

## P2P 환경에서 복합 스트림 서비스를 위한 효율적인 오버레이 멀티캐스트 스케줄링

김종경\*, 최성욱\*\*

### An Efficient Overlay Multicast Scheduling for Composite Stream in P2P Environment

Jong-gyung Kim\*, Sung-uk Choi \*\*

#### 요약

최근 IP 멀티캐스팅 대신에 각광을 받고 있는 오버레이 멀티캐스팅은 다수의 사용자를 위하여 서버의 자원과 네트워크의 대역폭을 효율적으로 활용할 수 있는 스케줄링 기법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 멀티미디어 서비스를 위하여 오버레이 멀티캐스팅 환경에서의 복합스트림 토폴로지 정책을 제안한다. 본 논문의 성능 평가를 위하여 본 논문과 유사성을 가진 Overcast[5]와 비교하여 멀티캐스트에 참여한 노드들의 RTT(Round Trip Time) 수치, 트리 구축시간에 따른 대역폭 소모량 측정, 그리고 수행시간에 따른 MOR 영향 실험을 하였다. 그 결과 약 8 ~ 20 %의 성능의 향상을 보여 주었다.

#### Abstract

The overlay multicast that has been recently presented as an alternative for the IP multicast needs scheduling method that can apply the system resource and the network bandwidth for the many users. We propose a efficient overlay multicasting network policy for multimedia services with composite stream service topology. And in order to evaluate the ability of the proposed scheme's performance, We test the performance of multi\_casting nodes with RTT values, the bandwidth attrition rate for building the network topology and MOR effects with Overcast[5] The result of simulation shows improves about 8~20% of performance.

▶ Keyword : 스트리밍 서비스(Streaming Service), P2P(P2P), 응용계층 멀티캐스트(Application Layer Multicast), 오버레이 멀티캐스트(Overlay Multicast)

---

• 제1저자 : 김종경  
• 접수일 : 2008. 9. 16, 심사일 : 2008. 10. 10, 심사완료일 : 2008. 11. 26.  
\* 시립 인천전문대학 컴퓨터정보과 겸임교수 \*\* 시립 인천전문대학 컴퓨터정보과 교수

## I. 서론

수신자 그룹을 형성하여 방송 콘텐츠를 방송하는 것과 같은 형태의 서비스를 인터넷에서 라이브 스트림들을 전송하는 기술에 관련된 연구는 과거 15년간 지속적으로 이루어져 왔다. 그러나 뉴스와 같은 인터넷에서 콘텐츠를 제공되는 라이브 서비스는 서버나 네트워크의 고비용의 대역폭이나 IP 멀티캐스트 보급의 문제로 인하여 활성화 되지 못하였다. 그러나 세미나, 워크샵 등과 같은 실시간 방송 서비스에는 비용효율적인(cost-effective) 기술에 대한 보급의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 통신 기술의 발전으로 인하여 개인 유무선 단말기를 위한 유무선 통합 멀티미디어 서비스(Quadruple Play Service)는 더욱더 이를 요구하고 있다. 최근에 오버레이 멀티캐스트(Overlay Multicast)에 대한 연구[1,2,3]에서는 인터넷에서 멀티캐스트 기능을 널리 보급시킬 수 있는 구조를 제안하였다. 이것은 오버레이 구조 위에서 종단 시스템들이 자율구성(self organization)하여 오버레이 링크를 통하여 데이터를 분산시키는 구조이다. 오버레이 멀티캐스트를 이용하여 방송망 서비스에 필요한 저장 스트림 서비스보다는 라이브 스트림 서비스에 관한 연구[4]에 치중되고 있어, 저장 스트림 서비스에 대한 연구가 필요한 실정이다. 특히, 향후 보급되어야 할 IPTV 체계에서 네트워크상에서 다양한 스트림을 서비스 할 수 있도록 효율적으로 지원하도록 함과 동시에 수신자에게 적합한 데이터 전송 특성의 QOS를 만족시키기 위한 오버레이 멀티캐스트 메커니즘에 대한 관심이 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 방송 시스템인 라이브 스트림뿐만 아니라 저장 스트림을 제공할 수 있는 복합 오버레이 멀티캐스트 구조를 제안한다. 본 제안기법은 복합 스트림(라이브 혹은 저장 스트림) 서비스를 위한 정책과 스트림 저장 기법을 소개한다. 이 기법은 많은 사용자 그룹을 수용할 수 있도록 네트워크의 대역폭과 서버의 수용성을 향상시켰다. 2장에서는 최근의 오버레이 멀티캐스팅 네트워크의 관련 연구를 살펴보고 3장에서는 서버 및 네트워크의 자원들을 효율적으로 관리하고 사용자의 서비스 처리율을 높이기 위한 복합형 오버레이 멀티캐스팅 정책을 제안한다. 4장에서는 본 연구에 대한 성능평가를 위해서 실험을 통하여 본 기법과 Overcast[5]를 비교분석을 한다. 끝으로 5장에서는 결론과 함께 향후 연구 방향에 대하여 간략히 기술한다.

