

# 가입자 접근패턴 기반의 IPTV 채널전환지연 개선방법

## Improve Methods of IPTV Channel Zapping Delay Based on Client Access Pattern

오상수\*, 김영목, 범순균  
(Sang Su Oh\*, Young Mok Kim, Soon Kyun Beom)

**Abstract :** 본 논문에서 제안하고자 하는 IPTV 채널캐칭 서비스는 IPTV 서비스의 품질요소인 QoE(Quality of Experience)의 개선을 목적으로 하고 있다. IPTV 채널캐칭 방법은 IPTV 서비스가 실시간 방송 및 VOD(Video On Demand)등 다양한 패턴의 서비스를 선택하는 사용자의 채널요구 패턴을 반영한 인접채널(adjacent-channel)을 멀티캐스트하면, 사용자의 채널전환요구 시 제어메시지 전송 및 스위칭에 소요되는 대기시간을 줄여 사용자의 채널전환지연시간을 개선할 수 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 LRFU(Least Recently Frequently Used) 알고리즘에 기반한 MCA(Multicast Channel Agent)을 제안하며, MCA을 구성모듈에 대한 설명을 기술한다.

**Keywords:** IPTV, Channel Zapping, QoS, QoE

### I. 서론

1990년대 인터넷 활성화를 기점으로 2000년 이후의 인터넷에 흐르는 데이터 종류는 문자기반(Text Base) 데이터에서 사진, 음악, 동영상기반(Multimedia Base) 데이터로 진화하고 있다. 이러한 통신환경 변화는 국내 네트워크 서비스 사업자들의 경쟁적인 초고속 인터넷 보급과 더불어 디지털 멀티미디어 기기의 보편화가 UCC(User Created Contents)라는 사용자 중심의 사이버 패러다임을 양산하기에 이르렀다. 즉, 사용자와 서비스 제공자 양측은 인터넷 멀티미디어의 고화질, 고품질 부가서비스에 대한 수요와 공급 요구가 급속하게 대두되고 있다. 이에 네트워크 서비스 사업자들은 음성(Voice Telephone), 데이터(Internet Service), TV를 아우르는 TPS (Triple Play Service)를 위한 서비스 모델을 개발하고 있다. 이중 IPTV 서비스는 방송과 통신의 특성을 결합한 대표적인 융합서비스로 인지되고 있으며, 이미 국내외에 방송 및 통신 사업자에 의하여 시범 및 상용 서비스가 진행되고 있다.

ITU-T(for Telecommunication Standardization Sector of the International Telecommunications Union) 산하 IPTV 포커스그룹(Focus Group)에서 IPTV의 개념을 “인터넷 프로토콜 기반의 네트워크 상에서 전달되는 텔레비전, 비디오, 오디오, 텍스트, 데이터 등의 멀티미디어 서비스를 말하며, TV로 제공되기 때문에 일정 수준의 QoS (Quality of Service) / QoE (Quality of Experience)는 물론 보안, 양방향성, 신뢰성을 보장할 수 있어야 한다” 라고 정의하였다.[1]

위 정의에서 IPTV 서비스의 근간을 이루는 네트워크 기반 기술은 멀티캐스트(Multicast)과 QoS(Quality of Service)이다. 멀

티캐스트 기술은 동일한 데이터를 원하는 다수의 특정 사용자에게 데이터를 전송할 수 있는 특성을 갖기에 네트워크 자원의 효율적인 이용을 가능케 하는 기술이며, QoS는 서비스 이용자의 만족도를 결정하는 서비스 성능을 보장하기 위한 기술이며, 이용자가 주관적으로 느끼는 서비스의 전체적인 만족도 개념으로 QoE가 제기되었다.

IPTV에서 QoE의 측정기준으로 제기되고 있는 항목은 서비스 데이터 품질분야에서 음성 MOS(Mean Opinion Score), 영상 MOS 등이 있으며, 사용자의 체감품질 분야에서 채널전환지연시간(채널전환을 수행할 때 선택한 채널을 시청할 수 있는 시점까지 대기되는 시간)이 이슈(Issues)되고 있다.[2]

채널전환지연시간은 기존 TV 방송환경에서는 1초 미만으로 큰 의미가 없었지만, IPTV 환경에서 실시간 IPTV 방송 시험진행결과 3~5초가 소요되는 것으로 보고되고 있다. 특히 채널채핑(Channel Zapping : 프로그램 중간에 채널을 빈번히 돌리는 행위)을 자주하는 사용자에게 3초 이상의 채널전환지연은 사용자들에게 불편을 유발하는 요소로 서비스 상용화를 위한 선결과제로 인식되고 있다.[3]

본 논문에서는 IPTV에서 QoE 개선항목으로 제시되고 있는 채널전환지연에 대하여 IPTV 채널캐칭 서비스를 제안한다. 이는 기존 일반 시스템에서의 데이터 캐칭의 개념이 아닌, IPTV 사용자의 채널전환지연시간의 감소와 네트워크 대역폭의 효율적인 이용을 위한 IPTV 채널선택 및 제어방법을 개선하는데 목적을 갖는다.

