

논문 2012-49-12-10

# 확장성 있는 P2P 실시간 비디오 스트리밍 통신을 위한 P2P 기반 그룹 서비스 관리 구조

( P2P-based Group Communication Management For Scalable P2P Live  
Video Streaming Communication )

천 승 만\*, 박 종 태\*\*

( Seung-Man Chun and Jong-Tae Park )

## 요 약

차세대 광대역 무선 네트워크의 성능이 급격히 증가함에 따라 스마트 모바일 플랫폼 기반으로 다양한 서비스 (교육, 실시간 비디오 스트리밍 서비스, 실시간 비디오 컨퍼런싱, 온라인 게임 등)가 사용자에게 제공되고 있다. 하지만, 대부분의 이러한 서비스들은 중앙 집중식 구조로 서비스가 제공되고 있기 때문에, 트래픽 관리에 대한 확장성 있는 통신 서비스를 제공하는데 어려움이 있다. 본 논문의 목적은 P2P 네트워크 기반으로 확장성 있는 실시간 비디오 멀티미디어 스트리밍 서비스를 그룹 스마트 단말 사용자에게 제공하는 것이다. 이를 위해, 본 논문에서는 스마트 이동 단말을 이용한 확장성 있는 P2P 기반 그룹 통신 관리 서비스 구조 및 서비스 관리 프로토콜을 설계하였다. 제안된 서비스 구조에 대한 성능 분석을 위해, 평균 전송 지연시간 (Average Transmission Delay) 및 대역폭 이용률 (Bandwidth Utilization) 에 대한 수학적 분석을 수행하였다.

## Abstract

As the performance of the next-generation broadband wireless networks is dramatically enhanced, various services (i.e., education, Live video streaming, Live video conferencing, online games, etc.) have been provided to users through a smart mobile platform. Those services are usually provided by using the centralized communication server. However, since all multimedia traffic is exchanged through a communication server, it often has the scalability problem with regard to traffic management. Our main purpose is for group smart users to provide scalable live multimedia streaming service based on P2P network. To do this, we have designed an architecture of P2P-based service management for mobile group communication management and service management protocol. In order to verify the performance of the proposed scheme, we have mathematically analyzed the performance in terms of the average transmission delay and bandwidth utilization.

**Keywords** : P2P 이동성, 그룹 통신, P2P 통신 관리, 무선 네트워크 관리, 분산 관리 서비스

## I. 서 론

오늘날 스마트폰 또는 Tablet PC 등과 같은 스마트

이동 단말은 고 메모리 용량, 고 전력, 높은 해상도 디스플레이 등의 강력한 하드웨어 특징들을 가지고 있다. 게다가 이러한 이동 단말은 대부분 3G/4G, WiFi, WiBro 등의 다중 네트워크 통신 인터페이스를 장착되어 있다. 또한, 스마트 단말에서 모바일 앱 마켓 (Google play, I-Tunes, 등)에 접속하여 다양한 멀티미디어 스트리밍 모바일 어플리케이션 (엔터테인먼트 서비스, 원격 멀티미디어 교육 서비스, 비디오 컨퍼런싱 서비스, 온라인 게임 등)이 제공되고 있다. 모바일 사용자는 이러한 서비스들을 언제 어디서나 끊임 없이 즐기

\* 정회원, \*\* 평생회원, 경북대학교 IT 전자공학부 (Kyungpook National University, College of IT Engineering)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터 지원사업 (NIPA-2012-(C1090-1121-0002)), 2단계 BK21 프로젝트 및 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2012년8월21일, 수정완료일: 2012년11월26일

고 있다.

IP 기반 비디오 스트리밍 서비스는 Live와 On-Demand로 나눌 수 있다. Live 서비스는 Live 비디오 콘텐츠를 실시간으로 모든 사용자들에게 전달되는 것을 말하며 (예: AfricaTV<sup>[11]</sup>), On-Demand 서비스는 비디오 콘텐츠를 데이터베이스화하고 이를 요구하는 사용자에게 전달해주는 것을 말한다(예: YouTube<sup>[2]</sup>). 최근 들어, 사용자들은 이러한 서비스를 스마트폰을 통해 이러한 IP 기반 비디오 스트리밍 서비스를 제공 받고 있다. 본 논문에서는 IP 기반 Live 비디오 스트리밍 서비스를 다룬다. AfricaTV 비디오 스트리밍 서비스<sup>[11]</sup>는 방송을 하고자하는 스마트 사용자 단말의 스크린 뷰 (Screen View)에서 실시간으로 캡처된 화면 정보를 유/무선 통신 (WiFi, 3G/4G, WiBro 등)을 통해 뷰어 (Viewer) 들에게 제공하는 서비스이다.

