템은 VOD 서버, 멀티캐스트 전송 네트워크, SA와 다수의 HEN로 구성되는 HNET 및 클라이언

트의 4부분으로 구성된다. 서버 통신 채널의 대부분은 멀티캐스트 전송을 사용하여 비디오 스트림을 전송하기 위한 논리 채널들로 구성되며, 각 채널은 비디오 재생물에 맞추어 스트림을 전송할 수 있다. 서버 채널의 나머지 부분은 클라이언트와의 연결 및 해지, 채널 제어, 대화형 서비스를 위한 제어 등을 위하여 사용된다. 서버는 클라이언트에 의하여 특정 비디오 콘텐츠가 처음으로 요청되는 경우 해당 비디오를 전송하며, 만약 요청된 비디오 콘텐츠가 전송중이거나 전에 전송되어 HEN에 저장된 경우 해당 비디오를 전송하지 않는다. 동일 비디오 콘텐츠는 멀티캐스트 그룹간격 NM 시간마다 다른 멀티캐스트 ID를 사용하여 전송되며, 이는 해당 비디오 콘텐츠의 NM 시간 차이의 부분들이 연속적으로 네트워크 상에 전송되는 것을 의미한다. 서버는 전송중인 멀티캐스트 패킷에 비디오 콘텐츠 ID(CID: Contents ID), 멀티캐스트 그룹 ID(MID: Multicast ID) 및 각 스트림의 시간차를 나타내는 오프셋 값(CV: Consecutive Value)을 헤더부분에 첨가한 후 SA로 전송하여 클라이언트가 해당 멀티캐스트를 서버와 무관하게 찾아서 사용할 수 있게 한다. 서버로부터 HNET 또는 클라이언트 시스템으로의 데이터 전송은 트리구조의 멀티캐스트 방식을 사용하여 네트워크 사용효율을 증대시키도록 하였으며 고속 네트워크 및 멀티캐스트 라우터들로 구성된다.

### 2.1 Switching Agent

SA는 클라이언트가 처음으로 특정 비디오 콘텐츠를 요청한 경우 클라이언트와 서버의 연결을 설정하는 역할을 수행한다. 만약 요청된 비디오 콘텐츠가 이미 전송되어 HNET 상의 HEN에 저장되어 있는 경우 서비스 요청에 대한 서버와 클라이언트 사이의 전송 경로 설정단계는 무시된다.

VOD 서버와 무관하게 주문형 서비스를 클라이언트에게 제공하기 위하여, 미리 설정된 멀티캐스트 그룹 시간동안 동일 비디오 콘텐츠를 요청한 클라이언트들을 위하여 전송되는 비디오 스트림들을 HEN으로부터 발생하는 요청순서에 따라 라운드 로빈 방식으로 해당 HEN에게 전송하는 역할을 수행한다. 따라서 다른 HEN들에 의하여 요청된 동일 비디오 콘텐츠는 멀티캐스트 그룹 간격마다 다른 스트림으로 서버로부터 전송되며, SA에 의하여 순차적으로 분산 전송되어 해당 HEN에 저장되게 된다. 따라서 SA는 인기있는 비디오의 경우 하나의 HEN에 저장되는 것을 방지하며 HEN 사이에 중복적으로 저장되는 것을 방지할 수 있게 된다.

(그림 1)은 특정 비디오 #에 대하여 HEN들로부터 전송 요청이 발생된 경우의 Multimedia Content Table(MCT)를 보여주고 있다. 처음 요청이 HEN 1과 HEN 3으로부터 발생된 경우 SA는 먼저 HEN 1에 첫 번째 스트림 1을 전송하며 다음으로 HEN 3에 두 번째 스트림을 전송한다. t2와 t4 사이에서 HEN 7에 의하여 동일한 비디오가 요청된 경우 HEN 1과

HEN 3에 이어서 전송 스트림을 할당한다. 따라서 동일 비디오에 대한 요청이 발생하는 경우 요청 순서와 Node Identification(NID) 순서에 따라 지속적으로 전송을 할당하게 된다. 인기있는 비디오의 경우 다수의 HEN으로부터 요청이 발생하며(dense mode), 인기 없는 비디오의 경우는 특정 HEN으로부터 요청이 발생하게 되며(sparse mode) 각 경우에 대한 MCT를 (그림 2)에서 보여주고 있다.

