

광섬유 기반 IPTV 네트워크를 위한 FC 내장형 IPTV STB 제안

정성욱*

Suggestion of an Fiber Channel-Embedded IPTV STB for Optical Fiber-based IPTV Networks

Sung-Wook Chung*

요약 최근, 인터넷 프로토콜 텔레비전 (IPTV) 서비스가 일반화되어 TV시청 뿐만 아니라 다양한 인터넷기반 서비스가 가능하다. 이러한 IPTV 시스템에서 STB(Set-Top Box)는 실시간 멀티미디어 콘텐츠를 송수신 할 수 있도록 지원하는 네트워크 단말 장치로써 작동한다. 이러한 IPTV 네트워크는 일반적으로 FTTH(Fiber-To-The-Home)와 같은 광섬유(Optical Fiber) 기반의 광대역기반 네트워크에 의해 제공되지만 현재 대부분의 IPTV STB는 대역폭(Bandwidth)을 공유하는 이더넷(Ethernet)과 같은 로컬 영역 네트워크(LAN)에 연결된 장치 중 하나로 연결된다. 따라서 HD급 고화질 콘텐츠 및 다양한 서비스 지원을 위한 IPTV STB를 위해서는 1Gbps와 같은 충분한 광섬유 기반의 네트워크 대역폭을 효과적으로 활용할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 광섬유 네트워크에 바로 장착할 수 있는 새로운 FC(Fiber Channel) 내장형 IPTV STB를 제안한다. 그 후 해당 제안된 FC 내장형 IPTV STB의 우수성을 확인하기 위하여 해당 FC 내장형 IPTV STB가 장착된 FC-AL(Fiber Channel - Arbitration Loop) 네트워크를 구성하여 해당 아키텍처의 성능을 검증한다. 우수한 IPTV 아키텍처의 성능을 확인하기 위하여 철저한 시뮬레이션 실험을 통하여 평균 시작지연(Average Start-up Delay) 시간, 평균 거부비율(Average Reject Ratio) 및 동시 사용자수(Number of Concurrent Users)를 측정한다. 놀랍게도, 제안된 FC 내장형 IPTV STB가 장착된 IPTV 네트워크 아키텍처는 10 msec 미만의 우수한 평균 시작지연(Average Start-up Delay) 시간, 3 % 미만의 수용가능한(Acceptable) 평균 거부비율(Average Reject Ratio) 및 아키텍처를 확장 할 때 동시 사용자수의 선형증가(Linear Increase)를 보여준다. 이는 제안된 FC 내장형 STB가 광섬유 기반의 광대역 대역폭을 효과적으로 사용하여 전체 IPTV 네트워크 성능에 우수한 영향을 미치고 있음을 보여준다.

Abstract Recently, the Internet Protocol Television (IPTV) services have become very common, enabling various Internet-based services as well as watching TV. In the IPTV system, a Set-Top box (STB) plays a key role as a network terminal device that transmits and receives realtime multimedia contents. In addition, the IPTV networks are usually supported by broadband optical fiber-base network such as fiber-to-the-home (FTTH). However, a general IPTV STB is regarded as one of the local area network (LAN)-attached devices while sharing the bandwidth of the LAN (e.g., Ethernet). In order to overcome the limited bandwidth utilization by fully facilitating the broadband bandwidth (e.g., 1 Gbps) of the optical fiber-based network, we propose a new FC (Fiber Channel)-embedded IPTV STB which can be directly attached to the optical fiber network. Then, we verify that the impacts of the proposed FC-embedded IPTV STB by organizing the the FC-AL (Fiber Channel-Arbitration Loop) network equipped with the FC-embedded IPTV. We measure the average Start-up Delay, Average Reject Ratio and the Number of Concurrent Users through extensive simulations to investigate the performances of the suggested FC-AL-based IPTV network. Surprisingly, the IPTV network architecture with the proposed FC-embedded IPTV STBs has an excellent average start-up delay of less than 10 msec, an acceptable average reject ratio of less than 3 % as well as a linear increase of the number of concurrent users when extending the architecture. This reveals that the proposed FC embedded STB has a superior impacts on the performance of the entire IPTV network by effectively utilizing the broadband bandwidth of the fiber optic-based network.

