

# 클라우드 네트워크 가상화를 통한 IPTV 네트워크 부하 균등화와 콘텐츠 Waiting time 감소방안 연구

이고운\*, 유인태\*\*

요약

디지털 방송 보급의 전면 확대 실시에 따라 IPTV 사용자가 급격하게 늘게 되면서 국내 IPTV 사업은 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 사용자가 늘어남에 따라 IPTV 네트워크의 부하가 증가하게 되었다. 이에 따라 주문형 콘텐츠의 전달에 있어, 콘텐츠 서버의 부하와 Waiting time의 증가를 가져오게 되고, 사용자의 증가로 인해 네트워크도 복잡하게 확장하게 되었다. 본 논문에서는 기존 IPTV 네트워크에 클라우드 네트워크 가상화 기술을 활용하여 서버, Storage와 같은 부분들을 가상화 처리하여 네트워크 자원 및 서비스를 공동화하여 수요에 따라 자원을 분배해 Waiting time을 줄이고자 한다. IPTV 네트워크의 콘텐츠 서버에서 사용자의 STB까지 전송 시에 최적경로탐색 알고리즘을 통해 부하가 적은 노드를 사용하면서, 최소의 노드수를 사용하여 최적의 경로를 이용하게 하여, 전체 콘텐츠 네트워크의 부하 균등화를 실시한다.

## A Study on reduce the Waiting Time of the Contents and Load Balancing of IPTV Network through the Cloud Network Virtualization

Go-Woon Lee\*, In-Tae Ryoo\*\*

ABSTRACT

As digital broadcast becoming wildly available to public, number of IPTV users suddenly increased opening new era of domestic IPTV business. As users increased, IPTV network load started to overload. Thus, the delivery of on-demand content, will result in a increase in the Waiting time and load on the content server, with the increase of the user, the system become more complex. This essay will discuss how utilizing cloud network virtualization technology within existing IPTV network can reduce waiting time by virtualizing server and storage to share network resources and services. When transferring from IPTV network's Contents server to user's STB, through Greedy algorithm, use low load node to maintain minimum node using best possible road. This lead to entire Contents network load equalization.

Key Words : Cloud Network Virtualization, IPTV, Load Balancing, Contents Network, Cloud Virtual Server

---

\* 경희대학교 컴퓨터공학과 (✉oakwn@khu.ac.kr)

\*\* 경희대학교 컴퓨터공학과

· 제1저자(First Author) : 이고운 · 교신저자(Correspondent Author) : 유인태

접수일(2013년 11월 30일), 수정일(1차 : 2013년 12월 10일), 게재확정일(2013년 12월 12일)

## I. 서 론

디지털방송의 보급에 의해 이전보다 많은 가정에서 IPTV 서비스를 사용하게 되면서, IPTV 네트워크의 변화가 이루어지지 않은 시점에 많은 사용자가 유입되어 네트워크의 부하 증대, 특정 콘텐츠 몰림 현상으로 인한 전달 지연 등 여러 가지 문제가 생기게 되었다.

IPTV 네트워크는 현재 폐쇄망 서비스로 운영되고 있다. 기존 IPTV 사업자가 관리하는 IPTV 네트워크에 콘텐츠 제공 업체에서 구입한 콘텐츠를 사용자들에게 다시 파는 형태의 서비스를 의미한다. IPTV 사업자가 콘텐츠 제공 업체에게 구매하지 않은 콘텐츠는 IPTV 사용자가 요청할 수 없고, 사용자가 원하지 않는 콘텐츠의 목록이 제공될 수 있다는 단점이 있다. 하지만 폐쇄망을 사용할 경우 네트워크 자원에 대한 수요가 어느 정도 예측되기 때문에 예측 수요만큼의 자원만 확보하고 있다면 트래픽이 몰려도 속도저하가 크지 않기 때문에 네트워크의 품질을 유지하기에 좋고, 하드웨어적으로 유지보수하기에 수월하다는 장점을 가지고 있다.

사용자 유입에 따른 트래픽의 증대로 인해 우리나라 IPTV 시장은 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 다른 한편에서는 폐쇄형태의 IPTV 서비스에서 벗어나 Open형 IPTV 개발의 필요성이 나타나고 있다. 기존 불편함 없이 제공 받던 사용자의 네트워크의 새로운 사용자들의 추가로 인해 기존 사용자가 콘텐츠의 대기시간의 증가로 불편을 느끼게 되었다.