SA는 NID에 의하여 구분되어지는 각 HEN에 저장중이거나 저장되어진 비디오 콘텐츠에 대한 정보를 관리한다. 이 정보는 HEN이 해당 비디오 콘텐츠의 각 부분들이 어느 HEN에 저장되어 있는지를 확인할 수 있는 정보를 제공한다. 이를 위하여 먼저 SA는 멀티캐스트 그룹 간격동안 동일 비디오 콘텐츠에 대한 요청을 취합하여 요청 순서에 따라 전송 순서를 결정한 후 이를 전송 테이블에 저장한다. 두 번째로, SA는 서버에 의하여 전송되는 패킷을 분석하여 CID와 CV 값을 추출하여 동일 CID에 대한 MCT를 만든다. 마지막으로 각 멀티캐스트 그룹 간격마다 SA는 연결된 모든 HEN들에게 MCT 정보를 제공하기 위하여 Multimedia Content Packet(MCP)를 생성한 후 이를 전송한다. 따라서 단일 HNET 상에 존재하는 모든 HEN들은 그들이 무엇을 저장하고 있는지 알 수 있게 되어 저장된 비디오 콘텐츠를 공유할 수 있게 된다.

HEN에 저장된 데이터는 HEN에 구현된 캐쉬의 크기를 초과하는 경우 삭제되어야 한다. 이 경우는 HEN이 VOD 서버로부터 해당 비디오 콘텐츠를 재전송 받아야 하는 것을 의미

한다. 서버로부터의 재전송을 최소화하기 위하여 HEN은 더 큰 크기의 캐쉬를 사용하여야 한다. VOD서버가 제공하는 비디오 콘텐츠의 수가 증가할수록 HEN이 필요로 하는 캐쉬의 크기는 급격하게 증가하게 된다. HEN에서 사용되는 캐쉬의 크기를 줄이기 위하여 본 논문에서는 약간의 캐쉬를 SA에 구현하여 동일 비디오 콘텐츠를 요청하는 빈도수에 의하여 결정되는 인기도(Dpop)에 따른 일정 수의 비디오를 저장할 수 있도록 하였다.

SA가 HEN으로부터 request packet을 수신한 경우 initial state, normal state 및 hot state의 3가지 동작모드 중에 하나로 동작하게 된다. Initial state는 특정 비디오가 클라이언트에 의하여 처음으로 요청된 경우이며, SA는 서버로 해당 비디오를 요청하며, 이를 수신하여 해당 HEN으로 전송한다. Normal state와 Hot state는 HEN이 서버로부터 이미 전송되어진 비디오 콘텐츠를 요청한 경우 발생되며, 각 state는 SA가 해당 비디오 콘텐츠의 저장 유무에 따라 결정된다. Normal State는 요청된 비디오를 SA가 저장하고 있지 않은 경우이며, SA는 해당 비디오를 서버에 요청하게 된다. 그러나 Hot state는 SA가 저장하고 있기 때문에 해당 HEN으로 서버와 무관하게 즉시 서비스를 제공한다. 따라서 이 경우는 동일 비디오가 서버로부터 재전송되는 것을 방지할 수 있으며, 서버가 필요로 하는 네트워크 대역폭을 줄일 수 있게 된다.

## 2.2 Head-End-Node

HEN은 SA와 클라이언트 사이에 위치하며, SA 또는 다른 HEN으로 전송 경로를 설정하여 필요한 비디오를 전송 또는 수신한다. 네트워크 대역폭의 사용효율을 증진시키며 보다 많은 클라이언트에게 비디오를 제공하기 위하여 클라이언트와의 연결방식은 멀티캐스트 전송방식을 사용한다.

HEN은 SA를 통하여 비디오 서버에 접속하게 되며, SA로부터 전송되는 비디오 스트림을 저장한 후 SA의 제어하에 이를 클라이언트에게 제공한다. 또한 다른 HEN에 저장된 비

디오 콘텐츠를 수신하기 위하여 해당 HEN에 접속하게 된다. HEN은 현재 자신의 캐쉬 상태에 대한 정보를 SA에게 제공한다. HEN이 연결된 클라이언트로부터 요청을 받게 되면, 요청 패킷을 분석한다. 만약 자신이 저장하고 있는 비디오를 요청한 경우 바로 서비스를 제공하며, 저장하고 있지 않은 비디오를 요청한 경우 SA로부터 수신된 MCT를 사용하여 해당 비디오 콘텐츠의 부분을 저장하고 있는 다른 HEN으로 요청하게 된다. 다른 HEN으로부터 비디오 스트림을 수신하는 경우 중복저장을 방지하기 위하여 HEN은 수신 데이터를 저장하지 않는다.