## II. 관련 연구

### 2.1 응용계층 멀티캐스트

CoopNet[6]은 실시간 비디오 스트리밍을 위한 시스템으로 미디어 콘텐츠를 여러 부분으로 나누어 분배(Distribution)시키는 MDC(Multiple Description Coding)를 적용하여 피어의 장애가 발생하더라도 데이터의 손실을 최소화한다. 이는 저장 스트림 서비스를 위한 기능은 지원하지만 재생점을 관리하는 기법은 제공되지 않는다. NICE[7]와 ZIGZAG[8]은 계층 구조의 클러스터 기반 기법으로 확장성 있는 계층 구조의 P2P 동적 네트워크 특성을 고려하여 멀티캐스트 트리의 제어 트래픽을 감소시키는 방법을 연구하였다. 그러나 네트워크의 유동적인 환경에서 개념적인 대역폭을 다루는 기법으로 저장 스트림 서비스에는 문제가 따른다. P2VOD[9]는 Generation이라는 그룹을 형성하여 체인 방식으로 스트림을 전송하는 저장 스트림 서비스에 기반을 둔 기법이다. 이 기법에서는 캐싱 기법을 제안하였으나 캐싱 구조를 비효율적으로 운영함으로써 지터의 현상을 가중시킬 가능성이 존재한다. 그리고 P2Cast[10]는 저장 스트림 서비스 설계에 초점을 둔 응용 계층 멀티캐스트 기법이다. 이 논문은 장애가 발생할 때마다 서버가 개입하여 해결하는 방식을 사용함으로써 서버의 병목현상 때문에 문제가 발생할 소지가 크다.

### 2.2 오버레이 멀티캐스트

오버레이 구조는 POM(Pure Overlay Multicast)와 TTOM(Two-Tier Overlay Multicast)의 두 가지 구조로 구별이 된다. 이 두 구조에서는 오버레이를 백본망에 프락시 노드를 두고 멀티캐스트를 구축하는 방식이나 차이점은 다음과 같다. 프락시 노드와 사용자 사이의 통신에서 POM은 유니캐스트를 사용하고, TTOM의 경우는 응용계층 멀티캐스트를 사용한다. 이와 관련된 연구는 Scattercast[1], Overcast[5] 등이 있다. Overcast는 단일 소스를 위한 작은 크기에서 중간 크기의 노드까지의 풀(pool)에 형성된 최적화 오버레이 트리를 이용하여 멀티캐스트를 구현하였다. 이 논문의 목적은 기존의 IP multicast의 제한과 배치의 문제를 극복하기 위하여 라이브 스트림과 저장 스트림을 분배할 수 있도록 트리를 구성하고, 트리구축 알고리즘은 소스에서 리프 노드까지 사용 가능한 대역폭을 최대화를 목표로 한다. 그리고 노드들은 트리에 참여할 위치를 지정하기위해 계속하여 전송경로 상의 대역폭을 감시한다. 또한, 소스 노드의 결함을 해결하기 위하여 소스 노드를 복제를 함으로써 결함의 한계를 극복하였다. 그러나 대역폭을 계속적으로 감시하여 전송경로의 변경 전략은 네트워크와 서버의 부하를 가중시킨다. 이 연구는 저장 스트림

에서의 재생점을 지원하지 않는 것도 문제로 지적된다.

Scattercast는 Overcast와 개념적으로 비슷한 연구이나 메쉬구조를 만드는 방식을 채택함으로써 시스템에 많은 오버헤드를 발생시키는 라이브 스트림을 제공하는 기법이다. 이 논문은 네트워크에서 기반 구조의 핵심인 SCX라고 하는 것이 노드들이 연결되어 실시간 요구들을 다룬 스트림의 대역폭을 조화시키는 기법을 제안하였다.

### III. 복합 오버레이 멀티캐스트 모델

#### 3.1 개요

본 논문에서 제안한 복합 오버레이 멀티캐스트 모델은 P2P 기반의 오버레이 멀티플렉스를 기반으로 하고 있다. 그림. 1은 오버레이 네트워크의 개요를 나타내었다. 아래 그림은 물리적 구조인 트랜스포트 네트워크, 모바일 네트워크, 무선 네트워크 등 실제로 다양한 네트워크를 표현한 것이다. 그리고 위의 그림은 오버레이 네트워크로서 물리적 네트워크에 기반을 둔 논리적 네트워크이다. 세션 매니저(SM)는 오버레이 노드로부터 받은 정보를 이용하여 오버레이 토폴로지를 구성하고 멀티캐스트 에이전시(MA)들을 관리한다. 멀티캐스트 에이전시(MA)는 가입자들에게 데이터 전송을 위한 최적 경로를 설정한다.

스트림 서비스 분야는 라이브 스트림 서비스와 저장 스트림 서비스로 나눌 수 있다. 본 논문은 P2P 환경에서 복합 미디어 스트림 서비스를 위한 오버레이 멀티캐스트 네트워크 정책을 제안함으로써 두개의 서비스가 동일한 네트워크 토폴로지 하에서 효율적으로 운용될 수 있게 하였다. 이를 위하여 본 논문에서는 오버레이 네트워크내의 세션 매니저와 멀티캐스트 에이전시에 서비스 정책 기능을 확장하고 멀티캐스트 에이전시에 파티션 스토리지를 두어 각종 스트림 서비스를 효율적으로 제공할 수 있게 하였다. 그림. 2에서 보는 바와 같이 세션 매니저의 역할은 각 세션의 네트워크 토폴로지를 관리하고 가입자의 요청에 따라 멀티캐스트 에이전시에서 보내온 네트워크 정보에 따라 하여 적절한 세션을 스케줄링 하여 멀티캐스트 에이전시에 해당 서비스를 요청한다.