이러한 Live 비디오 스트리밍 서비스는 클라이언트-서버 서비스 모델로 제공되고 있다. 클라이언트-서버 서비스 모델은 클라이언트에서 생성된 비디오 트래픽을 서버로 전송하고 서버는 이를 다시 다른 클라이언트 (뷰어)에게 전송하는 서비스 구조를 말한다. 하지만, 이 구조에서 뷰어의 수가 증가하게 되면 이를 처리하기 위한 고 대역폭 (High Bandwidth)을 지원하는 서버들을 증설해야 하며, 또한, 비디오 스트리밍 관리하기 위한 세션 관리 등에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, P2P (Peer-To-Peer) 서비스 모델이 제안되었다<sup>[4]</sup>.

P2P 모델은 분산 모델로 불리기도하며, 이 서비스 모델에서 피어 (Peer)가 서버 및 클라이언트의 두 가지의 역할을 가지는 것을 말한다. 즉 다시 말해, 피어들 간에 네트워크를 통해 멀티미디어 트래픽을 직접적으로 주고받는 구조를 말한다. 데이터 전송을 위한 요구 대역폭이 피어의 대역폭으로 대체함으로써 집중화된 서버 기반의 관리 방법에 비해 보다 효율적으로 관리 및 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 특징 때문에 확장성 있는 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 P2P 모델 기반의 제공되고 있는 서비스로는 비디오 스트리밍 서비스, 뮤직 파일 공유 서비스 등이 있다. 보다 효율적인 P2P 기반 서비스를 제공하기 위해 많은 연구가 진행 중에 있다.

기존의 P2P 기반 비디오 스트리밍 서비스 연구에서는 멀티미디어 트래픽의 부하 (Load)를 효율적으로 관

리하기 위해, Peer들의 토폴로지 구성 방법 (예: 단일 트리 기반<sup>[5]</sup>, 멀티 트리 기반<sup>[6]</sup>, 메쉬 기반<sup>[6]</sup> 등)에 중점을 두고 있다.

단일 트리 (Single-tree) 기반 스트리밍 방법은 단일 스트리밍 세션에 대한 단일 트리를 생성하고 이를 응용 계층 멀티캐스팅 방법을 이용하여 비디오 스트리밍을 참여자(들)에게 전송하는 방법을 말한다. 특정 사용자는 특정 트리에 참여하여 참여한 계층적인 피어들 간에 멀티미디어 스트리밍을 송/수신하게 된다. 하지만, 중계 피어가 단절되었을 경우 멀티미디어 스트리밍은 하위 피어들에게 전송될 수 없다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다중 트리 스트리밍 방법이 제안되었다. 다중 트리 스트리밍 방법은 관리 서버에 의해 단일 스트림에서 다중 스트림으로 분리하여 뷰어들에게 제공하는 방법이다. 기존에 이러한 단일 트리 및 멀티 트리 방법은 각각의 피어들의 실시간 대역폭을 고려하지 않았다.

메쉬기반 스트리밍 방법은 트래커와 피어로 구성되며, 트래커는 피어의 메쉬 정보와 비디오 세션 정보 (즉, IP 정보, 포트 정보 등)를 관리한다. 단일 피어가 특정 스트리밍의 수신을 요구할 경우 트래커가 이에 대응하는 피어들의 정보를 요구 피어에게 전송하여 다중으로 비디오 스트리밍을 수신하는 방법이다. 하지만 송신하는 도중 피어의 정보가 변경되었을 경우, 수신하고 있는 모든 피어들에게 통보해야하며, 피어의 수가 증가하게 되면 불필요한 시그널링 오버헤드를 증가시킬 수 있어 서비스 확장성을 저하시킬 수 있다.

요약하면, P2P 모델 기반의 비디오 스트리밍 서비스는 확장성 있는 서비스를 제공할 수 있다. 하지만 P2P 모델 기반 비디오 스트리밍 서비스에서 미래 Live 비디오 스트리밍 서비스는 다음의 요구 사항을 만족시켜야만 한다.

- 비록 피어의 최대 대역폭이 제한된다고 하더라도 비디오 스트리밍 서비스의 QoS (Quality of Service) 를 만족시켜야한다.
- P2P 기반 비디오 스트리밍 서비스에서 이동 단말에 대해 고려되어야만 한다.
- 멀티미디어 스트리밍의 피어들간의 전송 지연시간 (Transmission Delay)은 최소화 되어야만 한다.
- 확장성 있는 멀티미디어 스트리밍을 지원하기 위해 모바일 단말의 움직임으로 인해 발생하는 시그널링

오버헤드는 최소화 되어야만 한다.

본 목적의 목적은 모바일 멀티미디어 그룹 통신 서비스에서 비디오 스트리밍 서비스의 QoS 보장하는 확장성 있는 P2P 기반 서비스 관리 구조를 설계하는 것이다. 이에 대한 본 논문의 주요 내용을 다음과 같다.