HEN은 동일한 비디오에 대하여 (CID가 동일) MID와 CV 값을 SA로부터 수신되는 MCP를 사용하여 Content Configuration Packet(CCP)를 생성한다. MCP는 SA에 의하여 생성되는 MCP처럼 멀티캐스트 그룹간격마다 클라이언트에게 전송된다. CCP는 클라이언트에게 일시정지, 고속재생 및 고속 역재생과 같은 대화형 서비스를 제공하기 위하여 생성된다. CV는 동일 비디오의 시작지점으로부터 해당 비디오 콘텐츠가 얼마나 떨어져 있는지를 나타내는 값으로서 각 멀티캐스트 그룹간격  $N_M$ 마다 초기값 1부터 1씩 증가하는 값을 갖는다. 따라서 클라이언트는 자신이 서비스 받고 있는 비디오에 대하여 어떤 부분들이 전송되었는지를 알 수 있게 된다. 만약 시간적으로 인접한 비디오 스트림이 전송중이면, 클라이언트는 HEN이나 서버와 무관하게 CCP로부터 추출한 MID를 사용하여 해당 멀티캐스트 그룹으로 조인할 수 있게 된다. 이 경우는 현재 클라이언트가 재생하고 있는 부분의 CV 값에서 서비스 받기를 원하는 부분과의 시간차를 멀티캐스트 그룹 간격 단위로 계산하여 해당 스트림의 CV 값을 추출한 후 CCP로부터 해당 CID와 CV 값을 갖는 MID를 찾아 클라이언트가 독자적으로 멀티캐스트 그룹에 조인하기 때문에 가능하게 된다. 그러나 원하는 CV값에 대한 정보가 CCP에 존재하지 않는 경우는 연결된 HEN으로부터 해당 스트림이 전송중이지 않은 경우이며, 클라이언트는 CID와 CV값을 포함하는 요청 패킷을 HEN으로 전송하여 서비스를 제공받

**Algorithm ; HEN main routine**  
 1. MCP를 수신하는 경우, MCP를 사용하여 CCP를 생성  
 2. 클라이언트가 서비스를 요청하는 경우, 수신된 요청 패킷을 분석  
 3. 처음으로 요청하는 경우 (CV 값이 0)  
     - SA로 해당 비디오를 요청, SA로부터 데이터가 수신되는 경우 캐쉬에 저장  
 4. 캐쉬에 저장하고 있는 데이터를 요청하는 경우, 클라이언트에게 서비스 제공  
 5. 저장하고 있지 않은 데이터를 요청하는 경우, MCT를 조사  
     - 다른 HEN에 저장되어 있는 경우, 해당 HEN으로 연결, 데이터는 저장하지 않음  
     - 다른 HEN에 저장되어 있지 않은 경우, SA로 연결, 수신되는 데이터는 저장  
 6. 멀티캐스트 그룹간격 마다 연결된 모든 클라이언트에게 CCP를 전송

(그림 4) Head-End-Node 알고리즘

게 된다. HEN은 수신된 요청 패킷으로부터 CID와 CV값을 추출하여 자신의 MCT로부터 해당 콘텐츠를 저장하고 있는 HEN을 찾게 된다. 만약 다른 HEN에 저장되어 있는 경우는 해당 HEN과 연결하여 서비스를 제공하며 수신되는 데이터는 저장하지 않는다. 만약 다른 HEN에 저장되어 있지 않은 경우는 SA로 요청하여 서비스를 제공하며 SA로부터 수신되는 데이터는 저장한다.

2.3 Cache Management

웹 캐싱 기법은 클라이언트의 요청에 따라 서비스가 제공되는 동안 해당 비디오 콘텐츠를 저장하고 있다. 만약 HEN에 구현된 캐쉬의 크기를 초과하여 데이터를 저장하고자 하는 경우 캐쉬 제거 전략이 필요하다. 클라이언트들은 선택한 비디오가 그들이 시청을 원하는 것이지를 판단하기 위하여 비디오의 첫 부분은 일반적으로 시청을 한다. 만약 HEN에 해당 비디오의 첫 부분이 저장되어 있다면 클라이언트에게 지연 없는 서비스를 제공할 수 있게 된다. 따라서 클라이언트에게 지연 없는 서비스를 제공하기 위하여 각 비디오의 첫 부분(CV값이 0)은 마지막에 캐쉬에서 제거되도록 하였다.

