

# 다계층 전송경로를 이용한 신뢰성 있는 하이브리드 멀티캐스트

구명모<sup>1</sup>, 김봉기<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터, <sup>2</sup>경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

## Reliable Hybrid Multicast using Multi-layer Transmission Path

Myeong-Mo Gu<sup>1</sup>, Bong-Gi Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Computer Information Center, Gyeongnam National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Computer Science & Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology

**요약** 멀티캐스트를 이용하는 실시간 응용에서는 끊임없이 서비스를 제공하는 것이 중요하다. IP 멀티캐스트와 응용계층 멀티캐스트(ALM)를 이용하는 하이브리드 멀티캐스트에서는 혼잡 등 네트워크 상황에 적응하기 위하여 전송경로의 재구성이 발생한다. 이로 인하여 종단 간 지연시간이 증가하고 실시간 서비스의 품질이 저하되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이런 문제를 다계층 전송경로를 구성하여 해결하고자 한다. 제안방법에서는 하이브리드 멀티캐스트 구성을 위해서 제어서버와 각 멀티캐스트 도메인(MD)에 존재하는 응용계층 오버레이 호스트(Application Layer Overlay Host)를 둔다. 제어서버는 MD에 가입한 ALOH들로 부터 제어정보를 받아 홉 수를 기반으로 그룹을 생성하고, 모든 ALOH들에게 전송한다. 각 MD의 ALOH는 타 MD의 ALOH에게 오버레이로 패킷을 전송하는 역할과 다계층 전송경로를 구성하는 역할을 수행한다. 다계층 전송경로는 제어서버로 부터 전송받은 제어정보와 이웃한 ALOH 간 지연시간을 이용하여 우선순위로 구성된다. 이렇게 완성된 다계층 전송경로 중 혼잡이 발생하거나 ALOH의 부재 시에는 가장 우선순위가 높은 전송경로를 선택하여 종단 간 지연시간을 줄이도록 한다. 시뮬레이션 결과는 제안방법이 혼잡상태에서 종단 간 지연시간을 평균 289ms 이하로 줄일 수 있었음을 보여준다.

**Abstract** It is important to constantly provide service in real-time multimedia applications using multicast. Transmission path reconstruction occurs in hybrid multicast using Internet Protocol (IP) multicast and ALM in order to adapt the network status to things like congestion. So, there is a problem in which real-time QoS is reduced, caused by an increase in end-to-end delay. In this paper, we want to solve this problem through multi-layer transmission path construction. In the proposed method, we deploy the control server and application layer overlay host (ALOH) in each multicast domain (MD) for hybrid multicast construction. After the control server receives the control information from an ALOH that joins the MD, it makes a group based on the hop count and sends it to the ALOH in each MD. The ALOH in the MD performs the role of sending the packet to another ALOH and constructs the multi-layered transmission path in order of priority by using control information that is received from the control server and based on the delay between neighboring ALOHs. When congestion occurs in, or is absent from, the ALOH in the upper MD, the ALOH selects the path with the highest priority in order to reduce end-to-end delay. Simulation results show that the proposed method could reduce the end-to-end delay to less than 289 ms, on average, under congestion status.

**Keywords** : ALOH, Hybrid Multicast, Hop Count, Multicast Domain, Multi-layer Transmission Path

---

이 논문은 2017학년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*Corresponding Author : Bong-Gi Kim(GNTECH)

Tel: +82-55-751-3326 email: bgkim@gntech.ac.kr

Received October 9, 2018

Revised November 27, 2018

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

## 1. 서론

실시간 멀티미디어 전송을 이용하는 IPTV, 인터넷 방송, 화상회의 등 많은 응용들은 효율성이 좋은 멀티캐스트 전송을 이용한다. 멀티캐스트 전송에는 IP 멀티캐스트[1-3]와 응용 계층에서 전송하는 오버레이 멀티캐스트[4-6], 두 가지 전송을 결합한 하이브리드 멀티캐스트가 있다[7-11]. IP 멀티캐스트 전송은 한 번의 전송된 패킷을 모든 수신자에게 전송할 수 있어 효율성이 좋지만 대규모 네트워크에서 멀티캐스트 그룹을 확장하는데 제한이 있다[7-11]. 전송 효율은 좋지만 현재 라우터를 변경하거나 복잡성과 오버헤드를 증가시키고 트래픽 증가와 멀티캐스트 그룹관리의 어려움으로 전송 영역이 제한된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 응용계층 오버레이 멀티캐스트와 IP 멀티캐스트 전송이 가능한 멀티캐스트 도메인으로 구성된 하이브리드 멀티캐스트를 이용한다. 하지만 네트워크의 사이즈에 따른 복잡성이 증가하며 응용계층 오버레이 전송으로 인하여 멀티캐스트 그룹 간 잦은 전송경로의 재구성이 발생하고 이를 관리해야 하는 문제가 있다[4]. 이로 인하여 전송지연이 발생하고 빠르게 동적 대응을 하지 못하면 패킷 손실이 발생하여 지속적으로 만족스러운 서비스를 제공하지 못하게 된다.