그 밖에 서비스를 요청한 가입자의 확인, 과금, 서비스 등급 결정, QOS 품질 등 가입자 관리를 수행한다. 멀티캐스트 에이전시는 오버레이 프락시의 기능을 포함하며 각 세션내의 가입자에 대한 자원의 수락 제어 기능을 담당한다. 이를 위하여 자체의 스토리지 기능을 가지고 있으며 멀티캐스트 에이전

시 간의 커뮤니케이션 기능과 가입자와의 커넥션 스케줄링을 수행한다. 오버레이 노드는 오버레이 네트워크를 구성하는 하위 객체이다.

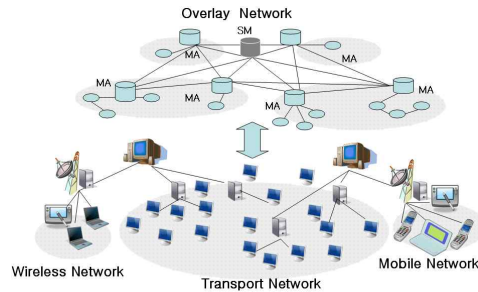


그림. 1 오버레이 네트워크 구조  
Fig. 1 Architecture of overlay network

오버레이 노드의 커넥션 정책은 저장 스트림 커넥션과 라이브 스트림 커넥션이 있다. 저장 스트림 커넥션은 저장 스트림 서비스를 위하여 멀티캐스트 에이전시의 스토리지를 통하여 서비스 받는 경우이다. 한편 라이브 스트림 커넥션은 라이브 스트림의 서비스를 위하여 제안되었으며, 세션매니저와 멀티캐스트 에이전시의 부하를 줄이기 위해서 가능한 오버레이 노드를 중심으로 커넥션을 하는 경우이다. 그러나 P2P 네트워크를 기본으로 하는 네트워크에서는 일부 노드의 대역폭 부족이나 패킷 손실의 가능성을 항상 내포하고 있다. 오버레이 노드끼리의 커넥션에 있어서 부모노드의 떠남(departure)은 전송 경로에 대한 결함이 발생하여 모든 자식들에게 전달할 수 없는 스트림 데이터들이 발생하게 된다.

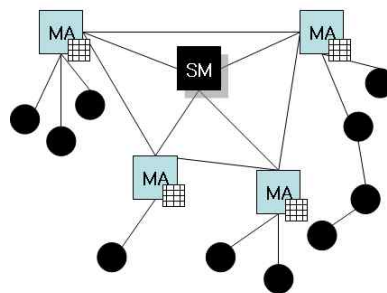


그림. 2 복합형 오버레이 구조  
Fig. 2 Composite Overlay Architecture

이러한 스트리밍 데이터의 손실은 부모 잃은 자식노드들이 자신과 연결된 서브 트리 전체에 영향을 주게 된다. 따라

서 스스로부터 주어진 노드까지 총 지터는 직렬로 연결된 링크들을 통하여 스트리밍 데이터를 전송하기 때문에 노드가 위치해 있는 트리의 깊이에 선형적으로 증가된다. 이러한 문제를 거대한 버퍼 용량으로 접근한다면 많은 재생 지연시간이 발생할 수 있고, 데이터 전송을 위한 트리가 깊은 길이를 가졌다면 많은 양의 스트리밍 데이터에 대한 손실을 가지고 올 것이다.

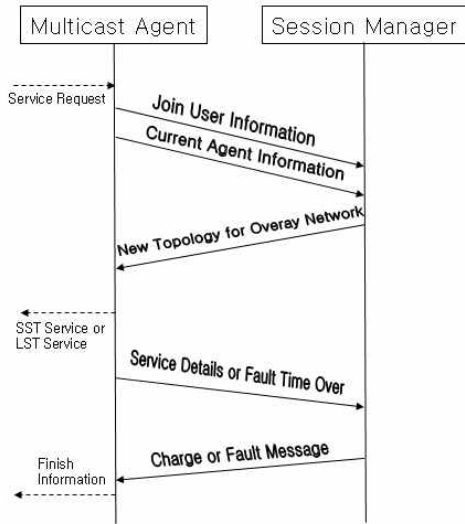


그림 3 메시지 다이어그램  
Fig. 3 Message Diagram

이러한 문제는 다른 기법들과 연계하여 유동적인 피어들의 문제를 심도 있게 다루어야 한다. 그림. 3은 복합 오버레이 멀티캐스팅 정책 다이어그램이다. 먼저 멀티캐스트 에이전트는 가입자가 서비스를 요청하면 그 정보와 오버레이 노드로부터 전달된 현재의 네트워크 정보를 세션 매니저에게 전달한다. 세션매니저는 전달받은 가입자 정보를 확인하고 새로운 네트워크를 작성하여 멀티캐스트 에이전트에게 전달한다. 멀티캐스팅 에이전트는 가입자를 참여시키기 위해서 서비스 스트림의 요구에 따라 현재의 멀티캐스팅 및 네트워크 상태를 참고하여 직접 연결이나 간접 연결을 결정한다. 서비스 초기나 실행 중에 미리 정해진 시간동안 서비스가 중단될 경우에는 장애 메시지를 세션매니저에게 전달하고 서비스를 종료한다. 세션매니저는 서비스가 완료하면 각종 서비스 정보를 가입자에게 전송해준다.

