

확장형 IPTV 아키텍처 구성을 위한 IPTV 네트워크 인프라스트럭처 연구

정성욱*

An IPTV Network Infrastructure for Organizing an Extendible IPTV Architecture

Sung-Wook Chung*

요약 IPTV의 실시간 멀티미디어 콘텐츠 공유를 위해서는 안정적인 네트워크망과 멀티미디어 사용자 단말이 필요하다. 따라서 FC-AL과 IPTV STB를 이용하여 실시간 고품질 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처를 구성할 수 있지만, 프로토콜의 제한성으로 일정수 이상의 크기를 가진 커뮤니티 네트워크를 구성하기에는 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 FC Switch를 활용하는 확장가능한 FC-AL 다중루프 기반의 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처를 제안한다. 제안된 아키텍처는 15 msec이하의 우수한 시작지연 시간을 보여주며, 루프수를 증가함에 따라 선형증가하는 공유 IPTV 프로그램수를 보여준다. 또한, 실험을 통하여 다중루프에서의 우수한 시간이동 서비스를 지원함을 보여준다.

Abstract An IPTV has emerged as a widespread system when a realtime network and broadcasting system have progressed. Interestingly, it can also be organized with IPTV STBs and FC-AL for a high-quality TV content-sharing architecture. It is, however, not easy to configure a large community network with the FC-AL since it only has a 7-bit address space with supporting up to 127 users in the FC-AL single loop. We, therefore, propose an extendible FC-AL-based IPTV network architecture using a FC switch device. In this article, our suggested architecture shows a superb startup delay, such as less than 20msec. In addition, it demonstrates outstanding extendibility, such that the number of accomodable users increases almost linearly according to adding loops. Lastly, it reveals exceptional time-shifting hours, i. e., which supports more than 140 hours with 1000 users.

Key Words : IPTV, FC-AL, Content-Sharing, Community Network, Network Architecture

1. 서론

기술의 발달로 인한 컴퓨터 기술, 네트워크 기술, 동영상 기술의 발전으로 고품질 실시간 멀티미디어 전송 및 공유가 가능하게 되었다. 더욱이 시대의 진보로 말미암아 통신망과 방송망의 융복합화가 가속화 되고 다양한 가전제품 및 개인단말에서도 언제 어디서나 초고속 인터넷 접속이 가능하

며 통신 및 방송의 경계가 허물어져 가고 있다. 뿐만 아니라, 이러한 멀티미디어 기술의 발달로 인하여, 사용자들은 통신망이나 방송망에 상관없이 고품질 실시간 방송 프로그램 및 VOD를 시간 및 장소에 구애받지 않고 모바일폰, PMP, 노트북, 패드 등과 같은 다양한 사용자 단말에서 즐길 수 있게 되었다.

그러한 실시간 멀티미디어 장치 중, IPTV(Internet

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

Received September 30, 2016

Revised October 26, 2016

Accepted October 26, 2016

Protocol Television)는 방송과 통신의 융합으로 인해 등장한 새로운 사용자 멀티미디어 전송방법 및 장치이다. IPTV는 실시간 TV 콘텐츠 및 VOD 콘텐츠를 인터넷 망을 통하여 각 가정으로 실시간으로 전송하며, 각 가정은 IPTV STB(Set-Top Box)를 통하여 해당 프로그램을 수신하고 시청한다. 이러한 STB는 실시간 방송 프로그램을 저장할 수 있도록 임베디드 하드디스크를 가지고 있으며, 이전의 VCR 기능(되감기, 일시정지 등) 지원 및 EPG(Electronic Program Guide) 정보 제공 등의 보다 앞선 멀티미디어 서비스를 서비스하는 사용자 단말이다.

뿐만 아니라, 이러한 IPTV STB의 등장은 시간이동(Time-shift) 기능의 지원으로 인하여 특정한 TV 방송 시간에 상관없이 사용자들이 원하는 시간에 TV 방송 스케줄과는 독립적으로 TV시청을 할 수 있도록 지원한다. 따라서 기존 TV 시청자들의 TV 시청 패턴을 방송 시간 및 장소에 상관없이 사용자 기준에 맞도록 지원할 수 있게 된다[1].

