

# 오버레이 멀티캐스트의 효율적 전송방법에 관한 연구

구명모\*, 이광석\*\*, 김흥준\*\*\*

## 요약

본 논문에서는 지역 네트워크에서 오버레이 멀티캐스트 전송에서 증가하는 트래픽과 지연시간을 줄이고 가용 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있는 새로운 전송방법을 제안한다. 각 지역별 멀티캐스트 호스트(Multicast Host:MH)를 선택하고 선택된 호스트들 간에는 오버레이 멀티캐스트로 전송하고 각 멀티캐스트 호스트는 자신의 지역에 있는 모든 수신자들에게 IP 멀티캐스트로 전송하도록 한다. 실험에서 20대의 호스트를 이용하고, 100 Mbps 대역폭의 네트워크 상에 호스트를 점차 증가 시키면서 전송률과 지연시간을 측정 하도록 하였다. 실험을 통한 평가에서 기존 오버레이 멀티캐스트보다 제안한 방법이 지연시간을 줄이고 네트워크 크기 변화에 대하여 잘 적응하였다.

## A Study on Efficient Transmission Method of Overlay Multicast

Myeong-Mo Goo\*, Kwang-Suk Lee\*\*, Heung-Jun Kim\*\*\*

## ABSTRACT

In this paper, we proposed a new transmission method to increase traffic and delay time in local network and it can efficient use of available bandwidth on the overlay multicast. MH(Multicast Host) is selected in each local network and MH in local network sends the packet to each other through overlay multicast transmission. Also MH sends the packet to all receivers on same network through IP multicast. The experimental results demonstrate that the proposed method can effectively reduce the delay time comparing with the existing overlay multicast and also it is well adapted to various size of network.

Key Words : IP Multicast, Unicast, Overlay Multicast, MH(Multicast Host)

---

\* 경남과학기술대학교 컴퓨터융합공학과(✉kmm6378@hanmail.net)

\*\* 경남과학기술대학교 전자공학과

\*\*\* 경남과학기술대학교 컴퓨터융합공학과

· 제1저자(First Author) : 구명모 · 교신저자(Correspondent Author) : 김흥준

· 접수일(2011년 1월 12일), 수정일(1차 : 2011년 2월 11일), 게재확정일(2011년 2월 18일)

## 1. 서론

인터넷의 급격한 발달로 인하여 멀티캐스트 전송을 이용하는 인터넷 방송, 화상회의 등의 응용들이 많이 등장하고 있다. 이러한 응용들은 대부분 오버레이 멀티캐스트[1-4]를 이용하여 데이터를 전송하고 있다. 그러나 오버레이 멀티캐스트는 유니캐스트 방식으로 전송하기 때문에 노드가 많을 경우에는 중복 패킷뿐만 아니라 동일한 스트리밍 패킷이 전송되어 공유 대역폭을 많이 이용하게 된다[2]. 이러한 경우에 IP멀티캐스트 전송은 링크의 공유 대역폭을 이용하는 응용들에게 효율적인 전송 메커니즘으로 볼 수 있다[5-8]. IP멀티캐스트 전송은 송신자가 한번의 패킷 전송으로 같은 그룹에 있는 종단 수신자에게 전달 할 수 있다. 그러나 공유 대역폭을 이용하는 네트워크에서는 멀티캐스트 응용과 더불어 다른 응용들이 전송하는 패킷들로 인하여 트래픽이 많이 발생하게 되는데, 트래픽이 증가하면 혼잡이 발생하여 패킷 지연율과 손실률이 점점 증가하는 원인이 된다[5]. IP멀티캐스트 전송은 UDP(User Datagram Protocol)를 기반으로 Best-Effort 서비스에 의해 수행되기 때문에 다수의 수신자에 대해 전송은 효율적이나, 혼잡제어 또는 오류, 신뢰성 보장 등에 대해서는 문제점을 가지고 있다[5-7]. IP멀티캐스트 전송에서는 라우터에서 라우팅과 포워딩 테이블이 각 멀티캐스트 그룹에 연계되어 유지되어야 한다. 이는 라우터의 복잡성이나 오버헤드를 증가시키고 멀티캐스트 위에서 신뢰성이나 흐름제어와 같은 추가적인 메커니즘은 지원하기 어렵다. 이러한 현재 장비의 지원 한계를 극복하고 네트워크 레벨에서의 멀티캐스트기능에 대해 오버레이 멀티캐스트가 대체 기술로 제안되고 있다. 오버레이 멀티캐스트는 호스트 중 하나가 송신자로 전송된 패킷을 복제하여 다른 호스트로 전송하도록 하는 방법이다[2]. 기존 멀티캐스트에서는 라우터가 패킷을 복제하여 터널링하는 기법인데 비하여 오버레이 멀티캐스트에서는 호스트가

