

원활한 채널 변경을 지원하는 효율적인 IPTV 채널 관리 알고리즘

준회원 주 현 철*, 정회원 송 황 준*

Effective IPTV Channel Control Algorithm Supporting Smooth Channel Zapping

HyunChul Joo* Associate Member, Hwangjun Song* Regular Member

요 약

본 논문은 IPTV 서비스를 제공함에 있어, 네트워크 효율성과 채널 변경 지연을 고려하는 효과적인 채널 관리 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 각 채널의 타입과 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 삽입할 부가적인 인트라 프레임의 개수를 조절하여, 각 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연이 임계값 이하가 되도록 하면서 IPTV 서비스 관련 네트워크 대역폭 사용량을 최소화한다. 실험 결과에서 제안하는 알고리즘의 성능을 보인다.

Key Words : IPTV, Channel zapping time, Network utilization, Broadcasting service system

ABSTRACT

This paper presents an effective IPTV channel control algorithm considering network utilization and channel zapping time. The proposed algorithm keeps maximum average channel zapping time of each subscriber in the tolerable range with low network bandwidth usage by adjusting the type of each channel and the number of additional intra frames inserted into each channel. Finally, experimental results are provided to show the performance of the proposed algorithm.

1. 서 론

통신 및 인터넷 기술의 발달로 인해 하나의 가입자 회선 상에서 방송, 전화 및 데이터를 동시에 전송할 수 있는 TPS (Triple Play Service)가 등장하게 되었다. 이러한 TPS는 다양한 서비스를 하나의 가입자 회선을 통해 패키지 형태로 사용자에게 제공할 수 있다는 점에서 그 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 이러한 서비스 제공 업체들도 증가하는 추세이다.^[1,2] 이러한 TPS 서비스 중 대표적인 것이 IPTV (Internet Protocol TeleVision) 서비스이다. IPTV 서비스는 기존의 인터넷 통신망을 통해 방송

서비스를 제공하는 것으로서, 케이블, 위성, 지상파 방송과 같은 기존의 방송 서비스와 비교하여 네트워크 자원 사용면에서 효율적이다. 그림 1 (a)에서 볼 수 있듯이 기존의 방송 서비스는 사용자들의 요구에 관계없이 모든 채널들이 항상 셋톱박스에게 전송되어야 하므로, 불필요한 대역폭 낭비가 발생한다. 반면 IPTV 서비스는 그림 1 (b)와 같이 IP 멀티캐스트 기술을 이용하여 사용자들의 요청에 의한 채널만을 셋톱박스에게 전송하는 구조이다. 이로 인해 네트워크 자원을 효율적으로 사용하고 부족한 가입자 회선의 대역폭 문제를 해소할 수 있으나, 선택된 채널이 사용자 단말기에 출력되기까지의 지연

※ “본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음”(NIPA-2010-C1090-1011-0010)

* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 멀티미디어 통신/네트워킹 연구실(chul1978@postech.ac.kr, hwangjun@postech.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-06-232, 접수일자 : 2009년 6월 2일, 최종논문접수일자 : 2010년 3월 5일

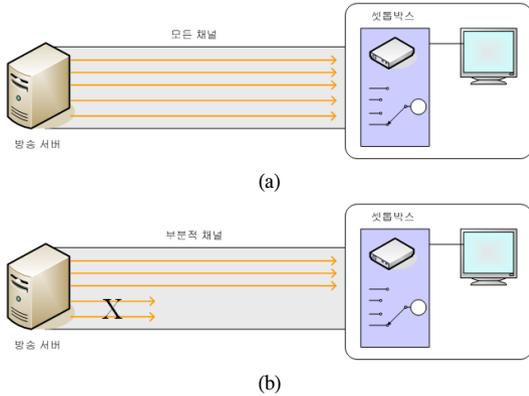


그림 1. 방송 서비스 비교: (a) 기존 방송 서비스 (b) IPTV 서비스

이 필연적으로 발생한다.^[3,4]