본 논문에서는 이러한 상황을 해결하고자 클라우드 네트워크 가상화를 이용하여 네트워크 자원 분배와 관리를 통해 좀 더 효율성 있는 콘텐츠 전송을 방안을 제시한다. 또한 실제 IPTV Testbed와 같은 Topology를 통해 시뮬레이션을 통해 검증한다.

## II. 관련연구

IPTV(Internet Protocol TV)는 영상을 인코딩하고, 패킷단위로 나누어 IP 네트워크에 연속적으로 전송하여 사용자의 STB(Set Top Box)에서 다시 디코딩 과정을 거쳐 영상을 재생하는 기술이다.

IPTV 서비스의 특성상 콘텐츠 하나에 여러 곳의 요청이 들어와 해당 요청들을 한 번에 처리하기 위해서 멀티 포인트 전송이 가능한 Multicast를 사용한다. 기존 Unicast나 Broadcast 전송기법 보다 중복 트래픽의 발생이나, 멀티 포인트 전송에 필요한 CPU부하율 감소 등의 이유로 Multicast 기법이 IPTV 서비스에 적합하다. 하지만 혼잡회피에 대한 설계가 없고 looping 등에 의한 패킷 복제가 발생하는 경우가 있다. 문제에 대한 방안 overlay Multicast 기법이 있지만 서버로부터 종단까지 모든 라우터가 Multicast를 지원해야만 전송 가능해 네트워크 확장에 있어 비용이 많이 든다. 또한 Multicast에서 사용하는 D 클래스 주소는 누구나 임의로 선택하여 인터넷상에서 사용할 수 있기 때문에 그룹 주소의 충돌문제가 빈번하게 발생하고, 동적인 주소관리로 인한 라우터의 오버헤드도 증가한다.[2]

## III. 본 론

### 3.1 네트워크 부하 값을 통한 경로 재설정

기존 IPTV 콘텐츠 전송 서비스 같은 경우 처음 서비스에 가입이 되고 첫 콘텐츠를 불러올 때 Shortest 경로를 설정하여 그 경로를 고정시킨다. 사용자가 서비스 요청 시에 요청신호가 해당 콘텐츠 서버까지 가고, 콘텐츠 서버에서 사용자가 소속

된 해당 서버 네트워크에 멀티캐스팅 전송기법으로 전송한다. 그 이후에 해당 라인의 문제가 생겨 끊기기 전까지 회선을 바꾸는 일이 없다.

본 논문에서 제안하고자 하는 방법은 일정 서버 네트워크 입구에 가상의 서버를 둔다. 서버 네트워크 입구는 물리적인 위치가 아닌 논리적으로 해당 서버 네트워크를 총괄하는 위치를 의미한다. 기존 IEEE에서는 IPTV 네트워크 종단에서 종단까지 End device가 직접 경로를 설정하는 기법을 제안하였다.[2] 하지만 IPTV에서 End device에 해당하는 TV나 STB에서 경로설정을 할 경우, 해당 End device의 고성능화가 요구된다. 그래서 해당 논문에서는 Cloud Network의 가상화를 통해, 경로설정 기능을 담당하는 가상서버를 정의하였다. 가상서버는 사용자와 직접 통신하는 서버로서, 사용자는 가상서버에 콘텐츠를 요청하고, 가상서버는 콘텐츠를 끌어오므로써 사용자에게 마치 실제 콘텐츠 서버와 일대일 연결이 되어있는 것처럼 느끼게 해준다. 본 논문에서는 시뮬레이션에서 해당 가상 서버는 콘텐츠 서버까지의 경로에 있는 모든 노드에게서 해당 노드의 부하 값을 나타내는 K값을 전달 받는다. K값을 전달받은 가상 서버는 사용자 측에서 콘텐츠 요청이 들어오게 되면, 가장 최근에 들어와 있는 K값을 이용해 해당 콘텐츠 서버까지의 경로들의 Optimal S 값을 구한다.

$$Optimal S = \min[s_m = (\sum_1^i k_n) \times \frac{1}{N}] \quad (1)$$

여기서 말한 Optimal S 값은 해당 라인의 부하 값들을 경로에 따라 배열에 저장시키고 해당 경로의 끝에 도착하게 되면 모든 배열 값들을 더한다. 더해서 나온 값들을 s라 하는데 이 s 값들을 비교해서 가장 적은 값을 가진 s 값을 Optimal S로 정한다. 만약 같은 값이 나올 경우 해당 노드의 수로