논문의 구성은 본론에서 IPTV 서비스구성 및 멀티캐스팅 기술에 대한 소개와 함께 IPTV 채널전환지연에 관련된 선행연구를 서술하며, 이후 사용자의 IPTV 채널선택패턴 분석을 통하여 IPTV 채널전환지연 개선방법 및 개선모형을 제안하며, IPTV 채널전환지연 개선을 위한 추가연구방향을 제시하며 결론을 맺는다.

\* 책임저자(Corresponding Author)

오상수, 김영목, 범순균 : (주) 티모테크놀로지

(osangsu@timo.co.kr, ymk@timo.co.kr, skbeom@timo.co.kr)

## II. 본론

### 2.1 IPTV 서비스 및 기술개요

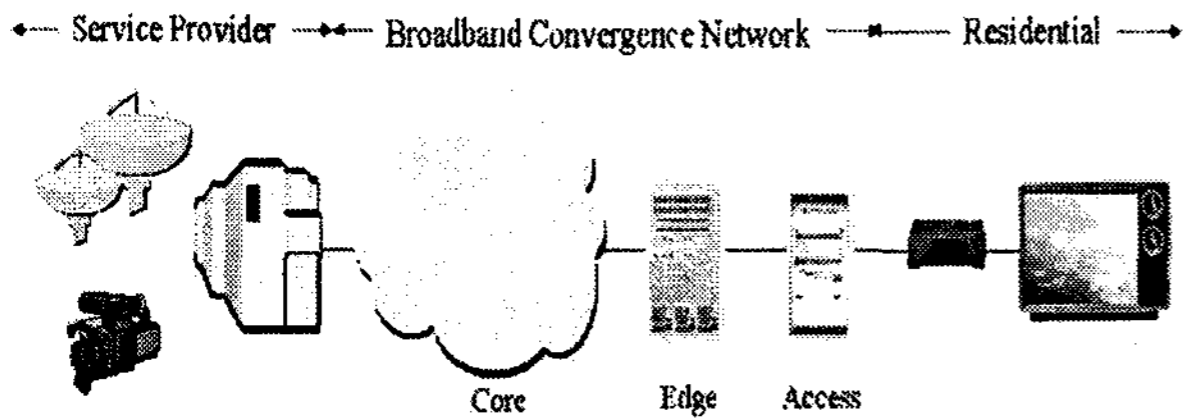


그림 1. IPTV 서비스 구성도

IPTV 서비스의 구성요소 그림 1로 표현되며 대표 장비는 운용 주체에 따라서 가입자측의 셋업박스(SetTopBox), 광역대역네트워크내의 라우터(Router) 및 게이트웨이(Gateway)등 데이터 전송장치, IPTV 서비스 사업자측의 미디어서버(Media Server) 등으로 나눌 수 있으며, 본 논문의 관심부분은 광대역네트워크내 라우터와 게이트웨이간 멀티캐스트 데이터 전송방식에 관한 것이다.

IPTV 서비스를 위하여 사용되는 멀티캐스트 기술은 멀티캐스트 멤버십 관리 프로토콜(Multicast Membership Management Protocol) 과 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(Multicast Routing Protocol)로 나눌 수 있다.

대표적인 멀티캐스트 멤버십 관리 프로토콜은 IGMP(Internet Group Management Protocol)가 이용되고 있다.[4] IGMP는 호스트(Host)에게 라우터가 멀티캐스트 데이터를 전달하기 위한 목적을 가지며, 동작방식은 멀티캐스트 그룹에 가입하고자 하는 호스트가 멀티캐스트 주소를 토대로, IGMP 프로토콜을 이용하여 네트워크 라우터에 자신을 알린다. 라우터는 IGMP를 토대로 자신의 서브넷(Subnet)에 그룹 멤버가 있음을 인지하고, 멀티캐스트 주소를 가진 데이터가 라우터로 수신되면 해당 호스트에 전달한다. 이렇듯 IGMP는 하나의 라우터와 여러 호스트로 구성되는 서브넷 안에서 라우터가 자신의 호스트들이 어떤 멀티캐스트 그룹에 관심이 있는지를 파악하기 위하여 사용되는 프로토콜이다.