IPTV 서비스 보급에 있어, 이러한 채널 변경 지연을 줄이는 것은 중요한 문제이며, 몇 가지 효과적인 알고리즘들이 제시되었다. [5]의 논문은 사용자가 현재 시청하고 있는 채널 이외에 일정 개수의 인접한 채널들을 셋톱박스에게 미리 보내줌으로써, 채널 변경 지연을 줄일 수 있는 메커니즘을 제시하였다. 즉, 사용자가 현재 시청하고 있는 채널의 인접 채널을 요청 시, 사용자는 지연 없이 요청한 인접 채널을 시청할 수 있다. [6]의 저자는 사용자의 임의 채널 변경에 대한 지연을 줄일 수 있는 시스템을 제안하였다. 셋톱박스는 사용자가 시청하게 될 예상 채널 정보를 시청률 수집 서버로의 질의를 통해 얻어내고, 응답으로 얻어낸 채널들의 멀티캐스트 그룹에 미리 가입을 한다. SFCS (Synchronization Frames for Channel Switching) [7]에서는 GOP (Group Of Pictures) 부호화와 비교하여 동기화 프레임의 수를 줄임으로써, 대역폭 효율을 높일 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 디코딩 지연을 줄이기 위해 동기화 프레임의 빈도수를 조절할 수 있다.

본 논문에서는 각 채널의 타입과 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 삽입할 부가적인 인트라 프레임의 개수를 조절하여 각 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연이 임계값 이하가 되도록 하면서 네트워크 대역폭 사용량을 최소화하는 효율적인 채널 관리 알고리즘을 제안한다.

II. 본 론

본 논문에서 고려하는 IPTV 서비스 구조는 그림

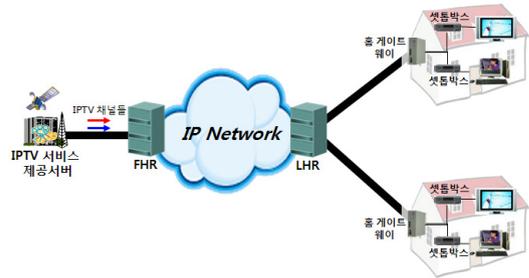


그림 2. IPTV 서비스 구조

2와 같다. IPTV 서비스 제공 서버는 모든 채널을 외부 콘텐츠 공급자로부터 수신하며, 네트워크의 효율성을 높이기 위해 IP 멀티캐스트 기술을 이용하여 사용자들의 요청에 의한 채널들만을 전송한다. 홈 게이트웨이는 대내의 셋톱박스들과 액세스 네트워크사이의 중계자 역할을 담당하며, 대내의 채널을 관리하는 기능을 수행한다. 셋톱박스는 사용자 단말기와 홈 게이트웨이 사이에 연결되어, 홈 게이트웨이로부터 수신한 채널을 버퍼링 및 디코딩 과정을 거쳐 사용자 단말기로 영상 서비스를 제공하는 기능을 수행한다. 사용자들과 IPTV 서비스 제공 서버에서 가장 가까이 위치한 IP 멀티캐스트를 지원하는 경계 라우터를 각각 LHR (Last Hop Router), FHR (First Hop Router)이라 한다.

2.1 채널 변경 지연

채널 변경 지연은 크게 명령어 처리 지연, 네트워크 지연, 셋톱박스 지터 버퍼 지연 및 디코딩 지연으로 구성된다. 명령어 처리 지연은 사용자가 채널 변경을 위해 리모트 컨트롤러를 통해 해당 채널을 선택한 시점부터 셋톱박스가 채널 요청 메시지를 네트워크상으로 전송하기까지의 지연이며, 네트워크 지연은 요청된 채널의 첫 번째 패킷을 셋톱박스에서 수신하기까지의 지연을 의미한다. 셋톱박스 지터 버퍼 지연은 네트워크상에서 부가된 지터를 제거하기 위한 초기 버퍼링 지연이다. 영상 데이터는 GOP 내 인트라 프레임의 디코딩 없이 GOP 내 다른 인트라 프레임들을 디코딩할 수 없으므로, 채널 변경 시 인트라 프레임을 수신하기 위한 디코딩 지연이 필연적으로 발생한다.^[3]

채널 변경 과정의 일련의 예는 그림 3과 같다. 1번 채널을 수신하고 있는 사용자가 리모트 컨트롤러를 이용하여 2번 채널로의 채널 변경을 요청한다고 가정한다. 셋톱박스는 사용자의 채널 변경 요청에 상응하여 1번 채널에 대한 IGMP (Internet