더욱이, 해당 IPTV STB는 다른 IPTV STB들과 홈네트워크 혹은 커뮤니티 네트워크로 연결함으로써 Community Network 내의 Small Area Network를 구성할 수 있다. 뿐만 아니라, 해당 커뮤니티 네트워크는 개인 STB를 각 Peer로 하는 P2P(Peer-to-peer) Network를 구성할 수 있으며, 해당 STB 기반의 P2P Network에서 각 Peer 즉, STB는 인근 STB에 저장되어 있는 TV 콘텐츠 및 VOD들을 접근할 수 있으며 동시에 자신이 가지고 있는 STB내의 콘텐츠를 이웃 STB에게 제공할 수 있다.

그러나, 일반적인 P2P 네트워크들은 구체적인 각각의 하부 네트워크 구조들 및 대역폭을 파악하기 쉽지 않아 전통적인 네트워크 환경에서의 P2P 네트워크를 통한 효과적인 고품질 콘텐츠 공유 및 멀티미디어 스트리밍 서비스는 일반적으로 쉽지 않다. 하지만 다양한 물리 네트워크 구성 기술 중 하나인 Fiber Channel Arbitration Loop(FC-AL, 파이버 채널 중재 루프)은 광대역 대역폭을 활용하여 실시간 고품질 멀티미디어 데이터 전송을 제

공할 수 있는 첨단 기술 중 하나이다. 뿐만 아니라, FC-AL 기술은 광대역 대역폭 지원 이외에도 넓은 네트워크 커버리지 영역과 단말간의 공정한 중재 알고리즘 제공 등의 멀티미디어 전송 서비스에 있어서의 장점들을 제공한다.

흥미롭게도, 이러한 멀티미디어 네트워크 환경으로써의 FC-AL 기반의 멀티미디어 아키텍처가 [2]에서 연구되었으며, 이를 활용하여 멀티미디어 사용자 단말로써 STB와 각각의 STB 사이의 네트워크를 FC-AL을 채택하여 실시간 고품질 멀티미디어 공유 시스템도 제안되어, Residential Area Network와 같은 Small Area Network에서의 FC-AL기반의 P2P 네트워크 환경에서의 STB 사이의 고품질 멀티미디어 데이터의 실시간 공유 및 분배가 효과적임이 제안되었다[3].

그러나, 제안된 아키텍처는 단일 루프 기반의 FC-AL로써 FC 프로토콜 표준에 따라 최대 127 사용자만 수용할 수 있는 단점이 발생한다[4]. 따라서 본 논문에서는 FC-AL에서 지원하고 있는 FC Switch를 사용하여 확장형 고품질 멀티미디어 스트리밍 서비스 및 콘텐츠 공유를 지원하는 아키텍처를 제안하고자 한다. 즉, Fiber Channel의 기술 표준에는 FC 스위치를 활용하여 다중루프를 구성하는 기법을 활용하여 FC-AL 단일루프를 여러 다중루프의 네트워크 아키텍처로 확장함으로써 효과적인 확장성을 보장하고자 한다. 제안된 아키텍처는 다양하고 집중적인 실험(Extensive Simulations)을 통하여 FC-AL 기반의 다중루프를 지원하는 확장형 실시간 고품질 멀티미디어 서비스가 사용자 단말인 STB 사이에서 P2P 공유기능을 제공하며 실제로 구성 및 구현 가능성(Feasibility)을 보이려고 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 FC-AL과 STB기반의 실시간 멀티미디어 분산과 관련한 커뮤니티 네트워크 연구에 대하여 기술한다. 3장에서는 FC-AL 단일루프 기반의 STB 네트워크 환경을 설명하고 그를 바탕으로 FC Switch를 활용하는 멀티루프 지원하는 FC-AL 기반의 고품질 실시간 멀티미디어 아키텍처 시스템을 제