라우터 역할을 담당한다. 오버레이 멀티캐스트 전송을 위하여 지정된 호스트는 최적의 경로를 통하여 다른 호스트에게 유니캐스트 전송으로 패킷을 전송할 수 있다. 기존의 네트워크 장비 교체나 별도의 멀티캐스트 라우터를 설정하지 않아도 오버레이 멀티캐스트를 사용할 수 있는 장점이 있다. 제한된 링크를 통해서 패킷 흐름을 제한하지만 이러한 링크의 호스트들은 응용 프로그램에 맞게 측정기준을 정하여 최적화한다. 오버레이 네트워크는 응용계층에서 동작이 이루어지기 때문에 종단 호스트를 패킷 수신을 위한 수신자와 오버레이 전송을 위한 전송자로 구성한다. 그러나 오버레이 멀티캐스트에서 유니캐스트 전송을 담당하는 호스트는 라우터에 비하여 고장에 취약하다. 유니캐스트로 전송하는 호스트가 고장나면 하위 경로에 있는 호스트로 패킷을 전달하지 못하는 문제가 발생하고, 네트워크의 사이즈에 따른 복잡성이 증가하게 되어 IP멀티캐스트 보다 데이터 전송 측면에서 비효율적이다.

본 논문에서는 이러한 문제를 개선하기 위하여 각 지역 네트워크 마다 멀티캐스트 호스트(Multicast Host:MH)를 선정하고 송신자와 계층적으로 패킷을 수신하도록 한다. 그리고 이 멀티캐스트 호스트는 각 지역에서는 IP멀티캐스트 송신자로서 동작한다. 그리고 지역에서 멀티캐스트 호스트로 선정되지 않은 수신자들은 오버레이 멀티캐스트 전송으로 수신하지 않고 IP멀티캐스트로 패킷을 수신하도록 한다. 이렇게 함으로써 실제 오버레이 멀티캐스트 전송은 각 지역 멀티캐스트 호스트에게 해당되며 각 지역 내에서는 터널링된 패킷만 전송할 수 있어 가용 대역폭을 더 효율적으로 이용할 수 있어 효율적인 전송률을 나타낼 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에는 멀티캐스트 전송에 관련된 연구에 대하여 살펴보고, 3장에는 본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 호스트 전송 방법에 대하여 기술한다. 4장에는 실험을 통한 결과를 분석하고 5장에는 결론을 내린다.

## II. 관련연구

## 2.2 Overcast

### 2.1 오버레이 멀티캐스트

그림 1은 유니캐스트 전송과 오버레이 멀티캐스트 전송에 대하여 비교한 그림을 보여준다.

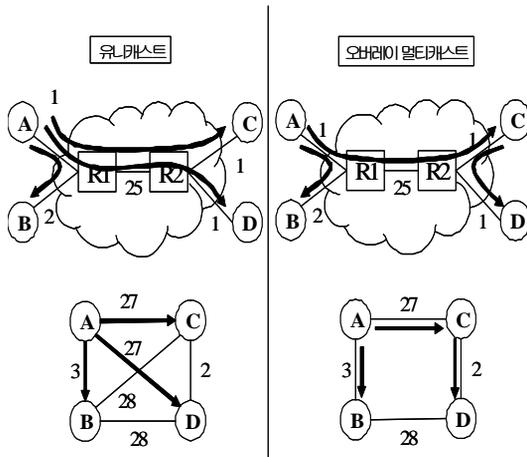


그림 1. 유니캐스트와 오버레이 멀티캐스트 전송 비교  
Fig. 1. Comparison of unicast and overlay multicast transmission.