본 논문에서는 하이브리드 멀티캐스트에서 혼잡상태에서 중단 간 지연시간을 줄이고 멀티캐스트 그룹 간 끊임없는 서비스를 제공하기 위하여 다계층 전송경로를 구성하는 방법을 제안한다. 제안방법에서는 IP 멀티캐스트가 지원되는 영역을 멀티캐스트 도메인(MD)으로 정한다. 또한 각 MD에서 그룹에 가입하는 호스트를 순차적으로 ALOH라 지정하고 최대 두 MD로 전송하기 위하여 3개를 둔다. 제어서버를 두어 송신자와 각 MD의 ALOH들 간 홉 수를 측정하고 제어정보를 각 ALOH에게 전달한다. 정보를 수신한 ALOH는 제어정보를 이용하여 주기적으로 ALOH 간 지연시간을 측정한다. 이 측정된 지연시간을 이용하여 모든 MD에서는 독립적으로 전송경로를 구성할 수 있다. 이 전송경로는 우선순위로 계층화되고 혼잡발생 시 가장 높은 우선순위의 전송경로가 선택된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에는 하이브리드 멀티캐스트 전송에 관련된 연구에 대하여 살펴보고, 3장에는 본 논문에서 제안하는 다계층 전송경로 구성에 대하여 기술한다. 4장에는 시뮬레이션을 통한 결과를 살펴

보고 5장에는 결론을 내린다.

## 2. 관련연구

ONM(Opportunistic Native Multicast)에서는 IP 멀티캐스트 전송의 효율성을 이용하기 위하여 멀티캐스트 도메인 그룹인 Island를 구성하였다. 멀티캐스트 Island 간 응용계층 멀티캐스트로 전송하여 멀티캐스트 그룹을 확장하는 방법이다[8-9]. 이렇게 함으로써 IP 멀티캐스트의 단점인 제한된 멀티캐스트 전송 범위를 확장할 수 있다. 각 멀티캐스트 Island에서는 PN (Primary Node)과 SN(Secondary Node)를 지정하여 멀티캐스트 도메인 간 오버레이 멀티캐스트로 전송한다.

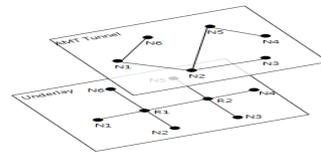


Fig. 1. Example of Multicast Islands

AMT(Automatic Multicast Tunneling)를 이용한 하이브리드 멀티캐스트에서도 멀티캐스트 확장을 위하여 IP 멀티캐스트 지원이 가능한 영역을 Island로 구성하였고, Island 내 AMT peer 간 p2p 오버레이로 전송하도록 하였다[9]. Fig. 1은 멀티캐스트 Island 예를 나타낸다. 라우터(R)에서 IP 멀티캐스트를 지원할 경우에는 N2, N6가 Island가 되지만 그룹과 같이 R1과 R2가 지원하지 않을 경우 N1~N6이 독립적인 Island로 구성되며, 각각 ALM으로 전송하여 멀티캐스트를 확장한다.

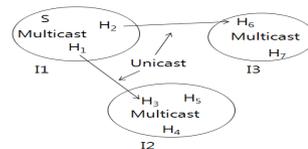


Fig. 2. Island multicast

CIM(Centralized Island Multicast)에서는 멀티캐스트 전송의 효율과 그룹의 확장을 위하여 Island 간 전송을 담당하는 Bridge-Node를 선정한다[10]. Bridge-Node는 Island 간 ALM로 전송할 수 있는 Leader를 나타낸다.

또한 다른 Island 호스트로부터 패킷을 수신하여 Island 내부로 IP 멀티캐스트로 전송하는 역할을 수행한다. Fig. 2는 Island 간 멀티캐스트를 나타낸다.