안한다. 4장에서는 4장에서는 제안된 FC Switch 기반의 멀티미디어 아키텍처의 실제 성능을, 평균 시작지연 시간(Average Startup Delay), 공유 IPTV 프로그램수(Number of Sharing Programs), 사용자들이 접근 가능한 시간이동 시간(Time-Shifting Hour) 등의 다양한 실험을 통해 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

커뮤니티 네트워크 및 작은 영역 네트워크(Small Area Network)를 구성하는 디자인 방법 및 분석은 [5]에서 연구되었다. 하지만, 이 연구들은 커뮤니티 네트워크의 구성 자체에 대하여 분석할 뿐 IPTV 커뮤니티 네트워크의 확장성은 다루지 않는다[6].

그리고, 일반적인 Fiber Channel 기술은 스토리지 영역 네트워크(Storage Area Network)를 구성하는 표준의 하나로 제안되었다[2]. 이러한 Fiber Channel의 다양한 장점들을 응용하는 여러 활용성과 가능성은 [7]에서 연구되었다. 뿐만 아니라, FC-AL 기반의 멀티미디어 서버 아키텍처 구성은 [8][9]에서 연구되었다. 여기에 덧붙여, FC-AL 네트워크 기반에 STB사용단말을 활용한 고화질 실시간 멀티미디어 콘텐츠 공유 네트워크는 [10]에서 제안되었다. 하지만 이 연구들은 실제 IPTV 커뮤니티 네트워크에 활용할 수 있도록 네트워크 아키텍처

의 확장성에 대해서는 설명하고 있지 않다.

3. FC-AL기반 IPTV 아키텍처

3장에서는, [그림 1]과 같은 IPTV 커뮤니티 네트워크 상에서 고화질 실시간 멀티미디어 데이터인 고화질 IPTV 콘텐츠를 공유하기 위하여 FC-AL 기반의 콘텐츠 공유 아키텍처를 설명하고, 실제 커뮤니티 네트워크의 인프라 아키텍처로 구성할 수 있도록 네트워크 아키텍처의 수용단말수의 제한을 극복할 수 있는 FC Switch를 활용하는 다중루프 기반의 고화질 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처를 제안한다.

3.1 단일루프 기반의 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처

고화질 멀티미디어 콘텐츠를 실시간으로 공유되기 위해서는, 넓은 네트워크 대역대, 충분한 스토리지 저장공간, 그리고 자신의 리소스 및 콘텐츠를 공유하고자 하는 사용자들의 의지 등이 필요하다. 그러한 제반 요구사항들을 제공하기 위하여, FC-AL 기반의 IPTV STB 연결 네트워크에서는 다음과 내부 구성요소들을 가진다.

- IPTV STB: IPTV STB는 사용자의 선택으로 TV 프로그램을 STB 내부의 하드디스크로 저장할 수 있다. 임의의 TV 프로그램이 저장되면 해당 프로그램은 네트워크에 연결된 다른 STB들에 의해서 접근할 수 있다.
- FC-AL: 고화질 멀티미디어 콘텐츠를 실시간으로 서비스하기 위해서 각각의 STB들을 초고속 광대역 네트워크 망에 연결하는 것은 필수적이다. 그래서 단일루프 기반의 TV 콘텐츠 공유 아키텍처는 네트워크 망으로써 FC-AL 망을 채택한다. FC-AL은 광대역 네트워크 대역폭(e.g., 2Gb/s)을 제공하며 FC-AL 프로토콜에서 공정 중재 알고리즘을 지원하여 STB들의 네트워크 접근시 무한대기(Starvation)가 발생하지 않는다.