Key Words : FC-embedded STB, IPTV, Fiber Optic-based Network, Realtime Content-Delivery Architecture

This research is financially supported by Changwon National University in 2017-2018

*First & corresponding Author : Department of Computer Engineering, Changwon National University(swchung@changwon.ac.kr)

Received May 12, 2017

Revised June 11, 2017

Accepted June 11, 2017

1. 서 론

컴퓨터 네트워크, 컴퓨팅 능력 및 압축기술 등 동영상 기술을 포함하는 분산멀티미디어 기술의 급속한 발전으로 시간과 장소에 구애 받지 않는 실시간 콘텐츠 전송 및 분배는 매우 보편화되었다. 즉, 텔레비전(TV), PC(Personal Computer), 스마트폰(Smart Phone) 등과 같은 여러 사용자 장치를 다양한 광대역 네트워크에 접속가능하게 하였으며, 이를 통하여 VOD(Voice on Demand) 또는 TV 프로그램과 같은 다양한 실시간 동영상 콘텐츠를 쉽게 즐길 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 PSTN(Public Switched Telephone Network), 케이블 네트워크(Cable Network) 또는 TV 방송 시스템(TV Broadcasting System)과 같은 다양한 콘텐츠 전달 네트워크 아키텍처들은 네트워크 기술 발전 및 융합(Convergence)에 따라 인터넷 프로토콜(IP) 기반의 네트워크 시스템으로 통합되어 왔다.

이러한 경향은 TV 콘텐츠 배포 방식에서도 적용되고 있다. 즉, 일반적으로 TV 콘텐츠는 지상파 네트워크에서 방송되거나 케이블 네트워크를 통해 전달되지만, IP 기반 네트워크 융합이(Network Convergence)가 확산됨에 따라 전달 네트워크와 상관없이 실시간 콘텐츠가 전송되게 되며 이를 통하여 PC, 노트북 및 스마트폰을 비롯한 다양한 컴퓨터 기반 장치에서 라이브 TV 콘텐츠를 볼 수 있게 되었다.

뿐만 아니라, 디지털 기반의 TV에서는 일반적으로 IP 인터페이스가 지원되기 때문에 실시간 VOD 콘텐츠를 IP 기반 네트워크를 통하여 TV에서도 시청가능하다. 이러한 경향은 네트워크 기반의 통신 회사들(Network Providers)의 TV 콘텐츠 사업화로의 확장을 가능하게 하였다. 또한, 현재의 셋톱박스(Set-Top Box, STB)는 IP 기반 네트워크를 지원할 수 있으며, 채널 튜너, 스트리밍 디코더 및 하드 디스크를 갖춘 네트워크 기반 컴퓨팅 디바이스로 동축 케이블 인터페이스를 통해 TV에 연결된다[1-2]. 이에 따라 인터넷 기반 통신 회사들은 IP 기반 네트워크를 통한 실시간 TV 콘텐츠 분배 서비

스인 IPTV(Internet Protocol TV) 서비스를 도입했다. 실제로 IPTV 서비스는 실시간으로 스트리밍을 통해 모든 콘텐츠가 각 가정에 전달되는 TV 방송 및 IP 네트워크 서비스의 융합(Convergence) 서비스이다 [3]. IPTV 서비스는 HD 급 TV 콘텐츠 시청, 양방향 서비스, TV에서의 VOD 시청, 인터넷 검색, 웹 서핑, 소셜 네트워크 서비스(SNS) 등 다양한 인터넷 기반 서비스를 제공한다.

이러한 IPTV 서비스에서 STB는 중요한 역할을 수행한다. 즉, STB는 IP 기반 네트워크에 직접적으로 연결되어 수신받은 실시간 멀티미디어 콘텐츠를 TV로 릴레이하면서 실시간 스트리밍 전송 디바이스 역할을 제공한다. 동시에 하드디스크에 콘텐츠를 저장하여 시간이동서비스(Time-shifting Service) 및 공유를 통한 콘텐츠를 배포 서비스를 수행한다 [4]