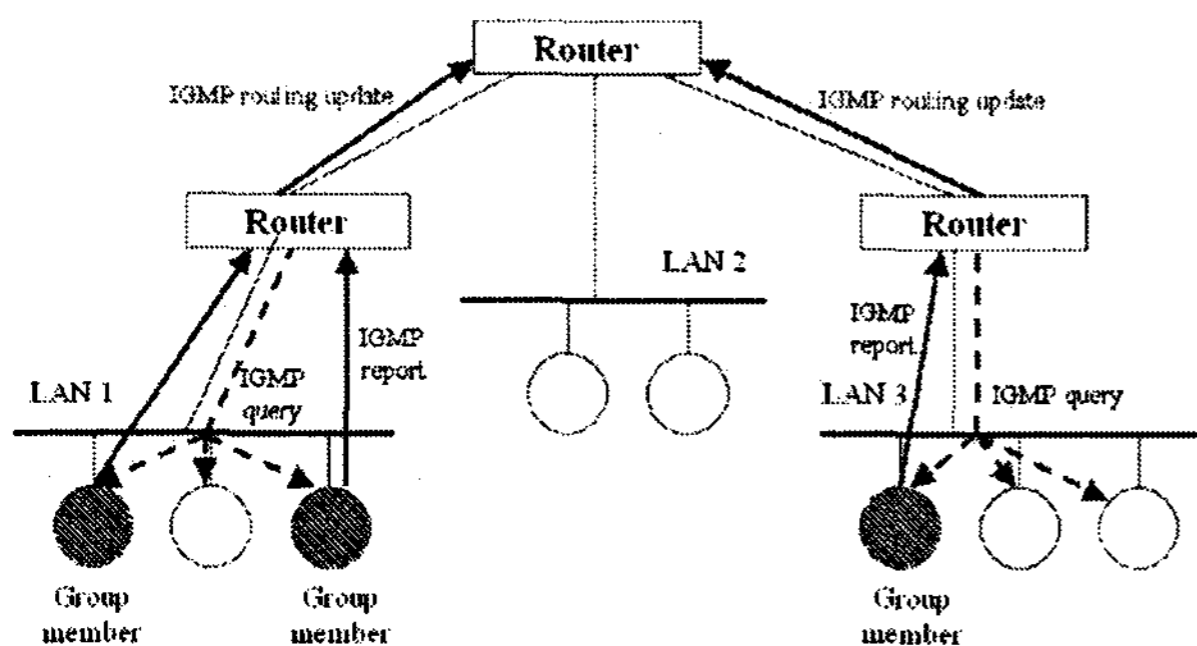


그림 2. IGMP 동작방식

IGMP 프로토콜은 그림 2와 같이 IGMP Query와 Report 제어메시지를 기반으로 동작한다. 라우터는 주

기적으로 서브넷 호스트들에게 IGMP Query 메시지를 전송한다. IGMP Query 메시지에 응답하여, 호스트는 자신이 가입하고자 하는 그룹주소 G 정보를 Report 메시지를 통해 라우터에게 알려준다. 호스트는 Query 메시지 없이도 먼저 Report 메시지를 라우터에게 전송할 수 있다.

멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 라우터-라우터간 멀티캐스트 패킷을 멀티캐스트 그룹의 멤버들에게 전달하기 위한 멀티캐스트 경로생성을 목적으로 한다. 본 논문은 다수의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 존재하지만 최근 IPTV 서비스에서 대다수 수용되고 있는 PIM-SM을 기준으로 기술한다.[5]