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

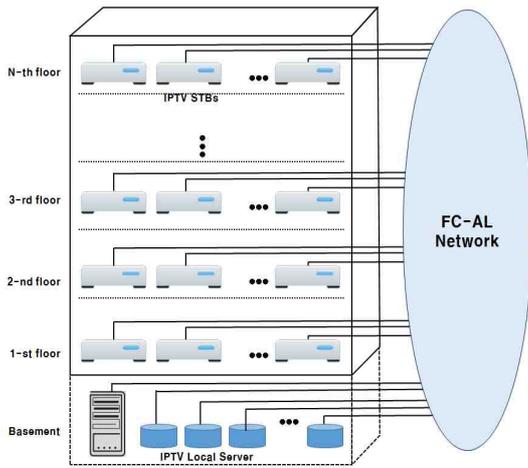


그림 2. FC-AL 기반 실시간 콘텐츠 분배 아키텍처
 [Fig. 2] FC-AL-based Realtime Content Distribution Architecture

이와 같은 주요 구성요소로 구성된 단일루프 TV 콘텐츠 공유 아키텍처는 [그림 1]과 같다. 이러한 네트워크 아키텍처는 광대역 네트워크 대역폭과 멀티미디어 사용자 단말, 그리고 공동의 저장 공간을 제공함으로써 실시간 고품질 TV 프로그램을 효과적으로 공유하고 배분할 수 있다. 하지만 FC-AL의 주소공간(Address Space)이 7-bit만을 지원함으로써 수용 가능한 사용자 단말, 즉 단일루프 FC-AL에 설치할 수 있는 최대 STB 개수가 최대 127개로 제한되어, 보다 많은 사용자들이 거주하는 커뮤니티 네트워크에는 적합하지 않다. 따라서 2.2절에서는 실제 커뮤니티 네트워크에 설치

가능할 수 있도록, FC Switch를 사용하여 확장형 FC-AL 다중루프 기반의 IPTV 콘텐츠 공유 네트워크 아키텍처를 설명하고 제안한다.

3.2 FC Switch를 활용한 확장형 IPTV 네트워크 아키텍처

[그림 3]은 FC Switch를 사용하여 단일루프를 다중루프로 확장한 경우의 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처를 보여준다. 일반적으로 FC Switch를 사용하는 경우에는 여러 FC-AL에서의 트래픽이 FC Switch로 집중되는 경우가 있어 FC Switch에 집중되는 네트워크 트래픽의 분산이 요구된다. 이러한 경우 해당 트래픽을 분산하기 위한 여러 가지 방법이 고안되어야 하며 본 논문에서는 이를 극복하기 위하여 단일루프를 다중루프로 확장할 때, 네트워크 토폴로지(Topology) 기반의 기법을 제안하고자 한다. 즉, 각각의 루프를 완전그래프(Complete Graph) 기반의 네트워크 토폴로지를 채택함으로써 루프간 트래픽의 총량을 줄이도록 한다. 다시 말해, 완전그래프를 통하여 루프간 상대 거리를 '1'로 줄임으로써 FC Switch의 트래픽을 줄이는 효과를 유도한다.

4장에서는 제안된 FC Switch 기반의 확장가능한 멀티루프 기반의 실시간 고품질 TV 콘텐츠의 STB사이의 공유를 광범위하며 집중적인 실험을 통하여 살펴보고 분석한다.

4. 실험 및 결과

효과적인 실험을 위하여 다음과 같은 실험환경을 가정한다. 즉, TV 프로그램들은 매 60분마다 서로 다른 50개의 채널에서 브로드캐스트(Broadcast)되며 모든 루프에 동일한 확률로 분배된다. 그리고, 루프간 네트워크 트래픽을 동등하게 발생시키기 위하여 각각의 콘텐츠는 균일하게(Uniformly) 요청된다. 또한, 공유되는 콘텐츠의 재생(Playback) 요청은 포이즌 분포(Poisson Distribution)를 따르며 콘텐츠 공유를 요청한 IPTV STB는 60분마다 임의의 프로그램을 요청한