그림에서 유니캐스트로 전송할 경우에는 노드 R1과 R2를 연결하는 단일 링크로 같은 패킷의 중복 전송이 발생한다. 이 경우에는 링크 대역폭의 이용률이 낮아진다. 반면, 오버레이 멀티캐스트로 전송하는 경우에는 멀티캐스트 전송과 같은 효과를 내기 위하여 두 노드간 링크를 통하여 하나의 패킷만 전송한다. 그리고 종단 노드간 가장 최소의 지연 값을 나타내는 호스트를 전송 경로로 구성하여 전달한다. 같은 오버레이는 결국 종단 호스트의 유니캐스트로 전송하지만 종단 노드간 지연 값에 따라 전송 경로가 달라지는 차이점이 있다. 그림에서 모든 종단 노드간 오버레이 멀티캐스트로 전송하면 A→B: 2, A→C: 27, C→D: 2로 나타낸다.

J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Johnson, M. F. Kaashoek, and J. W. O'Toole Jr는 종단 호스트의 지연 시간과 가용대역폭을 고려한 Overcast를 제안하였으며, 모든 종단 노드를 위한 부모 노드의 대역폭을 최대한 사용할 수 있도록 한다[2]. Overcast에서는 “Single-Source Multicast” 개념을 적용하여 멀티캐스트와 같은 효과를 볼 수 있으면서 종단 노드에 있는 모든 수신자에게 유니캐스트 패킷을 전달하는 방법이다.

지역의 각 노드와 송신자사이의 전송 경로는 각 노드간 가용 대역폭을 측정하여 구성할 수 있다. 최적의 대역폭으로 지정된 경로는 상위 노드의 가용 대역폭을 낭비하지 않는다. 호스트간 유니캐스트로 전송하기 때문에 종단 호스트가 많을 경우에는 링크를 통한 유니캐스트 패킷이 많이 전송된다. 따라서 종단 호스트가 많을 경우에는 호스트간 링크 대역폭의 이용율을 감소시키게 되고 또한 노드의 가용 대역폭을 낭비하는 문제가 발생한다. Overcast에서는 오버레이 멀티캐스트 전송 경로 구성에 있어서 노드의 가용 대역폭을 낭비하지 않고 노드간 링크의 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있다. 가용 대역폭의 여분이 많으면 노드간 패킷 지연시간이 낮아지는 것을 이용한 방법이다.

그림 2는 오버캐스트 전송을 보여준다. 송신자(S)는 가장 지연시간이 적고 충분한 가용 대역폭을 가지는 호스트로 패킷을 유니캐스트로 전송하고, 송신자로부터 패킷을 전송 받은 오버캐스트 전송을 위한 호스트(O)는 다음 호스트에게 오버캐스트 전송한다. 송신자 S가 두 O에게 유니캐스트로 전송한다면 S와 O의 링크의 가용 대역폭은 줄어들며, 다른 TCP를 사용하는 응용과 더불어 혼잡이 발생하기 쉽다. 반면 두 O간 유니캐스트로 각각 전송한다면 물리적인 대역폭도 크지만 그만큼 가용 대역폭의 여유가 많기 때문에 더 효과적인 전송을 할 수 있다.

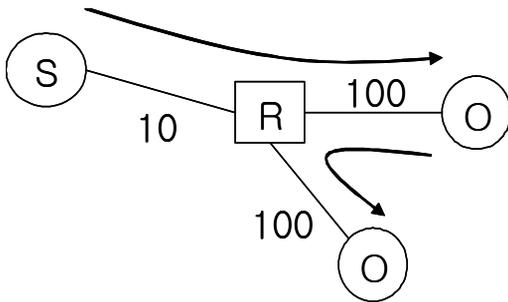


그림 2 Overcast 전송  
Fig. 2. Overcast transmission

중단 호스트간 전송 경로에서 오버캐스트 전송을 위한 수신자가 많아지게 되면 실시간으로 가용 대역폭의 계산을 위한 시간과 지연시간에 따른 경로의 재구성에 따른 오버헤드가 증가할 수 있다. 특히 가용 대역폭은 트래픽에 따라 변하기 때문에 최적의 경로 구성에 어려움이 있다.