**Algorithm ; Cache Replacement main routine**  
 1. 일반적으로 비디오의 뒷부분부터 제거한다.  
 2. 요청빈도가 가장 적은(LFU) 비디오 스트림을 제거  
 3. 가장 오래전에 서비스된(LRU) 비디오 스트림을 제거  
 4. 비디오의 첫부분에 대하여 LFU 수행  
 5. 비디오의 첫부분에 대하여 LRU 수행

(그림 5) Cache Replacement 알고리즘

3. BISM

인기 있는 비디오의 경우 다수의 사용자들에 의하여 요청되기 때문에 네트워크 상에 연속적으로 전송될 확률이 증가하므로, 전송중인 다수의 멀티캐스트 비디오 스트림을 동시에 수신하여 사용한다면 네트워크 채널사용 효율을 증대시키며 서버의 부하를 감소시킬 수 있다. 클라이언트 버퍼는 구현된 버퍼 용량 내에서는 지연이나 단절 없는 VCR 서비스를 제공할 수 있다. 만약 VCR 서비스 요청시간이 버퍼의 용량을 초과하는 경우는 연속적인 대화형 서비스를 위하여 버퍼에 저장된 데이터를 갱신하여야 한다. 이를 위하여 클라이언트는 SA로부터 수신된 CCP를 사용하여 동일 CID를 갖고 있으며 CV가 이어지는 MID를 찾는다. 따라서 클라이언트는 필요한 비디오 콘텐츠가 어떤 멀티캐스트 그룹으로 전송되고 있는지를 알 수 있으며, 만약 원하는 멀티캐스트 그룹이 존재하는 경우 연결된 HEN으로 멀티캐스트 그룹으로 가입하기 위한 요청 패킷을 전송한다. 만약 존재하지 않는 경우는 CID와 CV를 포함하는 요청 패킷을 전송하여 새로운 멀티캐스트 전송 트리를 생성토록 한다.

이러한 방식으로 수신된 멀티캐스트 데이터는 BISM에 의하여 클라이언트 버퍼에 저장되어 사용된다[11].

3.1 일시정지(Pause)

일시정지(Pause)는 클라이언트에 버퍼를 사용하여 용이하게 구현되며 사용되는 버퍼는 선입선출(First\_In First\_Out) 방식으로 동작한다. 클라이언트가 일시정지 서비스를 요청한 경우, 비디오 재생은 정지하지만 가입된 멀티캐스트 그룹을 통하여 비디오 스트림은 연속적으로 수신된다. 만약 일시정지 서비스가 멀티캐스트 그룹 간격  $N_M$ 을 초과하여 지속되는 경우, 클라이언트가 가입한 멀티캐스트 그룹에서  $N_M$  만큼 뒤에서 전송되는 멀티캐스트 그룹으로 새롭게 가입을 하여 버퍼에 수신되어 저장되는 데이터의 일관성을 유지한다.

이를 위하여 일시정지 기간이 설정된 임계값(Threshold)을 초과하게 되면, 클라이언트는 단순 모드와 재설정 모드 중 하나의 모드로 동작을 하게 된다. 단순 모드는 클라이언트와 연결되어 있는 HEN으로부터 해당 멀티캐스트 스트림이 다른 클라이언트를 위하여 현재 전송되고 있는 경우로, 클라이언트는 수신된 CCP를 통하여 해당 멀티캐스트 그룹의 주소를 알고 있으므로 해당 주소로 그룹을 변경하며 HEN으로 그룹의 변경 사실만을 알린다. 재설정모드는 해당 멀티캐스트 그룹이 연결된 HEN으로부터 전송되고 있지 않는 경우로 클라이언트는 CID와 CV 값을 현재 수신되는 멀티캐스트 스트림의 값과 동일하게 설정하여 HEN으로 요청 패킷을 전송한다. HEN은 SA로부터 수신된 MCP를 통하여 해당 비디오 콘텐츠가 저장된 다른 HEN으로 그룹 가입 요청을 전송하여 멀티캐스트 전송 경로를 재설정하여 클라이언트에게 서비스를 지속적으로 유지될 수 있도록 하며, 클라이언트는 수신된 멀티캐스트 그룹으로 변경하며 서비스를 지속시킨다. 따라서 클라이언트는 하나의 멀티캐스트 수신 채널과 멀티캐스트간격  $N_M$  크기의 버퍼만을 필요로 한다. <표 1>은 일시정지