나뉘었을 때 더 작은 값이 나온 s를 Optimal S로 선정한다.  $k_n$  값은 해당 노드의 k 값이고, N은 전체 노드의 수이다.  $s_m$  값은 여러 가지 경로 별 Optimal s 값을 의미하는데 그 중 최소 값을 가지는 경로가 사용자로부터 콘텐츠 서버까지의 최적 경로가 된다.

$$k_i = \max[d_n] - d_i \quad (2)$$

임의의 부하 값을 나타내는 k 값은 전체 네트워크 내에서 가장 큰 Data rate 값을 기준으로 해당 노드의 단위시간 당 Data rate가 얼마나 낮은지를 가지고 부하를 판단한다. 식 (2)은 각 노드별 k 값을 구하는 식이다. i 는 해당 노드의 번호를 나타내고 d값은 해당 노드의 Data rate를 나타낸다.  $d_n$ 의 값은 Topology 내의 전체 Data rate들을 의미한다.

Optimal S 값을 이용하여 최적의 경로를 선택한 후 전송한다. <그림 1>에서 보면 중간 Node는 임의의 시간마다 k 값이 변화할 때 마다 가상 서버에게 보고 패킷을 전송한다.

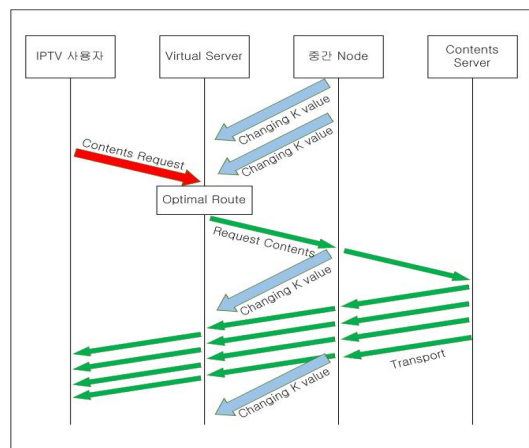


그림 1. Virtual Server 이용한 경로 재설정 흐름도  
Fig 1. Reroute Flow using Virtual Server

### 3.2 시뮬레이션

<그림 2>의 네트워크 형태에서 시뮬레이션을 위해 Core Edge Node에 새로운 노드를 하나씩 연결하였고, R4와 R3 노드에 Core Edge Node를 더 연결하였다. <그림 3>의 모습이 시뮬레이션 하는 네트워크의 구성 모습이다.

시뮬레이션은 경희대학교 ITRC 센터에서 운영 중인 IPTV Testbed Topology를 NS-3 네트워크 시뮬레이터를 사용하여 구성하였다.

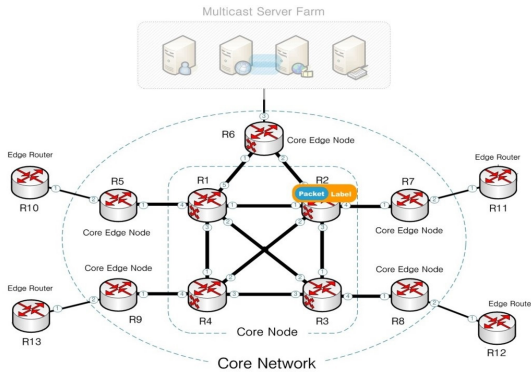


그림 2. IPTV Testbed Topology  
Fig 2. IPTV Testbed Topology

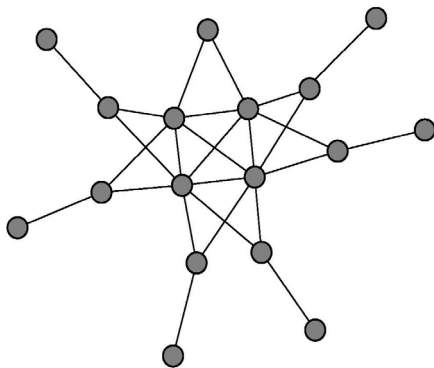


그림 3. NS-3로 구성한 Topology  
Fig 3. Configure Topology to NS-3

시시각각 변하는 네트워크의 상태를 표현하기 위해 각 부하를 나타내는 k값이 변하는 주기 시간을 랜덤하게 변화시켰고, 랜덤한 시간 주기 마다 각 노드별 k값을 변화시켰다. k값의 증가하면 부하도가 증가해 트래픽이 몰리는 상황을 가정하여 해당 노드에 단위시간당 통과하는 데이터의 양을 감소시켰다.