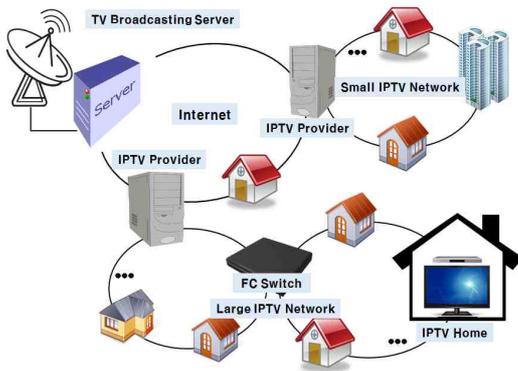


그림 3. 제안된 IPTV 시청 커뮤니티 네트워크
 [Fig. 3] Proposed IPTV-Watching Community Network

다. 그 외의 실험변수는 [표 1]의 값을 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

4.1 평균 시작 지연(Average Startup Delay) 시간

[표 1]은 FC Switch를 활용하는 확장가능한 IPTV 콘텐츠 공유 아키텍처에서 다중루프수를 2개부터 하나씩 늘려가며 임의의 서로 다른 두 STB에서 콘텐츠 공유를 위하여 처음 연결설정(Connection Establishment)부터 실제 재생(Playback)이 시작될 때 시간까지의 평균 시작지연(Startup Delay)을 나타낸 결과이다.

3.2절에서 살펴본 것처럼, 본 논문에서 제안한 다중루프 구성 방법은 완전 그래프(Complete Graph) 기반으로 구성되어 임의의 한 루프에서 서로 다른 루프는 연결성은 하나의 브리지 시스템 즉, FC Switch를 거치게 되어, 평균 시작지연 시간은 [그림 3]의 결과에서처럼 15 msec을 초과하지 않음을 알 수 있다. 즉, 임의의 루프에 위치한 STB이 다른 루프의 STB로부터 임의의 TV 콘텐츠를 스트리밍 받는 경우, 15 msec 이하의 초기 시작지연을 통하여 서비스 받게 되어, [11]에서 설명하는 실시간 멀티미디어 서비스의 일반적인 지

연인내(Delay Tolerance) 시간인 1 sec 보다 훨씬 우수한 성능을 보여준다.

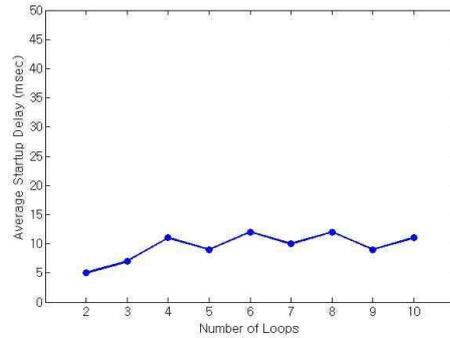


그림 4. IPTV 시청 커뮤니티 네트워크
[Fig. 4] Average Startup Delay

4.2 공유 IPTV 프로그램수 및 시간이동(Time-shifting) 시간

[그림 4]와 [그림 5]는 본 논문에서 제안한 FC Switch를 사용하는 다중루프기반의 확장 가능한 멀티미디어 아키텍처의 성능을 보여주는 결과이다.

[그림 4]에서는 루프수를 2부터 10까지 늘려가며 각 아키텍처에서의 공유 IPTV 프로그램수를 보여주고 있다. 루프수가 증가하면서 공유 IPTV 프로그램수는 거의 선형증가(Linear Increase) 하고 있으며, 10개의 루프를 채택하였을 때는 4,500 IPTV 프로그램을 공유할 수 있음을 알 수 있다.

그리고, [그림 5]는 루프수 증가에 따른 시간이동(Time-shifting) 시간을 보여준다. 즉, [그림 5]의 결과로부터 10개의 루프의 아키텍처에서는 140 시간 이상의 실시간 TV 프로그램의 시간이동(Time-shifting) 서비스를 제공받을 수 있음을 알 수 있다.