### 3. 다계층 전송경로

본 논문에서는 다계층 전송경로 구성을 위하여 홉 수 기반과 MD 간 지연시간을 이용한다. IP 멀티캐스트 전송이 가능한 영역이 MD이기 때문에 타 MD와 멀티캐스트로 전송하기 위해서는 각 MD에는 오버레이로 전송할 수 있는 호스트를 선정해야한다. 제안방법에서는 이 호스트들을 MD 간 오버레이로 전송하는 역할 뿐만 아니라 우선순위별 다계층 전송경로를 구성하는 역할을 수행하기 때문에 응용계층 오버레이 호스트(ALOH)라 하고 그룹에 참여하는 호스트들 중 순서적으로 결정된다. 다계층 전송경로 구성을 통하여 선행연구에서 제시한 BMD(Bridge Multicast Momain)[11]의 선정 및 관리방법을 적용하지 않고 전송경로를 구성할 수 있다.

#### 3.1 홉 수 기반 MD

IP 멀티캐스트 전송이 가능한 영역으로 구성된 MD들 간 지연시간을 줄이기 위해서는 기본적으로 물리적 네트워크상에서 인접한 위치에 존재하도록 하여야 한다. 하지만 트래픽 상태에 따라 혼잡이 발생할 경우 인접하여도 지연이 증가할 수 있다. 따라서 물리적인 MD의 위치 뿐만 아니라 MD 간 지연시간을 파악하는 것이 중요하다. 제안방법에서는 제어서버를 두어 홉 수를 기반으로 MD들의 물리적인 위치정보를 분석하여 계층화 한다. 각 MD 내에서 ALOH선정은 그룹가입 순서로 선정하고 하나의 ALOH가 제어서버로 가입정보를 전송한다.

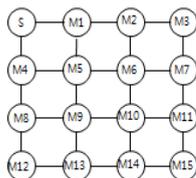


Fig. 3. Physical network

Fig. 3은 송신자(S) 기준으로 연결된 물리적인 네트워크를 나타내었다. M1 ~ M15는 IP 멀티캐스트가 가능한 MD이다. 그림에서 제어서버는 송신자에 위치하거나

송신자가 그 역할을 수행할 수 있다. ALOH로 부터 전송된 제어정보를 바탕으로 물리적인 위치별로 계층화하여 전송 대상자를 결정한다.

Table 1은 제어서버에서 계층화된 정보를 나낸다. Table 1에서 구성된 계층정보를 바탕으로 최초 전송경로를 구성한다. 종단 간 전송경로의 단축 및 전송지연을 줄이기 위하여 MD 간 동시 전송을 두개 이하로 제한한다.

Table 1. Layered information

Layer	Hop	MD	MD via	Delay(ms)
1	1	1	-	<1
1	1	4	-	<3
2	2	2	1	<3
2	2	5	1	<3
2	2	8	4	<5
3	...	...	...	...

위치정보에서 각 계층 MD 수와 하위 MD의 수를 이용하여 경로를 설정한다.  $M_C = M_N / M_L$ 에서  $M_C$ 는 전송개수,  $M_N$ 은 다음 계층 MD 수,  $M_L$ 은 현재 계층 MD 수를 나타낸다. 즉, 계층 1의 MD 수는 2이고 계층 2의 MD 수는 3이기 지연시간과 점유정보를 이용하면 MD1={2, 5}, MD4={8}이 된다. 이를 바탕으로 완성된 초기 전송경로와 MD내 구조는 Fig. 4과 같다.

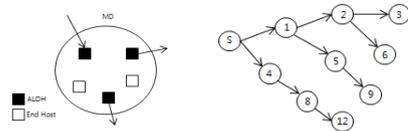


Fig. 4. Construction of initial transmission path

#### 3.2 다계층 전송경로 구성

다계층 전송경로 구성은 각 MD의 ALOH에서 이루어진다. 제어서버로부터 전송받은 위치정보를 바탕으로 인접한 ALOH 간 지연시간을 주기적으로 확인하고 확인된 지연시간을 기반으로 전송경로를 우선순위별로 계층화한다. 지연시간에 따라 전송경로의 우선순위는 바뀐다. 물리적 위치에 따라 MD1={MD2, MD5}, MD4={MD5, MD8}, MD2={MD1, MD3, MD6}, MD5={MD1, MD4, MD6, MD9}와 같이 지연시간을 확인한다. 확인된 지연시간을 기반으로 우선순위별 계층화된 전송경로는 Fig. 5와 같다. 지연시간은 Fig. 3의 물

리적인 위치에 따라 우선순위가 결정된다고 가정한다.