<표 1> 일시정지 알고리즘

| 클라이언트 알고리즘  |
|---|
| 1. 사용자가 요청한 재생률 S를 설정<br>2. 수신된 CCP로부터 CID가 같으며 CV 값이 연속된 S개의 MID를 조사<br>3. 존재하면 해당 MID로 그룹 가입, 존재하지 않으면 HEN으로 요청 패킷을 S개 전송<br>4. 응답 패킷의 수신을 대기<br>5. 응답 패킷으로부터 해당 멀티캐스트 그룹으로 변경<br>6. 버퍼에 해당 데이터를 저장하여 재생        |
| HEN 알고리즘  |
| 1. 클라이언트로부터 요청패킷(CID, CV) 수신<br>2. MCP로부터 CID와 CV이 일치하는 멀티캐스트를 조사<br>3. 다른 HEN에 저장되어 있으면 해당 HEN으로 그룹 가입 요청한 후 단계 5로<br>4. 서버로부터 새로운 전송을 위하여 SA로 요청 패킷(CID, CV) 전송<br>5. 수신되는 멀티캐스트를 해당 클라이언트에게 전송<br>6. CCP 정보 갱신 |

를 위한 알고리즘을 보여주고 있다.

3.2 고속재생 및 고속역재생(Fast-Forward and Fast-Rewind)

고속재생 및 고속역재생 서비스는 복수개의 멀티캐스트 스트림을 수신하여 제공된다. 하나의 비디오 콘텐츠가 네트워크 상에 멀티캐스트 그룹 간격  $N_M$  마다 연속적으로 전송된다면 각각은 CID는 동일한 값을 갖으며 CV은  $N_M$  마다 1씩 증가된 값을 갖는다. 이러한 정보는 서버로부터 SA로 MCP 정보로 전송되며, SA는 이 정보를 HNET에 구성된 HEN들에게 전송한다. 또한 각 HEN들은 각 CID에 대한 MID와 CV들을 재취합하여 CCP를 사용하여 연결된 클라이언트들에게 전송한다. 따라서 서버로부터 전송중인 모든 멀티캐스트 정보는 HNET에 구성된 SA와 HEN들이 공유하게 되며, 클라이언트와 HEN은 하나의 콘텐츠에 대한 모든 전송 정보를 공유하게 된다. 클라이언트는 고속재생 및 고속역재생을 위하여 필요한 비디오 스트림의 전송여부를 알 수 있으며 MID를 이용하여 HEN에 멀티캐스트 그룹 가입을 요청하므로 HEN의 부하를 감소시킬 수 있다. <표 2>는 고속재생 및 고속역재생 알고리즘을 보여주고 있다.

<표 2> 고속재생 및 고속역재생 알고리즘

| 클라이언트 알고리즘  |
|---|
| 1. 사용자가 요청한 재생률 S를 설정<br>2. 수신된 CCP로부터 CID가 같으며 CV 값이 연속된 S개의 MID를 조사<br>3. 존재하면 해당 MID로 그룹 가입, 존재하지 않으면 HEN으로 요청 패킷을 S개 전송<br>4. 응답 패킷의 수신을 대기<br>5. 응답 패킷으로부터 해당 멀티캐스트 그룹으로 변경<br>6. 버퍼에 해당 데이터를 저장하여 재생        |
| HEN 알고리즘  |
| 1. 클라이언트로부터 요청패킷(CID, CV) 수신<br>2. MCP로부터 CID와 CV이 일치하는 멀티캐스트를 조사<br>3. 다른 HEN에 저장되어 있으면 해당 HEN으로 그룹 가입 요청한 후 단계 5로<br>4. 서버로부터 새로운 전송을 위하여 SA로 요청 패킷(CID, CV) 전송<br>5. 수신되는 멀티캐스트를 해당 클라이언트에게 전송<br>6. CCP 정보 갱신 |

4. 시뮬레이션 및 결과 분석

제안된 HNET과 BISM을 사용하여 대화형 VOD 시스템을 구성하였으며 다음과 같은 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 멀티캐스트 그룹간격  $N_M$ 은 1분으로 하였으며, 서버가 제공할 수 있는 N개의 콘텐츠 ID 가운데 i번째 비디오를 선택할 확률을 구하기 위하여 Zipf 분포를 사용하였으며 skew factor 0.85를 사용하였으며 식 (1)에서 보여주고 있다[12-15]. Zipf 분포를 사용하여 i번째 콘텐츠의 서비스 요청률은  $\lambda_i = \lambda \rho_i$ 이고, 여기서  $\rho_i = Z/i$ 이며 Poisson 분포