그럼에도 불구하고, 기존의 STB는 주로 UTP(Unshielded Twisted Pair) 커넥터로 이더넷(Ethernet)과 같은 LAN(Local Area Network)에 연결되는 디바이스의 하나로 설치된다. 즉, IPTV STB는 PSTN 네트워크, 케이블 네트워크 또는 FTTH (fiber-to-the-home)와 같은 액세스 네트워크에 연결되는 여러 다른 장치들 중 하나로 연결되어 실시간 콘텐츠 멀티미디어 데이터를 수신한다. 그러나 이러한 연결방식은 안정적인 광대역 대역폭을 요구하는 고화질 HD(High Definition)급 IPTV 서비스에는 비효율적이다. 특히, 최근의 IPTV 네트워크는 일반적으로 그림 1과 같이 광섬유(Optical Fiber) 기반의 FTTH 네트워크로 기반으로 가정까지 연결된다. 하지만 이렇게 IPTV STB이 홈 게이트웨이를 통하여 LAN의 연결된 장치 중의 하나로 사용된다면, 이는 다른 맥내장치와의 LAN 공유로 인하여 FTTH가 제공할 수 있는 안정적인 광대역 대역폭(예, 1 Gbps)의 대부분을 사용하기가 어려워진다. 따라서 고화질의 HD급 IPTV 콘텐츠 공유 및 배포, 인터넷 기반의 다양한 홈 미디어 센터 서비스 등 다양한 실시간 멀티미디어 서비스를 효과적으로 지원할 수 있도록, 본 논문에서는 Optical Fiber의 대역폭을 완벽하게 지원할 수 있는 새로운 FC(Fiber Channel) 내장형 IPTV STB

를 제안하고자 한다.

본 논문에서는 우선 FC 내장형 IPTV STB를 설계하여 구성하고, 제안된 IPTV STB의 우수성을 보여주기 위하여[5] 제안된 FC 호환 STB가 설치된 확장 가능한 IPTV 네트워크 커뮤니티의 성능을 철저한 시뮬레이션을 통하여 실험한다. 해당 시뮬레이션 결과는 우수한 평균 시작지연(Average start-up delay), 그리고 뛰어난 평균 거부비율(Average reject ratio) 및 동시 사용자수(Number of concurrent users)를 보여준다.

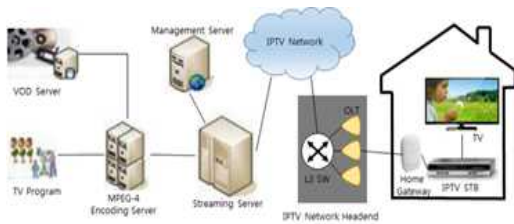


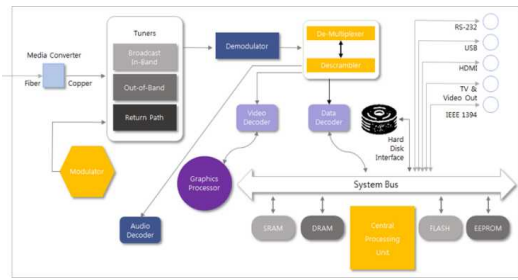
그림 1. IPTV 시청 커뮤니티 네트워크
Fig. 1. IPTV-Watching Community Network