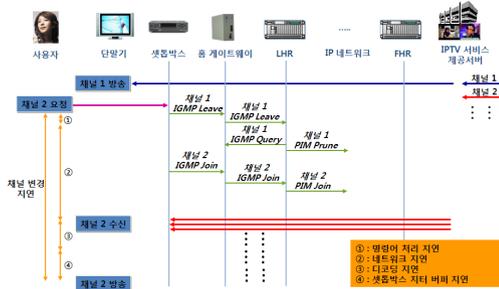


그림 3. 채널 변경 과정

Group Management Protocol) 탈퇴 (Leave) 메시지를 홈 게이트웨이에게 전송한다. 홈 게이트웨이는 1번 채널에 대한 IGMP 탈퇴 메시지를 전송한 셋톱박스로의 해당 채널 전송을 멈추고, 대신에 해당 채널을 수신하는 다른 사용자가 없을 경우 IGMP 탈퇴 메시지를 LHR에게 전달한다. 이 후, IGMP 탈퇴 메시지를 수신한 LHR은 IGMP 그룹 지정 질의 (Group-Specific Query) 메시지를 자신이 관리하는 모든 홈 게이트웨이에게 전송하며, 일정시간 동안 어떠한 응답도 수신되지 않는 경우 상위 라우터로 PIM Prune 메시지를 연계해가며 1번 채널에 대한 그룹 탈퇴를 수행한다. 한편, 2번 채널에 대한 가입을 위해 셋톱박스가 2번 채널에 대한 IGMP 가입 (Join) 메시지를 홈 게이트웨이에게 전송한다. 홈 게이트웨이는 해당 채널을 이미 수신하는 경우 2번 채널에 대한 가입을 요청한 셋톱박스에게 해당 채널을 전송하며, 그렇지 않은 경우 IGMP 가입 메시지를 LHR에게 전달한다. IGMP 가입 메시지를 수신한 LHR은 이미 2번 채널을 수신하고 있는 경우 해당 홈 게이트웨이에게 2번 채널을 전송하며, 그렇지 않은 경우 상위 라우터로 PIM Join 메시지를 연계해가며 2번 채널에 대한 그룹 가입을 시도한다. 이러한 과정을 통해 사용자의 채널 변경 요청에 상응하여 요청된 채널이 셋톱박스에게 수신되며, 수신된 채널은 버퍼링 및 디코딩 과정을 거쳐 사용자 단말기에 출력된다. 본 논문에서는 채널 변경 지연 요소 중 상당한 비중을 차지하는 네트워크 지연과 디코딩 지연을 줄이는 방법을 제공한다.

2.2 채널 타입과 부가적인 인트라 프레임

네트워크 지연을 기반으로 채널 타입은 정적 채널과 동적 채널로 분류할 수 있다. 정적 채널은 사용자들의 해당 채널의 시청여부와 상관없이 사용자들과 가장 가까이 위치한 멀티캐스트를 지원하는

경계 라우터인 LHR에 미리 전송되는 채널을 의미한다. 해당 정적 채널을 사용자가 요청할 경우 네트워크 지연은 작지만, 어떠한 사용자도 해당 채널을 시청하지 않는 경우 네트워크 대역폭의 낭비를 야기한다. 동적 채널은 IPTV 서비스 제공 서버에 인접한 경계 라우터인 FHR까지만 전송되며, 사용자의 요청에 의해 IP 멀티캐스트 기술을 이용하여 해당 채널을 사용자에게 전송한다. 동적 채널은 네트워크 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있으나, 사용자가 해당 채널을 요청하는 경우 긴 네트워크 지연이 발생할 수 있다.

디코딩 지연은 인코딩 구조와 관련되어 있으며, 최대 디코딩 지연은 GOP의 크기이다. 본 논문에서는 디코딩 지연을 줄이기 위해서 각 채널을 일반적인 스트림과 빠른 채널 전환 스트림으로 구성한다.^[8] 그림 4와 같이 인코더는 일반적인 스트림 상에서 GOP 내 일부 인트라 프레임에 해당하는 화면에 대해 부가적으로 인트라 프레임을 생성하여 빠른 채널 전환 스트림을 구성한다. 이 때, 빠른 채널 전환 스트림 상에서의 부가적인 인트라 프레임은 일반적인 스트림 상에서의 인트라 프레임에 비해 QP (Quantization Parameter) 값을 높게 설정함으로써 비트율을 낮춘다. 이 후, 두 개의 스트림은 하나의 멀티캐스트 그룹을 형성하며 IP 멀티캐스트 형태로 셋톱박스에게 전달된다. 셋톱박스는 변경한 채널에 대해 일반적인 스트림 상의 인트라 프레임을 기다릴 필요 없이 빠른 채널 전환 스트림 상의 부가적인 인트라 프레임을 이용하여 이 후 일반적인 스트림 상의 인트라 프레임들에 대해 디코딩을 수행할 수 있으므로 디코딩 지연을 감소시킬 수 있다. 물론, 빠른 채널 전환 스트림 상의 낮은 비트율의 인트라 프레임은 원 화면과의 오차로 인해 화질 열화가 발생할 수 있으나, 일반적인 스트림상의 인트라 프레