### 3.2 라이브 스트림 토폴로지

본 연구에서 제안한 라이브스트림 토폴로지(이하 LST)는 라이브 스트리밍 서비스에서 가장 민감하게 다루어야 할 지터 문제를 해결하기 위하여 참여 지연을 가장 우선적으로, 대역폭을 차선으로 선택하여 구축하는 기법을 사용한다. 참여 지연을 줄이기 위한 LST의 기본적인 참여 전략은 리프 노드가 사용 가능한 대역폭이 존재할 가능성이 높다는데 착안하여 오버레이 노드가 멀티캐스트 트리에 참여할 경우 서버로부터 가장 적은 레벨수를 가진 리프 노드에 우선 접근하는 방식이다. 그리고 리프 노드의 부모 대역폭이 새로운 자식 노드를 받아들이기에 충분할 경우는 리프 노드의 형제 노드로 참여하고, 그렇지 않을 경우는 리프 노드의 자식노드로 참여하는 노드 참여 알고리즘을 사용하는데 실행 순서는 아래와 같다.

단계 1 : 멀티캐스트에 참여하려고 하는 오버레이노드  $C$  는 우선 소스(혹은 오버레이 프락시)에 접속을 하여  $C$  가 요청하는 시간에 스트림을 제공해 줄 수 있는 트리의 깊이와 대역폭 순으로 정렬되어 있는 다른 오버레이 노드(부모후보)의 집합  $S$ 를 얻는다.

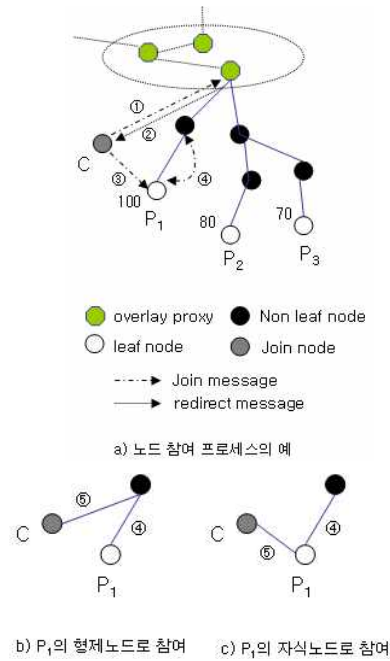


그림. 4 새 노드 참여 프로세스  
Fig. 4 Join process of new node

단계 2 : 멀티캐스트 트리에 참여하기 위하여  $C$  는 부모 후보 노드들  $P_i$  중에서 식 1과 같이 가장 넓은 대역폭과 가장 적은 레벨 수의 비가 최대값을 가진 노드에 접속을 시도한다. 그림. 4에서와 같이 적은 레벨 수와 가장 넓은 대역폭의 비는 각각 100, 80 그리고 70으로 리프 노드의 접속순서는  $P_1$ ,  $P_2$  그리고  $P_3$ 이다. 따라서  $C$  는 후보부모 노드 중에서 우선  $P_1$  노드에게 참여 메시지를 보내고  $P_1$ 은 단계3을 수행한다.

$$\max_{p_i \in S} \left( \frac{rate_{p_i \rightarrow C}}{hop_{p_i \rightarrow C}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

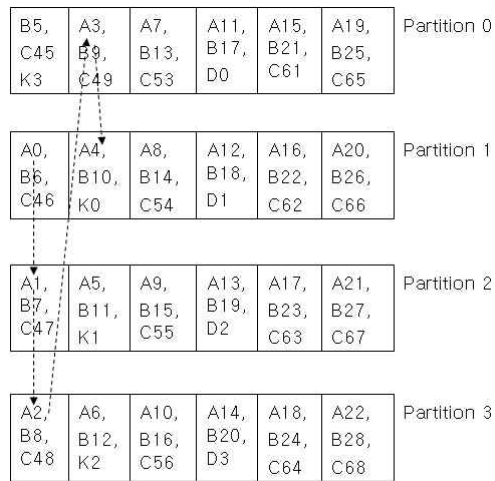
단계 3 : 리프 노드인  $P_1$  은 자신의 부모피어에게 새로운 자식노드  $C$  에게 서비스할 대역폭이 존재하는지를 파악한다. 만약에  $P_1$  의 부모노드가 충분한 대역폭을 가지고 있으면 그림. 4의 b)와 같이  $C$  를  $P_1$  의 형제노드로 참여를 허용하고, 그렇지 않을 경우는  $P_1$  의 자식노드로 참여시킨다.

