

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.6.29  
JIIBC 2019-6-5

# 메모리 관리 기술을 활용한 IPTV 채널 탐색 인터페이스의 효율성 분석

## Performance Analysis of IPTV Channel Searching Interfaces by Utilizing Memory Management Techniques

반효경\*

Hyokyung Bahn\*

**요 약** 최근 비디오 콘텐츠의 손쉬운 제작 및 통신 기술의 급격한 발전으로 IPTV의 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 한편, IPTV 채널의 수가 급격히 증가하면서 사용자의 채널 탐색에 많은 시간이 소요되고 있다. 본 논문은 컴퓨터 시스템의 메모리 관리 기술들을 활용하여 IPTV 채널 탐색 지연을 줄이는 방안을 논의하고 그 효율성을 분석한다. 구체적으로는 메모리 관리 기술로 널리 활용되어 온 메모리 교체 기법과 사전인출 기법, 그리고 캐싱 기법 등을 IPTV 채널 탐색 문제에 매핑하여 메모리 관리 기술이 어떻게 채널 탐색 인터페이스에 활용될 수 있는지를 소개하고 그에 따른 성능 개선 효과에 대해 논의한다.

**Abstract** Recently, due to the rapid improvement of communication technologies as well as the easy production of video contents, IPTV is becoming increasingly popular. Meanwhile, as the number of IPTV channels increases rapidly, much time is required for finding the user's desired channel. This paper discusses and analyzes the effectiveness of reducing IPTV channel searching delays by using memory management techniques of computer systems. Specifically, this paper introduces how memory management techniques such as memory replacement, prefetching, and caching techniques can be adopted in IPTV channel searching interfaces by mapping between the two problems and discusses the effectiveness of the techniques.

**Key Words** : IPTV, Channel Searching, Replacement Policy, Caching, Prefetching

### 1. 서 론

최근 유무선 통신 기술의 급격한 발전과 비디오 콘텐츠의 손쉬운 제작 및 유통으로 인터넷 프로토콜 텔레비전(IPTV)의 수요가 지속적으로 증가하고 있다<sup>[1],[2],[3]</sup>. IPTV는 지상파 및 위성 방송의 경우와 달리 채널별 주파

수 대역폭에 제한을 받지 않아 수백 개 이상의 채널을 IP 통신을 통해 제공할 수 있다<sup>[4]</sup>. 채널 수의 급격한 증가로 사용자에게 다양한 콘텐츠를 제공할 수 있는 장점이 있지만, 원하는 콘텐츠를 찾기까지 소요되는 탐색 시간이 크게 증가하는 문제점이 발생한다. 이로 인해 IPTV 사용자는 채널 탐색에 많은 시간을 소요하거나, 일부 선호 채널

\*정회원, 이화여자대학교 컴퓨터공학과  
접수일자: 2019년 9월 30일, 수정완료: 2019년 11월 10일  
게재확정일자: 2019년 12월 6일

Received: 30 September, 2019 / Revised: 10 November, 2019 / Accepted: 6 December, 2019

\*Corresponding Author: bahn@ewha.ac.kr  
Dept. of Computer Engineering, Ewha University, Korea

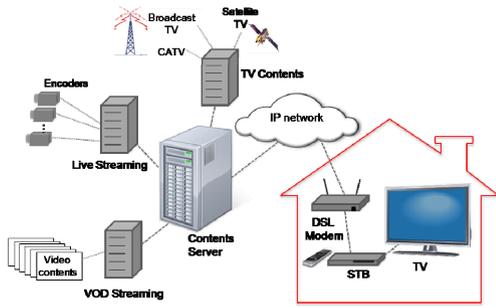


그림 1. IPTV의 시스템 아키텍처  
Fig. 1. System architecture of IPTV.