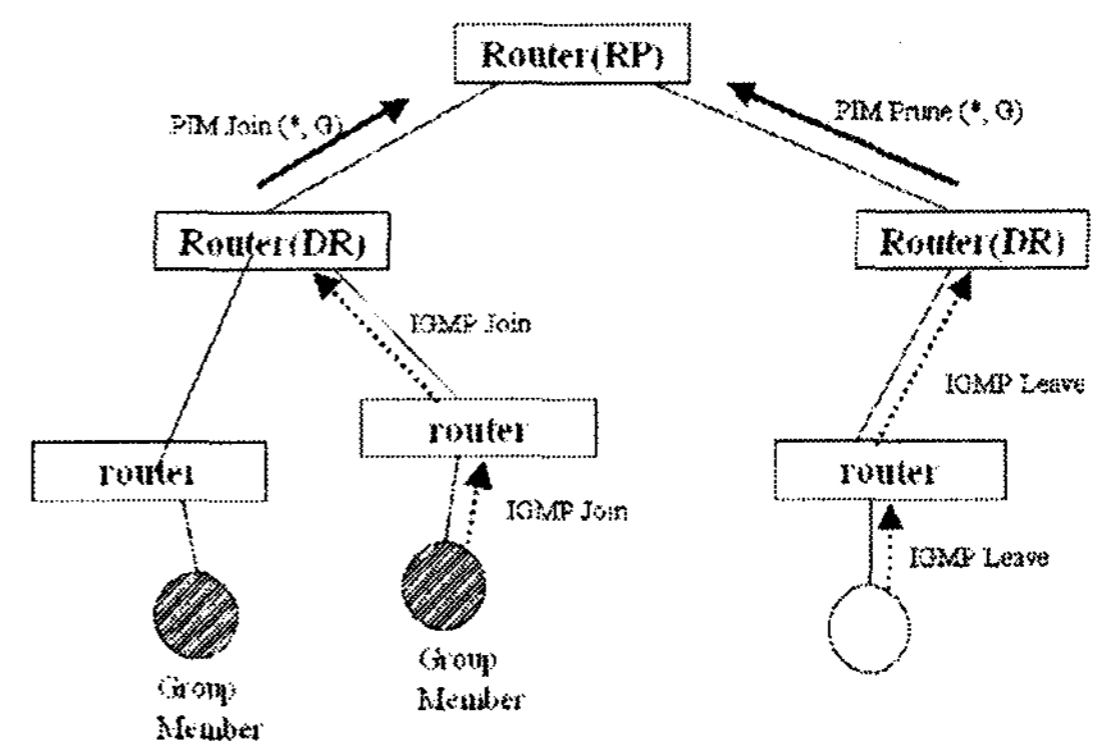


그림 3. IGMP와 PIM-SM 연동

PIM-SM은 라우터-라우터간의 프로토콜이므로, 호스트와 독립적으로 운용되며, 기본적으로 PIM-SM을 포함한 모든 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 IGMP가 제공하는 그룹 멤버십 정보를 이용한다. 즉, 서브넷에서 DR(Designated Router)기능을 하는 PIM 라우터는 IGMP Membership Report 수신을 통해 해당 서브넷에 그룹 G의 신규 멤버가 존재함을 알았을 경우에 RP로 (\*,G) Join 메시지를 전송하고, IGMP Leave Group 메시지 수신이나 타임아웃에 의해 서브넷에 그룹 G의 멤버가 더 이상 존재하지 않음을 알았을 경우에 (\*,G) Prune 메시지를 전송한다.

IPTV 채널전환지연 요소를 세분화하면 각 단위 장비별의 프로세싱지연(Processing Delay)과 네트워크 구간별 데이터 전송 지연(Data Transport Delay)로 나눌 수 있다.

프로세싱지연의 경우 콘텐츠가 미디어서버에서 인코딩(Encoding)되어 IP 패킷형태로 BcN 망내 개별 장비를 통하여 STB로 전달되며, STB는 수신된 데이터를 디코딩(Decoding)하여 TV에 표시되는 과정을 거치기 때문에 필연적으로 프로토콜간의 인코딩/디코딩 작업을 거치며 발생하는 지연요소이다. 각 장비 인코딩/디코딩은 Jitter, Packet Loss, Meta Data 프로세싱, Channel Data 프로세싱 등의 세부 작업으로 나눌 수 있다. 프로세싱지연 개선은 각 장비의 성능에 의존적인 사안이기 때문에 본 논문에서는 프로세싱지연에 대한 논의는 논의로 한다.

데이터 전송지연은 미디어서버에서 출발한 데이터가 최종

목적지까지 전달되기 위하여, 경로상 장비들간의 제어메시지 송/수신과정, 경로선택 및 데이터 전송과정 시 발생하는 총 지연시간으로 정의한다. 이 과정은 사용자가 리모콘을 통하여 특정 채널을 선택하면 STB에서는 해당 채널의 그룹주소로 IGMP Join을 라우터에 전달하며, 라우터는 PIM-SM을 통하여 공유트리를 관리하는 라우터(RP)에 연동되는 과정과 이전 수신채널의 데이터 전송을 삭제하는 과정 모두를 포함한다.