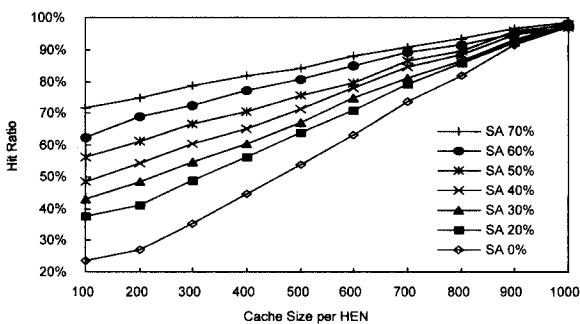
를 사용하였다.

$$P(i) = \frac{1}{i^z \sum_{j=1}^N \frac{1}{j^z}} \quad (1)$$

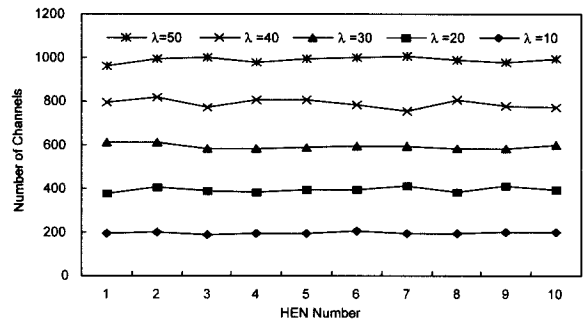
〈표 3〉 시뮬레이션 환경

| Parameter               | Default | Range     |
|-------------------------|---------|-----------|
| 비디오 수                   | 100     | 100~200   |
| 비디오 길이(분)               | 100     | N/A       |
| 서버 대역폭(스트림 수)           | 100     | 80~120    |
| HNET 대역폭(스트림 수)         | 500     | 100~3,000 |
| 클라이언트 수                 | 5,000   | N/A       |
| 요청률(요청수/분)              | 50      | 10~50     |
| SA에서 저장하는 비디오 수         | 0%      | 0%~70%    |
| HEN의 캐쉬 크기(분)           | 100     | 100~1,000 |
| HEN 수                   | 10      | 2~10      |
| VCR 수행 시간(분)            | 5       | N/A       |
| VCR 요청률(VCR 요청수/전체 요청수) | 10%     | N/A       |

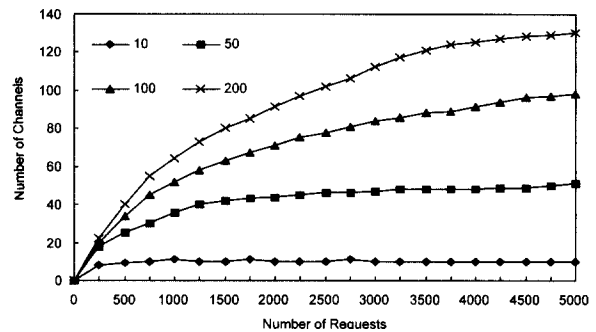
(그림 6)은 HEN과 SA에서의 평균 캐쉬 hit ratio를 보여 주고 있다. 이 경우 비디오의 수는 100, HEN의 수는 10, HEN 당 클라이언트 수는 500, 서버의 전송 대역폭은 100, HENT의 대역폭은 500, 분당 서비스 요청률은 50으로 하였다. HEN에 구현된 캐쉬의 크기가 100이며 SA에 캐쉬가 구현되지 않은 경우 전체 비디오 용량 중의 10%를 HEN이 저장하고 있지만 캐쉬 hit ratio는 약 23% 정도를 나타내고 있다. 이것은 인기 있는 비디오에 대한 서비스 요청이 인기 없는 비디오에 비하여 상대적으로 높은 빈도를 나타내기 때문이다. (그림 7)은 유니캐스트 전송방식을 사용하는 경우 각 서비스 요청률에 대하여 각 HEN에서의 전송 채널의 수를 보여주고 있다. 각 HEN에서의 전송 채널의 수가 약간의 편차를 보이는 것은 인기 없는 비디오를 요청하는 클라이언트가 많지 않기 때문에 해당 비디오에 대한 전송이 전체 HEN에서 이루어지는 것이 아니라 요청이 발생한 HEN에서만 수행되기 때문이다.