2. FC 내장형 IPTV STB 디자인과 FC-AL 기반의 IPTV 네트워크

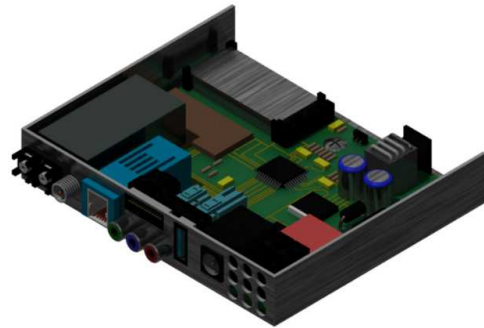
2.1 FC 내장형 IPTV STB 디자인

일반적으로 고품질 IPTV 콘텐츠 전송을 위한 광섬유 기반의 FTTH 네트워크 아키텍처가 그림 1에서 확인할 수 있다. 그림에서 보듯이 IPTV 콘텐츠는 콘텐츠 서버에서 FTTH 네트워크를 통해 각 IPTV 택으로 전송된다. IPTV 가정 근처의 IPTV 헤드엔드(Headend)는 각 가정에 광섬유를 연결하고, 광섬유 기반 홈 게이트웨이(Home Gateway)는 해당 신호(Signal)를 IP 형식으로 변환하여 광대역 인터넷 서비스가 전체 가정으로 분배된다. 일반적인 IPTV의 경우 홈 게이트웨이에서 이더넷 커넥터인 RJ45 커넥터(Connector)를 통하여 IPTV STB에 연결되고, 그후 동축케이블을(Coaxial cable)을 통하여 STB에서 TV로 연결된다. 그러나, 이러한 접속 방식은 고품질 HD급 IPTV에서 FTTH제 제공하는 광섬유의 신뢰성 있

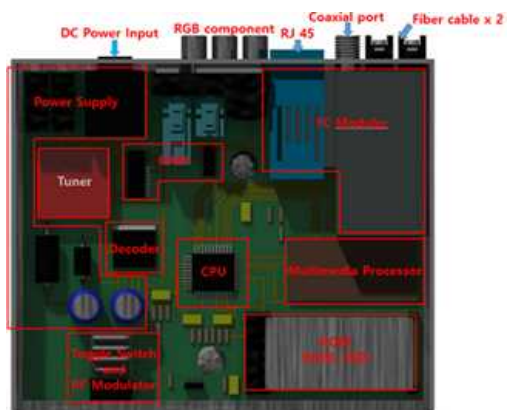
는 광대역 전송 속도(예, 1Gbps)를 전체를 사용하기에는 용이하지 않기 때문에 FTTH 대역폭의 이용면에서 효율적이지 않다. 따라서 본논문에서는 FC 미디어 컨버터(Media converter) 기능과 기본적인 IPTV 기능을 포함하는 새로운 FC 지원 IPTV STB를 그림 2와 같이 고안하여 제안한다.



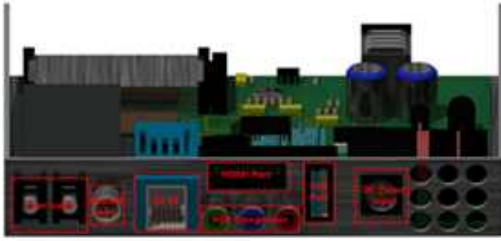
(a) FC 내장형 IPTV STB의 내부 기능 구조도



(b) FC 내장형 IPTV STB의 전체 3D 뷰



(c) FC 내장형 IPTV STB의 내부 View



(d) FC 내장형 IPTV STB의 후면 View
 그림 2. FC 내장형 IPTV STB 디자인
 Fig. 2. Design of FC-Embedded IPTV STB

제안된 FC 내장형 IPTV STB는 그림 2에 구체적으로 나타나 있다. 구체적으로 그림 2-(a)는 미디어 컨버터(Media converter)를 포함하는 IPTV STB의 내부기능 구조도를 보여준다. 해당 설계에 근거하여 그림 2-(b)는 3ds사의 CATIA의 최신버전인 3D Experience [6]를 사용하여 3D로 디자인한 모습이다. 해당 디자인의 구체적인 전체 뷰 및 후면 뷰는 그림 2-(c),(d)에서 살펴볼 수 있다. 해당 디자인의 가장 큰 특징은 미디어 컨버터(Media converter)가 IPTV 내부에 내장(Embedded)되어 광섬유(Optical Fiber) 신호(Signal)를 IPTV 내부에서 IP 형식으로 직접 변환함으로써 IPTV STB이 전체 광섬유의 광대역 대역폭을 충분히 활용할 수 있도록 FC 변환 모듈을 포함하게 한 점이다.