Fig. 5(a)와 Fig. 5(b)는 각각 MD2, MD4에서의 우선 순위별 전송경로를 나타낸다. 전송은 단방향(→)과 양방향(↔)으로 적용한다. 이 전송방향은 상위 MD의 혼잡이나 ALOH의 탈퇴 등으로 인하여 전송경로가 손실되어 지연시간이 회복하기 위함이다.

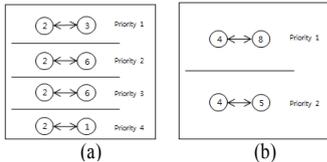


Fig. 5. Multi-layered path by priority  
(a) MD2 (b) MD4

단방향 전송은 네트워크 혼잡상태가 아닐 경우에는 반드시 전송해야 함을 의미한다. 이 우선순위 계층적 정보는 모든 ALOH가 구성하고 자신이 속한 MD로 멀티캐스트로 전송한다. Fig. 6은 MD2와 MD4의 ALOH에서의 현재 경로정보와 계층적 경로를 병합하여 나타내었다.

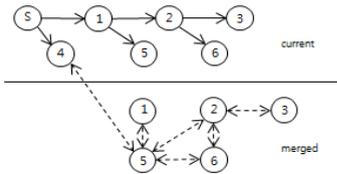


Fig. 6. Current path and merged path

Fig. 4에서 MD1에 혼잡이 발생하거나 ALOH의 부재로 인하여 전송경로 재구성이 필요하다고 가정한다. 이때 MD2와 MD5 등, 하위의 많은 MD에서 지연시간이 증가하거나 패킷손실이 발생하기 때문에 경로를 변경해야 한다. 제안방법에서는 나머지 MD들은 현재 경로를 유지한다고 가정하고 MD2에서 변경과정을 설명한다. 먼저 MD1의 혼잡상태로 패킷 지연시간이 증가하여 허용치 구간을 초과하면 다음 우선순위에 있는 경로를 선택하여 MD6으로 부터 전송을 받을 수 있도록 준비한다. MD5와 MD6도 같은 상황이기 때문에 독립적으로 각각 다음 우선순위의 경로를 선택한다. MD5는 MD4에게 전송을 요청함으로써 Fig. 7과 같이 최종적으로 전송경로를 재구성한다.

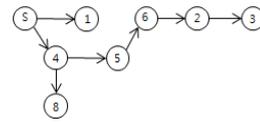


Fig. 7. Reconstruction of transmission path

제안방법에서는 각 MD의 ALOH에서 지연시간에 따른 우선순위로 전송경로를 설정하기 때문에 상위 MD의 ALOH에게 전송 요청으로 전송경로를 빠르게 구성할 수 있다. 따라서 전송경로 재구성에 필요한 시간을 줄이고 중단 간 지연시간을 줄임으로써 지속적으로 끊임없이 서비스를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 ALOH 간 제어정보 교환으로 인한 부하를 방지할 수 있다.

Fig. 8(a)와 Fig. 8(b)는 다계층 전송경로를 구성하기 위한 제어서버와 ALOH에서의 동작을 나타내었다.

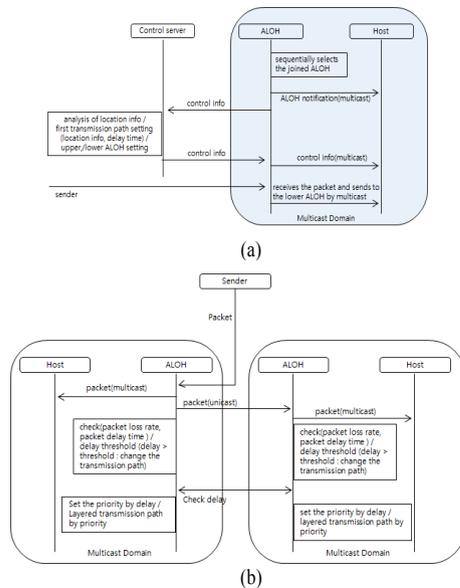


Fig. 8. Process of path construction  
(a) Control server (b) ALOH

## 4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 OMNET++에서 진행하였으며 시뮬레이션에 적용한 네트워크 구성은 Fig. 9와 같다. 송신자 노드는 송신자와 제어서버를 두었으며, 15개의 MD로 구성하였다. 각 MD에는 5개의 호스트로 구성하였으며, 이 중 3개의 호스트는 ALOH역할을 수행한다. ALOH