널만을 선별적으로 시청하는 것으로 분석되고 있다<sup>[4]</sup>. 현재 시청 중인 채널뿐 아니라 추가적인 채널의 콘텐츠를 셋톱박스가 함께 수신할 경우 채널 전환 시 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 그러나, 한정된 네트워크 자원으로 인해 셋톱박스가 단위 시간당 수신할 수 있는 데이터의 양이 제한적이어서 빠른 채널 전환 시 겪게 되는 지연을 줄이는 것은 쉽지 않다. 채널 전환에 소요되는 시간이 길게는 1분이 넘는다는 분석이 존재할 정도로 채널 전환 지연을 줄이는 것은 IPTV 이용자의 서비스 만족도 개선에 매우 중요한 요소라 할 수 있다<sup>[5]</sup>. 따라서, 이러한 채널 탐색의 오버헤드를 줄이기 위한 많은 연구가 있어 왔다<sup>[2],[4],[6]</sup>.

본 논문은 IPTV의 채널 탐색 지연을 줄이기 위한 방안으로 컴퓨터 시스템의 메모리 관리 기법에서 사용되던 방법들이 어떻게 활용될 수 있는지를 분석한다<sup>[9],[10]</sup>. 메모리 관리 기술로 널리 활용되어 온 메모리 교체 기법과 사전인출 기법, 그리고 캐싱 기법 등을 IPTV 채널 탐색 문제에 매핑하여 메모리 관리 기술이 어떻게 채널 탐색 기술로 활용될 수 있는지를 소개하고 그에 따른 성능 개선 효과에 대해 논의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 메모리 관리 기술인 페이지 교체 기법, 사전인출 기법, 캐싱 기법에 대해 각각 소개한 후 이를 IPTV 채널 탐색 인터페이스의 효율화에 적용하는 방안을 논의한다. III장에서는 실험을 통해 각각의 기법들에 대한 성능 개선 효과를 분석하고, IV장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

## II. 메모리 관리 기법과 IPTV 채널 탐색

컴퓨터시스템의 메모리 관리 기술은 한정된 메모리 공

간을 효율적으로 관리하기 위해 다양한 기법들을 활용하고 있으며, 구체적으로는 메모리 교체 기법, 사전 인출 기법, 캐싱 기법 등이 있다. 본 장에서는 이들 각각의 기법이 IPTV 채널 탐색 효율화에 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 차례로 설명한다.

### 1. 메모리 교체 기법의 채널 탐색 순위 활용

메모리 교체 기법은 메모리에 새로운 데이터를 보관하기 위해 기존에 저장된 데이터 중 재사용 가능성이 낮은 데이터를 선별하여 이를 메모리에서 방출하는 기법을 말한다. 어떤 데이터를 보관하고 어떤 데이터를 방출할지를 온라인으로 결정하기 위해 메모리 교체 기법은 각 데이터가 메모리에 적재된 이후 어떠한 사용 패턴을 나타내었는지를 분석한다. 메모리 교체 기법에 사용되는 대표적인 알고리즘으로는 LRU(Least Recently Used) 알고리즘과 LFU(Least Frequently Used) 알고리즘이 있다<sup>[7]</sup>. LRU 알고리즘은 메모리 상의 데이터를 사용 시점을 기준으로 정렬하여 가장 오래 전에 사용된 데이터를 방출한다. 이는 최근에 사용된 데이터일수록 가까운 미래에 다시 사용될 가능성이 높고 오래 전에 사용된 데이터의 경우 재사용 가능성이 낮다는 성질을 활용한 것이다. LFU 알고리즘은 메모리 상의 데이터를 사용 횟수에 기반해서 관리하며, 메모리에 빈 공간이 필요한 경우 가장 사용 횟수가 적은 데이터를 방출한다. 이는 과거에 사용 횟수가 많았던 인기 데이터일수록 또다시 사용될 가능성이 높다는 성질을 활용한 것이다.