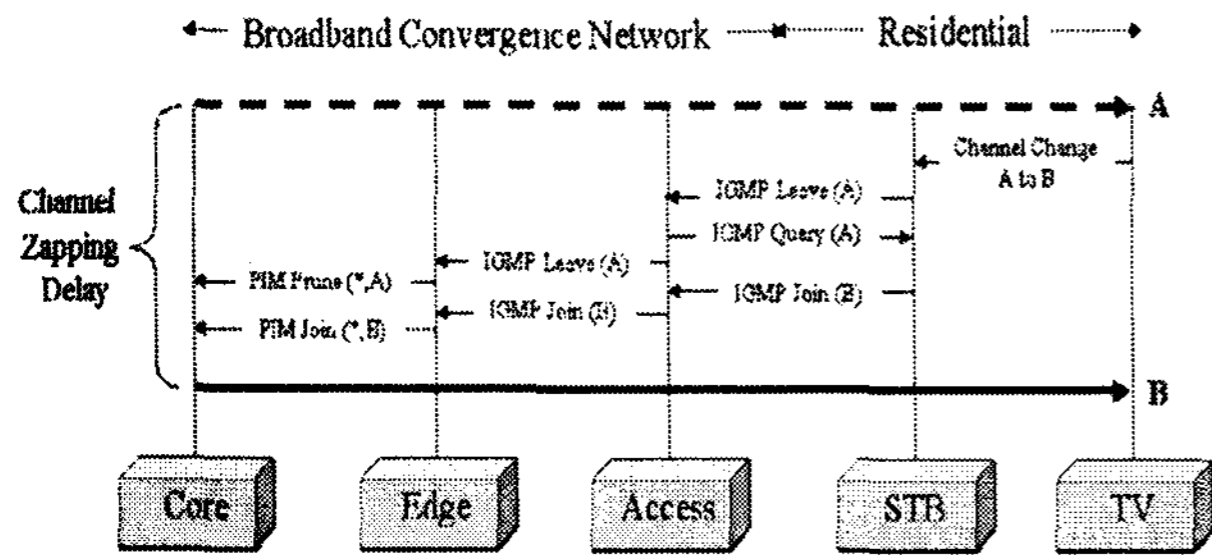


그림 4. IPTV 채널전환지연

데이터 전송지연개선에 대한 선행의 연구는 인접그룹 가입삭제방법(Adjacent-Group Join-Leave Method)에 대한 연구가 있다.[6] 해당 연구에서는 사용자가 직접 요구한 그룹뿐만 아니라 인접그룹을 동시에 가입시켜, 인접그룹에 대한 사용자 요구가 발생시 최소 채널전환지연시간을 보장하는 개념을 제시하였다. 본 논문에서는 위 논문에서 제시하지 않은 인접그룹을 어떻게 선택할 것인가?의 관점에서 출발한다. 그리고 인접그룹의 선택 및 관리방법을 제시하며, 이러한 방법을 데이터 전송지연을 개선하기 위한 방법으로 IPTV채널캐싱이라고 정의한다.

2.2 IPTV 채널지연 개선방법

IPTV에서 서비스 가능한 채널 수는 기술적으로 제한이 없으며, 멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 필요한 대역폭을 채널 당 2 ~ 20 Mbps 이라고 가정할 때, 1G 대역폭에서 서비스 가능한 채널은 50 ~ 500 채널이다. 그러나, TPS(Triple Play Service)를 지향하는 서비스업체의 입장에서 전체 네트워크 대역폭을 IPTV 서비스에 할당할 수 없기에 “한정된 대역폭의 합리적 운용이 필수적이다.” 라는 가정을 도출할 수 있다.

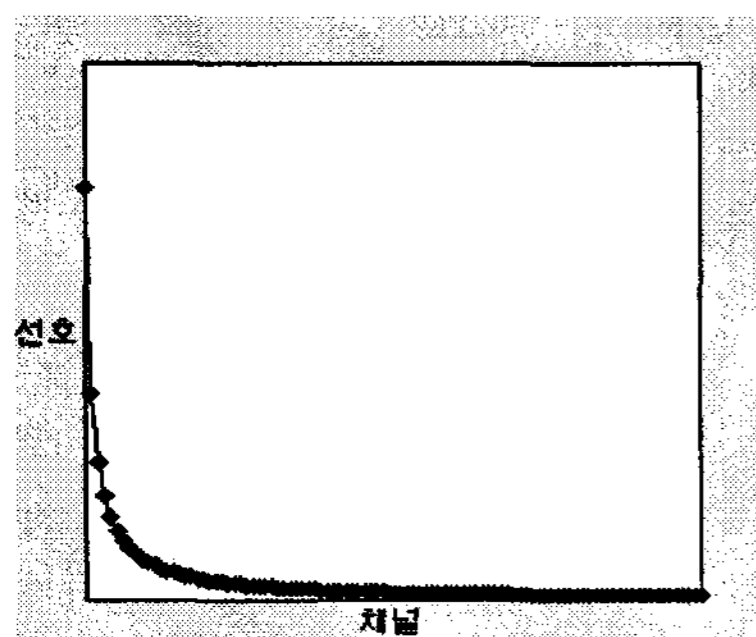


그림 5. Zipf 분포도 (θ=0.95)

IPTV 서비스 환경에서 특정 시점 사용자의 정보 서비스 이용 패턴은 특정 항목들에 요구가 집중되는(Non-Uniform, Skewed)특징을 가질 것이라는 가정이 가능하다. 기존연구에서 이러한 특성을 사용자의 요구패턴을 시간의 변화를 배제할 때 Zipf 분포를 이용하여 모형화 할 수 있음이 제시하였다.[7] 그림 5는 Zipf 분포를 따르는 데이터 N 개의 비정규성(θ)을 0.95로 설정한 후 선호도를 그래프화한 것이다.