### III. 멀티캐스트 호스트(MH)

#### 3.1 MH(Multicast Host) 선정 및 동작

본 논문에서 제안하는 오버레이 멀티캐스트 전송 방법은 지역 네트워크 수신자가 많을 경우에 효율적일 수 있다. 먼저 각 지역 네트워크에서 모든 수신자를 대표할 수 있는 MH를 선정한다. MH선정은 최초 지역 멀티캐스트 그룹의 가입자로 선정하고 이후 모든 그룹의 가입자들은 수신자 목록에 포함되어진다. 본 논문에서는 MH 선정에 대한 고려 요소인 프로세서 성능, 자원 수, 가입순서 중 가입순서에 대하여 우선순위를 적용하여 결정하도록 한다. 선정된 MH는 지역 네트워크상에 존재하는 수신자들의 상태를 관리하고 송신자 또는 다른 지역의 MH로부터 전송된 패킷을 IP멀티캐스트로 전송하는 역할을 담당한다.

그림 3은 MH를 선정하여 오버레이 멀티캐스트 전

송을 할 수 있는 구조를 나타내고 있다. 지역 수신자들은 지역 MH에게 피드백을 전송하고 MH는 피드백을 수렴하여 현재 수신자들의 전송상태를 취합하고 분석할 수 있다. 지역 네트워크의 MH는 송신자로부터 전송된 패킷을 다음 수신자인 다른 지역 네트워크의 MH에게 오버레이 멀티캐스트로 패킷을 전송하고 자신의 지역 네트워크상의 모든 수신자들에게 IP멀티캐스트로 패킷을 전송한다. 그림에서 처음 수신자가 멀티캐스트 그룹에 가입하여 MH 혹은 일반 수신자가 되는데 MH선정은 같은 네트워크상에 존재하는 지역 수신자들 중 제일 먼저 그룹에 참가하는 수신자가 된다. 참가하는 수신자는 MH자격 확인 메시지를 통하여 확인할 수 있다.

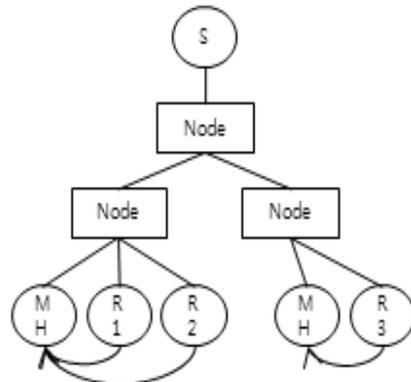


그림 3. MH의 동작 구조  
Fig. 3. Structure of MH

그림 4는 MH로서 동작에 대한 흐름을 나타내고 있다. MH는 피드백을 분석하고 수신자들의 성능에 따라서 새로운 MH를 변경할 수 있다. 그러나 잦은 MH 변경은 오히려 네트워크 혼잡을 가중시킬 수 있기 때문에 반드시 변경해야만 할 수 밖에 없는 요소가 발생할 경우를 제외하고 변경되지 않는다. 그리고 수신자 목록은 수신자의 피드백을 수신함으로써 수신자를 파악하기 때문에 추가 및 삭제를 수행하여 별도의 메시지를 필요하지 않는다.



그림 4. MH 동작의 흐름  
Fig. 4. Flow of MH operation

MH의 변경은 현재 MH의 멀티캐스트 그룹탈퇴, 성능저하로 인한 변경, 일시소멸 등의 해당 사유가 될 때 발생한다. 멀티캐스트 그룹탈퇴나 성능저하로 인해 MH의 변경은 기존의 대표자가 수신자 목록에서 우선순위가 높은 수신자에게 대표자 위임 메시지를 통보하고 확인 메시지를 수신하면 변경된 MH정보를 멀티캐스팅하고 종료한다. 그러나 일시 소멸과 같은 상황에서는 MH가 그러한 역할을 수행하지 못하기 때문에 MH가 주기적으로 멀티캐스트 전송하는 정보가 없을 경우 리스트 우선순위에 따라 자동적으로 MH를 선정한다.

### 3.2 전송 방법

그림 5는 본 논문에서 제안하는 MH를 이용한 멀티캐스트 전송방법을 보여준다. 그림에서 송신자(S)는 지역 멀티캐스트 호스트인 MH1에게 유니캐스트 전송하고 MH1은 MH2에게 전송하고 있다. 그러나 MH1과 MH2는 각각 지역 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있는 수신자(R)에게 IP멀티캐스트로 전송한다. 만약 송신자와 모든 전송 호스트들의 오버레이 멀티캐스트 전송 계층구조가 S→MH1→R1→R2→MH2→

R3와 같다면 경로를 이 전송경로를 통하여 전송하게 될 것이다. 이런 오버레이 계층 구조는 지역 네트워크의 규모가 커지면 더 많은 전송 구조가 형성된다. 따라서 트래픽 증가, 전송지연이 발생하여 QoS(Quality of Service)에 영향을 많이 주게 된다.