- 모바일 멀티미디어 그룹 통신을 위한 P2P 기반 서비스 관리 구조를 설계하였다.
- 모바일 비디오 스트리밍 응용의 QoS를 보장하기 위한 P2P기반 그룹 관리 프로토콜을 제시하였다.
- 마지막으로, 제안한 구조에 대한 성능 검증을 위해 평균 전송 지연시간에 대한 수학적 분석을 수행하였다.

이 논문의 나머지는 다음과 같이 구성하였다. II장에서는 P2P 구조에서 비디오 스트리밍 서비스를 지원하기 위한 기존의 연구들을 설명하고, III장에서는 제안된 확장성 있는 P2P 기반 그룹 통신 서비스 관리 구조를 제시하고, IV장에서는 성능 평가를 위해 제안된 방법의 수학적 분석을 수행하였다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 중앙 집중식 구조 및 분산 구조

그림 1은 비디오 스트리밍 서비스를 위한 중앙 집중식 구조 및 분산 구조를 보여준다. 중앙 집중식 구조(그림 1(a))은 유선 단말과 하나의 비디오 스트리밍 서버로 구성되며, 분산 구조(그림 1(b))은 피어들로 구성된다.

중앙 집중식 구조에서 단말 A와 D는 비디오 스트리밍 트래픽을 비디오 스트리밍 관리 서버를 경유하여 참가자인 B, C, E로 전송된다. 각 단말은 비디오 스트리밍 관리 서버를 통해 비디오 스트리밍 트래픽 및 관리 트래픽을 송수신하게 된다. 그 결과, 단말이 급격히 증가하게 되면 확장성 문제가 발생할 수 있다.

분산 구조의 경우, 단말 B에서 생성된 비디오 스트리밍 트래픽은 단말 A, D, C로 전송된다. 이 때, 단말 B이 단말 A, D, C로 트래픽을 전송하기 위해서는 단말 B는 다른 단말들에 대해 상태 정보(IP 주소, 포트 번호 등)를 항상 유지 및 갱신해야만 한다. 이 경우, 단말

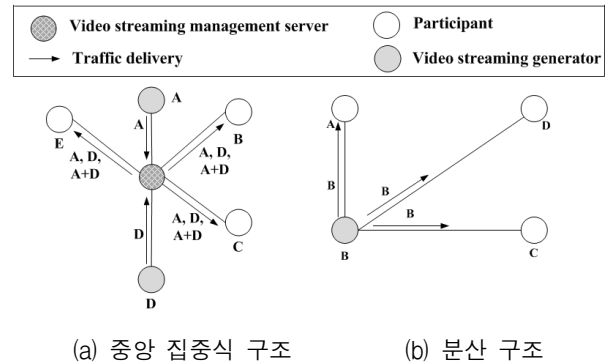


그림 1. 중앙 집중식 구조 및 분산 구조  
Fig. 1. Centralized and decentralized architecture.

B의 작업량(Workload)이 커질 수 있다. 참고 문헌<sup>[7]</sup>에서 저자는 멀티 캐스팅 컨퍼런싱 서비스(Audio와 비디오 스트리밍 서비스)를 지원하기 위한 Chord 구조, Chord 프로토콜과 Signaling Protocol(SIP)을 제안하였다. Chord 프로토콜과 SIP는 분산된 단말들이 링(Ring)형 환경에서 단말들 간에 사용된다. 구체적으로, Chord 프로토콜은 참가자들의 탐색(Discovery), 위치의 확인, 토폴로지(Topology) 안정성을 관리한다. 하지만, Chord 구조는 링형(Ring Topology) 내에 있는 각각의 피어는 인접해 있는 피어들의 정보(IP 주소, 포트 주소, 위치 등)를 항상 관리 및 갱신해야한다. 링형 내에 피어의 수가 증가하게 되면 이러한 정보를 유지 및 갱신하기 위한 큰 시그널링 오버헤드가 발생하기 때문에 성능이 급격히 저하될 수 있다. 더욱이, 몇몇 연구에서 이와 같은 연구가 참고문헌<sup>[8][9]</sup>에서 진행되었다. 기존의 P2P 구조 연구들은 유선 단말 환경에서만 고려되었다. 스마트 이동 단말의 보급이 급격히 증가함에 따라 P2P 기반의 무선 이동 단말에 대한 연구가 반드시 필요하다.

## II. 확장성 있는 P2P 모바일 그룹 통신 서비스

### 1. 확장성 있는 P2P 모바일 그룹 통신 서비스 시스템 구조

그림 1은 확장성 있는 P2P 그룹 통신 서비스를 제공하기 위한 시스템 구조를 나타낸다. 이 시스템은 참가자, 분산 그룹 관리 서버(DGMS: Distribution Group Management Server), 시작인(Initiator), 보조-시작인(Sub-Initiator), 이동 그룹 관리 프로토콜로 구성된다.