앞서 서술한 두 가정을 근간으로 다수 사용자가 선택할 것이라고 예측되는 채널을 캐싱채널로 선정하여 STB 및 라우터에서 멀티캐스트 라우팅 테이블에 유지해 하면, 사용자들의 채널잡핑으로 발생할 수 있는 채널전환지연을 개선할 수 있으며, 채널잡핑으로 인한 제어메시지 및 라우터 과부하의 감소 및 단기 요구채널로 인한 네트워크 폭주를 완화시킬 수 있다.

IPTV 캐싱채널 선택방법은 사용자의 데이터 이용패턴을 미리 예측하여 데이터를 선취(Prefetch)개념의 캐쉬(Cache) 대체 페이지 선택 알고리즘과 유사하다. 기존 연구에서 대체 페이지 선정 알고리즘 중 사용자의 최근성(Recency)과 최빈성(Frequency)을 반영하기 위한 방법은 LRU(Least Recently Used), LFU(Least Frequently Used), LRFU(Least Recently Frequently Used) 방법이 있다.[8][9]

본 논문에서는 IPTV 채널선호경향을 반영한 캐싱채널 선택기법으로 캐싱채널 히트율(Hit ratio)의 향상에 초점을 둔 알고리즘으로 LRFU를 채택을 제안한다. LRFU 알고리즘의 특징은 현재시간을 기준으로 최근값과 최빈값을 CRF(Combined Recency and Frequency)값으로 변환하여 채널유효성을 판정한다.

$$G_{i,x}(b) = \sum_{i=0}^k F(t_{base} - t_b) \quad (1)$$

$$F(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^{1/x}$$

(1)식을 예를 들어 설명하면, 채널 b가 시간 1, 2, 5, 8에 접근되었고, 현재시간이 10 이라면 구해진 CRF 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} G_i(b) &= F(10-1) + F(10-2) \\ &\quad + F(10-5) + F(10-8) \\ &= F(9) + F(8) + F(5) + F(2) \end{aligned}$$

$F(x) = 1$  인 경우 x (현재시간 - 참조기간)값에 상관없이 최빈값에 의하여 CRF 값이 결정되므로 LFU의 결과값과 같다. 따라서, 가중함수  $F(x)$  내재적 의미는 최근값과 최빈값의 반영비율을 통하여 과거의 경향을 통하여 향후를 추정할 수 있는 근거를 제공한다.

LRFU 스케줄링 기법의 연산 오버헤드(Overhead)는 최소 LRU의  $O(1)$ 와 최대 LFU의  $O(\log_2 N)$  사이값을 가지는 알고리즘으로서 STB 및 라우터의 연산능력을 감안하면 큰 부담은 없다. 그림 6은 LRFU를 적용한 캐싱채널을 선택

에 대한 Pseudo-Code 를 기술하였다.

```

GWR receive b channel request

if b is already JOIN channel
then
    Compute CRFlast(b) value
    Update LAST(b)
else
    Send IGMP channel b JOIN message
    Compute CRFlast(b) value
    Update LAST(b)
    if network bandwidth is insufficient
    then
        Search victim
        Send IGMP channel victim LEAVE message
    fi
fi
tb = tb + 1
fi
    
```

그림 6. LRFU 기반 멀티캐스트 채널교체 Pseudo-Code

본 논문에서는 LRFU의 적용을 광역네트워크내 게이트웨이 및 라우터에 적용하기 위한 MCA(Multicast Channel Agent)를 제안한다. MCA는 QoS의 대역폭 관리기능과 밀접하게 연동하며 가용 대역폭 및 캐싱 가능한 채널수를 결정하는 역할을 담당한다.

MCA는 STB나 라우터측에서 전달된 채널요구 정보의 요청시간 및 요구횟수를 저장하는 기능을 담당하는 모듈로 MCIB(Multicast Caching Information Base), IPTV 서비스 대역폭의 모니터를 담당하는 MCBM(Multicast Caching Bandwidth Manager), 채널요구 또는 채널삭제시 LRFU 기반의 CRF 값에 따라 멀티캐스트 캐싱채널을 선정하거나 삭제하는 기능의 MCCM(Multicast Caching Channel Manager)으로 구성된다.

MCIB를 구성하는 키값은 채널 ID 값으로 최근 요구 시간 및 요구수를 저장하고 있으며, 갱신된 CRF 값이 저장된다. 최대저장 채널 ID 값은 총 IPTV 채널 수와 같다. 표 1은 MCIB의 구성 예시이다.