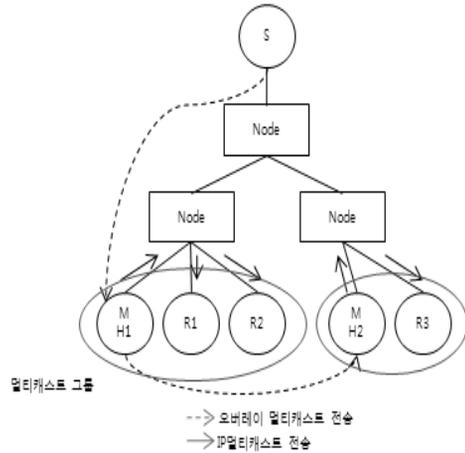


그림 5. MH를 이용한 전송방법  
Fig. 5. Transmission method using MH

따라서 이와 같은 부분은 IP멀티캐스트 전송을 이용하면 해결 할 수 있다. 그림에서 제안한 전송방법에서는 실제 오버레이 멀티캐스트 전송은 S→MH1→MH2로 간략히 단순한 계층구조로 형성할 수 있다. 지역 네트워크의 규모가 증가해도 트래픽에는 큰 영향을 주지 않는다. 그리고 모든 호스트들간 유니캐스트 전송을 통한 지연시간 또한 줄일 수 있다.

그림 6은 제안한 전송방법에 대한 알고리즘을 나타내었다. 이 알고리즘은 지역 네트워크의 MH에 적용된다. 그림에서 Threshold는 모든 지역수신자들의 요구 전송률 또는 지연시간의 최소 값을 나타내며 이 값은 전송도중 오버레이 전송노드를 변경할 때 필요하다. 만약 결정된 지연시간 또는 전송률이 Threshold 미만일 경우 오버레이 전송을 위한 노드를 탐색하고 갱신할 수 있도록 한다.

```

//MH procedure
if(drop_group) Announcetoeveryone();
else{
// send to MH, Multicast Group
if(Received){
SendCurrentGroup();
if(ExistNextMH) SendNextMH();
}
// Analysis Feedback Informations
AnalysisFeedbackFromReceiver();
if( $\Delta > \text{Threshold}$ ){
PrepareNodeChange();
NotifytoNextHost();
}
// Node change
if(Willchange){
ModifyingTransmissionPath();
FeedbacktoSender();
}
}
//End procedure
 $\Delta$  : The value of receiver's information
    
```

그림 6. 전송 알고리즘  
Fig. 6. Algorithm of transmission

## IV. 실험

### 4.1 실험환경

로컬네트워크 환경에서 테스트 그림과 같이 실험환경을 구성한 후 알고리즘을 적용하여 실험하였다. 게이트웨이 3대에 위치한 네트워크상의 호스트 수는 송신자 1대와 수신자는 최대 20대로 구성하였고, 다른 네트워크에서는 각각 송신자 그리고 MH2로 지정하였다. 실험환경에서는 그림 7과 같이 두 개의 지역 네트워크로 형성하고 각 지역 당 호스트수를 MH1 지역

에 19개의 호스트를 MH2 지역에 1개의 호스트로 구성한다. 그리고 변화 모니터링은 MH1에서 수집된 자료를 이용한다.

먼저 기존 오버레이 멀티캐스트 전송경로는 S->MH1->R1->...R17->MH2로 구성하고 제안한 전송방법의 경로는 S->MH1->MH2로 구성하여 오버레이 멀티캐스트로 패킷을 전송하고, MH1은 수신자들(R1~R18)에게 IP멀티캐스트로 패킷을 전송한다. MH1지역에서의 전송률과 손실률을 측정하여 비교하도록 한다. 그리고 최대 지연시간은 100ms, 최대 전송률은 350Kbps로 설정하였다. 본 실험에서는 노드 탐색 및 구성시간은 고려하지 않기로 한다. 오버레이 멀티캐스트 전송은 시간의 경과에 따라 점차 하나의 수신자들이 오버레이 멀티캐스트 전송노드에 참여하도록 하여 최종 수신자까지의 전송률 및 지연시간의 변화 추이를 관찰하였다.