시작인, 보조 시작인, 참가자들은 유선 또는 무선 이동 단말(스마트폰, 랩탑 컴퓨터, 태블릿 PC 등) 일 수 있다.

시작인은 하나의 그룹을 관리하는 관리자이며, 비디오 스트리밍 트래픽을 생성하여 참가자들에게 전송하는 기능을 가진다. 시작인은 지역 그룹 관리 테이블(LGMT: Local Group Management Table)을 분산 그룹 관리 서버와 이동 그룹 관리 프로토콜로 통신함으로써 갱신 및 관리하게 된다. 시작인은 지역 그룹 관리 테이블을 참고하여 참가자에게 비디오 스트리밍 트래픽을 전송하게 된다. 지역 관리 테이블은 Group ID (Identifier), 서비스 프로파일, 참가자의 IP 주소, 참가자의 포트 번호, 참가자의 ID, 현재 참가자의 수, 보조 시작인 IP 주소, 보조 시작인의 포트 번호 등의 필드를 가진다. Group ID는 특정 그룹의 확인자를 나타내며, 분산 그룹 관리 서버에 의해 할당된다. 서비스 프로파일은 시작인의 비디오 스트리밍의 형태, 비디오 스트리밍의 코덱에 대한 정보를 포함한다. 참가자 ID는 참가자 고유의 확인자로서 분산 그룹 관리 서버에 의해 할당될 수 있다. 현재 참가자의 수는 하나의 그룹 내에 포함되어 있는 참가자의 수를 나타낸다.

보조 시작인은 시작인으로부터 비디오 스트리밍 트래픽을 수신하여 참가자로 재송신하는 중간 피어이다. 보조 시작인 또한 시작인과 같이 보조-LGMT를 유지 및 관리한다. 보조 시작인은 시작인이 지정한 송신 가능한 참가자의 수보다 많이 참가자가 참가를 요청하였을 때 생성된다. 분산 그룹 관리 서버에 의해 보조 시작인이 지정되며, 이 보조 시작인은 참가자 중 가장 대역

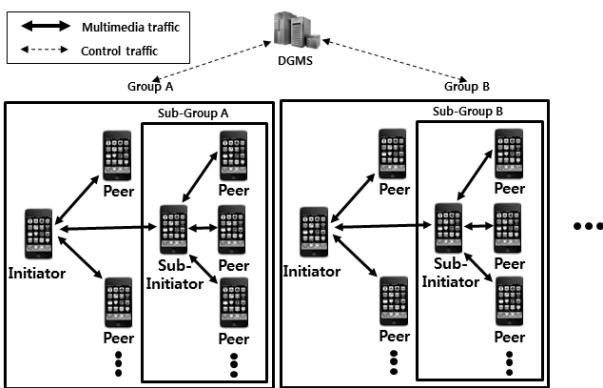


그림 2. P2P 기반 이동 그룹 통신 서비스 관리 시스템 구조

Fig. 2. Architecture of mobile group communication service management system based on P2P.

폭이 높은 참가자가 선택된다.

분산 그룹 관리 서버는 분산 그룹 관리 테이블(DGMT: Distribution Group Management Table)을 사용하여 시작인과 참가자의 연결 상태 등을 관리하게 된다. 분산 그룹 관리 테이블은 Group ID와 시작인의 IP 주소, 시작인의 포트, 서비스 프로파일, 참가자의 IP 주소, 참가자의 포트, 시작인, 보조 시작인의 IP 주소 및 포트 번호에 의해 허락된 참가자의 수, 현재 참가자의 수 등을 파라미터로 가진다. 보조 시작인의 결정을 위해 시작인, 보조 시작인 및 참가자들은 주기적으로 대역폭의 상태 정보를 분산 그룹 관리 서버로 전송한다.

그룹 관리 프로토콜은 시작인, 보조 시작인, 참가자, 분산 그룹 관리 서버간의 그룹 통신 서비스를 위한 시그널링 프로토콜을 말한다. 이에 대한 자세한 설명은 2절에서 다루도록 한다.

### 2. P2P 기반 그룹 관리 프로토콜

그림 3은 P2P 기반 그룹 통신을 위한 통신 서비스 관리 프로토콜을 나타낸다. 먼저, 시작인은 비디오 스트리밍 그룹을 생성하기 위해 분산 그룹 관리 서버로 서비스 생성 요청 메시지(Service Creation Request)를 전송한다. 서비스 생성 요청 메시지는 시작인의 IP 주소, 시작인의 포트 번호, 허락 가능한 참가자의 수 및 서비



그림 3. P2P 기반 이동 그룹 통신 프로토콜

Fig. 3. P2P-based mobile group communication protocol.