표 1. Multicast Caching Information Base

Channel	Group	Recency	Frequency	CRF
6	234.1.1.6	35	17	4
7	234.1.1.7	20	18	2
9	234.1.1.9	60	30	6
11	234.1.1.11	50	25	5
20	234.1.1.20	30	6	3
24	234.1.1.24	5	4	1

캐싱채널을 운용한다는 의미는 사용자 요구가 없음에

도 해당 채널만큼의 대역폭을 소비하고 있음을 나타낸다. 이는 데이터 방송의 개념으로 푸쉬대역폭(Push Bandwidth)에 해당한다. 따라서, 서비스 제공자는 가용 대역폭을 푸쉬대역폭과 운용자의 요구에 의하여 발생되는 데이터 서비스를 위한 풀대역폭(Pull Bandwidth)에 대한 적절한 분배를 결정해야 한다. MCBM은 운용자의 IPTV 서비스 할당대역폭을 기준으로 풀대역폭과 캐싱채널의 멀티캐스트를 위한 푸쉬대역폭으로 구분하여 관리한다. 풀대역폭의 변경에 탄력적으로 MCBM은 캐싱채널 수의 조절역할을 수행한다.

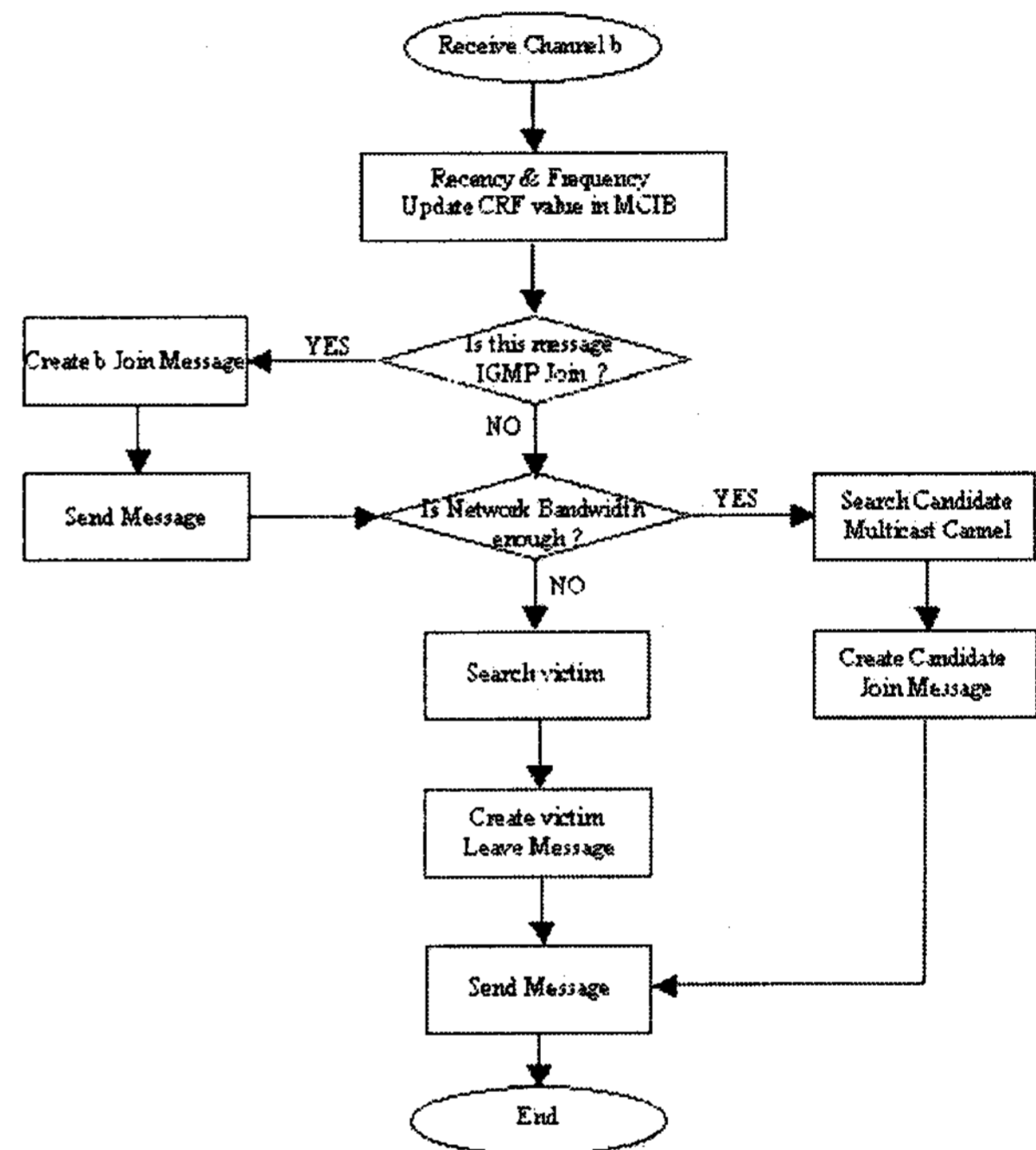


그림 7. MCCM 메시지 처리도

MCCM은 사용자의 채널 요구 및 삭제시 캐싱채널을 선정, 교체, 삭제하는 기능을 담당하며 이를 위하여 MCIB 정보 및 MCBM 정보를 이용한다.