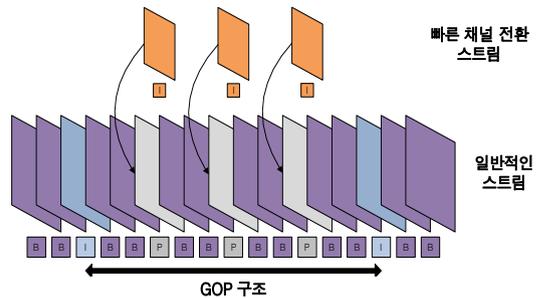


그림 4. 영상 스트림 구성

임을 수신한 시점부터는 이와 같은 문제는 제거된다.

2.3 문제 정의

하나의 LHR에 의해 관리되는 클러스터 내에서 N 명의 사용자에게 M 개의 채널로 구성된 IPTV 서비스가 제공되며, 사용자들은 채널을 독립적으로 선택한다고 가정한다. 일반적인 스트림과 빠른 채널 전환 스트림 상의 영상 데이터 전송 시 요구되는 대역폭을 나타내는 벡터를 각각 $\overrightarrow{BW}=(BW_1, BW_2, \dots, BW_M)$ 와 $\overrightarrow{BW}^I=(BW_1^I, BW_2^I, \dots, BW_M^I)$ 로 표기한다. BW_j 와 BW_j^I 는 각각 j 번째 채널에 대한 일반적인 스트림과 빠른 채널 전환 스트림 상에서 요구되는 대역폭을 의미한다. 빠른 채널 전환 스트림은 일반적인 스트림 상에서 GOP 구간 내 일정 간격에 위치하는 일부 인터 프레임들에 해당하는 화면에 대해 동일한 비트율 R_I 로 인코딩된 부가적인 인트라 프레임들로 구성된다고 가정하면, BW_j^I 는 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$BW_j^I = \frac{n_j^I \cdot R_I}{T_{gop}}, \quad (1)$$

$n_j^I (0 \leq n_j^I \leq N_{ocs}^I)$ 는 GOP 구간 동안 j 번째 채널의 빠른 채널 전환 스트림 내 삽입되는 부가적인 인트라 프레임의 개수이고, N_{ocs}^I 는 GOP 구간 동안 빠른 채널 전환 스트림 내 삽입될 수 있는 부가적인 인트라 프레임의 최대 개수이고, T_{gop} 는 GOP의 시간 간격을 의미한다. i 번째 사용자의 채널 선호도 벡터는 $\vec{p}_i=(p_i^1, p_i^2, \dots, p_i^M)$ 로 표기하며, p_i^j 는 i 번째 사용자의 j 번째 채널에 대한 선호도를 나타낸다. p_i^j 는 아래 식과 같이 고정 시간 간격동안 i 번째 사용자가 j 번째 채널을 얼마동안 시청하였는지에 대한 비율을 N 으로 정규화한 값을 사용하며, $\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N p_i^j = 1$ 와 $\sum_{j=1}^M p_i^j = \frac{1}{N}$ 관계가 성립한다.

$$p_i^j \approx \frac{t_i^j}{N \cdot T_{update}}, \quad (2)$$

T_{update} 는 고정 시간 간격이고, t_i^j 는 고정 시간 간격 동안 i 번째 사용자가 j 번째 채널을 시청한 시간이다. 앞서 설명했듯이, 정적 채널의 경우 항상 LHR까지 전송되는 채널이며, 동적 채널의 경우

FHR에 위치하고 사용자의 요청에 의해 전송되는 채널이므로, 각 채널의 채널 타입과 최대 네트워크 지연을 나타내는 벡터 $\vec{s}=(s_1, s_2, \dots, s_M)$ 와 $\vec{d}=(d_1, d_2, \dots, d_M)$ 는 아래와 같이 정의한다.

$$s_j = \begin{cases} 1 : j\text{번째 채널이 정적 채널인 경우} \\ \sum_{i=1}^N p_i^j : j\text{번째 채널이 동적 채널인 경우} \end{cases}$$

$$d_j = \begin{cases} d_{static} : j\text{번째 채널이 정적 채널인 경우} \\ d_{dynamic} : j\text{번째 채널이 동적 채널인 경우} \end{cases}$$