2.2 FC-AL 기반의 IPTV 네트워크

제안된 FC 내장 STB가 실제 IPTV 네트워크에 설치되어 전체 FTTH의 광대역 대역폭을 충분히 활용한 효과를 측정하기 위하여, 제안된 IPTV STB를 고려한 전체 IPTV 네트워크 아키텍처를 구성하여야 한다. 흥미롭게도 파이버 채널 중재 루프(FC-AL)는 기가비트 파일 전송(예: 8GFC, 기가비트 파이버 채널에서 8Gbit/s), 전이중 통신, 그리고 공정한 중재 알고리즘의 지원을 통해 실시간 멀티미디어 아키텍처로서 우수한 성능을 보여준다 [7-8]. 또한 FC(Fiber channel)는 FC 프레임을 IP 네트워크를 통해 효과적으로 전달할 수 있는 FCIP(IP over FC) 프로토콜, iFCP(인터넷 파이버 채널 프로토콜) 프로토콜 및 iSCSI(인터넷 소형

컴퓨터 시스템 인터페이스) 프로토콜을 지원하고 있다[9]. 따라서 그림 3에서와 같이 실시간 IPTV 네트워크 아키텍처를 위한 FC 내장형 STB를 다중 루프 FC-AL 구성에 적용한 아키텍처를 구성할 수 있다[4].

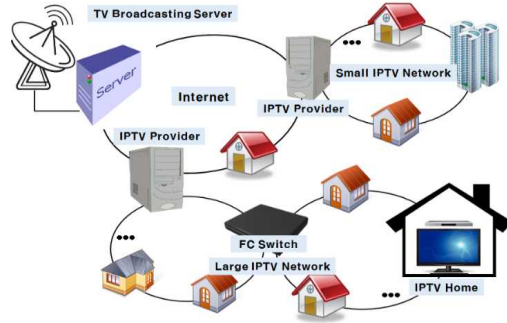


그림 3. FC 내장형 STB가 채택된 FC-AL 기반 IPTV Network
 Fig. 3. An FC-AL-based IPTV Network Using Proposed FC-embedded IPTV STBs

그림 3과 같이 제안된 FC 내장형 IPTV STB를 사용하는 IPTV 네트워크 아키텍처가 구성된 후, 해당 IPTV 아키텍처의 성능을 평가한다. 즉, 허용 가능한 평균 시작지연(Average start-up delay), 합리적인 평균 거부비율(Average reject Ratio) 및 많은 동시 사용자수(Number of concurrent users) 측면에서 우수한 실시간 콘텐츠 배포 네트워크로서의 성능을 보여줄 수 있는지 시뮬레이션 한다. 즉, 제안된 FC 내장형 IPTV STB가 광섬유의 충분한 광대역 대역폭을 충분히 활용하여 전체 네트워크 성능에 바람직한 영향을 미치는지를 시뮬레이션을 통하여 확인한다.

3. 시뮬레이션 및 결과

제안된 IPTV STB가 설치된 FC-AL 기반 IPTV 아키텍처의 실시간 콘텐츠 전달 네트워크의 우수성을 검증하기 위해 평균 시작지연(Average start-up delay), 평균 거부비율(Average reject ratio) 및 동시 사용자수(Number of concurrent users)의 3가지 관점에 대한 철저한 시뮬레이션을

수행한다.

시뮬레이션에서, 각 TV 프로그램은 19.4Mbps 재생속도의 HD 품질을 가지며 60분 길이라고 가정한다. 그리고 프로그램은 FC-AL의 각 루프(Loop) 사이에 고르게 분산되고 각 TV 프로그램에 요청되는 확률은 일정하여 공정한 데이터 트래픽을 발생시킨다. 그리고 프로그램 재생 요청은 뱀아송 분포(Poisson distribution)를 따르며, 사용자가 가능한 각 STB는 60분마다 서로 다른 프로그램에 대한 요청을 시도한다. 또한 126개의 STB가 각 루프(Loop)에 연결되어 있으며 평균적으로 그 중 절반이 특정 시간에 사용 가능하다고 가정한다. 루프 사이의 라우팅(Routing)은 홉(Hop) 수에 의해 결정되고 타이 브레이크(Tie-break)는 임의(Randomly)로 결정된다. 그 외 디스크(Disk) 및 FC-AL에 사용되는 매개 변수에 대한 자세한 내용은 표 1를 따른다.