MCCM에서 Join 처리과정은 요구채널의 최근값이 재계산된 CRF 값으로 갱신되며, 신규 채널의 경우 상위 게이트웨이로 IGMP Join 및 PIM Join을 실시한다. 신규 채널의 추가는 기존 가용 푸쉬대역폭이 넘어설 경우 CRF 값의 순위에 따라 삭제되는 채널이 선택되며, 해당 채널의 Leave가 진행된다.

MCCM Leave 처리과정은 잔존 사용자가 존재할 경우 최빈값이 반영된 CRF 갱신이 이루어지나, 잔존 사용자가 존재하지 않을 경우 푸쉬 대역폭을 고려한 삭제채널 선정방법으로 전개된다.

## VI. 결론

본 논문에서는 IPTV 채널전환지연을 개선하기 위한 방법으로 제시된 인접채널전송방법 중 캐싱채널선정에 대하여 연구하였고, 캐싱채널선정시 사용자의 요구패턴과 경향을 반영하는 MCA의 구성을 제안하였다. MCA는 LRFU 알고리즘을 기반으로 사용자의 요청시점 및 요구번호를 CRF로 환산

하여, 캐스팅채널의 구성 및 운용에 이용할 수 있음을 기술하였다.

향후 연구과제는 위 제시모델을 게이트웨이에 적용하고 실제 IPTV 사용자 요구패턴에 부합하는 채널전환지연의 개선효과가 있는지를 검증하는 것이다. 그리고 제시 모델내 고정변수로 제시되었던 푸쉬대역폭과 풀대역폭을 최적화 할 수 있는 방법으로 실시간 트래픽 종류에 따른 동적인 할당방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

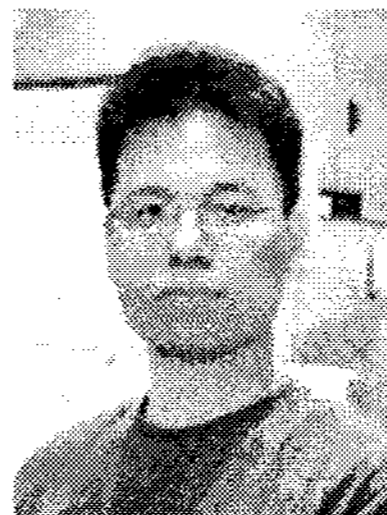
참고문헌

- [1] ITU-T 2nd FG IPTV Meeting and IPTV Technical Workshop, 2nd FG IPTV meeting: Busan, 16-20 October, 2006.
- [2] Pixelmetrix Corporation, Suggested additions to FG-IPTV-DOC-0089 "Performance monitoring for IPTV", 5th FG IPTV meeting, Geneva, 23-31 July 2007.
- [3] 한지숙, "IPTV 채널 변경시간을 줄여라", 디지털타임스, Dec.2006.
- [4] B. Fenner, "IANA Considerations for IPv4 Internet Group Management Protocol (IGMP)", RFC 3228, February.2002.
- [5] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification", RFC 2362, June.1998.
- [6] Chunglae Cho, Intak Han, Yongil Jun and Hyeongho Lee, "Improvement of Channel Zapping Time in IPTV Services Using the Adjacent Groups Join-Leave Method," IEEE Advanced Communication Technology, 2004. vol 2, pp. 971-975, Oct, 2004.
- [7] D. Knuth, "The Art of Computer Programming", Vol 2, Addison Wesley, 1981.
- [8] S. Galvin, P. B Galvin, "Operation System Concepts", Fourth Edition, Addison Wesley, 1994.
- [9] D.Lee, J. Choi, J. Kim, S.Noh, S. Min, Y. Cho, C. Kim, "On the Existence of a Spectrum of Policies that Subsumes the Least Recently Used(LRU) and Least Frequently Used(LFU) Policies", Proceedings of the International Conference on Measurement and Modeling of Computer System, 1999.



오 상 수

1997년 중앙대학교 정보시스템학과.  
 2000년 중앙대학교 정보시스템학과 석사.  
 2000년~2007년 6월 LG-Nortel R&D Center.  
 2007년 6월~현재 (주) 티모테크놀로지 책임연구원.  
 관심분야는 IPTV, BcN, QoS 등임.



김 영 목

1993년 한양대학교 수학과.  
 1993년~2007년 6월 LG-Nortel R&D Center.  
 2007년 6월~현재 (주) 티모테크놀로지 수석연구원.  
 관심분야는 홈네트워크, BcN, IPTV등임.



범 순 균

1985년 중앙대학교 전자계산학과.  
 1985년~2007년 6월 LG-Nortel R&D Center.  
 2007년 6월~현재 (주) 티모테크놀로지 네트워크 연구소장.  
 관심분야는 BcN, IPTV, 홈네트워크 등임.