스 프로파일을 포함한다. 이를 수신한 분산 그룹 관리 서버는 Group ID를 생성하고 서비스 생성 요청 메시지에 포함되어 있는 정보와 Group ID를 분산 그룹 관리 테이블에 저장하고 Group ID를 포함한 서비스 생성 응답 (Service Creation Response) 메시지를 생성하여 시작인으로 전송한다. 또한 분산 그룹 관리 서버는 서비스 프로파일을 참고하여 HTTP 등을 통해 참가자에게 공고된다. 이후 참가자는 이를 확인한 후 다양한 서비스 프로파일을 확인하고 이 중 하나를 선택한다.

이후 참가자는 시작인의 비디오 스트리밍 서비스를 수신하기 위해 분산 그룹 관리 서버로 참가 요청 (Join Request) 메시지를 전송한다. 이때 참가요청 메시지에는 참가자의 IP 주소, 포트 번호, Group ID가 포함된다. 이를 수신한 분산 그룹 관리 서버는 분산 그룹 관리 테이블에서 Group ID를 탐색하고, 존재한다면, 참가자의 IP 주소, 포트 번호, 참가자의 ID를 분산 그룹 관리 테이블에 저장 및 갱신한다. 그리고 분산 그룹 관리 서버는 시작인의 IP 주소, 포트 번호, 서비스 프로파일을 포함하는 참가 응답 (Join Acknowledgement) 메시지를 생성하여 참가자에게 전송한다. 이후 분산 그룹 관리 서버는 참가한 참가자의 정보를 참가 확인 (Join Notification) 메시지를 생성하여 시작인에서 전송한다. 시작인은 이를 수신하고 지역 그룹 관리 테이블을 갱신하게 된다. 이후 시작인은 지역 그룹 관리 테이블을 참조하여 가입된 참가들에게 비디오 스트리밍 트래픽을 전송하게 된다. 다른 참가자가 이 그룹에 참가하였을 경우 위와 같이 반복적으로 수행된다. 만일, 그룹에 참가한 참가자의 수가 시작인이 서비스할 수 있는 참가자의 수와 같거나 초과하게 되면 분산그룹관리서버는 그룹의 참가자 중 하나를 선택하여 보조 시작인으로 지정하게 된다. 이 때, 보조 시작인 선정 시 분산 그룹관리 서버에 실시간으로 전송되는 대역폭을 기준으로 선택하게 된다. 대역폭이 가장 높은 참가자가 선택되게 된다. 분산그룹관리서버는 보조 시작인을 선택하고 보조 시작인으로 보조 시작인 생성 요청 메시지를 전송하게 된다. 이후 참가자 A는 보조 시작인으로 써 기능을 수행하고, 보조-LGTM을 생성하게 된다. 그 후 보조 시작인은 보조 시작인 생성 응답 메시지를 분산그룹관리서버로 전송한다. 분산그룹관리서버는 참가 알림 메시지를 참가자 B로 전송하게 하고, 참가자 B의 네트워크 정보를 보조 시작인인 참가자 A에게 전송하게 된다. 이후

보조 시작인은 시작인으로부터 전송되어진 비디오 스트리밍을 보조-LGTM을 참조하여 참가자들에게 전송하게 된다.

참가자의 단말이 다른 네트워크로 이동 하였을 경우, 참가자의 IP 주소는 변경되게 된다. 이 경우 비디오 스트리밍 서비스는 단절된다. 이러한 단절 시간을 최소화하기 위해, 참가자는 시작인과 분산 그룹 관리 서버에 재참가 알림 (Rejoin Acknowledgement) 메시지를 전송한다. 이는 핸드오버로 인한 시그널링 오버헤드를 최소화하면서 끊임 없이 비디오 스트리밍 서비스를 제공할 수 있다.

### III. 성능 분석

#### 1. 성능 분석 모델

그림 4는 성능 분석을 위한 네트워크 모델을 보여준다. 이 모델에서 중앙 집중식 구조와 제안된 시스템 구조간의 대역폭 이용률 (Bandwidth Utilization) 및 평균 전송 지연시간 (Average Transmission Delay) 에 대한 성능 분석을 수행하였다. 대역폭 이용률은 서버 또는 이동 단말에서 참가자의 수가 증가함에 따라 트래픽의 부하 상태 (Load)를 나타낸다. 평균 전송 지연시간은 시작인에서 생성되어 참가자에게 전송 될 때까지의 네트워크로 인한 패킷 지연시간을 나타낸다. 큰 전송 지연시간은 비디오 스트리밍 서비스의 품질을 감쇠 시키는 요인으로 작용한다.