사용자의 콘텐츠 요청이 나오는 입구에 Virtual 서버를 두었다. Virtual Server는 entry point에 위치한 물리적인 서버가 아닌 해당 서브 네트워크를 총괄하는 의미의 논리적 Virtual Server이다. NS-3에서는 논리 서버의 기능이 없기 때문에 경로가 갈라지는 Core Edge Node에 위치시켰다. 해당 네트워크에서 콘텐츠 Server 까지 경로에 있는 노드들의 부하를 나타내는 임의의 값 k를 주기적으로 보고 받고, 사용자가 VoD 같은 콘텐츠를 요청할 때 Virtual Server에 들어와 있는 부하 값들을 이용해 최적의 경로를 설정한다. 그리고 해당 콘텐츠를 Server에서 해당 경로를 통해 전송해 준다. 기본적으로 처음에 설정되어 있는 경로가 Shortest한 경로이기 때문에 주로 그 경로를 통해 전송되지만 부하 값이 커질 경우 트래픽이 몰렸다고 판단하여 다른 경로를 설정하고 전송한다.

### 3.3 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 사항을 통해 시뮬레이션 한 결과 기존 IPTV의 멀티캐스트 전송방법 보다 적은 전송시간이 걸린 것을 확인할 수 있었고, 여러 번의 실험을 통해 전송하는 파일의 크기가 클수록 즉 부하 값 k가 자주 변할수록 가상 서버를 사용하여 경로 재설정을 한 방법이 단위시간당 데이터율이 더 높았다.

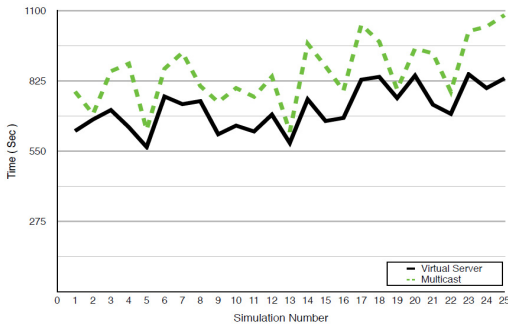


그림 4. 전송기법 별 데이터 전송 시간 비교  
Fig. 4. Comparing Transfer Time each Transfer Method

위의 <그림 4> 그래프에서 가로축은 시뮬레이션 횟수를 나타내며 세로축은 해당 전송기법이 500MB의 데이터를 전송하는데 걸린 시간을 의미한다. Virtualization을 통해 가상서버를 사용할 경우 항상 최선의 경로로 전송하기 때문에 기존 멀티캐스팅 기법보다 시간이 더 적게 걸린다.

또한 전송 시간측정 이외에 시뮬레이션마다 전송하는 콘텐츠의 용량을 변경해 보고 단위시간 당 노드에 흐르는 데이터 율을 측정해 보았다. <그림 5> 그래프처럼 콘텐츠의 크기가 커질수록 Data rate가 증가하는 것을 볼 수 있다.

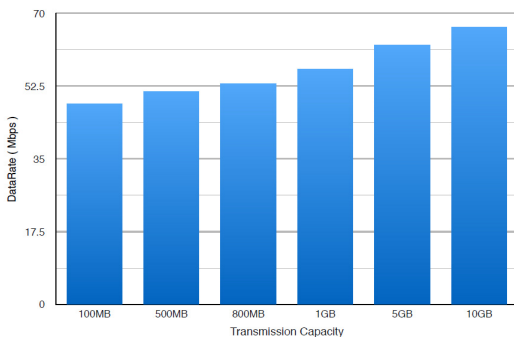


그림 5. 전송용량 증가에 따른 Datarate의 변화  
Fig. 5. Changing Datarate According to Increase Transmission Capacity

이는 노드의 복잡도가 자주 빈번하게 변함에 따라 기존 설정된 경로가 아닌 다른 경로로 우회하는 횟수가 많아지면서 부하가 큰 경로를 피해 데이터를 이동하게 된다. 따라서 트래픽을 부하가 많은 경로가 아닌 다른 곳으로 우회함으로써 IPTV 네트워크 자체에 부하균등화를 도모할 수 있을 것이다.