지금부터는 이러한 메모리 교체 기법에 사용되는 성질들을 채널 탐색 기법에 적용하는 방안에 대해 살펴보고자 한다. LRU 알고리즘의 원리를 활용할 경우 시청자가 최근에 시청한 채널을 다시 시청할 가능성이 높다는 점에 착안하여 채널 탐색 시 가장 최근에 시청한 채널부터 보여주는 “최근채널 우선탐색 기법”을 사용할 수 있다. 또한, LFU 알고리즘의 원리를 활용할 경우 시청자가 과거에 시청한 횟수가 많았던 채널을 또다시 시청할 가능성이 높다는 점에 착안하여 채널 탐색 시 가장 시청 횟수가 많은 채널부터 보여주는 “인기채널 우선탐색 기법”을 활용할 수 있다. 최근채널 우선탐색과 인기채널 우선탐색 등의 알고리즘은 채널 탐색 인터페이스인 상하 버튼이 번호 순으로 보여주던 기존 방식에 비해 원하는 채널을 찾아가까지의 탐색 횟수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 상하 버튼 중 “상” 버튼을 누를 경우 인기채널 우선탐색과 인접채널 우선탐색은 각각 시청 횟수가 많았던 채널과 시청 시점이 최근인 채널부터 차례로 보여주며, “하” 버튼

을 누를 경우 최근에 경유했던 채널로 되돌아가도록 설계한다.

## 2. 사전인출 기법의 활용

메모리 관리 기술 중 사전인출 기법은 요청된 데이터를 디스크에서 메모리로 인출할 때 현재 요청된 데이터 뿐 아니라 가까운 미래에 사용될 가능성이 높은 데이터를 함께 인출해 오는 방법을 뜻한다<sup>[7]</sup>. 사전인출된 데이터가 실제로 활용될 경우 디스크 접근 시간을 없애는 효과를 얻을 수 있다. 그러나, 메모리의 용량에 한계가 있기 때문에 사전인출되는 데이터의 양을 늘릴 경우 메모리에 존재하던 데이터 중 일부를 삭제해야 하는 문제가 발생하여, 사전인출은 사용될 가능성이 높은 데이터에 대해 수행하는 것이 효과적이다.

사전인출 기법을 채널 탐색 기법에 활용할 경우 사용자가 특정 채널을 요청하기 전에 해당 채널의 콘텐츠를 미리 수신하여 해당 채널로 전환시 발생하는 지연시간을 줄일 수 있다. 이는 가까운 미래에 사용자가 요청하거나 혹은 경유할 가능성이 높은 채널을 사전인출하는 것이 채널탐색 시간을 줄이는 데에 효과적임을 의미한다. 채널 탐색시 활용 가능한 사전인출 기법으로는 “인기채널 사전인출”과 “인접채널 사전인출”을 생각해 볼 수 있다. 인기채널 사전인출은 과거에 여러 번 시청했던 인기 있는 채널들을 다시 시청할 가능성이 높다는 성질을 활용하는 방법으로, 채널들을 과거 시청 횟수를 기준으로 정렬한 후 시청 횟수가 가장 많은 채널부터 우선적으로 사전인출하는 방법을 뜻한다. 인기채널 사전인출은 인기채널 우선탐색 방식으로 채널 탐색을 할 때 경유할 가능성이 높기 때문에 높은 효과를 기대할 수 있다. 또한, 인기채널 우선탐색이 아닌 다른 방식의 채널 탐색 방법을 사용하더라도 인기채널이 최종 목적채널이 될 가능성이 높으므로 사전인출로 인한 채널 전환 시간을 줄이는 효과를 기대할 수 있다.

인접채널 사전인출 기법은 현재 시청 중인 채널로부터 채널탐색시 가장 먼저 경유하게 되는 채널들을 사전인출하는 기법을 말한다. 이러한 채널들은 다음 번 목적채널을 탐색하는 중에 경유할 가능성이 높으므로 채널 전환시 사전인출로 인한 탐색시간 절감효과가 높다. 즉, 인접채널 사전인출 기법은 어떠한 채널 배치와 함께 사용되더라도 타겟 채널의 탐색 과정에서 최소한 하나 이상의 사전인출된 채널을 경유하기 때문에 그 효율성이 높다는 특징이 있다.