$d_{dynamic}$ 과 d_{static} 은 각각 인터넷 상에서 FHR과 LHR에 위치한 채널을 요청한 경우 발생하는 네트워크 지연을 의미하며, $d_{dynamic}$ 은 d_{static} 에 비해 상대적으로 매우 길다. 일반적인 스트림 상의 인트라 프레임 또는 빠른 채널 전환 스트림상의 부가적인 인트라 프레임을 기점으로 디코딩을 수행할 수 있으므로, 각 채널의 최대 디코딩 지연을 나타내는 벡터 $\vec{d}^I=(d_1^I, d_2^I, \dots, d_M^I)$ 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$d_j^I = \frac{T_{gop}}{(n_j^I + 1)}, \quad (3)$$

본 논문은 각 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연이 임계값 이하가 되도록 하면서 IPTV 서비스 관련 네트워크 대역폭 사용량을 최소화하는 것을 목적으로 하므로 다음과 같이 정의할 수 있다.

문제 정의: (5) 식을 만족하면서 (4) 식을 최소화 하는 각 채널의 타입 ($\vec{s}=(s_1, s_2, \dots, s_M)$)과 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 삽입할 부가적인 인트라 프레임의 개수 ($\vec{n}=(n_1^I, n_2^I, \dots, n_M^I)$) 결정하기.

$$(\overrightarrow{BW} + \overrightarrow{BW}^I) \cdot \vec{s}, \quad (4)$$

$$(\vec{d} + \vec{d}^I) \cdot (N \cdot \vec{p}_i) \leq D_{MAX} \text{ for } 1 \leq i \leq N, \quad (5)$$

• 는 벡터의 내적이고, D_{MAX} 는 최대 평균 채널 변경 지연의 임계값이다.

2.4 제안하는 채널 관리 알고리즘

그림 5와 같이 IPTV 서비스 제공 서버는 크게 연산부, 인코더, 데이터 전송부로 구성된다. 연산부

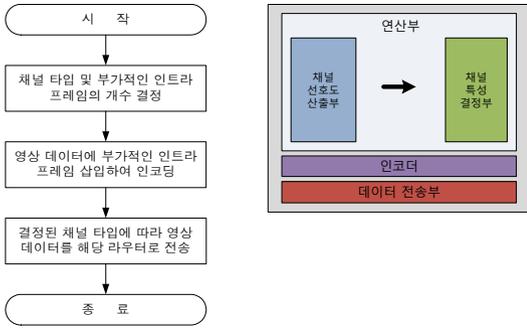


그림 5. IPTV 서비스 제공 서버의 기능

는 채널 선호도 산출부에 제공되는 각 사용자의 채널 선호도 정보를 기반으로 (5) 식의 제약사항을 만족하면서 (4) 식을 최소화하는 각 채널의 타입 및 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 삽입할 부가적인 인트라 프레임의 개수를 결정한다. 인코더는 연산부에서 결정된 개수만큼의 부가적인 인트라 프레임을 해당 영상 데이터에 삽입하여 영상 데이터를 인코딩한다. 데이터 전송부는 연산부에 의해 결정된 각 채널 타입에 따라 인코딩된 영상 데이터를 사용자 단말기에 인접한 LHR 또는 IPTV 서비스 제공 서버에 인접한 FHR에 전송한다.

위의 문제 정의에 대한 최적 해를 제공해주기 위해 전역 탐색 기반의 알고리즘을 적용하는 것은 $O(2(N_{cs}^I + 1)^M)$ 의 높은 계산 복잡도를 요구한다. 본 논문에서는 $O(\{2(N_{cs}^I + 1) * M\}^2)$ 의 낮은 계산 복잡도로 근사해를 구할 수 있는 유틸리티 기반의 채널 제어 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘의 기본적인 동작과정은 각 채널을 정적 채널로 하거나 각 채널에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 개수를 증가시킬 경우, 요구되는 IPTV 서비스 관련 네트워크 대역폭의 증가량에 대해 전체 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연의 감소량을 최대로 하는 채널 특성 (\vec{s}, \vec{n}) 을 (5) 식의 제약 조건을 만족할 때까지 반복적으로 찾아낸다. 아래에서 제안하는 알고리즘의 세부적인 각 단계를 기술한다.

단계 1. 초기 채널 특성은 모든 채널의 타입을 동적 채널로 설정하고, 각 채널에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 개수는 0으로 설정한다.