간 지연시간 확인은 허용치 이상일 경우 발생하였다. 각 링크 대역폭은 100Mbps로 설정하고 각 링크 지연시간은 50ms이하로 임의로 적용한다. 혼잡은 지연시간이 100ms이상일 경우로 한다. 전송경로 변경을 위한 시나리오를 적용하기 위하여 30초부터 혼잡을 발생시키도록 한다.

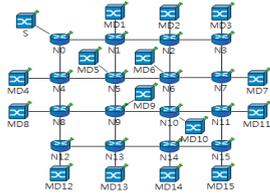


Fig. 9. Physical network for simulation

시뮬레이션은 기존 멀티캐스트 도메인 간 응용계층에서의 전송방식(Island)의 전송경로 설정과 제안방식(Multi-layered)에 대하여 이루어진다. 측정 및 비교는 두 가지 시나리오를 진행한다. 첫 번째는 MD1의 혼잡상태에 따른 전송경로 변경에 따른 송신자에서 종단 간 패킷 평균 지연시간에 대하여 측정하고, 두 번째는 임의 MD의 혼잡상태에 따른 송신자에서 종단 간 패킷 평균 지연시간을 측정한다.

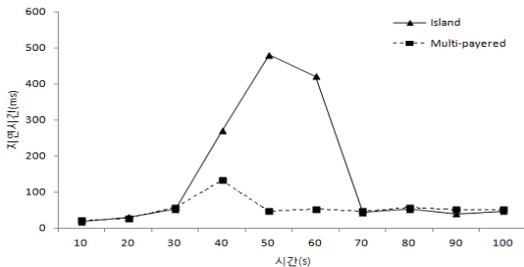


Fig. 10. Average end-to-end delay comparison (scen. 1)

Fig. 10은 첫 번째 시나리오를 적용하여 측정한 결과를 나타낸다. 30초 구간에서 MD1에 혼잡이 발생했을 때 100초 간 송신자에서 종단 호스트들의 평균 지연시간을 나타낸다. 종단 호스트는 MD3, MD7, MD11, MD12, MD13, MD14, MD15가 해당된다. 초기 전송경로에서 30초 구간부터 M1에 혼잡을 부여하였다. M1부터 하위의 MD들은 이웃한 MD 간 지연시간을 고려하여 경로를 재구성하였고 제안방법은 미리 구성한 계층화된 경로에서 선택하였다. 결과에 따라 혼잡 MD의 하위

MD는 12개였으며 종단 간 평균 지연시간은 최대 480ms로 나타났다. 제안방법은 동일한 전송경로에서 MD1혼잡에서 MD2, MD5, MD6에서만 경로구성이 이루어졌으며, 혼잡발생 시 계층화된 경로를 선택함으로써 132ms의 시간으로 빠르게 혼잡에 대응할 수 있었다.

Fig. 11은 두 번째 시나리오를 반영한 결과를 나타내었다.

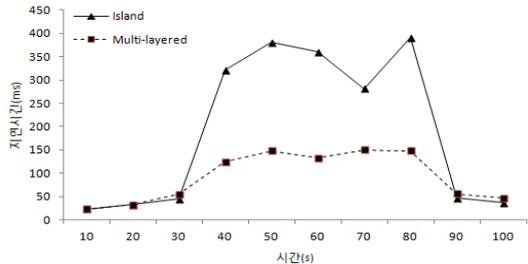


Fig. 11. Average end-to-end delay comparison (scen. 2)

10초 마다 종단 MD를 제외한 임의의 MD에 혼잡 발생시키는 동작을 반복하면서 측정한 MD들의 종단 간 평균 지연시간을 나타낸다. 이 과정에서 혼잡 영향을 받는 MD들의 전송경로가 바뀌는 결과가 발생하였고, 하위 MD가 많을수록 종단 간 전송경로가 길어지게 되었고 지연시간이 증가하는 결과가 나타났다. 제안방법에서도 경로 선택에 따라 종단 간 전송경로가 길어지는 현상이 발생하였지만 MD 간 링크 지연시간만 영향을 주었다. 전체적인 평균 지연시간은 기존방법(최대 380ms)에 비하여 150ms로 빠르게 혼잡에 대응하였음을 알 수 있다. 따라서 제안방법은 하이브리드 멀티캐스트 규모에 상관없이 강건한 전송경로를 구성할 수 있고 전송경로 구성에 따른 지연시간을 줄임으로써 실시간 멀티미디어 서비스를 지속적으로 제공할 수 있음을 알 수 있다.430