자식노드와 부모 노드사이에 전송율의 저하가 발생한다면 상기 알고리즘을 적용하여 부모 노드를 교체하여 정상적인 스트림 서비스를 받을 수 있다. 본 제안기법의 넓고 짧은 트리를 만들기 위한 멀티캐스트 트리 구축 알고리즘의 장점은 다음과 같다. 소스에 가까운 노드들은 트리 단절이 발생할 확률이 적을 뿐만 아니라 네트워크 트래픽을 절감할 수 있다. 또한, 적은 참여 지연시간을 위한 참여 프로세스에서 리프 노드로 참여하는 방식은 라이브 스트리밍 서비스에서 지터를 완화시킬 수 있는 이점이 있다.

### 3.3 저장 스트림 토폴로지

본 논문에서 제안한 저장 스트림 토폴로지(이하 SST)는 다양한 저장 스트림을 효율적으로 서비스하기 위하여 멀티캐스트 에이전시에 파티션 스토리지를 사용한다. 파티션 스토리지에는 스트림 서비스를 위하여 저장된 드라마, 오락, 영화 등과 뉴스, 스포츠 등의 라이브 방송을 따로 녹화하여 저장할 수가 있다. 오버레이 노드들에 대한 서비스는 기본적으로 멀티캐스트 에이전시를 통하여 이루어지고, 현재 멀티캐스트 에이전시의 자원 및 네트워크의 상태에 따라 다이렉트 커넥션과 인-다이렉트 커넥션으로 나누어 스케줄링 된다. 먼저 파티션

스토리지는 디스크의 표면을 복수개의 파티션으로 구분하여 운영하는 방식이며 그림. 5에는 4개의 파티션으로 구분된 스토리지의 형태를 나타내었다. 각 파티션은 여러 개의 트랙들로 구성되며, 각 트랙은 고정된 블록으로 나누어진다. 예를 들어 저장스트림 A를 서비스하기 위해서는 A0가 위치해 있는 파티션1에서부터 시작하여 파티션2, 파티션3, 파티션0 순으로 검색하게 된다. 이때 아주 짧은 검색 시간동안에 동일한 파티션내의 다른 저장 스트림들도 같이 읽어 올 수 있으므로 복수개의 스트림 서비스에 유리하다. 식 2는 파티션 스토리지의 검색시간을 나타내었다. 여기서  $C$ 는 이동 실린더(cylinder) 개수 이고,  $SE$ 는 평균 디스크 조사시간,  $a$ 는 헤드 안정 계수,  $b$ 는 가속 안정 계수이다.  $B_n$ 은 블록 수,  $S$ 는 스트림 수,  $B_l$ 은 블록 크기,  $T_r$ 은 최대 전송률,  $R_r$ 은 디스크 최대 회전 속도,  $P$ 는 파티션 개수이다. 디스크 조사시간( $SE$ )에서 마감 시간 우선 방식 및 집단 일소 방식은 단거리 탐색이나 장거리 탐색이며, 디스크 분할 기법은 동기화 스트림이 동일 트랙 상에 존재함으로 조사시간이 거의 없거나, 최단거리 탐색으로 행할 수 있다. 또한 평균 조사시간은 장거리 탐색일 경우  $SE = a + bc$ , 단거리 탐색일 경우  $SE = a + b\sqrt{c}$ 이며, 최단거리 탐색일 경우 약 2ms가 소요된다.



Partition Storage Layout

그림5 스토리지 파티션 레이아웃  
Fig. 5 Storage Partition Layout

$$disk_{scr} = B_n \{ S(B_l / T_r + R_r + SE) + SE/P \} \dots \dots (2)$$

그림. 6의 다이렉트 커넥션과 그림. 7의 인-다이렉트 커넥션은 비디오  $k$ ,과 비디오  $F$ 가 요청되었을 경우의 처리형태를 설명하고 있다. 멀티캐스트 에이전시  $MA0, MA1, MA2, MA3$ 의 파티션 스토리지는 현재 서비스 파티션의 위치가 서로 다르게 스케줄링 되어 있다. 예를 들어  $MA0$ 는 파티션0의 위치에서,  $MA1$ 은 파티션1,  $MA2$ 는 파티션2,  $MA3$ 는 파티션3에서 각각 서비스 중이라 할 때, 비디오 K에 대한 새로운 요청이 있을 경우  $MA1$ 에 서비스가 할당이 된다. 왜냐하면 그림. 6을 참고하면 비디오 K의 시작 블록인  $k0$ 가 파티션1에 속해 있기 때문에 현재 파티션1에서 다른 비디오를 서비스 중인  $MA1$ 에서는 3.2절의 새 노드 참여 프로세스에 의해서 서비스가 가능하기 때문이다. 또한 같은 시각 비디오  $F$ 에 대한 요청은 같은 방식으로  $MA2$ 에 연결 될 수가 있다. 식 3에는 가입자 최대 서비스 시간을 나타낸다.

$$S_{max} = S_{sm} + S_{ns} + D_{sch} + N \times N_{trans} \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $S_{sm}$ 은  $SM$ 의 스케줄링 시간,  $S_{ns}$ 는 네트워크 스위칭 시간,  $D_{sch}$ 는 스토리지 검색시간,  $N$ 은 경로 내 노드 수,  $N_T$ 는 노드와 노드간의 네트워크 전송시간이다.