단계 2. 초기 채널 특성에서의 $Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n})$ 값을 계산한다. $Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n})$ 는 전체 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연이 임계값을 넘어서는 정도를 나타내며 아래와 같은 관계를 갖는다. 계산된

값이 0인 경우, 초기 채널 특성을 기준으로 각 채널의 타입 및 각 채널에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 개수를 결정한다.

$$Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n}) = \sum_{i=1}^N MAX\{0, (\vec{d} + \vec{d}^I) \cdot (N \cdot \vec{p}_i) - D_{MAX}\} \quad (6)$$

단계 3. 현재 채널 특성에서 채널 특성을 변경시키면서, 이에 해당하는 유틸리티 값을 아래의 식을 통해 산출한다. $\Delta Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n})$ 와 $\Delta BW(\vec{s}, \vec{n})$ 는 각각 채널 특성 변화로 인해 변경되는 $Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n})$ 값의 감소량과 (4) 식의 증가량을 의미한다.

$$Utility(\vec{s}, \vec{n}) = \Delta Delay_{over}(\vec{s}, \vec{n}) / \Delta BW(\vec{s}, \vec{n})$$

for $0 \leq n_j^I \leq N_{cs}^I$ and $s_j = \sum_{i=1}^N p_i^j$ or 1, (7)

단계 4. 유틸리티 값을 0으로 만드는 채널 특성이 존재하는지를 판단한다. 유틸리티 값을 0으로 만드는 채널 특성들이 존재하는 경우, 그 중 (4) 식이 최소가 되는 채널 특성을 기준으로 각 채널의 타입 및 각 채널에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 개수를 결정한다. 유틸리티 값을 0으로 만드는 채널 특성이 존재하지 않는 경우, 현재 채널 특성을 유틸리티 값이 최대인 채널 특성으로 갱신하고 단계 3으로 되돌아간다.

III. 실험결과

이 절에서는 제안하는 알고리즘의 성능 평가에 대한 결과를 기술한다. 실험환경은 OPNET [9]을 사용하여 구현하였고, 최대 평균 채널 변경 지연과 코어 네트워크상의 대역폭 사용량이 알고리즘의 성능을 평가하는 척도로서 사용되었다. 코어 네트워크와 액세스 네트워크의 링크 대역폭은 각각 1 Gbps, 100 Mbps로 설정하였고, IP 네트워크상에 단방향 지연은 0.6 sec이며, 액세스 네트워크 내의 사용자 수는 20 명으로 설정하였다. 각 채널을 통해 제공되는 영상 데이터는 30 fps (Frames Per Second)로 인코딩되었고, 인코딩 구조는 IBBPBBPBBPBB이다. 채널들은 영상 화질을 기반으로 SDTV 채널 그룹과 HDTV 채널 그룹으로 분류되며, 해당 채널 그룹의 대역폭은 각각 4.12 Mbps, 12.06 Mbps이다.

영상 데이터에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 크기는 25000 byte로 동일하며, 하나의 GOP 내에 삽입될 부가적인 인트라 프레임의 최대 개수는 3으로 설정하였다. 각 사용자의 채널 요청 사이의 시간 간격은 포아송 (Poisson) 분포를 따르며, λ (Request Rate)는 1/30 (Number of Requests Per Second)로 설정하였다. 각 사용자의 채널 선호도는 균등 (Uniform) 또는 지프 (Zipf) 분포를 따르며, 지프 분포일 경우 θ (Skew Factor)는 1.0으로 설정하였다. HDTV 채널의 선호도를 SDTV 채널의 선호도보다 다소 높게 설정하였으며, 각 사용자마다 같은 채널 선호도 경향을 보이더라도 채널 번호는 다소 다를 수 있다.

3.1 전역 탐색 기반의 알고리즘과 유틸리티 기반의 알고리즘 성능 비교

전역 탐색 기반의 알고리즘은 채널 수가 증가함에 따라 계산 복잡도가 지수적으로 증가하므로, 실험의 간편함을 위해 사용자의 채널 선호도는 균등 분포를 따르고, 상대적으로 적은 5개의 채널들로 실험을 진행하였다. 실험에서, 1번 채널은 HDTV 채널이고, 2번 채널부터 5번 채널까지는 SDTV 채널이다. 표 1에서 알 수 있듯이, 두 알고리즘은 임계치가 감소함에 따라 (5) 식의 제약사항을 만족시키기 위해 정적 채널의 수와 채널에 삽입되는 부가적인 인트라 프레임의 수가 증가하고 있음을 알 수 있다. 임계치가 1.4, 1.5일 때, 다소 차이를 보이더라도 두 알고리즘의 성능은 전반적으로 유사하다. 반면에 유틸리티 기반의 알고리즘은 전역 탐색 기반의 알고리즘보다 계산 복잡도 측면에서는 개선된 성능을 보임을 확인할 수 있었다. (관측된 전역 탐