## 5. 결론

본 논문에서는 하이브리드 멀티캐스트에서 혼잡상태에서 발생하는 전송경로 재구성시간과 종단 간 전송시간을 줄임으로써 고품질의 실시간 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 하였다. 시뮬레이션 결과를 볼 때 기존 응용계층 전송을 이용하는 하이브리드 멀티캐스트보다 제안방법이 혼잡발생 시 하위 MD들이 더 빠르게 대응

하여 중단 간 지연시간을 줄일 수 있었다. 향후에는 이질적인 네트워크 구성을 가지는 멀티캐스트 환경에서 데이터를 서비스를 안정적으로 전송하는 데이터 분배 및 통합에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Lin, Longsong, Lih-Chyau Wu and Cheng-Chin Lin, "Minimum Hop-Count Multicast Algorithms for Reliable Multiple-Stream Communications", vol.97, pp.1886-1890, Nov 1997.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/glocom.1997.644599>
- [2] S. Deering, "Multicast routing in internetworks and extended LANs", *In Proc. of the ACM SIGCOMM 88*, vol.18, pp. 55-64, Stanford CA, 1988.  
DOI: <https://doi.org/10.21236/ada200911>
- [3] Arjan Durrresi and Raj Jain, "Source Adaptive Network Driven Layered Multicast", *Invited submission to Computer Communications*, pp.15, June 2003.
- [4] Shuju Wu and Banerjee, S., "Improving the Performance of Overlay Multicast with Dynamic Adaptation", *Consumer Communications and Network king Conference, First IEEE*, pp.152-157, CCNC 2004.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/ccnc.2004.1286850>
- [5] De Nian Yang, and Wanjiun Liao, "On Bandwidth Efficient Overlay Multicast", *IEEE Trans on PDS*, vol. 18 no. 11, 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/tpds.2007.1104>
- [6] M-M Gu, and B-G Kim, "Overlay Multicast considering Fast Path Recovery", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 17, no. 3, pp. 332-337, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/kais.2016.17.3.332>
- [7] IORGA, Radu, and Eugen BORCOCI. "A SIGNALING FRAMEWORK FOR HYBRID MULTICAST TREES", *U.P.B. Sci. Bull., Series C*, vol. 76, Iss. 2, 2014.
- [8] Alwadani, Dhaifallah, Mario Kolberg, and John Buford, "Opportunistic native multicast under churn", *SAT Computing Conference (SAT)*, IEEE, pp.644-648, 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/sai.2016.7556050>
- [9] Alwadani, Dhaifallah, Mario Kolberg, and John Buford, "An evaluation of Opportunistic Native Multicast", *Computer Aided Modelling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*, IEEE 20th International Workshop on, IEEE, pp.170-174, Sept 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/camad.2015.7390503>
- [10] X. Jin, K. L. Cheng, and S. H. G. Chan, "Island multicast: combining IP multicast with overlay data distribution", *IEEE Transactions Multimedia*, vol. 11, no. 5, pp.1024-1036, 2009.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/tmm.2009.2021804>
- [11] M-M Gu, J-C Shim, H-C Baek, and Y-H Nam, "An Elastic Hybrid Multicast Based on Delay through Cross Transfer of BMD", *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, vol.12, no.3, pp.415-422, 2017.

## 구 명 모(Myong-Mo Gu)

[정회원]



- 2001년 8월 : 경상대학교 대학원 컴퓨터과학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 경상대학교 대학원 컴퓨터과학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 2011년 2월 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과 겸임 교수
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 거제대학교 조선정보기술 초빙교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터정보센터 연구원

<관심분야>

컴퓨터네트워크, 멀티캐스트, 시스템설계

## 김 봉 기(Bong-Gi Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1999년 2월 : 한림성심대학 컴퓨터응용과 조교수
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2006년 2월 ~ 2007년 1월 캐나다 UBC 교환교수

<관심분야>

정보통신, 빅데이터, 데이터베이스