또한 오버레이 네트워크에 직접 연결에 참여하는 노드들의 집합을  $d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$ , 간접 연결에 참여하는 노드들의 집합을  $i = (i_1, i_2, \dots, i_m)$  라 할 때, 현재 조인된 노드의 수  $C_{serv}$ 는 식 4에, 최대 조인 가능한 수  $T_{serv}$ 은 식 5에 나타내었다. 그리고 이들 사이에는  $(\sum_{i=1}^{i=n} d_i + \sum_{j=1}^{j=m} i_j) \leq$

$\sum_{k=1}^{k=n+m} (NB_k / PS_k)$  가 성립한다. 식. 5에서  $NB_k$ 는 k번째 노드의 물리적 대역폭이며,  $PS_k$ 는 k 번째 노드의 서비스 패킷 사이즈이다.

그림. 7에서는 스케줄링 후의 오버레이 네트워크의 모양을 나타내고 있다. 비디오F는 파티션 스토리지 2에서 시작되므로 현재 파티션 2에서 서비스 중인  $MA2$ 로 다이렉트 커넥션 된다. 비디오K는 현재 오버레이 노드의 멀티캐스트 능력을 3이라 하였을 때 직접 연결 되지 못하고 종단 오버레이 노드에 인-다이렉트 형태로 연결된 결과를 보여준다.

$$C_{serv} = (\sum_{i=1}^{i=n} d_i + \sum_{j=1}^{j=m} i_j) \dots\dots\dots (4)$$

$$T_{serv} = \sum_{k=1}^{k=n+m} (NB_k / PS_k) \dots\dots\dots (5)$$

### IV. 시뮬레이션 및 분석

본 논문의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션 기법을 사용한다. 시뮬레이션 도구는 SSFNet[11]시뮬레이션 프레임워크를 사용하였으며, SSFNet은 프로세스 기반 이산 사건 중심 시뮬레이션 커널(Process-based Discrete Event Oriented Kernel)이다. 시뮬레이션 커널의 소스는 공개되지는 않았으나 그 중에서 네트워크의 시뮬레이션을 지원하는 라우터 링크 네트워크 인터페이스 카드 등 대부분의 인터넷 서비스시스템들을 시뮬레이션 하는데 필요한 다양한 객체들은 Java로 시뮬레이션 특성을 변경하여 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

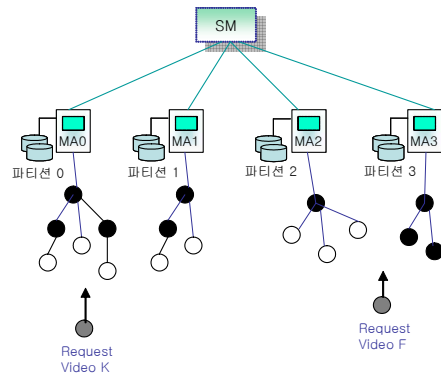


그림. 6 연결 전 상태  
Fig. 6 Before Connection

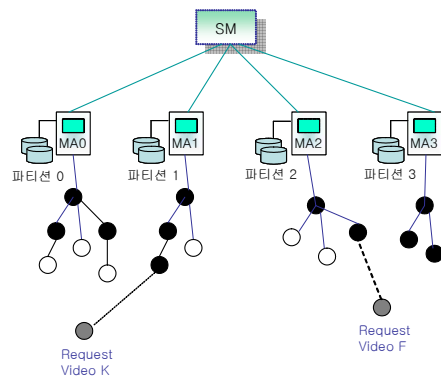


그림. 7 연결 후 상태  
Fig. 7 After Connection

#### 4.1 실험 환경

본 실험을 위하여 전체 네트워크는 4개의 Transit 도메인으로 구성하고, 각 Transit 도메인에는 5개의 Transit 노드가 있으며, 각 Transit 노드는 8개의 Stub노드가 연결된 6개의 Stub 도메인으로 연결되어 있다. 그리고 Stub 노드사이의 대역폭은 4Mbps, Transit 노드와 Stub노드 사이의 대역폭은 9Mbps, Transit 노드 사이의 대역폭은 12Mbps로 설정하였다. 두 노드간의 라우팅 알고리즘은 Shortest Path Algorithm을 사용하였고, 서버에 저장된 비디오는 150분 분량을 가진 하나의 비디오를 사용하는 것을 가정한다. 그리고 참여할 노드들의 도착율은 포아송(Poisson) 분포에 따르고 전송 토폴로지가 형성된 이후에는 2분마다 하나의 노드가 Connection Failure 발생하도록 하였다.

#### 4.2 실험 측정 기준과 방법

실험평가는 스트림 전송을 위하여 전송 토폴로지의 성능과 컨트롤 오버헤드 측정을 위한 실험으로 나누어 실시하며 이에 대한 기준과 방법은 다음과 같다. 이것은 전송 토폴로지를 구축하는 동안에 발생하는 지연과 대역폭에 관한 측정과 컨트롤 오버헤드에 관한 실험으로 MOR(Message Overhead Ratio)을 측정하는 실험으로 총 트래픽 발생량 중에서 전송 토폴로지 유지와 데이터 전송을 위해 발생하는 컨트롤 트래픽량을 비율로 표현하였다.