1절에서 소개된 채널탐색 기법이 원하는 채널을 찾기까지의 채널 탐색 횟수를 줄이는 효과가 있는 반면 본 절에 소개된 사전인출 기법은 각각의 채널 전환 시간을 줄이는 효과가 있다는 점에서 두 기법을 함께 활용할 경우 그 효율성이 더욱 증가할 것으로 기대된다.

## 3. 캐싱 기법의 활용

메모리 관리 기법 중 캐싱 기법은 전체 메모리 데이터 중 빈번히 사용되는 일부 데이터를 일반 메모리보다 더 빠른 매체에 보관하여 해당 데이터 접근시 지연 시간을 줄이는 기법을 말한다<sup>[7]</sup>. IPTV 채널탐색 기법에 캐싱의 원리를 적용하는 방안으로 몇 가지를 생각해 볼 수 있다. 인기 있는 일부 채널의 콘텐츠를 사용자의 셋톱박스로부터 가까운 위치에 캐싱하여 해당 채널로 전환시 지연 시간을 줄이는 방법을 생각해 볼 수 있다. 앞 절에 소개된 사전인출 기법도 사실상 캐싱의 원리로 설명할 수 있으며, 인기 채널의 콘텐츠를 고휘상도 모드가 아닌 저해상도의 프리뷰 모드로 캐싱하여 해당 채널로의 전환시 지연 시간을 줄이는 방법을 생각해 볼 수도 있다. 또한, 전체 채널들을 핫 채널 리스트와 콜드 채널 리스트로 나누어 이 두 리스트를 각각 관리하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 핫 채널 리스트에 속한 채널들은 저해상도 모드로 캐싱하여 채널 전환시 우선적으로 탐색할 수 있도록 하고, 채널 전환시 핫 채널 리스트에 속한 채널들을 우선적으로 보여주는 채널 탐색 기법을 적용할 수도 있다.

## III. 실험 결과

본 장에서는 트레이스를 이용한 시뮬레이션 실험을 통해 메모리 교체 기법, 사전 인출 기법, 캐싱 기법 등이 IPTV 채널 탐색 인터페이스에 활용되었을 경우 어떤 효과를 나타내는지를 분석한다. 각 채널별 인기도는 편향된 분포를 모델링하는 대표적인 모델인 Zipf 분포에 기반해서 모델링하였다<sup>[8]</sup>. 이러한 분포는 TV 채널의 인기도 뿐 아니라 웹 페이지의 방문 횟수, 도서관의 도서별 대출 횟수 등을 모델링하는 데에 널리 활용된다. Zipf 분포에서  $i$ 번째 인기 채널의 시청 확률은 아래와 같이 모델링된다.

$$P_i = \frac{(1/i)^\theta}{\sum_{k=1}^n (1/k)^\theta} \quad (1)$$

위의 식에서  $n$ 은 채널의 총 수이며,  $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$ 는 인기의 편향성을 나타내는 파라미터로  $\theta$ 가 0일 때에는 모

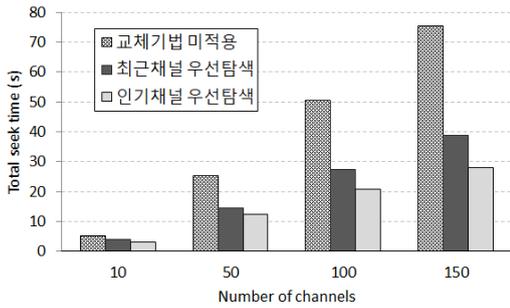


그림 2. 교체 기법의 채널 탐색 적용효과  
Fig. 2. Effects of replacement policies in channel searching.

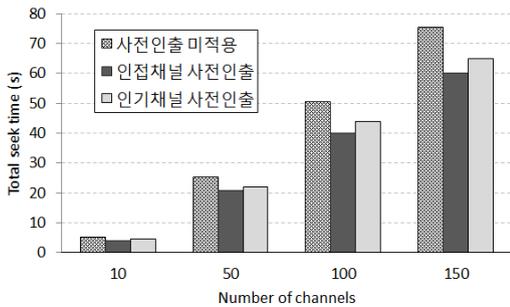


그림 3. 사전인출 기법의 채널 탐색 적용효과  
Fig. 3. Effects of prefetching in channel searching.