그림 4에서의 네트워크 모델은 라우터 (R1, R2, R3, ..., R9), 참가자 (P1, P2, P3, ..., P6), 서비스 관리 서버

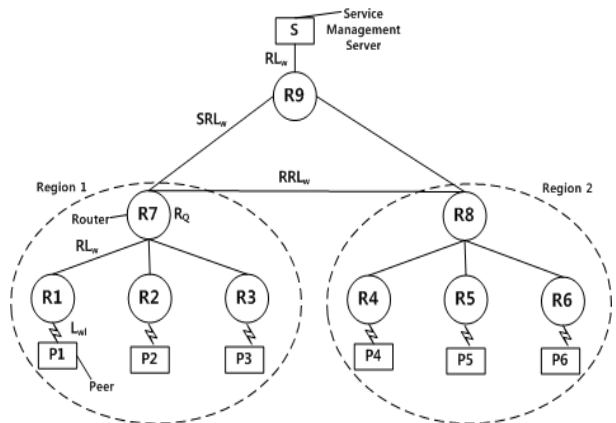


그림 4. 성능 분석을 위한 네트워크 모델  
Fig. 4. Network Model for performance evaluation.

(S)로 구성한다.

성능 분석을 위해 다음과 같이 가정한다.

1. P1과 P2는 시작인이며, P3 와 P5는 P1에 참가한 참가자들이며 Group 1로 가정한다. 또한 P4 와 P6은 P2에 참가하고 있는 참가자들이며, Group 2로 가정한다.
2. 성능 분석에서 그림 4에 보이는 것과 같이 참가자와 시작인이 동일한 영역에 있을 경우와 서로 다른 영역에 있을 경우로 구분하여 성능 분석하였다.

표 1. 성능 분석을 위한 파라미터, 설명, 및 값  
Table 1. Parameter, Description and value for performance evaluation.

파라미터	설명	값
$L_{wl}$	무선 링크 지연시간	20 msec
$RL_w$	유선 링크 지연시간	8 msec
$SRL_w$	라우터와 서비스 관리 서버 간의 유선 링크 지연시간	20 msec
$RRL_w$	영역간 유선 링크 지연시간	10 msec
$P_{vt}$	패킷 크기	75 kbytes
$R_Q$	라우터의 평균 큐잉 지연시간	1 msec
$BW_{wl}$	무선 링크 대역폭	2 Mbps
$BW_w$	유선 링크 대역폭	50 Mbps
$S_{mixer}$	믹싱 지연시간	1.35 msec
$SBW_{received}$	수신 가능한 대역폭	5 Mbps
$SBW_{trans}$	현재 이용 가능한 전송 대역폭 ( $SBW_{received} - SBW_{current}$ )	
$N_{No.initiator}$	시작인의 수	2
$P_{No.part}$	참가자의 수	1-20

표 1은 성능 분석을 위한 파라미터, 설명, 값을 나타낸다. 성능 파라미터에서 비디오 스트리밍 MPEG-4<sup>[10]</sup>으로 설정하였다. 초당 15 프레임인 Quarter Common Intermediate Format (QCIF)으로 가정하였으며, 다른 파라미터들에 대해서는 표 1에 나타내었다. 표 1에서 믹싱 지연시간  $S_{mixer}$  (Mixing delay)은 중복 패킷을 만드는데 소요되는 시간을 말한다.

#### (1) 평균 전송 지연 시간

동일 영역에 있는 경우와 서로 다른 영역에 있는 경우로 구분하여 성능 분석하였다.

중앙 집중식 구조에서, 참가자 P3 및 시작인 P1은 동일한 영역에 존재 할 경우, 비디오 스트리밍 트래픽은 P1, R1, R7, R9, S, R9, R7, R2, P3 순으로 전송된다. 이

때 평균 전송 지연시간은 다음의 식(1)과 같다.

$$2\frac{P_{vt}}{11Mbps} + 2L_{WL} + 4R_{LW} + 6\frac{P_{vt}}{100Mbps} + 6R_Q + 2SR_{LW} \quad (1)$$

참가자 P5와 시작인 P1이 서로 다른 영역에 존재 할 경우, 비디오 스트리밍 트래픽은 P1, R1, R7, R9, S, R9, R8, R5, P5 순으로 경유하여 전송된다. 평균 지연시간 식(1)과 동일하다.

시작인 P2와 두 명의 참가자인 P4와 P6로 비디오 스트리밍 트래픽을 전송할 때 두 경로로 전송될 수 있다: P2, R2, R7, R9, S, R9, R8, R4, P4와 S, R9, R8, R6, P6. 첫 번째 경로의 경우 식 (1)과 동일한 평균 지연시간이 발생하게 되며, 두 번째 경로의 경우 평균 지연시간은 다음의 식 2와 같다.

$$\frac{P_{vt}}{11Mbps} + L_{WL} + R_{LW} + 3\frac{P_{vt}}{100Mbps} + 3R_Q + SR_{LW} + S_{mixer} \quad (2)$$

제안된 P2P 구조의 경우, 시작인 P1과 참가자 P5가 서로 다른 영역에 있을 경우, 비디오 스트리밍 트래픽은 P1, R1, R7, R8, R5, P5으로 전송된다. 이 때, 평균 전송 지연시간은 다음의 식(3)과 같다.