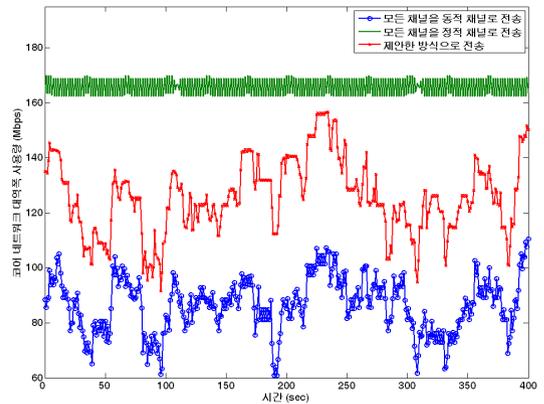
표 1. 임계값에 따른 전역 탐색 기반의 알고리즘과 유틸리티 기반의 알고리즘의 성능 비교 (괄호안의 인자는 해당 채널에 삽입되는 부가적인 인트라 프레임 수를 의미한다).

알고리즘		D_{MAX}							
		1.6 sec	1.5 sec	1.4 sec	1.1 sec	0.9 sec	0.7 sec	0.5 sec	0.3 sec
전역 탐색 기반	정적 채널 번호	none	none	none	2	2,3	2,3,5	2,3,4,5	1,2,3,4,5
	부가적인 인트라 프레임 수	1(1)	1(1) 2(2) 3(1)	1(1) 2(2) 3(2) 4(1) 5(1)	1(3) 2(2) 3(3) 4(3) 5(2)	1(3) 2(1) 3(1) 4(2) 5(2)	1(2) 2(1) 3(1) 4(1) 5(1)	1(2) 2(1) 3(1) 4(1)	1(2) 2(1) 3(1)
유틸리티 기반	정적 채널 번호	none	2	2	2	2,3	2,3,4	2,3,4,5	1,2,3,4,5
	부가적인 인트라 프레임 수	1(1)	none	none	1(3) 2(2) 3(3) 4(3) 5(3)	1(3) 2(1) 3(1) 4(3) 5(3)	1(3) 2(2) 3(1) 4(3) 5(3)	1(3) 2(1) 3(1) 4(1)	2(1) 3(1) 4(1) 5(1)

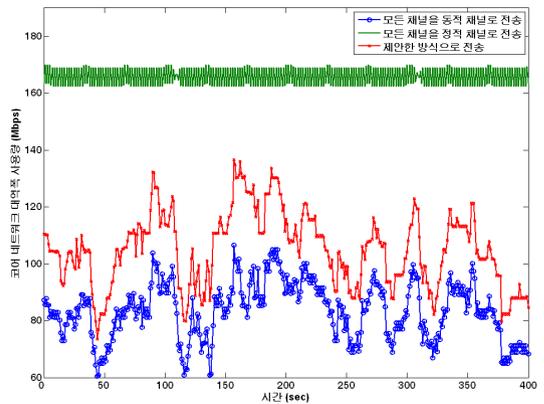
색 기반의 알고리즘과 유틸리티 기반의 알고리즘의 CPU 시간은 각각 5.953, 0.001 초이다.)

3.2 유틸리티 기반의 알고리즘 성능 분석

유틸리티 기반의 알고리즘의 성능을 실험하기 위해 전체 채널 30개 중에서 1번, 5번, 10번, 20번 및 30번 채널들은 HDTV 채널로 설정하고, 나머지 채널들은 SDTV 채널로 설정하였으며, 각 사용자의 채널 선호도는 균등 또는 지프 분포를 따르며, 임계값은 1.0 sec로 설정하였다. 해당 결과가 표 2와 그림 6에 기술되어 있다. 표에서 볼 수 있듯이, 사용자의 채널 선호도가 균등 분포를 따를 때 모든 채널이 동적 채널인 경우 네트워크 효율성은 가장 좋으나, 최대 평균 채널 변경 지연이 임계값을 넘어서는 사용자가 존재한다. 모든 채널이 정적 채널인 경우 채널 변경 지연은 가장 좋은 성능을 보이나, 네트워크 효율성은 감소함을 알 수 있다. 반면 제한한 알고리



(a)



(b)