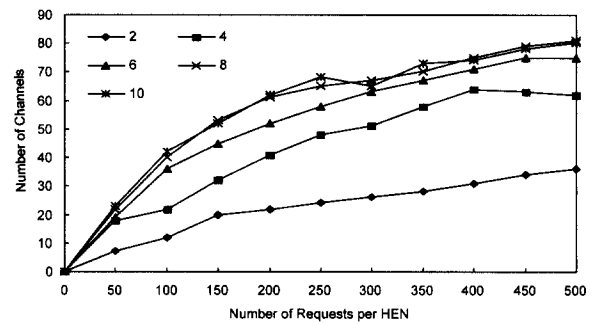
(그림 6) HEN의 캐쉬 크기에 따른 HEN과 SA에서의 캐쉬 hit ratio



(그림 7) 요청률에 따른 각 HEN에서의 전송 채널의 수



(그림 8) 비디오 수에 따른 HEN에서의 전송 필요채널 수



(그림 9) HEN의 수에 따른 전송 필요채널 수

(그림 8)과 (그림 9)는 멀티캐스트 전송 방식을 사용하는 경우 BISM 방식과 HNET을 사용한 경우의 필요 전송 채널의 수를 보여주고 있다. (그림 8)은 하나의 SA와 10개의 HEN로 구성된 HNET에서 서버는 10부터 200개의 비디오 콘텐츠를 저장하고 있으며 각 HEN은 10부터 200개의 멀티캐스트 비디오 스트림을 저장하는 경우에 대한 전송채널 수를 보여주고 있다. HNET을 구성한 경우 하나의 비디오 콘텐츠는 서버로부터 한번만 전송이 되며 HNET의 각 HEN에 분산 저장된다. 측정된 채널의 수는 각 HEN들에서 전송에 사용되는 채널의 평균치를 구한 것이다. 사용자들이 요청하는 비디오의 수가 10개부터 200개로 증가하면서 전송에 필요한 채널의 수는 비디오의 증가분보다 적게 증가되는 것을 알 수가 있다. (그림 9)는 HNET에 구성된 HEN들에 구현된 캐쉬의 전체 크기를 2000으로 고정된 후, 각 HEN에서의 전송

채널 수를 보여주고 있다. HEN 수가 2인 경우 각 HEN은 1000개의 멀티캐스트 스트림을 저장할 수 있는 캐쉬 용량을 갖으며, HEN 수가 10인 경우는 각 HEN이 200개의 멀티캐스트 스트림을 저장할 수 있다. 결과는 전송에 필요한 채널의 수는 서버에서 제공되는 비디오 콘텐츠의 수에 근접함을 보여주고 있다. 이것은 클라이언트의 요청이 있으면 해당 HEN들에게 데이터가 분산 저장되므로 구성된 HEN들의 부하가 균등하게 발생하는 것을 뜻한다. 구성된 HEN의 수가 적게 되면 각 HEN에 저장되는 비디오 콘텐츠가 증가하여 다수의 사용자들을 하나의 멀티캐스트 그룹으로 전송할 수 있기 때문에 전송 채널의 수가 감소하게 된다. 그러나 이 경우 HEN의 수가 많은 경우와 비교하여 상대적으로 많은 요청을 처리하여야 하기 때문에 큰 부하를 갖는 문제점을 갖고 있다.