##### 가. 참여 지연과 대역폭에 관한 측정

이 실험은 멀티캐스트 트리에 참여한 노드들의 RTT를 측정할 수치이다. 이 결과에서 본 제안기법이 참여노드 수가 많아지면 상대적으로 Overcast보다 약 8%의 작은 수치의 결과로 멀티캐스트 트리의 우수성을 입증해 보였다. 이러한 이유는 Overcast에서는 전체의 비용 즉, 대역폭을 고려한 알고리즘을 사용하여 트리의 노드가 증가하면 할수록 더 많은 지연이 발생하는 것으로 판단된다.

그림 9의 실험은 스트림 전송 트리를 구축하는 시간에 따른 대역폭 소요량을 측정한 그림으로 멀티캐스트 트리의 전송 효율성을 입증하는 실험이다. 이 그림에서 트리를 구축하는 초기에 본 연구의 제안기법이 적은 량의 대역폭으로 트리를 구축하는 양상을 보이고, 트리의 형성이 된 이후에도 20% 정도의 적은 대역폭으로 비용효과적인 스트림들을 전송하는 모습을 보여준다. 이 결과는 본 제안은 기법은 리프 노드에 접근을 하여 대역폭과 지연의 관계의 비가 최대값을 유지하는 노드를 부모노드로 참여하는 알고리즘을 사용한 결과라 분석

된다. 반면에 Overcast의 제일 큰 대역폭을 찾기 위한 알고리즘은 많은 노드들의 참여가 발생하면 네트워크의 경로를 재탐색하는 과정으로 인하여 지연과 네트워크에 대역폭 소모량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

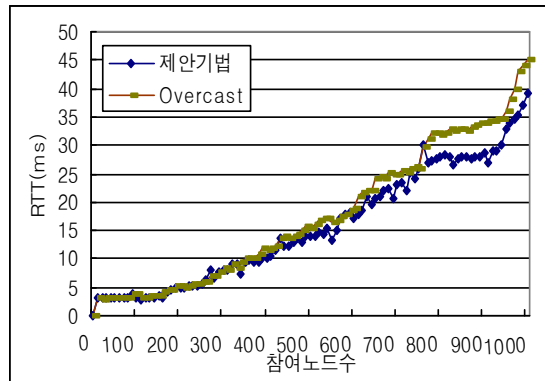


그림 8 참여노드 수에 따른 RTT 측정  
Fig. 8 RTT for the join node number of times

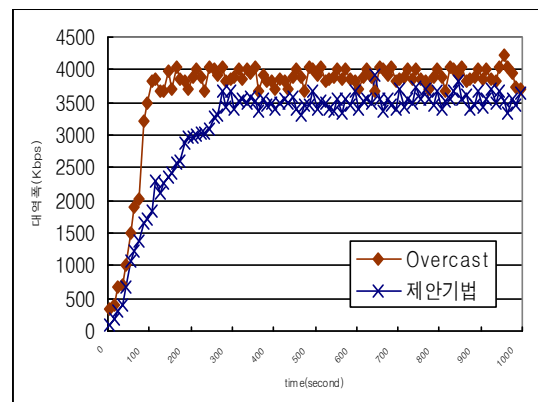


그림 9 트리 구축시간에 따른 대역폭 소모량  
Fig. 9 Bandwidth Fluctuation under tree construction Duration

둘째, 컨트롤 오버헤드에 관한 실험에서는 Overcast가 대역폭 소모량에 대한 제어 그리고 오버레이 네트워크를 효율적으로 운영하기 위하여 전역 정보 유지하고 "Up/Down" 프로토콜을 수행하는데 과도한 오버헤드가 발생하였다. 그러나 본 제안기법은 참여를 원하는 노드가 스트림 서비스를 받기위하여 트리의 리프노드에 접근하여 참여하는 단순한 알고리즘을 사용하였고 또한, 스트림 전송률이 떨어질 때만 부모노드 교체 알고리즘을 수행하는 알고리즘을 수행하여 Overcast보다 MOR 수치가 18~20%가 적은 것으로 나타나 긍정적인 실험결과를 보여주었다.

## V. 결론

P2P 네트워크를 기반으로 하고 있는 워버레이 멀티캐스트 네트워크에 대한 대부분의 연구는 실시간 일대다의 스트리밍 서비스에 중점을 두고 있다. 그러므로 별도의 재방송 서비스나 기타 저장 비디오에 대한 서비스 및 차세대 쌍방향 멀티미디어 서비스를 위한 저장 스트림 서비스에 대한 연구도 필요한 시점에 와 있다고 할 수가 있다. 본 논문은 P2P 네트워크 환경에서 저장 스트림 및 라이브 스트림을 함께 서비스하기 위한 워버레이 멀티캐스트 네트워크 정책을 제안함으로써 두개의 서비스가 동일한 네트워크 토폴로지 하에서 효율적으로 운용될 수 있게 하였다. 이를 위하여 본 논문에서는 P2P 환경에서 새로운 노드를 효율적으로 참여 시킬 수 있는 노드 참여 알고리즘과 워버레이 네트워크내의 세션 매니저와 멀티캐스트 에이전트에 서비스 스케줄링 기능을 확장한 다이어트, 인-다이렉트 커넥션 기법을 제안하여 각종 스트림 서비스를 효율적으로 제공할 수 있게 하였다.