<표 1>은 5GB의 파일을 기존 Multicast 기법과 논문에서 제안한 기법으로 각각 전송시켜 나온 값들의 평균값이다.

표 1. 전송기법 별 성능 비교  
Table 1. Comparing Throughput each Method

	Transmission Time(sec)	Data rate (mbps)
Multicast	861.64	51.71
Proposed	717.92	60.45

<표 1>과 같이 5GB의 파일을 전송 시에 본 논문에서 제안한 기법은 기존 기법보다 평균 143.72 초 전송이 빨랐고, Data rate가 평균 8.74mbps 높았다. 이를 통해 현재 Multicast 전송 기법을 사용하는 IPTV 네트워크를 Cloud Network로 변환시켜 가상서버를 사용하여 경로설정을 한다면 콘텐츠 전송 시간의 감소를 보일 것이다.

#### IV. 결 론

본 논문을 통해 디지털방송 전면 보급에 따라 IPTV의 사용자 유입으로 인한 문제점들을 파악하고, 그에 따른 네트워크의 부하를 해소를 위해 Cloud Network Virtualization을 이용하여 콘텐츠 Waiting time 감소 방안을 제시하였다.

시뮬레이션에 사용된 Network Topology는 경희대학교 ITRC 센터에서 운영 중인 IPTV Testbed

Topology를 NS-3 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 구현하였다. 네트워크 토폴로지에 제안한 알고리즘을 적용시켜 성능에 대한 검증은 수행하였다. 기존 실제 IPTV 네트워크는 처음에 연결을 할 때 Shortest한 경로가 설정이 된다. 그래서 해당 경로에 트래픽이 증가하여도 같은 길로 계속 전송한다. 사용자가 증가하게 되면 자연스럽게 해당 서버 네트워크에 트래픽이 증가하게 되어 이전보다 콘텐츠 요청 시에 대기시간이 길어지게 된다.

본 논문에서 제안한 기법은 시뮬레이션을 통해 기존의 IPTV의 멀티캐스트 기법보다 전송시간이 줄었고 또한 전송하는 파일의 크기가 클수록 즉, 경로 재설정 횟수가 잦아질수록 기존 멀티캐스트 기법보다 더 짧은 전송시간을 가졌다.

향후 연구 과제로는 단위시간 흐르는 데이터 값 이외에 해당 경로 부하에 따른 딜레이, 대역폭의 변화와 같은 다양한 속성 변경을 통한 검증이 필요할 것이다. 본 시뮬레이션에서는 소규모 네트워크 크기 때문에 경로상의 looping이 발생해도 어느 정도 제어와 예측이 가능했지만, 좀 더 큰 네트워크에서의 연구와 시뮬레이션이 필요하다.

### 참고문헌

[1] Kim Sin-Chu, Kwon Tae-Kyung, Choi Yang-Hee. "Design and development of content network testbed system of cloud-based,"

[2] Vaneet Aggarwal, Xu Chen, Vijay Gopalakrishnan, Rittwik Jana, K.K. Ramakrishnan and Vinay A. Vaishampayan, "Exploiting Virtualization for Delivering Cloud-based IPTV Services," *IEEE INFOCOMM 2011 Workshop on Cloud Computing*, 2011.

[3] Cha Byung-Rae, Sim Su-Jeong, Kim Yong-Il. "Design of StraaS(streaming as a service) based on Cloud Computing," *Koni*, Vol. 16, No. 2, pp. 330-339, 2012.

[4] Suh Jeong-Jun, Sin Young-Sang, Jung Hyun-Chu.

"Trends that are related to the method of analysis and network virtualization technology of cloud computing environment infrastructure," *KIISC*, Vol. 22, No. 7, pp. 21-26, 2012.

### 감사의 글

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음"(NIPA-2013-H0301-13-1006)

"본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임"(2012-0001313)

### 저자소개



이고운(Go-Woon Lee)

2012년 경희대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

2012년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 석사과정 재학  
※ 관심분야: IPTV, Cloud Network, Virtualization



유인태(In-Tae Ryoo)

1987년 연세대학교 전자공학과 학사  
1989년 연세대학교 전자공학과 석사  
1994년 연세대학교 전자공학과 박사  
1997년 동경대학교 컴퓨터공학과 박사

1997년~1999년 삼성전자 선임연구원

1999년~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수  
※ 관심분야: 인터넷 기술/IPTV, 네트워크 QoS/QoE, 트래픽 관리, 무선 통신, 네트워크 보안