## 5. 결 론

VOD 시스템은 고용량의 비디오 콘텐츠를 다수의 사용자들에게 실시간적으로 전송하여야 하기 때문에 큰 네트워크 대역폭을 필요로 하고 있다. 따라서 대화형 VCR 서비스는 전송채널의 여유가 있는 경우에 제공하거나 낮은 품질의 비연속적인 서비스로 제공하게 된다. 따라서 본 논문에서는 전송 채널의 사용을 최소화하기 위하여 SA와 HEN으로 구성되는 HNET 및 클라이언트 버퍼 시스템인 BISM을 제안하였다. 제안된 방식은 서버로부터의 전송을 최소화하기 위하여 전송되는 비디오 스트림을 HEN들에게 분산 저장하여 사용하며, 전송중이거나 HEN에 저장된 비디오 콘텐츠에 대한 정보를 SA, HEN 그리고 클라이언트들이 서로 공유하여 서비스 대기시간을 최소화하도록 하였다. HENT은 서비스를 요청하는 클라이언트의 수와는 무관하게 서버로부터 비디오 당 한 개의 채널만을 사용하여 스트림을 전송 받기 때문에 서버의 입장에서 보면 하나의 HENT은 각 비디오에 대한 하나의 클라이언트로 간주되므로, 동시 사용자의 수는 각 HNET에 구성된 클라이언트들의 합만큼 증대될 수 있다. 또한 비디오 콘텐츠는 HEN들 사이에 분산 저장되어 사용되기 때문에 각 HEN의 부하 및 네트워크 트래픽이 균등하게 발생되므로 트래픽의 집중화 현상을 개선할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] B. Amin-Sagglehi, G. D. Flinchbaugh, L. R. Pate, "Implications of New Network Services on BISDN Capabilities," In Proc IEEE INFOCOM, pp. 1038-1045, San Francisco, CA, 1990.
- [2] T. Little, D. Venkatesh, "Prospects for Interactive Video-on-Demand," IEEE Multimedia, pp.14-23, Fall, 1994.
- [3] K. Almeroth, 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] Kien A. Hua, Ying Cai, Simon Sheu, "Patching : A Multicast Technique for True Video-on-Demand Services," ACM Multimedia '98, Bristol, UK, pp.191-200, 1998.
- [5] S. Sheu, Kien. A. Hua, 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.
- [6] J. Pasquale, G. Polyzos, G. Xylomenos, "The Multimedia Multicasting Problem," ACM Multimedia Systems, Vol.6, No.1, 1998.
- [7] K. Almeroth, M. Ammar, "Providing a scalable, interactive Video-on-Demand Service using multicast communication," In ICCCN '94, San Francisco, CA, September, 1994.
- [8] H. J. Chen, A. Krishnamruthy, D. Venkatesh, T. D. C. Little, "A Scalable Video-on-Demand Service for the Provision of VCR-like Functions," Proc. 2nd IEEE Int'l Conf. On Multimedia Computing and System, Washington D. C, pp.65-72, May, 1995.
- [9] A. Mahanti, C. Williamson, "Web Proxy Workload Characterization," Technical Report Univ. of Saskatchewan, Feb., 1999.
- [10] R. Rajaie, M. Handley, H. Yu, D. Estrin, "Proxy caching mechanism for multimedia playback streams in Internet," in 4th Int'l WWW Caching Workshop, Mar., 1999.
- [11] Backhyun Kim, Seungchan Moon, Iksoo Kim, 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, June, 1999.
- [12] M. Arlitt, C. Williamson, "Trace-driven simulation of document caching strategies for Internet Web Server," Simulation Journal 68, pp.23-33, Jan., 1997.
- [13] Carey Williamson, "On Filter Effects in Web Caching Hierarchies," ACM Transactions on Internet Technology, Vol.2, No.1, pp.47-77, Feb., 2002.
- [14] L. Breslau, P. Cao, L. Fan, G. Phillips, S. Shenker, "Web Caching and Zipf-like Distributions : Evidence and Implications," in Proceeding of the Conference on Computer Communications(IEEE Infocom), New York, Mar., 1999.
- [15] P. Cao, S. Irani, "Cost-aware WWW Proxy Caching Algorithms," In Proceeding of the 1997 USENIX Symposium on Internet Technology and Systems, pp.193-206, Dec., 1997.

### 김 백 현

e-mail : hidesky24@incheon.ac.kr  
1993년 인천대학교 정보통신공학과(공학사)  
1993년~1997년 삼성전자 전임연구원  
2001년 인천대학교 정보통신공학과 대학원  
(공학석사)  
2000년~2002년 PNP네트워크 선임연구원

2003년~현재 인천대학교 정보통신공학과 대학원 박사과정  
관심분야 : Multicast, QoS, 분산처리, 멀티미디어

### 황 태 준

e-mail : tjhwang@incheon.ac.kr  
1997년 인천대학교 전자계산학과(공학사)  
1999년 인천대학교 전자계산학과 대학원  
(공학석사)  
1999년~2001년 인천대학교 정보통신공학과  
대학원 박사과정 수료

관심분야 : Multicast, VOD, Webcaching, 데이터베이스, 멀티미디어

### 김 익 수

e-mail : iskim@incheon.ac.kr  
1977년 동국대학교 전자공학과(공학사)  
1981년 동국대학교 전자공학과 대학원  
(공학석사)  
1985년 동국대학교 전자공학과 대학원  
(공학박사)

1988년~현재 인천대학교 정보통신공학과 교수  
1993년~1994년 North Carolina State Univ. 객원교수  
2004년~2005년 California State University Sacramento 객원교수  
관심분야 : Multicast, Network, VOD, Webcaching