표 1. 시뮬레이션 실험환경
Table 1. Experimental Environments for Simulations

구분	실험변수	설정값
FC-AL	Data transfer rate	2 Gb/s
	Average per-node delay	240 ns
	Average propagation delay	3.5 ns/m
FC Switch	Number of ports	16
	Average port transfer rate	16 Gb/s
Disk	Capacity	300 GBytes
	Cache	32 Mbytes
	Disk transfer rate	58~98 Mbytes/s
	Average seek time	4.1 ms
	Average rotational latency	2.99 ms
TV programs	HD-quality	19.4 Mb/s
	SD-quality	5 Mb/s
	Length	60 min

3.1 평균 시작 지연(Average Start-up Delay) 시간

FC 내장형 IPTV STB가 장착된 FC-AL 기반의 네트워크 아키텍처의 성능을 측정하기 위하여, 해당 확장 가능한 FC-AL 루프를 2개에서부터 최

대 10개의 구성하면서 한 번에 하나의 루프를 추가하여 각각의 성능을 시뮬레이션 한다. 첫 번째로 평균 시작지연 시간(Average start-up delay)을 측정해 본 결과 그림 4과 같이 우수한 평균 시작지연 시간, 즉 10 msec 미만의 결과를 측정할 수 있었다. 일반적으로 인내가능한(Tolerable) 시작 지연 시간인 1 sec와 비교해보면 이는 매우 우수한 평균 시작지연임을 알 수 있다[10].

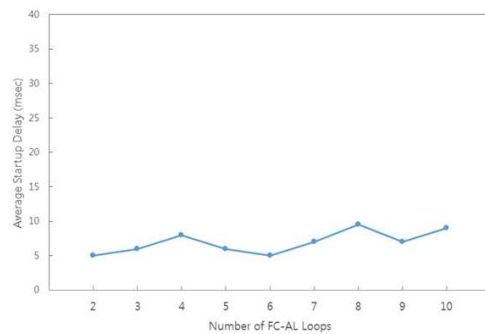


그림 4. 평균 시작지연 시간
Fig. 4. Average Start-up Delay

3.2 평균 거부 비율(Average Reject Ratio)

추가로 FC 내장형 IPTV STB가 장착된 FC-AL 기반의 네트워크 아키텍처의 평균 거부비율(Average reject ratio)을 분석한다. 이전 섹션과 마찬가지로 FC-AL 루프(Loop)의 수를 증가하면서 IPTV 네트워크 성능을 측정한다. 그림 5에서 보는 것과 같이, 제안된 FC 내장형 IPTV STB가 장착된 IPTV 네트워크 아키텍처는 루프(Loop) 수가 증가하거나 거의 모든 사용자가 IPTV 시청에 참여하고 있는 경우에도 우수한 평균 거부비율(Average reject ratio)이 3% 미만의 성능을 보여 준다.

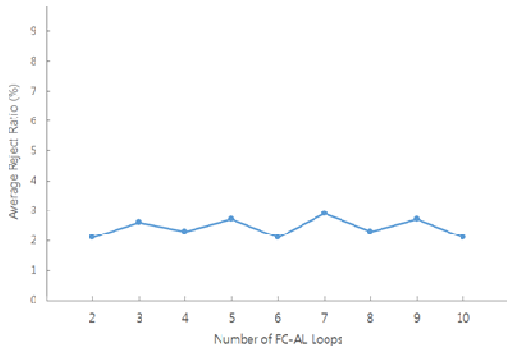


그림 5. 평균 거부 비율
Fig. 5. Average Reject Ratio

3.3 동시 사용자수(Number of Concurrent Users)

실용적인 IPTV 네트워크 아키텍처로서의 성능을 평가하기 위하여, FC 내장형 IPTV STB가 장착된 FC-AL 기반의 네트워크 아키텍처의 FC-AL 루프 수에 따른 동시 사용자수(Number of concurrent users)를 평가한다. 그림 6은 제안된 IPTV 네트워크에서 동시 사용자 수가 FC-AL 루프 수 증가에 따라 거의 선형증가(Linear increase)임을 보여 준다. 이는 FC 내장형 IPTV STB가 설치된 IPTV 네트워크가 실시간 콘텐츠 공유 아키텍처로서 우수함을 보여주고 있다.