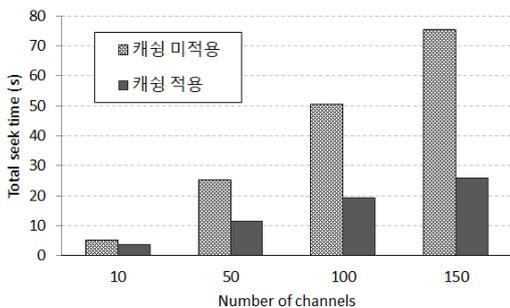


그림 4. 캐싱 기법의 채널 탐색 적용효과  
Fig. 4. Effects of caching in channel searching.

든 채널들의 인기가 동일함을 의미하며,  $\rho$ 의 값이 증가함에 따라 채널의 인기 편향성이 증가하여,  $\rho$ 가 1일 때 인기의 편향성이 가장 큰 분포를 나타낸다. 본 논문의 실험에서는 오리지널 Zipf 분포를 나타내는 파라미터 값인  $\rho=1$ 일 때의 성능을 조사 분석하였다. 트레이스의 길이, 즉 시간에 따라 시청한 채널의 총 수(재시청 포함)은 10,000으로 하였으며, 총 채널의 수를 변화시켜가며 실험을 진행하였다.

함을 진행하였다.

### 1. 메모리 교체 기법의 채널 탐색순위 적용 효과

본 절에서는 메모리 교체 기법을 IPTV 채널 탐색 우선 순위에 적용한 최근채널 우선탐색 기법과 인기채널 우선탐색 기법의 성능을 분석한다. 그림 2는 채널 수의 변화에 따라 기존 채널탐색 기법과 최근채널 우선탐색 기법, 인기채널 우선탐색 기법의 총 탐색 시간을 비교해서 보여주고 있다. 그림에서 보는 것처럼 최근채널 우선탐색과 인기채널 우선탐색 기법 모두 메모리 교체 기법의 원리를 적용하지 않은 기존의 채널탐색 기법보다 우수한 성능을 나타내었다. 두 기법을 상대적으로 비교해 보면 인기채널 우선탐색이 최근채널 우선탐색에 비해 우수한 성능을 나타내었으며, 기존 기법 대비 인기채널 우선탐색과 인접채널 우선탐색의 성능 개선 효과는 각각 53.3%와 39.2%인 것으로 나타났다. 또한 이러한 기법의 성능 개선 효과는 채널의 수가 많을수록 더 높게 나타나는 것으로 조사되었다.

### 2. 사전인출 기법의 적용에 따른 효과

본 절에서는 사전인출 기법을 IPTV 채널 탐색에 적용한 경우의 효과를 분석한다. 그림 3은 사전인출 대상 채널 수의 변화에 따른 각 기법들의 성능 변화를 보여주고 있다.

그림에서 보는 것처럼 사전인출 기법을 적용한 경우 그렇지 않은 경우에 비해 모든 케이스에서 더 우수한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 사전인출 기법 간의 성능을 비교해 보면 모든 경우에 있어 인접채널 사전인출 기법이 인기채널 사전인출 기법에 비해 우수한 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 현상은 사전인출 대상 채널의 수가 증가함에 따라 더욱 뚜렷이 나타났다. 이는 현재 시청 중인 채널에 인접한 채널은 채널 탐색시 반드시 경유하기 때문에 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

사전인출 기법을 사용하지 않은 경우 대비 인접채널 사전인출 기법과 인기채널 사전인출 기법은 각각 20.1%와 13.2%의 성능 개선 효과가 있는 것으로 조사되었다.