$$2\frac{P_{vt}}{11Mbps} + 2L_{WL} + 2R_{LW} + 4\frac{P_{vt}}{100Mbps} + 4R_Q + 2SR_{LW} \quad (3)$$

제안된 P2P 구조의 경우, 시작인 P1과 참가자 P3이 동일한 영역에 있을 경우, 비디오 스트리밍 트래픽은 P1, R1, R7, R3, P3 순으로 전송된다. 이 때, 평균 전송 지연시간은 다음의 식(4)와 같다.

$$2\frac{P_{vt}}{11Mbps} + 2L_{WL} + 2R_{LW} + 2\frac{P_{vt}}{100Mbps} + 2R_Q \quad (4)$$

P2P 구조에서 시작인이 P2이고 참가자가 P4와 P6이며, 서로 다른 영역에 있을 경우 비디오 스트리밍 트래픽은 다음의 두 경로로 전송될 수 있다: P2, R2, R7, R8, R4, P4 와 P2, R2, R7, R9, R8, R6, P6.

첫 번째 경로의 경우, 평균 전송 지연시간은 식 (3)과 동일하며, 두 번째 경로의 경우 다음의 식 (5)와 같은 평균 전송 지연시간이 발생하게 된다.

$$2\frac{P_{vt}}{11Mbps} + 2L_{WL} + 2R_{LW} + 4\frac{P_{vt}}{100Mbps} + 4R_Q + 2RR_{LW} + S_{mixer} \quad (5)$$

(2) 대역폭 이용률

중앙 집중식 구조에서, 서비스 관리 서버는 시작인로부터 비디오 스트리밍 트래픽  $P_{vt}$ 을 수신하며,  $P_{vt}$ 는 다시 참가자의 수만큼 복사되어 각각의 참가자에게 전송된다. 서비스 관리 서버의 최대 대역폭  $BW_w$ 는  $S_{BW\_Received}$ 와  $S_{BW\_trans}$ 의 합과 같다. 여기서  $S_{BW\_received}$ 는  $N_{No.initiator} * P_{vt}$ 로 나타낼 수 있다. 시작인의 수가 증가할 때  $S_{BW\_received}$ 는 감소하게 된다. 또한 서비스 관리 서버는 참가자의 수 만큼 비디오 스트리밍 트래픽을 복사 및 전송해야한다. 이때  $S_{BW\_trans}$ 는  $P_{No.part} * P_{vt}$ 이 된다. 결론적으로 서비스 관리 서버의 요구 대역폭은 다음의 식 (6)과 같다.

$$N_{No.initiator} * P_{vt} + P_{No.part} * P_{vt} \tag{6}$$

제안된 P2P 구조의 경우, 시작인은 참가자의 수만큼 비디오 스트리밍 트래픽을 전송해야한다. 이 경우 요구되는 시작인의 대역폭은  $P_{No.part} * P_{vt}$ 이며, 이 대역폭은  $BW_w$ 보다 같거나 작다.

2. 수학적 성능 분석

본 절에서 평균 전송 지연시간 및 대역폭 이용률에 대한 성능을 분석하였다.

그림 5는 참가자의 수가 증가함에 따른 서비스 관리 서버와 시작인에서의 대역폭 이용률의 변화를 나타낸다. 그림 5에서 보이는 것과 같이, 제안된 P2P 구조의 경우, 시작인의 단말은 20명의 참가자에게 멀티미디어

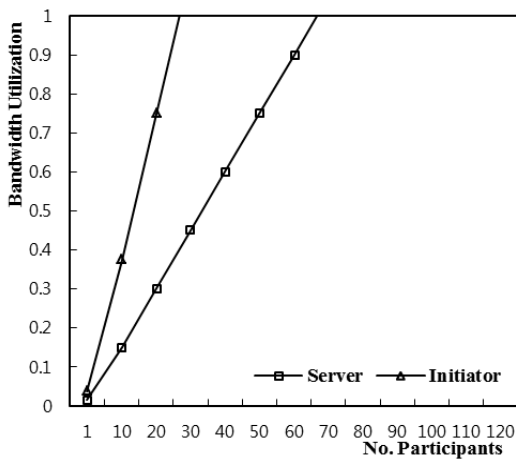


그림 5. 참가자의 수의 증가에 따른 대역폭 이용률의 변화

Fig. 5. Change of bandwidth utilization as participants increase.

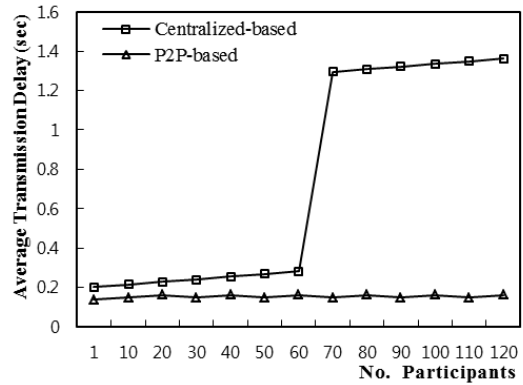


그림 6. 참가자의 수의 증가에 따른 평균 전송 지연 시간의 변화

Fig. 6. Change of average transmission delay as participant increases.