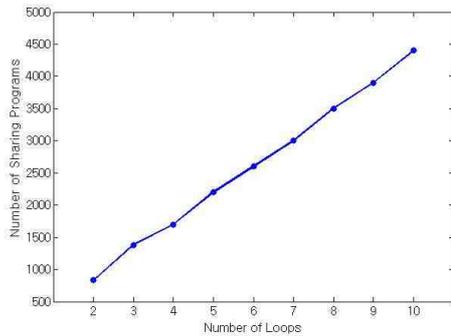


그림 5. 공유 IPTV 프로그램수
[Fig. 5] Number of IPTV Sharing-content

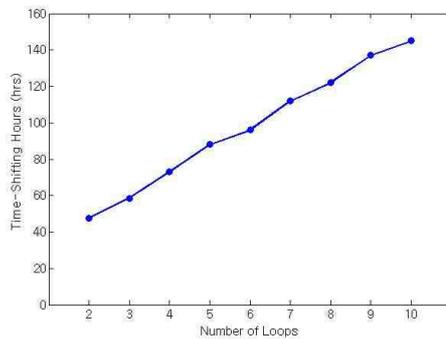


그림 5. 시간이동 IPTV 프로그램 시간
[Fig. 5] IPTV Time-shifting Hours

5. 결 론

IPTV 방송과 같은 고화질 실시간 멀티미디어 공유 및 스트리밍 서비스를 이용하기 위해서는 안정적인 광대역 네트워크와 사용자단말이 필수적이다. FC-AL기반의 멀티미디어 서비스 아키텍처에서의 사용자수 제한의 단점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 FC Switch를 활용하는 다중루프 기반의 고화질 실시간 멀티미디어 아키텍처를 제안하였다.

제안된 다중루프 기반의 아키텍처는 일반적인 지연인내시간보다 훨씬 우수한 15 msec 이하의 시작시연 시간을 보여주고 있으며, 루프수 증가에 따라 공유 IPTV 프로그램수 역시 선형증가에 가까운 모습을 보여주고 있다. 또한, 아키텍처에 수용

된 사용자들에게 충분한 시간이동 서비스를 지원하고 있음을 보여준다.

본 연구를 바탕으로 한 앞으로의 연구에서는, FC Switch를 활용하는 다양한 토폴로지에서의 확장가능성과 STB 이외의 다양한 사용자단말들에게도 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] B. Louise and L. Barkhuus, "The television will be revolutionized: effects of PVRs and file sharing on television watching," Proc. SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, pp. 663-666, 2006.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] ANSI, "Fiber Channel Arbitrated Loop (FC-AL-2)," 2001.
- [5] C.A. Szabo, I. Chlamtac, E. Bedo, "Design considerations for broadband community area networks," Proc. Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10, Big Island, HI, 2004.
- [6] W. Koh, "Improving The Performance of Scalable Reliable Multicast over Wired and Wireless Networks using a Retransmission Function," KIIECT, vol. 9, no. 4, pp.313-322, 2016
- [7] D.H.C. Du, T. Chang, J. Hsieh, S. Shim, and Y. Wang, "Two Emerging Serial Storage

Interfaces for Supporting Digital Libraries: Serial Storage Architecture (SSA) and Fibre Channel-Arbitrated Loop (FC-AL)," Multimedia Tools and Applications, vol. 10, no. 2, pp. 179-203, 2000.

[8] Chou, L. Golubchik and J.C.S. Lui, "Design of scalable continuous media servers," Multimedia Tools and Applications, vol. 17, no. 2/3, pp. 181-212, 2002.

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

[10] B. Marusic, T. Finkst, A. Jere, M. Meza, S. Dobravec, and J. Tasic, "Share it! - content transfer in home-to-home networks," Proc.IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, pp. 669-672, Dubrovnik, Croatia, 2004.

[11] 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]



- 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 선임 연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 컴퓨터공학과 조교수

<관심분야>

분산멀티미디어시스템, 홈네트워크