### 3. 캐싱 기법의 적용에 따른 효과

본 절에서는 캐싱 기법을 IPTV 채널 탐색에 적용한 경우의 성능 개선 효과를 분석한다. 그림 4는 채널 수의 증가에 따라 캐싱 기법을 적용한 경우와 그렇지 않은 경

우의 채널 탐색 시간을 비교해서 보여주고 있다. 그림에서 보는 것처럼 캐싱 기법을 적용한 경우 항상 채널 탐색 시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 이는 캐싱된 채널로 전환시 그렇지 않은 경우에 비해 채널 탐색 시간이 줄어들기 때문으로 볼 수 있다. 구체적으로 살펴보면 캐싱을 적용한 경우 그렇지 않은 경우에 비해 평균 52.9%의 채널 탐색 시간의 개선 효과가 있는 것으로 조사되었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 IPTV 채널 수의 급격한 증가로 발생하는 채널 탐색 지연을 해결하기 위한 방안으로 컴퓨터 시스템의 메모리 관리 기술들을 활용하는 방안과 그 효용성을 분석하였다. 구체적으로는 메모리 관리 기술로 널리 활용되어 온 메모리 교체 기법과 사전인출 기법, 캐싱 기법 등을 IPTV 채널 탐색 문제에 매핑하여 메모리 관리 기술이 어떻게 채널 탐색 기술로 활용될 수 있는지를 소개하고 그에 따른 성능 개선 효과에 대해 분석하였다. 각 기법별 성능 효용을 실험을 통해 분석한 결과 메모리 교체 기법, 사전인출 기법, 캐싱 기법은 각각 46%, 17%에, 53%의 성능 개선 효과가 있는 것으로 조사되었다.

#### References

[1] T Kim and H Bahn, "Implementation of the Storage Manager for an IPTV Set-top Box," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 4, pp.1770-1775, 2008.  
DOI: <http://doi.org/10.1109/TCE.2008.4711233>

[2] Y. Lee, J. Lee, I. Kim and H. Shin, "Reducing IPTV Channel Switching Time Using H.264 Scalable Video Coding," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 2, pp.912-919, 2008.  
DOI: <http://doi.org/10.1109/TCE.2008.4560178>

[3] H. Joo, H. song, D. Lee, I. Lee, "An Effective IPTV Channel control Algorithm Considering Channel Zapping Time and Network Utilization," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 54, no. 2, pp.208-216, 2008.  
DOI: <http://doi.org/10.1109/TBC.2008.915767>

[4] H. Bahn, "A Dualistic Channel List Management Technique for Efficient Channel Navigation in IPTVs," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), vol. 16, no. 5, pp.21-26, 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.5.21>

[5] Agilent Technologies, "Ensure IPTV Quality of Experience," White Paper, 2005.

[6] H. Bahn and Y. Baek, "An Intelligent Channel Navigation Scheme for DTV Channel Selectors," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 54, No. 3, pp. 1098-1102, 2008.  
DOI: <http://doi.org/10.1109/TCE.2008.4637593>

[7] E. Lee, H. Bahn, S. Yoo, and S. Noh, "Empirical study of NVM storage: an operating system's perspective and implications," Proc. IEEE MASCOTS Conference, pp.405-410, 2014.  
DOI: <http://doi.org/10.1109/MASCOTS.2014.56>

[8] G. K. Zipf, Human Behavior and the Principle of Least Effort: An Introduction to Human Ecology, Addison Wesley Press, 1949.

[9] J. Kim, "Lossless Frame Memory Compression with Low Complexity based on Block-Buffer Structure for Efficient High Resolution Video Processing Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), vol.17, no.11, pp.20-25, 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.11.20>

[10] M. Cho, K. Han, and W. Jang, "A Pre-Refresh Technique for Improving DRAM Performance," The Journal of KIIT, vol.16, no.10, pp.1027-1035, 2018.  
DOI: <http://doi.org/10.14801/jkiit.2018.16.10.27>

#### 저 자 소개

##### 반 효 경(정회원)



- 1997년 2월 : 서울대학교 계산통계학과 학사
- 1999년 2월 : 서울대학교 전산과학과 석사
- 2002년 2월 : 서울대학교 컴퓨터공학부 박사.
- 2002년 9월 ~ : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수.

• 주관심분야: 운영체제, 스토리지시스템, 임베디드시스템