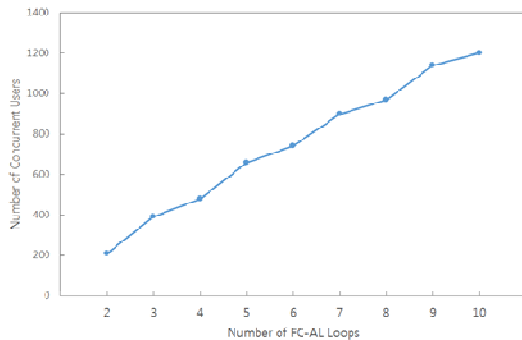


그림 6. 공유 IPTV 프로그램수
Fig. 6. Number of IPTV Sharing-content

4. 결 론

안정적이고 광대역의 광섬유 기반 네트워크를 최대한 활용하기 위해서는 광 신호를 IP 가능 형식으로 변경할 수 있는 변환 모듈을 포함하는 새로운 FC 내장형 IPTV STB가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 새로운 FC 내장형 IPTV STB를 제안하고 해당 STB가 장착된 FC-AL 네트워크를 구축하여, 제안된 IPTV STB의 영향을 효과적으로 반영된 전체 IPTV 시스템 성능을 평가한다. 즉, 해당 성능평가를 위하여 평균 시작 지연(Average start-up delay), 평균 거부비율(Average reject ratio) 및 동시 사용자수(Number of concurrent users)를 측정하였다. 철저한 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과, 제안된 FC 내장형 IPTV STB가 장착된 IPTV 네트워크는 10 msec 미만의 우수한 평균 시작지연(Average start-up delay) 시간, 3 % 미만의 수용가능한(Acceptable) 평균 거부비율(Average reject ratio) 및 선형증가(Linear increase)의 동시 사용자수(Number of concurrent users)를 보여준다. 따라서 제안된 FC 내장형 IPTV STB는 우수한 네트워크 성능을 보여줌으로써 광대역 광섬유 대역폭을 효율적으로 활용하여 실시간 콘텐츠 네트워크로써 적합한 FC-AL 기반 IPTV 네트워크 성능에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

REFERENCES

[1] J. O'Brien, T. Todden, M. Rouncefield, J. Hughes, "At Home with Technology: an Ethnographic Study of a Set-Top-Box Trial," ACM Transactions on Computer-Human Interaction, vol. 6, issue 3, pp. 282-308, 1999.

[2] W. Edwards, M. Newman, T. Smith, J. Sedivy, S. Izadi, "An Extendible Set-Top Box Platform for Home Media Applications," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 51, issue 4, pp.

1175-1181, 2005.

[3] P. Kumari, P. Rani, "A Comprehensive Survey on Internet Protocol Television (IPTV)," International Journal of Engineering and Computer Science, vol. 4, issue 6, pp. 12391-12394, 2015.

[4] S. Chung, "An IPTV Network Infrastructure for Organizing an Extendible IPTV Architecture" KIIECT, vol. 9, no. 5, pp.465-471, 2016

[5] J. Park, "Content-based Video Information Retrieval and Streaming System using Viewpoint Invariant Regions," KIIECT, vol. 2, no. 2, pp.43-50, 2009

[6] Dassault Systemes,
<https://www.3ds.com/products-services/3dexperience/>

[7] E. Kim and J.C.L. Liu, "An Integrated Network/Storage Architecture for Sharing High-Quality Broadcast TV Contents," IEEE Communications Magazine, vol. 43, no. 9, pp. 86-93, 2005.

[8] E. Kim and J.C.L. Liu, "Design of HD-quality Streaming Networks for Real-time Content Distribution," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 52, no. 2, pp. 392-401, 2006.

[9] T. Clark, "IP SANs: A Guide to iSCSI, iFCP, and FCIP Protocols for Storage Area Networks," Addison-Wesley, pp. 236-244, 2002.

[10] R.K. Sitaraman, "Network Performance: Does it Really Matter to Users and By How Much?," Proc.5th International Conference on Communication Systems and Networks, Bangalore, India, pp. 1-10, 2013.

저자약력

정 성 욱 (Sung-Wook Chung)

[정회원]



<관심분야>

- 2005년 5월 : CISE dept. Univ. of Florida, USA, (MS)
- 2010년 8월 : CISE dept. Univ. of Florida, USA, (Ph.D)
- 2010년 10월 ~ 2012년 2월 : KT 종합기술원 중앙연구소 선임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 컴퓨터공학과 조교수
 분산멀티미디어시스템, 홈네트워크