스트리밍 서비스를 지원할 수 있다. 이에 반해, 중앙 집중식 구조의 경우, 약 60명의 참가자에게 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있다. 비록 제한된 무선 대역폭으로 인해 많은 수의 참가자에게 서비스 할 수는 없지만, 차세대 무선 네트워크의 성능(대역폭)이 증가하고 있기 때문에 추후에 개선될 수 있을 것으로 예상된다. 이에 반해, 중앙 집중식 구조에서는 대역폭 이용률이 증가하게 되면, 서버의 수를 증설해야만 한다.

그림 6은 시작인과 참가자가 동일한 영역에 존재하고 참가자의 수가 증가에 따른 평균 전송 지연시간의 변화를 나타낸다. 제안된 시스템에서 비디오 스트리밍 트래픽이 서버를 거치지 않고 직접적으로 전송되기 때문에 중앙 집중식 구조에 비해 평균 지연 시간이 작다.

IV. 결 론

차세대 광대역 무선 네트워크의 성능이 급격히 증가하고 있으며, 이러한 무선 네트워크를 지원하고, 모바일 플랫폼 기반의 스마트 이동 단말을 이용한 다양한 모바일 멀티미디어 스트리밍 서비스가 많은 인기를 받고 있다. 본 논문에서는 끊임없이 언제, 어디서나 확장성 있는 멀티미디어 서비스를 지원할 수 있는 P2P 실시간 비디오 스트리밍 통신을 위한 P2P 기반 그룹 서비스 관리 구조 및 프로토콜을 제안하였다. 이를 증명하기 위해 대역폭 이용률 및 평균 전송 지연시간에 대한 성능 분석을 하였다. 성능 결과는 제안된 P2P 기반 그룹 관리 구조는 중앙 집중식 구조에 비교하여 확장

성 있는 비디오 스트리밍 서비스를 제공할 수 있는 것을 보여준다.

### 참 고 문 헌

- [1] AfricaTV, [Http://afreeca.com](http://afreeca.com).
- [2] Youtube, <http://www.youtube.com>.
- [3] M. Amad, Haddad, and L. Khenous, "A Scalable Based Multicast Model for P2P Conferencing Applications," *In Proc. International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops 2009*, Oct. 10-14, 2009, pp. 1-6.
- [4] Y. Liu, Y. Guo, and C. Liang, "A survey on peer-to-peer video streaming Systems," *Peer-to-Peer Net. Appl.*, vol. 1, pp. 18-28, 2008.
- [5] J. Jannotti, DK. Gifford, K. L. Johnson, and M. F. Kaashoek, "overcast: reliable multicasting with an overlay network," *In Proc. Of operating systems design and implementation*, pp. 197-212, 2000.
- [6] N. Magharei, and R. Rejaie, "Prime: peer-to-peer receiver-driven mesh-based dtreaming," *In Proc. of IEEE INFORCOM*, 2007.
- [7] M. Amad, Haddad, and L. Khenous, "A Scalable Based Multicast Model for P2P Conferencing Applications," *in Prof. International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops 2009*, 2009, pp. 1-6, Oct. 10-14.
- [8] X.Wu, K.D. hara, and V. Krishnaswamy, "Enhancing Application-LayerMulticast for P2P Conferencing," *in Proc. of IEEE ConsumerCommunications and Networking Conference*, pp. 986 - 990, 2007.
- [9] C. Luo, J. Li, and S. Li. Digimetro, "An application-level multicast system for multi-party video conferencing," *Microsoft Research Asia*, Jun. 2004.
- [10] Motorola, Vodeo Solutions: Understanding Video Quality, White paper.

### 저 자 소 개



천 승 만(정회원)

2008년 동양대학교 전자공학과  
(공학사)

2010년 경북대학교 IT 대학  
전자공학부(공학 석사)

2010년~현재 경북대학교 IT 대학  
전자공학부 박사과정  
재학 중

<주관심분야 : 차세대 통신망 운용, 이동성 관리, U-헬스케어 네트워크 관리>



박 종 태(평생회원)

1978년 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1981년 서울대학교 전자 공학과  
(공학석사)

1987년 미국 미시건대학교 정보통신  
(공학박사)

1989년~현재 경북대학교 전자공학과 교수

2000년~2003년 IEEE Technical Committee on  
Information Infrastructure(TCII) 의장

1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부  
수석연구원

1987년~1987년 미국 AT&T Bell 연구소  
연구위원

1984년~1987년 미국 CITI 연구원

<주관심분야 : 이동통신, 모바일, 차세대 통신망  
운용, 네트워크 보안, 헬스케어 서비스>