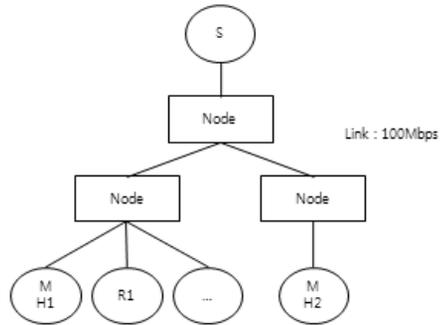


그림 7. 실험을 위한 구조  
Fig. 7. Network structure for experiment

### 4.2 실험 결과

그림 8은 제안방법과 오버레이 멀티캐스트로 패킷을 전송할 경우 발생하는 평균 지연시간을 나타내었다. MH들간 오버레이 멀티캐스트로 전송하고 해당 지역 MH는 IP멀티캐스트로 전송했을 경우와 모든 호스트간 오버레이 멀티캐스트로 전송했을 경우에 대한

여 최종 수신 호스트의 평균 지연시간을 비교하였다. 오버레이 멀티캐스트로 전송했을 경우에는 호스트수가 증가함에 따라서 지연시간이 선형적으로 증가함을 알 수 있었다. 반면 제안방법에서는 같은 네트워크상에 존재하는 호스트 수에는 거의 영향을 받지 않았음을 알 수 있었다. 따라서 실시간 미디어의 전송에 있어서는 지역별로 단일 패킷을 전송하는 것이 더 효율성이 있음을 알 수 있다. 그러나 손실률 측면에서 볼 때 그 지역 내부에 있는 모든 호스트들은 거의 같은 비율의 손실률을 나타내고 있었으나 트래픽이 많을 경우에도 비교적 영향을 받지 않고 안정적인 전송률을 나타낼 것으로 보인다.

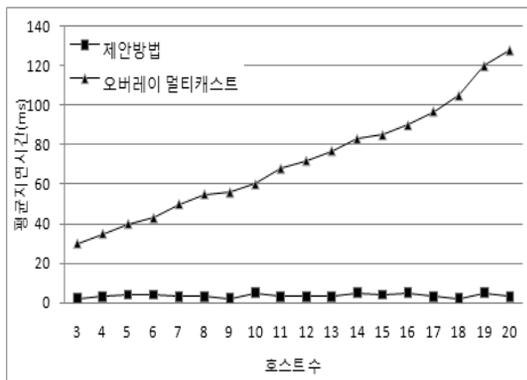


그림 8. 평균지연시간 비교  
 그림 8. Comparison of average delay time

그림 9는 그림 8의 지연시간을 바탕으로 한 평균 전송률을 나타내었다. 최종 수신 호스트에서 측정된 평균 전송률 비교 값이다. 그림에서 제안방법으로 전송할 경우에는 전체 평균 전송률이 297Kbps로 나타났으며, 오버레이 멀티캐스트로 전송했을 경우에는 280Kbps로 큰 차이를 보이지는 않았으나 호스트 수가 증가함에 따라서 패킷 지연시간이 증가하고 이에 따라 전송률도 점차 하락하게 됨을 알 수 있었다. 반면 제안방법에서는 손실률에 대한 최대 전송률과 최소 전송률간의 차이가 다소 발생하였지만 전체적으로 보

았을 경우에는 오버레이 멀티캐스트보다 더 전송 효율성이 좋았다고 볼 수 있었다.