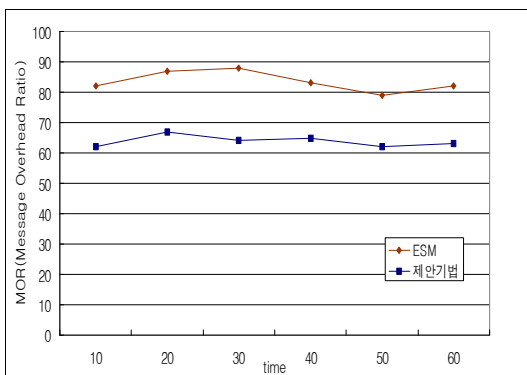


그림. 10 수행시간에 따른 MOR 영향  
Fig. 10 MOR for Execution Duration

이에 대한 본 제안기법의 성능평가에서는 라이브 스트림과 저장스트림을 동시에 제공하는 기법인 Overcast와 비교하였다. 비교평가에서 첫째, 본 제안기법이 멀티캐스트 트리에 참여한 노드들의 RTT를 측정할 수치에서 Overcast보다 약 8% 정도의 멀티캐스트 트리의 우수성을 입증해 보였고, 둘째 트리 구축시간에 따른 대역폭 소모량 측정에서는 대역폭을 고려한 Overcast 보다 20% 정도의 대역폭 소모량이 줄어든 것으로 평가되었다. 마지막으로 수행시간에 따른 MOR 영향 실험에서는 약 18~20%의 성능의 우수성을 보여 주었다.

향후 이동통신과 무선통신을 결합하여 워버레이 멀티캐스트의 우수한 알고리즘과 결합한다면 IPTV 서비스 뿐 아니라, 차세대 저장 스트림 서버 네트워크에도 활용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] Y. Chawathe, "Scattercast: An architecture for Internet broadcast distribution as an infrastructure service", Fall 2000. Ph. D. thesis U.C. Berkeley.
- [2] Y. Chu, S. G. Rao, and H. Zhang, "A Case for End System Multicast", In Proceedings of ACM Sigmetrics, June 2000.
- [3] J. Liebeherr and M. Nahas, "Application-layer Multicast with Delaunay Triangulations", In IEEE Globecom, November 2001.
- [4] Yang-hua Chu, Aditya Ganjam, T.S. Eugene Ng, Kunwadee Sripandkulchai, Jibin Zhan and Hui Zhang, "Early Experience with an Internet Broadcast System Based on Overlay Multicast", USENIX Annual Technical Conference, June 2004 .
- [5] J. Jannotti, D. K. Gifford, K. L. Johnson, M. F. Kaashoek, and J. W. O. Jr, "Overcast: Reliable multicasting with an overlay network", In Proceedings of USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, Oct, 2000.
- [6] V. N. Padmanabhan, H. J. Wang, P. A. Chou, "Resilient peer-to-peer streaming", in IEEE ICNP, Atlanta, GA, USA, November 19-22 2003.
- [7] S. Banerjee, B. Bhattacharjee and C. Kommareddy, "Scalable application layer multicast" in ACM SIGCOMM, Pittsburgh, PA, USA, 2002.
- [8] D. A. Tran, K. A. Hua and T. T. Do, "A Peer-to-Peer Architecture for Media Streaming", in IEEE journal on Selected Areas in Communications, vol. 22, no. 1, Jan 2004.
- [9] T. T. Do, K. A. Hua, M. A. Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault Tolerant Video-on-Demand



Streaming in Peer-to-Peer Environment". To appear in the IEEE International Conference on Communications(ICC 2004), June 20-24, Paris, France.

- [10] Yang Guo, Kyungwon Suh, James F. Kurose, Donald F. Towsley, "P2Cast: peer-to-peer patching scheme for VOD service", in Proceeding of the twelfth International Conference on WWW, 2003
- [11] "SSF Simulator implementation",  
<http://www.ssfnet.org/ssfImplementations.html>

## 저 자 소 개



### 김 종 경

2006. 8 아주대학교 컴퓨터공학박사  
 1999~현재 경기대, 인천대, 배석대  
 강사

2003~현재 시립인천전문대 겸임교수  
 관심분야: 멀티미디어 시스템 응용 및  
 S/W 시스템 구조, P2P  
 네트워크, 멀티캐스팅



### 최 성 욱

2002. 2 아주대학교 컴퓨터공학 박사  
 1989 ~ 1992 : 충남전문대학 조교수  
 2003~현재: 시립인천전문대 컴퓨터  
 정보과 교수

관심분야: 멀티미디어 시스템 및 시스  
 템 디자인, P2P 및 모바일  
 서비스 스케줄링