그림 6. 전송방식에 따른 대역폭 사용량 비교: (a)균등 분포 (b)지프 분포

표 2. 전송방식에 따른 성능 비교

전송방식 채널 선호도		모든 채널을 동적 채널로 전송	모든 채널을 정적 채널로 전송	제한한 방식으로 전송
		평균 대역폭 사용량	86.492 Mbps	165.804 Mbps
균등 분포	최대 채널 평균 지연	1.177 sec	0.271 sec	0.939 sec
	평균 대역폭 사용량	83.478 Mbps	165.804 Mbps	104.993 Mbps
지프 분포	최대 채널 평균 지연	1.133 sec	0.272 sec	0.917 sec

즘의 경우, 각 사용자의 채널 선호도를 기반으로 하여 각 채널의 타입을 결정하고, 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 추가적인 인트라 프레임을 삽입함으로써, 모든 채널이 정적 채널인 경우와 비교하여 24%의 대역폭을 절감하며 각 사용자의 최대 평균 채널 변경 지연도 임계값 이하로 만들 수 있음을 알 수 있다. 한편, 사용자의 채널 선호도가 지프 분포를 따르는 경우에도 위와 유사한 결과를 나타내며, 제안한 알고리즘의 성능 향상은 더 뚜렷하다 (모든 채널이 정적 채널인 경우와 비교해 37%의 대역폭을 절감한다).

V. 결 론

IPTV 서비스 보급에 있어, 채널 변경 지연은 사용자 측 영상 서비스의 QoS (Quality of Service) 보장에서 중요한 요소이다. 본 논문에서는 각 사용자의 채널 선호도를 기반으로 하여, 각 채널의 타입과 각 채널을 통해 전송될 영상 데이터에 삽입할 추가적인 인트라 프레임의 개수를 조절하여, IPTV 서비스 관련 네트워크 대역폭 사용량을 최소화하면서 사용자의 원활한 채널 변경을 지원하는 유틸리티 기반의 채널 관리 알고리즘을 제안한다. 실험 결과에서 제안하는 알고리즘이 효과적으로 IPTV 서비스를 제공할 수 있음을 기술하였다.

참 고 문 헌

[1] J. Y. Kim, J. H. Hahm, Y. S. Kim, and J. K. Choi, "NGN architecture for IPTV service without effect on conversational services," in International Conference on Advanced Communication Technology, Vol.1, Feb. 2006,

pp.465-469.

[2] W. K. Park, C. S. Choi, Y. K. Jeong, K. K. Park, and D. Y. Kim, "IPTV-aware multi-service home gateway based on FTTH access network," in International Symposium on Consumer Electronics, Jun. 2005, pp.285 - 290.

[3] Cisco systems, "Managing delay in IP video networks version 1.0," 2005, white paper.

[4] N. Sinha and R. Oz, "The statistics of switched broadcast," in Society of Cable Telecommunications Engineers Conference on Emerging Technologies, 2005.

[5] C. Cho, I. Han, Y. Jun, and H. Lee, "Improvement of channel zapping time in IPTV services using the adjacent groups join-leave method," in International Conference on Advanced Communication Technology, 2004, Vol.2, pp.971 - 975.

[6] J. Lee, G. Lee, S. Seok, and B. Chung, "Advanced. Scheme to Reduce IPTV Channel Zapping. Time," LNCS 4773, 235-243, 2007.

[7] U. Jennehag and T. Zhang, "Increasing bandwidth utilization in next generation IPTV networks," in International Conference on Image Processing, Oct. 2004, Vol.3, pp.2075 - 2078.

[8] J. M. Boyce and A. M. Tourapis, "Fast efficient channel change [set-top box applications]," in International Conference on Computers in Education Digest of Technical Papers, Jan. 2005, pp.1 - 2.

[9] OPNET Modeler [Online]. Available: www.opnet.com.

주 현 철 (HyunChul Joo)

준회원



2005년 2월한양대학교 컴퓨터 공학과 (학사)

2007년 2월 포항공과대학교 컴퓨터 공학과 (석사)

2007년 3월~현재포항공과대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)

<관심분야> IPTV, 영상압축, 오버레이 멀티캐스트

송 황 준 (HwangJun Song)

정회원



1990년 2월 서울대학교 제어계측 공학과 (학사)

1992년 2월 서울대학교 제어계측 공학과 (석사)

1999년 5월 Univ. of Southern California, EE-Systems(박사)

2000년~2005년 2월 홍익대학교 전자전기공학부 (조교수)

2005년 2월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 (부교수)

<관심분야> 멀티미디어 네트워킹, 영상압축, 통방용 합기술