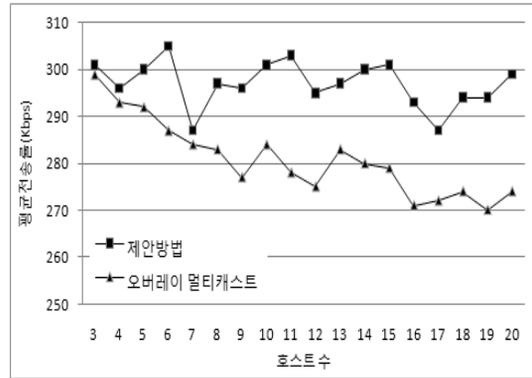


그림 9. 평균 전송률 비교  
 Fig. 9. Comparison of average transmission rate

## V. 결론

응용계층의 멀티캐스트인 오버레이 멀티캐스트는 라우터의 개선 및 교체 없이 IP멀티캐스트와 같은 전송 형태로 구성할 수 있어 미디어 스트리밍 전송 응용에 많이 이용되고 있다. 그러나 실험 결과를 볼 때 오버레이 멀티캐스트 네트워크 규모가 커짐에 따라 호스트간 전달로 인한 지연시간 및 패킷 손실률이 증가함을 알 수 있었다. 이는 곧 응용에서 불안정한 전송률로 인하여 미디어 버퍼링이 많이 발생할 수 있어 실시간 전송에 다소 어려움이 나타날 것이다. 따라서 제안한 전송방법에서는 지역별 오버레이 멀티캐스트 전송함으로써 지역 호스트들간 지연시간과 손실률을 최소화하여 비교적 안정적인 전송률을 유지할 수 있었다. 본 논문에서 인증 및 보안적 부분은 충족된다는 전제하에 실험 되었으며, 효율적인 인증 및 보안적 처리에 의한 안정성을 최대화 하는 연구는 별도의 추가 연구 과제로 필요하다고 판단된다. 또한 거대 네트워크에서 오버레이 멀티캐스트를 위한 동적 계층 구조 알고

리즘에 대한 추가적 연구 또한 요구된다.

Efficient Overlay Multicast", IEEE Trans on PDS, Vol. 18 No. 11, 2007.

**참고문헌**

[1] Yunhao Liu, Zhenyun Zhuang, Li Xiao and Lionel M. Ni, "A Distributed Approach to Solving Overlay Mismatching Problem", 24th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems(ICDCS'04), pp. 132-139, 2004.

[2] J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Johnson, M. F. Kaashoek, and J. W. O'Toole Jr, "Overcast: Reliable Multicasting with an Overlay Network," In Proceedings of the Fourth Symposium on Operating System Design and Implementation(OSDI), pp. 197-212, October 2000.

[3] Z. Li and P. Mohapatra, "Hostcast: A new overlay multicasting protocol", in Proceeding of IEEE International Conference on Communications, 2003.

[4] L. Ramaswamy, B. Gedik and Ling Liu, "A Distributed Approach to Node Clustering in Decentralized Peer-to-Peer Networks", IEEE Trans on PDS, Vol. 16 No. 9, 2005.

[5] Ingo Busse, Bernd Deffner and Henning Schulzrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Application based on RTP," Computer Communications, January, pp.71-76, 1996.

[6] Q. Ni, Q. Zhang, and W. Zhu, "SARLM : Sender-adaptive & Receiver-driven Layered Multicasting for Scalable video", IEEE International Conference on Multimedia and Expo(ICME'01), Aug. 2001.

[7] Arjan Durresi and Raj Jain, "Source Adaptive Network Driven Layered Multicast", Invited submission to Computer Communications, pp. 15, June 2003.

[8] De-Nian-Yang, and Wanjiun-Liao, "On Bandwidth-

**감사의 글**

본 논문은 2009년도 진주산업대학교 기성희연구비 지원으로 수행되었음

**저자소개**

**구명모(Myeong-Mo Gu)**



2001년 경상대학교 컴퓨터과학과 (공학석사)  
2006년 경상대학교 컴퓨터과학과 (공학박사)

2006년~현재 경남과기대 컴퓨터융합공학과 겸임교수  
\* 관심분야: 컴퓨터네트워크, 멀티캐스트, 시스템설계

**이광석(Gwang-Seok Lee)**



1983년 동아대학교 전자공학과(공학사)  
1985년 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
1992년 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1995년~현재 경남과학기술대학교 전자공학과 교수  
\* 관심분야: 음성신호처리 및 인식, 퍼지 및 신경회로망, Biometrics, 지능화 기술

**김흥준(Heung-Jun Kim)**



1989년 단국대학교 전산학과 졸업(학사)  
1993년 단국대학교 대학원 전산통계학과 (석사)  
1999년 단국대학교 대학원 전산통계학과 (박사)

1999년~현재 경남과기대 컴퓨터융합공학과 교수  
\* 관심분야: 컴퓨터구성, 네트워크, 컴퓨터보안, P2P